

**МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН,ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ
МЭДЭЭЛЭЛ, ХОЛБООНЫ ТЕХНОЛОГИЙН СУРГУУЛЬ**

**ДОКТОР, ПРОФЕССОР Г.ЦОГБАДРАХЫН
НЭРЭМЖИТ “МЭДЭЭЛЭЛ, ХОЛБООНЫ
САЛБАРЫН ХӨГЖИЛД БИДНИЙ
ГҮЙЦЭТГЭХ ҮҮРЭГ-2023”**

**2022/2023 ОНЫ ХАВРЫН УЛИРЛЫН ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ
ХУРЛЫН ЭМХЭТГЭЛ**

№23(12)318

УЛААНБААТАР 2023

ISSN 1560-8794

РЕДАКЦИЙН ГИШҮҮД:

Х.ЗАГАРЗҮСЭМ /МХТС-ийн ЭНБ дарга/
Ч.МӨНХНАСАН / ИАТС-ийн МХТСалбарын эрхлэгч /
Ж.ЖАВЗАНСҮРЭН /Холбооны салбарын дэд профессор/
Д.САРАНГЭРЭЛ /Мэдээллийн технологийн салбарын дэд профессор/
И.ЦЭРЭН-ОНОЛТ /Компьютерийн ухааны салбарын профессор/
Д.ЗОЛЗАЯА /Компьютерийн ухааны салбарын дэд профессор/
Л.ОДОНЧИМЭГ /Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын салбарын дэд проф./
Б.ДОРЖ /Электроникийн салбарын дэд профессор/
Ч.ТУЯАЦЭЦЭГ /МҮИС МТ-ийн тэнхимийн эрхлэгч/
Ц.ЭНХТӨР /Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын салбарын ахлах багш/

Хянасан: Х.Загарзүсэм /МХТС-ийн ЭНБД/

Эмхэтгэсэн: М.Сэлэнгэ /ЭШИХ ажилтан/

Хэвлэлийн хуудас: 8.33 х.х

Хэвлэсэн тоо: Онлайн

Цаасны хэмжээ: А4

Улаанбаатар 2023.6.22

MONGOLIAN UNIVERSITY OF SCIENCE AND TECHNOLOGY

SCHOOL OF INFORMATION AND COMMUNICATION TECHNOLOGY

SCIENTIFIC TRANSACTIONS

№23(12)318

ULAANBAATAR 2023

Өмнөх үг

Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургуулийн 2022/2023 оны хичээлийн жилийн хаврын улирлын бакалавр, магистр, доктор оюутнуудын судалгаа шинжилгээний ажлын үр дүнг тусгасан эрдэм шинжилгээний өгүүллийг энэхүү эрдэм шинжилгээний бичигт эмхэтгэн гаргаж байна.

2022/2023 оны хичээлийн жилийн хаврын улирлын бакалавр, магистр, доктор оюутны хурлыг “Мэдээлэл Холбооны салбарын хөгжилд бидний гүйцэтгэх үүрэг-2023” сэдвийн хүрээнд зохион байгуулсан бөгөөд салбаруудын ЭШХ-д хэлэлцэгдсэн илтгэлээс шалгарсан бакалавр оюутны 12, магистр оюутны 9, доктор оюутны 3 илтгэлийг 2-р шатанд хэлэлцүүлж доктор (Ph.D) Х.Загарзүсэм, доктор (Ph.D) П.Ууганбаяр, доктор (Ph.D) Ц.Тэнгис, доктор (Ph.D) Э.Нарантуяа, доктор (Ph.D) Б.Долгорсүрэн, доктор (Ph.D) Ч.Цэнд-Аюуш, доктор (Ph.D) Ц.Энхтөр нар бакалавр оюутнуудын илтгэлийг сонсож, доктор (Ph.D) Х.Загарзүсэм, доктор (Ph.D) А.Одгэрэл, доктор (Ph.D) дэд профессор З.Буянхишиг, доктор (Ph.D), дэд профессор А.Алтангэрэл, доктор (Ph.D), дэд профессор А.Хүдэр, доктор (Ph.D), дэд профессор Б.Мөнхбаяр нар магистр, доктор оюутны илтгэлүүдийг сонсож, тус бүр 3 байр шалгаруулав. Хурлын өгүүллийн редактораар доктор (Ph.D) Х.Загарзүсэм, доктор (Ph.D), дэд профессор Ч.Мөнхнасан, доктор (Ph.D), дэд профессор И.Цэрэн-Онолт, доктор (Ph.D) Б.Дорж, доктор (Ph.D), дэд профессор Ж.Жавзансүрэн, доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Золзаяа, доктор (Ph.D), дэд профессор Д.Сарангэрэл, доктор (Ph.D) Л.Одончимэг, доктор (Ph.D) Ц.Энхтөр, доктор (Ph.D) Ч.Туяацэцэг нар ажиллан тунгаан дүгнэлт өгсний дагуу өгүүлүүдийг засварлан эмхэтгэв.

ДОКТОР ОЮУТНЫ АНГИЛАЛД:

- I-р байр** “Deep learning based Sers detection model development for COVID-19”
Илтгэгч: Н.Анхбаяр /Мэдээллийн технологийн салбарын докторант/
Удирдагч: Доктор (Ph.D), дэд проф., И.Цэрэн-Онолт /КУС-ын профессор/
- II-р байр** “A multi-omics data integration approach for drug repurposing study”
Илтгэгч: А.Алтанхуяг /Мэдээллийн технологийн салбарын докторант/
Удирдагч: Доктор (Ph.D), дэд проф., И.Цэрэн-Онолт /КУС-ын профессор/
- III-р байр** “Ачааны галт тэргэнд зориулсан хоёр эх үүсвэртэй цахилгаан соронзон энерги хуримтлуулагч”
Илтгэгч: П.Бумдүүрэн /Холбооны салбарын салбарын докторант/
Удирдагч: Доктор (Ph.D) Г.Хишигжаргал /ИАТС-ийн МХТАТС-ын дэд профессор/

МАГИСТР ОЮУТНЫ АНГИЛАЛД:

- I-р байр** “Морзын код боловсруулах тоон системийн хөгжүүлэлт”
Илтгэгч: Б.Баянсан, Ц.Хас-Очир /Электроник хөтөлбөрийн магистрант/
Удирдагч: Доктор (Ph.D) А.Одгэрэл /ЭС-ын салбарын эрхлэгч/
- II-р байр** “Virtex-5 FPGA-д суурилсан эмбэддэд системийн хөгжүүлэлт”
Илтгэгч: Г.Ууганчимэг /Электроник хөтөлбөрийн магистрант /
Удирдагч: Ц.Сугир /ЭС-ын ахлах багш/
- III-р байр** “The study on receiver development of dvor radio navigation system using SDR”
Илтгэгч: Б.Ундрал /Утасгүй холбоо хөтөлбөрийн магистрант/
Удирдагч: Доктор (Ph.D), профессор Н.Эрдэнэхүү /ШУТИС-ийн СЦШГ-ын захирал/

БАКАЛАВР ОЮУТНЫ АНГИЛАЛД:

- I-р байр** “Бодлыг бодит болгох нь”
Илтгэгч: Б.Баянмөнх, Д.Бимлэгдэмбэрэл /Робот ба хиймэл оюун ухаан хөтөлбөр, III курс/
Удирдагч: Доктор (Ph.D) Ц.Тэнгис /ЭС-ын дэд профессор/
- II-р байр** “Автомашинны зогсоолын хаалтыг гар утаснаас удирдах системийн судалгаа”
Илтгэгч: Э.Энхтэмүүжин, Б.Билгүүн, Л.Ариунболд /Утасгүй холбоо хөтөлбөр, III курс/
Удирдагч: Доктор (Ph.D) Б.Пүрэвцэрэн /ХС-ын дэд профессор/
- III-р байр** “Дуу хоолойгоор удирддаг хоёр дугуйт роботын хөгжүүлэлт”
Илтгэгч: Л.Өсөх-Ирээдүй, Б.Мөнхтуяа /Электроникийн инженерчлэл хөтөлбөр, I курс/
Удирдагч: Доктор (Ph.D) А.Одгэрэл /ЭС-ын салбарын эрхлэгч/

Цаг заваа гарган мэргэн шүүсэн эрхэм багш нартаа болон өгүүллийн редакц хийсэн гишүүддээ хурал зохион байгуулагчдын зүгээс талархалаа илэрхийлье.

НОМЫН ЦАГААН БУЯН ДЭЛГЭРЭХ БОЛТУГАЙ

ГАРЧИГ

I. ДОКТОР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЛҮҮД

1. DEEP LEARNING BASED SERS DETECTION MODEL DEVELOPMENT FOR COVID-19..... 1-7
Н.Анхбаяр, Г.Эрдэнэ-Очир, Б.Анударь, И.Цэрэн-Онолт
2. A MULTI-OMICS DATA INTEGRATION APPROACH FOR DRUG REPURPOSING STUDY..... 8-12
А.Алтанхуяг, Б.Долгорсүрэн, И.Цэрэн-Онолт
3. АЧААНЫ ГАЛТ ТЭРГЭНД ЗОРИУЛСАН ХОЁР ЭХ ҮҮСВЭРТЭЙ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ЭНЕРГИ ХУРИМТЛУУЛАГЧ..... 13-17
П.Бумдүүрэн, Г.Хишигжаргал

II. МАГИСТР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЛҮҮД

4. МОРЗЫН КОД БОЛОВСРУУЛАХ ТООН СИСТЕМИЙН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ..... 18-22
Б.Баянсан, Ц.Хас-Очир, А.Одгэрэл
5. VIRTEX-5 FPGA-Д СУУРИЛСАН ЭМБЭДДЭД СИСТЕМИЙН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ..... 23-26
Г.Ууганчимэг, Ц.Сугир
6. THE STUDY ON RECEIVER DEVELOPMENT OF DVOR RADIO NAVIGATION SYSTEM USING SDR..... 27-31
Б.Ундрал, Н.Эрдэнэхүү
7. OPEN EDX ОНЛАЙН СУРГАЛТЫН СИСТЕМИЙН DOCKER ПЛАТФОРМ ДЭЭРХ КОНТЕЙНЕР ТЕХНОЛОГИ АШИГЛАСАН ТУРШИЛТ..... 32-37
Ц.Батмөнх, А.Хүдэр
8. ӨГӨГДӨЛ ХУВААЛЦАХ СИСТЕМД ЗОРИУЛСАН ХАЙЛТ ХИЙХ БОЛОМЖТОЙ ШИФРЛЭЛТИЙН СХЕМИЙГ ДЭВШҮҮЛЭХ НЬ..... 38-44
Б.Чойжилбуу, В.Нямсүрэн, До.Эрдэнэтуяа
9. ЗАМ, ТЭЭВРИЙН САЛБАРТ ЭНТЕРПРАЙЗ АРХИТЕКТУРЫГ ХӨГЖҮҮЛЭХ НЬ..... 45-50
Д.Бодьсайхан, А.Эрдэнэбаатар
10. 5G СҮЛЖЭЭНИЙ ЗӨӨГЧИЙН АГРЕГАЦЫН СУДАЛГАА..... 51-53
Т.Өсөхболд, Б.Отгонбаяр
11. ТОГЛООМЫН ОРЧИНД ХӨДӨЛГӨӨНТ РОБОТЫГ БАТАТГАН СУРГАХ АРГААР СУРГАХ НЬ..... 54-58
Г.Гантулга, Б.Луубаатар, Г.Мөнхжаргал
12. ҮҮЛЭН ТЕХНОЛОГИЙН АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛ..... 59-62
Б.Загдсүрэн, Г.Ганчимэг
13. УЛААНБААТАР ХОТЫНГЭР ХОРООЛОЛД МЭДЭЭЛЭЛ ХОЛБООНЫ ДАРАА ҮЕИЙН НЭГДМЭЛ ҮЙЛЧИЛГЭЭГ ХҮРГЭХ БОЛОН ХУДАГ СУВАГЧЛАЛЫН АЧААЛЛЫГ БУУРУУЛАХ ШИЙДЭЛ..... 63-68
Ц.Энхбаяр, Б.Золзаяа
14. МОНГОЛЫН БАРИЛГЫН МЭДЭЭЛЭЛТЭЙ СИСТЕМИЙН ХЭРЭГЛЭЭ..... 69-72
А.Эрхэмсайхан, Г.Ганчимэг

III. БАКАЛАВР ОЮУТНЫ ЭРДЭМ ШИНЖИЛГЭЭНИЙ ӨГҮҮЛЛҮҮД

15. БОДЛЫГ БОДИТ БОЛГОХ НЬ..... 72-75
Б.Баянмөнх, Д.Билэгдэмбэрэл, Ц.Тэнгис
16. АВТОМАШИНЫ ЗОГСООЛЫН ХААЛТЫГ ГАР УТАСНААС УДИРДАХ СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА..... 76-79
Э.Энхтэмүүжин, Б.Билгүүн, Л.Ариунболд, Б.Пүрэвцэрэн
17. ДУУ ХООЛОЙГООР УДИРДДАГ ХОЁР ДУГУЙТ РОБОТЫН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ..... 80-84
Л.Өсөх-Ирээдүй, Б.Мөнхтуяа, А.Одгэрэл
18. ХИЙМЭЛ ОЮУН УХААНЫ ТУСЛАМЖТАЙ ДОХИОНЫ ХЭЛ ХӨРВҮҮЛЭХ СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА..... 85-91
Д.Дүүрэнжаргал, Г.Есүй-Үжин, Э.Мөнхжин, Н.Дугаржав, Г.Мөнхбөт
19. КАМЕР АШИГЛАН ГАР ДАГАЖ ХӨДӨЛДӨГ РОБОТ ГАР.....92-95
М.Цэрэнтогтох, З.Дэлгэр, Б.Дорж
20. ANDROID DEX FILE-ИЙН ШИНЖИЛГЭЭ.....96-100
Б.Тэмүүлэн, Б.Мөнхбаяр
21. БИЗНЕСД ЗОРИУЛСАН ЧАТБОТООР УДИРДУУЛСАН ERP СИСТЕМ.....101-103
Н.Сүхтөмөр, Г.Ганчимэг
22. ЧӨЛӨӨТ ОРОН ЗАЙН ОПТИК ХОЛБООНЫ СУВГИЙН ДАМЖУУЛЛЫН СУДАЛГАА.....104-116
О.Мөнхжаргал, Ду.Долгорсүрэн
23. ОЮУТНЫ ҮНЭМЛЭХНИЙ ХЭРЭГЛЭЭГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА.....117-118
Д.Дагвадорж, Г.Ганчимэг
24. ӨНДӨР БАРИЛГЫН БҮС ДЭХ ДОЛГИОН ТАРХАЛТЫН ЗАГВАРЫН СУДАЛГАА.....119-123
Ц.Нямсүрэн, Ж.Жавзансүрэн
25. ДУЛААН МЭДРЭГЧ КАМЕР АШИГЛАН ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ГЭМТЛИЙГ ИЛРҮҮЛЭГЧ ДРОНЫ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ.....124-126
А.Даваасүрэн, Г.Ганчимэг
26. WIRELESS CHARGER IN DESK.....127-131
Х.Есөн-Эрдэнэ, Т.Марал, Б.Эгишглэн, Б.Пүрэвцэрэн

DEEP LEARNING BASED SERS DETECTION MODEL DEVELOPMENT FOR COVID-19

Ankhubayar Nyamdavaa¹, Erdene-Ochir Ganbold², Anudari Bayarsaikhan¹,
Tseren-Onolt Ishdorj³

¹Department of Information Technology, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

²Department of Physics, National University of Mongolia, Ulaanbaatar, Mongolia

³Department of Computer Science, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia

Correspondence author. Email: tseren-onolt@must.edu.mn

ABSTRACT

This study proposes a preliminary deep learning model CNN which detects COVID-19 based on the SERS spectra of SARS-CoV-2 proteins generated by AgNPs and SERS based substrate. The proteins we use their Raman spectra are S-protein, VLP protein, Streptavidin proteins in media PBS and untreated saliva and blank signal as well. In order to increase the dataset, we applied data augmentation to the existing spectral data. For the virus detection and protein classifications based on SERS spectra, binary- and multi-classifications have been carried out by the CNN. The performance of the CNN model has been evaluated by several measurement techniques and gave very well accuracy, sensitivity, specificity and efficiency results.

Keywords: CNN, SERS spectra, SARS-CoV-2 proteins, machine learning, classification.

1. INTRODUCTION

Rapid and early detection of *Severe acute respiratory syndrome coronavirus 2* (SARS-CoV-2) is of utmost importance for the control of the widespread COVID-19 pandemic. A SERS based bionano-sensor has been fabricated recently in the lab, for rapid and sensitive detection of SARS-CoV-2, by using a regular recordable Digital Versatile Disc (DVD-R) which is readable by a portable Raman spectrometer [5]. In this study, we present a deep learning model which identify SARS-CoV-2 proteins based on its SERS spectra obtained by the bionano-sensor mentioned above. The performance of the proposed CNN model has been evaluated by using the measurements methods based on confusion matrix, ROC, ROC-AUC, etc. The spectral data of the viral proteins have been augmented in order to have sufficient amount of the dataset used in the learning model and it gave very well result in contrast the original ones.

1.1. SERS and spectra collection

Surface-enhanced Raman scattering (SERS) has become one of the most widely used technique for characterization and detection on benefiting of its ultra-high sensitivity and molecule-specific spectrum. Nano-sized metal particles such as silver and gold greatly enhance the intensity of inelastic scattering of light by molecules up to factors of 10⁸, which is sufficient for

single molecule detection in some cases [1], [7]. In addition, relatively easy sample preparation, fast data collection and ability to investigate various type of samples without almost no damage have made Raman spectroscopy unique and powerful tool for quantitative and qualitative analytical applications [8], [6]. Variety of SERS biosensors to detect biomolecules have been developed for different purposes [3], [2], [4], [5].

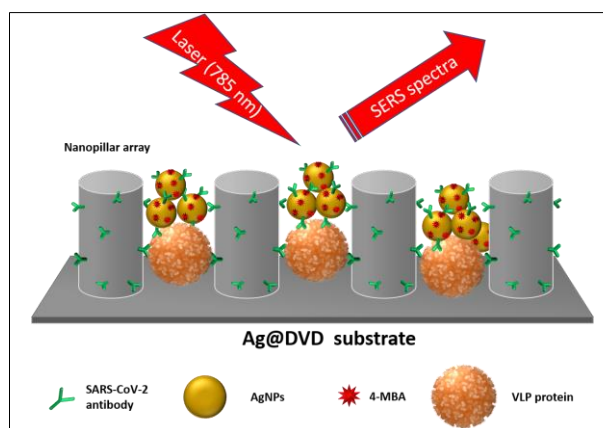


Figure 1 A schematic illustration of SERS-based biosensor with a sandwich immunoassay structure consisting of AgNPs and SERS substrate in the presence of target VLP protein and collecting SERS spectra by portable Raman spectrometer.

SERS spectra were collected from the biosensor with a sandwich immunoassay structure after 20 min treatment of PBS solutions containing 100 ng/mL of S and VLP proteins without washing process [5].

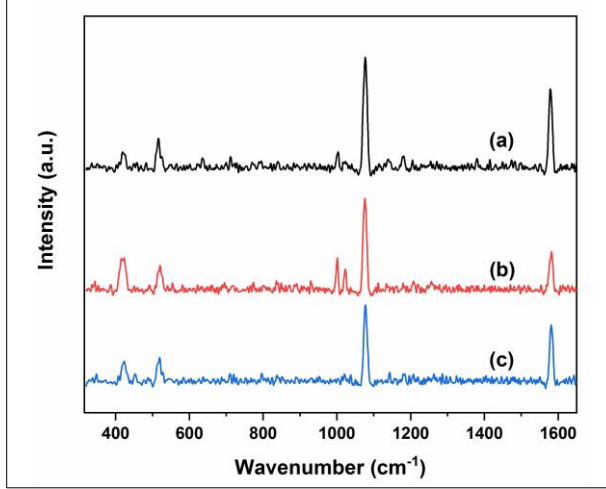


Figure 2 SERS spectra of sandwich immunoassay structure at concentration of 100 ng/mL for SARS-CoV-2 (a) S-protein in PBS and (b) VLP protein in PBS. (c) Raman spectra for SARS-CoV-2 VLP protein in untreated saliva at concentration of 100 ng/mL.

2. METHOD

2.1. Dataset

In this study, we use the SERS spectra dataset of SARS-CoV-2 proteins prepared from the SERS biosensor mentioned in Section 1.1. The dataset consists of numerical spectra of five types SARS-CoV-2 proteins namely S-protein, VLP, Streptavidin and Blank signal in PBS and VLP in untreated saliva, each one measured in six different concentrations at three times [5], see Table 1.

2.2. Model performance evaluation

For the evaluation of the model performance, several indices area used: accuracy (ACC), sensitivity (TPR, true positive rate) and specificity (TNR, true negative rate), false positive rate (FPR, 1-specificity), false negative rate (FNR), f1-score. The evaluation measurements are calculated by the next formulas:

$$\begin{aligned}
 ACC &= \frac{TP + TN}{TP + TN + FP + FN} \\
 TPR &= \text{Sensitivity} = \frac{TP}{TP + FN} \\
 TNR &= \text{Specificity} = \frac{TN}{TN + FP} \\
 FPR &= 1 - \text{Specificity} = \frac{FP}{TN + FP} \\
 FNR &= 1 - \text{Sensitivity} = \frac{FN}{TP + FN}
 \end{aligned}$$

Table 1. SERS spectral data and its augmentation.

Measured proteins	Concent.	Measured (times)	Augmented data
S-protein	1ng/mL	3	300
	10ng/mL	3	300
	25pg/mL	3	300
	50pg/mL	3	300
	100ng/mL	3	300
	100pg/mL	3	300
VLP protein	1ng/mL	3	300
	10ng/mL	3	300
	25pg/mL	3	300
	50pg/mL	3	300
	100ng/mL	3	300
	100pg/mL	3	300
VLP in untreated saliva	1ng/mL	3	300
	10ng/mL	3	300
	25pg/mL	3	300
	50pg/mL	3	300
	100ng/mL	3	300
	100pg/mL	3	300
Streptavidin	1ug/mL	3	300
Total protein SERS spectra			5400
Blank signal		3	1000
Total SERS spectra			6400

$$PPV = \frac{TP}{TP + FP}$$

$$NPV = \frac{TN}{TN + FN}$$

$$f1 - \text{score} = \frac{2 * \text{Sensitivity} * \text{Precision}}{\text{Sensitivity} + \text{Precision}}$$

where TP – true positive if the prediction and actual value are both positive; FP – false positive if the prediction value is positive and the actual value is negative; TN – true negative if the prediction and actual value are both negative; and FN – false negative if the prediction value is negative but the actual value is positive.

Accuracy (ACC) evaluates how close the result to the true value (positive and negative) of the measurement. *Sensitivity* (TPR) or also called Recall, tells us what proportion of the positive class got correctly classified. *Specificity*, also called True Negative Rate (TNR), tells us what proportion of the negative class got correctly classified. *Positive predictive value* (PPV) is a proportion of truly positive cases among the positive cases detected. *Negative predictive value* (NPV) is about proportion of truly negative cases among the negative cases detected. f1-score tells us the predictive skill of a model by elaborating on its class-wise performance rather than an overall performance as done by accuracy.

For the evaluation of the classifiers performance,

receiver operating characteristics (ROC) graph is used as a way of measurement. ROC graphs are two-dimensional graphs where TPR is plotted on the Y axis while FPR is plotted on the X axis. An ROC graph depicts tradeoffs between TP and FP. The point (0,1) of the ROC curve represents perfect classification, the point (0,0) represents no positive classification issuing, the point (1,1) represents positive classification. The diagonal line $x = y$ represents the strategy of randomly guessing a class. The point (0.5,0.5) in ROC space represents half positive and half negative classification.

Area under the ROC curve (AUC-ROC) measures the ability of a binary classifier to distinguish between classes and is used as a summary of the ROC curve. This tells us how efficient the model is. The higher the AUC, the better the model's performance at distinguishing between the positive and negative classes. An AUC score of 1 means the classifier can perfectly distinguish between all the Positive and the Negative class points. An AUC value of 0 shows that the classifier predicts all Negatives as Positives and vice versa. ROC AUC 0.5 means that the classifier is not working. An AUC value above 0.5 means the classifier can detect more numbers of True positives and True negatives than False negatives and False positives.

2.3. CNN architecture

We propose a deep learning model of convolutional neural network (CNN) with a simple structure. Each input of the model is an one-dimensional (1-D) array contains Raman spectrum. Sequentially a layer was designed with the following hyper-parameters. The first layer is a one dimensional convolutional layer of 32 filters, two kernels and a ReLU activation function. Since the value of ReLU function is 0 for all negative inputs, Eq. 1.

$$ReLU = \max(0, W^T x + b) \quad (1)$$

where W is the weight, x is the input and b is the bias.

In the flatten layer, all activated features are concatenated and flattened into a 1-D array having 1×35168 size.

Finally, output layer uses a *Softmax* activation function Eq. 2 that is commonly used in an output layer reliable classification.

$$\sigma(z)_i = \frac{e^{z_i}}{\sum_{j=1}^K e^{z_j}} \quad (2)$$

where all the z_i values are the elements of the input vector and can take any real value. The term on the bottom of the formula is the normalization term which ensures that all the output values of the function will sum to 1, thus constituting a valid probability distribution.

The number of elements in the output layer is 5. Weights are then learned during the training of CNN in supervised manner using *sparse_categorical_crossentropy* loss function

and *Adam algorithm*, a stochastic gradient-based optimization technique. The CNN model was implemented using *Keras*. We train the model for 50 epochs with a batch size of 32, see Table 2.

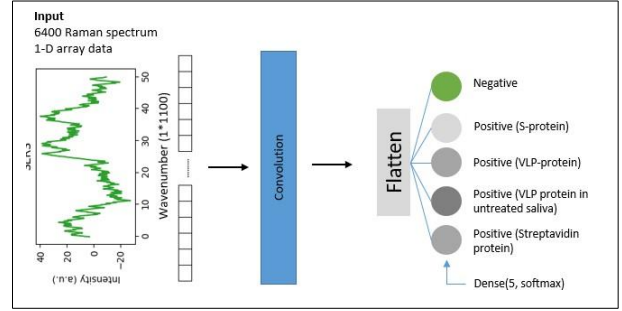


Figure 3 DenseNet structure

Table 2. Model parametric values.

Parameter	Value
Input shape	(1100,1)
Batch size	128
Activation function	ReLU, Softmax
Epochs	50
Optimizer	Adam
Loss function	sparse_categorical_crossentropy

2.4. Dataset preparation

The SERS spectra of SARS-CoV-2 proteins we consider in Section 2.1 was not sufficient enough for the proposing CNN model training. In order to increase the small data instances, augmentation was applied for the SERS spectra in between low and high peak intensities randomly. In total 6400 spectral dataset was obtained after augmentation as presented in Table 1. Then 80% as 5120 for training and 20% as 1280 for testing out of the total spectral dataset were used in the CNN model as showed in Table 3.

Table 3. SERS spectral dataset for training.

Measured proteins	Total dataset	Training dataset 80%	Test dataset 20%
S-protein	1800	1440	360
VLP	1500	1200	300
VLP in untreated saliva	1800	1440	360
Streptavidin	300	240	60
Blank signal	1000	800	200
Total	6400	5120	1280

3. RESULTS AND DISCUSSION

The proposed deep learning model CNN has been performed using the datasets of SARS-CoV-2 protein spectra before (98) and after (6400) data augmented (Table 1). As the result, the classification on the augmented dataset was $96\pm 1\%$, see Table 5 and on the original dataset was $80\pm 1\%$, see Table 6. It shows that the data augmentation we have done was successful and it can be reliably used in the further study.

Table 4. Protein multi-class classification result on the test dataset before data augmentation.

Proteins	Sensitivity	Specificity	Precision	f1-score
S-protein	0.6667	0.9410	0.6667	0.6667
VLP protein	1.0000	0.8888	0.5000	0.6667
VLP in untreated saliva	0.2500	0.9375	0.5000	0.3333
Streptavidin	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Blank signal	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

Table 5. Protein multi-class classification result on the test dataset of augmented data, presented in Figure 4.

Proteins	Sensitivity	Specificity	Precision	f1-score
S-protein	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
VLP protein	0.9731	0.9433	0.8744	0.9211
VLP in untreated saliva	0.8182	0.9899	0.9590	0.8830
Streptavidin	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000
Blank signal	1.0000	1.0000	1.0000	1.0000

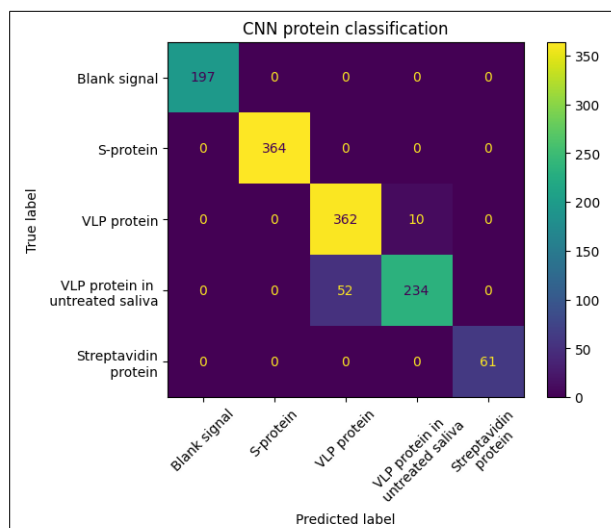


Figure 4 Confusion matrix of the CNN model protein classification. Model's performance evaluation presented in Table 5.

Using the augmented dataset, a machine learning model (SVM) versus a deep learning model (CNN) have

Table 6. Evaluation of SVM classification of SARS-CoV-2 proteins presented in Figure 5.

Proteins	Sensitivity	Specificity	Precision	f1-score
S-protein	1.00	1.00	1.00	1.00
VLP protein	0.89	1.00	0.93	0.91
VLP in untreated saliva	1.00	1.00	0.88	0.90
Streptavidin	1.00	1.00	1.00	1.00
Blank signal	1.00	1.00	1.00	1.00

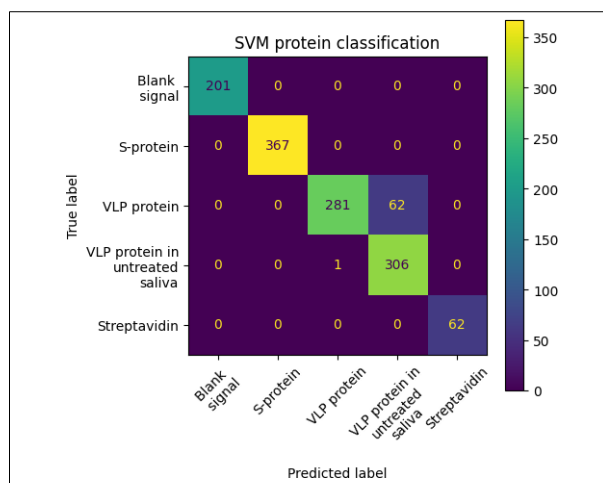


Figure 5 SVM protein classification result on augmented dataset. The model performance evaluation is presented in Table 6.

been performed to classify the SARS-CoV-2 proteins. The CNN model performance for multi-classification of the proteins was better than SVM as compared the measurements in Table 7. This was the reason we use CNN model with augmented dataset for the multi-class classification of the proteins and detection of COVID-19.

Table 7. Comparison of CNN 4 and SVM 5 models performances.

Parameter	CNN Score	SVM Score
Accuracy	0.9516	0.9508
Precision	0.9667	0.9656
Sensitivity	0.9583	0.9632
Specificity	0.9669	0.9656
f1-score	0.9608	0.9612

CNN model accuracy-epoch and loss-epoch curves of training and test datasets, respectively, plotted in Figure 6.

Moreover, the ROC graph showed in Figure 7 says that the CNN model's protein multi-classification performance was quite efficient as the curves sharply close to along Y-axis.

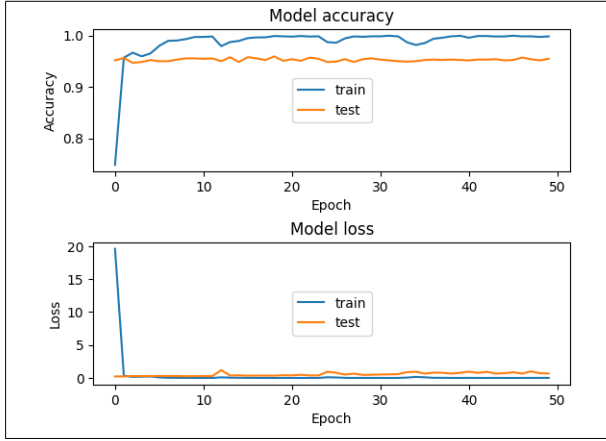


Figure 6 CNN model performance for the protein classification of Figure 4.

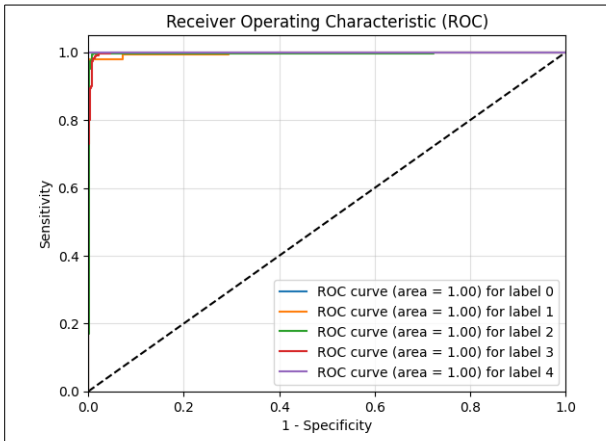


Figure 7 ROC curve of CNN protein multi-classification presented in Figure 4.

3.1. Detecting the SARS-CoV-2 proteins in different concentrations and media

We have 5 different SARS-CoV-2 proteins, each one was measured in 6 different concentrations at 3 times each. Detecting each protein in each concentration by their intrinsic spectra was considered and the result was very high as showed in the Table 8 and confusion matrices placed after the Table 8.

The 5 SARS-CoV-2 proteins in a medium of PBS were classified with high accuracy by the CNN model as showed in the Figure 8.

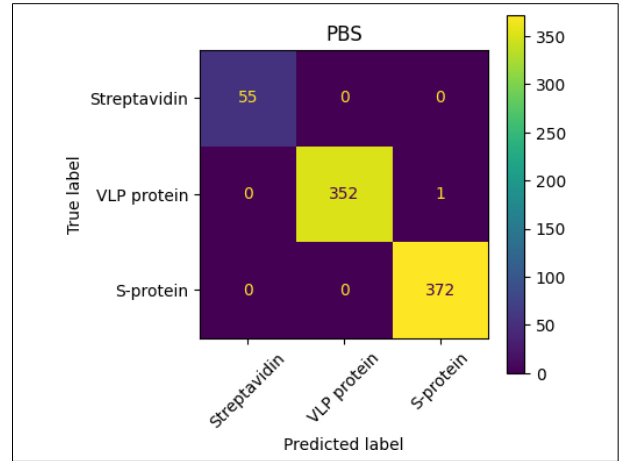


Figure 8 Confusion matrix of different protein classification in a medium of PBS.

Overall, the COVID-19 detection accuracy, using the augmented data of SARS-CoV-2 protein spectra, by CNN model was 95% and Figure 9 depicts the result.

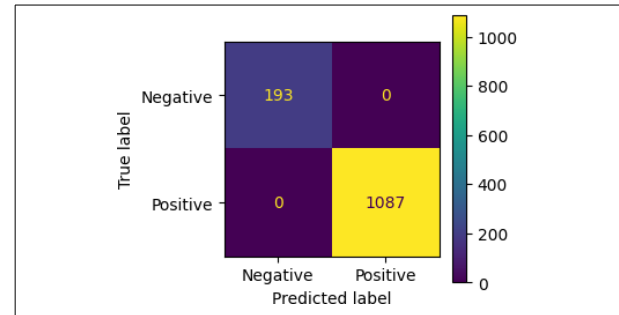


Figure 9 Confusion matrix of binary classification by CNN on augmented dataset.

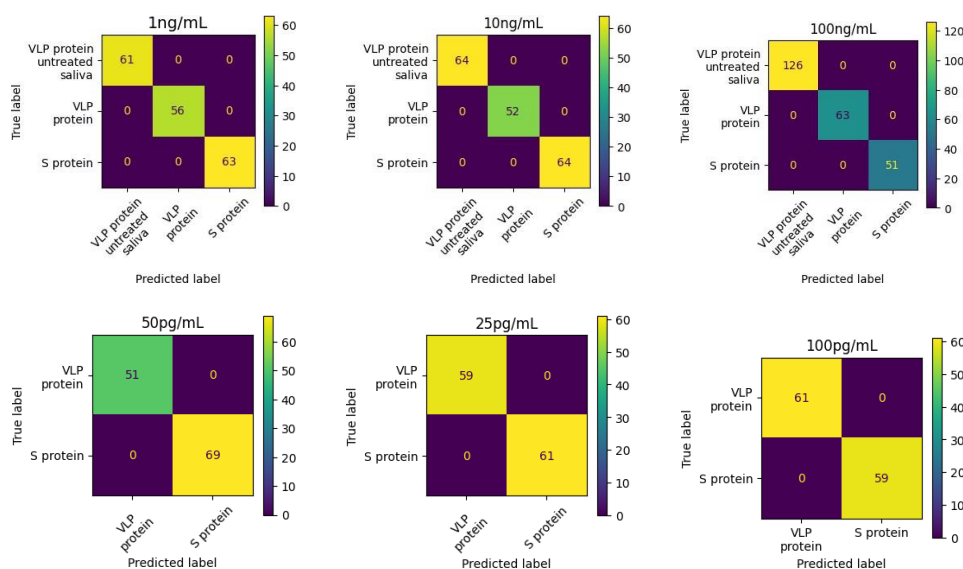
CONCLUSION

In this study, a deep learning model CNN has been proposed in order to detect and classify COVID-19 and its SARS-CoV-2 proteins in different concentrations and in different media as well using its intrinsic SERS spectra generated by AgNP biosensor and DVD based substrate fabricated in the lab [5]. The SERS spectra data has been augmented and used in the learning model

Table 8. Model prediction quality measurement for SARS-CoV-2 proteins in 6 different concentrations from 1ng/mL to 100pg/mL and in media of PBS and saliva.

Sample concentrations SARS-CoV-2 proteins	Prediction qualities in different concentrations																	
	Efficiency						Specificity						f1-score					
	1ng mL	10n /mL	25p /mL	50p /mL	100 g/mL	100 g/m	1ng mL	10n /mL	25p /mL	50p /mL	100 g/mL	100 g/m	1ng mL	10n /mL	25p /mL	50p /mL	100 g/mL	100 g/m
S-protein	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
VLP protein	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
VLP in untreated saliva	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Streptavidin	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00
Blank signal	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00	1.00

Table 9. SARS-CoV-2 protein classification results in different concentrations.



efficiently. Model performance for viral and protein prediction in different combinations of the dataset has been evaluated and showed very well results.

In the next step, the database of real spectral data of proteins should be enriched and deep learning model to be compared with others.

REFERENCES

- [1] Evan J. Blackie, Eric C. Le Ru, and Pablo G. Etchegoin. Single-Molecule Surface-Enhanced Raman Spectroscopy of Nonresonant Molecules. *Journal of the American Chemical Society*, 131(40):14466–14472, 2009. PMID: 19807188.
- [2] Francis Doyle, Sameer Lapsia, Salvatore Spadaro, Zachary E Wurz, Sumita Bhaduri-McIntosh, and Scott A Tenenbaum. Engineering structurally interacting RNA (sxRNA). *Scientific reports*, 7(1):45393, 2017.
- [3] Erdene-Ochir Ganbold, Cheol Min Lee, Eun-Min Cho, Sang Jun Son, Sehun Kim, Sang-Woo Joo, and Sung Ik Yang. Subnanomolar detection of ochratoxin A using aptamer-attached silver nanoparticles and surface-enhanced Raman scattering. *Anal. Methods*, 6:3573–3577, 2014.
- [4] Erdene-Ochir Ganbold, Jinha Yoon, Doseok Kim, and Sang-Woo Joo. Nonidentical intracellular drug release rates in Raman and fluorescence spectroscopic determination. *Phys. Chem. Chem. Phys.*,

17:3019–3023, 2015.

- [5] Kiran Kaladharan, Kuan-Hung Chen, Chen Pin-Han, Venkanagouda S Goudar, Tseren-Onolt Ishdorj, Tuhin Subhra Santra, and Fan-Gang Tseng. Dual-clamped One-Pot SERS-based Biosensors for Rapid and Sensitive Detection of SARS-CoV-2 Using Portable Raman Spectrometer. *Sensors and Actuators B: Chemical*, (submitted), 2023.
- [6] Virginia Moreno, Asmae Adnane, Rachid Salghi, Mohammed Zougagh, and Ángel Ríos. Nanostructured hybrid surface enhancement raman scattering substrate for the rapid determination of sulfapyridine in milk samples. *Talanta*, 194:357–362, 2019.
- [7] T. Reese, C. Suarez, W.R. Premasiri, M.L. Shaine, H. Ingraham, A.N. Brodeur, and L.D. Ziegler. Surface enhanced Raman scattering specificity for detection and identification of dried bloodstains. *Forensic Science International*, 328:111000, 2021.
- [8] Mingwei Yang, Valery Liamsau, Changjun Fan, Kelli L. Sylvers, Anthony J. McGoron, Guangliang Liu, Fengfu Fu, and Yong Cai. Arsenic Speciation on Silver Nanofilms by Surface-Enhanced Raman Spectroscopy. *Analytical Chemistry*, 91(13):8280–8288, 2019. PMID: 31199622.

A MULTI-OMICS DATA INTEGRATION APPROACH FOR DRUG REPURPOSING STUDY

Altankhuyag Avirmed¹, Dolgorsuren Batjargal², and Tseren-Onolt Ishdorj³

^{1,3}*Dept. of Computer Science, School of Information and Communication Technology, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar - 13345, Mongolia*

²*Dept. of Information Technology, School of Information and Communication Technology, Mongolian University of Science and Technology, Ulaanbaatar, Mongolia*

Correspondence author. Email: b.dolgorsuren@must.edu.mn

ABSTRACT

In order to understand complex biological processes comprehensively for drug repurposing, it is imperative to use integrative techniques that combine multiple omics datasets in order to identify the interrelationship between genes, compounds, diseases, biological processes, side effects and symptoms. Several integration and data crawling tools and methods can be developed for data integration and interpretation with graph techniques and the availability of multi-omics data. In this paper, we propose the tools and methods that for integrating multi-omics data for adopt machine learning algorithms and summarize their ability to address applications such as echinocociss disease related protein classification in a heterogeneous graph and deriving insights into the data. In addition, we discuss the machine learning task, which is graph and node classification used in the analysis of integrated data and show a developed web-based application for visualize result of the proposed algorithm.

Keywords: *multi-omics data, data integration, drug repurposing, heterogeneous network, drug synergy*

1. INTRODUCTION

Drug development from scratch to the market takes ten to twenty years and costs about billion US dollar.

Therefore, drug repurposing is considered recently which is a way of the process of finding new uses for existing drugs. It can save time and resources compared to developing entirely new drugs.

There is a number of problems in drug discovery such as identification of targets, drug repositioning, drug efficacy (e.g., safety, adverse effects and responses). The most important problem in drug discovery is prediction of novel drug-target interactions. To identify targets, experimental studies usually approach the problem based on either target or phenotype. Meanwhile, computational methods for this problem are very diverse, in which novel interactions are predicted based on known drug-target interactions using various kinds of supporting pharmacological and mutli “-omics” data. “-omics” refers to the integration of data from different sources such as genomics, transcriptomics, proteomics, metabolomics, phenomics, interactomics. The combination of these data sources can provide a more comprehensive understanding of biological systems, including disease mechanisms and drug targets.

Computational methods in drug designing are classified into two main approaches: i) network-based, ii)

machine learning-based.

In this work, we focus more on network-based approach for drug repurposing study. The network-based methods start with construction of heterogeneous networks of biomedical and pharmacological instances by combining homogeneous ones (i.e., drug similarity networks, target similarity networks and phenotypic disease similarity network) and bipartite ones (i.e., drug-target networks, drug-disease networks and disease-gene networks). These networks are constructed based on the integrated multi-omics data. After networks are constructed, computational methods are then proposed to identify novel interactions between drugs and targets.

Integrating biological multi-omics databases for computation is an important issue we consider in this study.

The main problem that needs to be addressed in data integration is heterogeneity. If two information systems do not provide identical methods, models, and structures for accessing the database, these are called heterogeneous. Different kinds of heterogeneity are defined as follows: technical heterogeneity, syntactic heterogeneity, data model heterogeneity, structural heterogeneity, schematic heterogeneity, semantic heterogeneity.

The development of an integrated database system is a complex task, particularly, when a large num-

ber of heterogeneous databases have to be integrated. Generally, there exists two architectures for integration. They are divided into materialized integration and virtual integration ([3]). The main difference between the two integration architectures is the location of the relevant databases during integration. A materialized integration architecture is a central and persistent database and copies all the necessary data from the data sources into the database.

Data warehouses are one of the widely used architectures of materialized integration. In bio-informatics data, warehouses are usually used for data integration [3]. Most of the applications were developed for specific molecular- biological questions, which means that they could not be used in other projects and their questions, or only through extensive extensions of the respective software solution.

Besides the network-based approaches, we considered graph-based machine learning techniques to investigate drug and disease related interactions.

2. PRELIMINARY AND METHODS

2.1. Graph-based data integration

Graph-based data integration is a technique used to combine data from multiple sources into a single heterogeneous graph structure, where each data source is represented as a node in the graph, and the relationships between the data sources are represented as edges. The graph can then be queried to extract useful information that can help in decision-making, data analysis, and other applications. The process of graph-based data integration involves several steps:

Data Source Identification: In this step, you need to identify the sources of data that you want to integrate into the graph. These sources can be databases, spreadsheets, text files, web pages, or any other data source. There are several multi-omics repositories available, each with their own unique features and focus areas. In this paper, we use some of them as shown in below Table 1.

All of unknown/unavailable heterogeneous drug-and protein-related information

Data Modeling: Once you have identified the data sources, you need to model the data in a way that can be represented in a graph. This involves defining the entities, attributes, and relationships that exist between the data sources.

Data Extraction: In this step, you need to extract the data from the various sources and transform it into a format that can be loaded into the graph.

Data Loading: The transformed data is then loaded into the graph database, creating nodes and edges to represent the relationships between the data sources.

Querying the Graph: Once the data has been loaded into the graph, you can query the graph to extract information that is relevant to your application. Graph

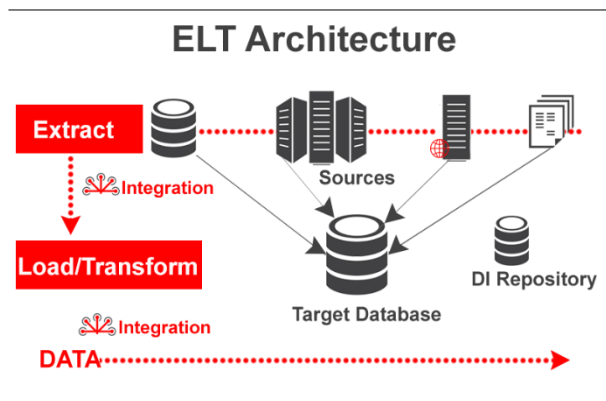


Figure 1 Schematic representation of the data warehousing for medical data. n-layer system architecture from the original heterogeneous data sources to the web application layer.

query languages like Cypher, Gremlin, or SPARQL can be used to query the graph.

Visualization: Finally, the data can be visualized using graph visualization tools to help identify patterns and relationships in the data.

Overall, graph-based data integration provides a flexible and scalable way to integrate data from multiple sources, allowing for easy querying and analysis of complex data sets.

2.2. Drug synergy scoring

There are four major synergy reference models (“HSA”, “Bliss”, “Loewe”, and “ZIP”) to higher-order drug combinations. Consider the response of a drug to be measured as a %inhibition y that ranges from 0 to 1, with a higher value indicating better efficacy. For a combination that involves n drugs, the observed combination response is denoted as y_c , while the observed monotherapy response of its constituent drugs is $y(i, i = 1, \dots, n)$. The expected combination response is determined by the assumption of non-interaction, [4].

For the HSA model The expected response is the highest monotherapy response, i.e.

$$y_{HSA} = \max(y_1, \dots, y_i, \dots, y_n).$$

For the Bliss model, the expected response is derived from the probabilistic independence of the monotherapy effects, i.e.

$$y_{Bliss} = 1 - \prod_i (1 - y_i)$$

For the Loewe model, the expected response satisfies

$$\sum_i (x_i / f_i^{-1}(y_{Loewe})) = 1,$$

where x_i is the dose of each constituent drug in the combination and $f_i^{-1}(y_{Loewe})$ is the inverse function of the dose response curve.

Table 1. List of Multi-omics data repositories, which are used in our system

Data repository	Web link	API	Web Services	Description
ChEMBL []	https://www.ebi.ac.uk/chembl/	YES	YES	bioactive molecules with drug-like properties
NCBI []	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/	YES	YES	biomedical and genomic information
Pubmed []	https://www.ncbi.nlm.nih.gov/	YES	YES	articles about echinococcus
KEGG []	https://www.kegg.jp/kegg/	YES	NO	a large-scale molecular data sets
DrugBank []	https://go.drugbank.com/	YES	NO	drugs and drug products
ZINC []	https://zinc.docking.org/	YES	YES	compounds for virtual screening
DisGeNET []	https://www.disgenet.org/	YES	NO	genes associated to human diseases

Table 2. List of Multi-omics data repositories, which are used in our system

Data repository	Features			
	gene	protein	chemical substances	disease
ChEMBL	+	+	+	-
Drugbank	-	-	+	+
KEGG	+	+	+	+
DisGeNET	+	-	-	+
NCBI	+	+	+	+

For the ZIP model, the expected response satisfies

$$y_{ZIP} = 1 - \prod_i (1 - y_i),$$

where y_i is the predicted dose response of the monotherapy by a monotonically increasing curve fitting model $y_i = f_i(x_i)$. For example, a common choice for modelling drug dose response curves is the four parameter log logistic model $f(x) = \frac{E_{min} + E_{max}(x/m)^\lambda}{1 + (x/m)^\lambda}$, where E_{min} , E_{max} , m and λ are the minimal and maximal responses, IC50 and slope of the dose response curve, respectively.

3. COMPUTATIONAL APPROACH FOR DRUG-REPURPOSING

A schematic view of web-based platform development for computational drug-repurposing study is depicted in Figure 2.

A basic web-based drug and disease related molecular data extraction and loading platform, in particular, *echinococcosis and related gene and drug information* included, was under development, (202.70.34.16:8080/).

In our previous study on drug similarity network and drug-target-disease interaction heterogeneous network construction and analysis, a network with more than 12,000 vertices and more than 33,000 edges representing interactions of 84 genes of *echinococcosis* with related proteins was built by using a platform *Cytoscape*, which collects data from public databases. In order able to manage the big network mentioned above, we had to apply machine learning algorithms to and reduce the dimension of the big networks meantime divide into relevant modules. PCA (principle component analysis),

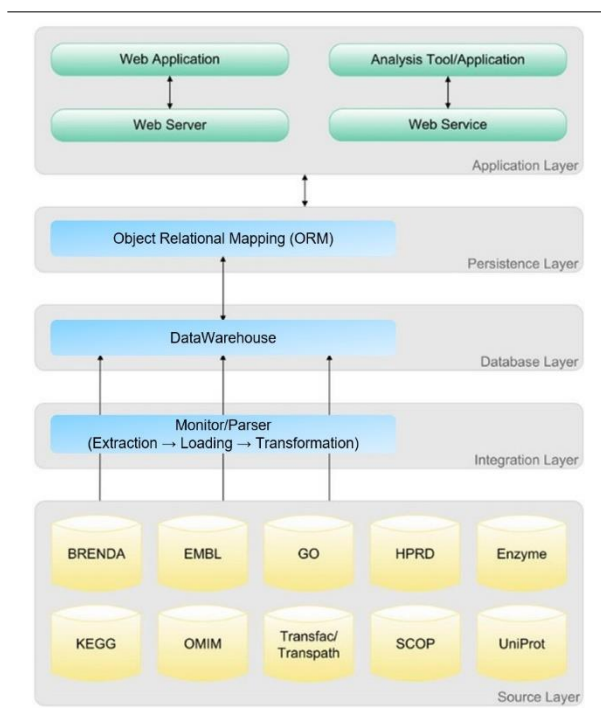


Figure 2 Schematic representation of the data warehousing for medical data. n-layer system architecture from the original heterogeneous data sources to the web application layer.

clustering, modularity methods of unsupervised machine learning were used in for that purpose. As a result, in drug-disease interaction network exploration, only 3 drugs out of 14, including ABZ/MBZ, effective anti-echinococcosis were predicted to have highly possible targets on 3 new diseases through 2 pathways and 1 receptor protein complex out of the big network of 12,000 vertices and 33.000 edges, [1].

4. DRUG COMBINATIONS AND EFFICACY

This time we start exploring drug combination efficacy and their synergistic effects based on their combined dose dependent responses. To evaluate the potential synergy of combined drugs, the observed drug combination responses (e.g. dose-response matrix) are usually compared with expected combination responses calculated by means of synergy scoring models (so-called reference or null models). Consequently, based on deviation of observed and expected responses one can classify the drug combination either as synergistic (i.e. combination effect is higher than expected) or antagonistic (i.e. combination effect is lower than expected).

As an example we first consider a couple of drugs similar to the ABZ/MBZ which were supposed to interact with molecules of echinococcosis. Worth to mention that the drug dose response data we use in the simulation here is not realistic at the moment, it is a mimic but we will find and use real data in our further study. Considering drugs combined dose response matrix and its heat map is depicted in Figure 3.

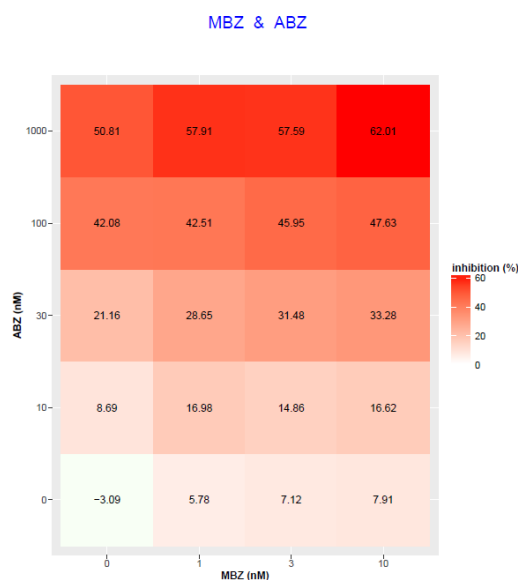


Figure 3 Combined dose response matrix of ABZ and MBZ.

The Zero interaction potency (ZIP) model captures the drug interaction relationships by comparing the change in the potency (effect at certain dose level)

of the dose-response curves between individual drugs and their combinations. ZIP assumes that two non-interacting drugs are expected to incur minimal changes in their dose-response curves. Approximately, synergy score could be interpreted as follows:

- Less than -10: the interaction between two drugs is likely to be antagonistic;
- From -10 to 10: the interaction between two drugs is likely to be additive;
- Larger than 10: the interaction between two drugs is likely to be synergistic.

Using the ZIP method, synergy score of ABZ and MDZ is calculated as 7.17 (additive) as depicted in Figure 4. The expected drug combination responses were calculated based on ZIP reference model using SynergyFinder [2]. Deviations between observed and expected responses with positive and negative values denote synergy and antagonism respectively.

Multi-drug synergy scoring was considered this time from the reference model of [2]. Synergistic effects of combinations of three drugs have been explored using the HSA model, see the dose response tensor graph Figure 5.

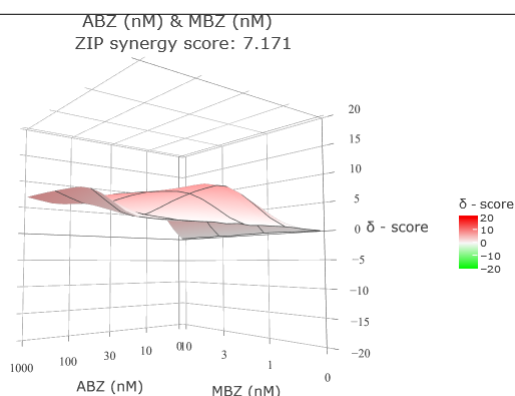


Figure 4 Synergy map. Synergy score = 7.171.

Synergy score plot of combinations of three drugs was presented in Figure 6:

$$\begin{aligned} \text{Drug1\&Drug2} & \text{ was } 16 \pm 7.865212, \\ \text{Drug1\&Drug3} & \text{ was } 16.9875 \pm 5.969704, \\ \text{Drug2\&Drug2\&Drug3} & \text{ was } 25.8 \pm 8.72726, \\ \text{Drug1\&Drug2\&Drug3} & \text{ was } 34.44063 \pm 4.116064. \end{aligned}$$

5. CONCLUSION

In the present study, we have considered a special technique of software technology for a purpose of biological huge data processing. Heterogenous database integration techniques such as data warehousing, ELT/ETL are employed for drug and disease entity interaction

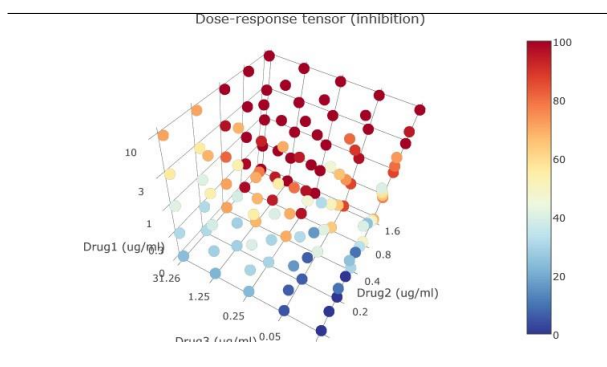


Figure 5 Synergy map.

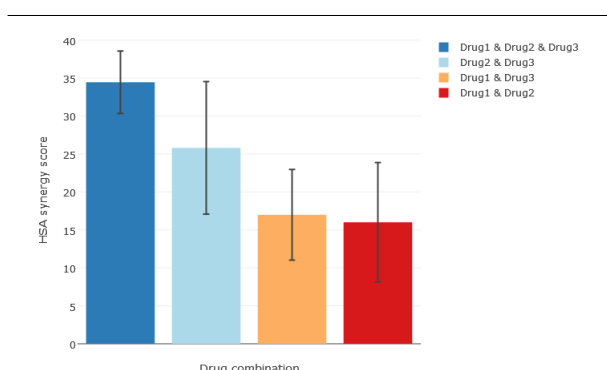


Figure 6 Synergy scores.

network construction, molecular heterogeneous data integration.

A web-based platform to integrate and construct biological heterogeneous networks have been developing since recently for a specific target of echinococcosis disease and drugs anti it.

Based on drug-target-disease interaction networks and induced prediction results of our previous study in [1], two- and multi-drug synergy efficacy has been considered briefly in this work, [2].

For the further research, deep learning approaches for drug docking, drug target prediction through pathways will be utilized.

REFERENCES

- [1] Altankhuyag Avirmed, Uranchimeg Erdenedalai, Selenge Erdenechimeg, Yansen Su, and Tseren-Onolt Ishdorj. Biomolecular network-based study of a parasitic disease and therapeutic drugs. *ICT Focus*, 1(1):22–34, Sep. 2022.
- [2] Aleksandr Ianevski, Anil K. Giri, and Tero Aittokallio. Synergyfinder 2.0: visual analytics of multi-drug combination synergies. *Nucleic Acids Res.*, 48(Webserver-Issue):W488–W493, 2020.
- [3] Benjamin Kormeier. *Semi-automated reconstruction of biological networks based on a life science data warehouse*. PhD thesis, Bielefeld University, 2010.

- [4] Petri Mäkelä, Si Min Zhang, and Sean G Rudd. Drug synergy scoring using minimal dose response matrices. *BMC Research Notes*, 14:1–6, 2021.

АЧААНЫ ГАЛТ ТЭРЭГНИЙ ХЯНАЛТЫН СИСТЕМД ЗОРИУЛСАН ХОЁР ЭХ ҮҮСГЭВЭРТЭЙ ЦАХИЛГААН СОРОНЗОН ЭНЕРГИ ХУРИМТЛУУЛАГЧ

П.Бумдүүрэн¹, Г. Хишигжаргал²
Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн сургууль
bumduuren@must.edu.mn, khishigjargal@must.edu.mn

Хураангуй-Монгол улсын төмөр замаар тээвэрлэх ачаа тээвэрлэлтийн хэмжээ жилээс жилд нэмэгдэж байгаа мөн уул уурхайн бүтээн байгуулалттай холбоотой төмөр замын бүтээн байгуулалт ид өрнөж байна. Монгол улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуулийн Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль (ШУТИС, МХТС), БНСУ-н Электроник Холбооны Эрдэм Шинжилгээний Хүрээлэн (ETRI), Монголын Төмөр Зам ТӨК-ийн хамтарсан “Ачааны галт тэрэгний хяналтын утасгүй мэдрэгч сүлжээний систем”-ийг хийж амжилттай хэрэгжүүлсэн.

Ачааны галт тэрэгний хяналтын системийг хэрэгжүүлэх үед ачааны вагон дээр цахилгаан тэжээлийн эх үүсгүүр байдаггүй хүндрэл гарсан. Тиймээс ачааны галт тэрэгний хяналтын системийн электрон төхөөрөмж болох PAN координатор, утасгүй мэдрэгч зангилааны (zigbee node) тэжээлийн асуудлыг энерги хуримтлуулагч ашиглан шийдэх зайлшгүй шаардлага гарсан. Энерги хуримтлуулагчийг нарны панел, цахилгаан соронзон хувиргагч, салхин сэнсний генератор ашиглах зэрэг олон аргаар хийж болно.

Өмнөх судалгааны ажлаар ачааны галт тэрэгний хяналтын системийн вагон буюу тэргэнцэр бүр дээр байрлуулсан бага чадлын PAN координаторыг цахилгаан тэжээлээр хангах зорилгоор байгалийн сэргээгдэх эрчим хүч болох салхийг ашиглан бага оврын салхин генераторын загварыг гаргаж амжилттай туршсан билээ.

Энэ удаагийн судалгааны ажлаар утасгүй мэдрэгч зангилааг (zigbee node) цахилгаан тэжээлээр хангахын тулд галт тэргэнд үүсэх механик чичиргээг ашигласан энерги хуримтлуулагчийн загварыг гаргаж туршсан ба мөн чичиргээний далайц, хурдыг нэмэгдүүлэх нь хангалттай цахилгаан энергийг хуримтлуулах боломжтой байдаг. Энэ зорилгын дагуу тус өгүүлэлд цахилгаан соронзон хувиргагч механизмийг ашиглан кинетик энергийг цахилгаан энерги болгон хувиргах чичиргээний энерги хуримтлуулагчийн хөгжүүлэлтийн судалгааг танилцуулж байна. Энд чичиргээг нэмэгдүүлэхэд галт тэргэнд үүсэх чичиргээнээс гадна хоёрдох эх үүсгэвэр болох салхийг ашигласан.

Энэ загвар нь галт тэрэгний хяналтын систем төдийгүй ИТсуурьтай сүлжээнүүдийн хөдөлгөөнт хэсэгт байрлах бага чадлын электрон төхөөрөмжүүдийг тэжээхэд ашиглагдаж болно.

Түлхүүр үг-Хөндлөн урсгалт сэнс, чичиргээ, резонансын давтамж, соронз, ороомог

I. Удиртгал

Ачааны галт тэрэгний хяналтын системийг хэрэгжүүлэхэд дугуйны халалт, цууралтыг хянах хэд хэдэн мэдрэгчийг вагонд байрлуулах шаардлагатай бөгөөд эдгээр мэдрэгчийг найдвартай цахилгаан тэжээлээр хангах асуудал үүсдэг. Учир нь зорчигчийн галт тэрэгтэй адил ачааны галт тэрэгний вагонд цахилгааны эх үүсгүүр байдаггүй.

Одоогийн байдлаар төмөр замд хэд хэдэн төрлийн орчны механик энергийн эх үүсгүүрийг цахилгаан энергид хувиргах аргууд хөгжиж байна. Үүнд бага оврын салхин генератор [1], даралтаас үүсэх энергийг цахилгаан энерги болгон хувиргах пьезоэлектрик хувиргагч [2-3], хөдөлгөөний кинетик энергийг цахилгаан энергид хувиргах цахилгаан соронзон зарчим дээр тулгуурласан аргуудыг ашиглаж байна. [4,5]

Өмнөх судалгааны ажлаар PAN координаторыг цахилгаан тэжээлээр хангах бага оврын салхин генераторыг амжилттай туршиж хэрэгжүүлсэн билээ.

Энэ удаагийн судалгааны ажлаар утасгүй мэдрэгч зангилааг (zigbee node) цахилгаан тэжээлээр хангахын тулд галт тэргэнд үүсэх механик энерги буюу чичиргээг ашигласан цахилгаан соронзон хувиргуур болох чичиргээний энерги хуримтлуулагчийн загварыг гаргаж турших зорилтыг дэвшүүлсэн.

Механик энергийг цахилгаан энергид хувиргах үндсэн зарчим нь соронз болон зэс ороомогийн харилцан үйлчлэлээр Фарадейн хуулийн дагуу зэс ороомогт индукцийн цахилгаан хөдөлгөгч хүч үүсэх явдал юм. [6]

Цахилгаан соронзон энерги хуримтлуулагч нь зэс ороомог, тогтмол цилиндр соронз, резонанс үүсгэх нөхцөлөөр хангагдсан бүтэцтэй байна. Мөн чичиргээг нэмэгдүүлэх зорилгоор инерцийн массыг тогтмол соронзонд холбож болно.

Мөн тус судалгааны ажилд цахилгаан соронзон хувиргагчийн чичиргээний далайц, хурдыг нэмэгдүүлэх зорилгоор энергийн хоёрдогч эх үүсгэвэр болох салхийг ашиглан хөндлөн урсгалт салхин сэнсний тусламжтай хоёр эх үүсгэвэр бүхий цахилгаан соронзон хувиргагчийн загварыг гаргаж туршсан.

II. Төмөр замын чичиргээний характеристик

Хоёр өртөөний хооронд аялсан ачааны галт тэрэгний чичирхийллийн бичлэгүүдийг авч үзье. Энэ зорилгоор акселометрийг ашигласан бөгөөд хэмжилтийн утгыг өгөгдлийн файл болгон хадгалдаг бөгөөд вагонд утасгүй мэдрэгч зангилааг байрлуулсаныг 1-р зурагт үзүүлэв.

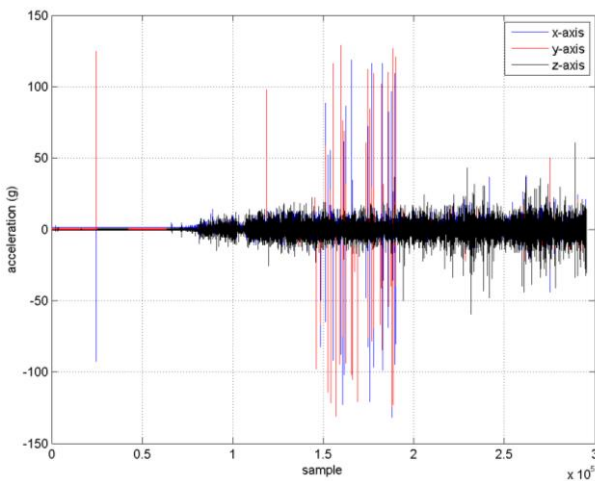


Зураг 1. Утасгүй мэдрэгч зангилаа

Энэ утасгүй мэдрэгч зангилаанд галт тэргэнд үүсэх чичиргээг хэмжих зорилгоор акселерометр суурилуулсан бөгөөд акселометрийн дохиог боловсруулж, тэдгээрийг профайл хэлбэрээр хадгалж авдаг. Чичиргээг хэмжих акселометр нь 100 Гц давтамжтай ажиллана. Дээж авах теоремийн дагуу 50 Гц хүртэлх давтамжийг хэмжиж болно.

Хэмжилтийг гурван тэнхлэгийн дагуу хэмждэг. X нь зорчих чиглэлийн дагуу тэнхлэг, Y нь зорчих чиглэлтэй тэгш өнцөгт үүсгэх тэнхлэг бол Z тэнхлэг нь төмөр замтай 90 градус үүсгэх буюу босоо тэнхлэг юм. Z тэнхлэгийн дагуу чичиргээ нь хамгийн их хурдатгалын далайцыг үзүүлдэг.

Зураг 2-г ачааны галт тэрэгэнд үүсэх чичиргээг хэмжсэн акселометрийн утгыг харуулав. Ачааны галт тэрэгний хамгийн их давтагдах хурдатгал нь 2g буюу ойролцоогоор 20 м/с² байна.

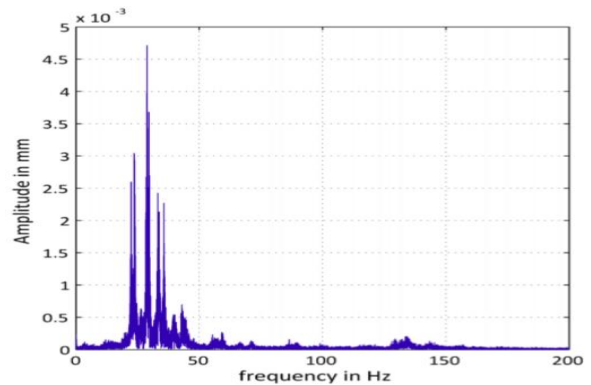


Зураг 2. Акселометрийн утга

III. Давтамжийн анализ

Акселометрийн утгыг хадгалсан өгөгдлийн файлыг боловсруулж амплитутын утга руу хөрвүүлж болох бөгөөд мөн электродинамик сэгсрэгч ашиглан байгалийн чичиргээтэй адил хиймэл чичиргээг дахин гаргаж авч болдог. Ингэснээр лабораторийн нөхцөлд туршилтыг хийж болно. Утасгүй мэдрэгч зангилааны акселерометрийн өгөгдөл дээр боловсруулсан давтамжийн анализийг авч үзье. Зураг 3-д

чичиргээний өгөгдлийн файлаас авсан нэг минутын чичиргээний Фурьейгийн спектрийг харуулсан байна.



Зураг 3. Фурьейгийн хувиргалт

Фурьейгийн хувиргалтаас харахад давтамжуудын ихэнх нь 10 Гц-аас 40 Гц хооронд байна. Зонхилох давтамж буюу резонансын давтамж нь 28 Гц юм. Эдгээр үр дүнгээс харахад чичиргээний хувиргагч нь эдгээр давтамжийн хязгаарт байх нь хамгийн зөв шийдэл болж байна. [7]

Энд үүсэх резонансын давтамжийг ихэсгэх хоёр эх үүсгэвэр бүхий цахилгаан соронзон хувиргагчийн загварыг санал болгож байна.

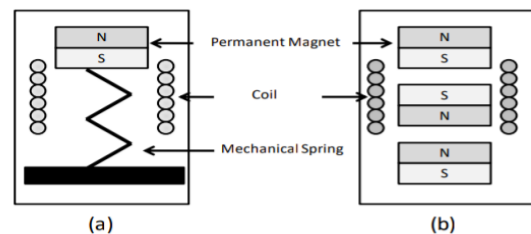
IV. Энерги хуримтлуулагчийн симуляц

Ерөнхийдөө цахилгаан соронзон хувиргагч нь соронзон болон ороомогийн харилцан үйлчлэлээр цахилгаан энергийг үүсгэдэг.

Цахилгаан соронзон хувиргагчийн хоёр үндсэн механизмыг ашиглаж энерги хуримтлуулагчийг хийж болно.

Эхнийх нь ороомог эсвэл соронзонг механик пүрштэй холбох бөгөөд чичиргээний тусламжтай хөдлөх пүршний хөдөлгөөнөөр цахилгаан соронзон оронг үүсгэнэ (Зураг 4а).

Хоёр дахь нь чичиргээгээр хөдлөх соронзон пүрш. Энэ тохиолдолд соронзон пүршинээс хөдлөх соронзонг хөдөлгөөнгүй бэхэлсэн ороомог дотор байрлуулдаг (Зураг 4б).

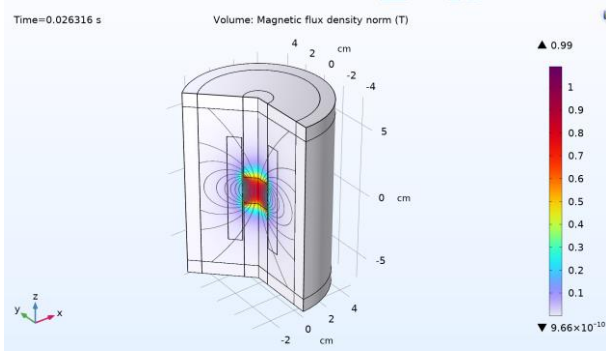


Зураг 4 а). Механик пүрш, б). Соронзон пүрш.

Соронзон пүрштэй архитектурын гол давуу тал нь шугаман бус системийн хувьд их давтамжийн хязгаарт ажиллах боломжтой бол харин соронзлогддоггүй механик пүршинд холбосон гэрийг зэс ороомгоор ороосон механик пүршний

архитектур хувьд хувиргагчийн давтамжийн зурвас хязгаарлагддаг.

Тиймээс энерги хуримтлуулагчийн загварыг гаргахдаа хамгийн их энергийг хуримтлуулахын тулд чичиргээний резонансын давтамжийг зөв сонгох шаардлагатай болно. Чичиргээний энерги хуримтлуулагчийн симуляцыг Comsol Multiphysics програм дээр хийсэн. Симуляцын загварыг зураг 5,6,7-д үзүүлэв.



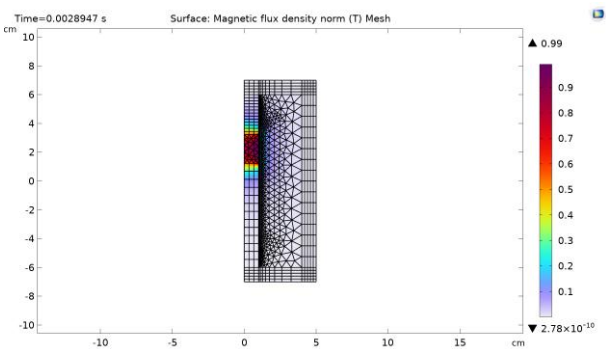
Зураг 5. Энерги хуримтлуулагчийн симуляцын загвар

Settings
Parameters

Label: Parameters 1

Name	Expression	Value	Description
f0	28[Hz]	28 Hz	Frequency of an oscillati..
T0	1/f0	0.035714 s	Time period of an oscillat
t	0[s]	0 s	Time
d	30[mm]	0.03 m	displacement

Зураг 6. Энерги хуримтлуулагчийн симуляцын параметрууд



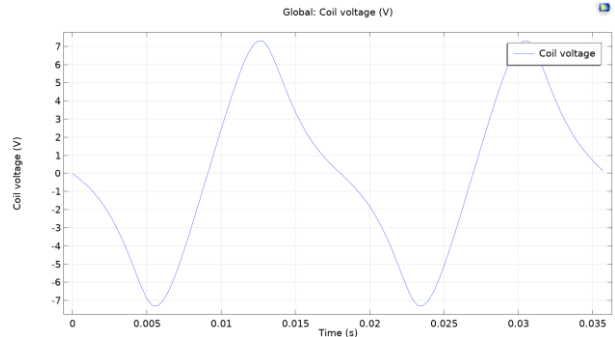
Зураг 7. Энерги хуримтлуулагчийн соронзон урсгалын өөрчлөлт

Симуляцыг хийхдээ дараах параметруудийг тохируулж гүйцэтгэсэн.

- зэс ороомгийн ороодсын тоо $N=1000$,
- зэс утасны хөндлөн огтлолын талбай $a_{coil}=\pi*(0.5[\text{mm}])^2$, цилиндр соронзны хэмжээ $20 \text{ mm} \times 20 \text{ mm}^2$
- соронзон урсгалын нягт $B_g = 1.2 \text{ T}$,
- соронзны зэс ороомогтой харьцангуй хөдөлгөөн $dx=d*\sin(2*\pi*f_0*t)$,

- цахилгаан дамжуулал нь $6e7[\text{S/m}]$

Энэ симуляцын үр дүн болох резонансын давтамж 28 Гц байх үеийн энерги хуримтлуулагчийн хуримтлуулах хүчдэлийг зураг 8-д үзүүлэв. Давтамж ихэсэхэд индукцийн хүчдэл нэмэгдэнэ.

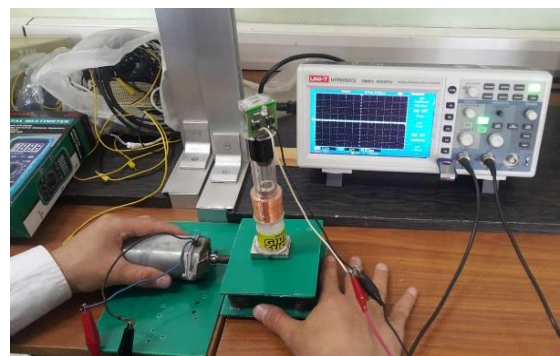


Зураг 8. Энерги хуримтлуулагчийн индукцлэгдсэн цахилгаан хөдөлгөгч хүч

V. Энерги хуримтлуулагчийн туршилтын загвар

Цахилгаан соронзон хувиргагчийг хоёр янзын аргаар туршсан зураг 9-д үзүүлсэн босоо тэнхлэг буюу Z тэнхлэгийн дагуу үүсэх чичиргээг электродинамик сэгсрэгчээр үүсгэж хэмжилтийг гүйцэтгэсэн бол зураг 10-д X тэнхлэгийн дагуу үүсэх хөдөлгөөний кинетик энергийг цахилгаан энергид хувиргах чичиргээ болон салхи гэсэн хоёр энергийн эх үүсгэвэртэй туршилтын загварыг лабораторийн нөхцөлд туршсан.

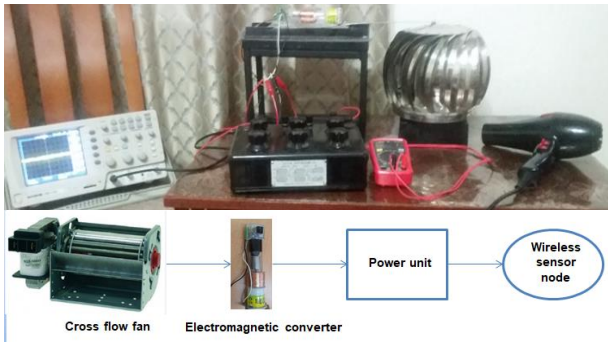
Мөн цахилгаан соронзон хувиргагчийн параметрийн үзүүлэлтүүдийг хүснэгт 1-д үзүүлэв.



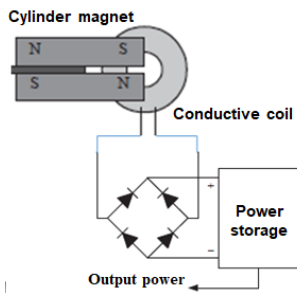
Зураг 9. Цахилгаан соронзон хувиргагчийн лабораторийн туршилт

Цахилгаан соронзон хувиргагчийн зонхилох буюу резонансын давтамжийг нэмэгдүүлэх зорилгоор хоёрдогч энергийн эх үүсгэвэр болох салхийг ашигласан туршилтын загварыг зураг 10, 11-д үзүүлэв.

Мөн чичиргээний энерги хуримтлуулагч болон бага оврын салхин генераторыг хослуулж ажиллуулж энергийг хуримтлуулах гибрид энерги хуримтлуулагчийн туршилтын загварыг гаргаж дараагийн судалгааны ажилдаа турших зорилтыг тавьсан.



Зураг 10. Хоёр эх үүсгэвэртэй цахилгаан соронзон энерги хуримтлуулагчийн туршилтын загвар.



Зураг 11. Хоёр эх үүсгэвэртэй цахилгаан соронзон энерги хуримтлуулагчийн зарчимын схем

Санал болгож буй чичиргээний энерги хуримтлуулагчийн загвар соронзлогддоггүй материалаар хийгдсэн хайрцагт байрлах учир ачааны галт тэрэгний соронзон орчинд байрлуулах боломжтой.

Хүснэгт1. Цахилгаан соронзон хувиргагчийн параметрийн үзүүлэлтүүд

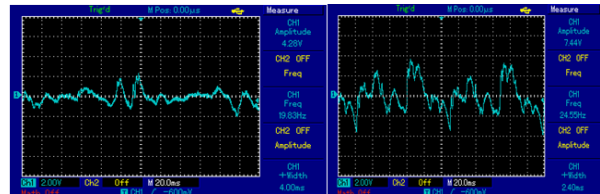
Параметр	Утга
Гэрний хэмжээ	Диаметр x Урт: 22 x 180 мм ²
Соронзны хэмжээ	20 mm x 20 mm ²
Соронзний тоо	1ш
Ороомгийн урт	40 mm
Зэс ороомгийн радиус	0.3 mm
Ороодсийн тоо	1000
Ороомгийн эсэргүүцэл	57ом

VI. Туршилтын үр дүн

Туршилтыг гүйцэтгэхдээ электродинамик сэгсрэгчийг хувьсах хурдтай цахилгаан мотор ашиглан удирдаж шаардлагатай давтамжуудыг гарган хэмжилтийг гүйцэтгэсэн бөгөөд чичиргээний давтамжийг 10-40Гц-ын хооронд өөрчилж осциллоскопын тусламжтай хүчдэл, давтамжийн хамаарлын графикыг дэлгэцэнд үзүүлсэн. Энд зонхих буюу резонансын давтамж нь 28 Гц байна. Графикаас харахад давтамж ихсэхэд хүчдэл дагаж

өссөн байна. Гүйдлийг хэмжихдээ цахилгаан соронзон хувиргагчийн гаралтыг гэрлэн диодын матрицтай цуваа холбон тэстрээр хэмжсэн. Цахилгаан соронзон хувиргагчийн хүчдэл, гүйдэл, давтамжийн хэмжилтийг зураг 12-д үзүүлэв.

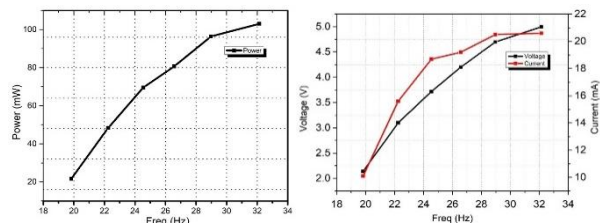
Туршилтын үр дүнг хүснэгт 2-т харуулсан бөгөөд мөн графикаар зураг 13-д дүрслэн үзүүлсэн. Эндээс харахад туршилтын үр дүн симуляцын үр дүнтэй ойролцоо утгыг үзүүлж байна.



Зураг 12. Цахилгаан соронзон хувиргагчийн хүчдэл, гүйдэл, давтамжийн хэмжилт

Хүснэгт 2. Туршилтын үр дүн

№	Давтамж Гц	Хүчдэл /U В/	Гүйдэл I мА/	Чадал /P мВт/
1	37,58	5.2	22.9	119.08
2	32.15	5.0	20.6	103
3	28.97	4.7	20.5	96.35
4	26.57	4.2	19.2	80.64
5	24.55	3.72	18.7	69.56
6	22.25	3.1	16.3	50.53
7	19.83	2.14	15.6	33.38
8	15.55	2.0	17.3	34.6
9	11.23	1.8	13.9	25.02
10	10.25	1.7	10.5	17.85



Зураг 13. Давтамжаас хамаарсан гүйдэл, хүчдэл, чадлын график

VII. Дүгнэлт

- Ачааны галт тэрэгний хяналтын WSN-д зориулсан энерги хуримтлуулагчийн судалгааны ажил нь өнөө үеийн судлаачдын судлах гол сэдвүүдийн нэг бөгөөд эрэлт

- хэрэгцээ ихтэй технологийн шийдэл болоод байгаа билээ.
- Ачааны галт тэрэгний чичиргээний резонансын давтамж 28 герц байсан ч бид хоёрдогч эх үүсвэрийн салхи ашиглан резонансын давтамжийг 37 герц болгож, гаралтын хүчийг 120 м Вт хүртэл нэмэгдүүлж, утасгүй мэдрэгчийн зангилааг цахилгаан тэжээлээр хангасан.
- Дараагийн хийх судалгааны ажил бол бид ачааны галт тэрэгний хяналтын WSN системд зориулсан гибрид энерги хуримтлуулагчийн загварыг турших зорилго тавьж байна.

Ном зүй

- [1] Mouapi, A., Hakem, N., Kandil, N., & Kamani, G. V., Energy harvesting design for autonomous Wireless Sensors Network applied to trains. In 2016 IEEE International Ultrasonics Symposium (IUS), (pp. 1-4), 2016.
- [2] Wischke, M., Masur, M., Kröner, M., & Woias, P., Vibration harvesting in traffic tunnels to power wireless sensor nodes. *Smart Materials and Structures*, 20(8), 085014, 2011.
- [3] Li, J., Jang, S., & Tang, J., Optimization of piezoelectric energy harvester for wireless smart sensors in railway health monitoring. In *Proc. of SPIE*, Vol. 8692, pp. 86924L-1, 2013.
- [4] Gao, M., Wang, P., Cao, Y., Chen, R., & Cai, D., Design and Verification of a Rail-Borne Energy Harvester for Powering Wireless Sensor Networks in the Railway Industry. *IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems*, 18(6), 1596-1609, 2017.
- [5] Bradai, S., Naifar, S., Keutel, T., & Kanoun, O., Electrodynamic resonant energy harvester for low frequencies and amplitudes. In 2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, pp. 1152-1156, 2014.
- [6] Cho, J. Y., Jeong, S., Jabbar, H., Song, Y., Ahn, J. H., Kim, J. H., ... & Sung, S., Piezoelectric energy harvesting system with magnetic pendulum movement for self-powered safety sensor of trains. *Sensors and Actuators A: Physical*, 250, 210-218, (2016).
- [7] Bradai, S., Naifar, S., Keutel, T., & Kanoun, O., Electrodynamic resonant energy harvester for low frequencies and amplitudes. In 2014 IEEE International Instrumentation and Measurement Technology Conference (I2MTC) Proceedings, pp. 1152-1156, 2014.

МОРЗЫН КОД БОЛОВСРУУЛАХ ТООН СИСТЕМИЙН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Б.Баянсан, Ц.Хас-Очир, А.Одгэрэл

Монгол Улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, Электроникийн салбар
baynaa.hd0718@gmail.com, hasochir1126@gmail.com, odgerel55@must.edu.mn

Хураангуй-Морзын код буюу текст тэмдэгтүүдийг цэг, зураас гэсэн хоёр өөр дохионы үргэлжлэх стандарт дараалал болгон кодлох радиотелеграфыг Монгол улсын Зэвсэгт Хүчин харилцаа холбооны салбарт ашиглаж байгаа билээ. Иймд цэргийн холбооны мэргэжлийн операторуудын төрөл бүрийн радиостанцуудтай ажиллах ур чадвар, сургалт бэлтгэлжилтийн түвшинг нэмэгдүүлэх, байнга өндөр түвшинд байлгах, холбоочин операторуудын бэлэн байдал, дадлага сургуулилтыг дурын нөхцөлд шалгаж үнэлэх, дамжуулж буй мэдээллийг хянах зэрэг шаардлагууд гарч ирдэг. Энэ шаардлагуудад үндэслэн радиотелеграфын системийн нэвтрүүлэх хэсгийн Морзын код үүсгэгч түлхүүр болон хүлээн авагч талуудыг микроконтроллёр ашигласан тоон төхөөрөмжүүд зохион бүтээж туршсан. Компьютерийн гараас оруулсан мэдээллийг микроконтроллёр боловсруулан релейны контакт ашиглан (цэг, зураас) Морзын кодыг үүсгэнэ. Релейны контактыг нэвтрүүлэх радиостанцад холбож Морзын код бүхий мэдээллийг хүлээн авах радиостанц руу дамжуулна. Хүлээн авах станц нь Морзын кодыг хүлээн авч микроконтроллёр бүхий тоон төхөөрөмж дээр боловсруулан харуулна. Нэвтрүүлэг хийх хурд, цэг болон зураасыг илэрхийлэх хугацаа, мөн цэг зураас хоорондын болон түүний үргэлжлэх хугацаа харилцан адилгүй байдаг нь туршилтын явцад тогтоогдсон.

Түлхүүр үг – Цэргийн холбоо, радиотелеграф, микроконтроллёр, релей, оператор

I. УДИРТГАЛ

Автомат техник буюу хүний хөдөлмөрийг хялбарчилсан, илүү найдвартай ажиллагааг хангасан, тухайн хүний бие махбод, оюун санааны өөрчлөлтөөс үл хамааран өөрийн үүрэгт ажлаа найдвартай гүйцэтгэдэг техникүүдийг дэлхий дахинд өргөнөөр ашиглаж байна. Энэ үед Монгол улсын иргэний инженерчлэлийн болон Батлан хамгаалах салбар зэвсэглэл, техникээ автоматжуулах, технологид суурилан үйл ажиллагаагаа зохион явуулах шаардлагууд гарч ирдэг билээ. Чиг үүргийн дагуух шаардлага, нууцлал, онцлог, найдвартай ажиллагаа болон бусад хүчин зүйлүүдийг хангасан төхөөрөмж зохион бүтээхийг зорьж эхний загваруудыг боловсруулсан. Орчин үеийн техник хэрэгсэлүүд механик, электроник, програм хангамж гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрддэг ба төхөөрөмжийн бүтэц болон зохион бүтээх үйл явцыг үндсэн дарааллын дагуу судалгаа болон бусад ажлыг хийж гүйцэтгэн туршиж байна.

Өнөөдрийн байдлаар Монгол улсын Зэвсэгт Хүчинд ашиглаж буй холбооны станцуудаар нэвтрүүлэг хийх үйл явц нь уламжлалт аргаар буюу дадлагажиж мэргэшсэн операторын механик болон хагас автомат түлхүүрийг сэлгэн залгах, салгах зарчмаар явагддаг. Нэвтрүүлэх үед тухайн операторын ур чадвараас төдийгүй бие оюун санааны байдал зэрэг хүчин зүйлүүдээс шалтгаалан нэвтрүүлж буй тэмдэгтийн болон хоорондын үргэлжлэх хугацаа харилцан адилгүй тогтмол бус байдаг. Радиостанцуудын ажиллах давтамж, цаг агаарын нөхцөл, хот суурин газрын цахилгаан соронзон долгионы нөлөөлөл зэргээс шалтгаалан дээрх тогтмол бус хэмжээтэй нэвтрүүлж буй мэдээлэлтэй ижил давтамж болон амплитудтай шуугиан дамжих магадлал өндөртэй юм. Мөн Морзын цагаан толгойн үсэг болон цифр нь 1-7 ширхэг цэг эсвэл зураас нийлсэн хослолоор

илэрхийлэгдэх ба нэг нь нөгөөгөөс хамааралтай байдаг. Дамжуулж буй мэдээллийн ойролцоо цэг эсвэл зураастай ижил үргэлжлэх хугацаатай импульс дамжихад илэрхийлэх мэдээллийн утга алдагдах, өөр утгатай болох зэрэг эрсдэл гарч болзошгүй юм.

Cyrillic	Latin	Code	Cyrillic	Latin	Code	Cyrillic	Latin	Code
А	A	·-·	Л	L	·-·-·	Х	H	·-·-·
Б	B	·-·-·	М	M	-·-·	Ц	C	-·-·-·
В	W	·-·-·	Н	N	-·-·	Ч	CH	-·-·-·
Г	G	-·-·	О	O	-·-·-·	Ш	SH	-·-·-·
Д	D	-·-·	П	P	·-·-·-·	Щ	Q	-·-·-·
Е	E	·	Р	R	·-·-·	Ь (Ъ)	X	-·-·-·
Ж	V	·-·-·-·	С	S	·-·-·	Ы (Ы)	Y	-·-·-·
З	Z	-·-·-·	Т	T	-	Э	E	·-·-·-·
И	I	·-·	У	U	·-·-·	Ю	U	·-·-·-·
Й	J	·-·-·-·	Ф	F	·-·-·-·	Я	A	·-·-·-·
К	K	-·-·						

Зураг. 1. Морзын цагаан толгой

Морзын код (Morse code) нь текст мэдээллийг дараалсан асаж унтрах авиа, гэрэл, цахилгаан гүйдэл зэргээр дамжуулах арга юм. Мэдээллийг хүлээж авч байгаа талд мэдээллийг ойлгохын тулд ямар нэг багаж хэрэгсэл хэрэггүй бөгөөд харин туршлагатай байхад л хангалттай. Олон улсын стандартын Морзын код нь Латины цагаан толгойн үсэг болон араб тоог кодчилсон байдаг [1].

1836 онд Самуел Ф.Б. Морз, Жозеф Генри мөн Алфред Вайл нар анхны цахилгаан телеграфын системийг зохион бүтээсэн бөгөөд энэ нь цахилгаан гүйдлийг хэмнэлтэйгээр утсаар дамжуулдаг байв. Энэхүү дамжуулж буй өгөгдлийг хүлээн авах тал мөн адил телеграфын системээр хүлээж авах бөгөөд хоёр тал бие биетэйгээр ойлголцох хэрэгтэй болсон байна. Ийнхүү Морз анхны Морз Кодыг бүтээсэн байна. 1844 он гэхэд АНУ-д телеграфын систем ашиглаж эхэлсэн бөгөөд хүлээн авч байгаа талын систем цахилгаан

гүйдэл ирэхэд цаасан дээр тэмдэглэгээ хийж харин цахилгаан гүйдэл ирэхгүй байгаа үед цаасан дээр тэмдэглэгээ хийхгүй цаасыг хоосон явуулдаг байв. Морз өөрийн кодоо зохиоходоо анх зөвхөн тоон мэдээлэл явуулахаар төлөвлөж байсан бөгөөд тухайн тоо нь цагаан толгойн нэг үсгийг төлөөлөх ёстой байв. Харин Вайл түүний кодын санааг улам өргөжүүлж үсэг, тусгай тэмдэгтийг нэмж өгсөн байна. Тэрээр Английн цагаан толгойн хамгийн их хэрэглэгддэг үсгүүдийг хамгийн богино кодоор орлуулж хийсэн байна. Ингээд богино хэсгийг нь “dots” буюу цэгүүд урт хэсгийг “dash” буюу зураас гэх болсон бөгөөд тухайн үсэг нь энэ хоёрын дараалал байдлаар кодлогдсон байна [2]. Харин радио холбоо бий болж Морзын кодыг ашиглаж эхлэхэд мэдээлэл хүлээн авч байгаа талын оператор цэгийг “dit” мөн зураасыг “dah” гэх авиагаар сольж хэрэглэх болжээ. Дараа нь “dit” нь үсгийн дунд байвал “di” гэх авиагаар орлуулж хэлэх болсон бөгөөд жишээ “C” үсгийг “dah di dah dit” гэдэг байв. Алфред Вайл Дэлхийн хоёрдугаар дайны үед радио телеграфыг улс орнууд өргөн хэрэглэж байсан бөгөөд шифрлэгдсэн нууц кодоо дамжуулдаг байв. Дайны үед их хэмжээний цэргийн хүч маш хурдан байрлалаа сольж байдаг байсан тул радио телеграфыг их өргөн хэрэглэдэг байв. Хэрэглэгчийн чадвар Морзын кодын хурдыг минутад хэдэн үг (words per minute / wpm) эсвэл минутад хэдэн үсэг (characters per minute / cpm) гэж тооцож үздэг байна. Гэсэн хэдий Морз кодоор дамжуулж байгаа адил тооны үсгээс бүрдэх хоёр үгийн урт нь өөр өөр байдаг. Тиймээс ч операторын хурдыг тооцоолохын тулд стандартын үг хэрэглэх хэрэгтэй болдог байна.

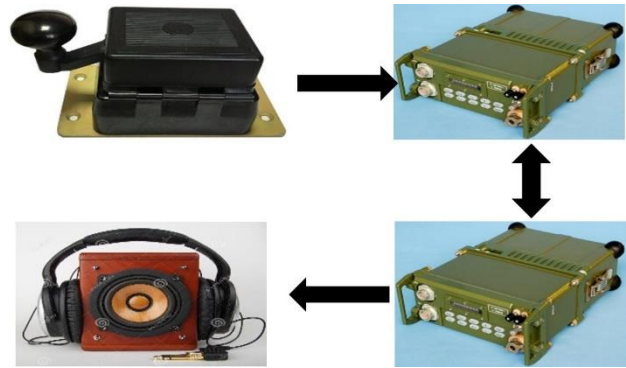
Морзын цагаан толгойн тэмдэгтийн нэгж нь нэг цэгийн үргэлжлэх хугацаа юм. Зураасны урт нь гурван цэгтэй тэнцэнэ. Ижил тэмдэгтийн элементүүдийн хоорондох завсарлага нь нэг цэг, үгийн тэмдэгтүүдийн хооронд 3 цэг, үсгийн хооронд 7 цэг байна [3].

Тэгвэл радиотелеграфын нэвтрүүлэх төхөөрөмжийг зохион бүтээж түлхүүр хэлбэрээр ашигласанаар дээрх эрсдэлүүдээс сэргийлэх, найдвартай ажиллагааг хангах, мэдээний үнэн зөв байдлыг хадгалан дамжуулах магадлал нэмэгдэх боломжтой юм. Матлаб програм ашиглан Морзын кодыг тайлагчийн (decoder) филтер болон алдааг засах судалгааны ажлыг [4]-д хийсэн. [5]-р ажилд саажилттай хүмүүс хоорондоо Морзын кодоор харилцах судалгааны ажил хийсэн. Нүдний анивчилтыг IR мэдрэгч ашиглан мэдрч микроконтроллёроор боловсруулан дэлгэцэнд харилцан харуулдаг, мөн текстийг дуу хоолой болгодог сонирхолтой судалгааны ажил болсон. LED гэрлийг ашиглан Морзын код үүсгэн дамжуулж Матлаб ашиглан хэрэглээний програм хөгжүүлж харуулсан магистрыг ажлыг [6] дээр хийсэн.

II. СИСТЕМИЙН ШИЙДЭЛ

A. Уламжлалт холбооны систем

Уламжлалт холбооны дамжуулах, хүлээн авах станцуудын бүтэц, ажиллах диаграмыг дараах зурагт харуулав.



Зураг 2. Уламжлалт холбооны дамжуулах ба хүлээн авах станцуудын бүтэц, ажиллагааны зарчим

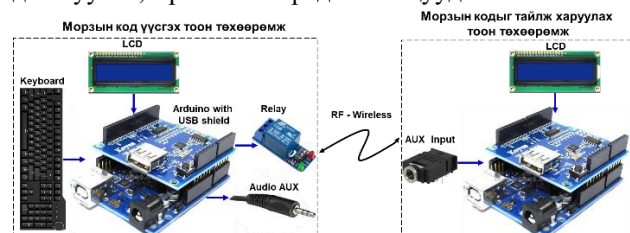
Морзын кодыг түлхүүрээр үүсгэн нэвтрүүлэх (дамжуулах) радиостанцад утга өгнө. Ирсэн Морзын кодыг хүлээн авах радиостанц хүлээж аван операторт дамжуулна. Оператор кодыг сонсон бичиж, боловсруулан тайлах зарчмаар уламжлалт холбооны систем ажилладаг. Уламжлалт Морзын код үүсгэх механик түлхүүрийн бүтцийг дараах зурагт харуулав.



Зураг 3. Уламжлалт Морзын код үүсгэгч телеграфын механик түлхүүр

B. Системийн бүтэц

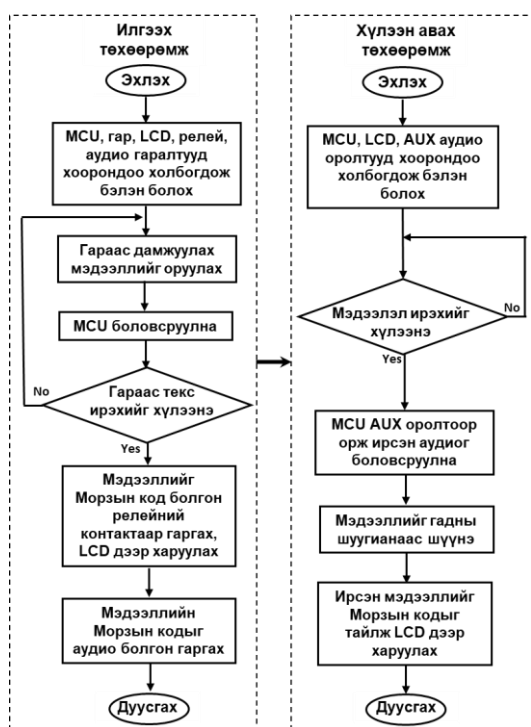
Дээр өгүүлсэн уламжлалт аргыг хөнгөвчлөн орчин үеийн мэдээллийн технологи, электроникийн шийдлүүдийг ашиглан Морзын код үүсгэх болон хүлээн авч боловсруулах тоон төхөөрөмжүүдийн шийдлийг гаргасан. Хөгжүүлсэн тоон төхөөрөмжүүдийн бүтцийн диаграмыг зурагт 4-т харуулав. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нь USB shield бүхий микроконтроллёр (ATMega328), гар, LCD дэлгэц, релей болон аудио гаралт гэсэн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдтэй. Хүлээн авч боловсруулах хэсэг нь USB shield бүхий микроконтроллёр (ATMega328), LCD дэлгэц, болон аудио AUX орлолт гэсэн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдтэй. Уг хоёр төхөөрөмжийн хооронд Морзын кодыг утасгүйгээр (RF) дамжуулах цэргийн холбооны зориулалттай дамжуулах, хүлээн авах радиостанцууд байна.



Зураг 4. Морзын код үүсгэх, хүлээн авч боловсруулах тоон төхөөрөмжүүдийн бүтцийн диаграм

Морзын кодыг уламжлалт түлхүүрээр биш компьютерийн гараас тухайн Морзын кодоор үүсгэх байсан мэдээллийг шууд бичих юм.

Компьютерийн гараас дамжуулах мэдээллийн 35 үсэг, 0-9 тооны цифрүүдийг оруулна. Микроконтроллёр нь дамжуулах мэдээллийн үсэг, тоонд харгалзах Морзын кодыг релейний контактаар (цэг, зураас) үүсгэнэ. Релейний гаралтын контактыг нэвтрүүлэх станцад холбон Морзын кодоо хүлээн авагч станц руу дамжуулах зарчмаар ажиллана. Нэвтрүүлэх тэмдэгтүүдийн мэдээллийг LCD дэлгэцэн дээр харуулж зөв мэдээлэл илгээх эсэхээ давхар хянана. Хүлээн авагч радио станц Морзын кодыг хүлээн авч тоон төхөөрөмжөөрөө боловсруулалт хийн тайлан дэлгэцэнд харуулах, хадгалах зэрэг үйлдлийг хийнэ.



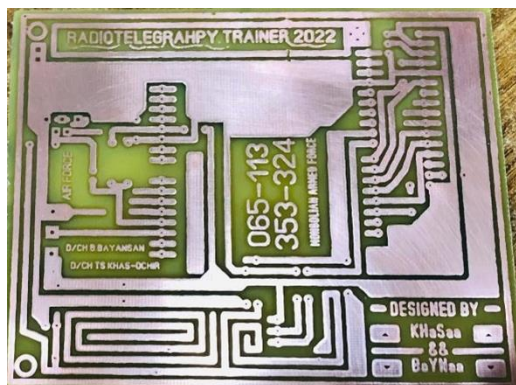
Зураг 5. Морзын код үүсгэх, хүлээн авч боловсруулах тоон төхөөрөмжүүдийн ажиллах алгоритм

III. Туршилт, үр дүн

Оператор механик түлхүүр ашиглан нэвтрүүлэг хийх ажиллагаа нь нэг цифр илэрхийлэхийн тулд 5 ширхэг тэмдэгт боловсруулдаг. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нь уг ажиллагааг хөнгөвчлөн компьютерийн гарнаас харгалзах цифрийг дарахад микроконтроллер хүлээн авч, релейг 5 удаа ажиллуулдаг. Релейний контактлах хугацаа нь нэвтрүүлж буй тэмдэгтийн үргэлжлэх хугацаатай тэнцүү бөгөөд хүлээн авагч операторын чадварт тохируулан хурдыг ихэсгэх, багасгах боломжтой. Мөн нэвтрүүлж буй мэдээллийг дэлгэцэнд дүрслэн харуулж өгсөн нь худал буруу мэдээлэл дамжуулах, цэг таслал илүү болон дутуу явуулах буюу мэдээний утгыг ойлгомжгүй болох зэрэг эрсдэлийг багасгасан.

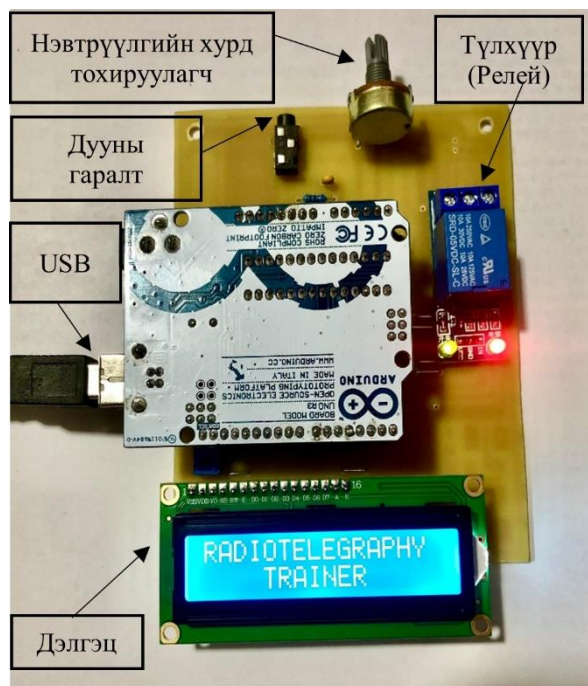
Мөн нэвтрүүлгийн хурд тохируулагчийг хувьсах эсэргүүцлээр хийж нэмсэн. Энэ нь релейний контактлах хугацааг тохируулдаг. Релей контактлах хугацаа нь богино байх тусам мэдээ дамжих хугацаа бага байна.

Дараах зурагт төхөөрөмжийн эх хавтанг (PCB) уусган хийсэн байдлыг харуулав. Эх хавтанг SPRINT-LAYOUT 6.0 програм дээр бэлтгэсэн.



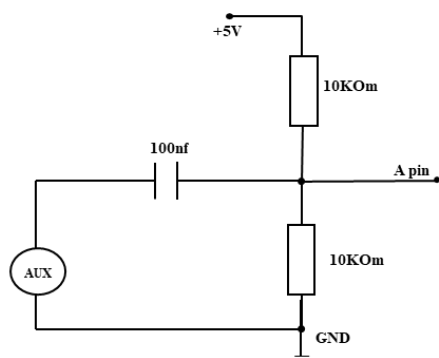
Зураг 6. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн эх хавтангийн уусгасан байдал

Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн туршилтын загварыг дараах зурагт үзүүлэв. Судалгаанд ашиглах дундын дамжуулах болон хүлээн авах радиостанцууд байхгүй тул хоёр төхөөрөмжийг аудио AUX портоор шууд холбож туршсан.



Зураг 7. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжийн туршилтын загвар

Гараас оруулсан тэмдэгтийг Морзын кодоор хөрвүүлэн аудио портоор дуу болгон хүлээн авагч тоон төхөөрөмж рүү илгээнэ. Хүлээн авагчийн аудио оролтонд шуугианыг шүүх шүүлтүүр тавьж өгсөнийг дараах зурагт схемийг нь харуулав.

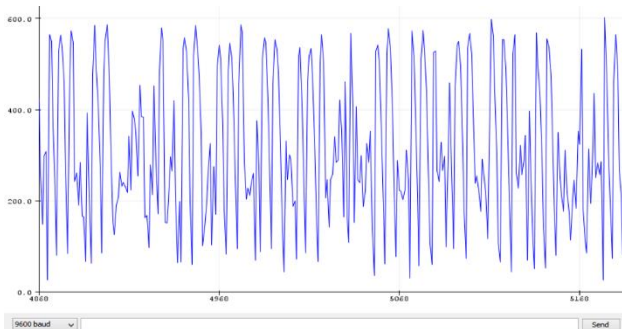


Зураг. 8. Морзын код хүлээн авах төхөөрөмжийн аудио оролтын дохионы шүүлтүүрийн схем

Шинээр суралцагч болон анхан шатны операторууд өндөр хурдаар хүлээн авч чаддаггүй асуудал үүсдэг. Энэ асуудлыг шийдэхийн тулд хурдыг тохируулдаг. Мэргэжлийн операторуудад өндөр хурдаар, шинэ болон анхлан суралцагчид бага хурдаар нэвтрүүлэх зорилготой.

Мэргэшсэн операторууд зураг 3-т харуулсан механик түлхүүрээр минутанд 120-150-аас илүүгүй тэмдэгт цохиж нэвтрүүлдэг. Үүнийг микроконтроллер ашиглан хурдасгах боломжтой.

Дараах зургуудад механик түлхүүр болон Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжөөр нэвтрүүлэг хийж, дууны гаралтын давтамжийг амплитуд болон үргэлжлэх хугацааны хувьд хэмжилт хийхэд амплитудын хувьд ойролцоо боловч цэг болон зураасыг илэрхийлж буй үргэлжлэх хугацааны хувьд харилцан адилгүй байсан.



Зураг. 9. Механик түлхүүрээр нэвтрүүлэг хийх үеийн хугацааны диаграм



Зураг. 10. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмжөөр нэвтрүүлэг хийх үеийн хугацааны диаграмм

Хүлээн авагч оператор нь харилцан адилгүй үргэлжилж буй импульсуудийн дууны давтамжийг сонсож боловсруулалт хийх нь радиотелеграфын нэвтрүүлэх төхөөрөмж ашиглаж тогтмол хэмжээтэй дамжуулж буй үеийнхээс хугацааны хувьд их байв. Дадлагдажсан операторууд түргэн хугацаанд боловсруулалт хийдэг боловч ур чадварын түвшингээс хамаарч хугацааны хувьд хоцрогдол үүсэх магадлал ихсэнэ.



Зураг. 11. Морзын код үүсгэх болон хүлээн авч боловсруулах тоон төхөөрөмжүүдийн анхны бодит загвар

Мөн механик түлхүүрээр нэвтрүүлэг хийхэд зөвхөн тухайн оператор ямар мэдээлэл явуулж байгаагаа сонсоод дамжуулдаг. Энэ мэдээг дэвтэрт буулгах аргаар хадгалдаг. Яаралтай үед мэдээг дамжуулахад тэмдэглэл хөтөлж амжихгүй гэх мэт тохиолдол гардаг. Морзын код үүсгэх тоон төхөөрөмж нэвтрүүлэг хийх үед ямар мэдээ дамжуулснаа архивлан хадгалах боломжтой юм. Ингэснээр мэдээ орхигдох, хүлээн авагч тал болон нэвтрүүлэгч хооронд ойлгомжгүй болон мэдээний бүрэн бүтэн байдал зөрчил зэрэг зүйлс устаж үгүй болох юм. Мөн операторуудын ажлын гүйцэтгэлд хяналт тавих, хэзээ хэдийд ямар мэдээ дамжуулсан зэргийг шалгаж үнэлэх боломж гарч ирж байгаа юм.

IV. ДҮГНЭЛТ

Телеграфын горимоор ажиллаж буй радиостанцын нэвтрүүлгийг зайлшгүй хүний оролцоотой хийж байгаа нь уламжлагдан ирсэн арга боловч эрсдэлтэй талуудтай. Харилцан ажиллагч салбаруудын хооронд дамжуулж буй мэдээллийг үнэн бодитой, богино хугацаанд нэвтрүүлэг хийх нь чухал бөгөөд уг үйл явцыг микроконтроллер ашиглан тоон төхөөрөмжөөр шийдэж өгсөнөөр гарах эрсдэлүүд багасч, дүн шинжилгээ хийх, шийдвэр гаргах эрх мэдэл бүхий хүмүүст мэдээг цаг алдалгүйгээр яаралтай хүргэх хурд нэмэгдэж байна. Хурд нэмэгдсэнээр өдөр тутмын болон нууцын зэрэглэлтэй болон байлдааны ажиллагаанууд дээрх ажиллагааны чухал хэсгийг гүйцэтгэж буй холбоочны ур чадвар, бэлтгэлжилтийг хангах, сайжруулахад уг судалгааны ажлын үр дүн оршино.

Мөн хүлээн авах радио станцтай холбогдох төхөөрөмжийг ч мөн адил тоон төхөөрөмж болгон хөгжүүлсэнээр дамжиж ирсэн Морзын кодолсон мэдээллийг боловсруулан дэлгэцэнд харуулж, хадгалах системийг туршиж үзлээ.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://porartit.wordpress.com/2015/12/26>
- [2] <http://ruqz.com/azbuka-morze/>
- [3] Н.Хосбаяр “Радио спорт”, ном, 2018
- [4] Shao Xuan and Yong De Zhang “Design of Morse-code Decoder with Filtering and Fault Correction Function Based on MATLAB” International Journal of Signal Processing, Image Processing and Pattern Recognition, Vol.8, No.10, 2015
- [5] G.Chandrashekar, Mohim Munnai, Sanjairamanan R, Shanoj P “Morse Code to Text Converter for Paralyzed People” International Journal of Advanced Research in Science, Communication and Technology (IJAR SCT), Volume 12, Issue 1, December 2021
- [6] Nurazrina Binti Mohammed Faudzi “Morse code security system via visible light communication using Matlab” Degree of Master of Electrical Engineering, University Tun Hussein Onn Malaysia, Aug 2015

Virtex-5 FPGA-д суурилсан эмбэддэд системийн ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Ууганчимэг Ганчимэг
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
uuganchimeg.g@must.edu.mn

Сугир Цагаанчулуун
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
sugir@must.edu.mn

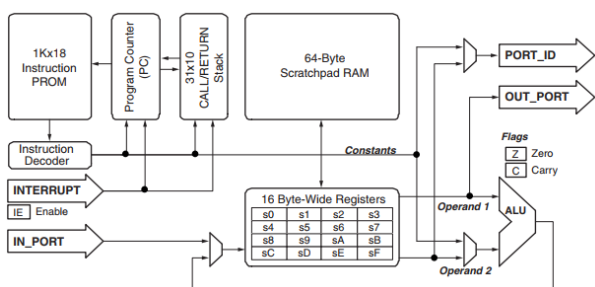
Хураангуй—Энэхүү судалгааны ажлаар эмбэддэд системийг зохион бүтээхэд шаардлагатай хэрэглэгдэхүүнийг судалж түүнээс олж авсан мэдлэгээрээ жижиг хэмжээтэй эмбэддэд систем хийхийг зорьсон билээ. Энэ эмбэддэд систем нь 100-999Гц хязгаарт нэвтрүүлэх зурвасыг тохируулдаг, нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн тоон шүүр юм. Уг эмбэддэд системийн загварыг гаргахдаа PicoBlaze микропроцессорын цөмийг удирдлага болгон ашигласан бөгөөд түүний гадна талд нэмэлт төхөөрөмжүүдэд шаардлагатай драйверын логик хэлхээнүүдийг VHDL хэлээр загварчлан PicoBlaze микропроцессорын цөмтэй холбож бүтээсэн.

Түлхүүр үгс- Тоон шүүр, Тохируулгатай нам давтамжийн шүүр, PicoBlaze, 8 битийн микропроцессорын цөм

I. ОРШИЛ

FPGA-д суурилсан эмбэддэд систем бүтээхэд тухайн FPGA нь дэмжиж ажиллах процессорын цөмийг сонгох нь зүйтэй. Мөн FPGA-ын төрөл болон процессорын архитектурын ажиллах зарчим зэргээс хамааран тухайн үйлдвэрлэгч компаниас санал болгодог процессорын цөмийг авч ашиглавал цаг хугацаа эдийн засгийн хувьд хэмнэлттэй, гарч болох энгийн алдаануудаас урьдчилан сэргийлдэг давуу талтай.

Бидний төсөлд ашигласан Virtex-5 FPGA-д Xilinx компаниас санал болгодог хэд хэдэн төрлийн микропроцессорын цөмөөс PicoBlaze-ийг эмбэддэд системийн удирдлагаар сонголоо. PicoBlaze нь:



Зураг 1. PicoBlaze микропроцессорын цөм

- Xilinx FPGA-д зориулсан, авсаархан, бүтээмж өндөр, зардал багатай, эмбэддэд 8 битийн RISC архитектуртай микропроцессорын цөм юм.
- FPGA тохируулгын үеэр автоматаар ачаалагддаг, цөмтэйгөө хамт үүсдэг 1024x18 программын санах ойтой. 18 битийн өгөгдөл хадгалах ROM нь 10 битээр хаяглагдана.
- 8 битийн 16 ширхэг ерөнхий зориулалтын өгөгдөл хадгалах региструудтэй бөгөөд дурын регистр нь аккумулятор регистрийн үүрэг гүйцэтгэж чаддаг.
- Хялбар өргөтгөх боломжтой тус бүр нэг ширхэг оролт гаралтын порттой. 8 битийн порт хаяглалтаар

(PORT_ID) оролт гаралтын портуудыг 256 хүртэл хаяглаж өргөтгөх боломжтой.

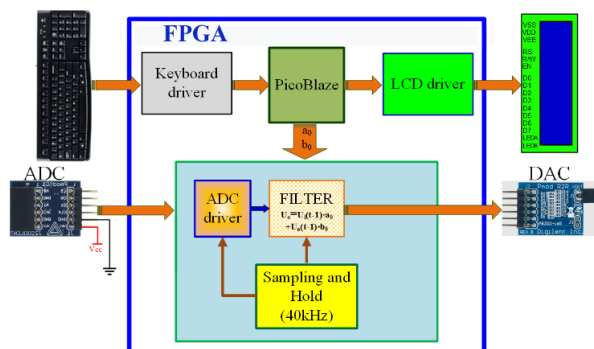
- Гадаад тасалдлын нэг физик оролттой бөгөөд порт хаяглалтаар өргөтгөх боломжтой. Тасалдалд хамгийн хурдан хариу үйлдэл үзүүлэх чадвар нь 5 клок цикл байдаг. [1],[2]

Virtex-5 FPGA бүхий GENESYS хавтан нь систем хөгжүүлэлтэд зориулсан учраас маш олон төрлийн төхөөрөмж болон оролт гаралтын портуудыг агуулсан.[3] Эдгээрээс бидний ашиглаж байгаа нь:

- CLCD – 16x2 тэмдэгтийн LCD дэлгэц нь ерөнхий удирдлагын Enable, Reset, Read/Write гэсэн 3 порт болон өгөгдөл дамжуулах 8 портоор FPGA-д холбогдоно.
- PS/2 порт – гар эсвэл хулганыг холбох энэ порт нь синхрон data ба clock портоор гадаад интерфейстэй холбогддог.
- Нэмэлт модулийн C D порт – Pmod-AD7476 Аналог Тоон Хувиргуур болон Pmod-R2R Тоон Аналог Хувиргуурын модулиудыг эдгээр портоор хавтанд холбож хэрэглэсэн.

II. ЭМБЭДДЭД СИСТЕМ ИЙН БҮТЭЦ

Virtex-5 FPGA-д нэвтрүүлэх зурвасыг 100Гц - 999Гц хүртэл завсарт сонгох боломжтой тохируулгатай нам давтамжийн шүүрийн эмбэддэд системийг бүтээсэн бөгөөд ерөнхий удирдлага нь PicoBlaze микропроцессор байна. Эмбэддэд системийн ерөнхий бүтцийг 2-р зурагт харуулж байна.



Зураг 2. Тохируулгатай нам давтамжийн шүүрийн эмбэддэд системийн ерөнхий бүтэц

Эмбэддэд систем нь ADC модулийн оролтод ирсэн аналог дохиог давтамжаар нь шүүн, DAC модулиар

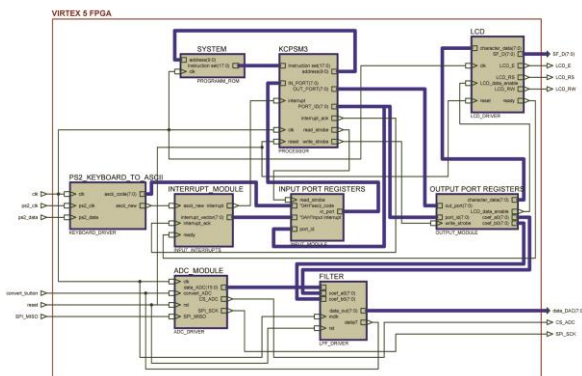
гаргах бөгөөд нэвтрүүлэх давтамжийн хязгаарыг микропроцессороос тохируулна.

ADC модуль нь SPI протоколоор 16 бит урттай өгөгдөл дамжуулдаг бөгөөд slave горимд ажилладаг тул түүнийг удирдах мастер төхөөрөмж (FPGA) нь ADC драйвертай байх ёстой. Тоон шүүрийн логик хэлхээнүүд бол дохио боловсруулах гол цөм бөгөөд энэ нь микропроцессороос ЭХЛЭХ удирдлага, шүүрийн ялгаврын коэффициентуудыг уншиж, шүүрийн тэгшитгэлийг шинэчлэх ба ADC, DAC модулиудыг удирдан, бие даан тасралтгүй ажиллана.

Микропроцессор гараас оруулан ASCII кодын дарааллыг уншиж тоон шүүрийн нэвтрүүлэх дээд давтамжийн утгыг тодорхойлох ба тухайн давтамжид харгалзах коэффициентуудыг бодож тоон шүүрийн логик хэлхээнд бичнэ. Түүнчлэн гараас оруулж байгаа ASCII кодын дарааллыг тэмдэгтийн LCD дэлгэц дээр дүрсэлнэ. Үүний тулд микропроцессорт гарын товчлуурын SCAN кодыг уншиж, ASCII кодоод хөрвүүлэх гарын драйвер (Keyboard driver) болон LCD дэлгэцэд тэмдэгт хэвлэх дэлгэцийн драйвер (LCD driver) логик хэлхээ байх шаардлагатай.

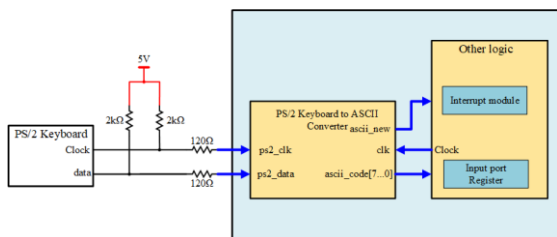
III. ДРАЙВЕР ЛОГИК ХЭЛХЭЭНҮҮД БА УДИРДЛАГЫН ПРОГРАМ ХАНГАМЖ

FPGA дотор үүсгэсэн тоон логик системийн RTL схемийг 3-р зурагт харууллаа.



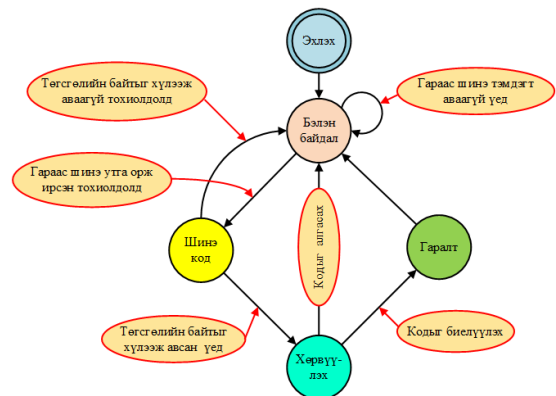
Зураг 3. FPGA дотор бүтээсэн тоон системийн RTL схем

- PS2_KEYBOARD_TO_ASCII драйвер ба тасалдлын модуль - Товчлуур дарагдахад гар нь SCAN code + BREAK code + SCAN code дарааллаар 11 бит өгөгдөл синхрон клок сигналтай хамт дамжуулдаг. Үүнийг хүлээж авч ASCII кодоод хөрвүүлж гаргах драйверын



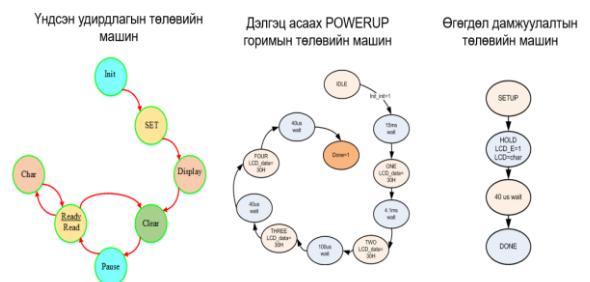
Зураг 4. PS2_KEYBOARD_TO_ASCII драйвер ба тасалдлын модуль

логик хэлхээ нь 5-р зурагт харуулсан төлөвийн диаграммаар ажиллана.



Зураг 5. PS2_KEYBOARD_TO_ASCII драйверийн төлвийн диаграмм

- Гарын товчлуур дарагдахад шинэ ASCII код үүссэн гэх төлөвийг тасалдлын модуль уншиж, микропроцессорт гадаад тасалдлын хүсэлт илгээнэ.
- LCD драйвер – тэмдэгтийн LCD дэлгэц нь микропроцессорын хурдтай харьцуулахад харьцангуй их хугацааны хүлээлттэйгээр өгөгдөл дамжуулдаг онцлогтой. Микропроцессорын программ дахь үргүй хүлээлт бүхий ачааллыг бууруулах зорилгоор дэлгэцийн контроллерийн хурдад тохируулсан мэдээлэл илгээдэг энэ драйверыг төлөвийн машины загвараар бүтээсэн бөгөөд төлөвийн диаграммыг нь 6-р зурагт



Зураг 6. LCD дэлгэцийг удирдах драйверийн төлвийн диаграмм

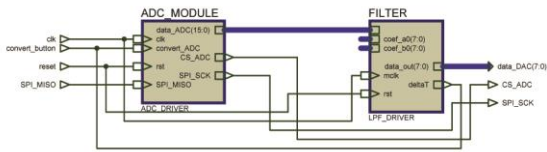
- Порт хаяглалтын тусламжтайгаар гадаад логик хэлхээнүүдээс микропроцессор өгөгдөл уншиж авна. Үүнд:
 - 04H хаягаар гарын ASCII кодыг уншина.
 - 05H хаягаар LCD дэлгэцийн өгөгдлийг бичнэ.
 - 0AH хаягаар гадаад тасалдлын төлөвийг уншина.
 - A0H, B0H хаягаар тоон шүүрийн региструудад ялгаврын коэффициентыг бичнэ.

PicoBlaze микропроцессорын цөм нь эмбэддэд системд дараах үүргийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

- Системийн анхны төлөвийг тодорхойлно.
- Гадаад тасалдал үүсэхэд хаанаас тасалдал ирснийг шалгаж, тасалдал илгээсэн гадаад төхөөрөмжөөс өгөгдөл уншина. Энэ удаад тасалдал илгээх гадаад төхөөрөмж нь PS2_KEYBOARD_TO_ASCII драйвер бөгөөд үүнийг өргөтгөх боломжтой.

$$U_0 = a_0 \cdot U_i \cdot z^{-1} + b_0 \cdot U_0 \cdot z^{-1} \quad (4)$$

Үүнд Δt нь дискретчиллийн алхам бөгөөд $\Delta t = 25\mu s$ буюу хурдыг нь $f_c = 40kHz$ гэж сонгож авсан.



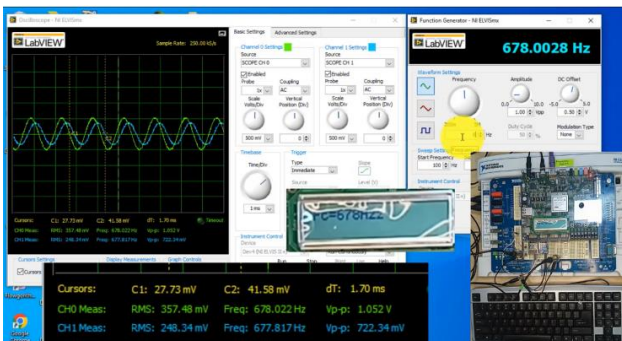
Зураг 12. Тоон шүүрийн логик хэлхээний RTL схем

ADC драйверыг агуулсан тохируулгатай тоон шүүрийн модуль нь $25\mu s$ тутамд ADC-ээр уншсан утгыг (4) тэгшитгэлд оруулж бодон, гаралтад зэрэгцээ холбоотой DAC-аар үр дүнг гаргана.

V. ТҮРШИЛТ, ҮР ДҮН

PicoBlaze микропроцессорын цөмийн удирдлагатай, тохируулгатай нам давтамжийн дохио нэвтрүүлэх нэгдүгээр эрэмбийн тоон шүүрийн эмбэддэд системийг зохион бүтээж туршин шалгасан үр дүнг танилцуулья.

Гарнаас 6 7 8 гэсэн товчлуур дарахад нугаралтын давтамжийг $f_c=678\text{Гц}$ гэж LCD-д хэвлэн, тоон шүүр ажиллаж байгааг 13-р зурагт харуулж байна. NI ELVIS төхөөрөмжийн хувьсах дохионы генераторыг ADC-ийн оролтод холбож, ADC ба DAC-ийн аналог дохиог осциллоскопоор зэрэгцүүлэн харууллаа.



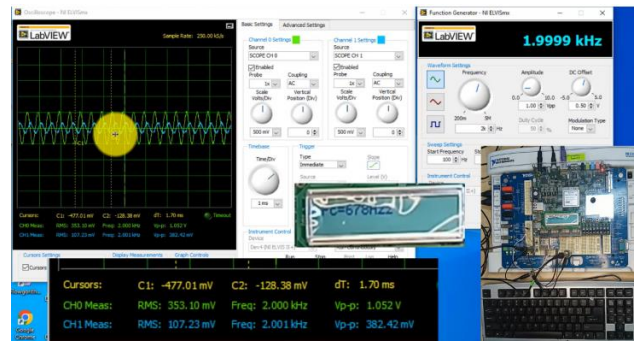
Зураг 13. 678Гц нугаралтын давтамжтай НДТШ-ийн оролтод 678Гц давтамжтай дохио өгч, ажиллагааг харуулсан нь

Нугаралтын давтамжтай ижил давтамжтай дохио шүүрийн оролтод өгөхөд гаралтад

$$U_0 = \frac{1}{\sqrt{2}} * U_i \quad (5)$$

(5) тэгшитгэлээр тодорхойлох амплитудтай дохио гардаг хуулиар оролтын 1,052В далайц утга гаралтдаа $1,052 \cdot 0,707 = 722.34\text{мВ}$ далайцтай болсныг 13-р зургаас харж болно.

14-р зурагт LCD дээр дүрслэгдсэн нугаралтын давтамжаас харьцангуй их 2кГц давтамжтай дохиог өгөхөд 382мВ далайцтай болгон бууруулсныг үзүүлж байна.



Зураг 13. 678Гц нугаралтын давтамжтай НДТШ-ийн оролтод 2кГц давтамжтай дохио өгснийг шүүсэн үр дүн

VI. ДҮГНЭЛТ

Virtex-5 FPGA-д 100-999Гц хязгаарт нэвтрүүлэх зурвасыг тохируулдаг удирдлагатай, нэгдүгээр эрэмбийн нам давтамжийн тоон шүүрийн систем хийлээ. Уг эмбэддэд системийн загварт PicoBlaze микропроцессорын цөмийг удирдлага болгон ашигласан бөгөөд түүний гадна талд нэмэлт төхөөрөмжүүдэд шаардлагатай гарын драйвер, LCD драйвер, тасалдлын модуль, оролт гаралтын порт регистр болон ADC драйверыг агуулсан тоон шүүрийн модуль зэрэг логик хэлхээнүүдийг VHDL хэлээр загварчлан PicoBlaze микропроцессорын цөмтэй холбож бүтээсэн.

Энэ эмбэддэд системийг Virtex-5 FPGA бүхий Genesys хөгжүүлэлтийн хавтан дээр загварчлан бүтээхэд програмчлагддаг LUT 606 буюу 2%, гаралтын буфертэй LUT хослол 286 буюу 42%, ерөнхий зориулалтын оролт гаралтын порт 35 буюу 7%, дан регистр 347 буюу 1% нөөц хэрэглэсэн байна.

VII. НОМ ЗҮЙ

- [1] PicoBlaze 8 bit embedded microcontroller. url:<https://usermanual.wiki/Xilinx/UG129.336027779/html>.
- [2] Xilinx Ltd Ken Chapman. "8bit Micro Controller for Spartan-3E, Virtex II and Virtex IIPRO"
- [3] Henley Court Pullman. "Genesys™ FPGA Board Reference Manual"
- [4] Volnei A.Pedroni. "VHDL:Тоон хэлхээний загварчлал" Анхдугаар хэвлэл, Монгол, ШУТИС Хэвлэлийн газар, 2019, ISBN: 978-99978-69-72-9.
- [5] Мөнхбаярын Шинэбаяр "SPARTAN-3E ашиглан тоон шүүлтүүр зохион бүтээх нь" Магистрын судалгааны ажил, ШУТИС-КТМС, 2012.

THE STUDY ON RECEIVER DEVELOPMENT OF DVOR RADIO NAVIGATION SYSTEM USING SDR

Undral Batbayar¹, Erdenekhuu Norinpel¹
Mongolian University of Science and Technology
Department of Communication
Ulaanbaatar, Mongolia
undral.b@mcaa.gov.mn, erdenekhuu@must.edu.mn

I. ABSTRACT — IN THIS PAPER, A SOFTWARE DEFINED RADIO (SDR) PLATFORM USING GNU RADIO SOFTWARE AND RTL 2832U IC BASED NESDR SMART SMARTTEE SDR HARDWARE IS UTILIZED TO IMPLEMENT A DOPPLER VHF OMNIDIRECTIONAL RANGE (DVOR) SIGNAL RECEIVER. THE CURRENT METHOD OF TESTING AND MONITORING DVOR SIGNAL PERFORMANCE INVOLVES THE USE OF PORTABLE NAVIGATION RECEIVERS, WHICH ARE LIMITED IN THEIR COMPATIBILITY WITH DRONES DUE TO THEIR ANALOG ELECTRONIC CIRCUITS. THIS RESEARCH EXPLORES THE POTENTIAL BENEFITS AND LIMITATIONS OF USING SDR TECHNOLOGY FOR SIGNAL MONITORING IN THE AVIATION INDUSTRY AND ASSESSES THE FEASIBILITY OF INTEGRATING SDR TECHNOLOGY INTO DRONES FOR SIGNAL MONITORING. THE RESULTS SHOW THAT THE RECEIVER SYSTEM IS EFFECTIVE AND SUGGEST THE POSSIBILITY OF FUTURE SDR DEVELOPMENT IN AVIONICS.

Key words- Aviation, SDR based receiver, GNU radio companion, ILS, VOR, DVOR

Abbreviated words: CAT- Category, VDB- Very high frequency data broadcast, GNSS- Global navigation satellite system, SDR – Software defined radio, ILS- Instrument landing system, NDB-Non directional beacon, ICAO-International civil aviation organization, FAA- Federal aviation association, VOR-Very high frequency omnidirectional range, DME- Distance measuring equipment

II. INTRODUCTION

In recent years, advancements in electronic hardware have allowed for increased computational power, leading to faster and improved digital processing. This development has given rise to a new area of communication known as Software Defined Radio (SDR). SDR transforms traditional electronic circuits into programmable code that can be executed on processors to perform data computation. As a result, radio frequency (RF) communication is undergoing a transformation due to the advent of SDR.

The radio frequency (RF) system plays a critical role in the aviation industry, serving as a key component in aircraft communications and navigation. One of the most crucial navigation systems in aircraft is Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR). VHF Omnidirectional Range (VOR) and Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR) are navigation aids used in aviation to provide aircraft with precise radial guidance to or from a ground-based station. VOR and DVOR systems work by transmitting a continuous radio signal that includes both an omnidirectional component and a directional component [1].

VOR is a legacy navigation system that uses a series of rotating antennae to transmit a continuous 360-degree radio signal that is modulated with a series of pulses. By measuring the phase difference between the omnidirectional and directional components of the radio

signal, aircraft can determine their radial position relative to the VOR station.

DVOR is an updated version of the VOR system that incorporates Doppler technology to provide more precise radial guidance to aircraft. In a DVOR system, the directional component of the radio signal is modulated with a Doppler shift that varies with the aircraft's position relative to the DVOR station. By measuring the Doppler shift in the directional component of the radio signal, aircraft can determine their precise radial position relative to the DVOR station

To assess the performance of the ground-based navigation systems (ILS, DVOR, DME) signals during airborne navigation tests, a portable navigation receiver is utilized to measure accuracy and ensure signal quality. The receiver is carried aboard an aircraft, typically a plane, to perform inspection during the approach mode. This process demands a significant amount of flight time and resources. An alternative approach to signal monitoring is to utilize a drone and install the receiver, enabling it to fly upwards without incurring additional flight costs.

The problem with current receivers is most of them based on analog electronic circuits that exceeds maximum carrying capacity of current drones [2]. The challenge of incorporating the current receivers into drones can be addressed through two possible solutions. Firstly, the development of more powerful drones with

increased load capacity could allow for the use of current portable navigation receivers. Secondly, reducing the size and weight of the receiver itself would make it more mobile and easier to use with drones. Both solutions would help address the challenges associated with using portable receivers in drones for signal monitoring.

This research will investigate the possibility of implementing Software Defined Radio (SDR) technology in the field of avionics. The primary focus will be on using SDR as a Doppler VHF Omnidirectional Range (DVOR) signal receiver, which could be utilized for monitoring entire navigation aid systems. This work aims to explore the potential benefits and limitations of SDR technology in the context of aviation, and to determine its viability as a solution for signal monitoring in the aviation industry.

III. BACKGROUND

A. Doppler VHF Omnidirectional Range

Very high frequency omnirange station (VOR) is a type of short-range radio navigation system for aircraft, enabling aircraft with a receiving unit to determine its position and stay on course by receiving radio signals transmitted by a network of fixed ground radio beacons. It uses frequencies in the very high frequency (VHF) band from 108.00 to 117.95 MHz. It takes advantage of the line-of-sight propagation characteristics of VHF frequency spectrum to provide guidance to aircraft approaching a specific Airport, during landing or take-off.

VOR operates on the principle that the bearing angle is obtained by phase measurement, obtained by comparing the phase difference between a phase changing signals to the omnidirectional signal. For the pilot, VOR produces radials, which are numbered from 1 to 360 degrees. The radial of 360 degree, is marked as magnetic north. The current radial is obtained from the phase measurement. There are two types in VOR in use and which are Conventional VOR (CVOR) and Doppler VOR (DVOR). We are going to focus on DVOR. The DVOR (Doppler VOR) system is more accurate than CVOR and can overcome the limitations caused by terrain. This system operates on the principle of the Doppler shift, which affects electromagnetic waves. Although it is newer than the CVOR system, the existing VOR receivers are compatible with the DVOR [3].

Unlike conventional VOR, the DVOR system uses 32 non-directional antennas arranged in a circle with one antenna in the middle. The non-directional antenna in the middle emits a sinusoidal 30 Hz REF tone, which is amplitude modulated with the carrier. Frequency modulation of 30 Hz takes place by rotating the antenna in place where the signal is received. The antenna's rotation occurs electronically by switching the antennas

on a circle using a switching signal generator that switches the antenna in an anticlockwise manner. The demodulated phase shift is displayed around the radial. The diagram Fig.1 illustrates the DVOR transmitter.

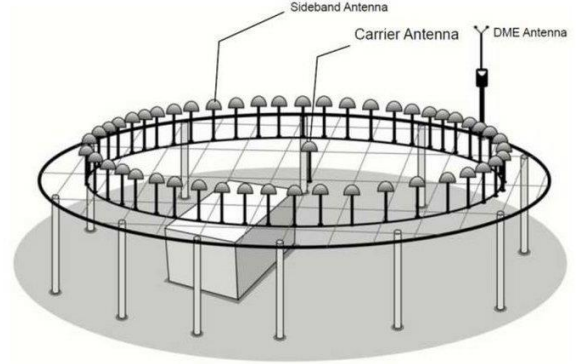


Fig. 1 DVOR system antenna architecture

The spectrum emitted by one of the antennae is 9960 Hz about the DVOR frequency while the opposite antenna emits a 180-degree phase opposite signal, however, shifted by -9960 Hz about the DVOR frequency. Therefore, when one antenna reaches the positive peak, the other will reach the negative peak. The antennas are switched, such that the receiver antenna sees the 9960 Hz subcarrier is frequency modulated at a rate of 30 Hz. Since, the FM frequency deviation is 480 Hz, the radius of the circle mounting the antenna is:

$$R = \frac{8c}{\pi \times f_0} \quad (1)$$

Where:

R = radius of the circle mounting antenna

c = speed of light

f_0 = frequency of carrier

The angular velocity of the turning antennas is given by:

$$V = 60\pi \times R \quad (2)$$

The mathematical representation of the AM modulated 30 Hz REF signal is written as:

$$x_{ref}(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t + \theta_0) [1 + m_a \cos(2\pi f_{LF} t)] \quad (3)$$

The modulated variable signal is generated by means of a large number of antennas arranged on a circle. It is expressed as:

$$x_{var}(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t + \theta_0) [1 + m_a \cos(2\pi f_{sc} t + m_f \sin(2\pi f_{LF} t - \varphi_0))] \quad (4)$$

The total signal radiated by DVOR is the sum of the REF and VAR signals [5]. It is given by:

$$x_{tot}(t) = a_0 \cos(2\pi f_0 t + \theta_0) [1 + m_a \cos(2\pi f_{sc} t + m_f \sin(2\pi f_{LF} t - \varphi_0)) + m_a \cos(2\pi f_{LF} t)] \quad (5)$$

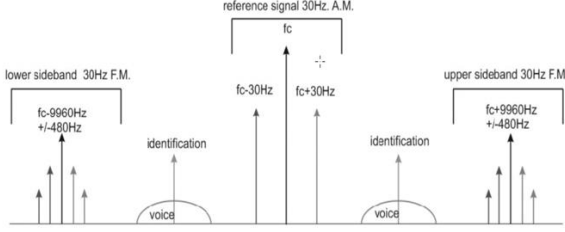


Fig. 2 Frequency bands of the DVOR signal

B. Software defined radio

Software-defined radio (SDR) is an advanced communication system that allows for the wireless transmission and reception of data using a software-configurable radio. This technology has been widely adopted in various fields, such as military communications, emergency services, and amateur radio. Traditional radio systems use analog circuits to perform the modulation and demodulation of signals. These circuits are often designed to work with specific frequencies and modulations, making them inflexible and expensive to reconfigure. In contrast, SDR systems use digital signal processing techniques to perform the modulation and demodulation of signals, making them more flexible and cost-effective.

The SDR system consists of three main components: the radio front-end, the digital signal processor, and the software control interface. The radio front-end is responsible for converting the analog signals into digital signals, while the digital signal processor performs the necessary signal processing algorithms to demodulate and modulate the signals. Finally, the software control interface allows the user to configure the SDR system and perform other tasks such as signal visualization [4].

NESDR Smart SDR Dongle is a software-defined radio (SDR) receiver that provides an affordable and convenient way to receive and decode radio signals using a computer. The NESDR Smart SDR Dongle is designed to work with most operating systems, including Windows, Mac, and Linux. It supports a wide range of frequencies, from 24 MHz to 1.766 GHz, making it suitable for a variety of applications. The SDR dongle also has a 12-bit analog-to-digital converter (ADC) and a built-in amplifier, which allows for improved signal reception and sensitivity.

C. GNU Radio

GNU Radio is a free and open-source software development toolkit that provides signal processing blocks to implement software-defined radios. It is widely used in academic and research institutions, amateur radio enthusiasts, and industry to design and implement various wireless communication systems. GNU Radio provides a set of signal processing blocks and algorithms that can be used to create custom radio systems for various applications. These blocks include filters, demodulators, modulators, and signal sources. GNU Radio also provides a graphical user interface (GUI) that allows users to design and test their radio systems visually. One of the significant advantages of GNU Radio is its open-source nature, which allows users to modify and customize the software to fit their specific needs. It is also compatible with various SDR hardware, including the Universal Software Radio Peripheral (USRP), LimeSDR, and HackRF.

IV. METHODOLOGY

A. System architecture

To receive and demodulate DVOR signal we used

1. Aeroflex IFR Marconi 2948B Low Phase Noise Communications Service Monitor. The 2948 has avionics generator function that has DVOR signal generator.
2. RTL2832U based NooElec NesdrSmart SDR dongle. Receiving DVOR signal and process it to next step.
3. GNU radio software. Uses it to digital process and demodulate the received signal.



Fig. 3 Hardware schematic

The implementation uses GNU blocks and RTLSDR module to analyze the received DVOR signal.

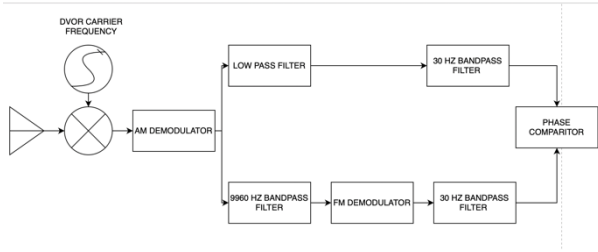


Fig. 4 Basic schematic of the DVOR receiver

As shown in the Fig 4, the signal that has been received undergoes AM demodulation, and then the resulting demodulated signal is separated into two paths. In the first path, a low pass filter is used to extract the 30 Hz reference sinusoidal tone. In the second path, the signal is directed through a band-pass filter centered at a subcarrier frequency of 9960 Hz. The FM spectrum surrounding the 9960 Hz carrier wave is demodulated by an FM demodulator that also produces a 30 Hz tone which is variable sinusoidal tone. These two 30 Hz tones are then compared using a phase comparator to determine the relative phase difference. This phase difference represents the azimuth angle between the VOR ground station and the receiver antenna [7].

B. DVOR signal spectrum

Before going further into the GNU-Radio Signal processing flow graph, it's important to examine the spectrum at different sections of the receiver diagram. First, we will take a look at the received DVOR spectrum at the input of the receiver, which is displayed in the figure below:

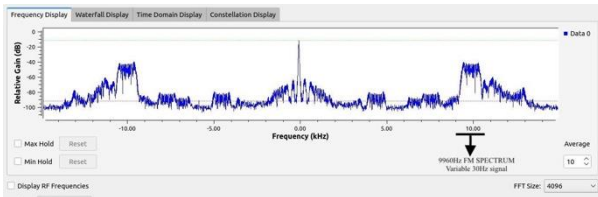


Fig. 5 Spectrum of the DVOR signal received by SDR

After passing this RF signal through the digital AM demodulator, the one-sided demodulated spectrum is shown in the figure 6:

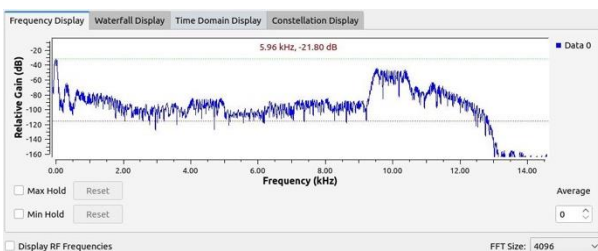


Fig. 6 Spectrum of received signal after AM demodulator block

C. GNU radio flowgraph

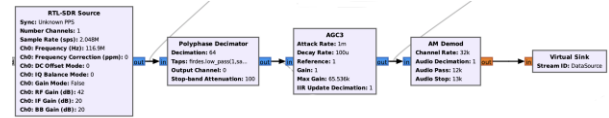


Fig. 7 GNU radio block filter and AM demodulator stage

On the left side of the flow graph, there is an RTLSDR source block. It is set to a sample rate of 2.048 MSPS and tuned to the DVOR frequency of the DVOR ground station in Ulaanbaatar Mongolia, with a receiver gain of 42 dBm. The output from the RTLSDR source block is then fed into a polyphase decimator that decimates the sample rate to 32 K, while also applying a low pass filter to keep only 16 KHz of received spectrum.

The AM demodulation process is then performed using the envelope detection method. The input complex envelope is used to obtain the magnitude of the envelope, which is achieved by the AM DEMOD block, resulting in the demodulated signal. The AGC block is employed to maintain a consistent signal amplitude and prevent any distortion caused by path attenuations. The output from the AGC block is then passed to the rest of the flow graph using the DataSource virtual sink. One of the benefits of this process is that the envelope demodulation using the AM DEMOD block helps to mitigate any additional phase shifts that may have been introduced by either the RTLSDR or Polyphase decimator.

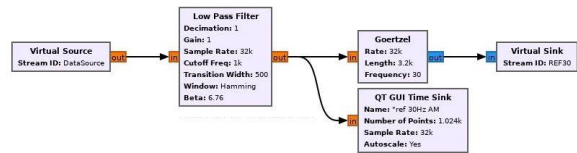


Fig. 8 GNU radio schematic 30 Hz reference signal

The figure 8 shows the section of the flow graph which extracts the complex amplitude and phase of the 30 Hz REF signal. The Goertzel Filter is an optimized version of DFT which is used for detection of tone in a signal. The Goertzel filter used here, will detect the complex value of the 30 Hz tone and send it to the REF30 virtual sink.

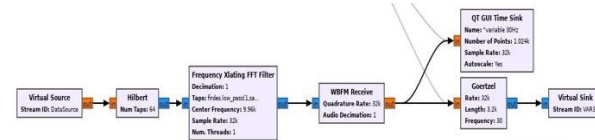


Fig. 9 GNU radio schematic 30Hz variable signal

The figure 9 depicts the processing flow graph for the FM modulated VAR tone, which appears in the 9960 Hz sub-band. The real signal obtained from the DataSource virtual source is first converted into a Complex IQ signal using the Hilbert (Filter) Block. The output of the Hilbert transformer is then applied to a

Frequency Xlating FFT Filter. The Frequency Xlating Filter first down-converts the band-pass signal at 9960 Hz to the baseband across 0 Hz. This is then filtered using a low pass filter with an approximate allowed bandwidth of the FM peak deviation.

The complex signal is then demodulated using a commercial FM demodulator block, which is implemented in GNU-Radio using the WBFM Receive block. The output of the WBFM Receive block is a real signal that contains the 30 Hz VAR tone. Information about the 30 Hz VAR tone is extracted using the output Goertzel block.

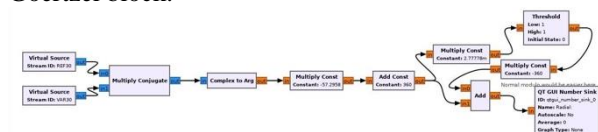


Fig. 10 GNU radio schematic delay and phase comparator

At this stage of the signal processing algorithm, complex information about both REF and VAR signals are available.

As mentioned before there are two parallel decoding paths in the system, one for decoding the reference tone and the other for demodulating the phase-varying tone. In the path where the FM modulated variable tone is being decoded, there are two additional components compared to the other path, namely the Hilbert Transformer and the WBFM Receive blocks. These components introduce additional discrete sample delays, which can impact the accuracy of the demodulated signal. In order to counter the effect of these delay we added mathematical constants, then compared two signals phase shift to get the bearing that we wanted.

Table. 1 Test results and absolute error

AEROFLEX 2948	PROPOSED METHOD	
Actual Bearing	Measured Bearing	Absolute error
0.000	0.089	0.089
30.000	30.100	0.100
60.000	60.076	0.076
180.000	180.092	0.092

V. CONCLUSION

The utilization of a software defined radio (SDR) as a portable receiver for DVOR signals is an intriguing new alternative to the currently expensive PIR system. The results obtained from the proposed system demonstrate that is capable of accurately measuring a bearing of DVOR system, although some slight improvements are necessary to add measurement of modulation indexes in the DVOR signal system before conducting field tests on a DVOR. In conclusion, these findings suggest that SDRs could potentially revolutionize the avionics industry by providing a more portable, flexible, and cost-effective solution than commercial equipment.

References

- [1] Krchnak, Martin & Labun, Ján & Kurdel, Pavol. (2015). SIMULATOR OF DVOR NAVIGATION SYSTEM. Acta Avionica. 333. ICAO Doc 8071 –Manual.
- [2] C. Leosrisook, K. Pongpheap and K. Horapong, "An implementation of portable ILS Localizer signal receiver using SDR," 2014 14th International Symposium on Communications and Information Technologies (ISCIT), Incheon, Korea (South), 2014, pp. 131-135, doi: 10.1109/ISCIT.2014.7011885.
- [3] M. Kayton, W. R. Fried, Avionics Navigation Systems, 2nd ed., Wiley, 1997, pp. 99–123. Civil Aviation Requirements, Section-8: Aircraft Operations, Series 'C', Part-I, Issue I, Dated: June 13, 2011 and Rev. 10, Dated April 01, 2017, DGCA (India) (<http://dgca.nic.in/cars/D8C-C1.pdf>)
- [4] Showing what VOR and ILS signal looks like in SDR# (<https://www.rtl-sdr.com/tag/vor/>) ICAO and EUROCAE international standards (ICAO SARPs on GBAS Annex 10, Volume I with amendments 76, 77, 79; ED-114).
- [5] Seif Ben-Hassine. Multipath and receiver models for assessing the VOR bearing error: application to wind farms. Signal and Image processing. Université Paul Sabatier - Toulouse III, 2020. English.
- [6] International Civil Aviation Organization, International Standards and Recommended Practices, Aeronautical Telecommunications, Annex 10 to the Convention on International Civil Aviation, Volume 1: Radio Navigation Aids, Sixth Edition, July 2006.
- [7] Decoding Aviation VOR and ILS Signals with RTL-SDR (<https://www.rtl-sdr.com/decoding-aviation-vor-and-ils-signals-with-rtl-sdr/>)

OPEN EDX ОНЛАЙН СУРГАЛТЫН СИСТЕМИЙН DOCKER ПЛАТФОРМ ДЭЭРХ КОНТЕЙНЕР ТЕХНОЛОГИ АШИГЛАСАН ТУРШИЛТ

Ц.Батмөнх¹, А.Хүдэр²

¹Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургуулийн Программ хангамжийн инженерийн магистрант

²Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургуулийн Компьютерын ухааны салбарын эрхлэгч

Хураангуй—Энэ өгүүлэл нь үүлэн технологийн хамгийн чухал ойлголтуудын нэг болох контейнер, түүний давуу тал болон онцлогууд, хуучин технологиудаас ялгарах шинж чанарууд болон түүн дээр ажиллах боломжтой нээлттэй сургалтын систем болох OPEN edX -г docker дээр ажиллуулж, ачаалал даах чадварыг туршиж үзсэн жишээг агуулсан болно.

Түлхүүр үгс—*Kubernetes, ubuntu, web service, virtual machine, vmware*

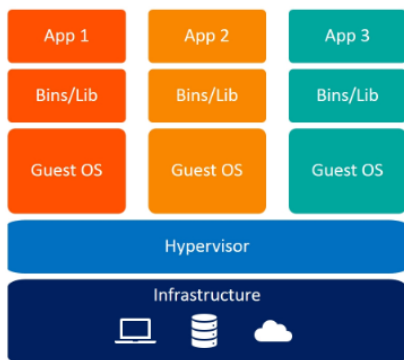
I. ОРШИЛ

Мэдээллийн технологи, программ хангамжийн хурдацтай хөгжлийн явцад олон төхөөрөмжөөс зэрэг хандах болон засвар өөрчлөлт, шинэчлэлт хийх хурд гэсэн хоёр чухал шаардлагын улмаас вебд суурилсан сервис хандалтат архитектур уламжлалт desktop аппликэйшнуудаас илүү ашиглагддаг болсон.

Эхэн үедээ веб сервисүүдийг серверт байршуулах нь хялбар байсан ч олон төрлийн өөр өөрийн гэсэн давуу талуудтай программчлалын хэл, тэдгээрийн ажиллах орчин, тус бүрийн онцлогоос хамаарсан нэмэлт сангууд, тэдгээрийн олон хувилбарууд нь бусад сервисүүдийн ажиллагаанд ямар нэг байдлаар саад болж эхэлсэн бөгөөд энэ асуудлыг цогцоор нь шийдэх орчин үеийн шийдлүүдийн нэг нь контейнер технологи юм.

II. VMWARE

Нэг физик серверт олон төрлийн үйлдлийн систем асааж тэдний ажиллах орчныг тусад нь ялган ангилах боломжийг VMware программ олгодог, үүнийг ашиглан олон virtual machine асааж тус бүрд нь ажиллах орчныг тохируулан нэг үйлдлийн системээс хамааралгүй олон төрлийн аппликэйшн ажиллуулах боломжтой болдог.

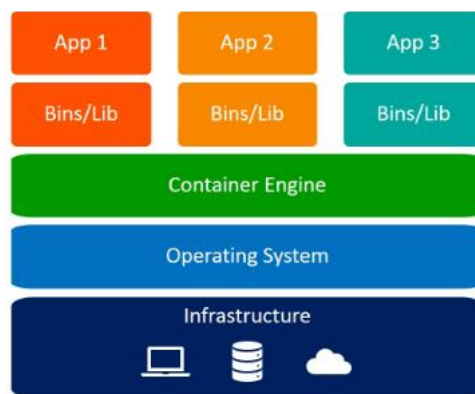


Зураг 1. VMWare бүтэц

Шинээр виртуал машин үүсгэн тохируулах нь тухайн серверийн цар хүрээндээс хамаарч хэдэн минутаас хэдэн цагийн ажил болдог бөгөөд үүн дээр тухайн ажиллах аппликэйшны орчныг бэлдэх цаг хугацааг нэмж тооцвол энэ нь хангалттай хурдан байж чаддаггүй учир зайлшгүй шинэ шийдэл хэрэгтэй болсон

III. КОНТЕЙНЕР ТЕХНОЛОГИ

Аппликэйшныг байршуулах серверт хөгжүүлэгч огт санаа зоволгүй өөрийн кодоо байршуулан ажиллуулах боломжийг контейнер технологи олгодог [1].



Зураг 2. Контейнерын бүтэц

Контейнер технологийн үндсэн зарчим нь амьдрал дээрх ачаа тээврийн чингэлэгтэй яг адил. 20-р зуунд тээвэр логистикийн хувьд хувьсал авчирсан зүйл нь контейнер буюу чингэлэг тээвэрлэлт байсан бөгөөд товчоор хэлбэл нэг чиглэлд очих олон төрлийн ачаа бараануудыг нэгтгэн нэг чингэлэгт ачихтай адилаар тухайн аппликэйшныг ажиллуулахад шаардлагатай бүх орчныг бэлдэн нэг контейнер буюу өөрөөр хэлбэл image үүсгэх нь тухайн аппликэйшныг ажиллуулах, олон хувилах, шинэчлэлт өөрчлөлт хийхэд маш хялбар болгодог. Олон контейнер нийлээд microservice архитектурыг бий болгодог.

IV. DOCKER

Контейнер image-үүдийг ажиллуулах олон төрлийн платформууд байдаг бөгөөд эдгээр нь тус тусдаа өөрсдийн гэсэн давуу болон сул талуудтай байдаг [2]. Илүү доод түвшинд ажиллаж нарийн үйлдлийн системийн түвшний тохиргоонуудыг хийх боломжтойг сонгоно гэвэл runC, crun, containerd, харин доод түвшинд ажиллах шаардлагагүй илүү ажиллагаа талдаа анхаарна гэж үзвэл Docker, CRI-O зэргээс сонгох боломжтой. Эдгээрээс хамгийн түгээмэл ашиглагддаг нь Docker юм.

Контейнер ашиглан docker дээр аппликейшн байрлуулах нь цаг хугацааг хэрхэн хэмнэдэг болохыг доорх жишээн дээр тайлбарлая.

Жишээ: Frontend нь react.js, backend нь python flask дээр бичигдсэн вебийг серверт байрлуулах

A. Уламжлалт буюу физик серверт байрлуулах

Ингэхийн тулд frontend кодыг ажиллуулах node.js сервер, python кодыг ажиллуулах python сервер шаардлагатай болно. Хоёр тусдаа физик сервер тохируулах, эсвэл virtual machine-р хоёр өөр сервер асааж ажиллах орчныг тохируулан хөгжүүлэгчийн кодыг байршуулж ажиллуулах шаардлагатай болно, ингэхэд нэг цагаас дээш хугацаа зарцуулахаас гадна сүлжээний тохиргоо нэмж хийнэ.

B. Dockerfile үүсгэж тус тусад нь ажиллуулах

Frontend дээр дараах Dockerfile:

```
FROM node:18-alpine
WORKDIR /app
COPY . .
RUN yarn install --production
CMD ["node", "src/index.js"]
EXPOSE 3000
```

Backend дээр дараах Dockerfile:

```
FROM python:3.8-slim-buster
WORKDIR /app
COPY requirements.txt requirements.txt
RUN pip3 install -r requirements.txt
COPY . .
CMD [ "python3", "-m" , "flask", "run",
"--host=0.0.0.0"]
```

Дээрх docker файлуудыг ажиллуулан вебийн backend, frontend-г минут хүрэхгүй хугацаанд ажиллуулах боломжтой.

C. Нэгтгэн нэг Dockerfile үүсгэн ажиллуулах

Backend болон Frontend кодуудыг нэгтгэн харгалзах Dockerfile-уудыг ажиллуулж хамт асаах docker-compose.yml файл бичин нэг командаар ажиллуулах боломжтой.

```
services:
  api:
    build: ./api
    ports:
      - "8000:8000"
    volumes:
      - ./api:/api
    command: bash -c "python manage.py
runserver 0.0.0.0:8000"
  web:
    build: ./frontend
    ports:
      - "3000:3000"
    volumes:
      - ./frontend:/frontend
```

Энэ хувилбар нь backend болон frontend-г нэгтгэн нэг image болгон ажиллуулах бөгөөд хоорондоо ямар нэг нэмэлт сүлжээний тохиргоо хийхгүйгээр шууд сервисийн нэрээр хандан ажиллах боломжийг олгоно.

Docker дээр ажиллахад шаардлагатай дараах үндсэн командууд байдаг [5].

ХҮСНЭГТ 1. DOCKER КОМАНДУУД

Команд	Зориулалт
Docker search <name>	Docker hub-т байрлах бэлэн image-үүдээс хайлт хийх
Docker pull <name>	Docker hub-т байрлах бэлэн image-үүдийг татаж өөр дээрээ үүсгэх
Docker images	Ажиллаж байгаа docker image-үүдийн мэдээлэл авах
Docker run <params>	Ажиллаж байгаа image-үүдээс контейнер үүсгэх
Docker ps	Ажиллаж байгаа контейнерын жагсаалт авах
Docker stop <name>	Ажиллаж байгаа контейнерыг зогсоох
Docker restart <name>	Ажиллаж байгаа контейнерыг restart хийх
Docker rm <name>	Ажиллаж байгаа контейнерыг устгах
Docker logs	Docker -н лог харах

V. DOCKER HUB

Бэлэн image-үүд ашиглан өөрийн хүссэн серверийг минутын дотор асаах боломжийг Docker hub олгодог [6]. Жишээ нь postgres өгөгдлийн санг асаах гэвэл доорх командаар 10 секундэд л асаах боломжтой.

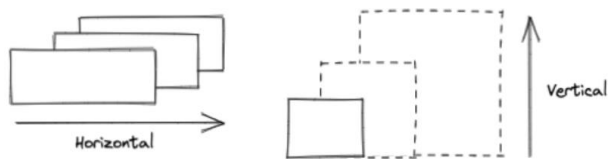
```
$ docker run --name some-postgres -e
POSTGRES_PASSWORD=mysecretpassword -d
postgres
```

Мөн өөрийн аппликэйшнүүдийн image-г үүсгэн docker hub-руу хуулснаар дэлхийн хаанаас ч тухайн аппликэйшнээ хормын хугацаанд асаах боломжийг олгодог.

VI. KUBERNETES /k8s/

Контейнер аппликэйшнүүдийг нэгтгэн ажиллуулж, удирдах, хянах боломжийг Kubernetes олгодог [8]. Өөрөөр хэлбэл байгууллагын дотоод сервертээ Kubernetes тохируулж өгснөөр хөгжүүлэгчид ялгаатай орчинд, өөр өөр сан ашиглаж ажиллах аппликэйшн хөгжүүлсэн ч санаа зовох зүйлгүй тэдгээрийг ажиллуулах боломжтой болно. Уламжлалт буюу virtual machine-уудаас ялгаатай нэг зүйл нь өргөтгөх буюу сервисийг өргөтгөх боломж нь илүү уян хатан байдаг. Нэгэнт нөөцийг нь тохируулан асаасан виртуал машинууд дээр сервисийг өргөтгөхдөө vertical scaling буюу нөөцийг нэмэгдүүлэх л боломжтой байдаг бол k8s дээр horizontal scaling буюу яг адилхан илүү олон

хувилбарыг нэмж асаан ачааллыг тэнцвэржүүлэн хянах боломжийг олгодог [7].



Зураг 3. Серверийг өргөжүүлэх аргачлалууд

Vertical scale-н сул тал нь тухайн сервист заагдсан нөөцийг үргэлж бүрэн эзэмшдэг бол horizontal scale нь ачаалал ихэдсэн үед нэмэлт хувилбаруудыг асаан бусад үед хамгийн бага нөөцийг ашиглан ажиллагааг тасралтгүй хангах боломжтой [3]. Kubernetes нь нээлттэй эх бөгөөд ачаалал тэнцвэржүүлэгч, нэгдсэн хяналтын самбар, нөөцийн зөв зохистой ашиглалт, аюулгүй байдал зэрэг системийг, аппликейшныг найдвартай, тасралтгүй ажиллуулах маш олон давуу талыг олгодог.

Kubernetes нь өөр өөрийн гэсэн үүрэг зориулалттай маш олон төрлийн объектуудын бүрдэл бөгөөд тэдгээр нь бүгд хоорондоо уялдаа холбоотой ажилладаг. Объектуудыг үүсгэхдээ команд бичихээс гадна .yaml өргөтгөлтэй файл үүсгэн ажиллуулах боломжтой байдаг бөгөөд энэ файл нь хамгийн энгийнээр дараах бүтэцтэй байдаг.

```
apiVersion: v1
kind: Pod
metadata:
  name: nginx
spec:
  containers:
  - name: nginx
    image: nginx:1.14.2
    ports:
    - containerPort: 80
```

Заагдсан image-г асаах хамгийн жижиг объект болох pod, тэдгээрийн тохиргоо, scaling гээд бүгдийг зохицуулдаг deployment, хүсэлтүүдийг зохицуулдаг service зэрэг гол объектуудаас гадна олон объектыг чиглэл бүрээр ялган ангилгах namespace, бие биеэ таньж ажиллах боломжийг олгодог label, серверийн нөөцийг тохируулж өгөх resources, image-н статик өгөгдлүүдийг хадгалах persistent volume зэрэг тохиргоонуудыг yaml файл дээр бичиж өгдөг бөгөөд албан ёсны сайтад нь маш дэлгэрэнгүй тайлбартай байдаг [10].

VII. OPEN EDX

Дэлхий дахинд хамгийн өргөн хэрэглэгдэж байгаа сургалтын систем болох OPEN edX нь контейнер технологийн маш сайн жишээ юм. Сургалтын системүүдийн үндсэн ажилбаруудыг бүгдийг нь багтаасан байдгаас гадна хамгийн гол онцлог нь бэлэн docker image-үүд ашиглан ажилладаг нь дараах давуу талуудтай.

1. Ачаалал даах чадвар

Бүтэн container хэлбэрээр ажилладаг учир ирэх ачааллаас хамаарч олон хувилж асаах боломжтой

2. Хялбар

Minio гэх Amazon S3-тай адил object storage-г цөөн команд ашиглан тохируулж ажиллах боломжтой, мөн SSL олгодог Caddy сан үндсэн тохиргоонд ордог. Мөн орчин үеийн чиг хандлагаас огт хөцрөхгүйгээр Chat bot хүртэл шинээр тохируулан ажиллуулах боломжтой.

3. Нэгдсэн командын удирдлага

Контейнерт суурилсан учир хэрэглэгч нэмэх зэрэг хамгийн энгийн үйлдлийг хүртэл өгөгдлийн сан руу хандахгүй команд бичин ажиллуулах боломжийг олгодог.

Жишээ болгож туршилтын серверт OPEN edX системийн тохиргоо хийе.

Хүснэгт 2. СЕРВЕРИЙН ҮЗҮҮЛЭЛТ

Үзүүлэлт	Хэмжээ
Төв процессор	4
Шуурхай санах ой	16 GB
Дискийн багтаамж	50 GB
Үйлдлийн систем	Ubuntu 20.04

OPEN edX -н албан ёсны бичиг баримтад дээрх серверийн үзүүлэлт нь системийг ажиллуулахад хангалттай үзүүлэлт гэж заагдсан байна [4].

Уг серверт Ubuntu 20.04 үйлдлийн систем суулгасан бөгөөд OPEN edX системийг дараах алхмуудын дагуу тохируулна.

1. Tutor суулгах.

OPEN edX -г бүрэн суулгах, тохируулах алхмыг хялбаршуулж нэгтгэсэн сан нь Tutor бөгөөд энэ сан нь Docker ашигладаг. Дараах командаар Tutor-г суулгана.

```
sudo curl -L
"https://github.com/overhangio/tutor/releases/download/v15.3.2/tutor-$(uname -s)_$(uname -m)" -o /usr/local/bin/tutor
sudo chmod 0755 /usr/local/bin/tutor
```

2. Docker болон Docker-compose суулгах.

Tutor нь docker ашигладаг бөгөөд дараах командуудыг ашиглан серверт docker, docker-compose суулгана.

```
sudo apt-get update
sudo apt-get install ca-certificates \
  curl \
  gnupg \
  lsb-release
sudo mkdir -m 0755 -p /etc/apt/keyrings
curl -fsSL
https://download.docker.com/linux/ubuntu
/gpg | sudo gpg --dearmor -o
/etc/apt/keyrings/docker.gpg
```

```

echo "deb [arch=$(dpkg --print-architecture) signed-
by=/etc/apt/keyrings/docker.gpg]
https://download.docker.com/linux/ubuntu
\
$(lsb_release -cs) stable" | sudo tee
/etc/apt/sources.list.d/docker.list >
/dev/null
sudo chmod a+r
/etc/apt/keyrings/docker.gpg
sudo apt-get update
sudo apt-get install docker-ce docker-
ce-cli containerd.io docker-buildx-
plugin docker-compose-plugin

```

3. OPEN edX асаах

Tutor нь өөрийн үндсэн командаар системийг серверт асааж ажиллуулах бөгөөд 3 төрлөөр асаах боломжтой байдаг.

Хүснэгт 3. АСААХ КОМАНДУУД

Команд	Зориулалт
Tutor local launch	Дотоод туршилтад зориулж асаах
Tutor dev launch	Хөгжүүлэлтэд зориулж асаах
Tutor k8s launch	Kubernetes серверт тохируулж асаах

Тохируулж бэлдсэн Kubernetes cluster байхгүй учир tutor local launch командыг ашиглан дотоод орчинд асааж ажиллуулсан. Ингэхэд ойролцоогоор таван минутын хугацаанд tutor нь дараах image-үүдийг татан суулгаж OPEN edX системийг тохируулан асааж байна [6].

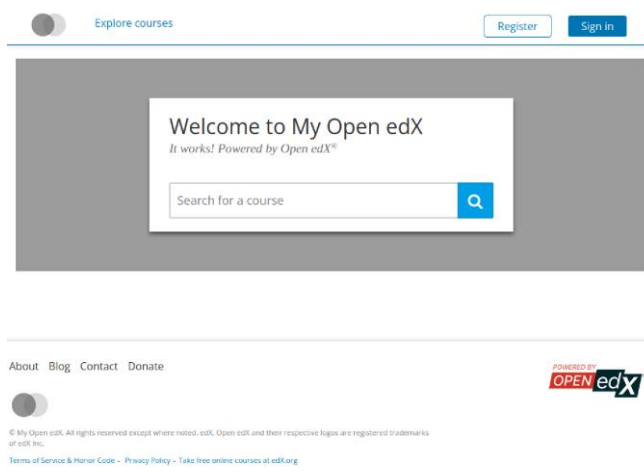
Хүснэгт 4. DOCKER IMAGES

Image	Зориулалт
MySQL	Сургалтын системийн үндсэн өгөгдлийн сан
Mongo	Сургалтын системийн үндсэн өгөгдлийн сантай хавсран ажиллах өгөгдлийн сан
Open edx	Үндсэн сургалтын системийн image
Redis	Шуурхай санах ойд суурилсан өгөгдлийн сан
Elastisearch	JSON хэлбэртэй өгөгдөлд зориулагдсан хайлтын сан
Devture	Docker-т суурилсан цахим шуудангийн сан
Smtpr	Цахим шуудан илгээх сан
Caddy	SSL

Image	Зориулалт
Lms	Үндсэн сургалтын систем
Cms	Контент зохицуулах систем

Контейнер технологид суурилсан, Docker дээр бүрэн ажиллах боломжтой OPEN edX системийг турших нь энэ технологийн давуу талыг бүх талаар нь харуулах хамгийн том жишээ бөгөөд зөвхөн нэг л командаар бэлэн image-үүд ашиглан бүрэн системийг ажиллагаанд оруулж байна [4]. Дараах хоёр төрлийн замаар системд хандахад бэлэн болно.

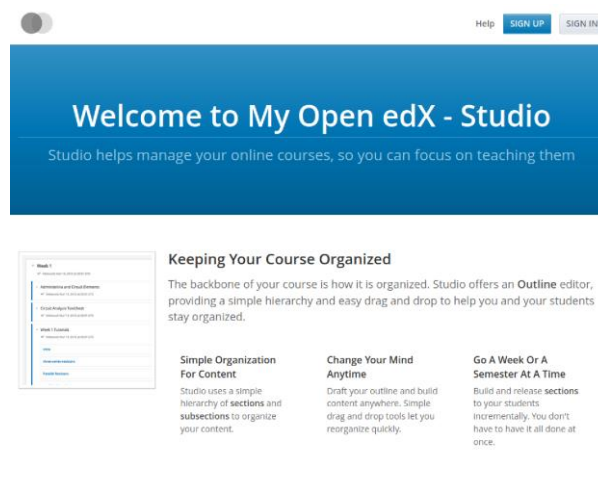
1. Local.overhang.io



Зураг 4. Сургалтын системийн нүүр хуудас

Энэ нь оюутнууд систем хандах үндсэн цонх бөгөөд хичээл сонгож үзэх, өөрсдийн эрхээрээ нэвтрэх боломжтой

2. Studio.local.overhang.io



Зураг 5. Сургалтын системийн админ хуудас

Энэ нь багш нарын системд хандах үндсэн цонх бөгөөд системд нэвтрэн хичээл үүсгэхээс эхлүүлээд оюутнуудаа хянах гэх мэт сургалтын системд байдаг боломжит үйлдлүүдийг хийх боломжтой.

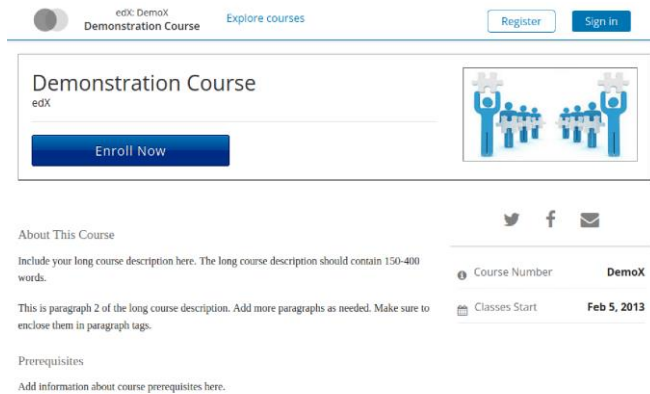
Үргэлжлүүлэн тест хэрэглэгч болон тест хичээл үүсгэж үзэцгээе.

Системд шинэ хэрэглэгч үүсгэх команд:

```
tutor local do createuser --staff --
superuser yourusername user@email.com
```

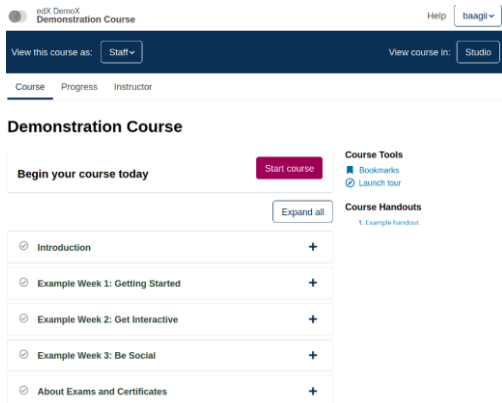
Тест хичээл үүсгэх команд:

```
tutor local do importdemocourse
Дээрх командуудыг ажиллуулснаар хэрэглэгчид шинэ
нэмэгдсэн хичээл дараах байдалтай харагдана.
```

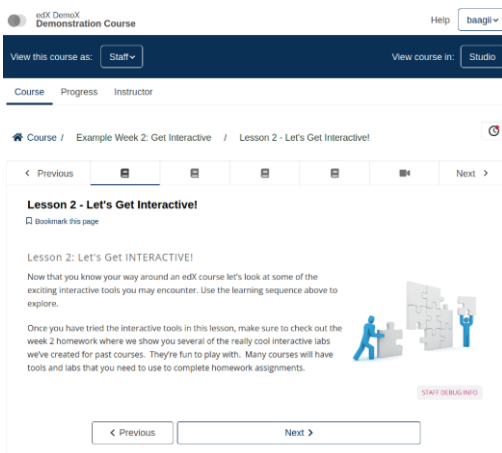


Зураг 6. Тест хичээлийн харагдах байдал

Хэрэглэгч системд нэвтэрсний дараа тухайн хичээлийн мэдээлэл, үзэх байдал нь дараах зургуудад харагдах бөгөөд багш нар хичээлийг бүрэн удирдах боломжтой байдаг.

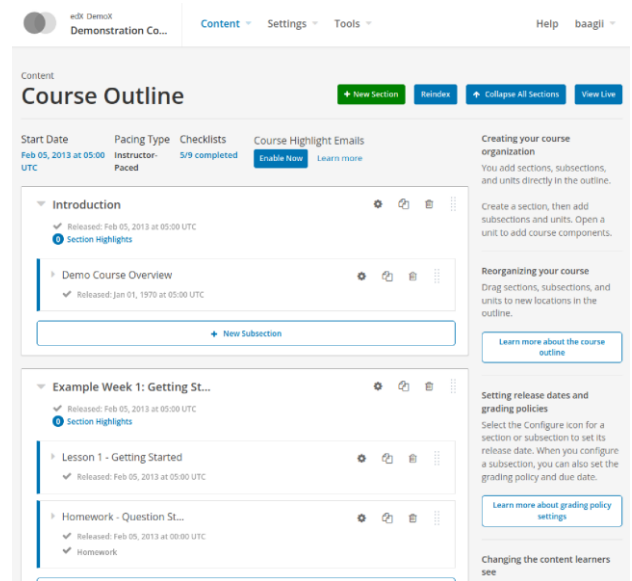


Зураг 7. Хичээлийн үндсэн харагдах байдал, бүлгүүд



Зураг 8. Хичээлийн сэдэв харагдах байдал

Багшийн эрхээр админ хэсэгт нэвтрэхэд тест хичээлийг өөрчлөн засварлах, шинэ хичээл үүсгэх бүрэн удирдлага харагдаж байна



Зураг 9. Багшийн хичээл удирдах хэсэг

Ямар ч нэмэлт сан ашиглалгүй үндсэн сургалтын системийг суулгахад л таван минутын дотор маш олон боломжуудаар хангагдсан бүрэн сургалтын системийг ашиглах боломжийг контейнер технологид суурилсан OPEN edX систем олгож байна

VIII. OPEN EDX ДЭЭРХ АЧААЛЛЫН ТУРШИЛТ

Apache Benchmark сан нь өгөгдсөн утгуудын дагуу серверт http хүсэлт илгээн ачааллыг тестэлж үзэх боломжийг олгодог [9]. Дараах командыг ашиглан суулгадаг.

```
apt-get install apache2-utils
```

Apache Benchmark-н үндсэн команд нь `ab <url>` бөгөөд нэмэлт утгуудыг бичиж заагдсан серверт хүсэлтүүдийг илгээдэг.

Хүснэгт 5. АРАСНЕ BENCHMARK КОМАНД УТГУУД

Команд	Зориулалт
-k	Хүсэлтийг таслахгүй явуулах
-n <тоо>	Нийт хүсэлтийн тоо
-c <тоо>	Нэг удаадаа явуулах давтагдсан хүсэлтийн тоо
-s <тоо>	Хүсэлтээс хариу ирэхийг хүлээх хугацаа
-t <тоо>	Хүсэлт илгээх нийт цагийн хязгаар

Бидний туршилтын сервер маань Хүснэгт 2-т заагдсан үзүүлэлттэй бөгөөд серверт тохируулан асаасан сургалтын систем маань тухайн нөөцийг бүрэн ашиглаж ажиллаж байгаа. Сургалтын системийн хичээл үзэх

цонхонд хүсэлтүүдийг дараах утгуудаар илгээн хэрхэн ачаалал дааж байгааг шалгая.

1. Туршилт 1

Нийт хүсэлтийн тоо: 100

Нэг удаа зэрэг илгээх хүсэлтийн тоо: 10

Хариу. Нийт 100 хүсэлтийг 2.3 секундийн хугацаанд илгээсэн бөгөөд секундэд 39.75 хүсэлт илгээгджээ. Хамгийн хурдан хариу үйлдэл үзүүлсэн хугацаа нь 25.1 ms байсан бол хамгийн удаан хариу үйлдэл үзүүлсэн хугацаа нь 452 ms байлаа.

Нэг хүсэлтэд хариу өгөх хугацаа: 0.023

2. Туршилт 2

Нийт хүсэлтийн тоо: 100

Нэг удаа зэрэг илгээх хүсэлтийн тоо: 10

Бүх хүсэлтээ илгээх хугацаа: 1 секунд

Хариу. Нийт 100 хүсэлтийг 1 секундэд илгээхээр команд ажиллуулахад benchmarking сан маань 45-г явуулсан байна, ингэхэд энэ 45 хүсэлт бүгд амжилттай хариу буцаасан байна.

Нэг хүсэлтэд хариу өгөх хугацаа: 0.022

3. Туршилт 3

Нийт хүсэлтийн тоо: 1000

Нэг удаа зэрэг илгээх хүсэлтийн тоо: 1000

Хариу. Нэг зэрэг 1000 хүсэлт илгээхэд бүх хүсэлт нь амжилттай болж нийт 13 секунд зарцуулжээ.

Нэг хүсэлтэд хариу өгөх хугацаа: 0.013 секунд

4. Туршилт 4

Нийт хүсэлтийн тоо: 1000

Нэг удаа зэрэг илгээх хүсэлтийн тоо: 1000

Бүх хүсэлтээ илгээх хугацаа: 1 секунд

Хариу. Нэг зэрэг 1000 хүсэлтийг 1 секундэд илгээхэд tool маань 34 хүсэлтээс амжилттай хариу авсан байна.

Нэг хүсэлтэд хариу өгөх хугацаа: 0.029 секунд

Нэг хүсэлтэд хариу өгөх хугацааг apache benchmark-н өгөгдсөн томъёоны дагуу бодсон бөгөөд энэ нь:

Зарцуулсан хугацаа * 1000 / амжилттай хүсэлтийн тоо

IX. ДҮГНЭЛТ

Серверт тохируулан ажиллуулахад тус тусдаа маш олон тохиргоо шаарддаг олон төрлийн сервисүүдийг зөвхөн нэг командаар ажиллуулж хэрэглээнд ашиглах нь контейнер технологийн хамгийн том давуу тал гэдэг нь туршилтын явцад хангалттай харагдлаа. Үүний

тусламжтайгаар OPEN edX систем нь Redis, MySQL, Mongo зэрэг өөрт шаардлагатай бүх дэд сервисүүдийг асаан тохируулж цаашид тэдгээр дээр хийгдэх үйлдэл болох хэрэглэгч нэмэх, хичээл нэмэх, хичээл удирдах, мөн веб байдлаар хандах систем гээд бүх зүйлсийг ямар ч нарийн тохиргоо шаардахгүйгээр командын орчинд ажиллах боломжтой болгож байгаа нь цаг хугацаа асар үнэтэй болсон энэ үед хамгийн том давуу тал юм.

Docker нь контейнерын ажиллах орчин бөгөөд image-с контейнерыг асааж ажиллуулдаг, олон контейнер үүсгэж болдог ч нэг image-с үүссэн container-үүдийн ачааллыг хооронд хуваарилж, зохицуулан турших боломжгүй учир нэг контейнер үүсгэж туршилтыг хийсэн. Харин OPEN edX нь өөрийн дотоод орчинд асаасан системийнхээ image-г бүх тохиргоотой нь хадгалан шинэ image үүсгэн хадгалах боломжийг олгодог бөгөөд ингэж үүсгэсэн image-ээ ашиглан k8s серверт deployment үүсгэж ачаалал даах чадварыг илүү сайжруулан ашиглах боломжтой.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Claus Pahl, Jacopo Soldani, Pooyan Jamshidi, "Cloud Container Technologies: A State-of-the-Art Review," May, 2017
- [2] Babak Bashari, H.J Bhatti, "An Introduction to Docker and Analysis of its Performance" March, 2017
- [3] William Mochovak, "Horizontal vs. Vertical Scales vs. Use of a Grid in Online Data Collection: Which Is Better?," May, 2018.
[Online]. Available:
<https://www.bls.gov/osmr/research-papers/2018/pdf/st180020.pdf>
- [4] Documentation Tutor.
[Online]. Available:
<https://docs.tutor.overhang.io/configuration.html>
- [5] Documentation Docker.
[Online]. Available:
<https://docs.docker.com/engine/reference/commandline/docker/>
- [6] Documentation Docker Hub.
[Online]. Available:
<https://hub.docker.com/>
- [7] Martin Lindström, "Containers & Virtual machines", June, 2022.
[Online]. Available:
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1665606/FULLTEXT01.pdf>
- [8] Gianluca Turin, Andrea Borgarelli, Simone Donetti, "A Formal Model of the Kubernetes Container Framework", June, 2020.
[Online]. Available:
<http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1665606/FULLTEXT01.pdf>
- [9] Apache Benchmarking Documentation.
[Online]. Available:
<https://httpd.apache.org/docs/2.4/programs/ab.html>
- [10] Documentation Kubernetes.
[Online]. Available:
<https://kubernetes.io/docs/home/>

ӨГӨГДӨЛ ХУВААЛЦАХ СИСТЕМД ЗОРИУЛСАН ХАЙЛТ ХИЙХ БОЛОМЖТОЙ ШИФРЛЭЛТИЙН СХЕМИЙГ ДЭВШҮҮЛЭХ НЬ

Бумгэрэл Чойжилбуу¹, Ваанчиг Нямсүрэн (Ph.D.)¹, Дорж Эрдэнэтуяа (Ph.D.)¹

I. МОНГОЛ УЛС, УЛААНБААТАР, ШУТИС, МЭДЭЭЛЭЛ ХОЛБООНЫ ТЕХНОЛОГИЙН СУРГУУЛЬ, МЭДЭЭЛЛИЙН СҮЛЖЭЭ, АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН САЛБАР

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбооны технологийн сургууль
Chojilbuu@gmail.com

Хураангуй—Мэдээллийн технологи тэр дундаа клоуд үйлчилгээ хөгжиж буй энэ үед хэрэглэгч болон төрөл бүрийн үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллага бүр өөрсдийн үйлчилгээний үр өгөөж, хэрэглэгчдэд ээлтэй системийг бүрдүүлэх нь үр ашгийг үлэмж нэмэгдүүлдэг зогсохгүйгээр цаашдын үйл ажиллагаагаа өргөжүүлэхэд клоуд үйлчилгээ зайлшгүй сонголтуудын нэг болоод буй. Иймээс эдгээр хэрэглэгч болон байгууллагууд клоуд орчинд өөрсдийн нууцлалтай мэдээллийг аль нэг клоуд хадгалах үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагаар дамжуулан гуравдагч этгээдэд нээлттэй хуваалцаж цахим үйлчилгээг нэвтрүүлэх боломжийг эрэлхийлж байна. Клоуд үйлчилгээ нь бизнес болон хэрэглээ талаасаа маш олон давуу талуудыг хэрэглэгчдэд санал болгосон. Хэдийгээр клоуд орчин нь өгөгдлийг хуваалцах боломжийг бий болгож буй ч өгөгдлийн аюулгүйгээр хуваалцах нь тулгамдаж буй асуудал юм. Тиймээс бид энэхүү өгүүлээрээ ихэнх клоуд хадгалалт үйлчилгээ үзүүлэгчдийн өгөгдлийг нууцлахдаа ашигладаг симметрик алгоритмын сул талаас сэргийлэн ассиметрик суурьтай бодлогын шинж чанарт суурилсан шифрлэлт (CP-ABE) ийн давуу болон онцлог талаас аваад зогсохгүй клоуд хадгалалт үйлчилгээ үзүүлэгчид хэрэглэгчийн нууцлалтай өгөгдлийн доторх мэдээллийг таамаглах замаар мэдэх боломжийг хязгаарлах үүднээс олон түлхүүрийг үгийг хольж ашигласан тодорхойгүй хайлтын схем (FKS) ийг хослуулан ашиглах боломжтой шифрлэлтийн схемийг дэвшүүлсэн судалгааны үр дүнг танилцуулах болно.

Түлхүүр үг—Fuzzy keyword search (FKS), searchable encryption, cipher text policy based attribute encryption (CP-ABE), identity-based encryption

I. УДИРТГАЛ

Клоуд үйлчилгээ нь байгууллага болон жижиг дундын бизнесийн үйлчилгээ эрхлэгч байгууллагуудад маш богино хугацаанд өөрсдийн хэрэгцээ шаардлагын үндсэн дээр хэрэгцээт нөөцийг (сүлжээ, сервер, өгөгдлийн сан, клоуд үйлчилгээ болон аппликейшн) хүссэнээрээ зохиомжлон шууд ашиглахад бэлэн дэд бүтцээр хангагдсан системийн архитектур эсвэл клоуд үйлчилгээг санал болгодог шинэ үеийн систем юм.

Gartner, Inc [1]-ийн хамгийн сүүлийн үеийн таамаглалаар Public Cloud үйлчилгээнд зарцуулсан зардал 2022 онд 490.3 тэрбум ам.доллар байсан бол 2023 онд 20.7%-иар өсөж 591.8 тэрбум ам.доллар болж өссөн үзүүлэлтэй гарсан байна.

Гэхдээ ямарваа бизнес эрхлэгч байгууллагууд дэд бүтэц, үйлчилгээ үзүүлэгч платформ, программ хангамжийг гуравдагч буюу клоуд үйлчилгээ үзүүлэгчид найдаж түүн дээр өөрсдийн мэдээллээ байршуулан хэрэглэгчдэд үйлчилгээ үзүүлэхэд өгөгдлийн аюулгүй байдлын эрсдэлтэй тулгардаг. Өгөгдлийн аюулгүй байдал, нууцлал хамгааллын эрсдэл нь олон байгууллагуудыг клоуд руу бүрэн шилжихэд хамгийн том саад тогтог байсаар байна.

IDC [2] байгууллагын шинэ таамаглалаар 2025 онд 41.6 тэрбум зүйлсийн интернэт төхөөрөмж буюу "юмс" байх бөгөөд 79.4 зеттабайт (ZB) өгөгдөл бий болно гэж тооцоолжээ. Үүгээр ч зогсохгүй хүмүүс IoT дахь төхөөрөмжүүдийн мэдээлэл цуглуулах үр ашгийг дээшлүүлэхийн төлөө тууштай ажилласан хэвээр байна гэсэн нь

2023 онд биеллээ олсон гэж хэлж болно [3],[4]. Тиймээс ухаалаг хотын оршин суугчид болон үйлчилгээ үзүүлэгчид өөрсдийн үйлчилгээ, програмуудыг байршуулах, бүтээх болон эсвэл байршуулахын тулд клоуд үйлчилгээг ашиглаж байна. Хэрэглэгчид төдийгүй олон нийт хүртэл энэ талын мэдээ мэдээллийг ойлгон хүлээн авдаг болсон байна.

Угтаа өгөгдлийн аюулгүй байдал, нууцлалыг хангахын тулд гарч ирсэн шифрлэлтийн технологиуд нь шийдэл мэт боловч эдгээрийг дангаар нь авч хэрэгжүүлэх сул талтай хэвээр байна. Өгөгдөл эзэмшигчдийн хувьд өөрсдийн эмзэг мэдээллийг клоуд хадгалалтад зориулсан системд байршуулан гуравдагч этгээдэд хуваалцахад тухайн өгөгдөлд зөвхөн зөвшөөрөлтэй хэрэглэгч хандаж байгаа эсэх дээр нарийн хяналт тавьж хэрэгжүүлэх хэрэгцээ шаардлага үүсэж байгаа билээ. Уламжлалт серверт суурилсан хандалт хяналтын аргууд нь клоуд шийдлийн хувьд тохиромжгүй учир нь клоуд серверт бүрэн итгэх боломжгүй юм. Аюулгүй байдлыг хангасан хуваалцах, төвлөрсөн бус хандалт хяналтын асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд Sahai and Waters [5] identity-based encryption (IBE) шифрлэлтийг өргөтгөх замаар шинж чанарт суурилсан шифрлэлтийн (ABE) ойлголтыг анх нэвтрүүлсэн [6].

ABE шифрлэлтийг IBE шифрлэлттэй харьцуулахад нэг дата эзэмшигчээс зөвхөн нэг рүү биш буюу илүү уян хатан нэгээс олон рүү гэсэн хандалт хяналтыг аргыг ашигладаг. ABE

шифрлэлтийн хандалтын бодлогод тухайн өгөгдлийн шинж чанаруудыг тодорхойлохоос бусад тохиолдолд шифрлэгдсэн өгөгдөлд хэн хандах эрхтэйг хянах боломжгүй байдаг.

Иймээс өгөгдлийг шифрлэгч нь шифрлэсэн өгөгдөлд хэн хандах боломжтой эсэхийг ухаалгаар шийдэх мөн түүнчлэн хуйвалдаан суурилсан халдлагад тэсвэртэй байх хэрэгтэй буюу шифрлэгдсэн өгөгдлийн хандалтын бодлогыг бие даан хангах шинж чанарыг агуулаагүй аливаа тохиролцсон хэрэглэгч нар өөрсдийн мэдээллээ нэгтгэх замаар өгөгдлийг тайлж чадахгүй байх ёстой. Тиймээс эдгээр энэ аюулгүй байдлын эрсдэлийг шийдэхийн тулд CP-ABE шифрлэлтийн алгоритмыг дэвшүүлсэн.

CP-ABE системд илгээгч тал нь мэдээллийг шифрлэх үед шифрлэгдсэн текст дэх шинж чанарууд дээр хандах хандалтын бүтцийн хувьд тусгай хандалтын бодлогыг тодорхойлж, ямар төрлийн хүлээн авагч шифр текстийн шифрийг тайлах боломжтой болохыг зааж өгдөг.

Хэрэглэгчид шинж чанаруудын багцыг эзэмшиж, дундын итгэмжлэгдсэн эрх бүхий байгууллагаас холбогдох нууц шинж чанар бүрийн түлхүүрүүдийг авдаг. Ингэснээр хэрэглэгч өөрийн шинж чанарууд нь шифрлэгдсэн тексттэй холбоотой хандалтын бодлогыг хангаж байх шифрлэгдсэн текстийг тайлж болно. Тиймээс CP-ABE механизм нь дүрд суурилсан буюу role-based access control хандалт хяналтын уламжлалт аргатай илүү төстэй байдаг. Гэвч эдгээр шифрлэлтийн аргуудаар шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр хайлт хийх нь боломжгүй байдаг буюу өгөгдлийн шифрийг тайлахаас наана хайлт хийх боломжгүй юм.

Тэгвэл Boneh [7] нь нийтийн түлхүүрээр шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр хайлт түлхүүрийг ашиглан хайлт хийх (Public key Encryption with Keyword Search-PEKS) аргачлалыг дэвшүүлсэн юм. Гэсэн хэдий ч PEKS схемүүд нь шифрлэгдсэн өгөгдлийг түлхүүр үг ашиглан шифрлэгдсэн өгөгдлөөс хайлт хийх арга барилыг өгдөг ч шифрлэгдсэн өгөгдөлд хандах хандалтын хяналтын уян хатан бодлогыг дэмжиж чадахгүй.

Changji Wang, Wentao Li, Yuan Li, and Xilei Xu [8] нар PEKS-ийг CP-ABE-тэй органик байдлаар нэгтгэж, түлхүүр үг хайх функцтэй (KSF-CP-ABE) шифр текстийн бодлогын шинж чанарт суурилсан шифрлэлтийн схемийг санал болгосон. Энэ схем нь нэгээс олон руу чиглэсэн CP-ABE шифрлэлтийг дэмжиж түлхүүр үгээр хайлт хийх боломжийг олгож байгаа ч клоуд үйлчилгээ үзүүлэгч дундын этгээд хайлт хийж буй түлхүүр үг болон шифрлэгдсэн мэдээллийг өөрсдийн сервер дээр нөөшлөх замаар мэдээллийн нууцлалыг таамаглан задлах боломжтой.

Мөн түүнчлэн олон судлаачид өөр өөрийн аргуудыг санал болгосон байдаг ба одоогийн байдлаар шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр хайлт хийх боломжтой олон аргачлал, схемүүд буйгаас дурдвал An-Ping Xiong, Qi-Xian Gan, Xin-Xin He,

Quan Zhao [10] нарын (SE-CP-ABE), Gangqi Shu, Haibo Hong, Mande Xie, Jun Shao [11] нарын (FRSCP-ABE), Changji Wang, Wentao Li, Yuan Li, and Xilei Xu [8] нарын санал болгосон (KSF-CP-ABE) схемүүдийн талаар судалгааны ажлууд хийгдсэн хэдий ч үл итгэмжлэгдсэн сервер рүү хайлт хийх үйлдлийг шилжүүлэх үед түлхүүр үгийг таах халдлагыг тэсвэрлэх талаар онцолж авч үзээгүй байгаа нь энэ судалгааны ажлыг дэвшүүлэх үндэслэл болсон.

Тиймээс бид энэхүү өгүүлэлдээ FKS-ийг CP-ABE схемтэй органик байдлаар нэгтгэж, түлхүүр үг хайх функцтэй шифр текстийн бодлогын шинж чанарт суурилсан шифрлэлтийн схем (FKS-CP-ABE) гэж нэрлэгддэг шинэ криптограф схемийг санал болгож байна. Энэхүү схемийн хувьд өгөгдөл эзэмшигч өөрийн нууц мэдээллийг клоуд орчинд байршуулан нээлттэй болгохыг хүсвэл хандалт хяналтын бодлогын дагуу нууц мэдээллийг шифрлэж, өгөгдөлд хандах эрхтэй хэрэглэгч бүрийн нийтийн түлхүүр үгт харгалзах аюулгүй байдлын индексийг үүсгэнэ. Зөвхөн баталгаажсан буюу нь хандалт хяналтын бодлогыг хангасан эрх бүхий хэрэглэгчид л түлхүүр үгийг ашиглан шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр хайлт хийх замаар уг өгөгдлийг олж авах, шифрлэгдсэн текстийг тайлах боломжтой юм. Мөн бид гуравдагч этгээд хайлтын үр дүнг нөөшлөн түлхүүр үгийг таах боломжийг хязгаарлах үүднээс trapdoor үүсгэн нэгээс олон түлхүүр үсгүүдийг хольж олон түлхүүр үгийг хослуулсан байдлаар fuzzy keyword хайлтыг хийх аргачлалыг бас нэмж дэвшүүлж байна.

Энэ өгүүллийн үлдсэн хэсгийг дараах байдлаар зохион байгуулав. Зарим шаардлагатай урьдчилсан ажлуудыг 2-р хэсэгт оруулсан болно. 3-р хэсэгт CP-ABE-FKS системийн архитектур загвар болон өгөгдлийг хэрхэн нууцалж дамжуулж байгааг тайлбарласан. 4-р хэсэгт уг схемд ашигласан алгоритмын тодорхой бүтэц болон схем дээр математик илэрхийлэл ашиглан баталгаа гаргасан ба 5-р хэсэгт ерөнхий дүгнэлт цаашдын хийж судлах ажлыг талаар дурдсан болно.

II. УРЬДЧИЛСАН БЭЛТГЭЛ

Энэ хэсэгт бид шинээр дэвшүүлж буй CP-ABE-FKS схемийг дэвшүүлэх болон уг схемийн аюулгүй байдлыг хангахын тулд чухал үүрэг гүйцэтгэх Bilinear Diffie-Hellman таамаглалыг авч үзнэ.

A. Bilinear map

G_1 ба G_2 нь p зэргийн хоёр цикл бүлэг гэж үзье. g нь G_1 -ийн үүсгэгч гэвэл e нь хоёр шугаман хослол гэвэл [25, 26] дурдсан чанар ёсоор дараах шинж чанартай байна :

$$e : G_1 \times G_1 \rightarrow G_2 \quad (1)$$

a) Хос шугаман чанар (Bi-linearity) :

$$u, v \in G_1 \text{ ба } a, b \in \mathbb{Z}_p$$

гэвэл $e(u^a, v^b) = e(u, v)^{ab}$
(2)

b) Дегенераци (Non-degeneracy):

$$e(g, g) \neq 1. \quad (3)$$

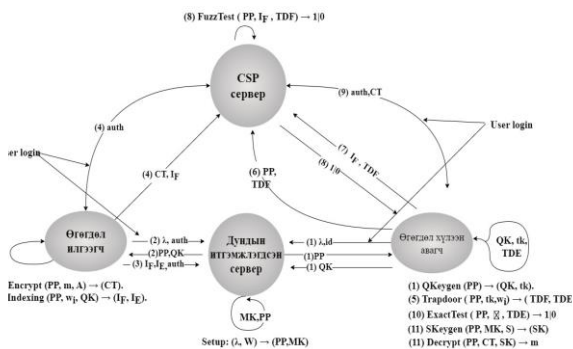
c) Тооцоолол (Computability):

$\forall u, v \in G_1$ -ийн хувьд $e(u, v)$ -ийг тооцоолох үр дүнтэй алгоритм юм.

III. СИСТЕМИЙН АРХИТЕКТУР

Бид энэ хэсэгтээ шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр (доторх өгөгдлийн задруулахгүйгээр) хайлт хийх боломжтой бодлогын шинж чанарт суурилсан криптограф схемийг (FKS-CP-ABE) клоуд хадгалах системийн хувьд дэлгэрүүлэн тайлбарлана.

Системийн архитектурыг “1-р зураг”-т дүрслэн үзүүлсэн бөгөөд дараах дөрвөн оролдогч талуудтай. Үүнд : Өгөгдөл хүлээн авагч (DU), Клоуд үйлчилгээ үзүүлэгч (CSP), Өгөгдлийг шифрлэж CSP серверт байршуулах илгээгч (DO), Нийтийн түлхүүр үгийг үүсгэн тараагч итгэмжлэгдсэн байгууллага (TA) нар юм.



1-р зураг. CP-ABE-FKS системийн архитектур

IV. CP-ABE-FKS КРИПТОГРАФ СХЕМИЙН ТОДОРХОЙЛОЛТ БА ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТ

Энэ бүлэгт бид дэвшүүлж буй (FKS-CP-ABE) схемийн тодорхойлолтыг танилцуулж, түүний алгоритм бүрийг хэрхэн хэрэгжүүлсэн томъёоллыг танилцуулна.

A. Тодорхойлолт

Энэ дэд хэсэгт бидний санал болгож буй (FKS-CP-ABE) схемийг системийн түвшинд дараах байдлаар тодорхойлно.

Бидний санал болгож буй (FKS-CP-ABE) нь дараах таван алгоритмаас бүрдэнэ.

Бидний дэвшүүлж буй CP-ABE-FKS системийн тохируулга ёсоор W -жигд тархсан түлхүүр үгсийн олонлог, λ -нууцлалын параметрууд гэвэл CP-ABE-FKS криптограф систем нь дараах алгоритмуудаар илэрхийлэгдэж байна. Үүнд:

- Setup (λ, W) \rightarrow (PP, MK). Системийн эхлэн бэлдэхдээ TA дээр анхны тохируулгын алгоритмыг ажилдуулдаг байна. Ингэхдээ жигд тархсан түлхүүр үгсийн олонлог (W) болон нууцлалын параметр (λ) утгуудыг уг алгоритмын оролт болгон авч системийн нийтийн параметр (PP), мастер түлхүүр (MK)-г үүсгэж өгдөг.
- SKeygen (PP, MK, S) \rightarrow SK. Түлхүүр үүсгэх алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), мастер түлхүүр (MK), өгөгдөлд хандах хандалтад ашиглагдах шинж чанарууд (S) гэсэн утгуудыг оролтоор авч хувийн түлхүүр (SK) -ийг үүсгэж өгнө.
- QKeygen (PP) \rightarrow (QK, tk). Хайлт хийх түлхүүр үүсгэх алгоритм нь DU хэрэглэгчийн сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP)-г оролтоор авч хайлт хийх индекс үүсгэхэд ашиглах нийтийн түлхүүр (QK) болон хайлтын асуулга үүсгэхэд ашиглах хувийн түлхүүр (tk) -ийг тус тус үүсгэнэ.
- Encrypt (PP, m, T) \rightarrow CT. Өгөгдлийг шифрлэх алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), шифрлэх өгөгдөл (m), хандалт хяналтын бүтэц (T) гэсэн утгуудын оролт болгон авч шифртекст (CT)-ийг үүсгэдэг.
- Indexing (PP, $w_i \in W, QK$) \rightarrow (I_F, I_E). Шифрлэгдсэн индекс үүсгэх алгоритмыг DO ажиллуулдаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP), индекс үүсгэх түлхүүр үг ($w_i \in W$) болон хэрэглэгчийн нийтийн түлхүүр (QK)-ийг оролт болгон авч тодорхой бус түлхүүр үгтэй индекс (I_F), тодорхой түлхүүр үгтэй индексэд харгалзах (I_E) гэх шифрлэсэн хос индекс үүсгэнэ.
- Trapdoor (PP, tk, $w_i \in W$) \rightarrow (TDF, TDE). Энэ алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), хайлтын асуулга үүсгэхэд ашиглах хувийн түлхүүр (tk) болон хайлт хийх түлхүүр үг ($w_i \in W$) утгуудыг оролт болгон авч тодорхой бус түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDF) мөн тодорхой түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDE) гэсэн хосолсон утгуудыг үүсгэж өгдөг.
- FuzzTest (PP, I_F, TDF) \rightarrow 1|0. Энэ алгоритм нь CSP сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP), шифрлэгдсэн индекс I_F мөн тодорхой бус түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга TDF утгуудыг оролт болгон авч боловсруулалт хийсний дараа хайлтын үр дүн тохирч байвал 1 үгүй бол 0 гэсэн утгыг буцаадаг.
- ExactTest (PP, I_E, TDE) \rightarrow 1|0. Энэ алгоритм нь DU хэрэглэгчийн сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP), тодорхой түлхүүр үгтэй индексэд харгалзах (I_E) мөн тодорхой

түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDE) утгуудыг оролт болгох авч боловсруулалт хийсний дараа хайлтын үр дүн тохирч байвал 1 үгүй бол 0 гэсэн утгыг буцаадаг.

- Decrypt (PP, CT, SK) → m. Шифрийг тайлах алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), хандалтын бодлого (A), шифрлэгдсэн текст CT ба шинж чанарын багц (S), хувийн түлхүүр (SK)-ийг оролт болгон авдаг. Хэрэв шинж чанаруудын багц S нь хандалтын A бүтцийг хангаж байвал алгоритм нь шифрлэгдсэн текстийг тайлж, m өгөгдлийг буцаана.

B. CP-ABE-FKS алгоритмын хэрэгжүүлэлт

Энэ дэд хэсэгт бид (FKS-CP-ABE) криптограф системийг бүрдүүлж буй бүх алгоритм бүрийн хэрэгжилтийг томъёолон танилцуулна.

1) Setup (λ, W) → (PP, mk). Setup алгоритм нь TA сервер дээр ажиллах бөгөөд PP нь Fuz (w_i, W) функцийг агуулах ба энэ функц нь $w_i \in W$ олонлогт хамаарах түлхүүр үгийг оролт болгон авч тодорхой бус утгыг үүсгэнэ.

✓ Хэрэв $|W|$ нь тэгш утгатай бол :

$\begin{cases} w_{i-1} || w_i, & \text{Хэрэв } i \text{ нь тэгш байх үед,} \\ w_i || w_{i+1}, & \text{Хэрэв } i \text{ нь сондгой байх үед.} \end{cases}$

✓ Эсрэг тохиолдолд Fuz (w_i, W) функцын гаралт:

✓
 $\begin{cases} w_{|w|-2} || w_{|w|-1} || w_w, & \text{Хэрэв } i \geq |w| - 2, \\ w_{i-1} || w_i, & \text{Хэрэв } i \text{ нь тэгш байх үед} \\ w_i || w_{i+1}, & \text{Хэрэв } i \text{ нь сондгой байх үед.} \end{cases}$

Эндээс p параметрээр хязгаарлагдах Z_p олонлогоос (α, β) , Fuz утга үүсгэх функц болон $h = g^\alpha$, $[H]_{-1}: \{0,1\}^* \rightarrow G_{-1}, n \in \mathbb{N}, H_2: G_2 \rightarrow \{0,1\}^n$ хаш утгуудыг тус тус сонгоно. Эндээс нийтийн параметр PP = ($p, g, e, G_1, G_2, W, H_1, H_2, \text{Fuz}, h, e(g, g)^\alpha$) болон мастер түлхүүр үг $mk = (\beta, g^\alpha)$ байна.

2) SKeygen (PP, MK, S) → (SK). Түлхүүр үүсгэх алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), мастер түлхүүр (MK), өгөгдөлд хандах хандалтад ашиглагдах шинж чанарууд (S) гэсэн утгуудыг оролтоор авч хувийн түлхүүр (SK) -ийг дараах байдлаар тооцоолно.

1. p параметрээр хязгаарлагдах олонлогоос r утгыг сонгоно:

$$r \leftarrow Z_p$$

2. Хувийн түлхүүрийг дараах байдлаар үүсгэнэ:

$$D = g^{\frac{\alpha+r}{\beta}}$$

- а. Эндээс хувийн түлхүүрийг бүх атрибут бүрийн харгалзуулан r_j гэвэл атрибут бүрийн түлхүүр үг дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$\forall_j \in S : r_j \leftarrow Z_p; D_j = g^{r_j} * H_1(j)^{r_j}$$

3. Эцэст нь нэгтгэвэл түлхүүр нь дараах томъёогоор илэрхийлэгдэнэ.

$$SK = (D, \forall_j \in S: D_j, D'_j)$$

3) QKeygen (PP) → (QK, tk) Хайлт хийх түлхүүр үүсгэх алгоритм нь DU хэрэглэгчийн сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP)-г оролтоор авч хайлт хийх индекс үүсгэхэд ашиглах нийтийн түлхүүр (QK) болон хайлтын асуулга үүсгэхэд ашиглах хувийн түлхүүр (tk) ийг үүсгэнэ.

1. p параметрээр хязгаарлагдах олонлогоос γ утгыг сонгоно:

$$\gamma \leftarrow Z_p$$

2. Хайлтын асуулга үүсгэхэд ашиглах хувийн түлхүүр үгийг γ утгатай тэнцүү гэе:

$$\gamma = tk$$

3. Эндээс хайлт хийх нийтийн түлхүүр нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэж байна.

$$QK = g^\gamma$$

4) Encrypt (PP, m, A) → (CT). Өгөгдлийг шифрлэх алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), шифрлэх өгөгдөл (m), хандалт хяналтын бүтэц (A) гэсэн утгуудын оролт болгон авч шифртекст (CT)-ийг үүсгэдэг.

1. p параметрээр хязгаарлагдах олонлогоос санамсаргүй s утгыг сонгоно:

$$s \leftarrow Z_p$$

2. Хандалтын бодлого A олонлогт харьяалагдах бүх утгыг γ гэвэл :

$$\forall \gamma \in A : C_\gamma = g^{q_\gamma(0)}$$

3. Эндээс шифртекст нь дараах байдлаар илэрхийлэгдэж байна:

$$CT = (A, \tilde{C}, C, \forall \gamma \in A : C_\gamma, C'_\gamma)$$

5) Indexing (PP, $w_i \in W, QK$) → (I_F, I_E). Шифрлэгдсэн индекс үүсгэх алгоритмыг DO ажиллуулдаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP), индекс үүсгэх түлхүүр үг ($w_i \in W$) болон хэрэглэгчийн нийтийн түлхүүр (QK)-ийг оролт болгон авч тодорхой бус түлхүүр үгтэй индекс (I_F), тодорхой түлхүүр үгтэй индексэд харгалзах (I_E) гэх шифрлэсэн хос индекс үүсгэнэ.

1. Түлхүүрт харгалзах индекс утгыг \tilde{I} гэвэл :

$$\in \{0,1\}^s \leftarrow Z_p$$

2. Эндээс хэрэглэгчийн нийтийн түлхүүр үг бүрд харгалзах тодорхой бус асуулгад ашиглах Q_F болон тодорхой асуулгад ашиглах Q_E үүсгэнэ:

$$Q_F = H_1 \text{Fuz}(w_i, W)$$

$$Q_E = H_1(w_i)$$

3. Эндээс a_1 утгыг p олонлогоор хязгаарлагдах утгаас сонгоод CP-ABE-ийн үндсэн тэгшитгэлд орлуулбал тодорхой бус түлхүүр үгтэй индекс I_F болон тодорхой түлхүүр үгтэй индекс I_E утгууд дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$a_1 \leftarrow Z_p \text{ үед } \hat{I}_F = g^{a_1} \text{ байна.}$$

$$\tilde{I}_F = \hat{I} \oplus H_2(e(Q_F, QK^{a_1}))$$

$$a_2 \leftarrow Z_p \text{ үед } \hat{I}_E = g^{a_2} \text{ байна.}$$

$$\tilde{I}_E = \hat{I} \oplus H_2(e(Q_E, QK^{a_2}))$$

$$I_E = (\hat{I}_E, \tilde{I}_E)$$

$$I_F = (\hat{I}_F, \tilde{I}_F)$$

6) Trapdoor (PP, tk, $w_i \in W$) \rightarrow (TDF, TDE). Энэ алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), Хайлтын асуулга үүсгэхэд ашиглах хувийн түлхүүр (tk) болон хайлт хийх түлхүүр үг ($w_i \in W$) утгуудыг оролт болгон авч тодорхой бус түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDF) мөн тодорхой түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDE) гэсэн хосолсон утгуудыг үүсгэж өгдөг.

$$TDF = H_1(\text{Fuz}(w_i, W))^Y$$

$$TDE = H_1(H_1(w_i))^Y$$

7) FuzzTest (PP, I_F , TDF) \rightarrow (0|1). Энэ алгоритм нь CSP сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр (PP), шифрлэгдсэн индекс (I_F) мөн тодорхой бус түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDF) утгуудыг оролт болгон авч боловсруулалт хийсний дараа хайлтын үр дүн тохирч байвал 1 үгүй бол 0 гэсэн утгыг буцаадаг.

1. Эхлээд алгоритмын оролт болох PP, I_F , TDF утгуудыг үндсэн тэгшитгэлд орлуулан XOR үйлдэл хийж нэгтгэе.

$$\tilde{I} = \tilde{I}_F \oplus H_2(e(TDF, \hat{I}_F)) = \tilde{I} \oplus$$

$$H_2(e(Q_F, QK^{a_1})) \oplus$$

$$H_2(e(H_1(\text{Fuz}(w_i, W))^Y, g^{a_1}) = \tilde{I} \oplus$$

$$H_2(e(H_1(\text{Fuz}(w_i, W)), g^{a_1})) \oplus$$

$$H_2(e(H_1(\text{Fuz}(w_i, W))^Y, g^{a_1})) = \tilde{I}$$

8) Exact Test (PP, I_E , TDE) \rightarrow (0|1). Энэ алгоритм нь DU хэрэглэгчийн сервер дээр ажилладаг бөгөөд системийн нийтийн параметр

(PP), тодорхой түлхүүр үгтэй индексэд харгалзах (I_E) мөн тодорхой түлхүүр үгтэй хайлтын асуулга (TDE) утгуудыг оролт болгох авч боловсруулалт хийсний дараа хайлтын үр дүн тохирч байвал 1 үгүй бол 0 гэсэн утгыг буцаадаг.

$$\tilde{I} = \tilde{I}_E \oplus H_2(e(TDE, \hat{I}_E)) = \tilde{I} \oplus$$

$$H_2(e(Q_E, QK^{a_1})) \oplus$$

$$H_2(e(H_1(H_1(w_i))^Y, g^{a_2}) = \tilde{I} \oplus$$

$$H_2(e(H_1(H_1(w_i)), g^{a_2})) \oplus$$

$$H_2(e(H_1(H_1(w_i))^Y, g^{a_2})) = \tilde{I}$$

Decrypt (PP, CT, SK) \rightarrow (m) Шифрийг тайлах алгоритм нь системийн нийтийн параметр (PP), хандалтын бодлого (A), шифрлэгдсэн текст CT ба шинж чанарын багц (S), хувийн түлхүүр (SK)-г оролт болгон авдаг. Хэрэв шинж чанаруудын багц (S) нь хандалтын бодлого (A) -г хангаж байвал алгоритм нь шифрлэгдсэн текстийг тайлж (m) өгөгдлийг буцаана.

Оролт: Хандалтын бодлого (A) олонлогоос санамсаргүй байдлаар аль нэг зангилааны шифрлэгдсэн түлхүүр үг нь хайх боломжтой шифрлэгдсэн текстэд хандах хандалтыг шинж чанар (S)-г агуулж байгаа үе гэж үзье:

Тэгвэл A олонлогт S утгад агуулагдаж байх бөгөөд

$A = \text{DecryptNode}(CT, SK, r) = e(g, g)^{rs}$ гэвэл илгээгдсэн m мессежийг дараах томъёогоор илэрхийлэх тайлж уншиж болно.

$$\text{Үр дүн: } \frac{\tilde{c}}{\frac{e(CT, D)}{A}} = \tilde{c} / \left(\frac{e(h^s, g^{\frac{\alpha+r}{\beta}})}{e(g, g)^{rs}} \right) = m$$

V. СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

Энэ бүлэгт бид өөрсдийн дэвшүүлж буй аргачлалын хэрэгжих боломжийг үнэлэх зорилгоор харьцуулсан шинжилгээг хийх юм. Ингэхдээ бид эхлээд харьцуулсан шинжилгээг хийх мэдээллийн аюулгүй байдлын шаардлагуудыг сонгож тодорхойлно. Үүний дараа өөрсдийн дэвшүүлж буй арга болон сонгосон аргуудыг тодорхойлсон шалгуур үзүүлэлтүүдээр үнэлж, үр дүнг танилцуулна.

A. Аюулгүй байдлын шаардлага

Бидний схем дараах аюулгүй байдлын шаардлагуудыг хангана. Үүнд:

1) Өгөгдлийн нууцлагдсан байдал.

Шифрлэгдсэн өгөгдөлд хяналт тавьж буй хандалт удирдлагын мэдээллийг бүрэн хангаагүй эсвэл өгөгдөлд хандах боломжтой этгээдийн шинж чанарыг бүрэн хангаах больсон гэх мэт зөвшөөрөлгүй хэрэглэгчдийг өгөгдөлд хандахаас сэргийлнэ.

2) Хуйвалдаанд тэсвэртэй байдал.

Шифрлэгдсэн өгөгдлийн хандалтын бодлогыг бие даан хангах хангалттай шинж чанаргүй аливаа тохиролцсон хэрэглэгч нар өөрсдийн мэдээллээ нэгтгэх замаар өгөгдлийг тайлж чадахгүй байх ёстой. Жишээ нь: Тухайн шифрлэгдсэн өгөгдөлд Улаанбаатар хотын тагнуулын ерөнхий газрын Бат хандах ёстой гэх шинж чанарыг агуулсан гэж үзвэл тэрээр өөрийн найз болох өөр аймгийн тагнуулын газар ажилладаг этгээдтэй тохиролцон өөрсдийн шинж чанаруудыг нэгтгэх замаар нууцлалтай өгөгдөлд хандах боломжгүй юм. Эндээс дүгнэвэл өгөгдлийн нууцлалын хяналтын бодлого нь бие даасан шинж чанартай байна.

3) Түлхүүр үгийн нууцлагдсан байдал.

Аливаа хайлт хийх боломжтой шифр текст нь түүнд харгалзах түлхүүр үгийн талаар ямар ч мэдээллийг задруулдаггүй байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл, хайлт хийх боломжтой шифр текстийг дундын өгөгдөл хадгалах үйлчилгээ үзүүлэгчид өгвөл эл шифр текст нь түлхүүр үгийн орон зай дахь аль нь түлхүүр үгийн шифрлэлт гэдгийг мэдэж чадахгүй.

4) Түлхүүр үгийг таамаглах боломжийг хязгаарлах

Клоуд хадгалагчид хайлт хийх боломжтой шифрлэгдсэн өгөгдлийн аль нэгд таарах fuzzy арга ашиглан шифрлэгдсэн түлхүүр үгсийн мэдээллийг өгөхөд дундын өгөгдөл хадгалах үйлчилгээ үзүүлж буй этгээд нь шифрлэгдсэн өгөгдөлд харгалзах шифрлэгдсэн түлхүүр үгийг илрүүлэх боломжгүй.

В. Харьцуулсан шинжилгээ

Энэ дэд бүлэгт Бүлэг V.A-д тодорхойлсон аюулгүй байдлын шаардлагуудыг ашиглан бид өөрсдийн дэвшүүлсэн FKS-CP-ABE схемийг Бүлэг I-д сонгосон аргуудтай харьцуулсан үр дүн (1-р хүснэгт)-г танилцуулж байна.

Харьцуулсан үр дүнгээс харахад дэвшүүлж буй FKS-CP-ABE болон SE-CP-ABE [10], FRS-CP-ABE [11], KSF-CP-ABE [8] зэрэг схемүүд нь өгөгдлийн нууцлал, түлхүүр үгийн нууцлалыг сайн хангаж байгаа мөн хуйвалдаанд суурилсан халдлагын эсрэг үр дүнтэй байна. Харин түлхүүр үгийг таамаглах боломжийн эсрэг аюулгүй байдлын эрсдэлтэй тулгарна. Учир нь клоуд хадгалах үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагын үл итгэмжлэгдсэн дундын сервер гэж үзвэл тухайн сервер нь нууцлагдсан индекс дундаас хайлт хийсэн асуулга болон асуулгын хариуг харгалзуулан таамаглах замаар аюулгүй байдлын эрсдэл үүсгэж буй хэрэг юм.

Тэгвэл зөвхөн бидний дэвшүүлж буй аргачлал нь түлхүүр үгийг таамаглах боломжийн эсрэг үр дүнтэй ба шифрлэгдсэн өгөгдөл дээр хайлт хийх боломжийг олгож байна. Шалгуур үзүүлэлт (1,2,3)-ийн хувьд FKS-CP-ABE болон SE-CP-ABE [10], FRS-CP-ABE [11], KSF-CP-ABE схемүүд бүгд

шифрлэгдсэн өгөгдөлд харгалзах шинж чанарын багцуудын мэдээллийг харгалзах түлхүүр үгийг хамт хандалт удирдлагын бодлогын хэрэгжүүлэн ашигладаг тул уг шалгуур үзүүлэлтийг хангаж байна.

1-Р ХҮСНЭГТ. АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Аюулгүй байдлын шаардлагууд	SE-CP-ABE [10]	FRS-CP-ABE [11]	KSF-CP-ABE [8]	FKS-CP-ABE
Өгөгдлийн нууцлагдсан байдал	Тийм	Тийм	Тийм	Тийм
Хуйвалдаанд тэсвэртэй байдал	Тийм	Тийм	Тийм	Тийм
Түлхүүр үгийн нууцлагдсан байдал	Тийм	Тийм	Тийм	Тийм
Түлхүүр үгийг таамаглах боломжийг хязгаарлах	Үгүй	Үгүй	Үгүй	Тийм

Харин шалгуур үзүүлэлт (4)-ийн хувьд зөвхөн бидний дэвшүүлж буй (FKS-CP-ABE) схем нь клоуд хадгалах үйлчилгээ үзүүлэгч (CSP) рүү нэгээс олон тооны тодорхой бус түлхүүр үгийг ашигласан индекс утга илгээж хайлт хийдэг учир тодорхой бус түлхүүр үг ашигласан хайлтын асуулга болон үр дүн дээр анализ хийж таамаглах боломжгүй гэдгээрээ бусад аргуудаасаа онцгой шинж чанартай юм. Ингээд ерөнхийлөн дүгнэвэл бидний дэвшүүлж буй схем нь клоуд өгөгдөл хуваалцах системд зориулсан хайлт хийх хамгийн тохиромжтой шифрлэлтийн схем юм.

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаараа бид өгөгдөл хуваалцах системд зориулсан хайлт хийх боломжтой FKS-CP-ABR шифрлэлтийн схемийг дэвшүүлэв. Харьцуулсан шинжилгээний үр дүн дээр уг схем нь хэрэглэгч болон байгууллагуудад клоуд орчинд өөрсдийн нууцлалтай мэдээллийг аль нэг клоуд хадгалах үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагаар дамжуулан гуравдагч этгээдэд хуваалцах боломжтойг харуулж байна.

Энэхүү дэвшүүлж буй шифрлэлтийн схемээ бодит практик хэрэгжүүлэн туршиж, цаашлаад энэхүү аргачлал, түүнийг дагалдах баримт бичигт үндэслэсэн клоуд орчинд нууцлагдсан өгөгдөл дээр хайлт хийх боломж бүхий өгөгдөл хуваалцах систем хөгжүүлэх нь бидний цаашид хийх ажил юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Gartner Inc, "Worldwide Public Cloud End-User Spending to Reach Nearly \$600 Billion in 2023", [Онлайн эх сурвалж]. Холбоос: [Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud End-User Spending to Reach Nearly \\$600 Billion in 2023](#), [Хандсан огноо: 2023.04.02].
- [2] IDC Inc, "IoT devices to generate 79.4ZB of data in 2025", [Онлайн эх сурвалж]. Холбоос: [IoT devices to generate](#)

- [79.4ZB of data in 2025, says IDC | ZDNET](#), [Хандсан огноо: 2023.04.02].
- [3] X. Liu, S. Zhao, A. Liu, N. Xiong, and A. V. Vasilakos, “Knowledgeaware proactive nodes selection approach for energy management in Internet of Things,” *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 92, pp. 1142–1156, Mar. 2019.
- [4] H. Teng, Y. Liu, A. Liu, N. N. Xiong, Z. Cai, T. Wang, and X. Liu, “A novel code data dissemination scheme for Internet of Things through mobile vehicle of smart cities”, *Future Gener. Comput. Syst.*, vol. 94, pp. 351–367, May 2019
- [5] Sahai, A., Waters, B.: Fuzzy Identity Based Encryption. In: Cramer, R. (ed.) EUROCRYPT 2005. LNCS, vol. 3494, pp. 457–473. Springer, Heidelberg (2005)
- [6] Boneh, D., Franklin, M.: Identity-based encryption from the Weil pairing. In: Kilian, J. (ed.) CRYPTO 2001. LNCS, vol. 2139, pp. 213–229. Springer, Heidelberg (2001).
- [7] Boneh, D., Di Crescenzo, G., Ostrovsky, R., Persiano, G., “Public key encryption with keyword search”. In: Cachin, C., Camenisch, J.L. (eds.) EUROCRYPT 2004. LNCS, vol. 3027, pp. 506–522. Springer, Heidelberg (2004).
- [8] Changji Wang., Wentao Li., Yuan Li., Xilei Xu., “A Ciphertext-Policy Attribute-Based Encryption Scheme Supporting Keyword Search Function”. (2013).
- [9] Li, J., Wang, Q., Wang, C., Cao, N., Ren, K., Lou, W., “Fuzzy keyword search over encrypted data in cloud computing”, pp. 441–445, (2010).
- [10] Shu, G., Hong, H., Xie, M., Shao, J. (2021)., “A Fuzzy Keywords Enabled Ranked Searchable CP-ABE Scheme for a Public Cloud Environment”, (2021).
- [11] A. -P. Xiong, Q. -X. Gan, X. -X. He and Q. Zhao, “A searchable encryption of CP-ABE scheme in cloud storage”, 2013 10th International Computer Conference on Wavelet Active Media Technology and Information Processing (ICCWAMTIP), Chengdu, China, 2013, pp. 345-349, doi: 10.1109/ICCWAMTIP.2013.6716664.
- [12] Jinwala, Devesh & Padhya, Mukti. “A Novel Approach for Searchable CP-ABE with Hidden Ciphertext-Policy”. 10.1007/978-3-319-13841-1_10, 2014.

ЗАМ, ТЭЭВРИЙН САЛБАРТ ЭНТЕРПРАЙЗ АРХИТЕКТУРЫГ ХӨГЖҮҮЛЭХ НЬ

Д.Бодьсайхан, А.Эрдэнэбаатар

Компьютерийн Ухааны Салбар
Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их сургууль

bodisaikhan@mrt.d.gov.mn, erka@must.edu.mn

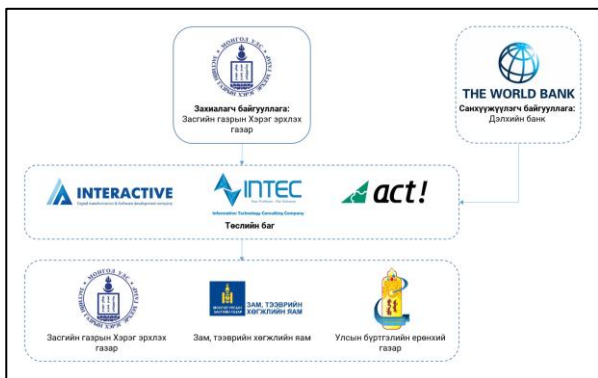
Хураангуй

Орчин үед улс орнууд төрийн бодлого, үйл ажиллагаа болон мэдээллийн технологийн дэд бүтцийг Энтерпрайз архитектур (ЭА)-ын тогтолцоо ашиглан стратегийн түвшинд төлөвлөж, удирдах хандлага улам бүр өргөжиж байна. Энэ нь Төрийн энтерпрайз архитектур (ТЭА)-ыг баримтжуулах, тогтмол хөгжүүлэх, үйл ажиллагаа болон мэдээллийн технологийн дэд бүтцэд дүн шинжилгээ хийх, сул талыг олж илрүүлэх, хөгжлийн төлөвлөгөө боловсруулах зэрэг олон боломжийг олгоно. Зам, тээврийн салбарын зорилго, стратеги, бүтэц зохион байгуулалт, чадавх, төрийн үйлчилгээ, бизнес процессыг мэдээллийн технологитой уялдуулж, тулгарч байгаа асуудлыг шийдэх зорилгоор боломжит бүхий л өгөгдлөөр “Мэдлэгийн сан” үүсгэж, салбарын бодлогын хэрэгжилтийг төлөвлөх, удирдах Архитектурыг хөгжүүлэх асуудлыг энэхүү ажилд авч үзлээ.

Түлхүүр үг: (keywords). EA, Domains, Life Cycle, Meta Model

Удиртгал

Монгол Улсын Засгийн газраас харилцаа холбоо, мэдээлэл технологийн дэвшилтэт талыг ашиглан иргэдэд төрийн үйлчилгээг илүү шуурхай, үр дүнтэй хүргэх бодлогын хүрээнд төрийн 3 байгууллага (Зураг 1) дээр “ТЭА ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоог бий болгох” төслийг 2019 оноос хэрэгжүүлсэн. [1]

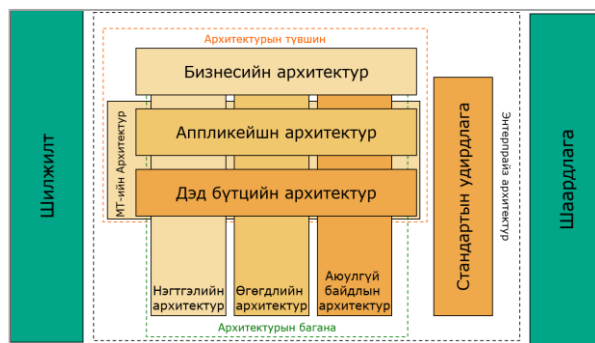


Зураг 1. ТЭА-ын төсөлд оролцогч талууд

Төслийн баг нь ЭА-ын хөгжүүлэлтийн TOGAF стандартад үндэслэсэн “team” (Toolbox for

enterprise architecture management) хэрэгслийн тогтолцоог сонгон авч хэрэгжүүлж эхэлсэн. [2]

Энэ тогтолцоо нь өгөгдөл, аюулгүй байдал болон нэгтгэлийн домэйнийг архитектурын тулгуур багана болгож, архитектурын суурь давхаргууд болох бизнес, аппликейшн, дэд бүтцийн домэйнуудийг зангидах ёстой гэж үздэг. Нөгөө талаар архитектур дахь стандартчилал, шаардлага болон шилжилтийн асуудлыг бие даасан домэйний түвшинд гаргаж ирсэн. [2]



Зураг 2. Архитектурын домэйн / Domains/

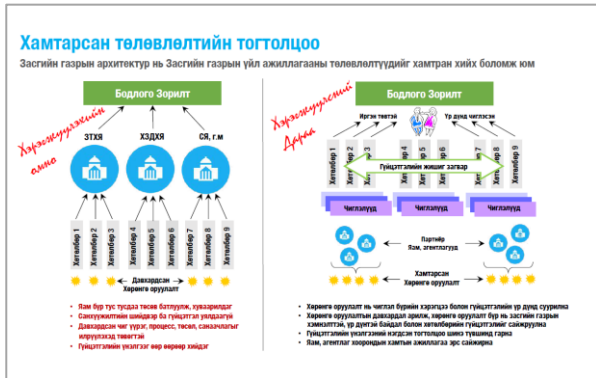
Архитектурын удирдлагын процесс (Зураг 3)-ыг 4 үе шатанд хувааж, нарийвчлан

тодорхойлж өгсөн нь архитектурын хэрэгжилтийг илүү хялбар болгож байгаа.[3]



Зураг 3. Архитектурын удирдлагын процесс

Архитекторуудын хөл нь газар дээр, толгой нь үүлэн дээгүүр байгаа мэт ажиллах ёстой.



Зураг 4. ЭА-ыг хэрэгжүүлэх процессийн харьцуулалт

Зам, тээврийн хөгжлийн яам түүний харьяа агентлаг, нэгжүүд нь бүхэлдээ нэг байгууллага буюу энтерпрайз юм. Зам, тээврийн хөгжлийн яамны энтерпрайз архитектур гэхээр яамны хөгжлийн стратеги, бодлого, зорилтууд, хэрэгжүүлж буй төсөл хөтөлбөр, харьяа байгууллагууд, төрийн үйлчилгээ, ашиглаж буй программ хангамж, өгөгдөл, мэдээллийн дэд бүтэц, аюулгүй байдал, үйл ажиллагааны дүрэм журам, стандарт зэрэг бүхий л асуудлыг хоорондоо уялдаа холбоо бүхий мэдээллийн загварт оруулж, хөгжлийн одоогийн түвшнээс ирээдүйн зорилтот түвшинд хүрэх төлөвлөлтийн үйл ажиллагаанд ашиглах тогтолцоо гэж ойлгож болно. [10]

1. ЭА-ын үнэ цэн

Зам, тээврийн салбараас төсөлд хамрагдсан 4 (ЗТХЯ, ИНЕГ, АТҮТ, УБТЗ) байгууллагын дунд зохион байгуулсан уулзалт, семинаруудын үр дүнд төслийн баг дээрх нийтлэг үнэ цэнээс дараах 6 үнэ цэнийг сонгосон. Үүнд:

- Мэдээлэлд суурилсан шийдвэр гаргалтыг дэмжиж, ил тод байдлыг бий болгох;
- Нөөцийн зорилтод чиглэсэн ашиглалтыг дэмжих;

- Зардлын ил тод байдлыг бий болгох;
- Шилжилтийн алтернатив хувилбаруудыг боловсруулж, үнэлэх;
- Төслийн мониторингийг дэмжих;
- Байгууллагын хэмжээнд стандартын удирдлагыг бий болгох;

Эдгээр зургаан үнэ цэнийг илэрхийлэх 43 сервис байдаг [6]. Сонгосон үнэ цэн, боловсруулсан сервисийн үр дүн нь жишиг архитектурын шийдлийн суурь гэж үзэж болох ба цаашид энэ жишгээр өргөжүүлэн хөгжүүлэх бүрэн бололцоотой.

2. ЭА-ын Мета загвар /Meta Model/

ЭА-ын мета загварыг хэд хэдэн түвшинтэй байх бөгөөд доод түвшний элемент нь дээд түвшний элементийн шинжийг удамшуулна.[1]

Мета загварын дүрслэл архитектурын санамж буюу платформаас хамаарч өөр өөр байж болох ч загварын харагдцыг хязгаарлах болон загвараа тохируулах боломж - хэрэгслийг шаарддаг.

ЭА-ын хувьд хөгжүүлсэн платформ нь ЭА-ын хамрах хүрээ, үнэ цэнээс хамаарч өөрчлөх, хөгжүүлэх боломжтой байхаар зохиомжлогдсон. <https://platform.ea.gov.mn/>

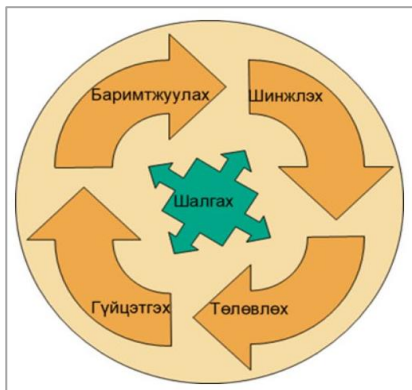


Зураг 5. ЭА-ын Мета загвар /Элементийн жагсаалт/

1. Бизнес архитектур: Байгууллагын чиг үүрэг, бодлого, стратегийг нэг талаас, нөгөө талаас үйл ажиллагааны зохион байгуулалтыг илэрхийлнэ.
2. Аппликейшн архитектур: Байгууллагын үйл ажиллагааны хэрэгжилтийг дэмжих аппликейшн системүүдийг тодорхойлно.
3. Дэд бүтцийн архитектур: Байгууллагын үйл ажиллагааг дэмжих, хөнгөвчлөх, инновацийг нэвтрүүлэхэд шаардлагатай тоног төхөөрөмж, технологийг тодорхойлно.

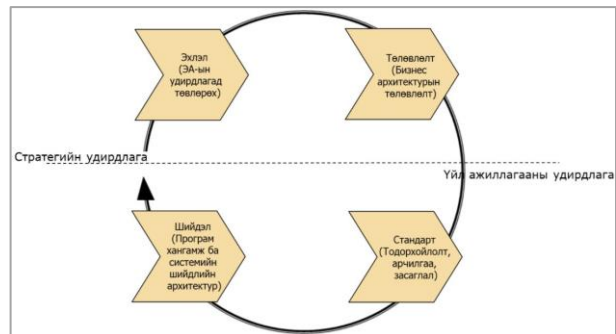
4. Өгөгдлийн архитектур: Байгууллагын үйл ажиллагаанд ашиглагдаж буй өгөгдөл, мэдээллийг тодорхойлно.
5. Аюулгүй байдлын архитектур: Байгууллагын үйл ажиллагааны аюулгүй байдлыг хангахтай холбоотой эрх зүй, зохицуулалт, технологийн асуудлыг илэрхийлнэ.
6. Нэгтгэлийн архитектур: ЭА-ын загварын элемент хоорондын нэгдлийг хангах, дэмжих, үр дүнгийн сервисийн асуудлыг энд тодорхойлно.
7. Стандартын удирдлага: ЭА-ын тасралтгүй хөгжлийн процессыг хангах нийтлэг дүрэм, журам, жишиг хэв загвар, ангилал зэргийг илэрхийлнэ.
8. Шаардлага: Байгууллагын үйл ажиллагаа, хөгжлийн явцад гарч ирсэн асуудал, шаардлага, шийдвэрлэх арга зам, боломжийг илэрхийлнэ.
9. Шилжилт: ЭА-ын хөгжил хүрсэн түвшнээс шинэ, дээд түвшинд хүрэхтэй холбоотой төсөл, үр дүнг тодорхойлно.[3]

3. ЭА-ийн амьдралын мөчлөг /EA Life Cycle/



Зураг 6. ЭА-ын амьдралын мөчлөг

ЭАУ-ын аль ч тогтолцоонд архитектурын удирдлагын процесс [3] нь стратегийн удирдлагаас үйл ажиллагааны удирдлага руу чиглэсэн тодорхой үе шатаар дамжиж явагддаг.



Зураг 6. ЭА-ын удирдлагын процесс

3.1. Стратегийн удирдлагын 2 процессд дараах ажлууд хамрагдана. Үүнд:

ЭХЛЭЛИЙН процессууд:

- Зах зээл, оролцогч талуудыг тодорхойлох
- Хүлээлтийг тодорхойлох
- Мэдээллийн загварыг гаргаж авах
- Процесс, зохион байгуулалтыг төлөвлөх

ТӨЛӨВЛӨЛТИЙН процессууд:

- Судалгаа хийж, бизнес архитектурыг баримтжуулах
- Судалгаа хийж, МТ-ийн орон зайг баримтжуулах
- Зардал, олон талт байдал, нийцэл зэрэгт шинжилгээ хийх
- Төлөвлөлт, замын зураглалыг хөгжүүлэх
- Хэмжүүр, шалгуур үзүүлэлт (KPI) -г тодорхойлох

3.2. Үйл ажиллагааны удирдлагын 2 процессд дараах ажлууд хамрагдана. Үүнд:

ШИЙДЛИЙН процессууд:

- Архитектураар тодорхойлогдсон шаардлага, тогтолцооны нөхцөл болон хүртээмжтэй нөөцийг цуглуулж, үнэлэх
- Стандартыг сонгох, эсвэл архитектурын шинэ сценари хөгжүүлэх
- Техникийн туршилтын загвар гаргах
- Архитектурын профайл болон шийдлийн загвар бүтээх

СТАНДАРТЫН процессууд:

- Шийдвэр болон зарчмуудыг авч явах
- Жишиг архитектурыг хөгжүүлж авч явах, сценарийг нэвтрүүлэх
- Стандартын багцыг хөгжүүлж, авч явах

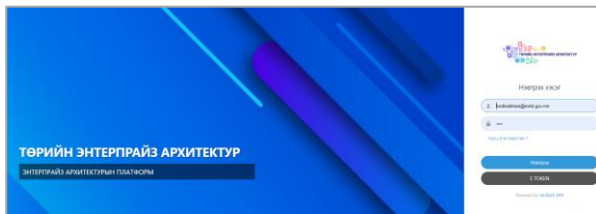
4. ЭА-ын удирдлагын зохион байгуулалт



Зураг 7. ЭА-ын удирдлагын зохион байгуулалт

4. ЗТХЯ-ны Энтерпрайз архитектурын платформ /ЭАП/

ЭАП нь [8] мета загварт суурилсан ба байгууллагын үйл ажиллагаа, аппликейшн, дэд бүтэц, өгөгдөл болон аюулгүй байдалтай холбоотой мэдээллийг оруулж, үйл ажиллагаа процессуудыг цаг тухай бүрд нь хянах, дүн шинжилгээ хийх зорилготой ЭА-ын хэрэгсэл.



Зураг 8. ЭА-ын платформ / <https://platform.ea.gov.mn/>

- Веб-д суурилсан шийдэл бөгөөд нэвтрэх эрх, нууц үгийг ашиглан нэвтрэх шууд ашиглах боломжтой. Хэрэглэгчийг бүртгэх үед платформ дээр ажиллах цар хүрээг тодорхойлох администратор, давуу эрхтэй хэрэглэгч, энгийн хэрэглэгч г.м. эрхийн тодорхой тохируулга хийгдэнэ.

ЭА-ын хэрэгслүүдийг нэгтгэсэн цогц юм. Энэхүү платформ нь бизнес, аппликейшн, дэд бүтэц, мэдээлэл, аюулгүй ажиллагаа хариуцсан архитекторуудын ажиллагааг хангах талбартайгаас гадна өгөгдлийн каталогийг үүсгэж, өгөгдөл оруулах боломжтой юм. Оруулсан өгөгдлүүдийн хоорондын холбоосыг харилцаагаар харуулна.

- ЭА-ын мета загварыг харилцан хамаарлын зураг хэлбэрээр харуулах боломжтой.

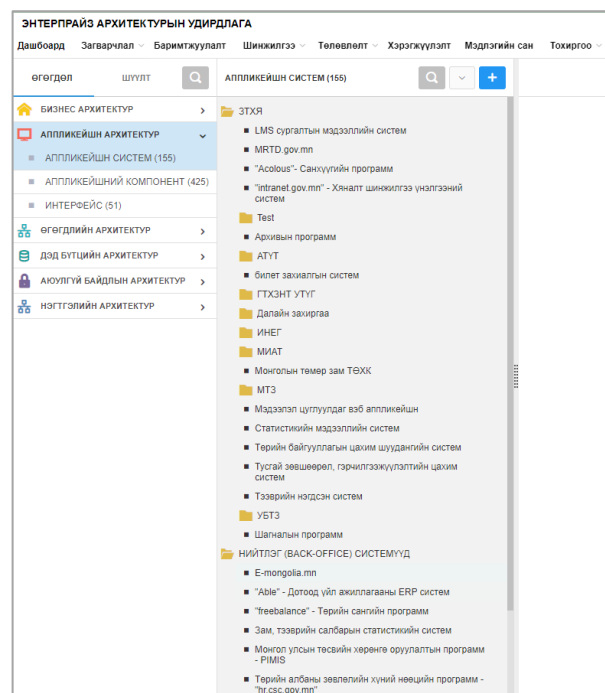
- Оруулсан өгөгдлүүд дээр дүн шинжилгээ хийж ЭА-сервисүүд буюу хэрэглэгчийн хүссэн хэлбэрээр төрөл бүрийн тайлангуудыг гаргана.

4.1. ЭАП-ын Онтологи графиин жишээ



Зураг 9. ЭА-ын платформ /<https://platform.ea.gov.mn/>

4.2. ЭАП-ын архитектурын баримтжуулалт

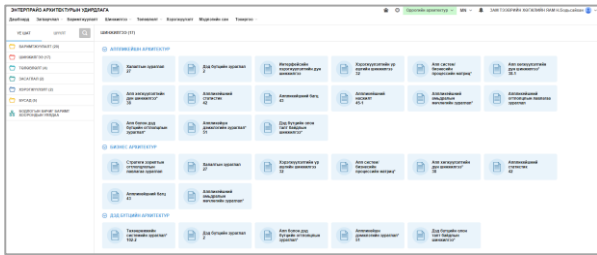


Зураг 10. ЭА-ын платформ / <https://platform.ea.gov.mn/>

Домэйн	ЗТХЯ	ИНЕГ	АТУТ	УБТЗ
Эрхэм зорилго	1	1	1	1
Стратегийн зорилт	7	12	6	7
Бүтэц зохион байгуулалт	7	8	9	11
Тэргүүлэх чиглэл	7	7	6	5
Бизнес процесс	10	17	63	22
Аппликейшн систем	9	45	15	5
Дэд бүтэц, сервер	6	2	9	6
Нийт	47	92	109	57

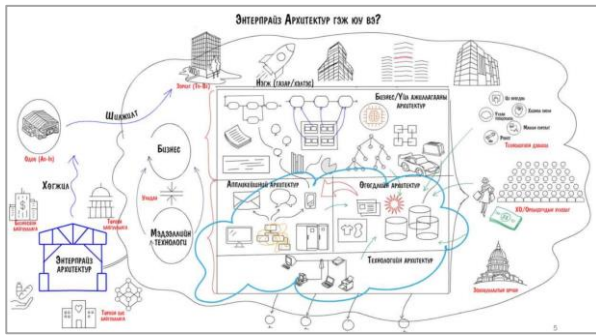
Хүснэгт 1. ЭА-ын платформд оруулсан баримтжуулалт [3]

4.3. ЭАП-ын архитектурын шинжилгээ



Зураг 11. ЭА-ын платформ / <https://platform.ea.gov.mn/>

Дүгнэлт



Зураг 12. ЭА-ын зураглал

Байгууллагын стратеги, бодлого төлөвлөлтийг Зураг 12-ийн дагуу [1] ЭА-тай уялдуулснаар хэрэгжүүлэх төсөл арга хэмжээнүүдийг ач холбогдлоор нь эрэмбэлэх, бусад төслүүдтэй уялдаа холбоог нь хангах, эрсдэлүүдийг илрүүлэх, алдаатай шийдвэр гаргахаас сэргийлэхэд оршино.

Ном зүй

- [1] Энтерпрайз Архитектурын үндсэн ойлголтууд, <http://ea.gov.mn/result/platform>
- [2] Клаус Д. Неманн, А.Эрдэнэбаатар, Л.Ариунаа, Б.Ууганбаяр, Ж.Нанжиджамц, Т.Халтар. “Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоо”. Энтерпрайз архитектурын удирдлага, Хуудас №19-26, Улаанбаатар 2021 он.
- [3] Клаус Д. Неманн, А.Эрдэнэбаатар, Л.Ариунаа, Б.Ууганбаяр, Ж.Нанжиджамц, Т.Халтар. “Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоо”. Үндсэн тайлан, Хуудас №71-120, Улаанбаатар 2021 он.
- [4] Essential project. <https://enterprise-architecture.org/>
- [5] МУ-ын Интерактив, Интек болон Герман Улсын Акт Консалтинг компаниудын консорциум. “Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоо”. Гарын авлага, Хуудас №21-30, Улаанбаатар 2021 он.
- [6] МУ-ын Интерактив, Интек болон Герман Улсын Акт Консалтинг компаниудын консорциум. “Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны

нэгдсэн тогтолцоо”. ЭА-ын үнэ цэнэ ба сервисүүд, Хуудас №11-22, Улаанбаатар 2021 он.

- [7] МУ-ын Интерактив, Интек болон Герман Улсын Акт Консалтинг компаниудын консорциум. “Төрийн энтерпрайз архитектур ба өгөгдөл солилцооны нэгдсэн тогтолцоо”. Хавсралтууд, Хуудас №11-22, Улаанбаатар 2021 он.
- [8] ЗТХЯ-ны ЭАП, <https://platform.ea.gov.mn>
- [9] <https://tech-news.mn/2817/>
- [10] <https://gogo.mn/r/dnek4?fbclid=IwAR3F1B73QxPes48C5C7oU3AF8twuGAmC-yGT6PJ310ATTNIOMb-PQJeD2jc>
- [11] Vernon Smith, Enterprise Architecture (EA) Checklist, Published March 4, 2022; https://www.umt360.com/guides/enterprise-architecture/#Enterprise_Architecture_vs_Business_Architecture

Зохиогчийн тухай:

Дамдиндоржийн Бодьсайхан: Зам, тээврийн хөгжлийн яамны Бодлого, төлөвлөлтийн газрын Мэдээллийн технологи, стандартын хэлтэст Салбарын мэдээллийн технологийн бодлого, төлөвлөлт хариуцсан шинжээчээр 2016 оноос ажиллаж байна.

Алтангэрэлийн Эрдэнэбаатар: ШУТИС-ийн МХТС-ийн Компьютерийн Ухааны Салбарын зөвлөх профессор.

5G СҮЛЖЭЭНИЙ ЗӨӨГЧИЙН АГРЕГАЦЫН СУДАЛГАА

Төгсбаяр Өсөхболд

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль, Холбооны салбар
T.Usukhbold@gmail.com

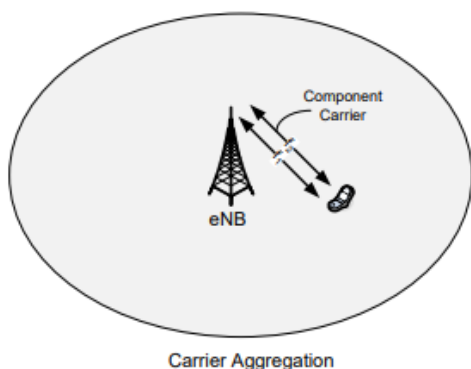
Хураангуй: 4G болон 5G технологийн хүрээнд CA (Carrier Aggregation) нь маш чухал үүрэг гүйцэтгэх болно. 4G сүлжээнд одоогийн байдлаар манай улсын оператор компаниуд 5MHz, 10MHz, 15MHz, 20MHz зурвасын өргөнтэй селлүүдийг ихэвчлэн хэрэглэж байна. Иймд хамгийн өндөр зурвасын өргөнтэй (20MHz) селлийг станц (4G бааз станц) дээр ажиллуулхад тухайн селлийн хэрэглэгийн тоо нь 20 хэрэглэгч байх үед нэг хэрэглэгчид өгөх хамгийн өндөр хурд нь 10Mbps байх жишээтэй. Хэрэв бид тухайн селл дээр CA хийж хамрах хүрээ (coverage) нь давхацсан өөр хэрэглэгч багатай селлийн зурвасын өргөнийн нэмж өгвөл 10Mbps хурд авч байсан хэрэглэгчийн хурд мэдэгдэхүйц нэмэгдэх болно. Мөн 5G сүлжээг шинээр нэвтрүүлж байгаа улс орнуудын 99% нь дараах 2 үе шатыг дамжин 5G-г нэвтрүүлж байна. Энэ нь Non StandAlone болон StandAlone юм. Манай улсын хувьд 2022 онд Unitel, Mobicom компаниуд нь Non StandAlone байдлаар 5G-н туршилтын станцуудыг асаасан энэ станцуудийг асаахад CA нь чухал үүрэгтэй байсан бөгөөд одоогийн 4G болон шинээр нэвтрүүлж байгаа 5G станцуудын хооронд CA хийсэн нь өндөр үр ашигтай байгаан харагдсан. Мөн 5G селлийн CA хийж байгаа 4G селл дээр ямар төрлийн hardware төхөөрөмж ажиллаж байгаа хэрэглэгчийн хурдад шууд нөлөөлж байна. Үүнээс ажиглахад CA хийх нь 4G эсвэл 5G-с үл хамааран тохиргоо хийсэн станц дээр хоёр давуу талыг олгоно нэгт хэрэглэгчийн хурд нэмэгдэнэ хоёрт станцын багтаамж сайжирна.

Түлхүүр үг— Carrier Aggregation, Dual connectivity, Non StandAlone

I. 4G БОЛОН 5G CARRIER AGGREGATION

1. Carrier Aggregation (CA) single eNodeB

Нэг бааз станцаас хэрэглэгчийн төхөөрөмж нь 3GPP стандартад зааснаар хоёр болон түүнээс дээш зурвасаар өгөгдлийн дамжуулалт хүлээн авалтыг нэгэн зэрэг авч болно. Мөн хэрэглэгчийн дата хурд нь зурвасын өргөн нэмэгдэх тусам дата хурд нэмэгддэг. Иймд станц дээр CA хийж хэд хэдэн carrier-г нэгтгэсэнээр хэрэглэгийн хурдийг нэмэх боломжтой. Зураг нэгт харуулсан байдал нэг станцаас хэрэглэгчийн төхөөрөмж хоёр өөр зурвас ажиглаж дата хэрэглээ авч байна энэ нь нэг станцын хоёр өөр зурвас нь хоорондоо CA хийх боломжтой харуулна.

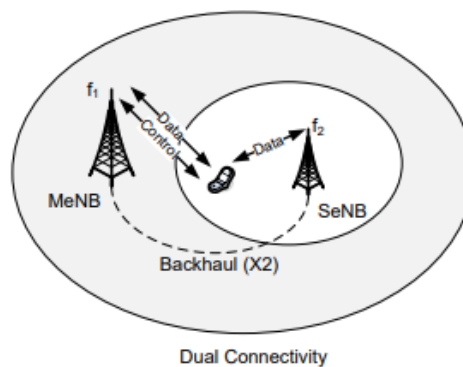


Зураг 1

2. Dual connectivity and X2 interface

Мөн адил 3GPP стандартад зааснаар хоёр болон түүнээс дээш зурвасаар өгөгдлийн дамжуулалт хүлээн авалтыг нэгэн зэрэг авч болно. Dual connectivity (DC) тохиргооны хувьд Carrier Aggregation (CA) single eNodeB-с ялгаатай тал нь

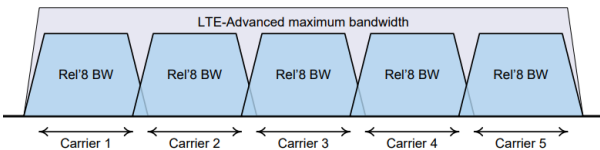
зөвхөн нэг бааз станцаас хэрэглэгчийн төхөөрөмж дата хэрэглээ авалгүй хоёр бааз станцтай нэгэн зэрэг холбогдож байгаагаар ялгаатай. Хоёр бааз станцын хооронд CA хийснээр станцууд хооронд share хийж ачаалал тэнцвэржүүлэх даваа талтай. Станц хооронд CA хийхийн тулд нэмэлт нэг интерфейс байх шаардлагатай энэ нь X2 интерфейс юм. X2 интерфейс идэвхжүүлэх болсон шалтгаан нь хоёр станц хооронд CA хийх нь нэг хэрэглэгчийн control plane, user plane мессежүүдийг хоёр станцад мэдээлэл өгч байх шаардлагатай X2 интерфейс идэвхжүүлээгүй тохиолдолд энэ мессежүүд нь заавар серверээр дайран станцуудад очиж байсан бол X2 интерфейсийг станц хооронд идэвхжүүлсэнээр control plane, user plane мессежүүдийг заавал серверээр дайруулж өгөлгүй шууд станц хооронд мессежүүдийг дамжуулах боломжтой болно. Энэ үйлдэл хугацаа алдагдал буурч сигналиг шугамын ачаалал бууруулдаг.



Зураг 2

3. c. Carrier Aggregation

CA бол олон тооны зөөгчийн бүрэлхүүнийг нэгтгэсэнээр зурвасын өргөн нэмэгдэж хэрэглэгчийн хурдыг өсгөдөг. Давтамжийн нөөцийг илүү үр ашигтай болгож өгнө. Олон тооны зөөгчүүд дээр хэрэглэгч нь динамик байдлаар хувиарлагддаг. LTE-A хувьд 5 зөөгч, LTE-Pro нь 32 зөөгчийг нэгтгэх боломжтой. LTE-A нь FDD (Frequency Division Duplex), TDD (Time Division Duplex) аль алинд ч CA хийх боломжтой. Мөн TDD-н хувьд дотоод зурвасын aggregation хийдэг энэ нь DL болон UL дээр илүү давуу талыг үүсгэдэг. Мөн 5G дээр лицензтэй болон лицензгүй зурваст CA хийх боломжтой ба энэ өндөр үнэ бүхий 5G-н зурвас дээр 4G-н зурвасын CA хийж хэрэглэсэнээр эдийн засгийн хэмнэлт хийх боломжтой.



Зураг 3 Carrier Aggregation

Дараах хүснэгтэд 2x2 MIMO болон 8x8 MIMO hardware ажиглаж байгаа станц дээр хэрэглэгчийн хурд хэрхэг өөрчлөгдөж байгааг судлаачид дараах байдлаар гаргасан байдаг.

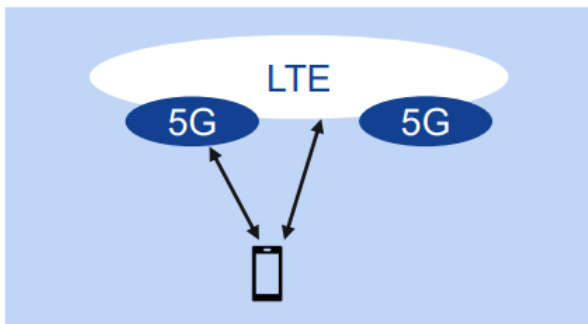
1-Р ХҮСНЭГТ. ХАРЬЦУУЛАЛТ

Release	Max No of Carriers	Peak DL Rate	
		2x2 MIMO	8x8 MIMO
LTE-A	5 (up to 100 MHz)	~1 Gbps	~3.9 Gbps
LTE-A Pro	32 (up to 640 MHz)	~6.3 Gbps	~25.1 Gbps

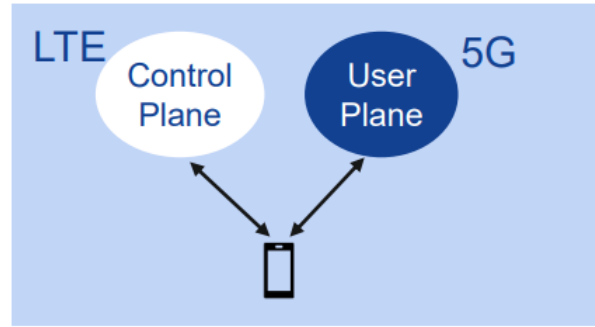
II. LTE – NR DUAL CONNECTIVITY

A. Non StandAlone

Non StandAlone гэдэг нь 5G нэвтрүүлж байгаа оператор компаниудын нэгдүгээр үе шат гэж үзэх ба 4G-н core дээр тулгуурлан орох ба хэрэглэгчийн төхөөрөмж 4G болон 5G селлтэй нэгэн зэрэг холбогдох ба 4G селлээр Control Plane, 5G селлээр User Plane-тай холбогддог.



Зураг 4 LTE болон 5G сүлжээн нэгэн зэрэг холбогдох



Зураг 5 Хэрэглэгчийн дата суваг

Carrier Aggregation-г дараах байдлаар гүйцэтгэнэ.



Зураг 6

- 16 хүртлэх carrier-г нэгтгэх боломжтой.
- 1GHz хүртэлх спектрийг нэгтгэж болно.

III. ДҮГНЭЛТ

Carrier Aggregation

Зөөгчийн нэгтгэл (CA) нь 4G LTE (eNB) ба 5G (gNB) бааз станцуудаас тухайн хэрэглэгчийн төхөөрөмжид (UE) олон тооны зөөгчийн бүрэлдхүүн хэсгүүдээс нэгэн зэрэг дамжуулах ба хүлээн авах боломжийг зөвшөөрдөг.

- CA нь хэрэглэгчийн төхөөрөмж рүү зурвасын өргөн ба хуваагдмал байдлаар ашиглах давтамжийн нөөцөөр сүлжээг өргөтгөж, өгөгдлийн хурдыг нэмэгдүүлэх боломжийг олгодог.
- CA нь лицензтэй болон лицензгүй спекрийн цард ашиглах боломжтой.
- CA нь бага ачаалалтай үед хэрэглэгчийн нэвтрүүлэх чадварыг нэмэгдүүлэх замаар оргил хурдыг сайжруулах боломжийг олгоно.

Dual Connectivity

- Хос холболт (DC) нь UE-д мастер eNB болон хоёрдогч eNB-ээр дамжуулан хоёр селлээс зөөгч дээр нэгэн зэрэг дамжуулах, хүлээн авах боломжийг олгодог.
- DC нь хэрэглэгчийн хурдын нэмэгдүүлэх мөн станцуудын ачааллыг тэнцвэржүүлдэг.

5G NR Phase

- 5G NR дээр CA болон DC-г идэвхжүүлж байна

ТАЛАРХАЛ

Эрдэм шинжилгээний ажилд маань онол судалгааны нарийн заавар зөвлөмж өгч байгаа Доктор, профессор Б. Отгонбаяр багшид талархал илэрхийлж байна

НОМ ЗҮЙ

- [1] Amitava Ghosh and Rapeepat Ratasuk “Mobile Radio Research Lab, Nokia Bell Labs,” © 2017 Nokia
- [2] Binglin Li, Hao Zhang, Hongbin Yao, Jiming Yao “ Analysis and Application of Carrier Aggregation,” National Conference on Information Technology and Computer Science (CITCS 2012)
- [3] Anders Hedlund and Irina Cotanis “An Introduction to Carrier Aggregation Testing,” © InfoVista Sweden AB 2017

ТОГЛООМЫН ОРЧИНД ХӨДӨЛГӨӨНТ РОБОТЫГ БАТАТГАН СУРГАХ АРГААР СУРГАХ НЬ

Г. Гантулга¹, Б. Луубаатар¹, Г. Мөнхжаргал²

¹ Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл холбоо технологийн сургууль, Электроникийн салбар

² Арабын нэгдсэн Эмират улс, Аль-Айн П.О, Програм хангамжийн инженерийн салбар

limited.tulga@gmail.com, luubaatar@must.edu.mn, mgochoo@uaeu.ac.ae

Хураангуй— Энэхүү судалгааны ажлаар хөдөлгөөнт роботыг машин сургалтын бататган сургах аргыг ашиглан нэг тоглогчтой хөл бөмбөгийн талбар дээр хаалга руу бөмбөг оруулах агентыг сургахаар зорьсон. Сургалтыг бидний үүсгэсэн хоёр хэмжээт симуляцийн орчинд ажиллуулсан бөгөөд бататган сургах гүн Q сургалтын алгоритмыг сонгож ашигласан. Сургалтын гүн нейрон сүлжээний оролтын өгөгдлөөр тоглогчийн шугаман хурд, байршил, чиглэл, бөмбөгний байршил, шугаман хурд, чиглэл болон тоглогч бөмбөг эзэмшиж байгааг эсэх зэрэг утгуудыг тодорхойлж өгсөн. Тоглогч нь тухайн орчинд өөрийн хурдыг нэмэх/хасах чиглэлээ өөрчлөх болон бөмбөг өшиглөх зэрэг үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Гуч гаруй цагийн сургалтын үр дүнд тоглогч хаалга руу бөмбөг оруулж сурсан. Бид цаашлаад бөмбөгийг дурын үүсгэн байршуулж тоглогчийг дахин сургасан. Тоглогчийн чадварыг дээшлүүлэх зорилгоор бид хэд хэдэн удаагийн шилжүүлэн сургах арга ашиглан сургалт явуулж тодорхой үр дүнд хүрсэн.

Түлхүүр үгс—Машин сургалт, Q сургалт, Гүн Q сургалт, роботын удирдлага

I. УДИРТГАЛ

Сүүлийн жилүүдэд хиймэл оюуны шинэ аргууд гарч ирсэн, компьютерын тооцоолох чадвар нэмэгдсэн зэрэг нь робот системийн автоматжуулалтын хөгжилд томоохон түлхэц болсон. Машин сургалт нь урьдчилан тодорхойлогдсон өгөгдлийн сан дээр суралцаж тодорхой бус өгөгдөл дээр оновчтой таамаглал дэвшүүлэх зорилготой ажилладаг хиймэл оюуны нэг арга юм. Эх хэлний боловсруулалт [3], зургийн боловсруулалт [4], робот системийн удирдлага [2] гэх мэт үйлдлүүдийг гүйцэтгэхэд ашигладаг хамгийн түгээмэл аргуудын нэг болоод байна.

Робот системийн удирдлага нь дотроо роботын тогтвортой байдлыг хангах, зам тодорхойлох, саад тойрох зэрэг хүндхэн даалгавруудыг агуулдаг бөгөөд машин сургалтаас өмнө уламжлалт [5][6][7] аргуудыг ашиглан роботын удирдлагын системийг хэрэгжүүлдэг байсан. Уламжлалт аргууд нь системийн динамик, тааруулах шаардлагатай олон коэффициентууд зэргээс бүрддэг нь хэрэгжүүлэхэд хүндрэлтэй байдаг сул талтай. Машин сургалтын бататган сургах арга нь ажиллаж буй орчинтойгоо харилцан өгөгдсөн даалгаврыг олон удаагийн оролдлогоор машин өөрөө сурч гүйцэтгэдэг давуу талтай. Роботыг бодит орчинд бататган сургах аргаар сургах нь удаан, өртөг өндөртэй мөн аюултай байж болох учир ихэнх тохиолдолд сургалтын орчин бүхий программ дээр симуляци хийх байдлаар сургалтыг гүйцэтгэдэг.

Бид энэхүү судалгааны ажлаар симуляцийн орчинд хөдөлгөөнт роботыг нэг цэгээс нөгөө цэг рүү явах даалгаврыг хөл бөмбөг тоглоомтой ойролцоо байдлаар тодорхойлж сургалтыг хэрэгжүүлсэн. Эхний сургалтаар дурын байршилд тоглогчийг байршуулж тогтмол байршилд байрлах бөмбөг рүү очиж хаалга руу оруулах сургалт явуулсан. Үүний дараагаар бөмбөгийг дурын

байршилд үүсгэн тоглогчийг дурын байршлаас дурын байршил руу очин хаалга руу бөмбөг оруулах сургалт явуулсан. Дурын цэг рүү очих даалгаврыг нийт 5 удаагийн шилжүүлэн сургах аргаар сургасан ба өмнөх сургалтуудаас сайжирсан үр дүн үзүүлсэн.

II. ТӨСӨӨТЭЙ АЖЛУУД

Бид өмнөх судалгааны ажлаараа бататган сургах аргын гүн Q сургалт ашиглан симуляцийн орчинд саад тойрох хөдөлгөөнт роботыг сургаж байсан. Энэхүү ажлаар бид роботыг тойруулан байрлуулсан зай мэдрэгчийн өгөгдлийг ашиглан роботыг сургасан. Сургалтын үр дүнд энгийн бага хэмжээний гүн нейрон сүлжээ нь хөдөлгөөнгүй саадуудыг тойрох үйлдлийг симуляцийн орчинд сайн биелүүлж байгаа нь харагдсан.

Ихэнх тохиолдолд бататган сургах аргаар ямар нэг даалгаврыг ямар ч анхны мэдэгдэхүүнгүйгээр биелүүлж сурах нь тун хүнд байдаг ба урьдчилан тодорхойлж өгсөн өгөгдлөөс суралцах нь үр дүнтэй байдаг. Үүний нэг жишээ нь хүнээр удирдуулсан сургалт юм [1]. Хөдөлгөөнт роботыг хүнээр удирдуулсан өгөгдлийн сангаар сургалт явуулсны дараагаар бататган сургах аргыг ашиглан өмнөх сургалтын загварыг шилжүүлэн сургах нь сайн үр дүн үзүүлсэн байна.

III. ОНОЛЫН СУДАЛГАА

Марковийн шийдвэрийн үйл явц (MDP) [8] нь тодорхой бус орчинд дараалсан шийдвэр гаргах үйл явцыг тодорхойлсон ойлголтуудыг багтаасан байдаг. Үүнд шийдвэр гаргагч буюу агентын тухайн төлөв $s \in S$, агентын тухайн агшинд хийсэн үйлдэл $a \in A$, тухайн орчны шилжилтийн магадлал (загвар) P , ямар нэг төлөв s -д a үйлдлийг хийснээр авах шагнал $r \in R$ зэрэг ойлголтууд багтана. Бататган сургах арга нь эдгээр тодорхойлолтуудыг

ашиглан хамгийн оновчтой агентын бодлого (Policy) π -г бий болгох зорилготой. MDP нь динамик программчлалын [10] нэг хэлбэр болон ажилладаг. Марковийн тодорхойлолт ёсоор аливаа дараалсан үйл явцын ирээдүйн үр дүн тухайн орчны зөвхөн одоогийн төлөвөөс хамаарна гэж үздэг. Бататган сургах арга нь дээрх тодорхойлолтыг үндэслэн Беллманий тэгшитгэл (1)-ийн дагуу хэрэгждэг.

$$V(s) = \max_a (R(s, a) + \gamma V(s')) \quad (1)$$

A. Загвараас хамааралтай сургалт

Загвараас хамааралтай (Model Based) сургах арга нь орчны загвар P -г урьдчилан тодорхойлох шаардлагатай [11]. Загварыг тодорхойлсноор агент нь орчинтой харьцахгүйгээр суралцах буюу хамгийн оновчтой π -г олох боломжтой болон юм. Үүний тулд Утгын функц (Value function) –г гаргаж авна. (2) томъёоны дагуу утгын функцийг тооцоолно.

$$V(s) = \sum_a \pi(a|s) \sum_{s',r} P(s'|s, a) [r + \gamma V(s')] \quad (2)$$

Үүнд $V(s)$ – s төлөвийн утга, $\pi(a|s)$ – s төлөвөөс a үйлдлийг хийх магадлал, $P(s'|s, a)$ – s төлөвөөс a үйлдлийг хийн s' төлөвт очих магадлал, r – s' төлөвөөс авах шагнал, γ – бууруулагч коэффициент, $V(s')$ – s' төлөвийн утга.

Утгын функцийг гаргаж авсны дараа агентын бодлогын функцийг (3) томъёог ашиглан гаргаж авна.

$$\pi(a|s) = \operatorname{argmax}_a \sum_{s',r} P(s'|s, a) [r + \gamma V(s')] \quad (3)$$

Загварыг урьдчилан тодорхойлох нь ихэнх тохиолдолд хүндрэлтэй байдаг учир агент нь орчинтойгоо харилцан олон удаагийн шилжилтийн өгөгдөл цуглуулснаар орчны загварыг ойролцоолсон байдлаар гаргаж авах боломжтой. Ойролцоо загвараас хамааруулж агентын бодлогыг гаргаж авах нь тийм ч элбэг биш ба загварыг ойролцоолж буй аргаас өндөр хамааралтай учир үр дүн янз бүр байдаг. Мөн төлөвийн орон хэт их тохиолдолд нийт тооцооллын хэмжээ мөн адил их болдог сул талтай.

B. Загвараас хамааралгүй сургалт

Загвараас хамааралгүй сургалт (Model Free) нь сургалтын явцад орчинтойгоо харилцан суралцах ба орчны шилжилтийн магадлал P -г авч үздэггүй [11] суралцдагаараа давуу талтай. Загвараас хамааралгүй сургалтын аргуудад Q-сургалт, SARSA, Temporal Difference (TD) [11] зэрэг аргууд багтана.

Q-сургалт нь төлөвийн утгын функц бус тухайн төлөвт хийж болох үйлдлүүдийг тус бүр үнэлдэг Q функцийг гаргаж авдаг. (4) томъёоны дагуу Q функцийг тооцоолно.

$$Q(s, a) = R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', a') \quad (4)$$

Үүнд $Q(s, a)$ – s төлөвт a үйлдлийг хийснээр цаашид авах буурсан нийлбэр шагнал, r – s' төлөвөөс авах шагнал, γ – бууруулагч коэффициент

Q функцийг орчинтой харилцан самнах (sample) байдлаар тооцоолох учир нэг удаагийн бодолтоор хамгийн оновчтой бодлогыг олох боломжгүй. Тиймээс Q функцийн олон удаагийн тооцооллын үр дүнд агент нь Q^* буюу Q функцийн эцсийн утгыг бодож олно. Q функцийн утгыг (6) томъёоны дагуу шинэчилнэ. Алдааны утгыг L (5) томъёог ашиглан бодно.

$$L = (R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', a')) - Q(s, a) \quad (5)$$

$$Q_{(s,a)} = Q_{(s,a)} + \alpha * L \quad (6)$$

Q функц нь утгын функцтэй адил том хэмжээтэй төлөвийн орон болон үйлдлийн оронтой үед Q функцийг тооцоолох бодолт ихэсдэг [11] сул талтай. Энэ асуудлыг Q функцийг нейрон сүлжээ болгон сольж шийдэх боломжтой.

C. Гүн Q сургалт (Deep Q Learning)

Энэхүү арга [12] нь мөн загвараас үл хамааралтай ажилладаг бөгөөд орчинтой харилцаж өгөгдөл цуглуулан гүн холболттой нейрон сүлжээг Q функцийн утгыг ойролцоолох байдлаар ажилладаг. Энгийн сургалттай адил дараагийн Q утгыг (Target Q Value) тооцоолон шинэчлэх байдлаар ажилладаг боловч дараагийн утга одоогийн утгуудыг нэг нейрон сүлжээгээр бодуулах нь сургалтыг удаашруулдаг сул талтай. Энэхүү сул талыг үгүй болгохын тулд үндсэн нейрон сүлжээнээс гадна зорилготой нейрон сүлжээ (Target Network) [12] гэх шинэ загвар авч үздэг. Үндсэн Q сүлжээг сургахад зорилтот Q утгыг (7) томъёог ашиглан тооцоолж (8) томъёоны дагуу алдааг бодож (9) томъёогоор үндсэн Q сүлжээг шинэчилнэ.

$$y_i = R(s, a) + \gamma \max_{a'} Q(s', \theta_k) \quad (7)$$

$$L_i(\theta_i) = (y_i - Q_i(s, a, \theta_i))^2 \quad (8)$$

$$\theta_i = \theta_i + \alpha \nabla_{\theta_i} L_i(\theta_i) \quad (9)$$

$$\theta' \leftarrow \theta'(1 - \tau) + \theta \tau \quad (10)$$

Үүнд y_i - зорилтот Q утга, θ_k – зорилтот нейрон сүлжээний параметрууд, θ_i, θ' – үндсэн болон зорилтот Q сүлжээний параметрууд, $L_i(\theta_i)$ – үндсэн Q сүлжээний зорилтот утгатай харьцангуй квадрат алдаа.

DQN алгоритм

```

Initialize environment
Initialize main and target Q network weights  $\theta, \theta'$ 
while environment running
    Get initial state  $s \in S$  from environment
    while episode is not done
        Choose action  $a$  from e greedy policy
        Execute  $a$  in environment and observe  $s', r$ 
        Append  $s, a, s', r, done$  into Replay Buffer
        If enough data is collected
            Sample data from Replay buffer
            Update main net  $\theta$  by equation 7, 8, 9
            Update target net by equation 10
        Assign  $s \leftarrow s'$ 
    end while
end while

```

Гүн Q сургалтаар нейрон сүлжээг удирдлагатай сургалт ашиглан сургах бөгөөд сургалтын алхам бүрд бидэнд зөвхөн нэг $(s, a, s', r, done)$ өгөгдөл үүснэ. Сургалтыг зөвхөн нэг өгөгдлөөр хийх нь тохиромжгүй учир Дахин Тоглуулах Буфер (ДТБ) (Replay Buffer) [9] аргыг ашигладаг. Энэхүү арга нь алхам бүрийн өгөгдлүүдийг ДТБ-д хадгалан тодорхой хэмжээний өгөгдөл бүрдсэний дараа ДТБ-ээс санамсаргүйгээр багц өгөгдөл авч үндсэн нейрон сүлжээг сургана. Мөн алхам бүрд зорилтот нейрон сүлжээг үндсэн нейрон сүлжээ рүү т алхамтайгаар дөхүүлнэ [13].

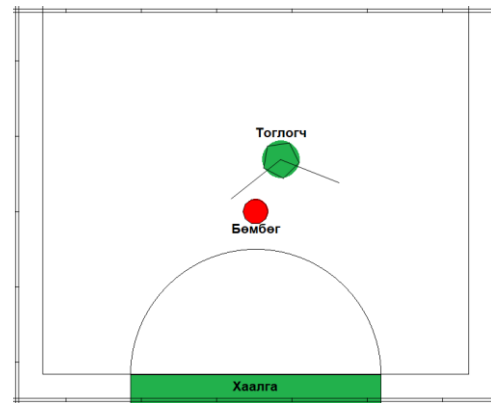
IV. ТУРШИЛТ

Бид бататган сургах гүн Q сургалтын аргаар агентыг өөрсдийн бие болгосон хоёр хэмжээст симуляцийн программ дээр сургаж туршсан. Агентын зорилго нь зураг 1-т харагдаж буй улаан бөмбөгийг ногоон өнгийн хаалга руу оруулах юм.

A. Сургалтын орчин

Сургалтын орчин нь 2 хэмжээст талбартай бөгөөд бодит орчинтой дөхүүлэх зорилгоор энгийн кинематик, динамикийн хуулиудыг ойролцоо байдлаар хатуу биеийн хөдөлгөөний хуулиуд, хурд хурдатгал болон хоёр биеийн хоорондын үрэлтээс үүсэх шилжилтүүдийг тус тус оруулж өгсөн.

Агент нь энэхүү симуляцийн орчинд тоглогчийн хурдыг нэмэх, хасах, тоглогчийн чиглэлийг баруун зүүн эргүүлэх, бөмбөг өшиглөх болон юу ч хийхгүй байх гэсэн зургаан үйлдэл хийх боломжтой буюу хийж болох үйлдлийн орон A нь зургаа урттай вектор байна. Орчны төлөв S нь тоглогчийн хоёр хэмжээст байршил, шугаман хурд, чиглэл, бөмбөг эзэмшиж байгааг илтгэх утга



1-р зураг. Сургалтын орчин.

болон бөмбөгний хоёр хэмжээст байршил, шугаман хурд, чиглэл зэрэг мэдээллүүдийг агуулсан ес урттай вектороос тогтоно. Агентын шагналын функц $R(s, a)$ нь

$$R(s, a) = \begin{cases} \text{if goal 300} \\ \text{else } -1 \end{cases}$$

Тоглогч нь симуляцийн орчинд нийт 300 алхмын дотор хаалга руу бөмбөг оруулах ёстой. Энэ нь агент оролдлого бүрийн төгсгөлд хамгийн багадаа нийт -300 шагнал авах боломжтой гэсэн үг юм. Бид гүн нейрон сүлжээг сургахдаа шагналын хэмжээг хамгийн их абсолют шагналын утгад хувааж сургасан. Ингэснээр агентын шагналын утга $\{-1, 1\}$ ийн хооронд болох юм.

B. Агентын загвар

Гүн Q нейрон сүлжээний загварыг дараах байдлаар үүсгэсэн.

- Оролт – 9 нейрон
- Далд – 1024 нейрон
- Далд – 512 нейрон
- Далд – 256 нейрон
- Далд – 128 нейрон
- Далд – 64 нейрон
- Гаралт – 6 нейрон

Нийт 707910 сургалтын параметртэй 6 гүнтэй нейрон сүлжээ үүсгэсэн. Зорилтот Q утгын нейрон сүлжээг мөн адил хэмжээтэйгээр үүсгэсэн.

Q сургалтын параметруудийг:

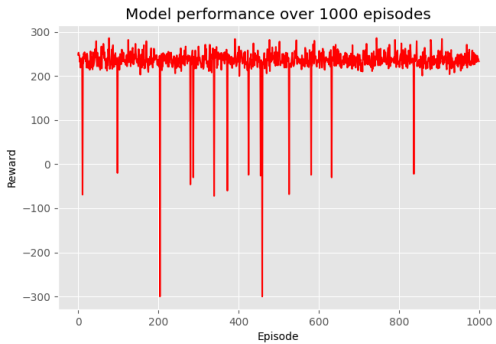
- Сургалтын хурд – 0.0001
- Бууралтын коэффициент – 0.99
- Сургах багцын хэмжээ – 64
- Сургах давталтын тоо – 1
- Оновчлолын арга – Adam
- Дахин тоглуулах буферийн хэмжээ – 1,000,000
- Зорилтот нейрон сүлжээг шинэчлэх алхам – 0.01
- Epsilon бууралт – 0.99999

С. Сургалт

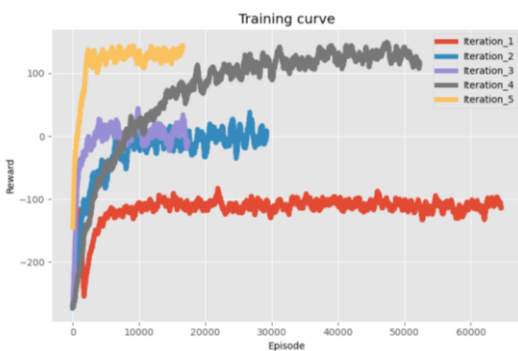
Сургалтыг ойролцоогоор 30 цагийн турш явуулсан бөгөөд агент нь симуляцийн орчинд нийт 1,500,000 гаруй үйлдэл хийсэн. Сургалт явуулсан төхөөрөмжийн үзүүлэлт 13th Gen core i9, 128GB of RAM, RTX 3080 12GB.



2-р зураг. Дээрх зурагт тогтмол байршилдах бөмбөгтэй үед агентын сургалтын 7000 оролдлогын шагналуудыг харуулсан болно. Тод улаанаар 100 оролдлого бүрийн дундаж шагнал, бүдэг улаанаар оролдлого бүрийн шагналыг харуулав.

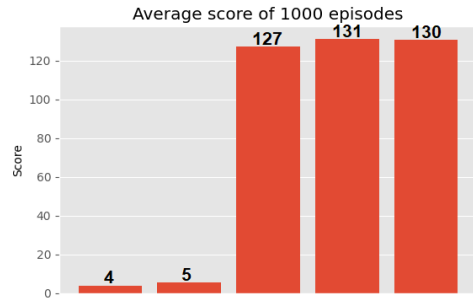


3-р зураг. Дээрх зурагт тогтмол байршилдах бөмбөгтэй үед агентын 1000 оролдлогын үр дүнг. 1000 оролдлогоос 14-т агент хаалга руу бөмбөг оруулж чадаагүй бөгөөд эдгээрийн 12-т бөмбөг хаалганы гадуур өнгөрсөн ба үлдсэн 2 тохиолдолд агент юу ч хийгээгүй байна. Агентын алдах хувь ~1.5%.

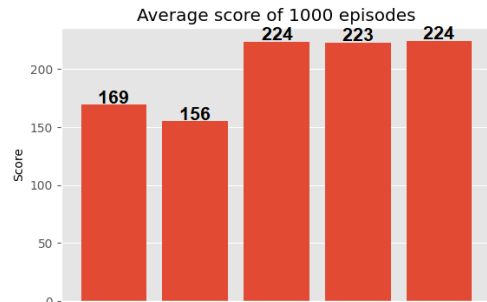


Зураг 4. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын үр дүнг харуулсан болно. Улаан муруй анхны сургалт, цэнхэр муруй хоёрдох сургалт, ягаан муруй гуравдах сургалт, саарал муруй дөрөвдөх сургалт, шар муруй сүүлийн сургалт.

Зураг 4 дээрх загваруудыг шилжүүлэн сургахдаа өөр өөр санамсаргүйн коэффициент (random seed) ашигласан.



Зураг 5. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын агентуудын (эхний сургалт зүүн, сүүлийн сургалт баруун) 1000 оролдлогын дундаж оноог харуулав.



Зураг 6. Дээрх зурагт бөмбөг дурын байрлалд үүсэх шилжүүлсэн сургалтуудын агентуудыг (эхний сургалт зүүн, сүүлийн сургалт баруун) тогтмол байрлалд байх бөмбөгтэй үед тоглуулсан 1000 оролдлогын дундаж оноо.

ДҮГНЭЛТ

Бид бататган сургар аргын гүн Q сургалтын аргыг сонгон хөдөлгөөнт роботыг удирдах даалгаварыг өөрсдийн бие болгосон хоёр хэмжээст хөл бөмбөг тоглоом дээр хийж гүйцэтгэлээ. Бид эхлээд тогтмол байрлалтай бөмбөгийг хаалгаруу оруулах сургалтыг хийсэн. Үр дүнд ойролцоогоор 98.5% чадвартай агент сургаж чадсан. Үүний дараагаар бид бөмбөгний байршлийг санамсаргүй байршилд үүсгэн тогтмол бөмбөгний байрлалд суралцсан агентыг дахин шилжүүлэн сургасан. Үр дүн хангалтгүй байсан тул шилжүүлэн сургах аргаар нийт таван сургалт хийсэн. Гуравдах шилжүүлэн сургалтаас агентын чадвар огцом өссөн бөгөөд дараа дараагийн сургалтууд бага хэмжээний өсөлтүүд үзүүлсэн. Шилжүүлэн сургах аргыг ашигласнаар агентын сурах хурд өсөж байгаа нь зураг 4-өөс харагдаж байна. Судалгааны ажлын явцад агент нь тоглоомын талбарыг тойрсон хаалтуудыг мөргөх тохиолдол их байсан. Бид өмнө саад тойрох хөдөлгөөнт роботыг зай мэдрэгчийн тусламжтайгаар бататган сургах гүн Q сургалтаар амжилттай сургаж чадсан. Бид энэхүү судалгааны ажлыг үргэлжлүүлэн өмнөх аргатай хослуулан дээрх асуудлыг шийдэх зорилготой байгаа. Цаашлаад бид олон агентуудыг хөл бөмбөгө тоглоомын орчинд бататган сургах аргаар сургах талаар судалгааны ажлууд хийж байгаа.

HOM 3YĚ

- [1] Smart, William D., and L. Pack Kaelbling. "Effective reinforcement learning for mobile robots." Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation (Cat. No. 02CH37292). Vol. 4. IEEE, 2002.
- [2] Nan Yan, Subin Huang, Chao Kong. "Reinforcement Learning-Based Autonomous Navigation and Obstacle Avoidance for USVs under Partially Observable Conditions", *Mathematical Problems in Engineering*, vol. 2021, Article ID 5519033, 13 pages, 2021. <https://doi.org/10.1155/2021/5519033>
- [3] Brown, Tom, et al. "Language models are few-shot learners." *Advances in neural information processing systems* 33 (2020): 1877-1901.
- [4] Krizhevsky, Alex, Ilya Sutskever, and Geoffrey E. Hinton. "Imagenet classification with deep convolutional neural networks." *Communications of the ACM* 60.6 (2017): 84-90.
- [5] Duchoň, František, et al. "Path planning with modified a star algorithm for a mobile robot." *Procedia Engineering* 96 (2014): 59-69.
- [6] Seraji, Homayoun. "A new class of nonlinear PID controllers with robotic applications." *Journal of Robotic Systems* 15.3 (1998): 161-181.
- [7] Yovchev, Kaloyan, Kamen Delchev, and Evgeniy Krastev. "State space constrained iterative learning control for robotic manipulators." *Asian Journal of Control* 20.3 (2018): 1145-1150.
- [8] Puterman, Martin L. "Markov decision processes." *Handbooks in operations research and management science* 2 (1990): 331-434.
- [9] Lin, Long-Ji. "Self-improving reactive agents based on reinforcement learning, planning and teaching." *Machine learning* 8.3 (1992): 293-321.
- [10] Szepesvári, Csaba, and Michael L. Littman. "Generalized markov decision processes: Dynamic-programming and reinforcement-learning algorithms." *Proceedings of International Conference of Machine Learning*. Vol. 96. 1996.
- [11] Sutton, Richard S., and Andrew G. Barto. "Reinforcement learning." *Journal of Cognitive Neuroscience* 11.1 (1999): 126-134.
- [12] Mnih, Volodymyr, et al. "Playing atari with deep reinforcement learning." *arXiv preprint arXiv:1312.5602* (2013).
- [13] Osband, Ian, et al. "Deep exploration via bootstrapped DQN." *Advances in neural information processing systems* 29 (2016).

ҮҮЛЭН ТЕХНОЛОГИЙН АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛ

Б.Загдсүрэн¹, Г.Ганчимэг²

^{1,2}Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

¹zaga56@gmail.com, ²ganaa@must.edu.mn

Хураангуй— Одоо үед дэлхийн хэмжээнд үүлэн технологийн хэрэглээ илүү их болж байгаа бөгөөд хэрэглэгч нь ихсэх тусам үйлчилгээ илүү өргөсөн илүү хямд боловч чанартай үйлчилгээ үзүүлдэг болж байна. Манай орны хувьд ч бас үүлэн технологийн шийдлийг өргөнөөр хэрэгжүүлж эхлэх төлөвтэй байна. Энэ үед бид мэдээллийн аюулгүй байдлыг нухацтайгаар авч үзэх хэрэгтэй тул мэргэжилтнүүдэд энэ талын мэдлэг болон мэдээллээр хангах шаардлагатай юм. Иймд энэхүү өгүүлэлд үүлэн технологийн хэрэглээтэй уялдан бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал хангах ач холбогдол, хангахгүй байснаар үүсэх эрсдэлийн талаар авч үзэж AWS сервисүүдийг жишээ болгон тайлбарласан.

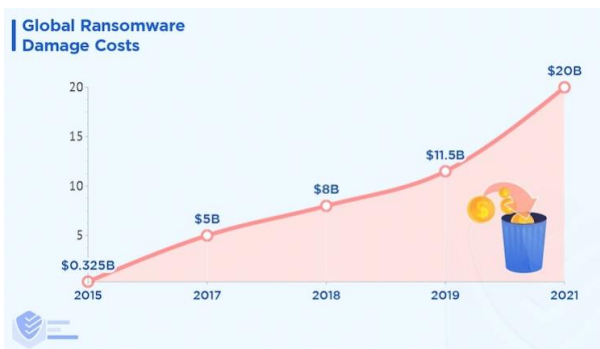
Түлхүүр үг— үүл, аюулгүй байдал, AWS, Google, Azure

I. УДИРТГАЛ

Орчин үед программ хангамжийн бүтээгдэхүүнийг үүлэн технологи ашиглан нийтэд түгээх нь элбэг болж байна. Гэвч үүлэн технологи ашиглан программын орчинд хандаж байгаа тул түүнтэй холбоотой мэдээллийн аюулгүй байдлыг хангаагүйгээс болж бүтээгдэхүүн нийлүүлэгчид маш том алдагдалд орсоор байна. Covid-19 гарснаас хойш энэхүү талын мэдээлэл рүү халдах нь илүү ихэссэн бөгөөд Ransomware программын хувьд гэхэд л 2019 онтой харьцуулахад 2021 онд 4 дахин (188.9 сая) болон өссөн байдаг бөгөөд хохирол нь 2 дахин (20 их наяд доллар) болон өссөн байна [1].



Зураг 1. Ransomware халдлагын хэмжээ [1]



Зураг 2. Ransomware хохирлын хэмжээ [1]

Иймээс аюулгүй байдал нь маш чухал хариуцлагатай хандах хэрэгтэй сэдэв юм.

II. ҮҮЛЭН ТЕХНОЛОГИ

Программ хангамжийг олон нийтэд түгээхийн тулд технологийн талаас янз бүрийн боломжууд байдаг.

1) Өөрсдийн тоног төхөөрөмж худалдан авч түүн дээрээ программ хангамжаа байршуулах.

2) Үүлэн технологийн үйлчилгээгээр дамжуулан тоног төхөөрөмж болон түүнийг удирдах программыг түрээслэгчтэй тохирон түүн дээр программ хангамжаа байршуулах

3) Холимог буюу өөрсдийн тоног төхөөрөмж болон үүлэн технологийн үйлчилгээг хослуулан программын бүтээгдэхүүнээ байршуулах.

Үүлэн технологийн үйлчилгээ үзүүлэгчдийн томоохон төлөөлөгчид нь Amazon Web Services (AWS), Microsoft Azure (Azure) болон Google Cloud Platform (GCP) юм [2-5]. Энэхүү технологийн давуу тал нь өөрт хэрэгцээтэй байгаа хэмжээгээр тоног төхөөрөмж маш хямд зардлаар түрээслэх боломжтой байдаг. Мөн бодит төхөөрөмжийн арчилгаа болон найдвартай ажиллагаа гэх мэт зүйлс дээр санаа зоволтгүй болдог. Иймэрхүү зүйлсийг үүлэн технологийн үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагаас хариуцан явуулдаг нь хөгжүүлэгчдэд бүтээгдэхүүндээ илүү цаг гаргах боломжийг олгодог. Орчин үед энэхүү үйлчилгээ рүү бүтээгдэхүүн хөгжүүлэгч нар эрчимтэйгээр шилжиж байна. Үүнтэй холбоотойгоор үйлчилгээ үзүүлэгч болон түрээслэн бүтээгдэхүүнээ байршуулах хэрэглэгч хоёр талтай хариуцлага нь аюулгүй байдалтай хамааралтай болдог. Ямар нэгэн байдлаар бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал алдагдахад ихэвчлэн түрээслэгч талын хариуцлага алдагдсанаас шалтгаалсан байдаг.

III. ҮҮЛЭН ТЕХНОЛОГИ ДЭЭРХ ДУНДЫН ХАРИУЦЛАГА

Үүлэн технологийг үйлчилгээ үзүүлэгч болон хэрэглэгчид нь дундын хариуцлага хүлээх байдлаар явуулах нь элбэг байдаг боловч яг ямар зүйлийг үйлчилгээ үзүүлэгч эсвэл хэрэглэгч нь хариуцахыг зааж өгсөн байдаг. Үйлчилгээ үзүүлэгч талын

хариуцлага нь өөрсдийн зүгээс үйл ажиллагааг нь хянаж байгаа зүйлс байдаг [6].

A. Үйлчилгээ үзүүлэгчийн хариуцлага

- Технологийн аюулгүй байдал (тухайн байриил дээр хандалтын аюулгүй байдлыг хангах, тог болон төхөөрөмжүүдийн найдвартай ажиллагааг хангах)
- Үйлчилгээ үзүүлж байгаа программ хангамжийн найдвартай ажиллагаа болон аюулгүй байдал (тооцоолох, мэдээлэл хадгалах, өгөгдлийн сан, сүлжээ гэх мэт)

Хэрэглэгч талын хариуцлага нь өөрсдийн зүгээс тохируулсан тохиргоо болон өгөгдлийн аюулгүй байдал байдаг.

B. Хэрэглэгчийн хариуцлага

- Хэрэглэгчийн өгөгдлийн аюулгүй байдал, хандалтын эрх, сүлжээний хамгаалалт (нууцлал, хандалтын хязгаарлалт)
- Үйлдлийн систем, сүлжээ болон галан ханын тохиргоо
- Программ болон хандалтын удирдлага
- Хэрэглэгчийн мэдээлэл

IaaS (infrastructure as a service), PaaS (platform as a service), SaaS (software as a service) үйлчилгээгээс хамааран үйлчилгээ үзүүлэгч болон хэрэглэгчийн хариуцах хэсэг нь өөр өөр байна [7-8].

IV. АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛ

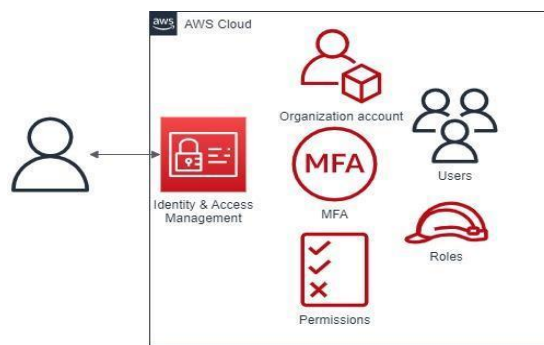
Үйлчилгээ үзүүлэгч болон хэрэглэгчийн аль аль талын зүгээс хариуцаж байгаа хэсэг дээрээ аюулгүй байдлыг хангаж байж тухайн бүтээгдэхүүн маань аюулгүй ажиллагаатай байх боломжтой болдог. Томоохон үйлчилгээ үзүүлэгч нь энэхүү тал дээр анхааран стандартын дагуу аюулгүй байдлыг хангаж өгдөг бөгөөд хэрэглэгчдэд аюулгүй байдлыг хангах боломжийг нь олгосон байдаг [9]. Гэвч түүнийг хэрэгжүүлэх эсэхийг хэрэглэгчийн шийдвэр болгосон байдаг тул хэрэглэгчид мэдэхгүйн улмаас эсвэл гарах зардлаас болон хэрэгжүүлэхгүй байх нь элбэг байдаг. Үр дүнд нь үүлэн технологи дээр гаргасан бүтээгдэхүүний ихэнх нь хэвийн үйл ажиллагаатай явдаг боловч асуудал гарсан цөөн тохиолдолд хэрэглэгч талын хариуцлагагүй байдлаас болсон байдаг тул бүх хариуцлагыг хэрэглэгч тал үүрэх болдог. Иймээс хэрэглэгчийн зүгээс анхааран аюулгүй байдал хангах нь гарах эрсдлээс хамгаалах үндэс болдог.

V. ХЭРЭГЛЭГЧИЙН ХЭРЭГЖҮҮЛЭХ АЮУЛГҮЙ БАЙДАЛ

Хэрэглэгчийн хэрэгжүүлэх аюулгүй байдлын талаар үйлчилгээ үзүүлэгч байгууллагуудын гаргасан баримт бичгүүд байдаг [10-11]. Гэвч олон жил тухайн үүлэн технологи дээр ажилласан мэргэжилтэн байсан ч хэрхэн хэрэгжүүлэх болон ач холбогдлын талаар цогц мэдлэг олж авах мэдээллийн суваг хязгаарлагдмал байсаар байна. Нэн ялангуяа Монголд хэрэгжүүлж байгаа бүтээгдэхүүнд аюулгүй байдлыг хэрхэн хангах талаарх мэдээлэл байхгүй тул энэ чиглэлийн мэдлэг

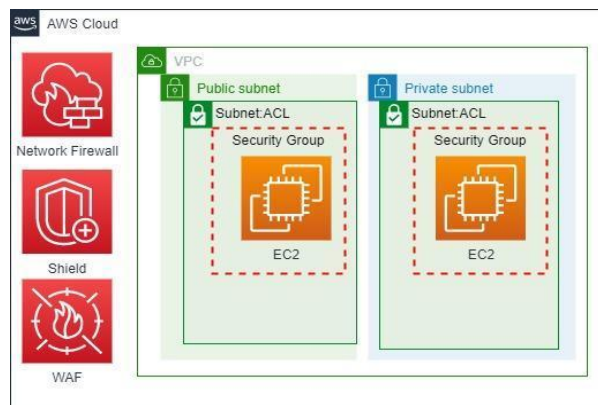
хомс байгаа харагддаг. Иймээс өргөн хэрэглэгддэг үүлэн технологи дээр хэрхэн аюулгүй байдлыг хангаж ажиллах болон түүний ач холбогдлыг цогцоор нь уялдуулан гаргасан гаргалгаа байх нь одоо ирээдүйн мэргэжилтнүүдэд маань хөрөнгө оруулалт болно гэж үзэж байна. Үүнд дараах зүйлсийг хэрхэн хэрэгжүүлэх талаар судлан мэргэжилтнүүдэд хүртээхээр зорьж байна. Үүнд:

1. Үүлэн технологи дээр байршуулах бүтээгдэхүүний орчин руу хандах хэрэглэгчийн хандалт ба менежмент.
2. Сүлжээн дээрх аюулгүй байдал болон хандалтын эрх.
3. Хэрэглэгчийн өгөгдлийн нууцлал
4. Кодын агууламжийн аюулгүй байдал
5. API (Application Programming Interface) болон ашиглаж байгаа программ хангамжийн аюулгүй байдал.



Зураг 3. Үүлэн технологи руу хандах хэрэглэгчийн хандалт

Үүлэн технологи руу хандах хэрэглэгчийн хандлага нь хамгийн өндөр зэрэглэлтэй байх нь элбэг байдаг бөгөөд энэ хандах эрхийг бусдад алдах тохиолдолд хамгийн том аюул нүүрлэдэг. Иймээс давхар хамгаалалт болон хандах хэрэгцээнээс хамааран хамгийн бага эрхтэйгээр тохируулах зэрэг урьдчилан сэргийлсэн арга хэмжээнүүдийг авах зайлшгүй шаардлагатай. 2-8 дугаар зургуудад AWS сервисүүдийг [12-15] жишээ болгон оруулсан боловч эдгээрийг хэрэглэж мэддэг нь цөөн байдаг.



Зураг 4. Сүлжээн дээрх аюулгүй байдал

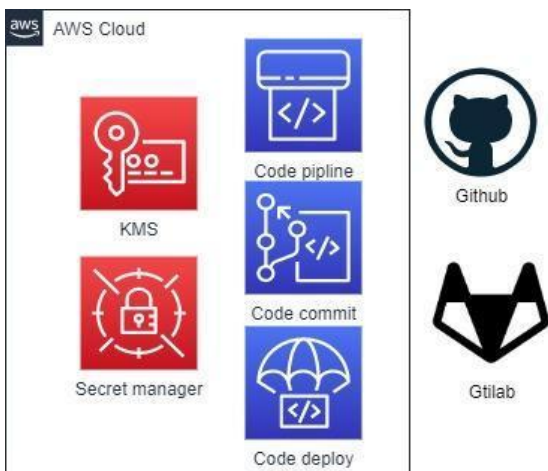
Үүлэн технологи дээр бүтээгдэхүүн байршуулах сүлжээг зохион байгуулах боломжтой байдаг. Сүлжээг зохион байгуулахдаа зохих давхаргуудад

галт ханын болон хандалтын тохиргоонуудыг хамгийн багаар зохион байгуулах шаардлагатай. Ингэснээрээ халдлагад өртсөн тохиолдолд давхарга болгондоо галт ханууд хамгаалан системийн аюулгүй байдлыг найдвартай болгодог.



5-р зураг. Хэрэглэгчийн өгөгдөлийн нууцлал

Хэрэглэгчийн мэдээллийг нууцлан хадгалах нь тухайн мэдээллийг алдсан ч тайлж унших боломжгүй байлгах хэрэгтэй байдаг. Гэвч ихэнх сервис нь нууцлах сонголт нь шууд сонгогддоггүй. Тиймээс хэрэглэгч нь өөрсдийн мэдээллийн нууцлалыг хэрхэн хангахыг өөрсдөө тохируулах шаардлагатай болдог.



Зураг 6. Кодын агууламжийн аюулгүй байдал

Кодыг үүлэн технологиос өөр газар байршуулах нь элбэг бөгөөд түүнийг үүлэн технологи руу хамран ажиллахаар тохируулан өгөх нь хүний үйл ажиллагааны алдаа гарахаас хамгаалдаг. Мөн код дотор үүлэн технологийн сервисүүд руу хандах хандалтын болон нууцлалын мэдээллүүд агуулах нь систем рүү халдах халдагч нарт мэдээлэл болдог тул тэдгээрийг үүлэн технологиос авч ашиглахаар тохируулах нь аюулгүй байдлыг сайжруулдаг.



Зураг 7. API болон ашиглаж байгаа программ хангамжийн аюулгүй байдлал

Программ хангамж нь байнга шинэчлэгдэж байдаг бөгөөд түүгээрээ өөрт байсан сул талуудыг хааж байдаг. Бүтээгдэхүүн байршуулахын туд үйлдлийн системээс авхуулаад маш олон программ хангамж суулгах болон тохируулах шаардлага үүсдэг. Эдгээрийг байнга алдаагүй болон найдвартай хувилбар ашиглахаар шинэчлэж байх шаардлагатай болдог. Олонд танигдсан сул талууд нь байнга зарлагдаж байдаг тул тийм тохиолдолд яаралтай шинэчлэх шаардлага үүсдэг. Энэ нь халдагчийн боломжийг хязгаарлах бас нэг алхам болдог байна.



Зураг 8. Infrastructure as Code (IaC) ашиглаж аюулгүй байдлыг хангасан орчин зохион байгуулах

Өргөн хэрэглэгддэг орчныг IaC ашиглан кодчилж болдог. Энэхүү загварыг ашиглан бүтээгдэхүүний орчныг зохион байгуулснаар хэрэглэгчийн гарах эрсдэл нь эрс багасах боломжтой болно. IaC нь шинэчлэлийг дагаад өөрчлөлт оруулах боломжтой тул өнөөгийн маш хурдацтай өөрчлөгдөж байгаа технологийг даган шинэчлэл хийх боломжоор хангагдана.

Эдгээр зүйлсийг хэрхэн хэрэгжүүлэх талаар мэдлэгтэй болсноороо хэрэглэгч нь өөрийн бүтээгдэхүүний хэрхэн аюулгүй байдлыг хангах талаар төсөөлөл болон ямар эрсдэлтэй нүүр тулж байгаа мэдээлэлтэй болно.

ДҮГНЭЛТ

Өнөөдөр дэлхийн хэмжээнд үүлэн технологийн хэрэглээ нь илүү их болж байгаа бөгөөд хэрэглэгч нь ихсэх тусам үйлчилгээ илүү өргөсөн илүү хямд боловч чанартай үйлчилгээ үзүүлдэг болж байна. Тиймээс Монгол улс ч бас удахгүй үүлэн технологийн шийдлийг өргөнөөр хэрэгжүүлж эхлэх төлөвтэй байна. Энэ үед бид мэдээллийн аюулгүй байдлыг нухацтайгаар авч үзэх хэрэгтэй тул мэргэжилтнүүдэд энэ талын мэдлэг болон мэдээллээр хангах шаардлагатай юм. Иймд энэхүү өгүүлэлд үүлэн технологийн хэрэглээтэй уялдан бүтээгдэхүүний аюулгүй байдал хангах ач холбогдол, хангахгүй байснаар үүсэх эрсдэлийн талаар авч үзэж AWS сервесүүдийг жишээ болгон тайлбарласан.

НОМЗҮЙ

- [1] Octav Fedor, “93 Must-Know Ransomware Statistics [2022]” https://www.antivirusguide.com/cybersecurity/ransomware-statistics/?gclid=Cj0KCQiAjbagBhD3ARIsANRrqEspdYTL5YGQw4CU75-Xkk78_2cxioMbiyGVMTplGanxxvrl7uhmcewaAv3eEALw_wcB
- [2] Gui Alvarenga, “SHARED RESPONSIBILITY MODEL”, 2022 он. <https://www.crowdstrike.com/cybersecurity-101/cloud-security/shared-responsibility-model/#:~:text=In%20its%20simplest%20terms%2C%20the,its%20and%20its%20underlying%20infrastructure>
- [3] “Google Cloud gained market share in 3Q-2022” <https://techblog.comsoc.org/2022/10/28/synergy-q3-cloud-spending-up-over-11-billion-google-gained-market-share-in-3q-2022>
- [4] “AWS Whitepapers” <https://aws.amazon.com/whitepapers/>
- [5] “AWS Partners” <https://aws.amazon.com/whitepapers/>
- [6] “Security Architectures for Cloud Computing” <https://www.fujitsu.com/global/documents/about/resources/publications/fstj/archives/vol46-4/paper09.pdf>
- [7] “Cloud Security Technical Reference Architecture” , 2022 он <https://www.cisa.gov/sites/default/files/publications/Cloud%20Security%20Technical%20Reference%20Architecture.pdf>
- [8] “Google Cloud Architecture Framework: Security, privacy, and compliance” <https://cloud.google.com/architecture/framework/security>
- [9] “Cloud Security Architecture: Building a Foundation of Trust” <https://www.intel.com/content/www/us/en/cloud-computing/cloud-security-architecture.html>
- [10] “Security Architecture for Cloud Computing Platform” <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:582095/FULLTEXT01.pdf>
- [11] “Cloud Computing Security Architecture (IT Pro Perspective)” https://social.technet.microsoft.com/wiki/contents/articles/3794_cloud-computing-security-architecture-it-pro-perspective.aspx
- [12] “NIST Cloud Computing Reference Architecture” <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication500-292.pdf>
- [13] “SAFE Secure Cloud Architecture Guide” <https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/enterprise/design-zone-security/safe-secure-cloud-architecture-guide.html>
- [14] “Oracle Cloud Infrastructure Security Architecture” <https://www.oracle.com/a/ocom/docs/oracle-cloud-infrastructure-security-architecture.pdf>
- [15] “AWS Cloud Security” <https://aws.amazon.com/security/>

УЛААНБААТАР ХОТЫН ГЭР ХОРООЛОЛД МЭДЭЭЛЭЛ ХОЛБООНЫ ДАРАА ҮЕИЙН НЭГДМЭЛ ҮЙЛЧИЛГЭЭГ ХҮРГЭХ БОЛОН ХУДАГ СУВАГЧЛАЛЫН АЧААЛЛЫГ БУУРУУЛАХ ШИЙДЭЛ

Ц.Энхбаяр¹, Б.Золзаяа²

¹Магистрант. ШУТИС, МХТС, УБ хот, Монгол улс

²Доктор профессор. ШУТИС, МХТС, УБ хот, Монгол улс

¹И-майл: Enkhbayar.ts@icnc.mn

²И-майл: bb.zolzaya@must.edu.mn

Хураангуй

“Улаанбаатар хотын гэр хорооллыг хөгжүүлэх хөрөнгө оруулалтыг дэмжих төсөл” хөтөлбөрийн хүрээнд нэг төвт хотоос олон төвт хот болгон хөгжүүлэхэд суурь нөхцлийг бүрдүүлэх, гэр хорооллын бүсэд орон сууц, дэд бүтцийн хангамж үйлчилгээ бүхий эрүүл аюулгүй амьдрах орчныг бүрдүүлсэн бие даасан дэд төвийг бий болгохоор 9-н жилийн хугацаанд 3-н үе шаттайгаар 6 дэд төв байгуулахаар ажиллаж байгаа юм.

3-р үе шат болох Шархад, Толгойт дэд төвүүдийн угсралтын ажил энэ жил буюу 2023 онд хийгдэж эхэлнэ.

Миний судалгааны ажил Нэгдүгээрт: Шархад дэд төвийн харилцаа холбооны судалгаа, Хоёрдугаарт: Улаанбаатар хотын холбооны худаг сувагчлалын гол трассаар татагдсан ашиглалтын шаардлага хангахгүй, хугацаа хэтэрсэн физик болон шилэн кабелийг чөлөөлөх, ачааллын бууруулахад оршино.

Шархад дэд төвийг холбоожуулах төслийн хүрээнд “Мэдээлэл холбооны нэгдсэн төв”-тэй уялдуулан шилэн кабелийн сүлжээг байгуулах оновчтой зохион байгуулж шийдлийг гаргах, түүний хэрэгцээг тооцоолж идэвхгүй оптик сүлжээний зангилааны бүтцийг шинээр зохион төгсгөлийн төхөөрөмжийн тоог тодорхойлох замаар шинээр холбоожуулан мэдээлэл холбооны үйлчилгээнүүдийг хүргэн, айл өрх бүрт гурвалсан үйлчилгээг хүргэх зорилготой үр ашигтай шийдлийг боловсруулсан болно.

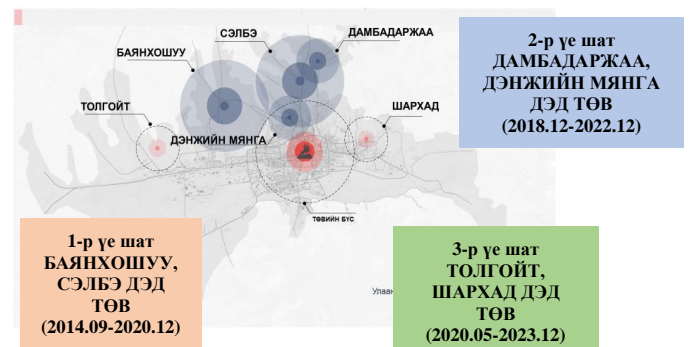
Түлхүүр үг:(keywords). Түлхүүр үг- ГХХХОДХ, GPON, PON, OLT, ONU, Кабель шугам, шилэн кабель.

Удиртгал

Улаанбаатар (УБ) хотын хүн амын 55 хувь нь цэвэр усны хоолой, ариутгах татуурга, цахилгаан, дулаан хангамж, хучлагатай зам, нийтийн тээвэр, эмнэлэг, цэцэрлэг, сургууль г.м. орчин үеийн дэд бүтцээр хангагдаагүй гэр хороололын бүсэд оршин суудаг байна. Эдгээр суурь дэд бүтцүүд баригдаагүйн улмаас их хэмжээний бохирдол үүсч, оршин суугчдын эрүүл мэндэд сөргөөр нөлөөлж байна. Одоогоор УБ хотын захиргаанд харьяалагдах газар нутгийн хэмжээ хотын хамгийн анхны төлөвлөлтөөс 30 дахин томорч байгаа тул заавал хотжуулах шаардлага гарч байна.

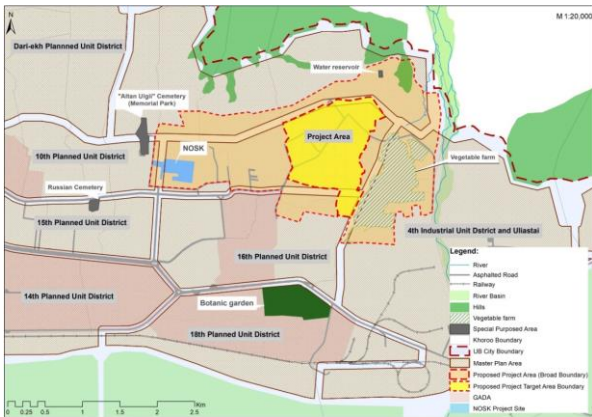
Дээрх тулгарч буй асуудлуудыг шийдвэрлэх зорилгоор Монгол Улсын Засгийн газраас Гэр хорооллыг хөгжүүлэх хөрөнгө оруулалтыг дэмжих хөтөлбөр (ГХХХОДХ)-ийг Азийн хөгжлийн банкны санхүүжилтийн

дэмжлэгтэйгээр хэрэгжүүлж байна. Хөрөнгө оруулалтын хөтөлбөр нь 3 (1/2/3-р үе шат) үе шатаар 9 жилийн хугацаанд (2013-2023) хэрэгжиж байна.



Зураг 1. УБ хотын хэмжээнд төлөвлөгдсөн дэд төвүүд

УБ хотын Баянзүрх дүүргийн 8, 9, 17-р хороодын нутаг дэвсгэр нь 124 га газар нутагт 2483 айл өрхийн 8939 мянган хүн амд нийгмийн үйлчилгээг үзүүлэх Улаанбаатар хотын зүүн хойд бүсийн Шархад дэд төвийг шинээр байгуулж байгаа бөгөөд уг дэд төвийн онцлогт тохирсон дэд бүтэц бүхий орчин үеийн шаардлагад нийцсэн төлөвлөлтийг боловсруулах шаардлагатай байна. Энэхүү дэд бүтцийн нэг гол бүтээн байгуулалт нь дэд төвийн холбоожуулалтын асуудал юм



Зураг 2. Шархад төслийн талбай болон дэд төвийн хил хязгаар

Дэд төвийн нэр	Байршил	Нутаг дэвсгэр (Га)	Төлөвлөсөн хүн ам	
			2030	2040
Шархад	Төслийн талбай	124	19742	26532
	Дэд төвийн талбай	507	56708	76210

Шархад шинэ дэд төв онцлогт тохирсон дэд бүтэц бүхий орчин үеийн шаардлагад нийцсэн төлөвлөлтийг боловсруулах шаардлагатай байна. Энэхүү дэд бүтцийн нэг гол бүтээн байгуулалт нь уг дэд төвийн холбоожуулалтын асуудал юм.

Мэдээлэл харилцаа холбооны технологийн хөгжил нь бүх төрлийн мэдээллийг өндөр хурдаар, өргөн зурвасаар түгээх хүлээн авах маш их боломжийг бүрдүүлсээр байгаа билээ. Орчин үеийн хот суурин газрын хэрэглэгчид нь дуу, өгөгдөл, дүрсийн гурвалсан үйлчилгээний хэрэглээг өргөн ашиглах болсон. Гурвалсан үйлчилгээнүүд уламжлалт телефон яриа, өргөн зурвасын интернет, (өгөгдөл, e-mail, вэб, файл дамжуулал), дүрст яриа, интернет тоглоом, интернет видео, теле хурал, IP телевиз гэх мэт үйлчилгээнүүд багтана. Эдгээр үйлчилгээнүүдийг хэрэглэгчдэд хүргэхэд дамжууллын зурвасын өргөн ихээр

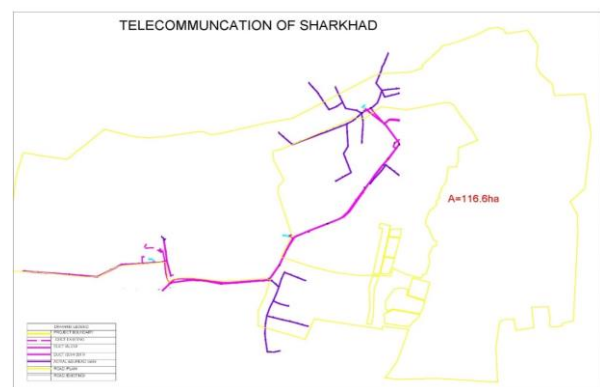
шаардагддаг. Иймд хэрэглэгчдэд эдгээр үйлчилгээг хүргэхэд идэвхгүй оптик сүлжээ (PON)-г ашиглах боломжтой. Яагаад гэвэл оптик хэрэглэгчийн сүлжээ нь уламжлалт зэс кабелийн болон утасгүй хэрэглэгчийн сүлжээг бодвол илүү өргөн зурвасыг дамжуулах чадвартай юм.

Иймд уг дэд төвийг холбоожуулахдаа PON сүлжээгээр хангах, уг сүлжээний бүтцийг одогийн байгаа худаг сувагчлалын боломж дээр тулгуурлан тодорхойлох, түүний төгсгөлийн төхөөрөмжүүдийн байршил тоо хэмжээг хэрэглэгчдийн хэрэгцээг тодорхойлох замаар тогтоох шаардлагатай.

1. Сүлжээний одоогийн байдал

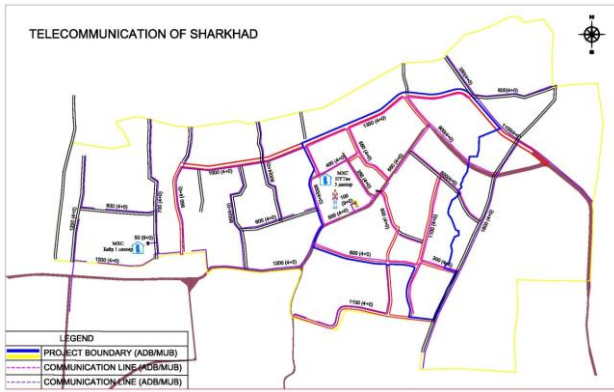
Автомат телефон станц (АТС) 45-н хүрээний Станц болон хуваарилах шүүгээнүүд нь 1998 онд суурилагдсан, МОН-1300 төслийн хүрээнд худаг сувагчлал нь тухайн үеийн ачаалалд тохируулан хийгдсэн, кабелийн өргөтгөлийн ажил хийгдээгүйгээс үндсэн сүлжээнд хамрах хүрээ, хүртээмж хангалтгүй байгаа билээ.

Шархад нь хүн амын нягтралтай төв. АТС-45 станц нь АТС-32 станцын төвийн сүлжээтэй шилэн кабелиар холбогддог.



Зураг. 2.1. Шархадны дэд төвийн төлөвлөлтийн хэсгийн одоогийн сувагчлал болон агаарын трасс.

АТС-45 станц нь нийт 65 хуваарилах шүүгээтэй бөгөөд хотын зүүн хэсгийг харилцаа холбоогоор хангадаг. Тэдгээрээс 4501, 4503, 4506, 4505 -ын шүүгээ нь хэсэгчилсэн ерөнхий төлөвлөгөөний дагуу Шархадны бүсийг харилцаа холбооны үйлчилгээгээр хангадаг.



Зураг 2.2. Шархадны дэд төвийн харилцаа холбооны сүлжээний төлөвлөгөө

Хүснэгт 2.1. Шархадны дэд төвийн харилцаа холбооны сүлжээний төлөвлөгөө (Төслийн бүс)

№	Нэр	Төрөл	Нэгж	Тоо
1	Харилцаа холбооны үйлчилгээ, мэдээллийн төв /3 давхар байшин/ - 1 ширхэг	(25x12м)	м2	1008
3	Шилэн кабель	96 гол	100м	55.0
4	Энгийн суваг (4+0), L5T хэлбэрийн холбооны худаг /дунд хэмжээний/	φ110мм	100м	88.5
5	Анхдагч суваг(9+0), M1 төрлийн холбооны худаг /том хэмжээний/	φ110мм	100м	1.0
6	Цамхаг		25-30м	1.0

Хүснэгт 2.2. Шархадны дэд төвийн (Дэд төвийн бүс) харилцаа холбооны сүлжээний төлөвлөгөө

№	Нэр	Төрөл	Нэгж	Тоо
1	Харилцаа холбооны үйлчилгээ болон мэдээллийн төв /3 давхар байшин/ -1 ширхэг	(25x12м)	м2	1008
2	Харилцаа холбооны үйлчилгээ болон мэдээллийн төв-/Дүүргийн/-1 давхар байшин	(6x12м)	м2	72

3	Шилэн кабель	96 гол	100м	105.0
4	Энгийн суваг (4+0), L5T төрлийн холбооны худаг /дунд хэмжээний/	φ110мм	100м	218.0
5	Энгийн суваг (9+0), M1 Хэлбэрийн холбооны худаг /том хэмжээний/	φ110мм	100м	1.5
6	Цамхаг		25-30м	1.0

Цаашид нэгдсэн барилгын төвөөс салаалан салбар кабелийн тархалтыг шинээр төлөвлөж өгснөөр хэрэглэгчдийн эрэлт хэрэгцээг хангасан, хэрэглэгчдэд мэдээлэл холбооны үйлчилгээг хүргэх хамгийн сүүлийн үеийн дэвшилтэд системийн (IP телевиз, суурин болон хөдөлгөөнт холбоо, интернэт) тоон технологи, нэгдмэл үйлчилгээтэй сүлжээ байгуулан хэрэглэгч бүрийг шилэн кабелийн сүлжээнд холбож, өндөр хурдны өргөн зурвасын сүлжээ байгуулан орон зай, цаг хугацааны ялгаваргүйгээр цахим үйлчилгээг найдвартай хүргэх нөхцлийг бүрдүүлэх боломжоор хангахад оршино.

Гэр хорооллыг холбоожуулах төслийн хүрээнд бүх оператор компаниудыг нэгтгэсэн нэг цэгийн үйлчилгээтэй төвийг бий болгох зорилгоор нэгдсэн холбооны барилгын ажил хэрэгжүүлэх шатандаа явж байна.

Улаанбаатар хотын телефон сүлжээ нь он удаан жилийн түүхтэй насжилт ихтэй учир сэлбэлт хийж засварлагдаагүй хуучирч муудсан кабель ихтэй, сэлбэн засварладаг боловч трассын урт ихтэй гол кабелийг солих засварлахад үнэ өртөг өндөр тусдаг учраас бүрэн солих боломж эдийн засгийн хувьд ч хүндрэлтэй байдаг.

Үүний тулд орчин үед нийцсэн өндөр хурдны өргөн зурвасын идэвхгүй PON сүлжээг үүсгэн шилэн кабелиар холбож өгснөөр гэр хорооллын айл өрх бүрийг гурвалсан үйлчилгээнд холбох судалгааг хийснээр цаашдын хүлээгдэж буй үр дүнтэй ажил юм.

2. Идэвхгүй оптик сүлжээний технологи

2.1. Оптик хэрэглэгчийн сүлжээний ойлголт, ангилал

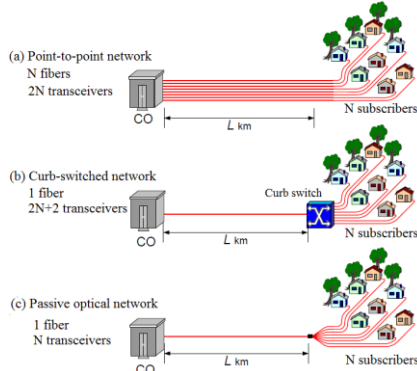
Хэрэглэгчийн сүлжээ нь харилцаа холбооны төрөл бүрийн үйлчилгээнд хандах хэрэглэгчдэд “Хэрэглэгч-сүлжээ” хоёрын хоорондын интерфейс болдог. Хэрэглэгчийн сүлжээний архитектурт олон

үйлчилгээнүүдийг ерөнхий нэг хэрэглэгчийн сүлжээнд нэгтгэх нь бүх үйлчилгээний хандах эх үүсвэрийг хувааж хэрэглэх замаар хийгдэх учир энэ нь хэрэглэгчдэд үйлчилгээ хүргэх асуудлыг эдийн засгийн хэмнэлттэйгээр шийдэх боломжийг олгодог.

Шилэн шөрмөс нь хэрэглэгчийн сүлжээнд 20 км-ийн зайнд дуу, өгөгдөл ба дүрсийн нэгдсэн үйлчилгээг хүргэх зурвасын өргөний боломжтой юм.

Хэрэглэгчийн сүлжээнд шилэн шөрмөс нэвтрүүлэх логик аргууд нь (Зураг 2):

- Цэгээс-цэгт сүлжээ (P2P)
- Курв холболт тогтолтот сүлжээ (Curb-switched network)
- Идэвхгүй оптик сүлжээ (PON)



Зураг 2.1.1 Хэрэглэгчийн сүлжээнд шилэн шөрмөс нэвтрүүлэх логик аргууд

Эдгээрээс идэвхгүй оптик сүлжээ (PON) нь эхний милийн асуудлуудыг шийдэх сайн технологи юм.

PON (Passive optical network) - Идэвхгүй оптик сүлжээ нь зөвхөн оптик сүлжээнд хэрэглэдэг бөгөөд түгээх сүлжээндээ ямар нэгэн идэвхтэй элемент оролцоогүй эцсийн милийн холболтыг нийлүүлдэг цэгээс-олон цэгт архитектурт оптик кабелийн сүлжээ юм. PON буюу идэвхгүй оптик сүлжээний гол зорилго нь сүлжээний хамгийн сүүлийн идэвхитэй элементийг гол сүлжээнд холбоход оршино. Тухайн цэгээс идэвхгүй оптик салаалагч нь сүлжээнд холбогдсон өрх бүрт зурвасын өргөнийг хуваарилдаг.

PON технологи нь маш өндөр өгөгдөл дамжуулах хурдаар хэрэглэгчдийг холбох ба сүлжээний эхлэл төгсгөл хоёроос бусад нь бүх дамжуулах сүлжээнээс ялгаатай бөгөөд ямарч цахилгаан төхөөрөмжийг гадна байгууламждаа агуулдаггүй. Ингэснээр хэрэглэгчийн үйлчилгээний найдвартай ажиллагааг хангаж

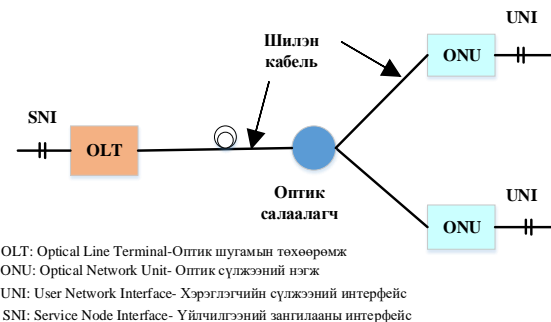
зардлыг бууруулах гол шалтгаан болдог ба дараах давуу талуудыг бий болгодог. Үүнд:

- Анхны хөрөнгө оруулалт бага
- Ашиглалтын зардал бага
- Найдваржилт өндөр
- Дохионы хурд ба форматад тунгалаг (идэвхгүй салаалагч нь PON сүлжээний хурдад үл хамааралтай ажиллагаатай).

Заримдаа PON сүлжээг FTTx (Fiber To The x) сүлжээ гэж нэрлэдэг. FTTx сүлжээ буюу байшин (FTTB) ба айл өрх (FTTH) үрүү шилэн шөрмөс хүргэх юм. FTTH сүлжээний байгуулалт өртөг өндөртэй мөн хязгаарлагдмал, FTTB сүлжээ нь өртгийн хувьд үр ашигтай шийдэл бөгөөд FTTC сүлжээний архитектурууд нь шилэн кабель суурилуулахад тохиромжгүй хэрэглэгчдэд өргөн зурвасын үйлчилгээ үзүүлэхэд ашиглагдана.

2.2. Идэвхгүй оптик сүлжээ (PON)

PON сүлжээ нь дараах бүрэлдэхүүн хэсэгтэй (Зураг 3).



Зураг 2.1.2. PON сүлжээний ерөнхий архитектур

- Оптик шөрмөс, хуваагч, салаалагчуудаас тогтсон түгээх сүлжээ
- OLT(Optical Line Terminal)- Төв оффис дээр байрлах оптик шугамын төгсгөлийн төхөөрөмж
- ONU (Optical Network Unit)- Хэрэглэгчийн байршил дээр байрлах оптик сүлжээний нэгж.

OLT (Optical Line Terminal) төхөөрөмж нь сүлжээний эхлэлийн төхөөрөмж бөгөөд томоохон хотыг PON сүлжээгээр хангах чадалтай.

Splitter- Оптик салаалагч төхөөрөмж нь OLT-ээс ирсэн нэг шилэн кабелийн дохиог өөрийнхөө гаралтын тоогоор салаалан гаргах үүрэгтэй. Салаалагч нь бүгд цахилгаан хэрэглэдэггүй идэвхгүй төхөөрөмж юм. Нэг

оролт бүхий салаалагчийг хуваагч (Splitter), нэг гаралт бүхий салаалагчийг нэгтгүүр (Combiner) гэнэ. Салаалагчийг ашигласнаар хэрэглэгчдийг бага зардлаар илүү найдвартай, хурдан сүлжээнд холбох боломж бүрддэг.

ONU (Optical Network Unit) төхөөрөмж нь хэрэглэгчийн талд байрлах бөгөөд гэрлийн дохиог цахилгаан дохионд хувиргадаг. Харин хэрэглэгч бүрт цахилгаан дохиог дамжуулахдаа ямар ч кабелиар хүргэж болно. ONU нь тухайн хотхоны байрны доор байрлах бөгөөд үүнээсээ хэрэглэгч рүү физик кабелиар дамжуулдаг. ONU бүр нь сүлжээний боломжит зурвасыг хуваан ашигладаг.

ODN (Optical Distribution Network) нь PON сүлжээний төхөөрөмж дээр тулгуурласан FTTH шилэн шөрмөсийн сүлжээ юм. Түүний үүрэг OLT болон ONU хооронд оптик дамжуулах сувгийг хангах юм. ODN гол бүрэлдэхүүн хэсэг нь оптик шилэн кабелиуд, оптик холбогч, салаалагч, тэдгээрийг суулгахад холбогдох төхөөрөмжүүд орно. PON сүлжээнд мэдээллийн урсгал нь:

- Доош чиглэлд-Цэгээс олон цэгт (P2MP)
 - Дээш чиглэлд-Хуваан ашиглах (Shared)
- зарчмаар дамжуулагддаг.

3. Улаанбаатар хотын сүлжээ ашиглалтын газрын Хэгийн чиг хандлага

- 3.1. УБ хотын ачаалал их худаг сувагчлалаас ашиглалтын шаардлага хангахгүй физик болон тугалган кабелийг чөлөөлөх,
- 3.2. Хотын төв болон авто зам дагуу агаараар технологийн бус татагдсан шилэн кабелийг сувагчлал руу оруулах ажлыг зохиог байгуулах,
- 3.3. “Нэгдсэн мэдээллийн сан”-гийн программд худаг сувагчлал, кабель шугамын байгууламжийн мэдээллийг бүртгэн оруулж мэдээллийн бааз үүсгэх,

3.1. Физик кабель

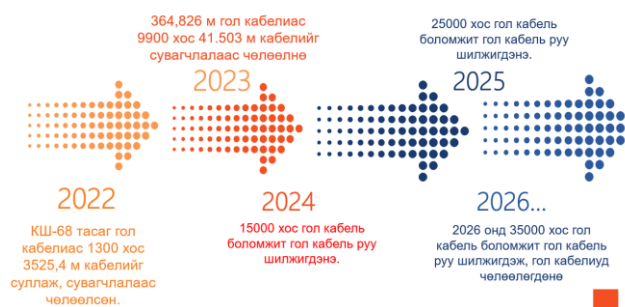
Улаанбаатар хотын хэмжээнд 124604 хос гол кабель, 26414 хэрэглэгч байгаа ба Станцын багтаамжийн ашиглалт 21%.

Улаанбаатар хотын сүлжээ ашиглалтын Газрын (УБХСАГ) зорилго: Станцын багтаамжийн ашиглалтыг 100% болгох буюу

Гол кабелийн багтаамжийг 50000 хос болгон бууруулж, техникийн бэлэн байдлын түвшин хангаж ажиллах. Нийт гол кабелийн урт 324826 метр, Иймээс:

Ашиглалтын шаардлага хангахгүй, хугацаа хэтэрсэн тугалган болон физик кабелиудыг худаг сувагчлалаас чөлөөлөх ажлын хүрээнд 2022 онд 1300 хос кабелийг боломжит гол кабель руу шилжүүлж, 3525,5 метр кабель хураасан нь Нийт гол кабелийн уртын 0,1%.

Цаашид хийгдэх ажлууд:



Дээрхи том оврын физик үе дараалалтай чөлөөлөх явцад, худаг сувагчлалын ачаалал улам бүр багасаж, шилэн кабелиуд шинээр татах боломжууд бүрдэнэ.

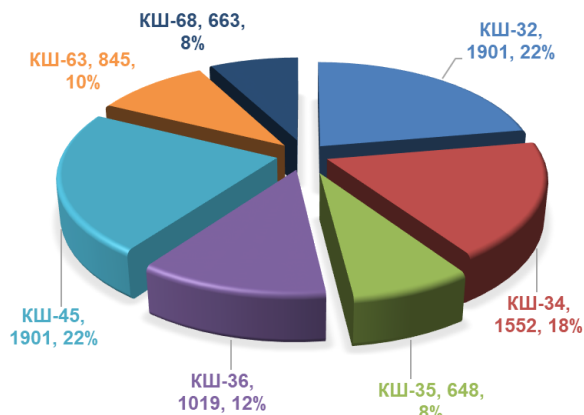
3.2. Технологийн бус татагдсан агаарын кабелиуд

Нийслэлийн мэдээлэл технологийн газар, Харилцаа холбооны зохицуулах Хороотой (ХХЗХ) хамтран УБ хотын өнгө үзэмжийг сайжруулах үүднээс гэрлийн шон болон бусад баганаар технологийн бус татагдсан агаарын шилэн кабелиудыг сувагчлал руу оруулах төслийн хүрээнд 7 станцийн төв трассын 88 чиглэлд ачааллын судалгаа гаргасан. Эндээс:



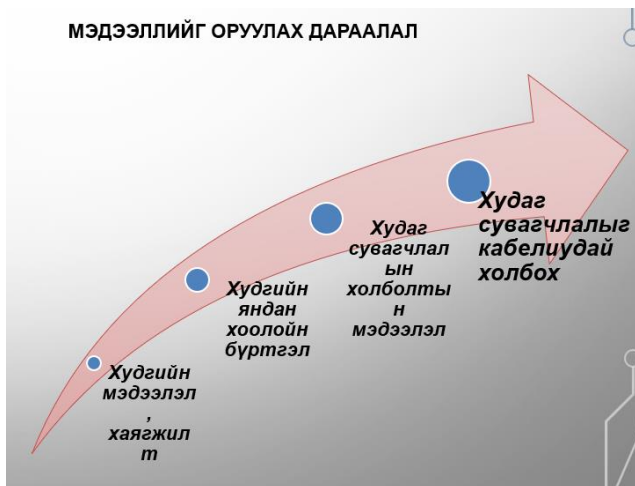
3.3. “Нэгдсэн мэдээллийн сан”-гийн үүсгэх

Улаанбаатар хотын хэмжээнд 7 станцын хүрээнд Нийт: 9181 худагтай.



Ажиллах дараалал:

МЭДЭЭЛЛИЙГ ОРУУЛАХ ДАРААЛАЛ



Тус ажлын хийснээр:

- УБ хотын худаг сувагчлалаар татагдсан Төрийн болон хувийн байгууллагуудын бүх шилэн кабелийн ашиглалт үйлчилгээг хариуцсан ажиллах,
- Юнивишн ХХК, Скаймедиа ХХК-уудын шилэн кабелийн ашиглалт үйлчилгээг авах,
- Компанид орлого төвлөрүүлэх давуу талтай.

Дүгнэлт

Энэхүү төслийн ажлыг хэрэгжүүлсэнээр гол болон салбар сувагчлалын трассын байгуулалтыг зөв зохион байгуулах, холбооны нэгдсэн төвтэй нэг цэгийн үйлчилгээгээр оператор компаниудын мэдээлэл холбооны үйлчилгээг тэгш хүргэхэд оршино.

Мөн шилэн кабелийн сүлжээний корын багтаамжийн судалгааг гаргах, идэвхгүй оптик PON сүлжээний бүтцийг төлөвлөн төгсгөлийн тоног төхөөрөмжийн тоог гаргаж сүлжээг оновчтой, ашигтай байдлаар төлөвлөх нь бусад мэдээлэл холбооны компаниудын үйлчилгээг өөрийн сувагчлалаар дамжуулах, агаарын баганаар татагдсан кабелийг сувагчлалаар оруулах, гурвалсан үйлчилгээг авах боломжгүй гэр хорооллын айл өрх бүр уг сүлжээнд холбогдох боломжтой болох юм.

Ерөнхий төлөвлөгөөний зураг дээр холбоожуулах трассын зургийг гарган зөв зохион байгуулснаар цаашид шинээр баригдах барилга байгууламж холбоожиход амар болно гэж дүгнэж байна.

Estimator Pro-Барилгын төсвийн программаар эдийн засгийн тооцооллыг гаргаснаар бусад дэд төвийг холбоожуулахад жишиг үнийн саналыг харьцуулан ашиглах боломжтой болох юмаа.

Ном зүй:

- [1]. “Улаанбаатар хотын гэр хорооллыг хөгжүүлэх хөрөнгө оруулалтыг дэмжих төсөл” хөтөлбөрийн танилцуулга
- [2]. Ц.Балжинням “Судалгаа шинжилгээний ажлыг гүйцэтгэх арга зүй I” 2019 он
- [3]. “МХС” ХХК, “МЦХ” ХК-ний эх сурвалж
- [4]. АвтоКАД-програм
- [5]. <http://uda.ub.gov.mn/> вэб хуудас
- [6]. <https://manaikhoroo.mn/> вэб хуудас.
- [7]. <http://www.ub-subcenter.mn/> вэб хуудас
- [8]. <http://uda.ub.gov.mn/> вэб хуудас

МОНГОЛЫН БАРИЛГЫН МЭДЭЭЛЭЛТЭЙ СИСТЕМИЙН ХЭРЭГЛЭЭ

¹А.Эрхэмсайхан, ²Г.Ганчимэг

^{1,2}Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

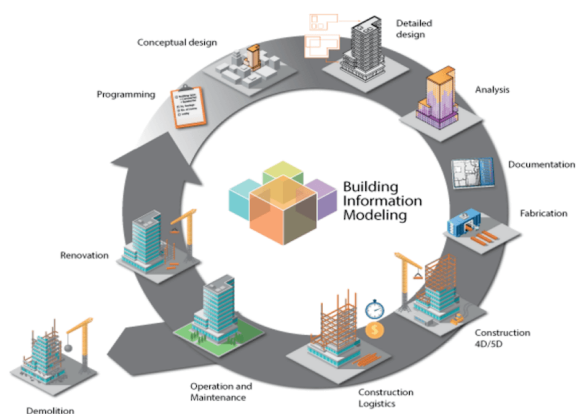
¹a.erkheme@gmail.com, ²ganaa@must.edu.mn

Хураангуй— Улаанбаатар хот 25 жилийн өмнө хот төлөвлөлтөөр Азидаа нэлээн дээгүүр ордог байсан бол одоо хот төлөвлөлт нилээн тааруу болсон. Монгол улсад барилгын мэдээлэлтэй системийн өнөөгийн байдлыг тодорхойлох, түүнийг хэрэгжүүлэх үе шат аргачлалыг тогтоож хэрэгслийг сонгох хэрэгцээ шаардлага өнөө үед тулгамдсан асуудлуудын нэг хэвээр байна. Building Information Modeling (BIM) системийг хэрэгжүүлэхэд анхаарах гол санамжуудыг олон улсын мэргэжилтнүүд хамгийн эхэнд авч үзэх хэрэгтэй гэж үзэж байна. Манай орны хувьд Барилга, хот байгуулалтын яам ажиллаж эхэлсэн бөгөөд эхний 2 стандарт батлагдаж гарсан ба зөөлөн, хатуу дэд бүтцүүдийг бий болгоход шийдвэрлэх үүрэгтэй ажлууд хүлээгдэж байна. Энэхүү өгүүлэлд BIM системийн үйл явцын талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг— барилга, мэдээлэл, систем, өгөгдөл, загварчлал

I. УДИРТГАЛ

Building Information Modeling (BIM) гэж юу вэ? Building Information Modeling буюу Барилгын мэдээлэлтэй загварчлал (БМЗ) гэдэг ойлголтыг хүн бүр янз бүрээр тодорхойлдог нь бүгд нэг зүйлийг олон талаас харсны шинж юм [1]. БМЗ нь барилга барих анхны санаанаас, нураах хүртэл амьдралын бүх мөчлөгүүдийн явцад гаргах шийдвэрүүдэд үнэн зөв, суурь, нийтийн хэрэглээний мэдлэгийн нөөцийг үүсгэдэг. Мөн барилга байгууламжийн биет болон үйл ажиллагааны шинж чанарын цахим илэрхийлэл ба барилгыг виртуал орчинд төлөвлөж, угсарч, ашиглаж үзэх процесс юм [3-5].



Зураг 1. Building Information Modeling (BIM) [2]

Дараах тодорхойлолтууд бүгд үнэн бөгөөд өөр өөр шинж чанаруудыг тодотгож өгснөөрөө ялгаатай юм. Үүнд [3-5]:

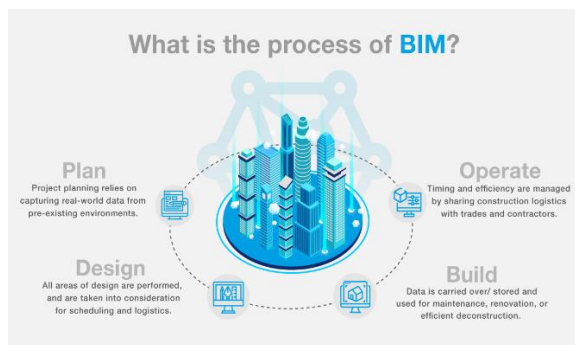
- Вим дэмжигч программ ашиглан дараах асуудлыг бүрэн шийдсэн нь уламжлалт аргаар зурснаас 20 хувиар хурдан болсон. Зургийн бүх

архитектор, инженерүүд нэг сервер дээр ажилладаг тул зураг төслийн уялдаа маш сайн.

- Халаалт, агаар сэлгэлт, цэвэр бохир усны шугамууд хоорондоо огтлолцохгүй барилгыг виртуал орчинд 3D төлөвлөдөг тул хүн бүхэн ойлгох боломжтой.
- Барилгын материал эдлэхүүнийг программын аргаар түүдэг тул тоо хэмжээний зөрүү үүсэхгүй ба зураг төсөлтэй танилцахад заавал мэргэжлийн мэдлэгтэй байх шаардлагагүй. Гүйцэтгэгч байгууллага хэвлэмэл зураг дээрх тодорхойгүй зүйлүүдийг виртуал загварыг ашиглан тодруулах боломжтой.

BIM дэмжигч программ ашиглаж зураг төсөл боловсруулснаар дараах давуу талуудтай. Үүнд [6-7]:

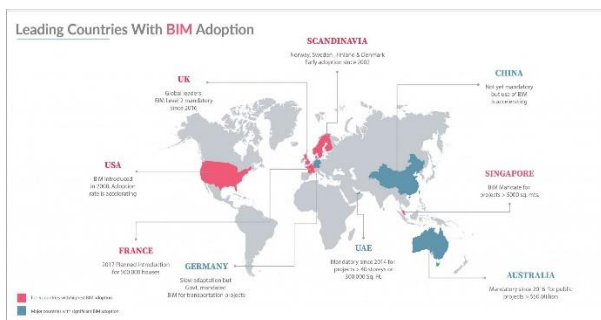
- Бүх зүйлийг маш нарийн урьдчилан тооцдог тул барилгын чанарыг маш сайн болгоно.
- Ашиглалтын зардал хамгийн бага байх хувилбарыг зураг төсөл эхлэхээс өмнө тодорхойлно.
- Auto CAD программаар хийснээс зургийн чанар болон хурд 2-3 дахин нэмэгдэнэ.
- Өндөр хөгжилтэй бусад орнуудтай илүү сайн хамтран ажиллах боломжийг нээж өгнө.
- Барилгын өртгийг бодит болгох замаар одоогийн зарцуулж байгаа зардлыг 30 хүртэл хувиар бууруулна.
- Барилгын материалын тоо хэмжээг нарийн, алдаагүй гаргана. Барилга угсралтын ажлын графикийг программын тусламжтай боловсруулна. Интерьерийн зургийг заавал тусад нь хийлгэх шаардлагагүй.
- Шинэ техник, технологийг барилгадаа тусгахад илүү хялбар.



Зураг 2. Building Information Modeling process [2]

II. BIM СИСТЕМИЙН ХЭРЭГЛЭЭ

Барилгын мэдээлэлтэй нэгдсэн системийг одоогийн байдлаар хувь хүмүүс, байгууллагууд 2011 оноос хойш хэрэглэж байгаа нь сайшаалтайч тэдний хийж гүйцэтгэсэн ажлыг улсын хэмжээнд хуваалцах, мэдээллийн санд оруулж хамтран ажиллах нөхцөл бүрдээгүй байна. Энэхүү салангид системүүдийг судлах явцдаа нэгдсэн мэдээлэлтэй системтэй болох хэрэгцээ шаардлага Монгол улсад байгааг олж харсан ба үүний эхлэлийг тавих зорилт тавин уг судалгааг хийж байна. Монгол улсад БМС 2011 оноос яригдаж эхэлсэн бөгөөд 2012 онд “Хот төлөвлөлтийн хүрээлэн” ХХК БМС-ийн хэрэгсэл болох Allplan программыг албан ёсоор нэвтрүүлсэн. 2024 оноос төрийн бус байгууллагууд, хувийн хэвшлийн байгууллагууд идэвхтэй болж 2015, 2016, 2017, 2018, 2022 онуудад дотоодын арга хэмжээ, сургалтууд, уулзалт ярилцлага, танилцуулгууд болсон. Олон улсын түвшинд BIM системийг хэрэгжүүлдэг олон орон байдаг. 3 дугаар зурагт BIM системийг хэрэгжүүлдэг орнуудыг бүсчлэн үзүүлсэн.



Зураг 3. BIM системийг хэрэгжүүлдэг орнууд [2]

BIM нь байгальд ээлтэй, чанартай барилгыг өндөр бүтээмжтэй барих бололцоог олгодог тул захиалагч, ашиглагч нарт хамгийн их ашигтай. Мөн хийгдэх ажил нь уялдаатай, нарийн, тодорхой, хурдан шуурхай болдог тул барилга угсралтын болон зураг төслийн байгууллагуудад өндөр бүтээмжийг олгодог. Дараах асуултууд BIM яагаад хэрэглэх хэрэгтэй гэдгийг тодорхойлж өгнө. Үүнд [1-9]:

- **Барилгын чанар яагаад сайжирдаг вэ?** Цахим орчинд барилгаа загварчилж бүх уялдаа

холбоо, тооцооллоо хийдэг тул барилгын талбай дээр нураах, буулгах, өөрчлөх шаардлага тулгарахгүй.

- **Зураг төслөө боловсруулаагүй байхдаа ашиглалтын зардлаа яаж тооцох юм бэ?** Хэдийгээр норм, дүрэм, стандартын дагуу барилгыг барьж байгаа ч гэсэн барилгын эдлэхүүн төлөвлөлт, эргэлтийн өнцгөөс хамаарч барилгад зарцуулах дулааны зарцуулалт өөр өөр байдаг. Үүнийг концепцийн шатандаа шийдэх боломжтой.
- Уламжлалт аргаар барилгын зургийн архитектор, инженерүүд тус тусдаа барилгыг 2D хэлбэрээр зурдаг байсан бол BIM дэмжигч программ ашигласнаар нэгдсэн байдлаар 3D хэлбэрээр загварчилдаг. Төлөвлөлтийн орон зайгаа тусгай төхөөрөмж ашиглан хэмжинэ.
- **Үргүй зардал гэж юуг хэлж байна вэ? Хэрхэн багасгаж байгаа вэ?** Дэлхийн олон орны судалгаагаар барилгад хэрэглэж байгаа материалын 10-37 хувь нь хаягдал болдог. Мөн хийгдэх ажил нь нарийвчлагдаагүй, тодорхой бус байдлаас хүлээлт үүсдэг. Зураг төслийн уялдаа холбоогүй байдлаас шалтгаалж хийсэн ажлаа нураах, бусад хийсэн ажлаа эвдэх тохиолдол ихээхэн гардаг. Энэ нь барилгын үргүй зардлыг ихээхэн нэмэгдүүлдэг.
- **Барилгын материалын тоо хэмжээг алдаагүй гаргаж байгааг хэрхэн батлах вэ?** Уламжлалт аргаар барилгын материал, эдлэхүүн, тоног төхөөрөмжийг хүн тоолж гаргадаг. Ингэснээр буруу дутуу түүвэр хийх алдаа маш их байдаг. Энэ нь бараа материалын хаягдал гарах, хүлээлт үүсэх зэрэг ихээхэн асуудлуудыг дагуулдаг.
- **Та тооны машин, Excel болон бусад программ хангамжууд эвдэрсэн биш л бол алдаж байхыг харсан уу?** Яг үүнтэй ижил BIM дэмжигч программын тусламжтай тоо хэмжээг алдаагүй гаргадаг.
- **Барилга угсралтын шатандаа графикаа хэд дахин өөрчилж, түүндээ цаг хугацаа их зарцуулсаар залхаж байна уу?** Барилга угсралтын төлөвлөгөөг зураг төслийн байгууллагын гаргасан цахим загварчлал ашиглан программын тусламжтай боловсруулдаг тул нарийн, тодорхой, бодит гаргадаг.
- **Өөрчлөлт орох бүртээ программдаа тусгаснаар автоматаар шинэчлээд явах боломжтой интерьер гэж тусад нь авч үздэг төлөвлөлт юм уу?** Барилгаа мэдээлэлтэй 3D хэлбэрээр загварчилдаг тул танилцуулах материал, интерьер, экстерьерийн зургийн дахин шинээр хийх шаардлагагүй.

III. BIM СИСТЕМИЙН ҮЙЛ ЯВЦ

BIM системийн давуу тал нь илүү сайн үр дүнд хүрэхийн тулд дизайн, инженерчлэлээс эхлээд

барилга, ашиглалт хүртэлх төслийн бүх амьдралын мөчлөгийн туршид баг, ажлын урсгал, өгөгдлийг холбох явдал юм. Мөн BIM нь дизайн, бүтээн байгуулалт, үйл ажиллагааны явцад өгөгдөл үүсгэх, удирдахад ашиглагддаг [8-9]. BIM олон салбарын өгөгдлийг нэгтгэж, бодит цагийн хамтын ажиллагаанд зориулж нээлттэй үүлэн платформ дээр удирддаг нарийвчилсан дижитал дүрслэлийг бий болгодог. BIM системийг ашиглах нь танд илүү харагдахуйц, илүү сайн шийдвэр гаргах, илүү тогтвортой сонголтууд болон АЕС төслүүдийн зардлыг хэмнэх боломжийг олгоно. BIM системийн үйл явц нь барилга байгууламж эсвэл дэд бүтцийн төслийн амьдралын туршид ашиглах боломжтой ухаалаг өгөгдлийг бий болгоход тусалдаг.

Төлөвлөгөө: Одоо байгаа баригдсан болон байгалийн орчны контекст загварыг бий болгохын тулд бодит байдлын зураг авалт болон бодит ертөнцийн өгөгдлийг нэгтгэх замаар төслийн төлөвлөлтийг мэдээлэх [5-8].



Зураг 4. BIM төлөвлөгөө [9]

Дизайн: Энэ үе шатанд концепцийн дизайн, дүн шинжилгээ, нарийвчилсан болон баримтжуулалтыг гүйцэтгэдэг. Барилга угсралтын өмнөх үйл явц нь хуваарь, логистикийг мэдээлэхийн тулд BIM өгөгдлийг ашиглаж эхэлдэг [5-8].



Зураг 5. BIM дизайн [9]

Барих: Энэ үе шатанд BIM техникийн үзүүлэлтүүдийг ашиглан үйлдвэрлэж эхэлнэ. Төслийн барилгын логистикийг хамгийн оновчтой хугацаа, үр ашгийг хангах үүднээс худалдаачид болон гүйцэтгэгчидтэй хуваалцдаг [5-8].



Зураг 6. BIM барих [9]

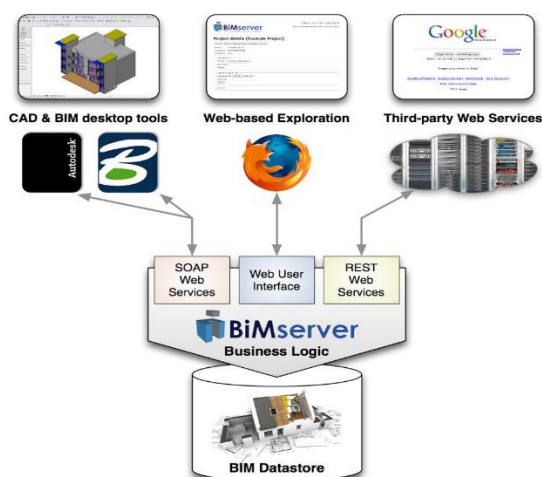
Ашиглах: BIM өгөгдөл нь бэлэн хөрөнгийн үйл ажиллагаа, засвар үйлчилгээнд шилждэг. BIM системийн өгөгдлийг зардал багатай засварын ажил эсвэл үр дүнтэй задлахад ашиглаж болно [5-8].



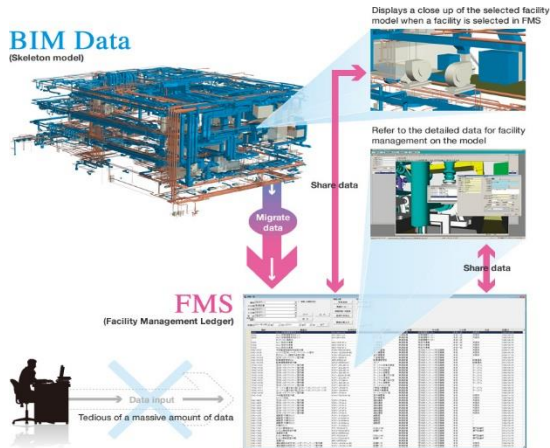
Зураг 7. BIM ашиглах [9]

IV. BIM СИСТЕМИЙН ХАМТЫН АЖИЛЛАГАА

Багууд BIM дээр хамтран ажиллахын тулд төслүүдийг салбар даяар хүргэх аргад хувьсгал хийж, төслийн гүйцэтгэлд оюун ухаан, үр ашгийг нэмж, төслийг илүү сайн үр дүнд хүргэхийн тулд төслийн үе шат бүрд баг, өгөгдөл, ажлын урсгалыг үүлэн сүлжээнд холбож байна [5-10].



Зураг 8. BIM серверийн бүтэц [11]



Зураг 9. BIM дана [11]

- **BIM Interoperability гэж юу вэ?** BIM системийн харилцан ажиллах чадвар нь АЕС программ хангамжийн хэрэгсэл, үйлдвэрлэгчээс үл хамааран салбар хоорондын уялдаатай ажиллах, харилцах чадвар юм. Autodesk дээр бид өгөгдлийн тасралтгүй холболтоор тодорхойлогдсон нээлттэй, харилцан ажиллах боломжтой АЕС программ хангамжийн экосистемийг дэмжих үүрэг хүлээдэг.
- **BIM системийг хэрхэн амжилттай хэрэгжүүлэх вэ?** BIM рүү шилжих нь хэцүү ажил мэт санагдаж болох тул танай компанид BIM системд шилжих явцад үр дүнтэй алсын харааг бий болгох, өөрчлөлтийг удирдахад туслах хоёр стратегийг авч үзэх хэрэгтэй.
- **BIM яагаад чухал вэ?** НҮБ-ын тооцоогоор 2050 он гэхэд дэлхийн хүн ам 9.7 тэрбум болно. Дэлхийн АЕС салбар нь дэлхийн эрэлт, хэрэгцээг хангах төдийгүй илүү ухаалаг, уян хатан орон зайг бий болгоход туслах илүү ухаалаг, үр ашигтай арга замыг эрэлхийлэх ёстой. BIM нь зураг төсөл, барилгын багуудад илүү үр дүнтэй ажиллах боломжийг олгодог төдийгүй үйл ажиллагаа, засвар үйлчилгээний үйл ажиллагаанд ашиг тустай байхын тулд үйл явцад бий болгосон өгөгдлийг цуглуулах боломжийг олгодог. Ийм учраас дэлхий даяар BIM системийн хэрэглээ нэмэгдэж байна.

Дүгнэлт

Тус өгүүлэлд барилгын мэдээлэлтэй системийн талаар судалж BIM системийн хэрэглээ болон үйл явцыг тодорхойлсон. Мөн BIM системийн хамтын ажиллагаа болон түүнд хэрэглэдэг программ хангамжуудын судалгааг хийсэн. Олон улсад барилгын зураг төслийг боловсруулахдаа ихэвчлэн ArchiCAD, Vectorworks, Revit, Allplan хэрэглэдэг байсан бол 2020 оноос түлхүү Revit программ хангамжийг хэрэглэж байна. Барилгын мэдээлэлтэй системийг манай орны хувьд нэвтрүүлэх нь барилгын стандарт нормыг чанга мөрдүүлэх,

аюулгүй ажиллагааг хангах болон бусад бүхий л тал дээр хэрэгтэй юм.

НОМ ЗҮЙ

- [1] https://en.wikipedia.org/wiki/Building_information_modeling
- [2] <https://bimmda.com/en/what-is-bim>
- [3] <https://www.lodplanner.com/what-is-bim/>
- [4] <https://www.autodesk.com/industry/aec/bim>
- [5] Chuck Eastman, Paul Teicholz, Rafael Sacks, Kathleen Liston, BIM Handbook, 2nd edition, 2011
- [6] Ingibjorg Birna Kjartansdottir, etc, Building Information Modelling Bim, 2017, Iceland Great Britain
- [7] Little book OF BIM, 2020, <https://www.bsigroup.com/globalassets/localfiles/en-us/brochures/bim/little-book-bim.pdf>
- [8] Yusuf Arayici, Building Information Modeling, 2015
- [9] <https://www.archiexpo.com/prod/graitec/product-2549-2197269.html>
- [10] <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781119287568>
- [11] <https://www.freepdfbook.com/building-information-modeling/>
- [12] https://www.stress-free.co.nz/bimserver_and_the_potential_of_serverside_bim

Бодлыг бодит болгох нь – ТКИ системдсуурилсан машин сургалтын арга

Баянмөнх Батболд
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
b201940009@must.edu.mn

Билэгдэмбэрэл Дандар
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
bilgeebile89@gmail.com

Тэнгис Цэрэндондог
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
tengis@must.edu.mn

Мөнхбаяр Бат-Эрдэнэ
Системийн аюулгүй байдлын салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
munkbayar.b@must.edu.mn

Батмөнх Амар
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
abatmunkh@must.edu.mn

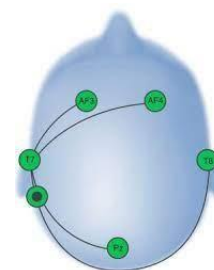
Үүрцайх Лувсансамбуу
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
uurtsaikh@must.edu.mn

Хураангуй - Энэхүү судалгаанд бид гэрэл асаах төсөөллийг хэрэглэн тархи компьютерын интерфэйсийг (BCI – Brain Computer Interface) хэрхэн зохион бүтээх, хөгжүүлэх талаар өгүүлж байна. Сургалтын өгөгдлийг чийдэнгийн дүрсийг ажиглах замаар тархины цахилгаан дохиог бичиж цуглуулсан. Уг дохионоос онцлогуудыг гарган авч машин сургалтын логистик регрессийг хэрэглэн төсөөллийг ангилсан болно. Электродуудаас бүрдсэн толгойн өмсгөлөөс харааны мэдээлэлд суурилсан бодлыг команд болгон хувиргаж EEG-ийн түүхий дохионд өдөөгдсөн онцлогуудыг гарган авах замаар командын төрлийг ангилна. Хүний тархи 86 тэрбум орчим мэдрэлийн эстэй байдаг ба бидний өмсгөл тодорхой 5 цэг дээрх тархины дохиог бичнэ. Emotive Eros төхөөрөмж нь 5-аас 32 цэг хүртэл өгөгдөл цуглуулж чаддагаас бид Emotive Insight төхөөрөмж ашиглан 5 цэг дээр туршилт хийсэн. Сургалтын өгөгдлийг бид *.csv файл болгон хадгалж MNE сангийн формат руу хөрвүүлж ашигласан. Хувиргасан өгөгдлөөс тархины долгион онцлогуудыг гарган авах замаар бодлыг тушаал болгон ангилсан. Энд бид логистик регрессийн аргыг хэрэглэн гэрлийг асааж, унтраах командыг 79.5% нарийвчлалтай ангилдаг үр дүнд хүрсэн.

Түлхүүр үг – EEG, BCI, машин, дохио боловсруулалт, тархи, логистик регресс

I. ОРШИЛ

Сүүлийн хорин жилийн хугацаанд ТКИ-Тархины Компьютер Интерфэйс (BCI-Brain computer interface)-ийн судалгаа эрчимтэй нэмэгдэж байна. Мэдрэлийн эмгэгтэй хүмүүс хөдөлгөөний удирдлагын тогтолцоо хангалтгүйгээс болж алхах, ярих, бичихэд хүндрэлтэй байдаг [1, 2, 3, 4, 5]. ТКИ төхөөрөмж нь тэднийг хэвийн амьдралд ороход тусална. Бид “EMOTIV INSIGHT” бага нарийвчлалтай төхөөрөмжийг энэхүү судалгаанд ашигласан. Уг төхөөрөмж нь тархины импульсийн хүчдэлийн өөрчлөлтийг хуйханд дахь электродоор хэмжиж тархины үйл ажилгааг бүртгэнэ. Уг төхөөрөмж нь 5 электродтой ба түүний байрлалуудыг мөн хэрхэн зүүсэн байгааг Зураг 1 -д үзүүлэв.



Зураг 1. Emotiv Insight

ТКИ -ийн шинэ арга барилд харилцааны ердийн суваг, тухайлбал булчинг алгасаж, тархи болон физик төхөөрөмжүүдийн хооронд шууд холбоо тогтоож удирддаг [1, 6, 7]. ТКИ нь тархины үйл ажиллагааны төрөл бүрийн хэв маягийг шууд тушаал болгон хөрвүүлдэг [8,9]. Судалгаанд өргөн хэрэглэгддэг машин сургалтын аргуудыг хэрэглэн баруун гар, зүүн гар, баруун хөл, зүүн хөл, хэл, тохой, нударга, хуруутай холбоотой хөдөлгөөнүүд болон бусад үйлдлүүдийг тархи хэрхэн удирддаг талаарх олон судалгааны ажил хийгдэж байна [1, 3, 4]. Бид энэхүү өгүүллийг дараах байдлаар бичсэн. 1-хэсэгт тархины талаарх ерөнхий ойлголт, 2-р хэсэгт сургалтын өгөгдөл цуглуулах аргачлал, хэрхэн өгөгдлөө цуглуулсан тухай. 3-р хэсэгт цуглуулсан дохиог боловсруулах болон онцлогийг задлан авах талаар. 4-р хэсэгт онцлогт тулгуурлан логистик регрессийн ангиллын машин сургалт алгоритм. Эцэст нь туршилт, судалгааны үр дүнг тус тус танилцуулсан болно.

II. СУРГАЛТЫН ӨГӨГДӨЛ ЦУГЛУУЛАХ АРГАЧЛАЛ

EMOTIV INSIGHT төхөөрөмжийг хэрэглэн тодорхой хугацааны тасалдалтай бодлыг бичиж авсан. Хүний бодлын ялгаатай байдлыг гаргахын тулд доорх аргыг хэрэглэсэн [1, 2, 7]. Тус арга нь 6, 6 секундний давталтай 2 зургийг харуулна. Нэг зураг нь унтарсан байгаа гэрэл нөгөө зураг нь хар буюу хоосон зураг. Бид унтарсан байгаа гэрлийг хараад энэ гэрлийг ас гэж бодож дараа нь хоосон буюу хар зургийг харан өөр зүйлд төвлөрсөн. Хэд хэдэн удаагийн туршилтаар гэрэл унтар болон гэрэл ас мөн өөр бодол гэх 3 ялгаатай бодлыг тодорхой хугацаанд бичиж файлд хадгалсан. Бид тархины бичлэгийг хоёр өөр өдөр хийсэн. 20 наснаас – 42 насны хооронд байх 3

эрэгтэй 1 эмэгтэй хүн дээр туршилтыг хийсэн Зураг 2-т үзүүлэв.



Зураг 2. Туршилтад орсон хүмүүс

Нэг хүн дээрх бичлэг бүр богино амрах интервалаар тусгаарлагдана. Бичлэг бүр 10 туршилтаас бүрдэнэ. Нэг туршилт нь гэрэл асах бодол 6 секунд үүний дараа энгийн бодол 6 секунд байхаар хийгдэнэ үүнийг Зураг 3-т үзүүлэв.



Зураг 3. Өгөгдөл цуглуулсан байдал

Emotiv төхөөрөмжийг толгойд зүүж Bluetooth интерфэйсээр компьютертой холбогдож 5 цэгийн өгөгдлийг дамжуулна. Хүлээн авсан өгөгдлийг Python программ ашиглан *.csv өргөтгөлтэй файл болгон хадгална. Холболтыг Зураг 4-т үзүүлэв.

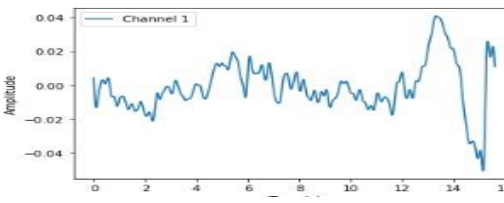
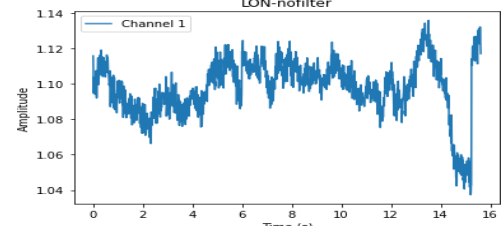
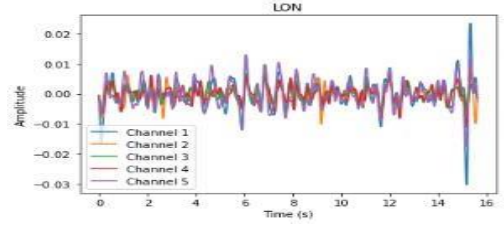
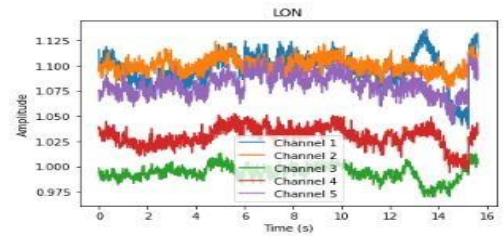


Зураг 4. Өгөгдөл цуглуулах холболт

Цуглуулсан файл дээр урьдчилсан боловсруулалт хийж, онцлогийг задалж, машин сургалтын логистик регрессийн арыг хэрэглэх замаар бодлыг ангилсан. Дөрвөн хүн болох Б.Б (1784 сек.), Д.Б (1784 сек.), Л.Ү(1781 сек.), Ц.Т (5356 сек.) нийт 10705 секундний өгөгдлийг цуглуулсан.

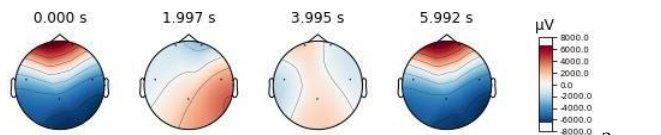
III. Дохио боловсруулалт ба онцлогийг задлах

Бүртгэгдсэн EEG дохио нь шуугиантай байдаг тул эхлээд бид дохиог урьдчилан боловсруулсан. EEG дохионд дараах хүчин зүйлүүд нөлөөлдөг үүнд, тодорхой булчингийн агшилт, нүдний хөдөлгөөн эсвэл анивчих, гадны цахилгаан соронзон төхөөрөмжүүд. Үүнээс үүссэн нөлөөлөл нь EEG-ийн бичлэгт хүсээгүй шуугиан үүсгэж, буруу дүгнэлт гаргахад хүргэж, EEG-ийн үр дүнг гажуудуулна. Үүний үр дүнд дохионы шуугианыг арилгахын тулд хэд хэдэн шүүлтүүрийг ашигладаг. Дохионы суваг бүр 128 Гц -ийн sample давтамжтай ба бид эхлээд 0.1 - 30 Гц шүүр хэрэглэн шүүсэн. Гэрэл ас гэх бодлын шүүсэн дохио болон шүүгээгүй дохионы ялгаа Зураг 5-д үзүүлэв.



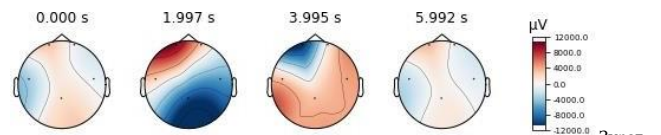
Зураг 5. Урьдчилсан боловсруулалт

Өөрт хэрэгтэй дохиог шүүгээд авсан учир бид гэрэл ас, гэрэл унтар, тэр дунд өөр зүйлд төвлөрч байхад тархи ямар дохиог үүсгэдэг байна вэ? Гэрэл ас гэж бодоход яг ямар дохиог ялгаруулж байна вэ? гэх асуултууд гарж ирнэ. Зургаан секундийн турш бичсэн гэрэл ас, гэрэл унтар, өөр бодлыг тус тусад нь авч үзэн 12 онцлогоор оруулж гэрэл ас, гэрэл унтар гэдэг дохио ялгаж туршсан. Доорх зурагт гэрэл ас гэж бодох бодлуудын 6 секундүүдийн дундаж утгыг үзүүлэв.



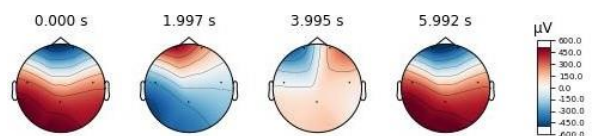
6. Топомап – гэрэл ас.

Гэрэл унтар гэж бодох үеийн 6 секундүүдийн дундаж утгаар гаргасан Зураг 7-д үзүүлэв.



7. Топомап - гэрэл унтар

Хар зураг буюу хэвийн бодох үеийн тархины зураг, 6 секундүүдийн дундаж утгаар Зураг 8-д үзүүлэв.



Зураг 8. Топомап - хэвийн бодол

Тус зургаас харахад тархины цэг бүр дээрх утгууд хугацааны агшингуудад бодлуудаас хамааран өөр өөр байгааг харж болно. Гэрэл ас гэж бодоход 6 секундийн турш тархинд ямар өөрчлөлт орсон байна гэдгийг харж болно. Гэрэл ас гэж бодох үед тархины аль хэсэг илүү идэвхжиж байна гэдгийг харж болно. EEG ангилагчийн эхний үе шат бол уг дохионоос онцлог шинж чанарыг задлах шаардлага болно. Ихэвчлэн электроэнцефалографийн (EEG) онцлог шинж чанарыг хугацаа эсвэл давтамжийн мужид олж авч болно. Ангилагчийн хоёр дахь үе шат нь сургалт, таних гэсэн хоёр үе шатанд хуваагдана. Онцлог шинж чанарыг задлах олон стратегийг судалгаанд авч үзсэн байдаг.

- Хугацааны шинж чанар
- Спектрийн энергийн шинж чанар
- Статистикийн шинж чанарууд

Хугацааны онцлогийг задлах олон арга техник байдаг бөгөөд эдгээрээс хамгийн их ашиглагддаг нь Eigen Value Decomposition (EVD), Independent Component Analysis (ICA), Principal Component Analysis (PCA), and Linear Discriminant Analysis (LDA)

Энэхүү судалгаанд бид дээж бүрээс тооцоолсон статистикийн хэмжүүрүүдийг ашигласан. Туршилт бүрийн хувьд нийт 12 онцлог × 5 суваг = 60 онцлогийг задалсан. Энд дараах 12 онцлогуудыг тооцоолсон болно:

1. mean(x) - дунджийг олно.
2. std(x) - стандарт хазайлт дунджаасаа хэр хазайсан байгааг олно.
3. ptp(x) - pick to pick эерэг утгаас сөрөг утга хоорондын зайг олно.
4. var(x) - x санамсаргүй хэмжигдэхүүний дисперс нь x ба хүлээгдэж буй утгын зөрүүний квадратуудын хүлээгдэж буй утга юм.
5. minim(x) - хамгийн бага утгыг олох00++.
6. maxim(x) - хамгийн их утгыг олох.
7. argminim(x) - тухайн агшин дах хамгийн бага утга.
8. argmaxim(x) - тухайн агшин дах хамгийн их утга.
9. rms(x) - root mean square квадрат язгуурын дундаж.
10. abs_diff_signal(x) - үнэмлэхүй зөрүүний нийлбэр.
11. skewness(x) – тархалтын гажуудал.
12. kurtosis(x) - дохионы тархалтын хэлбэрийг хэлдэг хэмжигдэхүүн бөгөөд хэвийн хэмжээнээс өөр болоод ирэхээр тодорхойлдог хэмжигдэхүүн.

```
def mean(x):
    return np.mean(x,axis=-1)
def std(x):
    return np.std(x,axis=-1);
def ptp(x):
    return np.ptp(x,axis=-1);
def var(x):
    return np.var(x,axis=-1);
def minim(x):
    return np.min(x,axis=-1);
def maxim(x):
    return np.max(x,axis=-1);
def argminim(x):
    return np.argmin(x,axis=-1)
def argmaxim(x):
    return np.argmax(x,axis=-1)
def rms(x):
    return np.sqrt(np.mean(x**2,axis=-1))
def abs_diff_signal(x):
    return np.sum(np.abs(np.diff(x,axis=-1))),axis=-1)
def skewness(x):
    return stats.skew(x,axis=-1)
def kurtosis(x):
    return stats.kurtosis(x,axis=-1)
```

Зураг 9. 12 Онцлог

mean(x) олж байгаа арга нь 6 секундийн бичлэгийг 1 сувгийн n=768 утгын дунджийг бодно.

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i$$

Статистикийн хувьд стандарт хазайлт нь утгын багцын хэлбэлзэл буюу тархалтын хэмжээг илэрхийлдэг хэмжүүр юм.

$$s_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

Магадлалын онол ба статистикийн хувьд дисперс гэдэг нь санамсаргүй хэмжигдэхүүний популяцийн дундаж буюу түүврийн дунджаас квадрат хазайх хүлээлт юм. Дисперс нь тархалтын хэмжүүр бөгөөд энэ нь олон тооны тоонуудын дундаж утгаасаа хэр хол тархаж байгааг илэрхийлдэг хэмжүүр юм.

$$s^2 = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

RMS-ийг мөн квадрат дундаж гэж нэрлэдэг бөгөөд ерөнхий дундажийн тодорхой тохиолдол юм. Математик болон түүний хэрэглээнд олонлогийн x_(i) тооны олонлогийн язгуур квадрат (квадратуудын арифметик дундаж).

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{1}{n} (x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2)}$$

Абсолют үнэмлэхүй зөрүүний нийлбэр нь:

$$x_{abs} = \sum_{i=1}^n |x_i - x_{i-1}|$$

Магадлалын онол ба статистикийн хувьд хазайлт нь бодит үнэ цэнэтэй санамсаргүй хэмжигдэхүүний дундаж утгын магадлалын тархалтын тэгш бус байдлын хэмжүүр юм. Хажуу байдлын утга нь эерэг, тэг, сөрөг эсвэл тодорхойгүй байж болно.

$$\tilde{\mu} = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^3 \right]$$

Магадлалын онол, статистикийн хувьд куртоз нь бодит үнэ цэнэтэй санамсаргүй хэмжигдэхүүний магадлалын тархалтын "сүүлт" хэмжигдэхүүн юм. Хажуу байдлын нэгэн адил куртоз нь магадлалын хуваарилалтын тодорхой талыг тодорхойлдог. Куртозын тоон үзүүлэлтийг онолын хувьд хуваарилах янз бүрийн арга байдаг ба популяциас авсан түүврийг ашиглан үүнийг тооцоолох холбогдох аргууд байдаг. Куртозын янз бүрийн хэмжүүрүүд өөр өөр тайлбартай байж болно.

$$Kurt[x] = E \left[\left(\frac{X - \mu}{\sigma} \right)^4 \right]$$

Дээрх онцлогууд дээр тулгуурлан логистик регрессийн аргаар ангилалт хийсэн.

IV. АНГИЛЛЫГ АЛГОРИТМ

Сургалтын үе шатанд офлайн ангиллын алгоритмуудыг мэдэгдэж буй ангиллын EEG өгөгдлийн багцыг ашиглан сургадаг. Дараа нь ангилагдаагүй EEG-ийн өгөгдлийг ангилагч руу илгээдэг бөгөөд энэ нь

ангиллын төрлийг таамаглана. EEG дохионы хугацааны дээж дэх тодорхой бодлуудын эрэмбүүдийн хооронд мэдэгдэхүйц ялгаа байхгүй тул хугацааны дээжийг шууд ангилах боломжгүй юм. Ангилж ялгаж сургахын тулд машин сургалтын арга болох логистик регрессийг хэрэглэсэн. Бид гаралтын y утгыг таамаглахыг зорьдог. Логик регрессийн хувьд $y \in \{0, 1\}$ буюу гаралт нь 0 эсвэл 1 гэсэн 2 төрлийн гаралтын утгыг авах боломжтой юм. Энд, h - таамаглалын функц (hypothesis) гэх ба x -ийг у-т дүрслэн буулгах функц юм. Энд доорх нөхцөлийг хангахаар тооцоолно.

$$0 \leq h_{\theta}(x) \leq 1 \quad (1)$$

Энд бид дээрх нөхцөлийг хангахын тулд сигмоид функцийг хэрэглэнэ.

$$h_{\theta}(x) = g(\theta^T x) \quad (2)$$

$$z = \theta^T x = \theta_0 + \theta_1 x_1 + \theta_2 x_2 + \theta_3 x_3 + \theta_4 x_4 + \theta_5 x_5 + \theta_6 x_6 + \theta_7 x_7 + \theta_8 x_8 + \theta_9 x_9 + \theta_{10} x_{10} + \theta_{11} x_{11} + \theta_{12} x_{12} \quad (3)$$

$$h_{\theta}(x) = g(z) = \frac{1}{1+e^{-z}} = \frac{1}{1+e^{-\theta^T x}} \quad (4)$$

Энд x_1-x_{12} нь бидний тооцоолсон онцлогууд.

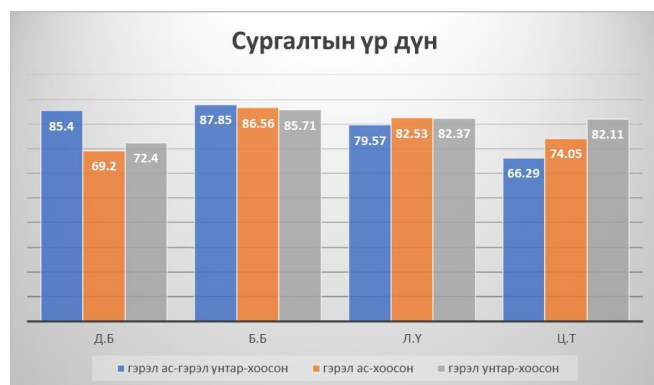
$g(z)$ функц нь ямар ч бодит тоог (0, 1) интервалд буулгах ба энэ нь дурын үнэлэгдсэн функцийг ангилалд илүү тохиромжтой функц болгон хувиргадаг. $h_{\theta}(x)$ нь бидний гаралт 1 байх магадлалыг өгнө. Дискрет 0 эсвэл 1 ангиллыг авахын тулд бид таамаглалын функцийг дараах байдлаар хөрвүүлж болно:

$$h_{\theta}(x) \geq 0,5 \text{ энд } y = 1$$

$$h_{\theta}(x) < 0,5 \text{ энд } y = 0$$

Энд бид 3 төрлийн гаралтыг таамаглах шаардлага гарсан тул *One vs All* арга дээр тулгуурлан ангиллыг зохион байгуулсан. Python программын *sklearn.linear model import LogisticRegression* санг ашиглан сургалтыг хийж үр дүнгүүдийг таамагласан.

Бид 4 хүн тус бүр дээр “гэрэл ас-хоосон бодол”, “гэрэл унтар-хоосон бодол” болон “гэрэл ас-гэрэл унтар” бодлуудыг ялган гаргасан бөгөөд нийт 60 онцлог дээр сургасны дундаж үр дүн нь 79.5% хувьтай гарсан.



Зураг 10. График

Emotiv (EEG) тархины цахилгаан дохио хүлээн авагчийг ашиглан тархины бор бүрхүүлээс өгөгдөл цуглуулан авсан. Тархинаас авсан өгөгдлийг 12 онцлогт тулгуурлан машин сургалт явуулах замаар 3 төрлийн бодлыг логистик регресс ашиглан ангилсан. Бодлоор гэрлийг асааж, унтраах мөн цаашлаад тодорхой зорилгод чиглэгдсэн зүйлсийг удирдаж ажиллуулах боломжтой байна. Нийт 10705 секундын өгөгдлийг дөрвөн хүнээс авсан ба тухайн өгөгдөл дээр тулгуурласан машин сургалтын хийсэн. Сургалтын үр дүнд 79.5% магадлалтай таамаглаж байна. Сургалтаас дүгнэхэд гэрэл ас гэж төсөөлөх нь хүн тус бүр дээр өөр байна. Нэг хүний гэрэл ас гэсэн бодлыг ашиглан сургалт хийж харин хоёр дахь хүний бодлыг ашиглан таамаглал буюу тест хийхэд таамаглалын хувь 60 орчим хувьтай байна.

Бид бодлоор гэрлийг асааж унтраах зорилгодоо амжилттай хүрсэн бөгөөд цаашлаад тодорхой зорилгод чиглэгдсэн зүйлсийг удирдах ажиллуулах боломжтой. Хамгийн наад захын жишээ гэвэл хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүст хүртээлтэй зүйлсийг хийж болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] L. Bahattil, A. El Magri1, A. Lekova2, O.Bouattane, “Developing Brain Computer Interface for Motor Imagery Mental Commands” ISSN 2603-4697 (Online) Complex Control Systems Vol. 2, No 1, 2020, pp. 1-6, pp
- [2] Samaa S. Abdulwahab, “EEG Motor-Imagery BCI System Based on Maximum Overlap Discrete Wavelet Transform (MODWT) and Machine learning algorithm”, Iraqi Journal for Electrical and Electronic Engineering, Vol. 17, December 2021.
- [3] Emiel Stoelinga, “Exploring the possibilities of the Emotiv Insight: discriminating between left- and right-handed”, Bachelor’s Project Thesis
- [4] J. Hurtado-Rincon, “Motor Imagery Classification using Feature Relevance Analysis: An Emotiv-based BCI System”, Signal Processing and Recognition Group, Universidad Nacional de Colombia sede Manizales, Manizales, Colombia
- [5] Germán Rodríguez-Bermúdez, “Automatic and Adaptive Classification of Electroencephalographic Signals for Brain Computer Interfaces”, Med Syst (2012) 36 (Suppl 1):S51–S63
- [6] Eduardo Emilio Reder, “Neural Interface Emotiv EPOC and Arduino: Brain-Computer Interaction in a Proof of Concept”, Brazil
- [7] Martin Strmiska, “Measuring Brain Signals Using Emotiv Devices”, E-ISSN: 2224-2856, Volume 13, 2018
- [8] Obed Carrera-León, “A Motor Imagery BCI Experiment using Wavelet Analysis and Spatial Patterns Feature Extraction”, Texas Tech University
- [9] Szczepan Paszkiel, “Brain-computer technology-based training system in the field of motor imagery”, IET Science, Measurement & Technol

АВТОМАШИНЫ ЗОГСООЛЫН ХААЛТЫГ ГАР УТАСНААС УДИРДАХ СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

Э. Энхтэмүүжин¹, Б. Билгүүн², Л. Ариунболд³

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл Холбоо Технологийн Сургууль, Холбооны салбар
и-мэйл хаяг: tteons.e.t.n@gmail.com

Хураангуй—Өнөөгийн бидний амьдарч байгаа нийгэмд тулгамдаж буй асуудлуудын нэг бол автомашины зогсоолын хүртээмжгүй байдал юм. Энэхүү судалгаагаар гар утасны Wi-Fi болон Bluetooth холболтын технологийг ашиглан зогсоолын хаалтын алсын удирдлагын системийг уян хатан хэрэгжүүлэх зорилготой. Хэрэглэгч автомашины зогсоолруу тодорхой зөвшөөрөгдсөн радио удирдлага болон RFID чип, картны тусламжтай орж гардаг байсан бол гар утсаараа дамжуулан бүртгэлтэй аппликейшн ашиглан хаалтыг тодорхой физик холболтын зайнд удирдах боломжтой болно.

Түлхүүр үг—Auto parking, remote control

I. ТАНИЛЦУУЛГА

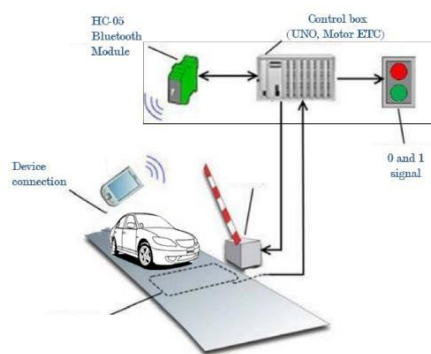
Орчин үед том хотод үйл ажиллагаа явуулж байгаа байгууллага, аж ахуйн нэгж, томоохон орон сууцны хорооллуудад автомашины зогсоолийн хүрэлцээ багатайгаас үүдэн хэрэглэгчид хүндрэл учирдаг. Тиймээс авто зогсоолд нэвтрэх, гарах удирдлага ашиглалтыг байгууллага болон автомашинтай хэрэглэгчид хэрэглэхэд хялбар бүртгэлтэй аппликейшн, өөрийн гар утсыг ашиглан хэрэглээг хүртээмжтэй уян хатан болгож болно. Авто зогсоолын нэвтрэлт удирдлагын системд автомашины дугаар таних, радио удирдлага ашиглах, өөртөө үйлчлэх, RFID чип ашиглах гэх мэт системүүд байдаг. Тэдгээр системүүдийг хэрэглэгчийн мэдээлэл болон төхөөрөмжтэй холбосон шийдэл түгээмэл биш байна. Тиймээс тухайн хувь байгууллага, хотхон, орон сууцны хорооллын авто зогсоолыг аппликейшн болон бүртгэлтэй гар утасны тусламжтайгаар зохион байгуулж болно. Автомашины зогсоолын хаалтны систем нь хөгжүүлэлт болон техник хангамж гэсэн үндсэн хоёр хэсгээс бүрдэнэ. Эхний туршилтын шатандаа Servo motor ашиглан жижиг пакет дээр хийсэн болно. Автомашины зогсоолын хаалтны төрлүүд, боломжит давуу тал болон онцлог шинж чанаруудыг судалж үзэв [1]. Хаалтыг утаснаас удирдахын тулд мобайл аппликейшн хөгжүүлж [2], бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг угсарч ажиллуулахын тулд Arduino IDE программаар хөгжүүлэлт хийв [3]. RFID нь чип болон картыг ашиглан зөвшөөрөгдсөн хэрэглэгч нэвтэрч болдог бол [4] аппликейшн хэрэглэснээр хэрэглэгч өөртөө бүртгэлийг үүсгэж, хаалтыг удирдах нөхцөл нь бий болдгоороо онцлогтой.

II. ХАНДАЛТЫН СИСТЕМИЙН ЗАГВАР, АЛГОРИТМ

A. Загвар

Зогсоолын хаалтны системийн загвар нь хэрэглэгчийн төхөөрөмж болон хүлээн авах талаас

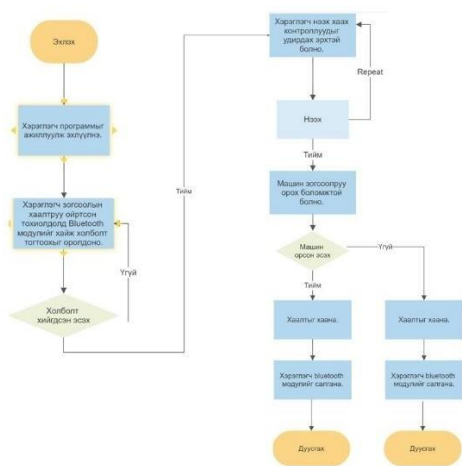
бүрдэнэ. (Зураг 1) Хэрэглэгч чип, карт ашиглахгүй шаардлагагүйгээр алсын зайнаас хаалтыг удирдах боломжийг олгож өгөх ёстой.



Зураг 1. Хандалтын системийн загвар

Хэрэглэгч болон хүлээн авах тал bluetooth ашиглан холбогдсоны дараагаар хэрэглэгчээс нээх/хаах команд дохио хэлбэрээр HC-05 модулийн тусламжтай системд ирнэ [5]. Үүний дараагаар хэрэглэгчийн хүсэж буй үйлдлийг моторын тусламжтай гүйцэтгэнэ.

В. Системийн ажиллах алгоритм



Зураг 2. Хандалтын системийн загвар

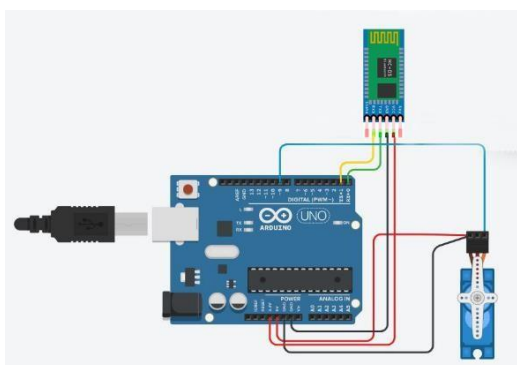
Хэрэглэгч програмыг ажиллуулж эхэлсэнээр bluetooth модулийн хамрах хүрэн дотор орсон тохиолдолд холболт тогтоогдоно. Холбогдсон тохиолдолд хэрэглэгч систем рүү өөрийн хийх үйлдлээ илгээнэ. Системд уг дохиог хүлээн авсаны дараа моторын тусламжтай зогсоолын хаалт үйлдлийг гүйцэтгэж хэрэглэгч зогсоолруу орох боломжтой болно. (Зураг 2)

III. ТЕХНИК ХАНГАМЖ БА УГСРАЛТ

А. Техник хангамж

1. Arduino Uno – Систем угсралт, холболтын гол чухал хэсэг. [6]
2. HC-05 Bluetooth module – Хэрэглэгчээс ирж буй Bluetooth дохиог хүлээж авах зориулалттай. [7]
3. ESP8266 Wi-Fi module - Хэрэглэгчээс ирж буй Wi-Fi дохиог хүлээж авах зориулалттай. [8]
4. Wires – Модуль, мотор, Arduino uno холболт хийхэд ашиглана. [9]

В. Туршилтын загварыг хэрэгжүүлэх



Зураг 3. Холболт, угсралт

Дээрх дурдсан бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн тусламжтай зогсоолын удирдлагын систем бий болох бөгөөд тухайн үйлчлүүлэгчийн зогсоолын хаалтны мотортой системээ холбосноор бүрэн ажиллах боломжтой.

IV. ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

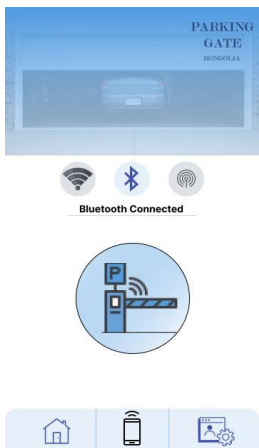
А. Аппликейшн

Системийг удирдахын тулд энэхүү судалгааны ажлын хүрээнд мобайл аппликейшн хийх шаардлагатай болсон. Судалгааны үндсэн дээр хөгжүүлэлтийг React-Native ашигласан. [10] Аппликейшн нь нэвтрэх, удирдах, хэрэглэгч гэсэн үндсэн 3 хэсгээс бүрдэнэ.

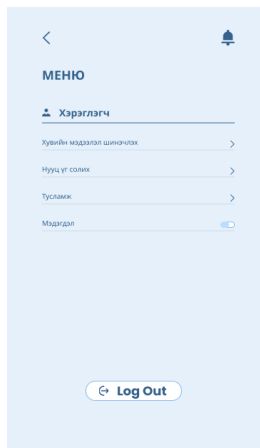


Зураг 4. Нэвтрэх болон бүртгэлийн хэсэг

Хэрэглэгч програмыг ажиллуулахын тулд заавал хүлээн авах талтай төхөөрөмжөөс холболт тогтоож, бүртгэл үүсгэсэн байх шаардлагатай. (Зураг 4) Ингэснээр зөвхөн бүртгэлтэй хэрэглэгч bluetooth холболтыг идэвхижүүлсэнээр автомашины зогсоолын хаалтыг удирдах нөхцөл бүрдэнэ. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж bluetooth модулийн хамрах хүрээнд гарсан тохиолдолд холболт салах ба зөвшөөрөгдсөн радио давтамжийн хүрээнд орж ирэх үед автоматаар өмнөх холболт сэргээгдэнэ. (Зураг 5)



Зураг 5. Удирдах хэсэг



Зураг 6. Хэрэглэгч

Хэрэглэгч өөрийн хувийн мэдээлэл болон аккаунтын нууц үгийг өөрчлөхийг хүсвэл дээрх сонголтуудаас сонгох боломжтой. (Зураг 6.)

B. Arduino IDE

Системийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг угсарч ажиллуулахын тулд заавал Arduino программын орчинд хөгжүүлэх шаардлагатай.

```

char Incoming_value = 0;
#include <Servo.h>
Servo motor;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  motor.attach(8);
}

void loop()
{
  if(Serial.available() > 0)
  {
    Incoming_value = Serial.read();
    Serial.print(Incoming_value);
    Serial.print("\n");
    if(Incoming_value == '1')
      motor.write(90);
    else if(Incoming_value == '0')
      motor.write(0);
  }
}

```

Зураг 7. Arduino IDE угсралтын код

V. ДҮГНЭЛТ

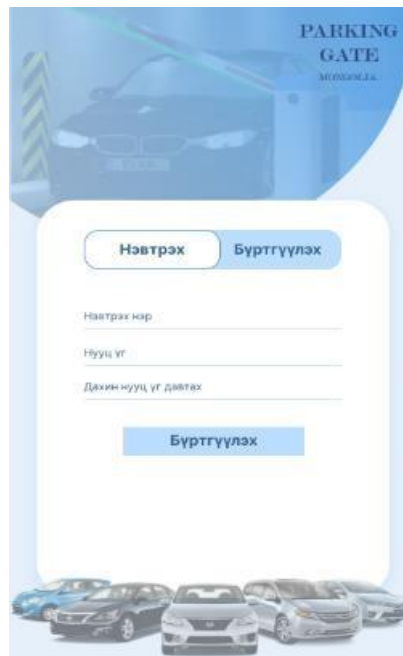
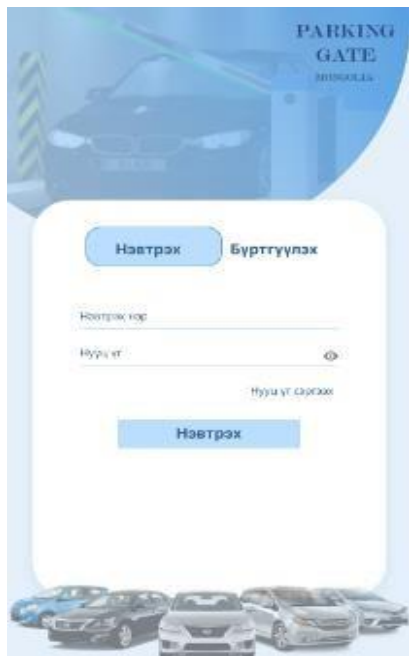
Өнөөгийн нийгэмд хүн бүхэн ухаалаг утсыг өдөр тутмын хэрэглээндээ ашигладаг болсон тул аж ахуйн нэгж, ороц сууцны хорооллуудад тулгамдаж буй автомашины зогсоолын асуудлыг шийдэхийн тулд бүртгэлтэй

аппликейшн болон гар утасны Wi-Fi, Bluetooth холболтын технологийг ашиглан алсын удирдлага системийг бага зардлаар хэрэгжүүлэх боломжтой. Улмаар хэрэглэгч биедээ чип, карт авч явах шаардлагагүй болно. Зөвхөн зогсоолын хаалга, хаалт гэлтгүй нээж хаагддаг бүхий л хаалганд алсын удирдлагатай системийг ашиглах болон цаашлаад хэрэглэгчийн дуу хоолойг таниулж нээж, хаагддаг болгох боломжтой.

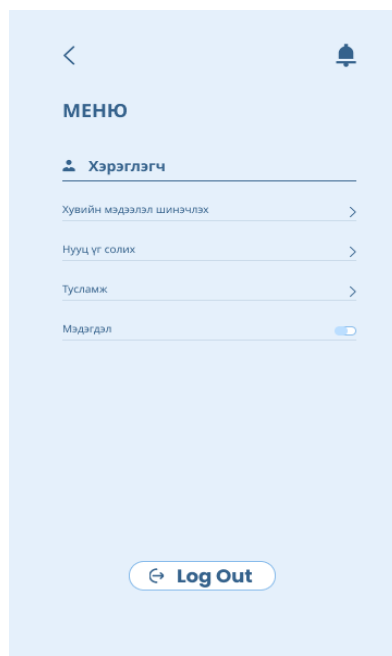
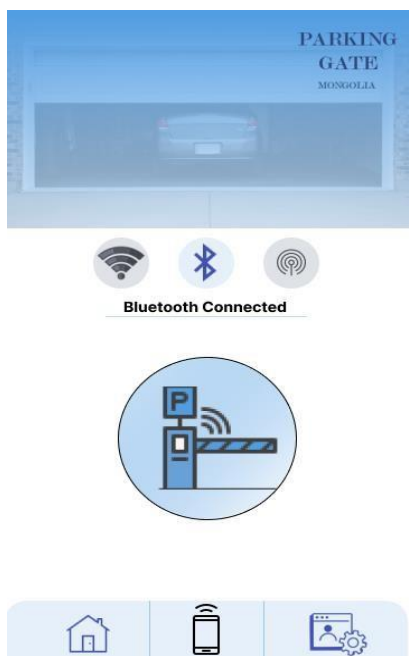
VI. АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] <https://parkingboxx.com/the-best-parking-barrier-gates-how-do-they-work>
- [2] <https://www.coursera.org/articles/best-language-for-app-development>
- [3] <https://www.arduino.cc/reference/en/>
- [4] <https://www.techtarget.com/iotagenda/definition/RFID-radio-frequency-identification>
- [5] <https://www.geeksforgeeks.org/all-about-hc-05-bluetooth-module-connection-with-android/>
- [6] <https://docs.arduino.cc/hardware/uno-rev3>
- [7] <https://www.electronicwings.com/sensors-modules/bluetooth-module-hc-05->
- [8] <https://www.wia.io/things/esp8266>
- [9] <https://www.exploringarduino.com/parts/jumper-wires/>
- [10] <https://www.conceptatech.com/blog/why-you-should-or-shouldnt-use-react-native>

(Хавсралт 1)



(Хавсралт 2)



ДУУ ХООЛОЙГООР УДИРДАГ ХОЁР ДУГУЙТ РОБОТЫН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

Л.Өсөх-Ирээдүй, Б.Мөнхтуяа, А.Одгэрэл

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургууль, Электроникийн салбар
uskhuuskhuu11@gmail.com, odgerel55@must.edu.mn

Хураангуй—Судалгааны ажлаар хүний дуу хоолойгоор удирддаг 2 дугуйт роботын загварыг хөгжүүлэх зорилготой ажилласан. ESP8266 төрлийн өөртөө WiFi модуль агуулсан 32 битийн микроконтроллэрыг удирдлагаар нь сонгон ашигласан. MIT App inventor програмаар дуу хоолойг удирдах Андроид аппликэшнийг өөрийн ажилдаа зориулан хөгжүүлж ухаалаг утасн дээрээ суулгасан. Ухаалаг утас, микроконтроллёр хоёр нь хоорондоо өөрсдийн орчны Wi-Fi сүлжээгээр дамжин холбогдоно. Ухаалаг утаснаас роботыг урагш, хойш, баруун, зүүн тийш эргүүлэх мөн зогсох командуудыг хэрэглэгч хэлэхэд Андроид аппликэши боловсруулж интернетийн сүлжээгээр дамжин ESP8266 микроконтроллэроор удирдах зарчмаар ажиллана. Одоогоор уг MIT-ийн хөгжүүлсэн аппликэши нь дэлхийн 50 орчим хэлийг танидаг бөгөөд бид Англиар хэлсэн үгийг боловсруулж байна. Системийг цаашид үргэлжлүүлж Монгол инженерүүдийн бүтээсэн Чимэгэ дуу таних системтэй холбож Монголоор хэлийг танидаг болгож хөгжүүлэх бодит шаардлага байна.

Түлхүүр үг – Wi-Fi, робот, мотор, ESP8266, MIT App, Андроид

I. УДИРТГАЛ

Уг судалгааны ажлын зорилго нь хүний дуу хоолойгоор удирддаг 2 дугуйт роботын загварыг гаргаж турших юм. Ажлаар хэрэглэгчийн хэлсэн дуут командыг MIT app inventor програмаар хийсэн Андроид апп-аар тухайн микроконтроллерийн Wi-Fi төхөөрөмжөөр тухайн командыг дамжуулан хүлээн авч боловсруулаад 2 дугуйт роботоо удирдана. Удирдах төхөөрөмж нь Андроид үйлдлийн системтэй ухаалаг гар утас эсвэл таблет байж болно. Андроид төхөөрөмж нь роботыг урагш, хойш, баруун, зүүн чиглэлд шилжүүлэх командуудыг илгээж, хүлээн авсны дараа микроконтроллер роботыг дөрвөн чиглэлд хөдөлгөхийн тулд DC моторуудыг ажиллуулна. Андроид төхөөрөмж болон хүлээн авагчийн хоорондох харилцаа холбоог утасгүй сүлжээгээр өгөгдөл хэлбэрээр илгээдэг. Микроконтроллерийн програм нь андроид төхөөрөмжөөс илгээсэн командын дагуу L298N мотор драйверээр дамжуулан моторыг хөдөлгөх зориулалттай. Програм хангамжийн хэсэг нь Embedded C-г ашиглан ESP8266 микроконтроллёр дээр хийгдсэн. Bluetooth утасгүй өгөгдөл дамжуулах модул ашиглан дуу хоолойгоор машин удирдах ажлыг [1] дээр хийсэн. [2]-д ESP32 өөртөө Wi-Fi болон Bluetooth модулууд агуулсан микроконтроллёр ашиглан гэрийн автоматжуулалт системийг хөгжүүлж гэрэл, хөшиг, агааржуулалтын сэнс зэргийг удирдах ажил хийсэн. Уг ажил нь Wi-Fi-р биш Bluetooth модулыг ашиглан ухаалаг утаснаас удирдсан.

II. ДУУ ХООЛОЙ ТАНИХ ЗАРЧИМ

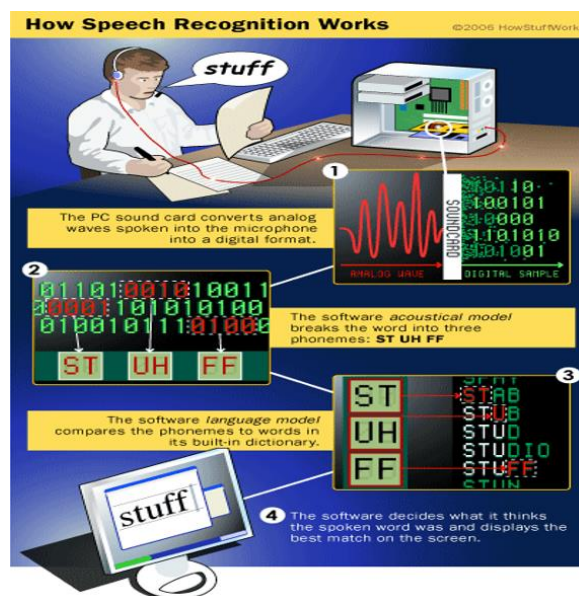
A. Дуу хоолойг хувиргах процесс

Хүний яриаг компьютерын команд болгон хувиргахын тулд компьютер хэд хэдэн нарийн төвөгтэй алхмуудыг гүйцэтгэдэг.

1. Аналогоос тоон хувиргагч нь дуут дохиог компьютерт тоон дохио болгон хувиргадаг. ADC

нь тодорхой хэмжилтүүдийг хийснээр дууны долгионыг давтамжтайгаар тоон болгодог. Илүүц дуу чимээг арилгахын тулд дээж авсан эсвэл тоон болгосон дууг шүүнэ. Энэ нь мөн давтамжийн өөр өөр зурвас дахь дууг тусгаарлах, дуу чимээг хэвийн болгохын тулд хийдэг.

Хүмүүсийн ярих хурд өөр өөр байдаг тул дууг системийн санах ойд хадгалагдсан дууны загварын хурдтай тааруулахаар тохируулдаг [3].



Зураг 1. Дуу хоолой таних зарчмын ажиллагаа

2. Дараагийн алхам бол дохиог секундын хэдэн зуу эсвэл мянганы нэг болгон жижиг хэсгүүдэд хуваах явдал юм. Дараа нь эдгээр дохионууд нь мэдэгдэж буй фонемуудтай таарч байгааг шалгана. Фонем гэдэг нь аливаа хэлний хамгийн жижиг элемент юм. Англи хэлэнд 40 орчим фонем байдаг. Бусад орны хэлүүд нь өөрсдийн онцлогоосоо хамааран өөр өөр тооны фонемтэй байдаг.

Хүснэгт 1. Англи хэлний фонем

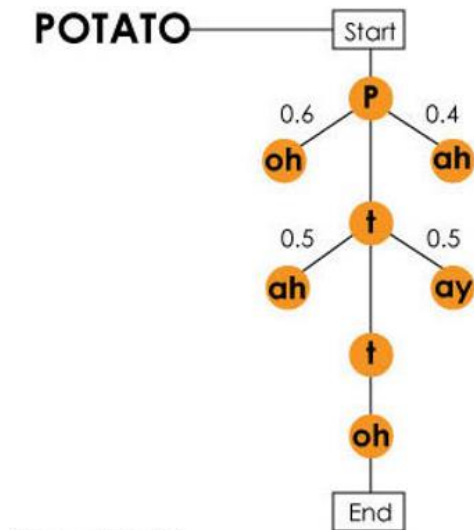
s sock	t top	p peg	n name	m mat	a ant	e ear	i igloo	o otter
g game	d dog	c k clock	r rat	h hit	u up	ai main	ee tree	igh fight
b bee	f frog	l lolly	j jump	v van	oa coat	oo look	oo boot	ar star
w wish	x fox	y yell	z zebra	qu quick	or fork	ur burn	ow cow	oi coil
ch chick	sh ship	th think	th the	ng wing	ear fear	air hair	ure sure	er later

3. Дараагийн алхам нь яриа таних хамгийн хэцүү алхам юм. Дуу авиаг эргэн тойронд байгаа бусад фонемуудын хүрээнд авч үздэг. Дараа нь статистикийн нарийн төвөгтэй загвар нь контекст фонемийн схемийг судалж, үг, өгүүлбэр, хэллэгийн том архивын сантай харьцуулдаг. Үүний дараа програм нь хэрэглэгчийн хэлж буй үгсийг эцэст нь тодорхойлж, гаралтыг текст хэлбэрээр харуулдаг.

В. Дуу таних системийн загварууд

Орчин үеийн яриа таних системүүд нь нарийн төвөгтэй, хүчирхэг статистик загварчлалын системийг ашигладаг. Зөв үг, өгүүлбэрийг тодорхойлохын тулд янз бүрийн математикийн функцууд, магадлал болон хиймэл оюуны аргуудыг хэрэглэдэг. Хамгийн их ашигладаг 2 арга байдаг. Үүнд:

1. Марковын далд загвар
2. Мэдрэлийн сүлжээ (Neural network)



Markov Model

Зураг 2. Марковын далд загвар

Гэхдээ ихэвчлэн Марковын далд загварыг түлхүү ашигладаг. Энэ загварын дагуу фонемыг гинжин хэлхээний холбоос гэж үзэх бөгөөд хэлхээний төгсгөлд тухайн үг илэрхийлэгддэг. Энэ загвар нь дараагийн фонемыг тодорхойлохын тулд гинжинд дараагийн гарч болох янз бүрийн дуу авианы салбаруудыг бүрдүүлдэг бөгөөд толь бичигт үндэслэн салаалсан фонем бүрт магадлалын оноо өгч бүрэн бүтэн үг эцэст нь тодорхойлогддог.

III. СИСТЕМИЙН ДИЗАЙН БА ШИЙДЭЛ

А. Системийн бүтэц

Ухаалаг утсанд MIT App inventor программаар хөгжүүлсэн Андроид апп-ыг суулгана. Ухаалаг утас, ESP8266 микроконтроллер бүхий робот нь клиент болж өөрсдийн орчны утасгүй сүлжээнд Wi-Fi модулуудаараа дамжин холбогдоно. Дараах зурагт системийн ерөнхий бүтцийг харуулав.

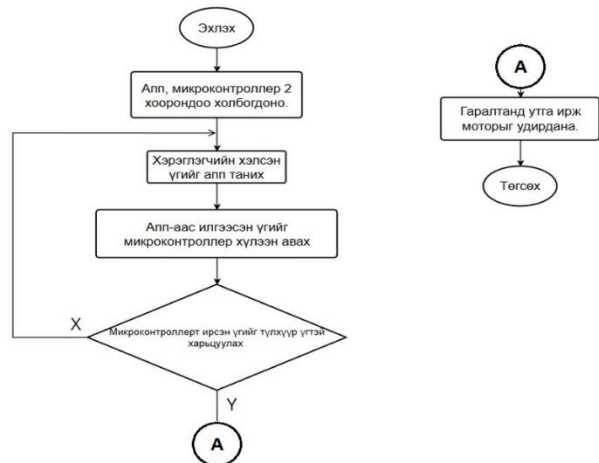


Зураг 3. Системийн ерөнхий бүтэц

Энэ бүтцийн схем дээр харагдаж байгааг хэрэглэгч жишээл нь Go буюу урагшаа гэх командыг ухаалаг утсанд байгаа MIT App inventor програмаар хөгжүүлсэн Андроид апп-д хэлнэ, командыг интернет сүлжээ клауд серверээр дамжин текстийг ESP8266 микроконтроллер хүлээн авч тухайн командыг боловсруулна.

Жич: MIT App inventor програм нь одоогоор Монгол хэлийг танихгүй учир өргөн хэрэглээний Англи хэлийг ашигласан.

Хүлээн авсан дуу хоолойг текст болгосон командыг ESP8266 микроконтроллер өөрийн програмын кодын функцтэй харьцуулан боловсруулж, хэрэглэгчийн өгсөн Go буюу урагшаа гэх командын дагуу L298N мотор удирдлагаар дамжин хоёр мотор урагш буюу нэгэн чиглэлээр зэрэг ажиллана. Бусад хэрэглэгчийн хэлсэн командууд энэ аргаар ажиллана.



Зураг 4. Системийн алгоритм

В. ES8266 микроконтроллер

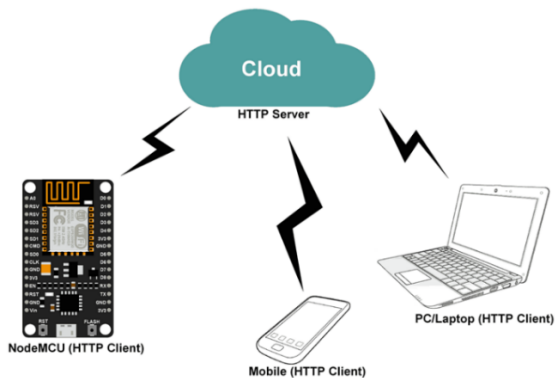
Бүх ESP8266 хувилбарууд нь ESP8266EX гэсэн үндсэн процессортой, Tensilica L106 32 битийн микро удирдлагатай. Энэ нь бага өртөгтэй, өндөр гүйцэтгэлтэй, бага эрчим хүч зарцуулдаг, програмчлахад хялбар, утасгүй SoC(System-On-Chip) юм. Мөн түүнчлэн:

- ✓ 2.4 GHz Wi-Fi (802.11 b/g/n, WPA/WPA2-г дэмждэг)

- ✓ Ерөнхий зориулалтын оролт/гаралт (13 GPIO), • Inter-integrated Circuit (I²C)
- ✓ Аналог-тоон хувиргалт (10-бит ADC), • Serial Peripheral Interface (SPI)
- ✓ DMA-тай I²S интерфэйсүүд (GPIO-тэй хуваалцах хөл)
- ✓ UART (GPIO2 дээр зөвхөн дамжуулах UART-г идэвхжүүлж болно)

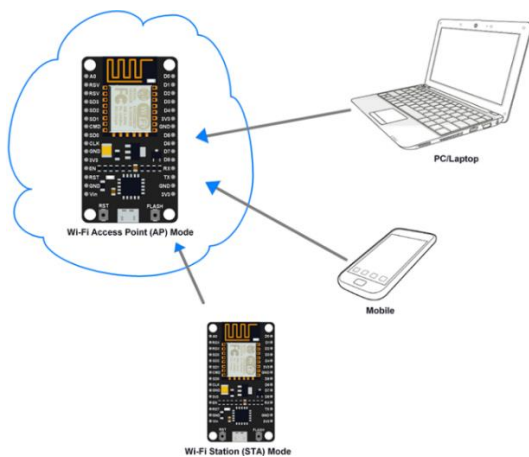
Уг микроконтроллёр нь өөрийн орчны бие даасан утасгүй сүлжээ үүсгэх (Access point-AP mode) болон өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж оролцох гэсэн 2 горимд ажилладаг [4].

Дараах зурагт ажлын горим 1-ийг харуулав. ESP8266 микроконтроллёр нь өөрт ойрхон утасгүй сүлжээнд клиент болж холбогдоно. Уг судалгааны ажилд горим-1 ашигласан бөгөөд төхөөрөмж орчны сүлжээнээс өөрийн IP хаягийг авна. Вэб серверээр программчилсан төхөөрөмжийг IP хаягаар нь дамжуулан хандаж мэдээлэл авах боломжтой болсон.



Зураг. 5. ESP8266 микроконтроллёрын ажлын горим-1

Дараах зурагт ажлын горим 2-ыг харуулав.



Зураг. 6. ESP8266 микроконтроллёрын ажлын горим-2

Өөрөө AP (Access point) болж бие даасан өөрийн орчны сүлжээг үүсгэдэг. Хамгийн ихдээ 5 хүртэлх төхөөрөмжийг нэг зэрэг холбож өгөгдөл дамжуулах боломжтой.

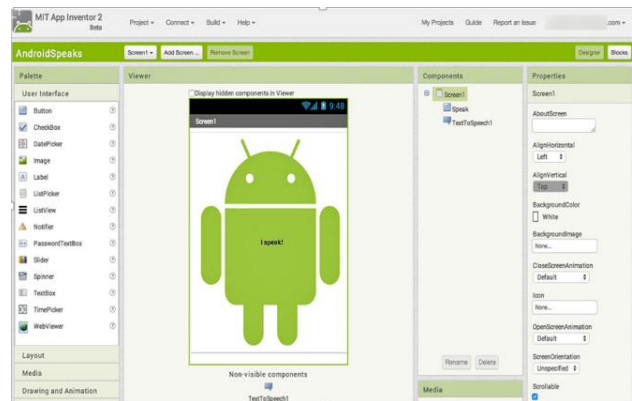
C. MIT App Inventor программ

MIT App Inventor нь Google-ээс вэб програмыг анх гаргаж өгсөн бөгөөд одоо Массачусетсийн Технологийн Институт (Massachusetts Institute of

Technology) хариуцдаг. Энэхүү програм нь компьютерийн програмчлалд шинээр орж ирж буй хүмүүст зориулж Android болон iOS гэсэн хоёр үйлдлийн системд хэрэглээний программ хангамж (апп) хөгжүүлэх боломжийг олгодог. 2010 оноос олон нийтэд хүртээл болж, цааш хөгжүүлэгдэж эхэлсэн бөгөөд 2019 оны 7-р сарын 8-ны байдлаар эцсийн бета шалгалтанд орж 11-р сарын 26-нд олон нийтэд хүртээл болсон [5].

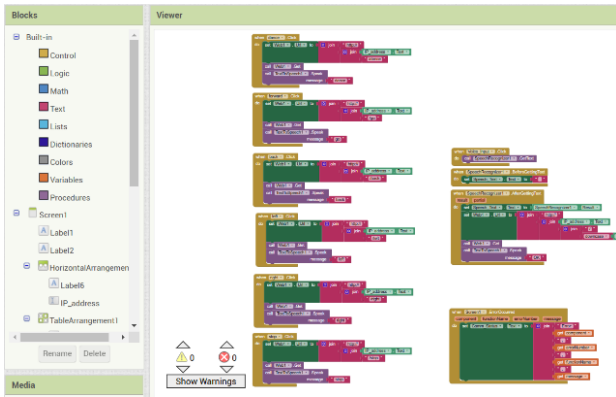
Энэ программ нь үнэгүй, 19 гадаад хэлтэй, нээлттэй эх програм хангамж бөгөөд 2 давхар лицензтэйгээр олон нийтэд гаргасан. Сүүлийн 10 жилд MIT App Inventor програмаар хийсэн Андроид апп-уудыг автоматжуулалтын систем, агаарын бохирдлын хяналтын систем, гар утасны программ, боловсрол, эрүүл мэнд, машин хяналт, хяналт зэрэг хэрэглээнээс гадна робот системд ашиглаж ирсэн. Дэлхийн 195 орноос сар бүр нэг сая гаруй зочдыг нэгтгэн 60 сая гаруй аппликейшн бүтээдэг MIT App Inventor нь дэлхий дээрх програмуудыг бүтээх арга барил, хүүхдүүдийн компьютерийн талаар суралцах арга барилыг өөрчилж байгаа юм.

MIT App Inventor нь бүрэн ажиллагаатайгаар Android программ болон дизайн хийх боломжтой. MIT App Inventor нь дизайнер ба блок загварлагч гэсэн хоёр хэсгээс бүрдэнэ. Доорх зурагт App Inventor програмын дизайнер хэсгийн интерфэйс, агуулгыг үүсгэдэг хэсгийг харуулав.



Зураг 7. MIT App Inventor-ийн дизайнерийн хэсэг

Анх блок хэл нь Google Blockly дээр бүтээгдсэн, StarLogo TNG, Scratch зэрэг хэлнүүдээс санаа авч блокт суурилсан програмчлалын хэлийг ашигладаг. Блок програмыг тайлбарлавал эвлүүлдэг тоглоомын хэсгүүд шиг хоорондоо холбогдсон өнгөт кодлогдсон блокуудын тусламжтайгаар програмынхаа логикийг нүдээр засах боломжтой код юм.



Зураг 8. MIT App Inventor-ийн блокийн хэсэг

IV. ТУРШИЛТ, ҮР ДҮН

A. Андроид апп-ын загвар, дизайн

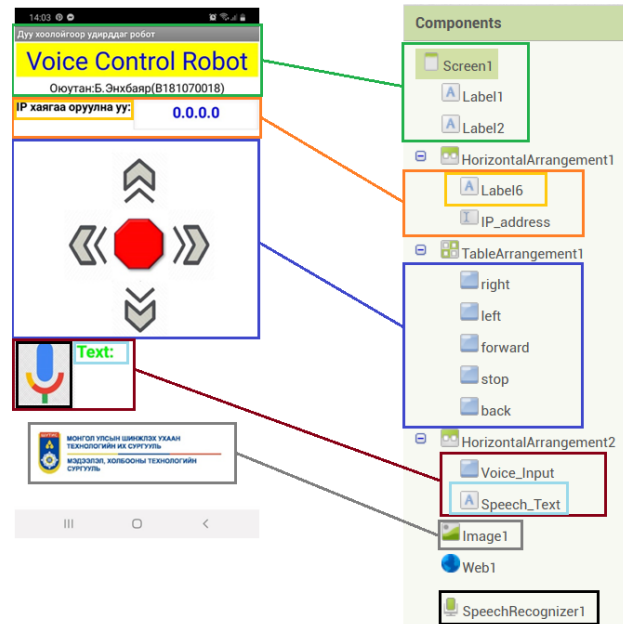
MIT App inventor-оор хийсэн андроид апп-ын эцсийн загварыг дараах зурагт харуулав. Энэ туршилтанд нь ESP8266 микроконтроллэрын удирдлагатай хоёр дугуйт робот клиент болж клауд серверээр дамжуулж өөр нэг клиент болох ухаалаг утастай холбогдох зарчмаар ажиллуулж туршилт хийсэн.



Зураг 9. MIT App inventor-оор хийсэн Андроид апп-ын эцсийн загвар

MIT App inventor программын Designer-Загварын хэсэгт өөрийн хийсэн апп-ын үйлдлүүд нь forward-урагш, back-хойш, right-баруун, left-зүүн, stop-зогсох, speech-дуу хоолой таних товчууд болон роботын IP хаягийг оруулах хэсэг, өөр олон нэмэлт жижиг зүйлсийг хийж загварчилсан. Мөн Web1-сүлжээнд

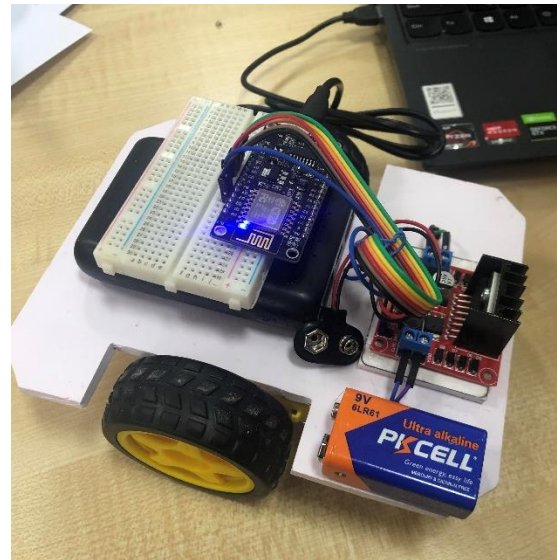
холбох, SpeechRecognizer1-дуу хоолойг таних, текст функцуудыг оруулсан.



Зураг 10. Үндсэн апп-ын үйлдлийн холбоосууд

B. Туршилтын роботын загвар

Угсарсан роботыг дараах зургийг харуулав.

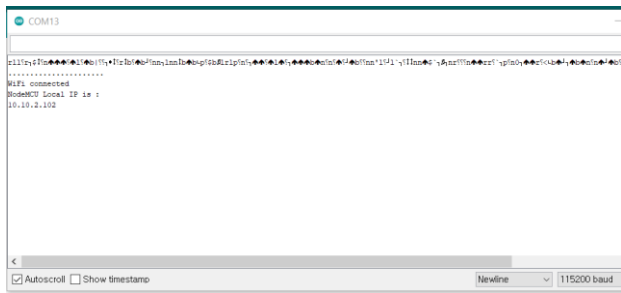


Зураг 11. Угсарсан роботын зураг

Туршилтын эхэнд Arduino IDE-ийн буюу ESP8266 микроконтроллэрын кодонд тухайн орчны Wi-Fi интернэтийн сүлжээнд холбогдох нэр болон нэвтрэх кодыг бичнэ. Уг туршилтандаа сургуулийн Wi-Fi сүлжээг ашигласан.

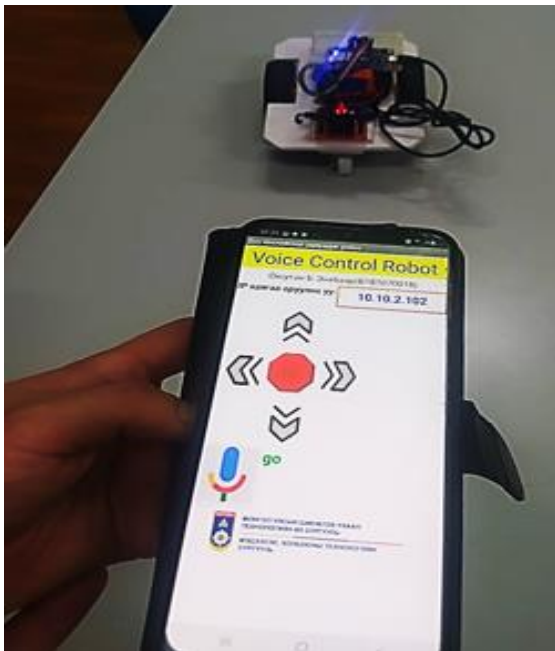
Wi-Fi модулаараа интернет сүлжээнд ухаалаг утас болон ESP8266 микроконтроллэрын удирдлагатай роботууд холбогдоно. Arduino IDE компайлорын Serial monitor-с роботын IP хаягийг мэдэж ухаалаг утсанд суулгасан MIT App inventor программгаар хөгжүүлсэн апп-даа бичиж өгснөөр хоёр төхөөрөмж хоорондоо холбогдоно. Ингэснээр апп-с дуу

хоолойгоор команд өгч роботыг хөдөлгөх зарчмаар ажиллана.



Зураг 12. Serial monitor-оос рботын IP хаягийг авах

Энд MIT App inventor программаар хийсэн андройд апп-ынхаа эцсийн загвараар туршилтыг хийсэн. Google speech функцийг товчийг дарж go-урагш гэсэн үгийг хэлж, функц уг үгийг хүлээж аваад ногоон өнгийн текстээр харуулсан байна. Дараах зурган дээр хэлсэн командын дагуу робот урагш хөдөлж байгааг харуулав.



Зураг 13. Роботыг ухаалаг утаснаасаа удирдаж байгаа байдал

Дээрх үйл явцын адил хэрэглэгчийн хэлсэн дараах go-урагш, back-хойш, right-баруун, left-зүүн, stop-зогс гэсэн командууд Англи хэлээр өгч явагдана.

V. Дүгнэлт

Судалгааны ажлаар хүний дуу хоолойгоор удирддаг 2 дугуйт роботын загварыг хөгжүүлж туршсан. MIT App inventor програмаар хөгжүүлсэн дуу хоолойг удирдах Андройд аппликэшнийг өөрийн ажилдаа зориулан хөгжүүлж ухаалаг утсан дээрээ суулгасан. Ухаалаг утас болон ESP8266 микроконтроллёрын удирдлагатай робот нь өөрсдийн орчны утасгүй Wi-Fi сүлжээнд холбогдсон байна. Ухаалаг утаснаас Интернэтэд холбогдсон дурын газраас алсад байрлалтай роботыг go-урагш, back-хойш, right-

баруун, left-зүүн, stop-зогс гэсэн командуудаар удирдах боломжтой нь уг ажлын давуу тал гэж үзэж байна.

Одоогоор уг MIT-с гаргасан аппликэшн нь дэлхийн 50 орчим хэлээр (Англи, Хятад, Орос. . .) хэлсэн үгийг боловсруулж байгаа боловч Монгол хэлээр байхгүй болно. Системийг цаашид үргэлжлүүлж Монгол инженерүүдийн бүтээсэн Чимэгэ дуу таних системтэй холбож Монголоор хэлийг танидаг болгож хөгжүүлэх боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Suwarna Gothane "Development of IoT Enabled Voice Controlled Robot Using Arduino" International Journal of innovative research in technology, Volume 7, Issue 11, April 2021
- [2] Б.Очирсүрэн "Дуу хоолойгоор удирддаг гэр ахуйн төхөөрөмжийн загвар", Бакалаврын дипломын ажил, 2022 хавар
- [3] Lawrence Rabiner, Biin-Hwang Juang "Fundamentals of Speech Recognition", Prentice Hall, Signal Processing Series, 1993
- [4] <https://www.embedded-robotics.com/esp8266-wifi/>
- [5] <http://ai2.appinventor.mit.edu/reference/>

Хиймэл оюун ухааны тусламжтай дохионы хэл хөрвүүлэх системийн судалгаа

¹Д.Дүүрэнжаргал, ²Г.Есүй-Үжин, ³Н. Дугаржав, ⁴Э.Мөнхжин ⁵Г.Мөнхбат

Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль
Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль

¹И-мэйл: duurenjargal13@gmail.com,

²И-мэйл: uujii_0911@yahoo.com,

³И-мэйл: n.dugarjav@gmail.com,

⁴И-мэйл: munkhjin1117@gmail.com,

⁵И-мэйл: gt.munkhbat@must.edu.mn

Хураангуй

Техник технологийн хөгжил нь хүний амьдралыг илүү амар хялбар болгохын зэрэгцээ технологийн дэвшил мөн хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг дэмжих харилцааны технологи нь дэлхий даяар өдрөөс өдөрт нэмэгдэн хөгжсөөр байна. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд бусад иргэдтэй харилцах, нийгэмших боломжийг олгохын тулд тэр дундаа сонсголтгүй иргэдтэй харилцахад дохионы хэл нь нэн чухал юм. Манай судалгаа нь сонсголын бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан дохионы хэлийг бичвэрт хөрвүүлэх үндсэн зориулалтаар ашиглагдах, бусадтай илүү хялбар харилцах боломжийг нээж өгч байгаагаараа онцлогтой. Манай систем нь хиймэл оюун ухааны тусламжтай дохионы хэлээс хөрвүүлсэн бичвэрийг өөр хэл дээр орчуулж гаргах болон дохионы хэлний үнэ төлбөргүй хичээлийг багтаасан гэх мэт нэмэлт давуу талуудтай юм. Ингэснээр монгол дохионы хэлээр тухайн хүн аль ч орны хүнтэй харилцах боломжтой болно.

Түлхүүр үг TF (Tensorflow), ML (Machine Learning), МДХ (Монгол дохионы хэл), STT (Speech To Text), TTS (Text To Speech), OpenCV (Open Source Computer Vision), Meduapipe (MP), Artificial intelligence (AI)

I. УДИРТГАЛ

Хөгжингүй орнуудад хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд зориулсан технологи биеллээ олж байгаа хэдий ч яг дохионы хэлийг хөрвүүлэх технологи хөгжүүлэлтийн үе шатандаа явсаар байгаа юм. Энэ тал руу чиглэсэн технологи нь ихэвчлэн яриаг текст (STT) рүү мөн текстийг яриа (TTS) руу гэх мэт хэв маягтай явагддаг бол манай орны хувьд хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэнд зориулсан сургууль, брайл гар болон сургалт гэх зэрэг зүйлс өргөнөөр явагдаж эхлээд байгаа юм.

Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдэд тулгарч байгаа гол асуудал нь бусадтай харилцан ойлголцох, нийгэмших тухай юм. Тиймээс бусадтай төвөггүй харилцах боломж бололцоог олгохын тулд сонсголын бэрхшээлтэй иргэнд зориулсан технологи судлах нь хамгийн зөв шийдэл юм.

Сонсголын бэрхшээлтэй иргэд бусад иргэдтэй харилцахдаа дохионы хэл буюу гар хурууны хөдөлгөөнөөр ойлголцдог. Тэгвэл энэхүү судалгаа нь гар хурууны хөдөлгөөнийг таньж, бусад иргэдэд ойлгуулахыг хүссэн зүйлийг нь текст хэлбэртэй болгож хөрвүүлэх юм.

II. СУДАЛГААНЫ АРГА ЗҮЙ

Судалгааны ажлын хүрээнд дараах зорилтуудыг дэвшүүлсэн. Үүнд:

1. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн тоон судалгаа
2. Өмнө нь судлагдсан байдал
3. Ашиглаж буй технологийн судалгаа
4. Хэрэгжүүлэлтийн технологи
5. Туршилт, хэрэгжүүлэлт, үр дүн

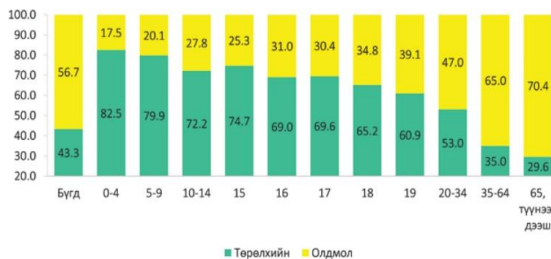
III. ХӨГЖЛИЙН БЭРХШЭЭЛТЭЙ ИРГЭДИЙН СУДАЛГАА

Статистикийн мэдээллийг нэгдсэн сангийн судалгаагаар 2021 оны байдлаар Монголд 8430 орчим сонсголын бэрхшээлтэй иргэд байсан бол 2023 онд 12000 болж өссөн байна. 20 гаруй хэлмэрч дохионы хэлний орчуулгын үйлчилгээ үзүүлдэг. Мөн сонсголгүй иргэдээс илүү хараагүй иргэд нь их байдаг гэсэн тооцоо ч мөн байдаг юм. Монгол дохионы хэлний товчлол МДХ гэнэ. МДХ нь Орос улсын дохионы хэлтэй нэн төстэй болжээ. Хэдий тийм боловч хоёр дохионы хэл тусдаа хөгжиж ирсэн байна.



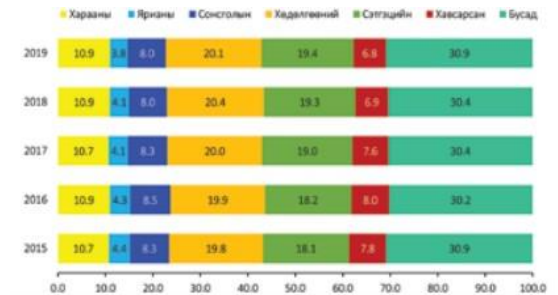
1-р зураг. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн судалгаа 2022 оны байдлаар (зургийн тайлбар)

2019 оны байдлаар хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн 56.7 хувь нь олдмол байдлаар хөгжлийн бэрхшээлтэй болсон байхад 43.3 хувь нь төрөлхийн хөгжлийн бэрхшээлтэй гэж мэдээлжээ. Энэхүү үзүүлэлтийг насны бүлгээр ангилхад бага, залуу насныхны дунд төрөлхийн хөгжлийн бэрхшээлийн тохиолдол өндөр байснаа нас ахихын хэрээр олдмол хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүсийн эзлэх хувь нэмэгдэх хандлага ажиглагдаж байна.



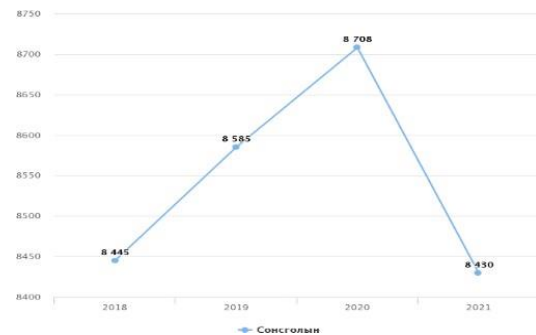
2-р зураг. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд, насны бүлэг, төрлөөр, 2019 он

2019 оны байдлаар хөгжлийн бэрхшээлтэй 34.9 мянга (32.6%) иргэд Улаанбаатар хотод байгаа нь хамгийн их, харин 10.1 мянган (9.5%) иргэд зүүн бүсэд байгаа нь хамгийн бага байна. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн хувь Увс аймагт 4.4, Хөвсгөл аймагт 5.6, Сэлэнгэ аймагт 4.6, Дорнод аймагт 4.0 байгаа нь бүс тус бүрийн хувьд хамгийн их байна. Хөгжлийн бэрхшээлтэй 5 хүн тутмын нэг нь хөдөлгөөний, 10 хүн тутмын нэг нь харааны бэрхшээлтэй байна. Харин ярианы бэрхшээлтэй иргэд хамгийн бага буюу 3.8 хувийг эзэлж байна. Энд бусад хэлбэрийн хөгжлийн бэрхшээлтэй хүмүүс хамгийн их хувийг эзэлж байгаа нь одоо мөрдөгдөж байгаа хөгжлийн бэрхшээлийн 6 хэлбэрийн ангиллыг шинэчлэн боловсруулах, ялангуяа бусад хэлбэрийг задлах хэрэгцээ байгааг харуулж байна.



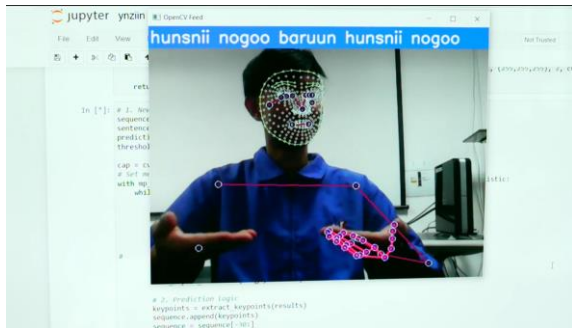
3-р зураг. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн дүнд эзлэх хувь, хэлбэрээр

1995 онд 29 дүгээр сургуулийн багш У.Баднаа, Пис Корпс байгууллагын сайн дурын ажилтан Линда Белл нар "Монголын дохионы хэлний толь" хэвлүүлсэн бол 2007 онд Боловсрол, Соёл, Шинжлэх Ухааны Яамнаас ЮНЕСКО-гийн дэмжлэгтэйгээр, 3,000 орчим үгтэй Монгол дохионы хэлний зурагт толийг эрхлэн гаргажээ.



4-р зураг. Сонсголын бэрхшээлтэй иргэдийн 2021 оны тоон баримт графикаар (зургийн тайлбар)

IV. ӨМНӨ НЬ СУДЛАГДСАН БАЙДАЛ



“ Deep Learning Competition Mongolia 2022 тэмцээний “ МК-1” баг нь Ухаалаг Дохионы Хөрвүүлэгч програмын судалгаа хийж байсан. Тухайн “Ухаалаг Дохионы хөрвүүлэгч” нь одоогоор бүтээгдэхүүн болоогүй байгаа юм.

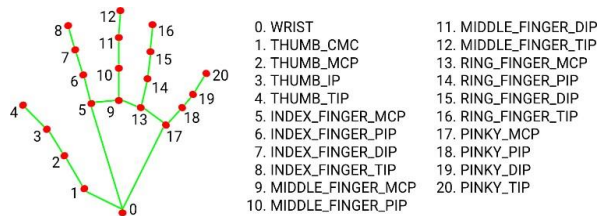
V. АШИГЛАЖ БУЙ ТЕХНОЛОГИЙН СУДАЛГАА

Сонсголын бэрхшээлтэй хүн веб камер луу харж гар хурууны хөдөлгөөн хийхэд бидний хийж буй судалгаа нь гар хурууны хөдөлгөөнийг таньж түүнийг текст хэлбэрт хөрвүүлэх юм. Машин сургалт гэдэг нь компьютерт тодорхой програмчлалгүйгээр суралцах боломжийг олгодог судалгааны салбар юм. Машин сургалт нь 2 хэсгээс тогтоно. Өгөгдлөөс суралцаж загвар байгуулах, байгуулсан загварыг ашиглан шийдвэр гаргах хэмээн хуваадаг. Гар хурууны хөдөлгөөний хурууг нь танихад 2 төрлийн платформ сонгон ашигласан. Үүнд :

1. *Mediapipe*
2. *OpenCv*

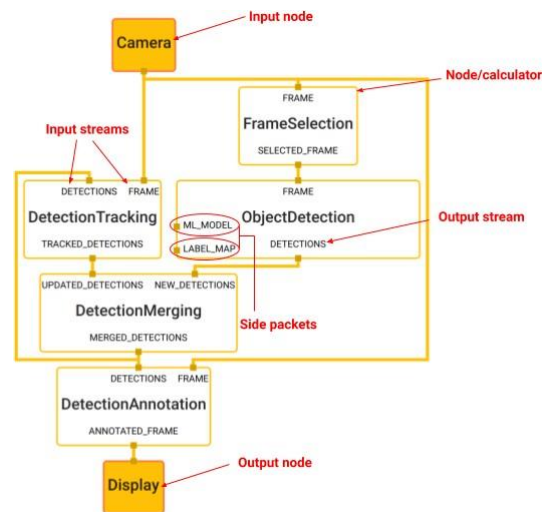
Mediapipe framework нь видео, аудио гэх мэт өгөгдлийг боловсруулахад зориулагдсан машин сургалтаар үр дүн гаргах Framework юм. Энэхүү cross-platform framework нь Desktop/Server, Android, iOS болон Raspberry Pi, Jetson Nano зэрэг суулгагдсан төхөөрөмжүүд дээр ажилладаг. MediaPipe Hand нь гар болон хуруугаа хянах өндөр нарийвчлалтай машин сургалтын шийдэл юм. Энэ нь нэгэн зэрэг ажиллаж байгаа олон загварын тусламжтайгаар гараас нэг кадрт бичигдсэн 21 тэмдэглэгээг илрүүлдэг.

MediaPipe Holistic нь MediaPipe Pose, MediaPipe Face Mesh болон MediaPipe Hands-д байрлал, нүүр, гарны тэмдэглэгээний загваруудыг тус тус ашигладаг бөгөөд нийт 543 тэмдэглэгээг (нэг гарт 33 позын тэмдэглэгээ, 468 нүүрний тэмдэглэгээ, 21 гарны тэмдэглэгээ) үүсгэдэг. Үүний тусламжтай гарын хурууны хөдөлгөөнийг хэрхэн хөдөлж байгааг түүний тусламжтай мэдэж байгаа гэж хэлж болно.



5-р зураг. Hand landmark

Framework-ийн зэрэгцээ тэд MediaPipe ашиглан олон төрлийн жишээ төслүүдийг гаргаж өгсөн: Объект илрүүлэх болон царай илрүүлэх (объект илрүүлэхэд суурилсан), үсийг сегментлэх (объектийн сегментчилэл), гар хянах (объект илрүүлэх + газрын тэмдэг илрүүлэх). Бүх жишээнүүд нь янз бүрийн техник хангамжийн платформ дээр бодит цагийн дүгнэлтийн хурдаар ажилладаг.



6-р зураг. MediaPipe graph (зургийн тайлбар)

График: Энэ нь зангилаа бүрийг оролт, гаралт болгон өөр хоорондоо холбосон тооцоолол/үйл ажиллагааг илэрхийлдэг сүлжээг агуулна.

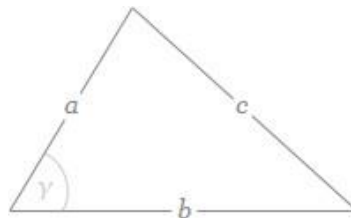
Зургийн боловсруулалт гэдэг нь дижитал дүр төрх, ялангуяа түүний чанарыг сайжруулахын тулд дүн шинжилгээ хийх, боловсруулахыг хэлнэ. Өөрөөр хэлбэл, энэ нь зургийн сайжруулсан хувилбарыг авах эсвэл тэдгээрээс хэрэгцээтэй мэдээллийг цуглуулах/олборлох үйлдлүүдийг багтаадаг. Тэгвэл гол сэдэв болох OpenCV-ийн талаар илүү дэлгэрэнгүй тайлбар хийвэл: OpenCV нь зураг боловсруулах, computer vision -ний ажлыг гүйцэтгэх гайхалтай хэрэгсэл юм. Энэ нь царай илрүүлэх, хөдөлгөөнийг хянах, тэмдэглэгээг илрүүлэх гэх мэт ажлуудыг гүйцэтгэхэд ашиглаж болох нээлттэй эхийн сан юм. Энэ нь python, java C++ зэрэг олон хэлийг дэмждэг.

Сан нь олон зуун ашигтай функцууд болон алгоритмуудаар тоноглогдсон бөгөөд эдгээрийг бүгд чөлөөтэй ашиглах боломжтой.

OpenCV нь Open Source Computer Vision гэсэн үгийн товчлол юм. Энгийнээр хэлэхэд энэ нь зураг боловсруулахад ашигладаг сан юм. Үнэн хэрэгтээ энэ нь computer vision хэрэглээний программууд, хиймэл оюун ухаан эсвэл машин сургалтын алгоритмуудаар ажилладаг газруудад, зураг боловсруулах шаардлагатай ажлуудыг гүйцэтгэхэд ашиглагддаг асар том нээлттэй эхийн сан юм.

OpenCV-ийг ашигласнаар хүний объект, нүүр царай, тэр ч байтугай гар бичмэлийг тодорхойлохын тулд зураг, видеог боловсруулах боломжтой. Computer Vision гэдэг нь зураг, видео, тэдгээрийг хэрхэн хадгалах, удирдах, өгөгдлийг олж авах боломжийг олгодог үйл явцыг хэлдэг. Ихэнхдээ Computer Vision нь хиймэл оюун ухааны үндэс суурь болдог. Өнөөдөр энэ нь өөрөө жолооддог машин, робот техник, тэр ч байтугай зураг засах програмуудад чухал үүрэг гүйцэтгэдэг.

Cosine Theorem-ийг ашиглаж хурууг таних : Тригонометрийн хувьд косинусын хууль гурвалжны талуудын уртыг түүний аль нэг өнцгийн косинустай холбодог. Зураг 5 дээрх тэмдэглэгээг ашиглан косинусын хууль γ нь a ба b урттай талуудын хооронд болон c уртын эсрэг талын өнцгийг илэрхийлдэг.



7-р зураг. Косинусын хууль (зургийн тайлбар)

$$c = \sqrt{a^2 + b^2 - 2ab \cos \gamma} \quad (1)$$

Энэ томъёоноос хэрэв бидэнд a, b мөн гамма байвал c -г олж болно. Нөгөө талаар бидэнд a, b, c байвал гаммаг олж болох юм.

Гаммаг олох томъёо:

$$\gamma = \cos^{-1} \left(\frac{a^2 + b^2 - c^2}{2ab} \right) \quad (2)$$



8-р зураг. MediaPipe graph (зургийн тайлбар)

a, b, c ба өнцөг: гамма. Энэ гамма 90 градусаас бага эсвэл $\pi/2$ бол бид үүнийг хуруу гэж үзэж болох юм.

VI. ХЭРЭГЖҮҮЛЭЛТИЙН ТЕХНОЛОГИ

Хэрэгжүүлэлтийн технологийн явцад дараах сангуудыг ашигласан. Үүнд:

- pillow
- lxml
- matplotlib
- pandas
- opencv-python

- *tensorflow*
- *Artificial intelligence*
- *Mediarpipe*

Python

Python бол вэб сайт, программ хангамж бүтээх, автоматжуулах, өгөгдөлд дүн шинжилгээ хийхэд ихэвчлэн ашиглагддаг компьютерийн програмчлалын хэл юм. Python бол ерөнхий зориулалтын хэл бөгөөд энэ нь янз бүрийн програмуудыг бий болгоход ашиглагдах боломжтой бөгөөд ямар нэгэн тодорхой асуудалд зориулагдаагүй болно.

Ашиглалт: Үүнийг ойлгоход хялбар бөгөөд энэ нь өгөгдөл баталгаажуулалтыг хурдан бөгөөд алдаагүй болгодог. Өргөн хөгжсөн сангийн экосистемд хандсанаар хөгжүүлэгчид нарийн кодчилолгүйгээр нарийн төвөгтэй ажлуудыг гүйцэтгэх боломжтой.

Бидний туршиж буй 2 аргаас Mediarpipe ашиглан хийж байгаа нь үр дүнгээ гаргахын тулд сан үүсгэх шаардлагагүйгээр гар хурууны хөдөлгөөнийг нь үе үеэр нь таньж ямар хөдөлгөөн хийж байгааг нь хянан мэдэх боломжтой.

Харин дараагийн туршиж байгаа үр дүнгээ гаргахын тулд сан үүсгэх шаардлагатай юм. Тиймээс бид сангаа үүсгэхдээ дохионы хэлний хөдөлгөөнийг нь хийж боломжит гэсэн бүх талаас нь зургийг нь дарж сан үүсгэх юм.

Хиймэл оюун ухаан(artificial intelligence)

AI технологи гэдэг нь ихэвчлэн хүний оюун ухаан шаарддаг даалгавруудыг гүйцэтгэх чадвартай ухаалаг систем, машинуудыг бий болгоход ашигладаг төрөл бүрийн хэрэгсэл, техник, хэрэглээг хэлдэг. Хиймэл оюун ухааны үндсэн технологид дараах зүйлс орно.

- Машин сургалт(Machine learning)
- Гүн сургалт(Deep learning)
- Компьютерын хараа (Computer vision)
- Байгалийн хэлний боловсруулалт(Natural language processing)
- Роботын техникч (Robot technitian)
- Шинжээчдийн систем(Expert system)
- Яриа таних(Reinforcement learning)

Ашиглалт: Үгийг өөр хэл рүү хөрвүүлэхдээ AI систем нь өмнөх болон дараах үг, хэллэгийг багтаасан контекстэд нь дүн шинжилгээ хийж, хамгийн их магадлалтай орчуулгыг таамаглахын тулд статистик загваруудыг ашигладаг. Дараа нь систем нь орчуулсан үгийг гаргаж, үйл явц нь өгүүлбэр эсвэл текстийн дараагийн үгэнд давтагдана. Хиймэл оюун ухаан нь өгөгдөлд үндэслэн ажиллаж алгоритмуудыг тодорхойлдог. Энэхүү алгоритмуудыг Python хэл дээр бичих боломжтой. Дүрс таниулах үйл явц нь **машин сургалтын** тусламжтай хийгдэнэ. Машин сургалтын модель үүсгэх процесс нь дараах алхмуудаар тогтоогдоно:

- **Өгөгдлийг сонгох**
Машин сургалтын моделийг үүсгэхдээ эхлээд өгөгдлийг сонгоно. Энэ нь модельд зориулж ажиллуулах өгөгдлөө тодорхойлж байгаа юм.
- **Өгөгдлийг боловсруулах**
Дараа нь өгөгдлийг боловсруулах болон харьцуулах аргаар ажилладаг. Энэ нь өгөгдлийг томоохон хэмжээний бүлэг, тодорхой хувьсагч гэх мэт мэдээллийг хайж олохын тулд ашиглагддаг.
- **Модель сонгох**
Өгөгдлийг боловсруулсны дараа, хамгийн зөв моделийг сонгож болно. Машин сургалтын моделийг сонгохдоо хувьсагчуудын төрөл, өгөгдөл тохирох, хүснэгтийн хэмжээ зэргээр авч үздэг..
- **Модель үүсгэх**
Моделийг үүсгэх үйл ажиллагаанд машин сургалтын алгоритмуудыг ашиглана. Жишээлбэл хувьсагчдыг зорилготой байгаа дараалал, сонгогдсон модель, өгөгдлийг ашиглах зэрэг тохиргоо хийгдэж моделийг үүсгэдэг.
- **Модель шалгах**
Моделийг үүсгэсний дараа шалгаж, тест өгөгдлүүдээр шалгана. Энэ нь моделийн алдагдлыг шалгах юм.

Tensorflow

TensorFlow нь Machine Learning програмуудыг бүтээхэд зориулагдсан нээлттэй эхийн төгсгөл хоорондын хүрээ юм. Энэ бол өгөгдөл

ийн урсгал болон дифференциал програмчлалыг ашиглан гүн мэдрэлийн сүлжээний сургалт, дүгнэлт хийх зэрэг олон төрлийн даалгавруудыг гүйцэтгэдэг симбол математикийн хэрэгсэл юм.

Энэ нь програмистуудад янз бүрийн хэрэгсэл, хүрээ, олон нийтийн нөөцийг ашиглан машин сургалтын програмуудыг бүтээх боломжийг олгодог.

TensorFlow нь технологийн сан бөгөөд гүйцэтгэх санаа, машин сургалт, глобал тооцоо, компьютерийн хэлний туршид хэрэглэгддэг програм хангамж юм. TensorFlow-ийг ашиглан машин сургалтын моделуудыг үүсгэх, сургалтын өгөгдөлд тулгуурлан, гүйцэтгэх болон сургах боломжтой. TensorFlow нь ихэнхдээ машин сургалтын моделийг удирдах, тодорхой үр дүнг харах, үйлчилгээнүүдийг тестлэх, нэгжүүдийн тухайн мэдээллийг дэлгэцэнд харуулах гэх мэт үйлдэл хийхэд зориулагдсан.

TensorFlow нь хүлээн зөвшөөрсөн хэлнүүдээр бичигдсэн програм хангамж юм. TensorFlow-ийн модел нь нэмэлт олон хэл дээр ажилладаг, Python хэлээр үйлдэл хийж, C++, Java, Go, Swift, JavaScript, Rust гэх мэт гар утсанд ашиглах боломжтой. TensorFlow нь илүү тохиромжтой, нээлттэй, санаа төлөвлөж, шинэчлэлтүүдийг хүлээн авах, санамсаргүй байдлын машин сургалт ашиглаж, бага зэргээсээ хэрэглэгчдэд тохиромжтой болгосон технологийн сан юм.

Ашиглалт

TensorFlow API-ууд нь доод түвшний API-ууд дээр суурилагдсан өндөр түвшний API-уудтай шаталсан байдлаар зохион байгуулагддаг. Машин сургалтын судлаачид машин сургалтын шинэ алгоритмуудыг бий болгох, судлахын тулд доод түвшний API-г ашигладаг. Энэ ангид та tf.keras нэртэй өндөр түвшний API-г ашиглан машин сургалтын загваруудыг тодорхойлж, сургах, таамаглал дэвшүүлэх болно. tf.keras нь нээлттэй эхийн Keras API-ийн TensorFlow хувилбар юм.

TensorFlow нь оролтыг Tensor хэмээх олон хэмжээст массив болгон хүлээн авснаар

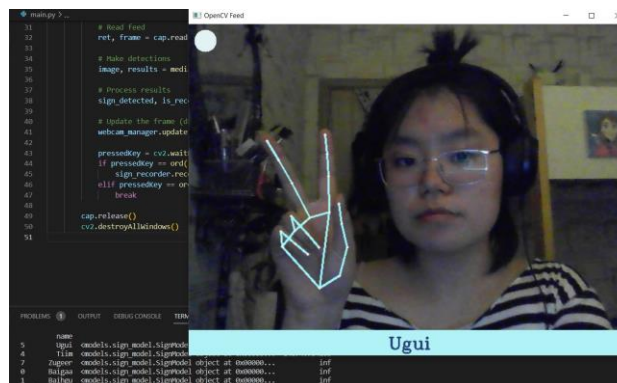
өгөгдлийн урсгалын график, бүтцийг хэрхэн графикаар дамжуулж байгааг тодорхойлох боломжийг танд олгоно. Энэ нь танд нэг чиглэлд, нөгөө чиглэлд шилжих эдгээр оролтууд дээр хийж болох үйлдлүүдийн схемийг үүсгэх боломжийг олгоно.



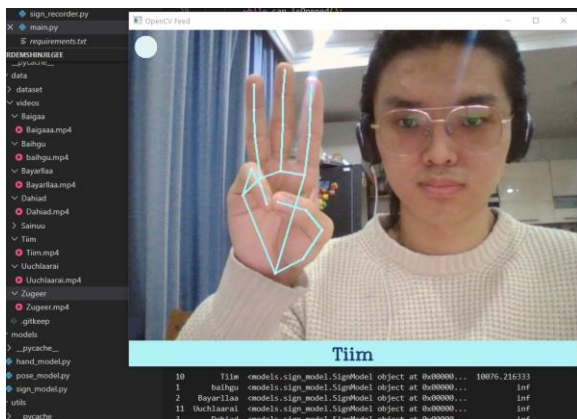
9- р зураг . Гарыг таньж буй байдал



10- р зураг. Гарыг таньж буй байдал



11- р зураг. Дохионы хэл хөрвүүлж буй байдал



12-р зураг. Хөрвүүлж буй байдал

VII. ДҮГНЭЛТ

Манай улсын хувьд хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийг дэмжсэн техник, технологийн бүтээгдэхүүн тун ховор байдаг. Үүнтэй холбоотойгоор бид бүхэн хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн өмнө хүлээсэн нийгмийн хариуцлагынхаа хүрээнд бид тэдгээр иргэдийг дэмжих зорилготой уг системийг хөгжүүлж байна. Сонголын бэрхшээлтэй иргэд бусад иргэдтэй төвөггүй, ямар нэгэн хүний тусламжгүй бие даан харилцах, ойлголцох боломжийг нээж байгаа нь манай судалгааны шийдэл бөгөөд нэмэлт шинэлэг үйлдлүүд болох олон орны хүмүүстэй дохионы хэлээр ярих боломжтой болсон нь гол онцлог болж байгаа юм. Гар хурууны хөдөлгөөн, дохионы хэлийг камерын тусламжтай танин текст рүү хөрвүүлж, тус текст нь өөр орны хэлнүүдийн сонголттой байснаар сонголын бэрхшээлтэй хүн аль ч улсын хүнтэй чөлөөтэй харьцах боломж нээгдэнэ.

VIII. НОМ ЗҮЙ

[1]. What is MediaPipe. Introduction to MediaPipe <https://learnopencv.com/introduction-to-mediapipe/#What-is-MediaPipe?>, accessed March. 2022.

[2]. MediaPipe with Custom tflite Model <https://blog.gofynd.com/mediapipe-with-custom-tflite-model-d3ea0427b3c1>, accessed March. 2020.

[3]. Alphabet Hand Gestures Recognition Using MediaPipe <https://optisol.com.au/insight/alphabet-hand-gestures-recognition-using-mediapipe/>, accessed July. 2021.

[4]. Some Amazing Applications of OpenCv Library <https://www.analyticsvidhya.com/blog/2021/09/some-amazing-applications-of-opencv-library/>, accessed Sep. 2021.

[5]. What is OpenCv? <https://www.youngwonks.com/blog/What-is-OpenCV>, accessed Sep. 2021.

[6]. Hand Detection and Finger Counting Using OpenCV-Python <https://medium.com/analytics-vidhya/hand-detection-and-finger-counting-using-opencv-pyhton-5b594704eb08>, accessed Aug. 2020

[7]. What is a Web Application? How it Works, Benefits and Examples <https://www.indeed.com/career-advice/career-development/what-is-web-application>, accessed Nov. 2021

[8]. ХӨГЖЛИЙН БЭРХШЭЭЛТЭЙ ИРГЭДИЙН АСУУДАЛ: БОДЛОГО, ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

https://mlsp.gov.mn/uploads/files/hbi_nom2020.pdf accessed 2020

[9]. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн улс төрийн оролцоог хангах нь <https://unread.today/c/insight-increasing-accessibility> accessed 2022

[10]. Хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэдийн улс төрийн оролцоог хангах нь <https://www.upr-mongolia.mn/images/xupld/CompUPR.pdf> accessed. 2022

[11]. Монгол дохионы хэлний хэлмэрч мэргэжлээр бэлтгэж байна <http://www.gadpwd.gov.mn/index.php/news/567>, accessed. March 2023

[12]. 3D Hand Pose with MediaPipe and TensorFlow.js <https://blog.tensorflow.org/2021/11/3D-handpose.html> accessed. Nov 2021

[13]. MediaPipe <https://mediapipe.dev/index.html> accessed. March 2023

[14]. What is artificial intelligence (AI)? <https://www.techtarget.com/searchenterpriseai/definition/AI-Artificial-Intelligence#:~:text=Artificial%20intelligence%20is%20the%20simulation,speech%20recognition%20and%20machine%20vision>. accessed. Feb 2023

[15]. What Is AI Translation and How Does It Work? <https://www.getblend.com/blog/ai-translation/> accessed. March 2022

[16]. What is AI? https://www.w3schools.com/ai/ai_what_is.asp accessed. March 2023

[17]. Machine Learning Language https://www.w3schools.com/ai/ai_programming.asp accessed. March 2023

[18]. What is TensorFlow, and how does it work? <https://towardsai.net/p/what-is-tensorflow-and-how-does-it-work#:~:text=TensorFlow%20is%20a%20machine%20learning,%20C%20C%2B%2B%2C%20and%20Java> accessed. Aug 2021

Камер ашиглан бодит цагаар гар дагаж хөдөлдөг робот гар

Дэлгэр Зуунбаатар
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
dek.623713@gmail.com

Цэрэнтогтох Мөнх-Эрдэнэ
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
tserentogtoh260@gmail.com

Бямбаа Дорж
Электроникийн салбар
Шинжлэх Ухаан Технологийн Их
Сургууль
Улаанбаатар, Монгол
doeoo8306@gmail.com

Хураангуй – Энэхүү судалгаанд бид робот гарыг хэрхэн нэмэлт мэдрүүр ашиглахгүй зөвхөн камера ашиглан удирдах тухай өгүүлж байна. OpenCV санг ашиглаж камераас өгөгдөл авна. Камерын дүрсээс cvzone санг ашиглаж гарыг таньж сериал портоор хуруу дэлгэгдсэн эсвэл хумигдсан мэдээллийг ардуино руу дамжуулна. Хуруу дэлгэгдсэн хумигдсаныг таван гишүүнтэй массив утганд хадаглана. Хэрвээ хуруу дэлгэгдсэн байвал массивын харгалзах утга нь нэг байна. Харин хумигдсан байвал тэг байна. Ардуино ирсэн мэдээллийг хүлээн авч гарыг удирдана. Гарын хуруу болгоныг нэг серво мотороор удирдана. Серво моторыг хуруутай утсаар холбосон байна. Мөн хурууны ар талд резин холбосноор хурууг дэлгээстэй байлгана.

Түлхүүр үг – гар, камер, робот гар,

I. ОРШИЛ

Ижил төрлийн бусад системүүд ихэвчлэн нэмэлтээр мэдрүүр ашигладаг. Мэдрүүр нь ихэвчлэн булчингийн болон уян мэдрүүр(зураг 1) байдаг. Булчингийн мэдрүүрийн сул тал нь нас биед хүрсэн хүн, хүүхэд, эмэгтэй, эрэгтэй, тарган, туранхай, булчинтай гэх мэт хүн бүр өөр тул хүн бүрт өөрөөр ажиллана. Мөн булчин дээр мэдрүүрээ нааж байрлуулдаг тул зөв газар нь байрлуулахгүй бол яг аль хуруу нь хөдөлж байгааг буруу мэдрэх эсвэл огт мэдрэхгүй байх боломжтой. Харин уян мэдрүүр нь гарын хөдөлгөөнийг мэдрэхийн тулд бээлийний ард байрлуулж гартаа өмсөдөг. Хүн болгоны гарын хэмжээ өөр тул хүн бүрт таарсан бээлий байхгүй. Манай систем нь эдгээр асуудлуудыг шийдэхээр зорисон. Заавал мэдрүүр ашигдалгүй камер байхад л робот гараа удирдаж болно. Камерт гар жижиг, том, өргөн, нарийн, бүдүүн, туранхай, булчинтай байх нь ялгаагүй гар л байвал таньж чадна.



Зураг 1. а. Булчингийн мэдрүүр б. Уян мэдрүүр

II. ИЖИЛ, ТӨСТЭЙ СИСТЕМИЙН СУДАЛГАА

Өмнө нь дурьдсанчлан ижил, төстэй системүүд ихэвчлэн булчингийн болон уян мэдрүүр ашигладаг. Үүнээс гурван системийг нь судаллаа.

1. MyWare булчингийн мэдрүүр ашиглан робот гар удирдах:

Энэ систем нь MyWare булчингийн мэдрүүр ашиглан робот гар атгах дэлгэх үйлдэл хийдэг. Энэ мэдрүүр нь булчингийн агшилт суналтыг хэмждэг. Гарын шуун дээр байрлуулсанаар гараа атгасан эсвэл сулласаныг мэдрэнэ. Гараа атгах үед шууны булчин чангарч мэдрүүрийн хүчдэл нэмэгдсэнээр робот гар атгах үйлдэл хийнэ. Харин гараа дэлгэх үед булчин суларч мэдрүүрийн хүчдэл багасаж робот гар дэлгэгдэнэ. Энэ системийн сул тал нь зөвхөн булчин чангарч, суларч байгааг ерөнхийд нь л мэдрч чадна. Яг аль хуруу нь дэлгэгдэж, хумигдаж байгааг нь мэдрэхгүй. Энэ нь робот гарыг дэлгэх, атгах гэсэн хоёр үйлдлээр л удирдаж болно гэсэн үг.



Зураг 2. MyWare булчингийн мэдрүүр

2. AD8232 булчингийн мэдрүүр ашиглан робот гар удирдах:

AD8232 булчингийн мэдрүүр нь гурван наалт бүхий мэдрэгчтэй. Гурван наалтаа шуунд байрлуулна. Гарын шуун дээр байрлуулсанаар гарын аль хуруугаа хумисан эсвэл дэлгэсэнийг мэдрэнэ. Хуруугаа хумих үед шууны булчин чангарч мэдрүүрийн хүчдэл нэмэгдсэнээр робот гар атгах үйлдэл хийнэ. Харин гараа дэлгэх үед булчин суларч мэдрүүрийн хүчдэл багасаж робот гар дэлгэгдэнэ. Энэ системийн сул тал нь гурван наалтаа зөв байрлуулахгүй бол яг аль хуруу нь дэлгэгдэж, хумигдаж байгааг буруу мэдрэх боломжтой. Энэ нь робот гарыг буруу удирдах эрсдэлтэй гэсэн үг.

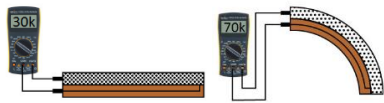


Зураг 3. AD8232 булчингийн мэдрүүр

3. Уян мэдрүүр ашиглан робот гар удирдах:

Уян мэдрүүрийн нэг тал нь дамжуулагч хэсгүүдийг агуулсан полимер бэхээр хэвлэгддэг. Мэдрэгч шулуун байх үед бөөмс нь бэхэнд ойролцоогоор 30к Ом эсэргүүцэл өгдөг. Мэдрүүр бэхнээс холдуулахад

дамжуулагч хэсгүүд нь цааш холдож, нугалах тусам эсэргүүцэл нэмэгддэг. Уян мэдрүүрийн урт нь 5,58см - 11,43см , -35°C - +80°C-д ажиллах боломжтой. Мэдрүүр ажилах хүчдэл нь 0-5v-ийн хооронд. Эрчим хүчий үнэлгээ 0,5ватт /тасралтгүй/, оргил үедээ 1ватт байна. Энэ мэдрүүрийг тус системд ашиглахдаа таван ширхэгийг тус бүр нэг серво удирдана. Мэдрүүрээ бээлийний ард байрлуулна. Уг бээлийг өмссөн хүн хуруугаа нугалах үед харгалзах серво эргэж робот гарын хурууг нугална. Энэ системийн сул тал нь өмнө нь дурьдсанаар нэмэлтээр заавал бээлий өмсөх шаардлагатай. Тиймээс уг робот гарыг ашиглах хүн борт таарсан өөр өөр бээлий байх шаардлагатай болно. Мөн нэг системд таван уян мэдрүүр хэрэг болно. Таван мэдрүүр багцаараа 88.5\$ болно. Энэ нь төгрөгөөр барагцаагаар 300 мянга болно(тээврийн зардал болон бусад хэрэглэгдэхүүний үнийг оруулаагүй).



Зураг 4. а. Уян мэдрүүр тэнийсэн үе б. Уян мэдрүүр нугалсан үе



Зураг 5. Уян мэдрүүр ашиглан робот гар удирдах

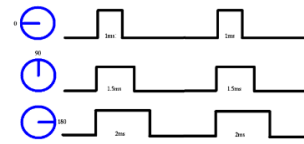
III. ХЭРЭГЛЭГДЭХҮҮНИЙ СУДАЛГАА

Сэрво мотор(MG996R)

4.8В-оор тэжээгдэж өнцөгөөр эргэдэг DC мотор. Сэрво мотор нь тогтмол гүйдлийн(DC) мотор, хурдны хайрцаг(gearbox), потенциометр, хяналтын хэлхээ(control circuit) гэсэн дөрвөн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсэгүүдтэй. DC мотор нь хурд ихтэй, хүч султай байдаг боловч хурдны хайрцагийн тусламжтай эргэлтийг нь 60RPM хүртэл бууруулан хүчийг нь нэмдэг. Потенциометр нь араан дээр байрладаг тул мотор эргэх үед потенциометр эргэж хүчдэлийнх нь өөрчлөлтөөр өнцгийг нь мэдрэдэг/тооцоолдог. Сэрво моторыг дохионы шугамаар импульс илгээх аргаар удирддаг. Давтамж нь 50гц болох эсвэл 20мс тутамд импульс гарч байх ёстой. Импульсийн өргөн нь сэрвогийн өнцгийг тодорхойлдог. Импульс 1мс үргэлжлэж байх нь 0 градуст байна. 1.5мс үргэлжлэх нь 90 градуст байна. Харин 2мс дээр 180 градуст дээр байна. Зарим дохиолдолд 0.5мс дээр 0 градуст, 2.5мс дээр 180 градуст байна.



Зураг 6. MG996R сэрво мотор



Зураг 7. Сэрво мотор ажиллагаа

Ардуино(Ардуино УНО)

Ардуино нь нээлттэй эх сурвалжит програм хангамж ба техник хангамжийн компани, төслүүд болон хэрэглэгчдийн нийгэмлэг юм. Нээлттэй эх сурвалж гэдэг нь тухайн хэрэгслийг ашиглах, судлах, өөрчлөх болон түгээх зэрэг эрхүүд нь бүх хүнд нээлттэй байдаг нэгэн төрлийн патентыг хэлдэг. Тэгэхээр Ардуино компаний бүтээгдэхүүнүүдийг хэрэглэгчид өөрсдөө хүссэнээрээ өөрчлөн инноваци бүтээх боломжтой болдог. Ардуино компани нь одоогоор 100 гаруй төрлийн техник хангамжийн бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэн гаргаад байна. Эдгээрт хавтан, зөөвөрлөгч, багц бүтээгдэхүүнүүд болон бусад туслах хэрэгслүүд багтдаг. Тухайлбал хавтан гэдэг нь микроконтролерт суурилсан өөртөө багтах электроникийн олон жижиг элементүүдийг удирддаг хэлхээ бүхий зүйл юм. Ардуино өөр өөр хүчин чадалтай хэд хэдэн хавтангууд үйлдвэрлэдгийн нэг нь Ардуино УНО. Ардуино УНО нь ATmega328 гэдэг микроконтроллер, 32 ширхэг аналог дижитал оролт гаралтын зүү, USB болон тэжээлийн оролт, LED, ICSP болон бусад олон хэсгүүдээс бүрддэг. Ардуино хавтангийн ерөнхий ажиллах зарчим нь USB-гээр хэрэглэгчийн компьютерт холбогдон, програмчлалын хэл дээр бичигдсэний дагуу үйлдлүүдийг гүйцэтгэх буюу өөр дээрээ байх элементүүдээ удирдах замаар ажилладаг. Програм хангамжийн хувьд Ардуино хэрэглэгчдэд хялбар ойлгомжтой байлгах үүднээс хялбаршуулсан C/ C++ програмчлалын хэл буюу Ардуино IDE хэлийг ашигладаг.



Зураг 7. Ардуино УНО

IV. СИСТЕМИЙН АЖИЛЛАГАА

Манай систем нь нэмэлт мэдрүүр ашиглалгүй камер байхад л ажиллана. Python-ы opencv санг ашиглан камерыг ажиллуулна. Харин cvzone санг ашиглан гарыг танин хуруугаа дэлгэсэн, нугалсаныг таньж ардуино руу сериалаар дамжуулна. Python-с дамжуулсан өгөгдөлөөр сэрво моторуудыг удирдана. Серво тус бүр харгалзан тэг, нэг гэсэн утга оноогдсон. Серво болгон нь нэг нэг хуруутай холбогдсон байна. Харгалзах утга нь 1 болвол серво эргүүлж утсыг суллан хурууг дэлгэж, 0 болвол серво эсрэг чиглэлд эргүүлэн утсыг татаж хурууг нуглана.

Гар танихдаа cvzone сангийн handdetector класс болон findhands, findposition, fingersup функцуудыг ашигласан. Handdetector класс нь томоохон гар орсон зурганууд дээр машин сургалтаар урьдчилан сурсан загварыг ашигладаг. Энэ загвар нь neural network ашиглан хүний гар, гарын хуруу, хурууны үе, алганы хээ зэргийн онцлогийг танихад чиглэдэг. Handdetector нь гар

илрүүлэх явцаа хэд хэдэн хувьсагчаар тохируулж болно. Эдгээрээс манай системд ашиглаж байгаа нь:

- Maxhands - Энэ хувьсагч нь зураг эсвэл бичлэгнээс хамгийн ихдээ хэдэн гар танихаа тохируулдаг. Зааж өгөөгүй дохиолдолд дээд тал нь хоёр гар таньдаг. Манай системийн хувьд нэг гар л удирдах тул нэг гэж тохируулсан.
- Detectionson – Энэ хувьсагч нь тухайн зураг эсвэл бичлэгнээс гар байх боломж хэдэн хувиас дээш байхад гар гэж үзэхээ тохируулдаг. Тэгээс нэгийн хооронд утга авдаг. Зааж өгөөгүй тохиолдолд 0.5 байна. Энэ нь тухай зураг эсвэл бичлэгэнд гар байна гэдэгт тавиас их их байвал гар гэж үзнэ гэсэн үг. Манай системийн нэг гэж тохируулсан.

Svzone сангийн findhands функц нь мөн машин сургалтыг ашиглан зураг эсвэл бичлэгнээс гарын байршилыг толь бичиг(dictionary)-ийн жагсаалт хэлбэр буцаадаг. Тухайн толь бичигт гарны мэдээлэл, байршилын тэмдэглэгээ, хязгаарлах хайрцаг зэрэг мэдээлэл агуулагддаг.

Svzone сангийн findposition функц нь мөн машин сургалтыг ашиглан зураг эсвэл бичлэгнээс гарын байршил, хурууны үзүүр болон үе зэрэг мэдээллийг агуулсан толь бичгийг буцаана. Тухайн толь бичгийн мэдээллээр хурууны үзүүр, үеийн байршилын тэмдэглэгээгээр тухайн гарын хөдөлгөөнийг мэдэж болно.

Svzone сангийн fingersup функц нь хуруу тус бүрийн байршилд дүгнэлт хийж аль хуруу нь нугалсан байна, аль хуруу нь дэлгээстэй байгааг илрүүлдэг. Ингэхдээ хуруу тус бүрт харгалзах утгатай жагсаалт(list) үүсгэн буцаадаг. Хуруугаа нугалах үед жагсаалтыг харгалзах утга нь тэг болно. Харин дэлгэх үед харгалзах утга нь нэг болно. [1, 0, 1, 0, 1] гэсэн утга буцаавал эрхий хуруу, дунд хуруу, чигчий хуруунууд дэлгээстэй, доловор хуруу болон ядам хуруунууд нугалаастай байна гэсэн үг. Энэ утгаа fingers гэсэн утганд хадгалж сериалаар дамжуулан ардуино УНО-д дамжуулж байгаа.

V. РОБОТ ГАРЫН ЗАГВАР

Бид робот гараа серво байрлах хэсэгээ 3D принтерээр хэвлэж, гарын хэсгийг модоор хийсэн. Робот гарын загвар нь ямар ч байж болно. Хийж буй хүн өөрийн нөхцөл байдал, нөөц бололцооноос хамаарч хүссэнээрээ хийж болно. Жишээлбэл, цаас, мод, гурван хэмжээст принтерээр хэвлэх гэх мэт ямарч байж болно.

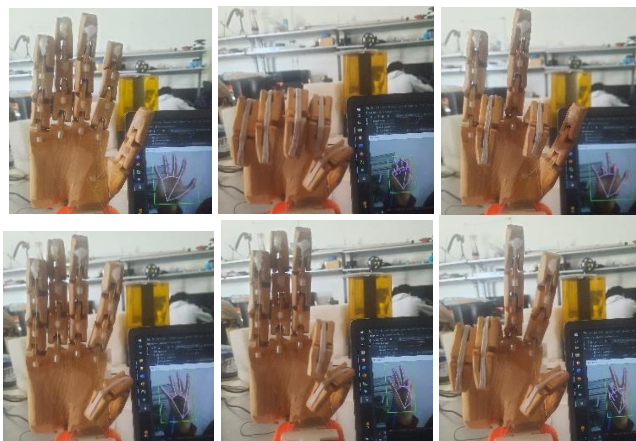


Зураг 8. Бидний хийсэн робот гарын загвар



Зураг 9. Жишээ робот гарын загварууд

VI. ҮР ДҮН



Зураг 10. Үр дүн

VII. ХЭРЭГЛЭЭ БОЛОН САЙЖРУУЛАЛТ

Заавал хүний гарын оролцоо хэрэг болдог ажиллах орчинд ашиглаж болно. Жишээлбэл, хүнд аюултай химийн бодистой ажиллах, бичих, хэрчих(хоол хийх) гэх мэт.

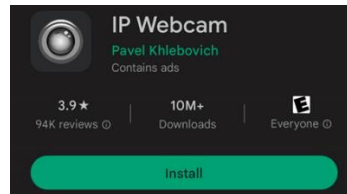
Гарын хөдөлгөөнийг санаж ахин хийдэг болгож сайжруулна. Мөн робот гараа илүү холоос удирдах буюу дэлхийн хаанаас ч байсан мэдээллээ дамжуулж удирддаг болгоно. Зөвхөн хуруу биш гарыг бугуй, шуу, булчин зэрэг бүх үеэр дагаж хөдлөгдөг болгоно. Урд болон хажуу талаас нь хоёр depth камер тавьж гарын гурван хэмжээст дүрслэлийг гаргаж илүү нарын хөдөлгөөнийг мэдрэх боломжтой болгоно.

VIII. ДҮГНЭЛТ

Бидний анхны зорилго болох бодит цагаар гар дагаж хөдөлдөг робот гараа амжилттай бүтээж чадсан. Энэ төслөө үргэлжлүүлэн сайжруулсанаар зөвхөн гарын ажиллагаа шаардах ч биеэр очих шаардлагатай ажилуудыг хөнгөвчилнө. Байнга давтагддаг гарын хөдөлгөөнүүдийг сануулдаг болгосноор хүний гараараа хийдэг үйлдэлүүдийг хөнгөвчилж, хялбар болно.

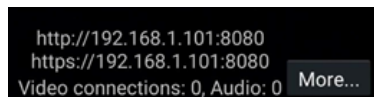
IX. ХАВСРАЛТ

Хэрвээ веб камер байхгүй бол заавал нэмэлтээр камер худалдаж авах шаардлагагүй. Ухаалаг утасаа веб камер болгон ашиглаж болно. Утсан дээрээ 'IP Webcam' гэх аппликейшныг татна.



Зураг 11. IP Webcam аппликейшн

Татасны дараа дотор нь ороход доод хэсэгт нь ip хаяг (зураг 12) харагдана. IP хаягийг нь кодидоо оруулж (зураг 13) өгсөнөөр утсаа веб камер болгон ашиглаж болно (зураг 14).



Зураг 12. IP Webcam аппликейшны ip

```
cap = cv2.VideoCapture('http://192.168.1.101:8080/video')
```

Зураг 12. IP Webcam аппликейшны IP-г кодондоо оруулах



Зураг 13. IP Webcam аппликейшн ашиглан гар утсаа веб камер болгох

X. НОМ ЗҮЙ

1. 3D загвар
<https://www.thingiverse.com/thing:3105948>
2. Төсөөтэй системийн судалгаа 1
<https://www.instructables.com/3D-Printed-EMG-Prosthetic-Hand/>
3. MyoWare булчингийн мэдрүүрийн зураг
<https://cdn-shop.adafruit.com/970x728/2699-03.jpg>
4. Төсөөтэй системийн судалгаа 2
<https://www.robotickanti.com/post/how-to-make-robot-hand-moving-using-muscle-at-your-home>
5. AD8232 мэдрүүрийн зураг https://m.media-amazon.com/images/W/IMAGERENDERING_521856-T1/images/I/612LEVIITuL.SL1000.jpg
6. Төсөөтэй системийн судалгаа 3
<https://www.hackster.io/laurencemlai/diy-glove-controlled-robotic-hand-ff5d63>
7. Уян хатан мэдрүүрийн зураг
<https://cdn.sparkfun.com/assets/parts/4/6/2/6/10264-01.jpg>
8. Робот гарын загвар 1
<https://i.pinimg.com/564x/42/c1/df/42c1df78d8fdaf13e4140baa58489b84--science-projects-science-experiments.jpg>
9. Робот гарын загвар 2
<https://cdn.myminifactory.com/assets/object-assets/5d9b2f01c61c9/images/720X720-img-0570.jpg>
10. Робот гарын загвар 3
[https://hackster.imgix.net/uploads/attachments/1310376/img_8233_\(1\)_08piBoNNtl.jpg?](https://hackster.imgix.net/uploads/attachments/1310376/img_8233_(1)_08piBoNNtl.jpg?)
11. Ардуино УНО-гийн мэдээлэл
<https://tee.education/ардуино-гэж-юу-вэ/>
12. IP Webcam аппликейшн татах
<https://play.google.com/store/apps/details?id=com.pas.webcam>

Android.DEX файлын шинжилгээ

Баяртогтох Тэмүүлэн, Бат-Эрдэнэ Мөнхбаяр, Цэрэндондог Тэнгис

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль,
Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын салбар

b.temuulen538@gmail.com
Munkhbayar.b@must.edu.mn
Tengis@must.edu.mn

Хураангуй — 2022 онд Андроид хэрэглэгчдийн тоо 3 тэрбум давж, хорт программын халдлага нэмэгдэж байгаа тул Андроид программуудыг хамгаалах шаардлага урьд өмнөхөөсөө илүү чухал болж байна. Иймд Android программуудыг хамгаалах үр дүнтэй аргуудын нэг бол .DEX файлыг задалж кодыг нь шинжлэх юм. Энэхүү өгүүлэлт бид .DEX файлыг задлан шинжлэхийн давуу талуудын талаар авч үзэх болно.

Түлхүүр үг—malware, decompile, Dalvik executable

I. УДИРТГАЛ

Гар утасны хорт программ Android хэрэглэгчдийн аюулгүй байдалд томоохон аюул учруулж байна. Google Play Store сая сая программтай бөгөөд тэдгээрийг албан ёсны эсвэл хорт программ эсэхийг хооронд нь ялгахад хэцүү байдаг. Энэ нь хорт программ хөгжүүлэгчид илрүүлэгдэхгүйн тулд хэд хэдэн аргыг ашигладаг оршино. Тухайлбал:

A. Нууцлах (obfuscation)[1]

B. Шифрлэх (encryption)

C. Динамик ачаалал (dynamic loading)

гэх мэт аргуудыг ашиглан кодоо нуудаг. Үүнтэй тэмцэхийн тулд аюулгүй байдлын судлаачид Android хорт программыг илрүүлэх, шинжлэх янз бүрийн арга техникийг боловсруулсан. Ийм аргуудын нэг бол программын байт кодыг задлан шинжилдэг .DEX parsing[2] арга юм.

4. assets - тусгай фонтууд, медиа файлууд болон тохиргооны файлууд зэрэг программд шаардлагатай нэмэлт датаг агуулдаг.

5. lib - Энэ сан нь программын ашигладаг өөр өөр архитектурт (armeabi, armeabi-v7a, arm64-v8a, x86, x86_64 гэх мэт) хөрвүүлсэн эх кодын сангуудыг агуулна.

6. resources.arsc - Энэ файл нь программын ашигладаг эмхэтгэсэн нөөцийн хүснэгтийг агуулж байгаа бөгөөд энэ нь нөөцийн ID-г бодит нөөцтэй харуулдаг.

7. classes.DEX - Энэ файл нь Dalvik Executable (.DEX) байт код хэлбэрээр программын эмхэтгэсэн Java кодыг агуулна.

ZIP файл болон .APK файл нь ижил шахалтын алгоритмыг ашигладаг учраас .APK файлын өргөтгөлийг .zip болгон өөрчилж дараа нь задлах боломжтой.

1-р зураг .APK файлын бүтэц

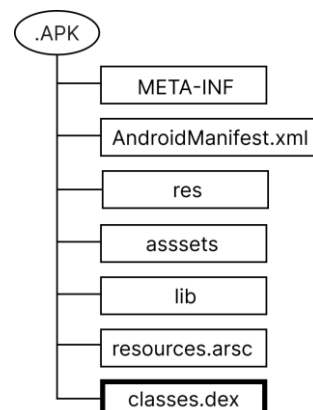
II. .APK ФАЙЛЫН БҮТЭЦ

.APK файл нь Android төхөөрөмж дээр программ суулгах, ажиллуулахад шаардлагатай бүх бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг агуулдаг. Үүнд:

1. META-INF - .APK-д багтсан бүх файлууд болон тэдгээрийн харгалзах SHA1 хэшийг жагсаасан MANIFEST.MF файл болон тоон гарын үсгийн файлуудыг агуулдаг.

2. AndroidManifest.xml - Энэ файл нь багцын нэр, хувилбарын дугаар, шаардлагатай Android-ийн хамгийн бага хувилбар, программд шаардагдах зөвшөөрөл, программыг бүрдүүлдэг бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг тайлбарласан XML файл юм.

3. res - Энэ директор нь зураг, мөр, зохион байгуулалт болон бусад өгөгдлийн файлууд гэх мэт программын ашигладаг бүх нөөцийг агуулдаг.



III. .DEX ФАЙЛЫН БҮТЭЦ

.APK файлыг задалснаараа бид .DEX файлыг гаргаж авна. .DEX файл нь:

1. header: .DEX файлын тухай үндсэн мэдээлэл, тухайлбал хувилбарын дугаар, тоон гарын үсэг, файлын хэмжээ гэх мэт мэдээллийг агуулна.

2. string_ids: хүснэгтэд ангийн нэр, аргын нэр, талбарын нэр зэрэг .DEX файлд ашигласан бүх мөрийн жагсаалтыг агуулна.

3.type_ids: хүснэгт нь анги, интерфэйс, массив зэрэг .DEX файлд ашигласан бүх төрлүүдийн жагсаалтыг агуулна.

4. proto_id: хүснэгт нь буцах төрөл, параметрийн төрөл, параметрийн нэр зэрэг Dex файлд ашигласан бүх аргын прототипүүдийн жагсаалтыг агуулна.

5.field_ids: хүснэгт нь талбарын нэр, төрөл, хандалтын туг зэрэг Dex файлд ашигласан бүх талбаруудын жагсаалтыг агуулна.

6. method_ids: хүснэгтэд аргын нэр, прототип, хандалтын туг зэрэг Dex файлд ашигласан бүх аргуудын жагсаалтыг агуулна.

7. class_defs: Dex файлд тодорхойлсон бүх ангиудын нэр, дээд анги, интерфэйс, талбар, аргуудын жагсаалтыг агуулна.

8. call_site_ids: методын дуудагдсан байршил болгонд id өгч хадгалдаг. Энэ жагсаалтыг call_site_off гэсэн өсөх дарааллаар эрэмбэлсэн байх ёстой.

9. method_handles: Файлд тодорхойлсон эсэхээс үл хамааран энэ файлд дурдсан бүх методын жагсаалт. Энэ жагсаалт эрэмбэлэгдээгүй байх бөгөөд давхардсан байж болзошгүй.

10. data: Dex файлын байт код, мөн үл хамаарах хүснэгт, дибаг хийх мэдээлэл гэх мэт аргын гүйцэтгэлийг дэмжихэд ашигладаг бусад өгөгдлийн бүтцийг агуулдаг.

11. link_data: ажиллах үед хөгжүүлэгчид ашиглаж болно.

2-р зураг. .DEX файлын бүтэц

.DEX
header
string_ids
type_ids
proto_id
field_ids
method_ids
class_defs
call_site_ids
method_handles
data
link_data

IV. .DEX ФАЙЛЫН ШИНЖИЛГЭЭ

.DEX файл нь Android программыг ажиллуулахад шаардлагатай бүх код, түүний классууд, аргууд, талбарууд болон Dalvik виртуал машинд тохирсон бусад нөөцүүдийг агуулдаг учир хорт программыг энгийн программаас ялгахад гол хүчин зүйл болно.

.DEX файлыг задлах нь маш олон давуу талтай. Үүнд:

- Файлын бүрэн бүтэн байдлыг шалгах-1
- Файлын бүрэн бүтэн байдлыг шалгах-2
- Тоон гарын үсгийг баталгаажуулах
- Үйлдлийн системийн нийцтэй байдлыг шалгах
- Эх кодыг гарган авах

A. Файлын бүрэн бүтэн байдлыг шалгах-1

Бүрэн бүтэн байдлыг шалгах нь тухайн файлыг итгэмжлэгдсэн хөгжүүлэгч үүсгэсэн байх бөгөөд гуравдагч этгээд өөрчлөөгүй, ажиллахад шаардлагатай өгөгдлүүд бүрэн бүтэн байгааг баталдаг. Шалгахдаа:

1. .DEX файлын анхны хэш утгыг итгэмжлэгдсэн эх сурвалжаас (программ хөгжүүлэгч эсвэл өөр итгэмжлэгдсэн байгууллага) авна.

2. SHA-1 эсвэл SHA-256 гэх мэт хэш функцийг ашиглан .DEX файлын шалгах нийлбэрийг тооцоолно.

3. .DEX файлын толгой (header) хэсэгт байрлах хэш утга нь .DEX файл үүсэх үед автоматаар тооцогддог учир энэ утгыг мөн авна.

4. Цуглуулсан 3 утгыг харьцуулж үзнэ. Хэрэв шалгах нийлбэр таарч байвал .DEX файлыг бүрэн бүтэн гэж үзнэ. Хэрэв шалгах нийлбэр таарахгүй бол .DEX файлыг өөрчилсөн байх магадлалтай бөгөөд хортой эсвэл эвдэрсэн байж болзошгүй.

B. Файлын бүрэн бүтэн байдлыг шалгах-2

Бүрэн бүтэн байдлыг шалгах өөр нэгэн арга нь .DEX файлын header хэсэгт агуулагдаж буй утгууд үнэн зөв байгааг шалгах юм. Үүнд:

1. file_size - .DEX файлын хэмжээтэй байтаар харьцуулах

2. header_size - .DEX файлын header-ийн хэмжээтэй байтаар харьцуулах

3. link_size - .DEX файлын link data-ийн хэмжээтэй байтаар харьцуулах

4. string_ids_size, type_ids_size, proto_ids_size, field_ids_size, method_ids_size, class_defs_size - уудыг тус тусын тоотой нь харьцуулах

5. data_size - .DEX файлын data-ийн хэмжээтэй байтаар харьцуулах

С. Тоон гарын үсгийг баталгаажуулах

Ихэнхи програмуудын нэвтрэлт танилт, бүрэн бүтэн байдал нь X.509 нийтийн түлхүүрийн дэд бүтцээс хамааралтай хэвээр байна. Уг сертификатыг SymCerts[3] гэх мэт аргаар шалгах боломжтой ч энэ өгүүлэлт дараах аргыг ашигласан болно:

1. X.509 сертификатыг .DEX файлын header хэсгээс гаргаж авна.
2. Сертификатаас нийтийн түлхүүрийг задалж авна. OpenSSL гэх мэт хэрэгслийг ашиглан гэрчилгээнээс нийтийн түлхүүрийг гаргаж авах боломжтой.
3. Нийтийн түлхүүрийг ашиглан сертификатаас анхны хэш утгыг тайлж авна.
4. .DEX файлын хэш утга болон тоон гарын үсгийн хэш таарч байвал гарын үсэг хүчинтэй бөгөөд файлд ямар нэгэн өөрчлөлт ороогүй болно. Хэрэв хэшүүд таарахгүй бол гарын үсэг хүчингүй бөгөөд файл өөрчлөгдсөн эсвэл гэмтсэн байж болзошгүй.

D. Үйлдлийн системийн нийцтэй байдлыг шалгах

Энэ мэдээллийг шалгаснаар уг программ нь Android-ийн хувилбар дээр зөв ажиллаж, тухайн хувилбарт хамаарах аливаа аюулгүй байдлын засварууд болон функцүүд апп-д багтсан эсэхийг шалгахад тусална.

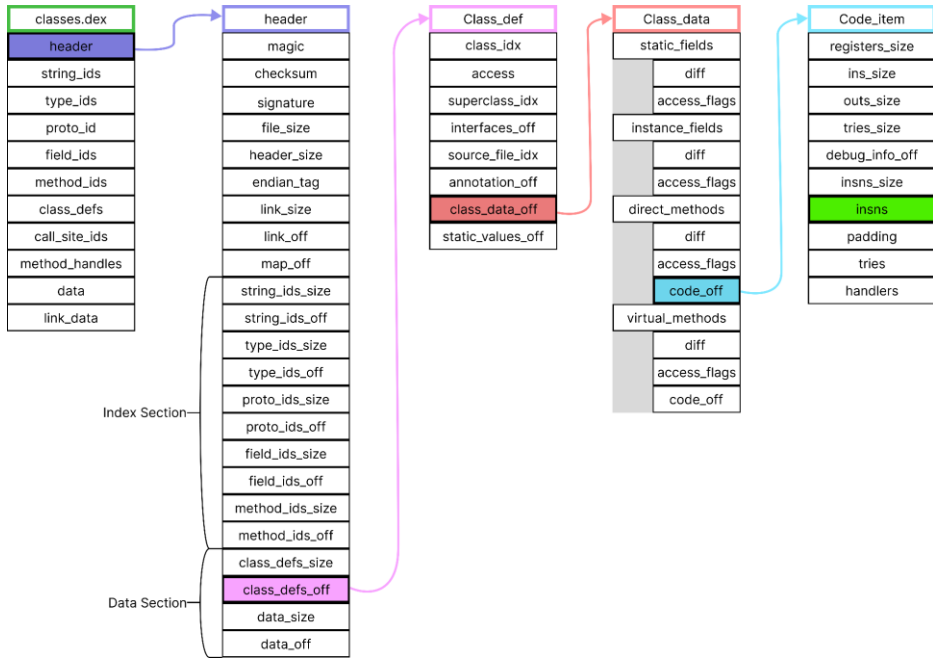
1. .DEX файлд шаардагдах хамгийн бага API түвшнийг тодорхойлно. Энэ мэдээллийг .DEX файлын толгой хэсэг эсвэл программын AndroidManifest.xml файлаас олж болно.
2. Програмыг суулгах төхөөрөмжийн API түвшнийг шалгана. Хэрэв төхөөрөмжийн API түвшин нь .DEX файлд шаардагдах API-ийн доод түвшнээс их буюу тэнцүү байвал файл нь төхөөрөмжтэй нийцтэй байна. Хэрэв төхөөрөмжийн API түвшин нь .DEX файлд шаардагдах API-ийн доод түвшнээс бага байвал файл нь төхөөрөмжид тохирохгүй бөгөөд программ ажиллахгүй.

3-Р ЗУРАГ. .DEX ФАЙЛЫН ЗАДАРГАА

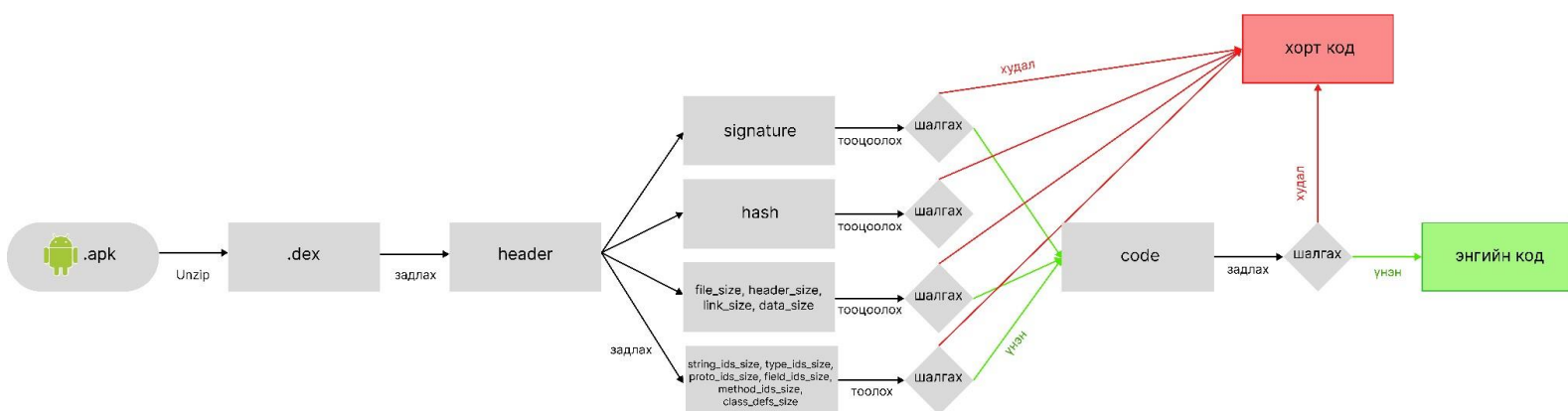
E. Эх кодыг гарган авах

.DEX файлыг задалж эх кодыг гаргаж авснаар эмзэг байдалд дүн шинжилгээ хийх, хортой программыг тодорхойлох, программын аюулгүй байдлыг сайжруулах гэх мэт олон давуу талыг бий болгоно. Эх кодыг гаргаж авахад .DEX файлыг хэд хэдэн хэсгийг задлах шаардлагатай:

1. header - нь дээр дурдсанчлан .DEX файлын тухай үндсэн мэдээллийг агуулдаг.
2. class_def - нь .DEX файлд агуулагдсан бүх классын тухай мэдээлэл буюу нэр, дэд классын нэр, хандалтын флаг (энэ нь ангийн харагдах байдал болон бусад шинж чанаруудыг заадаг), талбаруудын нэр, төрөл, ангитай холбоотой өгөгдлийг агуулдаг. Энэ мэдээллээс аль нэг классын class_def_off буюу классын эхлэх оффсет хаягийг авч задална.
3. class_data - нь тухайн классын талбар, методууд болон хаягуудыг нь агуулдаг. direct метод нь бүтээгч(constructor) болон хувийн метод(private method) дуудахдаа, харин virtual метод нь нийтийн(public) болон хамгаалагдсан(protected) методыг дуудахдаа ашиглагддаг. Методуудаас нэгийг сонгон offset хаягийг авч цааш задална.
4. code_item - нь metodyн регистрүүдийн тоо, оролт болон гаралтын аргуудын тоо, дибаг файлын(байвал) оффсет хаяг,байт кодын хэмжээ, байт кодыг агуулна. Байт код insns дотор байрлах бөгөөд бидний хайж байсан код бөгөөд бусад бүх code_item-ийг цуглуулан программын кодыг гаргаж авна.



4-Р ЗУРАГ. Кодын блок схем



V. ҮР ДҮН

.DEX Зураг 4т үзүүлсэн алгоритмын дагуу 5 хорт код шигтгэсэн (code injected) .APK файл, 5 энгийн файлыг шалгаж үзэв. Хорт кодын хувьд:

- checksum
- file_size
- header_size
- link_size
- data_size
- string_ids_size
- type_ids_size
- proto_ids_size
- field_ids_size
- method_ids_size
- class_defs_size

эдгээр .DEX файлын header доторх утгуудыг авч файл доторх агуулагдах утгуудтай харьцуулахад дор хаяж нэг эсвэл түүнээс дээш удаа зөрсөн тул хорт код гэж үзэн ангилсан болно. Харин энгийн .APK файлуудын хувьд бүх заагдсан утгууд файл доторх утгатай тэнцэж байсан тул энгийн код гэж авч үзсэн болно.

VI. Дүгнэлт болон цаашдын хөгжүүлэлт

.DEX файлыг задалж кодын хэсгийн гаргаж авах нь Android үйлдлийн системд гарж буй халдлагуудаас хамгаалахад эерэг нөлөө үзүүлнэ. Жишээлбэл:

1. Эмзэг байдлын шинжилгээ: .DEX файл дахь кодыг шалгаснаар zero-day эмзэг байдал, код шигтгэх (code injection) болон халдагчид ашиглаж болох бусад эмзэг байдлыг олоход[4] чухал нөлөө үзүүлнэ.

2. Хортой программын шинжилгээ: .DEX файлаас код гаргаж авснаар Андроидын хортой программыг шинжилж, ямар өгөгдлийг гадагшлууль, хэрхэн илрүүлэгдэхээс зайлсхийдэг зэрэг зан төлөвийг нь тодорхойлох боломжтой. Python хэл дээр бичигдсэн уг программ нь машин сургалт[5], гүн сургалтын аргыг ашиглаж ирээдүйд ижил төстэй хортой программыг илрүүлэх, урьдчилан сэргийлэх аргуудыг боловсруулахад тусална.

ТАЛАРХАЛ

Удирдагч багш: Бат-Эрдэнийн МӨНХБАЯР, Ph.D Мэдээллийн сүлжээ, аюулгүй байдлын дэд профессор, Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль (МХТС), Шижлэх ухаан технологийн их сургууль (ШУТИС).

Оюутан: Баяртогтох ТЭМҮҮЛЭН, В190970110 Мэдээлэл, холбооны технологийн сургууль (МХТС), Шижлэх ухаан технологийн их сургууль (ШУТИС).

Зөвлөх багш: Цэрэндондог ТЭНГИС

Ном зүй

- [1] Chandan Kumar Beheraa, D. Lalitha Bhaskari “Different Obfuscation Techniques for Code Protection”. 2015
- [2] Marc Schoñefeld “Reconstructing Dalvik applications”. Dubai, 2010
- [3] Sze Yiu Chau, Omar Chowdhury “Symcerts: Practical Symbolic Execution For Exposing Noncompliance in X.509 Certificate Validation Implementations”. 2017
- [4] Yingxian Chang “Vulnerability Parser: A Static Vulnerability Analysis System for Android Applications”. 2019
- [5] Automatic malware classification and new malware detection using machine learning, Liu LIU†, Bao-sheng WANG, Bo YU, Qiu-xi ZHONG. *Changsha 410073, China*, september 2017

БИЗНЕСД ЗОРИУЛСАН ЧАТБОТООР УДИРДУУЛСАН ERP СИСТЕМ

¹Н.Сүхтөмөр, ²Г.Ганчимэг

^{1,2}Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

¹haruschatten@gmail.com, ²ganaa@must.edu.mn

Хураангуй— Байгууллагууд бизнесийн үйл ажиллагаагаа оновчтой болгохын тулд Enterprise Resource Planning (ERP) системийг өргөн ашигладаг. Гэсэн хэдий ч эдгээр тогтолцооны нарийн төвөгтэй байдал, өртөг зардал нь жижиг, дунд үйлдвэрүүдэд үүнийг нэвтрүүлэхэд томоохон саад тотгор болж байна. Мөн уламжлалт ERP системүүд нь хэрэглэгчдэд тухайн үедээ шууд мэдээлэл өгөх чадвараараа хязгаарлагдмал байдаг. Хиймэл оюун ухаан болон эх хэл боловсруулалтын технологиуд бий болсноор чатботууд орчин үеийн ERP системийн чухал хэсэг болж болохоор байна. Чатботууд нь хэрэглэгчидтэй харилцаж, мэдээлэл, ойлголтыг хурдан бөгөөд үр дүнтэй олж авах боломжийг олгодог. Энэхүү өгүүлэлд бид ERP системүүдийг орлох хиймэл оюунаар удирдуулсан чатбот нь бизнесийн менежментийг хэрхэн өөрчилж болох талаар болон жижиг, дунд үйлдвэрлэлд хэрхэн хямд төсвөөр ашиглаж болохыг өгүүлсэн.

Түлхүүр үг— AI, чатбот, NLP, бизнес, менежмент

I. УДИРТГАЛ

ERP системийг томоохон байгууллагууд бизнесийн үйл явцыг удирдахад хэдэн арван жилийн турш ашиглаж ирсэн [1]. Эдгээр системүүд нь санхүү, борлуулалт, бараа материал, үйлдвэрлэл зэрэг төрөл бүрийн функцуудыг нэг мэдээллийн санд нэгтгэж, шийдвэр гаргагчдад бодит мэдээлэл, ойлголтыг өгдөг. Гэсэн хэдий ч ERP системийг хэрэгжүүлэх нь нарийн төвөгтэй бөгөөд өндөр өртөгтэй үйл явц бөгөөд ЖДҮ-ийг нэвтрүүлэхэд хүндрэлтэй байдаг. Нэмж дурдахад, ERP систем нь ихэвчлэн уян хатан бус байдаг тул байгууллагын тодорхой хэрэгцээнд нийцүүлэн өөрчлөх шаардлагатай байдаг. Эдгээр сорилтыг шийдвэрлэхийн тулд хиймэл оюун ухаанд суурилсан чатботууд нь уламжлалт ERP системийн ирээдүйтэй хувилбар болж болно.

Чатбот нь хэрэглэгчидтэй текст эсвэл дуу хоолойгоор харилцахын тулд эх хэлний боловсруулалтыг (NLP) ашигладаг компьютерын програмууд юм. Хиймэл оюунд суурилсан чатботууд нь энгийн дүрэмд суурилсан (*rule-based*) системээс давж, хэрэглэгчийн асуултыг ойлгож, хариу өгөхийн тулд машин сургалтын алгоритмуудыг ашигладаг [2]. Чатботуудыг янз бүрийн систем, мэдээллийн сантай нэгтгэж, тухайн цаг үеийн мэдээллээр хангах, даалгавруудыг автоматжуулах боломжтой бөгөөд энэ нь хязгаарлагдмал нөөцтэй жижиг, дунд үйлдвэрлэл (ЖДҮ) эрхлэгчдэд сонирхолтой шийдэл болно.

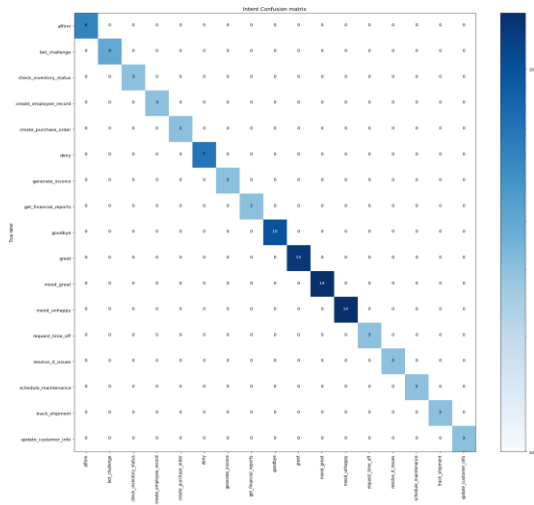
Энэхүү судалгаандаа бид ERP системээ Rasa framework [3-6] ашиглан хиймэл оюун ухаанд суурилсан чатботоор сольж болохыг ЖДҮ-ийн жишээ нь дээр үзүүлсэн. Мөн бид чатбот системийн дизайн, хэрэгжилт, үнэлгээний талаар тайлбарлаж, энэ аргын ашиг тус, бэрхшээлийн талаар өгүүлнэ.

II. ЧАТБОТ ХӨГЖҮҮЛЭЛТИЙ ДИЗАЙН

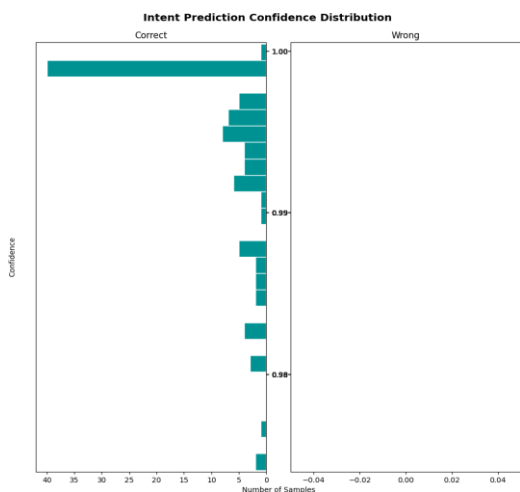
Бид судалгааны эхэнд ЖДҮ-д ашиглах интентүүдийн талаар судалсан. Үүнд захиалгын удирдлага, бараа материалын менежмент, үйлдвэрлэлийн хуваарь багтсан. Бид мөн компанийн CRM болон бараа материалын мэдээллийн сан зэрэг чатботод хандах шаардлагатай мэдээллийн эх сурвалжийг тодорхойлсон. Бид чатботыг хэрэгжүүлэхдээ Rasa фреймворкыг ашиглахаар сонгосон ба Rasa бол NLP болон машин сургалтыг ашиглан нарийн төвөгтэй харилцан яриаг зохицуулах боломжтой чатбот бүтээх нээлттэй эхийн фреймворк юм [2]. Rasa нь янз бүрийн өгөгдлийн эх сурвалж, API-уудтай нэгтгэж болох чатботуудыг бий болгох уян хатан, өөрчлөх боломжтой платформуур хангадаг.

Бид дараа нь чатботын ярианы бүтцийг зохиож эхэлсэн. Бид эхний үе шатанд тодорхойлсон бизнесийн гол үйл явцыг хамарсан хэрэглэгчдийн түүхийн багцыг бүтээсэн. Үүнийг 1 болон 2 дугаар зургуудад үзүүлэв. Дараа нь бид Rasa NLU (*Эх хэлний ойлголт*) модулийг ашиглан хэрэглэгчийн түүх тус бүрийн интент, энтэти, хариултуудыг үүсгэсэн. Бид жишээ харилцан яриаг ашиглан NLU

модулийг сургаж, хэрэглэгчдийн санал хүсэлтийг ашиглан нарийн тохируулсан.



Зураг 1. Intent confusion matrix



Зураг 2. Intent histogram

Дараа нь бид Rasa Core модулийг ашиглан харилцан ярианы логикийг хэрэгжүүлсэн. Бид мэдээлэл авах, шинэчлэхийн тулд компанийн өгөгдлийн сан болон API-уудтай харилцан үйлчилдэг захиалгат үйлдлүүдийг бий болгосон. Мөн хэрэглэгчийн төвөгтэй асуултыг шийдвэрлэх, шаардлагатай бол оператор руу шилжүүлэх буцах механизмыг хэрэгжүүлсэн.

Бид чатботыг компанийн вэб сайт болон Messenger зэрэг мессежийн платформуудтай нэгтгэж болно. Мөн чатбот системийн ашиглалт, үр нөлөөг үнэлэхийн тулд хэсэг ажилтнуудтай локал туршилт хийсэн. Бид санал хүсэлтийг цуглуулж, хэрэглэгчийн оруулсан мэдээлэлд үндэслэн системийг сайжруулж байна.

III. Хөгжүүлж буй чатботын давуу болон СУЛ ТАЛУУД

Чатбот систем нь хэд хэдэн давуу талтай байсан ч хэрэгжүүлэх явцад бид хэд хэдэн сорилттой тулгарсан. Үүнд:

Давуу тал: Чатботоор ажилладаг ERP системийг санхүү, хүний нөөц, нийлүүлэлтийн сүлжээ, харилцагчийн үйлчилгээ зэрэг байгууллагын янз бүрийн хэлтэст ашиглаж болно.

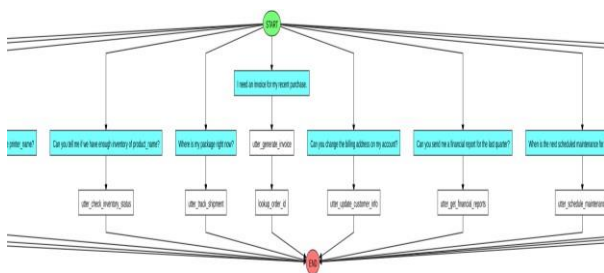
- Санхүүгийн хэлтэст чатботууд нь бодит цаг хугацааны санхүүгийн мэдээлэл, ойлголтыг өгч, хэрэглэгчдэд мэдээлэлтэй шийдвэр гаргах боломжийг олгоно.
- Хүний нөөцийн хэлтэст чатботууд нь ажилчдад амралтын хуваарь гаргах, гүйцэтгэлийн үнэлгээ, карьераа хөгжүүлэх гэх мэт янз бүрийн ажилд туслах боломжтой.
- Нийлүүлэлтийн хэлтэст чатботууд нь бараа материалын нөөц, үйлдвэрлэлийн хуваарь, хүргэлтийн төлөв байдлын талаар бодит цагийн мэдээллийг өгөх боломжтой.
- Харилцагчийн үйлчилгээний хэлтэст чатботууд нь захиалгыг хянах, бүтээгдэхүүний мэдээлэл, гомдлыг шийдвэрлэх зэрэг янз бүрийн ажилд үйлчлүүлэгчдэд туслах боломжтой.

Сул тал: Гол бэрхшээлүүдийн нэг нь чатботыг компанийн одоо байгаа систем, мэдээллийн сантай нэгтгэх хэрэгтэй ба учир нь Rasa фреймворктэй ихэвчлэн нийцдэггүй.

- Бид чатбот болон бусад системүүдийн хооронд өгөгдөл солилцох боломжийг олгохын тулд тусгай холболтууд болон API-уудыг хөгжүүлэх шаардлагатай болох юм.
- Өөр нэг сорилт бол чатботын хариултуудын үнэн зөв, найдвартай байдлыг хангах явдал байв. Чатботын ашигладаг машин сургалтын алгоритмууд нь нийтлэг асуултуудыг шийдвэрлэхэд үр дүнтэй байсан ч илүү төвөгтэй эсвэл тодорхой хүсэлтүүдэд найдвартай биш байв.
- Шаардлагатай тохиолдолд хэрэглэгчид оператор руу шилжих боломжтой болгохын тулд бид буцаах механизмыг хэрэгжүүлэх шаардлагатай болсон.

Харилцан ярианы графикыг 3 дугаар зурагт үзүүлэв. Хөгжүүлэлтийн үйл явцын туршид байгуулгуудын санал хүсэлтийг цуглуулснаар бид сайжруулах шаардлагатай хэсгүүдээ тодорхойлж, тэдний

хэрэгцээнд нийцүүлэн чатботыг тохируулах боломжтой болсон.



Зураг 3. Story graph

IV. ҮНЭЛГЭЭ

Чатбот системийг ашиглах боломжтой байдал, үр ашиг, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж зэрэг хэд хэдэн шалгуураар үнэлэв. Хэрэглэгчид нарийн төвөгтэй цэс, интерфэйсүүд рүү шилжихийн оронд зүгээр л төрөлх хэлээрээ асуулт асуух боломжтой тул чатбот систем нь өмнөх ERP системээс илүү хэрэглэгчдэд ээлтэй, ойлгомжтой юм.

Үр ашгийн хувьд чатбот систем нь бараа материалын түвшинг шалгах эсвэл захиалгыг хянах зэрэг тодорхой ажлуудыг гүйцэтгэхэд шаардагдах хугацааг багасгана. Мөн чатбот нь олон хүсэлтийг нэгэн зэрэг хариуцаж, операторуудын ачааллыг бууруулах бүрэн боломжтой юм.

Өмнөх бидний чатботын судалгаануудаас харахад хүмүүс чатботыг өдөр тутмын ажилд нь хэрэгтэй, тохиромжтой хэрэгсэл гэж үзсэн тул хэрэглэгчийн сэтгэл ханамж өндөр байсан [2]. Мөн чатбот нь бодит цагийн шинэчлэлт, мэдэгдлүүдийг өгч, ажилчдын хоорондын харилцаа холбоо, хамтын ажиллагааг сайжруулах юм.

ДҮГНЭЛТ

Бидний судалгаа нь хиймэл оюун ухаанд суурилсан чатботууд нь уламжлалт ERP системийг орлох, ялангуяа нөөц нь хязгаарлагдмал ЖДҮ-үүдийг орлох боломжийг харуулсан. Rasa хүрээг ашигласнаар компанийн одоо байгаа мэдээллийн сан, системтэй нэгтгэх боломжтой уян хатан, өөрчлөх боломжтой чатбот системийг бий болгох боломжийг олгосон. Чатбот систем нь ашиглалт, үр ашиг, хэрэглэгчийн сэтгэл ханамжийг сайжруулах зэрэг хэд хэдэн давуу талтай.

Гэсэн хэдий ч хэрэгжүүлэх үйл явцад өгөгдлийг нэгтгэх, хариултын нарийвчлалыг тооцох зэрэг хэд хэдэн сорилттой тулгарч байсан. Эдгээр сорилтуудыг шийдэж, хөгжүүлэлтийн үйл явцад

эцсийн хэрэглэгчдийг судалж бид компанийн хэрэгцээнд нийцсэн чатбот системийг хэрхэн хямд төсвөөр хөгжүүлж болох талаар судалж эхний хувилбарыг хөгжүүлсэн ба цаашид улам сайжруулна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.investopedia.com/terms/e/erp.asp>
- [2] Г.Ганчимэг, Н.Сүхтөмөр, “Сургуулийн элсэлтийн болон лавлагааны чатбот хөгжүүлэх”, ЭШБ-ийн эмхэтгэл, 2023, (accepted)
- [3] <https://rasa.com/blog/supervised-word-vectors-from-scratch-in-rasa-nlu>
- [4] Rasa: Open Source Language Understanding and Dialogue Management, <https://arxiv.org/abs/1712.05181>
- [5] Going Beyond T-SNE: Exposing \texttt{whatlies} in Text Embedding, <https://arxiv.org/abs/2009.02113>
- [6] Dialogue Transformers, <https://arxiv.org/abs/1910.00486>

ЧӨЛӨӨТ ОРОН ЗАЙН ОПТИК ХОЛБООНЫ СУВГИЙН ДАМЖУУЛЛЫН СУДАЛГАА

Очирын Мөнхжаргал
ШУТИС-МХТС
munkhjargal0905@gmail.com

Хураангуй

Энэхүү өгүүллэгт Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул, аймгуудын салхины хурд чөлөөт орон зайн оптик (free space optic-FSO) системийн гүйцэтгэлд хэрхэн нөлөөлөх талаар мөн салхи шуургатай нөхцөлд FSO холбоосын найдваржилт болон оптик долгионы тархалтын тухай авч үзлээ. Цаг агаарын хатуу ширүүн, жилийн дөрвөн улиралтай монгол орны салхитай шуургатай улиралууд чөлөөт орон зайн оптик холбоонд хэрхэн нөлөөлөх болон системийн хязгаар, түүний боломжуудыг тодорхойлохыг зорилго. Энэ зорилгод хүрэхийн тулд HV(Hufnagel-Valley) арга, Рятовын ойролцоо зэрэг аргуудыг ашиглан тооцоог хийсэн.

Түлхүүр үг: FSO, Аэрозол, Wind speed, Effect of atmosphere

Удиртгал

Чөлөөт орон зайн оптик (FSO) холбоо

Чөлөөт орон зайн оптик холбоо (FSO) нь харилцаа холбооны болон компьютерийн сүлжээнд дуу, дүрс, текст, өгөгдлийг утасгүйгээр агаараар дамжуулдаг төхөөрөмж юм. 1880 онд Александр Грэм Белл ба түүний туслах Чарльз Сумнер Тайнтер нар фототелефон гэх гэрлийн туяан дээр дуу дамжуулдаг төхөөрөмжийг зохион бүтээн 1880 оны 6-р сарын 3-нд Белл дэлхийн хамгийн анхны утасгүй дамжуулалтыг хоёр барилга хооронд, ойролцоогоор 213 метрийн (700 фут) хооронд хийснээр анхны атмосферийн оптик холбооны систем үүссэн юм. 1935-1950 оны хооронд Герман болон Америкийн зэвсэгт хүчний армиуд дайны үед фототелефоныг илүү хөгжүүлэн хэт улаан туяагаар дамжуулал хийх боломжтой чийдэнг гэрлийн үүсгүүрдээ ашиглаж байсан нь утасгүй оптик холбооны системийн хөгжилд түлхэц болж өгсөн. 1960 онд Иран-Америкийн физикч Али Жаван, Америкийн физикч Уильям Р. Беннетт нар хамтран 1550 нм-н долгионы урттай Гелийн-неон гэх анхны хийн лазерыг зохион бүтээж атмосферийн оптик холбооны системийн хөгжилд чухал нөлөө үзүүлсэн юм.

1962 онд MIT Lincoln лаборатори нь гэрэл цацаргагч GaAs диодыг чөлөөт орон зайн оптик (FSO) сүлжээний туршилтанд ашиглаж байсан бөгөөд телевизийн дохиог 48 км-ийн зайд дамжуулах боломжтой болсон. Гэсэн хэдий ч системийн бэлэн байдлын коэффициент хангалттай үзүүлэлттэй байгаагүй бөгөөд манан, шуурга, их

хэмжээний цас болон бороо ороход системийн ажиллагаа муудаж байсан учраас чөлөөт орон зайн оптик (FSO) холбооны технологиос илүүтэйгээр оптик кабелийн технологит илүү анхаарал хандуулж эхэлсэн юм. 1990 оны эхэн үеэс интернет, тоон телевиз эрчимтэй хөгжиж, өргөн зурвасын холбоог зохион бүтээхдээ атмосферийн оптик холбооны системийн хөгжилд дахин анхаарал хандуулан FSO технологийг ашиглан 1997 оноос утасгүйгээр гэрлийн долгионыг ашиглан 622 Мбит/сек хурдтайгаар мэдээллийг дамжуулж эхэлсэн. Харин 1999 онд 1.25 Гбит/сек-н хурдтайгаар мэдээллийг нэвтрүүлэгч талаас хүлээн авагч хүртэл гэрлийн долгионоор утасгүй дамжуулах боломжтой болсон.

Чөлөөт орон зайн оптик (FSO) холбооны технологи нь оптик кабельтай адил гэрлэн диод болон лазер гэсэн гэрлийн долгионыг ашиглан мэдээллийг дамжуулах ба гол онцлог нь чөлөөт орон зай буюу агаарт гэрлийн долгионыг цацруулж утасгүйгээр өргөн зурвасын мэдээллийг дамжуулдаг оптик холбооны технологи юм. Одоогийн байдлаар чөлөөт орон зайн оптик (FSO) холбооны технологи нь 2.5 Гбит/сек хүртэлх хурдаар өгөгдөл, дуу, дүрсийг гэрлийн долгионоор атмосфераар утасгүй холболт хийх чадвартай бөгөөд энэ нь шилэн кабель шаардахгүй ба радио долгионтой давхцах асуудал үүсгэхгүй учраас ямар нэг спектрийн лиценз авах шаардлагагүйгээр оптик холболт хийх боломжийг олгодог.

Гэрлэн долгионыг агаараар дамжуулах нь шилээр дамжуулснаас илүү хурдан байдаг. FSO-ийн бүрэлдэхүүн нь: атмосфераар гэрлийн долгионыг дамжуулах нэвтрүүлэгч,

гадны нөлөө(үүл, бороо, утаа, хий, температурын хэлбэлзэл, манан ба аэрозол)-нд өртдөг чөлөөт орон зайн дамжуулах суваг, хүлээн авсан дохиог боловсруулах хүлээн авагч гэсэн гурван хэсгээс бүрдэнэ. FSO технологийн төхөөрөмж нь хоёр хос нэвтрүүлэгч-хүлээн авагчаас тогтдог. Төхөөрөмжүүд нь шууд харагдах зайд, аливаа саадны нөлөөнд өртөхөөргүйгээр суурилагдах шаардлагатай. Ерөнхий дамжуулал хийх боломжтой зай нь 300м-ээс 5км-ийн хооронд байдаг боловч хурднаас хамааран 8-11км хүртэлх зайд дамжуулал хийх боломжтой байдаг. Чөлөөт орон зайн оптик(FSO) холбооны технологи буюу атмосферийн оптик холбооны технологи нь үр ашигтай, “Last mile”-ийн асуудлуудыг шийдэхэд тохиромжтой, PDH, SDH, Ethernet, Fast Ethernet, TR, FDDI технологитой зохицон ажилладаг. FSO системийн төхөөрөмжүүд үнэ өртөг багатай, -50°C -аас +50°C температурт ажилладаг учраас эрс тэс уур амьсгалтай Монгол орны хувьд ихээхэн тохирох технологи юм.

**Чөлөөт орчны зайн оптик утасгүй
холбоонд салхины хурдаас хамааран
нөлөөлөх оптик долгионы тархалтын
тооцоолол**

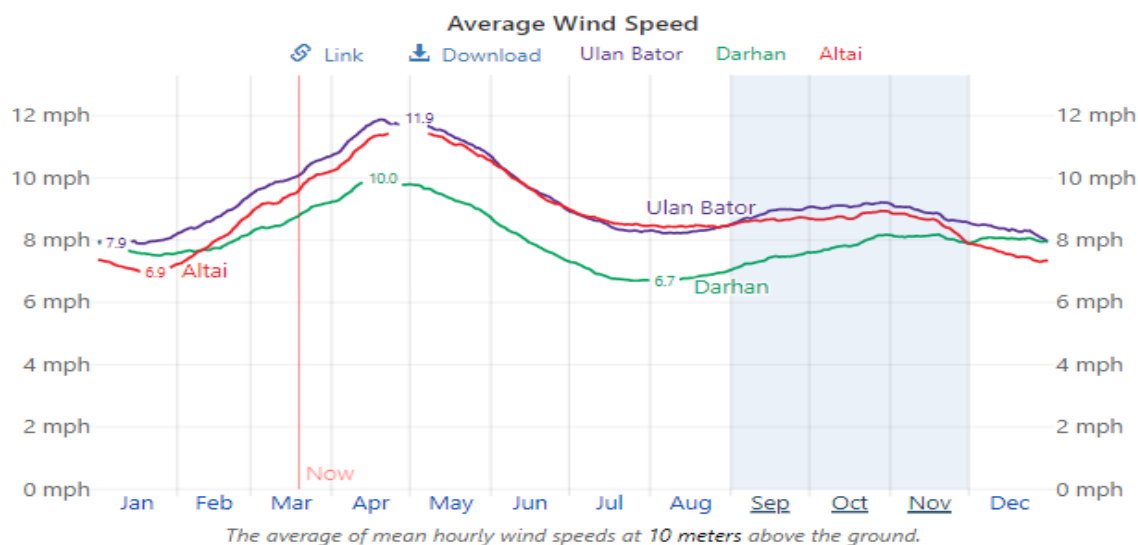
Үүнд: Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул аймгуудын агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрын тооцоо

1. Дулаан хүйтэн, чийгшил, хур тунадас, утаа тортог зэрэг аэрозол цаг уурын зарим хэмжигдүүнүүд салхиар зөөгдөн нэг газраас нөгөө газар руу нүүх бөгөөд салхины хүч ихсэхтэй холбоотой цасан ба шороон шуурга зэрэг цаг агаарын аюултай үзэгдэл үүсэх тул салхи бол цаг уурын хамгийн чухал хэмжигдэхүүний нэг юм. Барилга байгууламжийг тухайн орон нутгийн онцлогт тохируулан барих, тээвэр холбоо, цахилгаан эрчим хүчний салбарын үйл ажиллагааг шинжлэх ухааны үндэстэй удирдах, төлөвлөхөд орон нутгийн салхины горимыг мэдэх хэрэгтэй. Мөн FSO системд нөлөөлөх нөлөөллийг судлахад чухал ач холбогдол болно.
2. Салхины хурд нь агаарын хуйлрал, шороон болон цасан шуурга мөн

аэрозолын хөдөлгөөний гол шалтгаан болдог. Агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрыг тооцоолоход салхины хурдыг ашиглах бөгөөд энэ нь Рятовын ойролцоогоор цаашид тооцоо хийх үндэс болно. Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул аймгуудын өнгөрсөн он буюу тухайлбал 2022 онын өдөр болгоны салхины хурдыг **WeatherSpark.com**-аас авсан бөгөөд энэ нь дэлхийн 145,449 байршлын ердийн цаг агаарын дэлгэрэнгүй тайланг боловсруулдаг вэбсайт юм. [4]

3. Дээрх нэг жилийн цаг агаарын мэдээллийг нэгтгэн “Салхины хурдны сан”-г үүсгэсэн бөгөөд үүнд үндэслэн агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрийг Hufnagel-Valley арга [5] ашиглан тооцоог хийнэ. Улаанбаатар хот болон Говь-Алтай, Дархан-Уул аймгуудын хувьд өндрийг тогтмол газрын гадаргаас хэдэн (м) өндөртэйг **Wikipedia.com**-аас авч үзэж тооцоог хийнэ. Мөн салхийг хурднаас нь хамааруулан хэвийн, дунд зэргийн ба хүчтэй зэрэг ангилалуудад хуваан тооцоог хийсэн.

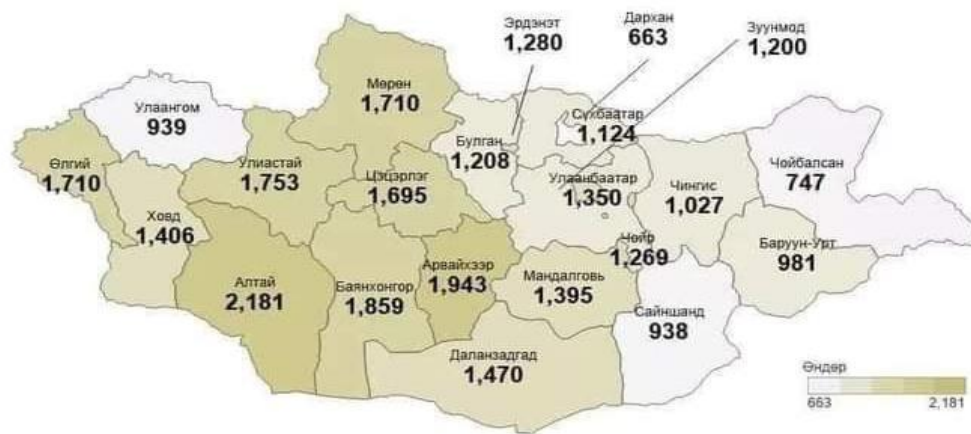
Зураг 1. Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул аймгийн Салхины хурдны дундаж утга.(Салхины хурдны дундаж утгийг **WeatherSpark.com**-аас авсан)



ADVERTISEMENT

Wind Speed (mph)	Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dec
Ulan Bator	8.0	8.8	10.1	11.5	11.3	9.7	8.5	8.3	8.9	9.1	8.8	8.3
Darhan	7.7	7.8	8.7	9.7	9.3	7.9	6.9	6.8	7.4	7.9	8.1	8.0
Altai	7.1	8.0	9.6	11.1	11.1	9.6	8.6	8.5	8.7	8.8	8.5	7.6

Зураг 2. . Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул аймгийн далайн түвшинээс хэдэн метрийн өндөрт оршидогийг харуулав.



ӨНДӨР->НАМ ЭРЭМБЭ

- #1 Алтай
- #2 Арвайхээр
- #3 Баянхонгор
- #4 Улиастай
- #5 Өлгий
- #6 Мөрн
- #7 Цэцэрлэг
- #8 Даланзадгад
- #9 Ховд
- #10 Мандалговь
- #11 Улаанбаатар
- #12 Эрдэнэт
- #13 Чойр
- #14 Булган
- #15 Зуунмод
- #16 Сүхбаатар
- #17 Чингис
- #18 Баруун-Урт
- #19 Улаангом
- #20 Сайншанд
- #21 Чойбалсан
- #22 Дархан

№	Wind type	Mph	Mps	Type
1	Calm	0-1	0~0.45	Хэвийн
2	Light air	1~4	0.45-1.8	
3	Light breeze	4~8	1.8-3.6	
4	Gentle breeze	8~13	3.6-5.85	
5	Moderate breeze	13-18	5.85-8.1	
6	Fresh breeze	18-25	8.1-11.25	Дунд зэргийн
7	Strong breeze	25-31	11.25-13.95	
8	Near gale	31-39	13.95-18	
9	Gale	39-47	18-21.15	Хүчтэй
10	Strong gale	47-55	21.15-24.75	
11	Storm	55-64	24.75-28.8	
12	Violent storm	64-73	28.8-32.85	Аюултай
13	Hurricane force	73+	32.85+	

Дээрх хүснэгтэд салхийг хурдаар нь хэрхэн ангилдаг болохыг харуулсан. [4]

Hufnagel-Valley томъёо:

$$C_n^2(h) = 0.00594 \left(\frac{v}{27}\right)^2 (10^{-5}h)^{10} \exp\left(-\frac{h}{1000}\right) + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{h}{1500}\right) + A \exp\left(-\frac{h}{100}\right) \quad (1)$$

Энд,

h – өндөр [m] – 1350 m

v – салхины хурд [m/s]- хэвийн салхи –

$8 \left[\frac{m}{s}\right]$, дунд зэргийн салхи- $17 \left[\frac{m}{s}\right]$, хүчтэй

салхи- $28 \left[\frac{m}{s}\right]$,

$A_0 - C_n^2(0)$ газрын түвшиний утга $1.7 * 10^{-14} m^{-2/3}$ (Тогтмол)

Улаанбаатар хотын өндрийг тогтмол газрын гадаргаас дээш (1350m) өндөрт оршдог. 2022 оны хэвийн үеийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 17.9 mph буюу 8 м/с, дунд зэргийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 38 mph буюу 17м/с, хүчтэй салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 55.9 mph буюу 28 м/с .Энэ үед салхины хурдаас хамаарсан агаарын хугарлийн бүтцийн параметрыг тооцвол:

$$C_n^2(h) \text{ хэвийн салхи} = 0.00594 \left(\frac{8}{27}\right)^2 (10^{-5}1350)^{10} \exp\left(-\frac{1350}{1000}\right) + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{1350}{1500}\right) + 1.7 * 10^{-14} \exp\left(-\frac{1350}{100}\right)$$

$$= 1.008924 * 10^{-12} \left(m^{-\frac{2}{3}}\right) \quad (2)$$

$$C_n^2(h) \text{ дунд зэргийн салхи} = 0.00594 \left(\frac{17}{27}\right)^2 (10^{-5}1350)^{10} \exp\left(-\frac{1350}{1000}\right) + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{1350}{1500}\right) + 1.7 * 10^{-14} \exp\left(-\frac{1350}{100}\right)$$

$$= 1.008925 * 10^{-12} \left(m^{-\frac{2}{3}}\right) \quad (3)$$

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ хүчтэй салхи} \\
& = 0.00594 \left(\frac{8}{27}\right)^2 (10^{-5} 1350)^{10} \exp\left(-\frac{1350}{1000}\right) \\
& + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{1350}{1500}\right) + 1.7 \\
& * 10^{-14} \exp\left(-\frac{1350}{100}\right) \\
& = 1.008926 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})
\end{aligned}$$

(4)

Говь-Алтай аймгийн өндрийг тогтмол газрын гадаргаас дээш (2181m) өндөрт оршдог. 2022 оны хэвийн үеийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 17.9 mph буюу 8 м/с, дунд зэргийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 38 mph буюу 17м/с, хүчтэй салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 55.9 mph буюу 28 м/с .Энэ үед салхины хурдаас хамаарсан агаарын хугарлийн бүтцийн параметрыг тооцвол:

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ хэвийн салхи} \\
& = 0.00594 \left(\frac{8}{27}\right)^2 (10^{-5} 2181)^{10} \exp\left(-\frac{2181}{1000}\right) \\
& + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{2181}{1500}\right) + 1.7 \\
& * 10^{-14} \exp\left(-\frac{2181}{100}\right) \\
& = 1.008924572 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})
\end{aligned}$$

(5)

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) = \text{дунд зэргийн салхи} \\
& 0.00594 \left(\frac{17}{27}\right)^2 (10^{-5} 2181)^{10} \exp\left(-\frac{2181}{1000}\right) + \\
& 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{2181}{1500}\right) + 1.7 * \\
& 10^{-14} \exp\left(-\frac{2181}{100}\right) = 1.008924837 * \\
& 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}}) \quad (6)
\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ хүчтэй салхи} = \\
& 0.00594 \left(\frac{28}{27}\right)^2 (10^{-5} 2181)^{10} \exp\left(-\frac{2181}{1000}\right) + \\
& 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{2181}{1500}\right) + 1.7 * \\
& 10^{-14} \exp\left(-\frac{2181}{100}\right) = 1.008925419 * \\
& 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}}) \quad (7)
\end{aligned}$$

Дархан-Уул аймгийн өндрийг тогтмол газрын гадаргаас дээш (663m) өндөрт оршдог. 2022 оны хэвийн үеийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 17.9 mph буюу 8 м/с, дунд зэргийн салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 38 mph буюу 17м/с, хүчтэй салхины хурдны хамгийн өндөр утга нь 55.9 mph буюу 28 м/с .Энэ үед салхины хурдаас хамаарсан

агаарын хугарлийн бүтцийн параметрыг тооцвол:

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ хэвийн салхи} \\
& = 0.00594 \left(\frac{8}{27}\right)^2 (10^{-5} 663)^{10} \exp\left(-\frac{663}{1000}\right) \\
& + 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{663}{1500}\right) + 1.7 \\
& * 10^{-13} \exp\left(-\frac{663}{100}\right) \\
& = 0.3067019446 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})
\end{aligned}$$

(8)

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ дунд зэргийн салхи} = \\
& 0.00594 \left(\frac{17}{27}\right)^2 (10^{-5} 663)^{10} \exp\left(-\frac{663}{1000}\right) + \\
& 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{663}{1500}\right) + 1.7 * \\
& 10^{-13} \exp\left(-\frac{663}{100}\right) \\
& = 0.3067019447 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})
\end{aligned}$$

(9)

$$\begin{aligned}
& C_n^2(h) \text{ хүчтэй салхи} = \\
& 0.00594 \left(\frac{28}{27}\right)^2 (10^{-5} 663)^{10} \exp\left(-\frac{663}{1000}\right) + \\
& 2.7 * 10^{-16} \exp\left(-\frac{663}{1500}\right) + 1.7 * \\
& 10^{-13} \exp\left(-\frac{663}{100}\right) = 0.3067019449 * \\
& 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}}) \quad (10)
\end{aligned}$$

№	Аймгуудын нэрс	$C_n^2(h) (m^{-\frac{2}{3}})$	$v(m/c)$	Түвшин
1	Улаанбаатар	$0.9008924 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	8	Хэвийн
		$0.9008928 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	17	Дунд зэрэг
		$0.9008930 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	28	Хүчтэй
2	Говь-Алтай	$1.008924572 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	8	Хэвийн
		$1.008924837 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	17	Дунд зэрэг
		$1.008925419 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	28	Хүчтэй
3	Дархан-Уул	$0.3067019446 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	8	Хэвийн
		$0.3067019447 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	8	Дунд зэрэг
		$0.3067019449 * 10^{-12} (m^{-\frac{2}{3}})$	17	Хүчтэй

График 1. Салхины хурднаас хамаарсан агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметр

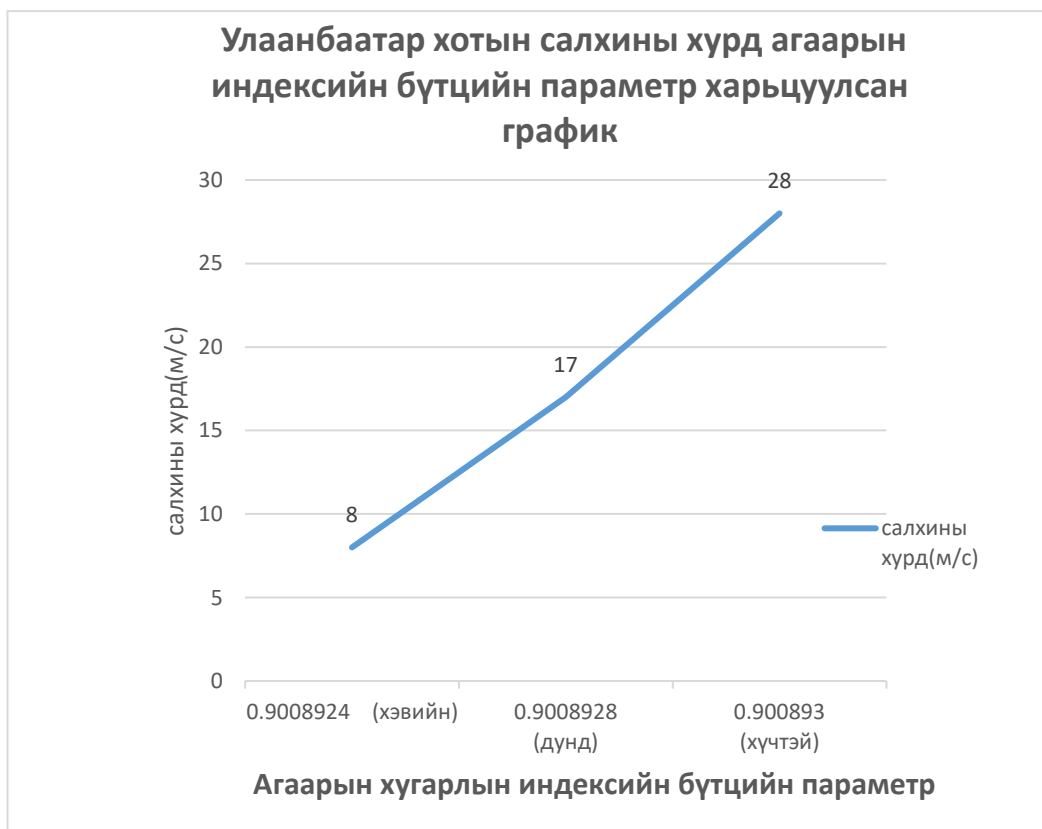


График 2. Салхины хурднаас хамаарсан агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметр



График 3. Салхины хурднаас хамаарсан агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметр



Агаарын хуйлралыг тооцоолох Рятовын ойролцоо

Сцинтилляцийн хамгийн их агуурга утга нь $4\sigma^2$ тэй тэнцүү ба унтралын утга нь $2\sigma^2$ байдаг. Иймд унтралтыг Рятовын ойролцоогоор бичвэл :

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * C_n^2 * k^{7/6} * L^{11/6}} \quad [dB] \quad (10)$$

гэж бичиж болно.

Дээрх томьёог ашиглан хугарлын индексийн бүтцийн параметр, долгионы тоо болон хүлээн авагч нэвтрүүлэгчийн хоорондын зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно.

Үүнд :

- $L = 1000 - 5000m$ хүртлэх зайд $1000m$ -ын алхамтайгаар авна.
- $k = \left[\left(\frac{2\pi}{\lambda} \right) \right]$

Энд k нь:

$\lambda = 1550nm$ үед 4051612.903 байна.

- Хэвийн салхины түвшин буюу $8m/s$ хурдтай үед агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрийн утга нь :

Улаанбаатар

$C_n^2 = 0.9008924 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно.

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 36.7503dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 69.375 dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 3000^{11/6}} = 100.606dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 4000^{11/6}} = 130.599dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 5000^{11/6}} = 160.056 dB$$

Говь-Алтай

$C_n^2 = 1.008924572 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 38.894dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 73.421 dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 3000^{11/6}} = 106.472dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 4000^{11/6}} = 138.600dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 5000^{11/6}} = 170.057 dB$$

Дархан-Уул

$C_n^2 = 0.3067019446 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 21.443dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 40.480dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 3000^{11/6}} = 58.703dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 4000^{11/6}} = 76.416dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 5000^{11/6}} = 93.761dB$$

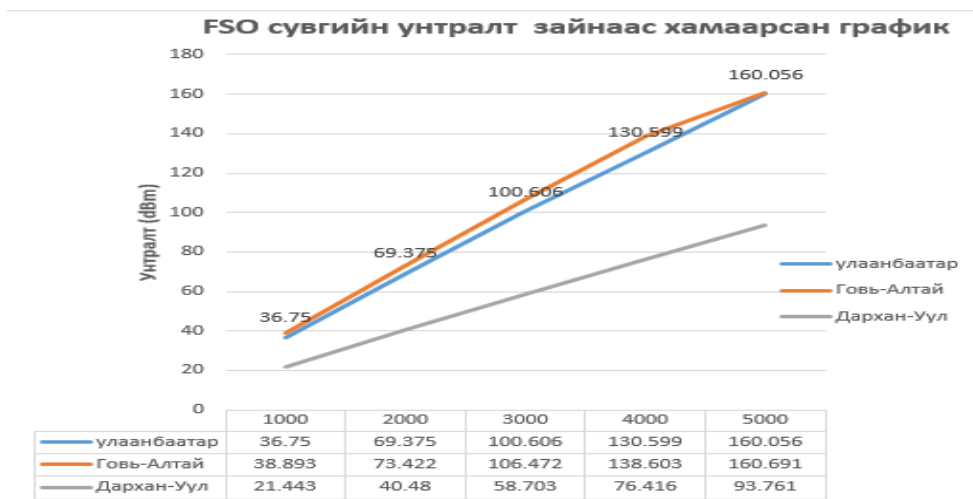
тус тус байна

Хүснэгт 3. Улаанбаатар, Говь-Алтай, Дархан-Уулаймгуудын Рятовын ойролцоогоор тооцоолсон зайнаас хамаарсан унтралт

Хот/аймаг	$\lambda = 1550nm$	Зай
Улаанбаатар	36.750dB	1000
	69.375 dB	2000
	100.606dB	3000
	130.599dB	4000
	160.056 dB	5000
Говь-Алтай	38.893dB	1000
	73.422 dB	2000
	106.4725dB	3000
	138.603dB	4000
	160.691dB	5000
Дархан-Уул	21.443dB	1000
	40.480dB	2000
	58.703dB	3000
	76.416dB	4000
	93.761dB	5000

Хүснэгт 3-т үзүүлсэнээр $\lambda = 1550nm$, долгионы уртуудад далайн түвшинээс дээш хамгийн өндөрт орших Говь-Алтай, Улаанбаатар, мөн хамгийн нам доор орших Дархан-Уул, зайнаас хамааран 8 м/с хурдтай үед унтралтыг хэрхэн өөрчлөгдөж буйг харуулсан

График 4. FSO сувгийн унтралт зайнаас хамаарсан график



- Дунд зэргийн салхины түвшин буюу 17 м/с хурдтай үед агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрийн утга нь :

Улаанбаатар

$C_n^2 = 0.9008928 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно.

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008928 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 36.760dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008928 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 69.378 dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008928 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 3000^{\frac{11}{6}}} = 100.608dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008928 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 130.605dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008928 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 5000^{\frac{11}{6}}} = 160.689 dB$$

Говь-Алтай

$C_n^2 = 1.008924837 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924837 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 1000^{\frac{11}{6}}} = 38.895dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924837 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 2000^{\frac{11}{6}}} = 73.425 dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924837 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 3000^{\frac{11}{6}}} = 106.477dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924837 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 138.605dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924837 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 5000^{\frac{11}{6}}} = 160.700dB$$

Дархан-Уул

$C_n^2 = 0.3067019446 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 1000^{\frac{11}{6}}} = 21.447dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 2000^{\frac{11}{6}}} = 40.483dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 3000^{\frac{11}{6}}} = 58.705dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 76.418dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 5000^{\frac{11}{6}}} = 93.763dB$$

тус тус байна.

Хүснэгт 4. Улаанбаатар, Говьалтай, ДарханУул аймгуудын Рятовын ойролцоогоор тооцоолсон зайнаас хамаарсан унтралт

Хот/аймаг	$\lambda = 1550nm$	Зай
Улаанбаатар	36.760dB	1000
	69.378dB	2000
	100.608dB	3000
	130.605dB	4000
	160.693 dB	5000
Говь-Алтай	38.895dB	1000
	73.425 dB	2000
	106.477dB	3000
	138.605dB	4000
	160.700dB	5000
	21.447dB	1000
	40.483dB	2000

Дархан-Уул	58.705dB	3000
	76.418dB	4000
	93.763dB	5000

Хүснэгт 4-т үзүүлсэнээр $\lambda = 1550nm$, долгионы уртуудад далайн түвшинээс дээш хамгийн өндөрт орших Говь-Алтай, Улаанбаатар, мөн хамгийн нам доор орших Дархан-Уул, зайнаас хамааран 17м/с хурдтай үед унтралтыг хэрхэн өөрчлөгдөж буйг харуулсан

График 5. FSO сувгийн унтралт зайнаас хамаарсан график



Хүчтэй салхины түвшин буюу 25м/с хурдтай үед агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрийн утга нь :

- **Улаанбаатар**
- $C_n^2 = 0.9008924 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно.
- $\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 36.763$$

- $\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 69.380 dB$$

- $\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 3000^{11/6}} = 100.610dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 4000^{11/6}} = 130.605dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.9008924 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 5000^{11/6}} = 160.061 dB$$

Говь-Алтай

$C_n^2 = 1.008924572 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 1000^{11/6}} = 38.897dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 2000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{7/6} * 2000^{11/6}} = 73.428 dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 3000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 3000^{\frac{11}{6}}} = 106.479dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 4000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 138.608dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 5000m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 1.008924572 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 138.702dB$$

Дархан-Уул

$C_n^2 = 0.3067019446 * 10^{-12}$ байсан ба үүнийг зайнаас хамааруулан унтралтыг тооцож олно

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 1000^{\frac{11}{6}}} = 21.450dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 2000^{\frac{11}{6}}} = 40.487dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 3000^{\frac{11}{6}}} = 58.710dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 4000^{\frac{11}{6}}} = 76.420dB$$

$\lambda = 1550nm$ $L = 1000 m$ үед унтралтыг тооцвол:

$$\alpha_{rytow} = 2\sqrt{23.17 * 0.3067019446 * 10^{-12} * 4051612.903^{\frac{7}{6}} * 5000^{\frac{11}{6}}} = 93.768dB$$

Хүснэгт 5. Улаанбаатар, Говьалтай, ДарханУул аймгуудын Рятовын ойролцоогоор тооцоолсон зайнаас хамаарсан унтралт

Хот/аймаг	$\lambda = 1550nm$	Зай
Улаанбаатар	36.763dB	1000
	69.380dB	2000
	100.610dB	3000
	130.605dB	4000
	160.061 dB	5000
Говь-Алтай	38.897dB	1000
	73.428 dB	2000
	106.479dB	3000
	138.608dB	4000
	160.708dB	5000
Дархан-Уул	21.450dB	1000
	40.487dB	2000
	58.710dB	3000
	76.420dB	4000
	93.768dB	5000

Хүснэгт 5-г үзүүлсэнээр $\lambda = 1550nm$, долгионы уртуудад далайн түвшинээс дээш хамгийн өндөрт орших Говь-Алтай, Улаанбаатар, мөн хамгийн нам доор орших Дархан-Уул, зайнаас хамааран 17м/с хурдтай үед унтралтыг хэрхэн өөрчлөгдөж буйг харуулсан

График 7. FSO сувгийн унтралт зайнаас хамаарсан график



Дүгнэлт

Энэхүү судалгааны ажлаар FSO системийг ашиглан агаар мандалд сувгийн дамжуулал хийхэд дохионы унтралтад нөлөөлөх гол хүчин зүйлүүдийн үүсэх шалтгаан болдог салхи, тухайлбал салхины хурд чөлөөт орон зайн оптик холбоонд хэрхэн нөлөөлөх болон энэхүү системийн хязгаарын боломжуудыг тодорхойлохыг зорьж, симуляцийн орчинд туршилтыг хийж гүйцэтгэсэн.

- Тооцооллыг хийхдээ Улаанбаатар хот, Говь-Алтай, Дархан-Уул аймагуудын, 2022 онуудын өдөр бүрийн салхины хурдны мэдээллийг цуглуулан “Салхины хурдны сан”-г бий болгосон бөгөөд уг санд салхины хурдыг олон улсын цаг агаарын салхины ангилалыг үндэслэн хэвийн, дунд зэргийн ба хүчтэй зэрэг гурван түвшинд хуваан авч үүнээс түвшин болгоны хамгийн их салхины хурдны утгыг сонгон авч бидний тооцоололд хамгийн чухал параметр болох агаарын хугарлын индексийн бүтцийн параметрыг HV буюу Hufnagel-Valley арга ашиглан тооцоолсон. Үүний үр дүн 10^{-12} тай ойролцоо гарсан бөгөөд энэ нь агаарын хуйлралын эрчмээр нь харвал дундаж хуйлралын эрчимтэйг мөн харуулж байна.
- 1-ээс 5км хүртлэх зайд хамгийн их салхины хурдтай үеүүдийг Рятовын

ойролцоо хэмээх арга ашиглан унтралтыг тооцолсон хамгийн их унтралттай Говь-Алтай аймаг, хамгийн бага унтралттай Дархан-Уул аймаг бөгөөд унтралтын үр дүнг гаргасан.

Ном зүй

- [1] H. S. C. B. F. d. F. P.-N. Olivier Bouchet, FREE-SPACE OPTICS Propagation and Communication, Favenne, 2006.
- [2] H. F. a. M.-S. A. Maged Abdullah Esmail, Effect of Dust Storms on FSO Communications Links.
- [3] B. K. P. a. T. G. Grigorova, Influence of the Atmospheric Turbulence on Free-Space Laser Communication Research and Design, Bulgaria, 2018.
- [4] Cedar Lake Ventures, Inc, “Weatherspark,” [Холбогдсон]. Available: <http://weatherspark.com>.
- [5] L. Canuet, Atmospheric turbulence profile, July 2014.
- [6] Optiwave Systems Inc., “Optiwave,” [Холбогдсон]. Available: <http://www.optiwave.com>.
- [7] М.Анхбаяр, Атмосферийн давхаргад оптик долгионы тархалтад агаарын хуйлралын нөлөөллийн судалгаа, Улаанбаатар: ., 2020.
- [8] <https://weatherspark.com/>
<https://www.wikipedia.org/>

ОЮУТНЫ ҮНЭМЛЭХНИЙ ХЭРЭГЛЭЭГ САЙЖРУУЛАХ БОЛОМЖИЙН СУДАЛГАА

¹Д. Дагвадорж, ²Г. Билгүүн, ³З. Өнөмөнх, ⁴Г. Ганчимэг

¹⁻⁴Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

¹⁻³mustspaceship@gmail.com, ⁴ganaa@must.edu.mn

Хураангуй—Оюутны үнэмлэхийг нийтийн тээвэр, сургуулийн цайны газар, кафе, оюутны дотуур байр, номын сан, хичээлийн ирц бүртгүүлэх зэрэг үйлчилгээнүүдэд нэвтрүүлснээр ШУТИС-ийн оюутнуудыг нэгдсэн төлбөрийн системтэй болгох, оюутнуудын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх зэрэг олон давуу талууд гарч ирнэ. Мөн бид оюутны үнэмлэхийг u-money-д холбож төлбөрийн системийн цогц шийдэл гаргахад программчлалын талаас гарах асуудлуудыг хэрхэн шийдвэрлэхийг судалж байна. Энэхүү судалгааны ажлаар бид оюутны үнэмлэхийг илүү хэрэгцээтэй болгож, түүгээр дамжуулан ШУТИС нь NFT гаргавал түүний үнэ цэнийг хэрхэн өсгөх боломжийн талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг— Чип, төлбөр, систем, оюутан, үнэмлэх, NFT, үйлчилгээ

I. УДИРТГАЛ

Оюутны карт нь их сургуулийн оюутан гэдгээ таниулахаас гадна оюутны хотхоны тоног төхөөрөмжтэй танилцаж ажиллах, номын сангаас зээл авах, хэвлэх, хуулбарлах, аялалын болон оюутны олон төрлийн хөнгөлөлт эдлэх боломжийг олгодог карт юм. Харвардын их сургуулийн үнэмлэх нь орон сууц, хоолны газар, номын сан, хөнгөн атлетик, гэх мэт олон зүйлд хэрэглэх боломжтой байдаг [1]. Олденбургийн Их Сургуульд CampusCard нь оюутнуудад оюутны үнэмлэх, семестрийн тасалбар хэлбэрээр олгодог. CampusCard нь кассын төлбөрийн хэрэгсэл болгон ашиглаж болно [2]. Массачусетсийн технологийн их сургуулийн ID карт нь оюутны хотхоны түлхүүр бөгөөд оюутны өөрийн хэрэглээнээс хамааран MIT ID картыг дараах олон зорилгоор ашиглаж болдог [3]. *Үүнд:* Кампусын барилга, орон сууцанд нэвтрэх, TechCASH ашиглан кампус доторх болон гаднах байршилд худалдан авалт хийх, хөнгөлөлт эдлэх, метроны болон орон нутгийн автобусны системийг үнэ төлбөргүй, хязгаарлалтгүйгээр ашиглах гэх мэт. Манай сургуулийн хувьд зөвхөн шалгалт өгөхдөө өөрийгөө батлах, номын сангаас ном зээлж авахад л хэрэглэж байна. Бид үүнийг өөрчилж оюутны картаа илүү олон зүйлд хэрэглэж, картаа илүү дэвшилтэт болгох, нэгдсэн төлбөрийн систем үүсгэх санаа дэвшүүлж байгаа болно.

II. ОЮУТНЫ ҮНЭМЛЭХНИЙ ХЭРЭГЛЭЭ

Суралцаж байх хугацаанд шинэчилсэн оюутны карт нь оюутныг их сургууль дахь өргөн хүрээний үйлчилгээ, байгууламжид хандах боломжийг олгоно. *Үүнд:*

- **Номын сан:** Оюутны карт нь номын сангийн картын үүрэг гүйцэтгэх ба өөрөө өөртөө

үйлчлэх төвөөс уншуулж, номын сангаас ном зээлж авах боломжтой байна.

- **Оюутны байр:** Та оюутны байранд нэвтрэхийн тулд оюутны картаа ашиглаж болно. Картаа ашиглан оюутны хотхоны угаалгын газрын болон усанд орох төлбөрийг төлөх боломжийг танд олгоно.
- **Шалгалтууд болон хичээлийн ирц өгөх:** Таны оюутны картыг явцын болон улирлын шалгалтад тань таних хэлбэр болгон ашигладаг. Мөн лекц, семинар, лабораторийн хичээлийн ирц өгөхөд ашиглаж болох бөгөөд энэ нь хичээлийн цагийг ирц бүртгэхэд зарцуулахгүй байх, хоцролт болон хичээл таслалтыг бууруулна.
- **Нийтийн тээвэр, сургуулийн хэвлэлийн газар болон кафе:** Оюутны картны данс руугаа мөнгө оруулж сургуулийн болон нийтийн тээврийн үйлчилгээний газруудад төлбөр тооцоо хийх бүрэн боломжтой болно. Түүнчлэн оюутны хувьд нийтийн тээврийн хөнгөлөлт эдлэх эрхтэй бөгөөд оюутны картаа автобусны карт болгон ашиглах боломжтой. Мөн цайны газар болон хэвлэлийн газарт төлбөр тооцоо хийхдээ ашиглаж болно.
- **Нууцлал:** Оюутны картанд оюутан болох үед их сургуульд өгсөн хувийн мэдээллийг агуулна. Оюутны картын зорилгод таныг оюутан гэдгээ баталгаажуулах, ирцээ баталгаажуулах, оюутны хотхоны бүсэд нэвтрэх боломжийг олгох, их сургуулийн бүсэд нэвтрэх эрхээ баталгаажуулах, номын сангуудаас ном зээлээр авахад хялбар болгох зэрэг орно. Оюутны картыг эдгээр зорилгоор ашигласнаар их

сургуулийн номын сангаас зээлж авсан эд зүйлс болон таны нэвтэрч буй аюулгүй газруудын бүртгэл зэрэг мэдээллийн талаар дата бүрдүүлж, цуглуулах болно. Та хүссэн үедээ хүсэлт гаргаж, өөрийн хувийн мэдээллийг үнэн зөв эсэхийг шалгах боломжтой. Мэдээллийн аль нэг нь буруу эсвэл хуучирсан байвал та мэдээллээ засуулах хүсэлт гаргаж болно гэх мэт олон боломжуудтай болгохоор судлаж байна.

- Мөн ШУТИС нь NFT гаргахаар боловсруулж байгаа тул оюутнуудын дунд түүний үнэ цэнийг өсгөх зайлшгүй шаардлага гарч ирнэ. Иймд оюутны картыг шинэчилж NFT-тэй холбож өгвөл түүний үнэ цэнэ өсч, цаашид олон үйлчилгээнүүдийг хөнгөлөлтэй нөхцөлөөр оюутанд хүргэх боломж бүрдэнэ.

III. NFT

NFT гэж яг юу гэсэн үг вэ? энэ нь англиар Non-Fungible-Token гэсэн үг. Fungible гэдэг нь монгол хэлнээ буулгавал орлуулшгүй гэсэн үг бол token гэдэг нь ямарваа нэгэн бараа материалыг илэрхийлэхдээ ашигладаг үг юм. Дижитал урлагийн бүтээлүүд болон бодит бүтээлүүдийн дижитал хувилбар нь Smart contract (*Vechainthor, Ethereum, Polygon (MATIC), Flow blockchain, Wax Blockchain гэх мэт*) буюу Ухаалаг гэрээн дээр бичигдэн mint хийгдсэнээр Non-Fungible-Token үүснэ [4-10]. Үүнд:

- Non-Fungible-Token гэдэг нь өвөрмөц бөгөөд өөр зүйлээр солих боломжгүй токен гэсэн утгыг илэрхийлж байгаа бөгөөд NFT нь цор ганц л байдгаараа бусад төрлийн токеноос онцлогтой.
- Smart contract гэдэг нь тохиролцоонд хүрэхийг эрмэлзэж буй 2 талын заасан нөхцөлүүд бүрдэхэд үйлдлийг гүйцэтгэдэг блокчэйн дээр суурилсан программ юм. Ухаалаг гэрээ нь 3 дахь эдгээдийн оролцоогүйгээр зөвшилцөлд хүрэх боломжийг хангаж чаддагаараа онцлогтой.
- Mint гэдэг нь дижитал хөрөнгийг блокчэйн дээр хадгалах үйл явц юм.
- Худалдан авагчид NFT авахад төлсөн үнээсээ өндөр үнээр амжилттай зарж чадвал NFT -ийн үнэ цэнэ нэмэгддэг. Криптовалюттай адил зах зээлийн эрэлт нэмэгдэж, борлуулах боломжтой NFT нийт нийлүүлэлт буурах үед

үл хэрэглэгдэх токеноудын цуглуулга үнэд ордог.

- ШУТИС NFT авсан оюутнууддаа зориулан тусгай NFT карт гаргаж болох бөгөөд, NFT карт эзэмшигчид хөнгөлөлт эдлэх гэх мэт давуу талууд үүссэнээр үнэ цэн нь өсөх юм.

Технологийн шийдэл: U money гэдэг нь IC Chip зэрэгт мөнгөн дэвсгэртийн үнэ цэнийг электрон хэлбэрээр илэрхийлэн хадгалж, түүнийг баталгаажуулсны үндсэн дээр цахим гүйлгээ хийгддэг смарт карт хэлбэрийн цаашид цахим мөнгө хэлбэрээр өргөн хэрэглээгээр ашиглагдаж болох цахим картыг хэлнэ. Тэгвэл бид U Money-той хамтарснаар оюутны картаа чипжүүлж цэнэглэх боломжтой бөгөөд энэхүү чип нь оюутны мэдээллийг өөртөө агуулах ба сургуулийн орчинд төлбөрийн нэгдсэн систем үүсгэх бүрэн боломжтой.

ДҮГНЭЛТ

Бид тус судалгааны ажлаар оюутны картны хэрэглээг нэмэгдүүлэх боломжийг судалж, ШУТИС оюутны NFT гаргавал түүний үнэ цэнийг нэмэгдүүлэх болон нэгдсэн төлбөрийн систем үүсгэх боломжийн талаар судалсан. Мөн U money-той хамтарч картаа гаргаснаар чип карт, төлбөрийн хэрэгслээ амар хялбараар шийдэх боломжтой гэдгийг тодорхойлсон. Мөн оюутны картаар ирцээ бүртгүүлснээр ирц бүртгэлтэд хичээлийн цаг хорогдохгүй, оюутнуудын идэвх оролцоог нэмэгдүүлэх давуу тал байгааг гаргаж ирсэн.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.campusservicecenter.harvard.edu/services/id-cards>
- [2] <https://idcard.mit.edu/>
- [3] <https://uol.de/studium/campuscard>
- [4] Computer Networking Service Training Book
- [5] <https://www.sydney.edu.au/students.html?fbclid=IwAR0GNFiWyU31Njt82foskWnN4a3cr7yYz0r7tV51Rb5QjcFkQhYh2IZIwtg>
- [6] The NFT Handbook: How to Create, Sell and Buy Non-Fungible Tokens
- [7] The Nft Revolution - Crypto Art Edition: 2 in 1 Practical Guide for Beginners to Create, Buy and Sell Digital Artworks and Collectibles as Non-fungible Tokens
- [8] <https://book.mn/product/show/24417?fbclid=IwAR3siDnV0kVzX8Bov1CARRFFecWpkGtlbpNklj54LD8rwFgxfBZGtVjKCvc>
- [9] https://l.messenger.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fbook.mn%2Fproduct%2Fshow%2F20406&h=AT3xE9FL8rkCHRVK_tWNBmrRu53B8n6w2wgVhNEYqtxRaDDGjxNnd6v3m_TjrNTd_BAlueCAaT3eD41sQ7LUDrw
- [10] https://l.messenger.com/l.php?u=https%3A%2F%2Fbook.mn%2Fproduct%2Fshow%2F20406&h=AT3xE9FL8rkCHRVK_tWNBmrRu53B8n6w2wgVhNEYqtxRaDDGjxNnd6v3m_TjrNTd_BAlueCAaT3eD41sQ7LUDrw

ӨНДӨР БАРИЛГЫН БҮС ДЭХ ДОЛГИОН ТАРХАЛТЫН ЗАГВАРЫН СУДАЛГАА

Ц. Нямсүрэн¹, Ж. Жавзансүрэн¹, Б.Баттулга²

¹Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, МХТС, Холбооны салбар

²Харилцаа Холбооны Зохицуулах Хороо

cerensodnomn@gmail.com, jrc04javzansuren@must.edu.mn, battulga@crc.gov.mn

Хураангуй— Утасгүй холбооны технологи өдөр тутмын амьдралд өргөн нэвтэрч, утасгүй холбооны үйлчилгээний чанарын асуудал улам бүр хүчтэй тавигдаж байна. Үүнтэй зэрэгцэн их хотын дотор хоорондоо ойр байрласан өндөр барилгууд бүхий хорооллууд ихсэж хорооллын дотор утасгүй холбооны хамрах хүрээний асуудал яригдах боллоо. Түүнээс гадна барилгын материал, бүтэц, хороолол дундах агаарын урсгалын хуйлрал зэрэг хүчин зүйлүүд нь долгионы тархалтанд нөлөөлж уламжлалт тархалтын загваруудаас ялгаатай болж байна. Орчин үеийн утасгүй холбооны системүүдийн дийлэнх нь ажилладаг 200МГц-ээс 3ГГц -ийн давтамжтай долгион ойж, хугарч сарниж тархдаг нарийн нийлмэл тархалттай. Өндөр барилгууд нь ерөнхийдөө төмөр бетон бүтээцтэй бөгөөд дотор орчны болон ханаар хаагдсан урт коридорын долгионы тархалтыг авч үзсэн судалгааны ажлууд байдаг. Энэхүү өгүүлэлд бааз станцаас өгөгдөж буй долгион өндөр барилга хооронд тархах тархалтын загваруудыг судалж тоймлохыг зорив.

Түлхүүр үг— долгион тархалтын загвар, шууд харалт LOS, шууд бус харалт NLOS, микро үүр,

I. УДИРТГАЛ

Нягт байрлалтай харьцангуй өндөр барилгууд баригдах нь элбэгшсэн нь тэрхүү хороололдох утасгүй холбооны хамрах хүрээний асуудал яригдах болжээ. Энэхүү шинэлэг нөхцөлд үүрэн холбооны сүлжээний зөв зохион байгуулалтыг тогтооход долгионы тархалтын загварыг тогтоох нь чухал байдаг. Тархалтын загварыг эмперик (туршилтын), Детерминистик, стохастик гэж ангилдаг. Эмперик загварууд нь ажиглалт хэмжилтийн өгөгдлийн боловсруулалтын үр дүнд гаргаж авах ба дотроо хугацааны сарнилттай ба хугацааны сарнилтгүй гэж ангилагддаг. Станфордын Их Сургуулийн загвар бол дисперсив төрөлд хамаарах бол Хата, COST-231 Хата, ITU – R загвар нь хугацааны сарнилгүй загварт хамаарна. Детерминистик загвар нь тодорхой байрлал дээрх ирж буй долгионы чадлыг тодорхойлох, түүний хуулийг нь гаргахад чиглэдэг ба долгионы цацрагийн замын загварууд нь энэ төрөлд хамаарна. Тохиолдлын буюу стохастик загвар нь хүрээлэн буй орчны талаар хамгийн бага мэдээлэлтэй байх үед ашигладаг таамаглал дээр тулгуурладаг арга бөгөөд 1.8 ГГц-ээс дээш давтамжтай долгионы тархалтын загварт ашиглаж байна.

Хотын бүсийн долгион тархалтыг гадна орчны, дотор орчны, давхар хоорондын гэх мэтээр ангилна. Бидний авч үзэж байгаа өндөр барилгатай хорооллын дундах долгион тархалт нь хотын бүсийн микроүүр доторх долгион тархалтын загварт хамаарна гэж үзэж судалгааг хийв.

II. ӨНДӨР БАРИЛГА

Өндөр барилга гэдэг нь ихэнх оршин суугчид зорьсон давхартаа хүрэхдээ цахилгаан шат

ашигладаг олон давхар барилгыг хэлнэ. [1]. Дэлхийн хэмжээнд өндөр барилгын нэгдсэн нэг тодорхойлолт гараагүй бөгөөд улс орон бүр өөрийн онцлогт тохирсон давхрын тоог заасан байна. Тухайлбал Канадад 11-ээс дээш давхартай, Энэтхэгт 2-аас дээш давхартайг өндөр гэж үздэг байхад АНУ-д Үндэсний галаас хамгаалах нийгэмлэг нь 75 фут (23 метр) [2] буюу долоон давхраас дээш өндөр барилга гэж тодорхойлдог байна. Өндөр барилгатай байхын ач холбогдол нь:

- хотод олон тооны өндөр барилгуудтай байх нь тухайн хотын өнгө үзэмжийг нэмдэг.
- хотод суурьшилд шаардагдах талбайн хэмжээг бууруулдаг.
- Жуулчдын сонирхлыг татаж орлого нэмэх хэрэгсэл болдог.
- Төвлөрөл үүсгэж байгаа нь инженерийн дэд бүтцийн зардлыг бууруулна.

Өндөр барилгатай байхын дутагдал нь

- тэнгэр баганадсан барилгуудын хамгийн чухал асуудлын нэг нь аюулгүй байдал юм. Өндөр барилгууд нь том хэмжээтэй учир байгалийн гамшгийн үед хамгийн их эрсдэл дагуулах хүчин зүйл болдог.
- Давхрын тоо өндөрсөх тутам барилгын суурьт тавигдах шаардлага өндөрсөж байдаг.
- Зардал өндөр

Манай улсад Улсын их дэлгүүр (6 давхар), 1970-аад оны сүүл, 1980-аад оны дунд үед 3,4 хороолол (9 давхар) Сансар (5-12 давхар) зэрэг орон сууцны хорооллууд, Хангай зочид буудал (16 давхар) баригдсан нь тухайн үедээ хамгийн өндөр

барилгадаа тооцогдож байсан. Харин орчин үед барилгын материал, техник технологи эрчимтэй хөгжиж өндөр барилгууд баригдаж өндөр барилгын хорооллуудтай болж байна. Жишээлбэл Хурд группын барьсан хороололын 1-р ээлж 19 давхар 6 блок(Standard), 2ба 3-р ээлж нь 25давхартай 20 блок (Хүннү-2222), 4-р ээлж нь 25 давхар 5 блоктой (Palace)бол Нарны хороолол нь 12 давхар 13 блок, 23 давхар 11 блок барилгаас бүрдэж байна. (1-р зураг)



1-р зураг . 23 давхар бүхий барилгатай Нарны хороолол

III. ХОТЫН ДОТОРХ ТАРХАЛТЫН ЗАГВАРУУД

Үүсгүүрээс бүх чиглэлд тархаж буй долгионы цацраг бүхий чөлөөт орчны долгион тархалт бол долгион тархалтын загваруудын үндэс болдог ба алслалтын зай 10 дахин өөрчлөлтөнд 20 дБ-ээр долгионы эрчим буурч байдаг ерөнхий хуультай. Диффракц, ойлт, сарнилтын нөлөөгөөр долгион унтрах, гажуудах, алдагдаж байдаг. Ялангуяахөдөлгөөнт хэрэгслийн хувьд гадна орчны тархалтанд маш олон ойлт, сарнилтанд өртөж тархалтын олон зам үүсч байдагтай холбоотой олон замын тархалтын асуудал тулгарч байдаг. Зайнаас хамаарч оронгийн хүчлэг унтрахыг алсын оронгийн (large scale), дохионы хүчлэгийн тогтворгүй өөрчлөлтийг ойрын оронгийн өөрчлөлт (small scale), гэдэг. Радио долгионы тархалтын эмперикзагвар нь долгионы тархалтыг тодорхойлогч долгионы давтамж, зай, бусад олон хүчин зүйлээс хамаарсан туршилтаар тогтоосон математик функцээр илэрхийлэгдэнэ.

•Чөлөөт орчны загвар (The free space model)

Чөлөөт орчны тархалтын загвар нь хүлээн авсан дохиог нэвтрүүлэгч ба хүлээн авагчийн шууд харалтын зайд буюу тэдгээрийн хооронд саадгүй үед таамаглахад оршин. Чөлөөт орчинд d зайнаас нэвтрүүлэх антеннаар цацаргасан дохионоос, хүлээн авах антеннаар хүлээн авсан дохионы чадал нь Фризийн чөлөөт орчны тэгшитгэлээр тодорхойлогдоно.

$$P_r(d) = \frac{P_t G_t G_r \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2} \quad (1)$$

•Окумурагийн загвар (Okumura model)

Окумурагийн загвар нь хот орчмын бүсэд хамгийн өргөн хэрэглэгддэг загвар юм. Окумурагийн загвараар чиглэл алдагдсан тохиолдолд чиглэлийг

зөв тодорхойлоход эхлээд алдагдсан чиглэл, сул зай хоёрын хоорондох зайг зөв тодорхойлоод дараа нь тухайн талбайд нөлөөлөх хүчин зүйлсийг тодорхойлно.

Үүнийг томъёогоор илэрхийлбэл:

$$L50(dB) = A_{mn}(f, d) - G(h_{te}) - G(h_{re}) - G_{AREA} \quad (2)$$

•Окумура Хатагийн загвар (Okumura Hata model)

Окумура хатагийн аргаар замын алдагдлыг тооцоолохын тулд хөдөлгөөнт холбооны систем нь дараах нөхцөлийг хангах ёстой.

- Зөөгч давтамж нь $150 \leq f \leq 1000(MHz)$
- Бааз станцын антенны өндөр $30 \leq h_t \leq 200 (m)$
- Хөдөлгөөнт станцын антенны өндөр $1 < h_r \leq 10 (m)$ байх ёстой.

Окумура Хатагийн аргаар замын алдагдлыг тооцоолохын тулд хотын бүст дараах томъёогоор замын алдагдлыг тодорхойлно.

$$L_p = A + B \log_{10}(d) \quad (3)$$

Хотын захад дараах томъёогоор замын алдагдлыг тодорхойлно.

$$L_p = A + B \log_{10}(d) - C \quad (4)$$

•Cost 231 Hata

Cost 231 Hataзагварыг гар утасгүй систем дэх зам алдагдлыг урьдчилан таамаглахад өргөн ашигладаг. Cost 231 Hataзагварын өргөтгөл болгон эхлүүлсэн. Энэ нь хот, хөдөө гэх янз бүрийн орчинд зам алдагдлыг урьдчилан таамаглахад ашиглагддаг. Энэ нь 500MHz-ээс 2000MHz давтамжийн мужид зориулагдсан. Замын алдагдлын үндсэн тэгшитгэл нь:

$$PL = 46.3 + 33.9 \log_{10}(f) - 13.82 \log_{10}(h_b) - ah_m + n(44 - 6.55 \log_{10}(h_b)) \log_{10} d + c_m \quad (5)$$

•Walfisch-Ikegami тархалтын загвар

Ялангуяа дээвэр дээрх тархалт хамгийн их давамгайлдагхотын орчинд загварын нарийвчлал нь нэлээд өндөр байдаг. Энэхүү эмпирик загвар нь зөвхөн нэвтрүүлэгч ба хүлээн авагчийн хоорондох босоо байрлалыг авч үздэг. Энэ загвар нь 800-2000МГц давтамжинд нэвтрүүлэх антенны өндөр 4м-50м, хүлээн авагчийн өндөр 1м-3м, нэвтрүүлэгч ба хүлээн авагчийн хоорондох “d” зайд хамаарна.

Эдгээр загварын харьцуулалтыг 1-р хүснэгтэнд хийв.

1-Р ХҮСНЭГТ. Гадна орчин дох долгион тархалтын ЗАГВАРУУДЫН ХАРЬЦУУЛАЛТ

.No	Загвар	Давтамж	Газар нутаг
-----	--------	---------	-------------

1	SUI	1ГГц-ээс доош	Уулархаг газар нутаг
2	NATA	150МГц-1500МГц	Хот, Хотын зах, Хөдөө
3	OKUMURA	3МГцхүртэл	Хот, Хотын зах, Хөдөө
4	COST-231	500МГц-2000МГц	Хот, Хотын зах, Хөдөө
5	ECC-33	3.5ГГц хүртэл	Хот, Хотын зах, Хөдөө
6	COST-231 W-1	800-2000МГц хүртэл	Босоо байрлал дахь барилга

- Дотоод орчин дахь алдагдал (Loss in indoor environments)

Дотоод орчин дахь алдагдал нь мод, хуванцар, тавилга гэх мэт нь алдагдалтай материал агуулсантай холбоотой байдаг.

Шууд харалтын зайн тархалтын замын алдагдлыг тодорхойлсон олон загвар байдаг.

$$PL[dB] = PL_{ref}[dB] + n_1 10 \log d(6)$$

n_1 - чөлөөт орчны хувьд -2, хотын бүсэд 2.7-3.5, хотын сүүдэрлэгдсэн бүсэд 3-5, дотор орчинд 1,6-1,8 байна.

IV. ӨНДӨР БАРИЛГАТАЙ ХОРООЛЛЫН ДОТОРХ ДОЛГИОН ТАРХАЛТ

Микроүүрэн дэх долгион тархалт нь дундаж характеристиктай ба олон замын тархалтын хугацааны хоцрол бага, замхралтанд гүехэн өртдөг тул өндөр хурдны дамжуулалтай, ихэвчлэн хөл хөдөлгөөн ихтэй хэрэглэгчийн нягт ихтэй орчинд тохиолдоно. Түүнээс гадна нэвтрүүлэх антенн ихэвчлэн эргэн тойрныхоо барилгуудаас намхан байрласан, дохио нь гудамжаар тархах (гудамжны микроүүр) онцлогтой байна. Макро ба микро үүрүүдийн харьцуулалтыг 2-р хүснэгтэнд үзүүлэв.

2-Р ХҮСНЭГТ. МИКРО БА МАКРО ҮҮРИЙН ХАРЬЦУУЛАЛТ

Үзүүлэлт	Макроүүр	Микро үүр
Үүрийн радиус	1-20км	0.1-1км
Нэвтрүүлэгчийн чадал	1-10км	0.1-1w
Замхралт	Rayleigh	Nakgami-Rise
Тархалтын саатлын дундаж кв утга	0.1-10	10-100ns
Хамгийн их битийн хурд	0.3Mbps	1Mbps

Хотын намхан барилгатай бүсийн онцлог

- Өргөн гудамжтай
- Барилгын дээвэр диффракц илүү үүсгэнэ

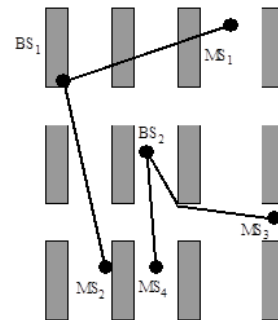
- Тээврийн хэрэгслээс ойх сүүдэрлэх нь харьцангуй бага
- Саатал их ба Доплерийн шилжилт багатай байх

Хэд хэдэн давхар өндөр барилгуудаар хүрээлэгдсэн гудамж дагасан хонгил дагуу гудамжны үүр үүснэ.

Гудамжны үүрийн онцлог:

- Газар зүйн өндөрөөсөө илүүтэй мод, барилга долгион тархалтанд нөлөөлнө.
- Дээврээс дээгүүр тархахаасаа илүүтэй барилгын өндөр ихээхэн нөлөөтэй.
- Долгионы ихэнх чадал гудамж дагуу тархана.
- Нэвтрүүлэгч байгаа гудамжинд хүлээн авагч байвал долгионы тархалт шуудхаралтын LOS тархалттай байна
- Хүлээн авагч нь өөр гудамжинд байрлах эсрэг тохиолдолд шууд бус буюу NLOS тархалттай байна.

Гудамжин дах олон тооны хөдөлгөөнтэй тээврийн хэрэгсэл нь долгионыг ойлгогч Доплерийн шилжилтийг нэмэх ойлгогч болноХотын дотор бааз станцын антенн дээвэр дээр (BS1) эсвэл дээврээс доогуур (BS2) ньбайрлаж болох ба тохиолдлыг 2-р зурагт үзүүлсэн.



2-р зураг . Хотын бүсийн долгион тархалтын нийтлэг тохиолдол

A. Шууд харалтын тархалт

Хөдөлгөөн хэрэгсэл (MS2, MS4) бааз станцаа шууд харжBS1-MS2, BS2-MS4 ийн хооронд (LOS)шууд харалтын тархалттай бөгөөд замын алдагдлын дээд доод хязгаарыг доорхи байдлаар тооцоолно.[1]

$$L_{LoS,l} = L_{bp} + \begin{cases} 20 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \quad (7) \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases}$$

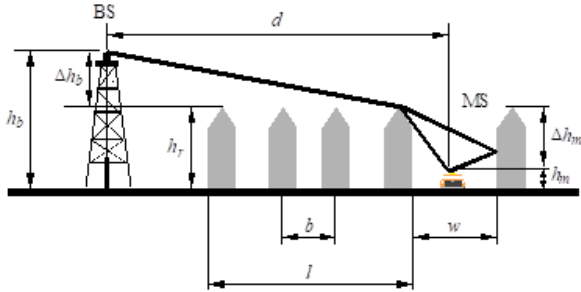
$$L_{LoS,u} = L_{bp} + 20 + \begin{cases} 25 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d \leq R_{bp} \quad (8) \\ 40 \log_{10} \left(\frac{d}{R_{bp}} \right) & \text{for } d > R_{bp} \end{cases}$$

Үүнд: тасралтын цэгийн зай $R_{bp} \approx \frac{4h_b h_m}{\lambda} \quad (9)$

тасралтын цэг дээрх алдагдал

$$L_{bfp} = \left| 20 \log_{10} \left(\frac{\lambda^2}{8\pi h_b h_m} \right) \right| \quad (10)$$

B. Шууд бус харалт- тохиолдол 1(3-р зураг)
BS1-MS1(NLOS1) хооронд шууд бус харалтын тархалттай NLOS байна. (3 -р зураг)



3-р зураг . NLOS1 тохиолдлын тархалтын загвар

$$L_{NLoS1} = \begin{cases} L_{bf} + L_{rts} + L_{msd} & \text{for } L_{rts} + L_{msd} > 0 \\ L_{bf} & \text{for } L_{rts} + L_{msd} \leq 0 \end{cases} \quad (11)$$

Үүнд:

$$L_{bf} = 32.4 + 20 \log_{10} (d / 1000) + 20 \log_{10} (f)$$

$$L_{ori} = \begin{cases} -10 + 0.354 \varphi & \text{for } 0^\circ \leq \varphi < 35^\circ \\ 2.5 + 0.075(\varphi - 35) & \text{for } 35^\circ \leq \varphi < 55^\circ \\ 4.0 - 0.114(\varphi - 55) & \text{for } 55^\circ \leq \varphi \leq 90^\circ \end{cases} \quad (12)$$

$$\Delta h_m = h_r - h_m$$

$l < d_{sn}$ нөхцөлд

$$L_{msd} = L_{bsh} + k_a + k_d \log_{10} (d / 1000) + k_f \log_{10} (f) - 9 \log_{10} (b)$$

(13)

BS-ийн антенны өндрийн нөлөөлөл

$$L_{bsh} = \begin{cases} -18 \log_{10} (1 + \Delta h_b) & \text{for } h_b > h_r \\ 0 & \text{for } h_b \leq h_r \end{cases} \quad (14)$$

Үүнд:

$$k_a = \begin{cases} 54 & \text{for } h_b > h_r \\ 54 - 0.8 \Delta h_b & \text{for } h_b \leq h_r \text{ and } d \geq 500 \text{ m} \\ 54 - 1.6 \Delta h_b d / 1000 & \text{for } h_b \leq h_r \text{ and } d < 500 \text{ m} \end{cases} \quad (15)$$

$$k_d = \begin{cases} 18 & \text{for } h_b > h_r \\ 18 - 15 \frac{\Delta h_b}{h_r} & \text{for } h_b \leq h_r \end{cases} \quad (16)$$

$$k_f = \begin{cases} 0.7(f/925 - 1) & \text{Дундаж ба хотын захын бүс} \\ 1.5(f/925 - 1) & \text{Том хот} \end{cases} \quad (17)$$

C. Шууд бус харалт- тохиолдол 2(4-р Зураг)

BS2-MS3(NLOS2) хооронд шууд бус харалтын тархалттай NLOS байна.

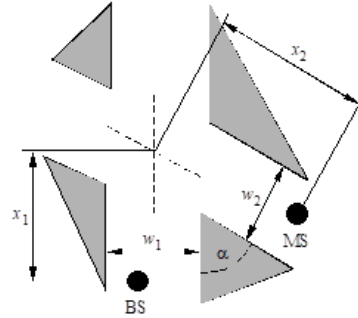
$$L_{NLoS2} = -10 \log_{10} (10^{-L_r/10} + 10^{-L_d/10}) \quad (18)$$

Үүнд:

ойсон замын алдагдал-

$$L_r = 20 \log_{10} (x_1 + x_2) + x_1 x_2 \frac{f(\alpha)}{w_1 w_2} + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right) \quad (19)$$

$$f(\alpha) = \frac{3.86}{\alpha^{3.5}} \text{ [dB]}$$



4-р зураг . NLOS2 тохиолдлын тархалтын загвар

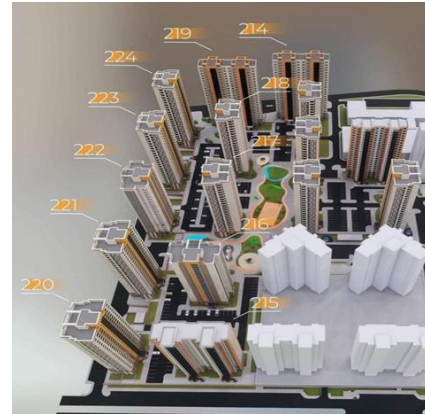
дифракцтай замын алдагдал-

$$L_d = 10 \log_{10} [x_1 x_2 (x_1 + x_2)] + 2D_a - 0.1 \left(90 - \alpha \frac{180}{\pi} \right) + 20 \log_{10} \left(\frac{4\pi}{\lambda} \right)$$

$$(20) D_a = \left(\frac{40}{2\pi} \right) \left[\arctan \left(\frac{x_2}{w_2} \right) + \arctan \left(\frac{x_1}{w_1} \right) - \frac{\pi}{2} \right] \quad (21)$$

V. УЛААНБААТАР ХОТЫН ӨНДӨР БАРИЛГАТАЙ ХОРООЛ ОЛ БА ХАМРАХ ХҮРЭЭГ ӨРГӨТГӨХ

Долгион тархалтын загварыг гаргах объектоор 5-р зурагт үзүүлсэн Хүннү -2222 хорооллыг сонгосон.



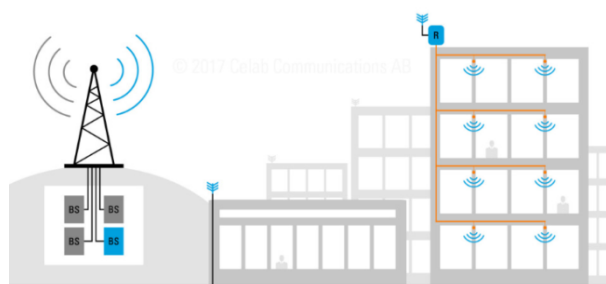
5-р зураг . Хүннү-2222 хороолол

Барилгын давхрын тоо ба барилга хоорондын зайн харьцаа нь тархалтын загварт нөлөөлнө гэж үзэж байна. Хорооллын блокуудын бааз станцтай харьцангуй байрлалаас шалтгаалж бааз станцаас тухайн блок хүртэл LOS ба NLOS тархалт үүсэхээс гадна ихэнх үүрэн холбооны бааз станцын антенн тонгойсон байрлалтай байдаг нь бааз станц аль нэг барилгаас нам өндөрт байрласан үед дээд давхруудад долгион очихгүй байх, мөн бааз станц тухайн барилга хоёрын хооронд өндөр барилгаар сүүдэрлэгдэж тодорхой давхруудад дохионы чанар

буурах, бүр харанхуй бүс үүсэх ч нөхцөл үүсч болно. Энэ нөхцөлд

1. Тухайн орчны хамрах хүрээний судалгаа
2. Үүрэн холбооны чанарын хэмжилт

хийж харанхуй бүс дохионы чанар унаад байгаа цэгүүдийг тодорхойлж идэвхигүй дахин дамжуулагч ба ойлгогч тавих замаар сүлжээний хамрах хүрээг сайжруулахаас гадна донор антеннаас ирэх дохиог дотор орчны бааз станцаар давхруудад түгээх арга хэрэглэх замаар асуудлыг шийдвэрлэнэ.



6-р зураг . Indoor бааз станц

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг хийхэд тусалсан ШУТИС-ийн Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургуулийн Холбооны салбарын багш нарт болон Харилцаа холбооны зохицуулах хорооны радио давтамжийн зохицуулалтын газрын инженер техникийн ажилтнуудад талархлаа илэрхийлье.

ДҮГНЭЛТ

Улаанбаатар хотын өндөр барилгатай хороололдтулгарч буй барилга хоорондын долгион тархахдаа барилгын бааз станцтай харьцангуй байрлалаас шалтгаалж бааз станцаас тухайн блок хүртэл LOS ба NLOS тархалт үүсч байгаа тул микроүүр дэх NLOS LOS тархалтын загвараар тооцоолох боломжтой нь харагдаж байна. Хорооллын нь бааз станц аль нэг барилгаас нам өндөрт байрласан үед дээд давхруудад долгион очихгүй байх, мөн бааз станц тухайн барилга хоёрын хооронд өндөр барилгаар сүүдэрлэгдэж

тодорхой давхруудад дохионы чанар буурах, бүр харанхуй бүс үүсэх ч нөхцөл үүсч болно.

Цаашид орчин үеийн барилгын шилэн эсвэл төмөр бетон хийц, метал хуудсан фасадтай барилгын дохионы ойлт шингээлтийг тооцож загварт оруулах нь зүйтэй. Мөн барилгын өндөр барилга хоорондын зайн харьцаа долгионы тархалтанд нөлөөлөх эсэхийг тодруулах шаардлагатай байна.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Philip Johnson, "High-Rise Building Definition, Development, and Use", Elsevier, 2009 https://booksite.elsevier.com/samplechapters/9781856175555/02~Chapter_1.pdf
- [2] David C. Jenn, Tri Ha "Simulation of wireless propagation in a high-rise building" December 2004, <https://core.ac.uk/download/pdf/36695028.pdf>
- [3] Б.Отгонбаяр, Ө.Буянхишиг "Хөдөлгөөнт холбооны систем" Улаанбаатар, 2017 он
- [4] A.G.LONGLEY "Radio propagation in urban areas" April 1978
- [5] William F.Young., Kate A.Remley, Christopher L.Holloway, Galen Koepke, Dennis Camell, John Ladbury, and Colton Dunlap "Radiowave propagation in urban environments with application to public safety communications" USA, December 2014
- [6] Hany M.El-Maghrabi, Ahmed M.Attiya, Essam A.Hashish "Indoor Wave Propagation Prediction for Corridors Segments with Partially Reflecting Walls by Using 3D Waveguide Modal Analysis" March 2016
- [7] Action.technologies "High rise signal coverage solution" 2014
- [8] William F.Young, Member, IEEE, Christopher L.Holloway, Fellow, IEEE, Galen Koepke, Member, IEEE, Dennis Camell, Member, IEEE, Yann Becquet, Kate A.Remley, Senior Member, IEEE "Radio-Wave Propagation Into Large Building Structures-Part 1: CW Signal Attenuation and Variability" April 2010
- [9] K. Rizk, A. Mawira, J.-F. Wagen, and F. Gardiol "Propagation in urban microcells with high rise buildings", proceedings of the IEEE 46th Vehicular Technology Conference, Atlanta, USA, April 1996, pp. 859-863.
- [10] Rong-Terng Juang, Path loss modelling based on path profile in urban propagation environments, IET communications, DOI10.1049/cmu2.12369, 2022; 16:685-694
- [11] Hazim Shakhathreh, Abdallah Khreishah, and Bo Ji, Providing Wireless Coverage to High-rise Buildings Using UAVs, IEEE ICC 2017 Next Generation Networking and Internet Symposium, 2017

ДУЛААН МЭДРЭГЧ КАМЕР АШИГЛАН ӨНДӨР ХҮЧДЭЛИЙН ГЭМТЛИЙГ ИЛРҮҮЛЭГЧ ДРОНЫ ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

¹А.Даваасүрэн, ²Г.Ганчимэг

^{1,2}Компьютерын ухаан салбар, Мэдээлэл, Холбооны Технологийн Сургууль, ШУТИС, Монгол улс

¹sdavaa862@gmail.com, ²ganaa@must.edu.mn

Хураангуй— Сүүлийн хэдэн жилийн хугацаанд дулаан мэдрэгч дроны технологи нь олон янзын үйл ажиллагааны чиглэлд өргөн тархсан. Гал илрүүлэхээс эхлээд эрэн хайх, аврах ажиллагаа, цахилгаан дамжуулах өндөр хүчдэлийн агаарын шугамын шалгалт гэх мэт. Дулаан мэдрэгчээр тоноглогдсон дронууд өндөр дээвэр, томоохон үйлдвэрийн газар зэрэг хүнд хэцүү орчинд халуун, хүйтэн цэгүүдийг илрүүлж, температурын мэдээллийг цуглуулдаг. Энэхүү өгүүлэлд өөрсдийн нөөц бололцоог ашиглан MLX90640 дулаан мэдрэгч камерыг Raspberry PI микропроцессор ашиглан программчилж, туршилтыг хийж, анхны загварын 3D моделиг боловсруулан хөгжүүлсэн болон цаашид хэрхэн хэрэглэх боломжийн талаар өгүүлнэ.

Түлхүүр үг— Дрон, дулааны камер, шөнийн хараа, өндөр хүчдэл

I. УДИРТГАЛ

Дулааны дүрслэл гэдэг нь тухайн объектын температурыг ашиглан зураг үүсгэх үйл явц юм [1]. Дулаан мэдрэгч камер нь хэт улаан туяаны янз бүрийн түвшний гэрэл таньж авах замаар температур илрүүлдэг. Энэ гэрэл нь энгийн нүдэнд үл үзэгдэх боловч эрчим нь хангалттай өндөр байвал дулаан мэт мэдрэгддэг. Бүх объектууд хэт улаан туяаны цацрагийг ялгаруулдаг бөгөөд энэ нь дулаан дамжуулах аргуудын нэг юм. Хэрэв та мах шарахдаа халуун нүүрс дээр гараа барьвал тэдгээр нүүрс нь хэт улаан туяаны цацраг ялгаруулж, дулаан таны гарт хүрдэг.



Зураг 1. Нарны хавтанг мэдэрч буй байдал [2]



Зураг 2. Нарны хавтан дулаан ялгаруулж буй байдал [2]

II. ДУЛААНЫ ДҮРСЛЭЛ БА ШӨНИЙН ХАРАА

Шөнийн хараа болон дулааны камерын гол ялгаа нь тэдний харж чадах зүйл юм. Шөнийн харааны камер

нь ердийн камертай адил бөгөөд хоёулаа юмсыг туссан гэрлээр хардаг, харин шөнийн харааны камерт маш бага гэрэл шаардагддаг. Дулааны дүрсний камер нь ойсон гэрлийг хардаггүй, харин дулааны энергийг хардаг. Ийм учраас дулааны дүрсний камерыг харахад гэрэл шаардлагагүй тул гэрэл муутай байх нь асуудал биш юм. Дулааны дүрслэлийн камер нь дулааны ялгааг илрүүлэх чадвартай тул өндөр тодосгогчтой зураг гаргадаг. Шөнийн камертай харьцуулахад дулааны камер нь бүрэн харанхуй, цаг агаарын хүнд нөхцөлд ашиглах боломжтой тул илүү үр дүнтэй байдаг [3].

Дулааны камертай дроны ашигтай байдал: Дулааны камертай дроноор авсан өндөр чанартай зургуудыг ашиглан бүхэл бүтэн сүлжээний зураглалыг гаргах эсвэл барилгын бүрэн тоймыг авах, дээврийн гэмтэл, эрчим хүчний алдагдлыг шалгахад тодорхой нарийн дүрслэл болгон харуулна.

Нарны хавтан болон өндөр хүчдэлийн шугамын үзлэг: Дулааны дрон нь хэт халалт болон гэмтэлтэй хэсгүүдийг тодорхойлж, цахилгааны холболтыг хянах чадвартай бөгөөд нарны хавтан, трансформатор, дамжуулах шугам зэрэг цахилгаан байгууламжийн дэд бүтцийг шалгах судалгаанд илүү үр дүнтэй. Дулааны дрон нь богино хугацаанд ажиллаж, аюултай нөхцөл байдалд ажиллах хянагч болон инженерүүдийн эрсдлийг бууруулж, тухайн цахилгаан байгууламжийн гэмтлийг оновчтой илрүүлнэ.

Нарны зайг шалгах нь дрон болон дулаан мэдрэгч камер ашиглахаас ихээхэн хамааралтай болох нь батлагдсан. Энэхүү дрон нь нарны зайн хавтангийн томоохон талбайг харьцангуй богино хугацаанд шалгах боломжтой [4].

III. Дулаан мэдрэгч дроны хэрэглээ

Дроны хэрэглээ дүрс, зураг авахаас гадна газар тариалан, уул уурхай, хил хамгаалах, онцгой байдал, харуул хамгаалалт, үйлдвэрлэлийн салбарт өргөнөөр хэрэглэгдэж байна [5]. Бид дулаан мэдрэгч камер ашиглан өндөр хүчдэлийн гэмтлийг илрүүлэгч дроны хөгжүүлэлтийг хийх судалгааны явцдаа өндөр хүчдэлийн шугам болон трансформатортой ажиллахад ямар бэрхшээл гарахыг мэргэжлийн холбогдох инженерүүдтэй уулзаж, ярилцаж, зөвлөгөө авсан ба дараах эрсдлүүд үүсдэгийг олж мэдсэн. Үүнд:

- Өндөр хүчдэлийн шугам болон трансформатороос хол зайнд нислэг үйлдэхгүй бол энгийн төрлийн чипүүд болон элементүүд нь соронзон интерференцэд орон цуглуулж буй өгөгдөлд өөрчлөлт орох, дроны болон камерын удирдлага дахин ачааллах, даамжирвал дрон ажиллагаагүй болох эрсдэлтэй.
- Соронзон интерференцийн хамгаалалттай төрлийн чипүүд нь ихэвчлэн цэргийн болон тусгай зориулалттай үйлдвэрлэгддэг тул олдоц ховор, үнэ өртөгийн хувьд өндөр байдаг.
- Дрон нь өдөр шөнийн аль ч үед үүрэг гүйцэтгэх боломжтой боловч салхины хурд 11м/с их хурдтай үед нислэг үйлдэх боломжгүй юм.

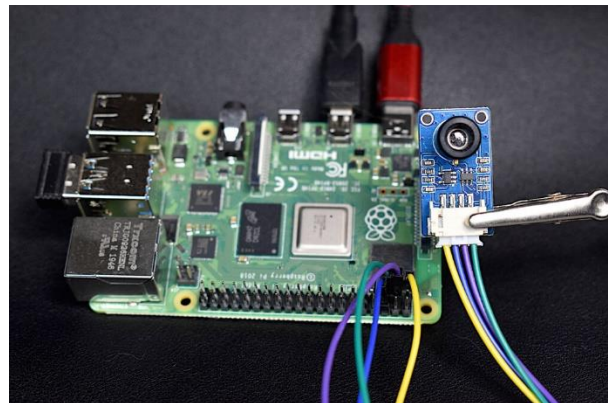
Хүснэгт 1. Дрон хийх эдийн засгийн тооцоо

л/д	Эд анги	Тоо ширхэг	Нэг бүрийн үнэ ₮	Нийт үнэ ₮	Тээврийн зардал ₮
1	их бие	1	592900	592900	8990
2	мотор	6	15500	62000	9500
3	сэнс	6	22300	66900	5300
4	speed controller	1	245,920	245,920	4500
5	lipo battery	1	170,000	170000	6400
6	controller (pixhawk4)	1	1,352,600	1,352,600	6360
7	удирдлага (FrSky Taranis X9 Lite ACCESS 2.4G 24CH Radio Transmitter)	1	450000	450000	4500
8	raspberry pi zero with thermal vision camera	1	400000	400000	9600
9	RunCam Link Phoenix HD Kit	1	546000	546000	9800
10	Skyzone SKY04L V2 Lite LCOS 5.8GHz 48CH FPV Goggles	1	1294650	1294650	7800
11	Нийт			5,284,720₮	

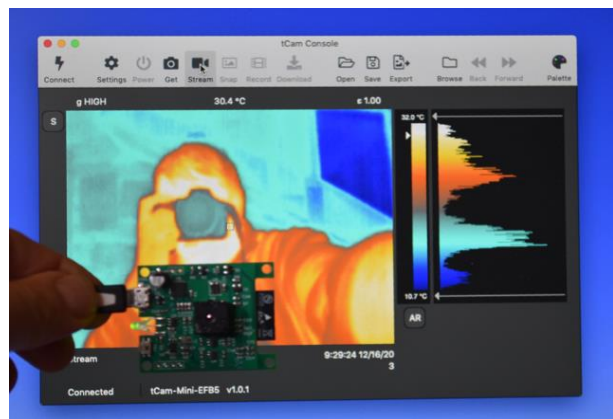
1 дүгээр хүснэгтэд эхний ээлжинд боловсруулах дроны эд ангийн өртгийн тооцоог гаргаж үзүүлсэн.

IV. Туршилтын үр дүн

MLX90640 дулаан мэдрэгч камерыг Raspberry PI микропроцессор ашиглан программчилж туршилтыг үйлдсэн. Энэхүү камер нь $-40^{\circ}\text{C} - 80^{\circ}\text{C}$ градусд ажиллах чадвартай. Мөн мэдрэх объект $-40^{\circ}\text{C} - 300^{\circ}\text{C}$ градустай үед алдаагүй мэдрэнэ. Камер нь 1 секундэд 32 зураг авч байна.



Зураг 3. Raspberry PI болон дулааны камерыг холбосон байдал



Зураг 4. Температурын ялгаатай байгаа байдлыг дулаан мэдрэгч камераар харж, турисан байдал



Зураг 5. Эхний гаргасан загварын 3D зураг

Мөн энэ дроныг хөгжүүлэхдээ 2 байдлаар хослуулж ажлуулж болохоор загварчилж байгаа бөгөөд хортон шавьж устгах боломжтой 1 литр шингэнийг

мананцар үүсгэж шүрших байдлаар доор нь нэмэлт хайрцаг байрлуулж виртуал туршилтыг хийсэн. Учир нь манай орны мөнх ногоон шилмүүст модны ой нүцгэрч, хожгор жодгор болж байна [6]. Жодоо, нарс, хуш, хар модыг тайрч байдаг хүнээс гадна модыг асар том талбайд устгаж байдаг хортон шавьж байдаг. Тэднээс хамгийн аюултай нь Сибирийн хүр эрвээхэй юм. Үе үе үй олноор үржээд энд тэндгүй навсайсан том бараан саарал дэнгийн хэмээх эрвээхэйнүүд бүрхдэг (40-80мм). Тэр эрвээхэйнүүд өөрсдөө мацаг бариад уухгүй, идэхгүй, амгүй ч голомтлоод олширвол хэдэн зуун өндөг модны оройгоор тарааж орхидог [6-7]. Хоёр гурван 7 хоногийн дараа авгалдай буюу хүрэнцэрүүд гарч ирнэ. Эхний зун, намарт шилмүүсний үзүүр идэж аваад, хөвдний дор унтаад өвөлжинө. Хавар цас хайлахаар сэрээд дээш мод руу авирч шилмүүс, молцог, заримдаа боргоцойг иднэ. Хоёроос гурван жилд 50-70мм болтлоо хэд хэдэн удаа гуужаад зүсээ солиод, 6-8 үе насладаг [7]. Тэгээд хүүхэлдэй болж өвөлжөөд дахиад эрвээхэй гарч ирнэ, үржилт зогсолтгүй явагддаг. Цаг агаар хэвийн байх үед ноцтой хөнөөл бага, нэг модонд ганц хоёроос илүүгүй боловч уур амьсгалын өөрчлөлт эрчимжсэн гантай хуурай зуны улиралд үй олноор үрждэг. Шилмүүст ойг залуу ургацтай нь хамт устгадаг учраас тэр хавийн ой сэргэхэд хамгийн багадаа 30-40 жил болдог ба тэр хооронд ойн хөрс, ургамал буцашгүй доройтож нүцгэн уул болох магадлал өндөр байдаг [8]. Иймд хавар устгал хийж байхгүй бол ой модыг устгах аюултай юм. Манай орны нөхцөлд эдгээр шавьж хортоныг устгах үйл ажиллагаа явуулж, доороос нь утдаг технологийг ашигладаг ч хорноос зугтсан хортон шавьж модны оройн хэсэгт очиж байрладаг. Иймд бид модны оройн хэсгээс шингэн хорыг мананцар үүсгэж шүрших боломжийг эрэлхийлж дрондоо нэмэлт хорны сав байршуулсан. Энэ нь хэдийн техник технологийн хувьд онгоцыг гүйцэхгүй ч ой хамгаалагчдад бага ч гэсэн техникийн зөв шийдлээр хортон шавьжийг устгахад туслана гэж үзэж байна.

Хүснэгт 2. Техникийн үзүүлэлтүүд

Үйлдлүүд	Үзүүлэлт
Салхинд гэсвэртэй байдал	10м/с
Нислэг үйлдэх хугацаа	30минут
Даац	1000гр
хурд	40км/ц
Автомат нислэгийн горим	GPS
Удирдах хүрээ	TBS CROSSFIRE NANO TX өсгөгчтэй үед (40км)
Дулаан мэдрэгч камерын хүрээ	5км

Хоёрдугаар хүснэгтэд бидний боловсруулж буй дроны техникийн үзүүлэлтүүдийг үзүүлсэн.

ДҮГНЭЛТ

Өндөр хүчдэлийн шугам болон нарны цэнэг хураагч хавтан, өндөр байрны дээвэр зэрэгт гэмтсэн, богино холболт үүссэн, материалын чанар муудсанаас гэмтэх магадлалтай хэсгүүдэд шалгалтыг үйлдэх үйл явцыг хүнийг ойртуулахгүйгээр шалгалт хийх инженер, мэргэжилтнүүдийг гарч болох болзошгүй эрсдлээс холдуулах гол зорилготойгоор энэхүү дроныг хөгжүүлж байна. Одоо туршиж буй дрон нь өндөр хүчдэлийн шугамтай хэт ойртвол соронзон интерференцэд орох эрсдэлтэй. Энэ асуудлыг шийдэхийн тулд удирдах зайг өсгөгч ашиглан илүү холдуулж мөн давхар GPS ашиглан автомат нислэг үйлдэх боломжтой болгож сайжруулсан. Соронзон интерференцийг сарниулагч хийж дроны удирдлага, мэдрэгч хэсгүүдийг хамгаалж, өгөгдлийг ямар ч үед алдаагүй авах, олон улсын энэ төрлийн дронууд байдаг ч өндөр өртгөөр хийгддэг тул хямд өртгөөр хийхийг зорьж байна. Мөн бид энэ дроныг хөдөө аж ахуйд хослуулан ашиглаж болохоор судалгаануудыг хийж байгаа болно.

НОМ ЗҮЙ

- [1] What is thermal imaging, <https://www.pyrosales.com.au/blog/thermal-imaging/what-is-thermal-imaging-and-how-important-is-it-in-temperature-measurement/>
- [2] <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Ffir.custhelp.com%2Fci%2Fattach%2Fget%2F119551%2F0%2Ffilename%2FSolarPanel-PV-Inspection-Radiometry.pdf&psig=AOvVaw0DJy14jafeGRMUjQdEqwBY&ust=1679098916408000&source=images&cd=vfe&ved=0CA4QjhXqFwoTCIjQ5YfZ4f0CFQAAAAAdAAAAABAI>
- [3] Thermal imaging camera and night vision, <https://pulsar-nv.com/useful-information/thermal-vs-night-vision/>
- [4] Utilities inspection, <https://www.dslrpros.com/thermal-drones.html>
- [5] <http://www.zaluu.mn/p/36204.html>
- [6] <https://www.facebook.com/people/%D0%94%D0%B0%D1%88%D0%B1%D0%B0%D1%82%D1%8B%D0%BD-%D0%A5%D0%B0%D1%82%D0%B0%D0%BD%D0%B1%D0%B0%D0%B0%D1%82%D0%B0%D1%80/100063756511652/>
- [7] https://mn.wikipedia.org/wiki/%D0%A8%D0%B0%D0%B2%D0%B6%D0%A8%D0%B0%D0%B2%D0%B6%D0%BD%D0%B8%D0%B9_%D0%B1%D0%B0%D0%B9%D0%B3%D0%B0%D0%BB%D1%8C_%D0%B4%D0%B0%D1%85%D1%8C_%D0%B0%D0%B6_%D0%B0%D1%85%D1%83%D0%B9%D0%BD_%D1%85%D0%BE%D1%80_%D1%85%D3%A9%D0%BD%D3%A9%D3%A9%D0%BB
- [8] <http://eagle.mn/r/45138>

WIRELESS CHARGER IN DESK

Х.Есөн-Эрдэнэ¹, Т.Марал², Б.Эгшиглэн³

Монгол улс, Улаанбаатар, ШУТИС, Мэдээлэл Холбоо Технологийн Сургууль, Холбооны салбар

Хураангуй

Өнөө цагт хүмүүсийн хэрэглээнд гар утас, таблет, чихэвч зэрэг олон электрон төхөөрөмжийг хэрэглэх болсон. Зарим үед номын сан, кофе шоп, их сургууль гэх мэт олон нийтийн газар утас, таблет гэх электрон төхөөрөмжөө ашиглах шаардлага хүмүүсийн хэрэгцээнд ихээхэн гардаг. Энэ үед утасны цэнэг дуусах асуудал гардаг ба цэнэглэх гэтэл утасны цэнэглэгч байхгүй эсвэл байсан ч утас цэнэглэх газар байхгүй бүр цэнэглэх газар байсан ч тэр нь сууж байгаа газраас нь хол байх гэх мэт маш олон асуудал гардаг. Энэ асуудлыг шийдэхийн тулд маш олон залгуур/розетка/байршуулах болсон ч тэдгээр нь хэрэглээний явцад хуучирч цэнэглэгч тогтохооргүй болсон байдаг. Иймээс тухтай орчинд уулзалт, хичээл хийж байгаа хүмүүст зориулан тухайн ширээнд нь утасгүй цэнэглэгчийг байршуулж, хүмүүсийн асуудлыг хөнгөвчлөх нь бидний зорилго юм.

Түлхүүр үг—утасгүй цэнэглэгч, Qi стандарт

I. УДИРТГАЛ

Утасгүй цэнэглэх нь ухаалаг гар утас, ухаалаг цаг, чихэвч зэрэг төхөөрөмжүүдийг цэнэглэх түгээмэл бөгөөд тохиромжтой арга болжээ. Утас болон залгуурт найдахын оронд утасгүй цэнэглэгч ашиглавал энэ нь төхөөрөмж рүү цахилгаан дамжуулахын тулд цэнэглэгч дэвсгэр эсвэл гадаргууг ашигладаг. Утасгүй цэнэглэх хоёр нийтлэг стандарт бол Qi болон Powermat бөгөөд тус бүр нь эрчим хүч дамжуулахад өөр өөр технологи ашигладаг. Qi бол хамгийн өргөн хэрэглэгддэг стандарт бөгөөд Apple, Samsung зэрэг олон томоохон төхөөрөмж үйлдвэрлэгчид ашигладаг. Харин Powermat нь илүү урт зайг цэнэглэж, олон төхөөрөмжийг нэгэн зэрэг цэнэглэх боломжийг олгодог. Утасгүй цэнэглэгч стандарттай байх нь төхөөрөмжийн брэнд эсвэл цэнэглэх дэвсгэрээс үл хамааран өөр өөр үйлдвэрлэгчийн төхөөрөмжүүд хоорондоо нийцтэй байх боломжийг олгодог. Энэ хэсэгт бид утасгүй цэнэглэгчийн технологийн түүх, түүний доторх эд анги ямар нөлөөтэй болох мөн утасгүй цэнэглэлтэнд саад учруулдаг болон учруулдаггүй материалуудын тухай авч үзэх болно.

II. ОНОЛЫН ХЭСЭГ

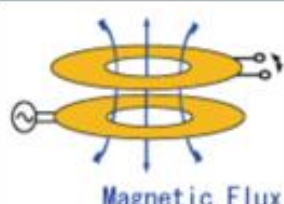
Утасгүй цэнэглэгчийн түүх: 1831 он Майкл Фарадей цахилгаан соронзон индукцийг нээсэн гэж тооцогддог. Тэрээр туршилтаар ороомог утсанд эргэлдэх цахилгаан гүйдэл нь ойролцоох өөр ороомог утсанд гүйдэл үүсгэж болохыг харуулсан. 1888-1906 оны хооронд Никола Тесла цахилгаан эрчим хүчний дамжуулалтыг утасгүйгээр хөгжүүлэх цуврал төслүүдэд ихэнх цаг зав, хөрөнгө мөнгөө зарцуулжээ. Тэрээр дамжуулагч болон хүлээн авагч гэсэн хоёр хэлхээний хооронд соронзон орон үүсгэн агаараар цахилгаан дамжуулах чадварыг харуулсан соронзон резонансын холболтыг үзүүлснээс хойш утасгүй цэнэглэлт бий болсон.

100 орчим жилийн турш энэ технологи нь практикт тийм ч их хэрэглэгддэггүй байсан ба зөвхөн “цахилгаан шүдний сойз”-оор хэрэглээндээ бага зэрэг ашиглаж ирсэн байна.

Утасгүй цэнэглэгч нь эрүүл мэнд, автомашины болон үйлдвэрлэлийн салбарт нэвтэрч байна, учир нь энэ нь хөдөлгөөнт байдлыг нэмэгдүүлэх амлалт өгч, жижиг зүйлсийн интернет (IoT) төхөөрөмжүүдийг цэнэглэгчээс олон фут зайд цэнэглэх боломжийг олгодог.

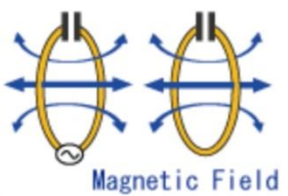
Одоо ашиглагдаж буй хамгийн алдартай утасгүй технологи нь хоёр зэс ороомгийн хоорондох цахилгаан соронзон орон дээр тулгуурладаг бөгөөд энэ нь төхөөрөмж болон цэнэглэх дэвсгэр хоорондын зайг ихээхэн хязгаарладаг. Энэ бол Apple-ийн iPhone 8 болон iPhone X-д суурилуулсан цэнэглэх төрөл юм.

Утасгүй цэнэглэлтийн төрлүүд:

Method	Electromagnetic Induction
Configuration	
Higher Power Consumption	○
Efficiency	○ (~90%)
Transmission Distance	× (~several cm)

Зураг 1. Цахилгаан соронзон индукцтэл

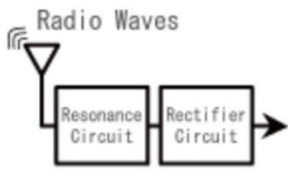
Цахилгаан соронзон индукц: Цахилгаан дамжуулах болон хүлээн авах талуудын хооронд үүсгэсэн соронзон урсгалыг ашиглан эрчим хүчийг дамжуулдаг энгийн, авсаархан, хямд хэлхээний бүтэц бүхий ерөнхий утасгүй цэнэглэх систем. Энэ нь өндөр үр ашигтай боловч сул тал нь богино дамжуулах зай мөн буруу тохируулгад өртөмтгий байдаг.

Method	Magnetic Resonance
Configuration	
Higher Power Consumption	○
Efficiency	△ (~60%)
Transmission Distance	○ (~several m)

Зураг 2. Соронзон резонанс

Соронзон резонанс: Энэ систем нь цахилгаан дамжуулагч болон хүлээн авагч талын резонаторуудыг ашиглан соронзон резонансаар дамждаг.

Энэ аргыг ихэвчлэн урт дамжуулах зай шаардлагатай үед ашигладаг бөгөөд EV цэнэглэгчийн хэрэглээнд сурталчилж байна. Гэсэн хэдий ч үр ашиг нь бага байгаа нь асуудал болж байна.

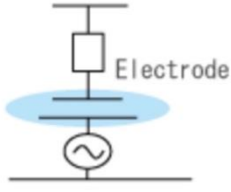
Method	Radio Receptiong
Configuration	
Higher Power Consumption	△
Efficiency	×
Transmission Distance	○ (~several m)

Зураг 3. Радио хүлээн авах

Радио хүлээн авах:

Энэхүү систем нь дамжуулагч талын гүйдлийг цахилгаан соронзон долгион болгон хувиргаж, хүлээн авагч талын антеннаас цахилгаан соронзон

долгионыг хүлээн авч, шулуутгагч хэлхээг ашиглан долгионыг тогтмол гүйдэл болгон хувиргаж, дараа нь цахилгаан соронзон оронгоор дамжуулан чадлыг дамжуулдаг. Хэдийгээр дамжуулах зай нь харьцангуй урт (хэдэн метр хүртэл) боловч үр ашиг муутай байдаг.

Method	Electric Field Coupling
Configuration	
Higher Power Consumption	◎
Efficiency	○ (~90%)
Transmission Distance	×

Зураг 4. Талбайн цахилгаан холболт

Талбайн цахилгаан холболт: Өндөр давтамжтай (гармоник гүйдэл) электродуудын хооронд гүйдэл гүйх үзэгдлийг ашиглан цахилгаан дамжуулах болон хүлээн авах тал дээр электродуудыг бие бие рүүгээ чиглүүлэн конденсатор үүсгэх замаар дамжуулдаг арга.

Дамжуулах зай нь богино, цахилгаан соронзон индукцийн аргатай төстэй боловч буруу тохируулгад өртөмтгий биш бөгөөд цахилгаан хангамжийн блокт бага дулаан үүсдэг.

Нэг сул тал нь өндөр хүчдэлийн трансформаторын зузаан нэмэгдсэн явдал юм.

Qi стандарт: Qi стандартыг ашиглан ажилладаг төхөөрөмжүүд нь хавтгай ороомгийн хоорондох цахилгаан соронзон индукцлэл дээр тулгуурладаг.

Qi систем нь эрчим хүчний эх үүсвэрт холбогдож индуктив тэжээлээр хангадаг суурь станц, индуктив эрчим хүч хэрэглэдэг хөдөлгөөнт төхөөрөмж гэсэн хоёр төрлийн төхөөрөмжөөс бүрдэнэ. Qi стандартын хамгийн сүүлийн хувилбар нь 15 Вт хүртэл чадлын дамжуулалтыг дэмждэг.

Qi нь гадны биет илрүүлэх зэрэг аюулгүй байдлын функцуудыг агуулдаг бөгөөд энэ нь цэнэглэх дэвсгэр дээр гадны биет илэрсэн тохиолдолд цэнэглэлтийг шалган, унтраах замаар хэт халалт болон бусад аюулгүй байдлын аюулаас урьдчилан сэргийлэхэд тусалдаг.

Qi стандарт Ерөнхийдөө цахилгаан төхөөрөмжийг кабель болон бусад холболтгүйгээр цэнэглэх тохиромжтой, үр дүнтэй арга бөгөөд ухаалаг утас, ухаалаг цаг болон бусад төхөөрөмжүүдийг утасгүй цэнэглэх түгээмэл сонголт болдог.

Цахилгаан соронзон ороомог: Цахилгаан соронзон ороомог нь ороомог (спираль эсвэл мушгиа) хэлбэртэй утас бүхий цахилгаан дамжуулагч юм. Цахилгаан соронзон ороомог нь цахилгаан инженерчлэлд, цахилгаан гүйдэл соронзон оронтой харилцан үйлчилдэг. Хэрэглээнд, цахилгаан мотор, генератор, ороомог, цахилгаан соронзон, трансформатор, мэдрэгчийн ороомог зэрэг төхөөрөмжүүдэд ашиглагддаг.

Цахилгаан соронзон ороомгийн төрлүүд:

- DC: Тогтмол гүйдэл эсвэл тогтмол гүйдлийн ороомог эсвэл цахилгаан соронзон нь ороомогдоо тогтмол гүйдэлтэй ажилладаг
- AF: Аудио давтамж эсвэл AF ороомог, индуктор эсвэл трансформатор нь аудио давтамжийн мужид 20 кГц-ээс бага хувьсах гүйдэлтэй ажилладаг.
- RF: Радио давтамж эсвэл RF ороомог, индуктор эсвэл трансформатор нь 20 КГц-ээс дээш радио давтамжийн мужид хувьсах гүйдэлтэй ажилладаг.

Ашигт үйлийн коэффициент: Утасгүй индуктив цэнэглэгч нь Q_i болон PMA стандартад ашиглагддаг бөгөөд одоогоор 60-70% (төхөөрөмжийн үйлдвэрлэгчээс хамаарч) үр ашигтай байдаг. Энэ нь цэнэглэгчээс төхөөрөмж рүү индуктив ороомог шилжихэд цэнэглэгчийн өгсөн энергийн 30-40% алдагддаг гэсэн үг юм.

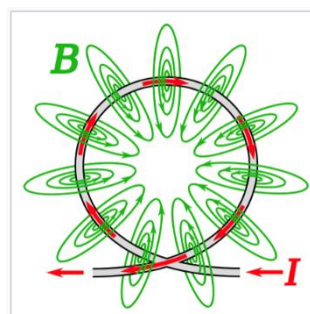
Утасгүй цэнэглэгчийн давтамж: Утасгүй цэнэглэх хамгийн түгээмэл хоёр стандарт бол Q_i ба PMA (Powermat) бөгөөд хоёулаа өөр өөр давтамж ашигладаг. Q_i утасгүй цэнэглэх стандарт нь ихэвчлэн 110-205 КГц давтамжийг ашигладаг бол PMA стандарт нь 277-357 КГц давтамжийг ашигладаг. Эдгээр давтамжууд нь радио давтамж (RF) гэж нэрлэгддэг цахилгаан соронзон спектрийн хүрээнд байдаг.

Утасгүй цэнэглэгчийн ашигладаг давтамж нь цэнэгийн үр ашиг, аюулгүй байдалд нөлөөлдөг тул чухал юм. Илүү өндөр давтамж нь илүү хурдан цэнэглэх боломжийг олгодог боловч илүү их дулааныг үүсгэн аюулгүй байдлын асуудал бий болгож болзошгүй. Бага давтамж нь аюулгүй байж болох ч цэнэглэх хугацааг удаашруулж болзошгүй юм.

Соронзон индукцлэл: Зэс утсыг зураг дээрх шиг тойрог хэлбэртэй болговол индукцлэл нь зэс утсыг тойрон голдоо хамгийн их соронзон орон бий болгоно.

Хэрэв илүү олон эргүүлэн тойрог үүсгэвэл уг соронзон талбарын чадал тэр хэмжээгээр ихэснэ

Зэс утсандаа гүйдэл залгаснаар соронзон орон цацаргах ба голд нь ахин нэг ороодос нэмбэл гадагш гүйдэл дамжуулна.



Зураг 5. Соронзон индукцлэл

Үүнийг Фарадейн хууль гэнэ. Өөрөөр хэлбэл соронзон урсгалын өөрчлөгдөх хурднаас битүү хэлхээнд үүсэх цахилгаан хөдөлгөгч хүч хамаарахыг хэлнэ.

III. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

УТАСГҮЙ ЦЭНЭГЛЭГЧ ХЭРХЭН АЖИЛЛАХ ВЭ?

Хүлээн авагч талын ороомог болон дамжуулагч талын ороомгууд нь хоорондоо адил хэмжээтэй бөгөөд давхцсан байх ёстой. Ингэснээр соронзон урсгалын чиглэл өөрчлөгдөхгүйгээр цэнэгээ бүрэн дамжуулах нөхцөл бүрдэнэ.

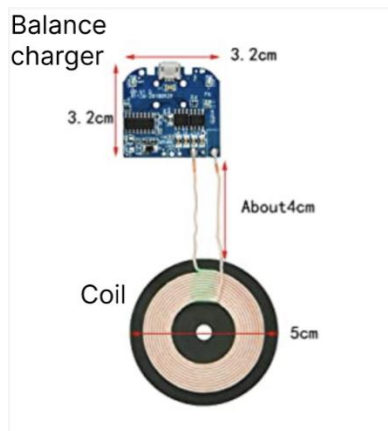
Утасгүй цэнэглэгчийн хамгийн энгийн бөгөөд Q_i стандартыг хангасан хэлхээ: Q_i утасгүй цэнэглэхэд хоёр төрлийн ороомог ашигладаг: дамжуулагчийн ороомог ба хүлээн авагчийн ороомог. Дамжуулагчийн ороомог нь цэнэглэх хэсэгт байрладаг бол хүлээн авагчийн ороомог нь цэнэглэгдэж буй төхөөрөмжид байрладаг.

Q_i утасгүй цэнэглэх стандартын дамжуулагчийн ороомог нь хамгийн багадаа 20 мм диаметртэй, 1.1 мм-ээс багагүй зузаантай байх ёстой. Харин хүлээн авагчийн ороомог нь 3.5 мм-ээс багагүй диаметртэй, 0.4 мм-ээс багагүй зузаантай байх ёстой. Мөн дамжуулагчийн ороомог ба хүлээн авагчийн ороомгийн хоорондох зай 5 мм-ээс ихгүй байх ёстой ба энэ нь ороомогуудын хооронд эрчим хүчний үр ашигтай дамжуулалтыг баталгаажуулж, хол зайд эрчим хүч алдагдахаас сэргийлдэг.

Q_i стандарт хангасан утасгүй цэнэглэгчийн "Transmitter" хэлхээ:

IV. ҮР ДҮН

Сонгосон дамжуулагч:



Зураг 8. Сонгосон дамжуулагч

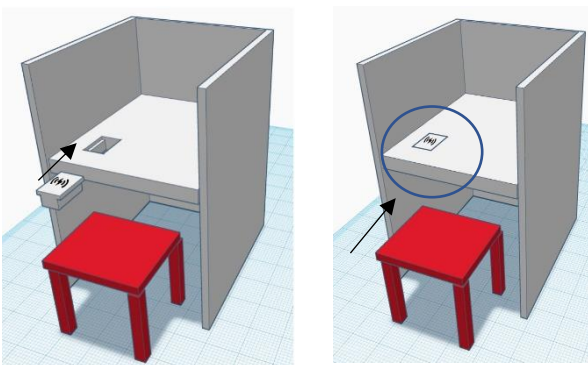
- Оролтын хүчдэл: 5В
- Гүйдэл: 2А
- Гаралтын хүчдэл: 5В
- Үр ашиг: 75%

Энэхүү “Transmitter” хямд үнэтэй, тог зарцуулалт бага, үр ашиг сайн учир сонгож авсан.

Сонгосон материал:

Утасгүй цэнэглэгчийн гэрийн материал – Поликарбонат нь өргөн хэрэглэгддэг ба цэнэглэх явцад саад учруулдаггүй.

Утасны гэрийн материал - Поликарбонат нь бат бэх, гадны нөлөөлөлд тэсвэртэй. Цэнэглэх явцад саад учруулахгүй гэр сонгох хэрэгтэй.



Зураг 9. Утасгүй цэнэглэгчийг ширээнд хэрхэн суурилуулах дүрслэл

ДҮГНЭЛТ

Олон нийтийн газар утасгүй цэнэглэгчийг байршуулснаар хүмүүсийн тав тух, хэрэгцээ шаардлагыг хангах бололцоог нэмэгдүүлэхэд оршино.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.youtube.com/watch?v=eNZ8KPHYDvg>
- [2] <https://www.rohm.com/electronics-basics/wireless-charging/wireless-charging-methods>
- [3] [https://en.wikipedia.org/wiki/Qi_\(standard\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Qi_(standard))
- [4] <https://chat.openai.com>
- [5] https://en.wikipedia.org/wiki/Electromagnetic_coil
- [6] https://electronoobs.com/eng_circuitos_tut58.php
- [7] <https://www.stora.mn/shop/AMB073W7P5T8>
- [8] <https://www.tinkercad.com>