



МОНГОЛ УЛСЫН ШИНЖЛЭХ УХААН
ТЕХНОЛОГИЙН ИХ СУРГУУЛЬ

МЭДЭЭЛЭЛ, ХОЛБООНЫ ТЕХНОЛОГИЙН СУРГУУЛЬ

3G & 4G & 5G NETWORK ONLINE TRAINING

5G технологийн сургалт, судалгааны
чиглэл, өнөөгийн байдал, хэтийн төлөв

Док (Ph.D), проф Б.Отгонбаяр
Магистр (M.Sc) Ч.Оюу

2022.03.22

Агуулга



- 5G технологийн сертификатын сургалт (5G Technology Training Courses)
- 3G ба 4G технологийн сертификатын сургалт (3G ба 4G Technology Training Courses)
- 5G чиглэлээр хийгдэж байгаа судалгааны чиглэлүүд
- 5G чиглэлээр хийгдсэн судалгааны ажлууд
- 5G чиглэлээр хийх цаашдын судалгааны чиглэл
- Туршилт, судалгааны материаллаг бааз

I. 5G Technology Training Courses

Сэдэв

1. 5G Engineering	2. 5G Cell Planning (On-Demand)	3. 5G Service Based Architecture and Core Network (On-Demand)
4. 5G Engineering Overview (On-Demand)	5. 5G Air Interface (On-Demand)	6. 5G Technologies, Services and Markets (On-Demand)
7. Multi-Access Edge Computing (MEC)	8. 5G Radio Access Network (On-Demand)	9. 5G Architecture and Protocols Overview (On-Demand)
10. 5G Architecture and Protocols (On-Demand)	11. 5G Network Slicing	12. 5G Infrastructure and Operation



1. 5G engineering

- 5G introduction, key features and standardization
- Use cases and performance objectives
- Principles of the air interface: radio spectrum, OFDMA and multiple antennas
- Air interface protocol stack
- Architecture of the air interface physical layer
- Procedures for data transmission and reception on the 5G air interface
- Radio access network architecture and protocols
- Non-standalone and standalone deployment options
- Core network architecture and protocols
- Network function virtualization and network slicing
- Interworking and compatibility between 5G, LTE and Wi-Fi
- PDU connectivity, Quality of Service and service provision
- Signaling procedures in the 5G network





2. 5G Cell Planning (On-Demand)

- Fundamentals of the 5G Air Interface
- Link Budget Estimation
- Coverage Estimation
- Capacity Estimation
- RSRP, RSRQ and SINR
- Parameter Setting

3. 5G Service Based Architecture and Core Network (On-Demand)

- 5G Introduction and Deployment Options
- The 5G Core Network Functions
- 5G Core Supporting Protocols and Technologies
- The Service Based Interface (SBI) and Service APIs Explained
- Procedures
Deployment options
- SBI Security

4. 5G Engineering Overview (On Demand)

- 5G introduction and key features
- Standardization and timelines for 3GPP and the ITU
- Use cases and performance objectives
- Radio spectrum and millimeter wave communications
- Principles of radio transmission and reception in 5G
- Radio access network architecture
- Non standalone and standalone deployment options
- Core network architecture
- Network function virtualization and network slicing
- Interworking and compatibility between 5G, LTE and Wi-Fi

5. 5G Air Interface (On-Demand)

- 5G introduction, use cases and standardization
- Radio spectrum and millimeter wave communications
- Principles and implementation of multiple antennas in 5G
- Architecture of the air interface physical layer
- Details and implementation of the 5G physical, transport and logical channels
- Air interface procedures for synchronization, scheduling, data transmission, feedback and random access
- Dual connectivity architecture and protocol stacks

6. 5G Technologies, Services and Markets (On-Demand)



- Introduction to 5G
- Market drivers for 5G
- Use cases for 5G
- Performance objectives and spectrum requirements
- Concepts and key features of 5G
- Architecture of the core and radio access networks of 5G
- Voice services in 5G
- Key industry and market players
- Standardization and timelines for 3GPP and the ITU
- 5G, LTE and Wi-Fi – a holistic approach



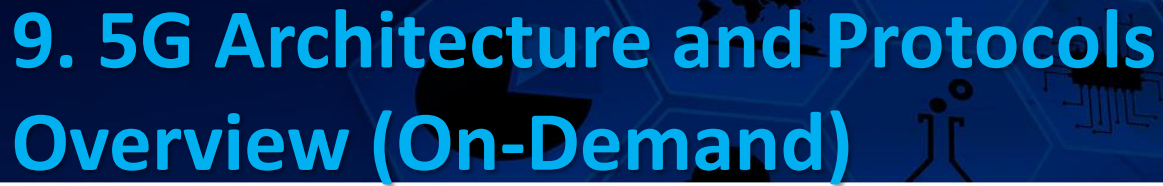
7. Multi-Access Edge Computing (MEC)

- Introduction
- Enabling Technologies (Cloud and NFV)
- Enabling Technologies (4G/5G)
- MEC Architecture
- Use Cases
- MEC standards and APIs
- Annex A Detailed Use Case Study

8. 5G Radio Access Network (On-Demand)

- Introduction to 5G
- 5G RAN
- NG Interface Messages and Procedures
- Xn Interface Messages and Procedures
- E1 Interface Messages and Procedures
- F1 Interface Messages and Procedures
- Multi-RAT Dual Connectivity

9. 5G Architecture and Protocols Overview (On-Demand)



- 5G introduction, use cases and standardization
- Radio access network architecture and deployment options
- Network architectures for dual connectivity
- Architecture of the 5G core network
- Network Function virtualization, slicing and orchestration
- Interworking and compatibility between 5G, LTE and Wi-Fi
- PDU connectivity, Quality of Service and service provision
- Control plane and user plane protocols in the 5G network
- Implementation of network function services using HTTP/2
- Signaling procedures for registration, security and session management
- Network operation in Idle, Inactive and Connected modes

10. 5G Architecture and Protocols (On-Demand)



- 5G introduction, key features and standardization
- Use cases and performance objectives
- Radio access network architecture and protocols
- Non standalone and standalone deployment options
- Core network architecture and protocols
- Network function virtualization and network slicing
- Interworking and compatibility between 5G, LTE and Wi-Fi
- PDU connectivity, Quality of Service and service provision
- Signaling procedures in the 5G network



11. 5G Network Slicing

- Introduction to 5G, Use Cases and Connectivity
- 5G Slicing
- Slice Development and Deployment

12. 5G Infrastructure and Operation

- Introduction to 5G
- Principles of the 5G New Radio
- 5G Air Interface
- Radio Access Network Architecture
- Core Network Architecture
- Data Transport
- 5G Protocols
- 5G Procedures
- Releases 16 and 17

II. 3G and 4G training courses

1. Хөдөлгөөнт холбооны 3G, 4G суурь технологи

- System, application, technology, channel
- Spread Spectrum Technology CDMA and WCDMA
- MIMO Space Time Coded Wireless Systems
- OFDM



2. 3G Хөдөлгөөнт холбоо

- Introduction to 3G technology
- Radio access and core network overview.
- WCDMA basics
- UMTS codes and spreading, channels and mapping of channels, protocols and security, packet scheduling, architecture, etc.
- IP multimedia subsystem
- Call setup and tear down procedures.
- 3G radio link concepts
- Concepts of HSDPA and HSUPA

3. 4G LTE

- LTE Overview
- LTE Basic Parameters
- LTE Roaming Architecture
- LTE Numbering and Addressing
- LTE Radio Protocol Architecture
- LTE Protocol Stack Layers
- LTE Layers Data Flow
- LTE Communication Channels
- LTE OFDM Technology

III. 5G - докторын судалгааны чиглэлүүд

- **“Resource Allocation Optimization for D2D Communications on 5G Cellular Networks”** – БНХАУ-ын Нанжины их сургуулийн Хохай сургуулийн докторант Ө.Буянхишиг
- **“Spectrum sharing between 5G and Wi-Fi using Deep Reinforcement Learning (DRL)”** – Японы Токушима их сургуулийн докторант Р.Баярмаа
- **“Dynamic Spectrum sharing between 4G and 5G networks”** - ШУТИС-ийн МХТС-ийн докторант Ч.Оюу
- **“Study on the broadband design of circularly polarized microstrip patch antenna with diamond-shaped artificial ground structure”** - P.Uuganbayar, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Graduate School of Science and Tehnology Kumamoto University, Japan
- **“Aperture-shared Multi-port Pyramidal Horn Antenna with Rectangular Dielectric Resonator for 5G Applications”** – B.Purevtseren, Department of Computer Science and Electrical Engineering, Graduate School of Science and Tehnology Kumamoto University, Japan
- **“eMBB deployment in 5G”** - ШУТИС-ийн МХТС-ийн докторант Э.Эрдэнэтуяа

IV. 5G чиглэлээр хийгдсэн судалгааны ажлууд

- **5G Массив MIMO системийн цацраг хэлбэржүүлэгчийн судалгаа.** Б.Мичидмаа, Б.Отгонбаяр
- **5G сүлжээгээр OTT үйлчилгээ нэвтрүүлэх боломжийн судалгаа.** Т.Бямбасэрж, Г.Хишигжаргал
- **5G ба WIFI хамтын сүлжээний спектрийн үр ашгийг дээшлүүлэх судалгаа.** Г.Энхсүрэн, Л.Эрдэнэбаяр
- **Үүрэн холбооны 5G сүлжээний радио долгионы хуваарилалтын судалгаа.** Б.Нямбаяр, Б.Отгонбаяр
- **5G сүлжээнд суурилсан IoT-г Мандальговь хотод хөгжүүлэх боломжийн судалгаа.** А.Ичинноров, Л.Эрдэнэбаяр
- **Монгол улсад 5G сүлжээний суурь сүлжээ байгуулах боломжийн судалгаа.** Ч.Сайханбилэг, П.Нямсүрэн
- **5G үндсэн сүлжээг нэвтрүүлэх хувилбаруудын харьцуулалт.** М.Баасанжаргал, Б.Отгонбаяр
- **5G технологийн судалгаа.** Т.Өсөхболд, Г.Хишигжаргал
- **5G сүлжээний нөөц хуваарилалтын судалгаа, зарим үр дүн.** Э.Отгонзаяа, Б.Отгонбаяр

V. 5G - цаашдын судалгааны чиглэл

- DSS in 5G Heterogeneous networks
- Heterogeneous Spectrum usage based on Geo-location
- Multi-user MIMO Communication
- Backhaul challenges in 5G Networks
- User Mobility for 5G Small-cell Network
- 5G Ultra dense Networks
- mmWave for 5G Mobile Communication system
- Energy efficiency gain in 5G Wireless system
- Radio Resource management and light MAC[Medium access control]
- Spectrum efficiency for 5G Networks
- Air Interface and multi-cell joint processing
- Wireless Cloud based applications
- 5G Coverage and spectrum implications
- 5G and Internet of things
- Antennas and propagation
- Resource allocation D2D, V2I and V2E connectivity

“ШУТИС-ийн МХТС-ийн чадавхыг бэхжүүлэх” төслөөр байгуулагдаж байгаа судалгааны лабораториуд



Өндөр гүйцэтгэлтэй тооцооллын лаборатор
(High Performance Computing Environment)



Малтимедиа студи, компьютер хараа
(Multimedia Studio & Computer Vision Lab)



Виртуаль тооцоолол
(Virtual Calculation Lab)



Мэдээллийн аюулгүй байдал
Cyber Security Lab



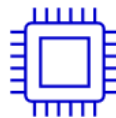
Дээд түвшний сүлжээний технологи
Advanced Computer Networking Research Lab



Дээд түвшний утасгүй холбооны технологи
Advanced Communication Technologies Lab



Радио давтамж ба антен
RF and Antenna Lab



Чип дизайн
Chip Design Lab



Эмбеддэд систем ба роботикс
Embedded & Robotics System Lab



Мобайль тооцоолол
Mobile Computing Lab

ҮНДСЭН ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

Антенн, бичил долгионы төхөөрөмжүүдийн загварчлал, угсралт, хэмжилт; утасгүй холбооны системүүдийн архитектур, тооцоолол; долгион тархалт, цахилгаан соронзон зохицлын холбогдох асуудлуудыг судална

СУДАЛГААНЫ ХАМРАХ ХҮРЭЭ

- Ногоон мэдээлэл, холбооны технологиуд, асуудлууд
- Цахилгаан соронзон нөлөөлөл ба зохицлын судалгаа
- Цахилгаан соронзон материалын загварчлал, хэрэглээ
- Радио давтамжийн хэлхээ ба элементүүдийн загварчлал
- Тусгай зориулалтын антенн фидерийн системийн хөгжүүлэлт
- Бичил долгион болон мм-н долгионы хэрэгслийн судалгаа, загварчлал
- Дараа үеийн холбоонд зориулсан спектрийн өндөр үр ашигтай антенны судалгаа, загварчлал
- MIMO технологи ба ухаалаг торон антенны системийн судалгаа, загварчлал
- Антенн, RF төхөөрөмжийн хийц, угсралт, хэмжилт

ЛАБОРАТОРИЙН ГИШҮҮД



док (Ph.D), дэд проф
Ж.Жавзансүрэн
j_javzansuren@must.edu.mn



док (Ph.D), дэд проф
Н.Чулуунбанди
chuka@must.edu.mn



док (Ph.D), проф
Н.Эрдэнэхүү
erdenekhuu@must.edu.mn



док (Ph.D)
Б.Ариунзаяа
b.ariunzaya@must.edu.mn



Докторант
Ч.Оюу
oyu_ch@must.edu.mn



Докторант
П.Ууганбаяр
p.uuganbayar@must.edu.mn



Докторант
Б.Пүрэвцэрэн
purevtseren_b@must.edu.mn

ХАМТЫН АЖИЛЛАГААТАЙ ИХ СУРГУУЛЬ, БАЙГУУЛЛАГУУД

БНСУ-ын "ACE Technologies" компани - Э.Баянмөнх (Ph.D), "Base Station Antenna (4G and 5G)" салбарын ахлах инженер
Кумомото Их Сургууль, RF ба антены лаборатори, Профессор Такеши Фукусако

ЛАБОРАТОРИЙН ҮНДСЭН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮД

- Vector network analyzer
- Spectrum analyzer
- RF signal generator
- Selective radiation meter
- RF calibration & test kits
- Anechoic chamber
 - SNF-RAZ-0.7 (0.5-20GHz)
 - Ойрын зайн хэмжилт (Near-field measurement)
 - Холын зайн цацаргалтын параметрийн тооцоолол (Far-field calculation)
- Simulation programs
 - CST Studio Suite
 - PathWave Advanced Design System (ADS)

Лабораторийн хэмжилтүүд

- Оролтын эсэргүүцэл
- Ажлын давтамжийн цар
- Тархалтын коэффициент
- Антенны чиглэлийн характеристик
- Өсгөлтийн болон үйлчлэх чиглэлийн коэффициент
- Зогсоо долгионы коэффициент, гүйгч долгионы коэффициент
- Туйлшрал, AR
- Антенны ашигт үйлийн коэф, алдагдлууд

ANECHOIC CHAMBER SNF-RAZ-0.7



Broadband Probe Antenna
NSI-RF-RGP-40 (4.0-40 GHz), NSI-RF-RGP-10 (0.7-10 GHz), NSI-RF-RGP-370 (0.37-6 GHz)



Antenna positioning and control system (0.5-20GHz, Antenna Size : Dia. 0.7m, Up to 18Kg,



PNA network analyzer (Keysight N5222B 10 MHz to 26.5 GHz)



Standard Gain Horn Assembly (ANT-SGA-0.75-26.5-ABS)

- SNF-RAZ-07 нь багаас дунд өсгөлттэй антенны үүсгэх ойрын оронгийн хэмжилтийг 3 хэмжээст бөмбөрцөг хэлбэрээр дүрслэх чадамж бүхий систем.
- Антенн ба оронгийн бүхий л шинжилгээ тухайлбал цацаргалтын диаграм оронгийн агуургийн болон фазын тархалтын диаграм зэргийн хэмжилтийг хийж түүнийг өндөр чадамжтайгаар дүрслэн харуулна.
- Системийн програм хангамж нь өгөгдлийн шинжилгээний иж бүрэн багцыг агуулдаг бөгөөд нэг өгөгдлийн багц нь антенны өсгөлт, хажуугийн дэлбээний бүтэц, цацаргалтын чиглэл, хөндлөн туйлшралын талаарх мэдээллийг агуулдаг.

ХОЛБОО БАРИХ ХАЯГ

АХИСАН ТҮВШИННИЙ ХОЛБООНЫ ЛАБОРАТОРИ

ҮНДСЭН ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

5G, Зүйлсийн интернет (IoT), Нэгдсэн сүлжээний дизайн, Утасгүй мэдрэгч сүлжээ, Сансрын холбооны болон Өндөр хурдны өргөн зурвасын үндсэн сүлжээний судалгаа

СУДАЛГААНЫ ХАМРАХ ХҮРЭЭ

-5G
-OAM технологийн судалгаа
-Зүйлсийн интернет (IoT)

-Оптик модуляцийн судалгаа
-FSO
-Утасгүй мэдрэгч сүлжээ

-Сансрын холбоо
-PON

СУДАЛГААНЫ ЛАБОРАТОРИЙН ГИШҮҮД



З.Буянхишиг

Өргөн зурвасын
дамжуулах технологи
zbuya@must.edu.mn



Б.Отгонбаяр

5G, Wimax технологи, сүлжээ,
Сансрын холбоо
otgonbayar_b@must.edu.mn



Г. Хишигжаргал

Зүйлсийн интернет (IoT)
khishigjaral@must.edu.mn



Ш.Ганболд

Оптик холбоо, PON
sh_ganbold@must.edu.mn



А.Мөнхбаяр

OAM, FSO
a_munkhbayar@must.edu.mn



С.Батдалай

Оптик модуляц
batdalai@must.edu.mn

ХАМТЫН АЖИЛЛАГААТАЙ ИХ СУРГУУЛЬ, БАЙГУУЛЛАГУУД

Prof. Kishikawa Hiroki Dept. of Optical system, Tokushima University, Japan

Prof. Kinoshita Kazuhiko Dept. of System engineering, Tokushima University, Japan

Prof. Young Il Kim Dept. of IoT, ETRI, Korea

Prof. Norihide Kitaoka Dept. of Information Tech, Tokushima University, Japan

АХИСАН ТҮВШИННИЙ ХОЛБООНЫ ЛАБОРАТОРИ

ЛАБОРАТОРИЙН ҮНДСЭН ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖҮҮД



Fourier Transform Optical Spectrum Analyzer



AWG70000B Arbitrary Waveform Generator



IoT System Design and Validation Fundamentals, with Training Kit



InfiniiVision 1000 X-Series Oscilloscope OX1204G



N9000B CXA Signal Analyzer

СУДАЛГААНЫ ҮР ДҮН

- B. Sukh, H. [Kishikawa](#), N. [Goto](#) and G. [Shagdar](#), "All-Optical Modulation Format Conversion From QPSK to Symbol Rate Doubled BPSK Using FWM and Pulse Width Compression," in *Journal of Lightwave Technology*, vol. 35, no. 19, pp. 4219-4226, 1 Oct.1, 2017, doi: 10.1109/JLT.2017.2736001.
- M. [Adiya](#), H. [Kishikawa](#) and N. [Goto](#), "Efficient decoding method for M-ary OAM shift keying in FSO link," *2019 24th Microoptics Conference (MOC)*, 2019, pp. 186-187, doi: 10.23919/MOC46630.2019.8982837.
- O. [Bataa](#), O. [Chuluun](#), T. [Orosoo](#), E. [Lamjav](#), Y. Kim and K. [Gonchigsunlaa](#), "A functional design of BM-SC to support mobile IPTV in LTE network," *2012 7th International Forum on Strategic Technology (IFOST)*, 2012, pp. 1-5, doi: 10.1109/IFOST.2012.6357671.
- [Munkhbayar Adiya](#), Hiroki [Kishikawa](#), Nobuo [Goto](#), [Ganbold Shagdar](#), "8-ary orbital angular momentum shift keying for free-space optical communication system," *Opt. Eng.* 59(2) 026102 (8 February 2020)

ХОЛБОО БАРИХ ХАЯГ

БЗД, 22-р хороо, МХТС, 306 тоот. www.sict.edu.mn



batdalai@must.edu.mn



99007855

“Intelligent ICT Convergence Research and Development (R&D) Laboratory”

Лабораторийн танилцуулга



• IoT судалгааны лаборатори нь ИТДБ-ийн 1000 инженерийн төслийн хүрээнд байгуулагдсан, ахисан түвшний (магистр, доктор) сургалт судалгаа явуулах, мөн судлаач, багш, профессоруудад зориулсан орчин үеийн програм хангамж, төхөөрөмжүүдээр хангагдсан. Лабораторийн орчинд дараах чиглэлийн судалгаа, хөгжүүлэлт хийх боломжтой:

- [Qualnet програм ашиглан IoT сүлжээний архитектур загварчлах, оновчлох](#)
- IoT суурьтай ухаалаг системийн хэмжилт туршилт, хөгжүүлэлт
- Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны холбооны сүлжээний загварчлал, симуляц
- Харилцаа холбооны сүлжээнд Машин сургалт, гүн сургалтын алгоритм, туршилт, судалгаа
- Optisystem ашиглан Оптик сүлжээний архитектур загварчлах, оновчлох

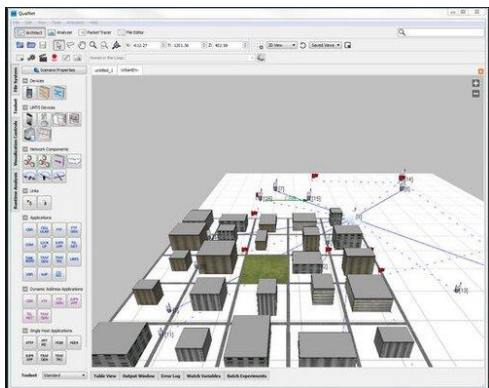


“Intelligent ICT Convergence Research and Development (R&D) Laboratory”

Qualnet симуляцийн програм

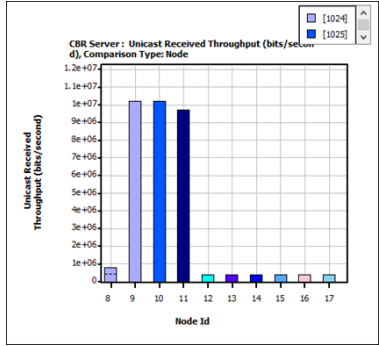
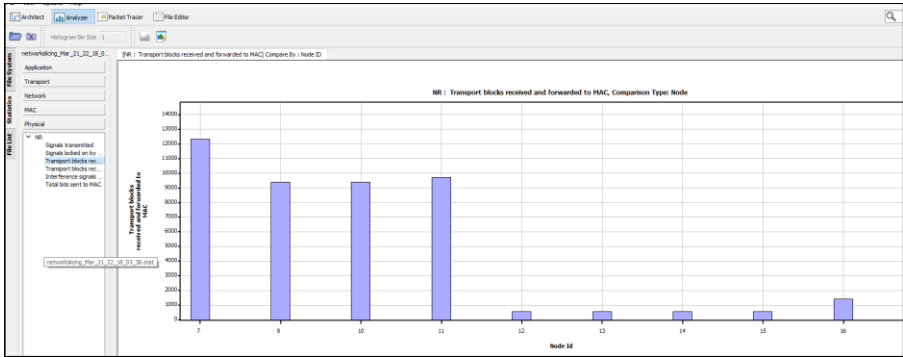


QualNet® 9

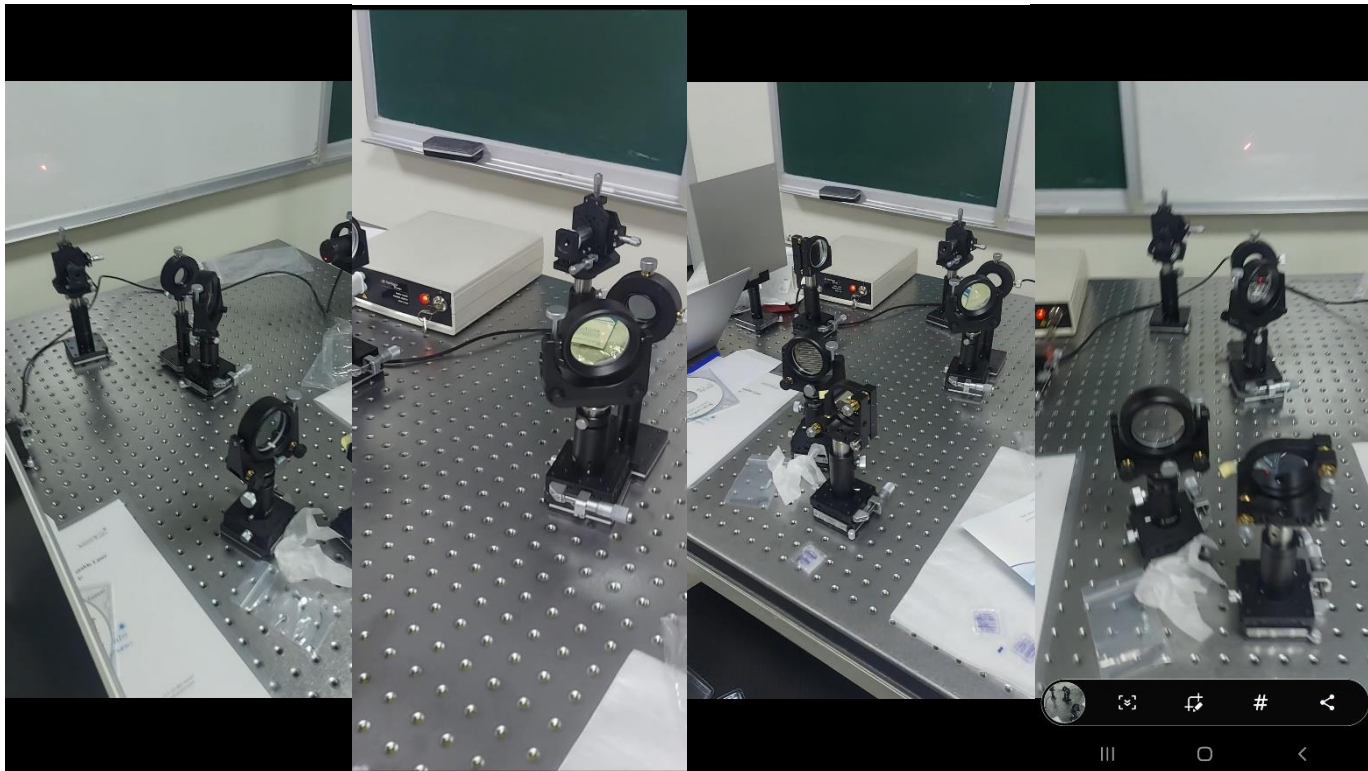


- **Qualnet програмын сангууд:**
 - Advanced Wireless Library
 - Cellular Library
 - UMTS Library
 - LTE Library
 - 5G Library
 - Federation Interfaces Library
 - Cyber Library for Exata
 - TIREM Propagation Library
 - Military Radios Library
 - Urban Propagation Library
 - Sensor Networks Library
 - Underwater Communications Networks Library
 - Military Radios Library

- **SCALABLE 5G Library нь 3GPP Release 15 дээр суурилсан. 5G загваруудын судалгааны орчны боломжүүд:**
 - Two deployment options: Option 3 (Non-standalone mode) and Option 2 (Standalone mode)
 - Two execution modes: High fidelity and high performance
 - 5G Core entities like Mobility Management Function (AMF), Session Management function (SMF) r.m
 - 5G RAN entities like 5G NodeB r.m
 - OFDMA/SC-FDMA PHY
 - FDD and TDD modes
 - FR1 and FR2 frequency band
 - Hybrid Automatic Repeat Request (HARQ)
 - Carrier Aggregation of up to 16 carriers in DL and UL
 - Multiple Input Multiple Output (MIMO)
 - Millimeter Wave (MMW) propagation
 - Handover



Flexible optic network





АНХААРАЛ ТАВЬСАНД БАЯРЛАЛАА

