

“IoT-д ЗОРИУЛСАН LTE ЗАГВАРЫН ХӨГЖҮҮЛЭЛТ”

Г.Хишигжаргал
Дэд профессор /доктор, Холбооны салбар
ШУТИС-МХТС
Улаанбаатар, Монгол
khishigjargal@must.edu.mn

Ө.Буянхишиг, Л.Эрдэнэбаяр
Багш /магистр, Холбооны салбар
ШУТИС-МХТС
Улаанбаатар, Монгол
buyankhishig@sict.edu.mn, erdenebayar.l@must.edu.mn

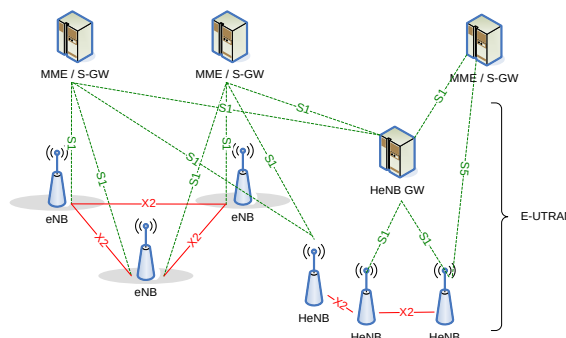
Abstract—Монгол улсад 2016 оны 4 сараас Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны систем LTE/LTE-A-ийг нэвтрүүлж байна. LTE технологи нь хэрэглэгчдэд бодит, өндөр хурдтай хөдөлгөөнт өргөн зурвасын интернетээр хангах боломжийг бүрдүүлнэ. LTE үйлчилгээ нь одоогийн 3G үйлчилгээнээс хамгийн багадаа 5-7 дахин илүү хурдтай юм. Утасгүй сүлжээний IoT технологи нь интернет сүлжээгээр дамжуулан интернетэд холбогдсон олон тооны машин, төхөөрөмж болон хэрэгслүүдийн харилцан ажиллах боломжийг олгож байгаа шинэ стандарт юм. 3G сүлжээ дээр суурилан судлагдсан M2M технологийн үйлчилгээг сайжруулан хөгжүүлэх зорилгоор IoT технологийн шинэ загварыг LTE технологийн үндсэн чадамжтай хослуулан харилцан ажиллах боломжийг боловсруулан гаргах хэрэгцээ шаардлага байна. Иймээс IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн загварын бүтцийн схем, сүлжээний төхөөрөмж хоорондын холболтын процедур, протоколын бүтцийг энэ судалгааны өгүүлэлгээр гаргасан болно.

Keywords— *LTE технологи, IoT технологи, M2M, холболтын процедур, протокол бүтэц*

I. ОРШИЛ

Дэлхий нийтийн хэмжээнд 2020 он гэхэд 50 тэрбум юмс(things) холбогдсон байна гэж үзэж байгаа. Дэлхийн хүн ам өсөлт ба нөөцийн үнэ цэнэ өссөнтэй холбогдуулан бага нөөцөөр их хэмжээний өгөгдлийг өндөр хурдтайгаар дамжуулах нь бизнесийн үйл ажиллагааг хөгжүүлэх, өргөжүүлэхэд маш том түлхэц болох юм. Зүйлсийн интернет (IoT) нь барилга байгууламж, зам, гэрийн ахуйн хэрэгслүүд, хүний бие гээд маш олон зүйлийг мэдрэгч болон микросхем ашиглан интернет сүлжээнд нэгтгэн холбох боломжтой дэвшилтэт технологи юм. 2014 онд нийт 25 сая үүрэн холбооны бүтээгдэхүүн үйлдвэрлэгдэн зарагдсан байна гэсэн статистик үзүүлэлтээс үзэхэд үүрэн холбооны хэрэглэгчдийн тоо жил ирэх тусам эрчимтэй өсөх хандлагатай байна. Одоогоор дэлхий хэмжээнд үүрэн холбооны 7 тэрбум гаруй төхөөрөмжүүд ашиглагдаж байгаа бөгөөд 2020 он гэхэд 10 тэрбум хүрэх хандлагатай байна. Үүнтэй уялдан сүүлийн үед өндөр хурдны дэвшилтэт хөдөлгөөнт холбооны технологи LTE-ээр IoT сүлжээг зохион байгуулах ажил судлагдаж эхлээд байна. Монгол улсын үүрэн телефон томоохон оператор компаниуд болох Скайтел групп, Мобиком корпорацууд хэрэглэгчдийнхээ хувьсан өөрчлөгдөж

буй хэрэгцээ шаардлага, сонирхлыг хангахын тулд энэ онд багтаан LTE/4G сүлжээг зохион байгуулах лиценцийг авч, нэвтрүүлэх зорилготойгоор үйл ажиллагаагаа явуулж байна. LTE үйлчилгээ нь одоогийн 3G үйлчилгээнээс дор хаяж таваас долоо дахин илүү хурдаар өгөгдлийг дамжуулах боломжтой. LTE технологийг нэвтрүүлэхэд маш их хөрөнгө оруулалт шаардагдах учраас 4G үйлчилгээ нь 3G үйлчилгээнээс өндөр үнэтэй. LTE технологийн дата, хурд ихэссэнтэй холбоотойгоор илүү олон салбарыг хамарсан үйлчилгээ бий болгох боломжтой. Үүрэн холбооны сүлжээ технологийг ашиглаж, цахилгаан, дулаан, усны тоолуур төхөөрөмжийн мэдээллийг цуглуулаад нэгдсэн баазыг бий болгож улмаар улс орны хэмжээнд байгууллага, өрхийн хэрэглээ ямар байгаа зэрэг өгөгдлүүдийг гаргах боломжтой. Мөн “internet of things” буюу хүний оролцоотой ахуйн өдөр тутмын хэрэглээний төхөөрөмжүүдийг автоматаар удирдах боломжийг бий болгох суурь бүрэлдэж байна.



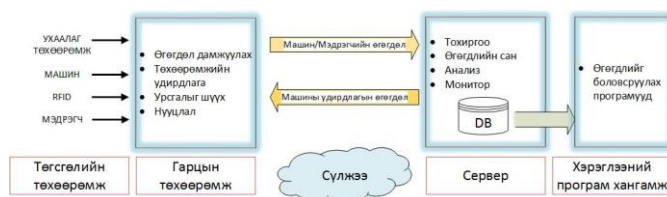
Зураг 1. E-UTRAN сүлжээний ерөнхий бүдүүвч

eNodeB гэдэг нь системийн суурин хэсэг дэх шаардлагатай функцуудын бүх радио удирдлагыг хийдэг бааз станц юм. Бааз станц нь мөн олон тооны удирдлагын үе шаттай функцуудыг гүйцэтгэх, радио нөөц хуваарилалтын удирдлага хийх болон нөөцийн хэрэглээний тухайн үеийн нөхцөл байдлыг тогтмол хянах зэрэг олон үүргүүдийг найдвартайгаар гүйцэтгэдэг системийн чухал төхөөрөмж юм. Хөдөлгөөний удирдлагын төхөөрөмж(MME) нь баталгаажуулалт, нууцлал хамгаалалт, нэгж хэрэглэгчийн шаардлагатай мэдээллүүдийг тодорхойлдог функцуудтай бөгөөд гардварын процессыг хэрэгжүүлдэг. Үйлчилгээний гарцын төхөөрөмж (S-GW) нь операторын цөм сүлжээний дэд

систем бөгөөд хэрэглэгчийн гэрийн модемийн (HeNB) мэдээллийн баталгаажуулалтыг хийж операторын цөм сүлжээ рүү туннел гарц үүсгэсэн холболт тогтолт хийх ажиллагааг зөвшөөрдөг. Багц өгөгдлийн гарцын төхөөрөмж (P-GW) нь хөдөлгөөнт хэрэглэгчийг багцын өгөгдлийн сүлжээ(PDN) рүү холбох холболтыг хангадаг. Мөн хөдөлгөөнт хэрэглэгчийн IP хаягийн хувиарлалт, IP хаягийн замчлалыг гүйцэтгэнэ. Хэрэглэгчийн бүртгэлийн өгөгдлийн бааз(HSS) нь хэрэглэгчтэй холбоотой бүх мэдээллийг хадгалах төв өгөгдлийн бааз бөгөөд хэрэглэгчийн баталгаажуулалтын мэдээлэл болон хэрэглэгчийн дугаар, үйлчилгээний параметрийн мэдээллийг хөдөлгөөний удирдлагын төхөөрөмж(MME) рүү хангаж өгдөг[2].

II. ЗҮЙЛСИЙН ИНТЕРНЭТ (INTERNET OF THINGS)

Өнөөгийн байдлаар зүйлсийн интернэт (IoT) нь ITU болон IEC стандарт, мөн харилцан холболтын протоколууд дээр үндэслэн физик болон виртуаль зүйлсийг ухаалаг интерфейс ашиглан дэлхий дахинд динамик өөрөө тохируулах, хязгааргүй интегралчлагдах утасгүй мэдээллийн сүлжээнд нэгтгэх боломж олгож байгаа юм. IoT ба M2M нь сүлжээнд холбогдсон объектын тоо мэдэгдэхүйц өсөлт бизнесийн үндсэн чиглэл болдог. EU-оос IoT-ын салбарт судалгаа инновацийг дэмжих хөрөнгө оруулалтыг эхлээд байна. IoT нь Cloud computing, Future Internet, Big Data, Robotics and Semantic технологиудыг нэгдэн нийлэх хөгжлийн үе шат, аргачлалыг боловсруулахад чиглэн хөгжүүлж байна. Мөн цаашид интернетэд холбогдсон төхөөрөмж, зүйлс нь ухаалаг орчинд, вэбэд суурилсан платформ бүхий динамик бүтэцтэйгээр, өргөтгөсөн үйлчилгээг иргэдэд хүргэх боломжтой.



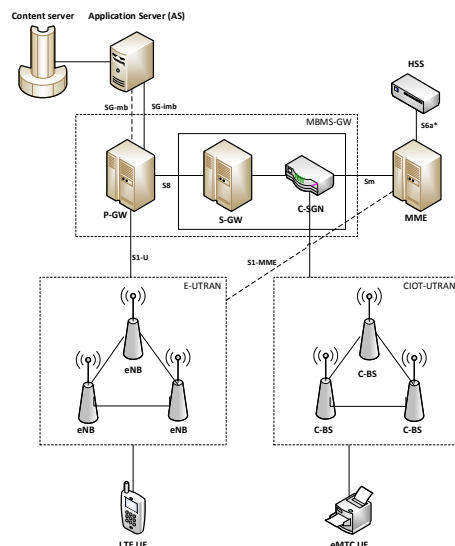
Зураг 2. IoT-ийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүд

III. LTE СУУРЬТАЙ IoT ХӨГЖҮҮЛЭЛТ

IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийг загварыг гаргахдаа бүтцийн схем, сүлжээний төхөөрөмжүүд хоорондын холболтын процедур, протоколын бүтэц гэсэн 3 үе шатыг авч үзсэн.

A. IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн загвар

Дээрх шаардлагын үүднээс IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн загварын бүтцийн схемийг гаргасан(Зураг.3).

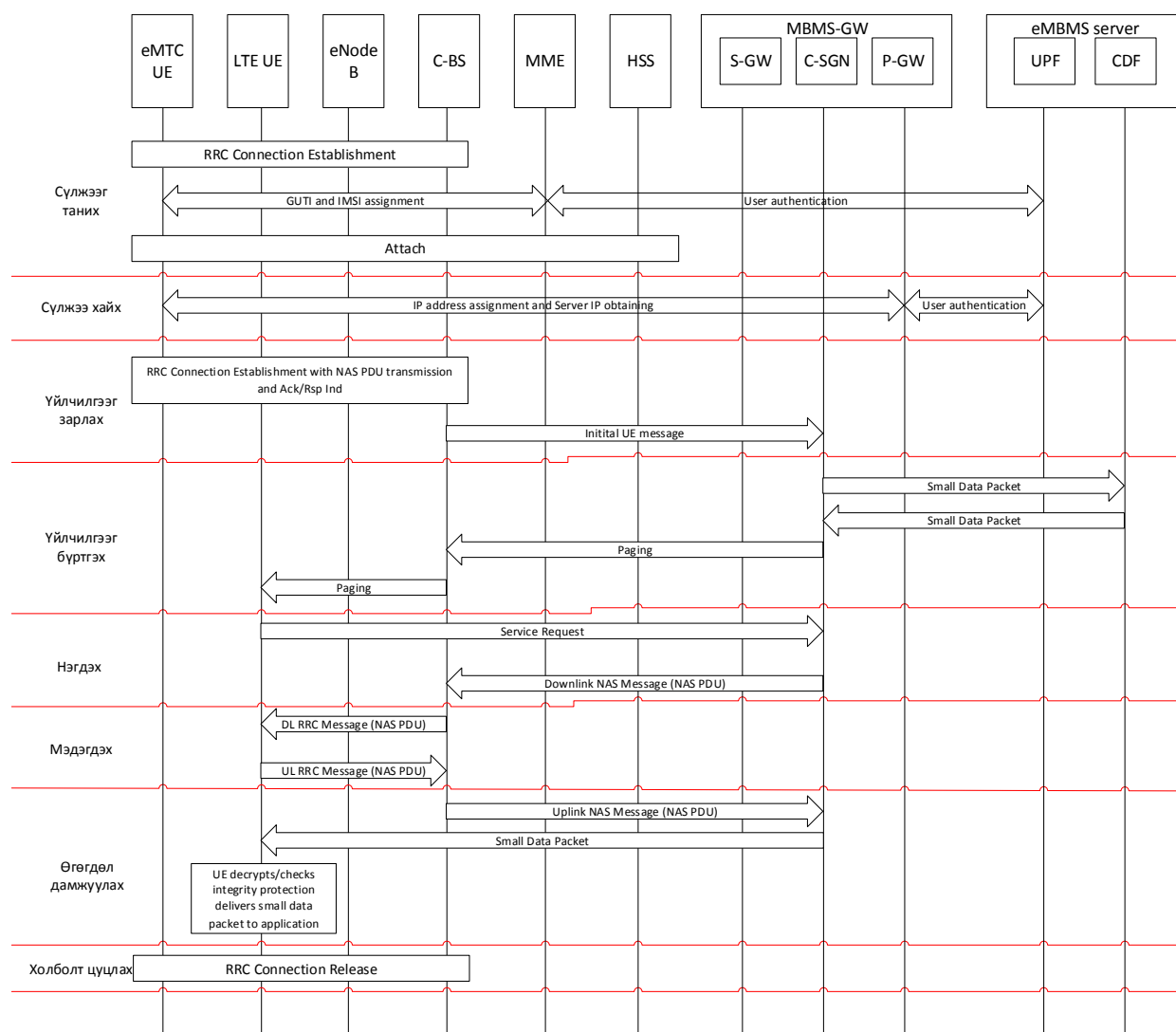


Зураг.3 LTE IoT системийн хөгжүүлэлтийн бүтцийн схем

LTE IoT-ийн үйлчилгээний гарцын зангилаа(C-SGN) нь LTE IoT-д зориулагдсан логик бүрэлдэхүүн хэсэг байх бөгөөд бага хэмжээтэй өгөгдлийн дамжуулалд ашиглагдана. Хөдөлгөөнт холбооны дараа үеийн LTE технологийн хандалтын (E-UTRAN), дамжуулах (MBMS-GW), цөм сүлжээнүүдэд (EPC) нэмэлтээр IoT стандартыг нэвтрүүлэх, нэгтгэх зориулалт бүхий C-SGN, C-BS, C-UE зэрэг төхөөрөмжүүд нэмэгдэнэ. Тухайлбал C-SGN нь хөдөлгөөнт сүлжээний технологийг IEEE802.15.4 стандартын үйлчилгээнд хувиргах, хэрэгжүүлэх дундын гарцын төхөөрөмжийн үүргийг гүйцэтгэнэ. C-BS нь IoT бааз станцын үүргийг гүйцэтгэх ба нэгж хэрэглэгч бүрийг C-UE гэж тэмдэглэвэл тэдгээр хэрэглэгчдийг цөм сүлжээтэй холбох хандалтын сүлжээний төхөөрөмжийн үүргийг гүйцэтгэнэ. Тус төхөөрөмжийн үйлчилгээнд олон тооны хэрэглэгчид хамаарагддаг тул тэдгээр хэрэглэгчдийг холбох үүрэгтэй. Тухайлбал нэгж байрны нэг орцны 32 C-хэрэглэгч бүр D2D үйлчилгээний роутер төхөөрөмжтэй байх ба орцны нийт хэрэглэгчийн үйлчилгээг дамжуулах PAN координатораар дамжуулан бусад орц бүрийн PAN координатортай харилцан холбогдож хандалтын сүлжээний C-BS-тэй холбогдоно. Ингэснээр C-BS томоохон хүн амтай бүсийн үйлчилгээний зангилаа цэг болдог.

B. LTE IoT системийн холболтын процедур

Дээрх LTE IoT системийн хөгжүүлэлтийн загварт зориулан, хөдөлгөөнт сүлжээний төхөөрөмжүүдтэй холбох процедуруудыг тодорхойлж, зураг 4-т үзүүлэв.



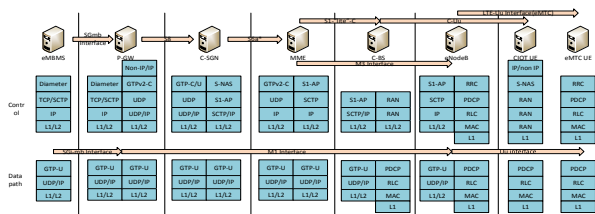
Зураг.4 LTE IoT системийн холболтын процедур

Сүлжээг таних процесст RRC холболт нь холболт тогтолтыг зарладаг процедур юм. Хэрэглэгчийн терминал атач процедурыг гүйцэтгэдэг. Атач процедурын туршид, LTE UE хэрэглэгч нь энэ атач LTE IoT-д зориулагдана гэдгийг заадаг. UE хэрэглэгчийн төлөв эсвэл өмнөх тохируулгаар LTE IoT-д оновчлогдсон C-SGN-ийг сонгодог. Сүлжээ хайх процесст хандалтын сүлжээний төхөөрөмжийн хэрэглэгчийн баталгаажуулалтыг хийснээр тухайн хэрэглэгчийн IP хаяг олгох алхмыг хэрэгжүүлэх боломжтой. Үйлчилгээг зарлах процесст UE хэрэглэгч нь AS/NAS холболтыг тогтоохын тулд RRC холболтыг хүсдэг. Шинэ NAS мессежийн формат нь нууцалсан IE дээр бага хэмжээний өгөгдлийг зөөх үүрэгтэй. Үйлчилгээг бүртгэх процесст C-SGN нь NAS мессежийг нууцлалтын урвуу процессыг гүйцэтгэх, бага хэмжээтэй багцын өгөгдлийг хайж олдог ба өгөгдлийн төрлөөс хамаарах механизмыг ашиглан бага хэмжээтэй өгөгдлийг дамжуулдаг. C-SGN нь IP үйлчилгээний бага хэмжээтэй өгөгдлийг S-Gi-аар, SMS өгөгдлийг SMS-SC рүү дамжуулдаг. MBMS-GW дэх C-SGN ба eMBMS сервер хооронд хэрэглэгчийн өгөгдлийн хүсэлтийг дамжуулдаг. Энэ хүсэлтийг зөвшөөрснөөр бага хэмжээтэй өгөгдлийг дамжуулах шатны алхам хэрэгжинэ. C-SGN хүлээж авсан өгөгдлийг хандалтын C-BS төхөөрөмж рүү бүртгэлийн мессежийн тусламжтай дамжуулснаар

хэрэглэгч ба C-төхөөрөмж хооронд өгөгдөл дамжина. Нэгдэх процесст хэрэглэгч нь үйлчилгээний хүсэлтийн мессежийг C-SGN илгээдэг. Энэ үед C-SGN нь шууд чиглэлийн NAS мессеж дэх NAS PDU-ийн бага хэмжээтэй багцыг дамжуулсан. C-BS бааз станц нь UE хэрэглэгч рүү NAS PDU-г дамжуулдаг. Сүлжээнд мэдэгдэх процесст хөдөлгөөнт хэрэглэгчийн хугацааны мониторингийн холболт хийгдэхэд C-SGN, UE ба C-BS холболтууд хооронд шууд/гэдрэг RRC мессежүүд дамжуулагдана. Өгөгдөл дамжуулах процесст хөдөлгөөнт хэрэглэгч ба LTE-UE хэрэглэгч хоорондын бага хэмжээтэй өгөгдлийн дамжуулал C-SGN-ээр баталгаажин үйлчилгээ алхам хэрэгжинэ. Холболт цуцлах процесст C-Хэрэглэгч ба C-Бааз станц хоорондын холболт тогтолтыг цуцлахын тулд RRC холболт чөлөөлөх алхам хэрэгжинэ.

С. LTE IoT системийн протоколууд

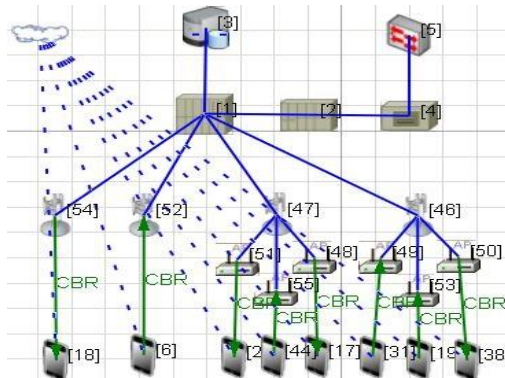
LTE сүлжээний нэгж төхөөрөмжүүд дэх OSI загварын давхаргуудыг тодорхойлж мэдрэгч сүлжээний C-SGN ба C-BS нэмэлт төхөөрөмжүүдийн протокол давхаргуудыг тодорхойлсон. Сүлжээний давхаргуудын өгөгдлийн ба удирдлагын протокол дамжууллыг тус бүрд нь судалж, тэдгээрийн интерфэйсийг тодорхойлсон[2].



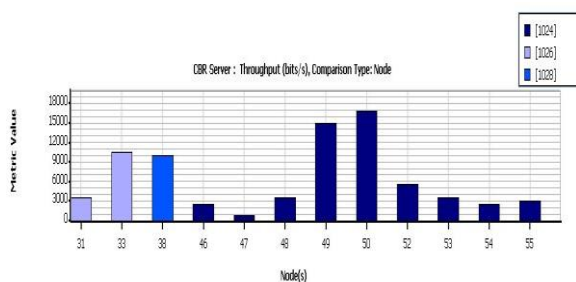
Зураг.5 LTE IoT системийн холболтын процедур

IV. QUALNET ПРОГРАМ ДЭЭР ХЭРЭГЖҮҮЛСЭН LTE ИОТ-ИЙН ХӨГЖҮҮЛСЭН ЗАГВАР

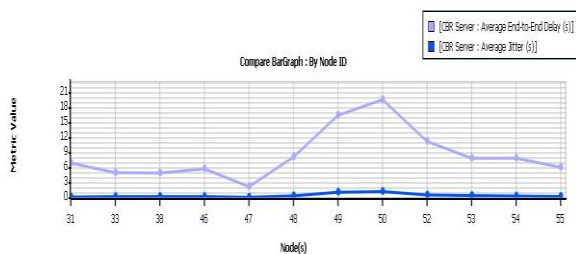
LTE IoT-ийн хөгжүүлсэн загварыг Qualnet програм ашиглан туршсан. Энэ туршилтанд CBR буюу тогтмол битийг ашигласан ба туршилтийн үр дүнг симуляцийн програм ашиглан үнэлсэн.



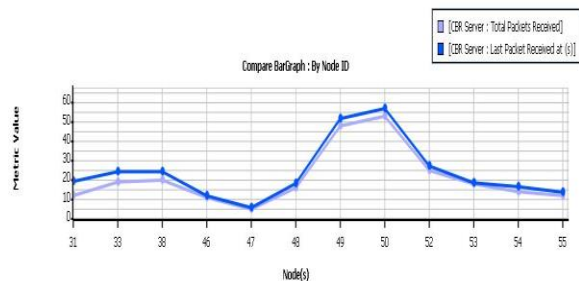
Зураг.5 LTE IoT-ийн хөгжүүлсэн загвар



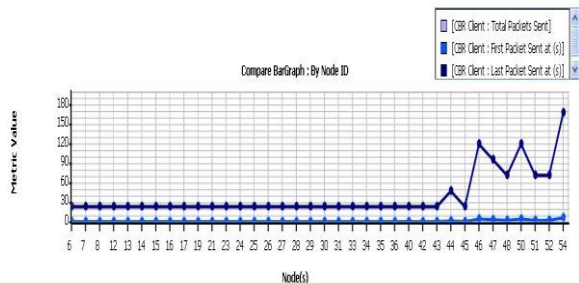
Зураг 6. Нэгж хэрэглэгч бүрийн дамжууламжийн түвшин



Зураг 7. Цэгээс цэгийн дамжууллын саатал ба гажилт

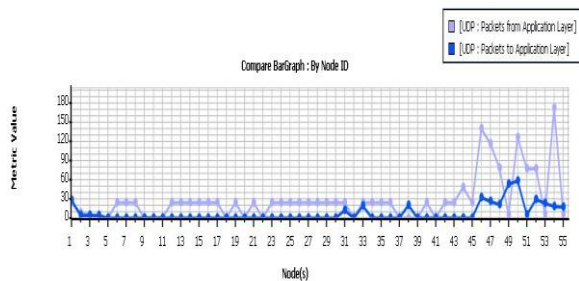


Зураг 8. Симуляцийн туршид дамжуулсан нийт багц

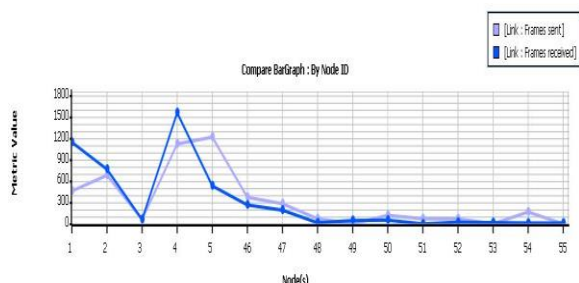


Зураг 9.Нэгж цэгүүдээр дамжуулсан багцын хэмжээ

Багц сүлжээнд нэгж хэрэглэгч олшрох, үйлчилгээ авах бүсийн хувьд олон тооны мэдрэгч сүлжээг дагасан өгөгдлийн нийлбэр хэмжээ их байна. Зураг 9-т харуулснаар Qualnet програм дээр хөгжүүлсэн загварт зангилаа цэг 44 дугаараар эхэлж байгаа тул эхний 43 зангилаа дамжуулалт байхгүй болохыг харж болно.



Зураг10. Хэрэглээний түвшин рүү багцын дамжуулал хийсэн үр дүн



Зураг11. Дамжуулсан болон хүлээн авсан фрэйм

ДҮГНЭЛТ

IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн загварын бүтцийн схем, сүлжээний төхөөрөмж хоорондын холболтын процедур, протоколын бүтцийг энэ ажлаар судалсан. Qualnet програмыг ашиглан, IoT-д зориулсан LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн загварын бүтцийн схем угсран туршсан ба үр дүнг үзүүлсэн.

ТАЛАРХАЛ

Энэхүү судалгааны ажлыг гүйцэтгэхэд дэмжлэг үзүүлсэн Шинжлэх Ухаан Технологийн Үндэсний Судалгааны Консул болон Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургуульд талархал илэрхийлье.

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Shimin Yang, Xiangming Wen, Wei Zheng and Zhaoming Lu, "Convergence Architecture of Internet of Things and 3GPP LTE-A Network based on IMS", IEEE Commun. Mag, 2011.
- [2] "Novel design of eMBMS based on Femtocell", Young-il Kim, Otgonbayar Bataa, Erdenetuya Dorj, Bat-Enkh Oyunbileg, Khishigjargal Gonchigsumlaa, Oyu Chuluun, Tulga Orosoo, Erdenebayar Lamjav, IFOST-2013,
- [3] K. Zheng, F. Hu, W. Wang, W. Xiang, and M. Dohler, "Radio resource allocation in LTE-Advanced cellular networks with M2M communications,"IEEE Commun. Mag., vol. 50, pp. 184–192, July 2012.
- [4] "A Functional Design of BM-SC to Support Mobile IPTV in LTE Network", Otgonbayar Bataa, Oyu Chuluun, Tulga Orosoo, Erdenebayar Lamjav, Young-il Kim, Khishigjargal Gonchigsumlaa,