

# Хөдөлгөөнт Интернэтийн Ухаалаг Төхөөрөмж (Access Point) Бүтээх, Түүний Траффикийн Судалгаа ба Загварчлал

Ж.ЗОЛЖАРГАЛ\*, Б.ЭНХТЭНГЭР\*\*, Л.МӨНХДЭМБЭРЭЛ\*\*\*, Я.ДАШДОРЖ (PhD)\*\*\*\*

ШУТИС-ийн КТМС-ийн Компьютерийн салбар

Улаанбаатар, Монгол улс

{ j.zoljargal\*, enkhenger\*\*, lmunkhdemberel\*\*\*, dashdorj\*\*\*\* }@must.edu.mn

**Товч агуулга**—Энэ судалгааны ажлаар WCDMA сүлжээ рүү хандах, WiFi сигналыг notebook, ухаалаг утас гэх мэт хэрэглэгчид рүү нууцлалтай холбох, RF-ID картыг шалгаж төлбөр тооцоо хийх мөн картыг цэнэглэх, нийтийн тээврийн автобусны буудлыг мэдэрч дуу болон дүрс хэлбэрээр зарлах зэрэг үйлдлүүд бүхий ухаалаг төхөөрөмж бүтээж, уг төхөөрөмжийн траффикийн судалгаа хийн түүнийг On/Off загвараар загварчлах, улмаар энэ загварт тохирсон хэрэглээний програмыг хөгжүүлэх, үүнд холбогдох хэрэглэгчдийн ухаалаг гар утас болон notebook-ийн тоог гаргахад оршино.

**Түлхүүр үгүүд**—WCDMA, утасгүй сүлжээ, траффик, хандах төхөөрөмж, ON/OFF

## I. Удиртгал

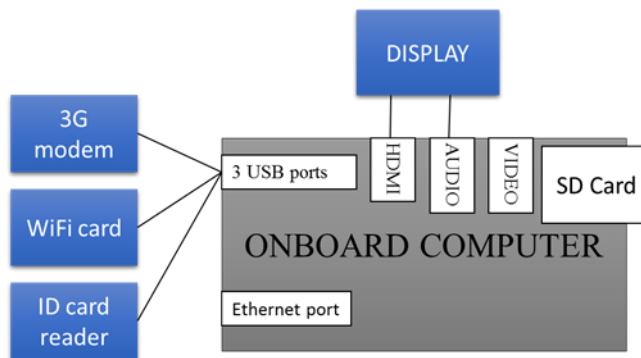
Өнөөдөр интернэт хүн төрөлхтний амьдралын хэмнэлийн салшгүй нэг хэсэг болсон гэдгийг бүгд хүлээн зөвшөөрөх буйзаа. Ухаалаг засаглал, монголын засгийн газрын хэрэгжүүлж байгаа зарим нэг төсөл, болон ухаалаг Улаанбаатар зэрэг төслүүд яригдаж, хэрэгжиж байгаа өнөө үед судлаач багш нар өөр өөрсдийн хувь нэмрийг оруулах ёстой. Утасгүй сүлжээ нь Улаанбаатар хотын дотор тодорхой загвараар хөгжиж байгаа боловч алслагдсан суурин газруудад энэ төрлийн холболт нь төдийлэн хөгжихгүй байгаа. Бид судалгаагаараа 3.5G технологийг хот болон алслагдсан хөдөөд хүргэх боломжтой ухаалаг төхөөрөмж бүтээж, програм хангамжийг нь хөгжүүлж байгаа бөгөөд үүнийг эхний ээлжинд нийтийн тээврийн автобусанд суурилуулснаар зорчигчийн цахим үнэмлэхийг шалгах, зорчигчид өөрсдөө ухаалаг гар утсаараа чөлөөтэй интернэт рүү орох боломжийг бүрдүүлэх юм. Мөн энэ төхөөрөмжийг нарны батарей (цэнэг хураагуур) ашиглан гар утасны сүлжээ бүхий алслагдсан газар 15 – 30 метр радиустай wifi үүсгэхэд ашиглах боломж бүрдэнэ. Энэ төхөөрөмжийг этернэт (ethernet) оролтыг ашиглан wifi чөлөөт зоныг үүсгэх боломж байгаа. Утасгүй сүлжээний хандалтын төхөөрөмж бүтээх судалгаа нь ихэнхдээ хаалттай код дээр хийгддэг. Зарим нэг нь нээлтэй код дээр хийгддэг ч ямар нэг функцүүд нь

бүрэн биш байдаг. Манай судалгааны ажлаар үүнийг цаашид хөгжүүлэх боломж бүрдэнэ.

Бидний судалгааны ажил дараах бүлгүүдээс бүрдэнэ. 2-р бүлэгт тухайн ухаалаг системийн болон програм хангамжийн бүтцийг тодорхойлсон, 3-р бүлэгт интернэт рүү холбох ухаалаг системийн талаар авч үзсэн ба нарны эх үүсгүүрийн тусламжтайгаар ашиглана. 4-р бүлэгт ухаалаг системийн траффикийг ON/OFF загвараар загварчилж дамжуулах зурвасын хэмжээг тодорхойлсон, 5-р бүлэгт товч дүгнэл зэргүүдээс бүрдэнэ.

## II. Системийн болон програмын бүтэц

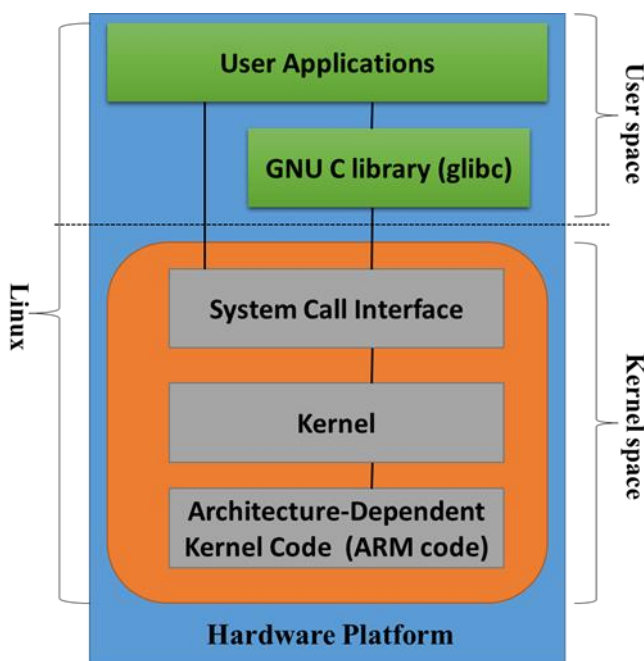
Манай систем нь нэг хавтант ARM процессор бүхий линукс үйлдлийн систем дээр суурилсан. Энэ системийн хавтан нь дараах хэсгээс тогтодог[1].



ЗУРАГ 1 СИСТЕМИЙН ЕРӨНХИЙ СХЕМ

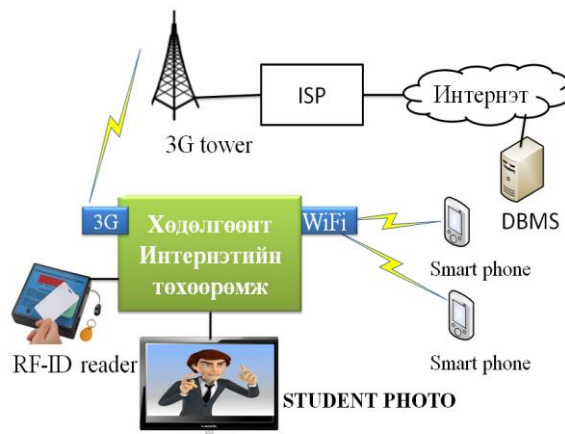
Зураг 1 дээр тухайн хавтан нь ARM процессортой, 512M санах ой, этернэт порт нь сүлжээнд UTP кабелиар холбоход зориулсан 100Мбит/с хурдтай, олон порттой USB хаb түүн рүү 3G модем, WiFi мастер горимтой карт, ID карт уншигч төхөөрөмж, дисплей, SD карт зэргээс тогтоно. SD карт нь 4-8G дээш багтаамжтай бол сайн, мөн санах ой болон дисплейны санах ойг зөв хуваарилах нь нөөц болон гүйцэтгэх чадварыг дээшлүүлнэ. Бидний хийсэн туршилтаар Sun dsik болон Samsung компаний SD

карт нь хандах хурд өндөр, шаардлага хангаж байсан. Зураг 2 дээр бидний ашиглаж байгаа линукс үйлдлийн системийн бүтэц, түүний зарим нэг функцүүдийг үзүүлээ. Линукс үйлдлийн системийн зөвхөн манай төсөлд хэрэгтэй функц болон сангууд, мөн зарим нэг хэрэглэгээний програм бичихэд шаардлагатай хөрвүүлэгчүүдийг суулгасан. Энэ үйлдлийн систем дээр хэрэглэгчийн ашиглах зай болон цөмийн ашиглах зай гэсэн хэсэгт санах ойг хуваарилах ба шууд цөмийн функцтэй биш, хэрэглээний програм бичихэд зориулсан бүрхүүлээр дамжуулж цөмтэй харьцдаг[1].



ЗУРАГ 2 ҮЙЛДЛИЙН СИСТЕМ ИЙН БҮТЭЦ

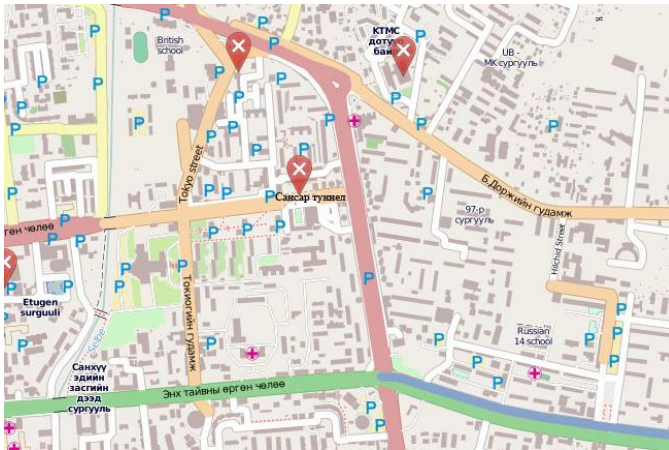
Энд HUAWEI 3G модемоор тухайн үүрэн холбооны компанитай холбогдож түүгээр дамжуулж интернэт рүү орох болно. Мастер USB WiFi төхөөрөмжийг тухайн хавтан дээрээ хандалтын антен болгох ба түүгээр дамжуулж бусад клиент компьютерүүд болон ухаалаг утаснуудыг холбож болно. Энэ холболтыг нууцлалтай болон нууцлалгүй хийх боломжтой.



ЗУРАГ 3 УХААЛАГ СИСТЕМ ИЙН ХОБОЛТ

Зураг 3 дээр RF-ID карт шалгагч, хөдөлгөөнт интернэтийн ухаалаг системийн холболтын ерөнхий схемийг үзүүлсэн байна. Тухайн сүлжээн дээр WCDMA сүлжээгээр хөдөлгөөнт интернэтэд холбогдож уншигчаар жишээлбэл оюутны картыг уншаад, харьяа сургуулийн өгөгдлийн сан дотроос оюутны мэдээллийг олж, фото зургийг нь тухайн ухаалаг төхөөрөмжийн дэлгэц дээр харуулна. Энэ нь тухайн картны эзэн нь энэ оюутан мөн гэдгийг батлана. Мөн энэ төхөөрөмжийн ойролцоох 15-30 метр тойрог дотор ухаалаг утас болон зөөврийн компьютерээр интернэт ашиглах бүрэн боломжтой. Өөрөөр хэлбэл нийтийн тээврээр зорчиж явахдаа зорчигчид чөлөөтэй интернэт ашиглах бүрэн боломжтой болох юм. Судалгаагаар интернэт рүү холбогдох хурд нь 3М бит/с байлаа. Энэ төхөөрөмжийн зөвхөн 3G болон WiFi хэсгээр нь дурын газраас дурын цагт холбогдох боломж бүрддэг. 3G холболтын хурдын максимум утга нь 3М бит/с болно. PPP протоколоор нууцлалтай мэдээлэл дамжуулах бөгөөд түүний орон зай өөрчлөгдөхөд дагаад roaming хийдэг. RF-ID картны 10 оронтой тоогоор хэрэглэгчийн өгөгдлийг өгөгдлийн сан дотроос хайж олох, зураг болон мэдээллийг дэлгэц дээр гаргах, төлбөр тооцоо хийнэ. Төхөөрөмжийг суурилуулан хөдөлгөөнд оролцож байгаа нийтийн тээврийн хэрэгслийн байршил GPS –ийн тусламжтайгаар тодорхойлогдох бөгөөд улмаар төхөөрөмжинд автобусны буудлуудыг сануулснаар, аль нэг буудалд дөхөж ирсэн үед дисплей дээр газрын зурагт автобусны байршлыг харуулан, буудлыг дуут мэдээллээр зарлах боломжтой.

### III. ХӨДӨЛГӨӨНТ ИНТЕРНЭТИЙН ХОЛБОГЧ ТӨХӨӨРӨМЖ



ЗУРАГ 4 УЛААНБААТАР САНСАРЫН ХЭСГИЙН ГАЗРЫН  
ЗУРАГ

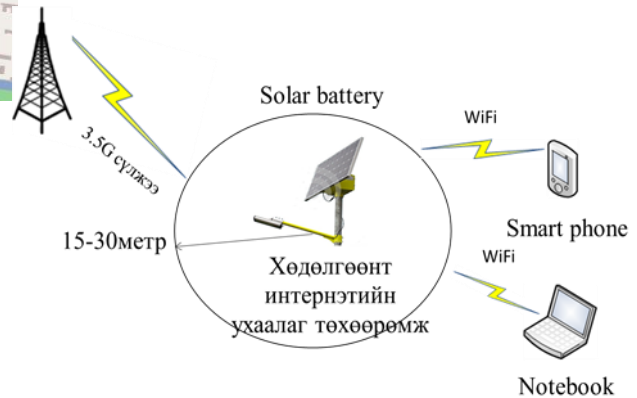
Жишээлбэл зураг 4 дээр Улаанбаатар хотын Сансарын туннель орчмын газрын зураг дээр явж байгаа автобусны тухайн эгшин дэх уртраг болон өргөрөгийг харуулж, дараагийн зогсох буудлын нэр нь гарч ирсэн байна. Энэ буудал дээр ирэх үед тухайн координатыг мэдэрч буудлыг дуут болон дүрсэн хэлбэрээр зарлана. Энэ нь хөгжлийн бэрхшээлтэй иргэд болон гадаадын иргэд ойлгох боломжтой уян хатан систем юм. Манай зураг дээр openstreet марийг ашиглах бөгөөд энэ нь манай туршилтын болон тестийн явцад шалгагдсан болно. Энэ төхөөрөмж дээр програмын хэсэг нь байх ба түүнийг дараах байдлаар ангилж болно.

№	Ашиглагдах програмууд	Зориулалт
1	GPS-ээс мэдээлэл авах түүн дээр боловсруулалт хийх	Хүлээж авсан өгөгдөл дээр алдаа засах процесс
2	Тухайн хүлээн авсан өгөгдөл дээр тулгуурлан буудлыг тодорхойлох	Дуут болон дүрс хэлбэрээр зарлах
3	Гадны мэдрэгчээс RF-ID карт унших өгөгдлийг серверээс татаж авах, дисплей дээр гаргах мөн төлбөр тооцоо хийх	Энэ програм нь хэрэглэгчийн картыг унших, төлбөр тооцоо хийх
4	Орж ирсэн траффикийг ялгаж картны мэдээллийг 1-рт илгээх	Дамжуулах өгөгдлийг давуу эрх олгох

ХҮСНЭГ 1

Хүснэгт 1 дээр тухайн системд хэрэглэгдэх програм хангамжийг харуулсан ба эдгээр програм хангамжийн дэмжлэгтэйгээр манай ухаалаг системт төхөөрөмж ажиллана.

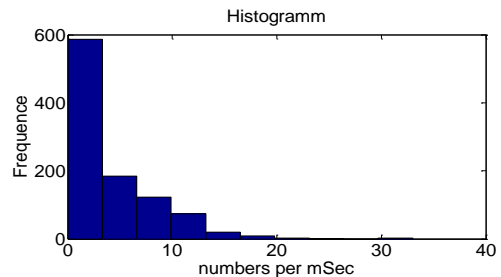
Тухайн хөдөлгөөнт интернэтийн ухаалаг төхөөрөмжөөр, нарны батерейт тэжээлийн эх үүсвэр ашиглан 3.5G өгөгдлийн сүлжээ бүхий WiFi орчныг 15-30 метр радиустай тойрог дотор хэрэглэгчид ашиглах бүрэн боломжтойг aircheck тестерээр шалгасан.



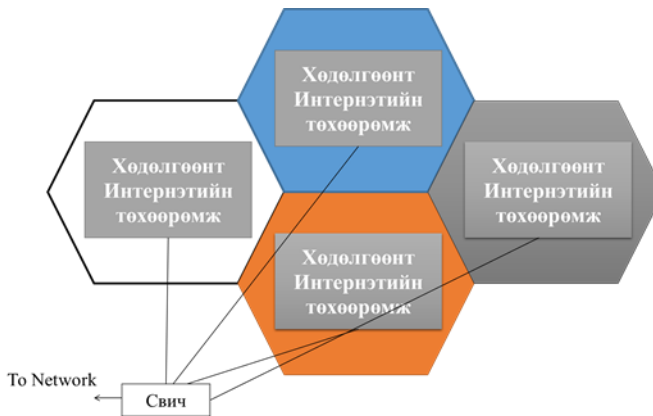
ЗУРАГ 5 НАРНЫ ТЭЖЭЭЛИЙН ҮҮСГҮҮРТЭЙ  
ХӨДӨЛГӨӨНТ ИНТЕРНЭТИЙН ХОЛБОГЧ ТӨХӨӨРӨМЖ

Зураг 5 дээр хөдөлгөөнт интернэтийн ухаалаг төхөөрөмжид нарны тэжээлийн их үүсвэр ашигласнаар ногоон эдийн засагт ч гэсэн хувь нэмэр оруулж байгаа хэрэг билээ. Бидний тооцоогоор нарны тэжээлгүй зөвхөн аккумулятор ашиглавал 30 цаг л тасралтгүй ажиллаж болохыг тооцсон.

Үүнээс гадна хэд хэдэн ухаалаг төхөөрөмжийг ашиглан hotspot бүтэц бүхий утасгүй сүлжээ үүсгэх боломжтой. Дараах зураг 6 дээр 1 миллисекунд доторхи пакетийн тоо, Wireshark түүлээр барьж авсан гисторгаммыг харуулсан.



ЗУРАГ 6 ТУРШИЛТЫН УТГИЙН ГИСТОГРАМ

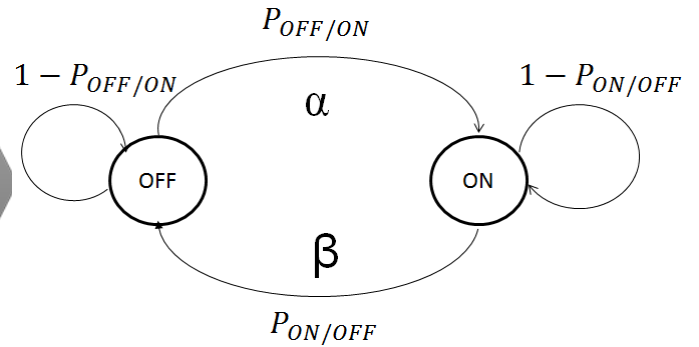


ЗУРАГ 7 HOTSPOT СҮЛЖЭЭНИЙ БҮТЭЦ

Зураг 7 дээр их сургуулийн кампус болон оюутны байр, их дэлгүүрүүд гэх мэт олон хэрэглэгчтэй газар манай ухаалаг төхөөрөмжийг хэд хэдийг суурилуулж хооронд нь холбоход энэ утасгүй сүлжээний зон дотор чөлөөтэй хөдөлгөөн хийж байгаа хэрэглэгчийн сүлжээ тасрахгүй онцлогтойг харуулсан байна. Өөрөөр хэлбэл та VoIP, Video clip гэх мэт мультимедиа мэдээлэл ашиглах үед зон доторх нэг цэгээс нөгөө цэг рүү шилжин хөдлөх үед шууд автоматаар roaming хийгднэ. Энэ мэтээр ухаалаг төхөөрөмжийг янз бүрийн зорилгоор ашиглах боломж бүрдэж байна.

#### IV. ON/OFF ЗАГВАРААР ЗАГВАРЧЛАХ

ON/OFF загвар нь харилцаа холбооны салбарт хамгийн өргөн тархсан загвар бөгөөд төрлөөс нь хамааруулан траффикийг загварчлах боломжийг олгодог онцлогтой. Вэб, Файл татах, Мультимедиа траффик зэрэгт тухайн траффикийн онцлогийг нь харгалзан үзээд загварчлах боломжтой[3]. Бидний авч үзсэн WCDMA холболт дээр холболтын хурд нь 4 Мбит/с байсан. Энэ дамжуулах хурдыг нь  $C$  гэж тэмдэглэе. Дамжих пакетын идэвхтэй байх үеийг нь ON төлөв ба  $1 - P_{ON/OFF}$  тухайн ON төлвийг хадгална,  $1 - P_{OFF/ON}$  нь OFF төлвийг хадгална. Энэ OFF төлвийн үед тухайн дамжуулах суваг чөлөөтэй ашиглагдахгүй байна.  $P_{ON/OFF}$  нь ON төлөвөөс OFF төлөв рүү шилжих магадлал, шилжилтийн хурд  $\beta$ ; OFF төлөвөөс ON төлөв рүү шилжих магадлал нь  $P_{OFF/ON}$  ба шилжих хурд  $\alpha$ ; бидний авч үзэж байгаа загварын хугацааны  $t$  эгшин дэхь дамжуулах чадвар нь өмнөх төлөвөөсөө хамаарах ба энэ нь  $t-1$  төлөвөөс гэж үзье[2].



ЗУРАГ 8. ON/OFF ЗАГВАР

$$P_{OFF} = P_{ON} * P_{ON/OFF} + P_{OFF} \left(1 - \frac{P_{OFF}}{P_{ON}}\right) \quad (1)$$

$$P_{ON} = P_{OFF} * P_{OFF/ON} + P_{ON} * \left(1 - \frac{P_{ON}}{P_{OFF}}\right) \quad (2)$$

Энд (1)-ээс (2)-т орлуулга хийвэл үр дүн нь

$$P_{ON} * P_{ON/OFF} = P_{OFF} * P_{OFF/ON} \quad (3)$$

$$P_{ON} + P_{OFF} = 1 \quad (4)$$

Эндээс тухайн системн OFF байх үеийн болон ON байх үеийн магадлалууд нь дараах хэлбэртэй болно.

$$P_{OFF} = \frac{P_{ON/OFF}}{P_{OFF/ON} + P_{ON/OFF}} \quad (5)$$

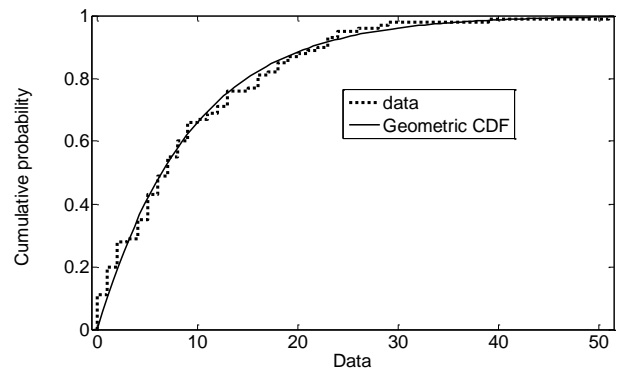
$$P_{ON} = \frac{P_{OFF/ON}}{P_{OFF/ON} + P_{ON/OFF}} \quad (6)$$

Зураг 1 дээрээс ON байх дамжуулах чадварыг олье.

Энэ тохиолдолд зөвхөн нэг хэрэглэгчийн хувьд тооцоо хийж үзвэл:

$$C = 0 * P_{OFF} + S * P_{ON} = \frac{S * P_{OFF/ON}}{P_{OFF/ON} + P_{ON/OFF}} \quad (7)$$

$S$  нь тухайн хэрэглэгчийн дамжуулах хурд OFF байх үед мэдээлэл дамжихгүй тул 0 гэж үзнэ. Зураг дээрх RF-ID карт уншуулах болон зураг дамжуулах үеийн пакетуудын тархалт нь геометр тархалтай CDF –тэй төстэй болох нь ажиглагдсан[3].00



ЗУРАГ 9 ДАМЖИГДАХ ПАКЕТЫН ХУГАЦААНЫ CDF

Зураг 9 дээр дамжигдах пакетын хугацааны CDF-ийг геометр тархалтай харьцуулж үзүүлсэн. Иймд тухайн пакетуудыг геометр тархалтай гэж үзээд түүний дундаж уртыг олье. Тэгвэл OFF ба ON байх үеийн дундаж урт нь[3]:

$$L_{OFF} = \sum_{k=0}^{\infty} k\alpha(1-\alpha)^k = \frac{1-\alpha}{\alpha} \quad (8)$$

$$L_{ON} = \sum_{k=0}^{\infty} k\beta(1-\beta)^{k-1} = \frac{1}{\beta} \quad (9)$$

Ашиглалтын коэффициент  $\rho$ -г дээрхи (8) болон (9) –ийг ашиглавал дараахь байдалтай болно.

$$\rho = \frac{L_{ON}}{L_{ON} + L_{OFF}} \quad (10)$$

Эндээс тухайн  $\rho$ -г  $\alpha$  болон  $\beta$ -гаар илэрхийлэх зорилго тавина.

$$\rho = \frac{\alpha}{\alpha + \beta} \quad (11)$$

Манай тохиолдолд 10 оронтой хэрэглэгчийн тоо ба 30кбайт (240кбит) хэмжээтэй тухайн хэрэглэгчийн зураг зэргийг манай 3Мбит/сек дамжуулах зурвас дээгүүр тус тусд нь илгээх ба энэ үед хамгийн их мэдээлэл болох фото зураг дамжуулах чадварыг нь үнэлэх болно. TCP пакетын хамгийн их урт нь толгой мэдээллийн хамт 1514 байт, цэвэр өгөгдөл нь 1480 байт ба дамжуулах хугацааг тооцвол:

$$\left[ \frac{1514}{1480} * 240 * 10^3 \right] \frac{1}{3 * 10^6} = 0.0818 \text{сек}$$

Тухайн зургийг илгээхдээ шахах алгоритм ашиглах ба энэ нь 0,15-0,25 bits/pixel дундаж хугацаа нь  $(0.0818 + 0.0205) / 2 = 0.05115$  sec бол нэг карт уншаад дараагийн карт унших хүртэл 1-15 сек завсарлана гэж үзвэл дундаж хугацаа нь 8 сек болно. Эндээс дамжуулах коэффициент нь:

$$\rho = \frac{L_{ON}}{L_{ON} + L_{OFF}} = 0.006353$$

Энд одоо дамжуулах зурвасыг эзлэх хэмжээ нь дараахь хэлбэртэй байна:

$$C = 3 * 10^6 * 0.006353 = 19 \text{kbps}$$

### Ашигласан материал

- [1] Brendan Horan PRACTICAL RASPBERRY PI, Technology in Action, Toronto, Canada 2013
- [2] О.И.Шелухан, А.М Тенякшев, А.В Осин МОДЕЛИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ Радио Техника, Москва, Россия, 2006

Манай дамжуулах зурвас нь 3Мбит/сек бол карт шалгах үед зөвхөн 0.63%-ийг л эзэлж байна. Үүнээс харахад үлдсэн чөлөөтэй 99.3%-ыг тухайн тээврийн хэрэгслээр зорчиж байгаа 5-10 зорчигч ашиглах боломжтой болно.

## v. ДҮГНЭЛТ

Энэ судалгааны ажлаар бид туршилтын хавтан дээр чөлөөт үйлдлийн систем болох линукс үйлдлийн систем дээр тухайн орж ирэх пакетыг давамгайлах шинжээр нь ялгадаг төхөөрөмжийг бүтээсэн. Ингэснээр RF-ID картыг шалгах, цэнэглэх; GPS-ийн тусламжтайгаар хөдөлгөөнд оролцож байгаа нийтийн тээврийн хэрэгслийн тухайн эгшин дэх уртраг өргөгрөгийн координатыг хүлээн авч, автобусны буудлыг дуут болон дүрс хэлбэрээр зарлах; нарны тэжээлийн эх үүсгэвэртэйгээр интернэт рүү холбогч төхөөрөмж (Access Point ) болгон ашиглах боломжтой болж байна. Мөн өөр салбарт энэ ухаалаг системийн програм хангамжийг өөрчлөн ашиглах боломж бүрдэнэ.

- [3] О.И.Шелухин, А.М. Тенякшев, А.В Осин “Фрактальные процессы в телекоммуникациях” Радио Техника, Москва, Россия, 2003

