

# Universal Software Radio Peripheral(USRP) Ашигласан GSM Бааз Станц

Ч.Ванчинбал Монгол Улсын Их Сургууль ХШУИСурууль Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн тэнхим Э-шуудан: <a href="mailto:vansanety@gmail.com">vansanety@gmail.com</a>	Г.Ёндонжамц Монгол Улсын Их Сургууль ХШУИСурууль Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн тэнхим Э-шуудан: <a href="mailto:coller.yondoo.pike@gmail.com">coller.yondoo.pike@gmail.com</a>	Э.Адъяабат Монгол Улсын Их Сургууль ХШУИСурууль Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн тэнхим Э-шуудан: <a href="mailto:adiyabat@seas.num.edu.mn">adiyabat@seas.num.edu.mn</a>	М.Баярпүрэв Монгол Улсын Их Сургууль ХШУИСурууль Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн тэнхим Э-шуудан: <a href="mailto:bayarpurev@seas.num.edu.mn">bayarpurev@seas.num.edu.mn</a>
--	--	---	--

Хураангуй — Энэхүү ажлаар Unix/Linux (Ubuntu16.04) үйлдлийн систем дээр Universal Software Radio Peripheral (USRP) хавтанг ашиглан нээлттэй-эх бүхий, бусад бааз станцуудтай харьцуулахад маш бага өртөг шаарддаг холбох баазыг үүсгэсэн.

GSM гар утас дэмжих OpenBTS (Open-Base Transceiver Station) GSM(Global System for Mobile Communication) бааз станцийг хөгжүүлсэн ба бүрэн GSM бааз станц нь 2 GSM гар утсыг яриулж, харилцан мессеж бичүүлэхэд Asterisk, SIP, Smlqueue зэрэг software application-уудтай хамтран ажиллах бөгөөд энэхүү BTS-ээр ярих болон мессеж бичиж болох юм. Түүнчлэн, OpenBTS болон өөр бусад жижиг, хямд хөсөр бааз станцууд нь хүн ам цөөн, алслагдсан бүс нутгуудад ихээхэн хэрэглэгддэг

Түлхүүр үг: *OpenBTS, USRP, GSM, Unix/Linux*

## I. УДИРТГАЛ

Орчин үед Wifi, Bluetooth зэрэг богино зайд өгөгдөл дамжуулах шинэ утасгүй холбооны технологиуд гарч ирж өргөнөөр хэрэглэгддэг болсон байна, тэдгээрийн хязгаарлалт нь ихэнхдээ зөвшөөрөлгүй давтамжийн зурваст дамжуулах болон мөргөлдөөн эсвэл зэрэгцээ дамжуулалт хийхээс зайлсхийхийн тулд ухаалаг механизм дутагдаж интерференцийн хамааралаар гаргадаг. Үүнээс гадна эдгээр технологийн хурдны үзүүлэлт ашиглалтаас гарснаар шаардалагатай hardware-г хурдан хийж өөрчлөн өөр өөр харилцаа холбооны стандартыг хэрэглэх болсон. 2014 оны байдлаар зах зээлд эзлэх хувь нь 90%-д хүрч мобайл харилцаа холбоонд глобал стандартыг тогтоосон. GSM технологийн сул тал бол тусгай зөвшөөрлөөр олгогдсон давтамжийн зурвас дээр дамждаг. Мобайл сүлжээний оператор(MNOs)-ууд нь холболт хийх зорилготой бөгөөд бүх хугацаанд төлсөн зардал нь холболт хийсний төлбөр юм. Сүүлийн үеийн хөгжүүлэлт нь дохио боловсруулалт, Програм Хангамжийн радио(SDR)[1]-ын шийдэл нь бодит хугацаанд ажилдаг хэрэглээний програмтай hardware-н GSM архитектурын хэрэгжүүлэлт нь нэлээд их хэмнэлтийг хийсэн. Ялангуяа GNU Radio[2], USRP[3] GSM-н архитектурын эмуляци дээр үндэслэгдсэн гайхалтай үр дүнтэй SDR-н шийдэл болох OpenBTS[4]-н

хөгжүүлэлт нь нэн чухал ач холбогдолтой, хөгжил буурай орны хувьд бодит цаг хугацаагаар(Real-time) хоорондын яриаг хангах зорилгоор маш бага зардлаар турших ба түүнийг үр дүнтэйгээр хэрэгжүүлж байгаа.[8] Тусгай зөвшөөрлөөр олгогдсон давтамж дээр дамжуулах цорын ганц MNOs нь зөвшөөрөөгүй бол өмнө дурдснаар энэ технологийг хэрэгжүүлэх нь тодорхой газар нутагт хориглосон мэдээж юм. SDR нь хэрэгжүүлэлт хийхэд бага үнэтэй, хэрэглэхэд хялбар, шинэчлэлт хийх, зохицолгоо, аюулгүй байдлыг сайжруулсан гэх мэт олон давуу талуудтай. Түүнээс гадна програмчлагдах боломжтой олон hardware-г худалдан авах боломжтой, үүнийг эрдэм шинжилгээний лаборатори болон их дээд сургуулиуд маш ихээр сонирхож байгуулдаг. Hardware төхөөрөмж болох EttusResearch USRP[3]-г өмнө нь дурьдснаар GNU Radio-тай хослуулан хэрэглэдэг, судлаач болон оюутнууд хэрэгжүүлэлт хийх санаагаа хөгжүүлж, тест хийх боломжтой. Судалгааны төхөөрөмжийг хэрэглэн хэрэгжүүлэлт хийхэд инженерийн олон талын мэдлэгүүд шаардлагатай. Үүнд:

Тоон логик, компьютерийн програмчлал болон сүлжээ, харилцаа холбоо болон модуляцийн техникууд, дохио боловсруулалт болон цахилгаан соронзон орны теором гэх мэт. Эдгээр үндсэн талбарууд нь ирээдүйн үндэс суурь судалгааны сэдэв сонгоход хангалттай. Мобайлыг түгээх зорилгоор динамик спектр схемүүдээс GSM сүлжээг хэрэгжүүлэх[6] hardware/програм хангамж дээр ишлэн цөөхөн төслийг олох боломжтой, сүүлийн гол санаа нь ирээдүйн судалгааны эрдэм шинжилгээний өгүүллгийг хөгжүүлэн, их сургуулиудын дотор практик хэрэглээг түгээх юм.

Энэхүү ЭШӨ-ийн II бүлэгт архитектуруудийн талаар, III бүлэгт үр дүнгүүдийг зургаар, IV бүлэгт судалгааны ажлийн дүгнэлтийг тус тус бичсэн.

- OpenBTS гэж юу вэ?

OpenBTS гэдэг нь USRP (Universal Software Radio Peripheral) – ийг ашиглан GSM агаарын интерфэйс үүсгэдэг Unix-ийн нээлттэй-эх аппликейшн ба энэ нь Asterisk VoIP PBX – ийг

ашиглан GSM гар утсаар яриа хийх болон мессеж илгээж, хүлээж авч болох юм.

- Яагаад нээлттэй-эх GSM-ийг үүсгэсэн бэ?

GSM агаарын интерфэйс болон VoIP-г хослуулан хэрэглэх нь үндсэндээ үүрэн сүлжээний нэгэн шинэ төрөл бөгөөд мөн чанартаа бусад байдаг технологиудаас өртөгийн хувьд олон дахин хямд юм.

Эндээс үзхэд энэхүү өртөг бага үүрэн сүлжээ нь бусад үндсэн технологиудийн хувьд хүчтэй өрсөлдөж чадахуйц учираас энэ төрлийн хөгжүүлэлтийг тэдгээр хүмүүс хийхгүй юм. Гагцхүү энэ л энэхүү судалгааг хийх үндсэн өдөөлтийг өгдөг юм.

- Яагаад CDMA биш вэ?

Учир нь дэлхий дээрх компаниудын 80% нь GSM-ийг ашиглаж байгаа ба бараг бүх хүн GSM-ийг мэддэг юм. Мөн GSM нь аппликейшний түвшинд хэрэглэхэд хамгийн тохиромжтой ба CDMA-ийн хувьд түүнийг байгуулах нь бага зэрэг хүндрэлтэй бөгөөд бага хэмжээний хэрэглэгчдийн хувьд тохиромжгүй юм. CDMA нь багадаа 50 хэрэглэгчийн шугамтай байга хэрэгтэй бөгөөд хамгийн бага хэрэглэгчтэй байсан ч, мөн тэр хэрэглэгчид нь шугамыг ашиглаж байгаа үгүйгээс үл хамааран дамжуулах зурвасыг (bandwidth) бүрэн ашигладаг.

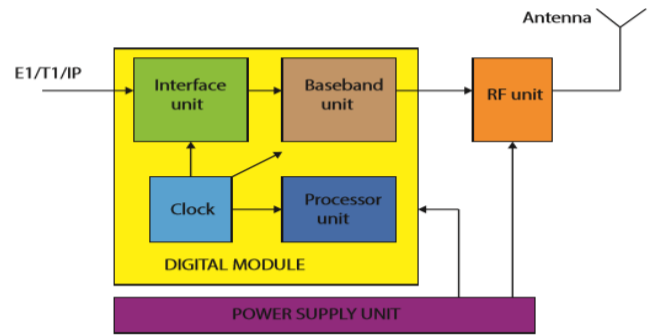
- Бусад WiFi аппликейшнуудаас юугаараа давуу вэ?

Бидний мэдэх маш олон яриа хийх болон мессеж бичдэг үнэгүй аппликейшнууд байдаг. Энэ аппликейшнуудтай нэгэн адилаар OpenBTS маань хол зайд яриаг дамжуулхад интернет орчинг шаардана. Гэвч тэдгээр аппликейшнуудыг ашиглахын тулд бидэнд 3G дэмжих SMART утас хэрэгтэй болох бол OpenBTS-ийг бараг ямар ч гар утастай хүн хэрэглэх боломжтой юм. Мөн дуудлага хийх, мессеж илгээх зэрэг нь яг л энгийн операторуудийнхтай адилхан тул ямар ч хүнд ойлгохгүй, төвөгтэй гэх зэрэг асуудлууд үүсэхгүй юм.

## II. HARDWARE – ПРОГРАМ ХАНГАМЖИЙН АРХИТЕКТУР

- GSM

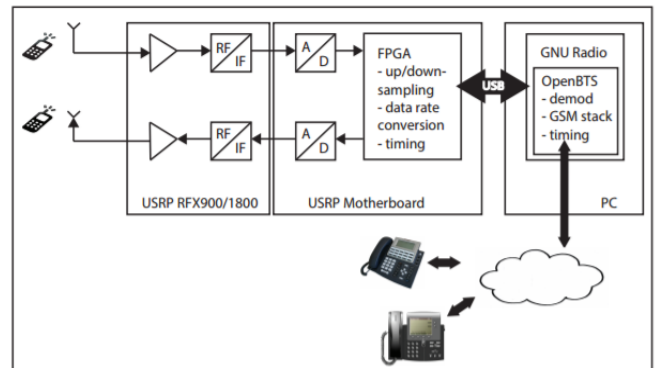
Бааз станц нь GSM, CDMA, Wireless local loop, Wi-Fi, WiMAX болон бусад WAN сүлжээний технологиудийг ашигладаг. Үүрэн холбооны технологи нь GSM болон CDMA ашигладаг. GSM Бааз станцийн ерөнхий архитектур нь дараах хэсгээс бүрдэнэ. Үүнд: Интерфэйсийн хэсэг, Үндсэн зурвасын хэсэг, Клок, Процессорын хэсэг, RF хэсэг, Антенн, E1/T1 шугам гэсэн ерөнхий бүтэцтэй байна. GSM Бааз станцын схем зургийг зураг (1)-т харуулав.



Зураг 1. GSM бааз станцийн бүтэц.

- OpenBTS

GSM-BTS хэрэгжүүлэлтэнд ашигласан төхөөрөмж нь хэд хэдэн туслах боард хостын боломж, ерөнхийдөө эх хавтан юм. Үүнийг хувийн компьютерт холбосноор Гигабит Ethernet холболт хийх ба мөн аль ч чиглэлд 50MHz радио давтамжийн зурвасын өргөнийг ашиглах боломжтой юм. Програм хангамж/hardware бүрэлдэхүүн системийн архитектурыг зураг 2-т харуулав.



Зураг 2. OpenBTS Hardware болон програм хангамжийн архитектур

- GNU Radio

GNU Radio бол нээлттэй програм хангамжийн нэг бөгөөд Software Defined Radio (SDR)-ийн программ хангамжийн хөгжүүлэлтийн багаас 2000 оноос хойш одоог хүртэл байнгын хөгжүүлж шинэ загварыг гаргаж ирж байгаа програм хангамж билээ. Энэхүү программын онцлог нь өндөр гүйцэтгэлтэй, холимог програмчлалын хэлтэй, тогтсон блокуудтай, дахин шинэчлэгддэг, хэрэглэгчийн график интерфэйстэй GUI, маш олон модулуудыг өөр дээрээ агуулж байдаг. GNU Radio нь дохио боловсруулах олон тооны блокуудаас бүрдэнэ. Дохио боловсруулах блокууд нь C++ хэл дээр бичигдсэн байдаг. Тус бүр блокууд нь өөр өөр онцлог шинжүүдтэй блок тус бүрийг хэрхэн ашиглах талаар заавар зөвлөгөөг блок дээр хоёр дараад оронгуут тайлбарласан байдаг. Ерөнхийдөө бүх блокуудын параметрууд нь XML файлд бичигдсэн байдаг ба тухайн блокийн параметруудын авах утга нь хэрэглэгчийн тодорхойлж өгсөн утгууд байна. График интерфэйс нь Python хэл дээр ажилладаг. Simplified Wrapper and Interface Generator (SWIG) нь C++ болон Python хоёрын дундах

интерфейс бөгөөд энэ нь дээрх хоёрын хооронд хөрвүүлэлт хийдэг ба дохио боловсруулагч блокуудаас гарах мэдээллийг графикаар гаргана. Блок бүр нь гүйцэтгэлийн функц, оролт гаралтын дугаар, дотоод хувьсагчийн тохируулга болон дохионы төрлөөр тодорхойлогдоно. Дохио боловсруулах блокууд нь дохиог дамжуулах үйлдлийг гүйцэтгэнэ



Зураг 3. GNU Radio-ийн архитектуру

### III. ҮР ДҮН

```

-- Detected Device: B210
-- Loading FPGA Image: /usr/share/uhd/images/usrp_b210_fpga.bin... done
-- Operating over USB 3
-- Detecting internal GPSDO... No GPSDO found
-- Initialize CODEC control...
-- Initialize Radio control...
-- Performing register loopback test... pass
-- Performing CODEC loopback test... pass
-- Performing timer loopback test... pass
-- Asking for clock rate 16.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 16.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Setting master clock rate selection to 'automatic'.
-- Asking for clock rate 32.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 32.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Asking for clock rate 76.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 76.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Asking for clock rate 26.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 26.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass

```

Зураг 4. OpenBTS-ийн бүрэлдхүүн аппликейшнууд ажиллаж байгаа байдал

```

kevin@kevin-OptiPlex-7020: ~/dev/subscriberRegistry/apps
kevin@kevin-OptiPlex-7020:~$ cd dev/subscriberRegistry/apps/
kevin@kevin-OptiPlex-7020:~/dev/subscriberRegistry/apps$ sudo ./sipauthserve
[sudo] password for kevin:
ALERT 2882:2882 2017-04-23T02:30:59.3 sipauthserve.cpp:328:main: ./sipauthserve
(re)starting

```

Зураг 5. SIPauthserve /Бүртгэл баталгаажуулсан мессеж явуулах хэсэг

```

kevin@kevin-OptiPlex-7020: ~/dev/openbts/Tranceiver52M
-- Detected Device: B210
-- Loading FPGA image: /usr/share/uhd/images/usrp_b210_fpga.bin... done
-- Operating over USB 3
-- Detecting internal GPSDO.... No GPSDO found
-- Initialize CODEC control...
-- Initialize Radio control...
-- Performing register loopback test... pass
-- Performing register loopback test... pass
-- Performing CODEC loopback test... pass
-- Performing CODEC loopback test... pass
-- Asking for clock rate 16.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 16.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Performing timer loopback test... pass
-- Setting master clock rate selection to 'automatic'.
-- Asking for clock rate 32.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 32.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Performing timer loopback test... pass
-- Asking for clock rate 26.000000 MHz...
-- Actually got clock rate 26.000000 MHz...
-- Performing timer loopback test... pass
-- Performing timer loopback test... pass

```

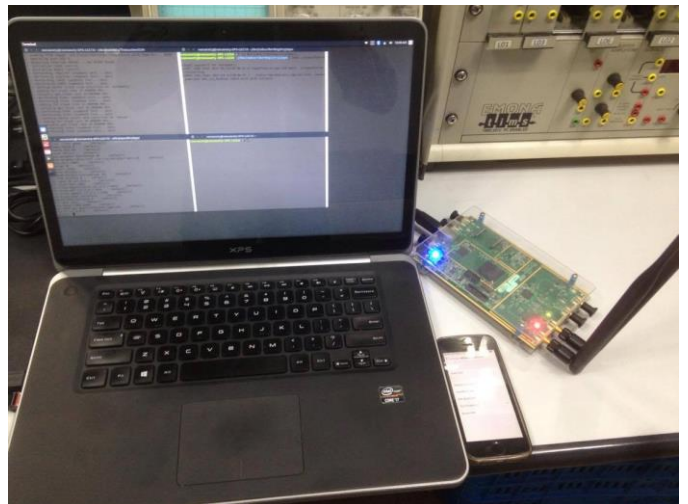
Зураг 6. Tranceiver /Дамжуулагч болон хүлээн авагч/

```

Asterisk Console on 'kevin-OptiPlex-7020' (pid 3313)
: No mappings found in cel_custom.conf. Not logging CEL to custom CSVs.
.....[Apr 23 02:31:22] WARNING[3313]:
: Unknown keyword in profile 'default': enable_callee_prompt a
t line 62 of followme.conf
.....[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: Starting AEL
load process.
[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: AEL load process:
parsed config file name '/etc/asterisk/extensions.ael'.
[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: AEL load process:
checked config file name '/etc/asterisk/extensions.ael'.
[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: AEL load process:
compiled config file name '/etc/asterisk/extensions.ael'.
[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: AEL load process:
merged config file name '/etc/asterisk/extensions.ael'.
[Apr 23 02:31:22] NOTICE[3313]:
: AEL load process:
verified config file name '/etc/asterisk/extensions.ael'.
.....[Apr 23 02:31:22] WARNING[3313]:
: Section 'general' was found, but there was no SQL to execute. Igno
ring.
[Apr 23 02:31:22] ERROR[3313]:
: Invalid parameters
for category general
.....
*CLI>

```

Зураг 7. Астериск



Зураг 8. Бааз станцын харагдах байдал



Зураг 9. Гар утас сүлжээнд холбогдсон ба сүлжээ нь тухайн холболтонд IMSI дугаарыг илгээсэн байдал



Зураг 10. Мессеж илгээсэн байдал

## ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар USRP B210 хавтан дээр GSM Бааз станцын хэрэгжүүлэлтийг хийлээ. Үүний гол давуу тал нь бэлэн програмчилдаг платформыг ашиглан хэрэгжүүлдэг. Энэхүү ажлыг цаашид баяжуулан төсөл болгон хэрэгжүүлэх бүрэн боломжтой. GSM Бааз станцыг их сургуулийн хүрээнд хүрээнд нэвтрүүлэх боломжтой бөгөөд бусад олон төслийг нээх гол алхам болж өгнө. GSM Бааз станцын програм хангамж, тоног төхөөрөмжийг ашиглан хэрэгжүүлэх бөгөөд зардлын хувьд маш хямд өртөгтэй байдаг нь давуу тал юм.

## НОМ ЗҮЙ

- [1] E. Natalizio, N. Paoli, "The practical experience of implementing a GSM BTS through Open Software/Hardware," University of Calabria, Italy, April 2010.
- [2] GNU Radio. <http://gnuradio.org> – Accessed on July. 2,2013.
- [3] Ettus Research LLC. <http://www.ettus.com> –Accessed on July. 4, 2013.

- [4] OpenBTS project oficial site. <http://openbts.sourceforge.net> – Accessed on July. 4, 2013
- [5] F. Akyildiz, W. Lee, M. Vuran, S.Mohanty, "Next generation/dynamic spectrum access/cognitive radio wireless networks: A survey," Broadband and Wireless Networking, School of Electrical and Computer Engineering GA, Georgia Institute of Technology, May. 17, 2006.
- [6] R. Rose, C. Meier, S. Zorn, A. Goetz, R. Weigel, "A GSM-Network for Mobile Phone Localization in Disaster Scenarios," Institute for Electronics Engineering, FriedrichAlexander-University of Erlangen- Nuremberg, March. 14-16, 2011.
- [7] L. Shenghui, L. Bao, "Implementing a Base Station Using the SDR Platform for Coexistence of Heterogeneous Wireless Systems,"CA, University of California.
- [8] A.Anand, V. Pejovic, E. M. Belding and D. L. Johnson, "VillageCell: Cost Effective Cellular Connectivity in Rural Areas", To appear in ICTD'12, Atlanta, Georgia, March 2012.
- [9] A. Dhananjay, M. Tierney, J. Li and L. Subramanian, "WIRE: a new rural connectivity paradigm," Proceedings of the ACM SIGCOMM 2011, pp. 462-463.
- [10] X. Ma, Q. Huang, S.Yang, "Design and Implementation of Instantly Deployable Localization Systems in Remote Areas,"Insitute of Public Safety Research, Tsinghua University, China, April. 12, 20