

USRP ашигласан телевизийн реклам танигч

Э.Лхамдэлгэр, Б.Золбоо, М.Баярпүрэв

МУИС, Хэрэглээний Шинжлэх Ухаан, Инженерчлэлийн Сургууль
Электроник, Холбооны Инженерчлэлийн Тэнхим
Цахим шуудан: lkhamanini@gmail.com

Хураангуй—Телевизийн нэвтрүүлгээс реклам танигч систем нь дуу эсвэл дүрсийг ашиглаж болно. Дүрсний мэдээлэл нь зурвасын өргөн ихтэй тул дүрс ашигласан танигчийн тооцооллын ээдрээ нь ихэснэ. Харин дуу ашигласан реклам танигч нь тооцооллын хувьд хялбар болно. Телевизийн өргөн нэвтрүүлгийн дууны дохиог *FM(Frequency Modulation)* модуляци ашиглан дамжуулдаг. Тиймээс энгийн *FM* хүлээн авагчийг *GNU Radio* дээр хэрэгжүүлж гаралтын дууны дохионоос рекламг танина. Миний боловсруулсан алгоритм нь таних гэж буй рекламанд тохирсон *matched filter* бэлдэж, түүний гаралт дээр боловсруулалт хийнэ. Телевизийн нэвтрүүлгийн явцад уг реклам гарах үед шүүлтүүрийн гаралтанд *peak* утга ажиглагддаг. Энэ *peak* утгыг бусад шуугианаас зөв ялгаж танихын тулд тодорхой босго утга оруулж ирсэн. Гэвч хүлээн авч байгаа дохионы чадал хувьсан өөрчлөгдөх тул энэхүү босго утгыг адаптив өөрчлөх алгоритм боловсруулсан. Бидний санал болгож буй танигчийг *software-defined-radio-н USRP B210* хардвар платформ дээр *GNU Radio Companion* орчинд хэрэгжүүлсэн. Танигчийн ажиллагааны үр дүнг харуулахдаа бодит телевизийн нэвтрүүлгээс реклам танисан хугацааг текст файлд бичдэг байхаар хийсэн.

Түлхүүр үгс—дуу танилт, FM, USRP, *software-defined-radio*, GNURadio.

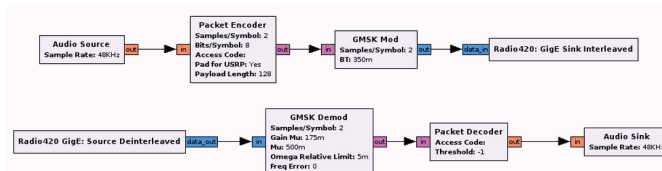
I. УДИРТГАЛ

Өнөө үед үйлчилгээ эрхлэгч байгууллага, компаниуд өөрсдийн реклам сурталчилгаагаа телевизээр дамжуулан олон нийтэд их хүргэдэг болсон. Энэ нь эргээд тухайн сурталчилгааг өөрсдийн хүссэн хэмжээгээр нэвтрүүлж байгаа эсэх дээр хяналт тавих шаардлага гардаг. Ийм үүргийг хүнээр хийлгэвэл байнгын дэлгэцийн өмнө сууж хяналт тавих шаардлагатай болох бөгөөд энэ нь төвөгтэй мөн үнэ өртөг их зарцуулах болно. Тиймээс энэ ажлыг програм хангамж ашиглан шийдвэрлэх нь миний уг ажлыг эхлүүлэх үндэс болсон. Энэхүү системийг хийж гүйцэтгэхдээ өргөн нэвтрүүлгийн телевизийн аналог дохиог *USRP B210* төхөөрөмжийн тусламжтай хүлээн авч түүнийгээ *GNU Radio Companion* програм ашиглан боловсруулалтаа хийж үр дүнг гаргана.

II. АШИГЛАСАН ПРОГРАМ ХАНГАМЖ ВОЛОН ТЕХНИК ХАНГАМЖ

A. GNU Radio Companion

GNU Radio Companion (GRC) нь блок схемээр хийсэн системийн эх кодыг үүсгэж өгдөг график интерфэйстэй програм юм. Энгийнээр хэлэхэд МАТЛАБ-н Симулинк, *National Instrument-н LabVIEW* програмтай төстэй нээлттэй эхийн програм хангамж юм. Үүний блок нэг бүрийн эх код нь C++ хэл дээр бичигдсэн байдаг. *GNU Radio Companion* нь график интерфэйсийн хамтаар XML файлыг үүсгэдэг бөгөөд энэ нь цаанаа блокуудыг байршил болон холболтын талаарх мэдээллийг агуулж байдаг. Програмын харагдах байдлыг Зураг (1)-д харуулав.



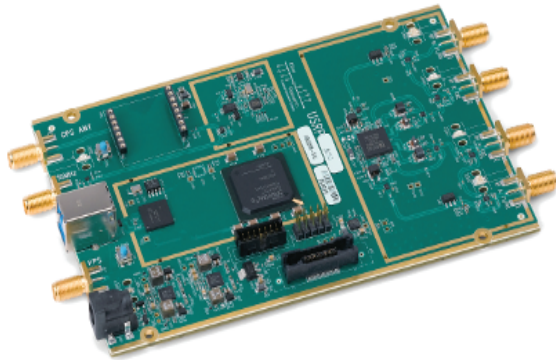
Зураг 1. GNU Radio Companion програмын харагдах байдал

Generate товч дээр даргах үед *GRC* нь холбогдох *python* хэл дээр бичигдсэн файлын прожектийг үүсгэж өгдөг. Блокуудыг хооронд нь холбохдоо ижил өгөдлийн төрөлтэй портуудыг холбох хэрэгтэй бөгөөд өгөгдлийн төрлөөс хамааран портуудыг өөр өөр өнгөөр ялгасан байдаг. *GNU Radio Companion*-н гол давуу тал нь *open source* програм учир өөрийн хүссэн блокуудыг үүсгэж ашиглаж болдог явдал юм. Гэхдээ энд бас дутагдалтай тал байгаа нь хүмүүсийн хийсэн блокуудын талаарх тайлбар байхгүй байж болох тул уг блокын үнэн зөв ажиллах эсэх дээр ямар ч баталгаа байхгүй юм.

B. USRP B210

USRP B210 төхөөрөмжийн радио давтамж (*RF*)-н хамрах хүрээ нь 70MHz-6GHz. *USRP Hardware Driver*-г бүрэн дэмжиж ажилладаг ба *GNU Radio*, *OpenBTS* зэргийг ашиглан *FM*, *TV* дамжуулал, үүрэн холбоо, GPS, WiFi, ISM зэрэг системийн загварыг хийж гүйцэтгэх боломжтой. Уг төхөөрөмжийн системийн бүтэц

нь аналог AD9361, шууд хөрвүүлэлт хийх дамжуулагч, хүлээн авагчын чип болон бодит хугацаанд 56MHz зурвас хүртэл цацах чадвартай RF зурвасын өргөн зэргээс бүрдэнэ. Дохио боловсруулалт нь *Spartan6 XC6SLX150 FPGA* хавтан дээр хийгддэг бөгөөд *SuperSpeed USB 3.0*-р компьютертэй холбогдож ажиллана. Төхөөрөмжийн харагдах байдлыг Зураг (2)-д харуулав.



Зураг 2. USRP B210

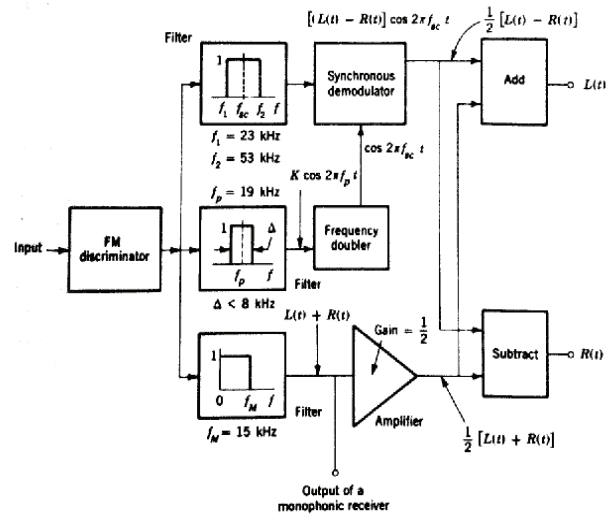
III. FM ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭЛТИЙН ХҮЛЭЭН АВАГЧ

Monophonic дамжуулал нь нэг микрофоны үндсэн зурвас дахь дохиог дамжуулдаг. Харин *stereophonic* дамжуулалд 2 микрофон (эсвэл 2 бүлэг микрофон) ашигладаг. Хоёр үндсэн зурвасын дууны дохиог дамжуулсан бол хүлээн авагч дээр хоёр *individual* өгсөгч ашиглана. Дамжуулах станц нь 2 микрофоны дууг хоорондоо тодорхой зайтайгаар дамжуулах бөгөөд хүлээн авагчын өгсөгч мөн адил тус тусдаа ажиллана. Ийм дамжууллын давуу тал нь хүлээн авагч илүү "бодит" дууг хүлээн авч сонсох юм. Хүлээн авагч өөрөө студид байгаатай ижил чанартай дууг хүлээн авч сонсох бөгөөд хүлээн авагчын 2 чих нь 2 өөр авиаг сонсож болох юм. Синусойдоор модуляцалж байгаа бөгөөд зөөгч давтамж нь f_m , дамтамжын хазайлт (*deviation*) Δf бол шаардлагатай зурвасын өргөн нь $B = 2(\Delta f_m + f_m)$ байна. Хэрэв бид дууны хамгийн их давтамжийг $f_m = 20kHz$ гээд тухайн давтамж дээрх зурвасын чадлыг өгсөн гэвэл $B = 2(75 + 20) = 190kHz$ гэж олж болно [1].

Нэвтрүүлэх дохио: Дамжууллын студи нь 2 эсвэл 2 групп микрофоныг ашиглан зурагт харуулсан шиг *left-hand* дууны дохио $L(t)$, *right-hand* дууны дохио $R(t)$ гэж хувааж үүсгэдэг. Эдгээр дохио нь нэмэгдэж болон хасагдаж үүсгэгддэг. $L(t) + R(t), L(t) - R(t)$.

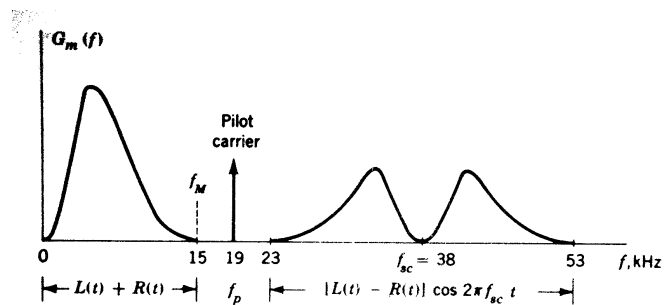
Уг хүлээн авагчын гаралтын дохио дараах байдлаар тодорхойлогдоно Зураг (3).

$$M(t) = [L(t) + R(t) + [L(t) - R(t)]\cos 2\pi f_{sc}t + K\cos 2\pi f_p t] \quad (1)$$



Зураг 3. Stereo өргөн нэвтрүүлгийн Хүлээн авагч [1]

Энд K нь тогтмол тоо бөгөөд *pilot carrier*-г нийлмэл дохионы бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд харьцуулсан харьцаагаар тодорхойлогдоно. Нийлмэл дохио $M(t)$ -ийн чадлын спектрийг Зураг (4)-г харуулав. Нийлмэл дохио нь давтамжийн хүрээний $0 - 15kHz$ -г эзэлдэг. *Balanced* модуляторын гаралт нь *DSB-SC* дохио $[L(t) - R(t)]\cos 2\pi f_{sc}t$ бөгөөд *lower sideband* нь $23-38kHz$ ($23=38-15$), *upper sideband* нь $28-53kHz$ ($53=38+15$) байх бөгөөд *subcarrier* нь $38kHz$ дээр байна. Зураг (4)-д *pilot carrier*-г $19kHz$

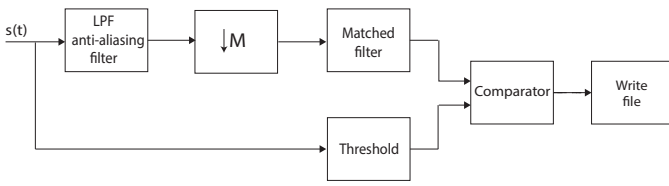


Зураг 4. Stereo үндсэн давтамжийн дохио[1]

дээр байгааг харуулсан байна. Энэ зөөгч давтамжаар давтамжийн модуляц хийгдсэн нийлмэл дохио $M(t)$ нь антенаар дамжуулагддаг.

IV. РЕКЛАМ ТАНИХ АЛГОРИТМ

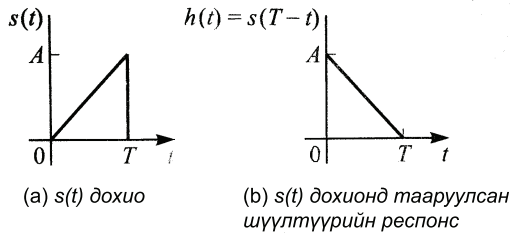
Системийн ажиллах хурдыг ихэсгэхийн тулд оролтын дохиог *downsample* хийсэн. *Downsample* хийхийн өмнө *anti-aliasing* шүүлтүүрээр оруулж спектрийг нарийсгасан. Ингээд респонсыг урьдчилан бэлдсэн *matched* шүүлтүүрээр оруулж гаралтыг босго утгатай харьцуулан реклам гарсан тохиолдолд хугацааг текст файлд бичдэг байна.



Зураг 5. Реклам таних алгоритмын блок диаграм

A. Matched filter

Шүүлтүүрийн *impulse response* нь $h(t) = s(T - t)$ бөгөөд $s(t)$ нь $0 \leq t \leq T$ хугацааны интервалаар хязгаарлагдсан бол *matched filter* гэж нэрлэдэг. *Matched filter*-ийн дохио болон импульсийн респонсыг Зураг (6)-д харуулав. $h(t) = s(T - t)$ *impulse response*-той $s(t)$

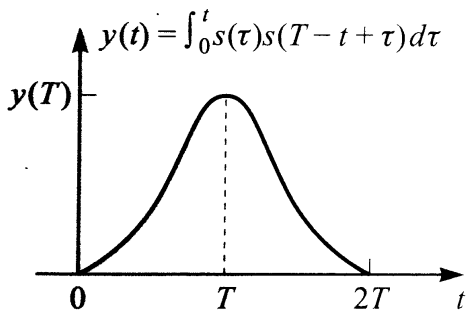


Зураг 6. $s(t)$ дохио болон matched filter-ийн респонс[1]

дохионы хувьд гаралт нь

$$y(t) = \int_0^t s(\tau)s(T - t + \tau) d\tau \quad (2)$$

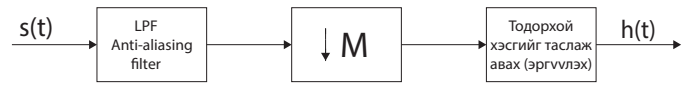
Энэ нь үндсэндээ $s(t)$ дохионы хувьд *time-autocorrelation* хийж байгаатай ижил юм. Зураг



Зураг 7. $s(t)$ дохио болон matched filter-ийн гаралт[1]

(6)-д харуулсан гурвалжин пульсийн хувьд гаралтын $y(t)$ дохиог Зураг (7)-д харуулав. t хугацаан дахь $y(t)$ автокоррелиацийн функц нь $t = T$ болох үед (*peak*) буюу хамгийн их утгаа авдаг. Тиймээс гаралтын дохиог $t = T$ хугацаагаар түүвэрлэдэг [2]. Алгоритмд хэрэглэгдэх

matched filter-н респонсыг бэлдэх системийн бүтцийг Зураг (8)-д харуулав.



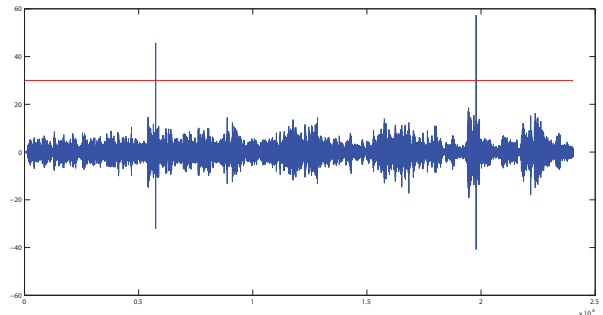
Зураг 8. Шүүлтүүрийн респонс бэлдэх

Реклам таних алгоритм маань оролтын дохиог *downsample* хийж ажиллаж байгаа учир таних рекламны хэсгээс респонс бэлдэхдээ мөн адил *anti-aliasing filter*-р оруулж *downsample* хийсэн байна. Рекламныхаа чадлын өөрчлөлт ихтэй байгаа хэсгээс тасалж аваад хугацааны хувьд эргүүлж шүүлтүүрийн респонсыг бэлдсэн. Ингэснээр шүүлтүүрээр уг хэсэг бүтнээрээ орж ирэх үед гаралтадаа *peak* утга гаргадаг. Энэ утгыг ашиглан рекламаа таньж болно.

V. Үр дүн

Зураг (9)-д харуулснаар *Matched filter*-ийн гаралтаас босго утгыг тодорхойлохдоо реклам байгаа хэсэг дэх *peak* утгуудын хамгийн бага утга болон бусад хэсгийн дохионы хамгын их утга 2-н дунджаар байна гэж тогтоосон.

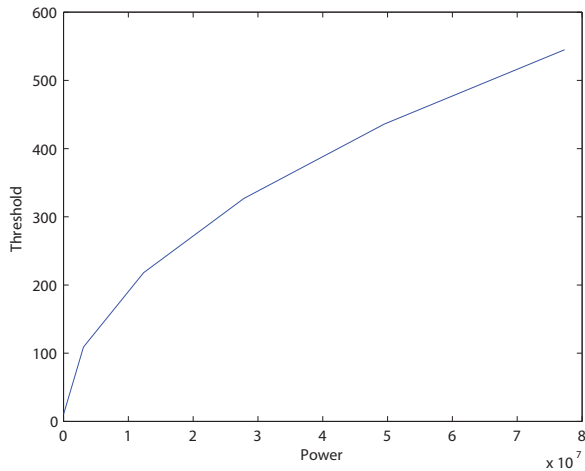
Оролтын дохиог тогтмол тоонуудаар үржүүлэн уг босгын утга оролтын дохионы чадлаас хэрхэн хамаарч байгааг судласан бөгөөд үр дүнг Зураг (10)-т харуулав.



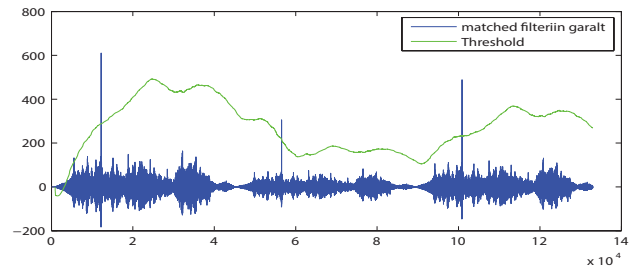
Зураг 9. Matched шүүлтүүрийн гаралт болон зохих босго утга

Уг муруйг $\alpha \log_{10}(P)P^\beta$ (P -чадал) функцээр ойролцоолсон ба энэ нь шүүлтүүрийн респонсын уртаас хамаарч α, β -н утга мөн өөрчлөгдөж байсан. Тиймээс респонсын уртыг *min, max* байх үеийн чадал, босго утгын хамаарлыг олсон. Зураг (11)-д харуулав. Уг хамаарал дахь функцийг ойролцоолон эндээс тухайн α болон β -н утгын хооронд гүйлгэн шүүлтүүр бэлдсэн респонсдоо тохирох α, β -н утгуудыг олсон.

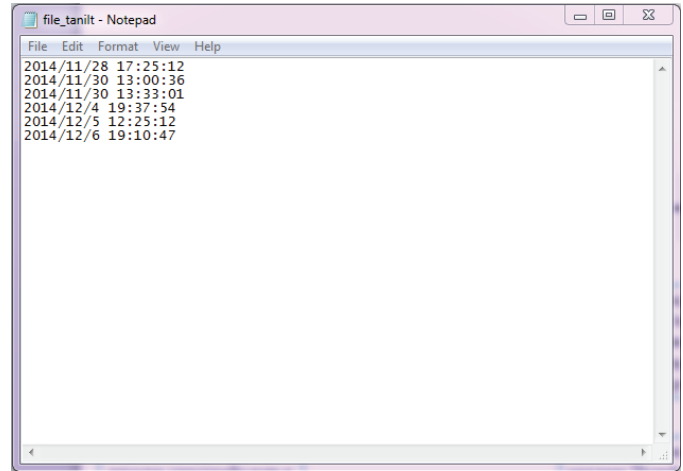
Уг α, β -г ашиглан босго утгыг тодорхой цонхоор гүйлгэн олдог байхаар хийж гүйцэтгэсэн. Хүлээн авсан дохионы чадал өөрчлөгдөж байхад түүнийгээ даган босго утгыг зөв бодож олж байгаа үр дүнг Зураг (12)-т харуулав.



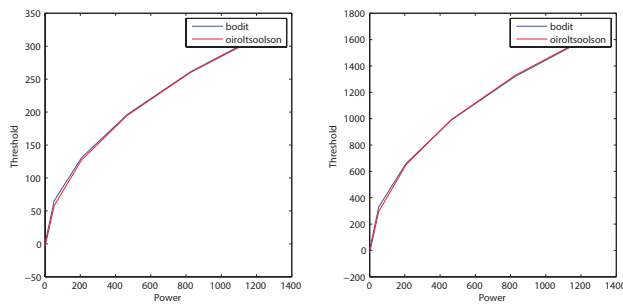
Зураг 10. Чадлаас хамаарсан босго утгын өөрчлөлт



Зураг 12. Matched filter-ийн гаралт болон босго утга



Зураг 13. Реклам таньж, гарсан хугацааг файлд бичсэн байдал



Зураг 11. Цонхны өргөний min max утгаас хамаарсан босго утга

Ингээд хэрэгжүүлсэн системээ ажиллуулан реклам таньж, текст файлд реклам илэрсэн хугацааг бичсэн үр дүнг Зураг (13)-т харуулав.

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажлаар телевизийн дуун дотроос тодорхой реклам явж байгаа эсэхийг таних алгоритм боловсруулж гүйцэтгэсэн. Үүнийг хийхийн тулд телевизийн дууны дохиог тодорхой рекламны дууны дохиотой ижилхэн байгааг таних шаардлага тулгарсан ба үүнийгээ *matched* шүүлтүүр ашиглан хийсэн. Телевизийн дууны дохиог *FM* демодуляц хийх хэлхээг хийж дараагаар нь дууны дохионы түүвэрлэлтийн хурдыг багасгахын тулд *anti-aliasing* шүүлтүүрээр оруулж *downsample* хийсэн. Ингэснээр энэ системийн тооцоолох хурдыг *downsample* хийсэн тоо дахин багасгах бөгөөд шүүлтүүрийн респонсийн урт нь ч мөн адил багасна. Энэхүү судалгааны ажлыг хийснээр нэвтрүүлгээр тухайн нэг рекламыг хэдэн удаа, хэзээ нэвтрүүлснийг хүний оролцоогүй тогтоож текст файлд хадгалах боломжтой болсон бөгөөд цаашид телевизүүдийг хөтөлбөрийн дагуу болон цаг хугацаандаа нэвртүүлгүүдээ

цацаж байгаа эсэхэд хяналт тавих систем болгон хөгжүүлэх боломжтой.

НОМ ЗҮЙ

- [1] Taub Schilling "Principles of Communication Systems", Second Edition, 1996
- [2] John G.Proakis "Digital Communications", Fourth Edition, 2000
- [3] J.Das "Review Of Digital Communications", 2003
- [4] Zhang.J "A novel voice recognition model based on HMM and fuzzy PPM", 2010
- [5] Mao-Lin Chen "The design of voice recognition controller via grey relational analysis", 2011