

SHIMMER™ утасгүй мэдрэгч платформ ашигласан өдөр тутмын эрүүл мэндийн төхөөрөмжийн дохионы боловсруулалт

Т.Амартүвшин*, Д.Эрдэнэчимэг**, Н.Чулуунбаатар***, Т.Энхбаатар****, Д.Энхзул*****
Монгол Улсын Шинжлэх Ухаан Технологийн Их Сургууль, Мэдээлэл Холбооны Технологийн Сургуулийн
Электроникийн салбар* ** ***
*amartuvshin@sict.edu.mn, **chimeg@must.edu.mn, ***n_chuka@must.edu.mn, ****enkhbaatar79@gmail.com,
*****enkhzul@sict.edu.mn

Хураангуй—Хүний өдөр тутмын идэвхтэй хөдөлгөөнийг тандахад гар утас болон дэвшилтэт технологийг ашиглах явдал эрүүл мэндийн салбарт түгээмэл юм болоод байна. Гол асуудал нь хүний биеийн хөдөлгөөнийг электрокардиограмм (ECG)-ын дохиотой холбон үзэх нь төвөгтэй байдаг. Бид энэ асуудлыг утасгүй платформ болох SHIMMER™-ийг ашиглан ECG-ийн мэдээллийг хүний биеийн идэвхтэй хөдөлгөөнтэй холбон шийдвэрлэлээ. Бид 3D акселерометр болон цахилгаан бичлэгийн мэдрэгчийг ашиглан хүний зүрхний хэмнэлийн мэдээллийг компьютер луу утасгүй технологиор дамжуулан хянах, хаана ч ашиглаж болох системийг хөгжүүлж байна. Энэхүү систем нь зүрхний хэмнэл алдагдсан тохиолдолд зүрхний шигдээс болох аюулаас урьдчилан сэргийлэх зорилгоор автоматаар анхааруулга дохио өгөх үүрэгтэй. Хүн ямар төрлийн идэвхтэй хөдөлгөөн хийсэн үед зүрхний хэмнэл алдагдаж байгааг мэдэхийн тулд биенд нь наасан мэдрэгчүүд болон акселерометрийн өгөгдлүүдийг цуглуулсан. Бидний системийг хэрэглэж буй хүн хэвийн өдөр тутмын хэмнэлээ өөрчлөх шаардлагагүй бөгөөд хэрэв зүрхний хэмнэл алдагдаж байгааг систем мэдээлсэн тохиолдолд мэргэжлийн эмчид хандан төхөөрөмжийн цуглуулсан мэдээллээр өвчний шалтгааныг тогтоолгох, оношлуулах боломжтой юм.

Түлхүүр үгс — 3D акселерометр, ECG holter, мэдрэгчийн өгөгдөл, давтамжийн муж

I. УДИРТГАЛ

Эрүүл мэндийн системд, тэр дундаа хүний өдөр тутмын эрүүл мэндийн байдлыг хянахад хэрэглэхэд хялбар, ухаалаг, хөдөлгөөнт, шинэ техник технологийг нэвтрүүлж байгаагийн нэг жишээ нь мэдрэгчүүдийн сүлжээ бүхий SHIMMER™ платформ юм [1].

ECG мэдрэгчтэй holter-ийг ашиглан урт хугацааны туршид зүрхний бичлэг хийх боломж бүрддэг ч эмчийн хяналтан дор төхөөрөмжийг зүүснээс хойш 24 цагийн дараа эмнэлэгтээ эргэн ирж үзлэг хийлгэх шаардлагатай байдаг. Төхөөрөмж нь гүйлтийн зам дээр алхах, дугуйгаар явах зэрэг бүхий л идэвхтэй хөдөлгөөний үед хэмжилт хийн, өгөгдлүүдийг цуглуулдаг хэдий ч хүний өдөр тутмын хэвийн үйл ажиллагаа нэгэн хэмийн биш, төлөвлөгдөөгүй байдаг. Holter зүүсэн хүний зүрхний хэмийг бие махбодийн үйл явц (хөдөлгөөн)-тай холбохын тулд нэгэн зэрэг бичигдсэн ECG болон акселерометрийн өгөгдлийг судлан, тэдгээр өгөгдлийн уялдаа холбоог тогтоох

хэрэгтэй. Ийнхүү уялдаа холбоог зөв тогтоосноор хүн ямар хөдөлгөөн хийхэд зүрхний хэмнэл нь хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг үнэн зөв мэдэж авах боломжтой болох бөгөөд энэ нь эмч өвчтөнийхөө оношийг тогтоох, эмчилгээ хийхэд чухал үүрэг гүйцэтгэх юм. Төхөөрөмжийн бичлэгээр:

- өндөр настай хүний хөдөлгөөний хэмнэл ямар байгааг
- алхах, шатаар өгсөх, уруудах үед зүрхний хэмнэл хэр өөрчлөгдөж байгааг
- зүрхний нөхөн сэргээх мэс засалд орсон өвчтөний эмчилгээний дараагийн үйл явц хэр байгааг
- хүн амын дунд өргөн тохиолддог титэм судасны болон захын судасны өвчлөлийн үед хяналт тавих, магадгүй эрсдэл гарсан үед үхлийн шалтгаан юу болохыг
- өсөн нэмэгдэж байгаа мэдрэлийн Паркинсны өвчний шинж тэмдэг хэр хурдацтай явагдаж байгааг

хянах, тогтоох боломжтой [2].

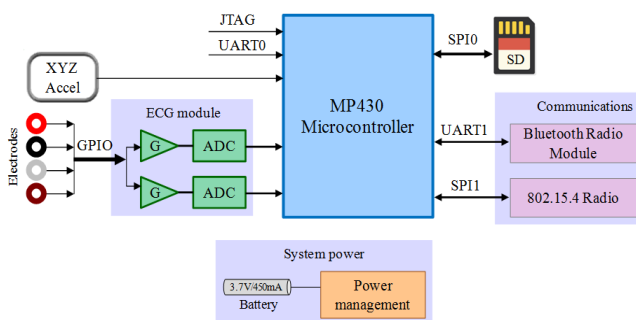
Бидний ажлын гол зорилго нь ECG-ний бодит хугацааны өгөгдлийг идэвхтэй физик хөдөлгөөнтэй холбон утасгүй технологи ашиглан хэрэглэгчид мэдээлэх, хянах зориулалттай хэрэглэхэд хялбар төхөөрөмж бүтээх болон төхөөрөмжийн өгөгдлийн санг эмчид ойлгомжтой хэлбэрээр харуулах хэрэглээний програм зохиоход чиглэсэн. Бид өдөр тутмын эрүүл мэндийн хяналт тавих утасгүй төхөөрөмжийн туршилтанд утасгүй мэдрэгч SHIMMER 2A платформыг ашиглав. SHIMMER платформын олон улсын хэмжээнд хүлээн зөвшөөрөгдсөн үнэ цэнэ дээр суурилж эрүүл мэндийн болон инженерийн судалгааны ажлуудыг хослуулсан, платформын хэрэглээг хөгжүүлсэн өөрсдийн төхөөрөмжийг бүтээх, цаашид нийгэмд хүлээн зөвшөөрөгдсөн стандарт, технологи бий болгох зорилго тавьж байна.

II. SHIMMER 2 ПЛАТФОРМ

SHIMMER2 платформ нь мэдрэгчүүдээс дохио хүлээн авч өсгөх өсгүүрүүд, мэдрэгчүүдийн мэдээлэл дээр боловсруулалт хийх удирдлагын микроконтроллер, өгөгдөл хадгалах санах ойн хэсэг болон нэмэлтээр хавтан суурилуулах боломжийг бүрдүүлсэн холболтын суурь агуулсан үндсэн

хавтантай. SHIMMER платформын үндсэн хавтангийн доторх блокуудын холбоосыг Зураг 1-д үзүүлэв.

Үндсэн хавтангийн гол элемент болох Texas Instrument-ийн MSP430 микроконтроллер нь утасгүй мэдрэгч бүхий сүлжээнд өргөн ашиглагддаг удирдлагын интеграл схем юм. Эрүүл мэндийн салбарт хэрэглэж буй электрон системүүд, тухайлбал хүний биенд зүүдэг био мэдрэгч бүхий төхөөрөмжүүд нь маш их мэдээлэлтэй ажилладаг. MSP430 микроконтроллер нь био мэдрэгч ECG-ын өгөгдлийг хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг агуулсан мэдээллийг Bluetooth ашиглан дамжуулна. LabVIEW програм хангамж дээр суурилсан интерфэйс нь өдөр тутмын хүний хөдөлгөөний хэм шинжийг 3 хэмжээст акселерометр MMA7260Q-ийн өгөгдлийн тусламжтайгаар тодорхойлж, зүрхний хэмнэлийн өгөгдөлтэй хамт бүртгэн харуулах боломжтой [3].



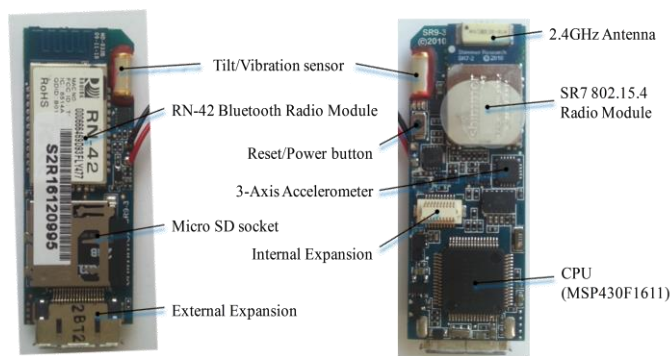
Зураг. 1. SHIMMER платформын үндсэн хавтангийн блок схем.

Акселерометр нь хүний хөдөлгөөний агшин зуурын хурдатгалыг хэмжсэнээр тухайн хүн юу хийж байгааг тодорхойлох боломж олгодог бол ECG био мэдрэгч нь зүрхний ажиллагааны бичлэг хийх боломжийг бүрдүүлдэг. Зүрхний хэмнэлийг тодорхойлох гэдэг нь ерөнхийдөө электрокардиограммаас хүлээн авсан дохионы RR интервал гэж нэрлэгдэх зүрхний мөчлөг хоорондох хугацааны давтамжтайгаар хэмжилт хийхийг хэлнэ. Зүрхний цохилт буюу хэмнэлийг бие махбодийн үйл ажиллагаатай уялдуулан холбохын тулд бид нэгэн зэрэг ECG болон акселерометрийн өгөгдлийг бичих, боловсруулах шаардлагатай болсон.

SHIMMER2 платформуыг ашиглан дээрх хоёр хэмжилтийг шууд, зэрэг хийх боломжтойгоос гадна микро SD карт дээр хадгалсан хэмжилтийн өгөгдлөө гадны төхөөрөмж рүү оруулан нэмэлт боловсруулалт хийнэ. Мөн үндсэн хавтан дээрх холболтын суурь дээр нэмэлт мэдрэгч бүхий хавтангуудыг суурилуулах боломжтой тул TinyOS үйлдлийн систем дээр суурилсан хөгжүүлэлт хийж болно.

A. SHIMMER платформын боломж

SHIMMER платформ нь үндсэн хавтан дээр байрлах 3 хэмжээст акселерометрийн мэдээллийг ашиглан нэмэлтээр суурилуулсан хавтан дээр кинематик, физиологи болон хүрээлэн буй орчны мэдээллийг цуглуулах боломжтой.



Зураг. 2. SHIMMER 2A платформын үндсэн хавтан.

Зураг 2-т SHIMMER2A платформын үндсэн хавтанг хоёр талаас нь харуулсан бөгөөд эндээс хавтан дээр ямар ямар элементүүд байрласныг харж болно.

Хүний биенд наасан дөрвөн био RA, RL, LA, LL гэсэн ECG мэдрэгчээс ирэх маш бага чадалтай дохиог CMOS үйлдлийн өсгүүрүүдээр өсгөхийн зэрэгцээ RA-LL (баруун гар-зүүн хөл), LA-LL (зүүн гар-зүүн хөл) гэсэн векторуудыг үүсгэнэ. Төв удирдлагын микропроцессор дээр RA-LA (баруун гар-зүүн гар) гэсэн векторыг тооцоолж болно.

Зүрхний бичлэгийн дохио нь 0.05-аас 150Гц давтамжтай ECG-ний эх дохиог 175 дахин өсгөсөн дохио байх ба электродууд нь төхөөрөмжтэй стандарт 1.5мм-ийн DIN оролтоор холбогддог. Хавтангийн хэвийн хэрглээний гүйдлийн хэмжээ 0.18mA байна. Электродууд их мэдрэмтгий тул хүний арьсны үл ялиг хөдөлгөөнийг ч мэдрдэг.

Нэмэлт хавтангуудын боломжийг нэмэгдүүлэх, хөгжүүлэхэд чиглэсэн олон тооны судалгааны ажлууд байдаг [4], [5].

Зураг 3-д SHIMMER платформын ECG-ээр авсан зүрхний бодит бичлэгийн R-R интервалыг онолын интервалтай харьцуулан харуулав. Зүрхний цохилтуудын хоорондох хугацааг R-R интервал илэрхийлэх бөгөөд энэхүү хэмжээ нь бодит хэмжээнээс маш бага зөрүүтэй болохыг тогтоосон байдаг.



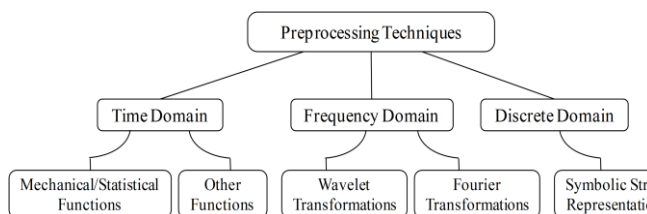
Зураг. 3. SHIMMER платформ болон амбулаторийн төхөөрөмжөөр хийсэн зүрхний бичлэгийн R-R интервал.

Мэдрэгчийн өгөгдөл BLUETOOTH рүү 500Гц давтамжаар дамжина.

SHIMMER мэдрэгч бүхий платформ нь энгийн, хэрэглэхэд хялбар тул түүнийг эрүүл мэндийн салбараас гадна өөр салбаруудад мөн хэрэглэдэг [1].

III. БОЛОВСРУУЛАЛТЫН ТЕХНИКУУД

Мэдрэгчийн өгөгдлийг ашиглан хэрэглэгчид зүрхний цохилтын тоо, хэмнэл алдагдлыг анхааруулсан дохиог өгөхийн зэрэгцээ, эмч онош тавихад нь туслах зүрхний бичлэг, хөдөлгөөний хэмнэлийн талаарх мэдээллийг мобайл төхөөрөмж ашиглан өгч чадна. Үүний тулд акселерометрийн өгөгдөлд анализ хийснээр хэрэглэгч ямар физик хөдөлгөөн хийж байгааг буюу алхаж байна уу эсвэл гүйж байна уу гэдгийг төхөөрөмж танина. Мэдрэгчийн түүхий буюу шуугиан ихтэй дохионоос дэвшилтэт боловсруулалтын алгоритм ашиглан хэрэгтэй мэдээллээ ялган авах ба энэ зорилгоор Зураг 4-т үзүүлсэн тодорхой арга, техникуудийг ашиглаж болно.



Зураг. 4. Мэдрэгчийн дохионд боловсруулалт хийх арга, техникууд

Энгийн математикийн арга болон статистик хэмжигдэхүүнүүдийг ашиглан түүхий дохионоос үндсэн мэдээллээ ялган авна. Үүнээс гадна, эдгээр аргуудыг бусад салбарт дохионоос тодорхой цэг, утга сонгоход ихэвчлэн хэрэглэдэг бөгөөд тэдгээр нь хүлээн зөвшөөрөгдсөн арга, алгоритмууд юм [6].

A. Бодит хэмжилтийн хэмжигдэхүүнүүд

Бодит хэмжилтийн дундаж хэмжигдэхүүнүүд өөр өөр гардаг. Эрдэмтэн, судлаачдын судалгааны ажлаас харахад хэрэглэгчийн суух, босох болон хэвтэх зэрэг үйл ажиллагаа, идэвхтэй динамик эсвэл статик хөдөлгөөний төрлийг шууд ба шууд бус аргаар тодорхойлсон байдаг [7], [7].

Стандарт хазайлт, дисперс, дундаж квадрат хазайлт гэсэн статистик хэмжигдэхүүнүүдээр дохионы агууриг RMS-ийг тооцоолж болно. Хэрэв x_i дохионы n дискрет дараалалд $\{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ гэсэн утгуудтай байсан бол эндээс RMS-ийн утгыг Томьёо (1)-ээр олж болно.

$$x_{rms} = \sqrt{\frac{x_1^2 + x_2^2 + \dots + x_n^2}{n}} \quad (1)$$

Дохионы корреляци хамаарал нь хоёр дохионы хоорондох шугаман хамаарлын хүч болон чиглэлийг тодорхойлдог бөгөөд үүнийг ашиглан идэвхтэй хөдөлгөөний хоорондох уялдаа холбоо хамаарлыг нэг хэмжээст рүү хөрвүүлнэ [9].

Хөндлөн-корреляциар хоёр долгионы хоорондох ижил төстэй байдлыг шинжлэгч бөгөөд гол төлөв урт долгионы хэлбэрийг мэдэхэд ашигладаг. Хөндлөн-корреляцийн коэффициентуудыг хугацааны диаграмм дээрх дохионуудыг цэгүүдийн олонлог байдлаар авч үзэн тэдгээрийн хооронд тооцоолол хийх замаар олдог (2). Иймд тооцоогоор олдсон коэффициентууд нь тухайн дохионы хувьд бусад дохиотой ямар

хамааралтай байхыг илэрхийлсэн, хугацааны шилжилтээрээ ялгаатай өөр өөр утгатай байна.

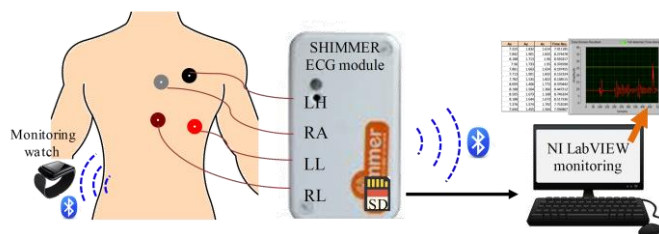
$$Cross_correlation_{(x,y)} = \max_{d=1}^{n-1} \left(\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i y_{i-d} \right) \quad (2)$$

Давтамжийн хуваалтын аргыг мэдрэгчийн дохионы давтагдах шинж чанарыг тодорхойлоход ашиглана. Ингэснээр хүний гүйх, алхах зэрэг идэвхтэй хөдөлгөөний үед хүний зүрхний бодит бичлэгийг бусад дохионоос ялгах боломжтой болно. Давтамжийн хуваалтын аргын энгийн жишээ бол Фурьегийн хувиргалт бөгөөд энэ аргаар дохионы хэлбэр хугацаанаас хамааран хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг илэрхийлэх хэмжигдэхүүн давтамжийн спектор болон тогтмол байгууламжийг тодорхойлдог. Энэхүү давтамжийн анализын арга нь Хурдан-Фурьегийн хувиргалт (FFT) болон Хурдан-хугацааны давтамжийн хувиргалт (FTFT) зэрэг алгоритмтай дискрет Фурьегийн хувиргалтыг хэрэглэн тодорхой урттай сигналд хугацааны боловсруулалт хийхэд түгээмэл хэрэглэгддэг арга юм [10].

IV. ХИЙСЭН ТУРШИЛТ

Зүрхний хэмнэл дээр тодорхой нөхцөл, тодорхой орчинд олон туршилт, судалгаа хийсэн ч энэхүү судалгааны ажил нь урьдчилан төлөвлөсөн дэглэмийг шаардалгүй хэвийн, өдөр тутмын идэвхтэй үйл ажиллагааны үед хийсэн болно. Үүний үр дүнд бид SHIMMER төхөөрөмжийн ECG-ний бичлэг болон хүний физик хөдөлгөөний сигналыг утасгүй Bluetooth технологиор хэрэглэгчийн програм руу дамжуулсан нь өвчтөний эрүүл мэндийн талаарх мэдээллийн сан үүсгэх, тухайн цаг хугацаанд зүрхний хэмнэл ямар байгааг дэлгэцээр хянах боломжийг бүрдүүлсэн.

Бид Зураг 2-т харуулсан SHIMMER2A флатформ ашиглан хүний биенд наасан мэдрэгчийн түүхий мэдээлэл, гурван хэмжээст акселерометрийн өгөгдлийг хүлээн авч түүнээ Bluetooth-өөр хяналтын компьютер болон бугуйнд зүүсэн төхөөрөмж рүү дамжуулна (Зураг 5).



Зураг. 5. Хөгжүүлсэн системийн блок схем.

Акселерометр нь хамгийн багадаа 3g нарийвчлалтай хэмжилт хийх бөгөөд хүндийн хүч болон хөдөлгөөн, доргилт, чичиргээнээс үүсэх хурдатгалыг мэдрэнэ. X, Y, Z гурван тэнхлэгийн тоон өгөгдөл нь 0 (-3g)-ээс 255 (+3g) хүртэл утгатай байна. Хурдатгал нь хурдыг хугацааны туршид хэрхэн өөрчлөгдөж байгааг тодорхойлох бөгөөд түүний цар хүрээ, чиглэлийг тодорхойлсон вектор хэмжигдэхүүн юм. Түүний нэгж нь g - а бөгөөд $1g$ нь 9.81 м/сек^2 -тай тэнцүү. Бага чадлын Freescale-ийн iMEMs MMA7260Q багтаамжийн 3D акселерометр нь 500мкА гүйдлийн 1.5g, 2g, 4g, 8g гаралтын сонголттой [9][11]. Мэдрэгч нь 3.3В-д ажиллаж байх үедээ

400мкА гүйдэл хэрэглэдэг ба гурван тэнхлэгийн дагуу хурдны өөрчлөлтийг өндөр нарийвчлалтай (1.5g-д 800мВ/g) аналог сигнал гаргадаг. 12 битийн АТХ-ийн гаралтын утга нь 0 - 4095 байх ба нийт гурван сувгийн хүчдэлийн утгыг дараах (3) томъёогоор тооцоолов.

$$R_{x,y,z}(V) = ADCR_{x,y,z} \times \frac{V_{ref}}{4095} \quad (3)$$

Бидний хэмжилтийн явцад 0g үед $V_{zeroG} = 1.65V$ байсан тул акселерометрийн хүчдэлийн утгыг 0g түвшинд тэг хүчдэлтэй байлгахын тулд бид хүчдэлийн зөрүүг дараах байдлаар шилжүүлэн тооцов (4).

$$\Delta R_{x,y,z}(V) = R_{x,y,z}(V) - 1.65V \quad (4)$$

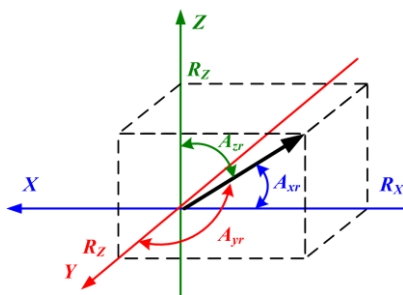
Нарийвчлал нь 15g үед 800мВ/g тул эцсийн хувиргасан утгыг авахын тулд бид (5) томъёогоор тооцоо хийсэн.

$$A_{x,y,z} = \Delta R_{x,y,z}(V) / Sensitivity \quad (5)$$

3-хэмжээст акселерометрээс авсан R сигналын үр дүнг (6) томъёогоор олсон ба A_x , A_y ба A_z нь Зураг 6-д үзүүлсэн X , Y , Z гурван тэнхлэг дээрх R векторын проекцууд болно.

$$R = \sqrt{A_x^2 + A_y^2 + A_z^2} \quad (6)$$

Үндсэндээ энэ нь Пифагорын теоремын 3D хувилбар юм.



Зураг. 6. R векторын хүч ба өнцөг.

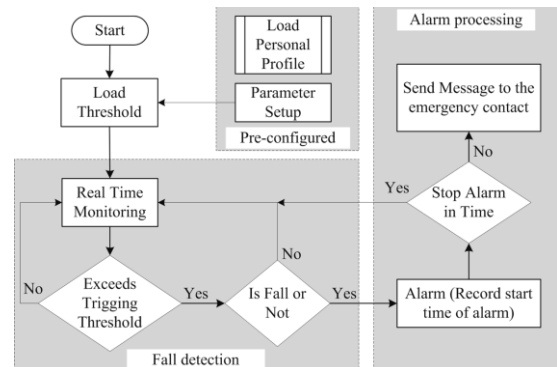
Арьсан дээр наасан дөрвөн электродуудын тусламжтайгаар биеийн гадаргуу дээрх ECG-ний гурван холболтын хоёр сувгийн потенциалыг бичдэг. ECG модулийн гаралт буюу суваг бүрийн АТХ-ын гаралт нь 12 битийн 0-ээс 4095 хүртэлх тэмдэггүй, тоон сигнал байх бөгөөд 0.05Гц-ээс 159Гц-ийн хоорондох давтамжтай, ойролцоогоор далайц 2мВ далайц буюу +/- 1мВ-ын агууригтай байна. ECG-ний өгөгдлөөс зүрхний хэмнэлийг тодорхойлохын тулд жишиг хурд нь 512Гц байхыг хэрэгтэй.

Платформын гол удирдлагын элемент нь багачадлын MSP430F1611 микропроцессор юм. Энэхүү төв процессор нь 12 битийн АТХ-ын 8 сувагтай бөгөөд үүнийг ECG мэдрэгчийн болон акселерометрийн өгөгдлийг хүлээн авч, түүнд хяналт хийхэд ашиглана. Платформ нь RN-42 Bluetooth модультай бөгөөд MSP430-тай шууд UART1 интерфэйсээр холбогдоно.

Бид туршилт, хэмжилтэндээ 3-р хэсэгт дурьдсан математик үнэлгээ, боловсруулалтыг хийх зорилгоор LABVIEW програм хангамжийг ашиглав.

V. ХӨГЖҮҮЛЭЛТИЙН ҮР ДҮН

LabVIEW дээр суурилсан хэрэглэгчийн програм нь хэрэглэгчийн өдөр тутмын зүрхний хэмнэлийг хөдөлгөөнтэй холбосон мэдээллийн сантай ажиллах боломжийг олгоно.



Зураг. 7. Зүрхний хэмнэл алдагдалтыг илрүүлэх процессын диаграмм.

ECG-ний сигналыг хүлээн авсан АТХ-ын гаралтын сигналыг стандарт мВ хэмжээс рүү (7) томъёогоор хөрвүүлнэ.

$$ECG(mV) = \frac{((ADC_{output} - ADC_{offset}) \times ADC_{sensitivity})}{Gain} \quad (7)$$

$$\text{Энд, } ADC_{sensitivity} = \frac{V_{ref}}{ADC_{max}} = \frac{3300mV}{4095}$$

$$ADC_{offsetLead II} = ECG_{RA} - LL$$

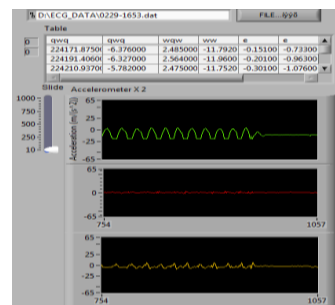
$ADC_{offsetLead II}$ нь RA -ээс LL хүртэлх холболтын утга

$$ADC_{offsetLead III} = ECG_{LA} - LL$$

$ADC_{offsetLead III}$ нь LA -ээс LL хүртэлх холболтын утга

MSP430 микроконтроллер ашиглан хүний идэвхтэй хөдөлгөөн болон ECG-ний сигналыг ASCII код болгож утасгүй технологиор дамжуулна.

Платформаас авч буй акселерометрийн түүхий сигнал дээр шинжилгээ хийн хурдатгалыг тодорхойлно. Зураг 8-д LabView програм дээр X , Y , Z гурван хэмжээсийн утгыг графикаар гаргасанг харуулав.



Зураг. 8. R -ийн хэлбэр.

Зураг 8-д хадгалсан мэдээллийн сан, дээр суурилан Томъёо (4)-өөр R -ийн утгыг тооцоолсон үр дүнг өнгөөр ялган графикаар харуулав.

ECG-ний түүхий сигнал дээр боловсруулалт хийсэн үр дүнг Зураг 9-д үзүүлэв.



Зураг. 9. Шүүлт хийсний дараах ECG-ний сигнал.

НОМ ЗҮЙ

- [1] A. Burns, B.R. Greene, M.J. McGrath, T.J. O'Shea, B. Kuris, S.M. Ayer, F. Strojescu, and V. Cionca, "SHIMMER™ – A Wireless Sensor Platform for Noninvasive Biomedical Research," *IEEE Sensors Journal*, vol. 10, NO. 9, September 2010.
- [2] M. Hyes, H. Wang, E.M. Carrick, and L. Kilmartin, "Accurate monitoring of human physical activity levels for medical diagnosis and monitoring using off-the-shelf cellular handsets," *Personal Ubiquitous Computing journal*, 2011, pp. 667-678.
- [3] "MSP430x16x, MSP430x161x Mixed Low power MCU," Datasheet.
- [4] K.J. O'Donovan, B.R. Greene, D. McGrath, R.O'Neill, A. Burns, and B. Caulfield, "SHIMMER: A new tool for temporal gait analysis," *Proc. IEEE Eng. Med Biol.*, Minneapolis, MN, 2009.
- [5] D. McGrath, B. Greene, and B. Caulfield, "SHIMMER: A new tool for long-term, extra-laboratory gait monitoring," *Proc. ESMAC*, London, U.K., 2009.
- [6] D. Figo, P.C. Diniz, D.R. Ferreira, and Joao M.P. Cardoso, "Preprocessing technologies for context recognition from accelerometer data," *Personal Ubiquitous Computing journal*, 2010, pp. 645-662.
- [7] Kawahar HSY, Hisashi Kurasawa HM, Aoyama T, "A context-aware collaborative filtering algorithm for real world oriented content delivery service," *Proceeding of ubiPCMM*, 2007.
- [8] P. Veltink, H. Bussmann, W. de Vries, W. Martens, and R. Van Lummel, "Detection of static dynamic activities using uniaxial accelerometers," *IEEE Trans Rehabil Eng.*, vol. 4, 1996, pp. 375-385.
- [9] N. Ravi, N. Dandekar, P. Mysore, and M.L. Littman, "Activity recognition from accelerometer data," *Proceedings of the 17th conference on innovative applications of artificial intelligence*, GGGI Press, 2005 pp. 1541-1546.
- [10] W. Martens, "The Fast Time Frequency Transform: a novel on-line approach to the instantaneous spectrum," *Engineering in Medicine and Biology society*, vol. 14, *Proceedings of the annual international conference of the IEEE*, vol. 6, 1992, pp. 2594-2595.
- [11] D.M. Karantonis, M.R. Narayanan, and M. Mathie, "Implementation of a real-time human movement classifier Using a triaxial accelerometer for ambulatory monitoring," *IEEE Trans. Inf. Technol. Biomed.*, vol. 10, Jan. 2006, pp. 156-167.

VI. ДҮГНЭЛТ

Энэхүү судалгааны ажил нь эрүүл мэндийн салбарт LabVIEW дэвшилтэт програм хангамжийг ашиглан бодит хугацаанд хүний зүрхний минутанд хэд цохилж буйг тооцоолж, утасгүй сүлжээ ашиглан хянах, мэдээлэх боломжийг нэмэгдүүлэхэд чиглэсэн юм. 3D акселерометр болон ECG-ний өгөгдлийг Bluetooth-оор дамжуулан, цуглуулж шинжилгээ хийх боломжтой. Цаашид бид хүний идэвхтэй хөдөлгөөний төрлийг зүрхний хэмнэлтэй холбон, ямар хөдөлгөөн хийхэд хэмнэл алдагдаж байгааг LabVIEW програм дээр суурилсан хэрэглэгчийн програм дээр харуулах, дохио хоорондын холбоог шинжилж хөгжүүлэх болно.

VII. ТАЛАРХАЛ

Уг судалгааны ажил нь БСШУЯ, Азийн Хөгжлийн Банк, ШУТСангийн Дээд Боловсролын Шинэчлэлийн 2015120737 дугаар бүхий "Өдөр тутам хэрэглэх эрүүл мэндийн хяналтын зөөдөг төхөөрөмжийн судалгаа" нэртэй төслийн санхүүжилтээр хийгдсэн.