

# Ухаалаг хөгжмийн програмыг хөгжүүлж сургалтанд туршсан үр дүн

Т.Ганзориг

МУБИС, МБУС, Мэдээлэл зүйн тэнхим  
ganaa0323@gmail.com

*Хураангуй*- ЕБС ухаалаг хөгжмийн самбарыг сургалтанд ашиглаж хөгжмийн онол, практикийн мэдлэг чадварыг төлөвшүүлдэг болсон. Төхөөрөмжийг ашиглах явц нь хөгжмийн багш, экспертүүдийн зөвлөж буйгаар тодорхой сул талууд ажиглагдаж эхэлсэн байдаг. Технологи хурдацтай хөгжиж буй энэ үед эмбэдэд системийн бэлэн хавтанг ашиглан ухаалаг програм хангамжийг хөгжүүлж хөгжмийн сургалтанд хэрэглэх програмыг хөгжүүлэх бүрэн боломжтой.

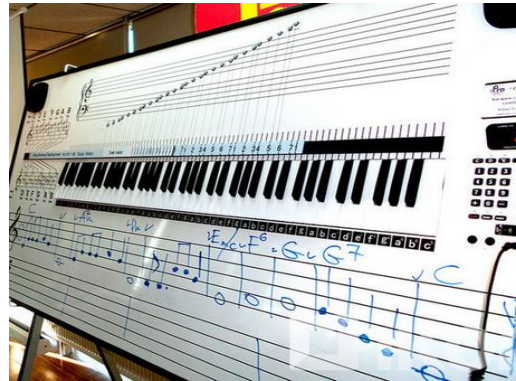
Судалгааны ажлаараа Raspberry pi хавтанг жава хэл ашиглан "ухаалаг хөгжмийн самбар" нэртэй програмыг хөгжүүлсэн. Үр дүн болох програмыг Raspberry pi төхөөрөмжинд суулгаж хөгжмийн багш нарын сургалтанд туршсан ба судалгааны үр дүнгүүдээс өгүүлэх болно. Ухаалаг хөгжмийн програм бүхий Raspberry pi төхөөрөмж нь өмнөх ухаалаг төхөөрөмжөөс үнийн хувьд 80% хүртэл хямд болсон төдийгүй шинэлэг бүтээгдэхүүн болсон гэж дүгнэж байна.

*Түлхүүр үг*- Ухаалаг хөгжмийн самбар, Raspberry pi, JFugie, боловсрол, хөгжмийн програмчлал

## I. УДИРТГАЛ

### A. Ухаалаг хөгжмийн самбар

Ерөнхий боловсролын сургууль, их дээд сургуулийн багш нарт хөгжмийн хичээл заахад хөгжим тоглуулахаас гадна, хөгжмийн боловсролын тулгуур ойлголтуудыг заадаг. Үүнд хөгжмийн онол, соноршуулга, хөгжмийн уран зохиол, хөгжмийн зэмсэг судлал гэх зэрэг хөгжмийн мэргэжлийн хичээл орно. Хөгжмийн хичээлийн дээрх хэрэгцээг БСШУЯамнаас дэмжиж ухаалаг хөгжмийн самбарыг тодорхой сургуулиудад нийлүүлсэн байна (Д.Эрдэнэцэрэн, 2013). Төхөөрөмж нь хөгжмийн багш нарын дүгнэлтээр овор хэмжээ ихтэй, өндөр үнэтэй(2.400.000₮), хөгжмийн дуугаралт, хөгжмийн онолын хувьд хөгжмийн багш нарын хэрэгцээг төдийлөн хангаж чаддаггүй. Багш төхөөрөмжийг сургуулийн анги танхим хооронд зөөж ашиглахад хүндрэлтэй төдийгүй сурагчидтай ажиллахад самбарын хэсэг(буруу) рүү харж тоглодог зэрэг хэд хэдэн дутагдалтай талтай.



Зураг 1.Ухаалаг хөгжмийн самбар.

### B. Ухаалаг хөгжмийн самбарын хөгжүүлэлт

Сүүлийн жилүүдэд МУБИС инноваци, эрдэм шинжилгээ судалгааны ажлуудыг ихээхэн дэмжиж байгаа бөгөөд ухаалаг хөгжмийн самбарыг хөгжүүлэх судалгааны ажлыг дэмжин ажилласан. Програмыг хөгжүүлэхэд хөгжмийн багш нарын хэрэгцээг хангах, хэрэглэхэд хялбар, үнэ өртөг хямд байх боломжийг эрэлхийлж ажилласан. Эмбэдэд системийн хөгжүүлэлт хийхэд Eynos 4412, S5PV210, Arduino, Beagle Bone, Raspberry pi 2 хөгжүүлэлтийн хавтангуудыг судалж тодорхой харьцуулалт, дүн шинжилгээ хийсний үр дүнд нь Raspberry pi хавтанг сонгож хөгжүүлэлт хийхээр болсон.

## II. СУДАЛГААНЫ ХЭСЭГ

### A. Raspberry pi

Raspberry pi 3 хувилбар нь 2016 оны 2 сард шинэчлэгдэн гарч өмнөх хувилбараас утасгүй сүлжээ, блютууць модуль нэмэгдсэн төдийгүй хурдны хувьд 1.2Гц бүхий дөрвөн цөмтэй ARM төрлийн CPU-тэй болж сайжирсан жижиг хэмжээний компьютер болсон (Foundation, 2016). Raspberry pi нь өөрийн үйлдлийн системтэй тул боловсролын салбарт хэрэглэхэд тохиромжтой төхөөрөмж. Олон оронд уг төхөөрөмжийг хүүхдийн бүтээлч сэтгэлгээг хөгжүүлэхэд ихээхэн ашигладаг. Үйлдлийн системд нь нэмэлт програм хангамжуудыг суулгаж, хөгжүүлэх боломжтой ба судалгааны ажлаараа жава флатформыг суулгаж програмчилсан.

### B. Java Sound API

Хөгжмийн програм хөгжүүлэхэд зориулсан жава хэлний сан. Санг ашиглан доод түвшинд аудио болон MIDI<sup>1</sup> интерфэйс бүхий дууны оролт, гаралтыг удирдах, хувиргах боломжтой (Newmarch, 2017). Төрөл бүрийн аяыг тоглуулах, хувиргах, хадгалах, дамжуулах чадвартай боловч хөгжмийн програмчлалд шууд ашиглах нь хангалттай байдаггүй. Учир нь хөгжмийн онолын нарийн зүйлсийг(хөгжмийн нот, хэмжээ) удирдах, хувиргах, дамжуулах боломжгүй учир нэмэлт сан (JFugue) хэрэгтэй болсон.

### C. JFugue

Хөгжмийн програмчлал дахь хүндрэлтэй ойлголтуудыг харгалзахгүйгээр хялбар бөгөөд энгийн аргаар жава хэлийг ашиглан програмчлах боломжтой нээлттэй эх бүхий сан. Санг ашиглан хөгжүүлэлт хийхэд дараах давуу талуудтай:

- MIDI мессэжтэй ажиллах
- JFugue хэлбэрээр илэрхийлэх
- Дууны өнгөний хослол
- Ритмтэй ажиллах
- Бусад төхөөрөмжтэй холбон ажилуулах
- Дууны форматуудыг дэмжих

Хөгжмийн аяыг тоглуулахад JFugue хэлбэрээр бичигдсэн нотыг тоглуулдаг. Нот нь JFugue хэлбэрт шилжсэнээр бичигдсэн нот, нотны байрлал, тоглох хөгжмийн зэмсэг, зам зэргийг тодорхойлох боломжтой Жишээ нь: Гацуурхан дууны эхний нотуудыг тоглуулах код:



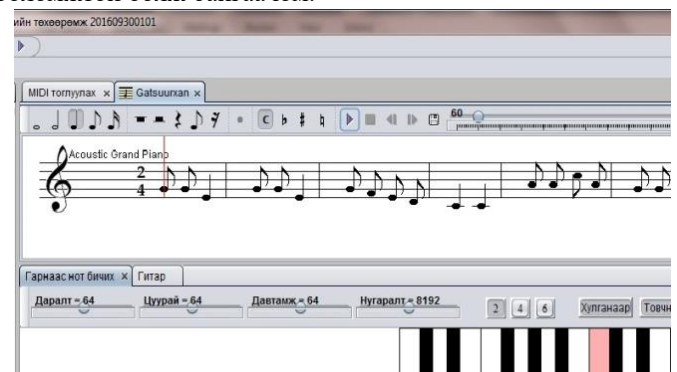
```
Player player = new Player();
player.play(new Pattern("T60 G5i G5i E5q G5i G5i E5q"));
```

JFugue, Java Sound API зэргийг ашиглан Raspberry pi-г програмчлах үед MIDI өгөгдөл дамжуулах шаардлагатай болсон. USB MIDI залгуураар Raspberry pi-г Yamaha PSR-E223 хөгжимтэй холбож MIDI өгөгдөл дамжуулахад Raspberry pi төхөөрөмжийн ая Yamaha PSR-E223 хөгжимнөөс хоцрогдолтой тоглож хүлээгдэлтийн хугацаа үүссэн. Өөрөөр хэлбэл төхөөрөмж бүрийн өгөгдөл дамжуулах, боловсруулах процессын хугацааны зөрөө 1мил секундээс<sup>2</sup> их гарч байв. Жава програмчлалын хэлийг ашиглан хөгжмийн програм бичихэд уг асуудлыг бүрэн шийдэх боломжгүй. Харин хүлээгдэлтийн хугацааг хэрхэн багасгаж болох судалгаа хийж өөр төрлийн програм хангамжуудтай холбогдон ажиллах боломжтой тогтоосон (Nicolas Juillerat). Өөрөөр хэлбэл аудио

сервэрээр ажиллах Jack Audio Connection Kit програм юм.

### D. Jack Audio Connection Kit

Аудио, MIDI өгөгдлийг програмуудын хооронд бодит цаг хугацаанд хамгийн бага хүлээлтээр дамжуулах боломжийг олгодог мэргэжлийн аудио сервэр програм. Jack Audio Connection Kit програмыг Jack сервэр ч гэж нэрлэдэг. Jack сервэр програм нь тухайн төхөөрөмжтэй холбогдсон бүхий л MIDI, аудио төхөөрөмжүүдийн хооронд оролт гаралт, хувиргалт, тохиргоо зэргийг зааж байдаг (GULDEN, 2007). Дээрх сервэрийг ашигласнаар хүлээгдэлтийн хугацааг хянах, багасгах, төрөл бүрийн төхөөрөмжтэй өгөгдөл солилцох боломжтой. Ухаалаг хөгжмийн самбарын програмыг боловсруулахад дээрх сервэр програмыг JNAJack сангаар дамжуулан холбосон. Холболтыг үүсгэснээр програмуудын өгөгдөл солилцох хурд, давтамж, буферлэлт, хүлээгдэлтийн хугацаа зэрэг олон параметр бүхий утгуудад хяналт тавих боломжтой болж байгаа юм.



Зураг 2: Хөгжмийн нотыг зохиомжлох, тоглуулах

## III. ҮР ДҮН

Ухаалаг хөгжмийн програм хангамжыг хөгжүүлснээр дараах хэсгүүдийг агуулсан:

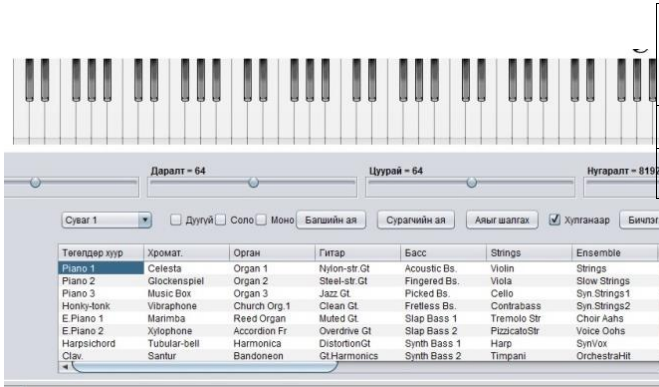
- Тоглож буй аяыг хадгалах
- Хадгалсан файлыг татаж авах, тоглуулах
- Өгөгдсөн хөгжмийн нотны дагууд аяыг тоглох
- Хөгжмийн нотыг зохиох, ашиглах, тохируулах
- Төгөлдөр хуурын гартай ажиллах-нотны байрлал, октавыг тохируулах,

Хөгжмийн нотыг бүтэн, хагас, дөрөвт, наймт, зогсоц зэрэг нотны элементүүдийг ашиглан бичих боломжтой. Нот үүсгэхдээ нотны түлхүүр, түлхүүр тэмдэг, хурд, ритм, дууны түвшинг тохируулах боломжтойгоор тусгаж өгсөн. Нотыг бичих явцад тагт бүхий хэсгүүд автоматаар хувиарлагдаж ухаалаг байдлаар ажиллана.

Нотоо зөв сонгосон тохиолдолд гарнаас нот бичих эсвэл програмд дүрслэгдсэн төгөлдөр хуурийн товч ашиглан нот бичих боломжтой. Програм дахь төгөлдөр хуурын гарны код, MIDI код зэргийг харах, октавыг 2, 4, 6 октавтай байхаар тохируулах боломжтой.

<sup>1</sup> Musical Instrument Digital Interface

<sup>2</sup> Jack Audio Connection Kit програмын хэмжилтийн утга



Зураг 3: Хөгжмийг төрөл бүрийн регистер ашиглан тоглох

Хөгжмийн төрөл бүрийн региструудийг ашиглан хөгжмийн ая гаргах боломжтой. JavaSound санд агуулагдах ойролцоогоор 144 регистер бүхий ая гаргадаг. Тоглож буй аяг хадгалах боломжтой. Багшийн тогложсон аяг сурагчийн тогложсон аятай харьцуулах(товчны даралтыг) боломжтой ба зөвхөн туршилт байдлаар оруулсан. Програмд ашиглагдаж буй зарим мэргэжлийн үг хэллэгийг Монгол хэлэнд хөрвүүлэх нь төвөгтэй төдийгүй тухайн төхөөрөмж хэрэглэж буй багш нарт ойлгомжгүй байсан учир зарим хэсгийг олон улсын нэршлээр нь үлдээсэн болно.



Зураг 4: Ухаалаг хөгжмийн програм бүхий Raspberry pi төхөөрөмж.

Өмнөх ухаалаг хөгжмийн самбартай (Зураг 1) харьцуулалт:

Ухаалаг хөгжмийн төхөөрөмжийн харьцуулалт			
д / д	Харьцуулалт	Ухаалаг хөгжмийн самбар(Зураг 1)	Raspberry pi бүхий ухаалаг самбар(Зураг 4)
1	Үнэ өртөг	2.400.000	240.000
2	Овор хэмжээ	Их	Бага
3	HDMI, VGA дэмжих	Дэмжихгүй	Дэмжинэ
4	USB оролтыг дэмжих	Дэмжихгүй	Дэмжинэ
5	Оффисын програмыг ашиглах боломж	Дэмжихгүй	Дэмжинэ
6	Интернэт холбогдох	Дэмжихгүй	Дэмжинэ
7	Бусад хөгжмийн програм суулгах, ашиглах	Дэмжихгүй	Дэмжинэ
8	Хөгжмийн нотыг тоглуулах	Дэмжихгүй	Дэмжинэ

Ухаалаг хөгжмийн төхөөрөмжийн харьцуулалт			
д / д	Харьцуулалт	Ухаалаг хөгжмийн самбар(Зураг 1)	Raspberry pi бүхий ухаалаг самбар(Зураг 4)
9	Тогложсон аяг хадгалах	Дэмжинэ	Дэмжинэ
10			

#### IV. ТУРШИЛТ

Ухаалаг хөгжмийн програм хангамж бүхий Raspberry pi төхөөрөмжийн туршилтыг МУБИС-н харьяа лицей сургуулийн дуу хөгжмийн 2 багш, МУБИС-УБТС-н хөгжмийн 3 багш нарт танилцуулж туршилт хичээл явуулсан бөгөөд төхөөрөмжийг ашигласан багш нараас авсан судалгааны үр дүнг хувьчилсан байдлаар харуулсан.



Зураг 5. Туршилтын хичээл зааж буй байдал

Багш нараас судалгаа авахдаа програмыг танилцуулгыг хийж тодорхой хөгжмийн нот үүсгэж, түүнийг тоглуулах, хадгалах, MIDI оролт гаралтыг ашиглах зэрэг бүх боломжийг туршиж үзүүлсэн. Хөгжмийн 5 багшаас авсан судалгааны дүнг хувьчилж харуулвал:

- Зөөж авч явахад хялбархан -100%
- Угсарч суурилуулахад хялбар – 90%
- MIDI холболт ашиглан хөгжимтэй холбогдох боломж – 80%
- Хөгжмийн хичээлээс гадна хэрэглээний програм ашиглах боломж – 100%
- Нот бүхий ая зөв тоглогдож буй байдал-100%

Судалгааны дүнгээс харахад багш нарын идэвх оролцоо маш сайн байсан бөгөөд төхөөрөмжийн ажиллагааг маш сайн гэж дүгнэсэн. Цаашид програмын дэлгэцийг томруулж харах боломжтой болгох, дууны гаралтын түвшинг ихэсгэх санал гаргаж байсан. Төхөөрөмжийн үйл ажиллагааг илүү сайжруулснаар жинхэнэ инновацийн бүтээгдэхүүн болох боломжтой гэсэн дүгнэлт өгсөн.

## ДҮГНЭЛТ

Судлаачид Raspberry pi төхөөрөмжийг ашиглан хөгжмийн Piano hat нэртэй төхөөрөмж бүтээж байсан ба сургалтын зориулалтаар ашиглах боломжгүй зөвхөн нэг октавтай зэрэг дутагдалтай талуудтай. Харин програм хангамжийн хувьд сайжруулан ухаалаг байдлаар ашигласнаар хөгжмийн багш нарын хэрэгцээг хангах чухал төхөөрөмж болж чадлаа. Манай орны хувьд энэ төрлийн судалгааг өмнө нь хийж байгаагүй бөгөөд харьцангуй шинэлэг технологи юм.

Хөгжмийн багш нарын дүгнэж буйгаар авч явахад авсаархан, хэрэглэхэд энгийн, Монгол хэлтэй, хөгжмийн онолын хувьд нот алдаагүй дуугардаг зэрэг давуу талуудыг хэлж байсан. Судалгааны ажлыг цааш програм хангамжийн хувьд боловсронгуй болгож илүү ухаалаг байдлаар ажиллуулах боломжтой. Учир нь Андройд үйлдлийн системтэй холбогдож гар утас дээр тоглож буй аятай холбох бүрэн боломжтой.

## ТАЛАРХАЛ

Судалгааны ажлыг амжилттай гүйцэтгэхэд өөрийн мэдлэг, чадвар, туршилагаас харамгүй хуваалцаж байсан Япон улсын Айчи боловсролын их сургуулийн профессор Toshiyuki Kamada багшдаа баярлалаа.

## АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

- [1] Foundation, R. P. (2016). *Raspberry Pi 3 Model B*. Retrieved from Raspberry Pi: <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>
- [2] GULDEN, J. (2007). JJack – Using the JACK Audio Connection Kit with Java. *Linux Audio Conference*. Saint-Etienne, France: Linux.
- [3] Newmarch, J. (2017). Java Sound. In J. Newmarch, *Linux Sound Programming* (pp. 197-210). Apress.
- [4] Nicolas Juillerat, S. M.-B. (n.d.). REAL-TIME, LOW LATENCY AUDIO PROCESSING IN JAVA. 99-102.
- [5] Д.Эрдэнэцэрэн. (2013, 12 17). *Хөгжмийн ухаалаг самбар хүүхдийн боловсролыг хөглөнө*. Retrieved from ikon: <http://www.ikon.mn/n/2eu>