

Монголын Анхны Хиймэл Дагуул: Боломж, Ирээдүй

Д.Улам-Оргих^{1,*}, Р.Цолмон¹, П.Түвшинтөр¹, Т.Бэгзсүрэн², Д.Эрдэнэбаатар³,
Т.Төртогтох³, Д.Амартүвшин³, Mengu Cho³

¹МУИС, Шинжлэх ухааны сургууль, Физикийн тэнхим

²Хоккаидогийн Их Сургууль, Япон

³Кюүшүгийн Технологийн Их Сургууль, Япон

Монголын анхны хиймэл дагуулын үүрэг, даалгавар, техникийн шийдлийн физик үндэслэл, ач хобогдол, бүтээн туршилтын зарим үр дүн болон дараагийн хиймэл дагуулуудыг бүтээх боломж ирээдүйн талаар өгүүлнэ.

I. ОРШИЛ

Орчин үеийн технологийн бага овортой их чадалтай байх үндсэн хандлага хиймэл дагуул бүтээхэд ч давамгайлж эхэллээ. Дэлхийн нам орбитод олон улсын сансрын станц байрладаг, дэлхийг харьцангуй их давталттайгаар дэлхийг ажиглахад ойрхон зайд тойрдог зэрэг давуу талтай боловч агаарын эсэргүүцлийн улмаас хиймэл дагуулын орбитод байх дундаж хугацаа нь 2 жил байдаг онцлогтой тул өндөр өртөгтэй хиймэл дагуул байрлуулахад үр ашиг багатай. Иймд бага өртөгөөр богино хугацаанд бүтээж болох нано хиймэл дагуулуудын сүлжээг нам орбитод байрлуулах сансрын технологийн шинэ хандлага эрчимтэй хөгжиж байна [1].

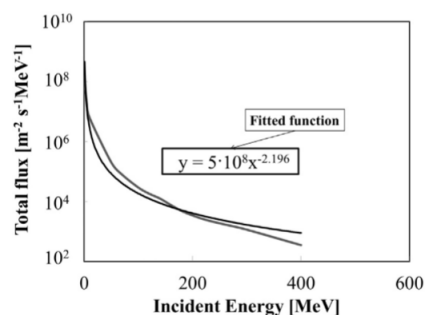
Одоогоор дэлхийн ихэнх орон, түүний дунд тэргүүлэх их сургууль, эрдэм шинжилгээний байгууллагууд өөрийн нано хиймэл дагуултай болж байна. Тухайлбал, 1970 онд Токиогийн ИС Япон улсын анхны хиймэл дагуулыг хөөргөж Японы сансарын технологийн эхийг тавьсан бол анхны нано хиймэл дагуулыг 1999 онд АНУ-ын Станфордын ИС болон Калифорны Политехникийн УИС хамтран бүтээжээ. 2004 онд БНХАУ-ын Цинхуа ИС өөрийн орны зөөгч пүүжингээр, 2014 онд Сингапурын Наняны ИС Энэтхэгийн зөөгч пүүжингээр өөрсдийн нано хиймэл дагуулаа тойрог замд гаргасан бол МУИС “BIRDS” буюу “Joint Global Multi-Nation Birds” (JGMNB) төслийн хүрээнд Монголын анхны хиймэл дагуулыг бүтээж 2017 оны 04-05 сард хөөргөнө. Учирч буй техникийн бэрхшээл, түүнийг хэрхэн шийдвэрлэх физик үндэслэл, технологийн шийдэл, туршилтын зарим үр дүн, дараагийн тусгай зориулалтын хиймэл дагуул хөөргөх боломжийн талаар энэ өгүүлэлд илтгэнэ.

II. ЗОРИЛГО, ЗОРИУЛАЛТ

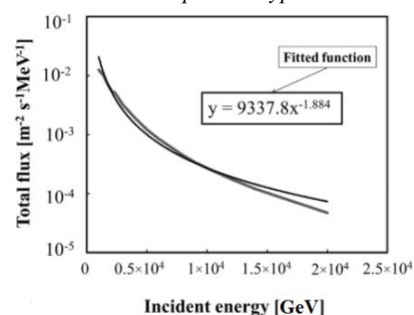
Хиймэл дагуулыг зохион бүтээх, түүний найдвартай ажиллагааг хангахад сансрын орчны

физик үзэгдлийг судлах нь чухал үүрэгтэй учир Монголын анхны хиймэл дагуул хэд хэдэн шинжлэх ухааны туршилт хийхээр төлөвлөгдсөн.

Сансрын цацраг нь хиймэл дагуулын найдвартай ажиллагаанд сөргөөр нөлөөлөх нь тодорхой. Тухайлбал, сансрын цацрагаар цахилгаанжих, ниргэлэг үүсэх, хагас дамжуулагч төхөөрөмжийн ажиллагааг гажуудуулах Single event upset (SEU) хэмээх үзэгдэл [2] зэргийг нэрлэж болно. Дэлхийн нам орбитод сансрын цацрагийн 90 орчим хувийг протон бүрдүүлдэг [3]. Нарны идэвхжлээс үүсэлтэй 1МэВ-400МэВ энергитэй протоны урсгал 700км орчим өндөрт бүртгэсэн LEO/SPENVIS өгөгдлийг Зураг 1а-д, сансрын цацрагаас үүдэлтэй 1ГэВ-20ГэВ энерги бүхий протоны урсгалыг 350-610 км өндөрт LEO/PAMELA өгөдлийг (Зураг 1b), анхны хиймэл дагуул нисэх 400 км орчим өндөрт 20ГэВ-200ГэВ энергитэй протоныг хэмжсэн LEO/AMS өгөгдлийг (Зураг 1c) зурагт үзүүлэв.

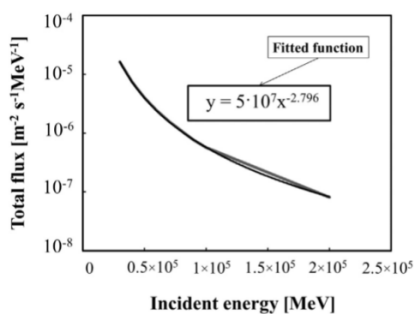


Зураг 1а. LEO/SPENVIS өгөгдөл: 700км орчим өндөрт бүртгэсэн 1МэВ-400МэВ протоны урсгал.



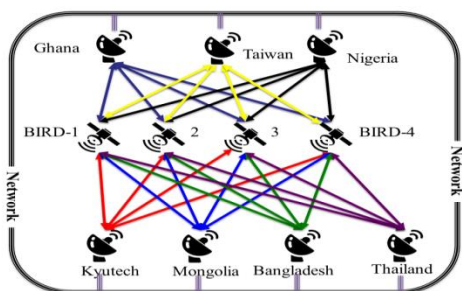
* Electronic address: ulamorgikh@gmail.com

Зураг 1b. LEO/PAMELA өгөгдөл: 350-610 км өндөрт бүртгэсэн 1ГэВ-20ГэВ протоны урсгал.



Зураг 1c. LEO/AMS өгөгдөл: 400 км орчим өндөрт бүртгэсэн 20ГэВ-200ГэВ протоны урсгал.

Эдгээр болон бусад төрлийн сансрын цацрагийн улмаас Мозала хиймэл дагуул өөрт нь ажиглагдах SEU үзэгдлийн давтамжийг орбитын байрлал бүрт бүртгэн мэдээлэх туршилт явуулна.



Зураг 2. Бичил хиймэл дагуулын мэдээлэл дамжуулах, удирдах олон улсын сүлжээний схем.

Хиймэл дагуулын байрлалыг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох нь аюулгүй байдал болон шинжлэх ухааны туршилтанд чухал ач холбогдолтой. Бичил хиймэл дагуулд GPS төхөөрөмж тавих боломжгүй байдаг тул газрын станцын олон улсын сүлжээ байгуулж ашиглах замаар дагуулын байрлалыг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох туршилт анх удаа хийгдэж, улмаар 6 сарын хэмжилтийн өгөгдлийг ашиглан нисэж буй орчныхоо агаарын нягт, цацраг идэвхийн байдлыг тодорхойлох үр дүн гарган авна. Энэ нь хиймэл дагуулын бүтэц, элэгдэл, эрсдлийг тооцоход чухал ач холбогдолтой мэдээлэл болно.

Мөн зайнаас тандан судалгааны техникийн демонстраци болох дэлхийн гадаргын 100 метрийн нарийвчлалтай RGB зураг авч илгээх, холбооны хиймэл дагуулын демонстраци болох 437 МГц давтамжтай радио долгионоор дуу цацах зэрэг үүрэг гүйцэтгэнэ.

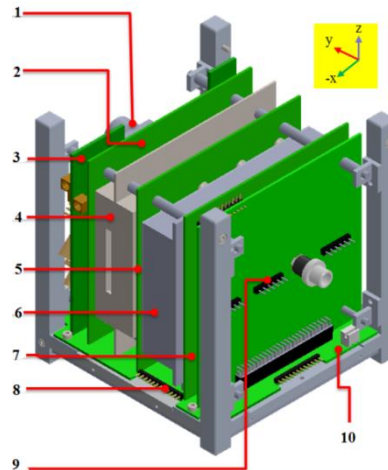
Энэхүү хиймэл дагуулын зорилтыг тодорхойлохоос эхлээд туршин бүтээх, тойрог замд удирдаж ажиллуулах, тойрог замаас гаргах хүртэл бүхий л шат дамжлагыг монголын залуу эрдэмтэн судлаачид гардан эзэмшиж улмаар дараа дараагийн тусгай зориулалтын хиймэл

дагуул бүтээх чадвар бүхий мэргэжилтэн тасралтгүй бэлтгэх хүний нөөц бий болгох ач холбогдолтойгоос гадна, анхдан бүтээгч үйлсээрээ дамжуулж залуу хойч үеийнхээ шинжлэх ухаан технологийн сонирхлыг хөгжүүлэх өөр нэгэн чухал зорилготой.

III. БҮТЭЦ, ШИЙДЭЛ, ҮР ДҮН

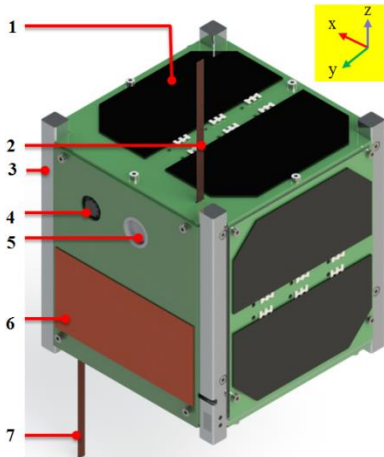
Шинжлэх ухааны туршилтын болон технологийн демонстрацын дээрх зорилтуудыг хэрэгжүүлэхийн тулд орчин үеийн төрөл шинжлэх ухааны болон технологийн боломжийг ашиглан манай судлаачид хэрхэн шийдвэрлэж бүтээснийг Мозала хиймэл дагуулын дотоод бүтэц (Зур. 3), гадаад бүтэц (Зур.4) болон дагуулд байрлах компьютерийн схем (Зур.5) зэргээс харж болно. Уг хиймэл дагуулд 260x190 км талбай бүхий дэлхийн гадаргын зургийг 100 м нарийвчлалтай авах 0.5 Вт чадал бүхий камер суурилуулсан бөгөөд радио дохио хүлээн авах болон дамжуулах 3 төрлийн антентай.

Уг хиймэл дагуулын лабораторийн моделийг Кюшүгийн ТИС-ийн сансрын орчин бүрдүүлсэн лабораторийн тоног төхөөрөмж дээр туршин шалгаж бүтээж байна. Тухайлбал, Японы HTV пуужин, АНУ- Space X Dragon пүүжингээр хөөргөх үед үүсэх доржилт, чичиргээг лабораторын орчинд хиймлээр үүсгэн Мозала хэрхэн тэсвэрлэж байгааг шалгасан туршилтын үр дүнг Зур.5 дээр үзүүлэв. Уг үр дүнгээс харахад туршилтын дараах ажиллагааны үзүүлэлт туршлтын өмнөх үзүүлэлттэй яг таарч байгаа нь уг доргио, чичиргээг сайн дааж ямарваа нэгэн гэмтэл гараагүй харуулж байна. Мөн доржилт, температурын өөрчлөлтийн тэсвэрийг шалгахаар Мозалад төрөл бүрийн мэдрэгч байрлуулан туршилтын төхөөрөмжид байрлуулсныг 6-р зурагт үзүүлэв. Мөн онолын тооцоо, симуляцийн аргыг ч өргөнөөр хэрэглэж байна [4].

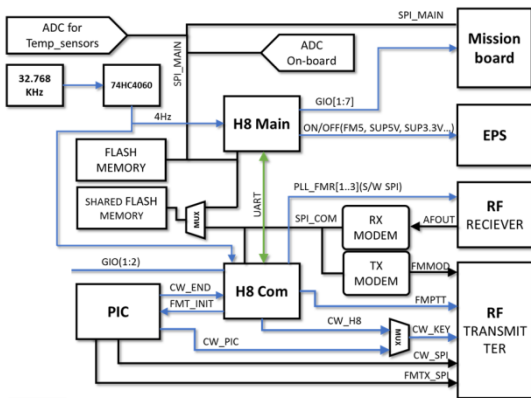


Зураг 3. Мозала хиймэл дагуулын дотоод бүтэц: 1-Камер, 2-Удирдлагын хавтан, 3-Антенны хавтан, 4-Дохио хүлээн авагч, 5-Дохио дамжуулагч, 6-Баттерей, 7-Эх хавтан

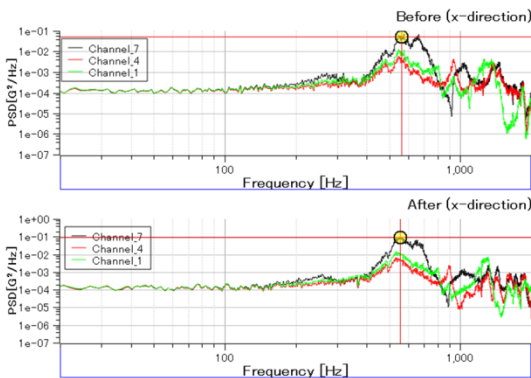
(OBC, EPS, COM), 8-Нарны зайн залгуур, 9- Програмчлах, тохируулах залгуур, 10-Суурь хавтан (Backplane).



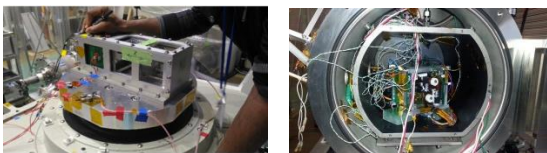
Зураг 4. Мозала хиймэл дагуулын гадаад бүтэц: 1-Нарны зай, 2-Сунагч VHF антен, 3-Зам, 4-Өндөр нарийвчлалтай камер, 5-Байршил тогтоогч кдамер, 6-Өргөнөөр цацах UHF антен, 7-Сунагч антен.



Зураг 5. Мозала хиймэл дагуулд суурилуулсан компьютерын блок схем.



Японы болон НАСА-гийн пүүжингээр хөөргөх үед үүсэх 10.8G хүртэл доргилтыг үүсгэн туршсаны дараах болон өмнөх хэмжилтыг харьцуулсан байдал



(a) Доргилт болон (b) температурын тэсвэрийг шалгахгаар бэлтгэсэн байдал (Кюшү ИС-ийн nano дагуул туршин шалгах CeNT төв).

Одоогоор хийгдсэн лабораторын үр дүнгээс харахад уг хиймэл дагуул сансрын эрс тэс орчинд 6 сар найдвартай ажиллах нь харагдаж байгаа бөгөөд энэ нь 10x10x10 cm³ хэмжээ бүхий бичил хиймэл дагуулын хувьд өндөр үзүүлэлт болно.

IV. ХӨГЖҮҮЛЭХ БОЛОМЖ, ИРЭЭДҮЙ

Анхны хиймэл дагуулын техникийн эдгээр шийдлүүдийг гамшгаас хамгаалах, гамшгийн эрсдлийг бууруулахад ашиглахаар Улсын онцгой комисс, ОБЕГ-тай хамтран ажиллаж байна.

Гамшгаас хамгаалах зориулалт бүхий дараагийн хиймэл дагуулыг Азийн их дээд сургуулиудын бичил хиймэл дагуулын консорциумын хүрээнд 2019-2020 онд хөөргөх боломж бий. Сансрын тойрог замд хамгийн багадаа 2 жил ажиллах, 50кг жинтэй, 500мм*500мм*500мм хэмжээтэй микро-дагуул байх юм. Түүнд 3 м нарийвчлалтай олон сувгийн зураг болон бичлэгийн дуран авиа, өндөр температур мэдрэгч дуран зэргийг суурилуулах бөгөөд газрын станцтайгаа UHF/X-band радио давтамжийн мужид харилцаа холбооны холболт хийх боломжтой, өгөгдөл татах хурд нь 1Mbps байна. Энэхүү сүлжээнд 20-оос доошгүй хиймэл дагуул байх бөгөөд бүх хиймэл дагуулаас бодит хугацааны мэдээлэл авах боломжтой. Уг хиймэл дагуулыг бүтээхэд материал судлал, хагас дамжуулагч төхөөрөмж, чадлын электроник, холбоо мэдээллийн технологи, асар хэмжээний өгөгдөл боловсруулах, тоо дүрсийг цаг хугацаанд нь боловсруулах, агаар мандлын оптик шинж чанарын судалгаа, дэлхий орчмын соронзон судалгаа, сансрын цацрагийн хамгаалалт, симуляцийн судалгаа зэрэг шинжлэх ухааны олон салбарыг улам хөгжүүлэх шаардлагатай.

Эхлээд хэрэглэгч зорилгоо тодорхойлох, түүний дагуу сансрын инженерүүд хиймэл дагуу бүтээх down-to-top гэсэн шинэ арга зүйгээр бүтээгдэх тул гамшгаас хамгаалах, урьдчилан сэргийлэх, ХАА, цаг уур орчны шинжилгээ, уул уурхай, хот, зам гүүр төлөвлөлт зэрэг зайнаас тандан судалгааг хэрэглэгчид, холбоо харилцаанд хиймэл дагуулыг ашиглагч бизнесийн байгууллагууд, төрийн захиргааны төв байгууллагуудын хамтран ажиллаж хэрэглэгчдийн нэн тэргүүний захиалга шаардлагыг урьдчилан гаргах нь чухал. Дараагийн хиймэл дагуул нь шинжлэх ухааны судалгаа шинжилгээний олон боломж нээх ач холбогдолтой.

V. ДҮГНЭЛТ

НҮБ-ын “Нано хиймэл дагуулын технологийн ахисан түвшний сургалт” хөтөлбөр, Япон болон Монгол улсын засгийн газар хоорондын гэрээ хэлэлцээр, МУИС болон Кюүшү ТИС-ийн хамтын ажиллагааны хүрээнд ирээдүйд харилцаа холбоо, батлан хамгаалах болон сансар судлалд чиглэсэн хиймэл дагуул бүтээх суурь боловсон хүчин бэлтгэгдэж эхэлсэн, мөн судлаачид маань өөрсдийн оюун ухаан, уран гараар хиймэл дагуул хийж бүтээн хөөргөх гэж байгаа нь манай орны хувьд түүхийн шинэ хуудас нээгдэж байна.

Уг төслийн хүрээнд ахисан түвшний сургалт судалгаа явуулах шинэ арга зүй бүтээгдэж байна [5].

Хөгжиж байгаа орнууд сансрын уудмыг энх тайвны зорилгоор хамтран ашиглах тал дээр олон улсын анхаарал татсан үйл явдал болно. Анхны Мозала хиймэл дагуулын хамгийн чухал ач холбогдол нь Монгол улс сансарт өөрийн орон зайтай болж байгаагаар тусгаар тогтносон улсын баталгаа, билэг тэмдэг болж байгаа явдалд оршино.

Шинжлэх ухаан технологийг ард түмэн ойлгон дэмждэг, үр ашгийг бодитоор нь хүртдэг, ялангуяа хүүхэд залуучуудыг физик болон шинжлэх ухаан, технологи хорхойтон сонирхдог болгоход анхны Мозала хиймэл дагуул түүхэн

ач холбогдолтой. Сансрын технологи нь шинжлэх ухаан технологийн олон салбар, тэдгээрийн зааг дээр шинэ шинэ боломж нээж, улмаар Монгол улсын тогтвортой хөгжлийг хангахад чухал үүрэгтэй байна.

Энэхүү ажлыг “Инженер, технологийн дээд боловсрол” төслийн дэмжлэг, санхүүжилтээр “Сансрын инженерчлэлийн програм, түүний хэрэглээ” (J14A15) сэдвийн хүрээнд гүйцэтгэв.

НОМ ЗҮЙ

- [1] <https://www.marketresearchreports.com/qyresearch/global-nano-satellite-industry-2016-market-research-report>
- [2] Bendel.W.I, Peterson.E.I, Proton upsets in orbit, IEEE Transactions on Nuclear Science, vol. NS-30, No.6, 1983
- [3] Ackermann, et al., Detection of characteristic pion-decay signature in supernova remnants, Science Magazine, vol 339, 2013 p.807
- [4] Erdenebaatar.D, Harada.Sh, Shiba.Y, Omura.I, Failure rate calculation method for high power devices in space applications at low earth orbit, MR12137, Microelectronics Reliability 2016 (accepted)
- [5] Maeda.G, Mengu.Ch. , BIRDS Project: An Innovative Way To Educate Post-graduate Students From Developing Countries, 67th International Astronautical Congress, Guadalajara, Mexico, 26-30 September 2016