

ГЕОДЕЗИЙН МАШ УРТ СУУРЬ ТАЛТАЙ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЙН (VLBI) СТАНЦ МОНГОЛ УЛСАД БАЙГУУЛАХ

Зорилго:

Монгол Улсад хэт урт суурь талтай интерферометрийн станц (VLBI) буюу алсад орших одны тусламжтай геодезийн өндөр нарийвчлалтай байршил тодорхойлоход ашиглах станц байгуулахад болон судалгаа хийхэд зорилго оршино.

Эрх зүйн үндэслэл:

5. “АЛСЫН ХАРАА-2050” МОНГОЛ УЛСЫН УРТ ХУГАЦААНЫ ХӨГЖЛИЙН БОДЛОГЫН ХҮРЭЭНД 2021-2030 ОНД ХЭРЭГЖҮҮЛЭХ ҮЙЛ АЖИЛЛАГАА

3.6.6. Олон улсын геодезийн сүлжээнд холбогдсон, байнгын ажиллагаатай станцуудаас бүрдсэн геодезийн хэмжил зүйн дэд бүтцийг монгол орны нийт нутаг дэвсгэрийн хэмжээнд байгуулж, тэдгээрийн тоон мэдээллийг хэрэглэгчдэд түгээх цахим тогтолцоог бий болгоно.

3.6.16. Геодезийн олон улсын VLBI станц байгуулна.

VLBI гэж юу вэ?

VLBI техник нь тусдаа антеннуудад радио долгион ирэх цагийн зөрүүг хэмждэг тул үүнийг "урвуу" байдлаар газрын эргэлтийн судалгаа хийх, тектоник хавтангийн хөдөлгөөнийг маш нарийн (миллиметрийн дотор) хийж геодезийн төрөл бүрийн хэмжилт гүйцэтгэхэд ашигладаг.



Дэлхийн VLBI станцуудын байрлалын бүдүүвч



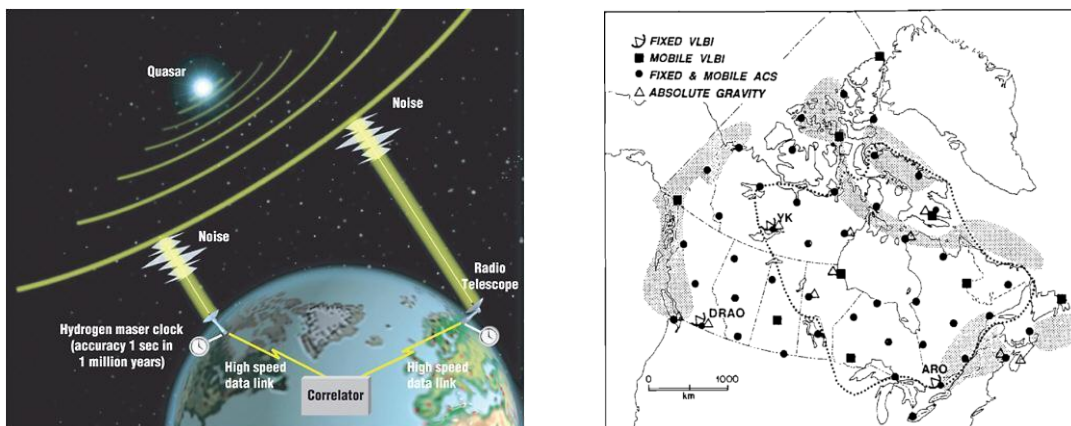
Хар нүхний анхны зургийг бүтээхэд VLBI ашигласан бөгөөд Event Horizon телескопоор дүрслэгдсэн бөгөөд 2019 оны 4-р сард авсан зураг

Олон улсын судалгаа

Канад улсын хэт урт суурь шугам хэмжилтийн станцууд -VLBI

Хэт урт суурь шугамын хэмжилт хийх технологийг анх 1967 онд канадын эрдэмтэд зохион бүтээж, Algonquin Park дахь 46 м голчтой антен, Penticton дахь 26 м голчтой антен бүхий радио телескопуудын хоорондын 3073 км зайг хэмжсэнээр геодезийн түүхэнд өндөр нарийвчлалтай Хэт урт суурь шугамын хэмжилт /VLBI/-ийг ашиглах эхлэл тавигдсан.

Хэт урт суурь шугамын хэмжилт хийх зарчмын схем болон анхны хэмжилт хийсэн станцуудын байрлалыг Зураг 2-т үзүүлэв.



Зураг 2. VLBI хэмжилт хийх зарчим ба Канад улсын VLBI станцуудын байрлалын бүдүүвч

Хэт урт суурь шугамын хэмжилт нь дэлхийн гадаргуугийн дотоод бүтэц, агаар мандал болон далай тэнгисийг ойлгоход бидэнд тусалдаг. Хэт урт суурь шугамын хэмжилтээр дэлхийн эргэлтийн хурдны өөрчлөлт, цаг хугацааны өөрчлөлт, туйлын чиглэлийн өөрчлөлт, дэлхийн тавцангуудын хоорондын харьцангуй гулсалт, хөдөлгөөнийг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох боломжийг олгодог. Өөр нэг хэрэгцээ нь дэлхийн гадаргуу дээрх объектийн байрлалыг орчлон ертөнцийн хэмжээнд нарийвчлалтай тодорхойлдог. Өөрөөр хэлбэл дэлхий, нар сар, од гариг, галактик бүгд өөр өөр хурдаар хөдөлж байхад эдгээр хөдөлгөөнөөс үл хамааран бид өөрсдийн байрлалаа орчлон ертөнцөд хөдөлгөөнгүй тодорхойлох боломжийг

олгож байгаа явдал юм. Algonquin Park дахь радио телескопийн гадна харагдах байдлыг Зураг 3-д үзүүлэв.



Зураг 3. Algonquin Park дахь радио телескоп (VLBI)

Япон улсын хэт урт суурь шугам хэмжилтийн станцууд -VLBI

VLBI станц нь ажиглалт, корреляцийн боловсруулалт, мэдээлэлд дүн шинжилгээ хийх гэсэн гурван төрлийн ажиллагааг гүйцэтгэдэг. VLBI ажиглалтыг тогтмол хийж өгөгдлийг харьцуулж дүн шинжилгээ хийх замаар дэлхийн эргэх эргэлтийн чиглэлд нарийвчлалтай байрлалын утгыг гарган авдаг.

Инерцийн орон зайд дэлхийн чиглэл өөрчлөгдөх хоёр шалтгаан бий. Нар ба сарны таталцлын хүч, далай, агаар мандлын хоорондох өнцгийн моментийн дахин хуваарилалт. VLBI нь сансрын чиглэлд дэлхийгээс шууд хэмжилт хийдэг бөгөөд үүнээс геосентологчид атмосферийн өнцгийн момент, далай тэнгисийн урсгал, дэлхийн уян харимхай хариу урвалыг судалж байна. Ishioka VLBI станцын гадна харагдах байдлыг Зураг 4-д үзүүлэв.



Зураг 4. Ishioka VLBI станц

Австрали улсын хэт урт суурь шугам хэмжилтийн станцууд -VLBI

Австралийн VLBI сүлжээг Тасманийн их сургууль байгуулан үйл ажиллагааг нь явуулдаг бөгөөд уг сүлжээнд 12м-ийн голчтой антен бүхий Тасманийн аралд байрлах Hobart, Австралийн баруун эргийн Yarragadee, Австралийн хойд хэсэгт байрлах Katherine гэсэн 3 радио телескопоос бүрддэг. VLBI сүлжээ болон олон улсын бусад VLBI станцын өгөгдлөөр Австралийн тектоник хавтангийн гажилт, шилжилтийг миллиметрийн нарийвчлалтай тодорхойлдог. Мөн VLBI сүлжээг ашиглан GNSS-ийн хиймэл дагуулын орбит, дэлхийн туйлын чиглэл, эргэлтийг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлдог. VLBI сүлжээний бүдүүвчийг Зураг 5-д үзүүлэв



Зураг 5. Австралийн VLBI сүлжээний бүдүүвч

Өнгөрсөн 22 жилийн хугацаанд UTAS нь Австралийн тивийн газарзүйн координатын системийг хадгалах, сайжруулахад чухал үүрэг гүйцэтгэсэн. Маш урт суурь интерферометр (VLBI) ашиглан тогтмол ажиглалт хийснээр дэлхийн өнцөг булан бүрт байгаа бусад дурантай харьцуулахад 26 метрийн дурангийн байршлыг сантиметр нарийвчлалтай эсвэл нэг тэрбумаар хэмжиж хянадаг. Австралийн эх газрын хавтан нь дэлхийн хамгийн хурдан хөдөлдөг хавтан бөгөөд жилд 5.779 см хурдтай зүүн хойд зүгт хөдөлж, хойд зүгт Номхон далай, Евразийн хавтантай мөргөлддөг.

Монгол улсын VLBI станцын бүтэц зохион байгуулалт

Антений мэдрэмж

Өндөр мэдрэмжтэй ажиглалт хийхэд антен цуглуулах том талбай, системийн бага температур, өргөн зурвасын өргөн, урт интеграцийн хугацаа шаардагдана. Барилгын төсвийн хязгаарлалт нь антенны диаметрийг 25 м хүртэл хязгаарласан боловч антенууд нь өндөр диафрагмын үр ашгийг хангахын тулд Кассегрейн

хэлбэрийн геометрийг ашигладаг. Системийн температурыг багасгахын тулд хоёр UHF үндсэн фокус хүлээн авагчаас бусад бүх хүлээн авагчийг криогенээр хөргөнө. Өргөн зурвасын соронзон хальсны бичигч нь өдөрт нэг соронзон хальс солиход 128 Mb/s хурдтайгаар тасралтгүй ажиллах чадвартай. Давхар хурдтай ажилладаг нэг бичигч нь 256 Mb/s, хоёр хурдтай ажилладаг хоёр бичигч нь 512 Mb/s-ийн хурдыг бүртгэж, соронзон хальсны давтамжийг өөрчилдөг. Янз бүрийн давтамжийн зурвас дахь антен ба хүлээн авагчийн хүснэгтийг Зураг 6-д үзүүлэв

Хүснэгт 6. Янз бүрийн давтамжийн зурвас дахь антен ба хүлээн авагчийн хүснэгт

Band Name (cm)	Nominal Band (GHz)	Tunable ^a Band (GHz)	Ant Eff ^b (K)	T _{ant} ^c (K)	T _{rx} (K)	System Temp (K)	Exp $\frac{T_{sys}}{A}$ (Jy)	Meas ^d $\frac{T_{sys}}{A}$	Nominal Band
an	(GHz)			(K)	(K)	(K)			
	.312-.342	.305-.350	0.50	74	95	169	1900	1930	
50	.595-.625	.590-.630	0.49	34	133	167	1915	1950	
20	1.35-1.75	1.2-1.85	0.63	18	9	27	246	300	
13	2.15-2.35	2.0-2.8	0.70	20	8	28	225	330	
6	4.6-5.1	4.4-5.2	0.72	15	12	27	211	275	
4	8.0-8.8	7.8-9.1	0.71	16	18	34	270	290	
4	8.0-8.8e	7.8—9.1	0.66	21	18	39	332	380	
2	12.1-15.4	11.8-15.7	0.69	18	32	50	407	400	
1.3	21.7-24.1	21.1-25.1	0.66	27	50	77	655	800	
0.7	41-45	40—46	0.51	35	55	90	990	1100	

Геодези, одон орон судлалын судалгааг дэмжих

Геодезийн болон астрометрийн ажиглалт нь фаз ба саатлыг нарийн хэмжиж, багажийн загварт хэд хэдэн тусгай шаардлагыг тавьдаг. Ионосферээс шалтгаалсан саатлын өөрчлөлтийг засч залруулахын тулд өргөн тусгаарлагдсан хоёр давтамжийн зурваст нэгэн зэрэг ажиглалт хийх шаардлагатай. Энэ чадварыг 2.3 ба 8.4 ГГц давтамж дээр байрлах дихроик цацруулагч системийг ашиглан 2.3 ба 8.4 ГГц-ийн зурвасуудад зориулж өгсөн байх. Багажны замын уртыг бүх электрон төхөөрөмжийн температурыг тогтворжуулах, чухал байршилд өндөр фазын тогтвортой кабель ашиглах, антенныг эргүүлэх үед фазын өөрчлөлтийг багасгах тусгайлан зохион бүтээсэн кабелийн боолт ашиглах.

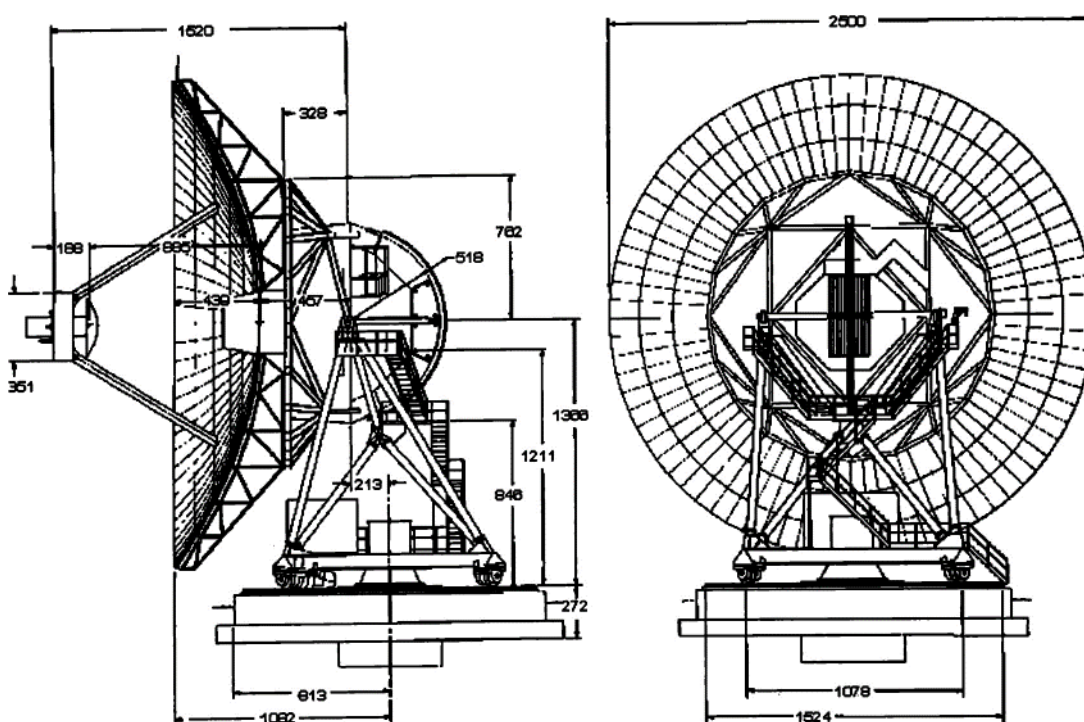
Цахилгааны доголдол болон баяр ёслолын үед ажиллах горим

VLBI нь жилд гурван өдөр (Цагаан сар, Шинэ жил) автомат горимд бусад өдөр бүтэн цагаар ажиллана. Энэ нь шаардлагатай туршилтуудыг хийхэд хялбар болгоно. **Бусад VLBI антенуудтай нийцтэй байх**

Монгол улсын VLBI 2.3/8.4 GHz хос чадамжийн давтамжийг геодезийн ажиглалтад ашигладаг олон улсын давтамжтай тааруулахаар сонгох.

Антенны барилга болон дотоод зохион байгуулалт

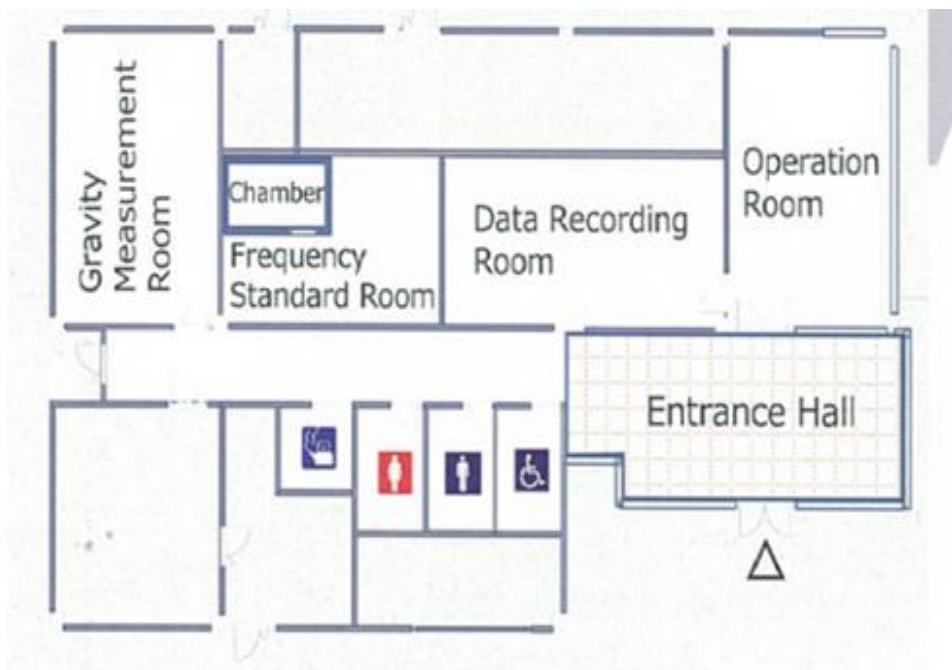
VLBI антенныг Зураг 8 дугаар үзүүлэв. Талбай нь 45 м 67 м хэмжээтэй хашаатай хашаанаас бүрдэнэ. Талбай дээрх үндсэн элементүүд нь антен ба түүний суурь, 120м 2 хяналтын барилга, яаралтай цахилгаан үүсгүүр, цаг уурын станц зэрэг байна. Удирдлагын барилга нь таван өрөөнөөс бүрдэнэ. Үүнд: ус төрөгчийн массын давтамжийн стандартыг агуулсан тоног төхөөрөмжийн өрөө, үндсэн зурвасын хувиргах болон форматлагч тавиур; сайт хяналтын компьютер, харилцаа холбооны хэрэгсэл, хоёр дуу хураагч, серверийн төхөөрөмжийг агуулсан компьютерийн өрөө, тасалдалгүй цахилгаан хангамж, техникийн ажилтны ажлын өрөө, туслах өрөө, механик тоног төхөөрөмжийн агуулах өрөөтэй байна.



Зураг 8. VLBI антенны ерөнхий хэмжээс см.



Зураг 9. Станцын гаднаас харагдах байдал



Зураг 10. Станцын дотор өрөөны зохион байгуулалт



VCH-1003M багаж



VLBI станцын удирдлага

Зураг 11. Өрөөнүүдэд сулгах тоног төхөөрөмжүүд

Барилга нь ханандаа хамгаалалттай бөгөөд температурын хяналттай. Температурын тогтворжилтыг ихэвчлэн ± 2 0 С-ийн температурт хадгалдаг. Байшинд гэнэтийн ослын үед хэд хэдэн яаралтай тусламжийн системийг суурилуулсан. Утаа илрүүлэх тохиолдолд бүх цахилгааныг автоматаар унтраадаг. Автоматжуулсан систем нь гал түймэр гарах, цахилгаан тасрах асуудал гарсан тохиолдолд техникчийг дууддаг. Онцгой байдлын генератор нь антенныг автоматаар байрлуулж, эрчим хүч алдагдсан тохиолдолд криоген ба устөрөгчийн мазерыг ажиллуулах. Цаг уурын станц нь орчны температур, шүүдэр, хур тунадас, барометрийн даралт, салхины хурд, салхины чиглэлийг тасралтгүй хянаж байхаар тоноглогдсон байна.\

VLBI антннын техникийн нөхцөл

Антен дараах үзүүлэлтэй байна.

1. Диаметр 25 м Фокусын харьцаа 0.35 +20-оос +1250 хүртэлх өндөрт хүрээ Азимутын хүрээ -2700т0 + 2700
2. Өргөлтийн хурд 300 мм
3. Азимутын эргэлтийн хурд Бүрэн хурдтай 900 гүйх хүртэл хурдасгах цаг болжээ Заагчийн нарийвчлал, 7 м s⁻¹ салхи 8 нуман секунд
4. Заагчийн нарийвчлал, 3.5 0С температурын градиент 14 нуман секунд Өндөрт байгалийн давтамж 2.6 Гц
5. Байгалийн азимут давтамж 2.2 Гц 0.160 мм rms таталцлыг багтаасан тусгал самбарын нарийвчлал
6. Гадаргууг хэмжих, тохируулах нарийвчлал (50 0 өндөрт суурилуулсан хавтангууд) 0.125 мм rms
7. Рефлекторын бүтцийн нарийвчлал (салхи, дулаан ба таталцлын хүч) 0.196 мм rms

8. Анхдагч тусгалын гадаргуугийн нийт нарийвчлал 0.282 мм rms Нийт дэд тусгал гадаргуугийн нарийвчлал 0.150 mm rms
9. Стоу (зенит) үед салхи 50 м с—1

Ажилтнууд

Төвийн дарга

Геодезийн ажилтан

Шинжлэх ухааны судлаачид

Одон орон судлаачид

Электроникийн техникийн ажилтан

Засвар үйлчилгээний ажилтан

Гадаад хамтын ажиллагаа

Орос, Өмнөд Африк, АНУ, Австрали, Хятад, Европ, Энэтхэг, Япон, Солонгост байрладаг газар дээр суурилсан VLBI сүлжээтэй хослуулан ажиллах.

RadioAstron төслийг Оросын Лебедев физикийн хүрээлэнгийн Астро сансрын төв удирддаг тул хамтран ажиллах гэрээ байгуулах. Мөн ОХУ -ын Шинжлэх ухааны академи, Лавочкины нэрэмжит шинжлэх ухаан, үйлдвэрлэлийн холбоотой туршилга судлах. Бусад орны түнш байгууллагуудтай хамтран ажиллах

Үр дүн

Хэт урт суурь шугамын хэмжилтээр дэлхийн эргэлтийн хурдны өөрчлөлт, цаг хугацааны өөрчлөлт, туйлын чиглэлийн өөрчлөлт, дэлхийн тавцангуудын хоорондын харьцангуй гулсалт, хөдөлгөөнийг өндөр нарийвчлалтай тодорхойлох боломжийг бүрдүүлнэ. Тэнхлэгийн эргэлтийн өнцгүүд болон бусад параметруудийг дэлхийн хэмжээнд тодорхойлж, уртраг, өргөргийг өндөр нарийвчлалтай хэмжинэ. Монгол Улс байрлал, өндөр, хүндийн хүчний хувьд дэлхийн түвшинд хүрч олон улсын станцуудтай мэдээллээ солилцон хамтран ажиллах нөхцөл бүрдэнэ.

Ач холбогдол

Дэлхийн гадаргуу дээрх объектын байрлалыг орчлон ертөнцийн хэмжээнд нарийвчлалтай тодорхойлох боломжтой болно. Өөрөөр хэлбэл дэлхий, нар сар, од гариг, галактик бүгд өөр өөр хурдаар хөдөлж байхад эдгээр хөдөлгөөнөөс үл хамааран бид өөрсдийн байрлалаа орчлон ертөнцөд хөдөлгөөнгүй тодорхойлох боломжийг олгох бөгөөд ухаалаг төхөөрөмжийг байрлалын хувьд өндөр нарийвчлалтай удирдах өгөгдлийг бий болгож байгаа явдал юм. Мөн төв азийн хавтанг судлах маш том азийн судалгааны төв болох нөхцөл бүрдэнэ.