

**Харилцаа холбооны зохицуулах хорооны
2015 оны 6 дугаар 13-ны өдрийн
34 тоот тогтоолын
хавсралт**

*Харилцаа холбооны зохицуулах хорооны
2015 оны 6 дугаар 13-ны өдрийн
34 тоот тогтоолын
хавсралт*



**РАДИО ДАВТАМЖИЙН 3400-4200МГц, 4500-4800 МГц ЗУРВАСТ
САНСРЫН ХОЛБООНЫ ГАЗРЫН СТАНЦ ДАРАА ҮЕИЙН
ХӨДӨЛГӨӨНТ ХОЛБООНЫ СТАНЦУУДЫН ХООРОНД
ХАРИЛЦАН НӨЛӨӨЛЛӨӨС ЗАЙЛСХИЙХ, НӨЛӨӨЛЛИЙГ
БУУРУУЛАХ ТАЛААР ЗӨВЛӨМЖ**

УЛААНБААТАР 2015

ГАРЧИГ

Хамрах хүрээ	3
Товчилсон үгийн жагсаалт	3
Радио давтамжийн зохицуулалт	5
Харилцан нөлөөллийн зөвшөөрөгдөх хэмжээг тооцоход FSS хиймэл дагуулын системийн параметрууд	7
Харилцан нөлөөллийн зөвшөөрөгдөх хэмжээг тооцоход IMT-дэвшилтэт системийн параметрууд.....	8
Нөлөөллийн нөхцлүүд ба хамгаалах аргууд	17
Дүгнэлт.....	23
Хавсралт А.....	24
Хавсралт Б	25
Хавсралт В.....	27
Ашигласан материал.....	28

ХАМРАХ ХҮРЭЭ

Энэхүү зөвлөмж нь ИМТ¹-дэвшилтэт системүүд болон Геотогтвортой тойрог замын хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус холбооны үйлчилгээний (FSS²) хооронд 3400-4200, 4500-4800 МГц зурвасуудад эдгээр системийн станцуудыг харилцан нөлөөлөлгүй байршуулах, нөлөөллийг бууруулах талаар ОУЦХБ-ын М.2109 тайланг (ITU-R М.2109) үндэс болголоо.

ITU-R³-ийн WRC⁴07 ийн хэлэлцэх асуудал 1.4-ийн дагуу WRC03 Resolution 228 шийдэл 5-ыг баримтлан ИМТ⁵-2000 ын хөгжлийн дараачийн үе ИМТ-дэвшилтэт⁶ системүүдийг хөгжүүлэхэд дэвшигдэж байгаа (ITU-R М.2079 тайланд) зурвасуудад эдгээр зурвасууд багтаж хүснэгтэд нэмэлтээр орсон бөгөөд 3400-4200 МГц болон 4500-4800МГц зурвасууд нь ОУЦХБ-ын радио давтамжийн хуваарилалтын хүснэгтэд хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус холбооны систем (FSS) нь үндсэн үйлчилгээгээр заагдсан байдаг. Иймд эдгээр системийн станцуудын хооронд нөлөөлөл үүсэхээс урьдчилан сэргийлэх, нөлөөллийг бууруулах талаар энэхүү зөвлөмжийг боловсруулав.

Товчилсон үгийн жагсаалт:

3GPP	3 rd generation partnership project
ACLR	Adjacent channel leakage power ratio
ACS	Adjacent channel selectivity
ATPC	Automatic transmit power control
BER	Bit error rate
C/N	Carrier-to-noise power ratio
I/N	Interference to Noise ratio
CDMA	Code division multiple access
DOE	Direction of earth station
EIRP	Effective isotropic radiated power
FEC	Forward error correction
GSO	Geostationary satellite orbit
IMT	International Mobile Telecommunications
ITU	International Telecommunications Union
LNA	Low noise amplifier
LNB	Low noise block
LoS	Line-of-side
MIFR	Master International Frequency Register

¹ International Mobile Telecommunications

² Fixed Satellite Service-Хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус холбооны үйлчилгээ

³ International Telecommunications Union Radiocommunications – Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллагын радио холбооны сектор

⁴ World Radio Conference- Дэлхийн Радиогийн Их Хурал

⁵ International Mobile Telecommunications

⁶ IMT-advanced –International Mobile Telecommunications advanced

MIMO	Multiple input multiple output
NLoS	Non line of sight
OFDM	Orthogonal frequency division multiplexing
OFDMA	Orthogonal frequency division multiple access
OOB	Out of band
PSD	Power spectrum density
PSK	Phase shift keying
SDMA	Space division multiple access
TDMA	Time division multiple access
TT&C	Tracing, telemetry and command
TVRO	Television receive only
UMTS	Universal mobile telecommunications systems
UWB	Ultra-wideband
VSAT	Very small aperture terminal
WMO	World Meteorological Organization
DOE	Direction of Earth Station

1. ЗОХИЦУУЛАЛТ

Хүснэгт 1-д олон улсын радиогийн дүрмийн хавсралт 5-д 3400-4200; 4500-4800МГц-ийн хуваарилалтай нийцүүлэн Монгол Улсын радио давтамжийн үндэсний хуваарилалтын хүснэгт, төлөвлөлт, стратегийг үзүүлэв. (Дэлхийн радиогийн их хурал 2012)

1.1 FSS газрын станцууд, ИМТ-дэвшилтэт станцуудын хамаарлын талаар олон улсын зохицуулалт

Олон улсын радиогийн дүрмийн (RR⁷) 9.17; 9.18-ийн дагуу олон улсын хамгааллын асуудлыг зөвхөн specific⁸ газрын станцын (газар зүйн байрлал тодорхой байдаг) хувьд зохицуулна.

ОУЦХБ (ITU) байршил⁹ хийх зарлан мэдээлэх процетур ОУ-ын радиогийн дүрмийн хавсралт 9, хавсралт 11-ийн дагуу хилийн зурвастай ойролцоо орших хүлээн авах газрын станцыг бүртгүүлнэ.

Харин ОУ-ын радиогийн дүрмийн 9.6-ийн тодорхойлсны дагуу ОУ-ын радиогийн дүрмийн хавсралт 9 болон 11-ийн процедураар байршил хийгдэж зарлагдсан газрын станцын байрлал нөлөөллийн хамрах хүрээ¹⁰ нь бусад улсад нөлөөлөх нөхцөлд зөвшилцөнө.

⁷ RR-Radio Regulation

⁸ HUB газрын станц юм. ОУЦХБ-ын нэр томъёогоор specific гэж гэдэг.

⁹ Coordination-байршуулах

¹⁰ Contour-нөлөөллийн хамрах хүрээ

Хүснэгт 1. Монгол Улсын радио давтамжийн үндэсний хуваарилалтын хүснэгт (3400-4200 МГц; 4500-4800МГц)

ОУЦХБ-ын хуваарилалт /I бүс/	Үндэсний хуваарилалт	Төлөвлөлт	Стратеги
<p>3 400-3 600 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт 5,430А Радиолокаци</p> <p>5.431</p>	<p>3 400-3 600 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт Радиолокаци 5.430А</p>	<p>3400-4200 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг (downlink) Хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус үйлчилгээнд (FSS) ашиглана.</p> <p>5850-7075 МГц-ийн давтамжийн зурвастай (uplink) хослон ажиллана.</p> <p>3400-3600 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг 2005.01.01-ний өдрөөс эхлэн Хөдөлгөөнт бус утасгүй холболтын системд (FWA) ашиглана.</p> <p>3605-3689 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг 2005.01.01-ний өдрөөс эхлэн Хөдөлгөөнт бус утасгүй холболтын системд (FWA) ашиглана.</p> <p>3925-4009 МГц-ийн давтамжийн зурвастай хослон ажиллана.</p>	<p>Хиймэл дагуулын өргөтгөсөн С зурвас 3400-4200 /5925-6725 МГц-ийн зурвасд Хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус үйлчилгээнд (FSS) ашиглах ба 3400-3600 МГц-ийн зурвасыг Хөдөлгөөнт бус утасгүй холболтын системд (FWA) хослон ашиглана.</p> <p>2 системийн хоорондох харилцан нөлөөллөлийг зүүлт 5.430А-р зохицуулна.</p>
<p>3 600-4 200 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт</p>	<p>3 600-4 200 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт</p>	<p>3605-3689 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг 2005.01.01-ний өдрөөс эхлэн Хөдөлгөөнт бус утасгүй холболтын системд (FWA) ашиглана.</p>	
<p>4 500-4 800 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) 5.441 ХӨДӨЛГӨӨНТ 5.440А</p>	<p>4 500-4 800 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) ХӨДӨЛГӨӨНТ</p>	<p>Хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус үйлчилгээ (сансар - газар)</p>	<p>Appendix 30В-ийн дагуу ашиглана.</p>

ОУ-ын радиогийн дүрмийн дагуу FSS газрын станц, газрын сүлжээний станцуудын газар зүйн нэг байрлалд ижил давтамжийн цараанд байрлах талаар шалгуур үзүүлэлтүүд, процетурыг заагаагүй байдаг.

Хавсралт А–д газар зүйн зарим байршилд нөлөөллийн хамрах хүрээг ОУЦХБ-ын програм ашиглан тооцсон жишээг үзүүллээ.

2. ХАРИЛЦАН НӨЛӨӨЛЛИЙН ЗӨВШӨӨРӨГДӨХ ХЭМЖЭЭГ ТООЦОХОД FSS-ИЙН ПАРАМЕТРУУД

FSS-ийн үндсэн гол параметруудийг FSS-ийн хүлээн авах станцад тооцоолж гаргасныг 2.1-ийн хүснэгт 2-д харуулсан байна.

2.1 Системийн параметрууд

ХҮСНЭГТ 2

4ГГц зурвас дахь FSS-ийн хүлээн авах талын параметрууд

Параметрууд	хязгаар						
Ажлын зурвасууд	3400-4299 МГц, 4500-4800МГц						
Газрын станцын хэвтээ хавтгайн дагуух off-axis ¹¹ өгсөлт (dBi) ¹	Босоо өнцөг (Elevation Angle ²)	5°	10°	20°	30°	48°	>85°
	Ашиггүй дохионы өсгөлтийн коеф(Off-axis gain)	14.5	7.0	-0.5	-4.9	-10	0
Антенний референс патерн	ОУЦХБ-ын зөвлөмж (ITU-R) S.465 (85° хүртэл)						
Зурвасын өргөн	40 МГц -72 МГц						
Газрын станцын байрлуулах байршил	Бүх бүс нутгууд, бүх байрлалд (хотын төв, хотын зах) ³ Хотын төв хэсэг)						
Хүлээн авах системийн шуугианы температур	100 К						

¹ Газрын станцын байршлийн хэвтээ хавтгайг 0° гэж тооцсон

² Ажлын хамгийн бага хэвтээ хавтгайтай үүсгэх босоо өнцгийг (elevation angle) 5° гэж үздэг

³ FSS ийн антенууд олон янзын нөхцөлд суурилагддаг. Жижиг антенууд (1.8-3.8 м) ихэнхдээ байрны дээвэрт, том антенууд газрын хөрсөн дээр байрласан байдаг.

3. ХАРИЛЦАН НӨЛӨӨЛЛИЙН ЗӨВШӨӨРӨГДӨХ ХЭМЖЭЭГ ТООЦОХОД ИМТ-ДЭВШИЛТЭТ СИСТЕМИЙН ПАРАМЕТРУУД

3.1 Зурвас дахь параметрууд (In-band-parameters)

Хүснэгт 3-д параметруудийг үзүүлээ.

¹¹ Off-axis gain нь ашиггүй дохио бөгөөд бусад системээс газрын станцын антенд ирж байгаа дохио юм.

IMT-дэвшилтэт системийн бааз станцын параметрууд

Параметрууд (Parameter)	Утга (Value)
1 МГц зурвасын өргөнд ногдох EIRP ийн нягтрал макро бааз станцуудын хувьд (EIRP density range: macro base station scaled to 1 MHz bandwidth)	39-46 дБм/МГц
1 МГц зурвасын өргөнд ногдох EIRP ийн нягтрал микро бааз станцын хувьд (EIRP density range: micro base station scaled to 1 MHz bandwidth)	15-22 дБм/МГц
EIRP ийн хамгийн их утга ¹ (Нэвтрүүлэгчийн гаралтын чадал+антений өсгөлтийн коэф-фидерийн унтралт) <i>Maximum EIRP¹</i> (Transmitter output power+antenna gain-feeder loss)	59 дБм (Макро бааз станц) 35 дБм (Микро бааз станц)
Антенний төрөл (Tx/Rx) (Антенний нэг секторт харгалзах өсгөлтийн коэф-оор тооцно) <i>Antenna type(Tx/Rx)</i> (The gain is assumed to be flat within one sector)	Макро үүрийн омни антеннийг микро үүрт ашиглах ¹²
Хүлээн авагчийн дулааны шуугиан (Receiver thermal noise) (including noise figure)	-109 дБм/МГц
Бааз станцад үзүүлэх харилцан нөлөөллийн хамгаалалтын шалгуур (I/N) (Protection criterion(I/N) interference to individual base station)	-6 дБ or -10 дБ ²
Сансрын холбооны системүүдэд үзүүлэх хамгаалалтын шалгуур (I/N) (Protection criterion (I/N) vs satellite systems)	-10 дБ

¹ EIRP-ийн энэ хязгаарыг 20-100 МГц зурвасын өргөнд тооцсон

² Энэ үзүүлэлтийг Радиогийн дүрмийн үндсэн үйлчилгээ болон үндсэн бус үйлчилгээнүүдийн хооронд харьцуулж гаргасан байдаг. (Ж: UWB болон IMT-дэвшилтэт гэх мэт)

ХҮСНЭГТ 4

¹² Sectored for macrocell omni for microcell -микро үүрт макро үүрт ашигладагтай адил омни антен ашигласан

IMT-дэвшилтэт технологийн хөдөлгөөнт станцын параметрууд

ПАРАМЕТР (Parameter)	УТГА (Value)
Хамгийн их чадлын нягтрал, нэвтрүүлэгчийн гаралтын чадал (Maximum Tx PSD ¹³ range output power ¹)	4 to 11 дБм/МГц
Хамгийн их IERP (Maximum IERP)	24 дБм
Хүлээн авагчийн дулааны шуугиан (Receiver thermal noise (dBm/MHz))	-109 дБм -105 дБм/МГц
Интерфереинцээс хамгаалах харьцаа (Protection criterion (I/N))	-6 дБ

¹ референсе дохионы зурвасын өргөнийг 20 - 100 МГц гэж үзэв.

² нэвтрүүлэгчийн чадлыг автоматаар удирдах (АТРС) системийн эффектээр дундын хязгаарыг авч үзсэн

ХҮСНЭГТ 5

IMT-дэвшилтэт системийн параметрууд

Параметр	Утга
Макро үүрийн антений өсгөлтийн коэф (Macro cell antenna gain)	20 дБи
Микро үүрийн антений өсгөлтийн коэф (Micro cell antenna gain)	5 дБи
Макро үүрийн фидерийн унтралт (Macro cell feeder loss)	4 дБ
Микро үүрийн фидерийн унтралт (Micro cell feeder loss)	0 дБ
Антений хэвтээ чиглэл дэх цацаргалтын хэлбэр (Antenna pattern for vertical sharing)	Rec. ITU-R F.1336 ¹
Хөдөлгөөнт станцын антений өсгөлтийн коэффициент(хэрэглэгч) (Mobile station antenna gain)	0 дБи
Бааз станцын антений тонгойлт (Микро үүрт) (Base station Antenna downtilt (Micro))	0 градус
Бааз станцын антений тонгойлт (Макро үүрт) (Base station Antenna downtilt (Macro))	2 градус
Бааз станцын антений өндөр (Микро үүрт)	5м

¹³ Power spectrum density- Спектр дэх чадлын нягтрал

<i>(Base station antenna height (Micro))</i>	
Бааз станцын антений өндөр (Макро үүрт) <i>(Base station antenna height (Macro))</i>	30м
Хөдөлгөөнт станцын антений өндөр(хэрэглэгч) <i>(Mobile station antenna height (mobile station))</i>	1.5м
Бааз станц хоорондхи зай / <i>Intersite distance (Микро/(Micro))</i>	600м
Бааз станц хоорондын зай/ <i>Intersite distance (Макро/(Macro))</i>	5км
Хотын төвд макро бааз станц хоорондхи зай <i>(Intersite distance (Macro) for urban case)</i>	1.5км
Идэвхтэй хэрэглэгчийн нягтрал (Хотын нягтрал ихтэй хэсгүүдэд/макро үүр) <i>(Active users density (Dense Urban/Macro))</i>	18/км ²
Идэвхтэй хэрэглэгчийн нягтрал(Хотын нягтрал ихтэй бүсэд/Микро бааз станц) <i>(Active users density (Dense Urban/Micro))</i>	115/км ²
Идэвхтэй хэрэглэгчийн нягтрал(Хотын захын бүсэд/Макро үүр) <i>(Active users density (Suburban/Macro))</i>	15/км ²
Идэвхтэй хэрэглэгчийн нягтрал (Хотын захын бүсэд/Микро үүр) <i>(Active users density (Suburban /Micro))</i>	19/км ²
Радио давтамжийг дахин ашиглах хэлбэр <i>(Frequency reuse pattern)</i>	1 ² болон 6

¹ Энэ баримт бичигт (6.2.2- г үзнэ үү) ОУЦХБ-F.1336-2 ийг ашигласан ч ОУЦХБ- F.1336 зөвлөмжийг судалгаанд голчилон ашигласан.

² Нэг давтамжийг олон секторт ашиглах

3.2 Дохиоллын сувгийн параметрууд (Out-of-band¹⁴ parameters)

20 МГц-100 МГц ийн зурвасын хязгаарт спектрийн маскийг тодорхойлсон:

ХҮСНЭГТ 6

ИМТ-дэвшилтэт системийн дохиоллын сувгийн (out-of-band) параметрууд

Сувгууд (Offset)	Хязгаарт түвшин (ACLR ¹⁵ limit)
------------------	--

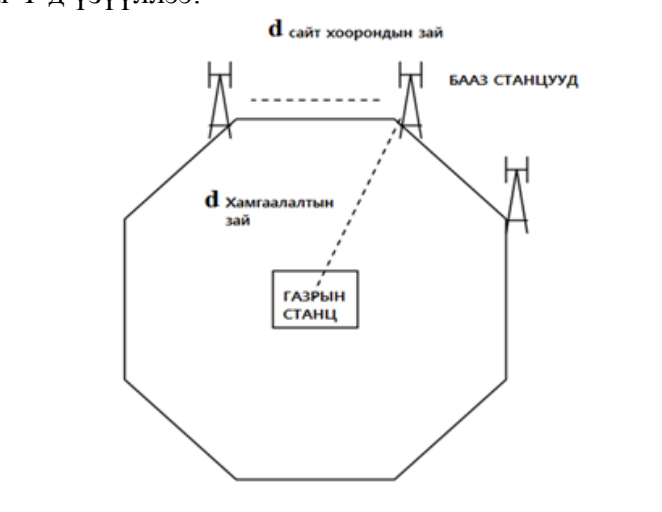
¹⁴ Дохиоллын out-of-band төрөл нь дуудлага тогтоох, биллинг, рутинг, мэдээлэл дамжуулах дохиоллын суваг байдаг. Энэ аргын үед дохиолол нь хэрэглэгчдийн яриатай хамт явдаггүй. Жишээлбэл: SS7 signaling

¹⁵ Out-of-band дохионы интерфереинц үүсгэх хэмжээнээс зайлхийх зорилгоор тооцоолж гаргасан хязгаарт түвшин. Үндсэн зурвасын дохионы зурваст дохио нэмж өгч филтерлэж үлдсэн дохионы түвшинг хэмжиж тогтоодог.

1 st adjacent channel	45 дБ
2 st adjacent channel	50 дБ
3 st adjacent channel	66 дБ

3.3 ИМТ-дэвшилтэт станцаас үзүүлэх нөлөөллийг тооцох аргууд

FSS газрын станцын эргэн тойронд нэг ижил зайд байрлах хэд хэдэн бааз станцуудаас үзүүлэх нийлбэр харилцан нөлөөллийг тооцоход тойргийн радиусийг дараах байдлаар авч үзсэн. Зураг 1-д үзүүлээ.



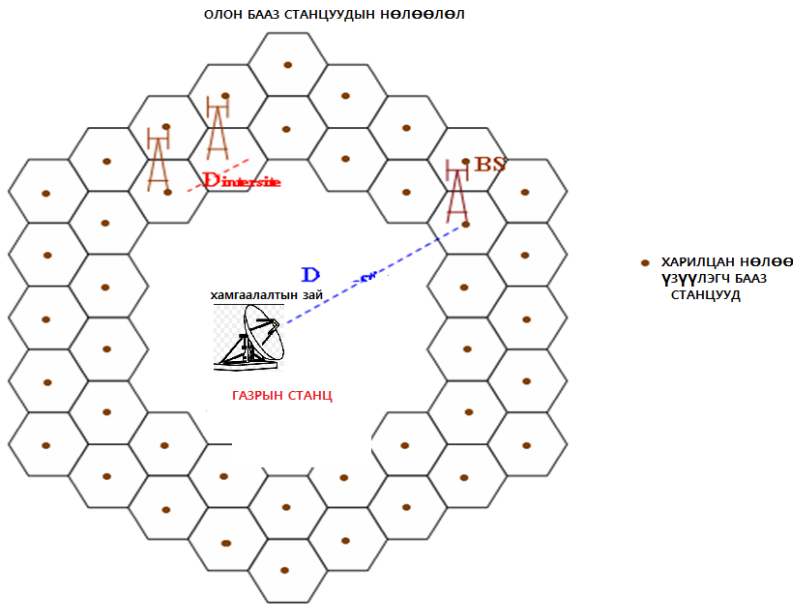
Зураг 1

Доорхи тэнцэтгэлээр илэрхийлбэл:

Харилцан нөлөөлөл үүсгэх бааз станцуудын тоо $= (2 \cdot \pi \cdot d \text{ хамгаалалтын зай}) / d \text{ сайт хоорондхи зай}$

ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын нийлбэр нөлөөллийг газрын гадаргын мэдээлэлтэй авч үзэх

Үүрэн холбооны системийн загварыг ашиглан бааз станцуудын хоорондхи зайг тооцоолж ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын нийлбэр интерференцийг тооцоолсон. Бааз станцуудын байрлалыг FSS газрын станцын эргэн тойронд адил хэмжээний хоорондын зайтай байрласан гэж авч үзсэн.



Зураг 2

j -р тойргийн радиус нь:

$D(i) = D_{\text{хамгаалалтын зай}} + (i-1) \cdot D_{\text{сайт хоорондхи зай}}$

ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын тоо нь j тойрогтой $D(i)$ хоорондын зайг тодорхойлж болохуйц гэж үзвэл доорхи тэнцэтгэл болно:

$N(i) = \pi / (\arcsin(D_{\text{сайт хоорондхи зай}} / 2 \cdot D(i)))$

Хөдөлгөөнт станцуудын нөлөөллийн нийлбэрийг авч үзэх

Энэ нь үүр болгонд ажилах хөдөлгөөнт станцуудын FSS газрын станцад үзүүлэх интерфереинцийг авч үзсэн байна. Энэ зайг :

$D_{\text{хөдөлгөөнт станц}} = D_{\text{хамгаалалтын зай}} - D_{\text{сайт хоорондхи зай}} / 2$

ОУЦХБ-ийн судалгаанд LNB¹⁶-ийн харилцан нөлөөллөөс шалтгаалсан өрнүүлэлтийг авч үзсэн. ИМТ-дэвшилтэт станцуудын нэвтрүүлэгчүүдийн байралсан хавтгайг ижил түвшинд авч үзэх боломжгүй.

Үүнд олон замын тархалтын үзүүлэх нөлөөллөөс хүлээн авах дохионы түвшин богино хугацааны хувьд тооцогдох бөгөөд хамгаалалтын зайг ихэсгэнэ. Гэвч үүнийг олон ИМТ станцуудын нийлбэр нөлөөлөлд тооцолгүй орхиж болно.

3.4 ИМТ-дэвшилтэт бааз станц, FSS газрын станцын зэрэгцэн ажиллах боломжийг нэмэгдүүлэх аргууд

Энэ аргуудад FSS ба ИМТ-ийн ижил давтамж дээрх ажиллагаа (co-frequency) болон Зэрэгцээ зурвасын (adjacent band) дээрх үр дүнгүүдийг ашигласан.

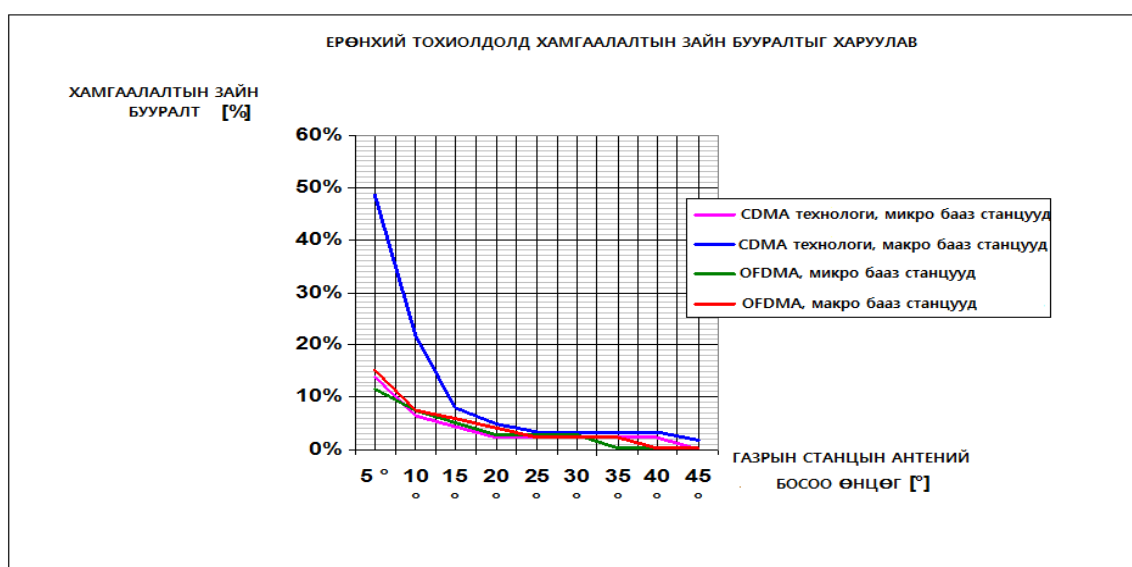
¹⁶ Бага шуугианы блок нь бага шуугианы өсгөлтөөс гадна завсрын давтамжийн хувиргалтыг хийнэ.

Судалгаанд FSS-ийн олон төрлүүдийг авч үзээгүй. Харин бага шуугианы өсгөгч¹⁷-ийн өрнөлтийн харилцан нөлөөллийг авч үзсэн.

3.4.1 Сектор унтраах

Энэ арга нь нөлөөлөлд орсон FSS газрын станцад IMT бааз станцаас нөлөөлөх нөлөөллийг бааз станцаас газрын станцын чиглэлд гарч байгаа гаралтын чадлыг бууруулах замаар багасгах арга юм. Энэ тохиолдолд бидний авч үзэж байгаа бааз станц нь хамгаалалтын зайнаас дотогш байна гэж үзсэн. Бааз станцыг 3 чиглэлтэй антентай байна гэв. IMT бааз станцын FSS-д үзүүлэх харилцан нөлөөллийг бууруулах арга нь бааз станцаас газрын станц чиглэлд харж байгаа секторыг унтраах юм. Ингэснээр IMT-ийн тэр чиглэл дэх хэрэглэгчид долгионы хүрээг IMT-ийн бусад бааз станцаас авах боломжтой юм.

Энэ аргыг хэрэглэснээр хамгаалалтын зайг 0-49% бууруулах боломжтой.



Зураг 3. Ерөнхий тохиолдолд хамгаалалтын зайн бууралтыг харуулав.

3.4.2 Олон оролт, олон гаралттай (MIMO¹⁸) үед

IMT –дэвшилтэт бааз станц болон FSS-ийн ажиллах зайг ойртуулах бас нэгэн арга бол MIMO space division multiple access (SDMA)¹⁹ - г ашиглах арга юм.

Бааз станцын нэвтрүүлэх антений газрын станцруу харсан чиглэлийн диаграммын өсгөлтийг бууруулах арга юм. Нэг газрын станцын хувьд газрын станцын чиглэл давхцалт (DOE²⁰) 0° гэвэл IMT бааз станцын хоорондхи хамгийн бага хамгаалалтын зайг 35м байлгах боломжтой. Харин IMT-ийн бааз станц ойролцоох 3 FSS газрын станцтай

¹⁷ LNA-Low noise amplifier –Бага шуугианы өсгөгч

¹⁸ Multi Input Multi Output-Олон оролт олон гаралттай систем

¹⁹ SDMA-Spectrum Division Multiple Access-Спектрийн ялгаварт олон цэгийн хүртэмжит систем

²⁰ Direction of earth station-газрын станцын чиглэл

хамгаалалтын зай нь хамгийн багадаа 3.5 км байх боломжтой. Харин DOE-ийг 8° гэвэл хамгийн бага хамгаалалтын зай 22 км байна. Энэ нь хамгийн бага хамгаалалтын зайг 50% бууруулсан үзүүлэлт байж чадна.

Бааз станцын секторыг унтраах аргыг ашиглах үед өөр давтамж дээр ажиллах бааз станцуудаар антений өсгөлтийг бууруулсан хэсгийн хамрах хүрээг хангана. Энэ аргын талаар бусад дэлгэрэнгүй мэдээллийг хавсралт Б-ээс үзнэ үү.

3.4.3 Сайтын байршил

Энэ арга нь ОУЦХБ-ын SF.1886 зөвлөмжийн дагуу (interference attenuation) интерференцийг бууруулах нөлөөллийг 30 дБ хүртэл бууруулах боломжтой. Үүнд сайт бүрийн байршил болон характеристикууд нөлөөлнө. Сайт бүрт нөлөөлөх нөлөөлөл нь өөр байна.

3.4.4 Антений тонгойлтийг өөрчлөх

Бааз станцын антений тонгойлтийн өнцгийг өөрчилснөөр хамгаалалтын зайг багасгах боломжтой.

Бааз станцын антений тонгойлтийг доорхи зорилгоор хийдэг:

- ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын тоог өгөгдсөн талбайд нэмэгдүүлэх
- ИМТ- дэвшилтэт бааз станцын нэвтрүүлэгчийн чадлыг бууруулах

3.4.5 Спектр менежментийн техникийг ашиглах

FSS-ийн газрын станц давтамжийн зурвасын нөөцийг бүрэн ашиглаагүй бол ИМТ – дэвшилтэтийн хувьд зөрүүлэн олгох г.м аргууд байна.

4. НӨЛӨӨЛЛИЙН НӨХЦЛҮҮД БА ХАМГААЛАХ АРГУУД

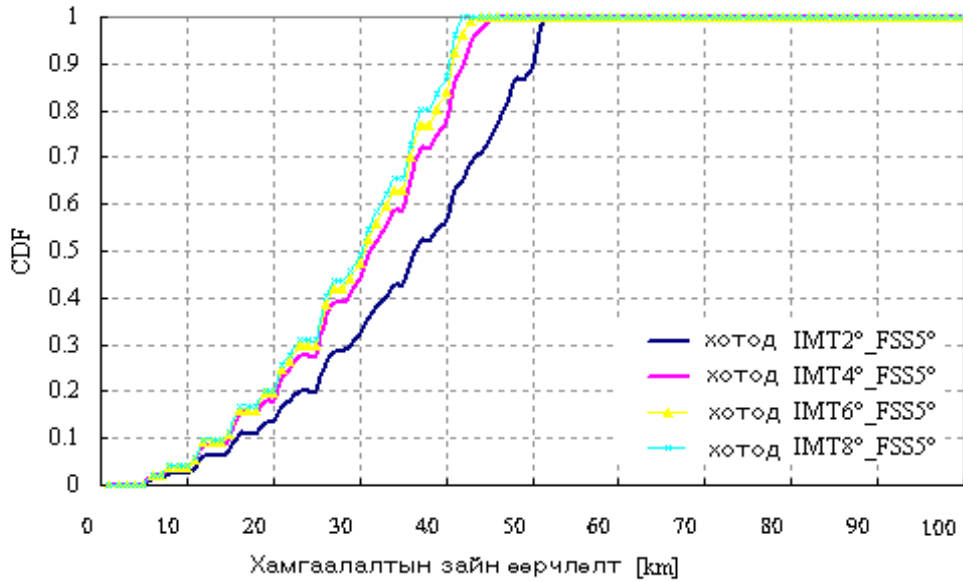
Тооцооллын параметруудийг ИМТ станцуудын хувьд олон төрлийн байдалд ашиглаж тестэлсэн үр дүнг доор үзүүлэв.

4.1 ИМТ-дэвшилтэт системийн станцаас FSS хүлээн авах газрын станцад үзүүлэх харилцан нөлөөлөл

4.1.1 ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын антений тонгойлтоос (downtilt) нөлөөлөх нөлөөлөл

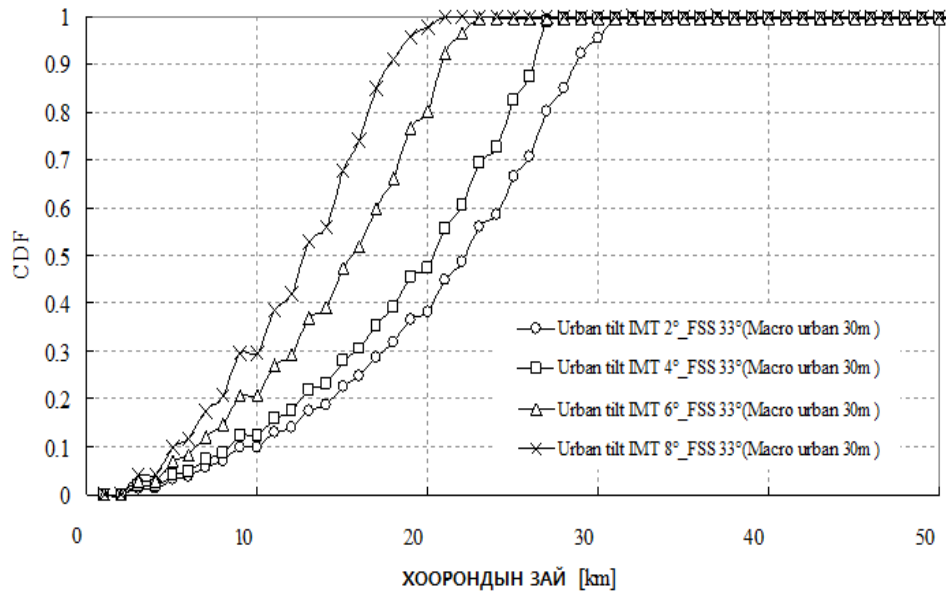
ИМТ бааз станцын антений тонгойлт ихэсгэхэд хамгийн бага хамгаалалтын зай ойртож харилцан нөлөөлөл багасна.

ЕРӨНХИЙ нөхцөлд ИМТ-дэвшилтэт системийн БААЗ СТАНЦУУДЫН ТОНГОЙЛТЫН ӨНЦГИЙН НӨЛӨӨЛИЙГ МАКРО БААЗ СТАНЦАД ҮЗҮҮЛЭВ.



Зураг 4. ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын тонгойлтын өнцгийн нөлөөлөл

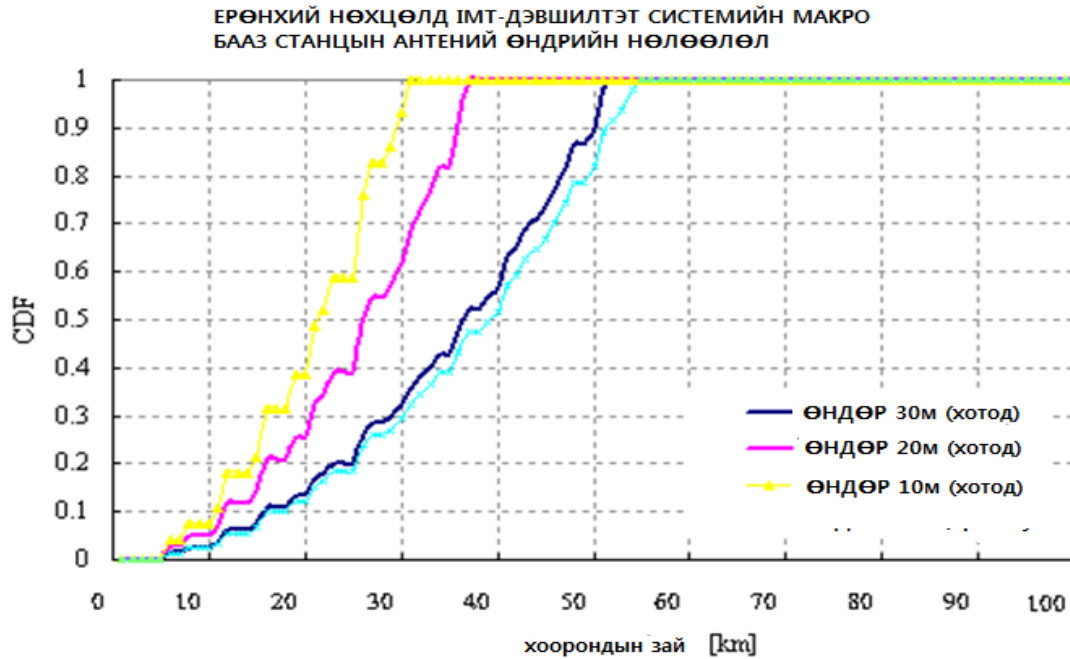
ХОТ СУУРИНД ТОНГОЙЛТЫН ӨНЦГИЙН НӨЛӨӨЛӨЛ, ГАЗРЫН ГАДАРГЫГ ТООЦСОН НӨХЦӨЛ (ЯПОНЫ КАЯБАШИ ХОТОД)



Зураг 5. ИМТ- дэвшилтэт бааз станцын нэвтрүүлэгчийн нөлөөлөлд тонгойлтын нөлөөлөл, газрын гадаргын нөлөөллийг тооцсон нөхцөлд

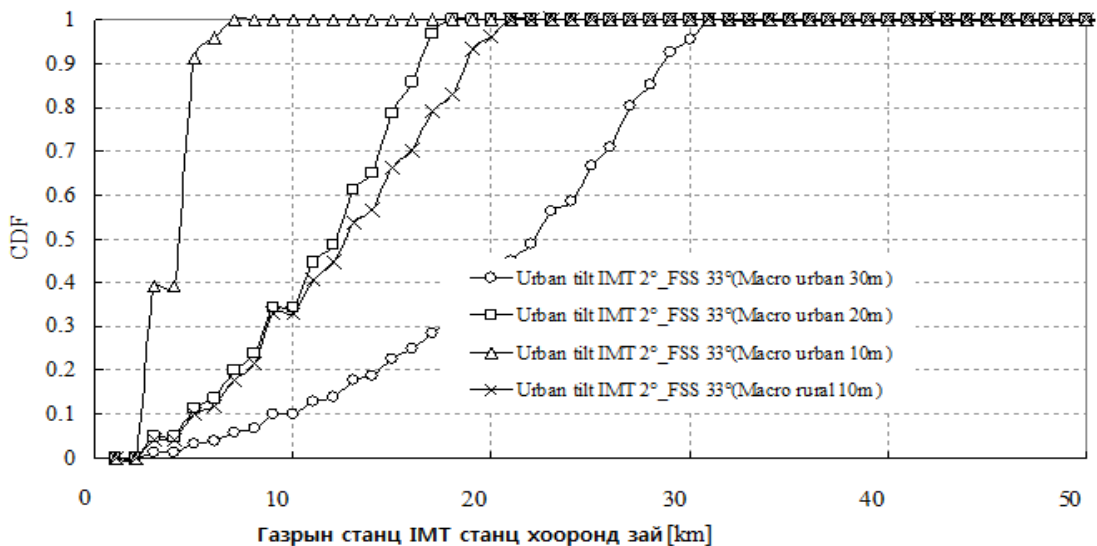
4.1.2 IMT-дэвшилтэт бааз станцын антений өндрийн үзүүлэх нөлөөлөл

IMT бааз станцын нэвтрүүлэгч антений өндрийн хэмжээ FSS хүлээн авах газрын станц, бааз станцын хамгаалалтын хамгийн бага зайд хэрхэн нөлөөлж байгааг зураг 6 болон 7-аас харна уу. Хотын төв хэсэгт өндөр байшингийн дээр байрласан бааз станцын антен хөдөө нам дор байрласан антентай харьцуулахад интерферицийн нөлөө багатай тул хамгалалтын зайг ойртуулна. Хамгийн бага хамгаалалтын зайг багасгахад антенийг нам доор байрлуулах нь үр дүнтэй.



Зураг 6. Антенний өндрийн нөлөө

**АНТЕНИЙ ӨНДРИЙН НӨЛӨӨЛИЙГ ИМТ-дэвшилт БААЗ СТАНЦУУДАД
ТУРШСАН ЖИШЭЭ (ХОТЫН НӨХЦӨЛ: ЯПОН УЛС КАЯБАШИ, ХӨДӨӨ:ЯПОН УЛС КАМАГАЯ)**



Зураг 7. ИМТ- дэвшилтэт бааз станцын антений өндрийн нөлөө Макро үүр.

4.1.3 ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын EIRP-ийн нөлөөлөл

Дундын судалгаа нь макро, микро бааз станцуудын EIRP-ийн хамгийн их түвшинд үндэслэн судалгаа хийсэн. Бааз станцын төрлөөс хамаарч ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын EIRP-ийн хамгийн их түвшин 59 – 35 дБм байдаг. Хамгаалалтын зайд энэ хэмжээ хамгийн их нөлөөтэй.

Нэмж дурдахад ИМТ- дэвшилтэт системүүд чадлыг бааз станцаас хэрэглэгч чиглэлд динамикаар удирдах (CDMA, OFDMA) боломжтой болох юм. Энэ боломж нь бааз станцуудын EIRP-г тохируулах дараах боломжийг олгоно. Үүнд:

- Нэг бааз станц FSS газрын станц хоорондын хамгаалалтын зайн хэмжээнд тохируулан ИМТ-дэвшилтэт системийн бааз станцын EIRP-г тохируулах боломжтой.
- Олон станцуудын нийлбэр нөлөөллийг зохицуулах нөхцөлд бааз станцуудын EIRP-ийг нөхцөлд нь тохируулан оптимизац хийх боломжтой.

4.1.4 ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын бааз станцаас хэрэглэгчийн чиглэлд чадлыг удирдах .

Практикт ИМТ-дэвшилтэт бааз станцууд байнга хамгийн их EIRP-р ажиллаад байдаггүй байна. Нэвтрүүлэх чиглэлийн чадлын удирдлага нь ИМТ-дэвшилтэт радио сүлжээний хамгийн гол онцлог юм. Энэ нь нэвтрүүлэх хамгийн бага боломжит чадлыг сонгож систем хоорондын харилцан нөлөөллийг үүсгэхээс зайлсхийх боломжийг нэмэгдүүлдэг. Үүрийн хамрах хүрээ, батгаамжаас хамаарч, ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын чадлыг үүрийн ачаалал 100% байна гэвэл зураг 8-ийг харна уу.

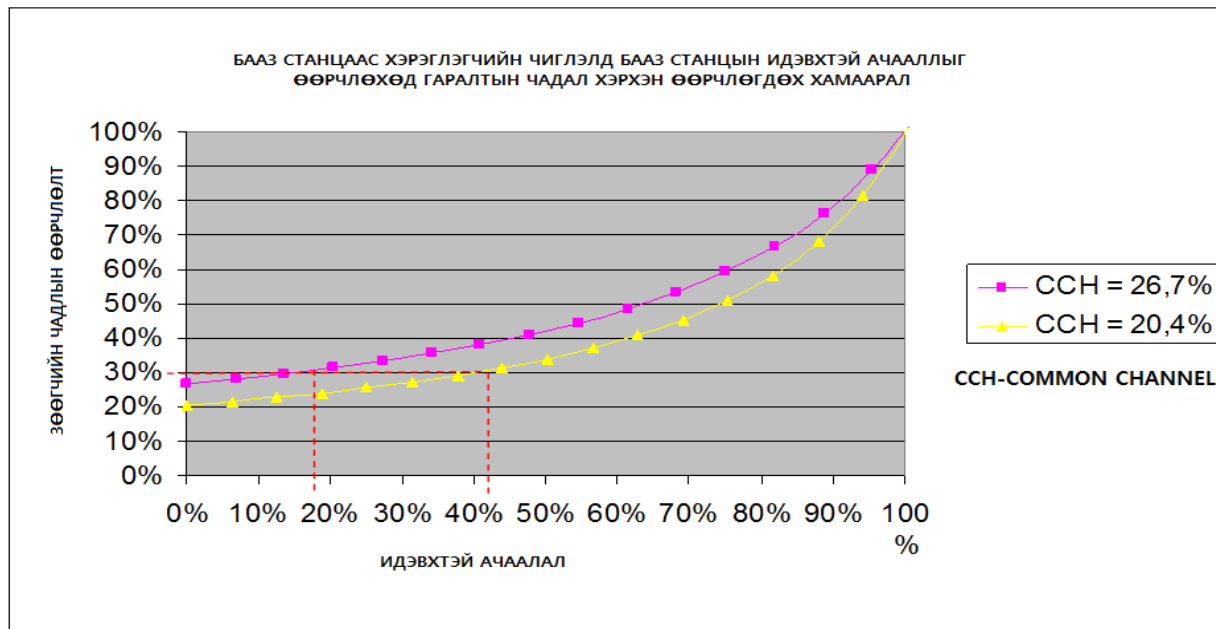
Жич: CCH-үүд нь Common channel

Энэ контролёр нь ИМТ-дэвшилтэт бааз станцын ажиллагааг урьдчилан тооцоолж мэдэрдэг.

Үүнд:

- Үүрэн дэх хөдөлгөөнт станцын статистикийг үндэслэх;(Газар зүйн, хугацааны)
- Бааз станцын чадлын гэнэтийн өөрчлөлтийг авч үзэх;

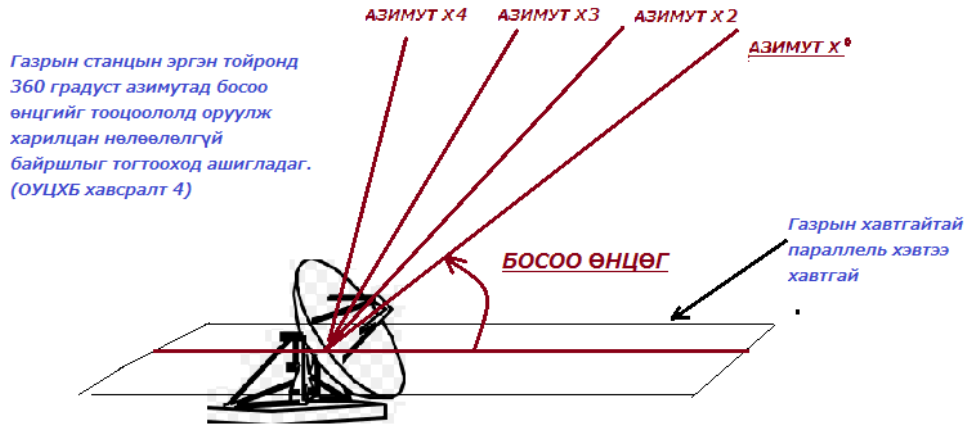
Динамик контролёрын үр дүнд FSS газрын станц, ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын хоорондын боломжит бага хамгаалалтын зайг сонгож чадна.



Зураг 8. Нэвтрүүлэх чиглэлд ИМТ-дэвшилтэт бааз станцуудын чадал идэвхтэй ачаанаас хамаарсан байдал.

4.1.6 FSS газрын станцын босоо өнцгөөс хамгаалалтын зайн өөрчлөлт нөлөөлөх нь

ОУЦХБ-ын газрын станцын байршлыг тооцох аргачилалд газрын станцын эргэн тойронгийн бүх азимутын хувьд газрын станцын босоо өнцгийг ямар хэмжээнд байхыг авч үздэг. Газрын станцын босоо өнцөг гэж газрын гадаргуутай параллель хэвтэй хавтгай газрын станцын үндсэн цацаргалтын дэлбээ хооронд үүсгэж байгаа босоо өнцгийг хэлнэ. Энэ нь системүүдийн харилцан нөлөөлөл үүсгэхгүй байх зөв байршлыг тооцоололд авч үзэхэд ашиглагддаг. Зураг 9-д үзүүлэв.



Зураг 9. Босоо өнцөг

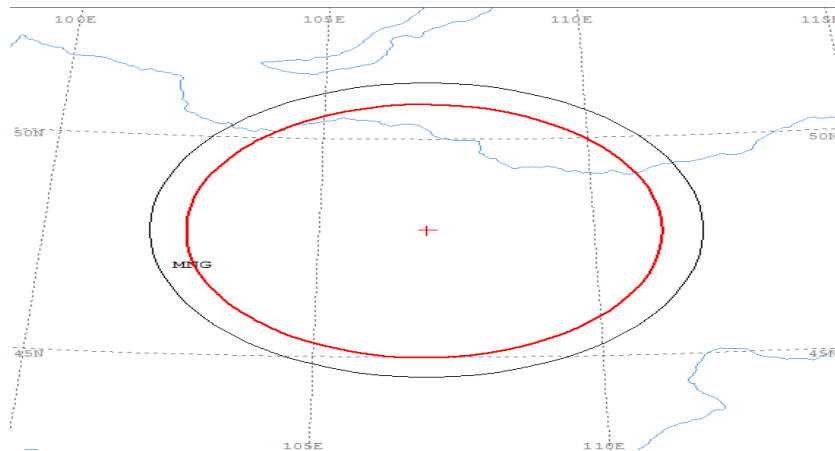
ANALYSIS DATE AND TIME: 2014-11-17 10:37:21
 VERSION: 2.1.0.1Appendix 7/Plt-2.0.0.4/Frm-2.0.0.1/Clc-2.0.0.0/Exp-1.2.0.0/SNS-2.0.0.0/AP7F-2.0.0.0/Ref-2.0.0.1
 Diagram 1: 2.1_TABLE8. RECEIVING GSO ES in FIXED-SATELLITE SERVICE W.R.T. TRANSMITTING TERRESTRIAL STATIONS. TS: fixed, mobile

NOTICE ID:	12	EARTH STATION NAME:	INCOMNET	EARTH STATION POSITION:	106E571047N5505	PHASE:	N																	
AIM/GEO AREA:	MNG/MNG	RAIN CLIMATICAL ZONE:	E																					
SATELLITE NAME:	INTELSAT9 64E	SATELLITE ORBITAL POSITION:	64.00 DEG																					
ANTENNA AZIMUTH:	231.44 DEG	ANTENNA ELEVATION:	21.28 DEG																					
FREQUENCY BAND:	3967.22-3980.48 MHZ	ASSIGNED FREQUENCY:	3973.85 MHZ	PERCENTAGE OF TIME:	0.0017 %																			
MAXIMUM ANTENNA GAIN:	47.1 DBI	MAXIMUM POWER DENSITY:	- DBW/HZ	NOISE TEMPERATURE:	95.0 K																			
ANTENNA PATTERN:	APEREC013V01																							
2.1_TABLE8 Model: P1M_DUCTING																								
TRANSMISSION LOSS MODE 1:	205.2 DB (DOES NOT INCLUDE HOR. CORR. AND ANT. GAIN)																							
TRANSMISSION LOSS MODE 2:	163.2 DB																							
AZIMUTH	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100	105	110	115
OFF-AXIS	125.5	130.0	134.3	138.6	142.7	146.5	150.1	153.3	156.0	157.8	158.7	159.4	157.1	154.9	152.0	148.7	144.9	140.9	136.8	132.5	128.1	123.6	119.1	114.5
HOR. ELEV.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HOR. CORR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANT. GAIN	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
COORDINATION DISTANCE (KM)																								
MODE 1																								
0.0 DB	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
MODE 2																								
0.0 DEG	320	320	320	320	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	319	320	320	320	320	321	321
AZIMUTH	120	125	130	135	140	145	150	155	160	165	170	175	180	185	190	195	200	205	210	215	220	225	230	235
OFF-AXIS	109.9	105.3	100.6	96.0	91.3	86.7	82.0	77.4	72.7	68.1	63.5	59.0	54.5	50.0	45.7	41.4	37.3	33.5	29.9	26.7	24.0	22.2	21.3	21.6
HOR. ELEV.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HOR. CORR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANT. GAIN	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-9.5	-8.4	-7.3	-6.1	-4.9	-3.6	-2.5	-1.7	-1.2	-1.3
COORDINATION DISTANCE (KM)																								
MODE 1																								
0.0 DB	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
MODE 2																								
0.0 DEG	321	322	322	322	323	323	323	324	324	324	325	325	325	326	326	326	326	326	327	327	327	327	327	327
AZIMUTH	240	245	250	255	260	265	270	275	280	285	290	295	300	305	310	315	320	325	330	335	340	345	350	355
OFF-AXIS	22.9	25.1	28.0	31.3	35.1	39.1	43.2	47.5	51.9	56.4	60.9	65.5	70.1	74.7	79.4	84.0	88.7	93.3	98.0	102.6	107.3	111.9	116.5	121.0
HOR. ELEV.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
HOR. CORR.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ANT. GAIN	-2.0	-3.0	-4.2	-5.4	-6.6	-7.8	-8.9	-9.9	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0	-10.0
COORDINATION DISTANCE (KM)																								
MODE 1																								
0.0 DB	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375	375
MODE 2																								
0.0 DEG	327	327	327	327	326	326	326	326	325	325	325	325	324	324	324	323	323	323	322	322	322	321	321	321

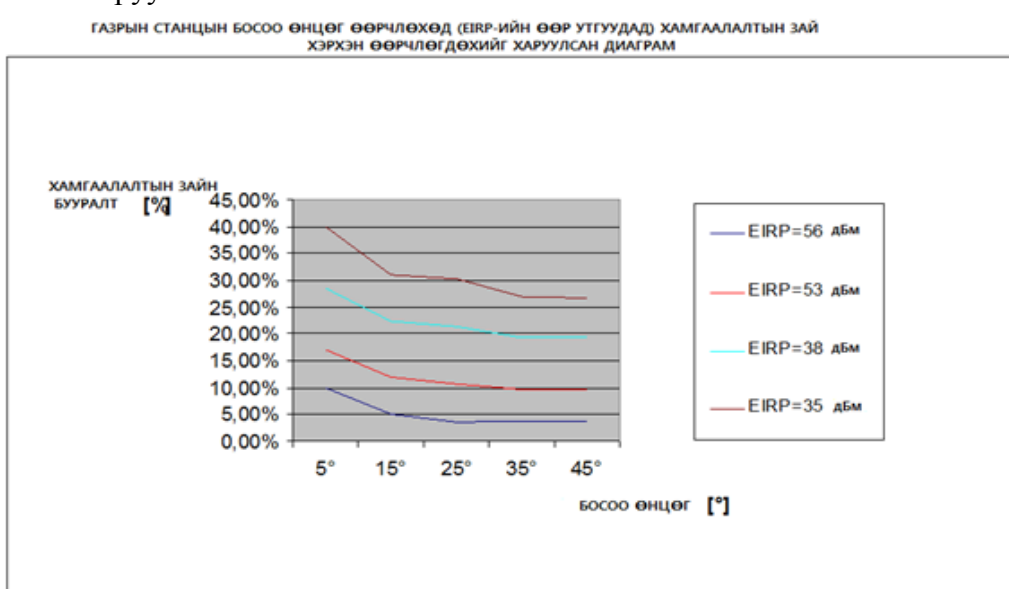
PROBABLY AFFECTED COUNTRIES: RUS

Зураг 10.а)б) ОУЦХБ-ын GIBC програмаар тооцоолол хийсэн жишээ

Зураг 10 а)-д ОУЦХБ-ын Радиогийн дүрмийн хавсралт 7 –д заасны дагуу Монгол Улсын газрын станцын тооцооллыг GIBC програмаар тооцоолсныг жишээ болгон харууллаа. Энд газрын станцын эргэн тойронд 360°-д тооцоолсныг үзүүлсэн байна. Энэ жишээнд хамгийн муу нөхцлөөр буюу газрын станцын босоо өнцгийг 0° гэж үзсэн байна.



Зураг 10 б)-д нөлөөллийн хүрээний зураглалыг GIBS програмын тусламжтайгаар хийсэн жишээг харуулав.



Зураг 10. Газрын станцын антений босоо өнцөг (elevation) IMT-дэвшилт бааз станцын EIRP-аас хамгаалалтын зайн хамаарал

FSS-ийн босоо өнцөг хамгаалалтын зайн тооцоонд ихээхэн чухал нөлөөтэй байна. Энэ судалгаанд хамгаалалтын зайг босоо өнцгийг өөрчлөлт, бага шуугианы өсгөгчийн өрнөлтөөс шалтгаалсан хүсээгүй, цацаргалт зэргийг тооцож унтралтыг 0-20 дБ гэвэл:

- Босоо өнцөг (elevation angle) 20° байх үед хамгаалалтын зай 17.7% буурна. Харьцуулалтыг босоо өнцгийг 5° байх үед хийсэн болно.
- Босоо өнцөг 45° байх үед хамгаалалтын зай 6.4% буурна. Харьцуулалтыг босоо өнцгийг 5° байх үед хийсэн.
- 20 дБ-ийн унтралт нь хамгаалалтын зайг 10% нэмэгдүүлэх бөгөөд энэ нь унтралтын хэмжээг 0 дБ байх үетэй харьцуулсан болно.

5. Дүгнэлт

IMT-дэвшилтэт системүүдийн 3400-4200 МГц болон 4500-4800 МГц зурваст FSS үйлчилгээний газрын станцуудтай зохицон ажиллах техникийн боломжийг гаргасан байна. Хөдөлгөөнт газрын холбооны сүлжээтэй FSS үйлчилгээний газрын станцуудын хүлээн авах хамгаалалтын зай хамааралтай болохыг судалгаагаар харуулсан. Хамгаалалтын зайн хамгийн их хамааралтай үзүүлэлтүүд нь эдгээр 2 системийн техникийн параметрууд болон эдгээр системүүдийн байрлал юм. Тиймээс FSS үйлчилгээний хүлээн авах газрын станцын хамгаалалтын зайг тодорхойлоход дараахь механизмуудыг авч үзнэ:

1. Үндсэн зурваст, хос сувгийн үйлчиллийн хувьд (In-band, co-channel operations)
IMT-дэвшилтэт бааз станцаас FSS хүлээн авах газрын станцын хамгийн бага хамгаалалтын зай нь хамгийн багадаа 10-100 км байна.
2. FSS үйлчилгээний газрын станцын хүлээн авагчийн өөрийн өрнүүллийг тооцсон үед IMT- дэвшилтэт бааз станцаас үзүүлэх цацаргалт нь FSS газрын хүлээн авагч станцын бага шуугианы өсгөгчийн шуугианы өрнүүлэлт үүсгэж шугаман бус өсгөлтийн характеристикийг үзүүлдэг. Энэ тохиолдолд хамгаалалтын зайг хэдэн зуун метрээс хэдэн арван км хүртэл нэмэгдүүлдэг байна.

----- о О о -----

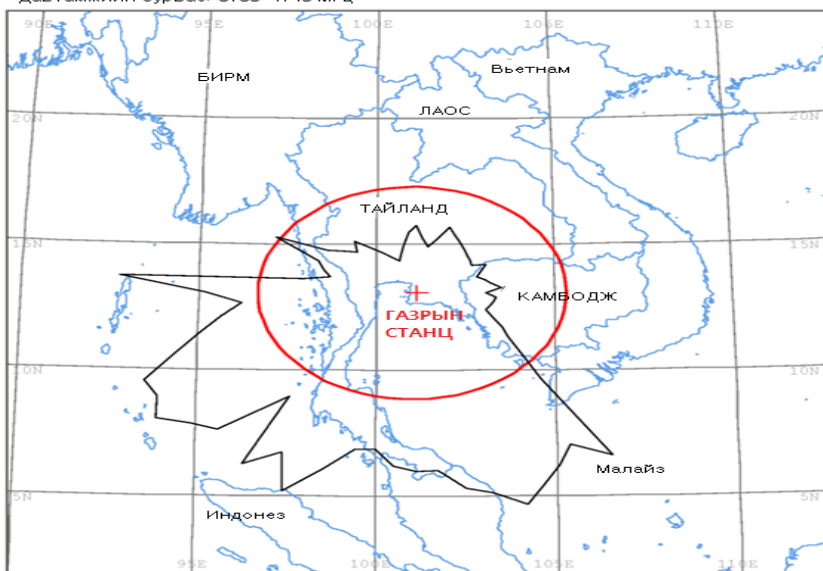
ХАВСРАЛТ А.

Нөлөөллийн хамрах хүрээний тооцооллыг хийсэн жишээ. ITU-R-ийн AP7Capture_v7;
GIBC програмын тусламжтайгаар тодорхойлсон байдал.

Газрын станцын мэдээлэл (Earth station information)			Хиймэл дагуулын мэдээлэл (Satellite information)		
Нэр NAME	Уртраг LONGITUDE	Өргөрөг LATITUDE	Хиймэл дагуулын нэр SATELLITE NAME	Уртраг LONGITUDE (NOMINAL)	
1	SIRACHA 2	100 E 56 11	13 N 06 02	INTELSAT5 INDOC1	63
2	AGARTALA	91 E 16 00	23 N 48 00	INSAT-1B	74

Хүлээн авах ГТО газрын станц
ээрлах дугаар: 9050370
Улс: Тайланд
Хиймэл дагуулын орбит: 63.00
Давтамжийн зурвас: 3790-4148 МГц

Нэвтрүүлэх газрын системийн станцууд
Газрын станц: SI RACHA
Газрын станцын байршил: 100E 65 13N0602
Хиймэл дагуулын нэр: ИНТЕЛСАТ 5



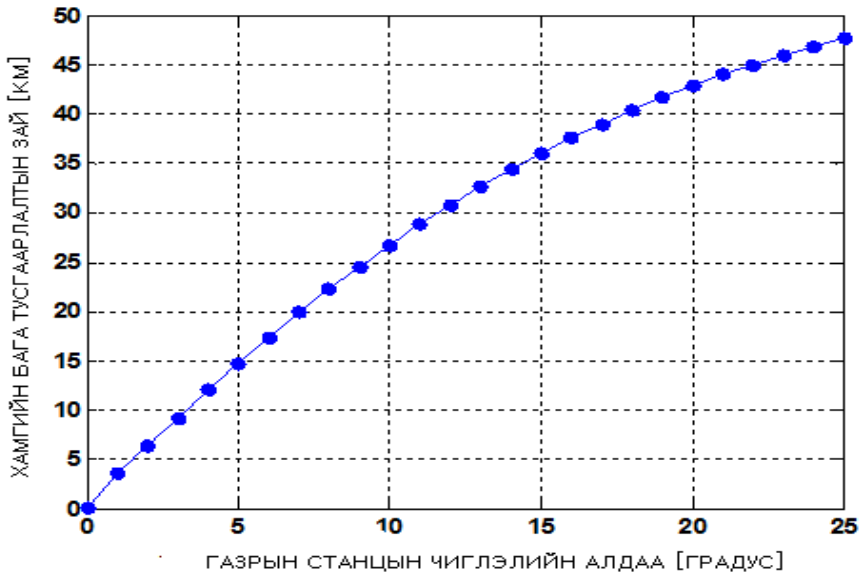
----- 000 -----

ХАВСРАЛТ Б.

Тусгаарлалтын зайг тооцох жишээ.

1. Хамгийн бага тусгаарлалтын зай газрын станцын байрлалын алдааны хамаарал $N_t=4$ газрын системийн ИМТ станцын тоо, $N_{es}=1$ газрын станцын тоо

ГАЗРЫН СТАНЦЫН ЧИГЛЭЛИЙН АЛДААНААС ХАМГИЙН БАГА ТУСГААРЛАЛТЫН ЗАЙ ХЭРХЭН ӨӨРЧЛӨГДӨХИЙГ ХАРУУЛАВ.



2. Хамгийн бага тусгаарлалтын зай ($N_t=4$; $N_{es}=1$)

Тооцооллыг хийсэн нөхцөл (<i>Simulation environment</i>)	Тусгаарлалтын хамгийн бага зай (<i>Minimum separation distance</i>) (<i>km</i>)
Интерфереинцээ зайлсхийх техник ашигласан нөхцөлд (<i>With interference mitigation techniques</i>)	Газрын станцын чиглэлийг тооцсон алдаа: 0° (<i>DOE estimation error: 0°</i>)
	0.035
	Газрын станцын чиглэлийг тооцсон алдаа: 4° (<i>DOE estimation error: 4°</i>)
	12
	Газрын станцын чиглэлийг тооцсон алдаа 8°
	22

	(DOE estimation error: 8°)	
Интерференцээс зайлсхийх техникийг ашиглаагүй үед (Without interference mitigation techniques)		50

3. Хамгийн бага байж болохуйц зай (Nt=4; Nes=3)

	Тусгаарлалтын хамгийн бага зай (Minimum separation distance) (km)	
	FSS газрын станцын өнцөг 5° (5° FSS earth station elevation angle)	FSS газрын станцын өнцөг 48° (48° FSS earth station elevation angle)
Нөлөөлөх газрын станц 1(DOE:0°) (Victim earth station 1 (DOE: -0°))	1.4	1
Нөлөөлөх гзрын станц 2 (DOE:0°) (Victim earth station 2 (DOE: -0°))	3.5	2.5
Нөлөөлөх газрын станц 3 (DOE: 40°) (Victim earth station 3 (DOE: 40°))	3.3	2.3

4. Nt=8; Nes=6 үед

	Тусгаарлалтын хамгийн бага зай (Minimum separation distance) (km)	
	FSS газрын станцын өнцөг 5° (5° FSS earth station elevation angle)	FSS газрын станцын өнцөг 48° (48° FSS earth station elevation angle)
Нөлөөлөх газрын станц 1(DOE:60°) (Victim earth station 1 (DOE: -60°))	0.7	0.5
Нөлөөлөх газрын станц 2(DOE:45°) (Victim earth station 2 (DOE: -45°))	2.4	1.7
Нөлөөлөх газрын станц 3(DOE:-10°) (Victim earth station 3 (DOE: -10°))	14	10
Нөлөөлөх газрын станц 4(DOE:-40°) (Victim earth station 4 (DOE: 40°))	0.85	0.6
Нөлөөлөх газрын станц 5(DOE:50°) (Victim earth station 5 (DOE: 50°))	0.05	0.05
Нөлөөлөх газрын станц 6(DOE:55°)	0.08	0.08

<i>(Victim earth station 6 (DOE: 55°))</i>		
--	--	--

ХАВСРАЛТ В.

Тусгаарлалтын зайг LoS²¹ тооцооллын нөхцөлд авч үзэв.

Тусгаарлалтын зай(км) [<i>line-of-sight</i>] (<i>Line-of-sight distance</i>) (<i>km</i>)					
	FSS газрын станцын антенний өндөр (м) (<i>FSS antenna height (m)</i>)	IMT-дэвшилтэт станцын өндөр (м) (<i>IMT-Advanced station height (m)</i>)	Макро бааз станц (<i>Base station macro</i>)	Микро бааз станц (<i>Base station micro</i>)	Хэрэглэгчийн төхөөрөмж (<i>User terminal</i>)
			30	5	1.5
Хотын төв (<i>Urban</i>)	30				
Хөдөө орон нутагт (<i>Rural</i>)	3		50	35	30
			33	18	13

Ашигласан материал:

CHEOL MUN. et al.[15 December 2005] Space Division Multiplexing/Space Multiple Access Unitary Precoded MIMO.Proc.of Wireless world research forum(WWRF).

Rep.ITU-R M.2109 (2007) Sharing studies IMT-advanced and geostationary satellite networks in the fixed-satellite service in the 3400-4200 and 4500-4800 frequency bands.

----- o o o -----

²¹ LoS-Line of Sign model (энэ аргын үед радио долгионы тархалтыг чигээрээ тархана гэж авч үздэг. Бусад нөхцлийг тооцоогүй)