

МОНГОЛ УЛСЫН СТАНДАРТ

Ангилалтын код

Хөдөлгөөнт холбооны радио байгууламж “Baicells RRU”-д хэмжилт хийх аргачлал	MNS
Methodology of measurement in mobile communication radio unit "Baicells RRU	MNS

Стандарт, хэмжил зүйн газрын даргын 2025 оны.. дүгээр сарын -ний өдрийн С/ дүгээр тушаалаар батлав.

Энэ стандарт нь 2025 оны дүгээр сарын ... -ний өдрөөс эхлэн хүчинтэй.

1 Хамрах хүрээ

Монгол улсад өнөөгийн нөхцөлд хөдөлгөөнт холбооны 4G LTE-д сүлжээнд суурилсан 5G сүлжээг нэвтрүүлэхэд зайлшгүй шаардлагатай төхөөрөмжийн нэг нь “5G RRU” юм.

Үүрэн хөдөлгөөнт холбооны үйлчилгээ явуулж байгаа оператор компаниудын бааз станцад 4G-ээс 5G сүлжээнд шилжихэд тэдгээрийн төрөл, ангилал, үйлдвэрлэгчийн болон техникийн үзүүлэлтүүдийг хэмжиж баталгаажуулахад уг стандартыг хэрэгжүүлнэ.

Энэ стандарт нь 4G сүлжээнд 5G үйлчилгээг нэвтрүүлэхэд үүрүүд хоорондын харилцан нөлөөллийг бууруулахад чиглэгдэнэ.

Алсын Радио нэгж (RRU) нь гар утас, хөдөлгөөнт төхөөрөмж зэрэг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн (UE) тусламжтайгаар бүхий л операторын сүлжээнд холбогддог тархмал байрлалтай, нэгдсэн давтамж бүхий нэгж юм.

Уламжлалт үүрэн хөдөлгөөнт холбооны системд зориулсан радио бүтэц нь ихэвчлэн дотор орчны бие даасан дан системд буюу бааз станц дээр суурилдаг бол 5G үүрэн холбооны бүтэц нь "тархсан ба нэгдсэн" логик нэр томъёололтой. Иймд одоо BTS (Бааз терминал станц) нь BBU, RRU гэсэн радио нэгжүүдийн нэгтгэл юм. Уг радио нэгжүүдийг антенны цамхаг дээр эсвэл гэрлийн баганад суурилуулна.

3GPP суурь стандартын үүрэн хөдөлгөөнт холбооны 4G-ээс 5G нэвтрүүлэх үе шатанд “5G RRU”-г зайлшгүй хэрэгжүүлэх шаардлагатай. Энэ нь нэвтрүүлэх үүрүүдийн тоо, хэмжээ болон хамрах хүрээнээс хамааран олон тоогоор ашиглах хэрэгцээ шаардлагын дагуу тэдгээрийн үндсэн үзүүлэлтүүдийг хэмжих, зөвшөөрөгдөх стандартын утгатай харьцуулан баталгаажуулах хэрэгцээ, шаардлага үүсэх бөгөөд тэдгээрийн харилцан нөлөөллийг бууруулах үндсэн нөхцөлийн нэг болно.

Энэ стандарт нь 5G радио алсын удирдлагатай нэгжийг (5G RRU)

шинээр нэвтрүүлэх, төлөвлөх, өргөтгөхөд техникийн болон суурилуулалтын хамгийн бага шаардлагыг тодорхойлно.

Энэ стандартыг хөдөлгөөнт холбооны сүлжээг байгуулахад, түүний ашиглалт үйлчилгээг явуулах оператор компаниуд уг үйлчилгээ явуулах бусад аж ахуйн

MNS :2025

нэгж, байгууллага, тэдгээрийн инженер техникийн ажилтнууд, зураг төсөл зохиогч болон төслийн байгууллага мөрдөнө.

2 Норматив эшлэл

Энэ стандартад дараах эш татсан баримт бичгийг хэрэглэнэ.

[1] ETSI TS 132 450 V13.0.0 (2016-02), 3GPP TS 32.450 version 13.0.0 Release 13

[2] http://Project%20RF%20antenna/RRU%20standard/RRU-Remote%20Radio%20Unit_%20Function,Concept,Details%20-%20Telecomkhabar.html

[3] <https://www.morelinktec.com/news/what-is-the-difference-between-5g-base-station-system-and-4g/>

[4] RRU ETSI TS 110 174-2-2 V1.2.1 (2020-11) Chapter 6

[5] ETSI EN 300 113 V2.1.1 (2016-08)

[6] ETSI TS 138 141-1 V15.3.0 (2019-10), Technical specification: 5G; NR; Base Station (BS) conformance testing Part 1: Conducted conformance testing (3GPP TS 38.141-1 version 15.3.0 Release 15)

[7] Chamber ETSI EN 302 498-1 V1.1.1 (2009-08)

[8] CISPR 16-1 (2003): "Specification for radio disturbance and immunity measuring apparatus and methods - Part 1: Radio disturbance and immunity measuring apparatus".

[9] ETSI TR 100 028 (all parts) (V1.4.1): " Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Uncertainties in the measurement of mobile radio equipment characteristics".

[10] ETSI TR 102 273 (all parts) (V1.2.1): "Electromagnetic compatibility and Radio spectrum Matters (ERM); Improvement on Radiated Methods of Measurement (using test site) and evaluation of the corresponding measurement uncertainties".

[11] ANSI C63.5 (2006): "American National Standard for Calibration of Antennas Used for Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI)". ECC Decision of 30 March 2007 on specific Material Sensing devices using Ultra Wideband (UWB) technology (ECC/DEC/(07)01), amended 26 June 2009

3 Нэр томьёо, тодорхойлолт

Энэ стандартад дараах нэр томьёо, тодорхойлолтыг хэрэглэнэ.

3.1 Алсын радио нэгж – RRU (Remote Radio Unit)

Энэ нь 4G LTE eNB-ын антенны доор байрлах 5G үйлчилгээг нэвтрүүлэхэд шаардагдах төхөөрөмж болно.

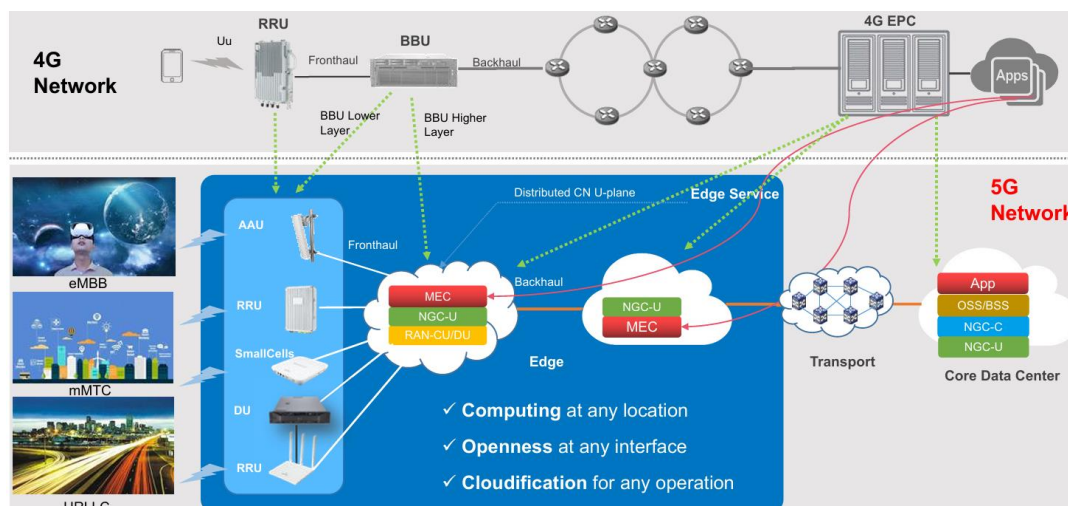
3.2 Үндсэн зурвасын нэгж– BBU (Base Band Unit)

Үндсэн зурвасын нэгжийг (BBU) үйлдвэрлэгч бүр өөрийн шийдлийнхээ хувьд арай ялгаатай системийн бүтэцтэй байдаг ч 3GPP 5G стандартын нийцлийг хангасан байдаг. Уламжлалт үндсэн зурвасын нэгж BBU нь цамхгийн доод хэсэгт байрлах бааз станцын кабинет дотор тус тусдаа байрладаг байсан бол 5G сүлжээнд эдгээр үндсэн зурвасын нэгжүүд нь нэг BBU нэгжид төвлөрснөөр системийг илүү төвөгтэй болгосон ч, илүү үр ашигтай, хэмнэлттэй болгож, үүнтэй холбоотой хурдны асар их давуу талтай болсон. RRU-аас ирсэн шилэн кабелийн дохиог BBU дээр цахилгаан дохио болгон хувиргаж, үндсэн зурвасын давтамжийг тохируулсны дараа үндсэн сүлжээнд дамжуулал хийгдэнэ.

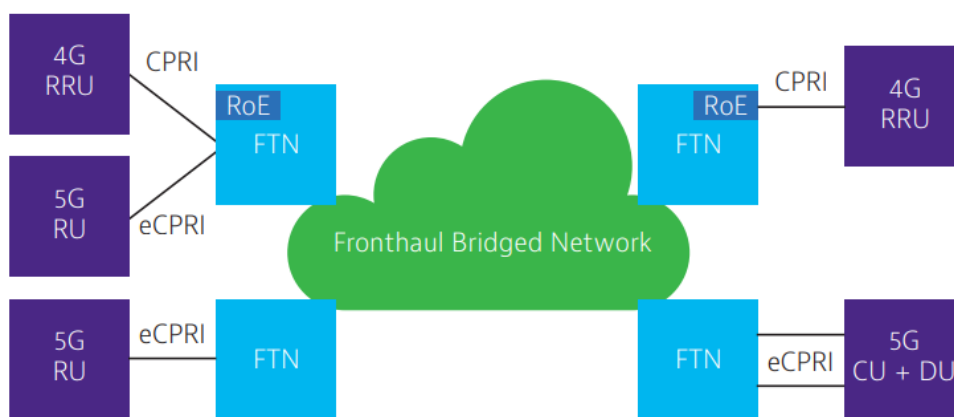
4 Алсын радио нэгж – RRU (Remote Radio Unit)

4.1 RRU Үндсэн үзүүлэлт:

- RF антенны коннектор дээрх хамгийн их гаралтын чадал (Maximum output power at RF antenna connector)
 - RF антенны коннектор дээрх хуурамч цацаргалт (Spurious emissions at RF antenna connector)
 - Цацаргасан хуурамч цацаргалт (Radiated spurious emissions)
 - Давтамжийн тогтворжилт (Frequency stability)
 - Эзлэгдсэн зурвасын өргөн (Occupied bandwidth RSS-Gen)
- Хүлээн авагчийн хамаарагдах хязгаар (Receiver conducted limits).



Зураг 4.1а. 4G сүлжээнд 5G RRU ашиглан 5G үйлчилгээг нэвтрүүлэх загвар



Зураг 4.1b. 4G сүлжээнд 5G RRU ашиглан 5G сүлжээний загвар

RRU систем гурван дэд хэсэгт хуваагдана.

1. CPRI (Common Public Radio Interface) Fronthaul + L1 Baseband Processing
2. Digital IF/Analog RF Radio Transceiver
3. Filter

RRU нь RBS-ийн хүрээг алсаас 10 км хүртэл сунгадаг. Энэ нь антенны ойролцоо байрлуулах зориулалттай. Шилэн кабель нь RRU-г RBS үндсэн нэгж эсвэл өргөтгөсөн макро RBS-тэй холбодог. RRU-уудыг каскадын тохиргоонд болон оптикийн тусламжтайгаар од тохиргоонд холбож болно. RRU нь зөвхөн босоо бэхэлгээнд зориулагдсан.

4.2. RRU функцүүд:

1. Нэвтрүүлэгч, хүлээн авагчийн үүрэг гүйцэтгэдэг: хэрэглэгчийн дохиог үндсэн станц руу дамжуулах, хүлээн авах ба эсрэгээр.
2. Чадал, саатал зэрэг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн хооронд дэс дараалан дэмжлэг үзүүлж, холболтыг хангах.
3. Оптик ба цахилгаан соронзон (EM) хоёр физик шугамын хоорондох интерфэйсийг хангах.
4. Оптик ба EM (цахилгаан соронзон) гэсэн хоёр физик шугамын хоорондох интерфэйсийг хангана.
5. Алсын цахилгаан хазайлтыг (RET) тохируулахад зориулсан Алсын удирдлагын нэгж (RCU) зэрэг туслах төхөөрөмжийг дэмжих.
6. VSWR (Voltage Standing Wave Ratio), RET (Remote Electrical Tilt), (ACT) зэрэг ялгаатай дохионуудыг үүсгэж, илгээх.

4.3. RRU техник хангамж

RRU нь өөр өөр зориулалттай портуудаас бүрддэг. Иймд Huawei, ZTE, Ericsson, Alcatel-Lucent, Orange зэрэг янз бүрийн компаниудын түгээмэл байдаг портуудыг нэгтгэн харуулав.

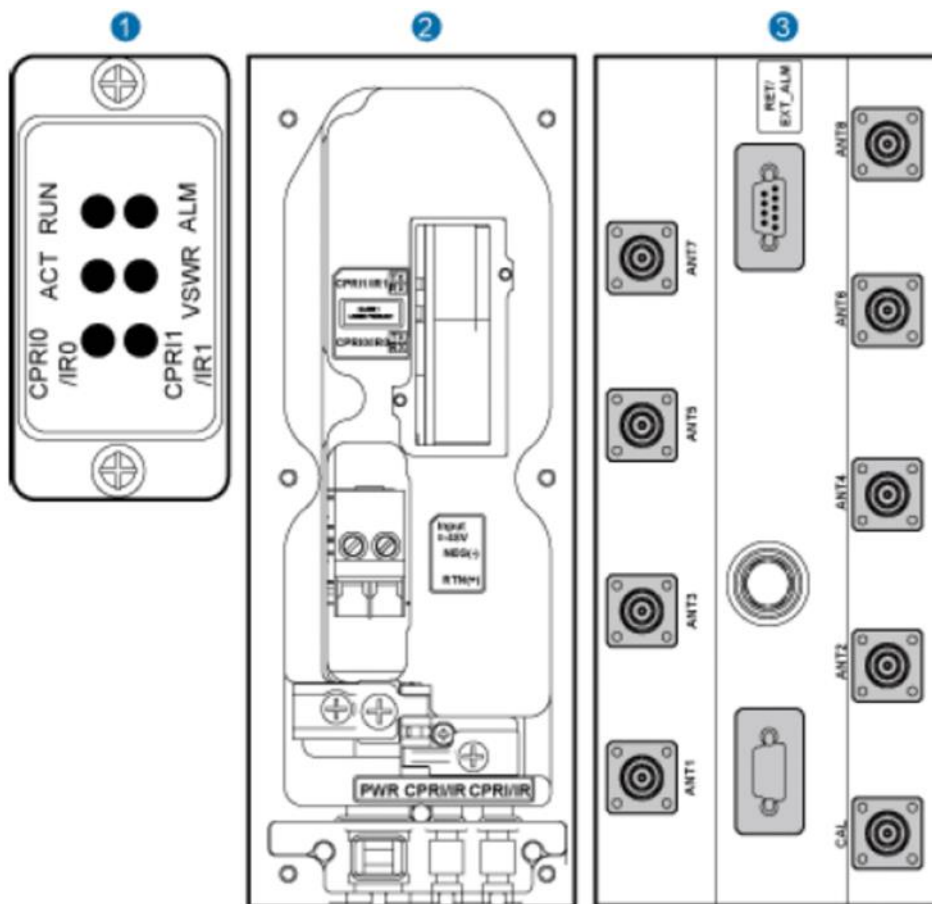
1. CPRI порт: CPRI0 ба CPRI1 гэсэн ерөнхийдөө 2 порт байдаг. Гэхдээ зарим загварт нэг байж болно. Үндсэн үүрэг нь BBU-д холбогдох
2. RF порт: Үүнийг Jumper порт гэнэ. Ерөнхийдөө холбогч портын тоо нь загвар болон компанийн бүтцээс хамаарч өөр өөр байж болно. Хамгийн багадаа 2 холбогч порт байдаг бөгөөд тэдгээрийн нэг нь нэвтрүүлэх (Tx), нөгөө нь Tx/Rx (Нэвтрүүлэх/Хүлээн авах буюу нэвтрүүлэгч гэнэ). RF порт нь холбогч кабелиар дамжуулан антентай холбогддог.
3. RET порт: Алсын Удирдлагын нэгжтэй RCU (Remote Control Unit) холбоход хамгийн багадаа нэг RET порт байна. Ихэнх тохиолдолд холбогч нь Huawei-д DB9 байдаг боловч бусад компанийнхаас хамаарч өөр өөр байж болно. RCU нь антентай холбогдсон. RET кабель нь RCU болон RRU-г холбодог.

RRU нь нээлттэй Радио хандалтын сүлжээг (OpenRAN) нэвтрүүлэхэд чиглэсэн, шинэлэг хос зурвастай.

Энэхүү загвар нь нээлттэй Радио хандалтын сүлжээний экосистемд шинээр гарч ирж буй чадлын, хоёр зурвасын радио нэгжүүдтэй холбоотой цахилгаан болон механик дизайны сорилтуудыг шийдвэрлэх шинэ шийдлүүдтэй. Тоон урьдчилан гажуудал (DPD) болон крест фактор бууруулалт (CFR) буюу долгионы хэлбэрийн чадлын харьцааг өндөр утгаас дундаж руу бууруулах арга юм. Эдгээр дохио боловсруулах нарийн төвөгтэй алгоритмуудтай холбоотойгоор одоогийн зах зээлийн бүтээгдэхүүнээс илүү сайн үзүүлэлттэй болсон.

RRU-г модуль бүтэцтэй болгох зорилгоор бүтээсэн. Модульчлагдсан бүтэц нь радио нэгжийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг өсгөгч, тэжээлийн хэсэг болон бусад

хэсгүүдээс нэгтгэх боломжтой, олон төрлийн радио нэгжийг дахин холбох уян хатан байдлыг хангадаг.



Зураг 4.2 RRU-н порт

1. Цахилгаан хангамжийн порт

RRU-г тэжээх нэг порт байдаг. Ихэнхдээ хөх, хар өнгөтэй байдаг. Цэнхэр нь сөрөг (-), хар нь тэг (0) гэсэн утгатай. Ерөнхийдөө бүх RRU -48V-д ажилладаг.

2. Газардуулгын порт:

Газардуулга хийх хоёр OT порт байдаг. Газардуулгын кабель: ихэвчлэн зэс утас, нэг төгсгөл нь RRU-д, нөгөө төгсгөл нь RRU-ийн ойролцоох Bus Bar руу холбогддог. Тухайлбал:

- Холбооны өрөө, шалны болон оруулгын хэсэгт, тоног төхөөрөмжийн болон ердийн өрөөний хооронд байрлах дамжуулах байгууламж (суваг, кабель бусад дамжуулагч):
 - Дата төвийн дотор үүдний өрөө, үндсэн түгээлтийн өрөө, хэвтээ түгээлтийн өрөө, цахилгаан холбооны өрөөнд (суваг, кабель эсвэл дамжуулагч)
- Тиймээс энэ нь RRU-ийн хэт хүчдэл, өндөр хүчдэлийн хамгаалалтыг хангаж, цаг уурын нөлөөллөөс хамгаалдаг.

3. RRU инновац ба үйлдвэрлэгчид

RRU-г янз бүрийн үйлдвэрлэгчид өргөнөөр шинэчилсэн. Тэд сүүлийн жилүүдэд илүү хөнгөн жинтэй, бат бөх, уян хатан, илүү их багтаамжтай болсон. Өмнө нь нэг RRU нь дохио хүлээн авагчийн нэг зурвасыг дэмждэг байсан бол одоо нэг RRU нь олон зурвасыг дэмждэг. Энэ нь нэг RRU одоо 2100МГц давтамжийн хоёр зурвасыг дэмжих боломжтой юм.

Энэ нь тоног төхөөрөмжийн өртгийг бууруулахад хүргэсэн. Төрөл бүрийн холбооны тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгчид радио алсын удирдлагатай нэгжийг шинэчилж, хөгжүүлж байна. Жишээлбэл: Nokia, Huawei, Ericson, ZTE.

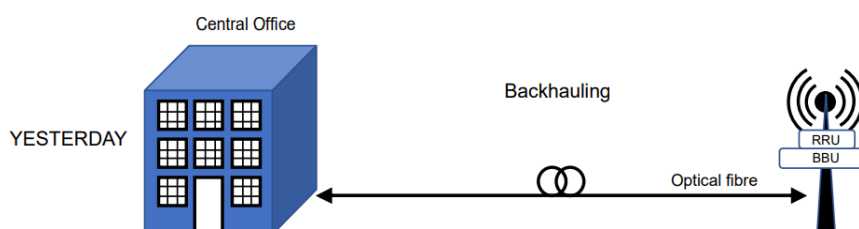
4.3.1 RRU-д зориулсан туршилт, баталгаажуулалт; Тохиромжтой байдал ба гүйцэтгэлийн туршилтын техникийн тодорхойлолт

RRU нь нээлттэй Радио хандалтын сүлжээг (OpenRAN) нэвтрүүлэхэд чиглэсэн, шинэлэг хос зурвастай.

Энэхүү загвар нь нээлттэй Радио хандалтын сүлжээний экосистемд шинээр гарч ирж буй чадлын, хоёр зурвасын радио нэгжүүдтэй холбоотой цахилгаан болон механик дизайны сорилтуудыг шийдвэрлэх шинэ шийдлүүдтэй.

Тоон урьдчилан гажуудал (DPD) болон крест фактор бууруулалт (CFR) буюу долгионы хэлбэрийн чадлын харьцааг хамгийн их утгаас дундаж руу бууруулах арга юм. Эдгээр дохио боловсруулах нарийн төвөгтэй алгоритмуудтай холбоотойгоор одоогийн зах зээлийн бүтээгдэхүүнээс илүү сайн үзүүлэлттэй болсон.

Одоо ашиглаж байгаа 4G радио хандалтын сүлжээний (PXC) бүтэц нь үндсэндээ шилэн кабелиар эсвэл утасгүй холбоогоор холбогдсон бааз станцад (eNB) суурилдаг. Төв оффисоос үндсэн сүлжээнд холбогдох холболтыг 4.3-р зурагт үзүүлсэн. Бааз станцад антенн, RRU болон дохио боловсруулахад зориулагдсан үндсэн зурвасын хэсгийг (BBU) байрлуулдаг. RRU болон үндсэн зурвасын бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн хоорондох холболтыг BS-ээс үндсэн сүлжээнд холбох холболт болох “backhauling” оос ялгахын тулд ихэвчлэн “front-hauling” урд талын холболт гэнэ.



Зураг 4.3. Уламжлалт радио хандалтын сүлжээний (PXC) тархмал бүтэц

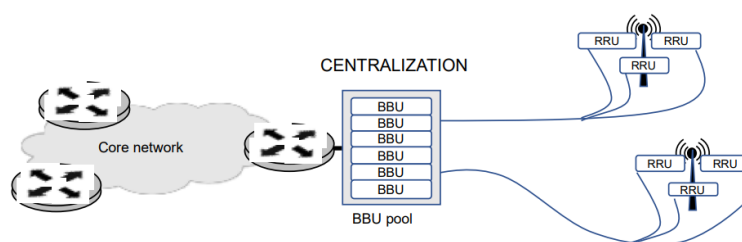
4.3.2 Төвлөрсөн ба виртуал Радио хандалтын сүлжээ (PXC)

Одоо ашиглагдаж байгаа 4G сүлжээний суурилуулалтад том хэмжээтэй биш ч Төвлөрсөн Радио хандалтын сүлжээний RAN (C-RAN) бүтцийг 4.4- р зурагт тайлбарласан.

Виртуал Радио хандалтын сүлжээ RAN (V-RAN) бүтцийг 4.5- р зурагт тайлбарласан. Ирээдүйн 5G хөдөлгөөнт холбооны операторуудын бүтэц нь 4G хандалтаас ялгаатай, Виртуал Радио хандалтын сүлжээний (V-RAN) шийдэлд суурилна.

4.3.3 C-RAN

Төвлөрсөн Радио хандалтын сүлжээний C-RAN шийдлүүд нь BBU-г зохих төвлөрсөн байршилд шилжүүлэх замаар бааз станцын (BS) функцуудыг оффис 4.4-р зурагт үзүүлсний дагуу хуваадаг. BBU-үүд нь төвлөрсөн байхаас гадна зориулагдсан хандалтын сүлжээний гүйцэтгэлийг оновчтой болгохын тулд өөр хоорондоо уялдаа холбоотой байна.



Зураг 4.4. C-RAN ба уламжлалт бүтэц (“front-hauling” урд талын)

Үүний үр дүнд BS-ийг хялбаршуулж, зөвхөн RRU-г агуулсан болно. BBU болон RRU нь холбооны үйлдвэрлэгчдээс олгодог тусгай NTE хэвээр байна. Төвлөрсөн байршилд BBU-г нэгтгэх нь үйл ажиллагааны, техник хангамжийн болон спектрийн үр ашгийн дараах давуу талуудтай:

- суурилуулалт нь илүү хялбар, илүү хурдан бөгөөд жижиг RRU-уудыг ашигласнаар “foodprint” талбайг багасгадаг;
- антен ба RRU хоорондын коаксиаль фидерээс үүсэх алдагдлаас зайлсхийх замаар тэжээлийн алдагдлыг бууруулна.
- BBU нь Төв оффисын UPS болон бусад нөөц цахилгаан тэжээлээр хангагдах хүртээмж сайжирсан.
- Хамтдаа байрлах BBU-уудын хоорондох протоколын хоцролт маш бага тул илүү их багтаамжийг хангах, радио болон үүрийн гүйцэтгэл сайжирсан;
- Нэмж дурдахад, BBU-г нэгтгэх нь сүлжээний удирдлага, шинэчлэлтийг хялбарчлахын зэрэгцээ гэмтлийг засварлах, засвар үйлчилгээний зардлыг бууруулдаг.

4.3.4 Виртуал Радио хандалтын сүлжээ V-RAN

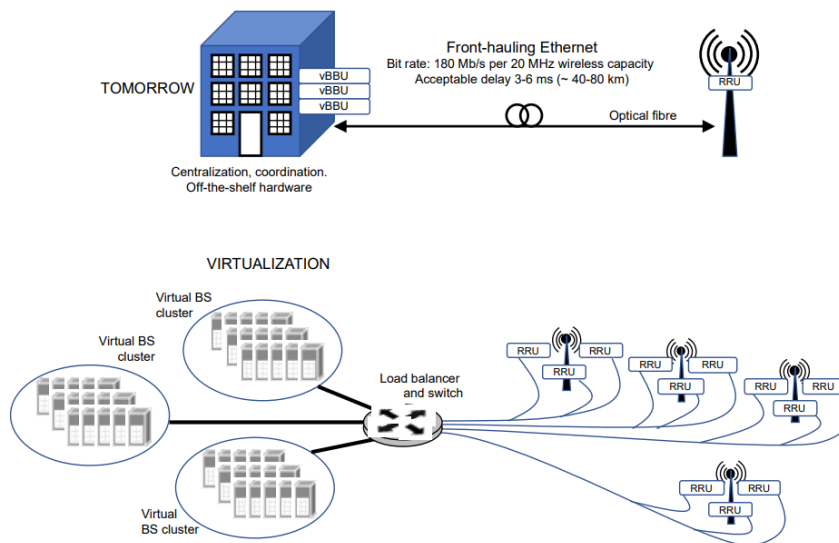
V-RAN-ы бүтцийг 4.5-р зурагт үзүүлсэнчлэн Мэдээллийн технологийн төвүүдэд одоо байгаа дүрэм журам, процессуудыг ашиглан BBU функцуудыг серверийн ерөнхий төхөөрөмжийн программ хангамжаар гүйцэтгэнэ.

Программ хангамжид суурилсан шийдэлд шилжихийг ерөнхийдөө сүлжээний функцийг виртуалчлал “Network Functions Virtualization (NFV)” гэж нэрлэнэ. V-RAN нь дамжууллын хөрөнгө оруулалтыг хязгаарлах (ихэвчлэн Ethernet дээр суурилсан) болон мэдээллийн технологийн технологи, NFV шийдлүүдийг ашиглахад илүү үр ашигтай урд талын технологи нэвтрүүлснээр C-RAN-ийн давуу тал дээр суурилж, өргөтгөх чадвар, зардал, уян хатан байдлын хувьд давуу талуудтай. Энэ нь үүрэн холбооны сүлжээний үйлчилгээний платформ (NSP- Network Service Platform) ажиллуулах боломжийг олгосноор үүлэн тооцооллын платформууд мэдээллийн технологийн орчинд ажилладагтай адил “үйлчилгээ”-г гүйцэтгэдэг. NSP нь статистик хандалтын аргыг ашигласнаар бага, үр ашигтайгаар ижил үүргийг гүйцэтгэх боломжтой. Бүрэн төвлөрсөн BBU арга нь BBU-ийн тооцооллын ихээхэн хэсгийг бүрдүүлдэг доод давхаргын боловсруулалтыг тусгай техник хангамжаар гүйцэтгэх харилцан уялдааг дээд зэргээр хангадаг. Цаашид багтаамжийг өргөтгөхөд радио үүрүүдийг ашиглан мини, макро болон пико төрлийн жижиг үүрүүдийг ч V-RAN- тай холбож холимог сүлжээг үүсгэснээр, зохицуулалтын давуу талыг хадгалах болон үзүүлэлтүүдийг оновчлох боломжтой. Ийм байдлаар Төв оффисууд дата төвийн чиг үүргийг хадгалдаг. Гэсэн хэдий ч хэт өндөр найдваржилттай бага сааталтай URLLC зэрэг зарим тусгай хэрэглээний хувьд дата төвүүд нь RRU-тай ойрхон байх ёстой.

Ийм тохиолдолд олон хандалттай захын тооцоолол “Multi-access Edge Computing” гэсэн нэр томъёог ашигладаг.

Ашигласан шийдлүүд нь хөдөлгөөнт холбооны операторуудын сонголт байх боловч RRU-г зохион байгуулах гэрлийн багана, гэрлэн дохио, барилга зэрэг

нийтийн дэд бүтцийг хангах ёстой. Иймд RRU-г суурилуулах байршлыг тодорхойлох, өртөг зардал, үйл ажиллагааны хувьд үр ашигтай холболт, эрчим хүчний бүтцийг хөгжүүлэх нь хөдөлгөөнт холбооны сүлжээг хөгжүүлэхэд тулгардаг хамгийн том сорилтуудын нэг байх болно.



Зураг 4.5. V-RAN ба “Infront haul” шинэлэг бүтэц

4.3.5 Front-haul

“Front-haul” (сүлжээ): Үндсэн зурвасын нэгж BBU буюу тэдгээрт холбогдсон антеннуудыг хооронд нь холбох, тэдгээр BBU-аас RRU-д мөн RRU-ээс BBU-д мэдээллийн урсгалыг цуглуулах/түгээх сүлжээ. Үндсэн зурвасын нэгж (BBU) болон алсын удирдлагатай радио толгой (RRH) хооронд RAN дэд бүтцийн шилэн холболтоор ихэвчлэн тодорхойлогддог. Энэ нь дэд бүтэц нь шилэн кабелийн холболт эсвэл тодорхой нөхцөлд утасгүй холболт байж болно.

Технологийн сонголт, протокол, BBU-ийн янз бүрийн функцүүдийн байршил (функциональ хуваагдал) нь хөдөлгөөнт холбооны операторуудын сонголт байх ба дараах шалгуурт тулгуурлана.

- тусгай хэрэглээний тохиолдол;
- BBU болон RRU хоорондын зай;
- шаардлагатай зурвасын өргөн;
- хоцролтын хязгаарлалт;
- үйлчилгээний алдагдалд үзүүлэх нөлөө.

Урд холболтын хэд хэдэн боломжууд байдаг - одоогийн байдлаар хамгийн түгээмэл шийдэл бол CPRI (Common Public Radio Interface) юм.

C-RAN бүтцэд урд талын холболт нь BBU болон RRU хоорондох дохиог дамжуулна. Тиймээс C-RAN бүтэц нь олон Гигабит радио дохиог бодит хугацаанд дамжуулахын тулд оптик сүлжээг шаарддаг.

V-RAN бүтцэд дохионы боловсруулалтын нэг хэсгийг RRU-д гүйцэтгэдэг бөгөөд энэ нь урд талын сүлжээнд тавигдах шаардлагыг бууруулдагас mmWave шийдлүүдийг авч үзэх боломжийг олгодог. Хоцролтод тавигдах зөвлөмжийг мөрдөхийн тулд урд талын идэвхгүй холболтын хоорондын зай 10-80 км (Зураг 4.5 ба Зураг 4.6-д заасны дагуу RAN-ийн хэрэгжилтээс хамаарч) хэтрэхгүй байх ёстой. Урд талын хөдөлгөөнт төхөөрөмжид нэмэлт хоцролт үүссэн тохиолдолд энэ зайг багасгахад хүргэнэ.

Үндсэн зурвасын болон радио давтамжийн модулиуд нь шилэн кабелийн холболтоор, зарим тохиолдолд тусгайлсан радио гүүрээр холбогдож, радио дохиог дамжуулах, сэргээх зорилготой интерфэйстэй байдаг.

Радио спектрийн 20 МГц-ийн зөөгч бүр урд талын зайд хамгийн багадаа 2,5 Гбит/сек хурд шаарддаг. Мөн хоцролт C-RAN-д 100 мкс, V-RAN-д 1 мс гэсэн хязгаарлалтууд байна.

MIMO техникийг ашиглах үед энэ багтаамжийг нэмэгдүүлэх шаардлагатай. Учир нь олон үүрийн болон олон давтамжийн BS сайтууд нь маш өндөр дамжууллын багтаамжийг шаарддаг бөгөөд энэ нь анх өөр контекст хэрэглээнд зориулагдсан CPRI (Common Public Radio Interface)-ийг үр ашигтай 5G RAN-ыг хэрэгжүүлэхэд төвөгтэй болдог.

ТАЙЛБАР: IEEE Next Generation Fronthaul Interface (IEEE 1914) ажлын хэсгээс тодорхойлсон шинэ интерфэйс eCPRI (хөгжсөн CPRI)-ийг санал болгосон.

Судалгааны болон загварчлалын үйл ажиллагаа нь BBU болон RRU хоорондын хуваагдлыг дамжууллын багтаамжид ойролцоо утгад хүргэх, зурвасын өргөний шаардлагыг багасгах, саатлыг (мсек) бууруулахын тулд функциональ хуваагдлыг хамгийн үр ашигтай тодорхойлоход чиглэгдсэн байна.

Хамгийн сайн функциональ хуваах шийдлүүд нь Ethernet-д суурилсан дамжуулалтад ашиглах замаар хөдөлгөөнт холбооны сүлжээний өндөр гүйцэтгэлийг хангадаг. Энэ нь NFV бүтцэд ашигладаг Ethernet-д суурилсан C-RAN-аас V-RAN руу шилжих шилжилтийг дэмждэг.

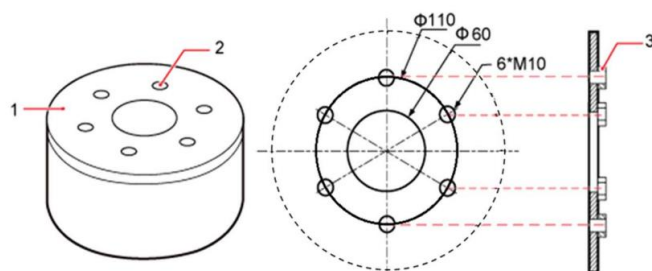
4.4 RRU суурилуулах интерфэйс ба жишээ

4.4.1. Дээд талд суурилуулсан фланцын интерфэйс

RRU-г дээд байрлалд суурилуулах гэрлийн тулгууруудын жишээг 4.6-р зурагт үзүүлэв. Бэхэлгээний интерфэйсийг гэрлийн баганын дээд талд байрлуулж болно. Бүсэлхийн гурван нүх нь гэрлийн баганын тохижилтын бүрхэвчтэй холбогдож, доторх RRU-ийн хэвтээ өнцгийг тохируулна. Физик фланцын интерфэйсийн ердийн хэмжээсийг 4.5-р Зурагт үзүүлэв, фланцын дотоод диаметр нь 60 мм-ээс багагүй байх ёстой бөгөөд энэ нь RRU-ийн цахилгаан кабель болон дотор талд оптик утсанд хангалттай зайг нөөцлөхөд тохиромжтой. Гэсэн хэдий ч дээд физик фланцын интерфэйсийн бодит хэмжээсийг бүхэл бүтэн гэрлийн баганын дизайны дагуу тодорхойлох шаардлагатай.



Зураг 4.6. RRU-уудыг дээд байрлалд суурилуулсан гэрлийн тулгууруудын жишээ



(1) Flange (2) Screw hole (3) Nut

Зураг 4.7. Фланцын интерфейсийн хэмжээс

4.4.2 RRU Хажуу байрлалд суурилуулсан интерфейс

RRU суурилуулах өөр нэг байрлал нь гэрлийн баганын хажуу талд байна. Ийм шийдлийг ихэвчлэн хамрах хүрээг тусгайлан чиглүүлэх, эсвэл гэрлийн баганын хэлбэр нь RRU-г дээд байрлалд байрлуулахыг зөвшөөрөхгүй тохиолдолд 4.8-р зурагт үзүүлснээр хийнэ. RRU хажуу талд суурилуулсан интерфейсийг 4.9-р зурагт үзүүлэв. Өрөмдлөгийн нүхний тохирох диаметр нь 20 мм бөгөөд RRU-ийн кабель ба утаснуудыг гэрлийн баганын дотоод хэсгээр дамжуулах боломжтой. Өрөмдлөгийн цооног нь RRU-г суурилуулсны дараа ус нэвтэрдэггүй, зэврэлтээс хамгаалалтыг шаарддаг.



Зураг 4.8. RRU-г хажуу байрлалын гэрлийн тулгууруудын жишээ



Зураг 4.9. Хажуу талд суурилуулсан бүдүүвч

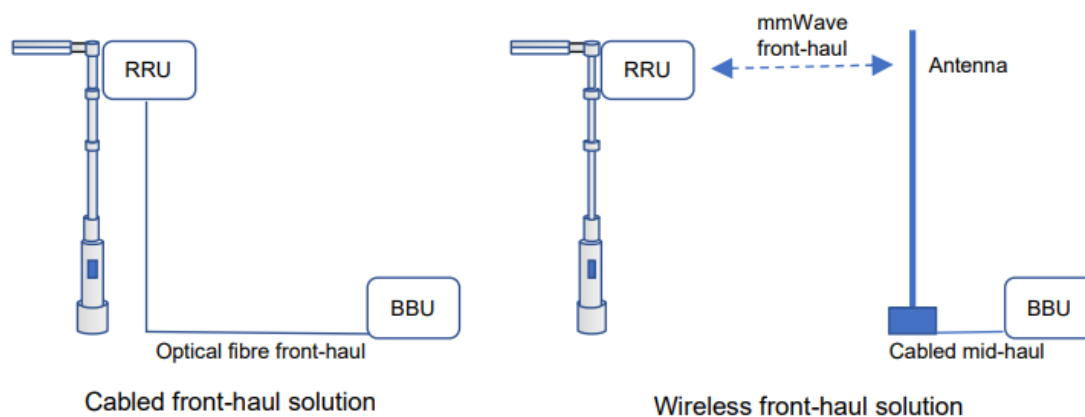
4.5. RRU-ын өгөгдлийн холболт

4.5.1 Өгөгдлийн холболт - өмнөх болон завсрын дамжуулах сүлжээ

Гэрлийн баганад байрлуулсан RRU нь 50-аас 200 метрийн радиус бүхий хамрах хүрээтэй үүрийг үүсгэнэ. Эдгээр RRU-уд нь жижиг макро үүрийн 100-аас 500м радиус бүхий хүрээг хамарна. Гэрлийн баганад байгаа BBU-г RRU-тай холбох өгөгдөл дамжуулах холболтыг зураг 4.10-т үзүүлсний дагуу хийнэ. Оптик шилэн кабелийг цэгээс цэгт (PtP), цэгээс олон цэгт (PtMP) эсвэл өмнө нь ашигласан технологийг ашигладаг. Олон нийтийн радиогийн нийтлэг интерфэйс (CPRIs Common Public Radio Interface) эсвэл түүнтэй адилтгах шийдлийг ашиглан төхөөрөмжийг каскад буюу дараалсан холболтыг хийнэ.

BBU-д антеннаас кабелиар холбогдсон mmWave (агаарын интерфэйс) өмнөх технологи.

BBU-д кабелиар холбогдсон дундын холболттой антеннаас мм долгионы буюу агаарын интерфэйс нь “Fronthaul” буюу үндсэн зурвасын нэгж (BBU) болон алсын зайн радио толгой (RRH) хоорондын RAN дэд бүтцийн шилэн холболтоор тодорхойлогддог. Операторууд радиогоо антен руу ойртуулах үед Fronthaul нь LTE сүлжээнээс үүссэн. BBU нь “backhaul” сүлжээнд холбогдох боломжийг олгодог. Энэ нь төвлөрсөн байршилд суурилуулсан болон олон RRU-д үйлчилгээ үзүүлнэ.



Зураг 4.10. BBU болон RRU хоорондын өгөгдлийн холболт

Урд талын шилэн кабелиар (Зураг 4.11-д үзүүлснээр) хамгийн их багтаамж, өргөтгөх чадварыг санал болгодог боловч агаарын замыг ашиглах боломжгүй бол өгөгдөл болон цахилгаан хангамжийн кабелийн аль алинд нь бага зэрэг ухах шаардлагатай. Одоо байгаа газар доорх замууд нь малталтын шаардлагатай хэмжээг хязгаарладаг томоохон хөрөнгийг төлөөлдөг Мобайл сүлжээний оператор (MNO). mmWave шийдлүүд (4.12-р зурагт үзүүлсний дагуу) суурилуулах, ажиллуулах явцад үүсэх хүндрэлээс зайлсхийх нь суурин өгөгдлийн кабелийн суурилуулалт боловч BBU болон RRU-д антен суурилуулахад тухайлбал BBU болон RRU-ын антенны суурилуулалтад агаарын замчлал ашиглах боломжгүй бол тэжээлийн кабель татах, малталт зэргийг шаарддаг.

BBU болон RRU хоорондын дамжууллын үзүүлэлт нь мод, бороо, манан, хоорондын зай, цас, хэт их салхины улмаас гэрлийн баганын хэлбэлзлээс үүссэн дохионы алдагдлаар тодорхойлогдоно.

4.5.2 Цахилгаан хангамж

RRU-д өгөгдөл дамжуулах аргаас үл хамааран RRU бүр нь цахилгаан хангамжийг шаарддаг. Энэ нь 4.5.1-д заасан гэрэл болон мэдрэгчийн электроникийг дэмжихийн тулд гэрлийн баганын тэжээлийн эх үүсвэрээс тусдаа байх ёстой. Энэ

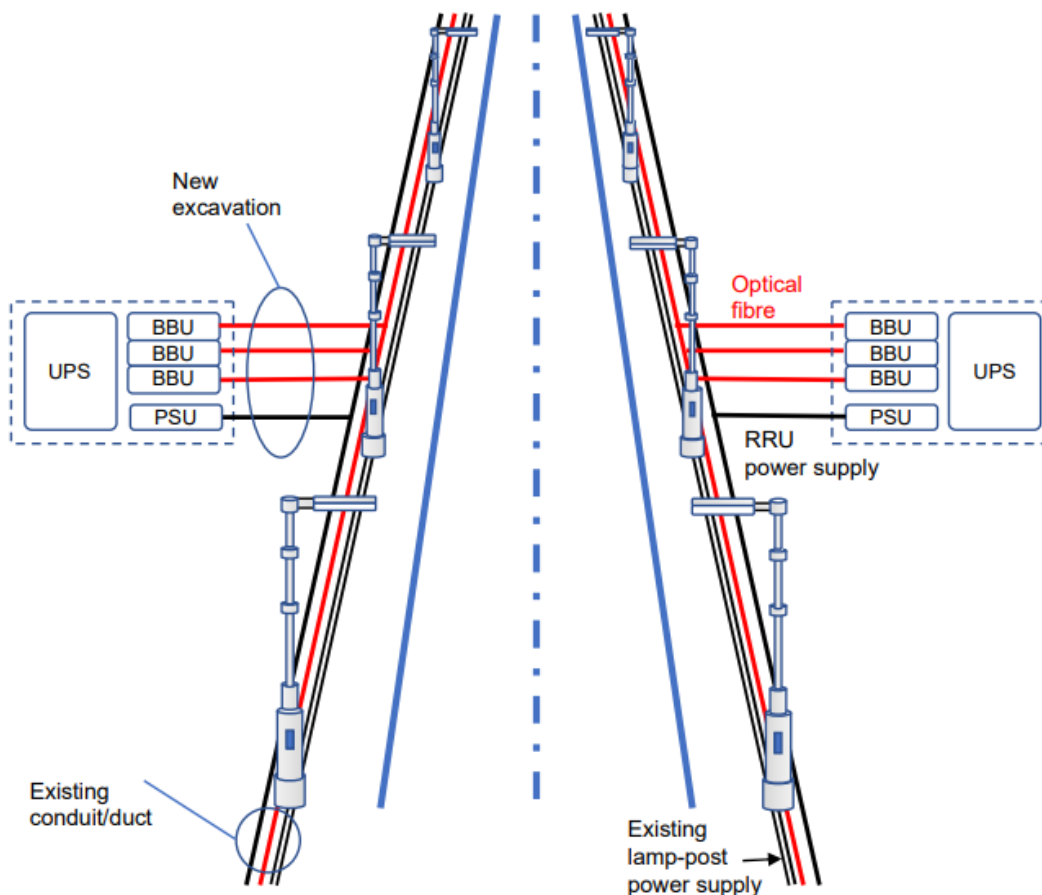
тусгаарлалт нь гэрлийн баганын засвар үйлчилгээ, эвдрэл нь 5G сүлжээний үйлчилгээний тасралтгүй байдалд нөлөөлөхгүй байх нь чухал. Тохиромжтой цахилгаан тэжээлийг хангахын тулд урд талын технологиос хамааралгүй зарим малталт хийх шаардлагатай (Зураг 4.11, Зураг 4.12-г үзнэ үү).

4.5.2.1 Бэлэн байдал

Боломжтой байдлын хамгийн эхний зүйл бол тухайн хотын гэрлийн багана нь хүн амын массыг дэмжих RRU-ийн физик чадвар юм. Энэхүү баримт бичгийн 4.11, 4.12-р зурагт үзүүлсэн шиг бүх гэрлийн холбох хэрэгслийг гудамжинд суурилуулсан гэрлийн багана дээр байрлуулж болохгүй бөгөөд заримыг нь барилга байгууламж болон бусад байгууламж, тэдгээрийн хооронд бэхлэх эсвэл өлгөх болно.

Энэхүү баримт бичигт RRU-ийн физик шинж чанарыг тодорхой заагаагүй ч масс нь RRU (ихэвчлэн 5-20 кг жинтэй) нь 2-р шатны мэдрэгчийн хэрэгжилтээс илүү байх болно.

Гэрлийн багана руу шууд тэжээгддэг нийтийн сүлжээнээс цахилгаан тэжээлийн хүртээмж, чанар нь 5G үйлчилгээг үзүүлэхэд хангалттай байх магадлал багатай. Үнэн хэрэгтээ, цахилгаан эрчим хүчний хангамж тасалдсан үед 5G сүлжээний үйлчилгээг хангахад чухал ач холбогдолтой.



Зураг 4.11. Тусдаа кабельд холбогдсон өгөгдөл ба цахилгаан хангамжийн замын схем

Тохиромжтой тэжээлийн болон холболтын бүтцийг хэрэгжүүлэхгүй бол аль нэг цэгийн гэмтэл (жишээлбэл, зам дээрх барилгын ажлын улмаас үүссэн холболт эсвэл цахилгаан дамжуулах шугам) нь олон тооны RRU үйлчилгээний сааталд хүргэж болзошгүй.

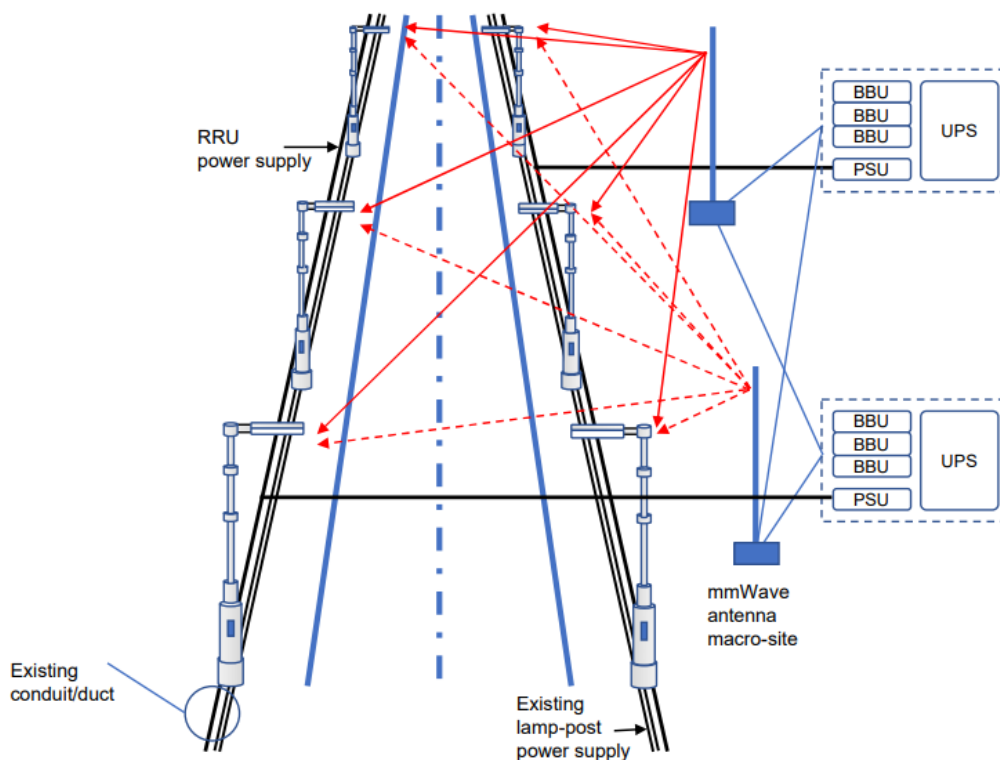
ТАЙЛБАР: Шууд тэжээлийн хангамж (жишээ нь илүүдэлгүй) яагаад хүлээн зөвшөөрөгдөхгүй болохыг дараах байдлаар тайлбарлав.

5G eMBB үйлчилгээний хувьд нийт бэлэн байдал нь "гурван ес" буюу 99.9-ээс их байх шаардлагатай. Энэ нь жилд 31536 секундйн сул зогсолттой тэнцэж байна.

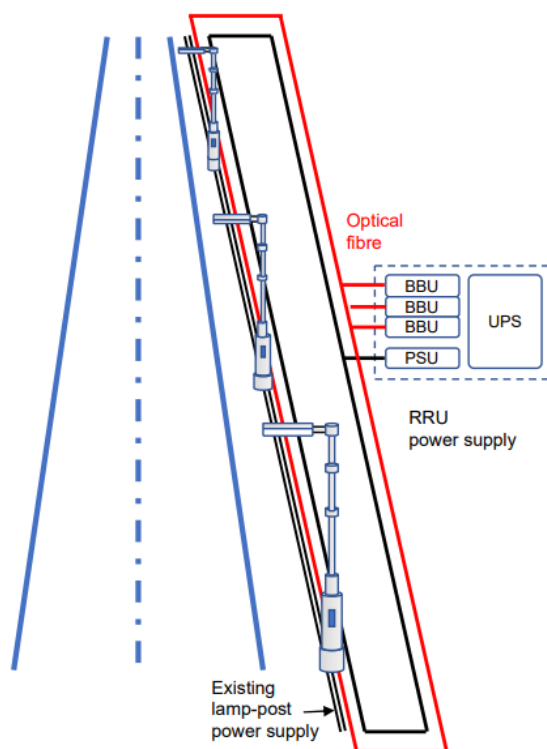
Ийм сул зогсолт нь нэг удаа 526 минутын үйлчилгээний доголдол эсвэл 316 секундйн 100 үе байж болох тул энэ нь төөрөгдүүлж болзошгүй юм.

Жишээлбэл, хэрэв RRU-ийн тэжээлийн хангамжийн 1 секундйн доголдол нь системийг унтрахад хүргэж болзошгүй бөгөөд RRU-ийн төлөвлөсөн ажиллагааг сэргээх нэмэлт хугацаа хамгийн багадаа 5 минут байсан бол жилд ердөө 105 удаа цахилгааны тасалдал гарах болно. Нийт бэлэн байдал 99.9. Цахилгаан хангамжийн бэлэн байдлыг хамгийн багадаа 99.99997 (өөрөөр хэлбэл "6 ес"-ээс илүү) байхыг шаарддаг.

Автомат жолоодлого зэрэг 5G URLLC үйлчилгээнүүдийн хувьд нийт бэлэн байдал нь "зургаан ес" буюу 99.9999 илүү байх шаардлагатай. Энэ нь жилд 31,5 секундйн сул зогсолттой тэнцэнэ. Хэрэв RRU-д төлөвлөсөн функцээ сэргээх нэмэлт хугацаа хамгийн багадаа 5 минут байсан бол цахилгаан тасрахыг зөвшөөрөхгүй, өөрөөр хэлбэл эрчим хүчний хүртээмж нь 100 байх ёстой. "Цагирган" схем хэрэгжүүлснээр өгөгдөл болон эрчим хүчний хангамжийн хүртээмжийг нэмэгдүүлэх боломжтой. 4.13-р зурагт холболтын олон янз байдлыг нэмэгдүүлэх аргыг харуулав. Энэ нь санамсаргүй гэмтлийн улмаас тасалдал үүсэх эрсдэлийг бууруулдаг.



Зураг 4.12. Утасгүй өгөгдөл ба кабелийн цахилгаан хангамжийн замын схем



Зураг 4.13. Өгөгдөл ба кабелийн цахилгаан хангамжийн замуудын цагариган хэрэгжилтийн схем

4.5.3. Өгөгдлийн холболт

Зэргэлдээх RRU-уудыг ялгаатай BBU болон олон mmWave антенаар тэжээгддэг (зураг 4.12). Хоёр шийдлийг аль алиныг Зураг 4.13-ын холбогдох цагаригийн бүтцийг ашиглан сайжруулах боломжтой.

4.5.4 Тэжээлийн хангамж

Хэрэгжүүлсэн цахилгаан хангамжаас үл хамааран орон нутгийн хэт ачаалал нь бусад тоног төхөөрөмжийн цахилгаан хангамжийг алдагдуулахгүй байх нь чухал юм. Хоёр шийдлийг зураг 4.13-ын холбогдох цагаригийн бүтцийг ашиглан сайжруулсан.

RRU-г цахилгаан эрчим хүчээр хангах өөр хувилбаруудыг тайлбарууд: Цахилгаан эрчим хүчний найдвартай байдал, сүлжээгээр хангадаг эрчим хүчний чанар ихэнх тохиолдолд хангалтгүй байх тохиолдолд дараах нөхцөлийг авч үздэг.

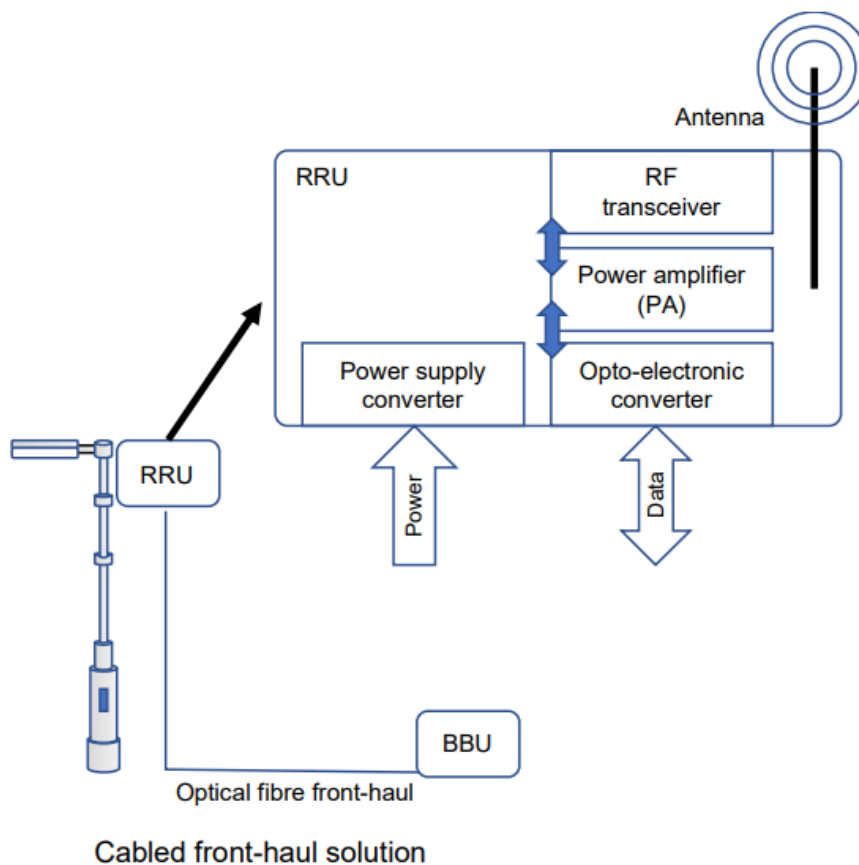
- Тасалдалгүй тэжээлийн систем (UPS) дээр суурилсан орон нутгийн зайг суурилуулах нь хэмжээ, жин, холбогдох зөвшөөрлийг авахад хүндрэлтэй байх ба үүнтэй холбоотой хулгай, эвдэн сүйтгэх зэрэг эрсдэлтэй;
- Орон нутгийн эрчим хүчний нөөцийн томоохон эд ангиуд, тухайлбал, дизель үүсгүүр зэрэг RRU-д зориулж суурилуулах нь бохирдол, дуу чимээтэй холбоотой олон нийтийн дунд асуудал тулгардаг бөгөөд хулгай, эвдэн сүйтгэх эрсдэлтэй байдаг.
- BBU-ийн тухайд, Зураг 4.11, Зураг 4.12-д батлагдсан кластерийн арга нь батарей болон генератор дээр суурилсан UPS-ийг хоёуланг нь ашиглах боломжийг харуулж байгаа бөгөөд хулгай, эвдрэл гэмтлээс хамгаалах боломжтой, жишээлбэл: тэдгээрийг төв оффис эсвэл түүнтэй адилтгах бүтцэд байршуулах.

4.6 RRU дэд бүтэц

4.6.1 Ерөнхий зүйл

RRU-ийн үндсэн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд тэжээлийн хувиргагч, чадлын өсгөгч (PA), радио давтамж (RF) нэвтрүүлэгч ба антен (Зураг 4.14) хамаарагдана.

Зураг 4.14-д өмнөх хэсгийн кабелийн технологийн хэрэгжилтийг оптоэлектроник хувиргагчийг багтаасан болно. мм долгионы технологийн хэрэгжилт нь нэмэлт антен ба мм долгион хувиргагч бүхий опто-электрон хувиргагчаар сольсон.



Зураг 4.14. RRU-ийн бүтэц “Front haul”-д оптик шилэн кабель ашигласан

4.6.2 Цахилгаан хангамжийн хувиргагч

Цахилгаан хангамжийн хувиргагч нь оролтын тэжээлийн хангамжийг шаардлагатай электрон хэлхээний хэрэгцээнд тохируулдаг. Үүнд шаардлагатай AC-DC хувьсах гүйдлийн болон DC-AC тогтмол гүйдлийн цахилгаан хувиргагчийг багтаасан бөгөөд индукцийн эсрэг хэт хүчдэлийн хамгаалалтыг багтаасан болно.

4.6.3 Чадлын өсгүүр (PA)

Чадлын өсгүүр нь опто-электрон хувиргагчаас хүлээн авсан цахилгаан дохиог RF нэвтрүүлэгч руу дамжуулахын өмнө цахилгаан дохиог өсгөдөг. Энэ нь мөн RF нэвтрүүлэгчээс ирж буй дохиог антеннаар агаарын интерфейс рүү дамжуулахаас өмнө өсгөдөг.

4.6.4 RF нэвтрүүлэгч/хүлээн авагч

RF нэвтрүүлэгч нь завсрын давтамжийн ба үндсэн зурвасын интерфейс болон дараах функцуудаас бүрдэнэ.

- дохионы модуляц/демодуляци;

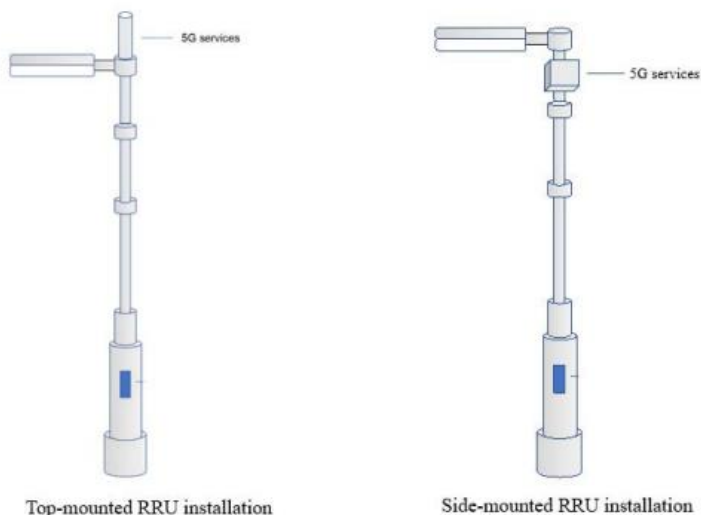
- хүчдэлийн удирдлагатай осциллятор (VCO) ба холигч;
- тоон аналог хувиргагч;
- аналогийг тоон дохио болгон хувиргах;
- бага шуугианы өсгөгч (өсгөлт, хугацааны синхрончлол).

4.7 RRU суурилуулалт

4.7.1 Ерөнхий зүйл

Энд RRU суурилуулах горим ба гэрлийн баганын дизайны шаардлагыг тодорхойлсон. Энэ нь гэрлийн баганад бэхлэх, механик интерфейс болон хангалттай ачааллын даах чадварыг тодорхойлдог. 4.15-р зурагт үзүүлсэнчлэн RRU-г дээд талд ба хажуу талд гэсэн суурилуулах горимуудтай. Антенны хамрах хүрээг оновчтой болгохын тулд суурилуулах өндөр нь 2.5 м-ээс багагүй байх ба угсралтын аюулгүй байдлын аливаа эрсдлээс зайлсхийхийн тулд гэрлийн баганын ханын хамгийн бага зузаан нь 4 мм байна.

Төхөөрөмжийг хэт ачааллаас хамгаалах арга газардуулгын цахилгаан дамжуулагчаар суурилуулсан тухайн газардуулга хийх боломжтой (гэмтэл гарсан үед). Энэ нь аюулгүй байдлын I ангиллын төхөөрөмжид хамаарна. Аюулгүй байдлын II ангиллын хэрэглээ (давхар тусгаарлагч) төхөөрөмж нь ихэвчлэн тухайн байршлын газардуулга хийх шаардлагагүй болгодог. Ойролцоох аянга цахилгаанаас үүссэн индукцийн хэт хүчдэл нь тэжээлийн утас эсвэл арын холболтоор дамжуулан төхөөрөмжид хүрч болно. Иймээс тоног төхөөрөмжийг цаг тухайд нь хамгаалах шаардлагатай. Зардал болон ашиглалтын асуудлаас шалтгаалж сайн (бага эсэргүүцэлтэй) газардуулга байхгүй байж болзошгүй тул тоног төхөөрөмжийг хамгаалах төхөөрөмжийн оролтын хэлхээний хэт хүчдэлийн эсэргүүцлийг нэмэгдүүлэх хамгаалалтын хэлхээг ашиглах зэрэг шийдэл байдаг. RRU антенны хэвийн шугамын хэвтээ чиглэлд $\pm 60^\circ$, босоо чиглэлд $\pm 30^\circ$, антенны цацрагийн чиглэлээс 2 м-ийн зайд RRU-д радио хамрах хүрээ сөргөөр нөлөөлөх тул металл хамгаалалтаас зайлсхийх хэрэгтэй. Зарим тохиолдолд техник эдийн засгийн үндэслэлийг үнэлсний дараа шаардлагатай бол хоёр, гурван RRU-г гэрлийн тулгуур дээр суурилуулж болно.



Зураг 4.15. RRU-г суурилуулах горим

4.7.2 RRU дээд талын суурилуулалт

RRU-г дээд талд суурилуулсан угсралт нь гэрлийн багана 5G RRU-д холбогдох зориулалттай механик фланц интерфэйстэй байж болно.

Энэ нь цаг агаарын эрс тэс нөхцөлд гэрлийн баганын аюулгүй байдлыг хангах, салхины ачааллыг хангалттай эсэргүүцэх чадварыг баталгаажуулах ёстой. Сүлжээний байршуулалтын дагуу RRU хамрах хүрээний чиглэлийг өөрчлөхийн тулд 360° хэвтээ эргэлтийн тохируулгыг дэмжинэ.

4.7.3 RRU хажуугийн суурилуулалт

RRU хажуугийн суурилуулалт нь одоо байгаа гэрлийн багана дээр шууд багтах боломжтой. RRU-ийн кабель ба утаснуудыг баганын дотор талд нэвтрүүлэхийн тулд цахилгаан кабель ба оптик утаснуудад ихэвчлэн 20 мм диаметртэй нүхийг ерөмдөх боломжийн үнэлгээг хийх шаардлагатай. Үгүй бол кабель ба утаснуудыг хоолойн хавчаараар дамжуулан багана дээр гаднаас нь суурилуулж болох боловч ийм шийдэл нь харааны нөлөөлөл, бат бөх чанар багатай тул оновчтой биш байж магадгүй юм. Нэмж дурдахад, RRU-г суурилуулах угсралтын иж бүрдэл нь хамрах хүрээг оновчтой болгохын тулд өнцгийн тохируулга хийх боломжтой.

4.7.4 Хамгаалах ба далдлах хайрцаг

Бүрхүүл нь олон RRU (жишээ нь, нэг чийдэнгийн багана дээр 2 RRU) суурилуулах, RRU-д зарим тохиолдолд модны мөчрөөс үүсэх гадны механик нөлөөг далдлах, механик хамгаалалт өгөх антенныг хамгаалах зориулалттай, Үүнээс гадна бүрхэвч нь RRU-д далдлах, механик хамгаалалт өгөх боломжтой. Нуух хайрцгийн загвар нь нарийн төвөгтэй байж болно. Хүндрэлтэй хүчин зүйлсийг (жишээлбэл, дулаан ялгаруулах, ус үл нэвтрэх, жижиглэсэн хэмжээ) хангах шаардлагатай. RRU-г гэрлийн багана дээр шууд суурилуулах нь тохиромжтой байж болох юм. Бүрхүүл нь гэрлийн баганатай уялдаж, RRU-ийн хамрах өнцгийг уян хатан тохируулах боломжийг олгоно. Энэ нь дохионы хамгаалалтаас зайлсхийхийн тулд металл бус материалыг ашиглах ёстой бөгөөд өнгө нь чийдэнгийн баганатай тохирч байх ёстой. Энэ нь хангалттай дулаан ялгаруулалтыг хангахаар хийгдсэн байх ёстой. Ус үл нэвтрэх загварыг бас анхаарч үзэх хэрэгтэй.

4.7.5 RRU Цахилгаан тэжээлийн хэрэглээ

Олон оролт-олон гаралттай (MIMO) технологийн дэмжлэгтэйгээр гэрлийн багана дээр байрлуулсан RRU-уудын үүсгэсэн бичил үүрийн бодлогоор ердийн эрчим хүчний хэрэглээ нь 100 ваттаас илүү байж болно. Гэрлийн багана дээр байрлуулсан RRU-уудын хэрэгжүүлсэн, ижил MIMO технологи бүхий мини, макро үүрийн ердийн эрчим хүчний хэрэглээ 400 ватт байж болно. Гэсэн хэдий ч энэ нь бүх ерөнхий шаардлага биш бөгөөд MNO-аас RRU-ийн тодорхой хэрэгжилтээс хамаарна. RRU хөгжүүлэлтийн шийдлүүдийн тусламжтайгаар бага эрчим хүчний хэрэглээ нь алсын зайнаас илүү өргөн хүрээг хамардаг эрчим хүчний технологи ба зардлын сонголтуудыг авч үздэг. Ийм эрчим хүчний хэрэглээ нь ямар ч идэвхтэй арга хэмжээ авахгүйгээр цэвэр агаарыг хөргөх боломжийг олгодог. Энэ нь эрчим хүчний хэрэглээ, RRU-ийн хэмжээ, жинг бууруулж, гэрлийн баганын ойролцоо амьдардаг хүмүүсийг бухимдуулах акустик чимээ шуугианаас зайлсхийх болно.

4.7.6 Хувиргагчийн тэжээлийн хангамж

RRU-ийн бүрэлдэхүүн хэсгүүдэд шаардлагатай хүчдэлийн хангахын тулд AC-DC эсвэл DC-DC хүчдэлийн хувиргагч шаардлагатай. Цахилгаан тэжээлийн хувиргагч нь RRU-г аяндын цохилтоос үүдэлтэй аливаа хэт хүчдэлээс хамгаалдаг. Зардал болон ашиглалтын асуудлаас шалтгаалж сайн (бага эсэргүүцэлтэй) газардуулга нь бүх гэрлийн багана дээр байхгүй байж болох тул IV ангиллын хэт хүчдэлийн хувьд хангалттай сайжруулсан тусгаарлалтыг хийхийн тулд цахилгаан тэжээлийн (8-10 кВ ба хосолсон туршилтын долгион 1,2/50 мкс).

4.7.7 Опто-электрон хувиргуур

Опто-электрон хувиргуур нь дараах зүйлийг хангадаг.

- Опто-электрон хувиргалт: оптик дохиог урд талын холболтоос цахилгаан дохио руу боловсруулах
- цахилгаан оптик хувиргалт: PA-аас цахилгаан дохиог BBU руу дамжуулах оптик дохио.

Ашигласан технологи, шаардлагатай гаралтын чадал зэрэг оптик дамжуулагчийн үйл ажиллагаанд хэд хэдэн хүчин зүйл нөлөөлнө.

- цахилгаан оптик хувиргалт: BBU-д дамжуулахын тулд PA-аас цахилгаан дохиог оптик дохио руу хувиргах.

Оптик нэвтрүүлэгч хүлээн авагчийн үйл ажиллагаанд хэд хэдэн хүчин зүйл нөлөөлнө. Үүнд: Ашигласан технологи, шаардлагатай гаралтын чадал болон үйл ажиллагааны нөхцөл хамаарна.

4.7.8 Чадлын өсгүүр

Чадлын өсгүүрийн (PA) эрчим хүчний хэрэглээг загварчлах нь дараах параметрууд дээр суурилдаг.

- Нэвтрүүлэгчийн антеннаар цацаргаж байгаа гаралтын чадал;
- Чадлын өсгүүрийн (PA) гаралтын чадал;
- антенны хамгийн их зурвасын өргөний эзлэх хувь, өөрөөр хэлбэл физик нөөцийн блокуудын бодит тоо.

Чадлын өсгүүрийн (PA) нь эрчим хүчний анхдагч хэрэглэгч юм. Ерөнхийдөө Чадлын өсгүүрүүд (PA) нь антенны нэвтрүүлэх чадлын хүрээнд бага үр ашиг, өндөр давтамжтай байдаг (олон GHz) 5G сүлжээний микро үүрийн хэрэглээнд ашигладаг.

4.7.9 Антенн

Антенн нь цэвэр идэвхгүй элемент учраас эрчим хүчний хэрэглээнд шууд нөлөөлдөггүй. Антенны шинж чанар (антенны өсгөлт ба цацаргалтын диаграм) нь нэвтрүүлэгчийн чадлыг ихэсгэх эсвэл багасгах байдлаар шууд бусаар нөлөөлдөг. Антенныг RRU-д нэгтгэж болно. Олон оролт-олон гаралт (MIMO) технологийг дэмжих тохиолдолд нэмэлт хэрэглээ шаардлагатай болно.

4.8 Цахилгаан тэжээлийн хангамж

4.8.1 Сүлжээнээс авах тэжээл (Power from the grid)

4.11 ба 4.12-р зурагт замын тал бүр дээр хоёр тусдаа тэжээлийн хангамжийг харуулсан. Нэг багц RRU гэмтсэний улмаас үйлчилгээний тасалдал гарахгүй болгох. 5G-ийн Утасгүй сүлжээг хялбархан байршуулах зорилготой хөгжүүлснээр 5G-тэй холбоотой үндсэн RRU-ууд ихэвчлэн хувьсах эсвэл тогтмол гүйдлийн тэжээлийг дэмждэг. Ихэнх MNO-уудын хувьд сүлжээнээс хувьсах гүйдлийн тэжээл авах нь RRU-г тэжээх хамгийн ойлгомжтой бөгөөд энгийн шийдэл болно. Хувьсах гүйдлийн сүлжээнээс гарах хүчийг дэмжих боломжгүй үед өндөр хүртээмжтэй үйлчилгээ (жишээ нь URLLC үйлчилгээ) шаарддаг тул тэдгээрийг хүргэхэд илүү уян хатан тэжээл шаардагдана. Үүнд эрчим хүчний нөөцийг нэмэх эсвэл тогтмол гүйдлийн алсын зайнаас тэжээх зэрэг шийдлүүд байж болох юм.

Гэрлийн багана дээр суурилуулсан том масстай 5G RRU нь чухал төлөвлөлт, төслийн менежмент шаарддаг. Учир нь:

- Ийм цахилгаан хангамжийг сүлжээнээс бүх гэрлийн багана хүртэл суурилуулах нь хариуцлагатай томоохон ажил юм.

- Одоо байгаа барилгуудаас цахилгааны сүлжээнд холбогдох, хэдэн зуу, мянгаараа хотын захиргаанаас зөвшөөрөл авах суурилуулах гэж өмчлөгч, түрээслэгч, ханган нийлүүлэгчидтэй хэлэлцээр хийх;
- Гэрлийн баганаг сүлжээнд нэвтрэх хамгийн ойр цэгт холбоход их хэмжээний газар шорооны ухах ажиллагаа шаардлагатай. Энэ нь замын хөдөлгөөн болон нийт хүн амд саад учруулах, болон өндөр зардал шаардагдана.

Сүлжээ, тоолуур, хамгаалалтын элементүүдийг холбоход зориулж хашлага суурилуулах шаардлагатай бөгөөд бүх тохиолдолд эрчим хүчний хангамжийн саатлыг дутуу үнэлж болохгүй.

Цахилгаан эрчим хүчний хангамжийн тасралтгүй байдлыг дараах тохиолдлуудад тасалдуулах эрсдэлтэй.

- бусад гуравдагч этгээдийн техникийн нөлөө;
- аянга цахилгаан (хамгаалалтын унтраалга уналтад хүргэдэг);
- Холбооны үйлчилгээнд саад учруулж болзошгүй үер, шуурга гэх мэт онцгой үйл явдлууд нийгэм, төрийн үйлчилгээнд хамгийн их хэрэгцээтэй байгаа үед.

Цаашилбал, сүлжээний цахилгаан хангамж нь ихэвчлэн ноцтой, богино хугацааны тасалдал, тэжээлийн хүчдэлийн өөрчлөлтөд өртдөг. RRU-ийн үйл ажиллагааг тасалдуулах, тэдгээр нь RRU доторх тоног төхөөрөмжийг дахин ачаалах шаардлагын улмаас үйлчилгээний чанарт QoS-д сөргөөр нөлөөлнө. Сүлжээний найдвартай байдал, цахилгаан тэжээлийн чанар нь URLLC үйлчилгээг дэмжиж байгаа үед RRU-д хангалттай байх магадлал багатай юм.

Ийм тохиолдолд хөдөлгөөнт холбооны операторууд тус бүрийг тоног төхөөрөмжөөр хангах замаар асуудлыг шийдэх шаардлагатай болно.

Хотын байршилд гэрлийн багана дээр байрлах батарейнд суурилсан UPS-тэй RRU эсвэл түр алсаас тэжээл өгөх эрчим хүчний шийдэл шаардагдана.

4.8.2 Төвлөрсөн газруудаас авах тогтмол гүйдлийн тэжээл

4.8.2.1 Сүлжээнээс цахилгаан эрчим хүчээр хангах

Гэрлийн багана тус бүрийн өгөгдлийн болон тэжээлийн кабелийн ашиглалтыг 4.11 ба 4.13-р зурагт харуулав. Өгөгдөл ба чадлыг BBU-ийн бүлгүүдтэй хамт байрладаг төвлөрсөн байршлуудад үйлчилдэг. Топологи, кабелийн боломж болон цахилгаан хангамжийн дэд бүтцийн алдагдлыг багасгах зэргээс шалтгаалан шаардлагатай бол төвлөрсөн чадлын хангамжийг бусад түр газар байрлуулах боломжтой гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй. Энэ нь ямар ч батарей эсвэл UPS төхөөрөмж дээр суурилсан генераторыг цахилгаан хангамжийн төхөөрөмжтэй хамт байрлуулах нь зардлын хувьд боломж олгодог ба менежментийн давуу талтай. Бүх тохиолдолд цахилгааны кабель (өгөгдлийн хэлхээтэй тусгайлсан эсвэл гибрид) нь шинэ суурилуулалтад одоо байгаа дэд бүтцийг дахин ашиглахгүй байх ёстой. AC тэжээлээс илүү бага хүчдэлийн шууд гүйдэл (LVDC) ашиглахын оронд цахилгаан хангамжийн хэд хэдэн шийдлүүд байдаг. Энэ нь RRU доторх цахилгаан хувиргах хэлхээг хялбарчилж болох юм. Алсын зайнаас тэжээлийн техникийг ашиглах үед цахилгаан хангамжийн хэлхээн дэх хүчдэлийн өсөлт, хэт хүчдэлээс холбооны төхөөрөмжийг хамгаалах, гадны нөлөө (жишээ нь, ойр орчимд аянга буух) зэрэгт зохих хамгаалалт шаардлагатай.

- **38-72 VDC дээр алсаас хангах**
- **IEEE 802.3-ын дагуу алсаас хангах**

Заримдаа Power over Ethernet (PoE) гэж нэрлэдэг. IEEE 802.3bt нь 2 ба түүнээс дээш тооны, зайнаас тэжээл өгөхийг заадаг. 5 ба түүнээс дээш ангиллынх 4 тэнцвэртэй хос кабельтай. Мөн IEEE802.3cg нь төрөл бүрийн 1 хос тэнцвэртэй кабелийн алсаас хангах цахилгаан тэжээлийг заана. Аль ч хувилбар нь 60 VDC хүчдэлээс доош тохиолдолд ашиглана.

- **Өндөр хүчдэлийн, тогтмол гүйдлийн чадлын тэжээл**
- **RTF-C ба RFT-V**

ITU-T K.50 зөвлөмж нь холбооны тоног төхөөрөмжийг алсаас тэжээх ажиллагааг тодорхойлсон. Үүнд IEC 62368-3 стандартын дагуу нэг цахилгаан хэлхээнд 100 Вт хүртэл чадлыг (RFT-V) хүчдэл ба (RFT-C) гүйдлийн хязгаарлагдмал шийдлүүдийг ашиглана. Төхөөрөмжид илүү их чадлыг дамжуулахын тулд RFT-C болон RFT-V тус бүрийг олон тэжээлийн хэлхээнд ашиглаж болно. RFT-г чадлын алдагдлыг багасгахын тулд хэлхээ бүрд олон зэс хосыг ашиглаж болно.

5. Хүсээгүй цацаргалт

Хүсээгүй цацаргалт нь ITU-ээс тодорхойлсны дагуу хажуугийн хуурмаг цацаргалт болон тохируулаагүй цацаргалтуудаас бүрдэнэ. ITU-ын нэр томъёонд тохируулаагүй цацаргалтууд гэдэгт нэвтрүүлэгчийн шугаман бус байдал болон модуляцын процессоос үүдэлтэй BS-ын сувгийн зурвасын өргөнөөс хальсан цацаргалтыг хамруулан ойлгодог. Харин хажуугийн хуурмаг цацаргалт гэдэгт хүсээгүй нэвтрүүлэгчийн эффектүүдээс үүдэлтэй жишээ нь гармоник цацаргалт, паразит цацаргалт, модуляц хоорондын бүтээгдэхүүн болон давтамж хувиргалтын бүтээгдэхүүнийг хамруулан ойлгоно.

Тохируулаагүй цацаргалтуудын BS-ын нэвтрүүлэгчид тавигддаг шаардлагууд нь Зэргэлдээг Сувгийн Нэвчилтийн чадлын харьцаа болон ажиллагааны зурвасын хүсээгүй цацаргалтуудаас (OBUE) бүрддэг.

Ажлын зурвасын хүсээгүй цацаргалтуудын маскийн зөвшөөрөгдөх хамгийн их шилжилт нь Δf_{OBUE} буюу ажиллагааны зурвасын ирмэг юм. Ажлын зурвасын хүсээгүй цацаргалтууд нь дэмжиж байгаа уруу сувгийн ажиллагааны зурвас бүр дэх бүх хүсээгүй цацаргалтуудыг илэрхийлдэг. Мөн зурвас бүр дэх Δf_{OBUE} –с дээш болон Δf_{OBUE} –с доош давтамжийн хүрээг илэрхийлдэг. Энэхүү давтамжийн зурвасаас гаднах хүсээгүй цацаргалтууд нь хажуугийн хуурмаг цацаргалтын шаардлагаар зохицуулагддаг.

5G NR ажиллагааны зурвас дахь Δf_{OBUE} утгуудыг дараах хүснэгт 5.1-т харуулав.

Хүснэгт 5.1. Уруудах шугамын ажиллагааны зурвасаас гаднах зурвасын хүсээгүй цацаргалтуудын (OBUE) максимум шилжилт

BS-н төрөл	Зурвасын шинж чанар	Δf_{OBUE} (MHz)
<i>BS type 1-H</i>	$F_{DL,high} - F_{DL,low} < 100\text{MHz}$	10
	$100\text{MHz} \leq F_{DL,high} - F_{DL,low} \leq 900\text{MHz}$	40
<i>BS type 1-C</i>	$F_{DL,high} - F_{DL,low} < 200\text{MHz}$	10
	$200\text{MHz} \leq F_{DL,high} - F_{DL,low} \leq 900\text{MHz}$	40

n46, n96 болон n102-н хувьд Δf_{OBUE} утгуудыг дараах хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 5.2. Уруу сувгийн ажиллагааны зурвасаас гаднах ажиллагааны зурвасын хүсээгүй цацаргалтууд (OBUE)-н максимум шилжилт(n46, n96 болон n102)

<i>Operating band</i>	Δf_{OBUE} (MHz)
n46, n102	40
n96	50

n104-н хувьд Δf_{OBUE} утгуудыг дараах хүснэгтэд харуулав.

Хүснэгт 5.3. Уруудах шугамын ажлын зурвасаас гаднах зурваст үүсэх хүсээгүй цацаргалтуудын (OBUE)-н максимум шилжилт (n104)

<i>BS type</i>	<i>Operating band</i>	Δf_{OBUE} (MHz)
<i>BS type 1-H</i>	n104	100
<i>BS type 1-C</i>	n104	40

6. 5G NR Sub-6 ГГц ХЭМЖИЛТИЙН АРГА

6.1 Нэвтрүүлэгчийн параметруудийн хэмжилтийн арга ба хязгаар

Нэвтрүүлэгч нь зөөгчийн чадлын тохируулгатай тохиолдолд нэвтрүүлэгчийн бүх параметруудийг хамгийн их, дундаж чадлын нягт ашиглан хэмжинэ. Бүх хэмжилтийг төхөөрөмжийн хэвийн ажиллагааг илэрхийлдэг ердийн модуляцийг ашиглан гүйцэтгэнэ. Хэрэв нэвтрүүлэгч нь автомат нэвтрүүлэгчийг хаах төхөөрөмжтэй бол туршилтын туршид түүнийг тухайн хугацаанд ажиллагааг зогсоох боломжтой. Энэхүү баримт бичигт хэмжилт хийх аргын хувьд хоёр ялгаатай тохиргоо шаардлагатай.

А ангилал: Хэрэглэгчийн туршилтад зориулсан ширээний хэрэгсэл/ таблетад суурилуулсан суурин тоног төхөөрөмж

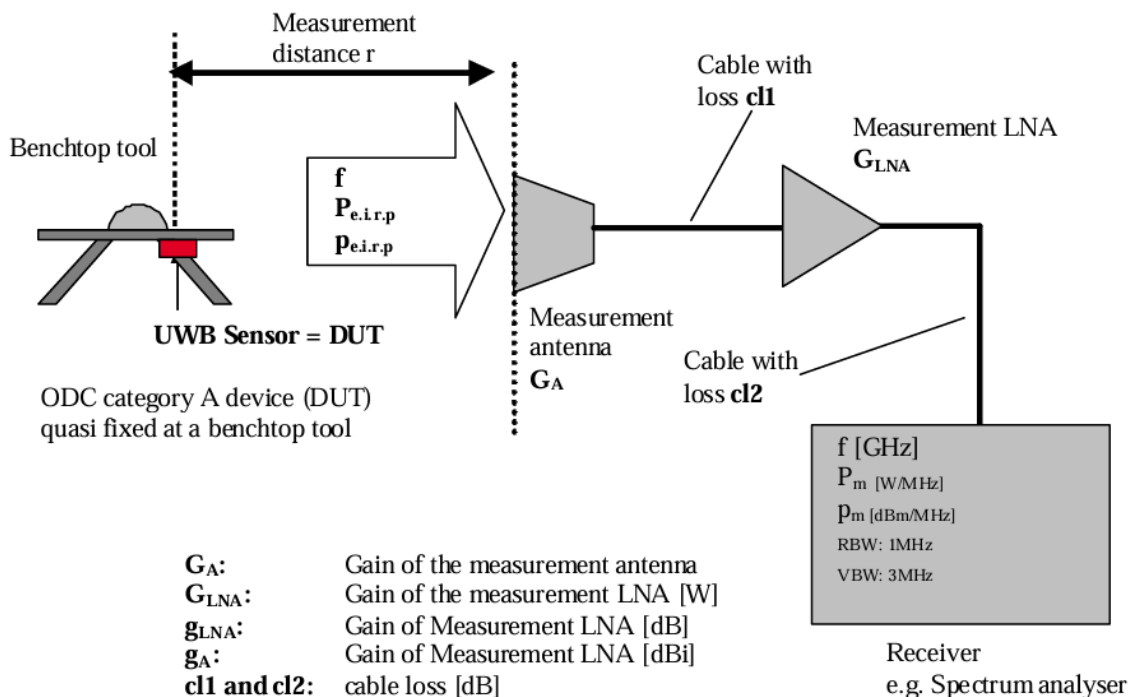
В ангилал: Өрөмдлөгийн төхөөрөмжид эвдрэлээс хамгаалах зориулалттай гар төхөөрөмж

6.2 Ашиглалтын давтамжийн зөвшөөрөгдсөн хүрээ

Тодорхойлолт: Ашиглалтын давтамжийн зөвшөөрөгдсөн хүрээ нь тухайн төхөөрөмжийг ажиллуулах эрх бүхий давтамжийн муж юм.

6.2.1 А ангиллын тоног төхөөрөмжийн хэмжилтийн арга

Давтамжийн зөвшөөрөгдөх хязгаараас гадуурх хамгийн бага ба хамгийн их давтамжийг 6.1-р зурагт үзүүлсэн аргаар хэмжинэ.



Зураг 6.1 Ашиглалтын давтамжийн хүрээг хэмжих туршилтын тохируулга

Pe.i.r.p нь давтамжаас хамааралтай, UWB мэдрэгчийн чөлөөт замын унтралт болон хэмжилтийн төхөөрөмжөөс хамаарах чадлын нягт болно.

Хувиргалт:

$$g_{LNA} = 20 \log(G_{LNA}) \quad (6.1) \text{ ба } (6.2)$$

$$g_A = 10 \log(G_A)$$

$$cl_x = 10^{\left(\frac{cl_x}{20}\right)} \quad (6.3)$$

$$p_{e.i.r.p} = p_m - g_A - cl1 - cl2 - g_{LNA} + 20 \cdot \log\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) \quad [\text{dBm/MHz}] \quad (6.4)$$

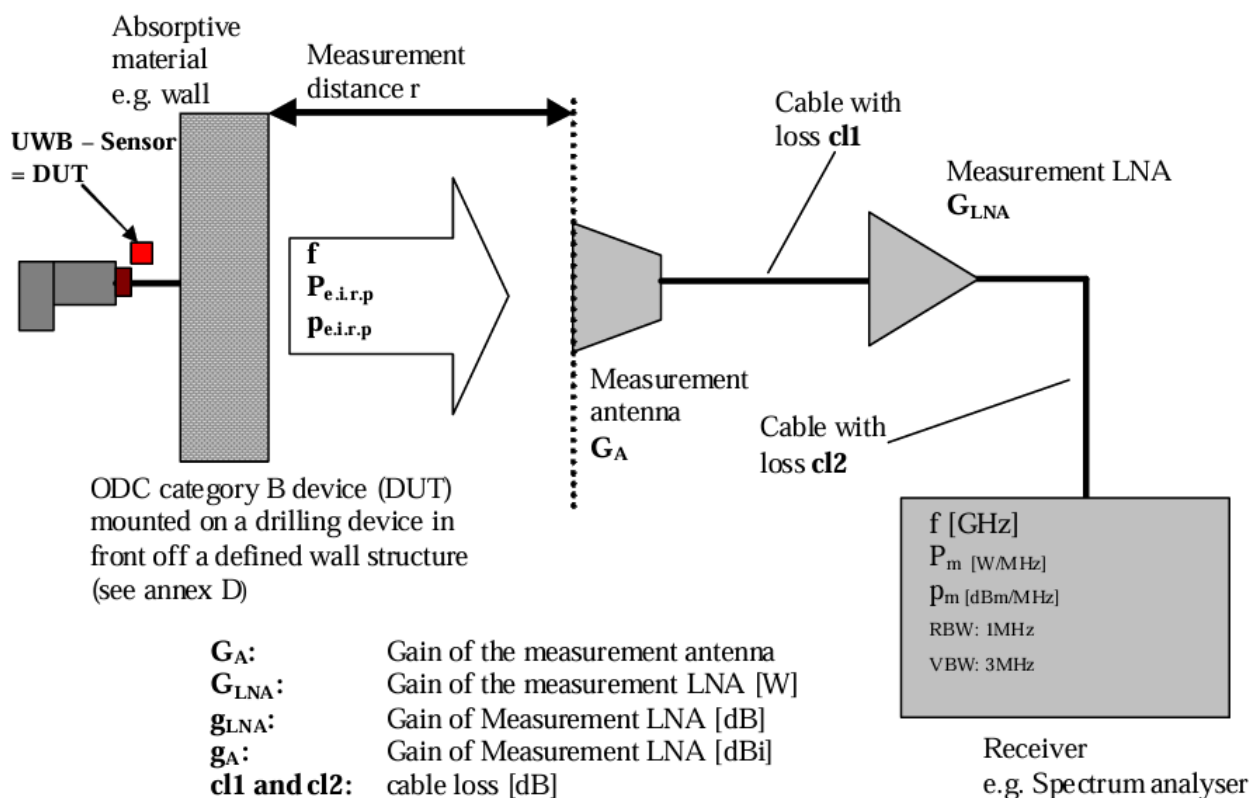
$$P_{e.i.r.p} = \frac{P_m \cdot (4\pi r)^2}{G_{LNA} \cdot \lambda^2 \cdot G_A \cdot cl1 \cdot cl2} \quad [\text{mW/MHz}] \quad (6.5)$$

Энд, $cl1$ ба $cl2$ нь кабелийн алдагдлын утгууд нэгээс бага байна. Үүний үр дүнд $cl1$ ба $cl2$ логарифмын утгууд нь сөрөг байна.

Туршилтын талбайг сонгохдоо (жишээ нь, дотор болон гадна задгай туршилтын талбайд) тогтоосон давтамжийн муж болон энэ хэмжилтийн хамгийн бага тогтоосон цацаргалтын түвшний шаардлагыг хангасан туршилтын талбайг ашиглана.

6.2.2 В ангиллын төхөөрөмжийн хэмжилтийн арга

Давтамжийн зөвшөөрөгдөх хязгаараас гадуурх хамгийн бага ба хамгийн их давтамжийг 6.2-р зурагт үзүүлсэн аргаар хэмжинэ.



Зураг 6.2 Ашиглалтын давтамжийн хүрээг хэмжих туршилтын тохируулга

Давтамжийн зөвшөөрөгдөх хязгаараас гадуурх хамгийн бага ба хамгийн их давтамжийг 6.2-р зурагт үзүүлсэн аргаар хэмжинэ.

$$g_{LNA} = 20 \log(G_{LNA}) \quad (6.6)$$

$$g_A = 10 \log(G_A)$$

$$cl_x = 10 \left(\frac{cl_x}{20} \right) \quad (6.7) \text{ ба } (6.8)$$

$$p_{e.i.r.p} = p_m - g_A - cl1 - cl2 - g_{LNA} + 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right) \text{ [dBm/MHz]} \quad (6.9)$$

Энд, $cl1$ ба $cl2$ нь кабелийн алдагдлын утгууд нэгээс бага байна. Үүний үр дүнд $cl1$ ба $cl2$ логарифмын утгууд нь сөрөг байна.

Туршилтын талбайг сонгохдоо (жишээ нь, дотор болон гадна задгай туршилтын талбайд) тогтоосон давтамжийн муж болон энэ хэмжилтийн хамгийн бага тогтоосон цацаргалтын түвшний шаардлагыг хангасан туршилтын талбайг ашиглана.

6.2.3 Давтамжийн муж

Ашиглалтын давтамжийн зөвшөөрөгдсөн хүрээ нь 0.96 ГГц - 2.2 ГГц, 8.5 ГГц-ээс 10.6 ГГц хүртэл бага цацаргалттай, 2.2 ГГц-ээс 8 ГГц хүртэл (хүснэгт 6.1-ыг үз).

6.3 Цацаргалт

6.3.1 Нэвтрүүлэгчийн UWB цацаргалт

Тайлбар

Тоног төхөөрөмжийн хэмжсэн хамгийн их нийт цацаргалт (TE-Total Emissions) нь дараах цацаргалтуудаар тодорхойлогдоно.

1. Нэвтрүүлэгчээс гарах UWB (UE-Ultra Emissions) цацаргалт.
2. Нэвтрүүлэгч, хүлээн авагч болон бусад аналог буюу тоон хэлхээний бусад цацаргалт (OE-Other emissions).

- Хүсээгүй UWB цацаргалт (UE-undesired emissions) нь төхөөрөмжийг ажиллуулах явцад чөлөөт орон зайд цацарч, хананд тулгарах үед үүсэх аливаа UWB цацаргалт юм.

- Бусад цацаргалтад (OE) нарийн зурвасын хуурамч цацаргалт, аналог, тоон удирдлагын хэлхээний цацаргалт зэрэг хамаарна.

Эдгээр нь нэгэн зэрэг үүсэж цацардаг тул хүсээгүй UWB цацаргалтыг шууд хэмжих боломжгүй.

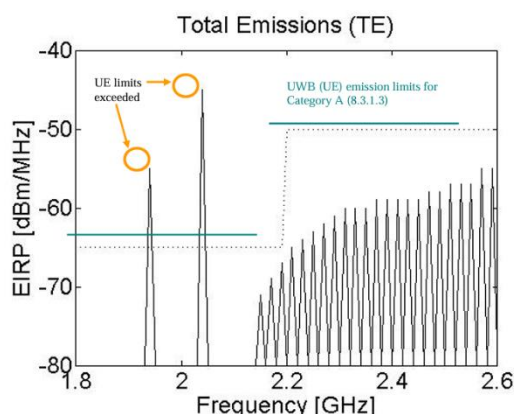
Туршилтын зорилгоор төхөөрөмжөөс гарч буй UWB-ийн хүсээгүй цацаргалт болон бусад цацаргалтыг нийт хамгийн их цацаргалт (TE) гэж тодорхойлно.

Бусад цацаргалтыг нэвтрүүлэгчийн UWB цацаргалтыг идэвхгүй болгох замаар тодорхойлж болно. UE болон TE хоёулаа тоон мэдээллийн багц хэлбэрээр хэмжигддэг.

6.3.2 Хэмжилтийн арга

Нэгдүгээр шат:

Нийт цацаргалтын дор UWB дохио, хуурамч болон бусад цацаргалт (TE) зэргийг хэмжинэ. Хэмжилтийн үндсэн жишээг 6.3-р зурагт үзүүлэв.

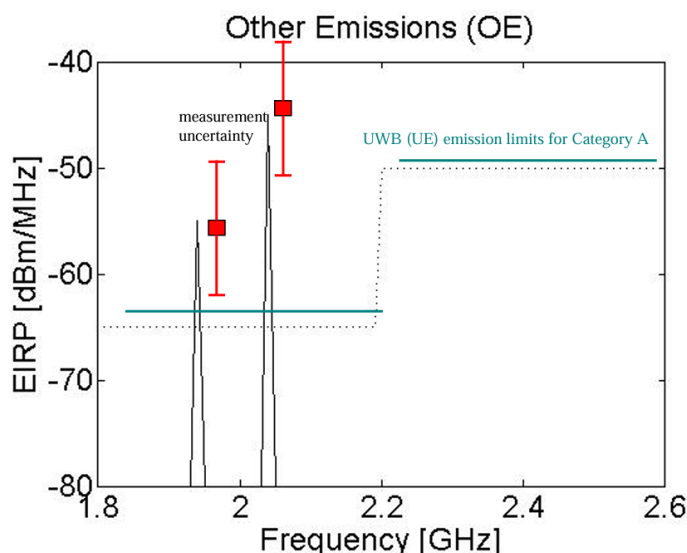


Зураг 6.3 1.8-2.6 GHz давтамжийн мужийн TE хэмжилтийн жишээ

Хоёрдугаар шат:

Нийт цацаргалт (TE) нь UE эсвэл OE -ийн хязгаараас хэтэрсэн давтамжийн мужуудын хувьд бусад цацаргалтуудыг (OE) UWB нэвтрүүлэгч эсвэл антенг салгаж идэвхгүй болгох замаар хэмжинэ.

Хэмжилтийн тодорхойгүй байдлын хүрээнд ижил агууригтай OE болон TE-д байгаа цацаргалтыг OE гэж үзнэ. Хэмжилтийн үндсэн жишээг Зураг 6.4-т үзүүлэв.



Зураг 6.4 1.8-2.6 ГГц давтамжийн мужид OE хэмжилтийн жишээ

Бүх хэмжилтийг удаан хугацаанд хийх боломжтой байхын тулд тасралтгүй цацаргалтаас зайлсхийхийн тулд хэрэгжүүлсэн механизмуудыг туршилтын зорилгоор жишээ нь завсарлага, хөдөлгөөн мэдрэгч, гарын авлагын товчлуурыг идэвхгүй болгоно (6.3.3-р зүйлийг үзнэ үү).

6.3.2.1 Нийт цацаргалтын (TE) хэмжилтийн арга

DUT-ийг нормативын заалтын дагуу нормчлогдсон барилгын материалын бүтэц дээр турших ёстой.

Бүх хэмжилтэд 10.2-т заасны дагуу хэвийн ажиллагааны дохиог ашиглана.

а. Спектрийн анализаторын төвийн давтамжийг сонирхсон давтамжид тохируулна уу.

б. Давтамжийн спектрийн сегментийн тохиромжтой эсэхийг шалгахын тулд давтамжийн хүрээг тохируулна уу.

с. RBW-г 1 МГц, VBW-ийг 3 МГц болгож тохируулна уу.

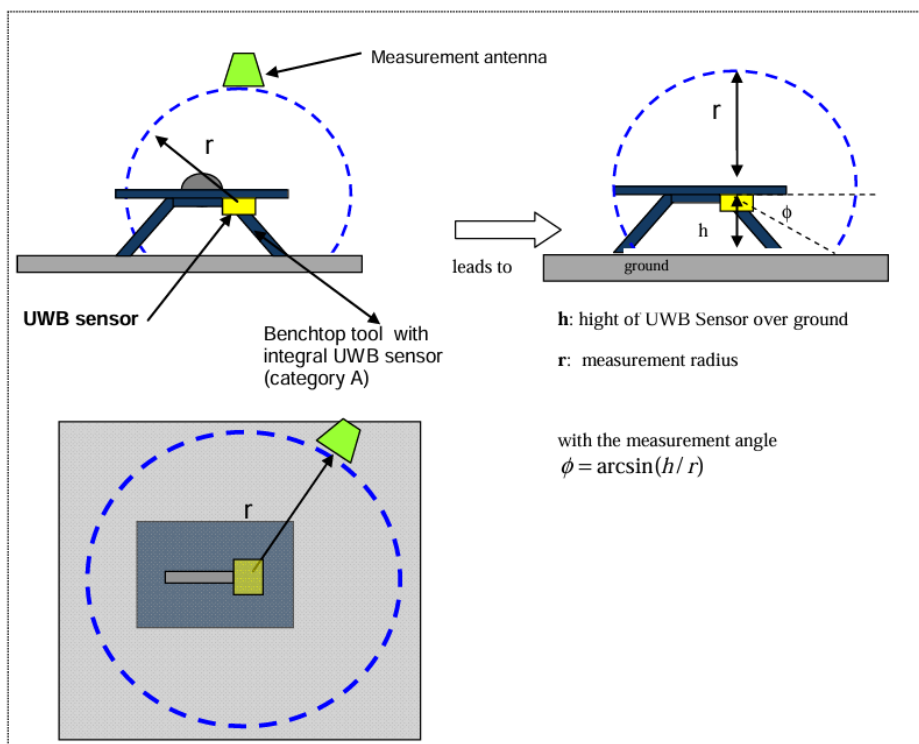
д. Детекторыг RMS-д тохируулна уу.

е. Хэмжлийн цэг бүрд нэг мс-ээс илүүгүй буюу түүнээс бага интеграцийн хугацаа байхаар хугацааг тохируулна уу.

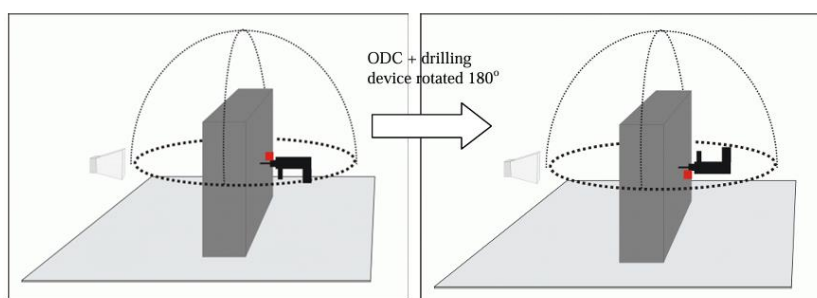
Бусад холбогдох хэмжилтийн аргуудыг "Антенны загварын хэмжилт, онол ба тэгшитгэл"-д тайлбарласан болно. Хэмжих хамгийн бага түвшинд шаардлагатай мэдрэмжийг авахын тулд илүү нарийн зурвасын өргөнийг тохируулах шаардлагатай. Үүнийг туршилтын тайлангийн маягтад тусгана.

Хэмжилтийн явцад DUT-ийг барилгын байгууламж дээр антенныг нь шууд тусгаж, туршилтын антенныг 0.8 м-ээс 1.5 м-ийн зайд байрлуулна (хэмжилтийн антенны бараг алс холын зай хамааралтай) туршилтад хамрагдаж буй төхөөрөмжөөс хол байгаа бол А ангиллын 6.5-р зургийг, В ангиллын 6.6-р зургийг үзнэ үү.

Хэмжилтийн антенны туйлшрал нь хэмжилтийн цэг бүрийн үндсэн талбайн бүрэлдэхүүн хэсгийн туйлшралыг хангасан байх ёстой. Тиймээс хэмжилтийн антенныг хамгийн өндөр утгыг авах хүртэл цэг бүрд эргүүлж болно. Өөр нэг боломжит арга бол хоёр ортогональ туйлшралын чиглэлтэй хэмжих антенныг ашиглах явдал юм. Холбогдох хэмжилтийн утга нь дугуй болон бүх туйлшралын өнцөг дээрх хамгийн их утга юм.



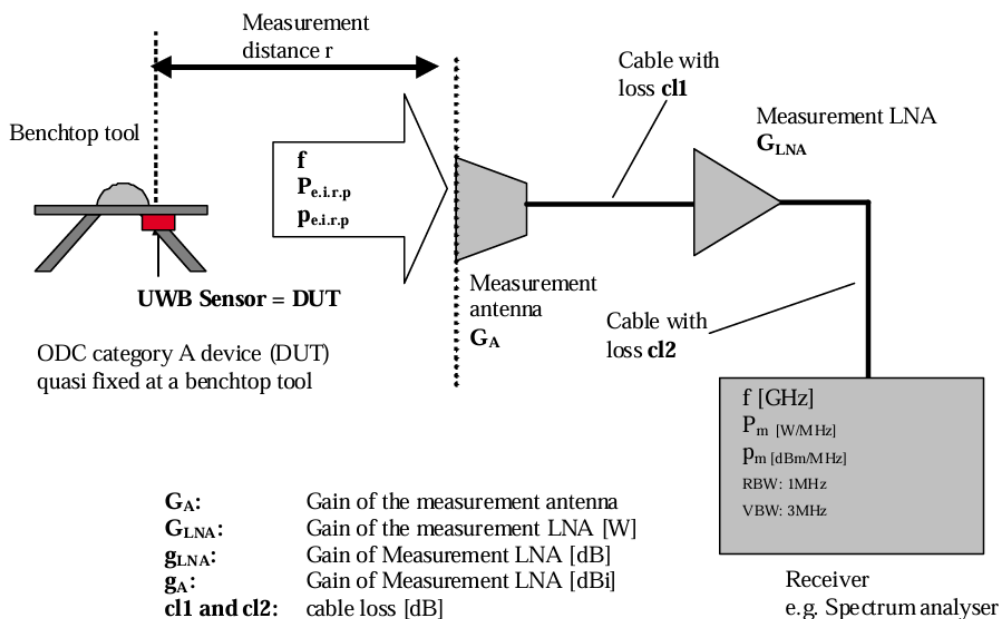
Зураг 6.5 А ангиллын төхөөрөмжийн цацаргалтын бүх (TE, UE, OE, UE-TP) хэмжилтүүд



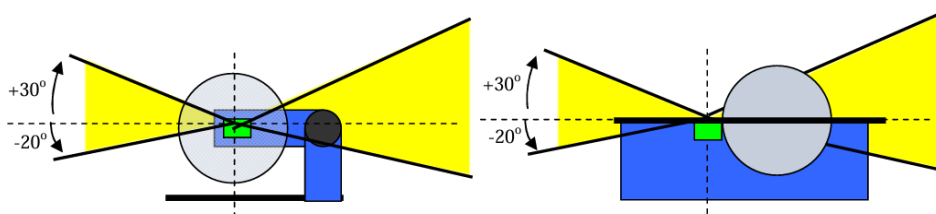
Зураг 6.6 В ангиллын төхөөрөмжийн цацаргалтын бүх хэмжилтийн (TE, UE, OE, UE-TP) зохион байгуулалт

Хэмжих хүлээн авагчийн тохиргоонд бага шуугианы урьдчилан өсгөгч ба диполь антен (1 ГГц-ээс доош давтамжийн хувьд) эсвэл "horn" антен (1 ГГц-ээс дээш давтамжийн хувьд) ашигладаг. Зөвшөөрөгдсөн давтамжийн хязгаараас гадуур хуурамч ялгаруулалтын хэмжилтийн хувьд 30 МГц-ээс 1000 МГц-ийн зурвасыг бүхэлд нь хамрахын тулд бикон (bicone) ба лог (Log) үечилсэн диполь массив антеннуудын хослолыг (нийтлэг "лог үечилсэн" гэж нэрлэдэг) ашиглаж болно.

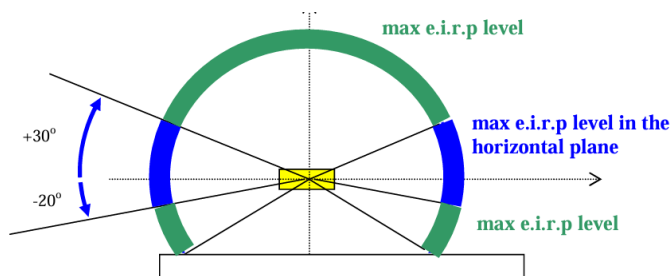
А ангиллын туршилтын тохиргоог 6.7а ба 6.7b зурагт, В ангиллын хувьд 6.8а-д үзүүлэв.



Зураг 6.7а А ангиллын төхөөрөмжийн e.i.r.p хэмжилтийн туршилтын тохируулга



Зураг 6.7б Багасгасан e.i.r.p хязгаартай хэвтээ талбай, 10.3.1.3-ыг үзнэ үү.



Зураг 6.7в Туршилтын зохион байгуулалтад тавигдах орон зайн шаардлага

Pe.i.r.p. чөлөөт орны унтралт ба хэмжилтийн төхөөрөмжөөс хамаарах давтамжийг харгалзан UWB мэдрэгчийн чадлын нягтын лавлагаа байршил юм.

$$g_{LNA} = 20 \log(G_{LNA})$$

$$g_A = 10 \log(G_A) \quad (6.10) \quad (6.11) \quad \text{ба} \quad (6.12)$$

$$cl_x = 10 \left(\frac{cl_x}{20} \right)$$

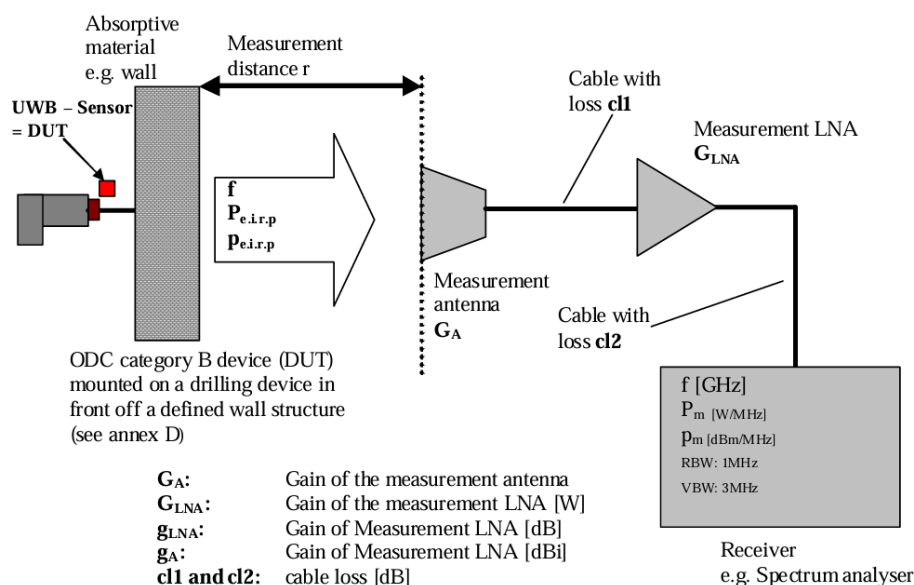
Децибеллээр илэрхийлбэл:

$$p_{e.i.r.p.wall} = p_m - g_A - cl1 - cl2 - g_{LNA} + 20 \cdot \log \left(\frac{4\pi r}{\lambda} \right) \quad [\text{dBm/MHz}] \quad (6.13)$$

Шугаман тэгшитгэлээр илэрхийлбэл:

$$P_{e.i.r.p, wall} = \frac{P_m \cdot (4\pi r)^2}{G_{LNA} \cdot \lambda^2 \cdot G_A \cdot cl1 \cdot cl2} \quad [\text{mW/MHz}] \quad (6.14)$$

Кабелийн алдагдлын утгууд $cl1$ ба $cl2$ нь нэгээс бага байна. Тиймээс $cl1$ ба $cl2$ логарифмын утгууд сөрөг байна!



Зураг 6.8а. В ангиллын тоног төхөөрөмжийн e.i.r.p хэмжилтийн туршилтын тохируулга $P_{e.i.r.p}$ чөлөөт орон зайн унтралт ба хэмжилтийн төхөөрөмжөөс хамаарах давтамжийг харгалзан хананы гадаргууд хамаарах чадлын нягт юм.

$$g_{LNA} = 20 \log(G_{LNA})$$

$$g_A = 10 \log(G_A) \quad (6.15) \text{ ба } (6.16)$$

$$cl_x = 10^{\left(\frac{cl_x}{20}\right)}$$

Децибелээр илэрхийлбэл:

$$p_{e.i.r.p, wall} = p_m - g_A - cl1 - cl2 - g_{LNA} + 20 \cdot \log\left(\frac{4\pi r}{\lambda}\right) \quad [\text{dBm/MHz}] \quad (6.17)$$

Шугаман илэрхийллээр:

$$P_{e.i.r.p, wall} = \frac{P_m \cdot (4\pi r)^2}{G_{LNA} \cdot \lambda^2 \cdot G_A \cdot cl1 \cdot cl2} \quad [\text{mW/MHz}] \quad (6.18)$$

Кабелийн алдагдлын утгууд $cl1$ ба $cl2$ нь нэгээс бага байна. Тиймээс $cl1$ ба $cl2$ логарифмын утгууд сөрөг байна!

Хоёр ангиллын хувьд: Сонгогдсон туршилтын талбай (жишээ нь: дотор туршилтын талбай эсвэл задгай талбайн туршилтын талбай) нь шаардлагыг хангасан. Энэ хэмжилтийн тогтоосон давтамжийн муж болон хөндөгдөөгүй хамгийн бага тогтоосон цацаргалтын түвшнийг ашиглана.

Хүсээгүй цацаргалтыг зөв хэмжихийн тулд хэмжих хүлээн авагчийн зурвасын өргөнийг зохих утгад тохируулна. Энэ зурвасын өргөнийг туршилтын тайланд тэмдэглэнэ. DUT-ийн нийт хамгийн их цацаргалтын (TE) түвшнийг хэмжиж, бүртгэнэ. Эдгээр хэмжилтийн хувьд ийм байна. Шаардлагатай мэдрэмжийг олж авахын тулд спектр анализаторын оролтын өмнө бага шуугианы өсгөгч (LNA) ашиглахыг зөвлөж байна.

Хэмжих хүлээн авагчийн давтамжийг 30 МГц-ээс 26 ГГц хүртэлх давтамжийн мужид тохируулна. Хуурамч бүрэлдэхүүн хэсэг бүрийн давтамжийг тэмдэглэнэ. Туршилтын талбай гаднаас ирж буй цацрагийн нөлөөгөөр эвдэрсэн бол энэ чанарын хайлтыг шаардлагатай бол нэвтрүүлэгч болон туршилтын антенны хоорондох зай багатай дэлгэцтэй өрөөнд хийж болно.

Хэмжилтийн системийн бага шуугианы урьдчилан өсгөгчийг хэт ачааллаас хамгаалахын тулд урьдчилан сонгох зөв шүүлтүүрийг оруулж болно. Түүнчлэн хэмжсэн спектруудэд байгаа орчны дохионы хувь нэмрийг арилгахын тулд нэвтрүүлэгчийг идэвхжүүлэхээс өмнө бүх орчны дохиог илрүүлж болно. Энэ нь компьютер болон өгөгдлийн шинжилгээний программ хангамж ашиглан хэмжилтийн өгөгдлийн дараах боловсруулалтыг шаарддаг. Цацаргалтын дБм/МГц-ийн утгыг (ТЕ-хэмжилт) 960 МГц-ээс 10.6 ГГц хүртэлх хэмжсэн давтамж болон хэмжилтийн байрлалын тоон мэдээллийн багцын функц байдлаар хадгална.

6.3.2.2 Бусад цацаргалтыг (ОЕ) хэмжих арга

UWB дохионы дамжуулалт идэвхгүй болсон ба/эсвэл антенныг унтраасан байна. ТЕ-ийг хэмжих арга 6.3.2.1-тэй ижил байна. Цацаргалтын дБм/МГц-ийн ТЕ-хэмжилтийн утгыг тоон хэлбэрээр хадгална.

Цацаргалтын дБм/МГц-ийн утгыг ТЕ-хэмжилтийн үед 960 МГц-ээс 10.6 ГГц хүртэлх хэмжсэн давтамж болон хэмжилтийн байрлалын тоон мэдээллийн багцын функц байдлаар хадгална.

47 МГц-ээс 960 МГц хүртэлх давтамжийн мужид хэмжилтэд Зураг 6.8-д үзүүлсэн дараах аргыг хэрэглэнэ.

Хэмжилт хийх журам нь дараах байдалтай байна.

- a. Шаардлагыг хангасан туршилтын талбайд заасан өндөрт хэмжих антенныг тулгуур дээр байрлуулна.
- b. Нэвтрүүлэгчийг салшгүй антентайгаар ердийн хэвийн модуляцтайаар ажиллуулна.
- c. Хэмжих хэрэгслийн нарийвчлалын зурвасын өргөн нь хэмжиж буй хуурамч бүрэлдэхүүн хэсгийн спектрийн өргөнөөс их, хамгийн бага зурвасын өргөн байх ёстой.

Дараагийн хамгийн их зурвасын өргөн нь агуургыг 1 дБ-ээс бага өсгөхөд үүссэн тохиолдолд үр дүнг хүрсэн гэж үзнэ. *"Хэмжилтийн нарийвчлал, мэдрэмж, үр ашгийг дээшлүүлэхийн тулд нягтралын зурвасын өргөн нь жишиг зурвасын өргөнөөс өөр байж болно. Нарийвчлалын зурвасын өргөн нь жишиг зурвасын өргөнөөс бага байх үед үр дүнг жишиг зурвасын өргөн дээр нэгтгэх хэрэгтэй. Нарийвчлалын зурвасын өргөн нь стандартаас их байх үед жишиг зурвасын өргөн, өргөн зурвасын хуурамч цацаргалтын үр дүнг зурвасын өргөний харьцаатай хэвийн болгох хэрэгтэй лавлагаа зурвасын өргөнийг ашиглах боломжтой хэвээр байна."* (CEPT/ERC/REC 74-01).

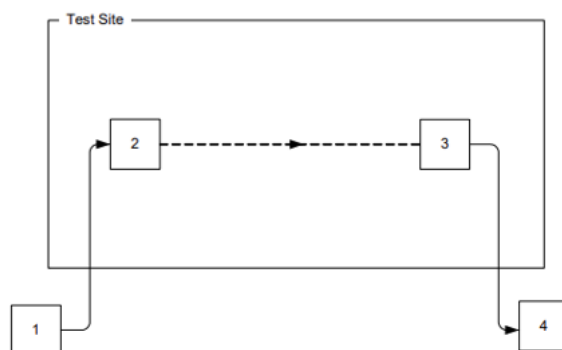
Холбогдох хэмжилтэд ашигласан нөхцөлүүдийг туршилтын тайланд тусгана.

- d. Давтамж бүр дээр бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг илрүүлэх хэмжих элементийг хамгийн их хариу үйлдэл үзүүлэхийн тулд эргүүлэх ба 6.8b-р зурагт үзүүлсэн

хэмжилтийн зохицуулалтыг ашиглан орлуулах хэмжилтээр тухайн бүрэлдэхүүн хэсгийн эффектив цацаргалтын чадлыг тодорхойлно.

е. Тухайн бүрэлдэхүүн хэсгийн эффектив цацаргалтын чадлын утгыг бүртгэнэ.

ф. Хэмжилтийг туршилтын антеннаар ортогональ туйлшралын хавтгайд давтан гүйцэтгэнэ.



Тэмдэглээ 1: Дохионы генератор

Тэмдэглээ 2: Орлуулах антенн

Тэмдэглээ 3: Туршилтын антенн

Тэмдэглээ 4:Спектр анализатор эсвэл сонгомол вольметр (хүлээн авагч)

Зураг 6.8b Хэмжилтийн зохион байгуулалт

6.3.2.3 Төхөөрөмжийн (UE) хамгийн их хүсээгүй UWB цацаргалтыг тооцоолох арга

Бүртгэгдсэн e.i.r.p 6.3.2.1-ийн хязгаарыг хэмжилтийн ижил байрлалд 6.3.2.2-ын хязгаараар бууруулж, төхөөрөмжөөс (UE) хүсээгүй UWB цацаргалтын нийт хамгийн их утгыг илэрхийлнэ.

Хэмжилт хийсэн цахилгаан орны (E-Field) $P_{e.i.r.p}$ -ийн тооцоог дараах тэгшитгэлээр гүйцэтгэнэ.

$$P_{e.i.r.p} = \frac{|E_{rms}|^2 \times 4 \times \pi \times r^2}{Z_{F0}} \quad (6.19)$$

Үүнд: r нь туршилт хийж буй төхөөрөмж ба хэмжилтийн цэгийн хоорондох метрээр илэрхийлсэн зай.

$$Z_{F0} = 120\pi\Omega \quad (6.20)$$

6.3.3 Төхөөрөмжийн ангилал, түүний хязгаарууд

6.3.3.1 А ангиллын хязгаар

Төхөөрөмжийн (UE) UWB хүсээгүй цацаргалтын хэмжсэн утга $P_{e.i.r.p}$ нь 6.1-р хүснэгтэд заасан хязгаараас хэтрэхгүй байх ёстой.

Давтамжийн өөр өөр $P_{e.i.r.p}$ хязгаараас гадна цацаргалт нь бөмбөрцөг дээрх байршилд бас хязгаарлагддаг. Эдгээр хязгаарлалтыг хэвтээ хязгаарлалт гэж тодорхойлсон бөгөөд Зураг 10.7б-ээс үзнэ үү.

Хүснэгт 6.1. Хамгийн их дундаж e.i.r.p-ийн хязгаар.
 Бараг суурин суурилуулалтын спектрийн нягтрал (А ангилал)

Давтамжийн цараа [GHz]	Хамгийн их e.i.r.p (-90°- +20° болон +30°- +90° налалтын өнцөгт) [dBm/MHz]	Хамгийн их e.i.r.p хэвтээ хавтгайд (-20°- +30° налалтын өнцөгт) [dBm/MHz]
$f < 1.73$ (2 болон 3 дугаар тайлбарыг харах)	-85	
$1.73 \leq f < 2.2$ (2 болон 3 дугаар тайлбарыг харах)	-65	-70
$2.2 \leq f < 2.5$	-50	
$2.5 \leq f < 2.69$ (2 болон 3 дугаар тайлбарыг харах)	-65	-70 (Тайлбар 1-ийг харах)
$2.69 \leq f < 2.7$	-55	-75
$2.7 \leq f < 2.9$	-50	-70
$2.9 \leq f < 3.4$	-50	-70
$3.4 \leq f < 3.8$	-50	-70
$3.8 \leq f < 4.8$	-50	
$4.8 \leq f < 5$	-55	-75
$5 \leq f < 5.25$	-50	
$5.25 \leq f < 5.35$	-50	-60
$5.35 \leq f < 5.6$	-50	
$5.6 \leq f < 5.65$	-50	-65
$5.65 \leq f < 5.725$	-50	-60
$5.725 \leq f < 8.5$	-50	
$8.5 \leq f < 10.6$	-65	
$f \geq 10.6$ (2 болон 3 дугаар тайлбарыг харах)	-85	

ТАЙЛБАР 1: Энэхүү баримт бичгийн 6-р зүйлд тодорхойлсон "Ярихаас өмнө сонсох" (Listen Before Talk – LBT) механизмыг ашигладаг төхөөрөмжүүд 2.5 GHz-2.69 GHz-ийн давтамжийн хүрээнд хамгийн их дундаж e.i.r.p спектрийн нягтрал нь -50 dBm/MHz байх нөхцөлд ажиллахыг зөвшөөрнө.

ТАЙЛБАР 2: Зарим давтамжийн хүрээнд UWB цацаргалтын хязгаар нь маш бага чадалтай радио дохиотой төстэй бөгөөд эдгээр нь аналог болон дижитал хэлхээнээс үүсэх цацаргалтын чадлын хязгаартай адил байна. Хэрэв UWB төхөөрөмжийн цацаргалт нь UWB цацаргалтад хамаарахгүй гэдгийг тодорхой харуулж чадах (жишээ нь, төхөөрөмжийн UWB Нэвтрүүлэгчийг унтраах, эсвэл хэмжилтийн тодорхой бус байдалд ОЕ (бусад цацаргалт) ба UE (UWB дамжуулагчийн цацаргалт)-ийн ялгааг тодорхойлох боломжгүй болохыг нотолбол, энэхүү цацаргалтыг ОЕ (бусад цацаргалт)-д хамааруулан үзнэ.

ТАЙЛБАР 3: Хэмжилтийн тохиргоог оновчтой болгосны дараа ч ОЕ эсвэл UE цацаргалт нь шуугианы доод хэмжээнээс дээш илрэх боломжгүй бол, тухайн тохиолдолд UE хязгаар биелэгдсэн гэж үзнэ.

6.3.3.2 В ангиллын хязгаар

Төхөөрөмжийн (UE) UWB хүсээгүй цацаргалтын хэмжсэн утга Pe.i.r.p. нь 6.2-р хүснэгтэд заасан хязгаараас хэтрэхгүй байх ёстой.

Хүснэгт 6.2. UWB цацаргалтын В ангиллын хязгаар

Давтамжийн цараа [GHz]	В ангиллын тоног төхөөрөмжийн хамгийн их дундаж e.i.r.p спектрийн нягтрал [dBm/MHz]
------------------------	--

$f < 1.73$	(3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-85
$1.73 \leq f < 2.2$	(3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-70
$2.2 \leq f < 2.5$		-50
$2.5 \leq f < 2.69$	(Тайлбар 1-ийг харах)	-65
$2.69 \leq f < 2.7$	(2, 3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-70
$2.7 \leq f < 2.9$	(3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-70
$2.9 \leq f < 3.4$	(Тайлбар 1-ийг харах)	-70
$3.4 \leq f < 3.8$	(Тайлбар 2-ыг харах)	-50
$3.8 \leq f < 4.8$		-50
$4.8 \leq f < 5$	(Тайлбар 2-ыг харах)	-55
$5 \leq f < 5.25$		-50
$5.25 \leq f < 5.35$		-60
$5.35 \leq f < 5.6$		-50
$5.6 \leq f < 5.65$		-65
$5.65 \leq f < 5.725$		-60
$5.725 \leq f < 8.5$		-50
$8.5 \leq f < 10.6$	(3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-65
$f \geq 10.6$	(3 болон 4 дүгээр тайлбарыг харах)	-85

ТАЙЛБАР 1: Энэхүү баримт бичигт тодорхойлсон "Ярихаас өмнө сонсох" (Listen Before Talk – LBT) механизмыг ашигладаг төхөөрөмжүүд 2.5 GHz-2.69 GHz болон 2.9 GHz-3.4 GHz-ийн давтамжийн хүрээнд хамгийн их дундаж e.i.r.p спектрийн нягтрал нь -50 dBm/MHz байх нөхцөлд ажиллах боломжтой.

ТАЙЛБАР 2: Duty Cycle 1 секунд тутамд 10%-иар хязгаарлагддаг.

ТАЙЛБАР 3: Зарим давтамжийн хүрээнд UWB цацаргалтын хязгаар нь маш бага чадалтай радио дохиотой адил бөгөөд эдгээр нь дижитал болон аналог хэлхээнээс үүсэх цацаргалтын чадлын хязгаартай ижил байна. Хэрэв UWB төхөөрөмжийн цацаргалт хүснэгт 3-д заасан UWB цацаргалтад хамаарахгүй гэдгийг тодорхой харуулж чадах (жишээ нь, UWB дамжуулагчийг унтраах — 2 ба 3-р зургийг үз) эсвэл хэмжилтийн тодорхой бус байдлаас шалтгаалан OE (бусад цацаргалт) ба UE (UWB дамжуулагчийн цацаргалт)-ийн хоорондох ялгааг тодорхойлох боломжгүй бол, тухайн цацаргалтыг OE (бусад цацаргалт)-д хамааруулан үзнэ (8.3.2-р зүйлийг үз).

ТАЙЛБАР 4: Хэрэв 6.1, 7.1, 8.2.2-р зүйлд тайлбарласан хэмжилтийн тохиргоог оновчтой болгосны дараа ч OE эсвэл UE цацаргалт нь шуугианы шугамаас дээш илрэх боломжгүй бол UE хязгаар хангагдсан гэж үзнэ.

6.3.4 Бусад цацаргалт (OE)

Тодорхойлолт: Бусад цацаргалт (жишээ нь, нарийн зурвасын хуурамч цацаргалт, аналог эсвэл тоон удирдлагын хэлхээний цацаргалт) нь нэвтрүүлэгчийн эзэлсэн давтамжийн зөвшөөрөгдсөн хязгаараас гадуур давтамж эсвэл давтамж дээр DUT-ийн антеннаас эсвэл түүний кабинетаас цацруулж буй цацаргалт юм. Ийм хуурамч цацаргалт нь гармоник цацаргалт, паразит цацаргалт, интермодуляцийн бүтээгдэхүүн, давтамж хувиргалтын явцад үүсэх бүтээгдэхүүнүүд орно.

6.3.4.1 Хэмжилтийн арга

Хэмжилтийн арга нь 6.3.2-той ижил байна.

6.3.4.2 Хязгаарлалт

Хуурамч цацаргалтын бүсэд эдгээр хүсээгүй цацаргалтын аль нэгийн жигд цацаргалттай эквивалент чадал нь 6.2-р хүснэгтэд заасан утгаас хэтрэхгүй байх ёстой.

Хүснэгт 6.2 Бусад цацаргалтын хязгаар

Давтамжийн цараа	ОЕ-ийн хязгаар утгууд
47 MHz - 74 MHz	-54 dBm/100 kHz
87.5 MHz - 118 MHz	-54 dBm/100 kHz
174 MHz - 230 MHz	-54 dBm/100 kHz
470 MHz - 862 MHz	-54 dBm/100 kHz
Бусад 30 MHz - 1 000 MHz-ийн завсарт	-36 dBm/100 kHz
1 000 MHz - 40 000 MHz (Тайлбар харах)	-30 dBm/1 MHz
ТАЙЛБАР: Зөвшөөрөгдсөн давтамжийн хүрээнд UE цацаргалтанд дээрх хязгаар утгууд хамаарахгүй.	

6.3.5. Нийт чадлын спектр нягт (UE-TP)

Хүсээгүй UWB цацаргалтын нийт чадлын спектр нягт (UE-TP) нь дараах байдлаар тодорхойлогдоно. Нэмэлт нь зөвхөн В ангиллын төхөөрөмжид шаардлагатай.

$$PSD = \frac{|E_{rms}|^2}{Z_{F0}} \quad (6.21)$$

Үүнд: $Z_{F0} = 120\pi\Omega$ чөлөөт орон зайн долгионы эсэргүүцлийг илэрхийлнэ. Орны хүчлэгийн RMS дундаж квадрат утгыг дараах аргаар олно.

$$E_{rms} = \frac{|E|}{\sqrt{2}} \quad (6.22)$$

Үүнд: E нь цахилгаан орны агууриг

Спектр анализатор ашиглан чадлын урсгалыг дараах байдлаар тодорхойлно.

$$S = \frac{P_r}{A_r} \quad (6.23)$$

Үүнд: P_r нь хүлээн авах антенны коннектор дээрх чадал ба A_r нь хүлээн авах антенны эффектив талбай

Нийт чадал дараах байдлаар илэрхийлэгдэнэ.

$$TP = \int_{\theta=0}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} S \times r^2 \times \sin(\theta) d\theta d\phi \quad (6.24)$$

Энд r нь бөмбөрцгийн радиус, θ нь өндийх өнцөг, ϕ нь азимутын өнцөг юм.

6.3.5.1 Хэмжилтийн арга

Хэмжилт хийх журам нь 10.3.1.2.1-тэй ижил. Цахилгаан орны хүчлэгийг болон чадлыг хэмжихдээ RBW-ийг 1 МГц, VBW-ийг 3 МГц болгон тохируулна.

Бөмбөрцөг гадаргуу дээр 0.8 м-ээс 1.5 м-ийн зайд хамгийн ихдээ 15° тутамд (өнцөг бүрийн хувьд) хэмжилтийг хийнэ.

6.3.5.2 Хязгаарууд

MNS :2025

e.i.r.p. нийт чадлын спектр нягтын хязгаар (UE-TP) нь Хүснэгт 6.3а-д заасан хязгаараас хэтрэхгүй байх ёстой.

Радио үйлчилгээг хамгаалахын тулд В ангиллын төхөөрөмж нь нийт цацаргалтын чадлын шаардлагыг хангасан байх ёстой.

Хүснэгт 6.3а Нийт чадлын спектр нягтын хязгаар (UE-TP)

Давтамжийн цараа [GHz]	Хязгаарын утгууд [dBm/MHz]
$2.69 \leq f < 2.7$ (Тайлбар 1, 2-ыг харах)	-80
$3.4 \leq f < 4.8$	-60
$4.8 \leq f < 5.0$	-60

ТАЙЛБАР 1: Хэрэв цацаргалтыг хэмжих явцад (TE болон OE хэмжилт) тодорхой нэг давтамж дээр UWB цацаргалтын (UE) хязгаарыг нарийн илрүүлэх боломжгүй тохиолдолд, үүнд илүү хүчтэй non-UWB дохио эсвэл хэмжилтийн тохиргооны үеийн шуугиан нөлөөлсөн байж болно Энэ тохиолдолд тухайн давтамж дээр UE-TP хязгаарыг тодорхойлох боломжгүй бөгөөд уг давтамж дээр UE-TP хязгаар хангагдсан гэж үзнэ.

ТАЙЛБАР 2: Хэрэв UE хязгаарыг хэмжилтийн гадаргуугийн зарим хэсэгт л тодорхойлж, хэмжих боломжтой бол UE-TP хязгаарыг зөвхөн тэр хэсгүүдэд үндэслэн тооцно.

6.4 Импульсийн давтамж (PRF)

Тодорхойлолт: Импульсийн давтамж (PRF) нь төхөөрөмж тасралтгүй дамжууллын үед секундэд дамжуулагдах UWB импульсийн хамгийн бага тоогоор тодорхойлогдоно.

Үйлчилгээ үзүүлэгч нь ердийн туршилтын дохиог дамжуулах үед төхөөрөмжөөр дамжих импульсийн хугацааны тодорхойлолтыг өгч, нэвтрүүлэгчийн PRF-ийг зарлана.

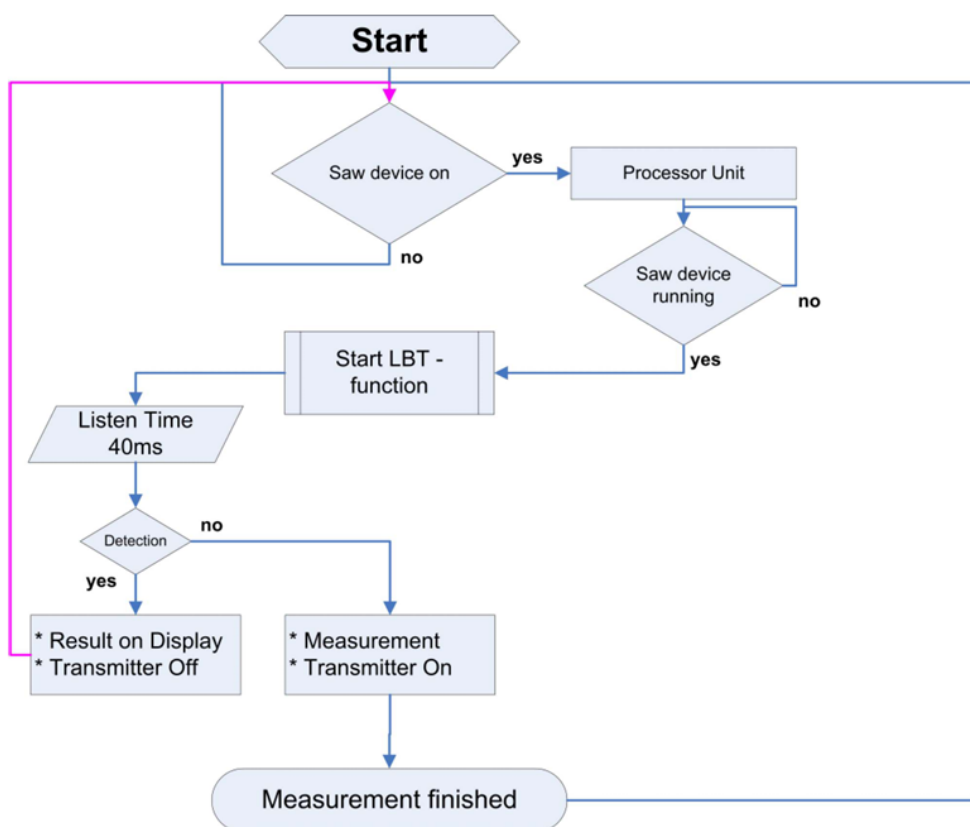
Туршилтад байгаа төхөөрөмжийн PRF нь 5 МГц-ээс багагүй байна.

6.5 Ярилцахаас өмнө сонсох (LBT)

Тодорхойлолт: Ярилцахаас өмнө сонсох нь бусад үйлдлийн үйлчилгээг нэг зурваст хөндлөнгөөс оролцохоос хамгаалах механизм юм. LBT функц нь үйл ажиллагааны зурваст дохио байгаа эсэхийг тодорхойлдог бөгөөд зөвхөн тодорхойлсон үйлчилгээнүүдийн дохио илрээгүй үед ODC төхөөрөмжийг идэвхжүүлэх боломжийг олгодог.

6.5.1 LBT функц

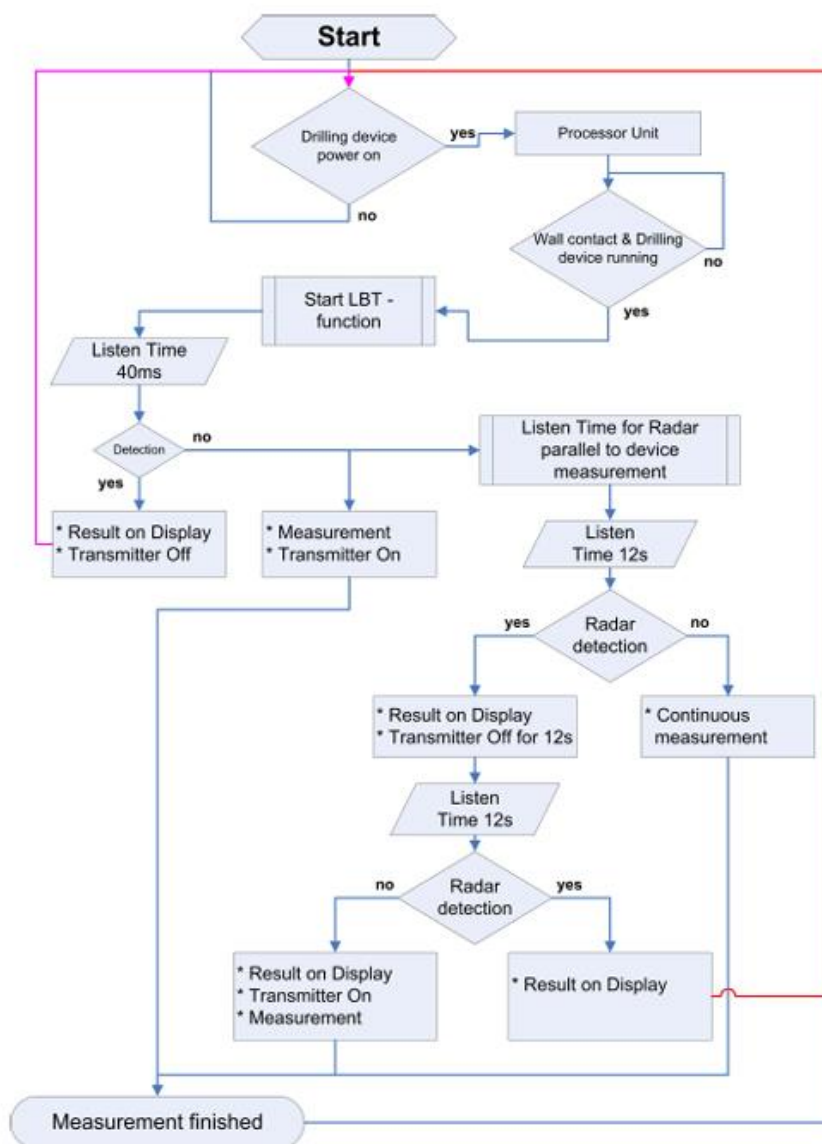
А ангиллын 6.9-р зураг, В ангиллын 6.10-р зурагт LBT-ийн ажиллагааг тайлбарласан болно.



Зураг 6.9. А ангиллын LBT механизмын диаграмм

Хүснэгт 6.3b LBT босгын хязгаар

Давтамжийн цараа	Босгын түвшин /дБм/	Хариу өгөх хугацаа
UMTS	-44	-44дБм: BW ≤ 3.84МГц
2,5-2,69GHz	-50	-50дБм: BW > 3.84МГц
Бүх ангилалд		Төхөөрөмжийн анхны дамжуулал хийхээс өмнө хамгийн бага үргэлжилсэн сонсох хугацаа 40мс
ТАЙЛБАР: 12 секундийн турш тасралтгүй сонсох шаардлагатай бөгөөд автоматаар унтрах шаардлагатай босго утгаас хэтэрсэн тохиолдолд 10 мс тутамд хэрэгжих боломжтой. Нэвтрүүлэгч унтарсан тохиолдолд тасралтгүй сонсох хугацаа хамгийн багадаа 12 секунд шаардлагатай.		



Зураг 6.10. В ангиллын LBT механизмын диаграмм

6.5.2 Хэмжих арга

6.5.2.1 Хэмжилт хийх журам

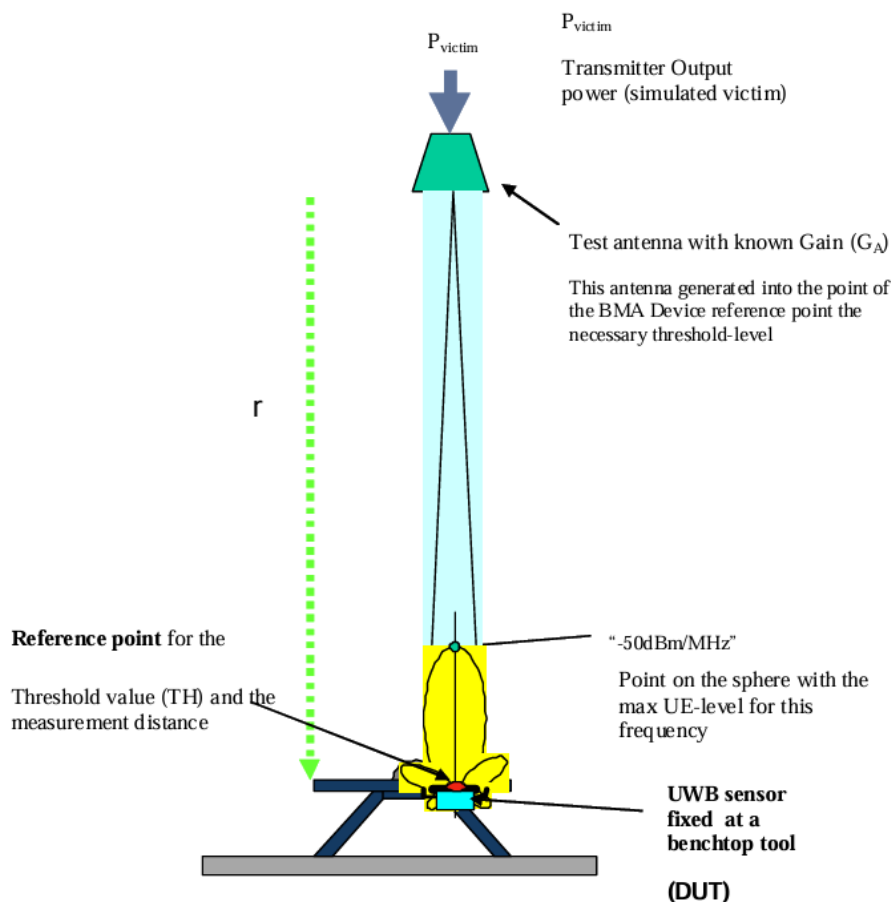
Симуляцийн туршилтын нэвтрүүлэгч (жишээ нь, UMTS) нь 6.3.b-т заасан босгын түвшний тохируулсан дохиог UWB DUT хүлээн авагч руу дамжуулна.

Төхөөрөмжийг тасралтгүй горимд ажиллуулж байгаа тохиолдолд 6.3.b-т заасны дагуу тус тусын давтамжийн муж, түвшнийг DUT-д хэрэглэнэ.

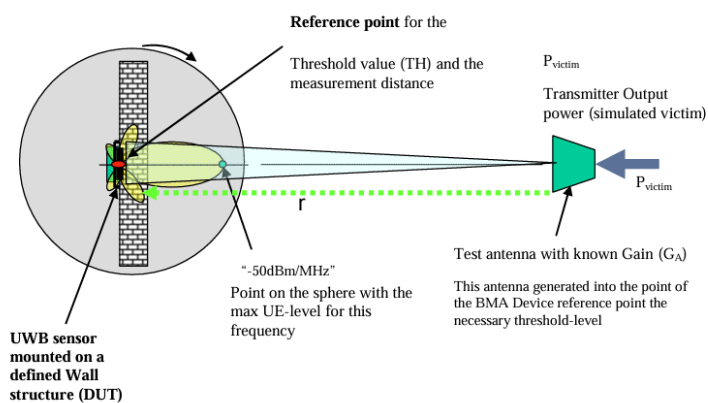
Давтамжийн цараа тус бүрийн хувьд болон бөмбөрцгийн эргэн тойронд (зураг 6.2 ба 6.3-ын дагуу) 6.3b-д заасан босго түвшинд UWB цацаргалтыг зогсоохын тулд DUT-ийг идэвхгүйжүүлэх босго түвшинд туршина.

6.5.2.2 Туршилтын тохиргоо

Зураг 6.11-д А ангиллын LBT хэмжилтийн туршилтын тохиргоог харуулав. В ангиллын туршилтын тохиргоог Зураг 6.12-т үзүүлэв.



Зураг 6.11. А ангиллын төхөөрөмжийн LBT функцийн туршилтын тохиргоо



Зураг 6.12. В ангиллын төхөөрөмжийн LBT функцийн туршилтын тохируулга
Хэмжилтийн тохиргооны аль алинд нь дараах тэгшитгэлүүд хүчинтэй байна.
BMA дахь чадлын урсгалын нягт [Вт/м²]:

$$[mW/(m^2 MHz)]$$

Томьёо 1 (Шугаман утга)

$$TH = \frac{P_{victim} \cdot G_A(f)}{4 \cdot r^2 \cdot \pi}$$

MNS :2025

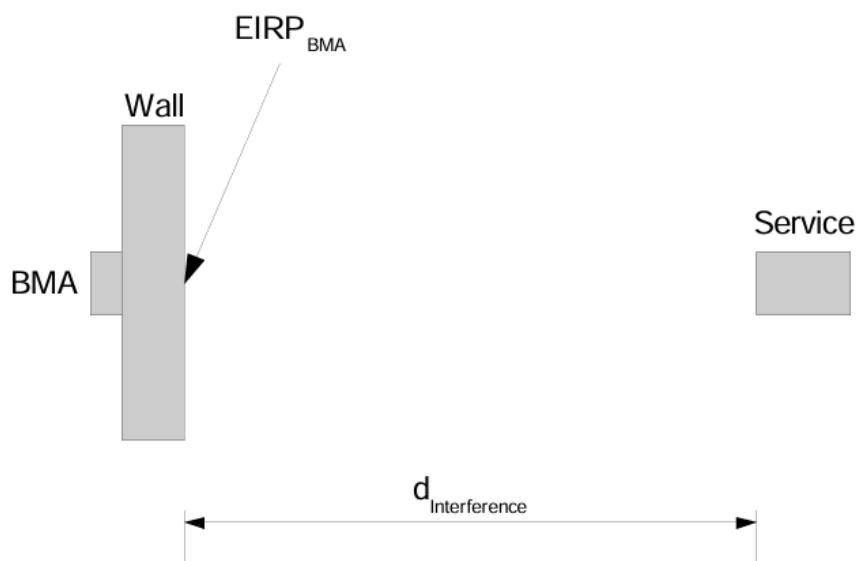
Power Flux Spectral Density at the BMA [dBm/m²] :

Томьёо 2 (Утга [dB])

$$\begin{aligned}g_A &= 10 \cdot \log(G_A) \\p_{\text{victim}} &= 10 \cdot \log(P_{\text{victim}}) \\th &= p_{\text{victim}} + g_A - 10 \cdot \log(4 \cdot \pi \cdot r^2)\end{aligned}\tag{6.25-6.28}$$

LBT босго түвшнийг баталгаажуулах журам:

В ангиллын босгын түвшнийг тооцоолох хоёр боломжит зарчмыг 6.13 ба 6.14-р зурагт тайлбарлав.

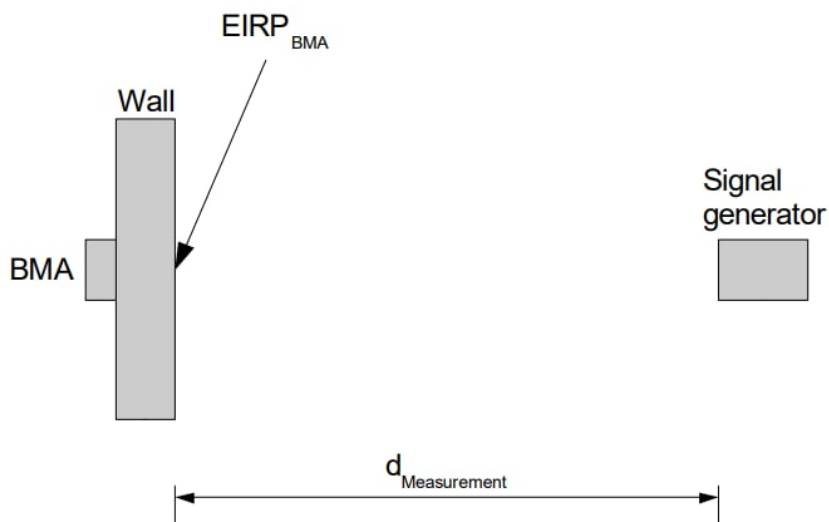


Зураг 6.13 Тооцооллын зарчим /1/

ВМА төхөөрөмж нь ханаар дамжин $EIRP_{\text{BMA}}$ ялгаруулдаг. Хэрэв үйлчилгээ нь d зайд байрладаг бол энэ нь интерференц үүсэх босгон дээр байх болно. Энэ зайг дараах байдлаар тооцоолж болно.

$$d_{\text{Interference}} = 10^{\frac{EIRP_{\text{BMA}} - EIRP_{\text{Interference}}}{20}} \frac{\lambda}{4\pi}\tag{6.29}$$

Энэ зайд үйлчилгээ цацарч байгаа үед ВМА төхөөрөмж унтрах ёстой. ВМА төхөөрөмжид үзүүлэх үйлчилгээний байрлал нь LBT механизмын үйл ажиллагаанд хамааралгүй, учир нь ВМА (slide-on/push-on RF connectors) антен нь хүлээн авах, дамжуулахтай холбоотой байдаг. Гэсэн хэдий ч нэг хэмжилтийн хүрээнд байрлалыг засах шаардлагатай.



Зураг 6.14 Тооцооллын зарчим /2/

В ангиллын ODC төхөөрөмжийн LBT функцийг шалгахын тулд d интерференц үүсгэж байгаа зай нь практикт боломжгүй юм. Иймд хэмжилтийн d зайг 3 м гэж сонгоно. Дохио үүсгэгчийн гаралтын чадлыг дараах байдлаар бууруулна.

$$a = 20 \log_{10} \left(\frac{d_{\text{Interference}}}{d_{\text{Measurement}}} \right) \quad (6.30)$$

7. Цацрагийн хэмжилт

Антенны төхөөрөмжид ашиглах туршилтын аргуудыг багтаасан болно.

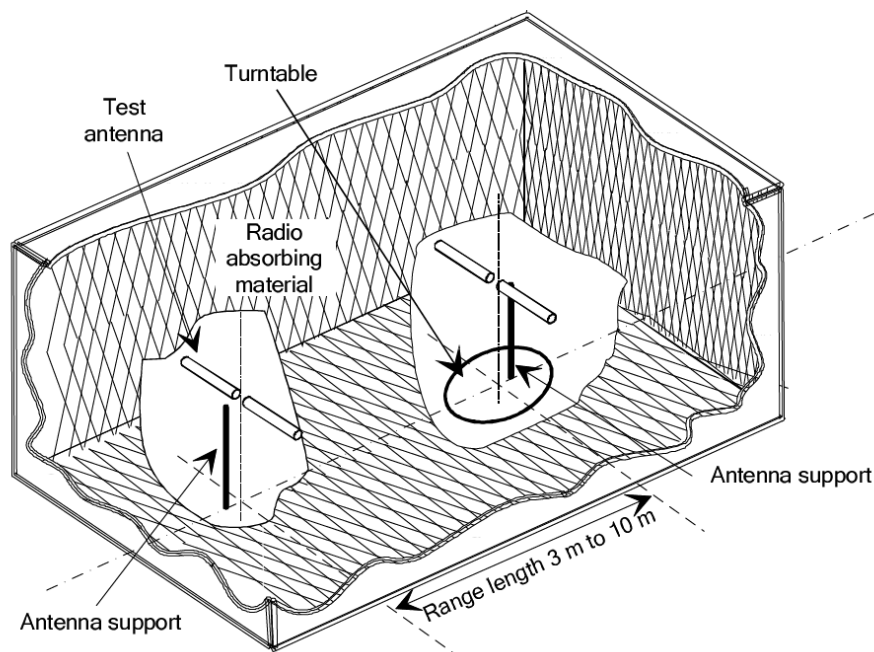
7.1 Туршилтын сайт ба ерөнхий зохицуулалт, цацаргалтын орны хэмжилт

Нийтлэг туршилтын хоёр арга байна, чөмбөр ба газардуулгатай чөмбөр нь цацаргалтын орны туршилт хийхэд ашиглана. Энд үнэмлэхүй болон харьцангуй хэмжилтийг хийж болно. Үнэмлэхүй хэмжилт хийх тохиолдолд чөмбөрийг баталгаажуулах шаардлагатай. Нарийвчилсан баталгаажуулалтын журмыг TR 102 273 [3] буюу түүнтэй адилтгах стандартын холбогдох хэсэгт тайлбарласан.

ТАЙЛБАР: Цацрагийн хэмжилтийн давтагдах байдал, уян хатан байдлыг хангахын тулд зөвхөн эдгээр туршилтын талбайг энэ баримт бичгийн дагуу хэмжилт хийхэд ашиглана.

7.2 Цуурайгүй чөмбөр

Цуурайгүй чөмбөр нь ихэвчлэн гадны нөлөөллөөс хамгаалагдсан, дотоод хана, шал, тааз нь радио шингээгч материалаар хучигдсан, ихэвчлэн пирамид хэлбэрийн уретан хөөс байна. Чөмбөрийн өрөө нь ихэвчлэн нэг төгсгөлд антенны тулгуур, нөгөө талдаа эргэдэг тавцантай байдаг. Ердийн цуурайгүй хамгаалагдсан камерыг Зураг 7.1-д үзүүлэв.



Зураг 7.1 Ердийн цуурайгүй чөмбөр

Тасалгааны хамгаалалт бүхий цуурайгүй чөмбөр болон радио шингээгч материалууд нь туршилтын зорилгоор хяналттай орчныг бүрдүүлэхэд чиглэсэн. Энэ төрлийн туршилтын өрөө нь чөлөөт орны тархалтын нөхцөлтэй адилтгасан байдаг.

Хамгаалалт нь орчны дохио болон бусад гадны нөлөөллүүдийн хөндлөнгийн оролцоог багасгаж, туршилтын орон зайг хангадаг. Радио шингээгч материал нь хэмжилтэд нөлөөлж болох хана, таазны хүсээгүй ойлтыг багасгасан байна.

Бодит байдалд хамгаалагдсан, орчны хөндлөнгийн нөлөөллөөс татгалзах өндөр түвшнийг (80дБ- 140 дБ) хангасан байна. Энэ нь ихэвчлэн орчны интерференцийн нөлөөгүй байна.

Чөмбөрийн эргэдэг тавцан нь хэвтээ хавтгайд 360° эргүүлэх чадвартай бөгөөд туршилтын биетийг (DUT) газрын хавтгайгаас тохиромжтой өндөрт (жишээ нь 1 м) дэмжихэд ашигладаг. Чөмбөр нь хамгийн багадаа 3 м буюу $2(d_1+d_2)^2 / \lambda$ (м) хэмжилтийн зайг хангахуйц хэмжээтэй байх ёстой (7.5.5-ыг үзнэ үү). Бодит хэмжилтэд ашигласан зайг туршилтын үр дүнгийн хамт тэмдэглэнэ.

Цуурайгүй чөмбөрийн өрөө нь ерөнхийдөө бусад туршилтын төхөөрөмжөөс хэд хэдэн давуу талтай байдаг. Орчны нөлөөлөл хамгийн бага, шал, тааз, хананы ойлт хамгийн бага, цаг агаараас үл хамаарна. Гэсэн хэдий ч энэ нь пирамид шингээгчийн хэмжээнээс шалтгаалан хэмжих хязгаарлагдмал зай, хязгаарлагдмал доод давтамжийн хэрэглээ зэрэг зарим сул талуудтай.

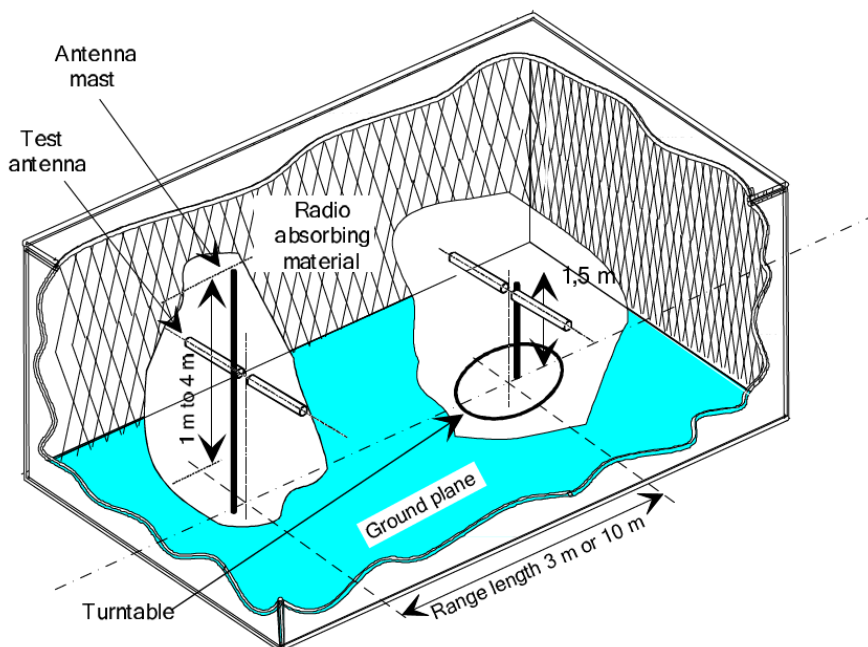
Бүх төрлийн цацаргалт, мэдрэмж, дархлааны сорилыг ямар ч хязгаарлалтгүйгээр цуурайгүй камерт хийж болно.

7.3 Газардуулгын дамжуулагч хавтгайтай чөмбөр

Газардуулагч бүхий дамжуулагч хавтгайтай чөмбөр нь дотоод хана, тааз нь ихэвчлэн хамгаалалттай, ихэвчлэн пирамид хэлбэрийн уретан (urethane) хөөс бүхий радио шингээгч материалаар хучигдсан байдаг. Металл шал нь хучигдаагүй

бөгөөд газардуулгын хавтгайг бүрдүүлдэг. Өрөө нь ихэвчлэн нэг төгсгөлд антенны тулгуур, нөгөө талдаа эргэдэг тавцантай. Газардуулгын дамжуулагч хавтгайтай ердийн чөмбөргийг зураг 7.2-т үзүүлэв.

Энэ төрлийн туршилтын чөмбөр нь хамгийн тохиромжтой нээлттэй орчны илэрхийлсэн туршилтын талбайг загварчилдаг бөгөөд түүний үндсэн шинж чанар нь хязгааргүй хэмжээтэй газрын гадаргуугийн төгс дамжуулалт юм.



Зураг 7.2 Газардуулгын дамжуулагч хавтгайтай ердийн цуурайгүй камер

Энэ байгууламжид газардуулгын хавтгай нь хүссэн ойлтын замыг үүсгэх бөгөөд ингэснээр хүлээн авагч антенны хүлээн авсан дохио нь шууд болон ойсон дохионы нийлбэр байна. Энэ нь нэвтрүүлэх антенн (эсвэл DUT) болон газардуулгын хавтгай дээрх хүлээн авах антенны өндөр тус бүрийн хувьд хүлээн авах дохионы өвөрмөц түвшнийг үүсгэдэг.

Антенны тулгуур нь 1м-ээс 4м хүртэл хувьсах өндрийг хангана. Ийнхүү антеннуудын хооронд, мөн туршилтын биет DUT болон туршилтын антенны хоорондох хамгийн сайн холболтын дохионы утгуур туршилтын антенны байрлалыг оновчтой болгох боломжтой.

Эргэдэг тавцан нь хэвтээ хавтгайд 360° эргэх чадвартай бөгөөд туршилтын биетийг (DUT) дэмжихэд ашигладаг. Тогтоосон өндөр, ихэвчлэн газрын хавтгайгаас дээш 1.5 м чөмбөрийн өрөө нь хэмжихэд хангалттай том байх ёстой, хамгийн багадаа 3 м буюу $2(d_1+d_2)^2 / \lambda \text{ (м)}$ зайтай байна (7.5.5-ыг үзнэ үү). Бодит зайн хэмжилтийн утгыг туршилтын үр дүнгийн хамт тэмдэглэнэ.

Цацаргалтын туршилт нь юуны түрүүнд багана дээрх хүлээн авах антенны орны хүчлэгийг өсгөж, буулгах (DUT-ээс шууд болон ойсон дохионы хамгийн их интерференцийг олохын тулд), дараа нь эргэдэг тавцанг азимутын хавтгайд эргүүлэх замаар DUT-ийн орны хүчлэгийг "max" утгад хүргэх шаардлагатай юм. Шулуун дээрх туршилтын антенны энэ өндөрт хүлээн авсан дохионы агууригийг тэмдэглэнэ. Хоёрдугаарт, DUT нь дохио үүсгэвэртэй холбогдсон орлуулах антенаар байрлал нь солигдоно (DUT-ийн фазын болон дууны төвшин төв утгад

байрласан байна). Дохио дахин "max" болж, дохионы генераторын гаралтыг хүлээн авах төхөөрөмжийн гаралт дээр 1-р шатанд тэмдэглэсэн түвшнийг дахин хэмжих хүртэл тохируулна.

Хүлээн авагчийн мэдрэмжийн тест газардуулгын талбар дээр орны хүчлэгийг "хамгийн их" болтол туршилтын антенныг шууд ба ойсон долгионы хамгийн их утгад хүртэл эргүүлэх замаар тодорхойлно. Антенны хэмжилтийн турших хугацаанд DUT-ийн фазын болон дууны төвшин төв утгад байрласан байна.

А "transform factor" буюу хувиргалтын коэффициентийг гаргаж авна. Туршилтын антенна нь хоёрдох шатанд ижил өндөрт байх бөгөөд энэ үед хэмжих антенныг DUT-ээр сольдог. Дамжуулсан дохионы агууригийг DUT-аас тодорхой хариу авах орны хүчлэгийг тодорхойлохын тулд багасгадаг.

7.4 Антенны туршилт

Антенны туршилтад ихэвчлэн цацаргалтын тестийн аргуудыг ашигладаг. Цацаргалтын туршилтуудад (үр ашигтай цацаргалтын чадал, хуурамч цацаргалтууд зэрэг) туршилтын антенна нь хэмжилтийн нэг үе шатанд DUT-ээс, нөгөө үе шатанд орлуулах антеннаас орныг илрүүлэхэд ашигладаг. Туршилтын талбайг хүлээн авагчийн характеристикийг (өөрөөр хэлбэл мэдрэмж, бусад дархлааны параметруудийг) антенныг нэвтрүүлэх антенна болгон ашиглана.

Туршилтын антенныг хэвтээ ба босоо туйлшралын аль алинд нь ашиглах боломжтой тулгуур дээр суурилуулсан байх ёстой бөгөөд энэ нь газрын гадаргуугаас дээш төвийн өндрийг заасан хязгаарт ихэвчлэн 1м-ээс 4м хүртэл өөрчлөх боломжтой байх ёстой.

30МГц-аас 1000МГц давтамжийн зурваст диполь антеннуудыг (ANSI C63.5 -ын дагуу бүтээгдсэн) ерөнхийд нь санал болгож байна. 80МГц ба түүнээс дээш давтамжийн хувьд диполь антеннуудын мөрний уртыг туршилтын давтамж дээр резонансын дагуу тохируулсан байх ёстой. 80МГц-ээс доош давтамжийн хувьд богиносгосон мөрний уртыг санал болгож байна. 30МГц-ээс 1000МГц-ийн бүх зурвасыг хамрахын тулд бикон болон "log periodic" диполь массив антеннуудыг (ихэвчлэн "log periodic" гэж нэрлэдэг) ашиглаж болно, гэхдээ 1000МГц-ээс дээш давтамжтай долгионы "Horn" антенн ашиглахыг зөвлөж байна.

ТАЙЛБАР: "Horn" антенны өсгөлт нь үндсэндээ жигд цацаргалттай антеннтай харьцангуй илэрхийлэгддэг.

7.4.1 Антенны хэмжилт

Хэмжих антенныг хүлээн авах параметрийг (өөрөөр хэлбэл мэдрэмж болон тэсвэрлэлт) хэмжиж буй DUT-ийн туршилтад ашигладаг. Үүний зорилго нь DUT-ийн ойролцоох цахилгаан орны хүчлэгийг хэмжих боломжийг олгоно.

30МГц-ээс 1000МГц давтамжийн зурваст хэмжилт хийхдээ хэмжих антен нь диполь антен байх ёстой (ANSI C63.5 стандартын дагуу хийгдсэн). 80 МГц ба түүнээс дээш давтамжийн хувьд диполууд нь туршилтын давтамж дээр резонансын мөрний уртыг тохируулсан байх ёстой. 80 МГц-ээс бага давтамжтай үед диполь антенны мөрний уртыг богиносгохыг зөвлөж байна. Энэ антенны фазын болон дууны төв нь DUT-тэй (туршилтын аргад заасны дагуу) давхцах ёстой.

7.5 Сайтын цацаргалтыг хэмжих зөвлөмж

Энд цацаргалтын аливаа туршилтыг хийхээс өмнө шаардлагатай туршилтын төхөөрөмжийн зохион байгуулалт, баталгаажуулалтыг нарийвчлан тусгасан болно. Эдгээр схемүүд нь бүхий л төрлийн туршилтын талбайд нийтлэг байдаг.

7.5.1 Туршилтын талбайн баталгаажуулалт

Янз бүрийн төрлийн туршилтын талбайн баталгаажуулалтын журмыг TR102273[3]-д заасан.

7.5.2 DUT-ийг бэлтгэх

Үйлдвэрлэгч нь ажлын давтамж, туйлшрал, тэжээлийн хүчдэл болон жишиг утгыг илэрхийлсэн DUT-ийн талаарх мэдээллийг өгөх ёстой. DUT-ийн төрөлд хамаарах нэмэлт мэдээлэлтэй холбогдох тохиолдолд зөөгчийн чадал, өөр өөр үйлдлийн горим байгаа эсэх жишээ нь их ба бага чадлын горим байгаа эсэх, хэрэв ажиллагаа тасралтгүй эсвэл хамгийн их туршилтын ажлын мөчлөгт хамаарах "duty cycle" бол жишээ нь 1 минутад залгаатай, 4 минут унтраастай гэх мэт.

Шаардлагатай тохиолдолд эргэдэг тавцан дээр DUT-ийг суурилуулахын тулд хамгийн бага хэмжээтэй бэхэлгээтэй байх ёстой. Энэ хаалт нь бага дамжуулалтай, харьцангуй диэлектрик тогтмол бага (1.5-аас бага) хөөсөн полистрол, бальза "balsawood" зэрэг.

7.5.3 DUT тэжээлийн хангамж

DUT тэжээлийн хангамжийн бүх туршилтыг боломжтой бол зөвхөн батарей ашиглах туршилтыг оруулаад тэжээлийн хангамжийг ашиглана. Бүх тохиолдолд цахилгааны утаснууд нь DUT-ийн тэжээлийн терминалуудад холбогдсон байх ёстой (мөн тоон вольтметрээр хянах) гэхдээ батарей нь бусад төхөөрөмжөөс цахилгаан тусгаарлалттай, контактууд нь соронзон хальс наасан байх ёстой. Гэсэн хэдий ч эдгээр цахилгаан кабель нь DUT-ийн хэмжсэн үзүүлэлтэд нөлөөлж болно.

Учир нь туршилтын хувьд "transparent" ил тод байх ёстой. Үүний тулд DUT-г доош чиглүүлж, дэлгэц, газрын хавтгай эсвэл тохиромжтой бол байгууламжийн хана руу хамгийн богино зайд чиглүүлснээр гүйцэтгэж болно. Эдгээр утсыг багасгахын тулд урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ авах хэрэгтэй жишээлбэл утсыг мушгиж болно. Феррит бөмбөлгүүдийг 0.15м-ийн зайд эсвэл өөр ачаалалтай.

7.5.4 Хамрах хүрээний урт

Эдгээр бүх төрлийн туршилтын байгууламжийн хамрах хүрээний урт нь DUT-ийн алслагдсан талбарт туршилт явуулахад хангалттай байх ёстой. Өөрөөр хэлбэл энэ нь дараах нөхцөлийг хангах ёстой:

$$\frac{2(d_1+d_2)^2}{\lambda} \quad (7.1)$$

Үүнд:

d_1 –DUT/диполь орлуулалтын дараах хамгийн том хэмжээс (м);

d_2 - туршилтын антенны хамгийн том хэмжээс (м)

λ - туршилтын давтамжийн долгионы урт (м)

Туршилтын болон орлуулах антеннуудын аль аль нь хагас долгионы урттай диполь байдаг энэхүү хэмжилтийн орлуулах хэсэгт алсын зайн туршилтын хамгийн бага хүрээний урт нь 2λ байх болно гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй.

Туршилтын тайланд эдгээр нөхцөлийн аль нэг нь хангагдаагүй тохиолдолд хэмжилтийн нэмэлт тодорхойгүй байдалд оруулах боломжтой гэдгийг тэмдэглэх нь зүйтэй.

7.5.5 Сайтын бэлтгэл

Туршилтын сайтад хоёр төгсгөлийн кабелийг туршилтын талбайгаас хамгийн багадаа 2 м-ийн зайд хэвтээ байрлуулж, дараа нь босоо тэнхлэгт буулгаж, газрын хавтгай эсвэл боломжтой дэлгэцээр туршилтын төхөөрөмж рүү буулгана. Эдгээр утсыг авахыг багасгахын тулд урьдчилан сэргийлэх арга хэмжээ авах шаардлагатай. Кабель, тэдгээрийн чиглүүлэлт, ороомог нь баталгаажуулалтын тохиргоотой ижил байх ёстой.

Туршилтын төхөөрөмжийн бүх зүйлийн шалгалт тохируулгын өгөгдөл бэлэн, хүчинтэй байх ёстой. Туршилт, орлуулах, хэмжих антеннуудын хувьд өгөгдөл туршилтын давтамжийн хувьд изотроп радиатор (эсвэл антенны хүчин зүйл) -тэй харьцуулахад ашиг тустай байх ёстой. Мөн орлуулах болон хэмжих антеннуудын VSWR-ийг мэдэж байх ёстой.

Бүх кабель ба аттюнаторын тохируулгын өгөгдөл нь туршилтын бүх давтамжийн хүрээнд оролтын алдагдал болон VSWR-ийн дамжуулах чадамжийг агуулсан байх ёстой. Бүх VSWR болон оруулгын алдагдлын үзүүлэлтүүдийг тусгай шалгалтын бүртгэлийн дэвтрийн үр дүнгийн хуудсанд тэмдэглэнэ.

Засварын коэффициентийг / шаардлагатай бол хүснэгтээр нэн даруй бэлэн болго. Туршилтын төхөөрөмжийн бүх юмсын хувьд тэдгээрийн үзүүлж буй хамгийн их алдааг алдааны тархалтын хамт мэдэж байх ёстой, жишээлбэл:

- кабелийн алдагдал: тэгш өнцөгт тархалттай $\pm 0,5$ дБ;
- хэмжих хүлээн авагч: Гауссын алдааны тархалттай үед дохионы түвшний нарийвчлал (стандарт хазайлт) 1,0 дБ.

Хэмжилтийн эхэнд туршилтын сайтад ашигласан туршилтын тоног төхөөрөмж дээр системийн шалгалт хийх шаардлагатай.

7.6 RF кабелийн ерөнхий шаардлага

Хэмжилтэд хэмжүүрүүдийн чадлын түвшин бага байдгаас, бүх хэмжилтүүд тохируулгын хүрээнд ашигласан хоёр төгсгөлд байгаа коннектор бүхий RF кабелиуд нь коаксиаль төрлийн байх ёстой.

- 50 Ом-ын хэвийн характеристик эсэргүүцэл (impedance);
- VSWR аль ч төгсгөлдөө 1.2-оос бага;
- Хамгаалалтын алдагдал “shielding loss” 60 дБ-ээс их.

ТАЙЛБАР: Дэлгэрэнгүй мэдээллийг **TR 102 273** өгсөн болно.

7.7 Дизайны норматив шаардлага

Дараах дизайны шаардлагыг хэрэгжүүлнэ. Дараах хоёр ангилалд хуваагдана:

- UWB төхөөрөмжийн агаарт цацруулах UWB цацаргалтыг байж болох хамгийн багаар төлөвлөнө.
- Тоног төхөөрөмж нь хамгийн сүүлд ажиллаж эхэлснээс хойш 10 секундийн дараа дамжуулалтыг автоматаар зогсоохын тулд ажиллагааны мэдрэгчтэй байх ёстой.
- А ангилал, бараг суурин суурилуулалт (saw application):
- Нэвтрүүлэгч нь TPC хэрэгжүүлэхдээ 10 дБ динамик цараатай байх ёстой.
- Нэвтрүүлэгч бараг суурин суурилуулалтанд хамаарна.
- Ангилал В, суурин бус суурилуулалт (өрөмдлөгийн хэрэглээ):
- Нэвтрүүлэгч зөвхөн гараар удирдаж байгаа тохиолдолд нэвтрүүлэгчийг асаана (жишээ нь энэ нь мэдрэгч байж болно. Хэрэв машин ажиллахгүй бол нэвтрүүлэгчийг "ажиллагааг мэдрэгч" унтраах ёстой.

7.8 Хэмжилтийн антен ба урьдчилсан өсгөгчийн үзүүлэлтүүд

6-р зүйлд заасан цацаргалтын хэмжилтийн тохиргоо нь DUT-ээс маш бага цацаргалтын чадлын нягтын түвшнийг хэмжихийн тулд өргөн зурвасын "horn" антен болон өргөн зурвасын, өндөр өсгөлттэй урьдчилсан өсгөгч ашиглахыг заасан.

Хүснэгт 7.1-д туршилтын тохиргоонд ашиглах хорн антенн болон урьдчилсан өсгөгчийн санал болгож буй өгөгдөл, боломжуудын жишээг үзүүлэв.

Хүснэгт 7.1. Урьдчилан өсгөгч болон хорн антенны санал болгож буй гүйцэтгэлийн өгөгдөл

Pre-amplifier	
Parameter	Data
Bandwidth	< 1 GHz to > 15 GHz
Noise figure	< 2 dB
Output at 1 dB compression	> +10 dBm
Gain	> 30 dB
Gain flatness across band	±1.5 dB
Phase response	Linear across frequency range
Impulse response overshoot	< 10 %
Impulse response damping ratio	0.3 to 0.5
VSWR in/out across band	2:1
Nominal impedance	50 Ω
Horn antenna	
Parameter	Data
Gain	> 4 dBi
1 dB bandwidth	< 1 GHz to > 15 GHz
Nominal impedance	50 Ω
VSWR across band	< 1.5:1
Cross polarization	> 20 dB
Front to back ratio	> 20 dB
Tripod mountable	Yes
Robust precision RF connector	Yes

MNS :2025

Ашиглалтын давтамжийн хүрээний цацаргалтын спектрийг бүрэн хэмжихэд хэд хэдэн хэмжилтийн антен шаардлагатай бөгөөд тус бүрийг тодорхой давтамжийн мужид оновчтой болгосон.

Хүснэгт 7.2. Санал болгож буй хэмжилтийн антенууд

Antenna type	Frequency range
$\lambda/2$ - dipole or biconical	30 MHz to 200 MHz
$\lambda/2$ - dipole or log periodic	200 MHz to 1 000 MHz
Horn	> 1 000 MHz

7.9 Төлөөлөл болгосон хананы тодорхойлолт, журам. В ангиллын UWB цацаргалтын хэмжилтийн төхөөрөмж

7.9.1 UWB ялгаруулалт ба LBT функцийг хэмжих ханын төлөөллийн тодорхойлолт

UWB цацаргалт нь антен/төхөөрөмжөөс цацаргасан цацаргалт ба/эсвэл судлагдсан материал ба/эсвэл судлагдсан материалаар дамжуулсан сарнисан/ойсон цацаргалтаас үүсдэг.

Тиймээс энэ баримт бичигт төлөөлөл бүхий ханын хэмжилтийн хувилбарыг тодорхойлсон байх ёстой. Төлөөлөл хана нь 7.3 хүснэгтэд заасан ханын сулралтын утгыг хангасан байна.

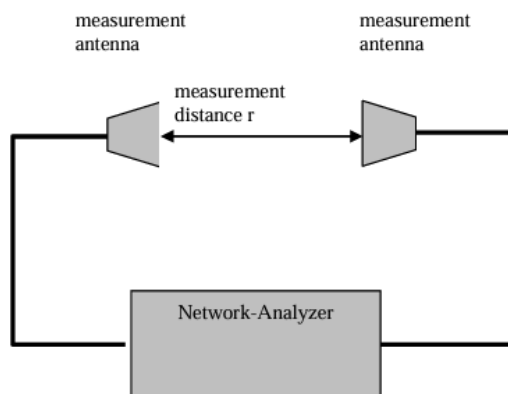
Хүснэгт 7.3 Хананы унтралтын хэмжээ

Frequency (GHz)	Wall attenuation values for the representative wall in dB		
	Min (dB)	Average (dB)	Max (dB)
1	5.00	7.00	9.00
2	8.00	10.00	12.00
3	10.00	12.00	14.00
4	12.00	14.00	16.00
5	14.00	16.00	18.00
6	16.00	18.00	20.00
7	18.00	20.00	22.00
8	20.00	22.00	24.00

Практикт хананы хэмжээ нь ойролцоогоор 1x1 метр байх ёстой.

Хүснэгт 7.3-ийн унтралтыг ойлгохын тулд хананы зузаан нь бетоны найрлагаас хамаарч өөр өөр байж болно.

7.9.2 Хананы унтралтыг хэмжих журам



Зураг 7.3 Шалгалт тохируулгын тохиргоо

Антеннууд хоорондоо яг таарч байх нь чухал бөгөөд хоёр ижил антенны хоорондох зай нь хамгийн бага алсын зайнаас хоёр дахин (2 x)-аас их байх ёстой.

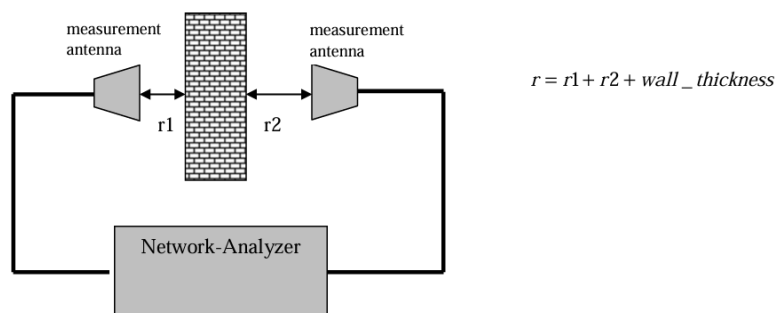
Хэмжилтийн антенны антенны цацрагийн өргөн нь дараахь хэмжээнээс бага байна.

$$\frac{\text{ant_beam}(f)}{2} < \arctan\left(\frac{\text{size_of_the_wall}}{r}\right) \quad (7.2)$$

Тохируулгын алхмууд:

1. Сүлжээний анализаторыг хамгийн бага ба хамгийн их давтамжийн мужид (960 МГц-ээс 10.6 ГГц) тохируулна уу. Давтамжийн цараа нь хэмжилтийн антенаас хамаарна.
2. Системийг S21 горимд тохируулна.

Хоёр дахь шатанд хананы унтралтын хэмжилтийг хийнэ.



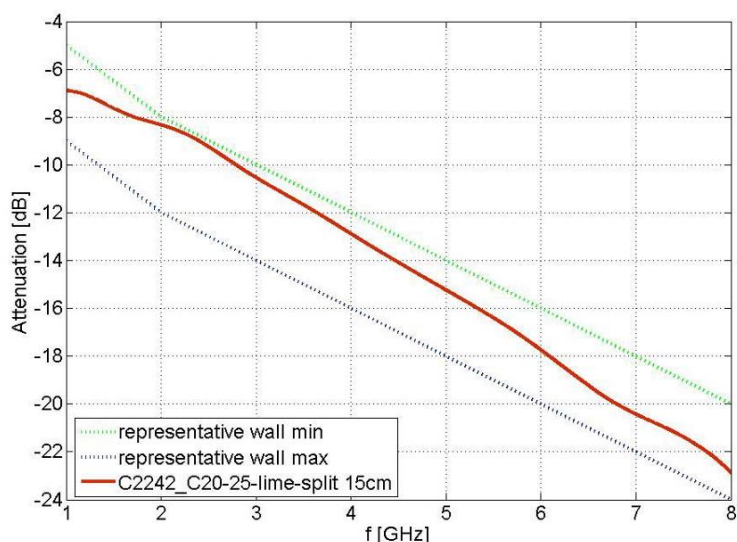
Зураг 7.4 Унтралтын хэмжилт

Тохируулгыг хийсний дараа төлөөлөх ханыг хоёр антенны хооронд байрлуулна.

Дараа нь сүлжээний анализаторыг цагийн тохируулгатай хамт хэрэглэнэ. Энэ сонголт нь унтралтыг хэмжихэд шаардлагатай дохионы хэсгүүдийг авах боломжтой тул энэ нь чухал юм (илүү олон дохионы бүрэлдэхүүн хэсэг эсвэл илүү олон дохионы рефлекс нь буруу үр дүнд хүргэж болзошгүй).

7.9.3 Ердийн хананы хэмжилтийн үр дүн

7.3-д заасны дагуу төлөөлөл ханын тохируулгатай хэмжилтийн үр дүнг тайлбарласан.



Зураг 7.5 Ердийн үр дүн

8. ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН БАТАЛГААЖУУЛАЛТ, ТУРШИЛТЫН ЖУРАМ

Энэхүү баримт бичиг нь RRU-ийн хэмжилт, баталгаажуулалтын аргачлалыг тодорхойлох зорилготой.

RRU-үүд нь спектрийн ашиглалтыг зохицуулж, зөвшөөрөл олгодог хамгийн багадаа нэг Спектр Хандалтын Систем (SAS)-д суурилан техникийн үзүүлэлт, дүрэм, журам шаардлагыг хангаж байгааг баталгаажуулах ёстой. Үүнтэй адил, алсын зайн радио төхөөрөмж (RRU) зөвхөн ХХЗХ-ны батламж авсны дараа л зурвасын доторх давтамж дээр дамжуулал хийх шаардлагатай.

Шаардлага хангаж буйг баталгаажуулах энэхүү баримт бичиг нь гурван үндсэн хэсгээс бүрдэнэ:

Нэгдүгээрт: Тоног төхөөрөмжийн баталгаажуулалтын шаардлага, журам.

Хоёрдугаарт: RRU тестийн аргачлал. RRU төхөөрөмжийн баталгаажуулалтын тестүүд болон тодорхой радио давтамж (RF)-ын шаардлага, хязгаарлалтад нийцэж буйг харуулах санал болгож буй хэмжилтийн аргачлалуудыг тодорхойлсон. Мөн RRU хоорондын холболт, харилцан үйлчлэлийг зохицуулдаг дүрмүүдийг хангаж буйг баталгаажуулах тестүүд болон зөвлөмжит аргачлалуудыг тодорхойлсон.

Гуравдугаарт: Аюулгүй байдлын шаардлага тус тус тавигдана.

8.1. ТОНОГ ТӨХӨӨРӨМЖИЙН БАТАЛГААЖУУЛАЛТ

RRU төхөөрөмжүүд гэрчилгээ авах шаардлагатай. Гэрчилгээний өргөдлийг заасан маягтын дагуу тоног төхөөрөмжийн ангиллын кодыг ашиглан гаргах ёстой. Үүнд:

- А ба В ангиллын RRU-д зориулсан
- Хэрэглэгчийн байрны RRU-д зориулагдсан

Баталгаажуулалтын хүсэлтэд дүрэмд нийцэж буйг батлах бүх шаардлагатай баримт бичгүүдийг хавсаргах шаардлагатай. Үүнд хүснэгтэд заасан зурвасын хүрээнд хоёр талт дамжуулалт, ажиллагааг нотлох баримтууд орно.

8.2. БАТАЛГААЖУУЛАЛТЫН ХЭМЖИЛТИЙН АРГАЧЛАЛ

8.2.1 Туршилтын горимын шаардлага

RRU нь туршилтын явцад инженерүүдийн хяналтан дор туршилтанд орох боломжтой горимтой байх шаардлагатай. Түүнчлэн радио удирдлагын програм хангамж нь SAS-тэй холбогдох чадвартай байх ёстой. Туршилтын горим нь дараах боломжуудыг багтаана:

Энэ баримт бичигт тодорхойлогдсон гэрчилгээний нийцлийн тестүүдийг гүйцэтгэхийн тулд, тестийн ажилтнуудад нээлттэй (гэхдээ эцсийн хэрэглэгчийн операторуудад биш) тестийн горимыг RRU дээр тусгасан байх шаардлагатай. Радио удирдлагын програм хангамж нь RRU-с BBU руу холбогдох програм хангамжийг багтаасан байх ёстой. Тестийн горим болон радио удирдлагын програм хангамж нь хамгийн багадаа дор дурдсан чадварыг хангах ёстой.

- Туршилтын мэргэжилтнүүд төхөөрөмжийн (DUT) ажиллах сувгийг сонгох боломжтой байх.
- Гаралтын чадлыг хамгийн багаас хамгийн их хүртэл тохируулах боломжтой байх.
- Шаардлагатай бол тасралтгүйгээр модуляцлагдсан дохио илгээх
- Бүх шаардлагатай RRU бүртгэлийн мэдээллийг оруулах.
- XX3X-оос олгосон радио үзүүлэлтүүдэд өгөгдсөн бүх мэдээллийг харах.
- DUT-ийг тодорхой суваг дээр ажиллахгүй болгож, эсвэл өөр суваг руу шилжүүлэх.

8.2.2 Техникийн шаардлага

I. RRU төхөөрөмжүүд нь дараах шаардлагыг хангах ёстой. Үүнд:

- Байршил тогтоох: Төхөөрөмж ± 50 м хэвтээ, ± 3 м босоо нарийвчлалтай байх Мэргэжлийн бус суурилуулсан төхөөрөмжүүд нь ± 50 м урт болон ± 3 м өндөрлөгөөс илүү байршилд өөрчлөлт гарвал 60 секундийн дотор мэдээлэх
- Хоёр талтын холбоо: Төхөөрөмжүүд нь XX3X-оос олгосон аль ч зөвшөөрөгдсөн долгион дээр хоёр талын үйл ажиллагааг гүйцэтгэх чадвартай байх ёстой.
- XX3X-д бүртгүүлэлт—RRU нь шаардлагатай мэдээллийг өгч, амжилттай бүртгүүлсэн байх ёстой. Удирдлагын програм хангамж нь Хүснэгт 1-д дурдсан өгөгдлийг цуглуулах чадвартай байх ёстой. DUT нь хэмжилтийн системийн өгөгдлийн санд бүртгэгдээгүй, зөвшөөрөл аваагүй тохиолдолд үйлчилгээ явуулах боломжгүй гэдгийг баталгаажуулах ёстой.

Хүснэгт 8.1. Удирдлагын программ хангамжид шаардлагатай өгөгдөл цуглуулах

Бүх тохиодолд	В ангилалын төхөөрөмж
Газар зүйн байрлал	Гадна орчны хязгаарлалт
Антенны өндөр (м)	Антенны өсгөлт
RRU ангилал А ба В	Антенны цацрагийн өргөн

Хүссэн зөвшөөрлийн статус FCC ID Call sign (PALs only) Хэрэглэгчтэй холбоо барих мэдээлэл Агаарын интерференцийн технологи Сериал дугаар # Мэдрэх чадвар (шаардлагатай бол)	Антенны азимут Антенны доош хазайлгах налалтын өнцөг
---	---

4. Дохионы түвшний тайлагнал—RRU нь ХХЗХ-д өөрийн болон хөрш суваг дээрх хүлээн авсан дохионы чадал, хүлээн авсан багц алдааны хувь, эсвэл тасалдлын бусад нийтлэг стандарт хэмжигдэхүүнүүдийг тайлагнах шаардлагатай.
5. Долгионы тайлагнал—RRU нь боломжтой долгионы давтамж буюу хүлээн авах сувгийг эсвэл давтамжийг ашиглах талаар нэн даруй мэдээлэх ёстой.

II. Ерөнхий радио параметрийн шаардлагууд:

1. Чадлын хязгаарлалт болон чадлын удирдлага—Бүх RRU төхөөрөмжүүд нь хамгийн их EIRP хязгаар болон хамгийн их PSD (чадлын спектрийн нягтрал) хязгаар, Хүснэгт 2-т заасан шаардлагуудыг хангах ёстой. RRU төхөөрөмжүүдийг өгөгдсөн давтамжийн зурвас дээрээ ажиллах ёстой тул хэмжилтүүдийг доод, дунд, болон дээд суваг дээр хийж, тайлагнах шаардлагатай. Гэрчилгээ авах хүсэлтүүд нь бүх сувгийн тохиргоог баталгаажуулах ёстой (жишээ нь, 20МГц, 40МГц 100МГц гэх мэт) ба тестийн тайлангууд нь төхөөрөмжийн нийцлийг бүх сувгийн тохиргоонд харуулах ёстой.

Хүснэгт 8.2. RRU төхөөрөмжүүдийн EIRP болон PSD хязгаар

Төхөөрөмж	Хамгийн их EIRP (дБм/10МГц)	Хамгийн их (дБм/МГц)
Төгсгөлийн хэрэглэгчийн төхөөрөмж	23	N/A
A ангиллын RRU	30	20
B ангиллын RRU	47	37

2. Максимум EIRP—ANSI C63.26-2015-ийн 5.2-р хэсгийн журам нь чадлын хэмжилт хийхэд зөвшөөрөгдсөн. Хэмжилтүүдийг оргил эсвэл дундаж (RMS) илрүүлэгч ашиглан хийх боломжтой, зөвхөн тохирох журмыг дагаж мөрдөх шаардлагатай.
3. Максимум PSD—Энэхүү журам нь "хамгийн их чадлын спектрийн нягтрал"-ын хэмжилтийг шаарддаг бөгөөд зорилго нь тасралтгүй дамжуулалтын хугацааны туршид хэмжигдсэн чадлын спектрийн нягтралын цаг хугацааны дунд зэргийн хамгийн их утгыг хэмжих явдал юм. Энэ хэмжилт хийхийн тулд DUT нь тасралтгүй бүрэн чадлаар дамжуулах тохиргоотой байх ёстой. ANSI C63.26-2015-ийн 5.2-р хэсгийн журам нь зөвшөөрөгдсөн.
4. Оргил болон дундаж чадлын харьцаа (PAPR)—96.41-р хэсэгт дурдсан чадлын хязгаарлалттай нэмээд, RRU-үүд PAPR хязгаарлалтыг хангах шаардлагатай. Энэхүү хэмжилтэд ANSI C63.26-2015-ийн 5.2.6-р хэсгийн журам нь зөвшөөрөгдсөн.

5. Цацаргалт ба интерференцийн хязгаарлалтууд-Төхөөрөмж нь 96.41(е)-д заасан бүх сувгийн хэмжээ, зурвасын хамгийн доод ба хамгийн дээд зах ба зурвасын дунд хэсэгт заасан цацаргалтын хязгаарыг хангаж байгааг баталгаажуулна уу.

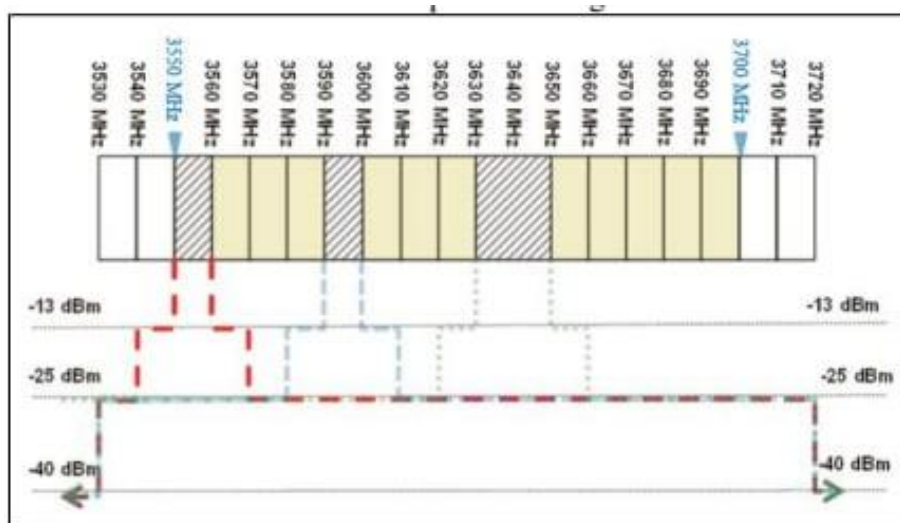
6. Үндсэн зурвасаас гадуурх цацаргалт—Үндсэн зурвасаас гадуурх ялгаруулалтын хязгаарууд нь дараах байдалтай:

- 0 МГц-аас 10МГц-ийн дотор ≤ -13 дБм/МГц
- 10МГц -аас дээш болон тухайн сувгаас доош ≤ -25 дБм/МГц
- 3530МГц -аас доош болон 3720 МГц-аас дээш ямар ч ялгаруулалт ≤ -40 дБм/МГц

i. Хэмжилтүүдийг доод, дунд, болон дээд суваг дээр гүйцэтгэх ёстой. Нарийвчлалын зурвасын өргөн: зөвшөөрөгдсөн сувгаас шууд гадна 1МГц доторх хэмжилтийн үндсэн үзүүлэлтийн 1%; болон зөвшөөрөгдсөн сувгаас гадуур 1МГц-ээс дээш 1МГц.

ii. Антен портод хийсэн хэмжилтийг холбогдох хүсээгүй цацаргалтын хязгаарт нийцэж байгаа эсэхийг харуулахын тулд тусад нь цацрагийн хэмжилт хийх шаардлагатай бөгөөд угсралтын болон ашиглалтын хэвийн нөхцөлд шүүгээ, хяналтын хэлхээ, цахилгаан утас, завсрын хэлхээний элементүүдээс шууд цацруулж болох хуурамч ялгаруулалтыг илрүүлэхийн тулд цацрагийн ялгаруулалтыг тусад нь хэмжих шаардлагатай.

iii. RRU-ийн хүсээгүй цацаргалт нь ХХЗХ-оос тогтоосон эрх бүхий сувагтай холбоотой гэдгийг анхаарна уу. Жишээлбэл, ХХЗХ-оос хуваарилагдсан сувгуудын цацаргалтын хязгаарын жишээг Зураг 8.1-д үзүүлэв.



Зураг 8.1 Олгогдсон сувгуудын цацаргалтын хязгаар

7. Лиценз эзэмшигчдэд зориулсан шаардлага бөгөөд RRU-ийн тоног төхөөрөмжийн зөвшөөрөлд шаардлага тавихгүй. Тиймээс үүнийг тестийн тайланд оруулах шаардлагагүй.

8.3 RRU ТӨХӨӨРӨМЖИЙН ТЕСТИЙН ЕРӨНХИЙ ШААРДЛАГА

I. RRU төхөөрөмжүүд нь дараах тестүүдийг амжилттай давах ёстой:

1. Төхөөрөмж нь зөвшөөрөл авснаар л дамжуулахыг баталгаажуулах.
2. Төхөөрөмжийн бүртгэл болон SAS-аас зөвшөөрөл авсныг шалгах – төхөөрөмж нь амжилттай болон амжилтгүй бүртгэлийн үед зөв үйл ажиллагаа явуулж байгаа

эсэхийг тодорхойлох. Төхөөрөмж нь SAS-аас зөвшөөрөл авалгүйгээр дамжуулах ёсгүй.

3. Төхөөрөмж нь SAS-аас өгсөн командын дагуу үйл ажиллагааны чадвар болон/эсвэл сувагаа өөрчилж байгаа эсэхийг баталгаажуул.

4. Төхөөрөмж нь төрөл бүрийн лицензийн үндсэн дээр зөв бүтэцтэй болохыг баталгаажуул.

5. Төхөөрөмж нь SAS-аас баталгаажуулсан хамгийн их чадлын түвшнээс илүүгүй чадлаар дамжуулж байгаа эсэхийг баталгаажуул.

6. Төхөөрөмж нь SAS-аас заасан зурвасын өргөнийг хэтрэхгүйгээр дамжуулах эсэхийг баталгаажуул.

7. Төхөөрөмж нь SAS-аас заасан давтамжийг дамжуулах эсэхийг баталгаажуул.

8. Төхөөрөмж нь SAS-аас өгсөн командын дагуу дамжуулалтаа зогсоож байгаа эсэхийг баталгаажуул, шаардлагатай хугацааны дотор.

9. Төхөөрөмж нь SAS-аас өгсөн командын дагуу хэмжилтийн өгөгдлийг илгээж байгаа эсэхийг баталгаажуул.

10. Гео-байршилтай төхөөрөмжүүдийн хувьд, шаардлагатай зайны параметрээс (± 50 м) илүү байх үед шинэ байршилыг SAS-д мэдэгдэж байгаа эсэхийг баталгаажуул.

11. Төхөөрөмж нь SAS-д дохионы түвшин (мэдээллийн өгөгдөл) болон давтамжыг тайлагнах чадвартай эсэхийг баталгаажуул.

12. RRU-үүд удирдлагын системээр харилцан үйлчлэлцэж байх үед, бүх шаардлагыг хангаж буйг баталгаажуул.

13. Хэрвээ RRU болон SAS хоорондын харилцаа тасарсан бол:

i. Төхөөрөмж ба SAS-ийн хоорондын харилцаа тасарвал RRU хэрхэн үйлдэл үзүүлэхийг тодорхойлж, SAS-тай холболт тасарсан тохиолдолд дамжуулалт зогссон гэдгийг баталгаажуул.

ii. Харилцаа холбоог дахин сэргээх үйл явцыг тодорхойлж, RRU зөвшөөрөгдсөнөөр үйлдэл хийж байгаа эсэхийг баталгаажуул.

iii. Бүртгэлийг (дахин бүртгүүлэх) сэргээх үеийн эргүүлэн асаах процессыг баталгаажуул.

iv. Бүртгэлийг цуцлах (дерегистраци) үйл явцыг баталгаажуул.

II. Эцсийн Хэрэглэгчийн Төхөөрөмжүүд:

1. Төхөөрөмж нь холбогдсон RRU-аас зөвшөөрөл авснаар л дамжуулахыг баталгаажуул.

2. Төхөөрөмж нь холбогдсон RRU-аас заавар авсны дараа 10 секундийн дотор үйл ажиллагаагаа зогсоож, сувагаа өөрчилж, үйл ажиллагааны чадлын түвшнээ өөрчилдөг гэдгийг баталгаажуул.

8.4 АЮУЛГҮЙ БАЙДЛЫН ШААРДЛАГА

RRU-ийн сертификат авах хүсэлтүүд нь баталгаажсан SAS Админстраторын удирддаг хамгийн багадаа нэг SAS мэдээллийн санг тодорхойлох ёстой эсвэл WInnForum Interface Specification шаардлагыг хангаж байгаагаа харуулах ёстой бөгөөд төхөөрөмж нь SAS-аас ашиглагдсан харилцааны аюулгүй байдлын аргачлалуудтай нийцэж ажиллахыг баталгаажуулах ёстой. WInnForum Interface Specification шаардлагыг хангаж байгаагаа харуулахдаа өргөдөл гаргагчид WInnForum-аас хүлээн зөвшөөрөгдсөн туршилтын лаборатори ашиглах ёстой. Төхөөрөмж нь шууд SAS-тэй эсвэл олон төхөөрөмжийг удирддаг domain proxy руу

холбогдож ажиллахдаа, төхөөрөмж нь ямар SAS-тай ажиллахыг хүлээлгэн өгөхдөө дараах зүйлсийг тус бүрийн хувьд дэлгэрэнгүй тайлбарлах ёстой:

- a. SAS ба RRU-ийн хооронд ямар харилцааны протокол ашиглагддаг вэ?
- b. Харилцаа хэрхэн эхлүүлдэг вэ?
- c. RRU нь SAS-аас ирсэн мессежүүдийг хэрхэн баталгаажуулдаг вэ?
- d. Төхөөрөмж нь SAS-тай харилцах эсвэл үнэн зөв баталгаажуулахад амжилтгүй бол ямар арга хэмжээ авдаг вэ?
- e. SAS нь RRU-аас ирсэн мессежүүдийг хэрхэн баталгаажуулдаг вэ?
- f. Ямар криптографийн аргачлал ашиглагддаг вэ?
- g. SAS нь хамгаалагдсан төхөөрөмжүүдийн бүртгэлийг хэрхэн аюулгүй байлгадаг вэ?

Эцсийн Хэрэглэгчийн Төхөөрөмжүүдийн сертификат авах өргөдлүүд нь хамгийн багадаа нэг зөвшөөрөгдсөн RRU-тай үйл ажиллагаа явуулах тестийн үр дүнг тодорхойлж, зөвшөөрөл болон үйл ажиллагааны шаардлагуудтай нийцэж байгаа гэдгийг харуулах ёстой.

9. RRU (remote radio unit) туршилтын систем ба арга

Дэлхий нийтийн хэмжээн LTE сүлжээ өргөн хүрээтэй ашиглах болсноор уг сүлжээнд тулгуурлан 5G сүлжээг нэвтрүүлэхэд RRU төхөөрөмжийн эрэлт хэрэгцээ эрс нэмэгдэж байгаа нь RRU тоног төхөөрөмжийн ашиглалт, нийлүүлэгч бүрд нэгдмэл шинэ шаардлага тавигдах болсон. Иймд RRU-г турших шаардлага тавигдаж байна. RRU төхөөрөмжийн багтаамж

Одоогийн байдлаар RRU тест хийх ерөнхий хоёр арга байдгийн нэг нь eNodeB системийг тохируулах, RRU-г холбож, уруудах шугамын дохио илгээх ба BBU-ийн оптик интерфэйсээр дамжуулан өгсөх шугамын дохиог хүлээн авснаар, туршилт хийхэд бэлэн болох. Нэгдүгээрт, илүү олон eNodeB сүлжээний элементүүд, нарийн төвөгтэй системийн бүтэц, хэвийн бус туршилтын үед байршлыг тогтооход хэцүү байдаг тул энэ арга нь туршилтын нарийн төвөгтэй байдал, хүндрэлийг үүсгэдэг;

Энэхүү хэрэглээний нэг хувилбар нь RRU туршилтын систем болно. RRU туршилтын систем нь турших RRU, Туршилтын компьютерт дээд түвшний тестийн програм суулгасан туршилтын компьютер, сулруулагч, чадал хуваагч, давтамжийн спектрограф, дохионы эх үүсвэр ба залган салгагч хамаарна.

- турших RRU, туршилтын компьютер, давтамжийн спектрограф, дохионы эх үүсгэврийг сүлжээний кабелиар дамжуулан шилжүүлэгчтэй тус тус холбосон;
- турших RRU, аттюнатор ба чадал хуваарилагчийг радио давтамжийн кабелиар дараалан холбосон;
- Чадал хуваагч нь давтамжийн спектрограф ба дохионы эх үүсвэртэй радио давтамжийн кабелиар холбогдсон;
- Туршилт хийх RRU-ийн Trig порт нь давтамжийн спектрографын Trig порттой, харин турших RRU-ийн Ref порт нь давтамжийн спектрографын 10M лавлах гаралтын дохионы порттой холбогдсон;
- Давтамжийн спектрографын 10M-ийн лавлах оролтын дохионы порт нь, дохионы эх үүсвэрийн 10M-ын лавлагааны гаралтын дохионы порттой холбогдсон;
- Турших RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан эхний оптик портын хүлээн авагч болон илгээх төгсгөлтэй холбогдсон;

- Туршилт хийх RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан хоёр дахь оптик портын хүлээн авагч болон илгээх төгсгөлтэй холбогдсон байна.
- Туршилтанд хамрагдах RRU нь дараахь зүйлийг агуулна.
- the device comprises a Central Processing Unit (CPU), a Flash memory, a double-rate synchronous dynamic random access memory (DDR), a field-editable gate array (FPGA), a downlink module, an uplink module and an optical link module;
- төхөөрөмж нь Төв боловсруулалтын нэгж (CPU), Флэш санах ой, давхар давтамжтай синхрон динамик санамсаргүй хандалтын санах ой (DDR), талбарт засварлах боломжтой хаалганы массив (FPGA), доош холбох модуль, дээш холбох модуль болон оптик холбоос модулиас бүрдэнэ;
- CPU нь Flash-тэй холбогдож, уруудах шугамын туршилтын өгөгдөл Flash-д холбогдсон;

FPGA (Орны программчлагдах гарцын массив) нь MIG (санах ойн интерфэйсийн модуль), DUC (тоон дээш хувиргагч), CFR модуль, DPD (тоон урьдчилан засвар) модуль, DDC (тоон доош хувиргагч) модуль болон IR интерфэйсээс бүрдэнэ.

Нөгөөтэйгүүр, энэхүү хэрэглээний нэг хувилбар нь RRU туршилтын аргыг агуулсан бөгөөд дараах алхмуудтай байна:

- RRU-ын туршилтын эхлүүлэх, дээд түвшний туршилтын програм хангамжаар дамжуулан туршилтын төлөвийг оруулах командыг илгээх;
- Турших RRU нь туршилтын төлөвийг оруулах командыг хүлээн авч, туршилтын төлөвт орж, DDR (double-data-rate) өөрөө туршилтыг гүйцэтгэдэг;

хэрэв DDR-ийн өөрийгөө шалгах ажиллагаа амжилтгүй болвол DDR-ийн алдааны мэдээллийг гаргаж, туршилтаас гарах;

хэрэв DDR өөрийгөө шалгах тест тэнцсэн бол дээд давхаргын тестийн программ хангамж нь тестийн командыг илгээдэг бөгөөд туршилтын энэхүү команд нь уруудах шугамын туршилтын команд, өгсөх шугамын тестийн команд болон оптик холбоосын туршилтын командуудаас бүрдэнэ;

шалгагдах RRU нь туршилтын команд болон гарах шугамын тестийн зөөгчийг хүлээн авч, шугамын туршилтыг явуулдаг, энэхүү шугамын тест нь уруудах шугамын тест, өгсөх шугамын тест, оптик шугамын тестээс бүрдэнэ;

Уруудах шугамын тест нь: RRU-ээр уруудах шугамын параметрийг тохируулах, DDR-ээр уруудах шугамын тестийн өгөгдлийг илгээх функцийг эхлүүлэх, давтамжийн спектрографыг сүлжээний портоор дамжуулан туршилтын компьютерээр хянах, уруудах шугамын дохионы индексийн туршилтыг хийх;

Өгсөх шугамын тест нь: RRU-ээр өгсөх шугамын параметруудийг тохируулан, сүлжээний портын удирдлагын дохионы үүсгэвэрээр дамжуулан туршилтын компьютерт шалгахар RRU-д өгсөх шугамын тестийн өгөгдлийг илгээх, DDR-аар өгөгдөл цуглуулах функцийг эхлүүлэх, олж авсан өгөгдлийг туршилтын компьютерт дамжуулах, туршилтын компьютерээр өгсөх шугамын дохионы индексийн тест хийх;

-оптик шугамын туршилт нь оптик шөрмөсийн холболтыг шалгахын тулд оптик кабелийн буцах горимыг ашигладаг.

DDR-ийн өөрийгөө шалгах тест нь DDR унших-бичих нь хэвийн эсэхийг шалгах, туршилтын өгөгдлийг логик өөрөө шалгах замаар уншихыг шалгах, өгөгдөл оруулах, унших нь нийцэж байгаа эсэхийг харьцуулах, дүгнэх.

RRU-ээр уруудах шугамын параметруудийн тохиргоонд RRU зөөгч давтамж, зөөгчийн зурвасын өргөн, гаралтын чадлыг багтаасан.

-Уруудах шугамын туршилтын үед CPU нь Flash-д хатуужуулсан уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг LocalBUS болон MIG модулиар дамжуулан DDR руу холбоно.

FPGA нь DUC модуль, CFR модуль болон DPD модулиар дамжуулан доош холбоосын туршилтын өгөгдлийг боловсруулж, дараа нь боловсруулсан уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг уруудах шугамын модуль руу илгээж, радио давтамжийн дохиог гаргадаг;

Зөөгчийн уруудах шугамын дохионы индексийн туршилтыг хэрэгжүүлэхдээ зөөгчийн чадал, зэргэцээ сувгийн чадлын харьцаа ба алдааны векторын агууригийг дээд түвшний туршилтын програм хангамжаар спектрографын давтамжийг удирдаж хянадаг; туршилтын бичлэг хийсний дараа DDR илгээх функцийг хаадаг.

RRU-д өгсөх шугамын параметрийг тохируулахдаа RRU-ын зөөгчийн давтамж болон зөөгчийн зурвасын өргөнийг тохируулна.

Өгсөх шугамын тестийн MIG модулиар дамжуулан DDC модулийн өгөгдлийн гаралтыг DDR руу импортлохын тулд CPU нь Local BUS-ээр дамжуулан FPGA дотоод өгөгдөл хүлээн авах модулийг удирддаг;

CPU нь туршилтын компьютер руу DDR-т байгаа өгөгдлийг байршуулна;

дээд төвшний туршилтын програм хангамж нь өгсөх шугамын дохионы индексийн туршилтыг гүйцэтгэдэг, үүнд өгсөх шугамын өгөгдлийг демодуляци хийх боломжтой эсэхийг шалгах; туршилт, бичлэг хийсний дараа DDR мэдээлэл цуглуулах функцийг хаадаг.

Оптик шугамын тест нь дараахь зүйлийг агуулна:

RRU-ээр оптик шугамын параметруудийг тохируулах;

оптик шугамын туршилтанд CPU нь 8B10B код дамжуулах дугаарыг эхлүүлэхийн тулд IR интерфэйсийг тохируулдаг;

IR интерфэйсээр таних хугацаанд алдааны кодын загварын тоог хүлээн авах;

CPU нь алдааны кодын тоог цуглуулж, туршилтын компьютерт дамжуулдаг;

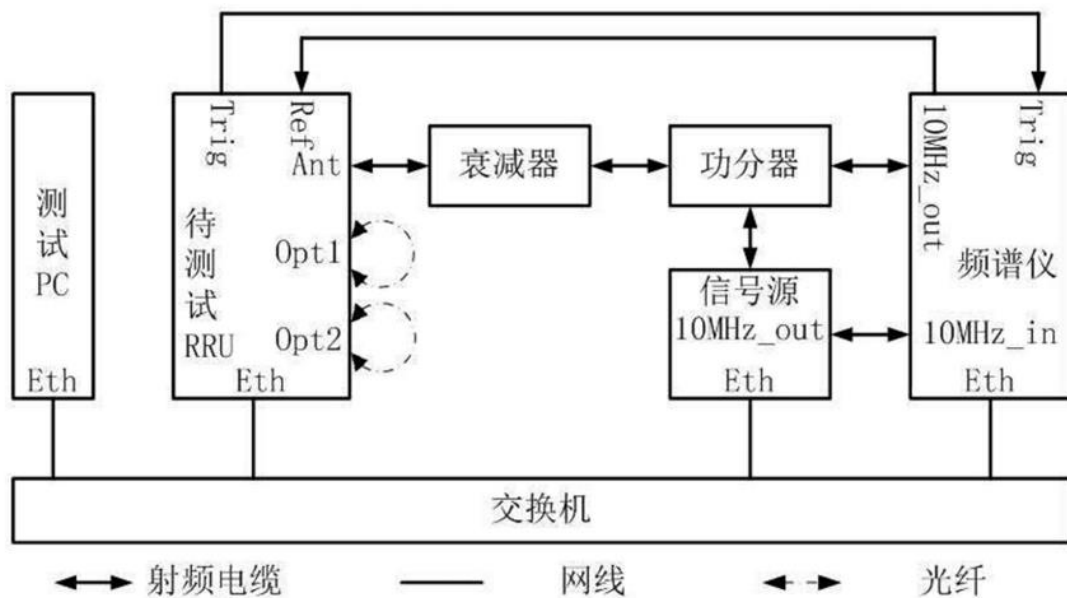
дээд давхаргын туршилтын програм хангамжийн код загварын алдааны өгөгдлийг бүртгэдэг; мөн IR интерфэйсийн дугаар илгээх, хүлээн авах таних функцийг унтраах.

RRU нь оптик шугамын параметруудийг оптик интерфэйсийн өгөгдлийн хурдыг 10 ГБит/с байхаар тохируулахыг илүүд үздэг.

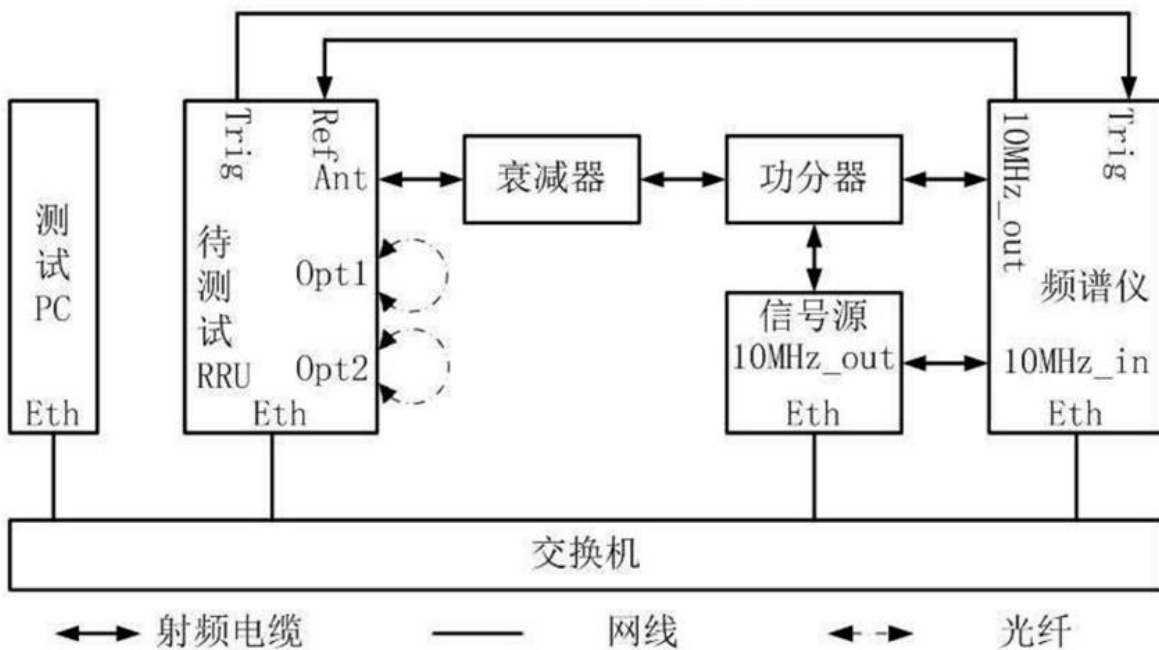
Энэхүү хэрэглээний нэг буюу хэд хэдэн техникийн шийдэл нь дор хаяж дараах техникийн нөлөө, давуу талуудтай.

Хэрэглээний хувилбарт RRU системийн туршилтыг зөвхөн RRU болон туршилтын апплашиныг үзэх боломжтой, нарийн төвөгтэй туршилтын систем (eNodeB систем гэх мэт) барих шаардлагагүй, нэмэлт тоног төхөөрөмж (аналог BBU систем гэх мэт) боловсруулах шаардлагагүй, ингэснээр RRU төхөөрөмжийн туршилтын нарийн төвөгтэй байдал, хүндрэлийг багасгах, шаардлагатай тоног төхөөрөмжийн тоо туршилтыг бууруулах, нэмэлт төхөөрөмжийг дахин шаардахгүй байх.

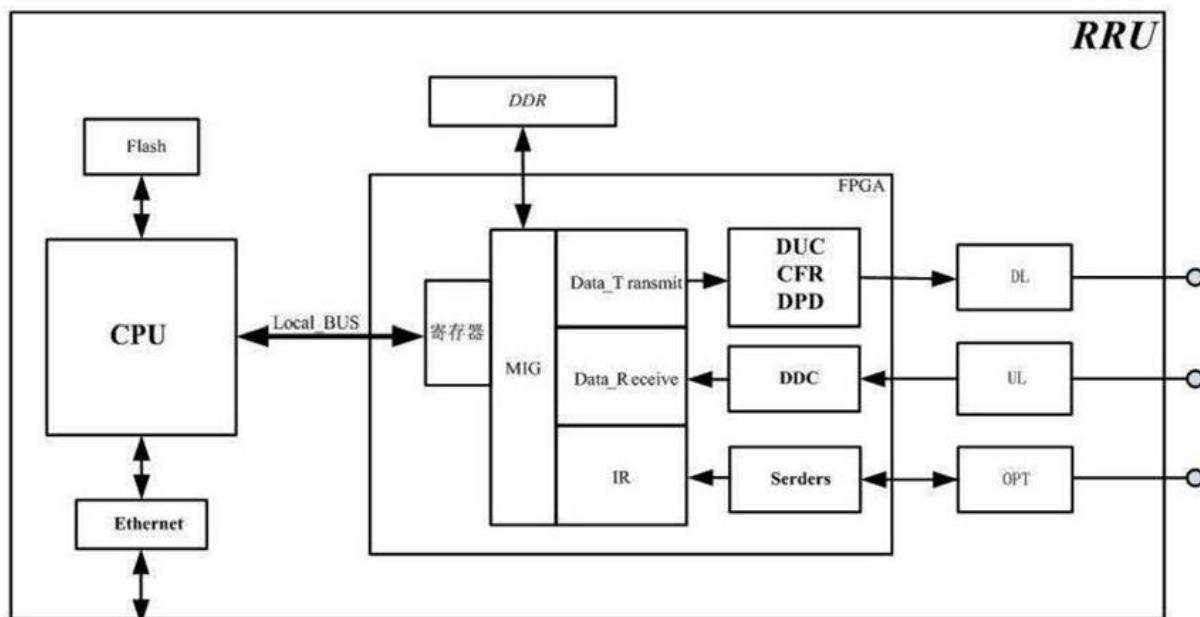
Энэхүү хувилбарын техникийн шийдлийг илүү тухайн харуулахын тулд биелэлийг тайлбарлахад ашиглах шаардлагатай зургуудыг доор товч танилцуулсан.



Зураг 9.1 1-р RRU туршилтын системийн бүдүүвч



Зураг 9.2. RRU туршилтын системийн RRU-ийн дотоод блок диаграмм;



Зураг 9.3. RRU туршилтын аргын схем

Тайлбар

RRU туршилтын системийн аргачлалаар хангаснаар энэхүү хэрэглээний хувилбарууд нь RRU төхөөрөмжийн туршилтын нарийн төвөгтэй байдал, хүндрэл, туршилтын үр дүнг дээшлүүлэх боломж олгоно.

Техникийн асуудлыг шийдвэрлэхийн тулд хэрэглээний ерөнхий санаа нь дараах байдалтай байна:

- RRU туршилтын систем нь турших RRU, туршилтын компьютер, унтралт тохируулагч, чадал хуваагч, давтамжийн спектрограф, дохионы эх үүсгэвэр, унтраалга;
- өндөр түвшний туршилтын программ суулгасан туршилтын компьютерт;
- Шалгах RRU, туршилтын компьютер, давтамжийн спектрограф, дохионы эх үүсгэврийг сүлжээний кабелиар дамжуулан шилжүүлэгчтэй тус тус холбосон байх;
- Туршилт хийх RRU, аттюнатор ба чадал хуваагчийг радио давтамжийн кабелиар дараалан байх;
- чадал хуваагч нь давтамжийн спектрограф болон дохионы эх үүсгэвэртэй радио давтамжийн кабелиар тус тус холбогдсон байх;
- Туршилт хийх RRU-ийн Trig порт нь давтамжийн спектрографын Trig порттой, харин турших RRU-ийн Ref порт нь давтамжийн спектрографын 10M лавлах гаралтын дохионы порттой холбогдсон

Турших RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан эхний оптик портын хүлээн авах төгсгөлийг ба илгээх төгсгөлтэй холбогдсон; Туршилт хийх RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан хоёр дахь оптик портын хүлээн авах төгсгөл болон илгээх төгсгөлтэй холбогдсон байна.

RRU туршилтын арга нь дараах алхмуудтай;

- Туршилтын RRU-г эхлүүлэх, дээд түвшний туршилтын програм хангамжаар дамжуулан туршилтын төлөвийг оруулах командыг илгээх;
- Турших RRU нь туршилтын төлөвийг оруулах командыг хүлээн авч, туршилтын төлөвт орж, DDR өөрөө туршилтыг гүйцэтгэдэг;
- DDR-ийн өөрийгөө шалгах ажиллагаа амжилтгүй болсон тохиолдолд DDR-ийн алдааны мэдээллийг гаргаж, туршилтаас гарах; хэрэв DDR өөрийгөө шалгах тест тэнцсэн бол дээд түвшний тестийн программ хангамж нь тестийн командыг илгээдэг бөгөөд туршилтын команд нь уруудах шугамын туршилтын команд, өгсөх шугамын тестийн команд болон оптик шугамын туршилтын командуудаас бүрдэнэ;
- Турших RRU нь туршилтын командыг хүлээн авч, холбоосын тестийг гүйцэтгэх бөгөөд үүнд шугамын тест нь уруудах шугамын тест, өгсөх шугамын тест, оптик шугамын тестээс бүрдэнэ;
- **Уруудах шугамын тест нь:** RRU-ээр Уруудах шугамын параметруудийг тохируулах, DDR-ээр Уруудах шугамын тестийн өгөгдлийг илгээх функцийг эхлүүлэх, давтамжийн спектрографыг сүлжээний портоор дамжуулан туршилтын компьютерээр хянах, Уруудах шугамын дохионы индексийн туршилтыг хийх;
- **Өгсөх шугамын тест нь:** RRU-ээр Өгсөх шугамын параметруудийг тохируулах, сүлжээний портын хяналтын дохионы эх үүсгэврээр дамжуулан туршилтын компьютерт шалгах аар RRU-д Өгсөх шугамын тестийн өгөгдлийг илгээх, DDR-ээр өгөгдөл цуглуулах функцийг эхлүүлэх, олж авсан өгөгдлийг туршилтын компьютерт дамжуулах, туршилтын компьютерээр Өгсөх шугамын дохионы индексийн тест хийх;
- **Оптик шугамын туршилт** нь оптик шөрмөсийн холболтыг шалгахын тулд оптик кабелийн гэдрэг холболтын горимыг ашигладаг.
- Хэрэглээний хувилбарт RRU системийн туршилтыг зөвхөн RRU болон туршилтын програм хангамжаар туршиж үзэх боломжтой, нарийн төвөгтэй туршилтын систем (eNodeB систем) байх шаардлагагүй, нэмэлт тоног төхөөрөмж (аналог BBU систем) байлгах шаардлагагүй, ингэснээр RUU төхөөрөмжийн туршилтын нарийн төвөгтэй байдал, хүндрэлийг багасгах, шаардлагатай тоног төхөөрөмжийн туршилтыг үр дүнтэй бууруулах, нэмэлт тоног төхөөрөмжийг шаардахгүй.

Техникийн шийдлийг илүү сайн ойлгохын тулд техникийн шийдлийг зураг, тухайн хувилбаруудын дагуу нарийвчлан тайлбарлах болно.

Систем А

Өмнө дурдсан Зураг 9.1-д туршилтанд туршилтын компьютер, турших RRU, унтраагч, чадал хуваагч, спектрометр, дохионы эх үүсгэвэр, унтраалга орно. Үүний зэрэгцээ туршилтын компьютер нь дээд түвшний туршилтын програм хангамжаар хангагдсан байх.

Туршилтын компьютер, турших RRU, давтамжийн спектрограф, дохионы эх үүсгэвэр нь сүлжээний кабелиар дамжуулан шилжүүлэгчтэй холбогдсон; турших RRU, унтраагч ба чадал хуваагчийг радио давтамжийн кабелиар дараалан холбосон; чадал хуваагч нь давтамжийн спектрограф ба дохионы эх үүсгэвэртэй радио давтамжийн кабелиар холбогдсон байна.

Туршилт хийх RRU-ийн Trig порт нь давтамжийн спектрографын Trig порттой холбогдож, давтамжийн спектрограф болон RRU-г синхрончлоход ашиглагддаг.

Туршилтанд хамрагдах RRU-ийн Ref порт нь давтамжийн спектрографын 10М лавлагаа гаралтын дохионы порттой, давтамжийн спектрографын 10М-ийн лавлагаа оролтын дохионы порт нь дохионы эх үүсвэрийн 10М-ийн лавлагаа гаралтын дохионы порттой холбогдож, дохионы эх үүсвэр, давтамжийн спектрограф болон туршилтын RRU-ийн гомологийн холболтод ашиглагддаг.

Туршилтанд хамрагдах RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан эхний оптик портын хүлээн авагч ба илгээх төгсгөлтэй холбогдсон; Туршилт хийх RRU нь оптик шөрмөсөөр дамжуулан хоёр дахь оптик портын хүлээн авагч болон илгээх төгсгөлтэй холбогдсон байна.

Туршилт хийх RRU-ийн дотоод блок диаграммыг Зураг 9.2-т үзүүлэв., Үүнд: CPU, Flash санах ой, DDR, орны засварлах боломжтой гаралтын массив орно.

Уг систем нь FPGA, Уруудах шугамын модуль, өгсөх шугамын модуль болон оптик шугамын модулийг агуулдаг;

FPGA нь CPU-тэй суурин BUS Local BUS-ээр, FPGA нь DDR-тэй, FPGA нь уруудах шугамын модуль, өгсөх шугамын модуль, оптик шугамын модулиар тус тус холбогдсон;

CPU нь Flash-тэй холбогдсон бөгөөд уруудах шугамын туршилтын өгөгдөл нь Flash-д бэхлэгдсэн;

FPGA нь MIG модуль, DUC модуль, CFR модуль, DPD модуль, DDC модуль, IR интерфэйсээс бүрдэнэ.

Хоёрдугаар арга

RRU туршилтын аргын нарийвчилсан диаграммыг Зураг 9.3-т үзүүлэв. RRU төхөөрөмжийг өгөгдсөн давтамжийн зурваст, 40дБм-ийн бүрэн радио давтамжийн гаралтын чадал, мэдрэмжийн индексийн шаардлага -103.5 дБм, оптик портын өгөгдлийн 10ГБит/сек-ийн утгад туршихад дараах алхмуудтайгаар гүйцэтгэнэ:

Нэгдүгээр алхам, RRU-г турших, шалгалтын төлөвийг оруулах командыг дээд түвшний тестийн программ хангамжаар илгээх.

Тухайн хэрэгжүүлэлтийн үед RRU-г эхлүүлдэг (алхам 110), RRU нь RRU-ийн төлөвийг (алхам 120) тухайнлж, RRU нь туршилтын төлөвт байгаа эсэхийг тухайнлдог (алхам 130), хэрэв RRU туршилтын төлөвт байхгүй бол RRU ихэвчлэн эхэлдэг (алхам 131).

Хоёрдахь алхам бол RRU нь туршилтын төлөвт орж, DDR өөрөө туршилтыг гүйцэтгэдэг.

Тухайн хэрэгжилтийн хувьд DDR-ийн өөрийгөө шалгах (алхам 140) нь DDR-ийн унших-бичих нь хэвийн эсэхийг шалгах, логик тестийн өгөгдлийг бичих, уншихыг өөрөө шалгах, өгөгдөл оруулах, унших нь нийцэж байгаа эсэхийг харьцуулах, дүгнэх зэрэг орно. DDR өөрийгөө шалгах тест тэнцсэн эсэхээс үл хамааран DDR өөрөө шалгах тест нь нийцэж байгаа эсэхээс шалтгаална (алхам 150), хэрэв DDR өөрөө туршилтыг даваагүй бол DDR алдааны мэдээлэл гарна (алхам 151).

Гуравдугаар алхам бол дээд түвшний тестийн программ хангамж нь уруудах шугам, өгсөх шугам, оптик шугам шалгах командуудыг дарааллаар нь илгээдэг.

Тухайн хэрэгжилтийн хувьд тестийн шугамын сонголтыг оруулах (алхам 160), RRU дээд түвшний тестийн программ хангамжаас гаргасан туршилтын командыг хүлээн авах, тест нь уруудах шугамын тест мөн эсэхийг тухайнлох (алхам 170), хэрэв тийм бол уруудах шугамын тест хийх, хэрэв үгүй бол уг тест нь дээд түвшний тест мөн эсэхийг тухайнлох (алхам 180); хэрэв тийм бол өгсөх шугамын тест оруулах, хэрэв үгүй бол оптик шугамын тест хийгдсэн эсэхийг нягтална (алхам 190); эсвэл туршилтын шугамын сонгох оролтыг хүлээнэ үү.

Дөрөвдүгээр алхамд RRU нь уруудах шугамын тест хийж, DDR уруудах шугамын өгөгдөл дамжуулах функцийг эхлүүлж, туршилтын хост удирдлага нь сүлжээний портоор дамжуулан уруудах шугамын дохионы индексийн тест хийх давтамжийн спектрографыг удирддаг.

Тухайн хэрэгжилтийн хувьд RRU нь уруудах шугамын параметруудээр тохируулагдсан байдаг (алхам 171), хувилбарын дагуу RRU зөөгч давтамжийг 2585М, 2605М ба 2625М-ээр тохируулсан, зөөгчийн зурвасын өргөн нь 60М, гаралтын чадал нь 40дбм байна. 172), туршилтын өгөгдөл нь CPU-ийн захын хэсэгт флашд бэхлэгдэж, хэрэглэгчийн өгөгдөл нь системийн цахилгаан тасарсан нөхцөлд хадгалагддаг, DDR нь уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг илгээдэг, нэгдүгээрт, CPU нь Flash-д хадгалагдсан туршилтын өгөгдлийг илгээж, FPGA-ийн хооронд Local BUS-ээр дамжуулан FPGA-ийн доорх DDR-д суулгаж, FPGA-ууд болон MIG-ийн модулийн дотор өгөгдлийг шууд илгээсний дараа FPGA-д өгөгдлийг илгээдэг. модуль нь тоон дохио боловсруулах модулиар DUC (тоон өгсөх шугамын хувиргалт), CFR (crest факторын бууралт), DPD (тоон урьдчилан гажуудал) болон радио давтамжийн дохиог гаргаж, дээд төвшний туршилтын программ хангамж нь уруудах шугамын индексийг шалгахын тулд спектр анализатор хянадаг (алхам 173). 2585М, 2605М болон 2625М, чадал, зэргэлдээ сувгийн чадлын харьцаа (ACPR), алдааны вектор индекс (EVM), туршилтын алдааны вектор хэмжигдэхүүн бүртгэгдсэн (EVM), туршилтын өгөгдөл хаагдах ба мөн DDR хаагдана.

Тавдугаар алхам, уруудах шугамын тест дууссаны дараа систем нь өгсөх шугамын индексийн туршилтыг хийж, дээд түвшний туршилтын програм хангамж нь сүлжээний портоор дамжуулан RRU руу өгөгдөл илгээхийн тулд дохионы эх үүсгэврийг удирдаж, RRU нь өгсөх шугамын өгөгдлийг олж авч, дээд давхаргын туршилтын програм хангамж руу демодуляцийн боловсруулалт хийдэг.

Тухайн хэрэгжүүлэлтийн хувьд RRU-г өгсөх шугамын параметруудээр тохируулсан (алхам 181), нэгдүгээр хувилбарын дагуу RRU зөөгчийн давтамжийг 2585М, 2605М ба 2625М гэж тохируулсан, зөөгчийн зурвасын өргөн нь 60М, тохиргоо дууссаны дараа өгөгдлийн эх үүсвэрийг илгээх LTE тэжээлийн эх үүсвэрийг шалгах 101.5 дБм сүлжээний портын хяналтын дохионы эх үүсгэврээр дамжуулан RRU-д дохио өгдөг, дээд түвшний туршилтын програм хангамж нь RRU-г хянадаг бөгөөд дээд түвшний туршилтын програм хангамж нь DDC-д өгсөх шугамын сувгаар орж, DDC-ээр боловсруулагдсан өгөгдлийг цуглуулж эхэлдэг (алхам 182), хэрэгжүүлэлтийн явцад дээд түвшний туршилтын программ хангамж нь CPU-д шийдвэр илгээж, CPU нь FPGA-ийн дотоод өгөгдлийг LP-ийн гаралтын модулиар дамжуулан удирддаг. DDC (дигитал доош хувиргалт) нь FPGA дотор үүсгэгдсэн MIG модулиар дамжуулан DDR болон, удирдамж дууссаны дараа CPU нь DDR дахь өгөгдлийг туршилтын хост руу байршуулдаг (алхам 183), байршуулалт дууссаны дараа дээд давхаргын тестийн програм хангамж нь өгсөх шугамын индексийг шалгана (алхам

184), өгөгдлийг бичлэг хийж, хувиргах боломжтой эсэхийг шалгана. демодуляцийн нөхцөл, мэдээлэл цуглуулах функц унтарна (алхам 185).

Зургаадугаар алхам бол өгсөх шугамын туршилт дууссаны дараа систем нь оптик шугамын туршилтыг хийж, оптик порт 1 ба оптик порт 2 нь оптик кабелийн холболтыг шалгана.

Тухайн хэрэгжүүлэлтийн хувьд RRU нь оптик шугамын параметруудийг (алхам 191) тохируулдаг бөгөөд үүнд оптик портын өгөгдлийн хурдыг 10ГБит/сек, туршилтын өгөгдлийн загварыг 8B10B код болгон тохируулах; CPU нь 8B10B кодын төрлийн дамжуулалтын дугаарыг эхлүүлэхийн тулд IR интерфэйсийг (BBU ба RRU хоорондын интерфэйс) тохируулдаг (алхам 192); IR интерфэйс нь T таних хугацааны алдааны кодын загварын тоог хүлээн авдаг (алхам 193); CPU нь кодын загварын алдааны тоог цуглуулж, дээд түвшний туршилтын програм хангамж руу дамжуулдаг (алхам 194); дээд давхаргын туршилтын програм хангамжийн код загварын алдааны өгөгдлийг бүртгэнэ; Туршилт дууссаны дараа IR интерфэйсийн дугаар илгээх болон хүлээн авах дугаарыг таних функцууд унтарна (алхам 195).

Долоодугаар алхам, RRU тестийг дуусгах (алхам 200).

Дээд түвшний туршилтын програм хангамж нь RRU-ийн туршилтыг дуусгахын тулд дөрөв, тав, зургаа дахь алхамд бүртгэгдсэн туршилтын өгөгдлийн дагуу уруудах шугам, өгсөх шугам, оптик шугамын туршилтын дүгнэлтийг гаргана.

RRU туршилтын систем ба RRU туршилтын арга нь хамгийн багадаа дараах техникийн үр дүнтэй байна:

Хэрэглээний хувилбарт RRU системийн туршилтыг зөвхөн RRU болон туршилтын аппликашн туршиж үзэх боломжтой, нарийн төвөгтэй туршилтын систем (eNodeB систем) шаардлагагүй, нэмэлт тоног төхөөрөмж (аналог BBU систем) боловсруулах шаардлагагүй, ингэснээр RUU төхөөрөмжийн туршилтын нарийн төвөгтэй байдал, хүндрэлийг багасгах, шаардлагатай төхөөрөмжийн туршилтыг үр дүнг бууруулахгүй, нэмэлт тоног төхөөрөмжийг шинээр шаардахгүй.

Эцэст нь хэлэхэд, дээрх хувилбарууд нь зөвхөн энэхүү шинэ бүтээлийн техникийн шийдлүүдийг дүрслэн харуулах зорилготой бөгөөд хязгаарлах зорилготой биш бөгөөд хэдийгээр энэхүү шинэ бүтээлийг жишээн дээр үндэслэн дэлгэрэнгүй тайлбарласан.

Хураангуйлан дүгнэвэл:

1. RRU туршилтын арга нь дараах алхмуудаас бүрдэнэ.

Туршилтын RRU-г эхлүүлэх, дээд түвшний туршилтын програм хангамжаар дамжуулан туршилтын төлөвийг оруулах командыг илгээх;

турших RRU нь туршилтын төлөвийг оруулах командыг хүлээн авч, туршилтын төлөвт орж, DDR өөрөө туршилтыг гүйцэтгэдэг;

хэрэв DDR-ийн өөрийгөө шалгах ажиллагаа амжилтгүй болвол DDR-ийн алдааны мэдээллийг гаргаж, туршилтаас гарах; хэрэв DDR өөрийгөө шалгах тест тэнцсэн бол дээд түвшний тестийн программ хангамж нь тестийн командыг илгээдэг бөгөөд туршилтын команд нь уруудах холбоосын туршилтын команд, өгсөх шугамд холбох тестийн команд болон оптик шугамын туршилтын командуудаас бүрдэнэ;

- шалгагдах RRU нь туршилтын командыг хүлээн авч, шугамын туршилтыг явуулдаг бөгөөд үүнд шугамын тест нь уруудах шугамын тест, өгсөх шугамын тест, оптик шугамын тестээс бүрдэнэ;
- Уруудах шугамын тест нь: RRU-ээр уруудах шугамын параметруудийг тохируулах, DDR-ээр уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг илгээх функцийг эхлүүлэх, давтамжийн спектрографыг сүлжээний портоор дамжуулан туршилтын компьютерээр хянах, уруудах шугамын дохионы индексийн тест хийх;
- Өгсөх шугамын тест нь: RRU-ээр Өгсөх шугамын параметруудийг тохируулах, сүлжээний портын хяналтын дохионы эх үүсгэвэрээр дамжуулан туршилтын компьютерт шалгахар RRU-д өгсөх шугамын тестийн өгөгдлийг илгээх, DDR-ээр өгөгдөл цуглуулах функцийг эхлүүлэх, олж авсан өгөгдлийг туршилтын компьютерт дамжуулах, туршилтын компьютерээр Өгсөх шугамын дохионы индексийн тест хийх;
- Оптик шугамын туршилт нь оптик шугамын холболтыг шалгахын тулд шилэн кабелийн холболтын горимыг ашигладаг.

2. RRU туршилтын арга бөгөөд DDR өөрөө шалгах арга нь: мөн DDR унших-бичих нь хэвийн эсэхийг шалгах, өөрөө шалгах логикоор өгөгдөл оруулах, уншихыг шалгах, өгөгдөл бичих болон унших нь нийцэж байгаа эсэхийг харьцуулах, дүгнэх зэрэг орно.

3. 1-д заасан нь RRU туршилтын арга бөгөөд үүнд уруудах шугамын параметруудийг тохируулах RRU нь RRU зөөгч давтамж, зөөгчийн зурвасын өргөн, гаралтын чадлыг тохируулахаас бүрдэнэ.

4. 1-д заасан RRU туршилтын арга, үүнд CPU (төв боловсруулах нэгж) нь уруудах шугамын туршилтын үед Flash-д хийсэн уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг LocalbUS болон MIG (Металл идэвхгүй хий) модулиар дамжуулан DDR (давхар өгөгдлийн хурд) руу импортолдог;

FPGA нь DUC модуль, CFR модуль болон DPD модулиар дамжуулан уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг боловсруулж, дараа нь боловсруулсан уруудах шугамын туршилтын өгөгдлийг уруудах шугамын модуль руу илгээж, радио давтамжийн дохиог гаргадаг;

дээд давхаргын удирдлагын програм хангамж нь зөөгчийн чадал, зэргэлдээх сувгийн чадлын харьцаа, алдааны векторын хэмжээ зэрэг уруудах шугамын дохионы индексийн туршилтыг хийх давтамжийн спектрографыг хянадаг;

5. 1-д заасан RRU туршилтын арга, өгсөх шугамын параметруудийг тохируулах RRU нь RRU зөөгч давтамж болон зөөгчийн зурвасын өргөнийг тохируулахаас бүрдэнэ.

6. 1-д заасан RRU туршилтын арга, өгсөх шугамын туршилтын үед CPU нь LocalbUS-ээр дамжуулан FPGA дотоод өгөгдөл хүлээн авах модулийг удирдаж, DDC модулийн өгөгдлийн гаралтыг MIG модулиар дамжуулан DDR руу чиглүүлдэг;

- CPU нь DDR-ийн өгөгдлийг туршилтын компьютерт байршуулна;

дээд төвшний туршилтын програм хангамж нь өгсөх шугамын дохионы индексийн туршилтыг гүйцэтгэдэг, үүнд өгсөх шугамын өгөгдлийг задлах боломжтой эсэхийг шалгах;

туршилт, бичлэг хийсний дараа DDR мэдээлэл цуглуулах функцийг хаадаг.

7. 1-ийн RRU туршилтын арга нь оптик шугамын туршилт нь:

RRU-ээр оптик шугамын параметруудийг тохируулах;

оптик шугамын туршилтанд CPU нь 8B10B код дамжуулах дугаарыг эхлүүлэхийн тулд IR интерфэйсийг тохируулдаг;

IR интерфэйсээр таних хугацаанд алдааны кодын загварын дугаарыг хүлээн авах;

CPU нь алдааны кодын тоог цуглуулж, туршилтын компьютерт дамжуулдаг;

дээд давхаргын туршилтын програм хангамжийн код загварын алдааны өгөгдлийг бүртгэдэг;

мөн IR интерфэйсийн дугаар илгээх, хүлээн авах таних функцийг унтраах.

8. RRU туршилтын арга, оптик шугамын параметруудийг тохируулах RRU нь оптик интерфэйсийн өгөгдлийн хурдыг 10 ГБит/сек тохируулна.

1. RRU туршилтын арга, түүний шинж чанар нь дараах алхмуудыг агуулна.

Туршилтын RRU эхлэхийг хүлээж, дээд давхаргын тестийн програм хангамжаар дамжуулан туршилтын төлөвийн командыг илгээнэ;

Туршилтын хүлээгдэж буй RRU хүлээн авах командыг тайлбарлаж, туршилтын төлөвийг тайлбарлаж, туршилтын төлөвийг оруулж, DDR автоматаар эхлүүлэх;

Хэрэв DDR автоматаар дамжихгүй бол DDR-ийн эвдрэлийн мэдээллийг гаргаж, DDR автоматаар тэнцэхгүй бол тест хийх;

Дээд түвшний тестийн программ хангамж нь доод холбоосын тест команд, дээд холбоосын тест команд, оптикийг багтаасан тест командыг илгээдэг.

Холболтын туршилтын захиалга;

RRU тушаалыг хүлээн авахдаа урагшлах холбоосын туршилтыг гүйцэтгэдэг бөгөөд урагшлах холбоосын туршилт нь доош чиглэсэн холбоосын туршилтыг агуулдаг.

Өгсөх шугамын тест, оптик шугамын тест;

Дээр дурдсан доод урсгалын холболтын хэмжилтэнд дараах зүйлс орно: RRU тохиргооны доод параметрууд, DDR идэвхтэй дамжуулалтын доод хэмжилтийн өгөгдлийн функц, хэмжилтийн тооцоо

Сүлжээний хяналтын дохиог ашиглан доод урсгалын дохионы заагчийг шалгах;

Дээр дурдсан холбоосын тест нь RRU тохиргооны параметруудийг агуулдаг бөгөөд туршилтын компьютер нь сүлжээний портын удирдлагаар дамжуулан дээд талын дохиог дамжуулдаг.

Туршилтын өгөгдлийг RRU болон DDR цуглуулдаг. Дараа нь цуглуулсан өгөгдлийг туршилтын компьютерт шилжүүлдэг.

Тайлбарын тестийг дамжуулж буй компьютер өгсөх шугамын дохионы заагч тест;

Дээрх оптик шугамын туршилтын арга нь оптик шугамын холболтыг шалгахын тулд шилэн кабелийн гогцоог ашигладаг.

2. Нэгдүгээр шаардлагад тухайлсан RRU-ын туршилтын арга нь 1-р шаардлагад тухайлсан DDR туршилтын аргыг багтаадгаараа онцлогтой.

Хэрэв энэ нь хэвийн биш бол өөрөө тооцоолох тест нь өгөгдлийг оруулж, уншиж, өгөгдөл нь нийцэж байгаа эсэхийг харьцуулан дүгнэдэг.

3. Патентийн нэхэмжлэлийн 1-д тухайлсан RRU туршилтын арга бөгөөд энэ нь RRU тохиргооны доор тухайлсон параметруудээр тодорхойлогддог.

4. Үндсэн шаардлага 1. Өгөгдсөн RRU-ын туршилтын арга, түүний тухайн заасан байршилд RRU-г байршуулах ба иж бүрэн байршуулалт хийнэ. тохиргоог RRU нэвтрүүлэгчийн давтамж, нэвтрүүлэгчийн зурвасын өргөн, гаралтын чадлыг доод утгыг уруудах шугамын параметруудэд тохируулна.

Хавсралт (Мэдээллийн)

Гадаад товчилсон үгийн тайлбар

№	Товчилсон үг	Тайлбар Eng	Тайлбар Мон	Бүлэг No
1	RRU	Remote Radio Unit	Алсын радио нэгж	1
2	LTE	Long-Term Evolution	Урт хугацааны хувьсал	1
3	UE	User Equipment	Хэрэглэгчийн төхөөрөмж	1
4	BTS	Base Terminal Station	Бааз терминал станц	1
5	BBU	Base Band Unit	Үндсэн зурвасын нэгж	1
6	3GPP	Third Generation Partnership Project	Гурав дахь үеийн түншлэлийн төсөл	1
7	EIA/TIA	Electronic Industries Alliance /Telecommunications Industry Association	Електроник үйлдвэрлэлийн холбоо /Цахилгаан холбооны үйлдвэрлэлийн холбоо	2
8	ETSI	European Telecommunications Standards Institute	Европын Цахилгаан холбооны стандартын институт	2
9	4G LTE eNB	4G Long Term Evolution Enhanced Node B	Дөрөвдүгээр үеийн Урт хугацааны хувьсал Сайжруулсан Зангилаа B	3

10	RAN	Radio Access Network	Радио хандалтын сүлжээ (PXC)	4
11	C-RAN	Centralized Radio Access Network	Төвлөрсөн Радио хандалтын сүлжээ	4
12	V-RAN	Virtual Radio Access Network	Виртуал Радио хандалтын сүлжээ	4
13	NTE	Not-To -Exceed	Хэтрүүлэхгүй	4, 10
14	UPS	Uninterruptible Power Supply	Тасалдалгүй эрчим хүчний систем	4
15	IT	Information Technology	Мэдээллийн технологи (MT)	4
16	NFV	Network Functions Virtualization	Сүлжээний функцийг виртуалчлал	4
17	NSP	Network Service Platform	Сүлжээний үйлчилгээний платформ	4
18	URLLC	Ultra Reliable and Low Latency Communications	Хэт найдвартай, бага хоцролттой холбоо	4,5
19	CPRI	Common Public Radio Interface	Олон нийтийн радиогийн нийтлэг интерфэйс	4
20	MIMO	Multi-Input Multi-Output	Олон оролт-олон гаралттай	4
21	eCPRI	Enhanced CPRI	Хөгжсөн CPRI	4
22	PtP	Point To Point	Цэгээс цэгт	5
23	PtMP	Point To Multi Point	Цэгээс олон цэгт	5
24	RRH	Remote Radio Head	Алсын зайн радио толгой	5
25	MNO	Mobile Network Operator	Мобайл сүлжээний оператор	5
26	mm Wave	Millimeter Wave	Мм-ийн долгион	5
27	5G eMBB	Fifths Generation Enhanced Mobile Broadband	Тавдугаар үеийн Сайжруулсан хөдөлгөөнт холбооны өргөн зурвас	5
28	PA	Power Amplifier	Чадлын өсгөгч	5
29	RF	Radio Frequency	Радио давтамж	5

30	VCO	Voltage Controlled Occilator	Хүчдэлийн удирдлагатай осциллятор	5
31	QoS	Quality Of Service	Үйлчилгээний чанар	
32	LVDC	Low Voltage Direct Current	Бага хүчдэлийн шууд гүйдэл	5
33	NTE	Network Telecommunicati on Ethernet	Сүлжээний цахилгаан холбооны төхөөрөмж	5
34	PoE	Power Over Ethernet	Ethernete-ээр дамжуулах чадал	5
35	AWG	American Wire Gauge		5
36	ITU-T	International Telecommunicati on Union Telecommunicati on	Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллага - цахилгаан холбоо	5
37	RFT-V	Remote Feeding Telecommunicati on - Voltage	Цахилгаан холбооны Алсын зайн тэжээлийн - Хүчдэл	5
38	RFT-C	Remote Feeding Telecommunicati on - Current	Цахилгаан холбооны Алсын зайн тэжээл- Гүйдэл	5
39	BS	Base Station	Бааз станц	5
40	OBUE	Operation Band Undesired Emissions	Ажиллагааны зурвасын хүсээгүй цацаргалт	6
41	NR	New Radio	Шинэ Радио	
42	RBS	Radio Base Station	Радио бааз станц	9
43	$P_{e.i.r.p}$	Equivalent Isotropic Radiated Power	Эквивалент жигд цацаргалтын чадал	8
44	UWB	Ultra-Wideband	Хэт өргөн зурвасын	10
45	CL	Cable Loss	Кабелийн алдагдал	8
46	TE	Total Emmisions	Нийт цацаргалт	8
47	UE	Ultra Emissions	Хэт цацаргалт	8
48	OE	Other Emmisions	Бусад цацаргалт	8

49	UE	Undesired Emissions	Хүсээгүй цацаргалт	8
50	DUT	Device under test	Туршигдаж буй төхөөрөмж	8
51	RBW	Resolution Bandwidth	Зурвасын өргөний нарийвчлал	10
52	VBW	Visual Basic Workspace	Визуал Basic ажлын талбар	10
53	RMS	Root mean square	Дундаж квадрат утга	10
54	LNA	Low Noise Amplifier	Бага шуугианы өсгөгч	10
55	UE-TP	Total Power Spectral Density of undesired UWB emissions	Хэт өргөн зурвасын хүсээгүй цацаргалтын спектр нягтын нийт чадал	10
56	PRF	Pulse-repetition frequency	Импульсийн давталтын давтамж	10.3.3
57	LBT	Listen Before Talk	Ярилцахаас өмнө сонсох	10.4
58	ODC	Outdoor connectors	Гадна холбогч	10.5
59	UMTS	Universal Mobile Telecommunications System	Нийтлэг Хөдөлгөөнт холбооны системийн стандарт	10.5.1
60	BMA	Bio-Matched Antennas	Био-зохицуулсан антенууд	10.5.3
61	VSWR	Voltage standing wave ratio	Хүчдэлийн байнгын долгионы харьцаа	10.5.3.2
62	RCU	Remote Control Unit	Алсын зайн удирдлагын хэсэг	3
63	RET	Remote Electrical Tilt	Алсын зайн цахилгаан хазайлт	3
64	DPD	Digital Pre-Distortion	Тоон урьдчилсан гажуудал	3
65	CFR	Crest Factor Reduction		3
66	RET	Remote Electrical Tilt	Алсын зайн цахилгаан хазайлт	3
67	TDD	Time Division Duplex	Хугацааны хуваалттай дуплекс	

68	FDD	Frequency Division Duplex	Давтамжийн хуваалттай дуплекс	
69	CPU	Central Processing Unit	Төв боловсруулалтын хэсэг	
70	DDR	Dynamic random access memory	Динамик санамсаргүй хандалтын санах ой	
71	FPGA	Field-editable gate array		
72	MIG	Memory Interface module	Санах ойн интерфэйсийн модуль	
73	DUC	Digital Up Converter	Тоон өгсөх хувиргагч	
74	DPD	Digital Pre-Correction	Тоон урьдчилсан засвар	
75	DDC	Digital Down Conversion	Тоон уруудах хувиргагч	
76	DDR	Double-data-rate	Давхар өгөгдлийн хурд	
77	ACPR	Adjacent Channel Power Ratio	Зэрэгцээ сувгийн чадлын харьцаа	
78	EVM	Error Voltage means		
79	SAS	Spectrum Access System	Спектр Хандалтын Систем	
80	MIG	Metal-inert gas	Метал идэвхгүй хий	

Хавсралт

Ном зүй

- CISPR 22: "Information technology equipment - Radio disturbance characteristics - Limits and methods of measurement", including proposed modification of CISPR 22 on emission limits and methods of measurement from 1 GHz to 6 GHz from December 2003".
- ETSI TR 102 495-2: "Technical characteristics for SRD equipment using Ultra WideBand Sensor technology (UWB); System Reference Document; Part 2: Object Discrimination and Characterization (ODC) applications for power tool devices operating in the frequency band of 2,2 GHz to 8,5 GHz.
- IPG Report GB 174e/2006: "Market Enquiry: Typical Wall Constructions in Germany, England and France " TG3#14_11, Fraunhofer Institut Bauphysik.

- ECC Report 123, THE IMPACT OF OBJECT DISCRIMINATION AND CHARACTERIZATION (ODC). • APPLICATIONS USING ULTRA-WIDEBAND (UWB) TECHNOLOGY ON RADIO SERVICES, Vilnius, September 2008.
- CEN EN 206-1 (2000): "Concrete - Part 1: Specification, Performance, Production and Conformity".