

Нэг. Олон улсын цахилгаан холбооны байгууллагын (ITU-R) радиогийн сектороос TDD технологид хуваарилсан цараа

Бид бүгдийн мэдэх ITU-R-ын радио дүрмээр (RR) тодорхойлсон 3G, 4G, 5G үүрэн холбооны технологид ашиглах IMT (Олон улсын хөдөлгөөнт үүрэн холбоо)-ны спектрийг IMT-2000, IMT дэвшилт болон IMT-2020 нэрлэдэг. 3G ба 4G аль алинд түгээмэл хэрэглэгддэг нэршил нь Хөдөлгөөнт өргөн зурвас буюу "MBB" технологи юм.

ОУЦХБ-аас спектрийг тодорхойлохдоо ITU-ын гурван бүс бүрт нь хийдэг. Зарим тохиолдолд хуваарилах, тодорхойлохдоо бүх гурван бүсийг хамруулан хийгдсэн байдаг.

Дэлхийн Радиогийн Их Хурлаар (WRCs) баталсан ба одоогоор IMT зориулсан спектр нь WARC-92, WRC-2000, WRC-07, WRC-12, WRC-15 хурлуудын шийдвэрүүдийн үр дүнд хуваарилагдсан байдаг юм.

IMT-д зориулан хуваарилсан нийт царааны спектрийн хуваарилалт, түүний зохион байгуулалтыг нэмэлтээр ITU-R M.1036 зөвлөмжид тусгасан болно. Спектрийн зохицуулалт нь TDD эсвэл FDD технологиоос хамаарч тодорхой цараанд ашиглах эсэхийг тодорхойлж өгдөг. Тодорхойлогдсон царааг хослосон бус цараа ашиглахаар бол TDD царааны төлөвлөгөөнд зориулсан байдаг.

Спектрийн зохицуулалтын WRC-15 хурлаар тодорхойлсон сүүлийн үеийн IMT зурвасуудад орсон болон одоогоор ороогүй ч C-зурвас (3-5 ГГц) ба L-зурвасыг (1.4 ГГц) TDD-д ашиглах төлөвлөгөө, судалгаа юм.

ITU-R-ээр тодорхойлсон TDD цараануудыг Хүснэгт 1-д үзүүлсэн бөгөөд WRC-15 хурлаас тодорхойлсон IMT-д зориулсан цараануудыг Хүснэгт 2-т тус тус үзүүлэв.

Хүснэгт 1. ITU-R-аас тодорхойлсон TDD цараанууд.

TDD давтамжийн цараа (МГц)	Зурвасын өргөн (МГц)
450-470	20
457,500-462,500	5
698-716, 716-728, 728-746, 746-763, 776-793	12-82
698-806	108
1880-1920	40
1920-1930	10
2010-2025	15
2300-2400	100
2500-2690	190
2570-2620	50
3400-3600	200

Хүснэгт 2. WRC-15-аас IMT зориулж тодорхойлсон шинэ цараанууд.

Давтамжийн цараа (МГц)	Зурвасын өргөн (МГц)
470-698	228
1427-1518	91
3300-3400	100
3600-3700	100
4800-4990	190

Хоёр. TDD царааны стандартчлал

2.1 Олон улсын 3GPP байгууллагаас тодорхойлсон TDD цараанууд. Эдгээрийн царааны хувилбаруудаас үүсгэх бодит бүтээгдэхүүнийг (Хүснэгт 3-г харна уу) тодорхойлсон ба одоогийн байдлаар TDD бүтээгдэхүүний ихэнх нь 1.9, 2.3, 2.6, 3.5, 3.7 ГГц давтамжийн зурваст ажилладаг. Шинээр ITU-R M.1036 Зөвлөмжинд TDD давтамжийн зохицуулалтыг тодорхойлж гаргасан байдаг. TDD зохицуулалтыг WRC-15 тодорхойлсон шинэ L-цараа (1.4 ГГц), C-цараанд (3.3 ГГц, 4.9 ГГц гэх мэт) хэрэгжүүлэх боломжтой юм.

Хүснэгт 3. 3GPP тодорхойлсон TDD Цараануудын стандартчлал

3GPP цараа	Ашиглах давтамжийн зурвас (МГц)	Зурвасын өргөн (МГц)
Цараа 33	1900-1920	20
Цараа 34	2010-2025	15
Цараа 35	1850-1910	60
Цараа 36	1930-1990	60
Цараа 37	1910-1930	20
Цараа 38	2570-2620	50
Цараа 39	1880-1920	40
Цараа 40	2300-2400	100
Цараа 41	2496-2690	194
Цараа 42	3400-3600	200
Цараа 43	3600-3800	200
Цараа 44	703-803	100

3GPP-гээс хөгжүүлсэн TD-LTE технологи нь LTE стандартын Хувилбар-8-аас эхлэн FDD-LTE-тэй хамтад нь дэмжигддэг болсон ба TDD-ийн хувьд 3GPP техникийн тодорхойлолтод 33-44 зурваст стандартчилагдсан байдаг. Өргөн хэрэглэдэг TDD цараанд 38 (2570-2620 МГц), 40 (2300-2400 МГц), 41 (2500-2690 МГц), 42 (3400-3600 МГц) багтдаг.

Системийн дизайны талаас харахад TDD болон FDD LTE хувилбаруудын хоорондын ялгаа нь Физик түвшингийн зарим процедурын цаг хугацааны харилцаа юм. Физик түвшин болон дээд давхаргын бараг бүх бүтэц, үндсэн

процедур, протоколыг оролцуулаад нийтлэг байдаг. Нийтлэг байдлыг дээшлүүлэх зорилго нь технологийн аль алиных нь ижил төрлийн бүтээгдэхүүнийг дахин ашиглах боломжийг бий болгох, ингэснээр эдийн засгийн цар хүрээнээс илүү үр өгөөж хүртэх боломжийг олгох юм.

Энэ шалтгааны улмаас LTE-ээс LTE-Advanced хүртэл болон LTE-Advanced Pro хүртэлх хувьсалд гарсан шинэ боломжууд, үйлдлүүд нь FDD-LTE болон TD-LTE-ийн аль алиныг нь дэмжсэн байдаг. Гэсэн хэдий ч TDD-ийн онцлог эсвэл TDD-т тааруулсан онцлог, функцууд байсаар байна. Үүнд:

- **Олон-Антенн:** TDD-ийн ашигтай тал нь сувгийн харилцан солилцоо бөгөөд олон антенны системд нэг давуу тал нь хүлээн авагчийн дамжуулах сувгийн статусын талаарх мэдээллийг авч чаддагт байдаг. Хувилбар-8-аас сувгийн солилцоонд үндэслэн олон цацраг үүсгэхийн тулд LTE-ийн дамжуулагчид олон антенуудыг суурилуулах гол арга юм. 5G-ийн хувьд TDD сувгийн харилцан солилцоог ашиглан өндөр цараануудад тархалтын их хэмжээний алдагдалыг нөхөхийн тулд олон тооны антенныг ашигладаг болно.
- **UL/DL тохиргоо:** Уян хатан дээш холбоос (UL)/доош холбоос (/DL) тохиргоо нь TDD-ийн өөр нэг давуу тал бөгөөд ачааллын тэгш бус байдлаас шалтгаалан UL болон DL-д шаардагдах багтаамжийн хүчин чадал нь үйлчилгээний цаг хугацаа, байршлаас шалтгаалан өөр өөр байна. LTE FDD технологид спектрийн блокуудыг ижил UL болон DL хоёуланд зориулан нөөцлөхийг шаарддаг. Үүний эсрэгээр, Хувилбар-8-д TDD-ын долоон UL/DL тохиргоог тодорхойлсон бөгөөд UL эсвэл DL-ийн спектрийг уян хатан ашиглах боломжийг олгодог. Хувилбар-12-т динамик UL/DL тохиргооны давуу талыг жижиг үүрийн байршуулалтыг сайжруулах зорилгоор нэвтрүүлсэн ба бааз станцын тохиргоог богино хугацаанд UL/DL тохиргоог эсвэл хамрах хүрээний ачааллын загвар/модулыг агшин зуур өөрчлөх боломжтой болгох явдал юм.
- **Тээвэрлэгчийг нэгтгэх/зөөгчийг нэгтгэх (CA):** Тээвэрлэгчийг нэгтгэх/зөөгчийг нэгтгэх нь Хувилбар-10-д хийгдсэн бөгөөд дараа үеийн хувилбар бүрт хийгдэх чухал өөрчлөлт юм. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж нь дээш холбоос шугамд нэг зөөгчтэйгээр зохицуулахын тулд зэрэгцээ хуваарилагдсан спектрийг нэгтгэн өргөтгөн нэг блок болгон ашиглах боломжийг олгодог. Тээвэрлэгчийн нэгтгэх ашиглах нь бага эсвэл дунд ачаалагдсан сүлжээн дэх хэрэглэгчийн нэвтрэх чавдарыг ихэсгэх ба оргил ачааллыг нэмэгдүүлэх бөгөөд түүнчлэн сүлжээний цараа хоорондын ачааллыг хамгийн үр дүнтэйгээр тэнцвэржүүлэх явдал юм.

2.2 TDD нь дэвшилтэт антенны шийдлийг дэмждэг. Хэд хэдэн техникийн талбарт ашиглагддаг цацраг үүсгэх (Beamforming) гэх мэт зохицуулалтын өвөрмөц чадвар дээд ба доод холбоосын сувгийн солилцооны харилцан хамаарлыг (спектрийн ижил хэсгийг холбоосын 2 чиглэлд адил ашиглагддаг) TDD технологид ашигладаг.

Сүлжээний туршилтын үр дүнгээс үзэхэд нэг-давхарга, давхар-давхарга ба олон хэрэглэгчийн цацраг үүсгэлт нь 15%, 15% ба 10% -ийн тус тусдаа

өсөлтийг сүлжээнд үүсгэж чаддаг. "Цацраг үүсгэлт" болон "Олон-цэгийн ажиллагааны зохицуулалт" (CoMP) нь "тохируулалтай цацраг үүсгэх" (CBF) гэсэн хандлагыг хэрэгжүүлснээр eNodeBs-ийн хооронд хөндлөнгийн нөлөөллийг багасгах тулд сүлжээний гүйцэтгэлийг сайжруулж чаддаг.

Том хэмжээний MIMO болон Тархсан MIMO (D-MIMO) зэрэг бусад дэвшилтэт антенны шийдлүүд нь TDD-ийн дээд ба доод холбоос сувгийн харилцан үйлчлэлийг ашиглан гүйцэтгэл, чадлыг сайжруулахад ашигладаг. 3GPP нь том хэмжээний MIMO зэрэг эдгээр дэвшилтэт боломжууд бүхий "4.5G" стандартыг "LTE Advanced Pro" нэртэйгээр өргөнөөр ашигладаг. Түүнчлэн томоохон MIMO-г мөн 5G-г хөгжүүлэхэд ашигладаг.

2.3 TDD нь тэгш бус ачаалал нь үр дүнтэй, уян хатан байдлыг дэмждэг. TDD-ийн UL/DL-ын зохицуулалт нь доош холбоос (DL) ба дээш холбоосын (UL) эх үүсгэвэрийн харьцааг тохируулах боломж олгодог. Доос холбоос-дээш холбоос хоорондын харьцаа өөр өөр 8:1, 3:1, 2:2 ба 1:3 байж болдог.

Ачааллын тэгш бус байдлын ирээдүйн чиг хандлагаар доош холбоос чиглэлийн тохиргоо нь ачааллын урсгал болон дата холболтын нөөц боломжоос хэрэглэгчийн дээш холбоосын нөөцөөс илүү доош холбоосын нөөцийг ашиглахыг одоо болон урьдчилан харахад нийцдэг.

Гурав. Сүлжээнүүд зэрэгцэн ажиллах/орших асуудал

TD-LTE-ийн хэрэглээ улам бүр өргөжиж, олон зохицуулагчид TDD сувгийн хуваарилалтыг хийхийг эрмэлзэж байна. Спектрийн хувилбар болон TD-LTE сүлжээний хөгжүүлэлтийн үед зарим операторууд ба зохицуулагчид тулгараад байгаа асуудлуудыг шийдвэрлэхээр судалгааны ажлуудыг байнга хийж байна.

Энд зохицуулагч, операторуудын дурдсан нийтлэг асуудлуудыг нэгтгэн дүгнэж TD-LTE-ийн зэрэгцэн ажиллах болон хөгжүүлэхэд хялбар болгох шийдлийг санал болгож байна. TD-LTE-ийн байршилтай холбоотой хамгийн түгээмэл асуудлуудыг дараах хувилбарт ангилж болно:

- Олон тооны TD-LTE сүлжээнүүдийн хооронд
- TD-LTE сүлжээ болон LTE FDD сүлжээнүүдийн хооронд
- TD-LTE сүлжээ болон WiFi / WiMAX сүлжээнүүдийн хооронд
- TD-LTE сүлжээ болон сансрын сүлжээний хооронд

3.1 Олон тооны TD-LTE сүлжээнүүд нь зэрэгцэн ажиллах.

Хэд хэдэн TDD сүлжээнүүд нь ижил газарзүйн бүсэд ижил цараанд давхардсан зэргэлдээ сувгаар ажиллах үед DL-ээс UL эсвэл UL-ээс DL-д үүсэх хүндрэлүүд нь сүлжээг зохицуулаагүй тохиолдолд тохиолддог. Синхрончлол, дэд царааны шүүлтүүр, сайтын зохицуулалт ба блокуудыг хязгаарлах зэрэг технологиудыг ашиглах нь TDD сүлжээнүүд хоорондох хөндлөнгийн шуугианыг үр дүнтэй шийдвэрлэх боломж юм.

Хөндлөнгийн саад тотгороос зайлсхийх илүү сайн арга бол нэгэн зэрэг дамжуулах болон хүлээн авалтыг хангахын тулд хөрш БС-уудыг синхрончлох

явдал юм. 3GPP-ээс гаргасан ихэнх стандартад GPS/GNSS-ийн синхрончлол, сүлжээний бакхаул (backhaul) синхрончлол болон орон зай-агаарын синхрончлох гэсэн гурван механизмыг ашигладаг. Синхрончлол нь зөвхөн ижил давтамжтай ажиллаж байгаа үүрүүд төдийгүй хамгаалалтын зурвас хангалттай биш тохиолдолд ижил цараанд ажилладаг үүрүүдэд ч хэрэгтэй байдаг.

3.2 TD-LTE болон LTE FDD сүлжээнүүдийн хооронд зэрэгцэн ажиллах.

Зарим бүс нутаг, улс орнуудын операторууд том хэмжээний LTE FDD сүлжээг хөгжүүлдэг. Эдгээр газруудад TD-LTE болон LTE FDD сүлжээний интерференцийг авч үзэх шаардлагатай. BS-BS ба хэрэглэгчийн төхөөрөмж (UE) хооронд болон холимог сүлжээний хоёуланд нь харилцан нөлөөлөл үүсгэдэг.

CEPT-ийн дүрэмд тохируулан BS-BS-ийн интерференцээс зайлсхийхийн тулд 5МГц-ийн хамгаалалтын зурвасыг TDD ба FDD-ийн хооронд хадгалагдах бөгөөд түүнчлэн бааз станцуудад үнэтэй шүүлтүүр ашиглахаас гадна байрлуулах сайтын байршлыг сайтар судлах шаардлагатай болдог.

Гэхдээ БНХАУ-ын хийсэн туршилтаар UE-UE интерференц нь UE-ийн зардал, эзлэхүүний хязгаарлагдмал байдлаас шалтгаалан шийдэгдэж болох ч зэргэлдээ UE-д хоорондоо ойрхон байхад ихээхэн хөндлөнгийн нөлөө үзүүлдэг. UE-ийн өгөгдлийн хязгаарлах нэмэлт аргууд нь хөндлөнгийн нөлөөллийг багасгахад чиглэсэн байдаг болно.

Хэдийгээр FDD болон TDD-ийн хоорондох хамаарлыг шийдэж болох боловч FDD болон TDD-ийн хамт ашиглах төлөвлөгөө нь ерөнхийдөө хөндлөнгийн нөлөөллийн хүндрэлээс зайлсхийх, үр ашиггүй спектр ашиглалтаас зайлсхийх юм.

3.3 TD-LTE сүлжээ ба WiFi хоорондын зэрэгцэн ажиллах.

Энд авч үзэх асуудал нь 2.4 ГГц-ын царааны WiFi системийн хөрш зэргэлдээ 2.3 ГГц TD-LTE болон 2.6 ГГц LTE FDD/TDD системүүд буюу цараа 40 (2300-2400 МГц), 41 (2496-2690 МГц), 38 (2570-2620 МГц), 7 (2500- 2570 МГц) зэрэгцэн ажиллуулах хувилбар юм.

Төхөөрөмжүүдэд илүү сайн шүүлтүүр хийх нь 2.3 ГГц-ийн царааны LTE-ээс WiFi-д үзүүлэх интерференцийг үр дүнтэй шийдвэрлэх боломжтой. Гэсэн хэдий ч, хуучин WiFi төхөөрөмжүүд хүлээн авагчийн шүүлтүүрийн үзүүлэлтээс хамаарч зарим нь хөндлөнгийн нөлөөлөлд өртдөг.

Хэрэв TD-LTE сүлжээнүүд болон WLAN-ийг нэг газар байршуулах үед TD-LTE-ээс ирэх хөндлөнгийн шуугианыг муу шүүлтүүртэй WLAN нь хязгаарлаж чадахгүй, харин TD-LTE ийн хүлээн авагчид WLAN-аас үзүүлэх нөлөөлөлд бага өртөх ба яагаад гэвэл RF-ийн шаардага сайн байдагтай холбоотой юм.

Хятад Mobile LTE болон Wi-Fi төхөөрөмжүүдийн хийсэн хээрийн туршилтаас харахад LTE нь 2370 МГц-ээс доошх ихэнх тохиолдолд хамтдаа хүлээн авалт буурч байна. Wi-Fi APs-ийн гүйцэтгэл (uplink) 1 метр дотор LTE eNB дээр 64% буурна. LTE UE нь 0,5 метрийн дотор Wi-Fi хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн хүлээн авах ажиллагаа (downlink) 41% буурч байсан байна.

LTE болон WiFi-ийн хооронд хамгаалалтын зурвас эсвэл хоорондын зайг өргөтгөх замаар интерференцийн эрсдэлийг багасгаж болгох юм.

3.4 TD-LTE сүлжээ ба Сансрын хиймэл дагуулын сүлжээнүүд зэрэгцэн ажиллах.

3GPP нь 3400-3600 болон 3600-3800 МГц-ийн цараанд зориулсан TDD зохицуулалтыг тодорхойлсон. Түүнчлэн 3.4-3.6 ГГц царааг дэлхийн хэмжээнд суурин сансрын үйлчилгээ (FSS), Суурин үйлчилгээний (FS) болон Өргөн зурвасын утасгүй холболтын үйлчилгээнүүдэд мөн ашиглагддаг.

Энд 3.5 ГГц дээр ажиллаж байгаа TD-LTE нь ижил эсвэл зэргэлдээ цараанд FSS үйлчилгээнд ашиглагдах үед FSS хөндлөнгийн нөлөөлөл учруулахаас зайлсхийх ёстой.

Хүснэгт 4. ITU-ын 3400-3600 МГц-ийн зурвасын хуваалт

Бүс 1	Бүс 2	Бүс 3
3400-3600 МГц Суурин Суурин-хиймэл дагуулын (сансар-эх дэлхийд чиглэлд)	3400-3500 МГц Суурин Суурин-хиймэл дагуулын (сансар-эх дэлхийд чиглэлд)	3400-3500 МГц Суурин Суурин-хиймэл дагуулын (сансар-эх дэлхийд чиглэлд)

CCSA (Хятадын Харилцаа Холбооны Стандарт Ассоциаци)-ийн WG8 тайланд 3400-3600 МГц спектрт IMT системтэй зэрэгцэн ажиллах FSS систем ба ITU-R S.1432-1 Зөвлөмжид үндэслэн 3.5 ГГц дээр ажиллаж байгаа FSS системийн газрын станцаас LTE бааз-станц эсвэл төхөөрөмжид нөлөөлөл үүсгэх магадлалтайг дурьдсан байна.

ITU-R Зөвлөмжид зааснаар IMT бааз станцууд болон FSS-ын газрын станцуудын хооронд хамтран ажиллах боломжийг нэмэгдүүлэх арга техникийг санал болгож байна:

- Секторыг хаах;
- Олон антенны технологи (ж нь. үүссэн цацрагийн чиглэлийг зохицуулах, MIMO технологи);
- Газрын станцуудын байршилд хамгаалалт хийх;
- Антенныг дараж хазайлгах/ антенны даралтыг ашиглах;
- Гео-байршил ба өгөгдлийн сангийн хандалт.

FSS-ийн газрын станцын хөндлөнгийн нөлөөлөл үзүүлсэн чиглэлийн антенны секторын чиглэлийг хаах/идэвхгүй болгосноор дамжууллын гаралтын чадлын түвшинг бууруулж FSS-ийн газрын станцын ажиллагааг үр дүнтэй болгож чадна. MIMO зэрэг антенны технологийг ашиглан мөн хөндлөнгийн нөлөөллийг багасгаж болно. Газрын станцын байршлыг хамгаалах техник нь LTE дамжуулагчийн хөндлөнгийн оролцоог багасгадаг.

LTE суурь станцын антеныг чиглэлийг доош дарах нь /Antenna down tilting/ хамтдаа зэрэгцэн ажиллах боломжийг нэмэгдүүлэх өөр нэг арга юм. Антены чиглэлийн доош даралтыг тохируулсанаар LTE бааз станцын хөндлөнгийн нөлөөллийг буруулах боломжтой болно.

Гео-байршил ба мэдээллийн санг ашиглах техникүүд нь LTE терминалын хөндлөнгийн нөлөөллийг багасгаж чаддаг учраас илүү өндөр түвшний хамгаалалт болдог. Геобайршил ба мэдээллийн сан нь FSS-IMT-тэй хамтран ажиллахад дэмжлэг үзүүлдэг бөгөөд энэ нь LTE-ийн бааз станц бүрт хөрш зэргэлдээ FSS газрын станцуудын хамгаалалтад тавигдах шаардлага болон хөрш зэргэлдээ байршил болон түүний хамрах хүрээ, нөхцөл байдлыг зөвшөөрч, ямар давтамж ашиглах боломжтойг тодорхойлох боломжтой болдог.

Дөрөв. Монгол улс дах TDD хуваарилалт, түүний ашиглалт, нөөц боломж

4.1 ОУЦХБ-ын дээд хэмжээний 4 жил тутмын Дэлхийн Радио Холбооны Их Хурлаар (ДРИХ) олон улсын радиогийн дүрэмд өөрчлөлт оруулдаг. Дэлхийн Радио Холбооны Их Хурлын хэлэлцсэн өөрчлөлт, шийдвэрийг тусган батлуулж байсан байдаг. 2015 онд хуралдсан “Дэлхийн радиогийн их хурал (ДРИХ15)-2015”-ын шийдвэр, олон улсын радиогийн дүрэмд оруулсан нэмэлт өөрчлөлтүүдийг үндэслэн Харилцаа Холбоо, Мэдээллийн Технологийн Газрын даргын 2016 оны 12 дугаар сарын 27 өдрийн А/59 дугаар тушаалын нэгдүгээр хавсралтаар “Үндэсний радио давтамжийн хуваарилалтын хүснэгт”-ийг баталсан байдаг.

Түүнчлэн Харилцаа холбооны зохицуулах хорооны 2019 оны 23 дугаар тогтоолоор баталсан “Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглах радио давтамжийн зурвасын хуваарилалт, техникийн нөхцөл, шаардлага”-ын 4.3 заалтанд ашиглах РД болон технологийг заасан байдаг. Энд “ДҮХХ-ны системд ашиглах РД-ийн зурвасын хуваарилалтыг хийхдээ Олон Улсын хөдөлгөөнт холбооны стандартын 3GPP¹ байгууллагаас баталсан РД-ийн зурвасын хуваарилалтыг мөрдөнө (Хүснэгт 2).”

Хүснэгт 2. ДҮХХ-ны системийн РД-ийн зурвасын хуваарилалт

№	Зурвасын дугаар	Хэрэглэгч-бааз станц (МГц)	Бааз станц-хэрэглэгч (МГц)	Хослол (duplex)
1	31	452.5-457.5	462.5-467.5	FDD
2	28	703-748	758-803	FDD
3	20	847-862	806-821	FDD
4	8	890 - 915	935 - 960	FDD
5	3	1710-1785	1 805-1880	FDD
6	1	1920-1980	2110-2170	FDD
7	7	2 500-2 570	2 620-2 690	FDD
8	40	2 300 - 2 400		TDD
9	38	2 570 - 2 620		TDD
10	42	3400 - 3 600		TDD

¹3GPP – 3rd Generation Partnership Project

Олон улсын 3GPP байгууллагын TDD цараанууд болон тэдгээрийн хувилбаруудаас үүсгэх бодит бүтээгдэхүүнийг харуулсан Хүснэгт 3 болон Үндэсний радио давтамжийн хуваарилалтын хүснэгт, ХХЗХ-ны 2019 оны 23 тогтоолд ашиглахаар заасан РД-ын зурвасуудыг харьцуулан доорх хэсэгт харууллаа.

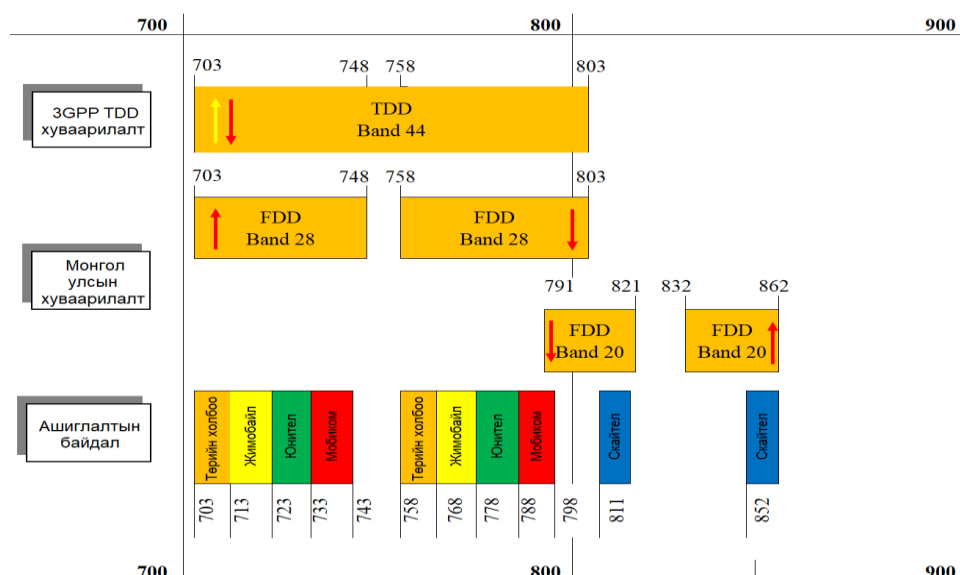
4.2 Үндэсний хүснэгтийн 703-803 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

ХХМТГ-ын 2016 оны А/59 дугаар тушаалаар 703-803 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалтыг хүснэгт 7-т харууллаа.

Хүснэгт 7. 703-803 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт.

ОУЦХБ-ын хуваарилалт I бүс	Үндэсний хуваарилалт	Ашиглалт
694-790 ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ	694-790 ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад)	694-803 МГц зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.
790-862 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ	790-862 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад)	803-960 МГц зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.

Харилцаа холбооны зохицуулах хорооны 2019 оны 23 дугаар тогтоолд 703-803 МГц-ийн зурваст FDD технологиор цараа 20 ба 28-д ашиглахаар төлөвлөгдөж, хуваарилалт, олголт хийгдсэнийг зураг 1-т үзүүлээ.



Зураг.1 703-803 МГц-ийн царааны хуваарилалт, ашиглалт, олголт

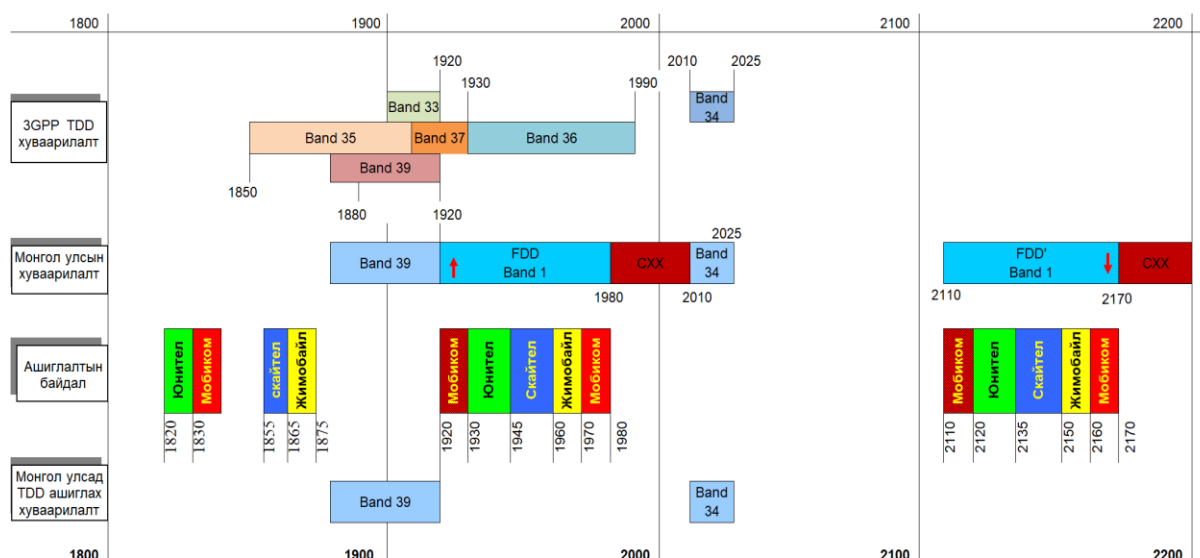
4.3 Үндэсний хүснэгтийн 1710-2025 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

ХХМТГ-ын 2016 оны А/59 дугаар тушаалаар 1710-2025 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалтыг хүснэгт 8-д харууллаа.

Хүснэгт 8. 1710-2025 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт.

ОУЦХБ-ын хуваарилалт I бүс	Үндэсний хуваарилалт	Ашиглалт
1 710-1 930 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨН	1 710-1 930 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	1710-2025 МГц зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.
1 930-1 970 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨН	1 930-1 970 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	1710-2025 МГц зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.
1 970-1 980 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	1 970-1 980 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	
1 980-2 010 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ ХӨДӨЛГӨӨНТ-ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ (газар-сансар)	1 980-2 010 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ ХӨДӨЛГӨӨНТ-ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ (газар-сансар)	1980-2010 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт холбооны үйлчилгээнд ашиглана.
2 010-2 025 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	2 010-2 025 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ	1710-2025 МГц зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.

ХХЗХ-ны 2019 оны 23 дугаар тогтоолд 1710-2025 МГц-ийн радио зурваст TDD технологиор цараа 34 ба 39-д ашиглахаар төлөвлөгдөж, хуваарилалт хийгдсэнийг зураг 2-т үзүүлээ.



Зураг 2. 1710-2025 МГц-ийн зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

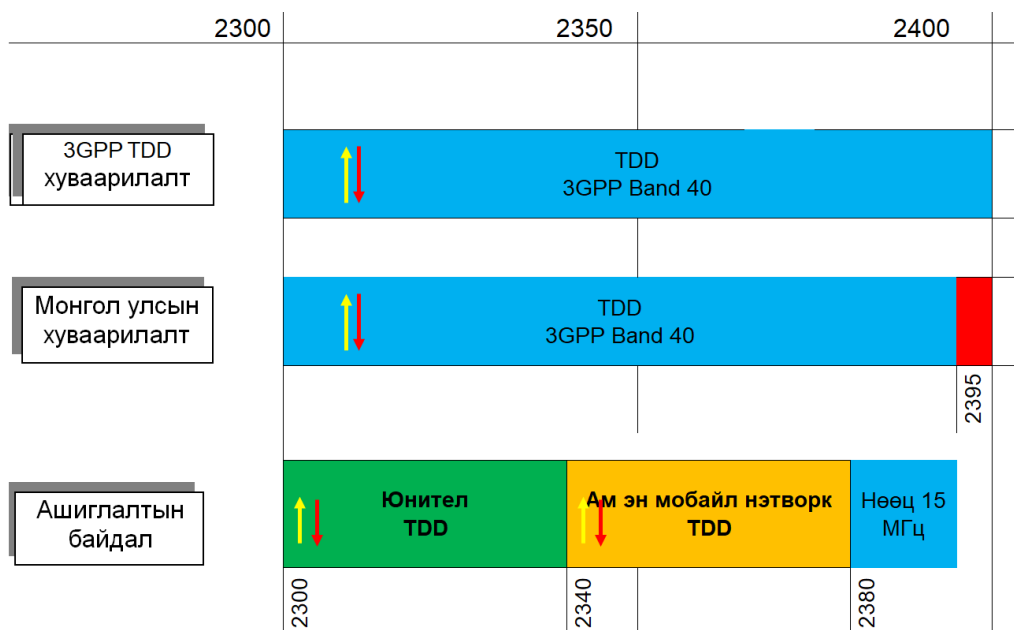
4.4 Үндэсний хүснэгтийн 2300-2400 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

ХХМТГ-ын 2016 оны А/59 дугаар тушаалаар 2300-2400 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалтыг хүснэгт 9-д харууллаа.

Хүснэгт 9. 2300-2400 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт.

ОУЦХБ-ын хуваарилалт I бүс	Үндэсний хуваарилалт	Ашиглалт
2 300-2 450 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ Сонирхогч Радиолокаци	2 300-2 450 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ Сонирхогч Радиолокаци	2300-2400 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.
2 450-2 483.5 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ Радиолокаци	2 450-2 483.5 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ Радиолокаци	2400-2500 МГц давтамжийн зурвасыг Утасгүй дотоод сүлжээ (WLAN)-ний технологиор ашиглана.

ХХЗХ-ны 2019 оны 23 дугаар тогтоолд 2300-2400 МГц-ийн радио зурваст TDD технологиор цараа 34 ба 39-д ашиглахаар төлөвлөгдөж, хуваарилалт хийгдсэнийг зураг 3-т үзүүлээ.



Зураг 3. 2300-2400 МГц-ийн зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

4.5 Үндэсний хүснэгтийн 2500-2700 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

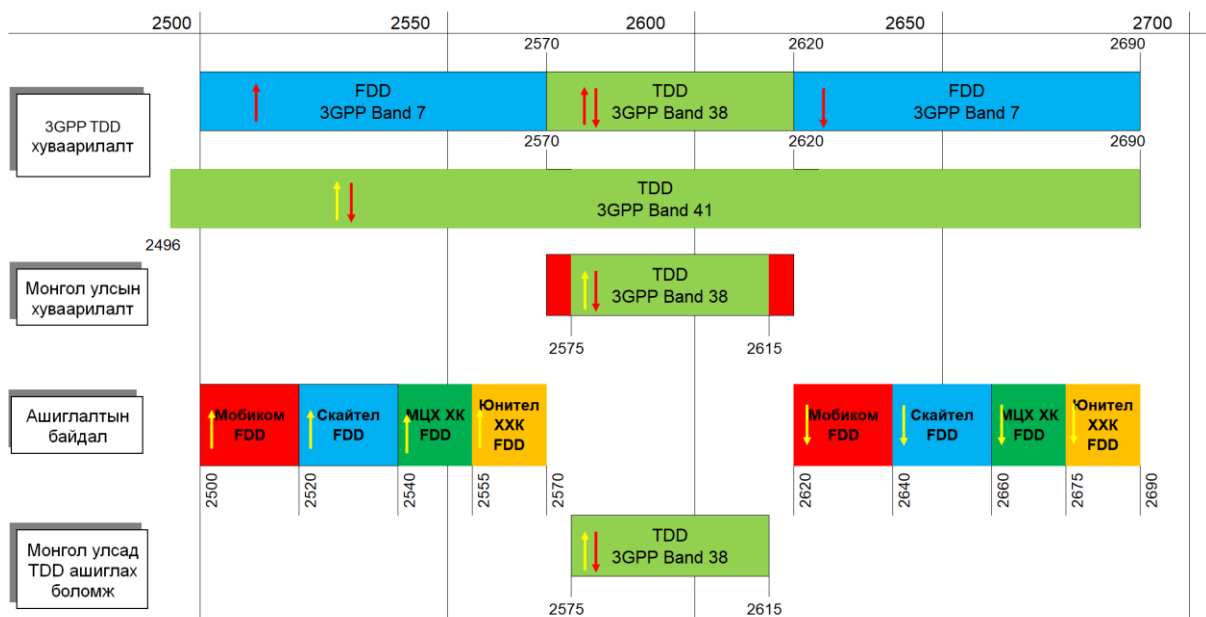
ХХМТГ-ын 2016 оны А/59 дугаар тушаалаар 2500-2700 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалтыг хүснэгт 10-т харууллаа.

Хүснэгт 10. 2500-2700 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт.

ОУЦХБ-ын хуваарилалт I бүс	Үндэсний хуваарилалт	Ашиглалт
2 500-2 520 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад)	2 500-2 520 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН ХӨДӨЛГӨӨНТ	2500-2700 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.

	(сансар-газар)	
2 520-2 655 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ- ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ	2 520-2 655 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ- ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ	
2 655-2 670 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) 5.384А ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ- ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ Дэлхий судлах хиймэл дагуул (идэвхигүй) Одон орон судлал Сансар судлал (идэвхигүй)	2 655-2 670 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) ӨРГӨН НЭВТРҮҮЛЭГ- ХИЙМЭЛ ДАГУУЛ Дэлхий судлах хиймэл дагуул (идэвхигүй) Одон орон судлал Сансар судлал (идэвхигүй)	
2 670-2 690 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС 5.410 ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) 5.384А Дэлхий судлах хиймэл дагуул (идэвхигүй) Одон орон судлал Сансар судлал (идэвхигүй)	2 670-2 690 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХӨДӨЛГӨӨНТ (агаарын хөдөлгөөнт үйлчилгээнээс бусад) Дэлхий судлах хиймэл дагуул (идэвхигүй) Одон орон судлал Сансар судлал (идэвхигүй)	2500-2700 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны системд ашиглана.

ХХЗХ-ны 2019 оны 23 дугаар тогтоолд 2500-2700 МГц-ийн радио зурваст TDD технологиор цараа 38-д ашиглахаар төлөвлөгдөж, хуваарилалт хийгдсэнийг зураг 4-т үзүүллээ.



Зураг 4. 2500-2700 МГц-ийн зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

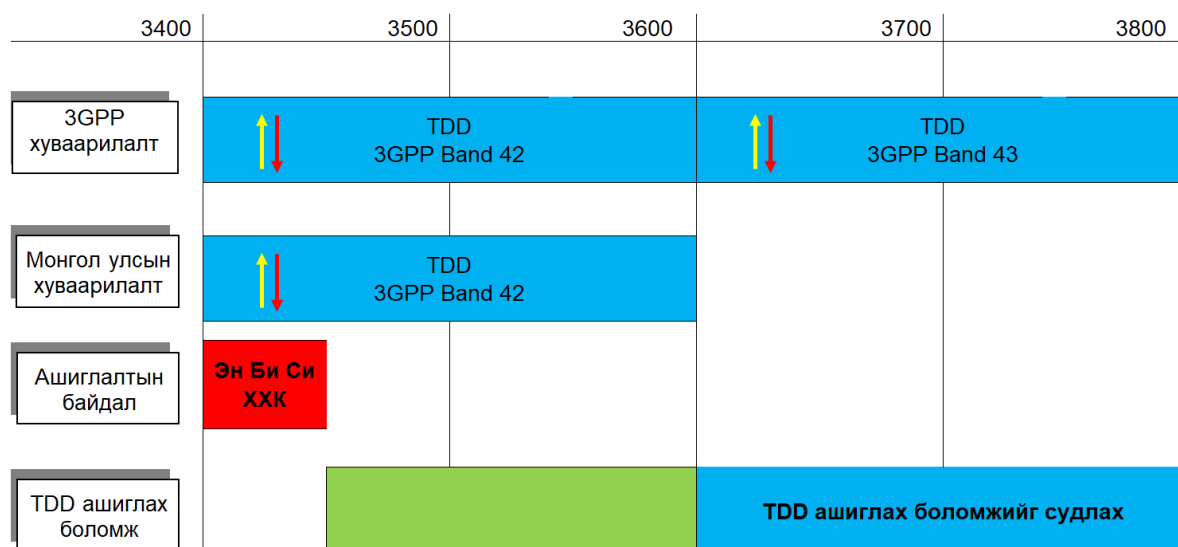
4.6 Үндэсний хүснэгтийн 2300-2400 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

ХХМТГ-ын 2016 оны А/59 дугаар тушаалаар 2300-2400 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалтыг хүснэгт 9-д харууллаа.

Хүснэгт 9. 3400-3600 МГц-ийн радио зурвасын хуваарилалт.

ОУЦХБ-ын хуваарилалт I бүс	Үндэсний хуваарилалт	Ашиглалт
3 400-3 600 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт Радиолокаци	3 400-3 600 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт Радиолокаци	3400-4200 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг (downlink) Хиймэл дагуулын хөдөлгөөнт бус үйлчилгээнд (FSS) ашиглана. 3400-3600 МГц-ийн давтамжийн зурвасыг
3 600-4 200 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт	3 600-4 200 ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС ХИЙМЭЛ ДАГУУЛЫН- ХӨДӨЛГӨӨНТ БУС (сансар-газар) Хөдөлгөөнт	2016.04.01-ээс Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбооны (802.16 g,m) утасгүй өргөн зурвасын хөдөлгөөнт интернетийн үйлчилгээнд ашиглана.

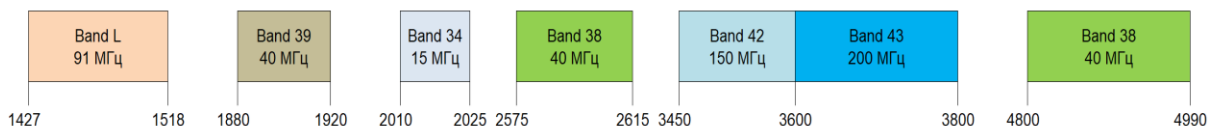
ХХЗХ-ны 2019 оны 23 дугаар тогтоолд 3400-3800 МГц-ийн радио зурваст TDD технологиор цараа 42-т ашиглахаар төлөвлөгдөж, хуваарилалт хийгдсэнийг зураг 5-т үзүүлээ.



Зураг 5. 3400-3800 МГц-ийн зурвасын хуваарилалт, ашиглалт, олголт

Тав. Спектрийг TDD хуваарилалтаар ашиглах зөвлөмж

5.1 Дэлхийн Радио Холбооны Их Хурлаар (ДРИХ) олон улсын радиогийн дүрэм, Үндэсний радио давтамжийн хуваарилалтын хүснэгт, ХХЗХ-ны 2019 оны 23 тогтоолоор хуваарилагдсан радио зурвасаас TDD технологид зураг 6 үзүүлсэн цараануудыг ашиглах.



5.2 Дэвшилтэт сүлжээг нэвтрүүлэх, спектрийн үр ашгийг дээшлүүлэх зорилгоор TDD спектрийн нөөцлөх ба хуваарилах, оператор нарт цаг тухайд нь олгох.

Хөдөлгөөнт өгөгдлийн ачааллын өсөлт нь хангалттай хэмжээний TDD спектрийг цаг тухайд нь авахыг шаарддаг. Холбогдох TDD цараа нь Европын орнуудад 2.3, 2.6, 3.5, 3.7 ГГц, Хойд Америкт 2.6, 3.5, 3.7 ГГц, Зүүн Өмнөд Азид 2.3 ГГц болон Хятад, Өмнөд Африкад 2.6 ГГц ордог.

5.3 Улсын хэмжээнд 2.6, 3.5, 3.7 ГГц-ийн TDD царааны иж бүрэн төлөвлөгөөг хэрэгжүүлэхийг зөвлөж байна.

TDD-ийн нийтлэг ашиглагдах 2.6, 3.5 болон 3.7 ГГц цараанууд орж байна. TDD царааны иж бүрэн төлөвлөгөө нь нэг цараанд FDD ба TDD дуплекс горимуудыг холимог/зэрэгцэн ашиглалтаас үүдэлтэй нарийн төвөгтэй асуудлуудаас зайлсхийх болно.

5.4 TDD спектрийн хуваарилалтыг өргөтгөхийн ашиг тус нь өргөн зурвас ашигладаг хөдөлгөөнт өргөн зурвасын хэрэглээг нэмэгдүүлэх болон сүлжээний бүтээмжийг сайжруулахад тустай.

TDD-ийн шаардлагад нийлмэл үргэлжилсэн өргөн спектрийн хуваарилах нь чухал бөгөөд харин хэсэгчилсэн хуваарилалт нь хамгийн өндөр хурдыг өгч чаддаггүй, хангалттай багтаамжтай бус байдаг.

Спектрийг хэсэгчлэн хуваарилах үйл ажиллагаа нь илүү нарийн, үнэтэй техникийн шийдлийг шаарддаг. Оператор бүрт олгогдсон хамгийн бага блокийн хэмжээ нь 2.3 ба 2.6 ГГц цараанд ≥ 20 МГц болон 3.5 ба 3.7 ГГц цараанд ≥ 40 МГц байх ёстой.

5.5 Синхрончлолгүй TDD-ийн сүлжээтэй хамтран ажиллахын тулд спектрийг хамгийн үр ашигтай ашиглах хамгаалалтын зурвасууд нь олон тооны TD-LTE сүлжээнүүдийн хоорондоо синхрончлогдсон ажиллагаатай байхыг зөвлөмж байна.

Синхрончлогдсон ажиллагаа нь TDD сүлжээнүүдийн хамтр зэрэгцэн ажиллах ба спектрийг дээд зэргээр ашиглах хамгийн хэмнэлттэй, боломжтой арга юм. Синхрончлолын шийдлүүд нь хөндлөнгийн нөлөөллийг бууруулах ба синхрончлогдсон бус ажиллагаа нь боломжтой боловч хангалттай хамгаалалтын зурвас шаарддаг. Түүнчлэн RF-ийн тавигдах шаардлага илүү хүчтэй болох ба хөндлөнгийн нөлөөллөөс сэргийлэхийн тулд байршлын инженерчлэлийн нарийн төвөгтэй байдлаас зайлсхийх хэрэгтэй болдог.

Боловсруулсан:

М.Наранбаатар

/РДЗХГ-ын ахлах мэргэжилтэн/