



5G ДАРАА ҮЕИЙН ХӨДӨЛГӨӨНТ ХОЛБООНЫ ҮНДСЭН ОЙЛГОЛТ

2023 оны 7 дугаар сарын 9



ХАРИЛЦАА ХОЛБООНЫ
ЗОХИЦУУЛАХ
ХОРОО

Хөдөлгөөнт холбооны 5-р үеийн сүлжээ нь өгөгдөл дамжуулах хурд, багтаамж болон давтамжийн үр ашигтай зарцуулалтын хувьд онцгой дэвшил гаргаж буй ба Юмсын интернэтийн хэрэглээг шинэ үсрэнгүй түвшинд хүргэх хүлээлтийг үүсгэсэн.

Чулуунбатын Пүрэвсүрэн

Харилцаа Холбооны Зохицуулах Хороо,
ЗБХГ-ын Технологийн хөгжлийн төвийн
судалгаа хариуцсан мэргэжилтэн



Гарчиг

ХУРААНГУЙ	4
1 ХӨДӨЛГӨӨНТ ХОЛБООНЫ ХӨГЖЛИЙН ҮЕҮД	4
2 ХӨДӨЛГӨӨНТ ХОЛБООНЫ 5-Р ҮЕИЙН ҮНДСЭН АРХИТЕКТУР	5
2.1 Цөм.....	7
2.1.1 Цөмийн үндсэн функцууд.....	7
2.1.2 Сервисд суурилсан архитектур (Service based architecture)	9
2.1.3 Үүлэн-уугуул, Ирмэг тооцоолол (Cloud-native, Edge Computing)	9
2.2 Радио сүлжээ	11
2.2.1 Үндсэн бүтэц	11
2.2.2 Шинэ радио	13
2.2.3 Дамжуулах сүлжээ	14
2.2.4 Integrated access and backhaul (IAB) (Нэгдмэл хандалт ба гол шугам).....	16
2.3 Сүлжээний хэрчим	17
2.4 5G сүлжээний чанарын үзүүлэлт QoS	18
3 ДАВТАМЖИЙН ХУВААРИЛАЛТ	21
3.1 ОУЦХБ-ЫН ДАВТАМЖИЙН БҮСЧЛЭЛ	21
3.2 5-Р ҮЕИЙН СҮЛЖЭЭНД АШИГЛАХ ДАВТАМЖИЙН ХҮСНЭГТ	22
4 5G СҮЛЖЭЭ РҮҮ ШИЛЖИХ ХУВИЛБАРУУД	25
5 5G-ADVANCED	28
6 5G ОЛОН УЛСЫН НЭВТРЭЛТИЙН БАЙДАЛ	31
7 АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛЫН ЖАГСААЛТ	34
8 ХАВСРАЛТУУД	36
8.1 Хавсралт 1: ОУЦХБ-ЫН РАДИО ДАВТАМЖИЙН БАЙГУУЛЛАГААС 5Ж СҮЛЖЭЭНД АШИГЛАХ ЗОРИУЛАЛТААР ХУВААРИЛСАН ДАВТАМЖИЙН БҮЛГИЙГ БАГААС ИХ ДАВТАМЖ РУУ ЖАГСААСАН БАЙДАЛ	36
8.2 Хавсралт 2: ОУЦХБ-ЫН РАДИО ДАВТАМЖИЙН БАЙГУУЛЛАГААС 5Ж СҮЛЖЭЭНД АШИГЛАХ ЗОРИУЛАЛТААР ХУВААРИЛСАН ДАВТАМЖИЙН БҮЛГИЙГ ИХЭЭС БАГА ЦАРАА РУУ ЖАГСААСАН БАЙДАЛ	38
8.3 Хавсралт 3: 5Ж СҮЛЖЭЭНИЙ ҮЙЛЧИЛГЭЭНИЙ ЧАНАРЫН ҮЗҮҮЛЭЛТ (QUALITY OF SERVICE – QoS)	40
8.4 Хавсралт 4: IMT-2020 СТАНДАРТЫН ШААРДЛАГЫГ 3GPP БАЙГУУЛЛАГЫН ШИЙДЭЛ ХАНГАСАН ҮЗҮҮЛЭЛТИЙН ХҮСНЭГТ	42
9 ТОВЧЛОЛ, НЭР ТОМЬЁО	44



Хүснэгтийн жагсаалт

Хүснэгт 1-1: Хөдөлгөөнт холбооны хөгжлийн үе.....	4
Хүснэгт 2-1: 4G болон 5G-гийн харьцуулалт [3], (ITU)	5
Хүснэгт 2-2: LTE/LTE-Advanced үед тодорхойлогдож, 5G сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (QoS parameters)(5QI – 5G QoS Identifier).....	18
Хүснэгт 2-3: LTE-Advanced-Pro үед тодорхойлогдож, 5G сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (5QI – 5G QoS Identifier).....	19
Хүснэгт 2-4: 5G сүлжээнд шинээр тодорхойлогдсон Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд ...	20
Хүснэгт 3-1: 3GPP стандартад 5Ж сүлжээний давтамжийг бүлэглэсэн байдал (2022 оны 9-р сар) [12].....	22
Хүснэгт 3-2: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) [12][8].....	23
Хүснэгт 3-3: 5Ж сүлжээний FR2 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) [12][8].....	25
Хүснэгт 4-1: 5Ж сүлжээнд шилжих хувилбаруудын онцлог [13]	26
Хүснэгт 8-1: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) (2022 оны 8-р сарын 8- ны байдлаар) [12][8] Давтамжийг багаас их рүү жагсаасан	36
Хүснэгт 8-2: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) (2022 оны 8-р сарын 8-ны байдлаар) [12][8] Давтамжийн царааны өргөнийг ихээс бага рүү жагсаасан.....	38
Хүснэгт 8-3: 5Ж сүлжээнд тодорхойлогдсон Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (5QI – 5G Quality Identicators).....	40
Хүснэгт 8-4: NR уруудах шугамын хамгийн өндөр хурд [27]	42
Хүснэгт 8-5: NR өгсөх шугамын хамгийн өндөр хурд [27].....	42



Зургийн жагсаалт

Зураг 1-1: ОУЦХБ-ын хөдөлгөөнт холбооны стандартууд [3], (ITU).....	5
Зураг 2-1: Хөдөлгөөнт холбооны 4 болон 5-р үеийн технологийн ерөнхий бүтэц [3].....	7
Зураг 2-2: 5G цөмийн сүлжээний функцууд.....	9
Зураг 2-3: 5Ж үүлэн-уугуул бүтцийн түвшингүүд.....	10
Зураг 2-4: 5Ж сүлжээний хэрчим үүсгэхэд ирмэг тооцоолол, үүлэн тооцоолол бүтцийг зохион байгуулах бүдүүвч.....	10
Зураг 2-5: IMT-2020 сүлжээний бүтцэд Ирмэг тооцоолол холбогдсон бүдүүвч.....	11
Зураг 2-6: 5Ж Тусгаар бус сүлжээний архитектур [9].....	12
Зураг 2-7: 5Ж Тусгаар сүлжээний архитектур [9].....	13
Зураг 2-8: 5Ж Шинэ радиогийн фрэйм бүтцийн хувилбарууд (эх үүсвэр: 3GPP).....	14
Зураг 2-9: 5Ж сүлжээний бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг дамжуулах сүлжээгээр холбосон бүдүүвч [10].....	15
Зураг 2-10: 5Ж сүлжээний дамжуулах байгууламжийн үндсэн бүтэц [10].....	15
Зураг 2-11: IAB холболтын бүдүүвч; а) Тусгаар сүлжээнд 5Ж Цөмтэй холбогдсон IAB-бааз станц, б) Тусгаар бус сүлжээнд 4Ж Цөмтэй холбогдсон IAB-бааз станц.....	16
Зураг 2-12: Нэгдмэл хандалт ба гол шугам (Integrated Access Backhaul) [11].....	17
Зураг 2-13: IMT-2020 стандартын Сүлжээний хэрчим концепц.....	17
Зураг 2-14: Сүлжээний хэрчим үүсгэлтийн жишээ.....	18
Зураг 3-1: Давтамжийн бүлгийн багтаамж, хамрах хүрээний хамаарал [3].....	21
Зураг 3-2: ОУЦХБ-ын Давтамжийн бүсүүд.....	21
Зураг 3-3: ОУЦХБ-ын WRC хурлуудаас Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбоонд зориулан тодорхойлсон зурвасын нийт өргөн.....	22
Зураг 3-4: 3GPP байгууллагын 5Ж сүлжээний давтамжийн бүлэг.....	23
Зураг 4-1: 4Ж-ээс 5Ж рүү шилжих тусгаар болон тусгаар бус сүлжээний хувилбарууд [13].....	26
Зураг 4-2: 4Ж сүлжээнээс ТБС 3-р хувилбарт шилжих [13].....	27
Зураг 4-3: ТБС 3-р хувилбараас ТБС 7, ТС 5 -р хувилбарт шилжих [13].....	28
Зураг 5-1: 3GPP байгууллагын 5Ж сүлжээний хувьсал.....	29
Зураг 5-2: 5G-Advanced сүлжээний үндсэн шинж чанарууд [6].....	29
Зураг 6-1: 5Ж сүлжээ ашиглалтанд оруулсан болон оруулахаар ажиллаж буй оператор компаниудын тоо [7].....	31
Зураг 6-2: 5Ж сүлжээний нэвтрэлт дэлхий даяар, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7].....	32
Зураг 6-3: 5Ж хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн нэр төрөл, [7].....	32
Зураг 6-4: Дэлхий даяар 5Ж сүлжээнд ашиглаж буй давтамжийн зурвасын тархалт, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7].....	33
Зураг 6-5: 5Ж сүлжээний давтамжийн зурвас тус бүр дээр ажилладаг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн тоо, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7].....	34

Хураангуй

Хөдөлгөөнт холбооны 5-р үеийн сүлжээ нь өндөр хурд, найдваржилт, багтаамж, бага хоцролт, давтамжийн үр ашгийг шинэ түвшинд гаргаж буй технологи болж байгаа билээ.

5G технологи нь хөдөлгөөнт холбооны нэмэгдүүлсэн өндөр хурдыг дэмжих eMBB, хэт найдвартай бага хоцролттой холболт URLLC, асар олон төхөөрөмжийн холболт mMTC гэсэн сүлжээний хэрчим үүсгэх чадвартай бөгөөд өмнөх хөдөлгөөнт холбооны үеүдийн бүх үйлчилгээг хүргэх чадвартайгаас гадна Юмсын интернэт, M2M холболтыг технологийн шинэ шатанд гаргаж, аж үйлдвэрийн салбаруудын цахим шилжилтийг дэмжих шийдэл байх юм.

1 Хөдөлгөөнт холбооны хөгжлийн үеүд

Хөдөлгөөнт холбооны технологид суурилсан үйлчилгээ 1980-аад онд зах зээлд нэвтэрч, 1-р үе нь бүрэн аналог технологи байсан ба зөвхөн телефон ярианы үйлчилгээг хүргэх чадвартай байв. 1990-ээд оны эхэнд тоон технологид суурилсан 2-р үеийн хөдөлгөөнт холбоо зах зээлд нэвтэрсэн нь үсрэнгүй дэвшил авчирч, роуминг, богино текст (SMS), өгөгдөл дамжуулах зэрэг шинэлэг үйлчилгээг нэвтрүүлжээ.

Хүснэгт 1-1: Хөдөлгөөнт холбооны хөгжлийн үе

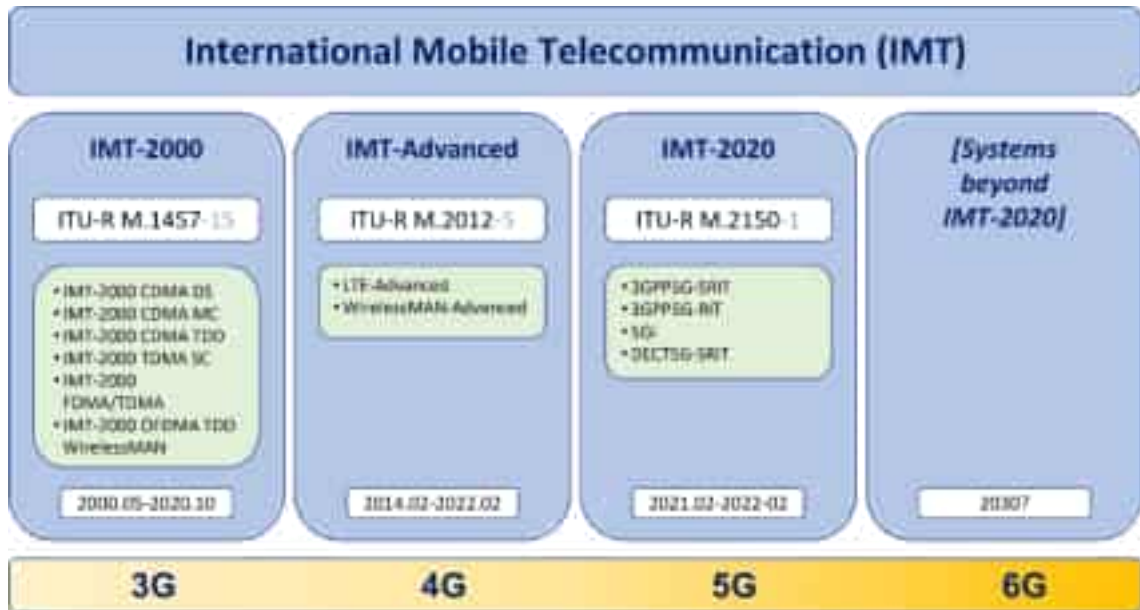
	2G	3G	4G	5G
Нэвтэрсэн хугацаа (ойролцоогоор)	1990 – 2000	2000 – 2010	2010 – 2020	2020 – 2030
Өгөгдөл дамжуулах дундаж хурд	Хэдэн арваас хэдэн зуун кбит/сек	Мбит/сек-ээс хэдэн арван Мбит/сек	Хэдэн арваас нэжгээд зуун Мбит/сек	Хэдэн зуун Мбит/сек-ээс нэжгээд Гбит/сек
Хоцролт	Хэдэн зуун мсек	Нэжгээд зуун мсек	Нэжгээд арван мсек	< 10 мсек

Хөдөлгөөнт холбооны 3-р үед багцын холболтын (Packet switching) технологи шинээр нэвтэрч, өгөгдөл, MMS дамжуулахад ашиглагдан, телефон яриа болон богино текст сувгийн холболтоор (Circuit switching) хийгддэг байв. 4-р үеээс эхлэн хөдөлгөөнт холбооны систем нь бүрэн IP холболт (багцын холболт) рүү шилжсэн.

Хөдөлгөөнт холбооны технологийн хөгжил дараа үе рүү шилжих болгондоо өгөгдөл дамжуулах илүү өндөр хурд, илүү их багтаамж, илүү бага хоцролт, давтамжийн илүү ашигтай дамжуулал болон уян хатан шийдэл, үйлчилгээний илүү өндөр чанарын үзүүлэлтийг бий болгож ирсэн байна. 3-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны технологиос хойш өргөн зурвасын үйлчилгээ буюу интернэтийн холболт хөдөлгөөнт холбооны давамгайлах үйлчилгээ болсон.

Хөдөлгөөнт холбооны 5-р үеийн технологид тавигдах техникийн үзүүлэлт нь ОУЦХБ-ын ITU-R M.2150-1 “Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)” (“Олон улсын хөдөлгөөнт харилцаа холбоо-2020-н газрын радио интерфэйсийн дэлгэрэнгүй тодорхойлолт”) стандартад тодорхойлогдсон.

ОУЦХБ-ын IMT стандартууд нь хөдөлгөөнт холбооны ерөнхий стандарт бөгөөд тус стандартын шаардлагыг хангасан технологийн шийдэл, түүнийг тодорхойлсон стандартууд нь хөдөлгөөнт холбооны бодит шийдэл болон зах зээлд нэвтэрсэн байдаг. Зураг 1-1-т IMT ерөнхий стандартууд болон түүний шаардлагыг хангасан технологийн шийдлийн стандартуудыг (ногоон өнгөтэй хүснэгт) харуулсан байна.



Зураг 1-1: ОУЦХБ-ын хөдөлгөөнт холбооны стандартууд [3], (ITU)

ОУЦХБ-аас IMT-2020 стандартын шаардлагыг одоогоор хангасан гэж үзсэн 4 технологи, түүний дагалдах стандартуудыг зарласан байна. Эдгээр нь Зураг 1-1-т харуулсан дараах технологиуд юм.

- 3GPP 5G-SRIT
- 3GPP 5G-RIT
- 5Gi
- DECT 5G-SRIT

2 Хөдөлгөөнт холбооны 5-р үеийн үндсэн архитектур

5-р үеийн хөдөлгөөнт холбоо нь 4G буюу LTE-тэй харьцуулахад радио интерфэйсийн хурд 10-20 дахин, үелзлийн өгөөж 2 дахин, төхөөрөмжийн хөдлөх хурд 1,5 дахин тус тус өсч, хоцролт 10 дахин буурах сайжруулалтыг авчирч байгаа юм.

Хүснэгт 2-1: 4G болон 5G-гийн харьцуулалт [3], (ITU)

	IMT-Advanced (4G)	IMT-2020 (5G)
Оргил хурд (багадаа)	Уруудах шугам: 1 Гбит/сек Өгсөх шугам: 0,05 Гбит/сек	Уруудах шугам: 20 Гбит/сек Өгсөх шугам: 10 Гбит/сек
Нэг хөдөлгөөнт төхөөрөмжид мэдрэгдэх хурд	10 Мбит/сек	100 Мбит/сек



Үелзлийн оргил өгөөж	Уруудах шугам: 15 бит/сек/Гц Өгсөх шугам: 6,75 бит/сек/Гц	Уруудах шугам: 30 бит/сек/Гц Өгсөх шугам: 15 бит/сек/Гц
Хөдөлгөөн	350 км/цаг	500 км/цаг
Хэрэглэгчийн давхаргын хоцролт	10 мсек	1 мсек
Холболтын нягтрал	1 кв.км-т 100 мянган хэрэглэгч	1 кв.км-т 1 сая хэрэглэгч
Ачааллын багтаамж	0,1 Мбит/сек/кв.м	10 Мбит/сек/кв.м (хэрэглээ өндөр цэгүүдэд)

Зураг 1-1-т харуулснаар ОУЦХБ-ын IMT-2020 стандартын шаардлагыг хангасан гэж үзсэн 4 стандартууд байгаа бөгөөд эдгээрээс 3GPP (3rd Generation Partnership Project) байгууллагын 2019 онд гаргасан Хэвлэл (Release) 15 болон түүнээс хойшхи Хэвлэл 16, 17, 18 зэрэг стандартуудад тодорхойлогдсон технологийн шийдлүүд нь хамгийн өргөн түгсэн, нийтлэг хэрэглэгдэж буй шийдэл юм.

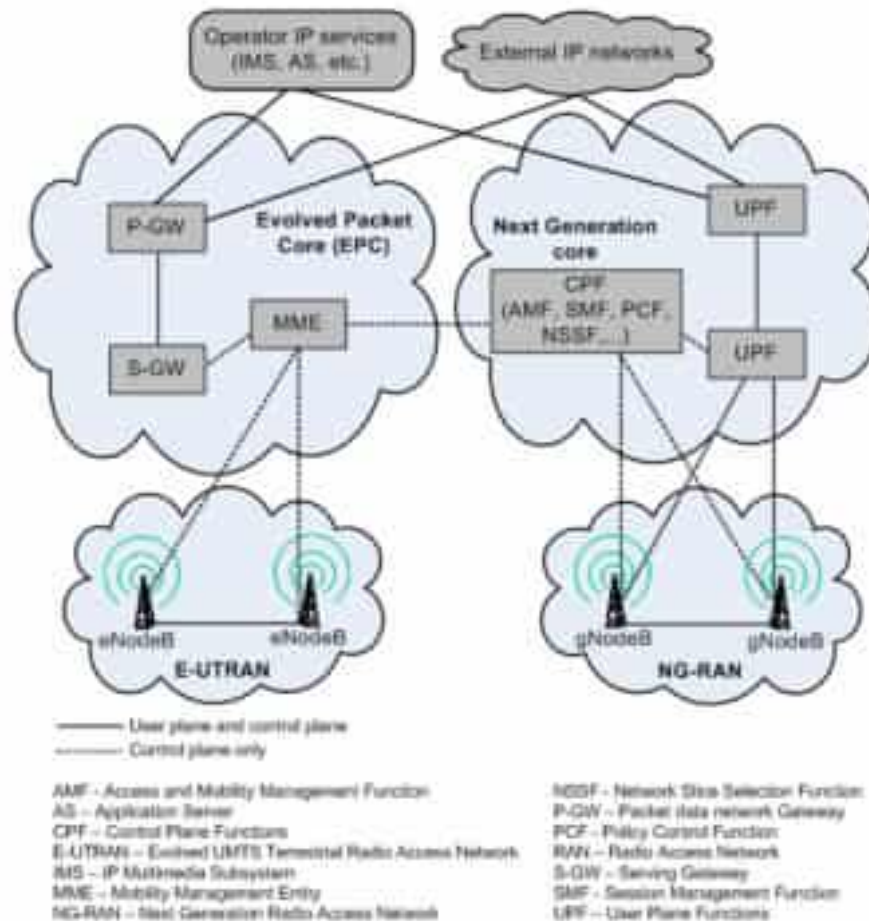
5Gi стандартын багц нь Энэтхэг улсад хөгжүүлсэн, тухайн улсын хөдөө орон нутаг, алслагдмал газар нутгийг 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбоогоор хангахад зориулагдсан, 3GPP байгууллагын стандартаас ялгаатай шийдэл юм.

DECT5G-SRIT нь European Telecommunications Standards Institute (ETSI) (Европын Харилцаа Холбооны Стандартын Хүрээлэн) болон DECT Forum (DECT (Digital Enhanced Cordless Telecommunications) технологийн олон улсын ассоциаци) байгууллагуудын хамтран хөгжүүлсэн стандарт юм. DECT нь харилцаа холбооны утасгүй холболтын олон төрлийн үйлчилгээнд өргөн ашиглагддаг технологи юм.

DECT5G-SRIT нь утасгүй телефон, дуун урсгал, мэргэжлийн аудио төхөөрөмж, аж үйлдвэр болон ухаалаг хотод зориулсан юмсын интернэт хэрэглээнд зориулсан хялбаршуулсан шийдэл гэж болох технологи юм.

Энэхүү танилцуулгад IMT-2020 болон 3GPP байгууллагын 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны технологийн шийдэл, техникийн үзүүлэлтүүдийг дэлгэрэнгүй тусгасан.

5-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны холболтын зарчим нь бүрэн интернэт протокол (all-IP) дээр суурилсан бөгөөд Дараа үеийн цөм (Next generation core), Дараа үеийн радио хандалтын сүлжээ (Next generation radio access network) гэсэн үндсэн хоёр хэсгээс бүрддэг.



Зураг 2-1: Хөдөлгөөнт холбооны 4 болон 5-р үеийн технологийн ерөнхий бүтэц [3]

5-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны цөмийг **5Ж Цөм** (5G Core), радио хандалтын сүлжээг **5Ж Шинэ Радио** (5G NR - New Radio) гэж мөн нийтлэг нэрлэдэг.

2.1 Цөм

5Ж цөмийн функцуудыг Хяналтын давхаргын функц (ХЯДФ)(Control plane functions), Хэрэглэгчийн давхаргын функц (ХЭДФ)(User plane functions) гэсэн ангилалд ерөнхийлөн хуваадаг бөгөөд энэ нь мэдээллийн технологийн шинэ үйлчилгээнүүдийг 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны сүлжээтэй интеграц хийхэд маш нээлттэй, уян хатан болгож өгсөн.

2.1.1 Цөмийн үндсэн функцууд

5Ж цөм нь сүлжээний нөүд биш, сүлжээний функцуудээс бүрддэг бөгөөд AMF, SMF, UPF, NRF, NEF, UDM, AUSF, NSSF гэх зэрэг тодорхой зориулалт, ажиллагаатай сүлжээний функцуудээс бүрдэнэ. Сүлжээний функц (СФ) нь тодорхой үйлдлийг гүйцэтгэх зориулалттай модулярь программ хангамж бөгөөд бусад СФ-тэй сервис үзүүлэх болон авах зарчмаар холбогдон ажиллаж, Цөмийн цогц ажиллагааг хангахад оролцдог. Цөмийн үндсэн функцуудээс дурьдвал:

AMF (Access and Mobility management Function) (Хандалт болон хөдөлгөөний удирдлагын функц)(ХХУФ) нь дараах үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

- Хандалтын бус давхаргын (ХБД) дохиолол төгсгөлт (Non-Access Stratum (NAS) signaling termination);
- ХБД дохиоллын аюулгүй байдал (NAS signaling security);



- Хандалтын давхаргын (ХД) аюулгүй байдлын хяналт (Access Stratum (AS) Security control);
- 3GPP хандалтын сүлжээ хооронд шилжин хөдлөх цөм хоорондын дохиолол (Inter CN node signaling for mobility between 3GPP access networks);
- Хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн (ХТ) ашиглагдаагүй үеийн бүртгэл (Idle mode UE reachability);
- Бүргэлийн бүсүүдийн удирдлага (Registration Area management);
- Систем дотор болон систем хоорондын хөдөлгөөний дэмжлэг (Support of intra-system and inter-system mobility);
- Хандалтын танилт (Access Authentication);
- Хандалтын зөвшөөрөл, роуминг үйлчилгээний эрх шалгах г.м. (Access Authorization including check of roaming rights);

SMF (Session Management Function) (Сейшн удирдлагын функц) нь дараах үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

- Сейшн удирдлага (Session Management);
- Хэрэглэгчийн төхөөрөмжид IP хаяг олголт, удирдлага (UE IP address allocation and management);
- ХЭДФ сонголт, хяналт (Selection and control of UPF);
- ХЭДФ дэх ачааллын жолоодлого, зөв замчлал сонголт (Configures traffic steering at UPF to route traffic to proper destination);
- Үйлчилгээний эрхийн хэрэгжилт, үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийн (ҮЧҮ) хяналт (Control part of policy enforcement and QoS);
- Уруудах шугамын өгөгдлийн мэдэгдэл (Downlink Data Notification);

UPF (User Plane Function) (Хэрэглэгчийн давхаргын функц)(ХЭДФ) нь дараах үйлдлүүдийг гүйцэтгэнэ. Үүнд:

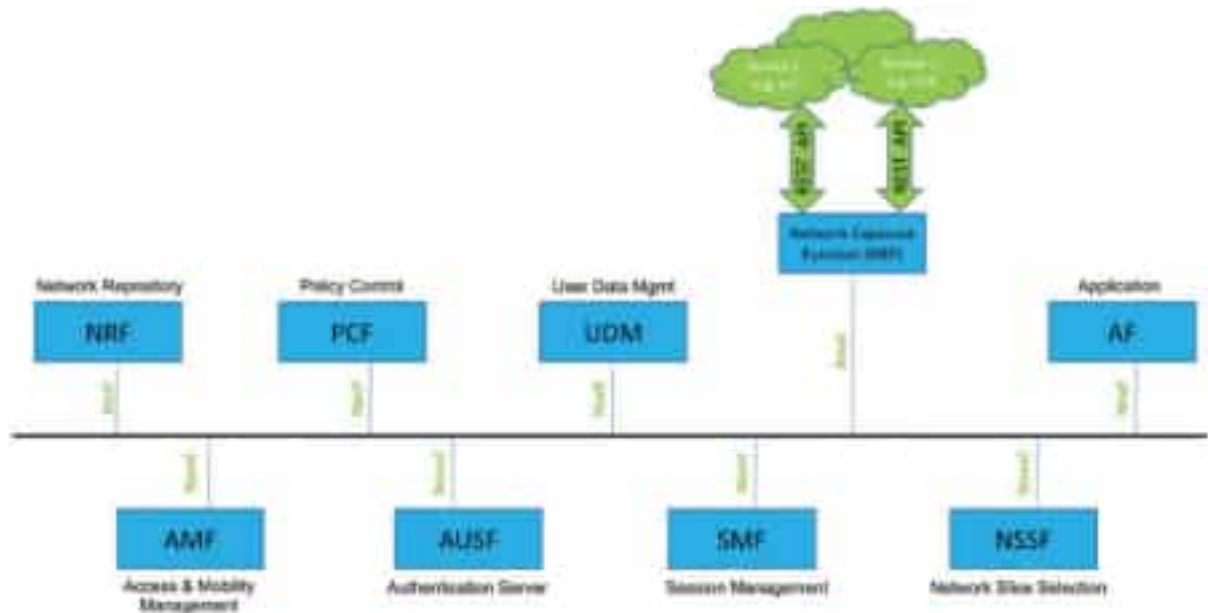
- Радио хандалтын технологи дотор болон хооронд шилжих хөдөлгөөний холбох цэг (Anchor point for Intra-/Inter-RAT mobility);
- Гадны өгөгдлийн сүлжээний сейшнийг харилцан холбох цэг (External PDU session point of interconnect to Data Network);
- Багцын замчлал, дамжуулал (Packet routing & forwarding);
- Багц шинжлэл, ХЭДФ дэх үйлчилгээний эрхийн хэрэгжилт (Packet inspection and User plane part of Policy rule enforcement);
- Ачааллын тайлан (Traffic usage reporting);
- Өгөгдлийн сүлжээ рүү ачаалал замчлах зорилгоор өгсөх шугамын ангилал үүсгэлт (Uplink classifier to support routing traffic flows to a data network);
- PDU зэрэг сейшний салаалах цэг (Branching point to support multi-homed PDU session);
- ХЭДФ дэх ҮЧҮ боловсруулалт, Ж: багц филтердэх, гарц үүсгэх, ӨШ/УШ-ын сувгийн хурдны тохиргоо (QoS handling for user plane, e.g. packet filtering, gating, UL/DL rate enforcement);
- Өгсөх шугамын ачаалал баталгаажуулалт (Uplink Traffic verification (SDF to QoS flow mapping));
- Уруудах шугамын багц буфферлэлт, өгөгдлийн мэдэгдэл үүсгэлт (Downlink packet buffering and downlink data notification triggering);

Network Repository Function (NRF) (Сүлжээний агуулагч функц): Бүртгэх, бүртгэлээс хасах, баталгаажилт, нээн танилт зэрэг Сүлжээний функцуудыг удирдахад оролцдог (support for NF services management including registration, deregistration, authorization and discovery).

Network Exposure Function (NEF) (Сүлжээний нээгч функц): Сүлжээний функцын үйлчилгээнүүдийг гурав дагч этгээдийн сүлжээ, технологитой интеграц хийх боломж бүрдүүлдэг ба эдгээр нь үйлчилгээний чанарын ажиглалт, үйлчилгээ идэвхжүүлэлт, ачааллын замчлал, үйлчилгээний эрх, төлбөр тооцооны зохицуулалт зэрэг үйлдлүүд байдаг.

2.1.2 Сервисд суурилсан архитектур (Service based architecture)

Өмнөх үеийн хөдөлгөөнт холбоог бодвол 3GPP-ийн 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбооны цөм нь сервисд суурилсан архитектуртай. Цөмийг бүрдүүлдэг Сүлжээний функцууд (СФ) нь тус бүрдээ программ хангамжийн багц бөгөөд харилцан бие биедээ стандарт интерфэйсээр дамжуулан сервис үзүүлж, авдаг гэсэн үг юм. Сүлжээний агуулагч функц NRF нь цөмийн дотоод СФ-үүд хоорондоо сервис үзүүлэх, авах ажиллагааг хянан зохицуулдаг бол Сүлжээний нээгч функц NEF нь 5Ж цөмийн гадна буй гуравдагч талын программ хангамж, системүүд цөмийн СФ-ийн сервисүүдийг таньж олох, авах, хамтрах үйлдлийг REST API интерфэйсээр дамжуулан гүйцэтгэх боломжтой болгодог.



Зураг 2-2: 5G цөмийн сүлжээний функцууд

Сервисд суурилсан архитектур нь программ хангамжийн сүүлийн үеийн дэвшилтэт технологи, виртуалчлалыг цөмд нэвтрүүлэн Сүлжээний функцын модуляр байдал, дахин программчлах, бие даасан байх зэрэг давуу талуудыг нэмэгдүүлсэн.

2.1.3 Үүлэн-уугуул, Ирмэг тооцоолол (Cloud-native, Edge Computing)

Үүлэн-уугуул (cloud-native)

Cloud Native Computing Foundation (CNCF) нь Linux Foundation-н нэг хэсэг бөгөөд Үүлэн-уугуул программчлалыг (cloud-native – үүлэн-уугуул) тодорхойлж хөгжүүлэх, түүний хөгжүүлэгч, дэмжигч, хэрэглэгч, үйлдвэрлэгчдийг нэгтгэн, үр нөлөөтэй хамтран ажиллах боломжийг бүрдүүлэгч байгууллага юм. Тус байгууллагаас Үүлэн-уугуул технологийг тодорхойлохдоо том, төвөгшил өндөртэй программ хангамжийг бие даасан, тодорхой үйлдлүүд гүйцэтгэх үүрэгтэй, харилцан холбоос бүхий микросервисүүдэд хувааж, олон тооны серверүүдэд тархаан байрлуулан, нэгтгэн удирдаж ажиллуулах зарчим гэсэн байдаг.

5Ж сүлжээний Цөм болон Шинэ радио хэсгийн бүтэц нь Сүлжээний функц (СФ) гэж нэрлэгдэх микросервисүүдэд хуваагдсан зохион байгуулалттай гэж ойлгож болно. 2.1.1-р бүлэгт Цөмийн СФ-үүдийн тухай тайлбарласан билээ.

5Ж сүлжээний дэвшилтэт үйлчилгээнүүд болох Сүлжээний хэрчим, Хувийн сүлжээ, Хэт найдвартай бага хоцролттой холболт зэрэг үйлчилгээ нь 5Ж тусгаар сүлжээг (5G Standalone SA) бүрэн байгуулсан тохиолдолд зах зээлд нэвтрэх боломжтой юм.

5Ж Цөм, 5Ж Шинэ радиог Сүлжээний функцийн виртуалчлал (Network function virtualization), Программ хангамжаар тодорхойлогдсон сүлжээ (Software defined network) зэрэг технологид тулгуурлан бүтээж байгаа нь анхнаасаа Үүлэн-уугуул дэд бүтцийг боломжтой болгож буй бөгөөд 5Ж үүлэн-уугуул шийдлийн суурь нь Сүлжээний функцийн виртуалчлалын дэд бүтэц (NFVI-Network Function Virtualization Infrastructure) байдаг.

Үүлэн-уугуул сүлжээний гол элемент нь Management and Orchestration (MANO) (Удирдлага ба найруулга) байдаг. Зураг 2-3 дээр 5Ж үүлэн-уугуул сүлжээний программ хангамжийн түвшингүүдийг дүрсэлжээ.



Зураг 2-3: 5Ж үүлэн-уугуул бүтцийн түвшингүүд

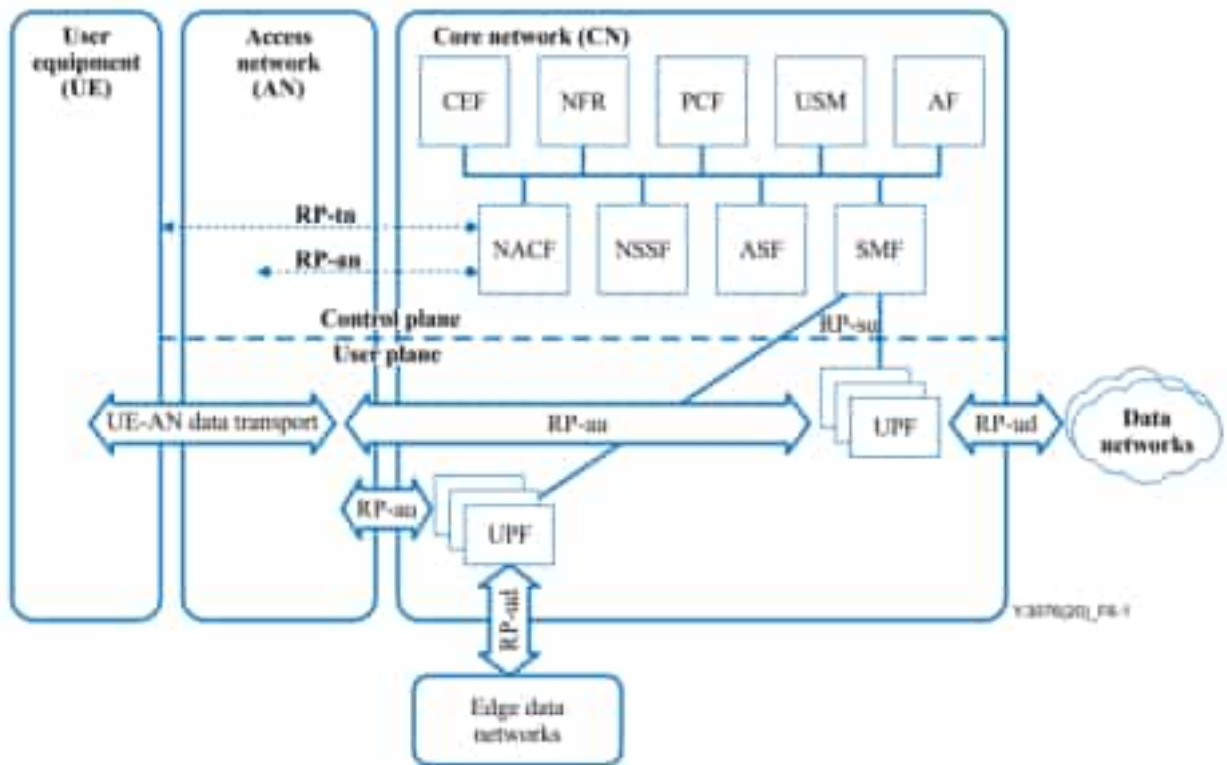


Зураг 2-4: 5Ж сүлжээний хэрчим үүсгэхэд ирмэг тооцоолол, үүлэн тооцоолол бүтцийг зохион байгуулах бүдүүвч

Ирмэг тооцоолол (Edge computing)

Үүлэн тооцооллын боломж нөөцийг 5Ж хандах сүлжээний шүүд холбоос ирмэг дээр буюу хэрэглэгчид ойр байрлуулан зохион байгуулахыг Ирмэг тооцоолол аргачлал (Edge computing) гэнэ.

Үүрэн холбооны операторын болон бусад үйлчилгээ үзүүлэгчдийн контент, хост үйлчилгээний программ хангамж, өгөгдлийг Ирмэг тооцоолол ашиглан хэрэглэгчид ойр байрлуулан зохион байгуулснаар 5Ж сүлжээний төгсгөл хоорондын хоцролт (end-to-end latency), сүлжээнд үүсэх ачаалал эрс буурч, үйлчилгээний үр ашигтай дамжуулал бий болдог.



Зураг 2-5: ИМТ-2020 сүлжээний бүтцэд Ирмэг тооцоолол холбогдсон бүдүүвч

ИМТ-2020/5Ж сүлжээнд эцсийн хэрэглэгч Ирмэг тооцоолол болон төвлөрсөн Үүлэн тооцооллын серверийн аль алинд холбогдох боломжтой. Бага хоцролттой үйлчилгээг удирдахдаа 5Ж цөм нь эцсийн хэрэглэгчид хамгийн ойр ирмэг тооцооллын нөөцийг сонгон, ачааллыг хамаарах ХЭДФ-н хүрээнд замчилдаг. Үүгээр цөм болон сүлжээний бусад хэсэгт үүсэх ачааллыг багасгах ач холбогдолтой.

2.2 Радио сүлжээ

5Ж сүлжээний Радио хандалтын сүлжээг 5Ж Шинэ Радио (5G New Radio) гэж нийтлэг нэрлэдэг. 5Ж ШР нь давтамжийн үр ашиг, хоцролт, хурд зэрэг үзүүлэлтээр хөдөлгөөнт холбооны хамгийн сайн үзүүлэлтийг одоогоор үзүүлж байна.

2.2.1 Үндсэн бүтэц

Шинэ Радио нь 5Ж Хандалтын сүлжээний бааз станцуудаас бүрдэх ба 5Ж радио сүлжээг 5Ж Хандалтын сүлжээ (5G Access Network – 5G AN), 5Ж Радио хандалтын сүлжээ (5G Radio access network – 5G RAN), Дараа үеийн радио хандалтын сүлжээ (Next generation radio



access network – NG-RAN) гэж гурван янзаар нэрлэж, нэг л зүйлийг илэрхийлж байгааг анхаарах хэрэгтэй.

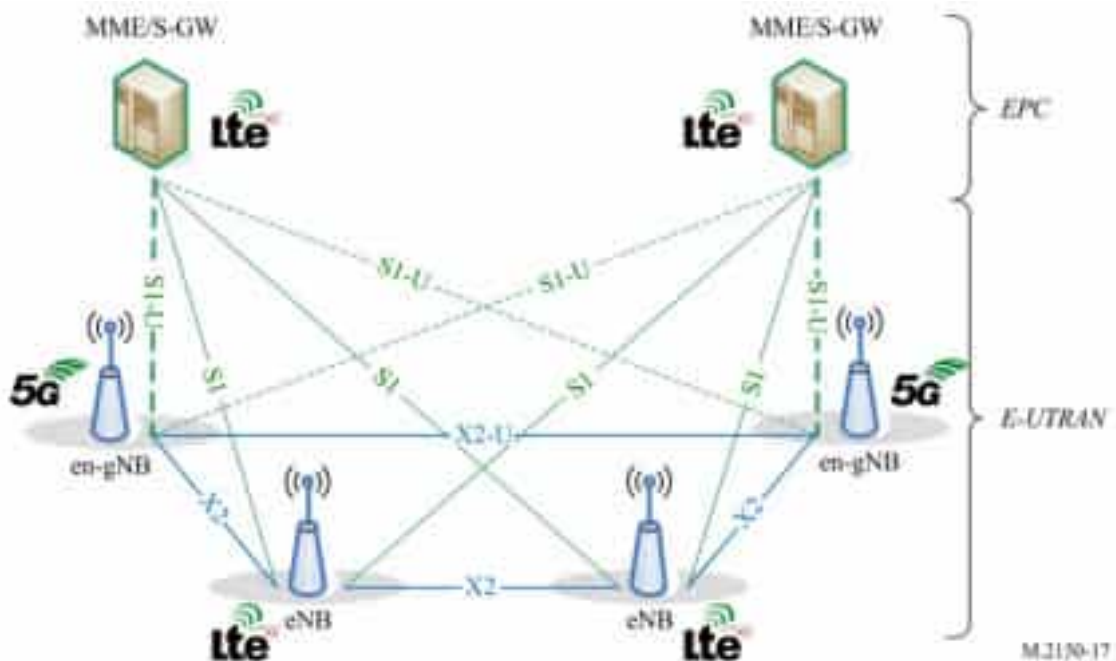
NG-RAN нөүд нь дараах хоёр төрөл байж болно. Үүнд:

- **gNB (gNodeB)** нь хэрэглэгчийн төхөөрөмжтэй хийгдэх ШР-ийн хэрэглэгчийн талбарын болон хяналтын талбарын протокол холболтыг хэрэгжүүлдэг.
- **ng-eNB (next-generation eNodeB)** нь хэрэглэгчийн төхөөрөмжтэй хийгдэх E-UTRA-ийн хэрэглэгчийн талбарын болон хяналтын талбарын протокол холболтыг хэрэгжүүлдэг.

5Ж сүлжээг дараах хоёр төрлөөр байгуулж болдог. Үүнд:

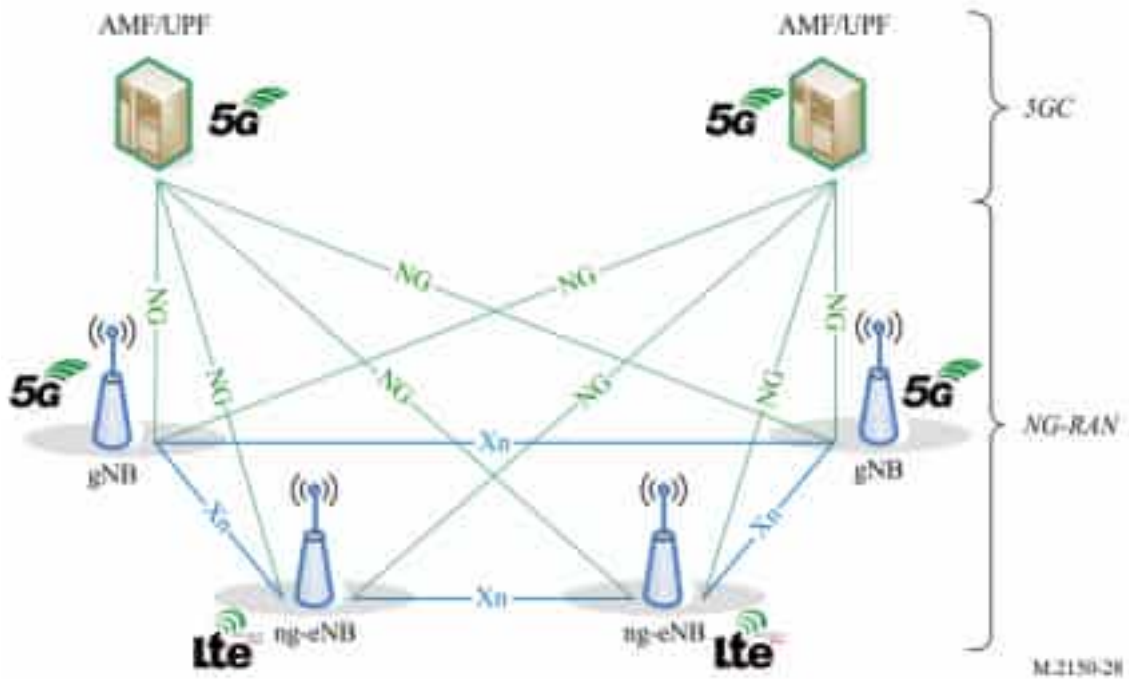
- **Non-Stand-Alone (NSA) (Тусгаар бус сүлжээ)** архитектурт 5Ж ШР нь 4Ж Цөмтэй холбогдон, 4Ж радио сүлжээтэй хамтдаа ажилладаг. Уг бүтцийг мөн “E-UTRA-NR Dual Connectivity (EN-DC)” гэж нэрлэдэг ба 3GPP байгууллагын 5G-SRIT багц стандартын шийдэл юм. Уг бүтцэд 5Ж сүлжээний дэвшилтэт үйлчилгээнүүд бүрнээр хэрэгжих боломжгүй.
- **Stand-Alone (SA) (Тусгаар сүлжээ)** архитектурт ШР нь 5Ж Цөмтэй холбогдох ба зөвхөн энэ бүтцийг хэрэгжүүлсний дараа 5Ж сүлжээний бүх дэвшилтэт үйлчилгээг хэрэглэгчид үзүүлэх боломж бүрдэнэ. Энэ архитектур нь 3GPP байгууллагын 5G-RIT багц стандартын шийдэл юм.

Зураг 2-1-т Тусгаар бус сүлжээ (ТБС)-ний ерөнхий бүтцийг харуулсан. Энэ бүтцийг 5Ж сүлжээний бүрэн суурилуулалтад шилжихийн өмнөх завсарын бүтэц гэж үзнэ.



Зураг 2-6: 5Ж Тусгаар бус сүлжээний архитектур [9]

Зураг 2-2-т 5Ж Тусгаар сүлжээний (ТС) ерөнхий бүтцийг харуулсан.



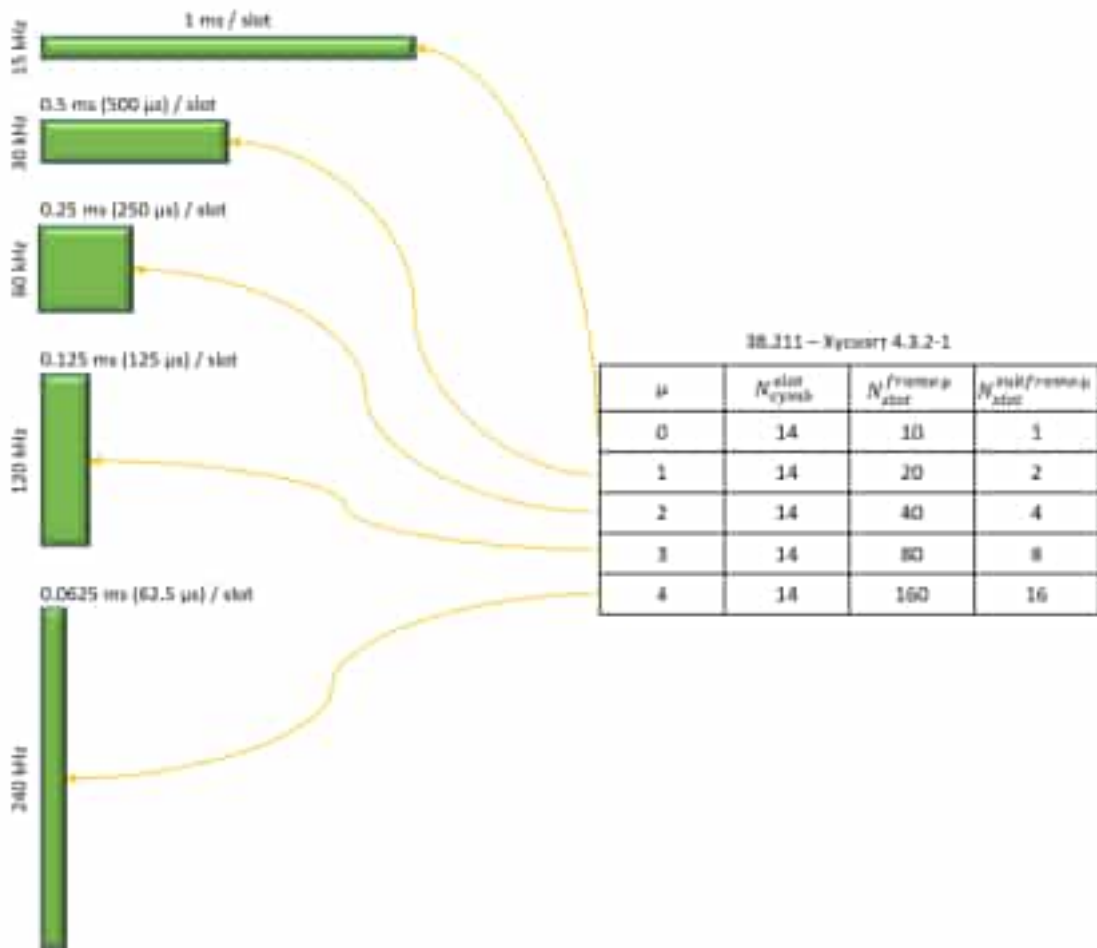
Зураг 2-7: 5Ж Тусгаар сүлжээний архитектур [9]

Зураг 2-2 дээрх бүтцийг 5Ж сүлжээний бүрэн суурилуулалт гэж үзнэ.

2.2.2 Шинэ радио

4Ж LTE болон 5Ж сүлжээний радио хандалтын интерфэйс нь OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) (Ортогонал давтамжийн хуваалттай нягтруулга), OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) (Ортогонал давтамжийн хуваалттай олон цэгийн хандалт) технологид суурилсан. Цагийн тэнхлэг дээрх 1 фрэйм нь 10 мсек урттай ба фрэйм нь тус бүртээ 1 мсек урттай 10 дэд фрэймд хуваагдана. 1 дэд фрэйм нь слот болон тоон тэмдэгтээс бүрдэнэ.

1 ш OFDM тэмдэгт болон түүний дэд зөөгч нийлээд Шинэ радиогийн хамгийн жижиг физик ресурс болдог. 4Ж технологид дэд зөөгч нь тогтмол 15 кГц байдаг бол 5Ж Шинэ радиод дэд зөөгчийн хэмжээ 15 кГц-ээс 240 кГц хүртэл өсөх боломжтой. Дараах зурагт 5Ж ШР-ийн фрэйм бүтцийг үзүүлэв.



Зураг 2-8: 5Ж Шинэ радиогийн фрэйм бүтцийн хувилбарууд (эх үүсвэр: 3GPP)

5G NR-т Дэд зөөгчийн өргөн (Sub-Carrier Spacing – SCS)-ийг 6 ГГц-ээс доош давтамжийн зурваст 15 кГц, 30 кГц, 60 кГц өргөнтэй ашигладаг бол 6 ГГц-ээс дээш (ммДолгион) давтамжийн зурваст 60 кГц, 120 кГц, 240 кГц дэд зөөгчийн өргөнийг сонгон ашиглаж болно.

Дэд зөөгчийн өргөн их байх тусам OFDM тэмдэгтийн хугацаа богино байх тул өндөр хурдтай, бага хоцролттой холболтод (high-data-rate and low latency traffic) ашиглах нь давуу талтай. Дэд зөөгчийн өргөн бага байх тохиолдолд бага давтамжийн нарийн зурвасын холболтод (low-frequency narrowband communications) ашиглах боломжтой.

5Ж Шинэ радио нь 6 ГГц-ээс доош давтамжид 100 МГц хүртэл зурвасын өргөнийг дэмждэг бол 6 ГГц-ээс дээш давтамжид 400 МГц хүртэл зурвасын өргөнийг дэмжинэ.

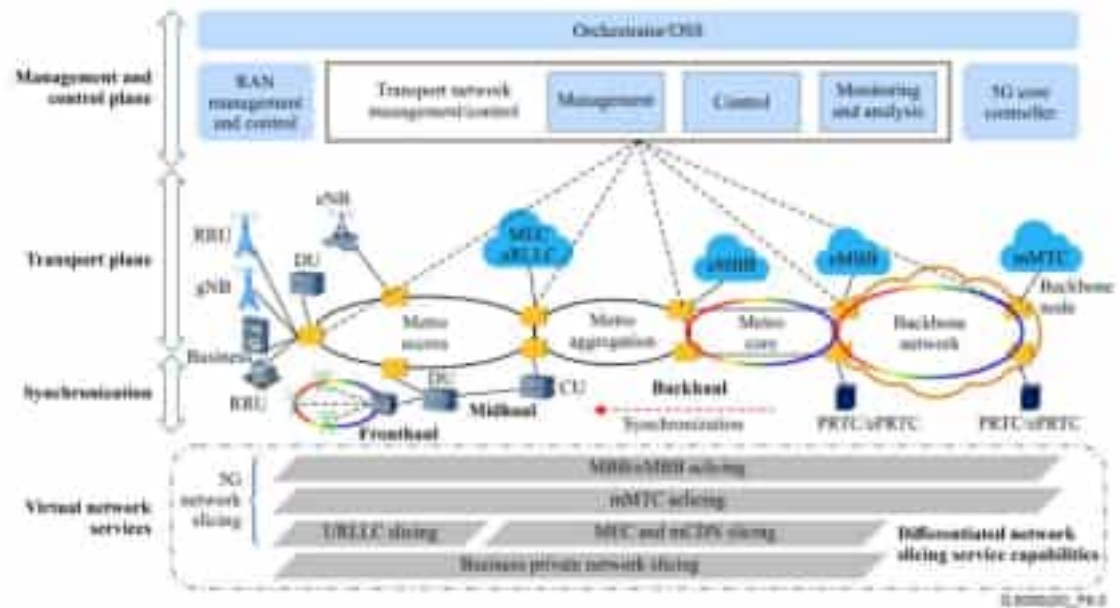
2.2.3 Дамжуулах сүлжээ

5Ж сүлжээний үндсэн архитектурт үзүүр шугам (fronthaul), дунд шугам (midhaul), гол шугам (backhaul) гэх ойлголтууд байнга дурьдагддаг бөгөөд эдгээр нь дамжуулах сүлжээний бүтцийг тодорхойлоход зориулсан ухагдахуунууд юм. 5Ж сүлжээ ерөнхийдөө антенн, алсын радио төхөөрөмж (Remote Radio Unit – RRU), тархмал төхөөрөмж (Distributed Unit – DU), төвлөрсөн төхөөрөмж (Centralized Unit), цөм сүлжээ (Core Network)-нээс бүрддэг. Эдгээр хэсгүүд хоорондоо холбогдон ажиллахад дамжуулах сүлжээ ашиглагдах ба төхөөрөмж бүрийг холбож буй хэсгийг тусгайлсан нэрлэснийг дараах зургаас харж болно.



Зураг 2-9: 5Ж сүлжээний бүрэлдэхүүн хэсгүүдийг дамжуулах сүлжээгээр холбосон бүдүүвч [10]

5Ж хөдөлгөөнт холбооны дамжуулах сүлжээ нь Сүлжээний хэрчим, Олон хандалттай ирмэг тооцоолол (Multi-access Edge Computing – MEC), Мобайл контент түгээх сүлжээ (Mobile Content Distribution Network – mCDN) зэрэг дэвшилтэт үйлчилгээнд ашиглагдах тул сүлжээний логик хуваалт, нөөц хуваарилалт зэргийг боломжтой байлгахад зориулсан, нарийвчилсан бүтэц ажиллагаатай байдаг.

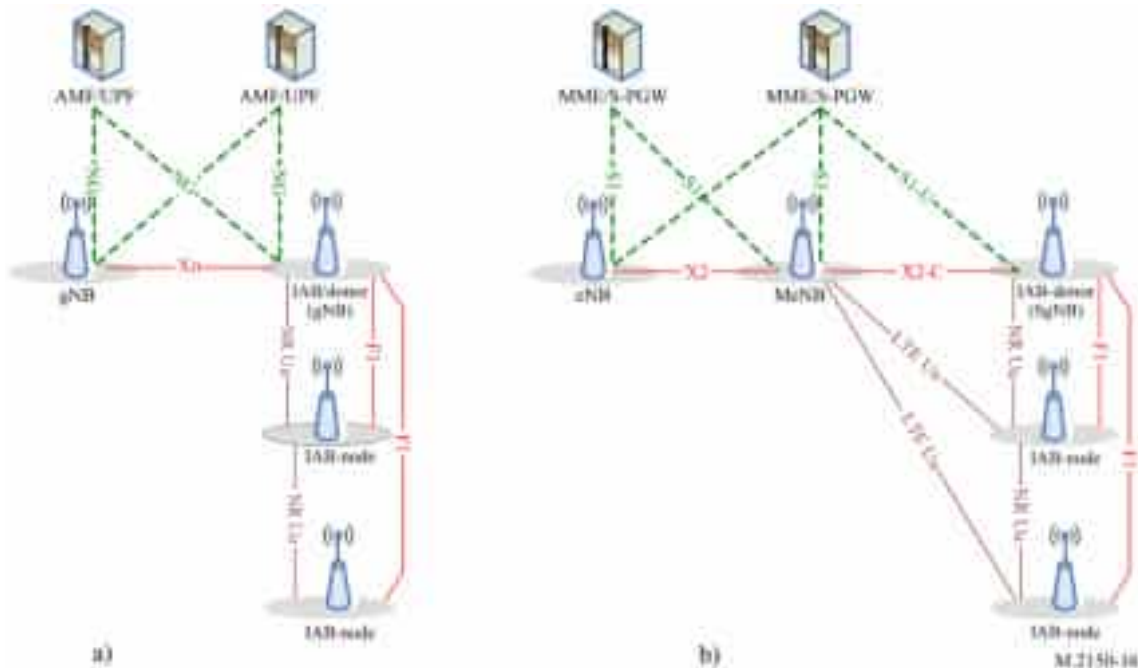


Зураг 2-10: 5Ж сүлжээний дамжуулах байгууламжийн үндсэн бүтэц [10]

5Ж хөдөлгөөнт холбооны дамжуулах сүлжээ нь шилэн кабелийн сүлжээнээс үндсэндээ бүрдэх бөгөөд пассив шилэн кабелийн сүлжээ (Passive Optical Network – PON), багцын дамжуулах сүлжээ (Packet Transport Network – PTN), шилэн кабелийн дамжуулах сүлжээ (Optical Transport Network – OTN) зэрэг шилэн кабельд суурилсан төрөл бүрийн дамжуулах сүлжээний технологийг өргөн ашиглахаар төлөвлөгдөж буй юм.

2.2.4 Integrated access and backhaul (IAB) (Нэгдмэл хандалт ба гол шугам)

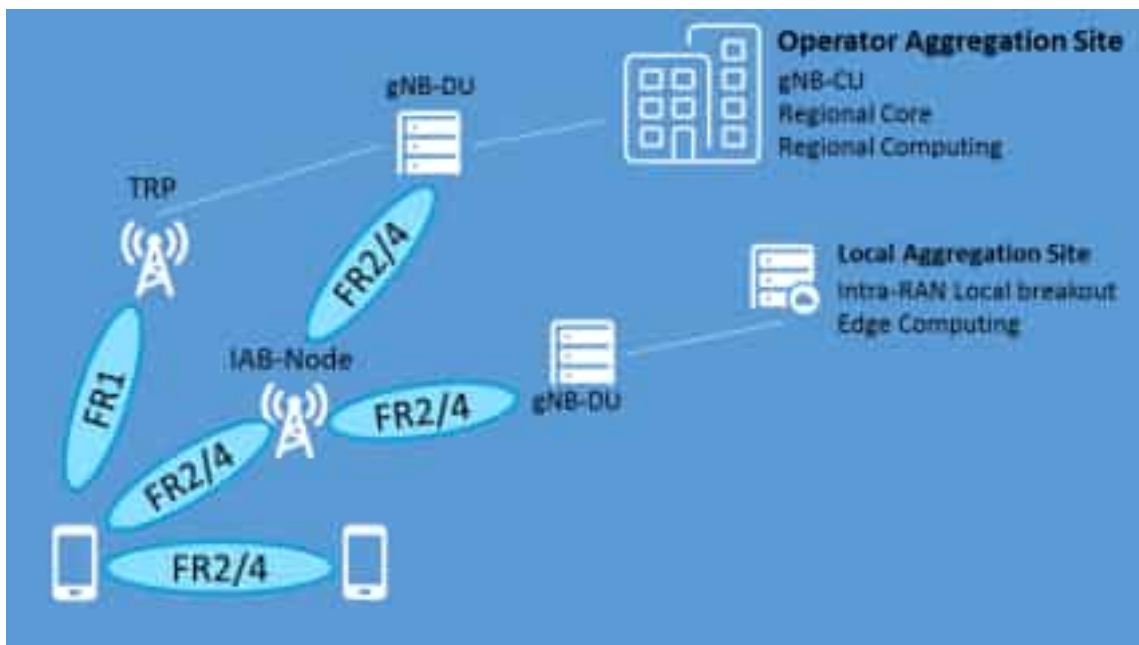
Integrated Access Backhaul (IAB) (Нэгдмэл Хандалт ба Гол Шугам) нь Хэвлэл 16-д тодорхойлогдсон ба 5Ж бааз станц нь Шинэ радио ашиглан хэрэглэгчийн хандалт болон дараагийн бааз станцын гол шугамын үүргийг зэрэгцүүлэн гүйцэтгэх чадвар юм.



Зураг 2-11: IAB холболтын бүдүүвч; а) Тусгаар сүлжээнд 5Ж Цөмтэй холбогдсон IAB-бааз станц, б) Тусгаар бус сүлжээнд 4Ж Цөмтэй холбогдсон IAB-бааз станц

Шинэ радио сүлжээнд NG-RAN нь IAB-бааз станцыг IAB-Донор-бааз станцаар дамжуулан холбодог. IAB-донор-бааз-станц нь нэг IAB-donor-CU (Central Unit)(IAB-донор-Төв элемент) болон нэг ба түүнээс дээш IAB-donor-DU (Distributed Unit)(IAB-донор-Тархмал элемент)-ээс бүрдэнэ.

IAB төрлийн суурилуулалтыг шилэн кабель, зориулалтын радио линк, радио релейн гол шугам байхгүй болон суурилуулахад зохимжгүй газар ашигладаг.



Зураг 2-12: Нэгдмэл хандалт ба гол шугам (Integrated Access Backhaul) [11]

FR2 бүлгийн 52.6 ГГц-ээс дээш давтамжийг ашиглан IAB суурилуулалт хийж, ашиглаж эхэлсэн байна. Тус давтамжийн зурвасын өргөн хангалттай их тул өндөр хурд, бага хоцролтыг дэмжих ба 300-500 м хүртэл зайд холбогддог.

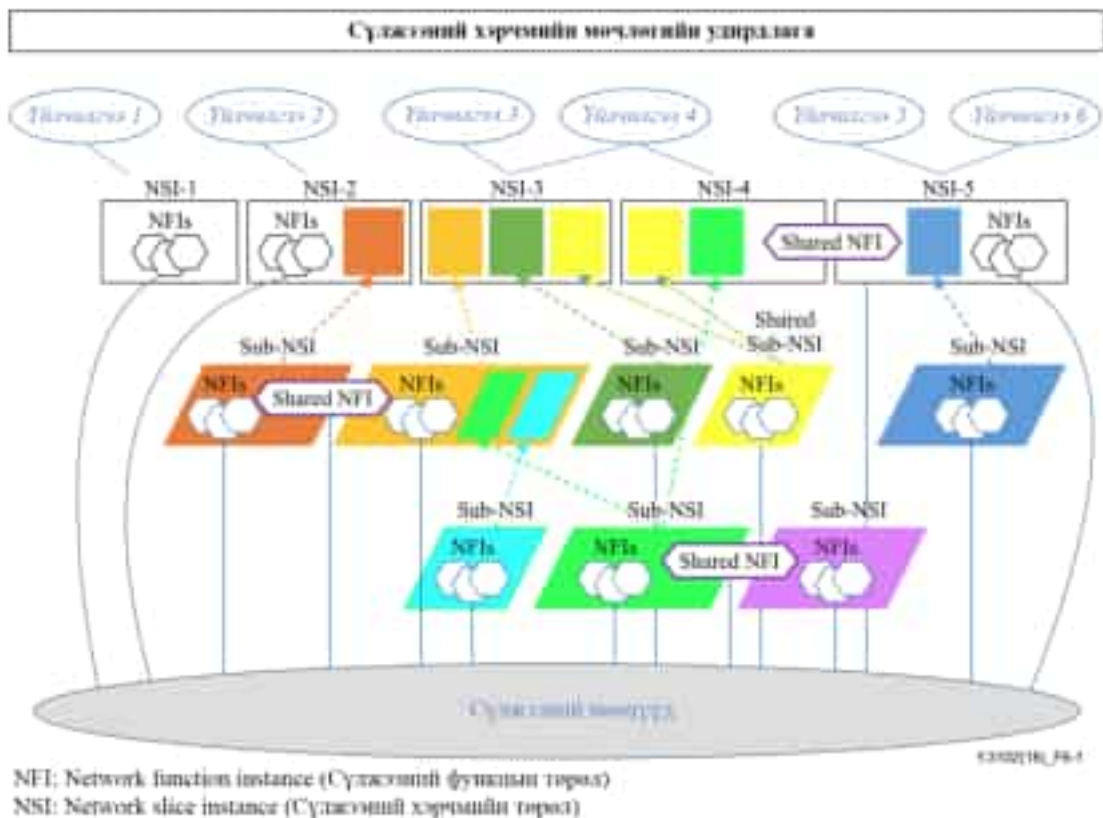
2.3 Сүлжээний хэрчим

5Ж сүлжээг ашиглан хэрэглэгчид хүргэх үйлчилгээний төрөл зүйлийг нэмэгдүүлэхдээ сүлжээний нөөцийг уян хатан, үр ашигтай зарцуулах зорилгоор Сүлжээний хэрчим (Network Slice) гэх ойлголт, шийдлийг ОУЦХБ-ын IMT-2020 стандартад тусгаж өгсөн.

Сүлжээний хэрчимд суурилсан олон төрлийн үйлчилгээг ерөнхийд нь Нэмэгдүүлсэн хөдөлгөөнт өргөн зурвас (eMBB – Enhanced Mobile Broadband), Хэт найдвартай, бага хоцролттой холболт (URLLC – Ultra Reliable Low Latency Communication), Асар олон төхөөрөмжийн холболт (mMTC – Massive Machine Type Communication) гэх 3 төрөлд хуваан авч үзэж байгаа бөгөөд төрөл хоорондын ууссан заагт харьяалагдах үйлчилгээ байж болно гэж ойлгоно.

Сүлжээний хэрчим нь тодорхой шинж чанар, чадамжийг агуулсан сүлжээний логик хэсэг бөгөөд Сүлжээний хэрчмийн мөчлөгийн (lifecycle)(амьдралын мөчлөг) удирдлагын функцаас удирдагдан үүсэх, өөрчлөгдөх, уялдах, дуусах төлөвүүдэд шилжиж байдаг.

Дараах зурагт IMT-2020 стандартын сүлжээний хэрчмийн концепцыг харуулав.

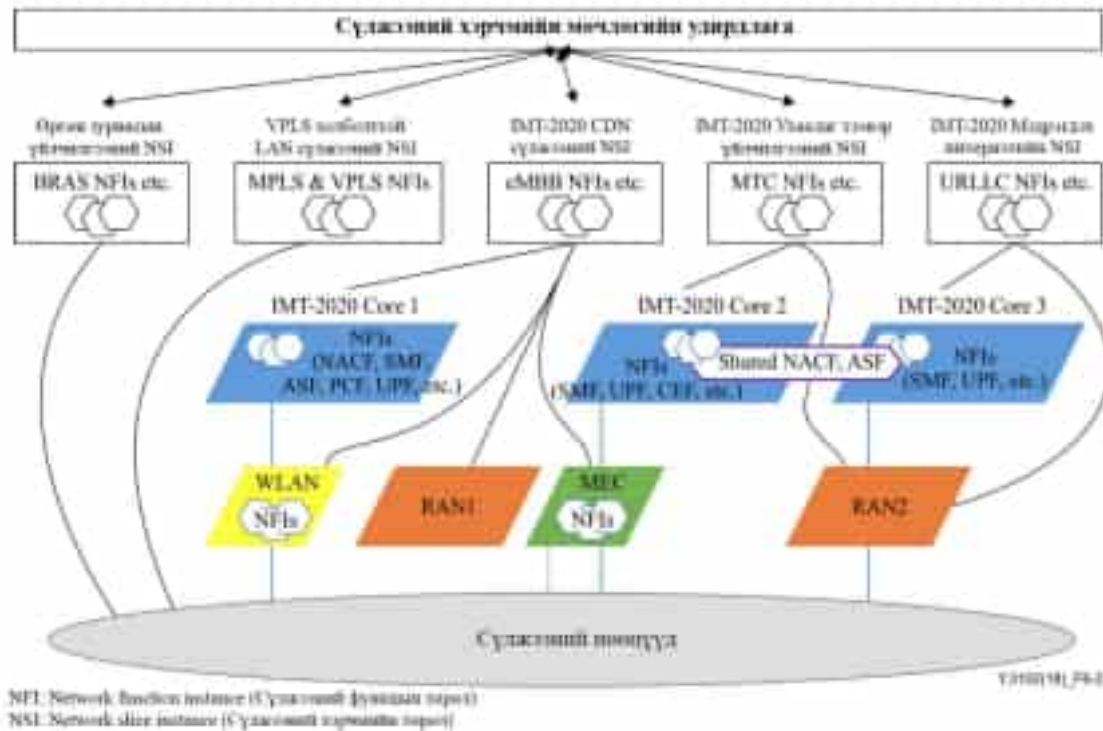


Зураг 2-13: IMT-2020 стандартын Сүлжээний хэрчим концепц

Эндээс харахад Сүлжээний хэрчмийн нэг төрөл (NSI – Network Slice Instance) нь нэг болон түүнээс олон хэрэглэгчийн үйлчилгээг дэмжих боломжтой бол хэрэглэгчид хүрч буй

нэг үйлчилгээ хэд хэдэн Сүлжээний хэрчмийн төрөлд суурилан ажиллах тохиолдол ч байж болно.

Сүлжээний хэрчмийн төрөл нь нэг болон түүнээс олон Сүлжээний хэрчмийн дэд төрлөөс (Sub-NSI) бүрдэж болно. Сүлжээний хэрчмийн дэд төрөл нь үндсэн төрлийн адилаар сүлжээний функцын төрлүүдийн багцаас (Set of NFIs – Network Function Instance) бүрддэг. Гэхдээ дэд төрөл нь бие даасан Сүлжээний хэрчим үүсгэхгүй.



Зураг 2-14: Сүлжээний хэрчим үүсгэлтийн жишээ

Зураг 2-12-т жишээ нь CDN (Content Distribution Network)(Контент түгээх сүлжээ) үйлчилгээний Сүлжээний хэрчмийн төрөл нь eMBB байгаа бөгөөд шаардагдах NACF, SMF, ASF, PCF, UPF зэрэг Сүлжээний функцын төрлүүдийг ашиглан, хандалтын сүлжээнд WLAN, RAN1, MEC (Multi-access edge computing) зэрэг нөөцийг ашиглаж байгааг харж болно.

2.4 5G сүлжээний чанарын үзүүлэлт QoS

Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбоонд хэрэглэгчид хүрч буй үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтийг тодорхойлохдоо Баталгаатай хурд (Guaranteed bit rate), Баталгаатай бус хурд (Non-guaranteed bit rate), Хоцролтод мэдрэг баталгаат хурд (Delay-critical-GBR) гэсэн үндсэн 3 ангилалд хувааж, үйлчилгээ тус бүрээр ач холбогдлын зэрэг (priority level), багцын алдааны хувь (packet error rate), хоцролтын зөвшөөрөх хэмжээ (packet delay budget), багцын дээд хэмжээ (maximum data burst volume) зэрэг үзүүлэлтүүдийг тодорхойлж өгсөн байдаг.

Хүснэгт 2-2-т 4Ж сүлжээний эхний үе буюу LTE/LTE-Advanced үед стандартчлагдсан, 5Ж сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний чанарын шалгуур үзүүлэлтүүдийг (Quality of Service parameters) жагсаав.

Хүснэгт 2-2: LTE/LTE-Advanced үед тодорхойлогдож, 5G сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (QoS parameters)(5QI – 5G QoS Identifier)

5QI (QCI)	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Rate	Maximum Data Burst Volume	Example Services
1	GBR	20	100 ms	10^{-2}	-	Voice over IP (VoIP)
2	GBR	40	150 ms	10^{-3}	-	Video call and live streaming
3	GBR	30	50 ms	10^{-3}	-	Real-time gaming, V2X messages
4	GBR	50	300 ms	10^{-6}	-	Buffered video streaming (not conversational)
5	Non-GBR	10	100 ms	10^{-6}	-	IMS signaling
6	Non-GBR	60	100 ms	10^{-3}	-	Buffered video streaming, interactive TCP-based applications (e.g., Web, email, file sharing, etc.)
7	Non-GBR	70	100 ms	10^{-3}	-	Voice, live video streaming, interactive gaming
8	Non-GBR	80	300 ms	10^{-6}	-	Buffered video streaming, interactive TCP-based applications (e.g., Web, email, file sharing, etc.)
9	Non-GBR	90	300 ms	10^{-6}	-	Buffered video streaming, interactive TCP-based applications (e.g., Web, email, file sharing, etc.)

Хүснэгт 2-3-т 4Ж сүлжээний сайжруулсан үе буюу LTE-Advanced-Pro үед стандартчлагдсан, 5Ж сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний шалгуур үзүүлэлтүүдийг (Quality of Service parameters) жагсаав.

Хүснэгт 2-3: LTE-Advanced-Pro үед тодорхойлогдож, 5G сүлжээнд үргэлжлүүлэн ашиглагдах Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (5QI – 5G QoS Identifier)

5QI (QCI)	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Rate	Maximum Data Burst Volume	Example Services
65	GBR	7	75 ms	10^{-2}	-	Mission Critical Push To Talk (MCPTT) voice
66	GBR	20	100 ms	10^{-2}	-	Non-Mission Critical Push To Talk voice
69	Non-GBR	50	60 ms	10^{-6}	-	Mission Critical signaling (e.g., MCPTT signaling)
70	Non-GBR	55	200 ms	10^{-6}	-	Mission Critical Data from buffered video streaming, interactive TCP-based applications (e.g., Web, email, file sharing, etc.)
75	GBR	25	50 ms	10^{-2}	-	Vehicle-to-X (V2X) messages
79	Non-GBR	65	50 ms	10^{-2}	-	V2X messages

Хүснэгт 2-4-т 5Ж сүлжээнд шинээр тодорхойлогдсон Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг жагсаав. Энд хоцролтод онцгой мэдрэг, баталгаат хурд шаардах шинэ үйлчилгээнүүд нэмэгдсэн ба тухайн үйлчилгээнд хэрэглэгдэх өгөгдлийн багцын дээд хэмжээг мөн зааж өгсөн.

Хүснэгт 2-4: 5G сүлжээнд шинээр тодорхойлогдсон Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд

5QI (QCI)	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Rate	Maximum Data Burst Volume	Example Services
10	Non-GBR	90	1100 ms	10^{-6}	-	Video (Buffered Streaming) TCP-based (e.g. www, e-mail, chat, ftp, p2p file sharing, progressive video, etc.) and any service that can be used over satellite access type with these characteristics
67	GBR	15	100 ms	10^{-3}	-	Mission Critical Video user plane
71	GBR	56	150 ms	10^{-6}	-	"Live" Uplink Streaming
72	GBR	56	300 ms	10^{-4}	-	"Live" Uplink Streaming
73	GBR	56	300 ms	10^{-8}	-	"Live" Uplink Streaming
74	GBR	56	500 ms	10^{-8}	-	"Live" Uplink Streaming
76	GBR	56	500 ms	10^{-4}	-	"Live" Uplink Streaming
80	Non-GBR	66	10 ms	10^{-6}	-	Low latency eMBB augmented reality
82	Delay-Critical GBR	19	10 ms	10^{-4}	255 bytes	Discrete Automation
83	Delay-Critical GBR	22	10 ms	10^{-4}	1,354 bytes	Discrete Automation
84	Delay-Critical GBR	24	30 ms	10^{-5}	1,354 bytes	Intelligent Transport Systems
85	Delay-Critical GBR	21	5 ms	10^{-5}	255 bytes	Electricity Distribution- high voltage
86	Delay-Critical GBR	18	5 ms	10^{-4}	1,354 bytes	V2X messages
87	Delay-Critical GBR	25	5 ms	10^{-3}	500 bytes	Interactive Service - Motion tracking data
88	Delay-Critical GBR	25	10 ms	10^{-3}	1,125 bytes	Interactive Service - Motion tracking data
89	Delay-Critical GBR	25	15 ms	10^{-4}	17,000 bytes	Visual content for cloud/ edge/ split rendering

90	Delay-Critical GBR	25	20 ms	10^{-4}	63,000 bytes	Visual content for cloud/ edge/ split rendering
----	--------------------	----	-------	-----------	--------------	---

3 Давтамжийн хуваарилалт

3.1 ОУЦХБ-ын давтамжийн бүсчлэл

ОУЦХБ нь 5Ж сүлжээнд ашиглах радио давтамжийг тодорхойлохдоо гурван макро бүлэгт хуваан “1 ГГц хүртэл”, “1-6 ГГц”, “6 ГГц-ээс дээш” гэж нэрлэсэн ба бүлэг бүр багтаамж, хамрах хүрээний чадамжаар ялгардаг.



Зураг 3-1: Давтамжийн бүлгийн багтаамж, хамрах хүрээний хамаарал [3]

5Ж сүлжээнд “1 ГГц хүртэл” давтамжийг “Хамрах хүрээ”, “1-6 ГГц” давтамжийг “Багтаамж”, “Хамрах хүрээ” аль алинд, “6 ГГц-ээс дээш” давтамжийг “Багтаамж”-д зориулан ашиглах хандлагатай байдаг.

ОУЦХБ-ын Давтамжийн бүсийн хуваарилалтыг доорх зураг дээр харуулав.



Зураг 3-2: ОУЦХБ-ын Давтамжийн бүсүүд

Монгол улс Давтамжийн 1-р бүсэд хамрагддаг.



ОУЦХБ нь олон улсын түвшинд тогтвортой, уялдаатай зохицуулалт хийхийг байнга зорьдог бөгөөд IMT-2020 стандартад суурилсан 5Ж сүлжээ бүс нутаг болон дэлхий даяар амжилттай нэвтрэх нөхцлийг бүрдүүлэхэд зориулж, хангалттай давтамжийн зурвасыг шинээр болон шинэчлэн тогтоож ажиллаж байна. Дараах зурагт ОУЦХБ-ын Дэлхийн радиогийн конференцүүдийн үр дүнд дараа үеийн хөдөлгөөнт холбоонд зориулан тодорхойлогдсон давтамжийн зурвасын хэмжээг харуулав.



Зураг 3-3: ОУЦХБ-ын WRC хурлуудаас Дараа үеийн хөдөлгөөнт холбоонд зориулан тодорхойлсон зурвасын нийт өргөн

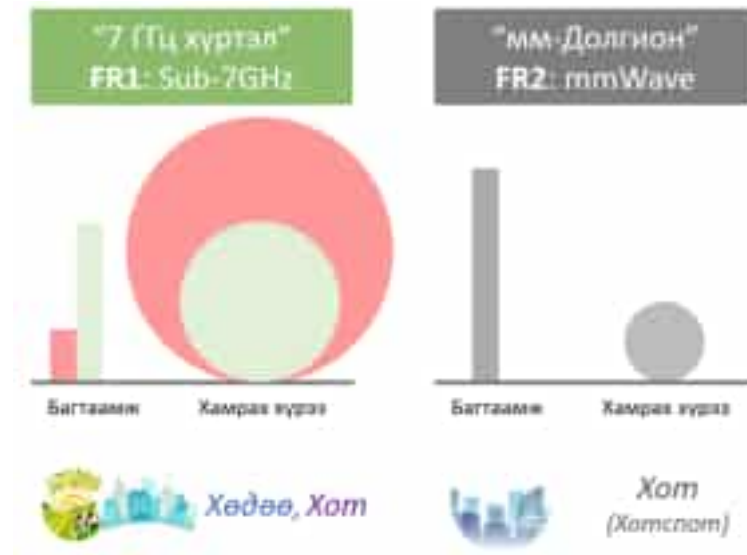
3.2 5-р үеийн сүлжээнд ашиглах давтамжийн хүснэгт

3GPP байгууллага 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбоонд ашиглах давтамжийг тодорхойлохдоо ОУЦХБ-ын шийдвэртэй уялдуулдаг ба FR1 (“7 ГГц хүртэл”), FR2 (“мм-Долгион”) гэсэн 2 бүлэгт хуваасан.

Хүснэгт 3-1: 3GPP стандартад 5Ж сүлжээний давтамжийг бүлэглэсэн байдал (2022 оны 9-р сар) [12]

Давтамжийн хуваарилалт		
FR1		410 МГц – 7,125 МГц
FR2	FR2-1	24,250 МГц – 52,600 МГц
	FR2-2	52,600 МГц – 71,000 МГц

Давтамжийн бүлэг 1-ийн (FR1) үелзэл нь хамрах хүрээ илүү шаардах хөдөө орон нутаг, хамрах хүрээ болон багтаамж ижилхэн шаардах хот суурин газрын 5Ж сүлжээг зохион байгуулахад тохиромжтой. Давтамжийн бүлэг 2-ын (FR2) үелзэл нь маш өндөр хурд, бага хоцролтыг боломжтой болгох тул хот суурин газрын хэрэглээ өндөр, нягтрал ихтэй, багтаамж ихээр шаардах бүсүүдийн 5Ж сүлжээнд илүү тохиромжтой.



Зураг 3-4: 3GPP байгууллагын 5Ж сүлжээний давтамжийн бүлэг

Хүснэгт 3-2, 3-3-т 3GPP байгууллагаас 5Ж Шинэ радиод зориулан тодорхойлсон FR1, FR2 давтамжийн царааг дэлгэрэнгүй харуулсан.

Хүснэгт 3-2: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) [12][8]

No.	NR operating band	Uplink (UL) operating band BS receive / UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit / UE receive	Duplex mode	Uplink (UL) bandwidth h MHz	Downlink (DL) bandwidth h MHz
1	n1	1,920 MHz–1,980 MHz	2,110 MHz – 2,170 MHz	FDD	60	60
2	n2	1,850 MHz–1,910 MHz	1,930 MHz – 1,990 MHz	FDD	60	60
3	n3	1,710 MHz–1,785 MHz	1,805 MHz – 1,880 MHz	FDD	75	75
4	n5	824 MHz–849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD	25	25
5	n7	2,500 MHz–2,570 MHz	2,620 MHz – 2,690 MHz	FDD	70	70
6	n8	880 MHz–915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD	35	35
7	n12	699 MHz–716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD	17	17
8	n13	777 MHz–787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD	10	10
9	n14	788 MHz–798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD	10	10
10	n18	815 MHz–830 MHz	860 MHz – 875 MHz	FDD	15	15
11	n20	832 MHz–862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD	30	30
12	n24 ⁷	1,627 MHz–1,661 MHz	1,525 MHz – 1,559 MHz	FDD	34	34
13	n25	1,850 MHz–1,915 MHz	1,930 MHz – 1,995 MHz	FDD	65	65
14	n26	814 MHz–849 MHz	859 MHz – 894 MHz	FDD	35	35
15	n28	703 MHz–748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD	45	45
16	n29	N/A	717 MHz – 728 MHz	SDL	0	11
17	n30	2,305 MHz–2,315 MHz	2,350 MHz – 2,360 MHz	FDD	10	10
18	n34	2,010 MHz–2,025 MHz	2,010 MHz – 2,025 MHz	TDD		15
19	n38	2,570 MHz–2,620 MHz	2,570 MHz – 2,620 MHz	TDD		50
20	n39	1,880 MHz–1,920 MHz	1,880 MHz – 1,920 MHz	TDD		40
21	n40	2,300 MHz–2,400 MHz	2,300 MHz – 2,400 MHz	TDD		100
22	n41	2,496 MHz–2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD		194
23	n46	5,150 MHz–5,925 MHz	5,150 MHz – 5,925 MHz	TDD (NOTE 3)		775
24	n47	5,855 MHz – 5,925 MHz	5,855 MHz – 5,925 MHz	TDD		70



25	n48	3,550 MHz–3,700 MHz	3,550 MHz – 3,700 MHz	TDD	150	
26	n50	1,432 MHz–1,517 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	TDD	85	
27	n51	1,427 MHz–1,432 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	TDD	5	
28	n53	2,484 MHz–2,495 MHz	2,484 MHz – 2,495 MHz	TDD	11.5	
29	n65	1,920 MHz–2,010 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	90	90
30	n66	1,710 MHz–1,780 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	70	90
31	n67	N/A	738 MHz – 758 MHz	SDL	0	20
32	n70	1,695 MHz–1,710 MHz	1,995 MHz – 2,020 MHz	FDD	15	25
33	n71	663 MHz–698 MHz	617 MHz – 652 MHz	FDD	35	35
34	n74	1,427 MHz–1,470 MHz	1,475 MHz – 1,518 MHz	FDD	43	43
35	n75	N/A	1,432 MHz – 1,517 MHz	SDL	0	85
36	n76	N/A	1,427 MHz – 1,432 MHz	SDL	0	5
37	n77	3,300 MHz–4,200 MHz	3,300 MHz – 4,200 MHz	TDD	900	
38	n78	3,300 MHz–3,800 MHz	3,300 MHz – 3,800 MHz	TDD	500	
39	n79	4,400 MHz–5,000 MHz	4,400 MHz – 5,000 MHz	TDD	600	
40	n80	1,710 MHz–1,785 MHz	N/A	SUL	75	0
41	n81	880 MHz–915 MHz	N/A	SUL	35	0
42	n82	832 MHz–862 MHz	N/A	SUL	30	0
43	n83	703 MHz–748 MHz	N/A	SUL	45	0
44	n84	1,920 MHz–1,980 MHz	N/A	SUL	60	0
45	n85	698 MHz–716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD	18	18
46	n86	1,710 MHz–1,780 MHz	N/A	SUL	70	0
47	n89	824 MHz–849 MHz	N/A	SUL	25	0
48	n90	2,496 MHz–2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD	194	
49	n91	832 MHz–862 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	30	5
50	n92	832 MHz–862 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	30	85
51	n93	880 MHz–915 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	35	5
52	n94	880 MHz–915 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	35	85
53	n95 (NOTE 1)	2,010 MHz–2,025 MHz	N/A	SUL	15	0
54	n96 (NOTE 4)	5,925 MHz–7,125 MHz	5,925 MHz – 7,125 MHz	TDD (NOTE 3)	1200	
55	n97 ⁵	2,300 MHz–2,400 MHz	N/A	SUL	100	0
56	n98 ⁵	1,880 MHz–1,920 MHz	N/A	SUL	40	0
57	n99 ⁶	1,627 MHz–1,661 MHz	N/A	SUL	34	0
58	n100	874 MHz–880 MHz	919 MHz – 925 MHz	FDD	5.6	5.6
59	n101	1,900 MHz–1,910 MHz	1,900 MHz – 1,910 MHz	TDD	10	
60	n102 ⁴	5,925 MHz–6,425 MHz	5,925 MHz – 6,425 MHz	TDD ³	500	
61	n104 ⁸	6,425 MHz–7,125 MHz	6,425 MHz – 7,125 MHz	TDD	700	

 FDD

 TDD

 SUL

 SDL

NOTE 1: This band is applicable in China only.
NOTE 2: Variable duplex operation does not enable dynamic variable duplex configuration by the network and is used such that DL and UL frequency ranges are supported independently in any valid frequency range for the band.
NOTE 3: This band is restricted to operation with shared spectrum channel access as defined in 3GPP TS 37.213
NOTE 4: This band is applicable only in countries/regions designating this band for shared-spectrum access use subject to country-specific conditions.
NOTE 5: The requirements for this band are applicable only where no other NR or E-UTRA TDD operating band(s) are used within the frequency range of this band in the same geographical area. For scenarios where other NR or E-UTRA TDD operating band(s) are used within the frequency range of this band in the same geographical area, special co-existence requirements may apply that are not covered by the 3GPP specifications.
NOTE 6: UL operation is restricted to 1627.5 – 1637.5 MHz and 1646.5 – 1656.5 MHz per FCC Order DA 20-48
NOTE 7: DL operation is restricted to 1526-1536 MHz frequency range. UL operation is restricted to 1627.5 – 1637.5 MHz and 1646.5 – 1656.5 MHz per FCC Order 20-51
NOTE 8: This band is applicable only in countries/regions designating this band for IMT licensed operation

Хүснэгт 3-3: 5Ж сүлжээний FR2 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17) [12][8]

NR operating band	Uplink (UL) and Downlink (DL) operating band	Duplex mode	Operating bandwidth
n257	26,500 MHz – 29,500 MHz	TDD	3,000 MHz
n258	24,250 MHz – 27,500 MHz	TDD	3,250 MHz
n259	39,500 MHz – 43,500 MHz	TDD	4,000 MHz
n260	37,000 MHz – 40,000 MHz	TDD	3,000 MHz
n261	27,500 MHz – 28,350 MHz	TDD	850 MHz
n262	47,200 MHz – 48,200 MHz	TDD	1,000 MHz
n263	57,000 MHz – 71,000 MHz	TDD	14,000 MHz

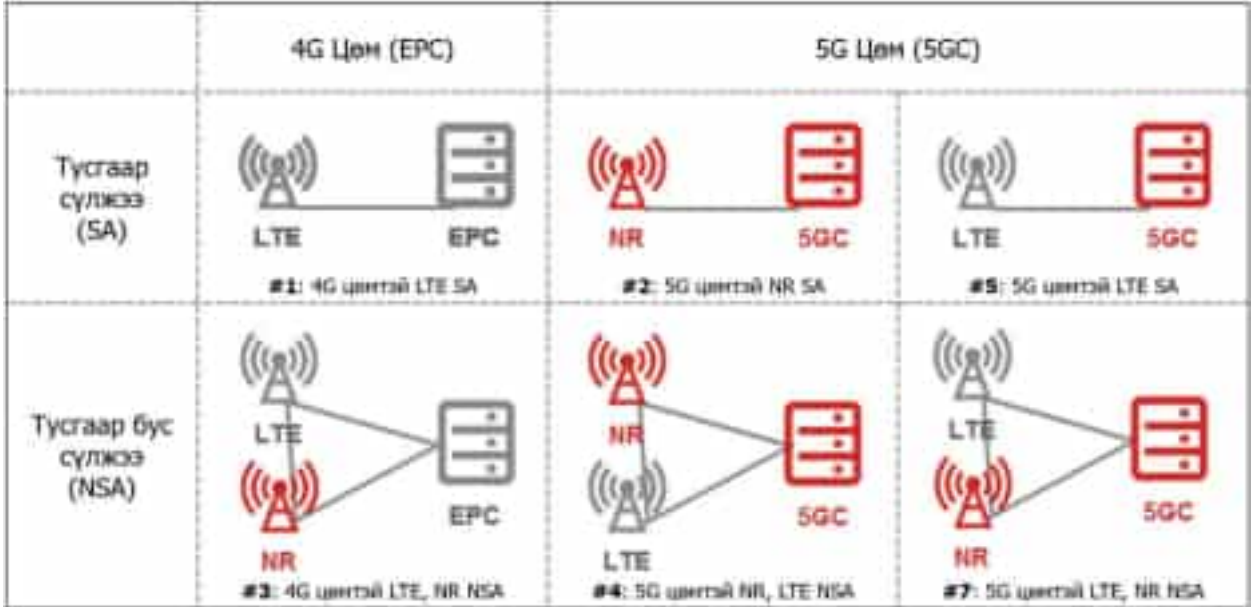
Давтамжийн нэмэлт хүснэгтүүдийг Хавсралтаас харж болно.

4 5G сүлжээ рүү шилжих хувилбарууд

Хөдөлгөөнт холбооны өмнөх үеүдэд радио сүлжээ болон цөм нь бүрэн шинэчлэгддэг байсан бол 5-р үеийн хөдөлгөөнт холбоо рүү шилжихэд 4-р үеийн бэлэн суурилүүлсан дэд бүтцийг ашиглан уян хатан шилжих боломжтой болсон. 3GPP байгууллагаас 5Ж сүлжээнд

шилжих хувилбарыг бааз станцууд нь 4Ж, 5Ж холилдсон эсэхээс хамааруулан Тусгаар сүлжээ (Standalone), Тусгаар бус сүлжээ (Non-standalone) гэж ангилан тодорхойлсон.

Дараах зурагт 4Ж-ээс 5Ж сүлжээ рүү шилжих хувилбаруудыг харуулсан ба улаан өнгөөр 5Ж цөм болон радио сүлжээг, саарал өнгөөр 4Ж цөм болон радио сүлжээг тэмдэглэсэн.



Зураг 4-1: 4Ж-ээс 5Ж рүү шилжих тусгаар болон тусгаар бус сүлжээний хувилбарууд [13]

Зураг 4-1-т харуулснаар 5Ж сүлжээг суурилуулахад 5 хувилбараас сонгох боломжтой. Тусгаар сүлжээ нь сүлжээний зохион байгуулалт цэгцтэй, ажиллагаа хялбар байх давуу талтай. Тусгаар бус сүлжээ нь нэгэнт байгаа 4Ж сүлжээний дэд бүтцийг үргэлжлүүлэн ашиглаж, нэгтгэх давуу талтай боловч интеграцийг нарийвчлан хийхэд амаргүй, хэрэглэгчид мэдрэгдэх үйлчилгээний чанарт сөргөөр нөлөөлөх зэрэг сүл талтай.

Хүснэгт 4-1: 5Ж сүлжээнд шилжих хувилбаруудын онцлог [13]

Хувилбар	Үйлчилгээ	Нэвтрүүлэлт	Технологийн/Салст	Дотоод үйлчилгээ
4G-с 5G	• 5G сүлжээний бүх үйлчилгээг боловсруулна	• 5G цөмийн дагуу талууд шууд нэвтрэн • 4G сүлжээг ашигласнаар үлдэнэ	• 4G-д бага өөрчлөлт өрсө • 4G/5G харилцан ажиллыг шаарддагтай	• IMS өрсө дотоод • 5G сүлжээний сүлжээний ажиллыг (CS) агуу шилжүүлнэ
4G-с 5G NSA	• 5G сүлжээний функц хөгжүүлэгдэнэ • Боловсруулна	• 4G сүлжээг ашиглана • Зөв хяналт үзэгдэлтэй нэвтрэн • 5G цөмийн дагуу талууд боловсруулна	• Хөгжлийн функц 4G дагуу суурилана • 4G-д үргэлжлэн хийнэ	• Эхлэн 5G-ийн 5G-ийн үйлчилгээнд түргүүлнэ
5G NSA-с 5G SA / 5G NSA	• 5G сүлжээний бүх функц • 5G-ийн хөгжүүлэгдэнэ	• 5G цөмийн дагуу талууд шууд нэвтрэн • 4G сүлжээг ашигласнаар үлдэнэ	• NR, LTE-д үргэлжлэн хийнэ • IMS-д өөрчлөлт өрсө • 5G цөм суурилуулна	• IMS өрсө дотоод • 5G сүлжээний сүлжээний ажиллыг (CS) агуу шилжүүлнэ
5G NSA-с 5G SA / 5G NSA	• 5G сүлжээний бүх функц • 5G-ийн хөгжүүлэгдэнэ • 5G-ийн цөм ашигласнаар үлдэнэ	• 5G цөмийн дагуу талууд шууд нэвтрэн • 4G сүлжээг ашигласнаар үлдэнэ • Хяналт үзэгдэлтэй NR	• NR, LTE-д үргэлжлэн хийнэ • IMS-д өөрчлөлт өрсө • 5G цөм суурилуулна	• IMS өрсө дотоод • 5G сүлжээний сүлжээний ажиллыг (CS) агуу шилжүүлнэ
5G NSA-с 5G SA / 5G NSA	• 5G сүлжээний бүх функц • 5G-ийн хөгжүүлэгдэнэ • 5G-ийн цөм ашигласнаар үлдэнэ	• 5G цөмийн дагуу талууд шууд нэвтрэн • 4G сүлжээг ашигласнаар үлдэнэ	• NR, LTE-д үргэлжлэн хийнэ • IMS-д үргэлжлэн хийнэ • 5G цөм суурилуулна	• IMS өрсө дотоод • 5G сүлжээний сүлжээний ажиллыг (CS) агуу шилжүүлнэ





4Ж-ээс 5Ж рүү шилжихэд дараах 4 асуудлыг харгалзан үзэж, шилжилтийн үе шатуудыг төлөвлөх нь зүйтэй. Үүнд:

1. 5Ж сүлжээний бүх үйлчилгээ анхнаасаа боломжтой байх эсэх
2. Сууриллуулсан байгаа 4Ж сүлжээг хэр түвшинд ашиглан шилжих, 5Ж сүлжээ дэмждэг эхний үеийн хэрэглэгчийн төхөөрөмжүүд холбогдох нөхцлийг тооцоолох
3. Сүлжээ болон хэрэглэгчийн төхөөрөмжид үзүүлэх нөлөөллийг тооцох
4. Ярианы үйлчилгээний тасралтгүй байдлыг хангах

Үүрэн холбооны үйлчилгээ эрхлэгчид 5Ж сүлжээ нэвтрүүлэх хувилбар, үе шатыг харилцан адилгүй сонгон хэрэгжүүлэх магадлалтай. Гэхдээ хэрэглэгчдийн хэрэглэж хэвшсэн үйлчилгээг үргэлжлүүлэн тасралтгүй хүргэх, операторуудын сүлжээ, үйлчилгээ хоорондоо харилцан холбогдон ажиллах, нэгж үйлчилгээнд ногдох өртөг зардлыг бууруулах нөхцлийг хангаж байгаа тохиолдолд шилжилтийн хувилбар, үе шатууд өөр өөр байх нь асуудал биш юм.

4Ж сүлжээнээс Тусгаар бус сүлжээ 3-р хувилбарт шилжих

ТБС 3-р хувилбар (Non-standalone (NSA) Option #3)

4Ж сүлжээний Цөмд шинэчлэл (upgrade) хийснээр Шинэ радиогийн бааз станцуудыг холбох боломжтой болох ба LTE, NR бааз станцууд холбож 4Ж, 5Ж хосолсон сүлжээ үүсгэх нөхцлийг ТБС 3-р хувилбар (NSA Option-3) гэж нэрлэдэг.



Зураг 4-2: 4Ж сүлжээнээс ТБС 3-р хувилбарт шилжих [13]

3GPP байгууллагын Хэвлэл 15-аас хойш стандартуудад 4Ж Цөмтэй холбогдон ажиллах Шинэ радиогийн үзүүлэлтүүдийг тодорхойлсон ба шинэ Хэвлэлүүдэд ч үргэлжлүүлэн тусгах магадлалтай байгаа юм. Иймээс ТБС 3-р хувилбар нь 4Ж сүлжээний бэлэн дэд бүтцийг ашиглахаас гадна урт хугацаанд ажиллах боломжтой нь давуу талтай юм.

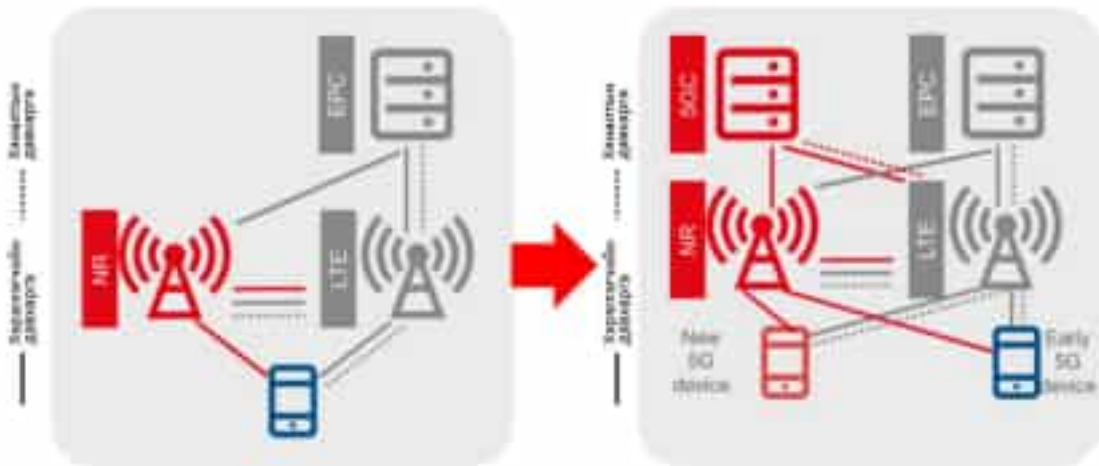
ТБС 3-р хувилбарын үед 4Ж, 5Ж радио сүлжээ нь хосолсон холболт (Dual Connectivity) хэлбэрээр ажиллах ба 5Ж Шинэ радиогийн бааз станцуудыг өндөр багтаамж шаардагдах бүсүүдэд түлхүү суурилуулах боломжтой юм. Гэвч 4Ж Цөм ашиглагдах тул 5Ж Цөмийн давуу талууд болох сервисд суурилсан архитектур, үүлэн-үүгүүл бүтэц зэрэг нь боломжгүй байх ба 4Ж Цөмөөс шалтгаалан хоцролт өндөр байх тээглээс (bottleneck) үүсэх магадлалтай.



Энэ хувилбарт EN-DC (E-UTRA-NR Dual Connectivity) (4Ж-Шинэ радиогийн хосолсон холболт)-г боломжтой болгох учраас LTE eNB бааз станцуудад програм хангамжийн сайжруулалт хийгдэх ба EPC, HSS төхөөрөмжүүдэд бага өөрчлөлт орно. Ярианы үйлчилгээний тасралтгүй байдлыг хангахад бэлэн сүлжээ ашиглагдах ба VoLTE орон даяар нэвтэрсэн бол үргэлжлэн ашиглагдана. 3Ж сүлжээ буюу сүвгийн холболтыг мөн ашиглаж байгаа бол SRVCC ашиглан CSFB хийгдэнэ.

ТБС 3-р хувилбар (NSA #3)-аас ТБС 7-р хувилбар болон ТС 5-р хувилбарын хосолсон сүлжээнд шилжих

5Ж сүлжээнд ажилладаг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн эхний үеийн загваруудыг дэмжих зорилгоор радио сүлжээг 4Ж болон 5Ж цөмтэй нэгэн зэрэг холбогдон ажиллах боломжтой байлгах хувилбар нь энэ шилжилт юм.



Зураг 4-3: ТБС 3-р хувилбараас ТБС 7, ТС 5 -р хувилбарт шилжих [13]

5Ж Цөм бүрэн ажиллагаанд орсон тул уг хувилбар дээр сүлжээний хэрчим, хэт найдвартай, бага хоцролттой холболт, асар олон төхөөрөмжийн холболт зэрэг 5Ж сүлжээний бүх дэвшилтэт үйлчилгээ боломжтой болно.

5Ж Цөм, Шинэ радио дээр ажиллахад хэрэглэгчийн төхөөрөмж шинэ протоколын багц дэмжих шаардлагатай тул эхний үеийн төхөөрөмжүүдэд шинэчлэл хэрэгтэй болно. 4Ж радио сүлжээг 5Ж Цөмтэй ажиллуулахын тулд мөн шинэчлэлүүд хийгдэнэ. Уг хувилбарт 4Ж, 5Ж радио бааз станцуудын хосолсон ажиллагаа улам нарийвчилсан зохион байгуулалттай байхыг анхаарах хэрэгтэй.

5 5G-Advanced

3GPP байгууллагын Хэвлэл 15-аас (Release 15) эхлэн 5Ж сүлжээний бүрэлдэхүүн хэсгүүдийн техникийн шаардлага, үзүүлэлтүүд тодорхойлогдож ирсэн ба шинэ Хэвлэл гарах бүрт 5Ж сүлжээний функц, чадамж сайжирч ирсэн байна.

Хөдөлгөөнт холбооны 4-р үеийн Хэвлэлүүдийг гаргахдаа 3GPP оноосон нэр өгч байсан ба Хэвлэл 8, 9-өөр LTE, Хэвлэл 10, 11, 12-оор LTE-Advanced, Хэвлэл 13, 14-өөр LTE-Advanced-Pro гэж нэрлэсэн сүлжээний техникийн үзүүлэлт, шаардлагуудыг тодорхойлсон юм. Үүнтэй адилаар Хэвлэл 15, 16, 17-оор 5G, Хэвлэл 18-аас эхлэн 5G-Advanced сүлжээ тодорхойлогдож байна.

Хэвлэл 17 нь 2022 оны эхний хагас жилд эцэслэн батлагдсан бол Хэвлэл 18 түүнээс хойш эрчимтэй хөгжүүлэгдэж эхэлсэн байна.



Зураг 5-1: 3GPP байгууллагын 5Ж сүлжээний хувьсал

ОУЦХБ-ын IMT-2020 стандартад тусгасны дагуу 5Ж сүлжээ нь Нэмэгдүүлсэн хөдөлгөөнт өргөн зурвас (eMBB), Хэт найдвартай бага хоцролттой холболт (URLLC), Асар олон төхөөрөмжийн холболт (mMTC) гэсэн үйлчилгээний ангилалуудыг дэмжих чадвартай юм. 5G-Advanced хувьсал нь Хиймэл оюун ухаан, Баяжуулсан бодит байдал, Машин сургалт, Газрын бус сүлжээ, Нийтийн бус сүлжээ гэх мэт технологийн шийдлүүдийг 5Ж сүлжээнд нэмж оруулснаар бүх төрлийн ухаалаг холболтыг дэмжих боломжтой болгоно. Зураг 5-2-т 5G-Advanced сүлжээний гол чадваруудыг үзүүлжээ.



Зураг 5-2: 5G-Advanced сүлжээний үндсэн шинж чанарууд [6]

5G-Advanced сүлжээний чадамж дараах чиглэлээр сайжирна.

- **Advanced downlink/uplink MIMO (Дэвшилтэт уруудах-шугам/өгсөх-шугамын Олон оролт Олон гаралт):** Асар Олон оролт Олон гаралт



технологийн гүйцэтгэл, үр ашгийг дээшлүүлснээр хурд, хамрах хүрээ, цахилгаан зарцуулалт, найдвартай ажиллагааг сайжруулна.

- **Enhanced mobility (Нэмэгдүүлсэн хөдөлгөөн):** 7 Гц орчим болон мм долгион дээр физик болон дамжууллын түвшинд үүр шилжилтийг удирдах, шилжилтийн хоцролтыг багасгах, зөөгчийн нэгтгэл (carrier aggregation), хос холболт (dual connectivity) аргуудыг ашиглах зэргээр хэрэглэгчийн шилжин хөдлөх хурдыг нэмэгдүүлнэ.
- **Mobile integrated access/backhaul (IAB) (Хөдөлгөөнт холбооны нэгдмэл хандалт/гол шугам):** IAB шийдлийг машин, галт тэргэнд нэвтрүүлэх, Дахин дамжуулагчийг хөдөлгөөн мэдрэх, цацраг үүсгэх чадамжтай болгох зэргээр TDD өндөр давтамж дээр үр ашигтай ажиллах боломжтой болгоно.
- **Evolved duplexing (Хувьсмал дуплекс):** TDD сүлжээнд давхцахгүй дэд зурвасын бүрэн дуплексийг хэрэгжүүлснээр сүлжээний үр ашиг, хоцролт, хамрах хүрээг сайжруулна.
- **AI/ML data-driven design (Хиймэл оюун/Машин сургалтын өгөгдөл төвтэй загварчлал):** AI/ML бүтцийг ашиглан сүлжээний ажиллагааны их өгөгдөл анализ хийх замаар сүлжээний эрчим хүч хэмнэлт, ачаалал тэнцүүлэлт, хөдөлгөөний хурд зэргийг нэмэгдүүлж, агаарын интерфэйсийн функцууд болох сувгийн төлөвийн мэдээлэл (CSI), цацрагийн менежмент, байршил тогтоолт зэргийг илүү сайжруулна.
- **Green networks (Ногоон сүлжээ):** 5Ж сүлжээ суурилуулсан төрөл бүрийн орчинд бааз станцын эрчим хүчний хэрэглээний загвар, хэмжих аргачлал, шалгуур үзүүлэлтийг тодорхойлж, системийн түвшинд удирдана.

5G-Advanced сүлжээнд үндсэндээ бүх төхөөрөмж, бүх хэрэглээ холбогдох боломжтой болно.

- **Boundless extended reality (XR) (Хязгааргүй баяжуулсан бодит байдал):** 5G-Advanced стандартын боловсруулалтын хүрээнд XR холболтын Шалгуур үзүүлэлт (KPI), Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүдийг (QoS) тодорхойлж, аппликэйшн танилт, эрчим хүч, багтаамжийн үр ашигтай зарцуулалт зэргийг дээшлүүлнэ.
- **NR-Light evolution (RedCap – Reduced Capability) (ШинэРадио-Хялбаршуулсан) (Бүүруулсан чадамж – RedCap):** Зурвасын өргөнийг 5 МГц хүртэл бүүруулж, бага чадлын, бүүруулсан функцтай төхөөрөмжийг холбох боломжтой болгоно.
- **Expanded sidelink (Өргөтгөсөн хажуугийн шугам (төхөөрөмж хоорондын шууд холболт)):** Хэвлэл 17-гоор Үүрэн V2X (тээврийн хэрэгсэл, юмс хоорондын холболт) шийдлийг лицензгүй давтамж, мм долгион гэх мэт шинэ давтамж, зурвасыг дэмждэг болгох, төхөөрөмж хоорондын шууд холболт, замчлалыг ашиглан хамрах хүрээг сайжруулах чадвартай болгоно.
- **Expanded positioning (Өргөтгөсөн байршил тодорхойлолт):** Хэрэглэгчийн байршил, байршлын хүрээг 5Ж сүлжээнд илүү нарийвчлалтай тодорхойлоход давтамжийн зурвасын нэгтгэл, зөөгчийн фаз хэмжилт, NR-Light сүлжээний байршил тодорхойлолт зэрэг технологийг ашиглана.
- **Drones and enhanced satellites (Дрон болон сайжруулсан хиймэл дагуул):** Дрон ашиглан 5Ж ШР хамрах хүрээг нэмэгдүүлэхэд хэмжилт, дохиоллын загварчлалыг тодорхойлох, энгийн ухаалаг утас 10-аас дээш Гц давтамж дээр хиймэл дагуултай холбогдож, яриа, мессеж дамжуулах боломжтой болно.



- **Multicast enhancements (Мултикаст сайжруулалт):** идэвхгүй төлөвт мултикаст дохио хүлээн авах, RAN хуваан ашиглаж буй нөхцөлд мултикаст илгээх сүлжээний үр ашгийг дээшлүүлнэ.

Дээрхээс гадна 5G-Advanced сүлжээнд Ирмэг тооцоолол, Хиймэл оюун/Машин сургалтад суурилсан үйлчилгээ, Нийтийн бус сүлжээ, Цагийн мэдрэг дамжуулал (Time Sensitive Communication), IMS суурьтай телефон яриа зэргийн нэмэлт сайжруулалт, шинэчлэлүүд хийгдэхээр төлөвлөгдсөн.

6 5G олон улсын нэвтрэлтийн байдал

Дэлхийн хөдөлгөөнт холбооны тоног төхөөрөмж үйлдвэрлэгчдийн ассоциаци буюу Global mobile Suppliers Association (GSA) нь дэлхий даяар нэвтэрч буй Хөдөлгөөнт холбооны сүлжээний нэвтрэлтийн нөхцөл байдлыг тогтмол судлан мэдээллэдэг.

Тус байгууллагаас мэдээлсэнээр 2023 оны 3-р сарын байдлаар дэлхийн 125 орны 524 үүрэн холбооны оператор 5Ж сүлжээг түрших, лиценз авах, суурилуулах, ашиглалтанд оруулах ажлыг хийсэн байна. Эдгээрээс 97 орны 249 оператор компани нь 3GPP байгууллагын стандартад нийцсэн 5Ж үйлчилгээг зах зээлд амжилттай нэвтрүүлээд байгаа юм. Дэлхий даяар 41 оператор компани 5Ж Тусгаар сүлжээг бүрэн ашиглалтанд оруулсан бол 74 оператор компани Тусгаар сүлжээг ашиглалтанд оруулахаар ажиллаж байна.

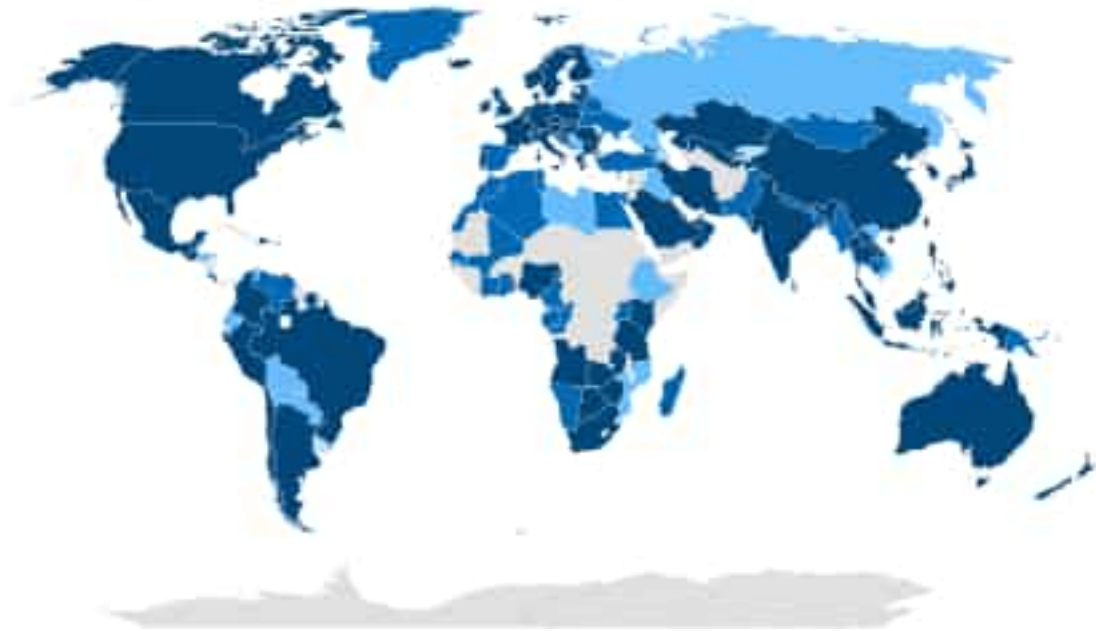


Зураг 6-1: 5Ж сүлжээ ашиглалтад оруулсан болон оруулахаар ажиллаж буй оператор компаниудын тоо [7]

Дараах зурагт 5Ж сүлжээний дэлхий даяарх нэвтрэлтийн байдлыг тархалтыг харуулав.

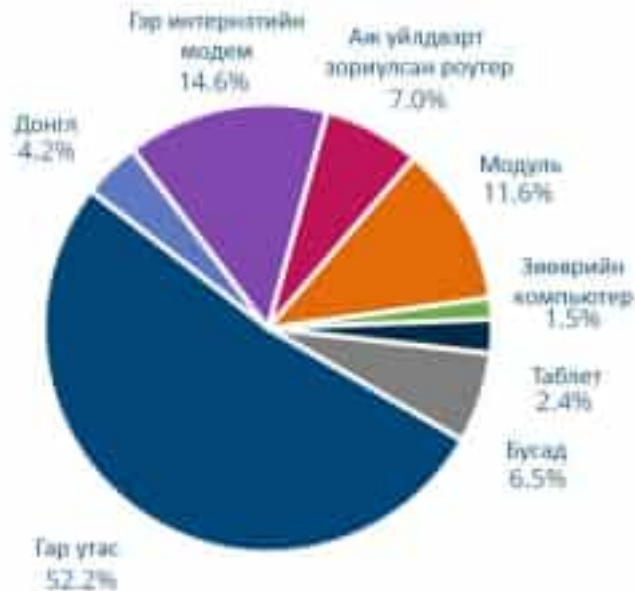


- 5G deployed in network, services launched
- Planning/evaluating/testing/trialing
- Deploying/deployed, precommercial
- 5G deployed in network, soft launch



Зураг 6-2: 5Ж сүлжээний нэвтрэлт дэлхий даяар, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7]

2023 оны 3-р сарын байдлаар 5Ж сүлжээнд ажиллах зориулалттай 1,896 хэрэглэгчийн төхөөрөмж зах зээл дээр борлуулагдаж байгаа нь 2022 онд 1,257 байснаас 50% өссөн тоо ажээ. Нийт төхөөрөмжийн 52% нь гар утас, 14.6% нь гэр интернэтийн модем, 11.6% нь эд ангиуд байгаа нь нийт төхөөрөмжийн нэр төрлийн дийлэнх хэсгийг бүрдүүлж байна.



Зураг 6-3: 5Ж хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн нэр төрөл, [7]

Дэлхий даяар 5Ж сүлжээнд хамгийн их хэрэглэгдэж байгаа давтамжийн зурвасуудад n77 (3,300-4,200 МГц), n78 (3,300-3,800 МГц), 700 МГц, 26/28 ГГц, 2.1 ГГц, 2.5 ГГц зэрэг орж байна.

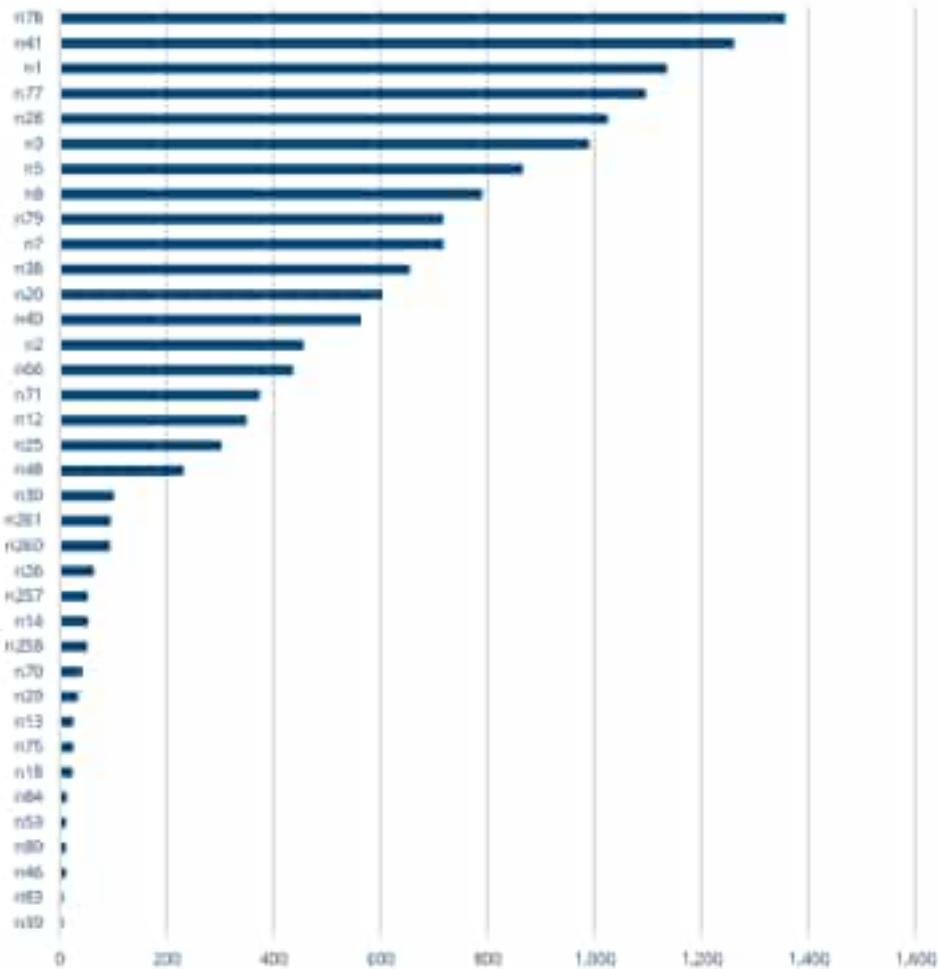


Зураг 6-4: Дэлхий даяар 5Ж сүлжээнд ашиглаж буй давтамжийн зурвасын тархалт, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7]

Зах зээл дээр борлуулагдаж буй хэрэглэгчийн төхөөрөмж 5Ж сүлжээний давтамжийн зурвасыг дэмждэг байх нь чухал бөгөөд одоогоор n78 (3,300-3,800 МГц) давтамжийн зурвас дээр хамгийн олон төхөөрөмж ажилладаг байна.



5G сүлжээний давтамж дээр ажилладаг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн тоо (2023 оны 3-р сарын байдлаар)



Зураг 6-5: 5Ж сүлжээний давтамжийн зурвас тус бүр дээр ажилладаг хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн тоо, 2023 оны 3-р сарын байдлаар, [7]

5Ж сүлжээ, үйлчилгээний нэвтрэлтийн байдлаар БНСУ, БНХАУ, АНУ, ХБНГУ зэрэг орнууд тэргүүлж байна.

7 Ашигласан материалын жагсаалт

- [1] ITU-R Recommendation M.2150-1, “Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)”, February 2022.
- [2] ITU Centres of Excellence for Europe, ITU Academy, “5G-Advanced Mobile Broadband Internet and New Services, Module 1: Mobile broadband Internet”, November 2022.
- [3] ITU Centres of Excellence for Europe, ITU Academy, “5G-Advanced Mobile Broadband Internet and New Services, Module 2: 5G Technologies”, November 2022.



- [4] ITU Centres of Excellence for Europe, ITU Academy, “5G-Advanced Mobile Broadband Internet and New Services, Module 3: Future 5G-Advanced Mobile Broadband”, November 2022.
- [5] ITU Centres of Excellence for Europe, ITU Academy, “5G-Advanced Mobile Broadband Internet and New Services, Module 4: New 5G-Advanced services”, November 2022.
- [6] Qualcomm, "Setting off the 5G Advanced evolution", December 2021.
- [7] GSA, “5G Market Snapshot”, May 2023.
- [8] <https://www.3gpp.org/technologies/adding-channel-bandwidth-to-existing-nr-bands> (as of Aug 08, 2022)
- [9] ITU-R Rec. M.2150-1, “Detailed specifications of the terrestrial radio interfaces of International Mobile Telecommunications-2020 (IMT-2020)”, February 2022.
- [10] ITU-T G.8300, “Characteristics of transport networks to support IMT-2020/5G”, May 2020.
- [11] ITU Rec. Y.3102, “Framework of the IMT-2020 network”, May 2018.
- [12] 3GPP TR 38.807 V16.1.0, "Study on requirements for NR beyond 52.6 GHz (Release 16)", March 2021.
- [13] 3GPP TS 38.104, V17.3.0, “Base Station (BS) radio transmission and reception (Release 17)”, September 2022.
- [14] GSMA, “Road to 5G: Introduction and Migration”, April, 2018.
- [15] Toni Janevski, "Internet Technologies for Fixed and Mobile Networks", Artech House, USA, November 2015.
- [16] Toni Janevski, "Internet Technologies for Fixed and Mobile Networks", Artech House, USA, November 2015.
- [17] ITU, “Global Connectivity Report 2022”, 2022
- [18] GSMA, <https://www.gsma.com/iot/>, accessed in May 2023.
- [19] GSA, “NB-IoT & LTE-M February 2022 – Global Ecosystem”, February 2022.
- [20] ITU-T Rec. E.805.1, "Quality of service operational strategy for improved regulatory supervision of providers of mobile telecommunication services", January 2021.
- [21] ITU, “Global Digital Regulatory Outlook 2023”, 2023.
- [22] ITU, “5G market readiness in Mongolia”, February 2022.
- [23] McKinsey & Company, “The 5G era - New horizons for advanced electronics and industrial companies”, January 2020.
- [24] Huawei, “The 5G Future - A Huawei Report”, November 2020.
- [25] Харилцаа холбоо, мэдээллийн технологийн нэр томъёоны толь бичиг, Э.Батцэцэг, Б.Батням, Т.Лхагвасүрэн, Г.Хишигжаргал, 2020.
- [26] MNS ITU-R V.573:2021 “Утасгүй холбоо. Тайлбар толь”, 2021 оны 9-р сарын 22.
- [27] ITU-R, “Final Evaluation Report on the IMT-2020 from 3GPP”, February 2020.

8 Хавсралтууд

8.1 Хавсралт 1: ОУЦХБ-ын Радио давтамжийн байгууллагаас 5Ж сүлжээнд ашиглах зориулалтаар хуваарилсан давтамжийн бүлгийг багаас их давтамж руу жагсаасан байдал

Дараах хүснэгтэнд 5Ж сүлжээнд ашиглах давтамжийн зурвасыг багаас их давтамж руу жагсаасан ба FDD, TDD, SUL, SDL шийдлээр нь бүлэглэсэн.

*Хүснэгт 8-1: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17)
(2022 оны 8-р сарын 8-ны байдлаар) [12][8]
Давтамжийг багаас их рүү жагсаасан*

No.	NR operating band	Uplink (UL) operating band BS receive / UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit / UE receive	Duplex mode	Uplink (UL) bandwidth h MHz	Downlink (DL) bandwidth h MHz
1	n71	663 MHz – 698 MHz	617 MHz – 652 MHz	FDD	35	35
2	n85	698 MHz – 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD	18	18
3	n12	699 MHz – 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD	17	17
4	n13	777 MHz – 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD	10	10
5	n28	703 MHz – 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD	45	45
6	n14	788 MHz – 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD	10	10
7	n20	832 MHz – 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD	30	30
8	n26	814 MHz – 849 MHz	859 MHz – 894 MHz	FDD	35	35
9	n18	815 MHz – 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	FDD	15	15
10	n5	824 MHz – 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD	25	25
11	n100	874 MHz – 880 MHz	919 MHz – 925 MHz	FDD	5.6	5.6
12	n8	880 MHz – 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD	35	35
13	n91	832 MHz – 862 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	30	5
14	n93	880 MHz – 915 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	35	5
15	n92	832 MHz – 862 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	30	85
16	n94	880 MHz – 915 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	35	85
17	n74	1,427 MHz – 1,470 MHz	1,475 MHz – 1,518 MHz	FDD	43	43
18	n24 ⁷	1,627 MHz – 1,661 MHz	1,525 MHz – 1,559 MHz	FDD	34	34
19	n3	1,710 MHz – 1,785 MHz	1,805 MHz – 1,880 MHz	FDD	75	75
20	n2	1,850 MHz – 1,910 MHz	1,930 MHz – 1,990 MHz	FDD	60	60
21	n25	1,850 MHz – 1,915 MHz	1,930 MHz – 1,995 MHz	FDD	65	65
22	n70	1,695 MHz – 1,710 MHz	1,995 MHz – 2,020 MHz	FDD	15	25
23	n66	1,710 MHz – 1,780 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	70	90
24	n1	1,920 MHz – 1,980 MHz	2,110 MHz – 2,170 MHz	FDD	60	60
25	n65	1,920 MHz – 2,010 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	90	90
26	n30	2,305 MHz – 2,315 MHz	2,350 MHz – 2,360 MHz	FDD	10	10
27	n7	2,500 MHz – 2,570 MHz	2,620 MHz – 2,690 MHz	FDD	70	70
28	n51	1,427 MHz – 1,432 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	TDD	5	



29	n50	1,432 MHz – 1,517 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	TDD	85	
30	n39	1,880 MHz – 1,920 MHz	1,880 MHz – 1,920 MHz	TDD	40	
31	n101	1,900 MHz – 1,910 MHz	1,900 MHz – 1,910 MHz	TDD	10	
32	n34	2,010 MHz – 2,025 MHz	2,010 MHz – 2,025 MHz	TDD	15	
33	n40	2,300 MHz – 2,400 MHz	2,300 MHz – 2,400 MHz	TDD	100	
34	n53	2,484 MHz – 2,495 MHz	2,484 MHz – 2,495 MHz	TDD	11.5	
35	n41	2,496 MHz – 2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD	194	
36	n90	2,496 MHz – 2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD	194	
37	n38	2,570 MHz – 2,620 MHz	2,570 MHz – 2,620 MHz	TDD	50	
38	n77	3,300 MHz – 4,200 MHz	3,300 MHz – 4,200 MHz	TDD	900	
39	n78	3,300 MHz – 3,800 MHz	3,300 MHz – 3,800 MHz	TDD	500	
40	n48	3,550 MHz – 3,700 MHz	3,550 MHz – 3,700 MHz	TDD	150	
41	n79	4,400 MHz – 5,000 MHz	4,400 MHz – 5,000 MHz	TDD	600	
42	n46	5,150 MHz – 5,925 MHz	5,150 MHz – 5,925 MHz	TDD (NOTE 3)	775	
43	n47	5,855 MHz – 5,925 MHz	5,855 MHz – 5,925 MHz	TDD	70	
44	n96 (NOTE 4)	5,925 MHz – 7,125 MHz	5,925 MHz – 7,125 MHz	TDD (NOTE 3)	1200	
45	n102 ⁴	5,925 MHz – 6,425 MHz	5,925 MHz – 6,425 MHz	TDD ³	500	
46	n104 ⁸	6,425 MHz – 7,125 MHz	6,425 MHz – 7,125 MHz	TDD	700	
47	n83	703 MHz – 748 MHz	N/A	SUL	45	0
48	n89	824 MHz – 849 MHz	N/A	SUL	25	0
49	n82	832 MHz – 862 MHz	N/A	SUL	30	0
50	n81	880 MHz – 915 MHz	N/A	SUL	35	0
51	n99 ⁶	1,627 MHz – 1,661 MHz	N/A	SUL	34	0
52	n80	1,710 MHz – 1,785 MHz	N/A	SUL	75	0
53	n86	1,710 MHz – 1,780 MHz	N/A	SUL	70	0
54	n98 ⁵	1,880 MHz – 1,920 MHz	N/A	SUL	40	0
55	n84	1,920 MHz – 1,980 MHz	N/A	SUL	60	0
56	n95 (NOTE 1)	2,010 MHz – 2,025 MHz	N/A	SUL	15	0
57	n97 ⁵	2,300 MHz – 2,400 MHz	N/A	SUL	100	0
58	n29	N/A	717 MHz – 728 MHz	SDL	0	11
59	n67	N/A	738 MHz – 758 MHz	SDL	0	20
60	n75	N/A	1,432 MHz – 1,517 MHz	SDL	0	85
61	n76	N/A	1,427 MHz – 1,432 MHz	SDL	0	5

 FDD

 TDD

 SUL

 SDL

NOTE 1: This band is applicable in China only.



NOTE 2: Variable duplex operation does not enable dynamic variable duplex configuration by the network and is used such that DL and UL frequency ranges are supported independently in any valid frequency range for the band.
NOTE 3: This band is restricted to operation with shared spectrum channel access as defined in 3GPP TS 37.213
NOTE 4: This band is applicable only in countries/regions designating this band for shared-spectrum access use subject to country-specific conditions.
NOTE 5: The requirements for this band are applicable only where no other NR or E-UTRA TDD operating band(s) are used within the frequency range of this band in the same geographical area. For scenarios where other NR or E-UTRA TDD operating band(s) are used within the frequency range of this band in the same geographical area, special co-existence requirements may apply that are not covered by the 3GPP specifications.
NOTE 6: UL operation is restricted to 1627.5 – 1637.5 MHz and 1646.5 – 1656.5 MHz per FCC Order DA 20-48
NOTE 7: DL operation is restricted to 1526-1536 MHz frequency range. UL operation is restricted to 1627.5 – 1637.5 MHz and 1646.5 – 1656.5 MHz per FCC Order 20-51
NOTE 8: This band is applicable only in countries/regions designating this band for IMT licensed operation

8.2 Хавсралт 2: ОУЦХБ-ын Радио давтамжийн байгууллагаас 5Ж сүлжээнд ашиглах зориулалтаар хуваарилсан давтамжийн бүлгийг ихээс бага цараа руу жагсаасан байдал

Дараах хүснэгтэнд 5Ж сүлжээнд ашиглах давтамжийн зурвасыг ихээс бага цараа руу жагсаасан ба FDD, TDD, SUL, SDL шийдлээр нь бүлэглэсэн.

*Хүснэгт 8-2: 5Ж сүлжээний FR1 давтамжийн хүснэгт (3GPP Хэвлэл 17)
(2022 оны 8-р сарын 8-ны байдлаар) [12][8]
Давтамжийн царааны өргөнийг ихээс бага руу жагсаасан*

No.	NR operating band	Uplink (UL) operating band BS receive / UE transmit	Downlink (DL) operating band BS transmit / UE receive	Duplex mode	Uplink (UL) bandwidth MHz	Downlink (DL) bandwidth MHz
1	n65	1,920 MHz - 2,010 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	90	90
2	n3	1,710 MHz - 1,785 MHz	1,805 MHz – 1,880 MHz	FDD	75	75
3	n66	1,710 MHz - 1,780 MHz	2,110 MHz – 2,200 MHz	FDD	70	90
4	n7	2,500 MHz - 2,570 MHz	2,620 MHz – 2,690 MHz	FDD	70	70
5	n25	1,850 MHz - 1,915 MHz	1,930 MHz – 1,995 MHz	FDD	65	65
6	n2	1,850 MHz - 1,910 MHz	1,930 MHz – 1,990 MHz	FDD	60	60
7	n1	1,920 MHz - 1,980 MHz	2,110 MHz – 2,170 MHz	FDD	60	60
8	n28	703 MHz - 748 MHz	758 MHz – 803 MHz	FDD	45	45
9	n74	1,427 MHz - 1,470 MHz	1,475 MHz – 1,518 MHz	FDD	43	43
10	n71	663 MHz - 698 MHz	617 MHz – 652 MHz	FDD	35	35
11	n26	814 MHz - 849 MHz	859 MHz – 894 MHz	FDD	35	35
12	n8	880 MHz - 915 MHz	925 MHz – 960 MHz	FDD	35	35
13	n93	880 MHz - 915 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	35	5
14	n94	880 MHz - 915 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	35	85



15	n24 ⁷	1,627 MHz - 1,661 MHz	1,525 MHz – 1,559 MHz	FDD	34	34
16	n20	832 MHz - 862 MHz	791 MHz – 821 MHz	FDD	30	30
17	n91	832 MHz - 862 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	FDD (NOTE 2)	30	5
18	n92	832 MHz - 862 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	FDD (NOTE 2)	30	85
19	n5	824 MHz - 849 MHz	869 MHz – 894 MHz	FDD	25	25
20	n85	698 MHz - 716 MHz	728 MHz – 746 MHz	FDD	18	18
21	n12	699 MHz - 716 MHz	729 MHz – 746 MHz	FDD	17	17
22	n18	815 MHz - 830 MHz	860 MHz – 875 MHz	FDD	15	15
23	n70	1,695 MHz - 1,710 MHz	1,995 MHz – 2,020 MHz	FDD	15	25
24	n13	777 MHz - 787 MHz	746 MHz – 756 MHz	FDD	10	10
25	n14	788 MHz - 798 MHz	758 MHz – 768 MHz	FDD	10	10
26	n30	2,305 MHz - 2,315 MHz	2,350 MHz – 2,360 MHz	FDD	10	10
27	n100	874 MHz - 880 MHz	919 MHz – 925 MHz	FDD	5.6	5.6
28	n96 (NOTE 4)	5,925 MHz - 7,125 MHz	5,925 MHz – 7,125 MHz	TDD (NOTE 3)	1200	
29	n77	3,300 MHz - 4,200 MHz	3,300 MHz – 4,200 MHz	TDD	900	
30	n46	5,150 MHz - 5,925 MHz	5,150 MHz – 5,925 MHz	TDD (NOTE 3)	775	
31	n104 ⁸	6,425 MHz - 7,125 MHz	6,425 MHz – 7,125 MHz	TDD	700	
32	n79	4,400 MHz - 5,000 MHz	4,400 MHz – 5,000 MHz	TDD	600	
33	n78	3,300 MHz - 3,800 MHz	3,300 MHz – 3,800 MHz	TDD	500	
34	n102 ⁴	5,925 MHz - 6,425 MHz	5,925 MHz – 6,425 MHz	TDD ³	500	
35	n41	2,496 MHz - 2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD	194	
36	n90	2,496 MHz - 2,690 MHz	2,496 MHz – 2,690 MHz	TDD	194	
37	n48	3,550 MHz - 3,700 MHz	3,550 MHz – 3,700 MHz	TDD	150	
38	n40	2,300 MHz - 2,400 MHz	2,300 MHz – 2,400 MHz	TDD	100	
39	n50	1,432 MHz - 1,517 MHz	1,432 MHz – 1,517 MHz	TDD	85	
40	n47	5,855 MHz – 5,925 MHz	5,855 MHz – 5,925 MHz	TDD	70	
41	n38	2,570 MHz - 2,620 MHz	2,570 MHz – 2,620 MHz	TDD	50	
42	n39	1,880 MHz - 1,920 MHz	1,880 MHz – 1,920 MHz	TDD	40	
43	n34	2,010 MHz - 2,025 MHz	2,010 MHz – 2,025 MHz	TDD	15	
44	n53	2,484 MHz - 2,495 MHz	2,484 MHz – 2,495 MHz	TDD	11.5	
45	n101	1,900 MHz - 1,910 MHz	1,900 MHz – 1,910 MHz	TDD	10	
46	n51	1,427 MHz - 1,432 MHz	1,427 MHz – 1,432 MHz	TDD	5	
47	n97 ⁵	2,300 MHz - 2,400 MHz	N/A	SUL	100	0
48	n80	1,710 MHz - 1,785 MHz	N/A	SUL	75	0
49	n86	1,710 MHz - 1,780 MHz	N/A	SUL	70	0
50	n84	1,920 MHz - 1,980 MHz	N/A	SUL	60	0
51	n83	703 MHz - 748 MHz	N/A	SUL	45	0
52	n98 ⁵	1,880 MHz - 1,920 MHz	N/A	SUL	40	0
53	n81	880 MHz - 915 MHz	N/A	SUL	35	0
54	n99 ⁶	1,627 MHz - 1,661 MHz	N/A	SUL	34	0
55	n82	832 MHz - 862 MHz	N/A	SUL	30	0
56	n89	824 MHz - 849 MHz	N/A	SUL	25	0
57	n95 (NOTE 1)	2,010 MHz - 2,025 MHz	N/A	SUL	15	0



58	n75	N/A	1,432 MHz – 1,517 MHz	SDL	0	85
59	n67	N/A	738 MHz – 758 MHz	SDL	0	20
60	n29	N/A	717 MHz – 728 MHz	SDL	0	11
61	n76	N/A	1,427 MHz – 1,432 MHz	SDL	0	5

8.3 Хавсралт 3: 5Ж сүлжээний Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлт (Quality of Service – QoS)

Дараах хүснэгтэд 5Ж сүлжээнд тодорхойлогдсон QoS үзүүлэлтийг стандартад дугаарлагдсанаар эрэмблэв.

Хүснэгт 8-3: 5Ж сүлжээнд тодорхойлогдсон Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлтүүд (5QI – 5G Quality Identicators)

No.	5QI (QCI)	Resource Type	Priority Level	Packet Delay Budget	Packet Error Rate	Maximum Data Burst Volume	Үйлчилгээний жишээ
1	1	GBR	20	100 ms	10 ⁻²	-	Voice over IP (VoIP)
2	2	GBR	40	150 ms	10 ⁻³	-	Дүрстэй яриа ба шууд дамжуулалт
3	3	GBR	30	50 ms	10 ⁻³	-	Бодит цагийн цахим тоглоом, V2X мессеж
4	4	GBR	50	300 ms	10 ⁻⁶	-	Бүферлэсэн видео дамжуулалт (шүүд бүс)
5	5	Non-GBR	10	100 ms	10 ⁻⁶	-	IMS дохиолол
6	6	Non-GBR	60	100 ms	10 ⁻³	-	Бүферлэсэн видео дамжуулалт, TCP протоколд суурилсан интерактив аппликэйшн (Ж: Вэбсайт, имэйл, файл дамжуулалт г.м.)
7	7	Non-GBR	70	100 ms	10 ⁻³	-	Яриа, видео шууд дамжуулалт, интерактив цахим тоглоом
8	8	Non-GBR	80	300 ms	10 ⁻⁶	-	Бүферлэсэн видео дамжуулалт, TCP протоколд суурилсан интерактив аппликэйшн (Ж: Вэбсайт, имэйл, файл дамжуулал г.м.)
9	9	Non-GBR	90	300 ms	10 ⁻⁶	-	Бүферлэсэн видео дамжуулалт, TCP протоколд суурилсан интерактив аппликэйшн (Ж: Вэбсайт, имэйл, файл дамжуулал г.м.)
10	10	Non-GBR	90	1100 ms	10 ⁻⁶	-	Хиймэл дагуулын холболтоор дамжуулагдах Видео (бүферлэсэн дамжуулалт), TCP дамжуулалт (ж: вэбсайт, имэйл, chat, ftp, p2p файл түгээх, адаптив нягтралтай)



							видео г.м.) болон бусад үйлчилгээ
11	65	GBR	7	75 ms	10^{-2}	-	Онц чухал Push To Talk (MCPTT) яриа
12	66	GBR	20	100 ms	10^{-2}	-	Энгийн Push To Talk (MCPTT) яриа
13	67	GBR	15	100 ms	10^{-3}	-	Онц чухал видео (хэрэглэгчийн давхаргын дамжуулалт)
14	69	Non-GBR	50	60 ms	10^{-6}	-	Онц чухал дохиолол (ж: MCPTT дохиолол)
15	70	Non-GBR	55	200 ms	10^{-6}	-	Бүфэрлэсэн видео дамжуулалт, TCP протоколд суурилсан интерактив аппликэйшн (Ж: Вэбсайт, имэйл, файл дамжуулал г.м.)-н онц чухал өгөгдөл
16	71	GBR	56	150 ms	10^{-6}	-	Өгсөх шугамын "Live" дамжуулалт
17	72	GBR	56	300 ms	10^{-4}	-	Өгсөх шугамын "Live" дамжуулалт
18	73	GBR	56	300 ms	10^{-8}	-	Өгсөх шугамын "Live" дамжуулалт
19	74	GBR	56	500 ms	10^{-8}	-	Өгсөх шугамын "Live" дамжуулалт
20	75	GBR	25	50 ms	10^{-2}	-	V2X мессеж
21	76	GBR	56	500 ms	10^{-4}	-	Өгсөх шугамын "Live" дамжуулалт
22	79	Non-GBR	65	50 ms	10^{-2}	-	V2X мессеж
23	80	Non-GBR	66	10 ms	10^{-6}	-	Бага хоцролттой eMBB баяжуулсан бодит байдал
24	82	Delay-Critical GBR	19	10 ms	10^{-4}	255 bytes	Тусгайлсан (аж үйлдвэрийн) автоматжуулалт
25	83	Delay-Critical GBR	22	10 ms	10^{-4}	1,354 bytes	Тусгайлсан (аж үйлдвэрийн) автоматжуулалт
26	84	Delay-Critical GBR	24	30 ms	10^{-5}	1,354 bytes	Ухаалаг тээврийн систем
27	85	Delay-Critical GBR	21	5 ms	10^{-5}	255 bytes	Цахилгаан түгээх сүлжээ - өндөр хүчдэл
28	86	Delay-Critical GBR	18	5 ms	10^{-5}	1,354 bytes	V2X мессеж



29	87	Delay-Critical GBR	25	5 ms	10^{-3}	500 bytes	Интерактив үйлчилгээ - Хөдөлгөөн мөшгөх өгөгдөл
30	88	Delay-Critical GBR	25	10 ms	10^{-3}	1,125 bytes	Интерактив үйлчилгээ - Хөдөлгөөн мөшгөх өгөгдөл
31	89	Delay-Critical GBR	25	15 ms	10^{-4}	17,000 bytes	Үүлэн тооцоолол/ирмэг тооцоолол/видео рендерийн дүрсэн агуурга
32	90	Delay-Critical GBR	25	20 ms	10^{-4}	63,000 bytes	Үүлэн тооцоолол/ирмэг тооцоолол/видео рендерийн дүрсэн агуурга

8.4 Хавсралт 4: IMT-2020 стандартын шаардлагыг 3GPP байгууллагын шийдэл хангасан үзүүлэлтийн хүснэгт

Хүснэгт 8-4: NR уруудах шугамын хамгийн өндөр хурд [27]

Төрөл	Дэд зөөгчийн өргөн [кГц]		Үндсэн зөөгчийн цараа (МГц)	Нэг үндсэн зөөгчийн дээд хурд (Гбит/сек)	16 үндсэн зөөгчийг агрегат хийж гаргасан дээд хурд (Гбит/сек)	IMT хурдыг хангахад шаардагдах давтамжийн цараа (МГц)	IMT шаардлага (Гбит/сек)
FDD	FR1	15	50	2.4016	38.4256	417	20 Гбит/сек
		30	100	4.86	77.76	412	
		60	100	4.7646	76.2336	420	
TDD	FR1	15	50	1.8249	29.1984	548	
		30	100	3.6936	59.0976	542	
		60	100	3.6182	57.8912	553	
	FR2	60	200	5.453	87.248	734	
		120	400	10.923	174.768	733	

Хүснэгт 8-5: NR өгсөх шугамын хамгийн өндөр хурд [27]

Төрөл	Дэд зөөгчийн өргөн [кГц]		Үндсэн зөөгчийн цараа (МГц)	Нэг үндсэн зөөгчийн дээд хурд (Гбит/сек)	16 үндсэн зөөгчийг агрегат хийж гаргасан дээд хурд (Гбит/сек)	IMT хурдыг хангахад шаардагдах давтамжийн цараа (МГц)	IMT шаардлага (Гбит/сек)
FDD	FR1	15	50	1.2379	19.8064	404	10 Гбит/сек
		30	100	2.5032	40.0512	400	
		60	100	2.475	39.6	405	
TDD	FR1	15	50	0.2671	4.2736	1872	
		30	100	0.54	8.64	1852	



		60	100	0.534	8.544	1873	
	FR2	60	200	1.0059	16.095	1988	
		120	400	2.0118	32.189	1988	

9 Товчлол, нэр томъёо

ХЭДФ Хэрэглэгчийн давхаргын функц (User plane function)

ХЯДФ Хяналтын давхаргын функц (Control plane function)

IAB Integrated Access Backhaul (Нэгдмэл Хандалт ба Гол Шугам)

Backhaul – Гол шугам: Утасгүй технологид, үүрэн сайтаас свич рүү дуу болон өгөгдлийн урсгалыг дамжуулахад ашигладаг шугамыг гол шугам гэнэ. [22]

СФ Сүлжээний функц (Network function)

OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) – Ортогонал давтамжийн хуваалттай нягтруулга

OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) – Ортогонал давтамжийн хуваалттай олон цэгийн хандалт

QoS Quality of Service Үйлчилгээний чанарын үзүүлэлт

QCI QoS Class Identifier

5QI 5G QoS Identifier

5Ж Хөдөлгөөнт холбооны 5-р үе