

Өмнөх үг


Маш хурдтайгаар хувьсан өөрчлөгдөн хөгжиж буй мэдээлэл, харилцаа холбооны салбарын нэг чухал хэсэг нь утасгүй холбооны технологи бөгөөд өдөр тутам бидний хүрээлэн буй орчин, хувийн хэрэгцээнд ашиглагдаж, хэрэглэгдэж ирсэн, цаашид ч улам бүр энэ технологийг өргөн ашиглах нь нэгэнт тодорхой болсон. Өөрөөр хэлбэл радио долгио гэх байгалын хүчин зүйлийн ашиглалтыг нэмэгдүүлж, түүнд тулгуурласан шинэ технологийн шийдлүүд гарч ирж байна. Энэ шинэ технологийн шийдлүүдийн нэг гол зорилго нь саланги, тусдаа хөгжиж ирсэн техникүүдийг нэгтгэн нэгдсэн удирдлага, хяналтын зохион байгуулалтад оруулах юм. Тэгэхээр энэ мэдээлэл, өгөгдлийг дамжуулах утасгүй холбооны технологид суурилсан, өөр хооронд нь физик ба виртуал замаар холбох мэдээллийн нийгэмд зориулсан дэвшилтэт үйлчилгээний глобал дэд бүтцийн нэг хэлбэр нь юмсын интернэт юм.

Юмсын интернэтийн төхөөрөмж нь эрчим хүчний хэмнэлттэй, өртөг багатай (сүлжээ болон төгсгөлийн төхөөрөмж), богино зайд эсвэл алсын зайд дамжуулах, өгөгдлийн хурд бага, радио давтамжийн өргөн зурвас шаардахгүй, цэнэгээ удаан барих (жил), хаана ч суурилуулах боломжтой (барилга дотор, гадна, цөлд, талд, тээврийн хэрэгсэл гэх мэт) ба төхөөрөмжүүдийг хэсэгчилсэн эсвэл нэгтгэсэн сүлжээнд ашигладаг байна. Төгсгөлийн буюу хэрэглэгчийн төхөөрөмжүүд нь ерөнхийдөө мэдрэгч болон акторуудаас (цахилгаан дохиог механик эсвэл физикийн хэмжээс рүү хувиргах төхөөрөмж) бүрдэх бөгөөд дохиоллын, хэмжилтийн, хяналт удирдлагын болон эдгээрийн хослолын үүрэг функцтэй байдаг.

Юмсын интернэтийг илүү цогц системээр хэлбэрээр авч үзвэл ерөнхийдөө төгсгөлийн төхөөрөмжүүд, сүлжээний дэд бүтэц, мэдээлэл боловсруулалт, хэрэглээний буюу удирдлагын програм хангамж гэсэн 4 хэсгээс бүрдэнэ.

Хүснэгт 1. Юмсын Интернэтийн хэрэглээ




<p style="text-align: center;">Хэрэглэгч</p> 	Электрон төхөөрөмжүүд	Ухаалаг телевизор, гэрийн театр, MP3 тоглуулагч, цахим тоглоомын төхөөрөмжүүд, чанга яригч, хүлээн авагч төхөөрөмж (set-top box)
	Ухаалаг гэр	Хөргөгч, угаалгын машин, гэрийн сүлжээний төхөөрөмжүүд, дохиолол, температур болон чийгшил мэдрэгчүүд гэх мэт
	Эд зүйлс	Фитнэс бугуйвч, ухаалаг цаг
	Ухаалаг тээврийн хэрэгсэл	Сүлжээнд холбогдсон автомашин, унадаг дугуй
	Бусад зүйлс	Хүүхэд, хөгшид болон гэрийн тэжээмэл амьтны байршил заагч, түүнчлэн дрон, гэрийн робот
	Ухаалаг хот	Нийтийн тээвэр, хяналт, цахилгаан тээврийн цэнэглэлт, гудамжны гэрэлтүүлэг, автомашины зогсоол, хог хаягдлын менежмент

<p>Аж үйлдвэр</p> 	Нийтийн хэрэгцээ	Эрчим хүч, усны болон хийн хангамжийн хяналт, ухаалаг хязгаарлалт
	Ухаалаг худалдаа	Банкны карт уншигч машин, цахим самбар, АТМ, худалдааны автомат машин
	Ухаалаг үйлдвэрлэл	Хяналт, шинжилгээ, барааны агуулхын менежмент
	Ухаалаг барилга	Халаалт, агааржуулалт, аюулгүй байдал, гэрэлтүүлэг, мэдээллийн самбар, оффисын тоног төхөөрөмж
	Эрүүл мэнд	Алсаас үзлэг, хяналт хийх, түргэн тусламжийн дэд бүтэц
	Бусад	Хүргэлтийн менежмент, газар тариалан, газрын тос, уул уурхай, барилга

Утасгүй холбооны Wi-Fi нь юмсын интернэтэд өдөр бүр ашигладаг нийтлэг дамжуулах технологи бөгөөд өргөн хэрэглэгдэж ирсэн. Сүүлийн хэдэн жилийн хугацаанд шинэ төрлийн утасгүй технологи бий болсон бөгөөд "Богино зайн" гэж нэрлэгддэг стандартын утасгүй технологийг илүү сайжруулахын тулд холын зайн радио технологиуд гарч ирсэн. Энэхүү төхөөрөмжүүд алсын зайд бага эрчим хүчээр, гэхдээ өгөгдлийн хурд болон багтаамж багатайгаар холбогдох боломжийг олгодог. Энэ нь бага эрчим хүчний өргөн сүлжээ (LPWAN-Low Power Wireless Access Network) гэж нэрлэгддэг 500 метрээс дээш зайд өгөгдлийг дамжуулах боломжийг олгодог. Энэ төрлийн технологи нь эрдэм шинжилгээний болон үйлдвэрлэлийн маш их анхаарлыг татаж ирсэн бөгөөд одоо ч ашиг тусаа өгдөг.

Тэгэхээр юмсын интернэт нь богино зайн болон алсын зайн гэсэн үндсэн хоёр технологийн зарчмаар хуваагдаж ирсэн байна.

Хүснэгт 2. Тэргүүлэх технологиуд

Суурин буюу богино зайн шийдэл	Алсын зайн шийдэл	
	3GPP стандарт бус (LPWAN)	
	3GPP стандарт	

Ашиглалтын хувьд нийтийн хэрэгцээнд болон хувийн хэрэгцээнд үйлчилдэг бөгөөд радио давтамжийн төлбөртэй, төлбөргүй зурваст ажиллана.

Алсын зайн шийдэлтэй технологиуд нь дотроо 3GPP стандартын болон 3GPP стандартын бус гэсэн хоёр төрөлд хуваагддаг байна.

1. Суурин, богино зайн шийдэл

Энэхүү технологийн шийдэлд маш өргөнөөр гэвч тус тусдаа бие даан хөгжиж ирсэн радио давтамжаар таних (RFID), Bluetooth, ZigBee, Wi-Fi төрлийн технологиуд багтдаг.

Эдгээр технологиудын мэдээллээ дамжуулах зай, радио давтамжийн зурвас ашиглалтын төрөл, хэрэглээний хүрээ, тэргүүлэх технологи зэргээр нь ангилан авч хүснэгтээр үзүүлэв.

Хүснэгт 3. Суурин богино зайн технологиуд

№	Технологи	Радио давтамжийн зурвас ашиглалт	Радио дохионы гаралтын чадал	Холболтын зай	Хэрэглээ
1	RFID	125/134 кГц 13.56 МГц 860-960 МГц 2.4 ГГц (100 кГц-10 ГГц)	~	~100 м	ID карт, таних, хянах
2	Bluetooth	2.4 ГГц	~10 мВт	~150 м	Богино зайд төрөл бүрийн мэдээлэл дамжуулах
3	ZigBee	784 МГц 868 МГц 915 МГц 2.4 МГц	~100 мВт	~100 м	Ухаалаг гэр, автоматжуулалт
4	Wi-Fi	900 МГц 2.4 ГГц 5 ГГц	~200 мВт	~10-250 м	Өндөр хурдны үйлчилгээ

1.1. Радио давтамжаар таних (RFID)

Радио давтамжаар таних төхөөрөмжүүд нь 1945 онд анх хэрэглээнд нэвтэрч эхэлсэн бөгөөд объектуудыг тодорхойлох, мета өгөгдлийг бүртгэх, хяналт хийх үүрэн функцтэй байдаг. Ерөнхийдөө радио давтамжийн 100 кГц-10 ГГц-ийн зурваст хэрэглэгддэг. Дотроо идэвхтэй болон идэвхгүй гэж ангилагддаг бөгөөд идэвхтэй нь 100 метр хүртэлх, идэвхгүй нь 3-5 метр хүртэлх зайд ажилладаг байна.

1.2. Bluetooth

1989 онд бий болсон технологи бөгөөд бага хэмжээтэй ямарч төрлийн мэдээллийг дамжуулах бөгөөд өгөгдлийн хурд нь 1 Мбит/сек юм.

1.3. ZigBee

1998 онд үүсэж хөгжсөн бөгөөд гол төлөв гэрийн автоматжуулалтад өргөн хэрэглэгддэг технологи. Өгөгдөл дамжуулах хурд 20-250 кбит/сек байдаг.

1.4. Wi-Fi

Лицензгүй зурваст ажилладаг технологи учраас хамгийн их өргөн тархсан, мэдээлэл дамжуулах хурднаасаа хамаарч дотроо дараах стандартуудад ангилагдан хэрэглэгддэг байна.

Хүснэгт 4. Wi-Fi технологийн стандартууд

Стандарт	Давтамжийн зурвас	Өгөгдөл дамжуулах хурд	Холболт тогтоох зай
802.11a	5 ГГц	54 Мбит/сек	~10 м
802.11b	2.4 ГГц	11 Мбит/сек	~140 м
802.11g		54 Мбит/сек	~140 м
802.11n	2.4 ГГц / 5 ГГц	450 Мбит/сек	~250 м
802.11ah	900 МГц	8 Мбит/сек	~1500 м

Энэ дундаас 802.11ah нь радио давтамжийн 900 МГц-ийн зурваст ажиллах юмсын интернэтийг дэмжин ажиллахаар шинээр гарч ирсэн технологийн стандарт юм. Нэг сувгийн зурвасын өргөн нь 1-16 МГц-ийн байх бөгөөд энэ нь тухайн орны зохицуулалтын байгууллагын нөхцөл, шаардлагаас хамаарч хэрэглэгддэг байна.



Зураг 1. Wi-Fi Halow технологи

2. Алсын зайн технологи

Алсын зайн технологи нь хүснэгт 2-т үзүүлсэнчлэн дотроо мөн хоёр үндсэн технологид суурилж хөгжиж ирсэн. Энэ хоёр технологийн гол үндсэн ялгаа нь 3GPP стандарт нь үүрэн холбооны үндсэн сүлжээнд суурилан мэдээллийн алс зайд дамжуулдаг бол 3GPP стандарт бус технологи нь өөрийн бие даасан сүлжээнд тулгуурлан мэдээллийг дамжуулдаг байна. Тэгэхээр эндээс бас 2 үндсэн хэсэгт юмсын интернэтийг хуваан авч үзэж байгаа зүйл нь 3GPP стандартын юмсын интернэт нь үүрэн холбоон радио давтамжийн зурвас буюу төлбөртэй зурвасыг ашиглана, 3GPP стандарт бус нь төлбөргүй зурвасыг, өөрөөр хэлбэл тухайн бүс нутгийн зохицуулах байгууллагаар юмсын интернэтэд тодорхойлсон радио давтамжийн зурвасыг ашигладаг.

2.1. 3GPP стандарт бус (LPWAN)

Энэ төрөлдөө Sigfox, LoRa нар LPWAN технологийн анхдагчид боловч одоогоор маш олон технологийг ашиглах боломжтой болжээ. Эдгээр нь ерөнхийдөө ижил төстэй зарчмууд дээр суурилдаг боловч ажиллах технологийн хувьд эрс ялгаатай байж болно. Эдгээр технологиудын зарим нь стандарт болон гарч хэрэгжиж байгаа.

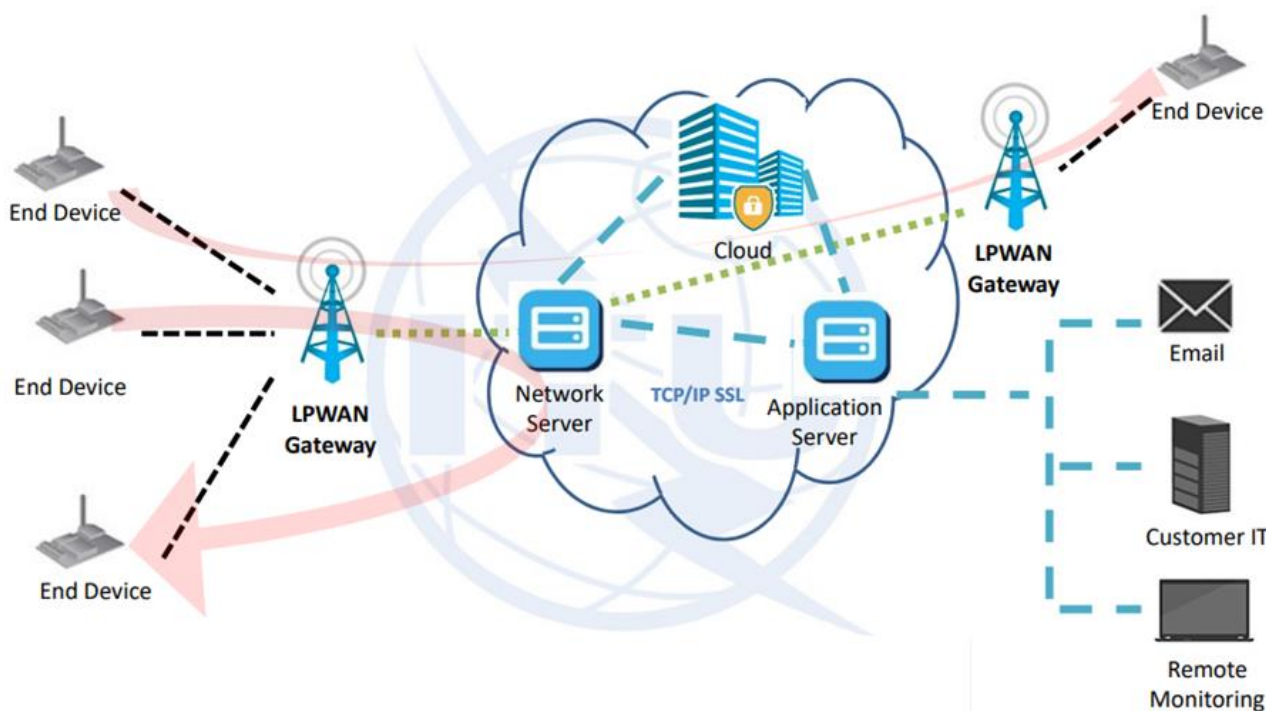
LPWAN нь өмчийн тоног төхөөрөмж эсвэл програм хангамж дээр суурилсан, зарим нь нээлттэй байдаг. Зарим нь зөвшөөрөл шаардахгүйгээр ISM радио зурвасуудын давуу талыг ашигладаг бол зарим нь GSM давтамжийн зурвасыг ашигладаг. Зөвхөн техникийн нарийн ширийн зүйлсийн хувьд төдийгүй бизнесийн загваруудын хувьд ялгаатай байдаг. Зарим технологи нь хэрэглэгчдэд өөрсдийн үндсэн станцыг байрлуулахыг санал болгодог бол зарим нь оператор шиг үйлчилгээ санал болгодог. Эдгээр ялгаатай байдлаас шалтгаалан эдгээр технологиудын бодит гүйцэтгэл нь хэд хэдэн хэмжигдэхүүн дээр ихээхэн ялгаатай байдаг. Ихэвчлэн тавигддаг хамгийн чухал хэмжүүрүүд нь хамгийн их зай, өгөгдлийн хурд, эрчим хүчний хэрэглээ болон бусад хэмжүүрээс хамаарна.

Хүснэгт 5. 3GPP стандартын бус тэргүүлэх технологиуд

№	Технологи	Радио давтамжийн зурвас ашиглалт	Радио дохионы гаралтын чадал	Холболтын зай эсвэл	Сувгийн зурвасын өргөн	Өгөгдөл дамжуулах хурд
1	LoRa	< 1 ГГц	~200 мВт	Хөдөө-15 км Хот-5 км	125 кГц	DL: 100 кбит/с UL: 100 кбит/с
2	SigFox	< 1 ГГц	~250 мВт	Хөдөө-50 км Хот-10 км	160 Гц	UL: 100 бит/с

3	Weightless	< 1 ГГц	TT ¹ - 40 мВт HT ² - 1 Вт	Хот-13 км	100 кГц	UL: 100 бит/с
4	Ingenu PRMA	2.4 ГГц	TT ² - 125 мВт HT ³ - 1 Вт	Хөдөө-50 км Хот-25 км	1 МГц	DL: 624 кбит/с UL: 156 кбит/с

Энэхүү технологийн хувьд бие даасан нэгдсэн сүлжээ бий болгох боломжтой бөгөөд сүлжээний бүтэц нь төгсгөлийн буюу хэрэглэгчийн төхөөрөмж (мэдрэгч, актор), нэгтгэгч төхөөрөмж (LPWAN Gateway), сүлжээний сервер гэсэн дараах ерөнхий бүтэцтэй байна.



Зураг 2. LPWAN технологийн сүлжээний ерөнхий бүтэц

2.1.1. LoRa / LoRaWAN

Энэхүү технологийн хувьд дохионы модуляц нь “chirps spread spectrum” гэсэн техникт суурилсан бөгөөд олон замын алдагдал болон Доплерийн шилжилтэд тэсвэртэй байдаг байна. Нэгтгэгч төхөөрөмж нь 8/16 гэсэн сувгийн сонголттой бөгөөд нэг нэгтгэгч төхөөрөмж нэгэн зэрэг 2000-5000 төгсгөлийн төхөөрөмжийг удирдан зохион байгуулах багтаамжтай байдаг байна. Уг техникийн гол давуу тал нь интерференц, өгөгдлийн урсгал болон радио зурвас ашиглалтын уян хатан байдлын чадвар юм.

LoRaWAN модуляцын техник нь патентлагдсан ба уг стандартаар үйлдвэрлэгдсэн төхөөрөмжүүд сүлжээнээс өгсөн модуляц болон дамжуулах үед ашиглах техникийн талаарх зааврыг дэмжиж ажиллахаар хийгддэг. Сүлжээний гүйцэтгэл, спектрийн үр ашгийг

¹ Төгсгөлийн төхөөрөмж

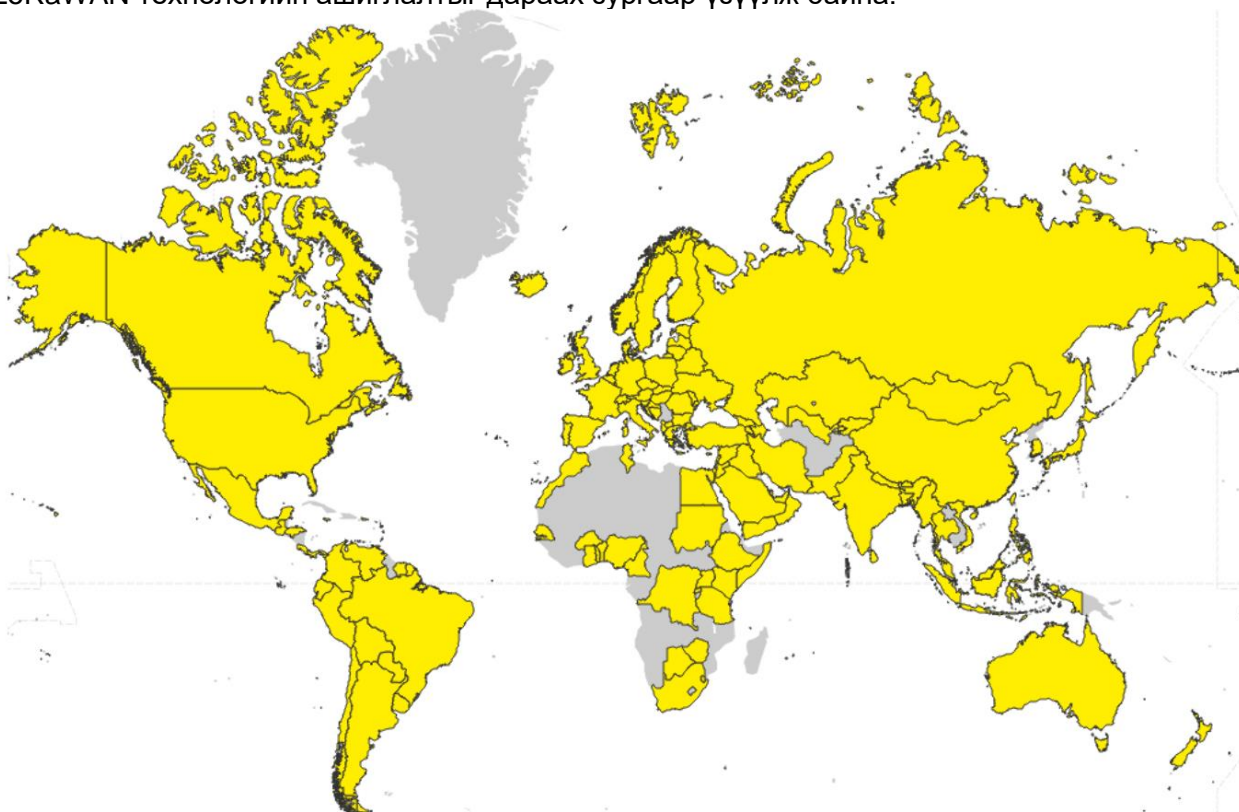
² Нэгтгэгч төхөөрөмж

дээшлүүлэхийн тулд LoRa сүлжээ ба төхөөрөмжүүд нь модуляцын түвшинд алдааг засаж залруулах чадвартай байдаг. Хамгийн үр дүнтэй модуляцын түвшинг LoRa стандартад ‘SF7’ гэж нэрлэдэг. Алдаа засах хамгийн өндөр түвшин нь ‘SF12’ юм. Тэгэхээр “chirps spread spectrum” гэсэн техникийн үзүүлэлтийг дор хүснэгтээр үзүүлэв.

Хүснэгт 6. LoRaWAN-ийн тархалтын хүчин зүйл (SF)

Тархалтын хүчин зүйл (125 кГц-д)	Өгөгдлийн хурд (бит/сек)	Зай (км)	Мэдээлэл дамжуулах хугацаа (мсек, 10 бит өгөгдөлтэй үед)
SF7	5470	2	56
SF8	3125	4	100
SF9	1760	6	200
SF10	980	8	370
SF11	440	11	740
SF12	290	14	1400

LoRaWAN технологийн ашиглалтыг дараах зургаар үзүүлж байна.

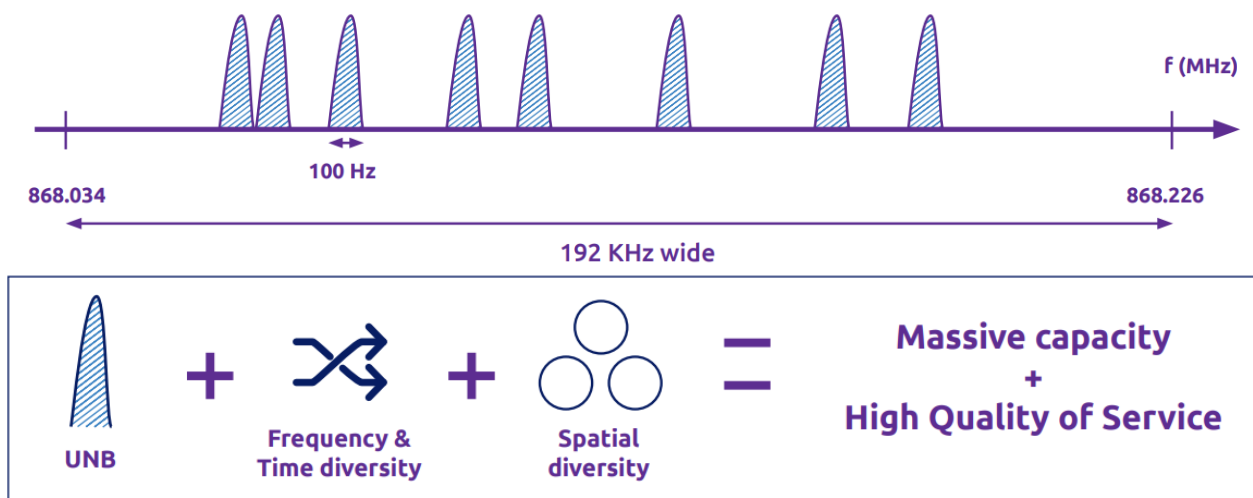


Зураг 3. LoRa технологийн хэрэглээ. 2020 оны 2-р сарын байдлаар

2.1.2. SigFox

Ультра нарийн зурвасын техник буюу ердөө нэг сувгийг 100 Гц-ийн зурвасын өргөнд ашигладаг бөгөөд дохионы модуляц нь “DBPSK ба GFSK”-д суурилсан бөгөөд рөүминг хийх боломжтой байдаг байна. Энэ төрлийн (LoRa, SigFox гэх мэт) технологийн олон төгсгөлийн төхөөрөмжтэй нэгэн зэрэг ажиллах үндсэн гол хүчин зүйлс нь мэдээллийн бага багтаамжид суурилсан нарийн зурвас, давтамж болон хугацааны ялгавар, мөн орон зайн хэмжээнээс шууд хамааралтай юм.

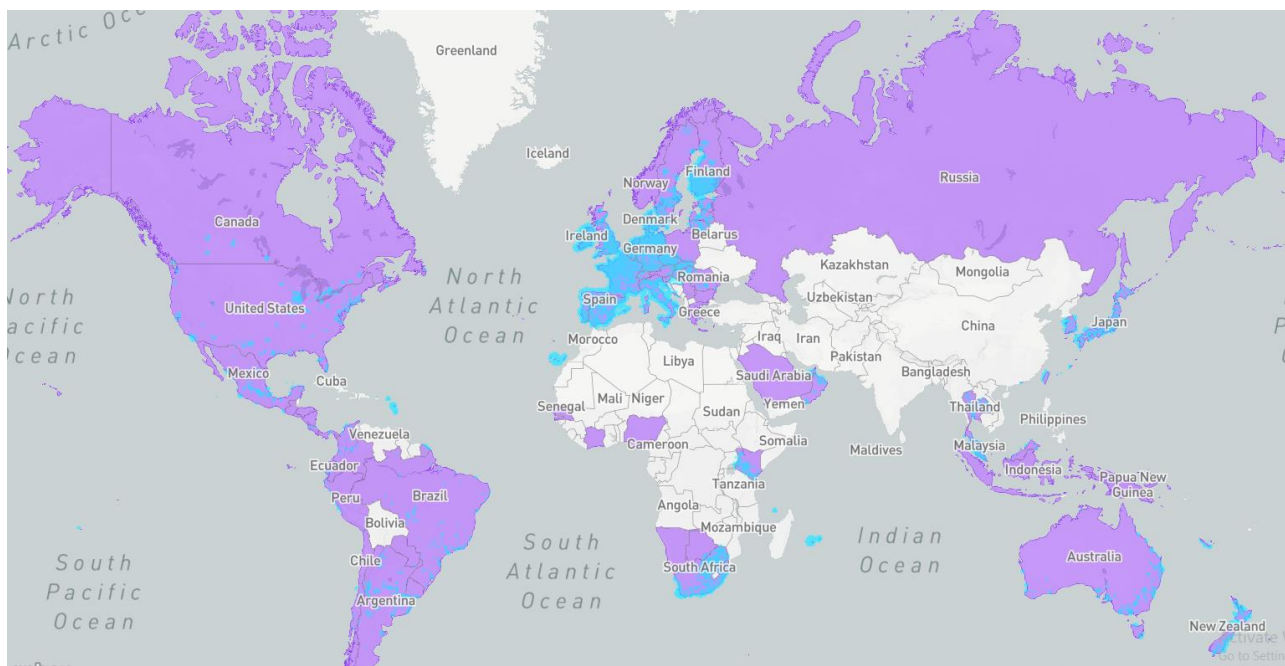
Жишээ нь SigFox-ийн хувьд радио давтамжийн 192 кГц зурвасын өргөнд төгсгөлийн төхөөрөмжтэй 100 Гц-ийн өргөнд багтах мэдээллийг 1920 сувгаар хүлээн авч нэгтгэн ажилладаг.



Зураг 4. SigFox технологийн техник

Өөр нэг жишээ авч үзвэл, 10000 хэрэглэгчийн төхөөрөмжөөс 100 Гц-ийн сувгийн өргөнтэй 200 сувгийг ашиглан хэд хэдэн мэдээллийг нэг өдрийн туршид дамжууллаа гэхэд радио давтамжийн 40 кГц-ийн зурвас л шаардлагатай юм.

Хэрэв нэгэн зэрэг мэдээллийг дамжуулна гэвэл 125 кГц-ийн өргөн зурваст 318 хэрэглэгчийн төхөөрөмжийг ижил радио давтамжийн зурваст ажиллаж байгаа IoT-ийн хамт удирдан зохион байгуулах чадамжтай.



Зураг 5. SigFox технологийн ашиглалт. 2020 оны 10-р сарын байдлаар

2.1.3. INGENU PRMA

Энэ систем нь Random Phase Multiple Access технологитой, бага чадлаар ялангуяа машинаас машин холболтын аргад түлхүү ашиглагддаг өргөн зурвасыг хамарсан техникийг ашигладаг байна. Маш өргөн бүрхэлтийн чадамжийг агуулсан, их өгөгдлийн багтаамжтай, гардвар хийх боломжтой систем юм. Мөн модуляцын дохио нь хугацааны хуваалттай (TDD) ба CPLC (Closed Loop Power Control), OPLC (Open Loop Power Control) гэсэн хяналт, удирдлагын системтэй.

CPLC нь бааз станцын хүлээн авсан дохионы чадлыг утгыг тодорхойлон төгсгөлийн буюу хэрэглэгчийн төхөөрөмж рүү 1 битийн мэдээлэл илгээж чадлыг нь удирддаг бол OPLC нь мөн хүлээн авсан дохионы түвшингөөр бааз станцаас ирсэн ямар нэг дохиогүйгээр илгээсэн дохионыхоо чадлыг тодорхойлдог байна. Сүлжээний нэг нэгтгэгч төхөөрөмж нэгэн зэрэг 1000 хүртэлх хэрэглэгчийн төхөөрөмжийг дэмжин ажилладаг.

2.1.4. Weightless

Weightless бол Weightless Special Interest Group (Weightless-SIG)-аас боловсруулсан багц стандарт юм. W, P, N гэсэн гурван өөр стандарт байдаг. W стандарт нь телевизийн цагаан зурвасыг ашигладаг бөгөөд өгөгдлийн 1 кбит/сек-ээс 10 Мбит/сек хүртэл дамжуулах хурдыг QAM болон бусад модуляцыг ашиглан нарийн зурвас дохиогоор бий болгодог. Энэ нь ашиглагдаагүй хэт өндөр давтамжийн спектрийн давуу талыг ашигладаг байна. Гэсэн хэдий ч зохицуулалт нь улс орнуудад өөр өөр байдаг тул ашиглах боломжтой бүх давтамжид ашиглагдах боломжгүй тул телевизийн цагаан зурваст нэвтрэхийг дэлхий даяар зөвшөөрдөггүй. Weightless-N нь ультра нарийн зурвас дээр суурилсан, 1 ГГц-ээс доош радио давтамжийн зурваст DBPSK модуляцыг ашиглан зөвхөн мэдээлэл илгээх чиглэлд хэрэглэгддэг. Энэ нь Sigfox технологитой төстэй бөгөөд ижил давуу тал, хязгаарлалттай боловч өгөгдлийн хурд өндөр (30-100 кбит/сек) гэсэн үг юм. Weightless-P [29] бол хамгийн сүүлийн үеийн Weightless стандарт юм. Энэ нь ISM 1 ГГц-ээс доош радио давтамжийн зурвас дээр суурилсан холболтын хоёр чиглэлтэй бөгөөд 12.5 кГц өргөн сувгийг ашиглан 0.2 кбит/сек-ээс 100 кбит/сек өгөгдлийн хурдыг үүсгэдэг.

Хүснэгт 7. Weightless технологийн стандартууд

	Weightless-N	Weightless-P	Weightless-W
Холболт	1 чиглэлд	2 чиглэлд	2 чиглэлд
Зай	5 км+	2 км+	5 км+
Өгөгдлийн хурд	10 Мбит/сек хүртэл	100 кбит/сек хүртэл	200 кбит/сек хүртэл
Ажиллах хугацаа (баттерей)	10 жил	3-8 жил	3-5 жил

2.2. 3GPP стандарт

Үүрэн холбооны сүлжээнд тулгуурлан юмсын интернэтийн технологийг хөгжүүлэх нь шинээр сүлжээний дэд бүтэц бий болгон хөгжүүлэхээс хамаагүй хялбар, үр дүнтэй юм. Энэ боломжийг алдалгүйгээр 3GPP консоциумээс одоо байгаа хөдөлгөөнт холбооны технологид суурилсан хэд хэдэн IoT стандартуудыг өөрчлөн нэмж гаргасан байдаг. Ерөнхийдөө 3GPP хувилбар 13 стандарт баримт бичгээс эдгээр өөрчлөлтүүд хийгдсэн бөгөөд гаралтын чадал болон энерги зарцуулалтад голчлон анхаарч гаргасан байна.

Одоогоор хоёр гол хөдөлгөөнт холбооны юмсын интернэтийн технологиуд өргөн хэрэглэгдэж байна. Эдгээр нь дэвшилтэд машин төрлийн холболт (eMTC) болон нарийн зурвасын юмсын интернэт (NB-IoT) юм. Эдгээрээс гадна өргөтгөсөн GSM-IoT болон 5G гэсэн хоёр технологи нэвтрэн ашиглагдахаар байгаа.

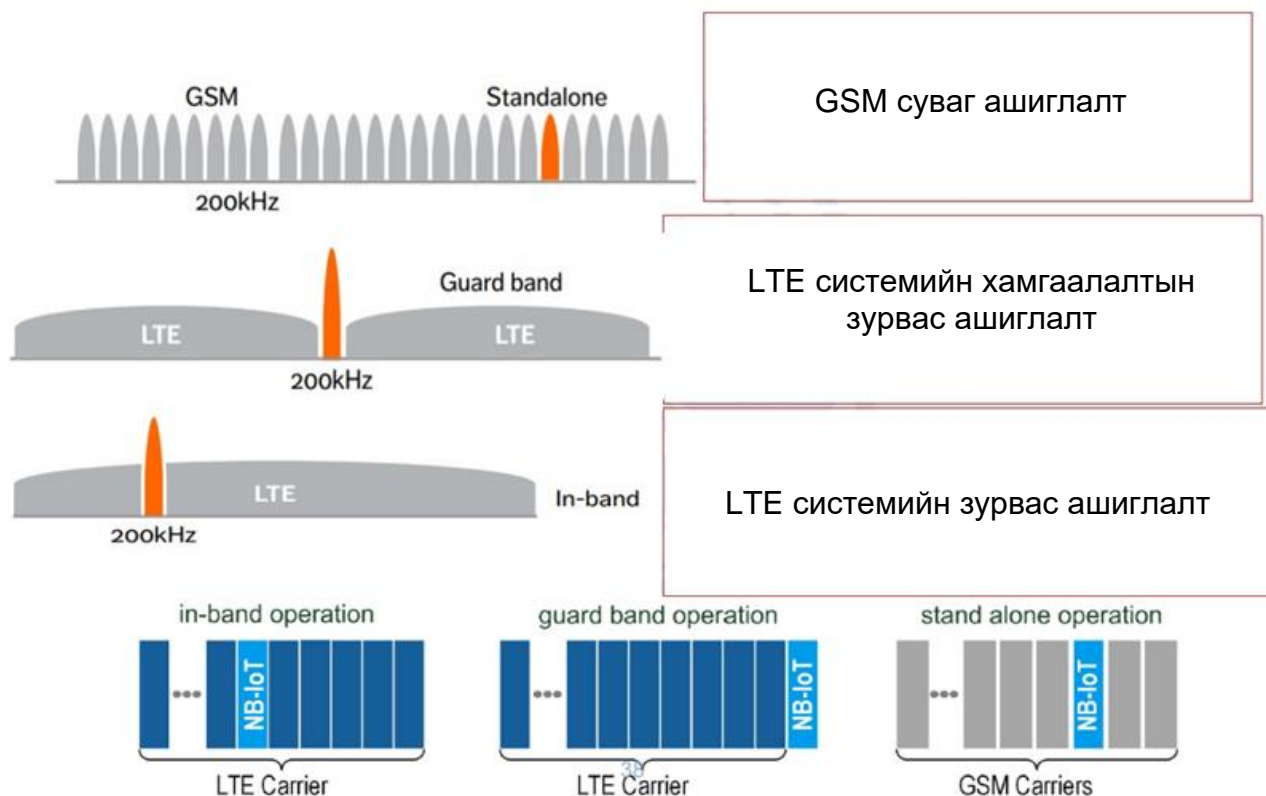
2.2.1. eMTC буюу LTE-M

Дэлхийн улс орнууд хамгийн өргөн ашиглагдаж байгаа технологи бөгөөд нэвтрүүлэхэд хялбар, одоо байгаа сүлжээний бааз станцуудад програм хангамжийн шинэчлэлийг хийснээр хэрэгжүүлэх боломжтой юм. LTE зурвасын зөөгчийн блок дээр 1.4 МГц-ийн зурвасын өргөнтэй виртуал дэд зурвас үүсгэх техникээр маш үр дүнтэй ашиглагддаг байна. Радио давтамжийн 450 МГц-ээс 5.2 ГГц-ийн зурваст ажиллах техник хангамжийг дэмжин ажиллах бололцоотой бөгөөд LTE-ийн доод зурваст ашиглах нь илүү өргөн бүрхэлт үүсгэх давуу талыг агуулдаг байна. Нэг үүрэнд дунджаар 50000 төгсгөлийн төхөөрөмжийг удирдах багтаамжтай гэсэн үзүүлэлттэй байна.

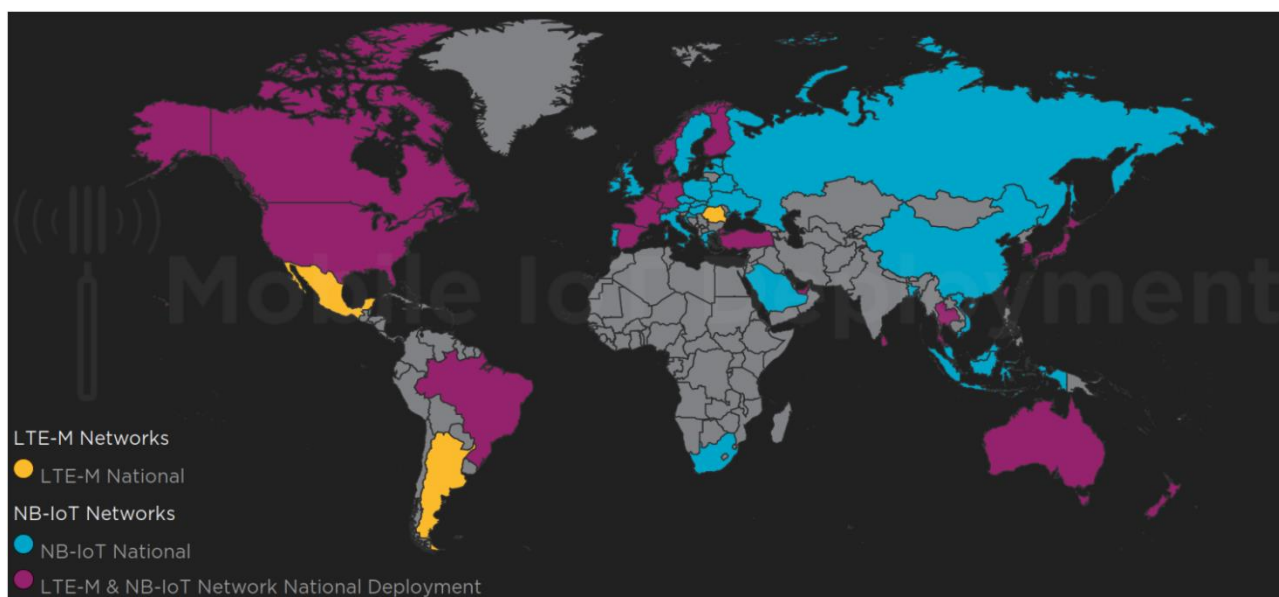
2.2.2. Narrow-Band IoT (NB-IoT)

Narrow-Band IoT (NB-IoT) нь LTE стандартын бас нэг гарал үүсэл бөгөөд 3GPP хувилбар 13-т мөн заасан бөгөөд eMTC ашигладаг програмуудаас ч илүү хязгаарлагдмал IoT програмуудад зориулагдсан болно. Энэ нь нарийн зурвасын холбоонд суурилсан бөгөөд 180 кГц-ийн зурвасын өргөнийг ашигладаг. Үүний үр дүнд өгөгдлийн хурд эрс багассан (татах чиглэлд 250 кбит/сек, илгээх чиглэлд 20 кбит/сек), ингэснээр NB-IoT ашиглан 4G шинэчлэлт хийхэд хэцүү болгож байна. Сайн тал нь NB-IoT нь бага эрчим хүч зарцуулдаг бөгөөд eMTC-ээс илүү өргөн хүрээний бүрхэлтийг бий болгодог.

NB-IoT-ийг хэрэгжүүлэх гурван горим байдаг. Эдгээр нь зурвас дунд, LTE-ийн хамгаалалтын зурваст, эсвэл бие даасан гэсэн горимд ашиглаж болно. Эдгээр горимууд тус тус онцлогтой байдаг. Зурвас дунд горим нь LTE-ийн зурваст ажилладаг бол LTE-ийн хамгаалалтын зурвасын горим нь зурвасын ашиглагдаагүй хэсгийг, бие даасан горим нь тусгай зурвасыг (жишээлбэл GSM зурвасыг) тус тус ашигладаг. Эдгээр горимуудыг доор зургаар үзүүлэв. NB-IoT нь гардварыг дэмждэггүй тул хөдөлгөөнт IoT талаар авч үзэх нь бараг боломжгүй юм. NB-IoT нь зарим бүс нутагт аль хэдийн бэлэн болсон бөгөөд бусад орнуудад хэрэгжүүлэхээр бэлтгэгдэж байгаа бөгөөд Зураг 7-д харагдаж байна. NB-IoT нь одоо байгаа LTE дэд бүтцийн сүлжээний системд хэрэгжүүлэхэд eMTC-тэй адилхан хялбар биш юм. Өөрөөр хэлбэл техник хангамжийн шинэчлэлтийг шаарддаг байна.



Зураг 6. NB-IoT горимууд



Зураг 7. LTE-M болон NB-IoT хэрэглээ (2020 оны 01-р сар)

2.2.3. Өргөтгөсөн GSM-IoT

Өргөтгөсөн GSM IoT (EC-GSM-IoT)-ийг мөн 3GPP хувилбар 13-т заасан бөгөөд eMTC болон NB-IoT-ээс ялгаатай нь EC-GSM-IoT нь LTE (4G) дээр суурилсан бус eGPRS (2.75G) технологид суурилдаг. EC-GSM-IoT нь GSM зурвасын LTE-M-тэй тэнцүү гэж үзэж болох бөгөөд бүрхэлтийн хүрээ болон эрчим хүчний үр ашигтай юм. Нэг суваг дахь зурвасын өргөн нь 200 кГц, нийт зурвасын өргөн 2.4 МГц байна. Энэ нь ашигласан модуляцаас (GMSK эсвэл 8PSK)

хамааран 70 эсвэл 240 кбит/сек өгөгдлийн хурдыг үзүүлдэг. Энэхүү технологи нь GSM сүлжээг ашигладаг, одоо ашиглаж байгаа IoT програмуудтай зохицсон байж болох ч дээр дурдсан хоёр технологиосоо хамаагүй бага хэрэглээнд нэвтэрсэн байдаг. Учир нь зарим үүрэн холбооны операторууд удахгүй GSM сүлжээгээ татан буулгахаар төлөвлөж байгаатай холбоотой юм. Мөн дээр нь өнөөдөр ашиглах боломжтой өргөтгөсөн GSM-IoT сүлжээ нийтлэг байхгүй байна.

2.2.4. 5G

5G нь одоогоор үүрэн сүлжээний технологийн хамгийн сүүлийн үеийн шинэчлэл юм. Энэ нь гар утасны ертөнцөд төдийгүй IoT холбооны хувьд "хувьсгалт технологи" болох төлөвтэй байна. Одоогоор 5G-ийн өндөр хурдны технологийг IoT програмуудад шаардагдах бага эрчим хүчний хэрэглээтэй хэрхэн уялдуулах талаар цөөхөн хэдэн тайлбар байна. 5G нь өндөр давтамжтай (жишээлбэл, 60 GHz), өргөн зурвасын өргөнийг ашиглан хэт өндөр хурдны харилцаа холбоог идэвхжүүлэх зорилготой. Энэ нь өгөгдлийн маш өндөр хурдыг бий болгох зорилготой юм (1-10 Gbps). Эрчим хүчний хязгаарлагдмал IoT объектуудыг авч үзэхэд одоогоор хязгаарлалтаас гарах боломжгүй байна. Өөрөөр хэлбэл энэ технологийг туршилтын лабораторийн гадна ашиглах боломжгүй байна. 5G нь 2020 онд худалдаанд гарч, худалдаанд гарах боломжтой байх ёстой. Одоогийн байдлаар 5G нь хоёр төрлийн зорилт тавьж байгаа нь олон тооны машин холболт (mMTC) болон хэт найдвартай, маш бага хугацааны хоцрогдолтой холболтыг (URLLC) ашиглан маш чухал хэлбэрийн машин холболтын үйлчилгээг (cMTC) тус тус хүргэх юм. cMTC-д тавигдах шаардлага нь IoT-д хэтэрхий хатуу байдаг бол mMTC нь IoT дээр боловсруулагдсан байгаа. LTE-M ба NB-IoT нь mMTC 5G-ийн шаардлагыг хангаж байгаа тул 5G IoT-д тусгаж өгөхөөр төлөвлөж байна.

Хүснэгт 8. 3GPP стандартын IoT-ийн технологийн харьцуулалт

		LTE-M	NB-IoT	EC-GSM-IoT
Радио давтамж		LTE-ийн зурваст	LTE-ийн зурваст болон хамгаалалтын зурваст	GSM-ийн зурваст
Холболтын зай		~11 км	~15 км	~15 км
Холболт тогтох түвшин³		155.7 дБ	164 дБ	164 дБ (чадал 33 дБм үед) 154 дБ (чадал 23 дБм үед)
Модуляци	Татах	OFDMA, 16 QAM	OFDMA	TDMA/FDMA, GMSP, 8PSK
	Илгээх	SC-FDMA, 16 QAM	SC-FDMA	TDMA/FDMA, GMSP, 8PSK
Зурвасын өргөн		1.08 МГц	180 кГц	200 кГц
Өгөгдөлийн хурд		1 Мбит/с	~50 кбит/с	~70-240 кбит/с
Дуплекс		FD&HD, FDD&TDD	HD, FDD	HD, FDD
Хэрэглэгчийн төхөөрөмжийн чадал		23 дБм	23 дБм	33 дБм, 23 дБм

³ Link Budget – Хүлээн авах чадал (дБ) = Нэвтрүүлэгчийн чадал (дБ) + өсгөлт (дБ) – алдагдал (дБ)

3. Юмсын интернэтийн ашиглалт

Олон хандалт гэдэг нь нэг програмын олон дамжуулагч ижил спектрийг ашиглахыг хүсэж буй нөхцөл байдлыг хэлнэ (ижил давтамжийн зурвас, ижил хугацаанд, орон зайн хувьд тусгаарлагдаагүй). Янз бүрийн дамжуулагчийн хоорондын хөндлөнгөөс урьдчилан сэргийлэхийн тулд утасгүй хэрэглээнүүд нь ихэвчлэн Medium Access Control (MAC) хэлбэрийг хэрэгжүүлдэг.

3.1. Лицензтэй зурвасын хэрэглээ

Лицензтэй спектрийн хувьд зөвхөн нэг оператор тодорхой давтамж дээр дамжуулах боломжтой байдаг. Хэрэв радио давтамжийн хувьд давхцаж байвал тэдгээрийг орон зайн хувьд тусгаарладаг. Жишээлбэл, бусад хэрэглэгчид идэвхгүй эсвэл маш бага чадлаар дамжуулах үед нэг хэрэглэгчид мэдээллийг дамжуулахыг зөвшөөрөх. Эсвэл бусад лицензтэй төхөөрөмжөөс түр хугацаагаар тусгаарладаг.

Ерөнхийдөө лицензтэй радио давтамжийн зурвас нь зөвхөн үүрэн операторын зөвшөөрөгдсөн үйл ажиллагаанд байдаг тул эцсийн хэрэглэгчийн төхөөрөмж сүлжээнд холбогдохын тулд гэрчилгээжсэн, баталгаатай тоног төхөөрөмж ашигладаг.

Үүрэн операторууд нь сүлжээний радио давтамжийн зурвас доторх спектрийн нөөцийг үр дүнтэй хуваарилахад чиглэдэг. LTE-д спектрийн багтаамжийг нөөцийн блок гэж хуваадаг бөгөөд энэ нь үндсэндээ хэрэглэгчийн терминал LTE давтамжийн зурваст нэг дэд дамжуулагч дээр дамжуулахыг зөвшөөрдөг хугацааны завсар юм.

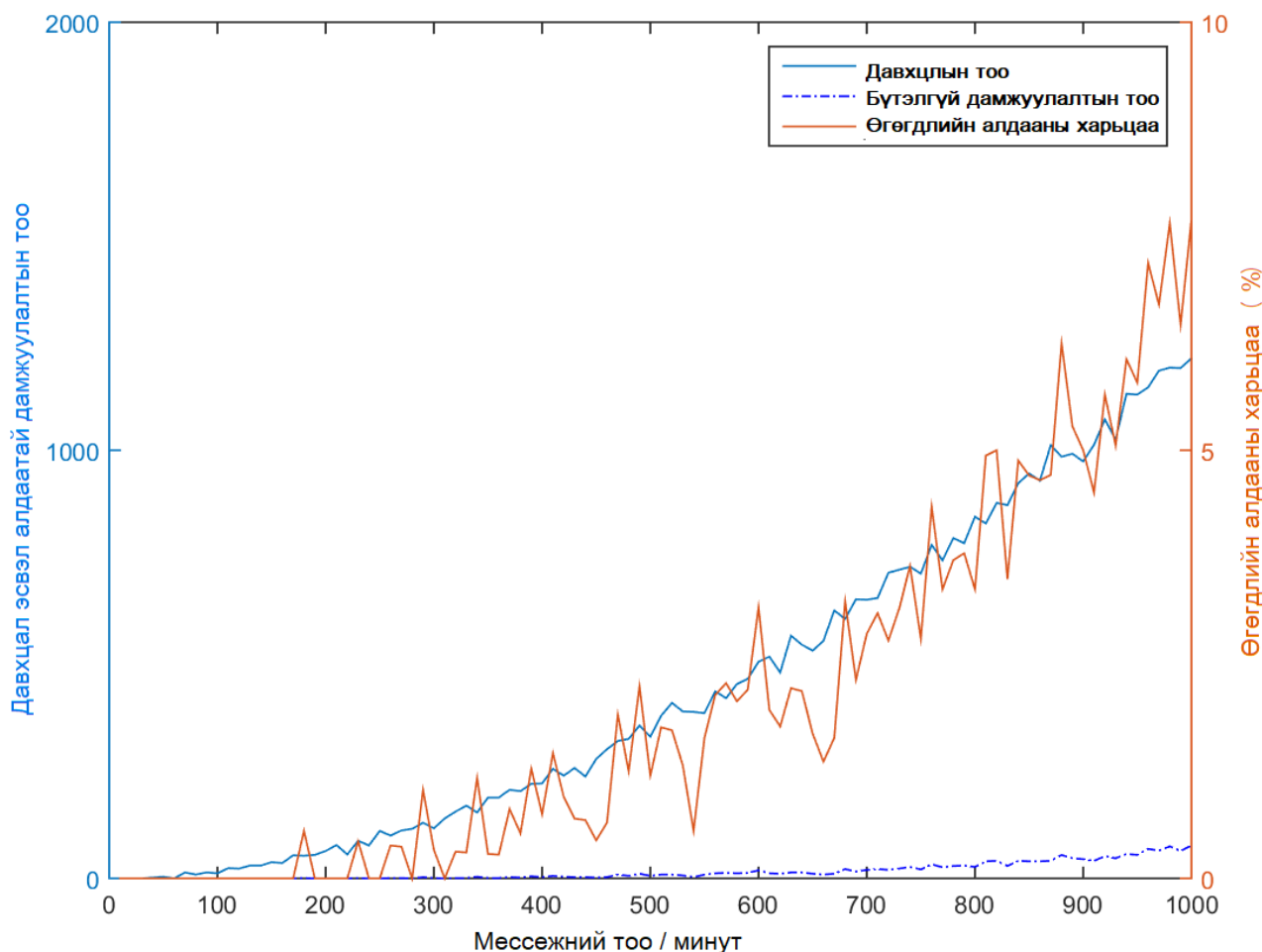
Нөөцийн хэрэглээг сүлжээгээр бараг бүрэн хянах боломжтой тул үүрэн сүлжээ (ялангуяа LTE) нь маш өндөр зэрэгцүүлсэн ашиглалтыг дэмждэг. Үүрэн холбооны сүлжээг ихэнхдээ шаардагдах хэмжээнээс илүү их багтаамжтай байхаар төлөвлөсөн байдаг бол операторууд ачаалал ихтэй тохиолдолд хэрэглэгчид эсвэл утасгүй сүлжээний програмуудын хооронд харилцан зохицуулалт хийх боломжтой байдаг.

3.2. Лицензгүй зурвасын хэрэглээ

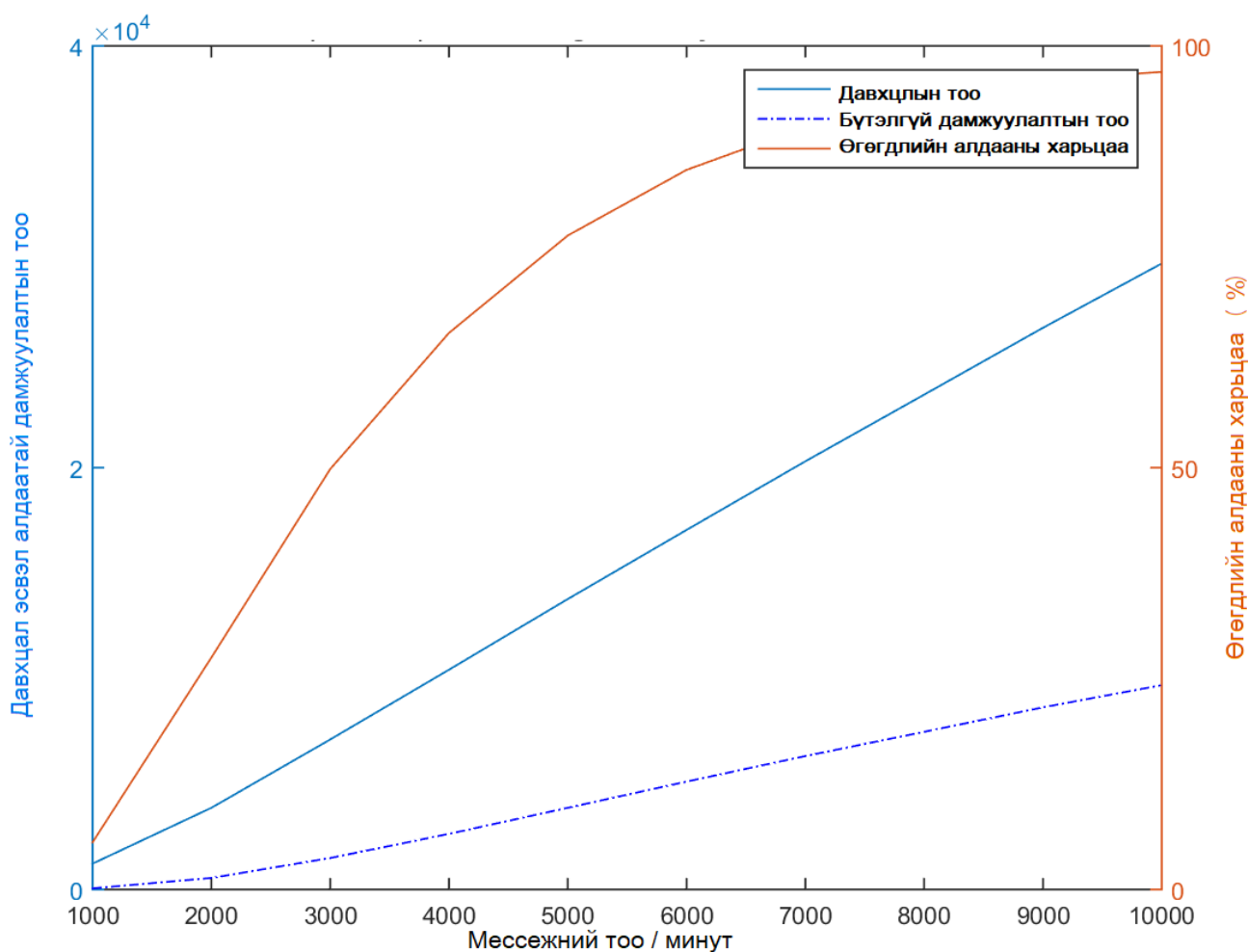
Энэ хэрэглээнд нэг програмын хэрэглэгчдэд олон удаагийн хандалтын асуудлыг шийдвэрлэх шаардлагатай гардаг. Ерөнхийдөө лицензгүй зурвасын янз бүрийн програмууд нь ерөнхийдөө олон хандалтыг хооронд нь уялдуулдаггүй. Өөрөөр хэлбэл дамжуулагчид дамжуулах оролдлого хийх боломжийг бий болгох зохицуулалт юм. Эдгээр зохицуулалт ерөнхийдөө лицензгүй зурваст байгаа дамжуулагчид хамаарах бөгөөд тэдгээр нь харьцангуй бага чадал ашиглах, ажиллах горимын хугацааны хязгаарлалт (төхөөрөмжийн дамжуулж буй хугацааны хувь) юм. Зарим тохиолдолд нэмэлт шаардлага тавьдаг (жишээлбэл дохио дамжуулахаас өмнө сонсох гэх мэт). LPWAN IoT-ийн технологиуд нь өөрсдийн гэсэн онцлогтой бөгөөд бусад технологитой хамтран орших нөхцөлийг бүрдүүлэх зорилгоор дээрх нөхцөл, шаардлагыг өөр өөрөөр авч үздэг. Өмнө нь дурдсан тэргүүлэх технологиудаас заримыг нь авч үзвэл:

SigFox нь богино хэмжээний өгөгдлийг санамсаргүй сонгосон сувгаар дамжуулах зарчмаар ажилладаг. Сүлжээн дэх хэрэглэгчийн төхөөрөмж нэмэгдэх тусам санамсаргүй

сонгосон сувгаар өгөгдөл дамжуулах давхцал үүснэ. Энэ давхцалыг нөлөөг багасгахын тулд уг технологи нь мессеж бүрийг 3 эсвэл 6 удаагийн давталттайгаар өөр өөр сувгуудаар дамжуулдаг байна. Ингэснээр мөн дохиог хүлээн авах магадлалыг нэмэгдүүлдэг байна. Төгсгөлийн төхөөрөмж нэмэгдэх тусам хэр их давхцал үүссэнийг зураг 8 болон 9-д үзүүлэв. Энэ тохиолдолд мессеж бүрийг 3 удаагийн давталттайгаар дамжуулсан болно.



Зураг 8. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж 1000 ширхэг, 200 кГц-ийн зурвасын өргөнд, санамсаргүй сувгийн сонголттой 3 удаагийн давталттай, 1 минутын туршид дамжуулсан SigFox системийн давхцалын тест.

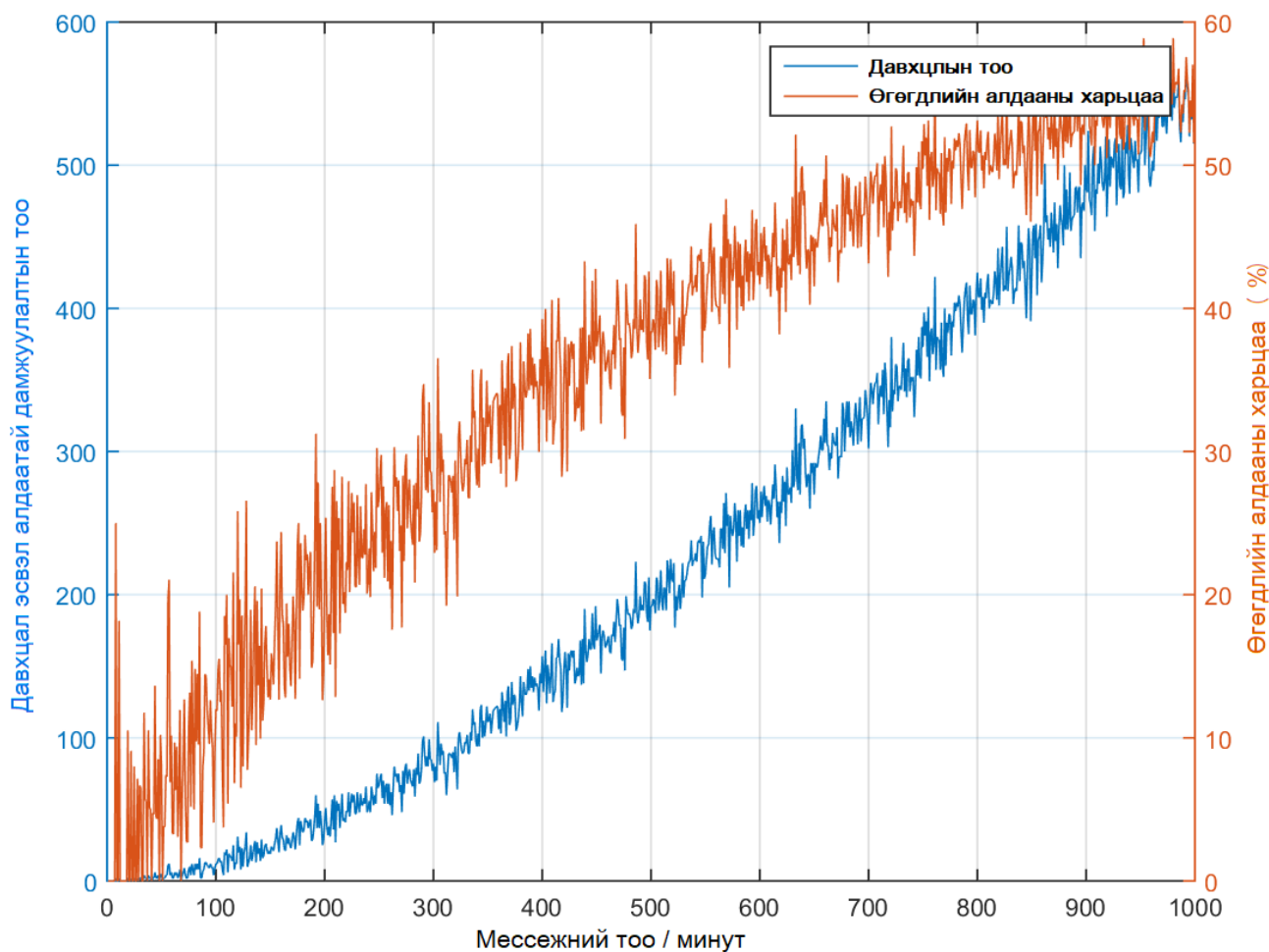


Зураг 9. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж 10000 ширхэг, 200 кГц-ийн зурвасын өргөнд, санамсаргүй сувгийн сонголттой 3 удаагийн давталттай, 1 минутын туршид дамжуулсан SigFox системийн давхцалын тест.

Дээрх тест нь зөвхөн нэг хүлээн авах станцтай нөхцөл байдалд гүйцэтгэгдсэн байна. Нэгээс илүү хүлээн авах буюу нэгтгэгч станц нэмж оруулах нь мессеж хүлээн авах боломжийг улам нэмэгдүүлдэг байна.

SigFox ба LoRaWAN-ийн гол ялгаа нь LoRaWAN нь сүлжээнд дамжуулах төхөөрөмжүүдийн нэвтрүүлэх чадлыг зааж өгдөг бол SIGFOX нь боломжгүй бөгөөд тийм шаардлагагүй гэж үздэг байна. Гаралтын чадлын хяналттай байх нь LoRaWAN-ийг лицензгүй спектрийн бусад технологиуд, системүүдэд илүү зэрэгцэн ажиллах боломж олгодог байна. Гэхдээ уг хяналтыг хийхэд мэдээж LoRaWAN сүлжээ нь хяналтын мэдээлэл илгээх дохио ашиглана. Энэ нь мөн лицензгүй зурвасын хувьд давхцал үүсэх бас нэг хүчин зүйл болж байна.

LoRaWAN-ийн хувьд дээрхтэй ижил тестийг оруулсан байгаа. Тэгэхээр LoRaWAN нь техникийн хувьд арай өөр буюу SF гэсэн тархалтын хүчин зүйлд тулгуурладаг. Төхөөрөмжүүд нь бүгд тархалтын хүчин зүйлээ сонгох тохируулах боломжтой байдаг.



Зураг 10. Хэрэглэгчийн төхөөрөмж 1000 ширхэг, 125 кГц-ийн зурвасын өргөнтэй санамсаргүй сувгийн сонголттой 1 минутын туршид дамжуулсан LoRaWAN системийн давхцалын тест.

LoRa-ийн хувьд чадлыг зохицуулах чадвар болон үндсэн станцуудын хамрах хүрээний давхцлын хэмжээ зэргээс шалтгаалан бага тархалтын хүчин зүйлүүдийг ашиглах, сүлжээний нийт хүчийг нэмэгдүүлэх боломжтой юм.

3.3. Харилцан нөлөөлөл

Олон хандалтын нягтрал болох эсвэл өөр өөр хэрэглээний дамжуулагчууд хоорондоо зурвасын хэрэглээг зохицуулахгүй байх тохиолдолд харилцан нөлөөлөл бий болно. Харилцан нөлөөллийн үр дүн нь зурвасын үр ашиггүй хэрэглээ бөгөөд харилцан нөлөөллийн хугацаанд ямар ч ашигтай мэдээлэл дамжуулагддаггүй бөгөөд төхөөрөмж нь харилцан нөлөөлөлд орсныг илрүүлэх чадамжтай бол дахин дамжуулах оролдлого хийдэг.

Өмнө нь лицензгүй спектрийг богино зайн хэрэглээнд ашигладаг байсан бөгөөд алсын зайн хэрэглээнд ашиглах боломжийг авчирсан технологи нь саяхан бий болсон. Зөвшөөрөлгүй зурвасуудад нөлөөлөх нь ерөнхийдөө бүс нутгийн шинжтэй, эсвэл хэрэглэгчид зохицуулалтын хязгаарыг дагаж мөрдөөгүйгээс болдог. Олон улсад харилцан нөлөөллийг хянах арга нь нягтралтай сүлжээг ашиглах эсвэл хөдөлгөөнт хяналтын цэгүүдийг ашигладаг байна.

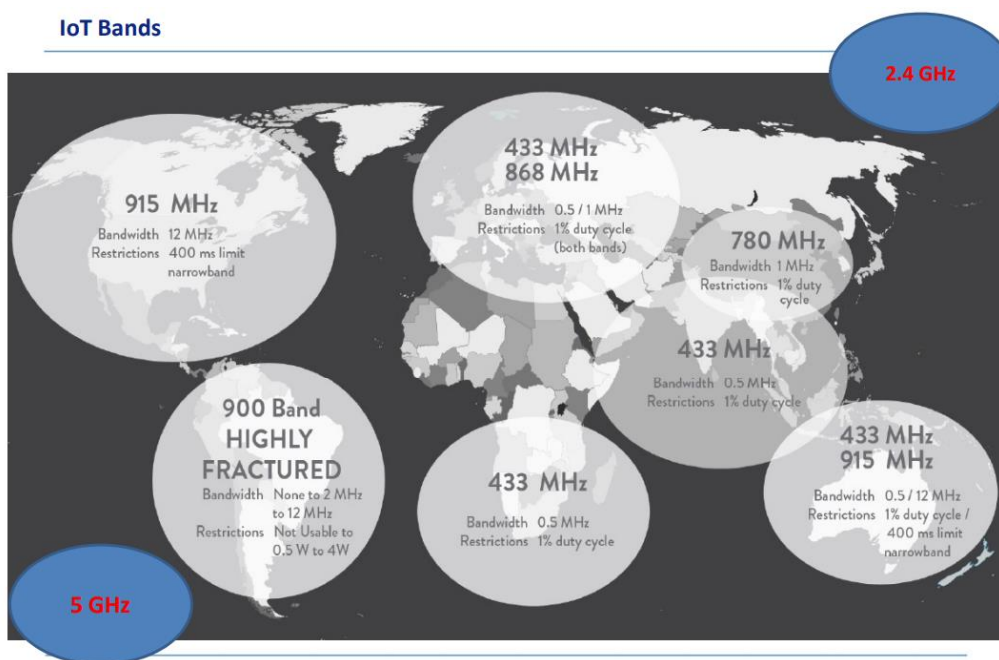
Хязгаарлагдмал лицензгүй зурвасын хувьд харилцан нөлөөллийг шийдвэрлэдэг зохицуулалтын арга техникүүдийг зохицуулалтын байгууллага нь бүс нутгийнхаа хүрээнд авч

хэрэгжүүлдэг. Энэхүү арга техникийн гол зорилго нь лицензгүй радио давтамжийн зурваст ажиллаж байгаа IoT-ийн төхөөрөмжүүдэд хязгаарлалт тогтоох юм. Эдгээр хязгаарлалтууд нь төхөөрөмжийн гаралтын чадал болон хоногт ажиллах идэвхтэй дамжуулалтын хугацаа (Duty Cycle) юм. Эдгээр техникийн үзүүлэлтүүдийг улс орон болгон өөрсдийн стандартад тусгаж өгөн, даган мөрдүүлдэг.

3.4. Стандарт

Эдгээрийн технологийн анхдагчид болох Bluetooth, ZigBee зэрэг технологиудыг ерөнхийд нь Олон Улсын Цахилгаан Холбооны байгууллагаас Богино Зайн Радио Холбооны төхөөрөмж (SRD-Short Range Device) гэсэн ангилалд оруулан ямар нэг төлбөргүй радио долгионыг ашиглах боломж бүрдүүлэх үүднээс тодорхой стандартуудыг тогтоож өгсөн байдаг. Эдгээр стандартууд нь тухайн бүс нутаг, улсаас хамааран харилцан адилгүй боловч ерөнхийдөө төхөөрөмжийн гаралтын чадал, ашиглах радио давтамжийн зурвасыг тогтоосон байдаг. Жишээлбэл АНУ-ын бол FCC стандартууд, Европын улсууд нь EN стандартуудыг гаргаж ирэн мөрдүүлдэг. Стандартуудаасаа үүдэн тухайн зохицуулалтын байгууллага нь бүс нутгийнхаа хүрээгээр радио давтамжийн зурвас, техникийн хязгаарлалтуудыг тодорхойлсон байдаг бөгөөд өнөөдөр Богино Зайн Радио Холбооны тоног төхөөрөмжид ашиглах радио давтамжийн зурвас, техникийн үзүүлэлтийг Өмнөд ба Хойд Америк тивээр, Европын Холбоо, БНХАУ, Ази-Номхон Далайн бүсийн орнууд, Өмнөд Африк, Австрали улс зэрэг бүс нутгаар авч үзэж болно.

SRD дотроо юмсын интернэтийн радио давтамжийн зурвас, хязгаарлалтын үзүүлэлтийг тусгаж өгсөн байдаг. Дээрх бүс нутгаар нь зөвхөн IoT-д хуваарилсан 2.4 ГГц болон 5 ГГц-ийн давтамжаас бусад радио давтамжийн зурвас, өргөн, хязгаарлалтын утгыг зураг 11-т үзүүлэв.



Зураг 11. 3GPP стандартын бус IoT хэрэгжүүлэхэд зориулсан радио давтамжийн зурвасын зохицуулалт

Зураг 11-с харахад Хойд Америкийн бүсийн хувьд IoT-д хуваарилсан радио давтамж нь 915 МГц, хуваарилсан зурвасын өргөн 12 МГц, хязгаарлалтын нь нарийн зурвасын хувьд 400 мсек байгаа бол Европын бүсийн хувьд 433 МГц болон 868 МГц-ийн радио давтамжууд дээр 0.5 МГц, 1 МГц-ийн зурвасын өргөнтэйгөөр хоногт ажиллах идэвхтэй дамжуулалтын хугацаа 1%-тайгаар зохицуулалт тус тус хийгдсэн байна.

3.5. Идэвхитэй дамжууллын хугацаа (Duty Cycle)

Ижил радио давтамж дээр олон тооны IoT төхөөрөмжүүдийг зэрэгцэн ажиллуулахад үүсэх харилцан нөлөөлөл болон давхардлаас сэргийлэх зорилготой техникийн хязгаарлалтын хэмжээ юм. Ихэнх стандартууд болон зохицуулалт дээр үүнийг 1% гэж хязгаарласан байдаг. Нэг бүтэн хоногт 86400 секунд байдаг. Үүний зөвхөн 1% хүрэх хугацаа буюу 864 секунд нэг IoT хэрэглэгчийн төхөөрөмж хоногт идэвхтэй горимоор зарцуулна гэсэн ойлголт юм. Өөрөөр хэлбэл нэг хоногт нэг төхөөрөмж нийт өдрийн идэвхтэй байх хугацаа буюу өгөгдлөө радио дохиогоор илгээсэн импульсүүдийн хугацааны нийлбэр 864 секундээс хэтрэх ёсгүй юм. Энэ нь зэрэгцэн ажиллаж байгаа бусад хэрэглэгчийн төхөөрөмж, технологиуддаа радио давтамж ашиглах боломжийг нь олгож өгч байгаа болно.

3.6. Монгол Улсын зохицуулалт

Манай орны хувьд үйлдвэрлэгч орон биш учраас тодорхой стандарт байдаггүй ч гэсэн импортоор орж ирж байгаа радио давтамж ашигладаг бүтээгдэхүүний судалгааг гарган богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн радио давтамжийн хуваарилалт, техникийн нөхцөл шаардлагын зохицуулалтыг бий болгосон. Энэхүү зохицуулалтын баримт бичиг нь ерөнхийдөө Европын холбооны стандартуудад тулгуурлан гаргасан байдаг. Учир Монгол Улс нь ОУЦХБ-ын радио давтамжийн бүсчлэлийн 1 дүгээр бүсэд хамаарагддаг болно.

Хүснэгт 9. Лицензгүй IoT-ийн төхөөрөмжийн радио давтамжийн хуваарилалт

№	Радио давтамжийн зурвас	Хамгийн их гаралтын чадал/оронгийн хүчлэг/чадлын нягт	Тэмдэглэл
1	433.05-434.79 МГц	10 мВт (e.r.p.)	Импульсын хугацаа $\leq 10\%$ Төвийн давтамжийн зай = 25 кГц
2	862-865 МГц	25 мВт (e.r.p.)	Импульсын хугацаа $\leq 1\%$ Сувгийн зурвасын өргөн ≤ 200 кГц
3	865-868 МГц	200 мВт (e.r.p.)	Сувгийн зурвасын өргөн ≤ 200 кГц Импульсын хугацаа $\leq 0.1\%$
4	868.7-869.0 МГц	25 мВт (e.r.p.)	
5	915-921 МГц	200 мВт (e.r.p.)	Сувгийн зурвасын өргөн ≤ 200 кГц Импульсын хугацаа $\leq 0.1\%$
6	2400-2483.5 МГц	10 мВт (e.i.r.p.)	
7	5725-5875 МГц	25 мВт (e.i.r.p.)	Энэ зурваст өргөн зурвасын өгөгдөл дамжуулах төхөөрөмж мөн ашиглагдана.
8	3GPP зурвасуудад	200 мВт (e.r.p.)	Зөвхөн төгсгөлийн төхөөрөмжийн хувьд.

4. Дүгнэлт

Юмсын интернэтийн хэрэглээ нь цаашид улам бүр нэмэгдэнэ гэсэн судалгааг 3GPP байгууллагаас дэвшүүлж байгаа. Тиймээс үүрэн хөдөлгөөнт холбооны 5G технологид энэхүү төхөөрөмжүүдийн шийдлийг тусгасан байдаг. Гэвч нөгөө талдаа үнэ төлбөргүй алсын зайн технологиор шийдвэрлэх сонирхолтой компаниуд байсаар байна. Тиймээс зохицуулалтын хувьд авч үзэхэд:

Гаднын олон улс оронд стандарт тогтоогоод, хяналт хийж, түүнийг дагаж мөрдүүлдэг зохицуулалттай. Өнөөдрийн байдлаар тэргүүлэх технологиуд болох SigFox-ийн хэрэглээ манай улсад одоогоор бүртгэгдээгүй байгаа бол LoRaWAN-ийн хувьд 2 нэгтгэгч төхөөрөмж бүртгэгдсэн боловч сүлжээнд холбогдоогүй гэсэн мэдээлэлтэй байна. Үүнээс хархад нягтарсан хэлбэрээр манай улсад ашиглалт одоогоор бүртгэгдээгүй байна.

Иймд цаашид Богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн хуваарилалт, техникийн нөхцөл, шаардлагын баримт бичгийн дагуу зохицуулалтыг хийж байх нь давхцал болон харилцан нөлөөллөөс сэргийлнэ.

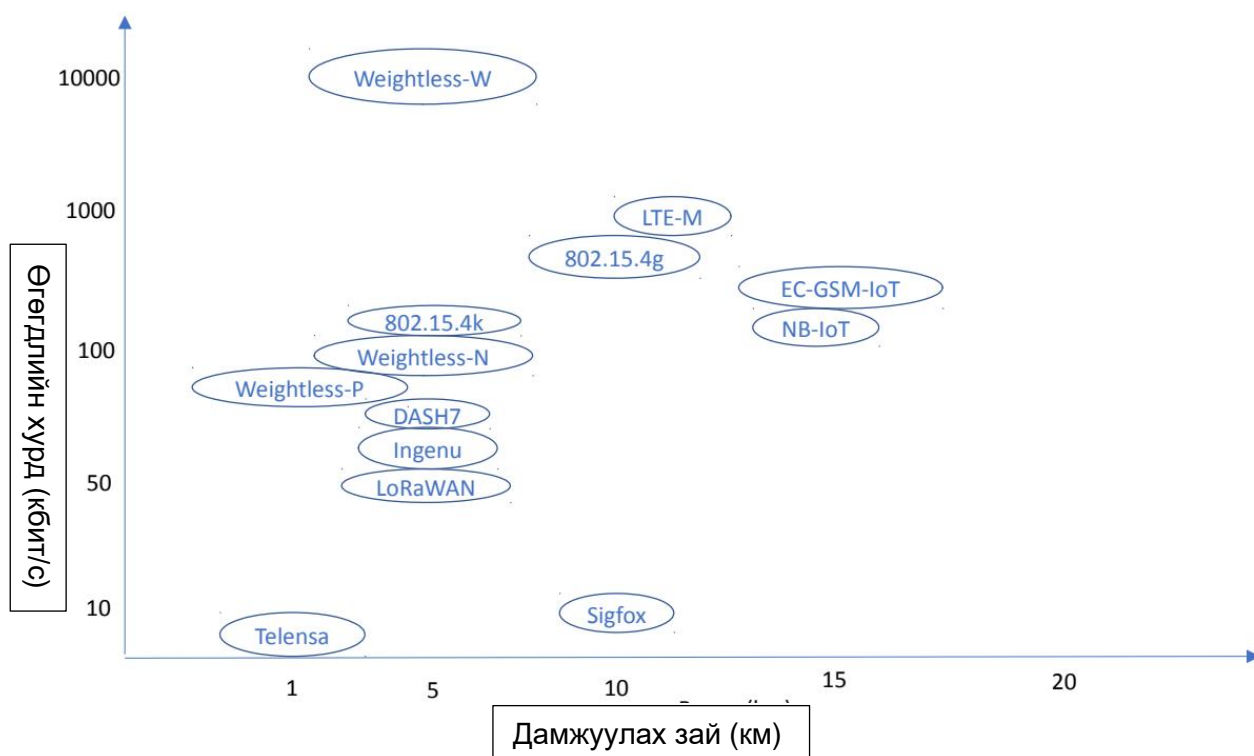
Үүрэн холбооны 3GPP стандартын хувьд 5G технологи ороод ирэхээр IoT-ийг өмнө ашиглаж байсан радио давтамжийн зурвасуудад ашиглах зэрэг зохицуулалтыг хөндлөнгийн оролцоогүйгээр шийдвэрлэх боломжтой. Ерөнхийдөө үүрэн холбоонд суурилсан IoT нь хянах, удирдахад хамаагүй хялбар юм.

3GPP стандарт бус IoT стандартад тусгасан зарчмаараа манай орны зохицуулалт явагдах нь зүйтэй юм. Гаралтын чадал болон идэвхитэй ашиглалтын хугацаагаар хязгаарлах юм. Стандартад тусгаснаас илүү чадалтай эсвэл өөр радио давтамжтай бол зөвшөөрөл авч, бүртгүүлж ашиглах нь зүйтэй гэж дүгнэж байна

Тэгэхээр бид цаашид дараах ажлуудыг хийх нь зүйтэй юм. Үүнд:

1. Нэгдүгээр бүсэд хамрагдаж байгаа учир Европын холбооны EN стандартад тулгуурласан Богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн радио давтамжийн хуваарилалт, техникийн нөхцөл шаардлага болон цахилгаан соронзон орны зохицооны үндэсний стандартыг боловсруулж батлуулах.
2. Үндэсний стандартад тулгуурласан баталгаажуулалтын тохирлын гэрчилгээг Богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжид олгон бүртгэлжүүлэх, бүртгэлийн нэгдсэн сан үүсгэх.
3. Тодорхойлогдсон зурвасуудад нягтаршил ихтэй бүс нутгаар ангилан, IoT-т хуваарилсан радио давтамжийн зурвасын хэрэглээг тодорхойлох, хяналтын үйл ажиллагааг идэвхжүүлэх зэрэг болно.

IoT технологиудын харьцуулалт



Зах зээлийн өртөг

	Модуль	Холболтын үнэ	Дэд бүтэц
LTE-M	\$10-15	\$3-5 (1 Мбит, 1 cap)	
NB-IoT	\$7-12	<\$1 (100 кбит, 1 cap)	
SigFox	\$5-10	<\$1 (1 cap)	
Ingenu	\$10-15	-	
LoRaWAN Public	\$9-12	\$1-2 (1 cap)	
LoRaWAN Private	\$9-12	\$0.25 (1 cap)	\$500

Технологийн харьцуулалт

Технологи	Sigfox	LoRaWAN	Ingenu	Telensa	LTE-M	NB-IoT	EC-GSM	DASH7	IEEE802.15.4k	IEEE802.15.4g	Weightless-W	Weightless-N	Weightless-P
Модуляци	UNB DBPSK, GFSK	CSS	RPMA- DSSS, CDMA	UNB 2- FSK	16QAM	QPSK	GMSK	GFSK	DSSS FSK	MR-(FSK, OFDMA, OQPSK)	16-QAM BPSK QPSK DBPSK	UNB DBPSK	GMSK offset-QPSK
Зурвас	<1 ГГц 868 МГц (EU) 902 МГц (US)	<1 ГГц 433 МГц 868 МГц (EU) 915 МГц (US) 430 МГц (Asia)	2.4 ГГц	<1 ГГц 868 МГц (EU) 915 МГц (US) 430 МГц (Asia)	Лиценз 700-900 МГц	Лиценз 700- 900 МГц	Лиценз 800-900 МГц	<1 ГГц 433 МГц 868 МГц 915 МГц	<1 ГГц 2.4 ГГц	<1 ГГц 2.4 ГГц	ТВ-ын цагаан зурвас 470-790 МГц	<1 ГГц 868 МГц (EU) 915 МГц (US)	<1 ГГц 169 МГц 433 МГц 470 МГц 780 МГц 868 МГц 915 МГц 923 МГц
Хурд	100 бит/с (UL) 600 бит/с (DL)	03-37.5 кбит/с 50 кбит (FSK)	78 кбит/с (UL) 19.5 кбит/с (DL)	62.5 бит/с (UL) 500 бит/с (DL)	1 Мбит/с	158.5 кбит/с (UL) 106 кбит/с (DL)	70-240 кбит/с	9.6 55.6 166.7 кбит/с	1.5 бит/с-128 кбит/с	4.8 кбит/с-800 кбит/с	1 кбит/с-10 Мбит/с	30 кбит/с- 100 кбит/с	200 бит/с- 100 кбит/с
Зай	10 км (хот) 50 км (хөдөө)	5 км (хот) 15 км (хөдөө)	15 км (хот) 500 км (шууд харагдах зайд)	1 км (хот)	11 км	15 км	15 км	0-5 км (хот)	5 км (хот)	10 км	5 км (хот)	3 км (хот)	2 км (хот)
MAC	ALOHA		CDMA	-	FDMA OFDMA		CDMA	CSMA/CA	CSMA/CA ALOHA	CSMA/CA	TDMA FDMA	түүвэрлэсэн ALOHA	TDMA FDMA
Сүлжээний бүтэц	од	одоос од	од, мод	од	од	од	од	од, мод	од	од цэгээс-цэг тор	од	од	од
Багтаамж	12 бит (UL) 8 бит (DL)	250 бит хүртэл	10 кбит	64 кбит	-	125 бит (UL) 85 бит (DL)	-	256 бит	2047 бит	2047 бит	> 10 бит	20 бит	> 10 бит
Ашиглалтын хэлбэр	Оператор дээр суурилсан	Дотоод болон операторт суурилсан	Дотоод хэрэгцээ	Дотоод хэрэгцээ	Операторт суурилсан			Дотоод хэрэгцээ	Дотоод хэрэгцээ	Дотоод хэрэгцээ	Дотоод хэрэгцээ		

АШИГЛАСАН МАТЕРИАЛ

Олон улсын радио давтамжийн хуваарилалт, стандартын техникийн нөхцөл шаардлага, тайлан материалыг авч үзсэн болно. Үүнд:

1. EN 300 220-1 v3.1.1: 25-1000 МГц-ийн радио давтамжийн зурваст ажиллах богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн техникийн үзүүлэлт, хэмжих аргачлал 1-р хэсэг.
2. EN 300 220-2 v3.2.1: 25-1000 МГц-ийн радио давтамжийн зурваст ажиллах богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн радио спектрийн зохицуулалтын стандарт 2-р хэсэг.
3. EN 300 440-1 v1.6.1: 1-40 ГГц-ийн радио давтамжийн зурваст ажиллах богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн техникийн үзүүлэлт, хэмжих аргачлал 1-р хэсэг.
4. EN 300 440-2 v2.2.1: 1-40 ГГц-ийн радио давтамжийн зурваст ажиллах богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн радио спектрийн зохицуулалтын стандарт 2-р хэсэг.
5. ITU-T Y.2060 (06/2012) ОУЦХБ-аас гаргасан Зүйлсийн Интернэтийн ерөнхий ойлголт зөвлөмж.
6. TR 103 245 v1.1.1: 870-876 МГц, 915-921 МГц-ийн радио давтамжийн зурваст радио давтамжийн зурвасыг хамтран ашиглах өргөн зурвасын богино зайн радио холбооны тоног төхөөрөмжийн техникийн нөхцөл, шаардлага.
7. ITU-T Y.4418 (06/2018) ОУЦХБ-аас гаргасан Зүйлсийн Интернэтийн интернэт гарцын төхөөрөмжийн функцын зөвлөмж.
8. “Sigfox” техникийн ерөнхий ойлголт 2018.
9. “LoRaWan” ойлголт, техникийн хязгаар. 2017 оны IEEE Communication сэтгүүлд тавьсан материал.
10. Dialog-The wireless Internet of Things: Spectrum utilisation and monitoring, Radiocommunications Agency Netherlands 2016
11. MDPI-Long-Range Wireless Radio Technology: A Survey, 2020 Jan
12. www.weightless.org
13. www.ingenu.com
14. www.sigfox.com
15. www.ursalink.com
16. <https://www.thethingsnetwork.org/>