



ШУТИС-МХТС-Холбооны салбар
Ахлах багш Д.Долгорсүрэн

Дроны удирдлага, хяналтын сүлжээний технологиуд

Control & communication network technologies UAV

ШУТИС- МХТС- Холбооны салбар

Ахлах багш Д.Долгорсүрэн



Агуулга



- Сүлжээний бүтэц
- Satellite
- LTE/4G
- 5G/ NB-IoT
- FSO
- Дүгнэлт

МОНГОЛ

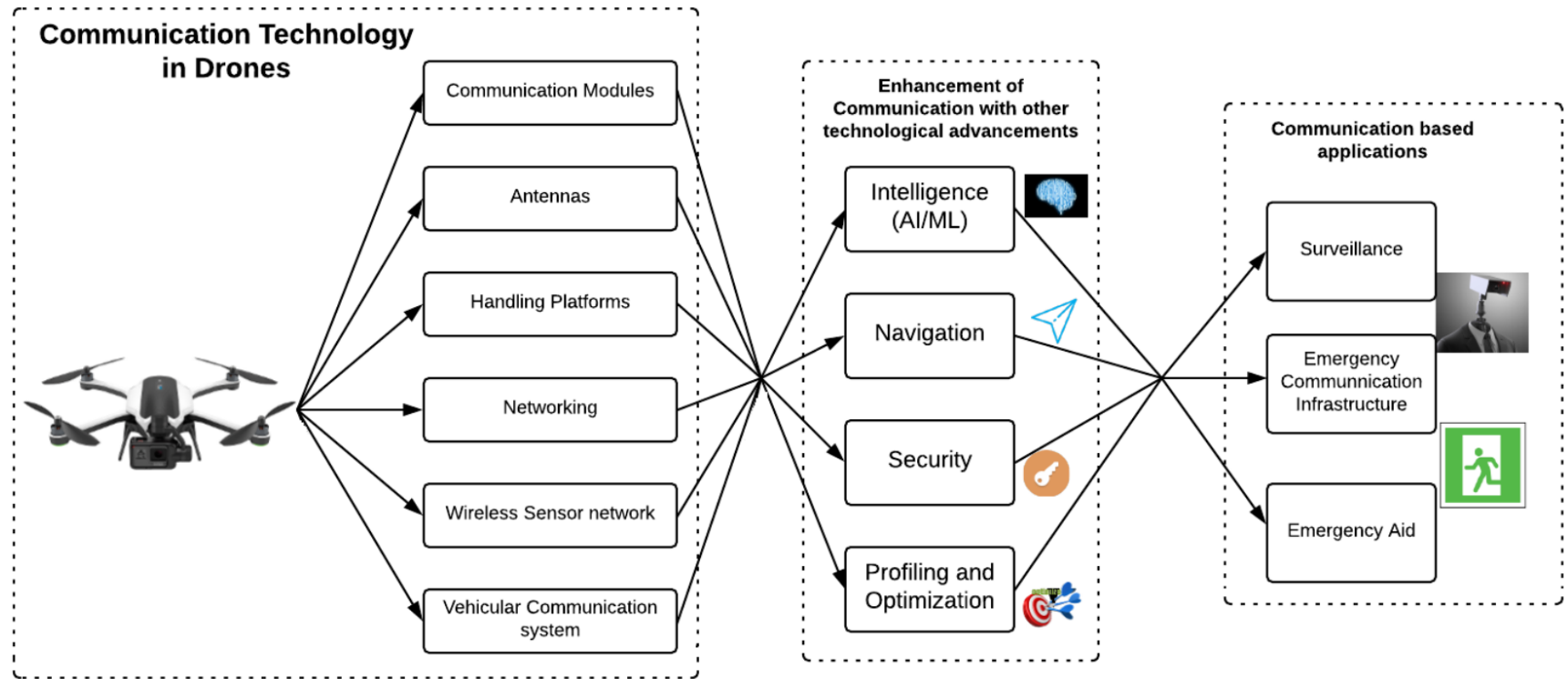
УЛАСЫН ХАМГААНЫ
МОНГОЛЫН АРМИЙН
МОНГОЛЫН АРМИЙН
МОНГОЛЫН АРМИЙН

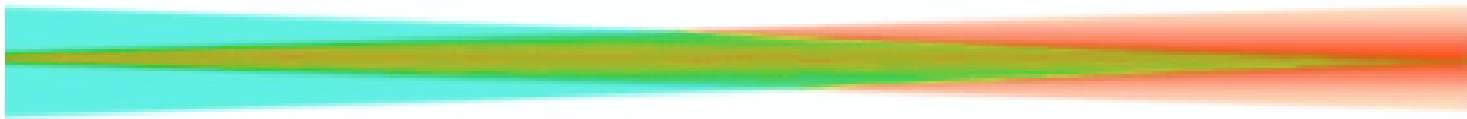


Дроны технологииуд



ՀԱՅԱՍՏԱՆԻ ՀԱՆՐԱՊԵՏՈՒԹՅԱՆ ԷՄԵՐՍԻՍԻ ՍԻՍՏԵՄԻ





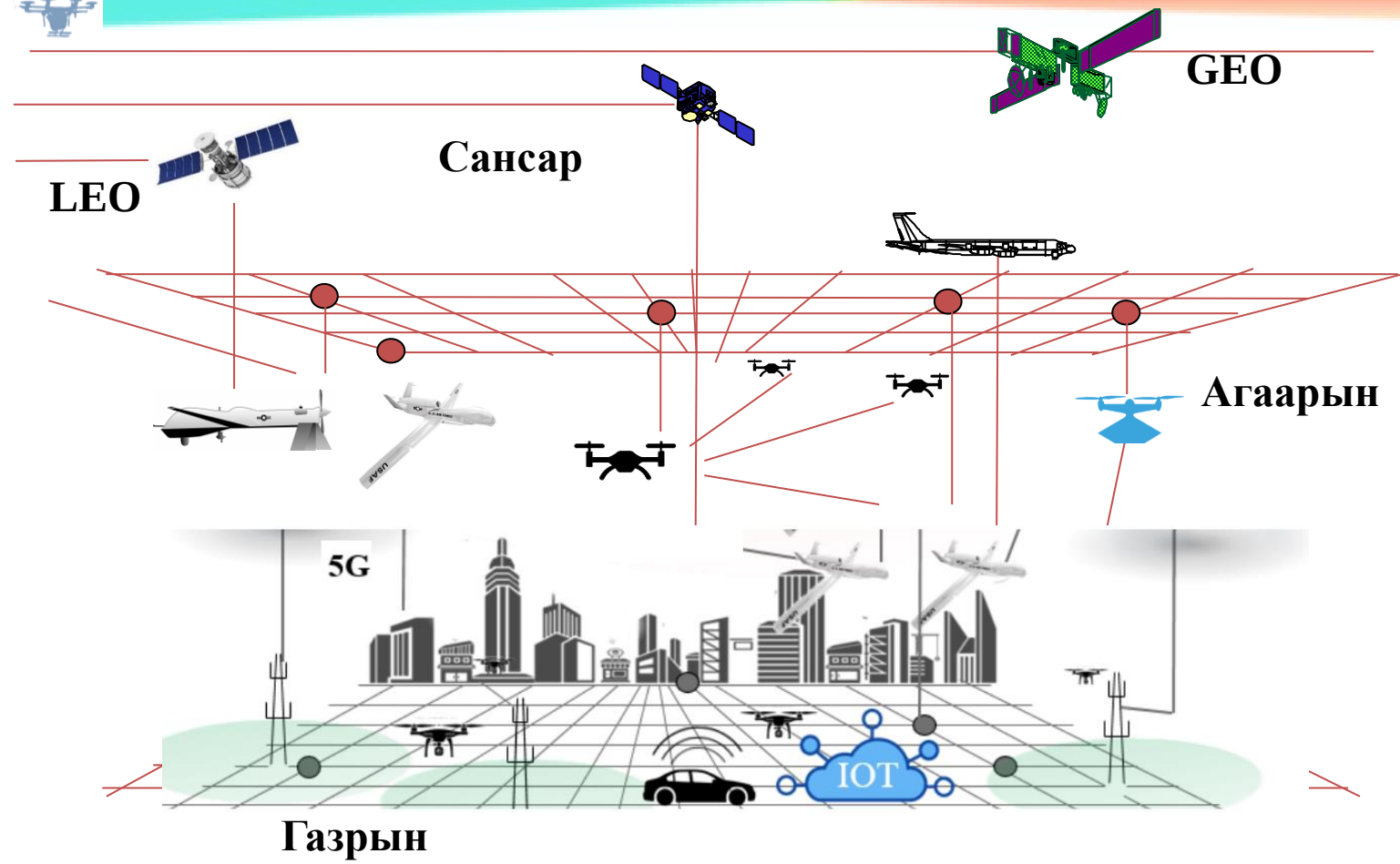
Дрон технологи нь барилга, батлан хамгаалах, агаарын гэрэл зураг, маркетинг, хүргэлт, хөдөө аж ахуй, аврах ажиллагаа, тандалт зэрэг олон салбарт бодит олон хэрэглээг агуулдаг. Хиймэл оюун ухаан (AI) болон машин сургалтыг нисгэгчгүй онгоцны технологид нэгтгэх нь хамгийн чухал чиг хандлагын нэг юм. Энэ нь дронуудад хүний оролцоо багатай нарийн төвөгтэй ажлуудыг гүйцэтгэх боломжийг олгож, янз бүрийн салбарт боломжуудыг нээх болно.



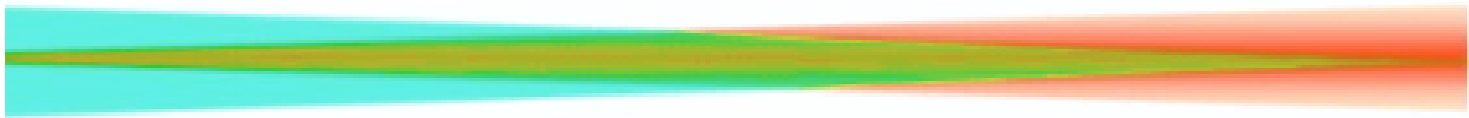
МОНГОЛЫН ХАМГААГАХ ЯАМ



Сүлжээний бүтэц



Холбооны салбар



Дронтой харилцах хамгийн түгээмэл холбоо бол HF (өндөр давтамж) ба UHF (хэт өндөр давтамж) зурваст RF (радио давтамж) дохио ашигладаг. RF дамжуулалт нь аналог эсвэл дижитал байж болох бөгөөд Wi-Fi-аас илүү өргөн хүрээг хамардаг боловч шууд харааны шугамаар(LOS) хязгаарлагддаг. Иргэний UAV холбооны систем нь ихэвчлэн 2.4GHz ба 5.8GHz, 433MHz, 915MHz давтамж дээр ажилладаг.



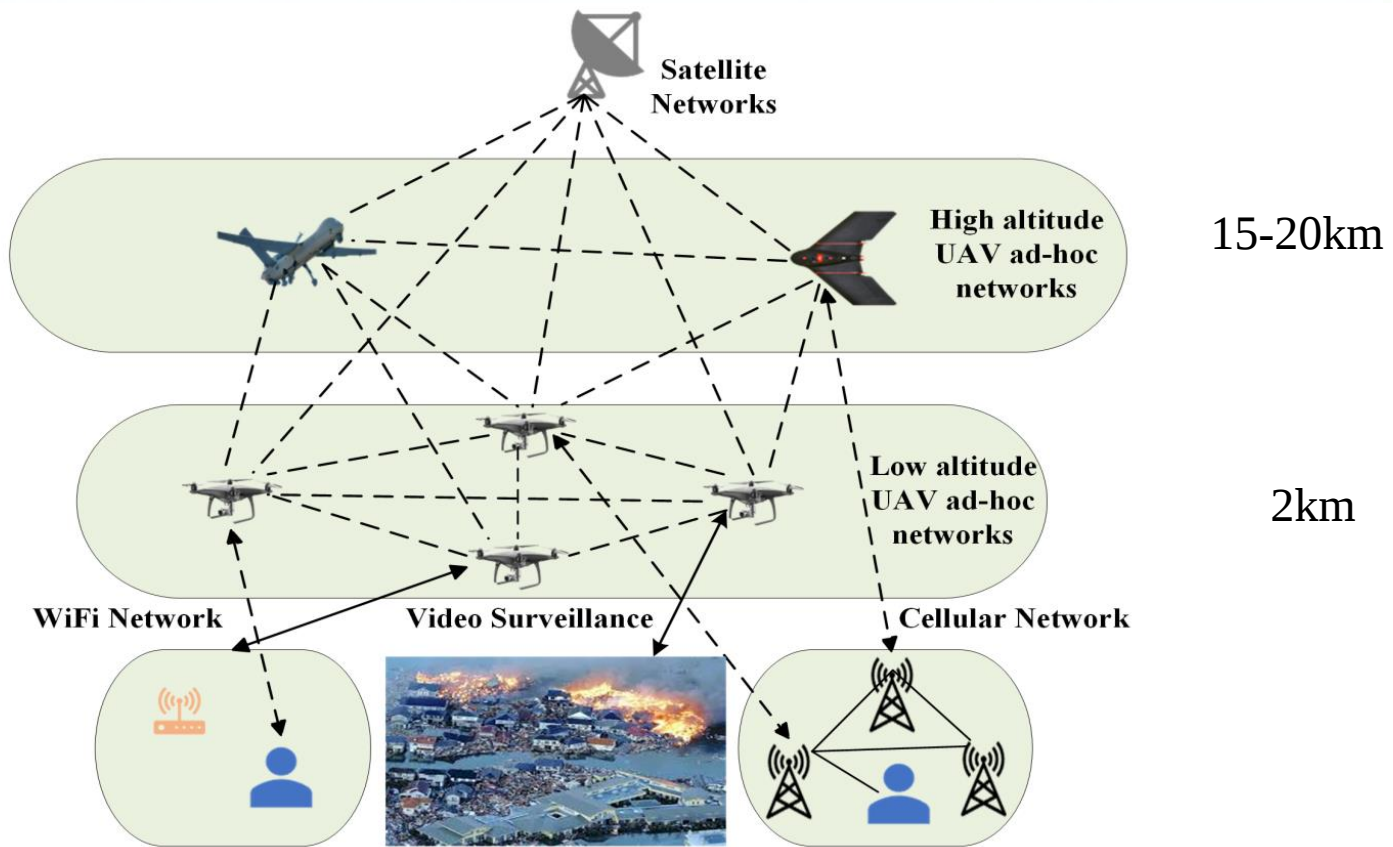
Хиймэл дагуулын холбоо



Хиймэл дагуулын технологи нь хамрах хүрээ маш өргөн бөгөөд байнгын холбоотой харилцаа холбоо, хяналтыг бий болгодог. Одоогоор цэргийн загварын том нисгэгчгүй нисэх онгоцуудад голчлон ашиглаж байгаа бөгөөд хол зай, илүү өндөрт нисдэг. Иргэний нисгэгчгүй онгоцуудад хиймэл дагуулын холбоог ашиглах нь маш бага байдаг. Хиймэл дагуулыг дрон болон түүний суурин станцын хооронд радио эсвэл богино долгионы давтамжийн дохиог дамжуулах, өсгөхөд ашиглаж болно.



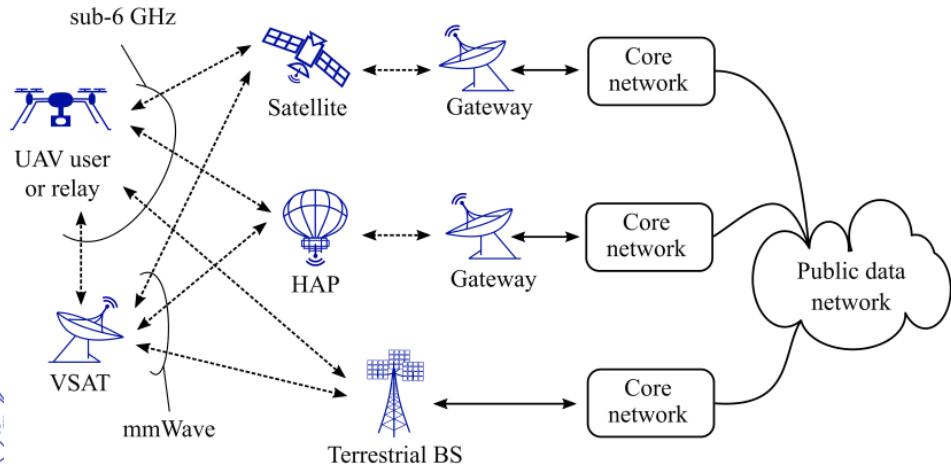
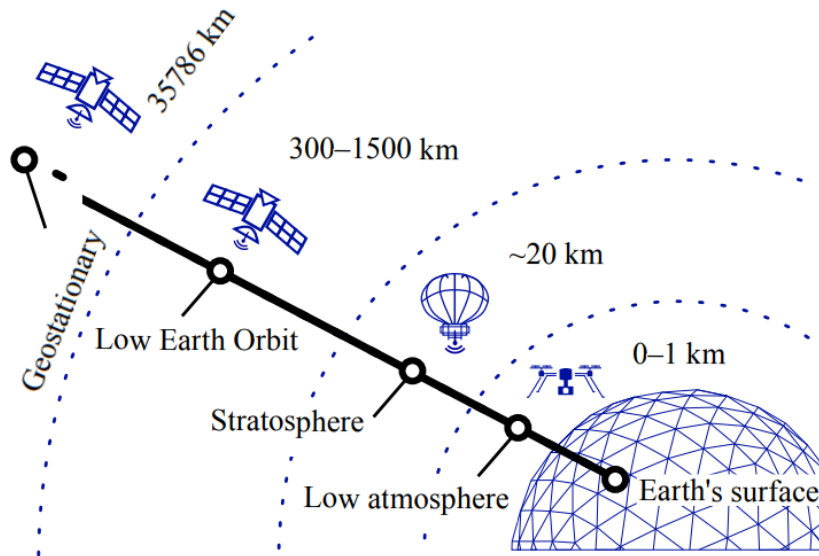
Сүлжээний бүтэц



ՀՀ Բնակավայրերի և ենթակառուցվածքի նախարարություն



HAP



Сансар ба газрын хооронд байрладаг HAP(high altitude platform) нь стратосферт хагас суурин байрлалд ажилладаг. HAP нь сансрын платформыг нөхөж хөөргөхөд хямд, утасгүй дамжуулагчийн үүрэг гүйцэтгэж, дохионы дамжих өндөр доор байгаа тул хоцрогдол багатай.

Холбооны салбар



Хиймэл дагуулын холбоо

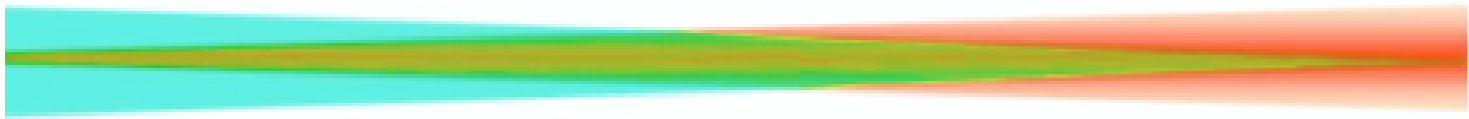


№	Зурвас	Зориулалт
1	L-зурвас 800МГц – 2ГГц	Цэргийн холбоо, GPS
2	S-зурвас 2ГГц - 4ГГц	Цаг агаарын радар, сансрын холбоо, ISM, IEEE802.11
3	C-зурвас 4ГГц - 8ГГц	Газрын богино долгионы радио релейний систем, цаг агаарын радар, х/д-ын ТВ систем
4	X-зурвас 8ГГц - 12ГГц	Цэргийн холбооны х/д-ууд, 7.25-7.75GHZ, 7.9-8.4GHZ
5	Ku-зурвас 12ГГц - 18ГГц	ТВ өргөн нэвтрүүлэг, төхөөрөмжийн хурд илрүүлэх

Satellite Type	LEO	MEO	GEO
Satellite height (km)	500-1500	5000-12000	35800
Orbital period	95-115 min	3-7 hours	24 hours
# of satellites, coverage	40-800, global	8-20, global	3, no polar coverage
Gateway cost	Very expensive	Expensive	Cheap
Round-trip propagation (UAV to control center and back via satellite link) delay	10-30 ms	70-200 ms	0.5 s
Propagation path loss	Least	High	Highest

Холбооны салбар

УЛАСЫН ХАМГААГАХ ЯАМ



Хиймэл дагуулын дохиололд холбогдсон дрон нь байрлал тогтоох, бие даасан нислэг, буцах, замын навигаци зэрэг функцуудыг гүйцэтгэх боломжтой. Дэлхийн агаар мандалд агаарын дронууд нэг буюу хэд хэдэн Глобал навигацийн хиймэл дагуулын систем(GNSS) дээр тулгуурлан зөв байрлалыг удирдаж, баталгаажуулдаг. Ажиглах, газарзүйн байршлын мэдээлэл цуглуулахдаа дронуудын хиймэл дагуулаас ялгарах гол давуу тал нь газар нутаг, газрын онцлогийг нарийвчлан авч үзэх чадвар юм.



Зөөврийн холбооны дрон



- Жижиг дронууд
 - Desert hawk, Dragon eye, Pointer, Raven
- L- зурвас тоон
- L- зурвас аналог видео
 - 1.71-1.85ГГц, зурвасын өргөн 140МГц
- Нам давтамжуудтай
 - энгийн, өртөг багатай
- Богино зайд
 - 10км хүртэл



Тактикын холбооны дрон

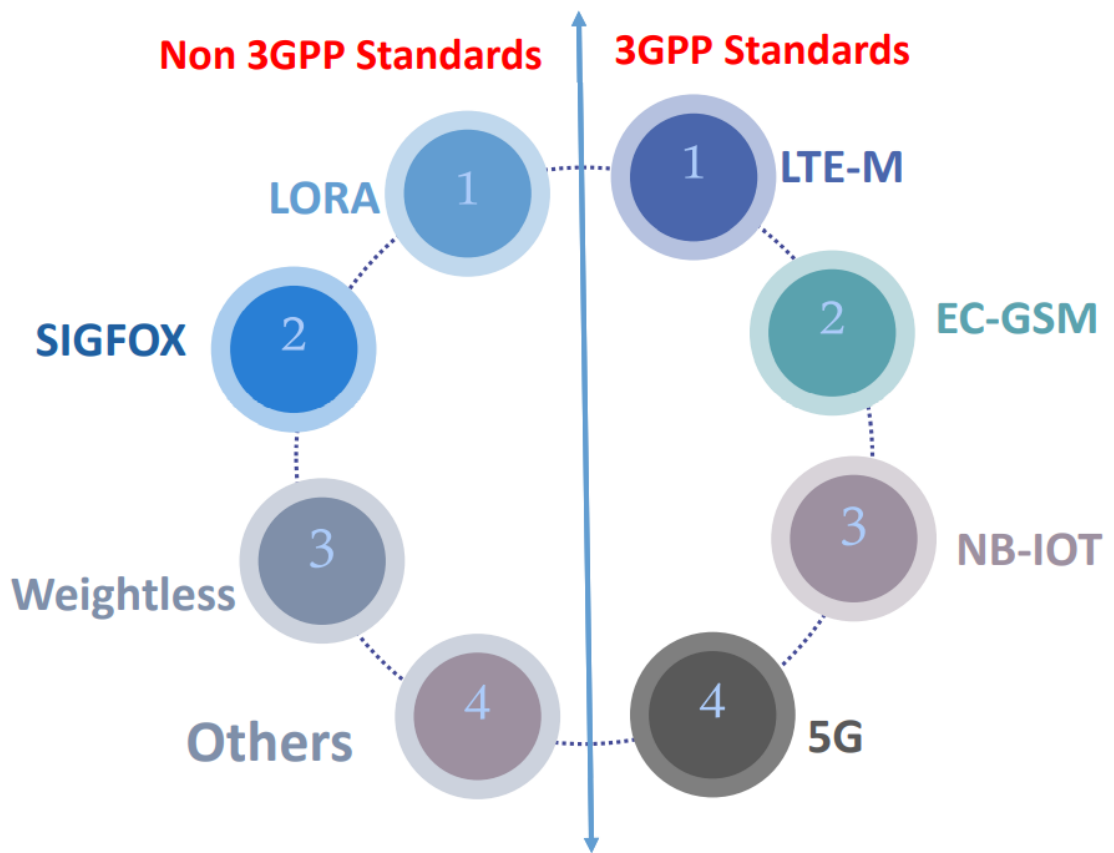


- Том дронүүд
 - Hunter, IGNAT, Pioneer, Scan eagle, Shadow
- C-band analog video downlink
 - 2.4, 4.4- 5.85 GHz, 1.45 GHz bandwidth
- Хяналтын систем нь дроны загвараас хамаарна
 - C-band LOS(IGNAT)
 - L-band 900MHZ(Scan eagle)
 - S-band LOS (Shadow), 2.4 GHZ
- Дроны чадлаас хамаарах зай
 - 50км-ээс 200км хүртэл



Холын зайн технологиуд

Հայաստանի Հանրապետության
Պաշտպանության նախարարություն





3rd Generation Partnership Project



3-р үеийн түншлэлийн төсөл(3GPP-3rd Generation Partnership Project) нь 3GPP үүрэн технологийг тодорхойлсон техникийн үзүүлэлтүүдийг гаргах тогтвортой орчинг бүрдүүлэхийн тулд харилцаа холбооны стандартуудыг боловсруулдаг олон байгууллагуудыг нэгтгэдэг стандартын байгууллага юм. 3GPP нь системийн бүтэц, аюулгүй байдал, радио хандалтын сүлжээн дэхь UAV технологийг стандартчилдаг.

МОНГОЛЫН ХАМГААГАХ ЯАМ



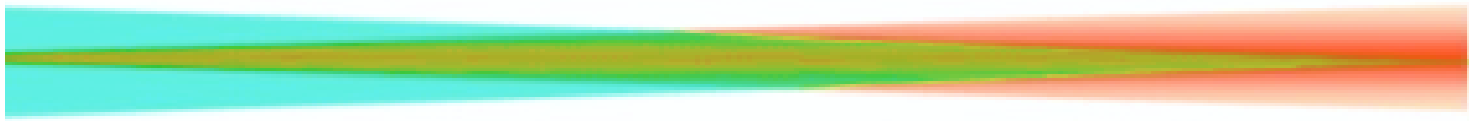
Зурвасын өргөн



Carrier frequency		Technology	Channel bandwidth	Representative data rate	Link budget target or max. range
Licensed cellular		LTE Cat. 0	20 MHz	DL: 1 Mb/s UL: 1 Mb/s	140 dB
		LTE Cat. M	1.4 MHz	DL: 1 Mb/s UL: 1 Mb/s	155 dB
		NB-IoT	200 kHz	DL: 128 kb/s UL: 64 kb/s	164 dB
		EC-GSM	200 kHz	DL: 74 kb/s UL: 74 kb/s	164 dB
Unlicensed	2.4 GHz	Ingenu RPMA	1 MHz	UL: 624 kb/s DL: 156 kb/s	500 km line of sight
	Sub-1 GHz	LoRa chirp spread spectrum	125 kHz	UL: 100 kb/s DL: 100 kb/s	15 km rural 5 km urban
	Sub-1 GHz	Weightless-N	200 Hz	UL: 100 b/s	3 km urban
	Sub-1 GHz	Sigfox	160 Hz	UL: 100 b/s	50 km rural 10 km urban

Холбооны салбар

Холбооны салбар



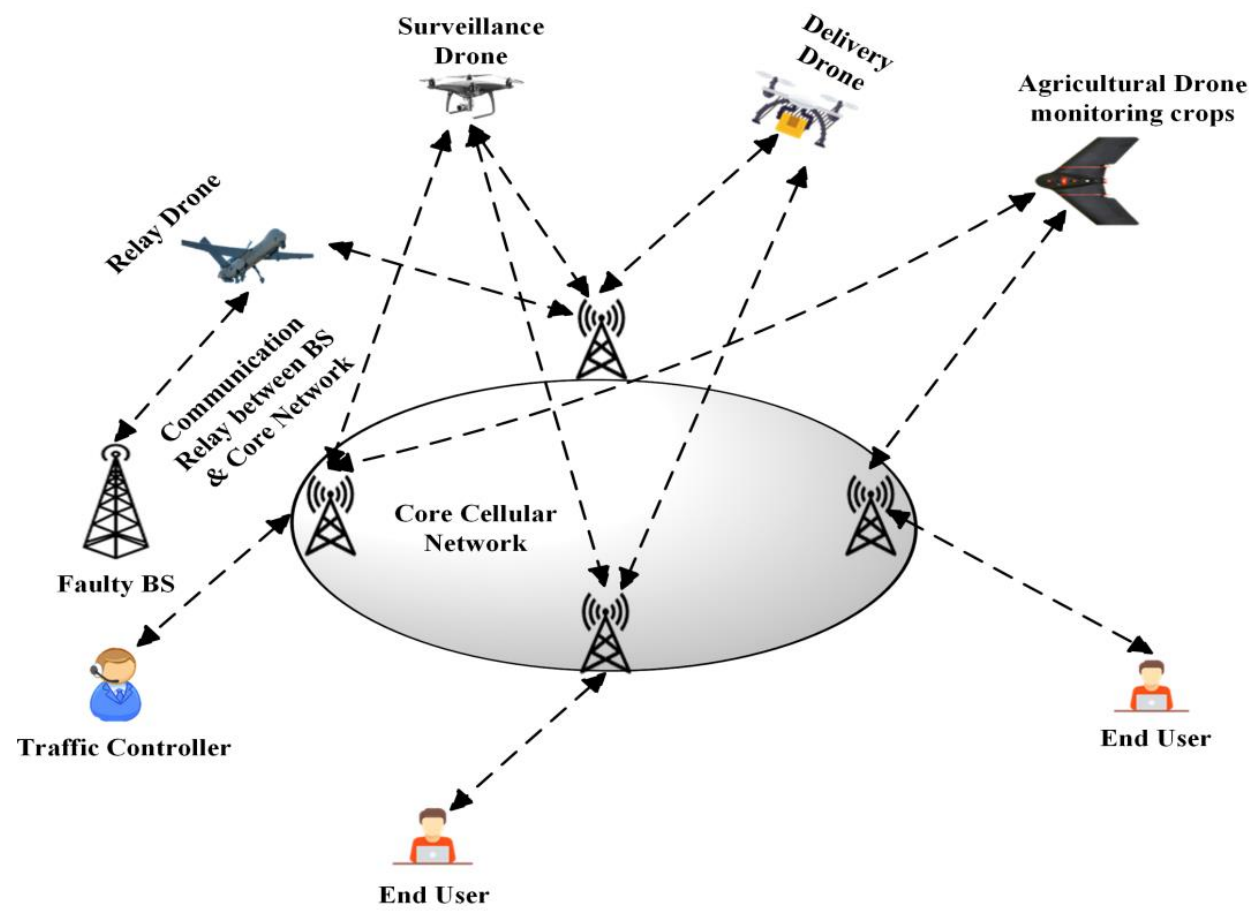
Лицензгүй технологи нь дэд бүтэц, шийдлүүд, хувийн аж ахуйн нэгжийн сүлжээ, өргөн нэвтрүүлэгчид, хөдөлгөөнт болон хөдөлгөөнт бус үйлчилгээ үзүүлэгчдэд шинэ боломжуудыг нээж өгсөн. Хувийн компаниуд дроны сүлжээний хөгжүүлэлтийг хийж хувийн салбарын болон нийтийн сүлжээний хооронд роуминг хийх боломжтой болж байна. Wi-Fi сүлжээтэй хамт байрлуулж лицензтэй/лицензгүй зэрэгцээ сонголттой.



Хөдөлгөөнт холбоо



МОНГОЛЫН ХАМГААГАХ ЯАМ



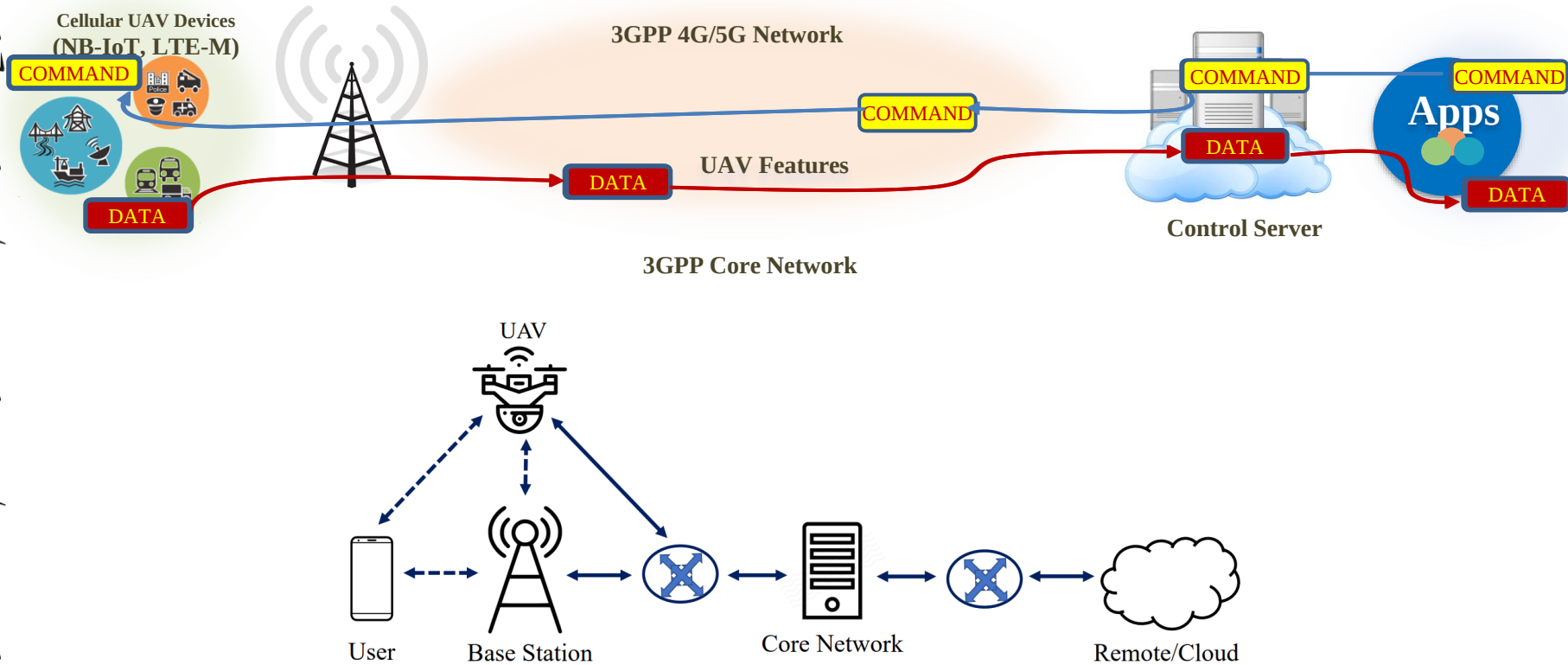
Холбооны салбар

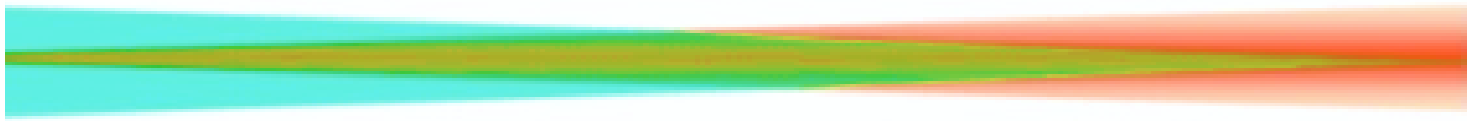


Үүрэн сүлжээний UAV хөгжүүлэлт



УЛАСЫН ХАМГААГА





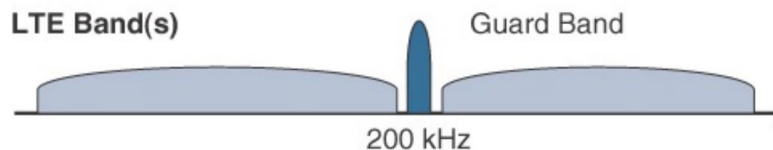
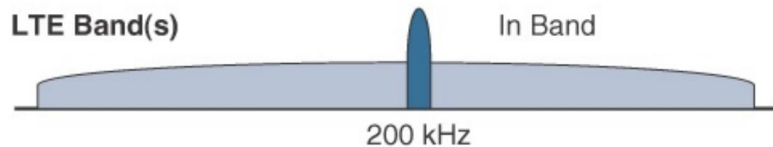
3G/4G сүлжээ нь нисгэгчгүй онгоцнуудын хувьд тасралтгүй харилцаа холбоогоор хангадаг. Энэ нь нисгэгчгүй онгоц газрын удирдлагын систем эсвэл нисгэгчээс илгээсэн командыг хурдан хүлээн авч, хариу үйлдэл үзүүлэх боломжтой гэсэн үг юм. Мөн тушаал илгээх, хүлээн авах, гүйцэтгэх хооронд зарцуулах хугацааг багасгадаг тул нислэгийн үед гарч болох алдааны хэмжээг бууруулдаг.



NB-IoT



Шинэ LTE ангиллын төхөөрөмжүүд нь дроны хэрэгцээ шаардлагыг биелүүлэхэд хангалтгүй улмаас 3GPP Нарийн зурвасын IoT (NB-IoT) стандартыг гаргасан.



stand alone operation



GSM Carriers
in-band operation



LTE Carrier
guard band operation



LTE Carrier

холооны салбар

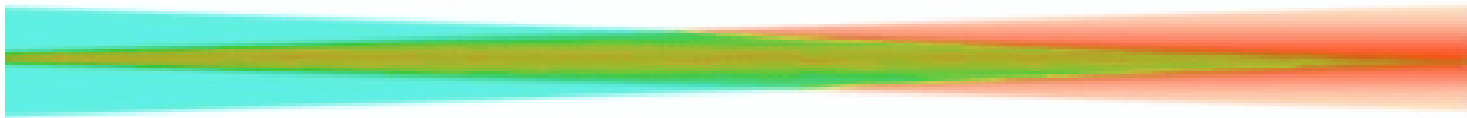


Хөдөлгөөнт холбоо



Хөдөлгөөнт холбооны системийн үндсэн үзүүлэлтүүд

Features	Cellular Technologies					
	WiFi	GPS	UMTS	LTE	LTE-A	5G
Frequency Band	2.4 GHz, 5.2 GHz	1176-1576 MHz	700-2600 MHz	700-2690 MHz	450 MHz- 4.99 GHz	57.05-64 GHz
Channel Width	20 MHz	2 MHz	5 MHz	1.4, 3, 5, 10, 15, 20 MHz	Up to 100 MHz	2.16 GHz
Range	100 m	–	10 Km	30 Km	30 Km	50 m
Bit Rate	6-54 Mbps	50 bps	2 Mbps	Up to 300 Mbps	Up to 1 Gbps	Up to 4 Gbps
Latency	10 ms	10 ms	20-80 ms	10 ms	–	–
Coverage	Intermittent	Ubiquitous	Ubiquitous	Ubiquitous	Ubiquitous	Ubiquitous
Mobility Support	Low	Extremely high	High	Very high (350km/h)	Very high (350km/h)	Ultra-high
UAV Support	Yes	Yes	Potential	Potential	Potential	Potential



5G сүлжээнд холбогдсоноор нисгэгчгүй онгоц бодит хугацаанд бааз руугаа мэдээлэл илгээх боломжтой. Өмнөх холбооны сүлжээнд дронд суурилуулсан камер, мэдрэгч, телеметрийн бүх мэдээллийг зөвхөн газардсаны дараа түүний хатуу дискнээс авах боломжтой байсан. Жишээлбэл, 5G сүлжээнүүд илүү хурдтай, дохионы хоцрогдол багассан нь эрэн хайх, аврах, тандалт, дэд бүтцийн үзлэг зэрэг хэрэглээнд ашиглах, нисгэгчгүй агаарын тээврийн хэрэгслээс бүрэн дүрс дамжуулах боломжийг олгодог.



Control & command link (C2)



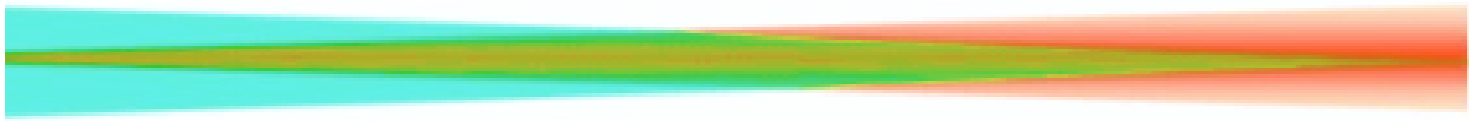
Дроны удирдлага, команд(C2) нь операторын удирдлагын дагуу 3D горимоор ажиллуулж, нисгэгчгүй онгоцны төлөв байдлыг илэрхийлэх боломжийг олгодог. Бие даан, алсын удирдлагаар мөн аль алинаар нь удирддаг, мэдрэгч, электрон хүлээн авагч, дамжуулагчийн хослолыг агуулдаг. Дроны газрын зураг дамжуулах систем нь ихэвчлэн 2.4GHz эсвэл 5.8GHz давтамжтай радио дохиог илгээж, зургийн мэдээллийг газрын хяналтын төхөөрөмжид буцааж дамжуулдаг.



Control & command link (C2)



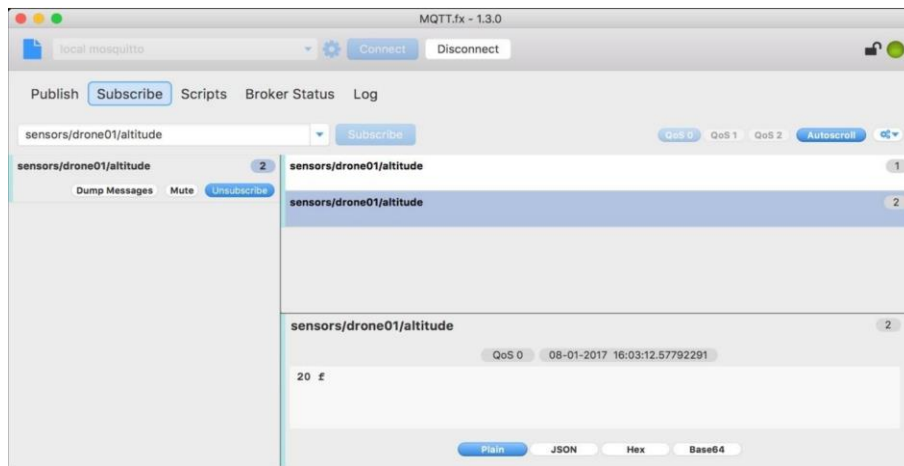
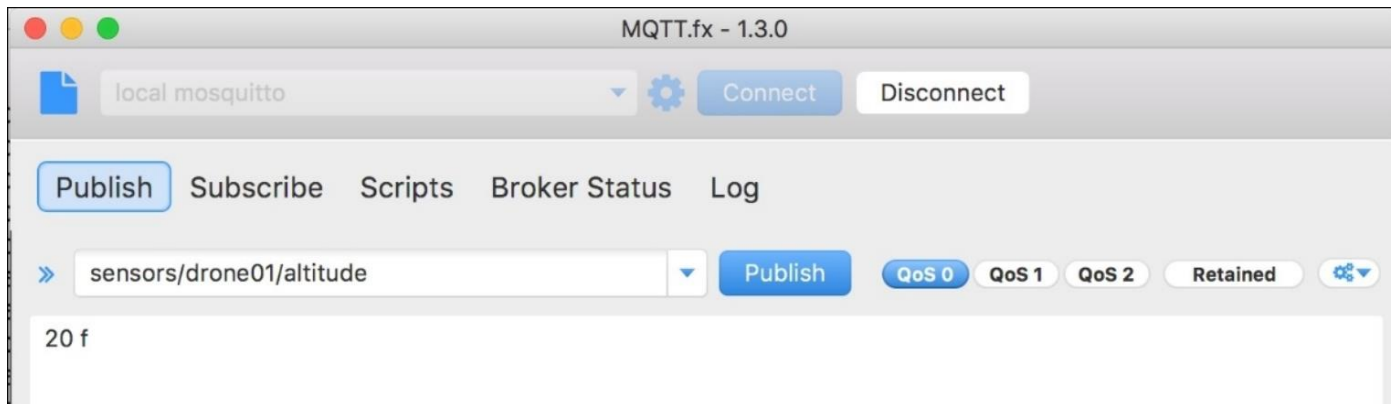
Удирдлагын чиг үүрэг нь даалгаврыг биелүүлэхийн тулд үйл ажиллагааг төлөвлөх, удирдах, зохицуулахад ашигладаг боловсон хүчин, техник хэрэгсэл, харилцаа холбооны байгууламж, журмын зохицуулалтаар гүйцэтгэдэг. Дрон бол хөдөлгүүр, сэнс, сервомотортой холбогдсон дижитал электрон хурд хянагч зэрэг олон мэдрэгч, идэвхжүүлэгчтэй харилцан ажилладаг IoT төхөөрөмж юм. C2 нь ихэвчлэн нэг буюу хэд хэдэн далд сувгийг ашигладаг мөн халдлагаас хамгаалах тодорхой механизмуудтай. Дрон бүр команд илгээхдээ TLS шифрлэлт болон TLS баталгаажуулалтыг ашигладаг.



Олон дроныг удирдахад нислэгийн удирдлагын автомат системийг ашиглана. Дрон бүр өөрийн тусгай программыг илгээдэг бөгөөд газрын хяналтын станц нь аюулгүй байдлыг хангах үүднээс дрон бүрийг дотоод, шифрлэгдсэн сүлжээгээр тасралтгүй хянадаг. Өгөгдлийн холбоо нь дронуудаас мэдээлэл хүлээн авах, дамжуулахдаа олон тооны радио давтамжийг ашигладаг. Эдгээр дамжуулалт нь байршил, үлдсэн нислэгийн хугацаа, зорилтот хүрэх зай, даацын мэдээлэл, агаарын хурд, өндөр болон бусад олон параметруудийг багтааж болно.



Командын цонх



Холбооны салбар

МОНГОЛЫН АЖАЙ ГЭМТ ХАМГААГАХ ЯАМ



Дроны командууд



- TAKE_OFF: дрoныг буулга.
- LAND: дрoныг газардуулна уу.
- LAND_IN_SAFE_PLACE: дрoнд тохирсон аюулгүй газар газардуул.
- MOVE_UP: дрoныг дээш хөдөлгө.
- MOVE_DOWN: дрoныг доош хөдөлгө.
- MOVE_FORWARD: дрoныг урагшлуул.
- MOVE_BACK: дрoныг ухраа.
- MOVE_LEFT: дрoныг зүүн тийш хөдөлгө.
- SET_MAX_ALTITUDE. Дрoнд зөвшөөрөгдсөн хамгийн дээд өндрийг тохируулна уу.



Дроны командууд



Дроныг буулгах командын жишээг дараах мөрөнд харуулав:

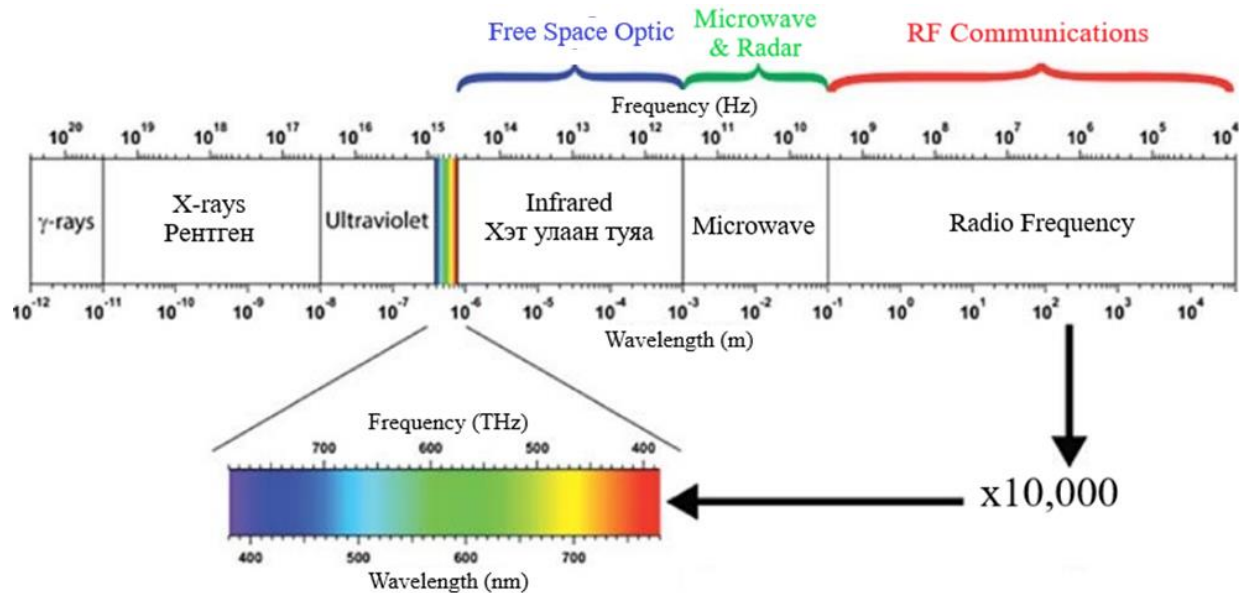
```
{"COMMAND": "TAKE_OFF"}
```

Дроны хамгийн дээд өндрийг 20 фут хүртэл тохируулах командын жишээг дараах мөрөнд харуулав.

```
{"COMMAND": "SET_MAX_ALTITUDE", "FEET": 20}
```



Утасгүй оптик холбоо



Чөлөөт орон зайн оптик холбоо (FSO) нь мэдээлэл, харилцаа холбооны сүлжээнд утасгүйгээр өгөгдөл дамжуулахад зориулагдсан чөлөөт орон зайд оптик давтамжтай гэрлийн долгионы тархалтыг ашигладаг оптик холбооны технологи юм. Агаар мандлаар мэдээллийг дамжуулахын тулд модуляцлагдсан оптик (хэт улаан, үзэгдэх гэрлийн) цацрагийг ашигладаг.

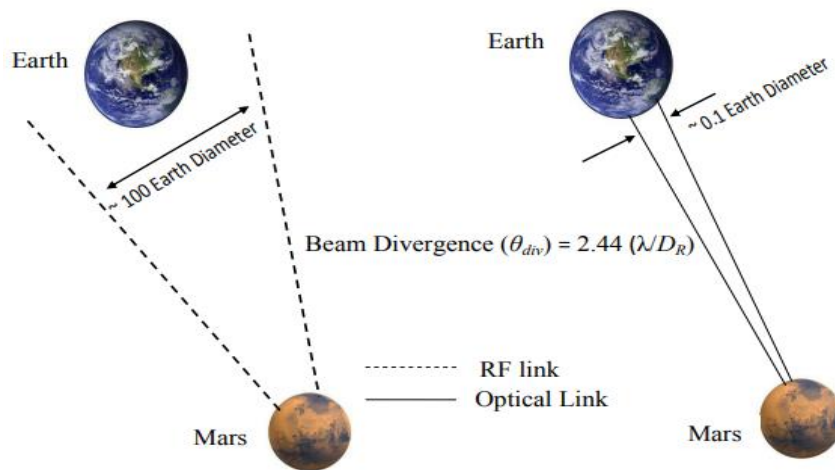
Холбооны салбар



Утасгүй оптик холбоо



- Бага цацрагын өргөсөлт: Цацрагийн өргөсөлт нь λ/D_R –тэй шууд хамааралтай байна, λ нь зөөгч долгионы урт ба D_R нь апертурын диаметр юм.
- Оптик зөөгчийн цацрагийн өргөсөлт нь RF-ийн зөөгчөөс бага байдаг. Энэ нь дамжуулсан энергийг хүлээн авагч дээр авах дохионы эрчмийг (энерги) ихэсгэдэг.



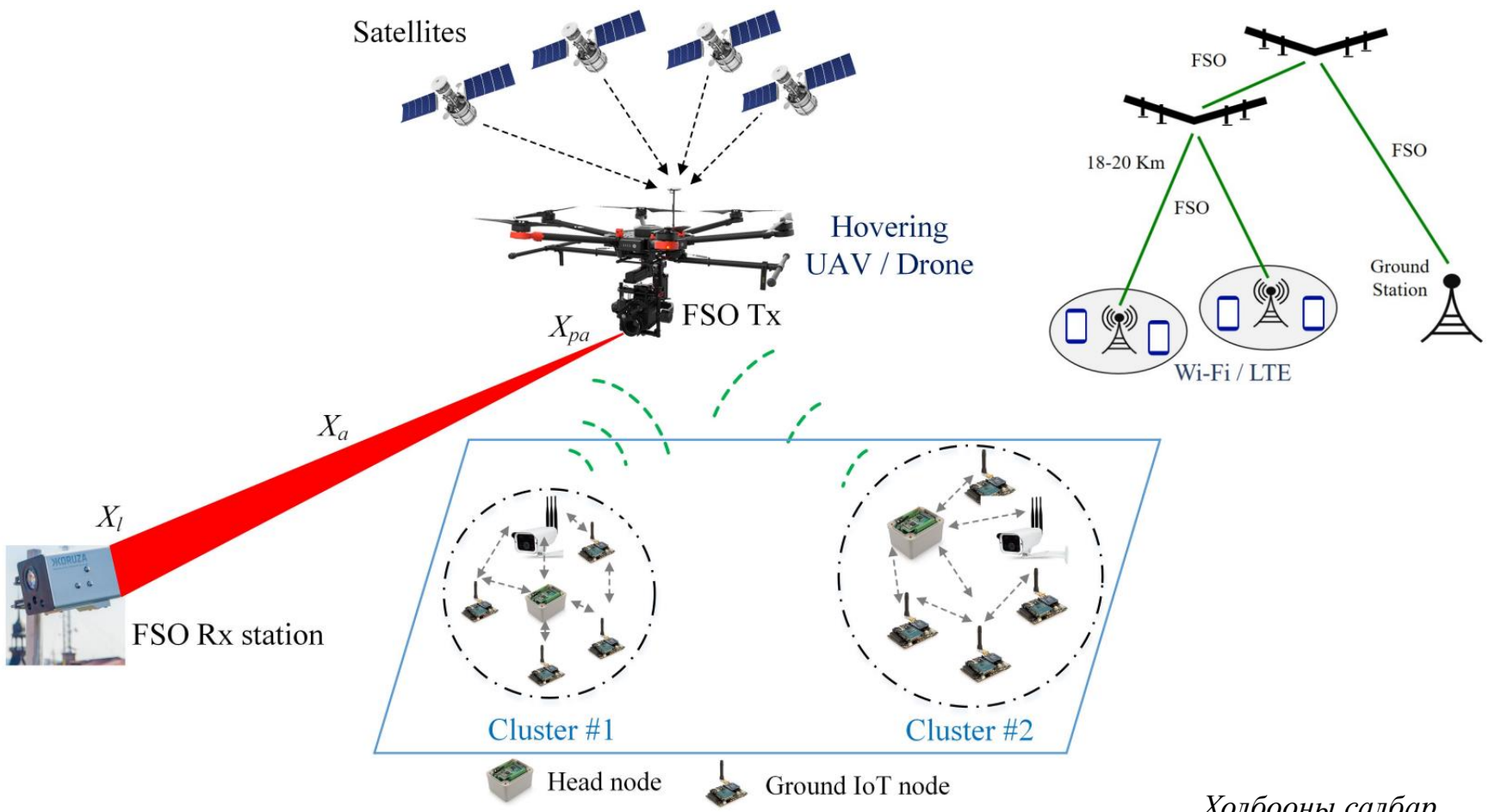
Холбооны салбар



Утасгүй оптик холбоо



МОНГОЛЫН ХАМГААГАХ ЯАМ



Холбооны салбар



FSO холбооны давуу талууд



- Спектрийн багтаамж маш өргөн: RF системд зэргэлдээ зөөгчийн харилцан нөлөөлөөс болж спектрийн давхцал, төвлөрөл үүсдэг асуудалтай. FSO нь спектрийн/давтамжийн тусгай зөвшөөрөл авах шаардлагагүй байдаг.
- Өндөр нууцлал: FSO нь маш нарийн зурвасын өргөсөлттэй лазер цацраг ялгаруулдаг тул спектр анализатор эсвэл RF давтамжаар илрүүлэх боломжгүй. Хөндлөнгөөс оролцох, нөлөөлөх асуудалд хаалттай.
- Оптик холбооны хувьд зөвшөөрөгдөх зурвасын өргөн нь зөөгч давтамжийн 1% ($\approx 10^{16}$ Гц) буюу 100 ТГц байна. Энэ нь хэрэглэгдэх зурвасын өргөний хувьд ердийн RF зөөгчтэй харьцуулахад бараг 10^5 дахин их юм.



FSO холбооны давуу тал



- Бага чадлын, хэмжээ болон жин багатай: Оптик эрчим нь хүлээн авагч дээр илүү ирдэг учраас оптик зөөгчийн долгионы урт бага байх нь RF-ээс жижиг антентай байх боломжийг олгодог.

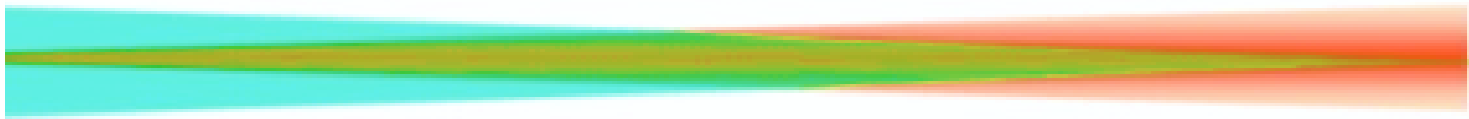
№	Төрөл	Оптик	RF
GEO-LEO	диаметр	10.2см	2.2м
	масс	65.3кг	152.8кг
	чадал	93.8Вт	213.9Вт
GEO-GEO	диаметр	13.5см	2.1м
	масс	86.4кг	145.8кг
	чадал	124.2Вт	204.2Вт
LEO-LEO	диаметр	3.6см	0.8м
	масс	23.0кг	55.6кг
	чадал	33.1Вт	77.8Вт



Дүгнэлт



- UAV холбоонд 5G ба FSO технологи удирдлага, хяналтын сүлжээний зонхилох технологи болж ашиглагдах хандлагатай.
- LTE буюу 5G хөдөлгөөнт үүрэн холбооны үйлчилгээний үед RF долгионы зурвасын хүрэлцээгүй байдлыг шийдвэрлэх, хэт олон RF долгионууд ашиглах нөхцөлд интерференцийн асуудлыг шийдвэрлэхэд FSO технологийг ашиглах шаардлагатай болно.
- FSO технологийг Мэдээлэл Харилцаа Холбооны сүлжээнд ашиглах боломжийн талаарх судалгааг цаашид гүнзгийрүүлэн судлах шаардлагатай.



התורה והנביאים והספרים הנזכרים