



# Дроны удирдлага, хяналтын сүлжээний технологиуд Command & control network technologies UAV

ШУТИС- МХТС- Холбооны салбар

Ахлах багш Д.Долгорсүрэн



# Агуулга



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

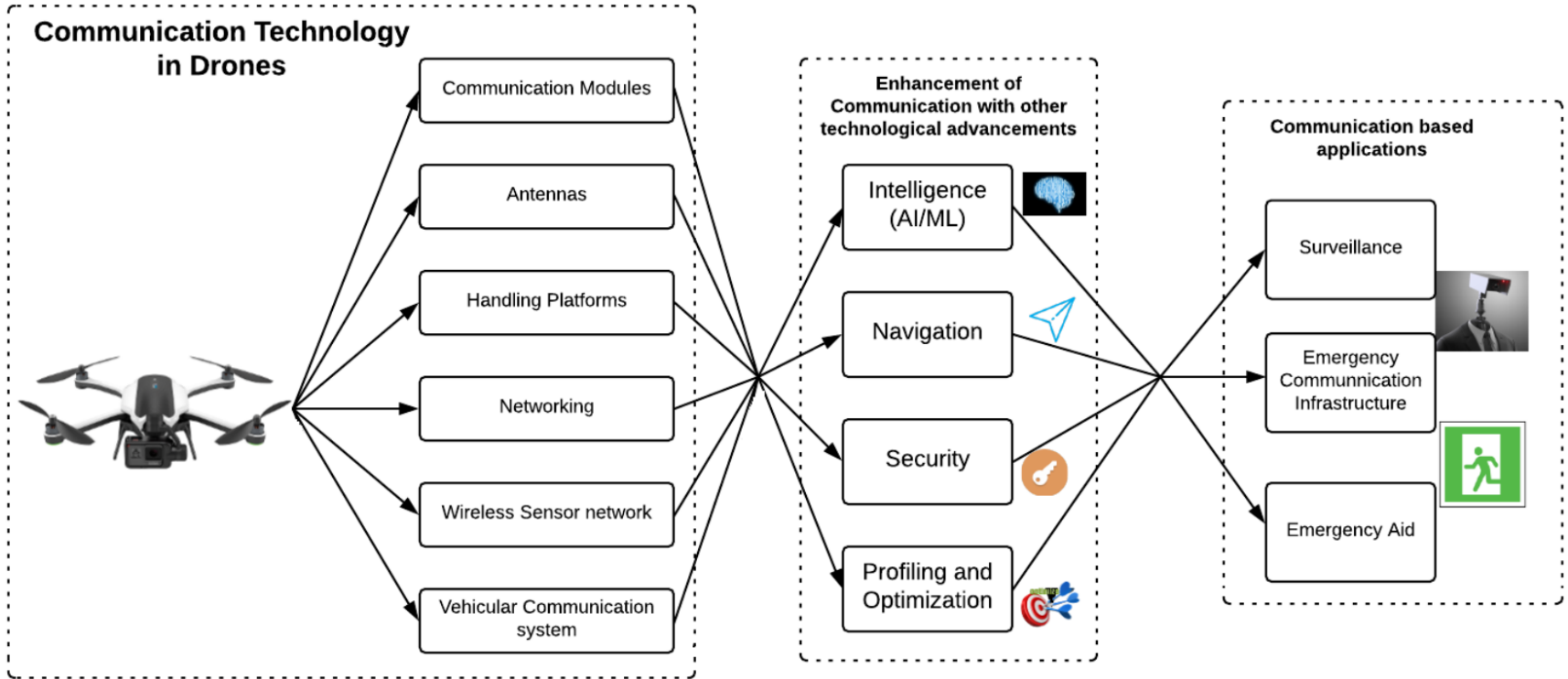
МОНГОЛЫН АЖААХ АЖААРААЙН  
ХАМГААГАХ ЯАМЫН ШУТИС



# Дроны технологииуд



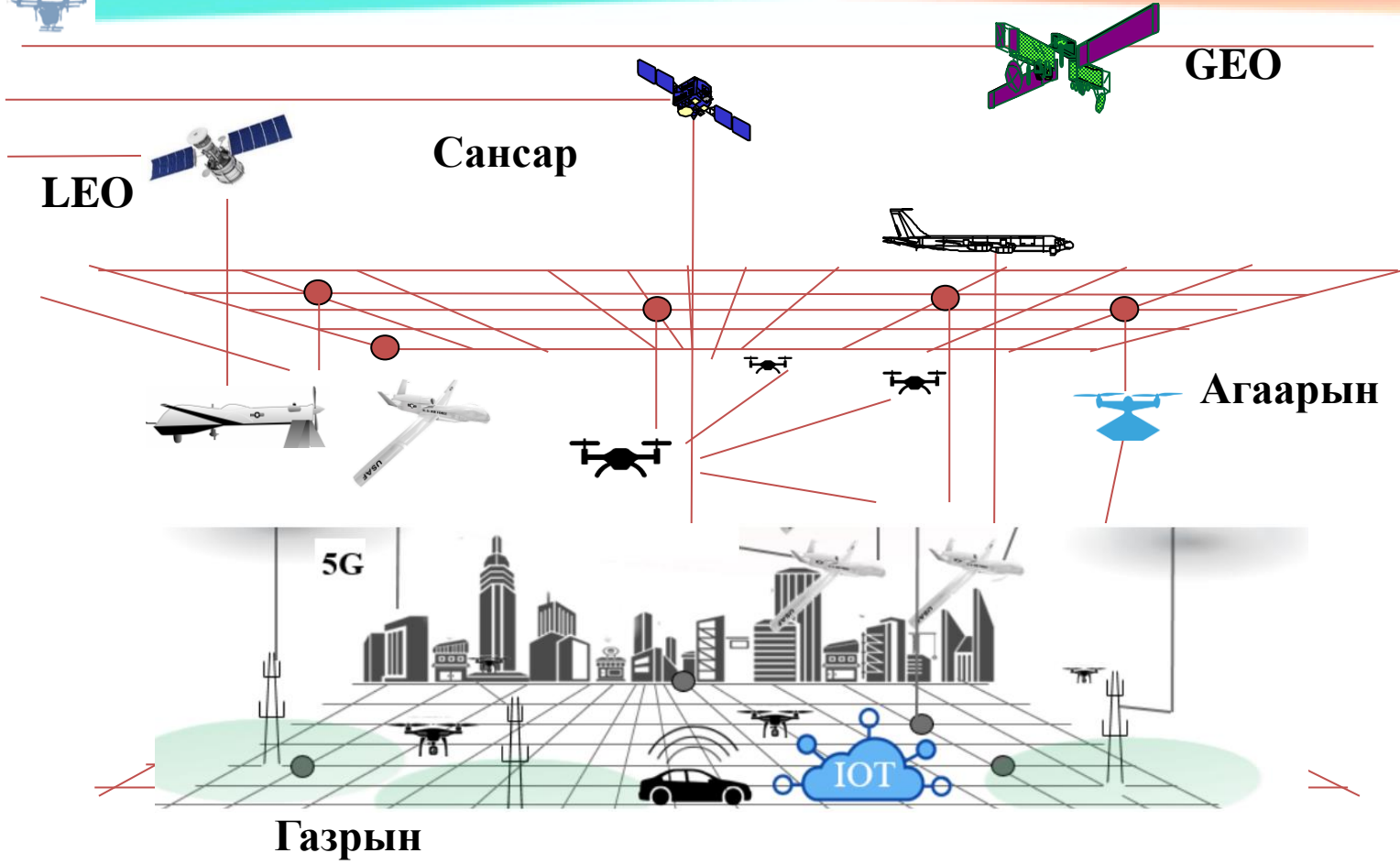
Угсаанг, технологийн шинэ хөгжлүүд, дрон технологийн ашиг





# Сүлжээний бүтэц

МОНГОЛЫН УЛАСЫН ШУТИС



Холбооны салбар



## RF холбоо



Арилжааны дронууд 2.4GHz, 5.8GHz, 433MHz, 915MHz гэсэн дөрвөн давтамжийн зурваст ажилладаг. Төхөөрөмжийн дамжуулагч ба хүлээн авагч нь тодорхой давтамжтай холбогддог. Энэ технологи нь дохионы jammer ашиглан дохиог санаатай эсвэл санамсаргүйгээр өөрчлөх боломжтой. Дохио нь хязгаарлагдмал хүрээнд бөгөөд шууд харааны шугаманд ажиллах ёстой(LOS- line of sight). Ихэнх дронууд нь unlicensed зурвасыг ашигладаг.



Урьдчилсан судалгаа ба мэдээлэл



## RF холбоо



### Цахилгаан соронзон долгионы давтамж нэмэгдэх тусам

- Төхөөрөмжийн өртөг ихсэнэ.
- Жин
- Зай
- Зурвасын өргөн
- Чадал
- Цаг агаарын таагүй байдлын нөлөө

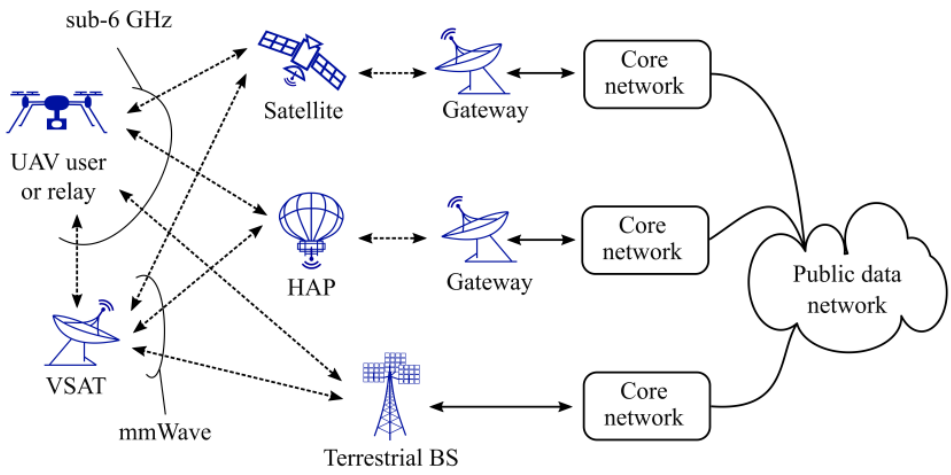
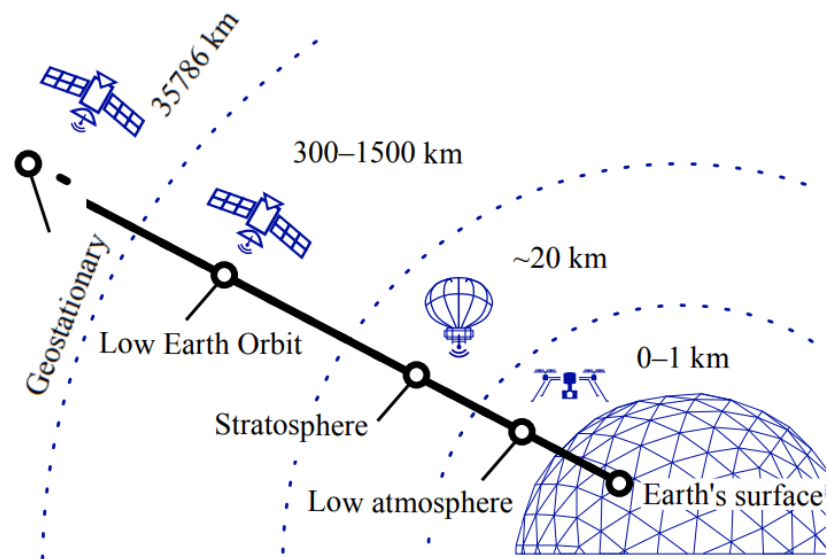
Урьдчилсан судалгаа, төлөвлөгөө, зөвлөмж, үнэмлэхүй гэрээ, хуульчилсан гэрээ, хуульчилсан гэрээ, хуульчилсан гэрээ



# HAP



МОНГОЛ УЛАСЫН ШУТИС-ЫН  
УЛАСЫН ШУТИС-ЫН  
УЛАСЫН ШУТИС-ЫН  
УЛАСЫН ШУТИС-ЫН



Сансар ба газрын хооронд байрладаг HAP (high altitude 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



ШУТИС

МОНГОЛЫН УЛАСЫН  
АМГАМГАХ АЖ АХУЙН  
ХАМГААГАХ АЖ АХУЙН  
ТӨСВИЙН ШУТИС

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. Арилжааны нисгэгчгүй онгоцуудад хиймэл дагуулын холбоог ашиглах нь маш бага байдаг.

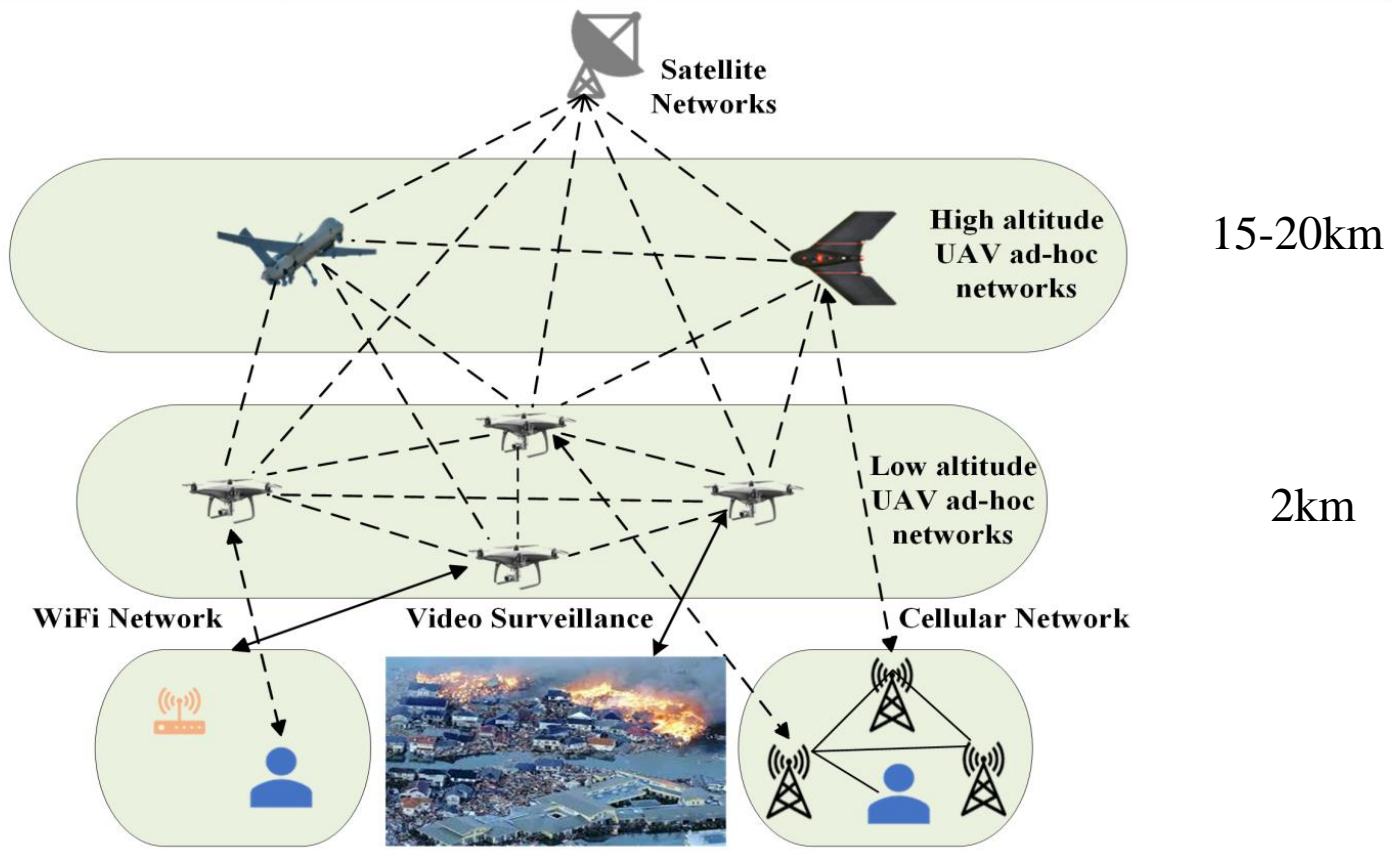




# Сүлжээний бүтэц



МОНГОЛ УЛСЫН ХАМГААГААНИЙ ЗАСАГ





# Хиймэл дагуулын холбоо



Урсгалын системийн төлөв

№	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



# 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

Урьдчилсан судалгаа, төлөвлөгөө, зурвас, өргөн, давтамж, өртөг багатай



# Тактикын холбооны дрон



- Том дронууд
  - 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

Угт хэргийн үйлчилгээний газар



# Дроны холбооны хэрэглээ



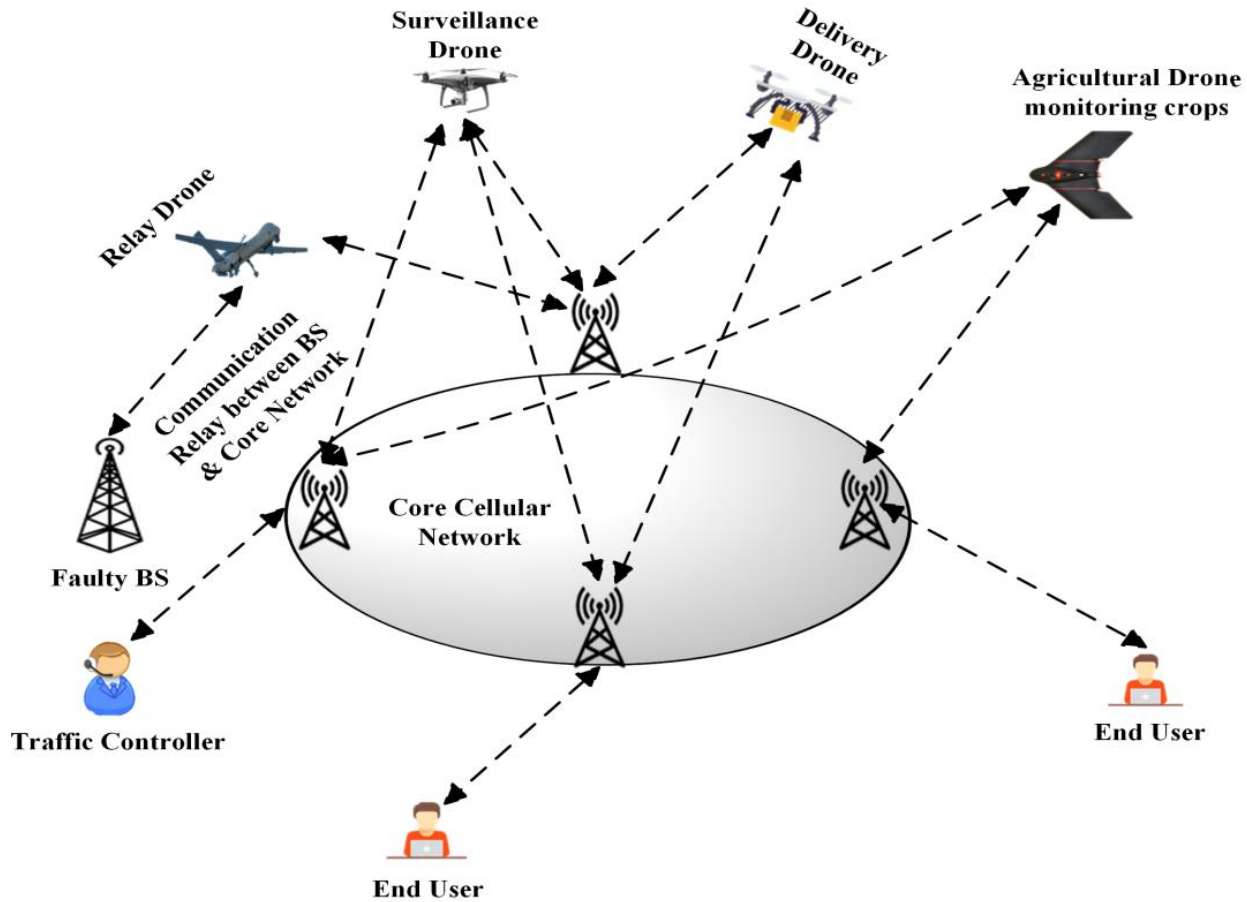
## Хэрэглээний хүрээ:

- Цэргийн хиймэл дагуулын
- Гамшгийн үеийн хөдөлгөөнт холбоо
- Тандалт- байгаль орчин, хөдөө аж ахуй. . .
- Өндөр хурдны интернет, видео хурал, утасгүй өргөн нэвтрүүлэг, шууд дамжуулалт.
- Хөдөлгөөнт сүлжээний хамрах хүрээг ихэсгэх, өргөтгөл хийх
- Бааз станц хооронд оптик утасгүй холболт хийх.
- Хүргэлтийн үйлчилгээ



# Хөдөлгөөнт холбоо

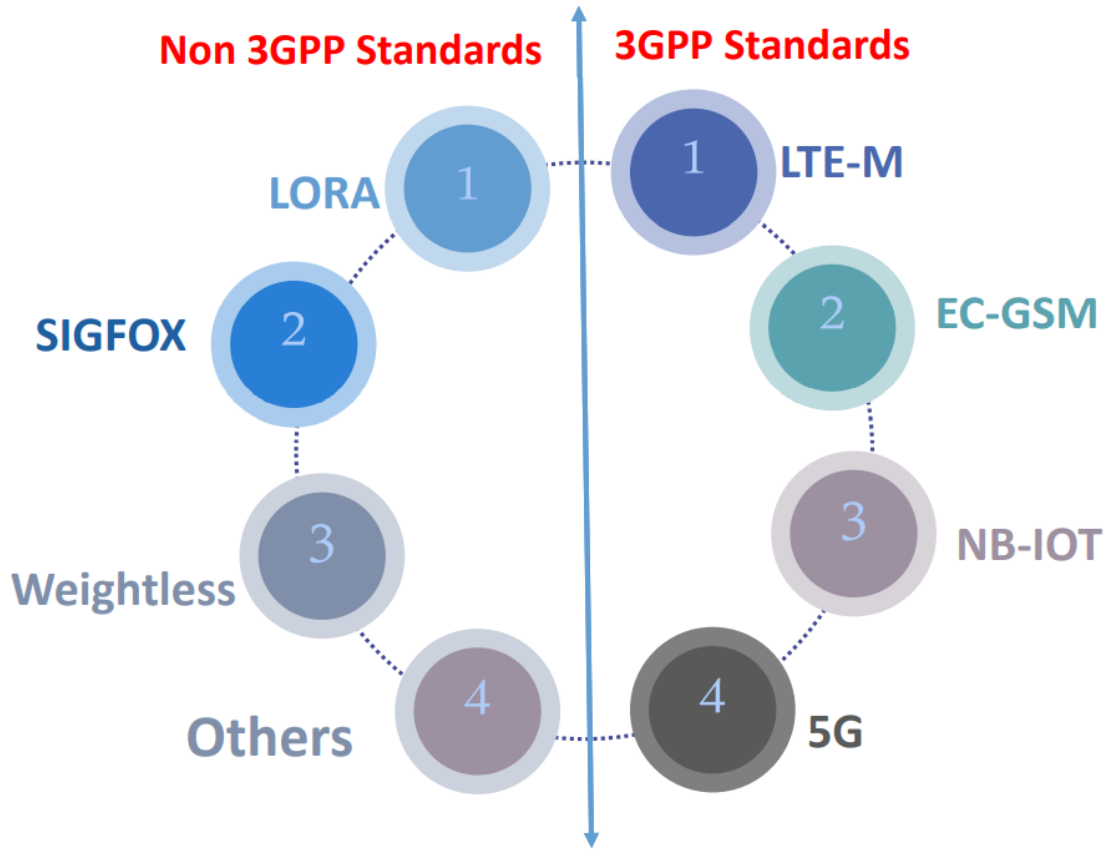
МОНГОЛ УЛАСЫН ШУТИС-ЫН  
ТЭХНИКИЙН ГЭМЭЭГИЙН  
УЛАСЫН ШУТИС-ЫН  
ТЭХНИКИЙН ГЭМЭЭГИЙН



Холбооны салбар



# Холын зайн технологиуд



МОНГОЛ УЛАСЫН ШУТИС-ийн  
Технологийн болон Үйлдвэр  
Эдийн засгийн Хөгжлийн  
Төв



## 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.

Улаанбаатар хот, ШУТИС-ийн тусламжтайгаар





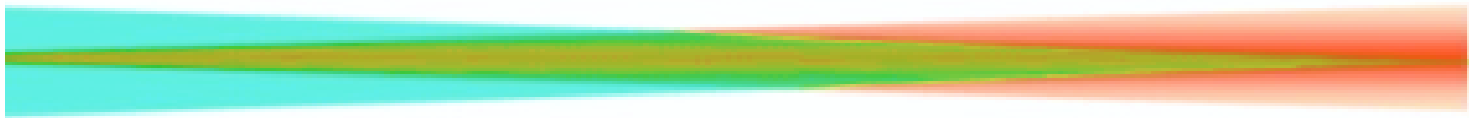
# Зурвасын өргөн



Қазақстан Республикасының  
Техникалық Реттеу және  
Метрология Агентағы

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*



ШУТИС

Улсын иргэдэд зориулсан  
Холбооны салбар

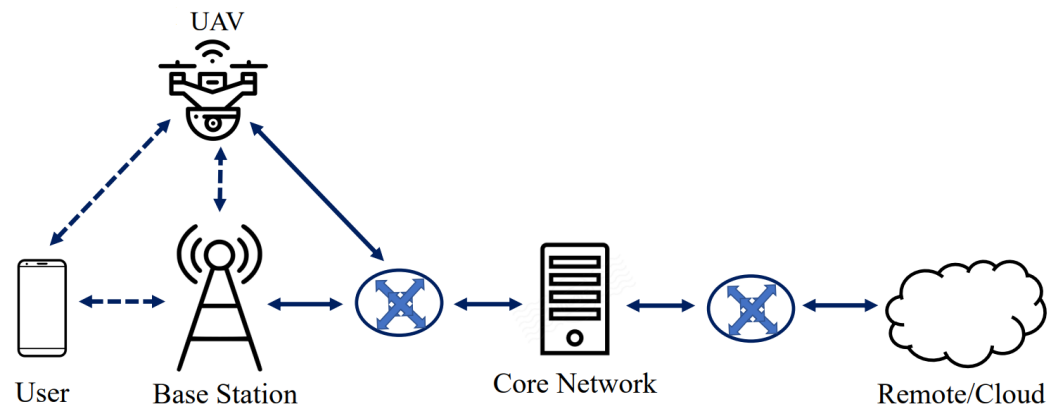
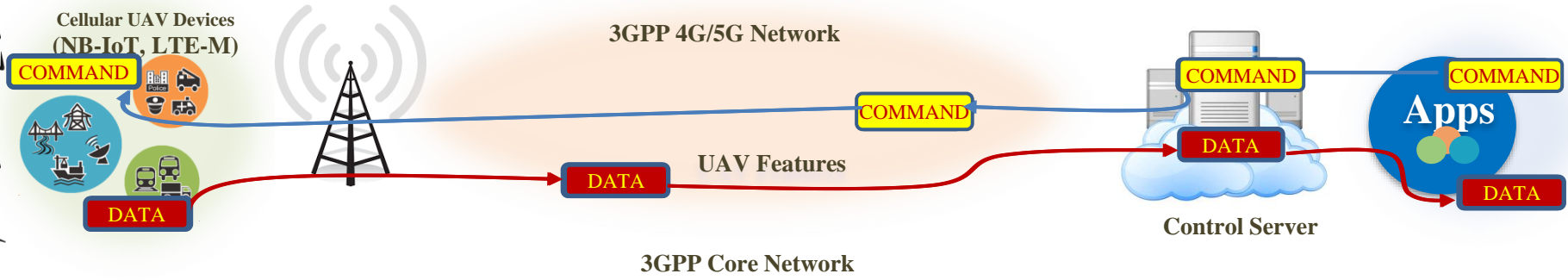
Лицензгүй технологи нь дэд бүтэц, шийдлүүд, хувийн аж ахуйн нэгжийн сүлжээ, өргөн нэвтрүүлэгчид, хөдөлгөөнт болон хөдөлгөөнт бус үйлчилгээ үзүүлэгчдэд шинэ боломжуудыг нээж өгсөн. Хувийн компаниуд дроны сүлжээний хөгжүүлэлтийг хийж хувийн салбарын болон нийтийн сүлжээний хооронд роуминг хийх боломжтой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



# Үүрэн сүлжээний UAV хөгжүүлэлт



Улаанбаатар



Холбооны салбар

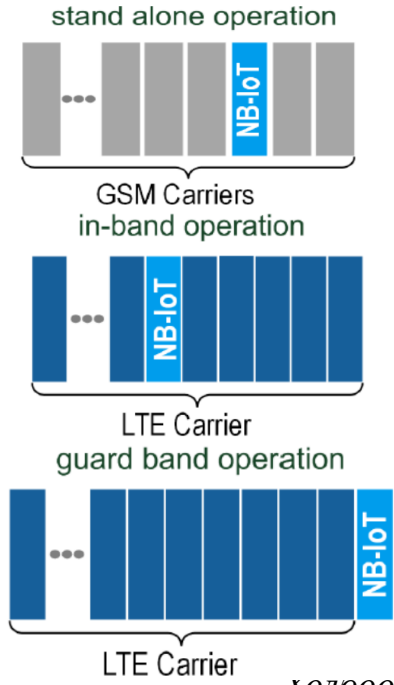
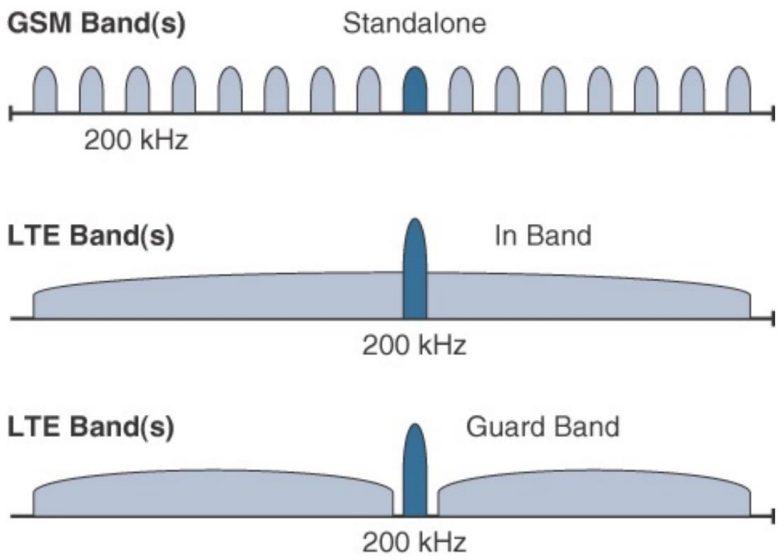


# NB-IoT



ШУТИС-ийн Уулзварын Өргөтгөл

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



холооны салбар



# Хөдөлгөөнт холбоо



МОНГОЛЫН АЖААХ АХУЙН  
ХАМГААГАХ ЯАМ

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



# MQTT протокол



MQTT (message queuing telemetry transport) нь бага зурвасын өргөнтэй орчинд энгийн аргаар хязгаарлагдмал сүлжээний хэрэглэгчдэд телеметрийн мэдээллийг түгээдэг хялбар нээлттэй мессежийн протокол юм. MQTT(message queuing) протокол нь зарлах/бүртгэх(publish/subscribe) горимыг ашиглан мессеж явуулахад хялбар болсон. Энэ нь UAV-д зориулсан бага чадлын мэдрэгч эсвэл гар утас, компьютер эсвэл микроконтроллер гэх мэт хөдөлгөөнт төхөөрөмжүүд хооронд мессеж явуулахад тохиромжтой.

Улаанбаатар, 2024 оны 10 сарын 10



## Control & command link (C2)



Дрон бол хөдөлгүүр, сэнс, сервомотортой холбогдсон дижитал электрон хурд хянагч зэрэг олон мэдрэгч, идэвхжүүлэгчтэй харилцан ажилладаг IoT төхөөрөмж юм. Сервомотор нь машины эд ангиудыг өндөр үр ашигтай, өндөр нарийвчлалтайгаар эргүүлдэг бие даасан цахилгаан хэрэгсэл. Маш олон дроныг хянах ёстой болдог. Тодруулбал, серво мотор бүрийн өндрийг болон хурдыг харуулах ёстой. Бүх дронууд ижил тооны хөдөлгүүр, сэнс, серво мотортой байдаггүй, жишээ нь: quadcopters 4 сэнс/propellers, hexacopters 6 сэнс ба octocopters бол 8 сэнс хянах ёстой.

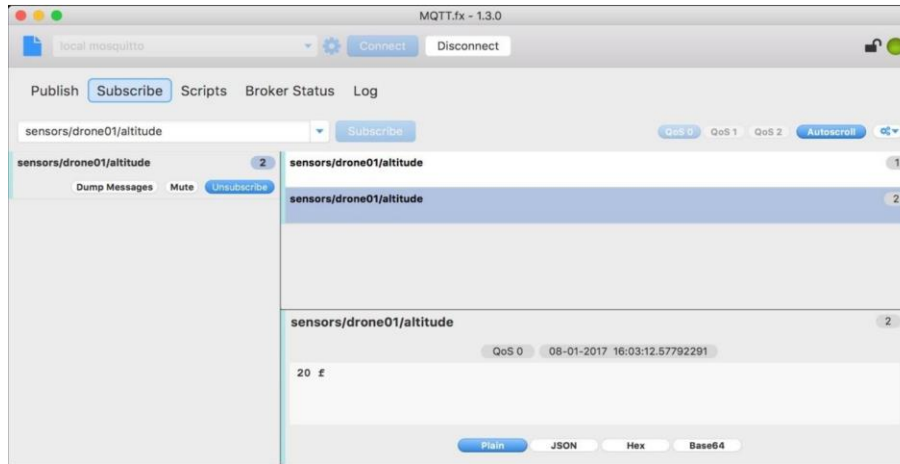
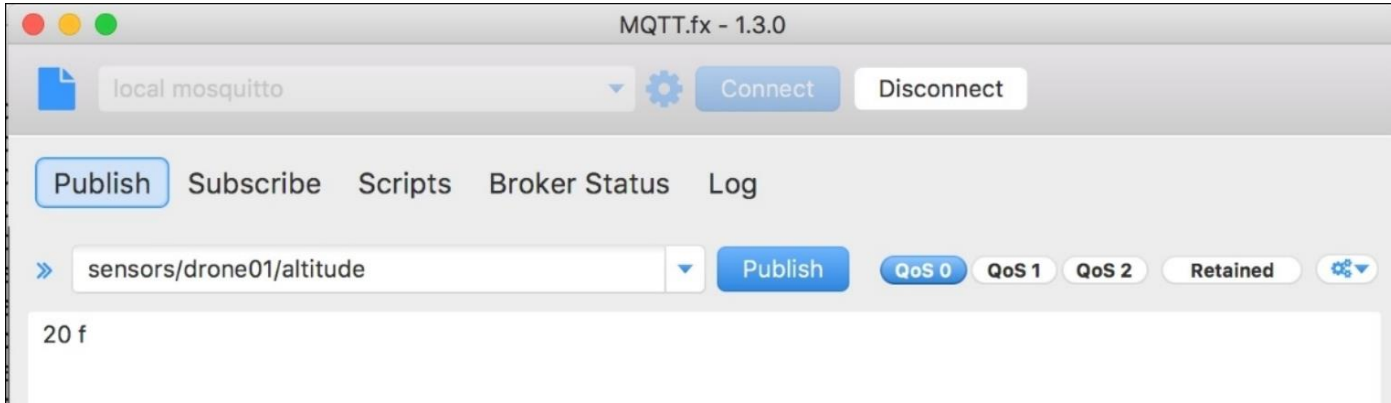
Уг дрон нь төрөлжсөн ба өөр өөр зориулалтаар ашиглагддаг.



# Командын цонх



МОНГОЛ УЛСЫН  
ХАМГААГААНИЙ  
ЗАСГАГАХ  
ЯМ АЖ АХУЙН  
ТӨСВИЙН  
ТӨСӨӨ



Холбооны салбар





# Дроны удирдлага



Python үндсэн програмчлалын хэл болгон ашиглан publishers/subscribers үүрэг гүйцэтгэх MQTT клиентүүдийг үүсгэнэ. Python MQTT клиентийг MQTT серверт холбож, MQTT мессеж бүхий дроныг удирдах командуудыг боловсруулах болно. Ямар ч дурын MQTT клиент нь дрон руу команд илгээхийг зөвшөөрөлгүй учраас TLS шифрлэлт болон TLS баталгаажуулалтыг ашиглах болно. TLS(transport layer security) нь компьютерийн сүлжээгээр харилцах аюулгүй байдлыг хангах зориулалттай криптографийн протокол.

Урьдчилсан судалгаа



# 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.

Урьдчилсан туршилтаар дрoныг хэрэглэхэд зориулсан үндсэн зарчмуудыг үзэх



# Дроны командууд



Дроныг буулгах командын жишээг дараах мөрөнд харуулав:

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

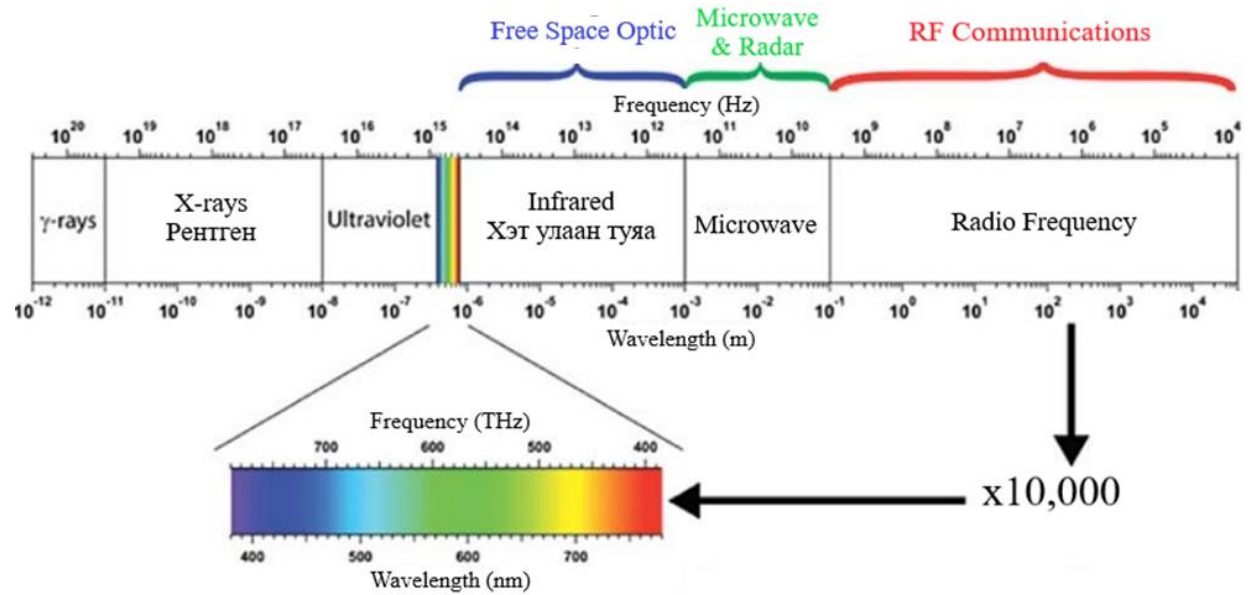
Дроны хамгийн дээд өндрийг 20 фут хүртэл тохируулах командын жишээг дараах мөрөнд харуулав.

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

Улаанбаатар  
Техникийн  
Университет  
ШУТИС



# 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*

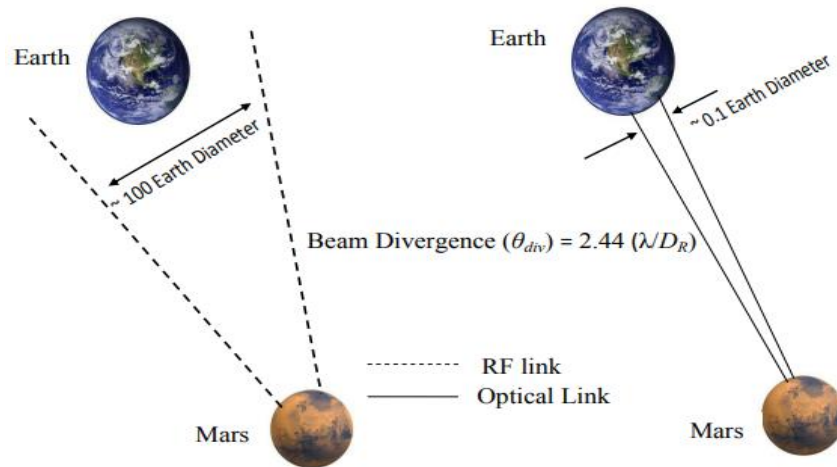
Утасгүй оптик холбоо



# Утасгүй оптик холбоо



- Бага цацрагын өргөсөлт: Цацрагийн өргөсөлт нь  $\lambda/D_R$  –тэй шууд хамааралтай байна,  $\lambda$  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.



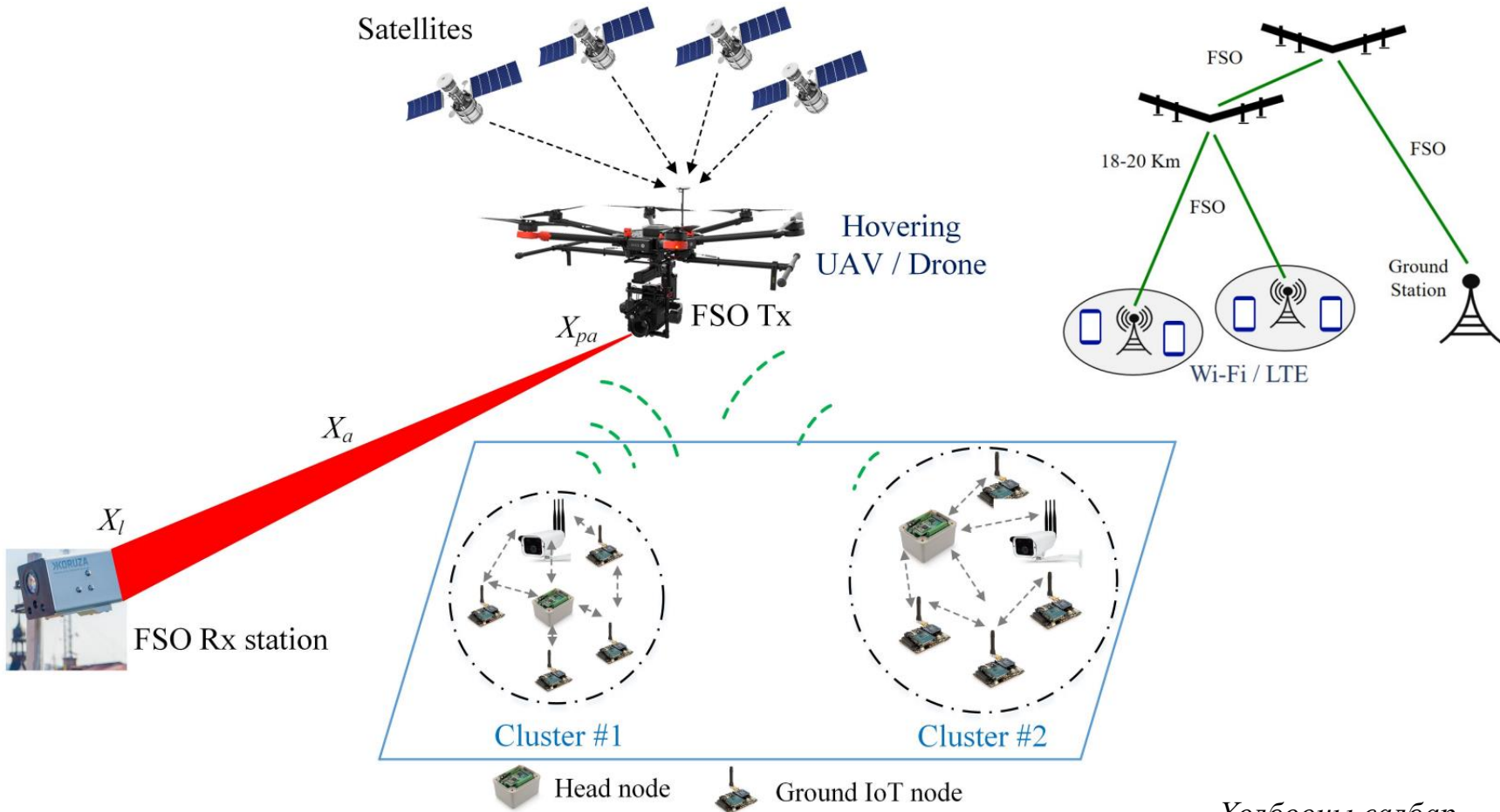
Утасгүй оптик холбоо



# Утасгүй оптик холбоо



Утасгүй оптик холбоо



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.

Урсгалын системийн өргөн багтаамж



# 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.

- Оптик системийн антенны ердийн хэмжээ нь 30см-ээс 1.5м хүртэл байна. Хүснэгтэд оптик ба Ku зурвасын системүүдийн хувьд 10Вт ба 50Вт чадал хэрэглэдэг системүүдийн хоорондох чадал, массын харьцуулалт (2.5Гбит/сек үед)

№	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





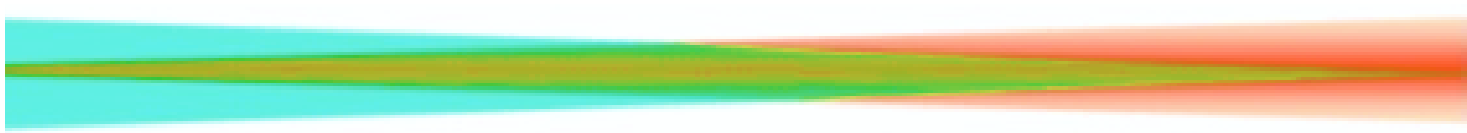
# Дүгнэлт



- 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.

УЛААНБААТАР

УЛААНБААТАРЫН ШУТИС-ЫН  
УЛААНБААТАРЫН ШУТИС-ЫН  
УЛААНБААТАРЫН ШУТИС-ЫН  
УЛААНБААТАРЫН ШУТИС-ЫН



ᠰᠢᠭᠤᠨ

ᠰᠢᠭᠤᠨ ᠰᠢᠭᠤᠨ ᠰᠢᠭᠤᠨ ᠰᠢᠭᠤᠨ

# Анхаарал тавьсанд баярлалаа.