

글로벌 ICT 표준 컨퍼런스 2023

Global ICT Standards Conference 2023

(세션6) 차세대 통신(B5G/6G): 디지털 세상의 혁신과 변화

3GPP 비지상 네트워크 관련 표준화 현황 및 전망

윤영우 수석연구위원 (상무), LG 전자

주최



과학기술정보통신부
Ministry of Science and ICT



특허청
Korean Intellectual
Property Office

주관



국립전파연구원
National Radio Research Agency



IITP

KEA

kista

ETRI

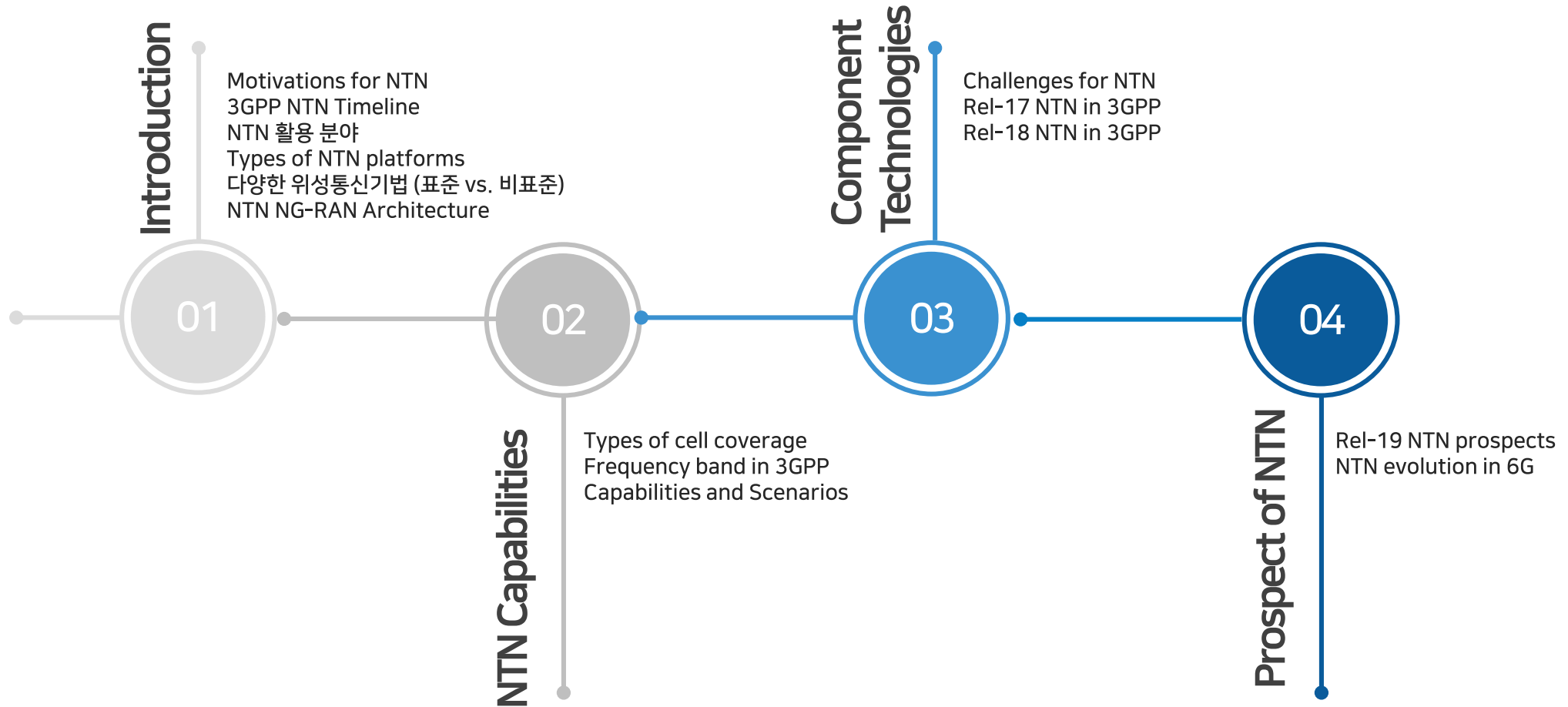
01. About presentation

ICT Standards

이 발표에서는 3GPP NTN (Non-Terrestrial Network)의 도입 배경, 주요 활용 분야, 위성통신에서 고려해야 하는 극복 과제들과 이를 위해 도입된 요소 기술들에 대한 간략한 소개, 그리고 3GPP 표준화 현황 및 향후 전망에 대해 알아봅니다.

02. Content of Presentation

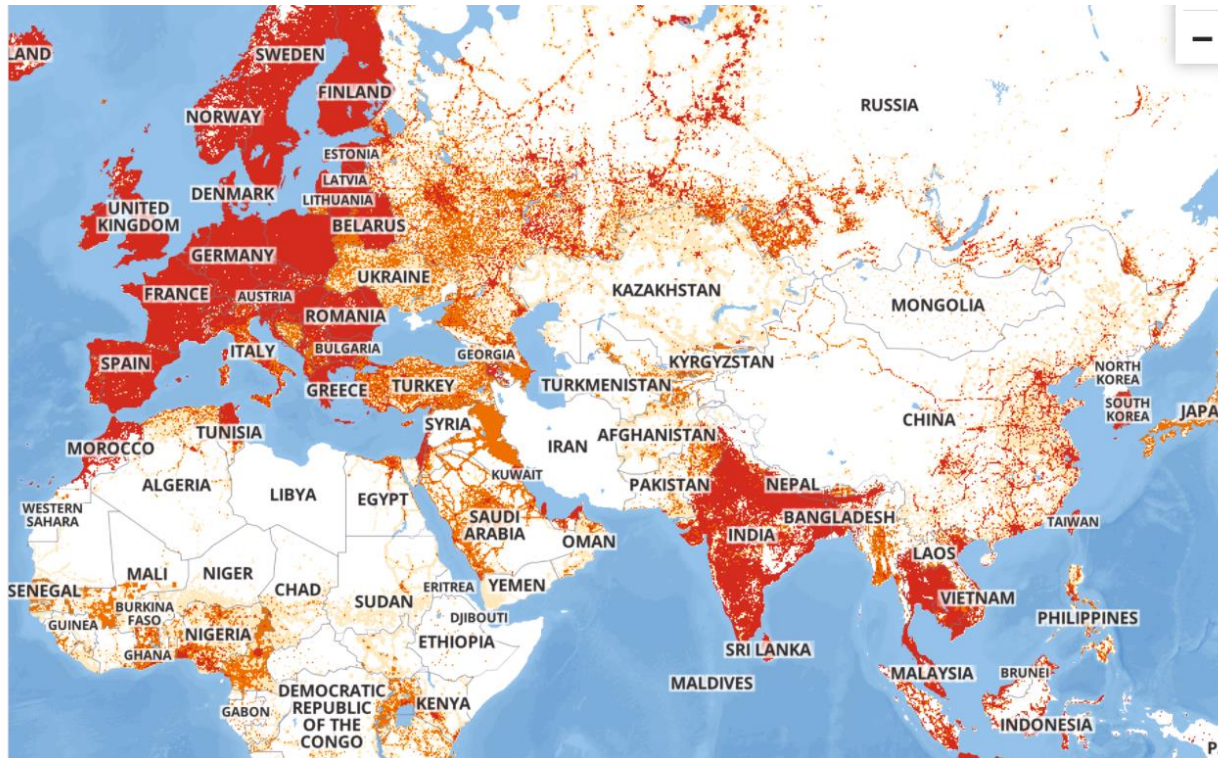
발표내용



03. Motivations for NTN [1/2]

Temporary Permanent

- ✓ ■ LTE
- ✓ ■ LTE-M
- ✓ ■ NB-IoT
- ✓ ■ Hyper Precise Location (RTK)
- ✓ ■ Hyper Precise Location (DGNSS)
- ✓ ■ UMTS
- ✓ ■ GPRS (2G GSM)
- ✓ ■ GSM (2G GSM - voice only)



- Foster the roll out of 5G service in un-served areas

✓ Mobile NW infra covers about 37% of landmass

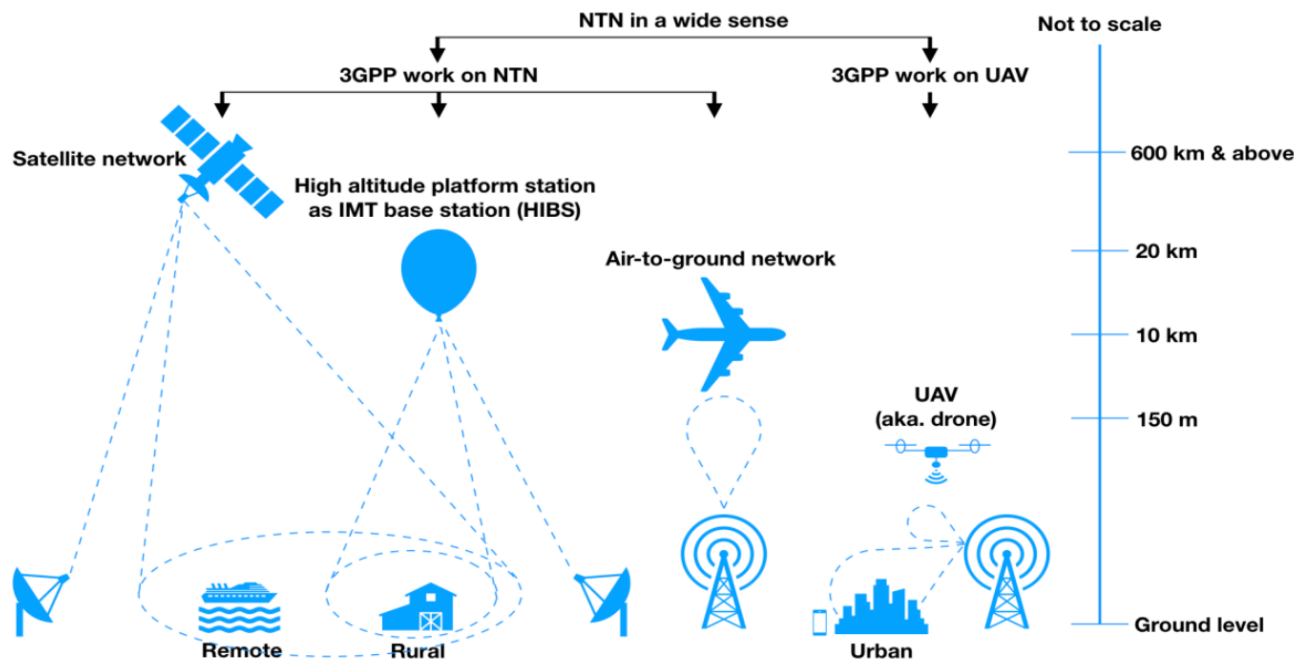
- 5G NTN offers a complementing role to TN access

✓ Reinforce the 5G service reliability
✓ Enable 5G network scalability

03. Motivations for NTN [2/2]

3GPP NTN 표준화

- 5G NR(New Radio) 기반으로 위성 혹은 공중 무인기 등의 비지상 네트워크를 이용하여 단말기에 광대역 서비스를 제공하기 위하여 3GPP 표준화 회의에서 2017년부터 NTN 기술 논의 및 표준화 진행
 - 위성 제조업체인 Thales 주도로 위성망과 지상망간의 연동을 위하여 3GPP에서 논의를 시작하였으나, 비행체 기지국(HAPS)를 포함하기 위하여 NTN으로 명칭



Ref: Ericsson, 5G from space: An overview of 3GPP Non-Terrestrial Networks

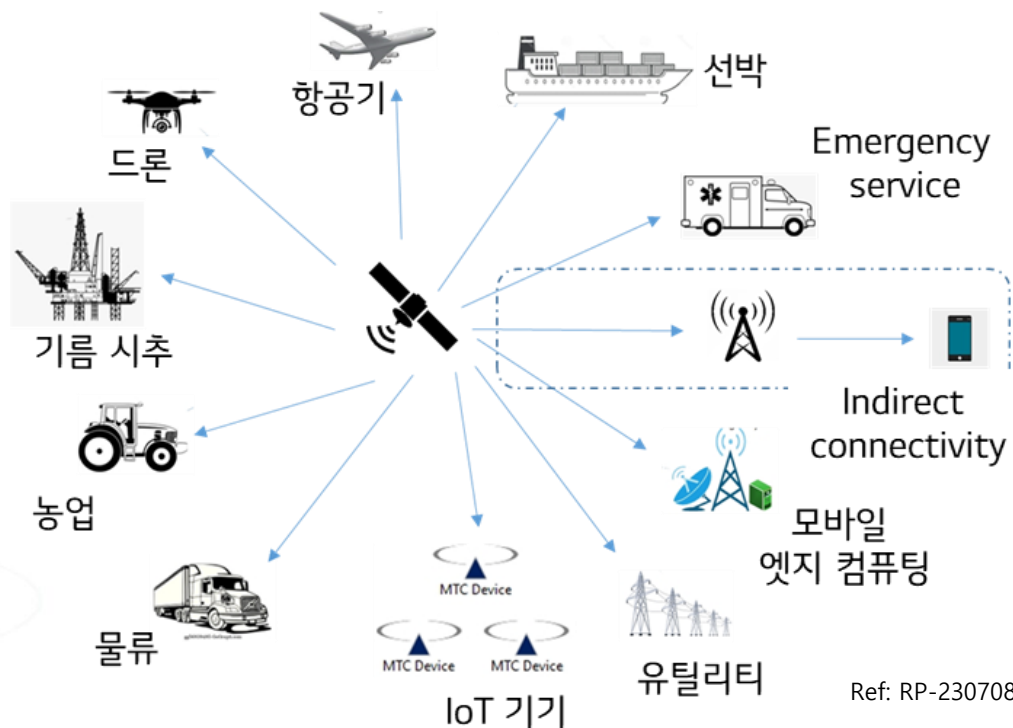
Use case/ 활용분야

- 지상 네트워크 설비가 갖춰지지 않은 지역이나 자연/인적 재해에 의해 기존 무선 통신 시스템을 이용할 수 없는 지역에 통신 서비스를 제공하는 것이 목표
 - Beyond-Space Broadband Service : 기내/선박 connectivity 서비스, beyond 5G 이동통신, 이동 기지국
 - Massive Connectivity Service : 도심형 항공 모빌리티(UAM: Urban Air Mobility), 해상 물류 IoT 솔루션
 - Coverage Filler Service : 도서/산간 지역 초고속 인터넷 서비스, 긴급(재난/안전), 통신 서비스

04. NTN 활용 분야

NTN 활용 분야

- NTN은 지상 네트워크 설비가 갖춰지지 않은 지역이나 자연/인적 재해에 의해 기존 무선 통신 시스템을 이용할 수 없는 지역에 통신 서비스를 제공하는 것을 목표로 함. 또한 광대역 데이터 서비스의 제공 뿐만이 아니라 협대역의 IoT 서비스를 위해서도 활용 가능



- **Beyond-Space Broadband Service:** : 기내/선박 connectivity 서비스, beyond 5G 이동통신, 이동 기지국
- **Massive Connectivity Service:** : 도심형 항공 모빌리티 (UAM: Urban Air Mobility), 해상 물류 IoT 솔루션
- **Coverage Filler Service:** : 도서/산간 지역 초고속 인터넷 서비스, 긴급 (재난/안전) 통신 서비스

Ref: RP-230708, Ku Band for 5G NTN Services

05. Types of NTN Platforms

Platforms	Altitude range	Max propagation delay	Orbit	Typical beam footprint size
Low-Earth Orbit (LEO) satellite	300 – 1500 km	25.77ms (LEO-600)	Circular around the earth	100 – 1000 km
Medium-Earth Orbit (MEO) satellite	7000 – 25000 km	95.19ms (MEO-10000)		100 – 1000 km
Geostationary Earth Orbit (GEO) satellite	35786 km	541.46ms	notional station keeping position fixed in terms of elevation/azimuth with respect to a given earth point	200 – 3500 km
UAS platform (including HAPS)	8 – 50 km (20 km for HAPS)	0.4ms		5 - 200 km
High Elliptical Orbit (HEO) satellite	400 – 50000 km		Elliptical around the earth	200 – 3500 km

■ 3GPP assumption on NTN platform

- ✓ **LEO and GEO satellites** are considered as a baseline.
 - It is assumed that UAS platform is a special case having low latency, Doppler shift
- ✓ **MEO and HEO satellite systems are not considered**

06. 다양한 위성 통신 기법 (표준 vs. 비표준)

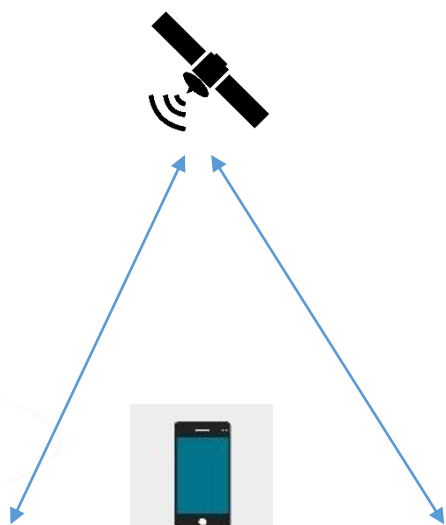
3GPP NTN 표준 기법

기법 분류

- 고전적 위성 통신 서비스 (GEO, LEO)
- Direct to cellular 서비스 (기존 4G/5G 단말 지원 서비스): 진화된 위성 탑재체 요구
- IoT NTN 지원 서비스
- NR NTN 지원 서비스

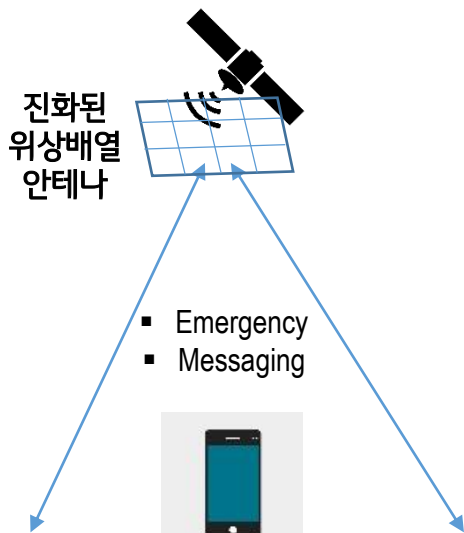
비표준 기법

Legacy satellite (LEO/GEO) +
위성 수신 단말기



Conventional Satellite

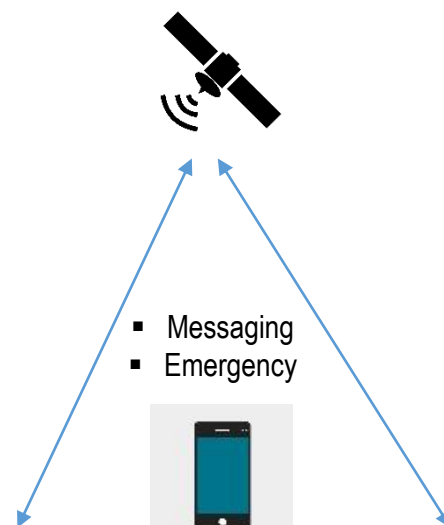
Advanced satellite (LEO) +
기존 4G/5G 스마트폰 (이동통신 주파수대역)



Direct to Cellular

3GPP NTN 표준 기법

Legacy GEO +
IoT NTN 지원 단말기



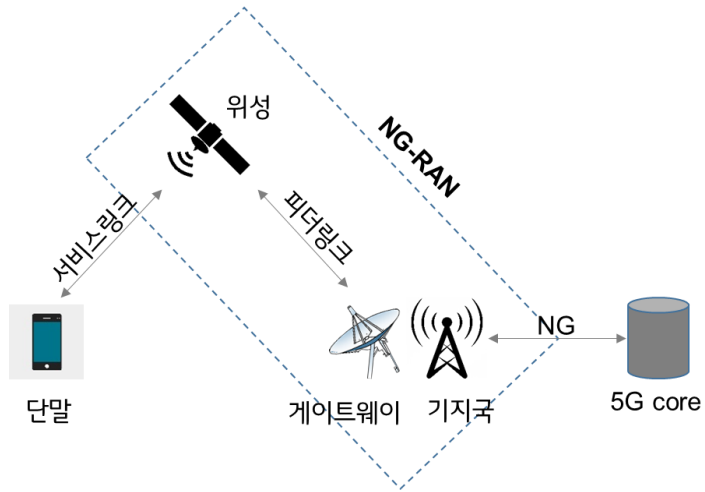
IoT NTN

Advanced satellite (LEO) +
NTN 지원 스마트폰

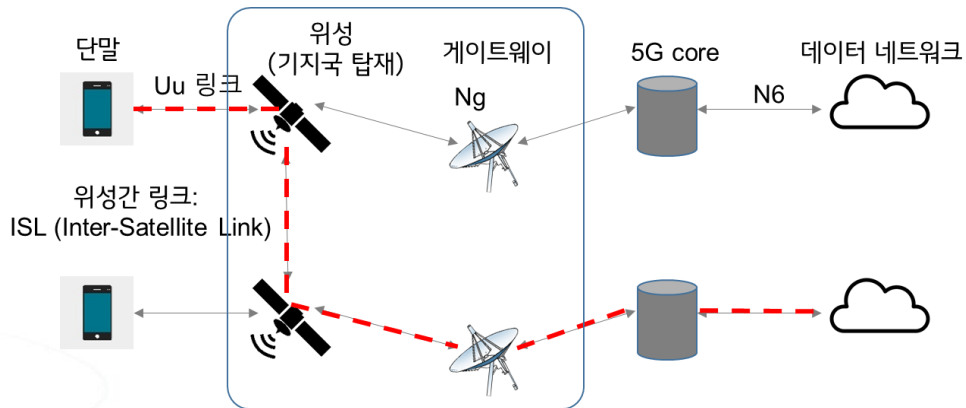


NR NTN

07. NTN NG-RAN Architecture



Transparent Payload 기반 아키텍처



Regenerative satellite with ISL, gNB processed payload

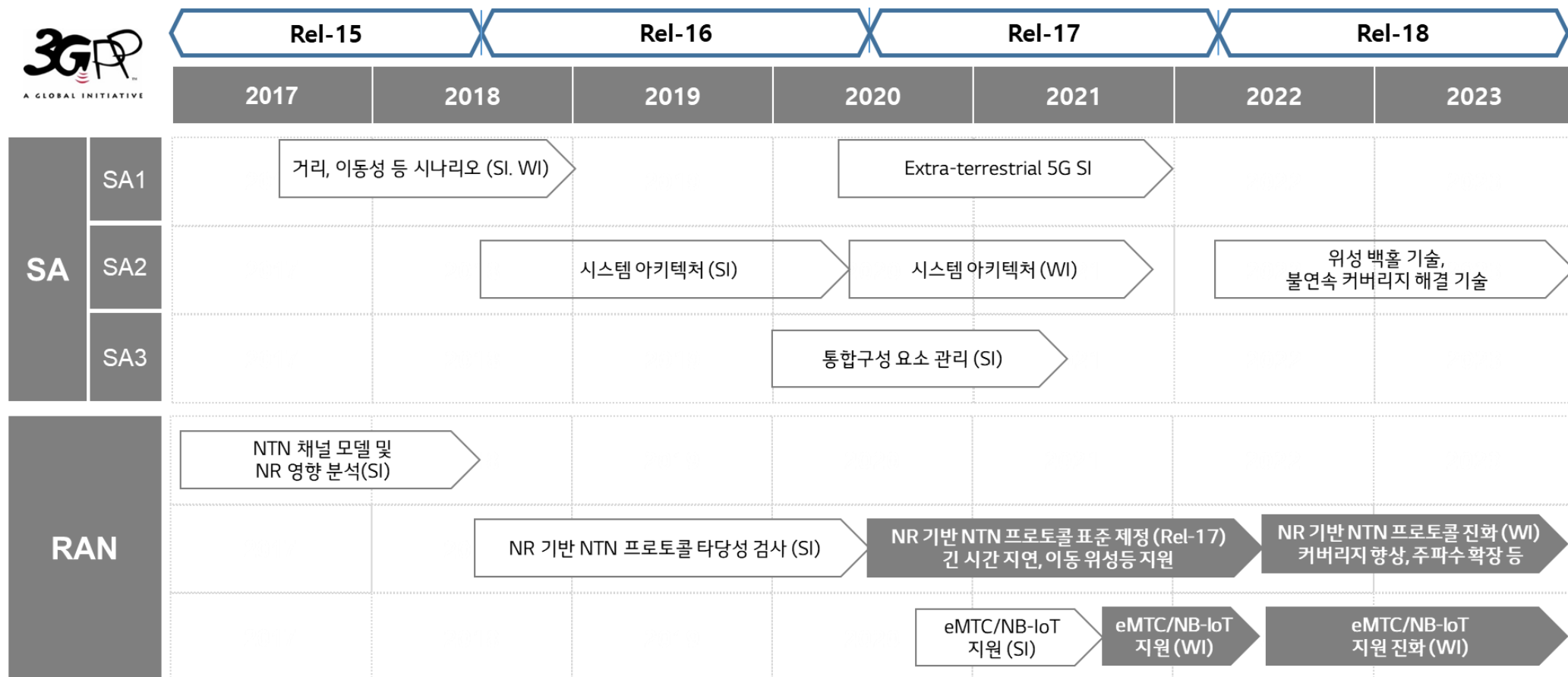
- **트랜스패런트 페이로드 (Transparent Payload) 기반 위성통신:**
 - 위성은 게이트웨이를 통해 단말과 기지국 사이의 신호를 중계해주는 역할을 수행함
 - 위성은 무선주파수 필터링, 주파수 전환, 증폭 등의 기능을 담당
 - 위성 탑재체에 부담이 가장 적어 쉽게 도입할 수 있는 장점을 가지며, 이에 따라 Rel-17/18 NTN 표준은 트랜스패런트 페이로드 구조 채용

- 게이트웨이: NTN과 지상 공중망을 연결
- 피더링크: 게이트웨이와 위성 사이의 무선 링크
- 서비스 링크: 단말과 기지국 사이의 무선 링크
- ISL: 인공 위성들 간의 무선링크 (옵틱, 레이저 등)

- **재생성 페이로드 (Regenerative Payload) 기반 위성통신:**
 - 위성은 기지국의 일부 혹은 전체 기능을 탑재
 - 위성은 무선주파수 필터링, 주파수 변환, 증폭 외에도 변/복조, 코딩/디코딩, 스위칭/라우팅 등의 기지국 역할 수행
 - 사막이나 해상 등 게이트웨이가 존재하지 않거나 혹은 일시적으로 사용이 불가능해진 고립 영역에 대해서도 인접한 다른 위성을 이용하여 데이터 서비스를 제공 가능하므로 위성 통신의 커버리지를 확장할 수 있으며, 보다 차별적인 서비스를 제공할 수 있음
 - 그러나, 위성에 부담을 줄 수 있는 고기능의 기지국 장비 등이 탑재되어야 하며, 이에 따라 Rel-19 혹은 6G에서 표준 제정이 될 것으로 예측됨

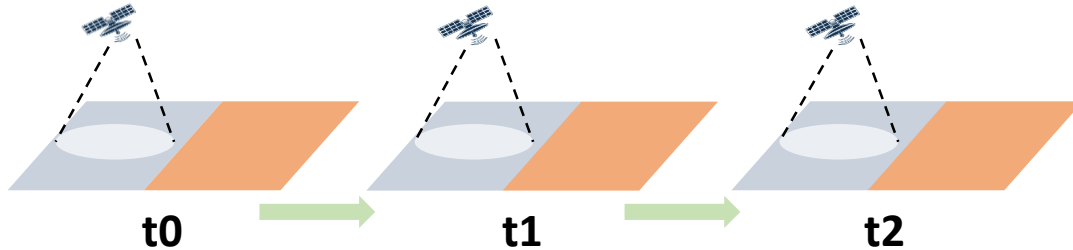
08. 3GPP NTN 표준화 주요 마일스톤

- 3GPP에서는 Rel-15 부터 이동성, 시나리오, 채널 모델, NR 시스템에 대한 영향 분석 등에 대한 연구를 시작하였으며, Rel-17에서 NTN의 첫 번째 표준을 발간하고, 현재 Rel-18 NTN 진화 표준 논의를 진행하고 있음
 - NTN은 크게 광대역 데이터 서비스를 지원하기 위한 NR 기반의 NTN과 협대역 IoT 서비스를 지원하기 위한 eMTC/ NB-IoT 기반의 NTN으로 구분됨

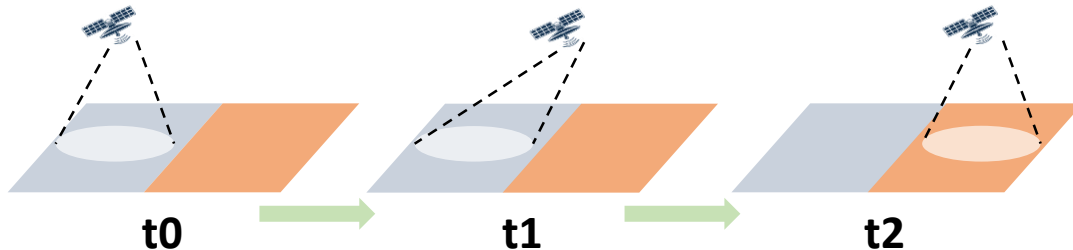


09. Types of cell coverage

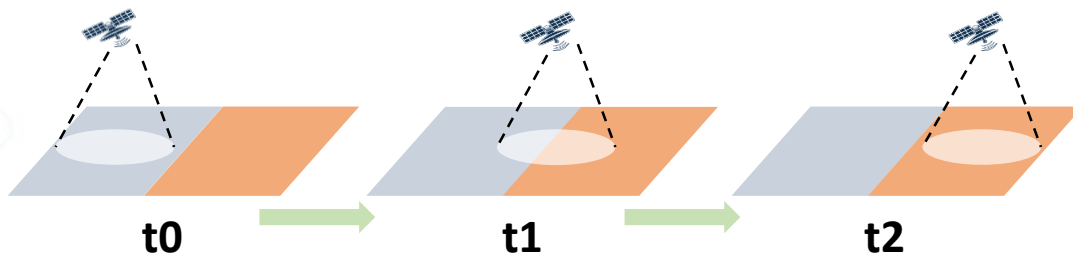
Earth fixed cell deployed by GEO satellite



Quasi-earth fixed cell deployed by LEO satellite



Earth moving cell deployed by LEO satellite



- **Earth fixed cells scenarios and Quasi-earth fixed cell scenarios** provide cells fixed to a certain location on the Earth permanently or during a certain duration. This can be achieved with NTN generating beams which footprint is fixed on the ground

- **Earth moving cells scenarios** provide cells continuously moving on the Earth. This can be achieved with NTN generating beams which footprint are sweeping on the ground

10. Capabilities and Scenarios for NTN [1/2]

▪ Operating band for IoT-NTN (NB-IoT and eMTC) in Rel-17

E-UTRA operating band	UL band	DL band	Duplex mode	Commercial band name
256	1980 MHz – 2010 MHz	2170 MHz – 2200 MHz	FDD	S-band
255	1626.5 MHz – 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	FDD	L-band
	1668 MHz – 1675 MHz	1518 MHz – 1525 MHz	FDD	Extended L-band

▪ Operating band for NR NTN in Rel-17

NR operating band	UL band	DL band	Duplex mode	Commercial band name
n256	1980 MHz – 2010 MHz	2170 MHz – 2200 MHz	FDD	S-band
n255	1626.5 MHz – 1660.5 MHz	1525 MHz – 1559 MHz	FDD	L-band

▪ In addition to S-band and L-band, NR-NTN deployment above 10GHz is now underway as part of Rel-18 work item

- Focusing on Ka band (27.5GHz~31GHz (UL) and 17.7GHz~21.2GHz (DL)) in Rel-18

10. Capabilities and Scenarios for NTN [2/2]

- **위성 주파수 확장**: FR1-NTN band의 S-band (n256)/L-band (n255)에 더해, FR2-NTN band와 추가적인 FR1-NTN band가 정의 됨
- **위성 단말 Type 확장**: FR1-NTN band에서는 Handheld type (23dBm Tx power)만이 정의되었으나, FR2-NTN band에서는 Handheld type을 제외한 고정형 서비스, 차량, 비행체, 선박 등 다양한 단말 type이 고려되고 있으며 power class/ 안테나 type이 논의 중
- 위성 통신 사업자들의 적극적인 표준 참여로 더 다양한 위성 주파수 밴드 (e.g., Ku/Q/V band)와 고출력 단말(e.g., 26dBm, 29dBm, 31dBm) 등을 기반으로 서비스를 확장하기 위해 지속적으로 표준 아이템으로 제안하고 있어 상용가능한 표준 기술로써 중요성이 높아짐

구분	3GPP Rel-17		3GPP Rel-18
주파수 대역	L-band, S-Band (Direct connectivity)		+ 10GHz 이상 대역 추가 (Indirect connectivity)
3GPP 규격	NB-IoT, eMTC	5G NR	5G NR
단말 형태	IoT 기기	스마트 폰, 자동차/드론 탑재 단말	 VSAT, ESIM 
위성 궤도	GSO, NGSO	NGSO (GSO)	GSO and NGSO
서비스	협대역 IoT 서비스 수백 kbps	광대역 서비스 수 Mbps	초광대역 서비스 수백 Mbps

11. Challenges for NTN

● Long propagation delay

- Maximum Round Trip Time w.r.t service link + feeder link
 - ✓ GEO: 541.46 ms
 - ✓ LEO (altitude with 600 km): 25.77 ms
 - ✓ LEO (altitude with 1200 km): 41.77 ms

● Extensive cell coverage size

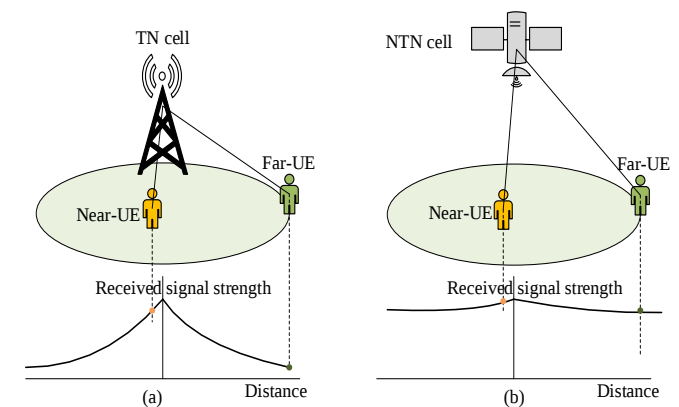
- Maximum beam footprint size
 - ✓ GEO: 100 ~ 3500 km (edge-to-edge)
 - ✓ LEO: 100 ~ 1000 km (edge-to-edge)
- Different propagation delays and Doppler shifts in different UE locations

● Time-varying cell coverage

- Cell coverage is time varying for serving cell and/or neighbor cells due to the movement of satellite.

● Reduced signal strength variation

- The difference of received signal strength between cell center and cell edge is marginal compared to terrestrial network (TN).
- TN measurement features may not be sufficient to identify whether NTN UE locates at cell edge.

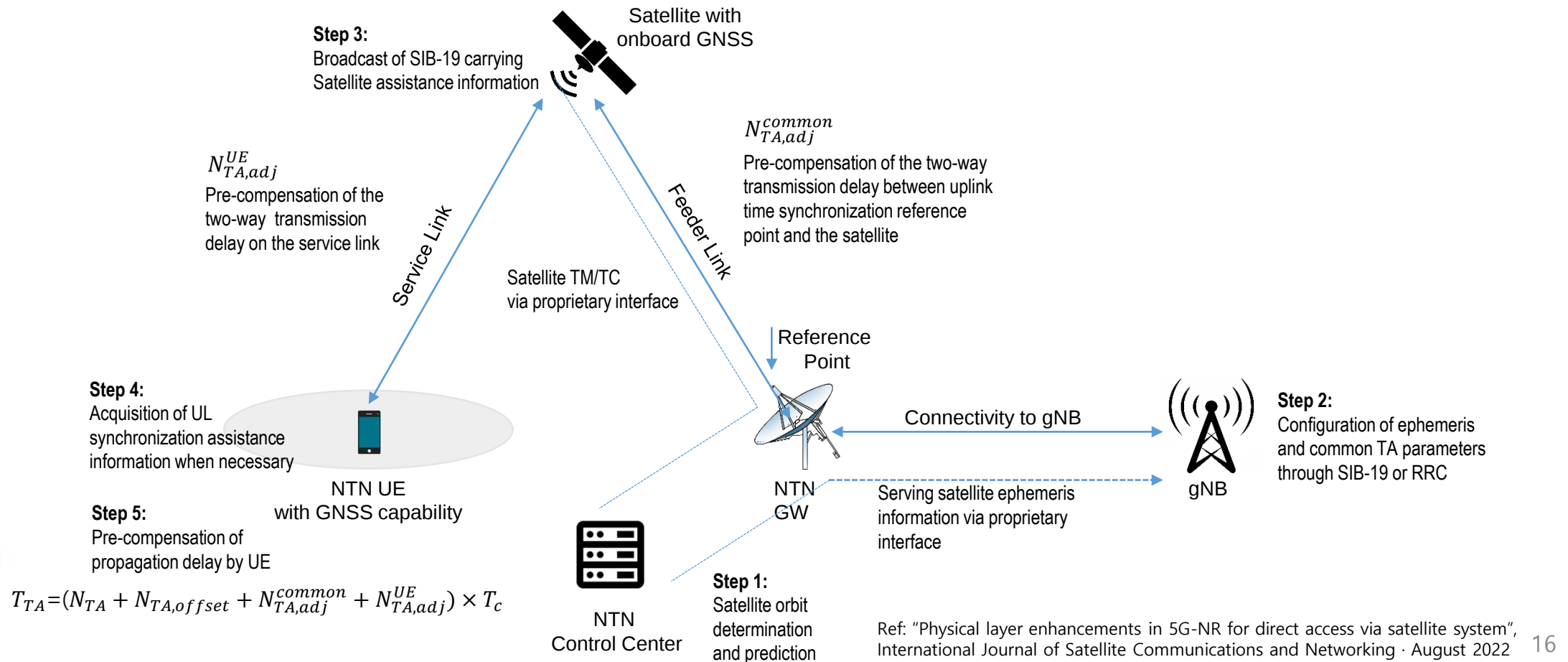


12. Rel-17 NTN in 3GPP RAN [1/2]

Challenges	3GPP solution in Rel-17
• Long propagation delay • Extended cell coverage	• Uplink time synchronization enhancement by introducing K_{offset} and K_{mac}
	• UE autonomous timing pre-compensation (using valid GNSS and satellite ephemeris information and common TA in SIB19)
	• Timing Advance Reporting
	• RAR enhancements (Start ra-ResponseWindow at PDCCH occasion after UE-gNB RTT)
	• HARQ enhancement with no HARQ feedback
	• Maximum number of HARQ process extended to 32
	• L2 timer extension
• Moving satellite ✓ Large Doppler shift ✓ Time varying cell coverage	• Frequency compensation (up for UE & gNB implementation)
	• Time based measurement triggering condition for NTN mobility
	• Broadcasting of multiple tracking area codes per PLMN up to 12 through SIB1
	• Introduction of validity duration in SIB19 (SIB19이 유효한 시간과 epoch 시간 등에 대해 SIB19을 통해 설정)
• Flat received signal strength	• Distance based measurement triggering condition regardless of any measurement relaxation condition for NTN mobility
• Different satellite bet. serving and neighbor cell	• SMTC related enhancement (different SMTC configuration between serving cell and neighbor cell)

12. Rel-17 NTN in 3GPP RAN [2/2]

Overview of UL synch & frequency synchronization for NTN



13. Rel-18 NTN in 3GPP RAN

Challenges	3GPP solution currently being specified in Rel-18
• UL coverage enhancement ✓ Reference scenario: parameter set-1 for LEO-1200 satellite and commercial smartphones with -5.5 dBi antenna gain and 3 dB polarization loss ✓ Target services: VoIP using AMR 4.75kbps	• PUCCH enhancement for Msg4 HARQ-ACK (e.g. repetition) • Enhancements to the Rel-17 procedures for DMRS bundling for PUSCH taking into account NTN-specifics (e.g. time-frequency pre-compensation)
• Deployment over new spectrum ✓ NR-NTN deployment in above 10GHz	• GSO & NGSO (ESIM scenarios for NGSO in Ka band are not considered) • Targeted UE types: fixed and mobile VSAT • FDD mode for satellite operation above 10 GHz, while TDD mode assumed for terrestrial operation in FR2 • Consider the satellite harmonized Ka band as a reference, according to ITU allocation • Specify Rx/Tx requirements for satellite access node and different VSAT UE class
• Fulfil the regulatory requirements regarding a network verified UE location ✓ Lawful intercept, emergency call, Public Warning System • Malicious UE detection	• Prioritize the specification of necessary enhancements to multi-RTT to support the network verified UE location in NTN assuming a single satellite in view
• Provide mobility and service continuity enhancements considering the NTN characteristics such as large propagation delay and satellite movement	• Cell reselection enhancements for earth moving cell for NTN-NTN mobility • Signaling overhead reduction for RRC_CONNECTED UEs in the quasi-earth-fixed cell and earth-moving cell for NTN-NTN handover • Reduction of UE power consumption for RRC_IDLE /INACTIVE

14. Rel-19 NTN Prospects

- Rel-19 NTN 진화 표준의 작업 범위에 대한 논의 진행 중
- 작업 범위에 대한 down-selection을 거쳐 최종 '23년 12월에 승인될 Rel-19 패키지에 포함될 것이 확실시 됨

	Potential objectives for Rel-19
• Less controversial topics	• Coverage enhancements for Downlink
	• Regenerative payload (full gNB onboard)
	• NTN/TN mobility enhancements
	• Enhanced GNSS operation
	• Uplink capacity / throughput enhancements (via HPUE or multiplexing)
• Somewhat controversial topics	• Notification/Alert for paging with no modification to SSB
	• MBS with NTN → Broadcast only for NGSO
	• Broadcasting of multiple tracking area codes per PLMN up to 12 through SIB1
	• REDCAP with NTN

15. NTN Evolution in 6G

Before 5G (Interworking)

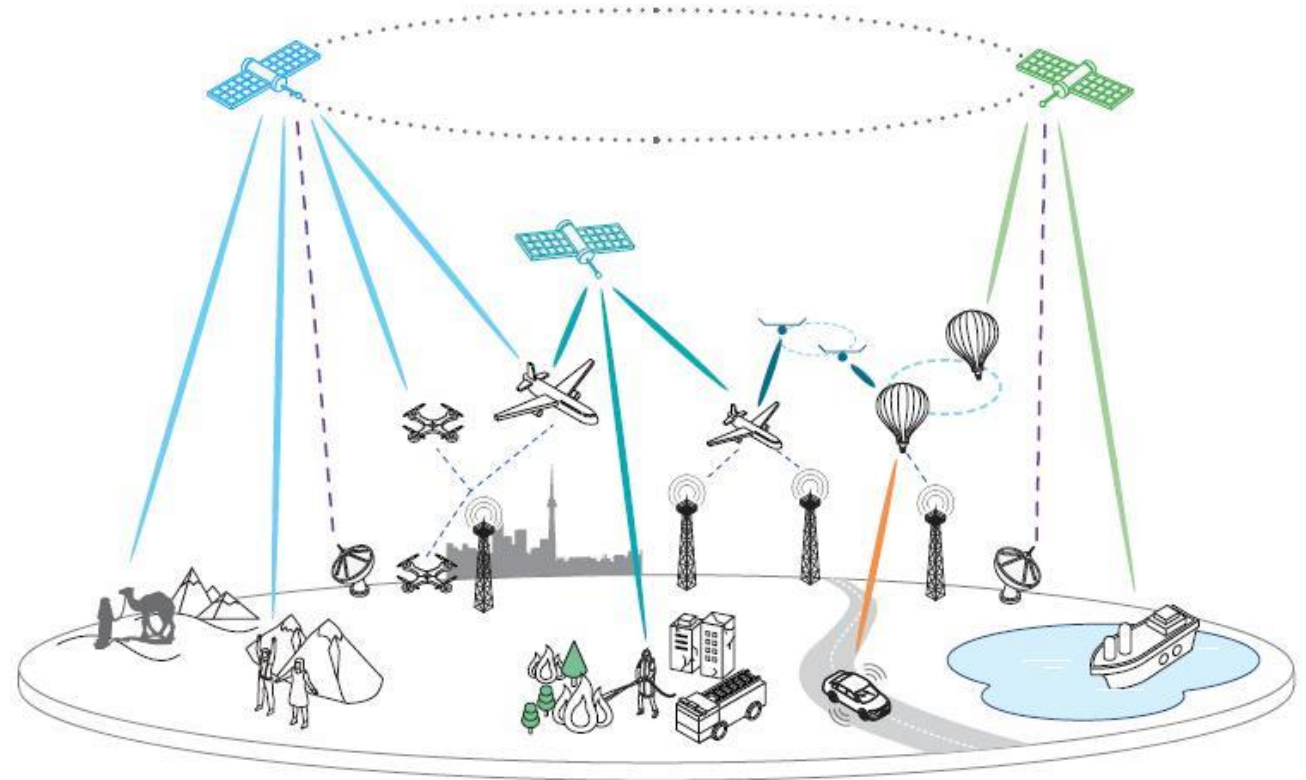
- Separate network for TN and SN
- Designed and optimized independently
- Focusing mostly on co-existence

5G: NTN (Intergration)

- Design optimized for TN component
- Minimum impact to support the integration of Satellite for coverage & availability extension

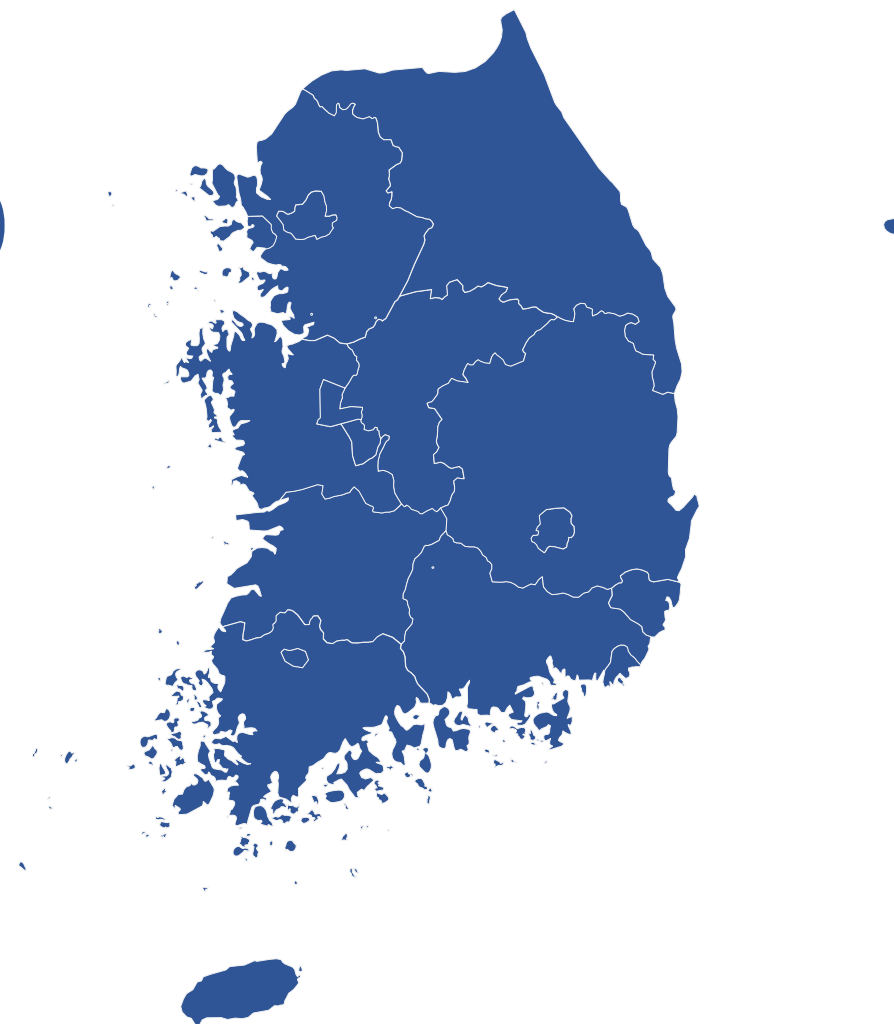
6G: TN + NTN (Unification)

- Design optimised taking into account characteristics of both terrestrial and satellite components from the beginning



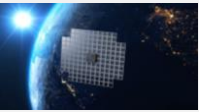
Ref: ETRI, 6G 3D coverage

유첨: LEO 위성 서비스 현황 및 계획 (NTN 이외)



Below 6GHz 대역

NTN n255, n256 밴드 주파수 - UL : 1626.5-1660.5 / 1980-2010 MHz, DL : 1525-1559 / 2170-2200 MHz

	파트너	위성	주파수	어플리케이션	비고
Iridium(Next) Regenerative (송수신신호 재생성)	삼성/퀄컴 GM	66 (운용 중)	U*/DL* :1616-1626.5MHz (L-band)	긴급 SoS 메시지, 텍스트, 저해상도 이미지	1) 미국 국방부, 블루칩 고객 등 주요 고객
Globalstar Transparent (송수신신호 미러링)	애플	48 (운용 중) 24 (Iphone 메시지 수신 가능 위성)	UL :1610-1626.5 MHz (L-band) DL :2483.5~2500 MHz (S-band)	긴급 SoS 메시지	1) Apple \$4억 5000만 투자 (인프라 개선, 신규 Gateway 구축) 2) 긴급 SoS 메시지 단방향 서비스
SpaceX (Starlink) Direct-to-Cellular system*	T-mobile	2016 (2 세대 위성 계획) 2세대스타링크위성활용	T-mobile 보유 주파수 UL : 1910~1915 MHz DL : 1990-1995 MHz (S-band)	긴급 SoS 메시지, 텍스트, 실시간 전화, 웹브라우저	1) T-mobile 보유 스펙트럼 활용 2) 자체적으로 1.6/2.4GHz 추가 대역 FCC 허가 요청 3)~24년 중반 글로벌 커버리지 목표 4) Max. DL : 4Mbps / UL : 18Mbps
AST Spacemobile Direct-to-Cellular system 	AT&T, Nokia 등	100 (계획) Bluewalker 3 테스트 위성 (*22.12)	해당 국가 MNO 보유 주파수 예시) 미국 (AT&T 보유 주파수 846.5- 849 / 845-846.5 / 788-798 MHz) Request to FCC • Gateway 통신용도 DL : 37.5-42.5 GHz UL : 45.5-47/47.2-50.2/50.4-51.4GHz • 단말 통신 용도 DL : 617-960 / 1930-1990 / 2110 - 2180/ 2350-2360 MHz UL : 663-915 / 1710-1780 / 1850-1910 / 2305-2320 MHz	-	1) MNO 주파수로 Direct 통신 2) 미국/일본/콜롬비아/케냐/나이지리아/필리핀/인도네시아 파트너 이 동통신사를 통해 테스트 라이선스 획득 (23년 1분기부터 테스트) Vodafone Group, Rakuten Mobile, AT&T, Bell Canada, MTN Group, Orange, Telefonica, Etisalat, Indosat Ooredoo Hutchison, Smart Communications, Globe Telecom, Millicom, Smartfren, Telecom Argentina, Telstra, Africell, Liberty Latin America 3) 23년 후반 5개 위성 발사 목표하고 있으며, 100개의 위성 최종 목표 4) 위성에서 다양한 주파수를 지원해야 하므로 대형 위성임. (64m ²) 5) Samsung NEXT 에서 초기 투자
Lynk Direct-to-Cellular system	25개의 MNO*	Lynk tower 1 (*22.04)	해당 국가 MNO 보유 주파수	긴급 SoS, 일반 SMS 메시지	1) 22년 Direct-to-cellular system 최초 라이선스 획득
Kuiper	Verizon/BMW	3236 (계획)	Ka-band (17.7~30GHz)	-	

* UL : Up link (Earth to Space), DL : Down link (Space to Earth), MNO : Mobile Network Operator

*Direct-to-cellular system : 상용 전화기에 별도 위성 모뎀없이 가능한 위성통신 기법

Above 6GHz 대역

위성통신산업 성장환경 조성에 따라 막대한 자본력을 가진 글로벌 기업들을 중심으로 우주 인터넷 경쟁이 활발히 진행 중

발사체 회수 및 재사용 기술개발 성공(SpaceX, '16.4), 대량 생산체계 구축 등으로 위성 발사·제작 비용 크게 감소

Ku Band : DL 10.7 – 12.7 GHz / UL: 12.75 – 14.5 GHz
Ka Band : DL 17.8 – 20.2 GHz / UL: 27.5 – 30 GHz
(지상기준)

사업자		SpaceX	OneWeb	Amazon	Telesat
프로젝트명		Starlink	OneWeb	Kuiper	Telesat lightspeed™
목표위성수		42,000 ('2030)	1단계 : 648 2단계 : 6,372	3,236	298
네트워크 용량		74 Tbps	8Tbps	-	15Tbps
궤도높이		550km	1100~1200km	589~629km	1000~1300km
주파수		UT : Ku / GW : Ka User Terminal Gateway	UT : Ku / GW : Ka	UT : Ka / GW : Ka	UT : Ka / GW : Ka
서비스 현황	위성수	2657	462	-	78
	개시시기	2020	2021	2026	2022
	지역	북미, 남미 일부, 유럽 오세아니아, 일본('22,10) 등 약 40여개 국	미국 일부	-	캐나다
	속도(DL)	160Mbps	195Mbps	-	수Gbps
사업추진방식		B2C	B2B	-	B2B
비고		- 월 110불, 초기설치비 650불, 가입자 70만 돌파	- 영국 정부의 지분투자는 galileo 위성항법 기술 대체 목적임('20) - GEO위성통신사업자 유텔셋(프)과 합병 논의 중('22.7)	- 발사체 지연으로 시험용 위성2기 발사 연 기(발사체 공급사 변경, '22.4Q→'23, 1Q)	세계4위 GEO위성통신사업자