



White Paper

Non-Terrestrial Networks

목차

1. INTRODUCTION	3
1.1 이동통신의 발전 방향과 NTN.....	3
1.2 NTN 이 이동통신 진화에 있어 큰 전환점이 될 수 있는 이유.....	3
2. NTN 개요	5
2.1 NTN 의 기술 특징.....	5
2.1.1 NTN 표준 방식에 따른 분류.....	5
2.1.2 NTN 위성의 역할에 따른 분류.....	6
2.2 표준화 일정.....	7
3. NTN 기회와 주요 사용 사례	9
3.1 주요 NTN 서비스.....	9
3.2 현재 NTN 활용 사례.....	9
3.2.1 LEO 위성 기반 위성 사업자 활용 사례.....	9
3.2.2 이동통신 사업자 활용 사례.....	10
3.2.3 단말 제조사 활용 사례.....	11
3.3 NTN 사용 사례 및 6G 주요 시나리오.....	11
4. NTN 주요 핵심 기술	14
4.1 이동성 지원.....	14
4.2 서비스 연속성 지원.....	15
4.3 커버리지 개선.....	16
4.4 위성 시스템 진화.....	17
4.5 NTN 지원 주파수.....	17
5. CONCLUSION	18
ABBREVIATIONS	19

1. Introduction

1.1 이동통신의 발전 방향과 NTN

그동안 이동통신 기술은 스마트폰 등의 휴대 전화에서 대용량 데이터를 보다 빠른 속도로 전달할 수 있도록 발전되어 왔으며, 실제로 5G 단말은 이동 중에도 고화질 영상을 안정적으로 전송할 수 있다. 그러나 이제 이동통신 네트워크는 단순히 휴대 전화만을 위한 플랫폼이 아니다. 현재는 수많은 IoT 단말과 커넥티드 카, 드론 등이 다양한 단말이 이동통신 네트워크에 연결되어 데이터를 주고받고 있다. 그리고 이러한 단말의 다양성만큼이나 서비스를 제공받는 물리적 공간의 확장에 대한 요구도 커지고 있다. 하지만 현재는 지상 네트워크인 Terrestrial Network(TN)을 기반한 서비스 제공으로 공간 확장성을 지원에 구조적인 한계가 존재한다. 이러한 요구 사항을 충족시키기 위해 비지상 네트워크인 Non-terrestrial Network(NTN)가 탄생하게 되었다.

6G의 핵심 기술로 거론되는 NTN은 기존의 TN과 달리, 통신 위성으로 구성된 네트워크와 고고도에서 운영되는 무인 항공기를 이용한 고고도 플랫폼 무선국인 HAPS 등을 포함하는 개념이다. 여기서 통신 위성은 위성이 위치한 궤도에 따라서 저궤도인 LEO, 중궤도인 MEO, 정지궤도인 GEO 위성 등으로 구분할 수 있으며 이러한 위성 네트워크를 통해서 기존의 TN에서는 불가능했던 전 지구적인 통신 네트워크 구축이 가능해진다.

최근 NTN에서 가장 핵심적인 위성통신 기술은 급격히 발전하고 있다. 대표적인 예로 SpaceX의 Starlink는 저궤도에 군집 위성을 띄워 근도별 통신 네트워크를 제공하고 있는데, LEO 위성은 GEO 위성보다 훨씬 가까운 거리에서 통신이 이루어져 고속 데이터 전송이 가능하지만, 낮은 궤도 특성상 위성 당 커버하는 면적이 작아 더 많은 수의 위성이 필요하다. 하지만 SpaceX의 팰컨 9 같은 재사용 발사체 기술이 발전하면서 과거보다 저렴한 비용으로 위성 발사가 가능해져서 위성통신의 상용화가 가속화되고 있다. SpaceX 외에도 OneWeb, Telesat, Amazon 등에서 LEO 위성통신 네트워크 구축을 준비하고 있는 중이며, 2030년이 되면 저궤도에 수 만개 이상의 통신 위성이 운영될 것으로 예상된다.

한국에서도 이러한 위성통신 기술에 대응하기 위해 정부 차원에서 '저궤도 위성통신 산업경쟁력 확보를 위한 기술 개발 사업'이 예비 타당성 조사를 통과하였다. 이 사업은 2030년까지 6G 표준 기반의 LEO 통신 위성 2기를 발사하고 지상국, 단말국까지 포함된 LEO 위성통신 네트워크를 구축하여, LEO 위성통신의 핵심 기술을 자립화하고 한국 기업들의 근도별 시장 진출 역량을 강화하는 것을 목표로 하고 있다.

약 20km 고도의 상공에서 운항하는 무인 항공기를 통한 통신 서비스를 제공하는 HAPS의 경우, NTT DoCoMo 등 일본 사업자들이 2026년부터 서비스 개시를 목표로 하고 있다. 태양광 발전으로 동력을 공급받는 기체가 성층권에서 수개월간 무착륙 비행하며, 해상이나 산악 지역 등 접근이 어려운 지역에 통신 서비스를 제공한다. 이는 비교적 저렴한 비용으로 특정한 지역에 타겟 서비스를 제공할 수 있는 솔루션이지만, 위성통신처럼 광범위한 지역에 지속적인 통신 서비스를 제공하는 데는 한계가 있다. 본 백서에서는 통신 서비스 전반에 큰 영향을 미칠 수 있는 위성통신에 대해 집중해 살펴보고자 한다.

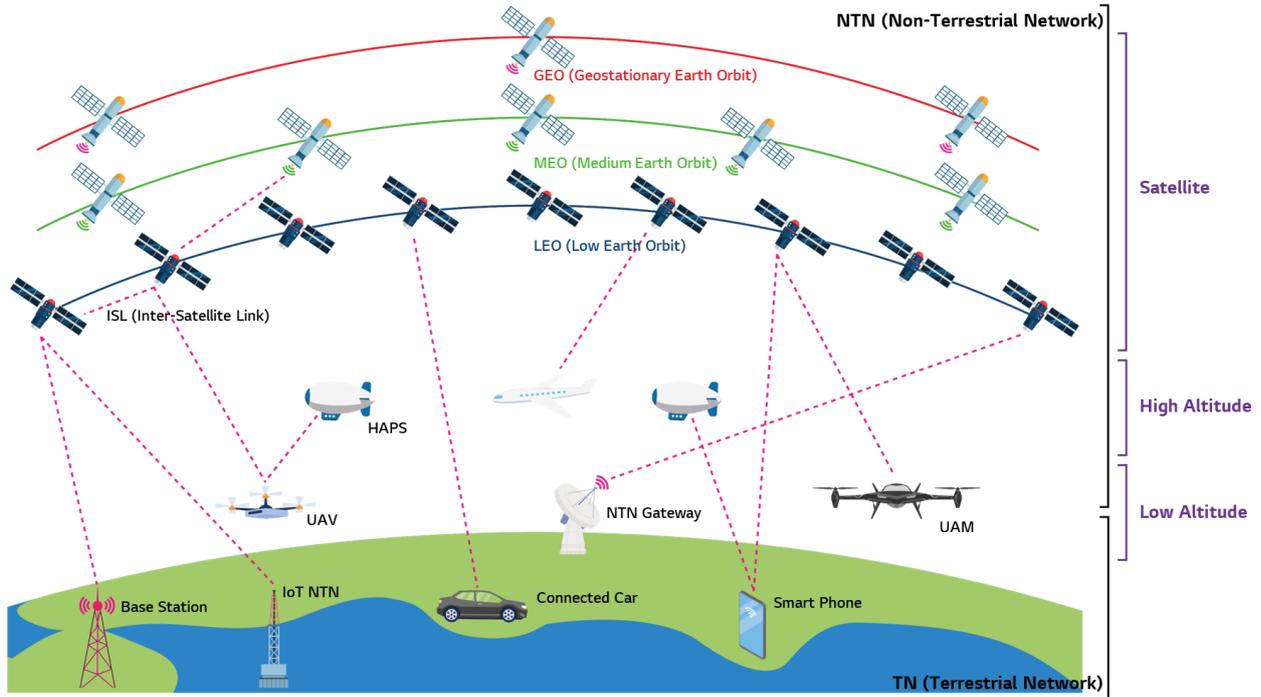
1.2 NTN이 이동통신 진화에 있어 큰 전환점이 될 수 있는 이유

안정적으로 고속 데이터 전송이 가능한 현재의 TN에 공간의 제약이 없는 NTN이 더해진다면, 이는 이동통신 네트워크 진화 과정에서 중대한 전환점이 될 수 있다. 물론 TN은 여러 세대를 거듭하면서 매우 고도화된 반면, NTN은 이제 막 초기 단계에 접어들었기 때문에 성능 면에서 부족한 점이 있을 수 있다. 하지만 현 단계에서 NTN의 목적은 TN을 대체하기 위함이 아니기 때문에 동일 장소에서 동일 서비스를 제공할 때 성능 비교하는 것은 큰 의미가 없다. TN으로는 서비스 제공이 불가능했던 공간에 NTN 기반의 네트워크가 구축됨으로써, 이전과는 전혀 다른 차원의 서비스 시나리오가 실현될 수 있다는 점에서 그 의미가 있다. 잠시만 생각해 보아도 NTN이 구축됨으로써 실현 가능한 서비스는 많다. 기지국 설치가 어려운 산간, 오지, 바다 등에 센서 네트워크를 구축하여 실시간으로 광범위한 지역의 데이터를 수집함으로써 재난 예방과 기후 예측이 가능하며, 선박과 항공기에서도 지역에 관계없이 끊임 없이 네트워크에 접속이 가능하다. 또한 UAV, UAM 등 새로운 서비스를 개발할 때 고도와 거리도 인한 통신 범위 한계를 극복할 수 있으며, 지진이나 화재 등으로 지상 네트워크가 작동하지 않는 상황에서는 NTN은 백업 네트워크도 활용해 재난 안전망으로도 운용할 수도 있다. 이처럼 기존에는 물리적으로 커버할 수 없었던 공간으로의 네트워크 확장은 곧 서비스 영역의 확장으로 이어지며, 우리가 이전에는 경험하지 못했던 새로운 차원의 서비스 실현 기회를 제공한다. 궁극적으로는 언제 어디서나 접속 가능한 네트워크가 전 지구적으로 구현됨으로써, 누구나 네트워크에 연결될 수 있는 세상이 열릴 것이다.

본 백서에서는 3GPP 에서 진행 중인 NTN 의 표준화 현황과 NTN 을 통해 제공 가능한 구체적인 서비스 시나리오, 이를 구현하기 위한 핵심 기술들을 살펴보고, 가까운 미래에 NTN 이 이동통신 네트워크에 어떻게 융합되어 어떤 서비스를 제공할지에 대한 대략적인 모습을 가늠해보고자 한다.

2. NTN 개요

2.1 NTN의 기술 특징



[그림 1] NTN 구성 개념도

위성통신은 앞서 언급한 대로 넓은 커버리지에서 끊김 없는 통신을 제공하기 위해 궤도에 따라 수 개에서 수백 개의 위성을 필요하다. 또한, 위성통신의 지연시간은 가장 짧은 LEO 위성을 기준으로도 최소 10ms 이상 소요되기 때문에, 5G의 초저지연 고신뢰 통신인 URLLC 서비스에서 요구하는 수 ms의 지연시간 목표를 만족시키기 어렵다. 게다가 LEO 위성은 약 25,000km/h의 속도도 궤도를 돌고 있어 이동 속도에 비례하여 주파수가 변하는 도플러 효과의 영향을 크게 받아 이를 보상하기 위해서는 복잡한 신호처리 기술이 필요하다.

위성 타입	고도 (km)	궤도주기 (시간)	편도 지연시간 (ms)	최소 필요 위성수	사용 용도
GEO	35,786	24	~240	3	방송, 통신
MEO	7,000 - 25,000	6 - 12	50 - 150	~10	GNSS, 통신
LEO	200 - 2,000	1.5 - 2	15 - 30	수 백	통신, 지구 관측
HEO	500 - 50,000	~12	20 - 400	>10	극지방 통신, 군사용도

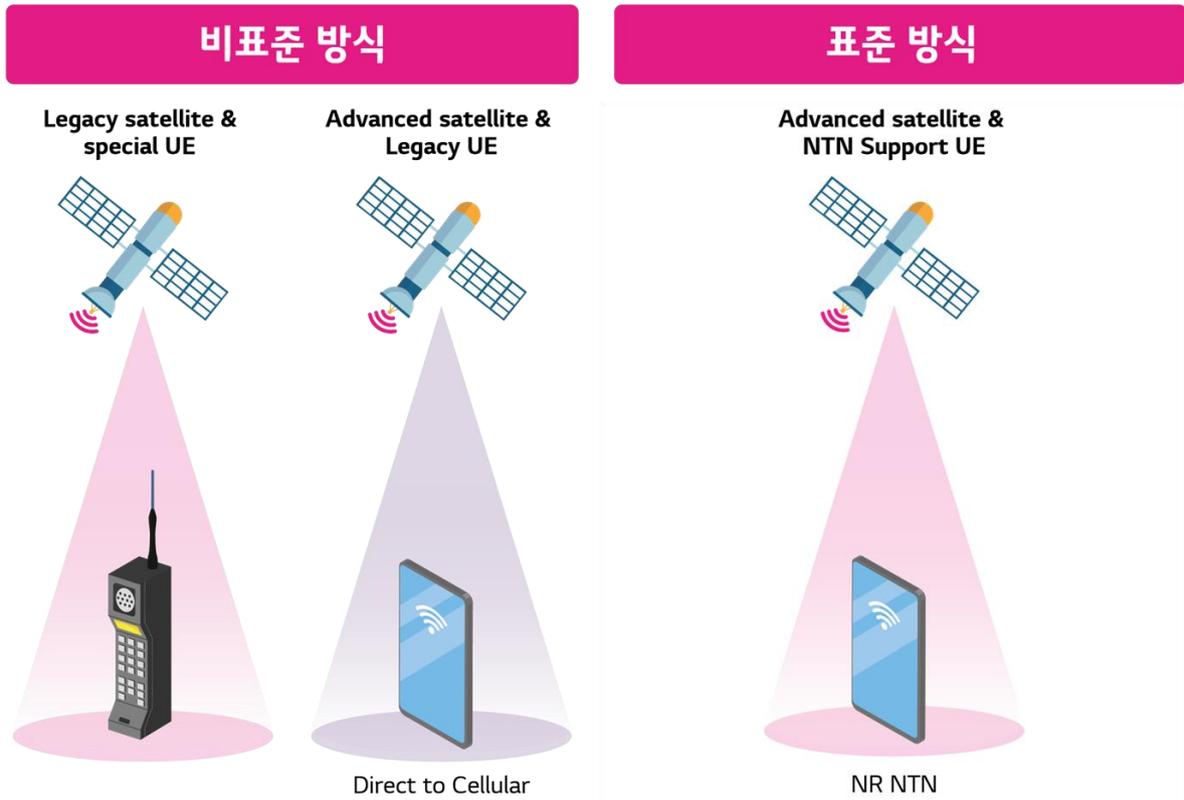
[표 1] 고도에 따른 위성 분류

2.1.1 NTN 표준 방식에 따른 분류

NTN 기술은 구현 방식에 따라 비표준 NTN 방식과 표준 NTN 방식으로 나뉜다. 비표준 NTN 방식은 Iridium, SpaceX 등과 같이 표준화되지 않은 자체 규격을 사용하는 위성에서 1) 해당 위성 전용 단말을 이용하는 방식과 2) 4G/5G 스마트폰 등 일반 단말을 이용하는 방식이 있다. 전용 단말을 이용하는 방식은 기존의 위성통신 방식으로, 특정 업체의 위성과만 전화 및 문자 등 통신이 가능하다. 일반 단말에 직접 서비스를 제공하는 방식은 Direct-to-Cell(DTC)이라고 불리며, 최근 개발이 활발하게 이루어지고 있는 방식이다. DTC는 일반 단말에 추가 기능 구현 없이 위성통신을 가능하게 하며, 전화와 문자뿐만 아니라 데이터 서비스까지 지원이 가능하다. SpaceX, AST SpaceMobile, Lynk Global 등이 이 기술을 개발 중이다.

한편, 3) 표준 NTN 방식은 TN과 NTN을 모두 고려한 표준화된 위성과 단말을 이용하는 방식으로 3GPP에서 Release 17부터 표준화하고 있다. 단말과 위성 모두 5G 통신 규격을 통해 전화, 문자, 데이터 서비스까지

지원하며, 위성통신이 지상통신과 연계하여 동작하는 것이 큰 특징이다. 현재 OneWeb, EchoStar, Inmarsat 등에서 표준 NTN 방식으로도 위성 서비스를 제공하기 위한 준비가 진행되고 있다.

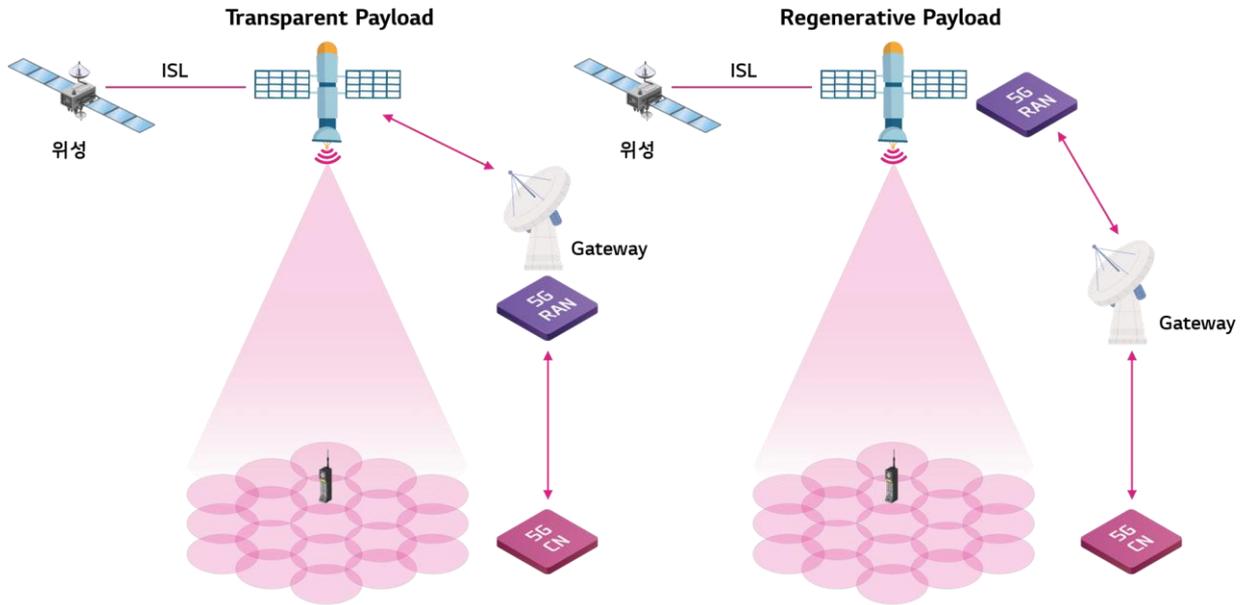


[그림 2] NTN 구현 방식

2.1.2 NTN 위성의 역할에 따른 분류

NTN 위성은 Transparent payload 와 Regenerative payload 의 두 가지 전송 방식에 따라 서로 다른 역할을 수행한다. Transparent payload 방식에서는 위성이 지상 기지국에서 생성된 신호를 전달하는 RF 중계기와 같은 역할을 한다. 이 방식은 TN 과의 호환성이 높고 구현이 비교적 용이하며, 위성 탑재체에 부담이 적다는 장점이 있다. 이러한 장점은 기반으로 초기 NTN 규격부터 Transparent payload 방식은 지원하고 있다.

NTN 의 또 다른 전송 방식인 Regenerative payload 는 위성이 신호를 재생성하여 단말과 통신하는 방식으로도, 위성에서 RF 필터링, 주파수 변환, 증폭 외에도 변/복조, 코딩/디코딩, 스위칭/라우팅 등의 기지국 역할을 수행한다. 이 방식은 TN 의 일부 기능은 대신하여 네트워크의 유연성과 성능을 향상시킬 수 있으며, 게이트웨이가 존재하지 않거나 일시적으로 사용 불가능한 상황에서도 인접한 다른 위성을 이용해 데이터 서비스를 제공할 수 있다. 현재 Release 19 규격에서 Regenerative payload 방식은 지원하기 위한 논의를 진행 중에 있다.



[그림 3] NTN 전송 방식

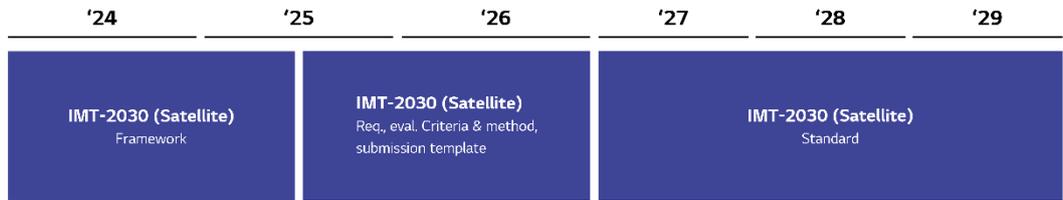
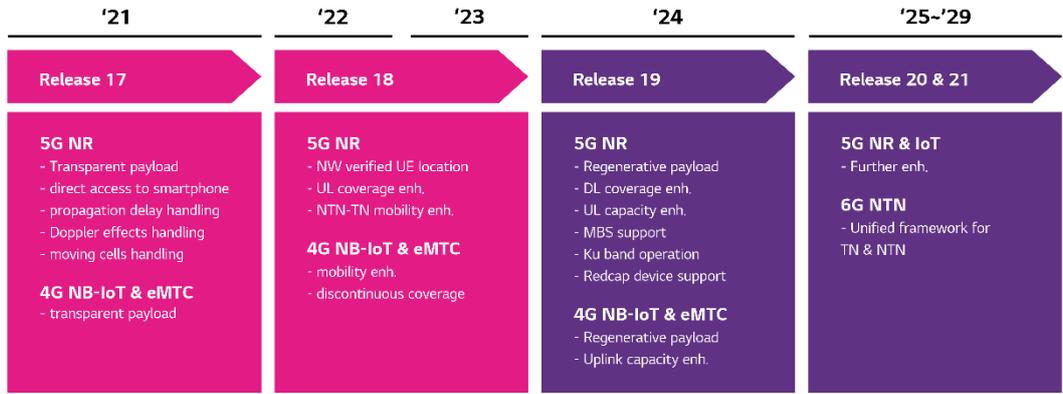
저궤도 기반의 군집 위성이 트렌드도 자리 잡으며 위성 간 통신인 Inter-Satellite Link(ISL)은 통신 지연 시간을 최소화하고 초고속 데이터 통신을 실현하기 위한 필수 기술도 그 중요성이 커지고 있다. 기존 위성에서는 주로 레이저 통신을 통해 위성 간 데이터를 송수신했으나, 다중 고도에서 군집 위성을 사용하는 경우에는 위성 간 빔 페어링의 어려움이 있어 최근에는 RF 주파수 기반 ISL 기술이 논의되고 있다.

2.2 표준화 일정

3GPP 에서 NTN 에 대한 논의는 5G 표준 초기부터 이루어졌다. Release 15 과 Release 16 에서는 Study Item 으로 NTN 의 사용 사례 및 시스템 구조 연구, 5G 기반 NTN 프로토콜의 타당성 검사 등이 논의되었다. 이를 기반으로 Release 17 에서 NTN 의 첫 표준을 제정되었다. Transparent payload 전송 방식을 기반으로 FR1 대역에서 스마트폰 단말 및 IoT 단말을 지원한다. Release 18 에서는 NTN 진화 표준으로 LEO 위성이 움직임에 따라 셀 커버리지도 함께 움직이는 시나리오도 지원하고, 긴 전송 거리 등 NTN 의 특성으로 발생하는 문제를 해결하기 위해 상향링크 커버리지 증대, 단말 위치 검증, TN-NTN 간 이동성 지원을 표준화 하였다. 또한, 고정 위치 또는 이동체에 부착해 사용하는 초소형 지구국인 VSAT 단말을 위한 Ka-band 를 추가하여 NTN 이 지원하는 주파수와 단말을 확장했다. 현재 Release 19 에서 NTN 의 향상된 진화 표준을 논의 중이며, 하향링크 커버리지 증대, 상향링크 전송 속도 향상, 브로드캐스트 지원, Regenerative payload 전송 방식, 그리고 FR1 대역에서 RedCap 단말 지원을 포함한다.

2028 년에서 2029 년에 완성될 3GPP 의 첫 6G 표준인 Release 21 부터 NTN 은 핵심 아이템이 될 것이다. 5G 이전에는 TN 과 NTN 이 별도로 연동하는 방식이었고, 5G 에서는 TN 기반의 통신 규격에 NTN 을 결합하여 사용할 수 있도록 표준화가 진행되었다. 6G 에서는 TN 과 NTN 이 유기적으로 통합된 네트워크도 진화할 것으로 예측된다.

ITU-R 에서는 지상통신과 위성통신을 별개로 논의하고 있다. 지상통신의 경우 2023 년 12 월에 6G 비전인 IMT-2030 프레임워크를 발표하여 사용 시나리오 및 기술 성능 지표를 제시하였다. 위성통신의 6G 비전은 2025 년 중으로 발표될 예정이다. 이후 2026 년 말에 6G 위성통신의 요구사항을 발표하고, 이후 6G 후보기술 접수가 이루어질 예정이다.



[그림 4] 3GPP 및 ITU-R 에서 NTN 표준화 일정

3. NTN 기회와 주요 사용 사례

이 장에서는 NTN의 주요 서비스 시나리오 및 현재 NTN의 활용 사례를 살펴본다. 그리고 NTN의 활용 가능성, 6G에서의 실현 가능한 주요 시나리오를 제시한다.

3.1 주요 NTN 서비스

NTN의 주요 사용 사례를 살펴보면 재난 안전 통신으로 사용될 수 있으며, TN의 물리적 공격에 대한 백업 네트워크로의 사용이 가능하다. 또한, 도심지의 트래픽 과부하 지역에서는 온디맨드 핫스팟을 통해 데이터의 오프로딩 기능을 제공할 수 있다. 그리고 도서, 산간 등의 오지에서 Fixed Wireless Access(FWA)을 제공하여 유선 네트워크를 대체할 수 있다. 이처럼 NTN 기술은 활용하면 지리적 위치 또는 지형과 상관없이 모바일 데이터, 동화, 문자 전송 등의 서비스에 끊김 없이 접속할 수 있다. 6G에서는 NTN과 TN이 통합되어 새로운 사용 사례와 서비스 시나리오가 제시될 것이다.

3GPP에서도 NTN을 위한 다양한 사용 사례 및 서비스 시나리오가 논의되고 있다. NTN 중 가장 대표적인 위성 접속 관련해서는 3GPP SA WG1에서는 위성 접속에 대한 사용 사례를 크게 세 가지 범주도 분류하였다. (TR 22.822) 이는 지상, 공중, 해상 등에서 끊김 없는 서비스를 제공하는 서비스 연속성, TN 인프라의 중단 등 서비스가 제공이 부족한 환경에서 서비스를 제공하는 서비스 편재성, 그리고 TN의 트래픽 오프로드 사용 등 서비스 확장성으로 구분된다. 또한, 지상과 위성 간 도밍, 위성 네트워크를 위한 IoT 등의 사용 사례를 확인할 수 있다.

1) 서비스 연속성 (Service Continuity)

서비스 연속성은 TN이 물리적, 환경적 요인으로 인해 중단되었을 때 NTN이 대체 네트워크로 기능하여 통신 서비스를 지속적으로 제공하는 것은 의미한다. 이를 통해 네트워크의 안정성과 신뢰성은 크게 높일 수 있으며, 주요 산업 및 공공 서비스에 필수적인 역할을 할 수 있다. 이는 재난 안전 통신에서 중요한 역할을 하며, 통신 사업자는 이를 통해 신뢰성 높은 재난 대응 네트워크를 제공할 수 있다.

2) 서비스 편재성 (Service Ubiquity)

서비스 편재성은 네트워크의 지리적 제한을 없애고 언제 어디서나 끊김 없는 서비스를 제공하는 것은 의미한다. 산간 지역, 사막, 오지, 해양, 항공기 등 기존 TN가 도달하지 못하는 지역에서도 끊김 없는 통신 서비스를 제공할 수 있다. 이를 통해 도시와 농촌 간의 디지털 격차 해소와 같은 문제를 해결할 수 있다.

3) 서비스 확장성 (Service Scalability)

서비스 확장성은 다양한 상황에서 네트워크 인프라를 유연하게 확장하고, 지역에 상관없이 새로운 서비스를 빠르게 제공할 수 있는 능력을 의미한다. NTN은 특히 지리적으로 확장이 어려운 지역에 FWA를 제공하여 TN 구축 비용을 줄일 수 있다. 이를 통해 통신 사업자는 고정된 인프라 없이도 유연한 네트워크 확장이 가능해지며, 광대한 농촌 지역, 인프라가 부족한 개발도상국에서도 유선 인프라를 대체할 수 있는 중요한 대안이 될 것이다.

3.2 현재 NTN 활용 사례

NTN의 위성 서비스는 다양한 방식으로 준비되고 있으며, 주요 통신 사업자, 위성 서비스 제공업체, 단말 제조사 등이 적극적으로 참여하고 있다.

3.2.1 LEO 위성 기반 위성 사업자 활용 사례

1) SpaceX Starlink

미국 SpaceX의 Starlink는 현재 가장 널리 상용화된 LEO 위성 기반 인터넷 서비스이다. 기존 위성 인터넷 서비스에 비해 더 빠른 속도와 저렴한 비용으로 전 세계에 TN가 도달하지 못하는 곳까지 고속 인터넷을 제공한다. 현재 T-Mobile, KDDI, Rogers, Optus 등 다수의 사업자와 협력하여 별도의 위성

단말기 없이도 일반적인 휴대폰으로 위성 네트워크에 연결되는 DTC 서비스를 준비 중이다.

2) Eutelsat OneWeb

유턴 기반 Eutelsat 의 OneWeb 은 근도별 LEO 위성 인터넷 프로젝트도, 통신 인프라가 부족한 지역에 원활한 통신 연결을 제공한다. 정부 기관, 군사, 항공 산업 등에서 빠르게 성장하고 있으며, 근도별 기업과의 협력을 통해 상용화를 추진 중이다.

3) Telesat Lightspeed

캐나다 Telesat 의 Lightspeed 프로젝트는 LEO 위성을 통해 고속, 저지연 인터넷 서비스를 대형 기업과 정부 기관에 제공하는 것을 목표로 하고 있다. Lightspeed 는 데이터 센터와의 연계, 보안 솔루션 등 다양한 맞춤형 통신 서비스를 제공하며, 기업의 대용량 데이터 전송 요구를 충족하는 데 중점을 두고 있다.

4) Amazon Kuiper

미국 Amazon 의 Kuiper 프로젝트는 전 세계에 초고속 인터넷을 제공하려는 목표도 한다. 특히 인터넷이 부족한 농촌 지역과 개발도상국을 대상으로 하며, 아마존 웹 서비스와의 연계를 통해 클라우드 기반의 다양한 비즈니스 솔루션을 제공하고, 다양한 분야에서 활용될 수 있는 통신 인프라를 구축하는 것을 목표도 한다.

사업자	SpaceX	Eutelsat	Telesat	Amazon
프로젝트명	Starlink	OneWeb	Lightspeed	Kuiper
고도 (km)	279, 350, 525, 530, 535, 540, 550, 560, 570	1,200	1,010, 1,325	590, 610, 630
궤도 수	190	100	67	98
궤도 당 위성 수	36-72	32-36	13-33	28-36
총 위성 수(현재)	6,335	634	3	2
총 위성 수(계획)	42,000	648	1,671	3,236
무게 (kg)	227-300	125	800	600-700
주파수	사용자: S, Ku, K / GW: Ka	사용자: Ku / GW: Ka	사용자: Ka / GW: Ka	사용자: Ka / GW: Ka
평균속도 (Mbps)	50-220	50	50	25-400
응답속도 (ms)	15-40	50	30-50	20-40
사업추진방식	인터넷서비스제공 (B2C), DTC	지상제휴사와 통신 (B2B)	인터넷서비스제공 (B2B)	인터넷서비스제공 (B2C)

[표 2] LEO 위성 기반 위성 사업자 비교

3.2.2 이동통신 사업자 활용 사례

1) KDDI 의 위성통신 활용

일본의 KDDI 는 Starlink 와의 협력하여 LEO 위성 기반의 인터넷 서비스를 일본 전역의 오지 및 해양 지역에 제공하고 있다. KDDI 는 약 1,200 개 이상의 기지국에 Starlink 위성 연결을 백홀도 사용하여 지리적 한계가 있는 지역에서 기존 지상통신 인프라를 보완하고 있다. 또한 일본의 산간 지역 및 외딴 섬과 같은 네트워크 사각지대에서의 서비스를 강화하고 있으며, 특히 재난 상황에서 긴급 통신



네트워크도 활용될 예정이다.

2) T-Mobile

미국의 T-Mobile 도 Starlink 와 협력하여 위성 기반의 서비스 제공을 계획하고 있다. T-Mobile 은 위성과 기존 LTE 및 5G 네트워크 간의 통합을 통해 지상 기지국이 도달하지 않는 지역에서도 문자와 일부 데이터 서비스를 제공할 예정이다. Starlink 의 LEO 위성은 이용해 TN 이 지원하지 못하는 지역에서도 항상 연결된 통신 서비스를 제공할 계획이다.

3) Vodafone

유럽의 Vodafone 은 AST SpaceMobile, Lynk Global 등과 협력하여 LEO 위성은 통해 기존 통신 표준 네트워크와 연동하는 서비스를 개발하고 있다. 이를 통해 통신 인프라가 부족한 지역에서도 고속 인터넷과 안정적인 통신 네트워크를 지원하려고 하고 있다.

3.2.3 단말 제조사 활용 사례

스마트폰 제조사들은 위성통신 기술을 활용해 통신 범위를 확대하고, 기존 네트워크 인프라의 한계를 넘어서는 서비스를 제공하려는 노력이 지속하고 있다. 향후 6G 단말은 기본적으로 위성 접속을 지원하고, TN 과 NTN 은 통합하는 방향으로 진화할 것이다.

1) Apple 과 Globalstar 협업

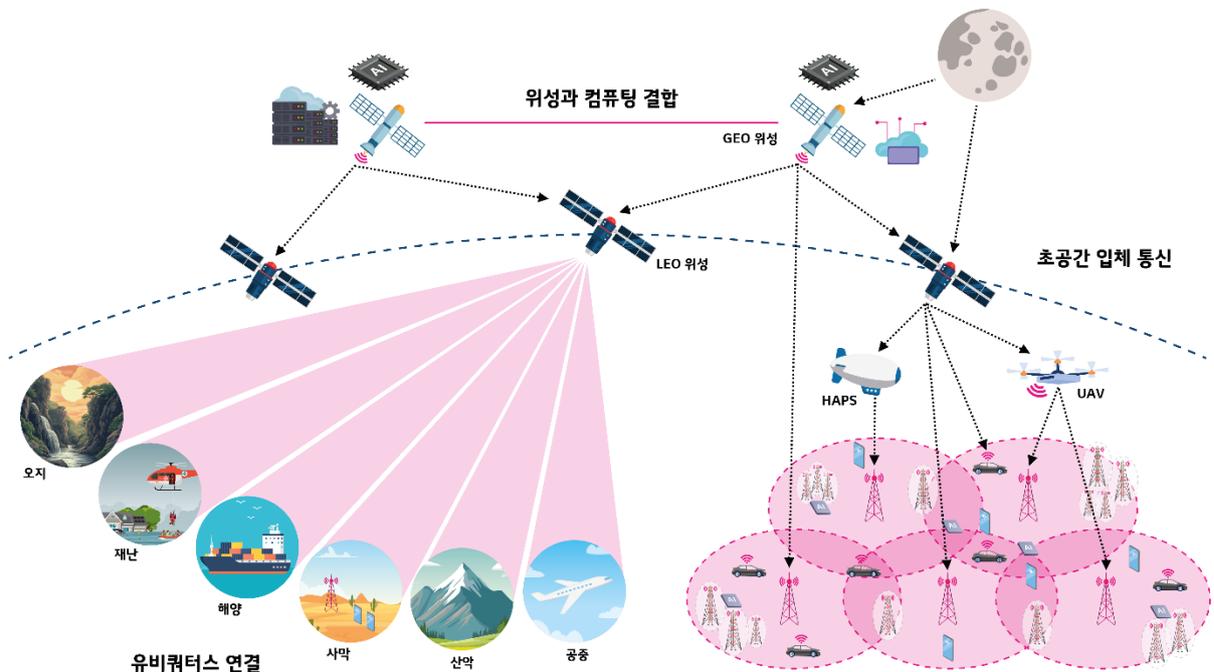
Apple 은 Globalstar 와 협력하여 iPhone 14 시리즈부터 위성 기반 긴급 구조 요청 서비스를 도입했다. 사용자가 TN 이 없는 환경에서 위성 연결을 통해 긴급 메시지를 전송할 수 있도록 설계되었으며, 산악지대나 외딴 지역에서 위성을 통해 긴급 구조 신호를 보낼 수 있다.

2) Google 픽셀폰의 SOS 위성 서비스

Google 은 픽셀 9 부터 SOS 위성 서비스를 제공한다. 이 서비스는 Apple 과 Globalstar SOS 서비스와 유사하게, TN 이 끊긴 지역에서도 위성 연결을 통해 긴급 메시지를 보낼 수 있다.

3.3 NTN 사용 사례 및 6G 주요 시나리오

NTN 기술은 지상 통신 인프라의 한계를 극복하며 다양한 산업 및 일상생활에서 중요한 역할을 할 수 있다. 6G 에서 NTN 은 활용은 기존의 지상 기반 통신 기술을 넘어, 해상, 항공, 우주까지 포괄하는 초연결 생태계를 실현하는 것을 목표로 한다. 이를 통해 6G 는 일상생활과 다양한 산업 전반에 혁신을 가져오며, 지상과 공중, 우주의 공간 제약 없이 다양한 통신 시나리오를 구현할 수 있다. 이러한 기술의 발전은 궁극적으로는 지속 가능한 통신 생태계를 구축할 수 있다. 이 장에서는 초공간 입체 통신, 유비쿼터스 연결, 컴퓨팅과 결합한 위성 서비스 등의 서비스 시나리오 중심으로 사용 사례를 살펴보도록 한다.



[그림 5] 6G 주요 NTN 시나리오

1) 초공간 입체 통신: 지상-공중-우주를 아우르는 3차원 통신

초공간 입체 통신은 NTN을 활용한 6G의 핵심 시나리오로 지상, 공중, 우주를 통합하여 모든 영역에서 원활한 연결을 제공하는 개념이다. 이는 기존의 2차원적인 지상 중심 통신에서 벗어나, 위성, 드론, 항공기 등의 다양한 매체를 통합하여 모든 공간에서 원활한 통신이 가능하게 한다. 이러한 초공간 입체 통신은 위성을 이용해 지구 상공에서 광대역 통신을 제공할 수 있으며, 더 나아가 달 탐사, 화성 탐사 등 우주 개발 프로젝트의 중요한 인프라로 작용할 것이다.

이 시나리는 자율주행차, 드론, 항공기, 위성 등이 유기적으로 연동되어 안전하고 효율적인 운영이 가능하게 한다. 예를 들어, 자율주행차는 도시를 통과하며 도로 상황을 실시간으로 분석하고, 드론과 항공기는 교통 흐름을 모니터링하여 교통 혼잡을 완화한다. 우주에서는 탐사선이 지구로 데이터를 전송해 실시간으로 탐사 상황을 공유하고, 달이나 화성 기지와도 통신도 원활하게 이루어진다.

2) 유비쿼터스 연결: 전 세계 어느 곳에서나 끊김 없는 연결

6G 시대에는 NTN의 활용을 통해 전 세계 어디에서나 끊김 없는 통신 연결을 제공하는 유비쿼터스 연결이 가능하다. 이는 기존의 도밍과는 차원이 다른 개념으로, 사용자나 장치가 세계 어느 지역에 있든지 동일한 품질의 통신 서비스를 경험할 수 있다. 다양한 궤도의 위성과 TN과 유기적으로 연동되어, 육지, 해상, 공중에서 한결 같은 통신 서비스를 제공할 수 있다. 또한, 재난 상황이나 물리적 공격으로 인하여 TN을 통한 접속이 어려운 경우, 재난 대응 및 백업 네트워크도 사용이 가능하다. 이러한 유비쿼터스 연결은 6G에서 주요한 해결 과제인 디지털 격차를 줄일 수 있는 중요한 기반이 될 것이다. 주요 사용 사례는 선박, 해양 등에서도 위성을 통한 실시간 연결성은 보장해 선박의 물류 추적, 해양 재난 대비, 선원 안전 보장을 들 수 있다. 또한, 비행 중인 항공기의 실시간 데이터 전송과 승객 인터넷 서비스 제공 등 다양한 영역에서 활용될 수 있다. 그리고 극지방, 오지, 사막과 같은 네트워크 사각지대에서 FWA이나 위성 백홀을 통해 통신 서비스를 제공할 수 있다.

NTN과 IoT 센서가 결합하여 스마트 농업과 스마트 도시 등의 스마트 서비스를 제공하는 것도 가능하다. 예를 들어, 농촌 지역에서 농작물의 상태, 기후 변화, 물 사용량 등의 데이터를 실시간으로 모니터링할 수

있으며, 도시 내에서도 TN 과 결합하여 교통 흐름은 실시간으로 분석하고 혼잡 구간을 분산하는 스마트 교통 관리가 가능하다. 또한, 도시의 교량, 댐, 도도 등의 상태를 실시간으로 점검하고 파손 여부를 빠르게 탐지해 인프라 관리 및 유지보수를 최적화할 수 있다.

3) 컴퓨팅과 결합한 위성 서비스 시나리오: 엣지 컴퓨팅을 활용한 실시간 데이터 처리

6G 에서는 위성 서비스와 엣지 컴퓨팅(Edge Computing)이 결합된 형태의 새로운 통신 시나리오도 확장될 수 있다. 위성 네트워크와 엣지 컴퓨팅의 결합은 실시간 데이터 처리 및 분석을 현장에서 수행할 수 있어 데이터 처리 속도를 비약적으로 향상시키고, 지연 시간을 최소화할 수 있다.

주요 사용 사례도 원격 의료 등의 다양한 분야가 있다. 예를 들어, 원격 진료 시 의사가 실시간으로 환자의 데이터를 확인하고, 엣지 컴퓨팅을 통해 분석된 결과를 즉시 받아볼 수 있다. 분산형 AI 서비스도 엣지 컴퓨팅을 통해 경도를 신속하게 분석하고 최적화할 수 있다.

더 나아가, 위성 데이터 센터를 통해 대규모 데이터를 저장하고 분석하는 서비스도 가능하다. 이는 지상 데이터 센터와의 연동을 통해 지연 시간 문제를 해결하고, 효율적인 분산 컴퓨팅 구조를 통해 데이터 처리 용량을 극대화하여 다양한 산업에서 데이터 처리 효율성은 크게 향상시킬 수 있다.

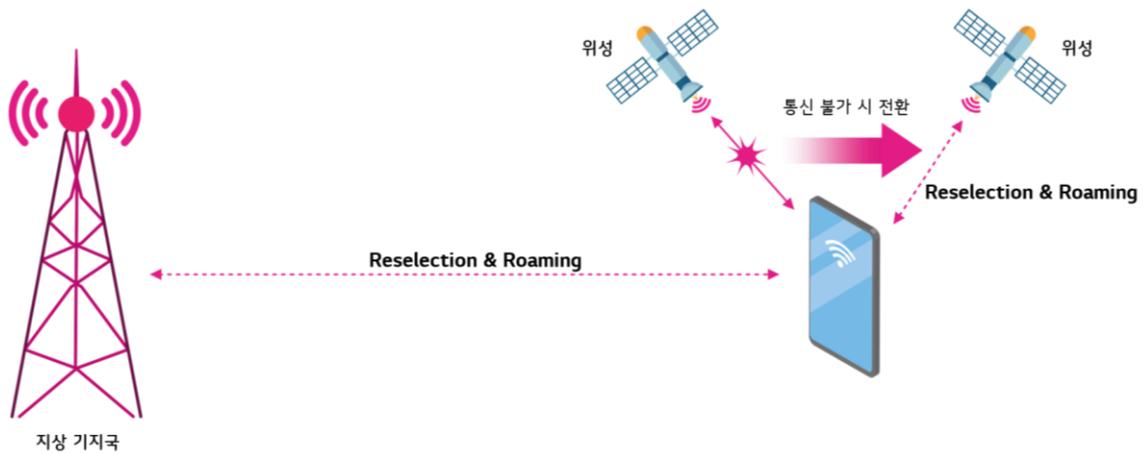
4. NTN 주요 핵심 기술

NTN 은 지연 시간, 대역폭 문제, 전송 파워 제약, 네트워크 간 연동성 문제 등 다양한 이슈를 가지고 있다. TN 에 비해 지연 시간이 크며, 주파수 대역폭 제한으로 데이터 처리 속도와 용량이 제한된다. 또한, 단말과 위성 간의 전송 파워 제약으로 전용 RF 설계가 필요하며, NTN 과 TN 이 별도로 운영되어 네트워크 간 연동성 문제가 발생한다.

위와 같은 NTN 의 한계도 인해 여러 이슈들이 발생할 수 있다. 특히, 실내에서의 트래픽 사용량이 50%를 넘어가는 현 상황에서, 고객이 이동할 때 발생하는 서비스 불연속성이 큰 문제가 될 수 있다. 이번 장에서는 이러한 이슈 해결하기 위한 NTN 의 핵심 기술은 살펴보고자 한다.

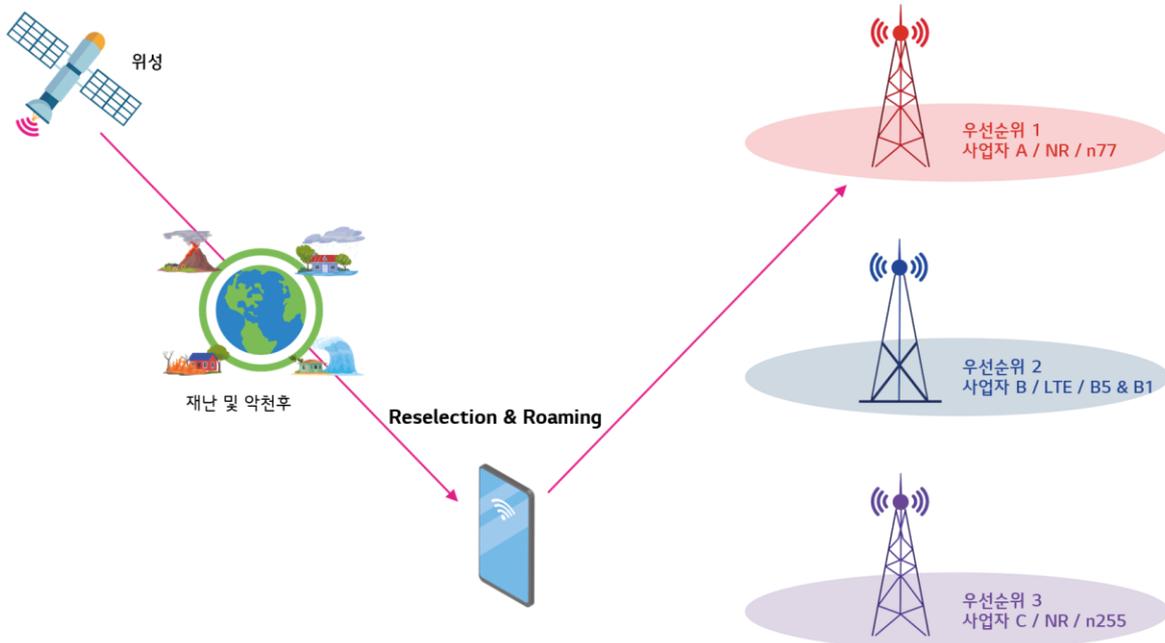
4.1 이동성 지원

위성통신의 주요 이슈 중 하나는 위성의 이동으로 인한 서비스 중단이다. 이를 해결하기 위해 3GPP 에서는 시스템 정보 블록인 SIB 은 통해 위성 접속에 필요한 정보를 단말에 전달하여 서비스 중단을 최소화하고자 하였다. NTN 셀은 단말이 NTN 셀에 접속하기 위한 정보를 새로운 SIB 도 제공하며, 이 새로운 SIB 에는 위성의 위치와 속도 정보, 위성-지상 게이트웨이 간 지연 시간, 타이밍 어드밴스 관련 정보 등이 포함되어 있다. 이를 통해 단말은 위성의 이동에 따른 서비스 시간과 위성 위치에 따라 이웃 셀을 탐색하는 절차를 도입해 원활한 이동성을 확보할 수 있다.



[그림 6] 셀 Reselection 및 Roaming

고객이 빈딩 등 위성의 커버리지 닿지 않는 영역으로 이동하거나 기상 상황이 좋지 않은 경우 위성과의 통신이 불가할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 TN-NTN 간 이동성 지원은 반드시 필요하며, 3GPP 에서도 이를 위한 기술은 도입하였다. 위성 사업자가 여러 지상 통신 인프라 사업자와 연계하여 도밍 서비스를 제공할 수 있기 때문에, 지상 사업자/주파수/이동통신 기술에 대한 구분 및 우선순위를 설정하여 보다 원활한 이동성을 제공해야 한다.



[그림 7] 지상 사업자 우선 순위에 따른 셀 Reselection 절차

재난 발생으로 TN 서비스가 분가한 경우 빠르게 NTN 으로 전환하는 기술이 필수적이다. 현재 3GPP 규격에서는 NTN 에서 TN 정보를 전달해 빠른 NTN 에서 TN 으로의 전환을 지원하지만, TN 에서 NTN 으로의 전환은 지원하지 않는다. TN 에서 NTN 정보를 사전에 단말에게 제공하면, 단말이 자체적으로 NTN 연결을 시도하는 것보다 훨씬 빠르게 연결이 가능할 것이다.

4.2 서비스 연속성 지원

서비스 연속성 지원을 위해서는 서비스의 특성을 고려해야 한다. 5G 및 6G 의 주요 서비스 시나리오를 보면 높은 성능요구 서비스 품질인 QoS 를 요구하는 서비스가 많다. 그러나 위성의 특성상 높은 전송 속도 및 낮은 지연 시간을 달성하는 데 한계가 있어, 높은 성능을 요구하는 서비스를 원활히 제공받기 어렵다. 이에 따라 서비스 기반의 NTN-TN 전환이 필수적이다. 높은 성능요구를 필요로 하는 서비스 사용할 때 자동으로도 TN 으로 전환하여 끊김 없는 서비스를 제공하고, 서비스 종료 후 다시 NTN 으로 전환해 효율적인 서비스를 제공할 수 있다. NTN 과 TN 의 이중 접속은 서비스 연속성을 보장하는 중요한 기술이 될 수 있다. 낮은 QoS 가 필요한 서비스는 NTN 을 통해 제공하고, 높은 QoS 가 필요한 서비스는 TN 을 통해 제공하면 사용자 체감 품질은 개선할 수 있다.

또한, 6G 에서는 NTN 간 서비스 연계도 필수적이다. 다양한 궤도에서의 서비스 시나리오를 지원하며, 각 시나리오별로 요구되는 성능 사항이 다르다. 예를 들어, 긴급 재난 신호 및 음성 통화 등 높은 신뢰성을 요구하는 서비스는 GEO 위성을 통해 끊김 없는 서비스가 가능하다. 그러나 같은 단말도 영상 시청이나 게임 등 높은 속도 및 지연 시간을 요구하는 서비스는 GEO 위성에서 원활한 서비스 제공이 어렵기 때문에 LEO 위성으로의 전환이 필요하다. 이와 같이 다양한 서비스 시나리오 제공을 위해 Multi-orbit 간 협업 통신이 필수적이다. 궤도 간 QoS 및 위성 정보가 실시간으로 교환되어야 하며, 이를 위한 Multi-orbit 간 ISL 개선이 필요하다.

4.4 위성 시스템 진화

6G에서는 TN 과 NTN 이 통합된 네트워크가 될 것이며, 이를 위한 새로운 위성 시스템의 진화가 필요하다. 6G에서는 위성에 기지국 및 코어 네트워크가 탑재되어 위성이 기지국 역할, 코어 역할, 기지국과 코어의 통합 역할을 하게 될 것이다. 이러한 구조를 고려한 시스템 설계가 필요하다.

위성의 물리적 제약으로 인해 5G 및 6G 코어의 모든 기능을 탑재하기 어렵지만, 코어 네트워크 분리를 통해 위성에 간소화된 네트워크 기능인 NF 은 탑재할 수 있다. 예를 들어, 위성에 엣지 컴퓨팅을 지원함에 따라 지상국을 거치지 않고 '단말-위성-단말' 형태의 직접 통신이 가능하다.

6G 는 AI 기반의 네트워크도 구성될 예정이며, 위성에서 NF 및 엣지 컴퓨팅이 가능함에 따라 분산형 AI 를 구축할 수 있다. 초기 설계부터 AI/ML 프레임워크에 위성 노드를 고려해야 하며, NF 및 엣지 컴퓨팅을 탑재한 위성 간 학습 데이터 및 모델의 원활한 교환은 지원해야 한다.

4.5 NTN 지원 주파수

현재까지 3GPP NTN 에서 지원하는 주파수 대역은 FR1 에서 1.6~2GHz(L-band, S-band), FR2 대역에서 FDD 20GHz 대역(Ka-band)이다. 이를 더 확장하기 위한 노력도 계속되고 있다. 위성 사업자들은 3GPP NTN의 신규 지원 대역으로 10GHz 대역인 Ku-band 의 지원을 요청하고 있다. 높은 전송속도를 가지면서도 넓은 커버리지를 제공할 수 있는 Ku-band 의 시장 규모가 커지고 있어 이에 대한 대응을 하고 있다고 볼 수 있다.

ITU-R 에서는 무선 주파수의 사용을 규율하는 국제 조약인 전파 규정인 RR 을 검토 및 개정하는 회의인 WRC 에서 위성 주파수도 중요하게 논의 하고 있다. 2027 년에 개최되는 WRC-27 에서는 이동위성이 이동통신 서비스를 할 때 사용하는 주파수인 MSS IMT 에 대한 논의를 할 예정이다. MSS IMT 의 후보 대역으로는 694MHz ~ 2.7GHz 가 있으며, 이 중 일부 대역이 MSS IMT 대역으로 지정될 것으로 예상된다.

5. Conclusion

백서에서 살펴본 NTN 이 실제로 구현된다면, 이는 단순히 이동통신 기술이 다음 세대로 진화했다는 것 이상의 크나큰 변화를 의미한다. 과거 유선 전화의 한계가 곧 통신을 활용하는 방법의 한계가 되었던 시절에, 이동통신 기술이 태동하면서 우리의 삶에 얼마나 큰 변화를 초래했는지를 생각해 보면 이는 매우 자명하다. 1 세대 이동통신 기술이 등장했을 때, 대부분의 사람들은 그 필요성을 느끼지 못하였다. 전화 동화를 굳이 이동하면서까지 할 필요가 있는지도 의문이었고, 그 비용 또한 합리적이지 않았다. 그러나 이동통신 기술을 경험해보지 못했던 과거와는 달리, 이제는 일상생활에서 너무나 많은 이동통신 기반의 서비스들은 사용하는 우리는 이제 더 이상 이전의 삶으로 돌아가는 것이 불가능해진 상황이다.

이제 NTN 을 통해 지역의 제약이 없는 근도별 네트워크가 구축되고, 3 차원 공간에서 네트워크 접속에 대한 제약이 사라지면, 사실상 통신이 필요한 모든 서비스 시나리오가 구현 가능해진다. NTN 기반의 UAM 은 지하, 지상, 도시 상공에서 이루어지는 다층의 운송 및 교통 시스템을 완성시켜 보다 유기적이고 효율적인 문명과 대중교통을 가능하게 할 것이다. 또한, 남극과 같은 오지에서도 끊임 없고 안정적인 연결성을 제공함으로써, 기업이나 국가 단위뿐 아니라 민간의 활동 범위까지 극적으로 넓어지게 된다. 이를 통해 인류는 지구상에서 자연과 함께 상호 작용하며, 지속 가능하고 안정적인 생태계를 구축할 수 있는 새로운 계기를 마련할 수 있다. NTN 은 도심부터 오지까지 모든 지역을 연결해 지역 간 편차를 줄이고, 통신 서비스가 공기처럼 우리 주변에 항상 존재하는 기본 요소가 되어 언제 어디서나 세계와 연결될 수 있는 동도를 제공한다. 이를 통해 보다 안전하고 민주적인 사회를 만드는 데 기여할 수 있다.

물론, 인간의 손이 닿지 않는 우주공간에 기지국을 구축하고 전 지구적인 네트워크를 관리해야 하는 NTN 은 기술적인 난이도가 높기 때문에 초기의 NTN 이 여러 세대에 걸쳐 발전해온 TN 의 품질 수준을 제공하는 것은 어려울 것이다. 하지만 TN 이 5G 까지 진화하면서 속도에 대한 요구 사항은 충분히 충족하고 안정적인 수준으로 발전한 것처럼, NTN 또한 기술이 발전함에 따라 모든 서비스 시나리오의 요구 사항은 충족하고도 남은 수준으로 진화할 것이라고 확신한다. 우리는 NTN 으로 인해 달라질 통신 서비스 시장에 미리 대응해야 할 필요가 있다. 마치 초기의 케이블 TV 가 기초자치단체 단위도 개별적으로 구축되었다가 기술 변화에 따라 전국적으로 통합되며 케이블 인터넷까지 제공하게 되었고, 지금은 새롭게 등장한 IPTV와 경쟁하고 있는 것처럼, 기술이 발전함에 따라 네트워크의 규모는 커지고 기반 기술의 전환에 대한 요구도 발생한다. 세계적인 IT 강국인 대한민국이 미래 근도별 네트워크에서 중요한 역할을 차지하기 위해서라도, 6G 의 핵심기술이 될 NTN 에 그 역량을 집중해야 한다.

Abbreviations

NTN	Non-terrestrial Network
IoT	Internet of Things
TN	Terrestrial Network
HAPS	High-Altitude Platform Station
LEO	Low Earth Orbit
MEO	Medium Earth Orbit
GEO	Geostationary Orbit
UAV	Unmanned Aerial Vehicle
UAM	Urban Air Mobility
3GPP	3rd Generation Partnership Project
URLLC	Ultra Reliable and Low Latency Communication
DTC	Direct-to-Cell
RF	Radio Frequency
ISL	Inter-Satellite Link
VSAT	Very Small Aperture Terminal
FR1	Frequency Ranges 1
FR2	Frequency Ranges 2
Redcap	Reduced Capability
ITU-R	International Telecommunication Union Radiocommunication Sector
IMT-2030	International Mobile Telecommunications-2030
FWA	Fixed Wireless Access
WG	Working Group
SA	System and service Aspects
AWS	Amazon Web Services
SIB	System Information Block
QoS	Quality of Service
PUCCH	Physical Uplink Control Channel
PUSCH	Physical Uplink Shared Channel
DMRS	Demodulation Reference Signal
NF	Network Function
RR	Radio Regulations
WRC	World Radiocommunication Conferences
MSS	Mobile satellite service

