

셀룰러 기반 저궤도 위성통신 기술 동향

Technology Trends in Cellular-Based Low Earth Orbit Satellite Communications

신재승 (J.S. Shin, sjs@etri.re.kr)

황유선 (Y.S. Hwang, ys3838@etri.re.kr)

배형득 (H.D. Bae, hdbae@etri.re.kr)

신재욱 (J.W. Shin, jwshin@etri.re.kr)

오성민 (S.M. Oh, smoh@etri.re.kr)

공간무선네트워크연구실 책임연구원

공간무선네트워크연구실 책임연구원

공간무선네트워크연구실 책임연구원

공간무선네트워크연구실 책임연구원

공간무선네트워크연구실 선임연구원/실장

ABSTRACT

The recent explosion in the number of low earth orbit (LEO) satellites launched to space allows to easily anticipate that the number of satellites in orbit will sustain a dramatic increase. As satellite components are integrated and unified with terrestrial cellular networks, they will play a key role in providing coverage and resilience for future cellular networks. We provide a brief overview of typical scenarios and network architectures for cellular-based LEO satellite communication systems. In addition, we outline 3GPP standardization trends in non-terrestrial networks and satellite access based on 5G/5G Advanced systems and analyze future evolution prospects of cellular-based satellite communication systems.

KEYWORDS 5G/6G, cellular, LEO, networks, non-terrestrial, satellite

1. 서론

기존의 위성 시스템은 주로 기상 관측용, 감시나 정찰을 통한 군사용 또는 방송용 위성 등 특정 서비스 위주로 사용되어 왔으며, 위성 제작 및 발사 등에 필요한 기술과 비용 부담으로 통신과 같은 대중 서비스를 위한 활용도는 매우 낮았다. 그러나 최근 들어 다수 위성을 낮은 비용으로 제작, 발사하고 운용할 수 있는 기술이 발전함에 따라 위성을 통한 통신

등 대중 서비스 제공 가능성이 커졌다.

특히 5G 이동통신 시대로 접어들면서, 이동통신 서비스 영역이 지상뿐만 아니라 위성을 포함한 비지상으로 확대되었고, 위성 중에서는 지상과의 근접성으로 인해 고품질의 대용량 무선 전송 및 저지연 통신 효과를 기대할 수 있는 저궤도 위성 기반 통신에 관심이 고조되고 있다.

본고에서는 3GPP의 5G 및 차세대 이동통신 기반 저궤도 위성통신 및 관련 분야 표준화 동향을 살펴

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380202>

* 본 연구 논문은 과학기술정보통신부 및 정보통신기획평가원의 출연금 등으로 수행하고 있는 한국전자통신연구원의 3차원공간 네트워크 기술개발/3차원공간 위성통신 기술개발(과제번호 No. 2021-0-00847)의 연구결과입니다.

보고, 저궤도 군집 위성을 통한 통신 제공 환경의 발전 단계들을 전망해 보고자 한다.

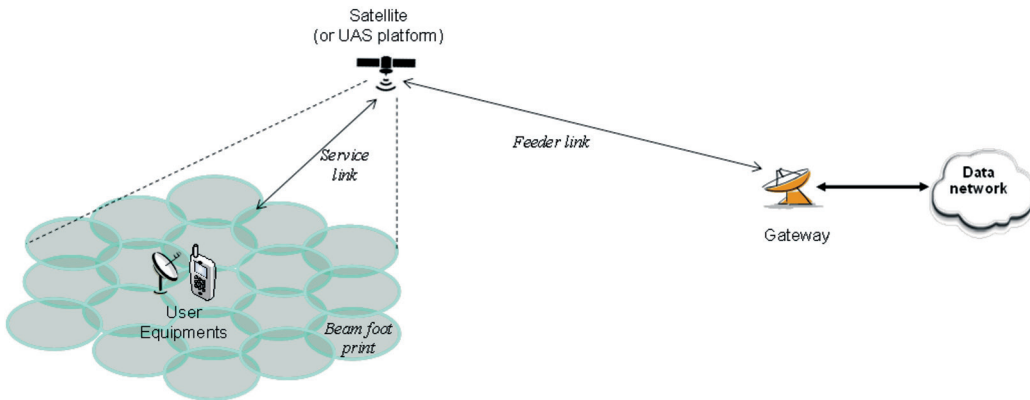
II. 셀룰러 기반 저궤도 위성통신

셀룰러 기반 위성통신은 이동통신 표준에 기반한 통신 및 기능 구조를 갖는 위성통신 시스템을 의미하며, 3GPP TR 38.821 보고서[1]에 따르면 비지상 네트워크(NTN: Non-Terrestrial Network)에서의 위성 형태는 크게 2가지로 구분된다.

첫째는 Transparent 위성으로 그림 1과 같이 지상 단말과 지상 Gateway를 포함한 지상망 간의 모든

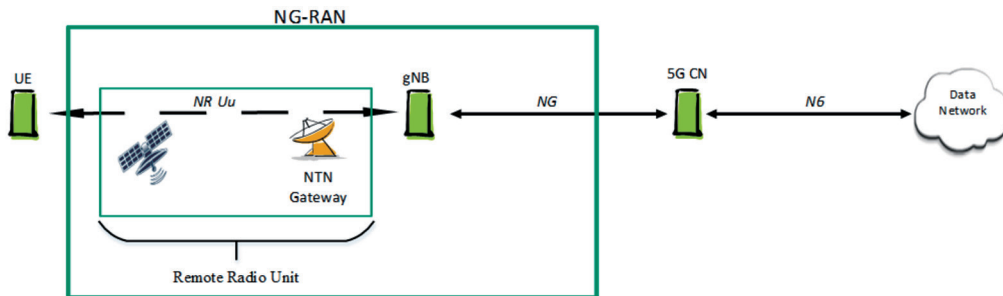
Signal을 Bypass 모드로 중계하며, 이에 따라 그림 2와 같이 단말-위성 사이의 Service Link나 위성-지상국 사이의 Feeder Link 모두 5G NR(New Radio) 기반 무선 인터페이스가 사용되고, 지상망을 통해 기지국 및 Core 기능이 제공된다.

둘째는 Regenerative 위성으로 그림 3과 같이 위성에 이동통신 기지국의 일부 또는 전체 기능이 탑재되며, 위성 간 ISL(Inter-Satellite Link)을 이용한 다중홉 통신을 통해 단말과 지상망 간을 연결한다. 그림 4와 같이 단말-위성 사이의 Service Link는 5G NR 기반 무선 인터페이스가 사용되나, 지상국과의 Feeder Link는 기존 SRI(Satellite Radio Interface)를 바



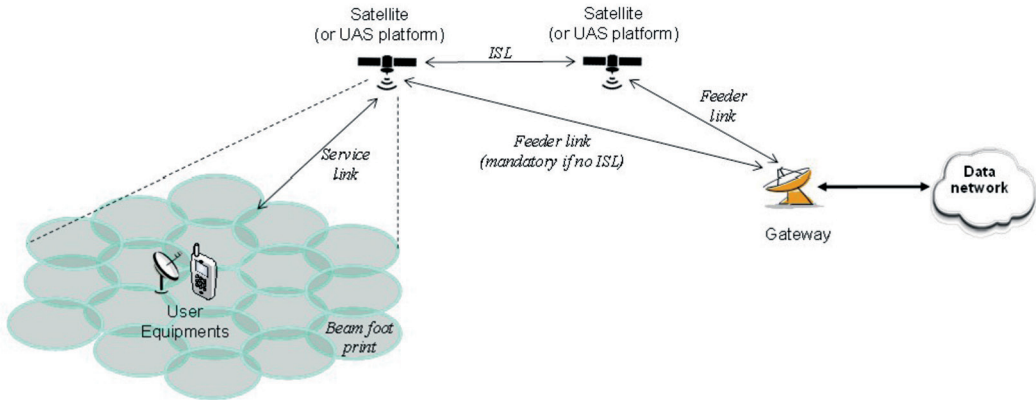
출처 Reprinted with permission from [1].

그림 1 Transparent 위성을 통한 통신



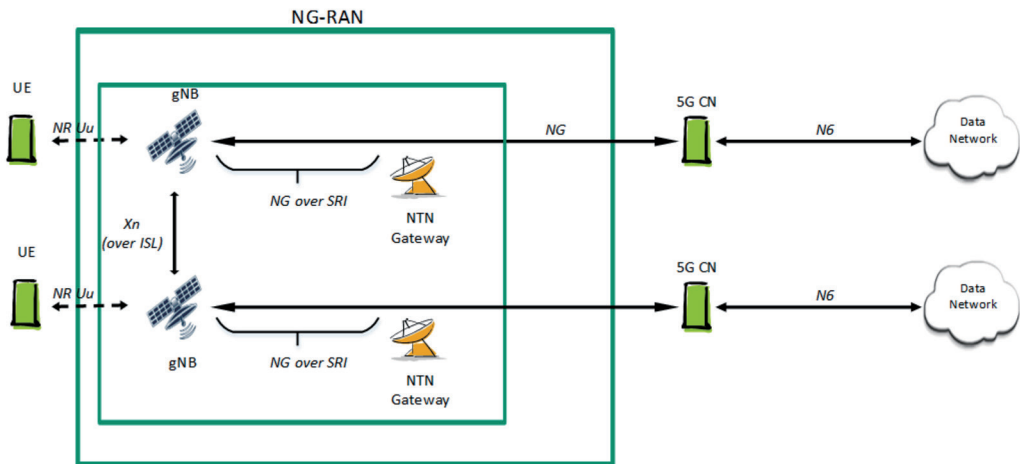
출처 Reprinted with permission from [1].

그림 2 Transparent 위성 기반의 시스템 구조



출처 Reprinted with permission from [1].

그림 3 Regenerative 위성을 통한 통신



출처 Reprinted with permission from [1].

그림 4 Regenerative 위성 기반의 시스템 구조

탕으로 하는 이동통신 프로토콜이 사용된다. 또한, 위성의 기능에 따라 지상망을 통해 기지국의 일부 기능 또는 Core 기능이 제공된다.

성 관련 표준화를 진행해 오고 있다. 현재 진행되는 Rel-18 및 Rel-19 NTN/위성 관련 주요 표준화 내용은 표 1과 같다.

III. 3GPP NTN/위성 관련 표준화 동향

대표적인 이동통신 국제 표준화 단체인 3GPP에서는 2017년 Release(Rel)-15부터 NR 기반 NTN/위

1. Rel-18 NTN/위성 in RAN WGs

Rel-18 범위로 3GPP RAN(Radio Access Network) WG(Working Group)들에서 진행 중인 표준화는 대표

표 1 NTN/위성 관련 Rel-18 및 19 표준 Items

Rel	약어	항목	WG
19	FS_5GSAT_Ph3	SP-220679: Study on satellite access – Phase 3	SA1
19	FS_DualSteer	SP-220445: Study on upper layer traffic steering, switching and split over dual 3GPP access	SA1
18	5GSATB	SP-210528: Stage 1 of 5G system with satellite backhaul	SA1
18	5GSATB	SP-220808: Stage 2 of 5G system with satellite backhaul	SA2
18	5GSATB	CP-223204: CT aspects of 5G system with satellite backhaul	CT
18	FS_5GSATB	SP-211639: Study on support of satellite backhauling in 5GS	SA2
18	FS_5GSAT_Ph2	SP-211651: Study on 5GC enhancement for satellite access Phase 2	SA2
18	5GSAT_Ph2	SP-221344: 5GC/EPC enhancement for satellite access Phase 2	SA2
18	NR NTN_enh-Core	RP-223534: Core Part: NR NTN enhancements	RAN2
18	IoT NTN_enh-Core	RP-223519: Core Part: IoT NTN enhancements	RAN2
18	FS_5GSAT_Sec	SP-220875: Study on security aspects of satellite access	SA3
18	FS_IoT NTN	SP-220490: Study on management aspects of IoT NTN enhancements	SA5
18	FS_5GSAT_CH	SP-221162: Study on charging aspects of Satellite in 5GS	SA5

적으로 Rel-18 NR NTN Enhancements(NR NTN_enh) 및 Rel-18 IoT NTN Enhancements(IoT NTN_enh)로 볼 수 있다.

Rel-18 NR NTN_enh에서는 Rel-17까지 진행된 Transparent 위성 지원을 위한 기능에 추가하여, 다음과 같은 주제의 표준화를 진행한다[2].

- 위성 환경을 고려한 coverage enhancement

- NR-NTN deployment in above 10GHz bands
- Network verified UE location
- 지상 및 비지상 간의 NTN-TN and NTN-NTN mobility and service continuity enhancements 등

Rel-18 IoT NTN_enh에서는 Rel-17까지 진행된 Transparent 위성 지원이 가능한 NB-IoT(Narrow Band-IoT) 및 eMTC(enhanced Machine Type Communications) 기능에 추가하여, 다음과 같은 주제의 표준화가 진행된다[3].

- HARQ 비활성화 등을 포함한 IoT-NTN performance enhancement
- 인접셀 measurement 등을 포함한 mobility enhancement
- 불연속 커버리지 지원에 필요한 이동성 관리 및 전력 감소 방안을 포함한 further enhancement to discontinuous coverage 등

2. Rel-18 NTN/위성 in SA & CT WGs

Rel-18 범위로 3GPP SA(Service and System Aspects) 및 CT(Core network and Terminals) WG들에서 진행 중인 표준화는 대표적으로 Rel-18 5GC/EPC enhancement for satellite access Phase 2(5GSAT_Ph2), Rel-18 5G system with satellite backhaul(5GSATB)로 볼 수 있다.

Rel-18 5GSAT_Ph2에서는 불연속 위성 커버리지 지원을 위한 5G 시스템의 기능 향상을 목표로 다음과 같은 주제의 표준화가 진행된다[4].

- Mobility management enhancement with discontinuous satellite coverage
- Power saving enhancement for UE in discontinuous coverage 등

Rel-18 5GSATB에서는 유동적인 위성 Backhaul 과 자체적으로 Local Data Switching 또는 Edge Computing을 제공하도록, 기지국 기능 및 Core의 UPF(User Plane Function) 기능까지 탑재된 위성을 지원하기 위한 5G 시스템의 기능 향상을 목표로 다음과 같은 주제의 표준화가 진행된다[5].

- Support of PCC/QoS control enhancement considering dynamic satellite backhaul and satellite backhaul information exposure
- Support of satellite edge computing via UPF on-board
- Support of local data switching via UPF on-board 등

이외에, Rel-18 FS_5GSAT_Sec에서는 불연속 위성 커버리지를 지원하는 향상된 시스템 구조를 고려하여 다음과 같은 주제의 Study Item 단계 표준화가 진행 중이다[6],

- Identify security and privacy key issues and study potential solutions for protecting the UE in the enhanced architecture supporting discontinuous coverage with satellite access 등

Rel-18 FS_5GSAT_CH에서는 위성이 Access 및 Backhaul 기능으로 활용될 때 과금 이슈와 관련하여 다음과 같은 주제의 Study Item 단계 표준화가 진행 중이다[7].

- Possible business scenarios
- Possible charging scenarios and potential charging requirements
- Identify the potential charging solutions 등

3. Rel-19 NTN/위성 in SA WGs

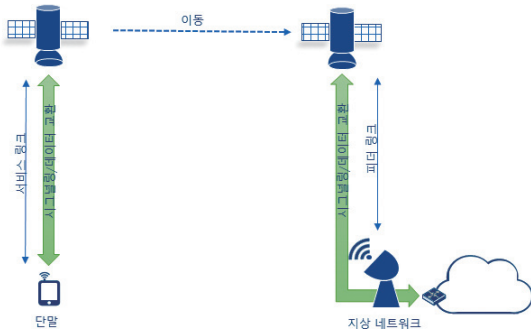
3GPP의 Stage 1(서비스 및 시스템 요구사항 정의)

표준화를 진행하는 SA1 WG에서는 이미 Rel-19 범위의 NTN/위성 관련 표준화가 진행 중이며, 대표적으로 Rel-19 Study on satellite access-Phase 3(FS_5GSAT_Ph3)와 Rel-19 Study on Upper layer traffic steering, switching and split over dual 3GPP access(FS_DualSteer) 등의 Item이 포함된다.

Rel-19 FS_5GSAT_Ph3는 SA1 WG에서 완료된 Rel-17 5GSAT에 이은 후속 Study Item 단계의 표준화이며, 위성-지상망 간의 불연속 연결 지원, GNSS 독립적 기능 지원, Positioning 기능 향상, 지상망과 독립적으로 위성 자체의 단말 간 통신 지원 등을 목표로 다음과 같은 주제의 표준화가 진행된다[8].

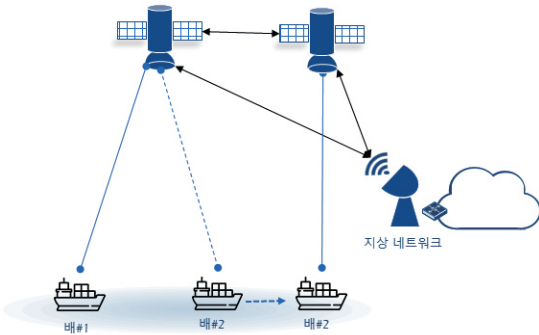
- Delay-tolerant Communication Service: Support of delay tolerant communication service via satellite(e.g., NGSO) when satellite connectivity is intermittently/temporarily unavailable
- GNSS Independent Operation: Support of GNSS independent operation would allow to provide satellite access to UE without GNSS receiver or with no access to GNSS service
- Positioning Enhancements: Gap analysis between existing positioning requirements for terrestrial access and the requirements that can be satisfied via NTN access, and determine potential updates to NTN positioning KPIs
- Communication between UEs under the same Satellite's Coverage: Analysis of potential additional service requirements e.g. regarding latency

Rel-19 FS_DualSteer는 2개의 dual 3GPP Access Link를 대상으로 동일 Data 세션에 관련된 상위 계층 사용자 Traffic의 분할, 절제, 조절 등을 지원하기 위한 표준화가 진행 중이고, Dual 3GPP access link에는 다음의 시나리오들이 포함된다[9].



출처 Reproduced with permission from [10].

그림 5 위성을 통한 저장 및 전달 방식



출처 Reproduced with permission from [10].

그림 6 위성을 통한 선박들 간 통신

- Single PLMN, PLMN plus(Standalone) NPN, two PLMNs
- Same or different 3GPP RATs(NR or NTN, plus one of NR, NTN or LTE)

Note: NTN refers to NR-based satellite access, including different orbits(e.g., GEO/MEO/LEO)

현재 진행 중인 Rel-19 FS_5GSAT_Ph3의 진행 사례를 3GPP TR 22.865 보고서 내용을 통해 일부 살펴보면 다음과 같다. SA1에서는 위성 커버리지하에서 위성만을 통한 단말들 간 통신 서비스 제공 및 지상망과의 연결이 한동안 끊길 수 있는 위성을 통

해 지연에 민감하지 않은 서비스 제공 등을 위한 사례를 도출하고 요구사항을 분석 중이다[10].

지연에 민감하지 않은 서비스 제공을 위해 위성의 저장 및 전달(S&F: Store and Forward) 방식을 사용한다. 이러한 사례는 정지궤도가 아닌 비정지궤도 위성에게 해당하며, 위성의 이동에 따라 그림 5와 같이 위성이 단말과의 Service Link만 연결되는 경우와 위성이 지상망과의 Feeder Link만 연결되는 경우가 발생할 수 있다. 전자의 경우, 위성은 단말과 Service Link를 통해 Signaling과 Data를 교환하고 저장하며, 후자의 경우 Feeder Link를 통해 앞서 저장된 Signaling과 Data를 지상망에 전달한다. 전자와 후자의 순서가 반대인 상황도 가능하다.

위성 커버리지하에서 위성만을 통한 단말들 간 통신 서비스 제공 사례는 그림 6과 같이, 먼바다에 있는 선박들 간에 동일 위성을 통해 지상망과의 연결 없이 통신이 가능하며, 선박 중 일부가 다른 위성 영역에 진입하여 접속된 경우에도 지상망과의 연결 없이 위성 간 연결을 통해 선박들 간 통신을 제공하는 사례 등을 정의하고 있다.

IV. IAB 및 Mobile IAB 표준화 동향

현재까지 3GPP RAN WG에서 진행된 NTN 표준화는 주로 Transparent 위성 환경을 대상으로 진행되었다. 그러나, 향후 Regenerative 위성들 간 다중홉 통신을 통한 저궤도 군집 위성통신 환경에서는 IAB(Integrated Access and Backhaul) 기반의 구조 및 통신 기술이 주요 후보가 될 것으로 예상되며, 현재 3GPP에서의 IAB 및 Mobile IAB 관련 표준화 동향을 살펴보면 다음과 같다.

IAB는 그림 7과 같이 5G NR 무선 주파수 대역에서 Access Link와 Backhaul Link를 통합 제공함으로써 고비용의 유선 Backhaul을 대신할 수 있는 다중

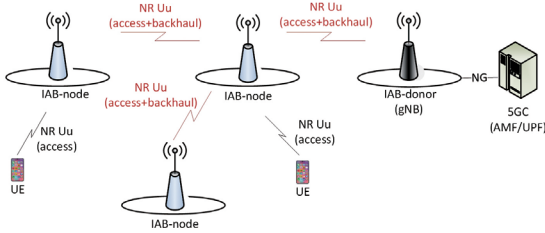


그림 7 IAB 기반 무선 access 네트워크 개념

홉 무선 Relay 기술이다.

3GPP에서의 IAB 기술 표준화는 2017년 Rel-16 아이টে็ม으로 시작되어 다중홉 IAB 무선 Access 네트워크 및 프로토콜 구조, Backhaul상에서의 Traffic 라우팅 및 흐름 제어, 자율적인 Backhaul 네트워크 구성을 위한 플러그-앤-플레이 방식의 IAB-node Integration 절차, 이동성을 위한 IAB-node Migration 및 토폴로지 이중화(Topology Redundancy) 절차, Backhaul Link와 Access Link 간의 무선자원 다중화 기술 등이 논의되었으며, 2020년 6월에 표준화가 완료되었다. IAB 기술에 대한 Study Item 단계 보고서는 TR 38.874[11]로 정리되었으며, 무선 Access 네트워크 구조 및 시그널링 절차는 TS 38.401[12] 규격에 포함되었다.

IAB-node는 그림 8과 같이 단말 기능을 수행하는 IAB-MT(Mobile Terminal)와 기지국 DU(Distributed Unit) 기능을 수행하는 IAB-DU로 구성되며, Access Link를 통해 사용자 단말 또는 Child IAB-node에게 기지국 접속 기능을 제공하고, 무선 Backhaul Link를 통해 Parent IAB-node 또는 IAB-donor 기지국의

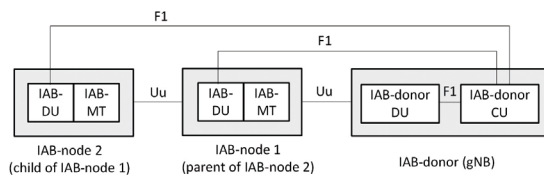


그림 8 IAB 노드 기능 및 인터페이스 구조

로의 Relay 기능을 제공한다. IAB는 CU(Central Unit)와 DU 기능 분할을 지원하는 기지국 구조에 기반하고 있으며, 이에 따라 IAB-DU와 IAB-donor CU 간에는 F1 인터페이스가 사용된다[12].

IAB-node가 동작하기 위한 기본 절차에는 IAB-node Integration과 Migration 절차가 포함된다. IAB-node는 전원 인가 시 IAB-MT 기능을 이용하여 IAB-donor 기지국에 접속(IAB-donor 기지국에 직접 접속 또는 인접 IAB-node를 경유하여 접속)하여 IAB-node로서 등록하는 Integration 절차를 트리거링한다. IAB-donor 기지국은 해당 IAB-node와 IAB-donor 기지국 사이의 Backhaul Link 및 라우팅 정보를 설정하며, 마지막으로 IAB-donor 기지국은 해당 IAB-node의 IAB-DU 기능을 설정하여 하나의 셀로써 동작하도록 한다. 이를 위해 무선 인터페이스상의 RRC(Radio Resource Control) 및 F1 인터페이스상의 F1AP(F1 Application Protocol) 프로토콜에 IAB 지원 기능이 추가되었고, Backhaul Link상의 패킷을 다중 홉으로 라우팅하기 위한 BAP(Backhaul Adaptation Protocol) 프로토콜이 새롭게 정의되었다.

IAB-node Migration은 IAB-node의 이동으로 인한 토폴로지 변화에 대응하기 위한 절차이다. 그림 9와 같이 IAB-node가 이동하여 다른 IAB-donor CU에 접속하는 Inter-donor Migration의 경우 Par-

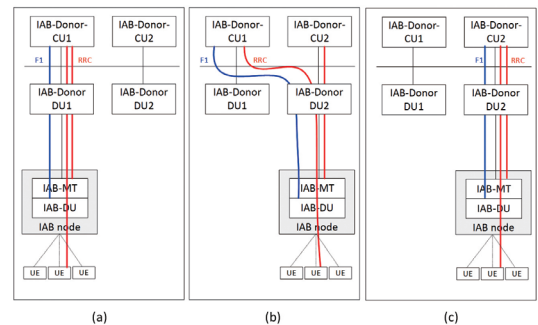


그림 9 IAB-node migration. (a) Before migration, (b) After partial migration, (c) After full migration

tial Migration과 Full Migration으로 구분된다. Partial Migration은 IAB-DU가 현재 접속된 IAB-donor CU와의 F1 연결을 유지한 채 IAB-MT만 다른 IAB-donor CU로 핸드오버하는 경우로서, IAB-node에 접속된 사용자 단말은 현재 연결이 그대로 유지된다. Partial Migration이 반복될수록 연결 경로상에 중간 노드 수가 많아지게 되어 전송 지연 및 오버헤드가 발생한다. Full Migration 절차는 IAB-MT와 IAB-DU 모두 새로운 IAB-donor CU로 핸드오버하는 절차이다. 이 경우 IAB-DU는 새로운 IAB-donor 기지국에 의해 셀이 재설정되기 때문에 IAB-node에 접속된 사용자 단말은 핸드오버 절차를 수행하게 된다. 고정형 IAB의 경우 Partial Migration에 초점을 두고 있지만, 고속 이동성이 추가된 Mobile IAB에서는 Full Migration까지 포함한 토폴로지 적응 최적화를 다루고 있다.

3GPP Rel-17에서는 IAB 기술에 대한 성능 향상(Enhancement) 작업이 진행되었다. IAB-node의 견고한 무선 Backhaul 망을 위한 이중 연결성(Dual Connectivity), 무선 Link 실패 복구 절차, 부하 분산, 스펙트럼 성능 향상 측면에서 표준화가 이루어졌으며, 5G NR 기지국의 커버리지 확장에 초점을 둔 반 고정형 서비스 시나리오를 기반으로 표준화가 진행되었다[13].

2022년 9월부터는 IAB-node가 이동 차량에 장착되어 차량 내부 및 차량 외부 인접 단말에 5G 통신 커버리지와 서비스를 제공하는 Mobile IAB에 대한 표준화가 Rel-18 아이টে็ม으로 진행되고 있다. Mobile IAB는 Rel-17 IAB 구조와 프로토콜에 기반하고 있으며, 가장 마지막 단의 IAB-node(즉, Child IAB-node 없이 사용자 단말만 서비스하는 IAB-node)만이 이동성을 지원하는 것으로 범위를 한정하고 있다. IAB-node가 이동한다는 것은 셀이 이동하는 개념을 가지기 때문에, 이로 인해 새롭게 해결해야 할 문제점

들이 발생한다. 여기에는 Mobile IAB-node의 잦은 이동성 지원을 강화하기 위해 Full Migration을 포함한 토폴로지 적응 절차의 최적화, Mobile IAB-node에 접속된 사용자 단말들의 그룹 핸드오버 기술의 개선, IAB-node가 이동함으로써 발생하는 주변 셀과의 간섭(예: PCI 충돌 등) 등이 세부적으로 논의되고 있다[14].

Mobile IAB에 대한 기술 표준화가 TSG-RAN을 중심으로 진행되고 있는 것과 병행하여 TSG-SA에서는 MBSR(Mobile Base Station Relay)이라는 이름으로 차량 탑재 Relay에 대한 표준화를 5G 시스템 요구사항 및 구조 측면에서 진행하고 있다. MBSR은 무선 Access 네트워크 측면에서 Mobile IAB 기술로 실현된다고 볼 수 있다. SA1에서는 MBSR에 대한 Use Case 및 요구사항을 연구하여 2021년 9월에 5G 시스템 Stage 1 규격 TS 22.261[15]에 반영하였고, SA2에서는 MBSR을 지원하기 위한 시스템 구조 향상에 관한 연구를 통해 MBSR에 접속된 단말의 이동성 및 Access 관리, MBSR의 Cell ID 및 TAC(Tracking Area Code) 관리, MBSR에 접속된 단말로의 위치 서비스 제공 등과 같은 핵심 이슈 및 해결책들을 2022년 12월에 TR 23.700-05[16] 보고서로 작성하였으며, 이를 기반으로 5G 시스템 구조 Stage 2 규격 TS 23.501[17]에 MBSR 관련 사항을 표준으로 반영하는 작업을 진행하고 있다.

V. 저궤도 군집 위성통신 환경의 발전 전망

저궤도 위성은 낮은 고도와 적은 커버리지 특성으로 인해 다수의 위성이 다중홉 통신으로 연결된 군집 위성 체제의 운영이 필요하다.

앞서 기술한 바와 같이, 3GPP에서는 Transparent 위성뿐만 아니라 위성에 기지국의 일부/전체 기능

이 탑재되는 Regenerative 위성을 위한 표준화가 진행될 예정이며, 위성에 기지국 기능이 탑재될 경우의 시스템 구조로는 Mobile IAB가 활용된 다중홉 무선 Relay 형태의 군집 위성 체계가 유력한 후보로 예상된다. 또한, Rel-19에서는 Stage 1단계로 지상망과 관계없이 위성만을 통한 단말 간 통신이 지원되는 사례 및 요구사항이 도출되고 있으므로 6G 범주에서는 이를 지원하는 구조로의 진화도 예상된다.

이러한 3GPP 표준화 흐름 및 방향을 고려해 볼 때, 저궤도 군집 위성통신 환경의 발전 단계는 다음과 같이 전망해 볼 수 있다.

1. 1단계: 단일 위성을 통한 통신

1단계는 저궤도 위성을 이용한 통신의 가장 기초 단계로, Transparent 또는 Regenerative 위성을 이용한 통신이 가능하며, 그림 10과 같이 지상망과 연결된 단일 위성을 통해 짧은 시간 한정된 지역에서만 통신 서비스 제공이 가능하다. 그림 11은 Transparent 위성 사용 시 시스템 구조의 예를 보여준다.

2. 2단계: 동일 궤도의 단일/다중홉 ISL 연결을 통한 위성통신

2단계는 하나의 궤도로 운영되는 저궤도 군집 위성을 이용한 통신의 기본 단계로, 기지국 기능이 탑재된 Regenerative 위성을 이용한 통신이 가능하며, 그림 12와 같이 동일 궤도상에 고정형 단일/다중홉 ISL 경로를 통해 연결된 저궤도 군집 위성들을 이용한 통신 서비스를 제공한다. 지상 단말을 위한 서비스 연속성 보장을 위해 군집 위성 간의 이동성 관리나 핸드오버 기능 제공이 필요하며, 위성의 부분 기지국 기능은 지상 기지국 및 Core 장비와 연동되어야 하므로, 지상 단말 관련 Signaling



그림 10 1단계 통신 시나리오

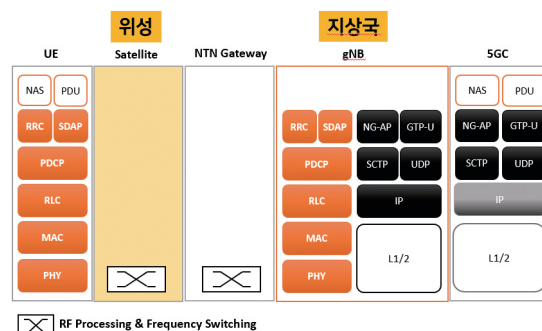


그림 11 Transparent 위성을 이용한 구조의 예

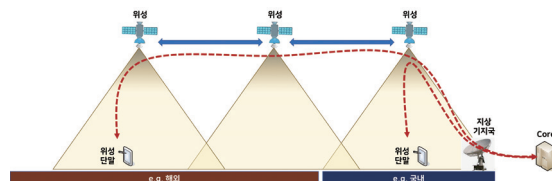


그림 12 2단계 통신 시나리오

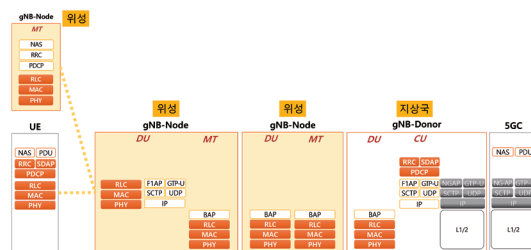


그림 13 Mobile IAB 기반 시스템 구조의 예

및 Traffic은 지상망으로 전달되고 처리된다. 그림 13은 Mobile IAB 기반의 위성 시스템 구조의 예를 보여준다.

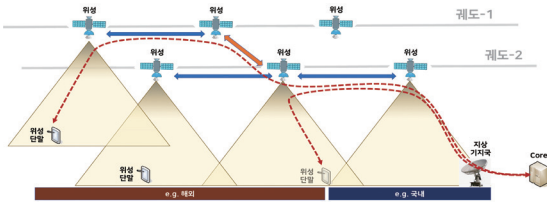


그림 14 3단계 통신 시나리오

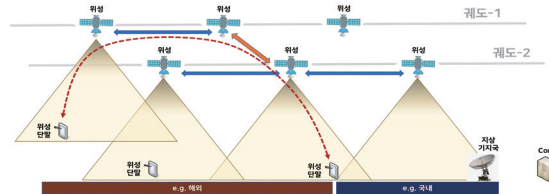


그림 15 4단계 통신 시나리오

3. 3단계: 다중 궤도의 다중홉 ISL 연결을 통한 위성통신

3단계는 다수 궤도로 운영되는 저궤도 군집 위성통신으로의 확장 형태로, 기지국 기능이 탑재된 Regenerative 위성을 이용한 통신이 가능하며, 그림 14와 같이 여러 궤도상에 비 고정형 다중홉 ISL 경로를 통해 연결된 저궤도 군집 위성들을 이용한 통신 서비스를 제공한다.

지상 단말을 위한 서비스 연속성 보장을 위해, 군집 위성 간의 이동성 관리나 핸드오버 기능 제공이 필요하며, 위성의 부분 기지국 기능은 지상 기지국 및 Core 장비와 연동되어야 하므로, 지상 단말 관련 Signaling 및 Traffic은 지상망으로 전달되고 처리된다. 3단계의 Mobile IAB 기반 위성 시스템 구조는 2단계와 동일하다.

4. 4단계: 다중 궤도의 다중홉 ISL 연결 및 위성에서의 로컬 서비스 제공

4단계는 다수 궤도로 운영되는 저궤도 군집 위성의 진화된 형태로, 기지국의 전체 기능과 부분적으로 Core와 MEC(Mobile Edge Computing) 기능이 탑재된 Regenerative 위성을 필요로 한다. 그림 15와 같이 여러 궤도상에 비 고정형 다중홉 ISL 경로를 통해 연결된 저궤도 군집 위성들을 이용한 통신 서비스



그림 16 4단계 시스템 구조의 예

를 제공한다. 지상 단말을 위한 서비스 연속성 보장을 위해 군집 위성 간의 이동성 관리나 핸드오버 기능 제공이 필요하며, 위성 커버리지 내의 지상 단말 간 통신 서비스는 지상망과 독립적으로 위성이 직접 제공할 수 있다. 그림 16은 위성 시스템 구조의 예를 보여준다.

VI. 결론

저궤도 위성의 제작, 발사, 운용 기술 발전 및 소요 비용 감소로 향후 가까운 미래에 수천~수만 대의 저궤도 위성이 신규로 운영될 것이며, 5G 및 차세대 이동통신 기술과 접목된 저궤도 군집 위성통신은 미래의 핵심 통신 인프라 중 하나로 자리매김할 것이다.

국가를 넘어 지구촌 어디나 24시간, 365일 상시 서비스가 가능한 글로벌 통신 네트워크인 저궤도 군집 위성 시스템의 시장 선점을 위한 세계 통신 강국들의 경쟁이 이미 시작되었다. 이를 고려하여 국

내에서도 민·관의 적극적인 관련 사업 추진 및 연구 재정 지원, 인력 충원 등을 통해 기술 우위 선점 및 시장 확보를 위한 노력이 시급하다고 할 수 있다.

용어해설

5G 5세대 이동통신을 의미하며, LTE 등 기존 4세대 이동통신과 달리 대용량, 저지연·고신뢰, 초연결 통신 기술 제공을 통해 다양한 산업 분야에 활용될 뿐만 아니라, 지상 및 항공·위성 등 비지상 영역의 통신 기술로 확장되고 있음

LEO/저궤도위성 36,000km 상공의 정지궤도, 2,000~20,000km 상공의 중궤도 위성체에 비해 고도가 낮은 160~2,000km 상공에서 운행되는 위성으로, 상대적으로 대용량 및 저지연 Data 통신에 장점을 가짐

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5G	5th Generation
BAP	Backhaul Adaptation Protocol
CU	Central Unit
DU	Distributed Unit
F1AP	F1 Application Protocol
GEO	Geostationary Earth Orbit
gNB	Next Generation NodeB
IAB	Integrated Access and Backhaul
ISL	Inter Satellite Link
LEO	Low Earth Orbit
MBSR	Mobile Base Station Relay
MEO	Medium Earth Orbit
MT	Mobile Termination
NR	New Radio
NTN	Non-Terrestrial Network
PCI	Physical Cell ID
RAN	Radio Access Network
S&F	Store and Forward
SA	Service and System Aspects
TAC	Tracking Area Code

TN	Terrestrial Network
UE	User Equipment
VMR	Vehicle Mounted Relay

참고문헌

- [1] 3GPP TR 38.821 v16.1.0, Solution for NR to Support Non-Terrestrial Networks(Release 16), 2021. 5.
- [2] RP-223534, WID: NR NTN enhancements, 3GPP RAN#98e, 2022. 12.
- [3] RP-223519, WID: IoT NTN enhancements, 3GPP RAN#98e, 2022. 12.
- [4] SP-221344, WID: 5GC/EPC enhancement for satellite access Phase 2, 3GPP SA#98e, 2022. 12.
- [5] SP-220808, WID: 5G system with satellite backhaul, 3GPP SA#97e, 2022. 9.
- [6] SP-220875, SID: Study on security aspects of satellite access, 3GPP SA#97e, 2022. 9.
- [7] SP-221162, SID: Study on charging aspects of satellite in 5GS, 3GPP SA#98e, 2022. 12.
- [8] SP-220679, SID: Study on satellite access-Phase 3, 3GPP SA#96e, 2022. 6.
- [9] SP-220445, SID: Study on upper layer traffic steering, switching and split over dual 3GPP access, 3GPP SA#96e, 2022. 6.
- [10] 3GPP TR 22.865 v0.2.0, Study on Satellite Access-Phase 3(Release 19), 2022. 12.
- [11] 3GPP TR 38.874 v16.0.0, NR; Study on Integrated Access and Backhaul, 2019. 1.
- [12] 3GPP TS 38.401 v17.3.0, NR-RAN; Architecture Description, 2023. 1.
- [13] 3GPP RP-221177, Revised Work Item Description on Enhancements to Integrated Access and Backhaul for NR, 2022. 6.
- [14] 3GPP RP-213601, Revised Work Item Description on Mobile IAB, 2021. 12.
- [15] 3GPP TS 22.261 v19.1.0, Service Requirements for the 5G System, 2022. 12.
- [16] 3GPP TR 23.700-05 v18.0.0, Study on Architecture Enhancements for Vehicle-Mounted Relays, 2022. 12.
- [17] 3GPP TS 23.501 v18.0.0, System Architecture for the 5G System(5GS), 2022. 12.