

위성통신 산업의 전망과 표준 이슈

홍대식 연세대학교 전기전자공학부 교수
 황인철 연세대학교 전기전자공학부 연구원
 김한웅 연세대학교 전기전자공학부 연구원

1. 머리말

'7388'. 이것은 미국 스페이스X(SpaceX)가 스타링크(Starlink) 프로젝트로 2019년부터 2024년 11월 24일까지 쏘아 올린 LEO(저궤도, Low Earth Orbit)위성의 개수다. 스페이스X가 로켓 재사용 기술을 개발해 1회 발사 비용을 대폭 줄인 덕분에 2017년부터 엄청난 개수의 위성이 하늘로 올라가고 있다. 위성 개수의 폭발적인 증가로 LEO 위성통신 산업은 비약적인 발전을 하고 있다. 실제로 스페이스X, 원웹(OneWeb), 아마존(Amazon) 등의 기업들은 수천에서 수만 대의 LEO위성을 통해 글로벌 서비스를 지원하는 것을 목표로 하고 있다.

LEO 위성통신 시스템은 VSAT(Very Small Aperture Terminal) 단말과 스마트폰 단말, 그리고 사물인터넷(IoT) 단말을 서비스한다. 각각의 단말은 쓰임새가 다르기 때문에 목표로 하는 성능도 모두 다르다. VSAT 단말은 선박, 비행기와 같이 지상파 서비스가 불가능한 곳에서 백홀(backhaul)망의 역할을 하기 때문에 높은 전송 속도의 광대역 통신을 요구한다. 반면, 스마트폰 단말과 IoT 단말은 상대적으로 낮은 전송 속도를 요구하지만, 단말 개수가 매우 많고 안테나 이득이 작다는 특징이 있다.

NTN(비지상망, Non-Terrestrial Network) 표준화에 대한 논의는 3GPP Release-15(2017년)에서 5G 이동통신 초기 표준화 회의로 시작됐다. Release-15와 16을 NTN의 연구 단계(study phase)로 정의했고, Release-17(2020년)부터는 규범 단계(normative phase)로 정의했다. 즉, Release-17부터가 본격적으로 NTN 성능을 향상시키기 위한 단계라고 볼 수 있다. 하지만, 같은 해 스타링크가 이미 첫 상용 서비스를 제공했다는 점을 감안하면, 표준 논의가 실제 산업 발전 속도에 비해 상당히 더디다고 할 수 있다.



[그림 1] 2034년까지 위성통신 시장의 규모 예측

2. 주요 위성통신 애플리케이션별 표준화 현황 및 산업계 현황 비교

2.1 광대역 위성통신 시스템

광대역 위성통신 시스템은 Ka 또는 Ku 주파수 대역에서 VSAT 단말을 통해, 수백 Mbps 수준의 고속데이터 통신을 지원하는 시스템을 의미한다.

2.1.1. VSAT 단말기를 위한 광대역 위성통신 시스템 기술현황

광대역 위성통신 시스템의 표준화는 VSAT 단말을 기반으로 다양한 규격에서 이뤄져 왔다. 특히, VSAT 단말을 기반으로 한 DVB(Digital Video Broadcasting) 표준이 주요 기준으로 자리잡고 있다. 2014년 DVB-S2X 규격에서 다중 빔 사용에 대한 표준화 개정이 완료됐으며, 이후 2018년 LEO 위성통신 시스템을 지원하기 위한 추가적인 개정 작업이 진행됐다. 이러한 작업은 2020년 물리계층에 대한 표준화 완료로 이어지며, 지속적으로 발전하고 있다.

한편, 3GPP는 Release-18에서야 비로소 10GHz 이상 주파수 대역을 활용하는 VSAT 단말을 표준화 대상으로 포함시켰다. 그러나 이 표준화 작업은 LEO 위성통신 시나리오에서 고정된 위치의 VSAT 단말만을 고려했으며, 물리계층에서 VSAT 단말의 송수신 요구사항 정의에 국한된 제한적인 형태로 이뤄졌다.

2.1.2 광대역 위성통신 시스템 개발 현황

광대역 위성통신 시스템 분야는 스페이스X를 비롯해 원웹, 아마존 등 주요 기업들이 주도하고 있다. 이들은 산업 현장, 선박, 항공기, 원격 지역 등 다양한 분야에서 고속 데이터 서비스를 제공하며 시장을 빠르게 확대하고 있다. 공통점은 표준화된 규격이 아니라 자체 기술과 규격을 기반으로 상용화를 시작했다는 점이다.

스페이스X 스타링크는 LEO위성을 활용한 광대역 위성통신 서비스로, 약 550km 고도 위성을 운영하며, 자체 개발한 접시 안테나(dish)를 통해 150Mbps 이상 다운로드 속도를 제공한다. 원웹은 1,200km 고도 LEO위성을 기반으로 광대역 위성통신 서비스를 제공하며, 2023년 8월 기준 세계 87개국에서 상용 서비스를 시작했다. 특히, 2023년 10월 부산에서 열린 코마린 전시회에서 150Mbps 다운로드 속도를 기록하며 서비스 안정성을 입증했다. 아마존 카이퍼(Kuiper) 프로젝트는 아직 상용화 단계에 이르지 않았으나, 약 600km 고도에서 위성 네트워크를 구축하고 Ka 대역을 활용해 농촌 및 외딴 지역에 광대역 서비스를 제공할 계획이다. 출시 이후 주거용 서비스는 400Mbps 속도, 산업용 서비스는 1Gbps 속도를 목표로 하고 있다.

2.1.3 광대역 위성통신 시스템 산업에 있어서 우리가 앞으로 나아가야 할 방향

스페이스X와 같은 선두 주자들이 제공하는 상용화서비스는 표준화를 따르지 않고도 안정적으로 운영되고 있는 것으로 보인다. 그러나 일부 전문가들은 카이퍼 프로젝트를 포함한 후발주자들에게 1)광범위한산업 생태계의 혜택, 2) 지상 네트워크와의 통합 가능성을 이유로 표준 기반 네트워크 구축을 권장한다.

현재 우리나라 위성 기술은 LEO 위성통신 시스템을 독자적으로 구축하기에는 아직 미흡한 실정이다. 그러나, 급속도로 발전하는 위성통신 산업에서 소극적으로 머무를 수는 없다. 이러한 상황

에서 나아가야 할 중요한 방향 중 하나는 VSAT 단말의 송수신 관련 기술력을 강화해 글로벌 시장에서 경쟁력을 확보하는 것이다. 현재 스타링크는 자체 개발한 접시 안테나를 사용하고 있지만, 일부 위성 회사는 VSAT 단말을 직접 제작하지 않고 있다. 이러한 틈새 시장을 공략해 국내 기업이 VSAT 단말 생산 기술을 선도한다면, 글로벌 위성 산업에서 경쟁력을 확보할 가능성이 있다. 예를 들어, 인텔리안 테크놀로지스(Intellian Technologies)는 생산 기술력을 기반으로 원웹, 아마존 같은 글로벌 위성 기업과의 협력을 통해 VSAT 단말과 게이트웨이 안테나를 공급하며 글로벌 시장에서 입지를 강화해가고 있다. 이러한 성공 사례를 참고해 우리나라가 VSAT 단말 기술 개발에 박차를 가하고, 이를 기반으로 자체적인 위성통신 시스템 개발로 확장해 나간다면, 국내 위성 산업 전반의 성장을 기대할 수 있을 것이다.

2.2 스마트폰 단말과 사물인터넷 단말을 서비스하는 D2D 위성통신 시스템

D2D(단말직접통신, Direct-to-Device) 위성통신시스템은 특정 이동통신 사업자가 소유한 주파수 대역 또는 3GPP NTN 규격에 의해 정의된 주파수 대역(L-band와 S-band)을 활용해 스마트폰 단말과 IoT 단말에 위성이 직접 통신을 제공하는 시스템을 의미한다.

2.2.1. D2D 위성통신 시스템 관련 표준화 현황

3GPP에선 Release-17부터 스마트폰 단말과 IoT 디바이스를 타겟으로 D2D 위성통신을 지원하기 위한 다양한 기술적 솔루션이 제안됐다. 특히, 스마트폰 GNSS(범지구 위성항법시스템, Global Navigation Satellite System) 정보를 활용해 동작할 수 있는 시나리오에서 5G NR(New Radio) 및 NG-RAN(Next Generation Radio Access Network)이 NTN을 지원할 수 있도록 구체적인 방안이 제안됐다. 제안된 내용은 시간 주파수 동기화를 위한 NTN 단말의 사전보상 기법, 긴 전파시간에 의한 HARQ stalling 문제해결 등이다.

2.2.2. D2D 위성통신 시스템 개발 현황

3GPP에서 D2D 위성통신 시스템에 대한 개념 연구와 표준화 작업이 이미 진행됐음에도 불구하고, 주요 위성통신 업체들은 자체 기술 및 규격을 기반으로 한 D2D 위성통신 서비스 출시를 계획하고 있다. 특히, 스타링크와 AST 스페이스모바일(SpaceMobile)은 이미 상용화를 위한 테스트를 진행하는 중이다.

스타링크는 D2D 위성통신 서비스를 통해 기존 LTE 스마트폰과 직접 연결 가능한 위성 기반 네트워크를 구축하고 있다. 이 서비스는 추가 하드웨어나 앱 변경 없이 기존 스마트폰으로 사용할 수 있다는 점에서 주목받고 있다. 기존 스타링크 위성이 550km 고도에서 운용되는 것과 달리, D2D 위성통신 서비스 전용 위성은 300km 고도에서 eNodeB 모뎀을 탑재하고 셀 타워 역할을 수행한다. 스타링크는 D2D 위성통신 서비스를 위해 위성의 고도를 낮추려는 노력을 지속적으로 하고 있다.

스타링크 D2D 위성통신 서비스는 2024년에 텍스트 서비스, 2025년에 음성 및 데이터 서비스를 상용화할 계획이었으나, FCC(미국 연방통신위원회, Federal Communications Commission) 규제로 인해 출시 일정이 지연되고 있다. 다만, 스타링크는 2024년 10월, 허리케인 헬렌으로 피해를 입

은 미국 노스 캐롤라이나 일부 지역에 한해 일시적인 FCC 허가를 받아 D2D 위성통신 서비스를 제공함으로써, 해당 서비스의 유용성을 입증했다.

AST 스페이스모바일은 D2D 위성통신 서비스 제공을 위해 2024년 9월 위성 5대를 발사했다. 이 위성들은 각각 64m² 통신용 배열 안테나를 탑재하고 있으며, 별도 장비 없이 기존 스마트폰과 직접 연결 가능하다. AST 스페이스모바일은 AT&T와의 협력을 바탕으로 850MHz 대역을 사용해 미국 지역에 서비스할 예정이다.

반면, 삼성전자와 같은 주요 칩 제조사, 이리듐(Iridium)과 같은 위성통신 사업자들은 3GPP 표준 기반 위성통신 기술 개발을 통해 시장 경쟁력을 강화하고 있다. 삼성전자는 NTN 표준 기반 위성통신을 지원하는 단일 칩 솔루션을 개발했고, 현재 상용화를 준비하는 중이다. 이리듐은 스타더스트(Stardust) 프로젝트를 통해 기존 자체 규격 기반의 접근 방식을 버리고 3GPP 기반 IoT 표준 기반으로 전환, 장기적 경쟁력 강화를 꾀하고 있다. 이리듐은 2026년까지 Release-17 기반 IoT 기술과 D2D 위성통신 서비스를 지원하기 위해 위성통신 네트워크를 업그레이드 할 계획이다.

2.2.3. D2D 위성통신 시스템 산업에 있어서 우리가 앞으로 나아가야 할 방향

스타링크와 T-모바일(Mobile), AST 스페이스모바일과 AT&T의 협력 사례는 위성 기반 D2D 위성통신시스템의 상용화를 가속화하고 있다. 특히, D2D 위성통신 시스템은 기존 스마트폰에서 추가 하드웨어 없이도 텍스트 및 음성 서비스를 지원한다는 점에서 초기 시장 접근성이 매우 높다고 할 수 있다. 하지만 스타링크의 경우, 글로벌 스펙트럼 규제 문제로 인해 서비스 제공이 제한되고 있으며, 앞서 언급했듯이, 자체 규격 기반 서비스가 장기적으로는 표준 기반 경쟁사보다 경쟁력이 떨어질 가능성이 있다는 전문가들의 우려가 제기되고 있다.

D2D 위성통신 시스템이 장기적으로 성장하기 위해선 표준 기반 기술의 도입에 대한 고려가 필요해 보인다. 표준화는 위성 네트워크와 지상 네트워크 간 원활한 통합을 가능케 하고, 스펙트럼 규제 문제를 완화해 서비스 제공 지역을 확대할 것이다. 이를 통해, D2D 위성통신 서비스는 더 다양한 사용 사례를 지원하며, 글로벌 통신 시장에서 핵심적인 역할을 할 것으로 기대된다.

이리듐은 표준 기반 기술로의 전환을 통해, 스펙트럼 문제를 해결하고 장기적인 경쟁력을 확보하려는 전략을 선택한 대표적인 기업이다. 이리듐은 L-band 주파수를 사용해 스펙트럼 규제를 피하고 있으며, 이는 스펙트럼 규제 문제를 해결해야 하는 경쟁사 대비 중요한 차별화 요소다. 또한, 이리듐은 3GPP 표준을 도입함으로써, 글로벌 이동통신 생태계와의 협력을 통해 대규모 칩셋 및 단말기 생산이 가능해졌다. 이를 바탕으로, 이리듐은 비용을 대폭 절감할 수 있을 것으로 예상된다.

우리나라가 D2D 위성통신 서비스 분야에서 중요한 역할을 하기 위해선, 위성 기반 IoT 및 스마트폰 단말과의 상호운용성을 보장할 수 있는 표준 기반 솔루션을 선제적으로 연구하고, 이를 통해 국제표준화 작업에 기여해야 한다. 예를 들어, 삼성은 도플러 천이 보상 표준 기술을 개발하고 이를 엑시노스 모뎀 5300에 적용해 검증까지 성공하며 경쟁력을 입증했다. 이러한 사례는 우리나라가 D2D 서비스 글로벌 시장에서 선도적인 위치를 확보하는 데 중요한 전략이 될 수 있다.

3. 맺음말

위성통신 기술은 지상 네트워크의 한계를 보완하며, 글로벌 연결성을 새로운 수준으로 끌어올릴 잠재력을 지니고 있다. 특히, 6G 이동통신 시대에서 위성통신은 전 지구적 연결성을 실현하는 핵심 인프라로 자리 잡을 것이다. 3GPP 표준화와 글로벌 기업 간 협력은 위성과 지상 네트워크 간 통합을 가속화하며, 이를 통해 재난 대응, 항공 교통, 해상 운송, 원격 의료 등 다양한 응용 사례에서 새로운 가치를 창출할 것으로 기대된다.

우리는 빠르게 발전하는 위성통신 산업의 흐름에 발맞춰 나아가야 한다. 비록 위성체 기술을 따라잡는 것이 쉽지 않겠지만, 위성통신 시스템을 위한 모뎀 산업, 위성탑재 안테나 산업 등은 통신 강국인 우리나라가 충분히 경쟁력을 발휘할 수 있는 분야다. 이를 위해, 국가 차원에서 산업에 대한 충분한 투자와 전문 인력 양성이 뒷받침돼야 한다. 최근 LEO 위성통신 사업의 예비타당성 조사가 통과된 것은 긍정적인 전환점이 될 것이다. 이를 기반으로, 우리나라 LEO 위성통신 산업이 더욱 발전하고, 글로벌 시장에서 중요한 역할을 할 수 있기를 기대해 본다.

[참고문헌]

- [1] <https://planet4589.org/space/con/star/stats.html>
- [2] Alessandro Vanelli-Coralli, Nicolas Chuberre, Gino Masini, Alessandro Guidotti, Mohamed El Jaafari "5G Non-Terrestrial Networks: Technologies, Standards, and System Design"
- [3] <https://www.starlink.com/map>
- [4] https://www.etnews.com/20230802000173?utm_source=chatgpt.com
- [5] https://www.newstomato.com/ReadNews.aspx?no=1205595&utm_source=chatgpt.com
- [6] https://techrecipe.co.kr/posts/51885?utm_source=chatgpt.com
- [7] <https://www.telecoms.com/telecoms-infrastructure/analyst-urges-amazon-to-make-kuiper-satellites-compatible-with-5g>
- [8] <https://totaltele.com/fcc-licences-starlinks-direct-to-device-services-as-part-of-hurricane-relief-efforts/>
- [9] <https://www.space.com/spacex-ast-spacemobile-bluebird-launch-september-2024>
- [10] <https://www.heise.de/en/news/Global-mobile-satellite-communication-SpaceX-fails-and-calls-forexemption-9992691.html>
- [11] <https://news.samsungsemiconductor.com/kr/tag/5g-ntn/>

※ 출처: TTA 저널 제216호