

저궤도 위성통신망 기반 글로벌 무선통신 기술 동향

Research Trends in Global Wireless Communication Technology Based on the LEO Satellite Communication Network

김판수 (Pansoo Kim, pskim@etri.re.kr)

위성광역인프라연구실 책임연구원/기술총괄

유준규 (Joon-Gyu Ryu, jgryurt@etri.re.kr)

위성광역인프라연구실 책임연구원/실장

변우진 (Woojin Byun, wjbyun@etri.re.kr)

전파위성연구본부 책임연구원/본부장

ABSTRACT

In this paper, the contemporary deployment of broadband and Internet-of-Things (IoT) services based on the Low Earth Orbit (LEO) satellite communication network is presented. First, the global service and key technologies of small and nanosatellites are briefly addressed, and then, the progress of relevant standard technologies is explained. Finally, the overall potential for the future development of the LEO satellite communication network is highlighted.

KEYWORDS 저궤도 위성통신, DVB, 3GPP, 비지상네트워크(NTN), IoT

1. 서론

미국의 민간기업인 스페이스엑스(SpaceX)는 펄컨(Falcon) 9 위성 재사용 발사체를 활용해 위성 발사에 성공함으로써 그동안 위성 발사에 있어 큰 부담으로 여겨졌던 부분의 혁신은 새 우주(New Space) 시대를 기대할 만큼 큰 성장 동력이 되기 시작했다[1]. 아울러, ICT 기술의 발전으로 인해 통신 위성 탑재체 핵심 부품의 소형화, 위성 표준 플

랫폼화 등의 혁신은 위성제작비용 절감으로까지 이어졌다. 이로 인해, 기존의 우주 산업기술 및 시장이 정부 주도에서 민간영역으로 확대됨에 따라 관련 활용 서비스 분야도 다양해졌다. 2012년부터 2017년 발사된 상용 위성 중 원격감시 분야가 87%를 차지하는 수준이었으나 최근 원웹(OneWeb), SpaceX, 텔레셋(Telesat), 아마존(Amazon) 등 저궤도 위성군을 활용한 글로벌 인터넷 망 구축 사업이 활발히 진행되고 있다[2,3]. 현재는 시험위성발사를

* DOI: <https://doi.org/10.22648/ETRI.2020.J.350507>

* 본 논문은 한국전자통신연구원 연구운영지원사업의 일환으로 수행되었음[20ZH1160, 3GPP NTN 기반 입체통신 및 한국형 L6/S 위성항법 원천기술개발].



본 저작물은 공공누리 제4유형

출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

©2020 한국전자통신연구원

통한 서비스 검증 단계이며, 목표 서비스 개시는 2~3년 이후가 될 것으로 예측된다. 광대역 서비스 외에 IoT 및 음성 위주의 서비스 분야에서는 중형급(500~1,000kg) 위성을 사용하는 이리듐(Iridium), 글로벌스타(Globalstar), 오브콤(Orbcomm) 등의 사업자가 서비스 제공 중이며, 저궤도 마이크로 위성(100kg 이하)을 이용한 IoT 서비스는 미국 스파이어(Spire), 캐나다 케플러(Kepler), 호주 플릿(Fleet), 영국 라쿠나 스페이스(Lacuna space), 프랑스 유텔셋(Eutelsat) 등에서 서비스 준비 중에 있다. 본 고에서는 저궤도 위성통신망 기반 글로벌 무선 통신 기술 현황 및 향후 진행 방향에 대해 소개하고자 한다.

II. 국외 기술 동향

1. 초광대역 글로벌 서비스

저궤도 위성은 정지궤도 위성 대비 낮은 전송 지연 특성을 이용하여 다수의 저궤도 군집 위성 운용을 통해 커버리지를 확대함으로써 글로벌 ICT 서비스를 제공하는 것이 가능하다. 이러한 글로벌 망 구성의 장점으로 인해 기존 또는 신규 글로벌 기업들은 막대한 투자자본을 기반으로 (초)소형 군집 위성기반 인터넷 서비스 실현을 위한 본격적인 경쟁에 돌입한 상황이다. 2019년 한 해 SpaceX는 13억 3천만 달러의 투자를 유치하였고, 2020년 추가로 2억 5천만 달러를 추가로 투자를 유치 중에 있다. 통계에 따르면 2026년 발사예정인 소형 위성 2,614기의 50% 이상이 통신 위성이며 중국 화웨이에서도 저궤도 위성을 활용한 6G 서비스 계획 발표(2018년 10월)하는 등 통신 분야에서의 저궤도 소형 위성의 역할이 중요시될 전망이다. 2019년까지 15개가 넘는 저궤도 위성군 프로젝트들이 통신 및 관측 시장에서 경쟁 중이며, 향후 정

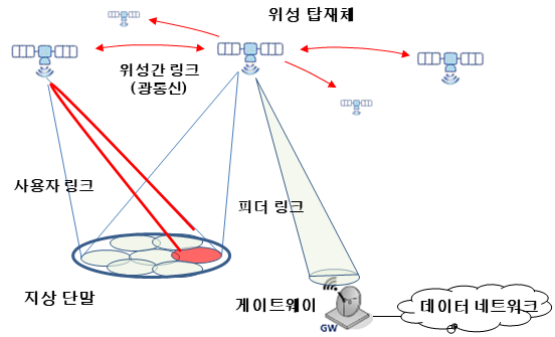


그림 1 저궤도 위성통신망 구조

지궤도 위성 사업자와 연계, 경쟁, 공생할 것으로 예상된다. 현재까지 저궤도 글로벌 위성통신망 구축 계획은 SpaceX, Telesat LEO, Amazon, 화웨이 등 글로벌 기업들이 서비스 계획을 발표하고 FCC 주파수 사용 승인 요청, 위성체 제작 및 시험 운용 등 저궤도 소형위성기반 글로벌 위성통신 서비스 추진을 위한 노력을 진행 중에 있다. 저궤도/중궤도 군집위성 대용량 통신서비스 사업은 주로 Ku/Ka 대역 사용자 링크가 사용될 전망이며 기존 위성통신 주파수 대역과 비슷하다. 이러한 망 구조는 그림 1과 같이 지상 게이트웨이와 위성 탑재체를 거쳐 지상 단말로 연결해 주거나 위성 간 링크(ISL: Inter Satellite Link)를 통해서 지상 단말로 연결이 가능하다.

가. Oneweb 서비스 및 기술 동향

Oneweb은 가장 먼저 저궤도 위성통신망 사업을 시작했으며 현재는 중단 중에 있지만, 종래 계획으로는 2021년까지 648개의 저궤도 위성 발사를 통해 1개 위성당 평균 2.17Gbps의 데이터 속도를 지원하고자 하였다. 2020년 미주지역 서비스 및 2021년 글로벌 서비스 제공 계획을 목표로 추진했었고 2019년 3월 일본 소프트뱅크, 미국 쉐림 등으로부터 \$1.25B USD(1.45조 원) 유치를 포함하여 현재

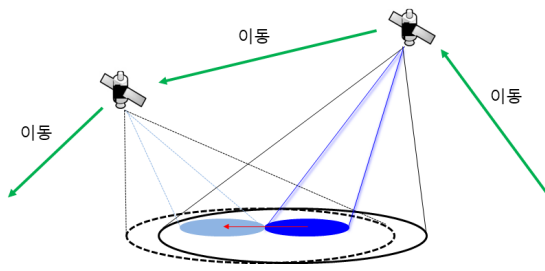


그림 2 지구 고정셀 구조

까지 약 \$3.4B USD(4조 원) 유치하였다. 2020년 3월, 34개의 위성발사 성공을 포함해서 총 74개의 저궤도 위성군과 22개의 지상국을 보유한 상태이며, 400Mbps 이상의 전송속도와 32ms의 저지연 성능을 시연하였다. 시연 직후, 지속적인 자금 조달에 실패하면서 미 법정에 파산 보호 신청을 완료하고 법원 판결에 따라 매각, 파산, 법정관리가 결정되었다. 소프트뱅크로부터의 자금 조달이 원활하지 못한 이유로 Oneweb은 파산을 결정하였으며, 사업 매각을 위해 파산 보호 신청을 제출하였다. 최근 영국 정부가 인도의 대형통신기업과 손잡고 원웹의 지분 45%를 인수하였다[4]. Oneweb 탑재체는 ISL 기능이 없고 그림 2와 같이 위성이동에 따라 빔이 이동하는 구조를 가진다. 채널당 250MHz 대역폭을 가지며 총 16개 빔을 가지고 있고 전송 프로토콜 규격은 순방향링크는 SC-TDM, 역방향링크는 LTE like 한 SC-FDMA 기법으로 퀄컴에서 개발한 자체(Proprietary) 규격으로 알려져 있다[5,6].

나. SpaceX 서비스 및 기술 동향

구글(Google)과 피델리티(Fidelity)사로부터 10억 달러 투자를 받아 5년 내에 4,000개의 저궤도 위성을 사용한 고속의 개인서비스와 지상망의 광케이블을 대체할 수 있는 고속의 네트워크 구축 계획(Starlink)으로 2020년 4월 기준, 총 417기의 소



출처 <https://imgur.com/a/lygxncI0#fvZldsN>

그림 3 SpaceX 지상통신망 장치

형위성을 성공적으로 발사하였으며, 2020년 말까지 1,584개 위성 발사하여 미국/캐나다 지역 시범서비스 실시 예정이다. SpaceX는 북미 지역 위성 인터넷 서비스를 위해 1백만 대 규모로 그림 3과 같이 단말(안테나 48cm 크기) 사용에 대해 2020년 3월에 FCC 승인을 확보하였다. 72개의 궤도면(@550Km 궤도)에 각각 22개의 Starlink 위성을 배치하여 총 1,584개의 위성으로 글로벌 인터넷 서비스를 제공 계획하며 Falcon 9 로켓의 보조로켓 재활용으로 발사비용 절감, 소형위성 및 단말 위상배열 안테나 절감 비용, 특히 지상단말용 안테나는 1,500달러 수준에서 약 200~300달러의 저가화 개발을 통해 네트워크 구축비용 절감하여 가격경쟁력이 있는 글로벌 인터넷 제공 계획이다[7,8].

다. Telesat 서비스 및 기술 동향

캐나다 Telesat LEO는 약 10년 수명을 예상하는 800kg 수준의 저궤도 위성을 2022년 78개의 극궤도 위성과 2023년 220개의 경사궤도 위성을 발사할 계획이다. 총 위성네트워크의 용량은 16~24Tbps을 목표로 그 중 절반 이하만 서비스가

되는 데이터가 될 것이고, 나머지는 바다, 사막, 극지방 등 활용되지 않고 낭비될 것으로 예상하고 있다. 위성당 약 20Gbps 이상의 용량을 가질 것으로 예상되며 주로 수요가 많은 특정지역, 선박, 항공기, 기업/공공기관 Wi-Fi 네트워크로 데이터 전달 서비스가 주요 사업으로 예상된다. 데이터 서비스는 2022년 말부터 고위도 지방부터 LEO 인터넷 서비스 착수, 2023년까지 298개의 위성을 발사할 계획을 발표하였으며, 캐나다 정부와의 정보 격차 해소를 위한 양해각서를 통해 향후 10년간 12억 달러의 매출을 예상하고 있다. Telesat은 세계 4대 위성사업자로서 세계 최초의 Ka-band HTS 위성인 Anik F2 위성을 발사한 바 있으며, 2017년부터 LEO 위성 발사 등 시험에 착수하였다. Telesat은 다른 Oneweb, SpaceX와 달리 사용자 링크를 Ka 대역 주파수를 사용하고 위성 발사 수의 제약으로 최대한 커버리지를 확보하기 위해 위성 운용이 극궤도와 경사궤도를 같이 가지는 구조를 보이며, 그림 4와 같이 다중 빔호핑(BH: Beam Hopping) 기능과 디지털 빔성형 기능, 디지털 OBP 기능, 10Gbps 급의 위성 간 광통신 기능을 가진 위성이 발사될 예정이다. 이러한 위성 간 연결기능으로 인해 지상 게이트웨이 수가 50개 이하로 구성될 것으로 예상되며 약 30~50msec 네트워크 지

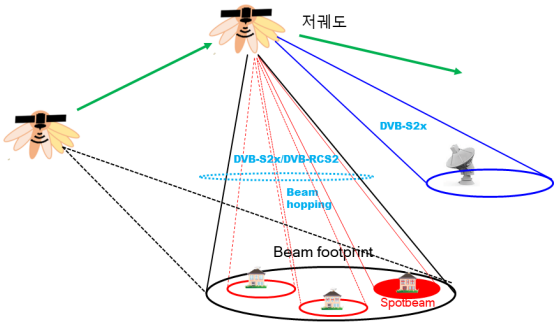


그림 4 Telesat LEO 위성통신망 개념도[9]

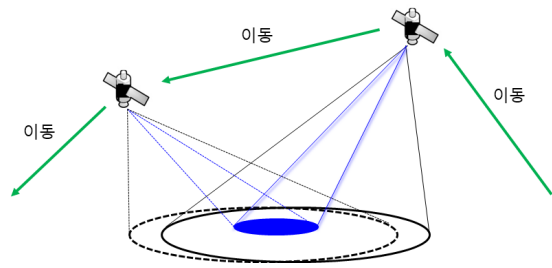


그림 5 지구 고정셀 구조

연은 이러한 게이트웨이 개수와도 관련된다고 볼 수 있다. 한편, SpaceX의 starlink와 Telesat LEO는 그림 5에서 보이듯이 지구 고정셀 형태의 빔 특성을 가진다.

앞서 언급한 대표적인 초광대역 서비스 기술 관련 특징 및 차이점은 참고문헌 [10,11]에 잘 비교 기술되어 있다. Starlink와 마찬가지로 개인 단말 서비스의 경우 소형 추적 및 평판 안테나의 가격 문제와 관련되어 초기 시장에서는 큰 주요 사업이 되지 않을 수도 있다고 Telesat은 예상한다[12].

2. 위성 IoT 서비스

위성 IoT 기술은 그림 6과 같이 넓은 커버리지 특성으로 인해 지상 기술과 연동 및 보완 형태로 지상망이 가지는 로밍 절차 없이 전 세계 글로벌

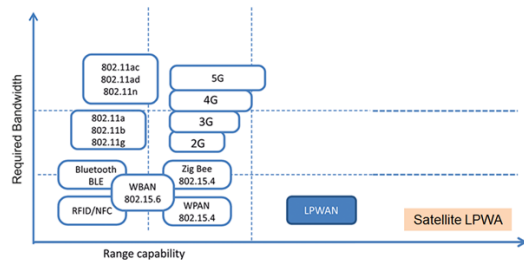


그림 6 지상 IoT와 위성 IoT 특징 비교

커버리지와 이동성을 갖춘 단말로부터 데이터 수집을 통한 새로운 인프라 구축 및 서비스 창출이 가능하다. 전 세계 N GEO(Non-GEO) 기반 IoT 매출 규모는 2027년 기준 \$2.5B(2조8천억 원) 규모로 예측되고 전 세계 N GEO 기반 IoT 서비스 매출 규모는 2017년부터 연평균 8.2% 성장하여 27년 기준 2조 8천억 원 규모가 될 것으로 예상된다. 초소형 군집위성기반 IoT 서비스 시장은 초기 생성 단계에 있으며, 대부분의 서비스 사업자들이 2018년부터 위성 발사를 시작하여 사업 계획을 발표하는 상황이며 Myriota, Kepler의 시험위성 발사, Eutelsat ELO의 위성발사 준비 등 대부분 상용 서비스 출시를 준비하고 있는 단계이며, 향후 5년 이내에 대부분의 서비스들이 제공될 것으로 예측된다. Kepler, Hiber, Eutelsat ELO, Fleet Space, Myriota 등은 다수의 초소형위성기반 IoT 서비스 시장 진출을 계획하고 있으며, Sigfox, LoRa 등 지상망 기반 IoT 서비스 및 Iridium, Globalstar, Orbcomm 등의 소/중형급 저궤도 위성 IoT 사업자들의 경쟁이 예상된다. 현재 세계 위성 IoT 시장의 84%는 LEO 기반의 소/중형급 저궤도 위성 IoT 사업자들이 차지하고 있으며, 이들과의 가격 경쟁력 확보가 관건이다. 주요 위성 IoT 기술 및 서비스 현황은 다음과 같다.

가. Lacuna space 기술 동향

Lacuna space는 LoRaWAN 프로토콜을 기반으로 초소형 위성을 통한 글로벌 IoT 서비스를 목표로 설립한 소규모 기업이다. Lacuna space는 지상 LoRa 단말과 게이트웨이 칩셋 제조업체인 semtech의 기술 지원을 받아 2021년까지 총 24개의 위성을 발사하여 상용서비스를 목표로 하고 있으며, 2019년 시험 위성을 발사하여 시험에 성공한 것으로 알려져 있다. 그들의 시험 결과 및 내용은 The Things con-

ference에서 매년 발표하고 있으며 유튜브 영상으로 확인할 수 있다[13].

나. Eutelsat ELO 기술 동향

프랑스 Eutelsat은 자국 내 최대 IoT 글로벌 기업인 Sigfox와 협업을 통해 2022년까지 25개의 초소형 위성 발사를 통해 글로벌 IoT 서비스를 목표로 하고 있다. IoT 단말은 지상망과 위성망을 모두 접속할 수 있는 기능을 갖추게 되고 가령 컨테이너 위치 추적 서비스를 위한 이동형 IoT 단말의 경우 육지에서는 지상망과 접속하다가 바다에서는 위성과 접속하는 형태의 개념이라 할 수 있다. 이와 같은 망 구성은 현재 5G 통신 구성과 유사한 개념이라 할 수 있다. 현재, 지상에서 사용되고 있는 Sigfox 전송방식의 경우 저궤도 위성고 호환되지 않으므로 이와 관련된 도플러 오차 극복 방안, aloha 기반의 다중접속방식, 비면허대역의 주파수 사용 문제 등이 새롭게 개발 또는 해결해야 과제로 파악되고 있다. 2020년 3분기 Eutelsat ELO 위성발사를 통한 시험과 2021년 최초 상용 서비스를 목표로 하고 있다[14].

다. Kepler 기술 동향

2015년 캐나다 토론토대학 항공우주팀 출신 구성원들로 설립된 초소형 위성 제작 벤처기업으로 초소형 위성기반 광대역/IoT 통신 기능을 가진 통신 탑재체를 발사하여 글로벌 접속 서비스를 목표로 하고 있다. 위성 탑재체는 재구성이 가능한 소프트웨어 기반 통신 모듈이 구성되어 있어 통신 프로토콜에 변경이 가능하고 Ku 대역기반 글로벌 backhaul 형태의 광대역 통신과 S 대역기반 글로벌 IoT 서비스 등을 목표로 시험 중에 있다[15]. Ku대역 광대역 서비스의 경우 기존의 DVB 표준 형태가 고려되는 것으로 알려져 있고 IoT의 경우 SDR

플랫폼을 갖추었기 때문에 기존 지상 Lora, IEEE 802.15.4k 표준기반 Ingenu RPMA 기술 시험 외에 자체 proprietary 통신 프로토콜 개발도 고려되는 것으로 파악되고 있다.

III. 표준기술 동향

위성통신 궤도(저궤도/중궤도/정지궤도) 및 주파수(L/S 대역, C/Ku/Ka 대역), 지상 단말 형태(Handheld, VSAT)에 따른 통신 서비스를 제공하기 위해 지상국 게이트웨이 및 단말 장비의 표준 기술로 위성통신 표준 기술은 시장 측면에서는 현재, VSAT(Very Small Aperture Terminal) 단말 기반의 DVB(Digital Video Broadcasting) 표준이 가장 큰 규모이다. 5G 표준 기술 중 3GPP 표준화 단체에서는 기존의 셀룰라 망 기반의 서비스를 벗어나 커버리지 확장을 위해 비지상망(위성, 무인기, HAPS 등)과의 연결을 위한 위성통신 표준 규격화 진행 중에 있다. 이 장에서는 주로 DVB 표준과 3GPP 표준화 동향에 대해 설명하고자 한다.

1. DVB 표준

가. 물리계층 기술

2014년 DVB-S2x(Satellite 2nd generation eXtension) Annex E Super-frame(SF) 규격은 기존의 위성방송 및 통신 표준과 호환이 되지 않는 주로 다중빔 위성을 고려한 기술로 만들어졌다[16, 17]. 이후, 2018년 DVB-S2x Annex E SF 규격에서 저궤도 다중빔 빔호핑 기능을 가진 위성을 지원하기 위한 표준 개정 작업이 이루어졌으며, 2020년 1월 전송 파트 부분이 완료되었다[16]. 이후, 저궤도 통신망 접속을 위한 control 신호 전송을 위한 개정 작업이 진행 중에 있다. 현재, 2018년에 개정된 전송 규격의

표 1 DVB-S2x SF 다른 Format별 특징 기술

특징기술	Format 5	Format 6	Format 7
셀당 유연한 Dwell 시간 지원	0	0	0
유연한 대역폭 지원	0	0	0
저지연 BH	0	0	0
다중반송파 지원	0	0	0
VL SNR 지원	0	0	X
PLframe 분할기능	0	0	X
강인한 초기동기	0	0	0
강인한 BH 추적	0	0	0
VL SNR에서 프레임 검출기능	0	0	0

경우 저궤도 위성 전송 및 동일/인접채널 간섭 완화 및 유연성을 개선하는 형태로 개발되었다. 가장 특징적인 구분은 저궤도 위성통신의 BH 주기가 주기적인지 비주기적인지에 따른 전송 방식이다. SF Format 5는 주기적인 경우로 기존 SF Format 4를 개선한 방식이고 SF Format 6, 7은 traffic이 발생한 지역 위주로 point & shoot 형태로 빔을 할당해 줄 수 있는 전송 방식이다[16]. 표 1은 3가지 방식의 특징기술을 비교한 것이다.

2020년 현재, 업체 간 장비 호환성을 검증하기 테스트의 일환으로 물리계층 모델신호 V&V(Validation & Verification) 캠페인이 진행되고 있다.

나. 상위계층 기술

개정된 표준에 맞게 DVB 표준에서 DVB-SI table, GSE LLC table, RCS2 table 등 개정 작업이 진행되고 있다. 특히, 동일 및 인접채널 간섭 완화를 위한 위성 ID, 반송파 ID, 위성 궤도 위치, BH 스케줄링 정보 등에 관한 table 작업이 2021년 상반기를 목표로 진행 중에 있다. SF 구조를 주목해야 할 이유는 현재, LEO 사업자인 Oneweb은 잠시 동안, Telesat은 현재까지 OBP 위성 구조를 고려하고 있

으며, 이 OBP 기능이 현재, 유일한 저궤도 위성 범용 표준 기술인 DVB 표준 기술을 기반으로 구축될 가능성이 높다는 점이다.

2. 3GPP 표준

한편, 5G 표준을 주도하고 있는 3GPP 표준에서는 비지상망을 위한 NTN(Non Terrestrial Network) 기술 연구가 2017년부터 시작하여 기존 NR(New Radio) 규격을 가지고 NTN에 적용했을 때 영향에 관해서 release(Rel)-15에서 연구를 수행하였다[18]. 이후 Rel-16에서 NR 규격을 가지고 NTN 망을 적용 가능한 해결 방안 등에 대한 연구를 수행하였다[19]. 이후, 표준 규격 작업이 코로나19 사태로 인해 연기되어 2020년 8월 RAN1 102e 회의부터 진행되어 2021년에 완료하는 것을 목표로 하고 있다. 저궤도 위성의 경우 대표적인 S/Ka 대역 주파수 대역 구분 없이 eMBB와 mMTC 서비스를 목표로 하고 있다[20].

가. NTN WI 기술

RAN 기술의 경우 저궤도 위성의 가변 신호 왕복지연시간, 위성의 움직임에 의한 도플러 효과, 저궤도 위성에 의한 셀의 움직임, 큰 빔 커버리지와 지연 차이, 단말 위치 정보 등에 의해 기존 지상 NR 규격 기술의 개선이 필요하다[20]. RAN1에서 우선적으로 수행해야 할 분야는 하향링크 동기, 상향링크 초기접속을 위한 타이밍 및 주파수 동기 기술 증진, 지연에 따른 H-ARQ 기술이다. 더불어, 위성 사용자 단말이 GNSS 수신기를 가진 경우이지만 사전 타이밍/주파수 보정을 하지 않는 경우에 초기 접속을 위한 PRACH 시퀀스, 포맷, 임의접속 응답 윈도우 길이 확대 등의 제안 및 결정이 필요할 수도 있다. 셀의 이동에 따른 초기접속 및 한

드오버 그리고 feeder link 스위치기술, 주파수 재사용을 위한 빔관리 및 대역분할 기술 등의 제안 및 결정이 필요할 수도 있다. RAN2의 경우 사용자 평면 MAC 분야에서 초기접속기술, 스케줄링 지연을 감소시키기 위한 상향링크 스케줄링 개선 기술, HARQ 적용유무에 따른 DRX 기술, 스케줄링 요청 기술 등이 개선이 필요하다. 제어 평면에서 대기 모드와 연결 모드, 지상/비지상망 간의 서비스 연결 분야에 대한 개선이 필요하다.

나. 위성 IoT SI 기술

우선적으로 시스템 수준에서 6GHz 이하 대역, LEO/GEO에 따른 단말 형태, LEO/GEO에 따른 transparent 위성망 구성 등을 가정하고 feasibility 시나리오에 검토에 관한 내용을 기반으로 링크 버짓을 계산하고자 한다. 세부 기술적 내용으로는 주로 RAN1과 RAN2 분야의 연구가 병행하여 진행될 것으로 예상된다. 주요 SI 내용으로는 임의접속응답 및 CP 길이가 확대된 형태의 초기 임의접속기술, 저궤도 위성에 의한 도플러 주파수, 왕복지연시간 등의 시간 보정 기술, 스케줄링과 관련된 타이밍 오차와 HARQ-ACK feedback 기술, HARQ 관련 기술, SR/DRX 등 timer 관련 기술, idle/접속 모드 이동성 관련 기술(NB-IoT에서 RLF, mMTC에서 핸드오버), 시스템 정보 개선, tracking area 개선 기술 등이다. 기본적으로 IoT 단말이 GNSS 수신기를 탑재하지만 배터리 문제 등으로 GNSS와 IoT 운용을 동시에 지원하지 않은 것을 가정한다[21,22].

IV. 향후 기술 방향

저궤도 위성통신기반 글로벌 네트워크 구축을 위해서는 기술적인 측면에서 크게 위성통신탑재체, 지상국 통신장비, 통신 표준 기술 등 3가지 분

야의 기술 혁신이 필요하다[23].

첫째, 위성통신 탑재체 기술 분야에서는 데이터 처리량과 빔 운용의 유연성을 증가시키기 위해서는 사용자 링크에서 RF 전후 보드 레벨에서의 효율적인 모듈화, 능동안테나의 확장성, 유연한 OBP 구조 측면에서 요구되는 성능과 복잡도의 비약적인 발전이 필요하다.

둘째, 지상국 기술 분야에서는 관문국 안테나, 우주망원경, Q/V, W 대역 능동/수동 부품, 기저대역 부품의 소형화가 필요하다. 특히 저궤도 위성을 위한 관문국 능동 전자빔 추적 안테나 기술과 사용자 단말의 능동 전자빔 추적 안테나의 소형화와 저가화가 필요하며, 이를 위한 액정 메타재질, 메타표면과 같은 소재분야, SiGe 같은 화합물 반도체 공정기술 분야, 공장자동화 제조 분야 등의 혁신이 필요하다. 특히, 대역폭이 초광대역으로 확대됨에 따라 고속 디지털 신호 데이터 처리 기술이 이동통신과 더불어 필요하게 되었다.

셋째, 표준 기술의 경우 광대역 backhaul 서비스 외에 개인용 지상통신 접속 단말 형태로 위성통신에 사용할 수 있는 통신 표준 기술이 필요하다. 특히, 현재 3GPP NTN 표준에서는 기존 5G 기술에 위성통신을 기술을 적용하고 변형하는 수준이라고 본다면 향후 Rel-18, 19에서는 위성망에 적합한 전송 및 접속기술, 지상-비지상 간의 초공간 연결망에 관한 규격화가 필요할 것으로 사료된다.

V. 결론

본 고에서는 저궤도 위성통신의 글로벌 무선 통신 서비스 및 기술 현황에 대해 고찰하였다. 특히, 대표적인 초광대역 통신망과 IoT 통신망 위주로 살펴보았고 그와 관련된 표준기술 현황도 언급하였다. 향후 저궤도 위성통신기반의 ICT 서비

스 발전을 위한 기술 개발 방향에 대해서도 논의하였다.

약어 정리

3GPP	3rd Generation Partnership Project
5G	Fifth generation
ACK	ACKnowledgment
BH	Beam Hopping
CP	Cycle Prefix
DVB	Digital Video Broadcasting
DVB-SI	DVB System Information
DRX	Discontinuous Reception
eMBB	enhanced Mobile Broadband
ELO	Eutelsat Low Orbit
FCC	Federal Communications Commission
FDMA	Frequency Division Multiple Access
GEO	Geostationary Earth Orbit
GNSS	Global Navigation Satellite System
GSE	Generic Stream Encapsulation
HAPS	High Altitude Platform Station
HARQ	Hybrid Automatic Repeat Request
HTS	High Throughput Satellite
ICT	Information & Communication Technology
IEEE	Institute of Electrical and Electronics Engineers
IoT	Internet of Thing
ISL	Inter-Satellite Links
LEO	Low Earth Orbit
LLC	Logical Link Control
LTE	Long Term Evolution
M2M	Machine to Machine
MAC	Medium Access Control

mMTC	massive Machine Type Communication	of LEO satellite systems based on user diversification," IEEE Access, vol. 7, 2019, pp. 181656-181667.
NB	Narrow Band	[6] https://www.rohde-schwarz.com/kr/applications/-oneweb-application-card_56279-548805.html
NTN	Non-Terrestrial Network	[7] https://www.businessinsider.com/spacex-starlink-satellite-internet-user-terminal-ground-station-possible-pictures-2020-6
NR	New Radio	[8] https://www.gizmocrazed.com/2019/05/spacex-reveals-more-starlink-info-after-launch-of-first-60-satellites/
NSR	Northern Sky Research	[9] https://static1.squarespace.com/static/5274112ae4b02d3f058d4348/t/5e0c5916a5b0832cb78c2db4/1577867573707/2019-3-2f-3.pdf
OBP	On Board Processor	[10] O. Kodheli et al., "Satellite Communications in the New Space Era: A Survey and Future Challenges," submitted to IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2020. (available: https://arxiv.org/pdf/2002.08811.pdf)
PRACH	Physical Random Access CHannel	[11] Inigo del Portillo, Bruce G. Cameron, Edward F. Crawley. A Technical Comparison of Three Low Earth Orbit Satellite Constellation Systems to Provide Global Broadband. In International Astronautical Conference, 2018 IAF, pp. 1-15.
RAN	Radio Access Network	[12] https://spacenews.com/telesat-preparing-for-mid-2020-constellation-manufacturer-selection/
RCS	Return Channel via Satellite	[13] https://www.youtube.com/watch?v=7WzOxAiHrUU&t=1075s
RF	Radio Frequency	[14] https://www.eutelsat.com/en/satellites/leo-fleet
RLF	Radio Link Failure	[15] https://kepler.space/blog/post/our-final-demonstration-all-about-tars
S2x	Satellite 2nd generation eXtension	[16] DVB BlueBook A083-2, Draft ETSI EN 302 307-2 V1.2.1, "Digital video broadcasting (DVB); second generation framing structure, channel coding and modulation systems for broadcasting, interactive services, news gathering and other broadband satellite applications; part 2: DVB-S2 extensions (DVB-S2X)." Feb. 2020.
SC	Single Carrier	[17] 김판수, 유준규, 오덕길, 염인복, 이호진, "DVB-S2x 표준기반 다중빔 위성 전송기술 동향," 전자통신동향분석, vol. 33, no. 3, Jun. 2018.
SF	Super-Frame	[18] 3GPP TR 38.811 v15.1.0, "Study on New Radio (NR) to support non-terrestrial networks (Release 15)," Jun. 2019.
SI	Study Item	[19] 3GPP TR 38.821, v16.2.0, "Solutions for NR to support non-terrestrial networks (Release 16)," Dec. 2019.
SNR	Signal to Noise Ratio	[20] RP-201256, "Solutions for NR to support non-terrestrial networks (NTN)," 3GPP RAN#88e, Jun. 2020.
SR	Scheduling Request	[21] RP-192671, "Satellite NB-IoT: Technical Focus," Dec. 2019.
TDM	Time Division Multiplexing	[22] RP-193235, "Study on NB-IoT/eMTC support for Non-Terrestrial Network," Dec. 2019.
TS	Technical Specification	[23] R. D. Gaudenzi, P. Angeletti, D. Petrolati and E. Re, "Future technologies for very high throughput satellite systems", Int. J. Satell. Commun. Netw., vol. 38, issue 2, Mar. 2020, pp. 141-161.
TR	Technical Report	
USD	United State Dollar	
VL	Very Low	
V&V	Validation & Verification	
VSAT	Very Small Aperture Terminal	
WG	Working Group	
WI	Work Item	

참고문헌

- [1] <https://www.spacex.com/vehicles/falcon-9/>
- [2] <http://www.satmagazine.com/story.php?number=1604295635>
- [3] <https://www.cnn.com/2019/12/14/spacex-oneweb-and-amazon-to-launch-thousands-more-satellites-in-2020s.html>
- [4] <https://www.sedaily.com/NewsView/1Z568XPEGE>
- [5] S. Xia, Q. Jiang, C. Zou and G. Li, "Beam coverage comparison