

## 特輯論文

J. of The Korean Society for Aeronautical and Space Sciences 44(8), 728-740(2016)

DOI:http://dx.doi.org/10.5139/JKSAS.2016.44.8.728

ISSN 1225-1348(print), 2287-6871(online)

## 인공위성 활용 분야 기술 발전 현황 및 전망

이정호\*, 윤보열\*\*, 김윤수\*\*, 임덕원\*\*, 허문범\*\*, 이병선\*\*\*, 오현웅\*\*\*\*\*

### Current state and future prospect of technology development in satellite application

Jeong-Ho Lee\*, Bo-Yeol Yoon\*\*, Youn-Soo Kim\*\*, Deok-Won Lim\*\*,  
Moon-Beom Heo\*\*, Byoung-Sun Lee\*\*\*,\*\*\*\* and Hyun-Ung Oh\*\*\*\*\*

Korea Aerospace Research Institute(KARI)\*,\*\*

Electronics and Telecommunications Research Institute(ETRI)\*\*\*

University of Science and Technology(UST)\*\*\*\*

Chosun University\*\*\*\*\*

#### ABSTRACT

Korea developed several satellites through government-led satellite development projects, and now operates earth observation satellites of various sensors, science and technology satellites, and communication satellites. Satellites can be utilized in many fields, and Satellite Information, Global Navigation Satellite System, Satellite Communications and Broadcasting, Space Solar Power System are typical application fields. Now that we have developed and operated several satellites, we have to concentrate more efforts on satellite application. In this paper, we reviewed the current states of the technologies of four satellite application fields mentioned above and analyzed the future prospects of them.

#### 초 록

우리나라는 그동안 국가주도의 위성개발사업을 통해 다수의 위성을 개발하였으며, 현재 다양한 센서의 지구관측위성, 과학기술위성, 통신위성 등을 운영하고 있다. 위성은 많은 분야에서 활용될 수 있으며 대표적인 활용분야는 위성정보, 위성항법, 위성통신방송, 우주 태양양광발전시스템 등이 있다. 우리나라가 다양한 위성을 보유한 현 상황에서 이제는 위성활용에 역량을 더 집중해야한다. 본 논문에서는 위성정보, 위성항법, 위성통신방송, 우주 태양양광발전시스템에 대하여 기술발전 현황을 살펴보고 미래 전망을 분석하였다.

**Key Words :** Satellite Application(위성활용), Satellite Information(위성정보), GNSS(위성항법), Satellite Communications and Broadcasting(위성통신방송), Space Solar Power System(우주태양광발전시스템)

† Received : April 25, 2016      Revised : July 25, 2016      Accepted : July 26, 2016

\* Corresponding author, E-mail : jeongho@kari.re.kr

## I. 서 론

우리나라는 그간 정부 주도의 국가 우주개발 사업 추진을 통해 소형위성, 지구관측위성 등 다양한 종류의 위성 13기를 성공적으로 개발하였다. 2016년 3월 현재, 다목적실용위성 3호, 5호, 3A호 및 천리안위성, 과학기술위성3호 등을 개발하여 운영하고 있다. 우리나라 최초의 저궤도 인공위성은 우리별 1호로, 1992년 8월 11일에 아리안 4호 로켓에 의해서 발사하였다. 이후 우리별 2호(1993년 9월 발사), 우리별 3호(1999년 5월 발사), 과학기술위성1호(2003년 9월 발사), 나로 과학위성(2013년 1월 발사)과 같은 저궤도 과학 기술시험용 소형위성을 개발하여 발사하였다. 민간분야에서는 무궁화위성 1호가 1995년 8월 발사되면서 첫 상용위성으로서 통신·방송위성 시대를 열었으며, 그 후 1996년에 2호, 1999년에 3호, 2006년에 5호, 2010년 12월에 올레1호(무궁화6호)를 발사하였다.

1994년부터 국내의 실용급 위성수요 충족 및 해외시장 진출의 기반을 구축하기 위해 우리나라 최초의 실용위성인 다목적실용위성 1호를 한국항공우주연구원이 개발하여 1999년 12월에 미국 반덴버그 공군기지에서 발사에 성공하였다. 다목적 실용위성 1호의 성공적인 개발을 통해 축적된 기술을 바탕으로 1m급 고해상도 지구관측 위성인 다목적실용위성 2호(2006년 7월), 0.7m 급 고해상도 광학위성인 다목적실용위성 3호(2012년 5월), 고해상도 SAR(Synthetic Aperture Radar) 위성인 다목적실용위성 5호(2013년 8월), 고해상도 광학 및 IR(Infrared)센서를 탑재한 다목적실용위성 3A호(2015년 3월)를 개발하여 운용 중에 있다. 2010년 6월에는 국내 최초 정지궤도 위성인 천리안 위성이 발사되었다. 천리안 위성은 고도 36,000km의 정지궤도에서 위성통신, 해양 및 기상관측 임무를 수행하게 된다.

이와 같이 우리나라를 그동안 국가 주도의 위성개발사업을 통해 광학, SAR, IR, 기상, 해양 등 다양한 센서의 지구관측위성을 개발하였으며, 지구관측위성뿐만 아니라 통신·방송위성을 운용 중에 있다. 위성개발 기술이 일정 수준에 이르렀고 다수의 위성을 보유하고 있는 현시점에서는 국가 자산인 위성을 어떻게 잘 활용하느냐가 중요하다. 위성이 활용되는 대표적인 분야로는 위성정보, 위성항법, 위성통신, 우주태양광 등이 있다.

위성정보는 위성을 통해 획득한 영상, 동영상, 음성 등을 의미하는데 현재까지는 주로 위성영상을 의미하는 걸로 사용된다. 위성영상은 넓은 지

역에 대한 정보를 주기적으로 반복해서 얻을 수 있는 장점이 있다. 광학영상은 일반 사진과 같은 시각적인 정보를 제공하며 가시광선 이외의 파장 영역을 사용하는 적외선, 근적외선, 레이더 영상 등은 인간의 눈으로 볼 수 없는 정보도 제공해주는 장점이 있다. 그러나 레이더 센서를 제외한 대부분의 위성은 태양에너지를 이용하기 때문에 기상상태와 시간에 따른 제약을 받는 특징이 있다.

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 우주 궤도를 돌고 있는 인공위성을 이용하여 지상에 있는 물체의 위치, 속도, 시각에 관한 정보를 제공하는 시스템이다. GNSS는 하나 또는 그 이상의 인공위성과 신호를 수신하여 처리할 수 있는 수신기, 지상의 감시국 및 제어국으로 이루어진다. 인공위성에서 방송한 전파 신호를 수신기에서 처리하여 거리를 구하고, 4개 이상의 인공위성에 대한 거리 정보로부터 위치를 추정하는 방식이다.

위성통신방송 분야는 우리나라가 선도하고 있는 정보통신기술(ICT)과 연계하여 위성방송 서비스 및 수신장비를 중심으로 지속적으로 성장하고 있으며 통신위성을 활용한 국가 비상통신망으로서 국가재난 대응, 대국민 안전을 위한 공공활용성이 증대되고 있다. 2015년 우주산업실태조사에 따르면 국내 우주산업에서 위성방송통신 분야의 활동금액이 차지하는 부분은 66.1%로 금액으로는 약 1조 8,834억원으로 조사되었다. 수출금액에 있어서도 위성방송통신 분야가 약 1조 409억원으로 우리나라 우주산업부문 전체 수출액의 89.8%를 차지하고 있다[1]. Satellite Industry Association(SIA)에 따르면 위성통신분야의 수익은 전체 위성산업의 5분의 3을 차지하고 있으며 1200여기의 인공위성 중에 40%의 위성이 상업용 통신위성이며 13%가 공공용 통신위성이다[2].

우주태양광발전시스템(SSPS)[3-4]은 우주공간에서 집광된 고효율의 태양에너지를 마이크로파 또는 레이저로 변환하여 무선으로 지상에 전송하고, 이를 지상의 전력원으로 사용하고자 하는 개념으로 1968년 미국의 Peter Glaser 박사에 의해 최초제안 되었다. 현재, 우주개발 선진국에서는 에너지의 효율적 변환, 상용전력망과의 네트워크 협조체제 구축, 에너지 전송용 마이크로파 및 레이저의 안전성 등을 포함한 시스템 전체에 대한 종합적 검토가 진행 중에 있으며 일부 핵심기술에 대한 지상 검증시험이 수행 중에 있다.

본문의 이후부분에서는 대표적인 위성활용 분야 각각에 대하여 기술 발전 현황 및 전망에 대

하여 기술하였다. 저궤도 지구관측위성 및 정지궤도 위성 개발에 치우쳐져 있는 우리나라 위성개발 현황의 특수한 상황이 아닌 다양한 종류의 위성이 활용될 수 있는 일반적인 분야를 정리하였다. 구체적으로, 2장에서는 위성정보 활용 현황 및 전망, 3장에서는 GNSS 발전 방향 및 전망, 4장에서는 위성통신 발전 방향 및 전망, 5장에서는 우주태양광발전시스템 개발 현황 및 관련기술에 대하여 살펴본다.

## II. 위성정보 활용 현황 및 전망

### 2.1 해외 위성정보 활용 현황

미국은 고해상도 지구관측위성, 기상해양위성 등 위성정보 종류에 따라 위성운영 기관에서 위성정보 활용을 지원하며, 자국 위성 및 해외 지구관측 위성영상을 수신·처리하고 활용지원시스템을 통해 배포하고 있다. 국립지질조사소(USGS, U.S. Geological Survey)의 지구관측데이터센터(EROS, Earth Resources Observation Systems)는 Landsat 등 자국의 지상관측 위성과 프랑스 SPOT(Satellite Pour l'Observation de la Terre) 등 해외의 지상관측위성의 영상을 수신, 처리 및 활용 지원 등을 수행한다. 국립해양대기청(NOAA, National Oceanic and Atmospheric Administration)은 GOES (Geostationary Operational Environmental) 등 자국의 기상위성과 Meteosat 등 해외의 기상위성의 정보를 수신, 처리하여 NESDIS(National Environmental Satellite, Data, and Information Service)를 통해 기상 및 환경관련 위성정보 제공 중이다.

유럽은 유럽우주청(ESA, European Space Agency)의 유럽우주공간연구소(ESRIN, European Space Research Institute)를 중심으로 지구관측 위성 정보와 과학위성 정보의 수집·보관 및 보급을 담당한다. 유럽우주공간연구소는 지구관측 위성을 운용하고, 유럽우주청 및 타국의 지구관측 영상을 수신, 처리 및 배포 업무를 수행한다. 또한 유럽 최대의 환경관련 데이터베이스를 구축하여 도시 확장, 수자원관리, 해양 선박 정보 등 다양한 분야의 기초자료를 제공하고 연구결과를 공유하고 있다.

코페르니쿠스 프로젝트는 유럽 및 전 지구적인 환경·기후변화, 재해재난 대응 등 사회 안전 유지 등을 위해 위성을 개발하고 위성정보를 활용하는 사업으로 2001년에 착수되었다. 현재 2단계 사업이 추진 중이며(2014년~2020년), 총 사업비는 6조 3천억 원에 달한다. 유럽집행위원회가

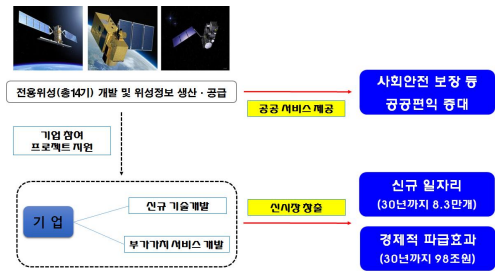


Fig. 1. Expected effects of Copernicus program

유럽우주청, 유럽환경청과 협력을 기반으로 주관하며 정책결정자와 공공기관을 주된 사용자로 설정하여 환경 정책의 입안이나 재난재해 등 긴급상황 발생 시 신속한 의사결정을 위한 고급 공간정보 제공을 주된 목적으로 한다. 최종적으로는 민간 수요까지 충족시킬 수 있는 다운스트림 서비스로 확장함으로써 EU 2020 전략 달성에 기여하는 것이 목표이다(Fig. 1). 육상, 해양, 대기, 재난 대응, 안전보장, 기후 변화의 6대 분야로 진행되고 있다.

### 2.2 국내 위성정보 활용 현황

국내에는 국토 면적이 좁은 특성 상 위성영상보다는 고해상도 항공사진을 선호하여 위성영상 활용이 상대적으로 미흡한 측면이 있었다. 최근 위성개발 기술의 발전과 더불어 위성영상의 공간해상도가 높아지면서 각종 주제도 제작 등과 같이 항공사진 기반으로 수행되어왔던 작업이 점차 위성영상으로 대체가 가능한 수준으로 발전하고 있다. 해외 우주개발 선진국에서는 국가기관뿐만 아니라 국제기구, 민간 서비스회사 등 다양한 기관에서 홍수, 가뭄, 산불·산사태, 병충해, 환경오염 등 다양한 재해재난 및 사회문제에 대해 위성영상을 적극 활용하고 있으나 국내는 기상으로 인한 재해, 농업분야 재해를 제외하고는 재해재난 분야에서 위성이 거의 활용되고 있지 못한 상황이다[5]. 국내 고해상도 위성영상은 지도제작에 가장 많이 활용되며, 연안 해역 모니터링, 수계지역 수질 평가, 토지피복 이용 변화, 재해발생에 따른 피해규모 파악 등 다양한 분야에 활용이 점차 늘고 있는 상황이다.

정부에서는 부처별 수요에 따라 현업지원에 투입되는 인력과 시간을 절감하기 위한 방안으로 위성정보를 활용하고 있다. 공공분야 위성정보 활용사업은 각종 주제도 제작, 통계정보 산출, 환경변화 모니터링 등에 주로 활용되고 있으며, 부처별로 2015년도에 추진 중인 주요사업은 Table 1과 같다.

Table 1. Satellite application project in Korea

부 처	사업명
농림축산 식품부	위성영상 활용 스마트 팜 맵 구축
환경부	토지피복지도 및 국가 환경지도 시스템 구축
국토 교통부	통일 준비를 위한 북한지도 공동활용 기반 구축
해양 수산부	첨단위성 해양정보 활용 시스템 운영 및 한반도 주변 해황변동연구
국민 안전처	일체형 재난조사 및 분석을 위한 국가모니터링 기술 개발
통계청	원격탐사 활용 농업통계작성
	경지총조사 및 면적표본재설계
	원격탐사 활용 경지면적조사
	원격탐사 활용 북한 벼재배면적 시험조사
농촌 진흥청	원격탐사 활용 국내외 농업생산환경 평가체계 구축
	센싱기술을 이용한 서남해안 벼 풍수해 평가기술 개발
	원격탐사를 이용한 5대 채소 작황 예측 기술 개발
	원격탐사를 이용한 농경지 물수지 및 침수취약성 평가
산림청	위성정보를 활용한 산림모니터링
	탄소흡수 정보통계 기반구축 및 산림지도 제작
	북한 산림황폐지 모니터링 및 산림탄소지도 제작
	산림재해 피해지 조사 및 DB구축 도시지역 산림 유형화 분류 및 관리단위 분석

### 2.3 국내 위성정보활용 정책 현황

국내 위성정보 활용 서비스에 관해 공공 및 민간부문 모두 우주개발 선진국과 대비하여 활용 분야가 제한적이며, 서비스 산업의 규모도 초기 시장탐색 단계로 평가된다. 이는 기존 위성개발 중심정책에 따른 체계적인 위성정보 관리 및 활용에 대한 노력이 부족하였고, 공공사업 참여 위주로 시장 형성되면서 민간영역이 협소하였기 때문이다.

위성개발 중심에서 활용 중심의 우주개발을 통한 국가 위성정보의 활용 효율성을 극대화할 수 있는 전략적 정책방향을 설정하고 추진하기 위해 미래창조과학부에서는 제1차 위성정보 활용 종합계획을 수립하였다. 이를 통해 위성정보의 적극적 개방과 융합으로 정보의 활용성을 극대화할 수 있는 새로운 위성정보 활용체제인 ‘위성정보 3.0’ 실현을 추진할 계획이다[6]. 주요 추진과제는 위성정보 공급·활용체계 고도화(governance), 위성정보 활용서비스 활성화 촉진(service), 위성정보 활용 촉진기반 확충(infrastructure) 등이며 세부 중점 추진과제는 Fig. 2와 같다. 종합계획의 성공적인 실행을 위하여 위성정보의 보급·활용을 위한 통합체제의 구축을 위한 전담기구의 업무 규정 등을 담은 ‘우

구 분	중점 추진과제
공급·활용체 계 고도화 (governance)	1-1 (가칭)국가위성정보활용지원센터 설립 1-2 개방형 위성정보 통합플랫폼 구축
활용서비스 활성화 촉진 (service)	2-1 공공부문 위성정보 활용사업 확대 2-2 기업 역량 강화 및 서비스 개발 지원 2-3 융복합 위성정보 신산업 창출 촉진
활용 촉진 기반 확충 (infrastructure)	3-1 위성정보 전략적 획득·생산 3-2 위성정보 활용 문화 확산 3-3 인력양성 및 국제협력 강화

Fig. 2. Master plan of satellite information application

주개발 진흥법’ 및 ‘우주개발 진흥법 시행령’을 2014년 12월에 개정하였다.

차세대 중형위성개발 등에 따른 다중위성시대에 대비하고, 공공 및 민간의 위성정보 수요를 종합적으로 지원하기 위한 국가 위성정보의 통합적·체계적 관리 및 활용 지원을 위한 국가 차원의 전담기구 필요하다. 이에 국가 위성정보의 효율적 활용 촉진 체계를 구축하기 위해 한국항공우주연구원 위성정보활용센터가 2015년 11월에 위성정보의 보급 및 활용 촉진을 위한 전담기구인 ‘국가위성정보활용지원센터’로 지정되었다. 기존과 비교하여 국가위성정보활용지원센터를 통해 새로 부여되는 주요 임무는 위성정보의 민간 분야 활용 극대화를 목표로 하는 위성정보사업 활성화 지원, 위성정보산업 육성 견인 등이다.

### 2.4 향후 발전 방향

웹 기반의 개방 시스템을 구축하여 ‘정부 3.0’ 정책에 발맞춰 위성정보를 적극적으로 개방 및 공유함으로써 다양한 분야에서 위성영상의 활용이 증대되고 특히 공공분야 뿐만 아니라 민간분야에서의 활용이 증대될 것으로 기대된다. 민간기업이 수행하는 정부 정책사업에 대해 위성영상을 무상으로 공급하고 신규 비즈니스 모델 발굴·연계 강화로 창조적 위성정보산업 생태계를 조성하는 등 민간 기업에 대한 지원을 확대해야한다. ‘국가위성정보활용지원센터’가 이와 같은 역할을 총괄적으로 수행하여 지금까지 부족하였던 위성정보 활용 촉진을 위한 다양한 업무를 추진함으로써 위성영상 산업 활성화를 촉진시킬 수 있을 것으로 기대된다.



Fig. 3. Strategy of satellite information 3.0

Table 2. Satellite Information 1.0, 2.0, 3.0

구 분	위성정보 1.0	위성정보 2.0	위성정보 3.0
국가위성 운용	관측위성 초기운용	고해상도 관측위성	본격적 다중관측 위성
정보제공 대상	공공부문 중심	공공 및 민간전문가	위성정보 수요자 전체
정보제공 수단	방문	온라인유통망·인터넷	개방형 웹·앱
정보관리 방식	기관별 독자 관리	부분적 공유	연계·통합
정보활용 영역	공공부문 1차 활용	공공 서비스	정보 융합 및 민간서비스 확대

지금까지는 연구 과제를 통해 개발된 위성정보 활용기술의 대다수가 연구수준에 머물러 있으며 실용화 수준에 도달하지 못하고 있는 실정인데, 이러한 한계를 극복하기 위해서는 연구개발 결과가 실용화로 이어질 수 있도록 하는 연결고리 필요하다. 해외의 경우 최종 의사결정자가 필요로 하는 정보가 위성영상으로부터 준 실시간으로 추출 및 생산되는 자동화 처리기술을 운영 중이다. 위성정보의 특성상 광역적인 범위에 대한 관측정보를 기반으로 다양한 정보들이 가지는 속성들이 최대한 적용될 수 있도록 기초원천 기술부터 실용화 기술까지의 단계적인 기술개발이 요구된다. 위성정보 활용 기술개발을 위해서는 위성정보 공급자, 공공분야 종사자, 학계, 산업계 등의 다양한 사용자들이 위성정보를 서로 공유하고 위성정보를 쉽게 가공하여 새로운 정보를 생성하고 다양한 분야에 활용할 수 있는 기반을 조성할 필요가 있다.

NASA(National Aeronautics and Space Administration), ESA, JAXA(Japan Aerospace

Exploration Agency) 등은 위성정보 분야 표준을 별도로 관리하지 않고 우주관련 표준을 종합적으로 관리하고 있는 반면, 우리나라의 경우 관련 법령상에 우주관련 표준화와 관련된 내용과 표준 체계가 아직 정리되어 있지 않다. 위성정보가 다양한 형태와 속성정보를 포함하는 공간정보와 효과적으로 융합하기 위해서는 기술표준의 도입이 필요하며, 이는 공유에 소요되는 비용을 절감하고 기술의 시장경쟁력을 향상시킬 것이다. 위성정보의 표준을 통해 일정수준의 기술품질을 보장할 수 있으며, 표준을 준수한 기술은 상대적으로 타 기술보다 경쟁력이 높으므로 위성정보 국제표준을 준수할 경우 해외시장에서의 경쟁력이 향상되는 효과를 기대할 수 있다. 공간정보표준체계와 연계하여 위성정보 관련 표준체계를 정립하고, 위성정보 표준을 통합적으로 개발, 공급, 관리, 운영하는 방안 또한 필요한 사항이다[7].

### III. GNSS 발전 전망 및 방향

#### 3.1 다중 GNSS 시대

위성항법 시스템은 미국 국방부의 주도로 개발되어 1995년에 FOC (Full Operational Capability)가 선언된 위성항법시스템인 GPS (Global Positioning System)는 민간에게 개방된 후 중요한 국가 인프라로서 자리를 잡았다[8]. GPS 신호를 수신하여 처리하면 기본적으로 위치 정보뿐만 아니라 시각 정보도 실시간으로 획득할 수 있어 최근에는 PNT (Position, Navigation and Time)라는 용어가 사용되고 있으며, 특히 시각 정보의 활용은 통신 인프라 구축의 핵심이 되었다. GPS와 더불어 러시아의 GLONASS (GLObal NAVigation Satellite System), EU의 Galileo, 중국의 BeiDou가 이미 구축이 완료되었거나 구축 중에 있으며, 이들 시스템은 전 세계를 대상으로 서비스를 제공한다. 이외에도 7~8기의 위성을 사용하여 지역적인 서비스를 제공하는 RNSS (Regional Navigation Satellite System)로서 일본의 QZSS (Quasi-Zenith Satellite System)와 인도의 IRNSS (Indian RNSS)가 구축되고 있다.

보강항법 시스템은 정확도와 신뢰성 향상을 위하여 사용하는 시스템으로서 위성기반 보강항법시스템(Space based Augmentation System, SBAS)이 구축되고 있다. 미국의 WAAS (Wide Area Augmentation System), EU의 EGNOS (European Geostationary Navigation Overlay

Service), 일본의 MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System)와 인도의 GAGAN (GPS Aided Geo Augmentation Navigation)이 구축되었다. 러시아의 SDCM (system for Differential Correction and Monitoring)과 중국의 SNAS (Satellite Navigation Augmentation System)가 구축중이다. 우리나라도 2018년 시범서비스를 목표로 “초정밀 GPS 보정시스템”의 개발을 2014년부터 개발에 착수했으며 전 국토에서 무결성(integrity) 요구조건을 제외할 경우 1m 이내의 정밀위치정보를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.

### 3.2 GNSS 활용 분야

GNSS의 활용분야는 위치측정이라는 전통적인 범위에서 점차 일상생활 속의 활용분야로 급속히 확장중이다. 선박과 항공기, 차량 등 각종 교통수단을 위한 항법은 물론, 농업분야나 자원관리, 측지/측량 등에 활용될 수 있다.

최근에는 LBS나 ITS와 연동되어 더욱 널리 실제 생활 속에서 활용되며, 휴대기기에 존재하는 GPS 안테나는 이들 GNSS를 응용한 서비스로의 접근은 쉽게 만들고 있다. LG 전자는 최초로 미국 켈컴사의 실내 위치측정 기술인 IZat™을 탑재하였으며, IZat은 GPS, Wifi, Cloud 서버, 스마트폰 센서를 사용하여 정확하게 실내외 위치를 알려주는 LBS 시스템이다[9].

위치기반 소셜네트워크서비스(Location Based Social Network Service)의 출입말로, 스마트폰에 내장된 GPS와 SNS의 결합을 통해 사용자가 있는 위치를 알려 주고, 관련 정보를 공유할 수 있는 서비스인 LBSNS가 있다. 대표적인 LBSNS 서비스로 '카카오 플레이스'와 '씨온' 등이 상용화되어 사용하고 있다.

또한 재해발생 시 조난자의 정확한 위치를 파악할 수 있어 수색, 구조 활동 등에도 결정적인 역할을 할 수 있다. 소방방재청에서는 GPS기반

Table. 3. GNSS Applications

분야	예시
정보통신	통신기지국 시각동기, 긴급구조
육상교통	지능형 교통시스템, 배차/물류관리
항공우주	항로관리, 정밀착륙, 위성궤도 결정
해양	수로항로안내, 정밀 접안
환경토목	환경관련 시설물 관리, GIS
과학	지각 변위 관찰, 자원 탐사
군사	유도무기, 훈련, 목표물 위치 파악
문화/복지	문화재 관리, 노약자 위치 추적
농업	정밀경작, 무인경작
레저	등산, 골프, 개인용 보트/요트



Fig. 5. 119 application[10]

의 위치정보를 활용하여 119신고어플리케이션을 개발하여 운영하고 있다. 이 어플리케이션은 신고자가 최소한의 동작으로 119신고 메시지를 전송하게 하는 것으로 메시지가 MMS 또는 SMS를 통해 해당지역 소방상황실로 전송된다[10].

### 3.3 GNSS 전망

GNSS 시장은 Fig. 6과 같이 2019년까지 매년 8.3%씩 증가할 것이고, 2023년까지는 4.6%씩 증가할 것으로 전망하고 있다. 2023년, 순수 GNSS 칩셋 매출액은 1천억 유로를 돌파하고 스마트 기기를 포함한 매출액은 3천억 유로에 육박할 것으로 예상하고 있다.

Figure 7에 나타난 것처럼 GNSS 칩셋 매출액 중 LBS와 육상교통 분야가 91%이상을 차지한다.

또한 최근에는 무인기(드론), 자율주행차, 무인선, 무인농기계 등 무인이동체 산업이 미래 신성



Fig. 4. Qualcomm IZat[9]

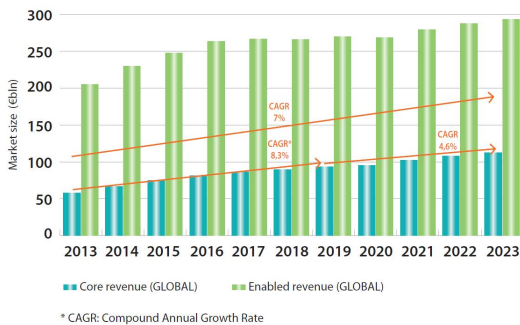


Fig. 6. GNSS market size[11]

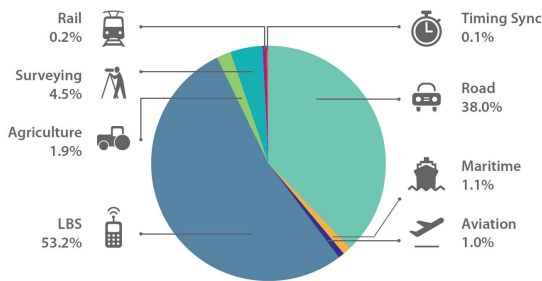


Fig. 7. Cumulative core revenue 2013-2023[11]

장 분야로 급부상하고 있으며, GNSS는 무인이동체 기술의 핵심이라고 할 수 있다.

이러한, 글로벌 ‘무인이동체’ 시장은 2015년 248억 달러(27.8조원) 규모로 추정되며, 10년 후인 2025년에는 6배 이상 성장하여 1,537억 달러(170.4조원) 규모에 이를 것으로 전망되고 있다. 이에 따라 우리나라도 2016년 6월, ‘무인이동체 발전 5개년 계획’을 발표한 바 있다.

무인기(드론)는 개발과 보급 속도는 업계의 기대를 뛰어 넘으면서 ICT 관련 업체뿐만 아니라 산업 전반에 걸쳐 주목을 받으며 빠르게 용도 확대가 진행되고 있다. 이에 국내외 주요 국가들도 다양한 드론의 개발과 지원정책 마련을 통한 산업경쟁력 확보에 나서고 있다.

아마존, 도미노피자, 중국의 알리바바 등은 물류 유통분야의 배송시스템을 테스트하고 있으며, 재해 예방, 농업용, 산업현장관리 등에 활용성이 커지고 있고, 스포츠 활동과 방송, 영상제작에서 효용성이 입증된 바 있다. 소형 드론은 헬리캠이라는 영역을 개척하면서 개인의 취미활동까지 접수하여 ‘1인 1드론’을 의미하는 ‘마이드론’의 침범이 되어가고 있다. 최근 위성항법장치(GPS)를 이용, 주소만 입력해 놓으면 자동으로 무인 조종 배송이 가능한 드론도 등장하고 있다.

2016년 2월부터 국내에서도 본격적으로 시험 운행이 가능해지는 자율주행차는 일단 시장에 진입하면 성장 속도가 매우 빠를 것으로 전망되고 있다. 또한, 이러한 자율주행차 시스템이 실제로 가동되면 교통사고와 연료는 줄이고, 교통 효율성은 높아져 편의성이 증대되며, 미래엔 차량 구입 기준이 차체의 성능보다는 교통 네트워크의 연결성에 따라 변화할 것으로 예측되고 있다.

이미 구글 이외에도 BMW, GM, 폭스바겐, 토요타, 닛산, 혼다 등과 국내 현대자동차도 자율주행차 개발에 적극적으로 동참하고 있다.

미국에서는 자동차 완성업체와 국방부 중심에서 ICT업체로 기술개발이 확대되고 있는 추세이며, 유럽에서는 EU, 자동차 완성업체 및 부품업체가 공동으로 저속용 및 고속용으로 이원화하여 기술개발을 추진하고 있고, 일본에서도 국토교통성, 자동차 완성업체 및 부품업체가 공동으로 기술개발을 추진 중이며 세계 최초로 고평자 맞춤형 1인승 모빌리티(도요타 COMS)를 양산 중에 있다.

### 3.4 GNSS 발전 방향

GNSS는 신호 강도(Strength)가 낮아서 실내에서 사용이 어렵고 전파 간섭에 취약하여, 미국에서도 GPS를 주(Primary) 항법 장치로 사용은 가능하지만 단일(Sole) 항법 장치로의 사용은 추천하지 않는다[12]. 이는 다중 GNSS 시대가 되어도 완전히 해결되지 않는 문제이며 이에 대한 해결책으로 통합 항법시스템에 대한 연구가 지속적으로 이루어지고 있다. INS (Inertial Navigation System)와 GNSS의 통합이 대표적이며, DR (Dead Reckoning), 영상처리, 지도 정합, 지자기 센서 등 다양한 항법 시스템과의 통합이 연구되고 있다.

해양 분야에서는 기존의 LORAN-C (Long Range Navigation)를 폐기시키지 않고 eLORAN(Enhanced LORAN)으로 발전시켜 GNSS의 보완 및 대체 시스템으로 활용하는 연구가 미국과 영국을 중심으로 진행되고 있다[13].

항공분야에서는 GNSS에 INS, DME (Distance Measuring Equipment), WAM (Wide Area Multilateration), VOR (VHF Omnidirectional Range) 등을 통합하여 사용하는 APNT (Alternate PNT)의 연구가 진행중이다[14].

최근 매체에 활발하게 등장하는 ‘Cloud computing’ 개념을 PNT로 확장하며, ‘Cloud PNT’는 “사용자가 어떤 자원을 사용하는지 의식하지 않고 언제 어디서든 PNT 정보를 얻는 기

술"로 정의할 수 있다[8]. 이와 같이 획득된 PNT 정보는 사물이 인터넷에 연결되어 새로운 서비스를 제공하는 개념인 IoT(Internet of Things)와 연계될 것으로 예상된다[8]. Cloud PNT는 끊임 없는 PNT 정보를 얻기 위하여 GNSS(GPS, GLONASS, Galileo, Beidou) 뿐만 아니라, eLORAN, IMU (Inertial Measurement Unit), CSAC (Chip Scale Atomic Clock), WiFi, 3/4/5G 망, Bluetooth beacon, Camera, 고정밀 지도 등 사용 가능한 모든 방법을 활용할 것으로 전망한다. 특히 IoT에서 제공하는 정보를 활용하여 Context를 파악하여 더 신뢰할 수 있는 PNT 정보를 획득할 수 있을 것이다. 또한 Cloud PNT는 사물간의 시각동기, 거리계산, 위치파악, 경로계획 등에 반드시 필요한 기능을 제공할 것이며, 이를 구축하기 위하여 다중 GNSS 및 통합 항법시스템의 고른 발전이 요구된다.

#### IV. 위성통신 발전 전망 및 방향

##### 4.1 위성통신방송의 특징

위성통신방송은 기술적으로 넓은 지역에 고속 대용량의 정보를 동시에 지상으로 전송할 수 있으며 지상장애의 영향을 거의 받지 않는다는 장점이 있다. 이에 따라 본격적인 지상망 구축 이전에 통신위성을 이용한 광대역 통신이 가능하다.

국민복지 측면에서 언제 어디서나 끊기지 않는 위성통신방송 서비스 제공에 의한 국민의 안전하고 운택한 삶 보장 그리고 위성을 이용한 초고속 인터넷, UHD TV 등의 보편적 서비스화를 통한 도·농간의 정보화 격차해소가 이루어질 수 있다 [15]. 또한, 국가안전 측면에서 재난재해시 긴급통신, 정확한 위치/시각 정보제공, 국토에 대한 상시감시 등을 통해 우리영토와 국민의 재산을 보호할 수 있기 때문에 반드시 갖추어져야 할 국가



Fig. 8. Satellite Communications and Broadcasting Services[16]

인프라 라고 할 수 있다.

위성방송통신 서비스의 주요 분야는 Fig. 8과 같다.

##### 4.2 광대역 위성통신방송

광대역 위성통신방송 서비스는 높은 주파수를 사용하고 높은 출력을 갖는 정지궤도 통신방송위성을 이용하여 지상망 서비스가 불가능한 지역까지 100Mbps 이상의 브로드밴드 통신이 가능하게 하는 것이다.

우리나라에서 제공할 수 있는 광대역 위성통신 방송 서비스는 Fig. 9과 같다.

광대역 위성방송서비스는 크게 초고속 위성 인터넷, 4k/8k UHD 위성방송, 그리고 이동형 위성 통신방송으로 나눌 수 있으며 이와 같은 서비스의 주요 내용은 다음과 같다.

###### 4.2.1 초고속 위성 인터넷 서비스

지역간 정보화 격차(Digital Divide) 해소를 위해 지상망 인프라 구축이 어려운 지역을 대상으로 위성을 이용하여 초고속 인터넷 서비스 제공으로 국민의 삶의 질 향상과 국민 편익 증대에 기여한다. 또한 재난재해 발생 지역을 대상으로 지상망이 동작하지 않는 지역에 위성망 제공을 통한 긴급 통신 서비스 및 재난재해 파악을 위한 SNG (Satellite News Gathering) 서비스 제공이 가능하다.

###### 4.2.2 4k/8k UHD 위성방송 서비스

Full HDTV가 제공하는 화질보다 4배 또는 16



Fig. 9. Broadband Satellite Communications and Broadcasting Service[16]



배 이상 선명한 초고화질 TV로 위성을 통해 극장수준 이상의 사실감과 현장감을 제공하는 UHD 방송 서비스 제공할 수 있으며 추가적인 방송망 구축 없이 일시에 전국을 대상으로 방송 서비스를 제공하는 특징이 있다. 통일시대에 북한대상으로 즉시 초고화질 TV 방송서비스가 가능하며, 중국 및 일본 등에 초고화질 방송 서비스 제공으로 한류문화 확산에 이바지 할 수 있다.

**4.2.3 이동형 위성통신방송 서비스**

연근해 선박 및 항공기 등 이동체를 대상으로 초고속 인터넷 등 광대역 위성통신방송 서비스 제공하며 재난현장 또는 문화공연 등 이벤트 현장을 대상으로 SNG를 통한 현장취재와 이동 현장에 대한 광대역 위성통신 서비스를 제공할 수 있다.

**4.3 개인 휴대 위성통신방송**

개인휴대 위성통신방송은 초대형 안테나를 장착한 정지궤도 위성을 이용하여 지상에서는 휴대폰 크기의 단말기를 사용하여 비교적 낮은 주파수인 L-대역 또는 S-대역의 휴대통신방송이 가능하도록 서비스하는 것이다. Fig. 10은 개인휴대 위성통신방송 서비스 분야를 보여준다.

개인휴대 위성방송서비스는 크게 재난재해 긴급통신, 지상망 전파 음영지역 휴대위성통신, 군작전용 휴대 위성통신, 위성 센서 네트워크로 나눌 수 있으며 이와 같은 서비스에 대한 주요내용은

다음과 같다.

**4.3.1 재난재해 긴급 통신 서비스**

재난재해 발생으로 인해 지상망이 동작하지 않는 초기 단계에, 재난재해 대응 활동을 수행하는 소방, 경찰 등에게 긴급 통신수단을 제공하며 재난재해 발생으로 인해 구조 요청 및 안전 확인이 필요한 국민들에게도 중요한 통신수단이 될 수 있다.

**4.3.2 지상망 전파음영지역 휴대 위성통신 서비스**

국민들이 산악지역이나 연근해와 같이 지상망이 서비스를 제공하지 못하는 지역에 있을 때에도, 위성을 통하여 통신 서비스 제공할 수 있으며 현재의 스마트폰 크기의 위성/지상 겸용 휴대 단말기를 활용하여, 추가적인 장치 없이 대한민국 전 영토에 통신서비스를 제공한다.

**4.3.3 군작전용 휴대 위성통신 서비스**

군용 위성 휴대 단말기를 통해 지상 셀룰러 기반의 작전통신망은 물론 위성망과의 접속을 제공한다. 기존의 군에서 활용하는 위성통신 단말기는 비교적 크기가 커서 개인이 휴대하기는 어려운 반면, S대역 초대형 안테나를 이용한 위성을 활용하면 군에서 요구하는 초소형, 조경량 Hand-held형 단말기로 서비스가 가능하다. 지상-위성 겸용 단말기는 교전상황에서 발생하는 긴급 정보를 텍스트와 비디오 형태로 작전본부와 교신하고, 적군과 아군의 위치를 식별하는데 필요한 지도를 GPS 시스템을 이용해 작성하는데도 활용이 가능하다.

**4.3.4 위성 센서 네트워크 서비스**

산, 바다 등과 같이 지상망을 통하여 정보 수집이 어려운 지역에서의 다양한 정보 수집(산불, 지진, 태풍, 어망 관리, 하천데이터 수집, 국경 관리 등)을 위성을 통하여 수행할 수 있으며 산불, 지진, 태풍, 어망 관리, 하천데이터 수집, 국경 관리 등과 같이 현재 정보 수집이 부족한 부분을 보완하는 저비용 서비스를 제공한다.

**4.4 위성통신방송기술 발전방향**

위성통신방송 기술분야는 위성통신방송 탑재체 부분과 전송기술, 그리고 지상국, 단말 기술부분으로 나눌 수 있다. 각각에 대한 기술개발 방향은 다음과 같다.

**4.4.1 위성통신방송 중계기**

위성통신방송 중계기는 단순 신호 처리, 고정형 RF기술에서 SDR (Software Defined Radio) 모뎀, IP라우터, 가변형 RF기술을 이용하는 중계

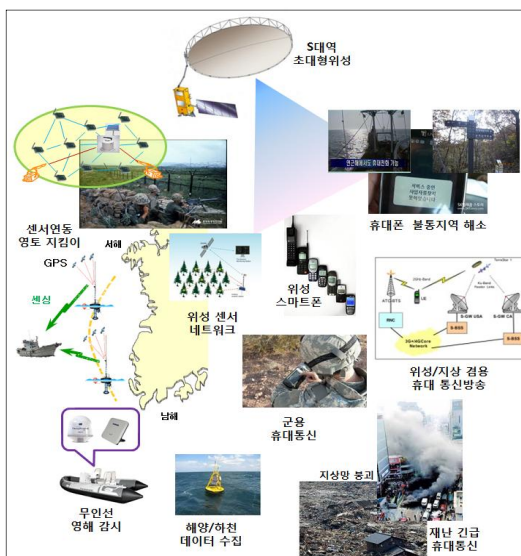


Fig. 10. Personal Mobile Satellite Communications Service[16]

기로 기술 개발이 진행되고 있다. 기존의 위성 중계기는 각 채널별 상향링크 주파수 신호를 고정된 채널용 하향링크 주파수 신호로 변환하여 지구국으로 송신하는 단순 신호 변환 중계기이었다. 단순 신호 변환 중계기는 위성 발사 후 변환된 통신 환경에 적용할 수 없기 때문에 Flexible 탑재체 기술에 대한 필요성이 요구되고 있으며, 이를 위해 영국에서 Hylas (Highly Adaptable Satellite)를 개발하여 2010년에 발사 후 운영 중에 있다[16]. 여러 주파수 대역을 처리할 수 있는 SDR 위성 중계기, 에러신호를 복원할 수 있는 재생 중계기 등에 대해 개발이 이루어지고 있다.

**4.4.2 위성통신방송안테나**

위성통신방송 안테나에 있어서는 소형, 고정형 단일빔 안테나에서 대형, 가변형 다중빔 안테나로 기술 개발 진행되고 있다. 기존 위성 안테나는 단일 대역용으로 소형 반사판이 사용되고 있다. 무궁화 위성 6호에는 2.3m급 반사판이 장착되어 있다. 그렇지만 늘어나는 통신용량 및 위성 flexibility가 요구되어 다중 빔 안테나 및 대형 안테나가 요구되고 있어서 22m급 전개형 반사판 안테나가 미국의 Harris 사에 의해 L대역용으로 개발되었다[17].

**4.4.3 광대역 위성통신방송 전송기술**

광대역 위성통신방송 전송기술에 있어서 광대역 위성통신 기술은 전송환경 변화에 유연하게 대처 가능한 고효율 전송기술을 개발 중에 있다. 유럽, 미국, 캐나다를 중심으로 2012년 말 DVB-RCS2 (Digital Video Broadcasting - Return Channel Satellite 2) VSAT (Very Small Aperture Terminal) 표준화를 완료하였으며, DVB-RCS2 기반의 고정/이동형 차세대 VSAT 시스템 개발을 추진 중이다. 광대역 위성방송 기술은 UHD TV 등 실감형 초광대역 방송 전송을 위해 수백 Mbps 전송이 가능한 기술 개발 중에 있으며 유럽, 미국은 Ka대역과 같은 광대역 위성을 이용하여 다채널 3DTV, UHD TV와 같은 광대역 실감통신방송 서비스 제공을 위해 DVB-S2 Evolution 규격과 Revolution 규격 연구를 진행 중이다[18].

**4.4.4 개인휴대통신방송 기술**

개인휴대통신방송은 저궤도 위성군을 이용한 GMPCS에서 정지궤도 위성기반 위성/지상 겸용 개인휴대통신 기술로 발전하고 있다. 위성개인휴대통신 전송규격으로 TDMA (Time Division Multiple Access) 기반의 GMR (Geostationary Earth Orbit Mobile Radio Interface) 규격을 중심

으로 형성되어 있으나, 지상망의 진화에 따라 3GPP (3rd Generation Partnership Project) LTE-Advanced 규격을 수용하는 추세로 변화하며 위성단독 서비스에서 위성/지상 겸용 서비스 기술로 진화하고 있다.

**V. 우주태양광발전시스템 개발 현황 및 관련기술**

**5.1 SSPS 개요**

우주공간에서 집광된 고효율의 태양에너지를 마이크로파 또는 레이저로 변환하여 무선으로 지상에 전송하고, 이를 지상의 전력원으로 사용하고자는 개념으로 1968년 미국의 Peter Glaser 박사에 의해 최초 제안되었다. 화석연료에 의존하지 않는 에너지원 활용이 기본 아이디어로서 제안되어 미국, 일본, 유럽 등 우주개발 선진국에서는 다음과 같은 형태의 SSPS 개념을 제안하였다. Fig. 11은 NASA에 의해 2012년에 제안된 SPS Alpha로 정지궤도에 배열형태로 조립된 다수의 박막형 미러가 태양집광을 수행하고 생성된 전력을 대형 안테나를 이용하여 마이크로파로 지구 혹은 우주 공간상의 필요한 곳에 전송하는 개념이다. Fig. 12는 JAXA에 의해 2000년에 제안된 SSPS 2000으로 태양전지의 발전부와 마이크로파 송전 안테나를 일체화한 단일형 판넬 구조체를 활용하여 100만KW급의 전력을 생성하는 개념을 일컫는다.



Fig. 11. SPS Alpha (NASA)

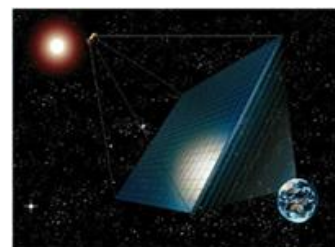


Fig. 12. SSPS 2000 (JAXA)

최근 들어 일본을 제외한 각국은 제정 및 정책상의 방침에 따라 지속적인 연구를 진행하지 못하고 있는 상황에 있으며 그중 현재 일본이 가장 활발하게 선도적 연구를 수행 중에 있다. 일본 JAXA에서는 우주 인프라 외에 SSPS 지상설비에 있어 에너지의 효율적 변환, 상용전력망과의 네트워크 협조체제 구축, 마이크로파 레이저의 안전성 등을 포함한 시스템 전체에 대한 종합적 검토가 진행 중에 있으며 일부 핵심기술에 대한 지상 검증시험이 수행 중에 있다.

**5.2 SSPS의 장점 및 기술적 과제**

SSPS의 장점 및 기술적 과제는 기술성, 안전성 및 경제성으로 분류할 수 있다. SSPS의 기술성 측면의 장점으로는 주야간 및 기상조건의 영향을 최소화, 지상에 비해 1.4배의 태양광을 이용, 전력필요 지역에 송전 가능 및 송전망 정비 부담을 경감할 수 있으며 이에 따른 과제로는 우주공간으로의 대형/대량 탑재물 수송기술, 대규모 우주구조물의 구축기술, 궤도상 장기간의 운용 및 유지 기술, 고효율 안전 발전 송·수전 기술 등이 있다. 안전성 측면의 장점으로는 발전 시 온실효과나 폐기물이 발생하지 않으며, 지진 등 자연재해 영향으로부터의 피해를 최소화할 수 있다. 이에 따른 과제로는 마이크로파와 레이저에 의한 인적, 환경적, 지상 인프라에 영향, 테러리, 태양폭발 등에 의한 우주재난으로부터의 피해에 대처, SSPS의 안전한 폐기 또는 재이용 등이 있다. 경제성 측면의 장점으로는 에너지 생성을 위한 발전 시 연료비가 불필요하며, 화석연료와 달리 분쟁 또는 수요불급에 따른 에너지 가격 급등의 영향을 최소화 할 수 있으며, 이에 따른 과제로는 우주로의 수송비, 건설, 운용, 유지, 폐기에 관한 코스트를 타 에너지원과 경합할 수 있는 수준으로의 저감, 주파수 확보, 궤도위치, 지상 전력 수급 장소 확보 안 마련 등이 있다.

**5.3 SSPS의 핵심기술분류 및 진행현황**

● **마이크로파 무선에너지 전송기술**

마이크로파 무선에너지 전송기술에서는 우주 공간에서 태양광 발전을 수행하고 생성된 전력을 마이크로파로 변환하여 지구에 전송하고 지상에서는 이를 전력으로 변환하여 이용하고자 하는 시스템을 마이크로파 방식 우주태양광발전 시스템이라 칭하며, 획득된 에너지를 마이크로파로 전송 시에는 다수의 안테나 소자로 구성되는 배열형 안테나를 이용하여 방사되는 마이크로파의 위상과 진폭을 제어 및 합성하여 고효율 에너지

전송을 위한 최적의 빔 형상을 형성하고 빔 조향을 수행한다. 에너지 전송수단으로서의 마이크로파의 특징으로 10GHz이하의 마이크로파는 구름과 비를 투과 가능하고 에너지 밀도에 따른 안정성 확보가 용이하다. 우주공간에서의 고효율 송전을 위해서는 우주와 지상국에 안테나 구경을 동일크기로 설계해야하며, 100만kW급의 SSPS로 확장할 경우 안테나는 대형화 설계가 필수적으로 요구되어진다.

● **고 정밀 마이크로파 빔 방향 정밀제어기술**

100만kW급의 대규모 SSPS를 위해 정지궤도로부터 약 직경 2km의 지상전력 수신부로 마이크로파 에너지를 안정하고 효율적으로 전송하기 위해서는 궤도상에서 km 사이즈에 이르는 대형 배열형 안테나를 사용하여 0.001도의 빔 조향 정밀도를 달성해야하며 고 정밀 마이크로파 빔 제어 기술이 중요하다. 또한, 궤도상 대형 안테나면에는 억단위의 안테나 소자를 배치하여야 하지만 이정도 크기의 대형 안테나를 구현 할 경우, 안테나면이 변형하는 등 구조적으로 안정된 평면을 유지할 수 없는 기술적 난점이 존재한다. 따라서, 마이크로파의 고정밀도 빔 방향 제어를 위해서는 정밀 전자적 보정제어가 필요하다. 미래 우주활용을 목적으로 하는 고 정밀 빔 조향 제어방식으로서 지상의 전력수신소로부터 궤도상의 송전안테나에 파일럿 신호를 보내고, 진폭모노펄스 방식에 의한 파일럿 신호의 도래각 방향을 고정밀도로 검출하고 해당방향에 마이크로파가 송전 가능하도록 마이크로파의 위상을 제어하는 방식이 연구수행 중에 있다. 해당 기술에 대하여 JAXA에서는 Fig. 11과 같은 마이크로파 무선전력전송기술 검증용 지상시험모델을 이용해 기술검증을 실시하였으며, 시험결과로는 송전부 주파수가 5.8GHz 대역, 송전부 전력이 약 1.8kW, 수신부 전력이 약 320-340W, 전송거리는 약55m 정도이다.

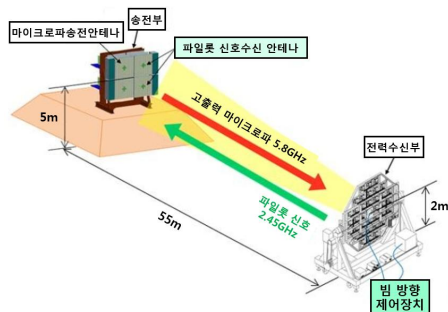


Fig. 13. Microwave wireless power transmission on-ground test model[19]

● 레이저 무선에너지 전송기술

레이저의 특징으로 빔 폭이 좁고 장거리 전송 및 장치 소형화에 용이하여 현재 위성과 같은 원거리 통신수단으로 활용 중에 있으며, 현재, 위성간 통신에 광통신이 적용되고 있으며 이러한 기술을 발전시켜 우주공간에서 생성된 전력 에너지를 레이저로 변환하여 지구에 전송하고 지상에서는 수신된 레이저를 전력으로 변환하는 우주태양광발전시스템을 레이저 방식 우주태양광발전시스템이라 칭한다.

● 레이저 빔방향 정밀제어 기술

마이크로파 전송과 같이 고정밀 빔방향 정밀제어가 요구되며, 현재 지상으로부터 위성에 파일럿 레이저빔을 방출하고, 궤도상에서는 도달각도를 검출하여 비컨 레이저빔을 재발송하여 쌍방향 링크를 확인 후 고출력 레이저빔으로 에너지를 전송하는 형태의 고정밀 제어방법이 연구 중에 있다. 한편, 대기층에서 외란의 영향으로 지상에서 우주로 송출되는 파일럿 신호는 지향성이 저하되기 때문에 위성에서는 파일럿 빔의 도달각도를 FSM (Fast Scanning Mirror) 방식에 의한 고속구동방향 제어용 광학계를 이용해 레이저 빔의 방향을 변화 및 보정하여 비컨 및 메인 전력 에너지 레이저 빔의 방향을 지상의 수광부에 고정밀도로 전송하는 제어기법이 연구되고 있다. 이러한 방식은 위성간 광통신 기술과 유사하지만, 고효율 에너지 전송을 위해서는 메인 레이저 빔의 대부분을 수광하여 전력으로 변환할 필요가 있으며, 또한 통신과 달리 고출력의 레이저를 이용하기 때문에 고출력 레이저에 대응하는 광학계 설계기술이 중요한 핵심기술로 분류되어진다.

● 대형 전개형 구조물 설계 및 조립기술

1GW급의 대형 우주태양발전시스템의 현실화를 위해서 정지궤도에 수km에 이르는 대형우주구조물을 구축해야한다. 대형 SSPS를 건설하기 위해서는 복수의 발사를 통해 구조모듈을 궤도에 투입하고 이를 궤도상에서 조립하는 기본적인 방침은 ISS와 유사하지만 비용과 안전성면에서 유인으로 조립을 수행함이 어렵기에 무인조립기술을 필요로 한다. ISS와 비교하더라도 크기가 거대함과 동시에 발사 비용 저감을 위한 경량화 요구사항이 높아지고 열 변형 등을 최소화 가능한 고치수 안정화 구조물 설계기술, 궤도상 구조물 보수 기술 등 기술적 도전이 요구되는 분야이다. 1GW급 대규모 SSPS의 마이크로파 전송 기본 모델로서 다수의 평판형 패널이 연결된 4km2의 형상의 대형 구조물이 구상 중에 있으며, 각각의 패널은 태양전지와 마이크로파 변화회로,

평판 안테나가 내장되어 있으며 발전체 일체형 패널로써 연구가 진행 중에 있다. 현재, JAXA에서 검토되고 있는 구조기술로는 발사 시에 수납된 트러스 구조물을 궤도상에서 전개하고 결합하고 이에 보급부재를 랑데부 도킹시키는 형태로 조립하여 대규모 구조물을 확장하는 평판형 구조물의 무인 조립기술을 수행 중에 있다.

● 대형 구조물의 진동제어 기술

마이크로파, 레이저를 이용한 SSPS 구현을 위해서는 고정밀 빔방향 제어기술이 중요하다. 특히, 구조물의 대형화에 따라 구조체의 고유진동수가 낮아져 위성체 내부 진동발생원으로부터의 미소진동 또는 외적 요인에 의해 야기된 저주파 진동은 위성체에 강제 및 탄성진동을 유발하여 지향성능 저하를 초래한다. 지상발전소로의 에너지 전송시 진동에 의해 발생할 수 있는 지향성능 저하는 사람의 건강, 대기, 전리층, 항공기, 전자기기 등에 악영향을 줄 수 있다. 따라서, SSPS의 진동절연 또는 제진에 의한 지향성능 저하 방지를 위해 수동형, 능동형, 반능동형 진동제어방식이 검토되고 있다. 수동형과 능동형의 장점을 갖는 반능동형 진동제어기법은 마찰, 댐핑 등 시스템 고유의 파라미터를 적극적으로 가변시켜 에너지 산일화를 수행하기에 수동형에 비해 높은 진동제어 효과가 기대 가능하며, 진동에너지 산일화가 수동적 메커니즘에 의해 이루어지기에 능동형 방식과 달리 시스템은 항상 안정적으로 운용 가능한 장점을 갖는다. 반능동형 방식은 고신뢰도 및 높은 제진효과가 요구되는 SSPS용 대형 우주구조물의 진동제어 방식으로 주목받고 있으며, 현재는 학문적인 연구들이 주를 이루고 있으며 향후 SSPS와 같은 대형 우주구조물 제진에 적용 가능한 실질적 연구수행이 요구되어진다.

● 고효율 열 제어 기술

마이크로파 및 레이저에 의한 SSPS에 있어 1GW의 출력 시스템 구성을 위해서는 0.1GW의 발열이 예상되며, 대형 구조물의 열 변형 최소화, 고출력 에너지 생성부 및 전송부의 고발열원에 대한 열 제어는 SSPS의 성능을 결정함에 있어 중요한 기술 분야이다. 또한, 경량화에 대한 요구조건을 만족시키기 위해서는 열 제어 시스템의 경량화 또한 중요하기에 기존에 존재하는 전개형 라디에이터, 능동 히트파이프 등의 열제어 하드웨어의 조합으로 SSPS 고발열원에 대한 열 제어가 가능한지에 대한 종합적 검토가 이루어지고 있다.

● 신소재 기술

우주공간에서 고효율 집광에 따른 뛰어난 열적 안전성 확보, 고효율 태양전지판, 고체 레이저

의 최대출력 성능을 결정짓는 광학재료의 열과피 한계 극복, 초경량 고치수 안정화 대형 구조체, 고효율 단열재 및 방열판 개발에 따른 열제어 시스템 성능 향상을 비롯해 고신뢰도 SSPS 시스템 구현을 위해 신소재 및 재료 개발이 요구되며 이에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다.

## VI. 결 론

우리나라는 그동안 여러 위성개발사업을 통해 위성 제작 기술의 자립화를 이루었으며 다양한 센서의 위성을 보유하게 되었다. 이를 통해 운용 중이 위성의 양적 증가와 더불어 질적인 측면의 도약도 달성하였다. 그러나 우리나라는 아직까지는 위성정보, 위성항법, 위성통신, 우주태양광 등 위성의 주요 활용분야에서의 활용 수준이 해외 선진국에 미치지 못하고 있다. 이와 같은 상황과 위성개발 현황 및 향후 방향을 고려했을 때, 우리나라는 원격탐사를 비롯한 위성정보활용 분야에 보다 집중하는 것이 효과적일 것이다. 다중 위성시대를 본격적으로 맞이하여 산·학·연·관이 협력하여 위성활용 확대 및 활성화를 위하여 매진하여야 할 것이다. 특히 정부 및 국책연구기관은 중소기업의 기술개발 지원, 활용 인프라 구축, 위성영상 보급, 관련규제 완화 등 중추적인 역할을 해야 할 것이다.

## 후 기

본 논문의 4장은 미래창조과학부의 ‘국가안보 및 국민복지 수요창출을 위한 인공위성 개발 정책 수립에 관한 연구’ 2013-07 보고서를 바탕으로 작성되었습니다.

## References

- 1) Korea Aerospace Research Institute, 2015 Aerospace Industry Survey, 2015.12.
- 2) Satellite Industry Association (SIA). 2104 "State of the Satellite Industry Report", [http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/05/SIA\\_2014\\_SSIR.pdf](http://www.sia.org/wp-content/uploads/2014/05/SIA_2014_SSIR.pdf)
- 3) Mankins, J. C., 1997, "A Fresh Look at Space Solar Power: New Architectures, Concepts and Technologies, Acta Astronautica, Vol. 41, No. 4, pp. 347-359.
- 4) Mankins, J. C., Nobuyuki, K. and Massimiliano V., 2012, "Sps-Alpha: The First Practical Solar Power Satellite Via Arbitrarily Large Phased Array (A 2011-2012 nasa niac Project)", 10th International Energy Conversion Engineering Conference.
- 5) Kim, K.E., 2015, "A study on the social issues response project based on satellite information," National Research Foundation of Korea, pp. 1~149.
- 6) Ministry of Science, ICT and Future Planning, "1st Satellite Information Application Comprehensive Plan," 2014.
- 7) Science and Technology Policy Institute, 2014, "Research to Build a Foundation for Promoting the Utilization of Satellite Information", pp. 1~252.
- 8) Lee, S. J., Park, C., "Present and future of GNSS," Information and Communications Magazine, Vol. 32, 2015, pp. 11~15.
- 9) [http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m\\_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95072649](http://www.molit.go.kr/USR/NEWS/m_71/dtl.jsp?lcmspage=1&id=95072649)
- 10) Kim, Y. S., "Understanding and Trend of GNSS," electronic science, July 2014, pp. 32~37.
- 11) European GNSS Agency, "GNSS Market Report", Issue 4, Mar. 2015.
- 12) <http://connection.ebscohost.com/c/articles/1782647/gps-sole-means-risk-analysis-report-raises-dust>
- 13) Enhanced Loran(eLoran) Definition Document, International Loran Association, 2007 (<http://www.loran.org/ILAArchive/eLoran%20Definition%20Document/eLoran%20Definition%20Document-1.0.pdf>)
- 14) <http://www.gps.gov/governance/advisory/meetings/2011-11/eldredge.pdf>
- 15) Lee, B.-S., Lee, Y.-M., Ahn, D.-S., Ahn, J.-Y., "Creation of the Space Industry Based on the Satellite Communication and Broadcasting Technology Development", in Korean, Proc. of KSAS Fall Meeting, 2014. 11, pp. 921-924.
- 16) MSIP, 'Research on Satellite Development Strategy Establishment for National Security and National Welfare' 2013-07 Report, 2014.1.29.
- 17) [http://harris.com/view\\_pressrelease.asp?act=lookup&pr\\_id=3656](http://harris.com/view_pressrelease.asp?act=lookup&pr_id=3656)
- 18) <http://www.dvb.org/>
- 19) <http://www.jaxa.jp>