

국내외 항공용 전파항법시스템 기술동향 및 국내 관련 산업 육성 방안

Technology Trends of Aeronautical Radio Navigation System and Raising Plan for Relevant Domestic Businesses

신재춘^{1*} · 이은성² · 임춘성³

¹연세대학교 대학원 융합기술경영공학과

²한국항공우주연구원 SBAS기술팀

³연세대학교 산업공학과

Jae Chun Shin^{1*} · Eunsung Lee² · Choon Seong Leem³

¹Graduate Department of Convergence Technology & Management Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

²SBAS Technology Development Team, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 34133, Korea

³Department of Industrial Engineering, Yonsei University, Seoul, 03722, Korea

[요 약]

전파항법 (radio navigation) 시스템은 항공교통, 육상교통, 측지측량, 방송통신, 국방 등 다양한 분야에서 국가 기반시설로 사용되고 있으며, 다양한 산업에서 사용되고 있다. 전파항법시스템은 여러 기술의 융합체이기 때문에 그 개발 단계에서 많은 시간과 비용이 소요된다. 선진국은 전파항법시스템 개발 초기에 국제적 호환성과 국제표준에 부합하는 국가적인 중장기 계획을 수립하고 체계적인 시스템 개발을 진행하였다. 우리나라는 전파항법에 대한 국가적인 중장기 계획의 부재로 시스템이 체계적으로 개발되지 못하고 산업발전에 효과적으로 기여하지 못하고 있다. 본 논문은 국가적인 전파항법시스템의 중장기 계획 수립을 위하여 국내외 항공분야의 전파항법시스템 기술 원리를 분석하고 기술 동향을 살펴본다. 분석된 기술동향을 기반으로 향후 국내 전파항법시스템의 기술적 개발전망과 국내 관련 산업 육성방안을 제시한다.

[Abstract]

Radio navigation systems are already used as important national infrastructures in various fields such as air traffic, land transportation, geodetic survey, broadcasting communication and national defense, and are used in various industries. Since these systems are fusion of various technologies, it takes much time and cost in the development stage. In the early stages of development of the system, developed countries are establishing a national mid-term plan that meets international compatibility and standards. Korea did not develop the system due to the lack of national mid- and long-term plan, and it is not contributing effectively to industries. This paper analyzes the technical principles and technology trend of radio navigation system in the aviation sector to establish mid - and long - term plan. Based on the analyzed technology trends, the future prospect of technological development of the domestic navigation system and the development of related industries will be presented.

Key word : Aviation, National plan, Radio navigation, Technical trend, Positioning, navigation and timing.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.6.561>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 15 November 2017; Revised 27 November 2017

Accepted (Publication) 11 December 2017 (30 December 2017)

*Corresponding Author; Jae Chun Shin

Tel: +82-10-4325-5000

E-mail: HL2UP@yonsei.ac.kr

I. 서론

전파항법(radio navigation) 시스템은 항공교통, 육상교통, 측지측량, 방송통신, 국방 등 다양한 분야에서 이미 중요 국가 기반시설로 사용되고 있다. 전파항법시스템은 여러 기술의 융합 체계이기 때문에 그 개발이 복잡하며 초기 개발 단계에서 많은 시간과 비용이 소요된다[1]. 또한 개발 이후 다양한 산업에서 활용되기 때문에 산업적 파급력이 매우 큰 시스템이다.

전파항법시스템 개발을 분석하고 기획하는 단계에서 기술적 사항뿐만 아니라, 산업적 사항이 함께 고려되어야 한다. 기술 동향과 함께 사업동향도 함께 고려되어야 하며, 더 나아가 국내 산업발전 방향도 제시되어야 한다.

선진국은 전파항법시스템 개발 초기에 국제적 호환성과 국제표준에 부합하는 국가적인 중장기 계획을 수립하고 체계적인 시스템 개발을 진행하고 있으며, 이때 자국 산업에 대한 분석을 포함하고 있다[2]. 선진국의 전파항법시스템 개발 핵심 전략은 활용 가능한 공통기술을 최대한으로 도출하여 다양한 산업에서 접근성을 높이며, 또한 전문화된 분야에서 필요기능을 맞춤형으로 손쉽게 적용할 수 있도록 그룹화 하는 것이다.

우리나라도 전파항법시스템의 효율적인 개발 및 운용을 위하여 국가적인 중장기 계획이 수립이 필요하다. 우리나라는 전파항법에 대한 국가적인 중장기 계획의 부재로 시스템이 체계적으로 개발되지 못하고 산업발전에 효과적으로 기여하지 못하고 있다.

최근 전파항법시스템으로 가장 보편화된 핵심 시스템은 위성항법시스템(GNSS; global navigation satellite system)이다. 현재 세계 각국은 국제적인 이해관계에 의하여 타국에 종속되는 일을 방지하고, 전파항법시스템 주파수 자원 고갈에 대응하기 위하여 독자적인 시스템 구축을 완료하였거나 서둘러 추진하고 있다[3]. 그리고 위성항법시스템을 보유하지 않은 국가에서도 복수의 위성항법신호를 사용하거나 대체 항법시스템을 구축하여 해외 위성항법시스템 보유국가에 대한 대외 종속성을 축소시키기 위한 노력 중이다.

국제민간항공기구(ICAO; international civil aviation organization)가 성능기반 항행체계인 PBN(performance based navigation) 이행 촉구를 위해 위성기반 보강항법시스템(SBAS; satellite based augmentation system) 도입을 권고함에 따라 세계 각 국가의 전파항법시스템 구축은 더욱 중요해지고 있다[4]. 미국, 유럽, 일본 등 선진국들은 이미 위성기반 보강항법시스템을 구축하여 운영 중에 있고, 러시아와 중국 등은 자체적인 위성기반 보강항법시스템을 보유하기 위하여 개발을 진행 중에 있다.

국내에서도 위성항법시스템을 중심으로 전파항법 강화를 추진하고 있으며, 또한 PNT(positioning, navigation and timing) 기반시설의 안전성을 확보하기 위하여 노력하고 있다. 항공분야에서는 우리나라 정부도 PBN 전환을 위해 국제민간항공기구 기준에 따라 위성기반 보강항법시스템을 이용한 PBN 절차수립을 완료한 상태이다. 그러나 다수의 전파항법시스템 개발

기술의 개발이 통합적으로 진행되고 있지 않아 정책적 부조화가 심각하며, 이에 따라 상호 운영 및 호환이 불가능 한 경우가 발생하게 되었다[5]. 전파항법시스템의 효율성을 높이고 산업 발전을 추구하기 위해서는 국가적 차원에서 주도적 진행을 위한 전파항법 발전 추진 체계 구축이 요구된다.

효율적인 전파항법시스템 구축과 국내산업 육성방안 도출을 위하여 현존하는 전파항법시스템을 파악하고 전파항법시스템 기술을 분류하고, 기술의 발전 방향을 예측하는 기술 동향 파악은 반드시 필요하다. 본 논문은 국내의 항공분야의 전파항법시스템 기술 원리를 분석하고, 항공분야 전파항법시스템의 기술 동향을 살펴본다. 분석된 기술동향을 기반으로 향후 국내 항공용 전파항법 시스템의 기술적 개발전망과 국내 관련산업 육성방안을 제시한다.

향후 본 논문의 결과는 국내의 전파항법시스템 정책 수립을 위한 기반자료로 사용될 수 있으며, 전파항법시스템 개발 기술 자료로 활용될 수 있다.

II. 항공용 전파항법 시스템 종류

국제민간항공기구는 표준 및 권고사항 기술문서에서 무선항행시설(radio navigation aids)로 계기착륙시설(instrument landing system), 레이더, 전방향표지시설(VOR; very high frequency omni-directional range), 거리측정시설(DME; distance measurement equipment), 파이크로파착륙시설(MLS; microwave landing system), 지상기반 보강항법시스템(GBAS; ground based augmentation system), 위성기반 보강항법시스템 등을 정의하고 있다[6]. 또한 국제민간항공기구는 상기 시설 및 시스템이 사용하는 주파수를 정의하고 있다. 각 항공용 전파항법시스템은 항공용 주파수 관리 지침에 따라 고유의 주파수가 할당되어 그 범위 안에서 사용되어야 한다[7].

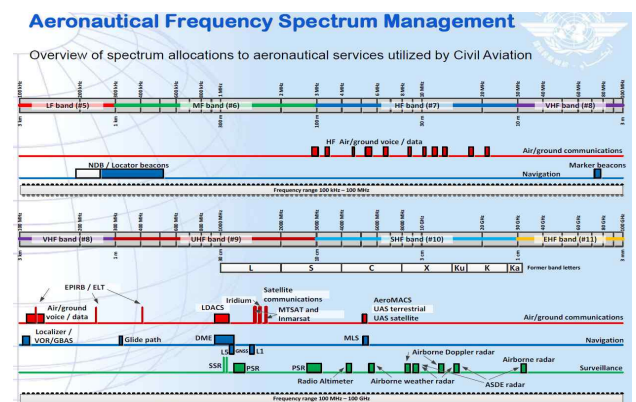


그림 1. ICAO 항공 주파수 할당 현황[7]
 Fig. 1. Status of aeronautical frequency spectrum management in ICAO[7].

상기 장치 및 시스템을 이용하여 수평적 위치를 결정하기 위해서는 VOR/VOR, VOR/DME, DME/DME, 위성항법시스템, 보강항법시스템 등을 활용하며, 수직적 위치를 결정하기 위해서는 계기착륙시설, 보강항법시스템 등을 활용한다. 우리나라의 경우 항공법 시행규칙 제 10조에 상기 장치 및 시스템이 항행안전시설이 규정되어 있다[8].

본 장에서는 국제민간항공기구의 분류체계에 따른 위성항법시스템을 포함한 전파기반 항행시설의 종류 및 특징을 살펴본다.

2-1 위성항법시스템

위성항법시스템은 인공위성을 이용하여 항공기, 차량, 선박 등의 위치, 속도를 결정하는 시스템이다. 또한 측지측량 등의 정적인 상태에서 위치결정을 수행할 경우 보다 정확한 위치결정을 할 수 있다. 그리고 위치결정과 동시에 정확한 시각결정을 수행할 수 있어 시각결정에 사용되기도 한다. 위치결정, 시각결정, 항법에 사용되는 응용분야를 통칭하여 PNT(positioning navigation and timing)라고 명명하는데 위성항법시스템은 PNT 응용분야에서 가장 광범위하게 사용되고 있다.

위성항법시스템은 서비스 영역에 따라 전지구 위성항법시스템과 지역 위성항법시스템으로 구분할 수 있다. 대표적인 전지구 위성항법시스템으로는 미국의 GPS(global positioning system)가 있다. GPS는 미국 국방부의 주도로 개발되어 1995년에 FOC(full operational capability)가 선언되었으며 현재까지 가장 보편적으로 사용하는 시스템이 되었다. GPS 이외에 현재 운용되는 시스템으로는 러시아의 GLONASS(global navigation satellite system)가 있으며 중국의 BeiDou와 EU의 Galileo는 현재 구축 중에 있다. 상기 나열된 위성항법시스템은 전 세계를 대상으로 항법서비스를 제공하고 있다[1].

위성항법시스템의 경우 24기 이상의 위성을 사용하여 전 세계적으로 PNT 서비스를 제공하지만, 지역항법시스템(RNSS; regional navigation satellite system)은 7~8기의 위성을 사용하여 지역적인 PNT 서비스를 제공한다. 대표적으로 기 구축된 시스템으로는 인도의 IRNSS(indian mss)가 있으며[9], 현재 구축 중인 시스템으로는 일본의 QZSS(quasi-zenith satellite system)가 있다[10].

2-2 보강항법시스템

위성항법시스템의 성능(정확도, 무결성, 가용성, 연속성) 향상을 위하여 보강항법시스템이 개발되었으며, 보정(Correction) 정보를 전달 방식에 따라 위성기반 보강항법시스템과 지상기반 보강항법시스템으로 구분된다.

위성기반 보강항법시스템은 정지궤도 위성을 통신 채널로 사용하는 보강항법시스템이다. 현재 운용되는 시스템으로 미국의 WAAS(wide area augmentation system), 유럽의 EGNOS(european geostationary navigation overlay service), 일본의

MSAS(multi-functional satellite augmentation system)와 인도의 GAGAN(gps aided geo augmentation navigation)이 있으며, 향후 구축 예정인 시스템으로 러시아의 SDCM(system for differential correction and monitoring)과 중국의 BDSBAS(beidou satellite based augmentation system)가 있다. 우리나라는 한국항공우주연구원이 주축이 되어 2022년 항공용 서비스를 목표로 2014년에 착수하여 KASS(Korea augmentation satellite system) 시스템을 개발하고 있다.

지상기반 보강항법시스템은 위성항법시스템과 지역항법시스템의 성능 향상을 위하여 지상망을 통신 채널로 사용하는 시스템으로서 공항 주변(23NM 이내)에서 항공기 정밀 접근을 유도하는 기능을 수행한다. 지상기반 보강항법시스템의 신호는 108~117.925 MHz의 VHF 대역을 사용한다[11]. 위성기반 보강항법시스템은 대륙 전체가 서비스 영역인 반면, 지상기반 보강항법시스템은 공항 주변에서만 사용되므로 서비스 영역은 좁지만 위성기반 보강항법시스템 보다 정확하고 높은 무결성 정보를 항공기에 제공한다는 특징이 있다.



그림 2. 위성기반 보강항법시스템 개념도
Fig. 2. Conceptual diagram of satellite based augmentation systems.

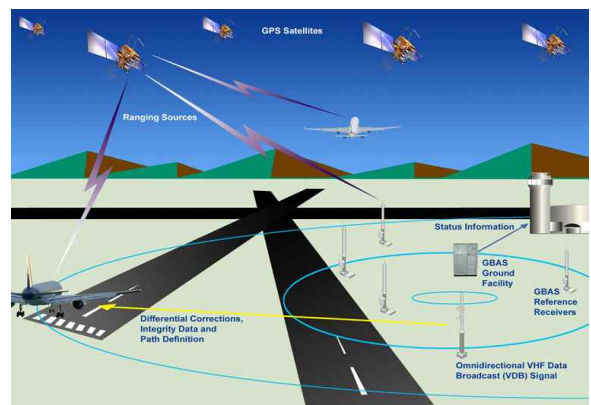


그림 3. 지상기반 보강항법시스템 개념도[11]
Fig. 3. Conceptual diagram of ground based augmentation systems[11].

2-3 전파기반 항행 시설

대표적인 전파기반 항행시설을 요약하면 표 1과 같다.

표 1. 전파기반 항행시설과 특징

Table 1. Characteristics of radio navigation aids.

Facility	Characteristics
Localizer	- Transmits waves for guidance in the horizontal direction - Uses VHF signal for indicating descent path [12]
Glide slope	- Transmits waves for guidance in the vertical direction - Uses UHF signal[12]
VOR (VHF Omnidirectional Range)	- Facility for short-range positioning - Installed at key points on the route of aircraft - Provides bearing information when reaching within a certain distance - Frequency is 108~118 MHz [13]
DME (Distance Measuring Equipment)	- Continuously sends distance information from the installation point to the aircraft - Frequency is 960 ~ 1215MHz - Composed of interrogator and transponder
MLS (Microwave Landing System)	- Transmits the guidance information in the horizontal and vertical direction - Indicates the distance to the landing point of the runway for guiding the aircraft - Frequency is 5~5.25GHz

III. 전파항법 시스템 기술 동향

본 장은 최신 전파항법시스템의 개발 동향을 소개하고 선진국이 경쟁적으로 개발하고 있는 전파항법시스템의 기술 발전 방향을 분석 검토한다.

3-1 위성항법시스템 기술 동향

1) GPS 개발 기술동향

미국의 GPS는 최소 24개의 위성으로 구성되도록 설계되었으며, 현재 31개의 위성으로 운영되고 있다. 최초의 GPS 위성은 Block I 위성군이었으며, 현재는 Block IIA, IIR, IIR-M, 그리고 IIF 위성이 운영되고 있다. GPS 시스템은 현대화 계획을 진행 중이다. GPS 현대화에 따라 노후한 위성을 새로운 위성으로 교체하고 새로운 주파수를 추가함으로써 항법 성능 향상과 활용 분야 확대를 추진하고 있다. GPS 현대화에 따라 교체될 새로운 위성은 Block IIF와 Block III 위성이며, 추가될 신호는 L5 (1176.45 MHz), L1C, 그리고 L2C이다. 현재 12대의 GPS IIR, 7대의 IIR-M, 12대의 Block IIF 위성이 정상 운영 중이며, L5 신호 제공을 위한 지속적인 실험을 진행 중이다. Block III 위성은 4개의 민간용 신호(L1 C/A, L1C, L2C, L5)와 4개의 군용신호(L1/L2 P(Y), L1/L2M)가 제공될 계획이며, 2016년 12월 공장 시험을 완료하였다[14].



그림 4. GPS III 위성 [12]
Fig. 4. Satellite of GPS III [12].

2) GLONASS 개발 기술동향

GLONASS는 러시아에서 개발한 위성항법시스템으로 예비 위성을 포함하여 30개 위성으로 이루어진 시스템을 목표로 하고 있다. 현재 예비위성 2기를 포함한 23개 위성이 운영 중이며, 3개 궤도면에 8개의 위성이 각각 배치되어 있다. 궤도 경사각은 64.8°이며, 19,140km 고도에서 11시간 15.73분 주기로 공전하고 있다. GLONASS 위성은 1982년 10월 2일에 최초로 발사되었으며, G1(1602 MHz), G2(1246 MHz), G3(1204 MHz) 주파수 대역을 이용하고 있다. 좌표계는 PE-09(PZ-90), 시간계는 UTC 기준의 GLONASS 시간을 이용하고 있다. GLONASS 위성은 GPS 현대화와 더불어 노후된 위성을 새로운 위성으로 교체하고 새로운 민간용 신호를 추가할 계획을 가지고 있으며, 2016년 2월, 5월 GLONASS-M 위성을 발사하였다[15].

3) Galileo 개발 기술동향

유럽의 Galileo 위성항법시스템의 위성은 현재 18기가 궤도에 진입하였다. 2016년 5월 프랑스 Guiana에서 발사된 Galileo 13, 14기가 지난 8월부터 방송을 시작하였다. 더불어 2016년 11월 17일, Ariane 5 로켓을 통하여 4개의 위성이 한 번에 추가로 발사되었으며, 현재 궤도시험(IOV; in orbit validation)을 진행 중에 있다. 이 4기의 위성은 Galileo 15~18 위성으로서, 2018년부터 정식 방송을 시작할 예정이다. 또한 2017년과 2018년에 2개의 Ariane 5 로켓이 추가로 발사될 예정이며, 이를 통해 2020년까지 총 24개의 위성을 통한 서비스를 제공할 예정이다.



그림 5. Galileo 위성을 탑재한 Ariane 5 발사체[16]
Fig. 5. Ariane 5 rocket with Galileo satellite[16].



그림 6. Galileo 위성 분리[16]
Fig. 6. Separation of Galileo satellite[16].

Galileo는 GPS와 결합한 공개서비스, 공공사업 서비스, 탐색 및 구조(search and rescue) 서비스에 대한 초기 서비스 제공을 시작하였으며, 2018년부터 상용서비스를 위한 초기서비스를 제공할 예정이다[16].

Galileo 궤도시험 위성은 유럽우주청과 유럽공동체(EC: European commission)가 개발비를 분담하였으며, 정상사용 위성은 유럽공동체에서 전체 개발비를 분담하였다.

4) 베이두 개발 기술동향

중국은 2015년 3월 30일 밤 쓰촨(四川)성 시창(西昌) 위성발사센터에서 첫 번째 차세대 베이두 위성항법시스템 위성이자 17번째 베이두 위성항법시스템 위성 발사에 성공했다. 베이두 항법위성은 창정(長征) 3호 로켓에 탑재되어 발사 되었다. 또한 2015년부터 3기의 MEO(medium Earth orbit), 2기의 IGSO (inclined geostationary orbit) 위성을 포함한 차세대 베이두 위성을 발사하여 새로운 구조 설계 및 테스트를 수행하고 있다 [17]. 현재 6기의 정지궤도위성, 8기의 경사궤도 위성, 6기의 중궤도 위성을 운용하고 있다.



그림 7. 베이두 위성탑재 발사체 발사[17]
Fig. 7. Launch of rocket with BeiDou satellite[17].

중국은 군용 무기체계 운용은 물론 민간 항공기 운항에 필수적인 위치정보를 제공하기 위하여 미국이 운영하는 시스템인 GPS와 별도로 독자 위성항법시스템을 구축했다. 2000년 처음으로 중국과 주변 지역에 대한 위성항법시스템 서비스를 시작했고 베이두 위성항법시스템의 항법위성 수를 지속적으로 늘려 2012년 말에는 아시아태평양 대부분 지역으로 서비스 범위로 포함하는 지역 위성항법시스템을 구축하였다.

중국은 2020년까지 정지궤도, 경사궤도, 중궤도의 항법위성을 지속적으로 발사하여 총 30여 개로 전지구 위성항법시스템을 구축할 계획이다.

3-2 지역항법시스템 기술동향

1) QZSS 개발 기술동향

QZSS는 일본의 지역 위성항법시스템으로서, 도심지역에서의 항법 정밀도 보장을 목적으로 하고 있다. 일본 도심지역의 경우 고층 빌딩이 밀집해 있어 위성항법 정보의 정밀도가 현저히 떨어지며, 이를 보완하기 위하여 미국과의 협력을 통해 QZSS를 개발하고 있다. QZSS는 3개 위성으로 이루어진 준궤도 위성시스템으로 일본 상공에 1개 위성이 상시관측 가능하도록 설계되어 있다. 궤도경사각 39°~47°, 고도 42,164 km에서 24시간 주기로 구성될 예정이다. QZSS 신호는 GPS와 상호 호환이 가능한 항법 신호와 WA-DGPS 보강신호(wide-area differential GPS augmentation signal) L1-SAIF를 제공할 계획이다. 일본 정부는 QZSS의 개발과 GPS-QZSS 상호운영 가능성 확보를 위하여 미-일 관계에 기초하여 전략적으로 GPS 체계를 고수하고 있다. 1998년 미-일 정상회담에서 GPS에 대한 양국협력에 관한공동성명을 발표하였으며, 2001년부터 미-일 양국간 GPS 협력회의를 지속적으로 개최하고 있다. 그 일환으로 2006년에 QZSS 추진 기본방침 결의하였으며, 2007년에는 QZSS 기술 협력을 목표로 GPS-QZSS 상호 운영 가능성 확보를 위한 설계 지침 마련하였다. 또한 2008년부터 현재까지 QZSS 설계 및 제작에 관한 기술 협력을 진행하고 있다.



그림 8. QZSS 위성을 탑재한 H-IIA 발사체[18]
 Fig. 8. H-IIA rocket with QZSS satellite [18].

이러한 미-일 기술 협력을 바탕으로 2010년 9월11일 오전 8시 17분(JST), Tanegashima 우주센터에서 첫 번째 QZSS 위성인 'Michibiki'가 발사되었으며, 2010년 9월 27일 오전 6시 28분(JST)경최종 준진정 궤도 조정을 성공적으로 완료하였다. 2018년까지 3개의 위성을 추가로 발사하여 4개의 위성을 이용한 서비스를 제공할 예정이며, 2023년 7기의 위성으로 독자 지역항법시스템을 구축할 예정이다. 최근 H-IIA 발사체를 이용하여 2017년 6월 1일 두 번째 QZSS 위성을 발사하였다[18].

2) IRNSS (NavIC) 개발 기술동향

인도우주연구기구(ISRO; Indian space research organization)는 현지시간 2015년 3월 28일 안드라프라데시주 스리하리코타 우주센터에서 인도의 지역위성항법시스템 IRNSS 구축을 위한 IRNSS-1D 위성 발사에 성공했다. 인도는 2013년 IRNSS-1A를 발사한 이후 지금까지 모두 7기의 항법위성을 쏘아 올리므로 인도 전역에 자체 위성항법시스템을 구축하였으며, L5(1176 MHz)와 S(2492 MHz) 대역 신호를 전송 중이다 [19,20]. 최근 NavIC(navigation with Indian constellation)로 명칭을 변경한 IRNSS는 인도 전역에서 10m 단위의 정확성을 갖춘 독자 지역 위성항법시스템의 성능을 달성한다는 방침이다.



그림 9. IRNSS 위성을 탑재한 PSLV-C33 발사체[20]
 Fig. 9. PSLV-C33 rocket with IRNSS satellite [20].

3-3 위성기반 보강항법시스템 기술 동향

1) 미국 WAAS 기술동향

WAAS는 미국연방항공청 (FAA)이 주관으로 1992년 개발에 착수하여 Raytheon사가 주 개발업체로 시스템 개발을 수행하였다. 1999년 시험용 신호를 개시한 이후 2003년 LPV급 IOC(initial operational capability)을 확보하고, 2008년 Full LPV(localizer performance with vertical guidance) 서비스를 개시하였다. 2013년부터 Full LPV-200 서비스를 미국뿐만 아니라 캐나다, 멕시코 전 지역까지 제공할 수 있도록 성능을 개선하였다. WAAS는 WRS(WAAS reference station), WMS(WAAS master station), GUS(ground uplink subsystem), OCC (operational control center)등 지상시스템과 중계기능을 갖는 정지궤도(GEO) 위성으로 이루어진다. 정지궤도 위성 중 Galaxy 15 위성과 ANIK F1R 위성은 보정 정보, 무결성 정보 제공과 더불어 레인징 (ranging) 기능도 제공하며, INMARSAT 4F3 위성은 2015년 7월부터 모니터링하고 있지 않다. 미국은 2018년 4분기까지 SBAS 정지궤도 위성5를 운용예정이며, 현재 In-Orbit 시험을 진행 중이다. 또한 2022년 총 6기의 정지궤도 위성을 운용 예정이며, 2044년까지 GPS L5 신호를 제공하는 위성의 FOC 및 이중주파수 SBAS 운용을 계획하고 있다[21]. WAAS의 운영은 미국의 4곳의 OCC(operations control center)중 NOCC(national operational control center)와 POCC(pacific operational control center)에서 담당하고 있다.

2) 유럽 EGNOS 기술동향

유럽위원회 EC(European commission)가 1994년에 EGNOS 프로그램 착수를 승인하고, 1995년 유럽우주국 ESA(European space agency) 주관으로 프랑스 Thales Alenia Space사가 주개발업체로 참여하여 개발하였다. 2003년 첫 번째 EGNOS 시험 신호 방송이 이루어졌고 2005년 EGNOS v1에 대한 IOC를 확보하였다. 2006년에는 EGNOS v2.1 설치 및 북부 아프리카로 서비스 영역을 확대하였다. 2008년 EGNOS v2.2에 대한 FOC를 확보하고 공개서비스를 시작하였으며, 2011년 인증을 통해 유럽 및 북부아프리카 지역에 항공용 서비스 제공한다. EDAS(EGNOS data access service)는 2008년 시험 서비스를 시작으로 2012년 공개 서비스를 개시했다. 2015년 4월 LPV-200 수준의 절차 활용이 가능한 시스템이 승인되었다. EGNOS 시스템은 RIMS (ranging integrity & monitoring station) 39 개소, NLES (navigation land Earth station) 6개소, MCC(mission control center) 2개소, 지원시설 (support facility) 2개소, 4기의 정지궤도 위성으로 구성된다. 중앙처리국은 기준국으로부터 전송되는 실시간 중요 데이터를 처리하는 CPF(central processing facility)와 통합운영을 담당하는 CCF(central control facility)로 연결되어 있다. 또한, 지원시설인 PACF와 ASQF는 EGNOS의 성능평가와 데이터 활용을 담당한다. 위성 운영현황을 살펴보면, INMARSAT 3F2 위성은 정상적으로 SoL 서비스 신호를 송출하고 있으며, INMARSAT 4F2 위성은 SES-5 위성

으로 기능을 이관하여 EGNOS 관련 개발 업체들이 시험용으로 활용할 수 있도록 시험모드 메시지(MT0)를 송출 중이다. L1 신호 송출용 20 MHz, L5 신호 송출용 24 MHz 중계기가 탑재된 ASTRA 4 B 위성은 2012년 7월 발사하여 운영중이며, 2014년 발사된 ASTRA-5B 위성은 전개 중이다. 이 위성은 INMARSAT 3F2 위성을 대체할 예정이다. 현재 EGNOS 시스템은 EGNOS v2.4.2 구축을 위해 새로운 GEO 레인징 알고리즘 연구개발을 수행하고 있다. EGNOS v3 구축 단계에는 Galileo 위성군과 이중주파수를 이용하여 CAT-I 수준의 서비스 제공을 목표로 시스템 개선 작업을 진행하고 있으며, 2022년 개발 업체 선정을 시작으로 2022년에 EGNOS v3를 운용할 예정이다[22].

3) 일본 MSAS 기술동향

일본은 1993년 전자항법연구소(ENRI)에서 GNSS 관련 연구를 시작으로 1995년 MTSAT 개발을 착수했다. 2005년과 2006년에 MTSAT-1R 및 MTSAT-2 위성을 발사하였고 2007년 MSAS IOC 확보하여 NPA(non precision approach) 서비스를 개시하였다. 현재 후쿠오카 FIR(flight information region) 내에서 En-route부터 RNP(required navigation performance) 0.3 수준의 NPA의 RNAV(area navigation) 수행을 위한 보정정보를 생성하고 있으며, 수평방향 유도 서비스만 제공하고 있다. 또한, MSAS 사용자에게 서비스 중단 및 예측을 알려주는 NOTAM(notice to airman) 서비스를 제공하고 있다. MSAS 시스템은 MCS(master control station) 2개소, GMS(ground monitor station) 6개소, MRS(monitor and ranging station) 2개소, 항법, 기상, 이동통신용 탑재체가 함께 실린 복합정지궤도 위성 2기로 구성되어 있다. 미국 하와이와 호주 캔버라에 위치한 MRS 사이트 2곳은 2015년 3월 31일부 제외되었다. MTSAT-1R 과 MTSAT-2 위성은 각각 PRN (pseudo random number) 129번과 137번을 사용하고 있다. 이 중 MTSAT-1R 위성은 연료 소모가 완료되어 2015년 12월 8일 사용이 중단됐으며, MTSAT-2 위성은 당 초 예상에 비해 4년을 추가로 사용할 수 있어 2019년까지 운영 예정이다. MTSAT-1R 위성 운영 중단에 따라 MTSAT-2 위성에서 Dual PRN 방식으로 방송된다. 2020년에는 MTSAT-2 위성의 수명이 종료되므로 QZS (quasi-zenith satellite) GEO-1 위성에서 MSAS 메시지를 방송할 예정이며 이에 대한 시험을 위하여 2018년부터 2020년까지 QZS GEO-1 위성사용을 위한 추가 PRN을 사용하게 된다. QZS GEO-1 위성 운영 개시 이후 2020년부터 2022년까지는 PRN 129, 137 또는 추가 할당된 PRN 중 하나를 사용하게 되며 2023년 이후에는 QZS GEO-1 위성이 PRN 129, QZS GEO-2 위성이 PRN 137, QZS GEO-3 위성이 새로운 PRN을 사용할 예정이다.

4) 인도 GAGAN 기술동향

인도 GAGAN 시스템은 AAI(airport authority of India)와 ISRO(Indian space research organization)가 공동으로 개발하였다. 1단계는 기술데모시스템(TDS; technical demonstration system) 구현 단계로 2004년 개발에 착수하여 2007년

INMARSAT 4F1 위성 임치를 통해 개발을 완료하였다. 2단계는 FOP(full operation phase) 단계로 2009년 개발에 착수했으며, 미국의 Raytheon사가 참여하여 시스템을 구축하였다. 인도는 자체적으로 인도 환경에 맞는 전리층 오차보정 기술을 개발하였다. 2011년 GSAT-8 위성, 2012년에 GSAT-10 위성을 각각 발사하여 GAGAN 시스템 구축을 완료하였다. 이 과정에서 2010년 첫 번째 GAGAN 위성인 GSAT-4가 발사 실패하여 시스템 구축이 지연되기도 하였다. 2015년 11월 세 번째 정지궤도 위성인 GSAT-15 발사가 성공하여 현재 3기의 SBAS 위성을 확보하였다. GAGAN 시스템은 현재까지 15개소의 INRES(Indian reference station), 2개소의 INMCC(Indian master control center), 3개소의 INLUS(Indian land uplink station)와 3기의 정지궤도 위성으로 구성되었으나, 최근 3번째 INMCC를 설치하였으며, GSAT-15 통합을 위해 4번째 INLUS를 추가할 예정이다[23].

5) 러시아 SDCM 기술동향

러시아는 GPS와 GLONASS 신호의 보정 정보 및 무결성정보를 제공하는 SDCM(system for differential corrections and monitoring)을 개발하고 있으며, 23개소의 MP(monitored points), 3개소의 상향링크국(uplink station), 1개소의 CGM(center of global monitoring), 3기의 정지궤도 위성으로 구성된다. 23개소의 기준국 중 19개소는 러시아 영토 내에 설치되어 있으며 4개소는 남극대륙 3개소, 브라질 1 개소 등 해외에 있는 기준국에 설치되어 있다. 각 위성은 L1 주파수 신호만을 송출하고 PRN 141, 125, 140을 사용한다. 현재 SDCM은 서비스가 용성을 가지며, 수평 및 수직 유도 서비스 제공이 가능한 수준의 시스템 개발을 진행하고 있다. 2018년까지 L1/L5 이중주파수 SBAS 서비스를 계획하고 있으며, 2019년까지 SDCM SBAS 서비스 인증을 계획하고 있다.

6) 중국 BDSBAS 기술동향

BDSBAS(BeiDou SBAS)는 중국의 보강항법시스템으로 GPS와 BeiDou에 대한 보정데이터를 생성하는 것을 목적으로 한다. 3기의 정지궤도위성을 활용하여 2020년에 공개서비스를 제공할 예정이지만, 현재 BDSBAS는 GEO 위성이 아닌 위성 활용도 고려중이다. 또한 2018년에 DFMC(dual frequency multiple constellation) 활용가능한 수신기의 프로토타입 개발 및 시험이 예정되어있다[24].

BDSBAS는 중앙제어국(master control station), 데이터처리 시스템(date processing system), 상향링크국(uplink station), 감시국(monitored station)으로 이루어져 있는 지상 시스템과, 3기의 정지궤도 위성으로 구성된다.

7) 한국 KASS 기술동향

우리나라 정부는 2013년 SBAS 개발을 결정하고 2014년 10월 국토교통부를 주관부처로 하여 한국형 SBAS 시스템, 즉 KASS 개발·구축 사업을 착수하였다. 본 사업은 APV-1급 SoL 서비스 수준의 SBAS 시스템 개발을 목표로 한다. 사업기간은

2014년부터 2022년까지 총 8년이며 3단계에 걸쳐 개발·구축된다. 1단계는 시스템 설계, 2단계는 시스템 제작, 통합 및 검증, 3단계는 공개서비스, 시스템 인증 및 SoL 서비스 운영을 준비 단계이다.

8) 호주 SBAS 기술동향

호주 정부는 2016년 1월 초 자국의 위치결정기술 프로그램에 2년 동안 1,200만 달러를 지원할 것이라고 발표하였다. 또한, 농업, 항공, 건설, 광업, 해상, 철도, 도로, 공간 및 공공시설을 포함한 수많은 산업 단체들을 참여시킬 예정이다. 안전성, 생산성, 효율성 및 환경적 이익과 주요 운송 수단에 대한 적용을 위해 차세대 SBAS를 시험할 계획이다. 2년의 개발기간동안 차세대 SBAS는 수심 ~ 5 cm의 위치 정확도를 제공하는 PPP (precise point positioning)를 포함한 새로운 기술을 테스트 할 예정이다. 호주 정부의 발표에 따르면 향상된 위치결정 기술이 널리 채택됨에 따라 2030년까지 호주에 730억 달러 이상의 가치를 창출할 수 있는 잠재력이 있다고 한다. 호주의 SBAS 실험으로 호주는 미국, 러시아, 인도, 일본 및 유럽연합과 같은 SBAS 기술에 투자하고 정밀위치 결정을 활용하는 국가가 되었다.

3-4 지상기반 보강항법시스템 기술 동향

미국은 CAT-I 서비스 제공을 위해 2009년에 Honeywell이 개발한 SLS-4000 시스템 설계 인증을 완료하였으며, 2012년 이후로 계속적으로 성능향상 연구를 진행하고 있다. 2012년 이후 미국 내 Newark, Houston, Moses Lake airport 공항에 GBAS 장비를 설치하고 가동을 승인을 하였다. 현재 CAT-III 성능을 만족하는 GAST-D 요구조건을 위한 국제민간항공기구 SARPS 인증 계획을 수립하고 있으며, CAT-III GAST-D 시스템 설계를 2018년에 승인할 계획 이다.

유럽에서는 독일이 Bremen 공항에서 2012년부터 CAT-I GBAS 상업 운용을 하고 있으며, EUROCONTROL을 중심으로 CAT-II/III를 위한 GBAS를 2020년부터 확대 설치할 계획이다.

일본은 CAT-III GAST-D에 대한 연구를 진행하고 있다.

3-5 기타 기술 동향

기타 기술로서 계기착륙시설, 방향표지시설 및 거리측정시설, 마이크로와 착륙시설에 대한 동향은 표 2와 같다.

IV. 국내 관련 산업 육성 방안

본 장에서는 항공용 전파항법시스템과 관련된 국내외 산업 동향을 분석하고 이를 바탕으로 국내 관련 산업의 육성 방안을 도출한다.

표 2. 기타 기술 동향

Table 2. Trends for other technologies.

Facility	Technical trends
ILS (Instrument Landing System)	- 1,200 ILS are being operated in USA, of which approximately 160 units meet CAT-II/III performance - In the United States, WAAS operation will reduce the number of ILS - ILS satisfying CAT-II/III performance is undergoing R&D to combine with GBAS - In Korea, 9 ILSs are being operated
VOR and DME	- 1,000 VOR and DME are being operated in USA - Minimal number of VOR and DME will be kept until 2020 - Low-power facilities are being developed and installed, and will be used to support precise landing - Currently, Korea is operating about 18 related equipments
MLS	- MLS is developed as a navigation alternative to ILS in USA - Development of MLS ceased with satellite navigation system - The UK continues to pursue research and development

4-1 국내외 관련 산업 동향

유럽 항공청은 2016년 10월, 미국 항공청은 2016년 11월에 각각 성능기반 항행체계인 PBN으로의 전환을 선언하였으며, 2014년 이후 현재까지 전 세계적으로 36,000 기 이상의 새로운 민간 항공기가 등록되었다. 또한 항공 여객 교통량은 2015년 대비 2016년에 약 7% 증가했다. 이처럼 전세계적으로 증가되는 민간 항공기와 그 교통량을 해결하기 위하여 구현되는 PBN에서 위성항법시스템은 중요한 역할을 담당할 것으로 예상할 수 있다. 새로운 민간 항공기를 운용하는 항공사는 보다 엄격한 안전과 효율적인 운영을 위하여 위성항법시스템을 사용하는 경향이 증가하고 있기 때문이다

또한, 최근 위성항법시스템은 회전익기의 운용에서도 그 효용성이 입증되고 있다. 회전익기를 활용한 응급구조 서비스 (helicopter emergency service)는 이탈리아에서 구축된 이후 노르웨이와 영국, 덴마크, 오스트리아, 스위스로 등에서도 구축이 진행 중이다[25].

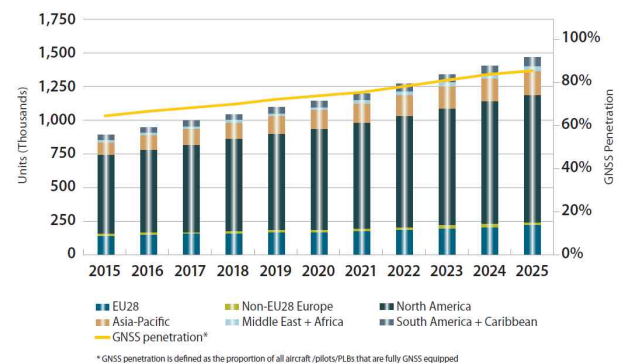


그림 10. 지역별 항공용 위성항법시스템 수신 장비 설치전망[25]
Fig. 10. Forecast of GNSS receiver installation[25].

2022년 이후 위성항법시스템 수신 장비는 모든 항공용 전파항법시스템 수신 장비에서 80% 이상 사용될 것으로 예상되며, 수신장비의 수량은 2022년 이후 1,250,000기가 넘을 것으로 예상되고 있다[25].

현재는 위성항법시스템 보다는 계기착륙시설, 전방향표지 시설, 거리측정시설 등이 주장비로 사용되고 있지만 향후 위성 기반 보강항법시스템, 지상기반 보강항법시스템이 활성화 될 경우 기존 시설은 보조장비로 활용될 예정이다[26]. 향후 위성항법 보강항법시스템만으로 항공용 전파항법시스템을 운영하지 않고 보조장비를 운영하는 이유는 위성항법신호는 전파교란, 스푸핑 등과 같이 고의적인 신호회득 방해공격에 취약하기 때문이다. 항공용 전파항법시스템은 신뢰성과 안전성이 확보되어야 하지만, 보강항법시스템은 기본적으로 위성항법 신호를 사용하기 때문에 간헐적으로 문제가 발생할 수 있기 때문에 백업시스템이 필요한 것이다.

국내 항공용 전파항법시스템 관련 산업은 매우 미미한 상황이며 한국공항공사가 항공용 전파항법시스템을 국산화하여 국내 공항에 설치하고 이를 기반으로 국외에 수출하는 것이 거의 유일한 산업 활동이다.

한국공항공사는 2004년부터 항공용 전파항법시스템의 국산화를 추진하였으며, 2010년 UN(united nation)아프리카 연합 평화유지군에서 시행하는 아프리카 수단 엘 제니나 공항사업에 국내개발 항행안전장비인 계기착륙시설 1식, 거리측정시설 2식, 전방향표지시설 1식을 수출하였다. 또한 이스탄불공항에도 계기착륙시설을 설치하였다[27].

한국공항공사는 세계최대 항행 장비 관련 전시회(ATC-글로벌 2013)에 전시하는 등 산업 활동을 지속하였으며, 2014년 필리핀 신국제공항에 국산 계기착륙시설을 수출하여 필리핀 항공청에서 실시한 비행검사에 최종 합격하였다. 해당 계기착륙시설의 설치사업은 한국공항공사와 서광건설 등으로 구성된 컨소시엄이 2013년 사업자로 선정되어 공동으로 수행하였으며 필리핀 교통부가 대외경제협력기금을 활용하여 발주한 사업이다[28].

4-2 국내 관련 산업 육성을 위한 제언

항공용 전파항법시스템의 전세계적인 추세는 위성항법시스템과 보강시스템을 주요 시스템으로 사용하는 방향으로 전환되고 있으며, 기존의 계기착륙시설, 거리측정시설, 전방향표지 시설 등은 보조 시스템으로 사용될 것이다. ICAO, Next Gen 및 SESAR의 추진계획을 검토한 결과, 단기적으로는 ICAO 계획(analog to digital)에 맞춰 전환이 추진될 것이므로 현재의 CNS/ATM 체제가 유지될 것이며, 현재의 항행안전시설로 신설 및 교체에 의한 산업형태가 일정기간 지속될 것으로 전망된다. 중장기적으로는 세계적인 항공산업의 비약적인 발전, 협소한 공역구조에서의 음성통신 위주 항공교통관제방식은 증가하는 미래항공교통의 수용이나 안전성 확보에 한계가 있고, 최근 각 국은 온실가스 감축정책 등을 추진하고 있어 차세대 항행기

술과 새로운 공역체계구축에 따른 위성항법 등이 융합된 공역 이용 환경개선을 통해 효율성 및 항공안전성을 확보하고자 할 것으로 전망된다.

기존의 항공용 전파항법시스템의 산업 육성이 부진했던 이유로 기술 및 시장 장벽을 제시할 수 있으나, 위성항법시스템과 보강항법시스템은 기존 시설에 비하여 기술 및 시장 장벽이 높지 않다. 또한, 기존의 시설들은 신호를 수신하기 위하여 고가의 항공용 수신기를 사용해야 했지만, 위성항법시스템과 보강항법시스템은 저가의 일반용 수신기를 사용하더라도 신호를 수신할 수 있다.

따라서 위성항법시스템 및 보강항법시스템 관련 기술 개발과 인프라 구축이 조속히 추진되어야 하며, 인도와 일본의 경우와 같이 보강항법시스템 인프라 구축을 진행하면서 기술을 축적하고 이후에 위성항법시스템 인프라를 구축하는 것을 제언한다. 이 때 위성항법시스템 및 보강항법시스템의 인프라는 정부 주도로 구축하고, 인프라를 활용하는 사용자 시장은 민간 주도로 구축하는 것을 제언한다.

위성항법시스템 인프라 구축에 대한 투자대비 편익은 유럽의 경우 12.09로 예측되고 있으며, 한국의 경우 2.42로 예측되고 있다[29]. 이와 같이 위성항법시스템 인프라 구축은 다양한 시장에서 경제적 편익을 창출하고 있다.

더불어 위성항법시스템 및 보강항법시스템을 활용하는 사용자 시장은 항공용뿐만 아니라 차량, 철도, 선박 등에서도 파급력이 있을 것으로 예상된다. 국내 산업이 보유한 우수한 정보통신기술을 활용하여 사용자 시장을 확대하고 경쟁력 있는 육성방안을 도출할 경우, 위성항법시스템 및 보강항법시스템 관련 시장은 증대될 것으로 예상된다. 따라서 선진국 수준의 항공용 전파항법시스템 인프라를 구축하고 관련 국내시장을 확대를 위한 재원 확보를 위하여 2010년 6월 개정된 이래로 유지되고 있는 항행안전시설 사용료 체계를 보다 구체화 하고 명확히 하는 것을 제언한다.

V. 결 론

전파항법시스템이 가지는 경제·안보·기술적 중요성으로 인하여 구축 자체에 대한 세계 조강대국들의 패권경쟁이 심화되고 있다. 특정 국가 시스템에 의한 위치와 시각 정보의 의존은 국방 안보적인 면에 있어서 종속을 초래할 수 있다. 따라서 향후 해외 전파항법시스템 보유국의 서비스 이용 제한, 위성항법신호 교란과 같은 위협요인에 대한 기술적, 원초적인 대응을 위해서 독자적인 전파항법시스템 구축을 통한 안정적이고, 지속적인 전파항법서비스 제공 능력 확보가 필요하다.

본 논문에서는 국내외 최신 전파항법 시스템의 기술 원리를 분석하고, 전파항법 시스템의 기술 동향을 살펴보았다. 조사한 바와 같이 현재 전파항법시스템은 유사한 목적을 가진 시스템이 다수 존재하며, 각각의 시스템은 독립적으로 설치·운영되고 있다. 또한 각 시스템 별로 사용하고 있는 주파수 역시 매우 다

양하며, 중복적이다. 이러한 상황에서 국가적으로 효율적인 전파항법시스템을 구축하기 위해서는 다양한 방법으로 개발·구축되고 있는 개별 전파항법시스템에 대해서 총괄적인 기술발전 분석을 수행하고, 그 기반에서 개별 전파항법시스템 개발을 총괄·계획 할 수 있는 체계 구축이 필요하다.

또한 전파항법시스템 관련 산업발전을 추구하기 위해서는 선진국과 같은 전파항법시스템의 체계적인 분석을 기반으로 해외 대비 국내 산업이 보유한 우수한 기술을 고려하여 경쟁력 있는 육성방안을 도출하고 장기적인 계획을 수립한 뒤에 전체적인 총괄체계 아래에서 지속적인 정책을 확립하고 지원하는 것이 필요하다.

References

- [1] C. H. Yeom, A Study on the technology development based on next-generation civil satellite navigation system, Korea Aerospace Research Institute, Korea, 2014.
- [2] 2014 Federal Radio Navigation Plan, Department of Defence, Department of Homeland Security, and Department of Transportation, USA, 2015.
- [3] 96th Meeting Summary of Special Committee 159, Navigation Equipment Using the Global Navigation Satellite System, RTCA, USA, No. 028-17/SC159-1057, 2017.
- [4] J. H. Choi, Embarkation of Developing a High Precision GPS Augmentation System(SBAS), in *CNS Today*, 2014.
- [5] B. S. Seo and S. H. Park, GIS Technology Trend and Marketability Analysis [Internet]. Available: <http://www.cctvnews.co.kr/news/articleView.html?idxno=5464>.
- [6] International Standards and Recommended Practices Annex 10, ICAO, Vol. 1, 2012.
- [7] Loftur Jónasson, "ICAO Aviation Frequency Spectrum and the ITU World Radiocommunication Conferences," in *Aeronautical Spectrum Workshop for WRC-15*, Switzerland, 2015.
- [8] Enforcement Rules of Aviation Act, Ministry of Land Transportation No. 72, Ministry of Land Transportation, 2014.
- [9] Inside GNSS, Indian Launches Fourth IRNSS Spacecraft [Internet]. Available: <http://www.insidegnss.com/node/4472>.
- [10] GPS World, Japan launches second Michibiki QZSS satellite [Internet]. Available: <http://gpsworld.com/japan-launches-second-michibiki-qzss-satellite/>
- [11] FAA, Ground Based Augmentation System (GBAS) [Internet]. Available: https://www.faa.gov/about/office_org/headquarters_offices/ato/service_units/techops/navservices/gnss/laas/
- [12] Navigation Instrumentation, International Virtual Aviation Organization [Internet]. Available: <https://www.ivao.aero/>
- [13] U. Y. Y and S. H. Chun, "Understanding of navigation safety facilities for air traffic control," *The Magazine of the IEK*, pp. 20-28, Nov. 2013.
- [14] H. MartinN, "GPS Program and Policy Update," in *International Committee on GNSS*, 2016.
- [15] I. Revnivvykh, "Global Navigation Satellite System Status," in *International Committee on GNSS*, 2016.
- [16] ESA, Galileo's Launchers [Internet]. Available: http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/Galileo/Galileo_s_launchers
- [17] J. Ma, "Update on the BeiDou Satellite Navigation System," in *International Committee on GNSS*, 2016.
- [18] Cabinet Office, Successful Launch of QZS-2 [Internet]. Available: http://qzss.go.jp/en/events/h2af34_170602.html
- [19] N. Desai, "The Indian Regional Navigation Satellite System and GPS-aided GEO-Augmented Navigation System," in *International Committee on GNSS*, 2016.
- [20] Department of Indian Space Research Organisation, PSLV-C33/IRNSS-1G, [Internet]. Available: <http://www.isro.gov.in/launcher/pslv-c33-irnss-1g>
- [21] FAA, "SBAS and GNSS Program status and modernisation plans – WAAS/GPS," in *SBAS International Working Group Meeting*, 2016.
- [22] ESA/ESSP/GSA, "SBAS and GNSS Program status and modernisation plans – EGNOS/Galileo," in *SBAS International Working Group Meeting*, 2016.
- [23] AAI, "SBAS and GNSS Program status and modernisation plans – GAGAN," in *SBAS International Working Group Meeting*, 2016.
- [24] CSNO, "SBAS and GNSS Program status and modernisation plans – BDSBAS/BeiDou," in *SBAS International Working Group Meeting*, 2016.
- [25] European GNSS Agency, GNSS Aviation Market Report, 2017.
- [26] ICAO, Global Air Navigation Plan, 2016.
- [27] Asia Economy, Korean airport safety facility exported to Sudan [Internet]. Available: <http://m.asiae.co.kr/view.html?no=2010072009533273316>
- [28] Asia Economy, Domestic navigation equipment opened to export to the Philippines [Internet]. Available: <http://m.asiae.co.kr/view.html?idxno=2014111307293584618>
- [29] Korea Aerospace Research Institute, The planning research of the element technology for next generation civil satellite navigation system, Korea, 2014



신 재 춘 (Jae chun Shin)

1993년 경일대학교 전자공학과 공학사
2009년 연세대학교 법학과 법학사
2001년 연세대학교 산업대학원 전파공학 석사
2015년 ~ 현재 연세대학교 대학원 융합기술경영공학과 박사과정
※관심분야 : 전파항법 시스템, 초고주파통신



이 은 성 (Eunsung Lee)

1996년 건국대학교 항공우주공학 학사
1998년 건국대학교 기계공학 석사
2005년 건국대학교 항공우주공학 박사
2006년 ~ 2007년 UCLA 박사후연수연구원
2007년 ~ 현재 한국항공우주연구원
※관심분야 : 위성항법 시스템 고장검출, 항공용 위성항법 보강시스템, RTK(Real Time Kinematics)



임 춘 성 (Choon Seong Leem)

1992년 University of California at Berkeley (미국) 산업공학 박사
1987년 서울대학교 산업공학 석사
1985년 서울대학교 산업공학 학사
1995년 ~ 현재 연세대학교 산업공학과 교수
※관심분야 : 비즈니스 모델 및 산업 트렌드에 대한 연구, 산업경쟁력 수준평가 및 효과분석에 대한 연구