

국제 GNSS 기구 동향 조사

이정행¹, 전종현¹, 강정완¹, 임종원², 이병석², 주정민², 김선우^{1*}

Survey of International GNSS Organizations

Jeonghang Lee¹, Jong Hyun Jeon¹, Jeongwan Kang¹, Jongwon Lim², ByungSeok Lee², Jung-Min Joo², Sunwoo Kim^{1*}

¹Department of Electronic Engineering, Hanyang University, Seoul, 04763 South Korea

²Korea Aerospace Research Institute, Daejeon 34133 South Korea

ABSTRACT

In this paper, we survey recent trends of International Global Navigation Satellite System (GNSS) organizations such as the International Committee on GNSS (ICG), International Civil Aviation Organization (ICAO), International Maritime Organization (IMO), and International Telecommunication Union (ITU), and investigate their impact on the maritime and aviation sectors. Each international organization promotes international cooperation, improvement of service quality, assurance of security, compliance with international regulations, and technological innovation and development. ICG develops a variety of satellite navigation enhancement systems. ICAO establishes international aviation regulations and standards to enhance aviation safety and security. IMO establishes international shipping conventions and rules to protect and regulate the shipping environment. Lastly, ITU establishes international communication regulations and standards. Investigation of such international organizations plays an important role in increasing the efficiency and reliability of GNSS systems. Each international organization promotes international cooperation, improvement of service quality, assurance of security, compliance with international regulations, and technological innovation and development. In the future, interoperability and compatibility with new satellite navigation systems and other GNSS and satellite navigation enhancement systems must be secured, so and thus investigation of international organizations must be conducted first.

Keywords: GNSS, ICG, ICAO, IMO, ITU

주요어: 위성항법시스템, 위성항법시스템 국제위원회, 국제민간항공기구, 국제해사기구, 국제전기통신연합

1. 서론

Global Navigation Satellite System (GNSS)는 인공위성을 이용하여 전 세계적으로 위치와 시간 정보를 제공하는 시스템으로, 항공, 해상, 육상, 우주 등 다양한 분야에서 활용되고 있다. GNSS의 정확도와 신뢰성을 높이기 위해서는 국제적인 협력과 조정이 필수적이며, 이를 위해 여러 국제기구들이 설립되고 운영되고 있다. 이러한 국제기구들은 GNSS의 표준화, 규제, 보급, 개발, 연구 등에 관여하며, GNSS의 성공적인 운용과 발전에 기여하고 있다.

GNSS의 기술적인 측면을 담당하는 기구들로, International

Committee on GNSS (ICG), International Civil Aviation Organization (ICAO), International Maritime Organization (IMO), International Telecommunication Union (ITU) 등이 있다. 이들 기구들은 표준화, 호환성, 보호, 개선 등에 관련된 정책과 규칙을 제정하고, 관측과 분석, 데이터의 수집과 배포, 연구와 개발 등을 수행하고 있다. GNSS의 보급과 활용을 촉진하고, 이를 이용한 지구관측과 재난관리 등에 관련된 프로그램과 사업을 진행하고 있다.

GNSS와 관련된 국제기구들은 GNSS의 발전과 확산에 많은 공헌을 하고 있지만, 동시에 여러 가지 문제점과 과제도 가지고

Received Feb 15, 2024 Revised Apr 30, 2024 Accepted May 24, 2024

*Corresponding Author E-mail: remero@hanyang.ac.kr



Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Table 1. Discussion subjects and key agenda by WG.

Group	Subject	Recent agenda
WG-S (WG-A)	Systems, signals and services	GNSS signal, radio interference GNSS performance standards GNSS interoperability/Compatibility
WG-B	Enhancement of GNSS performance, new services and capabilities	GNSS SAR GNSS SSV Lunar PNT
WG-C	Information dissemination and capacity building	GNSS education and training activities GNSS PR and joint research
WG-D	Reference frames, timing and applications	Coordinate system and visual system SLR

있다. 예를 들어, GNSS의 표준화와 호환성을 위한 국제적인 협력과 조정이 부족하거나, GNSS의 보호와 안전성을 위한 국제적인 규제와 감독이 미흡하거나, GNSS의 보급과 활용을 위한 국제적인 지원과 교육이 부족하거나, GNSS의 연구와 개발을 위한 국제적인 공유와 협력이 부족하다는 점이다. 이러한 문제점과 과제를 해결하기 위해서는 GNSS와 관련된 국제기구들의 역할과 기능을 재정립하고, 협력과 조정을 강화하고, 자원과 능력을 효율적으로 활용하고, 성과와 영향력을 증대해야 한다.

선행 연구 Moon et al. (1999)에서는 Global Positioning System (GPS) 관련 국제 표준화 동향 및 주요 국제기구에 대한 내용을 제공한다. ICAO, IMO, ITU 등 각 국제기구의 역할과 동향을 제공하지만 비교적 최근 업데이트 항목에 대한 내용 및 ICG에 관련한 내용을 제공하지 않는다. Yoo (2023)에서는 ICAO 민간 무인기 표준화 절차 및 동향에 대한 조사를 수행하였다. 특히 국내의 표준화 동향 및 연구 활동을 조사하였으나 위성 항법 시스템에 대한 표준화 동향은 제공하지 않는다. Ku & Oh (2023)에서는 6G 통신을 대비하여 ITU-Radiocommunication sector (ITU-R) 워킹 파티 4C 회의를 중심으로 주파수 간섭 문제에 대한 연구 활동을 분석하였다. 특히 L 대역과 2 GHz 대역 및 2.6 GHz에서의 지상 International Mobile Telecommunication (IMT)과의 공존 및 호환성 연구를 중점적으로 다루었다. 하지만 국제기구 ITU에 대한 개요 및 World Radiocommunication Conference (WRC)-23 이전 회의 결과 내용은 제공하지 않는다. Lee et al. (2023)에서는 Korean Positioning System의 안정적인 운용을 위하여 주파수 대역을 공유하는 서비스 간의 호환성 문제에 관한 무선 규정을 조사하였다. 또한, 호환성 평가 시 사용될 수 있는 ITU 권고서 및 보고서를 요약하였다. 하지만 WRC 회의에서 논의되었던 Radionavigation Satellite Service (RNSS)와 Radiodetermination-Satellite Service (RDSS) 시스템의 규정적 지위 변경, 주파수 대역 확장, 공유 기준에 대한 연구 등에 관련한 내용은 제공하지 않는다.

이와 같은 선행 연구들은 각 국제기구에 대한 전반적인 개요는 제공하지 못하며, 특정 기구에 대해 한정되어 있다. 또한 기존 GNSS 및 위성 항법 보강시스템과의 상호운용성 및 호환성을 확보하기 위해서는 각 국제기구에서 논의되는 최근 동향에 대한 분석이 선행되어야 한다.

따라서, 본 논문은 GNSS 국제기구들의 역할과 중요성을 강조하고, 문제점과 과제를 분석하며 GNSS의 현재와 미래에 대한 이해를 제공한다. 본 논문은 다음과 같은 구조로 구성된다. 2장에서는 ICG 회의 주요 내용을 살펴보고, 3장에서는 ICAO 주요 기술

기준 변경사항을 살펴보고, 4장에서는 IMO 표준화 동향을 살펴본다. 마지막으로 5장에서 ITU 회의 주요 내용을 살펴보고 결론을 맺는다.

2. ICG 위성 항법 시스템 및 기술 정책 동향 조사

2.1 개요

2005년 United Nations (UN) 산하에 설립된 ICG는 민간위성 기반 위치설정, 항법, 시기, 부가가치 서비스와 관련된 상호 관심사에 대해 자발적인 협력을 추진하고 있다 (UNOOSA 2024). ICG 회원국은 항법 시스템 및 위성기반 보강 항법 시스템 구축하여 운영 중이거나 예정인 미국, 러시아, 중국, 대한민국 등 15개국 이 있다. 준회원 및 참관기구는 Civil Global Positioning System Service Interface Committee (CGSIC), ITU 등 21곳이 있다.

주요 회의 구성은 워킹 그룹 회의, 워킹 그룹 별 중간 결과 논의 및 연례 회의를 계획하는 Interim 회의와 워킹 그룹 별 활동 현황을 공유하고 주요 의제를 논의하는 Annual 회의로 이루어진다 (Pelton et al. 2017). Table 1은 워킹 그룹 별 논의 분야 및 최신 의제를 보여준다. 워킹 그룹-S는 2017년 그룹명이 워킹 그룹-A에서 워킹 그룹-S로 변경되었으며, 각 대역에서의 GNSS 스펙트럼 보호를 위하여 전파 간섭, 각 시스템 간의 상호운용성/호환성을 위한 연구 및 성능 표준 개발을 진행한다. 워킹 그룹-B는 GNSS 신규 서비스를 위한 연구가 주로 이루어지며, 최근 GNSS 위성을 사용한 Lunar Positioning, Navigation, Timing (PNT)을 위한 연구 및 개발 계획 수립이 이루어지고 있다. 워킹 그룹-C는 GNSS 공동연구, 개발도상국에게 교육 제공 등 홍보를 주요 의제로 하고 있다. 워킹 그룹-D는 최근 고정밀 범위 측정을 위하여 Satellite Laser Ranging (SLR) 기술 개발을 위한 의제를 중점적으로 논의하고 있다.

2.2 주요 회의 내용

ICG는 연례 회의에서 각 워킹 그룹의 하위 그룹과 태스크 포스트팀이 기술적 이슈에 대하여 도출한 수행 결과를 발표한다. 연례 회의와 같이 개최되거나 필요에 따라 수시 개최되는 Providers' Forum은 위성 항법 시스템을 운영하거나 개발 계획이 있는 국가들로 구성되며, 호환성, 상호 운용성 보장을 위한 스펙트럼 관리, 서비스 표준, 운용 현황 및 계획 보고가 이루어진다

Table 2. Present and planning of satellite navigation system in ICG-15.

Country	Present	Plan
USA	- Of the 37 satellites, 30 are operating - Providing WAAS in North America	- Plans are underway to modernize satellite navigation - Announcement of space policy directive 7 to sustain GNSS' global leadership
Russia	- 2 GEO and 23 MEO satellites are operating - Cooperation with China for increasing interoperability and scalability	- 6 High-Orbit GLONASS-Ks to be launched by 2030 according to modernization plan
EU	- 24 of the 26 satellites are operating normally - Research activities are continuing to enhance interoperability, such as cooperation with Japan and India	- Development of a new integrated space program to increase the utilization of satellite navigation in climate change, COVID-19 pandemic, disaster warning, etc
China	- 3 GEO satellites and 24 MEO satellites are currently in operation	- Focus on providing various applications and standardized solutions through active international cooperation and promotion activities
Japan	- 3 Quasi-Zenith Satellites (QZSs) and 1 GEO satellites are in operation - QZS-1R, an alternative QZS-1 launched in 2010, will be launched 2021	- Three more satellites (2QZS+1GEO) will be launched by 2023 - Centimeter (CM) level GPS augmentation service will be targeted for service in the Asia-Pacific region by 2028
India	- 3 GEO and 4 IGSO satellites are in operation - GAGAN, a SBAS, is in operation - Providing service using L5 and band signals	- A follow-up satellite with an independently developed atomic clock is scheduled to be launched in 2022 - Expect all aircraft in India to have GAGAN receivers after July 2021

(ICG 2022a, 2022b, 2023).

2.2.1 ICG-15 회의 주요 내용

ICG의 15번째 연례 회의인 ICG-15는 오스트리아 비엔나에서 2021.9.27 ~ 10.1에 개최되었다. 대한민국은 옵서버 자격으로 참석하였으며, 후속 회의에서 회원국으로 승인되었다. Table 2는 ICG-15 회의 당시 주요국의 위성 항법 시스템 현황 및 향후 계획을 보여준다. 미국, 러시아, EU, 중국은 최소 24개 이상의 GNSS 위성을 운용하고 있으며, 일본과 인도는 4개 이상의 지역 위성 항법 시스템을 운용하고 있다. 미국과 인도는 GPS 보강 위성 항법시스템인 Wide Area Augmentation System (WAAS)와 GPS Aided Geostationary Earth Orbit Augmented Navigation (GAGAN)을 운용하는 것을 확인하였다. 각 국가들이 위성 항법 시스템 현대화 및 추가 위성 발사를 계획하고 있으며, 국제적 협력을 통하여 상호 운용성을 확보를 목표로 하고 있다.

워킹 그룹-S는 하위 그룹 'Compatibility and Spectrum'을 소개하면서 ICG-10 권고안 #1 'Campaign on Protection of RNSS Operation' 관련 세미나 개최 계획을 발표하였다. 또한 주요 진행 업무인 'Protection RNSS Spectrum from non-RNSS sources' 현황과 신규 업무로서 Automatic Dependent Surveillance-Broadcast와 Automatic Identification System을 사용한 Interference Detection and Mitigation (IDM)을 발표하였다. 차기 권고안 초안으로는 'Testing Approval Public Notification'과 'Incorporating Resilience into GNSS IDM'을 발표하였다. 하위 그룹 'Interoperability and Service Standard'에서는 성능 표준 및 감시 관련 업무 계획을 소개하였으며, 시각, 상호 운용성 관련 진행 상황 및 향후 워크숍 개최를 위한 안건을 발표하였다. 또한 ICG-14 권고안 14S-2에 근거하여 구성된 Precise Point Positioning 태스크포스 팀 멤버 구성 소개 및 진행 상황을 발표하였다.

워킹 그룹-B의 하위 그룹들은 각각 Space Service Volume (SSV) 개정판 발간 및 GNSS 사용자에 위한 활용 보고서의 준비 현황을 보고하였다. 또한 우주 활용 하위 그룹의 활성화 방안 및 United Nations Office for Outer Space Affairs의 위성 항법 활용 워크숍 지원 방안을 발표하였다. 워킹 그룹-C는 신규 권고안으

로 저비용 수신기 시스템을 활용한 우주기상 모니터링 프로젝트 팀 구성을 제시하였으며, 저비용 수신기 시스템 사용 가능성 여부에 대한 연구를 예정하였다. 또한 워킹 그룹-C는 UN 산하 지역 우주과학 및 기술 교육 센터의 활동 및 ICG 정보 센터의 역할을 인정하였다. 워킹 그룹-D는 새로운 권고안은 발표하지 않았으며 지난 회의의 좌표계 관련 권고안에 대한 진행 현황 검토만을 수행하였다 (ICG 2022a).

2.2.2 ICG-16 회의 주요 내용

ICG의 16번째 연례 회의인 ICG-16은 UAE 아부다비에서 2022.10.9 ~ 10.14에 개최되었다. 대한민국은 회원국 자격으로 참석하였으며, ICG-19 유치 의향을 제출하였다. Table 3은 ICG-16 회의 당시 주요국의 위성 항법 시스템 현황 및 향후 계획을 보여준다. GNSS 운용국 중 미국, EU는 신호 현대화 계획을 추진 및 계획 중이며, 러시아, 중국은 Satellite Based Augmentation System (SBAS) 서비스 및 농업, 물류 등 분야로의 서비스 확대를 계획 중이다. 일본은 센티미터급 서비스를 제공하고 있으며, 러시아 또한 센티미터급 서비스와 Search And Rescue (SAR) 서비스 제공을 목표로 연구 중이다. 인도는 L5, S 대역에서 서비스를 제공 중이며, L1 대역에서 신호를 송출할 계획을 발표하였다.

워킹 그룹-S는 ICG-10 권고안 #1 'Campaign on Protection of RNSS Operation' 및 ICG-14 권고안 14S-1 'Booklet on GNSS/RNSS Spectrum Protection' 현황/계획을 발표하였다. 또한 민간 간의 시스템 개발 수요 등을 고려한 정부·산업체 간 정보 교류, International GNSS Monitoring and Assessment (IGMA) 출범 및 GNSS 간 시각 오차 정보 제공 방법 등을 위한 워크숍을 개최하였다. 지난 회의에서 발표한 신규 권고안 'Testing Approval Public Notification'의 제정은 2022년 12월 IDM 워크숍에서 논의하였다. 워킹 그룹-S의 하위 그룹 System-of-system Operations은 ICG-13 권고안 13S-2 'Inter-Agency Space Debris Coordination Committee Medium Earth Orbit (MEO)/Inclined Geosynchronous Orbit (IGSO) Study'와 관련하여 시스템별 궤도 계획에 대한 자료 초안을 작성 계획을 발표하였다.

워킹 그룹-B는 'GNSS Application for Present and Future' 작

Table 3. Present and planning of satellite navigation system in ICG-16.

Country	Present	Plan
USA	- Of the 37 satellites, 31 are operating	- Announcement of GPS signal utilization program in outer space including the moon to sustain GNSS' global leadership
Russia	- Of the total 26 satellites, 24 are in normal operation and 2 tests including GLONASS-K2 are in operation - General service is officially operated and SBAS service is being tested	- Plans to improve the availability of urban areas and to provide CM level services and SAR services through the deployment of six inclined orbital satellites by 2030 - 1 GLONASS-M (2024) and 7 GLONASS-K (2025) to be launched
EU	- 25 of the 28 satellites are operating normally - G2G (Galileo 2nd Generation), which is a modernization plan for Galileo, is being promoted with the goal of 2031	- Next-generation satellite, signal design and satellite clock test, ground test bed, etc. to improve service quality and utilization - Consideration of the use of low-orbit satellite research as a supplement to existing systems
China	- Operation of 30 satellites (3 GEO, 3 IGSO, 24 MEO) - Expand bilateral and multilateral international cooperation with Russia, the Middle East, Africa, etc	- Development of preliminary satellites to provide stable services, etc. - Development and distribution of standards in agriculture, logistics, communications, etc. to expand the service market
Japan	- 4 (3 QZS and 1 GEO) satellites including QZS-1R launched in 2021 are in operation - Since Sep. 2022, the CM level service has been in trial operation	- Launching 3 more satellites (two GEOs and one IGSO) by 2023 - Certification service will be launched from 2024, and research and development directions related to next-generation QZSS will be established and implemented
India	- 7 (3 GEO and 4 IGSO) satellites in operation - L5 and S band signals are being used to provide services to a radius of approximately 1,500 km, including India	- Postponed follow-up satellite launch scheduled for Q1 2022 - utilizing L1 band signal in the future

Table 4. Present and planning of satellite navigation system in ICG-17.

Country	Present	Plan
USA	- Of the 37 satellites, 31 are operating - Developing dual frequency WAAS	- Plan to launch 4 more GPS-III satellites and launch GPS III-F satellites by 2026
Russia	- Of the 26 satellites, 24 are in normal operation and 2 tests including GLONASS-K2 are in operation - Planning to deploy 14 GLONASS-K2 satellites and 6 satellites in 3 inclined orbit to provide high-precision service	- Plans to improve the availability of urban areas and to provide CM level services and SAR services through the deployment of six inclined orbital satellites by 2030 - 1 GLONASS-M (2024) and 7 GLONASS-K (2025) to be launched
EU	- Navigation service is provided through 23 of the 28 satellites, SAR service is provided through 24 satellites - High Accuracy Services is seeking to launch initial services in January 2023 and formal services in 2025	- Initial Service to Be Launched for Navigation Message - Authentication Service in Early 2024 - Commercial Authentication Services plans to launch initial services in 2024 trial 2025
China	- 15 BDS-2 satellites and 31 BDS-3 satellites (1 backup) in operation - Orbital verification completed for 4 new BDS-3 GEO satellites - Expand bilateral and multilateral international cooperation with Russia, the Middle East, Africa, etc	- Plans to launch one to three backup satellites to improve service availability, etc - Plan to upgrade the ground system to improve operational stability and performance
Japan	- 4 (3 QZS and 1 GEO) satellites in operation - QZS-5/6 Satellite Test in Progress - Since Sep. 2022, the CM level service has been in trial operation	- After the deployment of additional satellites, QZSS will provide independent navigation services, certification services, and emergency warning services - Planning the expansion of satellite groups (11 in total)
India	- 7 (3 GEO and 4 IGSO) satellites in operation - L5, S and L1 band signals are being used to provide services to a radius of approximately 1,500 km, including India	- Plan for testing of NavIC Navigation Message Certification Service via RNSS-1D/1I satellite

성 계획, SAR & Emergency Warning System 및 GNSS Science 분야의 성과들을 발표하였다. 또한 우주 사용자를 위한 시각동기 연구에 대한 결과 및 타 워킹 그룹의 우주사용 하위 그룹 참여 계획을 발표하였다. 워킹 그룹-C는 ICG-16에서 신규 권고안을 제시하지 않았으며, 지난 ICG-15에서 제안한 우주기상 모니터링 프로젝트팀을 구성하였다. 프로젝트 팀은 ICG-16에서 저비용 GNSS 수신기, 데이터 처리 소프트웨어 등의 설계를 위한 요구 사항 및 프로토타입 등 프로젝트 진행 상황을 보고하였다. 워킹 그룹-D 또한 새로운 권고안은 발표하지 않았으며, 좌표계, 시각계 관련 권고안 #20, #21, #23에 대한 진행 현황 검토만을 수행하였다 (ICG 2022b).

2.2.3 ICG-17 회의 주요 내용

ICG의 17번째 연례 회의인 ICG-17은 스페인 마드리드에서 2023.10.16 ~ 10.20에 개최되었다. 대한민국은 회원국 자격으로 참석하였으며, 서비스 제공국 지위 승격은 보류되었다. Table 4는 ICG-17 회의 당시 주요국의 위성 항법 시스템 현황 및 향후 계획을 보여준다. 미국은 GPS의 현대화 계획의 일부로 이중 주파수 WAAS를 개발하고 있으며, 러시아, 유럽은 고정밀 서비스를 위한 추가 위성 발사 및 새로운 서비스를 계획 중이다. 중국은 새로운 위성을 위한 궤도 검증을 마쳤으며, 항법 서비스 운용 성능 강화를 위한 지상국 개선을 계획 중이다. 일본은 추가 위성 발사를 통하여 독자적인 항법, 인증, 재난 경보 서비스 제공을 목표로 하고

Table 5. Current status of NSP job cards (ICAO NSP Secretary 2023).

NSP job cards	Content
NSP002.04	GNSS evolution – multi-constellation
NSP003.04	GNSS evolution – SBAS
NSP004.04	GNSS evolution – Advanced receiver autonomous integrity monitoring
NSP005.05	GNSS evolution – GBAS
NSP006.05	GNSS radio frequency interference
NSP007.03	Mitigation of space weather effects
NSP009.05	Alternative position navigation and timing

있다. 인도는 기존 L5, S 대역에서 L1 대역으로 신호 송출 대역을 확장했으며, 새로운 위성을 통하여 항법 메시지 인증 서비스 제공을 계획하고 있다.

워킹 그룹-S는 지난 ICG-10에서 권고한 International GNSS Service (IGS)와 IGMA Joint Trial Project (JTP)를 발표하였다 (ICG-WG-S 2023a). IGMA JTP는 GNSS 성능을 관찰하고 IGS의 기존 인프라 및 기능을 활용하여 IGMA의 개념을 검증하는 것을 목표로 한다. 워킹 그룹-S는 2023년 6월에 Low Earth Orbit (LEO) PNT 시스템에 대한 워크숍을 개최하였으며, ICG-17에서 제공자에 대한 권고 또한 발표하였다. LEO PNT 관련 권고에서 워킹 그룹-S는 ICG 구성원들이 각 국내 LEO PNT 시스템 제공자 (정부 및 비정부)들을 ICG 활동에 초청할 것을 권고했다 (ICG-WG-S 2023b).

워킹 그룹-B는 2024년 상반기에 “GNSS Applications for sustainable development: case studies” 보고서 발간 예정을 발표하였다. 또한 시스템별 안테나 패턴 분석, 달 탐사용 SSV 및 우주사용자 시각 정보 요구사항 등 중점 작업 계획의 현황 보고 및 Lunar PNT, LEO PNT 등 관련 연구 결과를 발표하였다. 특히 GNSS Science, GNSS Performance Enhancement 분야의 연구 성과를 발표하면서 25차 태양활동 극대기 동안의 전리층 영향 감시 및 경고를 위한 국제 공조를 강조하였다. 워킹 그룹-C는 ICG-16에서 신규 권고안을 제시하지 않았다. 워킹 그룹-D는 개도국 역량 강화를 위한 훈련, 과학 연구를 위한 GNSS 활용 증진, GNSS 응용 논의를 위한 지역 워크숍 등에 대한 각국 현황을 공유하였으며, 신규 권고안은 발표하지 않았다. 또한 2021년 권고안에 따른 저비용 수신기 시스템 활용 우주기상 모니터링 프로젝트에 참여한 연구기관 별 연구 결과를 제시하였다. 워킹 그룹-D는 기준시각계, 재난위험 감소에 대한 새로운 권고안을 제안하였다. 기준시각계의 경우 권고안 #11, #16, #20에 대한 진행 현황 검토를 발표하였으며, multi-GNSS 수신기 제작사와 GNSS 제공자의 협정 세계시 예측 성능에 대한 권고를 발표하였다. 재난위험감소의 경우 감시국 설치 현황 공유 및 절차를 확립과 관련 공용 소프트웨어 기술 개발을 권고하였다.

3. ICAO

3.1 개요

ICAO는 국제 항공 운송을 관리하고 규제하는 전문 기구이다. ICAO는 1944년 시카고 협약으로 설립되었으며, 국제 항공 운송의 안전과 질서 있는 발전을 촉진하는 것을 목적으로 한다. 위성

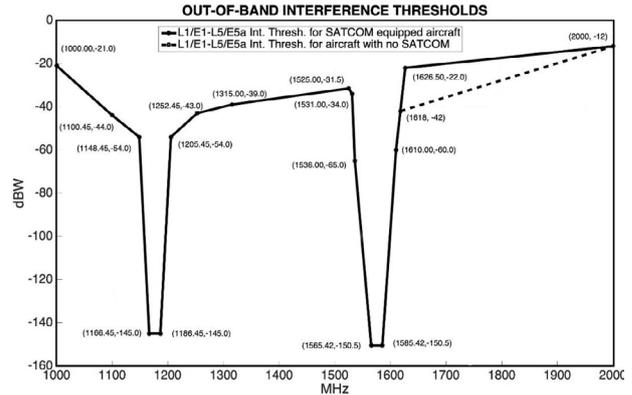


Fig. 1. Continuous wave interference thresholds for GPS L1/L5, Galileo E1/E5a and DFMC SBAS receivers.

항법 시스템에 관련하여 ICAO는 차세대 GNSS와 위성 항법 보강 시스템 Aircraft-Based Augmentation System (ABAS), Ground-Based Augmentation System (GBAS), SBAS에 관한 정책과 기준을 개발 및 적용한다. 이러한 시스템들은 항공기의 정밀한 위치 결정을 가능하게 하여, 더 안전하고 효율적인 항공 교통 관리를 촉진한다.

3.2 차세대 GNSS 대응

ICAO는 제12차 및 13차 Air Navigation Commission (ANC) 회의에서 지속적으로 차세대 GNSS 구성요소가 소개되고 발전함에 따라, ICAO의 표준제정 등 필요성이 부각되어 승인되었다. Table 5는 6차 ICAO Navigation Systems Panel (NSP) 회의에서 관련 권고사항에 기반하여 2021년 6월 17일에 ANC에 의해 승인된 NSP Job Cards의 현황이다. 또한, 핵심 위성군인 GPS, GLONASS, Galileo, BDS 등에 대한 전문성 있는 검토를 위해 NSP 내에서 업무를 조정을 진행하고 있다.

추가적으로 GNSS 고장 발생 시 항공안전을 유지하기 위한 지침을 제공하며, PNT 정보 제공 시스템에 관한 장기적인 전환 가능성 검토와 현재 Distance Measuring Equipment 운영 최적화하기 위한 국제표준을 개정한다. 또한, GNSS L5/E5a 주파수 간섭 임계값을 Fig. 1에 제시하고, RTCA에서 추진 중인 간섭 기준안을 반영하여 추진하며, Dual-Frequency Multi Constellation (DFMC) SBAS 및 Galileo 표준을 적용한 The European Organization for Civil Aviation Equipment의 DFMC SBAS 최소 운영 기준을 연구결과에 기반하여 제안하였다 (ICAO Annex 10 2014).

Table 6. Proposed model for multipath and AGDV error (Rippl 2021).

Type	Model E1	Model E5a	Model Ifree
Multipath only (σ_{MP})	$0.11+0.03 \times e^{0.80}$	$0.07+0.06 \times e^{0.50}$	$0.26+0.08 \times e^{0.80}$
AGDV only (σ_{AGDV})	$0.065+0.2 \times e^{0.80}$	$0.065+0.2 \times e^{0.14}$	$0.17+0.5 \times e^{0.15}$
G-3 multipath & AGDV ($\sigma_{MP \text{ and } AGDV}$)	$0.13+0.17 \times e^{0.80}$	$0.11+0.18 \times e^{0.15}$	$0.34+0.4 \times e^{0.14}$

Table 7. Major updates to the GBAS ionospheric guidance.

Item	Action	Result
G-1	Updated portions of the guide related to GBAS approach service type (GAST) D	-Data are based on standards included in the draft together with the GAST D Standards Recommendations and the existing resource kit for GAST D.
G-2	Navigation system panel GBAS WG ionospheric gradient monitoring consideration of work by ad hoc group	-The ionospheric gradient monitoring ad hoc group of the Navigation Systems Panel (NSP) is in charge of DFMC GBAS-related work. -NSP has begun work on the ICAO GBAS manual, which includes a guide to mitigating ionospheric threats.
G-3	Added description of protection levels	-Data related to protection levels are included in the draft.
G-4	Input to GBAS ionospheric data analysis based on experience from the GBAS Proof of concept project at Bangkok Suvarnabhumi International Airport	-A new section includes a summary of how to develop a GBAS ionospheric threat model based on Thai experience and input.

3.3 위성 항법 보강시스템

3.3.1 ABAS

ABAS는 항공기 자체에서 실행되는 보강시스템으로 GPS 수신기의 데이터를 사용하여 항공기의 위치와 안정성을 개선하는데 사용된다. 주로 항공기의 기존 항법 시스템과 통합되어 사용되며, GPS 신호의 정확성과 신뢰성을 높이고 항공기의 안정성을 향상시킨다.

ICAO는 2020년 9월에 Galileo 관련 향상된 감시 시스템인 Advanced Receiver Autonomous Integrity Monitoring (ARAIM) 적용을 위한 표준 및 권고 사항을 제시하였다. 또한, DFMC GNSS 수신기의 필터 설계를 위한 성능 분석 결과를 제시하였다. DFMC 기반 항법시스템 (ARAIM, DFMC SBAS, DFMC GBAS 등)은 사용자의 무결성 보장을 위하여 다중경로 및 안테나와 수신기 잡음 관련 잔여 오차 모델이 필요하다. 따라서 ICAO는 European Commission의 지원을 받은 Horizon 2020 R&D framework 프로그램의 Dual Frequency Multipath model for Aviation (DUFMAN) 프로젝트 연구 내용을 소개하였다 (Rippl 2021). Table 6은 DUFMAN 프로젝트에서 다중경로 및 Antenna Group Delay Variation (AGDV) 오차를 위하여 제안된 모델을 보여준다.

Table 6의 다중경로 모델은 정상상태에서 100초 평활 시상수를 도출한 결과이며, 필터 과도상에서 다중경로의 거동 및 AGDV 오차를 분석하였다. DFMC GNSS 사용자 수신기에 적용될 필터 이므로 기술기준이 업데이트에 따라 사용자 알고리즘에 적용이 필요하다.

3.3.2 GBAS

GBAS는 지상 기반의 보강시스템으로 고도 정확성 항법 및 착륙 절차를 제공한다. 항공기가 고도 정밀 착륙 절차를 수행할 때 GPS 신호의 정확성과 신뢰성을 향상시키는 데 사용된다. GBAS는 지상 장비를 사용하여 다양한 착륙 절차를 제공하며, 항공기

의 안전한 착륙을 보장한다.

ICAO는 2021년 9월 GBAS/SBAS Implementation 태스크 포스 회의를 통하여 GBAS/SBAS 안정성 평가 안내서 개정을 진행하였다. 2022년 5월 3차 ITF 회의를 통하여 비정상적인 이온층(전리층) 관련 GBAS와 SBAS 각각의 안정성 평가 안내서 개정을 위하여 Expert Group 3-1을 만들기로 결정하였으며, 4차 GBAS/SBAS 이행전담팀 회의 이후 GBAS 이온층 관련 안내서 개발 및 검토하였다. 전문가 그룹은 GBAS/SBAS 안내서를 위한 업데이트 항목을 확인하고 4차 GBAS/SBAS ITF 회의에서 workplan으로 제출되었다. Table 7은 2023년 6월 일본 도쿄에서 개최된 5차 GBAS/SBAS ITF 회의에서 소개한 GBAS 이온층 관련 안내서의 업데이트 항목을 보여준다. ICAO는 또한 Very High Frequency (VHF) Data Broadcast (VDB) 간 및 VDB와 Instrument Landing System (ILS) 또는 VHF Omnidirectional radio Range 간 동일주파수 대역 사용 시 주파수 할당과 관련하여 신호손실 및 불요파 거부 성능 적용 등 위치선정 및 주파수 호환사용에 관한 지침을 개정하였다.

3.3.3 SBAS

SBAS는 위성기반 보강시스템으로, 지역적으로 정확한 오류 수정 정보를 제공하여 항공기와 다른 이동체의 위치 결정을 개선하여 GPS 및 기타 GNSS 신호의 정확성과 신뢰성을 향상시킨다. 이러한 보정 정보는 지상 기반의 지역군처리 시설을 통해 발송되며, SBAS 수신기를 장착한 항공기 및 이동체에게 제공된다.

ICAO에서는 GNSS 기술기준에 SBAS L1, L5 주파수에 대한 기술기준을 신설하였다. 기존 L1 SBAS에 대해서만 작성되었던 기술기준에 DFMC SBAS에 대한 기준을 추가 정의하였으며, L1 SBAS와 DFMC SBAS에 적용되어야 하는 기술기준을 구분하여 명확히 하였다. 또한, GNSS 기술기준에 여러 GNSS 구성요소에 적용되는 기준을 신설하여 기존 GPS/GLONASS에 대해서만 작성되었던 기술기준에 DFMC GNSS에 대한 기준을 추가 정의하였다. GLONASS의 경우 기준에 방송하던 Frequency Division Multiple Access 신호와 새롭게 추가된 Code Division Multiple

Table 8. Major updates to the SBAS ionospheric guidance.

Item	Action	Result
S-1	Information about new SBAS services under development or deployment	· SDCM (Russia), BDSBAS (China), KASS (Korea), South-PAN (Australia-New Zealand) and A-SBAS (Africa, later renamed ANGA) were introduced.
S-2	Distinction between disturbed and quiet ionospheric conditions for SBAS	· New section added on this topic
S-3	Ionospheric threat model related to Indian SBAS system (GAGAN)	· In addition to the currently existing WAAS/MSAS ionospheric threat model, a new section on the Multi-Layer Data Fusion (MLDF)-based GAGAN ionospheric threat model has been added to Appendix A.
S-4	Information about Chinese SBAS system (BDSBAS)	· Reference is made to the published and publicly available Interface Control Document (ICD).
S-5	DFMC SBAS related information	· Only differences from L1 SBAS from ionospheric effects were integrated.
S-6	Post adoption activities	· New guidance material included as part of SBAS post-adoption activities for ionospheric monitoring

Table 9. International maritime organization requirements for maritime safety.

Area / unit	System level				Service level	
	Absolute horizontal accuracy (95%)	Alarm limit	Integrity		%	%
			Time to alarm*	Integrity risk		
Ocean	≤100	N/A	s	N/A	≥99.8	N/A
Harbour entrances, harbour approaches and coastal waters	≤10	25	10	10	≥99.8	99.97

*Generation of integrity warnings in cases of system malfunctions, non-availability or discontinuities.

Access 신호를 구분하도록 기준을 변경하였다. 마지막으로, GBAS/SBAS 안전성 평가 안내서 개정을 진행하였다. 회의의 진행은 위 GBAS의 내용과 같으며 Table 8은 SBAS 이온층 관련 안내서의 업데이트 항목이다.

GNSS SARPs Working Group (GSWG)은 SBAS Approach Performance Designator (APD) 개념 및 관련 기준을 신설하였다. DFMC SBAS 수신기는 SBAS Final Approach Segment Data Block (FAS DB)에 지정된 APD 값을 사용할 수 있으며, 기존의 L1 SBAS 수신기는 APD를 사용할 수 없다. APD는 FAS DB에 정의된 접근 절차에서 사용할 수 있는 SBAS 서비스, 1개 이상 위성군 사용 DFMC SBAS, 2개 이상 위성군 사용 DFMC를 명시하였다. 또한 GSWG 초청 및 피드백 제공을 통해 SBAS 메시지 인증 관련 표준 제정 로드맵을 제안하였다. 2021년 4월에 상황, 가정, 성능 지수 및 기술개념에 관한 의견을 종합하였고, 2021년 9월에 성능 분석 및 SBAS-Message Authentication (MA) 규격의 초안을 마련하였으며, 2022년 3월에 표준 상정을 위한 SBAS-MA 규격의 최종안을 완성하였다.

4. IMO

4.1 개요

선박을 이용해 연안항해를 시작한 시절부터, PNT 정보는 해상 안전과 선박운항의 연속성을 보장하기 위한 필수 정보로 이용되었다. 오늘날에 있어 PNT 정보는 e-Navigation과 해상교통관제와 함께 자율운항선박의 핵심 요소가 되었다.

IMO는 해상에서의 안전, 보안 및 선박으로부터 발생하는 해양오염 방지를 책임지고 있는 국제기구이다. IMO는 위원회와 전

문위원회를 통해 국제규정을 개발하고, 모든 위원회와 전문위원회는 UN이나 전문산하기구, 공식적인 대표들이 구성된 정부 간 기구와 비정부 간 기구의 지원 및 조언과 함께 그들의 기능을 전달할 수 있는 회원국의 대표자들로 구성된다. GNSS 관련 국제 표준은 IMO의 Maritime Safety Committee (MSC)와 항해, 통신, Sub-Committee on Navigation, Communication, and Search & Rescue (NCSR)에서 다루고 있다.

4.2 IMO의 GNSS 표준화 동향

4.2.1 WORLDWIDE RADIONAVIGATION SYSTEM (WWRNS)

IMO는 항해를 목적으로 Table 9의 최소 요구성능을 충족시킬 수 있는 전파항법 시스템을 WWRNS라는 이름으로 규정하고 있다. 당연히 GNSS도 IMO가 규정하는 전파항법시스템에 포함된다 (IMO 2015).

전-지구 서비스가 가능한 전파항법시스템만을 WWRNS로 인정해야 한다는 기준을 변경해 2018년부터 지역 GNSS도 WWRNS로 인정해야 한다는 회원국들의 의견을 반영하여 2020년인 Indian Regional Navigation Satellite System (IRNSS)가 WWRNS로 승인되었다. 이에 따라 상선들은 북위 50°N, 경도 55°E, 위도 5°S, 경도 110°E 해역 내 선박의 항해를 지원하기 위해 GPS 및 GLONASS와 유사한 위치 정보를 얻기 위해 IRNSS를 사용할 수 있게 되었다 (IMO 2018).

2021년에 일본은 주변국의 요구 사항을 반영하여 WWRNS로 승인되었다. WWRNS로 인정을 받은 모든 GNSS는 IMO 요구성능 중 Table 9의 “Ocean” 권역에 성능을 만족시키는 시스템으로 승인되었으나, Fig. 2를 통해 Quasi-Zenith Satellite System (QZSS)의 경우 다른 GNSS와 달리, IMO에서 요구하는 성능 중

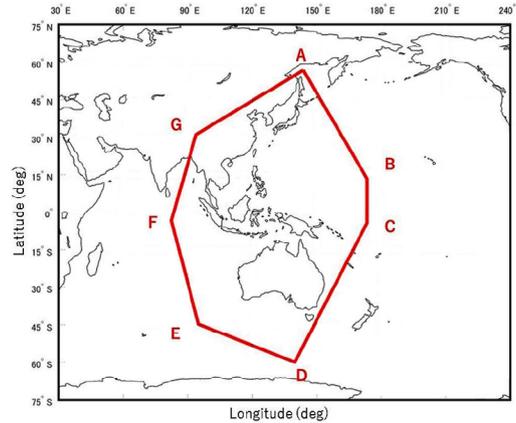


Fig. 2. QZSS service scope recognized by WWRNS (IMO 2021a).

Table 10. IMO standardization and regulations related to GNSS for ship-mounted navigation equipment.

Meeting and resolution	Designation	Content
IMO Resolution A.819 (1995.11.)	Performance standards for marine GPS receivers	GPS receiver configuration, performance standards, and fault display function regulations
IMO MSC 53 (1996.05.)	Performance standards for marine GLONASS receivers	GLONASS receiver configuration, performance standards, and fault display function regulations
IMO MSC 64 (1996.12.)	Performance standards for marine DGPS/DGLONASS receivers	DGPS, DGLONASS receiving device configuration, performance standards, signal non-receipt alarm
IMO MSC 74 (1998.05.)	Performance standards for marine GPS/GLONASS integrated receivers	Configuration of GPS/GLONASS receiver and regulation of reception function, performance standard and fault display function in correction mode
IMO MSC 112 (2000.12.)	Supplementation of performance standards for marine GPS receivers	Changed the position update cycle regulations and added matters related to speed over ground, heading over ground, and indication of world agreement time
IMO MSC 113 (2000. 12.)	Supplementation of performance standards for marine GLONASS receivers	High performance standards for dynamic and static horizontal positioning accuracy are specified
IMO MSC 114 (2000. 12.)	Performance standards for marine DGPS/DGLONASS receivers	Supplementation of matters related to the transmitting station selection function and normal operation in a general radio interference environment
IMO MSC 115 (2000. 12.)	Performance standards for marine GPS/GLONASS integrated receivers	Supplement and add DGPS/DGLONASS integrity status, alarm function, and text message display function
IMO MSC 233 (2006.12.)	Performance standards for marine GALILEO receivers	GALILEO receiver configuration, performance standards, and fault display function regulations
IMO MSC 379 (2014.05.)	Performance standards for marine BeiDou receivers	BeiDou receiver configuration, performance standards, and fault display function regulations
IMO MSC 401 (2015.12.)	Performance standards for marine multi-radio navigation receivers	Multi-radio navigation receiver configuration, performance standards, fault display function, terrestrial signal and correction signal reception function regulations
IMO MSC 432 (2017. 06.)	Performance standards for marine multi-radio navigation receivers	Added information on performance standards for single navigation receivers

“Harbor entrances, harbor approaches and coastal waters” 권역도 만족시키는 시스템으로 승인된 것을 알 수 있다 (IMO 2021a). QZSS는 IMO가 WWRNS로 인정한 GNSS 중 “Ocean” 이외 권역에서 요구성능을 만족시키는 유일한 GNSS로 승인받게 되었으며, QZSS가 제공하는 Submeter Level Augmentation Service (SLAS), D-QZSS 서비스를 통해 요구성능을 만족하였다. SLAS는 QZSS가 제공하는 의사거리 기반의 보강서비스로서 일본은 95% 신뢰도 기준, 1미터 이내의 수평측위 정확도와 2미터 이내의 수직측위 정확도를 제공하였다.

2014년에 WWRNS 승인을 받은 중국의 BeiDou는 2022년 NCSR 9번째 회의에서 메시지 서비스 시스템을 인정받았다. BeiDou Message Service System을 Global Maritime Distress and Safety System에서 사용할 새로운 지역 모바일 위성 서비스로 인

정하는 것을 MSC 106에 권고하기로 합의하였다 (IMO 2022).

4.2.2 GNSS 관련 선박탑재장비 성능표준

Table 10은 서비스 제공 측면에 WWRNS와 함께 이용자 측면에 국제표준인 선박탑재 항해장비에 GNSS 관련 표준화 및 규제 현황을 나타낸다.

MSC 432 이후, GPS 이외에 GNSS를 선박탑재 항해자입 성능표준에 유연하게 반영하기 위한 방안이 유럽연합 회원국과 중국 및 일본을 중심으로 오랜 기간 논의되고 있다. IMO가 인정한 WWRNS, 즉 위성항법시스템과 선박탑재 항해장비 간에 성능표준은 서로 간의 연계성이 한층 더 강화될 것으로 보인다. 또한, SBAS를 해상안전용 보강서비스로 인정하자는 요구가 있었음에

Table 11. ITU legal documentation system (Jeon et al. 2020).

	Legal documents from the ITU	Revision subject
Basic legal documents	Constitution Convention	Plenipotentiary conference
Legal documents that supplement charters and conventions	Administrative regulations Radio regulations International telecommunication regulations	World radiocommunication conference World conference on international telecommunication

도 불구하고, 현재 IMO는 원칙적으로 SBAS 적용을 표준에 허용하고 있지 않다. 2023년 하반기에 해양에서 SBAS 적용을 희망하는 일부 국가들은 SBAS DFMC를 통한 해상적용의 기술적 가능성 검토가 필요하다는 요청을 하여, IMO는 기술성 검토를 NCSR에 위임하였다 (IMO 2021b).

4.2.3 위성항법시스템의 성능 보강과 취약성 극복

위성항법시스템의 성능적 한계와 전파간섭과 같은 위해 요소에 대한 취약성을 이유로 해상에서 측위를 위해 위성항법시스템만을 단독으로 이용하는 것은 해사안전을 유지하기 어렵다고 보고 있다. 따라서 위성항법시스템의 성능을 높일 수 있는 위성항법 보강시스템과 서비스에 대한 국제표준을 개발하였고, 이를 유지 개선하고 있다. 더불어 위성항법시스템이 전파간섭 또는 전파기만 등의 이유로 이용이 어려운 경우에도 선박의 위치정보를 끊기지 않고 확보할 수 있는 지상파 기반의 항법시스템과 서비스에 대한 국제적 규정 제정의 필요성을 알리고, 관련 국제기구와 협력하여 표준화하고 있다.

4.2.4 고정밀 위치정보 보강시스템과 서비스

자동접안, 수로측량, 준설, 해양플랜트와 같이 전통적으로 고정밀 위치정보를 요구하던 분야와 함께, 최근엔 무인선, 자율운항선박, 스마트 항만 등의 4차 산업 관련 무인, 자율분야가 해사분야에서도 크게 주목받고 있다. 보강시스템과 서비스에 관련하여 필요로 하는 높은 정확도의 위치정보를 제공할 수 있는 시스템과 서비스에 대한 표준화를 진행중이며 실무작업반을 구성하여 운영하고 있다. 기존 고정밀 위치정보 보강시스템 관련 기술 표준을 모으고, 현행화하는 개정작업을 추진하였다. 차기 회의 (2023~2027)동안 지금까지 정립된 기술표준을 토대로 고정밀 위치정보 보강시스템 구축과 실행역 서비스를 위한 권고서 및 지침서 제정을 계획하고 있다.

IMO는 위성항법시스템과 관련해 GPS 이외에 다양한 위성항법시스템을 항해장비에 효과적으로 적용하기 위한 성능표준 개발에 집중하고 있으며, 이와 함께 전파간섭 등의 원인으로 위성항법시스템을 이용하지 못하는 경우에 대비하기 위한 방안을 강구하고 있다.

5. ITU

5.1 개요

ITU는 범 세계적인 전기통신 국제 권고 개발 및 보급, 개도국

기술/사업/인력교육 지원, 주파수 스펙트럼 분배 및 궤도 등록, 국가간 전기통신 요금 문제 협력, 글로벌 국제협력 유지/활동 등이 주요 임무이다. 1865년에 창설되었으며, 1947년 UN과 협약을 체결하고 Information & Communications Technology (ICT) 분야에서 UN 역할을 수행한다. 우리나라는 1952년 1월 31일에 회원국으로 가입하였다. Table 11은 ITU의 모든 활동을 규정하는 법률 문서 및 주체를 보여준다.

ITU의 전파통신부문의 ITU-R은 전파를 이용하는 모든 전파통신업무와 관련하여 ITU의 목적을 실현한다. ITU-R은 무선주파수 스펙트럼 사용에 관한 전파규칙과 지역합의 확장, 채택을 위하여 WRC 및 Regional Radiocommunication Conference (RRC)를 개최한다. ITU-R의 연구그룹은 Radiocommunication Assembly (RA)가 정한 체계로 전파통신업무와 시스템에 대한 기술적인 특성, 주파수 사용 등과 관련된 연구를 수행하며, 권고, 보고서, 핸드북 등의 문서들을 산출한다 (Jeon et al. 2020).

5.2 주요 회의 내용

WRC는 통상 4년마다 개최되어 국제조약인 전파규칙을 제정 또는 개정한다. 전파규칙은 현장 및 협약을 보조하는 업무 규칙 중 하나로서 전파통신 업무 정의, 주파수 분배, 주파수 이용 규정, 위성망 국제등록 규정/절차 등을 포함한다.

5.2.1 WRC-2000 회의 주요 내용

1,559 - 1,610 MHz 및 1,215 - 1,260 MHz 대역에서 기존 RNSS 분배는 광범위하게 사용되고 있으며, 전 세계 위성 항법 개발을 지원하기 위해 1 - 6 GHz 대역에서 우주대지구 및 지구대우주 송신 방향의 추가적인 RNSS 스펙트럼이 요구되었다. 향후 사용되는 탐색 요구 사항을 충족하기 위해서는 탐색 정확도를 향상하고 다중 경로 오류 감소를 위한 더 높은 부호율을 사용하는 RNSS 시스템이 필요하다. 따라서 WRC-2000에서는 새로운 RNSS 분배와 RNSS의 규정적 지위에 대한 변경이 이루어졌다. 또한 ITU-R로 하여금 타 업무와 RNSS 간의 공유 기준에 대한 연구를 지시하였다. Table 12는 WRC-2000에서 결정된 주요 사항을 보여준다 (ITU WRC 2000).

결의 603, 604, 605, 606, 607는 각각 다양한 주파수 대역에서 RNSS와 다른 서비스 간의 양립성을 다루고 있다. 특히, 결의 605에서 새로운 RNSS 서비스를 위하여 L5 대역 사용이 허용된 것을 확인할 수 있다. 전파규칙 제5.362C호는 1,559 - 1,610 MHz 대역에서 고정 서비스를 추가하면서 RNSS 및 Aeronautical Navigation Service (ARNS) 보호를 위한 조치를 취하도록 규정하였다. 또한, WRC-2000 이후 중국의 COMPAS, 미국의 NAVSTAR GPS L5, 일본의 N-SAT-HEO, 인도의 INSAT-NAV 등 다양한 국

Table 12. WRC-2000 key decisions.

Resolution & Radio regulation	Content
Res. 603 adoption	- New RNSS (Earth-to-Space) band distribution in the frequency band 5,000 - 5,010 MHz - Instructions on the Compatibility between RNSS and Microwave Landing System radio stations operated in the frequency band 5,030 - 5,150 MHz
Res. 604 adoption	- New RNSS band (C1 band/signal) distribution at the frequency band 5,010 - 5,030 MHz band - Order to conduct emergency research on compatibility between RNSS and RAS radio stations operating at the frequency band 4,990 - 5,000 MHz
Res. 605 adoption	- New RNSS band of 1,164 - 1,215 MHz (L5 band/signal) available for all new RNSS systems - Presuppose protection of ARNS pre-distributed as the first priority in L5 band
Res. 606 adoption	- Extend the L2 band/signal RNSS band to 1,300 MHz - Presuppose additional non-constraints on other RNSS systems and other operations in operation in the frequency band 1,215 - 1,260 MHz
Res. 607 adoption	- Order to conduct emergency research on compatibility between RNSS and Radiolocation Station operating in the frequency band 1,240 - 1,300 MHz
Resolution 5.362C revision	- Additional distribution of fixed services as a second priority until Jan. 1, 2015 in some countries in the frequency band 1,559 - 1,610 MHz - Revised regulations to take possible measures to protect RNSS and ARNS

Table 13. WRC-03 key decisions.

Resolution & Radio regulation	Content
Res. 608 adoption	- RNSS (space-to-Earth) system usage regulations for the frequency band 1,215 - 1,300 MHz - Guidelines for Consultative Meetings established by Res. 609 (WRC-03)
Res. 609 adoption	- Protection of ARNS systems against equivalent power-flux density (e.p.f.d.) caused by RNSS satellite networks and satellite systems in the range of 1,164 - 1,215 MHz - e.p.f.d. limit generated from all space stations of all RNSS systems: -121.5 dB (W/m ² /MHz)
Res. 610 adoption	- Coordination and technical compatibility issues for RNSS satellite networks and satellite systems in 1,164 - 1,300 MHz, 1,559 - 1,610 MHz and 5,010 - 5,030 MHz bands are defined as bilateral solutions
Res. 741 adoption	- Protection regulations for RAS in the frequency band 4.990-5,000 MHz from unrequired emission of space-to-earth (RNSS) operating in the frequency band 5,010-530 MHz
Resolution 5.326B revision	- Additional distribution of fixed services as first-priority tasks through Jan. 1, 2010 or 2005 in select countries in the range of 1,559 - 1,610 MHz - When each time limit expires, it will continue to operate as a second priority until Jan. 1, 2015 - Revised regulations to require possible measures to protect the RNSS and ARNS

가에서 RNSS 시스템 위성망 국제등록을 위한 신규 사전공표 자료를 제출하였다.

5.2.2 WRC-03 회의 주요 내용

WRC-03은 2003년 스위스 제네바에서 개최되었으며, 1,164 - 1,215 MHz, 1,240 - 1,300 MHz 및 5,010 - 5,030 MHz 대역에서 RNSS와 관련하여 신규 규정을 채택하였다. ITU-R은 각 주파수 대역의 2순위 업무는 1순위 업무에 대하여 유해 간섭 유발 및 보호 요청이 불가능함을 규정하고 있다. WRC-03에서 채택한 결의는 각 주파수 대역에서 운용되는 1순위 업무를 보호하기 위하여 동일 대역의 2순위 업무의 제한 및 인접 대역의 공유 기준 등을 규정하였다. Table 13은 WRC-03에서 결정된 주요 사항을 보여준다 (ITU WRC 2003).

결의 608은 1,215 - 1,300 MHz 대역에서 운용되는 RNSS (우주 대지구) 시스템의 이용 규정을 정립하였으며, 결의 609는 1,164 - 1,215 MHz 대역의 RNSS 위성망이 생성하는 등가전력속밀도에 대한 제한을 설정하여, 이 대역에서 운용되는 ARNS 시스템의 보호 규정을 채택하였다. 결의 610은 1,164 ~ 1,300 MHz, 1,559 ~ 1,610 MHz, 그리고 5,010 ~ 5,030 MHz 대역을 보호하기 위한 규정을 채택하였으며, 결의 741은 5,010 ~ 5,030 MHz 대역에서 운용되는 RNSS 시스템으로부터 4.990 ~ 5,000 MHz 대역의 Radio Astronomy Service (RAS) 보호 규정을 채택하였다. 이후 일부 새

로운 RNSS 시스템과 지역 보강 시스템이 Master International Frequency Register에 등재되었고, 운용 개시가 통보되었다.

5.2.3 WRC-12, WRC-15 회의 주요 내용

WRC-12는 2012년 스위스 제네바에서 개최되었으며, 기존 RDSS 시스템에 대해 새로운 RDSS 시스템의 잠재적 신호를 지원하기 위해 2,483.5 - 2,500 MHz 대역에 RDSS를 신규 분배하였다. ITU-R은 전파규칙을 통하여 RDSS를 1개 이상의 우주국을 이용한 무선측위 목적의 우주전파통신 업무로 정의한다. 2,483.5 - 2,500 MHz 대역은 2.5 GHz 이상의 지상 이동업무 분배에 근접하다. 따라서 개선된 안테나 효율 및 타 RNSS 대역에서는 불가능한 공유 하드웨어 사용으로 지상 이동시스템과 좋은 시너지 효과를 제공할 수 있다. WRC-12는 2,483.5 - 2,500 MHz 대역의 RDSS 이용은 해당 RDSS가 안전 업무의 범주에 미포함됨을 전제로 하였다 (ITU WRC 2012).

WRC-15는 2015년 스위스 제네바에서 개최되었으며, 전파규칙 제5조의 국가 주석을 검토하는 의제(WRC-15 의제 8)를 논의하였다. 논의 결과 고정 서비스의 추가 분배 관련 기존 주석인 제 5.362B호와 제5.362C호가 삭제되었다. 1,559 ~ 1,610 MHz 대역에서 고정 서비스 분배가 더 이상 유효하지 않게 되면서 해당 대역은 위성 항법을 위한 환경으로 개선되었다 (ITU WRC 2015).

5.2.4 WRC-23 회의 주요 내용

ITU-R은 1,240 - 1,300 MHz 대역에서 RNSS를 1순위로, 아마추어 업무를 2순위로 분배한다. 1,260 - 1,270 MHz 대역은 아마추어 위성 업무용으로도 이용 가능하다. 하지만 아마추어 업무가 2순위에도 불구하고, RNSS 간섭 유발 사례가 보고되었다. 따라서 WRC-23은 의제 9.1, Topic b)를 통해, 해당 대역의 아마추어/아마추어 위성업무 이용현황을 상세하게 검토하였으며, RNSS 수신기 보호에 필요한 아마추어/아마추어 위성업무의 기술적, 운용적 조치사항을 연구하였다 (ITU WRC 2023).

RDSS 관련 연구 책임그룹인 ITU-R WP 4C는 동 의제 관련 공유 연구를 수행하여 신규 ITU-R 보고서 M.2513 'Studies regarding the protection of the primary radionavigation-satellite service by the secondary amateur and amateur-satellite services in the frequency band 1,240 - 1,300 MHz'를 개발하였다. 아마추어 업무 관련 연구 책임그룹인 ITU-R WP 5A는 아마추어/아마추어 위성업무의 동 대역 이용을 위한 기술 및 운영적 조치 사항을 제시하는 신규 권고를 개발 중이다. WP 4C는 WP 5A에게 개발중인 신규 권고에 대하여 RNSS 수신기 보호가 보장되는 수단 도출 및 신규 연구결과를 기존의 ITU-R 보고서 M.2513 내에 신규 부속서 형태로 추가할 것을 요청하였다.

1,215-1,300 MHz 대역에서 Earth Exploration-Satellite Service (EESS)와 RNSS 간 양립성 연구 관련하여, 과학 업무 연구팀인 WP 7C가 EESS용 합성개구면 레이더로부터 RNSS 수신기로의 간섭 가능성을 다룬 신규 권고 및 보고서 초안을 개발하였다. 이와 관련하여 WP 4C는 ITU-R 보고서 M.2305 개정 예비 초안을 작성하였다. 또한 WP 4C는 IMT의 스푸리어스 발사로부터 1,164 - 1,215 MHz, 1,215 - 1,300 MHz 및 1,559 - 1,610 MHz 대역에서 운용되는 RNSS 수신 지구국의 보호 관련 연구 결과를 제시하는 신규 보고서 예비 초안을 업데이트 하였다 (ITU WRC 2023).

6. 결론

본 논문은 국제기구들의 최근 동향을 분석하고, 이들이 해양 및 항공 분야에 미치는 영향을 고찰하였다. ICG는 다양한 보강시스템을 개발하고, 이들의 성능과 품질을 평가하고, 이용자의 요구와 기대에 부응하고 있다. ICAO는 항공안전 및 보안을 강화하기 위해 국제적인 항공규정과 표준을 제정하고, 이를 감독하며 이행을 촉구하고 있다. IMO는 해운환경보호 및 규제를 위해 국제적인 해운 협약과 규칙을 제정한다. ITU는 통신기술 및 서비스의 발전과 보급을 위해 국제적인 통신규약과 표준을 제정하며 통신기술의 혁신과 다양성을 촉진한다. 이러한 국제기구들은 각 위성 항법시스템 및 보강시스템, 항공안전 및 보안, 해운환경보호 및 규제 등의 주제로 활동하고 있으며, 이들의 협력과 조정을 통해 국제적인 표준과 규범을 제시하고 있다. 이와 같은 국제기구 조사를 통해 향후 새로운 위성 항법 시스템과 타 GNSS 및 보강 시스템과의 상호운용성 및 호환성을 확보하는 데 통찰력을 제공한다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 성과는 정부(과학기술정보통신부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (No. NRF-2023RIA2C3002890).

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, J. Lee, J. Jeon; methodology, J. Lee, J. Jeon, J. Kang and S. Kim; software, J. Lee and J. Jeon.; validation, J. Jeon, J. Lee, J. Kang and S. Kim; formal analysis, J. Lee, J. Jeon, J. Kang and S. Kim; investigation, J. Lee, J. Jeon, J. Joo and B. Lee; resources, J. Lee, J. Jeon, J. Joo, B. Lee and J. Lim; data curation, J. Lee, J. Jeon, J. Joo, B. Lee and J. Lim; writing—original draft preparation, J. Lee and J. Jeon; writing—review and editing, J. Lee, J. Jeon, J. Kang and S. Kim; visualization, J. Lee, J. Jeon, J. Kang and S. Kim; supervision, S. Kim; project administration, S. Kim; funding acquisition, S. Kim.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- ICAO Annex 10 V4 2014, [Internet], cited July 2014, <https://www.spilve.lv/library/law/Annex%2010%20Volume%20IV.pdf>
- ICAO NSP Secretary, Review and Update of NSP Job Cards, ICAO NSP/7-WP/8, Montreal, Canada, January 9-20, 2023. <https://www.icao.int/MID/Documents/2024/EUR-MID%20Radio%20Navigation%20Symposium/1.2%20ICAO%20Provisions%20on%20Radio%20Navigation%20%20NSP%20Activities%20FAA.pdf>
- ICG 2022a, 15th meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems, <https://daccess-ods.un.org/access.nsf/get?open&DS=A/AC.105/1251&Lang=E>
- ICG 2022b, 16th meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems, <https://daccess-ods.un.org/access.nsf/get?open&DS=A/AC.105/1276&Lang=E>
- ICG 2023, 17th meeting of the International Committee on Global Navigation Satellite Systems, <https://daccess-ods.un.org/access.nsf/get?open&DS=A/AC.105/1304&Lang=E>

- ICG-WG-S 2023a, Approval of the IGMA Joint Trial Project Terms of Reference (ToR) revision, https://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2023/ICG-17/ICG-17_WG-S_Recommendation_2.pdf
- ICG-WG-S 2023b, Incorporation of Emerging Low Earth Orbit (LEO) PNT Providers into ICG, https://www.unoosa.org/documents/pdf/icg/2023/ICG-17/ICG-17_WG-S_Recommendation_3.pdf
- IMO 2015, Performance and Monitoring of DGNSS Services in the Frequency band 283.5-325 kHz, About IMO [Internet], <https://www.iala-aism.org/product/g1112>
- IMO 2018, Performance Standards for Shipborne Indian Regional Navigation Satellite System Receiver Equipment, About IMO [Internet], [https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.449\(99\).pdf](https://www.wcdn.imo.org/localresources/en/KnowledgeCentre/IndexofIMOResolutions/MSCResolutions/MSC.449(99).pdf)
- IMO 2021a, Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue 8th session, About IMO [Internet], <https://www.imokorea.org/upfiles/board/18.%20NCSR%208%20%20B0%E1%B0%FA%BA%B8%B0%ED%BC%AD%28%BF%B5%BE%EE%29%282%29.pdf>
- IMO 2021b, Maritime Safety Committee 104th session, About IMO [Internet], [https://www.mpa.gov.sg/docs/mpalibraries/mpa-documents-files/shipping-division/msc-reports/msc-104-18---report-of-the-maritime-safety-committee-on-its-104th-session-\(secretariat\).pdf](https://www.mpa.gov.sg/docs/mpalibraries/mpa-documents-files/shipping-division/msc-reports/msc-104-18---report-of-the-maritime-safety-committee-on-its-104th-session-(secretariat).pdf)
- IMO 2022, Sub-Committee on Navigation, Communications and Search and Rescue 9th session, About IMO [Internet], <https://www.imo.org/en/MediaCentre/MeetingSummaries/Pages/NCSR-9th-session.aspx>
- ITU WRC 2000, Final Acts of the World Radiocommunication Conference, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.6-2000-ZPF-E.zip
- ITU WRC 2003, Final Acts of the World Radiocommunication Conference, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.7-2003-PDF-E.pdf
- ITU WRC 2012, Final Acts of the World Radiocommunication Conference, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.9-2012-PDF-E.pdf
- ITU WRC 2015, Final Acts of the World Radiocommunication Conference, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.12-2015-PDF-E.pdf
- ITU WRC 2023, Final Acts of the World Radiocommunication Conference, https://www.itu.int/dms_pub/itu-r/opb/act/R-ACT-WRC.15-2023-PDF-E.pdf
- Jeon, C., Jin, S., & Jeon, J. 2020, The Status Report of ICT Dejure Standardization Development Organizations & Standardization Development Organizations of ASEAN, Telecommunications Technology Association Technical Report. https://www.tta.or.kr/tta/preportNewsNDownload.do?sfm=20220413035308978_1k4i.pdf
- Ku, B. & Oh, D. 2023, ITU-R Study on Frequency Sharing for Mobile Satellite Services, *Electronics and Telecommunications Trends*, 38, 55-64. <https://doi.org/10.22648/ETRI.2023.J.380107>
- Lee, S., Han, K., & Won, J.-H. 2023, Investigation of ITU Radio Regulations Regarding KPS Service Band, *Journal of Positioning, Navigation, and Timing*, 12, 177-184. <https://doi.org/10.11003/JPNT.2023.12.2.177>
- Moon, H. D., Kang, H. I., & Lee, D. I. 1999, A Study on GPS Development and Standardization, *Electronics and Telecommunications Trends*, 14, 115-126. <https://doi.org/10.22648/ETRI.1999.J.140611>
- Pelton, J. N., Madry, S., & Camacho-Lara, S. 2017, *Handbook of Satellite Applications* (Berlin, Germany: Springer Publishing Company, Inc.)
- Rippl, M. 2021, Dual Frequency Multipath model for Aviation (DUFMAN), DLR-Institute of Communications and Navigation, May 5, 2021. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/document/download/747c84b7-0517-4423-a569-09997de88d09_en?filename=DUFMAN_MD_DLR_PU_D1300_Final_Report_1.02_MS_SC_MR_signed.pdf
- UNOOSA, International Committee on Global Navigation Satellite Systems (ICG) [Internet], cited 2024 Feb. 5, available from: <https://www.unoosa.org/oosa/en/ourwork/icg/icg.html>
- Yoo, C. 2023, Standardization Update for Civil Unmanned Aircraft System in ICAO, In *Proceedings of the Society for Aerospace System Engineering Conference*, Goseong, Korea, May 17-20, 2023, pp.334-335. <https://www.dbpia.co.kr/journal/articleDetail?nodeId=NODE11468295>



Jeonghang Lee received his B.S. degree from Chungnam National University in 2019. He is currently pursuing master's degree at the Hanyang University, Seoul, Korea. He participates in GNSS development research projects and 3GPP standard patent. His research interests include GNSS signal modulation and positioning.



Jong Hyun Jeon received his B.S. degree from Hanyang University, Seoul, Korea, in 2022, where he is currently pursuing the master's degree with the Department of Electronics and Computer Engineering. He participates in GNSS development research projects and 3GPP standard patent. His research interests include Near-field communication localization research and reinforcement learning based beam tracking.



Jeongwan Kang received the B.S. degree in electronic engineering from Hanyang University, Seoul, South Korea, in 2017, where he is currently pursuing the combined master's and Ph.D. degree with the Department of Electronics and Computer Engineering. His current research interests include millimeter-wave communications, beam management, MIMO systems, and 5G and B5G communications.



Jongwon Lim received the M.S. in Industrial & Systems Engineering from Korea Advanced Institute of Science & Technology in 2012, and the Ph.D. in Industrial Engineering from Hannam University in 2021. From 2017 to 2021, he was with Agency for Defense Development, and he joined Korea Aerospace Research Institute in 2022.



ByungSeok Lee received the B.S. degree in Electric and Electrical Engineering, the M.S. degree and the Ph.D degree in Electrical and Computer Engineering from University of Seoul, Seoul, Korea, in 2002, 2009, 2015, respectively. He has been conducting research related to the Global Navigation Satellite System (GNSS) including the Satellite Based Augmentation System (SBAS) in Korea Aerospace Research Institute since 2011. He is in charge of Korean-SBAS (Korea Augmentation Satellite System, KASS) program from November 2020 to February 2024.



Jung-Min Joo received Ph.D. degree in Aerospace Engineering from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in 2015. He has been working at the Korea Aerospace Research Institute since 2004. His research interests include GNSS, SBAS, GBAS, and Ionosphere

monitoring.



Sunwoo Kim received his B.S degree from Hanyang University, Seoul, Korea in 1999, and his Ph.D. degree, in 2005, from the Department of Electrical and Computer Engineering, University of California, Santa Barbara. Since 2005, he has been working in the Department of Electronic Engineering at Hanyang University, Seoul, Korea, where he is currently a professor. He was also the director of the 5G/Unmanned Vehicle Research Center, funded by the Ministry of Science and ICT of Korea. He was a visiting scholar to the Laboratory for Information and Decision Systems, Massachusetts Institute of Technology from 2018 to 2019. He is an Associate Editor of IEEE Transactions on Vehicular Technology and a senior member of the IEEE. His research interests include wireless communication/positioning/localization, statistical signal processing.