



Center for Future Warfare Studies,
Institute of International Studies at Seoul National University |
국제문제연구소 미래전연구센터 워킹페이퍼 No.65(발간일: 2020.09.02.)

위성항법시스템의 국제경쟁과 국제협력

안형준 과학기술정책연구원 연구위원

〈차 례〉

- I. 서론
- II. 위성항법시스템 국제경쟁의 양상
 1. 위성항법 다극화의 전개
 2. 위성항법시스템의 국제분쟁 양상
- III. 위성항법시스템 국제협력의 메커니즘
 1. 위성망 표준화 기구를 통한 다자협력
 2. 양자협력의 전개 : 미국, 일본 사례
- IV. 결론

I. 서론

위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System)은 지구 궤도를 도는 다수의 인공위성에서 송신하는 전파 신호를 이용하여 지상의 정지 또는 이동 중에

있는 물체의 위치 및 속도에 대한 정보를 제공하는 시스템이다. 위성항법시스템이 제공하는 정보는 위치(Positioning)·항법(Navigation)·시각(Timing)을 뜻하는 ‘PNT 정보’로 일컫는다. PNT정보는 차량, 항공기, 선박 운항 같은 교통 영역뿐 아니라 어업, 임업, 토목을 위한 측지, 측량, 나아가 정확한 시간 정보를 필요로 하는 금융 서비스와 재난안전 등에까지 이용되는 국가 운영을 위한 핵심 정보이다. 그리고 이러한 PNT정보를 제공하는 기술시스템은 경제·사회·국방 전반에 활용되는 기반기술(enabling technology)이자 국가의 핵심 인프라다.¹⁾

이처럼 위성항법시스템은 일차적인(primary) PNT 정보 획득 수단²⁾으로 공공재적인 성격이 있고 여타 우주개발과 마찬가지로 시스템 구축에 막대한 비용과 시간이 소요되기 때문에, 국가가 연구개발과 구축의 주체가 되는 것이 보통이다. 또한 위성항법시스템 부재에 따른 위험을 사전에 인지하고 이에 대한 대비를 하는 일도 국가의 책무이다. 위성항법시스템과 관련해 위성체, 지상 시스템 등 하드웨어나 지상 서비스 소프트웨어 고장이 발생할 경우, 통신, 방송, 전력, 교통체계 등 위치와 시각 정보를 사용하는 관련 기술체계 전반의 운용 불능을 야기할 수 있기 때문이다. 방송·통신 서비스 불가 및 품질 저하는 물론, 실시간 거래를 활용하는 금융 시스템 마비, 자동화 생산라인 중단 등 국가 산업 전반에 경제적 피해와 이로 인한 사회적 혼란은 막대하다. 나아가 지상 기반의 위성항법시스템의 지상 인프라가 정밀 타격 무기나 테러에 의해 마비될 경우, 적의 공격에 대한 군사적 대응 옵션에 심각한 제한이 가해질 수 있다.

세계 주요국들은 국가 존립에 큰 영향을 끼칠 수 있는 중요 인프라로 위성항법시

1) 미국 국토안보부 산하 사이버 및 기반시설 안보국(CISA)은 PNT 서비스를 아래와 같이 정의하며 국가기반기능(national critical function)으로 분류하고 있다. 지난 2020년 2월 12일 대통령 행정명령을 통해 PNT 서비스의 활용에 대한 정부의 책임을 강화하였다.

(a) “PNT services” means any system, network, or capability that provides a reference to calculate or augment the calculation of longitude, latitude, altitude, or transmission of time or frequency data, or any combination thereof.

(b) “Responsible use of PNT services” means the deliberate, risk-informed use of PNT services, including their acquisition, integration, and deployment, such that disruption or manipulation of PNT services minimally affects national security, the economy, public health, and the critical functions of the Federal Government. (“Executive Order on Strengthening National Resilience through Responsible Use of Positioning, Navigation, and Timing Services,” White House, February 12, 2020)

(<https://www.whitehouse.gov/presidential-actions/executive-order-strengthening-national-resilience-responsible-use-positioning-navigation-timing-services/>)

2) PNT정보는 지상의 기지국 같은 통신시스템과 도로의 센서나 영상 정보 등을 조합, 활용하는 지상항법시스템(Loran-C, eLoran)을 통해서도 얻을 수 있으나, 이들 시스템은 네트워크의 복잡도와 시스템 구축 비용 증가에 따른 제약이 커서 위성항법시스템의 보조적 수단으로 활용되고 있다.

시스템과 PNT 정보 활용 기술의 중요성을 인식하고, 관련 기술과 시장이 무르익기 전인 1990년대부터 자국의 독립적인 위성항법시스템을 구축하는 데 큰 관심을 두어 왔다. 1973년 미국이 최초의 전역 위성항법시스템인 GPS를 구축하기 시작하여, 1983년 원래 군용이었던 GPS 신호를 전세계에 무료로 개방하였지만, 1976년 러시아, 1994년 중국, 1999년 유럽이 차례로 자국의 위성항법시스템 구축에 착수 하였으며, 2002년 일본과 2006년 인도가 대열에 합류했다. 최근에는 4차 산업혁명 시대를 맞아 자율주행차·드론·지역기반 서비스 등을 위한 PNT 정보 수요와 관련 서비스 시장이 크게 확대될 것으로 예측되면서³⁾ 차세대 산업 인프라 구축을 위한 후발국들의 위성항법 구축과 관련 서비스 기술에 대한 관심도 크게 높아지고 있다. 우리나라도 2018년 제3차 우주개발진흥기본계획을 통해 한반도 인근을 서비스 영역으로 하는 한국형 위성항법시스템(KPS: Korea Positioning System)을 구축하는 계획을 발표하고, 2035년 서비스 제공을 목표로 현재 예산확보를 위한 예비타당성 조사를 추진하고 있다. 이 밖에 호주, 나이지리아, 싱가포르, 터키, 이란 같은 후발국들도 아직 독자적 위성항법시스템 구축 계획을 발표한 바는 없지만, 꾸준히 독립적인 PNT 정보 획득 수단을 마련하기 위한 노력을 지속하고 있다. (안형준 외 2018)

이처럼 2000년대 들어 독자적인 위성항법시스템을 구축하려는 국가들이 크게 늘면서, 이러한 전개양상을 미국이 갖고 있던 세계 GNSS 주도권의 ‘Regime Change’가 일어나고 있다고 보거나(Stuart 2013), 이전에 없던 새로운 경쟁(The GNSS race)이 시작되었다고 보는 견해들이 등장하였다.(Inside GNSS 2009) 위성항법시스템을 구축하기 위해서는 궤도와 주파수라는 한정된 자원을 확보하는 일이 전제되어야 하고, 또 군용과 민간용으로 동시에 사용되는 이중용도 기술에 대한 국가 간 제한이나 신호 간 간섭에 대한 분쟁에 대한 외교적인 조정이 필요하기 때문에 위성항법시스템은 국제정치적인 이슈가 되었다는 것이다. 한편으로는 이러한 위성항법시스템의 다종화를 경쟁 구도보다는 지구 자원의 공동 사용과 PNT 정보의 활용을 통한 이용자 편익의 증대라는 국제 공동의 이익 실현을 위한 국제협력 강화의 기회를 강조하는 견해도 있다. 국제연합(UN) 산하의 국제위성항법위원회(ICG, International Committee on GNSS) 같은 국제협의체를 통한 각국의 위성항법 운용 관련 원칙의

³⁾ 전 세계 위치기반서비스 시장 규모는 2017년 240억 달러에서 2021년 960억 달러로 연평균 39.77%로 성장할 것으로 전망된다. (Global Location Based Service Market 2017–2021, Technavia, 한국인터넷산업진흥원 2017 재인용)

제정이나 조정을 통해 효과적인 ‘GNSS system of systems’를 구축하고 공동의 이익을 실현할 수 있다는 것이다. (Gadimova 2010)

본고에서는 위성항법시스템의 국제경쟁과 국제협력이 어떻게 전개되어 왔으며, 어떠한 국제질서와 메커니즘을 통해 경쟁과 협력이 어떻게 이루어지고 있는지 검토하고자 한다. 그리고 이러한 맥락 속에서 현재 우리나라가 추진하고 있는 한국형 위성항법시스템(KPS)의 구축을 위해 어떠한 전략이 필요한지 제안하고자 한다.

II. 위성항법시스템 국제경쟁의 양상

1. 위성항법 다극화의 전개

1980년대까지 미국과 구소련의 양극화(bipolar) 체제였던 세계 우주 개발은 베를린 장벽의 붕괴와 구소련의 해체 이후 미국이 주도하는 양상(unipolar)이 되었다가, 2000년대 중국, 일본, 유럽 등 주요 선진국의 강한 추격 의지 속에 다극화(multipolar) 양상을 보이고 있다. (Petroni and Bianchi, 2016) 위성항법 분야도 이러한 큰 흐름 속에서 지역 패권을 주도하는 주요국들의 정치적 지향에 따라 협력과 경쟁의 국제정치시스템(international-political system)이 형성되고 있다.

위성항법시스템의 국제정치를 주도하고 있는 나라는 최초의 위성항법시스템인 GPS를 개발하고 전 세계에 민간용 신호를 무료로 개방하여 운영하고 있는 미국이다. GPS는 1973년 미 공군의 주도로 개발이 시작되어 1978년 첫 번째 GPS위성이 발사되었고 1995년 총 24개의 위성의 배치가 완료되며 완전정상가동을 시작했다. 초기에는 미국의 군사용으로 개발되었지만 1983년 우리나라의 대한항공 007편의 관성항법 장치 고장으로 구(舊) 소련에 의해 격추되는 사건을 계기로, 미국 정부가 민간의 항행 안전에 사용할 수 있도록 신호를 공개하였다. 초기에는 적국의 GPS 신호 사용을 막기 위해 고의잡음(SA, Selective Availability)을 신호에 삽입하여 위치 오차를 유발했으나, 2000년 SA 마저 완전히 해제하였다. 1991년 ICAO(International Civil Aviation Organization) 제 10차 항공항행 회의에서 1993년부터 10년간 GPS의 무료사용을 발표하며 서비스 대상범위를 전 세계로 확대하여



GPS의 활용도를 높이고, 미 국방성과 교통성의 GPS 운영자금 공동부담으로 다른 나라의 대체항법시스템 개발동기를 상쇄시키는 등 GPS 국제표준화에 나섰다. 이후 미국은 지금까지 전 세계 위성항법 국제 질서를 주도하고 있다. (Bonnor 2012)

그러나 1990년 대 말 국제민간항공기구(ICAO, International Civil Aviation Organization) 멤버 국가들 사이에 유사시 미국이 GPS 신호 사용을 제한하거나 유료 전환을 할지도 모른다는 우려의 목소리가 커지기 시작했다. 러시아는 1995년 GLONASS 서비스 개시하였으나, 소련 붕괴 이후 경제난으로 서비스 제공이 불가(2001년 총 6기 운용)하였으며, 향후 재개 사업을 통해 2010년 러시아 영토, 2011년 전세계 서비스를 재개하였다. 그리고 유럽(Galileo)과 중국(BeiDou), 인도(NaviC), 일본(QZSS)이 독자 위성항법시스템 구축에 나서면서 미국(GPS) 주도의 세계 위성항법시스템 질서가 다극화 양상으로 재편되기 시작했다. 미국, 러시아는 위성항법시스템의 선두주자로서, 기존 시스템의 기능 및 성능 향상을 위한 신규 항법신호 추가, 시스템 안정화 등을 중심으로 현대화를 추진 중에 있으며, 관련 기술·정책측면에서 독점적 지위 점유를 통해 후발국을 견제하는 양상이다. 유럽, 중국, 인도, 일본은 위성항법시스템 활용 추세 및 전망에 따른 보강항법서비스, 재난·위기 상황에서 자국민의 안전을 확보하기 위한 탐색구조 및 재난안내 서비스 등 위성항법 서비스의 다변화를 유도하면서, 신시장 개척과 표준화를 통해 관련 시장·산업의 트렌드를 선도하고 있다.

<전 세계 위성항법시스템 개발 현황> ('20년 7월 기준, 정상위성만 포함)

구분	전자구 위성항법시스템				지역 위성항법시스템		
	GPS	GLONASS	Galileo	BeiDou	QZSS	NavIC	
국가	미국	러시아	유럽연합	중국	일본	인도	
위성 수(정상/설계)	31/24	24/24	22/30	35/35	4/7	7/7	
개발기간	착수	'73	'76	'99	'94	'02	'06
	첫 위성	'78	'82	'05	'00	'10	'13
	완료	'95	'96	'25 예정	'20	'23 예정	미정

* 출처:(GPS) <https://www.gps.gov/>, (GLONASS) <http://www.glonass-iac.ru/en/>, (Galileo) <https://www.gsc-europa.eu>, http://www.esa.int/Applications/Navigation/Galileo/What_is_Galileo, (BeiDou) <http://www.beidou.gov.cn/>, (QZSS) <http://sys.qzss.go.jp/dod/en/constellation.html/>, (NavIC) <https://www.isro.gov.in/irns-programme>

이상 6개국 (EU 포함)의 위성항법시스템 운용국과 더불어 위성항법 후발국의 참여도 높아지고 있는데, 주로 기 구축국과의 협력과 동맹을 통해 자국의 PNT 정보의 안정성을 기하고 있다. 브라질은 GLONASS 최초의 해외 기준국을 설치하여 위성항법 시스템의 안전성 확보하고 있으며, 캐나다는 영국과 미국과 강한 동맹 관계를 맺고 미국의 위성항법 인프라를 공유하고 있다. 우리나라를 비롯해 호주, 나이지리아, 싱가포르, 터키, 이란 등의 경우 독자적 PNT 시스템 구축을 위한 노력을 지속 중이다.

호주는 2013년 위성활용정책에서 국가항법기반구축계획을 발표하고, 일본의 QZSS 및 중국의 BeiDou의 기반시설을 자국 내 건설하여 협력을 강화하고 있다.(Dawson 2015) 특히 2017년 우주청 설립 이후 위성항법과 관련된 국제협력 활동을 활발하게 추진하면서, (Dawson 2017) 2018년에는 UN-ICG의 회원국가로 등록하는 등 지속적인 관심을 보이고 있다. 싱가폴은 2006년 싱가폴 국토청(SLA, Singapore Land Authority)이 토지 조사(측량)를 지원하기 위해 싱가폴 본토 내 5개의 기준국을 세우면서 이후 자산 관리, 구조 모니터링, 정밀 항해, 지도 제작, 학술 등 분야로 사용을 확대하였다. 2010년부터 GPS와 GLONASS를 지원하는 기준국을 추가로 건설하면서 위성항법 정보의 활용 측면에서 두각을 나타내고 있다.(Singapore Land Authority 2015) 아프리카 국가들 가운데에서는 나이지리아의

관심이 뜨겁다. 위성항법의 전략 및 경제적 중요성을 파악한 NASRDA(National Space Research and Development Agency)는 민간 영역의 수요에 대응하기 위한 위성 항법 시스템 구축을 결정하였고, 2011년 예비 위성인 NIGCOMSAT-1R을 활용하여 자국 및 아프리카 국가를 대상으로 위성 항법 서비스를 제공하기 시작했다. 벨라루스와 협약을 통해 Belintersat-1을 백업 위성으로 지정하면서 국제협력 활동도 활발하다.(Salami 2018)

2. 위성항법시스템의 국제분쟁 양상

위성항법시스템이 다극화 양상으로 전개되면서, 국가 간 이해관계와 갈등을 조정해야 하는 일도 점차 많아지고 있다. 위성의 궤도와 신호/주파수는 물질적으로 존재하는 자원은 아니지만, 원리적으로 무한정한 자원은 아니며 위성항법시스템을 구축하기 위해 필연적으로 확보해야 하는 자원이다. 한정된 자원을 확보하기 위해 다수의 국가가 일종의 국제적 룰에 따라 경쟁하고 또 조정을 해야 한다는 점에서 위성항법시스템은 국제정치적 속성을 갖는다. 특히 위성항법시스템은 기술 특성 상 본질적으로 민군용도기술(dual-use)의 특성을 갖고 있으며 관련 산업과 국가 경제에 대한 파급효과가 매우 크기 때문에, 국가 위성항법시스템 구축에 대한 국제협력 이슈는 자국의 이권 보호와 관련해 더욱 다양하고 참여해지고 있다. 최근 위성항법시스템의 국제 경쟁의 양상은 몇 가지 두드러진 특징을 보인다.

첫째, 제한된 위성의 궤도와 신호, 주파수 확보와 배분 문제가 더욱 중요한 이슈로 등장하기 시작했다. 궤도는 위성 배치와 관련된 공간 점유에 대한 특성 외에도 해당 위성이 사용하는 주파수에도 영향을 준다. 위성궤도와 주파수는 절대적으로 선점하고 있는 위성과 국가가 우선권을 갖고 있으며, 후발 주자는 선점하고 있는 인접 위성들의 신호에 간섭 등의 문제를 일으키지 않아야 하는 조건이 전제된다. 위성 궤도와 주파수는 지구 공동의 자원으로 ITU와 같은 국제기구를 통해 관리되고 있으며,

특정 궤도와 주파수를 사용하기 위해서는 국제 사회의 동의가 필요하다.

세계 각국의 경쟁적인 위성항법 시스템 개발로, 항법을 위한 주파수 대역 등록 건수는 2010년-2017년 사이 약 6배의 증가 추세를 보일 정도로 가파르게 상승하고 있다.⁴⁾ 따라서 수가 한정되어 있는 정지위성궤도는 최근 들어 궤도 확보를 위한 국가 간 경쟁이 치열해지고 있으며, 후발국의 자원 확보에 어려움이 예상된다. 현재 위성항법 주파수는 기존 위성항법시스템 개발국들이 대부분을 선점하고 있어 후발 주자들은 국가의 외교적 역량을 총 투입하여 이를 확보해야하는 상황이며, 진입장벽은 갈수록 더 높아질 것으로 전망된다.

<위성항법 시스템 개발 현황과 항법관련 위성 주파수 등록 현황>



* 출처: 과기정통부 2017

둘째, 위성항법시스템의 다중화에 따라 각국의 위성항법시스템이 사용하는 신호 사이의 간섭에 대한 국제 분쟁을 조정하기 위한 양자/다자간 국제협력 활동의 중요성이 날로 커지고 있다. 위성 신호는 강도가 미약하여 인접 주파수 간 간섭에 취약하고, 특히 위치 신호 주파수 대역(L band)이 통신 전파 주파수 대역보다 협소하여, 배분 과정에서 분쟁이 발생할 소지가 많다.(Larsen, 2015)

실제로 미국의 GPS와 유럽의 Galileo 사이의 주파수 중첩(overlay)으로 분쟁이 발

4) http://www.itu.int/snl/freqtab_snl.html

생한 적이 있다.(Beidleman, 2006) 2000년대 초반 GPS의 군용 M-code 주파수와 Galileo의 민군겸용 PRS(Public Regulated Service) 주파수가 중첩되어 요구 성능이 나오지 않자, 미국 정부는 유럽에 PRS 주파수 변경을 요구하였다. 당시 미국은 GPS의 강력한 대항마로 떠오른 유럽의 Galileo를 견제하고 있었고, 주파수 견제의 불이행 시 모든 위성 항법 분야에서 협력 중단을 경고하였다. 미국과 EU는 주파수 분쟁을 종결하기 위해 수 차례 협상을 진행하였고, 끝내 유럽은 미국의 요구를 수용하여 PRS 주파수 대역 변경을 결정하기로 하였다. 그리고 2004년 GNSS 관련 전 범위 이슈의 조율에 관한 협정(Agreement on the Promotion, Provision and Use of Galileo and GPS Satellite-based Navigation Systems and Related Applications)을 체결하였다. 이 협정에 따라 양국은 '주파수 호환성 및 상호운용성', '무역 및 민간 응용', '차세대 시스템 설계 및 개발', 'GPS 및 Galileo 관련 보안 이슈' 등 4개의 working group을 조직하여 지속적인 협의를 이어오고 있다. 한편 유럽의 Galileo는 중국의 BeiDou와도 분쟁이 있었는데, 2009년 민군겸용 PRS 주파수와 BeiDou의 군·정부용 주파수 스펙트럼이 중첩되었다. 양국은 문제 해결을 위해 2년 이상 협상 끝에 2012년 EU-중국 정상회담에서 ITU의 중재를 통해 해결하기로 합의하였다⁵⁾ 셋째, 국가 간 정치·경제·군사적 대립 시 위성항법시스템의 신호 송출을 중단하거나, 고의로 위성항법시스템 전파를 교란하는 사례가 증가하고 있다. 일찍이 1999년 인도와 파키스탄의 국경 분쟁으로 인한 전쟁 위기가 고조되었을 때, 미국은 양측의 충돌을 지연시키기 위해 해당 지역을 지나는 GPS 위성의 신호를 차단한 바 있다.⁶⁾ 이러한 경험으로부터 많은 나라들이 미국이 GPS 민간용 신호를 무료로 개방하고 있지만, 국가 간 국익 충돌 시에 협상력을 높이기 위하여 이를 협상 수단으로 사용할 위험이 있다고 보았다. PNT 정보가 필요한 모든 지휘·통신·타격 체계에 GPS 신호 수신기를 탑재한 미국산 무기를 주로 배치하고 있다면, 위성항법 신호 품질 저하나 장애로 군전력이 크게 떨어질 수 있다.

신호 송신 중단 외에도 고의적인 전파방해나 간섭을 통해 위성항법신호를 사용하는 무기체계를 무력화할 가능성도 있다. 특히 전파방해나 간섭이 일어날 경우 주파수 중첩 발생 시 위성 신호 수신 감도 저하 및 위치 오차가 커지는데, 그것이 우연적

⁵⁾ "China Plans New BeiDou Launch, Agrees to ITU Coordination in Galileo Signal Dispute"
<https://insidegnss.com/china-plans-new-BeiDou-launch-agrees-to-itu-coordination-in-Galileo-signal-dispute/>

⁶⁾ How Kargil spurred India to design own GPS, <The Times of India>, Apr.5, 2014

인 것인지 고의적인 것인지 판단하기가 쉽지 않다. 또한 위성항법신호는 일방향의 방송에 가깝기 때문에, 의도적으로 부정확한 위성항법 신호를 방출하는 경우 (Spoofing) 수신자가 송신자에게 책임을 묻기도 어렵다. 실제로 미국에서는 2014년 중국 CTS Technology가 신호 재머(signal jammer)를 판매한 혐의로 3,400만 달러 이상의 벌금을 부과한 바 있다.(Jakhu and Pelton 2017) 우크라이나, 이라크 등 분쟁 지역에서는 크고 강력한 위성항법신호 재머의 존재도 보고된 바 있으며, 우리나라에서도 2010~2016년까지 발생한 총 4차례의 GPS 전파교란의 발신지가 북한 지역으로 확인된 바 있다.⁷⁾

<GNSS 관련 최근 국제분쟁 이슈>

이슈	기술적 어려움	경제/사회 영향	리스크
GNSS/RNSS 운용국가의 증가	- 독자위성항법시스템 구축 국가 증가로 시스템 자체의 복잡성과 다중신호 수신 단말기 증가	- 위성분야 투자 확대 및 다중신호수신 단말기 개발 비용의 증가	- 상호운용성 (interoperability) 제한에 따른 복잡성 및 추가비용 증가
라디오 주파수 간섭(RFI), 전자기파간섭(EMI) 및 재밍(jamming)	- 인코딩 시스템 과 스마트 안테나 시스템 개선 - 스푸핑(spoofing)	- 간섭과 재밍과 관련된 규제와 의무 확대	- 범죄나 테러 또는 정부간 재밍(jamming)
근접주파수(adjacent frequencies) 사용에 대한 요구 증가	- 근접 주파수 간섭을 줄이는 기술적 어려움	- 사용자 단말기 사용 비용 증가	- GNSS 서비스 제공 거부에 따른 국가적 손실

출처 : Jakhu and Pelton (eds.) 2017

이처럼 위성항법시스템과 관련한 국제 경쟁의 양상은 위성항법시스템 구축 국가들의 증가에 따라 위성의 궤도와 주파수/신호라는 제한된 자원의 확보와 분배, 위성항법신호의 다중화에 따르는 신호 간섭 등에 대한 조정, 그리고 의도적인 공격 행위에 대한 선제적 대응 등을 통해 두드러지게 나타나고 있다. 그러나 이러한 위성항법과 관련한 국제 경쟁은 다양한 국제 표준화 기구를 통한 다자협력, 그리고 국가 간 양자협력을 통해 통제 및 조정되고 있다.

7) 디지털데일리, “17배나 증가한 교란영향, 북한 GPS 전파교란 대응체계 시급” (2017.09.24)

Ⅲ. 위성항법시스템 국제 질서의 메커니즘

1. 위성망 표준화 기구를 통한 다자협력

위성항법시스템과 관련한 국제 질서는 국제 표준화 기구를 통해 형성된다. 표준화 기구는 위성 운용을 위해 필요한 자원인 궤도와 주파수 분배와 관련한 위성망 (UN ICG, ITU) 표준화 기구와, 위성항법신호 활용 분야에 따라 육상(UNGGIM, IGS, GGOS), 해상(IMO, IALA), 항공(ICA0, FAA) 관련 표준기구 등 크게 4가지로 구분할 수 있다.(안형준 외 2018) 본고에서는 위성항법시스템 구축과 관련해 국제 경쟁의 양상이 가장 두드러지게 나타나고 있는 궤도와 주파수 분배 관련 문제를 조정하는 위성망 관련 표준화 기구인 ITU와 UN ICG를 중심으로 국제 질서의 메커니즘을 분석하고자 한다.

방송, 통신, 항법, 지구탐사 등의 위성기반 서비스 제공을 위해 사용되는 한정된 자원인 위성의 궤도와 주파수는 위성망 관련 표준화 기구인 ITU(국제전기통신연합, International Telecommunication Union)의 규정에 따라 등록절차를 거친 이후에 사용이 가능하다. ITU(International Telecommunication Union)는 정보통신 부문 최고의 UN 전문국제기구로, 국가별 정보통신 정책(국제협력 및 규제)의 유무선통신, 전파, 방송, 위성주파수에 대한 규칙 및 표준을 개발, 보급하고 국제적인 조정, 협력 역할 수행한다. 1865년 5월 유럽 20개국 이 파리에서 설립한 무선전신연합이 전신이며, 1947년 UN에 의해 전기통신, 전파통신, 위성통신, 방송 등의 국제정보통신 분야를 총괄하는 전문기구로 지정되었다. 2020년 현재 193개 회원국, 533개 부문회원, 207개 준회원, 158개 학계회원이 가입되어 있으며, 우리나라는 1952년에 가입하였다.⁸⁾

48개 이사국으로 구성된 최고 의사결정기구인 전권회의(PP)를 통해 운영되며, ITU-R(전파통신), ITU-T(표준화), ITU-D(개발) 부문으로 구성된다. 이 가운데 ITU-R은 국가간 유해한 전파간섭을 방지하기 위해 효율적인 주파수 스펙트럼 분배 및 할

⁸⁾ 국제전기통신연합 홈페이지 <https://www.itu.int/en/membership/Pages/default.aspx> (2020. 8. 15 접속)

당 주파수 등록, 정지위성궤도의 위치 등록, 국가 간의 유해한 전파간섭 방지를 위한 조정, 주파수 이용 개선 및 정지위성 궤도 이용개선에 따른 국가 간 분쟁조정 등의 임무를 수행하는 위성항법과 관련한 핵심 조직이다. 산하에 세계전파통신회의(WRC, World Radiocommunication Conference)를 두고 있으며, WRC에서는 국제적으로 준수해야 할 주파수 대역과 위성궤도의 분배 및 이용방법, 무선국 운용, 기술 기준 등과 관련된 규제 및 절차를 규정하는 전파규칙(RR, Radio Regulation)을 제정 또는 개정한다.

전파규칙(Radio Regulations)은 국제전기통신조약에 부속된 업무규칙으로 개별 국가의 주권을 존중하기 위한 국제적 전파의 유해간섭의 방지 및 조정을 위해 제정되었으며, 국제조약으로서 국제 주파수관리를 위해 서로 다른 서비스 간의 무선 주파수 공유 방식, 위성궤도 이용 방식 등을 결정한다. WRC를 통해 보완되는 전파규칙은 국제협약으로 현대 사회의 모든 무선통신서비스를 문제없이 사용할 수 있는 근간으로 작용하는 것이다. 위성망 국제등록을 원하는 각국의 주관청은 위성망의 운용 예정일의 7년 전부터 늦어도 2년 전에 사전공표 자료를 ITU에 제출해야 한다. 따라서 개별 국가들은 자국의 현재와 미래의 전파사용과 관련되는 요구사항을 준비하여 WRC를 통해 자국 견해를 반영하기 위해 선제적인 기술, 정책적 협력에 힘쓰고 있다. 이처럼 위성의 궤도와 주파수 분배는 ITU 체제 하에서 전파규칙이라는 문서화된 국제협약을 통해 이루어지고 있는데, 주지해야 할 점은 위성항법시스템 운용과 관련하여 기존 위성망과 신규 망과의 궤도/주파수의 조정에 관한 해당국간의 기술적, 정책에 대한 전반적인 협의와 조정이 UN ICG 회의에서 사전에 이루어지고 있다는 점이다.

UN ICG (International Committee of GNSS)는 UNOOSA(United Nation Office for Outer Space Affairs) 산하 위원회로, 복수의 위성항법시스템 간의 기술적·정책적 협력이 주요 업무다. 2001년부터 2004년까지 미국과 이탈리아로 GNSS Action Team으로서 UNISPACE-III 권고안의 이행을 위해 처음 구성되었으며 2005년 ICG로 설립되고 이를 UN 총회에 공지하였다. 위성항법 관련 주파수는 일반적으로 ICG에서 상호 운용성을 확인하고 주파수 할당 문제 협의를 위해 WRC 의제로 상정한다. UN ICG는 현재 위성항법시스템 운용과 서비스 제공 6개국(미국, 러시아, 중국, EU, 인도, 일본)과 위성항법 관련 활용 및 홍보가 활발한 4개국(이탈리아, 말레이시아,

아랍에미리트, 호주)을 포함한 10개 회원국(Members)과 21개 준회원국(Associate Members) 및 관찰국(Observer)으로 구성된다. 주요 회원국들이 번갈아 가면서 매년 10-12월 경 총회를 개최하여,⁹⁾ 각국의 위성항법시스템 최신 현황을 공유하며 국가 위성항법시스템의 궤도 및 주파수 등 위성망의 조정과 협의를 한다.

UN ICG에서 이루어지는 각국의 위성항법시스템 관련 조정과 협의는 ITU와 WRC에서 이루어지는 공식적이고 형식적인 절차에 비해, 회원국에 대한 분담금이나 의무 사항이 없는 등 자발적이고(voluntary)이고 자유롭다는 특징이 있다. 여기에서 이루어지는 회원국간의 협의 및 조정에는 일종의 원리(principal)가 통용되고 있는데, 호환성, 상호운용성, 투명성이 그것이다. 첫째, 호환성(Compatibility)은 하나의 위성항법시스템에서 발신하는 신호가 다른 위성항법의 신호와 간섭을 일으키지 않아야 하며, 공인된 서비스를 위한 제한된 신호 영역과 중복을 피해야 한다는 원리다. 둘째, 상호운용성(Interoperability)은 하나의 위성항법시스템에서 나오는 신호들은 전체적인 서비스의 질을 높이기 위한 방식으로 다른 위성항법시스템들과 함께 활용될 수 있어야 한다는 원리다. 셋째, 투명성(Transparency)은 신호 제공자는 수신기 제작업체가 활용할 수 있는 신호와 시스템 정보, 정책, 최소한의 퍼포먼스 정보 등이 담긴 문서를 공개하여 정보를 공유해야 한다는 원리다.(안형준 외 2019)

이러한 3가지 원리는 기존 위성항법시스템 구축국가들의 이익을 보호하고 다종화된 위성항법 신호 간 조정과 협의 등 위성항법 관련 국제 질서의 중요한 근간으로 작동하고 있다. UN ICG 총회에서는 항법위성시스템 구축 6개국(미국, 러시아, 유럽, 중국, 인도, 일본)으로 구성된 Provider's Forum을 통해 이들 국가의 위성항법시스템 최신 현황과 향후 계획을 공유하고 국제협력 이슈 발굴 및 주요 현안을 조정한다. 또한 모든 회원국들을 대상으로 4가지 실무 워킹 그룹을 연중 운영하면서 위성항법시스템 운용과 활용에 대한 주요 현안들에 대한 기술적 정책적 논의를 심화하여 매년 권고안을 제시하고 있다.

〈UN ICG Working Group의 주요 의제〉

⁹⁾ 2019년 14차 회의는 인도에서 개최 되었으며, 2020년 오스트리아 비엔나에서 열릴 예정이었던 15차 회의는 코로나19 사태로 취소되었다

그룹명	분야	주요 의제
WG S	시스템, 신호 및 서비스	- 위성항법 공개서비스에 대한 호환성(Compatibility), 상호운용성(Interoperability) 및 복합체계(System of systems) 운용 관련 표준·권고안 제정을 논의
WG B	위성항법 성능 향상 및 신규 서비스	- 위성항법 활용 확대를 위하여 시스템 성능 향상, 새로운 서비스 및 기능을 제안하고 이에 대한 기준 및 권고안을 논의
WG C	정보 보급 및 역량 강화	- 위성항법시스템 운용 국가의 위성항법 신호 정보 확산 및 역량강화 노력, 각 국가별 당해년도 정보 확산 및 역량강화 프로그램 현황을 소개하고 향후 계획 및 발전방향을 권고
WG D	좌표/시간계 및 활용	- 위성항법 시스템의 정밀도, 호환성, 상호운용성 증대를 위한 좌표계·시간계 및 위성특성 데이터 관련 연구 및 결과 공유

이처럼 세계 위성항법시스템 구축과 운영과 관련하여 위성 궤도와 주파수라는 한정된 자원의 분배에 대한 국제 질서는 ITU와 ICG라는 두 개의 축으로 구성되어 있다. ITU라는 기구가 공식적이고 절차적인 규범의 한축을 담당하고 있으며, UN 산하의 ICG라는 위원회가 위성항법시스템 구축국과 활용 및 관심국들이 기술과 정책의 실질적 협력의 한 축을 담당하며 다극화된 위성항법의 새로운 국제 질서를 만들어 가고 있다.

2. 양자협력의 전개 : 미국, 일본 사례

앞서 살펴보았듯이 현재 운용 중이거나 운용 예정인 위성기반 전파항법 서비스용 위성망/위성시스템의 주파수 대역의 일부를 이용하기 위해서는, 기 구축국들의 위성항법시스템과의 상호운용성(interoperability)와 호환성(compatibility)을 확인하는 것이 선결과제이다. 점차 ICG 같은 다자협력을 위한 국제위원회를 통해 관련 정보의 공유와 조정이 많이 이루어지는 추세이지만, 위성항법시스템의 용도가 국방 등 특수목적용으로 이용되기 때문에, 관련국과의 기술적인 협상만으로는 상대 주관청의 동의를 받는 일은 매우 어려운 일이다. 따라서 위성항법시스템 구축 후발국들은 다자협력 관계와 더불어 기구축국과의 협력 채널을 구축하고 장기적인 기술적, 정책적 협력을 통해 신뢰를 쌓는 등의 양자협력을 병행해 왔다. 그동안 글로벌 차원의 GPS

시스템을 구축하고 운영해 온 미국이 다른 나라들에 비해 압도적 기술우위가 있었기 때문에, 기타 후발 국가들은 미국과의 분야별 협력체제를 구축해 왔다. 여기에 미국과의 양자협력 채널과 더불어 개별 국가들의 전략적 파트너십 차원에서 자신들이 필요한 양자협력 파트너를 선정하여 협력사업을 추진해 왔다.

이에 대해 미국은 2010년 국가우주정책에 따라 위성항법시스템에 관한 국제협력의 기본 방향을 제시하였는데, GPS와의 호환성과 상호운용성을 보장하고 상호 간 투명성과 더불어 미국 산업의 시장 우위를 지속하기 위한 관련 산업 접근을 확보하는 것을 우선시 하였다. 이러한 국제협력의 기본 방향은 크게 두 가지 트랙으로 나뉘어 타국과의 협력 사업에 반영되었다. 첫째, 위성항법시스템의 다중화를 지지하면서도 미국 GPS의 국제 표준 위상을 유지하기 위한 호환성과 상호운용성 확보하기 위한 협력이다. 이를 위해서는 미국과 타국의 공식적인 협력 관계를 선포하기 전에 연구자 수준에서 충분한 기술협력을 통해 신뢰의 네트워크를 쌓는다. 둘째, 타국의 위성항법시스템이 GPS와 경쟁 관계가 아니라 보완관계를 갖게 하여 GPS의 안정성을 더욱 확보하는 협력이다. 이는 미국의 위성개발 상위 운영 정책의 국제협력 방향인 “Hosted Payload” 개념과 궤를 같이 하는 것으로 볼 수 있는데, 자국의 위성개발 일정 또는 (비용 측면의) 포화 상태를 고려하여, 연구개발과 운용을 공동으로 추진하면서 협력 대상국의 위성체에 미국의 탑재체를 싣는 방식이다. 이러한 위성항법 국제협력의 두 가지 트랙을 통해 미국은 궁극적으로 세계 위성항법시스템 시장에 대한 GPS의 주도권을 유지하면서, GPS의 안정성(Robustness)과 유사시 빠른 복구가능성(Resiliency)을 확보하고자 하는 것이다. (안형준 외 2019)

〈미국의 위성항법 국제협력 두 가지 트랙〉

구분	Track-1	Track-2
Key Word	Interoperability, Compatibility	Back-up
Target Action	Multi-GNSS	Alternative GPS, Foreign GNSS
Background & Intention	International Standard & GPS Complement	Operation Risk Manage
	Robustness & Resiliency → Assured(보증) PNT	

출처: 안형준 외 2018

미국은 이러한 국제협력의 기본 방향에 바탕을 두고 러시아, 유럽, 중국, 인도, 일본 등 위성항법구축국들과 양자협력 관계를 맺어왔다. 러시아와는 2004년 공동선언을 통해 GPS와 GLONASS의 협력 채널을 구축하고, 양국의 시스템의 호환성과 상호운용성뿐만 아니라 상업적, 과학적 이용에 대한 기술협력을 시작했다. 같은 해 유럽의 Galileo와도 협정을 채택하여 긴밀한 협력관계를 이어오고 있으며, 2013년에는 ARAIM (Advanced Receiver Autonomous Integrity Monitoring) 기술 협력채널을 구축하여 차세대 글로벌 차원의 위성항법시스템의 공동 개발에 나서기도 했다. 이어 2007년 인도, 2014년 중국과 각각 위성항법협력을 위한 공동선언을 발표하면서 양자협력관계를 맺었다.

위성항법시스템 구축 후발국으로서는 일본의 경우를 예로 살펴볼 수 있다. 일본은 자국의 위성항법시스템인 QZSS가 미국 GPS의 보완 및 보강시스템으로서 설계가 되었기 때문에, 미국과의 협력관계를 2002년 본 사업을 시작하기 전인 1998년부터 시작하였다. 일본은 90년대 중반 이후 GPS 신호 유료화에 대한 국내 산업계의 우려와 쓰나미와 같은 재난 대비를 위한 정밀 위성항법시스템의 필요성이 대두되면서 미국과의 위성항법 협력관계를 맺기를 원했고, 미국은 90년대 말 유럽의 Galileo 계획 등에 따른 GPS의 리더십 약화에 대한 우려로 일본과의 협력에 비교적 우호적이었다. 일본과 미국은 1998년 GPS-QZSS cooperation 공동성명을 발표한 이래, GPS-QZSS 간 상호 공유 가능 방안 연구를 위한 작업그룹이 2002년에 구성되었으며, 2006년에는 QZSS 신호의 형태, 주파수, 확산부호 및 데이터 형태 등에 대한 공동설계를 통해 두 시스템 간 완전한 공유 가능성을 확인하는 작업을 거쳤다. 2013년까지 공식적인 협력 채널로 위성항법정기회의(Plenary Meeting)를 8차례 열면서 이 같은 기술적, 정책적 협력을 이어왔으며, 이후부터는 양국의 포괄적인 우주분야 협력체인 'Comprehensive Dialogue on Space'를 통해 QZSS-GPS 관련 논의를 포함한 우주협력 전반을 논의하고 있다. (안형준 외 2018)

일본은 미국과의 협력 관계뿐만 아니라 타 위성항법시스템 운용국과의 양자협력 관계도 이어오고 있다. 러시아, 인도, 중국, 유럽과 주파수 사용에 대한 호환성과 상호운용성 논의를 지속하고 있으며, 2017년 유럽과는 위성항법관련 협약 (Cooperation Agreement relative to Satellite Navigation Applications)을 통해 위험경보서비스, 자율주행과 3D 매핑 등 활용분야 기술협력을 위한 워킹 그룹을 운영

하기 시작했다. 특히 주목할 점은 지역위성항법시스템인 일본의 QZSS가 서울, 시드니, 방콕 등 아시아-오세아니아 전역에서 관측되고 높은 고도각을 유지할 수 있다는 장점을 바탕으로, QZSS 서비스 영역의 항법위성 미보유 국가들에 대한 QZSS 활용과 관련한 참여를 유도하면서 지역적 협력(regionalized cooperation)을 이끌고 있다는 점이다. 아시아-오세아니아 다중위성항법체계 시연 캠페인의 활동 증진과 지원을 위해 2011년 설립된 MGA(Multi-GNSS Asia)는 바로 그러한 협력활동의 구심체다. 일본은 현재 11개국 24개 기관이 참여하고 있는 Multi-GNSS Asia의 창립을 주도했으며, JAXA는 사무국 역할을 수행하고 있다. JAXA는 2013년부터 다중위성항법 국제 공동연구인 Asia Oceania Multi-GNSS Demonstration Campaign을 제안하여, 8개 국가연구자들과 함께 아시아-오세아니아 지역에서 다중위성항법체계 진입에 따른 다중위성항법 사용자의 상호운용성 확보를 위한 요구사항의 도출과 다중위성항법체계 하에서의 새로운 활용분야의 공동개발과 실험(또는 시연) 프로그램을 수행하고 있다. (안형준 외 2018)

IV. 결론

지금까지 살펴본 바와 같이 위성항법시스템은 사회 전반에 활용되는 위치, 항법, 시간 정보를 제공하는 가장 주요한 수단으로 국가의 존립에 영향을 미칠 수 있는 주요 국가 인프라다. 2000년대 전후 그동안 전세계 유일하게 무료로 제공되던 미국의 GPS 신호에 대한 의존성에서 탈피하고 관련 산업 영역에서 새로운 기회를 찾기 위해 유럽, 중국, 인도, 일본 등 주요국들을 중심으로 독자적인 위성항법시스템을 구축 시도가 이어졌다. 이에 따라 미국 주도의 국제 위성항법 질서가 다극화되면서 국제 질서가 재편되는 양상이다. 한정되어 있는 위성의 궤도와 주파수를 분배하고, 다중화된 위성항법 신호 사이의 간섭이나 의도적인 신호 방해 같은 공격 등의 부작용을 막기 위한 국제 규범과 절차 등이 마련되었다.

위성항법 구축의 전제조건이 되는 위성 궤도와 주파수는 ITU 같은 국제기구의 표준화 규범에 의해 확보하여야 하며, UN ICG 같은 민간 기구 활동을 통해 회원국들

의 사전 동의와 협의를 통해 대략 10여 년 전에 준비가 되어야 한다. 이를 위해서는 이와 관련된 국제 표준 및 질서의 매커니즘을 정확히 파악하고 그 질서 안에 편입되기 위한 활동의 중요성이 커졌다. 위성항법시스템 관련 국제협력을 통한 관련 자원 확보는 위성항법시스템 구축의 선결 조건이며, 기획 초기부터 국제동향을 모니터링하고 주요국의 항법위성시스템 및 주파수 선점 현황과 이해관계 등 국제 환경을 고려한 구축전략과 국제협력 방안을 마련할 필요가 있는 것이다.

우리 정부는 2018년 발표한 「제3차 우주개발진흥기본계획」에 의거, 한국형위성항법시스템(KPS) 구축을 추진하고 있다. 위성 궤도와 주파수 확보 등 관련 자원을 확보하기 위한 국제 표준에 대한 이해와 이에 기반한 선제적인 국제협력 활동의 중요성을 인지하고, 위성항법 관련 기술 및 정책을 조정하는 국제회의와 학회 등에 한국 대표단이 정기적으로 참석하여 활동을 이어오고 있다. 추후 위성항법시스템 주요 운용국이나 해외 지상감시국 설치 대상국과의 양자협력으로 국제협력 활동의 폭을 넓혀 나가야 할 것이다. 이때 조정 대상 국가와의 기술적인 협상만으로 관련 자원을 확보하고 동의와 지지를 단기간에 얻는 일은 매우 어려운 일이므로, 기술적인 측면에 관한 논의와 더불어 신뢰 구축부터 협력까지 이어지는 ‘과학기술외교’의 다양하고 장기적인 방안을 수립해야 할 것이다.

[참고문헌]

- 과학기술정보통신부 (2017), 국가 위성항법사업 추진 방안 연구
대한민국 정부 관계부처 합동(2018), 제3차 우주개발 진흥 기본계획
싱가포르 국토청 (Singapore Land Authority), <https://www.sla.gov.sg>
안형준 외 (2018), 한국형 위성항법시스템 구축을 위한 국제협력 방안, 과기정통부
안형준 외 (2019), 한국형 위성항법시스템 구축을 위한 국제자원 확보 전략 연구, 과기정
통부
한국인터넷산업진흥원 (2017), 국내·외 LBS 산업동향 보고서, KISA REPORT
Al-Ekabi, C. et al.(2015), Yearbook on Space Policy 2012/2013, Springer.



- Beidleman, S. W.(2006), GPS versus Galileo, Air University Press.
- Dawson, J.(2015), "National Positioning Infrastructure", IGNSS, Gold Coast, 2015.
- Dawson, J.(2017), "The Future of Satellite Positioning in Australia", Space Weather Users Workshop, Sydney, 2017.
- European Space Agency(2017), "GNSS Market Report" Issue 5.
- Stuart, Jill (2013), "Regime Theory and the Study of Outer Space Politics," E-International Relations, (Sep 10, 2013)
- Larsen, P. B.(2015), "International Regulation of Global Navigation Systems", Journal of Air Law and Commerce, 80(2): 365-422.
- Bonnor, Norman (2012), "A Brief History of Global Navigation Satellite Systems," Journal of Navigation 65(01), 1-14
- Petroni, G and D. G. Bianchi (2016), "New Patterns of Space Policy in the Post-Cold War World," Space Policy 37 (2016), 12-19
- Jakhu, R. S. and Pelton, J. N. (2017), Global Space Governance: An International Study, Springer
- Salami, L. L.(2018), "Update on Nigerian Satellite Augmentation System", ITU Radio Navigation Satellite Service Symposium, Geneva, 2018.
- Gadimova, Sharafat (2010), "The Ultimate Goal of ICG is to Build a GNSS System of Systems,"
- Singapore Land Authority(2015), "Singapore Satellite Positioning Reference Network(SiReNT) – User Guide"
- "GPS, GLONASS, Galileo, Compass: What GNSS Race? What Competition," Inside GNSS (March 23, 2009)