

미국 GPS M코드 수신기 개발동향 분석

김윤중[†]

Development Trends of U.S. GPS M-code Receivers

Yunjung Kim[†] 

Agency for Defense Development, Daejeon 34186, Korea

ABSTRACT

Information related to the development of military Global Positioning System (GPS) receivers is largely restricted for security reasons. For this reason it is difficult to systematically analyze technological evolution and acquisition policy changes. This study systematically investigates the development trends of U.S. military GPS M-code receivers by analyzing publicly available policy documents, technical materials, and GPS modernization reports published by the U.S. Government Accountability Office (GAO) from 2021 to 2024. In particular, receiver systems based on P(Y)-code and M-code are compared not only from a technical perspective but also in terms of acquisition strategy and program structures. The results show that the evolution of military GPS receivers is not merely a transition in signal technology but also is closely associated with a broader shift from a security-controlled Precise Positioning Service (PPS) framework to a platform-integrated and modernization-oriented Military GPS User Equipment (MGUE) framework. Furthermore, key issues identified in the MGUE program, including insufficient technology maturity, semiconductor supply chain challenges, and limitations in integrated program management, are analyzed and corresponding lessons learned are derived. This study contributes to the field of military GPS receivers by providing a comprehensive analysis of military GPS receiver development trends based on open-source data and by integrating both technical and policy perspectives.

Keywords: military GPS receiver, M-code, MGUE, acquisition strategy

주요어: 군용GPS수신기, M코드, MGUE, 획득전략

1. 서론

Global Navigation Satellite System (GNSS)은 위치, 항법 및 시각 (Position, Navigation and Timing, PNT) 정보를 제공하는 핵심 기반 인프라로서 군사 및 민간 분야에서 중요한 역할을 수행하고 있다. 특히 군사 작전에서는 정밀유도무기, 무인체계, 지휘 통제, 감시정찰 등 다양한 무기체계가 GNSS 기반 PNT 정보에 의존하고 있으며 이러한 의존성은 지속적으로 증가하고 있다. 미국의 Global Positioning System (GPS)은 세계 최초의 GNSS로 군사 목적으로 개발되었으며, 현대에 들어서는 가장 널리 사용되고 있다. 군용 GPS 서비스는 초기부터 P(Y)코드 기반 Precise

Positioning Service (PPS)를 통해 제공되어 왔으며, 이는 다양한 군 플랫폼에서 항법 및 무기체계 운용에 활용되어 왔다.

그러나 현대 기술의 발전으로 GNSS를 무력화하는 재밍 및 기만 공격과 같은 전자전 위협이 증가함에 따라 기존 군용 GPS 신호의 보안성과 항재밍 성능을 강화할 필요성이 제기되었다. 이러한 요구에 대응하기 위해 미국은 GPS 현대화 (GPS modernization) 프로그램을 추진하여 새로운 군용 신호인 Military Code (M코드)를 도입하였다. GPS 현대화는 우주부 (space segment), 지상제어부 (ground control segment), 사용자 장비부 (user segment)의 세 가지 분야의 동시 발전을 통해 추진되고 있다. 특히 사용자 장비부는 실제 무기체계에 적용되는 분

Received Apr 10, 2026 Revised May 12, 2026 Accepted May 18, 2026

[†]Corresponding Author E-mail:tacco219@add.re.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.

야로 GPS 성능과 운용성을 결정하는 핵심 요소이며, 이를 현대화하기 위한 대표적인 프로그램이 Military GPS User Equipment (MGUE)이다 (U.S. GAO 2021).

군용 GPS 수신기 개발과 관련된 정보는 보안상의 이유로 제한적으로 공개되기 때문에, 기술 발전과 획득 전략 변화를 체계적으로 조사 및 분석하는 데에는 한계가 존재한다. 미국 회계감사원 (U.S. Government Accountability Office, U.S. GAO)은 GPS 현대화 사업에 대한 감사 보고서를 지속적으로 발간하고 있으며, 이를 통해 M코드 수신기 개발과 관련된 일정, 기술적 문제, 공급망 이슈 및 사업관리 현황이 부분적으로 공개되고 있다.

기존 연구들은 주로 GNSS 신호 구조나 항재밍 성능 등 기술적 측면에 초점을 두고 있으며, 군용 GPS 수신기의 획득 전략 및 프로그램 구조까지 통합적으로 분석한 연구는 매우 제한적인 수준에 머물러 있다. 특히 MGUE 프로그램과 같은 실제 무기체계 획득과 연계된 수신기 사업의 개발 동향을 체계적으로 정리하고 분석하는 연구는 부족한 실정이다. 본 연구는 2021년부터 2024년까지 발간된 U.S. GAO GPS 현대화 보고서를 중심으로 공개자료를 종합적으로 분석하여, 단편적으로 공개된 미국의 군용 GPS M코드 수신기 개발 동향을 체계적으로 정리하였다. 특히 기존 P(Y)코드 기반 수신기 체계와 M코드 기반 수신기 체계를 기술적 측면뿐 아니라 획득 전략 및 프로그램 구조 측면에서 통합적으로 비교분석하고, MGUE 프로그램 추진과정에서 나타난 주요 이슈와 교훈을 도출한다.

본 연구의 주요 기여는 다음과 같다. 첫째, 제한적으로 공개된 정책 및 감사자료를 기반으로, 분산된 정보를 통합하고 재구성하여 군용 GPS 수신기 개발 동향을 체계적으로 분석하였다. 둘째, P(Y)코드 기반 체계와 M코드 기반 체계를 기술과 정책을 통합한 관점에서 비교함으로써 군용 GPS 수신기 발전의 구조적 변화를 분석하였다. 셋째, MGUE 프로그램 사례를 기반으로 기술, 공급망, 사업관리 측면에서의 주요 이슈를 식별하고, 이를 통해 도출 가능한 교훈을 정리하였다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 군용 GPS 신호 및 수신기 기술의 진화를 중심으로 P(Y)코드와 M코드의 특성과 차이를 비교한다. 3장에서는 군용 GPS 수신기 개발 정책 및 MGUE 프로그램 구조를 분석하고, MGUE 프로그램의 단계적 개발 체계인 Increment 1과 Increment 2의 추진 현황을 정리한다. 4장에서는 MGUE 프로그램 개발과정에서 나타난 주요 이슈를 분석하고 이를 바탕으로 교훈을 도출한다. 마지막으로 5장은 본 논문의 결론이다.

2. 군용 GPS 신호 및 수신기 기술의 진화

2.1 GPS P(Y)코드 신호 및 수신기 기술

GPS 군용 서비스는 초기부터 P(Y)코드 기반 PPS 서비스를 통해 제공되었다. P(Y)코드는 GPS 위성에서 송신되는 매우 긴 의사난수 코드인 P코드를 기반으로 하며, 실제 운용에서는 항기만 기능을 위해 암호화된 Y코드 형태로 사용된다. P(Y)코드 기반 군용 GPS 수신기는 일반적으로 L1 C/A코드 신호를 이용하여 초기

신호 획득을 수행한 뒤 P(Y)코드 신호를 추적하는 방식으로 운용된다. 이러한 구조는 암호화된 Y코드 신호의 직접적인 탐색이 어려운 구조적 특성에 기인한다 (Misra & Enge 2012).

군용 GPS 수신기는 이러한 신호를 처리하기 위해 Selective Availability Anti-Spoofing Module (SAASM) 보안 모듈을 사용한다. SAASM은 암호 키 관리, 신호 위·변조 방지, PPS 신호 접근 제어 등의 기능을 수행하는 핵심 보안장치로, 미국 국가안보국 (National Security Agency)의 보안인증을 받아야 한다. 이러한 보안인증 체계는 군용 GPS 수신기의 개발 및 유지보수 과정 전반에 걸쳐 강력한 보안통제를 요구한다 (Holm 2005). 미국 국방부의 GPS 보안정책에 따르면 P(Y)코드 기반 군용 수신기는 엄격한 보안 통제 하에 관리되며, PPS 보안장치에 대한 유지보수 및 기술 이전은 미국 정부의 통제 하에서만 가능하다 (U.S. DSCA 2000).

P(Y)코드 기반 군용 GPS 수신기로는 지상군에서 널리 운용된 Defense Advanced GPS Receiver (DAGR)가 대표적이다. 그러나 기존 P(Y)코드 기반 체계는 증가하는 전자전 위협 환경에서 항재밍 및 보안 성능에 대한 요구사항을 충분히 충족하기가 어렵다는 평가가 제기되어 차세대 군용 신호인 M코드가 도입되었다 (Barker et al. 2000).

2.2 GPS M코드 신호 및 수신기 기술

M코드는 GPS 현대화 프로그램의 핵심 요소로 설계된 차세대 군용 신호이다. 기존 군용 신호인 P(Y)코드 대비 향상된 항재밍 성능과 보안 구조를 제공하도록 설계되었다. 특히 신호 구조 측면에서 Binary Offset Carrier (BOC) 기반 변조 방식을 적용하여 스펙트럼 에너지를 중심 주파수로부터 분산시키는 특성을 가진다. L1/L2 대역에서 운용되는 M코드 신호는 약 20 MHz 대역폭을 갖는 P(Y)코드와 달리 약 24 MHz 대역폭을 가진다. 이러한 스펙트럼 분산 특성과 확장된 대역폭은 재밍 신호의 영향을 감소시키고 신호 검출 성능을 향상시킨다. 이러한 특성은 높은 처리 이득을 제공하여 재밍 환경에서도 안정적인 위치결정 성능을 확보하는 데 기여한다 (Kaplan & Hegarty 2017). 또한, M코드 신호의 중요한 특징 중 하나는 군용 수신기가 M코드 신호를 직접 획득할 수 있도록 설계되었다는 점이다. 이는 기존 P(Y)코드 수신기가 C/A코드 기반 초기 획득 과정을 필요로 했던 구조와 차별화되는 특징이다 (Betz et al. 2004).

군용 GPS 수신기에서는 신호 보안을 위해 별도의 보안 모듈이 사용된다. 기존 P(Y)코드 기반 군용 GPS 수신기에는 SAASM 보안 모듈이 사용되었으나, 이는 P(Y)코드 신호에 최적화된 구조로 새로운 군용 신호인 M코드의 암호화 방식 및 신호 구조를 처리하는 데에는 한계가 있다. GPS 현대화 과정에서 도입된 M코드는 기존 대비 향상된 항재밍 및 항기만 성능과 함께 새로운 암호키 운용 및 장입 방식을 적용하고 있어, 이를 지원하기 위한 새로운 보안 구조가 요구된다. 이에 따라 M코드 수신기에서는 기존 SAASM을 대체하는 차세대 보안 모듈인 SAASM-M을 탑재한 신호처리 코어 Application-Specific Integrated Circuit (ASIC)을 개발하여 장착한다. 이는 M코드 신호를 복호화하여 정밀한 PNT 정보를 플랫폼에 제공하는 역할을 수행한다 (U.S. GAO 2024).

Table 1. Technical comparison of P(Y)-code and M-code GPS receivers.

Category	P(Y)-code receiver	M-code receiver
Signal acquisition	Initial acquisition via C/A code	Direct acquisition of M-code
Security module	SAASM	SAASM-M
Anti-jam performance	47-50 dB (J/S)	58-63 dB (J/S)
Supported satellites	GPS II/IIA/IIR/IIR-M/IIIF/III/IIIF	GPS IIR-M/IIIF/III/IIIF

M코드 신호는 GPS IIR-M 위성에서 초기 제공이 시작되었으며, GPS III 및 GPS IIIF 위성에서 향상된 성능으로 확대 운용되면서 군용 GPS 서비스의 핵심 신호로 사용될 예정이다. 현재 M코드 수신기 개발은 GPS III 위성 전개와 병행하여 진행되고 있는데, 이는 GPS 체계 현대화 과정에서 사용자 장비 개발과 위성 전개를 동시에 추진하는 전략을 반영한다 (U.S. GAO 2024).

M코드 수신기는 기존 P(Y)코드 기반 수신기와 비교하여 Table 1과 같이 주요 기술적 차이를 가진다. 먼저 신호 획득 방식 측면에서 기존 P(Y)코드 수신기는 C/A 코드를 이용한 초기 획득 이후 P(Y)코드로 전환하는 구조를 가지는 반면, M코드 수신기는 보조 신호 없이 M코드를 직접 획득할 수 있도록 설계되어 독립적인 운용이 가능하다. 보안 구조 측면에서는 M코드 수신기는 기존 P(Y)코드 수신기의 SAASM 기반 구조에서 발전하여 향상된 보안 기능과 확장성을 고려한 차세대 보안 모듈인 SAASM-M을 적용한다. 항재밍 성능 측면에서는 M코드 수신기가 BOC 기반 신호 구조와 확장된 대역폭을 활용하여 기존 P(Y)코드 대비 약 10~13 dB 향상된 Jamming-to-Signal Ratio (J/S) 성능을 제공한다 (Kaplan & Hegarty 2017). 적용 위성 측면에서는 P(Y)코드가 GPS II 계열부터 최신 GPS III 및 IIIF 위성까지 전반적으로 지원되는 반면, M코드는 GPS IIR-M 이후 현대화 위성에서 제공되며 향후 군용 GPS의 핵심 신호로 활용될 예정이다. M코드 수신기 개발은 MGUE 프로그램을 통해 수행되고 있으며, 다양한 군용 무기체계 플랫폼에 공통적으로 적용 가능한 수신기 기술 확보를 목표로 한다.

3. GPS M코드 수신기 개발 현황

3.1 P(Y)코드 수신기와 M코드 수신기 획득 전략 비교

P(Y)코드 기반 수신기는 접근 통제 중심의 보안 정책 하에서 개발 주체가 제한되는 폐쇄적인 획득 전략을 특징으로 한다. PPS 수신기는 PPS 보안모듈 (PPS-Security Module, PPS-SM)을 포함한 군용 장비로 분류되었으며, 이후 SAASM이 도입되면서 군용 GPS 수신기의 핵심 보안장치로 자리 잡았다. 미국 국방안보협력국 (U.S. DSCA 2000)에 따르면 PPS 장비의 이전과 운용에 대해 엄격한 통제 체계를 규정하였다. 해당 정책은 PPS 장비 수출 시 미국에서 정한 그룹(A~D)에 따라 접근 권한을 차등 적용하여, 장비에 포함된 PPS-SM에 대한 유지보수와 기술 이전을 미국 정부 통제 하에 두도록 하였다. 이러한 보안정책 하에 P(Y)코드 수신기 개발은 전통적인 방산 획득 방식에 따라 제한된 방산기업들이 수신기 개발에 참여하였다.

M코드 수신기는 플랫폼 통합과 조기 전력화 중심의 획득 전략을 특징으로 한다. 이러한 전략은 다양한 무기체계에서 PNT 정보 의존성이 증가하고, 항공·지상·해상 및 개인 전투체계에 공통적

으로 적용 가능한 수신기 통합 요구가 확대된 데에서 기인한다. 또한 GNSS 재밍 및 기만 위협이 증가하는 전장환경에서, GPS 현대화 지연에 따른 전력 공백 가능성을 최소화하기 위해 수신기 개발과 플랫폼 통합을 병행하여 조기 전력화에 대한 필요성이 증대되었다. 이에 따라 미국 국방부는 MGUE 프로그램을 통해 차세대 군용 GPS 수신기를 개발하고 주요 무기체계에 조기 통합하여 운용시험평가를 병행하는 방식을 채택하였다. U.S. GAO (2021)에 따르면 미국 국방부는 M코드 수신기 통합을 위해 주요 무기체계 플랫폼을 식별하였고, 각 플랫폼별 통합일정과 시험평가 진행 상황을 통합적으로 관리하기 위한 데이터 관리 체계를 운영하였다. 이 데이터 관리 체계는 일종의 PNT 데이터 관리 시스템 (PNT data repository)으로, 플랫폼 통합 현황과 일정 정보를 관리하기 위한 목적으로 구축된 것이다. 이러한 방식은 수신기 개발과 플랫폼 통합을 분리하지 않고 동시에 추진함으로써 조기 전력화를 달성하기 위한 획득 전략으로 해석할 수 있다.

또 하나의 중요한 정책적 특징은 우주부 개발과 사용자 장비부 개발이 병행하여 추진되었다는 점이다. 이러한 병행 개발 방식은 M코드에 처음 등장한 것이 아니라 P(Y)코드에 해당되는 GPS 초기 개발 단계에서도 적용된 방식인데, 단순히 과거 GPS 개발 사례의 반복이 아니라 군용 GPS의 기술적·운용적 특성에 기인한다. 군용 GPS는 우주부, 지상제어부, 사용자 장비부가 상호 연동되어야 정상적인 운용이 가능하므로, 개별 요소를 독립적으로 개발하는 방식으로는 전체 체계 성능을 검증하기 어렵다. 특히 항재밍 및 항기만 성능은 실제 위성 신호와 플랫폼 환경에서의 통합 시험을 통해서만 검증이 가능하기 때문에 사용자 장비 개발과 플랫폼 통합시험을 위성 전개 및 지상시스템 개발과 병행하여 수행할 필요가 있다. 또한 GPS 현대화 과정에서 M코드 관련 전력화 지연이 지속됨에 따라, 체계 완성 이후 단계적으로 적용하는 방식은 전력 공백을 초래할 수 있어 개발과 동시에 운용 능력을 확보하는 전략이 요구되었다. 이에 따라 M코드 체계에서는 우주부의 GPS III 위성 전개 및 지상제어부 개발과 병행하여 MGUE 사용자 장비 개발과 플랫폼 통합시험을 동시에 추진하는 방식이 채택되었다.

3.2 MGUE 프로그램

M코드 기반 군용 GPS 사용자 장비 개발은 MGUE 프로그램을 중심으로 추진되고 있다. MGUE 프로그램은 기존 P(Y)코드 기반 PPS 수신기를 대체하고, 차세대 군용 GPS 신호인 M코드를 활용할 수 있는 사용자 장비를 개발하기 위해 추진된 프로그램이다. 이러한 프로그램은 단순한 수신기 성능 향상 뿐만 아니라, 다양한 무기체계 플랫폼에 신속하게 적용 가능한 공통 모듈형 수신기 구조를 확보하기 위한 목적을 가진다. 특히 다양한 플랫폼에서 요구되는 운용 환경과 성능 요구사항을 동시에 만족시키기 위해,

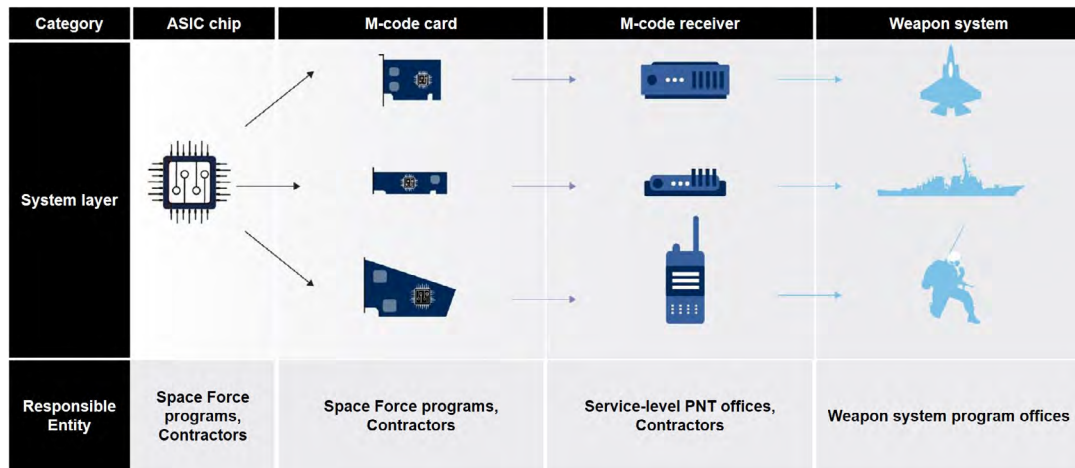


Fig. 1. Organizational authorities for GPS user equipment integration and receiver development (U.S. GAO 2023).

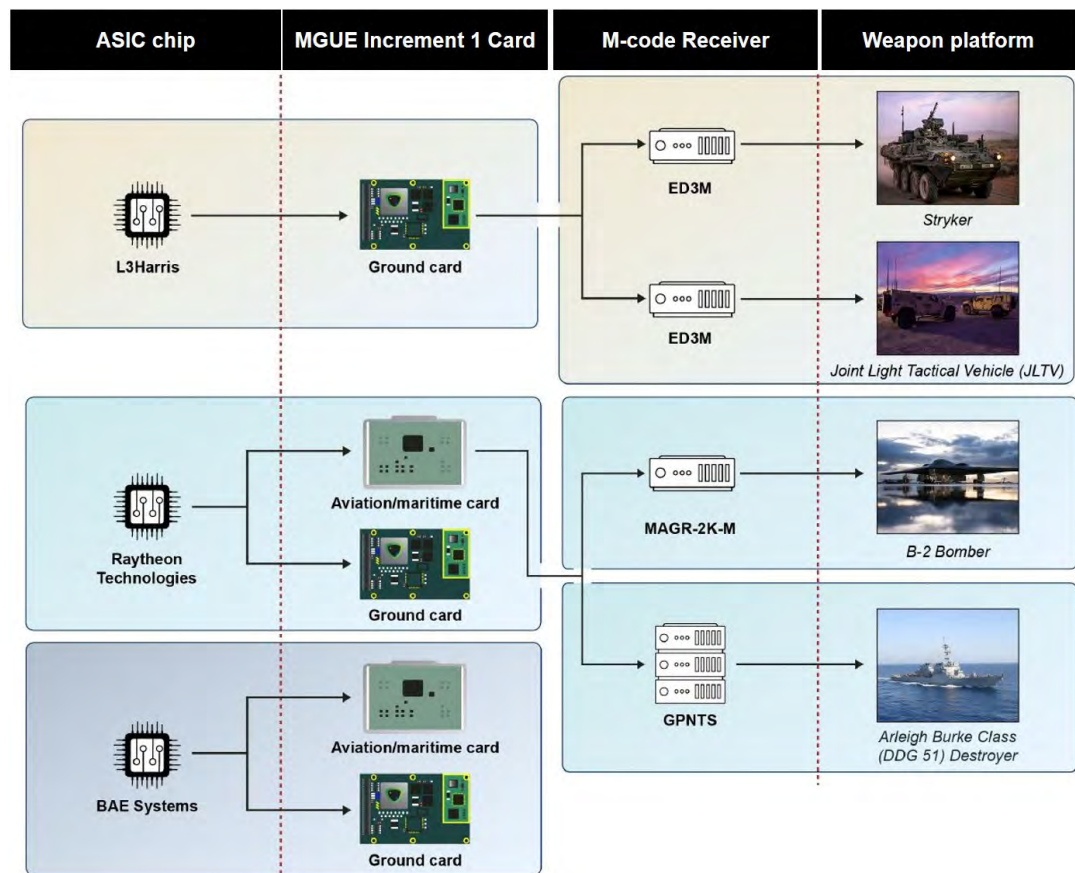


Fig. 2. MGUE Increment 1 architecture and platform integration (U.S. GAO 2021).

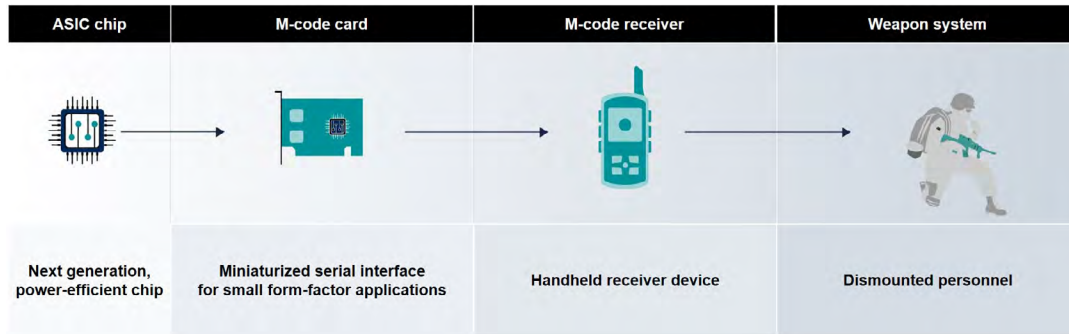
MGUE 프로그램은 모듈형 수신기 및 카드 기반 아키텍처를 채택하고 Increment 1과 Increment 2 단계로 구분하여 개발을 추진하고 있다. 이는 수신기 개발과 플랫폼 통합을 병행함으로써 조기 전력화를 달성하고, 변화하는 전장 환경에 신속하게 대응하기 위한 획득 전략으로 볼 수 있다 (U.S. GAO 2021).

MGUE 프로그램의 특징은 단순한 수신기 개발을 넘어, 핵심

부품 개발부터 플랫폼 통합 및 시험평가까지를 포함하는 계층적 획득 구조를 가진다는 점이다. U.S. GAO (2023)에 따르면 M코드 수신기 체계는 ASIC, 수신기 카드 (M-code Card), 완성 수신기 (M-code receiver), 무기체계 통합단계로 구성되며, 각 단계별로 개발 및 시험장비 구축 책임주체가 상이하게 분담되어 있다 (Fig. 1). 구체적으로, ASIC과 수신기 카드 수준에서는 Space Force와

Table 2. Major contractors and development status of MGUE Increment 1.

Contractor	Role	Major systems	Development status
L3Harris	Ground receiver card development	MAPS (ground)	Development completed; production and fielding in progress
Raytheon	Airborne and maritime card development	MAGR-2K-M (airborne), GPNTS (maritime)	Platform integration and testing ongoing
BAE systems	Derivative card development and platform integration	MAPS Gen II (ground), etc.	Integration primarily focused on ground platforms

**Fig. 3.** Development pathway of MGUE Increment 2 components and applications (U.S. GAO 2023).

산업체가 개발 및 시험장비 구축을 주도하는 반면, 완성 수신기 단계에서는 각 군의 PNT 조직이 통합 및 시험을 담당하며, 최종적으로 무기체계 통합 단계에서는 플랫폼 사업단이 체계 통합 및 운용시험을 수행한다. 이와 같은 구조는 M코드 수신기 개발이 단일 장비 획득이 아닌, 다수의 조직이 참여하는 다계층 통합 사업임을 의미한다. 또한, 미국 국방부는 M코드 수신기 개발과 동시에 주요 무기체계에 대한 통합을 병행하기 위해 주요 무기체계 플랫폼을 식별하고, 각 플랫폼별 통합일정과 시험평가를 관리하였다. 이러한 접근 방식은 군용 GPS 수신기 획득이 독립적인 장비 개발이 아니라 플랫폼 기반 전력화 프로그램으로 추진되고 있음을 보여준다 (Kim & Ahn 2023).

3.2.1 MGUE Increment 1

MGUE Increment 1은 최초의 M코드 사용자 장비 개발 프로그램으로, 2017년에 승인된 이후 군 플랫폼에 통합 가능한 GPS 수신기 카드와 ASIC 기반 신호처리 장치를 개발하는 것을 주요 목표로 추진되었다. Increment 1 프로그램의 주요 특징은 수신기 카드 개발과 동시에 플랫폼 통합 시험을 수행했다는 점이다. 미국 국방부는 주요 무기체계를 지정하여 각 플랫폼에 수신기 카드를 통합하고 시험평가를 진행하였다. 지정된 주요 무기체계는 육군 Stryker 전투차량, 해병대 JLTV 전술차량, 공군 B-2 폭격기, 해군 DDG-51 구축함이다.

Fig. 2는 이러한 Increment 1 프로그램의 구조를 보여주며 ASIC, M코드 수신기 카드 (MGUE Increment 1 Card), 수신기, 플랫폼 간의 관계와 주요 참여업체 및 적용 수신기를 나타낸다. Increment 1 프로그램에서는 지상 플랫폼용과 항공/해상 플랫폼용의 두가지 수신기 카드가 개발되었다. 지상 플랫폼용 카드는 L3Harris와 BAE Systems가 개발하였으며, 항공/해상 플랫폼용 카드는 Raytheon이 개발하였다. 지상 플랫폼의 경우 L3Harris의 카드가 적용된 Enhanced DAGR Distributed Device M-code

(ED3M) 수신기를 중심으로 통합이 추진되었으며, 해당 수신기는 그림에는 나와있지 않지만, 육군의 Mounted Assured PNT System (MAPS) 체계에 통합되어 Stryker 전투차량에 적용되었다. 항공 플랫폼에서는 Raytheon이 개발한 카드가 적용된 Miniature Airborne GPS Receiver 2000 - Modernized (MAGR-2K-M) 수신기가 B-2 폭격기에 포함되었으며, 해상 플랫폼에서는 동일 계열의 항공/해상용 카드가 적용된 GPS-based PNT Service (GPNTS) 수신기가 DDG-51 구축함에 적용되어 운용시험이 수행되었다. 이와 같은 구조는 MGUE Increment 1이 ASIC Chip에서부터, 수신기 카드, 수신기, 플랫폼으로 이어지는 계층적 통합 구조를 기반으로 추진되었음을 보여준다. 즉, 공통 하드웨어 모듈을 기반으로 플랫폼별 요구사항에 맞는 수신기 형태가 구현되고, 이들이 각 무기체계 플랫폼의 항법 시스템에 통합되는 방식으로 전력화가 진행된 것이다 (U.S. GAO 2021).

이러한 접근 방식은 새로운 GPS 신호 체계를 실제 무기체계에 조기 통합하여 운용 환경에서 시험하는 것을 목표로 한 것이었다. 그러나 U.S. GAO (2023)에 따르면 플랫폼별 통합과정에서 기술적 이슈로 인해 일정 지연 문제가 발생했다. 특히 항공/해상 플랫폼용 카드의 개발 지연은 B-2 및 DDG-51 플랫폼 시험 일정에도 연달아 영향을 미쳤다.

매년 정기 개최되는 Civil Global Positioning System Service Interface Committee (CGSIC)에서 미국 우주군 (United States Space Force)은 GPS 현대화 진행현황을 발표하고 있다 (Menschner 2023). 현재 공개자료를 기반으로 MGUE Increment 1 수신기 개발 상태는 Table 2와 같이 제조사 및 플랫폼에 따라 상이한 진행 양상을 보이고 있다. 지상 플랫폼용 수신기 카드 개발을 담당한 L3Harris는 MAPS와 같은 지상 체계를 중심으로 개발을 완료하고 일부 전력화 단계에 진입한 반면, 항공/해상 플랫폼용 수신기 카드를 개발한 Raytheon은 MAGR-2K-M 및 GPNTS와 같은 체계에서 플랫폼 통합 및 시험평가가 지속 진행 중인 상태이다. 또한 BAE Systems는 지상 플랫폼을 중심으로 파생카드

Table 3. Comparison of acquisition Strategies for MGUE Increment 1 and Increment 2.

Category	Increment 1	Increment 2
Acquisition approach	Traditional defense acquisition	MTA rapid prototyping
Technical objective	Development of M-code receiver cards and platform integration	Development of small, low-power receiver cards
Industrial structure	Prime contractor-centric	Expanded participation of small and non-traditional contractors
Development approach	Card development followed by platform integration	Prototype-based development with operational testing
Supply chain strategy	Military-grade semiconductor-centric	Utilization of commercial semiconductor technologies

개발과 통합을 수행하며 MAPS GEN II와 같은 체계에 적용하고 있다. 이러한 결과는 동일한 MGUE 수신기 카드 기반 기술이라 하더라도 적용 플랫폼의 운용 환경과 인증 요구조건에 따라 전력화 시점에 차이가 발생하고 있음을 보여준다. 특히 항공/해상 플랫폼의 경우 체계통합과 인증 절차가 복잡하여 지상 플랫폼 대비 개발 일정이 상대적으로 장기화되는 경향이 있는 것으로 분석된다 (SSC 2024).

3.2.2 MGUE Increment 2

MGUE Increment 2는 차세대 M코드 사용자 장비 개발을 위한 후속 프로그램으로 Increment 1보다 소형화, 저전력화, 생산성 향상을 주요 목표로 한다. Increment 1 프로그램이 차량, 항공기, 함정 등 주요 무기체계 플랫폼과 수신기의 통합에 초점을 두었다면, Increment 2는 소형화된 수신기 개발을 통해 개인 병사 수준까지 M코드 적용 범위를 확장하는 것을 목표로 한다. Fig. 3은 Increment 2 프로그램에서 개발되는 구성요소가 최종 운용 대상에 적용되는 과정을 보여준다. 차세대 저전력 ASIC 칩 개발을 시작으로, 이를 기반으로 한 소형화 M코드 수신기 카드가 개발되고, 해당 카드가 적용된 휴대용 M코드 수신기가 구현되며, 최종적으로 개인 병사에게 적용되는 구조를 가진다.

한편, Increment 2 프로그램은 획득 방식 측면에서도 Increment 1과 차이가 있다. Increment 1 프로그램이 전통적인 방산 획득 절차에 따라 추진된 반면, Increment 2 프로그램은 Middle Tier Acquisition (MTA) 제도를 활용한 신속 시제품 개발 (Rapid prototyping) 방식으로 추진되고 있다. 미국 국방부 (U.S. DoD 2024)에 따르면 MTA는 시제품 개발과 시험을 단기간 내에 수행하여 기술을 조기에 전력화 하는 것을 목표로 하는 신속 획득 제도이며, 일반적으로 5년 이내에 실환경에서 시제품을 검증하는 것을 목표로 한다.

Increment 2 프로그램에서는 기존 군용 반도체 공급망의 한계를 극복하기 위해 상용 반도체 공정을 활용하는 전략이 도입되었다. 특히 상용 시스템 온 칩 (System on Chip, SoC) 기술을 활용하고, 민감한 군용 기능은 생산 이후 소프트웨어 방식으로 구현하는 접근이 적용되었다. 이는 신뢰할 수 있는 파운드리 부족 문제를 완화하고 생산 가능성을 높이기 위한 전략으로 평가된다 (U.S. GAO 2023).

또한 Increment 2 프로그램에서는 MTA 기반 획득 전략을 통해 기존 대형 방산기업 중심 구조에서 벗어나, 중소기업 및 비전통 방산업체 (Non-traditional Defense Contractors)의 참여를 유도하는 방향으로 설계되었다 (Defense Acquisition University 2024). 대표적으로 Technology Advancement Group (TAG)은 차세대 휴대용 M코드 수신기인 Joint Modernized Hand-Held

(JMHH) 개발을 담당하고 있다. 2025년 미국 Space Systems Command (SSC 2025)는 JMHH 장비가 미군 및 동맹군을 대상으로 실시된 Demo C2 시험에서 거의 최종단계에 근접한 하드웨어와 소프트웨어 상태로 평가되었다고 발표하였다. 다만 공개자료 기준으로 JMHH는 아직 대규모 전력화 단계에 진입했다기보다는, 시범 운용 및 사용자 평가 단계에 있는 것으로 판단된다.

Table 3은 MGUE Increment 1과 Increment 2의 획득 전략과 개발 접근 방식의 차이를 요약한 것이다. 두 프로그램의 차이는 단순한 기술목표의 변화에 그치지 않고, 획득 방식과 산업구조, 공급망 전략 전반의 전환으로 나타난다. 특히 Increment 1이 전통적인 방산 획득 절차에 기반한 단계적 개발 구조를 따랐다면, Increment 2는 신속 시제품 개발과 실환경 시험을 병행하여 유연한 개발 방식을 채택하고 있다. 이러한 변화는 기술의 조기 적용과 운용성 검증을 동시에 달성하기 위한 방향으로 이해할 수 있다. 또한 공급망 및 산업 참여 측면에서도 기존의 제한된 방산업체 중심 구조에서 벗어나, 상용 기술 활용과 다양한 산업 주체 참여를 통해 개발 효율성과 확장성을 확보하려는 특징이 나타난다.

3.2.3 MGUE와 한국의 신속시범사업 비교

MGUE Increment 2 프로그램에서 적용된 MTA 방식은 기존 획득 절차의 장기화 문제를 극복하고 신속한 기술 검증과 전력화를 달성하기 위한 제도라는 점에서 한국의 신속시범사업과 비교가 가능하다. 두 제도 모두 전통적인 획득 방식에서 발생하는 개발 기간 지연과 기술 적용 지체 문제를 해결하기 위해서 시제품 개발과 시험을 중심으로 기술을 조기에 검증하고 이를 전력화로 연계하는 것을 목표로 한다는 공통점을 가진다.

그러나 두 제도는 사업 추진 구조와 적용 범위 측면에서 본질적인 차이를 가진다. MTA 방식은 복수 업체가 참여하는 경쟁적 시제품 개발과 실 환경 기반 시험을 병행하며, 반복적인 설계 개선과 성능 검증을 통해 기술 성숙도를 단계적으로 향상시키는 구조를 가진다. 특히 MGUE Increment 2와 같이 다양한 플랫폼에 적용되는 통합 무기체계 개발에 활용될 수 있도록 설계되어, 수신기 카드, 플랫폼 통합, 운용시험평가를 하나의 프로그램 내에서 동시에 추진하는 특징을 가진다.

반면 한국의 신속시범사업은 비교적 소규모·단기 사업을 대상으로 시제품을 개발한 이후 수요군의 운용성 평가를 통해 후속 전력화 여부를 결정하는 단일 단계 중심 구조를 가진다. 이 과정에서 플랫폼 통합이나 체계 수준의 성능 검증은 시범사업 이후 별도의 획득사업으로 분리되어 추진되는 경우가 일반적이다. 즉, 기술 검증과 전력화가 동일 사업 내에서 통합적으로 수행되기 보다는 단계적으로 분리되어 진행되는 구조를 가진다 (Defense Acquisition Program Administration 2025).

이러한 차이는 MGUE Increment 2 프로그램에서 MTA 방식이 적용된 배경을 설명하는 중요한 요소로 볼 수 있다. 즉, MGUE와 같이 다양한 무기체계에 공통적으로 적용되어야 하는 수신기 개발의 경우, 기술 개발과 플랫폼 통합을 분리할 경우 전체 체계 성능 검증과 전력화 일정이 지연될 가능성이 높다. 이에 따라 MTA 방식은 통합된 개발·시험 구조를 통해 체계 수준의 성능을 조기에 확보하고 전력 공백을 최소화하기 위한 획득 전략으로 적용된 것으로 해석할 수 있다.

4. MGUE 프로그램 개발 과정에서의 주요 이슈 및 교훈 도출

4.1 MGUE 프로그램 개발 과정에서의 주요 이슈

MGUE 프로그램은 군용 GPS 수신기 개발에서 중요한 기술적 성과를 달성하였지만 개발 과정에서는 다양한 문제와 이슈가 발생하였다.

먼저 MGUE Increment 1 프로그램에서는 수신기 카드 개발 일정 지연 문제가 발생하였다. 일부 수신기 카드에서는 하드웨어 및 소프트웨어 성숙도가 충분히 확보되지 않은 상태에서 시험이 진행되면서 기술 요구사항 충족에 어려움이 발생하였다. 암호화 정보 수신 결함 및 수신기 소프트웨어 오류로 인해 B-2 및 DDG-51 플랫폼과 항공기/함정 수신기 카드 통합 일정이 수년 이상 지연되었다 (U.S. GAO 2021).

수신기 공급 문제 또한 MGUE 프로그램에서 중요한 이슈로 지적되었다. MGUE 수신기 카드 개발이 지연되면서, 기존 GPS 수신기의 생산 종료 시점과 M코드 수신기의 양산 개시 시점 사이에 수신기 공급 공백이 발생할 가능성이 제기되었다. 특히 Increment 1에서 사용되는 ASIC은 단일 생산처에 의존하고 있었는데, 해당 생산처가 기존 ASIC 생산에 사용되던 공정을 종료하고 차세대 공정으로 전환함에 따라 기존 설계 기반 칩의 지속적인 생산이 어려워지는 리스크가 발생하였다. 이에 따라 미국 국방부는 공급 부족에 대비하기 위해 약 100만개 규모의 칩을 선 구매 (bulk buy)하는 조치를 취해야 했으며, 이는 MGUE 프로그램이 공급망 불안정 문제에 직면해 있었음을 보여준다 (U.S. GAO 2021).

MGUE 사업 관리 구조의 분산으로 인해 통합적인 사업 관리가 미흡하다는 문제도 제기되었다. MGUE 프로그램은 핵심 구성품인 수신기 카드 개발은 미 우주군이 담당하는 반면, 실제 무기체계 통합과 수신기 적용은 육, 해, 공군이 각각 수행하는 구조로 운영되고 있다. 이와 같은 분산된 사업 관리 구조는 범 부처 차원의 일정 조정과 통합 관리에 한계를 초래하였다. 특히 MGUE Increment 2 휴대용 수신기 분야에서는 최대 수요처인 육군이 Dismounted Assured PNT System (DAPS) 개발을 별도로 추진함에 따라, 우주군 주도의 사업과 요구가 분산되고, 동일 목적의 체계 개발이 병행되면서 중복 투자 가능성과 사업 효율성 저하 문제가 발생하였다 (U.S. GAO 2023).

그 외에도 국방부 PNT 데이터 관리 시스템 (PNT Data Repository)에 입력되는 각 군별 MGUE 프로그램의 진척 데이터

누락 및 부정확성으로 인해, 전체적인 사업 진척도 파악이 어렵고, 관리체계가 미흡하다는 문제도 도출되었다 (U.S. GAO 2022).

4.2 MGUE 프로그램에서 도출되는 교훈

앞서 살펴본 MGUE 프로그램 개발 과정에서 발생한 주요 이슈들을 통해 다음과 같은 중요한 교훈을 도출할 수 있다.

첫째, 핵심 기술의 기술 성숙도를 충분히 확보한 이후 체계 개발을 추진하는 것이 중요하다. MGUE Increment 1에서는 하드웨어 및 소프트웨어 성숙도가 충분히 확보되지 않은 상태에서 시험과 통합이 병행되면서 일정 지연과 성능문제로 이어졌다. 이는 핵심 구성품의 기술 완성도가 확보되지 않은 상태에서 체계 통합을 추진할 경우 전체 사업 일정과 위험이 확대될 수 있음을 보여준다. MGUE 프로그램에서는 이러한 문제를 완화하기 위해 모듈형 개방형 시스템 아키텍처 (Modular-Open System Architecture, MOSA)를 적용하였다 (U.S. GAO 2021). MOSA는 특정 하드웨어에 대한 종속성을 낮추고 다양한 PNT 관련 신호를 유연하게 처리할 수 있는 구조를 제공함으로써 신규 신호 도입이나 향후 성능개량 시 개발비용과 소요시간을 절감할 수 있는 장점을 가진다. 이러한 구조적 접근은 기술 성숙도 확보와 함께 유연한 체계 확장성을 동시에 고려할 필요가 있음을 시사한다.

둘째, 핵심 부품에 대한 안정적인 공급망 확보가 필수적이다. MGUE 프로그램에서는 특정 반도체에 대해 단일 공급처에 의존함에 따라 생산 중단 위험과 대규모 선구매와 같은 대응이 필요하였다. 이는 무기체계 획득 프로그램의 초기 단계부터 공급망 안정성과 부품 확보 전략을 함께 고려해야 함을 시사한다. 나아가 특정 공급처에 대한 의존도를 줄이기 위해 독자적인 생산체계를 구축하거나 대체 가능한 공급 기반을 확보하는 접근도 고려될 수 있다. 이러한 맥락에서 미국 국방부는 Trusted Foundry Program을 통해 군용 반도체 생산을 통제된 제조 환경에서 수행하고, 최근에는 자국 내 반도체 생산 역량을 강화하는 등의 공급망 안정성 확보를 위한 정책적 노력을 추진하고 있다 (U.S. DoD 2025). 이는 핵심 부품에 대한 공급망 주권확보가 중요한 고려 요소임을 보여주는 사례로 볼 수 있다.

셋째, 통합적인 사업관리 체계의 중요성이 확인되었다. MGUE 프로그램은 수신기 카드 개발과 체계 통합이 서로 다른 기관과 군에 의해 분산 수행되면서 일정 조정과 요구사항 관리에 어려움이 발생하였다. 이는 복수 기관이 참여하는 사업일수록 단일한 관리체계와 명확한 역할 구분이 필요함을 보여준다. 특히 사업 전반의 일정과 예산을 조정하고 주요 의사결정을 총괄할 수 있는 통합 관리체계의 필요성이 확인되었다. 이러한 관리체계는 중복 투자 가능성을 최소화하고, 무기체계 간 통합의 일관성을 확보하며, 공통 요구사항을 체계적으로 도출하는 데 기여할 수 있다. 결과적으로 통합 사업관리 구조는 사업 효율성과 전력화 안정성을 동시에 확보하기 위한 접근 전략으로 볼 수 있다.

마지막으로, 데이터 기반의 사업관리 체계 구축이 필요하다. MGUE 프로그램에서는 사업 진척 정보를 관리하는 과정에서 데이터 누락 및 정확성 문제가 발생하여 전체적인 진행 상황을 일관되게 파악하는 데 한계가 있었다. 이는 사업 관리에 필요한 데이터의 표준화와 정확한 관리가 의사결정의 신뢰성을 높이는데

중요한 요소임을 시사한다.

이러한 교훈들은 사업기간이 길고, 사업구조가 복잡한 방위력 개선사업에서 고려할 수 있는 시사점을 제공한다.

5. 결론

군용 GPS 수신기 개발과 관련된 정보는 대부분 보안상의 이유로 제한적으로 공개되며, 이에 따라 기술발전과 획득 정책 변화를 체계적으로 분석하는 데에는 제약이 따른다. 본 연구에서는 공개된 정책 문서, 정부 보고서 및 기술 자료를 종합적으로 분석하여 미국 군용 GPS 수신기 개발 동향을 체계적으로 정리하였다.

특히 기존 P(Y)코드 기반 수신기 체계와 M코드 기반 수신기 체계를 기술적 측면뿐 아니라 획득 정책 및 프로그램 구조 측면에서 비교 분석하였다. 그 결과, 군용 GPS 수신기의 발전은 단순한 신호 기술의 변화에 그치지 않고, 보안 통제 중심의 PPS 체계에서 플랫폼 통합과 현대화 중심의 MGUE 체계로 전환되는 과정과 밀접하게 연계되어 있음을 확인하였다.

또한 MGUE 프로그램 추진 과정에서 나타난 기술 성숙도 부족, 반도체 공급 문제, 통합적 사업관리 미흡 등 주요 이슈를 분석하고 이를 통해 도출되는 교훈을 정리하였다.

이러한 점에서 본 연구는 공개자료 기반으로 군용 GPS 수신기 개발 동향을 종합적으로 정리하고, 기술적·정책적 변화를 통합적으로 분석했다는 데 의의가 있다.

ACKNOWLEDGMENTS

이 논문은 정부 (방위사업청)의 재원으로 국방과학연구소의 지원을 받아 수행된 연구임 (274345901).

AUTHOR CONTRIBUTIONS

Conceptualization, Y.Kim; methodology, Y.Kim; formal analysis, Y.Kim; investigation, Y.Kim; writing—original draft preparation, Y.Kim; writing—review and editing, Y.Kim; supervision, Y.Kim.

CONFLICTS OF INTEREST

The authors declare no conflict of interest.

REFERENCES

- Barker, B. C., Betz, J. W., Clark, J. E., Correia, J. T., Gillis, J. T., et al. 2000, Overview of the GPS M Code Signal, In Proceedings of the 2000 National Technical Meeting of the Institute of Navigation, Anaheim, CA, 26-28 January 2000, pp.542-549. <https://www.ion.org/publications/abstract.cfm?articleID=66>
- Betz, J. W., Fite, J. D., & Capozza, P. T. 2004, DirAc: An Integrated Circuit for Direct Acquisition of the M-code Signal, In Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation (ION GNSS 2004), Long Beach, CA, 21-24 September 2004, pp.447-456. <https://www.ion.org/publications/abstract.cfm?articleID=5677>
- Defense Acquisition Program Administration 2025, Guidelines for Rapid Demonstration Program Management, DAPA Directive No.969, January 2025.
- Defense Acquisition University 2024, Middle Tier of Acquisition (MTA) Overview, available from: <https://aaf.dau.edu/aaf/mta/overview>
- Holm, R. 2005, Why convert to a SAASM-based Global Positioning System, Military Embedded Systems, October 2005, available from: <http://mil-embedded.com>
- Kaplan, E. & Hegarty, C. 2017, Understanding GPS/GNSS Principles and Applications, 3rd ed. (Boston: Artech House).
- Kim, K. J. & Ahn, J. M. 2023, A Survey on Military GPS User Equipment, In Proceedings of 2023 KSAS 2023 Fall Conference, Hongcheon, Gangwon-do, Korea, 15-17 November 2023, pp.648-649. <https://ksas.or.kr/wp/2023b/SessionPaperList.asp?code=1903>
- Menschner, A. 2023, Global Positioning System Status and Modernization, 63rd Meeting of the Civil GPS service Interface Committee, Denver, CO, 12 September 2023, Approved for public release, available from: https://www.gps.gov/sites/default/files/2025-06/CGSICMeetings_Menschner_Sept2023.pdf
- Misra, P. & Enge, P. 2012, Global Positioning System: Signals, Measurements, and Performance, Revised 2nd ed. (Lincoln: Ganga-Jamuna Press).
- Space Systems Command (SSC) 2024, Space Systems Command Completes MGUE Acquisition Program Baseline Milestone with U.S. Navy, SSC Media Release, 12 November 2024, available from: <https://www.ssc.spaceforce.mil>
- Space Systems Command (SSC) 2025, SSC Demo Exercise Tests Next-Gen GPS Receiver to Gather Feedback from Joint Warfighters and International Partners, News release, 12 August 2025, available from: <https://www.ssc.spaceforce.mil>
- U.S. Department of Defense (DoD) 2024, DoD Instruction 5000.80: Operation of the Middle Tier of Acquisition, Washington, DC: Department of Defense, 25 November 2024, available from: <http://www.esd.whs.mil>

- U.S. Department of Defense (DoD) 2025, DoD Instruction 5200.50: Assured Access to Trusted Microelectronics, Washington, DC: Department of Defense, 27 June 2025, available from: <http://www.esd.whs.mil>
- U.S. Defense Security Cooperation Agency (DSCA) 2000, DSCA 00-06: LOA Note Regarding Authorized Release and Transfer of Global Positioning System (GPS/PPS) Equipment, Memorandum, 31 May 2000, available from: <https://samm.dsca.mil>
- U.S. Government Accountability Office (GAO) 2021, GPS Modernization: DoD Continuing to Develop New Jam-Resistant Capability, But Widespread Use Remains Years Away, GAO-21-145, January 2021, available from: <https://www.gao.gov>
- U.S. Government Accountability Office (GAO) 2022, GPS Modernization: Better Information and Detailed Test Plans Needed for Timely Fielding of Military User Equipment, GAO-22-105086, May 2022, available from: <https://www.gao.gov>
- U.S. Government Accountability Office (GAO) 2023, GPS Modernization: Space Force Should Reassess Requirements for Satellites and Handheld Devices, GAO-23-106018, June 2023, available from: <https://www.gao.gov>
- U.S. Government Accountability Office (GAO) 2024, GPS Modernization: Delays Continue in Delivering More Secure Capability for the Warfighter, GAO-24-106841, September 2024, available from: <https://www.gao.gov>



Yunjung Kim is a researcher of Agency for Defense Development (ADD) in the Republic of Korea. He received the B.S. degree in mechanical engineering from Republic of Korea Naval Academy in 2012. He received the M.S. degree in aerospace engineering from Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) in 2022. He worked in the field of GNSS and integrity assurance method for CDGNSS-based autonomous airborne refueling. He has been working for ADD since 2024. His research interests include SBAS, RTK, integrity assurance method.

