

재밍 환경에서의 항재밍 GPS와 상용 GPS 간 JSR 성능 비교

김기석, *권혁준

국방과학연구소, *한화시스템

rlfjrl12345@add.re.kr, *hyeokjun.kwon@hanwha.com

Comparison of JSR Performance In a Jamming Environment Between Anti-Jamming GPS and Commercial GPS

KiSeok Kim, *HyeokJun Kwon

Agency for Defense Development, *Hanwha Systems

요약

현재 다양한 분야에서 유용하게 사용되고 있는 위성항법시스템과 관련된 GPS 전파교란 사건이 10여 년 전부터 최근까지도 계속되고 있다. GPS 위성 신호의 송수신 거리가 멀고, 신호 세기 특성상 재밍 공격에 취약하기 때문에 재밍 공격에 대응하기 위하여 항재밍 기술과 기법을 적용한 항재밍 GPS를 개발하였다. 본 논문에서는 개발한 항재밍 GPS의 성능을 확인하기 위해 JSR 환경을 변화시키며 상용 GPS와 비교 시험했으며, 시험 결과 항재밍 GPS가 상용 GPS 대비 더 높은 JSR 환경에서 정상 항법 수행이 가능함을 확인하였다.

I. 서론

현재 위성항법시스템은 정밀한 항법 정보(위치, 속도, 시각)를 우리에게 손쉽게 제공할 수 있으며, 이러한 기술적 유용성과 편의성으로 인해 미사일 정밀 유도와 같은 군수 분야뿐만 아니라 차량 자율 주행과 같은 민수 분야에 걸쳐 널리 사용되고 있다.

하지만, 약 10여 년 전부터 최근 1달 전까지 북한의 GPS 전파교란 관련 보도 사례가 끊이지 않고 있다. 2016년에는 이동통신 기지국 1794국, 항공기 1007대, 선박 751척이 영향을 받았고 GPS 전파교란에 영향을 받은 플랫폼 숫자는 첫 공격 사례 대비 약 18배 증가하였다.[1]

위 사례에서 볼 수 있듯이 GPS는 재밍에 대한 취약점을 가지고 있는데, 이는 GPS 위성운용 고도가 약 2만 Km이고 송신신호가 지구에 있는 수신기에 도달 시 신호 세기는 매우 낮은 세기(약 -130dBm)이기 때문에 GPS 신호는 외부 간섭신호와 의도적 재밍 공격에 매우 취약하다.[2]

이와 같은 재밍 공격에 대응하기 위한 항재밍 기법과 기술에 대한 연구가 계속되고 있으며, 대표적인 항재밍 기술로는 적응형 배열 안테나를 이용한 빔포밍(Beam Forming) 및 널링(Nulling)을 수행하는 방식이 있다. 이 기술에 더해 시간 및 주파수 영역에서 신호처리를 조합해 성능 개선을 이룰 수 있으며, STAP(Space Time Adaptive Processing)과 SFAP(Space Frequency Adaptive Processing) 기법 등이 이용될 수 있다.[3]

본 논문에서는 재밍 공격에 대응하기 위해 항재밍 GPS를 개발하였으며, 항재밍 성능 분석을 위한 시험을 수행하였다. 다양한 항재밍 성능 지표 중 JSR 지표를 확인했으며, 시험결과 항재밍 GPS가 상용 GPS보다 재밍 환경에 더 강한 것을 확인하였다.

II. JSR 성능 비교 시험 환경

개발한 항재밍 GPS와 상용 GPS를 비교하기 위해 시험환경을 다음과 같이 구성했다.

GPS 위성신호를 실제로 수신할 수 있는 야외시험장에서 시험을 수

행했으며, 재밍 환경을 구성하기 위한 Signal Generator의 재머 타입은 AWGN(Additive White Gaussian Noise), GPS의 중심주파수는 1572.42MHz, 대역폭은 2MHz, GLONASS의 중심주파수는 1602MHz, 대역폭은 8MHz로 설정 후 출력은 해당 JSR 수치에 맞춰 조정했다.

Signal Generator가 연결된 재밍신호 송신안테나와 시험품(항재밍 GPS, 상용 GPS)이 설치되는 거리와 동일 거리(3.5m)로 재밍수신 안테나를 이격 설치하고 재밍신호 세기를 산출했다.

재밍신호 세기는 재밍신호 수신안테나를 스펙트럼 분석기에 연결해 측정된 신호의 채널 파워를 기준으로 하며, JSR 값은 다음과 같은 계산식으로 정해진다.

- (1) 재밍신호의 세기(시험품 위치 기준) = Signal Generator의 출력 - 케이블 손실(송신 구성) + 재밍신호 송신안테나 이득 - 재밍신호 송신 안테나와 시험품 간 이격 거리의 자유 공간 손실
- (2) JSR(dB) = (1) 재밍 신호의 세기(시험품 위치 기준) - 지구에까지 도달한 위성신호 세기(-130dBm으로 계산)

JSR 성능 비교 시험을 위한 대략적인 시험환경은 그림1과 같다.



그림 1. JSR 성능 비교 시험 환경 구성 <빨 : 상용, 파 : 개발>

각 JSR 시험수행 전 시험품의 정상 항법 수행 여부를 확인 후, 해당 JSR 환경 구성을 위해 필요한 재밍신호의 세기를 Signal Generator

의 출력을 통해 조정하고 시간을 측정하기 시작한다.

시간 측정이 시작된 후 3D-Fix 프로그램(항법 수행 상태 확인용)에서 JSR 수치를 확인하고, 해당 JSR 조건에서 항재밍 GPS와 상용 GPS의 정상 항법 수행이 유지되는지 확인했다.

개발품의 정상 항법 수행 여부를 확인하기 위한 3D-Fix 프로그램은 자체적으로 개발했으며, 항법 수행 상태 기준은 가용한 위성 수, 위성 고도, 정밀도 저하율, 다중경로 오차 등을 기반으로 반영했다.

III. 성능 비교 결과

그림 2~5는 개발품인 항재밍 GPS와 상용 GPS의 3D-Fix 프로그램 화면으로 해당 JSR에 해당하는 제밍 신호를 가하기 전에 각 시험품이 정상 항법 수행함을 확인하고 시험을 진행했으며 결과는 다음과 같았다.

JSR 65dB 환경에서 상용 GPS와 항재밍 GPS 모두 정상 항법을 수행할 수 있었고, JSR 72dB 환경부터 상용 GPS는 정상 항법을 수행하지 못했으나, 항재밍 GPS는 JSR 72dB 환경에서도 정상 항법 수행함을 확인했다.

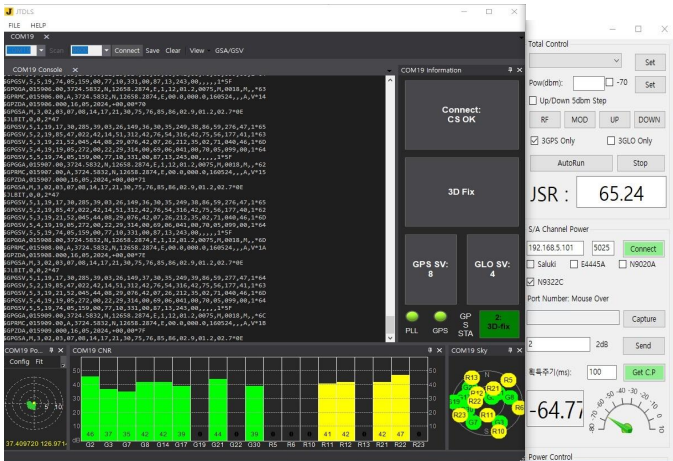


그림 2. JSR 65 환경 항재밍 GPS UI 내 3D-Fix 확인

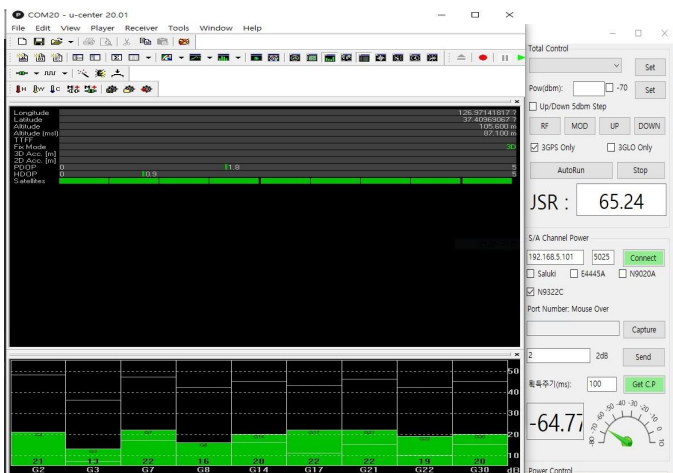


그림 3. JSR 65 환경, 상용 GPS UI 내 3D-Fix 확인

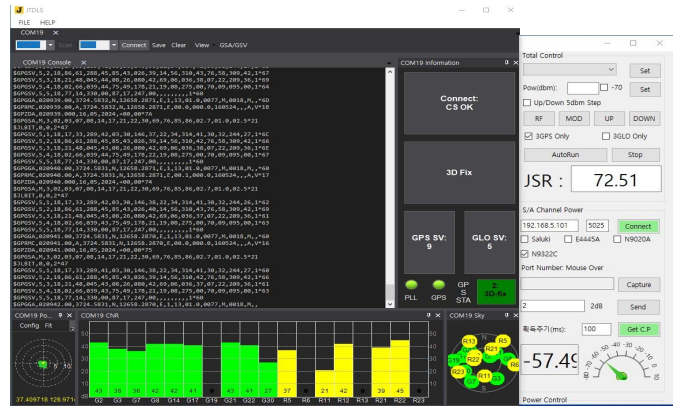


그림 4. JSR 72 환경 항재밍 GPS UI 내 3D-Fix 확인

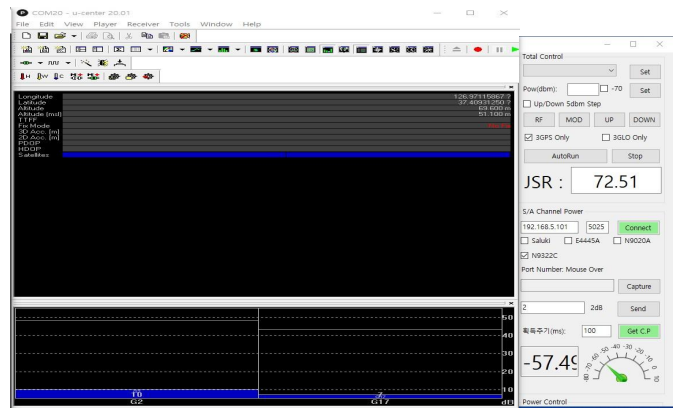


그림 5. JSR 72 환경 상용 GPS UI 내 No-Fix 확인

IV. 결론

본 논문에서는 현재 다양한 분야에서 유용하게 사용되고 있는 위성항법 시스템에 대한 지속적인 GPS 전파교란 위협 및 GPS 위성 신호 송수신 거리 및 세기 특성에 따른 제밍 공격에 대한 취약성을 언급하며, 제밍 공격에 대응하기 위하여 제밍 기술과 기법을 적용해 개발한 항재밍 GPS와 상용 GPS 간 JSR 성능 비교 시험 결과에 대해 얘기한다.

시험 결과, 개발한 항재밍 GPS가 상용 GPS 대비 더 높은 JSR 환경에서도 정상적으로 항법 수행이 가능함을 확인하였다.

상용 GPS는 JSR 72dB 환경부터 항법이 불가능했으며, 항재밍 기법 및 기술이 적용된 개발품인 항재밍 GPS는 JSR 72dB 환경에서도 안정적으로 항법을 수행할 수 있음을 확인할 수 있었다.

또한 JSR 수치가 증가함에 따라 가용 위성별 C/No (Carrier To Noise Ratio) 값이 감소하는 경향을 보여, 시험 진행 간 제밍신호가 해당 시험품에 정상적으로 인가되었음을 확인할 수 있었다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2024년 정부의 재원으로 수행된 연구임.

참고 문헌

- [1] 정영교, 이근평, 이유정, “한미 혼란 때...北, 서해서 ‘GPS 교란 전파’ 수차례 쏘다”, 중앙 일보, 2024. 3. 8.
- [2] E. D. Kaplan, “Understanding GPS : Principles and Application”, Artech House
- [3] 김기윤, “제밍 환경에 따른 STAP 및 SFAP 방식 성능 분석”, 한국위성정보통신학회논문지, 10권 4호 pp. 136, 2015.