

GPS 전파위협원 위치추적 시스템 구축 및 초기 운용

Installation and Operation of a GPS Jammer Localization System

임덕원* · 임순 · 천세범 · 허문범
한국항공우주연구원 위성항법팀

Deok Won Lim* · Soon Lim · Sebum Chun · Moon Beom Heo

Satellite Navigation Team, Korea Aerospace Research Institute, Daejeon, 305-806, Korea

[요 약]

본 논문에서는 GPS 전파위협원 위치추적 시스템을 설치하고 초기 운영을 실시한 결과를 분석하였다. GPS 전파위협원 위치추적 시스템은 2011년부터 한국항공우주연구원에서 개발하였으며, 4기의 전파위협 수신국, 1기의 위치추적 중앙국과 모니터링 장치로 구성된다. 2014년 12월에 시스템을 인천국제공항에 설치하였으며, 각 전파위협 수신국은 약 4 km 떨어진 건물의 옥상에 설치하였고 위치추적 중앙국과 모니터링 장치는 실내에 설치하였다. 모니터링 결과는 웹 브라우저를 통해 실시간으로 확인할 수 있으며, 한국항공우주연구원과 인천국제공항공사가 공동으로 상시 모니터링을 수행하고 있다. 초기 운영 결과, 현재까지 GPS 전파위협 신호는 유입되지 않았으나 각 수신국 주변에서 이상 신호가 유입된 사례가 있어 이러한 신호의 특성을 분석하였다.

[Abstract]

In this paper, results for an installation and operation of a GPS jammer localization system were analyzed. The jammer localization system was developed by Korea Aerospace Research Institute and it consists of 4 Receiver Stations, a Central Tracking Station, and a Monitoring Station. The system was installed at Incheon International Airport in November 2014; each Receiver Stations were installed at rooftop of buildings apart from 4km, and the Central Tracking Station and a Monitoring Station were installed at indoor. Results of the operation can be monitored through web-browser in real-time, Korea Aerospace Research Institute and Incheon International Airport Corporation are continuously monitoring them. So far, there is no jamming signal which affects GPS receivers around the airport, however, some abnormal signals were frequently received at Receiver Stations. Therefore, the characteristics of those signals were also analyzed in this paper.

Key word : Global positioning system, Jammer, Localization, Monitoring, Tracking.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2015.19.6.524>



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

Received 19 November 2015; Revised 25 November 2015
Accepted (Publication) 8 December 2015 (30 December 2015)

*Corresponding Author; Deok Won Lim

Tel: +82-42-870-3978

E-mail: dwl@kari.ac.kr

1. 서론

항공기가 이착륙할 때 GPS (global positioning system) 기반의 항법 장비를 이용하기 위해서는 정확성, 무결성, 연속성, 가용성이 만족되어야 한다. 그런데 GPS 신호는 낮은 신호 전력을 갖기 때문에 만약 고출력의 전파위협 신호가 발생하면, GPS 기반의 항법 장비를 연속적으로 신뢰를 갖고 사용할 수 없다. 실제로 미국의 Newark 공항에 GBAS (ground based augmentation system)를 설치하여 초기 시험할 때에 전파위협 신호가 수차례 검출되어 수개월 동안 GBAS의 사용을 중단한 사례가 있다. 이때 검출된 전파위협 신호는 PPD (personal privacy device)로부터 송출되었던 것이며, PPD는 공항 주변의 고속도로를 지나는 트럭 운전기사들이 자신의 위치가 추적되는 것을 피하기 위하여 사용한 장비이다[1]. 독일의 Hannover 공항에서는 행거 안에 설치한 GPS 중계기 신호로 인하여 공항 근처에서 비행하던 조종사들에게 혼란을 준 사례도 있다[1]. 국내에서는 북한이 고의적으로 송출한 것으로 알려진 전파위협 신호로 인하여 수도권 주변의 비행기와 선박에서 GPS 신호의 이상 신고가 접수되었으며, 2011년에는 1대, 2012년에는 4대의 비행기가 복행하여 재착륙한 것으로 알려졌다[2]-[3].

이러한 전파위협 신호에 대응하기 위하여 미국, 영국, 독일, 호주에서 감시 시스템 개발을 진행해왔다[4]-[9]. 미국은 GPS 신호에 대한 전파교란 신호 감시 및 대응기술로 보안감시 프로그램인 IDM (interference detection and mitigation)을 운영하고 있으며[4]-[6], 영국은 시각 및 항법을 위한 GNSS (global navigation satellite system) 신호의 가용성, 정확성, 신뢰성, 무결성을 제공하는 시스템인 GAADIAN (GNSS availability, accuracy, reliability and integrity assessment for timing and navigation) 프로젝트를 수행해왔다[7]. 또한 독일은 GPS L1, L2 신호와 GLONASS L1 신호에 대하여 전파위협신호를 감시하는 GIMOS (GNSS monitoring and information systems) 시스템을 설치하여 운용 중이며[8], 호주는 GPS 전파위협 신호 감시를 위하여 CORSnet-NSW를 운용 중이다[9]. 이와 같은 GPS 전파위협 감시 시스템은 전파위협 신호의 발생여부를 파악하여 경보를 발생시킴으로써 무결성을 확보할 수 있으나, 그 원인을 제거하지 못 한다면 연속성을 보장할 수 없다. 따라서 항공기가 GPS 기반 장비를 이용하여 이착륙을 위하여 무결성뿐만 아니라 연속성도 만족되어야 하기 때문에 GPS 전파위협원의 위치를 추정하여 GPS 전파위협원을 신속히 제거하기 위한 시스템이 필요하다.

따라서 한국항공우주연구원에서는 GPS 전파위협 신호에 대한 감시뿐만 아니라 전파위협원의 위치를 추적할 수 있는 전파위협원 위치추적 시스템을 개발하였으며, 2014년 11월 인천국제공항에 구축하여 시험운용을 수행하고 있다. 본 논문에서는 개발한 GPS 전파위협원 위치추적 시스템의 특징과 인천국제공항에 구축한 과정을 설명하고, 시험운영에 따른 몇 가지 주요 이벤트 상황을 분석하였다.

2장에서는 개발한 전파위협원 위치추적 시스템에 대한 구성 및 기능에 대하여 설명하고, 시스템 개발 결과물 및 성능평가 결과를 제시한다. 3장에서는 시스템을 인천국제공항에 구축하는 과정과 그 결과에 대해서 기술한다. 4장에서는 시험운영에 따른 모니터링 항목에 대해서 설명하고, 주요 이벤트 상황에 대해서 후처리 분석을 수행한 결과를 제시한다. 5장에서는 시스템 개선 및 확장 방안에 대하여 논하고 결론을 맺는다.

II. GPS 전파위협원 위치추적 시스템 개발

본 장에서는 GPS 전파위협원 위치추적 시스템의 설계, 개발 과정을 설명하고, 그 성능을 평가한 결과를 기술한다.

2-1 시스템 구성 및 성능 목표

전파위협원의 위치추적 시스템의 구성은 그림 1과 같이 전파위협 수신국, 위치추적 중앙국, 모니터링 장치로 구성되며, 공항 주변 약 40 km 이내에 영향을 주는 전파위협 신호를 감지하고 그 위치를 추적하는 것을 시스템의 목적으로 한다.

시스템의 성능 목표는 표 1과 같다. 위치추적 성능의 경우, 전파위협원과의 거리 및 전파위협 수신국의 배치/개수와 관련이 있기 때문에 전파위협원이 10 km 거리에 있고 4기의 전파위협 수신국이 4 km 간격으로 배치되어 있는 경우를 가정하였다. 또한 검출가능 최소 전력은 신호 형태에 따라 차이를 보이므로, 최소 전력이 가장 큰 DSSS (direct sequence spread spectrum) 신호를 기준으로 하였다.



그림 1. GPS 전파위협원 위치추적 시스템 구성
Fig. 1. Composition of a GPS jammer localization system.

표 1. GPS 전파위협원 위치추적 시스템 성능 목표
Table 1. Performance goal of a GPS jammer localization system.

Performance Index	Goal
Localization Accuracy	50 m (@10 km, 4 km × 4 km)
Detecting Time	< 6s
Minimum Detectable Time	JNR 0 dB
Detectable Signal Type	CW, DSSS, Swept CW

표 2. 전파위협 수신국의 설계 파라미터

Table 2. Design parameters of receiver station.

		TDOA	AOA	RSSD	FDOA
Static	CW		O	O	
	DSSS	O			
	Swept CW		O	O	
Moving	CW		O	O	O
	DSSS	O			
	Swept CW		O	O	

본 시스템의 검출가능 신호 형태는 CW (continuous wave), DSSS, Swept CW이다. CW 신호는 북한에서 주로 사용했던 전파위협 신호로 알려져 있으며 DSSS 신호는 Hannover 공항 피해사례, Swept CW 신호는 Newark 공항 피해 사례에서 사용된 전파위협 신호이다. 이러한 신호를 검출하고 위치를 추적하기 위하여 적용된 알고리즘은 표 2와 같이 TDOA (time difference of arrival), AOA (angle of arrival), RSSD (received signal strength difference)이며, FDOA (frequency difference of arrival) 은 속도를 추정하기 위한 알고리즘이다.

이러한 성능 목표를 만족시키기 위하여 4기의 전파위협 수신국, 1기의 위치추적 중앙국, 1기의 모니터링 장치를 설계하였으며, 각 구성 요소의 기능 및 설계 파라미터는 다음과 같다.

표 3. 전파위협 수신국의 설계 파라미터

Table 3. Design parameters of receiver station.

Item	Parameters	Value
Antenna	# of Antenna Elements	5
RF F/E Module	RF Bandwidth	> 2 MHz
	# of RF Channels	5
	Quantization Bits	14 bits
	Sampling Frequency	60.25 MHz
	Channel Mismatch	< 2 Deg. (1σ)
	Gain	> 40 dB
Data Communication	Protocol	TCP/IP
	Data Size	1.2 MB
	Transmission Period	1 s
Digital Module	CPU Clock Speed	600 MHz
	MCU Clock Speed	20 MHz
	FPGA Clock Speed	FS: 60.25 MHz IO: 156.25 MHz
	Max Data Rate	80 Mbps
Time Sync. between receiver stations	-	< 10 ns
Operating Temp.	-	-40 ~ 70 °C

표 4. 위치추적 중앙국의 설계 파라미터

Table 4. Design parameters of central tracking station.

Item	Parameter	Value
CPU	Clock Speed	2.40 GHz
	Cache	12 MB
Memory	Size	32 GB (4 GB x 8)
Ethernet	-	Broadcom 5716 (1333 Hz)
Hard Disk	-	6Gbps SAS 3.5"

표 5. 모니터링 장치의 설계 파라미터

Table 5. Design parameters of monitoring station.

Item	Parameter	Value
CPU	Clock Speed	3.10 GHz
	Cache	6 MB
Memory	Size	4 GB DDR3 1600 MHz SDRAM
Ethernet	-	Dell Wireless 1703 (802.11 b/g/n)
Hard Disk	-	1 TB SATA 3.0 Gb/s

전파위협 수신국은 GPS L1 대역(1575.42 MHz)의 RF 신호를 수신하여 IF (intermediate frequency) 신호로 변환하며, 매초마다 일정량의 데이터를 TCP/IP를 통하여 위치추적 중앙국에 전송한다. 또한 TDOA 알고리즘을 수행하기 위하여 전파위협 수신국간의 시각동기가 필요하므로 광통신을 활용하여 시각을 동기시켰다. 표 3은 전파위협 수신국의 설계 파라미터를 나타낸 것이다.

위치추적 중앙국은 각 전파위협 수신국으로부터 수집된 데이터를 저장하고 전파위협원 위치추적 알고리즘을 수행하여 전파위협원을 감지하고 그 위치를 추정한다. 또한 알고리즘 처리 결과를 웹 브라우저를 통하여 실시간으로 제공한다. 이를 위하여 본 논문에서는 리눅스 서버를 사용하였으며, 내부적으로는 데이터 처리 서버와 웹서버로 분리하여 구성하였다. 표 4는 위치추적 중앙국 설계 파라미터를 나타낸 것이다.

모니터링 장치는 웹서버에 접속하여 모니터링을 수행하기 위한 장치로서 상용 PC와 대형 TV로 구성되며, 표 5에 모니터링 장치의 설계 파라미터를 나타내었다.

2-2 시스템 설계 및 개발

전파위협 수신국은 GPS L1 대역의 신호를 수신할 수 있는 5 소자 배열안테나와 신호처리를 위한 H/W, 야외에 설치하여 운영하기 위한 항온습 랙으로 구성된다. 그림 2는 ANTCOM社의 배열안테나, 그림 3은 5채널 RF 모듈 PCB이고, 그림 4는 Digital 모듈 PCB이다. 제작된 각 모듈의 PCB는 그림 5와 같이 항온·항습이 가능한 랙에 장착하였다.



그림 2. 배열안테나
Fig. 2. Array antenna.



그림 3. RF 모듈의 PCB
Fig. 3. PCB of RF module.



그림 4. Digital 모듈의 PCB
Fig. 4. PCB of a digital module.



그림 5. 항온습 랙
Fig. 5. Rack with a thermo-hygrostat.

위치추적 중앙국은 그림 6과 같이 데이터 처리 서버와 웹서버가 실내에서 운영할 수 있는 형태의 랙에 장착되었으며, 리눅스 운영체제를 기반으로 구현되었다. 위치추적 중앙국은 기본적으로 15일 분량의 데이터를 저장할 수 있으며, 이벤트 상황에 대한 데이터는 한국항공우주연구원으로 전송하여 보관하고 있다.

모니터링 장치는 그림 7과 같이 상용 윈도우즈 기반의 PC 1대와 55인치 대형 TV로 구현되었으며, 상용 PC를 이용하여 웹서버에 접근하면 웹 브라우저를 통해 수신국의 상태 및 전파위협 상황을 실시간으로 모니터링할 수 있다. 이를 위한 웹기반의 GUI 프로그램도 개발하였으며, 웹프로그램의 상세 항목들은 4장에서 다루기로 한다.



그림 6. 위치추적 중앙국 서버
Fig. 6. Server of a central tracking station.



그림 7. 모니터링 장치
Fig. 7. Monitoring station.

2-3 시스템 성능 평가

2012년 12월에 국방과학연구소 (ADD; agency for defence development) 전자시험장에서 개발한 1차 시작품의 성능을 실시간으로 검증하였다. 성능 평가 환경은 그림 8과 같으며, 실제 설치 환경의 1/10 축소 환경으로 구축하였다. 성능 평가 결과는 그림 9와 같으며, 목표 성능(50 m 이하)을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

2013년 8월에는 한국항공우주연구원 항공시험동에서 2차 시작품(공항설치용 시작품)의 성능을 검증하였다. 성능 평가 환경은 그림 10과 같이 전파위협원 3기, 수신국 4기, 중앙국 1기, 모니터링 장치 1기를 1/200 축소 환경으로 배치하였다. 실 내시험 시 다중경로 오차는 존재하나 TDOA 측정치의 정밀도 (5 m)보다 작게 나타났으므로 측정치와 위치추정 결과에는 영향을 주지 않는 것으로 확인하였다.

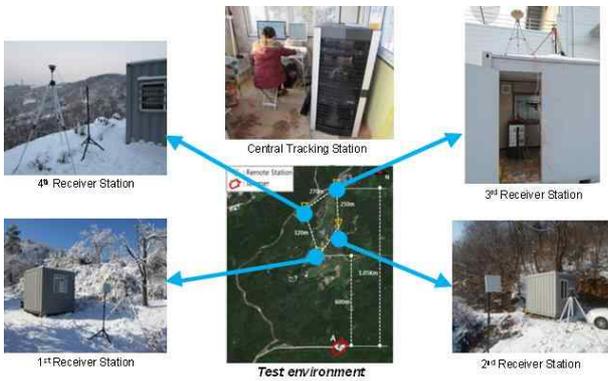


그림 8. 성능 평가 환경
Fig. 8. Environment for performance evaluation.

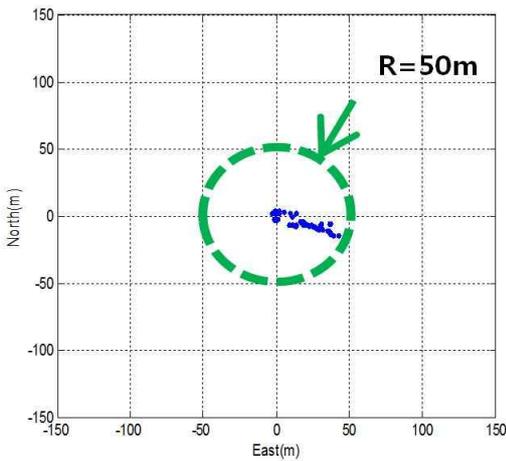


그림 9. 성능 평가 결과
Fig. 9. Result of performance evaluation.

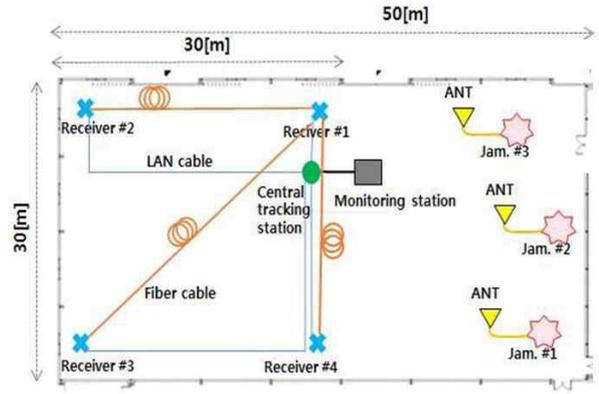


그림 10. 성능 평가 환경
Fig. 10. Environment for performance evaluation.



그림 11. 전파위협 신호 발생기
Fig. 11. Jamming signal generator.

성능 평가를 위하여 전파위협 신호 발생기를 개발하였다. 해당 신호 발생기는 상용 제품(NI PXIe-5673)을 기반으로 하였고, LabView를 이용하여 프로그래밍 함으로써 원하는 RF 신호를 생성할 수 있다. 본 논문에서 사용한 신호는 각각 1575.42 MHz의 중심 주파수 갖는 CW 신호, 2 MHz의 대역폭을 갖는 GPS CA (coarse acquisition) 기반의 DSSS 신호, 12 MHz의 대역폭과 2 μ s의 스위프 시간 (sweep time)을 갖는 swept CW 신호이며, 각각의 안테나를 통하여 3가지 신호를 동시에 송출할 수 있다.

실시간으로 성능을 평가한 결과, 그림 12와 같이 위치를 추정하는 것을 확인하였다. CW, DSSS, Swept CW 신호에 대한 위치추정 정확도(CEP)는 각각 25.54 m, 20.92 m, 28.36 m로 나타났다. 이와 같은 결과로부터 본 논문에서 목표로 하는 위치추정 성능을 만족하는 것을 확인할 수 있다.

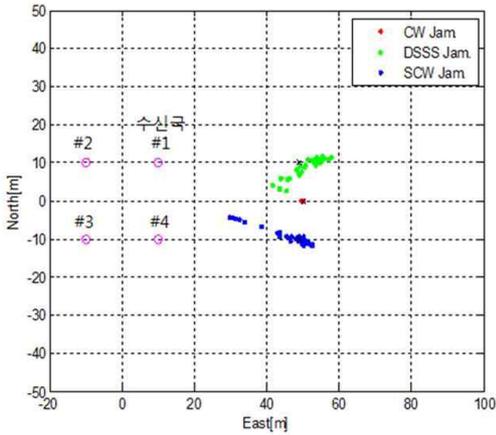


그림 12. 성능 평가 결과
 Fig. 12. Result of performance evaluation.

온도 규격을 만족시키는 지를 확인하기 위하여 그림 13과 같은 온도 챔버 안에 전파위협 수신국을 설치하고 실험을 수행하였다. 이 때 온도 프로파일은 그림 14와 같으며, 상온에서 시작하여 최고 70°C에서 최저 -40°C까지 변화시켰다. 실험하는 동안에 전파위협 수신국은 정상 기능을 수행하였으며, 특히 RF 채널간 위상 오차를 분석한 결과 그림 15와 같이 목표 성능(0.2도 이하)을 만족하는 것을 확인할 수 있다.



그림 13. 온도 챔버 시험 환경
 Fig. 13. Environment for temperature-controlled chamber test.

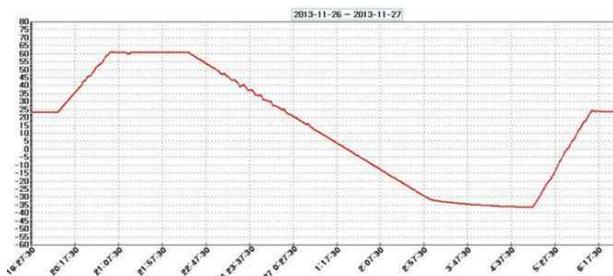


그림 14. 온도 프로파일
 Fig. 14. Temperature profile.

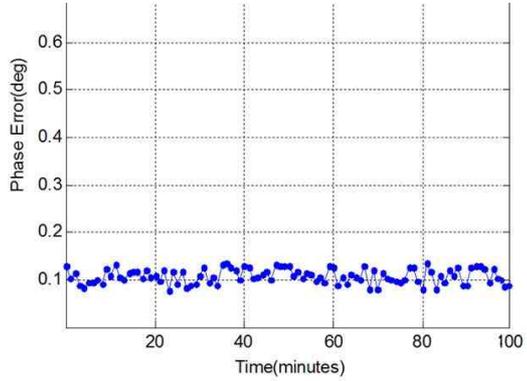


그림 15. RF 채널간 위상 오차
 Fig. 15. Phase error between RF channels.

배열안테나 소자간 위상 오차를 측정하기 위하여 송신 헬리컬 안테나와 수신 배열안테나를 그림 16과 같이 무반향 챔버 내에 설치하였다. RF 신호 발생기를 이용하여 정현파 신호를 송출하였으며, 수신 배열안테나를 3도씩 회전시켜가면서 1번 소자(가운데 안테나)와 나머지 다른 소자 간의 위상 오차를 측정하였다. 1번 소자와 2번 소자간의 위상 오차에 대한 예는 그림 17과 같다. 이렇게 측정된 배열안테나 소자간 위상 오차를 AOA 알고리즘에 반영시킴으로써 정확한 위치추적 결과를 얻을 수 있다.

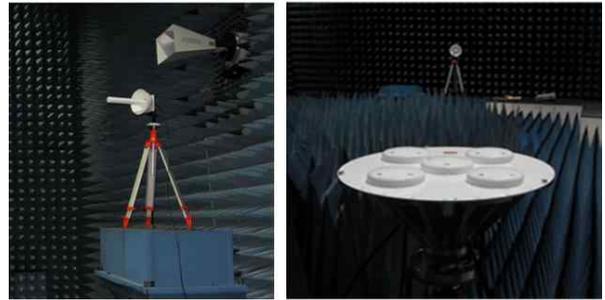


그림 16. 무반향 챔버 시험 환경
 Fig. 16. Environment for anechoic chamber test.

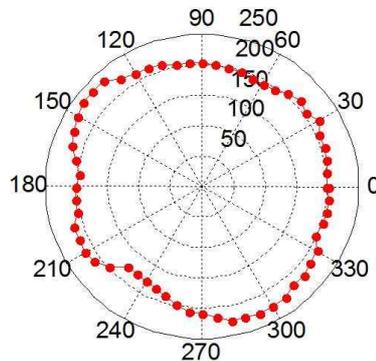


그림 17. 방위각에 따른 배열안테나 소자간 위상 오차
 Fig. 17. Phase error of antenna element according to azimuth angle.

III. GPS 전파위협원 위치추적 시스템 구축

위에서 언급한 시스템의 각 구성 요소는 2014년 12월 인천국제공항에 구축하였다. 4기의 전파위협 수신국은 그림 18과 같이 각각 제1관제수신소, 제1관제송신소, 제3등화제어소, 제4등화제어소 건물의 옥상에 설치하였으며, 수신국간의 거리는 3~4km가 된다.

그림 19는 제3등화제어소 건물 옥상에 설치한 전파위협 수신국의 사진이다. 배열안테나는 레이돔을 결합하여 3 m 높이의 폴에 설치하였으며, 전파위협 수신국은 인천국제공항공사에서 제공하는 전원 및 네트워크와 연결되어 안테나 옆에 설치하였다.



그림 18. 시스템 설치 장소
 Fig. 18. Location of system components installed.



그림 19. 전파위협 수신국 설치 결과
 Fig. 19. Result for installation of receiver station.



그림 20. 배열안테나 설치 각도 측정 과정
 Fig. 20. Measuring a direction of installed array antenna.

표 6. 측정된 배열안테나 설치 각도
 Table 6. Measured value of a direction of installed array antenna.

	Angle for Control Tower (deg.)	Azimuth (deg.)
Receiver Station #1	105.5	-37.0
Receiver Station #2	176.0	-38.0
Receiver Station #3	20.0	-38.0
Receiver Station #4	55.0	-36.0

AOA 알고리즘을 위하여 배열안테나 설치 각을 측정하였다. 측정 과정은 그림 20과 같이 수평계가 달린 정렬 치구를 이용하였으며, 최종적으로 측정된 각도는 표 6과 같다.

위치추적 중앙국과 모니터링 장치는 그림 21, 22와 같이 제1관제수신소 실내에 설치하였으며, 공항공사 담당자에 의하여 24시간 모니터링 된다.



그림 21. 위치추적 중앙국 설치 결과
 Fig. 21. Result for installation of central tracking station.



그림 22. 모니터링 장치 설치 결과
 Fig. 22. Result for installation of monitoring station.

IV. GPS 전파위협원 위치추적 시스템 시험운용

한국항공우주연구원과 인천국제공항공사는 그림 23과 같은 웹프로그램을 통해 상시 모니터링을 수행하고 있다. 그림 23의 모니터링 화면에서 왼쪽 상단에는 4개 수신국의 상태 (동작, 항법, 통신, 도어)와 수신한 신호의 크기, 왼쪽 중앙에는 전파위협 신호의 개수, 왼쪽 하단에는 전파위협원의 위치 (위도, 경도, 고도)를 보여준다. 화면 중앙은 지도 화면으로서 평상시에는 전파위협 수신국의 위치를 보여주고 전파위협 신호 발생 시에는 전파위협원의 위치를 보여준다. 오른쪽 상단은 위치추적 중앙국의 상태로서 CPU 동작률과 메모리 점유율을 표시해주며, 오른쪽 하단에는 전파위협 수신국의 온도/습도 정보를 보여준다.

4-1 정기 분석

월간 정기 분석 항목은 수신국의 재밍 지수 누적 샘플수와 주파수/신호크기 누적 샘플 수이다. 이때 재밍 지수는 표 7과 같이 정의한다.

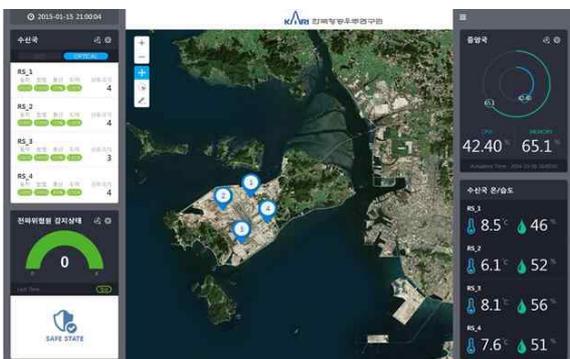


그림 23. 웹 모니터링 프로그램 GUI 화면
 Fig. 23. GUI of web monitoring program.

그림 24와 같이 주로 1~3단계의 재밍 지수를 나타내는 것을 알 수 있으며, 그림 25로부터 주파수별 수신신호 크기에 대한 빈도수를 확인할 수 있다.

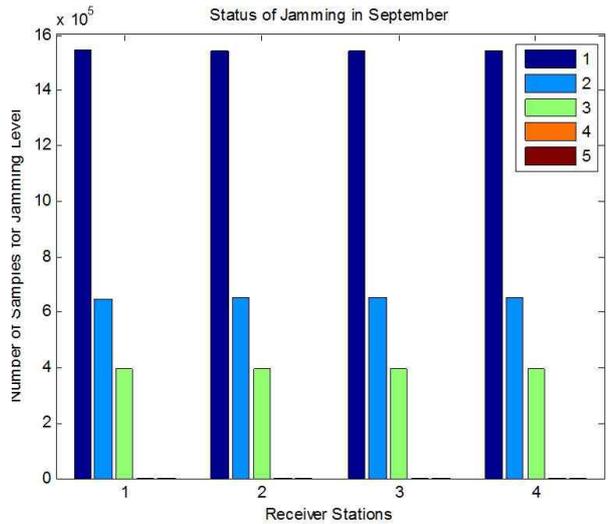


그림 24. 재밍 지수 월간 누적 샘플 수
 Fig. 24. Number of accumulated samples for each jamming index.

표 7. 재밍 지수 정의
 Table 7. Definition of a jamming index.

Jamming Index	Status
1	Safe (0 dB < JSR < 10 dB)
2	Attention (Out-of-band, 10 dB < JSR < 30 dB)
3	Caution (In-band, 10 dB < JSR < 30 dB)
4	Warning (Out-of-band, JSR > 30 dB)
5	Danger (In-band, JSR > 30 dB)

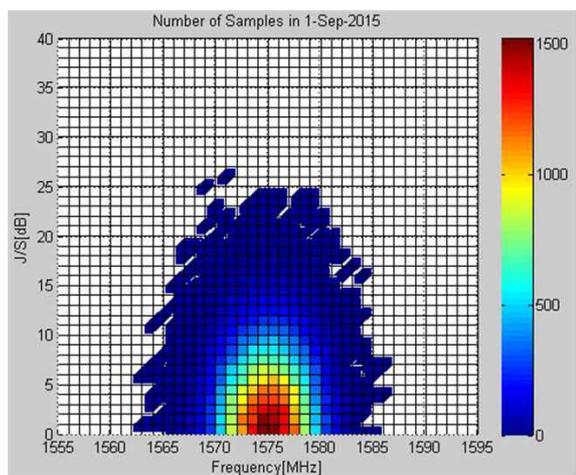


그림 25. 주파수/신호크기별 월간 누적 샘플 수
 Fig. 25. Number of accumulated samples for frequency and power of input signals.

4-2 이벤트 분석

이벤트 상황은 모든 수신국에서 낮은 전력의 이상(異常)신호를 수신하는 경우와 하나의 수신국에서 높은 전력의 이상신호를 수신하는 경우로 나눌 수 있다. 그림 26은 12시경에 약 10분간 모든 수신국에서 이상 신호를 수신한 경우이다.

각 전파위험 수신국에서 수신한 신호를 후처리로 스펙트럼을 분석한 결과는 그림 27과 같다. 그림 27에서 확인할 수 있듯이 이상 신호의 주파수는 GPS L1 중심주파수(1575.42 MHz)이며, 전력은 약 -122 dBm (J/S: 8 dB)으로 분석되었다. 이러한 이벤트의 경우는 모든 전파위험 수신국에 영향을 주긴 하였으나, 그 전력이 낮아서 GPS 수신기에는 큰 영향을 주지 못한 것으로 판단할 수 있다.

그림 28은 하나의 수신국에서 높은 전력의 이상 신호를 수신한 경우이다. 또한 각 전파위험 수신국에서 수신한 신호를 후처리로 스펙트럼을 분석한 결과는 그림 29와 같다. 그림 29에서 확인할 수 있듯이 1번 수신국에서만 이상 신호를 수신하였으며 주파수는 GPS 중심주파수보다 약 3 MHz 높은 값을 가졌으며, 전력은 약 -100 dBm (J/S: 30 dB)으로 분석되었다. 이러한 이벤트의 경우는 높은 전력을 가졌으나 1번 수신국에만 수신된 것으로 보아 1번 수신국 주변에서 발생한 이상 신호라고 판단할 수 있으며, 지속 시간이 짧고 주파수가 GPS In-band가 아니어서 GPS 수신기에는 큰 영향을 주지 못한 것으로 예상할 수 있다.

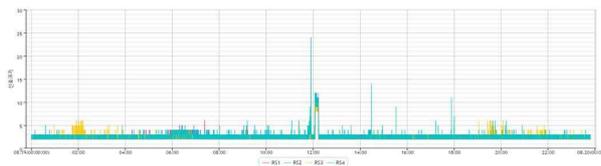


그림 26. 모든 수신국에서 이상 신호를 수신한 경우의 신호 크기
 Fig. 26. Signal strength in case that abnormal signal was received by all receiver stations.

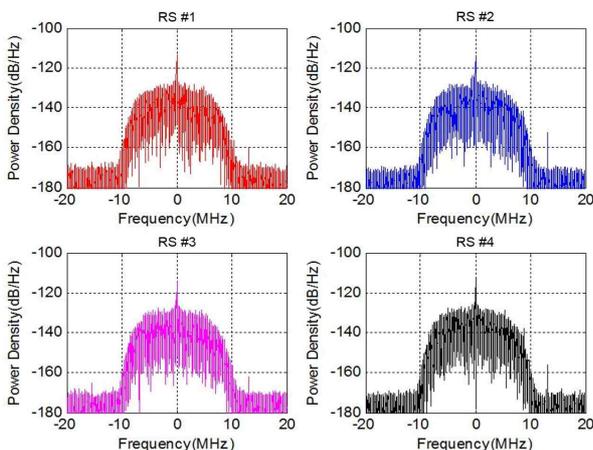


그림 27. 주파수 스펙트럼 분석 결과 (case 1)
 Fig. 27. Result for analyzing frequency spectrum (case 1).

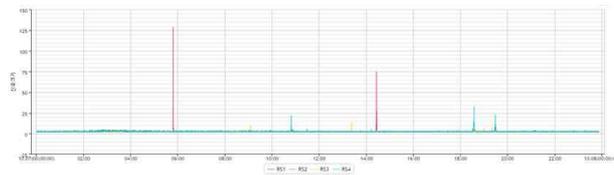


그림 28. 한 수신국에서 이상 신호를 수신한 경우의 신호 크기
 Fig. 28. Signal strength in case that abnormal signal was received by one receiver station.

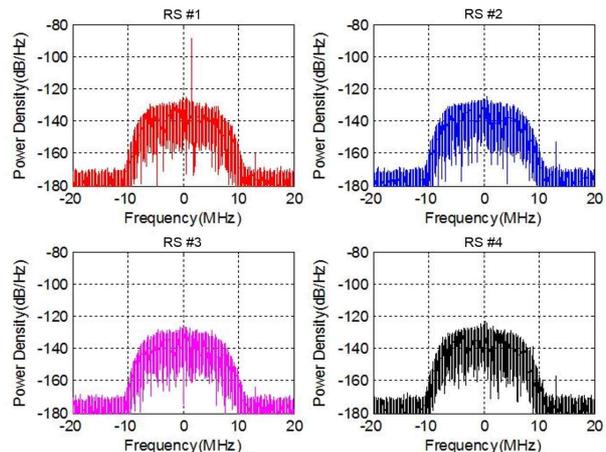


그림 29. 주파수 스펙트럼 분석 결과 (case 2)
 Fig. 29. Result for analyzing frequency spectrum (case 2).

V. 결론

본 논문을 통하여 GPS 전파위험원 위치추적 시스템의 목표, 개발 과정 및 구축 상황을 설명하였으며, 초기 운용을 통하여 모니터링하고 있는 항목들과 주요 이벤트 상황에 대하여 분석한 결과를 제시하였다. 추후 시스템 안정화 및 개선을 통하여 정상운용을 실시할 계획이며, 항공기 또는 관제시스템과의 연계 방안도 고려할 계획이다.

참고 문헌

- [1] S. Pullen and G. Gao, "The impact of uninformed RF interference on GBAS and potential mitigations," in *Proceedings of 2012 International Technical Meeting of The Institute of Navigation*, Newport Beach: CA, pp. 780-789, 2012.
- [2] arstechnica, North Korea pumps up the GPS jamming in week-long attack [Internet]. Available: <http://arstechnica.com/information-technology/2012/05/north-korea-pumps-up-the-gps-jamming-in-week-long-attack/>
- [3] The Korea Times, N. Korea still sending out GPS jamming signals against S. Korea [Internet]. Available: N. Korea still

sending out GPS jamming signals against S. Korea

[4] US Department of Homeland Security (DHS), United States Positioning, Navigation, and Timing Interference Detection and Mitigation (IDM) Plan Summary [Internet]. Available: <http://www.gps.gov/news/2008/2008-04-idm-public-summary.pdf>.

[5] N. D. Weston, G. L. Mader, F. Marion and C. Schwarz, "Near real-time GPS interference detection system in the United States using the national CORS network," in *Proceedings of the XXIV Federation Internationale des Geometres International Congress*, Sydney: Australia, 2010.

[6] A. Brown, D. Reynolds, "Civil applications of the GPS jamming detection and location (JLOC) system,"

Presentations in National Physical Laboratory, 2010.

[7] GPS World, GAARDIAN project [Internet] Available: <http://www.gps-world.biz/gaardian/index.php>

[8] W. Dunkel and F. Butsch, "GNSS monitoring and information systems at Frankfurt airport," in *Proceedings of the 13th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation*, Salt Lake City: UT, pp. 773-783, 2000.

[9] V. Janssen, A. White and T. Yan, "CORSnet-NSW: Towards state-wide CORS infrastructure for New South Wales, Australia," in *Proceedings of the XXIV Federation Internationale des Geometres International Congress*, Sydney: Australia, 2010.



임 덕 원 (Deok Won Lim)

2014년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 2011년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학박사)
 2011년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성항법팀 선임연구원
 ※관심분야 : GNSS 수신기 설계, 재밍 대응



임 순 (Soon Lim)

2007년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학사)
 2009년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학석사)
 2009년 11월 ~ 2013년 1월 : 한국천문연구원 연구보조원
 2013년 1월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성항법팀 연구원
 ※관심분야 : GNSS 신호 설계, 기만 대응



천 세 범 (Sebum Chun)

2000년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 (공학사)
 2002년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 (공학석사)
 2008년 2월 : 건국대학교 항공우주공학과 (공학박사)
 2008년 3월 ~ 2010년 2월 : ㈜마이크로인퍼티 책임연구원
 2010년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성항법팀 선임연구원
 ※관심분야 : GNSS, 관성항법, 센서퓨전, 비선형 시스템 상태추정



허 문 범 (Moon Beom Heo)

1992년 2월 : 경희대학교 기계공학과 (공학사)
 1997년 2월 : Illinois Institute of Technology 항공기계공학과 (공학석사)
 2004년 2월 : Illinois Institute of Technology 항공기계공학과 (공학박사)
 2005년 3월 ~ 현재 : 한국항공우주연구원 위성항법팀 책임연구원
 ※관심분야 : GNSS, 위성항법, 항행시스템