

# GPS 재밍발생에 따른 DGPS 운영 효율성 확보방안

## The method to improve the efficiency of DGPS operation against to GPS Jamming

전기준\*, 최용권\*\*, 최수봉\*\*, 이상정\*\*\*

\* 군산지방해양항만청 위성항법중앙사무소   \*\* 충남대학교

### ABSTRACT

최근 한반도의 잇따른 북한의 Jamming(교란신호)으로 인해 무선통신 기반 산업에 피해사례가 늘고 있다. 이에 국토해양부(위성항법중앙사무소)에서 운영중인 위성항법보정시스템(이하 “DGPS”) 데이터 분석하였다. 그 결과 2010년도 발생한 재밍과 달리 2011년도에는 DGPS 기준국/감시국에서는 감지가 되지 않은 것으로 분석 되었으나, 피해 현황을 조사하여 이를 토대로 범국가적 대책방안(항행 백업시스템 개발, 유관기관과의 정보공유를 통한 감지 통합시스템 구축) 및 DGPS 운영 효율성 확보방안(감시국 신설, 실시간 감시프로그램 강화 등)에 대하여 제안하였다.

Key word : Jamming, DGPS, GNSS

## I. 배 경

현대사회는 정보의 바다라 일컬어지듯 정보라는 물결속에 하루가 달리 빠르게 발전하고 있다. 이러한 정보의 바다에서 가장 급속도로 발전하고 있는 분야중 하나가 위성측위분야이다.

언제부터인가 위성측위기술은 교통, 통신, 사회안전 등 여러 분야에서 우리 실생활에 다양하고 깊이 자리를 잡게 되었고, 지금은 없어서는 안 되는 시스템으로 발전 되었다.

이처럼 우리 생활 깊숙이 자리 잡은 위성측위기술의 갑작스런 중단, 또는 누군가에 의한 고의적인 전파교란을 가정하였을 때 그 피해는 다양한 분야에 걸쳐 매우 크게 파생될 것이다. 마치 영화에서나 나올법한 사회기반시설의 마비와 이로 인한 혼란이 위성측위분야 단 하나로 인해 우리 실생활에 현실화 되는 것은 그리 어려운 일이 아니다. 이러한 상황이 발생하였을 경우 우리는 얼마나 대처 할 수 있으며, 이를 검증하여 국민에 정확하게 알려줄 수 있는 시스템이 구축되어 있는지 생각해 보아야 한다.

본 논문에서는 지난 2011년 3월 GPS 전파교란에 따른 문제점 도출과 대책방안에 대하여 고찰하고 검토하였다.

## II. 위성항법시스템 개요

### 2.1 개요

GNSS<sup>1)</sup>는 우주궤도를 돌고 있는 위성을 이용해 이용자의 측위정보를 제공하는 시스템으로 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, EU의 GALILEO와 중국의 COMPASS, 일본의 QZSS, 인도의 IRNSSY 등이 있다. 이중 미국의 GPS만이 FOC(Full Operation Capability, 완전운영능력) 상태

이며, 나머지의 경우 일부의 위성만이 현재 운영중이고, 위성의 추가 발사 계획을 추진중에 있다.

위성항법시스템은 크게 우주부분, 사용자부분, 제어부분으로 나누어진다. 우주부분은 위성을 추적하고 조정하고 관리하는 기능 담당하며, 제어부분은 새로운 항법 데이터를 위성에 올려 위성과 통신을 하여 제어하는 부분이다. 사용자부분은 말그대로 위성신호를 사용하는 사용자라고 할 수 있다.

### 2.2 위성측위 원리

GPS는 위성을 이용한 범세계적 위치결정 체계로, 정확한 위치를 알고 있는 위성에서 발사한 전파를 수신하여 관측점까지의 소요시간을 관측함으로써 관측점의 위치를 구하는 체계이다. 즉, GPS 측량은 위치가 알려진 다수의 위성을 기지점으로 하여 수신기를 설치한 미지점의 위치를 결정하는 후방교회법(Resection method)에 의한 측량 방법이다. GPS 신호는 C/A코드, P코드 및 항법메시지 등의 신호가 L1 및 L2 파의 2개 밴드에 실려 지상으로 방송이 되며 L1/L2파는 각 코드신호 및 항법메시지를 운반한다고 하여 반송파(Carrier wave)라 한다.

반송파 신호	코드신호
L1파(1575.42MHz)	C/A코드 : 위성의 식별정보
	P코드 : 위성의 식별정보
	항법메시지 : 위성의 궤도정도
L2파(1227.60MHz)	P코드
	항법메시지 : 위성의 궤도정도

이 신호를 이용한 위성측위 방식은 코드측위와 간섭측위 두가지로 구분된다[1].

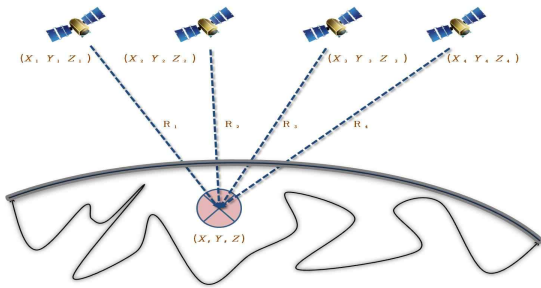
#### 2.2.1 코드신호 측정방식(코드측위)

위성에서 발사한 코드와 수신기에서 미리 복사된 코드를 비교하여, 두 코드가 완전히 일치할 때까지 걸리는 시

1) Global Navigation Satellite System, 위성측위시스템

간을 관측하여 여기에 전파속도를 곱하여 거리를 구하는데 이때 오차가 포함되어 있으므로 의사거리(Pseudo range)라 한다.

이 측정방식의 특징은 동시에 4개 이상의 위성신호를 수신해야 하며, 코드신호가 2진법 체계이므로 측위계산이 간단하고 신속하나 정확도가 다소 떨어진다는 단점이 있다.



[그림 2-1. GPS 측위 원리]

$$R = [(X_R - X_S)^2 + (Y_R - Y_S)^2 + (Z_R - Z_S)^2]^{1/2} \cdot C \cdot dt$$

여기서 R : 위성(S)와 수신기(R)간의 거리

$X_R, Y_R, Z_R$  : 수신기의 좌표값

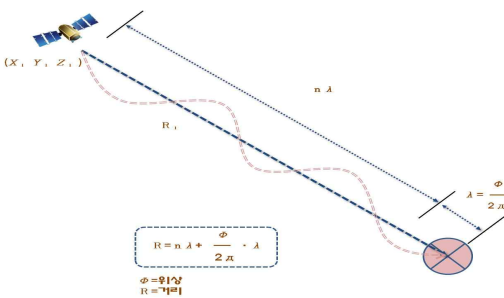
$X_S, Y_S, Z_S$  : 위성의 좌표값

C : 전파속도

dt : 위성과 수신기간의 시각동기오차

### 2.2.2 반송파 신호 측정방식(간섭측위)

코드신호를 운반하는 반송파는 그 자체가 정현파로서 L1파의 경우 약 19cm, L2파의 경우 약 24cm의 파장으로 위성과 수신기 간의 파장개수를 측정함으로써 거리를 계산할 수 있는데 이와같이 위상차에 의해 간섭법으로 거리를 측정하는 방법이다.



[그림 2-2. GPS 측위 계산]

$$R = (N + \frac{\Phi}{2\pi}) \cdot \lambda + C(dT + dt)$$

여기서 R : 위성과 수신기간의 거리

N : 위성과 수신기간의 반송파 개수

$\Phi$  : 위상각

$\lambda$  : 반송파의 파장

C : 전파속도

dT+dt : 위성과 수신기의 기계오차

이 측정방식의 특징은 동시에 5개 이상의 위성신호를 수신해야 하며 수신기에 마지막으로 수신되는 파장의 위성을 정확히 알 수 없으므로 이를 모호정수(Ambiguity)라 하며 수신기 1대만으로는 정확한 Ambiguity를 결정할 수 없기 때문에 최소 2대 이상의 수신기로부터 정확한 위상차를 구한다.

## 2.3 GNSS 국제동향

기존 위성항법시스템인 NAVSTAR GPS에 대항하는 러시아의 GLONASS, 유럽연합의 GALILEO 와 중국의 COMPASS, 일본은 QZSS 등 위성항법시스템의 다원화 되어 지고 있다[2].

### 2.3.1 미국 GPS

미국은 위성항법시스템 분야에서 지속적으로 주도권을 확보하기 위한 미국의 NAVSTAR GPS 현대화 등 위성항법시스템의 고도화 및 서비스 다각화 되어 지고 있다.

1993년부터 공식 서비스 중인 대표적 위성항법시스템으로 2010년 5월 28일 첫 II-F (SVN62/PRN25) 발사 첫 L5 신호 및 군용 M-code 서비스 추가하여 2011년 현재 총 31기의 GPS 위성이 운용중에 있다.

GPS IIA 11기, GPS IIR 12기, GPS IIR-M 7기, II-F 1기와 임무 대기중 위성 1기 (GPS IIR-M, PRN #1)

현재 미국의 GPS는 성능 고도화 및 추가적인 민간 신호 제공을 목표로 현대화를 추진중에 있으며, 서로 다른 주파수 대역의 민간신호를 사용하여 전리층 신호지연을 보상함으로써 측위오차 향상을 위해 2번째 민간신호 L2C를 계획하고 있다.

또한 2005년 9월 첫 번째 시험위성 발사(GPS IIR-M); 2016년부터 본격 서비스 예정과 항공 해상 육상분야의 SOL(Safety-of-Life) 요구성능을 만족시키는 것을 목적으로 하는 3번째 민간 신호 L5신호를 계획하고 있다.

2009년 3월 첫 번째 시험위성 발사한(GPS IIR-M); 2018년부터 본격 서비스 계획과 타 위성항법시스템과의 상호운용을 목적으로 현재 서비스 중인 L1 C/A 민간 신호의 대체 또는 추가적 민간 신호의 역할을 을 하게 될 4번째 민간 신호 L1C 서비스를 다원화 하고 있다.

Satellites			
<b>Legacy (Block I/II)</b> • Basic GPS • C/A civilian signal (L1C/A) • Std Pos signal (L2C/A) • Precise Ephemeris (L2C/A) • L1 & L2 monitoring • NDS	<b>(Block IIF)</b> • 3rd civil signal (L5)	<b>GPS III (Block III)</b> • Increased accuracy (up to 20 dB) • Signal Integrity • Search and Rescue • Common Galileo OS & GPS (L1C)	
Control Systems			
<b>Legacy</b> • TT&C • L1 & L2 monitoring	<b>Upgraded (AEP)</b> • GPS IIF TT&C • SAASM	<b>OCX Blk 1 (Modernized)</b> • Flexible Architecture • Mission Ops for all SVs • Control 1 new signal (L2C, L5, or M-Code) • Control Flex Power • Signal Integrity Monitoring	<b>OCX Blk 2</b> • LADO ops for all SVs • All new signals (including L1C)
			<b>OCX Blk 3&amp;4 (GPS III Blk)</b> • Manage Spot Beam • NAVWAR, GNOC • Mission Planning • Effects-Based Ops
User Equipment			
<b>Legacy</b> • Main Peak • MAGR, PLGR • RCVR-SA, SS • OH, LH • FRPA, CRPA	<b>Upgraded</b> • DAGR + GAS-1 • MEL + MAGR2K • GB-GRAN		<b>MGUE (Modernized)</b> • Anti-Jam, Anti-Spoof • Military exclusivity • Handheld / Anti-Tamper • Gnd & Avionics embed • Auto OTA Rekeying

[그림 2-3. NAVSTAR GPS 현대화 계획]

### 2.3.2 러시아 GLONASS

러시아에서 서비스 중인 위성항법시스템 (1982년 첫 번째 GLONASS 위성 발사)으로 자국의 경제사정으로 수명이 다한 위성을 발사하지 못하여 위성측위시스템으로서의 자리를 잡지 못하였으나, 최근 위성개발계획을 토대로 현재 22개 위성을 운영중에 있으며, 2011년도까지 24개를 정상 배치하여 본격 운영계획을 갖고 있다.

현재 운영 중인 GLONASS-M 위성을 GLONASS-K로 업그레이드 중으로 L3 주파수 대역에 민간 신호 서비스 제공과 FDMA 통신방식에 CDMA 통신방식을 추가하여 병행 서비스 예정으로 GLONASS-K 이후 GLONASS-KM으로 업그레이드 할 계획을 갖고 있다.



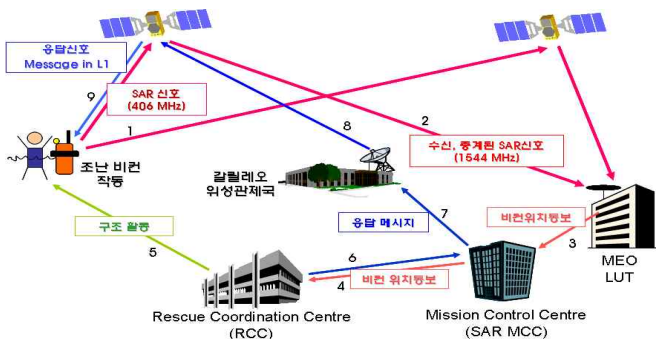
[그림 2-4. GNSS 운영 정상화 계획]

### 2.3.3 유럽 GALILEO

EU(유럽연합)와 ESA(유럽우주국)가 공동으로 계획 및 추진하고 있는 민간용 위성항법시스템으로 고도 23,616Km와 56도의 경사각을 갖는 3개면의 지구 중궤도에 각각 10개의 위성을 발사하고, 2개의 Galileo 제어센터를 포함한 지상국 네트워크를 전 세계에 구축하여 지구 전역을 대상으로 한 위성항법 서비스 체계를 구축할 계획이다.

GALILEO는 2005년 12월과 2008년 시험운영을 위해 현재 2기(GIOVE A,B)를 발사하여 운영중에 있다.

당초 서비스는 개서는 2014년도에 계획을 하였으나 운영 및 계획 사정으로 FOC는 2016년도로 미루어 졌다.



[그림 2-5. GALILEO 운영 개념]

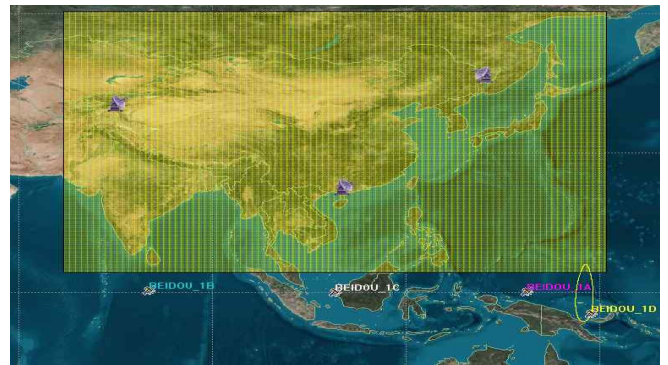
### 2.3.4 중국 COMPASS

중국에서 지역(아시아) 및 전 지구를 서비스할 목적으로 개발 중인 위성항법시스템으로 현재 총 4기의 Beidou위성과 5기의 COMPASS위성을 갖고 있다.

또한, COMPASS는 지역 위성항법시스템과 전세계 서비스 위성항법시스템 구축을 추진중에 있다.

지역위성항법시스템 구축은 5기의 GEO위성과 3기의 IGSO 위성 및 지상 기준국 3개를 구축하고 있다. 당초 2010년도 본격 서비스를 시작하여 하였으나, 금년도 말로 연기되어 있다.

전세계 서비스 위성항법시스템 구축은 2013년 서비스 목표로 27기의 M대 위성과 54L의 GSO 위성, 3기의 IGSO 위성을 배치하여 전 지구를 서비스하는 위성항법시스템 구축을 추진하였으나 당초 계획보다 2-3년 늦어지고 있다.

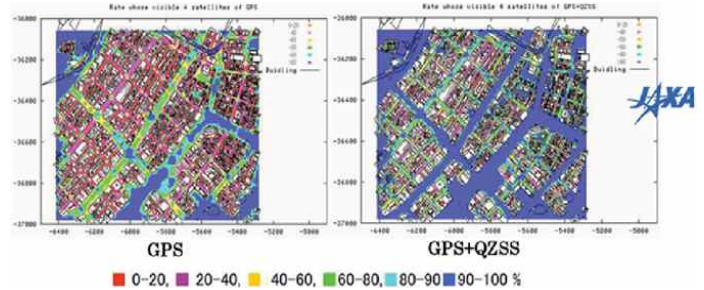


[그림 2-6. COMPASS 서비스 예상범위]

### 2.3.5 일본 QZSS

준 천정위성 시스템(QZSS: Quasi-Zenith Satellite System)은 GPS 보강/보완을 목표로 QZSS만을 이용한 독자항법은 불가능하나 향후 이를 확장하여 일본 주변의 독자위성항법시스템을 구축할 계획을 갖고 있다.

QZSS는 일본 부근에서 항시 천정 부근에 1기 이상의 위성이 보이도록 복수의 위성을 배치한 일본의 위성 측위 시스템으로 이용자는 미국의 GPS(Global Positioning System)와 본 시스템을 복합하여 사용함으로써 산간이나 빌딩 숲에서도 고도 위성측위 서비스를 누릴 수 있게 된다. QZSS는 2010년 9월에 첫 번째 위성을 발사하여 시험 운영중에 있으며, 운영 결과를 토대로 총 3기의 위성을 운영 여부를 결정할 것으로 보고 있다. 아래 그림은 GPS 단독측위 vs QZSS+GPS 결합한 측위 시스템을 비교한 결과를 나타내었다[3].



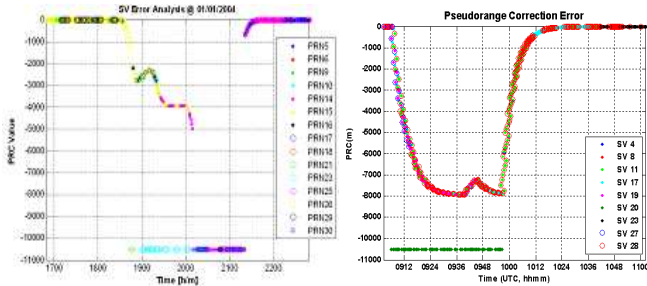
[그림 2-7. GPS VS QZSS 측위비교]

### III. GPS 장애발생 및 전파장애

#### 3.1 GPS 장애발생

GPS 운영과 관련하여 크고 작은 운영 장애는 다수 발생되었다. 그 중 대표적 장애 사례는 2004년 1월 1일(PRN 23, 위성시계 오류, 120분)과 2007년 10월 10일(PRN 20, 항법메시지 오류, 126분) 두 차례 장애현상을 들 수 있다.

GPS 장애 발생으로 당시 GPS 이용자는 큰 혼란을 겪은 것으로 조사되었다.



[그림 3-1 2004년, 2007년 GPS 장애발생 관측]

#### 3.2 GPS 신호위협

GPS 신호의 위협은 의도적인 신호간섭과 의도하지 않은 자연적인 간섭으로 구분할 수 있다. 먼저 후자인 경우는 주로 주변신호잡음, 태양흑점활동, 전리층 폭풍 등 급변하게 변하는 환경에서 발생되고 있으며, 가장 많이 발생되고 있는 지형지물에 의한 다중경로오차 등으로 나타낼 수 있다.

##### 3.2.1 GPS 인위적인 신호간섭(JAMMING)

인위적인 신호 간섭의 대표적인 사례는 2003년 이라크전에서 찾을 수 있다. 당시 이라크를 공격하던 미군의 첨단 유도무기들이 목표물 대신 엉뚱한 곳으로 날아가 많은 피해가 발생하였다. 그 원인은 이라크군이 GPS Jammer를 사용하여 GPS 신호 수신을 의도적으로 방해하였기 때문이다. 그 후 미국은 새로운 GPS 위성개발에 착수하게 되어 위성신호증강, 중계신호증강 및 수신기 개발 등 다양한 방법을 통해 Jamming에 대응하고 있다. 또한 기존 GPS의 군용 주파수도 변경하였다.

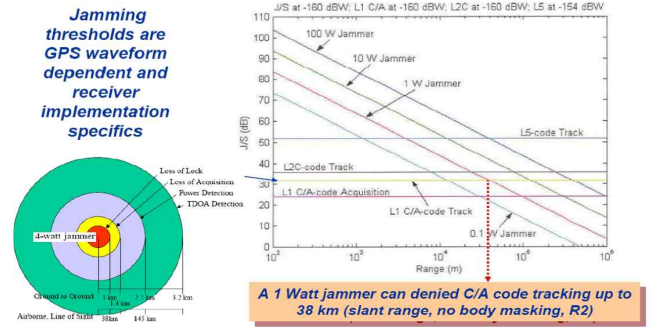
반면 이라크전 이후 러시아의 GPS Jammer는 암시장에서 날개 돋친 듯 팔려나갔고, 심지어 일부 국가에서는 개인사생활 보호를 위해 Jammer를 구입하는 사람들도 늘고 있다.

그림 3-2는 Jammer에 의한 GPS 수신기 영향을 분석한 그림을 나타내었다. 그림에서 보는 바와 같이 1W Jammer가 38Km까지 영향을 주게 된다.

##### 3.2.2 재밍신호 분류

GPS 신호추적에 필요로 하는 신호대 잡음비를 저하시켜 항법기능 정지발생을 하는 연속파(Continuous Wave)형

협대역 Jamming 및 잡음(Noise)형 광대역 Jamming, GPS C/A와 동일한 신호 생성 및 전파, 수신데이터 오도에 의한 비정상 항법오차를 발생시키는 기만 Jamming(Spoofing), GPS의 수신신호 재 전파, 수신시간 지연에 의한 비정상 항법오차를 발생시키는 재방송 Jamming(Meaconing) 등 세 가지로 분류하게 된다. 표 3-1은 Jamming 신호 종류에 따른 자유공간의 이론적 Jamming 범위를 예로 나타내고 있다[4].



[그림 3-2 GPS 재밍신호 분류 및 전파환경에 의한 재밍영역]

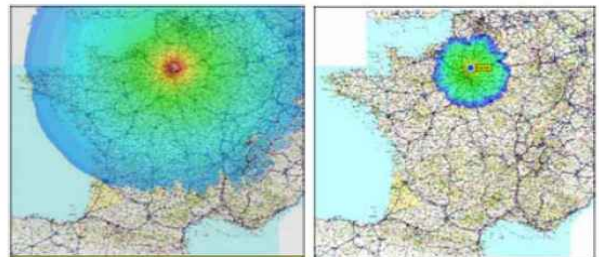
[표 3-1 자유공간상의 재밍범위]

(단위 : Km)

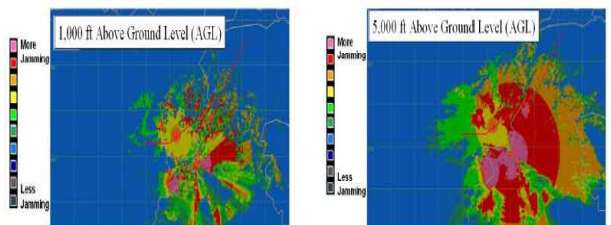
수신기성능(J/S) / 파워(800W)	상용 C/A (J/S30dB)	군용 P(Y) (J/S40dB)	비고
Noise 재밍	약 1,350	약 430	
Spoofing 재밍	약 13,500	약 430	
Meaconing 재밍	약 13,500	약 13,500	

##### 3.2.3 GPS 지상수신시 전파환경에 의한 재밍영역

GPS 지상위치에서 각 특성을 고려하여 재밍 발생시 고도에 따른 영역을 그림 3-3, 3-4에 각각 나타내고 있다.



[그림 3-3 고도 10,000Km(좌)와 지상재머(우)에 영향]



[그림 3-4 지형지물에 의한 저고도(좌)와 고고도(우)영향]

Jammer고도가 높을수록, 지형물이 낮을수록 Jammer의 영향을 크게 받는 것을 알 수 있다.

## IV. GPS 장애 신호 분석

2011년 3월 4일부터 14일까지 11일 동안 북한의 개성, 금강 지역을 중심으로 GPS Jamming 신호가 발생됨에 따라, 국토해양부(위성항법중앙사무소) DGPS시스템 모니터링 및 분석결과를 나타내었다.

### 4.1 분석개요 및 내용

#### 4.1.1 분석개요

- 기간 : 2011년 3월 4일 - 14일
- 대상 : 동/서해안 지역 기준국 및 감시국(29개소)  
내륙 국토지리정보원 기준점(3개소/인천,과주,서울)
- 분석툴 : 위성항법보정시스템 인터그리디 분석툴  
- RSIM BCS 그래픽 유틸리티  
- RINEX 후처리 분석툴(JSP VIEWER, 트림블 등)

#### 4.1.2 분석내용

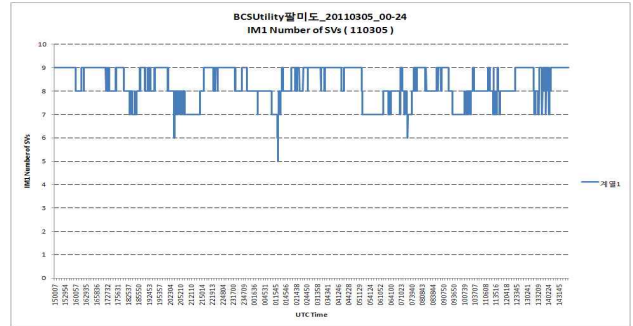
실시간 위성데이터 및 후처리 위성측위 데이터를 지역/시간대별 GPS 위성신호를 분석하였으며, 분석의 신뢰성 및 효율성 확보를 위한 DGPS 기준국/감시국 29개소 데이터를 1시간, 1일 단위로 분석과 DGPS 분석데이터 인근해 위치한 국토지리정보원 기준점 데이터와 비교 분석과 일정별 피해사항을 조사하였다.

### 4.2 분석결과

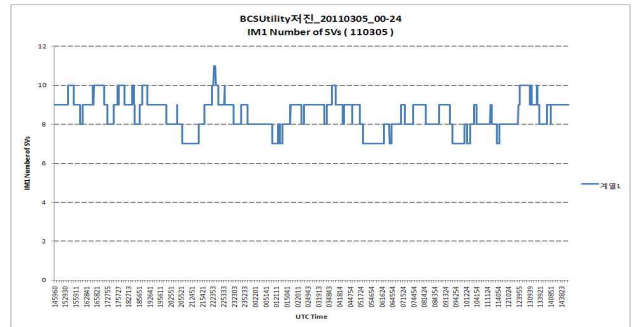
2010년도 8월에 발생한 GPS 전파교란시 DGPS 기준국/감시국에서 감지와 달리 금번 전파교란에 대하여 29개소에서는 Jamming의 영향이 발견되지 않았다. 11일간의 Jamming 발생에도 DGPS 기준국/감시국과 국토지리정보원 기준점에서 GPS Jamming 미 검출 원인을 조사한 결과 다음과 같이 추정할 수 있었다.

1. 지향성을 갖는 Jammer의 교란신호 방향이 DGPS 기준국, 감시국을 빗겨서 발생한 것으로 추정되며,
2. 지난해와 달리 저출력의 교란전파로 상대적으로 GPS 수신기, 안테나 성능이 좋은 DGPS 기준국/감시국과 지리원 기준점 장비에는 크게 영향을 주지 않은 것으로 나타났다.
3. 일정별 피해영향을 분석한 결과 육상은 5~8일, 해상은 6~10일 사이에 Jamming의 영향을 가장 많이 받은 것으로 나타났고, 11~12일에는 Jamming 신호가 검출 되었음에도 피해가 발생하지 않은 것으로 나타나, Jamming 신호의 출력변화가 있었던 것으로 판단되고 있다.

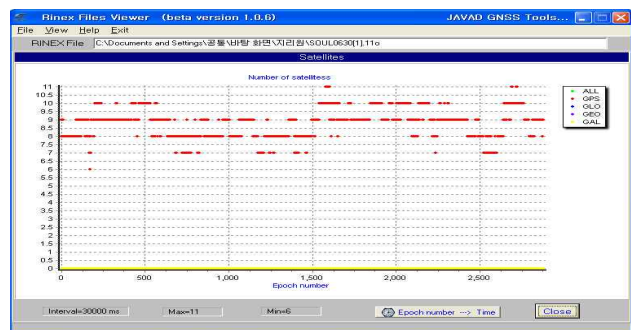
반면 장애기간동안의 피해현황을 조사한 결과 선박, 항공기, 이동통신기지국 등에서 위성수신의 장애가 발생하였으며, 이를 토대로 GPS 장애지역을 그림 4-5에 도식하였다.



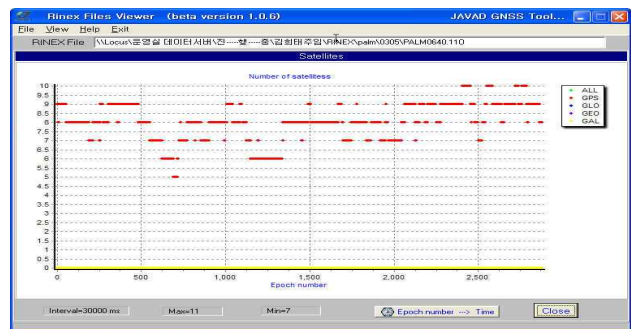
[그림 4-1 팔미도 기준국 실시간 위성상태]



[그림 4-2 저진 기준국 실시간 위성상태]



[그림 4-3 팔미도 후처리 데이터 분석]



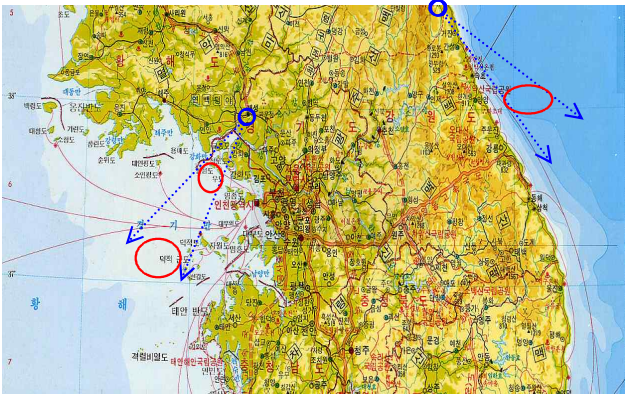
[그림 4-4 인천지리원 후처리 데이터 분석]

## V. 대책 및 결론

오늘날 PNT<sup>2)</sup> 분야에서 위성항법시스템에 대한 의존도가 크게 대두되고 있는 가운데 위성항법시스템의 장애발생

2) Positioning, Navigation, Timing

시 안전, 경제, 치안, 교통 등에 대한 대응책이 면밀히 검토되어야 할 것이다.



[그림 4-5 교란신호 방향 및 장애지역]

따라서 본 논문에서는 위 문제점에 대한 대책방안으로 아래사항에 대하여 제안한다.

1. 각 부처별 산재되어 있는 GPS 통합모니터링을 한곳에서 통합 후 유관기관과의 정보 공유
2. 유사시 측위 정보 제공을 위한 통합 백업시스템 도입 : e-LORAN
3. 위성장애 실시간 감지 및 데이터 분석기능을 강화를 위한 통합 시스템 구축 및 감시시스템 사각지역 해소를 위한 DGPS 감시국 신설필요(2개소:강화/파주)

[참 고 문 헌]

[1] 국토해양부 위성항법중양사무소 <http://www.ndgps.go.kr>  
 [2] USCG NABIGATION CENTER <http://www.navcen.uscg.gov>  
 [3] The Japan Aerospace Exploration Agency  
 [4] GNSS 기술협회 “GNSS워크샵 논문집 18차”/송기완