

# 한국의 eLoran FOC 구현을 위한 전략에 관한 연구

† 국승기 · 김정록\* · 박혜리\*

† 한국해양대학교 해양경찰학과 교수, \* 한국해양대학교 대학원

**요 약 :** 위치, 항법 및 시각정보가 육상, 해상, 항공 등 지구상 거의 모든 공간에서 다양한 목적으로 활용되고 있는 위성항법시스템(GNSS, Global Navigation Satellite System)은 그 중요성이 더욱 높아지고 있으며 미국이 제공해 주는 GPS의 고의잡음(SA)제거 및 성능 향상을 통하여 GNSS를 이용한 응용분야의 발전은 더욱 확대되고 있는 실정이다. 이러한 위성항법시스템의 P.N.T(Position, Navigation and Timing) 서비스 기능을 사회의 전박적인 주요 인프라 시설에 기초적인 원리의 정확성을 더하고 지속성과 무결합성을 제공할 수 있기 때문에 신뢰성을 가지고 여러분야에 활용되고 있으나 지상에서 약20,200km 고도에 위치한 인공위성에서 미약한 신호를 송신함으로써 GNSS 수신기가 의도적이든 비의도적이든 동일한 주파수 밴드의 신호에 영향을 받을 경우 정상적인 역할을 할 수 없다. 우리나라의 경우 P.N.T 서비스 기반 자체가 GPS에 전적으로 의존하고 있으며 유사시 이를 대체할 항법 시스템을 별도로 갖추고 있지 않고 있어 미국의 고의적인 GPS 서비스의 중단이나 주변국가의 방해전파 송신으로 인한 GPS 신호 중단사태가 발생할 경우에는 우리나라 국가 주요 인프라에 치명적인 피해를 입힐 수 있기 때문에 대체항법을 시스템을 구축하여 독자적인 P.N.T 서비스를 제공할 수 있는 시스템 구축이 국가적인 차원에서 절실하게 필요하다.

**핵심용어 :** 지상파 항법, 위성항법, PNT 서비스, 이로란, 로란-씨, 무선항법, 전파항법

## 1. 위성항법시스템의 개요

**GPS(Global Positioning System)**

- 미국 군사적 목적으로 처음 개발된 시스템
- 현재 우주기반 위치결정, 항법 및 시각통기를 위해 전 세계에서 가장 많이 사용되는 시스템
- 서비스의 형태
  - 일반측위서비스(SPS, Standard Positioning Service) : 세계의 누구나 무료로 사용할 수 서비스
  - 정밀측위서비스(PPS, Precise Positioning Service) : 미국과 동맹국의 군부대와 일부 연방정부 사용자들에게만 이용 권한이 부여된 서비스

**GLONASS & GALILEO**

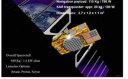
**GLONASS**

- 현재 러시아에서 중국 등의 국가와 함께
- 현대와 계획을 바탕으로 개발 중

세부계획	내용(content)
subprogram 1	GLONASS 운영과 개발 대책 수립
subprogram 2	민간사용자 장비 개발, 준비, 제작
subprogram 3	교통부문을 위한 GalNav 이행 및 활용
subprogram 4	러시아 특이계 정권을 위한 GalNav 대책 수립

**GALILEO**

- 1999년 2월 유럽연합에서 제안한 시스템
- 우리나라를 포함하여 세계 여러 나라가 참여하고 있으나 재정적 문제로 인해 어려움을 겪고 있음

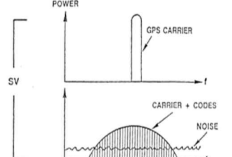


4

## 2. 위성항법시스템의 취약성

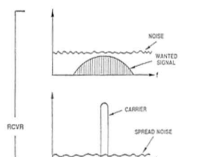
**GPS의 미약한 신호 세기**

- 지상에서의 GNSS 신호의 세기 : 약 130dBm (휴대전화 전파의 약 1/100정도)
- 험준한 산악지역 및 실내에서의 신호 획득의 어려움 발생
- 고주파, 저출력 전파방해에 취약
- 고의적인 전파방해 발생 원인



위성에서의 신호 세기

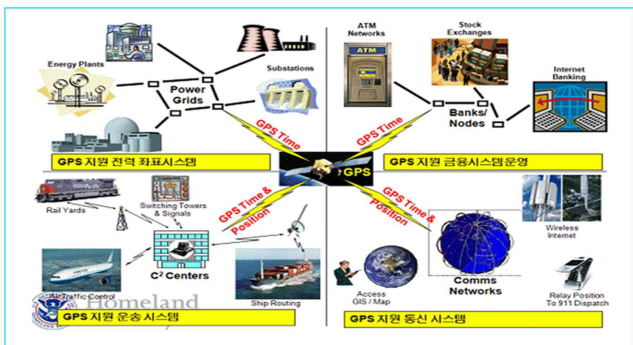
➔



지상에서의 신호 세기

7

## 1. 위성항법시스템의 개요



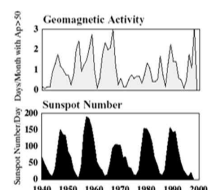
5

## 2. 위성항법시스템의 취약성

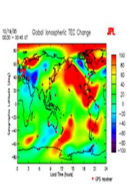
**태양활동으로 인한 전리층 이상현상**

- 전리층 폭풍 현상 발생 시 수십 미터의 사용자의 위치오차 발생

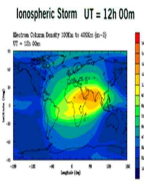
**태양 흑점수에 따른 지구 자기장의 변화**



**전리층 폭풍 발생시**



**평상시 전리층 전자밀도**



8

## 2. 위성항법시스템의 취약성

### 의도적 방해

- 재방(Jamming), 기만(Spoofing), 재발신(Meaconing)에 노출

#### 재방(Jamming)

- 표적의 위치에 강력한 방해 전파를 송신하여 GNSS 신호의 획득을 불가능하게 만드는 방식

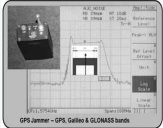
#### 기만(Spoofing)

- 표적의 위치에 허위 신호를 방송하여 사용자의 위치를 오인시키는 방식

< 재방의 종류 >



< 인터넷 거래 가능한 소형 재방의 예 >



10

## 3. eLoran 시스템의 필요성

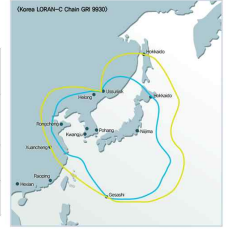
### 우리나라 Loran-C 구성

- 우리나라 Loran-C는 1979년 12월 미군군(USAF)이 전술목적으로 포항송신국과 광주 송신국을 설치(GRI5970) 운영하기 시작

- 1995년 8월 'Korea Loran-C 체인' 으로 명칭변경과 함께 국제협력체인(한, 일, 러)을 구성하여 GRI9930으로 변경

< Chain 구성 현황(GRI 9930) >

번	송신국					통제국	감시국
	주국	중국			러국		
송신국명	포항	광주	계사시	나지마	우수리스크	대전	울산 간월곶 / 평택
출력(KW)	150	50	1500	1600	700	-	-
운영국가	한국	한국	일본	일본	러시아	한국	무인국사



16

## 2. 위성항법시스템의 취약성

### 국외 전파교란 사례

#### 2003년 3월 이라크 전쟁 당시

- 이라크군이 미국의 주력 유도탄인 JDAM의 정밀도를 떨어뜨리기 위해 GPS 교란장치를 사용  
- JDAM은 방향을 바꿀 수 있는 날개와 GPS 수신기를 장착한 유도탄으로 사전에 입력된 GPS 좌표를 쫓아 명중하는 방식  
- 당시 미군은 교란장치 때문에 엉뚱한 곳에 유도탄이 떨어져 크게 당황함

#### 2007년 4월 미국 샌디에고

- 해군의 재방훈련(2시간) 기간중 발생  
- 시 전역 휴대전화 불통, 항공기 및 선박입항 유도시스템 중단, 은행 현금자동지급기 작동 정지 등 많은 곳에서 공황상태가 발생

#### 2009년에는 미국 뉴저지 고속도로

- 트럭 운전기사가 통영료를 지불하지 않아 GPS 재방을 작동시킴  
- 뉴욕 공항 주위에서 2일 동안 재방 피해가 발생

11

## 3. eLoran 시스템의 필요성

### eLoran 국제 개발 동향

#### IALA 정의 (IALA, 국제항로표지협회)

- 2010년 IALA e-NAV 8차 회의에서 GNSS 취약성에 대한 우려와 대체항법 필요성 제기

#### IALA Recommendation R-129 (GNSS 취약성과 완화방안, 2012.12)

- 완벽한 위험 분석을 위하여 GNSS 피해/손실의 가능성 및 취약 시간/지역 결정 필요  
- 현재 활발한 GNSS의 개발 및 운영으로 인해 그 피해/손실의 결과가 확대됨  
- e-Loran은 효과적인 백업 장치일 수 있음  
(그러나, 그 자체의 취약성 및 커버리지/장비 상의 제한을 가짐)  
- 레이다 역시 GNSS의 일부 백업 장치로 사용할 수 있으나 PNT 전체 조건을 충족하지 못함  
- 그 외 저비용 관성 항법 장치, DGNSS 및 AIS에서의 R-mode(Ranging mode), VTS와 같은 시각적 또는 기타 항로표지 등을 백업장치로 가능함  
- 따라서 위험 평가 결과에 따른 효과적이고 호환 가능한 GNSS 백업 장치는 필수적임.

18

## 2. 위성항법시스템의 취약성

### 국내 전파교란 사례

- 2010년 8월 말 서해안 일부 지역에서 몇 시간 동안 GPS 전파 수신에 중단되었는데 국방부는 이를 "북한이 GPS 전파교란 장비로 벌인 일" 이라고 추정

- 2010년 11월 23일에는 연평도 포격 도발 시 북한의 재방으로 대표형 레이다가 작동하지 않아 K9 자주포 오발, 50발 중 35발이 해상에서 떨어짐

- 2011년 3월 4일-14일까지 발생한 재방 신호로 서울, 인천과 파주 등 수도권 서북부 일대의 GPS 신호가 교란되어 2G 휴대전화 혼선과 시각오차 발생

- 2012년 4월 28일-5월 13일까지 북한의 재방에 의한 서해상(인천, 평택, 대산)에서 선박(189척)들의 GPS 수신 불능상태 보고



12

## 3. eLoran 시스템의 필요성

### eLoran 국제 개발 동향

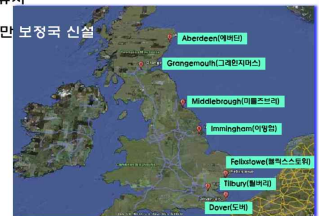
#### 영국 GLA 초기운영 (2013년)

- 주요 항만 7개소 95% 정확도 수준 운영

- Dover 해협 eLoran 신호 95%/10m 이내 유지

- Harwich/Felixstowe 업그레이드 및 6개 항만 보정국 신설

- 2013년 eLoran 초기운영능력 소개 예정



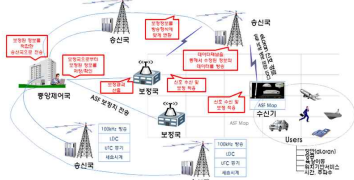
20

### 3. eLoran 시스템의 필요성

#### eLoran 특징 및 구성

##### eLoran 특징 및 구성

- 높은 출력의 송신기와 저주파(LF) 대역 신호를 사용하여 GNSS 신호를 방해하는 동일한 형태의 원인에 의하여 방해 받는 것에 강함
- eLoran은 정확도, 무결함도, 연속도 등의 면에서 요건 만족
- eLoran 시스템 구성요소(LA에 의한 실행서) : 송신국, 제어국(통제국), 보정국(감시국/기준국), 이용자 장비

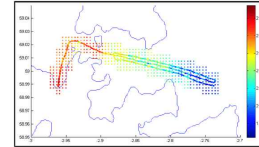


23

### 5. 우리나라 FOC 구축 전략

#### ASF Map을 이용한 오차 보정

##### ASF 측정 사례



[Hargreaves, 2010]

##### 내륙 사용자를 위한 ASF maps 필요



- 우리나라 전역에 ASF 측정 및 구축이 필요
  - ✓ 해상에서 이용하는 경우 일반적으로 500m 크기로 측정
  - ✓ 육상 이용자를 위한 좀더 세밀한 크기로 측정할 필요가 있음.

28

### 4. eLoran 시스템 비용편익분석

#### GPS 서비스 중단에 의한 경제적 영향

- 유럽의 GPS 서비스 중단으로 인한 경제적 영향 평가 분석 자료
- 유럽 경제의 중요 부분들이 GPS의 위치 정보 및 시각 동기화 신호에 의존하고 있어 그 의존도가 점차 증가하고 있음
- 기존의 GNSS 백업 시스템으로서 제안된 eLoran 구축의 필요성 근거 마련
- GPS 서비스 중단에 따른 예상 피해 규모 등을 근거로 하여 미국 및 유럽 등의 나라에서 지상파 망을 백업시스템으로 고려 중

GPS 이상정도	유럽의 GDP 손실	
	운송분야 (특위 서비스)	통신 및 금융분야 (시각 동기화 서비스)
일시적인 이상 발생 (시간당)	10백만 유로	32백만 유로
단시간 시스템 교장 (2일 중단 시)	240백만 유로	770백만 유로
주기적인 신호 사용 불가	GNSS 이용 추정이익 연간 200억 유로 (2015년)	대체시스템 개발 비용

○ 유럽의 경우 2015년 2월간의 GPS 서비스 중단 시 운송 및 재정 분야에서만 약 10억 유로 규모의 피해 예상  
 - 2020년의 경우 연간 총 시간의 0.09% 정도의 GPS 서비스 중단은 GALILEO의 투자비용(34억 유로) 보다 더 큰 손실이 발생할 것으로 예측  
 - 우리나라의 경우 현재 GDP 비율이 EU GDP의 6%(2002년 기준)로 계산하면 우리나라에서 이틀간 GPS 서비스 중단 시 발생하는 피해 규모는 6,000만 유로(약 950억 원)에 달함  
 ○ GPS 유송국의 미국에서도 GPS 서비스 중단에 대비하여 DOT(미국 교통부)의 FRP (Federal Radionavigation Plan)에 의해 지상파 망을 백업 시스템으로 고려 중  
 (자료 출처 : 유럽 위성항법 프로그램 : 미래 정책 분석 및 권고(2011, MIT/과대) (자료출처 : 북한 GPS 교란대응 및 위성항법 환경 대응 국가위성항법서비스 전략)

24

### 5. 우리나라 FOC 구축 전략

#### dLoran을 이용한 오차 보정



- differential eLoran (dLoran)에 의한 추가 보정
  - 공간적인 오차를 보정해주는 ASF map으로도 보정되지 않는 시간적인 오차 부분 존재
  - 송신기의 오차와 같은 PF/SF 이외의 추가 오차를 수정

- 우리나라 전역에 43 dLoran stations 이 구축 예정
  - ✓ 각각의 dLoran station은 30 km 커버리지를 가짐
  - ✓ dLoran 보정신호는 eLoran 데이터채널(LDC)로 제공

29

### 5. 우리나라 FOC 구축 전략

#### 우리나라 eLoran 시스템

- 우리나라 정부는 2013년 2월에 eLoran 시스템에 대한 기본 및 실시 설계를 완료함



- 한국 eLoran 시스템은 5개의 송신국으로 구성될 예정임
  - ✓ 포항/광주 Loran-C 송신국은 eLoran 송신국으로 업그레이드 예정임.
  - ✓ 강화, 울릉, 제주에 신규 eLoran 송신국 구축 예정
  - ✓ 통제국은 포항에 설치예정

26

### 5. 우리나라 FOC 구축 전략

#### 한국 eLoran 구축 일정

- 2013
  - ✓ 강화, 제주, 울릉 신규 3개소 송신국과 43개의 dLoran station 선정 및 예정임
- 2014
  - ✓ 포항과 광주, 기존의 Loran-C station은 eLoran으로 업그레이드 할 예정임.
  - ✓ 강화에 신규 eLoran 송신기가 설치될 예정임
  - ✓ 포항, 광주 및 강화 관할의 27 differential eLoran stations 구축
  - ✓ 3개 송신국에 대한 ASF 측정 추진 필요
  - ✓ 3개 송신국 및 27개소 dLoran station 구축으로 eLoran 시험방송 시스템 운용 가능

30

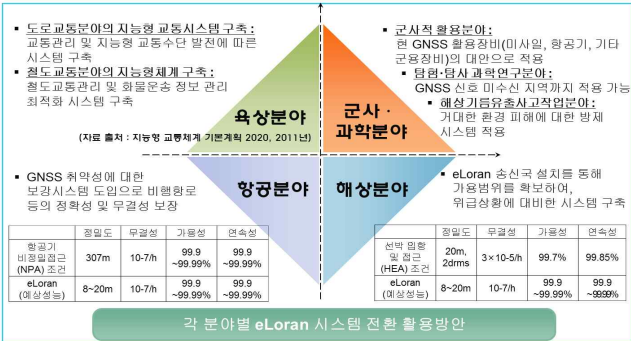
## 5. 우리나라 FOC 구축 전략

### 한국 eLoran 구축 일정

- 2015
  - 제주 및 울릉에 2개소 eLoran stations 추가 구축
  - 잔여 16 differential stations 추가 구축
- 2016
  - 5개소 송신국 구축 완료
  - 기존 3개소 송신국에 대한 ASF map 보완 및 신규 2개소 송신국에 대한 ASF 측정
  - 한국 eLoran 시스템 초기운영 능력 확보 예상
- 2018
  - 2016~2017년 동안 시험운영 후 한국 eLoran 시스템 FOC(Full Operational Capability) 선언

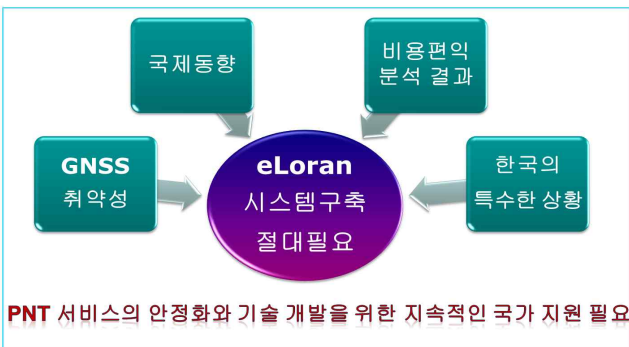
31

## 6. 활용방안 및 기대효과



32

## 7. 결론 및 제언



35