

# 한국 첨단 지상파항법시스템(eLoran) 시범서비스의 LDC 메시지 변조기법 별 수신 성능 분석

손표웅\* · 이삭\*\* · 황태현\*\*\* · † 서기열

† 선박해양플랜트연구소 책임연구원, \*선박해양플랜트연구소 선임연구원, 과학기술연합대학원대학교 조교수, \*\*국립해양측위정보원, \*\*\*선박해양플랜트연구소 책임연구원

**요약** : eLoran 시스템에서 보다 높은 정확도로 시각 및 위치 정보를 제공하기 위해 별도의 데이터 채널인 Loran Data Channel (LDC)를 사용한다. LDC 메시지는 기존의 8개의 Loran 펄스 중 항법에 사용하지 않는 3-8번째 펄스의 전송시각을 변조하여 송출하는 Eurofix 방식과 9번째 추가 펄스를 이용해 데이터를 변조하는 9<sup>th</sup> 펄스 방식으로 변조될 수 있다. 본 논문에서는 eLoran 송신국에서 송출하는 LDC 메시지의 변조방법에 따른 수신 성능을 분석한다. 인천에서 운영 중인 eLoran 시험 송신국에서 9<sup>th</sup> 펄스 변조방법과 Eurofix 변조방법으로 동시에 LDC 메시지를 송출할 수 있도록 설정하고, 인천과 평택의 eLoran 보정기준국의 데이터베이스 내 저장된 LDC 메시지를 분석해 변조방법에 따른 LDC 메시지 수신률을 분석한다. 또한 항로표지 관리선 인성 1호를 이용해 인천항 인근에서 실제 사용자의 LDC 메시지 수신률을 분석하였다. 본 연구결과는 eLoran 시범서비스 이후 본격적인 서비스 과정에서 중요하게 활용될 것으로 기대된다.

**핵심용어** : eLoran, LDC, Eurofix, 9<sup>th</sup> pulse modulation, PNT

CONTENTS

- I 서론
- II eLoran 시스템
- III LDC 변조기법 분석
- IV eLoran 시범서비스 현황
- V 실험 구성 및 결과
- VI 결론

eLoran 시스템

- eLoran 신호
  - 100 kHz 를 중심으로 90 kHz - 110 kHz 대역에 99% 이상의 에너지가 집중된 펄스 형태의 신호이며, 아래의 목적을 달성하기 위해 설계
  - 야간의 skywave 영향 최소화
  - 송신국 간의 간섭 현상인 CRI 최소화

$$i(t) = A(t - \tau)^2 \exp\left[\frac{-2(t-\tau)}{0.5}\right] \sin(0.2\pi t + PC); \text{ for } t \leq t \leq 65 + \tau$$

where:

- A = normalization constant related to the magnitude of the peak antenna current in amperes
- t = time measured in  $\mu\text{s}$
- $\tau$  (tau) = Envelope-to-Cycle Difference (ECD) in  $\mu\text{s}$ . The range is  $-5 \leq \tau \leq +5 \mu\text{s}$ . For eLoran it shall be set to zero.
- PC = phase-code parameter (in radians), which is 0 for positive phase code and  $\pi$  for negative phase code

서론

- 변조방법에 따른 eLoran LDC 메시지 수신율 분석
  - 연구 목표
    - 이용자에게 더 나은 서비스를 제공하기 위하여 eLoran 실 해역 수신 데이터를 기반으로 LDC 수신율을 분석하고, 우리나라 해역에 적합한 변조방식을 한국 eLoran LDC 방송표준으로 선정
  - 연구 방법
    - 한국 eLoran 시범서비스의 실제 신호를 정적/동적 환경에서 수신
    - 수신기 원시데이터 중 LDC 메시지(시각정보) 로그 사용
    - 전체 송출 시간 대비 저장된 LDC 메시지 수의 비로 수신율 산출
    - LDC 메시지 수신 당시 SNR에 따른 수신율 분석

eLoran 시스템

- eLoran 측위 원리
 

주국(Master)과 종국(Secondary)으로 이루어진 특정 그룹이 정해진 시간 간격(ED)으로 신호를 송출하고 이를 이용해 신호 도착 시각(TOA)를 계산하여 거리를 추정

↑ = 0° carrier phase  
↓ = 180° carrier phase

ED = Emission Delay = coding delay + propagation time from Master to Secondary  
GRI = Group Repetition Interval (40-100 ms)  
PCI = Phase Code Interval (80-200 ms)

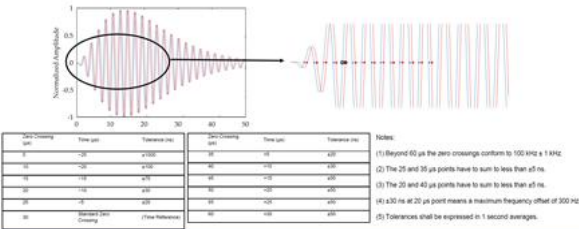
Code and time multiplex give unique chain and station ID  
Chain is identified by GRI, Master by Code, Secondaries by Code and Emission Delays  
Start of 1<sup>st</sup> pulse of PCI for all Loran chains coincided with the PPS (TAI) tick on January 1<sup>st</sup>, 1958, at 00:00:00 hr

† 교신저자 : 정희원, kyseo@kriso.re.kr 042-866-3684  
\* 정희원, pwson@kriso.re.kr 042-866-3693 \*\* 정희원, issac1015@korea.kr 043-730-8062  
\*\*\* 정희원, thfang@kriso.re.kr 042-866-3625

## eLoran 시스템

### · eLoran 기준 시각

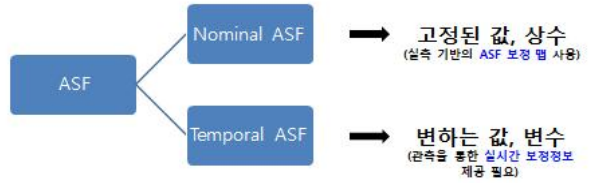
eLoran 송신국 신호의 기준 시각을 GPS Common View 방식으로 UTC에 10ns 이하의 정확도로 동기화하며, eLoran 신호에 기준 시각 정보를 실어 이용자에 제공함으로써 송수신간 시각오차를 줄이고 측위정확도 향상



## eLoran 시스템

### · eLoran ASF 보정정보

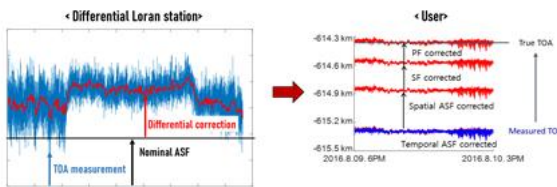
수신기가 측정한 TOA 속에 전파 진행 경로의 지형에 따른 eLoran 신호의 시간 지연 정도를 나타내는 ASF 값이 포함되어 측위 오차로 작용



## eLoran 시스템

### · eLoran ASF 보정정보

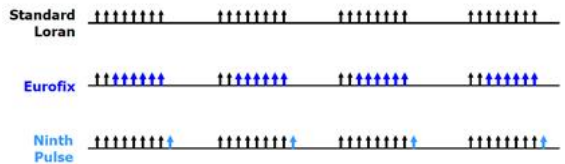
Temporal ASF는 날씨, 계절 등 시간에 따라 변하므로 관측을 통하여 이를 보상할 수 있는 실시간 보정정보를 생성하여 이용자에게 제공하여 성능 향상



## eLoran 시스템

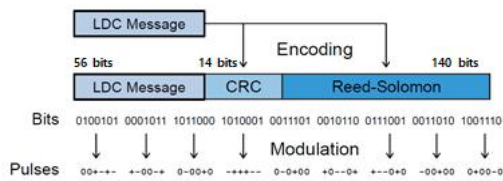
### · LDC(Loran Data Channel)

eLoran 시스템에서는 기준시간 및 실시간 ASF 보정정보를 이용자에게 LDC를 통하여 제공하며, Pulse Position Modulation 방식을 사용  
항법에 사용하지 않는 3-6번째 펄스 위치를 변경하여 변조하는 Eurofix와 신규 9번째 펄스를 추가하여 그 위치에 따라 변조하는 9th Pulse 방식이 있음



## LDC 전송기법 분석

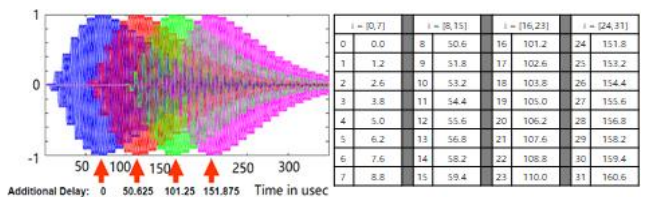
### · Eurofix



- 총 210 bits 로 구성됨, 한 GRI 동안 7비트 전송 가능하도록 설계
- 우리나라 체인(GRI 9930) 경우 하나의 LDC 메시지 전송에 **2.98초가 소요됨**

## LDC 전송기법 분석

### · 9th Pulse

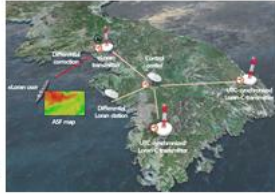


상기 좌측 그래프에서 한 가지 색 당 8개의 위치로 조정하여 우측 테이블에 나타난 총 32개의 9번째 펄스 시간 지연 수치에 따른 신호를 생성. 총 120 bits 로 구성된 LDC 메시지를 한 GRI 당 5bits 를 전송하도록 설계. 우리나라 체인에서 하나의 LDC 메시지 전송에 **2.38초가 소요됨**

## eLoran 시범서비스 현황

### · 인천 테스트 베드 운영('21.6.~)

- LDC 방송이 가능한 인천 eLoran 시험 송신국과 기존 로란-C 포항, 광주 송신국 신호를 UTC에 동기화
- 인천, 평택항 ASF 보정 지도 제작·배포
- 실시간 보정정보를 생성하는 인천·평택항 보정기준국을 구축하여 시범서비스 제공 중



eLoran R&D 기술개발 과정에서 실시한 시뮬레이션 결과에 따라서 한국 eLoran 시범서비스는 9th Pulse 방식으로 보정정보 방송 중

## 실험구성

### · 육상 데이터 수집

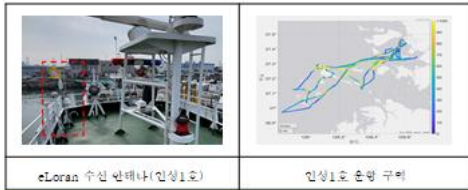
- (사용장비) eLoran 수신기(UN 152B)
- (수집 장소)
  - 정적 환경: 인천항, 평택항 보정기준국
- (수집 데이터/기간) 수신기 원시데이터 로그(시각정보)/ 7월 1일~31일



## 실험구성

### · 해상 데이터 수집

- (사용장비) eLoran 수신기(UN 152B)
- (수집 장소)
  - 동적 환경: 인천항 내 관공선(인성1호)
- (수집 데이터/기간) 수신기 원시데이터 로그(시각정보)/ 7월 1일~31일



## 실험 결과

### · LDC 메시지 수신율

- 인천 보정기준국 Eurofix 수신율 계산 예
  - 7월 한 달간 총 수신시간은 31일 X 86,400초 = 2,678,400초
  - Eurofix는 2.98초당 메시지를 수신하므로 898,791개 수신(이론)
  - 실제 수신된 Eurofix 메시지 수 891,543개
  - 수신율(%) =  $\frac{\text{실제 수신된 메시지 수}}{\text{이론적 수신 메시지 수}} \times 100 = \frac{891,543}{898,791} \times 100 = 99.2\%$
- 변조기법에 따른 실험 장소 별 수신율

변조 기법	보정기준국(인천)	보정기준국(평택)	인성 1호
Eurofix	99.2 %	88.0 %	99.4 %
9th Pulse	98.5 %	12.2 %	61.5 %

Table. 1 LDC 변조기법에 따른 메시지 수신율

## 실험 결과

### · 신호대잡음비(SNR)에 따른 수신율 분석

- SNR에 따른 평택 보정기준국 9th Pulse 수신율 계산 예
  - SNR 값이 10 ~ 11 dB 범위 범위에 해당되는 총 시간 = 383,284초
  - 이론적으로 9th Pulse는 2.38초당 메시지를 수신하므로 161,044개 수신
  - 실제 수신된 9th Pulse 메시지 수 27,828개
  - 수신율(%) =  $\frac{\text{실제 수신된 메시지 수}}{\text{이론적 수신 메시지 수}} \times 100 = \frac{27,828}{161,044} \times 100 = 17.28\%$

## 실험 결과

### · 신호대잡음비(SNR)에 따른 수신율 분석

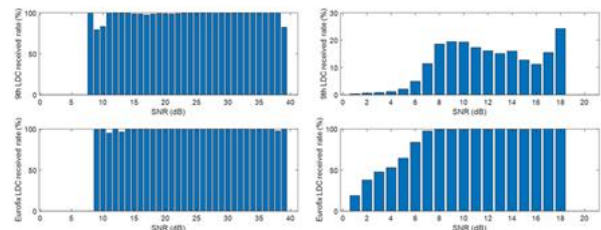


Fig. 1 상: 9th Pulse/ 하: Eurofix (인천 보정기준국)

Fig. 2 상: 9th Pulse/ 하: Eurofix (평택 보정기준국)