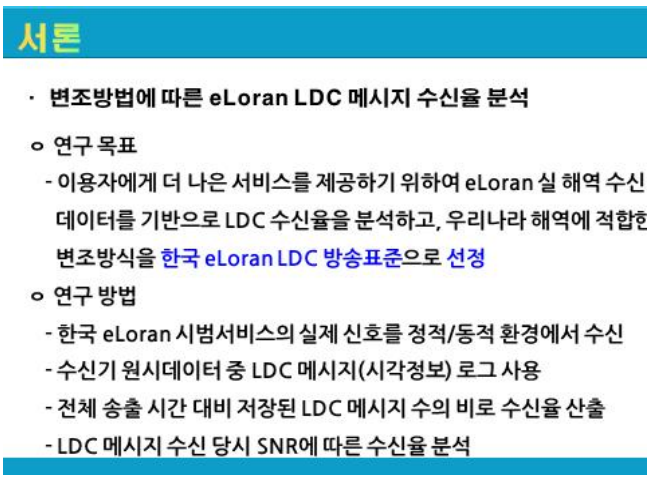
한국 첨단 지상파항법시스템(eLoran) 시범서비스의 LDC 메시지 변조기법 별 수신 성능 분석

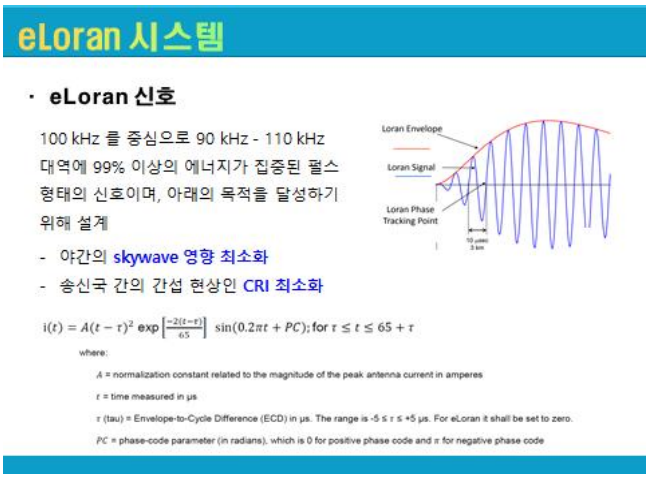
손표웅* · 이삭** · 황태현*** · † 서기열

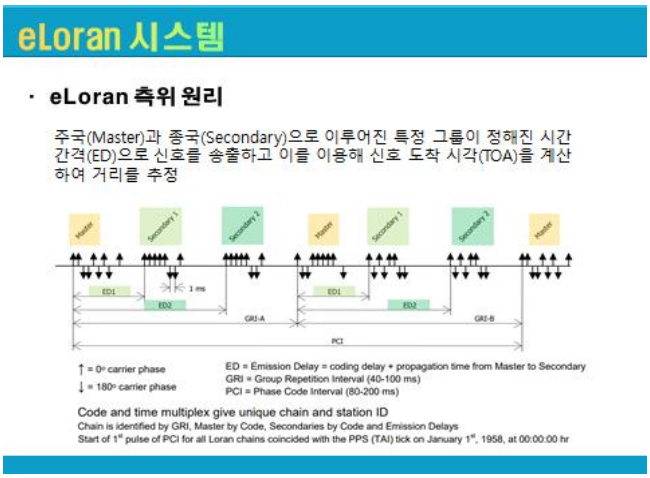
† 선박해양플랜트연구소 책임연구원, *선박해양플랜트연구소 선임연구원, 과학기술연합대학원대학교 조교수, **국립해양측위정보원, ***선박해양플랜트연구소 책임연구원

요 약 : 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 9th 펄스 방식으로 변조될 수 있다. 본 논문에서는 eLoran 송신국에서 송출하는 LDC 메시지의 변조방법에 따른 수신 성능을 분석한다. 인천에서 운영 중인 eLoran 시험 송신국에서 9th 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, 9th pulse modulation, PNT





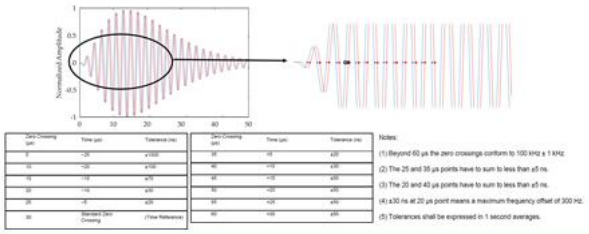


† 교신저자 : 정회원, kyseo@kriso.re.kr 042-866-3684
* 정회원, pwson@kriso.re.kr 042-866-3693 ** 정회원, issac1015@korea.kr 043-730-8062
*** 정회원, thfang@kriso.re.kr 042-866-3625

eLoran 시스템

· **eLoran 기준 시각**

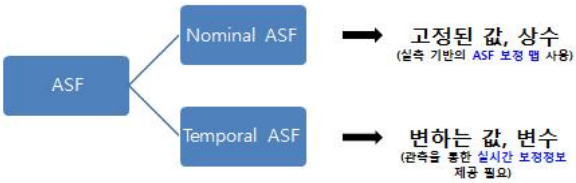
eLoran 송신국 신호의 기준 시각을 GPS Common View 방식으로 UTC에 10ns 이하의 정확도로 동기화하며, eLoran 신호에 기준 시각 정보를 실어 이용자에 제공함으로써 송수신간 시각오차를 줄이고 측위정확도 향상



eLoran 시스템

· **eLoran ASF 보정정보**

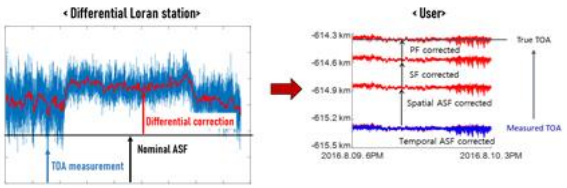
수신기가 측정한 TOA 속에 전파 진행 경로의 지형에 따른 eLoran 신호의 시간 지연 정도를 나타내는 ASF 값이 포함되어 측위 오차로 작용



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

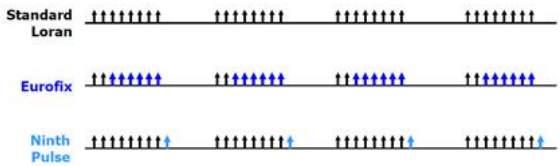


eLoran 시스템

· **LDC(Loran Data Channel)**

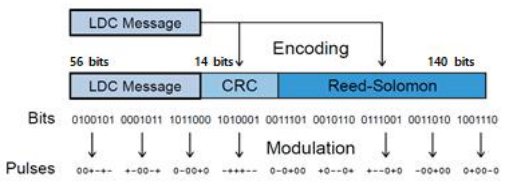
eLoran 시스템에서는 기준시간 및 실시간 ASF 보정정보를 이용자에게 LDC를 통하여 제공하며, Pulse Position Modulation 방식을 사용

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

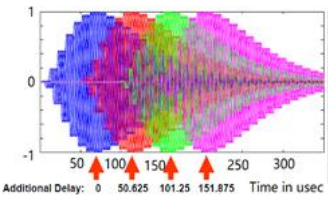
· **Eurofix**



- 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**



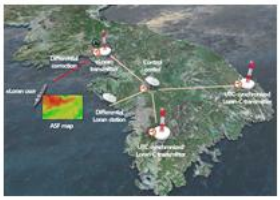
i = [0,7]		i = [8,15]		i = [16,23]		i = [24,31]	
0	0.0	8	50.6	16	101.2	24	151.8
1	1.2	9	51.8	17	102.6	25	153.2
2	2.6	10	53.2	18	103.8	26	154.4
3	3.8	11	54.4	19	105.0	27	155.6
4	5.0	12	55.6	20	106.2	28	156.8
5	6.2	13	56.8	21	107.6	29	158.2
6	7.6	14	58.2	22	108.8	30	159.4
7	8.8	15	59.4	23	110.0	31	160.6

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

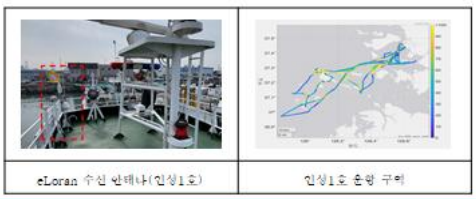
- (사용장비) eLoran 수신기(UN 152B)
- (수집 장소)
  - 정적 환경: 인천항, 평택항 보정기준국
- (수집 데이터/기간) 수신기 원시데이터 로그(시각정보)/ 7월 1일~31일

보정기준국 eLoran 수신기 | 보정기준국 e-field 수신안테나

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



eLoran 수신 안테나(인성1호) | 인성1호 운항 구역

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(%) = $\frac{\text{실제 수신된 메시지 수}}{\text{이론적 수신 메시지 수}}$ X 100 = $\frac{891,543}{898,791}$ X 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(%) = $\frac{\text{실제 수신된 메시지 수}}{\text{이론적 수신 메시지 수}}$ X 100 = $\frac{27,828}{161,044}$ X 100 = 17.28 %

실험 결과

· 신호대잡음비(SNR)에 따른 수신율 분석

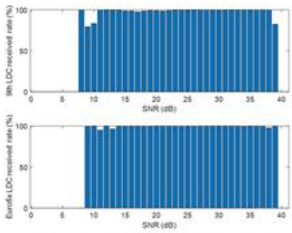


Fig. 1 상: 9th Pulse/ 하: Eurofix (인천 보정기준국)

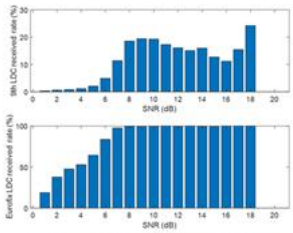


Fig. 2 상: 9th Pulse/ 하: Eurofix (평택 보정기준국)