

Loran H-field 안테나 방향에 따른 특성 및 성능 향상 기법 연구

박슬기* · † 손표웅

*,† 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소

요 약 : 위성항법시스템의 안정적인 정보 제공의 요구사항은 점차 증가하고 있지만, 의도적인 전파교란 및 자연환경에 의하여 성능이 저하된다. eLoran 시스템은 위성항법시스템의 단점을 보완하기 위한 대표적인 지상파항법시스템으로 고출력 신호로 의도적인 전파교란에 강한 장점이 있다. eLoran 시스템에서 사용자는 E-field 또는 H-field 2가지 종류의 수신 안테나를 사용 환경에 따라 적합한 것을 사용한다. 접지가 필요없고 상대적으로 주변 전자장비의 잡음에 강한 H-field안테나는 두 개의 루프로 구성되어 루프간의 위상과 이득차이로 일정한 원형의 지향성을 가지지 못한다. 그러므로 수신한 신호의 방향에 따라 측정치의 변화가 발생하므로 H-field 안테나를 사용시에는 수신하는 신호의 방향에 따른 오차를 제거해야한다. 본 논문에서는 H-field 안테나와 송신국간의 기하학적 방향오차에 따른 오차를 제거하기 위한 후처리 필터를 제안하였다. eLoran 모의 신호생성기를 활용하여 오차를 분석하고 모델링하여 제거하는 기법을 개발하였다. 제안한 기법을 검증하기 위하여 시뮬레이션과 차량실험을 통하여 오차를 확인하고 제거하여 성능향상을 확인하였다.

핵심용어 : Loran H-field 안테나, H-field 안테나 방향 특성, 루프안테나, 안테나 방향오차, 송신국과 안테나간의 기하학적 오차, eLoran

서론

- 백업 PNT 요구 증가
 - 안정적인 PNT 정보 제공 요구
 - 전파교란에 강한 PNT 시스템
- eLoran
 - 대표적인 지상파항법시스템
 - 100kHz 고출력신호로 전파교란에 강인함
 - 2013년 영국에서 시범운영, 10m이내 측위성능 확인
- 국내 eLoran 테스트베드
 - 포항, 광주, 신규송신국으로 eLoran 테스트베드 프로젝트 진행중
 - 측위정확도 20m를 목표로 시범운영서비스 예정

서론

- eLoran 수신 안테나
 - E-field: 우수한 신호성능. 주변 전자장비에 영향과 접지문제
 - H-field: 잡음에 강인.
 - 2개의 Loop 안테나 사용으로 신호 수신방향에 따른 오차발생
 - RTCM SC-127: E-field 안테나보다 H-field 안테나의 정확도 10m 차이
- Loran H-field 안테나 방향에 따른 특성 및 성능 향상 기법 연구
 - 본 논문에서는 H-field 안테나의 방향과 수신 신호 방향에 따른 측위 오차를 제거하기 위한 후처리 필터를 개발
 - 시뮬레이션 통하여 H-field 안테나 방향에 따른 특성 분석 및 오차 모델링
 - 방향에 따른 오차 모델링 기법의 차량실험 분석

서론

- 전파지연 오차[2][3][4]
 - eLoran 신호를 활용한 20m 이내 정확도를 달성하기 위하여 반드시 제거
 - 전파 전송과정에서 전파경로를 통과하면서 지연오차 발생
 - 전도율, 유전율, 지표의 불균질성등의 여러가지 요소의 영향을 받음
 - 전파지연 오차는 크게 PF, SF, ASF로 나뉨
 - PF(Primary Factor): 대기에서의 신호 전파지연 오차
 - SF(Secundary Factor): 해수면을 지날때의 전파지연 오차
 - ASF(Additional Secundary Factor)
 - 지표면의 지형, 전도율에 따른 전파지연 오차

H-field 안테나의 방향 특성

- H-field 안테나 특성
 - 두 개의 루프로 구성
 - 안테나 중심으로 원형의 지향성
 - 실제 환경에서는 루프간의 위상과 이득차이로 일정한 원형 지향성 어려움[1]
 - AFS 맵 작성 혹은 항법시 안테나 방향에 따른 오차 제거 필요

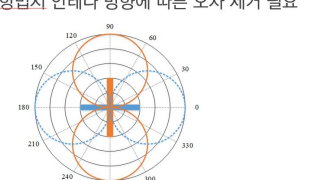


Fig. 1. H-field 안테나의 루프 구성

† 교신저자 : 정희원, pwson@kriso.re.kr

* 정희원, sgpark@kriso.re.kr

eLoran TOA 측정치

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 4

- H-field 안테나로부터의 TOA 측정치

$$TOA = \rho + PF + SF + ASF_s + ASF_T + ASF_D + \delta$$

- ρ : 송신국과 수신기간 거리
- PF: 대기에서의 신호 전달지연 오차, SF: 해수면을 지날때 신호 전달지연오차
- ASF_s : 공간적인 영역에서 발생하는 ASF 오차
- ASF_T : 시간에 따라 발생하는 ASF 오차
- ASF_D : H-field 안테나 특성에서 발생하는 ASF 오차
 - : 루프안테나 시간 지연오차와 루프 위상 지연오차로 나눌 수 있음
 - : 본 논문에서는 루프 위상 지연으로 인한 오차특성을 고려

시뮬레이션 기반 루프 위상 모델링 (3/3)

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 6

- ASF 오차를 인가한 환경의 시뮬레이션 결과
 - H-field 안테나의 방향에 따른 오차는 최소 5m에서 최대 10m 까지 발생
 - 제한한 모델링 적용 결과 최소 3m에서 최대 6m로 2~4m 오차 감소
 - 제거되지 않은 오차는 신호잡에 따른 오차

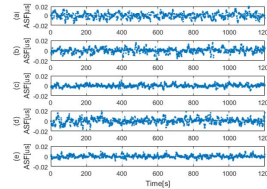


Fig. 4 방향에 따른 오차 모델링 제거한 정규화 ASF

시뮬레이션 기반 루프 위상 모델링 (1/3)

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 3

- 시뮬레이션 기반 루프 위상 모델링
 - H-field 안테나의 루프 위상 보상을 위한 방향 특성 분석
- 시뮬레이션 구성
 - 인천 위치에서 7430, 9930 체인 Loran 신호 생성
 - 회전속도 3 [deg/s]로 반시계 방향으로 회전
 - ASF 오차 설정에 따른 TOA 변화 분석
 - 정규화 ASF 계산: 송신국과의 거리, PF, SF 제거

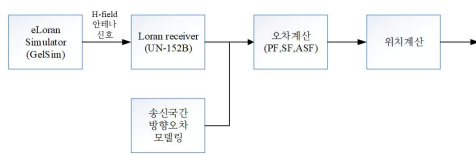


Fig. 2 시뮬레이션 실험 구성

차량기반 실시간 루프 위상 오차 실험 (1/2)

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 5

- 차량기반 실시간 루프 위상 오차 실험
 - 시뮬레이션을 통하여 제안한 모델링을 실시간 적용 및 ASF 성능 확인
 - 2019년 1월 17일 인천에서 차량실험 수행
 - Loran 수신장비, GPS 기반 방향각 측정장비, 정밀측위 장비로 구성
 - Loran 수신장비: UsraNav H-field 안테나, 수신기
 - GPS 방향각 측정장비: Hemisphere사 2개의 GPS 안테나와 단일 수신기
 - 정밀측위 장비: VRS



Fig. 5 차량 실험 구성

시뮬레이션 기반 루프 위상 모델링 (2/3)

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 7

- ASF 오차를 인가하지 않은 시뮬레이션 결과
 - 정규화 ASF 결과 회전에 따른 값의 변화를 확인
 - H-field 안테나의 방향에 따른 오차는 최소 3m에서 최대 5.3m 까지 발생
 - 헤딩에 따른 ASF를 모델링하여 적용시 대부분 제거 됨을 확인

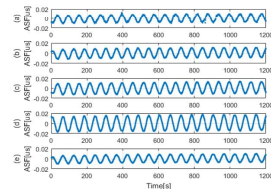


Fig. 3 오차를 인가하지 않은 정규화 ASF

차량기반 실시간 루프 위상 오차 실험 (2/2)

Korea Research Institute of Ship & Ocean Engineering 10

- 차량실험 구성
 - 시계방향으로 20바퀴 회전
 - 시각동기 문제 해결을 위하여 TDOA 기반으로 시각오차 제거
- 차량실험 결과
 - 제한한 모델링 적용결과 최소 2m에서 최대 10m 성능 향상

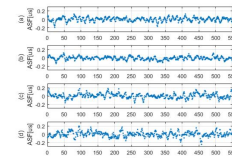


Fig. 5 제안한 모델링 적용한 정규화 ASF

a. 7430M(동천)-9930M(모항), b. 7430M-9930W(광주), c. 7430M-7430X(삼안성), d. 7430M-7430Y(현릉)

- H-field 안테나의 방향에 따른 특성
 - 지상파항법의 eLoran 시스템은 전파교란에 강인함
 - H-field 안테나의 경우 일정한 원형 지향성을 가지지 못하여 오차 발생
 - 측위 정확성을 보장하기 위하여 반드시 제거 필요
- 시뮬레이션 기반 루프위상 모델링
 - eLoran 시뮬레이터를 활용하여 7430, 9930체인의 루프위상 모델링
 - 오차를 인가하였을 경우 루프 위상 오차 제거 검증
- 차량실험 검증
 - 제안한 모델링을 검증하기 위하여 실신호 기반 차량실험
 - 제안한 모델링 적용결과 최대 10m 성능향상
 - 신호잡음비가 좋을 수록 루프위상 오차 제거 성능 향상
- 추후에는 신호잡음비까지 고려한 추가 모델링 연구

사 사

본 논문은 선박해양플랜트연구소의 주요사업인 “해양 정밀 임무수행용 GNSS/INS/eLoran 복합항법 기반기술 개발”에 의해 수행되었습니다(PES3110).

참 고 문 헌

- [1] Johnson, Gregory, Dykstra, Ken, Shalaev, Ruslan, Swaszek, Peter, Hartnett, Richard, “Airframe Effects on Loran H-field Antenna Performance,” Proceedings of the Annual Meeting of The ION(2005), pp. 26-35.
- [2] <http://content.aviation-safety-bureau.com/allmembers/faa-h-8083-31-amt-airframe-vol-2/sections/chapter-11.php>
- [3] FAA, “Loran’s Capability to Mitigate the Impact of a GPS Outage on Position, Navigation, and Time Applications”, March, 2004
- [4] Paul Williams, David Last, “Mapping the ASFs of the Northwest European Loran-C System”, ILA’98, 1998.