

보완항법시스템 eLoran의 활용

손표웅* · † 서지원

연세대학교 글로벌융합공학부

요 약 : 위성항법시스템(GNSS)에 대한 전과교란에 대응하기 위한 보완항법시스템인 eLoran은 고출력의 지상파를 사용하기 때문에 전과교란이 현실적으로 힘들다는 장점이 있다. eLoran 신호는 세계표준시(UTC)에 동기화 되어있어서 송신 출력에 따라 실내와 같이 GNSS 신호의 수신이 힘든 경우에도 정확한 시각(timing) 정보를 제공할 수 있다. eLoran을 이용한 시각 정보 제공은 미국 국방부(DoD)에서도 최근에 많은 관심을 보이고 있다. 또한 eLoran은 자체 데이터 채널을 보유하고 있어서 eLoran 보정 신호를 전송할 수 있고, 전과기만에 대비하여 eLoran 신호인증 기법을 적용할 수 있다. 전과교란의 영향을 받지 않고 데이터를 전송할 수 있기 때문에 안정적인 데이터 전송이 필요한 각종 분야에서 eLoran 데이터 채널의 활용이 가능하다. 현재 우리나라는 GNSS를 보완하는 위치·항법·시각(PNT) 시스템으로써 2018년 정상 운용을 목표로 eLoran 시스템 구축 사업을 진행하고 있다.

핵심용어 : eLoran, 보완항법시스템, 시각(timing) 정보, eLoran 데이터 채널(LDC)

1. 서 론

위성항법시스템(GNSS)은 수신 신호의 세기가 미약하여 전과교란에 취약하다는 단점이 있다. 반면 지상파항법시스템인 eLoran은 장파를 이용하여 고출력의 신호를 송신하기 때문에 현실적으로 전과교란이 어렵다. 따라서 eLoran은 GNSS와 독립적인, 보완항법시스템으로 활용될 수 있다. eLoran은 위치·항법·시각(PNT) 분야에서 GNSS를 보완할 수 있을 뿐 아니라, eLoran 데이터 채널(LDC)을 통하여 각종 데이터 서비스를 제공할 수 있다.

본 논문에서는 해외의 연구사례 등을 바탕으로 eLoran 시스템의 다양한 활용방안을 검토한다. 특히 시각(timing) 정보 제공, eLoran 시스템의 정확성을 높이기 위한 보정신호 전송, 전과기만(spoofing)에 대비한 신호인증 기법 적용, 전과교란의 영향을 받지 않는 안정적인 데이터 전송 등 LDC의 대표적인 활용 방안을 기술한다.

2. 보완항법시스템 eLoran

고출력의 지상파항법시스템을 이용하면 수신 신호의 세기가 미약한 위성항법시스템의 취약점을 보완할 수 있지만 기존의 Loran-C 시스템은 항법 정확도가 떨어져서 보완항법시스템으로서의 활용도가 제한적이었다. 이러한 Loran-C 시스템의 한계점을 개선하여 PNT 분야에서 GNSS를 폭넓게 보완할 수 있도록 개발된 시스템이 enhanced Loran(eLoran) 시스템이다.

eLoran은 Loran-C와 달리 송신 펄스가 세계표준시(UTC)에 동기화 되어 있기 때문에 수신기가 송신 펄스의 도달시각(Time of Arrival, TOA)을 측정하여 자신의 위치를 계산할 수 있다. 이러한 위치 계산 방식은 GNSS의 경우와 유사하다. Loran-C의 경우에는 동일한 체인 내의 주국과 종국의 펄스 도달 시각의 차이를 바탕으로 위치를 계산하였기 때문에 수신기가 다수의 송신국 신호를 수신한다고 하더라도 동일 체인 내의 송신국 신호만을 위치 계산에 이용할 수 있었다. eLoran은 이러한 한계점을 극복함으로써 그 가용성을 향상시켰다.

또한 eLoran 신호는 데이터 채널을 가지고 있기 때문에 보정 정보 등을 함께 제공하여 위치 정확성을 대폭 향상시킬 수 있다. 현재 eLoran 시스템을 시범 운영하고 있는 영국은 최근 도버해협에서 진행된 실험을 통해 10m 이내의 위치 정확성을 보인다[1].

eLoran의 기대 항법성능(정확성, 가용성, 무결성, 연속성)은 항공기의 Non Precision Approach(NPA)와 선박의 Harbor Entrance and Approach(HEA) 조건을 만족시키고, 시각 정보 제공을 통하여 수신기의 시계를 UTC와 수십 나노초 이내로 동기화 시킬 수 있기 때문에 PNT 분야에서 GNSS를 폭넓게 보완할 수 있다.

3. eLoran 시각 정보의 활용

eLoran은 송신 펄스가 UTC에 동기화 되어 있기 때문에 이를 이용하면 정확한 시각 정보가 요구되는 정보통신, 금융, 계측

* 교신저자, jiwon.seo@yonsei.ac.kr 032)749-5833

등의 분야에 활용할 수 있다. 수십 나노초 이내의 정확한 시각 정보를 얻기 위해서는 현재 GNSS가 가장 널리 사용되고 있으나 실내에서는 GNSS 신호의 수신에 어려움이 있다. 안테나를 실외에 설치해야 하는 등의 어려움이 있다. eLoran은 그 송신 출력에 따라서 실내에서도 수신 가능하기 때문에 시각 분야에서의 잠재적인 활용도가 상당히 높을 것이라 예상된다. 최근 미국 국방부에서는 해외에서 미군 장비의 시각 동기화를 위하여 타국의 eLoran 신호를 이용하는 방안의 관심을 표명한 바 있다.

eLoran을 시각 분야에 활용하기 위해서는 UTC에 동기화 된 송신 펄스와 더불어 UTC와 eLoran 시스템 시각 사이의 윤초(leap second) 차이 정보 등을 LDC를 통하여 제공하여야 한다.

4. eLoran 데이터 채널의 활용

eLoran 시스템은 LDC를 통하여 다양한 데이터를 전송할 수 기 때문에 PNT 이외의 분야에서도 활용이 가능하다. 데이터 전송을 위해서 여러가지 방법으로 eLoran 송신 펄스를 변조할 수 있다. 예를 들어, 펄스의 위치 변조를 통해서 정보를 전송하는 Pulse Position Modulation(PPM)의 경우, 8개의 기존 펄스로 이루어진 신호 뒤에 추가된 새로운 펄스의 위치 변조를 통해서 정보를 전송하는 방법(Ninety Pulse Modulation)과 3번째 펄스부터 8번째 펄스까지를 세 가지 상태(+1us, 0us, -1us)로 위치 변조하여 정보를 전달하는 방법(Eurofix) 등이 대표적인 변조 방식이다. 그 밖에 펄스의 주파수 변조를 통해 데이터를 전송하는 Intrapulse Frequency Modulation(IFM)과 펄스와 펄스 사이에 새로운 펄스를 추가하여 정보를 전송하는 Supernumerary Intrapulse Modulation(SIM) 등의 방법도 제시된 바 있다[2].

LDC의 구체적인 활용 방안으로는 다음과 같은 예가 주로 언급된다.

4.1 eLoran 보정 정보 전송

eLoran을 이용하여 높은 위치 정확성을 얻기 위해서는 지표면에 의한 전파 지연 현상인 Additional Secondary Factor(ASF)의 보정이 필요하다. 시간적인 ASF 변화를 보정하기 위해서는 고정된 위치에 보정국을 설치하여 실시간으로 보정 정보를 생성하고 이를 LDC를 통하여 전송한다. 수신기는 이 보정 정보를 적용하여 위치 정확성을 높일 수 있다. 10 m 이내의 정확성을 보인 도버해협 실험에서도 LDC를 통해서 수신한 eLoran 보정 정보를 위치 보정에 활용하였다[1].

4.2 eLoran 신호 인증

GNSS나 eLoran과 같은 전파항법시스템의 경우에는 전파교란(jamming) 뿐만 아니라 전파기만(spoofing)에 대한 대비도 필요하다. eLoran 시스템은 LDC를 통하여 신호인증(authentication) 코드를 전송함으로써 전파기만에 대응할 수 있

다. 일례로 스탠포드 대학에서는 신호인증 기법 중의 하나인 TESLA 방식을 적용하여 LDC를 활용한 eLoran 신호인증 실험을 수행한 바 있다[3].

4.3 안정적 데이터 전송

고출력의 장파를 이용하는 eLoran은 전파교란이 현실적으로 힘들기 때문에, 전파교란 환경 하에서도 안정적으로 데이터를 전송할 필요가 있는 안보, 국방, 보안 등의 분야에서 LDC를 활용할 수 있다. LDC는 PNT 정보에 국한하지 않고 어떠한 데이터 비트(bit)도 전송할 수 있어서 일반 무선통신망이 전파교란에 의해 무력화 되는 상황이 생긴다고 하더라도 LDC를 이용하면 전국토에 안정적으로 데이터를 전송할 수 있다.

5. 결 론

본 논문에서는 보완항법시스템 eLoran의 활용 방안에 대해 살펴보았다. eLoran은 항법 분야에서 GNSS를 보완할 뿐만 아니라 송신 출력에 따라서 실내에서도 수신 가능하기 때문에 시각 분야에서 GNSS 이상으로 널리 활용될 수 있다. 또한 전파교란이 어려운 독립적인 데이터 채널에 착안하여 안정적인 데이터 전송이 요구되는 새로운 활용 분야를 모색할 수 있다.

2018년 정상운용 예정인 한국 eLoran 시스템의 성공적인 활용을 위해서는 특히 LDC의 구체적인 활용 방안에 대한 심도 있는 논의 및 연구가 필요하다.

후 기

본 연구는 해양수산부 소관 연구개발사업 “국내 eLoran 시스템 구축을 위한 성능 예측 시뮬레이션 툴 개발”의 연구개발비 지원에 의해 수행되었으며, 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT명품인재양성사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2013-H0203-13-1002).

참 고 문 헌

- [1] Williams, P., et al.(2011), “UK eLoran - Initial Operational Capability at the Port of Dover”, Proceedings of the 2013 International Technical Meeting of The Institute of Navigation, pp. 392-402.
- [2] Lo, S., et al.(2007), “Loran Data Modulation: Extension and Examples”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, 43(2), pp. 628-644.
- [3] Qiu, D.(2009), “Security from Location”, Ph.D. Thesis, Stanford University.