



## 한국 독자항법시스템의 시작, eLoran

장원석\* · 박슬기\*

\*선박해양플랜트연구소

### 목 차

I. 무선항법기술	IV. 한국의 eLoran 시스템 개발
II. Loran 시스템	V. eLoran의 활용
III. eLoran으로의 발전	VI. 결론

### I. 무선항법기술

전파를 이용하는 무선항법기술은 그 시작부터 측위, 항법을 필요로 하는 수많은 사용자들에게 사용되어져 왔다. 전자기파를 이용한 이러한 기술을 이용하여 사용자들은 PNT(Position, Navigation, Timing)정보, 즉 위치, 항법, 시각정보를 손쉽게 이용할 수 있게 되었다. PNT정보가 필수적인 대양을 항해하는 선박이나 먼 거리를 이동하는 항공 분야에서 무선항법기술은 특히 널리 사용되고 있다.

현재의 대표적인 무선항법시스템은 위성항법시스템, GNSS(Global Navigation Satellite System)이다. GNSS가 나타나기 이전의 무선항법시스템은 수신기의 가격이 고가였고 사용하기가 어려웠으나 1995년 최초의 GNSS인 GPS가 운영되면서 무선항법은 사용하기 쉽고 비용이 적게 발생하는 대표적인 항법시스템으로 완전히 정착하게 되었다. 기존의 무선항법시스템과 달리 GPS는 높은 위치정확도를 제공하며 사용하기 편리하고, 수신기의 가격도 저렴하여 현재 그 사용분야와 사용자 수를 셀 수가 없을 정도로 보편화되었다.

상기한 위성항법시스템, GNSS는 기타 무선항법시스템과 비교하여 그 장점이 극명하고 상당한 비교우위에 있다. 이 때문에 GNSS 이전의 무선항법시스템은 점차 폐쇄되거나 앞으로 폐지될 예정이었다. 그러나 '간섭'에 취약한 GNSS의 단점으로 인해 기존 무선항법시스템의 가치가 대조명되고 있다.

한국의 경우 이미 GNSS의 '전파간섭에 대한 취약

성'을 수차례 경험하고 있다. 북한은 2010년부터 현재까지 수차례 한국을 향한 GPS 교란 공격을 시도하였고 이 영향으로 해상에서 조업을 하던 어선이나 기타 사용자들이 큰 피해를 입고 있다. 최근인 2016년에도 북한은 -80 ~ -100dBm 사이의 세기로 남한을 향해 GPS 전파교란공격을 감행하였다. 이러한 공격은 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)에서 우려를 표명할 만큼 심각한 공격으로, 현재로서는 GPS에 대한 북한의 전파교란 공격을 방어하기가 어렵다.

한국의 예와 같은 이유로, 미연방항공국(FAA)은 이미 1998년에 국제민간항공기구(ICAO)에서 GPS를 백업할 수 있는 항법수단의 필요성을 발표한 바 있다. 항법 뿐 아니라 경제시스템, 일상생활 전반에 걸쳐 널리 사용되고 있는 GPS가 전파교란 공격을 받을 경우 커다란 위험에 직면할 수 있기 때문이다.

이에 따라, GNSS와 완전히 독립적이면서 위치, 항법, 시각정보를 제공할 수 있으면서 항공, 해양, 육상 등 다양한 환경에서 사용가능한 백업 시스템의 필요성이 대두되었고, 그 결과 GNSS 이전부터 존재하던 LORAN-C 시스템이다. Loran-C의 위치정확도는 400m 이상으로 상당히 낮은 편이지만, Loran-C의 최신 기술인 eLoran(Enhanced Loran) 시스템을 적용할 경우 30km 이내 범위에서 위치 정확도 20m까지 향상된다.

표 1. 미래 전파항법 요구성능(IMO A.915(22))

		Performance					Stability	
		Accuracy		Integrity			Availability	Continuity
		Horizontal	Vertical	Alert Limit	Time to Alarm	Integrity Risk		
General Navigation	Harbor Entrances & Approach	10m	-	25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
	Harbor	1m	-	2.5m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
Precise Positioning	Automatic Docking	0.1m	-	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	99.97%
	Hydrography	1-2m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
	Dredging	0.1m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
	Construction Works	0.1m	0.1m	0.25m	10sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-
	Cargo Handling	0.1m	0.1m	0.25m	1sec.	10 <sup>-5</sup>	99.8%	-

이 정확도는 국제해사기구(IMO)에서 제시한 항법 요구성능(IMO A.915, 표 1)중 “항만 접근 및 입항(Harbor Entrances & Approach)”의 기준인 25m(Alert Limit)를 만족시킬 수 있는 수준이다. 이는 eLoran 시스템이 항만 영역까지 사용될 수 있음을 의미한다. 전파교란이 상당히 어려운 저주파를 사용하면서, 항만영역까지 사용가능한 위치정확도를 제공하는 eLoran 기술은 GNSS를 대체할 수 있는 현실적인 수단이면서, 한국의 독자항법시스템을 구축할 수 있다는 장점까지 갖고 있다.

위와 같은 이유로 한국은 2016년부터 2019년까지 4년의 기간동안 한국형 eLoran시스템을 연구개발하고, 2019년 이후부터 시범서비스를 거쳐 실용화할 예정이다.

## II. Loran 시스템

eLoran의 전신인 Loran시스템은 Loran-A부터 Loran-C까지, 그 역사가 상당히 길다.

### Loran-A

1943년 2차대전 당시, 미국에서 태평양을 넘는 장거리 비행시 사용할 항법 시스템으로 개발된 것이 Loran-A

이다. Loran-A는 200kW급 송신기에서 1950kHz를 사용하였으며 위치, 시간지연, 지형, 날씨에 영향을 크게 받아 그 정확도가 자주 바뀌었고, 그마저도 매우 낮은 정확도를 보였다.

### Loran-B

정확도가 떨어지는 Loran-A의 단점을 보완하기 위해 개발된 Loran-B는 Loran-A에 위상정합을 추가하였다. 1948년~1955년 사이에 테스트된 Loran-B 시스템은 위상동기를 통한 정확도 향상을 추구하였고, 그 결과 Loran-A에 비하여 정확도를 높일 수 있었다.

### Loran-C

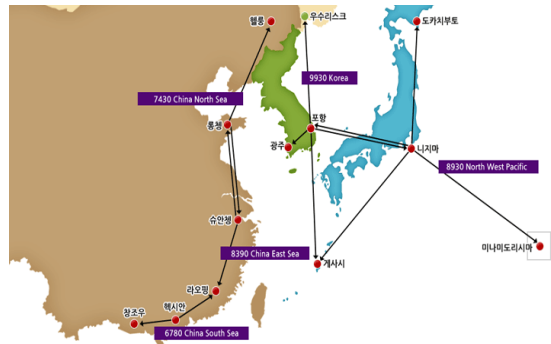


그림 1. 동아시아 Loran-C 체인[4]

지상파를 사용하는 Loran-A와 Loran-B 시스템은 장거리에서 사용할 경우 그 안정성이 크게 떨어지는 문제점을 갖고 있었다. USCG(US Coast Guard)는 1965년에 Loran-C의 기본이 되는 장거리 위상 펄스를 갖는 전파 송출 시험에 성공하였다. 이 실험을 토대로 1958년에 지중해와 북동부 대서양에 최초로 송신국이 세워졌고 서비스가 시작되었다.

현재 Loran-C는 각 송신국이 체인으로 연결되어 있으며, 미국, 캐나다, 유럽, 아시아, 극동, 러시아가 Loran-C 체인에 속해 있다. 우리나라도 Loran-C 체인에 속해 있으며, 일본과 중국의 Loran-C 송신국과 연동하여 사용가능하다.

Loran-C는 위치 외에도 시각 정보도 제공할 수 있으며 계기비행규칙(IFR)과 시계비행규칙(VFR)에서의 공중항법시스템에 보조 수단으로 사용된다.

### III. eLoran으로의 발전

위에서 기술한 것처럼 Loran-C는 떨어지는 위치정확도에도 불구하고 현재까지 전 세계에서 서비스되고 있다.

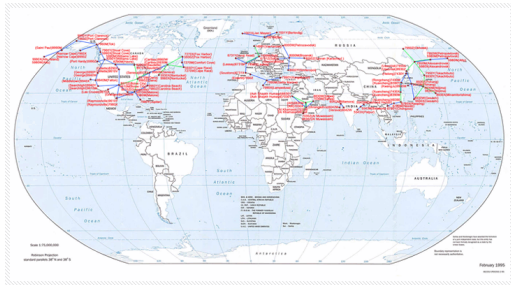


그림 2. 전세계 Loran-C 운영현황[4]

그러나, 폐쇄가 논의될 정도로 위성항법시스템(GNSS)에 비해 현저히 낮은 위치정확도는 여전히 개선해야 할 숙제로 남아 있었다. 간단하고 낮은 비용으로 높은 수준의 항법성능을 보여주는 GNSS와 비교하여 열세였던 까닭에, 미국조차 2000년에 Loran-C를 종료하기로 결정하였었다.

그러나 GNSS의 전파교란 취약성이 수면위로 떠오르면서, 전파교란이 어려운 Loran-C는 GNSS를 백업할 수 있는 좋은 수단으로 여겨졌다.

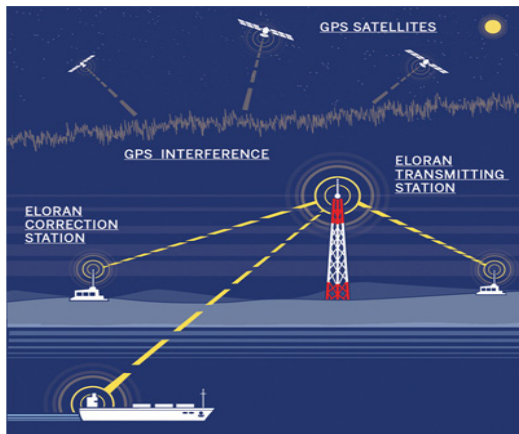


그림 3. GPS 교란에 대한 백업역할을 수행하는 eLoran 시스템[5]

이에 동력을 얻은 Loran-C의 측위성능 향상 연구가 지속적으로 이루어졌고, 그 결과 eLoran이 탄생하였다. Loran-C의 발전형이라는 의미, 그리고 더욱 강화된 시스템이라는 의미로 “enhanced”를 붙여 eLoran으로 명명된 이 지상파항법시스템은 그 성능에서 Loran-C와 현저하게 차이가 난다.[2]

표 2. Loran-C의 성능

Measure	Loran-C
Absolute accuracy	0.25NM(470m) 95%
Repeatable accuracy	18-90m 95%
Availability	99.6%
Coverage	Regional
Fix reliability	99.7%
Fix rate	10-20fix/sec
Fix dimensions	2D + time
System capacity	Unlimited

<표 2>는 미국에서 규정하고 있는 Loran-C 시스템의 성능으로, 그 정확도가 470m 수준인 것을 알 수 있다. GNSS에서 얻을 수 있는 위치 정확도와 비교하여 매우 낮은 정확도를 갖는 Loran-C는 그 사용가능거리가 2200km로, 거리가 멀어질수록 더욱 낮은 성능을 보여주게 된다.

이에 비해 eLoran(enhanced Loran)에서 요구되는 성능은 비약적이다.

표 3. eLoran의 요구성능

Measure	USCG Requirement
Accuracy	0.004-0.01nm (8-20m)
Availability	0.997-0.999
Integrity	10sec alarm/20-50m error
Continuity	0.9985-0.9997 over 3hours

<표 3>에서와 같이, 미 해안경비대(USCG)에서 요구하는 eLoran의 측위 성능은 8-20m로, Loran-C의

460m보다 매우 높은 성능을 요구하고 있다. 이 정확도는 국제해사기구의 요구성능인 <표 1>의 항만 접근시 요구성능을 만족시킬 수 있는 수준이다. 물론, eLoran 시스템에서 8-20m의 정확도를 보장하기 위해서는 무결성 감시국이나 dLoran 기준국이 필수적이다. 특히, dLoran 기준국은 eLoran 시스템에서 위치 정확도를 높이는 핵심적인 역할을 하는 구성요소이다. dLoran 기준국은 eLoran 송신국에서 송출하는 신호를 수신받아, 지형이나 기타 환경에 의한 전파지연과 같은 오차를 찾아내고, 그 오차를 보정할 수 있는 보정정보를 만든다. 그리고 eLoran 송신국으로 전달하여, eLoran 신호에 이 보정정보 데이터를 포함하여 전송함으로써 eLoran 시스템의 위치 정확도를 크게 향상시킨다.

공적으로 완료되면 한국은 GNSS를 백업하거나 대체할 수 있는 항법시스템을 보유하게 된다.

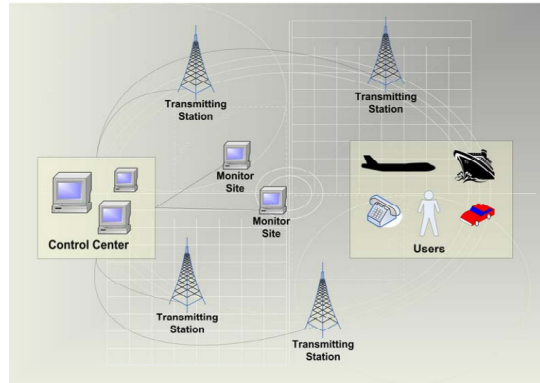


그림 4. eLoran 시스템의 구성[6]

#### IV. 한국의 eLoran 시스템 개발

세계의 어떤 국가보다도 한국은 GNSS, 즉 위성을 이용한 항법시스템을 대체, 또는 백업할 수 있는 항법시스템이 필요하였다. 끊이지 않고 계속되고 있는 북한의 GPS 교란 공격은 많은 분야에서 GPS에 크게 의존하고 있는 한국에 큰 위협이 되고 있다. 항법이 직접적으로 필요한 항공 및 해양에서의 운항은 물론이고, 높은 정밀도의 시각정보가 필요한 분야에까지 GPS가 이용되고 있는 한국의 실정에 비추면, 북한의 GPS 전파교란 공격은 심대한 위협을 가져올 수 있다.

이런 이유와 함께, 한국의 자체적인 독자항법 시스템 구축 역시 필요하였다. 현재 한국에서 사용하고 있는 GNSS들은 미국의 GPS, 러시아의 GLONASS, 유럽 연합(EU)의 Galileo, 중국의 BeiDou, 일본의 미치비키 및 MSAS들로, 모두 외국의 GNSS 들이다. 이미 세계 각국은 독자항법시스템의 필요성을 미리 깨닫고 자체 개발한 위성항법시스템을 지구궤도에 올리고 있다.

타국의 GNSS에 대한 의존도는 줄이거나 없애고 유사시에 대비하기 위한 이런 움직임에 한국 역시 대응을 시작하였다. 한국은 한국형 SBAS(Satellite Based Augmentation System)인 KASS(Korea Augmentation Satellite System)을 연구개발하고 있고, 이에 발맞춰 2016년부터 Loran-C의 발전형인 첨단지상파항법시스템, eLoran의 연구개발을 시작하였다. 2016년부터 2019년까지 4년에 걸쳐 이뤄질 eLoran 연구개발이 성

<그림 4>는 일반적인 eLoran시스템의 구성을 나타낸다.[6] eLoran 시스템은 크게 eLoran 송신국(Transmitting Station)과 dLoran 기준국(Monitor Site), 그리고 제어국(Control Center)의 3가지 구성요소로 이루어진다.

eLoran 송신국은 eLoran 신호를 dLoran 보정정보와 함께 사용자에게 송출하는 역할을 하고, dLoran 기준국은 eLoran 신호의 오차정보를 보정한다.

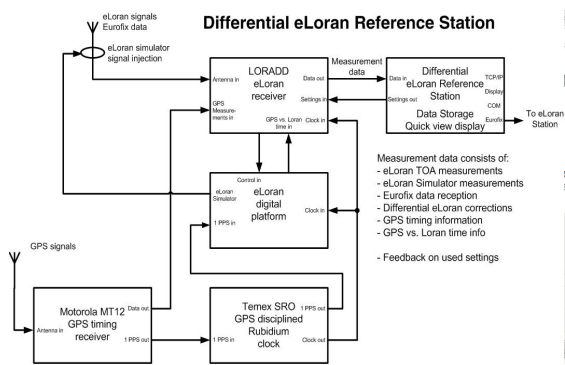


그림 5. dLoran의 구성

<그림 5>는 dLoran 기준국의 일반적인 구성을 보여준다.[1] eLoran 수신기를 통해 eLoran 신호를 수신하고, 보정정보를 계산하는 모듈(Differential eLoran Reference Station)에서 이를 처리하여 보정정보를 생

성하여 eLoran 송신국으로 전송한다.

eLoran 시스템의 사용자는 eLoran 신호를 수신하여 삼각측위를 수행하고 동시에 eLoran 신호에 포함된 LDC(Loran Data Channel)를 해석하고 보정정보를 추출해 측위시 이를 적용해 위치 정확도를 높일 수 있다. dLoran 기준국에서 생성한 보정정보는 일반적으로 30km 이내의 비교적 짧은 거리 내에서 사용가능하므로, 항만과 같은 중요한 거점을 중심으로 한국은 점차적으로 dLoran 기준국의 수를 늘려갈 것으로 예상된다.

## V. eLoran의 활용

상술한 것처럼 eLoran 시스템은 기존의 Loran-C 시스템보다 높은 위치 정확도를 제공한다. 400m 이상의 오차를 가져 사용에 다소 무리가 있었던 Loran-C는 그 사용처가 상당히 제한적이었으나 8-20m의 정확도를 제공하는 eLoran 시스템은 항공, 해상 및 육상 어디에서나 그 활용도가 매우 높을것으로 보인다.

항공분야에서는, 미국의 FAA는 기존의 Loran-C에 대해 이륙과 항공항법에서는 이용가능하나, 공항 접근 및 착륙에서의 사용은 큰 위치오차로 인해 승인하지 않고 있었다. 그러나 eLoran은 Loran-C에 비해 높은 위치정확도, 무결성등을 제공하므로 이 분야에서 사용이 가능할 것으로 보인다.

해양분야에서, eLoran은 그간 사용이 불가하였던 항만 입출항, 접근시에 사용이 가능할 것으로 보인다. 8-20m의 위치정확도는 IMO A915의 조건을 충족하며, 복잡한 항만 내에서 8m 정도의 위치오차는 선박의 안전통항 및 입출항에 큰 도움을 줄 것으로 기대된다.

육상에서, 기존 GNSS에 의존해 왔던 차량의 네비게이션 시스템에 eLoran을 통합함으로써 얻을 수 있는 이점이 있다. 저주파를 이용하는 eLoran은 복잡한 구조물이 있는 곳이나 빌딩숲등과 같은 곳에서도 비교적 원활히 수신될 것이므로 이러한 지역에서 취약함을 보이는 GNSS와 함께 사용되어 이득을 가져올 수 있을 것이다.[3]

군사 분야에서, 전파교란에 강력한 이점을 가지는 eLoran은 그 존재감을 크게 드러낼 것으로 보인다. 해상에서 군함의 항법장치에 eLoran 시스템을 적용하거나 육상에서 이동 또는 유도가 필요한 다양한 군사무

기, 군 차량등에 적용하여 활용될 수 있다.

## VI. 결론

eLoran 시스템은 기존의 Loran-C 시스템의 성능을 향상시킨 발전형 Loran 시스템이다. 위치정확도 면에서 부족한 면이 많았던 기존의 시스템보다 큰 성능향상을 가져올 eLoran은 한국의 독자항법시스템이자 GNSS의 백업 시스템으로 큰 역할을 해낼 것으로 보고 있다. 하지만, USCG등에서 제시한 요구성능을 만족시키기 위해서는 최적의 eLoran 송신국 위치 선정부터 dLoran 기준국의 보정정보 계산 알고리즘, 그리고 시각동기 방식까지 아직 해결해야 할 부분이 많이 남아 있다. 전파 송출과 수신을 담당할 하드웨어나 보정정보를 계산하고 시스템을 제어할 소프트웨어가 적절히 설계, 구현되고 테스트되었을 때에야 비로소 eLoran 시스템은 그 가치를 증명해 낼 수 있을 것이다. 2019년 이후, 한국의 독자항법시스템의 시작을 알릴 eLoran 시스템의 서비스 시작을 기대한다.

## 참고문헌

- [1] reelectronika, "Differential eLoran Reference Station: Installation and operation manual Version 1.0", reelectronika, 2007.
- [2] Ursanav, "Loran-C to eLoran System Upgrade", Ursanav, 2011.
- [3] 국립해양측위정보원, "장거리무선항법시스템(Loran-C) 운영지침서."
- [4] 국립해양측위정보원, "East Asia Loran-C Chain", [http://www.ndgps.go.kr/html/en/gnsys/gnsys\\_04010205.html](http://www.ndgps.go.kr/html/en/gnsys/gnsys_04010205.html)
- [5] Glen Hayes, "GPS can be jammed and 'spoofed'-- just how vulnerable is it?", Marine Electronics, 2016
- [6] International Loran Association, "Enhanced Loran (eLoran) Definition Document", ILA, 2007



**장원석(WonSeok Jang)**

충남대학교 컴퓨터공학과 석사  
현 선박해양플랜트연구소  
GNSS 연구센터 연구원

※ 관심분야 : 위성항법, Differential GNSS, PPP, eLoran, eNavigation



**박슬기(Sul Gee Park)**

충남대학교 전자공학과 석사  
현 선박해양플랜트연구소  
GNSS 연구센터 기술원

※ 관심분야 : 위성기반 정밀측위, 관성항법, 통합항법, eLoran, eNavigation