

# e-Navigation 시대를 향한 기존 항로표지의 역할 및 진화

† 정종권

† 인천지방해양항만청 해양교통시설과

## The Role and Evolution of Traditional Aids to Navigation in an e-Navigation era

† Jong-Kwon Jeong

† Maritime Traffic Facilities Division, Incheon Regional Maritime Affairs & Port Office, Republic of Korea

**요 약 :** 항로표지 당국의 핵심 목표는 교통량과 위험도에 적합한 항로표지를 종합적으로 융합하여 제공함으로써 해상교통 안전 및 해양환경 보호에 필요한 요건을 충족시키는데 있다. e-Navigation은 해상 항법 및 통신 신뢰도 개선에 필요한 현대화되고 검증된 장비를 통해 안전하게 항해하고자 하는 항해자의 필요에 의해 개발되었다. 위치결정에는 GNSS가 폭넓게 이용되고 있지만, 안전하고 완전하며 환경적으로 깨끗한 항해를 위해서는 기존 항로표지 계속해서 이용할 수 있도록 유지 및 진화시킬 필요가 있다. 본 논문에서는 기존 항로표지의 최신 현황을 비롯하여 기존 항로표지에 대한 기술적 관점과 항해자의 관점으로 e-Navigation 환경에서 전통적 항로표지의 역할을 검토하고, 진화 및 미래상을 제시하고자 한다.

**핵심용어 :** e-Navigation, 광파표지, 진화

**ABSTRACT :** A key objective is to meet the requirements for safe marine transport and protection of the marine environment by providing a comprehensive mix of Aids to Navigation commensurate with the amount of traffic and the degree of risk. The development of e-Navigation is driven by the compelling need to equip the master of a vessel and those ashore responsible for the safety of shipping with modern, proven tools to improve the reliability of marine navigation and communications. Although position fixing using GNSS is widely used, radar and visual AtoNs continue to be needed to provide safe, secure and environmentally clean navigation. The paper considers the role, evolution and future provision of traditional aids to navigation in an e-Navigation environment from both a technical and mariner perspective.

**KEY WORDS :** e-Navigation, Visual Aids to Navigation, evolution

### 1. 서 론

항로표지는 선박이 안전하고, 효율적이며, 합리적인 비용으로, 해양환경을 보호할 수 있는 항해를 보장하고자 하는 항해자를 지원하기 위한 시설이다. 기존 항로표지의 역할은 (a)선박의 위치를 확인하는 수단을 제공하고, (b) 위험물과 침선을 표시하는 것 외에, 야간에 자신이 보일 수 있도록 하기 위한 선박용 항해등을 표시하는 것이었다. 항해등은 선박의 크기와 침로 방향, 계류 여부 등을 표시한다. 항로표지를 조합하는 것 또는 기타 선박의 항행 신호는 항해자가 고정된 위험물이나 다른 선박이 있는 곳에서 안전하게 항해할 수 있도록 해준다. 그러나 선박 운항 및 항법의 특성은 지속적으로 변화하기 때문에 안전한 항해를 지원하기 위한 항로표지시설은 이러한 변화하는 여건에서 적합한 종류로 설치되었는지 주기적으로 검토하는 것이 필요하다.

등부표는 특정 색상과 특징을 가진 등명기의 점멸로 구분을 하여 위험물이나 항로경계를 표시하는 역할을 한다. DGPS와 같은 전파표지는 ID, 위치 등의 정보를 특정 주파수를 이용하여 방송하며, 위성시스템의 보정데이터로 구성된 다양한 정보를 제공한다. 항로표지 서비스의 전반적인 목표는 가능한 한 신뢰할 수 있고, 가능한 한 빨리 이용자에게 이러한 정보를 제공하는데 있다.

### 2. 전통 항로표지의 진화

#### 2.1 변화하는 여건

13미터 정도(95% 신뢰도)의 정확성을 가진 훌륭하고, 신뢰할 수 있으며, 대량생산되는 GPS 수신기를 이용하게 됨으로써, 지난 10년간 해양 항법의 기본적인 특성은 변화되었다. 세계 경제 불황의 시대에서는 매우 저렴한 비용으로 대형화되고 고속화된 선박들이 운항되어야만 할 것이며, 지구 온난화로 새로운 항로가

개척될 것으로 예상된다.

이러한 변화에 따라, 부두에서 부두까지의 항해 및 관련 서비스를 강화하기 위하여 전자적인 방법으로 해상과 해안의 해사정보를 조화롭게 하는 신개념인 e-Navigation 개념이 도입되었다.

<해운(Shipping)>

현대 선박의 크기와 속력 증가는 사고에 따른 위험과 오염 가능성의 증가를 불러오고 있다.

최근 몇 년간, 해상 레저산업이 뚜렷하게 증가했다. 상당수의 요트 마리가 이미 지어졌다. 위성항법시스템이나 전자해도시스템 뿐만 아니라 통합항법시스템이 일반화되었지만 정확도와 우려되는 취약성으로 인해 100% 신뢰할 수 없다. 게다가 GPS 또는 DGPS 수신기가 저렴한 비용으로 광범위하게 이용되면서 근해나 위험물 근처에서, 때로는 이전에 항해한 경험이 없는 곳에서 시계가 불량한 경우조차도 모든 단계의 항해에서 항해자가 이를 이용하도록 압력을 받고 있다.

대형 크루즈 산업은 앞으로도 꾸준히 성장할 것이다. 최근 경기 후퇴로, 전 세계 항만들은 크루즈 선사를 적극적으로 유치하고 있으며, 그 결과로 일부 항만은 입항선박이 매우 뚜렷하게 증가했다.

<항법>

최신의 선교는 GPS 위치 및 시각동기 정보를 이용하는 다수의 핵심 항해보조장비를 탑재하고 있다. GPS는 이미 널리 이용되고 있으며, 정확한 측위가 가능하며, 항해방식을 변화시켰다. 통합 선교에서는 레이더, 전자해도, 오토파일럿, AIS, GMDSS, 항해 데이터기록장치, EPIRB 등에 위치정보를 제공하기 위해서 GPS를 이용하고 있다.

전자적 항법시스템은 전력공급, 안테나 등뿐만 아니라 해상인프라와 시스템이 각각의 취약성을 가지고 있음을 기억할 필요가 있다.

<해양문화>

연안 양식장이 증가할수록 특정해역에서 항해안전에 영향을 줄 수 있기 때문에 이와 관련한 분쟁이 대두될 것이다. 따라서 양식장, 가두리, 부유식 구조물 등에 대한 표시 및 야표설치 등이 필요하다.

<해상재생에너지생산시설(OREs)>

해안 주변에 해상풍력발전소 설치가 급증되었다. 해상풍력발전소는 그 위치가 정확하게 표시되고, 선박항해안전에 영향을 주지 않도록 항로표지 당국이 보장하는데 특별한 노력이 필요함을 보여준다. 이는 특히 건설단계에서부터 특별한 노력이 필요하다.

파력 및 조력 발전장치 또한 표시하는 노력이 필요하며, 특히 조력발전장치는 발견이 어렵기 때문에 낮은 여유고가 필요하고, 계류장치가 파손될 가능성이 있음을 감안해야 한다.

<통항분리제도(TSS)>

미리 결정된 항로를 따라 운항하는 관습은 거의 100년 전부터 적용되어 온 것이다. 1960년대 도버해협에서 적용된 개념이 요즘의 TSS로 발전되었다. 위험수준이 높은 보다 엄격한 요건이 필요한 곳에서 통항관리제도가 늘어날 것으로 보인다.

2.2 e-Navigation

IMO는 e-Navigation을 해상 안전 및 보안, 해양환경 보호 등을 위하여 부두에서 부두까지 항해 및 관련 서비스 강화에 있어서 전자적 수단을 통해 해상과 해안의 해사 정보를 조화롭게 수집, 통합, 교환, 표시 및 분석하는 것으로 정의했다.

기존 선교는 서로 다른 위치에 매우 다양한 별도의 정보 시스템이 설치되어 혼란을 야기하도록 배치되어 있었다. 선박위치, 항로표지, 항행통보, 해도 업데이트, 통신 및 항로 결정 등과 같은 외부 정보를 처리 및 분석하는 선박 자체의 감시 및 호출표시용 항법시스템이 필요하다. 근본적으로 e-Navigation은 선교의 작업부담을 줄여줄 수 있는 단일의 통합되고 일관된 시스템으로 모든 선교시스템을 연계하기 위한 시도이다.

모든 항로표지는 디지털 형식으로 표시될 수 있어야 하며, 전자적으로 표시되기 위하여 우선적으로 감안할 정보 제공 방식은 XML과 같은 표준 데이터 교환 형식이다. 이를 위하여 필요한 단계는 국제적으로 표준화된 형식으로 변환 및 표시할 수 있도록 검토하는 것이다.

완전한 e-Navigation을 위해서는 다음과 같이 반드시 해결해야 하는 세 가지 기본적인 구성요소가 있다:

- i. 신뢰할 수 있는 위치, 항법, 시각동기(PNT) 정보를 제공하는 시스템의 보장;
- ii. 신뢰할 수 있는 통신 시스템 보장;
- iii. 정확한 해도 및 해도표시장치 보장.

현재 시점에서, e-Navigation 요소들이 2018년까지는 완전히 가동되지 않을 것으로 보인다. 비록 그렇다 하더라도 정해진 날짜에 “묘약”이 나오지는 않겠지만, 개발결과에 따라 다양한 지역에서 선별적으로 출현할 수는 있을 것이다. 적절한 육상기반 백업시스템을 갖춘 강화된 GNSS 서비스가 가능한 시점에서는 일부 항로표지는 필요 없게 될 가능성이 있다.

항로표지 필요성 검토에서, 적용할 기본원칙은 설치할 항로표지의 양, 특성, 복잡성 등이 다음과 같은가 여부이다:

- 통항량 및 교통특성과의 적합성
- 위험도와의 적절성
- 통합 및 비용대비 효율성
- 국제표준 수용

다음과 같은 원칙을 적용하는 것도 중요하다:

- 해상 인명 안전
- 항행 안전
- 해양환경 보호
- 물동량 유지
- 항행 보안

2.3 광파표지

유인등대는 위험한 해안선, 사주 및 암초, 입항 안전 등을 위하여 수세기동안 이용되어 왔다. 아일랜드 해안주변에 등대 건설이 유행할 당시에는 대부분의 육지초인 등대들이 최소 두 개의 등대가 동시에 보이도록 설계되어 두 등대의

방향을 통해 삼각측량으로 자신의 위치를 확인하도록 했다. 항로 표시나 입항로 표시를 위해 일부의 경우 등대, 부표, 등표, 지향등 등이 설치되었다. 그러한 시스템들을 선교시스템에 통합하는 방법은 없을까? e-Navigation 시대에서 그러한 시스템들의 가치는 무엇일까?

야간 항해는 특별한 주의가 필요하다. 다른 선박을 관측하고, 다른 선박이 나를 관측할 수 있도록 하는 것은 가장 기본적으로 필요한 것이다. 야간에 거리를 판단하는 것은 어려우며, 모든 항행 위험물에 등화로 그 위치를 표시할 수 있는 것은 아니다. 뿐만 아니라, 해안지역 배후광은 혼란을 야기할 수 있다. 이러한 혼란을 야기하는 환경에서 광파표지를 구분해 내는데 있어서 취약성을 가지고 있지만, 다음과 같은 기본적인 특성을 가지고 있다.

- 일반적으로 광파표지는 GNSS를 보조하는 것이라기보다는 보완하는 시설로 검토할 수 있다.
- 일반적으로, 한 번에 관측하는 등화가 한 개라고 했을 때, 광파표지는 위치를 확인하는 것이라기보다는 위험물 인지 및 공간 인식을 가능토록 하는 것이다.
- 일반적으로, 모든 등명기의 경우 최대 명목상 거리가 18해리면 충분하다.
- 도등은 여전히 중요하다.
- 분호등은 여전히 중요하다.
- 순차 또는 동기 점멸등은 활용성이 증대될 것이다. 기술 발전으로 항로표지 등명기는 이미 계류식 및 부유식 표지에서 사용 중이다. 이는 배후광이 심한 지역에서 특히 항로표지의 전반적인 식별성을 개선해 줄 수 있다. IALA 지침 1069에서는 이러한 지역에 이러한 방법을 적용하도록 지시하고 있다.

LED 기술은 광파표지의 신뢰성, 지속성은 증가시키면서 전력소비는 줄여주는 동시에 광달거리와 시인성은 개선시켜 주었다. 이러한 개선으로 배후광이 심한 지역에서는 더욱 선호하게 되었다.

새로운 할로젠, 방전 및 LED 기술 이용으로 18해리까지 광달거리를 가지면서 성능은 동일하게 되어 무인표지와 등대에까지도 범위가 확대되었다.

한때 널리 이용되었던, 등대는 유지관리 비용으로 인하여 이용이 줄어들었고, 현대식 전자적 항로표지가 대신하게 되었다.

그러나 항해자들(특히, 유람선 항해사)이 자신의 선박에 탑재된 GPS가 절대적으로 확실하고 수 미터 정도로 정확하다는 잘못된 믿음으로 이전에 명확하게 운항하던 지역에서 위험을 경험함에 따라 광파표지가 필요할 것이라고 제안하는 입증되지 않은 증거가 있었다.

IALA EEP기술위원회는 광파표지의 효율성 개선을 위한 광파표지의 시인성에 관한 사항과 광원과 인간의 눈 사이의 상관관계를 이해하는 연구를 현재 진행 중이다.

광파표지는 항로표지 AIS를 이용하여 예측되는 광파표지의

성능에 관한 정적 데이터뿐만 아니라 위치 및 상태를 보여 주는데 있어서 부분적으로 e-Navigation에 통합될 수 있다. 이러한 접근방법을 한층 강화하는 방안으로 지역적 특성에 따라 예측할 수 있는 가시거리에 관한 정보를 항해자에게 제공하기 위하여 광파표지의 데이터와 지역적 시계에 관한 정보를 연계하는 것을 들 수 있다.

#### 2.4 부유식 표지

IALA 해상부표식(MBS)이 최근 검토 및 업데이트되어 부표를 이용한 표시에 대한 기본적인 철학이 약간 개정되었다.

부표의 주요 기능은 항로분기, 항로중심, 위험물 등을 표시하는 것이다. 고속선의 예상되는 성능으로 부표의 성능 개선도 필요하게 되었다.

20도 이상 발산되는 재래식 가스 등명기는 해상에서 부표가 좌우로 요동치는 것(rolling movement)을 견뎌낸다. 발산각이 5~10도 정도로 보다 줄어든 현대식 등부표는 자체 동작이 좌우로 요동치는 것보다는 수직으로 더 요동칠 수 있도록 보장하기 위해 등부표의 움직임에 보다 관심을 기울여야만 한다. 중량의 가스 등명기와 가스 용기가 없는 등부표는 더욱 불안정하게 될 수 있음을 때때로 망각하는 경우가 있다.

등부표 등명기를 동기화 및 순차화하는 것은 등부표를 이용하여 항로 분기를 표시할 때 공간인지를 현저히 개선시켜 줄 수 있다. 저출력 통신연계 시스템을 이용할 수 있더라도, 대부분의 동기화 또는 순차화된 시스템은 GNSS신호가 중단되는 사고의 우려가 있더라도 GNSS의 시각동기 정보를 이용한다.

고속선 운항 항로에 등부표가 설치되어 주로 이용되는 경우, 대양에 설치된 등부표의 레이더 식별성을 고려해야 할 것이다. 랜비와 등선과 같은 대형 부유식 표지의 중요성은 줄어들고 있으며, 이들 대형 부유식 표지는 폐지되고 있거나 대형 등부표로 교체되고 있다.

주간에만 항로나 위험물을 표시하는 부표는 등부표로 변경하거나 폐지해야 할 것이다.

등부표를 통해 항로표지 AIS 신호를 송신하는 복합 항로표지로 상당한 이득을 얻을 수 있다. 정확한 위치 확인 및 AIS를 통하여 위치 정보를 방송하는 것은 등부표 주변의 명목상 위치와 등부표가 그 범위를 이탈하는 경우 알람을 발생하는 등으로 항해 안전을 크게 개선해준다.

#### 2.5 주표

고정된 구조물에 설치된 주표는 전통적으로 육지초인파 위험물을 인지하는데 도움을 줬다. 현대식 항법으로 인하여, 대부분의 항로표지는 가치가 감소하고 있지만, 항로를 표시 하거나 도등으로서 유용한 기능을 계속하고 있다. IALA는 IALA에서 권고하고 있는 요건을 지속적으로 충족하는 색상을 보장하기 위하여 형광색을 이용하는 것과 그 색상을 측정하는 방법 등을 포함하여 주표의 식별성 개선을 위한 방안을

연구하고 있다. 뿐만 아니라, IALA는 IALA 색도계를 준수하는 페인트 구매를 조장하기 위하여 RAL과 같은 표준기구에 IALA가 선호하는 색상을 등록하였다.

## 2.6 무신호

무신호는 더 이상 항로표지로 고려하지 않고 있으며, 위험 경고신호로만 이용될 것이다. 따라서 4해리에서 2해리로 대부분의 무신호 도달거리가 감소되었으며, 많은 경우 이용을 중단하는 것이 국제적 경향이다. 등부표 무신호는 거의 대부분 폐지되고 있다.

## 2.7 레이콘

모든 선박과 대부분의 항공기에 설치된 레이더는 필수 시스템으로 주간, 야간, 농무 시, 자신의 주변에 무엇이 있는지 볼 수 있도록 해주고, 충돌 위험성을 확인하게 해준다. 레이더에는 외부 인프라나 지역적 시계성에 관계없이 주변을 실시간으로 관측할 수 있도록 하는 필요성이 지속적으로 요구되고 있다.

레이더 트랜스폰더, 레이콘은 등대와 등부표와 같은 항해에 필요한 구조물을 표시하고, 단조로운 해안선과 교량 하부의 가항 폭, 해상 석유 시추용 플랫폼, 기타 구조물들과 산호지역과 같은 환경적으로 민감한 지역 등의 위치를 표시하는데도 사용된다. 레이콘의 특성은 ITU-R 권고서 M.824, 레이콘의 기술적 특성에서 정의하고 있다. 레이콘은 보통 9300MHz~9500MHz 해상용 레이더 주파수대(X-밴드)에서 운영되고 있으며, 대부분은 2900MHz~3100MHz의 해상용 레이더 주파수(S-밴드)에서도 운영되고 있다.

2007년, 마그네트론이 없는 극저출력 반도체를 이용하는 신기술(NT) S-밴드 레이더가 탄생하여 이용되기 시작하였다. IMO 결의 192(79)에서 2008년부터 S-밴드를 이용하는 레이콘에 관한 요건을 삭제했다. 따라서 NT레이더 성능이 크게 개선된 반면, S-밴드 레이콘에서는 더 이상 잘 작동하지 않게 되었다. 테스트에서 NT 레이더를 이용한 레이콘의 탐지 거리는 5해리를 넘지 못했다. 현재 레이콘 제조업체들은 레이더 기술의 변화에 반응하고 있지 않다. 따라서 레이더의 수요가 앞으로 지속적인 한 레이콘의 성패는 불확실하다.

레이더에서 예상되는 발전으로는 레이더 방위와 거리를 전자적으로 캡처할 수 있는 기능이 강화되고, 레이더가 이미 알고 있는 지리적 특성과 레이더 이미지를 능동적으로 비교하여 정렬할 수 있고, 이러한 기술을 이용하여 선박의 지리적 위치를 지속적으로 계산함으로써 항법시스템도 강화될 것이라는 점이다. 이는 항법시스템이 전자해도로부터 확인된 지리적 위치를 얻는 것과 레이더와 해도에 기록된 지리적 이미지가 일치하도록 유지하는 것이 필요할 것이다. 이는 레이콘의 필요성에 어떠한 영향을 줄 것인가?

## 2.8 위성항법시스템(GNSS)

13미터 이내의 정확성을 가지며, 대량생산되고 있고 양질의 신뢰할 수 있는 GPS 수신기의 보급으로 해양 항법의 기본적인 특성이 변화되었다. GNSS는 미래 해사 항법과 e-Navigation 개념의 개발 전체를 뒷받침하고 있고, GNSS를 기반으로 하고 있는 최신 시스템들은 기존의 전통적 항로표지의 진화를 매우 적절한 역할을 하고 있다.

GPS는 30개의 위성을 통해 전파항법과 시각동기의 기본 골격으로 항상 그 역할을 하고 있다. GPS는 지속적으로 발전하고 있지만, L5 민간 주파수 개조 신호를 탑재한 Block IIR-M계 위성 배치는 지연되고 있다.

Block IIF계 위성 발사도 L2 송신기의 부품 문제로 배치가 지연되고 있다. 2014년 처음으로 2기 발사를 계획하고 있는 차세대 GPS 위성인 GPS IIIA 개발 및 생산을 위한 예비 설계를 검토 중이다.

2009년 말, 두 번의 유지관리 작업으로 GLONASS 위성 17기가 가동 중이며, 2011년까지 위성을 30기로 증강 배치할 계획이다. 새로운 GLONASS 위성인 GLONASS K는 2010년 발사를 시작할 계획이며, 이 위성에는 L1 및 L5 상에 CDMA 신호가 포함될 예정이다.

GALILEO 위성은 2010년 말까지 운영할 위성 4기에 대한 발사건과 위성 플랫폼 및 탑재체 제작을 위한 장기간 소요 프로젝트에 대한 조달에 대하여 계약 체결을 완료하였다. GALILEO는 2010년 시험운영하기 시작하여 2013년까지 정상가동할 계획이지만, 대다수가 2015년 이후로 정상가동이 지연될 것으로 예상하고 있다.

중국 위성항법시스템인 Beidou/COMPASS의 주파수 계획은 아직 완성되지 않았지만, 아시아-태평양 지역에 PNT를 제공하기 위하여 향후 2년 동안 10기의 위성 발사를 완료하겠다는 발사계획은 공표하였다. 결국 위성배치는 5기의 정지궤도 위성과 30기의 중궤도 위성으로 구성할 계획이며, 10종류의 서비스를 제공할 계획인데, 그 중 5개 서비스는 개방형 서비스로 보정 없이 10미터의 정확성을 제공하고, 실시간 광역 보정서비스는 1미터의 정확성을 제공할 계획이다. 최근 2015년에 구축을 완료할 것으로 공표한바 있다.

QZSS시스템은 일본 우주항공연구개발국이 개발 중이다. QZSS는 GPS와 호환 및 상호 운용이 가능하며, 1미터 이내의 보정서비스 및 무결성 기능을 포함하여, L1, L1C, L2C 및 L5 신호를 제공할 예정이다. Galileo와 주파수 호환성 보장을 위하여 EU의 Galileo 신호 TF와 협력 회의를 개최하기도 하였으며, 중국의 Compass와 신호 호환성 보장 작업도 추진 중이다.

## 2.9 위성항법보감시스템

GNSS에는 자체가 가진 무결성 문제가 존재한다. 위성의 신호가 잘못된 정보를 제공하면, 수신기의 위치 정보에는 심각한

오류가 생길 수 있다. 보정(보강)시스템은 이러한 문제를 극복하는 무결성 경고 및 정확성 향상 서비스를 제공한다.

#### <위성기반 위성항법보강시스템(SBAS)>

우주에서의 신호특성, 항법 메시지, 성능 요건 등을 정의한 WAAS 성능 표준이 공개되었다. 항공기 접근을 위하여 제공하는 서비스인 WAAS는 수평정확도 16m, 수직 정확도 20m 정도에 6.2의 경보 간격을 제공하도록 설계되었다.

EGNOS의 인명안전서비스는 인증테스트를 진행 중이며, 2010년 본격 서비스를 계획하고 있다. EU의 '유럽 항공 단일화를 위한 규정'에 따른 EGNOS 서비스 인증테스트가 성공하면, 항공분야 및 해상분야, 기타 교통분야에서 이용하도록 추진할 계획이다. 작년 동안 우주에서 전송되는 신호를 이용 가능했으며, 안전상 중요하지 않은 이용분야에 이용되는 개방형 서비스는 2009년 10월 가용하게 되었다. 현재 레저용 선박에서 이용하도록 대량 생산된 많은 수신기로 이미 개방형 서비스를 이용할 수 있다.

일본의 MSAS는 MTSAT 위성 2기로 항공분야에서 이용할 수 있다.

Inmarsat 위성 1기와 GAGAN 위성 4기로 신호 테스트를 마친 인도의 GAGAN 시스템은 지상국 구축 추진을 시작했다.

#### <위성항법보정시스템(DGNSS)>

285kHz~325kHz(지역 1은 283.5~315 kHz)의 중파로 방송되는 IALA 전파표지인 DGNSS는 국제적으로 동의된 방법으로 DGNSS(현재는 DGPS) 보정정보와 무결성 정보를 해양 이용자들에게 제공한다. DGNSS는 일부지역에서 IALA와 ITU 주파수 조합이 필요하지만, 국제 표준으로 정의되어 있다. DGPS는 GPS 서비스 중단 또는 저하 등의 무결성 경고 메시지가 포함되어 있다. DGPS는 DGNSS로 서비스를 확장될 예정이다. 영국을 비롯하여 기타 여러나라의 항로표지 당국은 IALA에서 권고하는 대로 기존 시스템에 대한 구조개선이 필요하다. 이 서비스는 정확성 측면에서 통합적이고 비용-효율적이며, 서비스 무결성 정보를 즉시 제공하기 위하여 GPS와 Galileo의 성능 감시하는 보강시스템을 제공하기 위하여 GPS와 Galileo 보정정보를 동일하게 개발할 예정이다.

#### 2.10 Loran

비교의적 사고 또는 악의적 간섭에 대하여 취약성이 있는 것으로 알려진 GPS가 제공하는 위치 및 시각동기 정보에 대한 의존도가 매우 높다는 것은 해상분야에서 고민거리로 남아있다. GPS에 대응하는 러시아와 유럽의 GLONASS 및 Galileo는 제한적인 수준에서만 그러한 고민거리를 해소할 것이다. GPS와 Galileo가 유사한 점은 우주를 기반으로 신호를 제공하고 있다는 점이고, 그렇기 때문에 동일한 취약성을 가지고 있다. 해양용 항법은 항법정보를 제공하는 공급원을 하나에만 의존해서는 절대 안 된다는 기본원칙이 있기 때문에 대체 공급원을 이용할 수 있도록 보완시스템과 중복으로 유지하는 것이 필수이다.

e-Loran은 오랫동안 검증된 저주파의 장거리무선항법시스템

(LORAN)의 최신버전으로, 21세기 기술의 모든 장점을 이용하고 있다. e-Loran은 기존의 LORAN-C를 대체한다.

eLoran은 항공분야의 비정밀 계기접근, 해양분야의 항만진입 및 접근, 육상분야의 차량 항법 및 위치기반 서비스에 대한 정확성, 가용성, 무결성, 연속성 등의 요건을 충족시키며, 전기통신과 같은 분야의 시각동기 및 주파수 동기를 위한 정밀 정보를 제공한다. eLoran 신호는 GNSS에 전혀 의존하지 않고, 이미 확인되고, 널리 인정된 세계표준시간(UTC)에 동기화되어있다. 따라서 eLoran 서비스 공급자는 GNSS와 별개의 시각동기 관련 서비스 운영이 가능하다. 공통 시각동기 정보에 동기하는 것은 eLoran과 위성신호를 수신기에서 통합으로 수신할 수 있게 해준다.

eLoran은 GNSS에 독립적이고, 별개의 시스템으로 GNSS를 보완하므로, 위성이 불능상태일 경우라도, GNSS 이용자의 안전, 보안, 경제적 이득 등을 유지하게 해준다.

GNSS와 관련하여 확인된 문제점이 늘어가면서, 영국의 GLA는 범유럽의 지상기반 항법시스템인 LORAN에 관심을 기울이게 되었다. GLA는 영국의 Anthorn에 eLoran송신국을 설치하였다. LORAN 신호는 GNSS에 비하여 분명히 취약성이 덜하며, LORAN/GNSS 통합수신기는 이용자에게 월등한 보안성을 제공한다.

#### 2.11 AIS

AIS는 선박의 항행 및 보안상태 감시를 위한 송수신 장비로 개발되었다. AIS는 2004년부터 300톤 이상의 SOLAS 선박에 강제화하고 있다.

항로표지 AIS를 이용함으로써 항행안전이 향상될 수 있다. 항로표지 정보를 전송하는 AIS는 선교의 ECDIS에 표시될 수 있다. 항로표지의 "상태" 및 위치와 같은 추가정보를 항해자가 이용할 수 있다.

항로표지 설치자는 항로표지의 위치에 관한 실시간 정보를 포함한 항로표지의 상태를 감시할 수도 있으며, 항로표지 식별이 가능하므로 항해자에게 제공하는 기존 서비스를 보완할 수도 있다. 항로표지 AIS는 기상 및 수문 정보를 제공하기 위하여 해안 및 해상 부유식 표지들 모두를 이용하는 것도 가능하다.

물리적으로 항로표지를 설치할 수 없지만, 항로표지 물표를 ECDIS 상에 표시할 수 있는 경우, 가상 항로표지 표시를 포함하여, AIS를 항로표지로 이용할 수 있는 여러 가지 방안이 있다. AIS를 효과적으로 운용하는데 있어 기본적인 문제는 최소 키보드표시장치(MKD)이다. 이것은 문자와 숫자를 조합한 디스플레이 상에 몇가지 문자열로 AIS와 상태 정보를 제공하기 위하여 IMO에서 강제화하고 있는 해상용 AIS용 디스플레이이다. 이것은 AIS를 효과적으로 이용하는데 심각한 제약이 될 수 있으므로, 장점이 있는 ENC 형식의 디스플레이가 강제화되고, 결국 표준화 될 것이다.

AIS 통신거리는 해안국으로부터 30~50해리로 제한적이기

때문에 해상용 VHF 대역의 2개 채널을 이용한다. 전 세계 AIS 데이터를 수집 및 전파하기 위하여 위성시스템을 이용하려는 구상도 있다. 이는 전 세계 LRIT 데이터베이스 서비스 공급자 및 비용타당성에 관한 의문이 남아있는 반면 AIS와 LRIT 사이의 경계를 모호하게 만들었다.

## 2.12 ePELORUS(전자방위표시기)

IALA e-Navigation 기술위원회는 새로운 e-Navigation 시스템에 핵심 전동항해기술을 효과적으로 통합하도록 하는 AMSA와 Nautical Institute의 제안에 대하여 연구하였다. 이 제안은 독립적인 위치 결정이 가능하고, 충돌 위험을 판단 및 감시하는 항해자의 능력을 보존하는 상황 인지능력 활성화에 도움이 될 것이다.

나침반은 해상 항법과 충돌 방지의 기본적인 수단으로 오래전부터 이용되어 왔다. 최근에는 전자 디스플레이 상에 관측한 방위를 옮기는 것이 어렵기 때문에 나침반 이용이 줄어들고 있는 경향이 있다. 뿐만 아니라 GNSS를 이용한 전자적 위치 확인기술에 대한 전반적인 광신으로 육안으로 방위를 확인하는 방법에 대한 의존은 줄어들게 되었다. 따라서 항해자는 능동적으로 선박의 안전항해 감시 과정에서 약간 배제되는 결과로 이어졌으며, 그에 따라 상황 인식능력의 약화와 좌초 및 충돌 등의 사고로 바로 이어질 수 있게 되었다.

"전자방위표시기"는 전자적으로 획득한 방위를 통해 고정 물체와 비고정물체의 방위를 측정하는데 있어 선박의 기존 나침반의 기능을 강화시켜주며, 전자항법시스템에서 자동으로 그 위치를 기록하는데 이용된다. 이 장치는 항로표지라기 보다는 선박용 항행보조장치이지만, 등대와 같이 이미 알고 있는 지점에 대한 데이터베이스가 장치의 기능을 매우 크게 향상시켜줄 것이다.

## 2.13 VTS

VTS는 레이더, AIS, 방향탐지기, CCTV, VHF 및 기타 시스템 또는 서비스를 상호 운용하는 것과 같은 앞선 탐지 장치를 이용하여 해상교통 이미지를 재생한다. 현대의 VTS는 해상교통 관리 및 통신을 효과적으로 하고, 편리하게 이용할 수 있도록 하기 위하여 단일 운영환경에 모든 정보를 통합한다. 해상교통 이미지를 이용함으로써, 진행되는 상황을 판단하고 대응할 수 있다. 데이터 판단은 데이터의 품질에 따라 크게 좌우된다. VTS와 선박 간 통신은 주로 VHF 음성 통신을 통한다.

VTS는 현대 선박운항의 실정에 대처하기 위하여 전 세계 500여 곳에 설치되어 있다. 항내 크고 작은 선박과 교통정체, 위해 화물 및 환경파괴의 가능성 등에는 위험을 줄이기 위한 정교한 방안이 필요하다. 그러한 시스템들은 항만 내, 통합분리지역, 특별히 중요한 연안해역, 내륙수로 등에서 이용된다.

전 세계 VTS 당국의 요구에 부응하고, 일정한 운영을 위하여, IALA는 VTS 요원 교육훈련에 관한 권고, 지침, 표준코스 등을 취합한 매뉴얼을 제공하고 있다. 이 매뉴얼의 목적은 VTS 요원의 교육훈련과 관련한 모든 IALA 문서들을 단일로 발행하고, 효과적인 교육훈련계획, 국가 내 교육훈련 시행이 가능하기 위한 통합방안 등을 설명하는데 목적이 있다.

해사보안과 관련한 사항을 포함한 요소들과 통합된 AIS와 LRIT의 출현으로, 해상교통의 효율 증대 및 기술 발전이 가능하게 되었다. VTS 당국 외 해안 관련 기관들도 선박과 상호작용을 원하고 있다. 따라서 VTS의 기존 역할보다 더 높은 수준에서 VTM의 개념으로 발전하게 되었다.

IALA VTS 매뉴얼에서 설명하고 있는 대로, VTM은 항로, 선박, 화물 등의 안전, 보안, 효율 등을 개선하고, 해양환경 보호를 보장하는 목적의 서비스 정보를 이용하여 전 세계 해상활동을 수집하는 것으로 설명할 수 있다. 이러한 면에서 VTM은 중심 당국의 역할을 하는 VTS로 볼 수 있을 것이며, AIS, LRIT, 범집행, 수색 및 구조(SAR) 등과 같은 기타 활동도 포함할 것이다. IALA는 향후 작업내용에 이러한 개념을 검토할 예정이다.

해사 안전 및 보안은 글로벌적 해결책이 필요한 전 세계 공통적 문제이다. AIS는 VTM에 필요한 풍부한 데이터를 공급하지만, 국가당국에서만 이용할 수 있다. IALA는 회원국과 당국을 위한 자발적 AIS 데이터 교환체계(IALA-NET)를 설치 하였다. 이 서비스는 2010년 중반까지 시험 운영되다가, 결정이 내려지면 향후 영구적으로 서비스를 제공할 예정이다. IALA-NET은 통계를 목적으로 AIS 데이터 저장 가능한 인터넷을 통하여 실시간으로 AIS 데이터를 교환하는 서비스이다. 이 서비스는 자국의 AIS 데이터를 제공하는 국가 당국에만 개방된 범 세계적 서비스이며, 안전, 보안, 해양환경 보호 및 항행 효율 등과 관련한 자신의 의무를 충족하고자 하는 당국을 지원하는데 목적이 있다.

## 2.14 인적 요소

e-Navigation의 출현으로, 인간의 실수와 작업부담을 줄이고자 전자적으로 통합하여 이용하는 정도가 크게 증가한 경우, 항법 시스템과의 연계를 유지하여, 항법시스템의 비정상 또는 오류를 즉시 탐지 가능하고, 바람직한 의사결정을 하기 위한 높은 상황 인지 능력 제공에 필요한 수단 및 방안을 항해자가 갖는 것이 가장 기본적인 것이다.

GNSS는 최소한 향후 10년간은 부두에서 부두까지 항해를 위한 위치 정보를 제공하는 1차적인 전파항법시스템으로 유지될 것으로 보이며, e-Navigation 도입으로 선박 운항 방식이 한층 변화가 생길 것으로 보인다. e-Navigation 도입의 일부로, e-Navigation 구성요소의 핵심요소(예: GNSS)가 고장 또는 불능일 경우, 어떤 상황이 벌어질지 알고 있는 것이 필요하다. 이러한 것의 일부인 안전, 법적책임, 해상 교육훈련, 주의 의무 등과 같은 인적요소 또한 중요하며, 기술보다 궁극적인 목적이며, 전략이다.

이 전략은 선원을 위한 해상 실습 및 훈련 요건과 관련한 사항을 고려하고 있다. 발달된 신기술을 과신한 나머지 기존의 항해술은 때때로 이러한 신기술에 자리를 내주는 경우도 있다. 항로표지 이용자 의견을 조사한 결과, 이용자들은 균형 있는 항로표지 체계에서 등대, 등부표, 무인항로표지 등이 계속해서 그 역할을 지속하기를 원하고 있다. 그럼에도 불구하고 전자적 항법이 계속해서 확장되기 때문에 기존의 재래식 항해술 및 교육훈련 방식은 축소되고 있음은 상당히 우려스럽다.

항로표지 설치 측면에서, 항로표지 서비스를 성공적으로 제공하는 것은 항로표지 운영 및 유지관리 요원의 자격 및 경험에 달려있다. 이는 IALA가 항로표지 그 자체에 대한 국제표준을 정의할 뿐만 아니라 설치 및 유지관리 요원에 관한 국제표준도 정의해야 함을 의미하는 것이다. IALA는 항로표지 요원에 대한 교육훈련 요건 및 자격을 정리하고 있는 권고서를 개발 중이다. 이 권고서는 국제적으로 동의된 표준 방법, 실습 및 전문화 기준 등을 명확히 할 것이다.

기존의 해도는 이미 널리 이용 및 이해될 수 있으며, 간단히 변경 또는 지시사항을 찾아낼 수 있다. 전자적 시스템에서 이용 가능한 사항들의 범위가 넓기 때문에, 여러 다양한 이용자들이 다양한 항해용 디스플레이를 널리 이용할 수 있다.

Nautical Institute는 S-모드 버튼을 눌러서 언제나 디스플레이와 제어판을 리셋할 수 있는 선교용 레이더/ECDIS 디스플레이인 S-모드 개념을 제안하였다. 이 개념은 이용자나 제조자 모두 쉽게 이해할 수 있는 표준 설정으로 디스플레이와 제어판을 재설정할 것이다.

### 3. 광파표지의 역할

#### 3.1 “우리는 현재 거기에 있는가?”

e-Navigation 시대에서 광파표지의 역할과 관련한 이와 같은 질문에 대한 답을 제시하기 위하여, 우리가 어떻게 여기까지 왔으며, 그동안 무슨 일이 있어났으며, 향후 우리는 어디로 가야 하는지에 대해 고려하는 것이 중요하다.

#### 3.2 “우리가 어떻게 여기에 왔는가?”

영국의 경우, 해안 주변 등대 네트워크는 항해자가 영국 해역으로 진입할 때, 3개의 육지 초인을 볼 수 있도록 개발되었다. 등부표는 난파물, 노출암, 얕은 수심 등과 같은 위험을 표시한다. 레이더를 도입했을 때, 그 물표를 강화하기 위하여 등부표에 레이더 반사기를 추가하였다(이것은 e-Navigation을 향한 첫 걸음이었던 것으로 보인다).

#### 3.3 “그동안 무슨 일이 있었는가?”

GPS의 출현으로 전자항법이 발전되는 동안, 광파표지도 발전되었다. 소모 전력이 적고 장기간 지속되는 고효율 장수명으로 등명기 기술이 개선되었다. 이로 인해 등대는 자동화되면서,

19세기 후반 모든 등대는 무인화 및 자동화되었다. 현재 영국과 아일랜드 해안 주변의 모든 등대는 3개 센터에서 감시되고 있다. GPS 보정 정보 송신국으로 등대를 이용하면서, GPS 성능이 향상되고, 보정네트워크 가용성과 신뢰성도 향상되었다.

GNSS가 위치 확인에 가장 기본적으로 사용되고 있지만, 대형화 및 고속화되는 선박의 수가 증가하면서, 위치를 육안으로 확인하고 공간인지를 위하여 시인성이 강한 단거리 항로표지의 필요성도 증가하고 있음이 확인되었다. 항로 경계 표시, 통항분리지역 표시, 점점 증가하고 있는 해상풍력발전시설 등과 같은 연안 발전시설 표시 등에 최근 10년간 등부표의 역할이 확대되었다. 이로 인하여 국제항로표지협회(IALA)는 현재 지난 25년간 이용해온 해상부표식(MBS)을 재검토 중이다. 기존 MBS가 시간이 지났어도 충분히 이용할 수 있음이 일반적인 여론임을 여태까지 확인되었지만, 최신 전자기술에 의한 정보를 통합하고, 성능(색, 거리, 등질)을 보다 잘 정의하는 것이 안전항해에 이득이 될 것이다. 이는 e-Navigation의 개념을 분명히 뒷받침하는 것이다. 큰 변화가 필요 없더라도, 긴급침전 표지나 동기점멸 및 순차점멸 등을 이용하는 것은 분명히 환영 받을 일일 것이다.

#### 3.4 “향후 우리는 어디로 가야 하는가?”

##### <동기 및 순차 점멸>

동기 및 순차 점멸이 사용된다면, 설계와 관련하여 해결해야 하는 조건이 여러 가지가 있다. 이로 인하여, 영국 GLA R&RNAV센터는 관측시험을 실시했다. 관측시험의 목적은 두 가지이다. 첫 번째는 동기화된 등명기 사이의 최소 분리각을 확인하여, 항해자가 신호를 오인하지 않도록 하는 것이고, 두 번째는 최대 시간차를 설정하여, 동기화된 지연시간에서 등명기가 동기상태 유지를 확인하는 것이었다. 11명이 관측 시험에 참여했다. 해질 무렵 설치지역으로부터 5.48km 떨어진 곳에서 관측시험이 시작되었다. 등색(홍색 및 녹색)은 서로 마주보고, 모든 관측자가 분명히 두 등을 구분할 수 있을 때까지 0.5간격으로 이동했다. 동기화된 두 등명기 사이의 최소 분리각은 0.5이어야 하는 것으로 시험결과가 나왔다. 시험의 두 번째는 최대 분리(지연) 시간을 측정하는 것이었다. 이 시험은 관측자들이 등명기가 비동기화될 때까지 10ms 간격으로 등명기 중 하나를 지연시키는 것이었다. 50ms 차이가 생긴 다음에야 등명기가 비동기화된 것이 확인되었다. 이 시험으로, 동기화된 등명기에 필요한 기본적인 상세 조건을 마련하는데 이용할 수 있게 되었다. 순차점멸의 성능을 평가하기 위한 추가 시험을 개최할 예정이다.

##### <정보시스템으로서 항로표지>

전자적인 정보가 풍부해짐으로써, 우리는 현재 그 정보를 감시를 통해 우리가 이용할 수 있고, 그렇게 해서 이용자에게 정보를 제공하는 것이 타당한 것으로 보고 있다. 그러한 정보를 표시하는 방법과 그 정보를 어떻게 전송하는가는 별개의

문제이지만, 정보 그 자체는 쉽게 교환이 가능한 형식이 되어야 한다. 확장성 생성언어(Extensible Markup Language, XML)는 현재 정보를 교환하는데 채택된 표준으로 인터넷 접속을 위한 일반적인 수단이다.

항로표지에서 제공된 정보는 정적 또는 동적 정보가 될 수 있다. 두 경우 모두, 데이터 교환을 위한 형식을 표준화하는데 장점이 있다. 정적 및 동적 항로표지 데이터에 대한 표준 교환 형식을 만들어내는 것은 현재 기술적으로 어려운 것은 아니지만, 국제기구에서 승인한 메시지 형식을 통하여 국제 공통이 되어야 가능하다. IALA 회원국이 항로표지 설치에 관한 책임이 있는 해사 당국이므로, IALA가 적절한 국제기구이다. IALA를 통하여 수렴을 거친 후 IMO나 ITU와 같은 기구에서 추가 승인을 얻으면 된다.

정적 데이터 도입을 위한 방법으로 DGPS 데이터를 간편히 형식(XML)변환하여 웹사이트(IALA)에 게재하는 것을 들 수 있다. 향후, 이용자들은 그러한 정보를 통합항법시스템 데이터베이스를 통하여 직접 다운로드 받을 수 있을 것이다. XML은 정보교환을 위하여 채택되고 있는 표준형식으로, 인터넷 접속을 위한 보편적인 수단이다. 유럽의 해상교통에 대한 AIS 정보 교환을 위한 SafeSeaNet 프로젝트에 이 형식을 도입하였다. 국제적으로 동의된 표준이기 때문에, 다른 언어에서 변환프로그램을 이용하거나 즉시 실행할 수 있다. 동적 데이터 취급의 예로는 등부표의 위치를 들 수 있다. 등부표 위치는 GPS로 확인되거나, AIS 정보의 일부로 취급되거나 또는 전용 감시시스템에서 확인되기도 한다. 이 정보는 이용자가 이용 가능하기 때문에 등부표 위치를 전자해도 상에서 확인이 가능하다. 이용자가 AIS 이용이 가능한 디스플레이나 표준 메시지(예: IEC 61162에 요약 정의된 TCP/IP) 처리를 위한 해도시스템을 가지고 있다면, 이 정보 이용을 위하여 이용자가 별도의 조치를 취할 필요가 없다. 항로표지 데이터 교환을 위한 형식 및 프로토콜 선택 시, AIS와 선박탐재 디스플레이의 발전을 고려할 필요가 있다.

## 5. 결 론

상업용 선박과 레저용 선박 모두 GNSS를 이용하여 위치를 확인하는 것을 당연시 하고 있다. 그러나 GNSS의 취약성으로 인하여 백업시스템의 필요성이 강조되고 있다.

난파물, 모래톱 및 기타 위험물 등을 물리적으로 명확하게 표시하고, 공간인식에 가장 필수적이며, 위성항법시스템에 대한 육상기반 백업시스템이 필요하기 때문에 레이더와 기존의 재래식 광파표지는 계속해서 필요할 것이다.

항행안전성을 향상시키고, 항해자의 작업부담을 덜어주는 동시에 업무에 대한 집중을 유지하기 위하여 기존의 재래식 항로표지와 항행 기술을 전자적 시스템과 조합하는 기회가 있다.

기존의 재래식 항로표지의 범위가 줄어들 수 있고, 특정

해역에서는 그 수가 줄어들 수 있지만, 해상 안전 및 보안과 해양환경 보호를 위하여 가까운 미래에 분명한 역할을 지속적으로 수행할 것이다. e-Navigation 시대조차도 재래식 항해훈련뿐만 아니라 등대, 등부표 및 기타 재래식 항로표지의 필요성은 복합 항로표지의 강력한 구성요소로서 유지될 것이다. 항해자와 항로표지 공급자는 항법시스템과 관계를 유지하기 위한 장비, 절차, 교육훈련 등을 가지고, 항법시스템에 기능 이상이 있거나 고장이 발생하면 즉시 인지하여 올바른 의사 결정을 내리도록 높은 수준의 상황 인지능력을 제공하는 것이 가장 중요하다.

IALA는 e-Navigation을 “해상 안전 및 보안, 해양환경 보호 등을 위하여 부두에서 부두까지 항해 및 관련 서비스 강화에 있어서 전자적 수단을 통해 해상과 해안의 해사 정보를 조화롭게 수집, 통합, 교환, 표시 및 분석하는 것...”으로 정의했다. 물리적 정보와 전자적 정보 사이의 균형은 e-Navigation의 성공을 결정해줄 것이며, 향후 그 균형에 대한 방법은 변화되겠지만, 정보 제공이 항로표지의 가장 기본적인 목적이며, 그러한 정보를 가능한 한 신뢰할 수 있고, 가능한 한 빨리 제공하는 것이 광파표지의 가장 기본적인 목표이다. e-Navigation의 개념은 이러한 정보를 효과적으로 표현하는 것과 관련이 있으며, 광파표지가 이러한 개념의 기본 골격을 이루고 있다.

## 참 고 문 헌

- [1] IALA Guideline 1069(2009), "Synchronisation of Lights", IALA-AISM
- [2] Seamus Doyle(2010), "Evolution of Traditional Aids to Navigation in an e-Navigation World", IALA Conference 2010
- [3] Malcolm Nicholson(2010), "e-Navigation - The role of visual aids to navigation", IALA Conference 2010