

선박 안전항행을 위한 항로표지의 위치오차 분석

A Study on the Position Error of the Aids to Navigation as a Safety Factor at Sea

권혁동*, 김웅규*, 이주형*, 박계각**

Hyuk-Dong Kwon*, Woong-Gyu Kim*, Joo-Hyung Lee*, and Gyei-Kark Park**

요 약

항로표지는 해상에서의 인명과 재산의 안전을 확보하기 위하여 매우 중요한 항행지원시설이다. 하지만 이 시설을 설계하고 설치 및 관리 그리고 이용하는 과정에서 매체별 또는 관리주체별로 서로 상이한 위치정보를 포함하고 있다. 항로표지의 위치신뢰도에 가장 영향을 미치는 요인으로서 조류의 방향과 수심의 함수가 생성하는 선회반경이 있고, 위치측정의 주요 수단인 수평육분의 및 dGPS로 인한 시점별 변수가 있다. 본 논문은 이러한 잠재오차를 수치적으로 해석하고, 요인별 영향력과 감소방안을 제시하였다.

Abstract

Aids to Navigation is one of the most important facility for safety at sea. However, in terms of position there always exists discrepancy in inventory by media and/or organizational body who maintains the facility which may result in incredibility for navigator's position fixing or hazard avoidance. This paper suggests two major factors as the causes of the position error when they design, install and survey the aids to navigation. One is the function of direction of tide and water depth which makes swinging circle. The other is a variable value by time resulting from multiple coordination of satellites in contact. This paper aims to minimize inaccuracy by verifying its reason through numerical analysis over inherent position error.

Key words : Aids to Navigation, Position reliability, Horizontal sextant angle, GPS, dGPS, Buoy positioning, HDOP, 2DRMS

I. 서 론

해상에서의 항행 안전을 확보하기 위해서는 선박 종사자의 자질향상, 항해통신장비의 첨단지능화 및 항행지원시설의 적정 유지가 중요하다. 1974년 “해상에서의 인명의 안전을 위한 국제협약”(SOLAS)은 이 세 가지 요소를 향상시키기 위한 세부적인 규정과 권

고로 이루어져 있다. 이 중 항해사 등의 인적과실을 최소화하는 것이 중요한 요소이며 실제로 막중한 책임과 의무를 규정하고 있다. 또한 선주들로 하여금 선박항해통신장비에 대한 각종 투자를 유인하기 위해 첨단 지능화된 장비를 발굴하고 표준화하여 탑재토록 강제 및 권고하고 있다. 하지만 아무리 항해사를 훈련하고, 장비를 현대화한다 하더라도 해상 환경

* 목포해양대학교 대학원(Mokpo National Maritime University)

** 목포해양대학교 해상운송시스템학부(Division of Maritime Transportation, Mokpo National Maritime University)

· 제1저자 (First Author) : 권혁동

· 접수일자 : 2006년 7월 3일

을 개선 유지하지 못하면 그 효과를 기대할 수 없을 뿐만 아니라 오히려 지나친 신뢰로 인한 역반응도 피할 수 없다. 본 논문에서는 항로표지를 중심으로 항해지원시설의 역할을 극대화 하는데 초점을 맞추고자 한다.

항로표지란, 등광, 형상, 색채, 음향, 전파 등의 수단에 의하여 항, 만, 해협, 기타 내수 영역 및 영해, 배타적 경제수역을 항행하는 선박의 안전항행 지표로 하기 위한 등대, 등표, 입표, 부표, 무신호소, 무선방위신호소 등의 시설을 말한다[1],[2].

본 논문에서는 관리기관이나 수단에 의해 오차가 발생하는 등부표를 대상으로 오차발생 원인 해석 및 요인별 오차 감소방안을 제시하고자 한다.

구체적인 연구방법으로는, 우선 등부표를 중심으로 하는 항로표지와 관련된 해양사고 및 선박항해통신장비 도입에 따른 위치정보 잠재오차 현황을 분석한다.

다음 단계로, 항로표지 위치오차 원인 및 조류와 수심에 따른 물리적 오차를 해석하고자 한다. 다음에 육분의(Sextant)에 의한 항로표지 부설 위치의 오차 및 GPS의 잠재적 오차에 대하여 분석한 후, 오차를 최소화하는 방안을 제시하고자 한다.

II. 해양사고와 항로표지 위치 오차

2-1 위치오차 관련 해양사고 사례 분석

우리나라 선박에 대하여 1999년부터 2003년까지 발생한 해상에서의 충돌 사건 중 항내와 평수구역을 포함한 영해 내에서의 사고 비율이 81%에 이른다. 또한 74.2% 이상의 사고가 선박의 조종과 관련하여 발생하였다[3]. 물론 재결의 80% 이상이 선박종사자의 운항 상의 과실로 판결되었지만, 항로표지시설의 적절한 선정과 배치, 적기의 고지 및 정확하고 지속적인 유지 관리가 있었더라면 인적 과실을 최소화할 수 있는 측면이 많았으리라고 본다. 2003년 2월 4일 여수 앞바다에서의 A호의 좌초사건을 예로 들자면 이 사건은 선장의 선위확인의 소홀로 인하여 항로 이탈 후 저수심대로 진입함으로써 발생한 것으로 판결되었지만, 근본적인 원인은 양암 등부표의 위치가 부

정확함에도 불구하고 육안으로만 확인한 채 예정항로보다 조금 이른 지점에서 변침하여서 발생하였다. 이 외에도 여러 건의 사고들이 명백한 선체의 결함이나 운항자의 치명적인 과실을 제하고는 대부분 복합적인 원인에 의해 발생되었으나 결국 최종의 책임은 운항자가 짊어진다. 당위론적인 판결이 내려지고 있는 실정이다. 선박운항자의 자질을 향상하는 제도적인 노력은 계속되어야 하겠으나, 이들이 보다 안심하고 신뢰할 수 있는 해상 운항 환경을 구축하도록 항로표지시설 등의 항해원조시설의 신뢰성을 높이는 것도 매우 중요하다.

2003년 4월의 어선 B호 사건처럼 레이더와 GPS Plotter가 있음에도 불구하고 오로지 어군탐지기로 수십만 확인하며 항해하다 결국 암초에 부딪혀 좌초하는 불운한 사건이 발생하지 않도록 항해지원시설의 신뢰도를 제고할 필요가 있다[3].

2-2 항해장비에 의한 위치오차 분석

국제해사기구(IMO)에서는 2008년부터 2010년까지 선종별로 단계적으로 전자해도(ENC)의 사용을 강제하기 위해 NAV(해상안전위원회)회의 의제로 상정해 놓은 상태이다. 각국 수로국이 측량하고 생산한 국제표준(IHO S-57)의 전자해도는 ECDIS(전자해도 정보시스템)의 기본 맵으로서 향후 종이해도를 대체할 통합항해장비의 중심매체로 역할을 할 것으로 확실시된다. 해도와 수로정보의 도식뿐만 아니라 위성항법수신장치(GPS/dGPS)로부터의 위치정보, 레이더로부터의 주변 물표정보 및 AIS(선박자동식별장치)로부터의 타선정보까지 전자해도에 중첩시킴으로서 모를지기 ECDIS는 첨단지능형 항해장비의 중심에 서게 되었다. RADAR/ARPA와 AIS는 국제규정에 의거, 국제항행에 종사하는 선박에는 이미 보편화된 장비이며, AIS도 2004년7월 이래 모든 SOLAS선박에 탑재되어 운용중이다. 이러한 첨단장비들을 단일의 플랫폼에서 통합, 운영할 수 있는 기반을 갖춘 것이 전자해도이다.

그러나 전자해도위에 레이더 신호를 중첩시켜서 육지와 섬, 항로표지 및 주변 선박을 해도 상에 올려놓음으로써 즉각적이고 지속적인 항해가 가능한 반

면, 현실적으로는 해도상의 물표와 레이다가 수신한 물표의 위치가 불일치하는 경우가 자주 발생하여 오히려 항해자에게 혼란을 주고 이에 따른 또 다른 불신을 초래하게 되었다. 종이해도위에서는 간과하였거나 허용할 수 있었던 이러한 오차는 이제 디지털화된 항해환경에 노출됨으로써 해결되어야 할 과제가 된 것이다.

오차의 실례로, 그림 1과 같이 부산해역을 운항하는 선박에서 전자해도에 표시된 항로표지와 레이다에서 수신한 표지가 별개의 물표로 ECDIS 화면에 나타남을 확인할 수 있다.

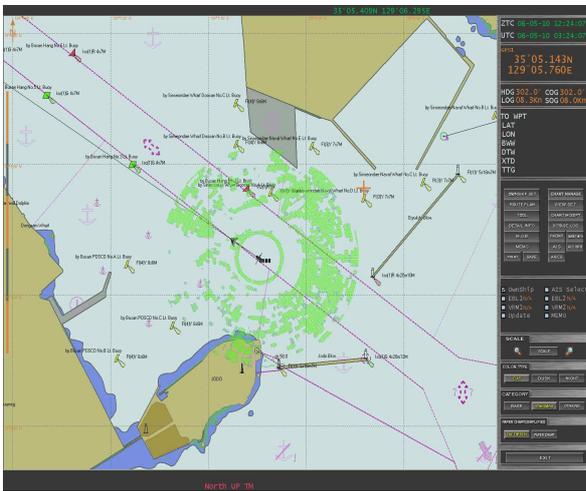


그림 1. 전자해도상의 항로표지 위치오차 실례
Fig. 1. A position error of a buoy on ECDIS.

레이다의 설치 위치와 전파강도 및 해상 환경에 따라 물표 수신 위치 및 화면 도식 범위가 달라질 수 있으나 이러한 오차를 감안한다고 하더라도 제거할 수 없는 항로표지 자체의 근본적인 위치 오차가 존재한다. 본 논문에서는 이러한 오차를 수치적으로 해석하고 그 원인을 분석하여 오차 해소 가능성을 분류하고 분석하고자 한다.

한편, 해양수산부에서는 향후 AIS기반의 항로표지 집약관리시스템을 개발하고 운영함으로써 국내 연안의 모든 항로표지도 육상센터뿐 아니라 통항선박에서도 전자해도위에 도식함으로써, 주위 선박과 함께 항로표지도 모니터링할 수 있는 기반을 마련하려는 정책을 수행중이다. 즉 항로표지에 대한 레이다 물표 신호에 더하여 AIS신호까지 전자해도에 표시되고,

동일한 표지에 대한 레이다 물표, 해도 도식 및 AIS 물표의 세 가지 표시들이 각자 다른 위치라면 항해사에게는 상당한 혼란을 끼칠 수 있는 상황이 전개될 것으로 본다. 본 논문에서는, 이러한 상황이 초래될 가능성을 제시하고 이를 분석하고자 한다.

III. 항로표지의 위치오차 분석

3-1 위치오차 원인 분석

1) 항로표지시설의 관리적 요인

항로표지시설의 위치와 속성에 관한 정보는 주로 다음의 자료나 시스템에 표시되어 관리하거나 사용한다.

- 등부표 기본/실시설계서
- 등대표 등의 수로서지
- 해도 (종이해도 및 전자해도)
- 항행통보
- 항로표지현황(표지과)
- 항로표지집약관리시스템

항로표지를 설계하고, 설치하며, 측량 및 측정하고, 항행을 위해 관측하는 과정에서 이와 같이 다양한 매체를 통해 표시 또는 관리됨으로써 구조적이고 인적인 오차를 피할 수 없으며, 실제로 상기의 자료와 시스템 간에는 상당한 오차와 상이점을 발견할 수 있다. 이로 인해 정보제공 기관 내 부서간의 정보의 차이가 있고, 제공자와 사용자간에도 차이가 발생하고 있다[4]-[6].

이와 같이 관리적 오차가 발생하는 요인을 정리하면 다음과 같다.

- 설계시 사용하는 해도나 수로서지의 축척, 데이터 및 좌표 표기법, 상대 물표의 정확도, 사용속련도의 차이
- 부서간의 정보 교환의 차이 (예를 들면 해양조사원과 항로표지과 간의 정보교환의 신속성, 정확성, 즉시성)
- 정보의 update (해도의 보정, 현황표의 수정, 항행통보의 개정 등)

- d. 관리 주체 및 수단의 차이 (조사선, 측량선, 표지선)
- e. 항로표지의 설치 시 발생하는 오차

상기의 원인중 a 항부터 d 항까지는 사후 처리를 통하여 관리가 가능한 오차이나, e항의 경우에는 항로표지를 이미 설치한 후에는 재설치하는 데에 많은 손실이 따르므로 매우 신중을 요하는 요인이다.

2) 항로표지 위치 측정의 기술적 요인

종이해도와 수로서지 및 항로표지 현황표 등을 기반으로 항로표지시설을 관리할 때에는 등부표의 위치가 매체별 또는 시점별로 다르더라도 인지할 수 없거나, 인지하더라도 업무에 크게 영향을 끼치지 않을 경우에는 무시하거나, 사안의 중대성에 따라 사후 처리함으로써 표지시설관리에 있어서 크고 작은 비용을 필요로 하였다. 이를 최소화하기 위해 항로표지에 dGPS수신기를 설치하여 실시간으로 관리하고자 하는 것이 그림 2와 같은 항로표지집약관리시스템이다[7].

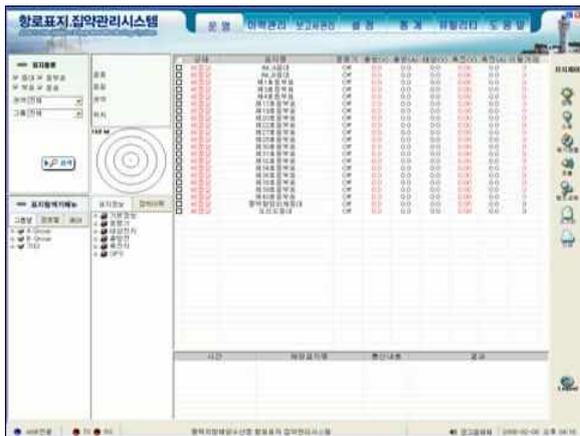


그림 2. 평택항 항로표지 집약관리 시스템
Fig. 2. Integrated management system of the aids to navigation system in Pyoungtaek port.

이 시스템을 이용하여 항로표지의 위치를 실시간으로 모니터링하고, 만일 해당 표지가 허용 범위를 벗어나면 경보를 발생하여, 유실을 방지함으로써 항행의 안전을 꾀할 수 있다.

항로표지집약관리시스템에서 그림 3과 같이 표시되는 항로표지의 위치는 항상 원위치에 있지 않고 수

시로 변하므로, 항로표지별로 반경을 지정하여, 실시간으로 이탈 여부를 감시하는 기능을 가지고 있다.

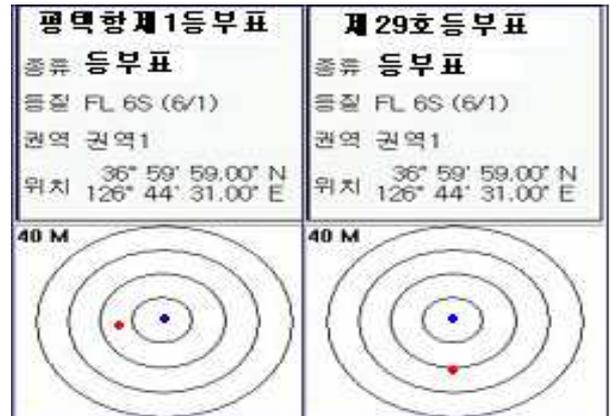


그림 3. 등부표 실시간 위치 모니터링
Fig. 3. Real time monitoring of a buoy.

3-2 수심과 조류에 의한 물리적 오차 해석

항로표지는 추침을 축으로 하여 그림 4와 같이 수심과 조류의 방향에 따라 조석간만의 차만큼 선회한다. 즉 표지가 선회할 수 있는 계류선의 이동원의 선회반경은 계류선의 길이와 표지가 놓인 지점의 수심에 의해 결정된다.

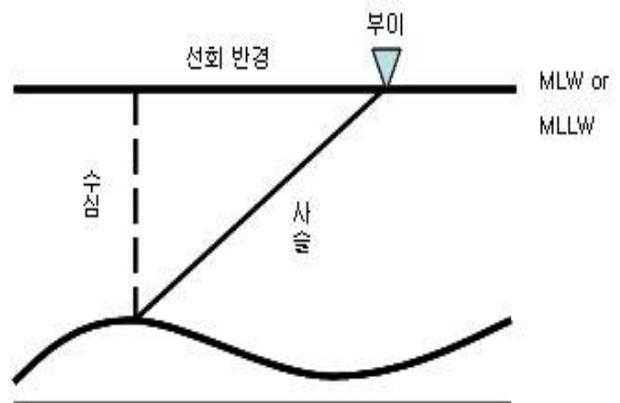


그림 4. 항로표지의 선회
Fig. 4. Turning circle of a buoy.

이 선회반경은 수심에 따라 변한다. 따라서 표지의 정확도를 분류할 때, 항상 해도 데이텀의 평균저점(MLW: Mean Low Water) 또는 평균저저점(MLLW: Mean Low Low Water)을 기점으로 선회반경을 계산한다. 이렇게 함으로써 최대도 가능한 선회 반경이 산출된다. 선회반경은 식 (1)과 같이 사슬의 길이의

제공에서 수심의 제공을 뺀 값의 제곱근으로 표현할 수 있다.

$$\text{선회반경} = \sqrt{(\text{사슬의길이})^2 - (\text{수심})^2} \quad (1)$$

이것은 표지를 아무리 정확한 위치에 투하하여 설치하였다 하더라도, 조석간만의 차와 방향이 극단적인 경우에 최저수심을 이룰 때에는 선회반경의 차만큼의 관측 오차가 발생할 수 있음을 보여준다.

예를 들어 최저 수심이 7 m인 지점에 사슬의 길이가 9 m인 표지를 설치하였을 경우에 식 (1)을 이용하여 선회반경을 다음과 같이 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \text{선회반경} &= \\ &= \sqrt{81 - 49} \\ &= \sqrt{32} \\ &\approx 5.7 \end{aligned}$$

즉, 최대 5.7 m의 관측 초차가 발생할 수 있음을 확인 할 수 있다.

3-3 육분의를 이용한 설표 위치의 오차 해석

1) 수평 협각법에 의한 설표 위치 측정

수평 협각법은 그림 5와 같이 dGPS가 상용화하기 되기 전까지 주로 활용된 항로표지의 설표 위치 측정 방법이다.

수평육분의각(Horizontal Sextant Angles)에 의해 설표 위치를 측정하는 방법은 3개의 물표를 선정하고 육분의를 정확하게 수평으로 쥘 다음, 중앙에 있는 물표와 좌우 각각의 물표 사이의 협각을 측정하고, 삼각 분도기(Three arm protractor)를 이용하여 이들 두 각을 품는 원둘레의 만난 점을 선위로 정하는 것이다. 삼각 분도기가 없으면 투사지(Tracing paper)를 이용하여 여기에 적당한 직선을 그어 기선으로 하고 그 양 쪽에 보통 분도기로 측정한 두 각을 끼는 두 직선을 긋는다. 이들 세 직선이 관측한 세 목표물 동시에 지나도록 하면 세 직선의 교점이 관측시의 선위가 된다. 투사지를 해도 위에 놓고 디바이더 등을 이용하여 교점을 눌러주면 해도상에 선위를 표시할 수 있게 된다.

수평 협각법은 그림 4와 같이 ① 컴퍼스를 사용하

지 않고 육분의만을 사용하기 때문에 측정 위치가 정확하고, ② 물표가 선박의 연통, 마스트 등의 장애물에 가려 보이지 않을 때에는 자리를 옮겨 측정할 수 있으며, ③ 자차의 영향과 무관하기 때문에 항로표지를 설치할 때에 주로 사용하던 방법이다.

2) 수평육분의각에 의한 설표 측위 오차

측량용 육분의를 이용하여 등부표의 설치를 위한 위치를 측정할 때는 다음과 같은 문제점이 있다.

① 수평 협각의 측정 및 선위의 결정에 다소 시간이 걸린다.

② 목표의 위치가 부정확하거나 시야가 불명확할 경우 선위의 정밀도를 파악하기가 곤란하다.

③ 반드시 3개의 물표가 있어야 한다.

특히 세 물표의 위치가 거의 평행선상에 있어서 협각이 지나치게 작거나 또는 클 경우 물표와의 거리를 측정하여 선위에 포함하지 않으면 설표 위치를 산정하기 곤란하다. 또한 다른 두 물표에 비해 고도가 높은 물표가 존재할 때에는 별도의 기울기 보정을 해주어야 한다.

설표 예정 위치가 수평육분의각 기법에 적합하지 않은 지리적인 제약을 갖고 있을 경우에, 이로 인한 부득이한 오차로 인하여 등부표를 정확한 위치에 투하하지 못 하는 경우가 많았으나, 최근에는 GPS 등 위성항법의 발달로 인하여 보다 정확한 설표가 가능하게 되었다. 따라서 육분의를 이용한 설표는 이러한 위성항법의 정확도를 확보할 수 없는 구조적인 취약 지점에 한해 보완적으로 사용하고 있다. 과거 위성항법이 도입되지 않던 시절에 설치된 항로표지에 대해서는 표지정비선의 정기적인 관측을 통해 재 측정하여 이를 해도와 등대표에 반영하였고, 항행통지 등의 방법으로 재고지하여 지금은 현실적으로 우리나라에서 운영하는 거의 대부분의 항로표지는 dGPS에 의한 위치확인이 되어있는 상태이므로, 육분의를 이용한 설표 위치의 오차는 무시할 수 있다[2].

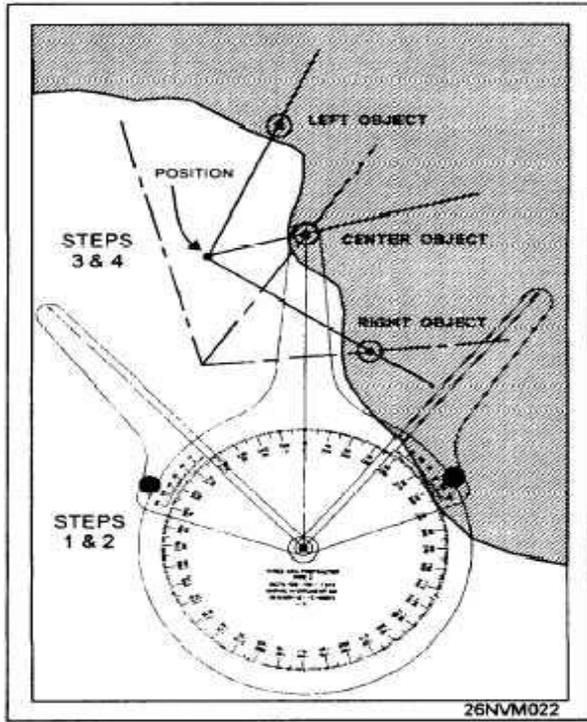


그림 5. 수평협각법에 의한 항로표지 위치측정
Fig. 5. Positioning of a buoy by horizontal angles.

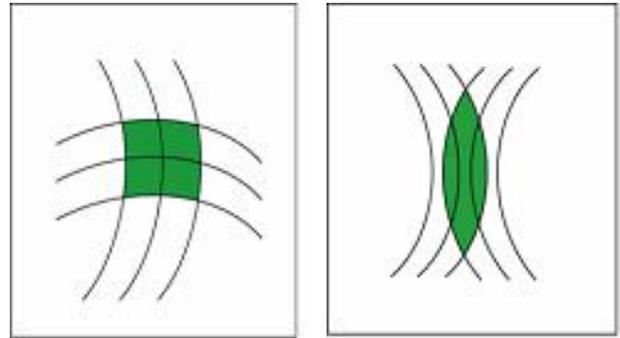
3-4 GPS의 잠재적 오차의 해석

1) HDOP(Horizontal Dilution of Precision)

dGPS는 GPS에 포함된 의도적인 오차를 제거하기 위한 시스템이기 때문에 GPS보다 훨씬 정확한 위치 정보를 제공하나, GPS에 근본적으로 내재된 품질요인(Quality factor)으로부터 자유로울 수는 없다. 이 품질요인 중 가장 영향을 미치는 요소 중의 하나로서 DOP(Dilution of Precision)가 있다. DOP는 HDOP(수평DOP), VDOP(수직DOP), PDOP(위치DOP) 등 여러 종류가 있지만, 해상에서 응용되는 대부분의 위치정보는 2차원적 정보이고 항로표지의 설치에 적용하는 정보도 2차원 좌표이므로 본 논문에서는 HDOP를 중심으로 잠재오차를 해석하고자 한다[8]-[12].

DOP는 GPS수신기와 GPS위성들의 지리적 위치의 상관관계에 따른 GPS위치정보의 정확도를 표현하는 함수이다. GPS는 단순히 이야기하자면 자신의 거리범위 신호(ranging signal)를 보내주는 것이다. 그림 6과 같이 각 위성이 보내는 거리범위신호의 원호를 조합하면 항상 정확하게 한 점으로 일치하지 않고 오차영역이 발생하게 된다. 그림 6의 (a)는 위성신호가

거의 90도를 이루기 때문에 비교적 적은 범위의 불확실 영역이 발생함을 알 수 있다. 그림 6의 (b)는 수신자를 중심으로 서로 반대방향에서 신호를 받을 경우로서 그림 6의 (a)보다 불확실 영역이 훨씬 넓고 이는 (b)보다 (a)가 위치 결정의 정확도가 높아진다는 것을 의미한다. 즉 비록 위성으로부터의 신호의 질이 아무리 좋다고 하더라도 이 위성들과 수신자와의 지리적 상대 위치에 따라 위치 정보의 질이 현격하게 차이가 난다는 것을 알 수 있다. 통상적으로 HDOP값은 1과 2사이에 나타나지만 4와 6사이에 잡힐 수도 있고 이 값은 아무리 경위도 좌표값을 표시하고는 있다하더라도 이때의 위치정보는 신뢰할 수 없는 수준이다. 어떤 수신기는 이 때 경보를 발함으로써 응용프로그램에 반영될 수 있다.



(a) Good range fix (b) Poor range fix

그림 6. GPS 위치
Fig. 6. GPS fix.

GPS로부터 수신되는 GSA NMEA0183 데이터 메시지를 해석하면 HDOP값을 알 수가 있다. 이 메시지에는 수신되는 GPS의 운영모드, 각종 DOP값 그리고 현재 잡히는 위치위성의 ID를 판별할 수 있다. 메시지의 형태는 그림 7과 같다.

통상 HDOP값이 높게 측정되는 경우는, ① 특정 위치 위성에 문제가 발생하였거나, ② 수신기가 고장이거나, 수신기 주위에 물리적 또는 자기장에 장애물이 있어서 중요한 위성으로부터 신호를 방해하거나, ③ 수신자와 수신 위성의 지리적인 상대 위치가 불리한 방향을 이룰 때이다.

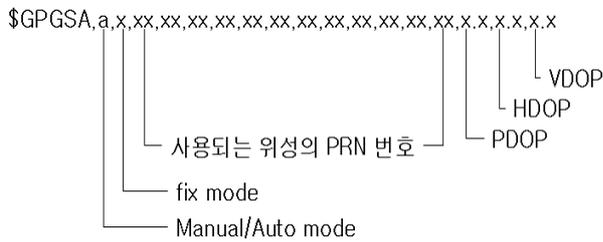


그림 7. GSA NMEA0183 데이터 메시지
Fig. 7. Data message of GSA NMEA0183.

비록 수신자의 위치에서 수신 가능한 위성 (Visible Satellite)이 4개 또는 그 이상이 잡힌다 할지라도 실제로 각 위성들로부터 정확한 신호를 수신하고 있다고 장담할 수 없고, 만약 수신 장애로 인해 부정확한 신호를 수신한다면 이로 인해 HDOP가 높아질 수밖에 없다. 지구상을 24개의 위성이 6개의 궤도에서 돌고 있으므로, 정상적인 경우에는 지구상의 어느 지점에서 하나의 위성이 가시권에서 사라지면 다른 위성이 범위 안에 들어오도록 설계되어져 있다. 그러나 여러 가지 이유에서 두 위성 사이에 잠깐의 간격이 생기고 이로 인해 그림 8과 같이 일시적으로 HDOP가 증가하는 경향이 있다. 이론상으로 이러한 현상은 넓지 않은 영역에서 2-3분간 발생하나, 실제로는 광범위한 영역으로 15분 이상 발생한다는 것이 밝혀졌고, 24개의 위성으로도 상당히 자주 발생한다 [13].

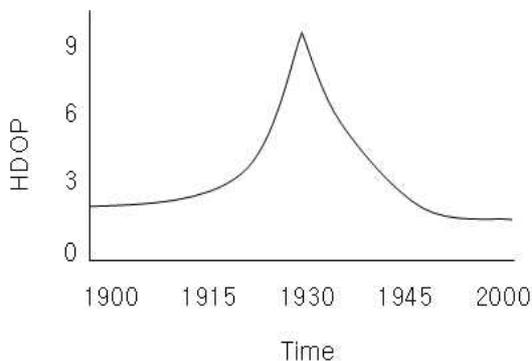


그림 8. 시간대별 HDOP의 변화
Fig. 8. Change in HDOP over time.

우리나라 항로표지 정비선이 항로표지를 설치하기 위하여 사용하고 있는 설표위치 상세접근시스템은 HDOP값을 적용하지 않고 dGPS 위치 정보를 그대로 신뢰하여 침투를 투하하기 때문에 투하시점의

HDOP와 관측시점의 HDOP값이 Negative sum을 이룬다면 등부표의 위치의 신뢰도는 매우 저하될 것이다.

2) 2DRMS

2DRMS(Two Distance Root Mean Square Speed)는 부표의 침투가 투하된 지점을 중심으로 95%의 위치 신뢰도를 갖는 원의 반경을 지칭한다. 미국방성은 GPS의 경우 2DRMS는 100m로 정의하였다. 반면 미국의 해안경비대의 관측을 통한 통계결과에 따르면 dGPS를 사용할 경우 2DRMS는 HDOP값의 약 5 배라는 결과가 나왔고 이는 널리 사용되는 수치이다 [13]-[15].

$$2DRMS = HDOP \times 5 \text{ (dGPS 경우)} \quad (2)$$

3-5 설표 위치의 오차 범위

이상의 설표 위치의 오차분석을 통하여, GPS/dGPS를 이용하여 등부표를 설치할 때 그 위치의 범위를 결정짓는 주요 요인을 정리하면, 다음과 같다.

① 조류의 방향과 수심 및 항로표지 사슬의 길이에 의한 영향

② 둘째 GPS수신 시점의 위성의 상관관계에 의한 영향

이 두 요인은 그림 9와 같이 서로 상쇄 또는 누적되어 설표 위치의 오차범위가 결정됨을 확인할 수 있다.

설표 위치 결정시 오차를 감소하기 위한 선회반경, 2DRMS 및 오차범위를 제시하면 식 (1), (2), (3) 및 식 (4)와 같다.

$$2DRMS = 100 m \text{ (GPS 경우)} \quad (3)$$

$$\text{오차범위} = \sqrt{(\text{선회반경})^2 - (2DRMS)^2} \quad (4)$$

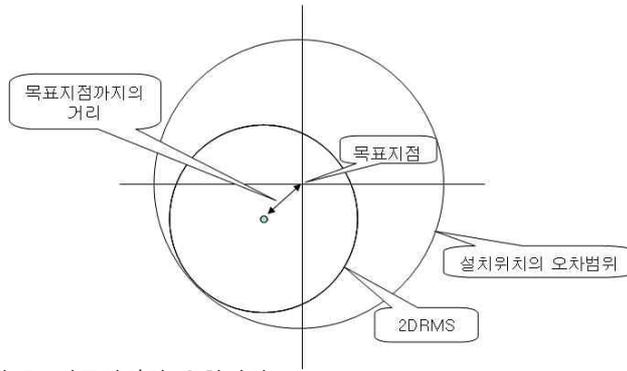


그림 9. 설표위치의 오차범위
Fig. 9. Range of error in positioning of a buoy.

IV. 결 론

해상산업종사자들에게 보다 높은 신뢰를 줄 수 있는 해상 교통 환경을 구성하기 위해서는 안전항해를 위한 항해지원시설을 적재적소에 설계 및 배치하고 이를 계획된 정확한 지점에 설치하여 언제 어디서나 안심하고 이용할 수 있도록 해 주는 것이 무엇보다 중요하다.

항해지원시설의 하나인 항로표지를 아무리 철저히 설계하고 자동화된 장비와 첨단 위치시스템의 지원을 받아 목표지점에 설치하고, 이를 정기적으로 관측하고 정비한다고 할지라도, 설치 시점의 조류, 해류 및 풍향, 풍속과 수심 및 사슬의 길이 그리고 수신되는 위치위성의 수와 방향 등의 영향으로 인해 경위도 좌표값의 신뢰도는 큰 폭으로 변할 수 있다.

따라서 본 연구에서는, 먼저 레이더와 ECDIS의 실측 데이터를 이용하여 관리기관이나 수단에 의해 오차가 발생하는 등부표를 대상으로 위치오차 발생 원인을 분석하였다.

또한, 항로표지 설치에 사용된 육분의각 및 dGPS에 의한 설표시 발생하는 오차를 분석하였다.

마지막으로, 설표 위치오차를 측정할 수 있는 항로표지의 선회반경, 2DRMS 및 항로표지 위치 오차범위 산식을 제안하였다.

제안된 오차범위 산식을 이용하여 항로표지의 허용가능 위치신뢰도를 부여하고, 설치 시점의 조류와 수심을 실시간으로 관측하여 dGPS의 HDOP와의 함수관계를 이용한다면, 최적의 시점과 정확한 위치에 항로표지 설치가 가능할 것이다.

향후, 설표 위치의 정밀도를 높이기 위해서는 제안된 방식의 dGPS 신호 외에도 로란-C나 자이로 방위 등의 위치측정값을 입력할 수 있는 실시간 시스템을 구축할 필요가 있다.

참 고 문 헌

- [1] 항로표지담당관실, *항로표지의 기능 및 규격에 관한 기준*, 해양수산부, 2004.
- [2] 여수해양수산청 항로표지과, *설표위치상세접근 시스템 사용자 매뉴얼*, 해양수산부, 2004.
- [3] 해양수산부 중앙해양안전심판원, *해양안전심판 사례집*, 2004.
- [4] 김세원, “목포구 부근의 신항로개설 및 항로표지 재배치에 관한 연구,” *한국도선사협회지*, pp. 10-12, 2001.
- [5] 항로표지기술협회, *항로표지(대서등표, 등가도등표) 실시설계 영역 수행보고서*, 2004.
- [6] 김세원, 이윤석, *영암등표 및 국화도등표의 항로표지 설치에 따른 기술자문 보고서*, 한국해양대학교, 2004.
- [7] (주)이마린로직스, *e-Marine ECDIS Manual*, 2006.
- [8] 위성항법중앙사무소, *dGPS 운영실무편람*, 해양수산부, 2002.
- [9] 국립해양조사원, *제2차 ECDIS 회의참가 결과보고서*, 2003.
- [10] 김용철, *GIS를 이용한 전자해도 제작 및 활용*, 국립해양조사원, 2000.
- [11] Chen Y.H., “타이완의 항로표지 시스템 계획연구,” *Position, location & Navigation 심포지움*, pp. 25-28, 1994.
- [12] Wu Chen, Congwei, Zhihua Li, Yongqi Chen, Xiaoli Ding, Shan Gao and Shengyue Ji, “Kinematic GPS Precise Point positioning for Sea Level Monitoring with GPS Buoy,” pp. 19-23, 2004.
- [13] United States Coast Guard, *Aids to Navigation Manual*, Positioning, 1996.
- [14] Joseph W. Spalding, Dr. Frank van Diggelen, “Positioning United States Aids-to-Navigation around the world,” pp. 9-15, 2002.

[15] Lieutenant Daniel Pickles, "The effect of Global Positioning System Satellite Geometry on the Coast Guard's Differential GPS," *U.S. Coast Guard*, pp. 11-20, 1999.

권혁동 (權赫東)



1978년 2월 : 방송대학교 법학과 (법학사)
2002년 2월 : 인하대학교 교통대학원(경영학석사)
2005년 2월 : 목포해양대학교 해양계측공학전공 박사과정 수료
1970년 12월 ~ 현재 : 해양수산부 수로직 근무

관심분야 : 항로표지제어, 교통물류, 원격제어시스템

김웅규 (金雄圭)



1982년 2월 : 한국해양대학교 항해학과(공학사)
1996년 6월 : 헬싱키경제경영대학원 MBA(경영학석사)
2005년 3월 ~ 현재 목포해양대학교 해양정보시스템학 전공 박사과정
2003년 1월 ~ 현재 : (주)이마린

로직스 대표이사

관심분야 : 전략경영, 물류정보시스템, 전자해도, 해양GIS, 해상ITS, 자동항법, 통항관제시스템

이주형 (李周炯)



1998년 2월 : 창원대학교 통계학과(이학사)
2006년 3월 ~ 현재 : 목포해양대학교 선박운항공학전공 석사 과정
2001년 3월 ~ 현재 : (주)이마린 로직스 연구실장
관심분야 : 물류정보시스템, 전자해도, 해양GIS, 해상ITS, 자동항법, 통항관제시스템

박계각 (朴桂珪)



1982년 : 한국해양대학교 항해학과(공학사)
1986년 : 동대학원 해사수송공학(공학석사)
1993년 : 동경공업대학 시스템과학(공학박사)
1995년 3월 ~ 현재 : 목포해양대학교 교수

관심분야 : 지능항해시스템, 항만운송시스템, 퍼지시스템