
네트워크 기반 AIS 기준국 시스템 설계

서기열* · 박상현* · 정호철* · 조득재*

Design of Network-based AIS Reference Station System

Ki-Yeol Seo* · Sang-Hyun Park* · Ho-Cheol Jeong* · Deuk-Jae Cho*

본 논문은 국토해양부의 “국가 위성항법보정시스템 구축개발(PMS1930)” 과제와 한국해양연구원의 “가상 해양기준국 보정정보 생성기법 연구(PES1370)” 과제의 지원으로 수행되었음

요 약

본 논문에서는 국제해사기구(IMO), 국제항로표지협회(IALA) 등 국제기구의 DGNSS 서비스 요구성능 증가에 기술적으로 대처하고, 해상교통안전 증대를 위하여 선박자동식별시스템(AIS)의 기지국 시스템에서 DGPS 기준국 기능을 수행할 수 있는 효과적인 방안을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 방식은 DGPS 기준국에서 제공하는 보정 정보를 네트워크를 통하여 AIS 기지국에서 수신하고, 수신된 보정정보를 단순히 해상 선박의 AIS 단말기에 중계하는 방법이 아니라 AIS 기지국에서 커버리지 내의 선박에 최적화된 보정정보를 생성하여 전송하는 방법이다. 이를 구현하기 위하여, 본 논문에서는 먼저 DGPS 기준국과 네트워크를 통해 연결되는 AIS 기준국을 설계하고, AIS 기준국에서 보정정보를 생성하기 위한 알고리즘을 제안한다. 그리고 DGPS 기준국 보정정보의 실측 데이터를 기반으로 제안한 알고리즘의 성능평가를 수행하고 그 결과를 제시한다. 마지막으로 제안한 시스템의 효율적 적용 방안에 대해 논의한다.

ABSTRACT

In order to prepare for increasing performance requirement for Differential Global Navigation Satellite System (DGNSS) services of International Maritime Organization (IMO) and International Association of Lighthouse Authorities (IALA), this paper focuses on design of network-based Automatic Identification System (AIS) reference station system that can perform the functionality of Differential Global Positioning System (DGPS) reference station in an AIS base station system. AIS base station receives the differential corrections from the DGPS reference station, and it is not a method for transmitting the received differential corrections to onboard AIS units, but it is a method for generating the optimized differential corrections for onboard AIS units in AIS coverage. Therefore this paper proposes an algorithm for generating the differential corrections at AIS reference station, and performs the performance assessment of the proposed algorithm based on DGPS correction data measured from a DGPS reference station. Finally this paper discusses the test results and efficiency of the proposed system.

키워드

선박자동식별시스템(AIS), 위성항법보정시스템(DGPS), 보정정보, 기준국 및 감시국(RSIM)

Key Word

Automatic Identification System, Differential GPS, Differential Corrections, Reference Station & Integrity Monitor

I. 서 론

위성항법보정시스템(DGPS)은 중파(MF) 대의 무선 주파수를 이용하여 GPS 이용자에게 보정정보 중계를 목적으로 사용되는 시스템이다. 현재의 DGPS 비컨 방식은 기준국에서 생성된 보정정보를 RTCM(Radio Technical Commission for Maritime Services) 표준[1] 포맷으로 변환한 다음 MSK(Minimum Shift Keying) 변조를 통해 283.5-325kHz의 주파수로 이용자에게 방송한다. 이때 비컨 수신기를 장착한 이용자는 수신된 보정정보를 이용하여 사용자의 위치를 보정한다. 하지만 기존의 DGPS 비컨 전송 방식은 최대 200bps라는 전송 용량의 한계로 인하여 DGNSS 보정정보 즉 GPS, GLONASS, Galileo 보정정보 전송에 대한 보완이 필요하다. 또한 해상의 경우 선박에서 DGPS 비컨 수신기 탑재율이 미비하여 기준국의 보정정보 서비스 이용률에 대한 제고가 필요하다. 따라서 기존 DGPS 비컨 시스템을 이용한 보정정보 수신뿐만 아니라 300톤급 이상의 선박에 의무탑재 장비인 선박자동식별시스템(AIS)을 이용하여 보정정보를 제공하는 방안이 고려되고 있다.

선박자동식별시스템(AIS, Automatic Identification System)은 선박의 안전항해와 보안강화를 위하여 국제해사기구(IMO, International Maritime Organization)에서 채택한 시스템으로서 선박의 제원, 운항정보를 선박 대 선박, 선박 대 육상간 자동으로 송수신하여, 연안해역 관제, 수색구조 및 해상교통관제서비스(VTS)의 수단을 제공하며, 연안해역의 선박운항모니터링(VTM)에 활용될 수 있도록 개발된 시스템[2]이다. 또한 AIS 네트워크를 통하여 DGPS 보정정보를 전송할 수 있도록 설계되어 있는데, 국제항로표지협회(IALA)는 AIS 시스템의 DGNSS 보정정보 제공원에 대한 세 가지 방안을 AIS 사용지침[3]에서 제시하고 있다. 첫 번째는 DGNSS 보정정보를 중파 비컨 수신기로 수신하여 AIS 기지국에서 중계 전송하는 방안이고, 두 번째는 개별 DGPS 기준국 또는 중앙사무소에서 네트워크 접속으로 보정정보를 수신하여 AIS 기지국에서 전송하는 방안이다. 그리고 세 번째는 AIS 기지국에 자체 기준국을 설치하여 보정정보를 전송하는 방안을 제시하고 있다. 위의 방안 중에서 IALA에서는 비용 절약측면을 고려하여 가능하면 기 운영 중인 중파 비컨을 이용

한 DGPS 기준국 데이터의 사용을 권고하고 있다. 그러나 DGPS 기준국과의 기저거리가 멀어질수록 가용성과 위치정확도가 변동되고, 또한 AIS 기지국의 중계를 거쳐야 하기 때문에 전송지연이 발생될 수 있다. 이에 발맞추어 AIS 기반 DGPS 서비스에 의한 선박위치정보 정밀도 향상에 관한 연구[4]가 수행되었는데, 이 연구는 AIS 네트워크를 기반으로 DGPS 기준국의 보정정보를 중계하여 AIS 단말기의 위치정확도를 개선시키는 결과를 제시하고 있으나 단순히 기존 DGPS 보정정보를 수신하여 AIS 기지국에서 중계 전송하는 역할에 중점을 두고 있다.

따라서 본 논문에서는 국제항로표지협회(IALA)에서 제시하고 있는 AIS를 통한 보정정보 전송 방안 중에서 AIS 기지국 시스템에서 DGPS 기준국 기능을 수행할 수 있는 네트워크 기반 AIS 기준국 시스템에 중점을 두고 연구를 수행한다. AIS 네트워크를 통해 전송 가능한 DGPS 보정정보를 단순히 DGPS 기준국의 보정정보를 수신하여 AIS 기지국에서 선박의 AIS 단말기에 중계하는 방법이 아닌 AIS 기지국 자체에서 최적의 보정정보를 생성하여 전송하는 방법이다. 그러므로 본 논문에서는 먼저 DGPS 기준국과 네트워크로 연결되는 AIS 기준국 시스템을 설계하고, AIS 기준국에서 보정정보를 생성하기 위한 알고리즘을 제안한다. 그리고 DGPS 기준국 보정정보의 실측데이터를 기반으로 제안한 알고리즘의 성능평가를 수행하고 그 결과를 제시한다. 마지막으로 제안한 시스템의 구현 가능성과 효율적 적용 방안에 대해 논의한다. 사용자의 기존 시스템을 변경하지 않고 AIS 기지국을 통한 최적의 DGPS 보정정보를 제공하므로 DGPS 기준국 서비스의 확장뿐만 아니라 해상교통의 안전증대를 도모할 수 있을 것이다.

II. AIS 기준국 시스템 설계

AIS 기준국 시스템은 기존 DGPS 기준국의 DGPS 보정정보를 수신하여 해당 AIS 기지국에 최적화된 DGPS 보정정보를 재생성하여 AIS 단말기로 전송하는 시스템이다. 그러므로 근처의 기준국에서 보정정보를 생성하여 제공하기 위한 DGPS 기준국 시스템, AIS 기준국 보정정보 전송을 위한 AIS 네트워크, 그리고 AIS 기지국에

최적화된 보정정보의 생성 및 방송을 위한 AIS 기준국 시스템으로 구분할 수 있다.

2.1 무선 비컨 기반 DGPS 기준국 시스템

무선 비컨 기반 DGPS 기준국 시스템은 기준국용 GNSS 수신기에 수신된 원시 데이터를 기반으로 이미 알고 있는 기준국의 절대위치와 비교하여 보정정보를 생성한다. 이렇게 생성된 보정정보는 RTCM 표준 포맷에 맞게 변환하고 MSK 변조기를 통해 방송한다[5]. 그림 1은 무선 비컨 기반 DGPS 기준국 시스템을 나타낸다. 여기에서 GNSS 센서는 위성별 GNSS 원시정보를 취득하고, 이미 알고 있는 기준좌표 값과 측정값을 기반으로 보정정보 생성 루틴에서 보정정보를 생성한다. 데이터 변환기는 단순 보정정보를 방송하기 위하여 RTCM 6-of-8 포맷으로 변환하는 역할 수행하고, 변조기는 RTCM 보정정보 방송을 위하여 MSK 변조를 각각 수행한다. 데이터 링크 송신기는 MSK 변조된 보정정보를 안테나를 통해 방송한다.

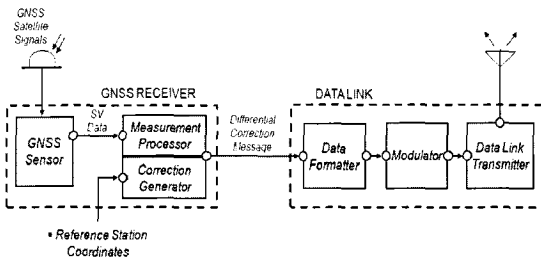


그림 1. 비컨 기반 DGPS 기준국 시스템
Fig. 1 Beacon-based DGPS Reference Station.

2.2 AIS 네트워크 기반 DGPS 보정정보 중계

AIS는 우리나라 연근해를 운항하는 선박의 실시간 모니터링을 위하여 12개의 AIS 운영국과 11개의 이중화 기지국, 그리고 26개의 기지국을 구축하여 운영 중이다 [4]. 기본적인 해상통신망이므로 측위보정정보 전송에 활용이 가능하다. AIS 기지국 시스템에서 측위보정정보를 제공하기 위한 시스템 구성은 그림 2와 같다.

가장 근접한 DGPS 기준국에서 제공하는 RTCM 보정정보를 AIS 기지국 시스템에서 데이터 링크를 통하여 수신하고, 이렇게 수신한 RTCM 보정정보를 AIS 기지국 시스템을 통해서 AIS 메시지를 구성하여 사용자

에게 방송한다. 여기에서 비컨 수신기는 DGPS 기준국에서 방송하는 RTCM 보정정보를 수신하기 위한 수신기이고, 기지국 제어기는 AIS 기지국을 제어하기 위한 시스템이다.

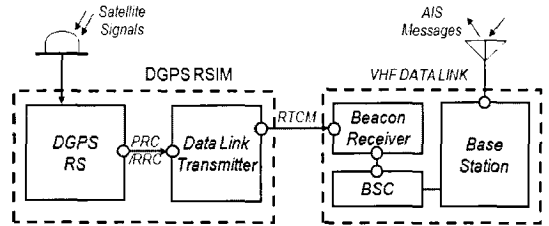


그림 2. AIS 네트워크 기반 보정정보 제공
Fig. 2 Transmission of Differential Corrections based on AIS network.

2.3 AIS 기준국 시스템

AIS 기준국 시스템은 인근 DGPS 기준국의 보정정보를 네트워크를 통해 전송받아 AIS 기지국에서 해당 서비스 범위 내의 항만에 최적인 보정정보를 생성하여 제공하는 시스템이다. 네트워크를 통해 연결된 DGPS 기준국에서 보정정보를 전송받아 해당 AIS 기지국에 최적화된 보정정보를 생성하고, RTCM 포맷으로 변환하여 AIS 기지국 시스템에 전송한다. AIS 기지국은 최적화된 RTCM 보정정보를 AIS 탑재 선박이나 AIS 기반 항로표지에 방송한다. 그림 3은 AIS 기준국 시스템의 개념도를 나타낸다.

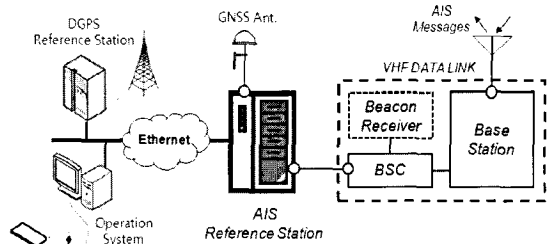


그림 3. AIS 기준국 시스템
Fig. 3 AIS Reference Station System.

DGPS 기준국의 RTCM #1번, 혹은 #9번 메시지, 보정 데이터를 AIS 기준국 시스템에서 수신하여 AIS 기준국에 최적화된 보정정보를 생성하고, 기지국 제어기(BSC)

시스템에 맞게 포맷을 수정한 다음, RTCM #1번 혹은 9번 메시지를 ITU #17번 메시지의 데이터 필드에 추가한다. AIS 기지국에서는 AIS #17번 메시지를 통하여 AIS 단말기가 탑재되어 있는 선박이나 AIS 항로표지에 보정 정보를 전송한다. 그림 4는 AIS 기준국 시스템의 정보 흐름도를 나타낸다.

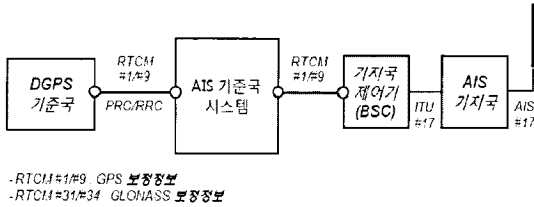


그림 4. 시스템 정보 흐름도
Fig. 4 Flow diagram of System Information.

III. 보정정보 생성 알고리즘

AIS 기준국에서 해당 AIS 기지국에 최적화된 보정정보를 생성하기 위한 알고리즘은 그림 5와 같다. 먼저 DGPS 기준국에서 보정정보를 수신한다. 그리고 RTCM 포맷의 보정정보는 RTCM 디코더를 통해 RTCM 메시지 내의 보정데이터를 해석하여 처리한다.

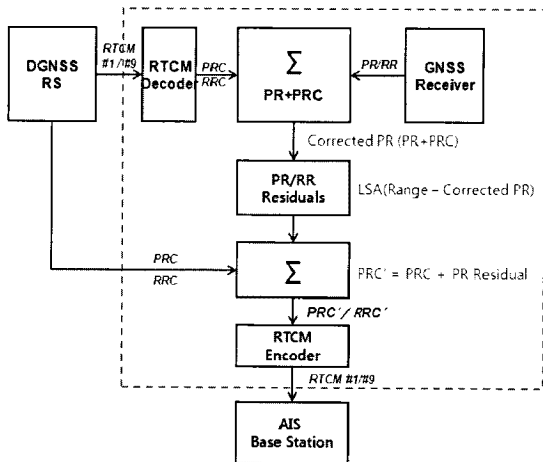


그림 5. 보정정보 생성 알고리즘
Fig. 5 Algorithm for Generating Differential Corrections.

또한 AIS 기지국 시스템의 GPS 수신기에서 출력되는 의사거리(PR)에 보정데이터를 적용하여 보정된 의사거리(Corrected PR)를 구한다. 그리고 AIS 기준국 시스템의 절대 위치값을 기준으로 위성과의 거리(Range)를 구한 다음, 보정된 의사거리를 제거하여 의사거리 잔차(PR Residual)를 결정한다[6]. 다음으로 DGPS 기준국에서 수신한 보정데이터(PRC)와 의사거리 잔차를 더하여 해당 AIS 기준국에 최적화된 보정정보(PRC)를 생성한다. 이렇게 생성된 보정정보는 RTCM 엔코더를 통해 RTCM 메시지로 변환되어 AIS 기지국 시스템으로 전송된다.

IV. 실험 및 성능평가

4.1 실험 환경

AIS 기준국 시스템의 성능평가를 위하여 특정 DGPS 기준국의 실시간 보정정보를 인터넷을 통하여 수신하였고, 동일 시간 대에 두 대의 GPS 수신기를 이용하여 위성신호를 로깅하여 후처리 분석하였다. GPS 수신기 한 대는 AIS 기준국 시스템이라 가정하고 다른 한 대는 이용자 단말기라고 가정하였다. 단순 DGPS 기준국의 보정정보 제공일 경우와 AIS 기준국 시스템에서 생성한 보정정보 제공일 경우를 비교분석하였다. 표 1은 AIS 기준국 시스템의 성능평가를 위한 실험 환경을 나타낸다.

표 1. AIS 기준국 실험 환경
Table 1. Test Environment for AIS Reference Station.

구분	내용
DGPS 기준국	무주 내륙기준국 (ID: 747)
AIS 기준국 위치	N: 36.3645222 / E: 127.345690 H: 93.343945
AIS 단말기 위치	N: 36.3981285 / E: 127.362812 H: 103.9602
GPS 수신기	NovAtel DL-V3 NovAtel Propak
DGPS 기준국과 AIS 기준국 간 거리	55.4km
AIS 기준국과 이용자 단말기 간 거리	4.20km

4.2 실험 결과

실험 환경에 따라 해당 AIS 기지국에서 단순히 보정 정보를 중계하는 경우와 AIS 기준국에서 최적의 보정 정보를 생성하여 방송하는 경우의 위치정확도를 비교해 보았다. 그림 6은 DGPS 기준국의 보정정보를 나타내며, 그림 7은 AIS 기준국에서 DGPS 기준국의 보정정보를 기반으로 계산한 의사거리 잔차를 나타낸다. 그림 8은 의사거리 잔차(PR Residuals)를 기반으로 DGPS 기준국의 보정정보를 보정한 결과를 나타낸다.

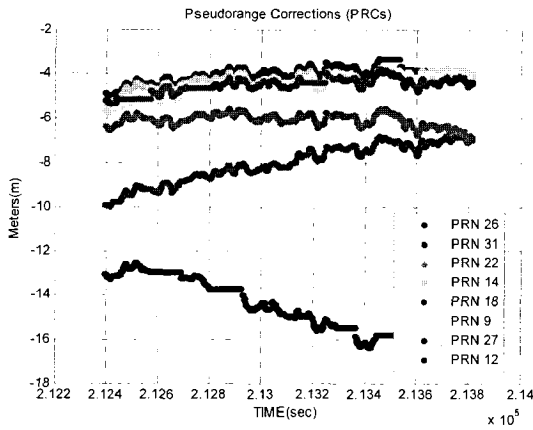


그림 6. 의사거리 보정정보(PRC)
Fig. 6. Pseudorange Correction (PRC).

그림 9는 해당 AIS 기지국에서 GPS 단독 측위일 경우의 위치정확도를 나타낸 결과이다. 그림 10은 네트워크로 연결된 기준국의 보정정보를 적용한 DGPS 모드일 경우의 위치정확도를 나타내며, 그림 11은 DGPS 기준국에서 전송한 보정정보를 기반으로 해당 AIS 기지국에 최적화된 보정정보를 생성하여 적용한 위치정확도를 각각 나타낸다.

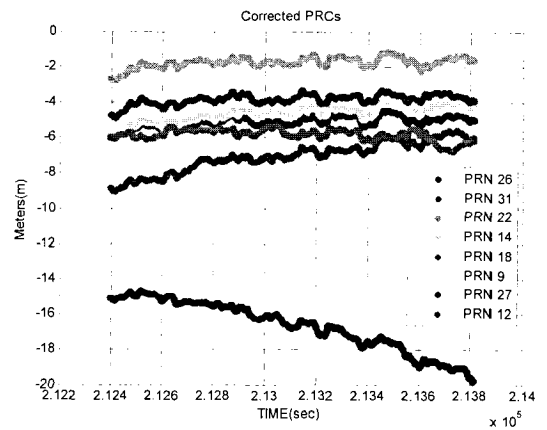


그림 8. 보정된 의사거리 보정정보(PRC)
Fig. 8. Corrected Pseudorange Correction (PRC).

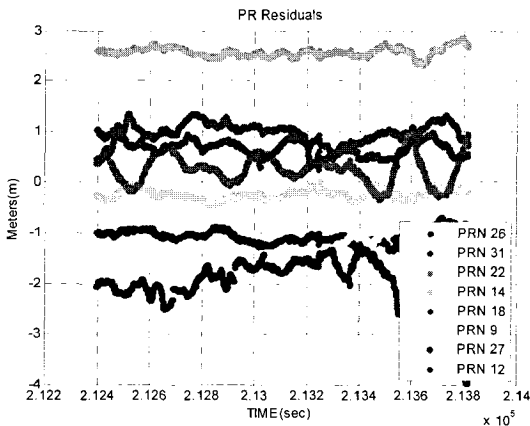


그림 7. 의사거리 잔차
Fig. 7. Pseudorange Residuals.

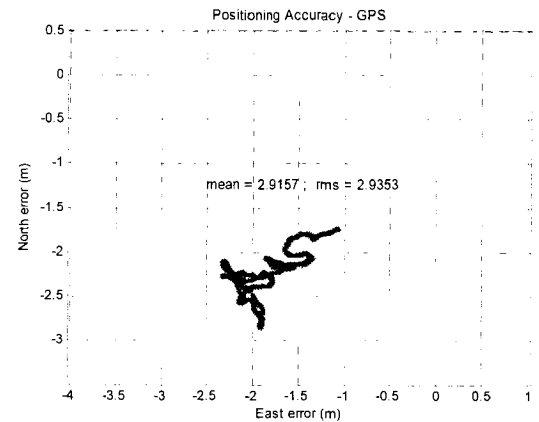


그림 9. 위치정확도 - GPS 모드
Fig. 9. Position Accuracy - GPS.

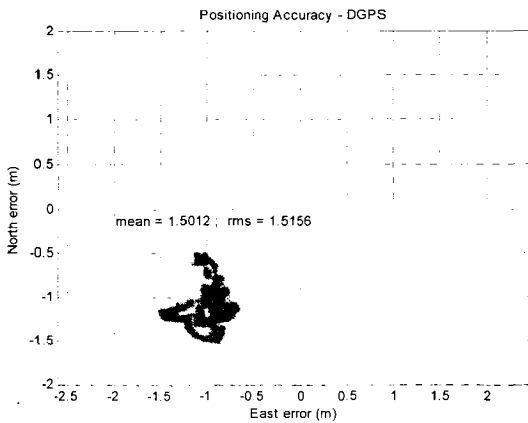


그림 10. 위치정확도 - DGPS 모드
Fig. 10. Position Accuracy - DGPS.

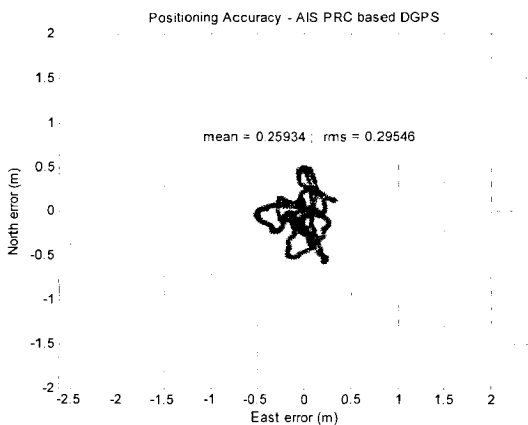


그림 11. 위치정확도 - 보정 PRC
Fig. 11. Position Accuracy - Corrected PRC.

표 2는 GPS 단독일 경우와 단순 DGPS 기준국의 보정 정보를 이용할 경우, 그리고 AIS 기준국의 보정 정보를 이용할 경우의 위치정확도를 비교한 결과이다.

표 2. 위치 정확도 비교
Table 2. Comparison of Position Accuracy

	mean (m)	rms (m)
GPS	2.9157	2.9353
DGPS	1.5012	1.5156
AIS RS	0.25934	0.29546

단순 GPS의 경우 위치정확도는 mean=2.9157m, rms=2.9353m를 나타내었고, DGPS 기준국 보정정보를 기반으로 한 위치정확도는 mean=1.5012m, rms=1.5156m를 나타내었다. 그리고 AIS 기준국의 보정된 의사거리 보정정보를 기반으로 한 위치정확도는 mean=0.25934m, rms=0.29546m를 각각 나타내었다.

V. 결론

본 논문에서는 AIS 기지국용 DGPS 기준국 시스템인 AIS 기준국 시스템을 제안하고 설계하였다. AIS 기준국 시스템은 인근 DGPS 기준국의 보정정보를 네트워크를 통해 전송받아 AIS 기지국에서 해당 서비스 범위 내의 항만에 최적의 보정정보를 생성하여 제공하는 시스템이다. 네트워크를 통해 연결된 DGPS 기준국을 통해서 보정정보를 전송받아 해당 AIS 기지국에 최적화된 보정정보를 생성하고, RTCM 포맷으로 변환하여 AIS 기지국 시스템에 전송하고, AIS 기지국은 최적화된 RTCM 보정정보를 AIS 탑재 선박이나 AIS 기반 항로표지에 방송한다. 구체적인 연구결과를 요약하면, 먼저 DGPS 기준국의 이용활성화를 위한 AIS 기준국 시스템의 개념적 설계를 하였고, 다음으로 AIS 기준국을 위한 최적화된 DGPS 보정정보 생성 알고리즘을 제시하였다. 마지막으로 DGPS 기준국 보정정보의 실측 데이터를 기반으로 AIS 기준국 성능평가 결과를 제시하였다.

특히 AIS 기준국 시스템의 성능평가 결과 단순히 AIS 기지국을 통하여 DGPS 기준국 보정정보를 전송하는 경우의 위치정확도 보다 제안한 AIS 기준국을 이용할 경우 위치정확도가 향상됨을 확인할 수 있었다. 본 연구의 결과는 DGPS 기준국 서비스의 이용 활성화와 해상교통 밀집지역, 항만, 협수로 운항 그리고 이접안 서비스 지원을 위해서 운항 선박의 위치정확도 개선에 도움을 줄 수 있을 것이다. 또한 DGPS 비컨 수신기가 장착되지 않아도 AIS가 장착된 선박이나 AIS 기반 항로표지 시스템을 위한 보다 개선된 보정정보 서비스 제공뿐만 아니라 향후 DGPS, DGLONASS, DGalileo 등의 DGNSS 보정정보 서비스로도 확장할 수 있을 것이다.

참고문헌

- [1] Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM Recommended Standards for Differential GNSS Services Version 2.3, RTCM Paper 136-2001/SC104-STD, 2001.
- [2] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA Guidelines on The Automatic Identification System (AIS), Volume I, Part I - Operational Issues, Edition 1.3, 2004.
- [3] International Association of Marine Aids to Navigation and Lighthouse Authorities, IALA Guidelines on The Universal Automatic Identification System (AIS), Volume I, Part II - Technical Issues, Edition 1.1, 2002.
- [4] 노경수, "AIS 기반 DGPS 서비스에 의한 선박위치정보 정밀도 향상에 관한 연구", 한국항해항만학회 춘계학술대회발표논문집, pp.375-378, 2009.
- [5] Radio Technical Commission for Maritime Services, RTCM Standards for Differential NAVSTAR GPS Reference Stations and Integrity Monitors (RSIM), RTCM Paper 221-2006/SC104-STD, 2006.
- [6] K.Y. Seo, S.H. Park, W.S. Jang, and S.H. Suh, Performance Analysis of Software RSIM for Maritime DGPS, European Navigation Conference GNSS 2009, pp. 501-506, 2009.

저자소개

서기열(Ki-Yeol Seo)

한국해양정보통신학회 논문지
제 11권 7호 참조



박상현(Sang-Hyun Park)

1994년 충남대학교 전자공학과
1996년 동 대학원 제어전공 석사
2002년 동 대학원 제어전공 박사
2005년 ~ 현재 한국해양연구원
해양안전방제기술연구부
선임연구원

※관심분야: 위성항법보정시스템, 정밀측위기술



정호철(Ho-Cheol Jeong)

2007년 충남대학교
전자전파정보통신공학과
2009년 동 대학원 제어전공 석사
2008년 ~ 현재 한국해양연구원
해양안전방제기술연구부
연구원

※관심분야: GPS/INS, 위성항법보정시스템



조득재(Deuk-Jae Cho)

1999년 충남대학교 전자공학과
2001년 동 대학원 제어전공 석사
2005년 동 대학원 제어전공 박사
2005년 ~ 현재 한국해양연구원
해양안전방제기술연구부
선임연구원

※관심분야: 위성항법보정시스템, 정밀측위기술