

## 국내 지역에서의 DGPS와 SBAS 성능 비교 분석

# Comparative Analysis of Performance for DGPS and SBAS in Korea Region

임철순·박병운\*

세종대학교 항공우주공학과

Cheol-soon Lim · Byung-woon Park\*

Department of Aerospace Engineering, Sejong University, Seoul 05006, Korea

### [요 약]

2001년 국제해사기구(IMO)는 IMO 결의안 A.915(22)를 통해 미래 해양항법을 위한 성능 요구조건을 규정하였다. 현재 DGPS 서비스를 제공 중인 다수의 DGPS 시스템은 IMO 결의안 A.915(22)에서 규정한 성능요구조건을 충족하지 못한다. 이러한 요구성능 증가에 대처하고 안전한 측위서비스 제공을 위한 DGPS 대체 및 보완 기술 중 하나로 SBAS의 활용이 고려되고 있다. 특히, 기존에 설치된 DGPS 기준국을 재정비하기 위해서는 매우 많은 예산이 소요되므로, SBAS 메시지를 활용하여 보정정보를 생성하여 전송하는 방법이 제안된 바 있다. 본 논문에서는 해양 사용자에게 대해서 해양수산부 국립해양측위정보원에서 운영하고 있는 NDGPS와 일본의 MSAS의 성능을 비교분석 하였다. 또한, DGNSS 시스템의 보완 및 대체 시스템으로써 SBAS가 IMO 결의안 A.915(22)에서 규정한 요구조건을 충족하는지 검증하였다.

### [Abstract]

The international maritime organization(IMO) has defined performance requirements for future maritime navigation through IMO resolution A.915(22) in 2001. Many DGPS systems currently providing DGPS services do not meet the performance requirements specified in IMO resolution A.915(22). The use of SBAS is considered as one of the DGPS replacement and supplementary system for coping with the increase in demand performance and providing safe positioning service. In particular, since a large amount of budget is required to rearrange the existing DGPS reference stations, a method which transmits differential corrections generated by using SBAS message has been proposed. In this paper, we compare and analyze the performance of NDGPS which is operated by the National Maritime PNT Office of the ministry of oceans and fisheries(MOF) in Korea and MSAS in Japan. Also, we verify that SBAS, as alternative and complementary system, meets the performance requirement specified in IMO resolution A.915(22).

**Key word** : Differential global positioning system, Satellite based augmentation system, Accuracy, Pseudo-range correction, Performance requirements.

<https://doi.org/10.12673/jant.2017.21.3.279>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 6 June 2017; Revised 12 June 2017  
Accepted (Publication) 26 June 2017 (30 June 2017)

\*Corresponding Author; Byung-woon Park

Tel: +82-2-3408-4385

E-mail: byungwoon@sejong.ac.kr

## I. 서론

GPS(global positioning system)은 단독으로 사용할 경우, 위성 궤도오차 및 위성 시계오차, 전리층 및 대류층 지연오차 등 여러 가지 오차요인으로 인해 수십m 수준의 오차가 발생하기도 한다. 항공기 접근 및 이착륙, 선박의 항만 입출항 등 높은 수준의 정확도와 무결성이 요구되는 분야에서 GPS를 활용하기 위해서는 GPS의 오차를 보정할 수 있는 시스템을 필요로 하게 된다. 이러한 필요에 의해 등장한 것이 위성항법 보정시스템(DGPS; differential GPS)이다. [1]

위성항법 보정시스템은 보강정보 전달 매체 종류에 따라 위성기반 보강시스템(SBAS; satellite based augmentation system)과 지상기반 보강시스템(GBAS; ground based augmentation system)으로 구분할 수 있다. 현재 운용 중인 미국의 WAAS(Wide Area Augmentation System)과 유럽의 EGNOS(European geostationary navigation overlay service), 일본의 MSAS(MTSAT satellite based augmentation system), 인도의 GAGAN(GPS aided Geo augmentation navigation) 등이 SBAS에 해당되며, 미국의 LAAS(local area augmentation system), 호주의 GRAS(Ground Based Regional Augmentation System), 우리나라의 NDGPS(Nationwide Differential GPS)가 GBAS에 해당된다. 또한, 광역의 기준국 네트워크를 사용하는 광역 위성항법 보정시스템(WADGPS; Wide Area DGPS)과 독립적인 지역 기준국을 사용하는 지역 위성항법 보정시스템(LADGPS; Local Area DGPS)으로 구분하기도 한다.

국제해사기구(IMO; international maritime organization) 및 국제항로표지협회(IALA; international association lighthouse authority)에서는 항만 입출항 및 연안 협수로 항해선박의 안전운항을 위해 GPS의 위치오차를 수m 수준으로 보정하여 실시간으로 정확한 위치정보 제공을 위한 DGPS 설치 및 운영을 권고하였다.[2]

IALA e-Navigation 위원회 제 23차 회의에서는 미래 GNSS요구조건을 규정한 IMO 규약에 해양에서의 새로운 적용분야로 수로측량, 항만운영, 선박정박 및 항로표지 관리 등을 포함하고, 이를 위해 1m 이하의 높은 수준의 위치 정확도와 무결성 및 안전성을 확보하여야 한다는 규정을 새로이 추가하였다. [2, 3]

현재 다수의 국가가 구축하여 운영 중인 DGPS 시스템은 IMO 결의안 A.915(22)에서 규정한 성능요구조건을 충족하지 못한다. 이러한 요구성능 증가에 대처하고 안전한 측위서비스 제공을 위해 DGPS 대체 및 보완 기술로서 SBAS와 AIS(automatic identification system)의 활용이 고려되고 있다. 특히, SBAS는 정상 상태에서 수m 수준의 위치정확도를 보장하며, RTCA(radio technical commission for aeronautics) 메시지를 사용하여 DGPS와 유사한 보강정보(보정정보 및 무결성 정보)를 제공한다. 이러한 이유로 DGPS 대체 및 보완 기술로서 SBAS의 활용도가 높아지고 있으며, 이에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. [4] 특히 IALA에서 2008년 발간된 보고서에 따

르면 기준국용 수신기 2기, 성능감시용 수신기 2기로 구성되는 NDGPS 기준국을 재정비하기 위해서는 매우 많은 예산이 소요되므로, SBAS 메시지를 재조합하여 거리영역 보정정보를 생성하고 이를 RTCM 메시지로 전송하는 방법이 제안된 바 있다. [5]

본 논문에서는 해양 사용자에 대해서 해양수산부 국립해양측위정보원에서 운영하고 있는 NDGPS와 일본의 MSAS의 성능을 비교분석 하였고, 향후 DGNSS 시스템의 보완 및 대체 시스템으로써 SBAS가 IMO 결의안 A.915(22)에서 규정한 요구조건을 충족하는지 검증하였다.

## II. Differential GPS

### 2-1 지역 위성항법 보정시스템(LADGPS)

LADGPS는 기본적으로 기준국(RS; reference station)과 기준국용 GPS 수신기, 사용자용 GPS 수신기로 구성되어 있다. 위치가 정확히 측지된 지점에 설치된 기준국에서는 DGPS 기준국용 GPS 수신기를 사용하여 GPS 관측데이터를 수신한다. 기준국에서 모든 GPS 가시 위성에 대한 실제 거리를 계산할 수 있으므로 오차가 포함된 코드 측정치에 의한 의사거리에서 실제 거리를 차분하면 각 위성 별 의사거리 오차를 계산할 수 있다. 기준국과 사용자 간의 거리가 비교적 가까울 경우(150 km 이내), 기준국의 의사거리 오차와 사용자의 의사거리 오차가 거의 같다고 볼 수 있기 때문에 별도로 구축된 통신망을 이용하여 기준국에서 계산한 의사거리 오차를 사용자에게 전송하고, 이를 활용하여 사용자 의사거리를 보정하면 수m 수준의 위치 정확도를 얻을 수 있다. [6]

### 2-2 광역 위성항법 보정시스템(WADGPS)

WADGPS는 광역 기준국(WRS; wide area reference station), 광역 주 기지국(WMS; wide area master station), 지상국(Earth station), 정지궤도위성(geostationary satellite), 사용자로 구성되어 있다. 광역 기준국은 WADGPS 서비스 영역 내에 분포하여 GPS 관측 데이터를 수신하고, 이를 GPS 광역 주 기지국에 전송한다. 광역 주 기지국은 다수의 광역 기준국으로부터 수신한 GPS 관측 데이터를 통합하여 처리 후 보정정보(differential correction) 및 무결성 정보(integrity information)를 생성한다. 광역 주 기지국에서 생성된 보정정보 및 무결성 정보는 지상국으로 송신되며 지상국은 이러한 보강정보(augmentation information)를 정지궤도위성으로 송신한다. 정지궤도위성은 지상국으로부터 수신한 보강정보를 사용자에게 전송하고, 사용자는 이를 활용하여 의사거리 보정정보 생성 및 적용을 통해 수m 수준의 위치 정확도를 얻을 수 있다. [6]

### III. DGPS 운영 현황 및 보정정보

#### 3-1 국외 DGPS 운영 현황

1999년 3월, 미국 해안경비대(USCG; United States coast guard)가 NDGPS의 FOC(full operational capability)를 선언한 후, 지속적으로 NDGPS 기준국을 구축을 진행하였으며, 알렉산드리아에 위치한 USCG의 NAVCEN(The navigation center)에서 NDGPS 통제 및 관리를 위한 2개의 센터를 운영하고 있다. 미국의 NDGPS 서비스는 새로운 자원을 투입하기 보다는 기존의 자원을 적극 활용한다는 Pulbic law 105-66 방침에 따라 미 공군이 기존에 사용하던 GWEN(ground wave emergency network)관측소를 DGPS 관측소로 변환하여 활용하는 것에 주력해 오고 있다. 2017년 현재 그림 1과 같이 총 44개의 NDGPS 기준국이 운영되고 있다. [1],[9]

#### 3-2 국내 DGPS 운영 현황

해양수산부는 IMO 및 IALA의 권고에 따라 우리나라의 연안해역과 협수로 및 항만 입출항 선박의 안전운항을 위해 해양용 DGPS 서비스를 제공하고 있다. 해양용 DGPS 기준국은 1999년 8월부터 서해안 팔미도 기준국(PALM), 어청도 기준국(EOCH)을 시작으로 2002년 11월까지 우리나라의 전 해역을 이중 커버리지로 구성하도록 그림 2와 같이 총 11개소의 해양 기준국과 총 12개소의 해양 감시국을 운영하고 있다. 또한, 해양 기준국과 연계하여 우리나라의 전역에 DGPS 서비스를 제공하고자 내륙용 DGPS 기준국을 추가적으로 구축하였으며, 총 6개소의 내륙 기준국과 총 6개소의 내륙 감시국이 구축 완료되어 서비스 중이다. [7], [8]

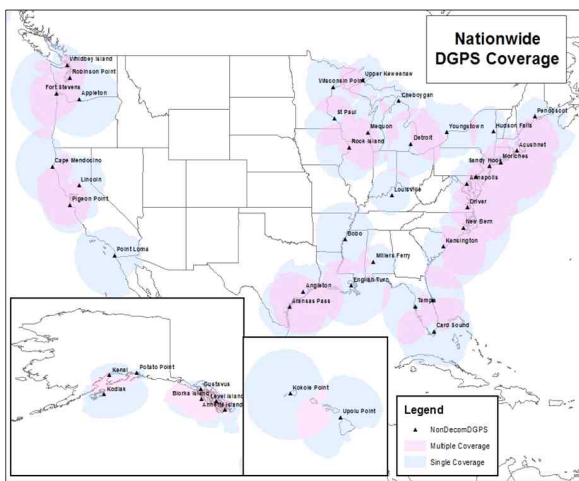


그림 1. 미국 NDGPS 커버리지 [9]  
Fig. 1. U.S. NDGPS coverage [9].

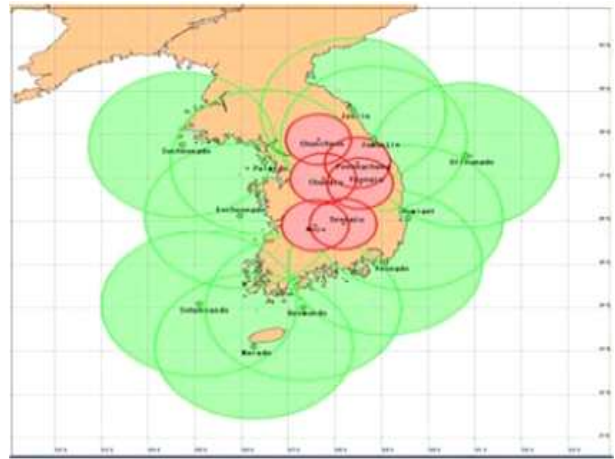


그림 2. 우리나라 NDGPS 커버리지 현황  
Fig. 2. Korea NDGPS coverage.

#### 3-3 LADGPS

##### 1) LADGPS 사용자 의사거리 보정정보

위성 궤도오차 및 위성 시계오차, 전리층 및 대류층 지연오차 등 의사거리 주요 오차요인들은 약 150 km 반경 내에서는 거의 비슷한 값을 갖는다. 정확한 위치를 알고 있는 기준국에서는 해당 기준국과 각 위성 별 실제 거리( $d$ )를 계산할 수 있고, 기준국 수신기의 시계오차( $\hat{B}$ )를 추정하여 식 (1)에 대입하면 의사거리 주요 오차들의 합을 추정할 수 있다. 이렇게 추정된 오차들의 합을 부호만 바꾼 LADGPS 사용자 의사거리 보정정보를 통신채널을 이용하여 사용자에게 전송해주면 사용자는 이를 의사거리 측정치에 적용하여 위치 정확도를 향상시킨다.

$$PRC = -(-b + I + T + \delta R) = d - \rho + \hat{B} \quad (1)$$

##### 2) RTCM 메시지

LADGPS의 대표적인 예인 미국의 NDGPS를 비롯한 전 세계 해양 DGPS 서비스를 위해서 생성된 보정정보는 일반적으로 RTCM(radio technical commission for maritime services) 메시지에 포함되어 전송된다. RTCM 메시지는 SC-104(study committee-104)에서 제안한 보정 메시지로 해양 사용자를 위해 개발되었음에도 불구하고 저가의 GNSS 수신기를 포함한 대부분의 상용 수신기가 RTCM 보정 메시지를 지원한다. Version 2.x의 RTCM 보정 메시지를 사용하여 DGPS 서비스를 이용하여 위해서는 ECEF(earth-centered, earth-fixed) 좌표계 상에서의 기준국 위치 정보가 포함된 MT(message type) 3과 의사거리 보정정보(PRC; pseudo-range correction)가 포함된 MT 1을 비롯한 추가적인 메시지를 수신해야 한다. [11] 표 1은 RTCM Version 2.x의 주요 메시지를 나타낸 것이다.

표 1. RTCM 메시지 [10]

Table 1. RTCM message [10].

Type	Status	Title
1	Fixed	Differential GPS Corrections
2	Fixed	Delta Differential GPS Corrections
3	Fixed	GPS Reference Station Parameters
4	Tentative	Reference Station Datum
5	Fixed	GPS Constellation Health
6	Fixed	GPS Null Frame
7	Fixed	DGPS Radiobeacon Almanac
8	Tentative	Pseudolite Almanac
9	Fixed	GPS Partial Correction Set
14	Fixed	GPS Time of Week
15	Fixed	Ionospheric Delay Message
16	Fixed	GPS Special Message
17	Fixed	GPS Ephemerides
59	Fixed	Proprietary Message
60-63	Reserved	Multipurpose Usage

3-4 SBAS

1) SBAS 사용자 의사거리 보정정보

SBAS 의사거리 보정정보는 표2와 같이 위성 관련 오차에 대한 보정정보인 FC, LC와 전리층 지연 오차 보정정보인 IC, 대류층 지연오차 보정정보인 TC(tropospheric correction)로 구성되어 있다. FC는 시 변화율이 큰 위성 시계오차에 대한 보정정보로써 MT 1, 2~5, 6, 7, 10에 포함된 정보들을 조합하여 계산할 수 있다. LC는 시 변화율이 작은 위성 시계오차에 대한 보정정보와 위성 궤도오차에 대한 보정정보로써 MT 1, 25에 포함된 정보들을 조합하여 계산할 수 있다. IC는 전리층 지연오차에 대한 보정정보로써 MT 18과 전리층 격자점에서의 수직 지연값(vertical estimates)을 포함한 MT 26을 조합하여 계산할 수 있다. TC는 대류층 지연오차에 대한 보정정보로써 별도의 보정 메시지가 존재하지 않으며, 모델식을 이용하여 사용자가 직접 계산한다. 총 4개의 의사거리 오차 성분별 보정정보를 식 (2)에 대입하여 SBAS 사용자의 각 위성별 보정정보를 생성하고 이를 의사거리 측정치에 적용하여 위치 정확도를 향상시킨다.

$$RC = FC + LC + IC + TC \quad (2)$$

표 2. RTCA 메시지 [12]

Table 2. RTCA message [12].

Type	Contents
0	SBAS Test Mode
1	PRN Mask Assignments
2 to 5	Fast Correction & UDRE
6	Integrity Information (UDRE)
7	Fasts Correction Degradation Factor
9	GEO Navigation Message
10	Degradation Parameters
12	SBAS Network Time/UTC Offset
17	GEO Satellite Almanacs
18	Ionospheric Grid Point Mask
19 to 23	Reserved
24	Mixed Fast & Long-term Correction
25	Long-term Correction
26	Ionospheric Correction & GIVE
27	SBAS Service Message
28	Clk.-Eph. Cov. Matrix Message
62	Internal Test Message
63	Null Message

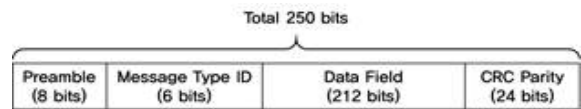


그림 3. SBAS 메시지 구조  
Fig. 3. SBAS message structure.

2) RTCA 메시지

SBAS 정지궤도위성은 SBAS 광역 주 기지국에서 생성한보강정보를 GPS 항법신호인 GPS L1(1575.42Mhz) 신호로 변환하여 250bps (bit per second)의 전송속도로 광역의 사용자에게 방송하고 있다. RTCA(radio technical commission for aeronautics) 메시지 구조는 그림 3과 같이 Preamble (8 bits), Message Type ID (6 bits), Data Field (212 bits), CRC Parity (24 bits)로 구성되어 있으며, 특히, 보정정보 및 무결성 정보 생성에 필요한 파라미터는 Data Field에 포함되어 있다. [13]

SBAS 보정정보 및 무결성 정보 생성에 필요한 파라미터 제공을 위해 표 2와 같이 총 64개의 메시지가 할당되어 있으며, 미국의 WAAS, 유럽의 EGNOS, 일본의 MSAS, 인도의 GAGAN 등 현재 운용 중인 SBAS 시스템마다 사용하는 메시지 종류와 수는 서로 다르지만 일반적으로 약 19개의 메시지가 사용되고 있다. [12, 13] 현재 방송되고 있는 메시지 중 MT 1은 SBAS 시스템에서 지원하는 위성과 보강정보가 제공되는 위성 식별을 위한 PRN Mask 정보를 포함하고 있다. PRN Mask 정보는 MT 2~5, 6, 7, 10, 24, 25, 28과 연계하여 위성관련 보정정보인 FC(fast correction), LC(long-term correction)과 FC 및 LC에 대한 추정오차의 분산값인  $\sigma_{flt}^2$  계산에 활용된다. MT 18은 각 SBAS 시스템 커버리지 내 전리층 격자점(IGP; ionospheric grid point) 중 전리층 수직 지연값과 무결성 정보가 제공되는 IGP Mask 정보를 포함하고 있다. IGP Mask 정보는 MT 10, 26과 연계하여 전리층 보정정보인 IC(ionospheric correction)과 IC에 대한 추정오차의 분산값인  $\sigma_{UIRE}^2$  계산에 활용된다.

IV. LADGPS 및 SBAS 성능 분석

4-1 실험 환경

SBAS 및 DGPS 성능 분석을 위해 그림 4와 같이 국립해양측위정보원에서 운영하는 말도 감시국(MLDO), 홍도 감시국(HGDO), 서이말 감시국(SEOI), 독도 감시국(DOKD), 총 4개소의 해양감시국을 선정하여 사용자로 해양 사용자로 간주하였다. 사용자 관측데이터로는 2017년 5월 21일 00:00:00 ~ 24:00:00 (UTC) 총 24시간 동안 각 해양감시국에서 수신된 GPS 관측데이터를 사용하였다. DGPS 보정정보 획득을 위해서 각 해양감시국 인근에 위치한 어청도 기준국(EOCH), 가거도 기준국(GAGE), 영도 기준국(YNDO), 울릉도 기준국(ULLE), 총 4



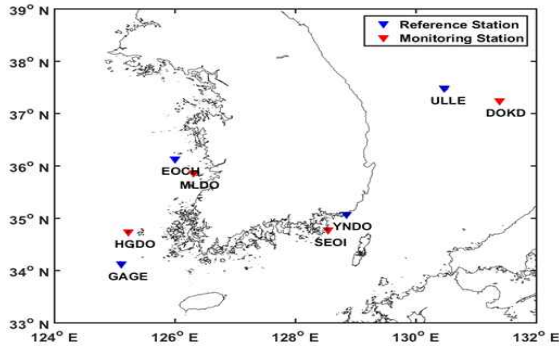


그림 4. 기준국 및 감시국  
Fig. 4. Reference and Monitoring Stations.

개소의 해양기준국을 선정하여 RTCM Version 2.3 메시지를 수신하였다. 또한, SBAS 보정정보는 프랑스 국립 우주 연구 센터 (CNES; centre national d'Etudes spatiales)의 SEREAND(SERver to retrieve and export navigation data) 데이터 서버에서 취득한 MSAS 메시지(PRN 129)를 이용하여 생성하였다.

4-2 미래 해양항법 성능 요구조건

표 3과 4는 IMO 결의안 A.915(22)에 명시된 미래 해양항법의 요구 성능을 나타낸 것이다.

표 3. 해양항법 성능 요구조건 (시스템)

Table 3. Performance requirements for maritime navigation(system)

	Accuracy		Integrity	
	Horizontal (meters)	Alert Limit (meters)	Time to Alarm (seconds)	Integrity Risk (per 3 hours)
Ocean and Coastal	10	25	10	10 <sup>-5</sup>
Port Approach and restricted waters	10	25	10	10 <sup>-5</sup>
Port	1	2.5	10	10 <sup>-5</sup>

표 4. 해양항법 성능 요구조건 (서비스)

Table 4. Performance requirements for maritime navigation (service)

	Availability % per 30 days	Continuity % over 3 hours	Coverage	Fix Interval (seconds)
Ocean and Coastal	99.8	N/A	Global	1
Port Approach and restricted waters	99.8	99.97	Regional	1
Port	99.8	99.97	Local	1

4-3 의사거리 보정정보 비교

LADGPS 의사거리 보정정보(PRC)와 SBAS 의사거리 보정

정보(RC)는 각각 식 (3), 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

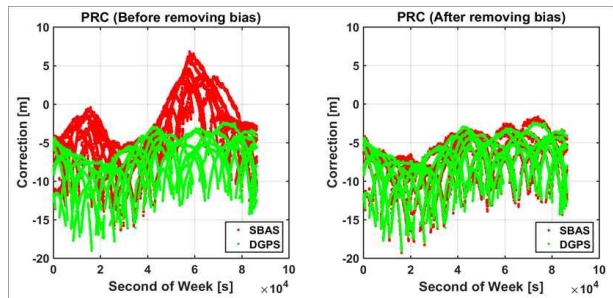
$$PRC = \delta\rho + \hat{B}_{LADGPS} \tag{3}$$

$$RC = \delta\rho + \hat{B}_{SBAS} \tag{4}$$

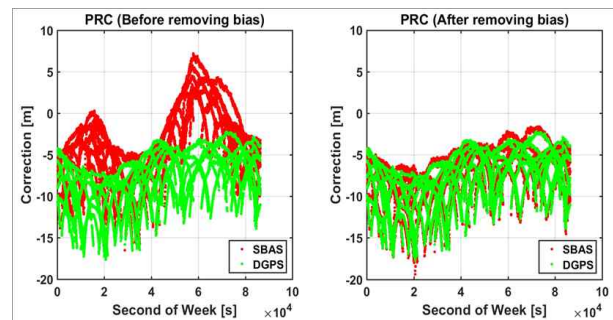
위 식에서  $\delta\rho$ 는 의사거리 오차,  $\hat{B}$ 는 기준국 수신기의 시계오차이다. 두 의사거리 보정정보에서는 위성 별 의사거리 오차뿐만 아니라 각 DGPS 기준국 수신기의 시계오차가 포함되므로 두 보정정보 간 바이어스( $\Delta\hat{B}$ )가 존재한다. 따라서 두 보정정보를 직접 비교하기 위해서는 식 (5)와 같이 바이어스를 추정하여 제거해주는 과정을 거쳐야 한다.

$$\Delta\hat{B} = RC - PRC = \hat{B}_{SBAS} - \hat{B}_{LADGPS} \tag{5}$$

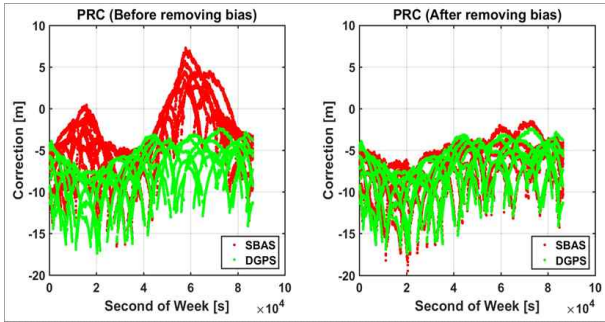
그림 5는 각 해양감시국에서 생성한 LADGPS 의사거리 보정정보와 SBAS 의사거리 보정정보를 비교한 결과를 나타낸 것이다. 바이어스 제거를 통해 두 보정정보 간 비교가 가능해졌으며, LADGPS 의사거리 보정정보에 비해 SBAS 의사거리 보정정보에 다소 많은 노이즈가 포함된 것을 확인하였다.



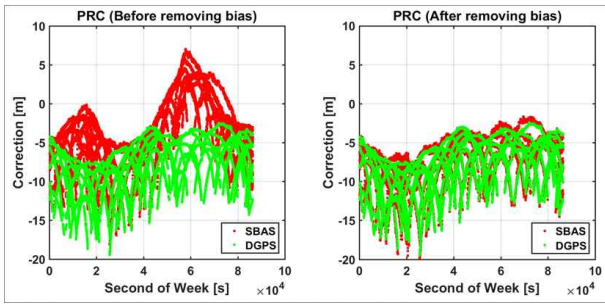
(a) Dok-do Monitoring Station (DOKD)



(b) Mal-do Monitoring Station (MLDO)



(c) Hong-do Monitoring Station (HGDO)



(d) Seomal Monitoring Station (SEOI)

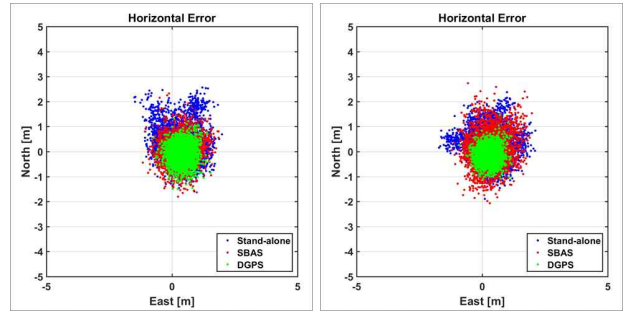
그림 5. 기준국별 의사거리 보정정보 비교

Fig. 5. Comparison of Pseudo-Range Corrections for each Monitor Station.

4-4 사용자 위치오차 비교

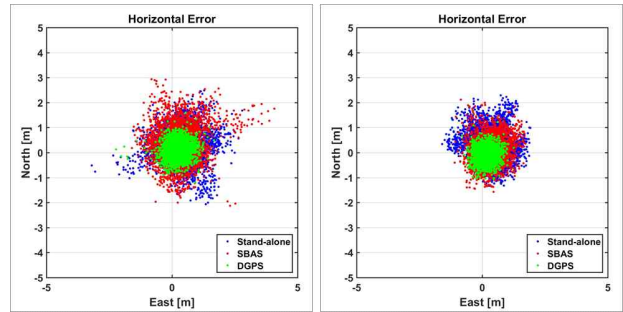
그림 6은 각각 의사거리 보정정보 적용에 따른 사용자 위치 오차 감소 효과를 확인하기 위해 각 해양감시국에서 수신한 GPS 관측데이터에 MSAS 의사거리 보정정보와 DGPS 의사거리 보정정보를 각각 적용하여 계산한 위치의 수평오차 결과를 나타낸 것이고, 표 5는 수평 위치에 대한 정확도 (95%)를 정리한 것이다. LADGPS의 경우, 독도 감시국을 제외한 나머지 감시국의 수평 위치 정확도는 모두 1m 이하였으며, 이는 표 3의 Port 에서의 수평 위치 정확도 요구조건을 만족하는 결과이다. 반면 MSAS의 경우, 모든 감시국의 수평 위치 정확도가 1m 이상이었으며, 이는 표 3의 Port 에서의 수평 위치 정확도 요구조건을 만족하지 못하는 결과이다.

일본의 지리적 특성으로 인해 MSAS는 미국의 WAAS 및 유럽의 EGNOS와 비교하여 광역 기준국의 분포가 협소하다. 이는 MSAS의 의사거리 보정정보의 품질을 저하시키는 원인으로 작용할 수 있다. 이러한 이유로 MSAS 의사거리 보정정보 적용에 따른 항법 수행 결과가 IMO에서 요구하는 수평 위치 정확도 요구조건 (1m, Port)를 만족하지 못한 것으로 판단된다. 다음 절에서 MSAS 의사거리 보정정보의 품질 저하의 원인을 MSAS가 제공하는 UDRE(user differential range error)와 GIVE(grid ionospheric vertical error), 두 가지 측면에서 분석해보았다.



(a) DOKD

(b) HGDO



(c) HGDO

(d) SEOI

그림 6. 수평 위치 오차

Fig. 6. Horizontal Position Error.

표 5. 정확도 (95%)

Table 5. Accuracy (95%)

	Horizontal Error (95%) [meters]	
	LADGPS	SBAS
DOKD	1.0696	1.3918
MLDO	0.8686	1.6284
HGDO	0.9144	2.0937
SEOI	0.7502	1.4117

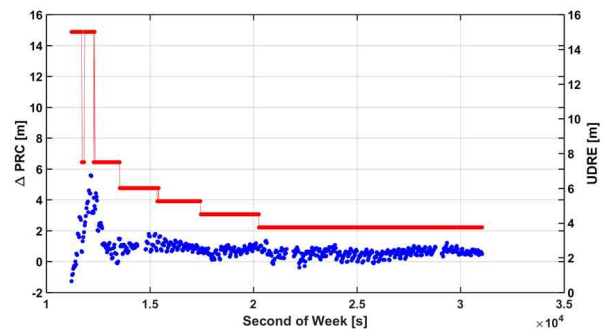


그림 7. PRC 차분값 및 UDRE

Fig. 7. Difference of PRC and UDRE.

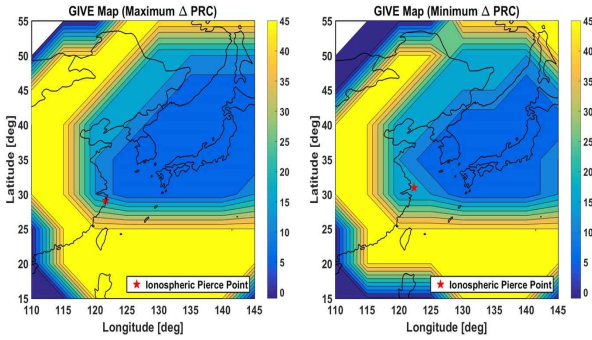


그림 8. 전리층 통과점 및 GIVE 지도  
Fig. 8. IPP and GIVE map.

#### 4-5 MSAS 의사거리 보정정보 성능 저하 원인 분석

그림 7은 4개소의 해양 감시국 중 MSAS의 성능이 가장 좋지 않았던 홍도 감시국에서 관측된 PRN 8번 위성에 대한 MSAS 보정정보와 LADGPS 의사거리 보정정보의 차분 값( $\Delta PRC$ )과 UDRE 값을 함께 나타낸 것이다. MSAS가 제공하는 UDRE 값이 크다는 것은 위성 관련 보정정보인 FC와 LC가 부정확하다는 것을 의미하고, 이는 MSAS 의사거리 보정정보 성능 저하의 원인으로 작용한다. 이로 인해 MSAS 의사거리 보정정보 적용 후의 수평 위치 정확도가 LADGPS에 비해 떨어진 것으로 판단할 수 있다.

그림 8은 그림 9에서  $\Delta PRC$ 의 값이 가장 큰 시점( $t_{max}$ )과 가장 작은 시점( $t_{min}$ )에서의 PRN 8번 위성 측정치의 전리층 통과점(IPP; ionospheric pierce point)과 GIVE값 투영 결과를 나타낸 것이다. UDRE의 경우와 마찬가지로 MSAS가 제공하는 GIVE값이 크다는 것은 전리층 관련 보정정보인 IC가 부정확하다는 것을 의미하고, MSAS 의사거리 보정정보 성능 저하의 원인으로 작용한다. 그리고 IPP를 둘러싼 4개의 IGP의 GIVE 값의 평균은  $t_{max}$  시점에서는 8.4347m,  $t_{min}$  시점에서는 3.8754 m로 2배 이상 차이가 나는 것을 확인하였다. 결과적으로 MSAS가 제공하는 부정확한 IC로 인해 사용자의 수평 위치 정확도가 떨어졌다고 판단할 수 있다.

#### V. 결 론

본 논문에서는 국내 지역 해양 사용자에게 대해서 해양수산부 국립해양측위정보원에서 운영하고 있는 NDGPS와 일본의 MSAS의 성능을 비교분석 하였고, 각 시스템의 성능이 IMO 결의안 A.915(22)에서 규정한 요구조건을 충족하는지 검증하였다. 수평 위치 정확도 분석 결과, NDGPS의 경우, 독도 감시국을 제외한 나머지 감시국에서의 수평 위치 정확도는 IMO에서 요구하는 Port에서의 수평 위치 정확도 요구조건을 만족하는 것을 확인하였다. 반면, MSAS의 경우, 모든 감시국의 수평 위

치 정확도가 1m 이상으로 Port에서의 수평 위치 정확도 요구조건을 만족하지 못하였다.

NDGPS에 비해 MSAS의 성능이 떨어지는 원인을 파악하기 위해 NDGPS와 MSAS 의사거리 보정정보 간 차분값과 MSAS에서 제공하는 UDRE 및 GIVE 값과의 상관관계를 분석하였다. 분석 결과, 의사거리 보정정보 차분값이 큰 시점에서는 UDRE와 GIVE 값 또한 크게 나타났으며, 이는 해당 시점에서 MSAS 의사거리 보정정보의 품질이 떨어진다는 것을 의미한다. 이러한 이유로 MSAS 의사거리 보정정보를 적용 후의 수평 위치 정확도가 NDGPS에 비해 저하되었다고 볼 수 있다.

#### Acknowledgements

본 연구는 국토교통부 국토교통기술촉진연구사업의 연구비 지원(15CTAP-C097385-02)에 의해 수행되었습니다.

#### References

- [1] G. J. Song, "The proposal for positioning accuracy analysis and stimulating utilization of NDGPS, M.S. dissertation," Chungnam National University, Daejeon, Korea, 2007.
- [2] H. D. Kong, "A Study on the signal interference and countermeasures of differential global positioning system among the neighboring countries, Ph.D. dissertation," Korea Maritime and Ocean University, Busan, Korea, 2007.
- [3] IMO, Revised Maritime Policy and Requirements for a Future Global Navigation Satellite System Resolution A.915(22), 2001.
- [4] M. Porretta, D. J. Banos, M. Crisci, G. Solari and A. Fiumara, GNSS Evolutions for Maritime, Inside GNSS, 2016.
- [5] IALA, IALA Recommendation R-135 On The Future of DGNS, IALA, 2008
- [6] B. W. Park, Comparison of the DGPS Performance by Various PRC Filtering Methods, M.S. dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea, 2003.
- [7] H. H. Park, A Study on the Ground Based Wide Area Differential GPS Implementation, Ph.D. dissertation, Mokpo National Maritime University, Mokpo, Korea, 2014.
- [8] Y. S. Yun, D. Y. Kim, C. S. Pyong, C. D. Kee, "Performance Analysis of Korean WADGPS Algorithms with NDGPS Data," in *Proceedings of the 17th International Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation (ION GNSS 2004)*, Long Beach, CA, pp. 1329-1339, September 2004.
- [9] U.S. Coast Guard Navigation Center (NAVCEN). DGPS

SITE CONFIGURATION INFORMATION [Internet].

Available: <https://www.navcen.uscg.gov/>

- [10] RTCM, Recommended Standards for Differential GNSS (Global Navigation Satellite System) Service, Version 2.3, RTCM Standard 10402.3, 2001.
- [11] B. W. Park, A Study on Reducing Temporal and Spatial Decorrelation Effect in GNSS Augmentation System: Consideration of the Correction Message Standardization, Ph.D. dissertation, Seoul National University, Seoul, Korea,

2008.

- [12] RTCA, Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment, RTCA DO-229D, 2006.
- [13] H. J. Seok, Study on the Accuracy Improvement and Integrity Information Generation of the Low-cost GPS Receiver for the Expansion of Drone Operation, M.S. dissertation, Sejong University, Seoul, Korea, 2016.



**임철순 (Cheol-Soon Lim)**

2017년 2월 : 세종대학교 항공우주공학과 (공학석사)  
2017년 3월~현재 : 세종대학교 항법시스템 연구실 연구원  
※ 관심분야 : GNSS, SBAS, PPP



**박병운 (Byung-Woon Park)**

2008년 2월 : 서울대학교 항공우주공학과 (공학박사)  
2012년 9월 ~ 현재 : 세종대학교 항공우주공학과 조교수  
※ 관심분야 : DGPS, WADGPS, RTK, Network RTK, GPS