

NDGPS 기준국의 SBAS 기준국으로의 공동 활용을 위한 기준국 환경 분석

한영훈* · 박슬기 · 박상현

A Site Environment Analysis of NDGPS Reference Stations Co-operating for SBAS

Young-hoon Han* · Sul-gee Park · Sang-hyun Park

Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

요 약

본 논문에서는 현재 해양수산부에서 운영 중인 NDGPS 기준국을 SBAS 기준국으로 공동 활용하기 위한 목적으로 사이트 환경 관점에서의 타당성을 확인한다. 이를 위하여 SBAS 기준국의 사이트 환경 요구사항을 도출하고, 본 요구사항을 확인할 수 있는 절차를 수립한다. 그리고 수립된 기준국 사이트 환경 조사 절차를 기반으로 NDGPS 기준국의 현장 조사를 실시하고 그 결과를 분석한다. 이때, 사이트 환경 조사를 위한 사이트 선정은 NDGPS 기준국 17개소를 대상으로 한다. 본 논문의 내용은 NDGPS 기준국을 SBAS 기준국으로 공동 활용하기 위하여 고려해야 할 요소 도출 및 위성항법시스템 분야의 기준국 선정 및 구축 시 활용할 수 있다.

ABSTRACT

In this paper, it verifies site environment aspect that NDGPS (Nationwide Differential Global Positioning System) operated by MOF (Ministry of Oceans and Fisheries) will be used as the same site of reference stations for SBAS (Satellite Based Augmentation System). In order to prove this feasibility, we analyze the site environment requirements for SBAS reference stations, as well as we establish the procedure for the verification of the site environment requirements. With this procedure of the site environment survey, we perform site survey in the real field and analyze the results. We select interim candidate sites for survey which currently operating 17 NDGPS reference stations. This paper could be utilized in the process of selection or installation of reference stations in the field of GNSS(Global Navigation Satellite System) and the drawing the consideration which NDGPS reference stations will be co-operated as SBAS reference stations.

키워드 : SBAS, SBAS 기준국, 사이트 조사, 가시성, 간섭신호

Key word : SBAS, SBAS Reference Station, Site Survey, Visibility, Interference

Received 04 August 2016, Revised 05 August 2016, Accepted 24 August 2016

* Corresponding Author Young-hoon Han(E-mail:yhhan@kriso.re.kr, Tel:+82-42-866-3677)

Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Daejeon 34103, Korea

Open Access <http://dx.doi.org/10.6109/jkice.2016.20.9.1696>

print ISSN: 2234-4772 online ISSN: 2288-4165

©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.
Copyright © The Korea Institute of Information and Communication Engineering.

I. 서 론

SBAS(Satellite Based Augmentation System)는 위성의 방송메시지를 이용하여 광범위한 지역의 사용자에게 보정정보를 전달함으로써 위성항법시스템의 사용자가 좀 더 정확한 위치 서비스를 제공받을 수 있도록 하는 보강항법시스템으로, 일반적으로는 항공기의 정밀한 이착륙을 지원하는 항행안전시설을 의미한다.

KASS(Korea Augmentation Satellite System)는 우리나라 국토교통부에서 2014년부터 개발 구축사업을 진행 중인 한국형 SBAS로서 중앙처리국과 통합운영국, 위성통신국, 그리고 기준국으로 이루어진 지상국과 위성국으로 구성된다[1].

기준국은 위성항법시스템의 신호를 처리 및 보정하고, 원시 측정치를 전송하는 센서 스테이션으로서의 기능을 수행한다. 따라서 기준국은 위성항법시스템의 신호를 좋은 환경에서 수신하고 처리하여 양질의 데이터를 다른 지상국 시스템으로 전송하는 임무를 가진다.

NDGPS(Nationwide Differential GPS)는 현재 해양수산부에서 운영 중인 전국망 위치보정서비스로서 GBAS(Ground Based Augmentation System) 시스템이다[2]. NDGPS 기준국은 우리나라 국토에 고르게 분포하므로 지리적으로 우수하며, 공간 및 시설이 확보되어 있고, 무엇보다도 이미 운영 중인 시스템으로 기준국 및 기준국 안테나의 위치, 사이트 환경에 대한 신뢰도가 높다. 따라서 KASS 기준국을 현재 운영 중인 NDGPS 기준국과 공동 활용한다면 사이트 선정 및 운용의 효율성과 비용 측면에서 이점을 갖는다[3].

본 논문에서는 NDGPS 기준국 사이트의 현장 환경 조사 수행을 통하여 NDGPS 기준국을 KASS 기준국으로 공동 활용하는 방안에 대한 사이트 환경 측면에서의 타당성을 분석한다. 이를 위하여 먼저 SBAS 기준국의 사이트 환경 요구사항을 분석하고, 해당 요구사항에 대한 사이트 환경 조사 절차를 개발한다. 그리고 NDGPS 기준국의 사이트 환경을 분석하고, 이를 토대로 사이트 환경 측면에서의 NDGPS 기준국과 KASS 기준국의 공동 활용 방안에 대한 타당성을 분석한다.

II. SBAS 기준국 사이트 환경 요구사항

SBAS 기준국의 사이트 환경 요구사항은 우리나라, 유럽, 미국에서 운용하고 있는 위성항법시스템 및 관련 응용시스템의 기준국 사이트 환경 조사관련 자료를 기반으로 분석하였다. 분석 항목은 가시성, 전파환경, 신호품질, 공간, 안테나 위치, 네트워크, 전원 및 접지, 온도 및 습도 조절, 케이블, 접근성, 보안이며, 각 항목에 대한 주요 요구사항은 다음과 같다[4-8].

2.1. 가시성[5, 6]

기준국의 안테나 반경 50 m 이내에는 위성신호에 대한 막음각 0도 이상의 장애물이 없어야 하며, 전 방위에 대한 수평 가시성이 막음각 5도 이하를 만족해야 한다.

2.2. 전파환경[4, 6-8]

기준국은 수신 신호 전력이 매우 낮으므로 간섭신호 및 간섭원에 대한 전파환경 분석이 수행 되어야 하며, 간섭신호에 대한 영향이 최소화 되어야 한다.

2.3. 공간[5]

2.3.1. 옥외공간

기준국 설치를 위한 대지는 위성항법시스템의 신호 및 SBAS 위성신호 수신이 가능한 2 또는 3개의 안테나 설치가 가능하고, 기준국 장비(수신기, 데이터처리장치, 전원, 항온항습조절 장치, 네트워크 장비, 원자시계 등)의 설치가 가능한 건물 또는 컨테이너 면적이 요구된다. 또한, 안테나를 포함한 각 장비 설치 시 요구되는 장비 간 이격 거리를 고려한 충분히 넓은 면적이 필요하다.

2.3.2. 실내공간

기준국 장비를 설치할 수 있고, 기준국의 운영 및 유지보수 활동을 위한 충분한 공간이 확보 되어야 한다.

2.4 안테나 위치[4, 7, 8]

안테나는 ‘가시성’과 ‘전파환경’ 요구사항을 만족하는 위치에 설치되어야 하며, 기준국 채널 안테나 간 이격 거리는 환경에 따라 60 ~ 120 m를 만족해야 한다[9]. 전달 매체에 의한 신호 손실 및 왜곡을 고려하여 안테나와 수신기 간 이격 거리는 80 m 이내로 한다.

2.5. 네트워크[5]

기준국 네트워크는 통신 가용성 확보를 위하여 최소 이중화 되어야하며 통신 채널에 대한 다양성도 확보되어야한다. 또한, 기준국 네트워크는 통신사업자 및 물리적 측면에서도 분리되어야한다.

2.6. 전원 및 접지[5]

기준국은 정전 시에도 기준국 운영 장비에 안정적으로 전원을 공급할 수 있어야하며, 장비 운영 및 유지보수에 충분한 전원용량을 확보해야한다. 또한, 기준국의 모든 전자장비는 원활하고 안정적인 전원공급 및 장비 보호를 위하여 접지되어야하며, 낙뢰 방지시스템이 설치되어야한다.

2.7. 온도 및 습도 조절[5]

기준국 장비가 설치 운영되고 있는 실내공간은 일정 수준의 온도, 습도를 유지 조절할 수 있는 항온항습 장치가 요구되며, 적정 온도 10℃ ~ 30℃, 적정 습도 95% 이하를 유지해야 한다.

2.8. 접근성[5]

기준국은 기준국 장비의 설치, 운용, 유지보수를 위한 인력 및 차량의 접근이 용이해야한다. 따라서 철도, 고속도로, 공항, 항구와 근접 또는 이동이 편리해야 한다.

2.9. 보안[5]

권한을 획득한 사람만이 기준국 장비 및 시설물에 접근할 수 있도록 제한 및 통제가 이루어져야한다. SBAS 기준국 운용에 필요한 안테나 시설 및 기준국 장비, 기타 시설물들은 보호구역으로 지정되어야하며, 보호구역은 최소 20 m 이상의 거리에 외부의 접근을 차단하는 헨스 등이 설치되어야 한다.

III. 기준국 사이트 환경 조사 절차

NDGPS 기준국의 사이트 환경 조사는 앞서 2장에서 분석한 요구사항을 바탕으로 수행한다.

3.1. 가시성 분석 절차[3]

기준국 사이트 환경 요구사항 중 가시성 분석은 별도

의 가시성 분석 장치를 활용하여 분석한다. 가시성 분석 장치는 그림 1과 같이 구성되며 스마트폰과 360도 회전이 가능한 전동헤드를 활용한다. 특히, 스마트폰 내의 가시성분석 소프트웨어를 이용하여 특정 임계 막음각에서 전 방위에 대한 수평 가시성 분석이 가능하다.

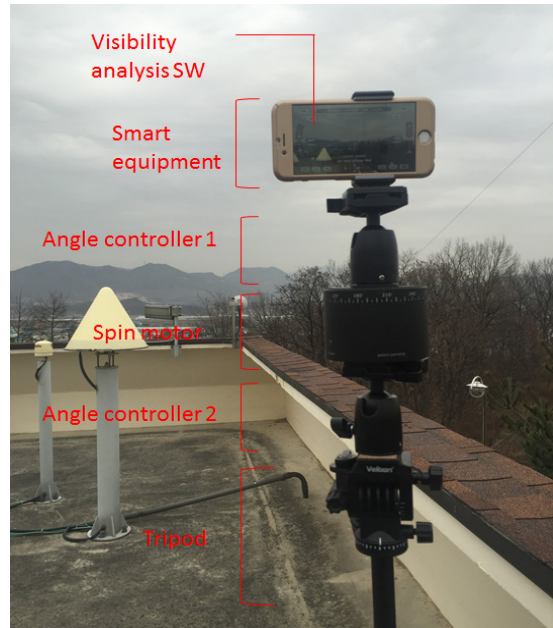


Fig. 1 Visibility analysis tool

가시성 분석을 위한 주요절차는 그림 2와 같다. 먼저 장비를 설치하고, 스마트폰의 각도를 조절하여 가시성 분석 소프트웨어 화면 상의 고도각(막음각)을 설정한다. 막음각 0도와 기준국 요구사항인 막음각 5도에서의 360도 촬영을 수행한다. 그리고 막음각 5도 이상의 장애물에 대한 위치와 방위, 각도를 확인한다.

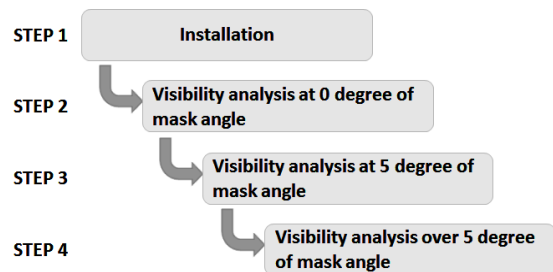


Fig. 2 Visibility analysis procedure

3.2. 전파환경 분석 절차

전파환경 분석은 스펙트럼 분석기를 이용하며 GPS L1/L2 신호 대역 구간에 대하여 측정한다. 24시간 동안 5분 간격으로 L1, L2 신호를 교대로 측정하며, Max-hold 기능을 이용한다[3, 4, 7, 8].

3.3. 기타 요구사항에 대한 사이트 환경 분석 절차

가시성과 전파환경 이외의 기준국 사이트 환경 요구사항은 2장의 요구사항 만족 여부에 대한 체크리스트를 이용하여 분석한다. 체크리스트는 각 요구사항 별로 2~5등급으로 분류되며, 각 요구사항에 대한 분류기준은 다음과 같다.

3.3.1. 가시성

- A: 모든 방위각에서 막음각 5도 이하
- B: 모든 방위각에서 막음각 10도 이하로 장애물이 한 지역으로 위치
- C: 모든 방위각에서 막음각 10도 이하로 장애물이 두 지역으로 위치
- D: 모든 방위각에서 막음각 15도 이하로 장애물이 한 지역으로 위치
- E: 모든 방위각에서 막음각 15도 이하로 장애물이 두 지역 이상으로 위치

3.3.2. 전파환경

- A: 모든 주파수에서 -90 dBm 이하 성능
- B: 모든 주파수에서 -70 dBm 이하의 성능
- C: -50 dBm 이하 성능을 보이는 6개 이하의 대역
- D: 모든 주파수에서 -50 dBm 이하의 성능 또는 -30 dBm 이하 성능을 보이는 6개 이하의 대역
- E: 모든 주파수에서 -20 dBm 이하의 성능

3.3.3. 옥외공간

- A: 실외공간 요구사항 만족
- B: 실외공간 요구사항 불만족하나 추가공간 확보 가능
- C: 실외공간 요구사항을 불만족하며, 추가공간 확보가 어려움

3.3.4. 실내공간

- A: 실내공간 요구사항 만족
- B: 실내공간 요구사항은 불만족하나 추가공간 확보

가능

- C: 실내공간 요구사항을 불만족하며, 추가공간 확보가 어려움

3.3.5. 안테나 위치

- A: 가시성과 전파환경 요구사항을 만족하고, 안테나 간 이격 거리 요구사항 (60 ~ 120 m) 만족
- B: 가시성, 전파환경, 안테나 간 이격 거리 요구사항 중 2개 만족
- C: 가시성, 전파환경, 안테나 간 이격 거리 요구사항 중 1개 만족
- D: 가시성, 전파환경, 안테나 간 이격 거리 요구사항 모두 불만족

3.3.6. 네트워크

- A: 통신망 운영률 100%
- B: 통신망 운영률 99% 이상 100% 이하
- C: 통신망 운영률 99% 이하

3.3.7. 전원

- A: 전력 공급이 원활하며 용량에 여유가 있음
- B: 전력 공급이 원활하며 용량에 제한이 있음
- C: 전력 공급이 원활하지 않음

3.3.8. 접지 및 낙뢰방지

- A: 접지 및 낙뢰방지 설치
- B: 접지 및 낙뢰방지 중 하나만 설치
- C: 모두 미설치

3.3.9. 온습도 조절

- A: 온습도 조절 장치 설치
- B: 온습도 조절 장치 미설치

3.3.10. 접근성

- A: 기준국까지 차량으로 접근 가능하고 거점지(대전 가정)로부터의 최대 이동 소요 시간 3시간 이내
- B: 상황 또는 환경에 따라 선박 및 차량의 접근이 가능하고 거점지로부터의 최대 이동 소요 시간 6시간 이내
- C: 상황 또는 환경에 따라 선박 및 차량의 접근이 가능하고 거점지로부터의 최대 이동 소요 시간 24시간 이내

- D: 선박 및 차량의 접근이 불가하거나 거점지로부터의 최대 이동 소요 시간이 24시간을 초과

3.3.11 보안

- A: 접근 제한 구역 설정 및 보호 헨스 설치
- B: 접근 제한 구역만 설정
- C: 비관련자의 접근이 제한되지 않음

IV. NDGPS 기준국 사이트 환경 조사 결과

4.1. 기준국 사이트 환경 조사지 선정

NDGPS 기준국 17개소 중 사이트 환경 조사를 위한 사이트 선정을 위하여 지리적인 측면에서 그림 3과 같이 5개의 권역을 지정하였다. 이 중 기준국 방문 경험과 자료조사, 접근성, 실험의 효율성 등을 고려하여 팔미도(PM)와 마라도(MR), 영도(YD), 주문진(JM), 충주(CJ), 무주(MJ) 총 6개소에 대한 사이트 조사지를 선정하였다.

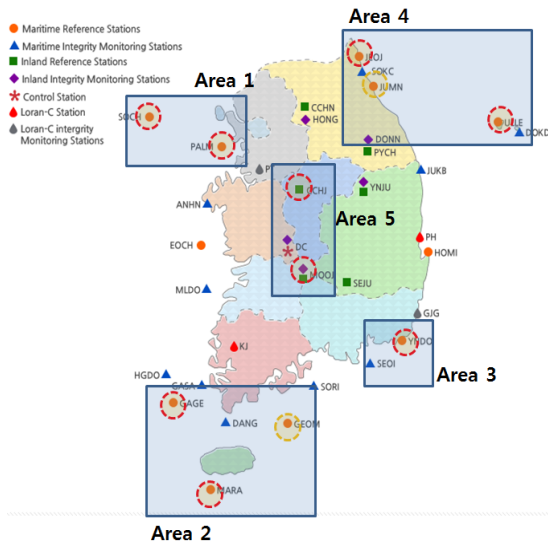


Fig. 3 Proposed candidate SBAS reference station area[2]

4.2. 가시성 분석 결과

영도 기준국은 사이트 조사지 중 가장 좋은 가시성을 확보하고 있으며 충주 기준국과 함께 요구사항을 만족

한다. 그림 4는 주문진 기준국의 가시성 분석 결과로 등대(10.5도) 구간에서 요구사항을 만족하지 못하며 이를 제외한 구간에서는 막음각 5도 이하를 만족한다. 무주 기준국은 그림 5와 같이 조사지 중 주변 산악 지형(7.3도, 12.6도)에 의한 가시성 확보가 가장 어려우며, 팔미도 기준국 또한 주변 군사시설물 및 통신 시설물(10도)로 인하여 가시성이 좋지 못하다. 마라도 기준국은 등대와 안테나가 양각 6도 근방에 위치한다.

NDGPS 기준국의 가시성 분석 결과를 정리하면 표 1과 같다.



Fig. 4 Visibility analysis result of JM



Fig. 5 Visibility analysis result of MJ

Table. 1 Visibility analysis results(all)

	YD	JM	CJ	MJ	PM	MR
Visibility	A	B	A	E	C	B

4.3. 전파환경 분석 결과

대부분의 NDGPS 기준국은 GPS L1 대역에 대한 전파환경이 우수한 것으로 측정되었다. 하지만 GPS L2 대역의 경우 주문진(-60 dBm), 충주(-50 dBm), 팔미도(-20 dBm), 마라도(-30 dBm) 기준국에서 간섭 신호가 측정되었으며 특히 마라도와 주문진, 무주는 크기는 다르지만 유사한 패턴의 간섭 신호가 측정되었다. 그림 6은 주문진 기준국의 전파환경 분석 결과로 특정 대역에서 펄스열을 보인다. 그림 7은 팔미도 기준국의 결과로 측정 대역 전반에 걸쳐 -40 ~ -20 dBm의 높은 신호가 측정되었다.

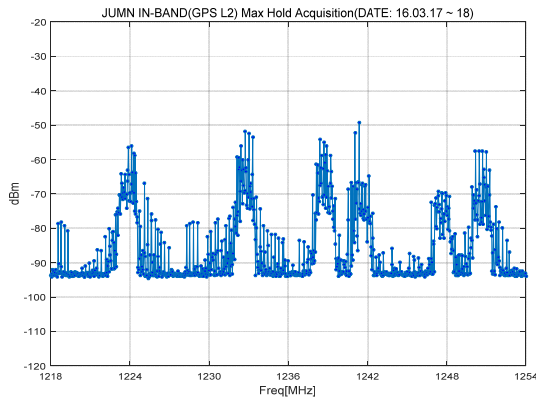


Fig. 6 Interference analysis result of JM

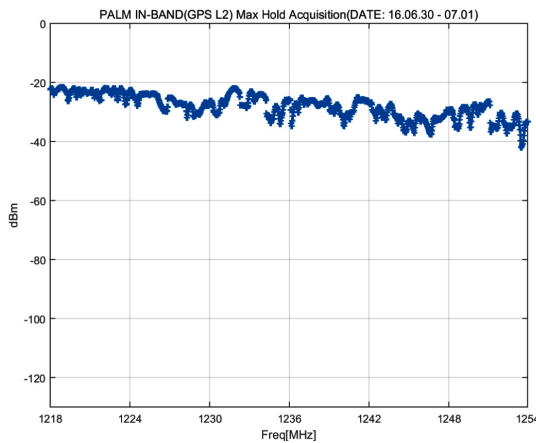


Fig. 7 Interference analysis result of PM

NDGPS 기준국의 전파환경 분석 결과를 정리하면 표 2와 같다.

Table. 2 Interference analysis results(all)

	YD	JM	CJ	MJ	PM	MR
L1	A	A	A	A	B	B
L2	A	D	D	B	E	D

4.4. 기타 요구사항에 대한 사이트 환경 분석 결과

전반적으로 NDGPS 기준국의 사이트 환경은 양호한 것으로 평가된다. 하지만 안테나 설치 시 이격 거리로 인한 옥외공간과 안테나 위치 요구사항 만족에 어려움이 있으며, 단일 네트워크 사업자에 의한 회선 불량 및 VPN 동작 오류 등으로 가용성이 100%를 달성하지 못하였다[10].

NDGPS 기준국의 사이트 환경 분석 결과를 정리하면 표 3과 같다.

Table. 3 Site environment analysis results(all)

	YD	JM	CJ	MJ	PM	MR
Outdoor areas	B	B	B	B	C	B
Indoor areas	A	B	A	B	A	B
Antenna Position	B	C	C	C	D	C
Network	B	A	B	B	B	B
Power	A	A	A	A	B	B
Ground	A	A	A	A	A	A
Temp. / Hum.	A	A	A	A	A	A
Access	B	B	A	A	C	C
Security	A	B	A	B	B	B

V. 결론

NDGPS 기준국을 SBAS 기준국과 공동활용 하기 위한 목적으로 NDGPS 기준국 현장 방문을 통하여 사이트 환경 분석을 수행하였다. 사이트 조사 대상 기준국

중 무주 기준국은 가시성이 좋지 않아 SBAS 기준국 후보지로 적합하지 않음을 확인하였으며, 팔미도 기준국의 경우 L2 대역의 간섭신호가 문제가 될 수 있음을 확인하였다. 또한 조사를 수행한 모든 기준국에 대하여 안테나 이격 거리에 대한 요구사항 만족을 위해서는 추가적인 옥외공간이 필요할 것으로 판단되며, 팔미도는 옥외공간에 대한 제약이 있음을 확인하였다.

ACKNOWLEDGMENTS

This research was conducted as part of the project titled 'Development of Multi-purpose Reference Station Technologies for Augmentation System [PMS3280]', funded by the Ministry of Oceans and Fisheries, Korea.

REFERENCES

- [1] KASS program office [Internet]. Available: <http://www.kass.re.kr>.
- [2] National Maritime PNT Office [Internet]. Available: <http://www.nmpnt.go.kr>.
- [3] Y. Han, S.G. Park, S. Lee, S. H. Park, "An Environmental Analysis of Candidate SBAS Reference Station," in *proceeding of the 39th Annual Conference on Korea Institute of Information and Communication Engineering*, Busan, , pp. 685-688, 2016.
- [4] J. Giraud, "Definition of RF environment survey procedure," Alcatel Alenia Space, Technical Document GAL-TN-AAS-F-V2M-I-0005, 2005.
- [5] A. Castro, "Galileo Ground Stations Site Interface Requirement Document," European Space Agency, Technical Document EAS-DEUI-NG-RWQ/02154-AC, 2005.
- [6] "U.S. Department of Transportation Federal Aviation Administration System Specification for the Wide Area Augmentation System," Federal Aviation Administration, Technical Document FAA-E-2892d, 2012.
- [7] J. H. Jo, et al. "RF Environment Test on a Proposed Site for the Sensor Station of the Next Generation Satellite Navigation System, GALILEO: I. The Result of the Test on the Vicinity of KVN Tamla Site in the Year of 2006 by KASI," *Journal of Astronomy and Space Sciences*, vol. 25, no. 1, pp. 43-52, Feb. 2008.
- [8] J. H. Jo, et al. "RF Environment Test on a Proposed Site for the Sensor Station of the Next Generation Satellite Navigation System, GALILEO: II. The Result of the Test on the Candidate Site in the Year of 2007 by KASI and ESA," *Journal of Astronomy and Space Sciences*, vol. 25, no. 1, pp. 53-60, Feb. 2008.
- [9] D. Brocard, T. Maier, and C. Busquet. "EGNOS Ranging and Integrity Monitoring Stations (RIMS)," in *proceeding of GNSS 2000 Conference*, Edinburgh, Scotland, UK. vol. 3. 2000.
- [10] "2015 Annual Report of DGPS Operation," National Maritime PNT Office, Technical Report.



한영훈(Younghoon Han)

2010년 : 충남대학교 전기정보통신공학부 공학사
 2012년 : 충남대학교 전자공학과 공학석사
 2012년 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 연구원
 ※ 관심분야 : 정밀측위, 신호이상감시, 보강항법시스템



박슬기(Sul Gee Park)

2008년 충남대학교 전자정보통신전공 공학사
 2010년 충남대학교 전자공학과 공학석사
 2010년 ~ 현재 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 기술원
 ※ 관심분야 : 위성항법, 미약신호, 정밀측위 알고리즘



박상현(Sang Hyun PARK)

1994년 2월 : 충남대학교 전자공학과 (공학사)

1996년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)

2002년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)

2005년 12월 : 현대자동차(주) 자동차전자개발센터

2005년 12월 ~ 현재 : 한국해양과학기술원 부설 선박해양플랜트연구소 책임연구원

※관심분야 : 해양 측위 · 항법 · 시각동기, 전파항법