

SBAS 보강항법 초기 위치 결정 시간 단축을 위한 A-SGNSS 운용 방안

Assisted SBAS Global Navigation Satellite System Operation Method for Reducing SBAS Time to First Fix

이주현·김일규·서흥석*

넵코어스(주) 1본부 2실

Ju Hyun Lee · Il Kyu Kim · Hung Seok Seo*

Division1 Department2 Navcours, Deajeon 34014, Korea

[요 약]

SBAS는 정지 궤도 위성을 이용하여 보정 정보와 GNSS 위성의 고장 유무 등을 메시지 형태로 전송하여 GNSS 항법 사용자의 정확성과 무결성, 가용성, 연속성을 보강하는 시스템이다. SBAS가 제공하는 보정 정보는 250 bps의 통신 속도로 제공되며, 의사거리 오차, 위성 궤도 오차, 위성 시계 오차, 이온층 지연 오차 등의 다수의 메시지 수신에 필요하다. 따라서 SBAS가 적용된 초기 위치 결정에는 기존 GNSS에 비해 많은 시간이 소요되며, 수신기 동작 초기부터 SBAS 보강 항법의 활용에는 어려움이 있다. 본 논문에서는 SBAS 초기 위치 결정 시간의 단축을 위한 A-SGNSS 운용 개념을 제안한다. 그리고 제안한 A-SGNSS의 효용성 검토 및 운용 시 필요한 최소 메시지 정보를 정리하였으며, 제안한 방안을 적용한 SBAS 초기 위치 결정 소요 시간을 분석 하였다.

[Abstract]

Satellite-based augmentation systems (SBAS) is a system that enhances the accuracy, integrity, availability and continuity of GNSS navigation users by using geostationary orbit (GEO) satellites to send correction information and the failures of global navigation satellite system (GNSS) satellites in the form of messages. The correction information provided by SBAS is pseudorange error, satellite orbit error, clock error, and ionospheric delay error at 250 bps. Therefore, A lot of message processing are required for the SBAS navigation. There is a need to reduce SBAS time to first fix (TTFF) for using SBAS navigation in systems with short operating time. In this paper, A-SGNSS operation method was proposed for reducing SBAS TTFF. Also, A-SGNSS TTFF and availability were analyzed.

Key word : Global navigation satellite system, Satellite-based augmentation systems, MTSAT satellite based augmentation system, Assisted SBAS global navigation system, SBAS time to first fix.

<https://doi.org/10.12673/jant.2020.24.2.92>



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 3 April 2020; Revised 4 April 2020

Accepted (Publication) 20 April 2020 (30 April 2020)

*Corresponding Author; Hung Seok Seo

Tel: +82-42-363-9290

E-mail: jhlee@navcours.com

I. 서 론

GNSS (global navigation satellite system)는 다양한 분야의 시스템에서 필수적으로 요구되는 사용자 위치 정보를 제공하며, GNSS 측위에는 위성과 사용자간 경로상의 대류층, 이온층 지연 오차 및 위성 자체의 시계, 궤도 오차 등 다양한 오차 요소가 존재한다. 이러한 오차 요소는 사용자의 위치 추정 정확도 열화의 원인이 되며, GNSS 단독항법을 수행하는 경우 위성에서 방송하는 보정정보 및 오차 보정을 위한 모델을 사용하여 항법을 수행한다. 그러나 GNSS 위성에서 방송하는 보정정보 및 사용 모델의 오차가 존재하며, 크게는 수십m 수준의 위치 오차가 발생한다.

이를 보완하기 위한 방안으로 측정치 차분 기반 위성항법 보정시스템 (DGNSS; differential global navigation satellite system)이 고안 되었으며, 지상 기준국 150km 이내의 사용자에게 서비스를 제공하는 지상기반 위성항법 보정시스템 (GBAS; ground based augmentation system)과 위성에서 보정정보를 방송하여 상대적으로 넓은 범위에 서비스를 제공하는 위성기반 위성항법 보정시스템(SBAS; satellite based augmentation systems)이 존재한다.

지상기반 위성항법 보정시스템은 미국의 LAAS (local Area augmentation system), 한국의 NDGPS (nationwide differential GPS), 호주의 GRAS (ground based regional augmentation system)가 운용되고 있으며 수m 수준의 위성항법 정확도를 달성할 수 있도록 보정정보를 제공한다. 위성기반 위성항법 보정시스템은 미국의 WAAS (wide area augmentation system), 유럽의 EGNOS (european geostationary navigation overlay service), 일본의 MSAS (MTSAT satellite based augmentation system), 인도의 GAGAN (GPA aided geo augmentation navigation)이 운용되고 있으며, 최근 국내의 KASS (Korea augmentation satellite system)가 2023년까지를 목표로 수m수준의 위성항법 정확도를 달성할 수 있는 보정정보를 제공하기 위해 시스템 개발 및 구축 중에 있다.

SBAS를 활용한 정밀 항법을 수행하기 위해서는 SBAS 메시지를 통해 250 bps의 통신 속도로 제공되는 위성 별 PRC (pseudorange correction), 위성 궤도, 시각 오차 보정정보 및 이온층 수직 지연 오차 정보를 수신하여야 한다. 결과적으로, 짧게는 수백 초에서 길게는 수천 초까지의 SBAS 보정정보 수신을 위한 시간이 소요되어, 수신기 동작 초기부터 SBAS 보정정보를 적용한 위치 추정에 어려움이 있다.

본 논문에서는 SBAS 메시지 구조 및 시스템별 운용 현황을 소개하고, SBAS 초기 위치 결정 시간의 단축을 위한 A-GNSS(assisted GNSS) 운용 방안(이하 A-SGNSS; assisted SBAS global navigation satellite system)을 제안한다. 그리고 제안한 운용 방안 적용 시 확보할 수 있는 초기 위치 결정 시간을 비교하여 A-SGNSS 성능 분석을 수행하였다.

표 1. ICAO 서비스 요구 성능[1]

Table 1. ICAO service requirement[1]

Service level	Position accuracy	Integrity
En-Route	3.7 km(H)	1×10 ⁻⁷ /h
En-Route Terminal	0.74 km(H)	1×10 ⁻⁷ /h
RNP 0.1	72 m(H)	1×10 ⁻⁷ /h
APV-1	16 m(H) 20 m(V)	1×10 ⁻⁷ /h (approach)
APV-1.5(LPV)	16 m(H) 20 m(V)	1~2×10 ⁻⁷ /h (approach)
APV-2	16 m(H) 8 m(V)	1~2×10 ⁻⁷ /h (approach)
CAT-1 (LPV-200)	16 m(H) 4 m(V)	1~2×10 ⁻⁷ /h (approach)

II. SBAS 운용 현황

SBAS 위성 신호는 GNSS 위성 신호의 보정정보 및 제공하는 보정정보의 무결성 정보를 제공하며 본 논문에서는 A-SGNSS를 위한 시스템 별 보정정보를 중점으로 소개한다.

2-1 SBAS 서비스 제공 영역 및 수준

국제민간항공기구(ICAO; international civilian aviation organization)에 의해 정의된 서비스별 요구 성능은 표 1 과 같다. 현재 일본의 MSAS의 경우 2020년 말까지 전체영역 CAT-1 수준의 서비스 제공을 목표로 하고 있으며 현재는 en-route에서 일부구간 LPV-200 수준의 서비스를 제공하고 있다. 미국의 WAAS는 알래스카 케나다를 포함한 WAAS 사용가능 전 영역에 대해 LPV-200 수준의 서비스를 제공한다. 또한 SDCM의 경우 러시아 영역을 기준으로 서비스를 제공하고 있으며 APV-2 수준의 시스템을 구축 중에 있다.

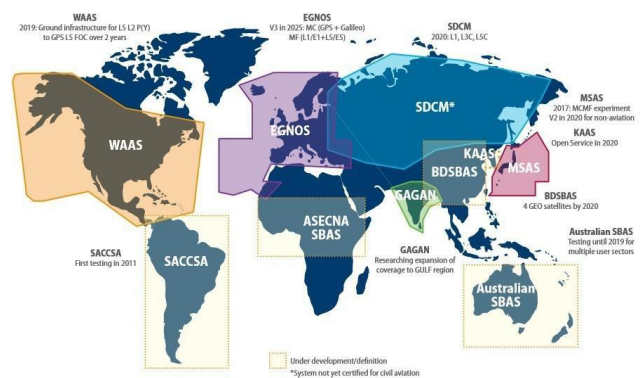


그림 1. SBAS 서비스 제공 영역 및 개발 현황[2]

Fig. 1. SBAS coverage and development[2]

현재 국내에서 사용 가능한 SBAS는 일본의 MSAS와 러시아의 SDCM이다. MSAS의 경우 GEO 위성 MTSAT-2, QZSS-3 위성에 PRN 129, 137이 할당되어 방송하고 있으며, PRN 129 신호가 사용 가능하다. SDCM의 경우 메시지 타입 0번을 송신하며, 테스트 모드로 운영되고 있고, SDCM은 GEO 위성 Luch-5A, Luch-5V, Luch-5B에 각각 PRN 141, 125, 140이 할당되어 방송 중에 있다[3],[4].

2-2 SBAS 메시지 구조

SBAS 메시지 구조 및 포함 정보는 MOPS(minimum operational performance standards) 문서에 정의되어 있으며, 그림 2와 같다. 수신기는 SBAS 위성으로부터 초당 500 심벌을 수신하고, viterbi 디코딩 과정을 거쳐 250 bit로 변환한 후 SBAS 보정정보 및 무결성 정보를 사용할 수 있다. 250bit의 SBAS 메시지는 메시지 번호에 따라 서로 다른 정보를 갖고 있으며, 메시지 초기 시점 검출을 위한 8 bit의 preamble로 시작하여 메시지 번호가 할당된 6 bit, 해당 메시지의 데이터를 포함하는 212 bit, 메시지 오류 검출을 위한 24 bit의 parity로 구성되어 있다 [5].

SBAS 메시지 번호는 0~63까지 할당되어 있으며, 의사거리 측정치 및 위성 궤도 시계 오차 보정을 위해 MT(message type) 2~5의 fast correction, MT 25의 long term correction과 MT 26의 이온층 지연 오차 보정정보가 사용된다. 모든 SBAS 메시지 종류 및 내용은 표 2와 같다.

SBAS 보정정보가 포함된 메시지를 사용하기 위해서는 MT1의 PRN 마스크 할당 메시지와 MT 18의 이온층 그리드 위치 할당 메시지를 수신하여야 하며, SBAS 보정정보 간에는 그림 3과 같은 관계를 갖는다.

Fast correction 정보의 경우 상대적으로 빠른 최대 6~60 초까지의 방송 간격을 가지며, 12 초에서 최대 180 초의 유효 시간을 갖는다. Long-term correction 정보의 경우 최대 120 초의 방송 간격을 가지며, 운용 상태에 따라 240 초 혹은 360 초의 유효 시간을 갖는다. 또한 이온층 보정정보의 경우 최대 300 초 간격으로 방송되며, 600 초의 유효 시간을 갖는다. 대부분의 메시지는 각기 다른 최대 방송 간격과 유효 시간을 갖도록 설계되었으며, 각 메시지별 방송 간격 및 유효 시간은 표 4와 같다.

또한 보정정보 이외에 MT 6 무결성 정보, MT 7 fast correction 하락 계수, MT 10 하락 계수, MT28 clock-ephemeris 공분산 행렬 메시지를 활용하여 VPL(vertical protection level),

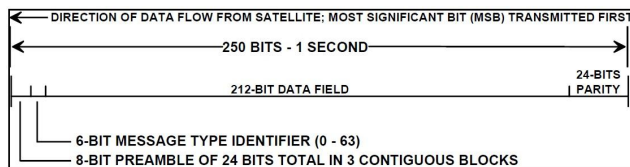


그림 2. MOPS SBAS 데이터 메시지 구조[5]
Fig. 2. MOPS SBAS data message format[5]

표 2. SBAS 메시지 종류 및 내용[5]
Table 2. SBAS message type and contents[5]

SBAS Message Type	Contents
0	Don't use for safety applications
1	PRN Mask assignments, set up to 51 of 210 bits
2-5	Fast corrections
6	Integrity information
7	Fast correction degradation factor
8	Reserved
9	GEO Navigation Message
10	Degradation Parameters
11	Reserved
12	SBAS Network Time/UTC offset parameters
13-16	Reserved
17	GEO satellite almanacs
18	Ionospheric grid point masks
19-23	Reserved
24	Mixed fast corrections/long term satellite error corrections
25	Long term satellite error correction
26	Ionospheric delay corrections
27	SBAS service message
28	Clock-Ephemeris Covariance Matrix Message
29-61	Reserved
62	Internal Test Message
63	Null Message

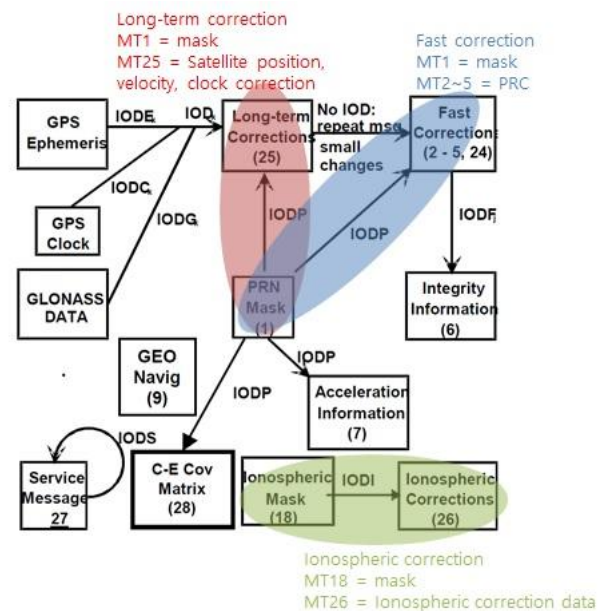


그림 3. SBAS 메시기간 관계[5]
Fig. 3. Relationship between SBAS message[5]

표 3. SBAS 할당 PRN[5]
Table 3. SBAS assigned PRN[5]

SBAS Type	Assigned PRN
WAAS	131, 133, 135, 138
EGNOS	120, 123, 136
MSAS	129, 137
SDCM	125, 140, 141
GAGAN	127, 128, 132

표 4. SBAS 메시지 방송 간격 및 유효 시간[5]
Table 4. SBAS message broadcast intervals and time-out[5]

Data	Associated Message Type	Maximum Update Interval(sec)	En Route Terminal, LNAV Time-out(sec)	LNAV/VNAV, LP, LPV Approach Time-Out(sec)
Don't use for safety applications	0	6	-	-
PRN Mask	1	120	600	600
UDREI	2~6, 24	6	18	12
Fast corrections	2~6, 24	6~60	18~180	12~120
Long Term Corrections	24, 25	120	360	240
GEO Navigation Data	9	120	360	240
Fast Correction Degradation	7	120	360	240
Degradation Parameters	10	120	360	240
Ionospheric Grid Mask	18	300	1200	1200
Ionospheric Corrections	26	300	600	600
UTC Timing Data	12	300	86,400	86,400
Almanac Data	17	300	-	-
Service Level	27	300	86,400	86,400
Clock-Ephemeris Covariance Matrix	28	120	360	240

HPL(horizontal protection level)등 무결성 정보를 산출할 수 있으며, 산출한 결과와 SBAS 보정정보 적용한 항법 결과를 활용하여 SBAS 서비스 수준을 평가할 수 있다.

2-3 SBAS 메시지 방송 현황

SBAS 위성 신호는 각기 다른 PRN이 할당되어 있으며, SBAS 종류에 따라 할당된 PRN은 표 3과 같다. 본 논문에서는 프랑스 국립 우주 연구 센터(CNES; centre national d'etudes spatiales)의 NTMF(navigation and time monitoring facility)에서 제공하는 2020년 3월 23일 UTC 0시부터 24시까지의 SBAS 메시지를 활용하여, 각 SBAS 종류 별 메시지 타입 방송 비율 및 fast correction, long-term correction 가용 여부를 판단할 수 있는 PRN Mask와 이온층 그리드 위치에 따른 이온층 보정정보 방송 범위를 도시하였다. 이를 통해 각 SBAS 종류에 따른 GNSS 보정정보 제공 범위 및 물리적인 서비스 범위를 확인하였다.

그림 4에서 SBAS 종류에 따른 메시지 타입 비율을 확인 할 수 있다. SDCM을 제외한 모든 SBAS가 정상 운용 중에 있으며, SDCM의 경우 MT 0을 MT 2 메시지 대신 방송하였다. MT 0 메시지의 방송은 FOC(full operation capability)되지 않았음을 의미하나, SDCM의 MT 0의 보정정보를 MT 2로 사용할 경우 기능적으로는 정상 보정 가능한 것을 확인하였다.

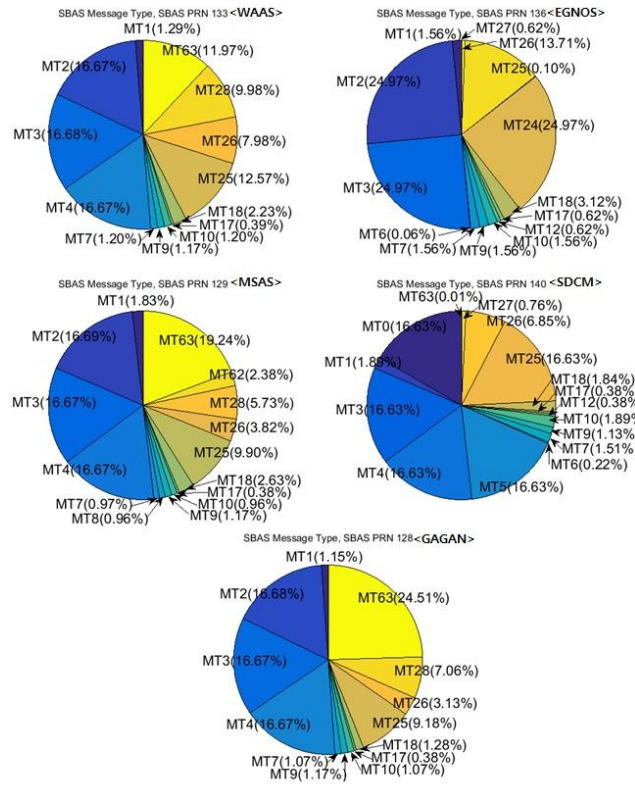


그림 4. SBAS 종류에 따른 메시지 타입 비율
Fig. 4. Percentage of message types according to SBAS type.

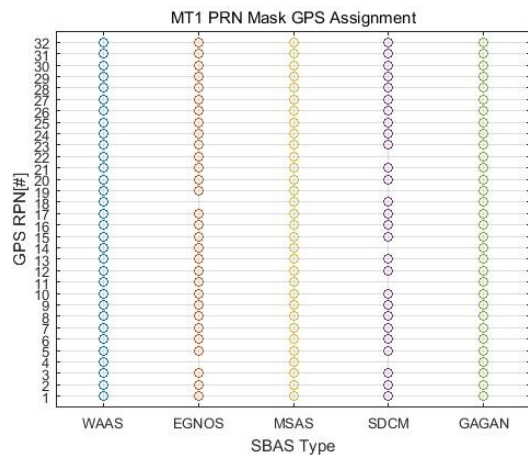


그림 5. SBAS 종류에 따른 MT1 GPS PRN mask
Fig. 5. GPS PRN mask from MT1 as SBAS type.

또한 그림 5와 그림 6의 MT 1 PRN mask 확인 결과 SDCM을 제외한 나머지 시스템의 경우 대부분의 GPS PRN에 대해 보정정보를 제공함을 확인할 수 있었으며, SDCM의 경우 5 개의 GPS PRN에 대한 정보를 제공하지 않았지만, 모든 GLONASS

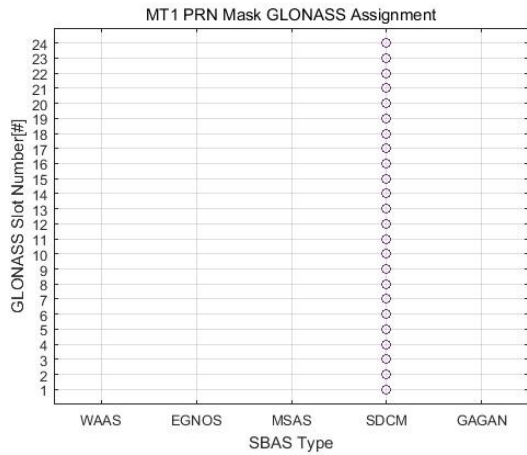


그림 6. SBAS 종류에 따른 MT1 GLONASS slot num. mask
 Fig. 6. GLONASS slot num. mask from MT 1 as SBAS type.

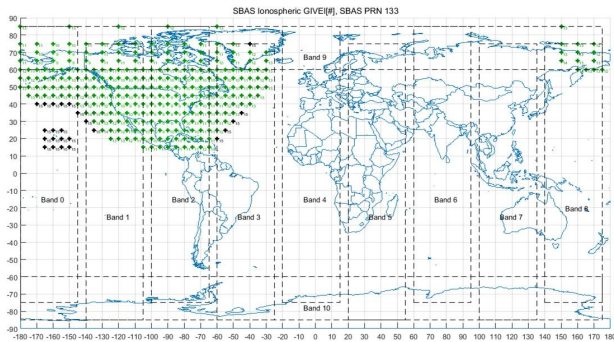


그림 7. SBAS WAAS PRN 133 이온층 보정정보 방송 영역
 Fig. 7. SBAS WAAS PRN 133 ionospheric coverage.

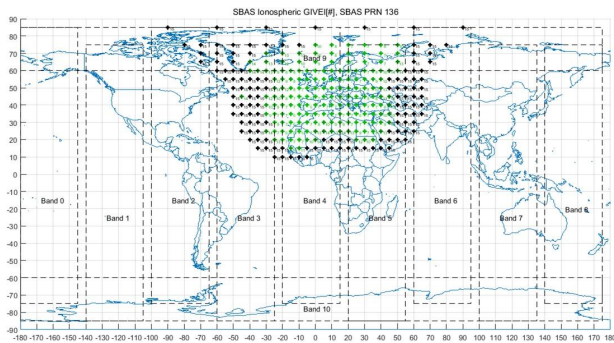


그림 8. SBAS EGNOS PRN 136 이온층 보정정보 방송 영역
 Fig. 8. SBAS EGNOS PRN 136 ionospheric coverage.

에 대한 정보를 제공하였다. 그러나 이는 실제 fast, long-term correction에 대한 유효한 정보를 제공한다고 보장하는 것은 아니며, 단지 MT2~5, MT25를 통해 방송할 제공 가능한 보정정보의 전체 범위를 의미한다.

마지막으로 그림 7부터 그림 11까지에서 SBAS 이온층 보정정보 방송 영역에 대해 확인 할 수 있다.

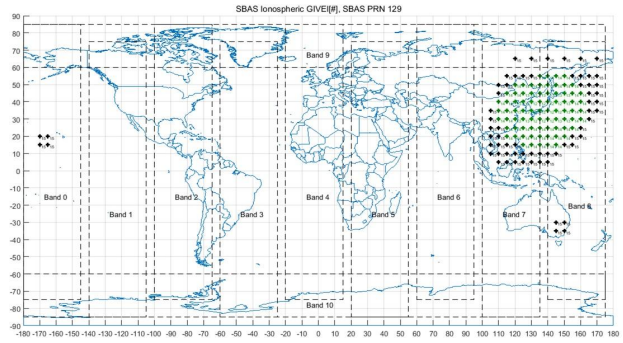


그림 9. SBAS MSAS PRN 129 이온층 보정정보 방송 영역
 Fig. 9. SBAS MSAS PRN 129 ionospheric coverage.

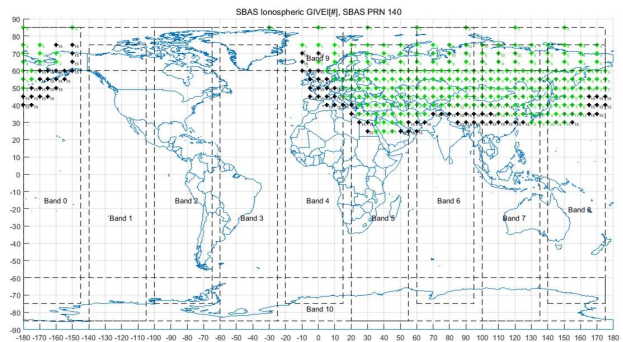


그림 10. SBAS SDCM PRN 140 이온층 보정정보 방송 영역
 Fig. 10. SBAS SDCM PRN 140 ionospheric coverage.

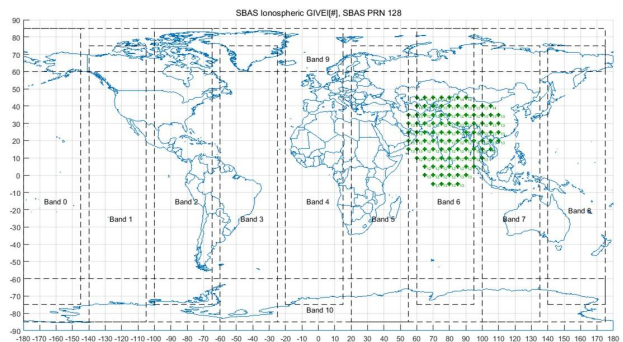


그림 11. SBAS GAGAN PRN 128 이온층 보정정보 방송 영역
 Fig. 11. SBAS GAGAN PRN 128 ionospheric coverage.

각 이온층 보정정보는 서비스를 제공하는 국가의 상공을 중심으로 수직 이온층 지연 오차를 제공하며, 따라서 국내에서 활용 가능한 SBAS는 MSAS와 SDCM이 존재한다.

III. A-SGNSS 운용 방안

3-1 제안한 A-SGNSS 운용 개념

본 논문에서는 SBAS 보강항법 초기 위치 결정 시간 단축을 위한 A-SGNSS 운용 개념을 소개하며, 개념도는 그림 12와 같다. 운용 방식은 기존 전통적인 A-GNSS 동작 과정과 유사하다 [6][7]. SBAS 보정정보 및 A-SGNSS 필요 정보 생성을 위한 서버 수신기, 정보를 수신하여 A-SGNSS 동작을 수행할 테스트 수신기, 2 개의 수신기에 명령인가 및 모니터링을 위한 소프트웨어로 구성되어 있다. 해당 과정은 서버 수신기에 전원이 인가 되고 수신기가 SBAS 보강항법을 달성한 후 운용이 가능하다.

A-SGNSS 운용을 위한 명령 및 데이터 흐름도는 그림 13과 같으며, 전통적인 A-GNSS 동작 시 필요 데이터인 1PPS를 시작으로 1PPS에 동기된 GPS 시각(second)을 송신하고, 테스트 수신기의 시각을 서버 수신기의 시각에 동기 한다.

이후, 서버 수신기의 위치, 가시위성에 대한 ephemeris, 전체 위성 군에 대한 almanac, klobuchar 이온층 보정을 위한 파라미

터를 테스트 수신기에 전송하고, 전송 데이터가 정상 파싱되었는지 확인한다. 그리고 SBAS 보정정보를 time out이 긴 이온층 보정정보부터 인가하여, long-term correction, fast correction 순서로 송신한다. 모든 데이터 파싱의 완료를 테스트 수신기 모니터링을 통해 확인한 후 테스트 수신기 운영 시작 명령을 인가하여 A-SGNSS 과정을 수행한다.

3-2 A-SGNSS 운용을 위한 필요 메시지

본 논문에서는 기존 전통적인 A-GNSS 과정에 대한 데이터 송수신 과정을 사용하였으며, 이에 따라 추가되는 A-SGNSS 운용을 위한 메시지에 대해서만 정리하였다.

A-SGNSS 운용 시 사용 메시지는 표 5와 같다. 기존 MOPS SBAS 운용 메시지를 활용하는 것이 메시지 송수신량을 최소화 하는데 유리하며, 이에 따라 본 논문에서는 보정정보 전달을 위한 최소, 권장, 최대 필요 메시지를 산출하였다.

산출한 필요 메시지 정보는 표 6과 같다. 최대 필요 메시지 크기의 경우 MSAS 기준, 보정정보 이외에 무결성 판단을 위한 메시지를 포함한 총 52 개를 필요로 한다. 51 개의 위성에 대한 fast correction 및 long-term correction을 송신하며, 모든 MSAS 이온층 그리드에 대한 보정정보를 포함할 수 있다. 여기서 무결성 관련 정보를 제거하면 총 37 개로 줄일 수 있으며, 16개의 위성까지만 고려된 최소메시지의 경우 24 개의 메시지로 보정정보를 전달할 수 있다. 각 MOPS SBAS 메시지는 250 bit로 구성되어 있으나, SBAS 정보를 포함하지 않은 Preamble 및 Parity 정보는 필요하지 않으므로, A-SGNSS 데이터 메시지를 재구성 시 포함하지 않았다. 이에 따라, A-SGNSS 데이터는 6 bit의 메시지 번호, 212 bit의 SBAS 데이터 필드, time out 산출을 위한 30 bit의 GPS 수신 시각 정보로 총 248 bit의 데이터 크기를 갖도록 구성하였다. 추가적으로 데이터 송수신에 필요한 헤더 및 오류 검출 bit가 할당되어야 하며, 본 논문에서는 헤더 8 bit, 오류 검출 24 bit로 설계하였다. 모든 데이터를 포함한 1개당 총 메시지 크기는 280 bit(35 byte)이며, 이를 반영한 경우 MSAS의 경우 최소 840 byte, 최대 1,820 byte의 메시지를 활용하여 A-SGNSS를 수행할 수 있다.

실질적으로 가시위성 12개~14개 내외의 위성에 대해서만 유효한 보정정보를 방송하고 있으므로, 840 byte로만으로도 충분히 SBAS 보강항법이 가능할 것으로 예상된다.

표 5. A-SGNSS 데이터 메시지 구조

Table 5. A-SGNSS data message format.

A-SGNSS Data Format	Data Size[bit]
Message Type	6
SBAS Data Field	212
GPS Time	30
Total(Data Only)	248

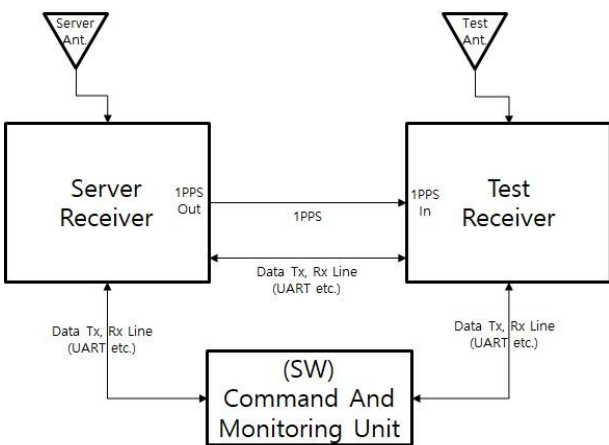


그림 12. A-SGNSS 운용 개념도
Fig. 12. Concept of A-SGNSS.

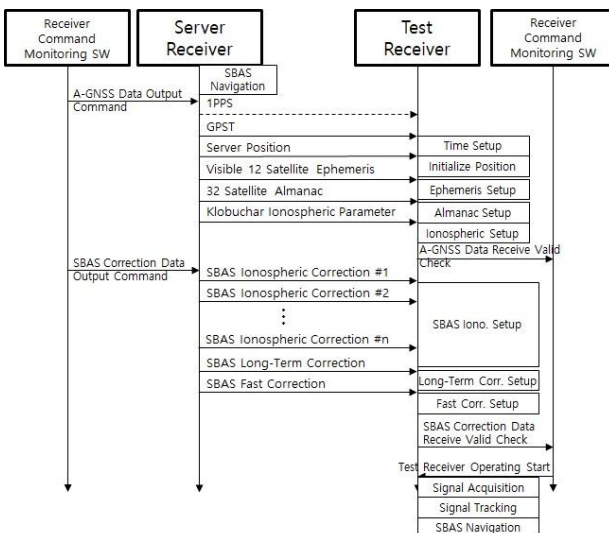


그림 13. A-SGNSS 명령 및 데이터 흐름도
Fig. 13. Command and data flowchart of A-SGNSS.

표 6. A-SGNSS 필요 메시지

Table 6. A-SGNSS required message.

SBAS Message	Message Type Number	Minimum Message Size	Full Operational Message Size	Maximum Message Size
PRN Mask	1	1	1	1
UDREI	6	0	0	1
Fast Correction	2~6, 24	3 (36 Satellite)	4 (51 Satellite)	4 (51 Satellite)
Long-Term Correction	25	8 (16 Satellite)	16 (32 Satellite)	26 (51 Satellite)
GEO Navigation Data	9	0	1	1
Fast Correction Degradation	7	0	1	1
Degradation Parameter	10	0	0	1
Ionospheric Grid Mask	18	Table 6	Table 6	Table 6
Ionospheric Corrections	26	Table 6	Table 6	Table 6
UTC Timing Data	12	0	0	1
Almanac Data	17	0	0	1
Clock-Ephemeris Covariance Matrix	28	0	0	1
Total	-	24(MSAS) 840byte	37(MSAS) 1,295byte	52(MSAS) 1,820byte

표 7. A-SGNSS 필요 메시지(이온층)

Table 7. A-SGNSS required message(ionospheric).

SBAS Message	SBAS Type	Minimum Message Size	Full Operational Message Size	Maximum Message Size
Ionospheric Grid Mask (MT 18)	WAAS	5	5	5
	EGNOS	5	5	5
	MSAS	2	3	3
	SDCM	7	7	7
	GAGAN	3	3	3
Ionospheric Corrections (MT 26)	WAAS	23	23	23
	EGNOS	22	22	22
	MSAS	10	11	11
	SDCM	24	24	24
	GAGAN	10	10	10

표 8. SBAS 종류 별 이온층 보정정보 band, block 방송 현황

Table 8. Ionospheric correction block and, block size as SBAS type.

	Band	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Block Size	WAAS	3	5	5	3							7
	EGNOS				4	6	5	1				6
	MSAS	1							5	5		
	SDCM	2				1	4	3	4	3	7	
	GAGAN						1	6	2			

이외의 이온층 보정정보 송신을 위해 필요한 메시지 수는 표 7과 같으며, 이를 산출하기 위한 이온층 보정정보 band 별 block 수는 표 8과 같다.

IV. A-SGNSS 검증

본 논문에서는 제안한 A-SGNSS 운용 개념 적용 여부에 따른 SBAS 보강항법 초기 위치 결정 시간 분석을 위해 GPS 시각, 위치, ephemeris, almanac, klobuchar 이온층 보정 파라미터만 활용하는 A-GNSS와 A-SGNSS에 SBAS 보정정보를 추가한 A-SGNSS간의 SBAS 보강항법이 적용되는 초기 위치 결정 시간을 비교하였다. 시험을 위해 TI DSP 및 FPGA로 자체 설계한 수신기 2대와 수신기 명령인가 및 모니터링을 위한 SW를 사용하였다. 시험 수행 전 A-SGNSS의 SBAS 보정정보 추가량에 의한 운용 지연 발생 여부를 확인하기 위해 UART 115,200 bps 환경에서 데이터 전달 소요 시간을 비교하였으며 결과는 표 8과 같다. 필요 데이터 전달 소요 시간은 A-GNSS가 144.4 ms, 제안한 A-SGNSS가 217.4 ms로 73 ms의 차이를 보였다. A-SGNSS의 추가되는 SBAS 보정정보에 의한 전달 시간 지연은 미비하였다.

A-GNSS와 A-SGNSS간 SBAS 보강항법 적용 초기 위치 결정 시간을 비교하기 위해 각각 1000회의 반복 시험을 수행하였다. 시험은 수신기 전원 인가 이후 1PPS 및 A-GNSS 또는 A-SGNSS 데이터 인가, 수신기 신호 획득 시작 명령 인가 순서로 진행하였으며, 수신기 전원 인가 시점부터 MSAS 보강항법이 적용된 항법 결과 산출 시점까지의 소요 시간을 1초 단위로 측정하였다.

측정 결과는 그림 14 및 표 10에 도시하였다. A-GNSS의 경우 MSAS 위성으로부터 보정정보를 수신 받아 적용하는데 까지 추가 시간이 소요되어 평균 147.18 초, 표준편차 44.66 초의 결과를 보였으며, 제안한 A-SGNSS는 서버 수신기로부터 추가적으로 송신 받은 MSAS 위성 보정정보를 수신기 운용 초기부터 활용하여, 평균 2.49 초 분산 0.50 초의 상대적으로 짧은 MSAS 보강항법 초기 위치 결정 시간을 보였다. 이를 통해 제안한 A-SGNSS를 적용할 경우, 수신기 동작 초기부터 정확성, 무결성, 가용성, 연속성이 보강된 GNSS 항법 결과를 확보할 수 있다.

V. 결론

본 논문에서는 SBAS 보정정보를 수신기 운용 초기부터 적용 가능하도록 하는 A-SGNSS 운용 개념과 절차를 제안하였다. 이를 위해 MOPS DO-229D에 명시된 SBAS 메시지의 구조를 소개하고 2020년 3월 기준 SBAS 방송 현황을 분석하였으며, A-SGNSS에 필요한 SBAS 최소, 권장, 최대 필요 메시지수를

표 9. A-GNSS, MSAS A-SGNSS 데이터 전송 소요 시간
Table. 9. A-GNSS, MSAS A-SGNSS data transmission delay.

A-SGNSS Data	A-GNSS		MSAS Minimum. A-SGNSS	
	Data size [byte]	115,200 bps Trans. Delay [ms]	Data size [byte]	115,200 bps Trans. Delay [ms]
IPPS	-	-	-	-
GPS Time, Position	128	11.1	128	11.1
12 Ephemeris	768 (128×6)	66.7	768 (128×6)	66.7
32 Almanac	640 (128×5)	55.6	640 (128×5)	55.6
Klobuchar Iono. Param.	128	11.1	128	11.1
SBAS Ionospheric Correction Data	-	-	420 (35×12)	36.5
SBAS Long-term Correction Data (+PRN Mask)	-	-	315 (35×9)	27.3
SBAS Fast Correction Data	-	-	105 (35×3)	9.1
Total	1,664	144.4	2,504	217.4

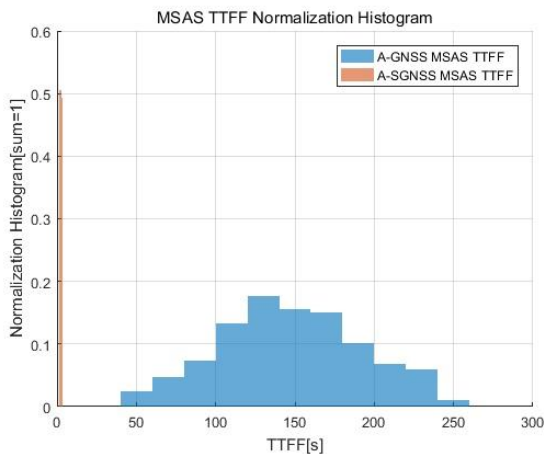


그림 14. A-GNSS, A-SGNSS MSAS 초기 위치 결정 시간 정규화 히스토그램

Fig. 14. Normalization histogram of A-GNSS, A-SGNSS MSAS TTFF.

표 10. A-GNSS, A-SGNSS MSAS 초기 위치 결정 시간 평균, 표준편차

Table. 10. Average and standard deviation of A-GNSS, A-SGNSS MSAS TTFF.

MSAS TTFF	Average[s]	Standard Deviation[s]
A-GNSS	147.18	44.66
A-SGNSS	2.49	0.50

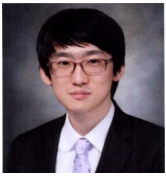
도출하여 예상되는 추가 메시지 크기를 산출하였다.

또한 본 논문에서 제안한 A-SGNSS의 운용 개념의 적용 여부에 따른 효율성 분석을 위해, 115,200 bps 전송속도로 A-SGNSS를 제공하였을 경우 추가되는 데이터 전송 소요 시간과, SBAS 보강 항법 까지 소요되는 위치 결정 시간을 분석하였다. A-SGNSS의 SBAS 보강정보 추가에 따른 데이터 증가량 비교 결과 데이터 전송 소요 시간 증가량은 미비한 수준이었다. 그리고 GPS+MSAS 보강항법을 대상으로 A-GNSS와 A-SGNSS의 반복 시험을 수행한 결과 A-SGNSS 적용 시, 수신기 동작 초기부터 SBAS 보강항법을 적용할 수 있음을 확인하였다.

본 논문에서 제시한 A-SGNSS를 적용할 경우, 초기 항법 동작 시부터 안정적으로 SBAS 보강항법을 수행할 수 있을 것으로 기대되며, A-GNSS의 최소 48 초에서 최대 248 초의 SBAS 보강항법까지 소요되는 시간을 수초 이내로 단축할 수 있을 것으로 예상된다. 또한 앞으로 국내에 운용될 KASS를 활용할 경우, 국내의 환경에 최적화된 SBAS 서비스를 적용하여, 기존 MSAS에 의존할 경우보다 우수한 위치 추정 정확도 및 무결성 확보에 기여할 수 있을 것으로 기대된다.

References

- [1] J. L. Park, E. S. Lee, M. B. Heo, G. W. Nam, "Latest technology trending for satellite based augmentation system," *Current Industrial and Technological Trends in Aerospace*, Vol. 14, No.1, pp. 191-202, Jul. 2016.
- [2] Ernst & Young(EY) Global Limited, SBAS test-bed demonstrator trial economic benefits Report, Australia, 2019.
- [3] Seoul National University, Development of SBAS performance evaluation and prediction technology for aircraft users, Ministry of Land, Infrastructure and Transport, Korea, Technical Report 18CTAP-C129724-02, 2019.
- [4] S. Saito, "MSAS system development," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 14, No. 5, pp. 668-676, Oct. 2010.
- [5] RTCA, Inc., Minimum operational performance standards for global positioning system/wide area augmentation system airborne equipment, Washington, DC 20036, USA, Technical Report CS-159, 2006.
- [6] S. H. Kong, "A-GNSS standard trends," *The Journal of Telecommunications Technology Association*, Vol. 138, pp. 85-89, Nov. 2011.
- [7] Telecommunications Technology Association, Minimum Requirement Performance for Satellite Navigation Receiver Unit, 2015-137 TTA standard, Korea, 2015.



이 주 현 (Ju Hyun Lee)

2011년 2월 : 충남대학교 전기정보통신공학부 (공학사)
2018년 8월 : 충남대학교 대학원 전자전파정보통신공학과 (공학박사)
2017년 3월 ~ 현재 : 넵코어스(주) 선임연구원
※ 관심분야 : GNSS 수신기, SBAS, Anti-Jamming



김 일 규 (Il Kyu Kim)

2000년 2월 : 충남대학교 전자공학교육과 (공학사),
2002년 6월 ~ 2004년 3월 : ㈜네비콤,
2010년 1월 ~ 현재 : 넵코어스(주) 수석연구원
※ 관심분야 : GNSS 수신기, SBAS, Anti-Jamming

2002년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2004년 3월 ~ 2010년 1월 : 한양네비콤(주) 선임연구원



서 흥 석 (Hung Seok Seo)

1997년 2월 : 충남대학교 전자공학교육과 (공학사),
2003년 8월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학박사),
2004년 3월 ~ 2010년 1월 : 한양네비콤(주) 책임연구원,
※ 관심분야 : GNSS 수신기, SBAS,

1999년 2월 : 충남대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
2002년 4월 ~ 2004년 3월 : ㈜네비콤
2010년 1월 ~ 현재 : 넵코어스(주) 수석연구원