

## 국제표준을 고려한 광역보정시스템 메시지 스케줄링 기법 연구

## A Study On Message Scheduling Algorithm for Wide Area Differential GNSS Considering International Standard

한덕화\*, 윤호\*, 기창돈\*

Deok-Hwa Han\*, Ho Yoon\* and Chang-Don Kee\*

## 요 약

위성항법 보정 시스템은 형태에 따라 지역보정 시스템과 광역 보정 시스템으로 나뉜다. 광역보정 시스템은 지역 보정시스템에 비해 시스템 구조가 복잡하며, 방송 메시지의 종류와 양이 많다. 또한 제한된 전송속도로 인해 사용자의 정확성과 무결성을 유지하기 위해서는 효율적인 메시지 스케줄링이 필요하다. 현재 광역보정시스템에서는 30여 가지의 메시지가 방송되며 메시지 타입에 따라 업데이트 주기가 다르다. 본 논문에서는 메시지 스케줄링 알고리즘을 적용하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 모든 메시지 타입에서 최대 업데이트 주기 요구 조건을 만족시킴을 확인할 수 있었다.

## Abstract

Global Navigation Satellite System(GNSS) is divided into Local Area Differential GNSS and Wide Area Differential GNSS. Wide Area DGNS has more complicated structure and message type. And transfer rate is limited, so efficient message scheduling algorithm is needed to guarantee user's accuracy and integrity. There are about 30 message types in Wide Area DGNS. Each message type has different update interval. In this paper, the performances of message scheduling algorithm for Wide Area Differential GNSS are investigated. For all message types, results show that max update time interval requirement is satisfied.

Key words : Message Scheduling, Global Satellite navigation system, Wide Area Differential GNSS, Correction, Integrity,(메시지 스케줄링, 위성항법시스템, 광역보정시스템, 보정 정보, 무결성)

## I. 서 론

GNSS(Global Navigation Satellite System)는 위성에서 방송되는 신호를 이용하여 사용자에게 위치, 속도 등에 대한 정보를 제공하는 시스템을 말한다. GPS로 대표되는 GNSS는 최근에 그 활용도가 점점 커지고 있으며 정확성에 대한 요구 또한 더 커지고 있다. 특

히 항공 이착륙과 같이 높은 정확도가 요구되는 상황에서 GPS 단일 시스템으로는 요구조건을 만족시킬 수 없다. 이러한 상황에서 위성항법 보정시스템이 등장하게 되었으며, 보정시스템은 형태에 따라 지역보정시스템, 광역보정시스템으로 나뉜다[1].

지역보정시스템(Local Area DGNS)은 GPS 오차 요인의 지역적 상관성이 높은 특성을 이용하여 오차 정보를 제공하는 시스템을 말한다. 지역보정시스템

\* 서울대학교 기계항공공학부, 서울대학교 항공우주신기술연구소

· 제1저자 (First Author) : 한덕화

· 투고일자 : 2011년 8월 3일

· 심사(수정)일자 : 2011년 8월 4일 (수정일자 : 2011년 8월 25일)

· 게재일자 : 2011년 8월 30일

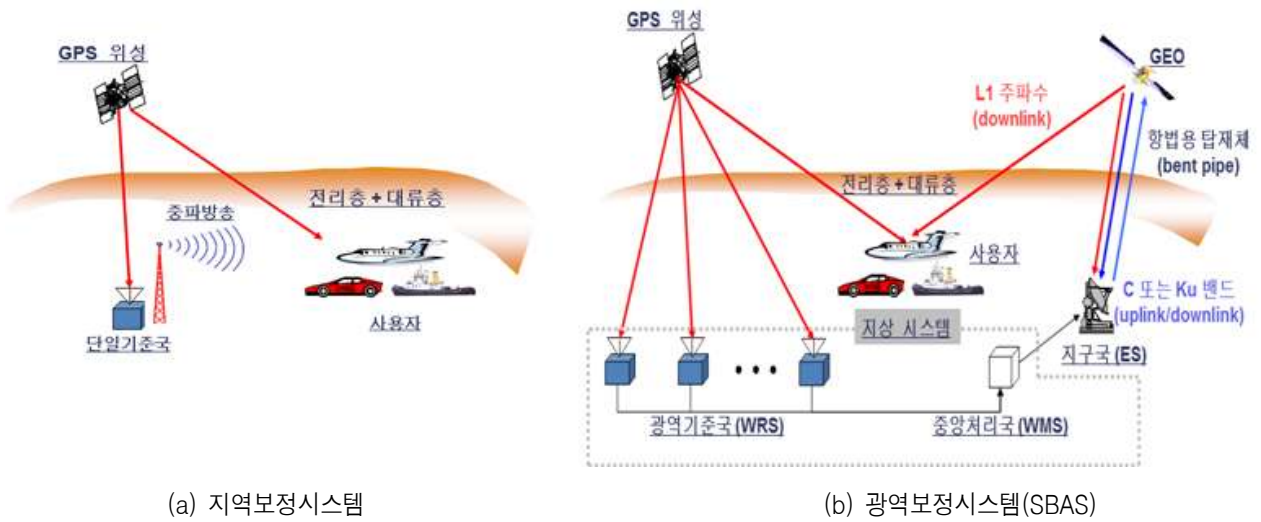


그림 1. 지역보정시스템(a)과 광역보정시스템(b)의 개념도  
Fig. 1. Conceptual figure of DGNSS, WADGNSS

은 정확한 위치를 알고 있는 기준국에서 의사거리 오차 값을 측정하여 사용자에게 방송함으로써 사용자가 오차 값을 적용하여 보다 정확한 위치를 얻을 수 있도록 한다. 그러나 기준국 의사거리 오차의 스칼라 값만을 제공하므로 기준국에서 멀리 벗어나게 될 경우 성능이 떨어진다는 단점이 존재한다. 따라서 넓은 지역을 커버하기 위해서는 많은 기준국이 필요하게 되는데 이러한 단점을 개선하기 위해 광역보정시스템이 개발되었다.

광역보정시스템(Wide Area DGNSS)은 광역기준국, 중앙처리국, 정지궤도 위성(가상 기준국/VHF 방송국)으로 구성되며 보정 정보의 전달 매체에 따라서 위성인 경우는 SBAS(Satellite-Based Augmentation System), 가상 기준국/VHF 방송국의 경우엔 GRAS(Ground-Based Augmentation System)라 한다. 광역기준국에서 측정치를 수집하여 중앙처리국으로 송신하면 중앙처리국에서는 측정치를 바탕으로 보정정보를 생성하고, 생성된 보정정보는 정지궤도 위성(가상 기준국/VHF 방송국)을 통해 사용자에게 방송된다. 광역보정시스템은 이러한 기준국간의 네트워크를 통해 넓은 지역을 상대적으로 적은 기준국으로 커버할 뿐만 아니라 백터량 보정치를 사용하여 사용자가 위치에 따라 자신의 위치에 맞는 보정치를 계산하여 사용할 수 있도록 한다. 하지만 지역보정시스템에 비해 시스템 구조가 복잡해지고, 방송 메시지의 종류와 양이 많아지면서 제한된 전송속도로 사용자의 정

확성과 무결성을 유지하기 위한 효율적인 메시지 스케줄링 기법이 필요하게 되었다.

## II. 광역보정시스템 메시지

SBAS의 국제 표준으로는 최초의 시스템인 미국의 WASS에 대해 미연방항공청이 제시한 시스템 표준이 사용되고 있으며 표준문서는 RTCA에서 제공하는 WASS MOPS(Minimum Operational Performance Standard)이다[2].

SBAS의 정지궤도 위성은 GPS L1 주파수(1575.42MHz)로 신호를 방송하며 메시지는 250bps의 전송속도로 방송된다.

SBAS 메시지는 preamble 8bit, type ID 6bit, CRC parity check code 24bit, data field 212bit로 총 250bit로 구성되며, 실질적인 정보를 담은 data field에는 메시지 타입에 따라 다른 정보가 들어가게 된다.

메시지 타입은 0에서 63까지 존재하며 각각의 타입에 따른 메시지 정보는 표 1과 같다. SBAS 메시지는 기능에 따라 보정 정보, 무결성 정보, Mask정보로 나뉘고, 오차요인에 따라서는 위성관련 메시지, 전리층관련 메시지로 나뉜다. 사용자는 이 메시지들을 조합하여 보정정보 및 무결성 정보를 계산하여

위치 오차를 줄이는데 이용하게 된다. 이 과정에서 각각의 메시지는 긴밀한 상관관계를 가지고 있으

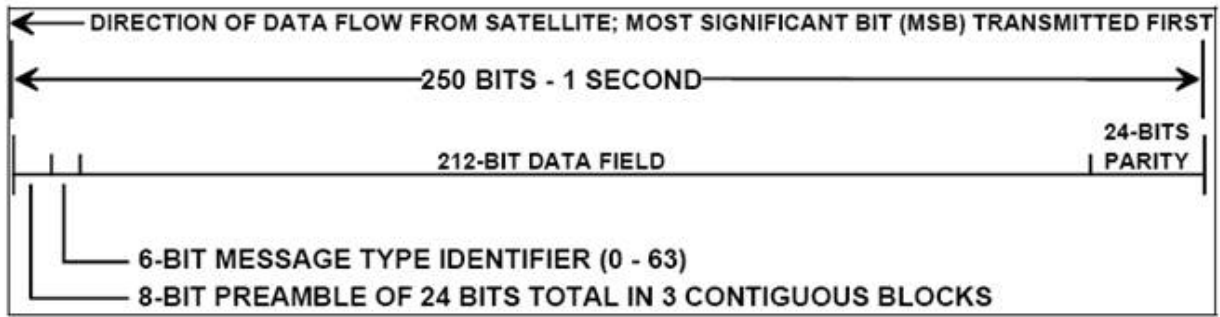


그림 2. SBAS 데이터 블록 형식 [2]  
Fig. 2. SBAS Data Block Format

표 1. SBAS 표준 메시지 형식

Table 1. SBAS Standard Message Format

type	contents	Max. Update Interval(s)
0	Don't use for safety application	
1	PRN Mask assignments	120
2-5	Fast Correction	6
6	Integrity information	6
7	Fast Correction degradation factor	120
8	Reserved for future message	
9	GEO navigation message	120
10	degradation parameters	120
11	Reserved for future message	
12	SBAS Network Time/UTC offset parameters	300
13-16	Reserved for future message	
17	GEO satellite almanacs	300
18	Ionospheric grid point masks	300
19-23	Reserved for future message	
24	Mixed fast correction/long term satellite error corrections	120
25	Long term satellite error correction	120
26	Ionospheric delay correction	300
27	SBAS Service Message	300
28	Clock-Ephemeris Covariance Matrix Message	120
29-61	Reserved for future message	
62	Internal Test Message	
63	Null Message	

므로 어느 한 가지라도 없으면 사용자는 보정정보와 무결성 정보를 구할 수 없게 된다.

### III. 메시지 스케줄링 알고리즘

앞서 말했듯이 사용자는 필요한 메시지가 모두 도착해야 보정정보 및 무결성 정보를 구할 수 있다. 각각의 메시지는 중요도 및 역할, 오차의 변화 정도 등에 따라 업데이트 주기가 다르며 메시지 타입에 따른 최대 업데이트 주기(Max Update Interval)는 표 1에 명시되어 있다. 메시지에 따라서 최대 업데이트 주기는 6 초, 120 초, 300 초로 다르며 각각의 메시지의 방송 간격 시간은 최대 업데이트 주기를 넘지 않아야 한다. 따라서 방송 시간 간격요구 조건을 만족시키기 위해서는 효율적인 메시지 스케줄링 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 Stanford University에서 제안한 알고리즘을 구현하여 시뮬레이션을 수행하였고 알고리즘은 다음과 같다[3].

알고리즘은 기본적으로 각각의 메시지 타입에 따라 weight값을 부여하여 weight값이 120 이상이 되면 해당 메시지를 방송한다. weight값은 1 초마다 업데이트 되는데 이때 변화량( $\Delta weight$ )은 최대 업데이트 주기와 관련되며 다음과 같이 계산한다.

$$\Delta weight = 120 / (Max Update Interval) (1)$$

메시지마다 최대 업데이트 주기가 다르므로  $\Delta weight$  값도 메시지마다 다르다. 예를 들어 최대 업데이트 주기가 빠른 6 초의 경우 초당 20씩 weight값이 증가하고, 120 초인 경우엔 1씩 증가, 300 초인 경우엔 0.4씩 증가하게 된다.

weight값이 120이상인 메시지 타입이 여러개 존재할 경우 정해진 우선순위(priority)에 따라 메시지를 보내게 된다. weight값이 120이상인 메시지 타입이 존재하지 않는 경우에는 가장 큰 weight값을 갖는 메시지를 방송한다. 그리고 방송된 메시지의 weight값은 0으로 초기화 되어 업데이트를 다시 시작한다.

각각의 메시지에는 긴급하게 방송을 요하는 일이 발생할 수 있다. 예를 들어 Long term satellite error correction(type 25)의 경우 방송 궤도력이(broadcast ephemeris) 변경되거나 가시위성 정보가 바뀔 때 문제가 발생할 수 있다. 변경된 위성정보가 바로 방송되지 못하면 사용자는 잘못된 정보를 가지고 보정정보를 계산하게 되는 문제를 보일 수 있다. 이러한 경

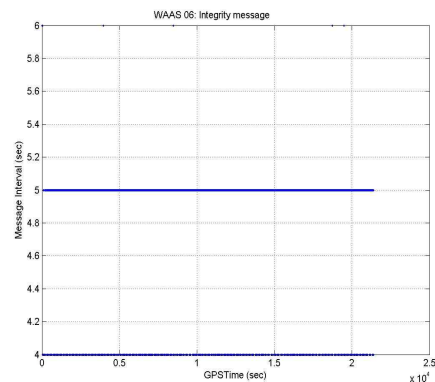
우를 대비하여 emergency값을 각각의 메시지에 부여하며 0, 1, 2 세 가지 값으로 분류한다. 이 Emergency값은 weight확인 이전에 확인이 되어야 하며 Emergency 값에 따른 메시지 방송은 다음과 같다.

Emergency 0의 경우는 메시지 방송 순서에 영향을 미치지 않는다. Emergency값이 1인 경우 Emergency 1에 해당하는 메시지들이 몇 개인지 파악하고 1개라면 해당 메시지를 방송하고, 2개이상인 경우엔 weight, priority를 확인하고 방송할 메시지를 정하게 된다. Emergency 2는 1개만 존재할 수 있으며 다른 조건은 확인하지 않고 바로 해당 메시지를 발송한다.

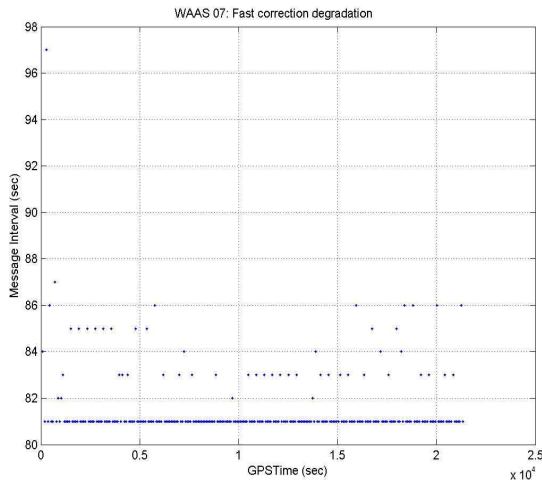
#### IV. 메시지 스케줄링 알고리즘의 성능 시뮬레이션

메시지 스케줄링 알고리즘의 성능을 확인하기 위해 실제 측정된 데이터를 바탕으로 시뮬레이션을 수행하였다. 데이터는 약 6시간동안 서울대와 주문진, 마라도, 호미곶의 NDGPS 기준국에서 수집되었고, 서울대 중앙처리국에서 생성된 가시위성정보를 이용하여 메시지 스케줄링을 실행하였다. 이때 방송되는 메시지로 reserved page를 제외한 모든 메시지 타입을 사용하였다. 시뮬레이션 결과로 각각의 메시지에 대해서 방송주기를 측정하고 그 분포를 확인하여 성능의 평가를 하였다.

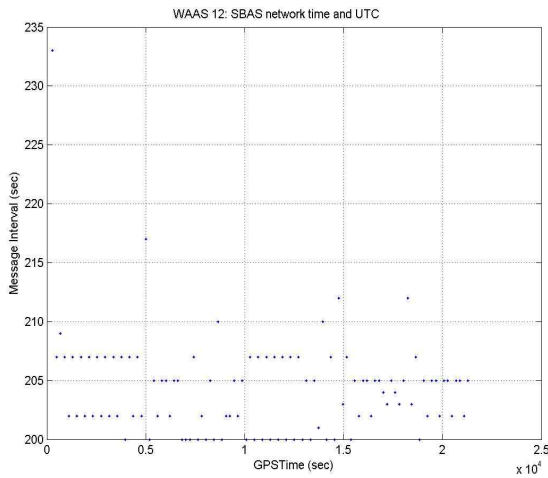
시뮬레이션 결과 최대 업데이트 주기가 같은 메시지 타입들은 방송시간간격의 분포가 거의 비슷하였다.



(a) Message Type 06 (Max time interval=6s)



(b) Message Type 07 (Max time interval=120s)



(c) Message Type 12 (Max time interval=300s)

그림 3. 방송시간 간격 분포

Fig. 3. Broadcasting Time Interval

그림 3은 최대 업데이트 주기가 6 초, 120 초, 300 초인 메시지 타입들 중에서 각각 한 가지씩을 뽑아 방송 시간 간격 분포를 나타낸 것이다.

최대 업데이트 주기가 6 초인 경우 방송시간 간격은 대부분 4.5 초에 분포하였고, 최대 업데이트 주기가 120 초인 경우는 80~86 초, 최대 업데이트 주기가 300 초인 경우는 200~210 초 사이에 분포하였고 최대 업데이트 주기가 6 초인 경우를 제외하고는 상당시간 여유를 두고 최대 업데이트 주기를 만족하는 모습을 보였다.

방송시간간격의 분포와 더불어 최대 방송시간간격이 최대 업데이트 주기보다 큰 구간이 존재하는가

도 중요한 성능 평가 항목이 된다.

그림 4는 모든 메시지 타입에 대하여 시뮬레이션 결과 나타난 방송시간간격의 최대 값을 해당 메시지의 최대 업데이트 주기로 나눈 값을 나타낸 것이다. 이 값이 1을 넘는 메시지가 있으면 방송시간 간격이 최대 업데이트 주기를 넘는 상황이 나타났음을 의미한다. 그러나 시뮬레이션 결과 모든 메시지 타입들에서 값이 1이하로 나타났으며 방송 간격이 최대 업데이트 주기를 넘는 구간은 나타나지 않았음을 확인하였다. 값이 정확히 1로 나타나는 결과는 방송시간간격이 6 초로 짧은 메시지들에 대해서 나타났으며 나머지 메시지 타입들은 대부분 0.8이하로 나타났다.

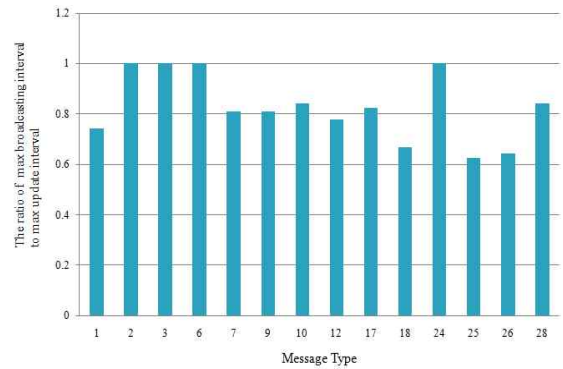


그림 4. 최대 방송시간간격의 최대 업데이트 주기에 대한 비율.

Fig 4. The ratio of max broadcasting interval to max update interval

## V. 결 론

본 논문은 광역보정시스템의 메시지 스케줄링 알고리즘에 대해서 시뮬레이션을 통하여 성능을 평가해 보았다.

시뮬레이션은 실제 측정된 정보를 바탕으로 생성된 가시위성정보를 이용하여 수행하였다. 최대 업데이트 주기가 6 초로 짧은 메시지 타입들을 제외하면 어느 정도 여유를 두고 요구조건을 만족시켰으며 6 초인 메시지 타입들에 대해서도 최대 업데이트 주기를 넘는 결과는 나타나지 않았다.

그러나 이번 시뮬레이션은 약 6시간 정도의 데이터를 바탕으로 수행되었고, 확실한 검증을 위해서는 더 긴 시간에 대한 시뮬레이션 결과가 필요할 것으로

예상된다. 또한 사용자가 보정 정보 및 무결성 정보를 생성하는데 필요한 모든 메시지를 받는데 걸리는 시간(TTFF : Time To First Fix)을 계산해 보는 것도 필요할 것이라 생각된다.

### 감사의 글

본 연구는 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

This research was supported by a grant from "Development of Wide Area DGNSS" funded by Ministry of Land, Transport and Maritime Affairs of Korean government, contracted through SNU-IAMD at Seoul National University.

### 참 고 문 헌

- [1] 김도윤, "GNSS 광역보정시스템의 보정 정보 생성 알고리즘에 관한 연구", 공학박사학위논문, *서울대학교*, Feb. 2007.
- [2] MOPS(2006), "Minimum Operational Performance Standards for Global Positioning System/Wide Area Augmentation System Airborne Equipment", *DO-229D, RTCA*, Dec. 2006.
- [3] David Lawrence, Jennifer Evans, Yi-Chung Chalo, Yeou-Jyh Tsai, Clark Cohen, Todd Walter, et al. "Integration of Wide Area DGPS with Local Area Kinetic DGPS", *Position Location and Navigation Symposium*, 1996.
- [4] Takeyasu Sakai, Sonosuke Fukushima, Naoki Arai, Ken Ito, "Implementation of Prototype Satellite-Based Augmentation System(SBAS)", *IGNSS Symposium*, 2006

### 한 덕 화 (韓德和)



2011년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
2011년 3월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 석사과정  
관심분야 : 위성항법시스템, 광역 보정 항법

### 윤 호 (尹浩)



2006년 2월 : 서울대학교 기계항공공학부(공학사)  
2006년 3월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 공학석박사통합과정  
관심분야 : 무결성 감시, 광역 보정 항법

### 기 창 돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학과(공학사)  
1986년 2월 : 서울대학교 항공공학과(공학석사)  
1994년 1월 : Stanford Univ. 항공우주공학과(공학박사)  
1996년 9월 ~ 2000년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 조교수  
2000년 10월~2006년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부 부교수  
2006년 10월~현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수  
관심분야 : 위성항법시스템, 실시간 보정위성항법시스템, 실시간 광역보정위성항법시스템, 실시간 초정밀 위치결정 시스템, 항공기/우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동 제어 시스템, 항공기 자동착륙 유도제어 시스템, 차량항법 시스템, 실내용 자동항법시스템, 위성체 위치결정 시스템, 항공교통 관제시스템, Avionics