

## 지역항법시스템 항법메시지 및 긴급경보서비스

이상욱, 정원찬

한국전자통신연구원

slee@etri.re.kr and wcjung@etri.re.kr

## Navigation message and early warning service of RNSS

Sanguk Lee and Won Chan Jung

Electronics and Telecommunications Research Institute

요 약

본 논문에서는 한반도를 포함하는 지역위성항법 시스템을 위한 항법메시지 구조와 이를 통하여 수신되는 항법신호로 누구에게나 별도의 통신망 없이 제공될 수 있는 긴급경보서비스 제공 방안에 대한 연구 내용을 기술한다.

## I. 서론

인도의 NavIC 및 일본의 QZSS는 정지궤도 및 정지경사궤도상의 위성군을 이용하여 지구의 1/3정도의 지역에서 항법 서비스를 제공할 수 있는 지역위성항법 시스템(RNSS : Regional Navigation Satellite System)이다. 최근 한국형 위성항법 시스템 개발 구축사업이 추진중에 있고 이러한 위성항법 시스템을 위한 항법 메시지와 그 구조 그리고 메시지를 통하여 긴급경보 메시지를 제공을 위한 방안을 제시한다.

## II. 항법 메시지구조

지역 위성항법 시스템의 기본 위성항법 메시지 구조는 데이터 전송속도보다는 안정성을 중요하게 여기며 항법 신호는 데이터 전송뿐만 아니라 열악한 신호환경에서도 신호를 수신하여 정밀한 Ranging을 할 수 있어야 하므로 일반적으로 낮은 데이터 전송속도를 가진다. 따라서 인도의 NavIC과 유사하게 1/2 Convolution을 사용하여 600 sps에 300 bps의 25 bps데이터 속도를 가지는 16비트의 Syncword로 다음 그림과 같이 가정하였다.

600 symbols	
Synch Codes	Subframe
16 bits	584 symbols

그림-1. 항법메시지 서브프레임구조

한 Major frame은 4개의 서브프레임으로 구성되면 1&2번프레임은 항상 동일한 구조를 가지며 시간, 궤도력, 보정값을 제공하고 그 구조는 다음 그림과 같이 가정하였다.

1	9	26	27	28	30	31	263	287
TLM	TOWC	Alert	Auto Nav	Sub ID	Spare	Data	CRC	Tail
8 bits	17 bits	1 bits	1 bits	2 bits	1 bits	232 bits	24 bits	6 bits

그림-2. 항법메시지 1&amp;2 서브프레임구조

서브프레임 3&4번은 MID(message ID)의 구분자로 구분되며 다양한 정보를 제공할 수 있고 그 구조는 다음 그림과 같다.

1	9	26	27	28	30	31	37	257	263	287
TLM	TOWC	Alert	Auto Nav	Sub ID	Spare	Msg ID	Data	PRN ID	CRC	Tail
8 bits	17 bits	1 bits	1 bits	2 bits	1 bits	6 bits	232 bits	6 bits	24 bits	6 bits

그림-3. 항법메시지 3&amp;4 서브프레임구조

그러므로 이러한 3&4프레임에 Message ID(예시 : 42&43) 통해 재난재해의 발생시 항법 신호를 사용하는 사용자에게 긴급경보메시지를 송출하여 대응토록 하는 기능을 구현하도록 한다.

## III. 항법 데이터와 재난경보 메시지

위성항법시스템의 PNT(Positioning Navigation Timing : 측위, 항법, 시각동기) 서비스를 제공하기 위한 항법 데이터는 Week Number(WN). 항법위성의 원자시계오차 보정값, 거리측정정밀도, Ephemeris(정밀궤도력) 등의 정보를 1&2번 서브프레임을 통하여 송출하고 그 구조는 다음과 같다. 특별히 Week Number의 경우, 10비트를 사용하여 19.7년마다 0으로 리셋되는 Week Number Roll Over(WNRO)가 발생하는데 이를 보완하기 위해 3비트를 추가적으로 더 할당하여 13비트로 설정, 그 주기를 늘렸다. 다음 그림은 프레임 1의 항법메시지 구조와 데이터내용을 각각 나타내고 있다.

31	44	66	83	90	94	110	118	140	148	149	150	157	172	187	202	217	232	247	261
43	65	81	89	93	109	117	139	147	148	149	156	171	186	201	216	231	246	260	262
WN	a10	a11	a12	URA	toc	TGD	Δn	IOOC	L6 Flag	S Flag	Rsv	Cuc	Cus	Clc	Cls	Crc	Crs	IDOT	Spare
13 bits	22 bits	16 bits	8 bits	4 bits	16 bits	8 bits	22 bits	8 bits	1 bit	1 bit	7 bits	15 bits	15 bits	15 bits	15 bits	15 bits	15 bits	14 bits	2 bits

Parameter	Notation	Scale Factor (LSB)	Size(bits)	Units
Week Number from April 6, 2019	WN	1	13	week
Clock Bias	$d_{cl}$	$2^{11}$	22*	sec
Clock drift	$d_{cl}$	$2^{41}$	16*	sec/sec
Clock drift rate	$d_{cl}$	$2^{15}$	8*	sec/sec <sup>2</sup>
SV Accuracy	$L/RA$	1	4	sec
Time of clock	$T_{cl}$	16	16	sec
Total Group Delay	$T_{cl}$	$2^{11}$	8*	sec
Mean motion difference	$\Delta n$	$2^{41}$	22*	Semi-circles/sec
Issue of Data Ephemeris & Clock	IODEC	1	8	-
Reserved	-	1	7	-
L6 Flag	-	1	1	-
S Flag	-	1	1	-
Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Argument of Latitude	$C_{cl}$	$2^{18}$	15*	radian
Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Argument of Latitude	$C_{cl}$	$2^{18}$	15*	radian
Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Angle of Inclination	$C_{cl}$	$2^{18}$	15*	radian
Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Angle of Inclination	$C_{cl}$	$2^{18}$	15*	radian
Amplitude of the Cosine Harmonic Correction Term to the Orbit Radius	$C_{cl}$	$2^4$	15*	radian
Amplitude of the Sine Harmonic Correction Term to the Orbit Radius	$C_{cl}$	$2^4$	15*	radian
Rate of inclination angle	IDOT	$2^{41}$	14*	Semi-circles/sec
Spare	-	-	2	-

그림-4. 서브프레임 1 항법메시지 구조&amp;내용

다음 그림은 프레임 2의 항법메시지 구조와 데이터내용을 각각 나타내고 있다.

31	63	79	111	143	175	207	229	261
62	78	110	142	174	206	228	260	262
MO	toe	e	$\sqrt{a}$	$\Omega_0$	$\omega$	$\Omega$	$i_0$	Spare
32 Bits	16 Bits	32 Bits	32 bits	4 bits	32 bits	8 bits	22 Bits	2 bits

Parameter	Notation	Scale Factor (LSB)	Size(bits)	Units
Mean Anomaly	$M_0$	$2^{-31}$	32*	semi-circles
Time of ephemeris	$t_{oe}$	16	16	sec
Eccentricity	$e$	$2^{-33}$	32	-
Square root of Semi major axis	$\sqrt{a}$	$2^{-18}$	32	$\sqrt{\text{meters}}$
Longitude of Ascending Node	$\Omega_0$	$2^{-31}$	32*	semi-circles
Argument of perigee	$\omega$	$2^{-31}$	32*	semi-circles
Rate of RAAN	$\dot{\Omega}$	$2^{-41}$	22*	semi-circles/sec
Inclination	$i_0$	$2^{-31}$	32*	Semi-circles
Spare			2	-

그림-5. 서브프레임 2 항법메시지 구조&amp;내용

이렇게 구성한 서브프레임 1&2의 항법 메시지중에서 Ephemeris(궤도력)데이터를 잠정적인 한국형 위성항법 시스템의 궤도를 이용하여 ETRI가 개발한 위성항법 시뮬레이션 소프트웨어로 생성하였고 다음 그림은 그 결과를 표시하고 있다.

Notation	KPSR1	KPSR2	KPSR3	KPSR4	KPSR5	KPSR6	KPSR7	KPSR8
$\sqrt{a}$	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3	6.493381e-3
$e$	0	0	0	0.075	0.075	0.075	0.075	0.075
$i$	0	0	0	0.233333	0.233333	0.233333	0.233333	0.233333
$\Omega_0$	0	0	0	-0.788889	0.711111	0.211111	-0.288889	-0.788889
$\omega$	0	0	0	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5	-0.5
$M_0$	1.269883	1.547661	0.9921056	0.519467	0.9205599	1.356975	1.926803	0.6343048
IDOT	3.962114e-11	1.454538e-11	1.407081e-10	-5.046973e-11	5.097260e-11	-9.097739e-11	5.035126e-12	-9.753759e-11
$\dot{\Omega}$	-4.621355e-05	4.404170e-05	-6.463180e-05	-5.780994e-11	-1.963985e-10	-4.509259e-11	-9.623691e-12	-2.202798e-10
$\Delta n$	-5.756350e-10	-8.197926e-10	6.512409e-10	4.214075e-10	-2.965874e-10	5.732883e-011	-1.314346e-09	3.291095e-010
$C_{10}$	-1.97821	2.030287	-2.874913	-2.989531e-02	7.088770e-02	2.857230e-02	-7.842075e-02	-4.308623e-03
$C_{1e}$	3.968523	0.4726803	-2.057593	2.633998e-02	-2.319113e-02	-5.097334e-03	3.384081e-02	6.397486e-02
$C_{1i}$	63.06351	108.0540	-209.6877	-7.670966e-04	-1.396108e-03	-7.346272e-04	-1.397844e-03	-1.653816e-04
$C_{1r}$	211.0974	-52.41354	26.40012	6.327995e-04	6.188806e-04	1.153224e-04	7.823675e-04	8.746363e-04
$C_{1a}$	9.342925e-09	-3.576102e-07	3.673414e-06	-6.737346e-07	-1.096784e-06	-2.262865e-06	-5.663591e-08	-1.792401e-07
$C_{1w}$	-1.104171e-06	1.458587e-07	2.837769e-07	9.788655e-07	5.656049e-07	3.259535e-07	7.853313e-08	2.5180239e-06
$t_{oe}$	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05	2.592000e+05

그림-6. Ephemeris 데이터 시뮬레이션 결과

서브프레임 3&4의 데이터중 긴급경보메시지는 예시로 구성하였고 그 내용은 다음 그림과 같다.

37	41	49	64	66	90	246	250	257	263	287
DC	RC	RT	IT	AA OG	AA	MG	Rsrv			
4 bits	3 bits	20 bits	2 bits	24 Bits	56 bits	4 Bits	7 Bits	6 bits	24 bits	6 bits

그림-7. 긴급경보메시지 예시

다음은 세부항목별 포맷과 내용에 대한 예시를 기술한다. 상세한 내용은 관련 사업의 확정시 관련기관과 긴밀한 협의를 통하여 최종 내용과 포맷을 결정할 예정이다

- DC(Disaster Category) : 태풍, 홍수&집중호우, 지진, 쓰나미&너울, 산사태, 산불, 등
- RC(Report Classification) : 최대우선순위, 훈련/시험
- RT(Report Time) : 월(4), 일(5), 시(5), 분(6)
- IT(Information Type) : 0 : 원인점(태풍의 눈, 진앙, 등...), 1: 피해영역(행정구역)
- AreaW(3bits) : 행정구역(7 전지역, 6 서울경기, 5 강원, 4 경상, 3 충청, 2 전라, 1 제주&EEZ, 0 무

- AreaN(5bits) : 세부 기초행정구역(31 전지역, 0 무, ...)
- OG(Origin) : 128E +/- 6도, 38N +/- 10도, 경도 12 비트, 위도 12비트로 표시 1km 이하 정도의 해상도
- Magnitude : 진도, 태풍, 황사, 홍수, 산사태 등의 카테고리별 정의

### III. 결론

본 논문에서는 한반도를 포함하는 동아시아지역에 위성항법 서비스와 긴급경보 서비스를 제공하기 위한 지역위성항법시스템의 관련 서비스 제공을 위한 항법 메시지 구조, 내용 및 긴급경보 메시지에 대하여 기술하였고 이러한 내용은 향후 추진될 지역위성항법시스템을 개발하는데 활용될 예정이다.

### ACKNOWLEDGMENT

본 연구 논문은 2021년도 한국전자통신연구원 내부 연구사업의 재원으로 수행된 연구결과임 (21YH1110, 위성항법탐체제 신호생성기 Prototype개발)

### 참 고 문 헌

- [1] Japan Cabinet Office, Quasi-Zenith Satellite System Interface Specification DC Report Service(IS-QZSS-DCR-007), July 12, 2019
- [2] Noh, Jae Hee, et al. "Design Considerations for KPS Navigation Message." Journal of Positioning, Navigation, and Timing, vol. 9, issue 4, pp. 305-317, Dec. 2020.
- [3] ISRO-IRNSS-ICD-MSG-1.0(2018-6): SIGNAL-IN-SPACE ICD FOR MESSAGING SERVICE (Version 1.0)
- [4] [https://www.kari.re.kr/kor/sub03\\_06.do](https://www.kari.re.kr/kor/sub03_06.do)