

COSPAS-SARSAT 406 MHz 개인용 탐색구조 단말기의 기술기준 분석

Analysis of COSPAS-SARSAT 406 MHz Personal Locator Beacon Specification

정기룡¹ · 정성훈^{2*} · 임종근³

¹한국해양대학교 항해학부

²한국해양대학교 산업기술연구소

³에스알씨 주식회사

Gi-ryong Jeong¹ · Seong-hoon Jeong^{2*} · Jong-gun Lim³

¹Division of Navigation Science, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

²Research Institute of Industrial Technology, Korea Maritime and Ocean University, Busan, 49112, Korea

³SRC Co. Ltd, Busan, 48575, Korea

[요 약]

COSPAS-SARSAT 406 MHz 조난용 비콘에는 항공용의 ELTs (emergency locator transmitter), 선박용의 EPIRBs (emergency position indicating radio beacon), 개인용의 비콘인 PLBs (personal locator beacons)가 있으며, 406 MHz 조난주파수로 부호화된 메시지를 발사하여 조난 시 탐색과 구조를 위한 경보를 보내는 데 사용한다. COSPAS-SARSAT 기술문서인 C/S T.001과 T.018은 조난용 비콘 개발에 필요한 기본 기술정보와 메시지 구성방법, 형식승인을 위한 시험방법 등을 포함하고 있다. 기존의 저궤도와 정지궤도 위성을 사용하는 COSPAS-SARSAT 시스템은 반송링크서비스 (RLS; return link service) 기능이 없어 조난자가 조난 신호의 발사 여부를 확인할 수 없었으나 새롭게 추가된 중궤도 위성 시스템은 RLS 기능이 도입되어 확인이 가능하게 됐다. 이 논문은 개선된 중궤도 위성을 활용한 406 Mhz의 PLB와 121.5 Mhz의 호밍 신호 발생기, 243 MHz의 항공용 VHF AM 송신기를 통합하는 탐색구조 단말기 개발에 필요한 C/S T.001과 T.018을 분석하였다.

[Abstract]

COSPAS-SARSAT 406 MHz emergency beacons include ELTs for aviation, EPIRBs for maritime, and PLBs for individuals in distress. They are used to sending messages encoded on 406 MHz distress frequency and sending alerts for search and rescue in distress. C/S T.001 and T.018 are COSPAS-SARSAT technical documents. They include basic technical information needed for developing beacons, how messages are constructed, and test methods for type approval. COSPAS-SARSAT systems that use existing low earth orbit (LEO) and geostationary earth orbit (GEO) satellites do not have a return link service (RLS). So, the survivors could not confirm whether the distress signal was sending or not. However, a new medium earth orbit (MEO) satellite system has been added to this system, allowing confirmation through the RLS function. This paper analyzed C/S T.001 and T.018 needed to develop navigation structures that incorporated improved PLB of 406 MHz, a homing signal generator of 121.5 MHz, and a VHF AM transmitter for aviation of 243 MHz.

Key word : COSPAS-SARSAT, C/S T.001, C/S T.018, PLBs, Return link service, Bose-Chaudhuri-Hocquenhem.

<https://doi.org/10.12673/jant.2018.22.6.514>



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 12 November 2018; Revised 28 November 2018

Accepted (Publication) 12 December 2018 (30 December 2018)

*Corresponding Author; Seong-hoon Jeong

Tel: +82-51-410-5354

E-mail: director@kmou.ac.kr

1. 서론

COSPAS-SARSAT 시스템은 육상과 선박 및 항공기에서의 조난 상황이 발생했을 때 조난자를 구조하기 위한 수색구조 체계이며 무선비콘, 위성계, 육상계의 3 부분으로 구성된다. 무선비콘은 406~406.1 MHz의 주파수를 사용하고 있다. 무선비콘은 항공용의 ELTs, 선박용의 EPIRB, 개인용의 PLB가 있다[1].

위성계는 저궤도 (LEO) 위성, 정지궤도 (GEO) 위성, 중궤도 (MEO)의 3종류 위성이 운용 중이다. 육상부문에는 위성으로부터 조난신호를 수신하는 LUT가 있다. LUT에서는 MCC로 신호를 중계해주며, MCC는 신호처리에 의해 조난위치를 알게 되고, 이를 구조조정본부인 RCC에 알려서 최종적으로 조난자를 수색 및 구조하게 된다[2].

국제해사기구 (IMO; International Maritime Organization)나 국제민간항공기구 (ICAO; International Civilianization Organization)와 국내 선박안전법이나 항공안전법등에 의해 대부분의 선박과 항공기에 이들의 탑재가 의무화 되어 있다. 그러나 개인 휴대 위치발신 비콘인 PLB는 해양레저와 산악등반, 오지탐험 등 사용자의 필요에 의해 점진적 수요가 증가하고 있어, 이러한 COSPAS-SARSAT 시스템 기반의 제품 설계 및 개발을 위한 C/S T.001, C/S T. 018 등의 국제표준 기술기준과 기술의 업데이트된 연구가 필요하다[3]-[6]. 위성 기반의 조난구조 시스템은 현재 해상용과 항공용 그리고 육상용을 포함하여 전 세계 75개 제조사가 약 200여 개의 모델을 양산하고 있다. 국내에서는 3개 제조사가 해상용 모델을 개발, 시판 중에 있지만 이 연구에서 제안하는 융합형 PLB 제품은 그동안 국내에서 승인되지 않았던 제품으로 아직까지 상용화된 적이 없다[7], [8].

이 논문에서는 406.040 MHz의 COSPAS-SARSAT 위성 기반의 PLB와 121.5 MHz의 호밍 신호 발생기, 243 MHz의 항공기용 VHF AM 송신기를 통합하는 개인용 탐색구조 단말기 개발에 필요한 C/S T.001과 C/S T.018 기술기준을 분석하였다.

II. COSPAS-SARSAT 위성

COSPAS-SARSAT은 현재 3종류 위성인 LEO, GEO, MEO를 사용하고 있으며, 각 위성의 특징은 다음과 같다.

2-1 LEO 위성

저궤도위성 (LEO)은 그림 1과 같이 지상 1,000 km 내외의 고도를 유지하며 지구 주위를 회전하면서 관련 서비스를 제공하는 위성을 말한다. LEO용 EPIRB에서 경보가 발생되면 도플러 현상에 의해서 그 위치를 찾는다. 현재 사용 중인 위성 개수도 적고 조난신호를 발사하는 EPIRB의 위치탐색 범위가 작아서 조난위치 찾는데 시간과 오차가 크다.



출처 : Cospas-Sarsat

그림 1. 저궤도위성의 COSPAS-SARSAT 개념도
Fig. 1. LEO COSPAS-SARSAT overview.

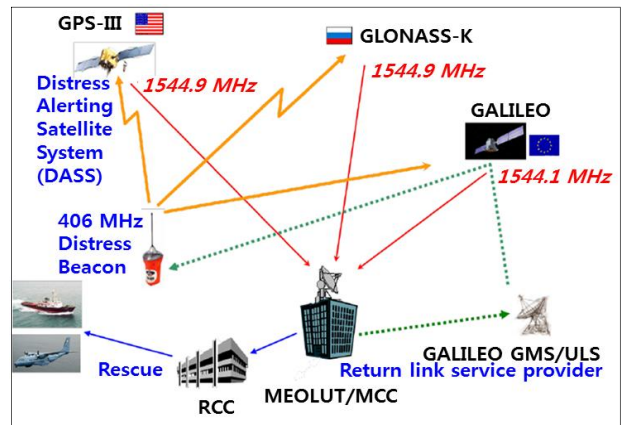


그림 2. 반송링크서비스 (RLS)를 포함한 중궤도위성
Fig. 2. MEOSAR configuration with return link service.

2-2 GEO 위성

정지궤도위성은 위도 0°인 적도 36,000 km 상공의 원형 궤도를 1 일에 1 회 지구 주위를 회전한다. 현재 사용 중인 이것은 LEO의 단점을 보완해서 사용 중이며 도플러 현상을 이용할 수 없어서 GEO 위성을 이용하려면 비콘에서 조난신호 발사 시에 위치정보가 입력되어야 한다.

2-3 MEO 위성

중궤도위성 (MEO)은 지상에서 20,000 km 정도 높이의 궤도를 회전하는 위성이다[1]. MEO 위성시스템은 미국의 GPS, 유럽의 Galileo, 러시아의 Glonass가 있다.

중궤도 위성시스템은 저궤도 위성시스템보다 고도가 높아서 위성 1개가 파악하는 반경이 넓으며, 경보신호를 보낸 비콘의 위치를 LEO 시스템보다 더 정확하게 추적할 수 있다. LEO와 차이점으로 반송링크서비스 (RLS)가 있어, 그림 2와 같이 조난자로부터 조난신호가 탐지되고 나서 조난자의 위치를 알려주는 확인 메시지를 제공한다.

표 1. 메시지 형식

Table 1. Message format.

160 ms carrier	15 bits	9 bits	1 bit	87 bits (Short messages)
				119 bits (Long messages)

표 2. 짧은 메시지 형식의 데이터 필드

Table 2. Data fields of the short message format.

	Bit Synchronization	Frame Synchronization	First Protected Data Field (PDF-1)				BCH-1	Non-Protected Data Field
Unmodulated Carrier (160 ms)	Bit Synchronization Pattern	Frame Synchronization Pattern	Format Flag	Protocol Flag	Country Code	Identification or Identification plus Position Data	21-Bit BCH Code	Emergency Code/ National Use or Supplement. Data
Bit No.	1-15	16-24	25	26	27-36	37-85	86-106	107-112
-	15 bits	9 bits	1 bit	1 bit	10 bits	49 bits	21 bits	6 bits

표 3. 긴 메시지 형식의 데이터 필드

Table 3. Data fields of the long message format.

	Bit Synchronization	Frame Synchronization	First Protected Data Field (PDF-1)				BCH-1	Second Protected Data Field (PDF-2)	BCH-2
Unmodulated Carrier (160 ms)	Bit Synchronization Pattern	Frame Synchronization Pattern	Format Flag	Protocol Flag	Country Code	Identification or Identification plus Position Data	21-Bit BCH Code	Supplementary and Position or National Use Data	12-Bit BCH Code
Bit No.	1-15	16-24	25	26	27-36	37-85	86-106	107-132	133-144
-	15 bits	9 bits	1 bit	1 bit	10 bits	49 bits	21 bits	26 bits	12 bits

III. COSPAS-SARSAT 기술기준 분석

이 장은 COSPAS-SARSAT 시스템에 기반을 둔 PLB와 항공 기용 VHF AM 송신기를 융합하는 제품을 개발하기 위해 406.040 MHz의 COSPAS-SARSAT 시스템을 기반으로 하는 PLB와 121.5 MHz 호명 신호 발생기 모듈, 243 MHz의 항공기 용 음성통신 모듈을 통합하여 설계하였다.

이를 위해서 COSPAS-SARSAT 시스템의 기술 문서인 1 세대 EPIRB와 관련된 C/S T.001과 2 세대 EPIRB와 관련된 C/S T.018 문서를 통해서 RF 성능 및 메시지 구성 방법과 표준 위 치프로토콜 및 에러정정 코드를 분석하였다.

3-1 C/S T.001 기술기준

C/S T.001에서 정의하는 시스템 요구사항 중 비콘의 기능적 요소는 디지털 메시지 발생기와 변조기 및 406 MHz 송신기가 있으며, 기능적 요소에 대한 요구사항을 정의하고 있다.

1) 디지털 메시지 발생기

디지털 메시지의 구성은 총 112 비트의 짧은 메시지와 총 144 비트의 긴 메시지가 있다. 메시지가 송신되도록 변조기와 송신기를 구동하는 장치로 송신 신호를 송신기 주파수의 무변 조 반송파로 비트동기화, 프레임 동기화, 포맷 플래그를 지정한다. 메시지 형식의 데이터필드는 표 1과 같이 짧은 메시지 형식은 87 bits이고, 긴 메시지 형식은 119 bits로 차이가 있다. 메시지 형식의 상세 데이터 필드의 구조는 표 2와 표 3과 같다.

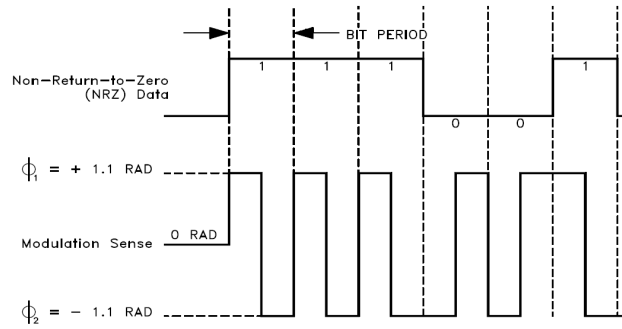


그림 3. 데이터 부호화 및 변조도

Fig. 3. Data encoding and modulation degree.

2) 변조기 및 406 MHz 송신기

저전력 위성 EPIRB의 작동을 위해 ITU에서 분배하는 장치로 406.0~406.1 MHz 대역의 이용 가능한 주파수 스펙트럼의 효율적인 이용과 적절한 시스템 용량을 보장하기 위해 분배된 대역 안에 다수의 채널이 지정되며, 채널용량의 요구사항을 충족시키기 위해서 필요한 만큼 COSPAS-SARSAT에 의해 수시로 할당되며, 송신기 전력 출력과 안테나 특성, 스푸리어스 방사를 정의한다. 그림 3은 채널의 데이터 부호화 및 변조도를 나타내며, 변조, 전압정제파비, 최대 연속송신을 정의한다.

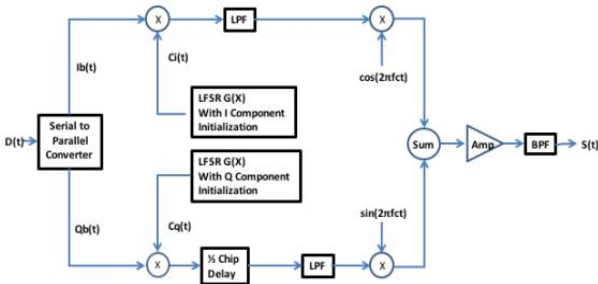
그 외 환경적 요구사항은 온도 환경인 운용 온도범위에 따른 온도변화, 열 충격, 기계적 환경, 기타 습도, 고도, 초과/부족 압력, 방수, 분진, 유체감수성 등을 정의하며, 운용상의 요구사항은 연속운용 지속시간, 기타 운용상의 요구사항을 규정하며, 보조 무선위치결정장치, 비콘 자체시험 모드, 부호화된 위치 데이터를 정의한다.

3) 시험 방법 및 요구시험

COSPAS-SARSAT 시험 방법은 첫째, 비콘 신호가 위성 탑재 장비와 호환 여부, 둘째, 도입할 비콘이 정상적인 시스템 성능 저하 여부, 셋째, 부호화된 비콘 항법 데이터의 정확성 여부에 대해 COSPAS-SARSAT 406 MHz 비콘에 대한 규격인 C/S T.001과 COSPAS-SARSAT 406 MHz 주파수 관리 계획인 C/S T.012의 적합성 여부를 결정한다. COSPAS-SARSAT이 요구하는 형식 승인 시험은 위성 정성 시험, 안테나 특성 시험, 위치 획득 시간 및 위치 정확도가 있다. 요구시험은 일정 온도 각종 전기 및 기능 시험, 열 충격 시험, 최소 온도 운용 수명 시간, 온도 변화에 따른 주파수 안정도 시험, 위성과의 실제 시험, 비콘 안테나 시험, 비콘 부호화 S/W 시험이 있다.

3-2 C/S T.018 기술기준

C/S T.018의 시스템 요구사항 중 비콘의 기능적 요소는 디지털 메시지 발생기와 변조기 및 406 MHz 송신기의 기능적 요소의 요구사항을 정의한다. 이 기술기준의 시스템 요구사항인 위치부호화 기능은 선택적이지만, 조난 추적용 ELT(DT)는 GNSS 기능이 강제적으로 포함된 비행체 내에서 자동 동작한다.



D(t) : digital message bit stream (300 bps)
 Ib(t) : I component (odd) bit stream (150 bps)
 Qb(t) : Q component (even) bit stream (150 bps)
 G(X) : generator polynomial (LFSR; linear feedback shift register function)
 Ci(t) : I component chipping stream generated by LFSR using I channel Init.(38,400 cps)
 Cq(t) : Q component chipping stream generated by LFSR using Q channel Init.(38,400 cps)
 S(t) : transmitted signal

그림 4. 직접시퀀스 대역확산 스펙트럼
 Fig. 4. Direct-sequence spread spectrum.

1) 비콘의 기능 요소

406 MHz 조난비콘의 대역확산 스펙트럼을 위한 기능적 요구들을 정의한다. 송신기는 그림 4와 같이 직접시퀀스 대역확산 스펙트럼-오프셋 QPSK (DSSS-OQPSK) 방식이다. 각각의 비콘에서 발사되는 선형 비트 스트림인 D(t)는 전송속도가 1초에 300 bit이다. D(t)로부터 150 bps씩 odd bit와 even bit로 구성된 병렬 비트 스트림은 Ib(t)와 Qb(t)로 나뉜다.

선형 피드백 시프트 레지스터(LFSR) 기능은 다항식 G(X)를 생성하여 두 개의 Ci(t)와 Cq(t)를 만든다. 이를 통해 만들어지는 Ci(t)와 Cq(t)는 LFSR 초기화를 사용하는 확산 I와 Q 채널을 사용하며 각각의 비콘이 주어진 비콘 작동모드를 위해서 동일하게 재생산되어 S(t)를 출력한다.

2) 디지털 메시지 생성기

C/S T.018 문서의 메시지 구성은 250 비트로 되어 있다. 이곳의 위치 정보는 C/S T.001의 위치 표현 방법과 다르다. 메시지가 송신되기 위한 변조기와 송신기가 필요하며, 반복주기는 비콘 동작으로부터 총 6 개의 초기 전송으로 5 s ±0.1 s로 정해진 분리 간격으로 첫 전송은 3 초 이내에 시작된다. 그 이후 비콘은 정상적으로 30 초 간격에 59 회 발사되며 연속적인 송신

표 4. 전송 스케줄

Table 4. Transmission schedule.

IAMSAR stage	Time from activation	Transmission repetition interval	Randomization
Initial	0~30 sec	5 sec	0
Action/Planning	30 sec~30 min	30 sec	±5 sec
	30 min +	120 sec	±5 sec
ELT(DT)	30 sec +	28.5 sec	±1.5 sec

표 5. 송신 메시지의 일반 구조

Table 5. Burst general structure.

Preamble	Useful message	Correcting bits
166.7 ms	673.3 ms	160 ms

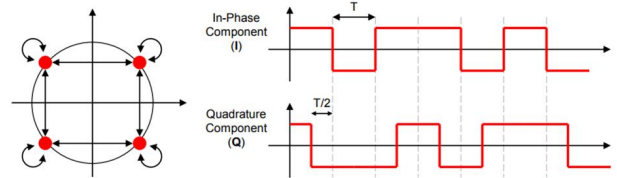


그림 5. 오프셋 QPSK 변조의 예시
 Fig. 5. OQPSK modulation illustration.

간격은 대략 ±5 초로 송신시간은 표 4와 같다.

디지털 메시지는 표 5와 같이 250 bit의 메시지로 구성되며, 송신 신호의 833.3 ms에 300 bps ±1%의 비트율로 정의한다. 250 bit의 메시지는 Preamble과 Useful message (비콘에 의해서 송신되는 202 bit 정보), 그리고 수신기에서 오류정정을 위해 사용되는 48 bit의 BHC (250, 202)로 이루어진 Correcting bits로 구성된다.

3) 변조기와 406 MHz 송신기

송신주파수는 캐리어 주파수에 대한 주파수 안정도와 칩율 (chip rate) 요구를 정의하며, 이는 별개의 발진기를 사용하여 분리가 가능하다.

송신기의 안정성 요구는 406.05 MHz ±1200 Hz이며, 칩율 정확도는 평균 38,300 ±0.6 chips/s로, 칩율 변화는 ±0.6 chips/s 이어야 한다. RF 변조는 오프셋 QPSK로 신호와 동위상의 I와 90도 위상 (Q) 컴포넌트를 위한 PRN 시퀀스로 I와 Q의 peak to peak 진폭은 15% 이내의 평균이어야 한다. 그림 5는 Q 채널에서 1/2 칩 지연을 포함하는 오프셋 QPSK 변조이다.

4) 송신기 출력

50 Ω 부하에서 EIRP는 표 6과 같으며, 송신기 RF 출력은 406 MHz의 시작점에서 ±25 ms 이고, -10 dbm을 초과할 수 없다.

5) 디지털 메시지

406 MHz 비콘에 의해 송신되는 디지털 메시지는 표 7과 같이 202 bit의 정보 bits와 48 bit 에러정정 bits로 구성되며, 메인 필드는 서브 필드를 사용하는 C/S G.008 문서의 최소 요구를 위해 제공한다[5].

표 6. 유효 등방성 복사 전력

Table 6. Required EIRP.

Elevation(°)	10	20	30	40	50	60	70	80
Max dBm	45	45	45	45	45	44	44	44
Min dBm	34	34	34	34	34	33	33	33

표 7. 디지털 메시지 내용

Table 7. Digital message content.

202 Information bits										48 Error correction bits					
154 bit main field					48 bit rotating field					48 bit BCH field					
main msg					spare										
1	...	137	138	...	154	155	156	...	201	202	203	204	...	249	250

표 8. 사용자 위치 프로토콜 구조

Table 8. User-location protocol structure.

bit	bits	bits	bits	bits	Bit	bits	bits
26	27-39	40-83	84-85	86-106	107	108-132	133-144
1	Identification data (44 bits)	Radio-location on device	21-bit BCH code	Posit data source	Position data 4 min resolution (25 bits)	12-bit BCH code

표 9. 표준 위치 프로토콜 구조

Table 9. Standard location protocol structure.

bit	bits	bits	bits	bits	bits	bits	bits
26	27-40	41-64	65-85	86-106	107-112	113-132	133-144
0	Identification data (24 bits)	Position data 15 min resolution (21 bits)	21-bit BCH code	Supplementary data	Position data 4 sec resolution (20 bits)	12-bit BCH code

표 10. 국가 위치 프로토콜 구조

Table 10. National location protocol structure.

bit	bits	bits	bits	bits	bits	bits	bits	bits
26	27-40	41-58	59-85	86-106	107-112	113-126	127-132	133-144
0	Identification data (18 bits)	Position data 2 min resolution (27 bits)	21-bit BCH code	Supplementary data	Position data 4 sec resolution (14 bits)	National use	12-bit BCH code

IV. C/S T.001 프로토콜 분석

이 장에서는 1 세대 비콘에 적용되는 C/S T.001 기술기준에서 PLB 개발 제품에 필요한 메시지 프로토콜의 구성과 에러정정 코드를 분석하였다.

4-1 표준 위치 프로토콜

406 MHz 비콘은 전송되는 디지털 메시지에 비콘 식별 데이터뿐만 아니라 비콘의 위치 정보 데이터를 포함하고 있다. 이러한 위치 정보 데이터를 부호화하기 위해서 COSPAS- SARSAT은 406 MHz 비콘의 메시지 형식과 함께 사용될 수 있는 프로토콜을 다음과 같이 4 가지로 구분하여 정의한다.

1) 사용자 위치 프로토콜 (User-location protocol)

사용자 정의 프로토콜 중의 하나로 표 8의 데이터 보호 필드인 PDF-1에 비콘의 식별 정보가 포함된다. 위치 정보는 PDF-2에 포함되며 4분의 해상도로 위도와 경도를 제공한다.

2) 표준 위치 프로토콜 (Standard location protocol)

PDF-1의 24 비트로 표준화된 형식으로 제공되며, 비콘 식별 데이터는 표 9와 같다. 위치 데이터는 15분의 해상도로 PDF-1에 포함되어 있다. PDF-2에서는 4 초의 해상도로 위치 오프셋이 제공된다.

3) 국가 위치 프로토콜 (National location protocol)

비콘 식별 데이터는 표 10과 같이 18 비트의 PDF-1로 국가

표 11. 항공용 위치 프로토콜 구조

Table 11. ELT(DT) location protocol structure.

bit	bits	bits	bits	bits	bits	bits	bits
26	27-40	41-66	67-85	86-106	107-114	115-132	133-144
0	Identification data (26 bits)	Position data 30 min resolution (19 bits)	21-bit BCH code	Supplementary data (8 bits)	Position data 4 sec resolution (18 bits)	12-bit BCH code

정의 형식으로 제공된다. 위치 데이터는 2분의 해상도로 PDF-1에 포함되어 있다. PDF-2에서 4 초의 해상도로 위치 오프셋이 제공된다.

4) 항공용 위치 프로토콜 (ELT(DT) location protocol)

비콘 식별 데이터는 표 11과 같이 26 비트의 PDF-1에 포함되며, 첫 번째 2 비트는 비콘의 유형을 정의한다. 나머지 24 비트는 정보를 제공한다. PDF-1에는 위치 데이터를 30분의 해상도로 표현하며, PDF-2는 위치 오프셋을 4 초 해상도로 제공한다. PDF-2에는 고도 및 기타 ELT(DT) 데이터가 포함된 6 개의 추가 데이터 비트가 포함되어 있다.

그 외에 시험용으로 사용하는 시험용 위치 프로토콜 (TLP; test location protocols)은 ELT(DT) 및 RLS 위치 프로토콜을 제외한 모든 코딩 방법에 대한 시험용 위치 프로토콜로서 37~39 비트의 프로토콜 비트를 “111”로 설정하여 인코딩한다. 또한 40 비트는 표준 위치 프로토콜 (40 = “0”)과 국가 위치 프로토콜 (40 = “1”)의 테스트 형식을 구별하는데 사용된다. ELT(DT) 및 RLS 위치 프로토콜은 자신들의 프로토콜 내에 시험용 프로토콜을 가지고 있다.

4-2 에러정정 코드 분석

1) 디지털 메시지 구조

406 MHz 비콘으로 전송되는 디지털 메시지는 표 12와 같이 짧은 메시지 (short message)와 긴 메시지 (long message) 두 가지로 구분하며, 구성 비트는 5 가지 그룹으로 나뉜다.

첫 번째 그룹의 24 개 비트는 시스템 비트로서 두 번째 그룹 비트에서 정의되고 비트와 프레임 동기화에 사용된다.

두 번째 그룹의 61 개 비트는 25~85까지로 데이터 비트 그룹으로 첫 번째 데이터 보호 필드 (PDF-1)이다. 25 번째의 첫 번째 비트는 메시지가 짧은 메시지인지 긴 메시지인지를 나타내며, 0이면 짧은 메시지, 1 이면 긴 메시지이다.

세 번째 그룹의 86~106까지 21 비트는 BCH 코드를 나타내며, 첫 번째 BCH 에러정정 코드 필드 (BCH-1)로 사용된다. 이 코드는 BCH(127, 106) 트리플 에러정정 코드의 단축형식으로

표 12. 디지털 메시지 구조

Table 12. Digital message structure.

Group 1	Group 2	Group 3	Group 4	Group 5
24 bits	61 bits	21 bits	6 bits (Short) 26 bits (Long)	12 bits
System	PDF-1	BCH-1	PDF-2	BCH-2

(PDF-1 + BCH-1)의 82 비트에서 최대 3 개 비트의 오류를 찾아서 정정할 수 있다. PDF-1과 BCH-1의 조합이 첫 번째 보호 필드이다.

네 번째 그룹은 데이터 비트이며, 이 비트의 수와 정의는 짧은 메시지 형식과 긴 메시지 형식에 따라 다르다. 짧은 메시지는 107~112까지 마지막 6 비트이며 이 데이터 비트는 보호되지 않는다. 이 비트 그룹은 비보호 데이터 필드이다. 긴 메시지 형식은 107~132까지로 26 비트로 구성되며, 이 비트 그룹이 두 번째 데이터 보호 필드 (PDF-2)이다.

다섯 번째 그룹은 마지막 12 비트인 133~144까지로 두 번째 BCH(38, 26) 에러정정 코드이다. 이 코드는 단축된 형태의 BCH(63, 51) 이중 에러정정 코드로 38 비트 (PDF-2 + BCH-2)에서 최대 2비트 오류를 감지하고 정정할 수 있다. 이러한 PDF-2와 BCH-2의 조합이 두 번째 보호 필드이다.

이와 같이 에러정정 코드를 생성하는 다항식 $g(X)$ 는 식 (1)과 같이 정의된다.

$$g(X) = LCM(m_1(X), m_3(X), m_5(X)) \quad (1)$$

$LCM =$ 최소 공배수(*least common multiple*)

$$m_1(X) = X^7 + X^3 + 1$$

$$m_3(X) = X^7 + X^3 + X^2 + X + 1$$

$$m_5(X) = X^7 + X^4 + X^3 + X^2 + 1$$

$$g(X) = m_1(X) m_3(X) m_5(X)$$

$$= X^{21} + X^{18} + X^{17} + X^{15} + X^{14} + X^{12} + X^{11} + X^8 + X^7 + X^6 + X^5 + X + 1$$

$$g(X) = 1001101101100111100011$$

BCH 코드를 생성하기 위하여, $m(X)$ 은 식 (2)의 61 데이터 비트로부터 형성된다.

$$m(X) = b_1 X^{60} + b_2 X^{59} + \dots + b_{60} X + b_{61} \quad (2)$$

b_1 은 메시지 구조의 처음 비트이며, b_{61} 은 PDF-1의 마지막 비트이다. $m(X)$ 은 다음의 21 비트를 "0"으로 채워서 82 비트로 확장된다. 그 결과 82 비트 2진 구조는 $g(X)$ 로 나뉘고 나머지 값 $r(X)$ 가 BCH 코드가 된다.

2) 위치 정보 인코딩

표준위치프로토콜인 사용자 위치 프로토콜과 표준위치 프로토콜, 국가위치 프로토콜, 항공용 위치 프로토콜은 위치정보를 인코딩하는 방식에 따라 조금씩 차이가 있다.

표 13. 메시지 내용 비트

Table 13. Message contents bits.

202 information bits											48 error correction bits				
154 bit main filed						48 bit rotating field					48 bit BCH field				
main message			spare												
1	...	137	138	...	154	155	156	...	201	202	203	204	...	249	250

V. C/S T.018 프로토콜 코드 분석

이 장에서는 2세대 비콘인 MEO용 프로토콜 설계를 위해 C/S T.018 기술기준으로 PLB 개발 제품에 필요한 메시지 프로토콜과 로테이팅 필드의 구성 및 에러정정 코드의 생성 방법을 분석하였다.

5-1 표준 프로토콜

1) 디지털 메시지 구조

202 비트의 정보 비트와 48비트의 BCH(250,202) 에러정정 비트를 포함하여 표 13과 같이 총 250 비트로 구성된다. 메인 필드는 137 개 비트로 이루어져 있으며, 상세 명세는 C/S G.008 문서에서 정의한다. 메인 필드의 구성에는 TAC(type approval certificate) 넘버와 시리얼 넘버, 국가코드, Homing device의 유무, Self test 기능, Test protocol, GNSS 위치 부호화, 선박의 ID와 함께 앞으로 사용할 수 있는 여분의 비트 등을 합하여 총 154 비트가 할당된다.

2) 로테이팅 필드

155 비트에서 202 비트까지 할당된 로테이팅 (rotating) 필드는 용도에 따라 6 종류가 있다.

- 첫째, C/S G.008 rotating field
- 둘째, ELT(DT) rotating field
- 셋째, RLS (return link service) rotating field
- 넷째, National use rotating field
- 다섯째, Spare rotating field (앞으로 사용하기 위해 확보)
- 여섯째, 취소 메시지 Rotating field

5-2 에러정정 코드 분석

1) 에러정정 코드 생성

406 MHz 비콘에 사용되는 에러정정 코드의 생성 다항식 $g(X)$ 는 식 (3)과 같다.

다항식 $g(X)$ 와 250비트의 메시지를 XOR 연산을 계속하며 이 과정을 거쳐서 맨 마지막 부분에 나오는 48 비트를 BCH 에러정정 코드로 사용한다.

$$g(X) = LCM(m_1(X), m_3(X), m_5(X), m_7(X), m_9(X), m_{11}(X)) \quad (3)$$

$LCM =$ 최소 공배수(*least common multiple*)

$$\begin{aligned}
 m_1(X) &= X^8 + X^4 + X^3 + X^2 + 1 \\
 m_3(X) &= X^8 + X^6 + X^5 + X^4 + X^2 + X + 1 \\
 m_5(X) &= X^8 + X^7 + X^6 + X^5 + X^4 + X + 1 \\
 m_7(X) &= X^8 + X^6 + X^5 + X^3 + 1 \\
 m_9(X) &= X^8 + X^7 + X^5 + X^4 + X^3 + X^2 + 1 \\
 m_{11}(X) &= X^8 + X^7 + X^6 + X^5 + X^2 + X + 1
 \end{aligned}$$

$$g(X) = 1110001111110101110000101110111110011110010010111$$

2) 위치 정보 인코딩

비콘의 내부 또는 외부의 GPS 수신 장치로부터 획득된 위치 정보는 C/S T.001 프로토콜과 다르게 분과 초 부분을 도(degree)로 환산하여 45 번 비트에서 90 번 비트까지 47 비트로 나타낸다.

VI. 결 론

COSPAS-SARSAT 시스템은 현재의 저궤도 (LEO) 위성과 정지궤도 (GEO) 위성 이외에 중궤도 (MEO) 위성을 합류하여 위성을 통한 효율적인 탐색구조를 수행하기 위해 노력해왔다.

기존의 LEO와 GEO 위성 시스템에서는 EPIRB에서 조난신호를 발사하면 위성을 경유해 RCC 까지 한쪽 방향으로만 신호가 보내져 조난자는 구조신호가 정상적으로 보내졌는지를 확인하기 어려웠다. MEO 시스템에서는 이를 개선하기 위해 RLS (return link service) 기능이 추가하였다.

MEO 위성인 Galileo 시스템에서는 육상에서 MEO EPIRB 쪽으로 응답신호를 보낼 수 있게 되어 조난자로 하여금 자신의 구조요청신호가 COSPAS-SARSAT 수색구조 시스템에 정상적으로 전파되었다는 것을 알 수 있게 됐다.

이 연구에서는 C/S T.001과 개선된 C/S T.018 기술기준을 분석하여 새롭게 개발되는 통합형 PLB 제품의 설계에 반영하였다. 향후 C/S T.018에 의거한 return-link가 포함된 2 세대 MEO EPIRB 시스템이 도입되므로 이에 대응할 수 있는 기반 기술 확보가 필요하며, 2 세대 MEO EPIRB 비콘 개발을 위한 기술 분석과 개선방안이 연구되어야 한다.

Acknowledgments

이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업입니다. (No. 2017M1A3A3A04057587)

References

- [1] E. Harpell, "COSPAS-SARSAT update (SGB, RLS beacon capability and MEOSAR schedule)," in *Beacon Manufacturers Workshop*, Montreal(Quebec): Canada, pp. 1-26, 2016.
- [2] C. Hoffman, "Second generation beacon updates to COSPAS-SARSAT documentation," in *Beacon Manufacturers Workshop*, Montreal (Quebec): Canada, pp.1-25, 2017.
- [3] IMO Res. A.810(19): Performance standards for float-free satellite emergency position-indicating radio beacons (EPIRBs) operating on 406 MHz, by International Maritime Organization, Washington, D.C.: USA, 1995.
- [4] COSPAS-SARSAT Document C/S T.007, Issue 4 - Revision 8: COSPAS-SARSAT 406 MHz distress beacon type approval standard, cospas-sarsat secretariat, Montreal (Quebec): Canada, 2013.
- [5] COSPAS-SARSAT Document C/S T.001, Issue 3 - Revision 14: Specification for COSPAS-SARSAT 406 MHz distress beacons, cospas-sarsat secretariat, Montreal (Quebec): Canada, 2013.
- [6] COSPAS-SARSAT Document C/S T.018, Preliminary Issue B: Specification for second-generation COSPAS-SARS 406 MHz distress beacons, cospas-sarsat secretariat, Montreal (Quebec): Canada, 2015.
- [7] S. H. Jeong, G. R. Jeong, J. H. Shim, and J. G. Lim, "Analysis of COSPAS-SARSAT C/S T.018 specification," in *Proceedings of Korean Institute of Information Technology Summer Conference*, Gwangju: Korea, pp. 434-437, 2018.
- [8] S. H. Jeong, G. R. Jeong, J. H. Shim, and J. G. Lim, "Analysis of COSPAS-SARSAT C/S T.001 specification," in *Proceedings of Korean Institute of Information Technology Summer Conference*, Seoul: Korea, pp. 227-229, 2017.
- [9] COSPAS-SARSAT Document C/S G.008 Issue 1 - Revision 2: Operational requirements for COSPAS-SARSAT second generation 406 MHz beacons C/S G.008, cospas-sarsat secretariat, Montreal (Quebec): Canada, 2013.



정 기 룡 (Gi-ryong Jeong)

1983년 2월 : 한국항공대학교 통신공학과 (공학사)
1992년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학석사)
1997년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과 (공학박사)
1988년 ~ 현재 : 한국해양대학교 항해학부 교수
※관심분야 : 선박통신관련 IT융합 신기술, 컴퓨터 비전, 신호처리



정 성 훈 (Seong-hoon Jeong)

2004년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학석사)
2007년 2월 : 한국해양대학교 전자통신공학 (공학박사)
2003년 ~ 2010년 : 부산경상대학교 멀티미디어컴퓨터과 교수
2010년 ~ 현재 : 한국해양대학교 산업기술연구소 산학연구교수
※관심분야 : 해양 무인화 시스템, 사물인터넷, 해상통신, ICT 융·복합 기술



임 종 근 (Jung-gyun Lim)

1988년~1993년 광운대학교 전자통신공학과 (공학사)
1993년~1995년 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학석사)
2000년~2003년 한국해양대학교 전자통신공학과 (공학박사)
1993년~2008년 (주)사라콤 전무이사
2008년~현재 (주)에스알씨 대표이사
※관심분야 : 해상이동통신, 항해자동화, EMC