HF대 해상 데이터통신을 위한 통신시퀀스 설계

고윤규, 이영수, 최조천

Design of Traffic Sequence for the Maritime Data Communications in HF band

Yun-Gyu Go, Yeung-Su Lee, Jo-Cheon Choi

Mokpo Maritime University, Division of Maritime and Communication Engineering

요 약

원거리 해상 데이터통신에는 INMARSAT 통신이 있으나 소형선박에서는 고비용의 문제로 사용되지 못하고 있으며, NBDP의 무용론과 함께 HF대역의 효과적인 데이터통신을 수행할 수 있는 대체 수단에 대한 의제가 여러 나라에서 제시되고 있다. 전리층 반사파를 이용하는 HF대 통신의 특성상 거리에 관계없이 A2, A3 및 A4 해역을 항해하는 모든 선박에게 조난 및 일반통신 외에 MSI방송, VMS위치보고, E-mail 서비스 등을 효과적으로 제공할 수 있는 SSB 송수신기용 통신시퀀스를 설계할 필요가 있다. 본 논문에서는 SSB에 의한 HF대 해상 데이터통신을 자동화로 구성하기 위하여 상호간 호출과 통신을 신뢰성 있게 통신할 수 있는 새로운 패캣과 통신시퀀스를 설계하였다.

ABSTRACT

The INMARSAT is able to long range maritime communications that can not use for expensive charge in small ship. Additional an opinion of unuseful NBDP that is international discussion for replacement methods for the effective data communications by using HF band. A feature of HF band communication is ionospheric propagation that have not the distance question as A2, A3 and A4 sea areas. Therefore all navigation ship should has supplied service such as MSI, VMS, E-mail beside of distress and public communication that is demanded a design of communication sequence for using SSB transceiver. This paper has designed the new packet and communication sequence of truly and automatically radio link for maritime data communications by SSB in HF band.

key word

HF band, SSB, packet, communication sequence

Ⅰ. 서 론

CIRM(International Radio Maritime Committee, 국제해상무선위원회)은 NBDP 해안국의 하나인 San Francisco Radio/KFS가 기존의 HF대를 이용하여 개발한 완전 자동화된 Globe HF e-mail시스템을 소개하고, HF e-mail시스템에 대한 최소 성능기준을 제시하는 문서 COMSAR 8/10을 제출하였다. 노르웨이는 시험 중인 HF e-mail 시스템의 고속 무선프로토콜 'Pactor-III'을 소개하는 문서 COMSAR 8/10/1을 제출하였다. 이에 따라 COMSAR 9/19에서는 기존의 NBDP 주파수를 이용하여 MF/HF대에 신기술을 지원하기로 결정하였고, MSC 81차 회의에서는 MF/HF대의 해상조난 및 안전통신용 NBDP 대체안에 대한 의제를 낮은 우선순위로 분류하여 COMSAR 11 회의에 작업프로그램에 포함시키기로 결정하였다.[1][2]

다음은 이러한 HF대의 통신환경에 대하여 국제회의에서의 의견수렴의 과정을 정리한 것이다.[3][4][5]

- HF E-mail 통신시스템 특성 권고 제정안 개발 (DNR ITU-R M.[HF-DATA])

  - 해상이동업무(MMS)에서 새로운 디지털기술의 필요성이 증가됨에 따라 WRC-03 결의 351에서는 MF, HF 대역을 사용하는 해상이동업무에 새로운 디지털 기술의 사용에 대한 연구를 요구함

  - 2005년 9월부터 MMS에 새로운 디지털기술의 도입을 위한 연구를 진행하여 HF 대역에서 데이터 및 E-mail 통신을 하기 위한 무선장비의 기술적 특성에 관한 임시권고안(PDNR) 및 현재 운용되고 있는 3가지의 HF 해상 데이터 통신시스템의 특성을 정리한 ITU-R 보고서초안을 작성하였음

- ITU-R 회의결과 (WP8B 제19차, 2006. 9. 5 ~ 13, 제네바)

- 미국은 HF 데이터 및 E-mail 통신 무선장비의 특성에 관한 권고안(PDNR)과 ITU-R 보고서초안을 통합하여 하나의 권고안으로 개발하는 것을 제안
- Telenor AS(노르웨이)는 ITU-R 보고서에서 소개하는 Pactor-Ⅲ 프로토콜을 사용하는 E-mail 시스템의 GLN에 대한 규정을 추가
- 미국 및 노르웨이의 제안을 반영하여 HF 데이터 및 E-mail 통신 무선장비의 특성에 관한 최종 권고안(DNR)을 마련하고, 현재 사용되는 2개의 방식에 대하여 example을 수록[6][7]

그러나 새로운 HF 대체시스템은 기존의 NBDP 대상 선박뿐만 아니라 non-SOLAS 선박의 활용 욕구가 배가될 것이 확실하므로 이에 대한 방안이 반드시 필요하다. 본 논문에서는 HF대 데이터 통신에 의하여 non-SOLAS 선박의 VMS 완전자동화를 목적으로 이에 필요한 통신패캣과 통신시퀜스에 대하여 연구하였다.[8][9]

Ⅱ. 패캣의 설계

1. 패캣의 구성

STR : 패킷의 시작 (0000010 0x02)

END : 패킷의 끝

- EOT : 한 패킷의 끝 (0000100 0x03)
- ETX : 데이터의 끝 (0000011 0x04)

송수신 ID : 새로이 지정해야 하며 향후 ID의 증가가 예상됨. 연구에서 설정한 ID의 예

082A0001

082는 해당무선국의 국가번호로 국제전화번호와 같게 설정하였고, A는 해안국 B는 선박국, 그리고 0001은 선박국 및 해안국의 번호에 해당됨.

해안국/선박국 번호는 2byte이므로 1개의 국가당 2^{16} = 65,536개 부여 가능

선박 ID : 선박국에 대해 그룹, 개별 및 전체로 호출이 가능하도록 ID 구성

채널/속도 : 채널번호와 패캣의 전송속도 명시

예) <u>0001</u> <u>1200</u> ASCII code
채널번호 속도

- 채널 : Ax, Bx, Cx, Dx 등
- 속도 : xE(100), xD(300), xC(600), xB(1200), xA(2400), x9(3600) 등

데이터 크기 : packet 데이터의 크기, 16byte는 임의로 정한 크기

- 간이 test와 필드 test 후 데이터 길이 확정.

CRC : 패킷의 에러 체크용 데이터

packet 크기 : 전체 데이터를 일정 데이터 크기로 나눈 값

패캣번호 : 전체 패캣의 일련 번호

데이터 형식

- 데이터 : A1
- 위치데이터 : A2
- 방송 : A3
- 데이터에 대한 ACK : A4
- 위치데이터에 대한 ACK : A5
- NAK : A6
- 데이터에 대한 NAK : A7
- 위치데이터에 대한 NAK : A8

<u>1) 호출, 응답 패캣</u>

표1 호출, 응답 packet의 구성

STRING	STR	송신 ID	수신 ID	패킷 크기	패킷 번호	채널 번호	통신 속도	데이터형식	데이터 크기	CRC	END
BYTE	1	4	4	2	2	1	1	2	2	1	1

- 송신시는 송신 ID가 선행(호출)
- 수신시는 수신 ID가 선행(응답)

<u>2) Data 송신 패캣</u>

- 1:1 의 경우 ; 수신 ID 지정
- 방송의 경우 ; 수신 ID에 송신ID를 입력하여 모두 수신할 수 있도록 함.

표2 Data 송신 패캣의 구성

STRING	STR	송신 ID	수신 ID	패킷 크기	패킷 번호	채널 번호	통신 속도	데이터형식	데이터 크기	CRC	END
BYTE	1	4	4	2	2	1	1	2	2	1	1

표3 각종 패캣의 구성

구 분	패캣 크기	패캣 번호	형식	데이터
데이터	패캣 전체수	전송 패캣 번호	A1	각 data
위치데이터	"	"	A2	"
데이터 ACK	"	패캣 전체 번호	A4	all
위치데이터 ACK	"	"	A5	"
데이터 NAK	"	에러 패캣 번호	A7	에러 패캣 번호
위치데이터 NAK	"	"	A8	"
NAK	E	E	A6	NAK
방송	패캣 전체수	전송 패캣 번호	A3	각 data

<u>ex) 패캣의 예</u>

```
2#ST01#SH01#17#11#A#E#A1#16#MC,063740.862,V,#c#3
1  2    3    4  5  6 7 8  9        10            11 12
```

표4 예제 패캣의 설명

	Field	Example	Comment
1	packet의 시작	0x02	
2	송신 ID	ST01	
3	수신 ID	SH01	
4	전체 packet 수	17	자릿수가 1자리, 2자리 등으로 바뀔 수 있음
5	packet 번호	11	자릿수가 바뀔 수 있음
6	채널 번호	A	1채널: A, 2채널: B, 3채널: C, 4채널: D
7	통신 속도	E	100bps: E, 300bps: D, 600bps: C, 1200bps: B 2400bps: A, 3600bps: 9
8	data 형식	A1	데이터: A1, 위치데이터: A2, 방송: A3, 데이터에 대한 ACK: A4, 위치데이터에 대한 ACK: A5, NAK: A6, 데이터에 대한 NAK: A7, 위치데이터에 대한 NAK: A8
9	data 크기	16	자릿수가 바뀔 수 있음
10	data	MC, 063740.862, V	
11	CRC	C	
12	packet의 끝	0x03	한 패킷의 끝: 3, 전체 패킷의 끝: 4

2. 명령어(command)의 구성

• 패캣의 시작 : 0x02(STX), 패킷의 시작을 알리며 DSP는 1개의 패캣을 저장(약32Byte)
• 패캣의 끝 : 0x03(ETX), 1개의 패캣이 끝났음을 알리며 0x04가 수신될 때까지 계속 데이터 저장
• 전체 패캣의 끝 : 0x04(EOT), 전체 패캣의 끝을 알리는 명령어이며 DSP는 저장된 data의 변조를 시작함, 변조가 끝나면 PC로 0x06을 전송하여 다음의 패킷을 요청
• 채널/속도 제어

1CH	2CH	3CH	4CH
A	B	C	D

100BPS	300BPS	600BPS	1200BPS	2400BPS	3600BPS
E	D	C	B	A	9

ex) 1채널, 속도100BPS의 경우 : AE
3채널, 속도3600BPS의 경우 : C9

• 데이터 수신확인 : 0x06(ACK), PC의 데이터가 DSP에 정확히 전송된 경우 DSP는 PC에 ACK(0x06)를 보냄
• 데이터 재전송 : 0x15(NAK) → PC의 데이터가 DSP에 잘못 전송됐을 경우 DSP는 PC에 데이터 재전송 요구

Ⅲ. SSB 송수신기의 송수절환 특성

VMS 정보전송의 통신절차에서 HF대 SSB 송수신기의 송수절환 특성을 분석하고자 그림1의 사진과 같이 송신측과 수신측의 SSB에 각각 신호발생기와 오실로스코프를 연결하여 PTT의 조작에 따른 송신/수신파형을 비교·분석하였다. SSB 송수신기는 삼영ENC에서 데이터통신용으로 새로이 개발된 모델명 SRT-3150을 사용하였다.[10]

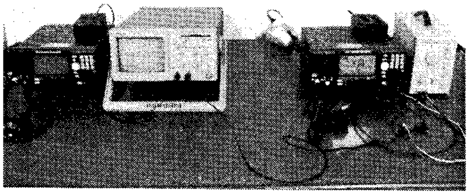


그림1 송수절환 소요시간 특성실험

VMS 정보를 전송하는데 요하는 시간을 모델링하기 위하여 다음의 동작시간을 분석하였다.

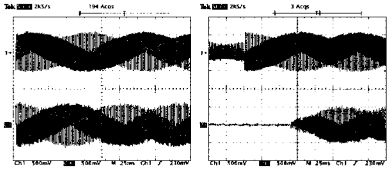
① 송수신기의 송수절환에 의하여 송수신 동작이 정상적으로 이루어지는데 요하는 지연시간
• 수신측의 수신대기 상태에서 송신측의 PTT를 on 시켰을 때, 수신측의 수신신호가 정상적으로 되기까지의 소요시간
• 송신측의 신호전송 상태에서 수신측 PTT를 on→off로 절환시킬 때, 수신신호가 정상적으로 되기까지의 소요시간

② 정보의 양과 통신속도에 따른 전송시간

위에서 ①은 실험적으로 분석이 가능하며, ②는 통신속도와 정보의 양(byte수)에 의하여 전송시간 계산이 가능하다.

1. 송신개시 후 정상수신의 지연시간

먼저 ①의 요소를 확인하기 위하여 전송신호는 1.5Khz를 기준으로 실험하였다. 상단의 파형은 송신파형이며 하단의 파형은 수신파형이다.



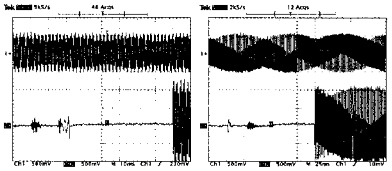
a) b)

그림2 a) 정상적 송신/수신파형, b) 송신측 PTT의 절환에 의한 양측레벨의 변화상태 (T/C 25ms)

그림2의 a)는 정상적인 송수신파형의 형태이며, b)는 송신측에 PTT를 off 상태에서 on 으로 절환하여 전파를 발사했을 때, 수신측의 수신신호 레벨이 정상적으로 되기까지의 파형을 분석한 것이다. 송신측은 PTT의 on과 함께 입력신호가 입력단에 매칭되어 레벨이 크게 증가되었으며, 수신측은 약80ms 후에 신호가 검출되었고, 수신회로의 동작지연에 따라 약70ms 후에 정상적인 파형이 나타나는 것으로 분석되었다. 즉, 정상적인 수신은 전체적으로 약150mS의 시간이 소요되었다.

2. 송수절환 후 정상수신의 지연시간

다음은 송신측은 전파를 발사하는 상태로 유지시키고, 수신측에서 PTT를 on 에서 off 로 절환하여 송신에서 수신상태로 변화시켰을 때, 수신측의수신신호 레벨이 정상적으로 검출되기까지의 시간을 분석하였다.

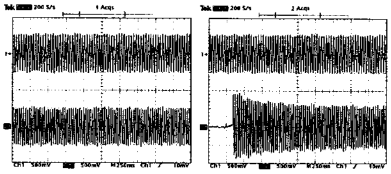


a) b)

그림3 수신측 PTT의 on→off 절환에 의한 수신지연형태 (a는 T/C 10ms b는 T/C 25ms의 파형)

그림3의 a)에서 수신측 PTT의 절환에 의한 수신지연 시간은 약80ms로 나타났으며, b)에서는 relay의 동작지연이 40ms 정도 지연되면서 약 120ms 로 나타났음을 알 수 있다. 즉, 수신측

PTT의 송수절환에 따라 소요되는 수신지연 시간은 relay 동작이 열악한 조건을 고려하여 대략 150ms로 여유를 두어 설정하는 것이 안정한 동작을 보장할 것으로 평가된다.



a) b)

그림4 a)정상적인 송신/수신파형 b)PTT의 on→off에 의한 AGC 동작의 변화상태 (250ms)

그림4의 b)는 수신측 PTT의 on→off 절환에 의한 송신에서 수신상태로 전환함에 따라 AGC 회로의 동작지연을 분석한 것으로 입력레벨이 변화되는 상태를 취득한 파형이다. b)에서 PTT의 동작을 나타내는 펄스후에 AGC 회로는 약 1,000ms 이후 부분부터 정상적으로 안정화된 동작을 취하는 것으로 분석할 수 있다.

지금까지의 파형분석에 의한 실험결과를 정리하면 각각의 동작에 대하여 다음과 같이 지연시간이 소요되는 것으로 평가할 수 있다.

- 수신측의 수신대기 상태에서 송신측의 송신개시에 의한 수신측의 정상수신 동작점까지 소요되는 지연시간 : 약150ms
- 송신상태에서 수신절환에 의하여 안정된 수신동작점까지 소요되는 지연시간 : 약1,000ms
- reliy 동작의 소요시간 : 약40ms

실험의 결과로 평가될 수 있는 송수절환에 의한 안정화 동작시간 즉, 송수절환 시에는 relay, 충격전류 및 AGC 등의 동작이 안정화되기까지의 시간을 고려하여 충분한 지연시간 후에 정보의 전송을 개시해야 한다.

3. VMS정보의 전송시간

표 4.1의 호출, 응답용 패캣의 구성을 보면 전체의 정보량은 21byte이다. 또한, VMS정보를 전송하기 위한 패캣은 데이터의 길이에 VMS 기본정보인 현재시각과 위치정보를 삽입하면 된다.

GPS 신호를 기준으로 현재시각은 000000의 6자리이며, 위치정보는 위도는 0000.0000N의 형태로 10자리이고 경도는 00000.0000E의 형태로 11자리이다. 즉, 모두 27자리이며 이것은 ASCII 코드로 구성되어 있으므로 VMS 정보는 27byte 로 된다. 즉, 호출, 응답용 패캣은 21byte 이므로 168bit가 소요되고, VMS정보 전송용 패캣은 호출, 응답용 패캣에 27byte를 추가하여 48byte가 되므로 384bit가 소요된다.

최악의 열악한 전파환경을 고려하고 최대로 안정된 정보의 전달을 위하여 저속의 300bps 통신속도를 유지하면 호출, 응답 패캣의 전송시간은 168/300 = 560ms 이고 VMS정보용 패캣의 전송시간은 384/300 = 1,280ms 에 해당된다.

Ⅳ. Polling에 대한 통신시퀀스

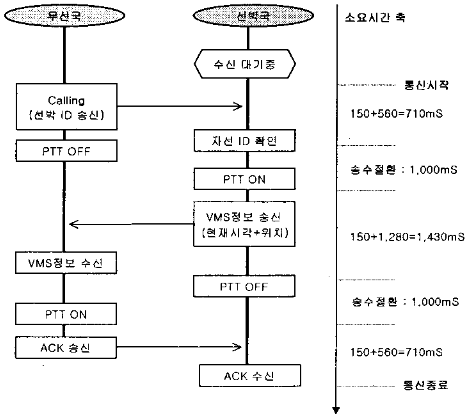


그림5 VMS 정보를 전송하기 위한 통신시퀀스의 소요시간

VMS의 구축을 위한 자동위치보고 체계에서 한 척의 선박에 대한 위치정보 취득에 사용되는 전체적인 통신시간을 예측하기 위하여 그림5와 같이polling을 모델로 통신시퀀스를 작성하여 통신시간을 계산하였다. 통신시작에서 종료까지 소요되는 시간은 4,850ms로 약5초의 시간이 소요하게 된다. 즉, 한척의 선박을 호출하여 VMS 정보를 수신하기까지 약5초의 시간이 소요되며, 다음 선박의 호출까지 휴지시간을 1초정도 예상한다면 한척당 6초가 소요된다. 그러므로 정상적인 통신환경에서 polling 모델에 따르면 1채널당 1분 동안에 10척의 선박에 대한 VMS 정보를 자동 수신할 수 있을 것으로 평가된다.

Ⅴ. 결 론

HF대 SSB 통신을 이용하여 데이터통신을 운용할 경우, 현존하는 기술로는 최대 3,600bps의 전송속도를 수용할 수 있다.

표5 음성과 디지털의 VMS 정보전송 비교

음성통신	디지털 통신
음성 통신만 가능	음성/데이터 통신 병행 가능
수동 위치보고	자동 위치보고
실시간 모니터링 불가능(VMS)	실시간 모니터링 가능(VMS)
위치보고시 인력 소요	위치보고시 인력 불필요
다양한 서비스 불가	다양한 서비스 확대 가능
해난사고시 조난신호 수동발신	해난사고시 조난신호 자동발신
해안국 통신업무의 과다	해안국 통신업무의 간소화

표5는 음성통신과 데이터통신에서 VMS 정보전송의 차이점을 비교한 것이다. 그러나 많은 선박을 대상으로 통신을 운용하기 위한 방안으로 확장된 선박용 ID의 요구와 새로운 포맷으로 21byte를 기본 전송단위로 하는 패캣을 설계하였고, 1:1 통신을 위하여 polling 방식에 의한 ARQ 기능을 구현하는 통신시퀀스를 연구하였다. 현재 HF대 SSB 음성통신만을 운용하는 우리나라의 어업통신에 데이터통신을 적용하면 음성/데이터통신 병행, 어선의 자동위치보고, 실시간 VMS 가능, 다양한 서비스 제공, 조난신호의 자동발신에 의한 SAR 대응 그리고 어업통신의 전반 업무에 걸쳐서 자동화, 첨단화, 신속화하는 효과를 충분히 제고할 수 있다.

본 연구의 결과로 HF대 데이터통신을 위한 패캣의 설계 그리고 PTT 동작의 절환특성 분석에 의한 통신시퀀스의 프로세스 간에 최적 지연시간을 고려할 수 있게 되었다. 이것을 이용하면 NBDP의 무용론과 함께 이에 대응하는 HF대 해상통신의 대체기술을 개발하는 분야에 응용될 것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Sub-committe on radiocommunications and search and rescue, 8th session Agenda item, 10COMSAR 8/10, 2 December 2003

[2] Sub-committe on radiocommunications and search and rescue, 9th session Agenda item, 10COMSAR 9/19, 7 Februaryr 2004

[3] ITU-R F.1110-2 Adaptive Radio System For Frequencies Below About 30MHz

[4] ITU-R F.1337 FREQUENCY MANAGEMENT OF ADAPTIVE HF RADIO SYSTEMS AND NETWORKS USING FMCW OBLIQUE-INCIDENCE SOUNDING

[5] ITU-R F.764-1 Minimum Requirements for HF Radio Systems Using a Packet Transmission Protocol

[6] http://www.universal-radio.com

[7] "PACTOR-II The new Dimension in Data Transmission Technology", SCS GmbH & Co. KG, 2002.

[8] 김태현외 3인 "HF대 해상디지털통신 무선네트워크 알고리즘" 한국해양정보통신학회 추계종합학술대회, 제10권 제2호, 2006. 10

[9] S. B. Wicker and M. J. Bartz, "Type-II Hybrid-ARQ Protocols Using Punctured MDS codes", IEEE Trans. Commun., vol. 42 NO.2/3/4, Feb. 1994

[10] 김태현 "디지털어업통신을 위한 HF대역 채널접속 프로토콜에 대한 연구" 석사학위논문, 목포해양대학교, 2007