

# 디지털 SSB 모뎀 개발에 관한 연구

진형두\*, 최조천\*

\*목포해양대학교, 해양전자통신공학부

## A Study on the Development of SSB Modem

Heung-Du Jin, Jo-Cheon Choi

Mokpo Maritime University, Division of Maritime and Communication Engineering

### 요 약

SSB 무선모뎀은 데이터의 디지털 전압레벨을 가청주파수로 변환하는 변조와 역으로 가청주파수를 데이터의 디지털 전압레벨로 변환하는 복조과정을 거치는데 변·복조기는 하나의 DSP 칩을 이용하여 구현하였다. SSB의 특성상 주파수가 변할 때 인접한 두 주기에서 왜곡이 발생하는데 이것은 음성통신방식에는 아무런 영향을 주지 않으나 데이터 전송할 때는 심각한 영향을 준다. 다시 말하면 인접해 있는 2주기는 데이터 전송을 할 수 없다. 그래서 2-tone FSK방식을 사용하는 경우, 1비트를 보내기 위해 최소 3주기 이상을 보내야 한다. 그러므로, 고속전송을 위해서는 1개의 tone 신호를 보내는 변형된 위상지연 방식을 사용하여 모뎀을 구현하였다. 1200bps를 전송모드에서는 1.3kHz 심볼주파수에 지연시간 0과 187 $\mu$ s을 발생시켰고 2400bps 모드에서는 1.5kHz 심볼주파수에 0, 70 $\mu$ s, 130 $\mu$ s 및 200 $\mu$ s의 지연시간을 두어 구현하였다. 최고전송속도 3600bps 모드에서는 2.0kHz 심볼주파수에 0, 100 $\mu$ s, 160 $\mu$ s 및 250 $\mu$ s의 지연시간을 두어 구현하였다.

이상의 방법으로 SSB 모뎀을 구현하였으며 기존 독일의 PACTOR와 미국의 CLOVER계열의 스펙트럼과 비교했을때 SSB 통과대역폭은 거의 비슷하였고 대역폭내의 신호대잡음비를 비교한 결과 본 연구 구현한 모뎀의 파형이 20dB정도 높은 이득으로 전송되는 우수한 특성을 보였다. 실제 전송시험결과에서도 송수신 Platform에 데이터가 정확하게 수신되고 있음을 확인하였다.

### ABSTRACT

The SSB modem performs the modulation process which converts the digital voltage level to the audible frequency band signal and the demodulation process which converts reversely the audible frequency signal to the digital voltage level. The modulator and the demodulator are implemented with a single DSP chip.

Because of the SSB specific character, the distortion occurs when the frequency is changed. This distortion has no effect on voice communication, but it has an significant effect on data communication. In other words, it is impossible to send data stream with adjacent 2 periods. Therefore, in case of using 2-tone FSK, it is needed to send at least 3 periods to transmit 1 bit. Therefore we implemented the modem using modified phase-delay shift keying to transmit 1 tone signal for high speed transmission.

In the 1200[bps] mode, it generates 0, 187 $\mu$ s delay time at 1.3kHz symbol frequency, and in the 2400[bps] mode, 0, 70 $\mu$ s, 130 $\mu$ s, 200 $\mu$ s delay time at 1.5kHz symbol frequency. Finally, in the maximum 3600[bps] mode, it generates 0, 100 $\mu$ s, 160 $\mu$ s, 250 $\mu$ s delay time at 2.0kHz symbol frequency.

The measured results of the implemented SSB modem shows a good transfer functional characteristic by spectrum analyzer, almost same bandwidth in pass band and 20dB higher SNR comparing the German PACTOR and American CLOVER and in the experimental transmitting test, we verified the transmitted data is received correctly in platform.

### 키워드

VMS, SSB, DSP, Modem.

## 1. 서 론

어업통신 정보화의 일환으로 해양수산부에서는 최근 선박모니터링시스템(VMS)을 추진하고 있으

며, 이에 관한 법적근거를 마련하기 위하여 선박 위치발신장치 설치를 의무화하는 선박안전법을 개정하고 시행을 앞두고 있다.

이것은 2005년 5월 경기도 화성 입파도 보트사고 이후 첨단 IT를 활용한 조난선박 구조체계 마련

의 필요성이 대두되면서 가속화 되고 있다.[1]  
 어선에 적용할 VMS 시스템의 통신장비로는 연안해역에서는 AIS, VHF/DSC, 휴대전화 등이 있으나 사용료 및 조업위치 노출을 꺼리는 어선에 적용하기에는 많은 문제점이 지적되고 있는 실정이다.

근해해역에서 사용할 수 있는 선박위치발신장치로 이미 실용화된 위성통신이 있으나, 설치비용 및 통신사용료가 높기 때문에 이를 대체 할 수 있는 장비 개발 필요성이 절실히 요구되고 있다.

수협중앙회 어업정보통신본부에서는 연근해 어선의 VMS를 위해서 통신사용료가 전혀 없는 단파대 SSB를 이용한 디지털어업통신망(DFN)을 개발하여 시험 운영함으로써 어선의 경쟁력을 높이고 있다.[2]

디지털어업통신망은 기존의 SSB 통신장비를 이용하여 HF-data 통신이 가능하도록 구성된 통신방식이다.

본 연구에서는 디지털어업통신망을 구현하기 위한 가장 핵심적인 SSB 모뎀을 개발하였다.[3]

개발된 SSB 모뎀은 변조 기본기능을 포함하여 슬롯(Free signal)의 생성과 제어, ID를 통한 랜덤 변수 제어 및 링크상태와 채널을 제어하는 기능이 가능하고, 3,600[bps]의 속도로 데이터 전송이 가능하도록 구현하였다.

본 연구를 통하여 순수한 국내 기술로 디지털어업통신망을 구현할 수 있게 됨에 따라 실제적인 어선의 VMS가 가능하게 되고, 이것은 어선사고 시 신속한 대처로 어업인의 생명과 재산을 보호할 수 있을 뿐 만 아니라, 신뢰성 있는 조업 DB 구축으로 추후 적절한 어로지도로 통하여 어업생산력 향상은 물론 한·중, 한·일 어업협정시 기초자료 활용에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

## II. SSB 모뎀의 제작

### 2.1 SSB 모뎀의 제작

#### 2.1.1 SSB 모뎀 구성도

그림 1은 본 연구에서 구현하고자 하는 SSB 모뎀의 설계를 위한 구성도이다.

마이크로컴퓨터에서 DSP로 데이터를 뿌려주면 송신시에는 DAC를 거쳐 BPF를 통과한 후, 적당한 변조방식을 통하여 SSB 송·수신기로 전송이 된다.

수신시에는 입력된 SSB 수신신호를 BPF를 거쳐서 ADC로 보내지고 ADC를 거친 데이터는 DSP에서 복조되어 단말기 모니터에 데이터가 표시 및 저장된다.[4][5]

#### 2.1.2 적용된 디지털 변조의 특성

본 논문에서는 여러 가지 디지털 변·복조 방식 중 FSK와 위상지연변조방식을 기본으로 하여 디지털 변·복조를 구현 하였다.

저속에서는 안정적인 데이터전송능력과 잡음에

강한 FSK 방식을 사용하였고, 고속에서는 위상지연변조방법을 사용하였다. [6]

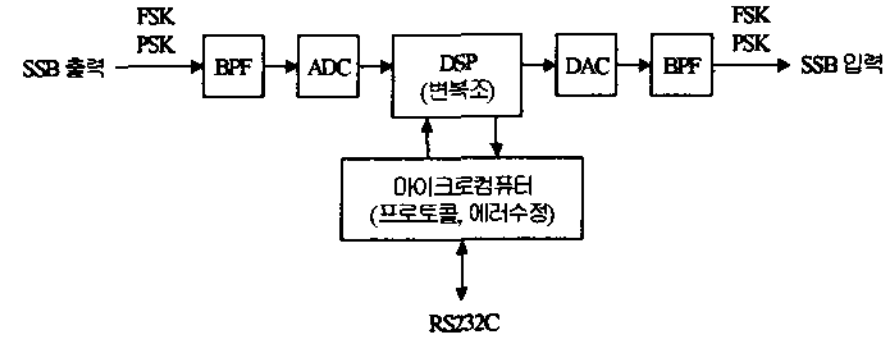


그림1. SSB 모뎀의 구성도

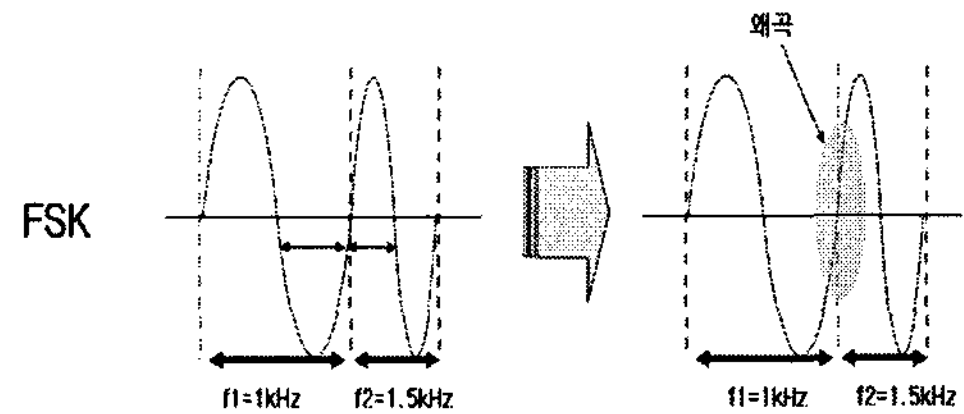


그림2. FSK 변조시 왜곡

그림2는 FSK 방식으로 변조할 때 SSB의 특성을 나타낸 것이다.

SSB를 FSK로 변조하여 심볼주파수를 2개 이상을 주는 경우, 심볼주파수가 바뀌는 부분에서 왜곡이 발생하게 되므로 인접한 2개의 주기는 데이터 전송에 사용할 수가 없게 된다.

SSB는 기존의 음성통신 전용방식으로 음성신호는 왜곡이 조금 발생하더라도 사람의 귀로 인지하기 때문에 별 문제가 되지 않으나 데이터 전송은 할 수 없는 문제가 발생한다.

그래서 FSK 방식으로 데이터를 전송하는 경우 인접한 2주기를 데이터 전송에 사용할 수 없기 때문에 그림3에서 보는바와 같이 데이터를 전송하기 위해서 최소한 3주기 이상을 전송해야한다.

고속 전송을 위해서는 1주기에 1비트 이상을 전송할 수 있어야 하므로 그림 4에서 보는바와 같이 심볼주파수를 변경하지 않고 시간만 지연시켜서 변형된 위상지연 변조방식을 본 연구에서는 적용시켰으며 이 방식은 SSB 변조방식에서 처음으로 도입되는 방식이다.

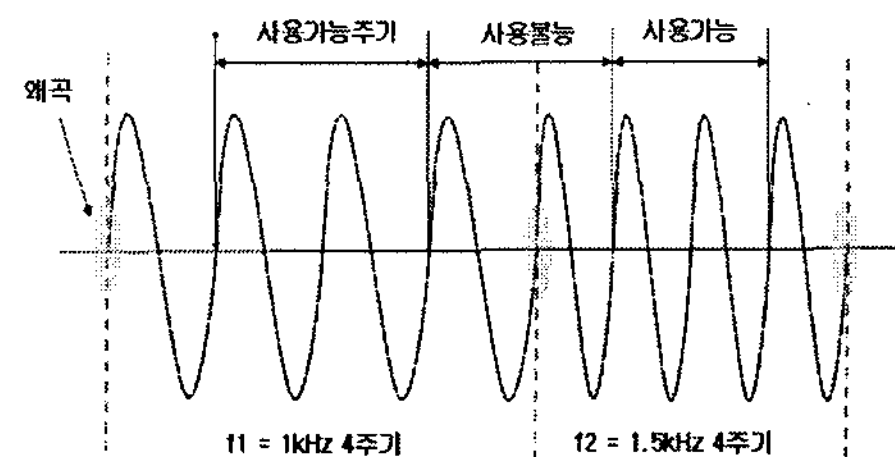


그림3. 주기 특성

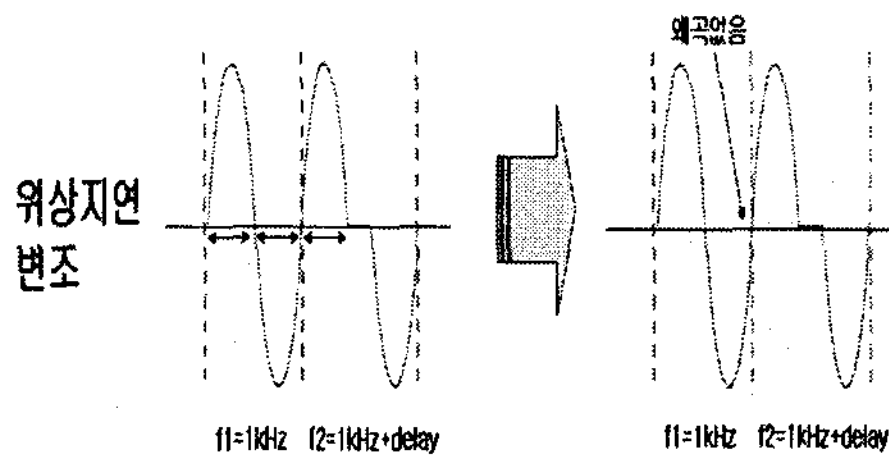


그림4. 위상지연변조 특성

## 2.2 DSP의 활용

HF대 SSB에서 사용하는 보통의 음성통신 방식으로 데이터를 직접 전송할 수 없으며, 데이터의 디지털 전압레벨은 가청주파수로 변환되어야 한다. 즉 전송에 가청음이 적용되며 이것을 변조라고 한다.

수신기의 복조기에서는 역으로 가청주파수를 데이터의 디지털 전압레벨로 변환한다. 변조기와 복조기는 하나의 DSP 칩을 이용하여 구현한다.

HF대 SSB 모뎀은 기본적으로 다음과 같이 2가지의 형태로 설계하였다.[7][8]

- 저속의 FSK 방식
- 고속의 위상지연변조 방식

즉, 가장 간단한 모뎀으로는 FSK 방식이 있으며, 0 과 1 의 데이터 레벨에 따른 출력주파수는 2개의 톤으로 나타낸다.

HF대 SSB의 FSK 모뎀은 약 300[bps]의 전송속도가 한계치이며, 다중경로의 페이딩의 대책에 대하여 효과적이다.

속도를 높이기 위하여 멀티톤(multi-tone) FSK 방식을 사용하는데, 이것은 복수의 톤을 사용하고, 각각의 톤에 대하여 여러 개의 데이터를 할당하는 형태로 전송한다.

고속모뎀은 싱글톤(single tone) 위상지연변조방식이 사용되며, 싱글톤 방식은 HF대 채널에서 안정되고 혼신에 강하므로 에러정정이 뛰어난 고속 통신을 수행한다.

### 2.2.1 DSP TMS320F2812의 특징

TMS320F2812는 TI(Texas Instruments)사에서 종래의 TMS320F24x, TMS320F240x의 뒤를 이어 기능을 강화한 32비트 고속 DSP로 150MIPS 고속 처리 능력이 있으며, 풍부한 내부 자원을 가지고 있다.

풍부한 내부자원을 살펴보면 12비트 고속 A/D 변환기, 풍부한 메모리(Flash-ROM=128Kx16, SRAM=18Kx16), 2개의 SCI(비동기 통신 포트), CAN 통신 등이 있다.[9][10][11]

### 2.2.2 DSP TMS320F2812 시제품 보드의 제작

TI 사의 고속 DSP TMS320F2812 사용하여 DSP 보드를 제작 하였다. 범용으로 사용하기 위해

SRAM을 장착했고 CAN통신과 RS232통신 모두 가능 하도록 설계하였다.

SSB 모뎀을 설계하기 위해서는 사용하고자 하는 송·수신기의 채널당 점유주파수 대역폭을 미리 조사하여야 통신속도 및 변조주파수를 설정할 수 있다.

표 1 변조방식에 따른 통신속도

변조방식	tone 수	전송속도[bps]
FSK	2	300
4-FSK	4	600
위상지연(1.5[kHz])	1	1,200
위상지연(1.5[kHz])	1	2,400
위상지연(2.0[kHz])	1	3,600

무선설비규칙에서 「제2장 무선설비의 기술기준 제4조(주파수대폭의 허용치) ①송신설비에서 발사되는 전파의 점유주파수대폭의 허용치는 별표 1과 같다.」의 별표에서 점유주파수대폭의 허용치는 3[kHz](J3E)로 규정되어 있다. 그러므로 모뎀의 설계에서 주파수 스펙트럼은 3[kHz] 이내로 제한되어야 한다.

표 1은 SSB 모뎀의 설계를 위한 변조방식 및 설정조건을 정리한 것이다.

그림 5는 실제 구현한 proty type의 SSB 모뎀이다.

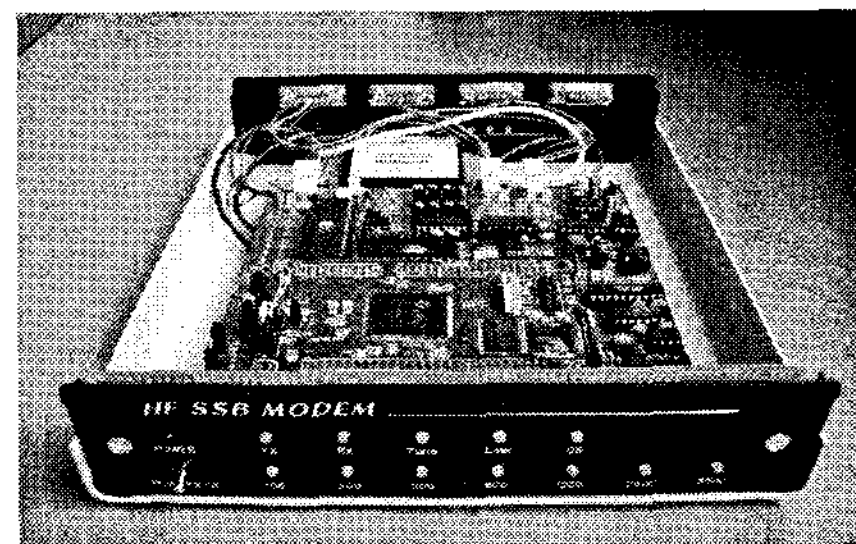


그림5. 시제품

## III. SSB 모뎀 변·복조 알고리즘 및 실험

### 3.1 SSB 모뎀 변·복조 알고리즘

FSK 방식으로 변조할때는 비트 분할 함수와 각 비트별 주파수를 설정하고 난 후, 시리얼 통신을 통해 "1" 과 "0"의 데이터가 수신 되면 일정 주기의 동기신호를 먼저 출력하고 난 후 각 비트에 해당하는 주파수를 출력하게 된다.

수신부의 FSK복조는 안테나를 통해 신호가 수신되면 동기신호를 먼저 검출하고 동기신호가 검출 되지 않으면 데이터를 수신하지 않는다.

동기신호가 검출되고 나면 각 신호별로 주파수를 검출하고 비트조합 함수를 통하여 1Byte 단위

로 비트를 조합한 후 최종 데이터를 PC로 전송하게 된다.

그림 6과 그림 7은 위상지연 PSK의 변·복조 순서도를 나타낸 것이다.

앞에서 논한 FSK와는 다르게 PC로부터 변조해야 할 데이터가 수신되면 각 데이터 별로 딜레이 시간을 설정하게 되고, "1"과 "0"의 데이터를 기본 반송파에 미리 정해 놓은 딜레이 시간만큼 지연하여 전송하게 된다.

수신부에서는 FSK와 마찬가지로 동기신호를 먼저 수신하고 동기신호가 수신되면 위상지연 시간을 측정하여 "1"과 "0"의 데이터를 추출하고 비트 조합 함수를 통하여 1Byte 단위로 조합한 후 최종 데이터를 PC로 전송하게 된다.[12]

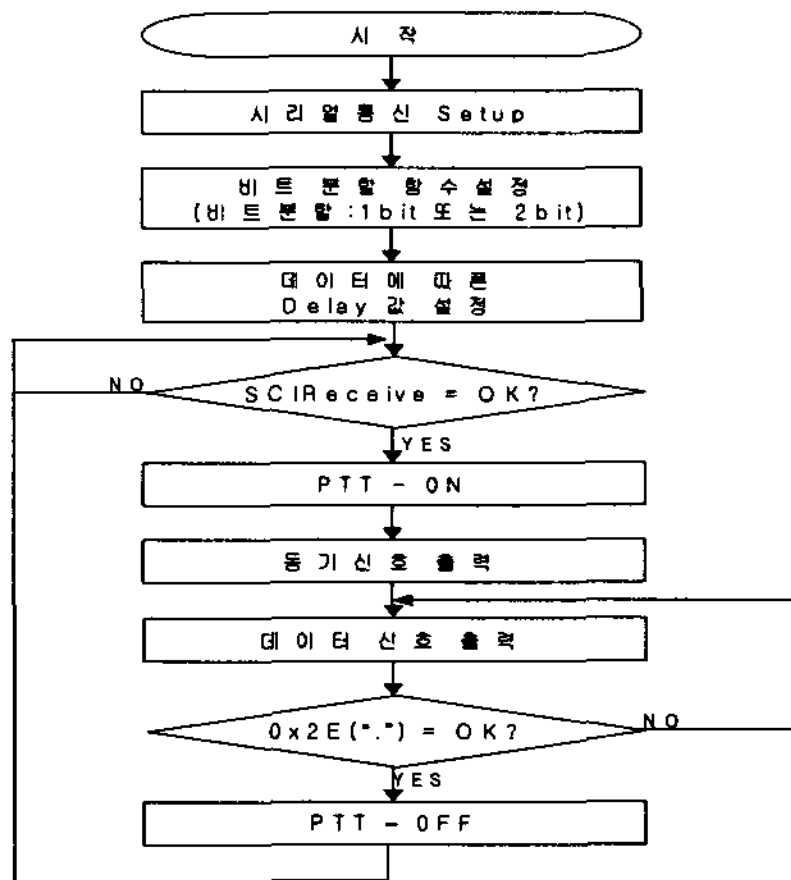


그림6. 위상지연 변조 순서도

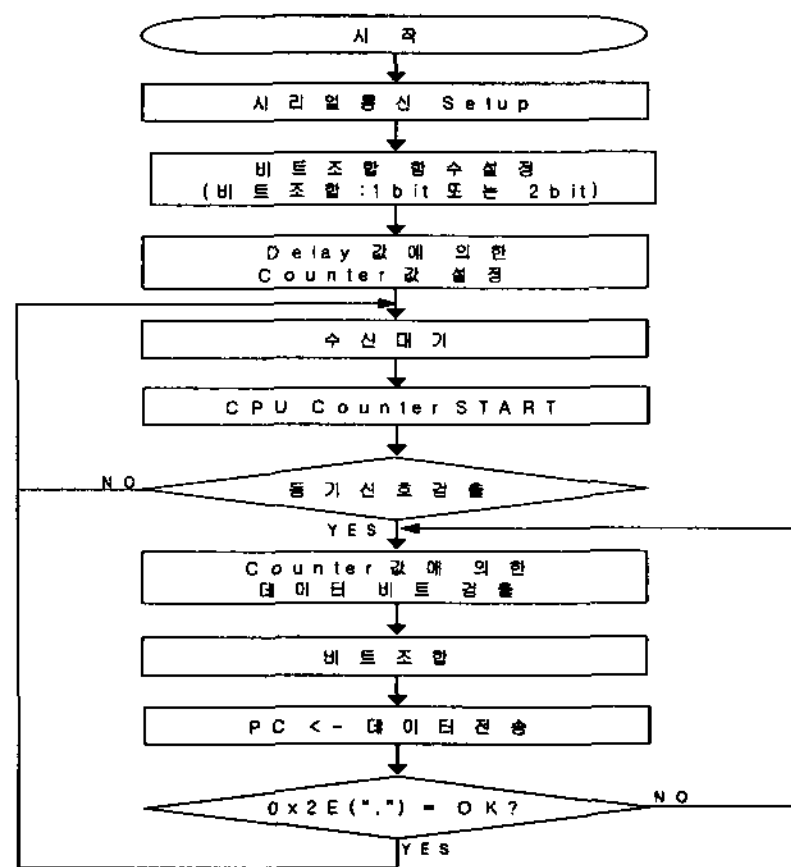


그림7. 위상지연 복조 순서도

### 3.2 SSB 모뎀 실험측정

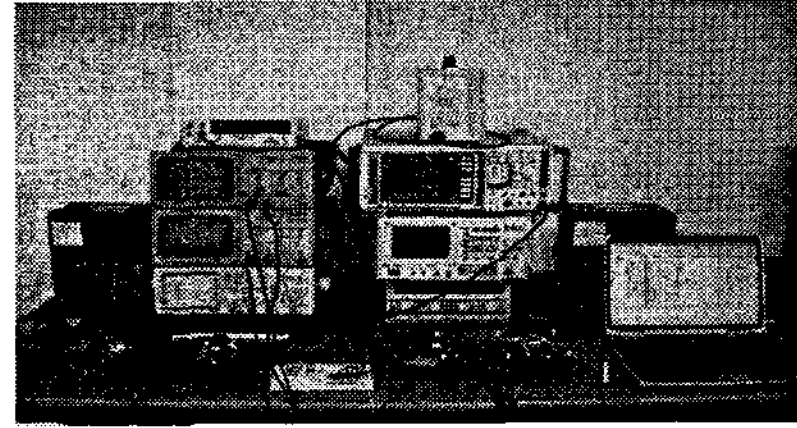


그림8. 측정 실험

그림 8은 구현된 SSB 모뎀을 측정하기 위한 실험세트이며, 측정 장비로는 오실로스코프 및 스펙트럼분석기를 사용하였다.

#### 3.2.1 FSK 변·복조 파형 분석

- FSK 300 (전송속도는 약 300[bps])
- 심볼주파수 :  $f_1=1300[Hz]$ ,  $f_2=1700[Hz]$
- 비트당 주기 : 4주기(1비트), 1ms

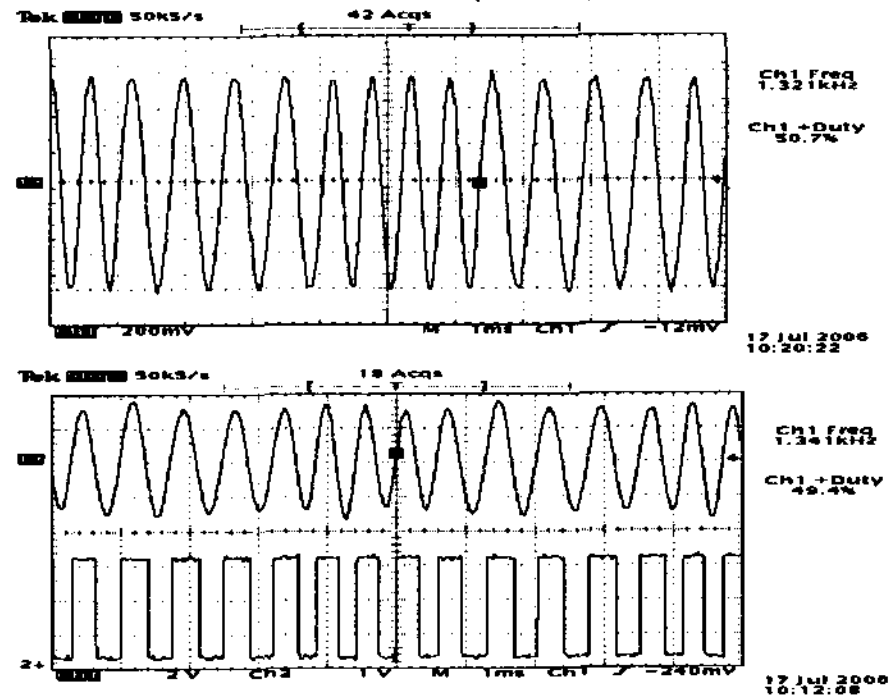


그림9. FSK 300[bps] 변·복조 파형

#### 3.2.2 위상지연 변·복조 파형 분석

- 위상지연변조 3600 (전송속도 : 약 3600[bps])
- 00 심볼주파수 : 2.0[kHz] + delay 0
- 01 심볼주파수 : 2.0[kHz] + delay 100 $\mu$ s
- 10 심볼주파수 : 2.0[kHz] + delay 160 $\mu$ s
- 11 심볼주파수 : 2.0[kHz] + delay 250 $\mu$ s

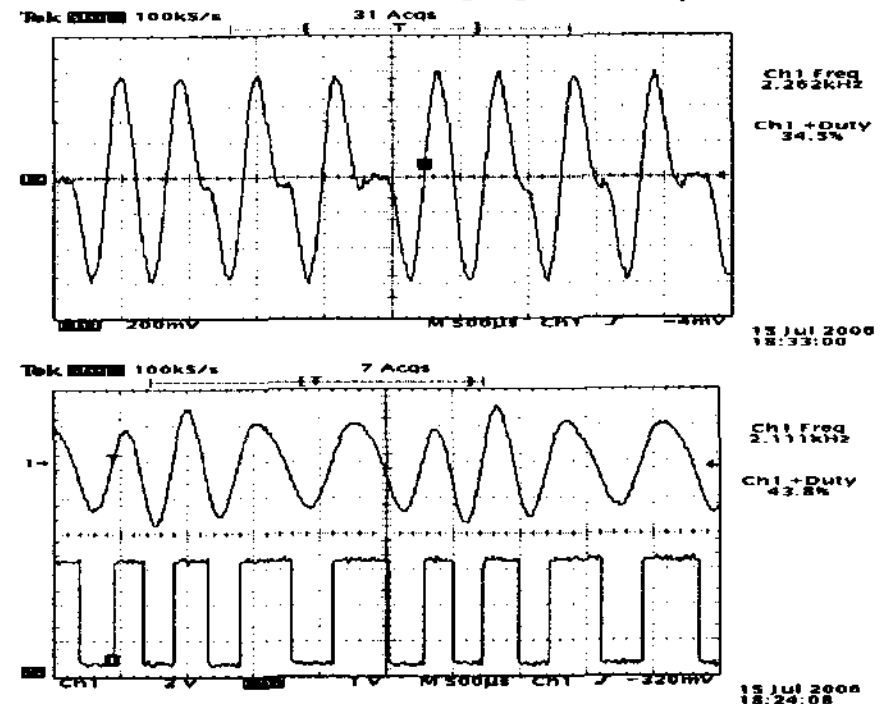


그림10. 위상지연변조 3600[bps] 파형

3.3. SSB 모뎀 변·복조 기능 분석

DSP 칩은 고속처리가 가능한 TMS320F2812를 사용하여, 300[bps]이하의 저속에서는 2개의 톤을 사용한 FSK방식, 600[bps] 속도에서는 4개의 톤을 사용한 FSK방식을 사용하였고, 고속전송을 위해서는 1개의 톤 신호를 보내는 변형된 위상지연변조 방식을 사용하여 모뎀을 구현하였다.

위상지연변조 방식에서 1200[bps]를 전송모드에서는 1.3[kHz] 심볼주파수에 지연시간 0과 187[μs]을 발생시켰고, 2400[bps] 모드에서는 1.5[kHz] 심볼주파수에 0, 70[μs], 130[μs] 및 200[μs]의 지연시간을 두어 구현하였다.

최고전송속도 3600[bps] 모드에서는 2.0[kHz] 심볼주파수에 0, 100[μs], 160[μs] 및 250[μs]의 지연시간을 두어 구현하였다.

그림 9는 FSK 300[bps]의 전송속도를 가지는 변·복조 파형이다.

4주기에 1비트를 전송하는 형태로 복조과정에서 밀과 소의 형태로 복조되는 것을 확인할 수 있다.

위상지연변조를 한 것으로 심볼주파수 1.3[kHz], 위상지연을 1회 시켜서 1200[bps]의 속도를 얻고, 속도를 올리기 위하여 심볼주파수 1.5[kHz], 위상지연을 3번 준 것으로 2400[bps]의 속도를 얻을 수 있으며, 그림 10에서 보는바와 같이 심볼주파수를 2[kHz]로 높여 변조한 것으로 약 3600[bps]의 전송속도를 내는 것을 확인할 수 있다.



그림11. 송·수신 Platform

위상지연변조(전송속도 : 약 3600[bps])방식을 이용해서 구현한 모뎀과 독일의 PACTOR 및 미국의 CLOVER 모뎀의 스펙트럼과 비교했을 때, SSB의 통과대역폭은 거의 비슷하였고, 대역폭내의 신호전력은 잡음에 비교하여 연구결과물의 파형은 보다 예리한 특성으로 20dB 정도 높은 이득으로 전송되는 우수한 특성을 보였다.

그림 11은 실제 제작한 모뎀을 이용하여 데이터 전송 실험을 한 결과이다. 그림에 나타난 것과 같이 송·수신 플랫폼(Platform)에 데이터가 정확하게 수신되고 있음을 알 수 있다.

본 연구에서는 어선과 어업정보통신국간 주 통신방식이던 음성통신방식에서 탈피하여 음성/데이터 통신을 겸용할 수 있는 디지털어업통신망 구현을 위한 디지털 SSB 모뎀을 개발하였다.

SSB 모뎀은 데이터의 디지털 전압레벨을 가청주파수로 변환하는 변조와 역으로 가청주파수를 데이터의 디지털 전압레벨로 변환하는 복조과정을 거치는데 변·복조기는 하나의 DSP 칩을 이용하여 3600[bps]의 속도로 데이터 전송이 가능하도록 구현하였다.

구현된 SSB 모뎀을 스펙트럼 분석기로 측정 한 결과 우수한 전달특성을 보였으며, 기존 독일의 PACTOR와 미국의 CLOVER계열 모뎀의 스펙트럼과 비교했을 때, SSB 통과대역폭은 거의 비슷하였으나, 대역폭내의 신호대잡음비는 본 연구에서 구현한 모뎀의 파형이 20dB정도 높은 이득으로 전송되는 우수한 특성을 보였다.

이상의 연구에 의해 SSB 무선모뎀이 개발됨에 따라 어선용 VMS 구축을 위한 디지털어업통신망을 순수한 국내기술로 구현할 수 있게 되었다. 이것은 국내에서는 처음으로 상용화 되는 기술이며, 신뢰성 있는 조업DB의 구축과 더불어 어선의 실시간 모니터링이 가능하므로 해난사고 시 신속하고 적절한 대처로 어업인의 생명과 재산을 보호하는데 크게 기여할 것으로 기대된다.

참고문헌

- [1] <http://www.momaf.go.kr>
- [2] 윤재준의 1인, "어업통신의 디지털화 및 VMS구축에 대한 연구", 한국해양정보통신학회 논문지, 제7권 제7호, 2003.12.
- [3] 윤재준의 2인, "어업통신에서 VMS구축 및 데이터통신 운용에 대한 연구", 한국해양정보통신학회, 추계종합학술대회논문집, 2003.10.
- [4] 김명진의 3인, "TMS320C6000계열 프로세서 활용 DSP 실험실습", 생능출판사, pp158-212, 2003.
- [5] 오영인의 2인, "TMS320C6000계열 프로세서 활용 DSP 실시간처리", 생능출판사, pp323-363, 2006.
- [6] ASK FSK PSK, "Electronic Telecommunication Training System", 삼진기술, 2002.
- [7] <http://www.sailmail.com>
- [8] <http://www.scs-ptc.com>
- [9] 백종철 "TMS320C24를 이용한 DSP 하드웨어 설계", 싱크웍스, 2005
- [10] Reference Guide, "TMS320C/F28X DSP Controllers CPU and Instruction Set", Texas Instruments, 2004
- [11] Reference Guide, "TMS320x28x, 28xxx Serial Peripheral Interface (SPI) Rev. C", Texas Instruments, 2006
- [12] 박선호, "RF 원격 송·수신 장치의 설계실무 무선전송제어시스템", 국제테크노정보연구소회, pp.336~348, 2005. 12.

IV. 결 론