

논문 2005-42TC-12-15

# Giga-Bit MODEM을 위한 BASK 시스템 설계

## (BASK System Design For Giga-Bit MODEM)

엄기환\*, 강성호\*\*

(Ki Hwan Eom and Seong Ho Kang)

### 요약

본 논문에서는 밀리미터파 대역에서의 Giga-bit 모뎀을 위한 BASK 시스템을 제안한다. 제안한 시스템의 송신단은 입력 신호의 pulse shaping을 위해 고속의 shutter를 사용하며, ISI(Inter-Symbol Interference)를 최소화 할 수 있고, 수신단은 SNR 개선과 rectangular pulse train을 만들기 위해 repeater를 사용한다. Repeater는 몇 개의 converter로 이루어져 있으며, converter는 low pass filter와 limiter로 구성된다. 또한, 수신된 신호에서 발생하는 랜덤 오류를 정정하기 위해 viterbi 알고리즘을 사용하여 BER을 개선 시켰다. 제안한 시스템은 Direct Conversion 방식으로 IF처리과정이 없으므로 시스템이 매우 간단하다.

### Abstract

We propose a BASK (Binary Amplitude Shift Keying) system for Giga-bit Modem in millimeter band. The proposed system consists of a high speed shutter of the transmitter and a repeater of the receiver. The shutter of the proposed system is introduced for pulse shaping to improve the intersymbol interference (ISI). The repeater consists of several stage converters. A converter is constructed with a low pass filter and a limiter. The repeater can improve the signal-to-noise ratio (SNR) and make the rectangular pulse train. The proposed system is a simple system that uses conversion method without IF (Intermediate Frequency) process.

**Keywords :** BASK, shutter, repeater, BER, viterbi

## I. 서론

밀리미터파 대역(59~64GHz사이)은 높은 데이터 전송률(Giga-bps)을 위해 필요한 풍부한 스펙트럼 공간을 제공한다. 저주파수 대역에서는 다른 응용을 위한 스펙트럼 공간은 이미 포화상태이다. 그러나 밀리미터파 대역은 아직 연구가 진행 중이라 다른 대역에 비해 이용이 자유롭고, 큰 대역폭을 가지는 장점이 있다<sup>[1]</sup>.

디지털 기저대역 신호는 대부분 rectangular pulse train이다. Rectangular pulses가 대역 한계 채널을 통과

할 때, pulse는 즉시 전개되고, 각 symbol을 위한 pulse는 다음 심벌의 간격까지 방해한다. 이것은 ISI의 원인이 되고, symbol을 검출할 때 수신단의 error가 생성될 확률을 높게 된다. ISI를 최소화하기 위한 방법으로 likelihood sequence estimation, whitened matched filters and decision-feedback equalization 등 많은 방법들이 있다<sup>[2]</sup>.

ISI의 최소화를 위한 접근방법 중 하나는 pulse shaping기술을 이용하는 것이다. 이동통신에서 쓰이는 가장 유명한 pulse shaping필터는 raised cosine filter가 있다. 그러나 raised cosine filtered pulses가 RF파형의 최대값과 항상 일치하지는 않는다<sup>[2][5]</sup>.

또한 Heterodyne방식에서 IF처리과정은 수신기의 이득과 선택감도 등을 제공하지만, 아날로그 변환단계가 증가할수록 가격 또한 증가한다<sup>[3][4]</sup>.

본 논문에서는 이러한 문제점들을 개선하기 위하여

\* 정회원, \*\* 학생회원, 동국대학교 전자공학과  
(Department of Electronic Engineering, Dongguk University)

※ 본 연구는 과학기술부/한국과학재단 우수연구 센터 육성사업의 지원으로 수행되었음  
(R11-1999-058-01006-0)

접수일자: 2005년6월7일, 수정완료일: 2005년12월5일

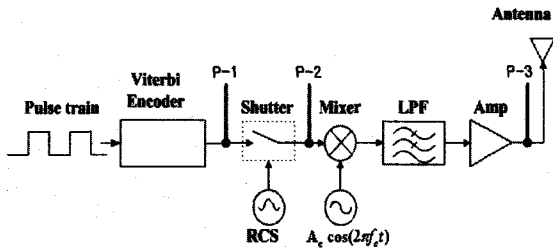
BASK 시스템을 제안한다. 제안한 시스템의 송신단은 ISI를 최소화 할 수 있는 pulse shaping을 위해 고속 shutter를 사용한다. 수신단은 SNR개선과 rectangular pulse train을 만들기 위해 repeater를 사용한다. Repeater는 몇 개의 convertor로 이루어져 있고, Converter는 low pass filter (LPF)와 limiter로 구성된다. 제안된 시스템의 repeater 또한 수신기에 이득과 선택감도를 제공하고, 더구나 rectangular pulse train을 만든다.

일반적으로 viterbi알고리즘은 랜덤오류를 정정하는데 주로 이용된다<sup>[6-8]</sup>. 수신된 신호에서 발생하는 랜덤오류를 정정하기 위해 랜덤오류 정정기능이 뛰어난 viterbi 알고리즘을 이용하여 수신된 신호의 랜덤오류를 정정하도록 하였다.

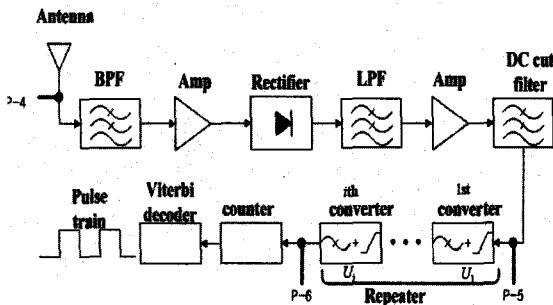
본 논문에서 ISI의 최소화와 BER 성능 개선의 유용성을 확인하기 위해 제안한 시스템의 특성들을 시뮬레이션 하였다.

II. 제안한 BASK시스템

본 논문에서는 밀리미터파 대역에서의 Giga-bit 모뎀을 위한 BASK 시스템을 제안한다. 제안한 시스템은



(a) 송신단  
(a) The transmitter.



(b) 수신단  
(b) The receiver.

그림 2-1. 제안한 시스템의 블록도  
Fig. 2-1. The block diagram of the proposed system.

송신단에서 입력신호의 pulse shaping을 위해 고속의 shutter를 사용하며, ISI를 최소화 할 수 있고, 수신단은 SNR 개선과 rectangular pulse train을 만들기 위해 repeater를 사용한다. 그림 2-1은 제안한 시스템의 블록도이다.

그림 2-1.(a) 송신단에서 RCS는 raised cosine 신호 발생기이고, 이것은 raised cosine 신호를 발생시킨다. Raised cosine 신호의 side lobe를 제거하기 위해 송신단에 고속의 shutter를 제안한다. Shutter는 switching window기능을 실행하며 출력은 식(2.1)과 같다.

$$h_s = \begin{cases} \sigma(T_s) \frac{\sin(\alpha \Pi T_s)}{\Pi T_s}, & n = 1 \\ 0, & n = 0 \end{cases} \quad (2.1)$$

여기서  $\sigma(T_s)$ 는 심벌 주기를 위한 이득이고,  $\alpha$ 는 rolloff factor,  $T_s$ 는 심벌 주기, 그리고 n은 심벌의 상태이다. Shutter의 특징은 상수 포락선을 생성하는 것이다.

또한 그림 2-1.(b) 수신단은 IF가 없는 repeater를 제안한다. Repeater는 몇 개의 convertor로 이루어져 있고, Converter는 LPF와 limiter로 구성되어 있다.

converter의 설계 파라미터는 LPF의 대역폭(BLPF)과 limiter의 기울기(SL: Stiffest Limiter)이다. Converter는 정교한 파라미터 조정을 요하지는 않는다. 이론상의 해석은 식(2.2)와 같다.

$$y_i(t) = L(SL(x_i(t))) \quad (2.2)$$

여기서  $y_i(t)$ 는 converter의 출력, L은 LPF의 출력, SL은 limiter의 변환 함수, 그리고  $x_i$ 는 limiter의 입력이다. converter의 블록 다이어그램은 그림2-2와 같다.

Repeater는 SNR(signal-to-noise ratio)를 향상시킬 수 있고, rectangular pulse train을 만들 수 있다.

디지털 데이터 전송 시 오류가 발생하기 때문에 입력 데이터에 일정한 redundancy를 추가하여 오류를 검출 및 수정하여 BER을 개선시키기 위해 viterbi

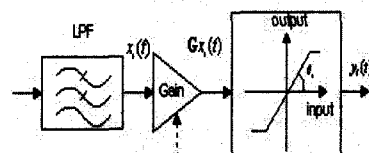


그림 2-2. converter의 블록도  
Fig. 2-2. The block diagram of the converter.

algorithm을 사용하였다.

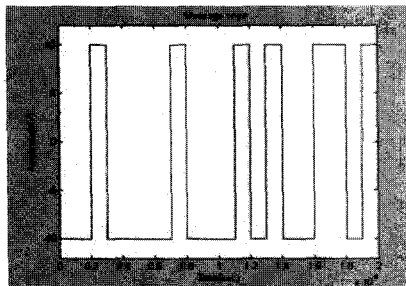
### III. 시뮬레이션

제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 Matlab 언어를 이용하여 시뮬레이션 하였다. 캐리어 주파수는 60 GHz이고, 메시지 데이터 전송률은 1Gbps로 정하였다. SNR을 향상시키기 위해 Repeater내의 limiter의 각도  $\theta_i$  는  $\theta_1 < \theta_2 < \theta_3 < \theta_4$ 로, LPF의 대역폭  $w_i$  는  $w_1 > w_2 > w_3 > w_4$  로 변환시킨다. 이 파라미터들은 정확한 값을 요구하지는 않는다.

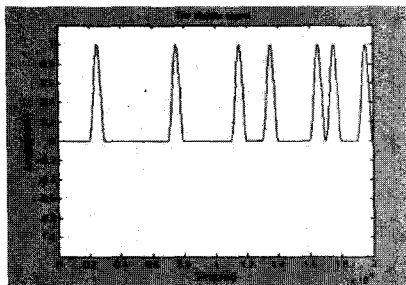
그림 3-1에서, (a)는 그림 2-1의 송신단 블록도의 P-1점에서 메시지 신호 pulse train이고, (b)는 그림2-1의 P-2점에서 고속 shutter의 신호이다. shutter 신호가 non-ISI 신호임을 확인할 수 있고, 수신단에서 최소한의 ISI를 기대할 수 있다.

채널은 가우시안 채널로 가정하고 가우시안 노이즈(AWGN)신호를 첨가하였고, SNR은 14dB이다. 그림 3-2에서 (a)는 그림 2-2의 P-3점에서 변조된 신호이고, (b)는 그림 2-2의 P-4점에서 잡음이 첨가된 신호이다.

그림 3-3에서, (a)는 그림 2-2의 P-5점에서 신호로 repeater 앞의 신호이고, (b)는 P-6점에서 신호로 repeater 뒤의 신호이다.

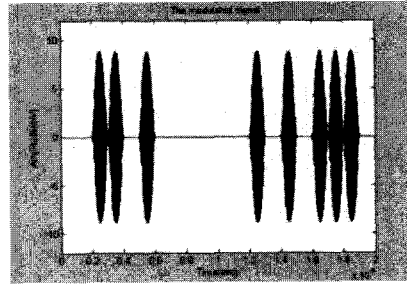


(a) 메시지 신호  
(a) The message signal.

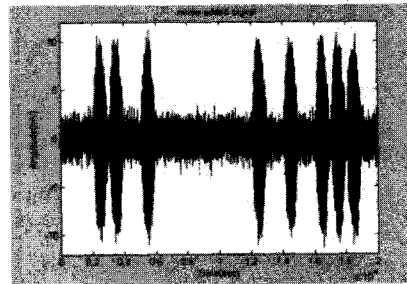


(b)고속 shutter 신호  
(b) The high speed shutter signal.

그림 3-1. 메시지 신호와 shutter 신호  
Fig. 3-1. The message signal and the shutter signal.

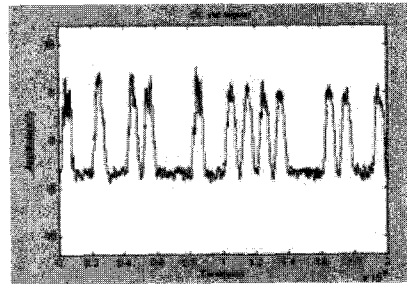


(a) 변조된 신호  
(a) The modulated signal.

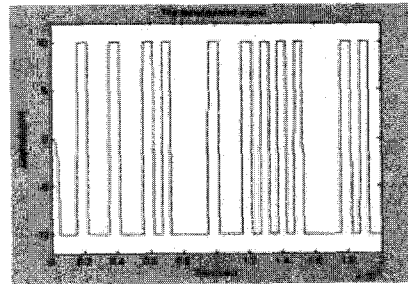


(b) 잡음이 첨가된 신호  
(b) The added noise signal.

그림 3-2. 변조된 신호와 잡음이 첨가된 신호  
Fig. 3-2. The modulated signal and the added noise signal.

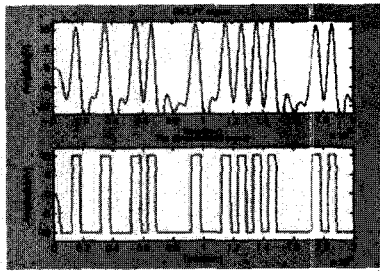


(a) repeater 앞단의 신호  
(a) The signal prior to the repeater.

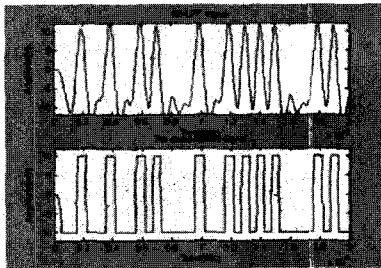


(b)repeater 뒤 단의 신호  
(b) The signal posterior to the repeater.

그림 3-3. repeater 앞의 신호와 뒤의 신호  
Fig. 3-3. The signal prior and posterior to the repeater.



(a) 4단의 converter  
(a) 4 step converter.



(b) 5단의 converter  
(b) 5 step converter.

그림 3-4. 4단의 converter 와 5단의 converter의 신호  
Fig. 3-4. 4 step converter and 5 step converter.

repeater구성을 위한 시뮬레이션 조건으로 limiter의 각도는 각각  $\theta_1 = 56.3^\circ$ ,  $\theta_2 = 63.4^\circ$ ,  $\theta_3 = 75.9^\circ$ ,  $\theta_4 = 82.8^\circ$  로 설정하였고, LPF의 대역폭(BLPF)는 각각  $\omega_1 = 1.8$ ,  $\omega_2 = 1.6$ ,  $\omega_3 = 1.2$ ,  $\omega_4 = 1$  GHz단위로 설정하였다. 그림 3-4는 4단의 converter를 이용한 경우와 5단의 converter를 이용한 경우를 비교한 그림이다. 이 신호들은 비슷한 결과를 가진다. 이 simulation 결과로써, 제안한 시스템에서의 최적의 converter의 개수는 4개임을 확인하였다.

수신된 신호에서 발생하는 랜덤오류를 정정하기 위해 마지막 converter를 통과한 신호를 16bit counter를 사용하여 symbol을 검출한다. 16bit counter를 사용하므로 16차의 state를 갖고 가우시안 노이즈의 채널특성을 가지는 viterbi algorithm을 사용하여 BER을 개선시켰다.

그림 3-5는 viterbi 알고리즘을 이용하지 않은 경우 repeater 앞단과 뒷단의 평균 BER을 나타낸다.

그림에서  $\Delta$ 는 repeater를 이용한 경우는 repeater를 이용하지 않은(non-repeater) 경우를 나타낸다. 그림에서 BER이  $10^{-3}$ 일 때, non-repeater 신호의 SNR은 30dB이고, repeater 신호의 SNR은 22dB이다. 따라서 제안한 시스템이 SNR향상시켰음을 확인할 수 있다.

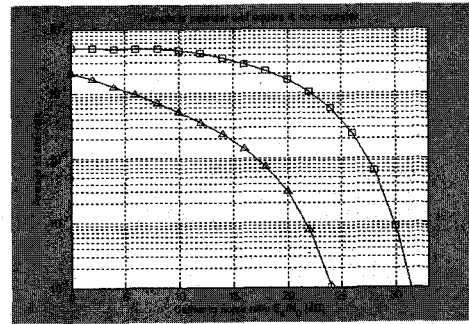


그림 3-5. BER 성능  
Fig. 3-5. The BER performance.

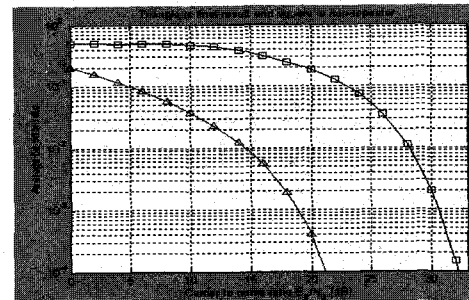


그림 3-6. viterbi 시뮬레이션  
Fig. 3-6. The viterbi simulation.

그림 3-6은 viterbi 알고리즘을 이용한 경우 repeater 앞단과 뒷단의 평균 BER을 시뮬레이션한 그래프이다.

viterbi 알고리즘의 파라미터는 제한 길이  $k=7$ , 코딩율은  $1/2$ , 생성다항식은 8진수 171, 133을 이용하였다.

그림 3-6에서 확인할 수 있듯이 viterbi 알고리즘을 이용함으로써 BER이  $10^{-3}$ 일 때, non-repeater 신호의 SNR은 31dB이고, repeater 신호의 SNR은 18dB이다. 따라서 랜덤오류를 충분히 개선시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

#### IV. 결 론

ISI와 SNR을 향상시키기 위하여 본 논문에서는 밀리미터파 대역에서의 IF 공정이 없는 Giga-bit 모뎀의 BASK시스템을 제안하였다. 제안한 시스템은 송신단의 고속 shutter와 수신단의 repeater로 구성되어 있다. repeater는 몇 개의 converter로 구성되어 있다. Converter는 정교한 파라미터 조정을 요하지 않는 LPF와 limiter로 구성된다. 제안한 시스템의 유용성을 확인하기 위해 ISI와 BER에 대해 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션한 결과에서 shutter가 ISI를 최소화하는 것을 확인하였고, repeater와 viterbi algorithm을 이용하여  $10^{-3}$ 의BER에서 SNR을 약 13dB가량 향상시키는 것을

확인하였다. 또한 viterbi 알고리즘을 이용함으로써 랜덤오류를 개선할 수 있음을 확인 하였다.

제안한 시스템의 특징은 IF 공정이 없는 non-coherent 시스템으로, 간단하고, 저가이며, 잡음에 강하다.

### 참고 문헌

- [1] Thyagarajan, V. R. M.; Hafez, R. H. M.; Falconer, D. D.; "Broadband indoor wireless communication in (20~60)GHz band: Signal strength considerations", universal Personal Communication, vol. 2, pp. 894-899. oct. 1993.
- [2] Theodore S. R., *Wireless Communications*, Prentice Hall, 2002.
- [3] Proakis, John G., *Digital Communication*, McGraw Hill, 1989.
- [4] Simon Haykin, *Communication Systems*, 4th edition, John Wiley Inc., 2000.
- [5] E. Lindskog, A. Paulraj, "A transmit diversity scheme for channels with intersymbol interference," IEEE International Conference, Vol. 1, pp. 307-311, June 2000.
- [6] Man Guo; Ahmad, M.O.; Swamy, M.N.S.; Chunyan Wang; "An adaptive Viterbi algorithm based on strongly connected trellis decoding" *Circuits and Systems*, 2002. ISCAS 2002. IEEE International Symposium on Volume 4, 26-29, Page(s):IV-137 - IV-140, May 2002.
- [7] Hosemann, M.; Habendorf, R.; Fettweis, G.P.; "Hardware-software codesign of a 14.4 MBit - 64 state - Viterbi decoder for an application-specific digital signal processor" *Signal Processing Systems*, 2003. SIPS 2003. IEEE Workshop on 27-29 Page(s):45 - 50, Aug. 2003.
- [8] Engin, N.; van Berkel, K.; "Viterbi decoding on a coprocessor architecture with vector parallelism" *Signal Processing Systems*, 2003. SIPS 2003. IEEE Workshop on 27-29 Page(s):334 - 339, Aug. 2003.

저 자 소 개



엄 기 환(정회원)-주저자  
 1972년 동국대학교  
 전자공학과 학사 졸업  
 1986년 동국대학교  
 전자공학과 박사 졸업  
 1989년~1990년 Toho Univ. Post  
 Doc.

2000년~2001년 Univ. of Canterbury Visiting  
 Professor.

1994년~현재 동국대학교 전자공학과 교수  
 <주관심 분야 : 시스템 응용, 홈 네트워크>



강 성 호(학생회원)  
 2000년 2월 진주산업대학교  
 전자공학과 공학학사  
 2002년 2월 동국대학교  
 전자공학과 공학석사  
 2002년 3월~현재 동국대학교  
 전자공학과 공학박사

<주관심분야 : 인공지능, 시스템 응용>