

이동통신 페이딩 채널에서의 CONCATENATED 코드 시스템

正會員 朴 亨 鎮* 正會員 鄭 虎 泳* 正會員 洪 大 植* 正會員 康 昌 彦*

Concatenated Code System For Mobile Fading Channel

Hyung Jin Park*, Ho Young Jung*, Dae Sik Hong*, Chang Eon Kang* *Regular Members*

要 約

본 논문에서는 다경로 페이딩 현상이 나타나는 디지털 이동통신 채널을 새로운 방법으로 모델링하여, 이에 적합한 concatenated 코드를 구성한다.

Concatenated 코드의 외부코드로는 BCH 코드를 사용하며, 내부 코드로는 콘볼루션 코드를 사용하고, 이는 일반적으로 외부 코드를 Reed Solomon 코드로 하는 다른 concatenated 코드에 비해 간단하고, 특히 외부 코드를 코드율이 높은 코드를 사용함으로써 이동통신 시스템의 환경에 부적합한 과도한 부가비트들의 사용을 피할 수 있다.

이동통신 채널에서 concatenated 코드의 성능을 구하기 위해서, 다경로 페이딩 현상과 백색 가우시안 잡음 현상이 존재하는 채널을 새로운 방식으로 모델링한다. 특히 페이딩율이 8 Hz와 12 Hz인 경우에 대해 이동통신 채널의 특성을 갖는 채널을 구성한다.

모델링된 페이딩 채널에 가장 적합한 concatenated 코드를 찾기 위해, (7,4), (63,45), (63,57), (31,26) 코드를 외부 코드로 선정하여 시스템을 구성하여 비교 실험 한다.

ABSTRACT

In this paper, a new digital mobile channel has been modeled. And concatenated code systems have been proposed to transmit information reliably in the newly modeled mobile fading channels.

The BCH code has been used as the outer code and the convolutional code as the inner code.

We have modeled the channels which have multipath fading phenomena and additive white Gaussian noise. As a result, the characteristics of the channels are identical to that of the mobile fading channel.

To find the best code system, we have tested (7,4), (63,45), (63,57) and (31,26) BCH codes as an outer code. Results show that the concatenated code with (7,4) outer code gives the best performance. And if we use the soft decision, we can improve about 2~6 dB in the SNR

I. 서 론

*延世대학교 電子工學科
Dept. of Electronics, Yonsei University
論文番號 : 93 - 1 (接受1992. 1. 7)

이동 통신 환경에서의 통신 시스템은 여러가지 제한점들을 가지고 있다. 가산 백색 잡음과 기지국에

대해 이동체가 움직임으로써 유발되는 도플러 효과(Doppler effect), 지형지물로 인한 음역 효과(shadowing effect), 인접 채널 간에 발생하는 동일 채널 간섭 현상(cochannel interference)과 다경로 산란으로 인한 시간 지연 퍼짐(time delay spread), 그리고 신호가 여러 경로들을 통해 서로 다른 신호 강도와 다른 시간에 수신됨으로써 발생하는 다경로 페이딩(multipath fading)현상 또는 레일레이 페이딩(Rayleigh fading) 현상등이 이동 통신 시스템에서 심각한 제한점들이 되고 있다. 여기서 다경로 페이딩 현상은 연접 에러의 주요인이 된다.⁽¹⁾

이러한 문제들을 해결하기 위해 여러가지 방법들을 이용하는데, 이들 중 채널 코딩 방식은 데이터들의 전송이 잡음이 강한 환경에서 효율적으로 이루어질 수 있게 하는 중요한 방법이 된다.⁽²⁾

복합 코드의 개념은 1954년 Elias에 의해 처음으로 소개되었으며, 1965년 Concatenated 코드가 Forney에 의해 소개되었다. Concatenated 코드의 개념은 두개 또는 그 이상의 에러정정 코드가 직렬로 연결되어 코딩 시스템을 이루고 있는 상태를 의미한다. 기존에 일반적으로 사용되어 오는 concatenated 코드 시스템은 외부 코드를 Reed Solomon 코드로, 내부 코드를 BCH나 Convolutional 코드를 쓰고 있다.^(3,4)

코드 시스템을 적용시키기 위해서는 에러 패턴을 만들어 주어야 한다. 에러패턴을 만들어 주는 방법은 세 가지가 있는데, 임의로 에러 패턴을 만들어 주는 방법과, 수학적으로 나타나는 채널의 특성을 이용하여 발생시키는 방법, 그리고 실제 상황에 맞춰 채널을 모델링하는 방법이 있다.

본 논문에서는 채널 모델링 방식을 이용하여 이동통신 채널을 새로운 방식으로 모델링하였으며, 이 채널에서 concatenated 코드의 성능을 구하였다. 이러한 새로운 모델링 방식을 통해 다경로 페이딩 현상과 백색 가우시안 잡음 현상이 나타나는 채널을 만들어 주었다. 이 채널에 쓰이는 concatenated 코드는 BCH 코드를 외부 코드(outer code)로, 콘볼루션 코드를 내부 코드(inner code)로 사용하여 구성하였다. 이 때 외부 코드는 코드율이 높은 4개 코드를 선정하였으며 내부코드는 코드율이 1/2인 콘볼루션 코드를 채택하였다.

II. 실험 모델 구성

코드 시스템의 성능을 분석하기 위해서는 이 시스템의 적용 가능한 채널을 구현하는 일이 중요하다. 코드 시스템의 성능을 객관적으로 분석할 수 있기 위해 실제 이동통신 페이딩 채널과 일치되는 채널을 다음과 같이 구현하였다. 기존에 일반적으로 사용되어 온 concatenated 시스템은 외부 코드로는 Reed Solomon으로 한 것에 비해, 시스템의 복잡도를 최소화시키기 위해서 코드율이 높은 BCH코드를 외부 코드로 사용하였다.

2.1 채널 모델링

본 논문의 실험에서 이동국과 기지국 사이의 자연 장애물이나 인공 구조물 사이를 이동국이 움직이는 경우를 생각하여 시변 채널이 사용되었는데, 이때 이동국이 움직임으로써 도플러 효과로 인해 발생하는 페이딩율(fade rate)이 8 Hz 와 12 Hz 인 채널을 선택하였다. 이 정도의 페이딩율은 HF 무선 채널의 페이딩율인 0.5~2 Hz 에 비교해 볼때 매우 열악한 상태이다.

변조단에 의한 채널 특성 변화는 변조 시스템이 이상적이라고 가정하여 고려하지 않은 바, 인코딩된 정보 데이터열에 해당하는 기저대역 신호의 중심 주파수를 변조기가 더 높은 주파수를 가지는 대역통과 신호로 천이시키고 이 신호는 다시 복조기에 의해 기저대역 신호에 해당하는 중심 주파수로 천이 된다고 보아 변복조 시스템은 단순히 신호의 중심 주파수를 천이시키는 작용을 한다고 보아, 본 채널에서는 다경로에 의한 페이딩 특성과 AWGN에 의한 랜덤 잡음을 채널을 특징짓는 주요인으로 고려하였다.

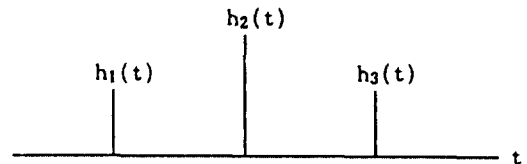


그림 1. 시변 채널에 대한 임펄스 응답
Fig. 1. Impulse response of the time variant channel

그림 1 은 불연속적으로 모델링된 페이딩 채널의 탭들을 나타내고 있다. 이 탭들의 값은 다음과 같이 얻을 수 있다.

백색 잡음을 발생시켜서 이동통신 채널에서 발생

하는 도플러 주파수(Doppler frequency)를 차단 주파(cut-off frequency)로 하는 저역필터에 통과 시킨다. 저역 필터링된 파형은 백색 잡음이 아닌 어느 정도 부드러워진 파형을 나타내는데, 이 파형의 값들을 탭 계수 값으로 취한다.

$h_1(t)$, $h_2(t)$, $h_3(t)$ 가 각각 갖는 값들은 서로 통계적으로 상관되지 않았고 독립적인 특성을 갖는다. 그림 1에서 $h_2(t)$ 은 이동체 혹은 기지국에 전송 신호가 아무런 반사 없이 직접 도달하는 경로 채널을 나타낸다. 그리고 $h_1(t)$, $h_3(t)$ 는 이동국과 기지국 사이에 놓여진 반사물들로 인해 전송신호들이 반사되어 들어오는 경로 채널들을 나타낸다.

케이딩율이 8 Hz 과 12 Hz 인 채널을 각각 채널 1 과 채널 2로 칭하기로 하자. 채널 1과 2는 그림 2 과 같은 모델로 구성되었으며, 채널의 전달함수는 $g(x)$ 는 식 (1) 과 같다.

$$g(x) = h_1(t) + h_2(t)Z^{-1} + h_3(t)Z^{-3} \quad (1)$$

송신단에서 출력되는 데이터들은 천이 레지스터로 입력되어 매 클럭 마다 시변 채널의 탭 계수들 $h_1(t)$, $h_2(t)$, $h_3(t)$ 로 곱해지고 이들의 합에 백색 잡음이 가산되어 수신단에 이른다. 이때 백색 잡음이 가산되기 전까지의 단계를 페이딩 채널로 볼 수 있다.

한 클럭씩 지연되어 나오는 전송 데이터들에 곱해지는 탭계수들의 값은 시간에 따라 변하는 특성이 있어, 결과적으로 시변 채널(time variant channel)을 이루게 된다.

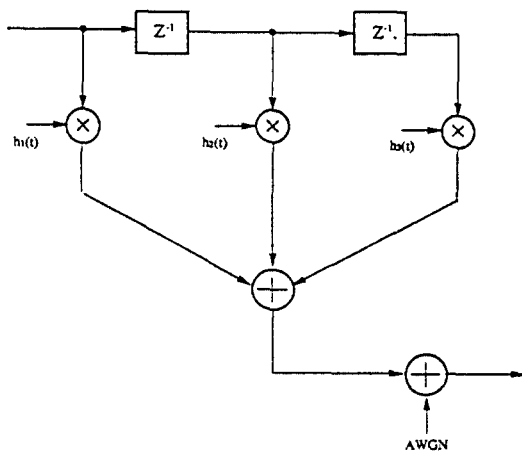


그림 2. 시변 채널 모델
Fig. 2. Time variant channel model

2.2 코드 시스템 모델

전송 심볼을 발생시키기 위해 랜덤열 발생기를 이용하였는데, 이 발생기의 생성 다항식 $f(x)$ 은 (2)식 과 같다.

$$f(x) = 1 + x + x^{14} \quad (2)$$

$f(x)$ 에 의해 $[0, 1]$ 이진 심볼이 생성되어 인코더 단으로 들어간다. 그림 3은 랜덤열 발생기를 나타내고 있다.

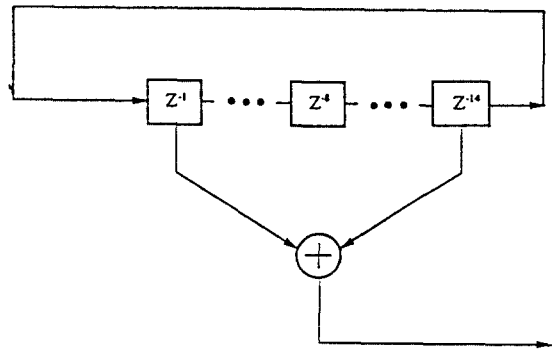


그림 3. 이진 랜덤열 발생기
Fig. 3. Binary random number generator

2.3 전체 실험 구성도

그림 4는 전체 실험 모델을 나타내고 있다. 랜덤 발생기에서 발생한 데이터들은 BCH 인코더 단을 통해 인코딩되고 인터리빙 과정을 거 뒤에 콘볼루션 인코더에 들어간다. 앞에서 모델링된 채널을 통과한 전송 데이터들은 수신단에서 양자화되는데, 경 관정인 경우는 2 레벨로, 연 관정인 경우는 8 레벨로 양자화 하였다. 양자화된 데이터들은 콘볼루션 디코더를 통해 디코딩되고 디인터리빙 과정을 통과한 데이터들은 마지막으로 BCH 디코딩된다.

최종적으로 나온 데이터들은 전송단에서 보낸 랜덤열 데이터들과 비교되어 본 시스템의 에러율이 계산된다.

채널 1 과 2 에 대해 4 가지 다른 Concatenated 시스템을 적용시켰다. 여기서 사용된 파라미터들에 대한 내용은 표 1 에 나타나 있다.

표 1. 모의 실험에서 사용한 Concatenated 시스템에 대한 묘사

Table 1. Description of the concatenated code system used in the simulation

BCH CODE			CONVOLUTION CODE		인터리빙 차수
코드 종류	코드율	에러정 정능력	코드율	디코딩 방식	
(7,4)	0.5714	1	1/2	VITERBI algorithm soft and hard decision	100
(63,45)	0.71428	3			
(63,57)	0.90476	1			
(31,26)	0.83871	1			

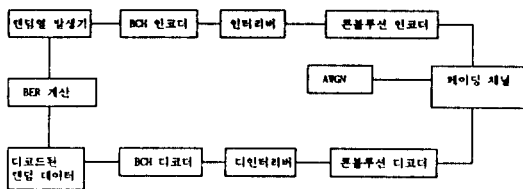


그림 4. 실험에서 구성한 시스템의 전체 구성도
Fig. 4. Block diagram of the whole simulation

III. 시뮬레이션 및 결과 고찰

3.1 채널 모델링 결과

그림 5는 시간에 따라 변화는 탭 계수 $h_1(t)$, $h_2(t)$, $h_3(t)$ 에 대해 백색 잡음을 발생시켜서 저역 통과 시킨 파형들이다.

$h_2(t)$ 는 이동국이 보낸 신호가 아무런 반사 없이 직접 도달하는 경우를 나타낸다. 그런데 실험상 $h_1(t)$, $h_2(t)$, $h_3(t)$ 가 같은 신호 레벨을 갖는다면 나경로 페이딩 효과가 매우 크게 되므로 이 탭들의 값을 조금씩 보상해 주었다. 그림 5는 보상된 탭 계수들의 파형을 나타내고 있는데, 특히 가운데 탭 파형은 보상 5는 보상된 탭 계수들의 파형을 나타내고 있는데, 특히 가운데 탭 파형은 보상된 결과로 나머지 두개의 탭들에 비해 파형 레벨이 높음을 관찰할 수 있다.

이러한 특성을 통하여 변복조나 등화기의 사용 없이 코딩 시스템을 적용시킬 수 있었다. 그림 6은 채널 1,2에 대해 $h_1(t)$, $h_2(t)$, $h_3(t)$ 에 의해 형성되는 채널의 포락선 특성을 나타내고 있다. 일반적인 이동통신 채널의 포락선 특성과 같은 특징을 관찰할 수 있는데, 약 5 dB에서 -20 dB 사이의 값을 보이고 있

으며, 연접 에러들을 유발시키는 페이딩 곡선들을 관찰할 수 있다. 페이딩율이 12 Hz인 채널 특성은 페이딩율을 8 Hz인 채널 특성보다 더 열악한 상태임을 보이고 있으며 전자로 인해 연접 에러 영역의 깊이도 후자보다 더 깊게 나타난다. 그림 7은 채널 1,2에서 나타나는 페이딩으로 인해 발생한 연접 에러 패턴을 보이고 있다. 페이딩율이 더 높은 채널 2에서 채널 1보다 연접 에러들이 더 밀집되어 나타나는 것을 관찰할 수 있다. 시변 채널은 주파수 특성이 시간에 따라 변하는 특징을 갖는다. 그림 8은 채널 1,2의 주파수 특성이 시간에 따라 변하는 특성을 보이고 있다.

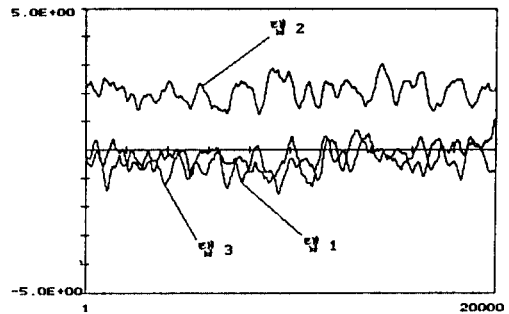


그림 5. 페이딩 채널의 탭들의 파형
Fig. 5. Tap waveforms of the fading channel

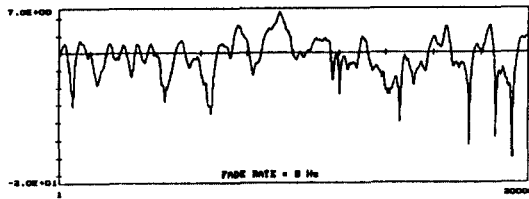
코드 시스템을 적용시키기 위한 채널 모델링을 수행해 본 결과, 채널 1과 2에 대해서 표 5-1과 같은 특성을 지니는 채널들을 얻을 수 있었다.

채널 2에서 관찰한 채널 에러율은 채널 1보다 높게 나타나며 동일 에러율을 갖는 산발 에러 발생 채널이 미치는 영향보다 심각한 영향을 미치게 된다.

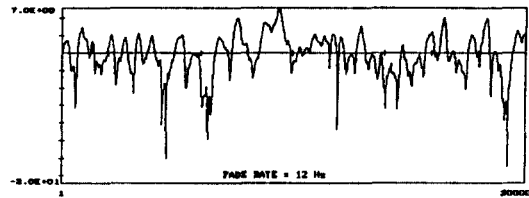
표 2. 모의 실험에서 구현한 채널 모델

Table 2. Specification of the Channel models

	채널1	채널2
페이딩율 f_d	8 Hz	12 Hz
순수 페이딩 채널에 의한 에러율	$\approx 3 \times 10^{-3}$	$\approx 1.8 \times 10^{-2}$
채널 특성	시변 채널	시변 채널



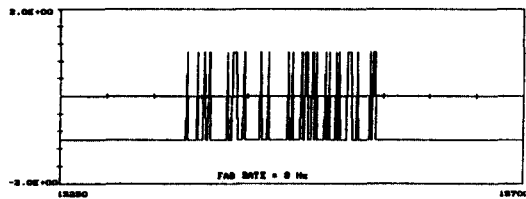
(a)



(b)

그림 6. 페이딩율이 (a) 8 Hz (b) 12 Hz 인 경우의 채널의 포락선

Fig. 6. Channel's signal envelopes with when the fade rate is (a) 8Hz and (b) 12Hz



(a)

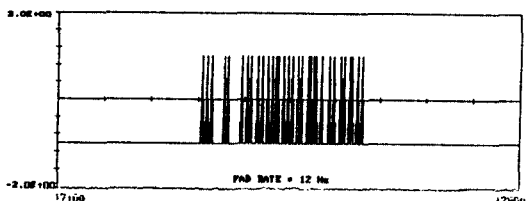
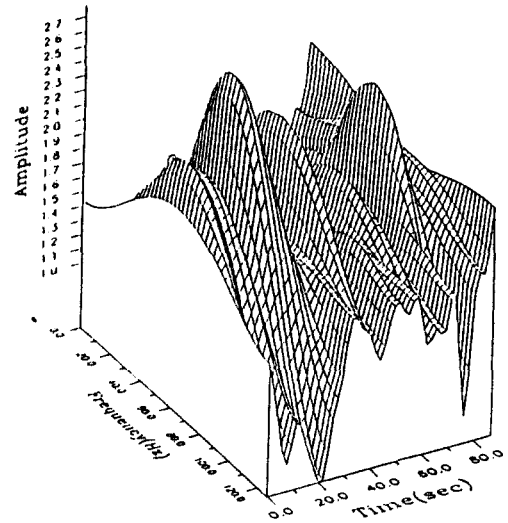
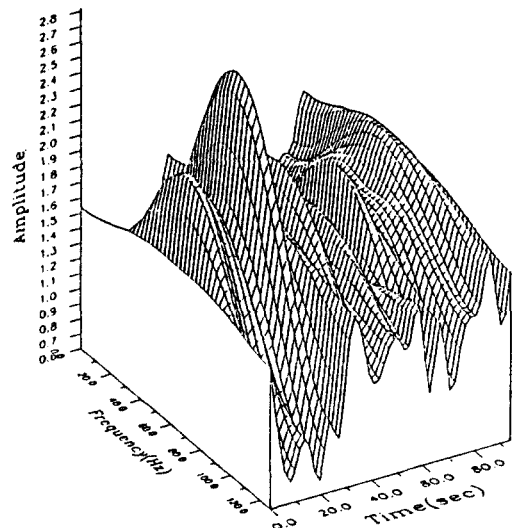


그림 7. 페이딩율이 (a) 8 Hz (b) 12 Hz 인 경우의 연결 에러 패턴

Fig. 7. Burst error pattern when the fade rate is (a) 8Hz and (b) 12Hz



(a)



(b)

그림 8. 시간에 따른 시변 채널 (a) 1, (b) 2 의 주파수 특성

Fig. 8. Spectral characteristics of the time variant channel when the fade rate is (a) 8Hz and (b) 12Hz

3.2 Concatenated 코드 시스템 적용 결과

앞에서 설명한 concatenated 코드 시스템들을 채널 1 ($f_d=8$ Hz)과 채널 2 ($f_d=12$ Hz)에 적용시켜 보았다. 원천 데이터는 10^4 랜덤업 발생기에 의해 생성된 랜덤업 데이터들이다. 이 데이터들은 앞에서 설정한 네가지 concatenated 시스템에 의해 채널 인코딩 및 디코딩 과정을 통과하게 된다. 이때의 채널 환경은 채널 모델링 과정에서 설명한 파라미터들을 가지고 모델링하였는데, SNR의 범위는 0 에서 14 dB 까지로 잡았다.

그림 9 는 채널 1, 채널 2 에 (7,4) 및 (63,45) concatenated 코드 시스템들(구속장 길이가 5일때)을 적용시켰을때 나타나는 BER 곡선들을 보이고 있다. (7,4) 코드 시스템인 경우 채널 1과 채널 2 의 BER 곡선 사이의 차이가 약 10-1 정도로 나타난다. 또한 에러율이 10-3 인 지점에서 두 채널 사이에 약 4 dB 정도의 차이가 나타나고 있다. 즉, 채널 2에서 채널 1 의 에러율 ($=10^{-3}$)을 이루기 위해서 4 dB의 신호 전력의 더 필요하다는 것과 같은 의미이다.

(63,45) concatenated 코드 시스템인 경우도 (7,4) concatenated 코드 시스템과 마찬가지로 약 4 dB 정도의 차이를 나타내고 있다. (63,57) 과 (31,26) concatenated 코드 시스템인 경우, 10^{-3} 의 에러율에서 채널 1 과 2 사이에는 약 6 dB 정도의 SNR이 존재한다. (7,4) concatenated 코드 시스템와는 대조적으로 열악한 채널 환경에서 오히려 더 저조한 성능을 보이고 있다.

그림 10 은 채널 1,2에서 (63,57) 및 (31,26) concatenated 코드 시스템들을 적용시켰을때의 BER 곡선들을 보이고 있다. 이들 중 가장 코드율이 높은 (63,57) concatenated 코드 시스템의 경우, 열악한 채널 환경인 채널2 에서 매우 약한 성능을 보이고 있다.

에러율이 가장 빨리 감소하는 코드는 (7,4) concatenated 코드 시스템임으로 나타났다. (63,45) concatenated 코드 시스템은 에러정정능력이 (7,4) 보다 더 많으나 열악한 채널환경에서는 그다지 좋지 못한 성능을 보이고 있는데, 채널 2 인 경우, SNR이 4 dB 일때, 에러율의 차이가 약 6×10^{-3} 의 에러율을 갖는 채널 환경일 때는 SNR 차이가 약 4 dB 정도로 나타난다.

채널 1 에서 (63,57), (31,26) concatenated 코드 시스템들에 비해 (7,4) concatenated 코드 시스템은

약 5 dB의 신호 이득을 보이고 있으며, (63,45) concatenated 코드 시스템은 약 2 dB의 신호 이득을 보이고 있다. 결과적으로 여기서 모의 실험한 네가지 concatenated 코드 시스템들 중에 (7,4) concatenated 코드 시스템이 가장 좋은 성능을 보이고 있음을 알 수 있다.

앞에서 모의 실험한 네가지 concatenated 코드 시스템 좋은 성능을 보이는 (7,4), (63,45) concatenated 코드 시스템의 경우, 모두 다 콘볼루션 디코더 단에서 8 레벨로 양자화시켜서 디코딩한 경우이다. 4장에서 설명한 바와 같이 연관정 시켰을 경우와 경관정 시켰을 경우에 약 2 dB 정도의 SNR 차이가 일어난다고 설명하였는데, 모의 실험에서 시뮬레이션을 수행해 본 결과 (7,4) 코드를 이용한 concatenated 코드 시스템의 경우 연 관정 시킴으로써 약 2 dB 정도의 신호 이득이 있음을 확인할 수 있다.

그림 11 은 채널 1에서 연 관정 및 경 관정 시켰을 때의 (7,4) 코드 시스템의 BER 성능을 나타내고 있다. (63,45) 코드를 이용한 concatenated 코드 시스템의 경우 에러율 10^{-3} 에서 약 4 dB 정도의 신호이득이 있고 최대 6 dB 정도의 신호 이득이 나타났다. 그러므로 상대적으로 높은 SNR 의 영역에서는 (36, 45) 코드를 이용한 코드 시스템이 (7,4) 코드를 이용한 코드 시스템 보다 연관정 과정을 수행하므로써 얻는 이득이 큼을 알 수 있다.

그림 12 는 채널 1 에서 연관정 및 경관정 시켰을 때의 (63,45) concatenated 코드 시스템의 BER 성능을 나타내고 있다.

10^4 개의 데이터를 전송한다면 (7,4) 코드를 이용한 코딩 시스템의 경우 채널을 통해 전송되는 데이터 수는 3.5×10^4 개 이며, (63,45) 코드를 이용한 코드 시스템은 만약 인터리빙 차수를 100으로 하였을때 3.7×10^4 개가 되므로 궁극적으로 (7,4) 코드를 이용한 시스템의 코드율은 약 0.2857이 되며, (63,45) 코드를 이용한 시스템의 코드율은 약 0.26456이 된다. 인터리빙 차수를 100으로 하였을때는 코드율의 면에서나 페이딩 채널에서의 BER 성능에서 (7,4) 코드 시스템이 concatenated 시스템의 외부 코드으로써 매우 효율적인 코드임을 알 수 있다.

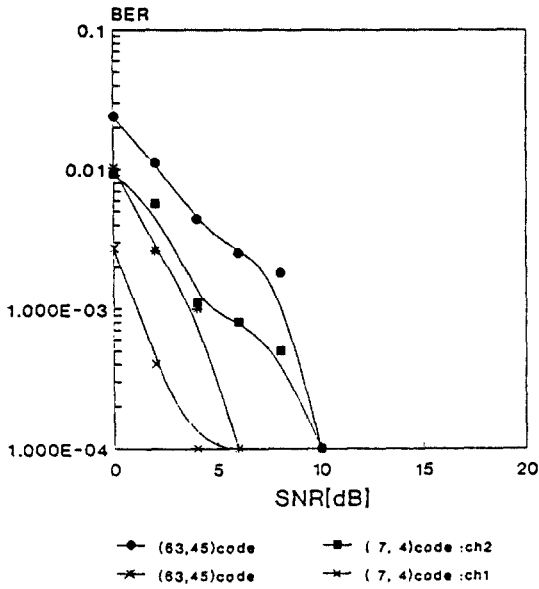


그림 9. (7,4) 및 (63,45) concatenated 코드 시스템의 BER
 Fig. 9. The Ber of concatenated code with (7,4) and (63,45) as outer code

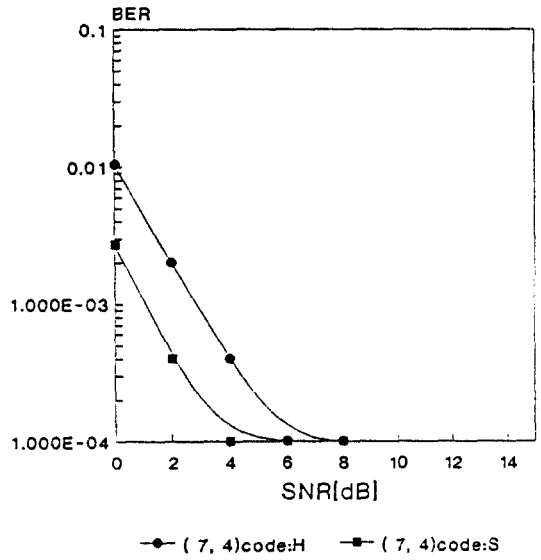


그림 11. (7,4) 코드 시스템의 연판정 및 경판정 시 BER 곡선
 Fig. 11. The BER of concatenated code with (7,4) as outer code when the soft and hard decision are used

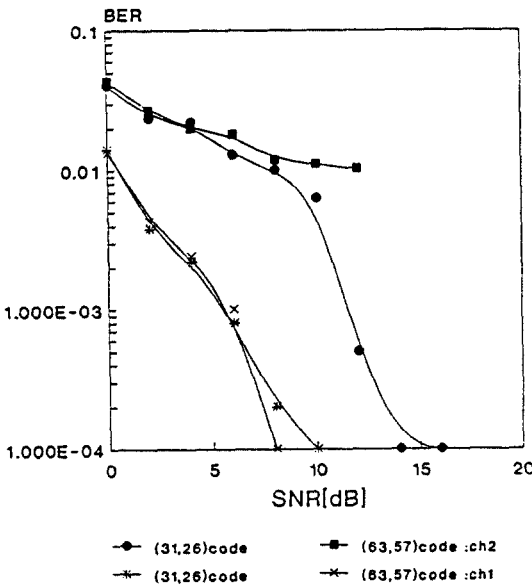


그림 10. (63,57) 및 (31,26) concatenated 코드 시스템의 BER
 Fig. 10. The BER of concatenated code with (63,57) and (31,26) as outer code

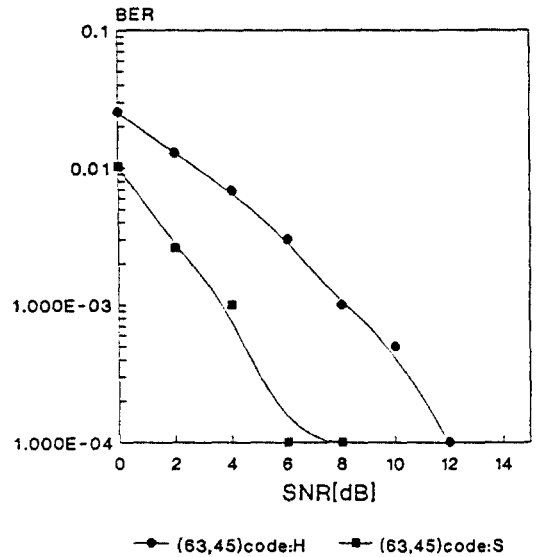


그림 12. (63,45) 코드 시스템의 연판정 및 경판정 시 BER 곡선
 Fig. 12. The BER of concatenated code with (63,45) as outer code when the soft and hard decision are used

IV. 결 론

본 논문에서는 이동통신 채널 환경에서 Concatenated 코드의 성능을 구하였다. 데이터 전송 과정에서 코드 시스템의 성능을 구할때 대두되는 채널 모델링 문제에 대해, 페이딩율이 8 Hz 인 경우와, 12 Hz 인 경우에 해당하는 채널 임펄스 응답의 탭 계수들을 구함으로써 시뮬레이션이 가능한 채널을 만들어 줄 수 있었다. Cocatenated 코드의 외부 코드는 BCH 코드를, 내부 코드는 콘볼루션 코드를 이용하였다. 외부 코드와 내부 코드 사이에 블록 코드 인터리버를 삽입하여 연집에러에 대처할 수 있게 했는데, 인터리빙 차수를 100 으로 고정시켜서 모의실험을 하였다.

페이딩 채널을 모델링한 결과, 페이딩율이 8 Hz 와 12 Hz 인 채널을 각각 채널 1 과 채널 2 로 칭할때, 채널 2 가 채널 1 에 비해 열악한 상태를 보인다. 즉, 채널 2 에서는 페이딩이 더 심하게 나타나고, 채널에서 발생되는 연집 에러 패턴도 채널 2 가 더 밀집되어 나타남을 볼 수 있으며, 각 채널에 대한 시변적 특성을 관찰할 수 있다.

네 가지의 BCH 코드를 선정하여 채널 1 과 2 에 적용시켜 본 결과, 외부 코드의 코드율이 높을 수록 에러율이 더 높아짐을 관찰할 수 있다. 모의 실험을 통해 코드 체계의 코드율이 다른 코드들에 비해 상대적으로 낮은 (7,4) 및 (63,45) cocatenated 코드 체계를 이용했을때 4 dB 에서 10^{-3} 이하의 에러율을 관찰할 수 있고, 반대로 코드율이 높은 (31,26) 및 (63,57) cocatenated 코드 체계는 채널 1 에서는 4 dB 에서 $10^{-2} \sim 10^{-3}$ 사이의 성능을 보이나, 이보다 더 열악한 상태인 채널 2 에서는 10^{-2} 이상의 약한 성능을 보인다.

연관정 디코딩을 수행할때, (7,4) cocatenated 코드 체계의 경우, 경 관정에 비해 SNR 이 2 dB 정도로 개선되며, (63,45) cocatenated 코드 체계인 경우, SNR 이 6 dB 까지 개선됨을 확인할 수 있으며 이러한 점을 미루어 보면, (63,45) 코드 체계를 구현할 때 연관정시키는 것이 바람직하다고 판단된다.

결과적으로, 이동통신 페이딩 채널에서 (7,4) concatenated 코드 체계가 가장 좋은 성능을 보이며, concatenated 코드 체계에서 연관정시켰을 때의 성능은 경관정시켰을 때에 비해 2~6 dB 정도의 SNR

이 개선된 것으로 나타났다.

앞으로의 과제는 콘볼루션 인터리빙을 수행하였을 경우의 성능분석과, 코드효율이 저하되지 않으면서도 페이딩 현상으로 인한 연집에러를 효율적으로 정정할 수 있는 Viterbi 디코딩 방식을 찾아 내부 코드로 사용함으로써 연집에러 채널에 강력한 concatenated 코딩 시스템을 구현하는 일이다.

참 고 문 헌

1. K. Otani, K. Daikoku and H. Omori, "Burst error performance encountered in digital land mobile radio channel," *IEEE Transactions on Vehicular Technology*, vol. VT-30, No.4, pp.156-160, November 1981.
2. Elwyn R. Berlekamp, "The technology of error correcting code," *Proceeding of the IEEE*, vol. 68, No.5, pp.564-579, May 1980.
3. A. M. Michelson and A. H. Levesque, *Error Control Technique for Digital Communications*, John Wiley & Sons, 1985.
4. W. W. Peterson and E. J. Weldon, *Error Control Codes*, Cambridge, MA : M.I.T. Press, 1972.
5. A. J. Viterbi, "Convolutional codes and their performance in communication systems," *IEEE Transactions on Communication Technology*, vol. com-19, No.5, pp.751-772, October 1971.
6. Bernard Sklar, *Digital communications: Fundamentals and Applications*, Prentice Hall International Editions, 1988.
7. John G. Proakis, *Digital communications*, McGraw Hill International Edition, 1979.
8. A. J. Viterbi, Omura, *Principle of digital Communciation and coding*, McGraw-Hill International Edition, 1979.
9. C. Lin, A. J. Costello, *Error Control Coding: Fundamentals and applictions*, Prentice Hall, 1983.

朴 亨 鎮(Hyung Jin Park)

1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업
1992년 2월 : 연세대학교 전자공학과 석사
1992년~현재 : 금성정보통신 연구소 연구원

正會員



鄭 虎 泳(Ho Young Jung) 正會員

1962年 7月 6日生
1986年 2月 : 충남대학교 전자공학
교육학과 졸업
1989年 8月 : 연세대학교 대학원 전
자공학과(석사)
현재 : 연세대학교 대학원 전자공학
과 박사과정 재학

洪 大 權(Dae Sik Hong) 正會員

1961年 1月 4日生
1983年 2月 : 연세대학교 전자공학
과 졸업(공학사)
1985年 2月 : 연세대학교 대학원 전
자공학과 졸업(공학석
사)

1990年 8月 : Purdue University
졸업(Ph.D)

1990年 9月~1991年 7月 : Purdue University Post-Doc-
toral Resear Associate

1991年 8月~현재 : 연세대학교 전자공학과 조교수

※주관심분야 : 신경회로망 및 정보통신 등임



康 昌 彦(Chang Eon Kang) 正會員

1938年 8月 26日生
1960年 : 연세대학교 電氣工學科(工
學士)
1965年 : 연세대학교大學院 電氣工
學科(工學碩士)
1969年 : 美國미시간주립대학교大學院
電氣工學科(工學碩士)

1973年 : 美國미시간주립대학교大學院 電氣工學科(工學博
士)

1967年~1973年 : 美國미시간주립대학교 工業研究所 先任
研究員

1973年~1981年 : 美國노던일리노이대학교 電氣工學科 助
教授, 副教授

1982年~現在 : 연세대학교 電子工學科 教授

1987年~1988年 : 本學會 副會長

1989年~1990年 : 本學會 會長