

무선멀티미디어 통신을 위한 Coded-OFDM의 성능 해석

정희원 김 창 선*, 김 성 곤*, 이 창 호*, 변 건 식*

Performance Analysis of Coded-OFDM for Wireless Multimedia Communication

Chang-sun Kim*, Sung-gon Kim*, Chang-ho Lee*, Kun-sik Byon* *Regular Members*

요 약

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex) 방식은 전통적인 단일 반송파 전송방식과는 달리 전송할 데이터를 병렬적으로 변조하여 주어진 다중전송채널에 다수의 반송파를 실어보내므로 고속의 데이터전송을 수행하고 주파수를 직교적으로 오버랩 시킴으로써 높은 스펙트럼 효율을 제공할 수 있어 LAN 및 WAN의 멀티미디어 분야에서 적용되고 있다.

본 논문에서는 컴퓨터 시뮬레이션을 통해서 변조방식에 따른 Coded-OFDM 무선통신시스템의 성능을 평가하였으며 코딩은 터보 코드를 사용하였고 변조방식으로는 M-PSK나, M-QAM사용하였다. 시뮬레이션은 다중로 지연 확산, 가우시안채널잡음, Peak Power Clipping 등이 포함된 가상의 채널환경과 실제 채널환경에서 적용되었다.

시뮬레이션 결과 3dB가량의 부호화 이득을 얻었고 Coded-OFDM 시스템에서의 변조방식으로는 M-QAM방식이 M-PSK방식보다 우수함을 확인하였다.

ABSTRACT

OFDM(orthogonal Frequency Division Multiplex) modulates transmitting data with many carriers in parallel. As a result, high-speed data transmission is carried out and high spectral efficiency is provided by overlapping orthogonal frequencies. Therefore, OFDM is applied to many communication systems.

In this paper, according to modulation methods(M-PSK and M-QAM), coded-OFDM wireless communication is simulated. Turbo code is used and two channels(virtual and real channel) are used. both channels have multipath delay spread, Gaussian noise, and peak power clipping. As a result of the simulation, coding gain is about 3dB and it is proved that M-QAM modulation is better than M-PSK. Start after striking space key 2 times.

I. 서 론

OFDM 방식은 직렬로 입력되는 데이터를 병렬로 변환하고 이들을 각각 상호 직교성을 가지는 다수의 부반송파에 변조시켜 전송하는 방식이다. 이 방식의 장점은 전송되는 심볼의 구간이 길어져서 채널의 지연에 대한 영향을 덜 받게되며 심볼간간섭을 줄일

수 있어 다중경로 페이딩에 강하다는 것이다.

본 논문에서는 OFDM 방식에 반복적 복호 기법을 사용하면 Shannon이 제시한 이론적 한계치에 근접하는 Turbo 부호를 적용한 Coded-OFDM 시스템에 M-PSK와 M-QAM과 같은 다양한 변조방식을 다양한 채널환경에 적용하여 각 변조방식에 대한 성능을 BER로 평가하였다.

서론을 제외한 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2

* 동아대학교 전자공학과 통신시스템 연구실(ksbyon@daunet.donga.ac.kr)

논문번호 : 010227-0827, 접수일자 : 2001년 8월 27일

장에서 OFDM시스템의 기본적인 개념을 설명하고 3장에서는 부호화에 사용된 터보코드에 대해 논하며 4장에서는 OFDM시스템의 시물레이션 환경에 대해 설명하였다. 그리고 5장에서는 OFDM시스템의 BER성능을 평가하고 6장에서는 결론을 맺는다.

II. OFDM시스템의 원리

1. OFDM 변조방식

OFDM의 기본적인 개념은 가용 주파수 대역을 여러개의 서브채널로 나누는 것이다. 이를 통하여 모든 서브채널을 협대역 채널로 만들어 주면 주파수 선택성 페이딩이 각각의 서브채널에서는 평탄한 페이딩을 갖게 되므로 채널 등화를 쉽게 할 수 있다는 장점을 가진다. 그림 1과 그림 2는 각각 OFDM시스템의 송·수신기 기본 블록도이다.^[4]

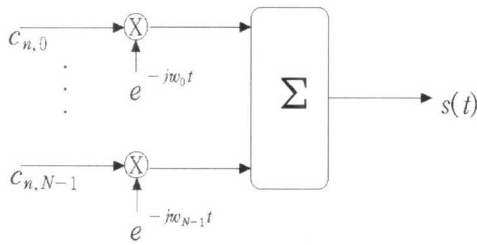


그림 1. OFDM modulator

그림 1의 송신신호는 식(1)과 같이 표현된다.

$$s(t) = \sum_{k=-\infty}^{\infty} [\sum_{k=0}^{N-1} c_{n,k} g_k(t - nT_s)]$$

$$g_k(t) = \begin{cases} e^{j2\pi f_k t} & t \in [0, T_s) \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

$$f_k = f_0 + k/T_s \quad k=0 - N-1$$

여기서 $c_{n,k}$ 는 n번째 신호간격에서 k번째 서브캐리어에 전송된 심볼, T_s 는 심볼주기, N은 OFDM시스템의 서브캐리어 수, f_k 는 k번째 서브캐리어 주파수를 나타낸다.

그림 2에서 복조된 정보는 식 (2)와 같다.

$$\widehat{c}_{n,k} = \frac{1}{T_s} \int_{nT_s}^{(n+1)T_s} s(t)g_k^*(t) dt \quad (2)$$

식(1)과 식(2)의 의미는 OFDM시스템이 수신단에서 단일 탭 등화기 사용으로 간단하게 페이딩 왜곡

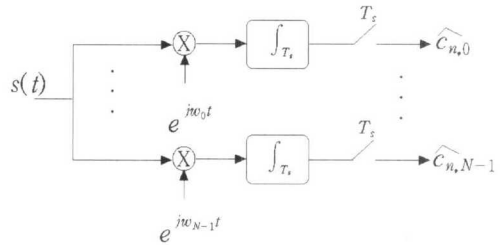


그림 2. OFDM demodulator

을 보상할 수 있으며 송·수신단에서의 변복조 과정은 각각 IDFT와 DFT를 IFFT/FFT로 구현하므로 다수의 부채널을 갖고 낮은 구현 복잡도를 갖는 고속의 OFDM시스템을 구현할 수 있다는 것이다.

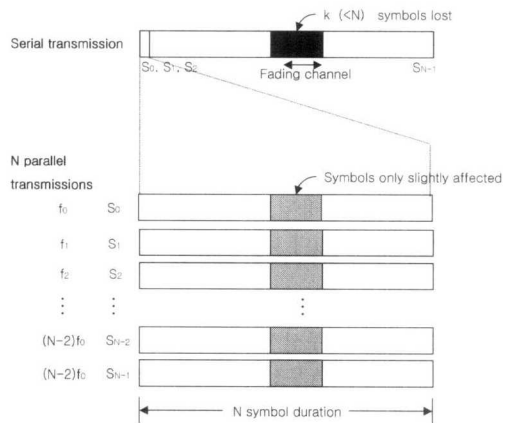


그림 3. Effect of a fading

그림 3은 N 개의 직렬 데이터를 N 개의 병렬 데이터 형태로 변환시킨 것을 나타낸다. 만일 직렬 전송에서 k 비트 구간만큼 페이딩이 발생하였다면 이를 해석하기 위해 복잡한 과정을 거치게 되지만 병렬로 데이터를 처리하면 발생된 페이딩은 긴 주기의 밑부분에 해당하므로 페이딩을 쉽게 제거할 수 있다.^[1]

2. 보호구간 및 순환확장

앞에서 설명한 단순한 형태의 OFDM시스템으로는 ISI의 영향을 완전히 제거할 수 없다. 이는 전송 채널에 의해 ISI가 발생하는 경우 부반송파 주파수 사이의 직교성이 더 이상 유지되지 않기 때문이다. 한가지 해결 방법은 사용하는 부반송파의 개수를 증가시켜서 OFDM 심볼의 길이를 늘리는 것이다. 그러나 부반송파의 개수가 너무 많으면 발진기의

위상 오차에 대한 제한이 심해지고 하나의 심볼 내에서도 채널상태가 변할 수 있다는 단점이 생긴다.

이에 대한 대안으로 그림 4에서와 같이 ISI를 흡수할 수 있는 보호구간을 심볼의 앞에 삽입하는 방법이 사용된다. 이때 보호구간에는 심볼 파형의 마지막 시간에서부터 보호구간의 길이만큼이 복사된다.

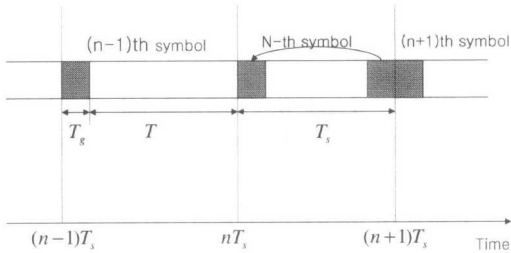


그림 4. Insertion of cyclically extend guard interval

여기서 T_s 는 OFDM 심볼 하나의 전체 길이, T_g 는 보호구간의 길이를 나타낸다. 따라서 유효 심볼 길이는 $T = T_s - T_g$ 가 된다. 보호구간의 길이를 채널의 임펄스 응답보다 길게 설정하면 ISE를 완전히 제거할 수 있다

3. SCM전송과MCM전송

IMT2000,3세대 무선시스템에서 가장 주의를 끌었던 광대역 CDMA무선의 SOFTWARE실현은 무선통신연구와 응용개발에 지대한 관심을 끌었다 그러나 CDMA의 가장 큰 단점 즉 광대역 CDMA의 성능은 심한 다중로 페이딩에 의한 MAI와 ISI에 약하다는 것이다 이에 비해 OFDM시스템은 MC전송으로 주파수 선택성 다중로 페이딩에 강하다.^[3]

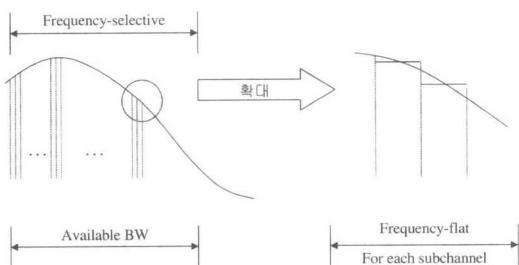


그림 5. SCM vs MCM

그림 5에서 SC전송이 대역폭내 특성이 비선형적인 반면 MC전송이 대역폭내 특성이 비선형적인 반면 MC전송은 서로 직교하는 각부반송파의 주파수

특성은 평탄함을 볼 수 있다 따라서 데이터 수신시 SC전송에서 보다 간단한 등화기를 사용하여 데이터 복원이 가능하다

III. 터보코드

그림 6은 1/3 터보 부호기를 나타내며 조직순환 콘볼루션(RSC:Recursive Systematic Convolution) 부호기가 병렬로 연결된 구조로서 N정보 비트의 프레임으로 이루어진 입력을 이용하여 패리티 심벌을 만든다.^[2]

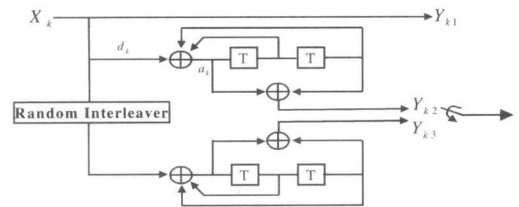


그림 6. Turbo Encoder

인터리버는 두 번째 RSC부호기의 입력에 들어가는 정보비트의 순서를 바꾸어 주는 역할을 하며, N 정보 비트의 프레임과 동일한 크기를 가진다. 따라서 터보코드의 출력은 RSC부호기의 출력뿐만 아니라 인터리버를 통해 변형된 출력으로 인한 이중의 패리티 정보를 지니게 된다 이러한 인터리버의 사용으로 연집에러에 대한 여러 정정 능력을 높일 수 있다.

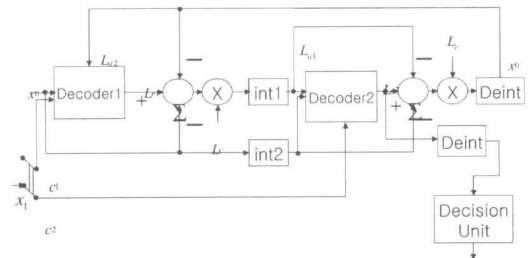


그림 7. 1/3 Turbo Decoder

그림 7은 터보코드 복호기를 나타낸다. Decoder1에서는 데이터 비트에 대한 새로운 사전 정보값을 발생시키며 이 값은 인터리버를 통해 Decoder2의 입력으로 사용된다 또한 Decoder2는 Decoder1에 의해 발생된 부가정보와 패리티 비트 데이터가 채널을 통한 성분을 받아들여 복호화하며 새로운 정

보 값을 발생시킨다 이렇게 발생된 정보는 디인터리버를 통과한 다음 반복 복호시 Decoder1의 사전 정보가 된다.

IV. 시뮬레이션 환경

본 논문에서는 가상의 채널환경과 실제와 유사한 채널 환경에서 시뮬레이션을 하였다.

그림 8은 모델링 된 채널환경에서의 COFDM시스템 블록도 이며 여기서 다중경로는 2개이고 지연 시간은 30bit이다.

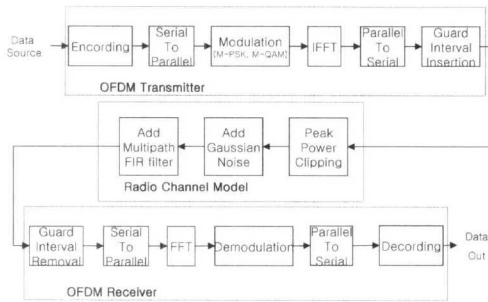


그림 8. COFDM Simulation Block Diagram 1

그림 8은 직렬로 들어오는 정보신호는 S/P변환기를 통해 병렬신호로 바뀌어지며 변조방식에 따라 변조되어진다. 이 변조된 신호는 IFFT를 거쳐 OFDM 신호로 변환된다. 이 신호에 guard 주기가 각 심볼의 시작부에 추가되면 최종 송신신호가 된다. 송신신호는 전력제어를 위해 Peak Power Clipping 되어지고 여기에 AWGN과 Multipath 환경이 첨가된다. 복조는 변조의 역순으로 수행된다.

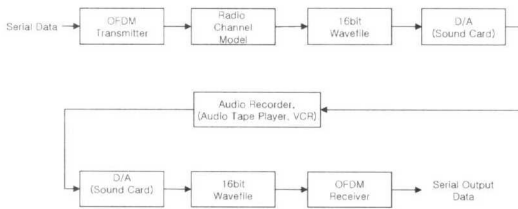


그림 9. COFDM Simulation Block Diagram 2

그림 9는 실제 환경과 유사한 채널 환경에서의 COFDM시스템을 통과하여 16비트 wave file로 변환된 후 사운드카드를 통해 스피커로 출력된다. 이 신호는 다시 마이크를 통해 COFDM 수신부로 입력되어 복조 되어진다.

표1은 시뮬레이션을 위한 파라미터를 나타내며

표 1. OFDM 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
Modulation	MDPSK, MQAM
coding	Turbo code
FFT size	2048
Number of carrier	800
Guard Time	512 samples (25%)
Guard Period Type	cyclic extension

FFT size는 시뮬레이션 결과 1024보다 2048이 더 우수하였다.

그림10은 채널 통과 후 수신단에서 FFT된 정보 신호의 64-QAM 정상도이며 그림 11은 위상과 진폭을 보정하기 위한 간단한 시스템을 통과후의 정보신호를 나타내는 64-QAM 정상도를 나타낸다.

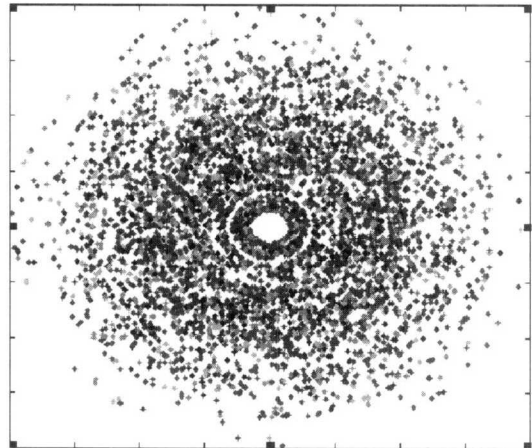


그림 10. 64-QAM Constellation after FFT in Receiver.

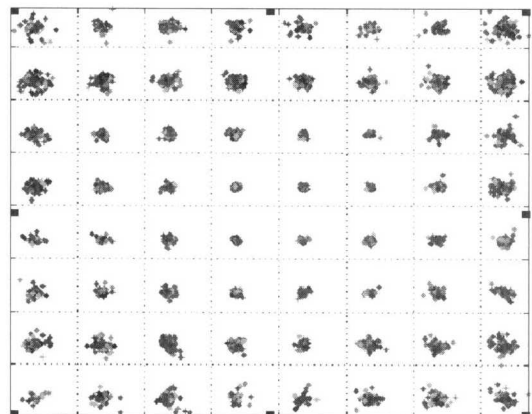


그림 11. 64-QAM Constellation after Demodulation

V. 성능평가

본 논문에서 시뮬레이션은 그림 8에서 제시한 모델링된 채널과 그림 9에서 제시한 실제 환경과 유사한 조건으로 수행하였으며, 시뮬레이션 결과 비슷한 결과를 얻을 수 있었다. 따라서 이 장에서는 그림 8의 시뮬레이션 결과만으로 평가한다.

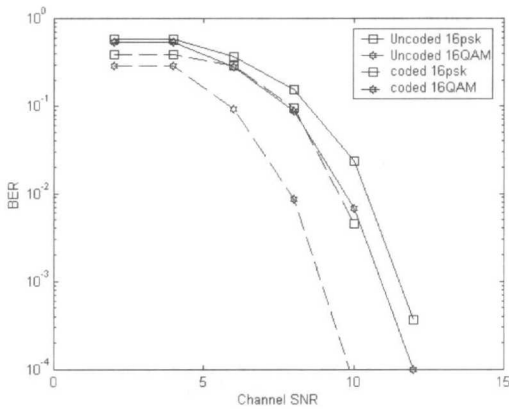


그림 12. BER comparison coded OFDM with uncoded COFDM

그림 12는 부호화되지 않은 OFDM시스템과 부호화된 OFDM의 SNR에 대한 BER을 보이고 있으며 부호화가 되면 평균적으로 3dB의 이득을 얻을 수 있음을 알 수 있다.

그림 13은 다중로에 따른 BER을 나타낸다. 반사 신호는 직접 신호보다 3dB 약하게 설정하였다. 그 결과 16-QAM과 16-PSK가 비슷한 결과이나 16-QAM쪽이 우수함을 볼 수 있다.

그림 14는 Peak power Clipping의 효과를 보여

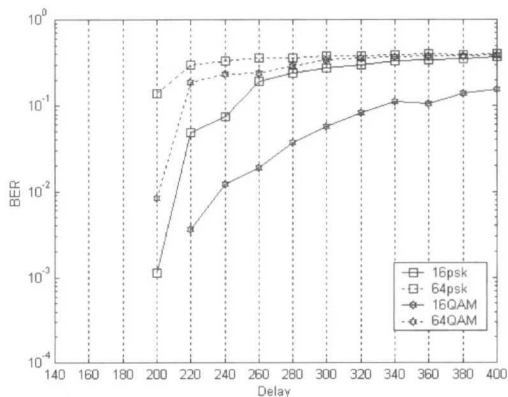


그림 13. Delay Spread tolerance of COFDM

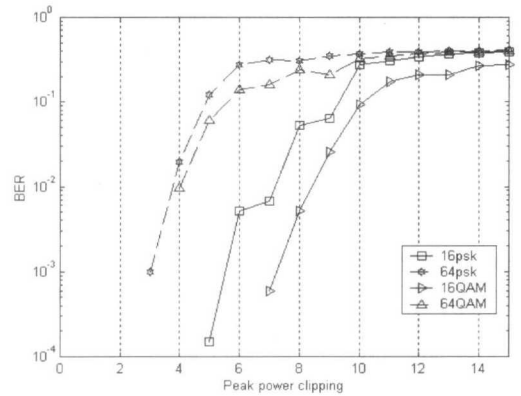


그림 14. Effect of peak power clipping of COFDM

준다. 10^{-3} 의 BER을 얻기 위해 16-PSK는 약 6dB 까지 clipped 될 수 있고 16-QAM은 약 5dB까지 clipped 될 수 있음을 보인다. 따라서 16-QAM이 더 우수함을 알 수 있다. 이 의미는 신호의 보낼 때 사용된 전력 증폭기에 의해 생긴 왜곡에 크게 저항한다는 뜻이다.

그림 15는 SNR의 변화에 따른 BER을 보인다. 그림에서 알 수 있듯이 16-QAM이 가장 우수하다.

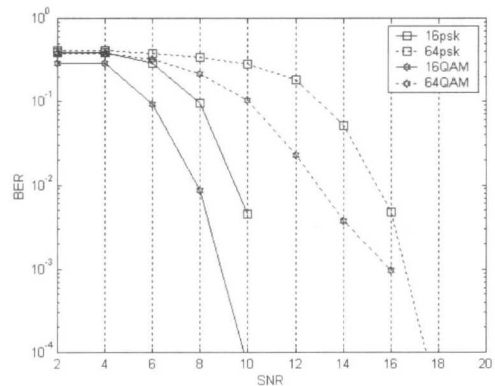


그림 15. BER verse SNR for COFDM

그림 16은 수신 BER에 대한 시작시간 error 효과를 보인다. 이 그림에서 에러가 발생하는 시작점은 약 128 샘플부터로 이 또한 순환 확장 구간과 정합함을 보인다. 즉 순호나 확장 구간 512 샘플중 256 샘플은 Null 값이고 나머지 256 샘플은 순환 확장이다. 실제 시스템에서 타이밍에러는 빨리 발생하거나 늦게 일어날 수 있다. 즉 수신기는 ± 128 샘플의 에러를 허용하기 위해 기대한 시작시간의 중간에 맞춘다. 그밖에, 만약 신호가 다중로 지연 확산에 지배되면, 이는 보호구간의 유효 안정시간을 줄

일 것이다. 즉 시작시간 에러 왜곡을 줄인다.

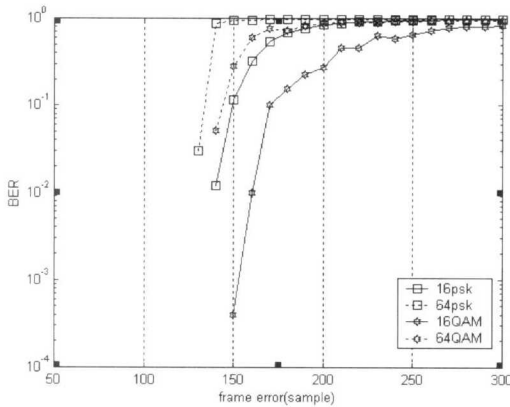


그림 16. Effect of frame synchronization error on the received COFDM signal

VI. 결론

본 논문에서는 OFDM 시스템에 대하여 부호화에 따른 이득 확인 및 효율적인 변조방식(M-PSK, M-QAM)을 제안하기 위해 컴퓨터로 시뮬레이션하였다.

시뮬레이션 결과, 부호화 측면에서는 OFDM 시스템에 터보코드로 부호화했을 때 3dB 가량의 부호화 이득을 얻을 수 있었다. 그리고 변조 방식에 따른 결과는 수신기 구조와 알고리즘의 복잡성 면에서는 M-PSK 변조방식이 M-QAM 변조방식에 비해 간단하다는 장점을 가지고 있으나 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 성능면에 대하여 M-QAM이 M-PSK보다는 우수하다는 것을 확인하였다.

앞으로는 본 연구를 바탕으로 기존의 CDMA 방식과의 용량분석에 대한 연구와 FDMA, TDMA, CDMA와 결합한 OFDM의 다중접속에 대한 연구를 계속해 나갈 계획이다.

참고 문헌

- [1] Swlaes, M. Beach, "Third Generation Wireless Networks", *University of Bristol*, April 1994.
- [2] Branka vucetic, "Turbo Codes principles and applications", *Kluwer Academic publishers*, May 2000.
- [3] C. Kikkert, "Digital Communication Systems and their Modulation Techniques", *James Cook University*, October 1995.
- [4] Ahmad R. s. Bahai, Burton R. Saltzberg

"Multi-carrier Digital Communications", *KA/PP*, 1999

김 창 선(Chang-sun Kim)

준회원

2000년 2월 : 동아대학교 전자공학과 졸업

2002년 2월 : 동아대학교 대학원 전자공학과 석사

<주관심 분야> OFDM, CDMA, 통신시스템

김 성 곤(Sung-gon Kim)

정회원



1997년 2월 : 동아대학교

전자공학과 졸업

1999년 2월 : 동아대학교 대학원

전자공학과 석사

2000년 3월~현재 : 동아대학교

전자공학과 박사과정

1999년 3월~현재 : 동아대학교

정보기술연구소 특별연구원

<주관심 분야> xDSL, CDMA, 통신시스템

이 창 호(Chang-ho Lee)

정회원



1993년 2월 : 동아대학교

전자공학과 졸업

1995년 2월 : 포항공대 대학원

정보통신학과 석사

2000년 2월 : 동아대학교

전자공학과 박사수료

1998년 3월~현재 : 동아대학교

정보기술연구소 특별연구원

2001년 3월~현재 : 부산방송 방송통신 기술연구소
위촉연구원

<주관심 분야> Navigation, DSRC, 통신시스템

변 건 식(Kun-sik Byon)

종신회원



1972년 2월 : 한국항공대학교

항공전자공학과 졸업

1980년 2월 : 동아대학교 대학원

전자공학과 석사

1987년 2월 : 영남대학교 대학원

전자공학과 박사

1977년 3월~1980년 2월 : 동의

공업대학 전자공학과 조교수

1989년 9월~1990년 8월 : 국립요코하마대학교

정보통신공학과 객원교수

1980년 2년~현재 : 동아대학교 전자공학과 교수

<주관심 분야> 무선통신, CDMA, 통신시스템