데이터 신뢰성 향상과 PAPR 감소를 위한 매핑된 Mc-OFDM 협력 통신 시스템

A Mapped Mc-OFDM Cooperative Communications System to Reduce PAPR and Improve Data Reliability

황 윤 경 · 공 형 윤

Yun-Kyeong Hwang · Hyung-Yun Kong

요 약

Mc-OFDM(Multi code-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 기술은 스펙트럼 효율이 높은 다중 반송파 전송 방식으로써 고속의 데이터를 전송하기 위한 변복조 기술이다. 하지만, Mc-OFDM 시스템에서 발생하는 PAPR(Peak to Average Power Ratio)은 시스템의 동작을 비선형적으로 변형시키고, 이는 데이터의 수신율의 저하를 초래한다. 따라서 본 논문에서는 (N+1)PSK 매핑 방법을 사용하여 PAPR을 '0'으로 감소시키는 방안을 제시하고, 시스템의 성능을 비교한다. 한편, 다중 경로 페이딩 채널에서는 각각의 서브 채널이 받는 페이딩 레벨이 다르고, 그중 몇몇 신호는 심한 페이딩 현상으로 인해 완전히 손상될 수 있다. 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 본 논문에서는 공간 다이버시티의 획득을 통해 손실되는 서브 채널수를 줄임으로써 전체 시스템의 신뢰성을 향상시키는 협력 통신을 제안한다.

Abstract

Mc-OFDM(Multi code-Orthogonal Frequency Division Multiplexing) modulation has been developed for high-speed data transmission over wireless channels. However, this system suffers critical problem from relatively high PAPR(Peak to Average Power Ratio). To reduce PAPR, we suggest a new technique, called Mapping using (N+1)PSK and demonstrate the performance of mapped Mc-OFDM system. On the other side, in OFDM system, each sub-carrier experiences different fading, thus some sub-carriers may be completely lost because of deep fade. To solve a above mention problem, we propose cooperative communications that improve the reliability of sub-carriers through spatial diversity.

Key words : Mapping, Mc-OFDM, Cooperative Communication, PAPR, Spatial Diversity

Ⅰ. 서 론

차세대 통신 시스템은 장소와 시간의 제약에 상관없이 HD 방송과 같은 고화질 동영상 서비스와 지능형 무선 통신 서비스, 위성을 이용한 방송 등 고품질의 다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 것이다[1]. IMT-2000(CDMA2000 1xEV-DO)의 상용화 이후, 최고 2 Mbps로 데이터와 동영상을 주고받을 수 있는 고속의 서비스가 가능해졌으나, 차세대 통신 기술에서는 정지 또는 보행 중일 때 IMT-2000 속도의 500배인 1 Gbps, 차량으로 이동 중일 때는 IMT-2000의 384 kbps보다 260배 빠른 100 Mbps를 목표로 하고 있다[2]. 최근 연구 개발되고 있는 고속 전송 변·복조 기술에서 Mc-OFDM(Multi code-Orthogonal Fre-

「이 논문은 2007년도 정부(과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20400-0).」

울산대학교 전기전자정보시스템공학과(School of Electrical Engineering, University of Ulsan)

· 논 문 번 호 : 20070829-091

· 수정완료일자 : 2007년 10월 17일

quency Division Multiplexing)은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)과 Mc-SS(Multi code-Spread Spectrum)의 장점을 취한 시스템으로 차세대 통신 시스템에서 요구하는 '고속 전송'의 요건을 충족할 뿐만 아니라 병렬 전송 방식으로 심벌의 주기가 증가되어 지연 확산(delay spread)에 대한 시스템의 민감성을 줄여준다[3]~[6]. Mc-SS 시스템은 다수의 직교 부호를 사용하여 데이터를 구분하고, 데이터 전송 시, 직렬처리 대신 병렬로 처리하여 동시에 전송되는 데이터의 용량을 높이고, OFDM은 다중 반송파 변조의 특별한 형태로 변조 신호의 스펙트럼을 서로 중첩시킴으로써 가용 주파수 대역의 사용 효율성을 향상시킨다. 또한, OFDM 시스템은 협대역의 서브 채널 사이에 CP(Cyclic Prefix)를 함께 삽입하여 전송함으로써 ISI(Inter Symbol Interference)에 강한 특징을 가지고 있다[2].

고속 전송을 위한 기술 개발에 앞서 고려되어야 할 사항이 있다. 시스템의 안정적인 동작을 위한 저전력 동작과 단말기의 크기가 점점 줄어들고 많은 기능이 탑재되는 경향 때문에 낮은 가격과 복잡성 감소의 문제, 넓은 서비스 거리 문제 등이 그에 해당하는데, 이러한 시스템 내·외적인 문제를 해결해야만 설계한 시스템의 성능을 최적으로 이끌어낼 수 있다. 그 중 고속 전송 시에 발생하는 높은 PAPR (Peak to Averagy Power Ratio) 은 성능을 저하시키는데 큰 영향을 미치는 요소이므로 반드시 해결되어야 한다. Mc-OFDM 시스템은 독립적으로 변조된 다수의 부호열과 부반송파로 구성되기 때문에 이들이 동일한 위상에서 더해질 때 PAPR이 발생되며, 전송속도 향상을 위해 직교 부호와 반송파 수를 증가시키면 PAPR도 따라서 높아지게 된다. OFDM 시스템의 PAPR을 줄이기 위한 방법으로는 부호화를 통한 방법, 전송 신호의 진폭 제한 등 여러 가지 방법들이 제안되었지만, Mc-SS 방식에서는 관련 연구가 미비한 실정이다. 따라서 본 논문에서는 (M+1)PSK(Phase Shift Keying)를 사용한 매핑(mapping) 방식을 제안하여 다중 부호열의 합산으로 인해 발생하는 PAPR 문제를 해결한다.

한편, 다중 경로 페이딩 채널에서 OFDM의 부반송파는 독립적으로 손상되고, 그 중 페이딩 정도가 심한 경우, 부반송파의 신호 전체를 잃게 된다. 따라서 전처리 오류 정정 부호가 필수적으로 요구되며, 그 전에 부반송파의 유실(遺失)을 최소화하여 오류 정정 한계를 넘지 않도록 해야 한다. 또, PDA, 휴대폰과 같이 축전지 기반의 무선기기는 제한된 전력의 효율적 사용이 요구되는데, 협력 통신 방식을 이용한 공간 다이버시티의 획득은 부반송파의 신뢰성을 보장하여 전체 시스템의 BER(Bit Error Rate)을 감소시키고, 결국 소비 전력이 절감하도록 돕는다[7]~[9]. 이러한 이유로 제안한 변복조 시스템을 협력 통신 방식에 적용하여 전력 절약의 시너지 효과를 기대할 수 있다.

본 논문은 다음과 같은 순서에 따라 구성되었다. 2장에서는 고속 전송을 위해 제안된 Mc-OFDM 시스템을 소개하고, 기존 시스템의 PAPR 문제를 해결하기 위한 (M+1)PSK 매핑 방식과 동작 원리를 설명한다. 3장에서는 시스템의 신뢰성 향상과 전력 소비량 감소를 위해 제안된 협력 통신에 관하여 소개하고 그 특징을 살펴본다. 4장에서 컴퓨터 시뮬레이션을 이용하여 제안 시스템의 성능을 비교·분석하고, 5장에서 결론을 맺으며 논문을 정리한다.

Ⅱ. 제안한 변·복조 시스템

고속 전송을 가능하게 하는 Mc-OFDM 시스템은 다수의 부반송파를 사용하여 데이터 그룹을 구분하고, 그룹 내부의 데이터를 구분하기 위해 직교 부호를 사용한다. 예를 들어 한 셀 내에서 64×64 직교 부호를 사용할 경우에, Mc-SS 시스템은 한 사용자에게 여러 개의 부호를 할당하여 높은 전송률을 지원하지만, 셀 당 서비스를 받을 수 있는 사용자의 수가 줄어들게 된다. 하지만 Mc-OFDM은 부반송파를 사용하여 데이터 그룹이 분류되므로 각각의 그룹에서 직교 부호의 재사용을 허락하여 기존의 다중 부호 대역 확산 시스템보다 많은 데이터를 전송한다. 그림 1은 Mc-OFDM 시스템의 송신 블록 다이어그램으로 신호의 처리과정을 보여준다. NRZ로 포맷된 직렬의 입력 데이터 열은 ND 직·병렬 전환기를 통해 병렬열로 재정렬된다. 여기서 N은 총 길이가 L인 직교 부호의 수이고, D는 부반송파의 개수이다. 병렬로 재배열된 데이터는 직교 부호의 행과 순서대로 일대일 대응하여 확산된다. 확산 후의 데이터 열은 합산 과정을 통해 칩 단위로 더해진다. 송신기에서 직교

부호 변조 블록을 통과한 신호는 식 (1)과 같이 표현된다.

$$s_1(t)=\sum_{i=1}^{N} a_{i,d}[OC_i p(t-nT_C)] \quad (1)$$

- n=1, 2, ···, L : 직교 부호의 길이
- i=1, 2, ···, N : 직교 부호의 개수
- d=1, 2, ···, D : 데이터 그룹의 개수
- $a_{i,d}$: d번째 그룹의 i번째 데이터
- OC_i : i번째 직교 부호
- T_C : 직교 부호의 칩 구간
- T_b : 입력 데이터의 구간
- $T=NDT_b$: 데이터 블록의 전체 구간
- $p(t-T)$: 구간이 T인 단위 사각 펄스

$$p(t-T)=\begin{cases}1, & 0<t<T\\ 0, & elsewhere\end{cases} \quad (2)$$

다음으로, 식 (1)의 신호는 매핑 과정을 진행하여야 하는데, 진행에 앞서 동작 원리를 간단히 설명한다. 예를 들어 $L\times N$이 4×4인 직교 부호를 사용한 경우, 각각의 칩은 $-4d$, $-2d$, $0d$, $2d$ 혹은 $4d$의 값을 가지게 되는데, '0' 데이터가 연속해서 입력되는 경우, '$4d$'가 출력되고 이는 평균 전력 대 최대 전력의 변화량을 증가시켜 PAPR이 증폭되는 결과를 초래한다. 하지만 (M+1)PSK를 사용한 매핑 기법에서는 칩이 가진 신호의 크기에 따라 I, Q 채널의 위상으로 대응시키고 전송 전력을 임계값에 고정함으로써 평균 전력, 최대 전력과 함께 PAPR을 감소시켜 준다. 표 1에서는 4×4 직교 부호와 8×8 직교 부호를 사용한 시스템에서 매핑되는 신호의 성상도 위상 크기를 정리하였으며, 각 신호의 성상은 Euclidean distance가 최대로 되도록 구성하였다. 또한, 본 논문에서는 신호의 전송 전력 크기를 '$1d$'로 고정하였다(d=Euclidean distance).

위와 같이 성상도를 바꾸어 주는 것은 I채널과 Q채널이 직교하는 것에 기반하며, 수신 데이터를 역매핑(demapping)하는 과정에서는 초기에 설정된 문턱(threshold) 값을 기준으로 판별한다.

매핑 단을 통과한 신호는 식 (3)과 같이 표현된다.

$$s_2(t)=e^{\frac{j\pi s_1(t)}{N+1}} \quad (3)$$

표 1. 신호크기와 위상의 매핑 테이블
Table 1. The mapping table of signal level and phase.

4×4 OC	Value	−4d	−2d	0d	2d	4d
	Phase	−144	−72	0	72	144

8×8 OC	Value	−8d	−6d	−4d	−2d	0d	2d	4d	6d	8d
	Phase	−160	−120	−80	−40	0	40	80	120	160

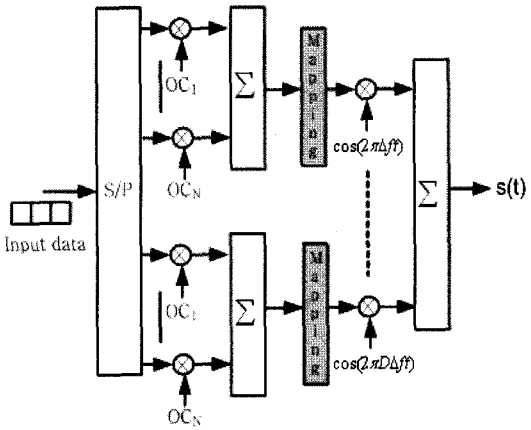

그림 1. Mapped Mc-OFDM 송신기
Fig. 1. The transmitter of mapped Mc-OFDM.

매핑 과정을 통과한 신호는 각각 D개의 부반송파에 의해서 다시 곱해지고 합산기를 통과한 최종 신호는 식 (4)와 같이 표현될 수 있다.

$$s(t)=\sum_{d=1}^{D} s_{2,d}(t)\cdot\cos(2\pi d\Delta ft) \quad (4)$$

$s_{2,d}(t)$: d번째 그룹에서 매핑 과정을 거친 신호
Δf : 인접한 두 부반송파 사이의 주파수 간격

부반송파의 직교성을 보장하기 위해 Δf는 반드시 칩 율인 R_c의 정수배가 되어야 하며, 본 논문에서는 $\Delta f=1/T_c$로 정하였다. 그림 2에서는 각각의 가지에 할당된 구간과 직교 부호의 칩 구간 사이의 관계를 설명하고 있으며, 식 (5)와 같다.

$$T_c=\frac{NDT_b}{L} \text{ or } r_b=\frac{ND}{LT_c} \quad (5)$$

$r_b=1/T_b$: 데이터 율

이렇게 확산된 부호의 확산 이득은 기존의 시스템과 동일하고 같은 대역폭을 사용하는 것을 알 수 있다. 또한, 매핑을 통해 개선된 시스템의 PAPR은

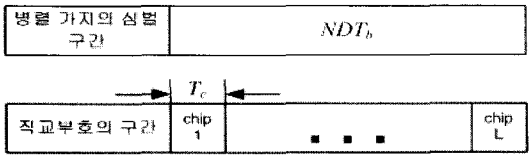

그림 2. 신호 구간의 상관 관계
Fig. 2. The correlation of signal duration.

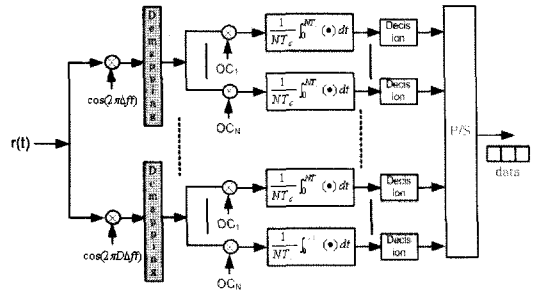

그림 3. Mapped Mc-OFDM 수신기
Fig. 3. The receiver of mapped Mc-OFDM.

식 (6)과 같이 계한하여 얻는다.

$$PAPR_{4\times4}[\text{dB}] = 10\log_{10}\frac{P_{peak}}{P_{avg}} = 10\log_{10}\frac{d^2}{d^2} = 0[\text{dB}] \quad (6)$$

직교 부호의 개수가 다른 경우에도 식 (6)을 사용하여 PAPR을 계산해 보면 매핑 방법을 통한 시스템에서 아주 큰 개선이 있음을 알 수 있다. 먼저 평균 전력 측면에서는 (M+1)PSK 매핑을 통해 모든 평균 전력은 d^2이 되고, 데시벨로 표시한 PAPR은 0 dB로 나타난다.

그림 3에서는 제안한 시스템의 수신단의 블록 다이어그램을 나타내고 있으며, 송신기와 반대의 과정을 통해 수신된 신호를 복조한다.

먼저 다수의 반송파는 각각의 부반송파에 의해 복조된 후 식 (7)과 같은 기저대역 신호를 얻는다.

$$r_d = \sum_{n=1}^{N} a_{i,d}(k)[OC_i p(t-nT_c-kT)]a_{d,n} \quad (7)$$

n=1, 2, ···, L : 직교 부호의 길이

$a_{d,n}$: d번째 가지의 n번째 데이터 심벌이 획득한 채널 이득

$a_{i,d}(k)$: d그룹의 i번째 가지의 데이터

(k=0, 1, ···, ∞)

복조 후 신호는 n번째 직교 부호에 의해서 역확산되고, 검파기를 통해 원래의 신호 $a_{i,d}(k)$를 복구한다.

$$a'_{n,d} = sign\left(\frac{1}{NT_c}\int_0^{NT_c}[OC_i p(t-nT_c)]dt\right)a_{d,n} \quad (8)$$

n=1, 2, ···, L : 직교 부호의 길이

i=1, 2, ···, N : 직교 부호의 개수

$sign$: 시그넘 함수

식 (8)을 통해 복구된 $a'_{n,d}$는 병·직렬 변환기를 통과하여 원래의 데이터 열을 되찾는다.

Ⅲ. 협력 통신 방식

위에서 설명된 변·복조 시스템은 한 셀 내에서 효율적인 직교 부호의 사용을 통해 많은 사용자에게 서비스를 가능하게 하고 매핑 방법을 이용하여 연속적인 동일 데이터가 전송될 때 발생하는 PAPR을 획기적으로 감소시켰다. 하지만 다중 경로 채널에서 오는 페이딩으로 인한 부반송파 손실의 문제는 여전히 해결되지 않았다.

채널 상황에 따라서 OFDM의 서브 채널이 받는 페이딩의 정도가 다르고, 그 중 몇몇의 채널들은 심한 페이딩으로 인해 완전히 손상되어 복구할 수 없게 된다. 이러한 경우, 동일한 신호의 복사를 통해 다이버시티 효과를 획득하여 서브 채널의 신뢰성을 높이기 위한 기술이 요구된다. 현재 무선 통신 환경에서 페이딩 현상을 극복하기 위하여 송·수신기에 여러 개의 다중 안테나를 설치하여 다중 접속 이득과 같은 공간 다이버시티 효과를 획득하는 기술이 연구되고 있다[7]. 하지만 무선 네트워크 장비에 다수의 안테나를 설치할 경우, 시스템의 전체 복잡도와 가격이 증가하게 되며, 늘어난 안테나의 수만큼 전송 에너지가 증가하게 되어 기기의 수명을 단축시키게 된다. 더욱이 모바일 기기와 같이 크기, 전력, 비용 등 많은 제약점을 가졌을 때, 다중 안테나를 설치하는 것은 에너지 효율적 측면에서 큰 문제점을 발생시킨다[8]. 따라서 다중 안테나 대신 단일 안테나로 공간 다이

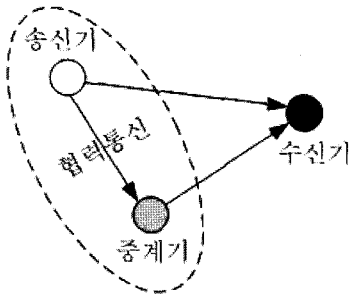

그림 4. 협력 통신 프로토콜
Fig. 4. The cooperative communication protocol.

버시티를 획득해 Mc-OFDM 시스템의 전력 효율성과 함께 정보의 신뢰성을 향상시키는 협력 통신 방식을 제안한다. 기존의 협력 전송 방식의 경우, 단일의 송신기, 중계기, 수신기가 프로토콜을 구성하고, 송신기, 중계기가 각각의 독립적인 경로를 통해 데이터를 전송한다. 그림 4에서 협력 통신 프로토콜의 기본 구성을 나타내고 있다.

협력 통신은 송신기와 수신기, 그리고 송신기에 인접한 중계기로 구성된다. 동작 원리를 보면, 송신기는 자신의 데이터를 수신기와 중계기로 전송한 다음, 중계기는 송신기로부터 수신한 신호를 수신기로 재전송한다. 수신기는 송신기에서 직접 전송되는 신호와 중계기에 의해 재전송된 신호를 결합하여 원래의 신호를 검파하며, 이때 두 신호의 결합을 위해 주로 MRC(Maximal Ratio Combining) 기법이 사용된다. 협력 통신이 획득하는 공간 다이버시티는 원 신호의 복사를 통해 두 경로중 하나의 경로를 거친 신호가 심한 페이딩 현상으로 인해 손상되더라도 다른 경로를 거친 신호를 제공해 주기 때문에 보다 정확한 데이터를 검파하도록 한다. 2장에서 설명된 Mc-OFDM 시스템에서 서브 채널을 사용하고, 채널 환경에서 다중 경로 페이딩과 같이 심각한 페이딩 현상이 예상될 때, 협력 통신 방식을 사용하여 획득되는 공간 다이버시티 이득으로 문제를 극복할 수 있다는 것이다.

협력 통신에서 데이터를 전송할 경우, 단일 소스 노드만 동작하는 직접 전송(DT: Direct Transmission) 방식에 비해 협력 전송 방식은 소스 노드 및 중계 노드가 동작하기 때문에 더 많은 전력을 사용할 것이라 예상할 수도 있다. 하지만 두 송신기(송신기와 중계기)의 전체 전력은 기존의 DT에서 단일 송신기가 사용하는 전력과 동일하다는 것을 가정하고, 목적지에서는 다이버시티 이득을 얻게 된다. 따라서 기존의 직접 전송 방식과 전력 대 오류 확률을 비교해 봤을 경우, 협력 통신 방식은 동일한 전송 전력을 가지고 현저히 낮은 오류 확률을 획득하기 때문에 결과적으로 더 많은 전력을 절약하게 된다. 협력 통신 시스템은 사용하는 중계기의 수에 따라 동일 신호 복사 수가 증가하여 다이버시티 계수를 변화시킬 수 있으며, 이에 따라 더 높은 신뢰성을 제공할 수 있다.

Ⅳ. 모의실험 결과 및 토의

모바일 기기들은 서로 떨어져 위치하기 때문에 송신 노드와 수신 노드 사이의 채널을 독립적이라고 가정한다. 본 논문에서는 AWGN(Additive White Gaussian Noise) 채널만 고려하였을 경우와 AWGN 채널과 주파수 플랫 레일리 페이딩(frequency-flat Rayleigh fading) 채널 환경이 더해졌을 경우를 고려하였다. 또한, 페이딩 채널을 고려한 경우, 각 직교 부호 심벌의 구간 동안은 동일한 채널 값이 적용된다고 가정하였다. 입력되는 데이터 크기에 따라서 사용되는 직교 부호의 수와 길이가 결정되며, 본 논문에서는 직교 부호의 크기($N \times L$)가 각각 4×4, 8×8인 경우를 비교하였다. 서브 채널이 곱해지는 브리지는 모두 4개로 정하였다. 협력 통신을 적용한 시스템의 성능을 비교한 경우, $\alpha_{d,n}$는 레일리 분산을 가진 송·수신기 사이의 채널 상수를 정의하고, 임의의 데이터 심벌 구간 동안에 동일한 $\alpha_{d,n}$이 적용된다고 가정한다.

표 2는 Mc-OFDM 시스템과 그에 매핑을 적용한 결과를 비교하였다. 표에서 보듯이 평균 전력은 물론 PAPR이 획기적으로 감소되는 것을 알 수 있다.

표 2. 매핑에 의한 평균 전력과 PAPR의 결과
Table 2. The results of average ppower and PAPR by mapping.

	Before mapping		After mapping	
	P_{avg}	PAPR(dB)	P_{avg}	PAPR(dB)
4×4	$8d^2$	3	d^2	0
8×8	$26.67d^2$	3.8	d^2	0

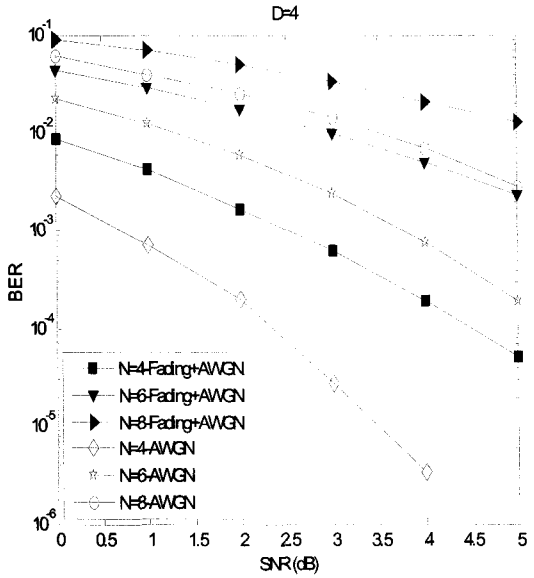

그림 5. 채널 환경 변화에 따른 Mc-OFDM 시스템의 BER 성능 곡선

Fig. 5. BER performance of the Mc-OFDM system according to channel environments.

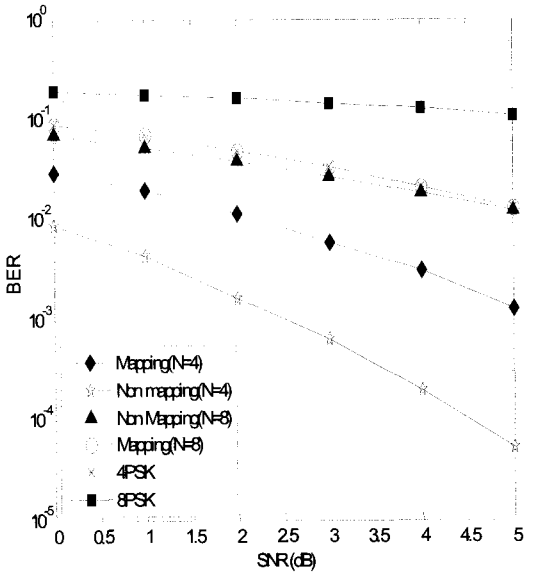

그림 6. Mapped Mc-OFDM 시스템의 BER 성능 곡선

Fig. 6. BER performance of the Mapped Mc-OFDM system.

그림 5에서는 채널 환경을 다르게 하였을 경우의 시스템의 성능을 비교해 보았다. N값에 따라 성능의 차이가 있지만, AWGN 채널만 고려한 경우보다 AWGN과 페이딩 환경을 함께 고려한 경우에 성능이 10^{-3}에서 2 dB 이상 나빠지는 것을 확인할 수 있었다.

그림 6에서는 Mc-OFDM 시스템과 매핑 방식을 사용한 경우의 시스템 성능을 비교해 보았다. N=4, 8인 경우의 제안한 시스템과 4PSK, 8PSK 변조 기술의 BER 성능을 비교하였다. NPSK(N=4, 8) 변조 방식의 성능이 가장 저조하였으며, 매핑한 Mc-OFDM 시스템의 경우, Mc-OFDM 시스템과 비교했을 때 0.2 ~2 (dB) 만큼의 성능 저하를 확인할 수 있다. 이는 매핑을 사용할 때 발생한 줄어든 euclidean distance 로 인한 것으로 사료된다.

표 2를 이용하여 그림 6의 평균 전력과 PAPR에 관한 성능을 비교해 보았다. N=4인 경우, BER 곡선에서 최대로 2 dB 정도 차이가 나는 것으로 확인이 된다. 이는 제안 시스템의 전력을 1.585배 증가시킴으로 BER 곡선이 역전될 수 있으나, 기존의 Mc-OFDM 시스템으로부터 매핑된 시스템이 얻을 수 있는 전력 이득은 작게는 8배에서 크게는 26.67배까지 얻을 수

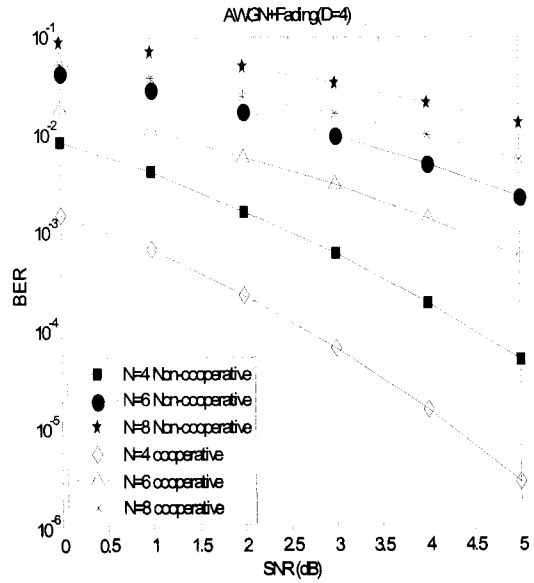

그림 7. 통신 방식에 따른 Mc-OFDM 시스템의 BER 성능 곡선

Fig. 7. BER performance of the Mc-OFDM system according to communication method.

있다. 즉, 제안한 시스템에서는 N값이 변하더라도 항상 PAPR을 '0'으로 유지하기 때문에 전력 이득과 함께 시스템 안정도 면에서 많은 이점을 가지게 된

다는 것이다.

그림 7에서는 AWGN 채널 환경에 페이딩 현상이 더해진 경우, 협력 통신 방식을 사용하여 성능을 극복하는 것을 증명해 보았다. N값을 변화시키면서, 직접 통신 방식과 협력 통신 방식을 사용하여 실험하였다. 그림 5와 비교하면, 페이딩 환경이 고려됐음에도 불구하고, 협력 통신을 적용한 경우 제안된 시스템의 BER 곡선이 AWGN 채널에서의 성능과 거의 일치하는 것을 알 수 있다. 또한, 본 실험에서 비교한 직접 통신 방식과 협력 통신 방식이 공정한 비교 기준 하에 실험하기 위하여 전체 송신 전력은 동일하다고 가정한다.

$$P_T/2 = P_S = P_R \tag{9}$$

여기서 P_T 직접 통신 방식의 송신 전력이고, P_S와 P_R은 각각 협력 통신에서 사용한 송신기와 중계기에서 사용한 송신 전력이다. 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 협력 통신 방식을 사용한 경우, 동일한 전력을 사용하여 10^{-3}에서 약 2 dB 이상의 성능이 향상된 것을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 차세대 무선 통신 네트워크에서 요구하는 고속의 데이터 전송을 위한 시스템을 제안하였다. 고속의 데이터 전송을 위해 다중 부호 대역 확산 시스템과, OFDM을 사용하여 직교성을 가진 데이터 그룹의 전송을 가능하게 한다. 데이터 그룹 안에서 각각의 데이터는 직교 부호를 사용하여 구분하고, 여러 개의 데이터 그룹은 직교성을 내포한 협대역의 반송파로 구분한다. 또한, 다중 부호의 합산 과정에서 발생하는 높은 PAPR 문제점을 해결하기 위해 N+1개의 위상으로 데이터를 변조하는 (N+1) PSK 방식을 제안한다. 데이터 율을 향상하기 위하여 직교 부호의 수를 더 많이 할당할수록 PAPR 값이 증가하지만, 제안한 시스템에서는 항상 '0' 값을 유지하기 때문에 시스템의 안정도를 향상시킬 수 있다. 데이터 그룹을 구분하기 위해 사용된 OFDM 기술은 주파수 선택적 페이딩에 강한 특성을 가지고 있지만, 다중 경로 등의 페이딩에 몇몇의 서브 채널은 심한 손상을 받게 된다. 이를 극복하기 위해 송·수신기 간의 직접 통신 대신, 중계기를 거쳐 통신하는 협력 통신 방식을 적용하였다. 본 논문에서는 하나의 중계기를 사용하여 그 성능을 비교하였다. 이때 계수가 2인 다이버시티 이득을 획득하여 직접 통신에 비해 약 2 dB 성능이 향상되는 것을 시뮬레이션 결과를 통해 확인할 수 있다. 제안한 시스템을 무선 네트워크에 적용할 경우, 고속의 데이터 전송과 함께 시스템 안정도를 높여주고, 정보의 신뢰성 향상을 도모할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Richard van Nee, Ramjee Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, 2000.

[2] B. M. Popovic, "Spreading sequences for multicarrier CDMA systems", *IEEE Trans. Commun.*, vol. 47, Issue 6, pp. 918-926, Jun. 1999.

[3] R. V. Nee, R. Prasad, *OFDM for Wireless Multimedia Communications*, Artech House, 2000.

[4] V. Tarokh, H. Jafarkhani, and A. R. Calderbank, "Space-time block coding for wireless communications: performance results", *IEEE Trans. on Selected Areas in Commun.*, vol. 17, Issue 3, pp. 451-460, Mar. 1999.

[5] Z. Dlugaszewski, K. Wesolowski, "WHT/OFDM - an improved OFDM transmission method for selective fading channels", *SCVT-2000*, pp. 144-149, Oct. 2000.

[6] Zhongding Lei, Yan Wu, Chin Keong Ho, Sumei Sun, Ping He, and Yuan Li, "Iterative detection for Walsh-Hadamard transformed OFDM", *VTC 2003-Spring*, vol. 1, pp. 637-640, Apr. 2003.

[7] A. Nosratinia, T. E. Hunter, and A. Hedayat, "Cooperative communication in wireless networks", *IEEE Communications Magazine*, vol. 42, Issue 10, pp. 74-80, Oct. 2004.

[8] H. Hu, H. Yanikomeroglu, D. Falconer, and S. Periyalwar, "Range extension without capacity penalty in cellular networks with digital fixed relays", *IEEE Globecom*, vol. 5, pp. 3053-3057, Nov. Dec.

2004.

[9] O. Canpolat, M. Uysal, "Super-orthogonal space-time trellis coded cooperative diversity systems", *VTC2004-Fall*, vol. 4, pp. 2429-2433, Sep. 2004.

황 윤 경

2006년 2월: 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 (공학사)
2006년 2월~현재: 울산대학교 전기 전자정보시스템공학과 석사과정
[주 관심분야] 고속 변복조 시스템, 채널 코딩, 협력 통신, Wireless Sensor Network

공 형 윤

1989년: 미국 New York Institute of Technology 전자공학과 (공학사)
1991년: 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학석사)
1996년: 미국 Polytechnic University 전자공학과 (공학박사)
1996년~1998년: LG 전자 회장실 전략사업단
1998년~현재: 울산대학교 전기전자정보시스템공학부 교수
[주 관심분야] 코딩(LDPC, Turbo) 및 모듈레이션(OFDM, QAM), 멀티코드, Wireless Sensor Network 등