

# 무선 인터넷 WiBro 시스템을 위한 단일 반송파 상향 링크 시스템의 제안 및 특성분석

중신회원 김 정 호\*

## Performance Analysis of Wireless Internet System of WiBro Employing the Uplink Single Carrier Scheme

Jeong-Ho Kim\* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 상향 링크의 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템을 대체할 단일 반송파 전송방법의 상향 링크에의 적용을 제안하고 기존 시스템에 대비되는 특성을 침투 전력대비 평균전력비와 ABR(achievable bit rate)을 성능지수(performance index)로 고려하여 비교 평가한다. 무선 인터넷 시스템에서 다수 반송파 전송기술을 무선 채널의 상향링크에서 적용하는데 있어 단말기에서 증폭기의 비효율성으로 인해 사용이 어려운 제한점이 있다. 특히 WiBro와 같은 시스템에 증폭기의 비선형 특성이 제한사항으로 작용하지 않도록 단일 반송파 등화기법을 적용한 시스템을 제안한다. 대표적으로 주파수 대역에서의 결정 역계환 방법을 적용한 등화기의 특성을 고려하여 침투전력대비 평균전력 비의 특성을 분석하며 ABR 측면도 함께 고려하여 다양한 등화기 알고리즘에 대해 비교, 분석하여 제안된 시스템이 기존 방법보다 효율적임을 보이고자 한다.

**Key Words** : OFDM, 단일 반송파, 주파수영역-결정 역계환, 침투전력대비 평균전력비 (PAPR)

### ABSTRACT

In this paper the uplink single carrier scheme is proposed for wireless Internet application and its performance is evaluated in terms of PAPR (peak to average power ratio) and ABR (achievable bit rate) compared with the uplink OFDM scheme. There exist constraints regarding the signal amplification because the non-linear amplifier should be exploited instead of the linear amplifier due to its high cost of linear amplifier and power inefficiency at the WiBro terminal. Therefore characteristics in the uplink scheme design are discussed in order to maximize ABR and relieve the requirements for the amplifier specifications.

### I. 서론

최근 국내 통신시장의 유선 초고속 인터넷 가입자와 이동통신 가입자의 포화로 인한 사업자들의 수익성이 약화되고 사용자들의 욕구변화 등에 의해 새로운 통신 서비스의 필요성이 제시되었다. 또한 정보 통신 기술의 비약적인 발전은 기술적 혹은 서

비스적인 관점에서의 컨버전스를 가능하게 하고 있다. 이에 무선 통신기술의 급속한 발전을 바탕으로 초고속인터넷 및 무선랜에 이동성을 보완하여 이동 중에도 끊김없는 초고속인터넷 서비스를 제공하고 현재의 이동전화 무선인터넷보다 전송속도가 빠르며 저렴한 휴대인터넷 서비스가 도입되게 되었다. 무선(Wireless)과 광 대역(Broadband)이 합쳐진 와이브로

\* 이화여자대학교 정보통신학과 무선통신 네트워크 연구실(jho@ewha.ac.kr)

논문번호 : KICS2007-06-243, 접수일자 : 2007년 5월 7일, 최종논문 접수일자 : 2007년 6월 26일

(WiBro)라는 명칭의 휴대인터넷 서비스는 언제, 어디서나, 이동 중에도 높은 전송 속도로 무선 인터넷 접속이 가능한 서비스를 지칭한다. 이 휴대인터넷 서비스는 정지, 보행 및 차량이동(60km/h 수준)의 이동성을 보장하고, 셀 경계에서 이동시 하향링크에서는 가입자당 최소 512kbps, 상향링크에서는 128kbps 속도의 데이터 전송률을 지원하는 표준 규격을 가지고 있으며, 이중화 방식으로 TDD(Time Division Duplexing)와 다중접속방식으로 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiplexing Access)를 사용한다<sup>[1]</sup>.

WiBro는 기반기술로 상/하향링크 모두 OFDM을 사용하는데, OFDM은 상호 직교성을 갖는 다수의 부반송파를 이용해 전송 대역을 여러 개의 협소한 부채널로 나누어 병렬 전송하는 고속 데이터 전송에 적합한 변조 기법이다. 이러한 OFDM 방식은 부반송파 간에 상호 직교성이 유지되기 때문에 스펙트럼 상에서 중첩이 허용되어 스펙트럼 효율이 높으며 각각의 부반송파는 주파수 비선택적 페이딩을 겪게 되어 다중 경로 페이딩에 강하다. 하지만 OFDM은 보호 구간 첨가로 인해 전력과 대역폭의 효율이 낮아지는 문제와 직교성 파괴시 채널 및 심볼간의 간섭 발생, 높은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)을 갖는 단점이 있다. OFDM의 단점 중 PAPR이 높다는 문제는 고속 전송을 타겟으로 다루는 무선채널의 하향링크에서는 크게 문제가 되지 않지만, 단말의 입장에서 최소 전력을 이용하여 원하는 데이터 전송속도를 보장해야 하는 상향링크에서는 큰 문제점으로 작용할 수 있다.

본 논문에서는 WiBro와 같은 무선통신시스템의 상향링크에서 OFDM을 사용함으로써 인한 문제점을 해결하기 위한 대안으로써, OFDM보다 우수한 PAPR 특성을 가지면서 비가시계(non-line of sight) 환경에서 OFDM에 버금가는 성능을 나타내는 단일 반송파에 주파수 영역에서의 결정계환 등화기(single carrier with FD frequency domain) - DFE(decision feedback equalizer)에 대하여 소개하고 그 성능을 ABR(achievable bit rate)과 PAPR 측면에서 비교한다.

## II. 무선통신 채널의 상향 링크 특성과 OFDM

무선통신시스템에서 제한된 대역폭으로 최대 전송률을 실현하기 위해서 고효율 변조 방식과 더불어 다중경로 페이딩에 따른 인접 심볼간의 간섭

(ISI)을 극복할 수 있는 기법이 구현되어야 한다. 이러한 이유로 WiBro 서비스에서는 OFDM 방식을 채택함으로써 기존 대역 확산 방식의 한계를 극복하고자 하였다. OFDM 기술은 고속 입력 심볼 열을 다수의 병렬 심볼 열로 변환한 후에 각 열에서 발생하는 심볼을 상호 직교적인 부반송파 신호에 의해 전송하는 방식이다. 이로 인해 주파수 선택적인 광대역 채널을 다수의 협대역 플랫 페이딩 채널로 분할하여 전송하는 효과를 얻게 된다. 각 부채널은 낮은 데이터 전송률을 가지고 플랫 페이딩을 겪게 되므로 부채널의 대역폭이 충분히 작아서 이상적인 채널 응답을 갖게 되면 ISI가 발생하지 않게 된다. 또한 다중 직교 부반송파에 의한 변조 방식을 디지털 신호처리에 의해 간단하게 구현할 수 있다는 데 OFDM의 큰 장점이 있다. 주파수 측면에서는 여러 개의 부채널로 겹치게 보낼 수 있으므로 주파수 효율을 높일 수 있고, 각각의 부반송파들이 주파수 플랫 페이딩을 겪게 되어 다중 경로 페이딩의 영향을 적게 받으며 충격성 잡음에 강한 장점을 가지고 있다. OFDM은 이와 같은 장점을 통해 고속 무선 데이터 전송에 적합한 방식으로 알려져 WiBro 서비스 뿐만 아니라 4세대 이동통신 무선 전송의 유망한 기술로 논의되고 있다.

그러나 보호구간 첨가로 인해 전력과 대역폭의 효율이 낮아지는 문제점을 안고 있으며, 민감한 주파수 및 시간 동기 문제, 높은 PAPR을 갖는 등의 단점을 동시에 가지고 있다. 특히, 높은 PAPR의 문제는 A/D와 D/A 컨버터의 동적 영역이 넓은 특성을 가지도록 하여야 하고 RF 전력 증폭기의 효율이 감소하게 하는데, 이는 적은 용량의 배터리로 최대 전력을 송출하고 회로의 크기도 작아야 하는 상향링크의 단말기 입장에서 전력 소모량이 증가하고 동시에 배터리 크기도 커져야 하는 문제점이 있다. 또한 OFDM의 부반송파가 많을수록 파일럿 채널을 위해 필요로 하는 전력 손실이 증가하게 되며 이것은 링크 용량을 증가시키는데 부정적인 영향을 끼친다. 따라서 전송 속도를 중요시하고 전력 측면에서도 여력이 많은 무선 통신의 하향링크에서는 OFDM의 긍정적인 효과를 활용할 수 있으나, 위와 같은 제약사항이 많은 상향 링크에서는 낮은 PAPR을 가져서 전력 효율이 좋고 파일럿 채널 전력 소모가 더 적은 단일 반송파 시스템이 단말기의 특성을 만족시키는 데 더 적합한 시스템이 될 수 있을 것이다.

### III. 단일 반송파 시스템

OFDM과 단일 반송파 시스템 (single carrier, SC)에 대한 지금까지의 비교는 주로 단일 반송파 시스템이 주파수 영역 선형 등화기법(frequency domain linear equalizer, FD-LE)을 사용하는 경우로 한정된 비교였다. 이는 선형 등화기(linear equalizer)를 적용한 단일 반송파 시스템보다 주파수영역 결정계환 등화기(frequency domain decision feedback equalizer)의 성능이 더 우수함에도 불구하고, 설계와 신호처리 부분에서 복잡도가 매우 높아서 비교에서 제외되어 왔기 때문이다. 또한 이러한 등화기 알고리즘은 단말기에 적용하는데 계산량과 전력제한으로 매우 어려운 측면이 있으나 기지국 등 비교적 계산량의 확보가 용이한 상향링크에 적용하기 적합한 특징이 있다. 따라서 본 논문의 비교에서는 피드백 신호는 시간영역의 필터링을 통하여 발생시킨 반면, 정계환 부분(feedforward part)은 주파수 영역에서 구현시킨 비적응적 결정 역계환 등화기(nonadaptive DFE)로, 성능측면에서는 결정 역계환 등화기의 이득을 얻으면서 이산 푸리에 변환(DFT, Discrete Fourier Transform)를 사용함으로써 복잡도는 줄인 기법 새로운 단일 반송파 FD-DFE 시스템을 사용한다 [2].

DFT의 사용을 위해서는 전송 신호  $\{s_n\}_{n=0,1,\dots,M+L-1}$ 와 채널 임펄스 응답  $\{h_l\}_{l=0,1,\dots,L}$  간의 순환 컨볼루션이 성립하도록 하여야 하는데, 이를 위해 PN (Pseudonoise) 확장자(extension)라는 일정한 크기를 갖는 주기적인 블록 전송 포맷을 사용하고 있다. 이것은 OFDM의 CP(Cyclic Prefix)와 유사한 전송 포맷으로 k번째 블록의 M개의 데이터 심볼

$d(k) = [d_{kM}, d_{kM+1}, \dots, d_{kM+M-1}]$ 에 L개의 PN 시퀀스  $\{p_n\}_{n=0,1,\dots,L-1}$ 를 뒤에 붙여  $M+L$ 개의 심볼길이를 갖는 다음과 같은 전송 신호 블록  $s(k)$ 을 만들어 전송한다.

$$s(k) = [s_{k(M+L)}, s_{k(M+L)+1}, \dots, s_{k(M+L)+(M+L)-1}] \\ = [d_{kM}, d_{kM+1}, \dots, d_{kM+M-1}, p_0, p_1, \dots, p_{L-1}] \quad (1)$$

이러한 데이터 블록 구조는 데이터 전송의 처음 시점에 PN 시퀀스를 수신단으로 보냄으로써, 이후에 사용할 PN 시퀀스가 어떤 것인지 수신단이 알게 하여, 연속적인 전송 과정에서 각 블록의 첫번째 L개의 심볼에 대한 간섭으로 작용하는 심볼들이 PN 확장자에 의한 심볼들이므로 이들을 효과적으로

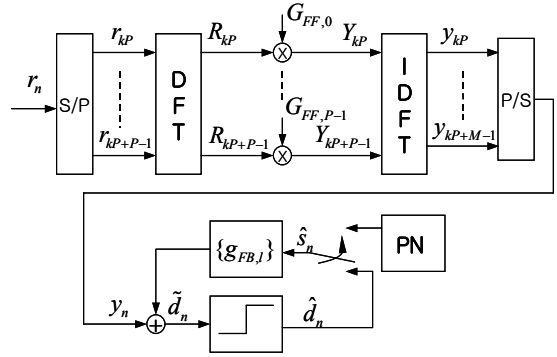


그림 1. 단일 반송파 시스템에 사용한 FD-DFE 등화기

제거하기 위한 것이다.

그림 1은 단일 반송파 FD-DFE 시스템 구조를 나타낸 것이다. 정계환(FF; Feedforward) 필터는 주파수 영역에서 블록사이즈 P로 동작하며, 역계환(FB; Feedback) 필터는 시간 영역에서 동작한다. 주파수 영역의 필터링은 블록 단위로 수행되어야 하며, 피드백 구간에는 시간 영역에서 이전에 검출된 심볼들이 입력되어야 한다. FD-DFE는 블록 단위로 동작하기 때문에, FB 필터를 통한 오류 전파(error propagation)는 한 블록에만 한정된다. 이것은 SNR이 낮은 환경에서 시스템이 동작할 때, 시간영역(TD) DFE 시스템에 비하여 FD-DFE 시스템이 가지는 중요한 장점이다. 게다가 이 구조는 DFT를 사용함으로써 다른 주파수 영역 등화기보다 복잡도가 줄어든 구조이다. 그러나 동시에 블록 기반 시스템이므로 시변 채널에서는 성능이 저하되는 문제가 여전히 존재한다.

수신단에서 수신된 신호를 P크기의 블록으로 바꾸어 DFT를 취하고 FF필터를 거쳐 FF필터의 계수인  $G_{FF}$ 가 곱해진다. FF필터를 거친 후, IDFT를 취하여 시간 영역으로 바꾸어 FB필터를 통해 신호의 복원이 이루어진다.

이 때, 채널 임펄스 응답을  $\{h_l\}$ 의 DFT인  $H_n$ 과  $G_{FF,n}$ 의 곱의 IDFT로 정의하면 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$u_l \equiv \sum_{n=0}^{P-1} G_{FF,n} H_n e^{i2\pi(nl/P)}, \quad l = 0, 1, \dots, L_u \quad (2)$$

본 논문에서는 OFDM과의 비교를 위하여 DFE 디자인 방법으로 ZF(Zero Forcing)과 MMSE (Minimum Mean Square Error)를 기준 (criterion)

으로 사용한다. ZF FD-DFE의 경우는 필터를 통과한 잡음의 전력을 최소화하기 위해, MMSE FD-DFE의 경우는 필터를 통과한 잡음의 전력과 잔여 간섭 신호의 전력의 합을 최소화하는 FB필터의 계수를 결정한다.

**영 강제 (Zero Forcing) DFE:** 모든 간섭 신호를 FB필터에서 제거하기 위해 다음과 같은 zero forcing 조건에 맞추어서

$$u_0 = 1, \quad u_l = 0, \quad \text{for } l < 0, l > L \quad (3)$$

$$g_{FB,l} = -u_l, \quad l = 1, 2, \dots, L \quad (4)$$

FB필터의 계수인  $g_{FB,l}$ ,  $l = 1, 2, \dots, L$ 를 다음과 같은 필터를 통과한 잡음의 전력을 최소화하는 값으로 결정한다.

$$J_{ZF} = \frac{\sigma_w^2}{P} \sum_{n=0}^{P-1} |G_{FF,n}|^2 = \frac{\sigma_w^2}{P} \sum_{n=0}^{P-1} \frac{1}{|H_n|^2} \left| 1 - \sum_{l=1}^L g_{FB,l} e^{-i2\pi(ln/P)} \right|^2. \quad (5)$$

이 때,  $\sigma_w^2$ 는 잡음의 전력을 나타낸다.

**최소 평균 자승 오류 (Minimum MSE) DFE:** MMSE의 기준에 따라 결정(decision) 신호가  $\tilde{d}_n$ 일 때, 평균 자승 오류는 다음과 같이 주어지고,

$$J_{MMSE} = E \left[ |\tilde{d}_n - d_n|^2 \right] \quad (6)$$

필터를 통과한 잡음의 전력과 잔여 간섭 신호의 전력의 합은 다음과 같이 표현되며,

$$J_{MMSE} = \frac{\sigma_w^2}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \frac{|1 - G_{FB,p}|^2}{|H_p|^2 + \sigma_w^2 / \sigma_d^2} = \frac{\sigma_w^2}{P} \sum_{p=0}^{P-1} \frac{1}{|H_p|^2 + \sigma_w^2 / \sigma_d^2} \left| 1 - \sum_{l=1}^L g_{FB,l} e^{-i2\pi(lp/P)} \right|^2 \quad (7)$$

이것을 최소화 시키는 역케환 필터의 계수를 구한다. 이 때,  $\sigma_d^2$ 는 데이터 신호인  $\{d_n\}$ 의 전력을 나타낸다.

각각의 FB, FF필터의 계수를 구한 후, OFDM과 단일 반송파 변조 방식의 성능을 ABR (achievable bit rate)을 통해 비교하고자 한다. OFDM시스템의 경우, m번째 서브 채널의 신호 대비 왜곡된 부분과 잡음을 합한 것의 비를 다음과 같이 정의 한다.

$$\gamma_m = \frac{\sigma_d^2 |\hat{H}_m|^2}{\sigma_w^2} \quad (8)$$

이 때,  $\{\hat{H}_m\}$ 은  $\{h_l\}$ 의 M-size DFT이다. 1/T를 심볼 속도라고 할 때, OFDM의 ABR은 샤논(Shannon)의 용량정리를 활용하여 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$ABR_{OFDM} = \frac{1}{T} \sum_{m=0}^{M-1} \log_2(1 + \gamma_m) \quad (9)$$

단일 반송파 변조의 경우, 신호 대비 왜곡된 부분과 잡음을 합한 것의 비를 다음과 같이 정의하고,

$$\gamma = \frac{\sigma_d^2 |u_0|^2}{J} \quad (10)$$

J는 (5)과 (7)의 식을 통해 구하고,  $u_0$ 는 등화기의 디자인 방법에 따라 다른 값을 갖는다. ZF FD-DFE의 경우 (3)에서 보는 바와 같이  $u_0 = 1$ 의 값을 갖고, MMSE FD-DFE의 경우 (2)의 식에서  $l = 0$ 일 때의  $u_0$  값을 이용한다. 단일 반송파 변조의 경우 ABR은 다음과 같이 나타내진다.

$$ABR_{FD-DFE} = \frac{1}{T_d} \log_2(1 + \gamma) \quad (11)$$

이 때,  $T_d = T / M$  을 만족한다.

#### IV. 첨두 전력대비 평균전력비 (Peak-to-Average Power Ratio)

OFDM 시스템에서 시간 영역의 OFDM 신호는 독립적으로 변조된 많은 부분송파들로 구성되며, 이들이 동위상으로 더해질 때 발생하는 높은 PAPR로 인하여 비선형 고전력 증폭기(high power amplifier, HPA)를 사용하는 통신 시스템에서 큰 성능 저하가 발생한다.

PAPR은 일반적으로 다음과 같이 전송 신호의 최대 전력과 평균전력의 비를 나타낼 수 있다<sup>[3]</sup>.

$$PAPR = \frac{\max\{|s(t)|^2\}}{E\{|s(t)|^2\}} \quad (12)$$

OFDM 방식의 경우 여러 개의 반송파를 사용하는 다중 반송파 전송의 일종이므로 부반송파의 개수  $M$ 이 충분히 크다면 중심 극한 정리(central limit theorem)에 의하여, 변조된 신호  $s(t)$ 의 실수 부와 허수 부의 크기는 모두 가우시안 분포를 가지고  $s(t)$ 의 크기는 Rayleigh분포를 가진다. Rayleigh분포인 크기 신호를 제공하여 구한 신호의 전력  $|s(t)|^2$ 는 평균이 0이고, 자유도가 2인 Chi-square 분포를 형성하고 누적분포함수(cumulative distribution function : CDF)  $F_y(y)$ 는 다음과 같이 표현된다.

$$F_y(y) = \int_0^y f_y(u)du = \frac{1}{2\sigma^2} \exp(-u/2\sigma^2)du \quad (13)$$

부반송파의 개수  $M$ 이 충분히 클 때, 중첩된 부반송파에서 최대 전력값을 찾기 위해 샘플링된 값들이 서로 상관성이 없다고 가정하면, PAPR이 특정 임계값  $P_{thr}$ 를 초과할 확률은 다음과 같은 부 누적분포함수(complementary cumulative distribution function, cCDF)로 표현할 수 있다.

$$\Pr(PAPR > P_{thr}) = 1 - (1 - e^{-P_{thr}})^M \quad (14)$$

OFDM과 단일 반송파 변조 방식의 PAPR을 비교하여 단일 반송파 변조가 상향링크에서 OFDM보다 PAPR 측면에서 보다 우수한 성능을 나타냄을 보이기 위해 Z. Wang<sup>[4]</sup>의 결과를 검증을 위한 비교자료로 이용한다.

### V. 모의실험 및 성능 비교 분석

먼저 단일 반송파 주파수 영역 결정 역궤환 등화기(FD-DFE) 시스템과 OFDM 시스템의 성능을 비교하기 위하여 다음과 같은 시나리오를 가정한다. 즉, 이 시나리오에서는 송신기는 채널 임펄스 응답을 알고 있으며 각 시스템의 성상도(constellation) 크기는 OFDM의 각 부채널과 단일 반송파 시스템의 단일 채널에 대하여 시스템의 용량을 최대화할 수 있도록 연속적으로 변화하며 최적의 코딩을 사용하고 있다고 가정한다.

두 시스템의 비교를 목적으로 하므로 모의 실험 환경으로 WiBro 환경에서의 시나리오를 고려하며, 심볼 속도  $1/T = 20\text{MHz}$ , 데이터 블록 크기는

$M=128, L=16$ 으로 하여 비교에 따른 복잡도를 줄였다. 전파환경은 Rayleigh 특성의 NLOS 환경으로 제공된 평균 자승(RMS; root mean square) 지연확산이 100ns이고 지수적으로 감소하는 전력 프로파일 값을 가지는 시변 채널모델을 사용한다. 또한, 주파수 영역과 시간 영역에서의 동기가 정확히 맞추어져 있다고 전제하고, 수신기는 채널 임펄스 응답을 알고 있으며, 역궤환(FB)필터의 입력이 되는 이전 검출 신호의 결정은 모두 오류가 없다고 가정한다. 이상의 전제로부터 시뮬레이션을 통하여 다음과 같은 결과를 얻었다.

그림 2는 각 등화기와 OFDM의 ABR의 누적 분포 함수의 cCDF(complementary CDF)를 나타낸 것이다. 신호대 잡음비가 12dB인 환경에서 ABR값을 나타낸 것으로 FD-LE를 사용한 단일 반송파 변조의 경우가 가장 급격히 값이 떨어져 성능이 가장 좋지 않은 것을 알 수 있다. ZF FD-DFE를 사용한 단일 반송파 변조의 경우 MMSE FD-DFE의 경우와 달리 필터를 통과한 잡음의 전력만을 최소화하고 잔여 간섭 신호의 전력을 최소화 시키지 못하여 MMSE FD-DFE의 경우보다 성능이 좋지 못하다.

그러나 OFDM과 MMSE FD-DFE를 사용한 단일 반송파 변조의 경우 그 성능이 거의 비슷한 것을 알 수 있다. 그림. 3은 SNR에 따른 평균 ABR 값을 각 등화기에 따라 구한 것이다. 앞서서와 마찬가지로 MMSE FD-LE를 사용한 단일 반송파 변조의 경우가 가장 성능이 좋지 못하고, ZF FD-DFE를 사용한 경우는 MMSE FD-DFE의 경우보다 성능이 좋지 못하였다. 반면 OFDM과 MMSE FD-DFE의 경우 그 성능이 거의 비슷한 것을 볼 수 있다. 이를 통해 OFDM과 유사한 성능을 갖는 MMSE

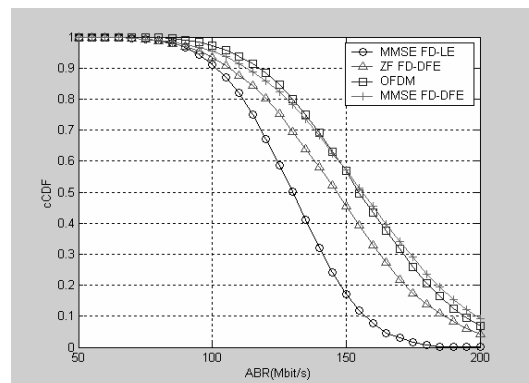


그림 2. 등화기에 따른 ABR의 cCDF. SNR=12dB.

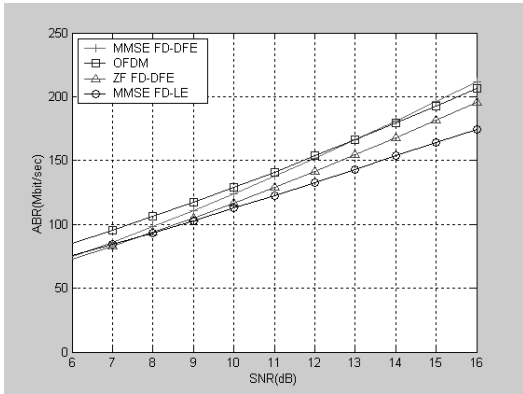


그림 3. 각 등화기의 SNR에 따른 평균ABR.

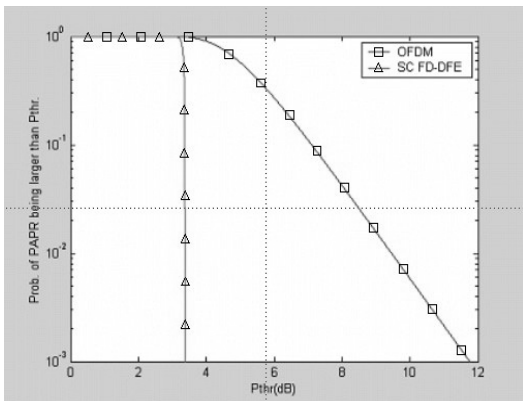


그림 4. OFDM과 단일 반송파 시스템(SC)의 순간 PAPR.

FD-DFE를 이용한 단일 반송파 변조 방식은 WiBro와 같은 무선통신시스템의 상향 링크에서 대안으로 사용될 수 있음을 확인할 수 있다.

그림 4는 OFDM방식과 단일 반송파 변조 방식의 PAPR이 임계값을 넘는 확률을 비교한 결과로 OFDM의 PAPR값이 훨씬 큰 것을 알 수 있다. 모의 실험 결과와 같이 높은 PAPR값을 갖는 OFDM은 전력 효율성이 떨어져 단말기의 상향링크에서 부정적으로 작용하게 된다.

## VI. 결론

본 논문에서는 다수반송파 기술인 OFDM에 대해서 살펴보고, OFDM이 무선 채널의 상향 링크에서 가질 수 있는 문제점을 극복하기 위한 대안으로써 단일 반송파 FD-DFE 시스템과 두 시스템의 PAPR

에 대해서 다루었다. 본 논문에서 살펴본 단일 반송파와 FD-DFE 기법은 OFDM과 매우 가까운 정도의 ABR을 나타내어 용량면에서 동일한 성능을 보인다. 필터 설계의 복잡도 측면에서는 OFDM보다 다소 높지만, 단일 반송파 시스템이 OFDM에 비하여 PAPR 측면에서 가지는 이득과 WiBro시스템 상향 링크의 특수성을 고려해 볼 때, 단일 반송파 기법이 OFDM의 높은 PAPR로 인한 문제점을 극복할 수 있는 방안이 될 수 있다. 단말에서의 전력효율을 개선하기 위해서는 지금까지의 PAPR 저감기법으로는 여전히 효율의 극대화에 제한점이 있으므로 기지국이 다양한 변복조 및 수신방법을 지원하여 단말의 특성에 적합한 변복조 및 수신방법을 라이브러리로 지원하는 것이 점차 요구되고 있다. 본 논문의 의의는 이와 같은 비교를 통하여 각 방법의 장단점과 동작을 특징짓는 성능지수를 비교하고 분석하는데 있다.

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 (영남대학교 광대역 이동멀티미디어 연구센터 (YU-BMMRC)) 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2006-(C1090-0603-0002))

## 참고 문헌

- [1] Specifications for 2.3GHz band Portable Internet Service, TTA
- [2] N. Benvenuto and S. Tomasin, "On the comparison between OFDM and single carrier modulation with a DFE using a frequency-domain feedforward filter," IEEE transactions on Communications, Vol. 50, pp. 947-955 June, 2002.
- [3] A. Akanda and Raveendra, K.R, "PAPR reduction using combined coding, weighting, and mapping in OFDM systems." Proc. Fourteenth Annual International Conference on Wireless Communications, Wireless 2002, Vol. 2, 2002.
- [4] Z. Wang, X. Ma, and G. B. Giannakis, "OFDM or single-carrier block transmissions?," IEEE transactions on communications, Vol. 52, pp. 380-394 March, 2004.

김 정 호 (Jeong-Ho Kim)

중신회원



1991년 2월 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학사

1993년 2월 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사

1999년 2월 한국 과학기술원 전기 및 전자공학과 공학박사

1993년 1월~1995년 7월 LG전자

멀티미디어 연구소

1999년 3월~2000년 2월 LG정보통신 중앙연구소 선임연구원

2000년 3월~2001년 6월 Virginia Tech. MPRG (Mobile Portable Radio Research Group) Visiting Scholar

2001년 7월~2002년 8월 LG전자 UMTS시스템 연구소 책임연구원

2002년 9월~현재 이화여자대학교 공과대학 정보통신학과 조교수

<관심분야> 스마트 안테나 시스템, 무선 디지털 통신, 확산 대역통신, 이동통신 네트워크, 휴대 인터넷