http://dx.doi.org/10.14400/JDC.2014.12.12.329

PB/MC-CDMA 시스템에서 결정 귀한 채널 추정 기법을 이용한 성능 향상 방법

이규진*, 김귀정**
세명대학교 전자공학과*, 건양대학교 의공학부**

The Performance Improvement Method using Decision Feedback Channel Estimation Scheme in PB/MC-CDMA System

Kyujin Lee*, Guijung Kim**
Semyung University, 579 Sinwoul-dong, Jecheon-city Chungbuk, 390-711, Republic of Korea*
Konyang University, 121 Deahak-ro Nonsan, Chungnam, 320-711, Republic of Korea**

요 약 본 논문에서는, PB/MC-CDMA 시스템의 성능을 향상시키기 위한 방법으로 파일롯 심볼 및 데이터 심볼을 이용한 결정 귀환 채널 추정 기법에 대하여 연구하였다. PB/MC-CDMA 시스템은 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 주파수 다이버시티 이득 및 주파수 영역 등화기를 통하여 좋은 비트오율을 얻을 수 있다. 그러나 정확한 채널 추정이 되지 않을 경우 사용자간의 심각한 간섭이 발생하기 때문에 성능 저하가 일어난다. 제안 시스템은 1차 채널 추정 값과 2차 채널 추정된 값을 결정 귀환시켜 채널을 추정함으로써 다중사용자 환경에서 시스템의 성능을 향상 시킨다. 제안시스템의 성능 평가는 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 수행하였다. 본 논문에서 제안시스템을 통해 사용자간의 간섭으로 인한 성능 저하를 보상하여 비트오율이 향상될 뿐만 아니라 채널 추정을 위한 파일롯 심볼의 수를 줄일 수 있어 기존의 시스템보다 더 우수한 성능을 가지는 것을 확인 하였다.

주제어 : PB/MC-CDMA, 채널추정, 주파수영역등화기 , 주파수 선택적 페이딩 채널

Abstract In this paper, to improve the performance of PB/MC-CDMA system, we have researched about the decision feedback channel estimation method using the pilot symbol with data symbol. The PB/MC-CDMA system is able to obtain the improved BER by frequency diversity gain and frequency domain equalizer in the frequency selective fading channel. However, when it is not the estimating of channel exactly, it is degrading the performance of BER in the system for occurred the interference among users. To improve the performane system in the multi-user environment the proposed system is using the decision feedback to estimate channel using the channel estimated value of the first stage and second stage. The proposed system is evaluated by computer simulation. The proposed system is not only able to improve the performance of BER by decreasing the interference to each user, but also the proposed system is possible to reduce number of pilot symbol to estimate the channel. Therefore, it confirmed the proposed system improves the performance than the conventional system.

Key Words : PB/MC-CDMA, Channel Estimation, Frequency Domain Equalizer, Frequency Selective Fading Channel

Received 3 October 2014, Revised 12 November 2014
Accepted 20 December 2014
Corresponding Author: Gui-Jung Kim(Konyang University)
Email: gjkim@konyang.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

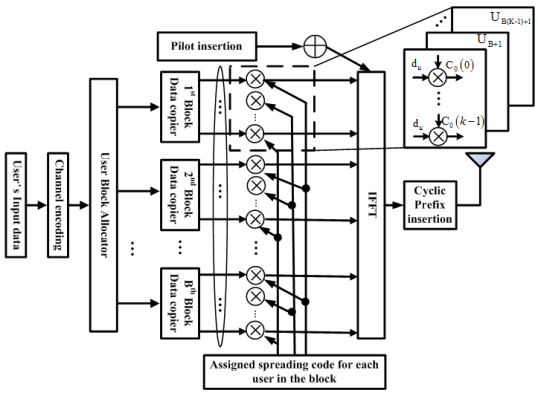
1. 서론

스마트폰의 등장이후 스마트 TV 등의 다양한 정보통신 기기의 발달로 인하여 고속 데이터 전송에 대한 요구가 증가 되고 있다[1]. MC-CDMA 시스템은 OFDM 시스템을 기반으로 주파수 확산을 통하여 신호를 전송하는 기술로 고속 전송 및 주파수 다이버시티 이득을 통하여 성능을 향상 시킬 수 있다[2]. 그러나, 시스템을 동시에 사용할 수 있는 사용자의 수가 확산 코드의 길에 따라 제한될 뿐만 아니라 다중접속간섭(MAI)이 전체 시스템을 사용하는 사용자로부터 발생되기 때문에 다중경로페이딩 채널에서 성능이 크게 저하는 문제가 발생한다[3]. 또한, 멀티캐리어 및 확산코드를 이용하기 때문에 주파수 옵셋에 민감하다[4]. 이를 해결하기 위한 방법으로 간섭제거 기법들이 제안 되었으나, 사용자가 증가할수록 Inter Symbol Interference (ISI) 및 Inter Carrier Inference (ICI)가 크게 발생하여 근본적인 해결 방법이 되지 않는다[3,4]. 부분블록 MC-CDMA 시스템은 이와 같은 문제를 보완하기 위하여 제안되었다. PB/MC-CDMA 시스템은 전대역을 작은 블록으로 나누어 사용하는 시스템으로 사용자의 수를 증가시키고, 간섭의 양을 같은 블록을 사용하는 사용자로 한정시킴으로써 BER 성능을 향상 시킨다. 그러나 PB/MC- CDMA 시스템은 다수의 사용자가 직교코드를 이용하여 다중접속을 하기 때문에 여전히 용량이 제한되고, 다중 경로 전달에 의해서 발생되는 주파수 선택적 페이딩에 확산코드의 직교성이 파괴되어 MAI가 발생하는 단점을 가지고 있다[5,6,7]. 시스템의 성능저하는 Frequency Domain Equalizer(FDE)를 사용하여 확산코드의 직교성을 복구함으로써 성능을 향상 시킬 수 있다. MC-CDMA 시스템의 채널 왜곡에 대한 보상기법으로 Orthogonal Ratio Combining (ORC), Equal Gain Combining (EGC), Maximail Ratio Combining (MRC) 그리고 Minimum Mean Square Error Combining (MMSEC) 등화기에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 특히, MMSE 기법은 다중 사용자 간섭을 최소화할 수 있기 때문에, 확산시스템에서 효과적이다[8,9,10].

그러나 FDE를 사용하기 위해서는 정확한 채널 추정이 필요하다. 주파수 선택적 페이딩 채널 환경에서 채널 추정을 위해서 파일롯 심볼을 이용한 방법들이 연구되고 있다[11,12,13]. 파일롯 심볼을 이용한 채널 추정 방법은 파일롯 심볼의 수가 증가할수록 정확한 채널 값을 추정할 수 있다. 하지만, 파일롯 심볼을 많이 보낼 경우 전송 효율이 떨어지는 문제가 발생한다[14]. 이 논문에서는 파일롯 심볼의 증가에 따른 전송 효율의 저하를 줄이고, 시스템의 성능을 향상 시킬 수 있는 결정 귀한 채널 기법에 대해서 연구하였다. 이를 위해서 다중 사용자 환경에서 가장 좋은 성능을 보이는 MMSE 기반의 등화기를 이용하여 1차로 채널을 추정하고, 이를 이용하여 데이터를 복원하고 복원된 데이터로부터 2차로 채널 값을 추정한다. 파일롯 심볼을 이용한 값과 데이터를 이용하여 추정한 값을 이용하여 최종의 채널 추정 값을 얻는다. 이 값을 이용하여 시스템을 복원을 함으로써 MAI에 대한 영향을 줄이고 주파수 다이버시티이득을 통하여 시스템의 성능을 향상 시킨다. 시스템의 성능을 효과적으로 평가하기 위해서 주파수 선택적 페이딩환경에서 채널 환경을 변화시키며 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다. 또한, 결정 귀한 채널 추정의 성능을 평가하기 위해서 두 채널 추정된 값의 결합 비율을 변화 시키며 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. Ⅱ, Ⅲ장에서는 제안시스템의 전송단과 수신단을 나타내고. Ⅳ장에서는 시뮬레이션 파라미터 및 결과를 나타낸다. 마지막으로 Ⅴ에서 결론을 맺도록 한다.

2. 제안 시스템의 전송단



[Fig. 1] The system schematic diagram of the PB/MC-CDMA transmitter

이 논문에서는, PB/MC-CDMA 시스템을 이용하여 제안 시스템인 결정 귀한 채널 추정의 성능을 실험 하였다.

[Fig. 1]은 제안 시스템의 전송단을 나타낸다. PB/MC-CDMA 시스템은 각 사용자가 전체의 대역폭을 사용 했던 기존의 MC-CDMA 시스템과 달리 전체 대역폭을 K개의 부반송파로 구성된 B 개의 단위 블록으로 나누어지고 각 사용자들이 한 개의 블록들을 사용한다. 각 블록들은 $b=(0,1,...,B-1)$로 나타낸다. 즉, 제안시스템에서 전체 대역폭은 N=K×B이 되고, 시스템을 동시에 사용할 수 있는 최대 사용자의 수는 각 블록에서 K길이를 갖는 Walsh-Hadamard 확산코드를 사용하기 때문에 U=K×B가 된다.

사용자의 정보비트열은 오류정정을 위해서 부호율이 1/2인 컨볼루셔널 코드로 채널 부호와 된다. 부호화된 신호는 QPSK로 변조되고 변조된 데이터들은 블록 할당 알고리즘에 의해서 각 해당 블록에 할당 된다. 이 논문에서는 사용자의 순서에 따라서 각 블록에 할당 하였고, 각 블록에 최대로 할당할 수 있는 사용자의 수는 K명 이하로 설정하여 실험하였다. 각 블록에 할당된 사용자의 QPSK 심볼은 주파수 다이버시티 및 다중화를 위하여 주파수 축으로 확산하고 파일롯 심볼을 삽입하였다. 확산코드는 $C=(c_0,c_1,...,c_{K-1})$이고, 여기서 $c_k \in \pm 1$는 $K \times K$ Walsh-Hadamard 코드로부터 선택되고 각 사용자의 코드시퀀스 $k=(0,1,...,K-1)$이다. 따라서 각 블록의 k번째 서브 캐리어 성분은 다음과 같이 표현 될 수 있다.

$$S(k)=\sqrt{2P}\sum_{u=0}^{U-1} d_u c_u(k) \tag{1}$$

여기서 P는 전송 전력이고, u는 사용자를 나타낸다. $c_u(k)$는 u번째 사용자의 k번째 확산 코드를 나타낸다. 확산된 심볼은 N샘플 IFFT에 의해서 시간영역의 PB-MC/CDMA 시스템은 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$S(t)=\sum_{k=0}^{N-1} s(k) e^{j2\pi \frac{t}{N}k} \tag{2}$$

PB/MC-CDMA 신호는 다중경로 페이딩에 의해서 발생되는 ISI와 ICI를 제거하기 위하여 순환 확장 구간을 삽입하고 전송한다.

전송된 신호는 보호구간을 제거하고, 수신된 신호 $r(t)$는 L 개의 독립적인 경로 및 지연 시간을 갖는 채널을 통하여 다음과 같이 표현된다.

$$r(t)=\sum_{l=0}^{L-1} h_l s(t-\tau_l)+\eta(t) \tag{3}$$

여기서, h_l ,τ_l은 l번재 경로의 이득과 지연을 나타내고, $\eta(t)$는 AWGN을 나타낸다. 수신된 신호는 N샘플 FFT에 의해서 분해되고, k 번째 성분은 다음과 같이 표현된다.

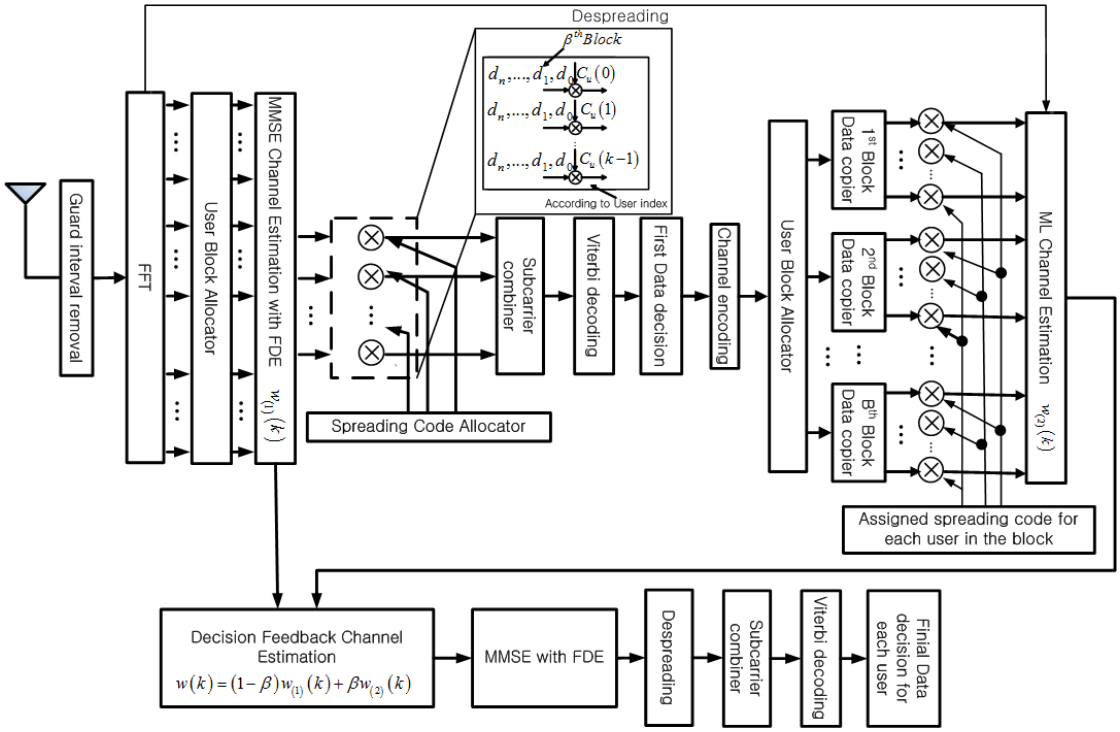
$$\begin{aligned} R(k) &= \frac{1}{\sqrt{N}}\sum r(t) e^{-j2\pi k \frac{t}{N}} \\ &= H(k)S(k)+\Pi(k) \end{aligned} \tag{4}$$

$H(k)$과 $\Pi(k)$는 각각 채널의 임펄스 응답과 잡음의 푸리에 변환을 나타낸다.

$$\begin{cases} S(k)=\dfrac{1}{\sqrt{N}}\displaystyle\sum_{t=0}^{N-1} s(t) e^{-j2\pi \frac{k}{N}t} \\ H(k)=\displaystyle\sum_{l=0}^{L-1} h_l e^{-j2\pi \frac{k}{N}\tau_l} \\ \Pi(k)=\dfrac{1}{\sqrt{N}}\displaystyle\sum_{t=0}^{N-1} n(t) e^{-j2\pi \frac{k}{N}t} \end{cases} \tag{5}$$

3. 제안 시스템의 수신단

[Fig. 2]는 제안시스템의 수신단을 나타낸다. 제안 시스템의 첫 번째 단계는 파일롯 심볼을 이용한 채널 추정을 통하여 수신된 신호로부터 데이터를 복원하는 것이다. 이 논문에서는 잡음을 최소화하고 ICI를 줄이는데 효과적인 MMSE 주파수 도메인 이퀄라이저를 사용한다. 주파수 도메인 이퀄라이저를 사용한 후의 신호는 다음과 같이 표현된다.



[Fig. 2] The system schematic diagram of the PB/MC-CDMA receiver with decision feedback channel estimation.

$$\widetilde{R}_{(1)}(k) = w_{(1)}(k) \bullet R(k) \tag{6}$$

$$w_{(1)}(k) = \frac{H^*(k)}{|H(k)|^2 + \left(\frac{E_s}{N_0}\frac{U}{B}\right)^{-1}}$$

이 후에, 주파수 다이버시티 이득을 얻기 위해 역확산을 하고, 비터비 복호화를 통해서 데이터$\widetilde{d_u}$를 얻는다.

두 번째 단계는 복원 데이터를 통하여 채널을 추정하는 방법이다. 복원된 데이터를 다시 채널 부호화 및 QPSK 변조 그리고 주파수 확산을 한다. 각 블록의 k번째 서브 캐리어 성분은 다음과 같이 표현 될 수 있다.

$$\widetilde{S(k)} = \sqrt{2P}\sum_{u=0}^{U-1}\widetilde{d_{(1)u}}c_u(k) \tag{7}$$

이 신호를 이용하여, 기존에 수신된 $R(k)$와 최대우도 채널 추정 기법을 사용하여 추정된 채널 $w_{(2)}(k)$는 다음과 같이 표현된다[15].

$$w_{(2)}(k) = \underset{k}{\arg\min} \parallel R(k) - \widetilde{S}(k) \parallel \tag{8}$$

이 두 개의 채널 추정된 신호를 결정 귀환 시켜서 최종의 채널 추정 값을 얻고, 이는 다음과 같이 표현된다.

$$w(k) = (1-\beta)w_{(1)}(k) + \beta w_{(2)}(k) \tag{9}$$

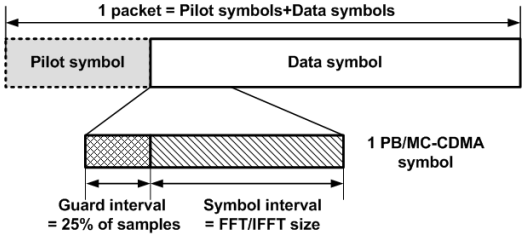
$$\widetilde{R}(k) = w(k) \bullet R(k) \tag{10}$$

$$\widetilde{d_u} = \frac{1}{K}\sum_{k=0}^{K-1}\widetilde{R}(k)c_u(k) \tag{11}$$

최종적으로 제안 방법으로 얻은 채널 값 $w(k)$를 이용하여 MMSE 주파수 도메인 이퀄라이저를 사용한 후 주파수 역확산을 통하여 사용자의 희망 신호 $\widetilde{d_u}$ 를 복원하고 이를 통하여 시스템 성능을 향상 시킨다.

4. 시뮬레이션 파라미터 및 결과

[Fig. 3]은 제안시스템의 패킷 구조를 나타낸다. 각 부반송파의 앞부분은 파일로 심볼로 구성되고, 그 뒤에 데이터 심볼로 구성된다. 각 PB/MC-CDMA 심볼마다 심볼 구간의 25%에 해당하는 보호구간 및 순환확장구간을 삽입하여 심볼 간 간섭(ISI) 및 인접 채널 간 간섭(ICI)을 제거하였다. 제안 시스템을 효과적으로 평가하기 위하여, 파일롯 심볼의 숫자를 변화시키면서 성능을 평가하였다.

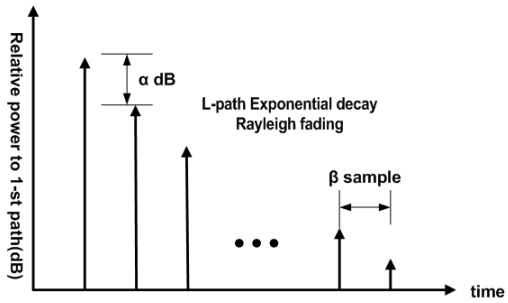


[Fig. 3] Schematic diagram of the PB/MC-CDMA packet

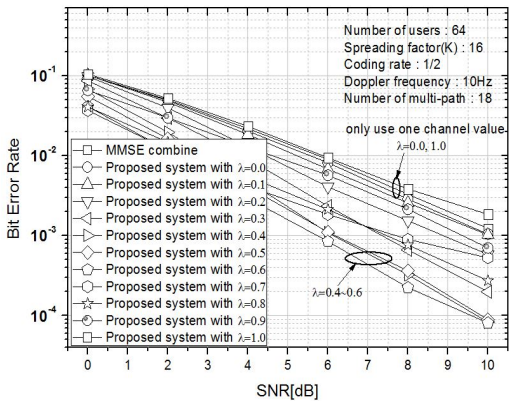
<Table 1>은 제안 시스템의 효과적인 성능 평가를 위한 파라미터를 나타낸다. 시스템의 전체 대역폭은 20㎒을 사용하였고, 전체 부반송파의 개수는 128개를 사용 하였다. 따라서, 심볼률은 156,25㎑이다. 가드인터벌은 심볼 구간의 25%를 사용하였다. 각 서브캐리어의 심볼수는 데이터 심볼과 파일롯 심볼의 합으로 68개를 사용하였다. 채널은 [Fig. 4]와 같이 18개의 다중 경로 레일리 페이딩 채널을 사용하였다. 각 경로의 시간 간격은 β 샘플이고, 각 경로 마다 αdB의 신호 감쇄를 갖는다. 모의 실험을 위해서 이 논문에서는 1dB의 신호 감쇄를 갖는 수정형 Jake's 모델을 이용하였다[16]. FEC 방법은 R=1/2인 컨볼루셔날 채널 코딩 및 비터비 디코더를 적용하였다.

〈Table 1〉 Simulation parameter

Parameter name	Value
Modulation Scheme	QPSK
Number of Subcarrier	128
FFT/IFFT Point	128
Number of user	32
Symbol per sub-carrier	68
Number of data symbol	68-γ
Number of pilot symbol	γ
Short spreading code	Wahsh-Hadamard code
Scramble spreading code	Random sequence
Length of short spreading code	16
Length of guard interval	25% of symbol duration
Channel Model	18-path Exponential Rayleigh fading with 1-dB decay model
FEC	Convolutional coding (R=1/2)
Symbol rate	156,25KHz
System Bandwidth	20MHz



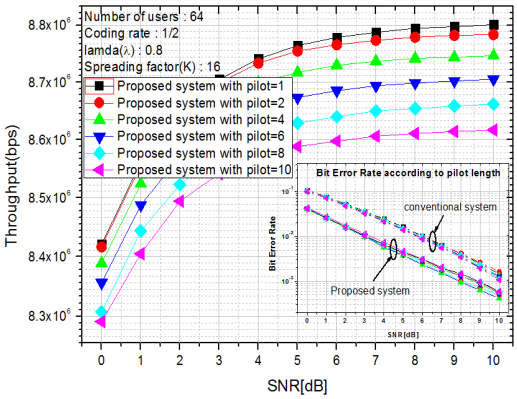
[Fig. 4] Exponential decay multipath channel profile



[Fig. 5] BER performance when the lamda(γ) changes from 0.0 to 1.0.

[Fig. 5]는 제안시스템인 결정 귀한 채널 추정 기법의 결합 비율에 따른 비트오율 성능을 나타낸다. 기존의 시스템의 경우 한번의 MMSE 기법을 이용하여 성능을 측

정하였고, 제안 시스템의 경우 MMSE 추정 및 ML 기법으로 추정된 채널 값을 이용하여 성능을 측정하였다. 제안 시스템의 경우 기존의 시스템에 비하여 BER 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 람다의 값이 0 혹은 1인 경우는 MMSE 혹은 ML 기법만 이용하여 성능을 평가한 것으로 기존의 시스템과 비슷한 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 그러나 람다의 값, 즉 결합 비율이 변할수록 BER 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 특히, 람다의 값이 0.4~06의 경우 BER 성능이 가장 좋은 것을 볼 수 있다.



[Fig. 6] Throughput and BER performance when the number of pilot changes from 1 to 10.

[Fig. 6]은 성능 추정을 위한 파일롯 심볼 수에 따른 PB/MC-CDMA 시스템의 수율(throughput)과 비트오율을 보여준다. 이를 평가하기 위하여 PB/MC-CDMA 시스템의 패킷의 전체 심볼을 68로 구성하고, 파일롯 심볼의 수 γ에 따라서 데이터 심볼의 수를 68-γ로 변경하여 실험 하였다. 수율은 전체 수신된 심볼 대비 정확하게 수신된 데이터 심볼의 비율을 나타낸다. 비트오율의 경우 제안 시스템이 기존의 시스템에 비하여 향상된 것을 볼 수 있다. 하지만, 두 시스템 모두 파일롯 숫자에 따라서 약간의 성능 향상은 보이지만 크게 영향을 받지 않는 것을 볼 수 있다. 반면에, 수율의 경우 파일롯의 숫자가 증가할수록 수율이 떨어지는 것을 볼 수 있다. 비트오율의 경우 파일롯의 숫자에 따라서 크게 차이가 나지 않기 때문에, 파일롯 심볼이 증가하게 되면 패킷을 구성하는 심볼의 수가 줄어들어 결국 수율이 떨어지게 된다.

5. 결론

본 논문에서는 PB/MC-CDMA 시스템의 성능을 향상시키기 위하여 결정 귀한 채널 추정 기법에 대하여 제안하고 성능을 평가하였다. 이를 위하여 각각 파일롯 심볼과 데이터 심볼을 이용하여 채널을 추정하고 이를 결정 귀환 채널 추정 기법을 이용하여 최종 채널 값을 도출하였다.

성능평가에서 알 수 있듯이 기존의 시스템에 비하여 복잡도가 증가되지만, 제안시스템의 비트오율 성능이 향상 되는 것을 알 수 있었다. 또한, 파일롯 심볼 길이에 따른 비트오율 측정결과 적은 수의 파일롯을 이용하여 채널을 추정하여도 비트오율에 크게 영향을 미치지 않는 것을 볼 수 있다. 그러므로, 적은 수의 파일롯을 이용하여 데이터 심볼의 전송이 가능하므로 높은 수율을 갖는다.

결과적으로, 제안시스템은 무선 채널 전송 시스템에서 고품질, 고속의 전송이 가능하다.

REFERENCES

[1] 3gpp: http://www.3gpp.org/Future-Radio-in3GPP-300-attend

[2] S. Hara and R. Prasad, Overview of Multicarrier CDMA. IEEE commun. Magazine. pp. 126-133, 1997.

[3] K. Adachi, F. Adachi and M. Nakagawa, Channel Capacity of MC-CDMA and Impact of Residual ICI. IEICE Trans. Commun., Vol.E92-B No.1, pp.219-227, 2009.

[4] J. Ahmed and K. Hamdi, Spectral Efficiency of Asynchronous MC-CDMA with Frequency Offset over Correlated Fading. IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol. 62, Issue 7. pp. 3423-3429, 2013.

[5] K. Lee and K. Lee, Adaptive Resource Allocation for the PB/MC-CDMA system in Frequency Selective Fading Channels. IEICE Trans. Commun., vol. E91-B, no. 12, pp.583-586, 2008.

[6] K. Lee and K. Lee, Joint Carrier Distribution and Frequency Hopping Scheme for Improving the BER

Performance in PB/MC-CDMA Systems. IEICE Trans. Commun., vol. E92-B, no. 10, pp.3270-3273, 2009.

[7] Kyujin LEE, Yan SUN and Kyesan LEE, The Joint Transmit Power Control and Frequency Band Rearrangement Shceme for PB/MC-CDMA System. IEICE Trans. Commun., vol. E94-B, no2. 2011.

[8] S. Hara and R. Prasad, Design and performance of multicarrier CDMA system in frequency-selective Rayleigh fading channels. IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol.48, no.4, pp.1584-1595, 1999.

[9] C. Fujita, Y. Hara and Y. Kamio, Multiuser interference suppression in uplink multicarrier CDMA systems. IEICE Trans. Fundamentals, vol. E85-A, no.10, 2002.

[10] F. Adachi, T. Sao and T. Itagaki, Performance of multicode DS-CDMA using frequency domain equalization in frequency selective fading channel. Electron. Lett., vol.39, no.2, pp.239-241, 2003.

[11] T. Uchiumi, T. Obara, Kazuki Takeda, and F. Adachi, Iterative Superimposed Pilot-Assisted Channel Estimation Using Sliding Wiener Filtering for Single-Carrier Block Transmission. IEICE Trans. Commun., Vol.E95-B, No.3, pp.924-932, 2012.

[12] E. Panayirci, H. Senol and H. V. Poor, Joint Channel Estimation, Equalization, and Data Detection for OFDM Systems in the Presence of Very High Mobility. IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 58, No. 8, pp. 4225-4238, 2010.

[13] Ye-Shun Shen, Fang-Biau Ueng, Wei-Liang Sung, Chiang-Chun Lee and Hsien-Chi Chang, Iterative Data Detection for Multi-Carrier Communications in Multipath Channels. 2014 IEEE International Conference on information Science, Electronics and Electrical Engineering (ISEEE), vol. 3, pp.1387-1391, 2014.

[14] T. Fujii, Y. Kamiya and Y. Suzuki, Multi-stage RLS Subcarrier Combining Method for Uplink Quasi-synchronous MC-CDMA. IEEE Trans. on Vehicular Technology, vol.56, no.6, pp.3739-3748, 2007.

[15] G. G. Proakis and M. Salehi, Digital Communication, 5th edition, McGraw-Hill, 2008.

[16] P. Dent, G.E. Bottomly and T. Croft, Jakes fading model revisited. Electron. Lett., vol.29, no.13, pp.1162-1163, 1993.

이 규 진(Lee, Kyu-Jin)

- 2005년 2월 : 경희대학교 전자공학과 (공학사)
- 2007년 2월 : 경희대학교 전파통신공학과 (공학석사)
- 2011년 2월 : 경희대학교 전자·전파공학과 (공학박사)
- 2011년 3월 ~ 2013년 2월 : 경희대학교 전자·전파공학과 학술연구교수
- 2013년 3월 ~ 현재 : 세명대학교 전자공학과 교수
- 관심분야 : OFDM, MC-CDMA, VLC, MIMO
- E-Mail : kyujin@semyung.ac.kr

김 귀 정(Kim, Gui-Jung)

- 1994년 2월 : 한남대학교 전자계산공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 한남대학교 전자계산공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 전자계산공학과(공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 건양대학교 의공학부 교수
- 관심분야 : HIS, 3D e-learning, CRM
- E-Mail : gjkim@konyang.ac.kr