

이동통신 상향링크 시스템을 위한 블록 호핑 SC-FDMA

*송현주⁰, *김남열, *김호윤, **안재민, ***정병장, ***노태균, *임민중
*동국대학교 정보통신공학과, **충남대학교 정보통신공학부, ***ETRI

Block-Hopping SC-FDMA for Uplink Mobile Communication Systems

* Hyunjoo Song⁰, *Namyol Kim, *Hoyun Kim, **Jae-Min Ahn, *** Byung-Jang Jeong, ***Taegyun Noh, *Minjoong Rim
*Department of Information and Communication Engineering, Dongguk University, ** Chungnam University, ***ETRI
hjsong@dongguk.edu, minjoong@dongguk.edu

요 약

차세대 이동통신 시스템의 상향링크로 고려되고 있는 방식 중 하나는 SC-FDMA 이다. SC-FDMA 에는 인접한 부반송파를 할당하는 Localized SC-FDMA 와 일정한 간격으로 부반송파를 할당하는 Distributed SC-FDMA 가 있다. 그러나 두 방식 모두 고차변조방식에서는 OFDMA 에 비해서 성능 열화가 심하며 셀간 간섭을 효과적으로 처리하기에는 불충분하다. 이 논문에서는 Localized SC-FDMA 와 Distributed SC-FDMA 의 단점을 극복하기 위하여 Block-Hopping SC-FDMA 의 사용을 제안하고 이들의 성능을 비교한다.

1. 서 론

OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)은 주파수 선택적 페이딩 환경에서 구현상의 복잡도가 크지 않으면서 우수한 성능을 나타내고 있으므로 광대역 무선통신 시스템에서 널리 사용되고 있다 [1]. 그러나 OFDM 은 PAPR(Peak-to-Average Power Ratio)이 높다는 단점을 가지고 있으며 이를 보완한 방법 중 하나가 IEEE802.16a 등에 있는 SC-FDE(Single-Carrier with Frequency-Domain Equalization) 이다 [2-5]. SC-FDE 는 특히 BPSK(Binary Phase Shift Keying), QPSK(Quadrature Phase Shift Keying) 변조 방식 등의 저속 데이터 전송에서, OFDM 과 비슷한 성능, 효율성, 복잡도를 유지하면서 비선형성 전력 증폭기에 덜 민감하다는 장점을 가진다 [6-7].

OFDM 에서 다중사용자를 위하여 부반송파 분할을 하는 방식을 OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)라고 부른다. OFDMA 는 차세대 이동통신 시스템의 하향링크 전송방식으로 널리 고려되고 있다 [8-11]. 그러나 OFDM 에 기반한 OFDMA 는 PAPR 이 높다는 단점을 가지고 있으므로, 상향링크 시스템을 위해서는, SC-FDE 을 부반송파 분할 방식으로 확장시킨 SC-FDMA(Single Carrier Frequency Division Multiple Access)의 사용이 제안되었다 [11-12]. SC-FDMA 에서는 인접한 부반송파를 사용하는 Localized SC-FDMA 와 일정한 간격의 부반송파를 사용하는 Distributed SC-FDMA 가 있다 [11-12]. Localized SC-FDMA 는 다중사용자 다이버시티를 얻기 용이하며, Distributed SC-FDMA 는 주파수 다이버시티를 얻을 수 있다. 그러나 두 방식들은 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation) 등 고차 변조 방식에서는 만족할 만한 성능을 얻기 어려우며, 일정한 규칙으로 부반송파를

할당하므로 셀간 간섭을 효과적으로 처리하기 쉽지 않다. 이 논문에서는 고차변조방식을 사용할 때와 셀간 간섭이 있을 때에도 만족할 만한 성능을 얻게 하기 위하여 Block-Hopping SC-FDMA 의 사용을 제안한다.

이 논문의 구성은 다음과 같다. 2 장 및 3 장에서는 OFDMA 와 SC-FDMA 에서 부반송파를 할당하는 방법으로 Localized, Distributed, Block-Hopping FDMA 를 설명한다. 4 장에서는 실험 결과를 보이며 5 장에서는 결론을 맺는다.

2. OFDMA 전송 방법

2.1 OFDM

OFDM 시스템의 블록도는 그림 1 과 같다. 송신기에서는 길이 N 이고 평균 전력이 1 인 QAM 변조된 신호를 IFFT(Inverse Fast Fourier Transform)한다.

$$\mathbf{x} = \mathbf{Q}^H \mathbf{X} \quad (1)$$

식 (1)에서 \mathbf{Q} 는 N point DFT(Discrete Fourier Transform) 행렬이며 \mathbf{Q}^H 는 \mathbf{Q} 의 복소 전치(Hermitian Transpose) 행렬이다. 이 신호에 순환전치구간(Cyclic Prefix)을 붙여서 전송한 후 수신기에서 순환전치구간을 제거하여, 다시 길이 N 의 블록을 복조에 사용하며 이 때의 데이터 전송은 식 (2)와 같이 쓰여질 수 있다.

$$\mathbf{r} = \mathbf{C}\mathbf{x} + \mathbf{w} \quad (2)$$

식 (2)에서 \mathbf{r} , \mathbf{x} , \mathbf{w} 는 각각 길이 N 의 수신 벡터, 송신 벡터, 잡음 벡터이다. 채널 행렬 \mathbf{C} 는 보호구간의 특성에 의해 circulant 특성을 가지는 $(N \times N)$ 의 행렬이 되므로 식 (3)과 같이 다시 쓰여질 수 있다 [13].