

다중 사용자 OFDM 시스템에서 간략화된 채널 정보를 이용한 부반송파 할당 알고리즘

Subcarrier Allocation Algorithm with Simple CSI for Multiuser OFDM System

양 준 석 · 박 상 규*

Jun Seok Yang · Sang Kyu Park*

요 약

고속의 멀티미디어 서비스를 요구하는 추세에 따라 대역폭 효율이 높은 다중 사용자 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템에서 자원 할당 방법에 관한 많은 연구가 이루어지고 있다. 본 논문에서는 다중 사용자 OFDM 시스템에서 제한된 자원을 이용하는 자원 할당 방식을 제안한다. 제안된 방식은 기존 알고리즘에 비하여 간략화된 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 사용하면서 전체 데이터 전송률을 최대화하는 부반송파 할당 알고리즘이다. 간략화된 CSI 구조를 사용하기 때문에 각 사용자의 정확한 정보를 알 수 없지만, 사용자의 최소 요구 데이터 전송률, 평균 채널 이득 정보를 이용하여 QoS를 만족시킬 수 있는 사용자의 후보를 정하여 부반송파를 할당한다. 결과적으로 기존의 방식에 비해 적은 채널 정보를 사용하여 더 많은 사용자에게 QoS를 만족시킬 수 있다.

Abstract

The Orthogonal Frequency Division Multiplexing(OFDM) has been strongly recommended as a transmission technique in order to satisfy requests of high speed and high quality multimedia information. This paper considers resource allocation algorithm which supports the user Quality of Service(QoS) for multi-user OFDM system with simple CSI (Channel State Information) structure. After users eligible for services and the number of subcarrier are determined by minimum request data rate and average channel gain, subcarriers are allocated to increase total transmission rates. Although ideal CSI is not reported to base station, compared to conventional algorithm, we have obtained better result with simple CSI structure.

Key words : Multi-user OFDM System, Simple CSI, Resource Allocation, Subcarrier Allocation

I. 서 론

고속 멀티미디어 데이터 전송을 위한 변조 기술로서 여러 개의 반송파를 사용하는 다수 반송파 전송 기법인 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 방식이 각광 받고 있다. 이 OFDM 방식은

4세대 변조 기술로 채택될 것으로 기대하고 있다^{[1]-[3]}. 기존의 단일 사용자 방식에서는 깊은(deep) 페이딩을 겪을 경우 해당 부반송파를 사용하지 않기 때문에 결과적으로 주파수 낭비를 초래한다. 그러나, 다중 사용자의 경우 각각의 사용자마다 독립적인 채널을 가지므로, 한 사용자에서 특정 부반송파가 깊

삼성전기주식회사 Wireless Solution 연구소(Wireless Solution R&D Group, Samsung Electro-Mechanics Co., Ltd.)

*한양대학교 전자컴퓨터통신공학과(Department of Electronics and Computer Engineering, Hanyang University)

· 논 문 번 호 : 20091026-122

· 교 신 저 자 : 박상규(e-mail : skpark@hanyang.ac.kr)

· 수정완료일자 : 2009년 12월 20일

은 페이딩을 겪게 되더라도 다른 사용자에 대해서는 할당된 부반송파가 깊은 페이딩을 겪지 않는다. 즉, 좋은 채널 환경에 있는 사용자가 채널 환경이 좋은 부반송파를 이용하여 데이터를 전송할 수 있게 되어 다중 사용자 다이버시티 효과를 얻을 수 있고 대역폭을 효율적으로 이용할 수 있다. 한편, 무선 채널에서는 주파수 대역과 전송 전력과 같은 자원이 제한되어 있기 때문에 주어진 주파수 대역폭과 전송 전력 내에서 스펙트럼 효율을 높이기 위해 한정된 자원에 대한 할당 기법에 관하여 많은 연구가 진행되고 있다^{[4]~[8]}.

Wong은 라그랑지안 완화법(LR: Lagrangian Relaxation)을 통해 사용자의 QoS를 만족시키면서 동시에 전송 전력을 최소화시키는 방법을 제안하였다^[6]. 그러나 상대적으로 시변(time-varying) 채널 환경에서 복잡도가 너무 높아 사용하기에는 거의 비실용적이다. Kivanc는 두 단계로 이루어진 할당 방법을 제안하여 기존에 비해 비교적 복잡도가 낮으면서 좋은 성능을 유지하는 방법을 제안하였다^[7]. 그러나, 제안된 자원 할당 방법의 경우에는 주어진 모든 사용자에게 서비스를 제공하기 위하여 부반송파를 전체 사용자에게 나누어 주기 때문에 사용자가 분배 가능한 부반송파 수 대비 어느 일정 수를 초과하게 되면 시스템을 이용하지 못하는 사용자의 수가 급증하는 단점이 있다. 최근 들어, 최대 전송 전력이 제한된 시스템에서 Zhang은 사용자의 QoS(Quality of Service)를 만족하면서 스펙트럼 효율을 최대화하는 자원 할당 알고리즘을 제안하였다^[8]. Zhang은 전송 가능한 전체 비트율이 최대가 되도록 부반송파를 할당한다. 비용 함수(cost function)을 이용하여 각 사용자의 최소 요구 데이터 율에 맞게 재할당하였다.

위의 제안된 알고리즘들^{[6]~[8]}은 기지국에서 이상적인 채널 상태 정보(CSI: Channel State Information)를 알고 있다고 가정한다. 하지만 자원 할당을 위한 채널 정보를 갱신함에 따라 많은 대역폭이 요구되거나, 무선 채널의 상향 링크에서 단말기의 많은 전력 소비가 이루어진다.

본 논문에서는 간략화된 채널 상태 정보 구조를 기반으로 자원을 할당하는 알고리즘을 제한된 전송 전력을 이용하여 최대한 많은 사용자의 QoS를 만족하게 한다. 우선, 보다 안정적인 서비스를 이루기 위

해 사용자의 최소 요구 데이터 전송률과 평균 채널 이득 정보를 이용하여 QoS를 만족시킬 수 있는 사용자의 후보를 정한다. 그리고 간략화된 CSI 구조를 이용함으로써 발생하는 부정확한 부반송파 할당을 최소한으로 줄이기 위하여, 사용자당 필요한 부반송파의 개수를 정한다. 그 다음, 채널의 상태를 나타내는 유효 표시 함수를 통한 다중 사용자 다이버시티를 고려하고 사용자당 평균 데이터 전송률과 예상 전송 데이터 전송률의 차이를 이용하여 부반송파를 할당함으로써 부반송파 할당 시 효율을 높인다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 OFDM 시스템 모델을 설명하고, III장에서는 간략화된 채널 상태 정보 정보를 이용한 제안된 알고리즘을 설명한다. IV장에서는 모의실험을 통하여 기존의 알고리즘과 제안된 알고리즘의 성능을 비교 분석하고, V장에서 결론을 맺는다.

II. 시스템 모델

본 논문에서는 K 명의 사용자가 N 개의 부반송파를 이용하는 다중사용자 OFDM 시스템 모델의 순방향 전송을 고려한다. 시스템의 기본 구조는 그림 1과 같다. 이 시스템에서는 전체 전송 전력을 제한하며 각각의 부반송파는 동일한 전력을 사용하고, 송신단과 수신단에서 완벽한 채널 정보에 대해 알고 있다고 가정한다. 또한 부반송파와 비트 할당에 관한 정보는 별도의 제어 채널을 통해 수신단으로 전달된다.

이때 상향 채널을 통해서 정확한 채널 상태 정보를 교환시키기 위해서는 부반송파당 최소 6비트 이상으로 양자화된 채널 정보를 전송해야 한다^{[10],[11]}. 본 논문에서 고려된 시스템 모델의 채널 상태 정보는 k 번째 사용자에 대한 N 개의 모든 부반송파의 평균 채널 정보 \bar{H}_k 와 부반송파당 1비트로 이루어진

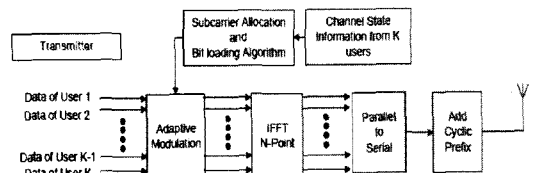


그림 1. 다중 사용자 OFDM 순방향 구조
Fig. 1. Multi-user OFDM system in the downlink.

유효 표시 함수(AIF: Availability Indication Function)로 구성되며, 유효 표시 함수 $C_k(n)$ 는 다음과 같다^[9].

$$C_k(n) = \begin{cases} 1, & \text{if } |H_k(n)|^2 \geq \bar{H}_k \\ 0, & \text{if } |H_k(n)|^2 < \bar{H}_k \end{cases} \quad (1)$$

여기서 $H_k(n)$ 는 k 번째 사용자에게 대한 n 번째 부반송파의 채널 이득이고, 각 사용자의 평균 채널 이득은 $\bar{H}_k = (\sum_{n=1}^N |H_k(n)|^2) / N$ 이다. c_{avg}^k 를 k 번째 사용자가 부반송파를 이용하여 전송할 수 있는 평균 비트 수로 정의한다. 이때 k 번째 사용자에게 할당된 n 번째 부반송파를 이용하여 c_{avg}^k 비트를 전송할 때 필요한 수신 전력 $f(c_{avg}^k)$ 는 아래와 같다^[7].

$$f(c_{avg}^k) = P_{k,n} |\bar{H}_k|^{-2} \quad (2)$$

여기서 $P_{k,n}$ 는 k 번째 사용자가 n 번째 부반송파를 이용하여 c_{avg}^k 비트를 전송하려 할 때 필요한 송신 전력이다.

$f(c_{avg}^k)$ 는 c_{avg}^k 비트에 따라 값이 증가하는 함수이고, 일반적으로 M-QAM 시스템에서 아래와 같이 계산된다^[6].

$$f(c_{avg}^k) = \frac{N_0}{3} \left[Q^{-1} \left(\frac{P_e}{4} \right)^2 \right] (2^{c_{avg}^k} - 1) \quad (3)$$

여기서 P_e 는 요구되는 BER이고, $N_0/2$ 는 가산 백색 가우시안 잡음(AWGN)의 분산 값이고 $Q(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_x^\infty e^{-t^2/2} dt$ 이다. 그러므로 c_{avg}^k 는 부반송파가 사용자들에게 할당되기 전에 기지국에서 계산이 가능하다.

각 사용자의 최소 요구 데이터 전송률은 R_{min}^k 이고, k 번째 사용자와 n 번째 부반송파에 대한 할당 지시값을 $\rho_{k,n}$ 라고 정의한다. 이때, k 번째 사용자에게 n 번째 부반송파가 할당되었을 경우에는 $\rho_{k,n} = 1$ 이고, 그렇지 않으면 $\rho_{k,n} = 0$ 이다. 한 명 이상의 사용자가 같은 부반송파를 이용하여 데이터를 전송할 수 없기 때문에 k' 번째 사용자의 n 번째 부반송파에 대해서 $\rho_{k',n} = 1$ 이면, $k \neq k'$ 인 사용자는 $\rho_{k,n} = 0$ 이다. k 번째 사용자가 전송하는 평균 비트 수는 다음과

같이 표현된다.

$$R_k = \sum_{n=1}^N \rho_{k,n} c_{avg}^k \quad (4)$$

본 논문에서는 기존의 알고리즘보다 적은 채널 정보를 기반으로 최적의 $\rho_{k,n}$ 구하고, c_{avg}^k 를 이용하여 다수의 사용자에서 최소 요구 데이터 전송률과 오류 확률을 만족하는 알고리즘을 제시한다. 그리고 전체 데이터 전송률 $\sum_{k=1}^K R_{valid}^k$ 이 최대가 되도록 하는 부반송파 할당 방법을 제시한다. 이때 R_{valid}^k 는 k 번째 사용자의 최소 요구 전송률을 만족시키는 유효한 데이터 전송률을 나타내며 다음과 같다.

$$R_{valid}^k = \begin{cases} R_{min}^k, & \text{if } R_k \geq R_{min}^k \\ 0, & \text{if } R_k < R_{min}^k \end{cases} \quad \forall k \quad (5)$$

III. 간략화된 채널 정보를 이용한 부반송파 할당 방법

간략화된 채널 정보 구조를 기반으로 기지국의 총 전송 전력이 제한된 다중 사용자 OFDM 시스템에서 다수의 사용자에서 일정 수준의 성능을 유지하기 위해, 먼저, 사용자의 평균 데이터 전송률과 사용자의 최소 요구 데이터 전송률을 이용하여 안정적인 서비스를 받을 수 있는 사용자 집단을 정의한다. 그 다음, 각 사용자 집단에 필요한 부반송파 개수를 정의한 뒤 유효 표시 함수를 이용하여 자원 할당을 한다.

3-1 서비스를 제공받을 사용자와 할당할 부반송파 개수 결정

시스템에서는 N 개의 한정된 부반송파를 사용하기 때문에, 사용자가 증가하면 사용자들의 요구 데이터 전송률의 합이 제공 가능한 전체 데이터 전송률을 넘게 되는 경우가 발생한다. 이 경우 시스템에 있는 사용자 집단 $\mathbf{K} = \{1, 2, \dots, K\}$ 에 QoS를 모두 만족할 수 없으므로, 서비스를 제공받을 사용자 집단 $\bar{\mathbf{K}}$ 를 재정의한다. 사용자들의 요구 데이터 전송률의 합이 제공 가능한 전체 데이터 전송률을 넘으면 평균 데이터 전송률이 가장 작은 사용자 k^* 를 사용자 집단 \mathbf{K} 에서 제외하는 알고리즘으로써, 다음과

같이 정리할 수 있다.

$$\begin{aligned}
 & \text{while } \sum_{k=1}^K R_{\min}^k > \bar{R}_{total} \\
 & \quad k^* \leftarrow \arg \min(c_{avg}^k) \forall k \\
 & \quad \mathbf{K} \leftarrow \mathbf{K} - \{k^*\} \\
 & \quad \bar{\mathbf{K}} = \mathbf{K} \\
 & \text{end}
 \end{aligned} \tag{6}$$

여기서 \bar{R}_{total} 는 시스템에서 전송할 수 있는 평균 데이터 전송률을 나타내고, 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$\bar{R}_{total} = \left(\sum_{k=1}^K c_{avg}^k \right) N / K \tag{7}$$

식 (6)을 통하여 결정된 서비스를 제공받을 사용자 집단 $\bar{\mathbf{K}}$ 를 결정한 뒤, k 번째 사용자가 최소 요구 데이터 전송률을 만족시키기 위한 부반송파 개수 W_k 를 정의하고 다음의 식으로 나타낸다.

$$W_k = \left\lceil \frac{R_{\min}^k}{C_{avg}^k} \right\rceil \quad \forall k \in \bar{\mathbf{K}} \tag{8}$$

이때 $y = \lceil x \rceil$ 에서 y 는 x 보다 큰 정수의 최소값을 나타낸다. W_k 를 결정하는 이유는, 1비트의 제한적인 채널 정보를 이용하는 채널 정보 구조에서 최적의 할당을 하기 위해서다. 이상적인 채널 정보 구조를 사용하는 기존의 알고리즘의 경우, 각 부반송파를 이용하여 실제 전송할 수 있는 데이터량의 정확한 계산이 가능하다. 그러나 간단하지만 제한적인 채널 정보 구조를 사용하는 경우 부반송파의 할당 이후, 실제 전송되는 데이터 전송률의 정확한 계산이 불가능하기 때문에 식 (8)과 같이 계산을 통하여 W_k 를 결정함으로써 불필요한 자원의 할당을 최소한으로 줄일 수 있다.

3-2 유효 표시 함수를 이용한 자원 할당

지금까지 서비스 받을 수 있는 사용자를 결정하고, 각 사용자들이 필요한 부반송파의 할당 개수를 정하였다. 제안된 기법에서는 기지국에서 정확한 채널 상태 정보 대신에, 평균 채널보다 좋고 나쁨만을 나타내는 간략화된 채널 상태 정보를 사용한다. 0과 1을 사용하는 채널 상태 정보 구조에서 선택된 사용

자 집단 $\bar{\mathbf{K}}$ 에게 다중사용자 다이버시티를 보장하기 위해, 다음과 같은 방법으로 부반송파 할당을 시작한다. 우선, 부반송파를 유효 표시 함수의 합, $\sum_{k=1}^K C_k(n)$ 이 0을 제외한 가장 작은 값을 가지는 사용자에게 할당을 시작한다. 이때 각 사용자가 필요한 부반송파 개수 W_k 를 만족시킨 경우에는 해당 사용자에게 할당을 멈추고, 다른 사용자에게 할당을 시작한다.

우선 $\sum_{k=1}^K C_k(n)$ 가 1인 경우, 할당될 부반송파는 K 명의 사용자중 한 명의 사용자만 좋은 채널 상태를 가짐을 의미한다. 그러므로 이때, 유효 표시 함수가 1인 n' 번째 부반송파를 사용자 k' 에게 할당하며 다음과 같은 식으로 나타낼 수 있다.

$$\rho_{k',n'} = 1 \leftarrow \arg (C_k(n) = 1), \forall k \in \bar{\mathbf{K}} \tag{9}$$

그 다음, $\sum_{k=1}^K C_k(n)$ 가 1보다 큰 값을 가지는 경우를 생각해 보자. 이때는 이미 할당된 부반송파를 제외하고 가장 작은 수부터 올림차 순으로 부반송파 할당을 시작한다. 유효 표시 함수의 합이 1보다 큰 경우, 한 명 이상의 사용자에서 평균 이상의 좋은 채널 상태를 가지고 있음을 의미한다. 그러므로 부반송파가 최적의 할당을 위해 n' 번째 부반송파의 유효 표시 함수가 1인 사용자 집단 $\bar{\mathbf{K}}$ 중 사용자의 최소 요구 데이터 전송률 R_{\min}^k 과 데이터 전송률 R_k 의 차이값 d_k 을 구한다. 그리고 이때 작은 d_k 값을 가지는 사용자 k' 에게 n' 번째 부반송파를 할당하며, 다음과 같은 식으로 표현한다.

$$\begin{aligned}
 \rho_{k',n'} &= 1 \leftarrow \arg \min_{k \in \bar{\mathbf{K}}} (d_k) \\
 & \text{where } d_k = |R_{\min}^k - R_k|
 \end{aligned} \tag{10}$$

마지막으로, $\sum_{k=1}^K C_k(n)$ 가 0인 부반송파의 할당을 시작한다. 이 경우, 해당 부반송파는 모든 사용자에게 평균 이하의 채널 상태를 가지고 있음을 나타낸다. 그러므로 부반송파 개수 W_k 를 가장 적게 요구하는 사용자에게 먼저 부반송파를 할당함으로써 사용자가 요구하는 데이터의 outage 확률을 최소화할 수 있으며, 이는 다음의 식으로 나타낸다.

$$\rho_{k',n'} = 1 \leftarrow \arg \min_{k \in \bar{\mathbf{K}}} (W_k)$$

$$z_{k'} = z_{k'} + 1 \quad (11)$$

여기서 $z_{k'}$ 는 k' 번째 사용자의 평균 채널 이득 미만
의 성능을 가지는 부반송파를 할당 받은 개수이다.

위와 같이 채널의 다이버시티를 나타내는 유효
표시 함수의 합을 이용하여, 각각의 조건에 따라 식
(9)~(11)에서 할당된 부반송파 n' 은 사용 가능한 부
반송파 집합 $N=\{1, 2, \dots, N\}$ 중에서 제외되어야
한다. 또한 n' 번째 부반송파를 k' 번째 사용자에게
할당하였으므로, k' 번째 사용자의 필요한 최소 부
반송파 개수 $W_{k'}$ 는 줄어들고, 데이터 전송률 $R_{k'}$ 는
증가하게 된다. 이는 식 (12)로 나타낼 수 있다.

$$\begin{aligned} N &= N - \{n'\} \\ W_{k'} &= W_{k'} - 1 \\ R_{k'} &= R_{k'} + c_{avg}^{k'} \end{aligned} \quad (12)$$

시스템에서 제공하는 부반송파의 개수가 식 (8)에
서 정의한 필요한 부반송파의 개수의 합보다 많은
경우, 즉, 잉여 부반송파의 경우가 발생할 때는 $z_{k'}$
가 큰 순서대로 부반송파를 할당한다. 평균 채널 이
득 미만의 성능을 가진 부반송파를 할당 받은 사용
자에게 더 많은 부반송파를 할당함으로써 outage 성
능 및 데이터 전송률을 향상시킬 수 있다.

본 논문에서 제시한 새로운 자원 할당 알고리즘
은, 기존의 알고리즘이 사용하는 채널 상태 정보 구
조보다 간략화된 채널 상태 정보 구조를 기반으로
제한된 전송 전력을 이용하여 최대한 많은 사용자의
QoS를 만족하게 하며, 전체 데이터 전송률을 향상시
키고 재할당 알고리즘과 비용 함수를 사용하지 않는
간단한 부반송파 할당 알고리즘이다. 다음 장에서는
이상적인 채널 상태 정보 구조를 사용하는 기존의
알고리즘과 간단한 채널 상태 정보 구조를 사용하는
제안하는 알고리즘을 비교 분석한다.

IV. 모의실험 결과

본 장에서는 다중 경로 레일레이(Rayleigh) 페이딩
환경에서 다중 사용자 OFDM 시스템을 구현하고, 기
존 방법과 제안된 방법 간의 성능을 모의실험을 통
해 비교, 분석한다. 송신단과 수신단은 채널 정보를
완벽하게 알고 있다고 가정한다. 모의실험에서 사용

표 1. 모의실험 파라미터

Table 1. Simulation parameters.

Number of users	1~80
Number of subcarriers	128
Channel condition	Rayleigh(4 path)
Type of data	16, 32, 64 bits/OFDM symbol
Modulation	MQAM
BER	10^{-6}

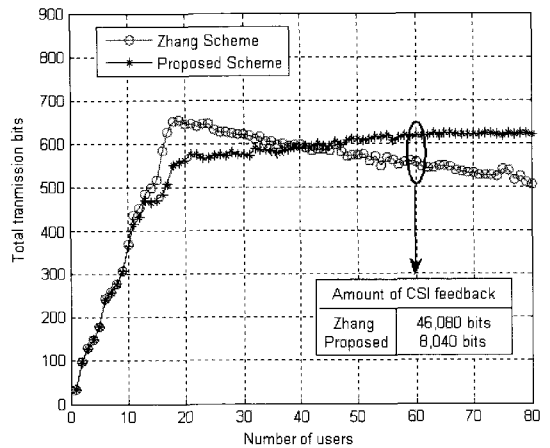


그림 2. 전체 전송 비트 수 비교

Fig. 2. Comparison throughput between Zhang's and pro-
posed algorithm.

자가 원하는 최소 요구 데이터 전송률은 16, 32, 48
bits/OFDM symbol로 설정한다. 또한 각 서비스를 원
하는 사용자의 비율은 30%, 40%, 30%로 분포되
고, 모든 사용자의 BER은 10^{-6} 라고 가정한다. 실험
에 사용된 기본 환경은 표 1과 같다.

그림 2는 Zhang의 알고리즘과 제안된 알고리즘의
전체 데이터 전송률을 비교한 것이다^[8]. 여기서 전체
데이터 전송률은 실제 전송되는 데이터로써, 요구
서비스를 만족시킨 사용자들의 최소 요구 데이터량
의 합이며, $R_{total} = \sum_{k=1}^K R_{min}^k$ 로 나타낼 수 있다. 그
림에서 보듯, 기존의 알고리즘은 사용자가 증가할수
록 재할당 이후 낭비되는 부반송파가 증가하여, 전
체 데이터 전송률이 감소한다. 하지만 제안하는 알
고리즘은 안정적인 서비스 제공을 위해 사용자 우선
권을 제공하기 때문에, 사용자가 증가하여도 전체
데이터 전송률을 유지할 수 있다. 사용자 수가 적을
경우에는 기존의 알고리즘보다 약간 성능이 떨어지

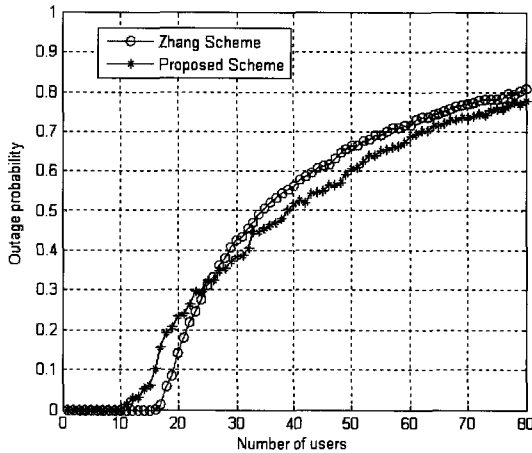


그림 3. Outage 확률 비교
Fig. 3. Comparison outage probability between Zhang's and proposed algorithm.

지만, 이는 1비트의 간단하지만 제한적인 채널 상태 정보로 인하여 정확한 채널 추정이 불가능하기 때문에 불가피하게 발생하게 된다. 하지만 제안된 알고리즘은 기존의 6비트가 아닌 1비트의 채널 상태 정보를 이용함에도 불구하고, 사용자 수가 증가하여도 일정 전송률을 유지시켜 준다. 또한 60명의 사용자가 시스템에 존재할 때, 제안된 알고리즘과 기존의 알고리즘의 채널 상태 정보에 필요한 비트 수에서도 큰 차이가 발생함을 확인할 수 있다.

그림 3은 Zhang과 제안된 알고리즘의 outage 확률을 비교하였다. 제안된 알고리즘은 기존 알고리즘에 비해 적은 수의 채널 상태 정보와 간단한 할당 기법을 이용함에도 불구하고, 기존의 알고리즘과 비슷한 성능을 보여준다. 사용자가 적은 경우에는 일시적으로 outage 확률이 높지만, 사용자가 많은 경우에는 outage 확률이 낮아짐을 확인할 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 간략화된 채널 상태 정보 구조를 기반으로 제한된 전송 전력을 이용하여 최대한 많은 사용자의 QoS를 만족시키며, 재할당 알고리즘을 사용하지 않으면서 전체 데이터 전송률을 향상시키는 간단한 부반송파 할당 알고리즘을 제안하였다. 기존의 이상적인 채널 상태 정보 전송을 위하여 6비트가 아닌 1비트의 제한적인 채널 상태 정보를 이용함에도

도 불구하고, 기존의 알고리즘보다 전체 데이터 전송률, 채널 정보량 그리고 outage 확률에서 나은 성능을 보여준다.

따라서 제안된 알고리즘은 기지국의 실제 전송 전력이 제한되고, 단말기에서 작은 전송 전력을 사용하는 다중 사용자 OFDM 시스템에서 효율적인 부반송파 할당 방법이다.

참 고 문 헌

- [1] R. Prasad, *OFDM for Wireless Communications Systems*, Artech House, 2004.
- [2] Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Speciation, *IEEE Std. 802.11*, 1997.
- [3] I. Koffman, V. Roman, "Broadband wireless access solutions based on OFDM access in IEEE802.16", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 40, pp. 96-103, Apr. 2002.
- [4] C. Dubuc, D. Starks, T. Creasy, and Y. Hou, "A MIMO-OFDM prototype for next-generation wireless WANs", *IEEE Commun. Mag.*, vol. 42, pp. 82-87, Dec. 2004.
- [5] H. Rohling, K. Bruninghaus, and R. Grunheid, "Comparison of multiple access schemes for an OFDM downlink system", in *Proc. IEEE Vehicular Technology Conf.(VTC'96)*, pp. 23-30, May 1997.
- [6] C. Y. Wong, R. S. Cheng, K. B. Letaief, and R. D. Murch, "Multiuser OFDM with adaptive subcarrier, bit and power allocation", *IEEE J. Select. Areas Commun.*, vol. 17, pp. 1747-1757, Oct. 1999.
- [7] D. Kivanc, G. Li, and H. Liu, "Computationally efficient bandwidth allocation and power control for OFDMA", *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 2, no. 6, pp. 1150-1158, Nov. 2003.
- [8] Y. Zhang, K. Letaief, "Multiuser adaptive subcarrier-and bit allocation with adaptive cell selection for OFDM systems", *IEEE Trans. Wireless Commun.*, vol. 3, no. 5, pp. 861-865, Sep. 2004.
- [9] C. Woo, E. Oh, and D. Hong, "Simple dynamic subcarrier allocation with CQI feedback reduction

for OFDMA systems", *IEEE Trans. on Veh. Technol.*, vol. 57, no. 5, pp. 3299-3303, Sep. 2008.

[10] M. Mecking, "Resource allocation for fading multiple-access channels with partial channel state information", in *Proc. IEEE. Conf. Commun.*, vol. 3,

pp. 1419-1423, May 2002.

[11] H. Cheon, B. Park, and D. Hong, "Adaptive multicarrier system with reduced feedback information in wideband radio channels", in *Proc. IEEE Veh. Technol. Conf.*, vol. 5, pp. 2880-2884, Sep. 1997.

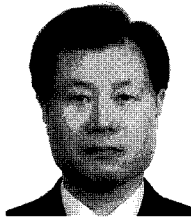
양 준 석



2006년 8월: 고려대학교 전자정보 공학과 (공학사)
2009년 2월: 한양대학교 전자컴퓨터 통신공학과 (공학석사)
2009년 2월~현재: 삼성전기 Wireless Solution 연구소
[주 관심분야] RF Module Design,

MIMO, OFDM

박 상 규



1974년 2월: 서울대학교 전기공학과 (공학사)
1980년 5월: 듀크대학교 전기공학과 (공학석사)
1987년 5월: 미시건대학교 전기공학과 (공학박사)
1987년 3월~현재: 한양대학교 전자

통신공학부 교수

[주 관심분야] 디지털통신, 확산대역통신, MIMO, OFDM