

논문 2007-44TC-7-13

셀룰러 OFDMA 시스템을 위한 불규칙적 주파수 재사용 방법

(An Irregular Frequency Reuse Scheme for Cellular OFDMA Systems)

김 용 석*, 류 철**, 임 민 중***

(Young-Serk Kim, Chul Ryu, and Minjoong Rim)

요 약

전통적인 셀룰러 시스템에서의 주파수 재사용 방법은 주파수를 분할하고 특정 셀에 위치한 단말들을 특정 주파수 영역에 할당시키는 반면, OFDMA 시스템에서의 주파수 재사용은 스케줄링에 의해서 결정되는 부반송파 할당 문제로 볼 수 있다. 이 논문에서는 주파수 설계에 의해서 인접한 셀들이 배타적인 주파수를 사용하도록 하는 대신, 각 셀이 셀 번호에 따라서 정적으로 결정되는 불규칙적인 패턴을 가지는 주파수 영역을 사용하는 방법을 제안한다. 이 논문에서는 불규칙적인 주파수 할당 패턴을 사용하는 것이 계획적인 주파수 할당을 하는 것에 견줄 정도의 효과적인 간섭 회피와 높은 데이터 전송률을 얻는 것이 가능함을 보인다.

Abstract

While conventional frequency reuse techniques for cellular communication systems divide frequency resources into multiple regions and each mobile is statically assigned to a certain frequency region, frequency reuse techniques for cellular OFDMA communication systems can be regarded as dynamic scheduling problems of finding best-fitted subcarriers for each packet transmission. Unlike conventional frequency reuse techniques allocating mutually exclusive frequency resources to adjacent cells, this paper proposes the use of a frequency reuse technique with irregular frequency allocation patterns assigned statically based on the cell numbers. This paper shows that the use of irregular frequency patterns can allow efficient interference avoidance and high data throughputs comparable to those with carefully planned frequency patterns.

Keywords: OFDMA, Cellular, Frequency Reuse, Irregular Pattern, Scheduling

I. 서 론

OFDMA(Orthogonal Frequency Division Multiple Access)는 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 시스템의 부반송파들을 다수의 사용자들이 분할하여 자원을 공유하는 방식으로, 차세대 이동통신을 위한 새로운 다중접속 방식으로 고려되고 있다^[1-5]. OFDMA 시스템에서 각 사용자에게 할당되는 부반송파는 고정되어 있는 것은 아니며 스케줄링에 의해서 매 패킷 전송마다 동적으로 할당될 수 있다.

일반적인 셀룰러 시스템에서의 주파수 재사용 방법은 주파수를 다수의 채널로 분할하고 동일 채널간의 간섭을 특정 수준 이하로 유지할 수 있도록 정해진 주파수 배치 패턴에 따라 셀 단위로 채널이 할당되는 것이다^[6]. 그러나 OFDMA 시스템에서의 주파수 재사용 방법은 반송파 주파수의 변경이 필요 없는 부반송파 할당 문제가 되며 각 단말은 반송파 변경 등의 절차 없이 스케줄링에 의해서 매 전송마다 다른 주파수 영역에 할당이 될 수 있다^[4,7-9]. 따라서 OFDMA 시스템에서의 주파수 재사용은 셀의 주파수 할당 문제에 국한된 것이 아니라, 단말의 위치, 채널 상태, 간섭의 양 등 실시간 정보에 의해서 단말이 속하는 주파수 영역이 결정되는, 동적 자원 할당의 문제로 귀결된다^[7-11].

이 논문에서는 인접한 셀들을 배타적이고 계획적인 부반송파 할당을 하는 대신 각 셀이 셀 번호(프리앰블 번호)에 의해 정적으로 결정되는 불규칙적인 형태의 패

* 정회원, 삼성전자 통신연구소
(Telecomm. R&D Center, Samsung Electronics)

** 정회원, *** 정회원-교신저자, 동국대학교
정보통신공학과
(Department of Information and Communications
Engineering, Dongguk University)

접수일자: 2007년2월14일, 수정완료일: 2007년7월2일

턴을 사용하여 부반송파를 할당하는 것을 제안한다. 제안된 방법은 계획적인 주파수 설계(cell planning)가 필요하지 않지만 간섭을 회피하고 데이터 전송률을 높이는 데 있어서 기존의 주파수 방법에 손색이 없을 정도의 우수한 성능을 보인다. 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 OFDMA 시스템의 주파수 재사용 방법에 대해서 설명하고, III장에서는 기존의 주파수 재사용 방법들의 단점을 극복한 방법을 제안한다. IV장에서는 실험 결과를 보이고, V장에서는 결론을 맺는다.

II. 주파수 재사용 방법

1. 모든 부반송파의 사용

그림 1은 각 셀이 모든 부반송파를 사용하는 주파수 재사용도 $K = 1$ 의 경우를 나타낸다^[6]. 그림 1의 왼쪽 부분은 각 셀들이 모든 부반송파를 사용하는 것을 개념적으로 그린 그림이며 오른쪽 부분은 셀들의 주파수 할당을 나타낸다. 모든 셀이 모든 부반송파를 사용하면 셀 중앙에서는 사용할 수 있는 부반송파의 수가 많으므로 높은 데이터 전송률을 얻을 수 있으나 셀 경계에서는 인접 셀로부터 커다란 간섭을 겪게 된다.

하향링크의 단말을 고려하였을 때, 주변 기지국 BS_j 에서 오는 간섭을 I_j , 길이 J 의 간섭 벡터를 $\mathbf{I} = [I_1 \ I_2 \ \dots \ I_J]^T$, 길이 J 의 1로 구성되어 있는 벡터를 $\mathbf{F} = [1 \ 1 \ \dots \ 1]$, 단말의 수신 신호 전력을 S , 단말의 잡음을 η 라고 하자. 단말의 수신 SINR(Signal to Interference and Noise Ratio)은 식 (1)과 같이 써질 수 있다.

$$SINR_{K=1} = \frac{S}{\eta + \mathbf{F}\mathbf{I}} \tag{1}$$

주어진 대역폭이 B 이고 이를 N 개의 단말이 균등하게 나누어 쓰며 구현 손실에 의한 SNR(Signal to

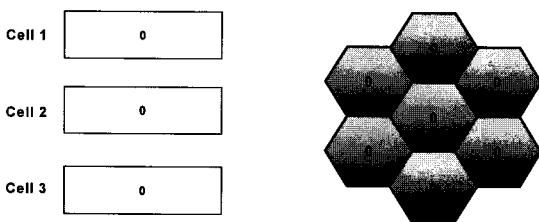


그림 1. 주파수 재사용 $K = 1$
Fig. 1. Frequency Reuse $K = 1$.

Noise Ratio) gap이 Γ 라고 한다면, 데이터 전송 속도는 식 (2)와 같이 나타내진다.

$$R_{K=1} = \frac{B}{N} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=1}}{\Gamma} \right) \tag{2}$$

2. 주파수 재사용

주파수 재사용도 $K = M$ 을 사용할 때에는 그림 2에서와 같이 OFDMA 부반송파를 M 개의 그룹으로 나누고, 인접한 셀들이 다른 번호를 가지도록 각 셀에 1부터 M 사이의 번호를 할당한다. 셀 m 은 부반송파 그룹(주파수 영역) m 만을 사용함으로써 인접한 셀들과의 간섭을 줄인다^[6]. M 이 증가하면 인접한 셀들의 거리가 멀어짐으로 인해 셀 간 간섭이 줄어들게 되지만 한 셀이 사용하는 부반송파의 수가 줄어들어 평균 데이터 전송률이 떨어질 수 있다. 그림 2의 왼쪽 부분은 각 셀들이 OFDMA의 부반송파들 중 일부를 사용하는 그림을 개념적으로 표현한 것이다. 그림에서의 부반송파 할당은 논리적 할당이며 물리적으로는 각 부반송파 그룹들의 부반송파들이 인터리빙이 되어 전 대역에 퍼져서 주파수 다이버시티가 극대화되도록 구성될 수 있다.

각 셀에 주파수 재사용도 $K = M$ 의 방법으로 1에서 M 사이의 번호를 할당하였다고 하자. F_m 은 j 번째 원소가, BS_j 에 m 의 번호가 할당되었으면 1, 그렇지 않으면 0의 값을 가지는 길이 J 의 벡터라고 하자. 단말이 번호 m 이 할당된 셀에 속할 때 수신 SINR은 식 (3)과 같이 써질 수 있다.

$$SINR_{K=M} = \frac{S}{\eta + \mathbf{F}_m \mathbf{I}} \tag{3}$$

데이터 전송 속도는 식 (4)와 같이 써질 수 있다.

$$R_{K=M} = \frac{B}{MN} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=M}}{\Gamma} \right) \tag{4}$$

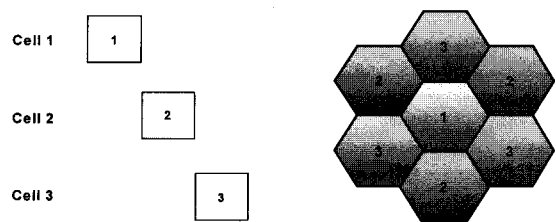


그림 2. 주파수 재사용 $K = 3$
Fig. 2. Frequency Reuse $K = 3$.

3. 스케줄링에 의한 주파수 할당

OFDMA 시스템의 주파수 재사용에서는 반송파의 변경 없이 단말의 위치나 상태 정보에 따라 단말이 사용하는 부반송파 그룹을 결정할 수 있다. 주파수 재사용도 $K=M/(M-1)$ 은 부반송파를 M 개의 그룹으로 나누고 주파수 재사용도 $K=M$ 을 사용할 때와 같은 방법으로 셀에 번호를 할당하지만, 셀 m 은 부반송파 그룹 m 을 제외한 나머지 그룹만 사용한다^[7-9]. 셀 m 에 있는 각 단말은 주변 셀의 프리앰블을 측정하여 가장 프리앰블의 세기가 큰(가장 간섭이 클 가능성이 있는) 셀 $k(m)$ 를 찾고, 그 셀이 사용하지 않는 부반송파 그룹 k 에 할당되어 셀 k 로부터의 간섭을 회피한다. 이 방법은 스케줄링에 의해서 성능이 결정되므로 우수한 성능을 가지는 스케줄링 알고리즘이 필요하며 스케줄러에게 실시간 정보를 제공하기 위한 절차도 필요하다. 주파수 재사용도 $K=M/(M-1)$ 에서는 M 값이 증가하게 되면 스케줄링이 더 복잡해지지만, 주파수 재사용도 $K=M$ 과는 달리, M 값이 커짐에 따라서 더 많은 부반송파를 사용하여 평균 데이터 전송률을 높일 수 있는 특성이 있다. 주파수 재사용도 $K=M/(M-1)$ 은 $K=1$ 에 비해서 셀 경계 성능을 높일 수 있으며, $K=M$ 에 비해서는 더 많은 부반송파를 사용함으로써 평균 데이터 전송률을 높일 수 있는 장점이 있다. 그러나 셀 전체로 방송되는 부분을 처리하기 어렵고 세 개의 셀이 인접한 경계의 성능을 확보하기 어려우며 성능이 단말의 분포 및 데이터 전송량, 스케줄링 알고리즘에 따라 결정될 수 있다는 단점도 가지고 있다.

단말은 m 번 번호가 붙은 셀에 속하며 주변 셀에 주파수 재사용도 $K=M$ 과 같은 방법으로 1에서 M 사이의 번호를 할당하였다고 하자. 단말의 수신 SINR은 식 (5)와 같이 써질 수 있다.

$$SINR_{K=M/(M-1)} = \frac{S}{\eta + \mathbf{F}\mathbf{I} - \max_{k \in FreqSet} \{F_k \mathbf{I}\}} \quad (5)$$

식 (3)에서 $FreqSet$ 은 초기에는 m 을 제외한 1부터 M 사이의 번호가 포함되며 특정 번호가 할당된 부반송파가 모두 사용이 되면 그 번호는 $FreqSet$ 에서 삭제된다. 각 단말에서의 주변 셀로부터의 간섭의 양은, 핸드오버를 위하여 주기적으로 측정이 되고 기지국에 보고되는 주변 셀의 프리앰블의 세기를 이용하며, 기지국에서는 간섭이 가장 큰 단말 또는 간섭 회피의 효과가 가장 큰 단말부터 주파수 영역을 할당한다. 데이터 전

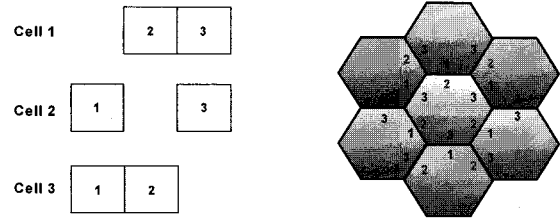


그림 3. 주파수 재사용 $K=3/2$
Fig. 3. Frequency Reuse $K=3/2$.

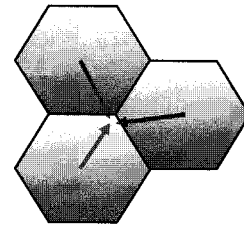


그림 4. 두 개의 인접 셀로부터의 간섭
Fig. 4. Interference from two adjacent cells.

송 속도는 식 (6)과 같이 써질 수 있다.

$$R_{K=M/(M-1)} = \frac{(M-1)B}{MN} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=M/(M-1)}}{\Gamma} \right) \quad (6)$$

식 (5)는 식 (1)에 비하면 간섭이 줄었지만 식 (3)에 비해서는 매우 큰 간섭이 들어올 수 있다. 식 (3)에서는 m 번 번호가 붙은 셀로부터만 간섭이 들어오지만 식 (3)에서는 k 번 번호가 붙은 셀에서의 간섭만 회피하므로 인접한 여러 셀로부터 간섭이 들어오는 경우 효과적으로 간섭을 줄일 수 없다. 예를 들어 그림 4와 같이 단말이 세 셀의 경계에 있어서 두 셀로부터의 간섭이 크다고 하면 단말에 어떠한 주파수를 할당하여도 큰 간섭이 들어올 수밖에 없다.

4. 부분적 주파수 재사용

OFDMA 시스템에서는 모든 단말이 동일한 주파수 재사용도를 사용할 필요는 없으며 단말의 위치 및 상태에 따라서 다른 주파수 재사용도를 사용할 수 있다^[9]. 예를 들어 셀 경계에 있는 단말은 간섭을 줄이기 위해서 주파수 재사용 $K=3$ 을 사용하면서 셀 중앙에 있는 단말은 간섭이 적으므로 주파수 재사용 $K=1$ 을 사용하여 데이터 전송률을 향상시킬 수 있다. 그림 5는 $K=1$, $K=3$, $K=3/2$ 의 주파수 재사용을 동시에 사용하는 부분적 주파수 재사용의 예를 보여주고 있다.

주파수 재사용 $K=1$, $K=M$, $K=M/(M-1)$

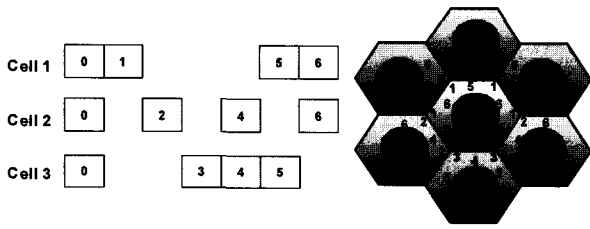


그림 5. 부분적 주파수 재사용
Fig. 5. Fractional Frequency Reuse.

을 사용하는 세 개의 구간이 있고 각 구간의 대역폭의 비율을 $\beta_{K=1}$, $\beta_{K=M}$, $\beta_{K=M/(M-1)}$ 각 영역의 사용자의 수를 $N_{K=1}$, $N_{K=M}$, $N_{K=M/(M-1)}$ 이라고 하며 다음의 식을 만족한다고 하자.

$$\beta_{K=1} + \beta_{K=M} + \beta_{K=M/(M-1)} = 1 \quad (7)$$

$$N_{K=1} + N_{K=M} + N_{K=M/(M-1)} = N \quad (8)$$

각 영역의 데이터 전송 속도는 다음과 같이 나타내어 진다.

$$R_{Fractional, K=1} = \frac{\beta_{K=1}B}{N_{K=1}} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=1}}{\Gamma} \right) \quad (9)$$

$$R_{Fractional, K=M} = \frac{\beta_{K=M}B}{MN_{K=M}} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=M}}{\Gamma} \right) \quad (10)$$

$$R_{Fractional, K=M/(M-1)} = \frac{(M-1)\beta_{K=M/(M-1)}B}{MN_{K=M/(M-1)}} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{K=M/(M-1)}}{\Gamma} \right) \quad (11)$$

III. 제안하는 주파수 재사용 방법

1. 기존 주파수 재사용 방법의 문제점

기존의 주파수 재사용 방법은 여러 단점을 가지고 있다. 주파수재사용 $K=1$ 의 경우 주파수 설계는 필요하지 않지만 인접 셀로부터의 간섭이 매우 커서 셀 경계 성능이 떨어지는 문제점이 있다. 주파수 재사용 $K=M$ 의 경우에는 한 셀이 사용하는 부반송파의 수가 적어서 데이터 전송률이 떨어지며 주파수 설계가 필요한 단점을 가진다. 주파수 재사용 $K=M/(M-1)$ 의 경우에는 두 셀 이상에서 간섭을 받는 단말은 간섭을 효과적으로 회피하지 못하며 역시 주파수 설계가 필요

한 단점을 가진다. 두 셀 이상의 간섭을 회피하기 위해서 부분적 주파수 재사용을 사용할 경우에도 역시 주파수 재사용 $K=M$ 과 $K=M/(M-1)$ 이 근본적으로 가지고 있는 문제들을 해결하지는 못한다. 차세대 이동통신 시스템을 위한 주파수 재사용 방법은 주파수 설계가 필요하지 않고 각 셀이 대부분의 부반송파를 사용할 수 있으면서도 셀 경계에서의 간섭을 효과적으로 회피할 수 있어야 한다.

2. 제안하는 주파수 할당 방법

제안하는 주파수 재사용 방법에서는 부반송파를 비교적 큰 수의 M_1 개의 그룹으로 나누고 각 셀은 셀 번호(프리앰블 번호)에 따라서 정적으로 결정되는 불규칙적인 형태의 패턴을 가지면서 M_2 개의 부반송파 그룹을 사용하도록 한다. 불규칙 패턴은 미리 약속이 되어 있어서 인접한 셀의 번호를 알면 주파수 할당 패턴도 알 수 있으며 인접한 셀들의 셀 번호는 모두 다르며 따라서 주파수 할당 패턴도 모두 다르다고 가정한다.

그림 6은 부반송파 그룹의 할당 예를 보여준다. 주파수 영역 k 에 대해서 j 번째 원소가 기지국 BS_j 이 사용하고 있으면 1, 그렇지 않으면 0을 나타내는 길이 J 의 벡터를 \bar{F}_k 라고 하자. 단말이 주파수 영역 k 에 할당이 되었다면 간섭은 $\bar{F}_k \mathbf{I}$ 가 된다. 단말은 주변 셀의 프리앰블 신호의 세기를 측정하여 $\bar{F}_k \mathbf{I}$ 가 가장 작은 주파수 영역을 찾아 그 영역에 할당된다.

$$SINR_{NoPlanning} = \frac{S}{\eta + \min_{k \in FreqSet} \{ \bar{F}_k \mathbf{I} \}} \quad (12)$$

식 (12)에서 $FreqSet$ 은 초기에는 기지국이 사용하는 모든 부반송파 그룹의 번호가 속하며 그 번호가 사용이 되면 $FreqSet$ 에서 삭제된다. 이때의 데이터 전송 속도는 다음과 같이 써질 수 있다.

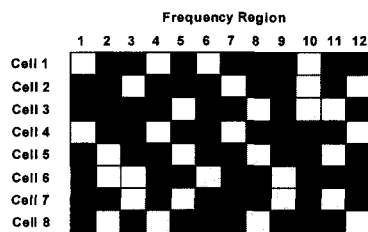


그림 6. 불규칙적인 주파수 할당
Fig. 6. Irregular Frequency Reuse.

$$R_{NoPanning} = \frac{M_2}{M_1} \frac{B}{N} \log_2 \left(1 + \frac{SINR_{NoPanning}}{\Gamma} \right) \quad (13)$$

기지국은 가장 간섭이 큰 단말 혹은 간섭 회피의 효과가 큰 단말부터 주파수 영역을 할당한다. 만일 단말이 두 셀의 경계에 있어서 인접한 셀로부터의 간섭이 크다고 할 때 평균적으로 $M_2(M_1 - M_2)/M_1$ 개의 부반송파 그룹에서 인접한 셀로부터의 간섭을 회피할 수 있다. 만일 단말이 그림 4와 같이 세 개의 셀의 경계에 있어서 두 셀로부터의 간섭이 크다고 가정할 때 평균적으로 $M_2(M_1 - M_2)^2/M_1^2$ 개의 부반송파 그룹에서 두 셀로부터의 간섭을 회피할 수 있다. 제안된 방법은 1에 가까운 주파수 재사용 효율을 유지하면서도, 여러 개의 셀로부터 오는 간섭을 효과적으로 회피하는 것이 가능하다.

제안된 방법에서 각 기지국이 사용하는 불규칙적인 주파수 할당 패턴은 셀 번호(프리앰블 번호)에 따라서 정해져 있는 고유한 패턴이다. 일반적으로 셀 번호는 매우 많고 셀 구별 및 핸드오버를 위해서 주변의 셀들은 모두 다른 셀 번호를 사용하므로 간섭 회피를 위해서 주파수 할당을 위한 특별한 주파수 설계가 필요하지 않다.

IV. 실험 및 토의

1. 실험 환경

각 방식들을 비교하기 위하여 기지국 및 단말을 발생시키고 셀 간 간섭 및 채널값을 이용하여 SIR (Signal-to-Interference Ratio)을 구한 뒤 채널 용량의

표 1. 실험 변수

Table 1. Simulation parameters.

Parameter	Value
Cellular Grid	19 Cells
Cells	Hexagonal
Simulation Type	Downlink
Mobile Assignment	Strongest BS (long-term fading)
Occupancy	30 mobiles per base station
# of Frequency Regions for the Proposed	45
Propagation Exponent	3.76
Shadowing Standard Deviation	8 dB
Fading	Rayleigh, Flat Fading
Maximum bit/sec/Hz	6 bps/Hz
SNR Gap (Implementation Loss)	3 dB

수식을 이용하여 데이터 전송률을 계산하였다. 실험에서 사용한 변수는 표 1과 같다.

모의실험에서는 셀의 평균 전송률과 하위 5% 단말의 전송률을 bit/sec/Hz로 측정하였다. 평균 전송률은 주파수 사용의 효율성을 나타내며 하위 5% 전송률은 셀 경계의 특성을 나타낸다. 좋은 주파수 재사용 방법은 주파수 활용도가 높으면서 (평균 전송률이 높으면서) 셀 경계 성능도 좋은 (5% 전송률도 높은) 방식을 의미한다. 스케줄링은 SNR이 낮은 사용자부터 고려하여 주어진 대역폭을 각 사용자들이 균등하게 나누어 사용하였다.

실험은 주파수 재사용 $K=1$, 주파수 재사용 $K=3$, 주파수 재사용 $K=3/2$, 부분적 주파수 재사용, 그리고 제안된 방법에서 45개의 주파수 영역 중 30개를 사용하는 경우를 비교하였다. 부분적 주파수 재사용은 그림 5에서 0부터 6까지의 7개의 주파수 영역에 30명의 사용자를 다음과 같은 비율로 분배하였다.

- ♦ $K=3 + K=3/2$ (0,6,0,0,0,12,12)
- ♦ $K=1 + K=3/2$ (10,0,0,0,0,10,10)
- ♦ $K=1 + K=3$ (15,15,0,0,0,0,0)
- ♦ $K=1 + K=3 + K=3/2$ (8,6,0,0,0,8,8)

2. 실험 결과

실험 결과는 표 2에 나와 있다. 주파수 재사용 $K=1$ 의 경우 주어진 대역을 모두 사용하므로 평균 데이터 전송량은 높일 수 있지만 셀 간 간섭이 크므로 셀 경계에서의 성능은 좋지 않다. 주파수 재사용 $K=3$ 의 경우 간섭이 적어서 셀 경계 성능은 좋지만, 사용하는 대역폭이 적음으로 인해 평균 데이터 전송량은 작다. 주파수 재사용 $K=3/2$ 은 단말의 정보를 이용하여 주파수 영역을 할당하므로 주파수 재사용 $K=1$ 과 유사

표 2. 실험 결과

Table 2. Simulation results.

Frequency Reuse Factor	User Assignment	Average Throughput	5 % Level Throughput
K=1	(30,0,0,0,0,0,0)	1.8021	0.0606
K=3	(0,30,0,0,0,0,0)	1.1952	0.0934
K=3/2	(0,0,0,0,0,15,15)	1.7754	0.0970
K=3 + K=3/2	(0,6,0,0,0,12,12)	1.5624	0.1552
K=1 + K=3/2	(10,0,0,0,0,10,10)	1.7163	0.1129
K=1 + K=3	(15,15,0,0,0,0,0)	1.3302	0.1510
K=1 + K=3 + K=3/2	(8,6,0,0,0,8,8)	1.5284	0.1642
Proposed	-	1.7452	0.2084

한 평균 데이터 전송량과 주파수 재사용 $K=3$ 과 유사한 셀 경계 성능을 보여주고 있다. 부분적 주파수 재사용 방법은 단말에 따라 다른 주파수 재사용 효율을 사용함으로써 셀 경계 성능을 더 높일 수 있다. 제안된 방법은 각 단말이 비교적 넓은 대역폭을 사용하면서도 간섭 제어 효과가 뛰어나서 셀 경계 성능과 평균 데이터 전송량을 동시에 높일 수 있다. 제안된 방법은 계획적인 주파수 설계가 필요하지 않으며 부분적 주파수 재사용과 같이 주파수 영역을 분할하여 사용할 필요도 없지만 다른 방법들에 비해서 손색이 없는 우수한 성능을 보이고 있다.

V. 결 론

일반적인 주파수 재사용 방법은 인접한 셀들이 주파수를 분할하여 사용할 수 있도록 주파수 및 셀 설계를 하는 것이 필요하다. 그러나 주파수 재사용 효율이 높은 경우에는 주파수 및 셀 설계가 이상적으로 되어 있어도 여러 셀이 인접한 경계에서는 다른 셀의 간섭이 무시할 수 없을 정도로 들어올 수 있다. 이 논문에서는 불규칙적으로 주파수 영역을 할당하는 주파수 재사용 방법을 제안하였다. 제안하는 방법은 주파수 및 셀 설계가 필요 없지만 계획적인 주파수 설계를 하는 방법에 비해서 손색이 없는 우수한 성능을 보인다.

제안된 주파수 재사용 방법은 셀 번호(프리앰블 번호)에 따라서 사용하는 주파수 영역이 불규칙한 형태를 가지도록 하였다. 그러나 완전히 불규칙한 형태보다는 다른 번호의 셀들이 일정한 수의 주파수 영역이 겹치도록 특정한 코드에 기반을 두면 더 좋은 성능을 얻는 것이 가능할 수 있다. 제안된 방법은 각 사용자를 특정한 주파수 영역에 할당하기 위한 스케줄링이 필요하며 최적의 스케줄링 방법을 찾는 것도 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Z. Wang, G. B. Giannakis, "Wireless Multicarrier Communications," *IEEE Signal Processing Magazine*, Vol.17, No.3, pp.29-48, May 2000.
 [2] H. Liu, G. Li, OFDM-Based Broadband Wireless Networks, *John Wiley & Sons Inc.* 2005.
 [3] IEEE P802.16e/D12: Part 16: Air Interface for Fixed and Mobile Broadband Wireless Access Systems: Amendment for Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands, October

2005.
 [4] IEEE802.20: QFDD and QTDD: Proposed Draft Air Interface Specification, Qualcomm, October 2005.
 [5] 3GPP TR 25.814: Technical Specification Group Radio Access Network; Physical Layer Aspects for Evolved UTRA, February 2006.
 [6] T. S. Rappaport, *Wireless Communications, Prentice Hall*, 2002.
 [7] R1-050407, Alcatel, "Interference Coordination in New OFDM DL Air Interface," 3GPP RAN WG1 #41, Athens, Greece, May 2005.
 [8] R1-050808, ETRI, "Inter-cell Interference Management in Practical Environments," 3GPP RAN WG1 #42, London, UK, August 2005.
 [9] R1-050896, Qualcomm, "Description and simulations of interference management technique for OFDMA based E-UTRA downlink evaluation," 3GPP RAN WG1 #42, London, UK, September 2005.
 [10] G. Kulkarni, S. Adlakha, M. Srivastava, "Subcarrier Allocation and Bit Loading Algorithms for OFDMA-Based Wireless Networks", *IEEE Transactions on Mobile Computing*, Vol.4, No.6, pp.652-662, November 2005.
 [11] S. Pietrzyk, G.J.M. Janssen, "Subcarrier Allocation and Power Control for QoS Provision in the Presence of CCI for the Downlink of Cellular OFDMA Systems," *IEEE VTC Spring*, Vol.4, pp.2221-2225, April 2003.

저 자 소 개



김 용 석(정회원)
 1983년 1월~1997년 12월
 삼성전자 종합연구소
 1998년 1월~현재 삼성전자
 통신연구소
 2004년 1월~현재 삼성전자
 통신연구소 상무

<주관심 분야 : 휴대전화 모뎀 SoC, 소프트웨어 개발>



류 철(정회원)
 1989년 미국 FloridaInstitute of
 Technology공학학사
 1991년 미국 Polytechnic
 University 공학석사
 1997년 미국 Polytechnic
 University 공학박사

1998년~1999년 LG 정보통신 중앙연구소
 1999년~현재 동국대학교 정보통신공학과 부교수
 <주관심분야 : 영상통신, 비디오 부호화, 비디오 스트리밍, 멀티미디어 시스템>



임 민 중(정회원)
 1987년 서울대학교 전자공학과
 학사 졸업
 1993년 University of Wisconsin-
 Madison, Electrical and
 Computer Engineering
 박사 졸업

1993년~2000년 삼성전자 선임연구원.
 2000년~현재 동국대학교 정보통신공학과
 부교수.

<주관심분야 : 이동통신, 무선통신, 통신 VLSI, 통신 소프트웨어>