

OFDMA 시스템에서 AMC를 위한 전력할당 방식에 관한 연구

A Study on the Power Allocation for AMC Scheme in OFDMA System

김동철*, 신현준*, 홍인기*

Dong-Cheol Kim*, Hyun-Joon Shin* and Een-Kee Hong*

요 약

Adaptive Modulation & Coding (AMC) 기법은 무선통신 채널 환경의 변화에 적응하기 위하여 변조방식과 코딩 속도를 변화시키는 방법이다. 휴대 인터넷 시스템에서는 이동성에 의한 간섭과 OCI(Other Cell Interference)에 의한 간섭량의 변화가 크기 때문에 이에 대한 영향을 줄이고자 AMC 기법을 사용한다. 본 논문에서는 적절한 MCS (Modulation & Coding Scheme) 레벨을 결정하기 위해 단말기의 전력을 가장 효율적으로 할당하는 방식에 관하여 논의하고 그 성능을 비교한다.

Abstract

Adaptive Modulation & Coding (AMC) is the method of varying the modulation and coding scheme for the changeable wireless channel environment. WiBro use AMC method because it has a very large variation caused by mobility interference and other cell interference. In this paper, we will compare and analysis the method of selecting the optimum MCS level for the efficiently use of mobile power consumption

Key words : OFDMA 시스템, AMC(Adaptive Modulation & coding), 전력할당

I. 서 론

과거의 단순한 음성통화의 시대를 거쳐, 현재는 휴대폰을 이용한 데이터 통신 혹은 무선인터넷 사용자가 대략 3천만 명에 이르는 것으로 추산되고 있다[1]. 그러나 현재 제공되고 있는 무선인터넷 서비스는 데이터 전송 속도에 제한이 있어 유선망을 이용한 초고속 인터넷 서비스에 비해 멀티미디어 서비스를 포함한 실시간 인터넷 서비스가 어려운 실정이다. 휴대인터넷 Wibro는 이러한 무선인터넷의 한계와 유선망의 한계인 이동성을 극복 하고자 개발되었다.

이러한 이동성과 고속 데이터를 보장하기 위해 현

재 국내의 휴대인터넷 표준인 Wibro는 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 신호 전송 방식을 사용하고 있다. 또한, 여러 명의 사용자가 동시에 인터넷 서비스를 받을 수 있도록 OFDM에 근간을 둔 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access) 다중접속 방식을 사용하고 있다. OFDM 방식의 채택으로 다중경로에 의한 간섭은 간단한 등화기를 이용하여 극복하고 있으나, 주파수 재사용율 (Frequency reusefactor)이 1인 OFDMA 기술을 사용하면서 생기는 OCI (Other Cell Interference)로 인하여 데이터 전송 시 많은 간섭의 영향을 받고 있다. 같은 부반송파를 사용하는 주변 셀의 사용자로

* 경희대학교 전자정보대학(College of Electronics and Information Radio Communication Eng., Kyung-Hee University)

· 제1저자 (First Author) : 김동철

· 접수일자 : 2005년 11월 13일

부터 발생하는 OCI(Other Cell Inter ference)는 시스템의 성능을 떨어뜨리는 가장 큰 원인이 되고 있고, 이를 최대한 줄이는 방법이 필요하게 되었다. 이와 같은 간섭의 영향으로 생기는 오류확률의 증가를 막기 위해 AMC(Adaptive modulation & coding)기법 등이 사용되며, 다양한 Scheduling방법과 전력제어 등의 기술이 거론되고 있다. 기존의 AMC 결정방법은 MSC레벨 표에 의해서 수신 Eb/N0에 따른 MCS 레벨을 결정하는 방법이다. 하지만 실제로 수신되는 값은 채널 환경이나 간섭량의 변화로 인하여 MCS레벨 기준치와는 다른 값으로 수신되어 들어온다. 본 논문에서는 현재 적용되고 있는 AMC기법에서 MCS레벨을 결정하기 위한 전력 할당 방식을 제시하였다. MCS 레벨을 결정할 때 고려할 수 있는 방법으로는 추정되는 수신 Eb/No 값이 MCS레벨 표의 두 레벨 사이에 위치할 때 모든 사용자가 전력을 높여 하나 위 단계의 MCS 레벨을 결정하는 방법, 모든 사용자가 전력을 낮추어 결정하는 방법, 그리고 적절한 기준값을 이용하여 일부는 올리고 일부는 낮추어 결정하는 방법이 있을 수 있다. 본 논문에서는 이러한 3가지 방법에 따른 수율(throughput)을 비교하였다.

모의실험 시 가장 실제적인 셀 간 간섭 즉 OCI를 구현하기 위해 2tier이상의 셀룰러 환경을 Wrap-around방식으로 적용한 System Level Simulation을 구현하였다. Simulation을 이용하여 모든 간섭의 양을 측정 후, 세가지 방식의 단말기 전력할당(power allocation)에 따른 수율을 비교하여, 최대의 수율을 나타내는 전력할당 방식을 제시하였다. II장에서는 Wibro의 표준인 OFDMA 시스템과 주요 기술을 소개하고 그에 따른 간섭 현상에 대해 설명한다. III장에서는 AMC기법과 MCS결정방법에 대해 설명하고, IV장에서는 모의실험 방법과 결과를 비교해보고 마지막 V장에서는 결론과 향후 연구에 방향에 대해 제시하였다.

II. OFDMA 시스템

2-1 OFDMA 방식

OFDM 방식은 사용하고자 하는 주파수 대역을 여

러 개의 작은 주파수 대역(부채널)으로 분할하여 데이터를 전송하는 주파수 분할 다중화 (FDM : Frequency Division Multiplexing) 방식의 일종으로 볼 수 있다. 고속의 데이터 열(data stream)을 저속의 stream으로 분할하여, 직교하는 반송파를 사용하여 동시에 전송하는 것이다.

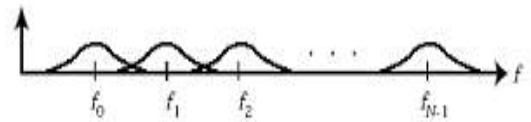


그림 1. OFDM 스펙트럼
Fig. 1. OFDM Spectrum.

저속의 병렬 반송파를 사용함으로 인하여, 심볼 구간이 증가되었으므로 다중경로 지연확산 (multi-path delay spread)에 의한 시간영역에서 상대적인 영향이 감소하게 된다. 또한 좁은 대역으로 나누어진 직교 반송파는 flat fading을 경험하게 되어 주파수 선택적 페이딩 채널에 우수한 특성을 갖는다. 그리고 송신단에서 cyclic prefix 삽입 등의 간단한 방법을 사용하여 반송파간의 직교성을 보장함으로 수신단에서 복잡한 등화기나 DS-CDMA 방식에서의 rake 수신기와 같은 복잡한 방식이 필요 없게 된다.

OFDM방식을 기반으로 여러명의 사용자가 무선 채널을 공유하도록 하는 OFDMA 에서는 이용 가능한 반송파의 일부를 여러 사용자 에게 나누어 주어 다중 액세스를 하고 있다. OFDMA 방식은 일반적인 FDMA (Frequency Division Multiple Access)와 동일하지만, FDMA에서 다른 사용자를 분리하기 위해 필요로 하는 보호대역을 사용하지 않는다[9][10].

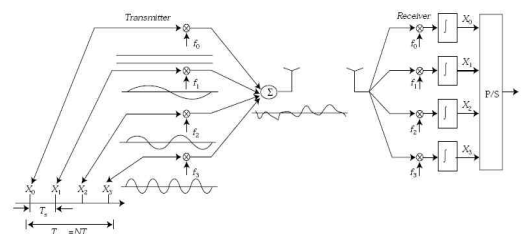


그림 2. OFDM 전송방식
Fig. 2. OFDM transmission.

Wibro에서는 셀마다 모든 주파수 대역을 사용하고 있으며, 각 사용자에게 특별한 규칙에 의해 복수개의 반송파로 구성된 부채널을 할당하고 있다. 그림3 사용자별 부채널 할당 예이다[2],[3].

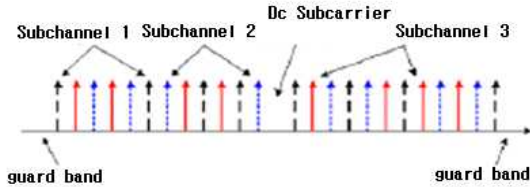


그림 3. OFDMA 시스템의 부채널 할당
Fig. 3. Sub-channel allocation in OFDMA.

2-2 OFDMA방식 상향링크 부채널 할당

OFDMA방식을 사용하는 Wibro에서는 하향링크, 상향링크에 따라 다음과 같은 빈(bin), 타일(tile)등의 단위를 이용하여 데이터를 전송한다[2],[3].

8 데이터 부반송파 + 1 파일럿 부반송파



그림 4. 타일의 구조
Fig. 4. Description of a tile.

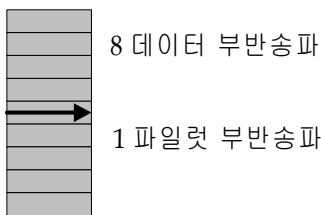


그림 5. 빈의 구조
Fig. 5. Description of a bin.

부반송파 할당은 AMC 부채널, 다이버시티 부채널, PUSC 부채널의 각 부채널 구간에서 빈이나 타일단위를 이용하거나 그 밖의 규칙을 이용하여 부반송파를 할당하게 된다. 본 논문에서는 상향링크 PUSC방식에 따른 부채널 할당 방법을 고려하였다.

상향링크 PUSC 타일의 구조와 상향링크 PUSC에서의 부반송파 할당 파라미터는 각각 다음과 같다.

표 1. 상향링크 PUSC 부반송파 할당
Table 1. Uplink sub-carrier allocations for PUSC.

	값	비고
DC 부반송파 개수	1	인덱스 512
좌측 보호 부반송파의 개수	92	
우측 보호 부반송파의 개수	91	
Used 부반송파의 개수(Nused)	841	DC 부반송파 및 파일럿 부반송파를 포함하여 한 심볼 안에서 사용되는 부반송파 개수
타일 개수	210	
부채널 개수	35	
부채널 당 타일 개수	6	
부채널 당 부반송파 개수	48	



그림 6. 상향링크 PUSC 타일의 구조
Fig. 6. Description of an uplink tile.

우선 각 부채널을 구성하는 타일을 식 (1)을 이용하여 할당 한다

$$Tile(s,n) = 35n + (Pt[(s+n) \bmod 35] + UL_IDcell) \bmod 35 \tag{1}$$

n = 타일 인덱스, n = 0~5

Pt = {11,19,12,32,33,9,30,7,4,2,13,8,17,23,27,5,15,34,22,12,14,21,1,0,24,3,26,29,31,20,25,16,10,6,28,18}

s = 부채널 번호

UL_IDcell = MAC 계층에서 정해지는 0~69 까지의 정수

각 부채널에 대한 타일의 할당이 끝나면 부채널 내의 부반송파에 대한 인덱싱은 다음과 같은 과정을 통해서 이루어진다.

- 1) 첫번째 심볼에서 부채널에 포함되는 타일내의 부반송파들을 낮은 인덱스 순서로 먼저 인덱싱하고 마찬가지로 두 번째, 세 번째 심볼에 포함되어 있는 타일내의 부반송파들에 대해서 같은 방법으로 인덱싱한다. 이때 타일 중심의 반송파는 파일럿 반송파로서 인덱싱에서 제외되므로 반송파의 인덱스는 0 ~ 47이된다.
- 2) 위 1번과 같이 인덱싱을 마친 후 실제로 각 반송파에 데이터가 매핑되는순서는 식 (2) 같은 수식에 의해서 결정된다.

$$subcarrier(n,s) = (n + 13 \cdot s) \bmod 48 \quad (2)$$

여기서 $n = 0 \dots 47$, $s =$ 부채널 인덱스 이다.

2-3 OFDMA방식 상향링크 간섭

OFDMA 시스템에서 같은 셀 내의 사용자는 인덱스가 다른 부반송파를 사용하기 때문에 ICI(Intra Cell Interference)는 없는 것으로 가정한다.

따라서 OFDMA방식의 상향링크 OCI(Other Cell Interference)는 다른 셀의 사용자가 같은 부반송파 인덱스를 가지고 전송할 경우만, 부반송파 Hitting이 생기는 것으로 간주하여 간섭량을 계산한다. 각 셀의 사용자가 같은 부반송파 인덱스를 가지고 데이터 전송을 한다고 가정할 때의 상향링크 간섭 시나리오는 그림 7과 같다.

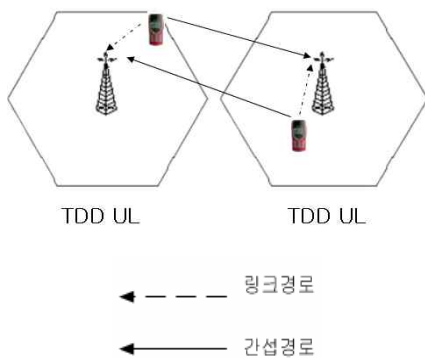


그림 7. 상향링크 간섭 시나리오
Fig. 7. Interference scenario in uplink.

그림 7에서와 같이 두 셀이 동일하게 상향링크

서비스를 하고 있는 경우에는 각각 MS(mobile station)->BS(base station)간섭이 일어나고 두 셀이 동일하게 하향링크 서비스를 하고 있는 경우에는 BS(base station)->MS(mobile station)간섭이 발생하는 것을 확인 할 수 있다.

III. OFDMA방식에서 AMC기법

3-1 변조지수와 코딩을

OFDMA방식의 Wibro는 3가지의 변조방식, QPSK와 16QAM, 64QAM을 사용하며 CTC(convolutional turbo code) 채널 부호화를 사용한다. 하향링크의 경우 3가지의 변조방식을 모두 사용하지만, 상향링크의 경우는 QPSK, 16QAM 두 가지의 변조기법만을 사용하게 된다. 다음의 표 2는 Normalized C/N에 따른 MCS 레벨을 나타내고 있다 [5],[6].

표 2. 변조방식에 따른 Normalized C/N
Table 2. Normalized C/N per modulation.

Modulation/ FEC rate	Normalized C/N
QPSK 1/3	0.5
QPSK 1/2	6
QPSK 2/3	4.5
QPSK 3/4	9
16-QAM 1/2	12
16-QAM 2/3	10.5
16-QAM 3/4	15
16-QAM 5/6	15.5
64-QAM 1/2	18
64-QAM 2/3	20
64-QAM 3/4	21
64-QAM 5/6	23

3-2 상향링크 전송형식

상향링크에 있어, 변조 지수 (QPSK에 대해서는 2, 16QAM에 대해서는 4)는 표 3에 나와 있는 것과 같이 모든 허용된 전송 형식에 대해 설정된다.

표 3. 상향링크에 대한 전송형식 및 변조지수
Table 3. modulation and coding rate in Uplink.

N_{EP}	48	96	144	192	288	384	480	960	1920	2880	3840	4800
Sch	1.00	1.00	1.00									
MPR	1.00	2.00	3.00									
MOD	2.00	4.00	4.00									
Rate	1/2	1/2	3/4									
Rate	0.50	0.50	0.75									
Sch	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00							
MPR	0.50	1.00	1.50	2.00	3.00							
MOD	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00							
Rate	1/4	1/2	3/8	1/2	3/4							
Rate	0.25	0.50	0.38	0.50	0.75							
Sch	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00	3.00					
MPR	0.33	0.67	1.00	1.33	2.00	2.67	3.33					
MOD	2.00	2.00	2.00	2.00	4.00	4.00	4.00					
Rate	1/6	1/3	1/2	2/3	1/2	2/3	5/6					
Rate	0.17	0.33	0.50	0.67	0.50	0.67	0.83					

전송 형식은 N_{EP} (부호 패킷 크기)와 N_{SCH} (할당된 부채널의 수)에 의해 결정된다. 부호 패킷 당 허용된 N_{EP} 는 {48, 96, 144, 192, 288, 384, 480, 960, 1920, 2880, 3840, 4800}이다. 부호 패킷 당 할당할 수 있는 부채널의 수 N_{SCH} 는 {1~240}이다. 표 3에서, 첫번째 줄에 있는 수는 N_{EP} 의 값이며, 나머지 줄에 있는 수는 N_{SCH} 의 수 및 관련 매개 변수들이다. 상향링크에서는 QPSK, 16QAM 등의 변조방식이 지원된다. N_{EP} 와 N_{SCH} 가 주어질 때, 변조 지수는 MPR 값에 의해 결정된다. MPR은 한 개의 부반송파 당 전송된 정보 비트의 수이며 다음과 같이 정의된다 [2],[3].

$$MPR = \frac{N_{EP}}{48 \cdot N_{SCH}} \tag{3}$$

변조 지수는 다음의 규칙에 따라 정해진다.

- i) $0 < MPR < 1.5$ 일 경우
QPSK (변조 지수 2)를 사용한다.
- ii) $1.5 < MPR < 3.4$ 일 경우
16QAM (변조 지수 4)을 사용한다.

실효 부호화율은 MPR 값을 변조 지수(예를 들어, QPSK의 경우 2)로 나눈 값과 동일하다. 표 3은 각

N_{EP} 에 대한 부호화된 값을 10진수로 보여준다. 4800 보다 큰 N_{EP} 는 버스트가 $N_{EP} = 4800$ 인 복수개의 부호 패킷으로 구성되어 있음을 표시한다. UL MAP IE에서, N_{SCH} 는 특정 N_{EP} 에 대해 4 비트 필드로 부호화된다. N_{EP} 별로, 가장 작은 N_{SCH} 는 '0'으로 부호화되며, 다음으로 가장 작은 N_{SCH} 는 '1'로 부호화되는 식으로 부호화가 진행된다. 각 N_{EP} 에 대해, N_{SCH} 의 종류는 최대 16을 넘지 못한다.

3-3 부채널 및 전력 할당 방법

사용자의 N_{EP} 에 따른 변조지수를 이용하여 사용자가 사용 가능한 모든 변조방법과 부호화율의 모든 조합에서의 부반송파 사용 개수를 결정한 후 부반송파 개수에 따른 수신 C/N값을 추정한다. 수신 C/N은 이전 프레임의 평균 간섭량을 이용하여 계산되며, 이렇게 계산된 C/N중 required C/N을 만족하는 것을 선별 한다

모든 C/N이 required C/N를 만족하지 못하면 가장 낮은 변조방식과 가장 많은 부반송파를 할당한다.

required C/N을 만족을 만족하는 C/N은 다음과 같은 3가지 방법으로 선택한다.

<알고리즘 1>

전력을 낮추어 C/N을 결정하고, 이후 가장 적은 수의 부반송파를 사용하는 방식을 선택한다. 이는 사용자의 사용 부반송파 개수를 줄이고 OCI 영향을 최소로 하여 throughput를 높이기 위한 방식이다.

<알고리즘 2>

전력을 높여 C/N을 결정하고, 이후 가장 적은 수의 부반송파를 사용한 경우를 선택한다. 이는 알고리즘 1에 비하여 사용하는 부반송파 개수를 더욱 줄이는 대신 단말기의 전력을 높이고 이에 따른 부반송파 별 OCI 영향이 더 커지는 방식이다.

<알고리즘 3>

기준값을 가지고 C/N을 비교한 후에 기준값보다 큰 사용자는 전력을 높이고, 기준값보다 작은 사용자는 전력을 낮추어 C/N을 결정한다. 이는 알고리즘

1 과 알고리즘 2를 적절히 혼합하여 시스템 수율을 높이기 위한 방식이다.

IV. 모의실험 및 결과

OFDMA 방식인 Wibro 표준을 기준으로 system level simulation을 이용하여 간섭량의 변화 및 throughput을 산출, 비교분석 하였다. 시뮬레이션 파라미터는 표 4와 같다

표 4. 시스템 파라미터
Table 4. System parameter.

Parameter	Value
Cell 개수	19 cell(2-tier) ... wrap-around 모델
전력잡음 밀도	-173 dBm/Hz
Pathloss Model (BTS Ant H=15m)	$L_p(d) = 40 \times (1 - 4 \times 10^{-3} \Delta f_k) \times \log_{10}(d) - 18 \times \log_{10}(\Delta f_k) + 21 \times \log_{10}(f) + 80$
Log-Normal Shadowing	$L = k_\sigma D^{-\mu} 10^{\frac{\sigma}{10} R^2}$ Standard Deviation = 10 dB, 기지국간 Correlation=0.5
Traffic Model	Gaming Model : ACK Model = 6 : 4
Number of User	25명 (서비스할당 User평균 8명)
BTS MAX Power	43 dBm
MS MAX Power	23 dBm
사용 주파수	2.3 GHz
채널 대역폭	10 MHz
FFT Size	1024
사용된 부반송파	860
Frame 길이	5ms (Downlink : Uplink = 2:1)

다른 셀로부터의 간섭을 모델링 하기 위해 19cell(2-tier)을 wrap-around방식을 이용하여 system level simulation을 하였다. 사용자는 각 셀에 25명씩 Uniform 분포를 이용하여 위치시키고 각 사용자마다 3GPP2 cdma2000에 모델링 되어있는 gaming traffic model과 ACK신호만을 갖는 ACK traffic model을 6:4의 비율로 사용자에게 분배하였다[8]. 평균적으로 매 슬롯당 8명의 사용자가 서비스를 할당 받는다. 경로감쇠(path loss)는 ITU-R모델을

이용 하였으며, 각 사용자에 대한 부반송파 할당량은 매 상향링크 구간 슬롯마다 FIFO알고리즘을 이용하여 가장먼저 도착하는 사용자에게 필요한 만큼의 부반송파를 할당하였다. 가장 먼저 도착한 사용자는 자신의 C/N값을 이용하여 변조지수를 선택하여 전송한다. 변조지수를 결정하는 방법으로는 3장에서 제시한 3가지 알고리즘을 적용하여 그 성능을 비교하였다.

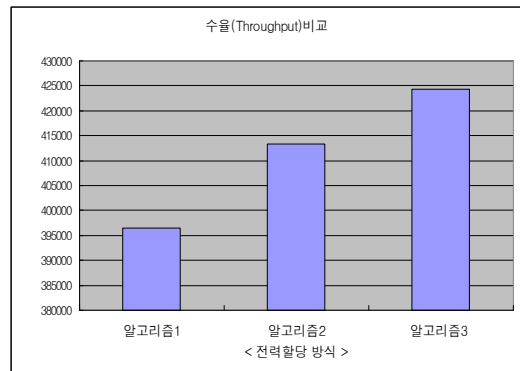


그림 8. 수율 비교
Fig. 8. Throughput.

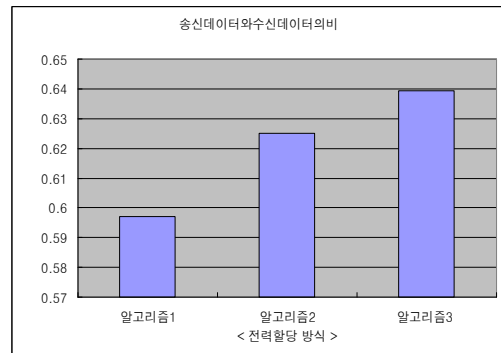


그림 9. 송수신 데이터 비율 비교
Fig. 9. The Ratio of Received Data to Transmitted Dat.

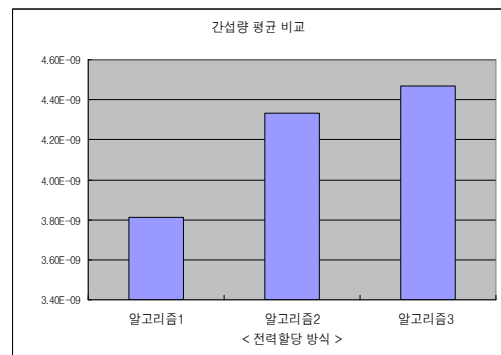


그림 10. 간섭량의 평균 비교
Fig. 10. Average of NI.

V. 결 론

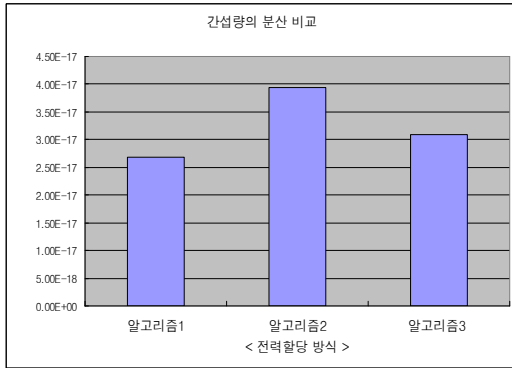


그림 11. 간섭량의 분산 비교
Fig. 11. Variance of NI.

그림 8에서 그림 11은 각 알고리즘에 대한 수율과 수신데이터와 송신데이터의 비율 그리고 간섭량의 평균 및 분산을 나타낸다. 수신데이터와 송신데이터의 비율은 전송한 데이터 중 오류없이 수신되는 데이터 비율을 의미한다. 알고리즘 1의 경우 사용자의 전력을 최소로 하기 때문에 다른 셀과의 부반송파 hitting에 대한 간섭량의 크기는 줄어들지만 그 만큼 전송 수율이 떨어지는 것을 알 수 있다. 알고리즘 2는 전력을 높임으로써 알고리즘 1에 비해 수율을 증가시키지만 반면에 OCI 간섭은 증가하게 된다. 알고리즘 3의 경우는 사용자의 전력을 기준값을 이용하여 기준값보다 못미치는 것은 전력을 줄여 낮은 MCS레벨값을 결정하고 기준값보다 큰 신호는 여분의 전력을 더 할당하여 높은 MCS레벨값을 결정하는 방식이다. 기준치보다 낮은 신호를 높은 MCS레벨값으로 결정하기 위해서는 과도한 여분의 전력이 필요하게 되고, 또한 기준치보다 높은 신호를 필요 이상으로 낮추게 되면 수율이 많이 떨어지게 된다. 따라서 이 두가지 방식의 단점을 보완하기 위한 방식이 알고리즘 3이다. 본 논문에서 기준치는 인접한 두 MCS레벨값의 중간 값으로 선택하였다. 결국 상황에 맞게 적절하게 전력을 할당하게 되고, 그 결과 수율이 이전 알고리즘에 비해 더욱 증가되었다.

알고리즘 3의 경우 가장 좋은 수율을 나타내면서 가장 큰 간섭량을 나타내지만, 간섭량에 대한 분산값이 알고리즘 2보다 줄어들어, 이전 프레임의 평균 간섭량을 이용하여 MCS레벨값을 결정할 때 실제 기지국에 수신되는 MCS레벨값과의 오차를 줄일 수 있어 높은 수율을 얻을 수 있다.

OFMDA시스템에서는 사용자가 할당 받은 부반송파와 다른 Cell에서 사용하는 부반송파간의 hitting으로 인하여 OCI가 발생한다. 따라서 각 사용자들의 전력이 다른 Cell의 사용자에게 큰 간섭이 되므로 시스템의 성능을 높이기 위해서는 사용자간 적절한 전력할당 방법이 필요하다. 하지만 이전 프레임의 간섭량을 바탕으로 MCS레벨값을 결정하고 이에 따른 부반송파의 수를 결정하게 되므로 이때 추정 간섭량과 실제 간섭량과의 차이로 인하여 오히려 시스템의 성능이 떨어질 수 있다.

따라서 이를 극복하기 위해 사용자의 전력을 적절히 할당함으로써 평균 간섭량과 매 프레임의 간섭량과의 오차를 줄여 최적의 변조지수 및 부반송파 할당을 결정하는 방식을 제시하였다. 이를 위해 적절한 기준값을 이용하여 사용자의 C/N에 따라 전력을 높이거나 낮추게 되면 평균 간섭량의 분산값도 줄어들면서 사용자의 전력을 낭비하지 않게 됨으로써 전체 시스템의 수율을 효율적으로 증가시킬 수 있음을 확인하였다.

참 고 문 헌

- [1] 강충구, 조용수 공저, Introduction to Wibro. 전자신문사.
- [2] TTAS-KO-06-0064R1, TTA.
- [3] TTAS-KO-06-0064R2, TTA.
- [4] Joint Control of Modulation Scheme and Transmit Power (Multilevel TPC) for OFDM Systems (Seichi Sampei, ACIC 2002 October 29-November1).
- [5] Corrigendum to IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System - IEEE P802.16-2004/Cor1/D3.
- [6] Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System - IEEE Std 802.16-2004.
- [7] Part 16 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access System Amendment for

Physical and Medium Access Control Layers for Combined Fixed and Mobile Operation in Licensed Bands - IEEE P802.16e/D8, May 2004.

[8] cdma2000 Evaluation Methodology - 3GPP2 C.R1002-0 v1.0.

[9] Richard van nee, Ranjee parsad. OFDM for Wireless Multimedia Communications - Artech House Publishers.

[10] L. HANZO, M .MUNSTER, B.J.CHOI and T.KELLER, OFDM and MC-CDMA for Broadband Multi-User Communications, WLANs and Broadcasting. WILEY.

김 동 철 (金東哲)



2004년 2월 : 경희대학교 전파공학
과(공학사)
2004년 3월~현재 : 경희대학교 전
파공학과(공학석사)
관심분야 : OFDM,MC-CDMA 시
스템, 전력제어

홍 인 기 (洪仁基)



1989년 2월 : 연세대학교 전기공
학과 (공학사)
1991년 2월 : 연세대학교 전기공
학과 (공학석사)
1995년 8월 : 연세대학교 전기공
학과 (공학박사)

신 현 준 (申鉉俊)



2004년 2월 : 경희대학교 전파공학
과(공학사)
2004년 3월~현재 : 경희대학교 전
파공학과(공학석사)
관심분야 : OFDM 시스템, 전력제
어, MIMO

1995년 9월~1999년 2월 : SK Telecom 추진본부 선임연
구원

1997년 10월~1998년 12월 : NTT Mobile Communicati
ons Network Inc. Radio Network Development 연구
원

1999년 3월~현재 : 경희대학교 전자정보학부 부교수
관심분야 : 이동통신 물리 채널