

# 휴대 인터넷을 위한 OFDMA 시스템에서 무선채널 상태에 따른 서브채널할당

Sub-channel Assignments by Link Status on OFDMA Systems for WiBro Service

임석구

천안대학교

Lim Seog-Ku

Cheonan University

## Abstract

In High-speed Portable Internet system to improve performance of whole system, adaptive modulation and coding technology is used, this technology changes modulation and encoding techniques depending on wireless channel environment. Modulation technology that is used in High-speed Portable Internet system is BPSK, QPSK, 16QAMs and 64QAMs. If terminal is distant from base station transceiver system, BPSK or QPSK technology is used and 16QAMs or 64QAM technology is used if is near in the base station transceiver system. In this paper, number of sub-channel in each modulation technology minimized total transmitting number of PDU is analyzed for efficient radio resources usage. For this, simulation is conducted and the results are presented at High-speed Portable Internet system environments.

## I. 서론

최근 통신 서비스 산업의 내외적 환경은 급격하게 변화하고 있다. 수요 측면에서는 인터넷을 이용한 디지털화의 물결이 경제 및 사회 전반의 정보화를 가속시키는 가운데 통신 서비스에 대한 수요도 음성보다는 데이터 통신 중심으로 확대되고 있다. 또한 이용자들은 시간과 장소의 제약을 극복한 연속적인 커뮤니케이션과 정보접근을 요구하고 있으며, 편의성 및 개인화 추구, 서비스 속도 향상 등에 대한 요구의 증대에 따라 통합된 원스톱(one-stop) 서비스에 대한 요구가 더욱 커지고 있다.

휴대인터넷 즉, 와이브로(WiBro)는 인터넷 서비스가 무선랜(Wireless LAN)과 같이 무선 환경에서 제공되고 초고속인터넷 서비스처럼 광대역 인터넷 접속을 가능하게 한다는 의미에서 Wireless와

Broadband의 합성어인 Wireless Broadband Internet의 줄임말이다. 와이브로는 그 이름이 의미 하듯이 언제 어디서나 이동 중에도 다양한 단말기를 이용해서 높은 전송속도로 무선인터넷 접속이 가능하도록 하는 서비스이다[1].

와이브로는 음성서비스를 제공하기 위한 이동통신 망과는 달리 데이터 서비스 제공이 용이하게 설계된 망이다. 즉, 인터넷 서비스 제공에 적합한 All IP망 구조를 택하고 있어 망의 구조가 단순하고 다양한 부가 서비스 제공이 가능하다. 와이브로 망은 이용자 단말기(PSS, Portable Subscriber Station), 단말기와 무선으로 정보를 전달하기 위한 기지국(RAS, Radio Access Station), 그리고 이동성 관리와 과금 관리 등을 담당하는 제어국(ACR, Access Control Router), 그리고 인증 및 각종 부가 서비스 제공을 위

한 서버 등 4가지 요소로 구성되어 있다.

무선통신 시스템에서는 순간적인 전송속도도 중요하지만, 전체 시스템의 성능(throughput)을 증가시키는 것도 중요하다. 전체 시스템의 성능을 증가시키는 가장 적합한 방법으로 제시되고 있는 것이 적응 변조·부호화(AMC, Adaptive Modulation and Coding) 기술인데, 이는 채널환경에 맞추어 변조기법과 부호화 기법을 변경하는 것이다. 즉, 채널환경이 좋은 경우에는 높은 효율의 변조 및 부호화 기법을 사용하며, 채널환경이 좋지 않은 경우에는 낮은 효율의 변조 및 부호화 기법을 사용하는 것이다. 휴대인터넷 시스템에서 사용하는 변조방식은 BPSK(Binary Phase Shift Keying), QPSK(Quadrature Phase Shift Keying), 16QAM(Quadrature Amplitude Modulation), 64QAM인데, 단말기가 기지국으로부터 멀리 있으면 BPSK나 QPSK 방식을 사용하고 기지국에 가까이 있으면 16QAM이나 64QAM 방식을 사용할 수 있다.

그러나 단말기의 채널환경에 의해 64QAM-5/6 방식으로 SDU(Service Data Unit) 데이터를 PDU(Packet Data Unit)로 분할한 후 변조하여 전송하는 경우, 시스템은 프레임(Frame)당 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40, 60, 80, 100 개의 서브 채널 개수만을 선택하여 전송하도록 하고 있다. 기본적으로 무선 환경에서의 채널오류로 인해 패킷 스케줄러에 의해 선택되어 전송되는 PDU의 크기가 클수록 그 PDU가 오류가 될 확률은 증가하며, 손실된 PDU는 재전송하게 되므로 무선자원을 낭비하게 된다. 반면에 PDU의 크기가 작을수록 분할(Segmentation)에 의한 오버헤드가 증가하므로 또한 무선자원을 효율적으로 사용하지 못하게 된다. 이러한 관점에서 본 논문에서는 효율적인 무선자원 사용을 위해 각 변조방식에서의 프레임 당 할당 가능한 서브채널 수를 분석하였다. 이를 위해 휴대인터넷 시스템 환경에서의 데이터 트래픽 발생모델을 적용하여 시뮬레이션을 수행하였으며 그 결과를 제시하였다.

본 본문의 구성은 다음과 같다. 서론에 이어 II장에서는 휴대인터넷 시스템에서 무선 환경에 따른 변조 방식에서의 총 PDU 개수를 최소로 하는 프레임 당 서브채널 수를 산출하는 방법에 대해 설명하고 이어서 III장에서는 시뮬레이션을 수행 후 그 결과를 분석하고 마지막으로 IV장에서는 결론을 맺는다.

## II. 프레임 당 서브채널 개수 결정

응용 서비스들로부터 발생하는 휴대인터넷 시스템을 통해 SDU들을 전송하기 위해서 PDU로 분할한 후 전송한다. 이때 시스템의 성능을 향상시킬 수 있도록 PDU는 적절한 크기가 되어야 한다. 예를 들어 PDU 크기가 커지면, 무선구간에서 PDU가 블러킹될 확률이 증가하며, PDU의 크기가 작아지면 헤더 정보가 차지하는 비중이 실제 정보 데이터에 비해 상대적으로 커지므로 무선채널의 효율이 낮아지는 문제점이 있다.

[표 1]은 휴대인터넷 환경에서 물리계층 성능 분석 결과를 토대로 하나의 셀에서 사용되는 변조방식과 서브채널 당 전송 가능한 바이트 수를 나타내었다 [2][3]. 여기서 비율은 단말의 이동성을 이용하여 단말이 각 변조방식을 취할 비율을 의미한다. [표 1]에 나타난 바와 같이 휴대인터넷 시스템은 변조방식으로서 QPSK, 16QAM, 64QAM을 사용하고 있는 데 각 단말이 사용하는 변조방식은 셀의 중심으로부터 거리와 무선 채널의 상태에 따라 결정된다. 사용자가 셀의 중심으로부터 멀리 있으면 QPSK 방식을 사용하고 중심에 가까이 있으면 16QAM, 그리고 64QAM 방식을 사용할 수 있다. 예를 들어 64QAM-5/6 방식인 경우 하나의 서브 채널 당 30 바이트를 전송 가능하고, QPSK-1/2 방식인 경우 하나의 서브 채널 당 6 바이트가 전송 가능하다.

[표 1] 변조방식에서의 전송바이트 및 비율

변조방식	전송 바이트	비율
QPSK-1/2	6	35.4
QPSK-2/3	8	10.9
16QAM-1/2	12	20.8
16QAM-2/3	16	14.8
64QAM-2	24	10.7
64QAM-5/6	30	7.4

[표 1]에서 전송 바이트는 각 변조방식을 사용할 경우에 하나의 서브채널이 전송하는 바이트 수를 나타낸 것이므로 하나의 서브채널이 전송하는 바이트 수가 주어졌을 때 이에 적합한 PDU의 크기는 다음과 같이 정해질 수 있다. PDU의 크기가 x바이트일 때 PDU가 손실될 확률인 FER(Frame Error Rate)은 다음과 같이 구해질 수 있다. 여기서 BER은 휴대인터넷 시스템 환경에서의 비트오류 확률(Bit Error Rate)을 의미한다.

$$P_e = 1 - (1 - BER)^{8x} \quad (1)$$

손실된 PDU 프레임들은 재전송되며 재전송 횟수에 제한이 없다고 가정하면 하나의 PDU가 평균적으로 전송되는 횟수 y는 다음과 같이 구해질 수 있다.

$$\begin{aligned} y &= (1 - P_e) + 2P_e(1 - P_e) + 3P_e^2(1 - P_e) + \dots \\ &= (1 - P_e)(1 + 2P_e + 3P_e^2 + \dots) \\ &= \frac{1}{1 - P_e} \end{aligned} \quad (2)$$

단말기가 선택하는 변조 방식은 단말기와 기지국과의 거리와 무선 환경에 따라 다르므로 패킷 전송을 위한 기본 단위는 [표 2]에 나타난 바와 같이 시스템에서 지정한 개수에 의해 결정된다[4].

각 단말기가 PDU를 전송할 때 큐에 남아있는 PDU들을 위해 piggyback 방식에 의해 기지국에게 대역폭 요청을 한다고 가정하면 하나의 PDU는 6바

[표 2] 변조방식에 따른 할당 가능한 서브채널 수

변조방식	서브채널 수
QPSK-1/2	3, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500
QPSK-2/3	3, 6, 15, 30, 45, 60, 75, 150, 225, 300, 375
16QAM-1/2	2, 3, 4, 5, 10, 20, 30, 40, 50, 100, 150, 200, 250
16QAM-2/3	3, 15, 30, 75, 150
64QAM-2/3	1, 2, 5, 10, 15, 20, 25, 50, 75, 100, 125
64QAM-5/6	2, 4, 8, 12, 16, 20, 40, 60, 80, 100

이트의 Generic MAC Header와 fragmentation이 되는 경우 fragmentation subheader가 1바이트, piggyback 방식으로 대역폭 요청을 하기 위한 2바이트의 GMSH(Grant Management Subheader)가 사용되므로[5], SDU의 크기를 z바이트라 할 때 전송되는 PDU의 개수는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$N = \begin{cases} 1 & \text{if } z \leq (x-6) \\ 2 & \text{if } (x-6) < z \leq 2(x-9)+3 \\ n & \text{if } (n-1)(x-9)+3 < z \leq n(x-9)+3, n = 3, 4, \dots \end{cases} \quad (3)$$

휴대인터넷 시스템에서 제공하는 서비스로는 3가지 종류가 있는데, rtPS(Real-Time Polling Service) 서비스, nrtPS(Non-Real Time Polling Service) 서비스, BE(Best Effort, 최선형) 서비스이다. rtPS 서비스는 MPEG 비디오와 같이 주기적으로 가변 크기의 데이터 패킷들을 생성하는 실시간 흐름(flow)을 지원하는 서비스이다. nrtPS 서비스는 FTP와 같은 주기적으로 가변 크기의 데이터 패킷들을 생성하는 높은 대역을 요하는 비실시간 서비스 흐름을 지원하는 서비스이다. BE 서비스는 TCP와 유사한 최선형 서비스를 효율적으로 제공하기 위한 서비스이다.

휴대인터넷 시스템에서 제공하는 서비스 중에서 본 논문에서는 rtPS 서비스 트래픽만을 고려하였다. rtPS 서비스는 평균이 188 byte바이트(1504 bit)인 파레토(Pareto) 분포를 따르며 SDU의 최소 크기는 64 byte, 최대 크기는 1518 byte를 따른다고 가정한다.

다. 즉 SDU가  $z$  byte일 확률은,  $k$ 가 SDU의 최소 크기를 나타내고  $m$ 이 SDU의 최대 크기를 나타낸다고 할 때 다음과 같은 파레토 분포를 따른다고 가정한다.

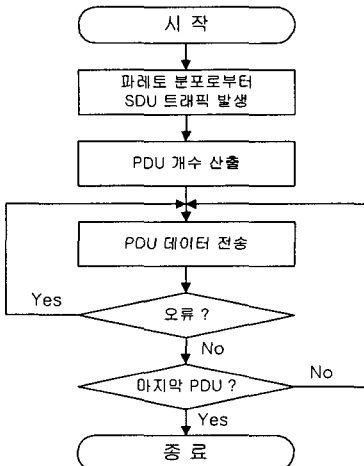
$$f(z) = \begin{cases} \frac{\alpha k^\alpha}{z^{\alpha+1}}, & k \leq z < m \\ \left(\frac{k}{m}\right)^\alpha, & z = m \end{cases} \quad (4)$$

이때 SDU의 평균크기는 다음과 같이 구해진다.

$$\mu = \frac{\alpha k - m \left(\frac{k}{m}\right)^\alpha}{\alpha - 1} \quad (5)$$

### III. 시뮬레이션

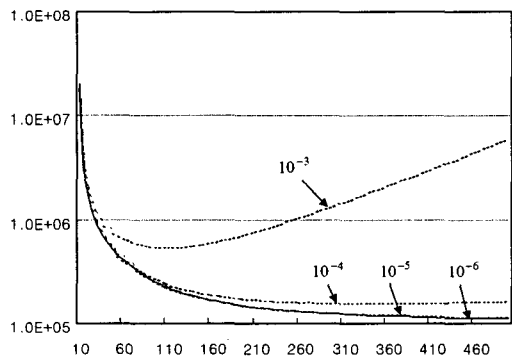
본 논문에서는 적절한 PDU의 크기를 결정하기 위해 시뮬레이션을 이용하여 10만개의 SDU를 발생시킨 후 그 결과를 분석하였다. [그림 1]은 시뮬레이션 흐름도를 나타내었다. 먼저 식 (4)의 파레토 분포로부터 발생시킨 후 식(3)을 이용하여 이들로부터 생성되는 PDU의 개수를 산출하고 식 (2)를 이용하여 재전송을 고려할 때 실제로 전송되는 총 PDU의 개수를 산출하였다.



▶▶ 그림 1. 시뮬레이션 흐름도

[그림 2]는 BER이  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ 인 경우 PDU의 크기 변화에 따른 PDU 개수에 대한 시뮬레이션 결과를 나타내었다. PDU 크기가 작은 경우 전송되는 PDU가 블로킹될 확률은 매우 적으므로 어느 부분까지는 전송되는 PDU 개수는 감소하다가 PDU 크기가 커지면 블로킹되는 PDU가 증가하므로 재전송을 고려한 총 PDU 개수는 증가한다. BER= $10^{-3}$ 인 경우 PDU 크기가 120 byte일 때 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 됨을 알 수 있다. 또한 BER= $10^{-4}$ 인 경우에는 315 byte일 때 최소가 됨을 알 수 있다. 마찬가지로 BER= $10^{-5}$ 인 경우에는 780 byte, BER= $10^{-6}$ 인 경우에는 1520 byte일 때 최소가 된다.

QPSK-1/2 변조방식에서 패킷 스케줄러가 프레임 당 할당 가능한 서브채널 수는 [표 2]에 나타난 바와 같이 3, 4, 6, 8, 10, 20, 40, 60, 80, 100, 200, 300, 400, 500개만이 가능하다. BER= $10^{-3}$ 인 경우 PDU 크기가 120 byte일 때 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 되므로 패킷 스케줄러는 프레임 당 20개의 서브채널을 할당하면 전송되는 총 PDU 개수는 최소가 되는 것으로 분석할 수 있다. 마찬가지로 BER= $10^{-6}$ 인 경우 PDU 크기가 1520 byte일 때 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 되므로 패킷 스케줄러는 프레임 당 200개의 서브채널을 할당하면 전송되는 총 PDU 개수는 최소가 된다.



▶▶ 그림 2. PDU 크기에 따른 전송되는 총 PDU 개수

64QAM-5/6 변조방식에서는 패킷 스케줄러가 프레임 당 할당 가능한 서브채널 수는 [표 2]에 나타난 바와 같이 2, 4, 8, 12, 16, 20, 40, 60, 80, 100개만이 가능하다. BER= $10^{-3}$ 인 경우 PDU 크기가 120 byte일 때 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 되므로 패킷 스케줄러는 프레임 당 4개의 서브채널을 할당하면 전송되는 총 PDU 개수는 최소가 되며, BER= $10^{-6}$ 인 경우 PDU 크기가 1520 byte일 때 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 되므로 패킷 스케줄러는 프레임 당 40개의 서브채널을 할당하면 전송되는 총 PDU 개수는 최소가 된다.

다른 변조방식인 경우에도 동일한 분석이 가능하며, 이상을 토대로 각 변조방식에서 전송되는 총 PDU의 개수를 최소로 하는 가장 전송 효율이 좋은 프레임 당 서브채널 수를 구해보면 다음 [표 3]에서 보는 바와 같다.

[표 3] 각 변조방식에서의 전송되는 PDU의 총 개수를 최소로 하는 프레임 당 서브채널 수

변조방식	전송 바이트	BER			
		$10^{-3}$	$10^{-4}$	$10^{-5}$	$10^{-6}$
QPSK-1/2	6	20	60	100	200
QPSK-2/3	8	15	45	75	150
16QAM-1/2	12	10	30	50	100
16QAM-2/3	16	3	15	30	75
64QAM-2/3	24	5	15	25	50
64QAM-5/6	30	4	12	20	40

## V. 결론

휴대인터넷 시스템에서는 전체 시스템의 성능을 향상시키기 위해 적응 변조·부호화 기술을 이용하는데, 이 기술은 채널환경에 맞추어 변조기법과 부호화 기법을 변경하는 것이다. 즉, 채널환경이 좋은 경우에는 높은 효율의 변조 및 부호화 기법을 사용하며, 채널환경이 좋지 않은 경우에는 낮은 효율의 변조 및 부호화 기법을 사용하는 기술이다. 휴대인터넷 시스

템에서 사용하는 변조방식으로는 BPSK, QPSK, 16QAM, 64QAM가 있는데, 단말기가 기지국으로부터 멀리 있으면 BPSK나 QPSK 방식을 사용하고 기지국에 가까이 있으면 16QAM이나 64QAM방식을 사용한다.

이러한 관점에서 본 논문에서는 효율적인 무선자원 사용을 위해 전송되는 총 PDU 개수를 최소로 하는 각 변조방식에서의 프레임 당 할당 가능한 서브채널 수를 분석하였다. 이를 위해 휴대인터넷 시스템 환경에서의 데이터 트래픽 발생모델을 적용하여 시물레이션을 수행하였으며 그 결과를 제시하였다.

시물레이션 분석 결과 BER이  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ ,  $10^{-6}$ 인 경우 전송되는 총 PDU 개수가 최소가 되는 PDU 크기는 120, 315, 780, 1520 byte임을 알 수 있었으며, 이를 고려한 각 변조방식에서의 할당 가능한 서브채널 수를 제시하였다.

앞으로는 휴대인터넷 시스템 환경에서 단말기의 이동성 모형과 발생 가능한 트래픽 모델을 근간으로 패킷 스케줄러의 동작을 묘사한 다양한 환경에서의 시물레이션이 필요할 것으로 사료된다.

## ■ 참고 문헌 ■

- [1] 김용석, 김현아, 방형빈, 이구순, 이은상, 홍현성, "원히 보이는 WiBro", U-북, 2005.
- [2] 국광호, 임석구, "휴대 인터넷 기지국 MAC 성능 연구," 한국전자통신연구원 최종연구보고서, 2005.
- [3] 국광호, "휴대 인터넷 무선자원 할당 연구," 한국전자통신연구원 최종연구보고서, 2004.
- [4] TTA 표준, 2.3GHz 휴대인터넷 표준-물리 계층, 2004.
- [5] TTA 표준, 2.3GHz 휴대인터넷 표준-매체접근제어 계층, 2004.