

일반논문-09-14-2-08

AMC 기반 OFDMA 시스템에서 멀티미디어 서비스를 지원하기 위한 서브 채널 할당 방법

송우람^{a)}, 정조운^{b)}, 김동회^{a)‡}

Sub-channel Allocation Scheme for Multi-media Service in AMC-based OFDMA Systems

Woo-ram Song^{a)}, Jo Woon Chong^{b)}, and Dong-hoi Kim^{a)‡}

요 약

본 논문에서는 AMC(Adaptive Modulation Coding) 기반 OFDMA 시스템에서 멀티미디어 서비스를 지원하는 모든 핸드오버 호와 신규 호 사용자들에 대하여 무선자원 할당의 기본 단위인 서브 채널의 효율적인 할당에 관한 방법을 제안한다. 먼저 셀 내에서는 단말들의 위치에 따라서 다른 변조 및 코딩 방식을 가지는 Multi-band 방식을 적용할 수 있다. 또한 기지국이 여러 개의 서브 채널로 구성되어 있는 OFDMA 시스템 환경에서 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드오버 호 또는 신규 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책을 주는 서브 채널 할당 방법을 적용한다. 시뮬레이션 결과, 제안된 Multi-band 서브채널 할당 방식은 Single-band 서브채널 할당방식과 비교하여 핸드오버 호와 신규 호의 블럭킹 확률 측면에서 좋은 성능을 보여줌을 확인하였다.

Abstract

In this paper, we propose the method which provides efficient sub-channel allocation for handoff and new call supporting multi-media service in AMC-based OFDMA system. Firstly, we apply the multi-band method which provides different AMC method according to the location of user terminals. Also, in OFDMA system environment that a base station has a lot of sub-channels, we adopt the sub-channel allocation scheme that provides a higher priority to handoff call and real-time service about handoff and new calls with multi-media service. The simulation results show that the proposed scheme plays a role in increasing the number of new and handoff calls meeting the required blocking rate.

Keyword : Sub-channel, Adaptive Modulation Coding, OFDMA, Multi-band, Multi-media Service

1. 서 론

최근 무선 이동통신 서비스는 VoIP, video phone, video clips, web browsing, bulk data 등 다양한 멀티미디어 서비스를 제공하기 때문에 높은 데이터 전송률과 서비스 품질에 대한 요구사항이 급격히 증가하고 있다. 이와 같은 초고속 대용량의 무선 멀티미디어 서비스를 지원하기 위하여

a) 강원대학교 IT특성화 대학 전기전자공학부 전자통신공학과
Kangwon National University, College of Information Technology,
Dept. of Electrical and Electronic Engineering

b) 한국과학기술원 전자전산학부 전기 및 전자공학전공
KAIST, School of Electrical Engineering & Computer Science,
Division of Electrical Engineering

‡ 교신저자 : 김동회(dongh@kangwon.ac.kr)

· 접수일(2008년7월17일), 수정일(1차:2008년12월16일, 2차:2009년1월19일),
게재확정일(2009년1월20일)

차세대 이동통신은 현재 저속의 음성 및 패킷 데이터 통신 위주에서 고속 이동 중에 최대 100Mbps, 정지 및 저속 이동 중에 155Mbps~1Gbps까지의 데이터 전송 속도를 기반으로 하는 새로운 차세대 이동통신 전송기술들이 등장하게 되었다. 대표적인 차세대 전송기술중의 하나인 OFDMA (Orthogonal Frequency Division Multiple Access)는 사용자에 주파수 및 시간을 분할하여 할당하는 다중 사용자 접속 방식이다. 따라서 OFDMA 시스템은 주파수 및 시간을 사용자의 요구에 맞추어 다양하게 제공할 수 있기 때문에 멀티미디어 서비스를 지원하는 서로 다른 사용자들에게 사용될 수 있다. 또 다른 핵심적인 전송기술인 AMC (Adaptive Modulation Coding) 방식은 채널 상태에 따라 변조 방식 및 코딩률을 변화시켜 전송률의 향상을 꾀하는 방식이다. 이는 열악한 채널 환경의 사용자에게는 데이터는 낮은 전송률로 전송하고 좋은 채널 환경의 사용자에게는 높은 전송률로 전송하여 셀의 전체 평균 전송률의 증가시키는 기술이다^{[1][2]}. 기존 시스템과는 달리 OFDMA 방식을 사용하는 차세대 이동통신 시스템에서는 서브 채널이라는 전송자원을 일정 시간 단위로 진행 중인 호들에게 할당하게 된다. 기지국은 사용대역폭에 따라 미리 정해진 개수의 서브 채널을 가지고 있으며 일정시간 단위로 서브 채널의 할당과 해제를 반복적으로 수행한다. 따라서 서브 채널 단위의 채널할당은 매우 중요한 문제이며 본 논문은 이러한 차세대 OFDMA 방식의 자원 모델링에 적합한 MAC 계층에서 동작하는 서브 채널할당 알고리즘을 제안하여 핸드오버 호 강제 종료 확률(Handoff Call Forced Termination Probability)과 신규 호 차단 확률(New Call Blocking Probability)을 최소화하는 것을 목표로 한다.

본 논문에서는 AMC 방식을 고려하는 OFDMA 시스템 환경에서 무선 멀티미디어 서비스에 대한 채널 할당을 수행하는 방법을 고려하기 때문에 각각의 기지국은 여러 개의 서브 채널들로 구성되고 각각의 단말은 위치에 따라서 다른 변조 방식과 코딩 방식을 사용하여 서로 다른 전송률을 가지게 된다^[3]. 단말이 새로운 호를 요구할 때마다 기지국은 서브 채널에 여유가 있으면 서브 채널을 할당해 줄 수가 있지만 최대 서브 채널수는 한정되어 있기 때문에 핸드오버 호 또는 신규 호에 의한 채널 할당 요구에 대한 강제 종료 또는

차단이 발생한다. 따라서 제한된 서브 채널 수 내에서 핸드오버 호 강제 종료 확률 또는 신규 호 차단 확률을 최소화하도록 하는 서브 채널 할당 알고리즘이 필요하게 된다. 위와 같은 목적을 만족시키기 위하여 다양한 연구들이 진행되어 왔다. 그러한 연구중에서 핸드오버 호의 강제 종료 확률이 신규 호의 차단 확률보다 더 심각하기 때문에 신규 호 보다 핸드오버 호에 우선순위를 주는 연구들도 있었다^{[4][5][6][7]}.

따라서 본 논문에서는 효율적인 서브 채널 할당을 통하여 멀티미디어 서비스 별 핸드오버 호의 강제 종료 확률을 최소화하기 위하여 높은 우선순위의 실시간 핸드오버 호와 비실시간 핸드오버 호, 낮은 우선순위의 실시간 신규 호와 비실시간 신규 호로 구분한다^[8]. 또한 이 논문에서 제안하는 새로운 Multi-band에서 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드오버 호 또는 신규 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책을 부여하는 서브 채널 할당 방법에서는 단말의 위치에 따라서 다른 AMC를 적용하는 OFDMA 시스템을 고려하였기 때문에 단말의 위치에 따라서 서비스 영역을 Multi-band로 구분하였고 핸드오버 호를 신규 호보다 그리고 실시간 서비스를 비실시간보다 우선적으로 서비스하였다. 그 결과 기지국 근처에 있는 높은 신호 대 간섭 비를 가지는 단말들은 높은 전송률로 서비스되기 때문에 결과적으로는 수락되는 신규 호들의 수는 증가하게 되고 셀 경계 근처에 있는 낮은 신호 대 간섭 비를 가지는 단말들은 낮은 전송률로 서비스되기 때문에 수락되는 핸드오버 호 또는 신규 호의 수는 감소하게 된다. 따라서 각각의 셀들은 Multi-band의 형태를 가지고 각각의 단말들은 각각의 band에 소속되어 다른 전송률로 서비스되기 때문에 서브 채널할당 효율성이 향상하게 된다.

시뮬레이션에 의하여 멀티미디어 서비스를 가지는 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책에 기반한 서브 채널 할당 방식인 Single-band 서브 채널 방식과 제안하는 Multi-band 서브 채널 방식에서 멀티미디어 서비스를 가지는 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책 방식의 서브 채널 할당 방식에 의한 핸드오버 호의 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률의 차이를 분석하였다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안하는 Multi-band 서브 채널 방식을 소개 할 것

이고 3장과 4장에서는 시스템 모델과 시스템 파라미터 값 (parameter value)들과 시뮬레이션 결과에 대해서 설명 할 것이고 5장에서는 결론을 기술하였다.

II. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 Multi-band에서 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드오버 호 또는 신규 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책을 가지는 새로운 서브 채널 할당 알고리즘을 소개한다. 제안하는 서브 채널 할당 알고리즘을 설명하기 전에 기존의 채널 할당 알고리즘을 살펴본다.

기존의 채널 할당 알고리즘은 크게 정적 방식과 동적 방식으로 분류될 수 있다. 정적 방식의 대표적인 예로는 guard channel을 들 수 있다⁹⁾. guard channel 방식은 QoS에 있어 중요한 핸드오버 호를 위하여 채널을 미리 예약해 놓는 방식으로서 단점으로 채널을 예약하여 놓음으로써 자원 효율성이 낮아진다. 이러한 단점을 개선한 fractional guard channel 방식이 있는데 이는 신규 호의 경우 항상 확률적으로 수락여부를 결정하여 호를 수락 또는 거절을 한다¹⁰⁾. 그렇기 때문에 사용자가 많을 경우 신규 호에 할당되어야 할 채널을 핸드오버 호에게 많이 할당을 할 수 있으나 사용자가 적을 경우 잉여 채널이 많은데도 불구하고 거절할 수 있다는 단점이 있다. 이밖에 Queueing 등이 정적 방식에 해당한다⁴⁾⁵⁾¹¹⁾. 동적 방식은 변화하는 트래픽 패턴이나 셀 자원 상황을 예측하여 수락을 결정하는데, 로컬 기지국 상황 예측만 사용하는 방식과 이웃 셀들의 자원상황까지도 고려하는 방식이 있다¹²⁾¹³⁾¹⁴⁾. 후자의 대표적인 예로는 단말을 이동 경로와 속도를 예측하여 해당 주변 셀들의 자원 상황에 따라 수락을 결정하는 shadow clustering 방식이 있다¹⁵⁾.

그러나 위와 같은 방법들은 실제로 단말의 위치에 따라서 모든 단말들이 다른 전송률을 가짐에도 불구하고 다른 위치에 있는 핸드오버 호 또는 신규 호를 동일한 전송률로 서비스하기 때문에 채널 할당이 비효율적으로 진행되었다. 또한, 기존의 채널 할당 알고리즘은 주로 음성과 같이 고정된 전송률 상황에서 통화의 품질 보장을 위해 전력을 제어하여 전송 품질을 보장하였다. 이러한 비효율적인 서브 채널

할당 문제와 멀티미디어 서비스 등 다양한 전송률 문제를 해결하기 위하여 AMC 방법을 반영해야 한다. OFDMA 시스템에서는 단말의 위치에 따라서 여러 개의 band(Multi-band)로 구분하고 각각의 band내에서는 동일한 전송률로 서비스 한다. 따라서 기지국에 근접한 단말들에 의한 높은 전송률로 서비스할 수 있기 때문에 해당 단말들에 대해서는 적은 수의 서브 채널로도 요구하는 QoS를 만족하는 서비스를 해줄 수 있고, 기지국에서 원거리에 있는 단말들은 많은 수의 서브 채널로 서비스를 해줄 수 있게 된다. 결과적으로 Multi-band에서 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드오버 호 또는 신규 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책을 가지는 새로운 서브 채널 할당 알고리즘은 제한된 서브 채널수를 가지는 OFDMA 통신 시스템 환경에서 단말의 위치에 따라 적합한 서브 채널수를 할당함으로써 서브 채널 할당의 효율성을 증대시킬 수 있게 된다.

본 논문에서는 Multi-band에 의한 분석을 간단히 하기 위하여 그림 1과 같이 Inner-band와 Outer-band 2개로 구분하였다. 각각의 셀은 동일한 중심을 가지고 있는 다중지역으로 나뉜다. 이는 중심에서부터 같은 거리에 위치한 위치까지를 하나의 지역으로 정의함을 의미하는데 이러한 분할방법은 상대적으로 기지국 가까운 곳인 Inner-band(즉, 셀 안쪽)에 위치한 단말들은 높은 신호 대 간섭 비를 가짐으로써

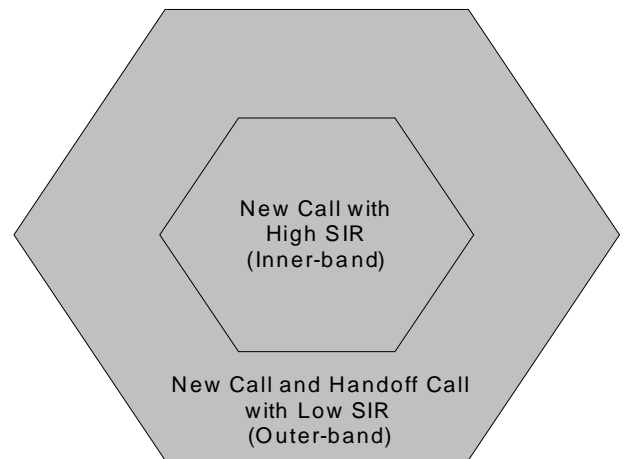


그림 1. Multi-band 개념에 의해서 구분된 Inner-band 와 Outer-band 의 영역
Fig. 1. Area of inner-band and outer-band by proposed scheme

핸드오버 호 또는 신규 호 요구 시 Single-band에서 보다 더 적은 수의 서브 채널로도 요구하는 QoS를 만족한다는 것을 의미한다. 또한 기지국에서 먼 곳에 위치한 Outer-band(즉, 셀 가장자리)에 위치한 단말들은 낮은 신호 대 간섭 비를 가짐으로써 핸드오버 호 또는 신규 호 요구 시 Single-band에서 같은 수의 서브 채널 할당을 한다는 것을 의미한다.

또한 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드오버 호와 신규 호에 대한 서브 채널 할당 문제를 풀기 위하여 핸드오버 호와 신규 호의 서비스는 1 : 2의 발생 확률로 설정하였으며, 호 발생은 셀 내에서 동일한 확률로 분포시켰다. 핸드오버 호는 Outer-band에서 위치하기 때문에 낮은 전송률 값으로 서비스 되고, 신규 호는 Outer-band 또는 Inner-band에서도 발생할 수 있기 때문에 Inner-band에서 발생한 신규 호들은 Outer-band에서 발생한 핸드오버 호 또는 신규 호보다 더 높은 전송률로 서비스될 수 있다. 따라서 Inner-band의 신규 호는 Outer-band의 핸드오버 호와 신규 호보다 적은 수의 서브 채널로도 호 수락이 가능하기 때문에 신규 호의 차단 확률 측면에서 좋은 성능을 가짐을 예상할 수 있다.

III. 시스템 모델링

본 논문에서는 기존 알고리즘과 제안한 알고리즘의 성능 분석을 시뮬레이션 결과를 토대로 하고 있다. 그림 1에서 보듯이 셀 외부 영역에서는 타 셀로부터의 간섭이 크고, 감쇄에 의하여 신호의 크기가 작기 때문에 낮은 신호 대 간섭 비를 갖는다. 동일 셀 내에서 변조 방식이 변경되는 비율을 변조 방식 변경 시도율 이라고 하며 이러한 변조 방식 변경 시도율은 셀 내에서 단말의 이동성과 관계가 있다^[16]. 이상적인 AWGN(Additive White Gaussian Noise, 부가적인 백색 가우시안 잡음) 채널을 가지는 셀 환경만을 가정하고 모든 가입자가 동일한 BER(Bit Error Rate, 비트 에러율)을 만족시키기 위해 필요한 신호 대 잡음 비(Signal to Noise Ratio)를 고려하여, 각 변조 방식에 따른 셀 반경에 대한 비율을 계산할 수 있다. AWGN 채널 환경을 가정할 때, BPSK와 QPSK에서의 BER의 평균 확률은

$$P_B \approx Q \left[\sqrt{\frac{2E_b}{N_0}} \right] \tag{1}$$

이며, 또한 m-ary QAM에서의 BER 확률은 다음과 같다^[17].

$$P_B \approx \frac{2(1-L^{-1})}{\log_2 L} Q \left[\sqrt{\left(\frac{3 \log_2 L}{L^2 - 1} \right) \frac{2E_b}{N_0}} \right] \tag{2}$$

이때, $Q(x) \approx \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_x^\infty \exp\left(-\frac{u^2}{2}\right) du$ 이다. L은 QAM에서 한 영역의 변조 레벨을 의미한다. 단말에서의 송신 전력을 P_t 와트(watts)라 하고 송신기에서 수신기까지의 거리를 d미터라 하면 수신 신호의 전력은 다음과 같다.

$$P \approx P_t d^{-\eta} \tag{3}$$

η 는 신호의 경로 감쇄를 의미하는 지수 요소이며 일반적으로 2에서 4 사이의 값을 가진다. 식 (1)(2)(3)으로부터 10^{-6} 의 BER을 고려하도록 할 때 셀 경계에서 가장 낮은 변조 방식을 사용하도록 가정하면 각 변조 방법에 따라 다음과 같이 계산할 수 있다. QPSK를 사용하는 셀 반경을 기준으로 할 때, QPSK 및 16-QAM의 영역의 반경 최소값 비율을 계산하였다. 이때 본 논문에서는 $\eta = 3$ 으로 가정하여 표 1과 같은 MCS 표를 얻을 수 있었다. 표 1에서 다양한 AMC 모드에 따라 전송 파라미터를 확인할 수 있다.

표 1. 여러 정정 부호 미사용 시 MCS 파라미터
Table 1. MCS parameter when error correction encoder is not used

	Inner-band(16-QAM)	Outer-band(QPSK)
심볼 당 비트	4	2
E_b/N_0	6.366	1.273
셀 반경 비율	0.41	1

표 2는 시뮬레이터 프로그램에서 사용한 설정 파라미터 값들이다. 실시간 서비스 상용자와 비실시간 서비스 사용자의 발생 비율은 1 : 2의 비율로 발생시켜 보았고, 서브 채널 사용 비율은 사용된 Service class에 대한 요구 대역폭에 따라서 정의되는데 본 논문에서는 실시간 서비스로는

표 2. 시뮬레이션 파라미터
Table 2. Simulation parameter

시뮬레이션 파라미터	값
셀 반경	200m
셀에서 발생 사용자 수	18명($\lambda = 1$ 일 때)
Outer-band에서 신규 호와 핸드오버 호를 위해 할당된 총 공용 서브 채널 수	180
Outer-band에서 핸드오버 호를 위해 할당된 총 예약 서브 채널 수	45
Inner-band에서 신규 호를 위해 할당된 총 서브 채널 수	9
Inner-band와 Outer-band의 면적(발생 비율)	1 : 5
Inner-band와 Outer-band의 수신 전력 비	1 : 5
실시간 서비스와 비실시간 서비스의 발생 비율	1 : 2
실시간 서비스와 비실시간 서비스의 서브 채널 사용 비율	1 : 4

Video clips (요구 대역폭 : 20 - 384 kbps)와 같은 Streaming media 서비스로 사용하였고 비실시간 서비스로는 Web Browing(요구 대역폭 > 500 kbps)과 같은 Information Technology 서비스를 사용하였다. 따라서 서비스들의 요구 대역폭을 고려하여 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 서브 채널 사용 비율을 1 : 4의 비율로 발생시켰다^[18]. 또한, 표 1에서 Inner-band의 셀 반경 비율이 0.41이므로 면적은 전체의 1/6이 되고, 나머지 5/6는 Outer-band에서 발생하는 사용자이다. 또한, 식 (1)(2)(3)으로부터 얻어진 수신신호의 전력의 크기는 Inner-band가 Outer-band의 5배 정도가 된다. 표 1로부터 $\lambda = 1$ 일 때 한 개의 셀에서 18명의 사용자가 균일하게 발생한다고 가정하였을 때, Inner-band와 Out-band의 면적 비에 따라 15명의 사용자가 Outer-band에서 발생하고 3명의 사용자는 Inner-band에서 발생한다. Inner-band에서 발생한 3명의 사용자에 대해서 살펴보면, 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 발생 비율이 1 : 2 이기 때문에 발생한 실시간 서비스 사용자는 1명이고 비실시간 서비스 사용자는 2명이 된다. 또한 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 서브 채널 사용 비율이 1 : 4 이기 때문에 Inner-band의 실시간 서비스 사용자에 할당되는 서브 채널이 1개이고 Inner-band의 비실시간 서비스 사용자에 할당

되는 서브채널은 $4 * 2 = 8$ 개가 된다. 따라서 Inner-band에서 발생한 3명의 사용자를 위하여 9개의 서브 채널이 필요하게 된다. 위와 같이 계산을 하면 Outer-band는 Inner-band에 비해서는 5배의 사용자가 발생하고 AMC 테이블(표 1 참조)에 의해 5배의 수신신호의 전력차를 가지므로 $9*5*5=225$ 개의 서브 채널이 필요하게 된다. 또한 Outer-band에서 핸드오버 호 예약 자원으로 20% 정도를 사용하기 때문에 $225*0.2=45$ 개의 서브 채널이 예약 자원으로 사용된다. 결국, Outer-band에서 신규 호와 핸드오버 호를 위해 할당된 총 공용 서브 채널은 180개이고, 핸드오버 호만을 위한 예약 채널 개수는 45개이다.

실시간 서비스가 발생하였을 때 제안된 Multi-band와 핸드오버 호 우선 정책 방식 채널 할당에서 호 서비스에 따른 band 구분과 입출력 파라미터는 그림 2와 같다. λ_{HO} 는 핸드오버 호 발생률을 나타내고 핸드오버 호가 발생하면 Outer-band의 $C_i + 1$ 부터 C_o 개의 서브 채널에서 먼저 채

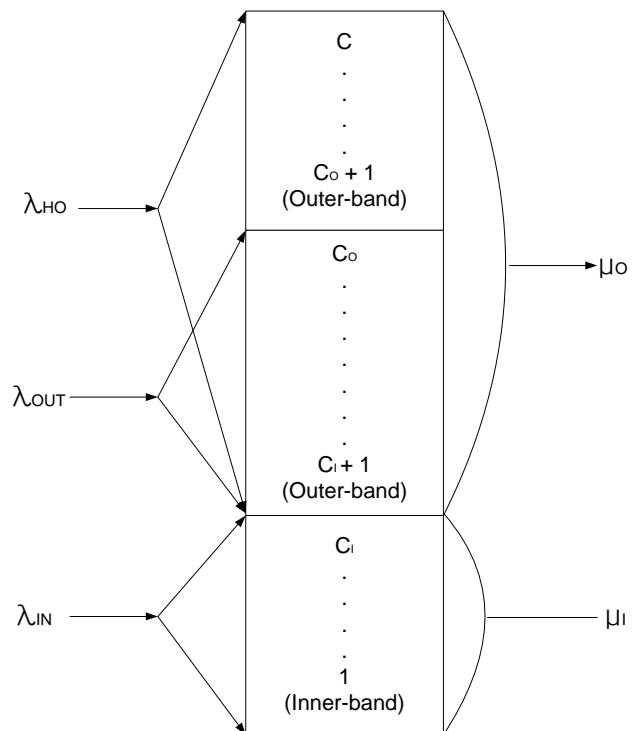


그림 2. 제안하는 알고리즘에서 서비스에 따른 band구분과 입출력 파라미터
Fig. 2. Band division and in/out parameter by service in proposed scheme

널을 할당한 후 서버 채널이 없으면 $C_O + 1$ 부터 C 까지의 핸드오버 호 예약 서버 채널에서 채널을 할당한다. λ_{OUT} 은 Outer-band 신규 호 발생률로써 Outer-band의 $C_I + 1$ 부터 C_O 개의 서버 채널에서 채널을 할당한다. λ_{IN} 은 Inner-band 신규 호 발생률로써 Inner-band의 서버 채널인 1부터 C_I 까지 서버 채널 중에서 채널을 할당한다. μ_I 는 Inner-band의 호 연결 파라미터로써 서버 채널이 있으면 채널을 할당하여 주고 없으면 차단한다. μ_O 도 마찬가지로 Outer-band의 호 연결 파라미터이다. 다만 μ_O 는 핸드오버 호까지 같이 할당한다.

제안하는 서버 채널 할당 알고리즘에서는 단말들의 수신

전력에 따라서 Multi-band로 구성된 서비스 영역할당과 핸드오버 호 우선순위 채널 할당 방법을 동시에 사용하였기 때문에 그림1과 그림 2에서 보여 주는 바와 같이 핸드오버 호는 Outer-band에서만 발생하며 Outer-band의 신규 호 서버 채널과 공유하며 핸드오버 호와 신규 호가 동시에 서버 채널 요구를 하는 경우에는 핸드오버 호 우선 정책에 따라서 핸드오버 호에게 우선적으로 서버 채널을 할당한다. 신규 호는 Outer-band이든 Inner-band이든 서버 채널이 없으면 차단된다.

그림 3은 제안하는 알고리즘의 시뮬레이션 순서도를 보

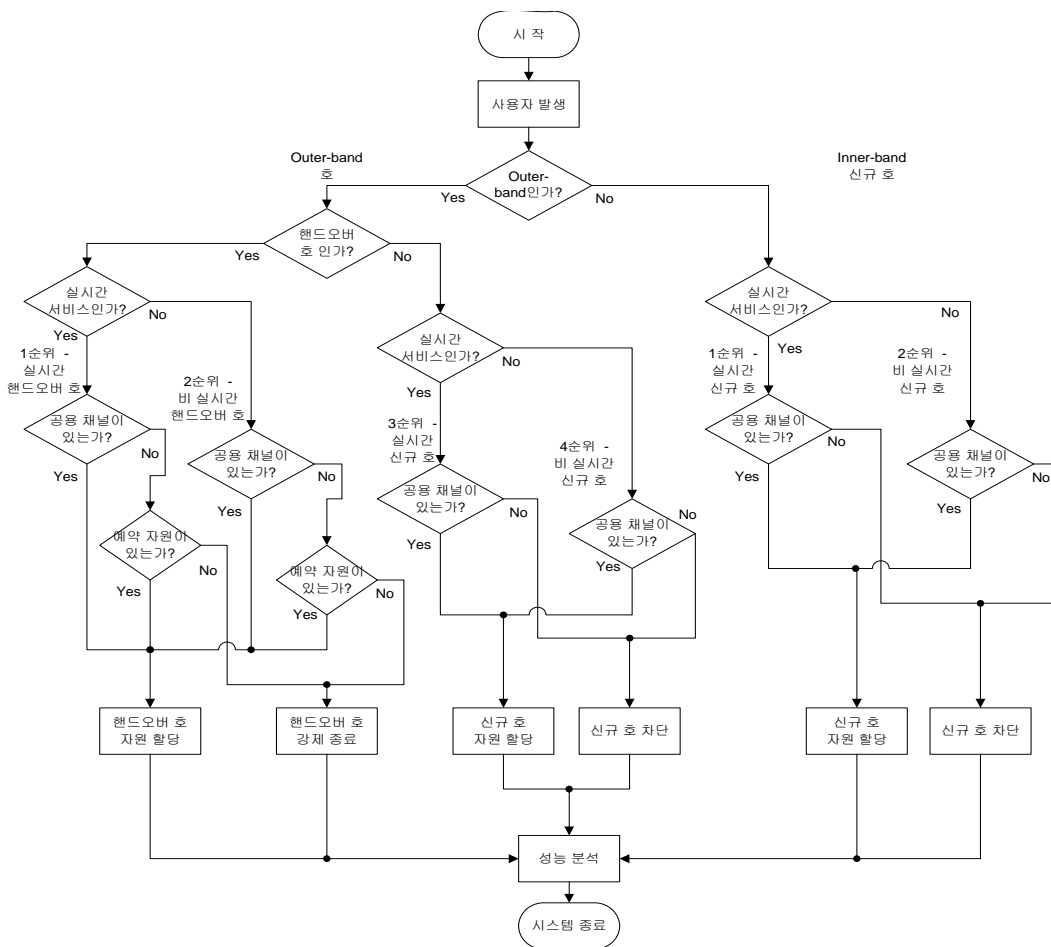


그림 3. 제안하는 알고리즘의 시뮬레이션 순서도
 Fig. 3. Simulation flow-chart of proposed scheme

여주고 있다. 그림 3에서 보듯이 시뮬레이션 순서는 핸드오버 호 또는 신규 호가 발생하면 어느 band에서 발생하였는지 파악을 하고 Outer-band일 경우는 먼저 핸드오버 호인지 신규 호인지 판단하고 그리고 나서 실시간 서비스와 비실시간 서비스를 구분하여 우선순위를 정해지게 된다. 따라서 Outer-band일 경우의 호의 우선순위는 실시간 서비스 핸드오버 호, 비 실시간 서비스 핸드오버 호, 실시간 서비스 신규 호, 비 실시간 서비스 신규 호의 순서가 된다. 이 경우에 할당 가능한 서브 채널이 존재할 경우 호를 수락하고 할당 가능한 서브 채널이 없으면 호가 차단된다. 예를 들어 우선순위가 높은 핸드오버 호의 경우에는 예약 채널이 있어서 공용 서브 채널이 없더라도 예약된 서브 채널이 있을 경우 호를 연결하여 주고 공용 서브 채널과 예약 서브 채널이 없는 경우에만 호가 강제 종료된다. 반면에 우선순위가 낮은 신규 호의 경우에는 공용 서브 채널이 있다면 호를 연결하여 주고 공용 서브 채널이 없다면 호가 강제 종료된다.

Inner-band일 경우는 신규 호만 발생하기 때문에 바로 실시간 서비스와 비실시간 서비스의 구분을 하여 우선순위를 정해주게 된다. 따라서 Inner-band일 경우의 호의 우선순위는 실시간 서비스 신규 호, 비 실시간 서비스 신규 호로 순서로 설정된다. 신규호의 경우는 공용 서브 채널이 있으면

호가 수락되고 공용채널이 없으면 호가 강제 종료된다.

IV. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 표 2의 시뮬레이션 파라미터를 사용하여 얻어진 결과를 가지고 Single-band 서브채널 할당 방식과 제안하는 Multi-band 서브채널 할당 방식에 의한 성능분석을 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호 차단 확률 측면에서 비교분석 하였다. 그림 4에서 그림 7까지는 실시간 서비스와 비실시간 서비스가 1 : 2의 비율로 발생시키고 실시간 서비스에 대한 우선 정책을 사용할 경우의 시뮬레이션 결과이다. 먼저, 그림 4는 실시간 서비스 경우로서 기존 방식인 Single-band와 제안하는 Multi-band에서 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률을 보여주며 그림 5는 Single-band 방식에서의 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률과 제안하는 Multi-band방식에서 Inner-band와 Outer-band에서의 각각의 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률을 보여주고 있다. 그림 6은 그림 4와 동일한 시나리오에서 Inner-band와 Outer-band에서의 신규호 차단 확률을 합한 결과를 나타내었다. 마찬가지로 그림 7은 그림 5와 동일한 시나리오에서 Inner-band와

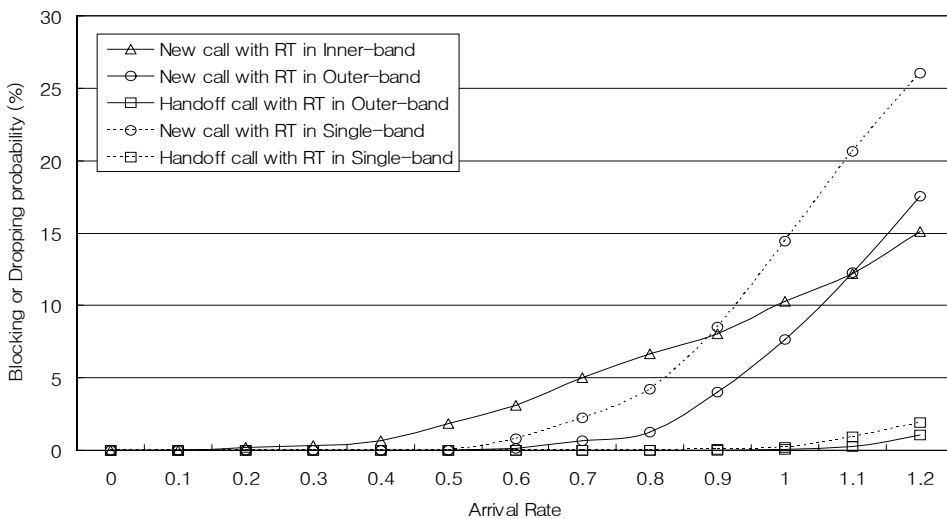


그림 4. 실시간 서비스의 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률
 Fig. 4. Forced termination probability of handover call and blocking probability of new call in case of RT service

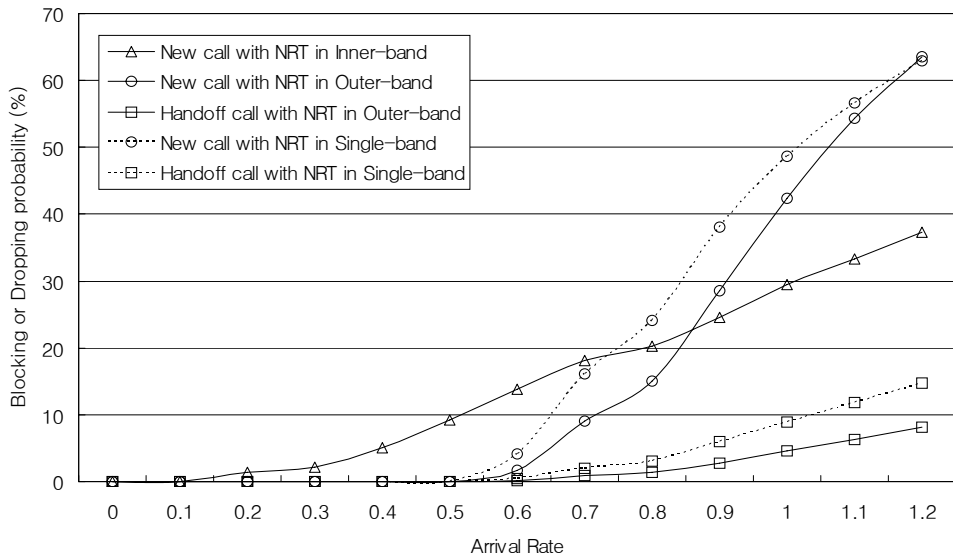


그림 5. 비실시간 서비스의 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호의 차단 확률
 Fig. 5. Forced termination probability of handover call and blocking probability of new call in case of NRT service

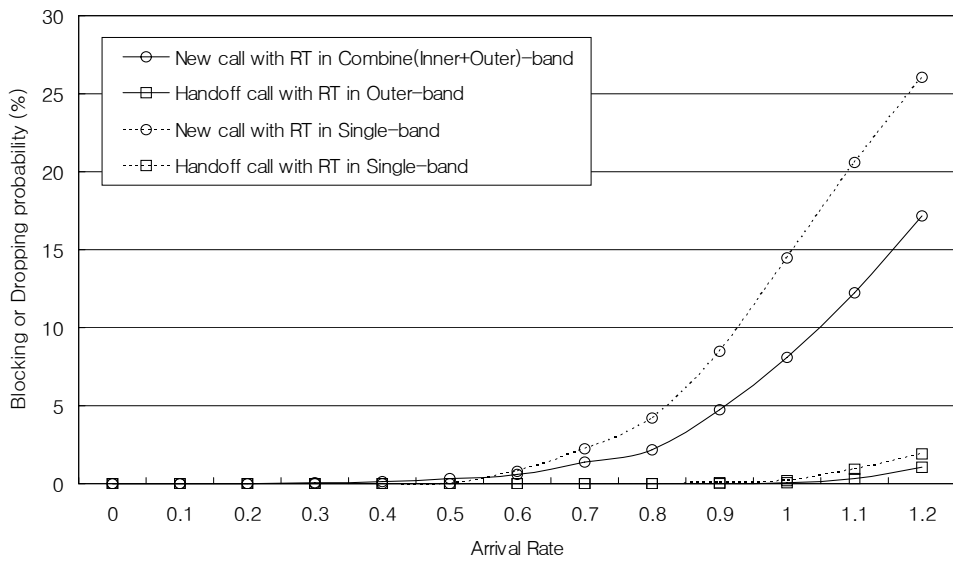


그림 6. 실시간 서비스일 때 Inner-band와 Outer-band에서의 신규 호의 차단 확률을 합한 경우
 Fig. 6. Summing both blocking probability of new call in Inner-band and that of Outer-band in case of real-time service

Outer-band에서의 신규호 차단 확률을 합한 결과이다. 기존의 알고리즘은 band로 나누지 않는 Single-band 방식이기 때문에 Inner-band의 서브 채널과 Outer-band의 서브 채널을 합쳐서 신규 호 서비스에 채널을 할당하였으며

핸드오버 호 예약 채널수는 제안하는 Multi-band 방식과 동일한 수로 설정하였다. 그림 4에서 기존 알고리즘인 Single-band에서는 핸드오버 호 우선정책을 사용하여 핸드오버 호의 강제 종료 확률은 호 발생률(arrival rate)이 1일 때(발생

인원 18명) 약 2%이고, 신규 호 차단 확률이 약 14.5%가 되는 것을 확인할 수 있다. 이는 Single-band의 우선순위가 실시간 서비스 핸드오버 호, 비 실시간 서비스 핸드오버 호, 실시간 서비스 신규 호, 비 실시간 서비스 신규 호로 이루어 지는데 실시간 서비스와 비 실시간 서비스의 발생 빈도는 1 : 2이지만 서브 채널 할당 비율이 1 : 4이므로 실시간 서비스 신규 호보다 우선순위가 높은 비 실시간 서비스 핸드오버 호에서 공용 서브 채널을 먼저 할당받기 때문에 신규 호 차단 확률이 높아지는 것을 알 수 있다. 반면에 제안하는 Multi-band 서브 채널 방식에서는 Outer-band의 실시간 서비스 신규 호도 비슷한 경향을 나타내지만 Single-band 서브 채널 방식보다 더 좋아지는 것을 볼 수 있다. 그림 4로부터 실시간 서비스 핸드오버 호는 호 발생률이 1일 때 약 0.6%인데 이는 실시간 서비스의 핸드오버 호가 가장 높은 우선순위를 갖고 있기 때문에 강제 종료 확률이 낮은 것을 확인할 수 있다. 또한, Inner-band의 신규 호는 부하가 적을 때(즉, 사용자가 적을 때)는 Single-band 서브 채널 방식의 신규 호보다 차단 확률이 높으나 부하가 많아질수록 차단 확률이 적어짐을 알 수 있다. 부하가 적을 때 차단 확률이 높은 이유는 Inner-band에 할당된 서브 채널이 적어서 이고, 부하가 많을 때 차단 확률이 낮은 이유는 Inner-band의 면적이 Outer-band보다 적어서 호 발생률이 적어지므로 차단 확률이 적어지는 것이다.

또한 그림 4에서는 실시간 서비스에 우선순위가 높다 하여도 비실시간 서비스 핸드오버 호가 많이 발생하여 서브 채널이 모자라 실시간 서비스 신규 호들의 차단 확률이 증가하였다. 그림 5도 그림 4와 유사한 경향을 나타낸다. 다만 비실시간 서비스의 호들이 많이 발생함으로 인하여 차단 확률이 그림 4에 비해서 크게 증가하는 것을 볼 수 있다. Single-band 서브 채널 방식의 비실시간 핸드오버 호의 경우 호 발생률이 1일 때 호 강제 종료 확률이 약 9%인데 반하여 제안하는 Multi-band 서브 채널 방식의 비실시간 핸드오버 호의 강제 종료 확률의 경우는 약 4.5%로 좀 더 낮은 수치를 보여주고 있으며 비실시간 신규 호의 경우도 비슷한 경향을 보이는 것을 알 수 있다. 이는 핸드오버 호의 경우 우선순위가 높아서 강제 종료 확률이 적는데 비하여 신규 호의 경우는 우선순위가 최하위이므로 할당받는 서브

채널이 많이 부족할 뿐만 아니라 비실시간 서비스이기 때문에 서브 채널이 4개를 할당받아야 호를 연결할 수 있어서 차단 확률이 높게 나온다.

그림 6에서 그림 4와 비교해서 변한 수치는 실시간 서비스 신규 호 뿐이다. 이것은 제안하는 알고리즘의 Inner-band의 신규 호 차단 확률과 Outer-band의 신규 호 차단 확률을 더한 것으로써 뚜렷하게 제안하는 알고리즘의 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호 차단 확률이 Single-band 서브 채널 방식에 비해 훨씬 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수가 있다. 다만 부하가 적을 때 Single-band 서브 채널 방식에 비해 차단 확률이 약간 증가하나 이 역시 호의 강제 종료 확률이 0.3% 이내로 거의 비슷함을 확인하였다.

그림 7 역시 그림 6과 마찬가지로인 상황에서 비실시간 서비스의 신규 호 차단 확률을 더한 그림이다. 이 역시 그림 6과 비슷한 경향을 보임을 확인할 수 있다.

위의 결과 그림들로 부터 보여주는 것과 같이 제안하는 Multi-band 서브채널 할당 방식이 Single-band 서브 채널 방식보다 부하가 적을 때(즉, 사용자의 발생 확률이 적을 때)는 비슷하고 부하가 클 때(즉, 사용자의 발생 확률이 높을 때)에도 Single-band 서브 채널 방식보다 핸드오버 호 강제 종료 확률이나 Inner-band의 신규 호의 차단 확률이 적으므로 좀 더 사용자의 QoS를 만족할 수 있음을 의미한다.

V. 결 론

Single-band 서브 채널 방식은 셀 당 한 개의 band를 가지고 각 단말의 위치나 채널 환경에 상관없이 핸드오버 호와 신규 호 또는 실시간 서비스와 비실시간 서비스 호 요구에 동일한 전송률을 적용하기 때문에 제한된 서브 채널을 효율적으로 활용하기 못하는 현상이 발생한다. 따라서 제안된 방식은 AMC(Adaptive Modulation Coding) 기반 OFDMA 시스템의 특징을 반영하여 단말의 위치에 따라서 Multi-band로 영역을 다양하게 구분시키고 각 band마다 핸드오버 호와 신규 호 또는 실시간 서비스와 비실시간 서비스 호에게 서브 채널 단위로 할당될 전송률을 다르게 적용할 수가 있게 된다. 또한 멀티미디어 서비스를 가지는 핸드

오버 호 또는 신규 호들에 대하여 핸드오버 호와 실시간 서비스에 대한 우선 정책 기반의 서브 채널 할당을 하기 때문에 핸드오버 호와 실시간 서비스에 종료 확률과 차단 확률을 감소시킬 수 있다. 시뮬레이션 결과에서, 제안하는 Multi-band 서브채널 할당 방식이 Single-band 서브 채널 방식보다 핸드오버 호 강제 종료 확률과 신규 호 차단 확률을 감소시킬 수 있는 방법, 즉, 같은 대역폭에서 조금 더 효율적인 대역폭의 사용이 가능한 것을 제안하고 있음을 확인할 수가 있었다.

참 고 문 헌

[1] T. Keller and L. Hanzo, "Adaptive multicarrier modulation: a convenient framework for time-frequency processing in wireless communications," Proc. IEEE Communication Magazine, vol. 88, No.5, pp.611~640, May 2000.

[2] K. S. Kim, "Adaptive modulation and power allocation technique for LDPC-coded MIMO-OFDMA cellular systems," IEICE Trans. Commun., vol. E88-B, pp.4410~4412, November 2005.

[3] D. H. Kim and C. G. Kang, "Subchannel Multiplexing Scheme for Mobile Broadband Wireless Access Services in AMC-based OFDMA System" IEICE Trans. Commun. vol. E88 - B, No.7, pp.2810~2818, July 2005.

[4] D. Y. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic model and performance analysis for cellular mobile radio telephone systems with prioritize and nonprioritized handoff procedures", IEEE Trans. Veh. Technol., vol. VT-35, No.3, pp. 77~92. August 1986.

[5] Z. Hua and H. H. Lam, "Performance analysis of dynamic channel assignment with queuing and guard channel combined scheme for handoff prioritisation", Electronics Letters, vol. 38, No. 25, pp. 1728~1729, 5th December 2002.

[6] N. Bartolini, "Handoff and Optimal Channel Assignment in

Wireless networks", Mobile Networks and Applications, vol. 6, No. 6, pp. 511~524, November 2001.

[7] H. Yin and S. Alamouti, "OFDMA - A Broadband Wireless Access Technology", IEEE Proc. of Sarnoff Symposium, pp. 1~4, March 2006.

[8] A. Jamalipour, The Wireless Mobile Internet: Architectures, Protocols, and Services, John Wiley & Sons, 2003.

[9] Y.R. Haug, Y.B. Lin, and J.M. Ho, "Performance analysis for voice/data integration on a finite-buffer mobile system," IEEE Trans. Vehicular Technol., vol. 43, 2000.

[10] R. Ramjee, D. Towsley, and R. Nagarajan, "On optimal call admission control in cellular networks," ACMWireless Networks, vol. 3, pp. 29 - 41, 1997.

[11] A. Aljadhai and T.F. Znati, "Predictive mobility support for QoS provisioning in mobile wireless networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 19, 2001.

[12] T. Zhang, E. Berg, J. Chennikara, P. Agrawal, J.C. Chen, and T. Kodama, "Local predictive resource reservation for handoff in multimedia wireless IP networks," IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 19, 2001.

[13] M. Naghshineh and M. S. Schwartz, "Distributed call admission control in mobile/wireless networks", IEEE J. Select. Areas Commun., vol. 16, pp. 711 - 717, 1996.

[14] L. Yin, B. Li, Z. Zhang, and Y.-B. Lin, "Performance analysis of a dual-threshold reservation (DTR) scheme for voice/data integrated mobile wireless networks," Proc. IEEEWCNC, 2002.

[15] D. Levine, I. Akyildiz, and M. Naghshineh, "A resource estimation and call admission algorithm for wireless multimedia networks using shadow cluster concept," IEEE/ACM Trans. Networking, vol. 5, pp. 1 - 12, 1997.

[16] E. H. Kwon, H. J. Yeon, J. Y. Lee, K. H. Jung, "Markov Model for Admission Control in the Wireless AMC Networks", IEICE TRANS. Commun., vol. E89-B, No. 8, AUGUST 2006

[17] B. Sklar, Digital Communications: Fundamentals and Applications, Second Edition, Prentice Hall, 2001.

[18] WiMAX forum, "Can WiMAX Address Your Applications?", October, 2005

저 자 소 개



송 우 램

- 2003년 ~ 현재 : 강원대학교 IT특성화대학 전자통신공학과 학부과정
 - 주관심분야 : 차세대 이동통신시스템, 무선자원 알고리즘 및 멀티미디어 트래픽 최적화

 저 자 소 개

정 조 운



- 2002년 : 한국과학기술원 전자전산학과 공학사
- 2004년 : 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사
- 2004년 ~ 현재 : 한국과학기술원 전자전산학과 박사과정
- 주관심분야 : 차세대 이동통신망, 무선 MAC 프로토콜, Cross-layer 프로토콜 설계, Cognitive Radio 네트워크

김 동 회



- 1989년 : 한양대학교 전자통신공학과 학사
- 1989년 1월 ~ 1997년 1월 : 삼성전자 전임연구원
- 1997년 : 한양대학교 전자통신공학과 석사
- 2005년 : 고려대학교 전파공학과 박사
- 2000년 8월 ~ 2005년 8월 : 한국전자통신연구원 이동통신연구단 선임연구원
- 2006년 3월 ~ 현재 : 강원대학교 IT특성화대학 전자통신공학과 조교수
- 주관심분야 : 차세대 이동통신시스템, 무선자원 알고리즘 및 멀티미디어 트래픽 최적화, 무선액세스 프로파일