

AMC를 사용하는 무선 이동 네트워크에서 Markov CAC 모델

정회원 권 은 현*, 박 효 순**, 종신회원 이 재 용*

Markov CAC model in Wireless Mobile Networks Using AMC

Eunhyun Kwon*, Hyosoon Park** *Regular Members*, Jaiyong Lee* *Lifelong Member*

요 약

AMC(Adaptive Modulation and Coding)를 사용하는 무선 네트워크에서는 사용자의 이동 및 페이딩 환경에 따라 변화하는 채널특성으로 인하여 연결중인 서비스의 modulation 방식 또한 동적으로 변화 할 수 있다. 이러한 변화는 시스템 용량에 영향을 미치며 연결중인 서비스가 단절될 수 도 있다. 본 논문에서는 보장성 서비스에 초점을 맞추어 장기 AMC에 근거한 수락제어(CAC: Call Admission Control) 문제를 접근하고자 한다. CAC 과정에 있어 신규 호, 핸드오프 호, modulation 방식 변경 호와 같은 3가지 종류에 대하여 고려하였다. 또한 가드채널 기법을 고려하였으며 핸드오프 호와 마찬가지로 modulation 방식 변경 호에 대하여 가드 채널을 사용할 수 있게 하였다. CAC 방식에 대하여 Markov 모델을 제시하고 분석과 실험 결과로 호 단절 확률을 얻을 수 있었다. 결론적으로 이와 같은 분석 모델을 이용하여 무선 AMC 네트워크에서 호 단절을 감소시키기 위한 적절한 가드채널 임계치를 결정하는데 도움이 될 것이다.

Key Words : call admission control, adaptive modulation and coding, wireless network

ABSTRACT

In the wireless adaptive modulation and coding(AMC) systems, the modulation type of user's connection can be changed dynamically. and the ongoing connection might fail due to the change of modulation. In this paper, we approach the AMC-induced CAC problem by focusing on the guaranteed connection. Three kinds of calls, new, handoff, and modulation-changed calls, are considered. We propose a modified guard channel CAC scheme that allows the modulation-changed and handoff calls to use the guard channel. Then we analyze a Markov model for the CAC scheme with long-term AMC in mind. According to the simulation results, the proposed approach reduces the call dropping probability for modulation-changed calls, which suggests the threshold of guard channels can be determined based on the proposed approach.

1. 서 론

무선 통신환경은 음성 위주의 서비스에서 데이터 위주의 서비스로 이동하고 있으며, 높은 데이터 율

과 서비스 품질에 대한 요구사항이 급격히 증가하고 있는 추세이다. 최근 데이터 서비스 제공을 위하여 많이 사용되고 있는 유선 DSL 네트워크는 고속 전송이 가능하지만 사용자의 이동성을 지원하지 못

※ 본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 육성·지원사업의 연구결과로 수행되었습니다.(IITA-2005-C1090-0502-0012).

* 연세대학교 전기전자공학부([ehkwon,jy1]@nasla.yonsei.ac.kr), ** 삼성전자 (hyosoon.park@samsung.com)

논문번호 : KICS2005-07-274, 접수일자 : 2005년 7월 7일, 최종논문접수일자 : 2006년 4월 12일

한다. 최근 들어 3세대 이동 통신이 개시되어 무선 데이터 서비스를 제공하고 있지만 아직까지는 유선에서의 품질에는 미치지 못하고 있는 실정이다. 고속의 인터넷에 대한 수요와 언제 어디서나 이용하고자 하는 사용자 요구사항이 점점 증대되고 있으며, 이를 만족시키기 위하여 한국에서는 와이브로(WiBro) 시스템이 제안되어 개발되고 있다. 와이브로 시스템은 IEEE 802.16^[1] 표준을 기반으로 하면서 중저속의 이동성을 지원하는 광대역 무선 통신이다.

IEEE 802.16은 MAC 계층에서 연결 기반 서비스를 제공하는 특징을 가지고 있다. 연결 기반 시스템에서는 새로운 연결이 요구될 때마다 호 수락 제어(CAC) 과정이 필요하게 된다. CAC 과정이란 시스템이 신규 호를 수락할 것인지 말 것인지를 결정하는 것이다. 이와 같은 결정을 하기 위하여 새로운 호가 기존의 연결되어 있는 서비스의 QoS (Quality of Service)에 영향을 미치지 않아야 하고, 신규 호의 QoS 요구사항이 추가로 제공 될 수 있는지 판단하여야 한다.

지난 수년간 무선 네트워크에서 많은 CAC 방안이 연구되었다^[2-5]. 무선 네트워크에서는 사용자의 이동성으로 인하여 현재 수락된 호가 다른 셀로 넘어가는 경우가 발생하게 되며, 이러한 핸드오프 호는 제한된 자원으로 인하여 단절되는 경우가 발생하기도 한다. 또한 AMC를 사용하는 무선 환경에서는 셀 내부에서도 채널상태에 따라 전송률이 동적으로 변화하게 되는데, 이로 인하여 자원의 제약이 발생하기도 한다. 사용자에게는 신규 호의 실패보다는 연결되어 있는 호의 단절에 매우 민감하므로 이러한 점이 고려된 설계가 이루어져야 한다.

2장에서는 기존의 CAC 방안과 IEEE 802.16에서 사용하는 AMC에 대하여 살펴보도록 한다. 3장에서 AMC를 사용하는 시스템에서 CAC 방안에 대하여 분석하도록 하며 4장에서 이에 대한 분석과 실험 결과를 확인하도록 한다.

II. 관련 연구

무선 네트워크에서의 CAC 방안에 대하여 검토해보고, IEEE 802.16의 특징과 AMC에 대하여 살펴보도록 한다.

2.1 CAC 기법

기존 연구에서 CAC에 대한 많은 제안과 검토가

수행되었다^[2-5]. 무선 네트워크에서 호 수락 제어에 기본 관점은 신규호와 핸드오프 호에 대한 처리에 있다. 핸드오프호의 실패는 일종의 호 단절에 해당하기 때문에 많은 사용자들은 이에 대하여 매우 민감하다. 이러한 이유로 인하여 그 동안 제시되었던 많은 호 수락 제어 기법에서는 핸드오프 호에 대하여 신규호보다 높은 우선순위를 부여하고 있다. 이러한 호 수락제어 기법들은 호 블록(blocking)과 단절(dropping)에 대한 확률 관점에서 분석되었다.

핸드오프 우선순위의 호 수락 제어 기법으로 가드 채널(guard channel) 기법에 대하여 제시되었는데, 이는 일정한 대역폭에 대하여 핸드오프 호를 위하여 예약하는 기법이다. 이러한 예약 방식으로 핸드오프 호는 신규 호에 비하여 우선순위를 보장 받는 것이다. 특히 이러한 가드 채널기법은 음성 PCS 네트워크에서 고정된 대역을 고려하여 주로 분석되었다. 그림 1은 일반적인 핸드오프 우선순위를 갖는 호 수락 제어 상태 변이 다이어그램이다.

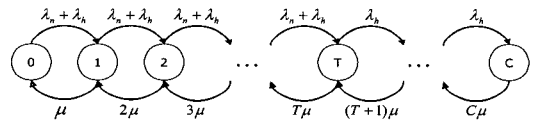


그림 1. 핸드오프 우선순위 기법을 사용하는 일반적인 상태 변이 다이어그램

전통적인 가드 채널 기법에서는 단일 셀과 고정된 채널 용량 C를 고려하고 있으며, 일정 양의 채널을 예약함으로써 핸드오프호가 신규호에 비하여 우선순위를 갖도록 지원되고 있다. 신규호와 핸드오프호의 시도는 포이송 분포를 가지며 각각 λ_n, λ_h 의 값을 가진다. 셀 내에서 머무르는 시간은 각각의 호에 대하여 지수 분포를 가지며 평균 값은 $1/\mu$ 값을 가진다. 신규호는 채널이 T보다 작게 점유한 경우에만 수락 될 수 있다. 반면에 핸드오프 호는 모든 채널을 사용해 버린 경우에만 거절 된다. 이때 C-T는 가드 채널의 크기이다. 가드 채널은 신규호의 회생으로 핸드오프 실패율을 낮게 하고자 함이다. 이렇듯 가용 대역의 일부가 제한되지만 핸드오프 시에 충분한 대역을 얻을 수 있도록 하여 호의 단절을 줄이고자 하는 것이다.

2.2 IEEE 802.16과 AMC 방식

IEEE 802.16은 광대역 무선 접속(Broadband Wireless Access)의 표준으로 고정된 가입자에 대한 무선 데이터 통신 서비스를 제공하기 위하여 만들

어졌다^[1]. 최근 들어서 TGe에서 IEEE 802.16에 이 동성을 고려한 표준화 작업이 완료되었으며, 한국에서 제시하는 와이브로 시스템은 IEEE 802.16e 표준을 기반으로 하고 있다.

IEEE 802.16 기술의 특징은 SC-TDMA, OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)^[6], TDMA, OFDMA(OFDM Multiple Access)등의 다양한 PHY를 지원하고, TDD(Time Division Duplexing)/FDD(Frequency Division Duplexing) 방식 및 AMC 방법을 제공하고 있다. AMC 방법은 무선 이동 네트워크에서 채널 상태가 시간에 따라 가변적인 경우에 널리 사용되고 있는 방법이다. AMC의 목적은 전송 파라미터를 조절하여 현재 채널에서 동일한 패킷 에러율을 만족 시키면서도 데이터율을 극대화 하고자 함이다. 이때 전송 파라미터로는 변조 기법, 코딩율등이 적용 될 수 있다. IEEE 802.16에서도 adaptive modulation을 사용하기 때문에 가입자 별로 채널 상태에 따라 서로 다른 Modulation 방식을 적용하는데 이러한 파라미터는 버스트 프로파일 (Burst Profile)에 포함되어 있다. 버스트 프로파일은 modulation 정보, 에러 정정 코드 (Error Correction Code) 정보 등을 포함하고 있다.

이상적인 셀 환경에서 동일한 송신 전력을 가정할 때, 기지국 (BS: Base Station)으로부터 거리에 반비례하여 높은 bit율을 가질 수 있다. 이러한 이유는 거리에 의한 신호 전력의 감쇄와 인접 셀로부터 간섭에 의한 것이다. Adaptive modulation을 사용하는 경우에 위치에 따라 요구되는 PER (Packet Error Rate)에 알맞은 modulation 방식이 적용되어야 한다. 그러므로 사용자가 이동하게 되면 거리 또는 페이딩에 의한 영향으로 채널 상태가 변경되므로 시스템 용량에 변화가 생기게 된다. 만약 모든 연결에 대하여 동일한 대역폭 요구사항을 유지한다고 가정하면, 고품의 modulation 방식을(예를 들어 64QAM) 사용하는 가입자가 낮은 비율의 modulation 방식(예를 들어 QPSK)을 사용하는 가입자에 비하여 적은 자원이 필요하게 된다. 이러한 이유로 인하여 가입자의 modulation 변경에 따라 수용 가능한 용량에 영향을 미치게 된다. 이는 신규 호와 핸드오프호가 하나도 발생하지 않고도 modulation 방식이 변경되는 사용자에게 기인한 것이다. AMC를 사용하는 시스템에서는 링크 계층의 수락 제어를 수행하는 경우에 전체 용량의 변화를 고려하여야만 한다. 이러한 이유로 그림 1과 같은 단순한 모델을 사용할 수 없으며 호 수락 조건에 있어 modu-

lation 방식을 고려하여야 한다. 이와 같이 물리계층의 AMC 방식은 독립적으로 설계되었지만 상위계층의 파라미터에 영향을 주기 때문에 프로토콜 계층 간 (cross-layer) 분석과 설계가 필요하다.

III. AMC를 고려한 CAC

Adaptive modulation에서는 가입자 별로 채널 상태에 따라 서로 다른 modulation을 적용하게 된다. 또한 채널상태의 변화에 따라 연결되어 있는 서비스에서도 modulation 방식 동적으로 변하게 된다. 본 논문에서는 기존의 가드채널 방식에서 고려하지 않았던 modulation이 변경되는 경우를 고려하여 분석하고자 한다.

3.1 AMC를 고려한 파라미터

본 논문에서는 장기 AMC를 고려하여 그림 2와 같이 구성된 셀을 가정하였다. 논문^[7, 8]에서 IEEE 802.16에서의 modulation 분포에 따른 셀 구성을 확인할 수 있으며 이는 그림 2와 유사함을 알 수 있다. 셀 외부 영역에서는 타 셀로부터의 간섭이 크고, 감쇄에 의하여 신호의 크기가 작기 때문에 낮은 modulation 방식을 사용하게 된다.

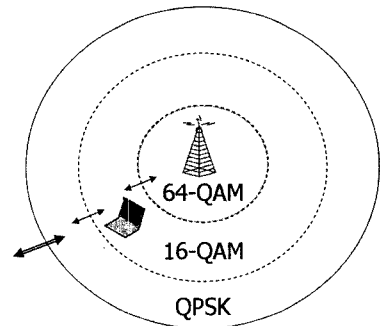


그림 2. Long-term AMC를 고려한 셀 분할

동일 셀 내에서 modulation 방식이 변경되는 비율을 modulation 변경 시도율이라고 명명한다. 이러한 modulation 변경 시도율은 셀 내에서 단말의 이동성과 관계가 있다. 이상적인 AWGN 채널을 가지는 셀 환경만을 가정하고 모든 가입자가 동일한 비트 에러율 (BER: Bit Error Rate)을 만족시키기 위해 필요한 SNR을 고려하여, 각 modulation 방식에 따른 셀 반경에 대한 비율을 계산할 수 있다.

AWGN 채널 환경을 가정할 때, BPSK와 QPSK에서는 비트 에러율의 평균 확률은 다음과 같다^[9].

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

또한 m-ary QAM에서의 BER 확률은 다음과 같다.

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

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 d 미터(meters)라 하면 수신 신호의 전력은 다음과 같다.

$$P \approx P_t d^{-\eta} \quad (3)$$

η 는 신호의 경로 감쇄를 의미하는 지수 요소이며 일반적으로 2에서 4 사이의 값을 가진다.

식 (1)(2)(3)으로부터 10^{-6} 의 비트 에러 확률을 고려하도록 할 때 셀 경계에서 가장 낮은 modulation을 사용하도록 가정하면 각 modulation 방법에 따라 다음과 같이 계산할 수 있다. QPSK를 사용하는 셀 반경을 기준으로 할 때, 16QAM 및 64QAM의 영역의 반경 최소값 비율을 계산하였다. 이때 본 논문에서는 $\eta=3$ 으로 가정하여 표 1과 같이 얻을 수 있었다. 표 1에서 다양한 AMC 모드에 따라 전송 파라미터를 확인 할 수 있다.

표 1. 에러 정정 부호 미 사용 시 Modulation 방식별 전송 모드

	QPSK	16-QAM	64-QAM
심볼당 비트	2	4	6
Eb/N0	5.982	14.6091	119.3775
셀 반경 비율	1	0.7426	0.3687

3.2 수락제어를 위한 마코프 모델

무선 AMC 네트워크에서는 사용자마다 다른 전송 모드를 사용하며, 이동성에 따라 동적으로 변화한다. 본 논문에서는 장기간 평균 개념을 고려한 장기 AMC에서의 modulation 방식 변화가, 기존의 가드채널 CAC 방안에 미치는 영향을 분석하였다.

CAC 시스템의 모델링을 위하여 하나의 셀을 가정하고 다음과 같은 가정을 수행하였다. 본 논문에서는 2가지의 modulation 방식을 고려하고 있으며,

voice over IP와 같이 동일한 대역폭을 요구하는 보장형 연결 서비스에 대해서만 고려하고 있다. 최선형 (Best-effort) 서비스와 같은 경우에는 시스템 자원과 관계없이 수락될 수 있다고 가정하였다. 핸드오프 호, 신규 호, modulation 변경 호의 세 가지의 연결 요구에 대하여 모델링 하였으며 각각 독립적인 포아송 (Poisson) 프로세스로 가정하였다. 하나의 호가 채널을 점유하는 시간은 지수 분포를 따른다고 가정하였다.

- C: 셀 용량으로서의 전체 미니 슬롯의 수
- s_1, s_2 : 각각 modulation 방식 1, 2를 사용하는 경우 하나의 연결에 사용되어야 하는 미니슬롯의 수
- $\lambda_{n1}, \lambda_{n2}$: 각각 modulation 방식 1, 2에 대한 신규 호 시도율
- $\lambda_{h1}, \lambda_{h2}$: 각각 modulation 방식 1, 2에 대한 핸드오프 진입 시도율
- $1/\mu_{d1}, 1/\mu_{d2}$: 각각 modulation 방식 1, 2에 대하여 하나의 호에 대해 연결이 종료될 때까지 평균 셀 거주 시간
- $1/\mu_{h1}, 1/\mu_{h2}$: 각각 modulation 방식 1, 2에 대하여 하나의 호에 대해 연결이 핸드오프 진출될 때까지 평균 셀 거주 시간
- $1/\mu_{m1}$: 하나의 호에 대해 modulation 방식 1에서 2로 변화하기까지의 평균 유지 시간
- $1/\mu_{m2}$: 하나의 호에 대해 modulation 방식 2에서 1로 변화하기까지의 평균 유지 시간

그림 3에서 $\mu_1 = \mu_{d1} + \mu_{h1}$ 을 의미하며 $\mu_2 = \mu_{d2} + \mu_{h2}$ 를 의미한다. 그림 3의 Markov chain에서 각각의 상태는 k_1, k_2 로 표현되며, 현재 셀 내에서

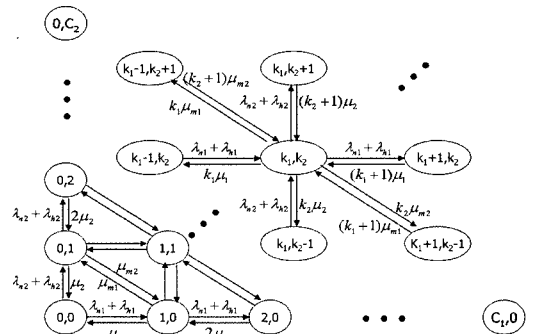


그림 3. AMC를 고려한 CAC Markov chain

modulation 방식 1, modulation 방식 2를 사용하고 있는 호의 수이다. 위의 그림에서 가로 방향은 modulation 방식 1을 사용하는 가입자의 신규 호, 핸드오프 호에 따른 이동이며 세로 방향은 modulation 방식 2를 사용하는 가입자의 이동이다. 대각선 방향으로 이동하는 경우는 modulation 변경 시 도움을 고려한 것이다. 상태의 이동 공간은 $0 \leq k_1, 0 \leq k_2$ 조건에 있으며 다음과 같다.

$$S = \{(k_1, k_2) | 0 \leq k_1 \cdot s_1 + k_2 \cdot s_2 \leq C\}$$

본 논문에서는 기존의 가드채널 방식을 고려하며 modulation 변경 호를 핸드오프 호와 함께 우선순위 기반으로 처리하도록 한다. 가드채널의 비율을 g 라고 하면 신규호의 경우는 $C(1-g)$ 보다 작은 조건에서만 처리되며 이를 벗어나는 경우에는 실패한다. 만약 핸드오프 또는 modulation 변경의 경우에는 자원이 허용하는 경우에는 항상 가능하며, 만약 자원 부족에 의하여 실패하는 경우에 QoS 레벨을 낮추는 대신에 호를 절단한다고 가정한다.

그림 3의 Markov chain으로부터 상태 천이율을 얻을 수 있다. $q(k_1, k_2 : k'_1, k'_2)$ 를 (k_1, k_2) 상태에서 (k'_1, k'_2) 상태로의 천이율로 가정하자. (k_1, k_2) 상태에서 신규 호와 핸드오프 호에 대한 가용 자원량은 다음과 같다.

$$f_n(k_1, k_2) = C(1-g) - (k_1 s_1 + k_2 s_2) \quad (4)$$

$$f_h(k_1, k_2) = C - (k_1 s_1 + k_2 s_2) \quad (5)$$

그림 3에서 다음과 같은 6가지 방향에 대한 상태 천이율이 도출된다.

$$\begin{aligned} & q(k_1, k_2 : k_1 + 1, k_2) \\ &= \lambda_{n1} \cdot 1_{f_n(k_1+1, k_2) \geq 0} + \lambda_{h1} \cdot 1_{f_h(k_1+1, k_2) \geq 0} \\ & q(k_1, k_2 : k_1, k_2 + 1) \\ &= \lambda_{n1} \cdot 1_{f_n(k_1, k_2+1) \geq 0} + \lambda_{h1} \cdot 1_{f_h(k_1, k_2+1) \geq 0} \\ & q(k_1, k_2 : k_1 - 1, k_2) \\ &= \{k_1 \mu_1 + k_1 \mu_{m1} \cdot 1_{f_h(k_1-1, k_2+1) < 0}\} \cdot 1_{k_1-1 \geq 0} \\ & q(k_1, k_2 : k_1, k_2 - 1) \\ &= \{k_2 \mu_2 + k_2 \mu_{m2} \cdot 1_{f_h(k_1+1, k_2-1) < 0}\} \cdot 1_{k_2-1 \geq 0} \\ & q(k_1, k_2 : k_1 + 1, k_2 - 1) \\ &= k_2 \mu_{m2} \cdot 1_{k_2-1 \geq 0} \cdot 1_{f_n(k_1+1, k_2-1) \geq 0} \\ & q(k_1, k_2 : k_1 - 1, k_2 + 1) \\ &= k_1 \mu_{m1} \cdot 1_{k_1-1 \geq 0} \cdot 1_{f_n(k_1-1, k_2+1) \geq 0} \end{aligned}$$

위의 식에서 1_A 는 지시 함수이며 A 표현식이 참일 경우에 $1_A = 1$ 이며 거짓일 경우에는 $1_A = 0$ 이다. 그렇기 때문에 실제로 발생하지 않는 상태 천이에 대해서는 지시 함수에 의해 제거할 수 있다. 또한, $q(k_1, k_2 : k_1 - 1, k_2)$ 과 $q(k_1, k_2 : k_1, k_2 - 1)$ 에서는 modulation 변경에서 절단되는 경우에 자원의 감소분에 대한 천이가 포함되어 있다.

위의 천이 식을 고려하여 Q matrix를 얻을 수 있으며 global balance equation $\pi \cdot Q = 0$ 을 얻을 수 있다^[10]. 또한, normalized 조건인 $\pi \cdot e^T = 1$ 로부터 각각의 상태는 다음과 같이 계산 된다.

$$\pi = e \cdot (Q + E)^{-1} \quad (6)$$

이때, $e = [1 \dots 1]$ 이며 $E = \begin{bmatrix} 1 & 1 & \dots \\ 1 & 1 & \dots \\ \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$ 이다.

위의 식으로부터 계산된 각각의 상태 확률로부터 신규 호, 핸드오프 호 및 modulation 변경 호의 블록 확률을 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$P_b = \frac{\sum_{j_1, j_2 \in B} \lambda(j_1, j_2) \cdot \pi(j_1, j_2)}{\sum_{k_1, k_2 \in S} \lambda(k_1, k_2) \cdot \pi(k_1, k_2)} \quad (7)$$

이때, B는 도착한 호가 블록되는 경우의 상태 공간이며 S는 전체 상태 공간이다. 이와 같은 블록 확률로부터 주어진 호 수락 제어 방식에 대한 성능을 분석 한다.

IV. 결 과

본 논문에서 CAC에 대하여 보장성 서비스만을 대상으로 하고 있다. 결과를 구하기 위하여 다음과 같은 파라미터를 적용하였다. 본 논문에서는 우선적으로 두 가지 modulation 방식만을 채택하고자 하며 QPSK와 16QAM을 선택하여 구성하고자 한다. 이는 셀의 설계 시 기본적으로 QPSK를 고려하고 고성능을 위하여 16QAM, 64QAM순으로 점차 이용하게 될 것으로 보이기 때문이다. 2가지 modulation 방식에 대하여 다음과 같은 파라미터를 적용하였다. 전체 채널의 수는 총 64개의 미니 슬롯을 보장성 서비스에 적용하도록 할당 되었다고 가정한다. 연결 하나당 요구사항을 보장하기 위한 미니 슬롯은 $s_1 = 2, s_2 = 1$ 로 한다. 이 경우 모든 연결이

QPSK만을 사용할 때 32개의 연결이 허용됨을 의미한다.

이동성을 가진 가입자가 균일하게 분포하였다고 가정하면, 가입자의 신규 호 시도율은 면적에 비례하며 셀 반경을 통과하여 벗어나는 비율은 거리에 비례하며 호 시도 확률은 면적에 비례한다. 셀 전체 영역의 신규 호 시도율을 λ_n 이라 할 때, 이 값은 0.1에서 0.5 사이로 변화하여 적용하였다. 이때 QPSK와 16QAM을 사용하는 신규호는 면적에 비례하며 $\lambda_n = \lambda_{n1} + \lambda_{n2}$ 이다. Fluid model^[11]를 고려

할 때, 핸드오프 진입 시도율은 $\lambda_h = \frac{\alpha \rho V L}{\pi}$ 로 나타낼 수 있으며 L은 셀의 둘레의 길이를 의미하고 V는 이동 단말의 평균 속도이다. ρ 는 인구밀도를 의미하며 α 는 활동적인 비율을 의미하는 요소이다. 하나의 사용자가 핸드오프 또는 modulation 영역을 이동하기 위해 걸리는 시간은 평균 거리를 속도로 나눈 값이 된다. 원형 셀 구조를 감안할 때 핸드오프 진출 시도율은 $\mu_h = \frac{\pi V}{4R_{eq}}$ 로 표현될 수 있으며 R_{eq} 는 셀의 반지름을 의미한다.

결과적으로 V와 L을 상수로 고려할 때, λ_{h1} 는 λ_n 에 대한 상대적인 값을 사용할 수 있다. 또한 셀의 안쪽 부분인 16-QAM 상태로의 직접적인 핸드오프 진입은 없다고 가정하여 $\lambda_{h2} = 0$ 으로 설정한다. 핸드오프와 셀 내부에서 호 유지되는 시간은 지수 분포를 가지며 각 modulation마다 평균은 200sec로 한다. 이때 셀의 안쪽 부분인 16-QAM 상태에서 인접 셀로 직접적인 핸드오프 진출은 없다고 가정하여 $\frac{1}{\mu_1} = 100$ 이 되며 $\frac{1}{\mu_2} = 200$ 이 된다.

하나의 호에 대해 modulation 변경 시도율 μ_{m1}, μ_{m2} 는 핸드오프 진출 시도율과 각 영역의 반지름에서 유추하여 사용하도록 한다.

그림 3에서의 Markov Chain에서 천이 조건을 감안하여 식으로부터 정상상태 확률을 계산할 수 있다. 이러한 정상 상태 확률로부터 각 호의 종류에 따른 블록 확률을 계산하였다. 이와 같은 분석 모델을 검증하기 위하여 모의 실험을 병행하였다. C++를 이용하여 위와 같은 하나의 셀 환경을 구성하여 실험하였고 각각의 호 발생률과 지속되는 시간 분포를 감안하였다. 48시간의 시스템 시간동안 수행하였다.

분석 및 실험 결과는 그림 4-6에 도시되어 있다.

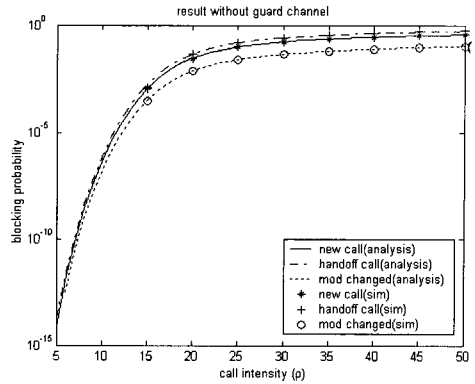


그림 4. Call intensity에 따른 호 블록 확률 (가드채널 미사용)

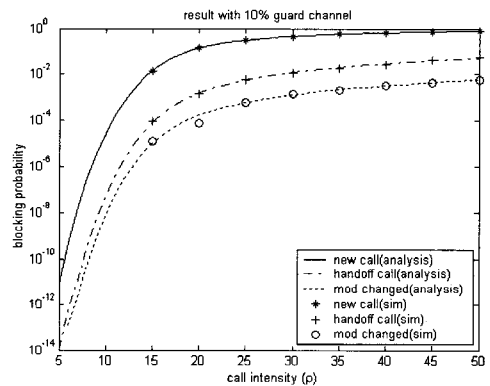


그림 5. Call intensity에 따른 호 블록 확률 (가드채널 사용)

전체 그림에서 call intensity는 $\rho = \frac{\lambda_{n1} + \lambda_{n2}}{\mu_{d1} + \mu_{d2}}$ 이며 신규 호에 대한 intensity를 기준으로 하였으며 5에서 50까지 변화 하였다.

그림 4와 5에서 보느냐와 같이 call intensity가 증가할수록 호 블록 확률은 증가하며 가드채널이 없는 경우에는 핸드오프호와 modulation 변경호의 블록이 큼을 알 수 있다. 이러한 경우는 호의 단절을 의미한다. 특히 그림 4에서 핸드오프되는 호는 모두 낮은 modulation을 사용하게 되므로 상대적으로 신규 호에 비하여 자원을 많이 요구하므로 블록 확률이 높게 나타났다. 그림 5와 같이 가드채널을 사용하게 되면 호의 단절 확률이 낮아진다.

그림 6은 가드채널 비율에 따른 호 블록 확률을 나타낸 것이다. 결과에서 보는 바와 같이 가드채널의 비율이 높아질수록 핸드오프 실패 및 modulation 변경 실패에 대한 확률이 낮아짐을 알 수 있다. 이러한 것은 신규 호의 자원을 제한함으로써 얻어질 수 있는 이득이다. 위와 같이 주어진 파라미터

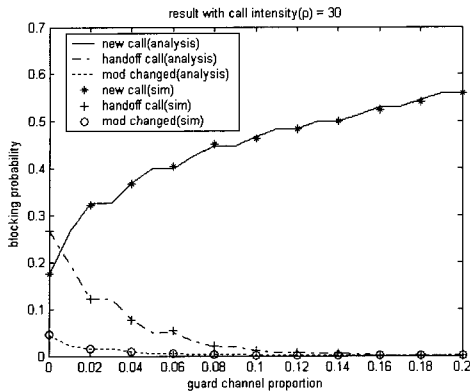


그림 6. 가드채널 비율에 따른 호 블록 확률

에 따라 각 호 종류에 따른 블록 확률을 계산할 수 있었다. 그러므로 시스템 요구사항이 주어지면 가드 채널에 대한 적절한 임계치 비율을 결정하는데 있어서 본 논문에서 제시한 모델을 사용할 수 있을 것으로 기대 된다.

V. 결론

호 수락 제어는 유무선 망에서 사용자 품질 요구 사항을 지원하기 위하여 매우 중요하다. 기존에 제시된 핸드오프 우선순위 기법의 호 수락 제어방안은 주로 고정된 무선 자원의 경우에 사용자 별로 동일한 채널의 사용을 고려하여 분석 및 실험이 이루어졌다. 본 논문에서는 장기 AMC를 사용하는 무선 네트워크에서 CAC에 대한 Markov 모델을 제시하였다. 셀 내부 신규 호 발생률과 핸드오프 호 발생률, 내부 modulation 변경 시도율을 고려하여 CAC 결과를 분석하였다. 기대했던 바와 같이 가드 채널의 비율이 높아질수록 핸드오프 실패 및 modulation 변경 실패에 의한 호의 단절 확률이 낮아짐을 알 수 있다. 이러한 성능향상은 신규호의 자원을 희생함으로써 얻어지는 것이다. 결과적으로 본 논문에서 제시한 모델을 사용하여 AMC를 사용하는 무선 네트워크 시스템에서, 호 단절을 회피를 위한 주어진 목표에 따라 적절한 가드 채널을 선택될 수 있다.

추후에는 실제 3G 및 IEEE 802.16 모델을 기반으로 하는 실험 및 분석이 이루어질 필요가 있다. QoS 파라미터로 제시되는 트래픽 클래스(Traffic Class), 지연(Delay), 최대 전송률(Maximum rate), 보장 전송률(Guaranteed rate), 패킷 손실율(Packet loss rate)등을 고려하여야 하고, 최선형 서비스에 대한

호수락 제어도 중요한 이슈사항이다. 특히 3가지 이상의 Modulation 방식을 지원하기 위해서는 추가적인 차원의 Markov 모델을 고려하여야 한다.

참고 문헌

- [1] IEEE Std. 802.16-2004, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks, Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, IEEE Std., June 2004.
- [2] D. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone Systems with Prioritized and Nonprioritized Handoff Procedures," IEEE Trans. Veh. Tech., vol.35, Aug. 1986.
- [3] S.-H. Oh and D.-W. Tcha, "Prioritized Channel Assignment in a Cellular Radio Network," IEEE Trans. Commun., vol.40, no.7, July 1997.
- [4] Y. Fang and Y. Zhang, "Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks," IEEE Trans. Veh. Tech., vol. 51, Mar. 2002.
- [5] D. Z. Deniz and N. O. Mohamed, "Performance of CAC Strategies for Multimedia Traffic in Wireless Networks," IEEE J. Sel. Areas Commun., vol. 21, Dec. 2003.
- [6] 조용수, "OFDM 기술동향," Telecommunication Review, 12권 4호, pp. 466-478, 2002
- [7] I. Koffman, V. Roman, "Broadband Wireless Access Solutions Based on OFDM Access in IEEE 802.16," IEEE Commun. Mag., vol.40, No.4, Apr. 2002.
- [8] B. Fong, N. Ansari, A. C. M. Fong, G. Y. Hong, P. B. Rapajic, "On the scalability of Fixed broadband Wireless Access Network Deployment," IEEE Commun. Mag., vol.42, No.9, Sep. 2004.
- [9] B. Sklar, Digital Communications: Fundamentals and Applications, Second Edition, Prentice Hall, 2001.
- [10] L. Kleinrock, Queueing Systems, Volume I: Theory, Wiley Interscience Publication, 1975.
- [11] T. X Brown and S. Mohan, "Mobility

Management for Personal Communications Systems," IEEE Trans. Veh. Tech., vol.46, May 1997.

권 은 현 (Eunhyun Kwon)

정회원



1996년 2월 연세대학교 전자공학과 졸업

1998년 2월 연세대학교 전자공학과 석사

1998년~2004년 삼성전자(주) 책임연구원

2004년 3월~현재 연세대학교

전기전자공학부 박사과정

<관심분야> Resource Management, Wireless Mesh Networks

박 호 순 (Hyosoon Park)

정회원



1989년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업

1991년 2월 경북대학교 전자공학과 석사

2005년 8월 연세대학교 전기전자공학부 박사

1991년~현재 삼성전자(주) 수석

연구원

<관심분야> Resource management, Scheduling Algorithm, Wireless QoS, Mobility Management

이 재 용 (Jaiyong Lee)

종신회원



1977년 연세대학교 전자공학과 졸업

1984년 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 석사

1987년 미국 Iowa 주립대 컴퓨터공학 박사

1977년~1982년 국방과학연구소

연구원

1987년~1994년 포항공과대학교 전자계산학과 부교수

1994년 8월~현재 연세대학교 전기전자공학부 교수

<관심분야> QoS Management/Protocol, 차세대 이동통신망 프로토콜, MAC, Mobility Management, WTCP, Sensor Network