

# 계층적 모바일 IP 망에서의 적응형 부하 제어 기법

준희원 백 상 현\*, 정희원 권 태 경\*, 최 양 희\*

## An Adaptive Load Control Scheme in Hierarchical Mobile IPv6 Networks

Sangheon Pack\* *Associate Member*, Taekyoung Kwon\*, Yanghee Choi\* *Regular Member*

### 요 약

IP 기반의 이동 통신망에서는 사용자들에게 연속적인 이동성을 제공하기 위해서 여러 이동성 에이전트가 사용된다. 대규모 모바일 IP 시스템의 경우 이러한 에이전트의 확장성과 규모성이 중요한 문제가 될 수 있다. 모바일 IPv6에서의 시그널링 부하와 핸드오프 지연 시간을 줄이기 위해서 제안된 계층적 모바일 IPv6에서는 MAP이라고 하는 지역 홈 에이전트를 사용하여 위치 등록을 지역적으로 처리 가능하도록 한다. 하지만 한 지역 내에서의 움직임이 많은 경우 이러한 MAP이 성능상의 병목 지점이 될 수 있다. 이는 MAP이 시그널링 트래픽 뿐만 아니라 이동 단말기에게 전달되는 데이터 트래픽에 대한 터널링 기능도 담당하기 때문이다. 따라서 보다 안정적인 서비스를 위해서는 이러한 MAP에서 서비스 받는 단말기의 수를 제한할 필요가 있다. 본 논문에서는 기존의 무선망 자원 할당에서 사용되던 수락 제어 기법과 SMR (Session-to-Mobility Ratio)에 기반한 교체 기법을 이용하여 MAP의 부하를 효과적으로 제어할 수 있는 적응형 부하 제어 기법을 제안한다. 성능 분석을 위해서 제안한 기법을 마르코브 체인을 통해 모델링하여 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률과 새 이동 단말기 봉쇄 확률을 분석하였다. 그 결과 제안한 기법은 두 봉쇄 확률을 아주 낮은 수준으로 낮출 수 있다는 것을 알 수 있었다.

Key Words : Hierarchical Mobile IPv6; Load Control; Performance analysis; Markov chain.

### ABSTRACT

In Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6) networks, the mobility anchor point (MAP) handles binding update (BU) procedures locally to reduce signaling overhead for mobility. However, as the number of mobile nodes (MNs) handled by the MAP increases, the MAP suffers from the overhead not only to handle signaling traffic but also to process data tunneling traffic. Therefore, it is important to control the number of MNs serviced by the MAP, in order to mitigate the burden of the MAP. We propose an adaptive load control scheme, which consists of two sub-algorithms: threshold-based admission control algorithm and session-to-mobility ratio (SMR) based replacement algorithm. When the number of MNs at a MAP reaches to the full capacity, the MAP replaces an existing MN at the MAP, whose SMR is high, with an MN that just requests binding update. The replaced MN is redirected to its home agent. We analyze the proposed load control scheme using the Markov chain model in terms of the new MN and the ongoing MN blocking probabilities. Numerical results indicate that the above probabilities are lowered significantly compared to the threshold-based admission control alone.

\* 서울대학교 전기컴퓨터공학과 멀티미디어 통신 연구실(shpack@mmlab.snu.ac.kr, tkkwon@snu.ac.kr, yhchoi@snu.ac.kr)  
논문번호 : 040161-0420, 접수일자 : 2004년 4월 20일

※본 연구는 2004년 두뇌한국 21과 국가지정연구실 프로젝트 지원을 받아 수행되었음.

## I. 서론

IP 기반의 이동 통신망에서는 [1] 홈 에이전트, 외부 에이전트와 같은 이동성 에이전트를 이용하여 이동성을 지원하게 된다. 이러한 대규모 무선/ 이동 통신망에서는 이러한 이동성 에이전트에서의 안정된 서비스를 제공하는 것이 중요한 문제이다.

계층적 모바일 IPv6에서는 [2] 이동성 연결 지점 (mobility anchor point: MAP)이라고 불리는 새로운 이동성 에이전트가 사용되어 사용자의 이동에 의해 발생한 바인딩 갱신 절차를 지역적으로 처리하게 된다. 하지만, 사용자의 빈번한 움직임이 많고 여러 이동 단말기가 하나의 MAP을 사용하는 경우 이러한 MAP은 전체 망 성능의 측면에서 봤을 때 병목 지점이 될 수 있다. 왜냐하면 MAP이 앞서 설명한 바인딩 갱신 절차 뿐 만이 아니라 데이터 트래픽의 터널링도 담당하기 때문이다. 따라서 많은 수의 이동 단말기의 한 MAP에 집중되었을 때 해당 MAP은 트래픽 부하로 인해 높은 지연시간을 보여지게 될 것이다. 따라서 사용자들에게 보다 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 하나의 MAP이 서비스하는 이동 단말기의 수를 제한하는 것이 필요하다. 하지만 현재의 계층적 모바일 IPv6는 이러한 문제를 고려하고 있지 않다. 현재 표준에 따르면 한 이동 단말기가 트래픽 부하가 적은 MAP을 선택할 수 있다는 언급을 하고 있지만 이를 위한 구체적인 방법은 제시하지 않는다. 뿐만 아니라, 이동 단말기의 입장에서 트래픽 부하를 고려해서 하나의 MAP을 선택한다고 하더라도 처리 지연 시간을 줄이고 안정적인 서비스를 제공하기 위해서는 MAP 차원에서의 부하 제어 기법이 필수적이다.

하지만 기존의 많은 연구는 홈 에이전트에서의 부하 균등 (Load balancing)에 초점을 맞추어 연구가 진행되어 왔다. 즉, 다수의 홈 에이전트를 구축하고 홈 에이전트 간의 통신을 통해 트래픽을 균등하게 나누는 방법을 주로 연구하였다. 하지만 계층적 모바일 IP 시스템의 경우 대부분의 이동이 한 지역 내로 국한되고 경로 최적화 (Route optimization)가 지원되기 때문에 실제 많은 트래픽은 홈 에이전트보다는 MAP에 집중된다. 따라서 이러한 MAP에서의 부하 제어 기법이 필수적이다.

본 논문에서는 MAP에서의 부하 제어 기법을 위해서 무선 액세스 망에서 자원 할당을 위해 널리 사용되는 수락 제어 알고리즘과 [3] 교체 기법을 이

용한 적응형 부하 제어 기법을 제안하였다. 적응형 부하 제어 기법에서는 이동 단말기를 새 이동 단말기와 핸드오프 이동 단말기로 구별한다. 그리고 MAP은 하나의 한계값을 정해서 현재 MAP의 부하가 한계값보다 적은 경우에는 모든 이동 단말기의 등록 요청을 수락하지만 한계값보다 큰 경우에는 핸드오프 이동 단말기만을 수락하게 된다. 이러한 한계치에 기반한 수락 제어 기법을 사용함으로써 핸드오프 이동 단말기의 붐쇄확률을 크게 낮출 수 있다. 뿐만 아니라 적응형 부하 제어 기법은 교체 기법을 사용하여 현재 MAP의 부하가 한계값 보다 커서 새 이동 단말기의 등록 요청을 받아들일 수 없는 경우에 교체 기법을 통해 SMR (Session-to-Mobility Ratio)이 큰 이동 단말기를 새 이동 단말기로 교체하게 된다. 이러한 교체 기법이 타당한 이유는 이동성에 비해 세션 도착 비율이 높은 이동 단말기의 경우에는 (즉, SMR이 큰 경우에는) MAP을 사용함으로써 얻을 수 있는 위치 등록 비용의 절감보다는 MAP에서의 부가적인 처리로 인한 오버헤드가 더 크기 때문이다.

성능 분석을 위해서 각 기법들에 대한 마르코브 체인 모델을 제안하여 새 이동 단말기와 핸드오프 이동 단말기에 대한 붐쇄 확률을 평가하였다. 그 결과, 제안한 부하 제어 기법은 기존의 기법들 [4, 5]에 비해서 우선순위가 높은 핸드오프 이동 단말기의 붐쇄확률을 낮은 수준으로 낮출 수 있었다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 수락 제어 알고리즘과 교체 알고리즘을 결합한 적응형 부하 제어 기법의 기본적인 동작을 설명한다. 3장에서는 성능 평가를 위한 마르코브 체인 모델을 설명하고 4장에서 수치 분석 결과를 제시한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문을 결론짓는다.

## II. 적응형 부하 제어 기법

### 1. 기본 시스템 모델

무선/이동 통신망에서 사용되는 수락 제어 알고리즘의 경우, 핸드오프 세션이 새로운 세션보다 더 높은 우선순위를 갖는다 [7]. 이는 새로운 세션보다 핸드오프 세션이 붐쇄되었을 때 사용자가 경험하는 서비스 품질 저하가 더 크기 때문이다. 이점을 고려하여 우선 계층적 모바일 IPv6에서의 이동 단말기는 세 가지 종류로 구별할 수 있다.

- . 새 이동 단말기 : 한 이동 단말기가 MAP 이 관

리하는 도메인으로 들어갔을 때 그 이동 단말기는 MAP으로 초기 바인딩 갱신 과정을 수행한다. 이러한 초기 바인딩 갱신을 수행하는 이동 단말기를 새 이동 단말기로 분류한다.

- **핸드오프 이동 단말기** : 이전에 다른 MAP에서 서비스를 받고 있던 한 이동 단말기가 다른 MAP 도메인으로 이동한 경우 그 이동 단말기는 새로운 MAP 도메인으로 핸드오프를 수행하게 된다. 이러한 경우 핸드오프 이동 단말기는 이전 MAP 도메인에서 서비스를 받던 단말기이기 때문에 새로운 이동 단말기보다 높은 우선순위를 가지게 된다.

- **갱신 이동 단말기** : 모바일 IPv6에서는 바인딩 갱신 메시지에 수명(lifetime)이 명시되는데 이는 전달한 바인딩 정보가 유효한 기간을 나타낸다. 이러한 수명이 지난 뒤에는 해당 바인딩 정보는 소멸되고 해당 이동 단말기는 바인딩 정보를 갱신해야 한다. 갱신 이동 단말기는 이러한 바인딩 정보 갱신을 수행하는 이동 단말기이다.

갱신 이동 단말기의 경우 MAP에 등록되어 있던 기존 이동 단말기가 새롭게 자신의 등록비용을 갱신하는 것이기 때문에 MAP의 부하에는 변화가 없다. 따라서 한계치에 기반 한 수락 제어 알고리즘에서는 핸드오프 이동 단말기와 새 이동 단말기만을 고려하게 된다.

### 2. 기본 동작 과정

앞서 이야기한 바와 같이, 적응형 부하 제어 기법은 수락 제어 알고리즘과 교체 알고리즘으로 구성된다. 아래의 그림 1은 적응형 부하 제어 기법의 동작 과정을 보여준다.

먼저 MAP은 이동 단말기로부터 바인딩 갱신 메시지를 기다린다. 만약 수신된 바인딩 갱신 메시지가 새 이동 단말기가 보낸 것이라면 현재의 MAP 부하가 한계값(K)보다 작은지 크지를 비교하게 된다. 만약 작다면 새 이동 단말기는 수락이 되어 MAP에 자신의 on-link care-of-address (LCoA)를 등록하게 되고 MAP의 regional care-of-address (RCoA)를 홈 에이전트에 등록한다. 만약 현재의 MAP 부하가 K보다 커서 새 이동 단말기를 수락할 수 없다면 교체 알고리즘을 수행하게 된다. 즉, 현재 MAP에 등록되어 있는 이동 단말기 중에서 SMR 값이 특정값( $\delta$ )보다 큰 이동 단말기 중 하나를 임의로 선택하게 된다. 그런 다음에 선택된 이동 단말기에는 홈 에이전트로 직접 바인딩을 해라

는 메시지를 보내게 되고 그 대신 새 이동 단말기를 MAP에 등록하게 된다. 따라서 이 경우 MAP의 부하는 변하지 않고 유지가 된다. 이러한 교체 알고리즘은 기존 셀룰라망에서 이동성 에이전트에서의 오버플로우를 관리하기 위해 서 널리 사용되는 기법이다 [6].

만약 MAP이 수신한 바인딩 갱신 메시지가 핸드오프 이동 단말기의 것이라면 MAP의 부하가 MAP의 용량(C)보다 작은 경우에는 항상 핸드오프 이동 단말기를 수락하게 된다. 만약 현재의 MAP 부하가 C와 같아서 더 이상의 용량이 없다면 교체 알고리즘을 수행하여 SMR 값이  $\delta$ 보다 큰 이동 단말기의 등록 정보를 제거하고 핸드오프 이동 단말기를 MAP에 등록하게 된다.

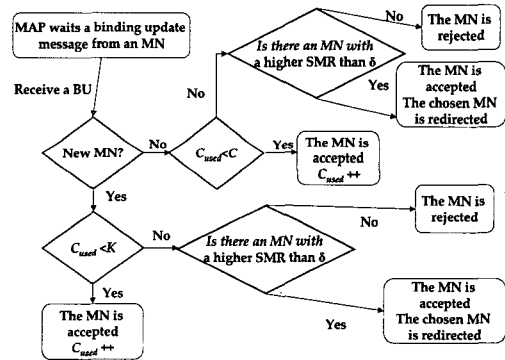


그림 1. 적응형 부하 제어 기법

MAP은 수락된 이동 단말기에게는 바인딩 수락(binding acknowledgement (BACK)) 메시지를 보내고 거절된 이동 단말기에 대해서는 바인딩 거절(binding no acknowledgement (BNACK)) 메시지를 보낸다. 거절된 이동 단말기 또는 교체된 이동 단말기는 홈 에이전트에 직접 바인딩을 하거나 여러 MAP이 존재하는 경우에는 다른 MAP으로 바인딩 요청을 보낼 수도 있다.

위의 적응형 부하 제어 기법에서는 우선 이동 단말기를 핸드오프 이동 단말기인지 새 이동 단말기인지 구별하는 것이 필요하다. 인터넷은 기본적으로 비연결형 서비스에 기반하고 있기 때문에 핸드오프 유무를 결정하기 위한 방법을 정의해야 하는데 본 논문에서는 [8]에서 사용된 타이머에 기반 한 방법을 활용하였다. 즉, 마지막 패킷 전송 후 T시간이 경과되기 전까지는 하나의 세션이 유지되어 있는

활동(Active) 상태라고 가정을 한다. 만약 이러한 활동 상태 범위에 있을 때 다른 MAP 도메인으로 이동을 하였다면 이 이동 단말기는 핸드오프 단말기로 간주를 하고 바인딩 갱신 메시지를 보낼 때 새롭게 정의한 H 플래그를 설정하여 보내게 된다. 만약 T 시간이 경과되어 이동 단말기가 휴지 (Idle) 상태에 있을 때 다른 MAP 도메인으로 이동하였다면 이 이동 단말기는 새 이동 단말기로 간주를 한다. 물론 한 MAP 도메인에서 전원을 켜서 처음 바인딩 갱신 메시지를 보낸 경우에도 새 이동 단말기로 분류된다.

### III. 성능 분석

본 장에서는 마르코브 체인을 이용해서 제안한 부하 제어 기법을 평가한다. 성능 평가를 위해서는 새 이동 단말기 봉쇄 확률 ( $P_{NB}$ )과 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률 ( $P_{HD}$ )을 계산하였다. 새 이동 단말기 봉쇄 확률은 MAP에 대한 새로운 이동 단말기의 바인딩 갱신 요청이 거절될 확률을 나타낸다. 반면, 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률은 현재 MAP에 사용 가능한 용량이 없어서 핸드오프 이동 단말기가 봉쇄될 확률을 의미한다.

#### 1. 시스템 모델 및 가정

성능 평가를 위한 마르코브 체인 모델을 고안하기 위해서 아래와 같은 시스템 모델을 가정하였다.

1. MAP의 용량은 해당 MAP이 서비스할 수 있는 최대 이동 단말기의 수로 표현된다.
2. 모든 이동 단말기는 핸드오프 이동 단말기나 새 이동 단말기로 분류된다.
3. 한 이동 단말기는 MAP 선택 기법에 의해서 선정된 하나의 MAP으로만 바인딩 갱신 요청을 한다. 바인딩 요청이 MAP에 의해서 거절되었다면 거절된 이동 단말기는 다른 MAP이나 HA로 직접 바인딩 요청을 하게 된다.

위와 같은 시스템 모델 하에서 다음과 같은 출발, 도착 프로세스를 가정하였다.

A. 1. 핸드오프 이동 단말기와 새 이동 단말기의 도착 프로세스는 각각  $\lambda_H$  와  $\lambda_N$ 의 비율을 가지는 포아송 분포를 따른다.

A. 2. 핸드오프 이동 단말기와 새 이동 단말기의 MAP 도메인에서의 거주 시간 프로세스는 각각  $1/\mu_H$  과  $1/\mu_N$ 의 평균값을 가지는 지수 분포를 따른다.

A. 3. 핸드오프 이동 단말기와 새 이동 단말기에 대한 구별이 없는 경우 전체 트래픽 부하는 새 이동 단말기의 부하 ( $\rho_N = \lambda_N / \mu_N$ )와 핸드오프 이동 단말기의 부하 ( $\rho_H = \lambda_H / \mu_H$ )의 합으로 표현된다. 즉,  $\rho_T = \rho_H + \rho_N$ 이다.

#### 2. 마르코브 체인 분석

앞서 설명한 시스템 모델과 출도착 프로세스에 기반하여 우리는 세 가지 기법에 대한 마르코브 체인 모델을 제안한다. 여기서 세 가지 기법은 부하 무제어 기법 [2], 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법 [9] 그리고 적응형 부하 제어 기법이다. 여기서 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법은 교체 알고리즘은 수행하지 않고 수락 제어 알고리즘만을 사용하는 기법을 의미한다.

각 기법의 마르코브 체인 분석을 위해서 우리는 서비스 비율을 1로 정규화시킨 추정된 1차원 마르코프 체인 모델이 사용하였다. 마르코프 체인 모델에서 상태  $i$ 는 MAP 도메인에 등록된 MN의 수를 나타낸다. 그리고  $q(i, j)$ 는 상태  $i$ 에서 상태  $j$ 로의 전이 비율을 나타낸다.

##### 2.1 부하 무제어 기법

현재 제안된 계층적 모바일 IPv6의 표준에 따르면 MAP에서는 별도의 부하 제어를 하지 않는다. 즉, 핸드오프 이동 단말기, 새 이동 단말기를 구별하지 않고 MAP의 용량이 허용한다면 모든 이동 단말기를 수용하게 된다. 따라서 한 MAP에 많은 수의 이동 단말기가 집중 될 수 있고 이는 높은 처리 지연 시간을 초래한다. 그림 2는 부하 무제어 기법의 1차원 마르코브 체인 모델을 보여준다.

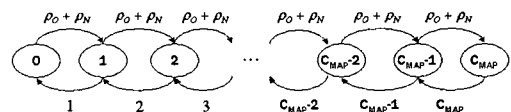


그림 2. 부하 무제어 기법의 마르코브 체인

위 마르코브 체인에서의 전이 비율은 아래와 같

다.

$$q(i, i+1) = \rho_H + \rho_N \quad (0 \leq i < C)$$

$$q(i+1, i) = i+1 \quad (0 \leq i < C)$$

위의 마르코브 체인에서 정적 상태 확률(Steady state probability)은 다음과 같고, 이를 이용한  $P_{NB}$ 와  $P_{HD}$ 는 식 (2)와 같이 계산된다.

$$p_k = \frac{(\rho_H + \rho_N)^k / k!}{\sum_{n=0}^C (\rho_H + \rho_N)^n / n!} \quad (0 \leq k \leq C) \quad (1)$$

$$P_{NB} = P_{HD} = p_C = \frac{(\rho_H + \rho_N)^C / C!}{\sum_{n=0}^C (\rho_H + \rho_N)^n / n!} \quad (2)$$

### 2.2 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법

MAP에서 수락 제어 알고리즘만을 사용하는 경우 한계값보다 MAP의 현재 부하가 적은 경우에는 모든 이동 단말기를 수락하지만 한계값보다 큰 경우에는 핸드오프 이동 단말기만을 수락한다. 따라서 식 (4)에서 볼 수 있는 것과 같이 MAP의 부하가  $K$ 보다 큰 경우에 새 이동 단말기는 봉쇄된다.

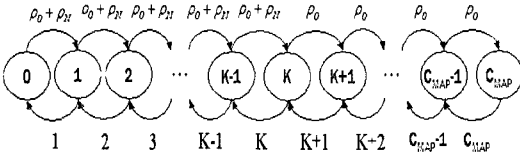


그림 3. 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법의 마르코브 체인

위 마르코브 체인에서의 전이 비율은 아래와 같다.

$$q(i, i+1) = \rho_H + \rho_N \quad (0 \leq i < K)$$

$$q(i, i+1) = \rho_H \quad (K \leq i < C)$$

$$q(i+1, i) = i+1 \quad (0 \leq i < C)$$

$$p_k = \frac{(\rho_H + \rho_N)^k / k!}{\sum_{n=0}^K (\rho_H + \rho_N)^n / n! + \sum_{n=K+1}^C (\rho_H)^{n-K} \cdot (\rho_H + \rho_N)^K / n!} \quad (0 \leq k \leq K)$$

$$p_k = \frac{(\rho_H)^{k-K} \cdot (\rho_H + \rho_N)^K}{\sum_{n=0}^K (\rho_H + \rho_N)^n / n! + \sum_{n=K+1}^C (\rho_H)^{n-K} \cdot (\rho_H + \rho_N)^K / n!} \quad (K < k \leq C) \quad (3)$$

$$P_{NB} = \sum_{k=K}^C p_k$$

$$P_{HD} = p_C \quad (4)$$

### 2.3 적응형 부하 제어 기법

적응형 부하 제어 기법에서는 수락 제어 알고리즘과 함께 새 이동 단말기나 핸드오프 이동 단말기를 위한 MAP 용량이 없는 경우에 교체 알고리즘을 사용하게 된다. 우선  $P(C, \delta)$ 를 MAP에  $C$ 개의 이동 단말기가 등록되어 있고 SMR 값이  $\delta$ 보다 큰 이동 단말기가 전혀 존재하지 않을 확률을 나타낸다고 가정하자. 그러면 새 이동 단말기 또는 핸드오프 단말기가 봉쇄될 확률은 MAP에 이를 위한 용량이 없고  $P(C, \delta)$  또한 만족시키는 경우가 된다. 따라서  $P_{NB}$ 와  $P_{HD}$ 는 식 (5)와 같이 계산될 수 있다. 적응형 부하 제어 기법에서 교체 알고리즘을 사용하더라도 MAP의 부하는 변화가 없기 때문에 마르코브 체인은 수락 제어 알고리즘만을 사용한 경우와 동일하다.

$$P_{NB} = \sum_{k=K}^C P(k, \delta) \cdot p_k$$

$$P_{HD} = P(C, \delta) \cdot p_C \quad (5)$$

SMR은 단위 시간 동안의 세션의 도착 횟수와 이동 단말기의 셀 이동 횟수의 상대적인 비율이다. 세션 도착 프로세스와 셀 거주 시간 프로세스를 지수 분포라고 가정한다면 식 (5)에서  $P(C, \delta)$ 는 다음과 같이 계산된다. ( $t_c$ 와  $t_s$ 는 각각 셀에서의 거주 시간과 세션 도착을 나타내는 확률변수이다.)

$$P(C, \delta) = (\Pr(t_c / t_s > \delta))^C = \left( \int_0^{\infty} e^{-\delta \mu_C \tau} \cdot \lambda_S e^{-\lambda_S \tau} d\tau \right)^C$$

$$= \left( \frac{\delta \mu_C}{\lambda_S + \delta \mu_C} \right)^C$$

#### IV. 수치 분석 결과

본 장에서는 수치 분석 결과를 설명한다. 수치 분석을 위해서 C는 50으로 가정하였다. 새 이동 단말기와 핸드오프 이동 단말기의 도착 비율은 모두 1/20로 가정하였고 MAP에서의 거주 시간은 20초에서 1180초로 변화시킴으로써 MAP에 주어지는 트래픽의 부하를 변화시켰다. 한계값의 경우 40과 45, 두 가지 경우를 비교하였다. SMR을 비교하기 위한  $\delta$ 는  $10^4$ 이라고 가정하였다.

##### 1. 새 이동 단말기 부하의 영향

그림 4는 새 이동 단말기 부하의 변화에 따른 새 이동 단말기 봉쇄 확률의 변화를 보여준다. 그림 4에서 알 수 있듯이 수락 제어 알고리즘만을 적용한 부하 제어 기법의 경우 핸드오프 이동 단말기에게 우선순위를 주기 때문에 높은 새 이동 단말기 봉쇄 확률을 가지게 된다. 그리고 사용된 한계값이 작아 질수록 더 많은 MAP 용량을 핸드오프 이동 단말기에게 할당하는 것이기 때문에 더 높은 새 이동 단말기 봉쇄 확률을 보여 준다. 하지만 새 이동 단말기의 부하가 증가하더라도 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법과 부하 무제어 기법 사이의 봉쇄 확률의 차이는 크게 변하지는 않는다. 이에 비해, 수락 제어 알고리즘과 교체 기법을 모두 사용한 적응형 부하 제어 기법의 경우 부하 무제어 기법보다 낮은 새 이동 단말기 봉쇄 확률을 보여주고 있다. 이는 교체 기법을 통해 MAP 용량이 없는 경우에도 새로운 이동 단말기의 등록 요청을 수락할 수 있기 때문이다.

그림 5는 새 이동 단말기 부하의 변화에 따른 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률의 변화를 보여준다. 그림 5에서 알 수 있듯이 수락 제어 알고리즘을 사용한 경우 핸드오프 이동 단말기의 봉쇄 확률을 크게 낮출 수 있음을 알 수 있다. 또한 교체 알고리즘을 적용한 경우 보다 낮은 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률을 보장할 수 있었다. 서비스 품질의 측면에서 봤을 때 새 이동 단말기의 봉쇄 확률이 어느 정도 높아지더라도 핸드오프 이동 단말기의 봉쇄 확률을 최대한 낮추는 것이 필요하다. 따라서 제안한 적응형 부하 제어 기법이 서비스 품질의 측면에서 봤을 때 보다 효과적이라고 말할 수 있다. 뿐만 아니라, 그림 5에서 알 수 있듯이 부하 무제어 기법은 적응형 부하 제어 기법과는 달리 새 이동 단

말기의 부하가 증가함에 따라 새 이동 단말기 봉쇄 확률이 급격하게 증가하는 단점도 가지고 있다.

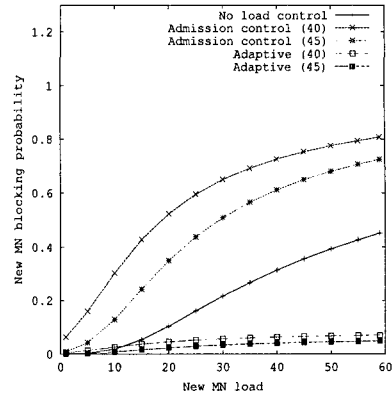


그림 4. 새 단말기 봉쇄 확률 : 새 단말기 부하

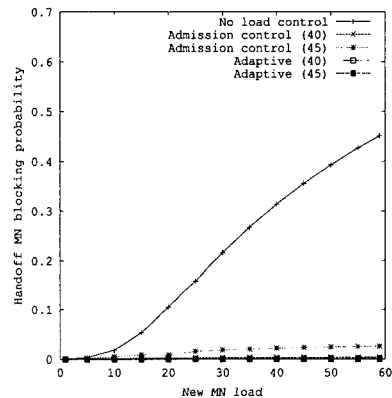


그림 5. 핸드오프 단말기 봉쇄 확률 : 새 단말기 부하

##### 2. 핸드오프 이동 단말기 부하의 영향

그림 6과 7은 핸드오프 이동 단말기 부하의 변화에 따른 새 이동 단말기의 봉쇄 확률과 핸드오프 이동 단말기의 봉쇄 확률을 보여준다. 그림 4와 유사하게 새 이동 단말기의 봉쇄 확률은 핸드오프 이동 단말기의 부하가 증가함에 따라 비례해서 증가하는 경향을 보여주었다. 하지만 핸드오프 이동 단말기의 부하가 커짐에 따라 수락 제어 알고리즘에 기반한 부하 제어 기법의 봉쇄 확률의 증가폭은 감소하는 경향을 보여주었다. 즉, 수락 제어 알고리즘에 기반한 부하 제어 기법이 부하 무제어 기법보다 높은 새 이동 단말기 봉쇄 확률을 보여주지만 그 차이는 부하가 커지더라도 증가하지 않는 경향을 보여주었다. 적응형 부하 제어 기법의 경우 핸드오프 이동 단말기의 부하가 증가함에 따라 새 이동 단말기의 봉쇄 확률이 증가하는 경향을 보이지만

증가폭은 부하 무제어 기법이나 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법보다 훨씬 적다는 것을 알 수 있다.

그림 7은 핸드오프 이동 단말기의 부하가 변할 때의 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률을 보여준다. 전체적인 경향은 그림 5와 거의 유사하지만 핸드오프 이동 단말기의 부하가 커졌을 경우 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법의 핸드오프 이동 단말기 봉쇄 확률도 증가한다는 것을 알 수 있다. 이는 수락 제어에 기반한 부하 제어 기법에서 핸드오프 이동 단말기를 위해 MAP 용량의 일부를 할당하지만 핸드오프 이동 단말기의 부하가 커지는 경우 핸드오프 이동 단말기를 위한 할당된 MAP 용량을 다 써 버리게 되므로 그 이후에는 핸드오프 이동 단말기도 새 이동 단말기와 함께 봉쇄되기 때문이다. 하지만 적응형 부하 제어 기법의 경우 핸드오프 이동 단말기의 봉쇄 확률은 부하에 큰 영향을 받지 않고 아주 낮은 수준을 유지하게 된다.

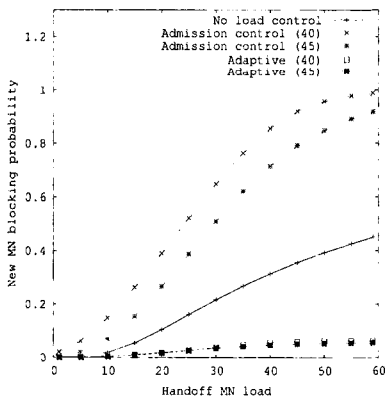


그림 6. 새 단말기 봉쇄 확률: 핸드오프 단말기 부하

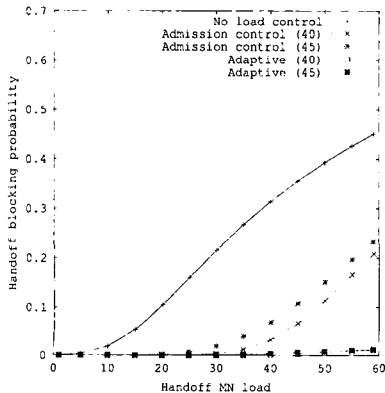


그림 7. 핸드오프 단말기 봉쇄 확률: 핸드오프 단말기 부하

그림 8과 9는 SMR 평균값에 대한 SMR 한계값의 변화에 따른 봉쇄확률을 보여준다. 여기서 알 수 있듯이 SMR 한계값이 평균값의 10배일 경우 아주 낮은 봉쇄확률을 보장할 수 있었다. 평균값이 10배 이상으로 증가하면 봉쇄확률은 크게 증가하다가 1000배 정도가 되면 더 이상 증가하지 않는 것을 알 수 있다. 이러한 결과에 기반하여 원하는 봉쇄확률이 주어졌을 때 적절한 SMR 한계값을 설정할 수 있다.

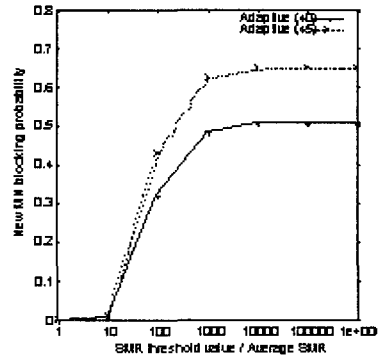


그림 8. SMR 한계값의 영향: 새 단말기 봉쇄 확률

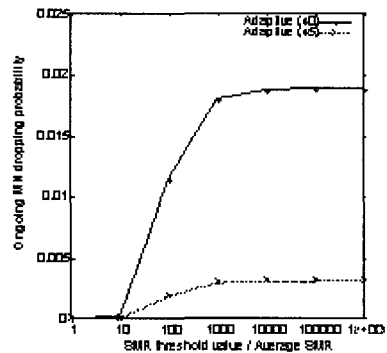


그림 9. SMR 한계값의 영향: 핸드오프 단말기 봉쇄 확률

## V. 결론

본 논문에서 우리는 대규모 무선/이동 통신망에서 안정적인 서비스를 위한 이동성 에이전트에서의 적응형 부하 제어 기법을 제안하였다. 제안한 부하 제어 기법은 계층적 모바일 IP 망에서 MAP에서 적용되어 바인딩 갱신을 요청하는 이동 단말기에 대해서 적용할 수 있다. 적응형 부하 제어 기법은 한 계값에 기반한 수락 제어 알고리즘과 MAP 용량이 없을 경우에 수행되는 교체 알고리즘으로 구성된다.

마르코브 체인을 통한 성능 분석 결과 적응형 부하 제어 기법은 별도의 부하 제어를 하지 않는 부하 무제어 기법과 수락 제어 알고리즘만을 사용하는 부하 제어 기법에 비해서 새 이동 단말기 붓세 확률과 핸드오프 단말기 붓세 확률을 아주 낮은 수준으로 낮출 수 있었다. 뿐만 아니라 MAP 에 들어오는 새 이동 단말기 또는 핸드오프 단말기의 부하 증가에도 큰 영향을 받지 않기 때문에 높은 확장성과 규모성을 지닌다고 볼 수 있다.

참 고 문 헌

[1] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," Internet draft, draft-ietf-mobileip-ipv6-24.txt, June 2003.

[2] H. Soliman et al., "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management (HMIPv6)," Internet draft, draft-ietf-mobileip-hmipv6-08.txt, June 2003.

[3] Y. Fang and Y. Zhang, "Call Admission Control Schemes and Performance Analysis in Wireless Mobile Networks," IEEE Trans. on Vehicular Technology, Vol. 51, No. 2, March 2002.

[4] A. Vasilache, J. Li, and H. Kameda, "Threshold-Based Load Balancing for Multiple Home Agents in Mobile IP Networks," Telecommunication Systems, Vol. 22, 2003.

[5] M. Bandai and I. Sasase, "A Load Balancing Mobility Management for Multilevel Hierarchical Mobile IPv6 Networks," in Proc. IEEE PIMRC 2003.

[6] Y. Lin, "Overflow Control for Cellular Mobility Database," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 49, No. 2, March 2000.

[7] Y. B. Lin, S. Mohan, and A. Noerpel, "Queueing Priority Channel Assignment Strategies for Handoff and Initial Access for a PCS network," IEEE Trans. Vehicular Technology, Vol. 43, No. 3, pp. 704-712, 1994.

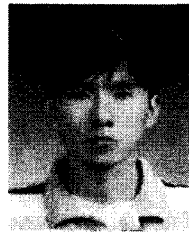
[8] X. Zhang, J. G. Castellanos, and A. T. Campbell, "P-MIP: Paging Extensions for Mobile IP," ACM Mobile Networks and

Applications, Vol. 7, No. 2, pp. 127-141, 2002.

[9] S. Pack, B. Lee, and Y. Choi, "Load Control Scheme at Local Mobility Agent in Mobile IPv6 Networks," in Proc. World Wireless Congress (WWC) 2004, May 2004.

백 상 헌 (Sangheon Pack)

준회원



2000년 2월 : 서울대학교 전기 컴퓨터공학과 졸업  
 2002년 2월 : 서울대학교 전기 컴퓨터공학과 석사  
 2002년 ~ 현재 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 박사과정

<관심분야> 이동 인터넷, 이동성 지원, 무선 QoS

권 태 경 (Taekyoung Kwon)

정회원



1993년 2월: 서울대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
 1995년 2월: 서울대학교 석사  
 2000년 8월 : 서울대학교 박사  
 2004년 ~현재 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 유무선 인터넷, 센서 네트워크

최 양 희 (Yanghee Choi)

정회원



1975년 2월 : 서울대학교 전자 공학과 졸업  
 1977년 2월: 한국과학기술원 석사  
 1984년 : ENST 전산학 박사  
 1991년 ~현재 : 서울대학교 전기컴퓨터공학과 교수

<관심분야> 유무선 인터넷, IPv6, 멀티미디어 통신