

■ 2003년 정보과학 논문경진대회 수상작

# 이동 컴퓨팅 환경에서 동적인 이동성 등급을 이용한 자원 예약 기법

## (A Resource Reservation Scheme using Dynamic Mobility Class on the Mobile Computing Environment)

박시용<sup>\*</sup> 정기동<sup>\*\*</sup>

(Si-Yong Park) (Ki-Dong Chung)

**요약** 본 논문에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 셀 내부 영역에 기반을 둔 이동성 예측 모델과 모바일 호스트들의 이동성을 토대로 하는 이동성 등급을 동적으로 조정할 수 있는 자원 예약 기법을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 이동성 예측 모델은 셀 내부의 각각 다른 영역을 기반으로 가약 마코프 체인을 이용하여 모델링 하였으며, 새로운 방법으로 핸드오프 확률을 추정한다. 그리고 모바일 호스트들이 셀 내부에 머물 가능성이 있는 셀 내부 존재 시간을 제공하며, 그 셀 내부 존재 시간은 동적인 자원 예약 기법의 새로운 인자로 활용된다. 동적인 자원 예약 기법은 모바일 호스트들의 내부 존재 시간의 마감에 따라서 변화하는 이동성 등급을 이용하여 이웃 셀의 자원을 동적으로 예약한다. 이 기법들은 신규 호 블로킹율과 핸드 오프 호 종료율을 개선시켰다.

**키워드** : 이동 컴퓨팅, 자원 예약, 가약 마코프 체인

**Abstract** In this paper, we propose a mobility estimation model based on inner regions in a cell and a dynamic resource reservation scheme which can control dynamically classes of mobile hosts on the mobile network. The mobility estimation model is modeled based on the reducible Markov chain. And the mobility estimation model provides a new hand off probability and a new remaining time for the dynamic resource reservation scheme. The remaining time is an estimated time that mobile hosts can stay in a cell. The dynamic resource reservation scheme can reserve dynamically a requested resource according to the classes of mobile hosts. This scheme can efficiently improve the connection blocking probability and connection dropping probability.

**Key words** : Mobile Computing, Resource Reservation, Reducible Markov Chain

### 1. 서론

이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 제공하기 위해서 많은 연구들이 진행되어 왔다. 특히 IMT-2000은 대표적인 예라 할 수 있다[1]. 그리고 이러한 연구들 중에서 중요한 핵심은 이동 컴퓨팅 환경에서 멀티미디어 서비스에 대한 QoS를 어떻게 제공할 것인가에 많은 초점이 맞추어져 왔다. 그러나 유선 네트워크

에서와 마찬가지로 이동 네트워크에서 QoS 제공은 어려운 문제이다. 더구나 이동 네트워크에서는 호스트들의 이동성과 빈약한 무선 대역폭으로 인하여 QoS제공이 더 어렵다. 그리고 모바일 호스트들의 이동성은 핸드오프를 발생시키고, 멀티미디어 서비스의 연속성을 어렵게 만들며 많은 데이터의 손실을 야기시킨다. 그러나 모바일 호스트들의 핸드오프를 정확하게 알아낸다는 것은 사실상 불가능하다. 그래서 이전의 많은 연구들은 핸드오프 확률을 예측하기 위해서 통계적인 기법들을 사용하였다 [2-6]. 그렇지만 이러한 연구들에서 제안한 핸드오프 확률 추정은 동일한 셀에 존재하는 모바일 호스트들이 목표가 되는 어떤 이웃 셀에 대하여 동일한 확률값을 가진다. 본 논문에서는 모바일 호스트들이 동일한 셀에 있

\* 본 연구는 2002년 부산대학교 연구비에 의함

† 비회원 : 부산대학교 전자계산학과  
sypark@melon.cs.pusan.ac.kr

\*\* 종신회원 : 부산대학교 전자계산학과 교수  
kdchung@melon.cs.pusan.ac.kr

논문접수 : 2003년 4월 18일  
심사완료 : 2003년 10월 20일

을지라도 자신의 내부 영역에 따라서 목표가 되는 이웃 셀에 대한 서로 다른 핸드오프 확률을 가지는 모델을 제시한다.

이동 컴퓨팅 환경에서 대역폭은 가장 중요한 자원들 중의 하나이다. 그리고 이동 컴퓨팅 환경에서 대역폭은 호스트들의 이동성에 기인하여 아주 빠르게 변화한다. 그 결과 모바일 호스트들의 핸드오프 호 종료율이 증가한다. 이러한 핸드오프 호 종료율을 줄이기 위해서는 적절한 자원 예약 기법이 요구된다. 특히 모바일 호스트가 셀로 진입할 때 그 모바일 호스트들이 이동할 가능성이 있는 주변 이웃 셀들에게 전체 혹은 일부분의 대역폭을 요구하는 기법들이 많이 제안되었다[3-6]. 그리고 [6]에서는 Semi-reservation 기법을 제안하였다. 이 Semi-reservation 기법은 모바일 호스트들의 이동성을 그들의 이동성에 따라서 3개의 등급으로 나누었다. 그리고 각각의 모바일 호스트들은 핸드오프 확률에 비례하는 양만큼 이웃 셀들에게 대역폭을 요구한다. 그러나 이 Semi-reservation 기법은 모바일 호스트들의 등급을 정확하게 규정하지 않고 있다. 단지 핸드오프가 발생하는 정도와 이동 속도에 따라서 등급을 나눌 수 있다고 정하고 있다. 본 논문에서는 셀 내부 존재 시간을 이용하여 모바일 호스트의 이동성 등급을 규정한다. 직관적으로 모바일 호스트의 이동성은 그들의 물리적인 환경과 기타 요인에 따라서 변화될 수 있어야 한다. 그리고 Semi-reservation 기법에서 사용하는 핸드오프 확률은 단순한 과거 기록의 비례값이다.

본 논문에서는 셀의 내부 영역을 규정하기 위해서 하나의 셀을 섹터 안테나와 비콘 메시지의 강도를 이용하여 3의 배수 개의 내부 영역으로 나눈다. 우리는 그림 1에서 규정한 것과 같은 구조를 기반으로 가약 마코프 체인을 이용하여 핸드오프 확률과 셀 내부 영역 존재 시간을 구한다. 특히 각각 서로 다른 셀 내부 영역에 존

재하는 모바일 호스트들은 하나의 특정 이웃 셀에 대해서 서로 다른 핸드오프 확률을 가진다. 셀 내부 영역 존재 시간은 이동성 등급을 결정하는 데 사용되고 핸드오프 확률은 동적인 자원 예약 기법의 인자로 사용된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 관련 연구를 살펴보고, 3장에서 가약 마코프 체인을 이용한 모델링 방법을 소개한다. 4장에서는 동적인 자원 예약 기법을 제안한다. 5장에서는 제안한 모델의 확률 변화에 관한 실험 및 동적인 자원 예약 기법과 [6]에서 제안한 Semi-reservation 기법과 비교 실험한다. 그리고 6장에서 결론을 말한다.

## 2. 관련 연구

본 장에서는 이동 컴퓨팅 환경에서 기존에 연구된 호수락 제어 알고리즘 및 자원 예약 기법들을 소개한다. [7]에서는 모바일 호스트들의 이동성에 따른 서비스 단절을 예방하기 위해서 MRSVP 기법을 제안하였다. MRSVP 기법은 두 종류의 자원 예약을 실시한다. 현재 진행 중인 셀에서는 액티브 예약을 그리고 그 다음 단계에 이동할 가능성이 있는 셀들은 패시브 예약을 실시한다. [3]에서는 웨도우 클러스트 개념을 이용하여 이웃 셀들에게 자원을 예약한다. 웨도우 클러스트 개념은 셀물라 네트워크에서 사용될 수 있는 가상 메시지 시스템이다. 모바일 호스트가 현재 머물고 있는 셀은 이웃 셀들과 자원 예약을 위해서 모바일 호스트들의 위치와 이동 패턴에 관한 정보들을 서로 교환한다. [2]에서는 콜 핸드오프 실패 확률을 줄이기 위해서 적응적인 QoS 핸드오프 우선 순위 기법을 제안하였다. [4]에서는 미래의 핸드오프 콜들의 자원 요구량을 예측하기 위해서 지역 정보만을 이용하였다. [4]에서는 winner prediction theory와 시계열 분석을 이용하여 모델링 하였다. [5,8,9]에서는 [4]에서와 마찬가지로 지역적인 정보만을 이용하여 자원 예약을 결정하였다. 또 다른 자원 추정 기법들은 이동성 추적 방법에 의해서 모바일 호스트의 이동 패턴을 예측한 방법을 사용하였다[10,11]. 그러나 이러한 방법들은 정확한 모바일 호스트들의 위치를 파악하기 위해서 많은 대역폭을 소비하는 단점이 있다.

[6]에서는 물리적인 상황에 따라서 모바일 호스트들의 이동성 등급을 결정하였다. 그리고 각각의 모바일 호스트는 이동성 등급들에 따라 서로 다른 핸드오프 확률값들을 가지게 되고 이웃 셀들에게 Semi-reservation을 실시하게 된다. Semi-reservation은 향후 이동할 가능성이 있는 이웃 셀들에게 예전 데이터의 기록에 따른 단순 비례값들로 예측되어진 핸드오프 확률값들에 따라서 자원을 예약한다. 만약 이웃 셀들에게 충분한 대역폭이 없다면 핸드오프 확률값들에 따라서 그 요구들을 수

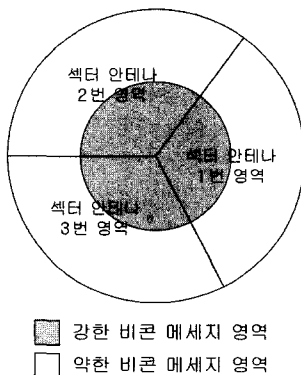


그림 1 셀 내부를 6개의 영역으로 나눈 구조



식 (3)에서 열은 전이되기 이전의 상태를 의미하고 행은 전이되는 상태를 뜻한다. 즉 열은 모바일 호스트가 현재 머무르고 있는 지역(셀 내부 영역)이며, 행은 그 모바일 호스트가 도착할 수 있는 지역(이웃하고 있는 셀 내부 영역 및 이웃 셀)이다.

식 (3)에서 1행에서 3행까지의 각각의 3열까지의 값들은 셀 내부 영역들 간의 전이 행렬이다(식 (1)의  $A$ ). 그리고 1행에서 3행까지의 각각의 4열부터 9열까지의 값들은 핸드오프를 발생시키는 전이 행렬이다(식 (1)의  $T$ ). 그리고 나머지는 영 행렬과 단위 행렬로 구성된다.

그리고 식 (3)에서  $P_{ij} = \frac{k_j}{t_i}$ 로 표시할 수 있다. 여기서  $t_i$ 는 영역  $i$ 로 들어온 모바일 호스트들이 전이한 총 횟수를 말하고,  $k_j$ 는 영역  $i$ 로 들어온 모바일 호스트들 중에서 영역  $j$ 나 이웃 셀  $j$ 로 전이한 총 횟수를 말한다.

그리고 셀 내부 영역 모델링은 [15]를 이용하였다.

### 3.1 셀 내부 영역 모델링

어떤 모바일 호스트가 한 셀에 진입한 후 다른 이웃 셀로 이동하기 전까지 셀 내부 영역을 이동 할 것이다.  $N_{ij}^n$ 를 셀 내부 영역  $i$ 로 모바일 호스트가 들어온 직후부터  $n$ 번째 이동 직후까지 셀 내부 영역  $j$ 를 방문한 횟수라고 하자. 이러한 방문 횟수를 식 (4)와 같은 지시 확률 변수로 정의한다. 식 (4)에서  $k$ 는 현재까지 셀 내부 영역을 방문한 횟수이다.

$$I_{ij}(k) = \begin{cases} 1 & (X_k = j | X_0 = i) \quad i=1,2,3 \quad j=1,2,3 \\ 0 & \text{(etc)} \end{cases} \quad (4)$$

따라서 식 (5)가 성립한다.

$$N_{ij}^n = \sum_{k=0}^n I_{ij}(k) \quad (5)$$

식 (5)에서  $k=0$ 부터 시작하는 것은 시작하는 영역을 방문 횟수에 포함시키기 위한 것이다. 따라서 식 (6)이 성립한다. 식 (6)에서  $E[\sum_{k=0}^n I_{ij}(k)]$ 는 모바일 호스트가  $n$ 번 이동 후에 셀 내부 영역  $j$ 로 방문할 기댓값이므로 식 (3)의 전이 확률을 이용하여  $\sum_{k=0}^n P_{ij}^k$ 로 표현할 수 있다.

$$E^n_{ij} = E[N_{ij}^n] = E[\sum_{k=0}^n I_{ij}(k)] = \sum_{k=0}^n P_{ij}^k \quad (6)$$

$i$ 와  $j$ 가 모두 셀 내부 영역이므로 식 (2)로부터  $P_{ij}^k = A^k_{ij}$  이므로 식 (7)이 성립한다.

$$E^n_{ij} = \sum_{k=0}^n A^k_{ij} \quad (7)$$

그리고 식 (6)에서

$$A^0_{ij} = \begin{cases} 1 & (i=j) \\ 0 & (i \neq j) \end{cases} \quad (8)$$

즉,  $i$ 에서 출발한다면  $i$ 를 한 번 방문한 것으로 간주한다. 식 (7)과 식 (8)을 행렬의 형태로 표현한다면 식

(9)와 같다.

$$E^n = I + A + A^2 + \dots + A^n \\ = I + A(I + A + \dots + A^{n-1}) \\ = I + AE^{n-1} \quad (9)$$

$n$ 이 점점 커지면 이동중인 모바일 호스트는 결국 다른 이웃 셀로 이동한다. 식 (9)로부터  $\lim_{n \rightarrow \infty} E^n = \lim_{n \rightarrow \infty} E^{n-1} = E$  이라고 하면 그 모바일 호스트가 핸드오프 전까지 셀 내부 영역을 방문하는 평균 횟수는 식 (10)과 같다.

$$E = I + AE \\ E = (I - A)^{-1} \quad (10)$$

### 3.2 셀 내부 존재 시간 추정

모바일 호스트가 셀 내부 영역  $i$ 에 들어와서 핸드오프가 될 때까지 걸리는 시간(횟수)을  $T_i$ , 그 벡터를  $T = (T_i)$ 라고 하자.

$$T_i = \min\{n \geq 1; X_n = j | X_0 = i\} \\ i=1,2,3 \\ j=4,5,6,7,8,9 \quad (11)$$

식 (11)에서  $T_i$ 는 결국 모바일 호스트가 핸드오프가 되기 전까지 셀 내부 영역을 이동한 총 횟수가 될 것이다. 식 (4)를 이용하면 식 (12)가 된다.

$$T_i = \sum_{k=0}^{T_i-1} \sum_{h=1}^9 I_{ih}(k) \quad (12)$$

식 (12)는 내부 영역  $i$ 로 들어온 모바일 호스트가  $n$ 번 이동한 후에 핸드오프가 발생하고,  $n$ 번 이동 동안 각각의 내부 영역( $h$ )들을 방문한 횟수를 모두 합한 것이다.

따라서 총 횟수에 대한 기댓값을 구하면 식 (13)을 구할 수 있다.

$$E(T_i) = E[\sum_{k=0}^{T_i-1} \sum_{h=1}^9 I_{ih}(k)] = \sum_{k=0}^{\infty} E[\sum_{h=1}^9 I_{ih}(k)] = \sum_{h=1}^9 E_{ih} \quad (13)$$

식 (13)에서  $E_{ih}$ 는 셀 내부 영역  $i$ 에서 출발해서 핸드오프가 될 때까지 셀 내부 영역  $h$ 를 방문한 평균 횟수이다. 따라서 핸드오프가 될 때까지의 평균 이동 횟수  $E(T)$ 는  $E = (I - A)^{-1}$ 의 각 행을 더하여 구할 수 있다. 그러므로 셀 내부 영역의 방문 횟수는 셀 내부에 머문 시간으로 나타낼 수 있고 그 행렬은 식 (14)와 같다.  $\Gamma$ 를  $(1 - P_{ij})$ 라 하자.  $\Delta P$ 는  $\Gamma_{11}(\Gamma_{22}\Gamma_{33} - P_{23}P_{32}) - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}\Gamma_{33}) - P_{13}(\Gamma_{22}P_{31} - P_{21}\Gamma_{33})$ 이다.

$$\begin{pmatrix} \frac{\Gamma_{22}\Gamma_{33} - P_{23}P_{32}}{\Delta P} & \frac{P_{12}\Gamma_{33} + P_{13}P_{32}}{\Delta P} & \frac{P_{12}P_{23} + P_{13}\Gamma_{32}}{\Delta P} \\ \frac{P_{21}\Gamma_{33} + P_{23}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}\Gamma_{33} - P_{13}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}P_{23} + P_{13}P_{21}}{\Delta P} \\ \frac{P_{21}P_{32} + \Gamma_{22}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}P_{32} + P_{12}P_{31}}{\Delta P} & \frac{\Gamma_{11}\Gamma_{22} - P_{12}P_{21}}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (14)$$

식 (14)에서 2행 1열의 값은 모바일 호스트가 셀 내부 영역 2로 들어와서 내부 영역 1을 거쳐서 이웃 셀 4

나 5로 이동 할 때까지 셀 내부 영역 1을 거치는 의 총 횟수에 대한 추정치이다.

3.3 핸드오프 추정

어떤 모바일 호스트가 셀 내부 영역을 계속해서 이동 하다 보면 결국은 다른 이웃 셀로 이동하여 핸드오프가 발생할 것이다. 식 (15)에서 어떤 모바일 호스트가  $n$ 번 째 이동 또는 그 이전에 어떤 이웃 셀로 이동하여 핸드 오프가 일어난다는 것을 정의하였다.

$$H^n_i = \Pr(T \leq n, X_T = k | X_0 = i) \quad (15)$$

$k=4,5,6,7,8,9$   
 $i=1,2,3$

일단 핸드오프가 발생하면 새롭게 진입하는 이웃 셀 의 영역으로 이동함으로써 식 (2)와 식 (9)로부터 식 (15) 를 일반화시키면 식 (16)을 구할 수 있다.

$$H^n = (I + A + \dots + A^{n-1})T = E^{n-1}T \quad (16)$$

따라서 식 (16)에서  $n \rightarrow \infty$ 를 취하면 식 (10)으로부터 어떤 이웃 셀로 이동하여 핸드오프가 발생할 확률을 구 할 수 있다.

$$H = ET = (I - A)^{-1}T \quad (17)$$

이웃 셀로 이동할 핸드오프 확률의 행렬은 식 (18)과 같다.

$$H = \begin{pmatrix} \frac{R_1(G_1P_{11} - P_1R_1)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{12} - P_1R_2)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{13} + P_1R_3)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{14} + P_1R_4)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{15} + P_1R_5)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{16} + P_1R_6)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{17} + P_1R_7)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{18} + P_1R_8)}{\Delta P} & \frac{R_1(G_1P_{19} + P_1R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_2(G_2P_{21} + P_2R_1)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{22} - P_2R_2)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{23} + P_2R_3)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{24} + P_2R_4)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{25} + P_2R_5)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{26} + P_2R_6)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{27} + P_2R_7)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{28} + P_2R_8)}{\Delta P} & \frac{R_2(G_2P_{29} + P_2R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_3(G_3P_{31} + P_3R_1)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{32} + P_3R_2)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{33} - P_3R_3)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{34} + P_3R_4)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{35} + P_3R_5)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{36} + P_3R_6)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{37} + P_3R_7)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{38} + P_3R_8)}{\Delta P} & \frac{R_3(G_3P_{39} + P_3R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_4(G_4P_{41} + P_4R_1)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{42} + P_4R_2)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{43} + P_4R_3)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{44} - P_4R_4)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{45} + P_4R_5)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{46} + P_4R_6)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{47} + P_4R_7)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{48} + P_4R_8)}{\Delta P} & \frac{R_4(G_4P_{49} + P_4R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_5(G_5P_{51} + P_5R_1)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{52} + P_5R_2)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{53} + P_5R_3)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{54} + P_5R_4)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{55} - P_5R_5)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{56} + P_5R_6)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{57} + P_5R_7)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{58} + P_5R_8)}{\Delta P} & \frac{R_5(G_5P_{59} + P_5R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_6(G_6P_{61} + P_6R_1)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{62} + P_6R_2)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{63} + P_6R_3)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{64} + P_6R_4)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{65} + P_6R_5)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{66} - P_6R_6)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{67} + P_6R_7)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{68} + P_6R_8)}{\Delta P} & \frac{R_6(G_6P_{69} + P_6R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_7(G_7P_{71} + P_7R_1)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{72} + P_7R_2)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{73} + P_7R_3)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{74} + P_7R_4)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{75} + P_7R_5)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{76} + P_7R_6)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{77} - P_7R_7)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{78} + P_7R_8)}{\Delta P} & \frac{R_7(G_7P_{79} + P_7R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_8(G_8P_{81} + P_8R_1)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{82} + P_8R_2)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{83} + P_8R_3)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{84} + P_8R_4)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{85} + P_8R_5)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{86} + P_8R_6)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{87} + P_8R_7)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{88} - P_8R_8)}{\Delta P} & \frac{R_8(G_8P_{89} + P_8R_9)}{\Delta P} \\ \frac{R_9(G_9P_{91} + P_9R_1)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{92} + P_9R_2)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{93} + P_9R_3)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{94} + P_9R_4)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{95} + P_9R_5)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{96} + P_9R_6)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{97} + P_9R_7)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{98} + P_9R_8)}{\Delta P} & \frac{R_9(G_9P_{99} - P_9R_9)}{\Delta P} \end{pmatrix} \quad (18)$$

식 (18)에서 1행의 값들은 어떤 모바일 호스트가 셀 내부 영역 1로 들어와서 이웃 셀 4부터 9까지 이동할 확률이다. 2행과 3행의 값은 모바일 호스트가 셀 내부 영역 2와 3으로 들어 와서 각각의 이웃셀들로 이동할 확률들이다.

4. 동적인 자원 예약 기법

이전 장에서 정의한 핸드오프 확률값과 셀 내부 존재 시간을 인자로 하여 각각의 모바일 호스트가 어떤 셀에 진입하게 되면 이웃 셀들에게 필요한 대역폭을 예약하게 된다. 대부분의 이전 연구들은 한 번 예약한 자원들에 대해서 변경이 되지 않았다. 그러나 이동 컴퓨팅 환경에서 대역폭은 모바일 호스트들의 이동성에 의하여 빠르게 변화한다. 그러므로 이미 예약한 대역폭에 대해서도 변경이 가능해야 한다. [6]에서 제안한 Semi-reservation 기법은 어떤 대역폭 요구에 대해서 거절되었을지라도 대역폭의 변화 상태에 따라서 수락될 수 있다. 그러나 Semi-reservation 기법 역시 수락과 거절의 상태만 변화할 뿐 예약한 대역폭의 양은 변화하지 않는다. 그리고 [6]에서는 모바일 호스트들의 이동성에 따라서 모바일 호스트들을 3개의 등급으로 나누었다. 첫 번째

등급은 거의 움직이지 않고 고정된 호스트들처럼 한 곳에 머물러 있는 모바일 호스트이고 두 번째 등급은 매우 느리게 움직이고 아주 낮은 핸드오프 확률을 가지는 모바일 호스트이다. 그리고 세 번째 등급은 아주 빈번하게 움직이고 핸드오프 확률이 높은 모바일 호스트이다. 그러나 [6]에서 모바일 호스트들의 등급은 변화하지 않는다. 직관적으로 생각해 볼 때 모바일 호스트들은 물리적 혹은 기타 주변 여건과 시간에 따라서 움직임 자체가 변화할 수 있다. 그래서 본 논문에서는 모바일 호스트들의 이동성에 따라서 그 등급을 동적으로 조정한다. 그리고 각각의 등급별로 이전 장에서 모델링 한 핸드오프 확률과 셀 내부 존재 시간을 각각 다르게 구한다. 그림 4는 동적인 자원 예약 기법의 전체 흐름을 보여준다.

그림 4에서 어떤 모바일 호스트가 셀a에서 대역폭을 할당 받고 각각의 이웃셀들에게 서로 다른 핸드오프 확률 값으로 대역폭 예약을 실시한다. 그리고 그 모바일 호스트는 셀 내부 존재 시간도 가지게 된다. 만약 그 모바일 호스트의 실제 이동 시간이 예측된 셀 내부 시간을 넘어선다면 그 모바일 호스트의 이동성 등급은 증가하고 변화된 이동성 등급에 따른 다른 핸드오프 확률값과 셀 내부 존재 시간을 가지게 된다. 각각의 이웃 셀들은 변화된 핸드오프 확률값에 따라서 대역폭 예약 변화를 실시하게 된다.

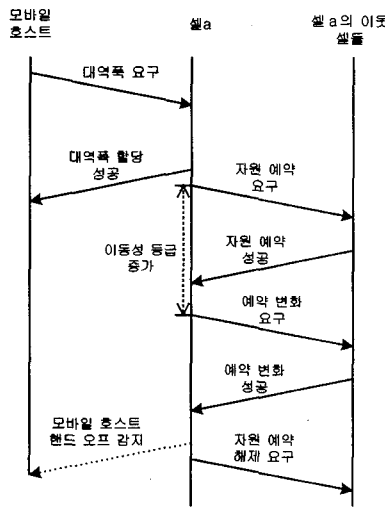


그림 4 동적인 자원 예약 기법

4.1 모바일 호스트의 동적인 이동성 등급

본 논문에서는 모바일 호스트들의 셀 내부 존재 시간을 정의하였다. 새로운 인자인 셀 내부 존재 시간을 이용하여 모바일 호스트들의 동적인 이동성 등급을 구한

다. 먼저  $T^{k,c}_{ij}$ 는 이동성 등급이  $c$ 인 모바일 호스트  $k$ 가 셀 내부 영역  $i$ 에서 출발해서  $j$ 를 마지막으로 거쳐서 핸드오프가 발생할 때까지 셀 내부에 머무를 수 있는 예측된 시간, 즉 모바일 호스트  $k$ 가 셀 내부 영역  $i$ 에서 출발해서  $j$ 를 마지막으로 거쳐서 핸드오프가 발생할 때 주어진 셀의 내부 영역을 방문한 횟수이다. 그리고  $T^{k,c}_{ij}$ 는 식 (14)에서 정의하였다.

그림 5는 동적인 자원 예약 기법의 모바일 호스트 이동성 등급 변경 알고리즘을 보여준다.  $R^{k,c}_{time}$ 은 이동성 등급이  $c$ 인 모바일 호스트  $k$ 가 실제 이동한 시간, 즉 셀 내부 영역을 방문한 횟수이다. 그림 5에서 모바일 호스트가 실제 이동한 시간이 추정되어진 셀 내부 존재 시간보다 커진다면 그 모바일 호스트의 이동성 등급은 증가한다. 그리고 변화되어진 이동성 등급에 따르는 새로운 셀 내부 존재 시간과 핸드오프 확률들을 가진다. 그리고 이웃 셀들에게 자원 예약 변경 요청을 실시한다. 본 논문에서는 계산의 편리함을 위해서 모바일 호스트의 이동성 등급을 최대 3으로 제한하였다.

```

When(MH k의 이동) {
    If (  $T^{k,c}_{ij} < R^{k,c}_{time}$  ) { // 실제 이동 시간이 예측된 이동 시간을 초과
         $c = c + 1$  //이동성 등급 증가
         $P^{k,c}_{ij} = P^{k,c}_{ij}$  //증가된 이동성 등급의 핸드오프 확률 할당
         $T^{k,c}_{ij} = T^{k,c}_{ij}$  //증가된 이동성 등급의 셀내부 존재 시간 할당
    } else {
         $c = c$  //이동성 등급 유지
         $R^{k,c}_{time} = R^{k,c}_{time} + 1$  // 실제 이동 시간 증가
    }
}
    
```

그림 5 모바일 호스트의 동적인 이동성 등급 조절

그림 5에서 증가된 이동성 등급의 핸드 오프 확률과 셀 내부 존재 시간은 각각의 이동성 등급에 해당하는 모바일 호스트들의 이동 데이터들을 3장에서 제안한 모델에 적용시켜서 구한다. 식 (3)에서 각각의  $P_{ij}$ 는 각각의 이동성 등급에 따라서  $P^{(c)}_{ij}$ 로 대입한다. 여기서  $c$ 는 이동성 등급이다. 그러므로  $P^{(c)}_{ij} = \frac{k_i^{(c)}}{t_i^{(c)}}$ 로 계산되고  $t_i^{(c)}$ 는 영역  $i$ 로 들어온 모바일 호스트들 중 이동성 등급  $c$ 에서 핸드 오프가 발생한 모바일 호스트들의 총 전이 횟수를 말하고  $k_i^{(c)}$ 는 영역  $i$ 로 들어온 모바일 호스트들 중에서 이동성 등급  $c$ 에서 핸드 오프가 발생한 모바일 호스트들의 영역  $j$ 나 혹은 이웃 셀  $j$ 로 전이된 횟수를 말한다. 그러므로 식 (3)은 식 (19)로 적용한다.

$$\begin{pmatrix}
 P_{11}^{(c)} & P_{12}^{(c)} & P_{13}^{(c)} & P_{14}^{(c)} & P_{15}^{(c)} & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 P_{21}^{(c)} & P_{22}^{(c)} & P_{23}^{(c)} & 0 & 0 & P_{26}^{(c)} & P_{27}^{(c)} & 0 & 0 \\
 P_{31}^{(c)} & P_{32}^{(c)} & P_{33}^{(c)} & 0 & 0 & 0 & 0 & P_{38}^{(c)} & P_{39}^{(c)} \\
 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \\
 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1
 \end{pmatrix} \quad (19)$$

### 4.2 동적인 자원 예약 기법을 위한 변수 정보

본 논문에서는 동적인 자원 예약 기법을 위해서 5개의 인자 변수를 정의한다. 정의된 5개의 인자는 모바일 호스트의 셀 내부 존재 시간, 핸드 오프 확률, 모바일 호스트 이동성 등급, 모바일 호스트의 서비스 등급, 그리고 현재 서비스 받고 있는 대역폭이다. 먼저 모바일 호스트의 셀 내부 존재 시간은 식 (19)에서 정의하였다. 그리고 핸드 오프 확률은 식 (18)에서 정의하였고, 모바일 호스트의 이동성 등급  $c$ 는 처음 모바일 호스트가 셀로 진입할 때 기본적으로 1의 값을 가진다. 그러나 동적인 이동성 등급 조절에 의해서 그 값은 조절된다. 그리고 모바일 호스트의 서비스 등급  $s$ 는 서비스 중인 데이터의 종류에 따라서 구분된다. 그 서비스 등급은 음성, 화상, 음성과 화상, 일반적으로 구분된다. 그리고 마지막으로 현재 할당된 대역폭의 양은  $b$ 로 나타낸다. 어떤 셀에 진입한 모바일 호스트에게 대역폭이 할당되고 나면 그 셀은 이웃셀들에게  $(T^{k,c}_{ij}, P^{k,c}_{ij}, c, s, b)$ 를 포함하는 자원 예약 메시지를 전송한다. 그리고 모바일 호스트의 이동성 등급 변경으로 인한 자원 예약 변경 요청에는  $(T^{k,c}_{ij}, P^{k,c}_{ij}, c)$ 인 3개의 인자만을 포함한다.

### 4.3 단독 자원 예약 기법과 경쟁적 자원 예약 기법

자원 예약 요구를 받은 이웃 셀들은 이전에 정의된 5개의 인자  $(T^{k,c}_{ij}, P^{k,c}_{ij}, c, s, b)$ 를 기반으로 자원 예약을 시도한다. 그리고 자원 예약이 성공적으로 수행된 후에는 자원 예약 변경 메시지를 받을 때 3개의 인자  $(T^{k,c}_{ij}, P^{k,c}_{ij}, c)$ 를 기반으로 다시 자원 예약을 실시한다.

먼저  $M = \{1, \dots, q\}$ 은 현재 모바일 호스트  $k$ 가 속해 있는 셀의 이웃 셀들의 집합이다. 그리고  $N_m = \{1, \dots, n_m\}$ 은 이웃 셀  $m (1 \leq m \leq q)$ 에서 현재 서비스 받고 있는 모바일 호스트들의 집합이다.  $B^{max}_m$ 는 셀  $m$ 이 최대로 서비스해 줄 수 있는 대역폭의 양이다.  $G_m = \{1, \dots, g\}$ 는 이웃 셀  $m$ 에서 현재 서비스 받고 있는 모바일 호스트들 중에서 그들의 남은 셀 내부 존재 시간이  $T^{k,c}_{ij}$ 보다 큰 모바일 호스트들의 집합이다.  $R_m = \{1, \dots, r\}$

이웃 셀  $m$ 에 의하여 자원 예약이 완료된 요구들 중에서  $T^{k,c}_{ij}$  보다 남은 셀 내부 존재 시간이 작은 요구들의 집합이다.

$$B^{R, T^{k,c}_m} = B^{tot}_m - \sum_{i=1}^k B^i_m - \sum_{a=1}^m B^a_m \quad (20)$$

식 (20)은 모바일 호스트  $k$ 가 이웃 셀  $m$ 으로 핸드 오프가 발생할 시점에서의 셀  $m$ 의 사용 가능한 대역폭의 양이다. 이것은  $T^{k,c}_{ij}$ 시간 이후에 셀  $m$ 의 사용 가능한 대역폭의 양이다. 만약  $B^{R, T^{k,c}_m}$ 가  $b$ 보다 크다면 그 자원 예약 요구는 수락되지만 그렇지 않다면 요구하고 있는 대역폭인  $b$ 의 양을 줄인다. 그렇지만  $b$ 의 양은 모바일 호스트  $k$ 의 핸드 오프 확률의 비율만큼만 줄일 수 있다. 그림 6에서 이 과정을 서술한다.  $d$ 는 감소 비율이다.

만약 이 단독 자원 예약 기법으로 요구가 수락되지 않는다면 경쟁적인 자원 예약 기법을 수행한다.

```

b' = b
while ( b' ≥ b × Pk,c ) {
    b = b × d
}
    
```

그림 6 대역폭 감소 알고리즘

```

Call_Accept = false
If ( BR, Tk,c_m > b ) {
    Call_Accept = true
} else {
    b' = b
    while (1) {
        b' = b × d (0 < d < 1)
        If ( BR, Tk,c_m ≥ b' ) {
            Call_Accept = true
            break
        }
        If ( b' ≤ b × Pk,c ) {
            Call_Accept = false
            break;
        }
    }
}
If ( Call_Accept = true )
    자원 예약 성공
else
    경쟁적인 자원 예약 실행
    
```

그림 7 단독 자원 예약 알고리즘

경쟁적인 자원 예약 기법은 단독 자원 예약 기법을 통하여 자원 예약이 실패한 요구에 대해서는 이미 수락된 요구들과 경쟁을 통하여 자원을 예약한다.

그림 7은 단독 자원 예약 기법의 전체 알고리즘을 보여준다.

4.3절의 집합  $R_m$ 과 단독 자원 예약이 실패한 요구간의 핸드 오프 확률을 이용하여 집합  $R_m$ 에서 제거되어질 요구들을 찾아낸다. 만약 단독 자원 예약이 실패한 요구의 핸드 오프 확률이 집합  $R_m$ 의 모든 원소들의 핸드 오프 확률 보다 낮다면 그 요구는 계속 거절된다. 그러나 집합  $R_m$ 에 속하는 원소들의 이동성 등급 변화에 따라서는 나중에 수락될 가능성이 있다. 먼저 집합  $R_m$ 의 원소들 중에서 단독 자원 예약이 실패한 요구의 핸드 오프 확률 보다 낮은 핸드 오프 확률을 가지는 원소들의 대역폭의 합이 단독 자원 예약이 실패한 요구의 대역폭 보다 커지는 원소들을 핸드 오프 확률의 내림차순으로 찾아낸다. 만약 위의 조건을 만족하는 원소들의 대역폭 합이 단독 자원 예약이 실패한 요구의 대역폭 합보다 작다면 그 요구는 계속 실패하고, 집합  $R_m$ 의 요구들의 인자 값들의 변화가 있을 때까지 기다린다.

### 5. 실험 및 성능 평가

본 논문에서는 동적인 이동성 등급의 변화에 따른 확률 변화를 알아보았다. 그리고, [6]에서 제안된 Semi-reservation 기법과 비교를 통해서 동적인 자원 예약 기법의 성능을 평가하였다. 본 논문의 실험을 위해서 우리는 실험 환경을 다음과 같이 구성하였다. 각각의 셀들은 섹터 안테나만을 이용하여 3개의 내부 영역을 가지게 구성하였다. 그리고 이러한 셀들을 19개로 고정시키고 실험을 실시하였다. 그림 8에서는 실험에 사용된 환경을 설명한다. Semi-reservation은 그림 8에서 각각의 셀들을 3개의 영역으로 나누지 않고 나머지는 동일하다. 그

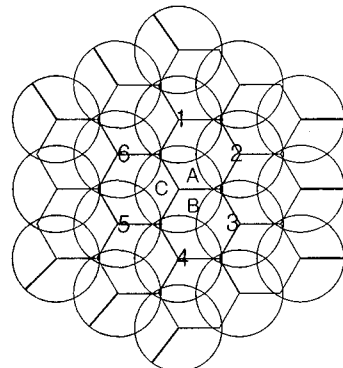


그림 8 실험 환경

리고 본 논문에서 사용되어지는 실험 환경은 리눅스 운영체제에서 소프트웨어로 구현하여 실험을 실시하였다.

모바일 호스트의 생성은 포아송 분포의 입력율에 따라서 생성하였다. 생성된 모바일 호스트들은 3개 등급의 속도를 가진다. 속도의 등급은 임의로 결정된다. 각각의 모바일 호스트들의 생존 시간은 최소 10초를 기본으로 하여 최대 600초까지의 추가 시간이 임의로 할당되었다.

생성된 모바일 호스트들은 생존 시간동안 그림 8에의 실험 환경을 자유롭게 이동한다. 그 모바일 호스트의 이동성 등급은 그 모바일 호스트가 생성되거나 혹은 다른 셀로 핸드오프가 발생할 때 1로 설정된다. 그리고 그 모바일 호스트의 실제 이동 시간이 셀 내부 존재 시간을 초과하면 모바일 호스트의 이동성 등급은 증가한다. 모바일 호스트의 이동성 등급은 최대 3으로 설정하였다. 초기에는 각각의 셀들의 최대 대역폭을 50%정도 사용할 수 있게 모바일 호스트들을 구성하였다.

**5.1 이동성 등급에 따른 핸드오프 확률 변화**

본 논문에서 제안한 셀 내부 영역에 따른 이동성 예측 모델은 기존의 단일 셀 모델에 비하여 세분화 된 핸드오프 확률을 제공할 수 있다. 그리고 셀 내부 존재 시간의 예측이 가능하기 때문에 이동성 등급도 동적으로 조절이 가능하다. 본 절에서는 이러한 다양한 환경에 따라서 제공되는 핸드오프 확률의 변화에 관한 성능을 평가한다. 그림 8에서 A, B, C는 셀 내부 영역을 나타내고 1, 2, 3, 4, 5, 6은 셀 내부 영역 A, B, C를 포함하고 있는 셀의 이웃 셀을 표시한다. 표 1은 각각의 셀 내부 영역에서 이웃 셀들로의 이동성 등급에 따른 평균 핸드오프 확률을 나타낸다.

표 1에서 표시하는 핸드 오프 확률 값은 약 3500회

정도의 핸드 오프를 관찰하고 그 평균 핸드 오프 확률을 기록하였다. 표 1에서 먼저 지역성에 따른 핸드오프 확률을 살펴보면, A영역에서는 A영역과 가까운 위치에 있는 이웃 셀 1이나 이웃 셀 2로 핸드 오프될 확률이 다른 이웃 셀들로의 핸드 오프 확률에 비해 비교적 높게 나타났고 B영역에서는 역시 가장 가까운 곳에 위치한 이웃 셀 3과 4로 핸드 오프될 확률이 높게 나타났다. 그리고 C영역에서도 역시 위치적으로 가장 가까운 이웃 셀 5와 이웃 셀 6으로 핸드 오프될 확률이 높게 나타났음을 알 수 있다. 그러나 이러한 지역성에 따른 핸드 오프 확률도 모바일 호스트의 이동성 등급의 변화에 따라 달라지고 있다. 이동성 등급이 변화한다는 것은 모바일 호스트가 한 셀에서 오래 머물러 있다는 것을 의미한다. A영역의 경우에 이동성 등급에 따른 핸드 오프 확률의 변화를 살펴보면 1등급은 이웃 셀 2 > 이웃 셀 1 > 이웃 셀 4 > 이웃 셀 5 > 이웃 셀 6 > 이웃 셀 3 의 순서로 되어 있고 2등급에서는 이웃 셀 2 > 이웃 셀 5 > 이웃 셀 3 > 이웃 셀 6 > 이웃 셀 4 > 이웃 셀 1 의 순서로 형성되어 있다. 그리고 3 등급에서는 이웃 셀 1 > 이웃 셀 6 > 이웃 셀 3 > 이웃 셀 2 > 이웃 셀 4 > 이웃 셀 5 의 순서로 구성된다. 특히, A영역에서 이웃 셀 2로의 핸드 오프 확률의 변화는 1등급에서는 가장 높고 2 등급에서도 가장 높게 나타났지만 핸드 오프 확률은 떨어지고 있다. 그리고 3등급에서는 4번째 순위의 핸드 오프 확률 값을 가진다. 이것은 A영역에 있는 모바일 호스트가 셀 내부에 오래 머물수록 인접한 영역인 이웃 셀 2로 가지 않고 다른 셀로 이동할 가능성이 크다는 것을 보여주고 있으며, 또한 A영역에서 멀리 있는 이웃 셀 6으로의 핸드 오프 확률 변화는 1등급에서

표 1 내부 영역과 이동성 등급에 따른 핸드오프 확률

		이웃 셀 1	이웃 셀 2	이웃 셀 3	이웃 셀 4	이웃 셀 5	이웃 셀 6
A영역	1 등급	0.212809	0.227605	0.096844	0.174749	0.164705	0.123287
	2 등급	0.126516	0.216231	0.1702	0.14717	0.178035	0.160127
	3 등급	0.255474	0.133548	0.179453	0.113606	0.094259	0.223659
B영역	1 등급	0.155085	0.164724	0.137265	0.253364	0.165583	0.12398
	2 등급	0.108092	0.185556	0.205244	0.174689	0.171181	0.155237
	3 등급	0.232827	0.121714	0.201847	0.127396	0.093933	0.222284
C영역	1 등급	0.154545	0.161929	0.09608	0.176366	0.235462	0.175618
	2 등급	0.108994	0.18636	0.169515	0.146113	0.204295	0.184722
	3 등급	0.230744	0.120453	0.178229	0.112818	0.106077	0.251679



는 0.12387정도의 핸드 오프 확률을 가지고 있지만 셀 내부에 점점 오래 머물수록 0.223659의 핸드 오프 확률로 변화됨을 알 수 있다. 그러나 이웃 셀 6에 가까운 영역인 C영역에서는 1등급에서 다른 이웃 셀들로의 핸드 오프 확률 보다 높은 값을 가지고 있다. 그리고 등급이 상승함에 따라서 핸드 오프 확률도 높아진다. 이것은 C 영역으로 들어온 모바일 호스트는 등급에 상관없이 가까운 이웃 셀 6으로 이동할 가능성이 높고, 이웃 셀 2로의 이동 가능성은 셀에 오래 머물수록 높다. 그리고 표 1에서 나타난 핸드 오프 확률들은 다양한 모바일 호스트들의 이동 패턴이 존재한다는 것을 보여 주고 있다. 그러나 기존의 핸드 오프 확률 예측은 각각의 이웃 셀로의 핸드 오프 확률을 확립적으로 예측하고 있다. 이것은 모바일 호스트들의 다양한 이동 패턴(셀 내부에서 머물러 있는 시간, 그리고 지역적으로 가까운 정도 등)을 고려하지 않고 있다는 것이다. 그러나 본 논문에서 제안하는 셀 내부 기반의 이동성 예측 모델은 각각의 이웃 셀들에 대해서 다양한 이동 패턴을 제공하기 때문에 다양한 핸드 오프 확률들을 예측할 수 있다.

그리고 동적인 자원 예약 기법의 경우 A영역에서 이

웃 셀 1로 핸드 오프가 일어날 가능성이 이동성 등급의 변화에 따라 다양한 핸드 오프 확률값들이 제공되기 때문에 신규 호 블록킹율과 핸드 오프 호 종료율을 개선시킬 수 있다.

5.2 동적인 자원 예약 기법 성능 평가

앞에서 소개한 실험환경을 기반으로 본 논문에서 제안한 동적인 자원 예약 기법과 Semi-reservation기법을 비교 분석하였다. 실험에 사용된 인자 값들의 대부분은 동적인 자원 예약 기법과 Semi-reservation기법에 동일하게 적용되지만 모바일 호스트들의 이동성 등급은 다르게 적용하였다. 동적인 자원 예약 기법에서의 이동성 등급은 4.1에서 소개되었고, Semi-reservation기법에서는 생성되는 모바일 호스트들에게 1부터 3가지의 이동성 등급을 임의로 부여하였다. 그리고 Semi-reservation 기법에서의 모바일 호스트 이동성 등급은 변화하지 않는다. 그 이외의 실험을 위한 변수 값들은 동적 자원 예약 기법과 Semi-reservation 기법 둘 다 동일하다. 모바일 호스트의 서비스 등급은 음성, 화상, 음성과 화상, 일반 이렇게 4개의 등급으로 주어진다. 우리는 실험을 위해서 두 개의 인자를 사용하였다. 첫 번째 인자

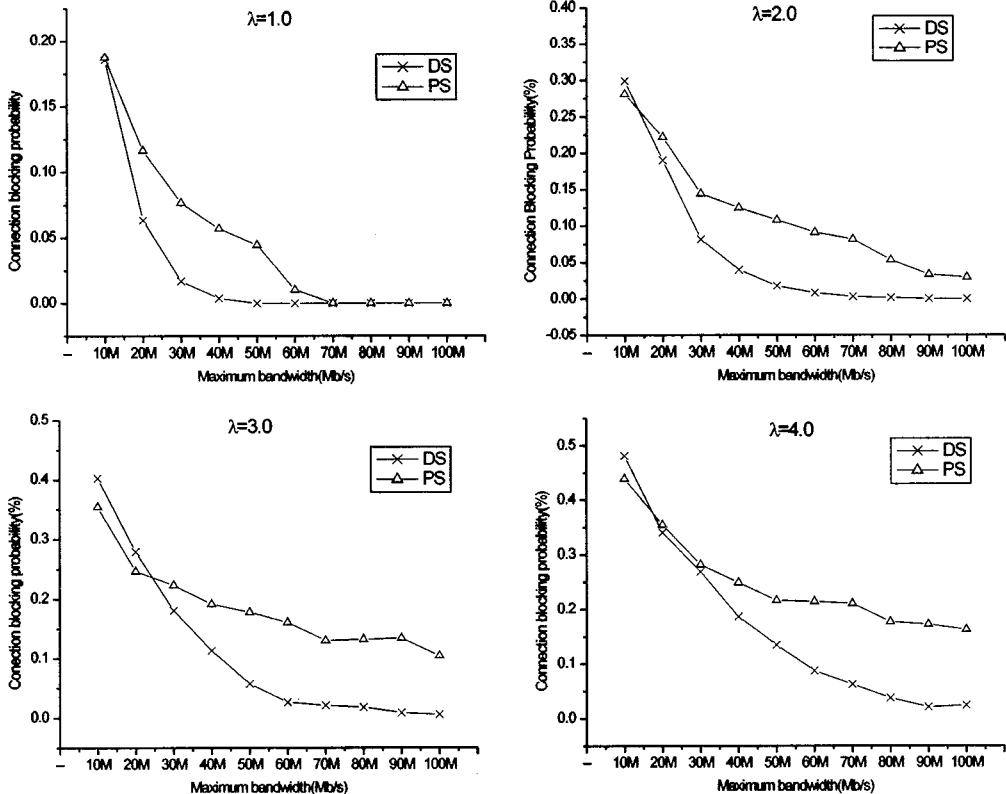


그림 9 신규 호 블록킹 율

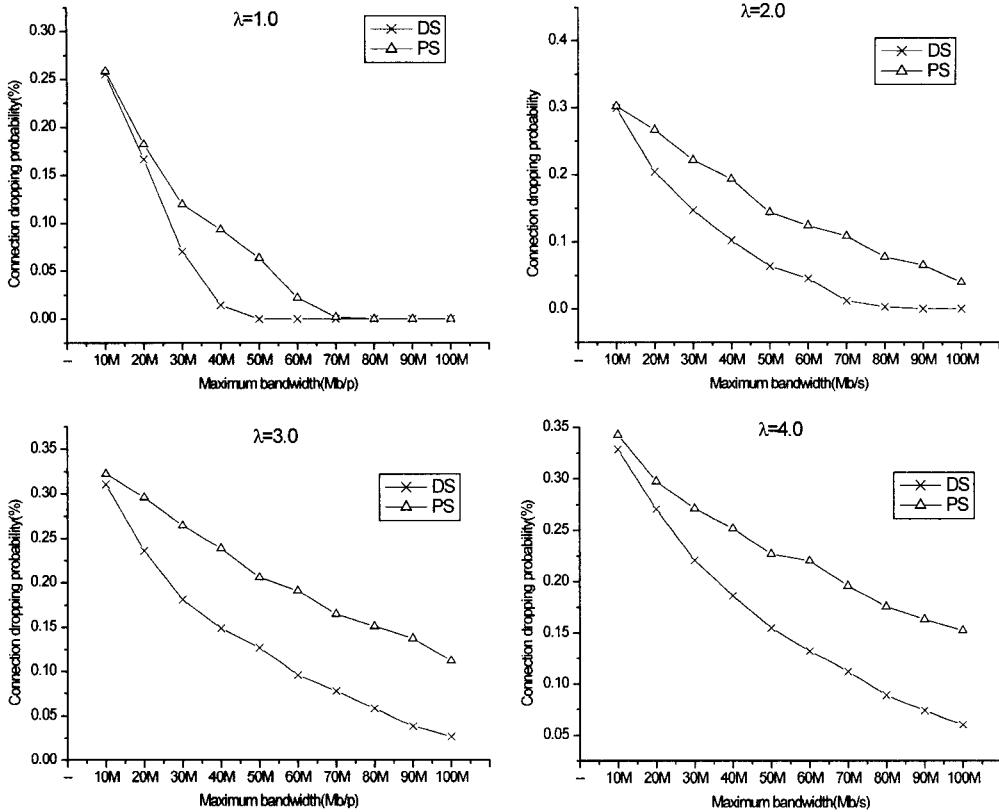


그림 10 핸드 오프 호 종료율

는 각 셀들이 사용할 수 있는 대역폭의 변화이고, 두 번째 인자는 모바일 호스트의 초당 생성율이다. 첫 번째 인자는 10Mbps부터 100Mbps까지 변화를 시켰고, 두 번째 인자는 1.0, 2.0, 3.0 그리고 4.0 4개의 경우로 나누어서 실험을 실시하였다. 우리는 본 실험을 통해서 신규 호 블록킹율과 핸드오프 호의 종료율을 알아보았다.

그림 9에서 DS는 본 논문에서 제안한 동적인 자원 예약 기법을 표시하고 PS는 Semi-reservation 기법을 표시한다. 그림 6은 각각의 모바일 호스트 생성율에 따라서 셀의 대역폭을 변화시켰다. 입력을  $\lambda$ 가 1.0이고 대역폭이 70Mbps일 때 DS와 PS는 둘다 신규 호 블록킹율이 0이다. 그러나, DS는 셀의 대역폭이 50Mbps일 때 신규 호 블록킹율이 0이 되었다. 모든 입력율의 경우에 있어서 셀의 대역폭이 10Mbps일 때는 PS가 DS보다 약간 더 나은 성능을 보이지만 셀의 대역폭이 점점 커질수록 DS가 PS에 비하여 더 나은 성능을 보인다. 셀의 대역폭이 10Mbps일 때 입력율  $\lambda$ 에 상관없이 PS가 약간 좋은 성능을 보이는 이유는 셀의 대역폭이 너무 작아서 DS에서 사용하는 핸드오프 추정과 셀 내부 존재 시간 추정을 위한 충분한 데이터를 구하지 못하였

기 때문이다. 그리고 부정확한 추정은 실제 필요한 양보다 더 많은 대역폭의 양들을 예약하였다. 그렇기 때문에 신규호 블록킹율이 PS가 더 좋게 나타난다. 그 외에 전체적인 성능은 DS가 PS에 비하여 월등히 좋은 성능을 보인다.

그림 10에서는 진행 중인 호들의 종료율인 핸드 오프 호 종료율을 보여주고 있다. 이 실험 역시 두 개의 실험 인자인 셀의 대역폭과 모바일 호스트 생성율을 변화시켰다. 그림 7에서 나타나있는 것처럼 전체적으로 PS에 비해서 DS의 성능이 우수함을 알 수 있다. 이러한 성능의 차이점은 [6]에서 제안한 Semi-reservation 기법은 핸드 오프의 추정을 위해서 단순한 과거의 수치값만을 사용한다에 비하여 동적인 자원 예약 기법에서는 가약 마코프 체인을 이용하여 서로 다른 내부 영역 기반의 서로 다른 핸드 오프 확률값을 추정하였다. 그리고 새로운 인자인 셀 내부 존재 시간도 추정하였다. 또한 동적인 모바일 호스트의 이동성 등급 역시 이러한 성능의 차이에 많은 영향을 끼쳤다.

## 6. 결론

본 논문에서는 셀 내부 영역에 기반한 이동성 예측 모델과 동적 자원 예약 기법을 제안하였다. 그 이동성 예측 모델은 가약 마코프 체인을 이용하여 모델링되었고 핸드오프 확률과 셀 내부 존재 시간을 구하였다. 이 모델에서 구해진 핸드 오프 확률과 셀 내부 존재 시간은 모바일 호스트들의 다양한 이동 패턴을 반영할 수 있다. 그리고, 이러한 핸드오프 확률과 셀 내부 존재 시간은 동적인 자원 예약 기법의 인자로 사용된다. 특히, 셀 내부 존재 시간은 모바일 호스트들의 이동성 등급을 동적으로 조정할 수 있는 변수로 사용되었으며, 이러한 동적인 이동성 등급의 변화는 동적으로 자원 예약의 상황을 변경시킬 수 있었다. 그리고, 핸드오프 확률은 일률적인 핸드오프 확률을 제공하는 것이 아니라 모바일 호스트들의 셀 내부 영역의 최초 위치에 따라 서로 다른 핸드오프 확률을 가질 수 있다. 본 논문에서 제안한 기법들을 [6]에서 제안한 semi-reservation 기법과 비교 실험한 결과 신규 호 블록킹율과 핸드오프 호 종료율에서 더 나은 성능을 보였다.

### 참 고 문 헌

- [1] C. Huang, "An analysis of CDMA 3G wireless communications standards," in Proc. IEEE VTC '99, Houston, TX, May 1999.
- [2] Wei Zhuang, Brahim Bensaou, Kee Chaing Chua, "Adaptive Quality of Service Handoff Priority Scheme for Mobile Multimedia Networks," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 49, No. 2, March 2000.
- [3] David A. Levine, Ian F. Akyildiz, Mahmoud Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 5, No. 1, February 1997.
- [4] Tao Zhang et al., "Local Predictive Resource Reservation for Handoff in Multimedia Wireless IP Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications Vol. 19, No. 10, October 2001.
- [5] X. Luo, I. Thng, and W. Zhuang, "A dynamic pre-reservation scheme for handoffs with GoS guarantee in mobile networks," in proc. IEEE Int. Symp. Computers Communications, July 1999.
- [6] Geng-sheng Kuo, Po-Chang Ko and Min-Lian Kuo, "A Probabilistic Resource Estimation and Semi-Reservation Scheme for Flow-Oriented Multimedia Wireless Networks," IEEE Communications Magazine, February 2001.
- [7] A. Talukdar, B. Badrinath, A. Acharya, "MRSVP: A Resource Reservation Protocol for an Integrated Services Packet Network with Mobile Hosts," Technical Report DCS-TR-337, Rutgers University, 1997.
- [8] L. Ortigoza-Guerrero and A. H. Aghvami, "A prioritized handoff dynamic channel allocation strategy for PCS," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol 48, July 1999.
- [9] S. Kim and T. F. Znati, "Adaptive handoff channel management schemes for cellular mobile communication systems," in Proc. ICC '99, 1999.
- [10] U. Madhow, M. L. Honig, and K. Steiglitz, "Optimization of wireless Resources for personal Communications Mobility Tracking," IEEE/ACM Transactions on Networking, vol 3, no. 6, December 1995.
- [11] A Bar-Noy, and I. Kessler, "Tracking Mobile Users in Wireless Communications Network," Proc. IEEE INFOCOM '93, San Francisco, CA, March 1993.
- [12] H. Jung, S. Mishra and O. K. Tonguz, "Efficient Location Management in PCS," Proc. IEEE PIMRC '95, New York, vol. 1, September 1995.
- [13] H. G. Ebersman, and O. K. Tonguz, "Handoff Ordering Using Signal Prediction Priority Queuing in Personal Communication Systems," IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 48, no. 1, January 1999.
- [14] Carlos Oliveria, Jaime Bae Kim, Tatsuya Suda, "An Adaptive Bandwidth Reservation Scheme for High-Speed Multimedia Wireless Networks," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, vol. 16, August 1998.
- [15] 이호우, "대기행렬 이론", 시그마 프레스, 1999.

### 박 시 용

1997년 경성대학교(이학사). 2001년 부산대학교(이학 석사). 2003년 부산대학교 박사과정 수료. 관심분야는 모바일 네트워크, 멀티미디어 통신, 인터넷 QoS

### 정 기 동

1973년 서울대학교(학사). 1975년 서울대학교 대학원(이학 석사). 1986년 서울대학교 대학원(이학 박사). 1990년~1991년 MIT대학 교환 교수. 1995년~1997년 부산대학교 전자계산소 소장. 1999년~2001년 부산대학교 BK21 단장. 1978년~현재 부산대학교 전자계산학과 교수. 관심분야는 병렬 처리, 멀티미디어, 모바일 네트워크