

모바일 네트워크에서 대역폭 이용을 향상을 위한 윈도우 기반의 자원 예약 기법

박 시 용⁺ · 박 성 호^{**} · 정 기 동^{***}

요 약

본 논문에서는 모바일 네트워크에서 자원 예약으로 인해서 낭비되는 무선 자원을 개선하기 위한 윈도우 기반 자원 예약 기법을 제안한다. 특히 이 기법은 차별화 된 핸드오프 예측 모델을 기반으로 모바일 호스트들이 셀에서 이동하는 횟수를 이용하여 적절한 자원 예약 시점을 결정한다. 기존의 자원 예약 기법에서는 모바일 호스트가 셀에 도착하거나 생성되면 바로 자원 예약을 요청한다. 그러나 본 논문에서 제안하는 기법은 차별화 된 핸드오프 예측 모델에서 제공하는 추정된 내부 영역 이동 횟수를 기반으로 일정 시간이 경과한 후에 자원을 예약하므로 자원 이용율을 향상시킬 수 있다. 그리고 이웃 셀들에 대한 자원 예약 요청 비율에 따라 차별화 된 자원 예약을 실시하여 전체적인 자원 예약 성공률 및 대역폭 이용율을 향상시킨다.

키워드 : QoS, 모바일 네트워크, 자원 예약

A Window based Resource Reservation Scheme to Improve Bandwidth Utilization in Mobile Networks

Si-Yong Park⁺ · Sung-Ho Park^{**} · Ki-Dong Chung^{***}

ABSTRACT

In this paper, we propose a window based resource reservation scheme to minimize an waste bandwidth due to resource reservation in mobile networks. Specially, this scheme decides a proper timing to reserve resource by using the number of movement, which is provided by the differentiated handoff estimation model, among inner regions. In the previous resource reservation scheme[6], it requests a resource reservation to neighboring cells as soon as a mobile host enters or creates into a cell. But, after a proper time based on the number of movements in the differentiated handoff estimation model passes, the proposed scheme requests a resource reservation to neighboring cells. Because of this reason, it can improve resource utilization on mobile networks. And, this scheme differentiates resource reservation according to a request ratio for resource reservation to each neighboring cell. Also, this scheme improves resource reservation acceptance rate and bandwidth utilization.

Key Words : QoS, Mobile Network, Resource Reservation

1. 서 론

음성 서비스로 대표되는 모바일 네트워크는 MMS(Multi-media Messaging Service)와 같은 부분적인 멀티미디어 서비스를 제공하는 3세대 이동 통신인 IMT-2000으로 발전했지만, 여전히 만족할만한 수준의 멀티미디어 서비스를 제공하지 못하고 있다. 특히, 모바일 네트워크에서 단말의 이동성과 빈약한 무선 링크 대역폭은 빈번한 서비스의 단절을

야기시키고, 대역폭의 빠른 변동을 초래한다. 이러한 문제점들을 해결하기 위해서 주파수 재사용, 코드 분할 다중 접속(CDMA)과 같은 무선 링크 대역폭을 향상시키기 위한 연구가 활발히 진행되었지만, 대역폭의 증가만으로는 만족할만한 멀티미디어 서비스를 제공하기가 어렵다. 대역폭 향상에 대한 연구뿐만 아니라 멀티미디어 서비스의 QoS를 만족시키기 위한 기타 많은 연구들이 동반되어야 한다. 이러한 연구들 중에서 특히 모바일 호스트들의 신규 호 수락 거절율과 핸드오프 호 강제 종료율을 향상시키기 위한 연구들이 활발히 진행되고 있다.

모바일 네트워크에서 신규 호 수락 거절율과 핸드오프 호 강제 종료율을 낮추기 위해서는 적절한 자원 예약 기법이 요구된다. 이러한 자원 예약 기법들은 대부분 가까운 미래

* 본 논문은 정보통신부 정보통신진흥원에서 지원하고 있는 정보통신기초연구 지원사업의 연구결과입니다.
⁺ 정 회 원 : 대전대학교 교육개발센터
^{**} 성 회 원 : 부산대학교 정보전산원
^{***} 중 심 회 원 : 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
 논문접수 : 2005년 9월 13일, 심사완료 : 2006년 3월 10일

에 이동할 가능성이 있는 주변 이웃 셀들에게 전체 혹은 일부분의 자원을 예약한다[6, 7, 14]. 그러나 가까운 미래에 이동할 셀들을 예측하는 것은 어려운 일이다. 이전의 많은 연구들에서는 모바일 호스트들의 이동 가능성을 추정하기 위해서 알려져 있는 통계 분포내지 단순 통계량들을 사용하였다[2, 3, 7, 10, 14]. 그러나 이러한 연구들은 사용자들의 이동 패턴을 고려하지 않았기 때문에 획일화 된 핸드오프 확률만을 제공하고 있다[2, 3, 4, 5, 7, 8, 10, 14]. 이것은 한 셀 내부에 있는 모든 모바일 호스트들은 특정한 이웃 셀에 대해서 동일한 핸드오프 확률을 가진다는 것이다. 그러나 사용자들의 이동 패턴을 고려한다면 이처럼 획일화 된 핸드오프 확률은 많은 문제점들을 야기시킨다. [6]에서는 사용자들의 이동 패턴을 고려한 차별화 된 핸드오프 추정 모델을 제안하였다. 차별화 된 핸드오프 추정 모델은 단말들의 이동 패턴을 고려하기 위해서 셀을 내부 영역이 포함된 구조로 재구성하고, 이러한 셀 구조를 기반으로 가약(reducible) 마코프 체인의 모델링 방식을 이용하여 차별화 된 사용자 이동 패턴을 추정하고, 이동 패턴과 이동성 등급에 따른 차별화 된 핸드오프 확률과 셀 내부 영역 이동 횟수를 추정하였다.

기존의 자원 예약 기법의 또 다른 문제점 중의 하나는 즉시 사용하지 않는 자원을 예약만 하기 때문에 많은 대역폭의 낭비를 초래한다는 것이다. 모바일 호스트가 셀에 진입하거나 혹은 생성되면 대역폭을 할당받고, 바로 이웃 셀들에게 자원 예약을 요청하기 때문에 그 모바일 호스트가 핸드오프 발생하기 전까지는 이웃 셀의 입장에서는 사용할 수 없는 대역폭이다. 그러므로 이러한 예약되는 대역폭을 최소화하거나 예약되는 시간을 줄일 수 있다면, 대역폭 이용률이 향상되기 때문에 더 많은 신규 요청과 자원 예약 요청을 받아들일 수 있을 것이다.

본 논문에서는 단말의 이동패턴을 고려하고 있는 차별화 된 핸드오프 추정 모델을 기반으로 자원 예약으로 인하여 비효율적으로 사용되는 무선 대역폭을 개선시키는 윈도우 기반의 자원 예약 기법을 제안한다. 또한, 목표 핸드오프 호강제 종료율에 대응하는 자원 예약 윈도우내에서 적용적으로 자원 예약 시점을 결정하고, 각 이웃 셀들에 대한 자원 예약 요청 비율에 따라 차별화 된 자원 예약을 실시하기 때문에 전체적인 자원 예약 성공률 및 대역폭 이용률을 향상시켰다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 본 논문에서 제안하는 윈도우 기반의 자원 예약 기법의 배경이 되는 차별화 된 핸드오프 추정 모델과 모바일 네트워크에서의 기존 자원 예약 기법들에 대해서 살펴본다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 윈도우 기반의 자원 예약 기법에 대하여 소개한다. 4장에서는 실험 및 결과를 보이고, 마지막으로 5장에서 결론 및 향후 연구 과제를 언급한다.

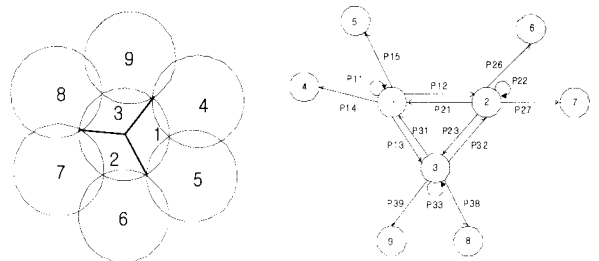
2. 관련 연구

본 장에서는 윈도우 기반의 자원 예약 기법의 배경이 되

는 차별화 된 핸드오프 예측 모델과 모바일 네트워크를 위한 기존의 자원 예약 기법들에 대하여 살펴본다.

2.1. 차별화 된 핸드오프 예측 모델

차별화 된 핸드오프 예측 모델은 단말의 이동 패턴을 기반으로 다양한 핸드오프 확률과 내부 영역 이동 시간을 제공하고, 가약 마코프 체인을 이용하여 모델링하였다. 가약 마코프 체인은 하나 이상의 흡수 상태와 여러 개의 일시(transient) 상태를 가지고 있는 마코프 체인이다. 흡수 상태는 한 번 진입하면 다시 회귀하지 못하는 상태를 말한다. 그리고 일시 상태는 다시 회귀할 확률이 존재하는 상태이다. [6]에서는 [그림 1]과 같은 내부 영역을 가지는 셀 구조를 기반으로 가약 마코프 체인을 적용하였다.



(a) 내부 영역을 가지는 셀 구조 (b) (a)의 상태 전이도

(그림 1) 섹터 안테나로 구성된 셀 내부 영역을 가지는 셀 구조와 상태도

(그림 1)의 (a)에서 1, 2, 3은 섹터 안테나로 분리 된 셀의 내부 영역이다. 그리고 4, 5, 6, 7, 8, 9는 이웃 셀들이다. (그림 1) (a)의 구조에서 모바일 호스트들은 중앙 셀의 내부 영역 1, 2, 3 중 어느 한곳으로 진입한 후, 내부 영역을 이동하다가 이웃 셀로 이동할 것이다. 이 경우의 상태 전이도는 (그림 1) (b)와 같다. (그림 1) (b)에서 상태 1, 2, 3은 모바일 호스트가 각각의 내부 영역 1, 2, 3에 머물러 있는 가약 마코프 체인의 일시 상태를 의미하고, 상태 4, 5, 6, 7, 8, 9는 모바일 호스트가 내부 영역을 지나 각각의 이웃 셀 4, 5, 6, 7, 8, 9에 머물러 있는 가약 마코프 체인의 흡수 상태를 의미한다. [6]에서는 (그림 1)과 같은 구조에서 모바일 호스트들이 핸드오프가 발생할 때까지 셀 내부 영역을 이동하는 평균 횟수를 (식 1)과 같이 구하였다. (그림 1) (b)에서 P_{ij} 는 내부영역 i 에서 내부영역 j 혹은 이웃 셀 j 로 이동하는 비율이다.

$$N_{mov}^i = \begin{cases} \frac{1 - P_{23}P_{32} + P_{12}P_{32} + P_{12}P_{23} + P_{12} + P_{13}}{(1 - P_{23}P_{32}) - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} & , i = 1 \\ \frac{1 - P_{13}P_{12} + P_{23}P_{31} + P_{13}P_{31} + P_{21} + P_{23}}{(1 - P_{23}P_{32}) - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} & , i = 2 \\ \frac{1 - P_{23}P_{32} + P_{13}P_{32} + P_{12}P_{23} + P_{12} + P_{13}}{(1 - P_{23}P_{32}) - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{21})} & , i = 3 \end{cases} \quad (식 1)$$

(식 1)에서 N_{mov} 는 모바일 호스트가 핸드오프 전까지 내

부 영역 사이를 평균적으로 이동하는 횟수를 의미하고, i 는 모바일 호스트가 진입한 내부 영역을 의미한다.

(식 2)에서는 모바일 호스트가 진입한 내부 영역에 따른 각 이웃 셀로의 핸드오프 확률을 보이고 있다.

$$\left(\begin{array}{cccccc} \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{21} - P_{21}P_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{31} - P_{31}P_{13})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{32} + P_{32}P_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{12} + P_{12}P_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{21} + P_{21}\Gamma_{31})}{\Delta P} \\ \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{31} + P_{31}P_{13})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{33} - P_{33}\Gamma_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{11} - P_{11}\Gamma_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{31})}{\Delta P} \\ \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{33} + P_{33}\Gamma_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{11} - P_{11}\Gamma_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{21} + P_{21}\Gamma_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{13})}{\Delta P} \\ \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{11} - P_{11}\Gamma_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{21} + P_{21}\Gamma_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{13})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{33} - P_{33}\Gamma_{23})}{\Delta P} \\ \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{32})}{\Delta P} & \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{21} + P_{21}\Gamma_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{13})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{33} - P_{33}\Gamma_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{11} - P_{11}\Gamma_{21})}{\Delta P} \\ \frac{P_{31}(\Gamma_{31}\Gamma_{21} + P_{21}\Gamma_{31})}{\Delta P} & \frac{P_{12}(\Gamma_{12}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{12})}{\Delta P} & \frac{P_{13}(\Gamma_{13}\Gamma_{23} + P_{23}\Gamma_{13})}{\Delta P} & \frac{P_{23}(\Gamma_{23}\Gamma_{33} - P_{33}\Gamma_{23})}{\Delta P} & \frac{P_{21}(\Gamma_{21}\Gamma_{11} - P_{11}\Gamma_{21})}{\Delta P} & \frac{P_{32}(\Gamma_{32}\Gamma_{22} + P_{22}\Gamma_{32})}{\Delta P} \end{array} \right) \quad (식 2)$$

(식 2)에서 Γ_{ij} 는 $1 - P_{ij}$ 이고, ΔP 는 $(1 - P_{23}P_{32}) - P_{12}(P_{23}P_{31} + P_{21}) - P_{13}(P_{31} - P_{12})$ 이다. (식 2)의 각 행은 모바일 호스트의 진입 내부 영역을 의미하고, 각 열은 이웃 셀을 의미한다. 즉, (식 2)에서 1행 1열은 (그림 1) (a)의 내부 영역 1로 진입한 모바일 호스트가 이웃 셀 4로 핸드오프 할 확률을 의미한다.

2.2 모바일 호스트에서의 자원 예약 기법

모바일 네트워크에서 멀티미디어 서비스를 효율적으로 지원하기 위해서는 연결 수준(connection Level) QoS를 향상시키기 위한 연구가 필수적이다. 모바일 네트워크의 연결 수준 QoS는 일반적으로 호 거절 확률(Call Blocking Probability)과 호 강제 종료 확률(Call Dropping Probability)로 표현된다[1]. 그리고 이를 향상시키기 위하여 자원 예약 기법과 호 수락 제어 기법들에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

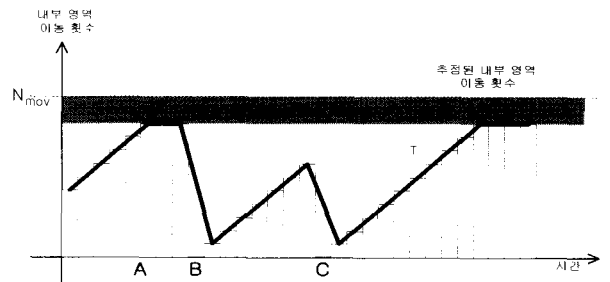
[3]에서는 윈도우 클러스터 개념을 이용하여 이웃 셀들에게 자원을 예약한다. 윈도우 클러스터 개념은 셀룰라 네트워크에서 사용될 수 있는 가상 메시지 시스템이다. 모바일 호스트가 현재 머물고 있는 셀은 이웃 셀들과 자원 예약을 위해서 모바일 호스트들의 위치와 이동 패턴에 관한 정보들을 서로 교환한다. [2]에서는 호 핸드오프 실패 확률을 줄이기 위해서 적응적인 QoS 핸드오프 우선 순위 기법을 제안하였다. [4]에서는 미래의 핸드오프 호들의 자원 요구량을 예측하기 위해서 지역 정보만을 이용하였다. [4]에서는 winner prediction theory와 시계열 분석을 이용하여 모델링하였다. [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. [14]에서는 물리적인 상황에 따라서 모바일 호스트들의 이동성 등급을 결정하였다. 그리고 각각의 모바일 호스트는 이동성 등급들에 따라 서로 다른 핸드오프 확률 값들을 가지게 되고 이웃 셀들에게 semi-reservation을 실시한다.

[7]에서는 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 제안하였다. 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법은 과거 특정 시간의 핸드오프 정보를 이용하여 핸드오프 확률을 추정하고, 추정된 핸드오프 확률과 사용 중인 대역폭을

이용하여 자원 예약을 실시하였다. 그리고 핸드오프 호의 수락 성공률을 높이기 위해서 시간 윈도우를 통하여 과거 핸드오프 정보량을 적절하게 조정하였다. 그러나 이 기법에서는 빠르게 변화하는 대역폭의 변화에 최신의 정보가 아닌 과거의 정보를 이용함으로써 빠른 대역폭 변화에 적응하기 어려운 단점이 있고, 핸드오프 호 강제 종료율이 높아지는 상황에서 더 많은 대역폭을 시도하기 때문에 성능 저하를 유발시킬 수 있다.

3. 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법

자원 예약은 모바일 호스트들에게 안정적인 연결을 유지해 주지만 사용하지 않는 자원으로 인한 낭비가 심하다. 본 논문에서 제안하는 윈도우 기반의 자원 예약 기법에서는 대역폭 이용을 높이기 위해서 [6]의 차별화 된 핸드오프 예측 기법에서 제공하는 내부 영역 평균 이동 횟수를 이용하여 자원 예약 윈도우를 구성하고, 자원 예약 윈도우를 이용하여 자원 예약을 실시할 내부 영역 이동 횟수를 적응적으로 결정한다. 이 기법은 모바일 호스트가 셀에 진입하자마자 자원 예약을 실시하지 않고, 적절한 시간이 경과한 후에 자원을 예약하기 때문에 자원 예약으로 인하여 낭비되는 대역폭을 줄일 수 있다.

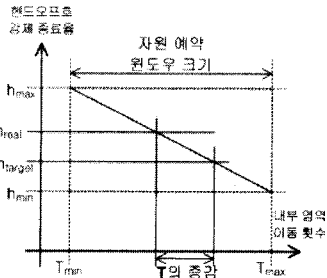


(그림 2) 자원 예약 윈도우의 예

(그림 2)는 자원 예약 윈도우 알고리즘을 보여준다. T는 자원 예약을 실시하기 위한 내부 영역 이동 횟수이다. 그리고 T는 [6]에서 제공하는 추정된 내부 영역 이동 횟수에서 예약 실패 방지 영역을 감한 값보다 항상 작아야 한다. 예약 실패 방지 영역은 자원 예약 실패를 예방하기 위한 값이다. 만약 일정 시간 동안 한 셀에서 실제 핸드오프 강제 종료율이 목표 핸드오프 강제 종료율보다 작다면 그 차이에 비례한 양만큼 T는 감소하지만 반대의 경우에 T는 그 차이에 비례하는 양만큼 증가한다. 그리고 실제 핸드오프 강제 종료율이 최대 목표 핸드오프 강제 종료율보다 높다면 T는 최소 내부 영역 이동 횟수가 된다. 최소 내부 영역 이동 횟수는 모바일 호스트가 자원 예약을 실시하기 위해서 최소로 설정하는 내부 영역 이동 횟수이다.

(그림 2)에서 A는 T가 최대가 되는 시점이고, B와 C는 실제 핸드오프 강제 종료율이 최대 핸드오프 강제 종료율보다 높아져서 T가 최소 내부 영역 이동 횟수가 되는 시점들

이다. 그러나 B는 이웃 셀의 자원 상태가 좋지 않은 상황에서 자원의 상태가 더욱 나빠진 경우이고, C는 이웃 셀의 자원 상태가 여유가 있음에도 불구하고 갑작스런 대역폭의 변동에 의한 경우이다.



(그림 3) 자원 예약 윈도우의 감소량 및 증가량 결정

(그림 3)에서는 자원 예약 윈도우에서 자원 예약 시점을 결정하기 위한 내부 영역 이동 횟수의 증가량과 감소량을 결정하는 방법을 보인다. (그림 3)에서 사용된 각각의 인자들은 <표 1>에서 설명한다.

<표 1> (그림 3)의 기호 설명

기호	설명
h_{max}	목표 핸드오프 강제 종료율의 최대값
h_{min}	목표 핸드오프 강제 종료율의 최소값
T_{max}	자원 예약 결정을 위한 내부 영역 이동 횟수의 최대값
T_{min}	자원 예약 결정을 위한 내부 영역 이동 횟수의 최소값
h_{target}	현재 목표 핸드오프 강제 종료율
h_{real}	실제 핸드오프 강제 종료율

(그림 3)에서 자원 예약 결정을 위한 내부 영역 이동 횟수의 증가량과 감소량을 (식 3)과 같이 결정한다.

$$T_{diff} = \begin{cases} \frac{T_{max} - T_{min}}{h_{max} - h_{min}} (h_{real} - h_{target}) & , h_{real} > h_{target} \\ \frac{T_{max} - T_{min}}{h_{max} - h_{min}} (h_{target} - h_{real}) & , h_{real} < h_{target} \\ 0 & , h_{real} = h_{target} \end{cases} \quad (식 3)$$

(식 4)는 자원 예약 결정을 위하여 새로 설정되는 내부 영역 이동 횟수이다.

$$T_i = \begin{cases} T_{i-1} + T_{diff} & , h_{real} > h_{target} \\ T_{i-1} - T_{diff} & , h_{real} < h_{target} \\ T_{i-1} & , h_{real} = h_{target} \end{cases} \quad (식 4)$$

(식 4)에서 i 는 T 를 i 번째 설정한다는 것을 의미한다.

윈도우 기반 적응적 자원 예약 기법은 각 셀들간의 목표 핸드오프 강제 종료율을 동일하게 설정할 수 있지만, 목표 핸드오프 호 강제 종료율을 차별화하는 경우보다 성능이 저하 될 수 있다.

<표 2>에서 A셀과 B셀은 특정한 셀에 동시에 자원 예약을 요구하는 셀들이다. 그리고 A셀은 총 10개의 모바일 호스트가 자원 예약을 요구하고, B셀은 총 100개의 모바일 호스트가 자원 예약을 요구한다고 가정하자. 만약 목표 핸드오프 강제 종료율이 A셀과 B셀에 동일하게 20%로 설정되었다면 자원 예약에 실패한 전체 모바일 호스트의 수는 22개이다. 그러나 A셀의 목표 핸드오프 강제 종료율을 30%로 설정하고, B셀의 목표 핸드오프 강제 종료율을 10%로 설정한다면 자원 예약에 실패한 모바일 호스트들의 전체 수는 13개이다. 이와 같이 자원 예약을 실시하는 모바일 호스트들의 수에 비례하여 목표 핸드오프 강제 종료율을 차별화한다면 자원 예약에 실패하는 모바일 호스트들의 전체 수를 줄일 수 있다.

위와 같은 이유로 윈도우 기반 적응적 자원 예약 기법에서는 자원 예약을 요구하는 이웃 셀들에게 차별화 된 목표 핸드오프 강제 종료율을 설정한다. 먼저 h_{target} 은 (식 5)를 만족해야 한다.

<표 2> 동일한 목표 핸드오프 종료율 설정의 단점

		A 셀(10개 요구)	B 셀(100개 요구)
목표 핸드오프 강제 종료율	10%	성공 : 9	성공 : 90
		실패 : 1	실패 : 10
	20%	성공 : 8	성공 : 80
		실패 : 2	실패 : 20
	30%	성공 : 7	성공 : 70
		실패 : 3	실패 : 30

$$h_{min} \leq h_{j,target} \leq h_{max} \quad (식 5)$$

(식 5)에서 $h_{j,target}$ 은 이웃 셀 j 에 대한 목표 핸드오프 강제 종료율이다. $h_{j,target}$ 은 각각의 이웃 셀들에 대해서 차별화하여 설정한다.

$$h_{j,target} = h_{j,real}^{prev} + \sum_{j=1}^6 \alpha_j (h_{j,target}^{prev} - h_{j,real}^{prev}) \quad (식 6)$$

(식 6)에서 $h_{i,real}^{prev}$ 는 이웃 셀 j 의 이전의 실제 핸드오프 강제 종료율이고, $\sum_{j=1}^6 \alpha_j (h_{j,target}^{prev} - h_{j,real}^{prev})$ 는 각 이웃 셀에 대한 이전의 목표 핸드오프 강제 종료율과 이전의 실제 핸드오프 강제 종료율의 차이값을 합하여 핸드오프 분포 비율로 분배한 값이다. 그리고, α_j 는 각 셀들에 대한 목표 핸드오프 강제 종료율을 차별화하기 위한 이웃 셀 j 에 대한 차별화 계수이다. 그리고 j 가 1부터 6까지인 이유는 이웃 셀의 개수가 6개라고 가정하였기 때문이다. (식 7)에서는 차별화 계수인 α_j 를 구한다.

$$\alpha_j = \begin{cases} \frac{n_{j,rsrv}}{n_{rsrv}} & , (n_{rsrv} \neq 0) \cup (n_{j,rsrv} \neq 0) \\ 0 & , (otherwise) \end{cases} \quad (식 7)$$

n_{resv} 는 단위 시간 동안 특정 셀에서 모든 주변 이웃 셀들에게 자원 예약을 요청한 모든 모바일 호스트들의 수이다. $n_{j,resv}$ 는 이웃 셀 j 에게 자원 예약을 요청한 모바일 호스트의 수이다. 그러면 α_j 는 (식 7)로 나타낼 수 있다.

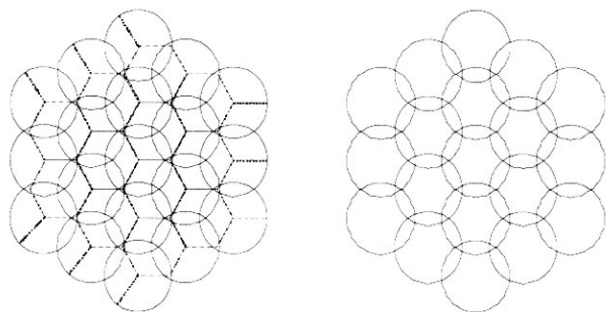
(식 2)에서 제공하는 핸드오프 확률 P 를 가지는 모바일 호스트 k 가 셀에 진입한 후에 이웃 셀들에게 b 만큼의 자원 예약을 요구하는 경우, 위에서 결정된 자원 예약 시점을 기반으로 아래와 같은 알고리즘을 이용하여 자원 예약을 실시한다.

- [과정 1] 모바일 호스트 k 가 T_i 만큼 이동하였는지 검색
- [과정 2] 만약 모바일 호스트 k 가 T_i 만큼 이동하였다면 [과정 3]을 수행하고, 그렇지 않고 모바일 호스트 k 가 내부 영역을 이동하였다면 [과정 1]을 수행
- [과정 3] 이웃 셀들에게 대역폭 b 를 예약하기 위해서 요구한다.
- [과정 4] 이웃 셀의 여유 대역폭이 모바일 호스트의 요구 대역폭 b 보다 크다면 자원 예약 요구를 수락하지만, 그렇지 않다면 요구 대역폭 b 를 감소 비율 d 만큼 감소한다($0 < d \leq 1$).
- [과정 5] 만약 재계산된 요구 대역폭이 이웃 셀의 여유 대역폭 보다 작다면 자원 예약 요구는 수락되지만, 그렇지 않다면 재계산된 요구 대역폭이 $P \times d$ 보다 작을 때까지 [과정 4]를 반복 수행한다. 그리고 재계산된 요구 대역폭이 $P \times d$ 보다 작아지면 그 요구는 거절된다.

4. 실험 및 성능 평가

본 장에서는 차별화 된 핸드오프 예측 모델을 기반으로 한 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 기존의 자원 예약 기법과 비교 분석한다. 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 비교 분석하기 위해서 [7]에서 제안한 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 이용하였다.

4.1 실험 환경



(a) 제안 기법을 위한 실험 환경 (b) 비교 기법을 위한 실험 환경

(그림 4) 성능 평가를 위한 실험 환경

전체적인 실험 환경은 (그림 4)와 같이 총 19개의 셀들로 구성된 실험 환경을 사용한다. 모바일 호스트의 생성은 포아송 분포의 생성율에 따라서 생성하였다. 본 논문의 실험

을 위해서 생성한 모바일 호스트들의 수는 15,000개이다.

<표 3>에서는 생성된 모바일 호스트들의 초기 설정들을 나타낸다. <표 3>에서 모바일 호스트들의 호 지속 시간은 최소 15초를 기본으로 하여 최대 60초까지의 추가 시간을 임의로 할당하였다.

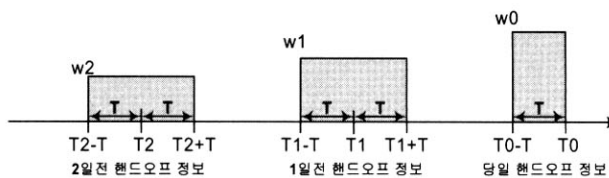
<표 3> 실험에 사용된 모바일 호스트들의 실험 인자

실험 인자	설정	
모바일 호스트 속도	빠름, 중간, 느림	
호 지속 시간	15초~75초	
서비스 종류 (1채널 = 0.5 Mbps)	기본 서비스 (텍스트 혹은 이미지)	1채널
	음성 서비스	2채널
	비디오 서비스	3채널
	멀티미디어 서비스	4채널

본 논문에서는 성능 평가를 위하여 위와 같은 실험 환경을 기반으로 C언어를 이용하여 시뮬레이션 프로그램을 구현하였다. 시뮬레이션 프로그램에서는 (그림 4)의 환경에서 <표 3>에 의해서 생성된 각각의 모바일 호스트들이 설정된 호 지속 시간 동안 셀 내부 영역과 이웃 셀들을 속도에 따라 자유롭게 이동한다. 그러나 이웃 셀로 이동하는 경우에는 현재 위치한 내부 영역에 인접한 이웃 셀로만 이동이 가능하다.

4.2 비교 기법

[7]에서는 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 제안하였다. 시간 윈도우 기반 적응적 자원 예약 기법은 과거 일정 기간 동안의 핸드오프 정보를 이용하여 핸드오프를 추정한다. 모바일 호스트가 하루의 특정 시간대에 셀에 진입한다면, 진입한 시간의 일정 시간 간격동안 발생한 과거 몇일 간의 핸드오프 정보를 수집하여 핸드오프 확률을 추정하고 추정된 핸드오프 확률만큼의 대역폭을 이웃 셀들에게 예약한다. 그리고 핸드오프 호 강제 종료율이 높아진다면 핸드오프 정보를 수집하기 위한 시간 간격을 크게 할당하여 핸드오프 확률 추정치를 높이고 더 많은 대역폭을 이웃 셀들에게 요구한다.



(그림 5) 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법

(그림 5)에서 w_0 는 당일의 핸드오프 정보를 수집하기 위한 시간 윈도우고, w_1 과 w_2 는 1일 전과 2일 전 핸드오프 정보를 수집하기 위한 시간 윈도우들이다. 그리고 T_0 는 모바일 호스트가 셀에 진입한 시간을 의미하고 T_1 과 T_2 는 1일 전과 2일 전의 동일 시간이다. T 는 핸드오프 정보를 수집하기 위한 시간 간격이다. 그러므로 시간 윈도우는 각각

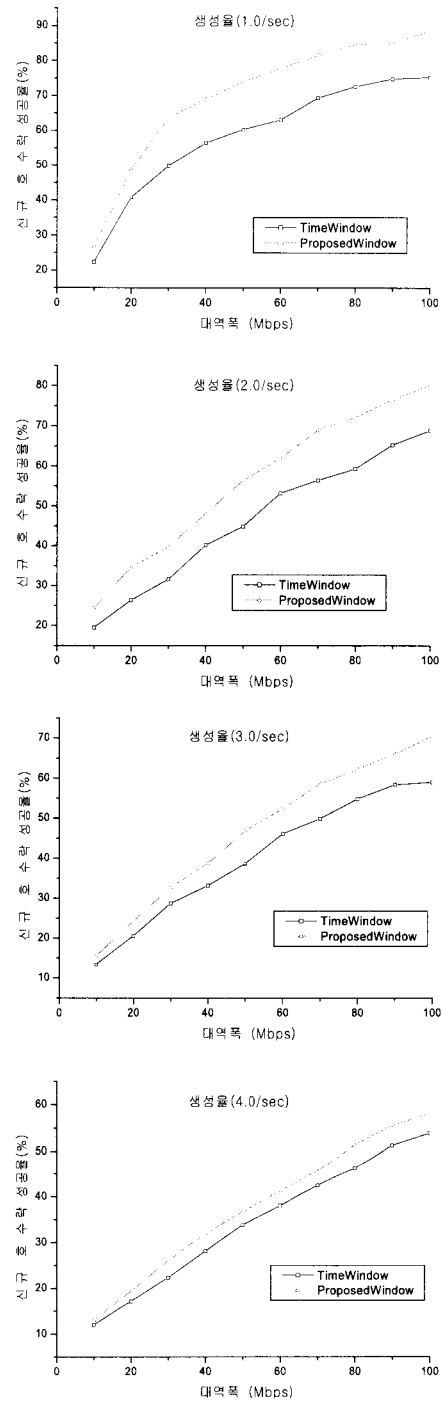
의 이웃 셀에 대하여 T0와 T1, T2를 기준으로 2T만큼의 시간 간격으로 구성된다. 그리고 핸드오프 확률은 T0-T, T1-T, T2-T이후의 해당 날의 모든 핸드오프 정보들에 대한 각각의 이웃 셀에 대한 시간 윈도우내에 있는 핸드오프 정보의 비율로 추정한다[7].

4.3 성능 평가

윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법과 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법의 비교 분석을 위해서 최대 핸드오프 종료율을 0.2(20%)로 설정하여 실험을 실시하였다. 시간 윈도우 기반 자원 예약 기법의 최대 날짜 허용 값은 1일(24시간)로 설정하였으며, 핸드오프 정보를 수집하기 위한 시간 간격을 2시간으로 설정하였다. 나머지 실험값은 [7]의 실험 인자를 그대로 사용하였다. 본 논문에서 제안한 윈도우 기반 적응적 자원 예약 기법에서는 목표 핸드오프 강제 종료율의 최소값을 0으로 설정하였다.

(그림 6)에서 TimeWindow는 [7]의 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법을 나타내고, ProposedWindow는 본 논문에서 제안한 윈도우 기반의 자원 예약 기법을 나타낸다. 실험 결과에서 제안한 기법은 시간 윈도우 기반의 적응적 자원 예약 기법보다 전체적으로 7.8% 정도의 성능 향상을 보였다. 각 생성율에 따른 성능의 차이는 1.0/sec 일 때 11.5%, 2.0/sec 일 때는 9.7%, 3.0/sec 일 때는 6.5%, 그리고 4.0/sec 일 때는 3.5%의 성능 향상을 보였다. 이와 같이 생성율이 높아질수록 성능의 차이가 줄어드는 이유는 생성율이 높아질수록 셀 내부의 대역폭의 상태가 악화되기 때문이다. 신규 호 수락 성공률에 대한 성능 평가 결과, 본 논문에서 제안하는 기법들은 모두 셀 내부에 진입하여 바로 자원 예약을 시작하지 않고 설정된 이동 횟수가 지난 다음 자원 예약을 실시하기 때문에 이웃 셀들의 가용할 수 있는 대역폭이 많아지므로 더 많은 신규 호들의 요구를 수락할 수 있다.

(그림 7)에서는 본 논문에서 제안한 윈도우 기반 자원 예약 기법의 핸드오프 호 수락 성공률에 대한 성능 평가를 보인다. 신규 호 수락 성공률과 마찬가지로 본 논문에서 제안한 기법이 우수한 성능을 보인다. 구체적으로 평균 18% 정도 더 많은 핸드오프 호의 서비스를 수락하였다. 그리고 핸드오프 호 수락 성공률도 신규 호 수락 성공률과 마찬가지로 생성율이 증가할 수록 두 기법 간의 성능의 차이는 줄어든다. 생성율이 1.0/sec일 때는 20%정도 더 많은 핸드오프 호의 수락을 허용하였고, 생성율 2.0/sec일 때는 19%, 생성율 3.0/sec 일 때는 17%, 그리고 셀에서 네트워크 트래픽이 가장 심한 생성율 4.0/sec일 때는 14%의 성능 향상을 보였다. 이러한 결과 역시 본 논문에서 제안한 자원 예약 기법들이 시간 기반 적응적 자원 예약 기법에 비하여 풍부한 대역폭을 활용하므로 더 많은 자원 예약 요구들을 수락할 수 있기 때문이다. 그리고 신규 호 수락 성공률에 비하여 더 좋은 성능 향상을 보이는 이유는 신규 호는 항상 요구하는 대역폭 전부를 할당받아야지만 서비스를 수용할 수 있고 핸드오프 호는 핸드오프 확률만큼의 요구 대역폭만으로도 자원 예약이 성공하기 때문에 본 논문에서 제안한 기법에 의해서 향상되는 여유 대역폭의 많은 부분이 핸드오프 호를 위해서 할당된다. 자원 예약 기법들의 대역폭 이용율은 신규 호 수락 성공률과 핸드오프 호 종료율과 밀접한 관계가 있다. 대역폭 이용율이 높다는 것은 현재 셀에서 서비스를 수행 중인 호들의 수가 많다는 것을 의미하고, 신규 호의 수락 성공률과 핸드오프 호의 수락 성공률 모두를 높이는 결과를 유발한다. 본 논문에서 제안한 자원 예약 기법은 자

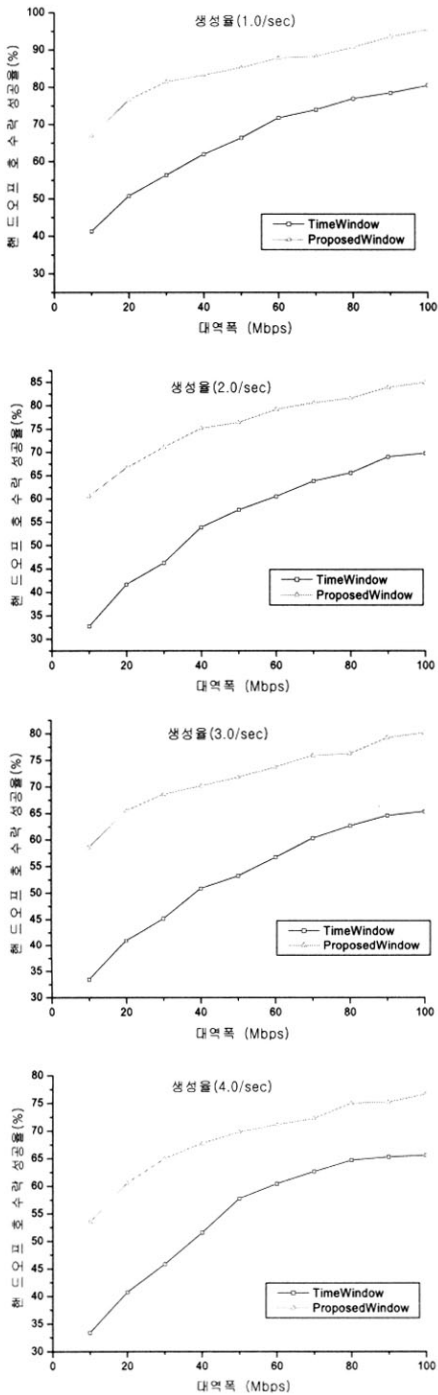


(그림 6) 신규 호 수락 성공률

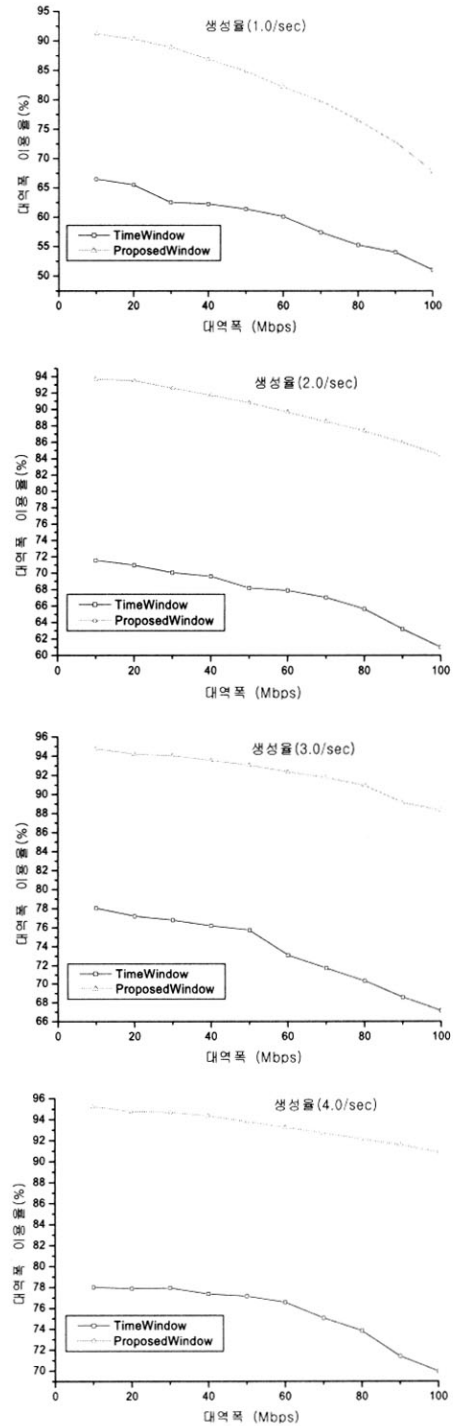
드오프 호는 핸드오프 확률만큼의 요구 대역폭만으로도 자원 예약이 성공하기 때문에 본 논문에서 제안한 기법에 의해서 향상되는 여유 대역폭의 많은 부분이 핸드오프 호를 위해서 할당된다. 자원 예약 기법들의 대역폭 이용율은 신규 호 수락 성공률과 핸드오프 호 종료율과 밀접한 관계가 있다. 대역폭 이용율이 높다는 것은 현재 셀에서 서비스를 수행 중인 호들의 수가 많다는 것을 의미하고, 신규 호의 수락 성공률과 핸드오프 호의 수락 성공률 모두를 높이는 결과를 유발한다. 본 논문에서 제안한 자원 예약 기법은 자

원 예약 시간을 적응적으로 조절하기 때문에 필요 없는 자원 예약을 줄여서 신규 호뿐만 아니라 핸드오프 호의 자원 예약 요청도 많이 받아들인다. (그림 8)에서 이러한 결과를 확인할 수 있다. (그림 8)을 구체적으로 살펴보면, 전체적으로 약 20% 대역폭 이용률의 향상을 보인다. 생성율의 변화에 따른 성능 평가의 차이는, 생성율이 1.0/sec인 경우에 23%, 생성율 2.0/sec 일 때는 21%, 생성율 3.0/sec에서는 19%, 생성율 4.0/sec에서는 17%의 성능 향상을 보였다. 생성율이 1.0/sec인 셀의 네트워크 트래픽이 낮은 경우에 본

논문에서 제안한 기법은 더욱 많은 성능 향상을 보이는데, 이와 같은 이유는 자원 예약을 요청하는 핸드오프 호의 수가 생성율이 높은 경우 보다 작고, 핸드오프 호의 수락 성공률이 생성율이 높은 경우에 비하여 높기 때문에 자원 예약을 요청하기 위한 내부 영역 이동 횟수가 높게 조정되어 대역폭 이용률을 높인다. 이와 같은 성능 향상은 이전 실험 결과인 신규 호 수락 성공률과 핸드오프 호 수락 성공률과 비슷하다.



(그림 7) 핸드오프 호 수락 성공률



(그림 8) 대역폭 이용률

5. 결 론

본 논문에서는 자원 예약으로 인한 대역폭 낭비를 개선시킬 수 있는 윈도우 기반 자원 예약 기법을 제안하였다. 기존의 자원 예약 기법에서는 핸드오프 호들을 위하여 각 셀들에서는 즉시 사용할 수 없는 무선 대역폭을 일정량 할당하기 때문에 낭비되는 대역폭이 많았다. 그러나 본 논문에서 제안하는 기법에서는 자원을 예약하는 시간을 최소화하여, 즉시 사용할 수 없는 예약된 무선 대역폭을 줄일 수 있다. 그리고 본 기법에서는 이웃 셀들에 대한 자원 예약 요청 비율에 따라 차별화 된 자원 예약을 실시하기 때문에 전체적인 자원 예약 성공률 및 대역폭 이용률을 향상시킬 수 있다. 실험 결과 본 논문에서 제안하는 기법은 기존의 시간 윈도우 기반 적응적 자원 예약 기법에 비해 핸드오프 호 수락 성공률과 신규 호 수락 성공률 뿐만 아니라 대역폭 이용률에서도 우수한 성능을 보였다.

참 고 문 헌

- [1] Stephen S. Rappaport, "The Multiple-Call Handoff Problem in High Capacity Cellular Communications systems", IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.40, No. 3, August, 1991.
- [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] Si-Yong Park, Ki-Dong Chung, "Dynamic Resource Reservation using the Differentiated Handoff Estimation Model for Mobile Networks", Lecture Notes in Computer Science, Vol.3129, June, 2004.
- [7] SungHyun Choi and Kang G. shin, "Adaptive Bandwidth Reservation and Admission Control in QoS Sensitive Cellular Networks", IEEE Transactions on Parallel and Distributed systems, Vol.13, No.9, September, 2002.
- [8] L. Ortigoza-Guerrero and A. H. Aghvami, "A prioritized handoff dynamic channel allocation strategy for PCS," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.48, No.4, 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, March, 1993.
- [12] H. Jung, S. Mishra and O. K. Tonguz, "Efficient Location Management in PCS," Proc. IEEE PIMRC '95, 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] 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 Communication Magazine, Vol.39, No.2, February, 2001.

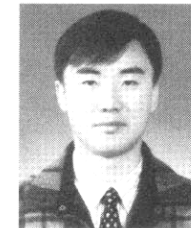
박 시 용



e-mail : sypark@dju.ac.kr
 1997년 경성대학교 전자계산학과(이학사)
 2001년 부산대학교 대학원 멀티미디어과 (이학 석사)
 2005년 부산대학교 대학원 전자계산학과 (이학 박사)
 2006년~현재 대전대학교 교육 개발 센터
 전임강사

관심분야: 멀티미디어, 모바일 네트워크, 인터넷 QoS, 유비쿼터스 컴퓨팅

박 성 호



e-mail : shpark@pusan.ac.kr
 1996년 부산대학교 전자계산학과(학사)
 1998년 부산대학교 대학원 전자계산학과 (이학석사)
 2002년 부산대학교 대학원 전자계산학과 (이학박사)
 2002년~현재 부산대학교 정보전산원 조교수

관심분야: VOD 시스템, 멀티미디어 통신, 비디오 트랜스코딩, 모바일 네트워크

정 기 동



e-mail : kdchung@pusan.ac.kr
 1973년 서울대학교 응용수학과(학사)
 1975년 서울대학교 대학원 전자계산학과 (이학 석사)
 1986년 서울대학교 대학원 전자계산학과 (이학 박사)
 1990년~1991년 MIT대학 교환교수

1995년~1997년 부산대학교 전자계산소 소장
 1999년~2001년 부산대학교 BK21 단장
 1978년~현재 부산대학교 컴퓨터공학과 교수
 관심분야: 멀티미디어, 모바일 네트워크, 인터넷 QoS, 유비쿼터스 컴퓨팅