무선 네트워크에서 사용자 이동 패턴을 사용한 이동성 예측 기법

권 세 동† · 박 현 민††

요 약

무선 셀룰러 환경에서 가장 중요한 기술중의 하나가 사용자의 이동성(Mobility)을 보장하기 위한 핸드오프 기술이다. 이러한 핸드오프 기술은 사용자가 이동할 주변 셀에 대한 대역폭 예약과 관련이 있다. 무선 셀룰러 환경에서 효과적인 대역폭 사용을 위하여, 사용자의 이동성을 예측하는 기술은 핸드오프 호의 실패율(Dropping Probability)과 핸드오프 지연을 줄이는 효과적인 방법이다. 기존의 연구에서는 사무실, 빌딩과 같은 제한된 범위나 셀 간의 히스토리에 기반하여 이동 예측 알고리즘을 수행하였다. 그러나, 마이크로-셀(Micro-Cell) 구조나 도로가 복잡하게 구성되어 있는 도심에는 잘 적용되지 못한다는 단점이 있다. 이러한 단점을 극복하기 위하여, 본 논문에서는 셀 내부 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여, 사용자가 이동할 셀을 예측하는 새로운 알고리즘을 제안한다.

A Mobility Prediction Scheme using a User's Mobility Pattern in Wireless Networks

Se-Dong Kwon† · Hyun-Min Park††

ABSTRACT

Handoff is the most important feature for the user's mobility in a wireless cellular communication system, which is related to resource reservation at nearby cells. For efficient resource reservation, mobility prediction has been reported as an effective means to decrease call dropping probability and to shorten handoff latency in wireless cellular environments. Several early proposed handoff schemes making use of the user's movement history on a cell-by-cell basis work on the assumption that the user's movements are restricted to the indoor locations such as an office or a building. However, those algorithms cannot be applied to a micro-cell structure or a metropolis with complicated structure of roads. In this paper, to overcome those drawbacks we propose a new mobility prediction algorithm, which stores and uses the history of the user's positions within the current cell to predict the next cell.

키워드 : 핸드오프(Handoff), 이동성(Mobility), 예측 알고리즘(Prediction Algorithm), SMHB(Sectorized Mobility History Base), ZMHB(Zoned Mobility History Base)

1. 서 론

통신 기술의 발달에 의한 정보화 사회의 발전에 따라 이동 통신 분야가 비약적인 발전을 거듭하고 있다. 특히 이동 전화와 노트북과 같은 이동 단말기(Mobile Terminal)가 많이 사용됨으로써 무선 셀룰러 망이 빠르게 성장하게 되었다. 이러한 무선 셀룰러 환경에서, 이동성(Mobility)의 지원은 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 사용자에게 끊김 없는(Seamless) 이동성을 제공하기 위하여 효과적인 자원 예약과 더불어 셀 간에 일어나는 핸드오프(Handoff) 기술은 필수적이라 할 수 있다.

무선 셀룰러 환경에서는 일반 유선망과는 달리 사용자의 이동 경로에 따라 목적지가 바뀌게 된다. 비록 하나의 모바일(Mobile) 사용자가 현재 지역에서 성공적으로 연결이 되었더라도, 사용자가 이동하고자 하는 셀에서 가용한 대역폭(Bandwidth)이 모두 사용되고 있다면 연결이 끊어지기 때문에 다른 지역으로 이동할 때 꼭 연결이 유지된다고 보장할 수는 없다. 이러한 무선망의 특성으로 인하여, 망에서 발생한 호(Call)의 생명주기(Lifetime)동안의 연결을 보장하는 QoS(Quality of Service)를 제공하는데 매우 심각한 문제가 발생한다.

모바일 사용자의 연결 유지를 위하여 이동 가능한 주위의 모든 셀을 예약하는 것은 가용한 대역폭의 수를 줄이게 되며, 또한 셀 내에서 새로운 호(New Call)를 블록킹(Blocking)시키는 결과를 가져온다. 따라서, 효과적인 자원 예약

† 준 회 원 : 명지대학교 컴퓨터공학과 겸임교수
†† 종신회원 : 명지대학교 컴퓨터학부 교수
논문접수 : 2004년 1월 19일, 심사완료 : 2004년 2월 27일

(Resource Reservation)을 위하여, 사용자의 이동 가능한 셀을 정확하게 예측하는 기법이 필요하다.

따라서, 최근에 핸드오프 실패율(Dropping)을 줄이고 핸드오프 지연을 최소화할 수 있는 효과적인 자원 예약을 위하여, 이동성 예측에 관한 많은 기법들이 제안되어져 왔다. 셀 내에서의 영역 구분[1]이나, GPS(Global Positioning System)[2]를 이용하여 얻어지는 위치와 속도를 통하여 사용자의 이동 경로를 예측할 수 있다.

이동성 예측을 위한 다른 기법으로는 사용자의 이동 히스토리나 확률적(Stochastic) 모델을 사용하는 것이다. 이러한 기법은 사용자의 추적을 위하여 복잡한 셀 구조나, GPS 수신기와 같은 부가장치를 필요로 하지 않는다. 또한 사용자의 이동 히스토리 뿐만 아니라, 접속 패턴과 같은 다른 정보들도 분석에 사용 가능하다. 그러나, 이러한 기존 기법들[3-12]에서는 각 알고리즘들에 대한 비교가 거의 이루어지지 않았다.

본 논문에서는 하나의 셀을 6개의 섹터(Sector)로 나눈 후, 각 섹터를 3개의 존(Zone)으로 구성하여, 셀 내에서의 히스토리를 기반으로 하는 ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘을 제안한다. 또한, 사용자의 이동 패턴에 따른 기본적인 이동성 예측 방법[3]들과 더불어 가장 최근에 제시된 예측 알고리즘[11, 12]을 소개하고, 제안한 ZMHB 알고리즘과 실제 적용 가능한 다른 여러 알고리즘들을 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제2장에서는 기존에 제시된 여러 예측 기법들을 소개하고, 제3장에서는 제안한 ZMHB 알고리즘에 대한 셀 구조와 예측 방법을 제시한다. 제4장에서는 실험 환경을 제시하고, ZMHB 알고리즘과 기존 알고리즘과의 비교 실험 결과를 나타내었고, 마지막으로 제5장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시한다.

2. 관련 연구

무선 셀룰러 환경에서 효과적인 자원 예약을 위하여 여러 예측 알고리즘들[3-12]이 제시되었다. 이러한 알고리즘들은 히스토리를 기반으로 하여 개별적인 이동 확률과 방향, 속도와 같은 인자(Factor)들을 사용한다. 사용자의 과거 이동성을 기록한 히스토리(History)를 기반으로 하는 가장 기본적인 예측 알고리즘들[3]은 다음과 같다.

Location Criterion 알고리즘은 현재 셀에서 사용자가 방문한 각 셀의 수를 기록하여, 확률적으로 가장 많이 방문한 셀을 다음 셀로 예측한다. Direction Criterion 알고리즘은 현재 셀에서 사용자가 경유한 바로 이전 셀 정보를 참고하여, 현재 셀에서 확률적으로 가장 많이 방문한 셀을 다음 셀로 예측한다. 따라서, 이 알고리즘은 Location Criterion 알고리즘에 사용자의 이동 방향성을 추가한 방법이다.

이외에도 Direction Criterion 알고리즘을 확장하여, 사용자의 이전 이동 경로를 모두 이용하는 Segment Criterion 알고리즘이 있으며, 셀 이동 시간대에 따라 Direction Criterion 알고리즘을 적용한 Time Criterion 알고리즘이 있다. 또한, 개별적인 사용자의 과거 이동 히스토리가 가용치 않을 경우, 다른 사용자들의 이동 히스토리를 참고하여 예측을 수행하는 방법을 사용하는 Correlation Criterion 알고리즘[4, 5]이 있다. 이 알고리즘에서는 각 지역에서 가장 최근 30분 동안에 모든 사용자들의 이동 통계를 모아서 다음 셀을 예측하는 방법을 사용한다. 이러한 기본 알고리즘을 비교한 결과 Direction Criterion 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다[3].

또한, MMP(Mobile Motion Prediction) 알고리즘[6]은 사용자의 이동 히스토리를 사용하며, 이동 서클(Circle)과 이동 패턴으로 구성된 마르코프 체인(Marcov Chain) 모델을 사용한다. 그러나, 이 알고리즘에서는 사용자가 대부분 규칙적인 이동 패턴을 가진다고 가정하였으며, 가용한 사용자 이동 패턴의 히스토리를 사용한다. 따라서, 불규칙한 이동을 보이는 패턴들의 집합에서는 성능이 현저하게 떨어진다는 단점이 있다[11].

사용자 프로필(Profile)에 기반한 예측 알고리즘[4]과 이와 유사한 Two-tier 예측 알고리즘[5]은 지역 구분과 사용자 이동 히스토리에 기반하여 예측한다. 70~80% 정도의 예측 성공률을 가지나, 사무실, 복도와 같은 제한적인 환경에서 실험이 이루어졌다. 이러한 제한적인 환경에서는 현재 셀에서 사용자가 이동할 수 있는 주변 셀이 2~3개로 제한된다. 따라서, 사용자가 이동할 수 있는 셀이 여러 개 존재하는 경우나 마이크로 셀 환경에서는 잘 적용되지 않는 단점이 있다[11].

Hierarchical Location Prediction(HLP) 알고리즘[7]은 사용자의 이동 히스토리와 더불어 주변 셀 들의 RSSI(Relative Signal Strength Index) 측정값을 이용하며, Global 예측과 Local 예측의 두 가지 구성요소를 가진다. Global 예측 방법에서는 Approximate Pattern Matching 알고리즘을 사용하며, Local 예측 방법에서는 Stochastic Signal Processing 기법을 사용한다. 그러나, 이 알고리즘은 전체 셀 영역을 추적(Tracking)해야 한다는 단점이 있다[11].

사용자 이동 경향(Tendency) 알고리즘[8]은 사용자가 이동할 것인지 아닌지의 정보를 판단하여 각 사용자를 특성화하는 방법이다. 요구되는 입력은 사용자의 위치와 측정 기록 가능한 속도, 국지적인 지리적 특성, 그리고 통계적인 트래픽 정보이다.

규칙적 경로 인식(Regular Path Recognition Method)[9] 알고리즘은 주기적인 매일의 행동을 기반으로 하여 예측을 수행한다. 이 방법은 Segment Criterion 알고리즘을 이용하는 이동성 예측 방법의 연장이며, 저장된 패턴중 가장 유사한 경로로 움직인 것을 선택한다. 따라서, 경로 발견의 정확성은 저장되어 있는 사용자 프로파일 데이터의 양에 의존한다.

신경망에 의존한 예측 알고리즘[10]은 예측을 실행하는 동안 전체적인 정보뿐만 아니라 사용자 레벨의 정보를 이용하는 구조적 기법을 제안하였다. 이러한 구조의 방법은 필요한 정보의 양이 방대할 뿐만 아니라, 신경망 디자인을 필요로 하는 단점이 있다[11].

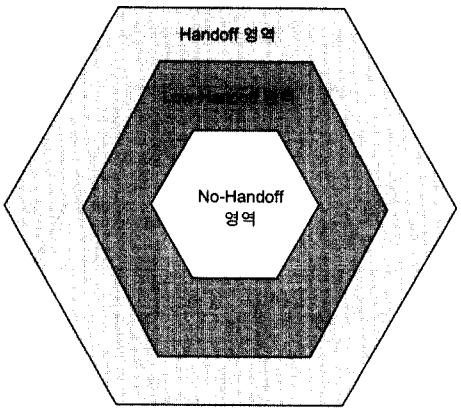
가장 최근에 제시된 예측 알고리즘은 Sectorized Mobility History Base(SMHB)[11, 12]를 사용한 방법이다. 이 기법에서는 규칙적인 이동패턴을 가진 사용자들은 SMHB를 사용하고, 불규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자들은 Cell-Sector Numbering 기법을 사용하였다. Cell-Sector Numbering 기법에서는 사용자가 핸드오프 지역에 들어왔을 때, 현재 셀의 섹터 영역에서 항상 마주보고 있는 셀의 섹터 영역으로 이동한다는 가정하에 이루어졌다.

따라서, 본 논문에서 제시한 실험 결과에서처럼 도심과 같이 실제적으로 복잡하게 도로가 구성되어 있는 경우, 핸드오프 지역에 존재하는 국지적인 도로 형태에 의해 성능이 많이 떨어지게 되며, 또한 규칙적인 이동 패턴을 보이는 사용자를 위한 SMHB의 효과가 명확하게 표시되어 있지 않다.

3. 제안한 셀 구조 및 예측 기법

기존의 예측 알고리즘[3-12]은 사무실, 회사 같은 제한된 구역이나 좁은 범위에서 행해지거나, 주로 셀 간의 이동성 히스토리에 기반을 두었기 때문에, 셀 내에서 발생하는 호(Call)의 경우처럼 사용자의 과거 히스토리가 없는 경우에는 잘 적용되지 못한다. 따라서, 본 논문에서는 셀 내에서의 이동 패턴에 대한 히스토리를 이용하는 예측 알고리즘을 제안한다.

본 논문에서는 (그림 1)과 같은 6각형 모양의 셀 구조를 적용한다. 셀 내부는 인접 셀로 핸드오프 할 확률에 따라 3단계로 구분이 된다. 이러한 셀 구조는 RSS(Relative Signal Strength) 값에 따라 구분될 수 있으며[11], 인접 기지국의 PSS(Pilot Signal Strength)를 이용하여 3단계의 추정 과정을 거쳐 사용자의 위치를 추정할 수 있다[13]. 그림에서 나타낸 것처럼 셀의 안쪽 영역을 차지하는 부분을 No-Handoff 영역이라 하고, 현재 셀에서의 수신 신호(Beacon Signal)를 양호하게 받을 수 있는 위치로써 핸드오프가 일어날 가능성이 거의 없는 지역을 나타낸다. 셀의 중간 영역을 차지하는 부분은 Low-Handoff 영역이며, 현재 셀에서의 전파 수신 신호와 인접 셀의 전파 수신 신호를 동시에 받을 수 있는 지역을 나타낸다. 그러나, 현재 셀에서의 수신 신호가 양호하기 때문에 핸드오프 할 확률은 낮은 지역을 나타낸다. 마지막으로, 셀의 가장 바깥쪽 영역을 차지하는 부분은 High-Handoff 영역이며, 인접 셀로부터의 수신 신호가 점점 양호해지면서 현재 셀에서의 수신 신호가 적정치(Threshold) 이하로 떨어지는 경우로써 핸드오프 할 확률이 높은 지역을 나타낸다. 본 논문에서는 High-Handoff 지역을 핸드오프 지역이라고 한다.

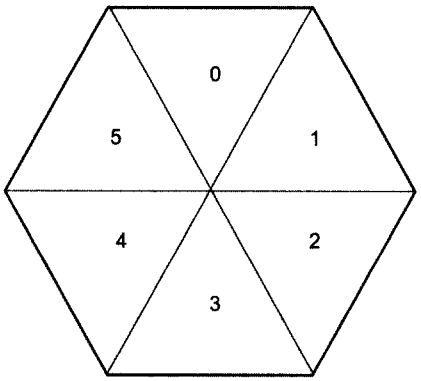


(그림 1) 셀 구조

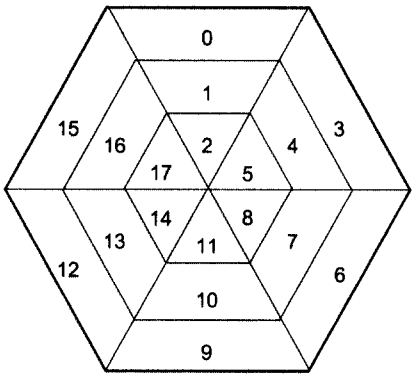
핸드오프는 크게 하드 핸드오프(Hard Handoff), 소프트 핸드오프(Soft Handoff) 두 가지 경우로 구분되어지며, 하드 핸드오프와 소프트 핸드오프 각각의 특성은 "Break Before Make"와 "Make Before Break"로 구분될 수 있다[14]. 이러한 핸드오프의 특성은 자원(Resource)의 예약과 관련이 있는데, 하드 핸드오프의 경우에는 핸드오프 할 인접 셀의 자원을 사용하기 전에 현재 셀의 자원을 해제(Release)하며, 소프트 핸드오프의 경우에는 핸드오프 과정 동안에 두 영역의 자원을 계속해서 사용한다. 본 논문에서는 소프트 핸드오프의 경우를 적용한다.

(그림 2)는 규칙적인 이동 패턴을 가지는 사용자를 예측하기 위해 사용되는 SMHB (Sectorized Mobility History Base) 알고리즘[11, 12]을 사용할 때의 셀 구조를 나타낸 것이다. (그림 3)은 본 논문에서 제시하는 존 단위 히스토리(ZMHB : Zoned Mobility History Base) 알고리즘을 사용할 때의 셀 구조이다. 존 단위 히스토리에서는 섹터 단위의 셀 구조를 핸드오프 확률에 따라 세 개의 존으로 분할한 것이다. 따라서, (그림 3)에서 나타난 것처럼, [영역번호 mod 3]

의 값이 0일 경우에 핸드오프 영역이 되며, 사용자가 이 영역 안으로 들어오게 되면 핸드오프가 일어날 셀에 대한 예측을 실시한다.



(그림 2) 섹터로 구분된 셀 구조



(그림 3) 존(zone)으로 구분된 셀 구조

SMHB 알고리즘[11]에서는 핸드오프 지역에서의 도로의 형태를 고려하지 않은 상황에서 실험을 하였다. 즉, 사용자가 현재 셀 섹터에서 인접 셀 섹터로의 핸드오프를 위해 대역폭을 예약한 후에, 예약 셀 섹터가 아닌 다른 인접 셀의 섹터로 이동하는 경우는 배제한 상태에서 실험을 하였다. 따라서, 도심 지역과 같이 복잡하게 도로가 설계되어 있는 경우에는 잘 적용하지 못하는 단점이 있다. 예를 들어, 어떤 섹터의 핸드오프 지역에서 서로 다른 셀로 핸드오프하는 도로가 각각 존재하는 경우에는 성능이 현저하게 떨어지게 된다. 따라서, 본 논문에서는 이를 보완하기 위해 섹터를 핸드오프 확률에 따라 구분한 존 단위 히스토리를 사용한다.

4. 실험 환경 및 알고리즘에 따른 실험 결과

4.1 실험 환경

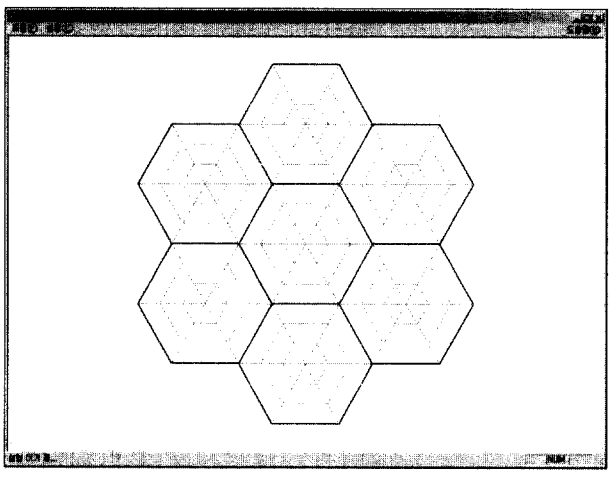
본 논문에서 제안하는 알고리즘은 (그림 4)와 같이 인접한 7개의 셀 구조를 채택하여, Visual C++ 환경에서 실험하였다. 알고리즘 비교·분석을 위한 실험 환경은 다음과 같다. 육각형 구조를 가진 셀의 지름의 크기는 200m~1000m의 범위로 하였으며, 각 셀 영역에서 발생하는 호(Call)는 포아송 프로세스(Poisson Process)를 따랐으며, 셀 안의 전체 삼각형 영역 안에서 같은 확률로 분포되게 하였다. 포아송 분포의 확률 밀도 함수를 나타내면 다음과 같다. 식 (1)에서 λ는 단위 시간 혹은 일정 시간에 일어나는 평균 발생 호수를, x는 발생 호수를 나타낸다.

$$P(X=x) = e^{-\lambda}\frac{\lambda^x}{x!},\ x=0,\ 1,\ 2,\ 3\ \cdots \qquad (1)$$

포아송 프로세스에 의해 발생되는 각 호의 생존주기(Life-time)는 평균 60~300초의 지수분포(Exponential Distribution)를 이루며, 생성되는 각 호는 정지, 보행자, 저속 자동차, 고속 자동차의 4가지 속성을 가진다. 식 (2)에서는 단위 시간에 평균 λ개의 사건이 포아송 확률로 일어나는 경우에, 한 사건이 일어난 뒤 다음 사건이 일어날 때까지의 시간 간격 x에 대한 지수분포를 나타낸다.

$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x},\ x>0,\ \lambda>0 \qquad (2)$$

각 호의 속성에 따라 보행자는 4km/h, 저속 자동차는 40km/h, 고속 자동차는 70km/h의 속도를 가지며, 생존주기동안에 속도의 변화는 없으며, 두 개 이상의 도로가 만나는 교차로에서 직진할 확률은 70%, 좌·우 회전할 확률은 30%로 가정하였다.



(그림 4) 실험 환경

또한, 인접한 셀이 없는 바깥쪽 셀 영역에서 핸드오프된 호는 반대편 셀로 들어오게 하였으며, 하나의 실험에서 발생한 호의 수는 1000개정도로 하였고, 10번씩 반복시켜 실험한 결과의 평균을 나타내었다. 표시를 간편하게 하기

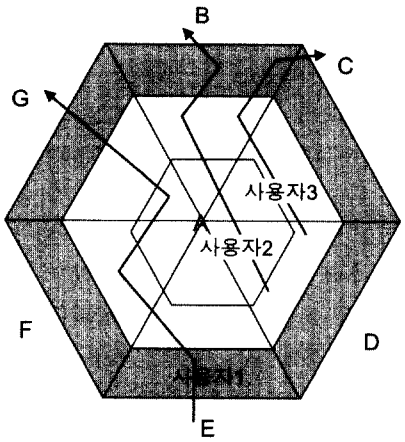
위해서, 본 논문의 실험 환경에서 사용하는 여러 인자들을 다음과 같은 형식으로 나타낸다.

F(Factor) = {각 셀에서 단위 시간에 발생한 호의 개수(개), 생존주기(초), 각 셀에서의 전체 호 발생 개수(1,000 단위), 셀의 지름(m)}

4.2 비교 알고리즘 및 실험 결과

4.2.1 히스토리에 이전 셀에 대한 정보가 없는 경우

사용자가 이동할 셀을 정확하게 예측하는 것은 사용자가 이동할 수 있는 주위의 셀 혹은 현재 셀의 대역폭을 효과적으로 사용하고자 하기 위함이다. 즉, 주위에 인접한 여러 개의 셀을 예약하는 것은 하나의 셀을 정확하게 예측하여 예약하는 경우보다 대역폭을 효율적으로 사용할 수 없게 된다. 본 논문에서는 [17]에서 나타낸 바와 같이, 실제적인 핸드오프가 일어나기 전에 모바일이 인접한 두 개의 셀과 동시에 통신할 수 있다는 조건[15, 16]은 배제하도록 한다.



(그림 5) 사용자의 이동 경로

(그림 5)에서 회색으로 나타내어진 부분은 핸드오프 지역이며 사용자가 이 지역 안으로 들어오게 되면 다음 이동할 셀을 예측하게 된다. 즉, 각 섹터에 존재하는 핸드오프 지역으로 사용자가 들어오게 되면 예측을 실시하게 된다. 그러나, 이동 셀에 대한 예측을 실시한 후에, 사용자가 같은 셀에 있는 다른 섹터로 이동하였다고 하더라도 새로운 예측을 실시하지 않는다. 사용자가 핸드오프 지역을 벗어나 다른 셀로 이동하였을 경우에만 이동 패턴을 저장하며, 핸드오프 지역에서 셀 안쪽의 핸드오프 예측 지역이 아닌 지역으로 되돌아왔을 때에는 이동패턴을 저장하지 않는다.

(그림 5)에서의 사용자의 이동 경로에 대해 히스토리를 사용하는 알고리즘의 저장 패턴은 (그림 2), (그림 3)에서의 셀 구조에 따라 다음과 같이 나타내어진다.

- 사용자 1의 저장 패턴

SMHB 알고리즘 : 셀 E → 셀 A{3 → 4 → 5} → 셀 G

ZMHB 알고리즘 : 셀 E → 셀 A{10 → 13 → 14 → 17 → 16 → 15} → 셀 G

ZMHB 알고리즘에서 사용자가 셀 E에서 셀 A의 9번 영역을 통과하였다고 하더라도, 본 논문에서는 소프트 핸드오프의 경우를 적용하므로, 핸드오프 지역을 벗어난 후의 이동 패턴만을 저장하게 된다.

- 사용자 2의 저장 패턴

SMHB 알고리즘 : 셀 A{2 → 1 → 0} → 셀 B

ZMHB 알고리즘 : 셀 A{7 → 8 → 5 → 2 → 1 → 0} → 셀 B

- 사용자 3의 저장 패턴

SMHB 알고리즘 : 셀 A{2 → 1 → 0} → 셀 C

ZMHB 알고리즘 : 셀 A{7 → 4 → 1 → 0} → 셀 C

실험에서 사용한 히스토리를 사용할 때의 조건은 다음과 같다.

- 히스토리의 검색 시간 + 예측 적용 시간 ⇐ 사용자가 현재 셀의 핸드오프 지역을 벗어나기까지 걸린 시간
- 히스토리를 저장할 때에 핸드오프 이전의 이동 저장 패턴이 반복될 경우에는 반복되는 부분을 삭제한다. 예를 들어, 이동 패턴이 {10 → 13 → 10 → 13 → 12}일 경우에는 {10 → 13 → 12}로 저장한다.

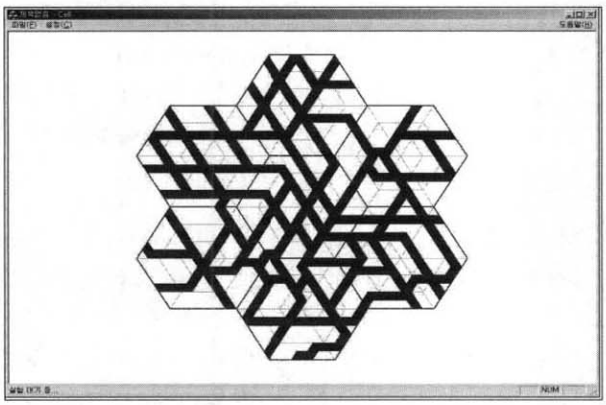
기존에 제시된 기본 알고리즘에서 Direction Criterion 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다[3]. 그러나, Direction Criterion 알고리즘은 셀 내부에 존재하는 핸드오프 지역 각각에 대한 명확한 구분이 없다. 그러므로, 본 논문에서는 핸드오프 지역의 구분 유·무에 따라 두 가지 경우의 알고리즘으로 구분하였다. 첫째로, 방향성 알고리즘은 핸드오프 지역에 대한 구분없이 현재 셀에서 확률적으로 가장 많이 나갔던 셀로 예측하며, 핸드오프 지역에 대한 구분 없이 Direction Criterion 알고리즘을 적용하는 경우에 해당된다. 둘째로, NoList 알고리즘은 각 섹터의 핸드오프 지역에서 확률적으로 가장 많이 나갔던 셀로 예측하며, 핸드오프 지역을 구분하여 Direction Criterion 알고리즘을 적용하는 경우에 해당된다. Direct 알고리즘은 각 섹터의 핸드오프 지역에서 마주보고 있는 섹터가 존재하는 셀로 예측한다. 사용자의 이동 경로를 저장하는 알고리즘에 해당하는 SMHB 알고리즘은 각 섹터의 핸드오프 지역에서 SMHB 히스토리를 검색하여 이동 경로와 정확하게 일치하는 히스토리가 존재하는 경우에는 히스토리에 따라 예측한다. 단, 저장된 히스토리에 사용자의 이동 경로와 정확하게 일치하는 히스토리가 존재하지 않는 경우나, 핸드오프 지역에 처음 나타난 호에 대해서는 NoList 알고리즘을 적용한다. 그리고, ZMHB 알고리즘은 각 섹터의 핸드오프 지역에서

ZMHB 히스토리를 검색하여 저장된 히스토리에 존재하는 이동 경로인 경우에는 히스토리에 따라 예측하며, 사용자의 이동 경로가 저장된 히스토리에 존재하지 않는 경우나, 핸드오프 지역에 처음 나타난 호에 대해서는 NoList 알고리즘을 적용한다.

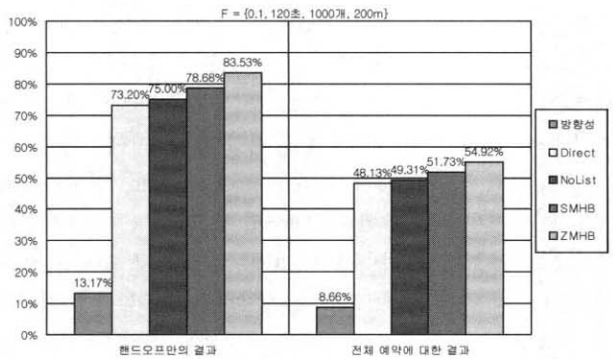
<표 1>은 셀에서 영역의 구분에 따라 발생하는 각 호의 속성에 대한 발생 비율을 나타내었다. (그림 6)은 실험을 위한 적용 도로 형태이다. 그림에서 도로가 존재하는 영역은 검은색으로 그렇지 않은 부분은 흰색으로 나타내었다.

〈표 1〉 영역 구분에 따른 호의 속성 발생 비율

	정 지	보행자	저속 자동차	고속 자동차
도로 영역	10%	10%	40%	40%
비도로 영역	40%	40%	15%	5%



(그림 6) 적용 도로 형태 1



(그림 7) 도로(그림 6)를 적용했을 경우에, 셀 A에 존재하는 전체 핸드오프 영역에서의 예측 정확도

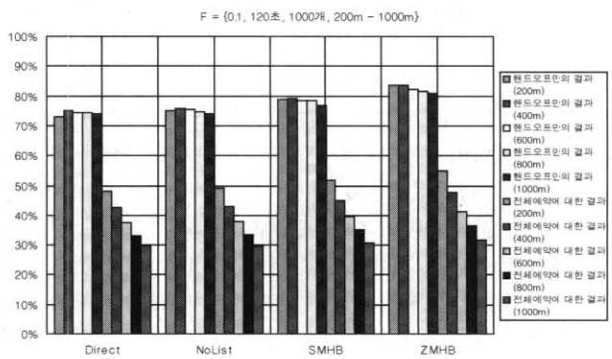
(그림 7)은 (그림 6)에서의 도로 형태를 적용하였을 때, 셀 A에 존재하는 전체 핸드오프 영역에서의 예측 정확도를 나타낸 것이다. 본 논문에서 나타낸 실험 결과는 모두 셀 A에서의 예측 정확도를 나타낸다. 또한, 실험에서 사용한 인자 F = {0.1, 120초, 1000개, 200m}이고, (그림 5)에서와 같이 가장 가운데에 존재하는 셀을 셀 A로 지정하였으며, 그림에서 나타난 결과는 이전 셀의 정보를 모른다는 가정 하에 나타난 예측 결과이다. 각각의 예측 결과를 식으로 나타내면 다음과 같다.

$$\text{핸드오프만의 결과} = \text{성공적인 핸드오프 예측 호의 수} / \text{핸드오프 호 수} \quad (3)$$

$$\text{전체 예약에 대한 결과} = \text{성공적인 핸드오프 예측 호의 수} / \text{핸드오프 예측 수} \quad (4)$$

식 (4)에서 핸드오프 예측 수는 핸드오프 호 수와 핸드오프 예측 후에 다른 인접한 셀로 이동하지 않거나 원래의 핸드오프 아닌 지역으로 되돌아오는 호 즉, 핸드오프 지역에서 발생하거나 진입한 후에 핸드오프가 일어나지 않은 호의 수를 더한 값이다.

셀 방향성 알고리즘은 각 핸드오프 영역에서의 신호의 세기를 무시하고 현재 셀에서 가장 많이 나갔던 셀을 선택하는 알고리즘이다. 따라서, 한 셀에서 주위의 셀로 핸드오프 할 영역은 6곳이 존재하므로, 확률은 거의 1/6에 가깝다. 전체 예약에 대한 결과에서 예측 확률이 60%를 넘지 않는 이유는 핸드오프 지역에서 발생한 정지 상태의 호, 그리고 핸드오프 영역에서 생존기간이 끝나거나 핸드오프 예측을 실시한 후에 인접 셀로 이동하지 않고 다시 셀 안쪽 영역으로 들어온 호를 포함하였기 때문이다. 그러나, 대부분의 기존 실험에서는 정지 상태의 호가 없거나, 생존 기간을 없애 강제적으로 핸드오프 시키는 방식을 택하였다. 따라서, 실제적으로 핸드오프가 일어난 셀에 대한 결과에서 보듯이, 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘이 방향성 알고리즘보다는 5.3배, 다른 기존의 알고리즘보다는 상대적으로 6.2~14.1% 정도 예측 성능이 뛰어나다는 것을 알 수 있다.



(그림 8) 셀의 크기 변경에 따른 예측 정확도

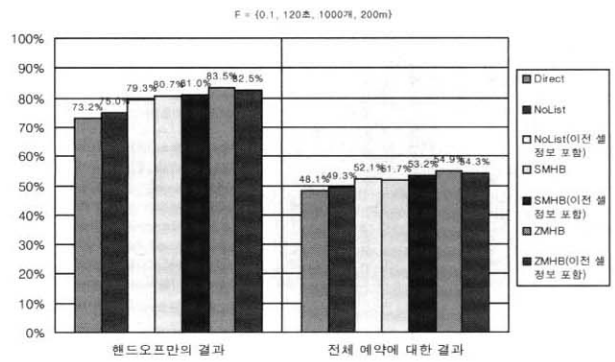
(그림 8)에서는 셀의 크기를 200m~1000m의 범위로 200m

씩 증가시켰을 경우에 대한 예측 정확도를 나타내었다. (그림 7)에서 나타낸 방향성 알고리즘은 다른 알고리즘과 현저한 차이를 보이므로 제외시켰다. 그림에서 나타나듯이, 생존주기가 고정되어 있는 상태에서 셀의 크기가 커질수록 단말이 움직일 수 있는 거리가 짧아지므로, 핸드오프 지역에서 다른 셀로 이동하지 못하고 생존주기가 끝나는 호가 많아지게 되므로, 전체 예약 수에 대한 예측 정확도는 5.4~23.1%로 급격하게 나빠지게 된다. 그러나, 핸드오프 한 호에 대한 경우에는 셀 크기의 변화에 따라 Direct, NoList 알고리즘은 1%미만, SMHB, ZMHB 알고리즘은 각각 최대 1.9%, 2.8%정도로 미세하게 예측 정확도가 떨어진다는 것을 알 수 있다. 그러나, 셀 크기에 관계없이 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘이 다른 기존의 알고리즘보다 상대적으로 3.8~14.1%정도 뛰어난 예측 성능을 보인다.

4.2.2 히스토리에 이전 셀에 대한 정보가 있는 경우

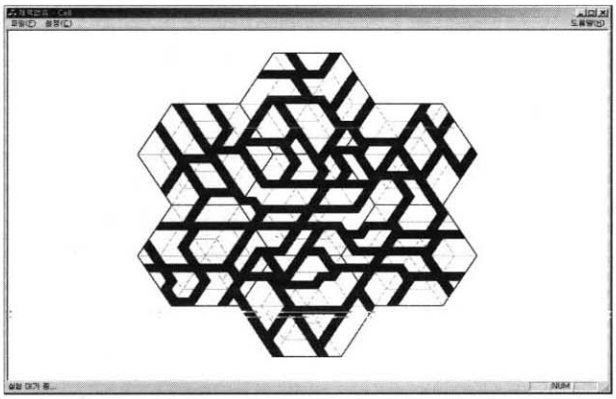
4.2.1절의 실험에서는 이전 셀의 정보가 없는 경우에 대하여 각 알고리즘의 예측 정확도를 비교하였다. 본 절에서는 각 알고리즘에 이전 셀에 대한 정보를 추가하여 예측을 실시하는 실험을 하였다.

(그림 9)는 (그림 6)의 도로를 적용하였을 경우에, 사용자가 경유한 바로 이전 셀에 대한 정보를 포함한 각 알고리즘의 예측 정확도에 대한 결과를 나타낸 것이다. 그림에서 나타나듯이, 이전 셀에 대한 정보가 예측 정확도에 영향을 주지 못한다는 것을 알 수 있다. 이전 셀 정보를 포함하는 경우에도 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘이 다른 기존의 알고리즘보다 여전히 상대적으로 6.2~14.1% 정도 예측 성능이 뛰어나다는 것을 알 수 있다.



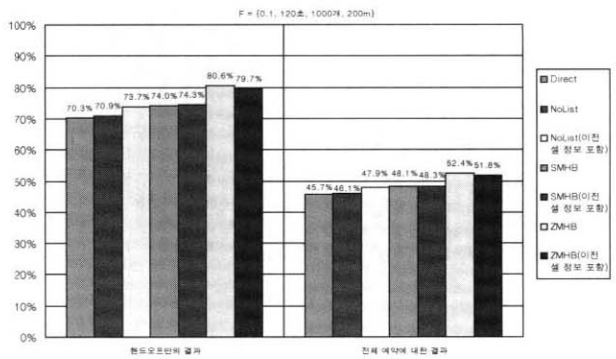
(그림 9) 도로(그림 6)를 적용했을 경우에, 이전 셀 정보를 포함한 경우에 대한 각 알고리즘의 예측 정확도

(그림 10)은 (그림 6)에서 나타낸 도로와는 다른 형태의 도로이며, 실험에서 사용한 각 호의 속성 생성 비율은 (그림 6)에서의 조건과 동일하다.



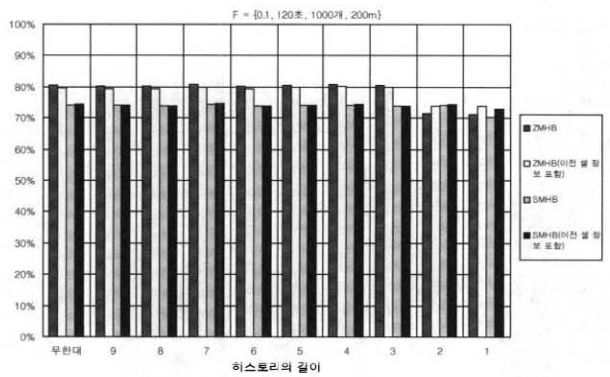
(그림 10) 적용 도로 형태 2

(그림 11)에서는 사용자가 경유한 바로 이전 셀 정보를 포함한 상태에서 각 알고리즘에 대한 예측 정확도 결과를 나타내었다. (그림 9), (그림 11)의 결과에서 알 수 있듯이, [3]에서 나타낸 Location Criterion 알고리즘과 Direction Criterion 알고리즘의 비교 결과와 마찬가지로, 예측을 수행하는데 있어서 NoList 알고리즘의 경우에는 이전 셀 정보를 포함하는 것이 포함하지 않는 경우보다 상대적으로 3.9~5.7% 더 정확한 것을 알 수 있다. 그러나, 셀 내부의 히스토리를 사용하는 SMHB, ZMHB 알고리즘의 경우에는 이전 셀에 대한 정보가 예측 정확도를 높이는데 아무런 기여를 하지 못한다는 것을 알 수 있다. 따라서, 셀 간의 이동 경로를 저장한 히스토리를 사용하는 기존의 예측 알고리즘에 비하여, 본 논문에서 제시한 ZMHB 알고리즘은 셀 내부의 히스토리만을 저장함으로써, 셀 간의 호 이동경로를 따로 저장하지 않아도 되는 장점이 있다. 또한, 이전 셀 정보가 없는 실험에서와 마찬가지로, ZMHB 알고리즘이 이전 셀 정보를 포함한 경우는 물론, 다른 기존의 예측 알고리즘보다 상대적으로 8.9~14.7%정도 예측 성능이 뛰어나다는 것을 알 수 있다.



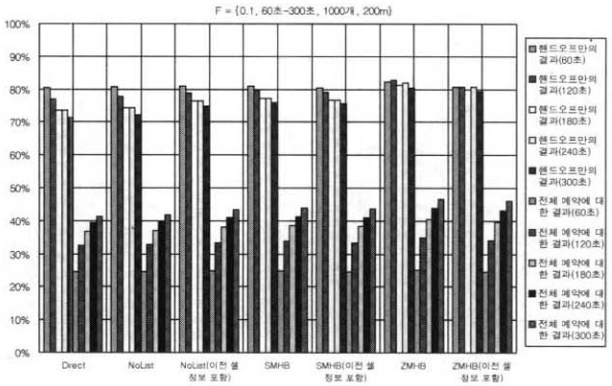
(그림 11) 도로(그림 9)를 적용했을 경우에, 이전 셀 정보를 포함한 경우에 대한 각 알고리즘 예측 정확도

(그림 12)는 리스트를 사용하는 SMHB, ZMHB 알고리즘의 경우에, 히스토리에 저장되는 호 이동 패턴의 길이 변화에 따라 핸드오프 호에 대한 예측 정확도를 비교한 것이다. 예를 들어, 호의 이동 패턴이 [현재 셀{10→13→14→17→16→15}→다른 셀] 일 경우에, 히스토리의 길이를 3으로 제한한다면, 핸드오프 지역부터 거꾸로 계산하여 [현재 셀{17→16→15}→다른 셀]의 패턴으로 저장된다. 실험 결과에서 나타난 대로, SMHB는 2개 미만일 때, ZMHB 알고리즘은 3개 미만일 때 예측 정확도가 각각 5.3%, 12.4%만큼 떨어지게 된다. 이를 보완하기 위해서, 모든 이동 패턴을 저장하게 되면, ZMHB 알고리즘에서는 셀 내부의 영역을 세분화하였기 때문에 내부 이동 경로가 길수록 저장되는 패턴의 길이가 길어진다는 단점이 있다. 그러나, 실험 결과에서 알 수 있듯이, 고속·저속 자동차나 보행자의 경우에는 어느 정도 목적지에 대한 방향성을 가지고 있기 때문에, 실제적으로 ZMHB 알고리즘에서는 저장되는 패턴의 길이를 3개, SMHB 알고리즘에서는 2개로 제한하여도 패턴의 길이를 모두 다 저장하는 것과 비교하여 각각 0.7%, 0.8% 정도의 오차 범위로 비슷한 성능을 얻을 수 있다. 그러나, 본 논문에서 제시한 ZMHB 알고리즘은 SMHB 알고리즘이나 기존의 다른 알고리즘과는 달리 이전 셀에 대한 정보를 필요로 하지 않으므로, 오히려 셀 간의 호 이동경로가 길수록 저장되는 이동 경로의 히스토리 길이는 더 짧다는 장점이 있다. 또한, 리스트의 길이가 1이라는 것은 NoList 알고리즘을 적용했을 경우와 같은 예측 성능을 얻으므로, 최악의 경우에 [3]에서 나타낸 Direction Criterion 알고리즘과 같은 NoList 알고리즘과 예측 성능이 같다는 것을 알 수 있다.

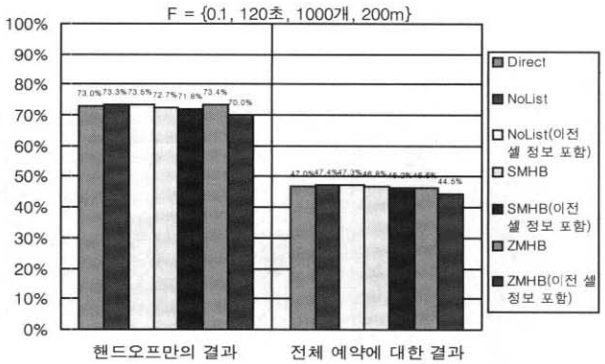


(그림 12) 히스토리에 저장되는 호 이동 패턴의 길이

(그림 13)에서는 호의 생존주기(Lifetime)를 60~300초의 범위에서 60초 간격으로 변화시켰을 경우에 각 알고리즘에 대한 예측 정확도를 나타내었다. 셀의 크기를 변화시켰을 때의 경우와는 반대로, 생존주기를 증가시키게 되면 호의 이동 경로가 길어지게 되고, 핸드오프 영역에서 생존주기가 끝나는 호가 줄어들게 되므로, 전체 예약에 대한 예측 정확도는 증가하게 된다. 그러나, 핸드오프를 한 호에 대한 결과에서 나타나듯이, 기존의 알고리즘에서는 생존주기가 길어짐에 따라 예측 정확도가 상대적으로 8.2~12.7%정도로 급격하게 떨어지는 것에 비해, 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘에서는 생존주기의 변화에 반응하여 예측 정확도가 1.7~2.3%정도 낮아지게 된다. 즉, 기존의 예측 알고리즘에서는 셀의 크기가 커질수록, 혹은 호의 생존주기가 길어질수록 예측 정확도가 상당히 떨어짐을 알 수 있으며, 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘의 경우에서는 생존주기에 관계없이 안정적으로 예측이 가능하다는 것을 알 수 있다.



(그림 13) 호의 생존주기 변화에 따른 예측 정확도



(그림 14) 랜덤한 이동 패턴을 가지는 사용자에 대한 예측 정확도

(그림 14)에 나타낸 각 알고리즘에 대한 예측 정확도는, (그림 4)에서 보인 기본적인 실험 환경과 마찬가지로 도로가 존재하지 않고, (그림 6)과 (그림 9)에서 적용한 호 속성 비율 <표 1>과는 다르게, 각 호의 속성 비율을 각각 25%

의 확률로 발생시킨 경우의 실험 결과이다. 따라서, 이전 실험에서의 경우와는 다르게 어느 정도 도로를 따라 이동하는 특정 이동 패턴을 형성할 확률이 낮은 경우에 해당한다. 실험 결과에서 보여지듯이, 랜덤한 이동 패턴(Random Movement Pattern)을 보이는 호에 대한 경우에서도, 본 논문에서 제안한 ZMHB 알고리즘이 다른 기존의 알고리즘과 비교하여, 예측 정확도가 상대적으로 -0.2~4.8% 정도 비슷하거나 높다는 것을 알 수 있다.

5. 결론 및 향후 연구과제

무선 셀룰러 환경에서 이동성 예측 기술은 사용자에게 적절한 QoS(Quality-of-Service)를 제공하기 위하여, 핸드오프 호의 실패율(Dropping Probability)을 줄이는 효과적인 방법중의 하나이다.

본 논문에서는 셀 내부를 존(Zone)으로 나누어 셀 내부에서의 사용자 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하였다. 셀 간의 호 이동 경로를 저장하여 예측을 수행하는 기존의 예측 알고리즘과는 달리, 본 논문에서 제안한 ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘은 셀 내부에서의 호 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 예측을 수행하는 알고리즘이다.

핸드오프 지역에서 각각 다른 셀로 이동하는 도로가 존재하는 경우, ZMHB 알고리즘은 기존의 알고리즘보다 상대적으로 3.8~14.7%정도의 높은 예측 정확도를 가지며, 셀 내부에서의 이동 패턴 저장 길이를 3개로 제한하여 사용할 수 있으므로, 호가 여러 셀을 경유하는 경우에는 오히려 셀 간의 이동 경로를 저장하는 기존의 예측 알고리즘보다 저장하는 히스토리의 길이가 짧다는 장점이 있다. 또한, 이동 패턴 저장의 효용성이 떨어지는 랜덤 이동 패턴의 경우에서도 기존 알고리즘과 비교하여 -0.2~4.8%정도로 상대적으로 비슷하거나 높은 예측 정확도를 가진다는 것을 알 수 있다.

앞으로의 연구과제로는, 셀 내부의 존(Zone)을 좀 더 세분화시킨 경우에서의 예측 수행 방법과 실험결과에서 나온 예측 정확도에 따라 주변 셀의 대역폭 예약에 적용시키는 방법 등이 있다.

참 고 문 헌

[1] H. Kim and C. Moon, "A Rerouting Strategy for Handoff on ATM-based Transport Network," in Proc. IEEE 47th Vehicular Technology Conference, pp.285-289, 1997.

[2] S. Bush, "A Control and Management Network for Wireless ATM Systems," in Proc. IEEE ICC '96, pp.459-463, 1996.

[3] J. Chan, R. De Silva, and A. Senevirance, "A QoS Adaptive Mobility Prediction Scheme for Wireless Networks," in Proc. IEEE GLOBECOM '98, pp.1414-1419, Nov., 1998.

[4] V. Bharghavan and J. Mysore, "Profile Based Next-cell Prediction in Indoor Wireless LAN," in Proc. IEEE SICON '97, Apr., 1997.

[5] J. Chan et. al., "A Hybrid Handoff Scheme with Prediction Enhancement for Wireless ATM Network," in Proc. APCC '97, pp.494-498, Dec., 1997.

[6] G. Liu and G. Maguire Jr., "A Class of Mobile Motion Prediction Algorithms for Wireless Mobile Computing and Communications," in ACM/Baltzer MONET, 1(2), pp.113-121, 1996.

[7] T. Liu, P. Bahl, and I. Chlamtac, "Mobility Modeling, Location Tracking and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks," IEEE JAC, 16(6), pp.922-936, Aug., 1998.

[8] W. Cui and X. Shen, "User Movement Tendency Prediction and Call Admission Control for Mobile Cellular Networks," in Proc. IEEE ICC, pp.670-674, 2000.

[9] F. Erbas, J. Steuer, K. Kyamakya, D. Eggesieker, and K. Jobmann, "A Regular Path Recognition Method and Prediction of User Movements in Wireless Networks," VTC Fall, Mobile Technology for Third Millenium, 2001.

[10] W. T. Poon and E. Chan, "Traffic Management in Wireless ATM Network Using a Hierarchical Neural-Network Based Prediction Algorithm," in Proc. ICSA 15th International Conference on Computers and their Applications, March, 2000.

[11] R. Chellappa, A. Jennings and N. Shenoy, "The Sectorized Mobility Prediction Algorithm for Wireless Networks" ICT, pp.86-92, April, 2003.

[12] R. Chellappa, A. Jennings and N. Shenoy, "A Comparative Study of Mobility Prediction in Fixed Wireless Networks and Mobile Ad hoc Networks" IEEE, 2003.

[13] 이종찬, 이문호, 문영성, "PCS를 위한 이동체 위치 추정 기법", 한국통신학회논문집, pp.2080-2089, 1998.

[14] Q. A. Zeng and Dharma P. Agrawal, "Handbook of Wireless and Mobile Computing," John Wiley & Sons, Inc, 2002.

[15] D. Collins and C. Smith, '3G Wireless Networks, McGraw Hill, 2001.

[16] A. J. Viterbi, "CDMA : Principles of Spread Spectrum Communication. Reading, Mass," Addison-Wesley, 1995.

[17] S. Choi and K. G. Shin, "Adaptive Bandwidth Reservation and Admission Control in QoS-Sensitive Cellular Networks," IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems, Vol.13, No.9, pp.882-897, Sep., 2002.

권 세 동

e-mail : sdkwon@mju.ac.kr

1997년 명지대학교 컴퓨터공학과(학사)

1999년 명지대학교 컴퓨터공학과(석사)

1999년~2002년 명지대학교 컴퓨터공학과 박사수료

1999년 (주)GT&T 연구원

2004년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

관심분야 : ATM 교환기, ATM 트래픽 제어, 컴퓨터 네트워크

박 현 민

e-mail : hpark@mju.ac.kr

1985년 서울대학교 전자공학과(학사)

1988년 North Carolina State University Electrical and computer engineering(석사)

1995년 North Carolina State University Electrical and computer engineering(박사)

1996년~현재 명지대학교 공과대학 컴퓨터학부 부교수

관심분야 : ATM 교환기, 네트워크 트래픽 관리 및 보안 기술 연구