

# 무선망에서 개선된 ZMHB 알고리즘의 성능 평가

권 세 동\* · 박 현 민\*\* · 이 강 선\*\*\*

## 요 약

핸드오프는 무선 셀룰러 환경에서 사용자의 이동성(Mobility)을 유지해줄 수 있는 가장 중요한 기술중의 하나이다. 핸드오프 기술은 사용자가 이동할 주변 셀에 대한 대역폭 예약과 관련이 있다. 또한, 대역폭 예약은 사용자가 이동한 새로운 영역에서 이전 영역에서와 같은 레벨의 데이터나 서비스를 받기 위해서 핸드오프 이전에 실시되어야 한다. 이러한 무선 셀룰러 환경에서 효과적으로 대역폭을 사용하기 위하여 사용자의 이동성을 예측하는 기술은 핸드오프 호의 실패율(Dropping Probability)과 핸드오프 지연(Latency)을 줄이는 효과적인 방법이다. 최근에 제시된 ZMHB 알고리즘은 기존의 알고리즘과는 달리 셀 내부의 이동 경로를 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하였다. 그러나, 모든 사용자에 대하여 80~85% 정도의 예측 정확도만을 보인다. 본 논문에서는 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 존(Zone)을 세분화하여 이동 패턴을 저장하고, 이를 예측에 이용하는 Detailed-ZMHB 예측 알고리즘을 제안하고 성능 평가 결과를 보인다.

## Performance Analysis of Improved ZMHB Algorithms for Wireless Networks

Se-Dong Kwon\* · Hyun-Min Park\*\* · Kang-Sun Lee\*\*\*

### ABSTRACT

Handoff is one of the most important features for the user's mobility in a wireless cellular communication system. It is related to resource reservation at nearby cells. Resource reservation to the new connection point should occur prior to handoff to enable the user to receive the data or services at the new location, at the same level of service as at the previous location. For the efficient resource reservation, mobility prediction has been reported as an effective means to decrease the call dropping probability and to shorten the handoff latency in a wireless cellular environment. A recently proposed algorithm, ZMHB, makes use of the history of the user's positions within the current cell to predict the next cell. But, the prediction of the ZMHB algorithm is found to be 80~85% accurate for regular and random movements. In this paper, we propose a new improved ZMHB mobility prediction algorithm, which is called Detailed-ZMHB that uses detailed-zone-based tracking of mobile users to predict user movements. The effectiveness of the proposed algorithm is then demonstrated through a simulation.

**키워드 :** 핸드오프(Handoff), 예측 알고리즘(Prediction Algorithm), SMHB(Sectorized Mobility History Base), ZMHB(Zoned Mobility History Base), Detailed-ZMHB(Zone Shape, Triangle Shape)

### 1. 서 론

미래의 무선 통신망에서는 비디오, 음성, 데이터와 같은 멀티미디어 어플리케이션을 지원하게 될 것이다[1]. 무선 통신 망에서는 다양한 요구의 QoS(Quality of Service)를 제공하기 위하여 광대역 멀티미디어 서비스를 필요로 하며, 라디오 스펙트럼(Spectrum)을 효과적으로 사용하기 위하여 셀룰러 구조가 사용된다. 무선 셀룰러 환경에서 이동성(Mobility)의 지원은 가장 중요한 요소 중의 하나이다. 모바일(Mobile) 사용자는 망에 존재하는 생명주기(Lifetime)동안에 여

러 셀을 이동하게 되기 때문에, 망에 처음 연결되었을 경우처럼 사용자에게 망의 자원을 연속적으로 보장해주는 못한다. 즉, 무선 셀룰러 환경에서는 일반 유선 망과는 달리 사용자의 이동 경로에 따라 목적지가 바뀌게 되며, 비록 하나의 모바일 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, 망의 생명주기동안의 연결을 보장하는 QoS(Quality of Service)를 제공하는데 매우 심각한 문제가 발생한다. 따라서, 끊임 없는(Seamless) 이동성을 제공하기 위하여 효과적인 자원 예약과 더불어 사용자에게 지속적인 서비스를 제공하기 위하여

\* 정 회 원 : 명지대학교 컴퓨터공학과 교수  
\*\* 중 심 회 원 : 명지대학교 컴퓨터학부 교수  
\*\*\* 중 심 회 원 : 명지대학교 컴퓨터공학과 교수  
논문접수 : 2004년 7월 8일, 심사완료 : 2004년 8월 4일

셀 간에 일어나는 핸드오프(Handoff) 기술은 필수적이라 할 수 있다.

모바일 사용자의 연결 유지를 위하여 이동 가능한 주위의 모든 셀을 예약하는 것은 가능한 대역폭의 수를 줄이게 되며, 셀에서 발생하는 새로운 호(New Call)를 블록킹(Blocking)시키는 결과를 가져온다. 따라서, 효과적인 자원 예약(Resource Reservation)을 위하여, 사용자의 이동 가능한 셀을 정확하게 예측하는 기법이 필요하다.

최근에 핸드오프 실패율(Dropping)을 줄이고 핸드오프 지연(Latency)을 최소화할 수 있는 효과적인 자원 예약을 위하여 이동성 예측에 관한 많은 기법들이 제안되었다. 사용자의 위치와 속도에 따른 이동성 추적은 셀 내에서의 영역 구분[2]이나, GPS(Global Positioning System)[3]를 통하여 가능하며, 이동성 예측을 위한 기법으로는 사용자의 이동 히스토리가 확률적(Stochastic) 모델을 사용하는 방법이 있다. 이러한 기법의 특징은 사용자의 추적을 위하여 복잡한 셀 구조나 GPS 수신기와 같은 부가장치를 필요로 하지 않으며, 사용자의 이동 히스토리, 접속 패턴과 같은 다른 정보들을 분석에 사용할 수 있다. 그러나, 기존 기법에 관한 연구[4-16]에서는 각 알고리즘들에 대한 비교가 거의 이루어지지 않았다.

본 논문에서는 사용자의 이동 패턴에 따른 기본적인 이동성 예측 알고리즘들[4]과 더불어 최근에 제시된 SMHB(Sectorized Mobility History Base) 알고리즘[15, 16], ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘[17, 18]에 대하여 소개한다. 셀 내부의 이동 경로에 대한 히스토리를 이용하는 ZMHB 알고리즘은 기존의 기본 이동성 예측 알고리즘이나 SMHB 알고리즘에 비하여 예측 성능이 우수하다[17, 18]. 기존의 ZMHB 알고리즘의 특징을 이용하여 전체 사용자에 대한 예측 성능을 높이기 위하여, 본 논문에서는 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 영역을 더욱 세분화하여 셀 내에서의 사용자 이동 경로에 대한 패턴을 저장한 히스토리를 기반으로 하는 Detailed-ZMHB 알고리즘을 제안하고, 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘들과 더불어 성능을 비교·분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제시된 예측 기법들에 대하여 간단히 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB 알고리즘 및 비교·분석하게 될 SMHB, ZMHB 알고리즘에 대한 셀 구조 및 각 알고리즘에 대한 패턴 저장 방법을 제시하였다. 4장에서는 실험 환경 및 알고리즘에 따른 실험 결과를 나타내었고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구과제를 제시하였다.

## 2. 관련 연구

무선 셀룰러 환경에서 효과적인 자원 예약을 위하여 여러

예측 알고리즘들[4-18]이 제안되었다. 이러한 알고리즘들 중에서 사용자의 개별적인 이동 패턴들을 기반으로 하여 사용자가 이동할 다음 셀을 예측하는 가장 기본적인 알고리즘들은 Location Criterion 알고리즘, Direction Criterion 알고리즘, Segment Criterion 알고리즘, Time Criterion 알고리즘, Correlation Criterion 알고리즘이 있다[4]. 기본 알고리즘을 비교한 결과에서는 현재 셀에서 사용자가 경유한 바로 이전 셀 정보를 참고하여, 현재 셀에서 가장 많이 방문한 셀을 다음 셀로 예측하는 Direction Criterion 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다[4].

기본 알고리즘 이외에, HH(Hybrid Handoff) 알고리즘[5]은 Two-tier 예측 알고리즘이라고도 하며, 모바일 네트워크 개체에 적용 가능한 Anchor Point/Path Extension 기법과 개별적인 모바일 사용자에게 알맞은 Crossover Point/Path Extension 기법을 사용한다. 이와 유사한 사용자 프로파일(Profile)에 기반한 예측 알고리즘[6]은 사용자가 이동할 다음 셀을 예측하기 위하여 개별적/집합적 사용자들의 프로파일 사용한다. 규칙적 이동 패턴을 가지는 사용자와 불규칙한 이동 패턴을 가지는 사용자에 대하여 각각 80%, 70% 정도의 예측 성공률을 가진다. 그러나, 이 알고리즘은 사무실, 복도와 같은 좁은 실내 환경에 대해서만 실험이 이루어졌기 때문에, 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[15].

MMP(Mobile Motion Prediction) 알고리즘[7]은 사용자의 이동 히스토리를 사용하며, 이동 서클(Circle)과 이동 패턴으로 구성된 마르코프 체인(Markov Chain) 모델을 사용한다. 이 알고리즘은 불규칙한 이동을 보이는 패턴들의 집합에 대해서는 성능이 현저하게 떨어진다는 단점이 있다[15]. Hierarchical Position Prediction(HPP) 알고리즘[8]은 사용자의 이동 히스토리와 더불어 주변 셀들의 RSSI(Relative Signal Strength Index) 측정값을 이용하며, Global 예측과 Local 예측의 두 가지 구성요소를 가진다.

SCC(Shadow Cluster Concept) 알고리즘[9]은 사용자의 이동 히스토리에 기반하여 예측을 수행하며, 이러한 정보를 이용하여 사용자의 미래 위치에 대한 Shadow Cluster를 만들어 이동 가능한 길을 따라 확률적으로 자원을 예약하는 기법이다. 자원 요구와 호 허가(Call Admission) 결정에 대한 평가로 이루어지며, 이 알고리즘에서 사용하는 자원 예약 방법은 새로운 호가 블록킹되는 확률을 증가시킨다는 단점이 있다[10].

PUPR(Per-User Profile Replication) 알고리즘[11] 역시 사용자의 이동 히스토리에 기반하여 예측하며, 사용되는 이동

성 모델에서는 자동차, 비행기와 같은 운송 매체의 통행량에 대한 통계학적 분석에 의해 얻어진 실제 데이터가 사용되었다. 이 알고리즘은 기본적인 계층모델에 비하여 요구되는 대역폭이 증가하고, 2배 정도의 메모리를 필요로 하는 단점이 있다[10].

규칙적 경로 인식(Regular Path Recognition Method)[12] 알고리즘은 매일의 주기적인 행동을 기반으로 하여 예측을 수행한다. 이 방법은 Segment Criterion 알고리즘을 이용하는 이동성 예측 방법의 연장이며, 저장된 패턴 중 가장 유사한 경로로 움직인 것을 선택한다. 따라서, 경로 발견의 정확성은 저장되어 있는 사용자 프로파일 데이터의 양에 의존한다.

신경망에 의존한 예측 알고리즘[13]은 예측을 실행하는 동안 전체적인 정보뿐만 아니라 사용자 레벨의 정보를 이용하는 구조적 기법을 제안하였다. 이러한 구조의 방법은 필요한 정보의 양이 방대할 뿐만 아니라, 복잡한 신경망 디자인을 필요로 하는 단점이 있다[15].

SMHB(Sectorized Mobility History Base)[15] 알고리즘은 사용자의 이동 패턴에 따라 기법을 다르게 적용하였다. 우선 규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자에 대하여 예측을 수행하는 SMHB 알고리즘을 실행하기 위하여 각 셀을 6개의 섹터로 구분하여 사용자의 이동 패턴을 저장하였다. 그리고, 불규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자들에 대하여는 Cell-Sector Numbering 기법을 사용하였다. 그러나, 이 알고리즘에서 사용하는 Cell-Sector Numbering 기법에서는 사용자가 핸드오프 지역에 들어왔을 때, 현재 셀의 섹터 영역에서 항상 마주 보고 있는 셀의 섹터 영역으로 이동한다는 가정을 사용하였으며, 규칙적 이동 패턴을 가지는 사용자들을 위한 SMHB 알고리즘에 대한 결과가 명확하게 표시되어 있지 않다.

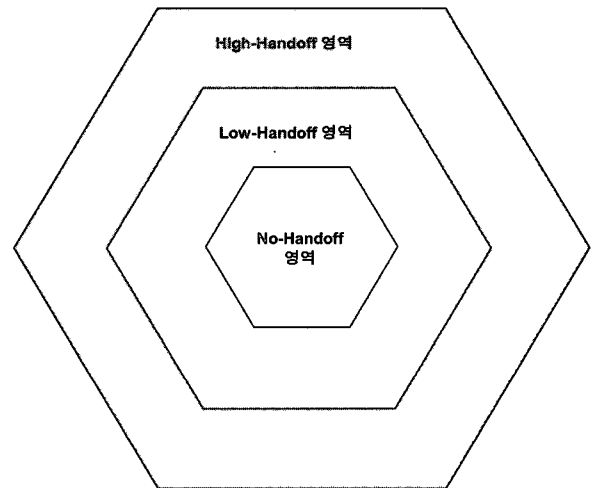
최근에 제시된 예측 알고리즘에는 Zoned Mobility History Base(ZMHB)[17, 18] 알고리즘이 있다. ZMHB 알고리즘은 셀 간의 이동 경로를 이용하는 기존의 예측 알고리즘과 달리, 셀 내부의 이동 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하였다. 예측을 위해 사용되는 히스토리에 사용자의 이동 경로를 저장하기 위하여, 하나의 셀을 6개의 섹터로 나누고, 다시 섹터를 핸드오프 확률에 따라 3개의 존으로 나누었다. ZMHB 알고리즘은 SMHB 알고리즘이[15, 16]나 셀 간의 이동성 히스토리에 기반한 다른 기존의 알고리즘들[4]에 비하여 상대적으로 4~15% 정도 우수한 예측 정확도를 보인다. 또한, 셀 간의 이동 히스토리를 필요로 하지 않기 때문에 사용자의 이동 경로가 여러 셀을 경유할 경우에는 오히려 저장 히스토리가 짧다는 장점이 있다[18]. 그러나, 랜덤한 이동 패턴을 가진 사용자와 규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자 전체에 대하여는 80~85% 정도의 예측 정확도만을 가진다.

### 3. Detailed-ZMHB 알고리즘에서의 셀 구조 및 히스토리 저장 패턴

#### 3.1 Detailed-ZMHB 알고리즘에서 사용하는 셀 구조

본 논문에서는 전체적인 예측 정확도를 높이기 위하여 기존의 ZMHB 알고리즘에서 사용하던 존(Zone)을 세분화하여 사용자의 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하는 예측 알고리즘인 Detailed-ZMHB 알고리즘을 제안한다. Detailed-ZMHB 알고리즘은 존을 세분화하는 방법에 따라, Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘과 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘의 두 가지 형태로 구분된다.

Detailed-ZMHB에서는 SMHB 알고리즘이나 ZMHB 알고리즘을 사용한 경우와 같이 (그림 1)과 같은 6각형 모양의 셀 구조를 적용한다. 셀 내부는 인접 셀로 핸드오프 확률에 따라 3단계로 구분이 된다. 이러한 셀 구조는 RSS(Relative Signal Strength) 값에 따라 구분될 수 있으며[15], 인접 기지국의 PSS(Pilot Signal Strength)를 이용하여 3단계의 추정 과정을 거쳐 사용자의 위치를 추정할 수 있다[19]. 이러한 3단계 추정 방법은 LOS(Line Of Sight) 모델과 NLOS(Non-Line Of Sight) 모델로 전파 환경을 구분하여 추정하는 방법을 사용하였다.



(그림 1) 셀 구조

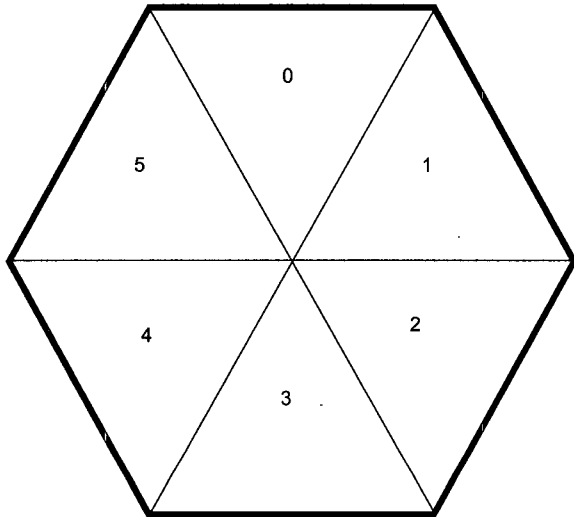
그림에서 나타난 것처럼 셀의 안쪽 영역을 차지하고 있는 No-Handoff 영역은 현재 셀에서의 수신 신호(Beacon Signal)를 양호하게 받을 수 있는 위치로써 핸드오프가 일어날 가능성이 거의 없는 지역을 나타낸다. 셀의 중간 영역을 차지하는 부분은 Low-Handoff 영역이며, 현재 셀에서의 전파 수신 신호와 인접 셀의 전파 수신 신호를 동시에 받을 수 있는 지역을 나타낸다. 그러나, 현재 셀에서의 수신 신호가 양호하기 때문에 핸드오프 할 확률은 낮은 지역을 나타낸다.

마지막으로, 셀의 가장 바깥쪽 영역을 차지하고 있는 High-Handoff 영역은 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.

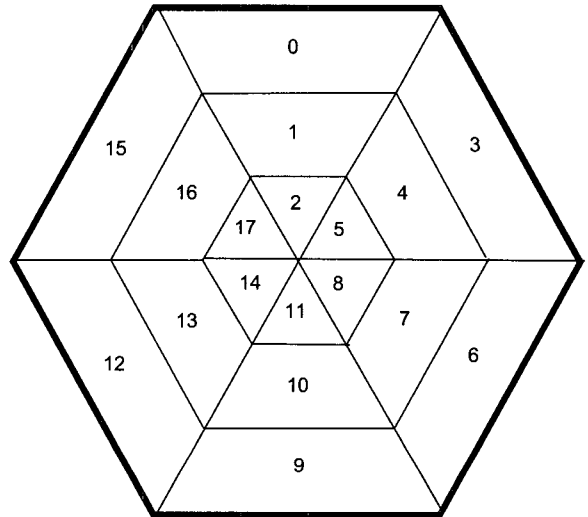
핸드오프는 크게 하드 핸드오프(Hard Handoff), 소프트 핸드오프(Soft Handoff) 두 가지 경우로 구분되어진다[20]. 이러한 핸드오프의 구분은 자원(Resource)의 예약과 관련이 있는데, 하드 핸드오프의 경우에는 핸드오프 할 인접 셀의 자원을 사용하기 전에 현재 셀의 자원을 해제(Release)하며, 소프트 핸드오프의 경우에는 핸드오프 과정 동안에 두 영역의 자원을 계속해서 사용한다. 본 논문에서는 소프트 핸드

오프의 경우를 적용하여 예측을 실시한다.

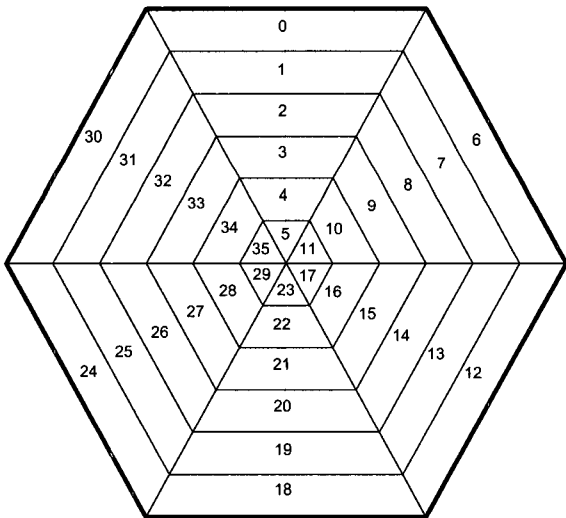
(그림 2)와 (그림 3)은 각각 SMHB (Sectorized Mobility History Base) 알고리즘[15, 16]과 ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘[17, 18]을 사용할 때의 셀 구조이다. SMHB 알고리즘에서는 규칙적인 이동 패턴을 가지는 사용자가 이동할 셀을 예측하기 위해 (그림 2)와 같은 셀 구조를 사용한다. (그림 3)에서 나타난 ZMHB 알고리즘에서는 SMHB 알고리즘에서 사용하는 섹터 단위의 셀 구조를 핸드오프 확률에 따라 세 개의 존으로 분할하였다. (그림 3)에서 [영역 번호 mod 3]의 값이 0일 경우를 핸드오프 영역이라 정의하였으며, 사용자가 이 영역에서 처음 발생하거나 핸드오프 영역 안으로 들어오게 되면 핸드오프가 일어날 셀에 대한 예측을 실시하였다.



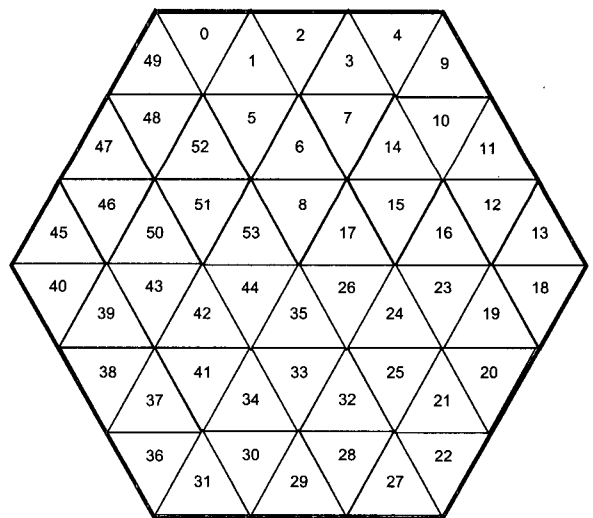
(그림 2) SMHB 알고리즘에서의 셀 구조



(그림 3) ZMHB 알고리즘에서의 셀 구조



(그림 4) Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘에서의 셀 구조



(그림 5) Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘에서의 셀 구조

(그림 4), (그림 5)는 본 논문에서 제안하는 Detailed-ZMHB 알고리즘을 사용할 때의 셀 구조이다. (그림 4)에서 나타난 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 3개의 존을 세분화시켜 6개의 존으로 구분한다. 이 알고리즘에서는 [영역번호 mod 6]의 값이 0 또는 1일 경우에 핸드오프 영역이라 정의하며, 사용자가 이 영역에서 처음 발생하거나 이 영역 안으로 들어오게 되면 핸드오프가 일어날 셀에 대한 예측을 실시한다. 따라서, 이 영역은 (그림 1)에서의 High-Handoff 지역이 되며, [영역번호 mod 6]의 값이 2, 3일 경우에는 Low-Handoff 지역, [영역번호 mod 6]의 값이 4, 5일 경우에는 No-Handoff 지역이 된다.

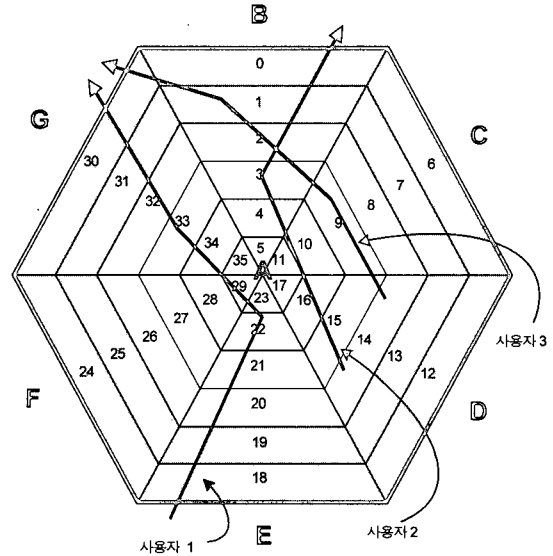
(그림 5)는 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘에서의 셀 구조를 나타낸 것이며, ZMHB에서 사용하는 존을 수평으로 같은 크기만큼 분할하여 영역을 구분한다. [영역번호 mod 9]의 값이 0~4일 경우를 핸드오프 영역이라 정의하며, 사용자가 이 영역에서 처음 발생하거나 셀 내의 다른 영역에서 이 영역으로 진입하면 핸드오프가 일어날 셀에 대한 예측을 실시한다.

3.2 Detailed-ZMHB 알고리즘에서 사용하는 히스토리의 저장 패턴

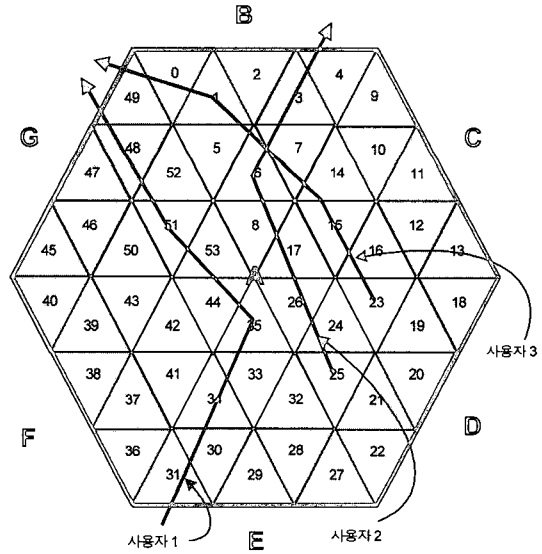
이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 정확하게 예측하는 기법을 사용하는 이유는 사용자가 이동할 수 있는 주위의 셀 혹은 현재 셀의 대역폭을 효과적으로 사용하고자 하기 위함이다. 예를 들어, 사용자가 이동할 수 있는 인접한 주위의 모든 셀을 예약하는 것은 하나의 셀을 정확하게 예측하여 예약하는 경우보다 대역폭을 효율적으로 사용할 수 없게 된다. 본 논문에서는 실제적인 핸드오프가 일어나기 전에 모바일이 인접한 두 개의 셀과 동시에 통신할 수 있다는 조건[21, 22]은 배제한다[23]. 따라서, 핸드오프 지역에 들어온 사용자에게 현재 셀에 인접하는 셀 중 하나의 셀만을 예측하여 대역폭을 예약하게 된다.

(그림 6), (그림 7)에서 회색으로 나타내어진 부분은 High-Handoff 지역 즉, 핸드오프 존(Zone)이며, 사용자가 이 지역 안으로 들어오게 되면 다음 이동할 셀을 예측한다. 즉, 기존의 ZMHB 알고리즘에서와 마찬가지로 각 섹터(Sector)에 존재하는 핸드오프 존으로 사용자가 들어오게 되면 예측을 실시하게 된다. 그러나, 사용자 3의 경우와 같이 사용자가 이동할 셀에 대한 예측을 실시한 후에, 같은 셀에 있는 다른 섹터의 핸드오프 존으로 이동하였다고 하더라도 새로운 예측을 실시하지 않는다. 또한, 핸드오프 존에서 핸드오프 예측 지역이 아닌 셀 안(Low-Handoff 지역, No-Handoff 지역)으로 되돌아왔을 때에는 이동패턴을 저장하지 않는다. 따라서, 핸드오프 지역에서 사용자가 이동할 셀을 예측한 후에 다른 셀

로 이동하였을 경우에만 이동 패턴을 저장한다.



(그림 6) Detailed-ZMHB(Zone Shape)에서의 사용자의 이동 경로



(그림 7) Detailed-ZMHB(Triangle Shape)에서의 사용자의 이동 경로

(그림 6), (그림 7)에서 나타난 세 명의 사용자의 이동 경로에 대해 히스토리를 사용하는 알고리즘의 저장 패턴은 다음과 같다. 기존의 SMHB 알고리즘과 ZMHB 알고리즘의 경우에는 (그림 2), (그림 3)을 참조한다.

- 사용자 1의 저장 패턴
  - SMHB 알고리즘 : 셀 E → 셀 A {3 → 4 → 5} → 셀 G
  - ZMHB 알고리즘 : 셀 E → 셀 A {10 → 11 → 14 → 17 → 16 → 15} → 셀 G

- Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘 : 셀 E → 셀 A {20 → 21 → 22 → 23 → 29 → 35 → 34 → 33 → 32 → 31} → 셀 G
- Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘 : 셀 E → 셀 A {34 → 33 → 35 → 44 → 53 → 51 → 52 → 48} → 셀 G
- 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
  - Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘 : 셀 A {14 → 15 → 16 → 10 → 4 → 3 → 2 → 1} → 셀 B
  - Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘 : 셀 A {25 → 24 → 26 → 17 → 8 → 6 → 7 → 3} → 셀 B
- 사용자 3의 저장 패턴
  - SMHB 알고리즘 : 셀 A {2 → 1 → 0} → 셀 G
  - ZMHB 알고리즘 : 셀 A {7 → 4 → 1 → 0} → 셀 G
  - Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘 : 셀 A {14 → 15 → 9 → 3 → 2 → 1} → 셀 G
  - Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘 : 셀 A {23 → 16 → 15 → 14 → 7 → 6 → 5 → 1} → 셀 G

사용자 1의 이동 경로에 대한 저장 패턴의 경우, ZMHB, Detailed-ZMHB 알고리즘에서는 사용자가 셀 E에서 셀 A의 아래쪽 핸드오프 영역을 통과하였다고 하더라도, 본 논문에서는 소프트 핸드오프의 경우를 적용하므로, 핸드오프 지역을 벗어난 후의 이동 패턴만을 저장하게 된다. 이동 경로의 저장은 사용자가 핸드오프 존에 처음 진입한 지역까지만 저장하며, 사용자가 이동할 셀을 예측하기 위해서 이동 패턴을 저장한 히스토리를 사용할 때의 조건은 다음과 같다. 첫째로, 히스토리의 검색 시간 및 예측 적용 시간은 사용자가 현재 셀의 핸드오프 지역을 벗어나기까지 걸린 시간보다 짧다고 가정한다. 그러므로, 사용자의 이동 속도로 인한 예측 실패는 존재하지 않는다. 둘째로, 히스토리를 저장할 때에 핸드오프 이전의 이동 저장 패턴이 루프(Loop)를 형성할 경우에는, 루프 부분을 삭제한다. 예를 들어, Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘에서의 이동 패턴이 {20 → 21 → 15 → 14 → 20 → 26 → 25}일 경우에는 {20 → 26 → 25}로 저장한다.

#### 4. 실험 환경 및 각 알고리즘에 따른 실험 결과

##### 4.1 실험 환경

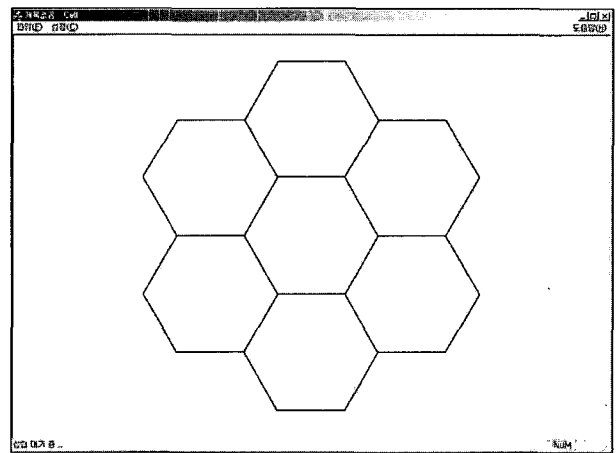
본 논문에서 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘에 대한 성능을 비교하기 위하여, (그림 8)과 같이 인접한 7개의 셀 구조를 채택하여, Visual C++ 환경에서 실험하였다. 실험 환경은 본 논문에서 제시하는 Detailed-ZMHB 알고리즘과 기

존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과의 비교를 위하여 ZMHB 알고리즘에서 사용했던 환경과 같은 조건을 적용하였다. 육각형 구조를 가진 각 셀의 지름의 크기는 200m~1,000m의 범위로 설정하였다. 각 셀 영역에서 발생하는 호(Call)는 포아송 프로세스(Poisson Process)를 따르며, 셀 전체 영역에서 같은 확률로 분포되게 하였다. 포아송 분포의 확률 밀도 함수를 나타내면 다음과 같다. 식 (1)에서  $\lambda$ 는 단위 시간 혹은 일정 시간에 일어나는 평균 발생 호수를,  $x$ 는 단위 시간 혹은 일정 시간을 나타낸다.

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

포아송 프로세스에 의해 발생하는 각 호의 생존주기(Lifetime)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  $\lambda$ 개의 사건이 포아송 확률로 일어나는 경우에, 한 사건이 일어난 뒤 다음 사건이 일어날 때까지의 시간 간격  $x$ 에 대한 지수분포를 나타내었다.

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



(그림 8) 실험 환경

각 호의 속성에 따라 보행자는 4km/h, 저속 자동차는 40km/h, 고속 자동차는 70km/h의 속도를 가진다. 또한, 각 호의 생존주기동안에 속도의 변화는 없으며, 두 개 이상의 도로가 만나는 교차로에서 직진할 확률은 70%, 좌·우 회전할 확률은 30%로 가정하였다. 그리고, 중앙에 있는 셀과는 달리 인접한 셀이 없는 바깥쪽 셀 영역에서 핸드오프 된 호는 중앙 셀을 기준으로 현재 셀과 반대쪽에 위치하는 셀로 들어오게 하였으며, 하나의 실험에서 각 셀 당 발생한 호의 수는 1,000개 정도로 하였다. 하나의 실험에서 나온 결과에

대하여 호의 속성, 발생 시간 및 간격만을 달리하여 다음 실험을 실시하였으며, 이러한 실험을 10번씩 누적시켜 실험한 결과의 평균을 나타내었다. 표시를 간편하게 하기 위해서, 본 논문의 실험 환경에서 사용하는 여러 인자들을 다음과 같은 형식으로 나타낸다.

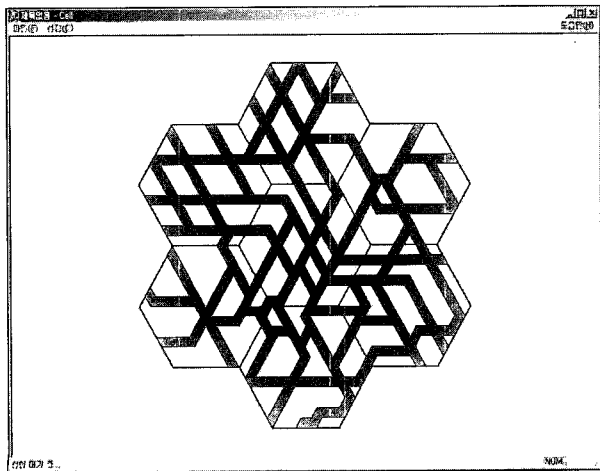
$$F(\text{Factor}) = \{ \text{각 셀에서 단위 시간에 발생한 호의 개수(개)}, \text{생존주기(초)}, \text{각 셀에서의 전체 호 발생 개수 (1,000 단위)}, \text{셀의 지름(m)} \}$$

4.2 각 알고리즘에 대한 실험 결과

기본 예측 알고리즘들 중에서는 현재 셀에서 사용자가 경유한 바로 이전의 셀 정보를 참고하여 다음 이동할 셀을 예측하는 Direction Criterion 알고리즘[4]이 가장 우수한 성능을 보인다. 그러나, 최근에 제시한 ZMHB 알고리즘[17,18]은 셀 내부의 이동 히스토리를 이용하여 기존의 Direction Criterion 알고리즘 및 셀 간의 이동 히스토리를 이용하는 SMHB 알고리즘[15,16]보다 뛰어난 성능을 보인다. 또한, 셀 내부의 히스토리를 이용함으로써 셀 간의 히스토리 정보를 저장할 필요가 없게되므로, 셀 간의 이동 경로가 긴 사용자에 대해서는 히스토리에 저장되는 이동 패턴이 짧은다는 장점을 보인다. 따라서, 본 논문에서는 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 히스토리의 저장 패턴을 세분화한 Detailed-ZMHB 알고리즘을 제시하고, 실험 환경을 기존의 ZMHB 알고리즘에서와 동일하게 설정하여, SMHB 알고리즘 및 ZMHB 알고리즘과의 예측 성능을 비교한다.

<표 1> 영역 구분에 따른 호의 속성 발생 비율

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



(그림 9) 적용 도로 형태 1

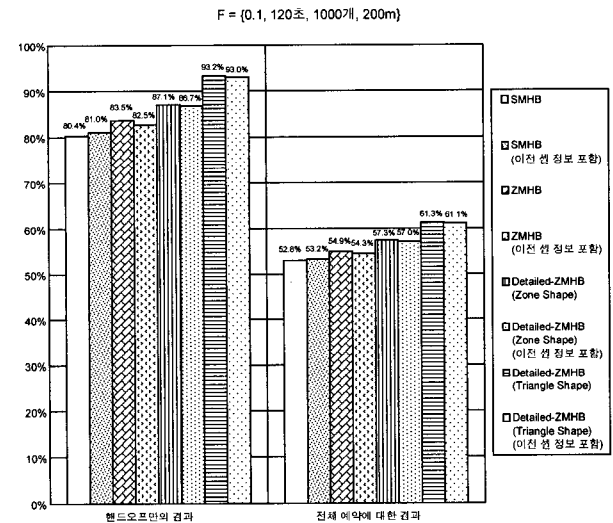
<표 1>은 셀에서 영역의 구분에 따라 발생하는 각 호의 속성에 대한 발생 비율을 나타내며, (그림 9)는 실험을 위한 적용 도로 형태이다. 그림에서 도로가 존재하는 영역은 검은색으로 그렇지 않은 부분은 흰색으로 나타내었다.

실험 결과에서 나타내는 각 알고리즘에 대한 예측 정확도를 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\text{핸드오프만의 결과} = \frac{\text{핸드오프 예측이 성공한 호의 수}}{\text{핸드오프 호 수}} \quad (3)$$

$$\text{전체예약에 대한 결과} = \frac{\text{핸드오프 예측이 성공한 호의 수}}{\text{핸드오프 예측 수}} \quad (4)$$

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

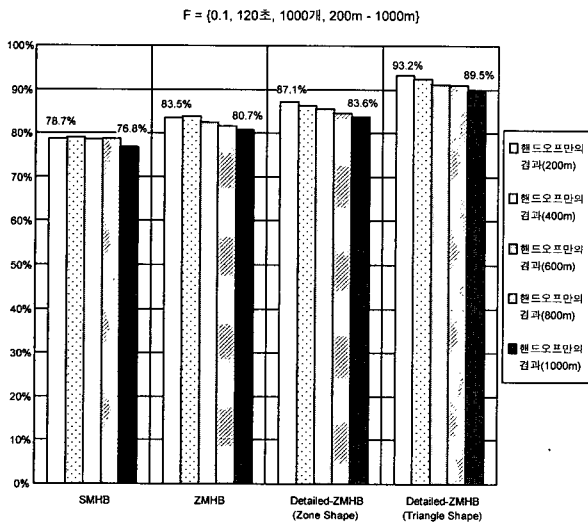


(그림 10) 도로(그림 9)를 적용했을 경우에, 셀 A에 존재하는 전체 핸드오프 영역에서의 예측 정확도

(그림 10)은 (그림 9)에서의 도로 형태를 적용하였을 때, 셀 A에 존재하는 전체 핸드오프 영역에서의 예측 정확도를 나타낸 것이다. 본 논문에서 나타낸 실험 결과는 ZMHB 알고리즘에서 실시한 실험과 마찬가지로, 모두 셀 A에서의 예측 정확도를 나타내며, 실험에서 사용한 인자 F = {0.1, 120초, 1000개, 200m}이다. (그림 6), (그림 7)에서 나타낸 것과 마찬가지로 7개의 셀 중 가장 가운데에 위치한 셀을 셀 A로 지정하였다.

그림에서 나타나듯이, Detailed-ZMHB 알고리즘과 같이

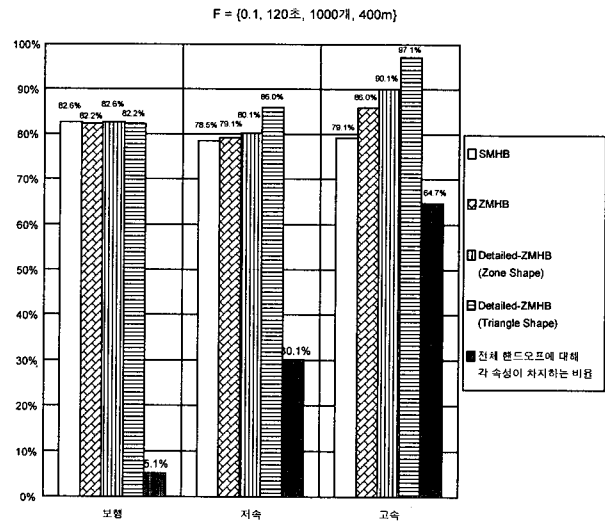
셀 내부의 이동 경로를 저장한 히스토리를 사용하는 알고리즘에서는 사용자가 경유한 바로 이전 셀에 대한 정보가 예측 정확도의 성능을 높이지 못한다는 것을 알 수 있다. 이러한 결과는 ZMHB 알고리즘에서의 실험 결과와 일치한다. 또한, 실제적으로 핸드오프가 일어난 셀에 대한 결과에서 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 상대적으로 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 4.3~8.3%, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 11.6~15.9% 정도 예측 성능이 뛰어나다.



(그림 11) 셀의 크기 변경에 따른 각 알고리즘의 예측 정확도

(그림 11)에서는 셀의 크기를 200m~1,000m의 범위로 200m씩 증가시켰을 경우, 각 알고리즘에 대해 핸드오프만의 예측 정확도 결과를 나타내었다. (그림 10)의 결과에서 나타났듯이, 이전 셀 정보는 예측 정확도의 성능에 영향을 주지 못하므로 실험 결과에서 제외하였다. 대부분의 기존 실험에서는 정지 상태의 호가 없거나, 생존 기간을 없애 강제적으로 핸드오프시키는 방식을 사용하였다. 따라서, 실제적으로 핸드오프가 일어난 호에 대한 예측 정확도를 나타내는 핸드오프만의 결과를 비교하였다. 생존주기가 고정되어 있는 상태에서 셀의 크기가 커질수록 단말이 움직일 수 있는 거리가 짧아지므로, 핸드오프 지역에서 다른 셀로 이동하지 못하고 생존주기가 끝나는 호가 많아지게 된다. 그러나, 그림에서 나타났듯이 실제적으로 핸드오프를 한 호에 대한 예측 정확도는 최대 2.5~4.2% 정도로 떨어진다. 그러므로, 셀의 크기가 커지게 되면 핸드오프 영역에서 핸드오프를 하지 못하는 호의 개수가 많아지게 되나, 예측 정확도와는 거의 관계가 없다는 것을 알 수 있다. 이것은 ZMHB 알고리즘의 실험 결과와 일치한다. 그러나, 셀 크기에 관계없이 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 기존의 SMHB,

ZMHB 알고리즘보다 3.0~10.7%, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 10.3~18.4% 정도 상대적으로 뛰어난 예측 성능을 보인다.



(그림 12) 각 속성에 따른 각 알고리즘의 예측 정확도

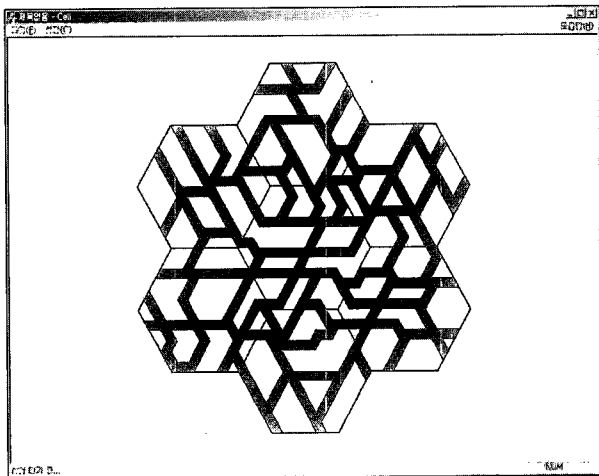
(그림 12)는 F = (0.1, 120초, 1,000개, 400m)일 때, 속성에 따른 각 알고리즘의 핸드오프 예측 정확도이다. 각 속성에 대한 예측 결과를 나타낸 (그림 12)에서 알 수 있듯이, 다른 셀로 이동하는 호, 즉 핸드오프를 실행하는 호는 고속일 경우가 가장 많은 비율을 차지하며, 전체 핸드오프 하는 호 중 고속 자동차가 약 65% 정도, 저속자동차가 약 30% 정도의 비율을 차지한다. 저속 자동차, 고속 자동차의 속성을 가진 호의 경우에는 셀 A에서 생성되는 호 뿐만 아니라 다른 셀에서 이동한 호도 다수가 포함된다. 즉, 같은 생존주기(Lifetime)를 가진 상태에서는 속도가 빠를수록 이동하는 거리가 길기 때문에, 다른 셀에서 발생한 호가 셀 A로 이동해 올 확률이 높아지게 된다. 전체 사용자에 대한 예측 정확도 결과를 나타낸 (그림 10)의 경우와 마찬가지로, 고속 자동차와 저속 자동차의 속성을 가진 호의 경우에, 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과 비교하여 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 8.7~22.8%, Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 1.2~13.9% 정도 상대적으로 우수한 성능을 보인다. 보행 속성을 가진 호의 경우에는 모든 알고리즘에서 비슷한 성능을 보이며, 전체 핸드오프 수에서 3% 정도의 비중을 차지하고 있기 때문에, 전체 예측 정확도에 미치는 영향은 미미하다. 결과적으로, 본 논문에서 제시한 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘과 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 전체 비중이 적은 보행의 경우에는 기존의 알고리즘과 성능이 비슷하지만, 비중이 큰 고속, 저속 자동차의 속성을 가진 호의 경우에서, 기존의 알고리즘보다 높은 예측



정확도를 보이기 때문에 전체 예측정확도에서 우수한 성능을 보인다. 그러나, 비중이 큰 고속 자동차 속성을 가진 호에 대해 가장 정확도가 높은 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다.

본 논문에서 제시한 ZMHB-Detailed 알고리즘은 사용자의 이동 경로 저장을 위해 존을 세분화시키는 방법에 따라 Detailed-ZMHB(Zone Shape), Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘의 두 가지로 나누었다. 이전 실험 결과에서 알 수 있듯이, 두 알고리즘 모두 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 예측 성능이 뛰어나다. 이러한 Detailed-ZMHB 알고리즘들의 특징은 다음과 같다. Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 존을 삼각형으로 세분화시켜 이동 경로를 저장하므로, 경로 저장을 위한 사용자 추적이 어렵다는 단점이 있으나, 다른 알고리즘보다 예측 성능이 훨씬 뛰어난 장점을 보이며, Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘보다는 성능이 떨어지지만 사용자 추적이 쉽다는 장점이 있다. 따라서, 본 논문에서 제시한 Detailed-ZMHB 알고리즘에서는, 셀 내부의 환경에 따라, 경로 추적이 쉬운 경우에는 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘을, 그렇지 않은 경우에는 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘을 사용할 수 있다.

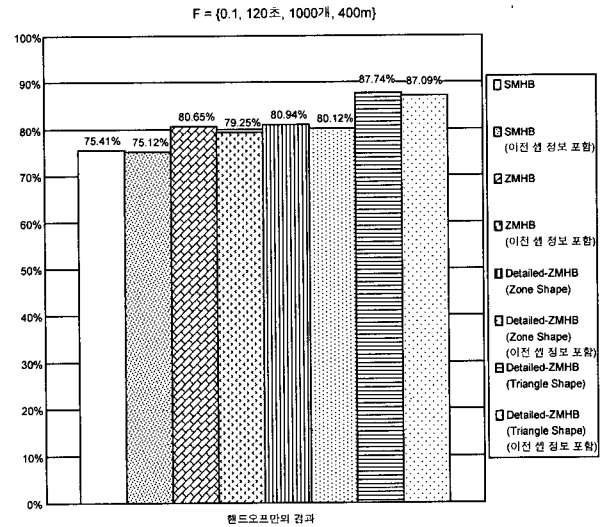
태에 상관없이, 셀 내부의 히스토리를 사용하는 알고리즘의 경우에는 이전 셀에 대한 정보가 예측 정확도를 높이는데 아무런 기여를 하지 못한다는 것을 알 수 있다. 도로의 형태를 달리하여도, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘은 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 0.4~7.3%, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 8.8~16.3% 정도 상대적으로 예측 성능이 우수하다.



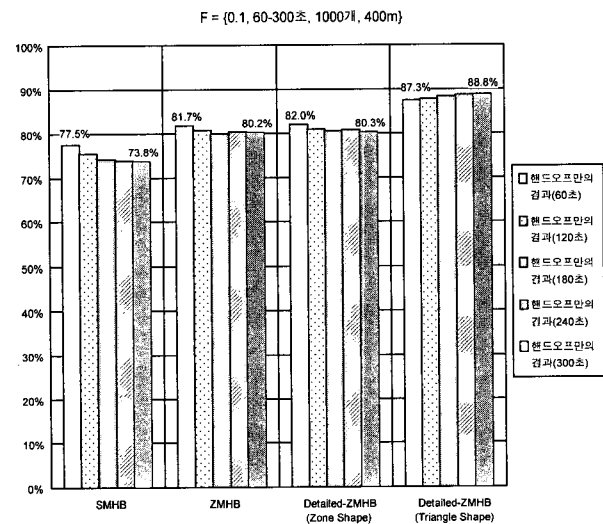
(그림 13) 적용 도로 형태 2

(그림 13)은 (그림 9)에서 나타낸 것과 다른 형태를 가지는 도로이며, 실험에서 사용한 각 호의 속성 생성 비율은 <표 1>에서 나타내는 것과 동일하게 설정하였다.

(그림 14)에서는 (그림 13)에서 나타낸 그림과 같은 도로 형태를 가진 실험 환경에서, 사용자가 경유한 바로 이전 셀 정보를 포함한 상태에 대해 각 알고리즘에 대한 예측 정확도 결과를 나타내었으며, 실험에서 사용한 인자  $F = \{0.1, 120초, 1,000개, 400m\}$ 이다. (그림 10)의 결과에서와 같이 도로의 형



(그림 14) 도로(그림 13)를 적용했을 경우에, 각 알고리즘의 예측 정확도

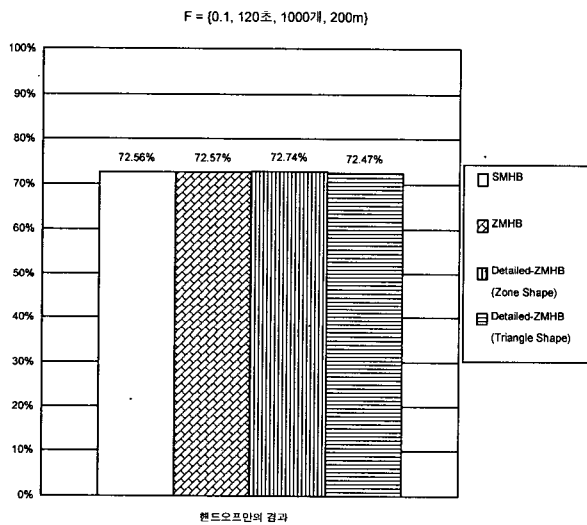


(그림 15) 호의 생존주기 변화에 따른 각 알고리즘의 예측 정확도

(그림 15)에서는 셀의 지름이 400m일 때, 호의 생존주기 (Lifetime)를 60~300초의 범위에서 60초 간격으로 변화시켰을 경우에 대한 각 알고리즘의 예측 정확도를 나타내었다. 셀의 크기를 변화시켰을 때의 경우와는 반대로, 생존주기를

증가시키게 되면 호의 이동 경로가 길어지게 된다. 따라서, 핸드오프 영역에서 생존주기가 끝나는 호가 줄어들게 되므로, 전체 예약에 대한 예측 정확도는 증가하게 된다. 그러나, 핸드오프를 한 호에 대한 결과를 나타낸 그림에서 알 수 있듯이, SMHB 알고리즘의 경우에서만 최대 5.0% 정도 예측 성능에 차이가 나며, ZMHB 알고리즘이나 Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘에서는 최대 2.1% 정도로 예측 성능이 떨어진다. 그러나, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 최대 0.8% 정도로 아주 미세하게 예측 성능이 높아진다.

호의 생존주기를 변화시킨 경우의 예측 정확도를 나타낸 그림에서 알 수 있듯이, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘은 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 0.4~8.8%, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 6.9~20.3% 정도 상대적으로 예측 성능이 뛰어나다. 또한, ZMHB 알고리즘의 경우와 마찬가지로, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB 알고리즘도 생존주기에 관계없이 안정적으로 예측이 가능하다.



(그림 16) 랜덤한 이동 패턴을 가지는 사용자에 대한 예측 정확도

(그림 16)에서는 (그림 8)에서 나타낸 기본적인 실험 환경과 마찬가지로 도로가 존재하지 않는 상태에서 각 알고리즘에 대한 핸드오프만의 예측 정확도를 나타내었다. 그러나, 이전 실험에서 적용한 호 속성 비율 <표 1>과는 다르게, 4개의 호 속성 비율을 똑같이 25%의 확률로 발생시켰다. 이전 실험과는 다르게 도로가 존재하지 않기 때문에, 어느 정도 도로를 따라 이동하는 특정 이동 패턴을 형성할 확률이 낮아지게 된다. 그림에 나타낸 예측 정확도의 결과는 이전 실험들과 마찬가지로 10번을 누적시켜 실험한 결과의 평균값이다. 이러한 각 알고리즘들에 대하여 95%의 신뢰도로 신뢰구간을

추정하면, 각 알고리즘에 대한 신뢰구간에 나머지 3개의 알고리즘의 평균 결과 값이 존재한다. 따라서, 랜덤한 이동 패턴(Random Movement Pattern)을 보이는 호에 대한 경우에서도, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB 알고리즘들이 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과 비교하여 상대적으로 비슷한 성능을 보인다.

### 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 방법 중의 하나이다.

최근에 제시된 예측 기법인 ZMHB 알고리즘은 셀 내부를 존(Zone)으로 나누어 셀 내부에서의 사용자 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하였다. 이러한 ZMHB 알고리즘은 셀 간의 이동 경로 히스토리를 이용하는 기존의 기본 예측 알고리즘이나 SMHB 알고리즘보다 예측 성능이 뛰어나다. 그러나, 사용자 전체에 대하여 약 80~85% 정도의 예측 정확도만을 보인다. 본 논문에서는 기존의 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 존을 세분화하여, 이동 경로를 저장한 히스토리를 사용함으로써 예측 정확도를 높일 수 있는 Detailed-ZMHB 알고리즘을 제안하였다. 이러한 Detailed-ZMHB 알고리즘은 존을 세분화하는 방법에 따라 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘과 Detailed-ZMHB(Triangle Shape)의 두 가지로 나누어 제안하였다.

Detailed-ZMHB 알고리즘 각각의 특징은 다음과 같다. Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 존을 삼각형으로 세분화시켜 이동 경로를 저장하므로, 경로 저장을 위한 사용자 추적이 어렵다는 단점이 있으나, 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 상대적 예측 성능이 6.9~20.3% 정도로 훨씬 뛰어난 장점을 보인다. Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 상대적으로 0.4~8.8% 정도 우수한 예측 성능을 보이므로, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘보다는 성능이 떨어진다. 그러나, 이동경로 저장을 위한 사용자 추적이 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘보다 쉽다는 장점이 있다. 또한, 랜덤한 이동 패턴을 가진 사용자와 규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자 전체에 대한 예측 정확도도 80~93%로 증가하였다.

이동 패턴 저장의 효율성이 떨어지는 랜덤 이동 패턴(Random Movement Pattern)의 경우에서, 각 알고리즘들에 대한 예측 정확도의 결과에 대하여 95%의 신뢰도로 신뢰구간을 추정하면, 각 알고리즘에 대한 신뢰구간에 나머지 3개의 알

고리즘의 평균 결과 값이 존재한다. 따라서, 랜덤한 이동 패턴(Random Movement Pattern)을 보이는 호에 대한 경우에도, 본 논문에서 제안한 Detailed-ZMHB 알고리즘들이 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과 비교하여 상대적으로 비슷한 성능을 보인다.

앞으로의 연구과제는 각 알고리즘의 예측 성능 결과에 따라 주변 셀의 대역폭 예약에 적용시키는 방법이다.

### 참 고 문 헌

[1] A. Jayasuriya, J. Asenstorfer, "Mobility Prediction Model for Cellular Networks Based on The Observed Traffic Patterns," in Proc. International Conference on Wireless and Optical Communication, 2002.

[2] 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.

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

[4] 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.

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

[7] G. Liu and G. Maguire Jr., "A Class of Mobile Motion Prediction Algorithms for Wireless Mobile Computing and Communications," in ACM/Baltzer MONET, Vol.1, No.2, pp.113-121, 1996.

[8] T. Liu, P. Bahl and I. Chlamtac, "Mobility Modeling, Location Tracking and Trajectory Prediction in Wireless ATM Networks," IEEE JAC, Vol.16, No.6, pp.922-936, Aug., 1998.

[9] D. Levine, I. Akyildiz and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Trans. on Networking, Vol.5, No.1, pp.1-12, Feb., 1997.

[10] A Practical User Mobility Prediction Algorithm for Supporting Adaptive QoS in Wireless Networks, IEEE International Conference on Networks, pp.104-110, Sep., 1999.

[11] J. Jannink, D. Lam, N. Shivakumar, J. Widom and D. Cox, "Efficient and Flexible Location Management Techniques for Wireless Communication System," ACM/Baltzer Wireless Networks, Vol.3, No.5, pp.361-374, 1997.

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

[13] 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 2001, Mobile Technology for Third Millenium.

[14] 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.

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

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

[17] 권세동, 박현민, "셀룰러 망에서 QoS 보장을 위한 사용자 이동성 예측 기법의 제안 및 성능 분석", 한국통신학회 '03 추계종합 학술발표회논문집, 한국통신학회, p.421, Dec., 2003.

[18] 권세동, 박현민, "무선 네트워크에서 사용자 이동 패턴을 사용한 이동성 예측 기법", 정보처리학회논문지C, 제11-C권 제2호, pp.193-202, Apr., 2004.

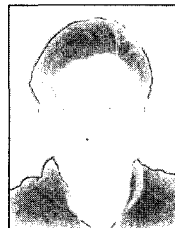
[19] 이종찬, 이문호, 문영성, "PCS를 위한 이동체 위치 추정 기법", 한국통신학회논문집, pp.2080-2089, Aug., 1998.

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

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

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

[23] 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~2004년 명지대학교 컴퓨터공학과  
(박사)

1999년~현재 (주)GT&T 연구원

2004년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

관심분야 : ATM 교환기, ATM 트래픽 제어, 컴퓨터 네트워크, 무선 통신



**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



**이 강 선**

e-mail : ksl@mju.ac.kr

1992년 이화여자대학교 이과대학 전자계산  
학과(학사)

1994년 이화여자대학교 이과대학 전자계산  
학과(석사)

1998년 Computer Information Science and  
Engineering, University of Florida  
(박사)

1999년~2002년 삼성전자 중앙연구소 소프트웨어센터 선임연구원

2000년~현재 명지대학교 컴퓨터공학과 조교수

관심분야 : Modeling & Simulation