

Zone Shape ZMHB 알고리즘의 성능 분석

권세동*, 박현민*

*명지대학교 컴퓨터공학과

e-mail: sdkwon@mju.ac.kr

Performance Analysis of Zone Shape ZMHB Algorithm

Se-Dong Kwon*, Hyun-Min Park*

*Dept of Computer Engineering, Myong-Ji University

요 약

핸드오프는 무선 셀룰러 환경에서 사용자의 이동성(Mobility)을 유지해줄 수 있는 가장 중요한 기술 중의 하나이다. 이러한 핸드오프 기술은 사용자가 이동할 주변 셀에 대한 대역폭 예약과 관련이 있다. 효과적인 대역폭 사용을 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.

1. 서론

미래의 무선 통신망에서는 비디오, 음성, 데이터와 같은 멀티미디어 어플리케이션을 지원하게 될 것이다[1]. 무선 셀룰러 환경에서 이동성(Mobility)의 지원, 즉 사용자에게 끊김 없는(Seamless) 이동성을 제공하기 위하여 효과적인 자원 예약과 더불어 사용자에게 지속적인 서비스를 제공하기 위하여 셀 간에 일어나는 핸드오프(Handoff) 기술은 필수적이다.

모바일 사용자의 연결 유지를 위하여 이동 가능한 주위의 모든 셀을 예약하는 것은 가용한 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[2-10]. 본 논문에서는 사용자의 이동 패턴에 따른 기본적인 이동성 예측 알고리즘들[2]과 더불어 최근에 제시된 SMHB(Sectorized Mobility History Base) 알고리즘[7,8], ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘[9,10]에

대하여 소개한다. 셀 내부의 이동 경로에 대한 히스토리를 이용하는 ZMHB 알고리즘은 기존의 기본 이동성 예측 알고리즘이나 SMHB 알고리즘에 비하여 예측 성능이 우수하다[9,10]. 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(Zone Shape) 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(Zone Shape) 알고리즘 및 비교·분석하게 될 SMHB, ZMHB 알고리즘에 대한 셀 구조를 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[2-10]이 제안되었다. 이러한 알고리즘

들 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 [2]. 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[2].

기본 알고리즘 이외에, HH(Hybrid Handoff) 알고리즘 [3]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.

SCC(Shadow Cluster Concept) 알고리즘[4]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[5].

PUPR(Per-User Profile Replication) 알고리즘[6] 역시 사용자의 이동 히스토리에 기반하여 예측하며, 사용되는 이동성 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[5].

SMHB(Sectorized Mobility History Base)[7] 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 마주보고 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)[9,10] 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[7,8]나 셀 간의 이동성 히스토리에 기반한 다른 기존의 알고리즘들[2]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[10]. 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

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(Zone Shape) 알고리즘을 제안한다.

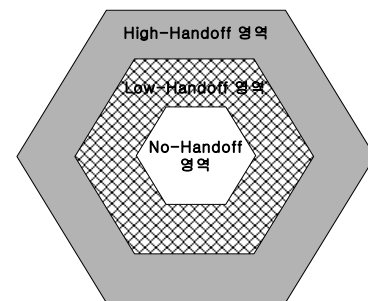


그림 1. 셀 구조

Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘에서는 SMHB 알고리즘이나 ZMHB 알고리즘을 사용한 경우와 같이 그림 1과 같은 6각형 모양의 셀 구조를 적용한다. 셀 내부는 인접 셀로 핸드오프할 확률에 따라 3단계로 구분이 된다. 이러한 셀 구조는 RSS(Relative Signal Strength) 값에 따라 구분될 수 있으며[7], 인접 기지국의 PSS(Pilot Signal Strength)를 이용하여 3단계의 추정 과정을 거쳐 사용자의 위치를 추정할 수 있다[11]. 본 논문에서는 High-Handoff 지역을 핸드오프 지역이라고 한다.

핸드오프는 크게 하드 핸드오프(Hard Handoff), 소프트 핸드오프(Soft Handoff) 두 가지 경우로 구분되어진다[12]. 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 핸드오프의 경우를 적용하여 예측을 실시한다.

그림 2, 3은 각각 ZMHB(Zoned Mobility History Base) 알고리즘[9,10]과 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘을 사용할 때의 셀 구조이다. Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 존을

세분화하여 각 섹터마다 6개의 존으로 분할하였다.

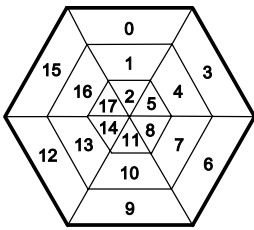


그림 2. ZMHB 알고리즘에서의 셀 구조

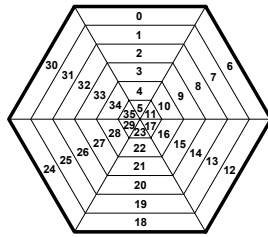


그림 3. Detailed-ZMHB 알고리즘에서의 셀 구조

그림 2에서 [영역번호 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. 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.

4. 실험 환경 및 결과

본 논문에서 제안하는 알고리즘과 기존의 알고리즘에 대한 성능을 비교하기 위하여, 그림 8과 같이 인접한 7개의 셀 구조를 채택하여, Visual C++ 환경에서 실험하였다. 실험 환경은 본 논문에서 제시하는 Detailed-ZMHB 알고리즘과 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과의 비교를 위하여 ZMHB 알고리즘에서 사용했던 환경[9,10]과 같은 조건을 적용하였다. 육각형 구조를 가진 각 셀의 지름의 크기는 200m-1000m의 범위로 설정하였다. 각 셀 영역에서 발생하는 호(Call)는 포아송 프로세스(Poisson Process)를 따르며, 셀 전체 영역에서 같은 확률로 분포되게 하였다.

포아송 프로세스에 의해 발생하는 각 호의 생존주기(Lifetime)는 평균 120초의 지수분포(Exponential Distribution)를 이루며, 생성되는 각 호는 정지, 보행자, 저속 자동차, 고속 자동차의 4가지 속성을 가진다. 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 1000개 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. 표시

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

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

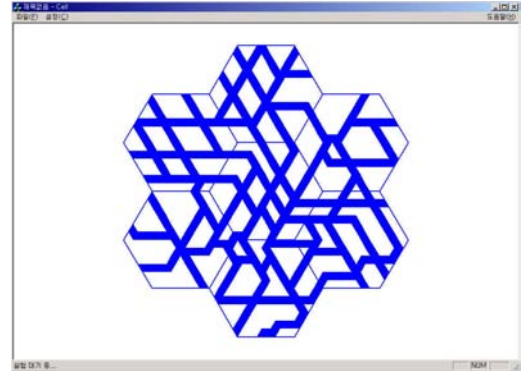


그림 4. 적용 도로 형태

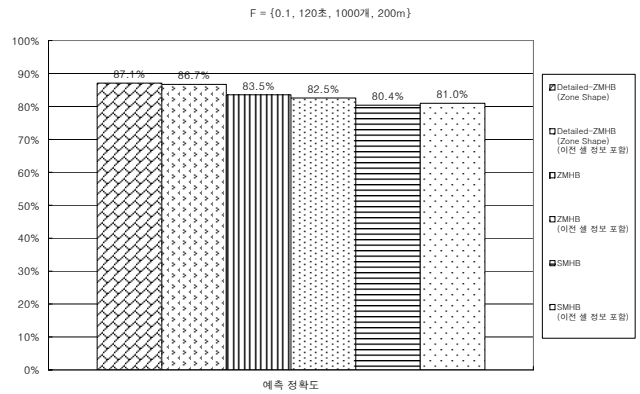


그림 5. 도로(그림 4)를 적용했을 경우에 대한 각 알고리즘의 예측 정확도

그림 5는 그림 4에서의 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 $F = \{0.1, 120\text{초}, 1000\text{개}, 200\text{m}\}$ 이다. 그림 4에서 나타낸 7개의 셀 중 가장 가운데에 위치한 셀을 셀 A로 지정하였다. 그림에서 나타나듯이, Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘처럼 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%정도 예측 성능이 뛰어나다.

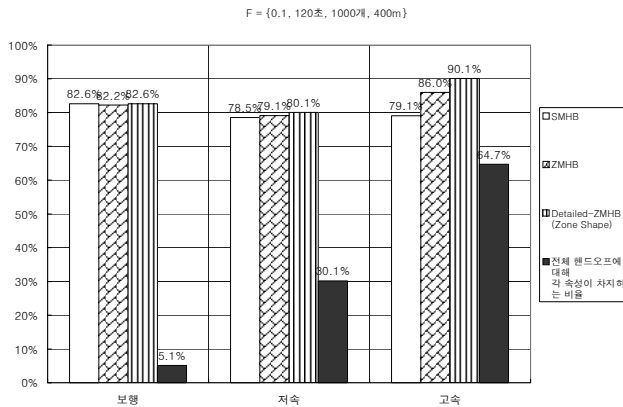


그림 6. 속성에 따른 각 알고리즘의 예측 정확도

그림 6은 $F = \{0.1, 120초, 1000개, 400m\}$ 일 때, 속성에 따른 각 알고리즘의 핸드오프 예측 정확도이다. 각 속성에 대한 예측 결과를 나타낸 그림 6에서 알 수 있듯이, 다른 셀로 이동하는 호, 즉 핸드오프를 실행하는 호는 고속일 경우가 가장 많은 비율을 차지하며, 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 6의 경우와 마찬가지로, 고속 자동차와 저속 자동차의 속성을 가진 호의 경우에, 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘과 비교하여 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.

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.

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. 따라서, 본 논문에서는 기존의 ZMHB 알고리즘에서 사용하는 존을 세분화하여, 이동 경로를 저장한 히스토리를 사용함으로써 예측 정확도를 높일 수 있는 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘을 제안하였다.

Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘은 기존의 SMHB, ZMHB 알고리즘보다 상대적으로 4.3~8.3%정도 우수한 예측 성능을 보인다. 앞으로의 연구과제는 각 알고리즘의 예측 성능 결과에 따라 주변 셀의 대역폭 예약에 적용시키는 방법이다.

참고문헌

- [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] J. Chan, R. De Silva, and A. Senevirance, "A QoS Adaptive Mobility Prediction Scheme for Wireless Networks," in Proc. IEEE GLOBECOM'98, Nov.1998, pp. 1414-1419.
- [3] J. Chan et. al., "A Hybrid Handoff Scheme with Prediction Enhancement for Wireless ATM Network," in Proc. APCC'97, Dec. 1997, pp. 494-498.
- [4] 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, 5(1), Feb. 1997, pp. 1-12.
- [5] A Practical User Mobility Prediction Algorithm for Supporting Adaptive QoS in Wireless Networks, IEEE International Conference on Networks, Sep. 28, 1999, pp. 104-110.
- [6] J. Jannink, D. Lam, N. Shivakumar, J. Widom and D. Cox, "Efficient and Flexible Location Management Techniques for Wireless Communication System," ACM/BWN, 3(5), 1997, pp. 361-374.
- [7] R. Chellappa, A. Jennings and N. Shenoy, "The Sectorized Mobility Prediction Algorithm for Wireless Networks" ICT April 2003, pp. 86-92.
- [8] R. Chellappa, A. Jennings and N. Shenoy, "A Comparative Study of Mobility Prediction in Fixed Wireless Networks and Mobile Ad hoc Networks" IEEE. 2003.
- [9] 권세동, 박현민, "셀룰러 망에서 QoS 보장을 위한 사용자 이동성 예측 기법의 제안 및 성능 분석", '03 추계 종합학술발표회논문집, 한국 통신 학회, 2003. 12.
- [10] 권세동, 박현민, "무선 네트워크에서 사용자 이동 패턴을 사용한 이동성 예측 기법" 한국 정보 처리 학회 논문집, 2004년 4월 게재 예정.
- [11] 이종찬, 이문호, 문영성, "PCS를 위한 이동체 위치 추정 기법", 한국 통신 학회 논문집, 1998년 8월, pp. 2080-2089.
- [12] Q. A. Zeng and Dharma P. Agrawal, 'Handbook of Wireless and Mobile Computing,' John Wiley & Sons, Inc. 2002..