

무선망에서 소프트 핸드오프 알고리즘을 위한 새로운 대역폭 예약 기법

권 세 동[†] · 박 현 민^{**}

요 약

무선 통신망에서 다양한 요구의 QoS(Quality of Service)를 보장하고, 한정된 대역폭을 효과적으로 사용하기 위한 기법에는 이동성 예측 기법과 채널 할당 기법이 있다. 이러한 이동성 예측 기법들 중에서는 가장 최근에 제안되었으며, 셀 내부의 이동 경로를 저장하는 방법을 사용하는 Detailed-ZMHB 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다. 또한, 여러 채널 할당 기법 중에서 핸드오프 호(Handoff Call)의 접속 실패율을 줄이기 위하여, 핸드오프 호에 우선순위를 주어 다수의 신규 호 블록킹을 감수하고, 핸드오프 호의 접속 실패율(Dropping Probability)을 낮추는 방법들이 제안되었다. 특히, CDMA(Code Division Multiple Access) 시스템에서의 소프트 핸드오프의 경우, 신호의 세기에 따라 인접한 셀 중 두 개를 선택하여 채널을 예약하는 방법을 사용한다. 본 논문에서는 핸드오프 호의 접속 실패율을 줄이기 위하여, 예측 알고리즘에서 사용하는 이동 경로 저장 방법을 이용하는 새로운 채널 예약 기법을 제안한다. 그 결과로, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법이 기존의 기법보다 핸드오프 호의 접속 실패율이 약 67-71%정도 낮다.

키워드 : 예측 알고리즘, 채널 예약 기법, 블록킹율, 접속 실패율, 전체 실패율, HBCR 기법

A New Channel Reservation Scheme for Soft Handoff Algorithms in Wireless Networks

Kwon Se-Dong[†] · Park Hyun-Min^{**}

ABSTRACT

The mobility prediction algorithm and the channel reservation scheme have been reported as an effective means to provide QoS guarantees and the efficient resource reservation in wireless networks. Among these prediction algorithms, the recently proposed Detailed-ZMHB algorithm makes use of the history of the user's positions within the current cell to predict the next cell, which provides the better prediction accuracy than the others. The handoff prioritizing schemes are proposed to provide improved performance at the expense of an increase in the blocking probability of new calls. In the soft handoff of the CDMA systems, a mobile can communicate via two adjacent cells simultaneously for a while before the actual handoff takes place. In this paper, we propose a new channel reservation scheme making use of the user mobility pattern information in order to reduce the call dropping probability. Our results show that the proposed scheme gives about 67.5-71.1% lower call dropping probability, compared to the existing scheme.

Key Word : Prediction Algorithm, Channel Reservation Scheme, Blocking Probability, Dropping Probability, Total Failure Probability, History Based Channel Reservation Scheme

1. 서 론

미래의 무선 통신망에서는 비디오, 음성, 데이터와 같은 다양한 멀티미디어 어플리케이션을 지원하게 될 것이다[1, 2]. 이러한 무선 통신망에서 다양한 멀티미디어 서비스를 가능하게 하기 위하여 QoS(Quality of Service)를 보장하는 것은 매우 중요한 일이다. B-ISDN(Broadband-Integrated Services

Digital Networks)과 같은 유선 통신망에서는 QoS 보장에 대한 많은 연구가 광범위하게 진행되어져 왔다[3, 4]. 그러나, 무선 통신망에서는 사용자의 이동성 때문에 QoS 보장이 어려워지게 된다.

무선 통신망에서 다양한 요구의 QoS를 보장하고, 한정된 대역폭을 효과적으로 사용하기 위하여 제안된 기법들 중에는 사용자가 이동할 셀을 예측하는 이동성 예측 기법이 있다. 최근에 핸드오프 실패율을 줄이고 핸드오프 지연(Latency)을 최소화할 수 있는 효과적인 자원 예약을 위하여 이동성 예측에 관한 많은 기법들이 제안되었다[5-8]. 최근에 제안된 ZMHB

[†] 정 회 원 : 명지대학교 컴퓨터공학과 겸임교수

^{**} 종신회원 : 명지대학교 공과대학 컴퓨터학부 교수

논문접수 : 2005년 3월 24일, 심사완료 : 2005년 7월 27일

(Zone Mobility History Base) 알고리즘[5], Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘, Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘[6]은 셀 간의 사용자 이동 경로 히스토리를 이용하는 기존의 기본적인 이동성 예측 알고리즘들[7]이나 SMHB (Sectorized Mobility History Base) 알고리즘[8]과는 달리 셀 내부에서의 사용자 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하였다. 셀 내부의 이동 경로 히스토리를 이용하는 ZMHB 알고리즘이나 Detailed-ZMHB(Zone, Triangle Shape) 알고리즘은 셀 간의 이동 경로 히스토리를 이용하는 기존의 기본 예측 알고리즘이나 SMHB 알고리즘보다 예측 성능이 상대적으로 우수하다[5, 6].

이러한 이동성 예측 기법 이외에, 한정된 대역폭을 효과적으로 사용하기 위하여 채널 할당 기법을 사용한다. 채널 할당 기법에는 크게 고정 채널(Fixed Channel) 할당 기법, 동적 채널(Dynamic Channel) 할당 기법이 있으며[9], 이 외에도 혼합 채널 할당 기법 및 분산 동적 채널 할당 기법 등이 있다[10]. 한편, 무선 통신망에서 사용자는 신규 호의 연결 설정 실패보다 핸드오프 호의 접속 실패에 더 큰 불만을 느끼게 된다. 따라서, 핸드오프 호(Handoff Call)의 접속 실패율을 줄이기 위해, 핸드오프 호에 우선 순위를 두어 다소의 신규 호 블록킹을(Blocking Probability)을 감수하고, 핸드오프 호의 접속 실패율(Dropping Probability)을 낮추는 방법들이 제안되었다[11-14].

핸드오프 호를 위한 채널 예약 기법에는 전체 채널의 일부를 핸드오프 호만을 위한 예약 채널로 두는 방법[13]과 핸드오프 호를 위한 버퍼를 사용하는 방법[14]이 있다. 이러한 여러 가지 채널 예약 기법들 중에서, 채널의 예약 없이 버퍼를 사용하는 방법에는 단순히 FIFO(First-In-First-Out) 큐를 사용하는 방법과 신호 세기의 레벨(Power Level)을 측정하여 우선 순위 큐(Prioritized Queue)에 적용하는 방법 등이 있다[13].

본 논문에서는 핸드오프 호의 접속 실패율(Dropping Probability)을 줄이기 위하여, 각 예측 알고리즘에서 사용하는 이동 경로 저장 방법에 따라 사용자가 이동할 셀에 대한 확률에 가중치를 두어 우선 순위 큐에 적용하는 새로운 채널 예약 기법인 HBCR(History Based Channel Reservation) 기법을 제안하여, 단순히 채널의 세기에 따라 채널을 예약하는 방법과 비교·분석하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존에 제시된 예측 기법 및 채널 예약 기법들에 대하여 간단히 소개하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법인 HBCR 기법을 소개한다. 4장에서는 실험 환경과 본 논문에서 제안한 HBCR 기법과 기존의 채널 예약 기법의 비교 실험 결과를 나타내고, 마지막으로 5장에서는 결론 및 향후 연구 과제를 제시한다.

2. 관련 연구

2.1 예측 기법

무선 셀룰러 환경에서 효과적인 자원 예약을 위하여 여러

예측 알고리즘들[5-8]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 알고리즘 등이 있으며, 기본 알고리즘을 비교한 결과에서는 Direction Criterion 알고리즘이 가장 우수한 성능을 보인다[7].

SMHB(Sectorized Mobility History Base)[8] 알고리즘은 사용자의 이동 패턴에 따라 기법을 다르게 적용하였다. 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[5, 6].

Zoned Mobility History Base(ZMHB)[5] 알고리즘에서는 하나의 셀을 6개의 섹터로 나누고, 다시 섹터를 핸드오프 확률에 따라 3개의 존으로 나누어 사용자의 이동 경로를 저장하였다. ZMHB 알고리즘은 SMHB 알고리즘이나 다른 기존의 알고리즘에 비하여 상대적으로 4~15%정도 우수한 예측 정확도를 보이며, 랜덤한 이동 패턴을 가진 사용자에 대하여 73%정도, 랜덤한 이동 패턴을 가진 사용자와 규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자 전체에 대하여는 80~85%정도의 예측 정확도를 가진다.

최근에 제시된 Detailed-ZMHB 알고리즘[6]은 예측 정확도를 높이기 위하여, ZMHB 알고리즘에서 사용하는 존을 세분화하여 사용자의 이동 경로를 저장하였다. 이 알고리즘에서는 존을 세분화하는 방법에 따라 Detailed-ZMHB(Zone Shape) 알고리즘과 Detailed-ZMHB (Triangle Shape) 알고리즘 두 가지로 나눌 수 있다. Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘은 존을 삼각형으로 세분화시켜 이동 경로를 저장하므로, 경로 저장을 위한 사용자 추적이 어렵다는 단점이 있으나, 예측 성능이 뛰어나다는 장점을 보인다. Detailed-ZMHB (Zone Shape) 알고리즘은 기존의 ZMHB 알고리즘보다 성능이 뛰어나며, Detailed-ZMHB (Triangle Shape) 알고리즘보다는 성능이 떨어지지만, 이동경로 저장을 위한 사용자 추적이 Detailed-ZMHB(Triangle Shape) 알고리즘보다 쉽다는 장점이 있다. Detailed-ZMHB 알고리즘에서는 랜덤한 이동 패턴을 가진 사용자와 규칙적인 이동 패턴을 가진 사용자 전체에 대한 예측 정확도가 80~93%로 ZMHB 알고리즘에 비하여 증가하였다.

2.2 채널 할당 기법

무선 셀룰러 망에서 제한된 대역폭을 효과적으로 사용하는

것은 매우 중요한 문제이다. 한정된 대역폭을 효과적으로 사용하기 위해 제안된 채널 할당 기법으로는 크게 고정 채널 할당(Fixed Channel Allocation) 기법, 동적 채널 할당(Dynamic Channel Allocation) 기법으로 구분된다[9].

고정 채널 할당 기법은 각 셀에 사용할 채널을 미리 영구적으로 할당하여 호의 요구가 있을 때 가용한 채널만을 할당하는 기법이다. 이러한 고정 채널 할당의 경우에는 각 셀에서의 채널 사용량을 정확하게 예측하여 할당하는 것이 가장 중요하며, 일단 채널이 각 기지국별로 할당이 되면 채널 사용량을 바꿀 수 없으므로, 통화량의 변화 등에 대한 대처 능력이 없다[15].

동적 채널 할당 기법은 크게 집중 제어 동적 채널 할당 기법(Centralized DCA)과 분산 제어 할당 기법(Distributed DCA)으로 분류한다[16]. 집중 제어 할당 기법에서는 최적의 해법을 제공하지만 시스템의 제어에 한곳에 집중되므로 큰 오버헤드를 가진다. 분산 제어 할당 기법은 알고리즘이 간단하고 다른 기지국과의 정보 교환없이 셀 내의 정보만을 사용하므로, 마이크로/피코 셀 환경에 적합하다[17].

신규 호와 핸드오프 호를 구분하여 채널을 할당하는 가장 간단한 기법은 전체 채널을 신규 호와 핸드오프 호가 같은 비율로 사용하는 기법이다. 이 기법에서는 신규 호의 블로킹율과 핸드오프 호의 접속 실패율이 거의 비슷하며, 제공되는 트래픽이 많을수록 성능이 현저하게 떨어지게 된다[13]. 따라서, 핸드오프 호에 우선순위(Priority)를 두는 여러 기법들이 제안되었다.

핸드오프 호에 우선순위를 두는 기법들은 예약 채널의 유·무에 따라 Guard Channel 기법과 Handoff Queueing 기법으로 나눌 수 있다[9]. Guard Channel 기법은 Cutoff Priority 기법이라고도 하며, 이 기법에서는 전체 채널의 일부를 핸드오프 호를 위한 예약 채널로 사용하고, 나머지 채널은 신규 호와 핸드오프 호가 동시에 사용할 수 있는 방법을 사용하였다[13]. 이 기법에서는 트래픽 패턴에 따라 최적의 Guard Channel의 수를 결정해야 하는 단점이 있다. 이외에도, 신경망을 이용하여 각 셀마다 채널의 예약율을 조절하는 방법[18]이 있다.

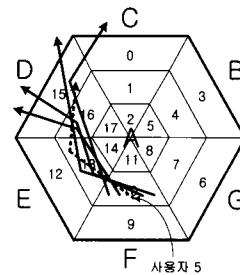
Handoff Queueing 기법에서는 예약 채널을 두는 방법을 사용할 때 발생하는 채널의 낭비를 단점으로 들어 예약없이 버퍼를 두는 방법을 사용하였다. 가장 기본적인 버퍼 사용 방법에는 FIFO(First-In-First-Out) 큐를 사용하는 기법이 있다[13]. FIFO 큐를 사용할때의 단점을 보완하기 위하여, 신호 세기의 레벨(Power Level)을 측정하여 우선 순위 큐(Prioritized Queue)를 사용하는 기법이 있다.

본 논문에서는 기존의 ZMHB나 Detailed-ZMHB 예측 알고리즘에서 사용하는 이동 경로를 이용하여, 사용자가 이동할 셀에 대한 확률에 가중치를 주어 우선 순위 큐에 적용하는 새로운 채널 예약 기법인 HBCR(History Based Channel Reservation) 기법을 제안하여, 단순히 채널의 세기에 따라 채널을 예약하는 방법과 비교·분석하였다. HBCR 기법을 사용하게 되면, 목적하고자 하는 셀에 나갈 확률이 높은 사용자에게

채널을 확보할 기회를 더 많이 제공함으로써, 이러한 사용자가 채널이 가용하지 않은 상황으로 인하여 핸드오프에 실패할 확률을 줄이게 되는 장점이 발생하게 된다.

3. 예측 알고리즘을 이용한 새로운 채널 예약 기법

3G(Third Generation) 무선 네트워크 환경이나 CDMA(Code Division Multiple Access) 시스템에서의 소프트 핸드오프의 경우에는, 핸드오프가 일어나기 전에 신호의 세기에 따라 모바일이 인접한 두 개의 셀과 동시에 통신할 수 있다[19, 20]. 이러한 기존의 채널 예약 방법들 중에는 신호의 세기에 따라 인접한 셀 중 두 개 이상의 셀을 선택하여 채널을 예약하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 핸드오프 호의 접속 실패율을 줄이기 위하여, 각 예측 알고리즘에서 사용하는 이동 경로 저장 방법에 따라 사용자가 이동할 셀에 대한 확률에 가중치를 두어 우선 순위 큐에 적용하는 채널 예약 기법인 HBCR(History Based Channel Reservation) 기법을 제안하였다.

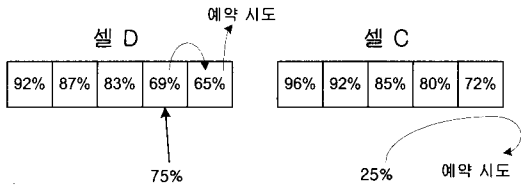


(그림 1) 사용자의 이동 경로

(그림 1)에서는 설명을 간단히 하기 위하여, ZMHB 알고리즘의 경우에서의 사용자 이동경로를 나타내었다. ZMHB 알고리즘의 경우에서와 마찬가지로, 그림에서 [영역번호 mod 3]의 값이 0일 경우를 핸드오프 영역이라 정의하였으며, 사용자가 이 영역에서 처음 발생하거나 핸드오프 영역 안으로 들어오게 되면 핸드오프가 일어날 셀에 대한 채널 예약을 실시하였으며, 사용자가 예약하고자 하는 셀에 채널이 가용하지 않을 경우에는, 사용자가 셀의 경계를 넘어 다른 셀로 이동하기 전까지 계속해서 채널 예약을 시도한다. 단, 핸드오프 지역에서 사용자의 이동에 따라 처음 예약하고자 했던 셀 채널을 바꾸지 않는다.

그림에서 나타나듯이, 이전 사용자 중 4명이 {10 → 13 → 16 → 15}를 경유하여 셀 D로 3명, 셀 C로 1명이 이동했다고 가정하며, 4명의 사용자 모두 같은 내부 이동경로를 가진다. 한 개의 셀만을 예측하는 경우에는 사용자 5가 같은 이동 경로를 가지는 경우 예측 셀을 D로 결정하였다. 그러나, 인접한 두 개의 셀에 대하여 신호의 세기를 이용하여 채널을 예약하게 되는 경우에는, 셀 C와 셀 D를 예약하게 된다. 본 논문에서 제안하는 채널 예약 기법에서는 같은 이동 경로를 가지는 사용자에게 대하여 이동한 셀에 대한 가중치를 이용하므로, 셀 D의 채널에 75%(이전 4명의 사용자 중 3명이 이동)로 기

록하여 예약하며, 셀 C의 채널에는 25%(이전 4명의 사용자 중 1명이 이동)로 기록하여 예약한다. 이때, 셀 D와 셀 C에 가용한 채널이 없는 경우에, (그림 2)와 같이 채널 예약을 하게 된다.



(그림 2) 제안한 채널 예약 기법(HBCR Scheme)에서의 채널 예약 방법

(그림 2)에서는 각 셀에 핸드오프 호를 위한 채널이 5개가 존재할 때, 핸드오프 호를 위한 채널 상태를 나타낸다. (그림 1)에서의 사용자 5가 셀 D와 셀 C의 채널을 예약하고자 할 때, 셀 D와 셀 C의 채널 상태를 점검한다. 우선 셀 D의 경우에는, 예약 확률이 사용자 5보다 떨어지는 경우가 있으므로, 가용한 채널이 없다고 하더라도 예약한 사용자중 가장 낮은 확률을 가지는 사용자의 채널을 확보하게 된다. 사용자 5에 의해 채널 예약에 실패하게 된 사용자는 다른 셀로 이동할 때까지 다시 채널 예약을 시도하게 된다. 셀 C의 경우에는, 이미 채널을 예약한 사용자들의 예약 확률이 사용자 5

보다 높기 때문에, 사용자 5는 다른 셀로 이동할 때까지 계속해서 셀 C의 채널 예약을 시도한다. 따라서, 사용자 5가 셀 경계 지역을 벗어날 때까지 셀 C에 가용한 채널이 없거나, 사용자 5보다 예약 확률이 낮은 사용자의 채널이 없는 경우에는 그 셀에 대한 채널 예약에 실패하게 된다. (그림 1)에서 같은 이동 경로를 가지는 이전 사용자 4명이 모두 셀 D로 이동하였을 경우에는, 사용자 5는 셀 C에 채널 예약율을 0%로 하여 채널 예약을 시도하게 된다.

(그림 3)에서는 제안한 채널 예약 기법을 블록 다이어그램으로 나타내었으며, 간단히 설명하면 다음과 같다. 우선, 사용자 호가 발생하면 호의 이동 경로를 추정하여, 핸드오프 영역으로 들어오게 되면 이동할 셀을 예약하게 된다. 이때 같은 이동경로를 가졌던 이전 사용자들의 이동 셀 확률에 따라 주변의 2개 셀을 예약하는 방법을 사용한다. 예약 채널에 가용한 채널이 있거나 이미 예약된 다른 채널의 확률보다 높은 경우에는 채널 예약을 실시하고, 그렇지 않은 경우에는 핸드오프 지역을 벗어날 때까지 계속해서 채널 예약을 시도하게 된다. 이러한 과정에서 사용자 호가 다른 셀로 이동할 때까지 채널 예약을 하지 못하는 경우에는 예약 실패(Drop)로 간주한다.

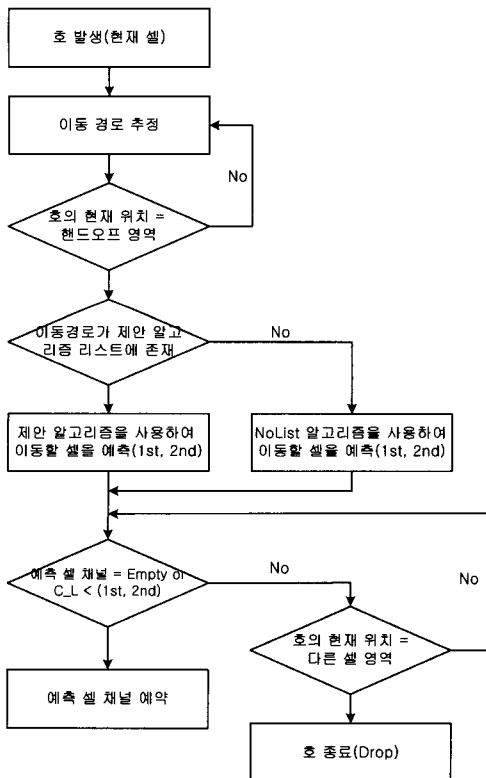
4. 실험 환경 및 제안한 채널 예약 기법과 기존 예약 기법과의 비교 실험 결과

4.1 실험 환경

본 논문에서는 제한된 채널에서 기존에 제시된 예측 알고리즘에 의한 신규호의 블록킹율과 핸드오프 접속 실패율을 구하기 위해서, 인접한 7개의 셀 구조를 채택하여, Visual C++ 환경에서 실험하였다. 실험 환경은 기존의 Detailed-ZMHB 알고리즘의 실험에서 사용했던 환경과 같은 조건을 사용하며, 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 분포의 확률 밀도 함수를 나타내면 다음과 같다. 식 (1)에서 λ 는 단위 시간 혹은 일정 시간에 일어나는 평균 발생 호 수를, x 는 발생 호 수를 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 60-180초의 지수분포(Exponential Distribution)를 이루며, 생성되는 각 호는 정지, 보행자, 저속 자동차, 고속 자동차의 4가지 속성을 가진다. 식 (2)에서는 단위 시간에 평균 λ 개의 사건이 포아송 확률로 일어나는 경우에, 한 사건이 일어난 뒤 다음 사건이 일어날 때까지의 시간 간격 x 에 대한 지수분포를 나타내었다.



1st: Most frequently visited cell of the same movement list (by probability)
 2nd: The second most frequently visited cell of the same movement list (by probability)
 C.L.: The right most channel list (by probability)

(그림 3) 제안한 채널 예약 기법(HBCR Scheme)

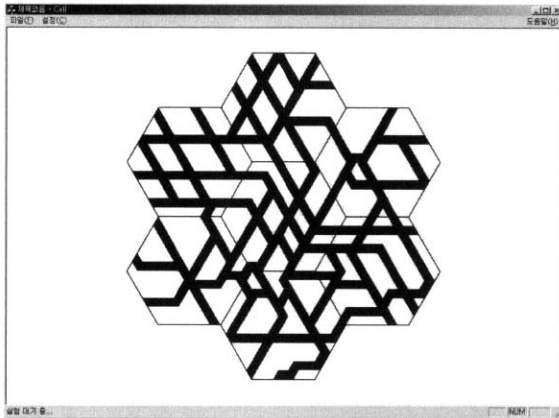
$$f(x) = \lambda e^{-\lambda x}, \quad x > 0, \lambda > 0 \quad (2)$$

각 호의 속성에 따라 보행자는 4km/h, 저속 자동차는 40km/h, 고속 자동차는 70km/h의 속도를 가진다. 또한, 각 호의 생존주기 동안에 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 2000개 정도로 하였다. 표시를 간편하게 하기 위해서, 본 논문의 실험 환경에서 사용하는 여러 인자들을 다음과 같은 형식으로 나타낸다.

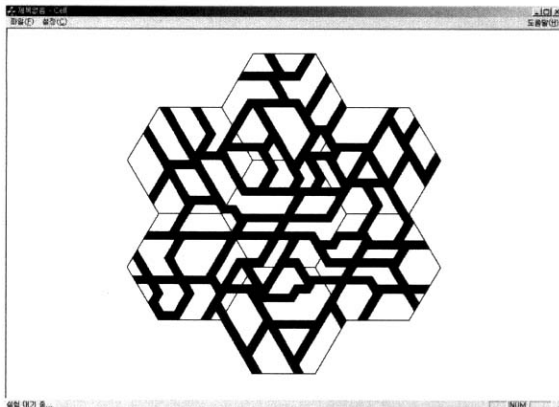
F(Factor) = {각 셀에서 단위 시간에 발생한 호의 개수(개), 생존주기(초), 각 셀에서의 전체 호 발생 개수(1,000 단위), 셀의 지름(m)}

<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 4) 적용 도로 형태 1



(그림 5) 적용 도로 형태 2

본 논문에서 사용한 도로 형태는 기존의 Detailed-ZMHB 알고리즘에서 사용한 도로 형태와 같은 (그림 4), (그림 5)와 같은 도로 형태를 적용하였다. 그림에서 도로가 존재하는 영역은 검은색으로 그렇지 않은 부분은 흰색으로 나타내었다. <표 1>은 셀에서 영역의 구분에 따라 발생하는 각 호의 속성에 대한 발생 비율을 나타낸다.

본 논문에서 사용한 채널 예약 기법은 각 셀에서 제공하는 채널을 신규 호만을 위한 채널, 핸드오프 호만을 위한 채널과 신규 호와 핸드오프 호가 동시에 사용할 수 있는 공유 채널로 구분하였으며, 각 채널의 개수를 같은 수만큼 사용하여 실험하였다. 또한, 각 실험 결과는 예측 알고리즘에서의 실험과 마찬가지로, 7개의 셀 중 가장 가운데에 존재하는 셀에서 얻어진 결과를 표시하였다. 본 논문의 실험 결과에서 나타낸 성능을 식으로 표현하면 다음과 같다.

$$\begin{aligned} &\text{신규호의 블로킹율(Blocking Probability)} \\ &= \frac{\text{신규호의 블로킹 수}}{\text{셀에서 발생한 신규호수}} \end{aligned} \quad (3)$$

$$\begin{aligned} &\text{핸드오프호의 접속 실패율(Dropping Probability)} \\ &= \frac{\text{핸드오프 호의 접속실패 수}}{\text{전체 핸드오프 호의 수}} \end{aligned} \quad (4)$$

$$\begin{aligned} &\text{전체 실패율(Total Failure Probability)} = \\ &\frac{\text{신규호의 블로킹 수} + \text{핸드오프 호의 접속실패 수}}{\text{셀에서 발생한 신규호 수} + \text{전체 핸드오프 호의 수}} \end{aligned} \quad (5)$$

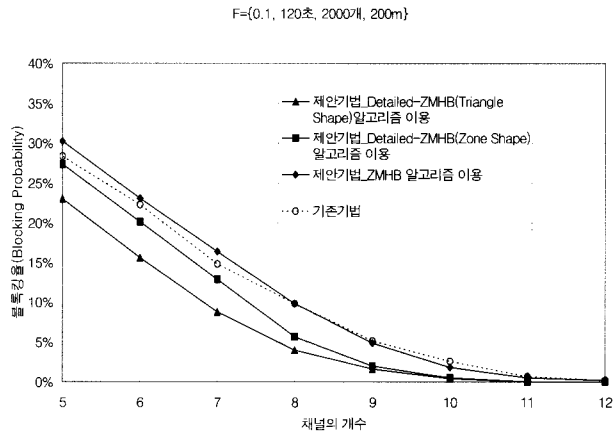
식 (4)에서 핸드오프 호의 접속실패 수는 사용자가 다른 셀로 이동할 때까지 예측 셀에 가용한 채널이 없어서 예약을 실패하였을 경우에 일어나는 접속실패 수와 예약은 성공하였지만 예측이 틀린 경우를 포함한 수를 나타낸 것이다.

4.2 실험 결과

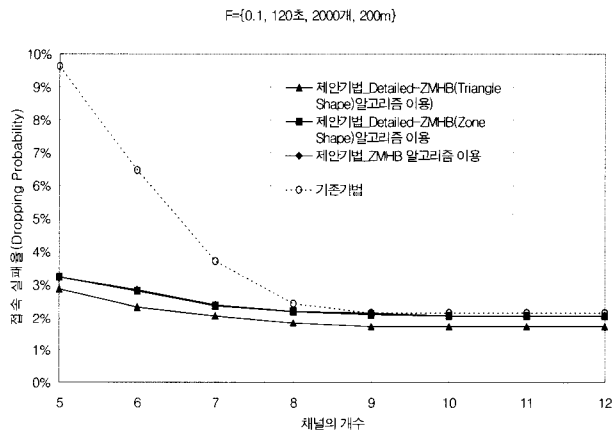
(그림 6), (그림 7)에서는 도로 형태 1(그림 4)을 적용하였을 때, 두 개의 채널을 예약할 경우, 본 장에서 제안한 기법인 채널 예약 확률에 따른 가중치를 적용한 경우와 단순히 인접한 두 개의 셀의 채널을 예약한 경우에 따른 신규 호의 블로킹율(Blocking Probability)과 핸드오프 호의 접속 실패율(Dropping Probability)을 나타내었다. 이렇게 사용자의 이동에 대하여 인접한 두 개의 셀을 예약하는 것은 핸드오프 호의 접속 실패율을 줄이기 위한 목적으로 사용된다. 채널의 개수는 신규 호만을 위한 신규 호 채널, 핸드오프 호만을 위한 핸드오프 호 채널, 그리고 신규 호와 핸드오프 호가 동시에 사용할 수 있는 공유 채널의 수를 나타낸 것이다. 그림에서 채널의 수를 5로 표시한 경우에는 신규 호 채널, 핸드오프 호만을 위한 채널, 그리고 공유 채널을 각각 5개씩 총 15개의 채널을 사용한 것이다.

그림에서 나타나듯이, 사용할 수 있는 전체 채널의 개수가 커질수록 신규 호의 블로킹율과 핸드오프 호의 접속 실패율은 줄어들며, 채널의 수가 12개 이상일 경우에는 신규 호의

블록킹은 일어나지 않는다. 그러나, 접속 실패율의 경우에는, 핸드오프 호에 대하여 충분한 채널이 확보되어 있다고 하더라도, 어느정도 접속 실패가 존재한다. 핸드오프 영역에 진입하였을 때 예약을 시도한 셀 채널을 핸드오프 영역 내에서 사용자의 이동에 따라 변경하지 않으므로, 처음 예약을 시도한 두 개의 셀이 아닌 다른 셀로 이동하였을 경우에는 접속 실패가 일어나게 되기 때문이다.



(그림 6) 도로(그림 4)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 신규 호 블록킹율



(그림 7) 도로(그림 4)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 핸드오프 호 접속 실패율

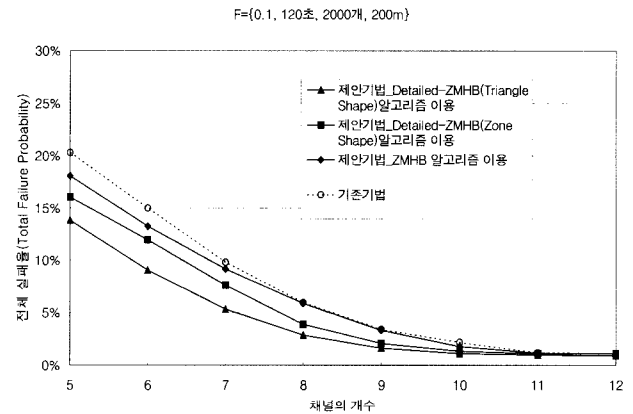
채널의 개수가 작아질수록 본 논문에서 제안한 기법과 기존의 기법간의 접속 실패율의 차이는 커지며, 채널의 개수가 각각 5개일 경우에, 본 장에서 제안한 채널 예약 기법은 Detailed-ZMHB 알고리즘을 사용하였을 경우에는 기존의 기법보다 최대 4.2-6.7%정도 신규호의 블록킹율이 낮은 반면에, ZMHB 알고리즘을 사용하였을 경우에는 최대 1.9%정도 높다. 그러나, 채널의 개수가 5일 경우에, 핸드오프 호의 접속 실패율은 본 장에서 제안한 기법 모두가 기존의 기법보다 핸드오프 호의 접속 실패율은 상대적으로 약 66.4-70.1%정도 낮다. 이러한 성능의 차이는 셀에 제공되는 채널의 개수가 작아질수록 더 커지게 된다. 이러한 결과는 다소의 신규 호 블

록킹율을 감수하고, 핸드오프 호의 강제 종료율을 낮추기 위한 채널 할당 기법의 목적에 잘 부합된다고 할 수 있다. 따라서, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법은 가용한 채널이 부족한 환경에서 더욱 효과적인 예약 기법이라고 할 수 있다.

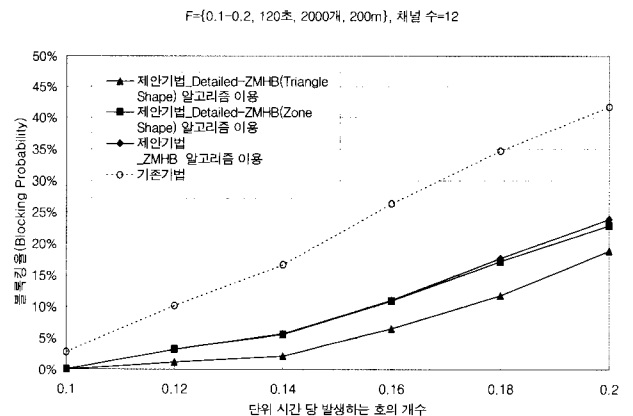
(그림 8)에서는 채널 예약 방법에 따른 전체 실패율을 나타낸 것이다. 그림에서 나타나듯이, 채널의 개수에 관계없이 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법이 기존의 기법보다 우수한 성능을 보이며, 특히 각 셀에 제공되는 채널이 적을수록, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법이 기존의 기법보다 우수한 성능을 보인다는 것을 알 수 있다.

(그림 9), (그림 10)에서는 도로 형태 2(그림 5)를 적용하였을 때, 채널의 수를 12개로 고정시킨 상태에서 단위 시간 당 발생하는 호의 개수를 20% 증가시켰을 경우, 본 논문에서 제안한 기법인 채널 예약 확률에 따른 가중치를 적용한 경우와 단순히 인접한 두 개의 셀의 채널을 예약하는 기존의 기법에 대하여 신규 호의 블록킹율과 핸드오프 호의 접속 실패율을 나타내었다.

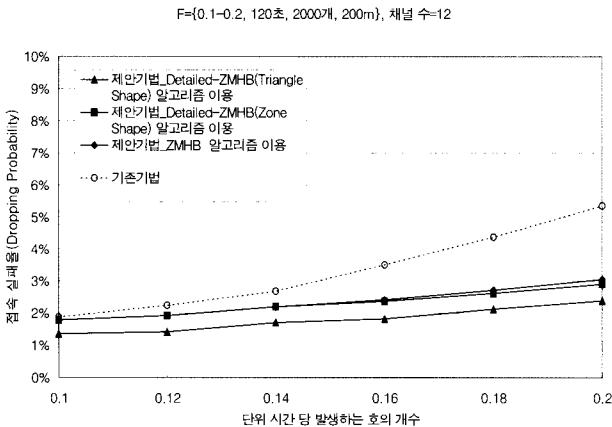
그림에서 나타나듯이, 단위 시간당 발생하는 호의 개수가 많을수록, 본 논문에서 제안한 예약 기법과 기존의 기법 모두 신규 호의 블록킹율과 핸드오프 호의 접속 실패율은 높아지



(그림 8) 도로(그림 4)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 전체 실패율

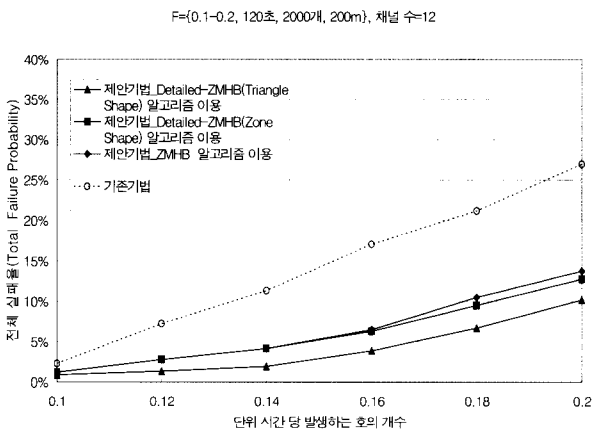


(그림 9) 도로(그림 5)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 신규 호 블록킹율



(그림 10) 도로(그림 5)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 핸드오프 호 접속 실패율

게 된다. 신규 호의 블록킹율과 핸드오프 호의 접속 실패율의 실험 결과에서 알 수 있듯이, 단위 시간당 발생하는 호의 수가 0.1에서 0.2로 2배가 될 경우, 본 논문에서 제안한 예약 기법이 기존의 기법보다 성능이 우수하다는 것을 알 수 있다. 또한, 직선의 기울기를 감안하면, 본 논문에서 제안한 기법이 단위 시간당 발생하는 호의 개수가 많아지면 많아질수록, 상대적으로 기존의 기법보다 성능이 우수해진다는 것을 알 수 있다.



(그림 11) 도로(그림 5)를 적용하였을 때, 채널 예약 방법에 따른 전체 실패율

(그림 11)에서는 단위 시간당 발생하는 호의 수의 변화시켰을 때, 채널 예약 방법에 따른 전체 실패율을 나타낸 것이다. 그림에서 나타나듯이, 제공되는 채널의 수가 같은 경우, 단위 시간당 발생하는 호의 개수에 관계없이 본 논문에서 제안한 기법이 기존의 기법보다 우수한 성능을 보인다. 단위 시간당 발생하는 호의 개수가 많아질수록, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법과 기존의 기법간의 성능 차이가 커짐을 알 수 있다. 따라서, 제한된 채널에서 발생하는 호의 개수가 많은 경우 기존의 기법보다 본 논문에서 제안한 기법이 안정적으로 서비스할 수 있다는 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 접속 실패율(Dropping Probability)을 줄이는 효과적인 방법중의 하나이다. 최근에 제시된 예측 기법인 Detailed-ZMHB 알고리즘은 셀 내부에서의 사용자 이동 패턴을 저장한 히스토리를 이용하여 사용자가 이동할 셀을 예측하여 기존의 예측 알고리즘보다 우수한 성능을 보였다.

3G(Third Generation) 무선 네트워크 환경이나 CDMA(Code Division Multiple Access) 시스템에서의 소프트 핸드오프의 경우에, 기존의 채널 예약 방법은 신호의 세기에 따라 인접한 셀 중 두 개를 선택하여 채널을 예약하는 방법을 사용하였다. 본 논문에서는 핸드오프 호의 접속 실패율을 줄이기 위하여, 각 예측 알고리즘에서 사용하는 이동 경로 저장 방법에 따라 사용자가 이동할 셀에 대한 확률에 가중치를 두어 우선 순위 큐에 적용하는 채널 예약 기법인 HBCR(History Based Channel Reservation) 기법을 사용하였다.

채널의 개수가 각각 5개일 경우에, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법이 기존의 기법보다 상대적으로 7.9-10.3%정도 신규호의 블록킹율이 높은 반면에, 핸드오프 호의 접속 실패율은 상대적으로 약 67.5-71.1%정도 낮다. 이러한 결과는 다소의 신규 호 블록킹율을 감수하고, 핸드오프 호의 접속 실패율을 낮추기 위한 채널 할당 기법의 목적에 잘 부합된다. 또한, 채널의 개수에 관계없이 본 논문에서 제안한 기법이 기존의 기법보다 우수한 성능을 보이며, 특히 각 셀에 제공되는 채널이 적을수록, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법이 우수한 성능을 나타낸다.

채널의 수를 고정시킨 상태에서 단위 시간 당 발생하는 호의 개수를 2배 증가시켰을 때의 접속 실패율은 본 논문에서 제안한 기법이 상대적으로 1.6-1.7배정도 기존의 기법보다 성능이 우수하다. 전체 실패율의 경우에서도, 제공되는 채널의 수가 같은 경우, 단위 시간당 발생하는 호의 개수에 관계없이 본 논문에서 제안한 기법이 기존의 기법보다 우수한 성능을 보인다. 또한, 단위 시간당 발생하는 호의 개수가 많아질수록, 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법과 기존의 기법간의 성능 차이가 커진다.

앞으로의 연구과제는 다음과 같다. 본 논문에서 제안한 채널 예약 기법은 한명의 사용자가 히스토리에 저장되어 있는 이동 셀에 대한 진입 확률을 가지고 하나의 채널 전체를 점유하여 사용하는 방법을 사용하였으나, 채널 점유 시 확률에 의한 분할 점유 방식을 사용하면 효과적인 성능을 얻을 수 있을 것이라고 사료된다. 이러한 방법을 적용할 경우, 하나의 채널을 둘 이상의 사용자가 점유할 수 있는 Overbooking 효과 혹은 큐의 길이를 늘려서 사용하는 것과 같은 효과를 보일 것으로 예상된다.

참고 문헌

[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] U. Madhow, M. L. Honig, and K. Steiglitz, "Optimization of Wireless Resources for Personal Communications Mobility Tracking," IEEE/ACM Trans. Networking, 3(6), Dec., 1995, pp.698-707.

[3] G. Gallasai, G. Rigolio, and L. Fratta, "ATM: Bandwidth Assignment and Bandwidth Enforcement Policies," IEEE GLOBECOM 89, Texas, Nov., 1989.

[4] L. Georgiadis, R. Guerin, R. Peris, and K.N. Sivaragan, "Efficient Network QoS Provisioning Based on Per Node Traffic Shaping," in IEEE INFOCOM 96, Mar., 1996.

[5] Sedong Kwon, Hyunmin Park, and Kangsun Lee, "A Novel Mobility Prediction Algorithm Based on User Movement History," 2004 Asia Simulation Conference (AsiaSim 2004), Lecture Notes in Computer Science 3398, pp.419-428, October, 2004.

[6] 권세동, 박현민, 이강선, "무선망에서 개선된 ZMHB 알고리즘의 성능 평가", 정보처리학회논문지C, 제11-C권 제5호, pp.659-670, 2004. 10.

[7] 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.

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

[9] I. Katzela and M. Naghshneh, "Channel Assignment Schemes for Cellular Mobile Telecommunication Systems: A Comprehensive Survey," IEEE Personal Communications, Jun., 1996. pp.10-31.

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

[11] F. N. Pavlidou, "Mixed Media Cellular Systems," IEEE Transactions on Communications, Vol.42, No.2-4, Apr., 1994, pp.848-853

[12] S. S. Rappaport and L. Hu, "Microcellular Communications Systems with Hierarchical Macrocell Overlay: Traffic Performance Models and Analysis," Proceedings of the IEEE, Vol.82, No.9, Sep., 1994, pp.1383-1397.

[13] D. H. Hong and S. S. Rappaport, "Traffic Model and Performance Analysis for Cellular Mobile Radio Telephone System with Prioritized and Non-prioritized Handoff Procedures," IEEE Transactions on Vehicular Technology, Vol.35, No.3, Aug., 1986, pp.77-92.

[14] C. Purzynski and S. S. Rappaport, "Traffic Performance Analysis for Cellular Communication Systems with Mixed Platform Types and Queued Handoffs," VTC'93, May, 1993, pp.848-853.

[15] M. Zhang and P. Yun, "Comparisons of Channel Assignment Strategy in Cellular Mobile Telephone Systems," IEEE Trans. on Vehicular Tech., Vol.38. Nov., 1989, pp.211-215.

[16] 우매리, 최용준, 정영석, 임경수, 김종근, "셀룰러 망의 이동국 속도와 방향을 이용한 핸드오프를 계산법," 정보과학회 논문지 제 29권 4호, 2002년 8월, pp.352-357.

[17] K. N. Silvarajan and R. J. McEliee, "Dynamic Channel Assignment in Cellular Radio," in Proc. IEEE VTC'90, May. 1990. pp.631-637.

[18] 문영성, 이종찬, 김남훈, "핸드오프를 위한 신경망을 위한 예약 채널 조정 기법," 정보과학회 논문지 제 27권 3호, 2002년 9월, pp.323-330.

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

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



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