

논문 2007-44TC-10-11

# 중첩 이종 무선 망 환경에서 단말의 이동 속도를 고려한 효과적인 망 자원 예약

(An Efficient Network Resource Reservation Mechanism with Mobility  
in Nested Heterogeneous Mobile Networks)

박인수\*, 탁동국\*\*, 김원태\*\*\*, 박용진\*\*

(In-Soo Park, Dong-Kuk Tak, Won-Tae Kim, and Yong-Jin Park)

## 요약

이동 무선 환경에서 핸드오버, 특히, 이종 망이 중첩된 네트워크 환경에서의 핸드오버는 서로 다른 서비스 특성과 서비스 영역의 영향을 받는다. 핸드오버로 인한 서비스 단절 현상과 서비스 품질 저하를 방지하기 위해서는 서비스 요구 사항 (bandwidth, throughput, delay 등)을 지속적으로 유지시킬 수 있는 자원 예약 알고리즘은 필수적인 요소이다. 자원 예약은 이동 단말의 핸드오버 처리 시간과 자원 낭비를 최소화시키기 위해 사전에 미리 진행되어야 하는데, 이는 단말의 위치 정보, 이동 속도, 이동 경로, 서비스 요구 사항, 주변 셀 정보 등이 개개의 단말과 서비스에 대한 정확한 예측과 높은 신뢰도를 바탕으로 이루어져야 한다. 본 논문에서는 단말 이동에 따른 셀 변경 확률 및 셀 선정 알고리즘을 기반으로 이동 속도별 서비스 계층을 두어 특정 속도에 대해 핸드오버를 효과적으로 처리하고, 네트워크 오버헤드 및 자원 낭비를 최소화시킬 수 있는 사전 자원 예약 알고리즘을 제안한다. 또한, 3개 계층으로 구성된 네트워크 모델 상에서 가상 시나리오에 따라 PMS(Predictive Mobility Support) 및 VCDS(Velocity and Call Duration Support scheme)와의 성능 비교를 통해 제안 알고리즘의 효율성을 살펴본다.

## Abstract

The handover between different radio access networks, especially where their coverage overlaps, suffers various complications since the different access networks provide different service characteristics. One way to reduce service interruptions and QoS (i.e., bandwidth, throughput, delay) degradations during the inter-technology handover is to reserve the required resource in advance. The resource reservation algorithm should minimize the handover latency and maximize the resource utilization based on the accurate estimation on mobile's location, velocity, movement pattern and service requirements. In this paper, we propose a resource reservation algorithm based on the mobile terminal velocity and the cell selection probability, which maximizes resource utilization and reduces network overhead. We compare the proposed algorithm with PMS(Predictive Mobility Support) and VCDS(Velocity and Call Duration Support scheme) based on 3-layer network model under various scenarios.

**Keywords :** handover, mobility, resource reservation

## I. 서론

차세대 무선 네트워크 환경은 서로 다른 셀 크기와 서비스 요구 사항을 갖는 이종 망들이 서로 중첩된 형태로 구성 될 것이다. 중첩된 이종 망 중 작은 셀 크기를 갖는 망들(예, 무선랜)은 멀티미디어 서비스를 제공하기에 알맞은 높은 데이터 전송율과 빠른 처리 속도

\* 정회원, KT 기술지원본부

(Technology Support Business Unit, KT)

\*\* 정회원, 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부

(Dept. of Electronics and Communications,  
Hanyang University)

\*\*\* 정회원, 한국전자통신연구원 임베디드SW연구단  
무선인터넷플랫폼팀

(Embedded Software Research Division, ETRI)

접수일자: 2007년8월27일, 수정완료일: 2007년10월18일

그리고, 보다 높은 신뢰성 있는 서비스를 제공할 수 있을 것이다<sup>[1]</sup>. 하지만, 이러한 작은 셀 크기를 갖는 환경에서 단말의 고속 이동은 빈번하게 핸드오버를 초래하게 될 것이고, 핸드오버 발생은 핸드오버와 자원 예약을 위한 처리 시간에 의해 일시적인 서비스 단절이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 단말의 이동성 및 서비스 품질(QoS : Quality of Service)을 보장할 수 있어야 하고, 빈번한 핸드오버 회수를 최소화시켜야 한다. 즉, 단말의 이동을 미리 예측하여 단말이 경유할 가능성이 높은 셀에서 사전 핸드오버 및 자원 예약을 수행하여 핸드오버 처리시간을 최소화시키고 서비스 단절을 방지하는 것이다. 이를 위해 단말의 정확한 위치, 이동 방향, 그리고 이동 속도 등을 측정할 수 있는 정보 수집 작업이 선행되어야 한다. 단말 이동 방향의 정확성과 신뢰성 있는 경로 예측은 이동 경로 상의 사전 자원 예약을 수행할 셀의 수를 최소화시키고, 효율적 자원 활용과 단절없는 서비스를 제공할 것이다. 이를 위해 본 논문에서는 이동성 예측을 위한 요구 사항들을 수집하기 위해 스마트 안테나를 이용, 측정된 정보를 활용하여 단말의 이동성을 예측하고, 단말의 이동 속도에 따른 각 서비스 환경(자유공간, 밀접한 도시 지역, 고속도로)에서 단말의 경로 변경 확률 값에 따라 중첩된 이종 망간에서 핸드오버 서비스 계층을 선택한다. 이 선택된 계층에서 이동 단말의 이동 속도를 고려하여 다수의 셀들로 SC(shadow clustering)을 구성하고, 경로 변경 확률 값에 따라 자원 예약할 셀을 선택하여 핸드오버 및 사전 자원 예약을 수행하게 된다.

본 논문은 제II장에서 동일 망과 이종 망 환경에서의 핸드오버 개념과 절차, 그리고 자원 예약 프로토콜들에 대해서 살펴 볼 것이다. 또한, 단말 이동성을 고려한 기존 방식들(PMS, VCDS 등)의 특징에 대해 살펴본다. 제III장에서는 본 논문의 제안 알고리즘인 SIR(Speed-based Intelligent Resource pre-reservation) Scheme의 특징과 기존 방식과의 차이점을 기술하며, 이동성 예측과 자원 예약 측면에서 어떠한 장점을 갖는지 설명한다. 제IV장에서는 본 논문의 제안 알고리즘과 기존 방식들에 대해 가상 네트워크 모델 및 시나리오를 적용한 결과를 비교, 분석하였으며, 제V장에서 본 논문의 의미로 결론을 맺고자 한다.

## II. 관련 연구

### 1. 핸드오버 (Handover)

단말이 이동하여 서비스 네트워크 영역이 변경되는 핸드오버는 동일망 핸드오버(horizontal handover)와 이종망 핸드오버(vertical handover)로 나눌 수 있다<sup>[2]</sup>. 핸드오버는 단말이 중첩되어 있는 다수의 무선 네트워크를 경유하는 과정에서 서비스 요구사항 (대역폭, throughput, 지연 등)을 고려하여 핸드오버를 하게 되는 데 크게 4가지 절차로 이루어진다. 먼저, 새로운 핸드오버 가능한 네트워크를 발견하는 단계로, 단말은 수신된 광고 신호를 통해 새로운 셀을 감지하게 된다. 다음으로 감지된 다수의 네트워크들 중 서비스 요구사항을 만족하는 셀을 선택 결정하는 단계가 이뤄진다. 이때, 서비스 요구사항을 만족하는 셀들에 대해 사전 자원 예약을 위해 이후 사전 핸드오버와 자원 예약 과정이 이뤄진다. 여기에서 기존의 방안들<sup>[3-5]</sup>과는 다르게 단말의 이동성과 이동 속도를 고려하여 핸드오버하기 위해 선택할 수 있는 모든 셀에 대해서 사전 핸드오버와 예약 절차를 수행하는 것이 아니라 확률적으로 단말이 경유할 방문 확률이 높은 셀에 대해 단말의 현재 위치와 셀 도착 예정 시간을 고려하여 이 시간에 대해서만 유효한 자원 예약이 이뤄질 수 있도록 한다. 이 절차를 통해 사전 준비된 셀에 단말이 이동해 오면 이 순간부터 현재 이동 속도를 고려하여 단말의 셀 예상 통과 시간 동안 서비스를 보장받게 한다.

#### 가. 동일망 핸드오버

동일한 무선 네트워크 접속 기술을 이용하는 네트워크간의 핸드오버를 말한다. 예를 들어, 와이브로(WIBRO) 서비스를 제공받고 있던 단말이 동일한 와이브로 서비스를 제공하는 네트워크 기지국 영역 내로 이동시 처리되는 핸드오버를 말한다.

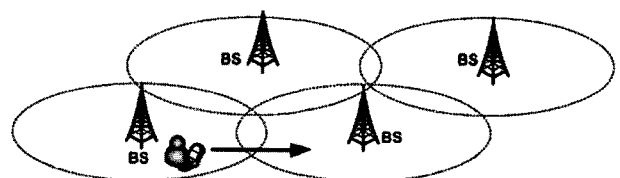


그림 1. 동일망 핸드오버

Fig. 1. Horizontal Handover.

#### 나. 이종망 핸드오버

서로 다른 무선 네트워크 접속 기술(예, WIBRO와 무선랜)을 사용하는 네트워크로 단말이 이동시 처리되는 핸드오버를 말한다. 예를 들어, 와이브로 망의 서비스를 제공받고 있는 단말이 무선랜 네트워크로 이동하

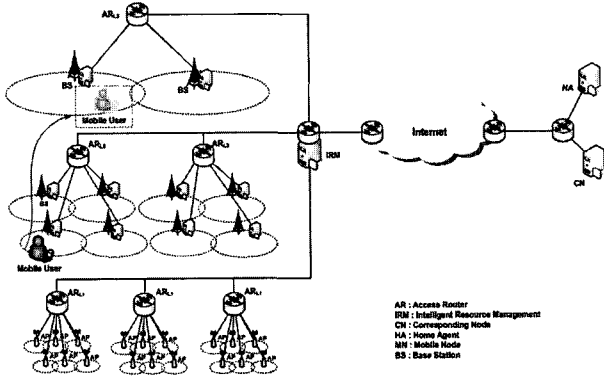


그림 2. 이종망 핸드오버  
Fig. 2. Vertical Handover.

여 와이브로 망에서가 아닌 무선랜 망을 이용하여 서비스를 받게 되는 경우를 말한다.

2. 자원 예약 프로토콜

기존의 고정망(wired networks)이나 무선망(wireless networks)에서 대다수의 사용자 서비스를 동일한 수행 절차에 따라 처리하고 있다. 하지만, 차세대 네트워크로 진화하면서 급증하는 대용량 멀티미디어 서비스 요구 사항 및 유형별 서비스 품질 계약 조건을 만족시키기 위해 단말의 이동에 따른 서비스 품질을 보장하면서 다른 사용자와의 차별적인 서비스 제공이 요구되었다. 자원 예약을 위한 프로토콜에는 RSVP(Resource Reservation Protocol)<sup>[6-7]</sup>, MRSVP(Mobile RSVP)<sup>[8-9]</sup> 그리고 HMRSVP(Hierarchical Mobile RSVP)<sup>[10]</sup> 등이 있다.

가. RSVP

고정 네트워크 환경에서의 종단간(end-to-end) 서비스 품질 보장을 위해 제안된 방안으로, 데이터 흐름의 수신자가 flow에 사용되는 자원을 예약하는 수신자 지향형(receiver-oriented) 단방향 예약 절차 프로토콜이다. 그리고, 예약된 자원은 소프트 상태(soft state)로 관리되고, 자원 예약을 위해 RSVP PATH/RESV 메시지를 이용한다. 하지만, 앞서 언급했듯이 RSVP를 무선 네트워크 환경에 적용시 Mobile IP 홈에이전트(HA:Home Agent)와 외부에이전트(FA:Foreign Agent) 사이의 터널링(Tunneling)에 따른 RSVP 메시지 숨김(hidden) 문제에 의해 터널 중간에 위치한 라우터에서 자원 예약이 이뤄지지 못하는 문제가 발생한다. 또한, 단말이 새로운 위치로 이동시 이전 노드에게 할당되었던 자원이 더 이상 유효하지 않아 자원 낭비를 초래할

뿐만 아니라, 경로 변경에 따른 모든 종단간 경로를 재설정 해야 하기 때문에 연결 재설정을 위한 오버 헤드를 초래한다는 문제점을 안고 있다. 또한, 단말이 새로운 지역으로 이동하더라도 이전에 제공받은 것과 동일한 수준의 서비스 품질을 보장 할 수 없다.

나. RSVP Tunnel

Terzis et al.<sup>[7]</sup>는 RSVP 터널 내 라우터에서의 자원 예약에 필요한 메시지 숨김 문제를 해결하고, 이동 무선 네트워크 환경에서 자원 예약을 위한 개선된 메커니즘을 제안하였다. 그림 3에서 보이는 것과 같이 단말이 자신의 홈 네트워크에 있을 경우 송신측인 대응 노드 CN(correspondent node)은 단말 MN(mobile node)과의 실시간 데이터 전송을 위한 자원 예약 시그널 메시지를 주고 받는다. 먼저, CN은 주기적으로 RSVP PATH 메시지(1)를 MN에게 전송하게 되고, RSVP PATH 메시지를 받은 MN은 응답 메시지로 요구 할 QoS 매개변수를 포함한 정보인 RESV 메시지를 다시 CN에게 보내게 된다. 만일, MN이 셀(Cell) A에서 셀 B(다른 지역)으로 이동(3)하게 되면 MN은 즉시 자신의 HA에게 새로운 FA로부터 할당받은 CoA(care of address) 정보를 포함한 binding update 메시지(4)를 보낸다.

HA는 MN이 이동한 새로운 지역의 FA와 RSVP 터널 셋업 과정을 수행(5)(6)하게 된다. 이 과정을 통해 MN은 핸드오버 후 새로운 지역으로의 이동 후에도 지속적으로 서비스 보장을 받게 된다. 하지만, 이 경우에도 MN이 자신의 홈 네트워크를 떠나 새로운 지역으로의 이동으로 인해 triangle routing 문제가 발생하게 되어, MN과 CN간 예약 경로가 길어지고 핸드오버에 따

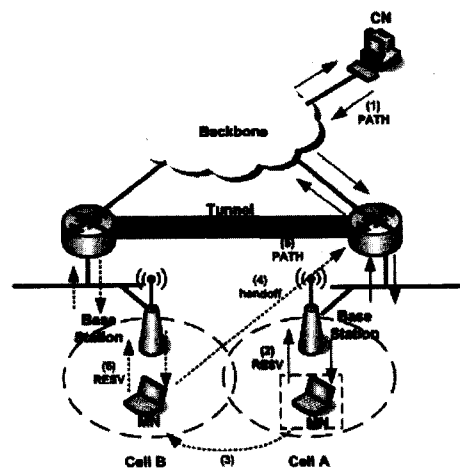


그림 3. 수신 mobile node  
Fig. 3. Mobile Node as a Receiver.

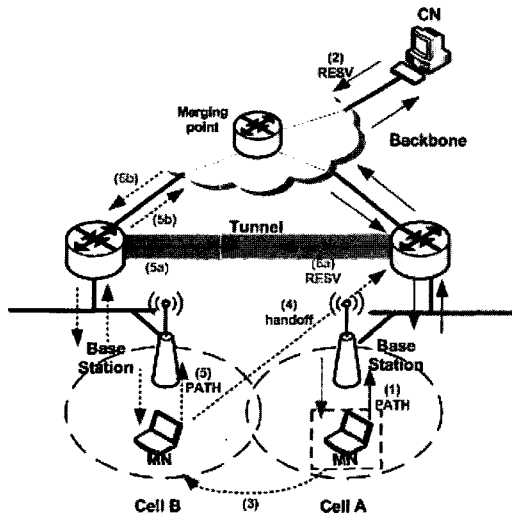


그림 4. 송신 mobile node

Fig. 4. Mobile node as a Sender.

른 연결 재설정(재설정)이 빈번하게 일어나게 된다.

그림 4는 그림 3과 반대로 MN이 송신측이고 CN이 수신측인 경우이다. 자신의 홈 네트워크 내에 있는 MN은 CN과의 자원 예약을 위한 메시지를 CN에게 보낸다 (1). 이 RSVP PATH 메시지를 받은 CN은 RSVP RESV 메시지(2)를 MN에게 보낸다. 송신자인 MN이 다른 지역으로 이동하게 되면 MN은 자신의 HA에게 binding update(4) 메시지를 보낸다. 이때, MN은 CN과의 새로운 자원 예약을 위한 RSVP 시그널 메시지를 주고 받게 된다. 이후 동작은 앞의 과정과 동일하다.

다. Mobile RSVP

MRSVP는 기존 RSVP를 이동 환경에서 MN의 이동성과 사전 자원 예약을 고려한 자원 예약 방식이다. MRSVP는 특히, MSPEC 메시지를 사용하여 MN가 이동할 방향에 대한 셀 지역 정보를 인접 셀로 전송, 자원 예약 과정이 미리 이루어지므로, 핸드오버 이후에도 데이터 손실없는 서비스가 가능한 방안을 제안하고 있다.

그림 5는 MRSVP 모델로, MN가 새로운 지역으로 핸드오버 할 때, 자원 사전 예약을 위해 동작하는 모습이다. 먼저, MN은 현재 자신이 속한 지역의 PA(Proxy Agent)를 통해서 앞으로 이동할 셀 지역 정보와 현재 자원 예약 상태 정보를 포함한 메시지 MSPEC을 인접한 PA들(1)에게 보낸다. 그리고, 현재 MN은 송신측인 CN과의 자원 예약을 위한 RSVP PATH/RESV 메시지를 통해 자원 예약 과정을 수행하게 되고, 이를 통해 예약된 경로는 Active 상태의 자원 예약 경로가 되고, 이 경로를 통해서 데이터 받게 된다.

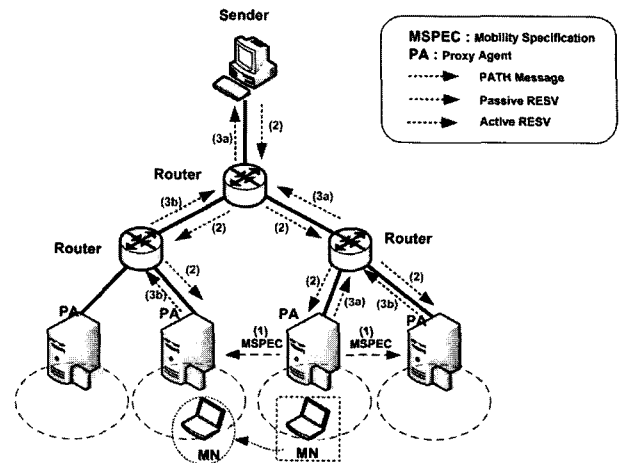


그림 5. MRSVP의 예약 절차

Fig. 5. Reservation procedure of MRSVP.

반면, 나머지 MSPEC 메시지를 통해 사전 자원 예약을 수행해 놓은 경로들은 Passive 상태의 자원 예약 경로로 실제 데이터 흐름은 없다. 하지만, MN이 새로운 지역으로 이동하는 경우, 사전 자원 예약 과정을 통해 Passive 상태의 경로는 Active 상태로 전환되면서, 이 새로운 경로를 통해 별도의 자원 예약 메시지 없이 서비스가 가능하도록 하고 있다. 하지만, 이는 MN이 이동할 인접 지역에 대한 자원 예약을 미리 수행하기 때문에 사용하지 않은 지역에 대한 불필요한 자원 예약에 따른 낭비를 초래하는 단점을 갖고 있다.

라. Hierarchical MRSV

HMRSPV는 RSVP와 Mobile IP Regional Registration Protocol<sup>[11]</sup>을 통합 이용하는 기법으로 기존의 사전 자원 예약 기법과는 달리, 단말의 핸드오버 지연 시간이 길어지는 경향을 보일 때 사전 예약을 수행한다. Mobile IP<sup>[12-13]</sup>에서는 MN이 새로운 셀로 이동할 때마다 HA와의 홈 등록 과정을 수행하게 되는데, 이 과정에서 MN과 HA 사이의 거리가 멀어질수록 홈 등록 과정 상의 처리 지연과 연결 재설정(재설정)에 의한 자원 비효율성으로 인한 문제를 발생시킬 수 있다.

HMRSPV에서는 Mobile IP Regional Registration Protocol을 이용하여 등록 절차(registration process)를 한 지역(region)으로 한정시켜, 앞서 언급한 문제를 해결하는 방안을 제시하였다. 지역은 학교나 기업 또는 하나의 클러스터 영역으로 볼 수 있고, HMRSPV에서는 앞서 언급한 자원 예약 기법들과는 달리 사전 예약을 MN이 두 지역의 경계 셀간 중첩 영역 안에 진입하는 경우에만 사전 예약을 수행함으로써, 현재 셀과 인

접한 셀을 사전 예약하는 기존 기법에 비해 자원 낭비를 줄일 수 있는 장점을 가지고 있다.

HMRSVP 수행 과정에서 MN이 수신측이고, CN이 송신측인 경우, 영역 내 핸드오버와 영역간 핸드오버 상황이 발생하는 경우를 살펴본다. 아래의 각 그림에서의 MN의 메시지를 대신 처리해주는 PRx는 프록시 에이전트이고, CRx는 각 서브넷들, 그리고 GMARx는 게이트웨이 모빌리티 에이전트(gateway mobility agent)를 나타낸다. 이 경우, 하나의 도메인을 관리하는 GMA와 PRx사이에 Mobile IP 지역적 터널링을 사용하고, 2-레벨 계층 구조로 구성된다.

영역내 핸드오버

그림 6에서 보듯이 초기에 MN은 Receiver\_MSpec (GMAR1) 메시지를 CN에게 보내므로써, 현재 자신이 GMAR1 내의 서브넷 CR1에 위치하고 있음을 알린다. 이 초기 메시지에 의해 CN에서는 MN과의 종단간(end-to-end) RSVP PATH/RESV 메시지를 통해 자원 예약을 과정을 수행하게 된다. 이와 더불어 GMAR1과 PR1사이의 RSVP 터널을 생성하기 위해 터널 RSVP PATH 메시지와 RESV 메시지가 트리거(trigger) 된다. 이 과정을 통해 현재 MN이 위치한 셀의 자원은 Active 상태의 경로가 된다. 만일, MN이 계속 이동하게 되어 현재 서브넷 CR1에서 CR2로 이동하는 경우, MN에 의한 등록 메시지는 GMAR1까지만 전달하게 된다. MN으로부터의 등록 메시지를 받은 GMAR1의 Mobile IP 모듈은 HMRSVP 모듈에 MN이 CR2 서브넷으로 이동하고 있음을 알리고, GMAR1과 PR2 사이에 새로운 RSVP 터널을 만들기 위해 Active PATH/RESV 메시지를 교환한다. 새로운 RSVP 터널이 생성되면 기존의

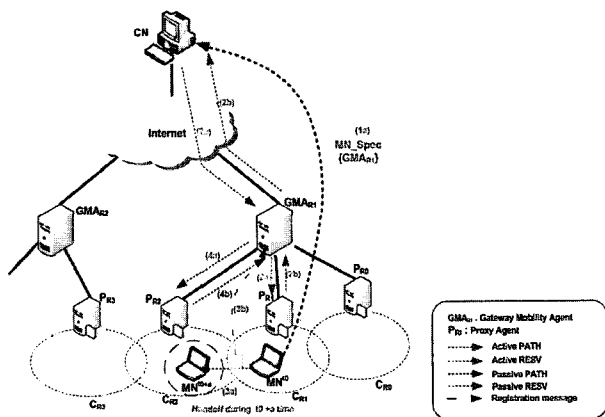


그림 6. 영역내 핸드오버  
Fig. 6. Intra-region Handover.

CR1 서브넷의 자원은 다른 MN을 위해 반환하게 된다. 즉, MN이 같은 도메인 내에서 이동할 때는 자원 예약을 변경해야 하는 경로가 무선 도메인 내부이기 때문에, 자원 예약 경로 변경에 소요되는 시간이 매우 짧다. 따라서, 영역 내 핸드오버에 대해서는 미리 자원 예약을 하지 않고, 지역 등록이 이뤄질 때 자원 예약 경로 변경을 함께 수행한다.

영역간 핸드오버

만일, 앞의 상태에서 MN이 계속 이동하여 CR3 서브넷으로 이동한다면, 영역 간 핸드오버가 발생한다. 즉, MN이 CR2와 CR3의 중첩 지역에 위치하게 되면, PR3로부터 새로운 CoA를 획득하기 위해 Multiple Simultaneous Registration 메시지를 보낸다. MN으로부터 이 메시지를 수신하는 PR3는 자신의 GAMR2에게 등록 메시지를 보내게 되고, 다시 이 메시지는 MN의 HA에게로 전달된다.

HA는 이 메시지를 수신한 후, GAMR2의 CoA 주소를 자신의 CoA 리스트에 추가하고, GAMR2에게 Registration Reply Message를 보낸다. GAMR2는 다시 PR3를 통해 이를 MN에게 전달하게 된다. MN은 이 과정을 통해 PR3로부터 새로운 IP주소를 할당 받게 된다. 새로운 주소를 할당 받은 MN은 Receiver\_MSpec (GMAR1, GAMR2) 메시지를 CN에게 보내어, 현재 자신이 GMAR1과 GAMR2에 의해 제공받는 셀(또는 서브넷)의 중첩 지역에 위치하고 있음을 알린다. 이 사이에 MN은 Receiver\_Spec 메시지를 PR3에게로 보내 자신의 QoS 파라미터 정보를 알린다. 이 메시지를 통해 새로운 경로에 Passive 자원 예약 (CNGMAR2PR3)을

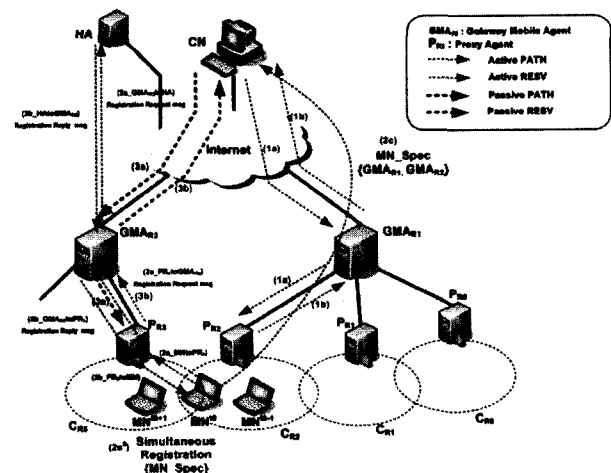


그림 7. HMRSVP의 영역간 핸드오버  
Fig. 7. Inter-region Handover on HMRSVP.

수행하기 위해 CN과 MN사이에 종단간 Passive PATH/RESV 메시지를 교환하고, 또한, 영역 내 핸드 오버와 마찬가지로 GMAR2와 PR3 사이에는 RSVP 터널을 생성한다. 이 과정을 통해 사전 예약된 경로의 자원은 CN이 완전히 새로운 서브넷으로 이동해 왔을 때 Active 자원으로 바뀌고, 기존의 Active 자원은 Passive 또는 자원을 반납하게 된다. 이들 자원 예약 기법들은 특히 도메인간 이동이 발생하는 경우 인터넷에서 RSVP 세션 경로 변경이 이루어져야 하기 때문에, 셀간 중첩 지역의 크기 및 단말 이동 속도, 그리고 RSVP 세션 경로 변경에 소요되는 지연 등의 상관관계에 따라 새로운 도메인에 대한 사전 자원 예약이 경계 셀의 중첩된 지역 내에서 완료되지 못할 수도 있으며, 이로 인해 일시적인 서비스 끊김 현상이 발생할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 단말의 이동성을 정확히 예측해야 하고, 이를 이용한 사전 자원 예약과 자원 관리를 통해 신뢰성 높은 서비스를 제공할 수 있어야 한다.

3. 새도우 클러스터링(shadow clustering)

이동 네트워크 환경에서 단말의 이동정보를 측정 또는 예측하여, 각 네트워크 간 단말의 이동 정보를 공유하여 이동 단말에 대해 QoS를 보장하기 위한 요구 자원을 주변 셀들에 대해 사전 예약하는 방안을 고려한 개념이다. 자원 예약은 주변 네트워크 간 정보를 공유(이동속도, 서비스 요구사항, 셀 정보 등)하여 셀 주변 모든 셀들에 대해서 자원 예약이 이루어진다. 하지만, 이 경우 단말을 위해 사전 예약되는 셀이 현재 셀 주변의 모든 셀들을 대상으로 이뤄지기 때문에, 특히, 이중 망이 중첩된 환경에서 이 방안을 직접 적용할 경우 단말이 경유하게 되는 셀 이외의 다른 셀들에서 자원 낭비를 초래하게 된다. 또한, 이 방안은 단말의 이동 방향이나 속도에 대해 고려하지 않고 있기 때문에, 작은 셀 영역을 갖는 네트워크에서는 빈번한 핸드오버 요청 및 사전 자원 예약을 수행해야하므로 많은 자원 낭비와 지연을 초래하게 된다.

4. 기존 이동성 예측과 서비스 보장 방안

단말이 속도와 방향을 가지고 이동을 하게 될 경우, 서비스 중인 셀 크기의 제약 때문에 다른 주변 셀로의 핸드오버가 불가피하게 요구된다. 핸드오버 시 기존 셀에서 새로운 셀로의 해제/등록 과정에 의해서 일시적인 서비스가 단절이 발생하게 된다. 서비스의 단절은 곧 사용자의 서비스 불만을 초래하게 된다. 이 문제를 해

결하기 위해 핸드오버 단말에게 새로운 셀에 도달했을 경우, 서비스를 지속적으로 보장하기 위해 보호 영역을 두어 문제를 해결했다. 하지만, 이 경우 핸드오버 단말에 우선순위를 부여하기 때문에 새로운 연결 요청에 대해 서비스를 제공하지 못하는 문제를 초래하게 되어 새로운 단말의 이동성을 고려한 효율적인 자원 예약 방안 연구가 필요하다. 이를 위해 단말의 이동에 따른 서비스 단절과 핸드오버를 최소화하기 위한 단말의 이동성 예측에 관련된 연구로 “Low latency handoff in Mobile IPv4 와 FAST Handovers for Mobile IPv6” 등이 있어 왔다. 하지만, 기존의 연구들은 단말의 이동 속도와 이동 가능한 영역을 고려하지 않고, 모든 단말에 대해 같은 조건을 적용하여 셀 사전 예약을 수행하기 때문에 핸드오버 실패 및 자원 낭비 문제를 완전히 해결 할 수 없었다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 단말의 이동 속도를 고려한 핸드오버 및 사전 자원 예약이 연구되어야 한다. 여기에서는 본 논문에서 제안하는 방식과의 비교를 위해 PMS<sup>[3]</sup> 방안과 VCDS<sup>[4]</sup>에 대해서 간단히 살펴보도록 한다.

PMS는 단말의 이동성을 예측하기 위해 단말이 과거 이동해왔던 경로에 대한 정보와 현재 진행 중인 방향을 이용하여 단말의 예상 이동 경로를 계산하고, 이 계산된 값에 따라 단말의 이동 경로 상에 위치한 다수의 셀들에 대해 단말의 현 위치와 셀의 기지국과의 사이 각을 구해 각 셀들에 대한 셀 방문 확률(cell visit probability)를 구하게 된다. 그리고, 각 단말이 요구하는 대역폭에 대해 주기 TG 동안 예상되는 가장 빠른 셀 도착과 가장 느린 셀 도착 시간의 평균값 내의 셀들

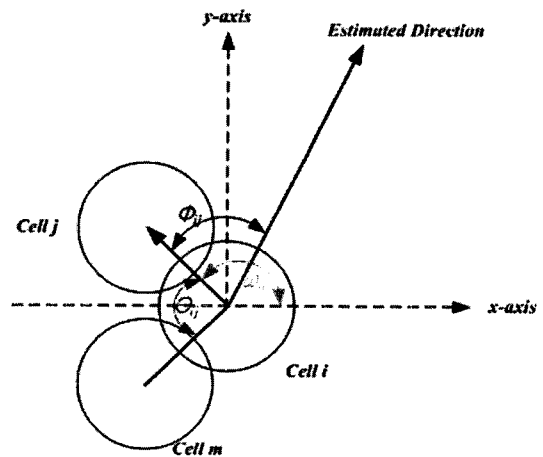


그림 8. 단말의 이동정보를 이용한 예상 이동방향계산  
Fig. 8. Estimation of moving direction based on mobility information.

은 QoS 보장하게 된다. 만일, 이 주기 동안 단말이 도착하지 않는 경우에는 사전 예약을 중단시킨다. 이 방법을 통해 셀에서 단말의 이동에 따른 자원 예약 셀을 선택하도록 하여 효율적으로 자원을 이용할 수 있도록 제안하고 있다.

하지만, PMS에서는 셀 방문 확률 계산에서 단말의 이동 속도에 대해 고려하고 있지 않기 때문에, SC내의 QoS 보장 시간 TG에 대해 각 셀에서는 단말의 현재 이동 속도를 매개변수로 사용하지 않는다.

따라서, 정확히 도착 시간을 예측할 수 없어 불필요하게 낭비되는 자원이 발생하게 되고, 또한, 예측된 경로가 서비스 크기가 작은 셀을 따라 단말이 이동하게 될 경우, 서비스를 완전히 보장할 수 없는 경우도 발생할 수 있다. 또한, SC 내의 셀의 수를 단말 이동 속도에 관계없이 일정하게 예약함으로써, 상당한 자원 낭비와 오버헤드를 유발한다. 이를 보완하기 위해 단말의 이동 속도를 함께 고려하여 VCDS가 제안되었다.

VCDS는 기존 PMS에서 셀 방문 확률을 계산할 때 고려하지 않았던 단말의 이동 속도와 연결 지속 확률을 함께 계산하여 기존 방안보다 좀 더 효율적으로 셀 자원을 이용할 수 있는 방안을 제시하였다. 이를 위해 VCDS에서는 다음과 같은 두 가지 기본적인 가정을 갖는다. 먼저, 이동 단말의 진행 방향은 단말이 셀을 경유 할 확률이 가장 높고, 각  $\delta_{x \rightarrow j}$ , (단말의 현재 위치한 셀 x와 셀 j로의 사이각)이 커지게 될수록 낮은 확률 값을 갖게 된다. 그리고 셀 방문 확률의 감소, 즉, 각  $\delta_{x \rightarrow j}$  이 증가는 단말의 이동에 비례하게 된다. 여기서, 단말의 이동 속도를 고려했을 때 이동 속도가 고속일 경우, 확률의 감소율은 가장 클 것이고, 단말이 저속 일 경우는 확률의 감소율이 가장 적게 된다. 이를 통해 단말이 경유할 것 같은 셀 영역을 다음 식에 의해서 구하게 된다.

$$DP_{x \rightarrow j} = \begin{cases} \frac{k}{2} \cos k \delta_{x \rightarrow j}, & \text{if } \delta_{x \rightarrow j} \leq \frac{k}{2} \text{ and } \frac{1}{2} \leq k \leq 2 \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기서,  $k = \log v_x / \log \sqrt{v_{\max}}$  는 속도 매개 변수,  $v_x$ 는 단말의 평균 이동 속도,  $v_{\max}$ 는 임계치로 정한 최대 속도이다. 또한, 단말의 평균 이동 거리와 이동 거리에 대한 편차를 이용하여 셀 방문 확률을 구한다. 여기서, 이동 거리에 대한 편차는 과거 단말의 이동 DB 정보를 이용하여 구한다.  $f(t)$ 와  $F(t)$ 를 평균 TG을 갖는 연결 지속 시간의 확률 밀도 함수와 누적 분포 함수를 각각

나타낸다. 연결 지속 확률  $CCP_{x \rightarrow y}$ 은 연결 생존 함수  $S(t) = 1 - F(t)$ 로부터 구해진다.

$CCP_{x \rightarrow j} = S(\overline{D_{x \rightarrow j}} / v_x)$ ,  $CVP_{x \rightarrow j} = DP_{x \rightarrow j}^{u \cdot} \cdot CCP_{x \rightarrow j}^{1-u}$  이 두 개의 확률 DP와 CCP를 이용하여 단말의 이동 방향과 이동 속도를 고려하여 셀 방문 확률을 구할 수 있게 된다.  $u$ 은 0과 1사이의 가중치이다.

$\tau_{op}$  계산된 확률 값과 사전에 정해 놓은 임계치 TG와  $R_{\max}$ 을 이용하여 SC를 형성하게 된다. 그리고 최대 반지름 거리는 SC의  $R_{\max} = \max(\overline{D_{i-j}} | \overline{D_{i-j}} \leq v_x T_G)$  값에 의해서 최대값을 갖게 된다. 하지만, VCDS에서 고속 이동 중인 단말이 작은 셀 크기를 갖는 지역을 계속 점유하게 될 경우, 많은 셀들에 대해서 속도에 비례하여 SC 내의 다수 셀들을 예약하기 때문에, 네트워크상의 많은 시그널링 오버헤드와 빈번한 핸드오버가 발생하게 된다. 또한, 기존 단말의 이동 정보를 이용하기 때문에 네트워크에서 DB를 별도로 관리하는데 필요한 추가적 비용이 요구 된다. 그리고 단말의 현 위치에 대한 상대적인 셀들의 거리를 이용하지 않기 때문에 셀 도착 시간이 정확하지 않을 수 있어 일시적으로 서비스 단절이 발생할 수도 있다. 이러한 문제점을 해결하고 셀 내 자원을 효율적으로 이용하고, 이중 망간 빈번한 핸드오버를 줄이면서 불필요하게 낭비되는 자원을 효과적으로 줄이기 위한 SIR 알고리즘을 제안 한다.

### III. 단말 이동성 기반 망자원 예약 메커니즘

이중 망이 중첩된 네트워크 환경은 서로 다른 서비스 특성 및 서비스 영역을 가지게 된다. 앞으로 사용자는 보다 나은 서비스 품질을 제공받기 위해 이동 중에 품질이 나은 서비스 망으로의 핸드오버를 필요로 하게 될 것이다. 만일, 기존의 연구처럼 단말의 이동 속도를 고려하지 않고, 단순히 서비스 품질이 우수한 망으로의 핸드오버 및 사전 예약을 수행한다면, 무선 랜과 같이 서비스 영역이 매우 작은 곳에서 고속 이동 중인 사용자는 잦은 핸드오버 및 사전 예약 절차를 밟아야 한다. 이로 인해 불필요한 오버헤드 메시지가 발생하게 될 뿐만 아니라, 핸드오버 해제/등록에 따른 일시적인 단절이 발생하게 될 것이다.

단말의 이동성을 예측하기 위해서는 단말의 정확한 위치 정보와 이동 속도, 그리고 이동 방향에 대한 정보가 요구 된다. 단말의 정확한 위치 정보를 알기 위한 방법 중, 가장 용이한 것은 GPS(global positioning

system)을 이용하는 방법이다. GPS의 경우, 단말의 위치 및 이동 방향 그리고 이동 속도를 정확히 알 수 있지만 GPS를 이용하게 될 경우 별도의 GPS 칩을 내장해야 하는 비용과 전류 소모가 추가로 발생한다. 또한, GPS 위치 정보 업데이트 주기가 단말의 이동 속도를 충분히 고려하지 않을 경우, 고속 이동 중인 단말에 대해 핸드오버를 위한 위치 정보를 놓칠 수 있다. 또 다른 방법으로는 기지국과 단말 사이의 신호비(signal strength)를 이용하거나, 또는 ToA(time of arrival)와 DoA(direction of arrival) 정보를 이용하는 방법이 있다. 이동 중인 단말에 대해 이동 경로를 예측할 수 있다면, 그리고 이와 함께 이동속도를 알 수 있다면 각 셀에서는 단말의 셀 이탈 시간을 예측하여 앞으로 새로운 호 또는 핸드오버 호를 위한 셀 자원을 효율적으로 이용할 수 있을 뿐만 아니라, 단말이 새로운 셀로의 핸드오버 시 예상되는 셀로의 셀 진입 시간을 예측 할 수 있기 때문에 이 진입 시간 정보를 이용해 셀 자원을 할당함으로써 자원의 낭비 없이 효율적으로 자원을 관리할 수 있게 된다. 따라서, 단말의 이동 방향과 이동 속도를 정확히 예측 해 낼 수만 있다면 이를 이용해서 이 종망 내에서의 불필요한 핸드오버를 줄이고, 효율적인 셀 자원 예약을 수행함으로써 다수의 이동 사용자에게 보다 나은 서비스를 제공할 수 있게 될 것이다. 그리고 단말의 이동속도에 따른 단말의 진행 중인 방향에 대해 경로 변경 할 확률을 구할 수 있다면, 중첩된 다수의 망들에 대해서 사전 자원 예약 범위를 줄이므로 매우 효율적으로 자원을 관리할 수 있게 될 것이다.

1. 단말의 위치 및 속도 결정 방안

기지국으로부터 단말의 위치를 측정하기 위한 방안으로 스마트 안테나를<sup>[14~16]</sup> 이용하여 송수신되는 신호 손실비를 이용하여 단말의 위치를 계산하고, 또한 수신되는 신호의 DoA(direction of arrival)를 이용하여 기지국으로부터의 단말의 위치와  $\theta$ 를 구한다. 먼저, 단말의 거리를 알기 위해 자유 공간에서의 Friis 방정식을 이용하였고 다음의 식과 같다.

$$P_r = P_t \cdot \left(\frac{\lambda}{4\pi d}\right)^2 G_t \cdot G_r \tag{2}$$

여기서,  $P_r$ 은 기지국에서 송신한 전력(power)이고,  $P_t$ 는 수신한 전력이다. 그리고  $G_r$ 과  $G_t$ 는 각각 송수신 이득을 나타낸다. 그리고  $\lambda$ 는 파장,  $d$ 는 기지국과 단말간의 거리이다. 즉, 기지국과 단말 사이의 거리를 구하기

위해  $d$ 에 대한 식으로 다시 전개하면 다음과 같다.

$$d = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_t \times G_t \times G_r}{P_r}} \tag{3}$$

만일,  $t$ 초동안  $n$ 개의 시그널 메시지를 받는다고 가정하면,  $i$  번째 메시지를 받았을 때 측정된 기지국과 단말간의 거리는 다음과 같다.

$$d_i = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_T \times G_T \times G_R}{P_{R_i}}} \quad , i = 1,2,3,\dots,n \tag{4}$$

하지만, 신호의 전파 특성상  $t$ 초 동안 서로 상이한 수신 전력을 가질 수 있으므로 이 오차 문제를 최소화하기 위해 수신 전력의 평균값을 구하여, 기지국과 단말간의 평균 이동 거리를 구한다. 즉, 이를 다시 표현하면 다음과 같다.

$P_{r\_err}$   $P_{R_i}$ (이전 측정된 power 값) -  $P_{R_i}$ (최근 수신한 power 값)  
 $P_{R\_avgerr}$   $n$  개 수신한 신호의 power 평균 error 값

$$P_{R\_avgerr} = \sum_{i=1}^n \frac{P_{r\_err}}{n} \quad , i = 1, 2, 3, \dots, n \tag{5}$$

따라서  $d$ 는

$$d_{average} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_T \times G_T \times G_R}{P_{R\_avgerr}}} \tag{6}$$

다른 방안으로 ToA를 이용하는 방안으로 기지국에서 보낸 시그널 메시지가 단말을 통해 돌아오는 시간을 이용하는 방안으로 이 방안은 쉽게 거리를 구할 수 있다는 장점이 있으나, 환경적 요인을 많이 받기 때문에 정확한 값을 얻기 매우 어렵다. 단말의 거리뿐만 아니라 이동 속도 역시 ToA만을 이용하는 방안과 위의  $d$ 를 구하는 방정식을 함께 이용하여 구할 수도 있다.

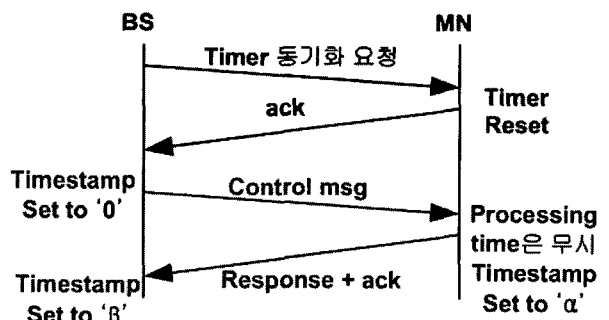


그림 9. TOA 시간 동기  
 Fig. 9. TOA Timelie.



먼저, ToA만을 고려할 경우 다음과 같이 식을 전개할 수 있다.

$$t_{average} = \frac{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i)/2}{n}$$

하면

$$V = \frac{d_{average}}{t_{average}}$$

또한, 신호 세기를 함께 고려할 경우 단말의 속도는

$$d_{average} = \frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_T \times G_T \times G_R}{P_{R_{average}}}}$$

따라서 속도 v는 다음과 같이 정리할 수 있다.

$$V = \frac{\frac{\lambda}{4\pi} \sqrt{\frac{P_T \times G_T \times G_R}{P_{R_{average}}}}}{\frac{\sum_{i=1}^n (a_i + b_i)/2}{n}} \quad (7)$$

이는 다시  $V = \frac{\Delta d_{average \text{ at signal strength}}}{t_{average \text{ at signal strength}}}$  로 고쳐 쓸 수 있다.

단말의 거리와 속도 외에도, 실제 기지국으로부터 단말의 위치  $\theta$ 를 구하기 위해서는 스마트 안테나 중 하나인 어댑티브 어레이 안테나의 구성 형태로부터 수신되는 신호  $\psi$  각으로부터 구할 수 있다. 이는 다음의 식에 의해 간단히 표현할 수 있다.

여기서, (m,n) 안테나에 수신된 신호의 시간 지연은

$$\tau_{mn} = \frac{\Delta r}{v_0} \quad \Delta r : \text{the differential distance, } v_0 : \text{the speed of light in free space이다.}$$

수신된 신호의 거리,  $\Delta r = d_{mn} \cos(\psi)$ 이 되고,

수신된 신호의 거리,  $\Delta r = d_{mn} \cos(\psi)$ 이 되고,

$$d_{mn} = \sqrt{m^2 d_x^2 + n^2 d_y^2}$$

이를 이용해서 수신된 신호 각  $\psi$ 은 다음을 통해 얻을 수 있다.

$$\cos(\psi) = \frac{\hat{a}_r \cdot \hat{a}_\rho}{|\hat{a}_r| |\hat{a}_\rho|}, \quad \psi = \cos^{-1} \frac{\hat{a}_r \cdot \hat{a}_\rho}{|\hat{a}_r| |\hat{a}_\rho|} \quad (8)$$

- $\hat{r}$  : unit vector of incoming signal
- $\hat{\rho}$  : unit vector of the direction along  $d_{mn}$

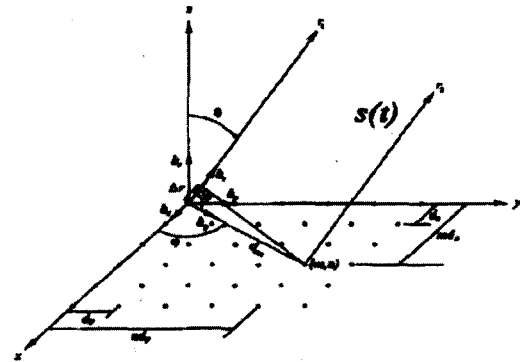


그림 10. MxN 평면 배열인 어댑티브 어레이 안테나  
Fig. 10. 2-dimensional MxN adaptive array antenna.

즉, 위의 수신된 다수의 배열된 안테나 중 수신된 신호의  $\psi$ 을 통해 단말의 위치( $\psi=\theta$ )를 얻을 수 있게 된다

### 2. 단말의 경로 변경 확률

본 논문에서 제안하고 있는 SIR에서는 다음의 가정을 전제로 하고 있다. 즉, 단말이 정지 상태라면 이동 가능한 영역 또한  $\pi \leq \Phi \leq \pi$ 에 퍼져 있고, 경로 변경확률은 "1"이 된다. 만일, 단말이 어느 방향과 속도를 가지고 움직이게 되면 경로 변경 확률이 "1" 보다 작아지게 되고, 이동 가능한 영역 또한  $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$ 에 있게 된다. 그리고 단말이 고속으로 이동할수록 경로 변경확률은 "0"에 가까워지며, 이동 가능한 영역 또한  $\alpha \leq \Phi \leq \alpha$  ( $-\pi/2 \leq \alpha \leq \pi/2$ ) 이내가 되므로, 거의 현재 진행 방향을 유지하게 될 것이다. 이러한 단말의 이동 패턴은 지수 분포함수 (exponential distribution function)을 따른다.

$$f(x) \begin{cases} \lambda e^{-\lambda x}, & \text{if } 0 < x < \infty \\ 0 & \text{if } x = 0 \end{cases} \quad (9)$$

특정 환경에서의 단말의 이동 특성을 일정 시간 동안

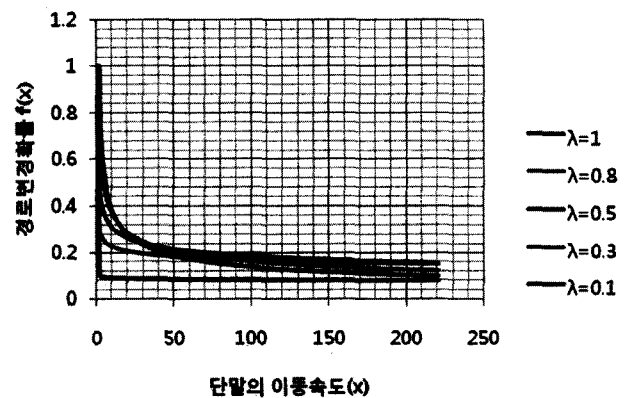


그림 11. 단말의 이동속도에 따른 경로 변경 확률  
Fig. 11. Probability of directional change as a function of velocity.

관찰한 결과, 단말은 각 환경에서  $\lambda = 1, \lambda = 0.8, \lambda = 0.5, \lambda = 0.3, \lambda = 0.1$ 의 빈도를 보였다. 각각의 빈도를 갖는 환경에서 단말의 이동 속도에 따른 경로 변경 확률을 살펴 본 결과, 각 환경에서 단말의 이동 속도에 따라 50km/h 미만의 구간에서는 많은 차이를 보였으나 점점 단말이 고속으로 이동함에 따라 현재 진행 중인 방향에 대해 큰 변화 없이 진행 방향을 유지함을 알 수 있었다.

3. 핸드오버 셀 선정 고려사항 및 가정

이종망 환경에서 불필요한 핸드오버를 줄이기 위해 핸드오버 발생시 단말의 이동속도를 고려하여 속도별 서비스 계층을 두어 특정 속도에 대한 핸드오버 처리 및 서비스를 받을 수 있도록 한다. 또한, 이를 통해 단말의 이동성 예측과 이동 속도 등을 고려하여 SC를 구성할 때 불필요하게 낭비되는 자원을 최소화하고 셀 자원을 효율적으로 이용할 수 있도록 한다. 또한,  $\Phi$  영역에 대한 임계치 선택 시 속도에 따른 이동 경로 변경 확률값에 따른 동적 결정 비율, 즉, 다음 표에 정의된 임계치를 이용하여 확률적으로 단말의 이동성과 서비스를 보장하도록 한다.

표 1. 네트워크의 특징

Table 1. Features of various heterogenous networks.

구분	1 계층	2 계층	3 계층
전송 속도	1Mbps 이상	1Mbps 이상	100kbps 이상
Mobility	30km/h 이하	120km/h 이하	250km/h 이하
셀 커버리지	100m	1km	1~3km 이상

가정 1. 이동 단말은 현재 속도를 일정 시간 동안 유지 한다.

가정 2. 서로 다른 이종망들은 서로 연동되어 있다.

가정 3. 네트워크 토폴로지, 자원 상태, 및 호 통계 정보들을 중앙 시스템(centralized network management system)에서 관리하는 구조이다.

가정 4. 스마트 안테나를 이용하여 단말의 위치 정보 및 이동 속도를 정확히 측정 할 수 있다.

가정 5. 이동 중인 단말은 갑자기 방향을 바꾸거나 뒤로 움직이지 않는다.

가정 6. 단말의 자원 예약은 이동 속도와 방향에 근거한 확률값에 따라 확률적으로 서비스를 보장한다.

그리고 단말이 핸드오버 요청시 단말의 서비스와 이

동 속도를 고려하여 다음 표에 해당하는 계층으로의 핸드오버 및 서비스를 받도록 한다.

4. 새도우 클러스터(SC) 구성 및 자원 사전 예약

SC의 구성을 위해 현재 단말의 위치 정보와 이동 속도를 고려하여 속도에 따라 단말이 위치할 수 있는 영역에서 존재할 확률을 구하도록 한다. 이를 위해 속도 모델을 5단계로 나누어 이동 속도에 따른 확률 밀도 함수 그래프를 모델링 하였다. 여기에서 사용한 속도 모델은 정지(0 Km/h), 저속 이동(10km/h, 보통 걷는 정도), 보통(60km/h, 시내 차량 이동), 고속(120km/h, 고속도로), 그리고 초고속(250km/h, 고속철도 KTX)이다. 먼저, 사용자가 정지 상태인 경우 앞의 경로 변경 확률 모델에 따라 경로 변경 확률은 1이 된다. 즉, 단말의 예상되는 이동 가능한 영역은  $\pi \leq \Phi \leq \pi$ 에 퍼져 있게 되고, 이 영역에서의 확률값은 동일한 확률을 가지고 나타나게 될 것이다.

단말이 방향과 속도를 갖고 움직이기 시작하면 그림

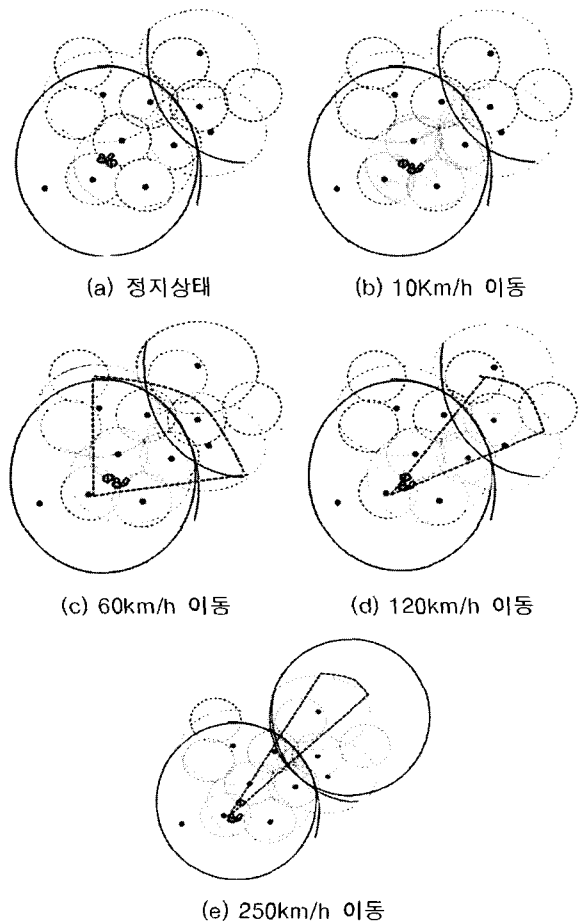


그림 12. 이동속도에 따른 SC 구성

Fig. 12. Formation of shadow cluster based on velocity.

11에서 살펴본 단말의 이동 속도에 따른 각 환경에서의 경로 변경 확률값을 얻을 수 있다. 이 얻어진 확률값을 이용하여 단말이 예상 이동 지역에 대해 SC 영역( $\Phi$ )의 범위를 정할 수 있다. 이 SC의 영역은 다음의 수식으로 부터 간단하게 얻을 수 있다.

$$SC(\Phi) = 2\pi \times f(x) \quad (10)$$

여기서,  $f(x)$ 는 경로 변경 확률 값으로 단말의 현재 속도에 따른 확률값이다.

위의 수식을 통해 현재 단말의 속도에 따른 SC 영역에 대해 간단하면서도 효율적으로 자원을 예약하고, 낭비되는 자원을 최소화하였다. 수식을 통해 각 환경에서 단말의 속도에 따른 SC의 영역은 다음 표를 따른다.

여기서, 단말의 최대/최소 속도는 0km/h와 250 km/h로 제한하여 측정하였다. 하지만, 확률값에 따라 조절된 SC 영역 밖의 이동 가능한 영역에 대해 어느 정도의 실패는 가져 올 수 있으나, 이런 문제는 자원의 효율적인 이용과 낭비를 줄이고 확률적으로 단말의 이동성과 서비스를 보장한다는 데에 목적을 두고 있기 때문에 이에 대해서는 묵과하도록 한다.

만일, SC 내에 핸드오버 해야 할 셀에서 서비스를 제공할 수 없을 경우, 다른 계층의 셀로 핸드오버 해야 하는 상황이 초래되는데, 이 경우 SC의 개수는 다음의 식으로 서비스 가능한 계층에 대해 사전 예약할 셀을 정하도록 한다.

표 2. 각 환경별 속도에 따른 SC 영역(단위=°)  
Table 2. SC areas determined by velocity in each environment.

X=속도	$\lambda=1$	$\lambda=0.8$	$\lambda=0.5$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.1$
x=10	127	129	109	80	33
x=30	82	89	87	70	31
x=60	61	70	74	63	30
x=120	45	55	64	58	29
x=200	36	46	57	54	29
x=250	33	44	56	53	28

표 3. 환경별 속도의 SC 영역 평균값, 최대값, 최소값  
Table 3. The average, maximum, and minimum values determined by velocity in each environment.

구 분	$\lambda=1$	$\lambda=0.8$	$\lambda=0.5$	$\lambda=0.3$	$\lambda=0.1$
avr	59	68	72	63	31
max	360	360	360	360	360
min	33	44	56	53	28

$$SC_{number} = \frac{\text{Speed of the MN}}{\text{Maximum Speed of each layer}} \quad (11)$$

속도에 따른 서비스 네트워크를 계층화함으로써, 이동 속도에 따라 사전 예약할 셀의 수를 줄일 수 있을 뿐만 아니라, 핸드오버 및 사전 예약 처리를 위한 시그널 메시지가 감소하므로 네트워크 오버헤드를 크게 줄일 수 있다.

위에서 각 속도 모델에 따라 실제 자원을 예약할  $\Phi$  영역이 결정되면, 단말의 현재 속도와  $\Phi$  내의 셀들에 대해서 자원 예약을 수행한다. 이때, 단말의 현재 위치, 속도, 그리고 현재 단말의 위치로부터 SC 내에 위치한 각 셀들까지의 거리를 측정하여 예상되는 단말의 셀 진입 시간(PCMIT : Predictive Cell Move In Time)을 계산하고 핸드오버 및 사전 예약을 위한 Passive 사전 예약을 수행하도록 한다. 이때, SC 내의 다수 셀들에 대해 자원을 예약할 경우, 각 셀들은 단말의 현재 위치에 대해 각 셀에서의 PCMIT가 산출되며, 이 시간 내에 단말이 진입하지 않을 경우 단말이 다른 셀로 진입한 것으로 보고 사전 자원 예약을 취소하도록 한다. 이를 통해 불필요하게 사전 예약이 이루어지는 자원을 줄이고 다른 단말에게 서비스를 제공할 수 있도록 할 수 있다. 그리고 PCMIT 시간 내에 진입한 셀에서는 단말에게 서비스를 제공하기 위해 현재 자신의 셀 크기와 셀 진행 방향, 그리고 이동 속도를 고려하여 PCMOT (Predictive Cell Move Out Time)을 계산하여 이 시간 동안 자원을 보장 받을 수 있도록 한다.

$$PCMIT = \frac{D_{nCell \rightarrow MN}}{V_{MN}}, \quad PCMOT = \frac{S_i}{V_{MN}} \quad (12)$$

여기에,  $D_{nCell \rightarrow MN}$ 은 SC 내의 각 셀들로부터 현재 단말의 위치이고,  $V_{MN}$ 은 단말의 현재 속도이다.  $S_i$ 는 현재 단말이 존재하는 셀의 크기이다.

### 5. 셀 선정 알고리즘

```
// pseudo code
# 단말에 대한 이동성 예측을 위한 단말 관련 변수 정의
struct infoMN
{
    unsigned int MN_SERVICE; // 현재 단말의 서비스 타입
    unsigned int MN_VELOCITY; // 현재 단말의 서비스 속도
    unsigned char MN_LAYER; // 현재 단말이 서비스 받고 있는 계층
    unsigned char MN_STATE; // 현재 단말의 서비스 상태
}
```

```

unsigned char MN_NoSC; // SC내의 사전 예약할 셀의 수
} MN;
// 메인 함수 시작
void main()
{
....
while(1) // 반복문
{
interval(300);
// 주기적(300ms)으로 단말에 관한 정보를 수집 계산
VELOCITY_CHECK(MN.VELLOCITY, MN.STATE, MN.LAYER);
}
...
}
    
```

```

# 단말의 속도, 서비스 상태, 서비스 중인 계층 정보를 수집/업데이트
VELOCITY_CHECK(unsigned int vcMN_VELOCITY, unsigned
char vcMN_STATE, unsigned char vcMN_LAYER)
{
// MN_STATE 0 : 서비스 사용 안함, 1: 서비스 중
switch (MN_STATE){
case 0: MN.MN_LAYER = vcMN_LAYER;
break;
case 1: CLASSIFICATION(vcMN_VELOCITY,
vcMN_LAYER);
break;
}
}
    
```

```

# 현재 단말의 이동속도에 따른 서비스 계층 정보를 업데이트
CLASSIFICATION_LAYER(unsigned int cIMN_VELOCITY,
unsigned char cIMN_LAYER)
{
if (cIMN_VELOCITY == 0) {return cIMN_LAYER ;} // Don't
operation
if (cIMN_VELOCITY <=30 || cIMN_VELOCITY > 0)
{ MN.MN_LAYER = 1;
return COMPUTATION_CELL_CONDITION();
}
if (cIMN_VELOCITY <=120 || cIMN_VELOCITY > 30)
{ MN.MN_LAYER = 2;
return COMPUTATION_CELL_CONDITION();
}
if (cIMN_VELOCITY > 120)
{
MN.MN_LAYER = 3;
return COMPUTATION_CELL_CONDITION();
}
}
    
```

```

# 업데이트 된 단말 정보를 이용하여 핸드오버 할 셀을 선택
void COMPUTATION_CELL_SELECTION()
{
unsigned int time;
unsigned int required_channel;
unsigned int now_channel_state;
now_channel_state = CELL_CHANNEL_STATE();
required_channel = MN.MN_SERVICE;
time = CELL.COVERAGE / MN.MN_VELOCITY;
if(required_channel < now_channel_state)
return MN.MN_LAYER;
else
{
MN.MN_NoSC++; // SC의 수를 하나씩 증가
return MN.MN_LAYER;
}
}
    
```

IV. 실험 및 결과

본 논문에서 제안한 SIR에 대한 성능 평가를 하고 기존 방식(PMS, VCDS 등)과 비교하기 위해 3개의 계층으로 구성된 네트워크를 설계하였다. 각 계층은 앞 절의 표 1.과 같은 성격을 갖게 되는데, 최상위 계층인 L3 하나의 영역에는 4개의 L2 계층이 구성되어 있으며, 각 L2 계층 내에서 6개의 L1 계층이 중첩되도록 설계 하였다. 따라서, L3계층 하나에 중첩되어 있는 셀의 수는 모두 L3를 포함하여 29개이다. 그리고, 이종 망간 시그널링 메시지와 자원 예약에 따른 계산과 수행은 IRM(Intelligent Resource Management)에 의해서 이루어진다.

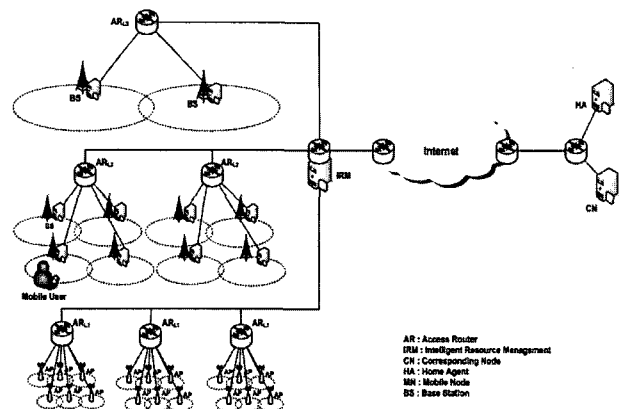


그림 13. 네트워크 시뮬레이션 모델  
Fig. 13. Network simulation model

1. 테스트 시나리오

본 테스트는 수학적 모형을 기초로 하여, 제안 초기 SC, PMS, VCDS, 그리고 본 논문에서 제안하는 SIR을 대상으로 한다. 성능 비교를 위해 테스트 시나리오에서는 이동 속도를 정지 상태, 30km/h, 120km/h, 250km/h로 구분하고, 모두 동일한 자유 공간 환경에서 단말 이동 속도 변화에 따른 사전 자원 예약을 위해 선정되는 셀의 수와 관련 시그널 메시지의 수를 측정한다. 이를 위해 수학적으로 계산하기 위한 식은 다음과 같다.

$$VC_{oSC} = l + m + (m * n) \tag{13}$$

$$VC_{PMS} = 16 \tag{14}$$

$$VC_{VCDS} = 4 \leq VC_{VCDS} \leq 14 | VC_{VCDS} \propto V_x \tag{15}$$

$$VC_{SIR} = 1 \leq \delta \leq 3 \tag{16}$$

$$VC_{SIR-Exp} = \frac{\text{Speed of the MN}}{\text{Maximum Speed of each Layer}} \tag{17}$$

초기 제안된 새도우 클러스터 모델을 위의 모델 환경에 적용한다면 식 (13)과 같이 정의할 수 있을 것이다. 그리고 비교 모델인 PMS의 경우 속도를 고려하고 있지 않기 때문에 SC의 수를 상수값인 16으로 정해 놓고 있다. 반면, PMS의 확장 형태인 VCDS의 SC 수는 최소 4개에서 최대 14개를 갖는다. VCDS의 경우 속도에 따라 SC의 수를 변화시킨다. 그리고 본 논문에서 제안한 SIR의 경우, 정지 상태에서는 핸드오버 처리 시간을 만족하므로 SC를 구성하지 않고 특정 이동 속도에 따라 특정 계층에서 서비스를 받기 때문에 식 (16)의 경우처럼 3의 값을 넘지 않는다. 하지만, 만일 단말이 고속 이동 중하면서 연속적으로 작은 크기의 셀을 경유할 경우는 식 (17)의 예외 상황에 맞는 함수를 호출하여 동적으로 속도에 따른 계층 SC를 결정하도록 하였다.

위 수식에서

- l, m, n : 각 계층에서의 셀의 수 (차례로 3, 2, 1계층)
- Vx : 단말의 현재 이동속도
- δ : SIR에서의 SC의 수

또한, RSVP 업데이트 주기를  $\tau_r$ , 총 서비스 시간을  $t$ 라 했을 때에 요구되어지는 RSVP 갱신 횟수를  $n$ 이라고 하면, 각 방식마다 총  $N_{totalmsg} = N * n$  만큼의 메

시지가 발생하게 될 것이다. N은 사전 예약된 셀의 개수이다.

2. 성능 비교 및 분석

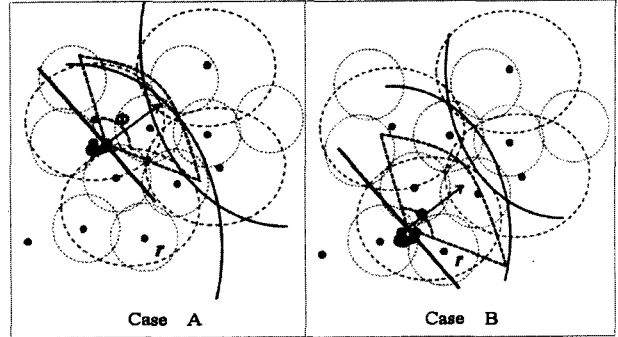


그림 14. 단말의 이동 평면

Fig. 14. Scenarios of handover in heterogenous mobile networks.

표 4. Φ 영역 내 셀 수(Case A λ=1, ΔSC=better case)  
Table 4. Number of cells within moving direction Φ(Case A λ=1, ΔSC=better case).

scheme	이동 속도				속도고려
	0km/h	30km/h	120km/h	250km/h	
초기 SC	9	18	18	18	X
PMS	16	16	16	16	X
VCDS	0	12	14	14	O
SIR	0	4	2	2	O

표 5. Φ 영역 내 셀 수(Case B λ=1, ΔSC=worst case)  
Table 5. Number of cells within moving direction Φ(Case B λ=1, ΔSC=worst case).

scheme	이동 속도				속도고려
	0km/h	30km/h	120km/h	250km/h	
초기 SC	29	29	29	29	X
PMS	16	16	16	16	X
VCDS	0	12	14	14	O
SIR	0	4	2	2	O

표 6. RSVP 갱신을 위해 요구되는 메시지 수 (Case A λ=1, t<sub>o</sub>=300 sect<sub>r</sub>=30sec, n=10)  
Table 6. Number of messages needed for RSVP session update(Case A λ=1, t<sub>o</sub>=300 sect<sub>r</sub>=30sec, n=10).

scheme	이동 속도				속도고려
	0km/h	30km/h	120km/h	250km/h	
초기 SC	90	18	18	18	X
PMS	160	160	160	160	X
VCDS	0	120	140	140	O
SIR	0	30	20	20	O

표 7. RSVP 갱신을 위해 요구되는 메시지 수  
(Case B  $\lambda=1, t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ )

Table 7. Number of messages needed for RSVP session update(Case B  $\lambda=1, t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ ).

scheme	이동 속도				속도고려
	0km/h	30km/h	120km/h	250km/h	
초기 SC	290	290	290	290	X
PMS	160	160	160	160	X
VCDS	0	120	140	140	O
SIR	0	40	20	20	O

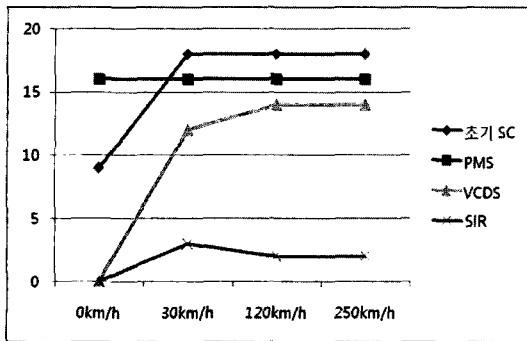


그림 15.  $\Phi$  영역 내 셀 수(Case A,  $\Delta SC$ =better case)  
Fig. 15. Number of cells within moving direction  $\Phi$  (Case A,  $\Delta SC$ =better case)

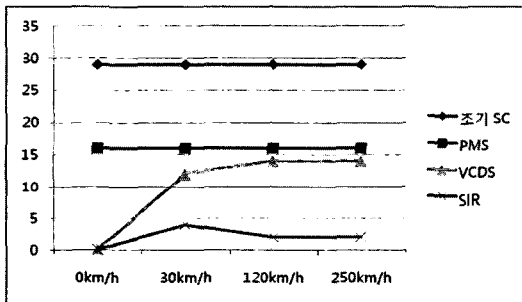


그림 16.  $\Phi$  영역 내 셀 수(Case A,  $\Delta SC$ =worst case)  
Fig. 16. Number of cells within moving direction  $\Phi$  (Case A,  $\Delta SC$ =worst case).

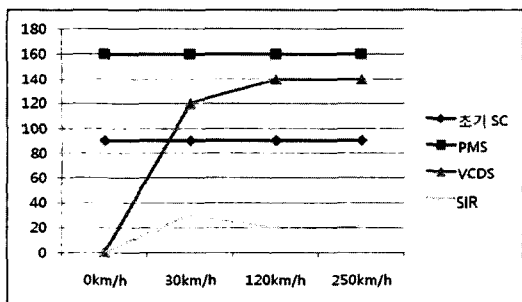


그림 17. RSVP 갱신에 요구되는 메시지 수(Case A,  $t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ )  
Fig. 17. Number of messages needed for RSVP session update(Case A,  $t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ ).

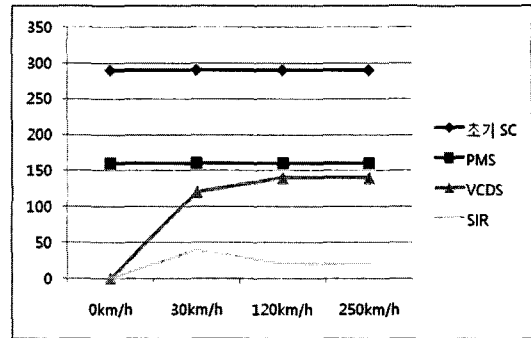


그림 18. RSVP 갱신에 요구되는 메시지 수(Case B,  $t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ )  
Fig. 18. Number of messages needed for RSVP session update(Case B,  $t_0=300 \text{ sec}, \tau=30 \text{ sec}, n=10$ ).

핸드오버 횟수

일반적으로 핸드오버 할 셀 선택시 기존의 다른 방안들이 셀 선정 정책에 따라 보다 나은 품질을 제공할 수 있는 셀을 따라 핸드오버가 발생하지만, 본 논문에서 제안하고 있는 방안은 속도를 고려하는 셀 선정 알고리즘에 따라 핸드오버를 하기 때문에 기존 방안에 비해 매우 적게 핸드오버하게 될 것이다. 이에 따라, 핸드오버 처리와 새로운 셀로의 자원 예약 처리를 위한 제어메시지의 발생 횟수가 줄어들기 때문에 네트워크 오버헤드를 줄일 수 있을 뿐만 아니라 네트워크 자원 역시 효율적으로 관리할 수 있다.

핸드오버 성공율

단말의 이동속도에 따라 각 네트워크에서의 핸드오버 성공률을 살펴보기 위해 예상 이동 지역 셀의 자원 상태가 단말의 자원 요구를 충분히 제공할 수 있다고 가정하였고, 각 셀에서의 호 발생률과 지속시간은 포아송 분포를, 셀 지속 시간은 각 셀에서 100초, 200초, 150초와  $\lambda=70$ , 평균과 분산은 각각 0과 1을 갖는 정규분포를 가질 때, 앞서 설계한 네트워크 모델에서 결과를 살펴본 결과 핸드오버 성공률은 크게 단말의 셀 예상 도착 시간에 매우 민감함을 알 수 있었다. 결과에 보듯이 속도에 상관없이 다음 셀 도착 예상 시간 TG에 대해 편차  $\sigma$ 가 심해질수록 핸드오버 성공률이 크게 떨어짐을 볼 수 있었다.

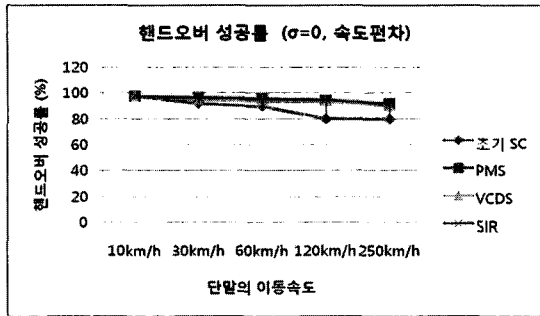


그림 19. 핸드오버 성공률  $\sigma=0$  일 때  
 Fig. 19. Handover success rate on  $\sigma=0$ .

V. 결론

본 논문에서는 제안하는 SIR은 단말의 속도에 따른 경로 변경 확률을 이용하여, 과거의 어떠한 정보없이 단말이 현 위치로부터 이동할 것이다라고 예상되어지는 셀을 이동 가능한 영역에 대한 경로 변경 확률에 의해 동적으로 선택되어진 영역  $\Phi$  에 대해 확률적으로 단말의 이동성을 예측하여 자원을 보장해줌으로써, 셀에서 자원을 다수의 다른 단말을 위해 효율적으로 이용할 수 있도록 해 주었다. 또한 단말의 이동속도에 따른 이중 망에서의 핸드오버 요청시 셀 상태 정보(대역폭, 호 통계 정보 등)를 함께 고려하여 특정 속도에 대해 계층적으로 설계된 해당 네트워크 계층으로 핸드오버를 요청 및 수락을 통한 끊임없는 서비스를 제공할 수 있도록 했다. 위의 실험을 통해 보이듯이 기존의 다른 방안들과는 달리 단말의 정확한 이동성 예측과 네트워크의 계층화 그리고 확률의 임계치를 동적으로 조절하게 하여 통한 네트워크 오버헤드 및 불필요하게 낭비될 수 있는 자원을 최소화할 수 있었다.

참고 문헌

[1] Q. Zhang et al., "Efficient mobility management for vertical handoff between WWAN and WLAN," IEEE Communications. Mag., Vol. 41, Issue 11, pp. 102-108, Nov. 2003.  
 [2] Nidal Nasser, University of Guelph Ahmed Hasswa and Hossam Hassanein, Queen's University, "Handoffs in fourth generation heterogeneous networks," IEEE Communications Mag., Vol. 44, Issue 10, pp. 96-103, Oct. 2006.  
 [3] Aljadhai, A. Znati, T.F., "Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless

Environments," IEEE Journal on Selected Areas in Communications, pp.1915-1930, Vol. 19, Issue 10. Oct. 2001  
 [4] Mohammad Mahfuzul Islam and Manzur Murshed, "Novel Velocity and Call Duration Support for QoS Provision in Mobile Wireless Networks," IEEE Wireless Communications, pp. 22-30, Vol. 11, Issue 5, Oct. 2004  
 [5] D. A. Levine, I. F. Akyildiz, and M. Naghshineh, "A Resource Estimation and Call Admission Algorithm for Wireless Multimedia Networks Using the Shadow Cluster Concept," IEEE/ACM Transactions on Networking, pp. 1-12, Vol. 5, Issue 1, Feb. 1997.  
 [6] RFC2205 Resource ReSerVation Protocol (RSVP)  
 [7] RFC 2746 RSVP Operation Over IP Tunnels.  
 [8] Mobile RSVP, Srinivas Guntupalli 외 2인 April 11, 2005.  
 [9] A. Terzis, M. Srivastava, Lixia Zhang, "A Simple QoS Signaling Protocol for Mobile Hosts in the Integrated Services Internet", INFOCOM '99, pp. 1011-1018, Vol. 3, Mar. 1999.  
 [10] Taha, A.-E.M. Hassanein, H.S., Mouftah, H.T., "Extensions for Internet QoS paradigms to mobile IP : a survey," IEEE Communications Mag., pp. 132-139, Vol. 43, Issue 5, May 2005.  
 [11] Mobile IP Regional Registration, draft-ietf-mobileip-regtun-03.txt.  
 [12] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.  
 [13] C. Perkins, "IP Mobility Support in IPv4," IETF RFC 3220, Jan. 2002.  
 [14] Boche,H., Bourdoux,A., Fonollosa,J.R., Kaiser,T., Molisch,A., Utschick,W., "Smart antennas : state of the art," IEEE Vehicular Technology Mag., Vol. 1, Issue 1, pp. 8-17, Mar. 2006.  
 [15] Winters, J.H., "Smart antenna techniques and their application to wireless ad hoc networks," IEEE Wireless Communications, Vol. 13, Issue 4, pp. 77-83, Aug. 2006.  
 [16] Bellofiore,S., Foutz,J., Balanis,C.A., Spaninas,A.S., "Smart-antenna system for mobile communication networks. Part2. Beamforming and network throughput," IEEE Antenna's and Proagation Mag. Vol 44. No.4, pp. 106-114, Aug. 2002.

## 저 자 소 개



**박 인 수**(정회원)  
 1986년 2월 한양대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1990년 8월 한양대학교  
 전자공학과 석사 졸업.  
 2001년 8월 한양대학교  
 전자공학과 박사 수료.

<주관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 네트워크 아키텍처, QoS, 4G>



**탁 동 국**(정회원)  
 2005년 2월 건양대학교 제어계측  
 공학과 학사 졸업.  
 2007년 8월 한양대학교 전자통신  
 컴퓨터공학부 석사 졸업.  
 <주관심분야 : 모바일 네트워크,  
 QoS>



**김 원 태**(정회원)  
 1994년 2월 한양대학교  
 전자공학과 학사 졸업.  
 1996년 2월 한양대학교  
 전자공학과 석사 졸업.  
 2000년 8월 한양대학교  
 전자공학과 박사 졸업.

<주관심분야 : 유비쿼터스 컴퓨팅, 통신 아키텍처, 임베디드 시스템>



**박 용 진**(정회원)  
 1969년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 학사 졸업.  
 1971년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 석사 졸업.  
 1978년 3월 와세다대학교 전자  
 통신공학과 박사 졸업.

1979년~현재 한양대학교 전자통신컴퓨터공학부  
 교수

2001년 4월~2006년 와세다대학교 대학원 국제  
 정보통신대학원 강사

2002년 10월~2006년 10월 한국인터넷협회 이사

2003년 2월~현재 한국첨단망협회  
 (국내 연구개발망 추진기관) 이사

2005년 1월~현재 IEEE Asia-Pacific Region  
 이사

2005년 2월~현재 IEICE 한국 지부 대표

<주관심분야 : 컴퓨터통신, 이동 데이터 통신>