

# 중첩 이중 네트워크 환경에서의 가우스-마코프 이동 모델 기반의 효율적인 섀도우 클러스터 메카니즘

준회원 박 제 만\*, 김 원 태\*\*, 정회원 박 용 진\*

## A Novel Shadow Clustering Mechanism based on Gauss-Markov Mobility Model in Nested Heterogeneous Networks

Je-Man Park\*, Won-Tae Kim\*\* *Associated Members*

Yong-Jin Park\* *Regular Member*

### 요 약

차세대 무선 네트워크 환경에서 사용자들은 이동 시에도 끊임없는 서비스를 제공 받을 수 있어야 한다. 즉, 단말의 이동 방향과 속력을 예측하여 핸드오버와 자원 예약 절차 과정에서 발생하는 전송 지연과 패킷 손실을 줄이는 것이 필수적인 요소이다. 또한 사용자는 제한된 서비스 영역과 서비스 종류에 맞는 네트워크를 사용할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 가우스-마코프 이동 모델을 기반으로 하여 단말의 이동 방향과 속력에 대한 패턴을 분석하여 다음 이동 정보를 예측하고, 단말의 요구 조건에 맞는 이중 네트워크를 선택할 수 있는 계층적 섀도우 클러스터(Layered Shadow Cluster)를 제안한다. 또한, 3개의 이중 네트워크로 구성된 네트워크 모델에서 가상 시나리오에 따라 기존의 방안과 성능 비교를 통해 제안 알고리즘의 효율성을 살펴본다.

**Key Words** : Shadow Clustering, Gauss-Markov, 이중 네트워크, 무선 자원 예약, 이동 예측

### ABSTRACT

In this paper, we propose a novel shadow clustering mechanism including a mobility estimation algorithm based on Gauss-Markov mobility model which analyses patterns of moving direction and speed of a mobile terminal respectively and a selection algorithm of the most suitable network for the requirements of mobile terminals. The proposed mechanism makes much less shadow cluster area than that of the legacy methods, and reduces unnecessary resource reservation. It is compared the proposed algorithm with traditional methods under various scenarios

### 1. 서 론

고속 멀티미디어 통신 서비스를 지원하는 3세대 무선 이동 통신 기술을 넘어서, 이중의 네트워크들이 All-IP 기반으로 모두 연결되는 4세대 이동 네트워크로 나아가고 있다<sup>[1]</sup>. 이러한 통합된 무선 인터

넷 환경에서 사용자들이 이동 시에도 끊임없는 서비스를 제공 받을 수 있어야 한다. 특히 네트워크 간의 핸드오버 시 발생하는 지연과 자원 예약을 위한 처리 시간으로 인하여 일시적인 서비스 단절이 발생 한다. 또한 단말이 고속으로 이동할 경우 셀의 크기가 작은 무선 네트워크에서의 핸드오버 횟수는

\* 이 논문은 2008년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음.

\* 한양대학교 네트워크컴퓨팅연구소(jmpak@hyuee.hanyang.ac.kr, park@hyuee.hanyang.ac.kr)

\*\* 한국전자통신연구원(wtkim@etri.re.kr)

논문번호: KICS2008-10-477, 접수일자: 2008년 10월 29일, 최종논문접수일자: 2009년 2월 12일

크게 증가하게 된다. 이러한 경우 서비스 단절 현상이 더욱 빈번하게 발생하게 된다. 따라서 단말의 이동 속도를 지원하면서 단말이 요구하는 서비스를 만족시킬 수 있는 이중 네트워크 환경에서의 자원 예약 알고리즘이 필요하다.

이러한 문제점들을 해결하기 위해 단말의 이동 속력과 방향에 대한 요소를 고려한 PMS<sup>[2]</sup>, VCDS<sup>[3]</sup>가 제안되었다. 그러나 PMS는 단말의 이동 속력에 대한 요소를 고려하지 않음으로써, 단말의 이동성 예측과 셀 진입 시간 측정에 있어서 정확성이 떨어진다. VCDS는 속력과 방향의 관계를 확률로써 해석하였는데, 속력과 방향은 속도 벡터의 요소로써 상관 계수가 0이므로 둘의 상관관계를 확률로써 해석하는 것은 적절하지 않다. 또한 PMS와 VCDS는 이중 네트워크 환경에 대한 핸드오버를 고려하지 않았기 때문에 차세대 무선 네트워크 환경에 적용하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 단말의 이동 속력과 방향의 변화를 개별적으로 계산하기 위해 가우스-마코프 이동 모델<sup>[4,5,6]</sup>을 기반으로 분석하고 예상되는 단말의 이동 위치 범위를 측정한다. 그리고 예측된 단말의 이동 범위 내에 포함되는 셀들에 대해서 자원 예약하는 새로운 이동 예측 방안을 제안한다.

본 논문은 서론에 이어 본론 1절에서 단말의 이동을 고려하여 서비스 보장을 제공하는 기존의 방안들에 대한 특징들을 소개하였다. 본론 2절에서 이동 패턴에 따른 단말의 이동 예측을 위한 새로운 방안을 제안한다. 마지막으로 모의실험을 통하여 제안한 방안과 기존 방안의 성능을 비교 분석한다.

## II. 본 론

### 2.1 기존의 이동 예측 방안

본 절에서는 PMS (Predictive Mobility Support) 방안과 VCDS (Velocity and Call Duration Support scheme)에 대해서 간단히 살펴보도록 한다<sup>[2,3]</sup>.

PMS는 단말의 위치를 예측하기 위해서 이전의 시간 동안 움직인 경로에 대한 방향 정보와 현재 이동하고 있는 방향 정보를 측정하고, 이 값을 이용하여 경로 상의 여러 셀들에 대한 끼인각을 구하게 된다. 이 끼인각은 현재 단말이 속해있는 셀의 기지국을 중심으로 하고, 단말의 이동 경로로부터 이웃 셀들까지 측정된 각이다. 이 각을 구하여 각 셀들에 대한 셀 방문 확률 (Cell Visit Probability)을 계산하고, 어느 확률 값 이상의 셀들에 대해서 SC

(Shadow Clustering)를 형성한다. 이 영역에 포함된 셀들은 단말에게 서비스를 제공하기 위한 대역폭을 일정 시간 동안 보장함으로써 QoS를 제공한다. 만일 정해진 시간 동안에 단말이 도착하지 않으면 사전 예약을 중단시키고, 다른 단말이 자원을 이용할 수 있도록 한다. 하지만 PMS는 단말의 이동 속력에 대한 요소를 고려하지 않음으로써, 단말의 이동 측정과 다른 셀로의 진입 시간 측정에 대한 정확성이 떨어질 수 있다. 따라서 불필요한 자원이 낭비될 수 있으며, 지속적인 서비스의 제공이 보장되어 지지 못하는 경우가 발생할 수 있다.

VCDS는 기존 PMS에서 셀 방문 확률을 계산할 때 고려하지 않았던 단말의 이동 속력과 연결 지속 확률을 함께 계산하여 기존 방안보다 좀 더 효율적으로 셀 자원을 이용할 수 있는 방안을 제시하였다. VCDS에서는 다음과 같은 두 가지 기본적인 가정을 하였다. 첫째는 단말의 진행방향에 대해서 앞으로 경유할 확률이 가장 높다는 것이고, 둘째는 단말이 현재 위치한 셀과 다음 예상 이동 경로상의 셀의 끼인각이 커질수록 낮은 확률 값을 가진다고 가정한다. 즉 아래와 같은 DP(Direction Probability) 식을 이용하여 속력에 대한 이동 방향의 확률 값을 계산한다.

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

여기서,  $k = \log v_x / \log \sqrt{v_{\max}}$ 는 속력 매개 변수,  $v_x$ 는 단말의 평균 이동 속력,  $v_{\max}$ 는 임계치로 정한 최대 속력이다. 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.

여기에서는 단말의 이동 속력을 고려하면 셀 방문 확률은 고속일 경우 그 확률의 감소율이 커질 것이고, 반대로 저속일 경우에는 확률의 감소율이 작게 될 것이다. 이와 같이 VCDS는 이동 속력의 요소를 고려한 SC영역을 형성하고 셀들을 예약함으로써 PMS 보다 좀 더 효율적인 자원 관리를 할 수 있게 된다. 하지만 단말의 이동 방향이 반드시 단말의 속력에 의존하는 것은 아니다. VCDS 방안에서는 속력과 방향의 관계를 확률로써 해석하였는데, 속력과 방향은 속도라는 벡터의 요소로써 둘의 상관관계를 확률로써 해석하는 것은 큰 문제가 있다.

고속도로의 예를 들어보면, 평상시에는 단말은 빠른 속력을 가지고 이동 방향 변화가 거의 없는 특징을 가진다. 하지만 정체현상이 발생하면 단말의 이동 속력은 느려지는 반면 이동 방향의 변화는 거의 없을 것이다. 또한 단말이 곡선을 그리며 이동하는 경우 단말의 속력보다는 방향 변화에 의해 이동이 결정된다. 따라서 단말의 이동 속력과 방향은 개별적인 특징을 보이는 것이라고 봐야 한다. 다양한 이동 모델 중 이러한 단말의 이동 속력과 방향의 변화를 각각 확률적으로 접근한 모델이 가우스-마코프 이동 모델이다. 기존의 단말의 이동과 관련된 여러 논문<sup>[4,5,6]</sup>에서 가우스-마코프 이동 모델을 사용하였다. 이는 가우스-마코프 이동 모델이 이동 예측 방안 중 가장 실제 단말의 이동과 일치한다고 볼 수 있기 때문이다.

차세대 무선 네트워크 환경은 서로 다른 셀 크기와 서비스 규격을 갖는 이종 네트워크들이 서로 중첩된 형태로 구성될 것이다. 일반적으로 중첩된 이종 네트워크 중 작은 셀 크기를 갖는 망들은 멀티미디어 서비스를 제공하기에 알맞은 광대역 전송률과 빠른 전송 속도 및 저가의 경제적 서비스를 제공할 수 있을 것이다. 그러나 이러한 작은 셀 크기를 갖는 네트워크에서 단말의 고속 이동은 빈번한 핸드오버를 초래하게 될 것이고 이는 많은 핸드오버 처리 과정과 QoS를 위한 자원 예약 처리 과정이 발생하게 한다. 기존의 PMS와 VCDS는 이러한 환경을 고려하지 않았기 때문에 차세대 무선 네트워크 환경에 적용하기 어려운 문제점을 가지고 있다.

이에 본 논문에서는 차세대 무선 네트워크 환경에 맞는 중첩된 이종 네트워크 환경에서의 가우스-마코프 이동 모델을 이용하여 단말의 이동 방향과 속력의 변화를 각각 계산하여 보다 효율적인 셀 예약 방안을 제안한다.

## 2.2. 이동 예측을 통한 계층적 새도우 클러스터 (Layered Shadow Cluster) 구성

### 2.2.1 가우스-마코프 이동 모델

이동 예측을 위해서 본 논문에서는 단말의 이동이 가우스-마코프 이동 모델<sup>[4,5,6]</sup>을 따른다고 가정하였다. 가우스-마코프 이동 모델은 다양한 이동 모델 중 하나로 단말의 이동속력과 방향이 가우스-마코프 확률 과정을 보이는 모델이다. 이는 단말의 망 자원 예약을 효율적으로 수행하기 위한 방안으로써 실제

상황에 맞는 예측 가능한 이동 모델이라 할 수 있다. 가우스-마코프 모델에서는 다음 식에서 나타내는 것처럼 이전의 이동 속력과 방향에 의존한다.

$$s_n = \alpha s_{n-1} + (1-\alpha)\bar{s} + \sigma_s \sqrt{(1-\alpha^2)} s_{x_{n-1}}$$

$$d_n = \alpha d_{n-1} + (1-\alpha)\bar{d} + \sigma_d \sqrt{(1-\alpha^2)} d_{x_{n-1}}$$

$s_n$ 과  $d_n$ 은 각각 시간 간격  $n$ 에서의 속력과 방향각을 나타내고,  $s_{n-1}$ 과  $d_{n-1}$ 은 시간 간격  $n-1$ 에서의 각각의 속력과 방향각을 나타낸다.  $\bar{s}, \bar{d}$ 는 일정 시간 동안의 속력과 방향의 평균이며,  $\sigma_s, \sigma_d$ 는 속력과 방향의 정규분포에서의 표준 편차 값이 된다. 그리고  $s_{x_{n-1}}, d_{x_{n-1}}$ 는 속력과 방향의 가우시안 랜덤 변수이다.  $\alpha$ 는 메모리 수준을 나타내는 매개 변수로써 0과 1사이의 가중치 값을 가진다. 즉  $\alpha$ 의 값이 클수록 메모리 수준이 높고 단말의 속력과 방향은 이전 속력과 방향의 값에 더욱 많은 영향을 받게 된다. 반대로  $\alpha$ 의 값이 작을수록 메모리 수준이 낮아지며, 단말의 이전 속력과 방향각의 영향력 보다는 일정 기간 축적되었던 단말의 평균 속력과 평균 방향각에 더욱 많은 영향을 받게 된다.

### 2.2.2 이동 경로 예측

본 절에서는 기존의 방안과 다른 새로운 이동 예측 방안을 제시한다. 단말의 이동을 예측하기 위해서는 단말의 정확한 위치 정보와 이동 속력, 그리고 이동 방향에 대한 정보가 요구 된다. 단말의 정확한 위치 정보를 알기 위한 방안들은 GPS (global positioning system), ToA (time of arrival), DoA (direction of arrival)등이 있다<sup>[7]</sup>. 본 논문에서는 모든 단말은 위와 같은 방안을 이용해 정확한 위치를 알 수 있다고 가정하였다.

단말의 이동이 가우스-마코프 이동성 모델을 따른다고 가정한다면 단말의 속력과 방향의 변화는 가우스 분포를 따르게 된다. 시간에 따른 속력( $s_t$ )과 방향( $d_t$ )은  $\vec{v}_t = (s_t, d_t)$ 로 정의하였다. 예상 속도 변화( $\Delta \vec{v}_t$ )는 평균 속도 변화( $\mu_{\Delta v}$ ), 직전 속도 변화( $\vec{v}_{t-1}$ ) 그리고 History weight( $\alpha_{\Delta v}$ )을 이용하여 다음과 같이 구한다.

$$\overrightarrow{\Delta v}_t = \alpha_{\Delta v} \overrightarrow{\mu_{\Delta v}} + (1 - \alpha_{\Delta v}) \overrightarrow{\Delta v}_{t-1} \quad (1)$$

$\overrightarrow{v}_t$  : velocity of Mobile Unit at time  $t$

$v_t = (s_t, d_t)$   $s_t$  : speed,  $d_t$  : direction

$\Delta v_t = v_t - v_{t-1}$

$\mu_{\Delta v}$  : the mean of  $\Delta v$

History weight ( $\alpha_{\Delta v}$ )는 평균 속도 변화와 직전 속도 변화에 대한 가중치로써 아래와 같은 식(2)에 의해 구해진다. 즉 직전 속도의 변화가 평균 속도의 변화 보다 작으면 속도의 변화가 평균 속도 변화에 근접하므로 식(1)은 평균 속도 변화에 의존하게 된다. 하지만 직전 속도의 변화가 평균 속도의 변화 보다 크면 단말의 이동 변화가 갑자기 커졌다는 것이므로 식(1)은 직전 속도 변화에 보다 더 의존하게 된다.

$$\alpha_{\Delta v} = \begin{cases} 1 & (\mu_{\Delta v} - \overrightarrow{\Delta v}_{t-1})^2 \leq \sigma_x^2 \\ \frac{\sigma_x^2 - (\mu_{\Delta v} - \overrightarrow{\Delta v}_{t-1})^2}{(\mu_{\Delta v} - \overrightarrow{\Delta v}_{t-1})^2} & \text{otherwise} \end{cases} \quad (2)$$

$\sigma_{\Delta v}$  : the standard deviation of  $\Delta v$

### 2.2.3 계층적 새도우 클러스터 구성

식 (1), (2)를 이용해 예측된 이동 경로 확률 분포를 이용하여 단말의 예상 이동 지역에 대한 Shadow Clustering (SC)을 할 범위는 다음 식과 같은  $X_{\Delta v}$ 로 표현된다.

$$\overrightarrow{\Delta v}_t - k\sigma_{\Delta v} \leq X_{\Delta v} \leq \overrightarrow{\Delta v}_t + k\sigma_{\Delta v} \quad (3)$$

식 (3)은  $k$ 에 따라  $X_{\Delta v}$ 의 범위가 변하는 것을 보여준다.  $k$ 가 커질수록 이동 예측 확률은 높아지지만, 자원 예약이 필요한 범위가 넓어지므로 사용 환경에 따라서  $k$ 값을 조절할 수 있다.

위에서 구한 속도변화의 예측을 이용하여 실제 단말기의 이동 범위는 다음과 같이 구할 수 있다.

$$X_r = \Delta t(s_t + \max(X_{\Delta s})) \quad (4)$$

$$X_d = d_t + X_{\Delta d} \quad (5)$$

$s_t$  : speed at time  $t$

$d_t$  : direction at time  $t$

$X_{\Delta v} = (X_{\Delta s}, X_{\Delta d})$

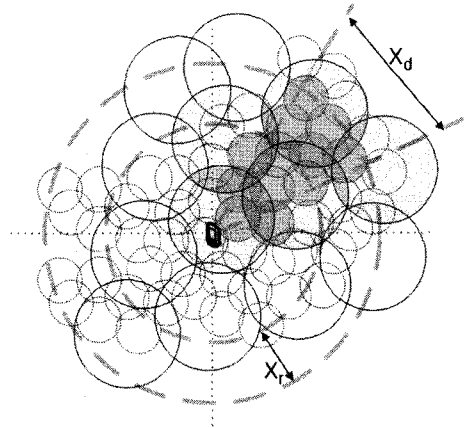


그림 1. 단말의 이동 경로 예측에 따른 Shadow Clustering 범위

$X_r$ 과  $X_d$ 을 이용하여 그림 1과 같이 단말이 이동 가능한 범위 및 도착 시간을 예측하고 예측 범위 내에 있는 SC를 결정한다.

SC가 결정되면 단말의 현재 위치, 속도, 그리고 현재 단말의 위치와 SC 내에 위치한 각 셀까지의 거리를 이용하여 예상되는 단말의 셀 진입 시간 (PCMIT: Predictive Cell Move In Time)을 계산한다. PCMIT는 다음 식과 같이 셀 진입 최소 시간 (min(PCMIT))과 셀 진입 최대 시간(max(PCMIT))의 범위로 표현되며 각 셀들은 min(PCMIT)에 맞추어 자원 예약을 실행하게 된다. 만약 단말이 max(PCMIT)동안 셀에 진입하지 않을 경우 단말이 다른 셀로 진입한 것으로 보고 사전 자원 예약을 취소하도록 한다. 이와 같은 방법으로 불필요하게 사전 예약이 이루어지는 자원을 줄여 네트워크의 활용도를 높일 수 있다.

$$\frac{D_{nCell \rightarrow MN}}{s_t + \max(X_{\Delta s})} \leq PCMIT \leq \frac{D_{nCell \rightarrow MN}}{s_t + \min(X_{\Delta s})} \quad (6)$$

$$D_{nCell \rightarrow MN} = D_{AP,nCell \rightarrow MN} - R_{nCell}$$

$D_{AP,nCell \rightarrow MN}$  : Distance between AP of nCell and MN

$R_{nCell}$  : Radius of nCell

또한 max(PCMIT) 시간 내에 단말이 셀에 진입하면 단말의 PCMOT(Predictive Cell Move Out Time)을 계산하여 이 시간 동안 QoS를 보장 받을 수 있도록 한다.

$$PCMOT = \frac{2R_{mCell}}{s_i + \min(X_{\Delta_s})} \quad (7)$$

이종 네트워크 환경에서 단말의 핸드오버 시 고려해야 할 사항 중의 하나는 단말에게 현재 제공받고 있는 서비스를 지속적이고 끊김없이 보장하는 것이다. 따라서 여러 중첩된 이종의 셀들 중에서 현재 단말의 특성을 가장 잘 수용할 수 있는 셀을 선택해야 할 것이다. 본 논문에서는 각 이종의 네트워크에서 허용할 수 있는 단말의 최대 속력을 정의하여, 서비스 대역폭 및 서비스 영역의 크기 등을 고려한 핸드오버 및 자원 예약을 수행하게 한다. 본 논문에서는 표 1과 같이 크게 3개의 이종 네트워크를 정의<sup>[8]</sup>하고, 그 구성은 그림 1과 같이 각 네트워크 별로 구성된 Shadow Cluster 중에서 선택된 네트워크에 대해서 Layered Shadow Clustering을 구성한다.

단말의 사전 자원 예약과 핸드오버를 위한 네트워크 선택 알고리즘은 크게 동종 망으로의 수평 핸드오버와 이종 네트워크로의 수직 핸드오버로 나눌 수 있다. 핸드오버 지연 시간이나 메시지 오버헤드 등의 측면에서 이종 네트워크로의 핸드오버보다 복잡하지 않다. 따라서 본 논문에서는 빈번한 수직 핸드오버를 줄이기 위해 단말의 서비스를 위한 이동 속력 제한을 만족 할 경우 현재 서비스 중인 네트워크에 우선권을 주는 방식을 전제한다.

그림 2와 같이 네트워크 선택 알고리즘은 크게 2단계로 이루어진다. Step 1에서는 단말이 이동 예측에 의해서 다음 셀로의 핸드오버가 수행되기 전에 네트워크가 현재 단말의 속력과 서비스 대역폭을 파악하고, 각 서비스 계층에서 최소한 현재 단말의 서비스를 제공해줄 수 있는 지를 결정한다. Step 2에서는 앞의 Step 1에서 선택된 네트워크들 중에서 현재 서비스를 받고 있는 단말이 요구하는 특성에 가장 적합한 네트워크를 선택하는 단계이다. 사용할 네트워크 계층이 선택되면 Layered Shadow Cluster

표 1. 네트워크 모델

	Layer1(WLAN)	Layer2(WiBro)	Layer3(3G)
Maximum Speed	Less 10m/s	25m/s	More 35m/s
Cell Coverage	Almost 100m	Almost 1km	Almost 2km
Channel Bandwidth	50Mbps	10Mbps	2Mbps

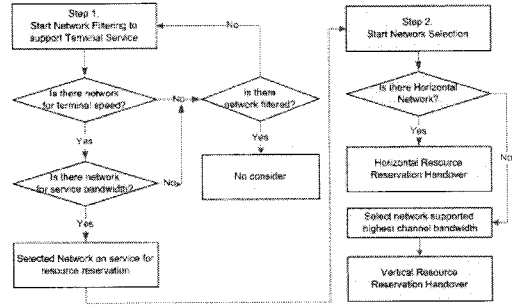


그림 2. 네트워크 선택 순서도

구성하게 된다.

### III. 모의시험

본 장에서는 제안된 방안에 대한 성능 평가를 하고 기존의 방안과 비교를 위하여 3개의 이종 네트워크 모델을 구성하였다. 각 네트워크는 표 1에서 정의된 특징을 가지고 있으며, 그림 1과 같이 중첩되어 있다. 각 단말들은 단말의 현재 이동 속력과 방향에 대한 정보를 알고 있으며, 이 값들의 통계치를 이용하여 단말의 평균 속력과 평균 방향각 그리고 각각의 표준 편차에 대한 값을 계산할 수 있다고 가정한다. 기존의 제안된 PMS와 VCDS 방식과의 비교를 위해서 이동 속도에 따른 사전 자원 예약을 위해 선정되는 셀의 개수를 측정하도록 한다. 모의시험은 MobiSim<sup>[9]</sup>을 이용하였으며 표 2와 같은 파라미터 값을 사용하였다.

60초 간격으로 SC영역을 측정하고, 속력의 측정 범위는 5m/s ~ 35m/s로 정한다. 방향각의 편차 범위는 최대 90도 정함으로써 이동방향의 반대 방향으로의 진행은 없다고 가정하며 PMS와 VCDS와의 비교를 위해서 단일 네트워크 환경과 이종 네트워크 환경을 적용했을 때에 대해서 각각 분석한다.

그림 3에서 보여주는 k값에 따른 이동 예측이 적

표 2. 모의시험 파라미터

모의시험 공간 크기	10000m * 10000m
모의시험 시간	12000s
정보 업데이트 시간 간격	60s
속력 측정 범위	5m/s ~ 35m/s (약 15k/h ~ 130km/h)
방향각 편차 범위	od = 0 ~ 90 도
속력 편차 범위	os = 0 (속력 일정)

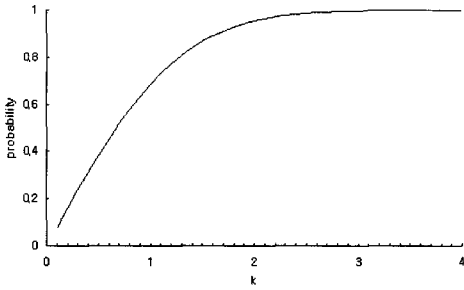


그림 3. k값의 변화에 따른 확률의 변화

중할 확률의 변화는 k값이 증가 할수록 정확도는 높아지면서 1에 수렴하게 된다. 따라서 자원 예약의 효율성과 이동 예측의 측면에서 효율적인 k값의 조정을 할 수 있다. 본 논문에서는 k값을 3으로 정의하여 이동 예측확률을 99%가 되도록 모의시험을 진행하였다.

다음으로는 PMS, VCDS, 그리고 본 논문에서 제안하는 알고리즘의 성능 비교를 하였다. 테스트 시나리오에서는 이동 속력을 5~30 m/s 로 구분하고, 모두 동일한 자유 공간 환경에서 단말의 이동은 가우스-마코프 이동 모델에 따르도록 하였으며 단일 네트워크와 이중 네트워크에서 각각 테스트를 하여 사전 자원 예약을 위해 선정되는 셀의 수를 측정하였다.

그림 4에서는 단말의 속력에 따른 SC 영역의 크기가 다름을 보여주고, 그 영역내의 셀의 개수 또한 차이가 있음을 보여준다. PMS는 속력을 고려하지 않고, 오직 방향성만으로 SC의 크기가 결정되므로 일정한 셀의 개수를 유지하고 있으며, VCDS는 속력이 증가함에 따라 SC의 개수가 14개에 수렴하고 있다. 그 이유는 VCDS는 PMS에 기반을 둔 방식이므로 SC의 범위는 확률 임계값에 제한되기 때문

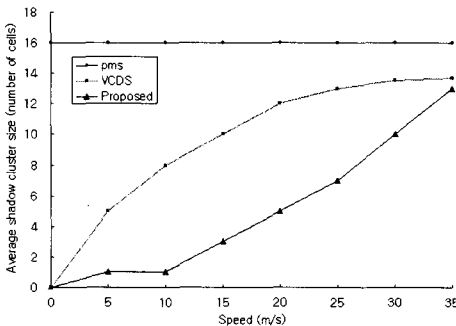


그림 4. 이중망을 고려하지 않은 속력에 따른 Shadow Clustering의 평균 개수

이다. 즉 현재 위치에서 멀어질수록 셀 진입 확률이 작아지는 방식이므로 단말의 속력이 빠를수록 SC 증가율은 작아지게 된다. 하지만 실제로는 속력이 빠를수록 이동 가능한 반경이 커지므로 SC의 증가율 또한 증가해야 한다. 또한 VCDS는 속력 방향각을 둘 다 고려하지만 속력과 방향의 관계를 확률적으로 계산하지 않고 수식적인 모델링을 하였기 때문에 제안된 방안 보다 SC의 개수가 더 많음을 알 수 있다. 따라서 제안된 방안은 VCDS 보다 평균 60% 가량 SC의 개수가 줄어들게 된다. 위의 모델은 동종망일 경우의 결과를 나타내는 것이고 이동 속력에 대한 제한을 고려하지 않았다.

그림 5는 이중망을 고려한 모델로써 각 서비스 계층의 특성에 따른 이동 속력에 제한을 두고, 계층간 핸드오버가 가능할 경우의 측정 결과를 보여준다. 제안된 방안으로 측정된 결과 값을 보면, SC영역 내에 포함된 셀의 개수가 20m/s 이상부터는 VCDS 보다 평균 80% 가량 감소했음을 알 수 있다. 이것은 각 서비스 계층에서 정의한 이동 속력 제한에 따른 네트워크 선택 알고리즘에 의해서 현재 단말의 서비스가 가능한 네트워크 계층으로의 핸드오버가 수행됨으로써 나타난 결과이다.

그림 4와 그림 5에서의 결과로 기존의 방안보다 제안된 방안이 SC영역 내의 선택된 셀의 개수의 크기가 작음을 판단할 수 있다. 그림 6은 속력에 따른 자원예약을 위한 제어 메시지의 수를 나타내는 그래프이다. 자원 예약을 위한 업데이트 주기를  $t_r$ , 총 모의시험 시간을  $T_H$ , 한 개의 셀에 대한 자원 예약 메시지 수를  $ControlMessage_{UnitCell}$  라고 했을 때 전체 제어 메시지의 수는 아래의 수식과 같다.  $N_{SC}$ 는 자원예약이 필요한 SC의 개수이다.

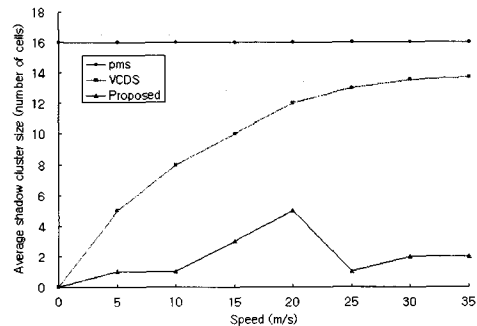


그림 5. 이중 네트워크에서의 속력에 따른 Shadow Clustering의 평균 개수

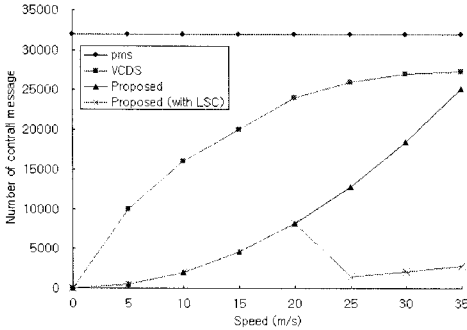


그림 6. 속력에 따른 자원예약을 위한 제어 메시지의 수

$$\begin{aligned}
 &ControllMessage_{total} \quad (8) \\
 &= ControllMessage_{UnitCell} \times \frac{T_H}{t_r} \times N_{SC}
 \end{aligned}$$

본 논문에서 제안하고 있는 방안은 속도를 고려하는 셀 선정 알고리즘에 따라 핸드오버를 하기 때문에 기존 방안에 비해 매우 적게 핸드오버를 수행하게 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

#### IV. 결 론

본 논문에서는 기존의 방안(PMS, VCDS)들과 달리 단말의 이동 속력과 방향을 개별적으로 예측하는 방안을 제안하였다. 가우스-마코프 이동 모델을 기반으로 단말의 다음 위치 범위를 측정하고, 이 정보를 기반으로 네트워크 선택 알고리즘을 통해서 단말의 서비스 계층을 선택하였다. 우선적으로 이동 예측을 통해서 자원의 불필요한 낭비를 줄일 수 있었다. 단말의 이동 방향과 속력을 고려한 이동 패턴에 대한 분석은 SC영역을 구성하는데 있어서 이동 환경의 적응성 면에서 보다 효율적임을 알 수 있다. 또한 자원의 사전 예약 시 단말의 속도나 서비스 타입 등의 특성과 현재 네트워크의 자원 환경 (bandwidth, delay 등)의 특성을 고려한 가장 적합한 서비스 계층으로의 핸드오버와 자원 예약을 수행할 수 있다.

그리고 본 논문은 이종 네트워크 환경을 기반으로 설계되어, 보다 많은 단말들에게 계층적 서비스를 제공할 수 있으며, 기존의 단일 네트워크에서 핸

드오버 수행 시 발생할 수 있는 문제를 해결해 줌으로써 단말에게 끊임없는 서비스를 제공할 수 있도록 한다. 제안된 방안의 효율성을 평가하기 위해서 모의실험을 하였으며, 그 결과 기존의 방안들에 비해서 동적이며, 네트워크 오버헤드 및 SC영역에 대해서 불필요하게 낭비되는 자원을 최소화 할 수 있었다.

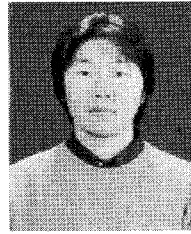
#### 참 고 문 헌

- [1] Simone Frattasi, Hanane Fathi, Frank H.P Fitz, and Ramjee Prasad., "Defining 4G Technology from the User's Perspective", IEEE Network, Volume 20, Issue 1, Jan.-Feb. 2006, pp.35-41.
- [2] AbdulRahman Aljadhari and Taieb F. Znati, "Predictive Mobility Support for QoS Provisioning in Mobile Wireless Environments," IEEE Journal on selected areas in communication. Vol.19, No.10. October 2001.
- [3] Mahfuzul Islam and Manzur Murshed, "Novel Velocity and Call Duration Support for QoS Provision in Mobile Wireless Networks," IEEE Wireless Communications October 2004.
- [4] T. Camp, J. Boleng, and V. Davies, "A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research," in Wireless Communication and Mobile Computing (WCMC): Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, Vol.2, No.5, pp.483-502, 2002.
- [5] B. Liang, Z. J. Haas, "Predictive Distance-Based Mobility Management for PCS Networks," in Proceedings of IEEE Information Communications Conference (INFOCOM 1999), Apr. 1999.
- [6] Y.-C. Hu and D. B. Johnson. "Caching Strategies in On-Demand Routing Protocols for Wireless Ad Hoc Networks," in Proceedings of the Sixth Annual International Conference on Mobile Computing and Networking (MobiCom 2000), ACM, Boston, MA, August 2000.

- [7] Sayed, A.H. Tarighat, A. Khajehnouri, N. "Network-based wireless location: challenges faced in developing techniques for accurate wireless location information" Signal Processing Magazine, IEEE Vol.22, Issue 4. July 2005
- [8] Yongwan Park and Fumiyuki Adachi, "Overview of Mobile Communication", Enhanced Radio Access Technologies for Next Generation Mobile Communication, Springer Netherlands, 2007
- [9] Mousavi, S. M., Rabiee, H. R., Moshref, M., and Dabirmoghaddam, A. 2007. "MobiSim: A Framework for Simulation of Mobility Models in Mobile Ad-Hoc Networks," In Proceedings of the Third IEEE international Conference on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (October 08-10, 2007). WIMOB. IEEE Computer Society, Washington, DC, 82

**박 제 만(Je-Man Park)**

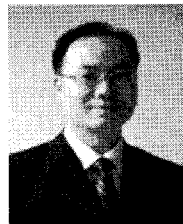
준회원



2004년 2월 한양대학교 전자  
전기컴퓨터공학과 학사  
2006년 8월 한양대학교 전자통  
신컴퓨터공학과 석사  
2006년 9월~현재 한양대학교 전  
자컴퓨터통신공학과 박사과정  
<관심분야> Ad-Hoc network,  
QoS, 4G

**김 원 태(Won-Tae Kim)**

준회원



1994년 2월 한양대학교 전자  
공학과 학사  
1996년 2월 한양대학교 전자공  
학과 석사  
2000년 8월~현재 한양대학교  
전자공학과 박사  
<관심분야> 전자공학, 통신공  
학, 광통신 공학

**박 용 진(Yong-Jin Park)**

정회원



1969년 3월 와세다대학교 전자  
통신공학과 학사  
1971년 3월 와세다대학교 전자  
통신공학과 석사  
1978년 3월 와세다대학교 전자  
통신공학과 박사  
1979년 3월~현재 한양대학교

전자컴퓨터통신공학부 교수

2001년 4월~2006년 와세다대학교 대학원 국제정보  
통신대학원 강사

2005년 2월~현재 IEICE 한국 지부 대표

현재 Director of IEEE R10

<관심분야> 컴퓨터통신, 이동 데이터 통신