

<http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.6.1>

JIWIT 2012-6-1

# LTE 네트워크에서 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법의 성능분석

## Performance Analysis of Cost-Effective Location and Service Management Schemes in LTE Networks

이준희\*, 정종필\*\*

June-Hee Lee, Jongpil Jeong

**요약** LTE네트워크에서 사용자별 비용효과적인 위치 및 서비스 관리에 대하여 모바일 사용자와 해당 사용자와 연결된 모든 클라이언트-서버 어플리케이션의 게이트웨이역할을 하는 서비스 프록시를 생성하는 기법을 제안한다. 서비스 프록시는 항상 모바일 사용자의 위치 데이터베이스와 함께 위치하게 되는데 위치 핸드오프가 발생할 때 모바일 사용자의 위치 데이터베이스도 같이 옮겨지며 그때마다 서비스 프록시가 위치 데이터베이스와 함께 위치하기 위한 서비스 핸드오프가 연속하여 일어나게 된다. 이것은 서비스가 전달될 때 네트워크 비용을 줄이기 위해 프록시를 통하여 사용자 위치정보를 알 수 있게 한다. 네 가지의 기법에 대해 분석한 결과, 중앙 관리형 기법은 모바일 사용자의 SMR(service to mobility ratio)이 낮고  $v$ (session to mobility ratio)가 높을 때 좋은 성능을 보이고, 분산 기법은 SMR과  $v$ 가 모두 높은 경우에 좋은 성능을 나타낸다. 서비스 내용에 대한 전송비용이 높을 때는 정적 앵커 기법이 가장 좋은 성능을 보이지만, 이 경우를 제외하고 거의 모든 조건에서는 동적 앵커 기법이 가장 좋은 성능을 나타낸다. 결과적으로 각기 다른 이동성과 서비스 패턴들을 갖고 있는 사용자들에게 시스템 성능을 최적화하기 위해서는 그 상황에 맞는 차별화된 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법을 적용해야 한다는 것을 보여준다.

**Abstract** In this paper, we propose a cost-effective location and service management scheme in LTE (Long Term Evolution) networks, which a per-user service proxy is created to serve as a gateway between the mobile user and all client-server applications engaged by the mobile user. The service proxy is always co-located with the mobile user's location database such that whenever the MU's location database moves during a location hand-off, a service hand-off also ensues to co-locate the service proxy with the location database. This allows the proxy to know the location of the mobile user all the time to reduce the network communication cost for service delivery. We analyze four integrated location and service management schemes. Our results show that the centralized scheme performs the best when the mobile user's SMR (service to mobility ratio) is low and  $v$  (session to mobility ratio) is high, while the fully distributed scheme performs the best when both SMR and  $v$  are high. In all other conditions, the dynamic anchor scheme is the best except when the service context transfer cost is high under which the static anchor scheme performs the best. Through analytical results, we demonstrate that different users with vastly different mobility and service patterns should adopt different integrated location and service management methods to optimize system performance.

\*준희원, 성균관대학교 컴퓨터공학과

\*\*정희원, 성균관대학교 정보통신공학부 (교신저자)

접수일자 : 2012년 6월 4일, 수정완료 : 2012년 10월 25일

게재확정일자 : 2012년 12월 14일

Received: 4 June 2012 / Revised: 25 October 2012

Accepted: 14 December 2012

\*\*Corresponding Author: [jjjeong@skku.edu](mailto:jjjeong@skku.edu)

Dept. of Computer Engineering, Sungkyunkwan University, Korea

## 1. 서론

미래에는 LTE(Long Term Evolution) 네트워크를 통해서 광범위한 분야의 정보 서비스가 제공될 것이다. 예를 들어, 개인 은행 서비스, 개인별 맞춤형 주식시장 정보, 위치기반의 여행 정보 제공서비스 등이 있다<sup>[5]</sup>. 사용자의 이동성 이슈를<sup>[6]</sup> 해결하기 위해 각각의 모바일 사용자를 위한 사용자별 서비스 프록시를<sup>[20]</sup> 만드는 개념이 제안되었다. 그러나 모든 클라이언트-서버 간의 통신이 사용자별 프록시를 거치게 됨으로써 사용자별 프록시가 특정 위치에 고정되는 경우에 데이터 전송을 위해 서버-프록시-모바일 간의 비효율적인 삼각 라우팅이 발생할 수 있어 결국 높은 통신비용이 발생하게 된다. 반면, 프록시를 모바일 사용자에 근접시키기 위해 이동성이 제공된다면 프록시의 위치가 바뀔 때마다 서버 어플리케이션에서 주소정보를 바꿔야 하는 추가적인 네트워크 비용이 발생할 수 있다. 따라서 통신비용의 발생이라는 관점에서 정적과 동적인 서버와 프록시간에는 설계상의 문제가 발생하게 된다.

위치 및 서비스 관리<sup>[7,8,9]</sup>에서 개별적으로 다루고 있다. LTE 네트워크에서 위치관리를 위한 가장 대중적인 설계방식은 각각의 모바일 사용자가 MME(Mobility Management Entity)에 등록되어 있는 MME/Cell 방식이다. 모바일 사용자가 특정 Cell에 진입할 때마다 시스템은 MME의 위치 데이터베이스를 업데이트하여 통신 요청이 왔을 경우에 모바일 사용자가 어떤 Cell에 속해 있는지를 MME에서 정확히 알 수 있게 된다. 최근 몇 년간은 기본적인 MME/Cell 설계에 대해 위치 정보 업데이트와 탐색을 보다 효율적으로 하기 위한 연구가 있었다. 예를 들어, Local Anchor(LA)<sup>[10]</sup>, Forwarding and Resetting<sup>[17]</sup>, Two-Level Pointer Forwarding<sup>[18]</sup>, Hybrid replication with Forwarding<sup>[19]</sup> 등이다. 단, 이러한 위치 관리 방안들은 서비스관리에 대한 고려 없이 위치정보 업데이트와 검색만을 다루도록 제안되었다.

본 논문에서는 LTE 네트워크에서 Cell내에 완전히 복제된 서버들을 배치하는 방식을 고려하지 않고 네트워크 비용 최소화를 위한 비용효과적인 위치 및 서비스관리를 위한 기법을 제안한다. 비용효과적인 위치 및 서비스 관리는 모바일 사용자와 실시간으로 연계되어 있는 클라이언트-서버 어플리케이션 간의 게이트웨이가 사용자별 서비스 프록시를 사용하는 개념이다. 비용효과적인 위치

및 서비스관리에 대한 차별화된 부분은 사용자의 위치정보가 기록된 데이터베이스가 사용자의 서비스 프록시와 항상 같이 위치하게 된다. 위치 핸드오프가 발생하여 사용자의 현재 위치 데이터베이스를 사용자와 근접하여 유지하게 한다. 그리고 이와 관련된 서비스 핸드오프 역시 서비스 프록시를 동일한 위치로 이동시키게 된다. 모바일 사용자가 Cell의 경계를 넘어갈 때는 서비스 프록시를 사용자와 함께 이동시켜야 하는지는 어떤 기법을 사용하는지에 달려있다. 프록시를 자주 이동시키는 비용효과적인 기법은 프록시와의 거리가 가깝기 때문에 서비스 및 통화관리에는 낮은 비용의 이점이 있으나 반대로 위치관리에서는 높은 비용을 지불하게 된다.

본 논문에서는 네트워크 비용을 최소화하기 위해 모바일 사용자의 이동성과 서비스 특성에 기반하여 어떤 기법을 적용해야 하는지를 선택하기 위한 조건들과 관련한 비용 문제를 분석한다. 이 기법들은 LTE 네트워크에서 기초적인 MME/Cell 설계와 위치관리를 위한 LA(Local Anchor)와 서비스 관리를 위한 서비스 프록시 등이다. 모든 사용자의 위치정보 서비스와 서비스 운영에 대해 시간당 LTE 네트워크에서 발생하는 전체 비용을 최소화하기 위해 사용자 개별로 적용이 가능한 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법을 설명한다.

본 논문에서 기여하고 있는 점은 다음과 같다. (a) 새로운 비용효과적인 위치 및 서비스 관리의 개념을 제안하고 분석하며 LTE 네트워크에서 개별 사용자 기반의 일반적인 서버 어플리케이션의 사용에 적용이 가능하다는 것을 보여준다. (b) 모바일 사용자의 이동성과 서비스의 특성 등이 제시된다면, 수학적 분석을 통하여 최적의 비용효과적인 위치 및 서비스관리에 대하여 전체 네트워크 통신비용을 최소화 시킬 수 있다는 것을 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 시스템 모델과 가정에 대해 설명하고 있다. 3장에서는 논문에서 연구하고 분석할 네 가지 모델에 대해 자세히 설명하고 있다. 4장에서는 어떤 기법이 가장 좋은 성능을 보여주는지 전체 통신비용에 대해 분석하고 그 결과를 보여준다. 또한 서비스 프록시를 사용하지 않는 분리된 개념보다 제안기법이 우수한 성능을 보여주는 것을 증명한다. 마지막으로 5장에서는 이 논문에 대한 결론을 언급한다.

## II. 관련 연구

### 1. 셀룰러 네트워크에서의 이동성관리

사용자 이동성에 대한 끊임없는 연결 관리는 OSI 네트워크 계층 전반에 걸쳐서 이슈가 되고 있는 상황이다. 1~2 계층에서 Cell간의 핸드오버<sup>[21]</sup>, 3 계층에서 네트워크 코어의 경로설정 변경, 어플리케이션 계층에서 전송보장 및 사용자 상태, 전송지연 관리 등이 있다. 최초 인터넷 통신규약에서는 중단에서의 이동성 지원에 대한 어떤 내용도 포함하고 있지 않았다. 최근 수년간 기존 버전과 호환 가능한 방식으로 이동성을 제공하기 위해 모바일 IP와 관련된 내용들이 제안되었다. 반면, GSM, EvDO, 그리고 LTE와 같은 셀룰러 네트워크의 표준들은 이동성을 염두에 두고 설계되었고 코어 네트워크의 지원이 적합하도록 설계되었다.

표 1. 용어

Table 1. Terminology

Acronym	Meaning
LTE	Long Term Evolution 3/4G cellular network
MME	Mobility Management Entity
UE	User Equipment (cellular terminal)
eNB	Extended Node B (base station w/ controller)
SGW	Service Gateway (interface to IMS / phone system)
TA	Tracking Area (scope for initial UE paging attempt)
HSS	Home Subscriber Server
ECM	Evolved Packet System Connection Management
DHT	Distributed Hash Table

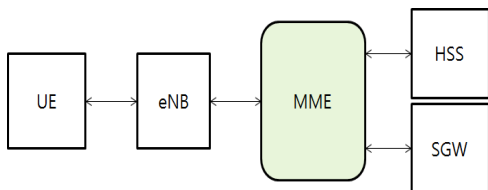


그림 1. 주요 논리적 MME 인터페이스의 도식 표현  
Fig 1. Schematic representation of the main logical MME interface

차세대 LTE 네트워크의 이동성관리 요소(MME)는 이동성에 관련한 가장 적절한 제어 기능들을 제공하고 있다. 시스템에 접근하는 사용자 장비(UE)를 인증하고,

휴휴 상태의 사용자 장비 상태를 관리하며, 서로 다른 기지국간의 핸드오버를 관리한다. 표 1은 본 논문에서 사용될 약어들에 대해 설명하고 있다. 제어부의 메시지처리와 관련된 모든 네트워크 이벤트는 UE와 MME 뿐만 아니라 하나 또는 그 이상의 개체들 간의 상호작용이 필요하다. eNB는 UE, 서비스 게이트웨이(SGW), 이동성 앵커의 역할을 담당하며 넓은 지역의 모든 데이터를 관리하는 제어부로의 무선 접속을 관리한다. 메시지 처리 순서는 3GPP 표준에 의해 S-1(eNB에서 SGW)나 S-11(SGW에서 MME)은 논리적 접속방식으로 체계화되어 있다. 그림 1은 MME에서 제공되고 있는 접속방식을 보여주고 있다<sup>[1]</sup>. 통화나 이동에 의해 발생한 신호교환 방식의 간략한 설명도 설명하고 있다.

MME의 이동성 관련 역할은 셀룰러 네트워크를 통해 이동하는 사용자 장비의 위치를 지속적으로 추적하고 (Tracking Area, TA), 관련한 상태를 기록하는 것이다 (네트워크 식별자, 암호키 등). 모바일 장비는 로컬 eNB에 의해 전송된 모바일 송신 메시지를 주기적으로 청취하게 된다. 신호 비용을 최소화하기 위해, 사용자 장비는 어느 시점에 새로운 TA로 이동하게 되는 MME에게 명시적으로 알린다. 그러므로 MME는 모든 사용자 장비의 상태를 통신 중이 아니더라도 유지시키게 되고 이런 방식을 통해 사용자 장비를 다시 활성화시키고 접속된 네트워크 이벤트를 알릴 수 있게 된다. 사용자 장비로 전화가 오게 되면 MME는 페이지를 수행하는데, 검색범위를 넓히기 이전에 먼저 사용자 장비가 마지막으로 검색되었던 TA에 속한 모든 eNB에 대해 접속하고 발견되지 않을 경우에는 전화연결 시도를 중단한다. 특정 eNB에 연결된 사용자 장비 중에서 하나가 스위칭이 발생하고 인 증절차가 성공적으로 마무리되면 현재 중계중인 MME에 대한 등록이 진행된다. 등록 가능한 사용자 장비의 상태는 ECM\_IDLE(사용자 장비가 휴면인 경우)과 ECM\_CONNECTED(사용자 장비가 활성화된 경우)가 있다. ECM\_IDLE 인 경우에는 MME에 저장되는 사용자 장비의 상태 정보는 적으며, 노드에서 사용가능한 타이머와 암호화된 키 정보 그리고 네트워크에서 할당된 주소들로 구성된다. ECM\_CONNECTED 상태에서 MME는 로그를 남기거나 청구정보를 생성하거나 합법도청 등의 추가적인 기능을 수행한다. 부가적으로 외부기기와의 통신 중간 전달매체와 내부 환경 변수(타이머 및 다른 상태) 등은 3GPP 표준에서 열거한 기능들을 제공하기 위

해 필요하다<sup>[3]</sup>.

## 2. 위치 및 서비스관리의 통합

IETF의 모바일 IP<sup>[14]</sup>에서는 모바일 사용자가(MU)가 IP 서브넷 간에 로밍중인 동안 지속적인 연결을 유지하도록 한다. 그리고 MU는 서브넷 간의 이동이 발생할 경우, 자신의 HA(Home Agent)에게 새로운 FA(Foreign Agent)의 주소를 알리게 된다. 모바일 IP 네트워크에서 HA의 기능은 PCS 네트워크에서 위치관리를 위한 HLR과 유사하다. PCS 네트워크의 LA(Location Area) 기법과 유사하게 모바일 IP 네트워크에서는 Mobile IP Dynamic Regional Registration<sup>[15]</sup> 이라는 방법이 제안되었다. 이 방법은 모바일 IP 네트워크에서 시그널 비용을 최소화하기 위해 FA들을 GFA(Gateway Foreign Agent)로 묶는 방식을 제안하였다. Jain과 Krishnakumar<sup>[5]</sup>은 각각의 서비스 영역을 담당하는 분산된 서버개념을 제안하였고 MU가 서비스 영역의 경계를 지날 때에 서비스 핸드오프가 발생한다. Peng과 Chen<sup>[16]</sup>은 서비스 핸드오프를 가정하고 서비스 핸드오프에 대해 해당 MU가 캐쉬된 목록을 검색함으로써 최적의 서버를 선택하는 방식으로 캐쉬 적중률을 개선하기 위한 캐쉬 검색 기법을 분석하였다. Dunham과 Kumar<sup>[7]</sup>는 모바일 트랜잭션 관리의 이동성 효과에 대해 분석하였다. 특히, PCS 네트워크에서 MU가 서비스 영역을 넘어갈 때에 트랜잭션 관리를 다른 서비스 영역으로 옮기는 서비스 핸드오프 기법에 대해 분석하였다. 또한, Jain과 Krishnakumar<sup>[5]</sup>은 전체 통신비용을 줄이기 위한 통합 위치 및 서비스 핸드오프를 제안하였으나 추가적인 분석은 없었다. 서비스 핸드오프는 MU가 서비스영역을 넘어갈 때 서비스영역 안에 완전히 복제된 서버를 활용하는 방식이다. 이러한 방식은 응용프로그램에 대해 통합 위치 및 서비스 관리가 가능할 수 있지만, PCS 네트워크에서의 서비스 핸드오프와 위치 핸드오프의 통합은 VLR에 대해 다수의 복제된 서버를 광범위한 영역에 위치시켜야 하는 어려움이 있다.

## III. 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법

### 1. 네트워크 구조

먼저 위치 관리를 위한 LTE 시스템 모델을 설명한다.

그리고 비용효과적인 위치 및 서비스 관리를 위해 확장된 모델을 설명한다. 그림 2에서와 같이 LTE 서비스 지역이 등록지역(RA)으로 구분되는 LTE 네트워크 아키텍처를 가지고 진행한다. MME/Cell 기법은 위치관리를 위해 사용된다. MME는 등록자에게 할당된 사용자 정보를 저장하고, 사용자의 최초 위치가 아닌 현재 위치의 RA 안의 Cell에 사용자 정보가 저장된다.

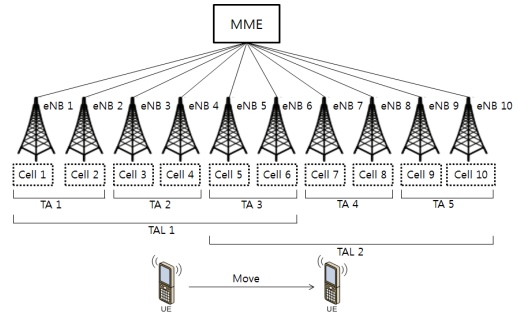


그림 2. LTE 이동성 관리 구조

Fig 2. LTE Mobility Management Architecture

간단히 정리하면, 하나의 등록지역으로 Cell 이 해당된다고 가정한다. 중간에서 스위치 역할을 하는 Tracking Area (TA) 와 Tracking Area List (TAL) 는 MME와 Cell 간의 연결을 위해 사용한다. 특정한 모바일 사용자가 어떤 특정 Cell에 다른 곳으로 움직이기 전에 머무르고 있다고 가정하자. 간단히, 체류 시간은  $\sigma$  라는 평균비율로 기하급수적으로 분산되는 것으로 가정한다. 또한, 현재 위치에 상관없이 특정 모바일 사용자에게 두 번의 연속적인 통화 시도가 도착하는 시간을  $\lambda$  라는 평균비율로 분산되어진다. 모바일 사용자로부터의 연속적인 서비스 요청은  $\gamma$  라는 평균비율로 분산되어진다.

모바일 사용자가 새로운 Cell 지역으로 들어가게 되면, 어떤 Cell 에 해당하는지 MME에게 위치 정보를 업데이트 하는 방식에 의해 알려주게 된다. 표시의 편의를 위해 MME와 Cell 사이의 평균 전송 비용을  $T$  라고 하며, 이것은 검색 수행비용 및 위치 정보의 업데이트 비용을 나타낸다. 이러한 지역 경계의 등록 및 서비스 영역의 방식은 로컬 앵커라는 개념으로 위치관리의 항목에서 Ho and Akyildiz<sup>[7]</sup> 에 의해 제안되었다. 앵커지역에서의 기초 제안은 해당 영역 안에서 모바일 사용자의 위치를 추적하기 위한 위치 관리 데이터베이스를 유지하는 것이다. 구체적으로, MME와 마지막으로 등록을 수행한 Cell이

하나의 앵커영역의 앵커로 설정된다. 모바일 사용자가 Cell 의 경계를 넘어가게 되더라도 여전히 앵커영역에 존재하게 된다. 이런 경우, 앵커영역에서의 위치 업데이트는 MME 까지 전달되는 것이 아니라 오로지 앵커에서만 수행된다. 따라서 업데이트를 위한 통신비용이 줄어들게 된다.

모바일 사용자가 Cell의 경계를 넘어갈 때  $P_{InA}$  와  $P_{OutA} = 1 - P_{InA}$  를 각각 내부 앵커와 외부 앵커로의 이동에 대한 확률로 가정하자. 또한 앵커영역에서 Cell 과 앵커간의 평균 통신비용을  $\tau_1$  이라고 한다. 따라서 경계를 넘어가는 움직임은  $P_{InA}$  의 확률로  $T$  비용이 발생한다. 위치 검색 수행은 사용자의 위치 정보를 얻기 위해 현재 Cell 로 이동해야 한다. 따라서 현재 앵커를 알아내기 위해 MME의 데이터베이스를 접근해야 하며 이 비용은  $T + \tau_1$  으로 계산된다.

서버로부터 프록시를 통해 응답을 전달하기 위해서는 프록시가 모바일 사용자의 현재 위치를 알고 있어야 한다. 높은 통신비용으로 위치 정보를 MME로 부터 알아내지 않는 방식이 이상적이다. 따라서 위치 및 서비스 핸드오프를 지원하기 위한 비용효과적인 내부 앵커 기법에서는 모바일 사용자가 새로운 앵커지역으로 이동할 때 동일한 위치로 서비스 프록시를 옮기는 방식이 이상적일 수 있다.

비용효과적인 기법에서는 모바일 사용자가 앵커영역을 가로지를 때 위치 및 서비스 핸드오프가 발생할 수 있다. 서비스 프록시를 이동하게 되는 서비스 핸드오프는 두 가지 작업이 발생한다. 주소 변경 작업은 모든 서버들에게 위치변경을 알리게 되고 서비스 항목을 전송한다. 주소 변경 비용은 각 서버 당  $T$  에 해당된다. 서비스 항목전송은 변하지 않는 항목인 사용자 프로필과 인증정보 등이 있고 가변적인 정보인 접근 중인 파일, 수정된 내역, 타임스탬프 등이 있다. 인접한 두 앵커영역의 패킷 당 평균 통신비용을  $\tau_2$  라 하면,  $M_{cs}$  는 서비스항목들을 전송하기 위한 패킷의 수이다. 표 2 에서는 이 논문에서 언급되는 시스템 변수들을 정리해 놓았다. 여기에는 사용자 변수와 프로그램 관련 변수들도 포함되어 있다. 이런 변수들이 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법 성능에 미치는 영향은 논문 안에서 분석되어 있다.

표 2. 매개 변수

Table 2. Parameters

$\lambda_s$	UE 의 통화 세션 요청률
$\lambda_m$	UE 가 셀을 가로지르는 평균 이동률
$\gamma$	UE 의 평균 서비스 요청률
$v$	셀 간의 이동률 대비 통화 세션 요청률, $\lambda_s/\lambda_m$
SMR	셀 간의 이동률 대비 서비스 요청률, $\gamma/\lambda_m$
T	셀과 MME 또는 셀과 서버간의 메시지 당 평균 통신비용
$\tau_1$	앵커영역 안에서 앵커와 셀 간의 메시지 당 평균 통신비용
$\tau_2$	두 개의 인접한 앵커영역 간의 메시지 당 평균 통신비용
$\tau_3$	두 개의 인접한 셀 간의 메시지 당 평균 통신비용
$M_{cs}$	서비스 항목 전송을 위한 패킷의 숫자
$N_s$	모바일 유저가 접속되어 있는 어플리케이션 서버의 숫자
$P_{InA}$	모바일 사용자가 셀의 경계를 가로지를 때 동일한 앵커영역에 존재할 확률
$P_{OutA}$	모바일 사용자가 셀의 경계를 가로지를 때 현재 앵커영역을 벗어날 확률

하나의 모바일 사용자가 동시에 여러 어플리케이션 서버에 접속하고 있는 경우에도 위치 데이터베이스를 가지고 있는 사용자별 서비스 프록시 하나로 제안한다. 이런 경우에 서비스 확률 변수  $\gamma$  모바일 사용자가 여러 서버에 요청하는 비용효과적인 값을 반영할 것이다. 또한 서비스 항목 전송 변수인  $M_{cs}$  는 지역 간의 이동으로 여러 동시 접속된 서비스의 항목 정보를 옮기는 비용을 합계된 값이 반영될 것이다.

## 2. 작동원리

이 부분에서 비용효과적인 위치 및 서비스 관리를 위한 중앙관리형, 분산, 동적 앵커, 정적 앵커 기법에 대해 논의할 것이다. 이 네 가지 기법에서의 위치 변경, 통화 연결 및 서비스 요청에 대한 처리절차를 다룰 것이다. 최고의 비용효과적인 기법은 시스템에서 다른 사용자에게 영향 받지 않고 사용자별로 네트워크 비용을 최소화하는 것이 선택된다.

중앙관리형 기법에서는 위치 관리가 기본적인 MME/Cell 구조에서 다루어지고 서비스 프록시는 MME와 함께 위치하게 되고 서버 응답을 모바일 사용자에게 전달

하는 과정에서 추가적인 비용 발생을 막기 위해 서비스 프록시에 의해서 모바일 사용자 위치를 알아낸다. 그림 3 과 같이 모바일 사용자가 Cell A에서 Cell B로, 이후 Cell C 로 움직일 때 서비스 프록시는 Cell B, Cell C 로 순차 적으로 업데이트 된다.

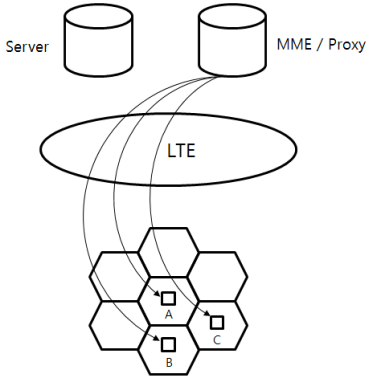


그림 3. 중앙 관리형 기법  
Fig 3. Centralized Schema

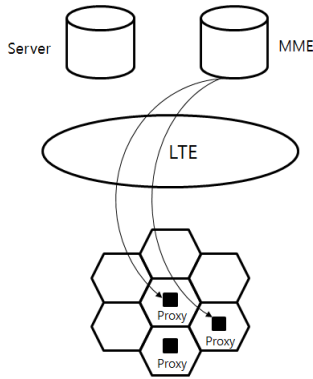


그림 4. 분산 기법  
Fig 4. Full Distributed Schema

분산 기법에서는 모바일 사용자가 새로운 Cell 로 진입할 때 위치 및 서비스 핸드오프가 발생한다. 서비스 핸드오프가 발생하게 되면 서비스 프록시는 서비스 항목과 함께 모바일 사용자가 진입한 새로운 Cell 로 움직이게 된다. 이렇게 해서, 서비스 프록시는 항상 MME에 연결된 현재 Cell 에 있는 위치 데이터베이스와 함께 위치하게 된다. 그림 4와 같이 모바일 사용자가 Cell A에서 Cell B로 움직일 때, 서비스 프록시도 Cell A에서 Cell B로 이동하게 되고 MME와 서버도 Cell B로 연결정보를 업데이트 한다. Cell C로의 움직임도 비슷하다. 위치 검색 요

청을 처리하기 위해서 먼저 MME의 데이터베이스에 접근 하여 현재 Cell을 알아내고 현재의 Cell 안에서 모바일 사용자를 발견한다. 서비스 프록시가 응답내용을 모바일 사용자에게 전달할 필요가 있을 경우 현재 Cell을 찾는 데 들어가는 추가 비용이 없게 된다.

동적 앵커 기법에서 모바일 사용자가 앵커영역을 가로지를 경우 앵커를 변경하는 방식으로 위치관리를 위해 사용된다. 추가적으로, 앵커영역에서 통화 연결 작업이 수행되었을 경우 그 위치를 앵커영역 안에서도 바꿀 수 있다. 위치 업데이트의 경우 모바일 사용자가 앵커 영역을 가로지를 경우 위치 변경 메시지를 Cell을 통해 MME에 전송하고 서비스 항목들은 새로운 앵커 역할을 하고 있는 새로운 Cell 로 이동한 후 위치 변경 메시지 모든 응용프로그램 서버들로 전송한다. 만약 앵커 영역을 가로지르지 않을 경우에는 새로운 Cell 은 앵커에게 위치 변경 메시지 전송한다. 통화 연결의 경우 호출된 사용자의 앵커를 알고 있는 MME로 위치 요청 메시지를 전송한다. 현재위치 앵커가 현재 서비스 중인 Cell 과 같다면 앵커는 MME에게 모바일 사용자가 발견되었다는 응답을 전송하고 만약 위치 앵커가 현재 서비스 중인 Cell 과 같지 않다면 현재 위치 앵커는 요청 현재 서비스 중인 Cell 로 전송한다. 현재 Cell 은 MME에게 위치 응답 메시지를 전송 하고 MME는 현재 Cell이 새로운 앵커가 되었다고 기록한 후 위치 변경 메시지가 모든 응용프로그램 서버에게 전송된다. 서비스 요청의 경우 모바일 사용자에서 현재의 Cell 로 요청이 전송된다. 현재 Cell 의 위치 앵커인 경우 서버로의 요청이 전송되고 사용자에게 응답하고 만약 현재 Cell 의 위치 앵커가 아닌경우 현재 Cell 의 요청을 앵커에서 전송한다. 앵커는 서비스 요청/응답을 서버와 모바일 사용자에게 전송한다. 그림 5 에서 모바일 사용자가 앵커영역 1안에서 Cell A 로부터 Cell B로 이동할 때, Cell A에 있는 위치 앵커만 현재 위치를 연결하기 위해 업데이트 된다. 따라서 MME와 서버로의 위치 변경은 불필요하게 된다.

모바일 사용자가 Cell C로 이동한 후 통화연결이 도착하게 되면 MME의 데이터베이스에서 검색이 일어난 후 앵커에서 추가적인 검색작업이 있게 된다. 일단 통화가 서비스 되고 나면, MME의 데이터베이스는 Cell을 연결하도록 업데이트 된다. 앵커와 서비스 항목들은 Cell A에서 Cell C 로 이동하게 되고 응용프로그램 서버에서는 주소 변경이 일어난다. 만약 Cell C에서 Cell D로의 외부

앵커간의 이동이 발생하면, MME의 데이터베이스는 서비스 항목들을 전송하여 새로운 앵커가 된 Cell D를 연결할 수 있도록 업데이트 된다. 서버로부터 사용자를 위한 데이터 전달은 앵커와 함께 위치한 서비스 프록시를 통해 이루어진다.

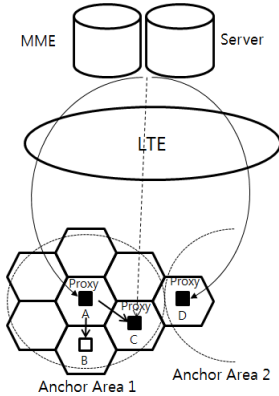


그림 5. 동적 앵커 기법  
Fig 5. Dynamic Anchor Schema

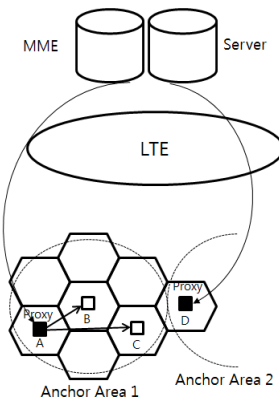


그림 6. 정적 앵커 기법  
Fig 6. Static Anchor Schema

정적 앵커 기법에서는 서비스 프록시가 역시 앵커와 함께 위치한다. 그러나 앵커는 모바일 사용자가 같은 앵커영역에 머무르는 동안 고정된 위치를 유지한다. 앵커의 위치가 바뀌는 유일한 상황은 사용자가 앵커의 경계를 가로지르는 경우이다. 성공적인 통화 연결이 된 상황을 제외하고 동적앵커 기법과 동일하며 앵커의 위치는 변경되지 않는다. 따라서 통화 연결이 일어나고 난 후 서비스 프록시가 현재 서비스 중인 Cell 로 이동될 필요가 없다. 그림 6 과 같이 사용자가 앵커영역 1 안에서 Cell a에서 Cell

B, Cell C 로 움직일 때 MME가 업데이트 되지 않고 Cell A 에 있는 위치 앵커가 현재 Cell 을 연결하도록 업데이트 된다. 통화가 접속되면 MME의 데이터베이스에 앵커를 검색하고 앵커로부터 현재 Cell 을 찾게 된다.

서비스 프록시가 있는 앵커의 위치는 통화가 서비스된 후에도 변하지 않고 유지된다. 앵커는 현재 앵커영역을 벗어날 때에 이동하게 된다. 동적 앵커 방식과 같이, 서비스 프록시가 앵커와 함께 있게 되어 서비스 프록시가 모바일 사용자를 찾아야 하는 추가비용이 발생하지 않게 된다.

## IV. 성능 평가

### 1. 네트워크 모델링

이번 장에서 3장에서 소개한 여러 비용효과적인 기법을 평가하고 비교하기 위해 분석모델을 개발한다. LTE 시스템의 두 가지 이동 상태에서 통신비용에 대한 분석모델을 만들 수 있다. 먼저 평가를 위해 성능평가 기준을 정의하고 여러 기법의 성능이 어떻게 측정되는지 보여준다.

표 3. 성능평가를 위한 시스템 매개 변수

Table 3. System Parameters for Performance Analysis

$C_{ServInM}$	모바일 사용자가 동일 앵커영역에서 셀이 변경될 때 발생하는 평균 핸드오버 비용
$C_{ServOutM}$	모바일 사용자가 현재 앵커영역을 벗어날 때 발생하는 평균 핸드오버 비용
$C_{ServCvdC}$	모바일 사용자가 속한 셀이 앵커와 동일할 경우 전화 연결 설정을 위한 비용
$C_{ServNonCvdC}$	모바일 사용자가 속한 셀이 앵커와 다른 경우 전화 연결 설정을 위한 비용
$C_{ServCvdS}$	모바일 사용자가 속한 셀이 앵커와 동일할 경우 서비스 요청에 대한 처리 비용
$C_{ServNonCvdS}$	모바일 사용자가 속한 셀이 앵커와 다른 경우 서비스 요청에 대한 처리 비용
$C_{servInM}$	모바일 사용자가 동일한 앵커영역에서 셀이 변경 때 앵커(내부) 변경을 위한 평균 비용
$C_{servOutM}$	모바일 사용자가 현재 앵커영역을 가로지를 때 앵커(외부) 변경을 위한 평균 비용
$C_{ServC}$	통화 전달 비용.
$C_{ServS}$	서비스 요청에 대한 처리 비용

분석을 위해 육각형의 랜덤 워크 이동성 모델<sup>[11,12,13]</sup>을 사용한다. LTE 시스템에서의 셀들이 eNB가 커버하는 영역의 주파수 범위를 가지고 육각형 네트워크 모델을 구성하는 것으로 가정한다. UE가 한 셀에서 다른 셀로 움직일 때 그 움직임은 육각형의 랜덤 워크 이동성 모델에 기초하여 모델링된다. 이 모델은 육각형의 셀들로 구성되어 있고 셀들은 그림 7과 같다.

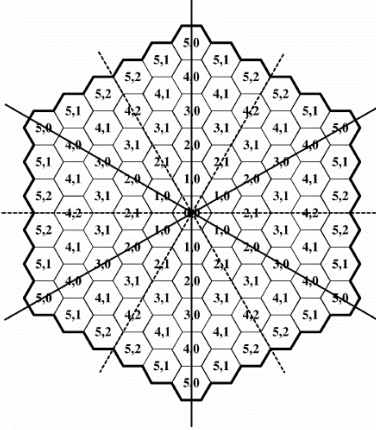


그림 7. 성능분석을 위한 육각형 셀 구조  
Fig 7. Hexagonal cell structure for performance analysis

UE가 하나의 셀에 특정 시간동안 머무르고 나서 동일한 확률로 인접한 셀 중 하나로 움직인다고 가정한다. 랜덤 워크 이동성 모델의 일차변환 행렬을 사용하는데  $P(x,y), (x',y')$  는  $(x,y)$  상태에서  $(x',y')$  상태로 일차 변환될 확률로 정의한다. 이와 같은 랜덤 워크 이동성 모델의 일차변환 행렬  $\mathbf{P}=(P(x,y), (x',y'))$  는 다음과 같다.

$$P = \begin{pmatrix} 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1/6 & 1/3 & 1/6 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/6 & 0 & 1/3 & 1/6 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1/3 & 1/3 & 0 & 0 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 1/3 & 1/6 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 0 & 1/6 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 1/3 & 0 & 1/6 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 0 & 1/6 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/6 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/3 & 0 & 1/3 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 0 & 0 & 0 & 1/3 & 0 & 1/2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 1/6 & 0 & 1/6 & 0 & 1/6 & 0 & 1/6 & 1/3 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1/6 & 1/6 & 0 & 1/6 & 1/6 & 1/3 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Chapman-Kolmogorov 방정식을 사용해서 m-단계의 변환행렬을 정의하면 다음과 같다.

$$P^{(m)} = \begin{cases} P & , \text{for } m = 1 \\ P \times P^{(m-1)} & , \text{for } m > 1 \end{cases} \quad (1)$$

r-레이어의 클러스터에 대하여,  $P_{(x,y),(r,j)}^{(m)}$  를 UE가  $(x,y)$ 에 머무른 상태에서 m-1 단계에서  $(r-1,j)$  로 이동하고 나서 m-단계에서 영역(도메인)의 밖으로 이동할 확률이라고 하면 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$P_{(x,y),(r,j)}^{(m)} = \begin{cases} P_{(x,y),(r,0)} & , \text{for } m = 1 \\ \sum_{j=0}^{N_{type}} P_{(x,y),(r-1,j)}^{(m-1)} \times P_{(r-1,j),(r,0)} & , \text{for } m > 1 \end{cases} \quad (2)$$

임의의 단위 이동을 할 때, UE가 m 번째의 이동에서 n-레이어의 클러스터를 벗어나는 확률은 다음과 같다.

$$\theta(n,m) = \sum_{i=1}^{N_{type}} \frac{n_i}{N_{unit}} P_{(x,y),(n,0)}^m \quad (3)$$

만약, 그림 7과 같이 6-레이어의 셀 구조라면 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$N_{unit} = 3n^2 - 3n + 1 = 91, N_{type} = 3 \quad (4)$$

마코브 체인 모델로 정의하면,  $i$ 는 최종 패킷이 요청되고 난 이후 UE가 가로지른 셀의 수이고,  $\alpha_{i,j}$ 를  $i$  상태에서  $j$ 상태로의 상태변이 확률로 정의한다.

$$\alpha_{i,j} = \begin{cases} 1 - \rho & , \text{for } j = i + 1 \\ \rho & , \text{for } j = 0 \\ 0 & , \text{otherwise} \end{cases} \quad (5)$$

하나 이상의 패킷이 두 개의 셀을 교차하는 사이에 도착할 확률은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\rho = \int_{t=0}^{\infty} (1 - e^{-\lambda t}) f_m(t) dt = 1 - f_m^*(\lambda_s) = 1 - \left( \frac{\gamma \lambda_m}{\lambda_s + \gamma \lambda_m} \right)^{\gamma_s + 1} = \frac{\lambda_s}{\lambda_s + \lambda_m} \quad (6)$$

위의 확률에 의해 LTE 시스템에서 두 가지 이동 상태에 대한 신호비용을 모델링할 수 있다.

LTE\_ACTIVE는 네트워크가 서비스 중인 셀을 UE에



게 연결하고 매우 제한적인 접속지연 환경에서 업링크와 다운링크 전송을 수행할 준비가 되어 있는 상태를 말한다. LTE\_IDLE은 모바일 사용자가 낮은 전력을 소비하고 있는 상태로 TA 내부에서 위치 추적이 가능하며 100ms 안에 LTE\_ACTIVE 상태로 변경이 가능하다.

LTE\_ACTIVE 모드에서 통신비용 모델은 다음과 같이 구성된다. 전체 핸드오버 비용  $C_h$  는 UE 가 셀을 가로지를 때 현재 서비스 중인 어플리케이션 세션에 대한 핸드오버 비용을 나타낸다. 여기서  $H$  는 핸드오버 프로세스에서 발생하는 비용을 나타낸다. 마코브 체인의  $i$  상태에서 UE가 머무를 때 발생하는 핸드오버 비용은 다음과 같다.

$$c_h(i) = \theta(n,i) \times H \quad (7)$$

현재 적용 중인 모델의 상태변이에 따른 평균 핸드오버 비용은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$c_h(i)^s = \sum_{i=1}^7 p_i c_h(i) = \rho \sum_{i=1}^7 (1-\rho)^i c_h(i) \quad (8)$$

따라서 단위시간 당 평균 핸드오버 비용은 아래와 같다.

$$C_h = \lambda_m \times c_h(i)^s \quad (9)$$

전체 세션 활성화 비용  $C_a$  는 새롭게 접수된 연결 요청에 대해 전송 터널을 설정하는 비용이다. 여기서  $A$  는 하나의 통화 세션을 활성화시키기 위한 비용이다. 이때  $v$  가 두 셀을 가로지르며 발생하는 통화 패킷의 수로 정의한다면  $v = \lambda_s / \lambda_m$  이라고 할 수 있다. 마코브 체인의  $i$  상태에서 UE가 머무를 때 발생하는 세션 활성화 비용은 다음과 같다.

$$c_a(i) = v \times N_{unit} \times A \quad (10)$$

현재적용 중인 모델의 상태 변경에 따른 평균 세션 활성화 비용은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$c_a(i)^s = \sum_{i=1}^7 p_i c_a(i) = \rho \sum_{i=1}^7 (1-\rho)^i c_a(i) \quad (11)$$

따라서 단위시간 당 평균 세션 활성화 비용은 아래와 같다.

$$C_a = \lambda_m \times c_a(i)^s \quad (12)$$

서비스 요청 비용  $C_s$  은 모바일 사용자가 프록시를 통해 서버와 통신하기 위해 표 1에서 정의된 서비스 요청률  $\gamma$ 이 적용된 평균 비용이라고 정의한다. 중앙관리형 기법에서는 서비스 제공 요청에 대해 서비스 프록시 간의 네트워크 전송비용과 서비스 프록시에서 어플리케이션 서버로의 네트워크 전송비용이 필요하다. 따라서 LTE\_ACTIVE 상태에서 전체 네트워크 비용을  $C_T$  이라고 하면 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$C_{T,active} = C_h + C_a + C_s \quad (13)$$

LTE\_IDLE 모드에서 통신비용 모델은 다음과 같다. 전체 위치 업데이트 비용  $C_l$  는 UE가 TA를 가로지를 때 코어 네트워크에서 UE 위치를 업데이트하기 위한 비용이다. 전체 페이징 비용  $C_p$  는 UE 위치 탐색을 위해 TA 내부의 모든 셀을 페이징 하는 비용이다. 위의 식에서  $C_l$ 와  $C_p$ 은 각각  $C_h$ 와  $C_a$ 로 대체해서 사용 할 수 있다. 따라서 LTE\_IDLE 모드에서의 전체 통신비용  $C_{T,idle}$  는 아래와 같이 정의할 수 있다. 다만 현재 논문에서는 서비스 프록시를 사용한 각각의 기법에서 전체 통신비용을 비교하기 위한 목적이 있기 때문에 LTE\_IDLE 모드에서의 비용 비교는 진행하지 않는다.

$$C_{T,idle} = C_l + C_a \quad (14)$$

분산 기법에서의 LTE\_ACTIVE 모드에서 핸드오버 비용  $H$  가 필요하고  $M_{cs} \times \tau_3$  비용은 지속적인 서비스를 제공하기 위한 현재 제공 중인 서비스 항목을 전송하기 위해 필요하다.  $\tau_3$  는 두 인접한 Cell 간의 통신비용을 나타낸다. 마지막으로,  $N_s T$  비용은  $N_s$  개의 어플리케이션 서버들에게 서비스 프록시의 주소 변경을 알리기 위해 사용된다. 비용  $T$  는 LTE 네트워크를 통한 UE 와 어플리케이션간의 통신비용 이다. 따라서 단위 시간 당 발생하는 평균 핸드오버 과정에서 필요한 비용을 정리하

자면 아래와 같다.

$$C_h^{distributed} = \lambda_m \times (c_h(i)^s + M_{cs} \times \tau_3 + N_s T); \quad (15)$$

따라서  $C_T$  을 아래와 같이 정의할 수 있다.

$$C_{T,active}^{distributed} = C_h^{distributed} + C_a + C_s \quad (16)$$

동적 앵커 기법에서  $C_T$  을 계산하기 위해서는 표 3에서 설명하고 있는 추가변수 들이 필요하다. 이러한 비용 변수들은 아래처럼 계산된다.

$$\begin{aligned} C_{ServInM} &= c_h(i)^s; \\ C_{ServOutM} &= c_h(i)^s + M_{cs} \times \tau_2 + N_s T; \\ C_{ServCvdC} &= T; \\ C_{ServNonCvdC} &= c_a(i)^s + M_{cs} \times \tau_1 + N_s T; \\ C_{ServCvdS} &= C_s; \\ C_{ServNonCvdS} &= \tau_1 + C_s; \end{aligned} \quad (17)$$

마크프 모델에서  $N$  개의 영역이 있다고 가정한다. 그리고  $P_i$  를 시스템이  $i$  영역에서 발견된 안정상태의 확률이라고 하면 위치 업데이트, 통화연결 그리고 서비스 요청 처리를 위한 평균 비용은  $N$  개의 시스템 영역에 할당된 비용으로부터 계산될 수 있다. 특히,  $C_{i,call}^{da}$  동적 앵커 기법에서  $i$  영역에서 서비스 되고 있는 통화연결을 위한 터널 설정 비용이라고 하면 동적 앵커 기법의 평균 통화연결 비용  $C_a^{da}$  는  $C_{i,call}^{da}$  에 상태 확률의 가중치를 부여한 기대치로 계산할 수 있으며 아래와 같다.

$$C_a^{da} = \lambda_m \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,call}^{da} \quad (18)$$

현재의 Cell 과 앵커가 다를 경우  $i$  영역에서  $C_{i,call}^{da}$  은  $C_{ServNonCvdC}$  가 되고, 현재 Cell 과 앵커가 동일할 경우에  $C_{i,call}^{da}$  은  $C_{ServCvdC}$  가 된다. 비슷한 방식으로  $C_{i,h}^{da}$  와  $C_{i,s}^{da}$  가  $i$  영역에서의 핸드오버와 서비스 요청

처리를 위한 비용이 된다. 아래와 같이 표현할 수 있다.

$$\begin{aligned} C_h^{da} &= \lambda_m \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,h}^{da} \\ C_s^{da} &= \gamma \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,s}^{da} \end{aligned} \quad (19)$$

$i$  영역에서의 모바일 사용자의 이동에 따라 발생하는 핸드오버 비용  $C_{i,h}^{da}$  이 달라질 수 있다. 앵커영역 내부에서의 이동에 해당하는 경우  $C_{ServInM}$  에 해당되고, 앵커영역을 벗어난 이동에 해당되는 경우  $C_{ServOutM}$  에 적용된다. 만약  $i$  영역에서의 이동이 아직 일어나지 않은 경우, 앵커영역 내부 또는 외부로의 확률을 고려한 평균 핸드오버 비용은  $P_{InA} \times C_{servInM} + P_{OutA} \times C_{servOutM}$  와 같이 표현할 수 있다. 두 번째 식에서  $C_{i,s}^{da}$  의 값은  $i$  영역에서 현재 Cell이 앵커인지 여부에 따라 값이 달라진다. 동일한 경우  $C_{i,s}^{da}$  은  $C_{ServCvdC}$  에 해당되고, 그렇지 않은 경우  $C_{ServNonCvdC}$  에 해당된다. 따라서 LTE\_ACTIVE 모드의 동적 앵커 기법에서 시간당 전체 발생 비용은 아래와 같이 계산된다.

$$C_{T,active}^{da} = C_h^{da} + C_a^{da} + C_s^{da} \quad (20)$$

표 5에서는 정적 앵커 기법을 위한 변수를 설명하고 있다. 정적 앵커 기법에서 동적 앵커 기법과의 가장 큰 차이는 현재 서비스 중인 Cell이 앵커와 동일한 지의 여부를 관리하지 않는다는 것이다. 따라서 서비스 중인 Cell이 앵커와 동일한 지를 확인할 필요 없이 특정 Cell에서 앵커로 접근하기 위한 평균 비용만 고려하면 된다.  $\tau_1$  을 표 1에서 설명한 것과 같이 앵커와 앵커영역 안에서 Cell 간의 평균 통신비용이라고 가정한다. 그러면 표 4에서 설명하는 비용변수들은 다음과 같이 계산될 수 있다.

$$\begin{aligned} C_{ServInM} &= c_h(i)^s; \\ C_{ServOutM} &= c_h(i)^s + M_{cs} \times \tau_2 + N_s T; \\ C_{ServC} &= c_a(i)^s + \tau_1; \\ C_{ServS} &= \tau_1 + C_s. \end{aligned} \quad (21)$$

동적 앵커 기법과 유사한 접근에 의해 정적 앵커 기법에서 위치 변경으로 인한 핸드오버, 통화 연결, 서비스요청을 처리를 위한 LTE 네트워크의 시간당 발생 비용은 아래와 같이 계산된다. 동적 앵커 기법과 마찬가지로 앵커영역 내부 또는 외부로의 이동 확률을 고려한 평균 위치 업데이트 비용은  $P_{InA} \times C_{servInM} + P_{OutA} \times C_{servOutM}$  와 같이 계산할 수 있다.

$$C_a^{sa} = \lambda_m \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,a}^{sa} = \lambda_m \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{ServC}$$

$$C_h^{sa} = \lambda_m \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,h}^{sa}$$

$$C_s^{sa} = \gamma \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{i,s}^{sa} = \gamma \times \sum_{i=1}^N P_i \times C_{ServS}$$
(22)

그러므로 정적 앵커 기법에서 LTE\_ACTIVE 모드일 때 네트워크에 발생하게 되는 시간당 전체 비용  $C_{T,active}^{sa}$  은 아래와 같다.

$$C_{T,active}^{sa} = C_h^{sa} + C_a^{sa} + C_s^{sa}$$
(23)

## 2. 수치 분석 결과

먼저 네 가지 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법에서 사용자의 이동성과 서비스 수행에 대한 변수들이 주어졌을 때 어떤 기법이 가장 효율적인지 알아낼 필요가 있다. LTE 네트워크를 설명하기 위해 모든 Cell이 육각형이라 가정하고 각각의 Cell이 여섯 개의 인접한 Cell을 갖고 있는 육각형 네트워크 영역모델을 사용한다. 그림 1의 가장 아래 레벨에서 n-계층의 수가 2 또는 3 일 때 Cell은  $3n^2 - 3n + 1$  개의 영역을 커버한다. LTE 네트워크 시스템을 육각형 네트워크 모델로 모바일 사용자가 Cell의 경계를 넘어갈 때 같은 앵커영역에 존재할 확률은 다음과 같다.

$$P_{InA} = \frac{3n^2 - 5n + 2}{3n^2 - 3n + 1}$$
(24)

따라서 앵커영역 밖으로 이동할 가능성은 다음과 같다.

$$P_{OutA} = 1 - \frac{3n^2 - 5n + 2}{3n^2 - 3n + 1} = \frac{2n - 1}{3n^2 - 3n + 1}$$
(25)

$n=2$  이고, MME, TAL, TA, Cell로 구성된 LTE 네트워크에서, 모바일 사용자가 Cell의 경계를 넘어갈 때 같은 TAL 내부에서 움직임 확률은  $P_{InR}$  이며 다음과 같다.

$$P_{InR} = \frac{21n^2 - 27n + 10}{7(3n^2 - 3n + 1)}$$
(26)

$C_{ta}$  는 TA/TAL에 현재 UE가 등록되어 있는 셀을 검색하기 위한 비용이다.  $C_{mme}$  는 TA/TAL과 MME 사이의 통신비용을 나타낸다. 어플리케이션 서버와 프록시 서버 또는 MME와 어플리케이션 서버간의 LTE 망을 통한 통신비용은  $C_{lte}$  로 표현할 수 있다. 그러므로 특정 Cell과 어플리케이션 서버와의 통신비용  $T$  는  $C_{lte}$  와 동일하다고 정의할 수 있다.

분산 기법에서는 두 개의 Cell 간의 통신비용을 나타내기 위해 변수  $\tau_3$  가 필요하다. 그림 1 에서와 같이 같은 TA에서 LTE 네트워크에서의 두 Cell 간의 통신비용은 확률  $P_{InA}$  가 적용되는  $2C_{ta}$  이다. 두 개의 Cell이 각각 다른 TA/TAL에 속하고 있지만 같은 MME 안에 존재할 경우의 통신비용은  $P_{InR} - P_{InA}$  의 확률을 적용한  $2(C_{ta} + C_{mme})$  로 표현할 수 있다. 두 개의 Cell이 각각 다른 MME에 속할 경우의 통신비용은  $C_{lte}$  비용이 추가적으로 필요하며 여기에  $1 - P_{InR}$  의 확률이 적용된  $2C_{ta} + 2C_{mme} + C_{lte}$  로 볼 수 있다. 따라서  $\tau_3$  는 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\tau_3 = 2C_{ta} \times P_{InA} + 2(C_{ta} + C_{mme}) \times (P_{InR} - P_{InA}) + (2C_{ta} + 2C_{mme} + C_{lte}) \times (1 - P_{InR})$$
(26)

동적 앵커 기법을 위해서는 앵커와 다른 Cell 간의 평균 통신비용 계산을 위해서 변수  $\tau_1$  이 필요하다. 앵커 영역 내부에서는 두 개의 TA/TAL 간의 평균 시그널링 비용을 위해  $\tau_2$  역시 필요하다.  $\tau_1$  은 동일한 TA/TAL 안에서의 통신비용과 같다.  $\tau_2$  의 계산을 위해서 고려할 부분은, 같은 TA/TAL 내부에서 두 개의 Cell 간의 통신비

용은  $2(C_{ta} + C_{mme})$ 이고 각기 다른 MME에서 두 개의 Cell 간의 통신비용은  $2C_{ta} + 2C_{tal} + C_{lte}$ 이다. 따라서 다음과 같이 계산할 수 있다.

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 2C_{ta} \\ \tau_2 &= 2(C_{ta} + C_{mme}) \times \frac{P_{InR} - P_{InA}}{1 - P_{InA}} \\ &+ (2C_{ta} + 2C_{mme} + C_{lte}) \times \frac{1 - P_{InR}}{1 - P_{InA}} \end{aligned} \quad (27)$$

정적 앵커 기법에서는 앵커영역 내부에서 Cell 간의 평균 통신비용 계산을 위해 변수  $\tau_1$ 이 필요하고, 두 개의 인접한 TA 간의 시그널링 비용을 계산하기 위해  $\tau_2$ 가 필요하다. 정적 앵커 기법에서는 앵커영역안의 모바일 사용자의 위치를 추적하지 않기 때문에 각각의 Cell은 같은 확률을 갖게 된다. 따라서  $n=2$  이고 7개의 Cell을 가진 구조에서는 다음과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \tau_1 &= 2C_{ta} \times \frac{6}{7} + 0 \times \frac{1}{7} = C_{ta} \times \frac{12}{7} \\ \tau_2 &= 2(C_{ta} + C_{mme}) \times \frac{P_{InR} - P_{InA}}{1 - P_{InA}} \\ &+ (2C_{ta} + 2C_{mme} + C_{lte}) \times \frac{1 - P_{InR}}{1 - P_{InA}} \end{aligned} \quad (28)$$

그림 1에서와 같은 2계층의 Cell, TA/TAL, MME 로 구성된 LTE 네트워크에 대한 분석을 기반으로 얻어진 분석결과를 설명한다. LTE 네트워크에서 Cell과 MME 간의 모든 비용이  $C_{ta} = 0.5$ ,  $C_{mme} = 1$ ,  $C_{lte} = 6$  등의 기대치로 정규화된 동일 네트워크이고, CMR과 SMR에 의해 시간당 네트워크에서 발생하는 통신비용에 대해 중앙관리형, 분산, 동적 앵커 그리고 정적앵커 기법의 성능을 한 대의 서버를 통해 서비스 중인 조건이  $N_s = 1$ 인 경우 라고 가정하고 설명한다.

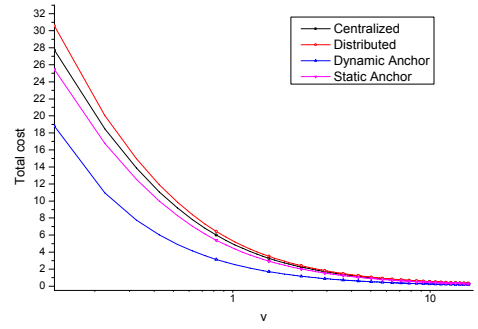
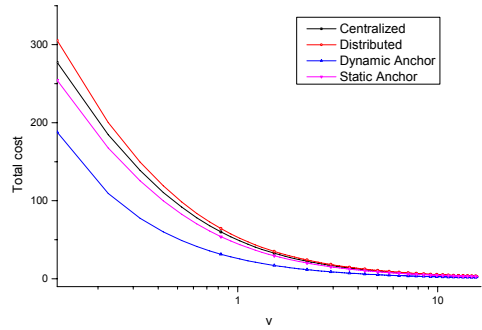
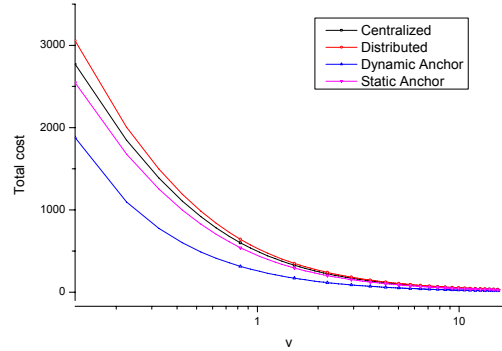
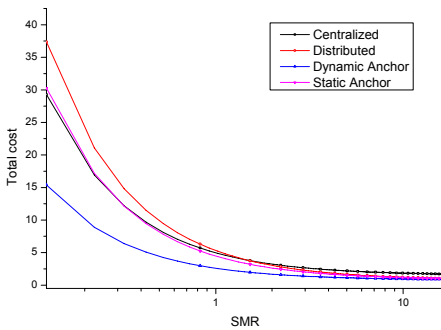

 (a)  $\lambda_s = 0.1$ 

 (b)  $\lambda_s = 1$ 

 (c)  $\lambda_s = 10$ 

 그림 8.  $v$  값에 따른 비용

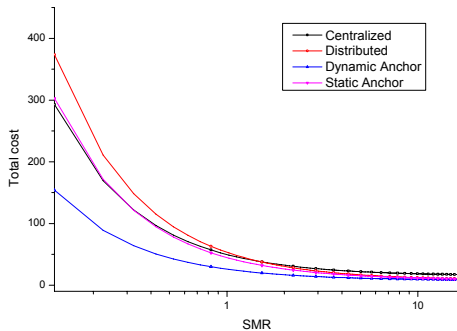
 Fig 8. Total Cost Under Different  $v$  (Session to Mobility Ratio) Values

그림 8은 네 가지 비용효과적인 기법에서 식 (13), (16), (20), (23)을 이용하여  $v$ 의 변경에 의해 발생하는 시간당 비용을 나타낸다. 이동확률  $\lambda_m$ 이 변경되는 상황에서 통화 도달률( $\lambda_s$ )가 0.1, 1, 10으로 각각 고정되는 조건에서 [0.1 16] 범위의  $v$ 를 나타낸다.  $v$  값이 작을 때는 중앙관리 및 분산 기법이 동적, 정적 앵커 기법에 비해 성능이 좋지 않다. 이동확률이 통화도달률보다 매우 커

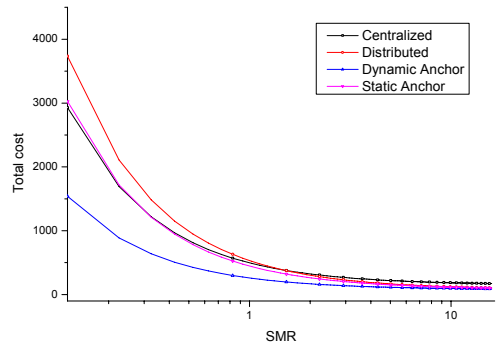
서  $v$  값이 작은 상황에서는 이동성과 관련된 비용이 가장 큰 영향을 미치는 요소임을 알 수 있다. 특히, 중앙 관리형 기법에서는 반드시 MME에 접근해야 하기 때문에 좋지 않은 성능을 보여준다. 분산 기법에서는 높은 이동 확률로 인해  $v$  값이 작고, 위치 업데이트와 서비스 항목 전송 비용이 높을 때 나쁜 성능을 보여준다.  $v$  값이 증가하게 되면 중앙 관리형과 분산 기법의 성능이 개선된다. 매우 큰  $v$  값에서는 중앙 관리형 기법이 가장 좋은 성능을 보여주며 동적 앵커, 분산, 정적 앵커 기법의 순서로 우수한 성능을 나타낸다. 동적 앵커 기법은 앵커 및 서비스 프록시가 모바일 사용자와 가까이 있기 때문에 극단적인 경우를 제외하고는 정적 앵커 기법보다 좋은 성능을 나타낸다. 통화가 연결되고 현재 Cell과 앵커가 같지 않을 때, 동적 앵커 기법에서는 통화가 연결된 후 MME를 업데이트해서 앵커를 현재 Cell로 이동시킨다. 이것은 MME의 데이터베이스를 항상 최신의 정보로 유지시키고 앵커와 모바일 사용자를 가깝게 한다. 결과적으로 시스템이 모바일 사용자를 빠르게 찾을 수 있기 때문에 그 다음에 이어지는 통화의 전달 비용이 감소한다. 이런 효과는  $v$  값이 클 경우에 확연하게 나타난다.



(a)  $\gamma = 0.1$



(b)  $\gamma = 1$

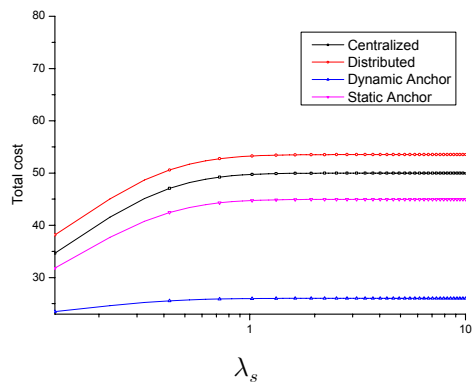


(c)  $\gamma = 10$

그림 9. SMR 값에 따른 비용

Fig 9. Total Cost Under Different Service to Mobility Ratio(SMR) Values

그림 9는 같은 식을 이용하여 SMR에 의해 서비스 전송 비율의 영향을 보여준다. SMR이 증가하게 되면 서비스 요청 확률  $\gamma$ 가 고정되어 있을 때 UE의 이동확률이 감소하기 때문에 네 가지 모든 기법의 비용은 줄어드는 것을 보여준다. 그러나 매우 큰 SMR 값에서는 분산기법이 모바일 사용자의 서비스 요청을 로컬 서비스 프록시에 의해 신속히 처리할 수 있기 때문에 서버와의 통신비용이 발생하는 것을 피할 수 없지만 가장 좋은 성능을 나타내고 동적 앵커, 정적 앵커, 중앙 관리형 기법의 순서로 우수한 성능을 보여준다. 다른 조건이 고정되고 서비스 비율이 증가하게 되면 서비스 요청 비용이 다른 비용에 비해 비중이 크다는 것을 알 수 있다. 따라서 분산 기법은 SMR이 큰 경우에 좋은 성능을 나타낸다.



(a)  $\lambda_m = 1.0$

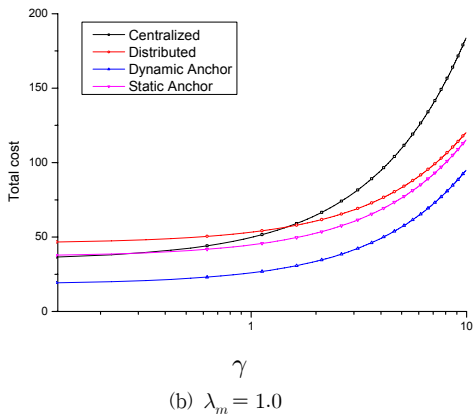


그림 10. 통화 연결 요청률 및 서비스 요청률 변경에 따른 비용  
 Fig 10. Total Cost Under Different Context Session and Service Request Rate

그림 10은 같은 식을 이용하여 통화 연결 요청률 및 서비스 요청률의 전송비용에 대한 영향을 각각 보여준다. 통화 연결 요청률이 증가하면 모든 기법에서 비용이 모두 증가한다. 다만 앵커를 활용한 방식에서 적은 비용이 발생하는 것을 볼 수 있고 정적앵커보다는 동적앵커가 좋은 성능을 보여주고 있다. 서비스 요청률이 증가하는 경우에도 동적앵커 기법이 좋은 성능을 보여주고 있다. 서비스 요청률이 낮을 때는 분산 기법에서 서비스하는 Cell이 변경될 때마다 프록시가 바뀌게 되어 서비스 항목의 전송이 발생하여 높은 비용을 발생시키지만 서비스 요청률이 증가할수록 프록시를 이용한 효율적인 서버 접근이 가능해지므로 성능이 향상된다. 중앙관리형 기법은 서비스 항목 전송이 필요하지 않기 때문에 전체적으로 서비스 항목의 전송 비용이 증가하는 것에 민감하지 않게 된다. 하지만 서비스 요청률이 증가하면 프록시를 이용해 서버를 접근하는 비용이 커지게 되어서 좋지 않는 성능을 보여주게 된다.

### V. 결론

본 논문은 LTE 네트워크 환경에서 비용효과적인 위치 및 서비스 관리에 대해 전체 통신비용을 줄이기 위한 이동성과 서비스 관련된 수학적 접근에 의한 기법을 제안한다. 가장 중요한 개념은 모바일 사용자의 서비스 프록시와 위치 데이터베이스를 같은 곳에 위치시켜 어플리

케이션 서버가 동일 위치의 데이터베이스를 활용하여 최대한의 효과를 보고자 하는 것이다. 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 기법을 주어진 조건에서 어떤 기법이 상대적으로 좋은 성능을 보이는지 분석한다. 분석 결과는 각각의 사용자에게 프로필에 기초해서 개인화된 서비스를 제공하기 위한 최적의 기법을 선택하는데 유용할 것이다. 분석 결과에 따르면, 동적 앵커 기법이 서비스 내용의 전송 비용이 높을 경우를 제외하고 거의 모든 조건에서 최적의 성능을 보여준다. 중앙 관리형 기법은 낮은 SMR과 높은  $v$ 의 조건에서 좋은 성능을 보여준다. 분산 기법은 높은 SMR과 높은  $v$ 의 조건에서 좋은 성능을 보여준다. 정적 앵커 기법은 상대적으로 안정적인 기법이며, 본 논문에서는 넓은 영역에서 안정적인 성능을 보여준다. 이런 결과들은 시스템 성능을 최적화하기 위해서는 다양한 이동 패턴을 가진 각각의 개별 사용자에게 맞는 비용효과적인 위치 및 서비스 관리 개념을 적용해야 한다는 것을 제시한다.

### 참고 문헌

- [1] 3GPP standardization, “Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network (E-UTRAN) Overall description Stage 2”, TS 36.300 v9.2.0, January 2010, <http://www.3gpp.org/>
- [2] Koichiro Kitagawa, Toshihiko Komine, Toshiaki Yamamoto and Satoshi Konishi, “A Handover Optimization Algorithm with Mobility Robustness for LTE systems”, Personal Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC), 2011 IEEE 22nd International Symposium on, pp. 1647-1651, Sept. 2011.
- [3] 3GPP standardization, “General packet radio service enhancements for evolved universal terrestrial radio access network access”, TS 23.401, 2010, <http://www.3gpp.org/>
- [4] Ing-Ray Chen, Baoshan Gu and Sheng-Tzong Cheng, “On Integrated Location and Service Management for Minimizing Network Cost in Personal Communication Systems”, IEEE Trans. on

- Mobile Computing, pp. 172-192, 2006.
- [5] R. Jain and N. Krishnakumar, "Network support for personal information services to PCS users," IEEE Conference on Networks for Personal Communications, pp. 1-7, March 1994.
- [6] M. Roussopoulos et al, "Personal-level routing in the mobile people architecture", Proceedings of the USENIX Symposium on Internet Technologies and Systems, Boulder, CO, USA, pp. 165-176, October 1999.
- [7] M. H. Dunham and V. Kumar, "Impact of mobility on transaction management", Proceedings of the International Workshop on Data Engineering for Wireless and Mobile Access, MobiDE '99, Seattle, WA, USA, pp.14-21, 1999.
- [8] Y. Fan, "General modeling and performance analysis for location management in wireless mobile networks", IEEE Trans. on Computers, Vol. 51, No. 10, pp. 1169-1181, 2002.
- [9] I. Widjaja, P. Bosch, and H. La Roche, "Comparison of MME signaling loads for long-term-evolution architectures", In VTC Fall, 2009.
- [10] J.S.M. Ho, and I. F. Akyildiz, "Local anchor scheme for reducing signaling costs in personal communications networks", IEEE/ACM Transactions on Networking, Vol. 4, No. 5, pp. 709-725, Oct.1996.
- [11] Yang, S.-R. and Lin, Y.-B. "Performance Evaluation of Location Management in UMTS", IEEE Transactions on Vehicular Technology, pp. 1603-1615, November 2003.
- [12] S. Gundavelli et. Al: "Proxy Mobile IPv6", InternetDraft,draft-sgundave-mip6-proxymip6-00, October 2006.
- [13] Akyildiz, I. F., Lin, Y.-B., Lai, W.-R., and Chen, R.-J, "A New Random Walk Model for PCS Networks", IEEE Journal on Selected Areas in Communications, 18(7):1254-1260, July 2000.
- [14] C.E. Perkins, "Mobile IP", IEEE Comm. Magazine, pp. 84-99, May 1997.
- [15] J. Xie and I.F. Akyildiz, "A novel distributed dynamic location management scheme for minimizing signaling costs in Mobile IP", IEEE Trans. on Mobile Computing, Vol. 1, No. 3, pp. 163-175, 2002.
- [16] W.C. Peng and M.S. Chen, "A dynamic and adaptive cache retrieval scheme for mobile computing systems", 3rd IFCIS International Conference on Cooperative Information Systems, New York, pp. 251-258, Aug. 1998.
- [17] R. Jain, Y.B. Lin, C. Lo and S. Mohan, "A forwarding strategy to reduce network impacts of PCS", 14th Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies (IEEE INFOCOM '95), pp. 481-489, 1995.
- [18] W. Ma and Y. Fang, "Two-level pointer forwarding strategy for location management in PCS networks", IEEE Transactions on Mobile Computing, pp. 32-45, 2002.
- [19] I.R. Chen and B. Gu, "Quantitative analysis of a hybrid replication with forwarding strategy for efficient and uniform location management in mobile wireless networks", IEEE Transactions on Mobile Computing,, 1998.
- [20] Soonghwan Ro, Jinkyu Choe, "A Study on Inter-Domain Support in Proxy Mobile IPv6", KIIT, Vol. 10, No.2
- [21] Chanhong Park, Hyeonkyeong Seong, "MIP-RA was used to transform the packet in HMIPv6 and MIH environment Efficient Handover", KAIS, Vol.1, pp.251~254, 201

저자 소개

이 준 희(준회원)



- 2003년 : 건국대학교 컴퓨터공학 (학사)
- 2011년 ~ 현재 : 성균관대학교 정보통신대학원 재학(석사)
- 2003년 ~ 현재 : 푸르덴셜 생명 시스템 개발팀

<주관심분야 : 모바일네트워크, 알고리즘, 데이터 마이닝>

정 중 필(정회원)



- 2008년 : 성균관대학교 정보통신대학 (공학박사)
- 2009년 : 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
- 2010년 ~ 현재 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수

<주관심분야 : 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사 이언스 등>