

http://dx.doi.org/10.7236/JIWIT.2012.12.1.97

JIWIT 2012-1-13

프록시 모바일IPv6 네트워크에서 기능위임자 지원을 통한 비용효과적인 이동성관리 기법

Cost-Effective Mobility Management Scheme in Proxy Mobile IPv6 Networks with Function Distributor Support

나도경*, 정종필**

Do-Kyoung Ra, Jongpil Jeong

요 약 점차 인터넷이 다양하고 복잡해지고 사용자의 편리성 요구가 많고 다양해지고 있다. 사용자의 요구를 충족시키기 위해 미래의 인터넷을 어떻게 디자인 하는 것인지 그리고 이동성 관리는 고려되어야 될 메인 이슈중의 하나로 분산 시스템 구조에 방해가 되는 비용 비효율성 결과가 발생한다. 이 논문에서 우리는 미래의 모바일 인터넷 구조에 적용 가능한 새로운 기능-분산 이동성 관리 기술을 제안한다. 더불어 다양한 분석적 기법을 적용하여, 제안한 기능분산 이동성 시스템은 위치 업데이트 비용과 패킷 전송 비용 등의 비용 분석에서 우수한 성능을 보여준다.

Abstract The Internet is becoming increasingly diverse and complex, the needs of user's convenience is also various and increased. The task forces have been working on how to design the future Internet in satisfaction of user's require and mobility management is one of the key issues to be considered. mobility management in the future Internet is still being designed in an "all-in-one" way where all management functions are tightly kept at a single location and this results in cost inefficiency that can be an obstruction to constructing flexible systems. In this paper, we propose a cost-effective function-distributed mobility management scheme that can enable more flexible future Internet construction. Furthermore, we show the effectiveness of our proposed system via a cost analysis and computer simulation with a random walk mobility model.

Key Words : distributed mobility, future internet, proxy mobile IP, cost analysis, heterogamous mobile network

1. 서 론

최근 사회적 요구는 점점 다양해지고 복잡해져 지금의 인터넷 기술로는 그 모든 요구들을 해결할 수 없다. 그래서 인터넷 연구자들은 다양한 요구들을 해결하기 위해 새로운 네트워크 조사 작업을 다방면으로 연구하고 있다. 고용량, 다양한 장치들, 안정적 신뢰도, 이동성, 사

회적 네트워크 환경 지원 등 여러 가지 해결해야 할 문제들이 있다. 우리의 앞으로 인터넷 연구가 위의 요구사항들을 충족시켜주고 우리의 미래생활을 좀 더 풍요롭게 만들어 준다고 생각한다. 그리고 사용자의 이동성을 제공하는 것은 위에서 요구하는 기능 중 가장 중요한 기능 중 하나라고 생각한다.

현 IP 네트워크에서 MIP(Mobile IP)^[1]는 표준 이동-

*성균관대학교 정보통신대학원 정보보호학과

**성균관대학교 정보통신공학부

접수일자 2011.12.30., 수정완료 2012.2.7.

게재확정일자 2012.2.10

Received: 30 December 2011 / Revised: 7 February 2012 /

Accepted: 10 February 2012

**Corresponding Author: jpjeong@ece.skku.ac.kr

Dept. of Information and Communication Engineering,

Sungkyunkwan University, Korea

지원 프로토콜이다. 이 MIP^[2]가 사용된 후 사용자들의 요구에 적합한 구체적인 통신 목표를 좀더 효과적으로 핸들링 가능한 몇 유사한 모바일 프로토콜이 제안되었다. 그들 중 FMP(Fast MIP)^[3]는 컨택스트 전송기술을 사용한 빠른 핸드오버 수행하기 위한 프로토콜이다. HMIP(Hierarchical MIP)^[4]는 계층 네트워크 구성의 지역 바인딩 업데이트 절차를 사용하여 초기 통신 신호 비용 절감에 효과가 있다. PMIP(Proxy MIP)^[5]는 모바일기능을 에지노드(통신망의 분기점, MN 접속지점)에 이식하여 MN의 작업하중을 줄이는데 적합하다.

계층 네트워크 구조와 중앙 집중 관리 시스템은 일반적으로 이동통신 네트워크의 이동성관리에서 주로 사용된다. SAE/EPC(System Architecture Evolution / Evolved Packet Core), LTE(Long Term Evolution)와 같은 차세대 모바일 네트워크는 GPRS(General Packet Radio System) 기반과 IP기반 모바일 관리 시스템에서 고려되고 모든 IP 모바일 네트워크를 위해 표준화된다.^{[6][7]} 그리고 PMIP는 IP기반 모바일 프로토콜로 채택된다. 앞으로 인터넷 기술이 발전함에 따라 일반적으로 IP 이동성과 휴대폰 이동성은 조화되고 통합된다.

많은 인터넷 조사 작업 및 연구를 통해 미래 인터넷의 보안, 콘텐츠 전송 메커니즘, 지연-용인 네트워크, 프레임 관리 및 제어, 서비스 기술, 라우팅, 실험을 위한 미래 인터넷 인프라 설계등 주요한 기능의 정형화된 모습을 볼 수 있다. 그들 중 이동성은 관리, 프레임워크와 전송경로 제어 등의 기술 내 중요한 특징 중 하나이다. MILSA^[8]는 멀티호밍, ID/위치(전파탐지기) 분산과 같은 이동성 문제와 관련된 기대되는 기술 중 하나로 보인다. 우리는 이 논문에서 새로운 이동성 관리 프레임워크를 제안한다. 제안하는 이동성 관리 프레임워크는 유연한 시스템 구축을 할 수 있는 효과적인 기법을 제공하고, 미래 인터넷에 적용되기 용이할 것이다. 우리는 위치 업데이트 비용과 패킷 분석비용을 통해서 우리의 제안기법이 더 좋은 성능분석 결과를 보여준다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 관련된 배경을 설명할 것이다. 3장은 비용효과적인 기능위임의 이동성 관리 기법을 4장에서는 제시한 기법의 성능평가를 자세하게 설명할 것이다. 5장에서 이 논문에 대한 결론을 맺는다.

II. 관련 연구

1. PMIPv6에서의 이동성관리 기법

PMIPv6는 이동 단말과 액세스 라우터 사이의 시그널링으로 인한 무선구간에서의 자원사용량의 증가, 성능 및 자원이 한정되어 있는 등 이동성 지원에 제약이 많은 것이 현실이다. 이런 문제점이 대두되어 네트워크 기반으로서 프로토콜이 제안되었고 IETF에서는 RFC5213-Proxy Mobility IPv6가 작성되었다.

PMIPv6^[9]는 LMA(Local Mobility Anchor)와 MAG (Mobile Access Gateway), 그리고 AAA(Authentication, Authorization, and Accounting) 서버의 새로운 구성요소로 이루어져있다. LMA는 도메인에서 모바일노드에 대한 일종의 홈 에이전트 역할을 한다. MAG은 주로 AR(Access Router)에 그 기능이 위치한다. 그러므로 MAG은 모바일 노드가 직접적으로 접속하는 첫 번째 홈이 되며, 모바일 노드를 대신해서 시그널링을 수행한다.

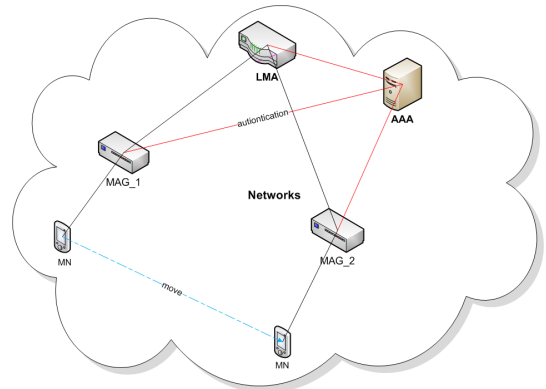


그림 1. PMIP 기본 구조
Fig. 1. Basic structure of PMIP

모바일 노드가 L2 접속인증을 수행하게 되며, 이 과정에서 MN을 MAG에게 알리게 된다. MAG은 AAA와의 인증 과정을 수행한다. MAG은 모바일 노드를 담당해야 하는 LMA에게 PBU 메시지를 보내어 단말의 현재 위치를 갱신한다. 해당 PBU를 수신한 LMA는 단말의 서비스를 위해서 MAG에 PBA 메시지를 보내게 된다. 그리고 LMA는 MAG의 주소를 이용하여 LMA와 MAG간의 양방향 터널을 만들고 서비스를 준비하게 된다. MAG은 자신에게 접속된 MN에게 LMA가 할당해준 HNP와 IP 주소를 할당하는 메시지를 RA로 보낸다. 연결설정이 완료

되면, MAG은 해당 모바일 노드에서 오는 모든 트래픽을 LMA와 연결된 터널을 이용하여 LMA에게 전송하게 되며, LMA는 외부에서 오는 모든 트래픽을 해당 MN을 관리하는 MAG에게 전송하게 된다. 이러한 통신을 함으로써 MN의 부담이 줄어들게 되고 이동에 관한 MN의 등록 절차가 간소화됨으로 통신비용을 절감할 수 있게 된다. 설명에 대한 개요를 그림 1로 살펴 볼 수 있다.

2. 중앙집중형 이동성관리 기법

지리적 고정 앵커를 사용하는 이동성 관리 시스템의 경우 사용자 이동성 지원은 신호 비용과 데이터 전송 비용 면에서 몇몇 약점을 갖고 있다. 그래서 동적 제어 이동성 관리 시스템은 다양한 방면에서 분석 및 연구되고 있다. Wong^[10]는 동적 기법이 각 유저가 그의 특성(개요)에 따르는 자신의 지역영역을 할당함으로써 고정 기법을 능가하는 결과를 도출 할 수 있음을 보여준다. Ho^[11]와 Li^[12]는 위치 업데이트 비용과 페이징 비용 분석의 관점에서 동적 위치 업데이트 기법을 연구하였다. Chen^[13]는 최소 비용으로 동적 위치 지역관리 사용 시스템을 제안하였다. Choi^[14]는 MNs를 예측가능과 예측 불가능과 같은 몇 카테고리로 구별한다. 그리고 그의 이동성 패턴에 따라 적용 가능한 사용자 프로파일을 바꾼다.

일반적으로 중앙 이동성 관리 시스템은 기본 개념으로 여겨진다. 그러나 중앙 집중 관리 노드는 단일 지점에서의 결점이 있고 유연한 시스템을 구축하는데 걸림돌이 된다. 그래서 분산 관리 시스템은 다양한 방면에서 연구된다. Zheng^[15]은 방문 네트워크에서 임시 홈중계(HA)를 제안하였고 단일지점에서의 실패를 피하기 위해 동적 HA를 할당하여 수행하였다. 동시에 신호비용 효과를 얻었다. Yet^[16]은 비용 절감을 유도하는 가장 가까운 HA를 찾고 그곳에 등록하기 위해 애니케스트 프로토콜을 사용하였다. HMIP를 위해 Pack^[17]과 Singh^[18]는 MIP와 비교하여 HMIP의 비용 분석을 평가하였고 HMIP의 효율을 증명하였다. Jianfeng^[19]은 WLAN 환경에서 다양한 IP환경에서의 네트워크 기반 이동성 관리 프로토콜에 대한 분석을 하였다. PMIP가 분석한 IP 중에서 핸드오버 성능 평가를 통해 패킷 손실과 핸드오버 지연시간 측면에서 제일 좋은 효율을 보임을 증명하였다.

다수의 효과적인 이동성 방법은 지금까지 계속 연구되고 있다. 그러나 그들 대부분 지리적 위치가 동적으로 변경될 수 있음에도 한 노드에 집중된 단일 이동성 주요

기능을 고려하고 있다. 위치관리, 신뢰(인증)관리, 상태관리 등의 몇몇 기능들로 구성된 이동성 관리가 한 노드에 있는 네트워크를 디자인하고 있다. 이들 각각의 기능들은 그들만의 특성이 있고 그 특성에 맞는 적절한 위치가 있다. 단일 이동성은 이 모든 기능이 한 노드에 있어 동시에 관리 할 수 없으며 시스템관리 측면에서 비효율성을 보인다. 우리는 좀더 효율적인 관리를 위해 한곳에 집중된 기능을 분산시키는 기능분산 이동성 관리 시스템을 제안한다. 이것은 각 기능의 필요성을 적절하게 만족시킬 수 있으며 좀더 유연하고 광범위한 이동성 관리 시스템을 구축할 수 있게 된다.

III. 비용효과적인 기능위임의 이동성관리 기법

기능분산을 통하여 이동성관리 기법을 적용한 시스템에 대해 설명한다. 그림 2는 이동성 모델 네트워크의 구성도이다. 네트워크의 구성 Master Domain은 모든 사용자들에 대한 외부참조를 위한 경로, 상태 위치 정보를 갖고 있다. 또한 자신 도메인 내의 사용자들에 대한 인증 기능을 갖고 있다. 각각의 도메인은 도메인 내부를 관장하고 제어하는 LMA가 존재하며 M_LMA로부터 기능을 위임받는다. 위임을 받는 기능은 각각 도메인 내부 유저를 인증해주는 인증 기능과 상태 위치정보와 관련된 기능을 위임받는다. 즉 H_LMA와 V_LMA는 M_LMA로부터 위임(위임기능: Location, State)을 받은 노드를 나타낸다. 모바일노드(MN)가 홈 네트워크(Home Domain)에서 이동을 하여 방문네트워크(Visit Domain) 접속을 시도할 때 MAG_V가 자동으로 MN의 이동을 감지하여 V_LMA와 AAA_V(인증)을 통해 정상적인 무선접속을 형성한다. 모바일노드와 원격지(CN)간의 모든 트래픽은 V_LMA를 통해서 통신을 하며 MN의 위치, 상태 및 인증관련 정보는 M_LMA와 AAA_M를 통해서 CN이 확인하여 MN과 통신을 할 수 있다.

일반적으로 이동성 관리 시스템에서 모든 이동성 관련된 기능은 "All-in-one"으로 같은 장소인 중앙에 두고 관리를 한다. 중앙 집중관리 시스템은 중앙 시스템이 문제가 발생할 경우 모든 사용자들이 정상적인 서비스를 받을 없게 된다. 중앙에 집중되어 있기 때문에 통신장애가 발생할 소지가 크다. 관리 시스템의 각 기능은 그들 각각

고유한 특성을 갖고 있다. 복잡하고 이동성 높은 인터넷 환경에서 이동성 관리를 위해서는 각 기능이 고유한 특성에 맞게 적합한 장소에 분산 배치되어야 한다. 이러한 문제점을 해결 할 수 있는 방법으로 기능분산 이동성 시스템을 제안한다. 이 분산 이동성 시스템의 메커니즘은 위임에 의해 수행된다. 제안기법의 자세한 설명은 다음에서 논해진다.

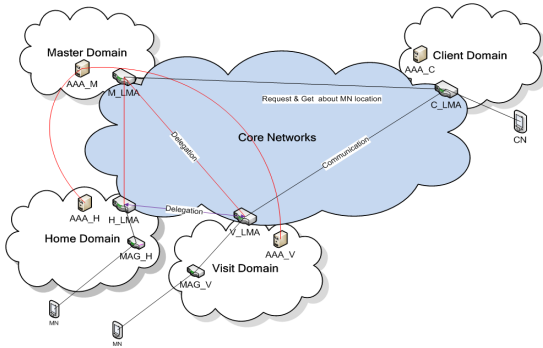


그림 2. 이동성 모델 네트워크 구성도
Fig. 2. Mobility model network configuration

1. 기능분산 이동성 기술

일반적으로 총체적인 네트워크는 홈 네트워크, 중앙 네트워크, 지역네트워크, 목적 네트워크, 모바일노드(MN) 등으로 구성되어 있다. 홈 네트워크는 모바일 유저가 등록하는 네트워크이며 목적 네트워크는 접속이 되는 네트워크이며 지역 네트워크는 현재 방문중인 MN의 네트워크이며 중심 네트워크는 일반적으로 모든 데이터들이 지나가는 모든 네트워크를 말한다.

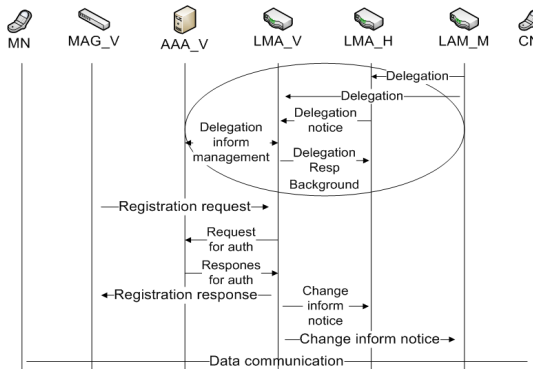


그림 3. 위임절차의 기본 순서
Fig. 3. Basic sequence of delegation procedure

기본 위임 연속 절차는 그림 3에서 보여준다. LMA_M의 기능은 위임 절차에 따라 LMA_H, LMA_V에 위치, 상태 정보가 위임되며 마스터 도메인에 AAA_M 인증 서버를 두고 각각 도메인에도 AAA_H, AAA_V 인증 서버를 두어 인증의 위임은 인증 서버들 간에 이루어진다. 각각 LMA_H와 LMA_V간에는 PMP 환경을 살리기 위해 MN이 이동하게 될 경우 이동하는 확률에 따라 상태와 위치 정보를 위임하게 된다. 즉 MN이 방문네트워크에 이동을 하게 되면 LMA_H가 LMA_V에 상태, 위치와 인증 관련 정보를 위임하게 된다. MN이 방문네트워크에 들어오면 MAG_V는 LMA_V에 쿼리를 날려 MN의 등록 요청을 보내게 되며 정상 등록 요청이 완료되면 LMA_V는 자신의 변경된 정보를 LMA_M에 날려 목적 네트워크에서 참조할 수 있도록 환경을 갱신한다. LMA_V와 LMA_M는 MN의 상태가 유지되는 동안 접속경로 정보를 유지한다. LMA_M에서 실패 복구 타입은 실시간 정보환경의 데이터 정보를 갖고 계산이 된다. 모든 위임 및 접속이 성공하면 MN은 CN과 통신을 하고 최적의 비용을 도출하는 최상의 기능-배치 서비스를 받는다.

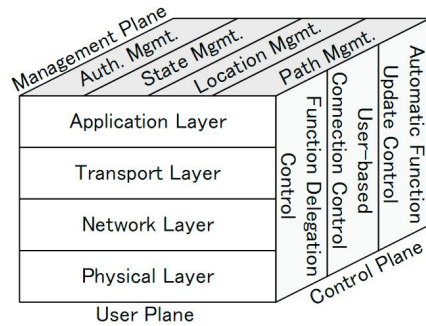


그림 4. 기능분산 이동성의 계층구조 모형
Fig. 4. Layered structure of function-distributed mobility

추가적으로 계층 구조는 다음 그림 4를 통해서 확인할 수 있다. 사용자 플랜의 관점에서, 편리한 통신 계층 구조는 OSI 7계층 모델과 다르지 않다. 제어 플랜으로서의 기능 위임 프로세스가 사실상 필요하다. 기능분산 이동성의 주요 요건 중 하나인 사용자 기반 관리와 같은 유용한 경로 관리를 동반 할 수 있다. 각각 분산 기능은 자동적으로 유지되어야 하고 동적 업데이트가 되어야 한다. 관리 플랜은 각 분산 기능 관리 개체들을 조절한다.

2. 기능분산 이동성의 특징

기능분산 이동성에 있어서 각 기능의 적합한 조정은 매우 중요하다. 표 1은 이동성 시스템 요소로부터 각 기능 관리 기법의 영향을 나타낸다.

표 1. 이동성 시스템 요소의 각 기능 배치 영향
Table 1. Impact of each function placement from mobility system parameter

| 요소 | 각 기능 요소 | | | | |
|-----------|---------|----|----|----|----|
| | 앵커 | 비용 | 경로 | 상태 | 인증 |
| 접속 빈도 | 높음 | 중간 | 중간 | 높음 | 낮음 |
| MN 속도 | 중간 | 높음 | 높음 | 높음 | 낮음 |
| 복구타임 실패 | 중간 | 높음 | 높음 | 높음 | 낮음 |
| 통신량 | 중간 | 높음 | 높음 | 낮음 | 낮음 |
| MN 수 | 낮음 | 중간 | 중간 | 높음 | 중간 |
| 응용프로그램 종류 | 중간 | 낮음 | 높음 | 높음 | 낮음 |

예외가 있지만 일반적으로 이동성 시스템 요소들은 동적 업데이트가 되고 MN이 위치한 곳에 분산 기능이 가까우면 가까울수록 영향을 미치는 정도가 더 높아지게 된다. 인증 기능은 내부 네트워크 깊숙한 곳에 있어야 된다. 반면에 상태기능은 방문 지역 네트워크와 근접한 노드에 위치해야 한다. 경로 관리 기능은 경로의 빠른 전환을 위해서 중심(Core) 네트워크 중간의 소스와 목적지 사이에 있는 것이 좋다. 마지막으로 앵커링과 캐스팅으로 구성된 지역 관리 기능은 중심(Core) 네트워크와 MN과 근접한 지역 네트워크의 중간과 같은 중간위치에 배치하는 것이 좋다. 앵커링은 특별 노드가 정적 IP주소의 지속적 상태를 MN을 위해 제공한다. 또한 앵커가 사용자 이동할 때 손실 적은 통신을 제공해주는 역할을 한다. 캐스팅 기능은 사용자 데이터를 사전에 MN이 이동하여 제공 받으려 하는 잠재적 노드로 멀티 캐스팅한다.

3. 기능분산 이동성과 기존 이동성 시스템의 비교

기능분산 이동성이 기존 이동성 시스템과 비교하여 어떤 다른 점이 있는지 살펴보겠다. 위치 업데이트 절차 타입, 앵커 포인트 유연성, 기능분산, 경로 관리 능력들은 이동성 특별 측정 비교대상으로 고려된다.

표 2. 이동성 시스템간의 질적 비교

Table 2. Qualitative Comparison between mobility system

| | 위치 | 앵커 | 경로 | 기능 |
|--------|-------|----|----|----|
| MIP | 광역 | 고정 | 고정 | 집중 |
| HMP | 광역&지역 | 고정 | 고정 | 집중 |
| DisMob | 광역&지역 | 유동 | 유동 | 분산 |
| 제안 기법 | 광역&지역 | 고정 | 고정 | 분산 |

표 2는 다른 기존 이동성 방법과 질적 비교를 나타낸다. 위치 업데이트 타입의 관점에서 보면 MIP는 항상 광역 위치 업데이트 등록을 수행한다. 다른 방법들은 광역 위치 업데이트와 함께 지역 위치 업데이트 기능을 수행하여 비용 효과적인 등록절차를 사용한다. 앵커 포인트 유연성 측면에서 MIP와 HMP는 고정된 포인트를 사용한다. 반면 다른 환경은 그들의 앵커 포인트를 사용자 우선순위와 환경조건에 따라 유동적으로 바꾼다. DisMob은 소스에서 목적지로 전송 경로를 관리하는 기능이 있다. 기능분산에 관하여 유연한 시스템 구축을 유도하는 분산 이동성은 이 특성을 만족하는 유일한 방법이다. 이 기능분산 시스템의 구축은 DisMob와 제안 기법이 가능하며 기존 시스템과 구별을 짓는 중요한 요소 중 하나이다.

IV. 성능평가

휴대 이동성 네트워크의 분석을 위해서 우리는 6각형의 모델을 가정한다. 6각 휴대 이동성 모델에서 이동성 앵커 포인트(MAG)는 도메인 LMA내 동일수의 링과 각 링 r은 6r 셀로 구성되어 있다고 가정한다. 링 R에 도달하는 셀의 N(R)수는 다음 식으로 계산되어 진다.

$$N(R) = \sum_{r=1}^R 6r + 1 = 3R(R+1) + 1 \quad (1)$$

1. 시스템 모델링

다음 그림 4는 분석에 사용되는 일차원적인 마코브(Markov) 체인 모델이다.

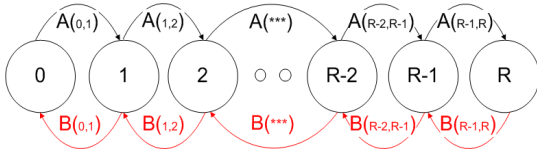


그림 5. 불규칙 이동성 상태 다이어그램 모델
Fig. 5. State diagram for random walk mobility model

각각 스테이트의 수는 6각 휴대 모델의 링 수와 일치한다. q 는 현재 셀에 남아있을 확률이고 MN은 $1-q$ 의 확률로 다른 셀로 이동한다. 그래서 링 r 의 셀에 위치한 MN은 $P^+(r)$ 확률로 바깥 방향, $P^-(r)$ 확률로 안쪽 방향으로 움직일 수 있다.

$$P^+(r) = \frac{1}{3} + \frac{1}{6r} \quad (2)$$

$$P^-(r) = \frac{1}{3} - \frac{1}{6r} \quad (3)$$

위의 확률 식을 이용하여 링 r 에 있는 MN을 위한 다음과 같은 이동확률 $\alpha_{r,r+1}$ 과 $\beta_{r,r-1}$ 식을 얻을 수 있다.

$$\alpha_{r,r+1} = 1 - q \quad (\text{if } r = 0) \quad (4)$$

$$\alpha_{r,r+1} = (1 - q)P^+(r) \quad (\text{if } 1 \leq r < R) \quad (5)$$

$$\beta_{r,r-1} = (1 - q)P^-(r) \quad (\text{if } 1 \leq r \leq R) \quad (6)$$

만약 $\pi_{r,R}$ 을 링 R 의 내부 셀로 구성된 MAP 도메인의 셀 r 의 안정된 상태 확률로 정의하면 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$\pi_{r,R} = \pi_{r,0} \prod_{i=0}^{r-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}} \quad (\text{for } 1 \leq r \leq R) \quad (7)$$

$$\pi_{0,R} = \left\{ 1 + \sum_{r=1}^R \prod_{i=0}^{r-1} \frac{\alpha_{i,i+1}}{\beta_{i+1,i}} \right\}^{-1} \quad (8)$$

(with $\sum_{r=0}^R \pi_{r,R} = 1$)

2. 비용함수

이 장에서는 고려된 비용함수를 정의한다. 각 이동성 방법이 가지고 있는 공정과 정확한 자산을 평가하기 위해서 총비용은 페이징 비용 없이 분석된다. 그 이유는 페이징 비용이 항상 모든 방법을 지원하지 않기 때문이다. 그래서 나온 총비용은 다음과 같은 식으로 나온다. 각각 C_{tot} 는 총비용 C_{loc} 은 위치 업데이트 비용 C_{pkt} 는 패킷 전송 비용을 나타낸다.

$$C_{tot} = C_{loc} + C_{pkt} \quad (9)$$

가. 위치 업데이트 비용 모델

HMIP, DisMob, 제안 기법은 지역 위치 업데이트 프로세스를 수행 할 수 있다. MIP는 광역 위치 업데이트 처리만 수행을 하게 된다. DisMob와 제안 기법은 분산 이동성의 축약을 말하며 이동성 기능을 몇 부 기능으로 나누고 각 부 기능은 그들의 특성에 따라 다른 노드로 동적 할당하는 시스템을 나타낸다. 위치 업데이트 비용을 살펴보면 C_H , C_{LN} , C_{LD} 를 각각 광역 위치업데이트 비용, 지역 위치 업데이트 위임 없는 비용, 지역 위치 업데이트 위임비용으로 가정하자. 광역 위치 업데이트 수행은 링 R 경계에 있는 MN이 바깥 방향으로 나가는 것을 말한다. 다른 상황에서는 MN은 지역 위치 업데이트를 수행한다. 대행 확률을 계산하기 위한 인자 ω 는 MAG_V에서 위임 프로세스를 수행하는 확률로 나타낸다. 광역 위치 업데이트를 수행하기 위한 확률은 $\pi_{R,R} \alpha_{R,R+1}$ 로 계산된다.

HMIPv6의 위치 업데이트 비용의 계산은 다음 식을 따른다.

$$C_{loc} = \frac{\pi_{R,R} \alpha_{R,R+1} C_g + (1 - \pi_{R,R} \alpha_{R,R+1}) C_l}{T} \quad (10)$$

$$C_g = 2[\kappa + \tau(D_v - D_h)] + N_{CN}(2[\kappa + \tau(D_v - D_c)] + PC_{CN}) + PC_{HA} + PC_{MAP} \quad (11)$$

$$C_l = 2(\kappa + \tau D_v) + PC_{MPA} \quad (12)$$

DisMob의 위치 업데이트 비용의 계산은 다음 식을 따른다.

$$C_{loc} = \frac{\pi_R \alpha_{R,R+1} C_H}{T} + \frac{(1 - \pi_R \alpha_{R,R+1})[\omega C_{LD} + (1 - \omega) C_{LN}]}{T} \quad (13)$$

$$C_H = 2[\kappa + \gamma(D_v + D_h)] + N_{CN}(2[\kappa + \gamma(D_v + D_c)] + PC_{CN}) + PC_{HA} + PC_{HA_d} + PC_{HA_d^*} \quad (14)$$

$$C_{LN} = 2(\kappa + \tau D_v) + PC_{LMA_h} \quad (15)$$

$$C_{LD} = 2(Z_s Y_s + Z_l Y_l)(\kappa + \gamma D_v) + 2Z_p Y_p N_{CN}[\kappa + \gamma(D_v + D_c)] + PC_{HA^*} + PC_{HA_d^*} + PC_{HA_d^{**}} \quad (16)$$

제안 기법의 위치 업데이트 비용의 계산은 다음 식을 따른다.

$$C_{loc} = \frac{\pi_R \alpha_{R,R+1} C_H}{T} + \frac{(1 - \pi_R \alpha_{R,R+1})[\omega C_{LD} + (1 - \omega) C_{LN}]}{T} \quad (17)$$

$$C_H = 2(\kappa + \gamma D_v) + 2N_{CN}[\kappa + \gamma(D_v + D_c)] + PC_{LMA_M} + PC_{LMA_H} + PC_{LMA_V} + N_{CN} PC_{CN} \quad (18)$$

$$C_{LN} = 2(\kappa + \tau D_v) + PC_{LMA_H} \quad (19)$$

$$C_{LD} = 2(Z_s Y_s + Z_l Y_l)(\kappa + \gamma D_v) + 2Z_p Y_p N_{CN}[\kappa + \gamma(D_v + D_c)] + PC_{LMA_H} + PC_{LMA_V} \quad (20)$$

T 는 평균 셀 등록 시간이고 κ , τ 는 각각 선이 있는 링크와 선이 없는 링크에서의 유닛 전송 비용이다. D_v , D_c , D_h 는 각각의 노드간 홉수이고 N_{CN} 은 MN과 통신하는 CN_s 의 수를 나타낸다. PC_{xx} 는 각 노드에서 바인딩을 위해 업데이트 프로세스 하는 프로세스 비용을 말한다. *는 대리 프로세스에 발생하는 비용을 말

한다. 마지막으로 $Y_{s/l/p}$ 와 $Z_{s/l/p}$ 는 각각의 상태, 위치, 경로 관리 대리확률을 말한다. MIP, HMIP의 위치 업데이트 비용은 비슷한 방법으로 계산된다.

나. 패킷 전송 비용 모델

다음으로 패킷 전송 비용을 살펴보자. N_{MN} 은 현재 LMA 도메인에서 총 사용자이다. 그리고 그것은 다음과 같이 표현된다. N_{MAG} 은 현재 LMA 도메인에 접속하는 MAG의 수를 나타낸다. K 는 MAG의 범위에 있는 사용자의 평균수를 나타낸다.

$$N_{NM} = N_{MAG} K \quad (21)$$

패킷 전송 비용은 다음 식을 따른다. C_{MAG} , C_{LMA} , C_T 는 각각 LMA와 MAG에서 패킷 전송을 위해 발생하는 비용을, CN과 MN간의 패킷 전송 비용을 나타낸다.

$$C_{pkt} = C_{MAG} + C_{LMA} + C_T \quad (22)$$

C_{MAG} 는 룩업과 라우팅 비용의 두 부분으로 나누어진다. 룩업 비용은 맵핑 테이블 크기에 비례한다. 룩업 비용은 다시 말해 MN의 개수에 비례한다. 한편 라우팅 비용은 LMA도메인 내의 MAG 개수의 로그함수에 비례한다. C_{LMA} 은 라우트 최적화는 첫 번째 패킷을 전송하는 LMA에 부합하는 노드에 있다. 세션의 모든 패킷은 MN에 직접 전송되어야 한다. C_T 는 전송 비용이다. 이것은 거리와 연관이 있는데 MN과 CN사이의 홉의 개수를 의미한다. 앞에서 논의한 요소들을 사용하여 총 패킷 전송 비용은 다음과 같이 표현할 수 있다.

$$C_{pkt}^{DisMob} = \lambda_s([\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{MAG})] + \lambda_s \theta_{LMA} + \tau \lambda_s[(S-1)(D_c + D_h) + (D_h + D_v)] + \kappa S) \quad (23)$$

$$C_{pkt}^{Proposed} = \lambda_s([\alpha N_{MN} + \beta \log(N_{MAG})] + \lambda_s \theta_{LMA} + \tau \lambda_s[(S-1)D_c + D_v] + \kappa S) \quad (24)$$

λ_s , S , θ_{LMA} 는 각각 세션 도착률, 패킷 유닛의 평균 세션 사이즈, 패킷 프로세스 비용을 나타낸다. α , β 는 첨가 요소들이다.

다. 위치 업데이트 비용 분석

지금까지 논의한 이동성 모델에 기초한 결과를 확인하여 보자. 표 3은 시스템의 각 요소들의 수치이다. 평가 방법은 MIP, HMIP, DisMob와 제안 기법을 바탕으로 분석한다.

표 3. 평가에 사용된 기본 시스템 수치
Table 3. Basic system parameters used in the evaluation

| PC_{CN} | PC_{LMA} | PC_{LMA^*} | $PC_{LMA_d^+}$ |
|-------------------|----------------|------------------|----------------|
| 6 | 24 | 24 | 12 |
| N_{MAG} | N_{CN} | ω_{MN} | ω_{MAG} |
| 1 | 2 | 0.1 | 0.2 |
| Y_x | Y_l | Y_p | D_h |
| 0.7 | 0.7 | 0.7 | 6 |
| ω | q | K | α |
| 0.55 | 0.4 | 4 | 0.1 |
| $PC_{LMA_d^{**}}$ | θ_{LMA} | θ_{LMA^*} | S |
| 12 | 20 | 20 | 10 |
| Z_x | Z_l | Z_p | γ |
| 0.1 | 0.6 | 0.3 | 0.43 |
| D_v | D_c | κ | τ |
| 4 | 2 | 2 | 1 |
| β | L_c | λ_s | |
| 0.2 | 120 | 0.1 | |

대부분 이동성 시스템에서의 캐릭터 특징 중 하나는 위치 업데이트 절차이다. 위치 업데이트 비용평가가 첫 번째이다. 그림 5와 6은 LMA도메인 사이즈 1, 4의 각각 평균 셀 등록 시간에 따른 위치 업데이트 비용을 보여준다.

위치 업데이트 비용은 사용자 이동성과 밀접한 연관이 있고 셀 등록 시간은 그 평가의 좋은 지표로 여겨진다. 그래서 위치 업데이트 비용은 셀 등록 시간이 증가할수록 감소한다. 게다가 LMA도메인 R사이즈가 작을수록 많은 빈도수로 MN은 지역 위치 업데이트 프로세스보다 광역 위치 업데이트 프로세스를 수행하게 된다. HMIP, DisMob, 제안 기법은 MIP보다 좋은 효율을 보여준다. 이 3방법은 지역 위치 업데이트를 MN이 좁은 지역에서 이동하는 동안 위치업데이트 비용을 생략한다. 반면 MIP는 광역 위치 업데이트를 매번 수행한다. LMA도메인 크기 R이 증가하면서 MIP비용은 일정한 상태를 유지한다. 그 결과 MIP와 비교하여 다른 3가지 방법은 위치업데이트 비용 관점에서 좋은 방법임을 알 수 있다.

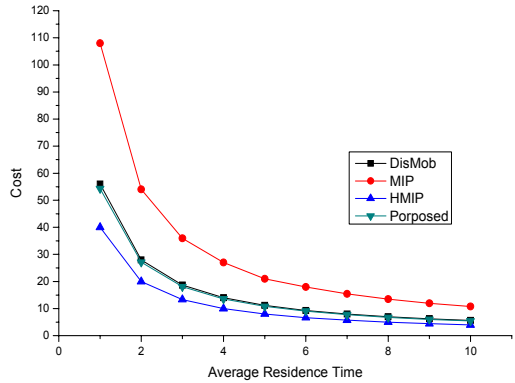


그림 6. 위치업데이트 비용 도메인 사이즈 1
Fig. 6. Location update cost over residence time with domain size 1

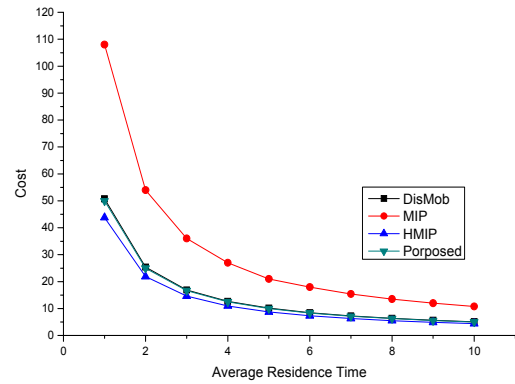


그림 7. 위치업데이트 비용 도메인사이즈 4
Fig. 7. Location update cost over residence time with domain size 4

라. 패킷 전송 비용 분석

패킷 전송 비용은 이동성 시스템 평가로서 다른 측정 기준이다. 패킷 전송 프로세스는 위치 업데이트 비용이 사용자 이동성과 연관 있듯이 사용자 수와 연관이 있다. 다시 말해 패킷 전송 비용은 LMA도메인에 있는 MN의 수가 증가할수록 증가한다. MIP는 라우트의 최적화와 상관없이 다음 그림과 같은 결과를 보여준다. MIP는 패킷 전송 비용이 동일하다. 패킷 전송 비용이 다른 3방법은 MN의 수에 따라 선형적으로 증가한다. 이것은 조회 절차 비용이 셀 안의 MN수와 선형 관계에 있기 때문이다. MIP의 경우는 MIP터널을 사용하는 동일 전송 메커니즘으로 상수와 같은 그래프 형태를 보인다. 패킷 전송 비용의 관점에서 보면 MIP가 다른 메커니즘과 비교할 때 제일 효과적인 전송 방법임을 알 수 있다.

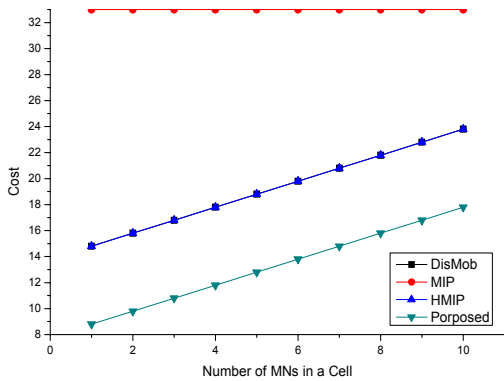


그림 8. 패킷 전송 비용 분석 도메인 사이즈 1
Fig. 8. Packet delivery cost analysis in domain size 1

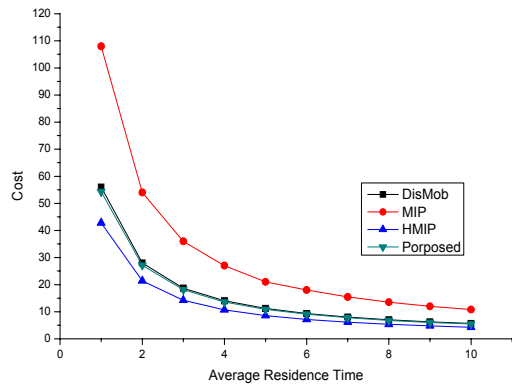


그림 10. 위치 업데이트 비용 분석
Fig. 10. Location update cost analysis

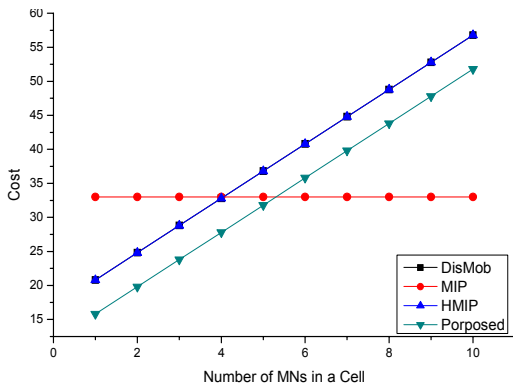


그림 9. 패킷 전송 비용 분석 도메인 크기 4
Fig. 9. Packet delivery cost analysis in domain size 4

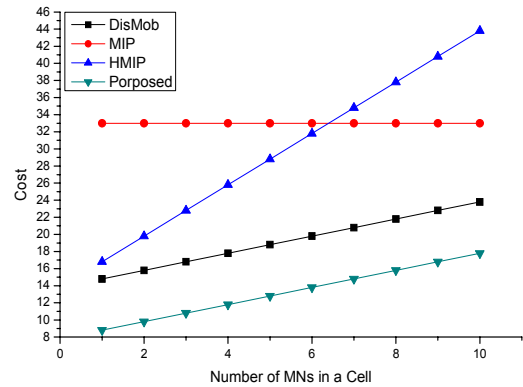


그림 11. 패킷 전송 비용 분석
Fig. 11. Packet delivery cost analysis

마. 총비용 분석

위의 2가지 방법으로 MIP와 다른 방법의 위치업데이트와 패킷 전송 비용을 분석하고 이점을 살펴보았다. 총비용을 분석함에 있어 우리는 위임 요소를 조절함으로써 좀더 공정한 평가를 제공하고자 한다. 모든 고려된 시스템에서 현지 상태를 만들기 위해서 γ, ω 는 다음과 같이 계산이 된다.

$$1 - \gamma = \frac{\pi R^2}{4\pi R^2} \Rightarrow \gamma = \frac{3}{4} \tag{25}$$

$$1 - \omega = \frac{\pi R^2}{4\pi R^2} \Rightarrow \omega = \frac{8}{9} \tag{26}$$

이것은 HMIP는 R=3, DisMob은 R=1, 제안 기법은 R=1일 때 비용 분석 측면에서 균등하게 비교할 수 있다. 그림 9와 그림 10은 각각 정해진 지역에서 위치 업데이트 비용과 패킷 전송 비용 분석을 나타낸다. 위임 비용은 위치 업데이트 비용과 밀접한 관련이 있어 보이나 패킷 전송 비용은 LMA도메인 크기와 밀접한 관련이 있다.

바. SMR을 통한 총비용 분석

이 장에서 총비용 분석을 볼 것이다. 유동성 시스템 평가를 위해서 일반적으로 SMR(Session to Mobility Ratio)이 사용된다. SMR은 개인 통신 서비스 네트워크에서 모바일 네트워크 셀 모바일 비율 보완이다. 그리고 사용자 이동성과 세션 도착율의 상대적 비율이다. Random walk 모델에서 SMR은 다음과 같이 정의된다.

$$SMR = \lambda_s T \quad (27)$$

여기서 우리는 위임 요소를 조절함으로써 좀더 공정한 평가를 하려고 한다. 모든 고려된 시스템을 위한 설정을 하기 위해서 다음과 같은 방법으로 계산한다. HMIP(R=3), DisMob(R=1), 제안 기법(R=1)의 도메인 크기를 제한함으로써 비용 분석 측면에서 고르게 평가할 수가 있게 된다.

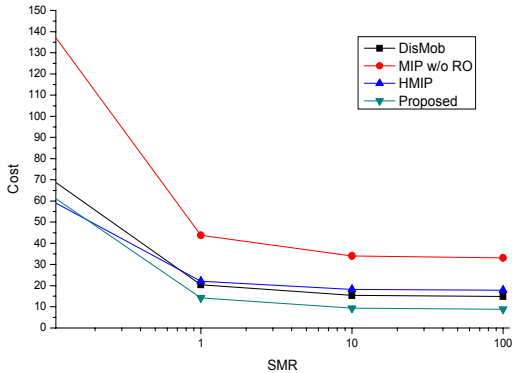


그림 12. 통합지역에서의 비용 분석
Fig. 12. Cost analysis in unified local area

그림 11을 보면 총비용에 대한 통합지역에서의 SMR 결과를 보여주고 있다. SMR이 1보다 작을 경우에는 HMIP가 DisMob, 제안 기법보다 좋음을 볼 수 있다. 그러나 SMR이 1보다 커지면 DisMob, 제안 기법이 좋은 성능을 보임을 볼 수 있다. 최종적으로 그림 9, 그림 10와 그림 11을 통한 분석을 보면 제안 기법이 위치 업데이트 비용, 패킷 전송 비용 및 SMR 평가를 통해 높은 유연성을 나타냄을 알 수 있다.

V. 결론

이 논문에서 우리는 기능분산 이동성 시스템을 제안하였다. 이전의 MIP, HMIP과 DisMob의 위치 업데이트 비용과 패킷 전송 비용을 분석하였다. 이동성 방법과 SMR의 관점에서 Random-walk 이동성 모델을 적용하였다. 비용 분석의 결과, HMIP과 DisMob는 비슷한 성능을 보였고 MIP보다 좋은 성능을 보여주었다. 높은 SMR에서 MIP는 좀더 좋은 성능을 낮은 SMR에선 다른 세

가지 방법이 좋은 성능을 보여주었다. 제안하는 기능분산 이동성 방법은 통합된 지역에서 동시에 모든 SMR 환경을 대처하기 위한 비용 분석에서 좋은 성능을 보여주었다. 즉, 매우 효과적이고 유연한 방법임을 증명하였다.

앞으로, PMIP에 기반을 둔 이기종간의 네트워크 환경에서 기능분산의 이동성 시스템을 연구할 것이며, 사용자의 이동성에 의한 인증 위임의 보안과 정확성 등으로 확대해 나갈 예정이다.

참고 문헌

- [1] C. Perkins, "IP mobility support for IPv4." IETF RFC3344, August 2002.
- [2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility support in IPv6." IETF RFC3775, June 2004.
- [3] R. Koodli, "Mobile IPv6 fast handovers." IETF RFC5568, July 2009.
- [4] H. Soliman, C. Castelluccia, K. ElMalki, and L. Bellier, "Hierarchical mobile IPv6 (HMIPv6) mobility management." IETF RFC5380, October 2008.
- [5] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. Chowdhury, and B. Patil, "Proxy mobile IPv6." IETF RFC5213, August 2008.
- [6] 3GPP TS23.401, "General packet radio service (GPRS) enhancements for evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN) access." V9.3.0, December 2009.
- [7] 3GPP TS23.402, "Architecture enhancements for non-3GPP accesses." V9.3.0, December 2009.
- [8] J. Pan, S. Paul, R. Jain, and M. Bowman, "MILSA: a mobility and multihoming supporting identifier locator split architecture for naming in the next generation internet," in Proc. of IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM08), November 2008.
- [9] Guan, J. Implementation and analysis of proxy MIPv6. Wireless Communications and Mobile Computing, 9999(9999) November 2009.
- [10] V. W. S. Wong and V. C. M. Leung, "Location

- management for next-generation personal communications networks,” IEEE Network, pp. 18 - 24, September 2000.
- [11] J. S. M. Ho and I. F. Akyildiz, “A dynamic mobility tracking policy for wireless personal communications networks,” in Proc. of IEEE Global Communications Conference (GLOBECOM'95), vol. 1, November 1995.
- [12] J. Li, H. Kameda, and K. Li, “Optimal dynamic mobility management for PCS networks,” IEEE/ACM Transactions on Networking, vol.8, June 2000.
- [13] K. T. Chen, S. L. Su, and R. F. Chang, “Design and analysis of dynamic mobility tracking in wireless personal communication networks,” IEEE Transactions on Vehicular Technology, vol. 51, May 2002.
- [14] W. J. Choi and S. Tekinay, “An adaptive location registration scheme with dynamic mobility classification,” in Proc. of IEEE International Conference on Communications (ICC'02), vol. 1, 2002.
- [15] R. Zheng, Y. Ge, J. C. Hou, and S. R. Thuel, “A case for mobility support with temporary home agents,” ACM SIGMOBILE Mobile Computing and Communications Review, vol. 6, pp. 32 - 46, January 2002.
- [16] Y. S. Yen, C. C. Hsu, Y. K. Chan, and H. C. Chao, “Global dynamic home agent discovery on mobile IPv6,” in 2nd International Conference on Mobile Technology, Applications and Systems, November 2005.
- [17] S. Pack and Y. Choi, “A study on performance hierarchical mobile IPv6 in IP-based cellular networks,” IEICE Transactions on Communications, vol. E87-B, pp. 462 - 469, March 2004.
- [18] B. Singh, “Signaling cost analysis in mobile IP,” in Proc. of IET International Conference on Wireless, Mobile and Multimedia Networks, pp. 188 - 191, January 2008.
- [19] Anthony Ephremides, Jeffrey E. Wieselthier, Dennis J. Baker, “A design concept for reliable mobile radio networks with frequency hopping signaling”, Proc. of IEEE 75(1), pp.56-73, 1987.
- [20] Gen Motoyoshi, Kenji Leibnitz and Masayuki Murata, “Function-Distributed Mobility System for the Future Internet”, in Network Operations and Management Symposium Workshops (NOMS Wksp), pp. 28 - 35 2010 IEEE/IFIP April 2010.

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임
(2011-0027030) 교신저자 : 정종필

저자 소개

나 도 경(정회원)



- 2005: 카톨릭대학교 정보통신공학과 (공학사)
- 2011: 성균관대학교 정보통신대학원 (석사과정)
- <주관심분야 : Network Security>

정 종 필(정회원)



- 1997: 성균관대학교 (공학사)
- 2003: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학석사)
- 2008: 성균관대학교 정보통신공학부 (공학박사)
- <주관심분야 : Mobility Management, Proxy Mobile IPv6, IEEE 802.16e, Seamless Handover, IPTV, NGN, Home Networking, IMS, Network Security>