http://dx.doi.org/10.3745/KTCCS.2013.2.7.293

Design and Performance Analysis of A Novel P2P-SIP Architecture for Network-based Mobility Support in Intelligent Home Networks

SeungWon Kim† · JongPil Jeong††

ABSTRACT

Home network providers have many worries about providing home network services with an expandable, reliable, flexible and low-cost structure according to the expanding market environment. The existing client-server system has various problems such as complexity and high costs in providing home network services. In this paper we propose the P2P-SIP structure. P2P communication terminal supporting access of distributed resources provides functions which the existing SIP-based network devices have. Because diverse terminals in a home network access through networks, also, partitioning network domains with home gateways to manage, and applying the network-based PMIPv6(Proxy Mobile IPv6) technology considering mobility of terminals would help to have a more efficient home network structure. Especially, the proposed P2P-SIP structure proves itself as a very efficient structure to have an outstanding expandability among different home networks in a region, and to reduce maintenance costs.

Keywords : Home Network, Home Gateway, Intelligent, Smart Home, P2P, SIP, P2P-SIP, PMIPv6

지능형 홈네트워크에서 네트워크 기반의 이동성 지원을 위한 P2P-SIP 구조의 설계 및 성능분석

김 승 원† · 정 종 필††

요 약

홈네트워크 사업자는 빠르게 확대 되는 시장 환경에 맞춰 확장성, 신뢰성, 유연성, 저비용의 구조로 홈네트워크 서비스를 제공하는 것에 대해 많은 고민을 하고 있다. 기존 클라이언트-서버 방식은 홈네트워크를 서비스하는데 있어 복잡성, 고비용 등 다양한 문제가 존재한다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 P2P-SIP(Peer to peer - Session Initiation Protocol) 구조를 제안한다. 분산된 자원의 접근을 지원하는 P2P(Peer to peer) 통신 방식의 단말에서 기존의 SIP(Session Initiation Protocol)기반 네트워크 장치들이 가지던 기능을 제공한다. 또한 단말의 이동성을 고려한 네트워크 기반의 PMIPv6(Proxy Mobile IPv6)기술을 적용하여 이동성 관리에 따른 지연시간을 최소화한다. 특히 제안하는 P2P-SIP 구조는 평면 구조에 비해 지역 내 다양한 홈네트워크 간의 뛰어난 확장성과 유지비용을 절감하는 매우 효율적인 구조임을 보여줬다.

키워드 : 홈네트워크, 홈게이트웨이, 지능형, 스마트홈, P2P, SIP, P2P-SIP, PMIPv6

1. 서 론

홈네트워크란 가정 내의 모든 가전기기가 네트워크로 연결되어 원격 제어, 멀티미디어 등 주택 내의 다양한 정보기술 서비스를 제공 하는 것으로, 현재 세계 주요국들은 미래의 IT 환경이 가정을 중심으로 전개될 것을 전망하고 있다. 현재, 공동 주택과 신축아파트 등 새로운 주거 공간을 홈네트워크로 구성하고 있는 만큼, 홈네트워크 설치는 이미 대중화 되고 있다. 최근 사물통신 및 이동통신 기술이 발달하면서 지능형 홈네트워크의 시장 규모는 점점 커지고 있으며, 한국정보통신기술협회의 ICT 표준 전략 맵 2012에 따르면 2014년에 약 11조원 규모의 성장 가능성을 예측하고 있다. 홈네트워크 사업자는 확대 되는 시장 환경에 맞춰 얼마나 확장성, 신뢰성, 유연성, 저비용의 구조로 홈네트워크를 구성할지에 대해 많은 고려를 해야 한다[1].

기존 홈네트워크 시스템은 각 단말기기마다 네트워크 설정을 통해 서버에 접근하여 서비스를 처리하는 클라이언트-서버 방식을 채택하였다. 클라이언트-서버 방식은 홈네트워크를 서비스하는데 있어 확장성의 한계, 고가의 유지보수

† 준 회 원 : 성균관대학교 정보통신대학원 석사과정
†† 정 회 원 : 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수
논문접수 : 2012년 12월 26일
수 정 일 : 1차 2013년 3월 18일, 2차 2013년 4월 26일
심사완료 : 2013년 4월 26일
* Corresponding Author : Jongpil Jeong(jpjeong@gmail.com)

비용 발생, 가정 내 단말이 지역을 이동할 때마다 네트워크 설정을 변경해야 하는 비효율적인 구조를 가지고 있다. 본 논문에서는 이러한 단점들을 해결하기 위한 P2P-SIP(Peer to peer - Session Initiation Protocol) 구조를 제안한다. 분산된 자원의 접근을 지원하는 계층적 P2P(Peer to Peer) 통신 방식에 기존 SIP(Session Initiation Protocol) 기반 홈 네트워크 장치들이 가지던 기능을 제공한다[2-5].

제안하는 구조는 서버로 집중되는 트래픽을 분산시켜 서버의 유지보수 비용을 대폭 줄일 수 있고 서버에서 장애가 발생하거나 서버가 공격당하는 경우 서비스가 완전 마비되는 경우가 발생하지 않아 지속적인 서비스가 가능하므로, 높은 가용성을 유지할 수 있다[6-8]. 또한 삼각 라우팅 문제를 해결하고 단말의 이동성 지원을 고려한 네트워크 기반의 PMIPv6 (Proxy Mobile IPv6) 기술을 적용하여 이동성 관리에 따른 지연시간을 최소화 하였다[9].

만약 국내에서 홈네트워크 서비스를 제공한다고 가정했을 때, 지역별로 수백만 또는 수천만 단말들의 등록과 위치 정보를 고려해야 한다. 제안하는 논문은 가정 내 수많은 단말의 등록과 위치를 P2P 네트워크상에서 관리하기 위해 홈, 지역 2개의 레벨로 구분하여 관리한다. 홈, 지역 레벨만 구분한 이유는 글로벌 레벨을 포함한 P2P-SIP 구조를 홈네트워크에서 고려할 필요는 없기 때문이다[10]. 가정의 수많은 단말의 등록과 위치를 관리하기 위한 SIP 서버들의 기능을 네트워크 내의 게이트웨이들로 분산 배치하여 확장성, 유연성 및 유지보수를 위한 관리 비용을 줄일 수 있다. 또한 P2P-SIP 네트워크를 하나의 네트워크로 활용하여 자율 분산적으로 세션 제어가 가능하다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 평면 구조, P2P-SIP 구조, 네트워크 기반 이동성 관리, 지능형 홈네트워크에 대해 소개한다. 3장에서는 지능형 홈네트워크에서 네트워크 기반의 이동성 지원을 위한 P2P-SIP 구조의 설계에 대해 기술한다. 4장에서는 제안하는 방법의 성능 분석 및 평가를 분석하고 5장에서 결론을 논한다.

2. 관련 연구

2.1 평면 구조

가장 기본적인 네트워크 구조로 서비스를 요구하는 클라이언트와 서비스를 제공하는 서버로 구성되어 수많은 클라이언트들이 서비스 처리를 위해 서버에 집중되는 모습을 볼 수 있다. Fig. 1은 평면 네트워크 구조에 대해 나타내고 있다.

평면 구조는 소규모 네트워크를 구성하기에 적합한 모델이다. 하지만 확장성의 한계, 서버에 집중되는 구조 기반 시스템에 대한 보안 취약성, 신규 서비스를 위한 유연성 등 다양한 단점이 존재한다. 또한 서버에 집중되는 탓에 서버의 장애가 발생하는 경우 클라이언트가 역할을 대체 할 수 없는 단점과 유지보수에 많은 비용이 투자된다. 그러므로 홈네트워크 인프라를 구축하기에는 바람직한 구조라고 할 수 없다[3].

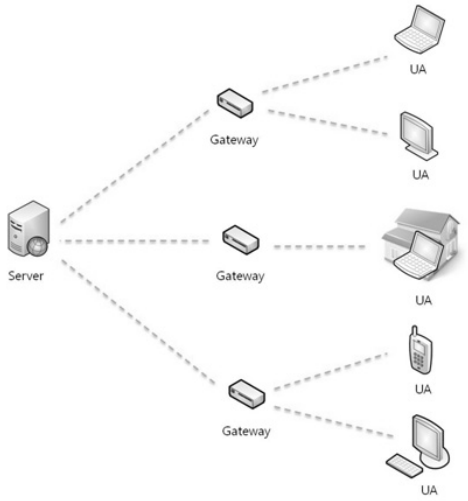

Fig. 1. Flat Architecture

2.2 P2P-AIP 구조

P2P는 라우팅 정보의 구조를 기준으로 구조적(Structured) 방식과 비구조적(Unstructured) 방식으로 구분한다. 비구조적 P2P 방식은 무작위로 네트워크를 구성하여 결과 값에 대해 무한정 대기하므로 효율적인 네트워크 구조라고 보기 어렵다. 구조적 P2P 방식은 예측한 시간 내에 응답이 없는 경우 찾고자 하는 자원이 없음을 확인할 수 있는 기능을 제공한다. 제안하는 P2P-SIP구조는 분산 해시 테이블 기법인 DHT(Distributed Hash Table)를 사용해 구조적 P2P 방식의 특성을 부여하고 효율성, 확장성, 안전성을 동시에 만족시킨다[11]. Fig. 2는 P2P-SIP 구조를 나타내고 있다. P2P-SIP 네트워크에는 고정된 서버가 없으며, P2P-SIP 네트워크에 참여한 단말들을 통해 기존 서버가 수행 했던 처리를 대신 한다[12].

각 단말들이 협업하여 서로를 연결하고 정보를 교환하여 서버의 기능을 수행한다. 각 단말 간에 구성되는 네트워크

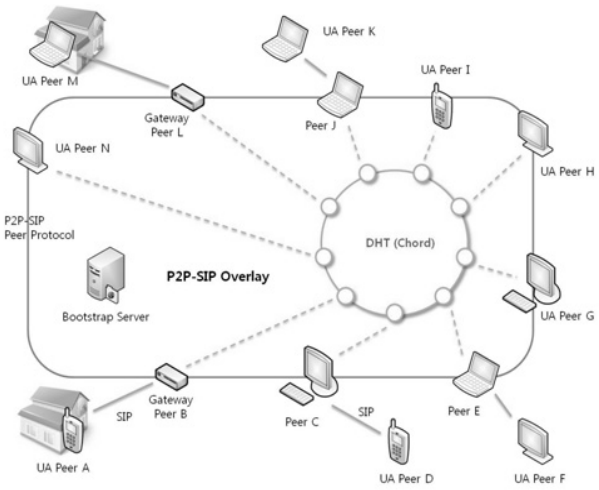

Fig. 2. P2P-SIP Architecture

는 DHT가 사용되며, P2P 네트워크에 저장되는 데이터를 효율적으로 검색할 수 있다. P2P 네트워크에 데이터를 저장할 때 일정한 규칙을 가지고 저장할 피어를 결정하고, 그 피어가 해당 데이터를 저장하기 때문에, 데이터 검색 시에도 동일한 규칙을 적용하여 해당 데이터를 가진 Peer를 찾는다. 또한, P2P-SIP 네트워크에 접속하려는 피어에게 기존에 연결되어 있는 피어의 정보를 알려주는 부트스트랩 서버가 존재한다. P2P-SIP 구조로 홈네트워크 시스템을 구성하려는 가장 큰 목적은 P2P의 확장성과 서버 유지비용의 절감이다. 가정에서 사용하는 수많은 단말, 즉 피어들의 등록과 위치 정보를 고려해야 하는 종래 SIP 서버들이 자율 분산적으로 세션 제어를 하여 부담을 최소화 하고 네트워크 서비스 사업자는 확장성, 서버 유지비용 절감 이라는 큰 장점을 획득할 수 있다. 서버에 데이터가 집중되는 모습이 아닌, 각 단말들이 정보를 생산하고 저장하며 서로 정보를 교환하여 융합하는 모습을 보여준다. 또한, 사업자는 자신의 P2P-SIP 네트워크 그룹을 구성하여 분산화 된 SIP 서비스 구축을 통해 운영 및 구축비용을 줄일 수 있으며, 자신만의 네트워크 서비스를 구축할 수 있다.

2.3 네트워크 기반 이동성 관리

네트워크 기반 이동성관리 기법이란 단말이 다른 지역으로 이동 할 때 네트워크 연결을 유지 시키는 기술을 말한다. 호스트 기반 이동성 프로토콜을 이용한 구조에서는 단말이 다른 지역으로 이동하여 핸드오버가 발생 할 때 직접 자신의 위치를 등록해야 했으나, 네트워크 기반 이동성을 지원하는 프로토콜인 PMIPv6는 이동성 관리를 네트워크 에이전트에서 수행하여 단말이 이동성 프로토콜 스택을 탑재하지 않아도 서비스를 제공받을 수 있어 단말의 부하 및 전체적인 비용 그리고 이동성 관리에 따른 지연 시간을 최소화할 수 있다[13-14].

Fig. 3는 PMIPv6의 도메인 구조에 대해 나타내고 있다. 도메인 네트워크와 단말의 위치 정보를 관리하는 LMA (Local Mobility Anchor)를 중심으로 단말의 이동 감지 기능을 담당하는 MAG(Mobile Access Gateway), 그리고 AAA(Authentication, Authorization and Accounting) 서버의 구성요소로 이루어져 단말의 세션 연속성을 제공한다[15]. PMIPv6 도메인 내에서 MN(Mobile Node)이 접속을 성공적으로 수행하면, 네트워크는 MN이 항상 홈 네트워크 내에 있는 것처럼 된다. MN이 PMIPv6 도메인 내의 어느 곳으로 이동해도 항상 동일한 HNP(Home Network Prefix)를 할당 받는다. LMA와 MAG간에는 양방향 터널로 연결되어 있으며, 분산 이동성 제어 기법을 사용해 LMA와 MAG 사이에 형성된 터널에서 패킷 전달 시 발생하는 병목 현상 및 종단 간 지연을 해결 할 수 있다][16].

2.4 지능형 홈네트워크

지능형 홈네트워크란 가정 내 시스템 및 기능을 지능화해 인간의 삶을 편리하고 즐겁고 윤택하게 만들 수 있도록 주거 환경을 제공하는 것이다. 시간과 장소의 제약을 받지 않고 유무선 네트워크를 통해 가전, 방재, 보안기기 등의 원격 조절은 물론이고, 사람의 조작이 없어도 가정 내 가전들이 서로 통신을 송수신하여 상태를 인식하고, 작동하는 등 거주자는 시간과 장소에 구애 받지 않고 고품질의 생활 서비스를 제공받을 수 있다. Fig. 4는 지능형 홈네트워크의 구조를 나타내고 있으며, 가정 내 기기들과 홈 게이트웨이와 홈 서버들로 구성된다.

지능형 홈네트워크를 구성하기 위해서는 네트워크 인프라가 가장 중요하다. 특히, 기존 홈네트워크 시스템은 가정 내 단말이 이동 시 또는 외부에서 원격 제어를 위해 고가의 홈 서버를 설치하여 관리를 해야 한다. 이는 많은 유지보수 비용을 필요로 하게 되며, 홈 서버에서 장애가 발생하거나 홈 서버가 공격을 당해 마비가 되는 경우 가정 내 단말의 네트워크 서비스가 불가능하게 된다. 기간 망과 연결되는 가입자 망으로부터 분리, 독립적으로 동작해 개인 보안을 유지할 수 있고 외부 네트워크를 이어주는 중간 매체 역할인 게이트웨이는 지능형 홈네트워크의 중심이라고 할 수 있다.

홈게이트웨이는 가정 내의 다양한 장치들을 연결하여 네트워크 서비스를 제공한다. P2P-SIP는 네트워크 장치들이 가지던 기능을 단말에서 제공하므로 기존 SIP 기반 서비스

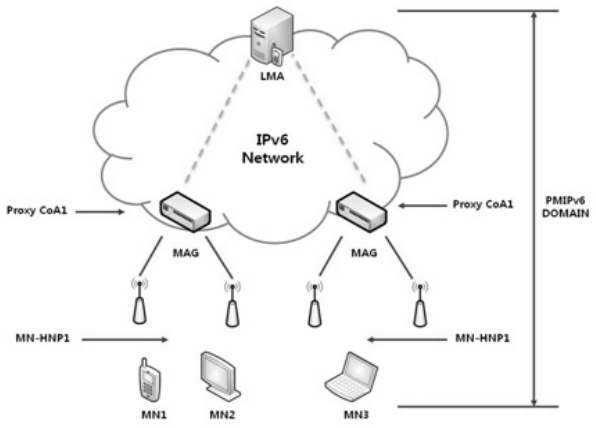

Fig. 3. Domain Structure of PMIPv6

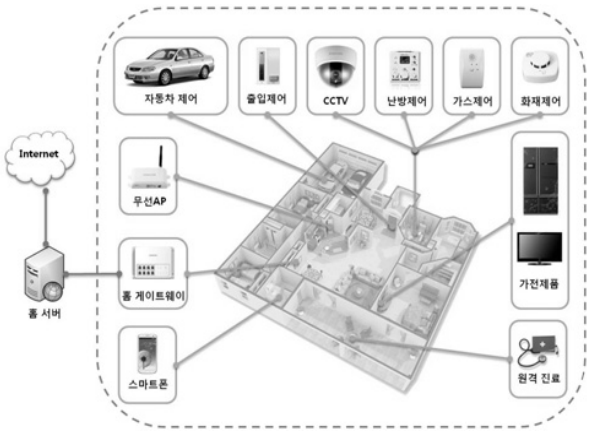

Fig. 4. Structure of the Intelligent Home network

보다 더 확장된 영역에서 저렴한 비용으로 홈네트워크 서비스 제공이 가능하다[17-18]. 이와 같은 P2P-SIP 기반으로 운영 가능한 홈네트워크에 대해 다음 장에서 소개한다.

3. 네트워크 기반의 이동성 지원을 위한 P2P-SIP

3.1 P2P-SIP 구조

제안하는 P2P-SIP 구조는 최소한의 네트워크 장치로 안정적이고 확장성 있는 홈네트워크 서비스를 제공할 수 있다. 모든 단말기기는 P2P-SIP 네트워크에 등록된 단말로 SIP 프로토콜을 사용하여 통신을 주고받는다. Fig. 5는 홈네트워크에서의 P2P-SIP 구조를 나타낸다.

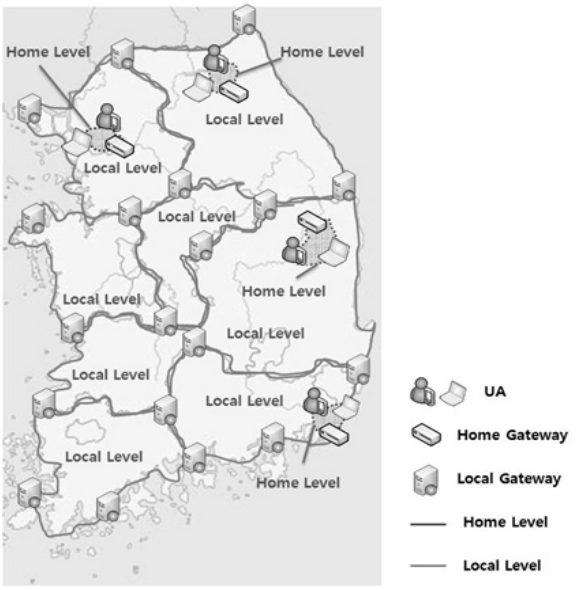

Fig. 5. The Proposed 2 Level P2P-SIP Architecture

홈과 로컬을 고려한 2 레벨 구조로 가정 내 단말은 홈게이트웨이가 관리하고 타 지역으로 이동하는 경우 로컬 게이트웨이에서 감지하여 정보를 전달한다. PMIPv6 프로토콜을 이용해 네트워크 에이전트에서 이동성 관리를 수행함으로써, 부하 및 핸드오버를 통해 발생하는 지연시간을 최소화 한다. 가정 내 단말기기는 홈 레벨의 P2P-SIP 네트워크 내 가입자로 등록되어 있어야 한다. 네트워크 가입을 위해서는 인증서가 필요하므로 보안에 대해 안전하다. 또한, 지역으로 구분하여 단말을 관리하기 때문에 빠른 속도로 인증 처리가 가능하다. 단말 정보에 대해서는 부가적으로 표시되는 최소한의 변경 사항만을 보존한다.

SIP 서버에서 장애가 발생하는 경우 상위 레벨의 게이트웨이가 역할을 대신한다. 만약 상위 레벨의 게이트웨이가 없다면, SIP 서버가 복구 될 때까지 처리된 노드가 게이트웨이 역할을 수행한다. 장애 중 P2P 네트워크 가입은 차단하지만, 네트워크 내 로그인 되어 있는 단말들은 평상시처럼 조회, 접속이 가능하다. 가입을 차단하는 이유는 가입 노드에 로그인하여 가짜로 사용자 이름과 암호를 사용할 수 있기 때문이다. SIP 서버가 복구 되면, P2P 네트워크를 통해 정상화되었음을 알리는 공지 메시지를 멀티캐스트로 전송한다. 이후 상위 레벨의 SIP 서버로 가입하여 게이트웨이 역할을 수행한다.

현재 게이트웨이가 다운, 이동, 만료 등의 사유로 사용할 수 없는 상태가 되는 경우 새로운 게이트웨이를 선택해야 한다. 홈 레벨의 단말 중 SIP 서버의 존재 없이 로컬 게이트웨이를 선택한다. 가입 노드 인증이 불가능하지만, 연결 및 조회 등 게이트웨이의 역할을 수행할 수 있다. 게이트웨이와 연결된 타이머가 만료되면 새로운 로컬 게이트웨이를 선택한다. 현재 게이트웨이는 남은 시간을 기준으로 게이트웨이의 후보 리스트, CPU 전력 및 대역폭을 유지하고 정기적으로 업데이트 된 리스트를 통해 후보에게 HELLO 메시지를 전송한다. 필요한 경우, 후보리스트에서 새로운 게이트웨이를 선택한다. 선택된 게이트웨이는 상위 레벨에 가입하고 새로운 게이트웨이의 선택을 알리는 공지메시지를 전송한다. 공지 메시지 전송 시 타이머가 연결되어 있는 경우 'Expires' 필드를 포함하여 만기되었음을 알린다. 제안하는 구조는 게이트웨이 후보 리스트에서 유지 및 업데이트 내용을 볼 수 있어 필요한 유지 보수비용을 쉽게 알 수 있다. P2P-SIP 네트워크를 통해 게이트웨이의 후보 리스트 업데이트 및 유지가 가능하다. 정기적으로 업데이트 리스트에서 최적의 게이트웨이의 후보를 선택할 수 있기 때문에 매우 효율적이다.

3.2 작동 절차

도메인 기반 특성으로 인해 연결을 설정하면 단말 사이에 홉이 추가되어 삼각라우팅 문제가 발생한다. 그래서 제안하는 구조는 삼각라우팅 문제를 해결 할 수 있는 도메인 기반의 P2P-SIP 홈네트워크 구조로 설계했다. 서울 지역의 단말 A와 부산 지역의 단말 B가 있다고 예를 들었을 때, 서울의 단말 A가 부산 지역으로 이동하는 경우 물리적으로 떨어져 있지만, P2P 네트워크상에서는 중첩될 수 있다. 이것은 조회 처리가 지연되고, 연결 설정을 위해 SIP 메시지의 경로 설정 및 역 추적이 필요하다. 서울의 단말 A와 부산의 단말 B는 라우팅이 가능하도록 동일한 도메인 상에 있으며, 상위 레벨로 역 추적 방지가 가능하다. 일단, 관련 기구의 업무, 응답 등록 등 새로운 SIP 메시지를 전송이 필요하기 때문에 로컬 레벨의 서버가 존재하는지 확인한다. 제안하는 구조의 경로 최적화를 위한 SIP 메시지 전송 처리는 다음과 같다.

1) 단말의 등록 처리 과정

국내 지역 네트워크에 단말을 등록시키는 방법으로, 다섯 단계의 인증이 필요한 등록 처리 과정을 가진다. Fig. 6는 서울 지역의 단말이 부산으로 이동할 때 등록 과정에 대해 나타냈다.

일단, 타 지역에서도 가정 내 단말기기를 원활하게 이용할 수 있도록 가입 노드에 등록한다. 가입 노드는 일반적인 멀티캐스트를 이용해 타 지역 게이트웨이로 전달한다. 타

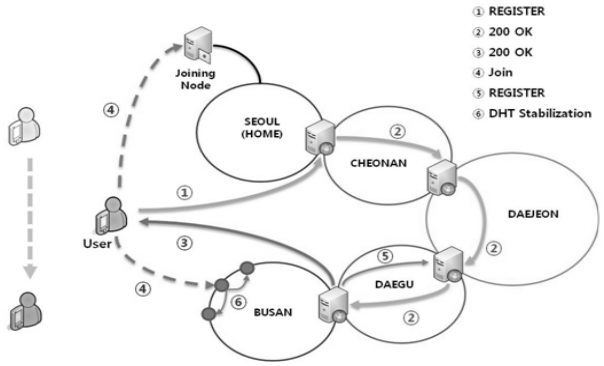

Fig. 6. Registration Mechanism

지역의 서버 주소를 발견하면, 현재 지역 내 홈 서버와 지방 서버로 등록 메시지를 전송 한다(①). 홈 서버는 미리 구성된 주소와 로컬 필드에 도메인 이름을 포함한 등록 메시지를 타 지역의 서버로 전송한다. 이때 “To”, “From”, “Contact” 필드를 포함한 “200 OK” 메시지를 전송한다. 타 지역 서버는 홈 서버가 보낸 “200 OK” 메시지와 가입 노드로부터 홈 서버 정보 메시지를 수신 받는다. 이와 같은 두 SIP 메시지를 통해 Joining 노드를 인증할 수 있다(②). 그 후, 타 지역 서버는 가입 처리 과정과 유사한 전임 서버와 후보 서버의 일부 정보를 “200 OK”메시지와 함께 단말에게 전송한다(③), 가입 노드는 타 지역 네트워크를 가입하고, 홈 영역 네트워크에 등록한다. 로컬 게이트웨이는 시그널링 절차를 이용해 단말의 상태를 알 수 있다(④). 타 지역 서버는 단말의 상태를 알리는 로컬 게이트웨이 등록 메시지를 보낸다(⑤). 마지막으로 DHT 안정화를 수행한다(⑥).

홈네트워크 단말기기가 다른 도메인이나 타 지역으로 이동하는 경우 등록 메시지를 전송하여, 로컬 및 외부 로컬 게이트웨이에 등록이 된다. 이 때, 바로 등록이 완료되지는 않으므로 타 지역 게이트웨이가 처음부터 이 홈네트워크 내 단말을 인증 할 수는 없다. 하지만, 전송 받은 등록 메시지에 포함된 “Local-ID”필드를 기반으로 해당 홈 로컬 게이트웨이 위치를 찾을 수 있다. 반대로, 홈 로컬 게이트웨이는 단말을 인증할 수 있으며, 단말에서 보낸 등록 메시지를 통해 위치 정보를 얻을 수 있다. 추가 위치 쿼리 절차를 통해 홈 로컬 게이트웨이에서 단말 위치에 대한 정보 유지가 가능하다 (알고리즘 1 참조). 위치 쿼리 및 업데이트 절차 (알고리즘 1, 2 참조)를 통해 시그널링 절차와 홈 로컬 게이트웨이 및 단말의 위치를 알고 타 지역 게이트웨이 정보를 유지할 수 있다.

알고리즘 1. 위치 쿼리 절차

첫째, 타 지역 게이트웨이에서 P2P 네트워크를 통해 “Local-ID”를 포함한 위치 쿼리 메시지를 보낸다. 홈 로컬 게이트웨이의 등록 메시지를 수신 받고 응답을 기다리는 것을 포함한다.

둘째, 타 지역 게이트웨이 정보를 수신하는 단말의 위치 정보를 제공한다.

셋째, 타 지역 게이트웨이의 위치 정보를 제공한다.

알고리즘 2. 위치 업데이트 절차

첫째, 타 지역으로 이동 시, 홈 로컬 게이트웨이에게 위치 정보를 포함한 등록 메시지를 전송한다.

둘째, 위치 정보는 로컬 게이트웨이의 추출 정보를 대상으로 한다.

2) 단말의 이동 처리

Fig. 7은 단말의 이동 처리에 대해 나타냈으며, 이동 처리는 타 지역의 네트워크, 게이트웨이의 로그아웃 처리를 수행한다.

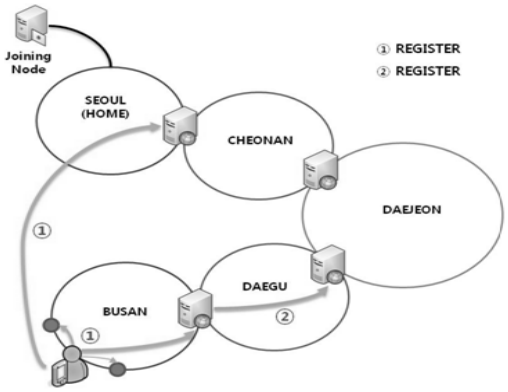

Fig. 7. Move Mechanism

이동하는 단말은 홈 서버, 타 지역 서버에게 만료를 알리는 “Expires”필드를 등록 메시지로 전송한다(①). 타 지역 게이트웨이는 단말의 상태를 보여주고 타 지역 서버에게 정보를 전달한다(②). 이후 DHT 안정화를 위해 홈 서버와 타 지역 서버에게 메시지를 전송한다.

3) 단말의 장애 처리

일반적으로 게이트웨이 장애가 발생하는 경우 새로운 게이트웨이를 선택한다. 하지만, 이와 같은 자체 복구 처리 시, 새롭게 선택된 게이트웨이는 단말의 정보를 잃는다. 이는 추가 정보 저장을 위한 비용 문제 때문이다. 홈 서버는 단말의 정보를 가지고 있기 때문에, 장애가 복구 되면 멀티캐스트로 공지 메시지를 전송한다. 이 공지 메시지를 수신 받는 즉시, 단말 정보 업데이트에 대한 응답 메시지를 보낼 수 있다. 홈 서버는 타 지역 서버를 위해 타 지역의 단말 정보를 가지고 있다. 타 지역 P2P 네트워크에 단말 정보를 등록하기 때문에 장애가 발생해도 단말의 초대 메시지로 타 지역 서버의 장애를 인식 할 수 있다. 홈 서버는 자동으로 단말 기기의 정보를 복구할 수 있는 “200 OK” 메시지를 타 지역 서버로부터 수신한다.

4) 단말의 호출 확립 처리

Fig. 8은 같은 지역의 상대방을 발신 단말이 등록하는 과

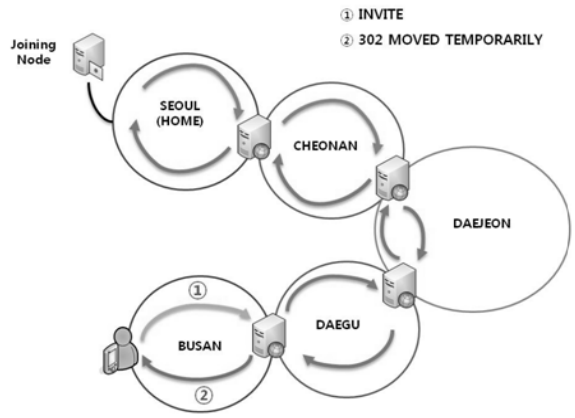

Fig. 8. Call establishment mechanism (user level)

정에 대해 나타냈다. 경로 최적화를 위해서는 상위 홉을 감소해야 한다. 하지만, 제안하는 구조는 같은 도메인에 있는 단말과의 통신을 위해 "302 MOVED TEMPORARILY"메시지를 이용한 호출 성립 처리를 설계하였다.

로컬 게이트웨이는 발신 단말로부터 초대 메시지를 수신하여 단말의 상태를 알 수 있다(①). 단말의 새로운 위치와 "302 MOVED TEMPORARILY" 메시지를 회신한다. "302 MOVED TEMPORARILY" 메시지를 접수하는 즉시 단말은 호출 성립 처리를 수행 한다(②).

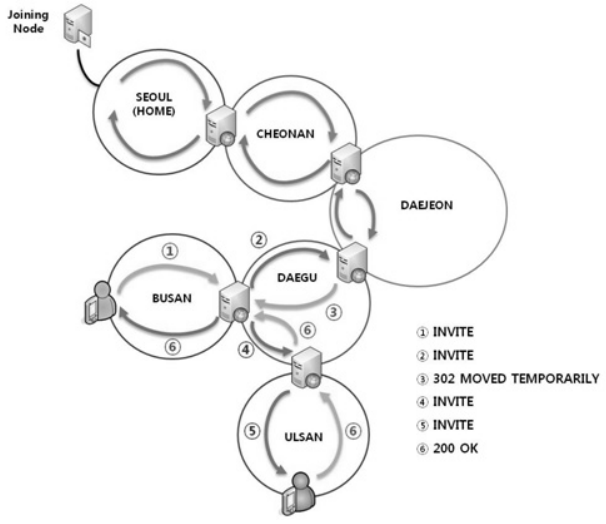

Fig. 9. Call establishment mechanism (local level)

Fig. 9은 단말이 다른 지역으로 이동하여 해당 지역 게이트웨이에 도착할 때까지 초대 메시지가 전달되는 상황에 대해 나타냈다. 로컬 게이트웨이는 단말의 새로운 위치와 "302 MOVED TEMPORARILY" 메시지를 수신 한다(③). 로컬 게이트웨이가 "302 MOVED TEMPORARILY" 메시지를 수신하면, 상대방의 새로운 위치가 같은 지역의 도메인에 있다는 것을 알 수 있다. 나머지는 홈 레벨의 호출 성립 처리와 비슷하다(④,⑤,⑥).

4. 성능 분석

4.1 시스템 모델링

본 장에서는 성능분석을 통하여 제안하는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 메시지 비율, 홉의 수, 지연 시간에 대해 분석한다. 메시지 비율은 P2P 네트워크에서 초당, 노드 당 모든 처리 구성에 의해 생성 된 메시지의 합계이다. 홉의 평균 숫자는 연결 홉 카운트의 평균수이고, 대기 시간은 연결을 설정하는 평균 시간에 대해 계산한다. 메시지 비율(M_{prop})은 홈 레벨(M_h)과 로컬 레벨(M_l)을 합산하여 아래와 같이 구할 수 있다[6].

$$M_{prop} = M_h + M_l \tag{1}$$

홈 레벨을 구하는 수식을 나타내면 아래와 같다[6].

$$M_h = r_s + r_f \log(N_u) E[H_u] + c_u E[H_u] +$$

$$\frac{k}{u_r} E[H_u] + \frac{\lambda \log(N_u) E[H_u]}{N_u} \tag{2}$$

식(2)의 $E[H_u]$ 값은 함수 $h(n,N,p)$을 이용해 구할 수 있으며 아래와 같다[2].

$$h(n,N,p) = 1 + p^{jn} h(n-1,N,p) + (1-p) \times$$

$$\sum_{i=1}^{j_n} p^{jn-i} h\left(n - \left\lfloor \frac{2^i}{2^m/N} \right\rfloor, N, p\right) \tag{3}$$

여기서 j_n의 조건은 아래와 같다.

$$j_n = \max j : 2^j \le \frac{2^m n}{N} \tag{4}$$

n은 홉의 개수, N은 단말/홈 게이트웨이, 로컬 게이트웨이가 P2P 네트워크에 가입된 수이며, p는 m-bit Chord ID와 노드 실패 확률이다. 네트워크에 가입된 모든 단말은 메시지 비율을 기반으로 한다.

P2P 네트워크 내 모든 단말의 가입은 저장키의 값 $k(k = \frac{n}{N})$에 대해 1로 고정되며, 홉의 수는 c_u(노드, 초당 통화)를 위한 초대 비율, 핑거 테이블 r_f(노드 당 초)를 위한 재등록 비율, 사용자 유지 보수 u_r(노드 당 초)을 위한 재등록 간격, 노드 가입과 이동 λ(노드 당 초)를 위한 등록 비율을 나타낸다. 홉의 예상 조회 번호는 아래 수식과 같으며, p_u에 노드 실패 값을 부여하고, N_u에 단말의 수를, M_h에는 홈 레벨을 부여한다[5].

$$E[H_u] = \frac{1}{N_u}\sum_{n=0}^{N_u-1} h(n, N_u, p_u) \quad (5)$$

r_s(노드 당 처리 시간)는 Chord 링에 대한 재등록 비율이다. 마찬가지로, 로컬 레벨 M_l의 메시지 비율은 SIP를 기반으로 파생될 수 있다. SIP 서버를 사용하기 때문에 노드의 사용자 유지 보수를 위한 등록 및 새로 고침 간격, 가입 등에 대한 비율은 고려하지 않아도 된다.

로컬 레벨 홉의 예상 조회 번호는 아래 수식과 같다.

$$E[H_l] = \frac{1}{N_l}\sum_{n=0}^{N_l-1} h(n, N_l, p_l) \quad (6)$$

노드 실패 p_l의 확률과 로컬 게이트웨이의 수에 따라 N_l은 핑거 테이블 r_f에 대한 재등록 비율로 사용된다. 또한, 로컬 레벨에서 c_l호출 성립을 위한 초대 비율로 사용되며 아래와 같이 표현한다[6].

$$M_l = r_s + r_f \log(N_l) E[H_l] + c_l E[H_l] \quad (7)$$

제안하는 논문은 사용자의 이동성에 의해 트리거 신호 절차에 따른 추가 메시지 비율에 대해 다룬다. 같은(다른) 지역의 다른 도메인에서 노드 당 처리 시간에 대해 m_l^s으로 나타낸다. 다른 도메인에 도달하는 경우, 시그널 절차에 의한 로컬 레벨에서의 추가 메시지 비율은 다음과 같다.

$$m_l^s (2 + E[H_l]) \quad (8)$$

일반적으로 $m_l^s \ll c_l$ 이동성 비율은 호출 성립 비율에 비교해 매우 낮다. 따라서 이러한 추가 메시지 비율은 경우에 따라 무시될 수 있으며, 이는 사용자 이동성에 의해 트리거 시그널 절차의 영향이 낮은 것을 말한다.

H_{prop}와 L_{prop}의 평균 홉 수로서, 계층적 레벨과 홉의 예상 조회 번호의 참여를 고려하면 다음과 같다.

$$H_{prop} = h_c(E[H_u] + PE[H_l]) \quad (9)$$

$$L_{prop} = h_c(t_u E[H_u] + t_l PE[H_l]) \quad (10)$$

t_u, t_l은 홈, 로컬 레벨 각각을 위한 세션 설정 대기 시간을 나타내고 P는 캐시 미스의 확률을 나타낸다. 그리고 h_c는 평균 DHT 조회 홉 카운트를 나타낸다.

4.2 수치 분석 결과

본 장에서는 제안하는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 성능에 대하여 위 4.1장에서 구한 수학적 수치분석 결과 및 모의시험 결과를 비교 분석한다. 수치 분석 결과는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 메시지 비율, 홉의 수, 지연 시간에 대한 분석 평가 결과를 보여준다. P2P-SIP 구조와 평면 구조의 네트워크 성능 평가 실험을 위해서는 수많은 노드가 필요하기 때문에, 시뮬레이션 방식을 이용한다. 모의실험을 위한 시뮬레이터는 C++로 구현하였고, 성능 분석에 사용하는 매개 변수 값은 아래 표를 참조한다.

Table 1. Proposed the Architecture Parameter

Parameter	Value	Description
r_s	0.02	REGISTER refresh rate for the Chord ring
r_f	0.02	for the finger table
u_r	1	REGISTER refresh interval for the user maintenance
λ	0.1	REGISTER rate for node join and leave
c_u	1	INVITE rate for the call establishment
p_u	0.5	Probability of the node failure
c_l	0.5	Local level INVITE rates for the call establishment
p_l	0	probability of the node failure of the local level
t_u	1	Session Setup Latency
t_l	1.5	Local Level Session Setup Latency
h_c	1	Average DHT lookup hop count
P	0.5	Probability of cache misses
N	2^{24}	Total number of nodes

Table 2. Flat the Architecture Parameter

Parameter	Value	Description
r_s	0.02	REGISTER refresh rate for the Chord ring
r_f	0.02	for the finger table
u_r	1	REGISTER refresh interval for the user maintenance
λ	0.1	REGISTER rate for node join and leave
c	1	INVITE rate for the call establishment
p	0.5	Probability of the node failure
N	2^{24}	Total number of nodes
P	0.5	Probability of cache misses
h_c	1	Average DHT lookup hop count
t_{intra}	1	Session Setup Latency - intra
t_{inter}	2	Session Setup Latency - inter

1) 메시지 비율

Fig. 10, Fig. 11는 제안하는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 노드 수에 따른 메시지 비율과 노드 실패 확률에 따른 메시지 비율을 나타내었다. 노드 수에 대해 부터 까지 범위를 지정하였고, 노드 실패 확률은 0.0부터 0.8까지의 범위를 지정하였다. Fig. 10에서 볼 수 있듯이 두 구조 모두 노드 수가 증가함에 따라 일정한 비율로 계속 증가하고 있지만,

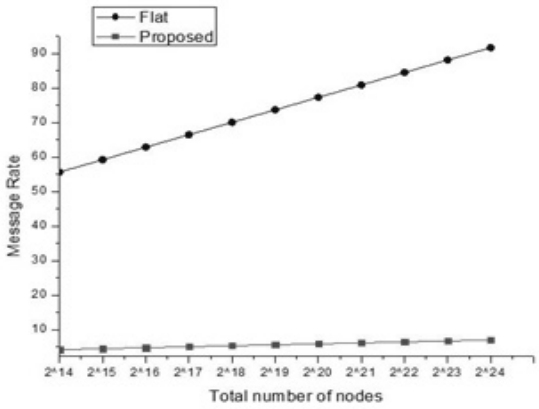

Fig. 10. Message rates (total numbers of nodes)

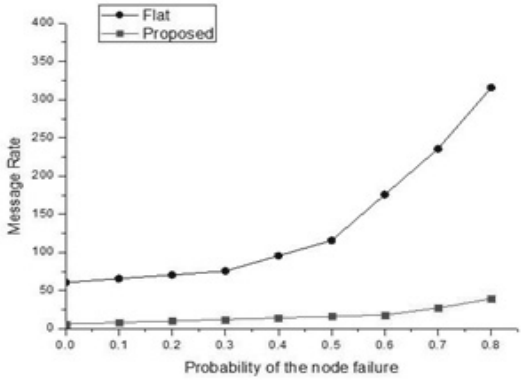

Fig. 11. Message rates (probability of the node failure)

제안하는 구조는 평면 구조에 비해 월등히 좋은 수치를 보여주고 있다. 이 결과를 통해 평면 구조는 제안하는 구조에 비해 많은 유지보수 비용이 필요하다는 것을 알 수 있다. 또한 Fig. 11에서 볼 수 있듯이 평면 구조에 비해 제안하는 구조는 평균 8배 이상의 매우 효율적인 결과를 보여줬다. 마찬가지로 이 결과를 통해 제안하는 구조는 매우 견고한 구조임을 증명하였다.

2) 평균 홉 수와 지연 시간

Fig. 12, Fig. 13은 제안하는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 노드 수에 따른 평균 홉 수와 노드 실패 확률에 따른 평균 홉 수에 대해 나타냈다. Fig 12와 같이 제안하는 구조는 평면 구조에 비해 적은 홉 수로 효율적인 구조임을 증명하였다. 단, 두 구조 모두 노드 수가 증가함에 따라 일정한 비율로 계속 증가하였다. 또한 Fig. 13에서 볼 수 있듯이 제안하는 구조에 비해 평면 구조는 평균 홉 수가 점점 증가함을 알 수 있다. 이 결과를 통해 제안하는 구조는 평면 구조에 비해 매우 뛰어난 확장성을 가지고 있음을 알 수 있다.

Fig. 14, Fig. 15는 제안하는 P2P-SIP 구조와 평면 구조의 노드 수에 따른 평균 지연 시간과 노드 실패 확률에 따른 평균 지연시간에 대해 나타내었다. 노드 수와 노드 실패 확률은 앞서 진행한 분석과 동일하며 Fig. 14와 같이 제안

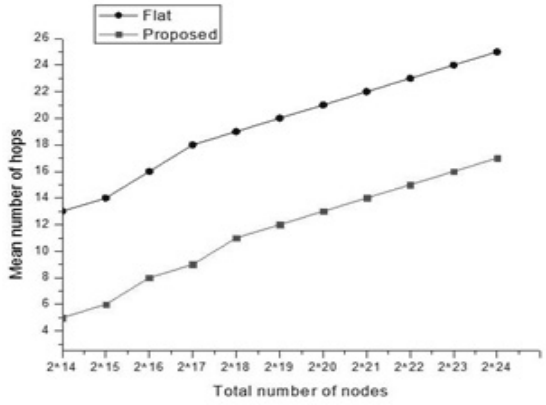

Fig. 12. Mean number of hops (total number of nodes)

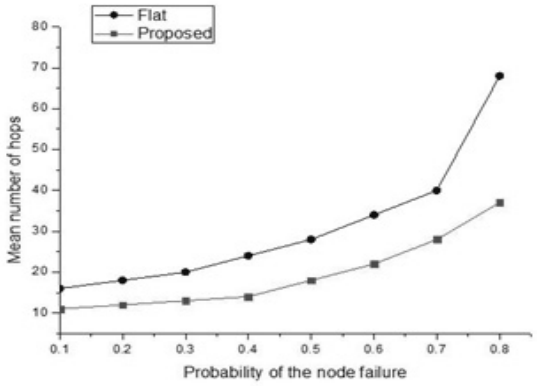

Fig. 13. Mean number of hops (probability of the node failure)

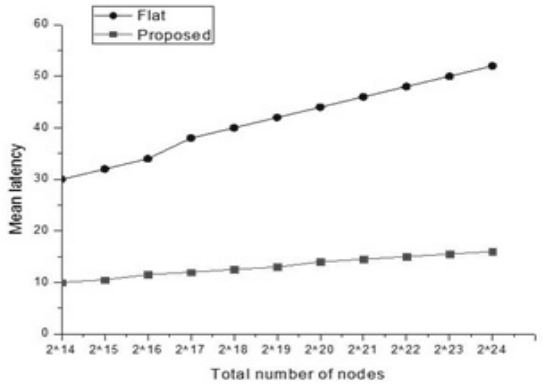

Fig. 14. Mean latency (total number of nodes)

하는 구조는 평면 구조에 비해 평균 3.15배 이상의 낮은 평균 지연시간을 Fig. 15에서는 평균 2.6배 이상의 상대적으로 낮은 평균 지연시간을 보여줬다.

위와 같은 성능 분석 결과, 제안하는 구조는 효율적인 메시지 비율, 낮은 평균 홉 수와 지연 시간을 보여줬다. 특히 비교 대상인 평면 구조에 비해 저렴한 유지보수 비용으로 네트워크 인프라 구성이 가능하며, 뛰어난 확장성과 견고성을 보여줘 매우 효율적인 구조임을 알 수 있었다.

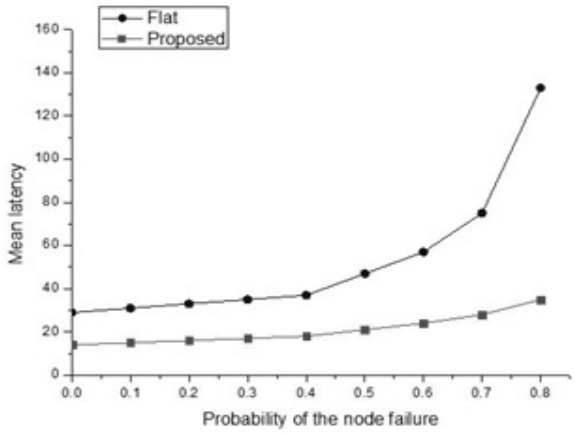

Fig. 15. Mean latency (probability of the node failure)

5. 결 론

이 논문은 지능형 홈네트워크에서 네트워크 기반의 이동성 지원을 위한 P2P-SIP 구조에 대해 제안한다. 제안된 구조를 통해 각 도메인은 P2P 네트워크에 가입하기 위해 SIP 서버를 설정하고, 단말은 저렴한 추가 개발 비용으로 멀티미디어 연결 설정이 가능하다. 또한 단말의 이동성으로 인한 핸드 오버의 지연시간 감소 및 삼각라우팅 문제, 그리고 경로 최적화 문제에 대한 해결이 가능하다. 더불어, 제안하는 구조의 평균 홉 수와 지연 시간은 매우 좋은 결과를 보여줬고 메시지 비율, 평균 홉과 지연 수, 노드 실패에 대한 견고성 및 경로 최적화에서 매우 효율적임을 보여줬다. P2P-SIP 구조는 기존 SIP 구조에 비해 부트스트랩서버에 대한 유지 보수비용이 발생하지만, 서버로 집중되는 트래픽을 분산시켜 회선 비용과 서버 관리에 대한 유지보수 비용을 절감할 수 있다. 홈네트워크 사업자는 본 연구에서 제안된 지능형 홈네트워크에서 네트워크 기반의 이동성 지원을 위한 P2P-SIP 구조를 도입하여 차세대 신 성장 동력 산업인 지능형 홈네트워크에 발전에 기여할 것으로 기대한다. 또한, 최근 P2P-SIP 분야의 연구가 활발히 진행된 점을 고려했을 때 더욱 다양한 P2P기반 구조들과의 비교 분석이 활성화될 것으로 전망된다.

참 고 문 헌

[1] TTA, “ICT Standardization Strategy Map 2012”, TTA-11104-SA, January, 2012.

[2] L. Garces-Erice, E. Biersack, P. Feler, K. Ross, and G. Urvoy-Keller, “Hierarchical Peer-to-Peer Systems”, Proc. Euro-Par Parallel Processing, pp.1230-1239, June, 2004.

[3] Ho-Jin Park, Kwang-Ro Park, “P2P Technology Trend and Application to Home Network”, ETRI Vol.21, October, 2006.

[4] Jong-Youl Lee, Kang-rar Noh, Jun-il Kim, Dong-il Shin, Dong-kyoo Shin, “Design of the homenetwork based in SIP”, NIPA, IITA 2002.

[5] IETF, “IETF related to the future of P2P Internet technology standardization trends”, Semtember, 2010.

[6] D. Bryan, B. Lowekamp, and C. Jennings, “SOSIMPLE: A Serverless, Standards-Based, P2P SIP Communication System,” Proc. IEEE First Int’l Workshop Advanced Architectures and Algorithms for Internet Delivery and Applications (AAA-IDEA ’05), Mar., 2005.

[7] K. Singh, H. Schulzrinne, “Peer-to-Peer Internet Telephony using SIP”, Proc. of the international workshop on Network and operating systems support for digital audio and video, Stevenson, Washington USA, 2005.

[8] D.A. Bryan, B.B. Lowekamp, C. Jennings, “A P2P Approach to SIP Registration”, internet draft, work in progress, March, 2006.

[9] Ki-Sik Kong, Won-jun Lee, Youn-Hee Han, Myung-Ki Shin, HeungRyeol You, “Mobility management for all-IP mobile networks: mobile IPv6 vs. proxy mobile IPv6”, Wireless Communications, IEEE, April, 2008.

[10] Huei-Wen Ferng, Iwan Christanto “A Globally Overlaid Hierarchical P2P-SIP Architecture with Route Optimization” IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems Vol.22, November, 2011.

[11] S. Rhea, G. Dennis, R. Timothy, and K. John, “Handling Churn in a DHT,” Proc. USENIX Ann. Technical Conf, June, 2004.

[12] P. Fonseca, R. Rodrigues, A. Gupta, and B. Liskov, “Full-Information Lookups for Peer-to-Peer Overlays,” IEEE Trans. Parallel and Distributed Systems, Vol.20, No.9, pp.1339-1351, September, 2009.

[13] D. Johnson, C. Perkins, J. Arkko, “Mobility Support in IPv6”, IETF RFC 3775, June, 2004.

[14] Kyung-Tae Kim, Jong-Pil Jeong, “Cost Analysis of Mobility Management Schemes for IP-based Next Generation Mobile Networks”, KSII, Vol.13, pp.1598-0170, June, 2012.

[15] Hyun-Chul Kim, Byeong-Seok Choe “An Inter-Domain Fast Handover Scheme for Proxy Mobile IPv6”, KSII, Vol.20, October, 2009.

[16] Soonho Jang, Jongpil Jeong “Cost-Effective Inter-LMA Domain Distributed Mobility Control Scheme in PMIPv6 Networks”, KIPS, June, 2012.

[17] Yukikazu Nakamoto, Naoko Kuri, “Siphnos - Redesigning a Home Networking System with SIP”, IEEE Computer and Information Technology, September, 2006.

[18] Mahmoudi, Belkhir, “Extension of SIP protocol for managing home networks”, IEEE Programming and Systems, April, 2011.

김 승 원

e-mail : kroa@shinsegae.com

2012년～현 재 신세계I&C ITO사업부 POS&결제팀 연구원

2012년～현 재 성균관대학교 정보통신대학원 석사과정

관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 홈네트워크, 무선 네트워크, IT융합, 차세대 이동통신, P2P, NFC 등

정 종 필

e-mail : jpjeong@skku.edu

2008년 성균관대학교 정보통신대학 (공학박사)

2009년 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수

2010년～현 재 성균관대학교 산학협력단 산학협력중점교수

관심분야 : 모바일 컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션 사이언스 등