2013년 9월 전자공학회 논문지 제 50 권 제 9 호
Journal of The Institute of Electronics Engineers of Korea Vol. 50, NO. 9, September 2013 http://dx.doi.org/10.5573/ieek.2013.50.9.032

논문 2013-50-9-4

지능형 교통시스템을 위한 u-TSMVPN의 설계와 성능분석

(Design and Performance Analysis of u-TSMVPN for Intelligent Transportation Systems)

전 해 남*, 정 종 필**

(Hae-Nam Jeon and Jongpil Jeong©)

요 약

국내와 국제적으로 지능형 차량 및 텔레매틱스(ITS)의 연구와 개발을 통해서 차량에 IT 기술을 통합하기 위한 노력을 가속화하고 있다. 우리나라의 경우에 텔레매틱스(ITS) 서비스를 추진하고 있다. ITS에서의 실시간 데이터 통신은 중요한 것이다. ITS는 실시간으로 차량으로부터 데이터를 수집하여, ITS 센터에서 수집된 정보를 가공하여 제공한다. 이러한 통신과정에서, 효과적이고 보안적인 통신 방식을 제안하고자 한다. 특히, 본 논문에서 제안하고 있는 SIP기반의 MVPN은 시그널링 비용을 줄이고, 보안적인 측면에서 많은 이점이 있다. 또한, 차량간의 통신에서는 NEMO를 적용하여 이동성관리를 하였다. 즉, ITS에서의 차량간의 통신과 차량과 서버간의 통신을 위한 SIP기반의 모바일 VPN과 V2V NEMO에 대해서 제안한다. 성능분석을 수행하여, SIP 기반의 MVPN의 ITS는 핸드오프 시그널링 비용이 상당히 절감된다는 것을 보여준다.

Abstract

Globally, intelligent vehicles and telematics research and development through the integration of IT technology in the vehicle are significant increasing. Real-time data communication for intelligent transportation system (ITS) is very important. It collects real-time data from the vehicle and provides the information collected from ITS center. We propose an effective and secure communication scheme for these communication procedures. In particular, our proposed SIP-based MVPN reduces signaling cost and has many advantages in security aspects. In addition, our proposed scheme performs the mobility management applying NEMO (Network Mobility) for the communication between the vehicles. In other words, we propose an ITS communication mechanism of SIP-based mobile VPN and V2V NEMO. Finally, our performance analysis show that the ITS of SIP-based MVPN is significantly reducing the handoff signaling cost.

Keywords: Intelligent Transportation System, V2V, NEMO, SIP, Mobile VPN

Ⅰ. 서 론

미래 사회의 첨단 교통시스템으로 기대되고 있는 지능형 교통시스템(ITS, Intelligent Transportation System)은 1980년대 중반에 그 개념이 소개된 이후 IT 기술의 급속한 발전으로 ITS의 다양한 서비스 구현이 현실화 되고 있다. ITS은 교통 전자 통신 제어 등 첨단 기술을 활용하여 실시간 교통정보를 수집, 관리하거나 제공함으로써 기존 교통 시설의 이용 효율을 극대화한다. 본 논문에서는 ITS의 효율적이고 안전한 시스템 구축을 위해 필요한 차량 간의 통신, 차량과 서버 사이의 통신을 살펴보고 이의 효율적인 구축 방안을 제시하고자 한다.

VANETs[1] (Vehicular Ad-hoc Networks)으로 알려진 차량 네트워크는 ITS (Intelligent Transportation System)을 고도화하는 수단이 된다. 이러한 차량 통신에는 차량

* 학생회원, 성균관대학교 정보보호학과 석사과정
(Department of Information Security, Sungkyunkwan University)
** 정회원, 성균관대학교 정보통신대학
(College of Information and Communication Engineering, Sungkyunkwan University)
© Corresponding Author(E-mail: jpjeong@gmail.com)
※ 이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 기초연구사업 지원을 받아 수행된 것임(NRF-2010-0024695).
접수일자: 2013년12월26일, 수정완료일: 2013년8월20일

간 통신 (IVC: Inter-Vehicle Communication)과 차량과 RSU(Road Side Unit) 또는 RBS(Roadside Base Station)와의 통신 (RVC: Roadside-to-Vehicle Communication)로 구분된다. IVC는 V2V (Vehicle-to-Vehicle), RVC는 V2I (Vehicle-to-Infrastructure)로 다르게 표현될 수 있다.

무선 환경은 그 특성으로 유선 환경에 비해 훨씬 보안에 취약하다. 따라서 근거리 무선 랜의 보안을 강화할 필요성이 있으나 이를 위한 인증 단계가 높아짐에 따라 전체 핸드오버 시간이 증가하게 된다. ITS 서버와 인증과정을 수행하는 802.11i 기반의 인증을 수행해야 하나, 높은 인증 지연 시간이 발생함으로써 높은 QoS를 필요로 하는 응용의 요구조건을 만족시킬 수 없게 된다. 이러한 이슈로 인하여 어떻게 하면 핸드오버 비용을 절감할 수 있는지 생각해보게 된다. u-TSN에서 고려되고 있는 교통정보 서비스가 안정적으로 서비스 되기 위해서는 먼저 안정적인 교통정보 수집이 필요하다. 이를 위해서는 도로상의 차량정보를 수용할 수 있는 통신환경이 필요하다[2]. 이를 위하여 SIP MVPN을 u-TSN(ubiquitous-Transportation Sensor Network)에 적용한 u-TSMVPN(ubiquitous-Transportation SIP-Based Mobile VPN Network)을 제안하고자 한다.

SIP은 사용자 이동성과 터미널 이동성을 지원한다[3]. 단말기 이동성은 최초 세션에서의 것과 동일한 Call-ID를 사용하여 CN(Correspondent Node)에게 새로운 INVITE(RE-INVITE)명령을 보냄으로써 이루어진다. 본 논문에서 데이터의 페이로드 보호뿐만 아니라, 헤더의 보호도 지원하기 하기 위해서 cRTP와 SRTP를 조합하여 사용하도록 제안하였다. 또한, RTP(Real-time Transport Protocol) /SRTP(Secure Real-time Transport Protocol) 상에서 키관리를 위해서 MIKEY (Multimedia Internet KEYing)를 사용하였다. MIKEY는 P2P(Peer-to-Peer)나 소규모 그룹을 위해서 설계되었다. MN의 주소등록 요청을 NEMO VPN 게이트웨이가 전체의 MN을 대표할 수 있으며, 이로 인해 각각의 MN의 주소등록 요청 시그널링 비용을 줄일 수 있다. 본 논문은 [4]의 아키텍처를 기반으로 설계 되었으며, [4]의 성능적인 이점을 ITS에 적용하여 핸드오프 시그널링 비용절감을 위해 노력하였다.

본 논문은 구성은 다음과 같다. Ⅱ장에서는 관련연구에 대해 논의 하고, Ⅲ장에서는 본 논문에서 제안하는 u-TSMVPN에 대해서 기술한다. Ⅳ장에서는 본 논문에서 제시하는 SIP 기반의 MVPN의 성능을 평가 하며, Ⅴ장에서는 수치분석 결과를 도출하고, Ⅵ장에서 결론을 맺겠다.

Ⅱ. 관련연구

1. NEMO Basic Support Protocol

NEMO(Network Mobility)[5]는 MNN(Mobile Network Nodes)에 네트워크 접속의 끊김없는 서비스를 제공할 수 있게 해주는 기술이다[24]. 그림 2에서 NEMO BSP(Basic Support Protocol)는 MNN를 위한 한 개 이상의MR를 갖는다[5]. MNN은 세 가지 타입으로 분류한다. LFN(Local Fixed Node)은 모바일 네트워크에 관해서 이동하지 않는 것을 의미한다. LFN은 일반적으로 모바일 네트워크에 존재하지만, 현재 네트워크에서 다른 네트워크로 이동할 수 없다. VMN (Visiting Mobile Network)은 다른 네트워크에 속하지만, 모바일 네트워크와 MR에 종속되어있다. MR은 MR이 속한 네트워크에 등록되었을 때, HA(Home Agent)의 존재를 알 수 있다. 또한, MNN과 통신하는 노드를 CN(Correspondent Node)라 정의 한다. NEMO는 이동

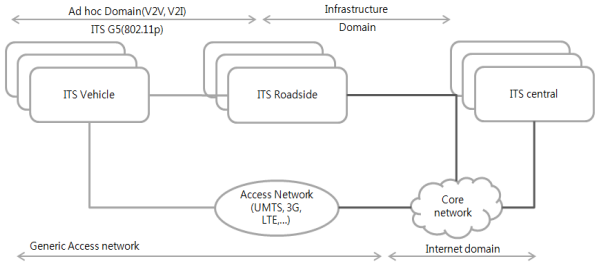

그림 1. ITS 구성도
Fig. 1. Structure of Intelligent Transportation System.

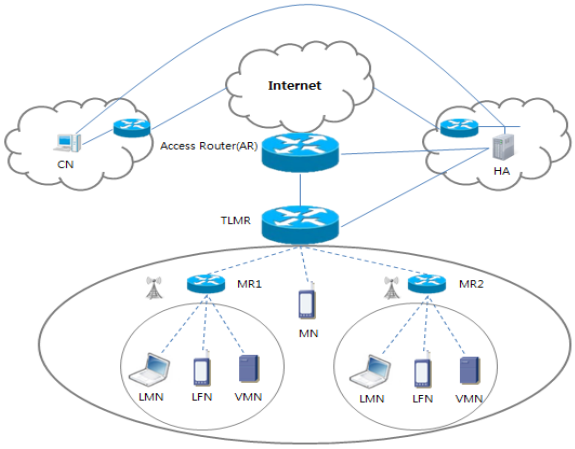

그림 2. NEMO 구성도
Fig. 2. NEMO System Architecture.

성에 관련된 동작을 MNN에 속해 있는 각각의 단말들이 수행하는 것이 아니라 그 MNN를 대표하는 라우터인 MR(Mobile Route)에게 전담하는 것이다. 기존 단말들이 직접 수행했던 시그널링을 MR이 대신 수행하기 때문에 망을 보다 효율적으로 사용할 수 있게 된다.

사전 연결을 통해 기존의 MAG로 보내는 멀티캐스팅 트래픽을 이동할 MAG로 버퍼링을 한다. 새로운 MAG로 접속이 이루어지면, 즉시 버퍼링하고 있었던 멀티캐스팅 트래픽을 PR로 전달하고 PR은 MNN으로 전송하게 된다. 이러한 과정을 거치게 되면 접속이 단절되고 새로운 접속이 이루어지기 전까지 데이터 유실이 발생하는 것을 방지할 수 있고, 사전 접속을 하기 때문에 핸드오버 지연시간 또한 감소한다[23]

2. SESSION INITIATION PROTOCOL

SIP은 텍스트 기반 프로토콜로써 HTTP(HyperText Transport Protocol)와 SMTP(Simple Mail Transfer Protocol)프로토콜에 바탕을 두고 있다. SIP은 IETF의 MMSC(Multiparty Multimedia Session Control) 워킹그룹의 인터넷 멀티미디어 컨퍼런싱 구조의 일부로 시작되어 독립적인 SIP 워킹그룹으로 만들어졌다.[6]-[7] SIP의 기본 목적은 그 이름과 같이 세션 설정이다. 하지만 메시징이나 상태정보의 알림과 같은 다른 기능들도 함께 포함하고 있다. SIP은 P2P 프로토콜로써 세션에 참여하는 상대는 서로 대등한 관계이지만 HTTP처럼 클라이언트-서버 트랜잭션 모델을 사용한다.

REGISTER 메소드는 유저가 Register Server에 등록을 시도할 때 사용된다. REGISTER 요청 시 헤더에는 Call-ID(unique identifier), CSeq(sequence number), From(source SIP URI), To(destination SIP URI), Via(traversed locations), Contacts, Max-Forward가 필수적으로 포함되어야 한다. Contacts 헤더 필드에는 유저가 현재 존재하는 위치가 명시된 SIP URI가 포함된다. 등록은 초기화가 완료되면, 주기적으로 수행된다. SIP 응답은 6개의 카테고리로 분류되는데, 각각의 응답은 3개의 숫자로 이루어진 코드를 갖는다. 첫 번째 코드가 카테고리를 의미한다. 첫 번째 카테고리(1xx)는 요청자에게 SIP이 요청되었으며 프로세싱 되도록 알린다. 성공 카테고리(2xx)의 응답은 요청이 정상적으로 승인되었음을 알린다. 세 번째 카테고리(3xx)는 클라이언트에게 요청된 정보가 이동되었거나 추가적인 절차를 요구가 하기 때문에 응답을 완료할 수 없음을 알린다. 마지막 카테고리는 client error(4xx), server error(5xx), global failure(6xx)을 알린다.

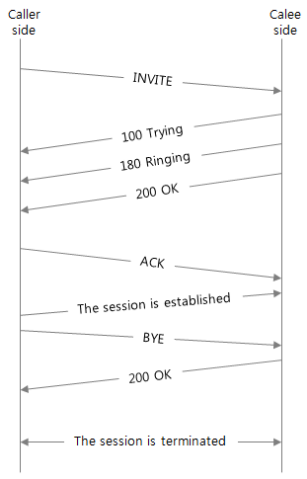

그림 3. SIP 세션
Fig. 3. SIP Session.

3. IETF MVPN 서비스 기법

IETF가 제시한 방안은 MIP 프로토콜이 IPsec 기반 VPN과 함께 동작하면서 발생하는 문제점들은 해결하였지만 모든 외부네트워크를 대상으로 하나의 x-HA만을 정적으로 할당하기 때문에 핸드오버 지연시간이나 종단간 지연이 길어지는 문제와 외부네트워크에 위치한 x-HA만을 어떻게 신뢰할 것인가에 대한 해결책을 제시하지 못했다[8]. 이와 같은 문제점들에 대한 보안으로 [9]에서는 Diameter 프로토콜을 사용하여 AAA (Authentication, Authorization, Accounting) 서버를 통해 동적으로 x-HA를 할당하는 방안을 제안하였다. AAA는 로밍 등 도메인 간 서비스에서의 안전하고 신뢰할 수 있는 인증, 권한 부여, 과금 등의 서비스를 제공하기 위한 기술이며, 현재 IETF AAA WG에서 MIP 외의 여러 WG과 3GPP, 3GPP2로부터 요구 사항을 수용하여 표준을 진행 중이다. Diameter는 유무선 이동인터넷 환경에서 AAA 서비스를 제공하기 위한 IETF의 표준 프로토콜로서 로밍에 필요한 도메인간 이동성 지원, 강화된 보안 제공 등의 특징을 가진다. 또한, Diameter는 HA의 동적 할당뿐만 아니라 키 분배 센터 역할도 수행함으로써 MIP 에이전트와 MN 간의 동적 MSA 설립도 지원한다. [9]에서 제안한 방안은 Diameter MIPv4 응용[10]을 기반으로 MN이 현재 위치한 네트워크에 x-HA를 할당함으로써 MN이 동일 외부네트워크 내에서 이동하는 경우의 핸드오버 지연시간을 최소화하였고, Diameter 기반 프로토콜의 AA(Authen-

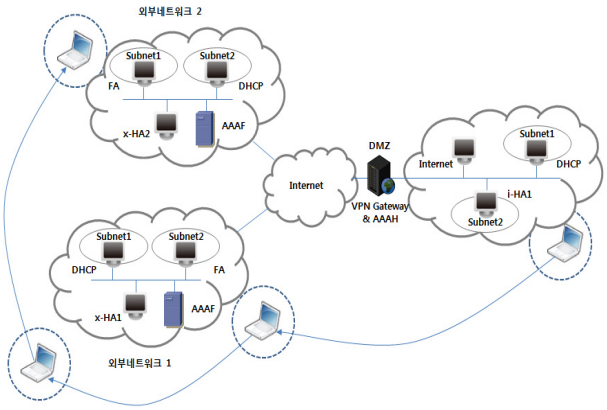

그림 4. 동적으로 x-HA를 할당하는 MVPN 네트워크
Fig. 4. MVPN network to assign the x-HA dynamically.

tication, Authorization)를 통해 외부네트워크에 존재하는 x-HA의 신뢰성 문제를 해결했다. 그림 4은 동적으로 x-HA를 할당하는 MVPN의 본 구조를 보인다.

그림 4에서 외부네트워크1을 위해서는 x-HA1이 외부네트워크2를 위해서는 x-HA2가 각각 존재한다.

그림 5는 FA-CoA 모드로 동작하는 MN이 네트워크 간 이동을 했을 경우에 [9]에서 제안한 방안의 메시지 흐름을 보여준다. MN은 외부네트워크로 이동한 후 FA로부터 새로운 CoA를 획득하면, 자신의 새로운 위치를 홈네트워크에 등록하기 위해 인증 정보를 포함한 MIP 등록요청 메시지를 생성한다. 동적 x-HA 할당을 위해 MN은 MIP 등록요청 메시지의 확장 필드에 x-HA의 할당과 x-HA와의 동적 MSA설립을 요구하는 내용을 포함해야 한다. FA는 MN을 위해 Diamter 클라이언트 역할을 수행하는데, 이를 위해 MN으로부터 MIP 등록요청 메시지를 받으면 x-HA의 할당을 요청하는 Diameter 메시지인 AMR(AA-Mobile-Node-Request)를 생성하여 AAAF에게 보낸다. FA로부터 AMR메시지를 받은 AAAF는 외부네트워크에 x-HA를 할당하도록 AAAH에게 지시하기 위해 후보 x-HA의 NAI (Network Access Identifier)를 포함한 AMR 메시지를 AAAH에게 전송한다. AAAH는 AMR 메시지를 통해 우선 MN을 인증한 후에 MN이 외부네트워크에 x-HA를 요구한 경우, AAAF가 AMR메시에 포함하여 알려준 후보 x-HA나 자신이 직접 선택한 x-HA를 MN의 x-HA로 결정하고 MN과 x-HA 사이의 동적 MSA를 설립하기 위한 세션키를 생성한다. AAAH는 세션키와 세션키를 유도하기 위한 Nonce 값, 그리고 x-HA가 MN의 x-HoA를 할당하도록 지시하는 정보를 포함한 HAR(Home-Agent-MIP-Request) 메시지를 생성하여 x-HA에게 전송한다. AAAH는 자신과 비밀키를 공유하는 MN에게는 세션키 유도값만 전달하고 SA가 미리 설립되지 않은 x-HA에게는 세션키 자체를 전달하는데, 이 경우 x-HA가 외부 네트워크에 존재하므로 세션키가 외부에 위치한 공격자에게 노출될 수 있어 MN과 x-HA이 동적 MSA를 설립하는데 있어 보안이 위협받을 수 있다. AAAH로부터 HAR 메시지를 받은 x-HA는 MN의 x-HoA를 할당하고 AAAH가 보낸 HAR메시지에 대한 응답으로 HAA(Home-Agent-Answer) 메시지를 생성하는데, 여기에는 i-HA에게 MN의 현재 x-HoA를 등록하기 위한 MIP 등록응답(Registration-Reply) 메시지가 포함된다. 이 MIP 등록 메시지에는 x-HoA 주소와 x-HA 주소, MN이 x-HA와 동적 MSA를 설립하는데 사용될 세션키를 유도하는 Nonce 값 그리고 세션키를 이용하여 생성한 MIPv4 Authentication 확장 필드가 포함된다. AAAH는 x-HA가 전송한 HAA 메시지를 통해 MN의 x-HoA를 획득하고 이를 i-HA에게 등록한 후, MN에게 MIP 등록응답 메시지를 전달하기 위한 AMA(AA-Mobile-Node-Answer) 메시지를 생성하여 FA에게 전송한다. FA는 AMA 메시지를 통해 MIP 등록응답 메시지를 생성하여 최종적으로 MN에게 전달하고, MN은 MIP 등록응답 메시지로부터 x-HA주소, x-HoA 주소 그리고 x-HA와 동적 MSA 설립에 사용될 세션키를 유도하기 위한 Nonce 값을 획득한다. MN이 이 Nonce값과 AAAH와 공유한 비밀키를 이용하여 x-HA와의 인증을 위한 세션키를 생성하고 MIP 등록응답 메시지의 MIPv4 인증 확장 필드를 검증함으로써 x-HA 동적 할당이 완료된다. x-HA을 할당 받은 MN은 x-HA가 할당한 x-HoA를 이용하여

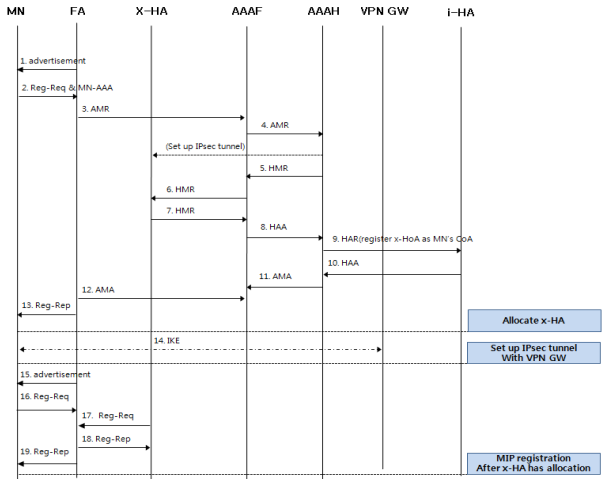

그림 5. MVPN 메시지 흐름
Fig. 5. Message flow MVPN.

홈네트워크에 존재하는 VPN GW와 IPsec 터널을 설정한다.

이 방안에는 MN이 새로운 외부네트워크로 이동할 때마다 동적으로 x-HA를 할당 받기 위한 프로세싱을 해야 하기 때문에 IETF에서 제안한 [8]에 비해 오버헤드가 증가하나 그림 5와 같이 MN이 동일한 외부네트워크 내에서 이동하는 경우 가까운 곳에 위치한 동일 지역 내의 x-HA에게 등록을 하기 때문에 동일 외부네트워크 내에서의 이동에 대한 핸드오버 지연시간을 줄이고 총 종단 간 지연시간을 줄였다. 그러나 MN이 네트워크 간 이동을 할 경우 핸드오버 지연시간이 크게 증가하므로, 이 제안은 네트워크 간 이동이 빈번한 상황이나 심리스한 서비스 제공을 위해서는 미흡한 면이 존재한다. 또한 앞에서 지적했듯이 AAAH로부터 외부네트워크에 위치한 x-HA에게 세션키 자체가 전달되기 때문에 세션키가 노출되어 AAAH와 x-HA 사이의 보안에 취약점이 발생할 수 있다. Diameter MIPv4 응용에서는 이를 방지하기 위해 x-HA와 AAAH 사이에 TLS(Transport Layer Security) 또는 IPsec 암호화를 사용하도록 제시하였다. 그러나 이와 같이 [9]의 보안을 강화한다면 x-HA가 변경되어야 하는 네트워크 간 이동이 발생하는 경우에 대한 핸드오버 지연시간은 훨씬 증가할 것으로 예상된다.

Ⅲ. 지능형 교통 시스템을 위한 SIP 기반의 모바일 VPN 과 V2V NEMO

1. 시스템 구조

이번 절에서는 본 논문에서 제안 하는 SIP 기반의 MVPN을 적용한 u-TSMVPN에 대해서 논의한다. u-TSMVPN은 기존 u-TSN와 같이 유사한 통신 구조를 가진다. u-TSMVPN은 모든 교통 대상 사물을 MN(Mobile Node)로 보고 노드들끼리 통신 프로토콜을 통해 자동으로 네트워크를 구성하면서 상호 노드간에 상태정보와 위치정보를 주고받을 수 있는 네트워킹 기술이다.

u-TSMVPN 시스템은 그림 5와 같이 차량장치(ubiquitous vehicle sensor, UVS), 노변장치(ubiquitous infra-structure sensor, UIS), 그리고 센터(ubiquitous transportation center, UTC)로 구성된다.

차량 장치로부터의 주기적인 교통정보를 수집해야 하며, 수집된 정보는 센터로 전달되어야 한다. 그림 6은 UVS 간의 통신(V2V), UVS와 UIS간의 통신(V2I), UIS 간의 통신(I2I) 그리고 UIS와 UTC간의 통신(I2C)를 나타낸다.

먼저, 신호처리, 보안전송, 키 관리, Authentication Authorization Accounting(AAA), Application Level Gateway(ALG)에 대해서 설명한다. SIP은 응용 계층의 시그널링 프로토콜이다. 본 논문에서 제안하는 SIP기반의 MVPN은 모바일 사용자의 인증과 사용자 식별을 위해 사용한다. 게다가, SIP은 사용자 이동성과 터미널 이동성을 지원한다[11]. 단말기 이동성은 최초 세션에서의 것과 동일한 Call ID를 사용하여 CN에게 새로운 INVITE (RE-INVITE) 명령을 보냄으로써 이루어진다. 새로운 INVITE 명령은 MN이 새로운 위치에서 획득한 새로운 연결 주소가 포함된다. RE-INVITE 명령을 받은 후, CN는 이후의 트래픽을 MN의 신규 위치로 리다이렉트한다. SRTP는 RTP[12]와 RTCP[12] 스트림의 메시지 암호화와 무결성을 위한 프레임워크로 정의된다. IPsec에서 ESP (Encapsulating Security Payload)는 모든 패킷에 대한 비밀성과 데이터 발신 인증을 제공할 수 있다. 반면, SRTP는 RTP 패킷의 데이터 페이로드 보호만 지원한다. 하지만 본 논문에서는 헤더도 보호하기 위해서 cRTP와 SRTP를 조합하였다. cRTP는 모든 IP/UDP/RTP 헤더를 압축하기 위해 사용한다. 그러고 나서, 그 결과를 RTP의 확장 헤더에 포함시킨다. SRTP는 RTP의 확장 헤더가 포함된 RTP 데이터를 보호하게 된다. SRTP패킷을 송신하게 되면, RTP 데이터를 복호화하고, cRTP데이터를 원래의 IP/UDP/RTP헤더로 다시 압축을 해제한다. 그 후, 위·변조 체크를 위해서 송신된 IP/UDP/RTP 헤더와 압축 해제한 IP/UDP/RTP 헤더와 비교한다.

MIKEY는 RTP/SRTP 상에서 동작하는 멀티미디어 응용프로그램을 위해 개발된 키 관리 프로토콜이다. 유니캐스트를 위해 주로 사용되고 있는 IKE와 비교해 보면, MIKEY는 P2P나 소규모 그룹을 위해서 설계되었다. 또한 MIKEY는 다른 환경의 요구 사항을 수용할

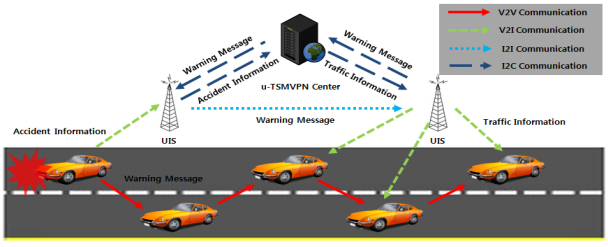

그림 6. u-TSMVPN 시스템의 통신 구성도
Fig. 6. Configuration of the u-TSMVPN system.

수 있다. 예를 들어, SDP 메시지 내에 MIKEY 메시지 내포될 수 있으며, MIKEY 메시지를 전달하기 위해 SDP에 새로운 타입 K가 정의되어 있다. MIKEY의 주요 목적은 TGK 그리고 보안 전송 프로토콜에서 사용되는 정책 및 다른 관련된 보안 매개변수를 전송하는 것이다.

Diameter기반의 프로토콜[13]에 기반을 둔 Diameter SIP 응용프로그램들은 SIP 서버의 클라이언트가 Diameter 서버로부터 인증과 식별되도록 한다. 본 논문에서 제안된 아키텍처에서 SIP 메시지 인증이 요청되고, INVITE 요청이 성공적일 경우, SIP 서버는 TGK 전송을 위해서 AAA 서버로부터 전달받은 MIKEY initiator 메시지를 200 OK의 SDP에 추가해야 한다. SIP 프록시 서버는 ALG에 SRTP 보호를 위해서 TGK가 추가된 Data SA를 제공해야 한다.

2. 작동 절차

그림 7은 외부 네트워크의 차량간의 통신과 차량과 인트라넷에 존재하는 u-TSMVPN Center와 통신을 보여준다. 외부네트워크에 존재하는 SIP-NVG(SIP NEMO VPN Gateway)는 다른 네트워크로 이동 시 필요한 모바일 네트워크의 게이트웨이이다. SIP-NVG는 SIP 표준에 따르고, 다른 서브넷으로 로밍 시 끊김없는 세션을 유지 해주며, 안전한 방식으로 데이터를 제공한다. 또한, SIP-NVG는 모바일 네트워크의 트래픽을 관리하는 역할을 수행한다. ALG와 SIP Proxy 1로 구성된 VPN 게이트웨이는 SIP 프록시 서버이다. MN이 인트라넷에 로밍 되거나 인터넷 접속을 시도할 경우, SIP Proxy 1은 Diameter 서버를 통해서 들어온 SIP 메시지를 인증하고 SIP Register로 지정된 SIP Proxy 2에 라우팅 한다. 그러고 나서, ALG는 모든 데이터 트래픽을 감시한다. 세션 설정 초기화에서 MN은 인트라넷을 나가고 들어올 때 MN의 새 위치를 SIP Registrar에 등록해야 한다. 그것은 Diameter SIP Application을 기반으로 한다. MN은 처음 Registrar에 REGISTER을 보낸다. 만약 인증 시그널 메시지를 요청되면, Registrar은 Multimedia Auth Request(MAR)를 생성하고 Diameter Server에 보낸다. 그러면 Diameter Server는 인증 데이터를 포함하고 있는 MAA(Multimedia Auth Answer)을 응답한다. Registrar은 REGISTER을 식별하고, MN이 성공적으로 인증되었으면 MN에게 200 OK를 보낸다. 만약 인증이 요청되지 않으면, Unauthorized 메시지를 보낸다. 특히, REGISTER은 인트라넷의 Registrar에 메시지를 전달하기 전에 SIP Proxy 1에 의해 식별된다.

본 논문에서는 ITS Center가 인트라넷 안에 있다고 가정한다. MN과 ITS Center는 이미 현재 위치가 MN과 u-TSMVPN Center의 registrar인 SIP Proxy 2/Registrar에 등록 되어있다. 먼저 MN이 인트라넷에서 외부 네트워크 1에 로밍될 때를 논의한다. 새로운 네트워크에서 새로운 IP를 얻은 후에 MN은 새로운 위치를 등록해야 한다. SIP 등록 후에 MN은 활성화 세션이 존재 하는지를 체크한다. 만약 존재하면, MN은 그

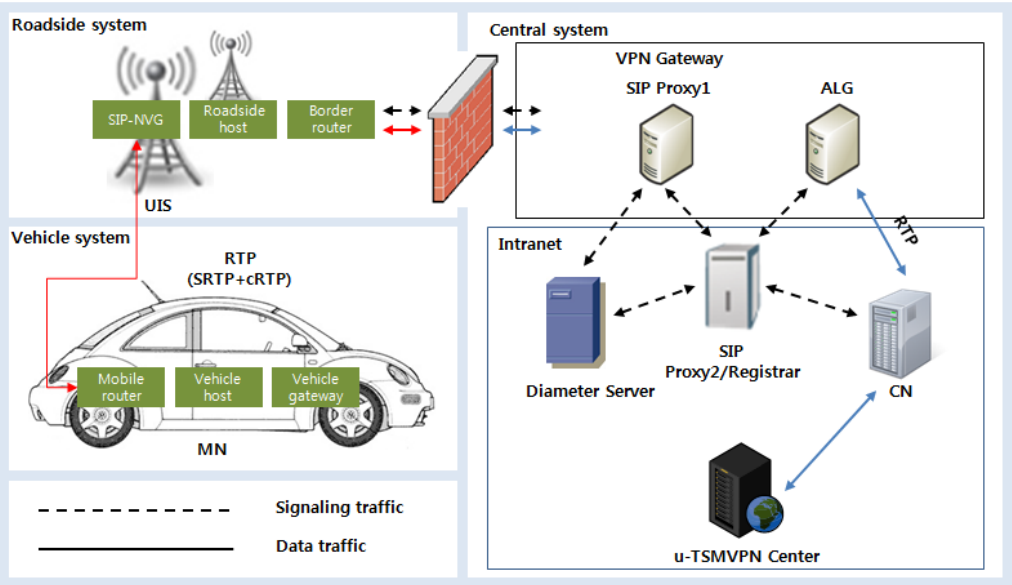

그림 7. u-TSMVPN 시스템 구조
Fig. 7. System architectural view of the u-TSMVPN.

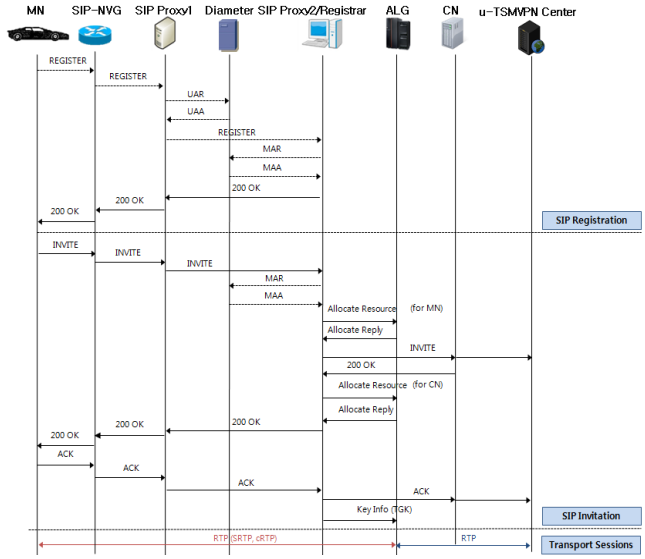

그림 8. 인트라넷에서 인터넷 로밍될 때
Fig. 8. Roaming from intranet to internet.

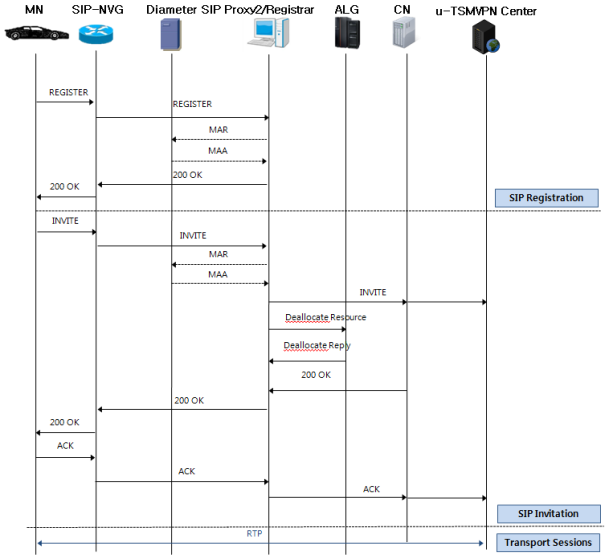

그림 9. 인터넷에서 인트라넷으로 다시 로밍 될 때
Fig. 9. Roaming from internet back to intranet.

림 8에서 보여 지는 것처럼 u-TSMVPN Center에 RE-INVITE을 해야 한다. RE-INVITE은 같은 call-ID, 초기의 INVITE 메시지 안의 포함한 것 같은 MN 연결 주소를 포함한 INVITE 메시지이다.

MN이 SIP Proxy 1에 RE-INVITE을 보내고, SIP Proxy 2/Registrar에 메시지를 라우팅 한다. 만약 인증 시그널링 메시지를 요청하면, SIP Proxy 2/Registrar은 RE-INVITE 안의 필수적인 필드를 포함한 MAR을 Diameter Server에 보낸다. Diameter Server는 MN을 인증하고, SIP Proxy 2/Registrar 에 MAA을 응답한다. 그러고 나서, SIP Proxy 2/Registrar MN에 MAA에 수신된 인증 데이터를 포함한 407 Proxy Authenticate를 응답한다. MN이 407 Proxy Authenticate를 수신한 후에, 다시 요청된 인증 데이터를 포함한 RE-INVITE를 보낸다. Diameter Server는 인증 데이터를 인증하고 SIP Proxy 2/Registrar에게 MAA안의 인증 결과를 알린다. 만약 인증이 성공적이라면, MAA는 인증 결과 코드, TGK, MIKEY를 포함한다. 하지만 시그널링 메시지에 대한 인증이 허가 되지 않으면 그림 8의 MAR, MAA 과정에서 TGK, MIKEY 메시지만 요청된다. 만약 MN이 인트라넷에 접근을 시도하면, SIP Proxy 2/Registrar은 세션이 보호 될 것이라는 보증을 위한 충분한 리소스를 할당해야 한다. SIP 2/Registrar은 ALG에 내부 수신 주소와 포트를 저장하도록 한다. SIP Proxy 2/Registrar 요청은 TGK와 기존의 송신 주소와 포트를 포함 하고 있다. ALG는 저장된 내부 주소와 포트를 응답한다. SIP 2/Registrar은 RE-INVITE 의 SDP 안의 송신 주소와 포트를 변경 한다. 그러고 나서 SIP Proxy2/Registrar은 RE-INVITE 메시지를 ITS Center에 라우팅한다. RE-INVITE의 SDP가 허가되면 ITS Center는 200 OK를 반환한다. ITS Center로부터 200 OK를 받은 후에, SIP Proxy2/Registrar은 ALG에 다시 외부 수신 주소와 포트를 보존 하도록 한다. 또한, ALG는 보존된 외부 수신 주소와 포트를 응답한다. 만약, 모든 할당된 리소스가 준비가 되면, SIP Proxy2/Registrar은 200 OK의 SDP안의 송신 주소와 포트를 교체한다. MIKEY initiator 메시지도 SDP에 삽입한다. 수정이 모두 완료 되면, SIP Proxy2/Registrar 은 SIP Proxy 1을 통해서 MN에 새로운 SDP 메시지에 200 OK를 전송한다. MN이 MIKEY initiator 메시지를 가진 200 OK 메시지를 수신하면, MIKEY initiator 메시지를 처리하고 공유된 TGK 추출이 필요하다.

그림 9은 MN이 인터넷에서 인트라넷으로 다시 돌아올 때의 절차이다. MN이 인트라넷안에 존재 할 때는 메시지가 SIP Proxy 1을 통해서 이동할 필요가 없다. 먼저 MN은 새로운 주소를 SIP Proxy 2/Registrar에 등록을 하고, RE-INVITE 메시지를 보내게 된다. SIP Proxy 2/Registrar가 RE-INVITE 메시지를 수신하게 되면, SIP Proxy 2/Registrar은 사전에 모든 리소스들을 de-allocate 하게 될 것이다. 그리고 나서, MN은 ALG를 거칠 필요 없이 그림 9에서의 “Transport Sessions”처럼 CN과의 직접적으로 통신이 가능하게 된다.

Ⅳ. 성능평가

ITS에서 빈번하게 발생되는 핸드오프를 줄이고자 SIP기반의 MVPN[8]과 V2V NEMO을 적용한 u-TSMVPN을 제안하였으며, 본 장에서는 u-TSMVPN에서의 성능을 분석한다.

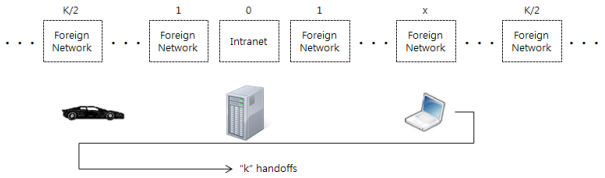

그림 10. 분석을 위한 네트워크 토폴로지
Fig. 10. Network topology for analysis.

표 1. u-TSMVPN의 성능분석을 위한 매개변수
Table 1. Parameter for performance analysis of u-TSMVPN.

변수	설명
K	인트라넷으로 돌아오기 전 MN이 방문한 네트워크의 수
x	MN이 현재 위치한 네트워크, $0 \le x \le K$ x=0 일 때, MN은 인트라넷 안에 존재.
β_x	x 의 분포도. 균등, 선형, 지수 분포도.
$C_{t,i}$	MN이 세션i 을 가지고, t 핸드오프 타입이 일 때, 등록비용과 RE-INVITE 비용으로 구성된 핸드오프 시그널링 비용.
D_t	x-MIP 등록비용으로 구성된 핸드오프 시그널링 비용
S_ϕ	SIP 기반의 MVPN의 시간당 핸드오프 시그널링 비용. ϕ 은 균등분포, 선형분포, 지수분포
$S'_{i,\phi}$	두 연속적인 이벤트 사이에 발생된 MN의 핸드오프 시그널링 비용의 평균. i 는 세션의 수, ϕ 은 균등분포, 선형분포, 지수분포
R_h	MN이 인트라넷 안에 존재할 때의 SIP 등록 비용
R_f	MN이 인트라넷 밖에 존재할 때의 SIP 등록 비용
V_{hf}	MN이 인트라넷에서 인터넷에 존재 하는 외부네트워크로 로밍될 때의 첫 번째 SIP-INVITE 비용
V_{ff}	MN이 외부네트워크에서 다른 외부네트워크로 로밍될 때의 첫 번째 SIP-REINVITE 비용
I_{hf}	MN이 인트라넷에서 인터넷에 존재 하는 외부네트워크로 로밍될 때의 두 번째 SIP-INVITE 비용
I_{ff}	MN이 외부네트워크에서 다른 외부네트워크로 로밍될 때의 두 번째 SIP-REINVITE 비용
I_{fh}	MN이 외부네트워크에서 인트라넷으로 로밍될 때의 SIP-REINVITE 비용
$T_{l,m}$	노드 l 과 노드 m 사이의 SIP 등록 전송 비용
$U_{l,m}$	노드 l 과 노드 m 사이의 SIP RE-INVITE 전송 비용
$X_{l,m}$	노드 l 과 노드 m 사이의 UAR/UAA 또는 MAR/MAA 전송 비용
Y_l	노드 l 에서의 SIP 처리 비용
Z_l	노드 l 에서의 UAR/UAA 또는 MAR/MAA 처리 비용

[14]-[17]와 유사하게, 시그널링 비용 함수는 전송 비용과 처리 비용으로 구성된다. 전송 비용은 두 개의 네트워크 노드 사이의 거리에 비례한다. 네트워크 노드에 처리비용은 터널링된 패킷의 디캡슐화와 재캡슐화 등의 메시지 처리 비용과 인증이 포함된다. IETF의 [18]-[20]에서 제안된 아키텍처를 기반으로 하였기 때문에 시그널링 흐름은 거의 유사하다. [18]-[20]의 수학적 근거는 IETF MVPN[8]의 것과 같다. CN이 인트라넷 안에 존재 하며, MN이 인트라넷과 인터넷을 이동하는 그림 10 와 같은 네트워크 토폴로지를 기반으로 가정한다. 그리고 표 1의 변수들은 성능분석을 위해 정의된 매개변수들이다.

MN이 인트라넷에서 출발하여$K = 0,\ldots,\infty$, K 외부 네트워크를 방문한 후에 돌아 올 때를 고려하면, SIP기반 MVPN에서 MN은 SIP Registrar에 위치 업데이트가 필요하고, MN의 진행 중인 세션을 가지는 u-TSMVPN Center에게 RE-INVITE을 보낸다. 본 논문에서는 MN으로 SIP 세션의 도착은 도착율 λ 인 포아송 과정(Poisson process)을 따른다고 가정한다. 세션 서비스 시간은 평균 μ 인 지수분포를 따른다. 각 MN은 c만큼의 최대 세션의 수를 가진다. MN의 세션 도착율은 M/M/c/c 큐잉 시스템으로 여겨진다. M/M/c/c 큐잉 시스템[21]의 편차에 의해 확률 π_i 를 얻을 수 있다. MN은 i 세션을 가지고, $i = 0,\ldots,c$, 이다.

$$\pi_i = \frac{\lambda^i}{i!\mu^i}\left(\sum_{x=0}^{c}\frac{\lambda^x}{x!\mu^x}\right)^{-1} \quad (1)$$

[22]와 같이 본 논문에서는 MN이 $k \ge 0$ 인 두 연속되는 이벤트 사이의 k 네트워크를 지나며, $0 \le i \le c$ 두 진행 중인 세션i 을 가질 때의 확률$\alpha_i(k)$을 증명한다. 이벤트는 a 새 세션 도착 이거나 진행중인 세션 출발일 수 있다. $t_{e,i}$ 는 두 연속되는 이벤트 사이의 시간 간격이고, MN이 $t_{e,i}$ 동안 세션i 를 갖는다고 가정하자.

$$E[t_{e,i}] = \frac{1}{\phi} = \begin{cases} \dfrac{1}{\lambda + i\mu,} & 0 \le i < c \\ \dfrac{1}{c\mu,} & i = c \end{cases} \quad (2)$$

$$(3)$$

위의 증명으로 $\alpha_i(k)$을 도출할 수 있다.

$$\alpha_i(k)=\begin{cases}1-\dfrac{\lambda_n\left[1-f_n^*(\phi_i)\right]}{\phi_i}, & k=0 \quad (4)\\ \dfrac{\lambda_n\left[1-f_n^*(\phi_i)\right]^2 f_n^*(\phi_i)^{k-1}}{\phi_i}, & k>0 \quad (5)\end{cases}$$

네트워크 체류시간 비율 λ_n 을 갖는 감마분포(Gamma distribution)를 따른다고 가정한다. 그러므로 $f_n^*(s)$ 을 아래와 같이 도출한다.

$$f_n^*(\phi_i)=\left(\frac{\lambda_n\gamma}{\phi_i+\lambda_n\gamma}\right)^{\gamma} \quad (6)$$

특히 $\gamma=1$ 일 때, 네트워크 잔류시간은 지수분포에 따른다. 먼저 만약 MN이 현재 인터넷 안에서 a네트워크 x ($1\le x<K$)에 잔류하고 두 이벤트 사이에 핸드오프 k 시간 수행한다면, 외부 네트워크에서 인트라넷에 $\lfloor (x+k-1)/K \rfloor$ 시간, 외부네트워크에서 다른 외부네트워크로 나머지 $k-\lfloor (x+k)/K \rfloor-\lfloor (x+k-1)/K \rfloor$ 시간 핸드오프 한다. 두 번째로 만약 MN이 현재 인트라넷 ($x=0$) 에 잔류하고, 두 이벤트 사이에 핸드오프 k 수행한다면, 외부네트워크에서 인트라넷으로 $\lfloor k/K \rfloor$시간, 외부네트워크에서 다른 외부네트워크로 나머지 $k-\lfloor k/K \rfloor-\lceil k/K \rceil$ 시간 핸드오프 한다. 그러므로 MN이 i 세션을 가지면, $1\le x<K$, $x=0$ 에 대한 평균 핸드오프 시그널링 비용 함수는 아래와 같이 도출할 수 있다.

$$S_i'\left(x,K,\frac{\lambda+i\mu}{\lambda_n}\right)$$
$$=\sum_{k=0}^{\infty}\left\{\left\lfloor\frac{x+k}{K}\right\rfloor\cdot C_{fh,i}+\left\lfloor\frac{x+k-1}{K}\right\rfloor\cdot C_{hf,i}\right.$$
$$\left.+\left(k-\left\lfloor\frac{x+k}{K}\right\rfloor-\left\lfloor\frac{x+k-1}{K}\right\rfloor\right)\cdot C_{ff,i}\right\}\cdot\alpha_i(k),$$
$$1\le x<K \quad (7)$$

$$S_i'\left(x,K,\frac{\lambda+i\mu}{\lambda_n}\right)$$
$$=\sum_{k=0}^{\infty}\left\{\left\lfloor\frac{k}{K}\right\rfloor\cdot C_{fh,i}+\left\lceil\frac{k}{K}\right\rceil\cdot C_{hf,i}\right.$$
$$\left.+\left(k-\left\lfloor\frac{k}{K}\right\rfloor-\left\lceil\frac{k}{K}\right\rceil\right)\cdot C_{ff,i}\right\}\cdot\alpha_i(k),$$
$$x=0 \quad (8)$$

[15]를 참조하면, $i=0,\ldots,c$ 일 때, $g_i=f_n^*(\phi_i)$, $\rho_i=\phi_i/\lambda_n$ 라 하자. 수식 (7)과 (8)에서 $k=0$ 은 조금도 핸드오프 시그널링 비용을 생성하지 않기 때문에, $\alpha_i(0)$ 은 고려하지 않는다. MN이 몇몇의 네트워크를 이동 할 수 있기 때문에 $k=pK+q$, $p=0,1,\ldots,\infty$ 과 $0\le q<K$ 라 한다. 그러면,

$$\alpha_i(pK+q)=\frac{(1-g_i)^2}{\rho_i g_i}(g_i^K)^p g_i^q=y_i z_i^p w_i^q, \quad (9)$$

$y_i=\frac{(1-g_i)^2}{\rho_i g_i}$, $z_i=g_i^K$, $w_i=g_i$ 일 때, 수식 (7)을 아래와 같이 다시 쓸 수 있다.

$$S_i'(x,K,\rho_i)$$
$$+\sum_{k=1}^{\infty}\left\lfloor\frac{x+k}{K}\right\rfloor\cdot\alpha_i(k)\cdot\left(C_{fh,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$+\sum_{k=1}^{\infty}\left\lfloor\frac{x+k-1}{K}\right\rfloor\cdot\alpha_i(k)\cdot\left(C_{fh,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$=\frac{C_{ff,i}}{\rho_i}+\left(C_{fg,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$\cdot\left(\sum_{p=0}^{\infty}\sum_{q=0}^{K-1}\left\lfloor\frac{pK+q+x}{K}\right\rfloor y_i z_i^p w_i^q-\left\lfloor\frac{x}{K}\right\rfloor\alpha_i(0)\right)$$
$$+\left(C_{h,f,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$\cdot\left(\sum_{p=0}^{\infty}\sum_{q=0}^{K-1}\left\lfloor\frac{pK+q+x-1}{K}\right\rfloor y_i z_i^p w_i^q-\left\lfloor\frac{x-1}{K}\right\rfloor\alpha_i(0)\right)$$
$$=\frac{C_{ff,i}}{\rho_i}+\left(C_{fh,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$\cdot y_i\left[\frac{(1-w_i^K)z_i}{(1-w_i)-(1-z_i)^2}+\frac{w_i^K-x-w_i^K}{(1-w_i)-(1-z_i)}\right]$$
$$+\left(C_{hf,i}-C_{ff,i}\right)$$
$$\cdot y_i\left[\frac{(1-w_i^K)z_i}{(1-w_i)-(1-z_i)^2}+\frac{w_i^K-x+1-w_i^K}{(1-w_i)-(1-z_i)}\right]$$
$$=\frac{C_{ff,i}}{\rho_i}+\left(C_{fh,i}-C_{ff,i}\right)\cdot\left[\frac{(1-g_i)g_i^{K-x-1}}{\rho_i\left(1-g_i^K\right)}\right]$$
$$+\left(C_{hf,i}-C_{ff,i}\right)\cdot\left[\frac{(1-g_i)g_i^{K-x}}{\rho_i(1-g_i^K)}\right]$$
$$=\frac{(1-g_i)g_i^{K-x-1}}{\rho_i\left(1-g_i^K\right)}C_{hf,i}+\frac{(1-g_i)g_i^{K-x}}{\rho_i\left(1-g_i^K\right)}C_{hf,i}$$
$$+\left[\frac{1}{\rho_i}-\frac{(1-g_i)(g_i^{K-x}+g_i^{K-x-1})}{\rho_i\left(1-g_i^K\right)}\right]C_{ff,i},$$
$$1\le x<K \quad (10)$$

수식 (8)은 아래와 같이 다시 쓸 수 있다.

$$S_i'(x, K, \rho_i)$$

$$= \sum_{k=1}^{\infty} k \cdot \alpha_i(k) \cdot C_{ff,i} + \sum_{k=1}^{\infty} \lfloor \frac{k}{K} \rfloor \cdot \alpha_i(k) \cdot \left(C_{fh,i} - C_{ff,i} \right)$$

$$+ \sum_{k=1}^{\infty} \lceil \frac{k}{K} \rceil \cdot \left(C_{hf,i} - C_{ff,i} \right)$$

$$= \frac{(1-g_i) g_i^{K-1}}{\rho_i (1-g_i^K)} C_{fh,i} + \frac{(1-g_i)}{\rho_i (1-g_i^K)} C_{hf,i}$$

$$+ \left[\frac{1}{\rho_i} - \frac{(1-g_i)(1+g_i^{K-1})}{\rho_i (1-g_i^K)} \right] C_{ff,i}$$

$$x = 0 \tag{11}$$

세 가지의 다른 분포를 고려하면, 수식 (10)과 (11)은 아래와 같이 다시 작성할 수 있다.

$$S_i'(K, \rho_i) = \sum_{x=0}^{K-1} \beta_x S_i'(x, K, \rho_i) \tag{12}$$

x 는 $\beta_x = 1/K$ 을 갖는 균등분포이다. 수식(12)을 아래와 같이 다시 쓸 수 있다.

$$S_{i,uniform}'(K, \rho_i) = \frac{C_{fh,i}}{\rho_i K} + \frac{C_{hf,i}}{\rho_i K} + \frac{(K-2) C_{ff,i}}{\rho_i K} \tag{13}$$

MN이 인트라넷이나 인트라넷에 인접한 외부 네트워크에 위치에 있을 확률이 가장 높다고 가정하고, x 는 β_x 을 갖는 선형분포라 하면, x 의 p.d.f는 아래와 같다.

$$\beta_x = \begin{cases} (\frac{K+1}{2} - x)(\frac{2}{K+1})^2, & 0 \le x \le \frac{K-1}{2} \\ (x - \frac{K-1}{2})(\frac{2}{K+1})^2, & \frac{K-1}{2} < x < K-1 \end{cases}$$

그러므로 아래와 같은 수식을 도출할 수 있다.

$$S_{i,linear}'(K, \rho_i) = \sum_{x=0}^{K-1} \beta_x S'(x, K, \rho_i)$$

$$= \frac{C_{ff,i}}{\rho_i} + \frac{(1-g_i)}{\rho_i (1-g_i^K)}$$

$$\left\{ \frac{2(C_{hf,i} - C_{ff,i} + (C_{fh,i} - C_{ff,i}) g_i^{K-1})}{K+1} \right.$$

$$\left. + \frac{4(C_{hf,i} \cdot g_i - C_{ff,i} \cdot g_i + C_{fh,i} - C_{ff,i}) g_i^{K-1}}{(K+1)^2} \right.$$

$$\left. \cdot \left(\sum_{x=1}^{(K-1)/2} \frac{1}{g_i^x} (\frac{K+1}{2} - x) + \sum_{x=(K+1)/2}^{K-1} \frac{1}{g_i^x} (x - \frac{K-1}{2}) \right) \right\} \tag{14}$$

만약 x 가 지수분포 p.d.f 이면,

$$\beta_x =$$

$$\begin{cases} e^{-x} (\frac{1 - e^{-(K+1)/2} + e^{-1}}{1 - e^{-1}}), & 0 \le x \le \frac{K-1}{2} \\ e^{-(K-x)} (\frac{1 - e^{-(K+1)/2} + e^{-1}}{1 - e^{-1}}), & \frac{K-1}{2} \le x \le K-1 \end{cases}$$

$$S_{i,exponential}'(K, \rho_i) = \sum_{x=0}^{K-1} \beta_x S'(x, K, \rho_i)$$

$$= \frac{C_{ff,i}}{\rho_i} + \frac{(1-g_i)}{\rho_i (1-g_i^K)}$$

$$\left\{ \frac{(1-e^{-1})(C_{hf,i} - C_{ff,i} + (C_{fh,i} - C_{ff,i}) g_i^{K-1})}{1 - 2e^{-(N+1)/2} + e^{-1}} \right.$$

$$\left. + \frac{(1-e^{-1})(C_{hf,i} - C_{ff,i} + (C_{fh,i} - C_{ff,i}) g_i^{K-1}}{1 - 2e^{-(N+1)/2} + e^{-1}} \right.$$

$$\left. \cdot \left(\sum_{x=1}^{(K-1)/2} \frac{e^{-x}}{g_i^x} + \sum_{x=(K+1)/2}^{K-1} \frac{e^{-(K-x)}}{g_i^x} \right) \right\} \tag{15}$$

결과적으로 시간당 평균 핸드오프 시그널링 비용은 수식 (1)과 수식 (13)-(15)에 의해 아래와 같이 도출할 수 있다.

$$S_\phi(K) = \sum_{i=0}^{c} S_{i,\phi}'(K, \rho_i) \cdot \phi_i \cdot \pi_i, \tag{16}$$

[14]-[17]에서 제안된 수식에 의하여 시그널링 비용, $C_{t,i}$ 와 D_t 을 도출할 수 있다.

l 과 m 은 mn, nvg, pro, dia, reg, cn, alg, its 일 수 있다. mn은 MN, nvg는 SIP-NVG, pro는 SIP Proxy1, dia는 Diameter server, reg는 SIP Proxy 2/Registrar, cn은 CN, alg는 ALG, its는 u-TSMVPN Center를 의미한다. 또한, 등록비용, RE-INVITE 비용은 아래와 같이 정의된다.

$$Rh = Y_{mn} + Y_{nvg} + 2Y_{reg} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 2T_{mn,nvg} + 4T_{nvg,reg} + 4X_{reg,dia}$$

$$Rf = Y_{mn} + Y_{nvg} + 4Y_{pro} + 2Y_{reg} + 2Z_{pro} + 2Z_{reg} + 4Z_{dia} + 2T_{mn,nvg} + 4T_{nvg,pro} + 4T_{pro,reg} + 4X_{pro,dia} + 4X_{reg,dia}$$

$$Vff = 2Y_{mn} + 2Y_{nvg} + 5Y_{pro} + 4Y_{reg} + Y_{alg} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{mn,nvg} + 5U_{nvg,pro} + 5U_{pro,reg} + 3U_{reg,alg} + 4X_{reg,cn}$$

$$V_{hf} = 2Y_{mn} + 2Y_{nvg} + 5Y_{pro} + 6Y_{reg} + 2Y_{alg} + Y_{cn} + Y_{its} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{mn,nvg} + 5U_{nvg,pro} + 5U_{pro,reg} + 3U_{reg,alg} + 3X_{reg,cn} + 4X_{reg,dia}$$

$$V_{fh} = 2Y_{mn} + 2Y_{nvg} + 5Y_{reg} + Y_{alg} + Y_{cn} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{mn,nvg} + 5U_{nvg,reg} + 2U_{reg,alg} + 3U_{reg,cn} + 2U_{cn,its} + 4X_{reg,dia}$$

$$I_{hf} = 2Y_{nvg} + 5Y_{pro} + 6Y_{reg} + 2Y_{alg} + Y_{cn} + Y_{its} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{nvg,pro} + 5U_{pro,reg} + 3U_{reg,alg} + 3X_{reg,cn} + 4X_{reg,dia}$$

$$I_{ff} = 2Y_{nvg} + 5Y_{pro} + 4Y_{reg} + Y_{alg} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{nvg,pro} + 5U_{pro,reg} + 3U_{reg,alg} + 4X_{reg,cn}$$

$$I_{fh} = 2Y_{nvg} + 5Y_{reg} + Y_{alg} + 2Z_{reg} + 2Z_{dia} + 5U_{mn,nvg} + 5U_{nvg,reg} + 2U_{reg,alg} + 3U_{reg,cn} + 2U_{cn,its} + 4X_{reg,dia} \quad (18)$$

u-TSMVPN에서의 시그널링 비용은 아래와 같이 나타낼 수 있다.

$$C_{hf,i} = R_f + V_{hf} + i \cdot I_{hf}$$
$$C_{ff,i} = R_f + V_{ff} + i \cdot I_{ff}$$
$$C_{fh,i} = R_h + V_{fh} + i \cdot I_{fh} \quad (19)$$

V. 수치분석 결과

이번 장에서는 성능평가에 대한 수치분석 결과에 대해서 논의한다. 네트워크 유지 시간은 지수분포로 가정한다. 또한 전송 비용은 출발 노드와 도착 노드 사이 거리에 비례한다고 가정하고, 무선 연결 전송 비용은 유선 연결 전송 비용보다 더 높다고 가정한다. 또한, λ_m=0.1, c=5, K=5 라고 설정한다. x 는 0과 K사이에서 임의로 선택한다. 그러므로 다양한 핸드오프 시나리오를 생각할 수 있다. 표 2는 분석에 사용된 매개변수에 정의된 값들이다. 그림 11은 핸드오프 시그널링 비용과 ASR (Arrival -to-Service Ratio)관계를 보여준다.

표 2. u-TSMVPN 성능 분석을 위한 변수 값
Table 2. Parameter for u-TSMVPN for performance analysis.

변수	값		변수	값
Y_{mn}	5.0		Y_{pro}/Z_{pro}	10.0
Y_{reg}/Z_{reg}	30.0		Y_{alg}	50.0
Y_{cn}	5.0		Y_{reg}	30.0
Y_{nvg}	25.0		Z_{dia}	10.0
$T_{mn,reg}/U_{mn,reg}$	1.0		$T_{mn,pro}/U_{mn,pro}$	3.0
$T_{mn,nvg}/U_{mn,nvg}$	1.0		$T_{nvg,reg}/U_{nvg,reg}$	5.0
$T_{nvg,pro}/U_{nvg,pro}$	5.0		$U_{cn,its}$	0.5
$T_{pro,reg}/U_{pro,reg}$	0.1		$U_{reg,alg}$	0.1
$U_{reg,cn}$	1.0		$X_{reg,dia}$	0.1
$X_{pro,dia}$	0.1		R_h	149.4
R_f	238.2		V_{ff}	326.2
V_{hf}	444.4		V_{fh}	303.6

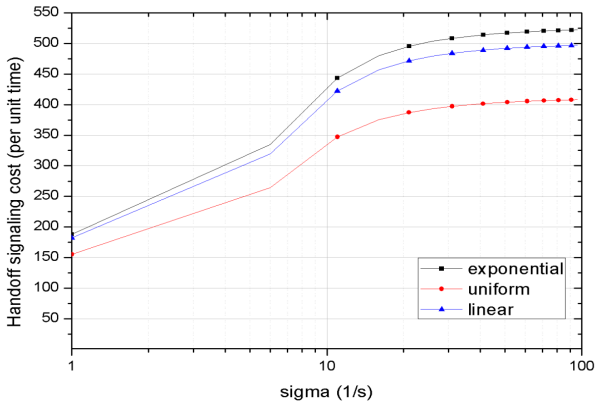

그림 11. 세션 arrival-to-service ratio (ASR) 에 대한 핸드오프 시그널링 비용
Fig. 11. Handoff signaling cost versus session arrival-to-service ratio (ASR).

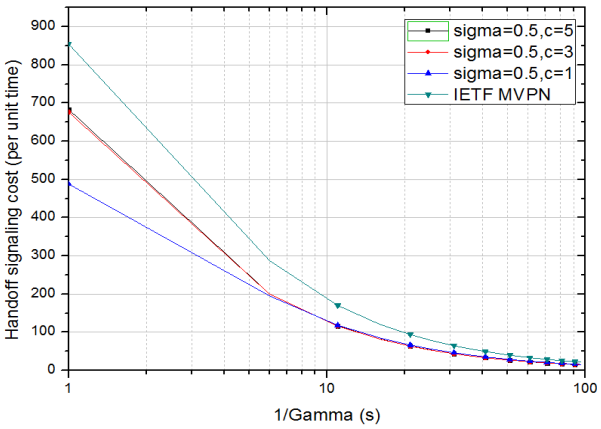

그림 12. 인트라넷에서 외부네트워크로 이동 시 핸드오프 시그널링 비용 비교
Fig. 12. Comparison of handoff signaling cost when MN move from intranet to foreign network.

그림 12는 외부네트워크에서 인트라넷으로의 시그널링 비용을 보여 준다. 위의 분석은 sigma를 0.5로 고정시키고, c값을 변경하며 측정한다. c는 MN안의 세션의 수를 나타낸다. u-TSMVPN에서 MN은 각세션마다 SIP registration과 SIP RE-INVITE 수행이 필요하다. 분석결과 비용은 세션이 더 많을 경우 더 높게 나타난다.

그림 13은 인터넷에서 인터넷으로 이동 시 핸드오프

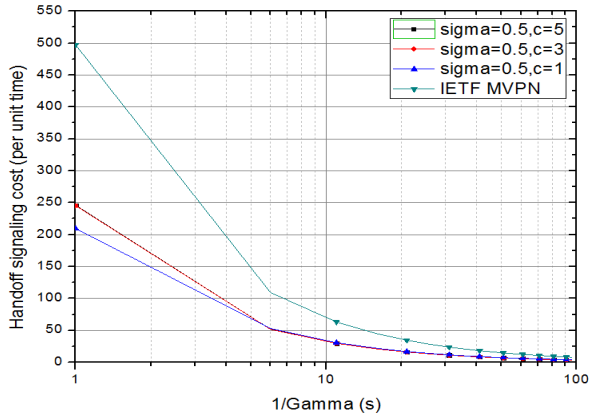

그림 13. 외부네트워크에서 외부네트워크로 이동 시 핸드오프 시그널링 비용 비교

Fig. 13. Comparison of handoff signaling cost when MN move from foreign network to another foreign network.

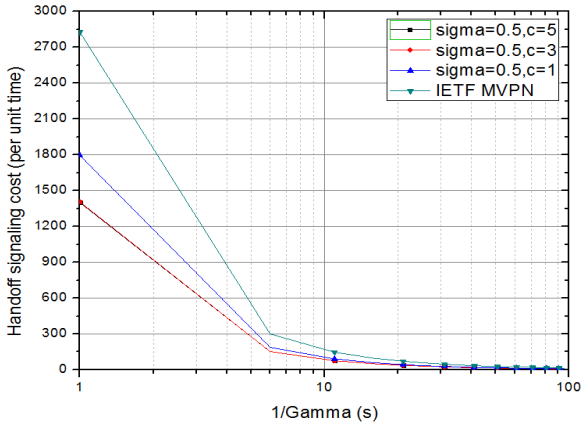

그림 14. 외부네트워크에서 인트라넷으로 이동 시 핸드오프 시그널링 비용 비교

Fig. 14. Comparison of handoff signaling cost when MN move from foreign network to intranet.

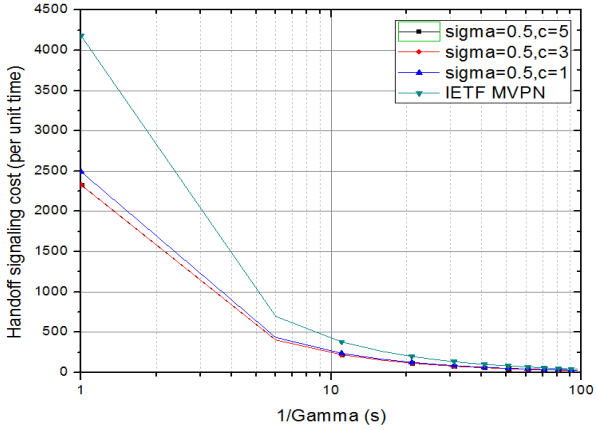

그림 15. 그림 12-14 합계의 핸드오프 시그널링 비용 비교

Fig. 15. Comparison of handoff signaling cost for summation of Figs. 12-14.

시그널링 비용을 나타낸다. 위의 분석 또한, sigma를 0.5로 고정시키고, 세션의 수를 변경하며 측정하였다.

그림 14은 외부네트워크에서 인트라넷으로 이동 시 핸드오프 시그널링 비용을 비교한 것이다. 분석 방법은 위의 분석방법과 동일하다.

그림 15는 12-14의 합계의 핸드오프 시그널링 비용을 나타낸 것이다. 결과적으로 그림 12-14에서 보이는 것처럼 핸드오프 시그널링 비용이 시간이 지남에 따라 급격하게 감소하는 것을 볼 수 있다. 이러한 수치적 결과를 도출하여 ITS에서 SIP 기반 MVPN을 사용함으로써 최초 이후에 핸드오프의 시그널링 비용이 얼마나 절감이 되는지 확인 할 수 있다.

VI. 결 론

본 논문에서는 지능형 교통 시스템에서의 효과적인 통신을 위한 SIP 기반의 MVPN과 V2V NEMO 방식을 적용한 u-TSMVPN을 제안하였다. ITS 환경에서 빈번하게 발생하게 되는 핸드오프 비용을 절감하기 위해서 SIP 기반의 MVPN 구조를 제안하고, 성능분석을 위해 성능평가를 수행하였다. 성능분석 결과에서처럼 세션의 수가 일정 수 이상 증가한 이후로 핸드오프 시그널링 비용이 급격히 감소하는 것을 확인하였다. 결론적으로, 본 논문에서 u-TSMVPN은 SIP을 이용하여 세션을 관리하도록 설계되었다.

지능형 교통 시스템은 첨단 통신 기술이 접목되어, 교통 혼잡, 환경오염 등의 사회적인 문제를 해결하기 위한 해결책으로 제시되고 있다. 저자 또한, 본 연구가 조금이나마 이러한 사회적 문제를 해소하는데 기여하도록 앞으로도 연구를 계속할 계획이다.

REFERENCES

[1] Nekovee M, “Sensor networks on the road: the promises and challenges of vehicular ad hoc networks and vehicular grids,” Proc. Workshop on Ubiquitous Computing and e-Research, May 2005.

[2] 한동석, “u-TSN 시스템에서 교통제어 서비스를 위한 최적의 통신 기술” 대한전자공학회, 대한전자공학회 2010년 하계종합학술대회, pp. 860-862, 2010년 6월

[3] Aehyang Park and Junkyun Choi, “SIP-based Mobility Management over Wireless LAN” 대한전자공학회, ITC-CSCC 2007, pp. 1320-1321, 2007

년 7월
[4] Zong-Hua Liu, Jyh-Cheng Chen, Tuan-Che Chen, “Design and Analysis of SIP-Based Mobile VPN for Real-Time Applications” IEEE TRANSACTIONS ON WIRELESS COMMUNICATIONS, Vol. 8, No. 11, november 2009
[5] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert,“ Network Mobility (NEMO) Basic Support Protocol,” IETF RFC 3963, January. 2005.
[6] J. Rosenberg, H. Schulzrinne, G. Camarillo, A. Johnston, J. Peterson, R. Sparks, M. Handley, E. Schooler, “SIP: session initiation protocol,” IETF RFC3261, June 2002.
[7] M. Handley, H. Schulzrinne, E. Schooler, J. Rosenberg, “SIP: session initiation protocol,” IETF RFC2543, March 1999.
[8] Vaarala, S., “Mobile IPv4 Traversal Across IPsec-based VPN Gateways,” draft, 2005.
[9] Yi-Wen Liu, “dynamic external Home Agent Assignment in Mobile VPN,” Vehicular Technology Conference, 2004
[10] Calhoun, P., “Diamter Mobile IPv4 Application,” RFC4004, 2005
[11] HE Jianwei, ZENG Zhenxiang, LI Zhiheng, “Benefit Evaluation Framework of Intelligent Transportation Systems”, Vol 10, pp. 81-87, February 2010
[12] H. Schulzrinne et al., “RTP: A Transport Protocol for Real-Time Applications,” IETF RFC 3550, Standard 64, July 2003.
[13] P. Calhoun, J. Loughney, E. Guttman, G. Zorn, J. Arkko, “Diameter base protocol,” IETF RFC 3588, September 2003.
[14] J. Xie and I. F. Akyildiz, “A novel distributed dynamic location management scheme for minimizing signaling costs in Mobile IP,” IEEE Trans. Mobile Comput., Vol. 1, No. 3, pp. 163 - -175, 2002.
[15] W. Ma and Y. Fang, “Dynamic hierarchical mobility management strategy for mobile IP networks,” IEEE J. Select. Areas Commun., Vol. 22, No. 4, pp. 664 - -676, May 2004.
[16] R. Rummler, Y. W. Chung, and A. H. Aghvami, “Modeling and analysis of an efficient multicast mechanism for UMTS,” IEEE Trans. Veh. Technol., Vol. 54, No. 1, pp. 35-365, January. 2005.
[17] S. Fu, M. Atiquzzaman, L. Ma, and Y.-J. Lee, “Signaling cost and performance of SIGMA: a seamless handover scheme for data networks,” Wireless Commun. and Mobile Computing, Vol. 5, No. 7, pp. 825-845, November. 2005.
[18] J.-C. Chen, Y.-W. Liu, and L.-W. Lin, “Mobile virtual private networks with dynamic MIP home agent assignment,” Wireless Commun. and Mobile Computing, vol. 6, no. 5, pp. 601 - -616, August. 2006.
[19] J.-C. Chen, J.-C. Liang, S.-T. Wang, S.-Y. Pan, Y.-S. Chen, and Y.-Y. Chen, “Fast handoff in mobile virtual private networks,” in Proc. IEEE International Symposium on a World of Wireless Mobile and Multimedia Networks (WoWMoM ’’06), Buffalo, NY, pp. 548-552, June 2006
[20] A. Dutta, T. Zhang, S. Madhani, K. Taniuchi, K. Fujimoto, Y. Katsube, Y. Ohba, and H. Schulzrinne, “Secure universal mobility for wireless internet,” ACM Mobile Computing and Commun. Review, vol. 9, no. 3, pp. 45-57, July 2005.
[21] L. Kleinrock, “Queueing Systems, Volume 1: Theory”, Wiley, 1975.
[22] Y.-B. Lin, “Reducing location update cost in a PCS network,” IEEE/ACM Trans. Networking, Vol. 5, No. 1, pp. 25-33, February. 1997.
[23] 한성희, 정종필, “멀티캐스팅 지원의 비용효과적인 도메인간 빠른 NEMO 기법의 설계 및 성능분석” 한국정보처리학회 정보처리학회논문지. 컴퓨터 및 통신시스템, pp. 35 ~ 46, 2012년 10월
[24] 이윤수, “NEMO를 지원하는 프록시 모바일 IPv6 네트워크에서 비용효과적인 LMA 도메인간 핸드오버 기법의 성능분석” 한국인터넷방송통신학회 한국인터넷방송통신학회 논문지, pp.97 ~ 107, 2012년 2월

저 자 소 개

전 해 남(정회원)
2012년 성균관대학교 정보통신 대학원 정보보호학과 (공학석사)
<주관심분야 : 스마트기기보안, 네트워크보안, 암호학 etc>

정 종 필(정회원)-교신저자
2008년 성균관대학교 정보통신대학(공학박사)
2009년 성균관대학교 컨버전스연구소 연구교수
2010년~현재, 성균관대학교 정보통신대학 겸 산학협력단, 산학협력중점교수
<주관심분야 : 모바일컴퓨팅, 센서 이동성, 차량 모바일 네트워크, 스마트기기 보안, 네트워크 보안, IT융합, 인터랙션사이언스 등>