

차량 네트워크에서의 네트워크 기반 차량 이동성 지원 기법 연구

백상현* · 김영현**

1. 서 론

Wi-Fi, WiMAX, HSDPA, LTE 등과 같은 다양한 형태의 무선 통신 기술의 급속한 발전으로 인해 언제 어디서든 네트워크에 접속할 수 있는 유비쿼터스 통신 환경이 구축되고 있다. 특히, 최근에는 이러한 무선 통신 인프라를 차량을 이용한 환경에서 적용하여 사람들이 차량을 통해 이동하는 동안에도 네트워크에 접속하여 정보를 습득하거나 차량 시스템과 관련된 정보 (예를 들어, 차량 사고 정보 또는 도심 교통 정체 정보)를 전송할 수 있는 차량 네트워크 (Vehicular Network) 과 관련된 연구가 전세계적으로 활발히 진행되고 있다.

차량 네트워크의 경우 크게 차량 간 통신 (Vehicle-to-Vehicle Communications)과 차량과 기지국과 같은 통신 인프라 구조와의 통신 (Vehicle-to-Infra Communications)으로 구별될 수 있다. 차량 간 통신의 경우 별도의 인프라 구조

없이 애드혹 방식의 네트워크 구조 상에서 차량 간에 메시지를 전달할 수 있다. 특히 차량 간 통신의 경우 차량의 이동성으로 인해 네트워크 연결 구조가 급변할 수 있으므로 이러한 환경에 대처하기 위한 데이터 링크 계층, 네트워크 계층, 전송 계층 등의 통신 프로토콜 개발 연구가 활발히 진행되고 있다. 반면 차량과 인프라와의 통신의 경우 빠르게 이동하는 차량의 위치를 관리할 수 있는 이동성 지원이 중요한 이슈이다. Mobile IP와 같은 기존의 이동성 지원 프로토콜의 경우 빠른 이동성을 지원하는데 한계가 있으므로 이를 개선하기 위한 연구가 널리 진행되었고 최근에는 버스, 지하철과 같이 하나의 교통수단에 여러 사용자 또는 단말이 위치하여 집단적으로 이동하는 경우에 대한 네트워크 이동성(Network Mobility: NEMO)에 대한 연구가 IETF (Internet Engineering Task Force)를 중심으로 활발히 진행되고 있다.

하지만 IETF의 NEMO 워킹 그룹에서 제안한 NEMO Basic Support 프로토콜 [1]은 모바일 라우터 (Mobile Router: MR)라고 하는 별도의 네트워크 장치를 설치해야 하는 부담이 있다. 특히, 모바일 라우터의 경우 L3까지 처리하는 라우터로 이를 사용할 경우 구현에 필요한 오버헤드와 설치 비용 등을 고려해야 한다. 본 고에서는 이러한 모

* 교신저자(Corresponding Author) : 백상현, 주소 : 서울시 성북구 안암동(136-701), 전화 : 02)3290-4825, FAX : 02)921-0544, E-mail : shpack@korea.ac.kr

* 고려대학교 전기전자전파공학부 조교수

** 고려대학교 전기전자전파공학부

(E-mail : younghyun_kim@korea.ac.kr)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT 신성장동력핵심기술개발사업의 일환으로 수행되었음 [2007-F-038-02, 미래 인터넷 핵심기술 연구].

마일 라우터 적용의 추가적인 비용을 줄이기 위해서 데이터 링크 또는 물리 계층 계층에서의 간단한 릴레이 (Relay) 노드를 이용하여 네트워크 이동성을 지원할 수 있는 방안을 제시한다. 제안하는 방안은 현재 IETF, 3GPP 등에서 논의되고 있는 Proxy Mobile IP (PMIPv6) 환경을 가정하여 동작하게 된다.

본고는 다음과 같이 구성된다. 2장에서는 배경 지식으로 네트워크 이동성 지원 프로토콜과 PMIPv6를 설명하고 3장에서는 PMIPv6 기반 (즉, 네트워크 기반의) 차량 이동성 지원 기법을 설명한다. 4장에서는 제안하는 기법의 장단점을 분석하고 5장에서는 결론을 맺는다.

2. 배경 지식

2.1 차량 네트워크 이동성 지원 기법

IETF 차량과 같은 네트워크 이동성 (network mobility, NEMO)을 제공하기 위해, 네트워크 이동성 지원 프로토콜 (NEMO basic support protocol)을 제안하였다 [1]. 네트워크 이동성은 이동 네트워크를 하나의 노드로 간주하여, mobile IPv6 (MIPv6) [2]의 이동 노드 (mobile node, MN)처럼, 네트워크에게 이동성을 제공하는 개념이다. 이동 네트워크 (mobile network)의 예로는 지하철, 버스 등이 있다.

네트워크 이동성 지원 프로토콜에 대해 살펴볼 것이다. 이동 네트워크 안으로 새로 들어온 이동 노드는 이동 라우터 (mobile router, MR)의 mobile network prefix (MNP)를 이용하여 care-of address (CoA)를 생성한 후, 자신의 홈 에이전트 (home agent, HA)에게 위치등록 (location update)을 한다. 이동 라우터는 이동 네트워크의 이동성을 관리 (mobility management)하고, 이동

네트워크 안에 있는 노드들의 트래픽이 통과하는 게이트웨이(gateway)이다.

이동 노드의 위치등록이 완료된 후, 상대 노드에서 이동 노드로 보내는 패킷은 그림 1과 같이 상대 노드 → 이동 노드의 홈 에이전트 → 이동 라우터의 홈 에이전트 → 이동 라우터를 거쳐 이동 노드로 도착한다. 그리고 이동 네트워크가 서로 다른 서브넷 사이를 이동하더라도, 이동 라우터의 MNP는 바뀌지 않으므로, 이동 네트워크 안에 있는 노드들은 각각의 홈 에이전트에게 위치등록을 할 필요가 없다. 대신 이동 라우터가 새로운 서브넷에서 CoA를 생성한 후, 이동 라우터의 홈 에이전트에게 위치등록을 함으로서 이동 노드들에게 인터넷 연결성을 제공한다.

네트워크 이동성 지원 프로토콜은, 이동 노드들이 아닌 이동 라우터만 위치등록을 하기 때문에, 시그널링 트래픽 (signaling traffic)이 줄어드는 장점을 가지고 있다. 반면에, 이동 노드로 향하는 패킷은 항상 이동 라우터의 홈 에이전트를 거쳐야 하므로, 경로 최적화 (route optimization)와 관련된 단점을 가지고 있다. 특히, 이동 네트워크는 하위에 여러 개의 이동 네트워크를 계층적으로 들 수 있으므로, 이 경우 경로 최적화의 문제는

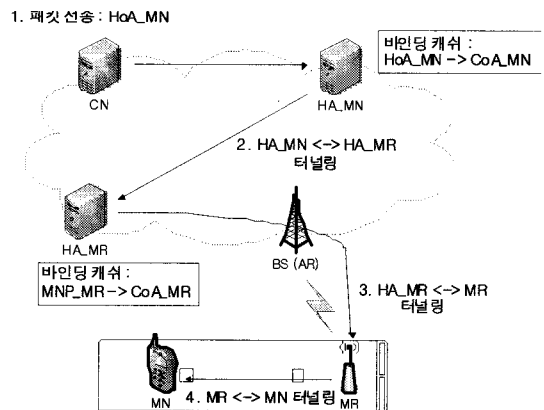


그림 1. NEMO 기법에서의 패킷 전달 과정

더욱 더 커진다.

네트워크 이동성 지원 프로토콜의 표준화는 완료된 상태이지만 고려해야 할 사항은 여전히 남아 있다. 특히 대역폭 할당 (bandwidth allocation)이나 접속 제어 (admission control)와 같은 자원 관리 (resource management)는, 네트워크 이동성 지원 프로토콜을 위해, 연구가 필요한 부분이다. 또한 이동 라우터는 네트워크 계층 (layer)의 장치이므로 패킷 처리 지연 (packet processing delay)이 발생할 수 있다.

2.2 Proxy Mobile IPv6

Mobile IPv6는 다양한 기관에서의 구현을 통해 보급 확산을 위해 노력해 왔지만 이론과 실제의 괴리감을 보이며 상용 서비스에 이르지 못하고 정체되고 있는 상황이다. 다시 말해서, 실제 서비스를 제공할 통신 사업자들에게 매력적인 요소를 제공하지 못하고 있는 상황이라고 할 수 있다. 이러한 상황에 이른 가장 근본적인 문제는 MIPv6 서비스를 위해 클라이언트인 이동 단말에 부여되는 부담이 상당하다는 것이다. 예를 들어, 이동 단말과 액세스 라우터 사이의 시그널링으로 인한 무선 구간에서의 자원 사용량 증가, 성능 및 자원이 한정되어있는 이동 단말에서의 복잡한 표준 사양 구현, 이러한 동작들로 인한 이동 단말의 전력 사용량 증가 등이다.

이러한 문제점을 인식한 인터넷 프로토콜개발자들은 결국 MIPv6와 같은 클라이언트 기반 이동성 프로토콜 (Client Controlled Mobility Protocol)이 아닌 네트워크 기반 이동성 프로토콜 (Network Controlled Mobility Protocol)에 관심을 갖기 시작하였고 최근 몇 가지 기술들이 IETF에서 논의되기 시작하였다. 또한 이와 관련된 기술을 다루기 위해 IETF에 NetLMM (Network-

based Localized Mobility Management)이라는 워킹그룹이 신설되었고 Design Team이 본격적인 표준화 작업에 착수하였다. 이와는 별도로 NetLMM 워킹그룹 외부에서도 다른 접근 방식으로 PMIPv6가 논의되었다. PMIPv6은 등장 초기에 이를 집중적으로 다룰 적절한 워킹그룹이 없어 IETF내에서 그다지 큰 지지 세력이 없었고 이 때문에 크게 부각이 되지 않았지만 최근 다른 표준화 기구인 3GPP2와 WiMAX 포럼에서 통신 사업자 중심으로 PMIPv6솔루션을 공식적으로 반영하겠다는 선언과 동시에 이를 IETF에서도 반영해 주기를 요청하면서 IETF에서 큰 관심을 끌게 되었다.

Proxy Mobile IPv6 (PMIPv6)는 IETF NetLMM 워킹그룹에서, IPv6 호스트에게 네트워크 기반의 IP 이동성을 제공하기 위해, 제안한 프로토콜이다 [3]. 그러나 PMIPv6가 제안되기 전에, 호스트 기반의 IP 이동성을 제공하기 위해 잘 정의된 (well defined) MIPv6가 존재하였다. MIPv6에서 이동 단말은 자신의 이동성을 관리하기 위해, binding update (BU) 메시지와 home test init (HoTI) 메시지와 같은, 시그널링 메시지를 직접 생성하여 홈 에이전트와 교환한다. 따라서 MIPv6를 지원하기 위해서는 이동 단말에 프로토콜 스택의 수정이 필요한 문제점이 존재한다. 위의 문제를 해결하기 위해, 이동 단말의 수정이 필요치 않은, 네트워크 기반의 PMIPv6가 제안된 것이다. 또한 PMIPv6는 MIPv6에 비해 이동 IP 서비스의 구축 (deployment), 시그널링 비용, 네트워크 서비스 공급자의 관점에서 강점을 가지고 있다 [4].

PMIPv6의 자세한 동작 과정은 다음과 같다. 우선 PMIPv6는 localized mobility agent (LMA)와 mobility access gateway (MAG), 두 개의 네트워크

크 엔티티를 새로 정의한다. LMA는 PMIPv6 도메인 안에서 이동 노드의 홈 에이전트로서 이동 노드에게 인터넷 연결성을 보장해주는 역할을 한다. 그리고 MAG는 이동 노드의 움직임을 감지하고 이동 노드의 이동성 관리를 위한 시그널링 메시지를 생성하고 교환하는 역할을 한다.

PMIPv6에서 이동 노드의 위치등록 과정은 다음과 같다.

(1) 이동 노드가 PMIPv6 도메인 내부로 새롭게 들어오거나, 도메인 내부에서 전원을 켜면, MAG는 이동 노드나 네트워크로부터 MN Attached 이벤트를 받는다. 이 이벤트에는 이동 노드의 Identifier (MN-ID) 정보가 포함되어 있다.

(2) MAG는 MN-ID정보가 포함된 proxy binding update (PBU) 메시지를 LMA에게 보낸다.

(3) LMA는 MN-ID와 함께 이동 노드의 home network prefix 정보를 포함한 proxy binding acknowledgement (PBA) 메시지를 MAG에게 보낸다. 이 후, MAG와 LMA 사이에는 이동 노드의 home network prefix를 사용한 터널이 형성된다.

(4) PBA를 받은 MAG는 home network prefix를 포함한 router advertisement (RA) 메시지를 이동 노드에게 전송한다. 이 때, home network prefix는 유일한 prefix이므로 MAG는 멀티캐스트 (multicast)가 아닌 유니캐스트 (unicast) 방식으로 이동 노드에게 RA 메시지를 전송한다. 또한 RA 메시지를 받은 이동 노드는 유일한 home network prefix를 이용하여 IPv6 주소를 생성하므로, MIPv6에서처럼 duplicate address detection (DAD) 과정을 수행하지 않는다.

위와 같이 위치등록을 완료한 후, 그림 2에서처럼 이동 노드가 PMIPv6 도메인 안의 새로운 MAG으로 이동할 경우, 새로운 MAG은 위의 (1)~(3)번까지의 행동을 수행하여 LMA와 이동

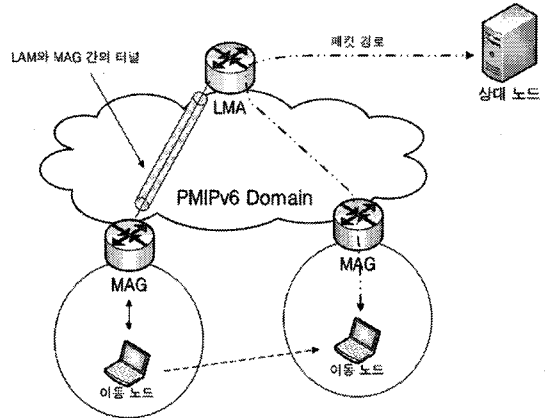


그림 2. PMIPv6 도메인 구조

노드를 위한 터널을 형성한다. 그리고 4번 과정에서 새로운 MAG은 똑같은 home network prefix를 포함한 RA 메시지를 이동 노드에게 전송하므로 이동 노드는 계속 홈 네트워크에 있는 것으로 간주한다. 다시 말해 PMIPv6 도메인은 이동 노드의 홈 네트워크로 간주할 수 있는 것이다. 또한 이동성 관리와 연관된 시그널링 메시지가 무선이 아닌 유선링크를 통해서만 교환되는 특징을 가지고 있다. 상대 노드에서 이동 노드로 패킷을 보내는 경우는 그림 2에서 나타낸 것과 같다. LMA는 이동 노드로 향하는 패킷을 가로챌 후, 이동 노드가 속한 MAG으로 패킷을 전송한다. 그리고 MAG은 이동 노드에게 패킷을 전달함으로써 패킷 전송은 완료된다.

3. PMIPv6 기반의 네트워크 이동성 지원 기법

본 장에서는 2장에서 언급한 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 결점을 해결하기 위해, 릴레이 기반의 네트워크 이동성 (relay-based NEMO, 이하 rNEMO)을 제안한다. rNEMO에서 네트워크 계층의 이동성은 PMIPv6를 사용하여 보장한다.

rNEMO는 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 이동 라우터 대신 중계기 또는 릴레이 (relay station)을 사용한다. 중계기 기술은 증폭 후 전송 (amplify-and-forward, AF) 방식이나 디코딩 후 전송 (decode-and-forward, DF) 방식 등을 사용할 수 있다 [5].

그리고 rNEMO는, PMIPv6를 사용하기 때문에, 링크 접속에 대한 인증과정만 거치면 위치등록과정을 완료할 수 있다. 또한 rNEMO는 네트워크 이동성 지원 프로토콜에 비해 네트워크 구성의 간단함, 낮은 패킷 처리 비용등의 장점을 가진다. 다음으로 PMIPv6 네트워크에서의 rNEMO와 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 동작과정을 살펴 보겠다.

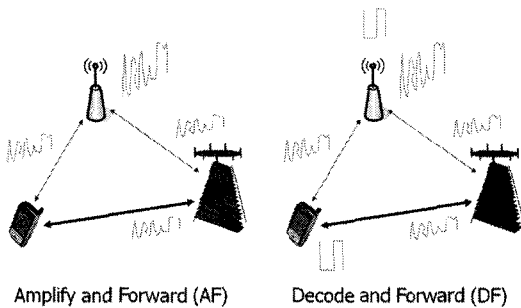


그림 3. 중계 방식 (AF vs. DF)

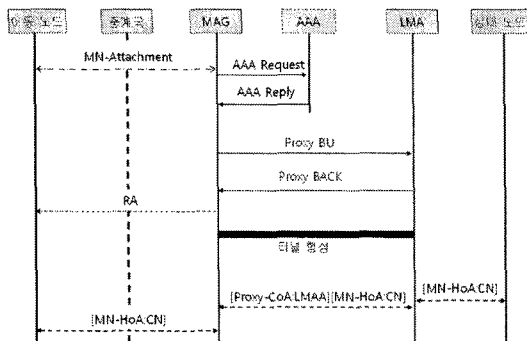


그림 4. rNEMO의 동작 과정 (([A:B]에서 A는 목적지 주소 (destination address), B는 원시 주소 (source address))

PMIPv6 네트워크에서 rNEMO의 동작과정은 그림 4와 같다.

(1) 이동 노드가 PMIPv6 도메인 내부의 이동 네트워크 안에서 전원을 켜거나 이동 네트워크 안으로 새롭게 들어오면, MAG는 MN-Attachment 이벤트를 수신한다.

(2) 이후, MAG는 이동 노드의 링크접속에 대한 인증을 수행한다.

(3) 이동 노드의 인증에 대한 AAA Reply를 받은 MAG는 LMA에게 Proxy BU 메시지를 전송한다. 그리고 LMA는, Proxy BU에 대한 응답으로, 이동 노드의 home network prefix 정보를 포함한 Proxy BACK 메시지를 MAG에게 보낸다.

(4) 이후, MAG와 LMA 사이에는 이동 노드를 위한 터널이 형성된다. 그리고 이동 노드는, MAG으로부터 받은 RA 메시지의 network prefix 정보를 이용하여 IPv6 주소를 생성한다.

(5) 상대 노드가 이동 노드에게 패킷을 전송할 경우, LMA는 이 패킷을 가로챌 후 MAG로 터널링한다. MAG는 이 패킷을 decapsulation한 후, 이동 노드에게 보냄으로서 패킷전송이 완료된다.

그림 5는 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 동작과정을 묘사한다. 네트워크 이동성 지원 프로토

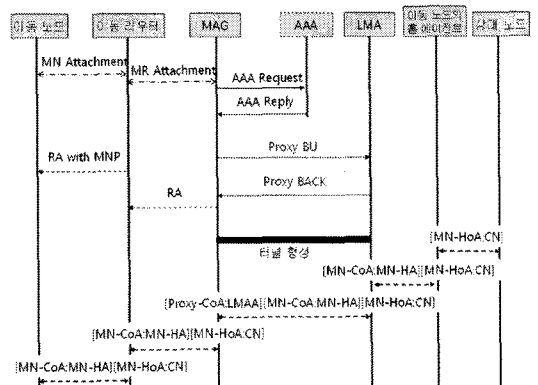


그림 5. 네트워크 이동성 지원 프로토콜의 동작 과정

콜에서 이동 노드는 이동 라우터와 연결성을 유지하고 이동 라우터는 MAG와 연결되어 있다. 따라서 이동 네트워크가 다른 MAG으로 이동할 경우, 새로운 MAG는 이동 라우터에 대해서 위치등록 과정을 수행한다. 그리고 이동 네트워크 안으로 들어온 이동 노드는, 이동 라우터의 MNP를 이용하여 CoA를 생성하고, 이동 노드의 홈 에이전트에게 위치등록을 한다. 따라서 이동 네트워크가 다른 MAG로 이동하더라도 이동 라우터의 MNP는 일정하므로, 이동 노드는 홈 에이전트에게 위치등록을 할 필요가 없다.

4. 정성적 비교 분석

본 장에서는 네트워크 이동성 지원 프로토콜과 rNEMO를 처리 지연, 보안, 네트워크 구축 (deployment) 관점에서 비교할 것이다.

rNEMO는 링크 계층 장비보다 복잡한 네트워크 장치인 이동 라우터 대신 단순한 릴레이를 사용하기 때문에, 네트워크 구축관점에서 네트워크 이동성 지원 프로토콜보다 더 간단하고 저렴한 비용의 장점을 가진다. 또한, 릴레이은 현재 셀룰러 시스템에서 영역확장을 위해 널리 사용되고 있다. 따라서 네트워크 이동성을 위한 네트워크를 구축할 때, rNEMO를 사용하는 것이 네트워크 이동성 지원 프로토콜보다 더 유리하다.

그리고 릴레이를 사용함으로써 이동 라우터에서의 패킷 처리 지연시간을 줄일 수 있다. VoIP (voice over IP)와 같이 패킷 지연에 민감한 응용 프로그램을 사용하기 위해, 이동 라우터에서의 패킷 처리 지연을 줄이는 것은 매우 중요한 문제이다. 그러나 rNEMO에서 릴레이은 링크 계층의 장비이고 단순히 트래픽을 전달하는 역할을 하기 때문에 패킷 처리 지연시간이 이동라우터에 비해

줄어든다. 게다가 네트워크 이동성 지원 프로토콜에서 이동 노드가 전송하거나 이동 노드로 향하는 모든 트래픽은 이동 라우터를 거치기 때문에, 이동 라우터에서 병목현상 (bottleneck)이 발생할 수 있다. 따라서 rNEMO는 이동 라우터 대신 릴레이를 사용함으로써 보다 견고하게 네트워크 이동성을 지원할 수 있다.

비록 rNEMO가 네트워크 이동성 지원 프로토콜에 비해 위와 같은 장점을 가지고 있으나, 이동 네트워크가 이동할 때마다, 이동 네트워크 안에 있는 모든 노드들에 대해 시그널링 트래픽이 발생한다. 그러나 이때 발생하는 시그널링 트래픽은 링크 계층에서 인증을 위해 발생하는 것이다. 그리고 rNEMO는 PMIPv6를 사용하기 때문에 IP 계층에서의 시그널링 트래픽은 MAG와 LMA 사이에서만 일어난다. 또한 rNEMO는 이동 노드 개인에 대해 인증과정을 수행하므로 네트워크 이동성 지원 프로토콜보다 보안적인 측면에서 더 안전하다 할 수 있다.

5. 결 론

본고에서는 차량 네트워크 이동성 지원을 위해 PMIPv6를 이용한 네트워크 기반의 이동성 관리 기법을 설명하였다 제안한 기법을 통해 PMIPv6 환경에서는 별도의 모바일 라우터 없이 단순한 릴레이 노드를 이용하여 네트워크 이동성을 지원할 수 있다. 향후 연구에서는 제안하는 기법의 정량적인 성능 분석 작업을 수행할 계획이다.

참 고 문 헌

- [1] V. Devarapalli, R. Wakikawa, A. Petrescu, and P. Thubert, "Network Mobility (NEMO) Basic Support A Protocol," IETF RFC 3963, Jan.

2005.

[2] D. Johnson, C. Perkins, and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," IETF RFC 3775, June 2004.

[3] S. Gundavelli, K. Leung, V. Devarapalli, K. chowdhury, and B. Patil, "Proxy Mobile IPv6," IETF Internet draft, draft-ietf-netlmm-prox-ymip6-18.txt, May 2008, work in progress.

[4] K. Kong, W. Lee, Y. Han, M. Shin, and H. You, "Mobility Management for All-IP Mobile Networks: Mobile IPv6 vs. Proxy Mobile IPv6," IEEE Wireless Comm., Vol.15, Issue. 2, pp. 36-45, Apr. 2008.

[5] J. Cai, X. Shen, J. Mark, and A. Alfa, "Semi-distributed User Relaying Algorithm for Amplify-and-Forward Wireless Relay Networks," IEEE Trans. Wireless Communications, Vol.7, Issue 4, pp. 1348-1276, Apr. 2008.



김 영 현

- 2005년 숭실대학교 컴퓨터학부(공학사)
- 2007년 숭실대학교 컴퓨터학과(공학석사)
- 2008년~현재 고려대학교 전자전기공학과 박사과정
- 관심분야 : 무선/이동 네트워크



백 상 현

- 2000년 서울대학교 컴퓨터공학부 (공학사)
- 2005년 서울대학교 전기컴퓨터공학부 (공학박사)
- 2005년~2006년 캐나다 워털루 대학교 박사후연구원
- 2007년~현재 고려대학교 전기전자전파공학부 조교수
- 관심분야 : 무선/이동 네트워크, 차량 네트워크 등