자동차 무선 네트워크 환경에서 연속적이고 견고한 IPv6기반의 이동성 프로토콜

(Seamless and Robust Vehicular MIPv6: VMIPv6 for Vehicular Ad hoc Network)

오 하 영 † 김 종 권 ††
(Hayoung Oh) (Chong-kwon Kim)

요 약 자동차 관련 응용 프로그램에 대한 요구가 빠르게 증가되면서, 자동차 무선 네트워크에서 연속적이고 견고한 멀티미디어 서비스를 위한 필요성이 대두되고 있다. 이동성이 있는 환경에서 연속적인 서비스를 제공해주기 위해, 기본적인 이동성 프로토콜인 MIPv6은 물론 MIPv6의 문제점을 해결하기 위한 FMIPv6와 같은 프로토콜들이 개발되었다. 하지만, MIPv6, FMIPv6는 긴 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 문제로 인해 멀티미디어와 같이 품질 보증이 필요한 서비스에는 사용할 수 없다. 따라서 본 논문은 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 처음 속해있던 액세스 라우터에서 만든 원래 임시 주소(oCoA : original CoA)와 뒷단 주소 중복성 검사(background DAD : Duplicate Address Detection)를 이용하여 연속적이고 견고한 멀티미디어 서비스를 제공해줄 수 있는 이동성 프로토콜을 제안한다. 성능평가를 통해 제안한 방식이 자동차 무선 네트워크 환경에서 제일 적합함을 증명한다.

키워드 : 연속적이고 견고한 핸드오버, 멀티미디어 서비스, 자동차 무선 네트워크, oCoA, nCoA, background DAD

Abstract With the rapidly increasing demand of traffic applications, the need to support seamless and robust multimedia services in the Vehicular Ad hoc Network is growing. Fast handover for the MIPv6 (FMIPv6) developed to solve the MIPv6's problem as well as Mobile IPv6 (MIPv6) for basic mobility protocol have been developed to support seamless handover in mobile environment. However, MIPv6 and FMIPv6 are useless for Quality-of-Service (QoS) services such as multimedia applications due to the long handover latency and the packet loss problem. In this paper, we propose a seamless and robust handover scheme that supports multimedia services in Vehicular Ad hoc Network using oCoA and background DAD. Through performance evaluation, we show that the proposed scheme is more proper for Vehicular Ad hoc Network than other schemes.

Key words : seamless and robust handover, Multimedia services, Vehicular Ad hoc Network

· 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원 사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2009-(C1090-0902-0006)).
또한, 2007년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국과학재단의 지원을 받아 수행된 연구임(No. R01-2007-000-20154-0). 또한, 2009년도 두뇌한국21사업에 의하여 지원되었음
· 이 연구를 위해 연구장비를 지원하고 공간을 제공한 서울대학교 컴퓨터 연구소에 감사 드립니다.

† 학생회원 : 서울대학교 컴퓨터학과
hyoh@popeye.snu.ac.kr
†† 종신회원 : 서울대학교 컴퓨터학과 교수
ckim@popeye.snu.ac.kr

논문접수 : 2009년 7월 9일
심사완료 : 2010년 1월 20일

Copyright©2010 한국정보과학회 : 개인 목적이나 교육 목적인 경우, 이 저작물의 전체 또는 일부에 대한 복사본 혹은 디지털 사본의 제작을 허가합니다. 이 때, 사본은 상업적 수단으로 사용할 수 없으며 첫 페이지에 본 문구와 출처를 반드시 명시해야 합니다. 이 외의 목적으로 복제, 배포, 출판, 전송 등 모든 유형의 사용행위를 하는 경우에 대하여는 사전에 허가를 얻고 비용을 지불해야 합니다.
정보과학회논문지 : 정보통신 제37권 제2호(2010.4)

1. 서 론

최근 다양한 무선 기술이 끝없이 발전하면서, 자동차 환경에서도 트래픽 감시, 트래픽 혼잡제어, 자동차 위치 파악 및 각종 데이터 통신등과 같은 자동차 응용 프로그램에 대한 요구가 증가되고 있다[1-3]. 자동차 무선 네트워크 환경에서는 자동차 안의 사람들이 다른 자동차 안의 사람들과 통신을 할 수도 있고, 기존의 인프라와 통신을 할 수도 있다. 이런 자동차 무선 네트워크에서 필요한 대표적인 기술 중 하나는 달리는 자동차 안에서도 기존 인프라를 통해서 뉴스, 여행 정보, 쇼핑, 영화 및 음악 등의 각종 데이터를 끊임 없이 통신을 할 수 있도록 자동차 무선 네트워크에 맞는 이동성 프로토콜을 개발하는 일이다.

인터넷 표준을 관리하는Internet Engineering Task Force(IETF)는 MIPv6(Mobile IPv6)라는 이동성 프로토콜을 제안하였다[4]. 그러나 MIPv6에서 이동 단말기가 핸드오버 수행 시, 새로운 라우터 밑으로 움직이고 해당 라우터 밑에서 사용할 새로운 임시 주소를 만들기 때문에 그 주소를 만들고 중복성을 확인하는 동안 통신을 할 수 없다. 이는 긴 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 문제를 발생시키기 때문에 멀티미디어 서비스를 만족시킬 수 없다. MIPv6의 문제점을 보완하기 위해서 FMIPv6(Fast handover for the MIPv6)가 제안되었다[5]. 긴 핸드오버 지연시간 문제를 해결하기 위해, FMIPv6는 이동 단말기가 새로운 라우터로 이동하기 전에 새로 움직일 곳에서 사용할 새로운 임시 주소를 미리 만들어 놓는다. 이는 이동 단말기가 새로운 라우터로 움직여 가자마자 미리 만들어 놓은 주소를 바로 사용할 수 있기 때문에 핸드오버 지연시간의 문제와 데이터 손실의 문제점을 해결할 수 있다. 새로운 영역의 예측은 이동 단말기가 새로운 영역의 액세스 라우터(AR : Access Router)밑의 AP(Access Point)로 받는 신호의 세기를 바탕으로 이뤄진다.

하지만, 자동차 무선 네트워크 환경에서 달리는 자동차와 액세스 라우터(AR : Access Router) 사이의 연결 시간은 기존의 무선 네트워크 환경에서의 연결 시간보다 짧기 때문에 액세스 라우터가 매번 바뀔 때마다 새로운 액세스 라우터 영역에서 사용할 새로운 임시 주소를 생성해서 사용하는 것은 비효율적이다[20,21]. 게다가 기존의 이동성 프로토콜인FMIPv6를 자동차 무선 네트워크 환경에 그대로 적용하기에는 다음과 같은 한계점이 존재한다. 첫째, FMIPv6는 달리는 자동차 안에서 멀티미디어 서비스를 지원해줄 만큼 견고성이 강하지 않다. 즉, 자동차는 속도나 방향을 갑자기 바꿀 수 있기 때문에 신호의 세기만 가지고 새로운 영역 예측 시 데이터 손실이 발생할 수 있다. 또한, FMIPv6에서는 모바일 노드가 새롭게 이동할 영역을 1군데만 미리 정해 놓기 때문에 만약 모바일 노드가 예측하지 않을 곳으로 갑자기 방향성을 바꿀 경우 미리 만들어 놓은 주소는 의미가 없게 된다. 따라서 이런 상황에서 FMIPv6는 예측·불허하게 움직인 새로운 영역에서 결국 MIPv6를 이용해서 새로운 임시 주소를 다시 만들어야 한다는 한계점이 존재한다. 결과, FMIPv6의 실패로 인해 새로운 영역에서 MIPv6를 이용해야 하는 추가적인 지연시간 발생으로 멀티미디어 데이터의 연속성과 견고성의 질은 더 떨어지게 된다.

따라서 본 논문에서는 자동차 무선 네트워크 환경에서 연속적이고 견고한 자동차 이동성 프로토콜을 제안한다. 제안한 방식은 자동차가 교차로를 만날 때까지 원래 액세스 라우터(oAR : original Access Router)에서 만든 원래 임시 주소(oCoA : original Care of Address)를 계속 사용하기 때문에 액세스 라우터가 매번 바뀔 때 마다 새로운 임시 주소인(nCoA : new Care of Address)를 만들어야 하는 지연시간을 줄이고, 원래 임시 주소와 새로운 임시 주소 관계를 연결시켜주는 홈 에이전트(HA : Home Agent)에 새로운 임시 주소를 등록할 필요가 없다는 장점이 있다. 따라서 이런 환경에서 자동차에게 데이터를 전송하는 상대 노드(CN : Corresponding Node)는 여전히 원래 임시 주소로 데이터를 전송하기 때문에 데이터는 원래 액세스 라우터를 거쳐 새로운 액세스 라우터의 자동차로 전송된다. 반면, 자동차는 교차로를 만나면 새로운 임시 주소를 만들기 때문에 데이터가 원래 액세스 라우터를 거쳐서 전달되지 않고 바로 새로운 액세스 라우터로 전송되게 함으로써 무한정 길어지는 데이터 전송 홉을 제한할 수 있다. 또한 교차로에서 새로운 임시 주소를 만들 때에도 자동차가 원래 임시 주소로 통신하면서 새로운 주소 중복 검사인 DAD(Duplicate Address Detection)를 뒷 단(background process)으로 수행하기 때문에 따로 핸드오버 지연시간이 발생되지 않는다는 특징을 갖는다. 마지막으로 자동차가 새로운 액세스 라우터로 이동하기 전 신호 세기만을 바탕으로 새로운 액세스 라우터를 결정하고 1개의 새로운 임시 주소를 만들기 때문에 자동차가 예측하지 않은 곳으로 움직일 경우 데이터 손실이 발생할 수 있는 FMIPv6와 달리, 제안한 방식은 자동차가 새로운 액세스 라우터로 이동 후 그 지역에서 사용할 새로운 임시 주소를 만들기 때문에 데이터 전송 시 데이터 손실 방지를 확실히 보장해 줄 수 있다는 장점을 가진다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 1장의 서론에 이어 2장에서는 관련 연구에 대하여 설명한다. 3장에서는 시스템 구조에 대해서 설명하고, 4장과 5장에서는 제안한 방식에 대해서 자세히 설명한다. 마지막으로 6장에서 결론을 도출한다.

2. 관련 연구

기존에 MIPv6와 FMIPv6를 향상시키려는 많은 연구가 있었다. Gogo[6]는 IPv6환경에서 좀 더 빠른 핸드오버 지원을 하기 위해 2계층의 링크 레이어(Link layer) 정보와 프리미티브(primitive)라는 약속된 메시지를 이용하여 3계층 기반의 빠른 핸드오버가 이뤄질 수 있는 방식을 제안하였다. 이 방식은 다양한 2 계층을 가진 단말기에서 사용될 수 있는 방식으로[7], 핸드오버시 2계층은 3계층에게 프리미티브를 이용해 핸드오버를 할 수 있는 시기를 힌트로 알려주기 때문에 3계층은 미리 핸드오버를 준비할 수 있게 된다. 결과, 미리 핸드오버를

예측하지 않는 기존의 방식보다 핸드오버 지연시간이 많이 줄어들게 된다. 2계층 핸드오버는 단말기가 기존의 액세스 포인트 pAP(pAP : previous Access Point)를 새로운 액세스 포인트(nAP : new Access Point)로 바꾸는 것을 의미하고, 3계층 핸드오버는 단말기가 기존의 액세스 라우터(pAR : previous Access Router)를 새로운 액세스 라우터(nAR : new Access Router)로 바꾸는 것을 의미한다. Hsief[8] 또한 핸드오버시 필요한 기본 프리미티브등을 정의한 IEEE 802.21[9]에 새로운 프리미티브와 파라미터를 추가적으로 고려한다. 결과 이 방식은 핸드오버 과정에서 새로운 라우터를 탐색하는 시간을 없앴기 때문에 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있으며, 또한 각각의 액세스 포인트가 관리하는 전송 범위를 최대한 겹치지 않게 네트워크를 디자인해서 네트워크 관리 비용을 줄이는 프레임을 제안하였다.

Leu and Mark[10]와 Campbell et al.[11]는 핸드오버시 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간(DAD : Duplicate Address Detection)을 줄이기 위해 주변 액세스 포인트와 액세스 라우터의 변화를 빠르게 감지할 수 있는 핸드오버 방식을 제안하였다. 이 방식은 주변 액세스 포인트와 액세스 라우터의 정보를 담고 있는 테이블을 관리하고 필요 시 테이블을 빠르게 검색할 수 있는 알고리즘을 제안하여 핸드오버에서 상대적으로 긴 지연시간을 유발하는 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간을 줄였다. Moore는 단말기가 핸드오버시 최적의 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간[12]을 겪도록 하기 위해 단말기에서 행해지는 표준 IPv6의 동작[13,14]을 일부분을 수정하되, 수정된 버전이 기존의 버전과 호환성은 존재할 수 있는 핸드오버 방식을 제안했다. 하지만, 이 방식은 단말기에서 사용할 새로운 임시 주소가 기존의 주소와 충돌이 없을 경우에는 최적의 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간을 보장할 수 있지만, 충돌 발생시 새로운 단말기와 원래 그 주소를 사용하고 있던 단말기에게 피해가 갈 수 있다는 단점이 있다. 따라서 이 방식은 핸드오버 지연시간을 줄 일수 있는 완벽한 해결책이 될 수 없으며, 이 방식을 활용하려면 항상 단말기가 먼저 최적의 새로운 임시 주소 등록 과정을 수행해야 가능하다는 단점이 있다[15].

자동차 무선 네트워크 환경에서 실시간 응용 프로그램을 지원하기 위해, Fazio and Mario Gerla[16]는 자동차들의 범위를 일정하게 나눈 리더 체인 개념을 도입했다. 각 리더 체인의 자동차들은 동적 호스트 설정 통신 규약(DHCP : Dynamic Host Configuration Protocol) 서버로부터 겹치지 않는 유일한 주소를 할당 받아 사용할 수 있기 때문에 핸드오버시 필요한 새로운 임시 주소를 빠르고 안정적으로 바로 활용할 수 있다. 하지만 이 방식은 새로운 임시 주소를 유일하게 할당하는 방식을 동적 호스트 설정 통신 규약 서버를 사용한다고 단순히 가정한 한계점과 움직이는 자동차간에 리더 체인을 관리하기 위해 주기적으로 서로 메시지를 주고 받아야 하는 오버헤드가 존재한다. 또한 각 자동차가 새로운 임시 주소를 동적 호스트 설정 통신 규약 서버로부터 유일하게 할당 받는 다고 해도 속해있던 리더 체인을 변경하게 될 경우 여전히 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간이 필요하다는 단점이 있다. Qazi Bouland Mussabbir and Wenbing Yao[17]는 자동차 무선 네트워크 환경에서IEEE 802.21[9]을 이용하여 FMIPv6의 핸드오버 과정을 최적화하는 방식을 제안하였다. 이 방식은 주변 액세스 네트워크의 정적, 동적으로 변하는2계층과 3계층 정보를 저장소에 저장하고 추후에 이 정보를 바탕으로 FMIPv6에서 단말기가 어떤 새로운 영역으로 이동할지 예측한다. 결과 단말기가 새로운 영역으로 이동하자마자 핸드오버 지연시간 없이 새로운 영역의 라우터와 통신할 수 있다는 장점을 지닌다. Chung-Ming Huang[1]는 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 핸드오버 후에도 지속적인 데이터 통신이 이뤄질 수 있도록 대표 라우터를 이용하는 패킷 전송 방식을 제안하였다. 결과 이 방식은 대표 라우터의 패킷 트래킹 기술을 이용해 자동차가 기존의 액세스 라우터에 있든 새로운 액세스 라우터에 있든 최적의 경로로 데이터를 전송할 수 있도록 한다. 하지만 대표 라우터가 기존의 액세스 라우터와 새로운 액세스 라우터 의 중간 지점에 반드시 존재해야 한다는 단점이 있으며, 단말기가 액세스 라우터를 변경 시에도 새로운 임시 주소의 중복성 여부를 확인하는 지연시간을 줄일 수는 없다는 한계점이 존재한다. Marc Bechler[18]는 멀티 홉 IPv6기반 자동차 무선 네트워크를 인터넷과 통합하는 통신 프로토콜을 제안했다. 기존의 대부분 방식들이 작은 규모의 무선 네트워크 환경에서 해결책을 제시했다면 이 방식은 좀 큰 규모의 무선 네트워크 환경을 가정하여 최적화된 핸드오버 방식을 제안하였다. 하지만, 이 방식은 주로 IPv4의 원리에 기반을 두고 있기 때문에 IPv6, FMIPv6 그리고 HMIPv6와 호환성이 부족하다는 단점이 있다. Yuh-Shyan Chen[19]는 자동차 무선 네트워크 환경에서 네트워크 자체가 움직임을 가질 수 있는 프로토콜을 제안했다. 따라서 이 방식은 도로에서는 자동차가 같은 방향으로 그리고 빠른 속도로 움직인다는 특성을 기반으로 자신보다 앞서 달리는 자동차가 이미 사용했던 IP주소를 넘겨받아 사용해서 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있는 방식을 제안한다. 또한 자동차가 움직일 장소를 이미 지나쳐온 반대편 차량이 사용했던 IP주소를 넘겨받아

그대로 사용하여 핸드오버를 줄이는 방식이다. 하지만, IP주소의 충돌 시 결국 기본 MIPv6로 작동된다는 한계점이 존재한다. Todd Arnold[20] 또한 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 핸드오버시 사용한 새로운 IP 주소를 얻는데 0.1초까지 줄일 수 있는 IP Passing 프로토콜을 제안하였다. 이 방식은 동적 호스트 설정 통신 규약 서버나 액세스 포인트 소프트웨어를 수정할 필요 없다는 장점을 지닌다. 하지만 이 방식을 비롯하여 위의 모든 기존 방식들은 자동차 무선 네트워크 환경에서 지속적인 멀티미디어 서비스를 지원해줄 만큼 핸드오버 지연시간을 단축시킬 수 없으며, 자동차가 처음에 예측했던 지역이랑 다른 지역으로 이동할 경우 결국 IPv4로 돌아간다는 단점과 자동차가 기존의 액세스 라우터에서 새로운 액세스 라우터로 이동함에 따라서 발생할 수 밖에 없는 패킷 순차 문제(out-of sequence problem)를 해결하지 못했다는 한계점이 존재한다.

3. 시스템 구조

자동차 무선 네트워크 환경에서는 그림 1과 같이 액세스 라우터들과 (ARs : Access Routers) 액세스 포인트(APs : Access Points) 들이 도로를 따라서 혹은 교차로에 위치하게 된다. 이런 네트워크를 대로변의 네트워크(roadside visited networks)라고 한다. 인터넷은 이런 도로상의 액세스 라우터들과 액세스 포인트들로 구성된 각각의 대로변의 네트워크를 홈 네트워크(home network)와 연결한다. 여기서 홈 네트워크란 무선 네트워크에서 자동차가 유일하게 식별될 수 있는 IPv6주소를 처음에 만든 위치를 의미한다.

128비트인 IPv6의 홈 주소(HoA : Home Address)는 홈 네트워크의 64비트인 프리픽스(prefix)와 자동차의 MAC주소인 64비트로 구성된다. 홈 주소는 자동차에게 할당된 유니캐스트 주소로 앞서 설명한 홈 네트워크에서 생성된 주소이다. 결과, 홈 주소는 자동차가 새로운 영역으로 핸드오버해서 이동한다고 해도 영원히 바뀌지 않기 때문에 자동차에게 데이터를 보내고자 하는 상대 자동차(CN : Corresponding Node)는 해당 자동차의 홈 주소를 이용해서 데이터를 전송하게 된다[4]. 보통 자동차는 대로변의 네트워크들 중에서 한 개의 네트워크에 연결되어 있으며[15], 한 개의 액세스 라우터는 각 인터페이스별로 액세스 포인트들을 관리하게 된다. 여기서 각 액세스 라우터는 자신의 고유 네트워크 프리픽스를 가지고 있기 때문에 다른 액세스 라우터와 구분된다.

자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차는 움직이면서 자신이 속해있는 액세스 라우터와 액세스 포인트가 바뀌면서 현재 위치에서 사용 가능한 임시 주소(CoA : Care-of-Address)를 가지고 통신을 하게 된다. 이때 해당 자동차는 자동차의 홈 주소와 임시 주소를 연결시켜주는 홈 에이전트(HA : Home Agent)를 통해 상대 자동차랑 데이터를 주고 받게 된다. 결과 자동차는 기존의 특정 지역을 벗어나 새로운 특정 지역으로 움직일 때 새로운 지역에서 사용하게 될 새로운 임시 주소(nCoA : new Care-of-Address)를 홈 에이전트에게 등록해야 한다. 즉 홈 에이전트는 상대 자동차가 움직이는 자동차에게 데이터를 보낼 때, 자동차의 새로운 임시주소가 지

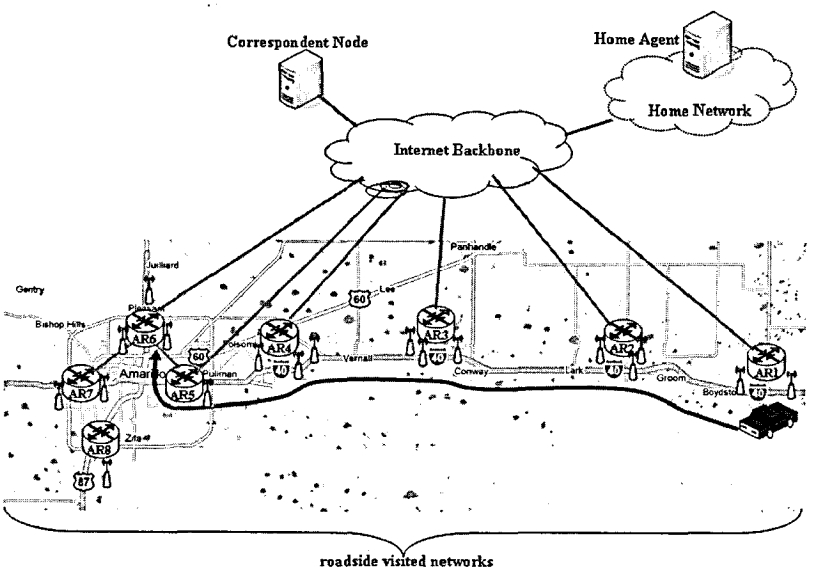

그림 1 자동차 무선 네트워크 환경에서 대로변의 네트워크의 구조

역에 따라 달라지더라도 홈 에이전트가 자동차의 홈 주소 와 지역에 따라 변하는 임시 주소를 유기적으로 연결하여 관리하고 있기 때문에 자동차에게 지속적인 데이터 전송을 가능하게 한다. 홈 주소와 임시 주소를 연결 짓는 것을 바인딩 업데이트(BU : Binding Update)라고 한다. 자동차는 처음 속해있던 홈 네트워크를 떠나, 새로운 액세스 라우터에 속한 뒤 새로운 임시 주소를 얻게 되면 홈 에이전트에게 바인딩 업데이트 메시지를 보내서 이를 등록한다. 홈 에이전트는 이에 대한 응답으로 자동차에게 바인팅 응답 메시지(Binding Acknowledge)를 보내준다. 상대 자동차는 해당 자동차와 통신하는 대상으로써 움직이는 또 다른 자동차 일 수도 있고 움직이지 않는 단말기일 수도 있다. 새로운 임시 주소는 자동차가 움직여서 속하게 된 새로운 액세스 라우터 밑에서 만들어지는 임시적인 유니캐스트 주소이다. 새로운 임시 주소는 새로운 네트워크 밑 새로운 액세스 라우터(nAR : new Access Router)의 프리픽스와 자동차의 MAC주소로 구성되어 있으며, 자동차는 이를 사용하기 전에 다른 자동차가 이미 사용하고 있는지 주소 중복성 확인 과정을 수행해야 한다. 주소 중복성 확인 과정은 초 단위의 시간이 소요되며 따라서 이는 핸드오버 지연시간에서 매우 큰 부분을 차지한다.

4. 자동차 무선 네트워크 환경에서 연속적이고 견고한 IPv6기반 이동성 프로토콜

본 장에서는 제안한 방식의 개요를 설명한다. 제안한 방식은 원래 임시 주소(oCoA : original Care of Address) 유지와 뒷단 주소 중복성 검사(background DAD)라는 절차를 통해 대로변의 네트워크에서 연속적이고 견고한 IPv6기반 이동성 프로토콜을 제공한다.

제안된 방식은 자동차가 교차로를 만나기 전까지 대로변을 따라 달리면서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버(handover at road-sections)와 자동차가 교차로를 만나서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버(handover at intersection), 이렇게 크게 2가지 시나리오로 구성된다.

4.1 교차로를 만나기 전까지 대로변을 따라 달리면서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버(Handover at road-sections)

첫 번째 시나리오에서는 그림 2(a), (b), (c)와 같이 자동차가 액세스 라우터를 바꾸더라도 처음에 속해있던 원래 액세스 라우터에서 만든 원래 임시 주소를 계속 사용하고, 새로운 임시 주소를 만들기 위한 주소 중복성 검사 과정을 생략하기 때문에 핸드오버 지연시간을 많이 줄일 수 있다. 결과 자동차가 새로운 액세스 라우터에 속하더라도 데이터는 원래 액세스 라우터를 통해서 원래 임시 주소를 이용하여 전송된다. 원래 액세스 라우터는 자동차가 처음 속해있던 액세스 라우터를 의미하며, 새로운 액세스 라우터는 자동차가 움직여서 새롭게 속하게 된 액세스 라우터를 의미한다. 예를 들어서 그림 2(a)에서 원래 액세스 라우터는 AR1을 의미하며 새로운 액세스 라우터는 AR2를 의미한다. 기존의 액세스 라우터는 자동차가 새로운 액세스 라우터로 움직이기 바로 전에 속해있던 액세스 라우터를 의미하며 그림 2(a) 같은 경우 AR1은 원래 액세스 라우터이자 기존의 액세

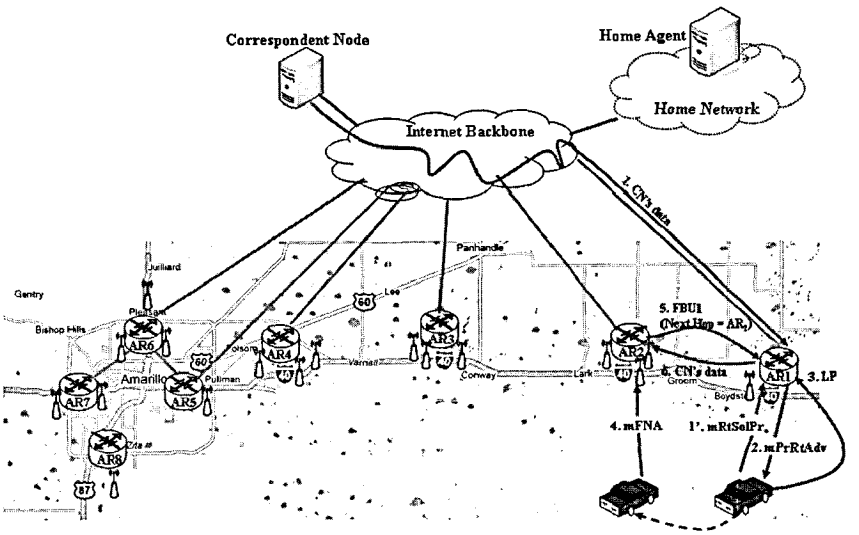

그림 2(a) 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 AR1에서 AR2로 움직일 때 원래 임시 주소를 유지하며 연속적이고 견고한 핸드오버를 수행하는 과정

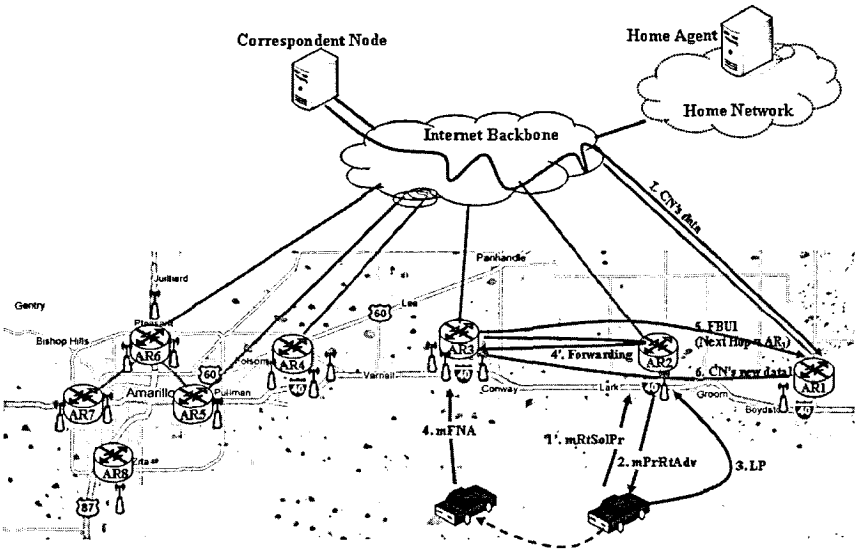

그림 2(b) 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 AR2에서 AR3로 움직일 때 원래 임시 주소를 유지하며 연속적이고 견고한 핸드오버를 수행하는 과정

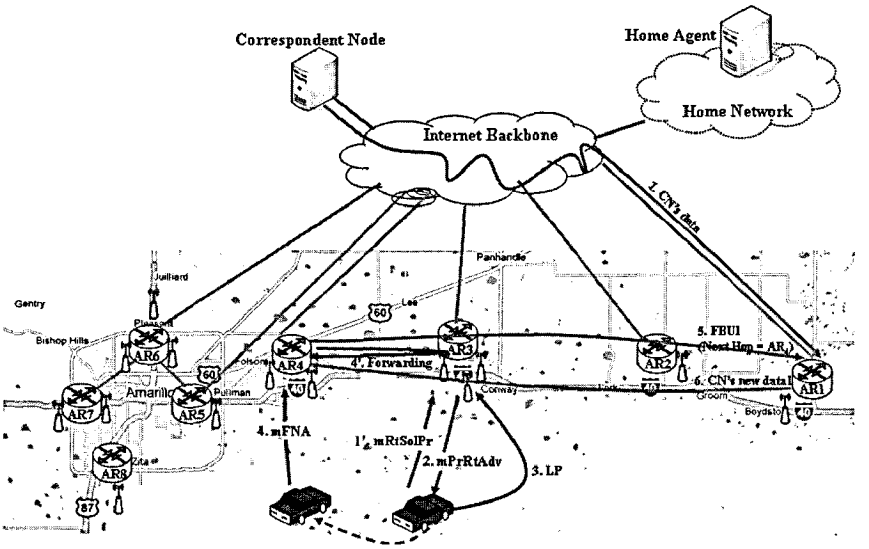

그림 2(c) 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 AR3에서 AR4로 움직일 때 원래 임시 주소를 유지하며 연속적이고 견고한 핸드오버를 수행하는 과정

스 라우터가 된다. 반면, 그림 2(b)에서는 원래 액세스 라우터는 AR1, 기존의 액세스 라우터는 AR2, 새로운 액세스 라우터는 AR3가 되며, 그림 2(c)에서는 원래 액세스 라우터가 AR1, 기존의 액세스 라우터가 AR3, 새로운 액세스 라우터는 AR4가 된다.

4.2 교차로를 만나서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버(Handover at intersections)

두 번째 시나리오는 그림 2(d)와 같이 자동차가 교차로를 만나서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버이다. 이런 시나리오에서는 자동차가 교차로를 지나면서 원래 액세스 라우터와 새로운 액세스 라우터 사이의 거리가 너무 멀어지기 때문에 자동차의 데이터 수신 경로를 줄이기 위해 주소 중복성 검사를 통해 새로운 임시 주소를 만들게 된다. 하지만 교차로에서도 자동차가 새로운 임시 주소를 만들기 전까지 원래 임시 주소를 사용하면서 새로운 임시 주소를 위한 주소 중복성 검사를 뒷단

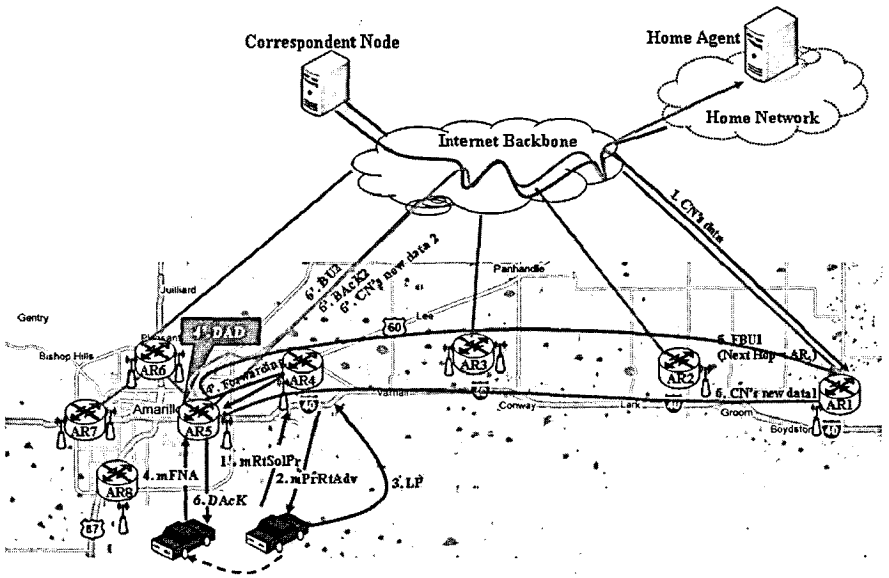

그림 2(d) 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 AR4에서 AR5로 움직일 때 원래 임시 주소를 유지하면서, 뒷단 주소 중복성 검사를 통해 새로운 임시 주소를 만들어 원활하고 무 손실의 핸드오버를 수행하는 과정

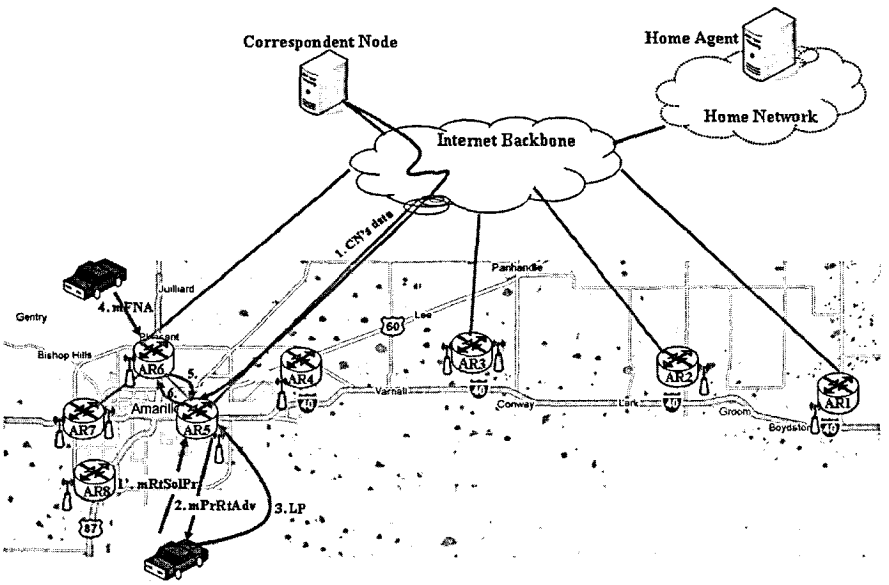

그림 2(e) 자동차 무선 네트워크 환경에서 자동차가 AR5에서 AR6로 움직일 때 원래 임시 주소를 유지하며 연속적이고 견고한 핸드오버를 수행하는 과정

으로 수행시키기 때문에 여전히 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다는 장점이 있다. 원래 액세스 라우터에서 새로운 액세스 라우터까지 데이터 전송을 연속적으로 전송하기 위해 제안한 방식은 호스트 특이적 라우팅 (host-specific routing) 방식을 도입한다. 호스트 특이적 라우팅이란 액세스 라우터가 자신의 프리픽스와 다른 프리픽스를 가진 패킷을 수신하더라도 미리 정해놓은 액세스 라우터의 프리픽스를 가진 패킷은 예외로 수신을 허용하는 방식이다. 결과 자동차가 원래 액세스 라우터에서 새로운 액세스 라우터로 이동 시 자동차가 여전히 원래 액세스 라우터를 이용하더라도 새로운 액세스 라우터는 호스트 특이적 테이블 관리를 통해 원래

액세스 라우터의 프리픽스도 새로운 액세스 라우터가 수신할 수 있게 했기 때문에 연속적인 통신이 가능하다. 그림 2(e)는 자동차가 교차로를 만나서 새로운 임시 주소를 만든 뒤 이를 원래 임시 주소로 다시 이용하여 연속적으로 첫 번째 시나리오로 자연스럽게 수행되고 있는 환경을 보여준다.

4.3 제안한 프로토콜의 수행과정

첫 번째 시나리오는 그림 3(a)와 같이 자동차가 새로운 액세스 라우터 안의 2계층인 액세스 포인트의 무선 신호를 감지하여 핸드오버의 시작을 감지하는 단계(Movement Detection Using L2 Trigger), 새로운 액세스 라우터 안에서 원래 임시 주소를 이용하여 빠른 연결성을 유지하는 3계층 핸드오버를 수행하는 단계(L3 handover through Fast IP Connectivity with oCoA)와 원래 액세스 라우터에게 새로운 액세스 라우터로 데이터를 전송해달라는 단계(Binding Updates to oAR)로 구성된다. 링크가 곧 끊어질 것임을 알려주는 Link going down메시지는 자동차의 2계층이 위 계층에게 자동차가 움직이기 시작하여 현재 속해있는 기존의 액세스 라우터의 액세스 포인트 신호가 약해짐을 알려주는 힌트 메시지이다. 결과 자동차는 자신이 핸드오버를 수행을 시작하게 됨을 알게 되고 자신이 원래 속해있던 기존의 액세스 라우터에게 수정된 라우팅 요청 메시지인 mRtSolPr(modified Router Solicitation for

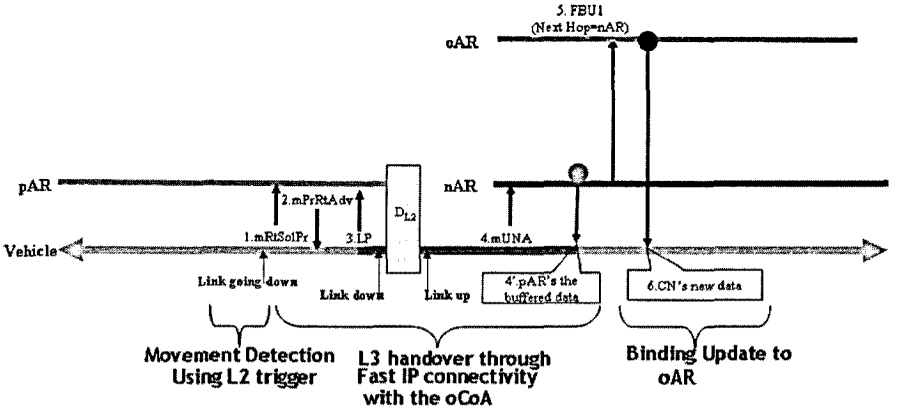

그림 3(a) 교차로를 만나기 전까지 대로변을 따라 달리면서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버 (Handover at road-sections)

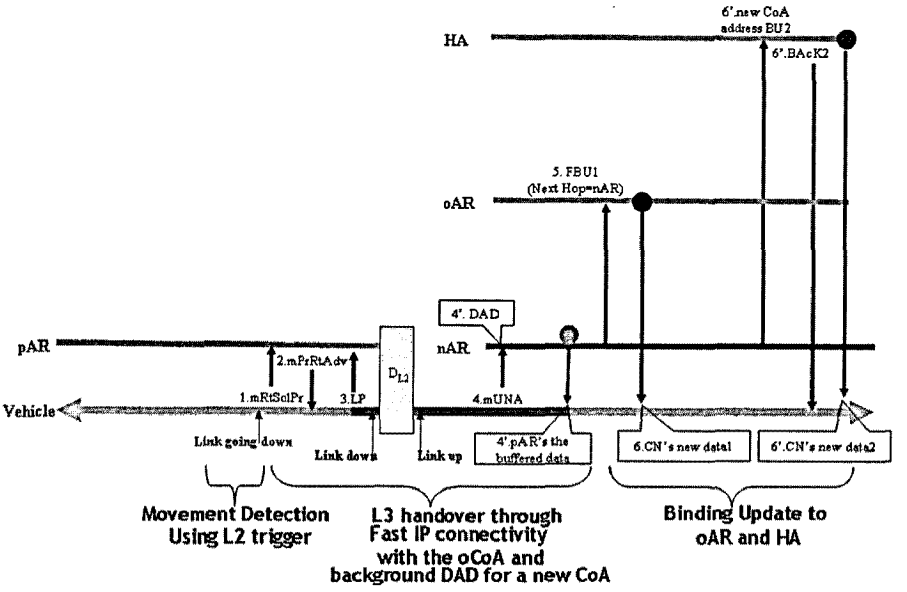

그림 3(b) 교차로를 만나서 액세스 라우터를 바꾸는 핸드오버(Handover at intersections)

Proxy)를 보낸다. mRtSolPr을 받은 기존의 액세스 라우터는 이에 대한 답변으로 자동차에게 mPrRtAdv (modified Proxy Router Advertisement)를 보낸다. 자동차는 기존의 액세스 라우터의 영역을 거의 벗어나 더 이상 기존의 액세스 라우터로 데이터를 못 받게 될 때 기존의 액세스 라우터에게 이제 더 이상 패킷을 받을 수 없을 것이라는 LP(Last Packet) 메시지를 보내서 기존의 액세스 라우터 에게 데이터를 저장해 달라는 요청하게 된다. 자동차가 기존의 액세스 라우터 영역을 아예 벗어나게 되면 자동차의 2계층은 기존의 액세스 라우터의 액세스 포인트 신호가 아예 단절됐다는 Link down 메시지를 위의 계층에게 올리게 되고 새롭게 속하게 된 새로운 액세스 라우터의 액세스 포인트의 신호가 감지된다는 Link up이라는 메시지를 올려준다. 자동차는 새로운 액세스 라우터에 속하게 되자마자 원래 액세스 라우터 에서부터 사용하던 원래 임시 주소를 담고 있는 mUNA(modified Unsolicited Neighbor Advertisement)를 새로운 액세스 라우터에게 보낸다. mUNA을 받은 새로운 액세스 라우터는 원래 액세스 라우터에게 Fast Binding Update1(FBU1)을 보내서 자동차가 새로운 액세스 라우터로 움직여 왔으니 자동차가 핸드오버 수행 동안 받지 못했던 기존의 액세스 라우터에 저장된 데이터를 자동차에게 전송해달라고 요청하게 된다. 이때 자동차는 새로운 임시 주소를 위한 주소 중복성 검사 과정을 수행하지 않고 원래 임시 주소를 이용하기 때문에 빠른 3계층 핸드오버가 가능한 것이다. 또한 상대 노드로부터 새롭게 전송되는 데이터도 연속적으로 받게 된다. 그림 3(a)에서 굵은색 선은 자동차가 핸드오버를 수행하는 동안 잠시 링크가 끊겨서 데이터를 못 받고 있는 시간을 의미한다.

반면 두 번째 시나리오는 그림 3(b)와 같이 첫 번째 시나리오의 핸드오버 수행절차에 추가적으로 새로운 임시 주소를 위한 뒷단 주소 중복성 검사와 새로운 임시 주소를 홈 에이전트에 등록하는 바인딩 업데이트 과정으로 구성된다. 앞서 설명했듯이 제안한 방식은 자동차가 원래 임시 주소를 사용하면서 동시에 새로운 임시 주소를 만들기 위해 주소 중복성 검사가 뒷 단으로 수행되기 때문에 따로 특별한 핸드오버 지연시간이 필요하지 않는다. 즉 그림 3(a)과 핸드오버 지연시간이 동일함을 알 수 있다.

5. 성능평가

성능을 평가하기 위해 먼저 그림 4와 같이 MIPv6, FMIPv6와 제안한 방식인 VMIPv6의 핸드오버 지연시간을 비교해보았다. 앞서 설명했듯이 굵은색 선은 자동차가 새로운 영역으로 움직일 때 발생하는 핸드오버 지연시간을 의미한다. 굵은색 선의 시작시점은 자동차가 기존에 속해있던 액세스 라우터의 영역에서 벗어나는 시점이며 굵은색 선의 마지막 시점은 자동차가 새로운 영역인 액세스 라우터에 속한 뒤 임시 주소를 가지고 통신하여 처음으로 패킷을 받게 되는 시점을 의미한다. 시뮬레이션을 하기 위해 그림 5와 같은 네트워크 토폴로지를 가정하였다. 이동 단말(MN : Mobile Node)인 자동차는 AR1에서 AR4로 움직이게 된다. 성능평가의 각 파라미터값은 [15]와 기타 이동성 프로토콜 관련 표준화 문서를 참고하여, 액세스 라우터와 액세스 라우터 사이의 거리는 120m로 했으며, 액세스 라우터와 상위라우터간과 라우터와 라우터간의 링크 지연시간은 5msec,

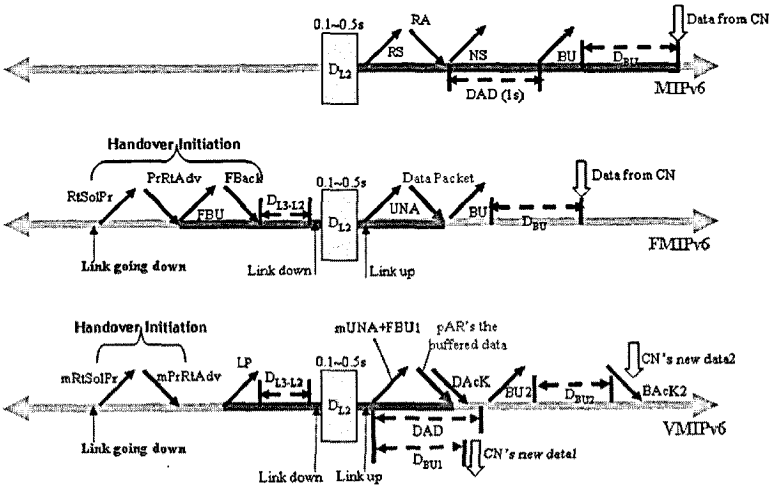

그림 4 MIPv6, FMIPv6, VMIPv6의 핸드오버 수행과정

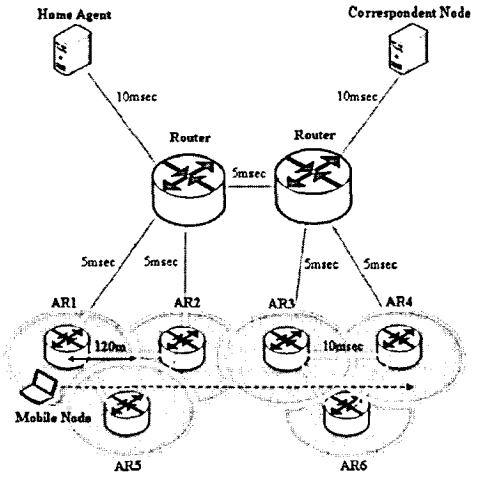

그림 5 시뮬레이션을 위한 네트워크 토폴로지

라우터와 외부 망에 있는 홈 에이전트, 해당 노드간의 링크 지연시간은 10msec으로 가정하였다. 여기서 링크 지연시간은 전송 지연 시간(propagation delay), 처리 지연 시간(processing delay), 전송 시간(transmission time)과 큐잉 지연시간(queuing delay)을 포함한다. 또한 해당

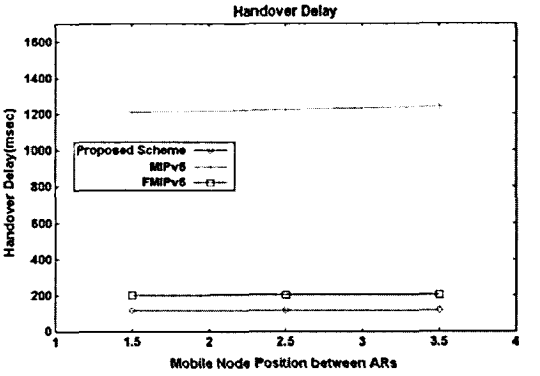

그림 6 MIPv6, FMIPv6, VMIPv6의 핸드오버 지연시간

노드는 달리는 자동차에게 2Mbps CBR/UDP 멀티미디어 트래픽을 계속 전송하고 있는 상황이다. 결과 그림 6, 그림 7(a), (c)와 같이 제안한 방식인 VMIPv6가 핸드오버 지연시간이 제일 작다는 것을 알 수 있다. 또한 그림 7(b)와 같이 제안한 방식은 새로운 액세스 라우터에서 원래 액세스 라우터를 거쳐 기존의 액세스 라우터로부터 오는 패킷과 해당 노드로부터 오는 패킷을 구분하는 버퍼를 이용하여 패킷 순차 문제를 해결함을 볼 수 있다.

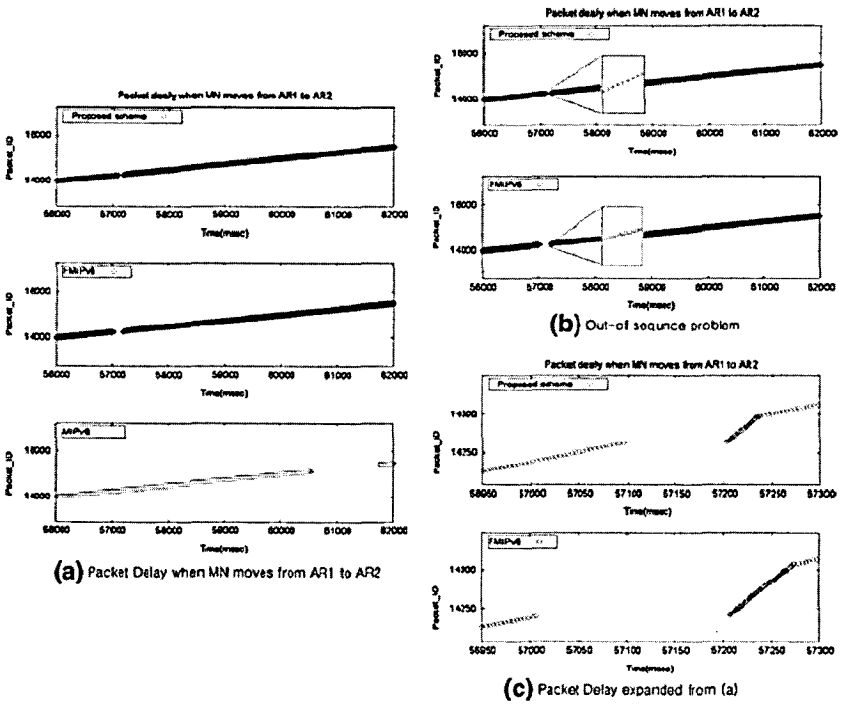

그림 7 (a) 자동차가 AR1에서 AR2로 움직일 때 MIPv6, FMIPv6, VMIPv6의 핸드오버 지연시간, (b) out-of sequence problem, (c) 자동차가 AR1에서 AR2로 움직일 때 (a)를 확장하여 살펴본 FMIPv6, VMIPv6의 핸드오버 지연시간

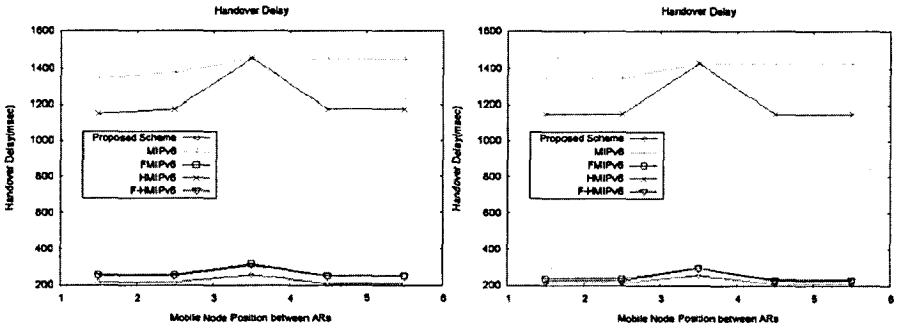

그림 8 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6의 핸드오버 지연시간

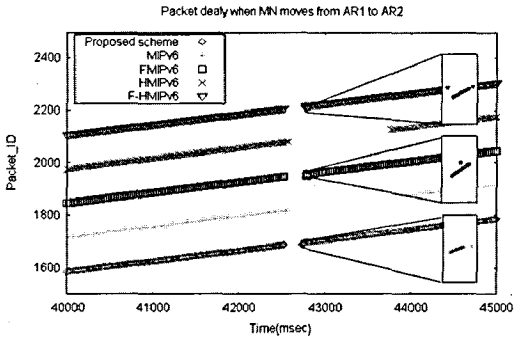

그림 9 제안한 스팀인 VMIPv6의 패킷 순차 문제 해결

그림 5에서 액세스 라우터 5번과 6번을 증가시킨 더 복잡한 토폴로지에서 HMIPv6, F-HMIPv6도 고려하여 성능 비교를 수행해 보았다. 결과, 그림 8에서 볼 수 있듯이 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6 중에서 제안한 방식인 VMIPv6의 핸드오버 지연시간이 제일 짧음을 알 수 있다. 또한 그림 9를 통해서 알 수 있듯이 제안한 방식이 패킷 순차 문제도 해결하고 있음을 보여준다. 추가적으로, 그림 10, 그림 11, 그림 12와 같이 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6의 패킷 지연 시간, 비콘 간격과 핸드오버 지연시간과의 관계, 이동 노드의 이동 속도와 핸드오버 지연시간과의

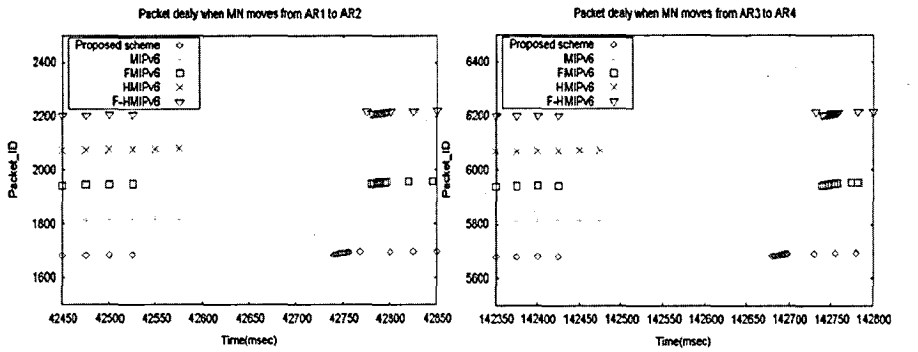

그림 10 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6의 패킷 지연 시간

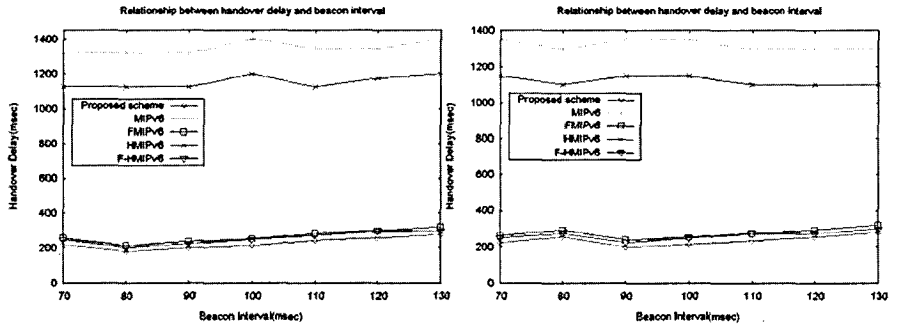

그림 11 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6에서 비콘 간격과 핸드오버 지연시간과의 관계

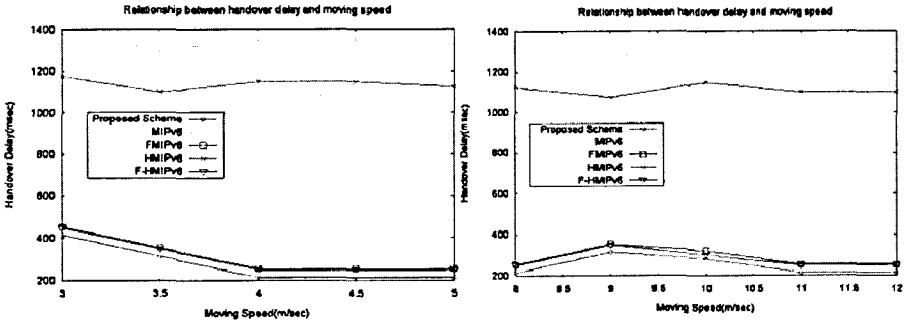

그림 12 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6, VMIPv6에서 이동 노드의 이동 속도와 핸드오버 지연시간과의 관계

관계을 비교해 보았다. 결과, 제안한 방식이 기타 방식들보다 제일 우수함을 볼 수 있었다.

6. 결 론

교통상황 알림, 엔터테인먼트, 최적화 경로 안내 등의 자동차 관련 응용 프로그램에 대한 요구가 빠르게 증가되면서, 자동차 무선 네트워크에서 연속적이고 견고한 멀티미디어 서비스를 위한 필요성이 대두되고 있다. 이동성이 있는 환경에서 원활한 서비스를 제공해주기 위해, 이미 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6, F-HMIPv6와 같은 이동성을 지원하는 다양한 프로토콜들이 개발되지만 긴 핸드오버 지연시간과 패킷 손실 문제로 멀티미디어와 같이 품질 보증이 필요한 서비스에는 사용할 수 없다는 한계점이 있다. 특히, 자동차 무선 네트워크 환경에서는 자동차가 갑자기 속도나 방향성을 바꿀 수 있기 때문에 자동차가 처음에 예측한 방향으로 자동차가 가지 않을 경우 데이터의 연속성과 견고성은 더 떨어지게 된다. 결과, 제안한 방식은 교차로를 만나기 전까지는 액세스 라우터가 바뀌더라도 자동차가 처음 속해있던 액세스 라우터에서 만든 원래 임시 주소를 계속 사용한다. 따라서 제안한 방식은 교차로를 만나기 전까지는 액세스 라우터가 바뀌어도 주소 중복성 검사를 통해 새로운 임시 주소를 새로 만들지 않기 때문에 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있고 데이터 손실을 막을 수 있다. 또한, 제안한 방식은 자동차가 교차로를 만날 때에만 새로운 임시 주소를 만들기 때문에, 교차로를 만나기 전까지는 먼 외부 망에 존재하는 홈 에이젼트까지 바인딩 업데이트하는 시간을 줄일 수 있다. 게다가, 자동차가 교차로를 만나서 새로운 임시 주소를 만들기 위해 주소 중복성 검사를 수행함에 있어서 기존의 원래 임시 주소로 계속 통신하면서 새로운 임시 주소를 위한 주소 중복성 검사를 뒷단으로 수행하기 때문에 주소 중복성 검사로 인한 오버헤드 또한 줄일 수 있다. 이는 제안한 방식이 데이터의 연속성와 견고성에 강함을 보여준다.

참 고 문 헌

[1] Chung-Ming Huang, Meng-Shu Chiang and Tz-Heng Hsu. PFC: A packet forwarding control scheme for vehicle handover over the ITS networks. Elsevier Computer Communications 2008.

[2] Liang Zhou, Baoyu Zheng, Benoit Geller, Anne Wei, Shan Xu and Yajun Li. Cross-layer rate control, medium access control and routing design in cooperative VANET. Elsevier Computer Communications 2008.

[3] Ehsan Karamad, Farid Ashtiani. A modified 802.11-based MAC scheme to assure fair access for vehicle-to-roadside communications. Elsevier Computer Communications 2008.

[4] Johnson, D.B., Perkins, C.E., & Arkko, J. Mobility support in IPv6, IETF, RFC 3775, 2004.

[5] Koodli, R., et al. Fast handovers for mobile IPv6 (FMIPv6), IETF, RFC 4068, 2005.

[6] Gogo, K., Shibui, R., & Teraoka, F. An L3-driven fast handover mechanism in IPv6 mobility. In *IEEE SAINTW*, 2006.

[7] Gupta, V.G., & Johnston, D. Intel corporation, a generalized model for link layer triggers, ieee802 march04 meeting docs, 2004.

[8] Hsieh, R., Seneviratne, A., Soliman, H., & El-Malki, K. Performance analysis on hierarchical mobile IPv6 with fast-handoff over end-to-end TCP. In *Proceedings of the IEEE Global Telecommunications Conference* (vol.3, pp.2488-2492), November 2002.

[9] Gupta, V. IEEE P802.21 media independent handover services joint harmonized contribution. Draft 802.21 21-05-0240-00-0000, 2005.

[10] Leu, A.E., & Mark, B.L. Modeling and analysis of fast handoff algorithms for microcellular networks. In *Proceedings of 10th IEEE International Symposium on Modeling, Analysis, Simulation Computating Telecommunications Systems* (pp.321-328),

October 2002.
[11] Campbell, A.T., Gomez, J., Kim, S., Wan, C.-Y., Turanyi, Z.R., & Valko, A.G. Comparison of IP micromobility protocols. *IEEE Wireless Communications, 9(1), 72-82 (see also IEEE Personal Communications)*, 2002.
[12] Moore, N. Optimistic duplicate address detection, draft-ietf-ipv6-optimisticdad-05.txt, 2005.
[13] Thomson, S., & Narten, T. IPv6 stateless address autoconfiguration, IETF, RFC 2462, 1998.
[14] Narten, T., Nordmark, E., & Simpson, W. (1998). Neighbour discovery for IP version 6, IETF, IETF.
[15] Han, Y.-H., Choi, J.H., & Hwang, S.-H. Reactive handover optimization in IPv6-based mobile networks. *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, 24(9), 1758-1772, 2006.
[16] Maria Fazio, Claudio E. Palazzi, Shirshanka Das, Mario Gerla (2007). Facilitating Real-time Applications in VANETs through Fast Address Autoconfiguration. In IEEE CCNC 2007.
[17] Qazi Bouland Mussabbir, Wenbing Yao. Optimized FMIPv6 Using IEEE 802.21 MIH Services in Vehicular Networks. IEEE TRANSACTIONS ON VEHICULAR TECHNOLOGY, vol.56, no.6, NOVEMBER 2007.
[18] Marc Bechler, Lars Wolf. Mobility management for vehicular ad hoc networks. IEEE Vehicular Technology Conference, 2005.
[19] Yuh-Shyan Chen, Ching-Hsueh Cheng, Chih-Shun Hsu and Ge-Ming Chiu. Network Mobility Protocol for Vehicular Ad Hoc. IEEE WCNC 2009.
[20] Todd Arnold, Wyatt Lloyd, Jing Zhao and Guohong Cao. IP Address Passing for VANETs. IEEE Percom 2008.
[21] Jong Min Lee, Myoung Ju Yu, Young Hun Yoo, and Seong Gon Choi. A New Scheme of Global Mobility Management for Inter-VANETs Handover of Vehicles in V2V_V2I Network Environments, IEEE NCM 2008.

오 하 영
2002년 덕성여자대학교 전산학과 졸업(학사). 2002년~2004년 Shinhan Financial Group. 2006년 이화여자대학교 컴퓨터공학과 졸업(석사). 2006년~: 서울대학교 컴퓨터 공학과 박사과정. 관심분야는 정보통신 및 네트워크 보안

김 종 권
1981년 서울대학교 산업공학과(학사). 1982년 미국 조지아 공과대학교 산업공학과(석사). 1987년 미국 일리노이 대학교 전산학과(박사). 1984년~1987년 IBM 산호세 연구소 연구조원. 1987년 1월~1991년 미국 Belcore 통신연구소 연구원. 1991년~현재 서울대학교 전기·컴퓨터공학부 교수. 관심분야는 차세대인터넷, 초고속라우터, 이동통신