

차량 네트워크에서 멀티 캐스팅 터널링을 이용한 고속 이동성 관리 방법

준회원 천 승 만*, 정회원 나 재 욱*, 종신회원 박 중 태*

Fast Mobility Management Using Multi-casting Tunneling in Vehicular Networks

Seung-Man Chun* *Associate Member*, Jae-Wook Nah* *Regular Member*,
Jong-Tae Park* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 차량 네트워크에서 다중 무선 네트워크 인터페이스를 이용한 고속 IP 이동성 관리 방법을 제시한다. 구체적으로, IETF HMIPv6의 MAP과 차량 네트워크의 이동 게이트웨이 간에 동적으로 다중 터널링을 생성하여 핸드오버 시 패킷 손실 및 지연시간을 최소화 하였다. 제안된 방법의 우수성을 증명하기 위해 수학적 분석을 수행하였고, 기존의 이동성 관리 방법과의 성능 비교를 위해 NS-2 시뮬레이션을 수행하였다.

Key Words : Mobility Management, Fast Handover in Vehicular Networks, Handover with Multiple interface.

ABSTRACT

This paper presents a fast IP mobility management scheme in vehicular networks where multiple wireless network interfaces are used to perform the fast handover without packet loss and handover latency. In order to do that, the IETF standard HMIPv6 has been extended, where multiple simultaneous tunnels between the HMIPv6 MAP and the mobile gateway are dynamically constructed. The architecture for supporting multiple tunnels has been designed and both mathematical analysis and simulation using NS-2 have been done for performance evaluation.

1. 서 론

지난 몇 년간 차량 에드혹 네트워크 (Vehicular Ad-hoc NETWORKS)분야의 많은 연구가 이루어져 왔다^[1]. 그 연구 결과 중 WAVE^[1]은 VANET에서 링크 계층 및 네트워크 계층에 대한 표준이다. 표준의 목표는 고속으로 이동하는 차량이 인포테인먼트 서비스, 차량의 안전 운전 지원 서비스 및 교통 및 도로 상황 알람 서비스 등을 무선을 통해 서비스 받을 수 있도록

하는 것이다^[2]. VANET의 서로 다른 IP 도메인을 통과하는 차량은 무선 데이터 전송 범위가 300 m ~1 km의 범위 안에서만 서비스가 가능하기 때문에 고속으로 무선 영역을 이동할 때 연결 시간이 길어져서 핸드오버 및 패킷 손실을 야기 시킨다. 이러한 핸드오버 시간은 무선 구간 (802.11p)에서 핸드오버가 일어나기 때문에 지연시간이 발생하며, 핸드오버를 수행하는 2계층과 3계층에서 발생 한다^[2]. 이와 같이 큰 핸드오버 지연시간은 non-safety 어플리케이션인 VoIP와 인

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 (NIPA-2010-(C1090-1021-0002)), 2단계 BK21 프로젝트 및 한국 연구 재단(구 과학재단)(F01-2008-000-10074-0)의 연구결과로 수행되었음.

* 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 정보통신망 신기술 연구실 ({smchun, jwnah, jtpark}@ee.knu.ac.kr)
논문번호: KICS2010-09-452, 접수일자: 2010년 9월 15일, 최종논문접수일자: 2010년 11월 16일

포테인먼트 어플리케이션은 delay-sensitive인 차량용 어플리케이션의 quality of service (QoS) 요구 사항을 만족 시키지 못한다.

VANET에서 인터넷 접속을 위해 IPv6를 채택한 후로 Vehicle to Infrastructure (V2I) 통신에서 차량 인터넷 통신의 이동성 관리를 위해 3 계층 이동성 지원 프로토콜인 IETF MIPv6^[3]와 이를 확장한 FMIPv6^[4], HMIPv6^[5], 그리고 Network Mobility (NEMO) 등의 사용이 고려되고 있다^[2]. 대부분의 IETF MIPv6와 이를 확장한 프로토콜은 지연시간에 민감한 차량 네트워크의 응용에는 적합하지 않다. 그 이유는 이동 방향을 자주 변경하거나 고속으로 움직이는 차량에서는 핸드오버 시 패킷 손실이나 지연시간이 크게 증가할 수 있기 때문에 적합하지 않다. 최근 이런 단점을 해결하기 위해 차량 네트워크의 이동성을 보장해주는 방법으로 다중 채널을 사용하는 방법이 등장하였다^[6]. [6]에서는 핸드오버 지연 시간을 줄이기 위해 차량 네트워크의 홈 에이전트 (Home Agent: HA)와 모바일 게이트웨이 (Mobile Gateway: MG) 간에 핸드오버를 위해 다중 IP 터널을 생성하였고, MG는 차량 내부에 부착되어 있는 라우터로써 주로 다중 무선 인터페이스를 갖추고 있으며, 이동성 관리 및 인터넷 연결을 담당한다. 그러나 [6]의 경우 HA와 MG사이의 거리가 일정거리 이상 떨어져있는 경우에는 여전히 핸드오버 지연시간이 커질 수 있다.

HMIPv6는 지역 이동성 관리를 위한 시그널링 오버헤드와 핸드오버 지연시간을 감소시키기 위해 개발되었으며, Mobility Anchor Point (MAP)를 이용해 이동 단말 (Mobile Node: MN)과 상대 노드 (Correspondent Node: CN) 혹은 HA 사이의 시그널링 횟수를 줄인다. MIPv6와 비교하여 핸드오버 지연 시간 뿐만 아니라 시그널링 횟수를 줄인다.

본 논문에서는 차량 네트워크에서 핸드오버 지연 및 패킷 손실 없이 효율적으로 핸드오버 수행 할 수 있는 새로운 이동성 관리 구조를 제안한다. 본 논문의 특징으로는 핸드오버가 발생 했을 때 HMIPv6 MAP과 MG 사이에 다중 IP 터널링을 생성하여 패킷을 병렬적으로 분산하여 전송되게 한다는 점이다. 핸드오버가 수행되는 동안 패킷이 다중 터널을 통해 병렬로 전송되기 때문에 핸드오버 지연시간과 패킷 손실은 무시할 수 있는 수준으로 감소 된다.

본 논문에서 제안한 MAP 과 MG 사이에 다중 터널을 구조는 새로운 접근방법이다. 본 논문에서는 다중 터널을 위한 구조와 이동성 모델을 제시하였다. 또한 서로 다른 IP 도메인을 사용하는 무선 구간내 중첩

영역을 고속으로 이동할 때 발생 할 수 있는 핸드오버 지연시간과 패킷 손실에 대해 수학적 분석과 성능 평가를 수행하였으며, 성능 평가를 위해 시뮬레이션을 하였다. 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실에 대한 수학적 분석을 통해 MIPv6, HMIPv6, E-HMIPv6에 대한 성능 분석을 하였으며, 수학적 분석 결과를 통해 성능 면에서 우수함을 증명 하였다. 기타 관련 연구와 비교해서 본 논문에서 제시하는 방법의 독창성은 아래와 같다.

MG가 무선 구간을 이동할 때, 다중 무선 네트워크 인터페이스를 사용하는 동안 AR과 MG 사이에 병렬로 패킷을 전송하는 터널이 동적으로 구성 된다.

상호 호환성 향상을 위해 HMIPv6를 채택하였다, 구체적으로, HMIPv6의 MAP를 확장한 Extension of Mobility Anchor Point (E-MAP)의 구조 및 멀티 주소 바인딩 방법을 제시하였다.

논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2절에서는 관련 연구를 소개하고, 3절에서는 제안된 E-HMIPv6 핸드오버 메커니즘을 기술하고, 4절에서는 제안된 핸드오버 메커니즘에 대해 수학적 분석과 시뮬레이션을 보여준다. 그리고 5절에는 수학적 분석과 NS-2를 이용한 시뮬레이션 결과를 통한 성능분석을 보여주며 마지막으로 6절에서 결론을 맺도록 한다.

II. 관련 연구

IEEE WAVE Network Service [1]에서는 IPv6 지원을 명시하고 있다. WAVE에서의 통신 형태는 크게 V2I 통신과 Vehicle-to-Vehicle (V2V) 통신으로 구성 된다. Vehicle-to-infrastructure (V2I) 통신에서 이동성 지원 방법으로 IETF 표준인 MIPv6, FMIPv6, HMIPv6 등이 사용 가능하며, V2V 통신에서는 이동성 지원을 위해 MANET에서의 에드학과 같은 형태의 통신이 사용가능하다^[2]. 본 논문에서는 V2V를 제외한 V2I 통신 만을 고려한다.

고속으로 이동하는 차량 이동 통신 환경의 특성 상 IETF에서 제안한 MIPv6 및 그 외 확장 프로토콜은 차량 네트워크에서 이동성 지원 프로토콜로서 적합하지 않다^[2]. 이러한 IETF 표준의 단점들을 극복하기 위한 방안 중에 하나는 차량의 모바일 게이트웨이 (MG)에 다중 무선 네트워크 인터페이스를 장착하는 것이다. WAVE에서도 다중 채널을 정의하고 있다^[1]. 또 다른 연구로써, 다중 인터페이스를 이용한 연구 시도가 있다^[6]. [6]에서 핸드오버 성능을 높이기 위해 차량에서 HA와 MG 간 다중 IP 터널 생성 방법을 제안하

표 1. 기존 유사 연구와 비교

비교 항목	IETF 연구 [3][4][5]	연구 [6]	Multiple Tunnel [7]	E-HMIPv6
다중 인터페이스 사용 여부	사용 안함	사용	사용	사용
터널 생성 구간	HA - MN or MAP - MN	HA - MG	HA - MN	E-MAP - MG
다중 멀티 터널 지원	지원하지 않음	지원	지원	지원
동시 바인딩 지원	지원하지 않음	지원	지원	지원
패킷 분산 방법	사용 안함	라우팅 정책 (Flow의 형태)	라우팅 정책 (Flow의 형태)	단일 세션에 대한 E-MAP의 바인딩 테이블을 참조
패킷 손실	Large	Small	Medium	Very small
핸드오버 지연시간	Large	Small	Small	Very small

였다. 하지만 이 경우 HA와 MG간 거리가 멀어지게 되면 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실이 증가하게 되는 문제점이 있다. [6]과 비교하여 본 논문에서는 Access Router (AR) 간 지역적으로 IP 터널링을 생성함으로써, 더욱 구체적으로 기술하자면 E-MAP와 MG 간에 터널링을 생성하여, 핸드오버 발생하였을 때 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간을 최소화 할 수 있도록 하였다.

표 1은 기존의 MIPv6, 이를 확장한 프로토콜, [6] [7] 및 제안된 프로토콜 간 특징들을 비교 하였다. 제안된 E-HMIPv6와 기존의 MIPv6 또는 MIPv6의 확장 프로토콜 (FMIPv6, HMIPv6 등) 간 차이점은 차량 환경에서 핸드오버 발생 시 HMIPv6의 MAP를 활용하고, Mobile Gateway의 다중 채널을 사용하여 다중 IP 터널링을 생성하고 패킷을 분산 병렬 전송하는 것이다. 다중 IP 터널과 관련한 연구로써 [7]는 홈 에이전트와 이동 단말 간에 다중 IP 터널링을 사용하여 패킷을 전송하는 방법을 제안하였다. 하지만 이는 IPv4에 국한 되어 있으며, [6]와 같이 이동 단말이 홈 에이전트와 멀어질 경우 많은 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간이 커질 수 있다.

III. 다중 터널링 지원을 위한 구조 및 이동성 모델

3.1 E-HMIPv6 개요 및 이동성 모델

그림 1은 HMIPv6의 MG와 E-MAP 간 다중 터널링을 사용한 구조 및 이동성 모델을 보여준다. 여기서, 제안된 HMIPv6의 확장에 대한 자세한 동작은 다음 세션에서 자세히 서술하도록 하고, 본 절에서는 개략적인 구조만을 설명한다.

먼저, MG의 Interface (IF1)는 Local Care-of

Address (LCoA1)을 통해 PAR (Previous Network)에 연결 된다. MG는 HA/CN과 패킷을 전송하기 위해 E-MAP와 LCoA1을 도착점으로 하는 IP 터널링을 생성한다. Interface 1과 Interface 2 (IF2)는 MG의 두 개의 무선 네트워크 인터페이스이며, 이는 다중 무선 네트워크 인터페이스로 부터 데이터 전송을 하기 위해 활성화된 인터페이스임을 의미한다. MG는 AR들로부터 다중 인터페이스에서 가장 큰 무선 신호 강도를 가진 두 개를 선택한다고 가정 한다.

MG는 PAR로부터 멀어지게 되면 PAR 네트워크 도메인과 Next Access Router (NAR)의 네트워크 도메인의 중첩 영역으로 들어가게 된다. PAR의 무선 신호 세기가 약해지면 MG의 IF2를 활성화하여 NAR의 LCoA2를 통해 연결한다. MG가 NAR에 성공적으로 연결이 되면, MG는 RCoA와 LCoA2를 이용하여 E-MAP에 바인딩을 요청한다. 이 경우, E-MAP는 RCoA와 LCoA1 및 LCoA2를 지속적으로 바인딩 하여 CN/HA부터의 패킷은 E-MAP의 다중 터널을 통

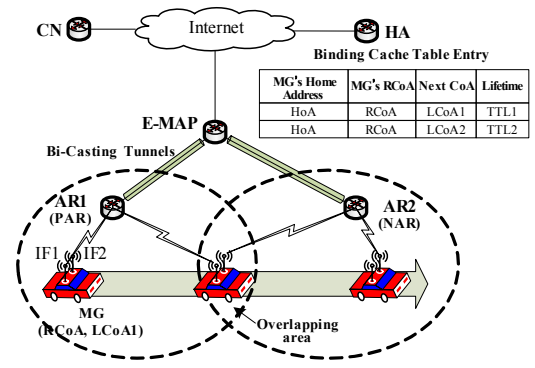


그림 1. 다중 터널을 이용한 HMIPv6의 확장의 구조 및 이동성 모델

해 전송 될 수 있다. MG의 최적의 멀티 캐스팅 터널링을 위해, MG에서 AR로부터 측정된 전파 신호 세기 (Received Signal Strength: RSS)에 대해 3개의 threshold (T_p , T_s , T_e)를 정의한다. T_p 는 이동 단말의 핸드오버 준비하는 threshold에 해당하며, T_s 는 이동 단말의 핸드오버를 수행하는 Threshold에 해당하며, T_e 는 PAR과 연결을 끊기 위해 사용된다. 즉 차량이 PAR에서 NAR로 이동 할 때 PAR로 부터의 RSS 값이 T_p 보다 작아지게 되면 차량의 이동 단말은 인접해 있는 AR(Access Router)를 탐색을 수행하여 핸드오버를 준비하게 된다. 신호 세기가 더욱 작아져 T_s 보다 작아지게 되면 탐색된 AR 중 하나를 선택하여 핸드오버를 수행하며 E-MAP에 바인딩을 수행한다. E-MAP로부터 멀티 캐스팅 터널링을 통해 데이터를 전송받게 된다. RSS가 T_e 보다 작아지게 되면 무선 인터페이스와 PAR간 연결을 끊게 된다. 이러한 AR과 차량의 이동 단말 간 RSS를 활용함으로써 최적의 멀티캐스팅 터널링을 생성한다.

3.2 E-HMIPv6 E-MAP의 구조

이 절에서는 HMIPv6에서 MAP의 확장인 Extension-MAP (E-MAP)의 구조를 제시한다. 표 2는 확장된 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 구조를 보여준다. HMIPv6에서 바인딩 업데이트 메시지는 MG의 LCoA를 E-MAP에 등록 (Registration)절차를 수행하기 위해 사용되는 메시지이다. E-HMIPv6에서 멀티 캐스팅 터널링 (MultiCasting Tunnels) 을 수행하기 HMIPv6의 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리를 확장하였다. 추가적으로 multi-CoA 등록을 지원하기 위해 몇 가지의 플래그를 정의한다. MG는 A, M 플래그 및 A, M, O Flag를 설정하여 E-MAP으로 지역 바인딩 업데이트 메시지 (Local Binding Update Message: LBU)를 송신 할 수 있다. 만약 E-MAP가 이 메시지를 수신하였을 때 Flag 중 A와 M Flag가 설정 되어 있다면 이는 MG의 IF1에 대한 바인딩 업데이트 메시지로 간주하고, 만약 A, M, O Flag가 설정되어 있다면 MG의 IF2에서 바인딩 업데이트 메시지를 송신한 것으로 간주한다. 이때 전송되는 LBU 메시지에 포함된 주소는

표 2. 확장된 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 구조

MG의 HoA	MG의 RCoA	Next CoA	Lifetime
HoA	RCoA	LCoA1	TTL1
HoA	RCoA	LCoA2	TTL2

각기 다른 CoA 이다. 만약 E-MAP에서 CN 또는 HA 로 부터의 수신된 패킷이 있다면 바인딩 캐쉬 테이블 엔트리의 MG의 RCoA와 Next CoA를 참조하여 Bi-directional 터널링을 이용해 전송 한다.

IV. 핸드오버 지연 및 패킷 손실에 대한 수학적인 모델링 및 시뮬레이션

4.1 핸드오버 지연 및 패킷 손실 대한 수학적 모델

핸드오버는 일반적으로 이동 게이트웨이가 PAR과 NAR 사이에 중첩된 무선 영역을 이동 할 때 발생한다. 본 논문의 성능 평가에서 다음과 같은 이동성 모델측면에서 접근하도록 한다. Case A는 중첩 영역 내에서 MG가 핸드오버를 완료 하였을 경우, Case B는 PAR과 NAR 사이에 작은 중첩 영역으로 인해 핸드오버를 완료하지 못하였을 경우, Case C 는 중첩 영역이 거의 없을 경우로 구분하여 성능 분석을 하도록 하였다. MG는 PAR에서 NAR로 v m/sec의 속도로 움직임을 가진다고 가정한다.

그림 1의 이동성 모델에서 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실에 대한 수학적인 공식이 유도 된다. MG에서 핸드오버 지연시간은 핸드오버 하는 동안에 패킷을 송수신하지 못하는 2계층과 3계층 핸드오버 지연시간으로 정의 한다^[8]. 총 핸드오버 지연시간은 2계층 핸드오버에 의해 발생하는 링크 스위칭 시간 (t_{L2}), 3계층에서 발생하는 IP 연결 지연시간 (t_{IP})과 위치 갱신 지연시간(t_{BU})으로 구성된다.

상세히 기술하면, t_{IP} 는 t_{MD} 와 t_{AC} 합으로 계산되며, t_{BU} 는 T_{BU} 와 T_{NR} 의 합으로 계산된다. 여기서, t_{MD} 는 이동성 감지 지연시간을 나타내며, t_{AC} 는 주소 연산 및 주소 중복 검사 지연시간으로 표현되고, T_{BU} 는 이동 게이트웨이와 MAP (CN/HA 또는 E-MAP) 간 바인딩 업데이트 시간을 나타낸다. T_{NR} 는 바인딩 업데이트를 완료 한 후 이동 게이트웨이가 새로운 IP 주소로 변경된 첫 패킷을 받을 때까지의 지연시간을 나타낸다.

더욱 상세한 지연시간 분석을 위해, MG와 AR간 시그널링 메시지에 의해 발생하는 지연시간을 다음과 같이 계산한다. $t_{x,y}$ 는 노드 X와 Y 간 단방향의 단일 시그널링 메시지 전송 지연시간으로 정의한다. 만약 종단 노드가 MG일 경우 $t_{x,y}$ 는 아래와 같이 계산 된다^[8].

$$T_{x,y}(s) = (\frac{s}{B_{wl}} + L_{wl}) + ((d_{x,y} - 1)(\frac{s}{B_w} + L_w + \omega)) \quad (1)$$

여기서 s 는 시그널링 메시지의 사이즈를 나타내고, B_w 과 B_w 는 무선 링크의 대역폭과 유선 링크의 대역폭으로 각각 나타낸다. L_w 과 L_w 는 무선의 링크 지연 시간 및 유선 링크 지연 시간으로 나타낸다. ω 는 라우터의 평균 큐잉 지연시간을 나타낸다. $d_{x,y}$ 는 노드 X와 Y간 평균 홉 수를 나타낸다. 공식 (1)에서 첫 번째 항은 무선 링크에서 단방향 단일 메시지 전송 지연시간을 나타내며, 두 번째 항은 노드 X와 Y사이에 유선 링크에서 단방향 단일 메시지 전송 지연시간을 나타낸다.

T_{RT} 는 이동 게이트웨이가 이동하는 도중에 PAR과 NAR 사이의 무선 중첩 영역 내에서 머무는 시간 (Residence Time)으로 정의한다. $D_{HOProtocol}$ 은 *HOprotocol* (핸드오버 프로토콜)을 사용한 핸드오버의 총 지연시간으로 정의한다. 그리고 각 Case A, B 및 C는 다음과 같이 나타낼 수 있다. Case A는 $T_{RT} \geq D_{HOProtocol}$, Case B는 $T_{RT} < D_{HOProtocol}$, 그리고 Case C는 $t_{RT}=0$ 이다.

핸드오버 지연시간 유도 공식은 각 이동성 관리 프로토콜에 따라 달라진다. [8]에서 나타나 있는 것과 같이, MIPv6의 핸드오버 지연시간은 t_{L2} , t_{MD} , t_{AC} , t_{BU} , 그리고 t_{RR} 로 구성된다. 여기서 t_{BU} 와 t_{RR} 는 각 이동 단말과 HA사이의 바인딩 업데이트 지연시간과 Return Routability Procedure 지연시간으로 정의된다. MIPv6에서, t_{BU} 는 $2(t_{MG,HA}+t_{MG,CN})$ 로, t_{RR} 은 $2(T_{MN,CN}+t_{MN,HA}+t_{HA,CN})$ 로 유도 된다.

HMIPv6는 지역 이동성 관리를 위해 사용 되는 프로토콜이기 때문에 HA 혹은 CN으로 바인딩 업데이트 하기 위한 메시지는 필요하지 않다. 하지만, HA 및 CN 대신하여, MG는 MAP에 바인딩 업데이트를 반드시 수행 해야 한다. 그러므로, T_{BU} 는 MG와 MAP 간에 바인딩 메시지 전송 지연 시간 만으로 구성 되고, 이 지연시간은 $2t_{MG,MAP}$ 로 계산 된다.

MIPv6와 HMIPv6은 단일 무선 네트워크 인터페이스에 의존하기 때문에 핸드오버 지연시간은 중첩 영역의 크기에 독립적이다. 왜냐하면, MIPv6/HMIPv6의 경우 MG는 NAR에 연결하기 위해 PAR의 연결을 끊어야만 하기 때문이다. 하지만 E-HMIPv6의 경우 MG와 NAR간 새로운 연결 생성 시 PAR과 NAR사이의 중첩 지역이 MG가 충분히 핸드오버를 수행 할 수 있을 만큼 크다면 MG와 PAR간 연결이 유지된 상태에서 연결이 됨으로 E-HMIPv6의 경우 중첩 영역의 크기에 의존적이다. 그 결과, MIPv6/HMIPv6에서 t_{RT} 는 Case A, B 및 C의 영향을 받지 않는다. 대조적

으로, E-HMIPv6의 경우 t_{RT} 는 Case A, B, 그리고 C에 따라 핸드오버 지연시간은 달라진다.

E-HMIPv6에 대한 핸드오버 지연시간의 유도는 아래와 같다. Case A에서는 중첩 영역이 핸드오버 절차를 수행하는 시간 보다 충분히 크기 때문에 지속적으로 패킷을 송·수신 할 수 있으므로 핸드오버 지연시간은 0이 된다. Case B에서는 중첩 영역에서 핸드오버 수행하는 시간 동안 PAR과의 연결이 얼마 동안 유지 되느냐에 따라 핸드오버 지연시간은 달라진다. Case C의 경우, MG는 PAR과의 연결이 끊기기 때문에 핸드오버를 수행하는 동안 PAR로부터 데이터를 받을 수 없기 때문에 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간이 유발 될 수 있다. MIPv6, HMIPv6, 그리고 E-HMIPv6에 대한 총 핸드오버 지연시간을 요약하면 표 3와 같다.

패킷 손실은 데이터를 전송하는 동안 핸드오버 수행절차로 인해 발생하는 패킷 손실 량으로 정의 한다. 패킷 손실은 핸드오버 지연시간에 비례하기 때문에 *HOProtocol* 핸드오버 프로토콜에서 패킷 손실 $P_{HOProtocol}$ 은 아래와 같이 계산 될 수 있다⁸⁾:

$$P_{HOProtocol} = \lambda_p D_{HOProtocol}$$

여기서, λ_p 는 시간당 패킷 단위의 패킷 도착 율로 나타내고, $D_{HOProtocol}$ 은 *HOprotocol* 핸드오버 프로토콜의 핸드오버 지연시간으로 나타낸다.

표 3. 핸드오버 지연시간

프로토콜	총 핸드오버 지연시간
DIPv6	$t_{L2}+t_{MD}+t_{AC}+4(t_{MG,HA}+t_{MG,CN})+2t_{HA,CN}$
DHMIPv6	$t_{L2}+t_{MD}+t_{AC}+2t_{MG,MAP}$
DE-HMIPv6	$t_{L2}+t_{MD}+t_{AC}+2t_{MG,E-MAP}-t_{RT}$

4.2 시뮬레이션 토폴로지 및 구성

이 절에서, 제안된 E-HMIPv6 핸드오버 메커니즘을 검증하기 위한 시뮬레이션 구성 환경을 기술한다. 리눅스 기반 NS-2 (Network Simulator-2) [9]에서 수행되었으며, 이를 이용하여 MIPv6, HMIPv6, 그리고 제안된 E-HMIPv6에 대한 성능 분석을 하였다. MIPv6, HMIPv6, 및 E-HMIPv6에 대한 성능 평가를 하기 위한 토폴로지 및 시뮬레이션 파라미터는 그림 3과 같다. MG는 듀얼 인터페이스를 장착하였고, AR의 무선 범위는 100m로 설정하였다. 라우팅 방법은 No Adhoc Routing (NOAH) [10]을 사용하였다.

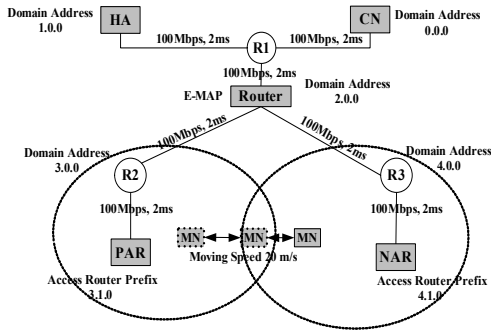


그림 3. 시뮬레이션 토폴로지 및 파라미터

V. 수학적 결과 및 시뮬레이션 결과

제안된 E-HMIPv6의 성능 분석을 위해 수학적 분석 및 NS-2를 이용한 시뮬레이션을 수행하였다. 표 4는 이동성 관리 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 기본적인 파라미터를 나타낸다. 이러한 분석을 위해 사용된 대부분의 파라미터 값은 [8]와 같이 일반적으로 사용되는 값으로 설정 하였다. MG와 AR 구간, CN와 HA 구간, E-MAP와 PAR/NAR 구간, HA/CN과 E-MAP 구간의 홉수는 각각 1, 2, 2, 2로 설정하였다. MG는 듀얼 무선 인터페이스 (802.11a, 802.11g)로 가정한다. 802.11a와 802.11g는 각기 다른 주파수 대역을 사용하기 때문에 무선 인터페이스 간 간섭은 무시 될 수 있다.

성능 평가 파라미터로서 64 kbps 이하의 데이터율, 패킷 크기는 100 바이트, 패킷 도착율은 5~55 pkts/sec로 하여 가변적으로 설정 하여 성능분석 하였으며, 트래픽의 종류는 UDP 기반 오디오 응용 트래픽을 사용하였다. 머무는 시간 (t_{RT})는 MG의 속도를 가변 함으로써 0.1 ms - 0.8 ms 범위 내에서 변화 시켜 성능 분석하였다.

수학적 분석 및 시뮬레이션 결과는 그림 4, 그림 5와 그림 6에서 나타내었다. 각 그림에서 표시된 점선 라인은 시뮬레이션 결과를 나타내고, 연속 라인은 분석 결과를 나타낸다.

표 4. 시스템 파라미터 설정

Parameter	Value	Parameter	Value
t_{AC}	500 ms	B_{wl}	11 Mbps
t_{MD}	100 ms	ω	0.001 s
t_{L2}	50 ms	L_{wl}	20 ms
B_w	100 Mbps	L_w	2 ms
s	96 bytes	v	20 m/sec
λ_p	10 packets/s		

그림 4은 무선 링크 지연이 변화할 때 이동성 프로토콜의 핸드오버 지연시간을 나타낸다. 제안된 E-HMIPv6의 핸드오버 지연시간은 MIPv6 및 HMIPv6에 비해 짧음을 알 수 있다.

그림 4에서 보이는 것과 같이, E-HMIPv6의 경우 핸드오버 동작을 수행하기 위한 중첩 영역이 충분히 크기 때문에 핸드오버 지연시간은 무시될 만큼 작다. 하지만 Case B에 있어 중첩 지역이 핸드오버 수행 시간에 비해 상대적으로 작을 경우 핸드오버 지연시간이 발생 할 수 있다. E-HMIPv6에서 Case C의 경우 중첩 영역이 없기 때문에 핸드오버 지연시간은 HMIPv6의 핸드오버 지연시간과 동일하게 발생하게 된다.

그림 5는 패킷 도착율의 변화에 따른 패킷 손실의 변화를 나타낸다. 그림 5에서 보이는 것과 같이, 제안된 E-HMIPv6의 패킷 손실은 MIPv6와 HMIPv6에 비해 적다는 것을 알 수 있다. 더욱이, MIPv6나 HMIPv6의 경우 패킷 도착율의 증가함에 따라 패킷 손실량은 급격히 증가하는 것을 볼 수 있으나, E-HMIPv6에서 Case A의 경우 거의 패킷 손실이 발

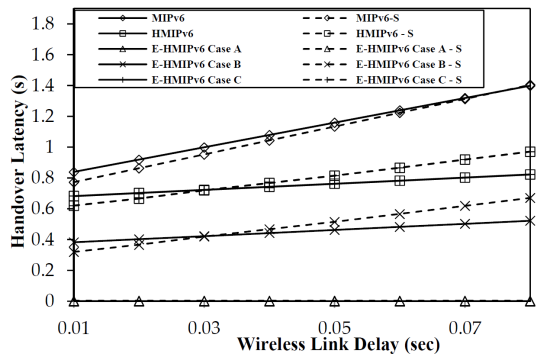


그림 4. 무선 링크 지연이 핸드오버 지연시간에 미치는 영향

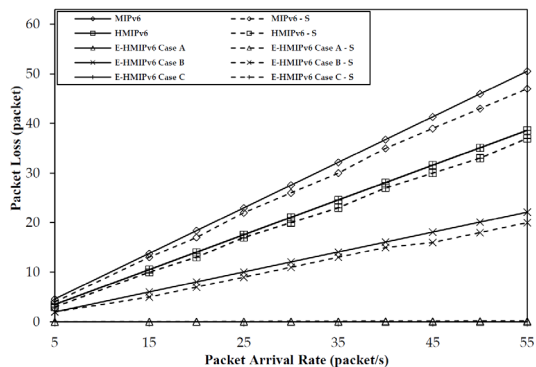


그림 5. 패킷 도착율 변화에 따른 패킷 손실의 변화

생하지 않는다. 하지만 E-HMIPv6에서 T_{RT} 를 0.3 sec로 설정 하였을 경우 인 Case B의 경우 상대적으로 적은 양의 패킷 손실이 발생한다. Case C의 경우에는, 중첩 영역이 거의 없기 때문에 패킷 손실은 HMIPv6와 동일하게 발생한다.

그림 6은 Case B에 대해 t_{RT} 값 변화에 대한 패킷 손실의 변화를 보여준다. 패킷 손실을 측정하기 위해서 t_{RT} 를 0.1 sec에서 0.8 sec로 변화 시키고 λ_p 은 30 pkts/sec으로 가정하였다. 그림 6에서 보이는 것과 같이 MIPv6 또는 HMIPv6는 t_{RT} 의 상관없이 거의 패킷 손실이 일정하다. 하지만 E-HMIPv6의 경우 t_{RT} 가 증가함에 따라 패킷 손실은 급격히 감소하게 된다. 이것은 t_{RT} 가 증가함으로써 중첩 영역 내에서 핸드오버를 좀 더 효율적으로 수행하였기 때문이다. 이와 같은 결과는 t_{RT} 가 차량의 이동 속도에 반비례하기 때문에 MG의 움직임의 속도가 감소함에 따라 패킷 손실이 감소함을 보여준다.

그림 7은 유선 링크 지연(L_w)이 패킷 손실에 미치는 영향에 대해 성능 분석한 것이다. 이러한 성능 평가를 하기 위해 L_w 은 0.02 sec로 고정 하였고, L_w 를 1 ~ 8 msec 까지 가변시켜 성능 평가하였다.

그림 7에서 보이는 것과 같이 L_w 가 변함에 따라 MIPv6과 HMIPv6에서 패킷 손실의 변화는 L_w 가 커

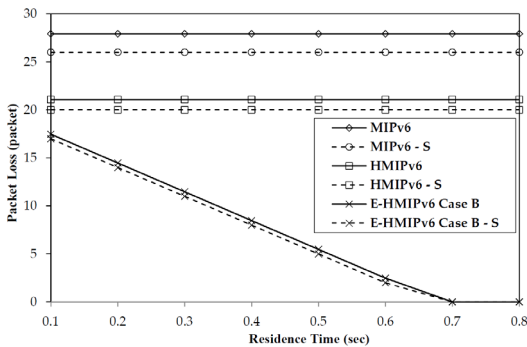


그림 6. TRT 변화가 패킷 손실에 미치는 영향

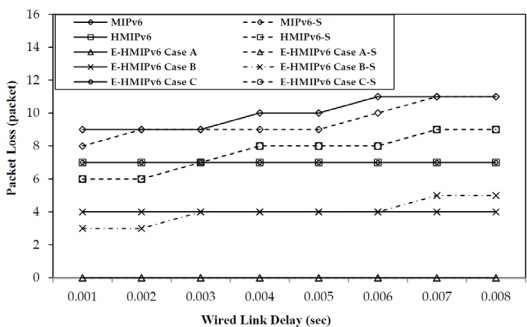


그림 7. 유선 링크 지연이 패킷 손실에 미치는 영향

짐에 따라 점차적으로 증가 한다. 이에 반해, 제안된 E-HMIPv6는 L_w 의 변화에 거의 영향을 받지 않는 것을 알 수 있다.

그림 8은 무선 링크 지연(L_{WL})이 패킷 손실에 미치는 영향을 나타낸다. 이러한 성능 평가를 하기 위해 L_w 은 0.002 sec로 고정하였고, L_{WL} 를 0.01 ~ 0.08 sec까지 변화시켜 성능 평가 하였다. 그림 8에서 보이는 것과 같이 L_{WL} 이 증가함에 따라 MIPv6과 HMIPv6의 경우 많은 패킷 손실에 많은 영향을 받는다. 하지만 E-HMIPv6의 Case A의 경우, 무선 중첩 영역에서 핸드오버를 성공적으로 수행하였을 경우 패킷 손실이 거의 나타나지 않음을 알 수 있다.

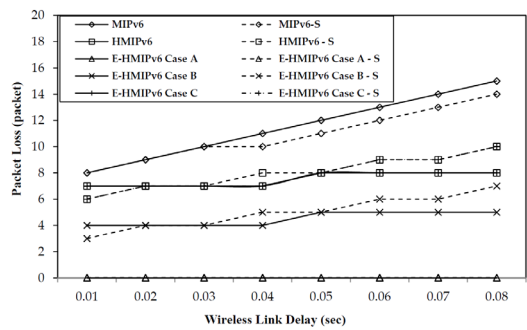


그림 8. 무선 링크 지연(L_{WL} -삭제)이 패킷 손실에 미치는 영향

VI. 결론

본 논문에서 모바일 게이트웨이와 HMIPv6의 MAP 간 핸드오버 동작 동안에 다중 무선 네트워크 인터페이스를 이용한 동적 다중 터널링을 생성하여 패킷을 병렬 분산 하는 새로운 고속 IP 이동성 관리 구조를 제시하였다. 제안된 E-HMIPv6에 대해 MIPv6와 HMIPv6와 비교하여 수학적 분석 및 시뮬레이션을 통해 성능 분석을 하였고, 이러한 성능 분석의 결과, 기존의 MIPv6 및 HMIPv6에 비해 핸드오버 지연 시간 및 패킷 손실 면에서 높은 효율을 보임을 증명하였다.

참고 문헌

- [1] IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Multiple - Channel Operation and Networking Service, 2007, [Online].
- [2] K. Zhu, D. Niyato, P. Wang, E. Hossain, and D. I. Kim, "Mobility and handoff management

