

논문 2011-48TC-11-7

멀티 터널링을 이용한 고속 차량에서 QoS 보장 IP 이동성 관리 방법

(QoS-Guaranteed IP Mobility Management For Fast Moving Vehicles
Using Multiple Tunnels)

천 승 만*, 나 재 욱*, 박 종 태*

(Seung-Man Chun, Jae-Wook Nah, and Jong-Tae Park)

요 약

본 논문에서는 다중 무선 네트워크 인터페이스를 가진 고속 차량의 인터넷 서비스에 대한 QoS (Quality of Service) 보장하는 IP 이동성 관리 방법을 제시한다. 제안된 방법은 크게 두 부분으로 나눌 수 있다. 하나는 차량에 탑재된 이동 게이트웨이의 측정 데이터 전송 속도가 사용자가 정의해 놓은 요구 데이터 전송 속도 (Data Transfer Rate) 이하로 떨어지게 되면 이용 가능한 무선 채널을 이용하여 새로운 무선 연결을 생성하는 것이고, 다른 하나는 이동 게이트웨이와 무선 접속 라우터 간에 동적으로 병렬 분산 패킷 터널을 생성하는 것이다. 이와 같은 방법을 통해, 핸드오버 동작 중에 유발될 수 있는 지연시간 및 패킷 손실을 줄이는 동시에 사용자의 요구 데이터 전송 속도를 유지함으로써 QoS를 보장 할 수 있게 된다. 제안된 구조를 실현하기 위해 IETF 표준인 Hierarchical Mobile IPv6 (HMIPv6)의 구조를 확장하였고, HMIPv6의 확장을 위한 상세한 알고리즘을 설계하였다. 마지막으로, 성능분석을 위해 시뮬레이션을 수행하였고, 제안된 메커니즘은 핸드오버 하는 동안에 핸드오버 지연 시간, 패킷 손실, 패킷 처리율에 대해 QoS를 보장함을 증명하였다.

Abstract

In this article, we present a QoS-guaranteed IP mobility management scheme of Internet service for fast moving vehicles with multiple wireless network interfaces. The idea of the proposed mechanism consists of two things. One is that new wireless connections are established to available wireless channels whenever the measured data rate at the vehicle equipped with mobile gateway drops below to the required data rate of the user requirement. The other is that parallel distribution packet tunnels between an access router and the mobile gateway are dynamically constructed using multiple wireless network interfaces in order to guarantee the required data rate during the mobile gateway's movement. By doing these methods, the required data rate of the mobile gateway can be preserved while eliminating the possible delay and packet loss during handover operation, thus resulting in the guaranteed QoS. The architecture of the IETF standard HMIPv6 has been extended to realize the proposed scheme, and detailed algorithms for the extension of HMIPv6 has been designed. Finally, simulation has been done for performance evaluation, and the simulation results show that the proposed mechanism demonstrates guaranteed QoS during the handover with regard to the handover delay, packet loss and throughput.

Keywords : HMIPv6, QoS-guaranteed IP Mobility Management, Handover with Multiple Network Interfaces

* 정회원, 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

(School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University)

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업 및 2단계 BK21 프로젝트 의 연구결과로 수행되었음. (NIPA-2011-(C1090-1121-0002))

접수일자: 2011년8월30일, 수정완료일: 2011년11월14일

I. 서 론

차량 네트워크를 위해 현재 IEEE 표준의 중요한 연구 중의 하나는 다중 무선 네트워크 인터페이스를 장착하는 것이다^[1]. 다양한 인터페이스를 사용함으로써 사용자는 모바일 VoIP, 모바일 게임, 모바일 IPTV 등의 IP 기반의 개발된 실시간 어플리케이션 및 서비스를 저렴하게 사용할 수 있다. 지난 몇 년간 차량 에드혹 네트워크 (Vehicular Ad-hoc Networks: VANET)의 개발이 상당히 발전되었다. IEEE 802.11p 표준은 VANET의 링크 계층 및 네트워크 계층을 위해 개발되었다^[1]. 최근에 새롭게 등장한 인포테인먼트 어플리케이션과 안전과 관련된 모바일 어플리케이션은 고속의 차량에서 끊임 없이 무선 인터넷 서비스를 지원하기 위해 차량 네트워크를 필요로 하고 있다^[2]. 불행하게도, IEEE 802.11p의 짧은 무선 전파 범위로 인해 고속 차량들이 VANET의 서로 다른 IP 도메인들을 지나갈 때 긴 핸드오버 지연 시간이 발생한다. 자세히는, 이러한 지연시간은 MIPv6의 3계층 핸드오버 지연시간과 일관성이 없는 무선 환경^[2]으로 인해 발생된다.

VANET 구조는 인터넷 접속 프로토콜을 위한 IPv6를 지원하고 있기 때문에, Vehicle to Infrastructure (V2I) 통신을 위한 3계층 이동성 관리 구조들은 IETF MIPv6, MIPv6를 확장한 프로토콜인 FMIPv6, HMIPv6, Network Mobility 등이 있다^[2]. IETF MIPv6과 이를 확장한 프로토콜들은 차량 네트워크에서 지연에 민감한 어플리케이션들을 고속 차량에게 제공하기에 적합하지 않다^[2]. 이는 고속 차량이 이동할 때 접속 장치의 빈번히 바뀜으로 인해 패킷 손실 및 지연시간이 발생되기 때문이다. 최근에 이와 같은 문제점을 해결하기 위해 차량 네트워크에서 이동성 관리를 위한 다중 채널을 이용한 연구가 진행되고 있다^[4~5]. [4]에서 저자는 차량 네트워크에서 핸드오버 성능을 향상시키기 위해 홈 에이전트 (Home Agent: HA)와 이동 게이트웨이 (Mobile Gateway: MG) 간 핸드오버를 위해 다중 IP 터널의 생성하는 방법을 제안하였다. 하지만 HA와 MG가 멀리 떨어질 경우 큰 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 발생될 수 있다.

HMIPv6^[3]는 지역 이동성 관리를 위해 시그널링 오버헤드 및 핸드오버 지연시간을 줄이기 위해 개발되었다. HMIPv6는 이동 단말과 대응노드 (Correspondent node: CN)/HA 간의 많은 량의 시그널링을 줄이기 위

해 Mobility Anchor Point (MAP)를 두었다. 이는 MIPv6와 비교하여 핸드오버 지연시간 및 시그널링 오버헤드를 줄였다. MG는 차량내부에 장착된 라우터로서 보통 다중 무선 인터페이스들을 장착하고 있으며, 이동성 및 인터넷 연결성을 제어 및 관리한다.

차량 네트워크를 위한 대부분의 기존의 IP 이동성 관리 구조는 핸드오버 하는 동안 데이터 전송 속도를 보장하지 못한다. 이러한 이유는 핸드오버 동작을 개시하기 위한 판단은 일반적으로 전파 신호 세기를 기반으로 두고 있기 때문이다. 예를 들어, Wi-Fi 핸드오버의 경우 전파 신호 세기는 일정 임계값이하로 떨어지게 되면 핸드오버 다른 셀로 핸드오버하게 된다. 이러한 판단을 위해 다음과 같은 두 가지의 가정을 가지고 있다. 무선 채널의 전파 세기가 약해질 때 무선 채널을 통한 데이터는 신뢰성 있게 전달할 수 없다는 가정과 무선 채널의 데이터 전송 속도는 전파 신호 세기에 비례한다는 가정이다. MG가 기지국으로부터 멀리 떨어질 때 전파 신호 세기는 약해진다. 무선 전파 세기가 약해질 때 무선 링크를 통한 데이터 전송 속도 또한 비례하여 감소하기는 하지만 네트워크의 부하 상태에 따라 달라질 수 있다^[7]. 하지만, 핸드오버 하는 동안에 이전에 언급한 두 가지 가정을 기초로 핸드오버를 결정하는 것은 사용자의 요구 데이터 전송 속도를 보장하는 하는 면에서 효과적이지 않다. 이는 무선 링크를 통한 데이터 전송 속도는 전파 신호 세기가 강한 환경에서 데이터 전송 속도가 낮아 질 수 있기 때문이다. 이 현상은 기본적으로 기지국 (Base Station) 또는 접속점 (Access Point: AP)에서의 네트워크 혼잡으로 인해 발생 된다. 그러므로 핸드오버 동작을 개시하기 위한 결정을 기지국 또는 무선 접속점의 전파 신호 세기뿐만 아니라 네트워크 부하를 고려하여 판단하는 것이 바람직하다^[7].

본 논문에서는 다중 무선 네트워크 인터페이스를 가진 고속 차량에 대해 QoS 보장 IP 이동성 관리 방법을 제시한다. 제안된 방법은 크게 두 부분으로 구성한다. 하나는 이동 게이트웨이의 측정 데이터 전송 속도가 사용자가 정의해 놓은 요구 데이터 전송 속도 (Data Transfer Rate 또는 Data Rate) 이하로 떨어지게 되면 이용 가능한 무선 채널을 이용하여 새로운 무선 연결을 생성하는 것이고, 다른 하나는 이동 게이트웨이가 움직이는 동안에 요구 데이터 속도를 보장하기 위해 다중 무선 네트워크 인터페이스를 사용하여 이동 게이트웨이와 무선 접속 라우터 간에 동적으로 병렬 분산 패킷 터

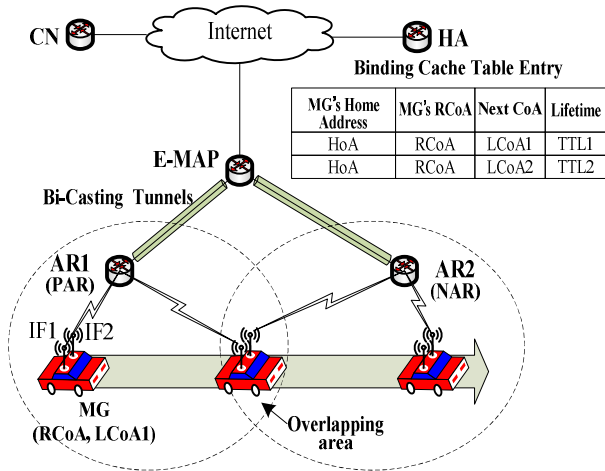


그림 1. QoS 보장하는 이동성 관리를 위한 다중 터널링을 사용한 HMIPv6 확장 구조

Fig. 1. Architecture of extension of HMIPv6 using multiple tunnels for QoS-guaranteed mobility Management.

널을 생성하는 것이다. 이와 같은 방법을 통해, 핸드오버 동작 중에 유발될 수 있는 지연시간 및 패킷 손실을 줄이는 동시에 이동 게이트웨이의 요구 데이터 속도를 유지함으로써 QoS를 보장 할 수 있게 된다.

특히, 본 논문에서는 기존 연구인^[8]에서의 핸드오버 개시 방법에서 전파 신호 세기가 아닌 측정된 데이터 전송 속도 기반으로 확장하였다. 더욱이, 사용자의 요구 데이터 전송 속도를 만족할 때 까지 새로운 무선 링크들이 추가적으로 생성된다. 기존 연구^[6]에서 핸드오버 하는 동안 핸드오버 개시 판단을 전파 신호 세기에 기반을 두고 있어서 데이터 전송 속도를 보장하지 못한다.

본 논문에서는 제안된 구조를 실용화하기 위해 IETF 표준인 HMIPv6의 구조를 확장하였고, HMIPv6의 확장을 위한 상세한 알고리즘을 설계하였다. IETF의 MIPv6과 이를 확장한 관련 연구^[8]간의 가장 큰 차이점은 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실을 제거하고 요구 데이터 전송 속도를 보장하기 위해 HMIPv6 MAP와 MG간 지역적으로 다중 양방향의 IP 터널링을 생성하며, 또한 핸드오버 하는 동안에 터널들로 패킷을 분산하여 전송한다는 것이다. 우리가 아는 한에서 핸드오버 하는 동안 이중 또는 동중 무선망에서 고속 차량에 대한 QoS를 보장하는 시도는 처음이다. 마지막으로, 제안된 구조의 성능을 입증하기 위해 시뮬레이션을 수행하였다.

II. HMIPv6 확장을 사용한 QoS 보장 이동성 관리 구조 및 알고리즘

1. QoS 보장 이동성 관리 구조 및 이동성 모델

그림 1은 QoS를 보장하는 IP 이동성 관리를 위한 HMIPv6의 MG와 MAP 간의 다중 터널링을 사용한 구조를 보여준다. 제안된 HMIPv6의 확장인, E-HMIPv6,의 동작을 상세히 보여준다. 먼저, 먼저, MG의 Interface (IF1)는 Local Care-of Address (LCoA1)을 통해 Previous Network (PAR)에 연결 된다. MG는 HA/CN과 패킷을 전송하기 위해 E-MAP을 도착 지점 (End-point)으로 하는 LCoA1과 Regional Care-of Address (RCoA)을 사용하여 IP 터널링을 생성하여 전송한다. Interface 1과 Interface 2 (IF2)는 MG의 두 개의 무선 네트워크 인터페이스이며, 이는 다중 무선 네트워크 인터페이스로부터 데이터 전송을 하기 위해 활성화된 인터페이스임을 의미하며, IEEE 802.11p 차량 네트워크 표준을 반영한 다중 인터페이스이다. MG가 PAR로부터 멀어지고 PAR과 Next Access Router (NAR)의 중첩된 영역 (Overlapping Area) 으로 진입하게 된다. PAR로의 무선 링크의 데이터 전송 속도는 사용자의 요구 데이터 전송 속도 보다 낮아지게 된다. 그러면 IF 2를 활성화하고 NAR에 연결하기 위한 준비를 하고 LCoA2를 획득할 준비를 한다.

MG가 성공적으로 NAR에 연결되었을 때 이동 게이트웨이는 RCoA와 LCoA2를 E-MAP에 바인딩을 요청한다. 이를 송신한 E-MAP는 RCoA, LCoA1, LCoA2를 동시 바인딩을 한다. 동시 바인딩에서 HA/CN으로부터의 패킷들은 E-MAP의 다중 터널링을 통해 분산하여 전송된다.

E-MAP는 Home IP address (HoA)로 송신된 패킷을 IPv6 Home Address Option을 사용하여 MG로 직접적으로 전송하게 된다. MG의 IF1과 IF2로부터 수집된 패킷의 데이터 전송 속도를 만족하지 못하며 MG는 새로운 다른 이용 가능한 무선 링크와의 연결을 시도하게 된다. 이는 사용자의 요구 데이터 전송 속도를 만족할 때까지 시도 된다. 차량이 AR1로부터 멀어지게 되면 AR1로부터의 전파 신호 세기는 약해지며, MG는 AR1과의 연결을 끊는다. 이와 같은 방법으로 핸드오버 하는 도중에 요구 데이터 전송 속도는 패킷 손실 및 지연의 성능 감소 없이 만족 시킬 수 있다.

핸드오버는 일반적으로 이동 게이트웨이가 PAR과

NAR 사이에 중첩된 무선 영역 d 을 이동 할 때 발생한다. 본 논문의 성능 평가에서 다음과 같은 이동성 모델 측면에서 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 하였다. MG는 PAR에서 NAR로 v m/sec의 속도로 움직임을 가진다고 가정한다.

2. QoS 보장 이동성 관리 알고리즘

본 장에서는 데이터 전송 속도를 보장하기 위한 IP 이동성 관리 알고리즘을 설명한다. 제안된 알고리즘에서 새로운 무선 링크의 생성은 MG에서의 측정된 데이터 전송 속도를 기반으로 만들어지게 된다.

Algorithm QoS-guaranteed Mobility Management

*/*이 이동성 관리 알고리즘은 핸드오버 도중에 요구 데이터 전송 속도를 보장한다.**

Begin

Step (1) Measure the current available total data rate;

Step (2) **If** the current total data rate is greater than or equal to the required data rate of the user;

Then Go to Step (1);

Else Get the neighbor network information;

Step (3) Select and activate the new available wireless network interface, and connect to the base station of the selected network;

Step (4) MG performs the binding procedure between the selected one network interface and E-MAP according to E-HMIPv6 protocol;

Step (5) Create a bi-directional tunnel between the base station of the selected network and E-MAP;

Step (6) **If** RSSI level of any of the current activated network interface is lower than T_s ;

Then Disconnect the corresponding network;

Else Go to Step (1);

End

위 알고리즘에서 요구 데이터 전송 속도는 사용자 또는 어플리케이션에 의해 결정된다. 현재 총 데이터 전

송 속도의 값은 다중 네트워크인터페이스 중 활성화된 링크의 데이터 전송 속도를 수집함으로써 측정된다. 현재 이용 가능한 총 데이터 전송 속도가 요구 데이터 전송 속도를 만족하지 못한다면, MG는 요구 데이터 전송 속도를 만족할 때 까지 다른 무선 연결을 시도한다. 위 알고리즘 Step (2)에서 MG는 인접한 네트워크 정보를 수집함으로써 다음 무선 네트워크를 선택하게 된다. MG는 E-HMIPv6 프로토콜을 사용하여 바인딩 절차를 수행한다. 바인딩을 수행 한 후, E-MAP와 새로운 AR 사이에 양방향 터널링이 생성된다. MG는 생성된 다중 양방향 터널들을 통해 패킷을 전송 받는다. 연결된 인터페이스의 전파 신호 세기가 T_s 보다 작아지게 되면 MG는 대응하는 네트워크의 인터페이스를 끊는다. 여기서 T_s 는 연결을 유지하는 전파신호세기의 임계값이다. 이렇게 하여, 핸드오버는 사용자의 요구 데이터 전송 속도를 보장하는 동시에 핸드오버 지연시간 및 패킷 손실 측면에서의 성능 감소 없이 핸드오버를 할 수 있다.

III. E-HMIPv6에 대한 핸드오버 지연시간, 패킷 손실, 패킷 처리율에 대한 수학적 분석

1. 핸드오버 지연시간 분석

핸드오버 지연시간, 패킷 손실에 대한 수학적 분석을 유도하기 위해 II장에서 설명한 이동성 모델을 기초로 한다. MG에서의 핸드오버 지연시간은 핸드오버 하는 동안 패킷을 송수신하지 못하는 시간 인터벌로 정의하는데, 이는 2계층 및 3계층에서 발생하는 지연 시간의 합으로 계산될 수 있다^[9]. IEEE 802.11p 차량 네트워크 표준이 된 이후로 핸드오버 절차에서 인증 절차는 삭제되었다.

총 핸드오버 지연시간은 2계층 핸드오버에 의해 발생하는 링크 스위칭 시간 (t_{s2}), 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} 은 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^[9].

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

여기서 s 는 시그널링 메시지의 사이즈를 나타내고, B_{wl} 과 B_w 는 무선 링크의 대역폭과 유선 링크의 대역폭으로 각각 나타낸다. L_{wl} 과 L_w 는 무선의 링크 지연시간 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. [9]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 게이트웨이와 HA 사이의 바인딩 업데이트 지연 시간과 Return Routability Procedure 지연시간으로 정의된다. MIPv6에서, t_{BU} 는 $2(t_{MG,HA} + t_{MG,CN})$ 로, t_{RR} 는 $2(t_{MN,CN} + t_{MN,HA} + t_{HA,CN})$ 로 유도 된다.

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

MIPv6와 HMIPv6는 단일 무선 네트워크 인터페이스에 의존하기 때문에 핸드오버 지연시간은 중첩 영역의

표 1. 핸드오버 지연시간 분석

Table 1. Analysis of handover latency.

프로토콜	총 핸드오버 지연시간
D-MIPv6	$t_{L2} + t_{MD} + t_{AC} + 4(t_{MG,HA} + t_{MG,CN}) + 2t_{HA,CN}$
D-HMIPv6	$t_{L2} + t_{MD} + t_{AC} + 2t_{MG,MAP}$
E-HMIPv6	$t_{L2} + t_{MD} + t_{AC} + 2t_{MG,E-MAP} + t_{RT}$

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

E-HMIPv6의 핸드오버 지연시간에 대한 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 1와 같다.

2. 패킷 손실 분석

패킷 손실은 데이터를 전송하는 동안 핸드오버 수행 절차로 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 있다^[9].

$$P_{HOProtocol} = \lambda_p D_{HOProtocol} \quad (2)$$

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

3. 처리율 분석

이 장에서는 핸드오버 중 처리율 (Throughput)에 대한 분석을 한다. 무선 네트워크의 처리율은 핸드오버 하는 동안의 Signal to Noise (SNR) Ratio 에 따라 달라 질 수 있다. SNR은 MG와 AR 또는 BS 간의 거리에 반비례한다. 어플리케이션 레벨 SNR과의 관계는 참고문헌^[10]에서 연구되었다. 처리율 T 을 계산하기 위해 Exponential Model^[10]을 사용한다.

$$T = T_{max} (1 - e^{-A_e * (SNR_{dB} - SNR_0)}) [Mbps] \quad (3)$$

여기서, T_{max} 는 SNR로부터의 최대 처리율로 정의하고, $SNR_0 [dB]$ 는 처리율이 0일 때의 SNR로 정의하며, $A_e [dB^{-1}]$ 는 SNR의 포화 레벨 (Saturation Level)에서의 처리율로 정의한다. SNR은 다음과 같이 정의할 수 있다.

$$SNR = \frac{\text{Average received signal power}}{\text{Average noise power}} \quad (4)$$

로 정의하며, 자세히는, $SNR_{dB} = 10 \log_{10} SNR [dB]$ 로 계산될 수 있다.

MG의 처리율의 합, $\sum_{i=1}^m T_i$, 는 다음과 같이 계산 할 수 있다.

$$\sum_{i=1}^m T_i = T_1 + T_2 + T_3 + \dots + T_m (m > 1) \quad (5)$$

여기서, m은 MG에 장착된 무선 인터페이스의 수를 나타내며, m 값은 다음의 경우 변동될 수 있다. T_{req} 는 사용자 또는 어플리케이션의 요구 처리율을 나타낸다. $\sum_{i=1}^m T_i$ 이 T_{req} 와 같거나 크면, m의 변동은 없다. 하지만 $\sum_{i=1}^m T_i$ 이 T_{req} 보다 작으면 MG의 다중 인터페이스 중 하나가 활성화되기 때문에, 요구 처리율을 만족할 때까지 m의 값은 증가하게 된다. 즉 다시 말해, m은 $\sum_{i=1}^m T_i$ 이 T_{req} 와 같을 때 까지 증가하게 된다. 연결 및 활성화된 네트워크 인터페이스들 중 SNR_{dB} 이 Ts 보다 작아지게 되면, 해당 MG의 무선 인터페이스는 비활성화 된다. 이 경우 m의 값은 감소하게 된다. 현재 처리율 량에 따라 MG의 무선 인터페이스들은 활성화 또는 비활성화 된다. 그러므로, MG의 현재 처리율은 인접한 네트워크가 이용가능하다면 요구 처리율을 유지하게 된다.

4. 시뮬레이션 구성

본 논문에서 제안된 QoS 보장 E-HMIPv6의 성능 분석을 위해 Network Simulation Tool (NS-2)을 사용하였다. 표 2는 이동성 관리 프로토콜의 성능을 평가하기 위한 기본적인 시스템 파라미터를 보여주며 그림 2는 성능 분석을 위한 시뮬레이션 토폴로지를 보여준다. 이러한 시뮬레이션에서 사용된 파라미터는^[9]에서 사용된 값이다. MG와 AR 구간, CN와 HA 구간, E-MAP와 PAR/NAR 구간, HA/CN과 E-MAP 구간의 홉 수는 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 데이터 율, 패킷 크기는 100 바이트, 패킷 도착 율은 5~55 Pkts/sec로 가변적으로 설정하여 성능분석 하였으며, 트래픽의 종류는 UDP 기반 오디오 응용 트래픽을 사용하였다. 머무는 시간 (t_{RT})는 MG의 속도를 가변 함으로 써 0.1 ms - 0.8 ms 범위 내에서 변화 시켜 성능 분석하였다.

표 2. 시뮬레이션 파라미터 설정
Table 2. Configuration of simulation parameters.

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	패킷 크기	100 bytes

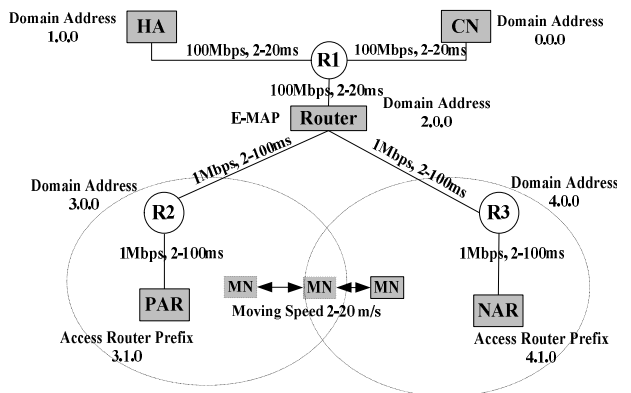


그림 2. 시뮬레이션 토폴로지 및 파라미터
Fig. 2. Simulation topology and parameters.

IV. 수학적 결과 및 시뮬레이션 결과

1. 핸드오버 지연시간 성능 결과

수학적 분석 및 시뮬레이션 결과는 그림 3 - 7에서 나타내었다. 각 그림에서 표시된 점선은 시뮬레이션 결과를 나타내고, 연속선은 수학 분석 결과를 나타낸다.

그림 3은 무선 링크 지연이 변화할 때 이동성 프로토콜의 핸드오버 지연시간을 나타낸다. 제안된 E-HMIPv6의 핸드오버 지연시간은 MIPv6 및 HMIPv6에 비해 짧음을 알 수 있다. 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.

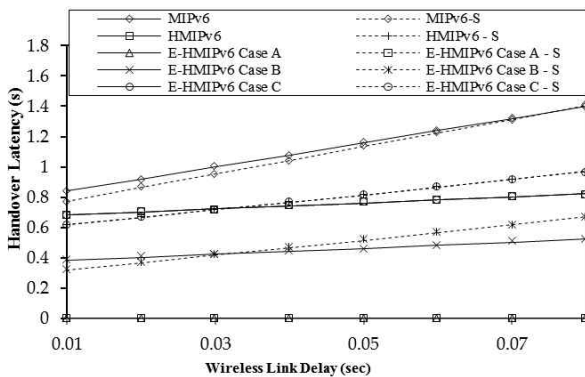


그림 3. 무선 링크 지연에 따른 핸드오버 지연 시간의 영향
Fig. 3. Impacts of handover latency due to changes of wireless link delay.

2. 패킷 손실 성능 결과

그림 4는 패킷 도착율의 변화에 따른 패킷 손실의 변화를 나타낸다. 그림 4에서 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 발생하지 않는다. 하지만 E-HMIPv6에서 t_{RT} 를 0.3 sec로 설정 하였을 경우 인 Case B의 경우 상대적으로 적은 양의 패킷 손실이 발

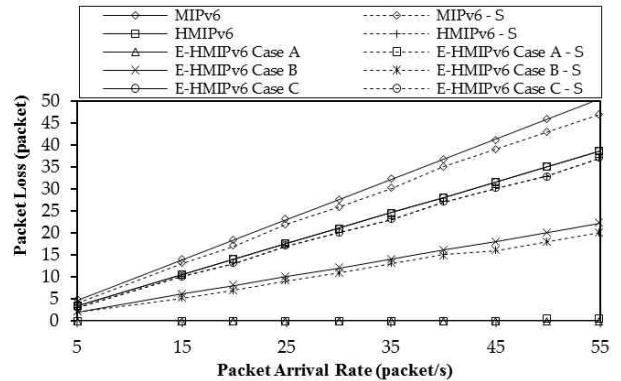


그림 4. 패킷 도착율의 변화에 따른 패킷 손실의 변화
Fig. 4. Change of packet loss due to changes of packet arrival rate.

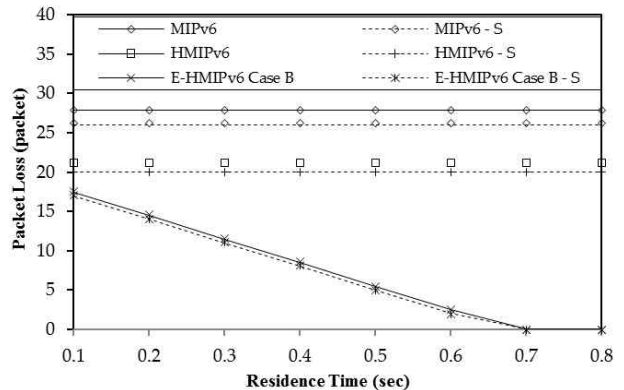


그림 5. 머무르는 시간의 변화에 따른 패킷 손실 변화
Fig. 5. Changes of packet loss due to changes of residence time.

생한다. Case C의 경우에는, 중첩 영역이 거의 없기 때문에 패킷 손실은 HMIPv6와 동일하게 발생한다.

그림 5는 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 5에서 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.

3. 처리율 성능 결과

그림 6은 E-MAP로부터 전송된 패킷이 MG에 시뮬

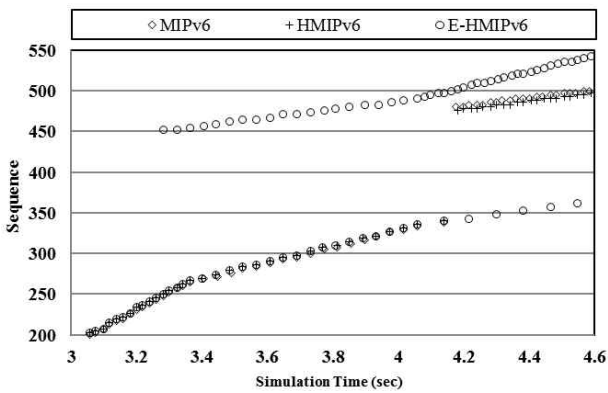


그림 6. 핸드오버 동안의 MG에 도착한 패킷 순서
Fig. 6. Sequence of packets arrived at MG during handover.

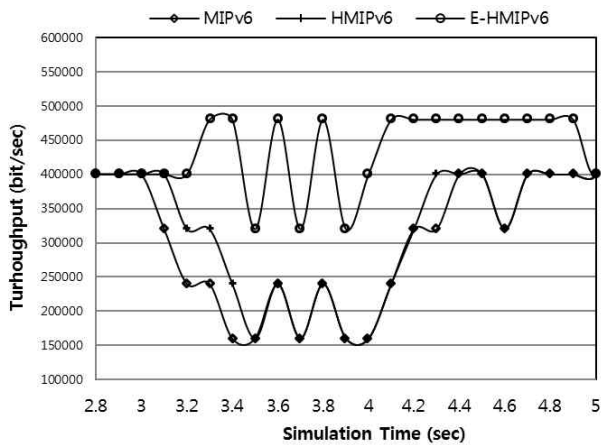


그림 7. 핸드오버 동안 처리율의 변화
Fig. 7. Changes of throughput during handover.

레이션 시간에 따른 누적되어 도착하는 패킷들을 보여 주며, 그림 7은 패킷 처리율을 보여준다. 성능분석을 위해 PAR의 데이터율은 3 sec에 300 Kbps로 설정하였고 4 sec에 400 Kbps로 변경되도록 설정하였다. 그림 6에서 MIPv6와 HMIPv6 프로토콜의 경우 RSSI의 값에 근거하여 핸드오버 시작하기 때문에 MG는 4 sec에 핸드오버를 개시한다. 즉 다시 말해, PAR로부터 처리율이 낮은데도 불구하고 MG는 핸드오버를 개시하지 않아 패킷 손실을 발생시키며 처리율을 떨어뜨린다. 이에 반해, E-HMIPv6의 경우 MG는 데이터율 또는 처리율에 따라 핸드오버를 시작하기 때문에 MIPv6와 HMIPv6에서 발생하는 패킷 손실 및 핸드오버 지연시간을 줄일 수 있다. 더욱 자세히, 그림 6에서 E-HMIPv6의 경우 MG는 3.2 초에서 4.6초까지 다중 양방향 터널링을 통해 패킷을 수신하는 것을 볼 수 있다.

그림 7은 패킷 처리율의 변화를 보여준다. 시뮬레이

션에서 사용자의 요구 데이터율은 300 Kbps로 설정하였다. MIPv6와 HMIPv6의 경우 300 Kbps의 패킷 처리율을 보장하지 못하는 반면에 E-HMIPv6의 경우 처리율은 300 Kbps로 유지됨을 볼 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중 무선 네트워크 인터페이스를 가진 고속 차량에 대한 QoS 보장하는 IP 이동성 관리 방법을 제안하였다. 이를 위해 IETF HMIPv6를 확장한 E-HMIPv6를 설계하였고, 상세 알고리즘 및 시그널링을 설계하였다. 핸드오버 지연시간, 패킷 손실, 처리율에 대한 수학적 모델 및 분석을 하였으며, 시뮬레이션 툴을 이용하여 이를 증명하였다. 수학적 분석과 시뮬레이션 결과에서 기존의 연구인 MIPv6와 HMIPv6에 비해 제안된 E-HMIPv6는 이동 게이트웨이가 핸드오버 시 QoS 보장함을 증명하였다.

참 고 문 헌

- [1] IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE), Multiple-channel operation and Networking Service, 2007.
- [2] K. Zhu, D. Niyato, P. Wang, E. Hossain, and D. I. Kim, "Mobility and Handoff Management in Vehicular Networks: a Survey," *Wirel. Comm. and Mob. Comput.* (Wiley), Oct. 5th. 2009.
- [3] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki, and L. Bellier, Hierarchical Mobile IPv6 Mobility management, IETF RFC 5830, Oct. 2008.
- [4] M. Tsukada, O. Mehani, and T. Ernst, "Simultaneous usage of MENO and MANET for Vehicular Communication," in *Proc. TridentCom.*, Innsbruck, Austria, 2008, pp. 1-8.
- [5] J. Y. Lee, B. C. Kim, H. S. Park, and K. C. Shin, Internet Draft-Fast Handovers for Multiple Interfaces Mobile IPv6 (MFMIIPv6), IETF MONAMI6 WG, IETF Internet Draft, Jul. 2007.
- [6] X. Cai, and C. Chi, "An Analytical Model for Performance Evaluation of Handover Decision Algorithm," In *Proc. Second International Conference Communications and Networking in China*, Aug. 2007, pp. 1079-1083.
- [7] IEEE Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 1: Radio Resource Measurement of Wireless LANs, IEEE Draft

- Standard 802.11k, Jan. 2008.
- [8] J. T. Park and S. M. Chun, "Fast Mobility Management for Delay-Sensitive Applications in Vehicular Networks," IEEE Comm. Letter, Jan. 2011, Vol. 15, No. 1, pp. 31-33.
- [9] C. Makaya, and S. Pierre, "An analytical Framework for Performance Evaluation of IPv6-based Mobility Management Protocols," IEEE Trans. Wireless Comm., Mar. 2008, Vol. 7, No. 17, pp. 972-983.
- [10] C. Na, J. K. Chen, T. S. Rappaport, "Measured Traffic Statistics and Throughput of IEEE 802.11b Public WLAN Hotsots with Three Different Applications," IEEE Trans. On Wirel. Comm., Nov. 2006, Vol. 5, No. 11, pp. 3296-3305.

— 저 자 소 개 —



천 승 만(정회원)
 2008년 동양대학교 전자공학과
 (공학사)
 2010년 경북대학교 전자전기
 컴퓨터학부 (공학 석사)
 2010년~현재 경북대학교
 전자전기컴퓨터공학부
 (박사과정)

<주관심분야 : Control and Management of Next Generation Wireless and Wired Convergence Network, Mobility Management, U-healthcare Network>



박 종 태(평생회원)
 1978년 경북대학교 전자공학과
 (공학사)
 1981년 서울대학교 전자 공학과
 (공학석사)
 1987년 미국 미시건대학교
 정보통신(공학박사)

1989년~현재 경북대학교 전자공학과교수
 2000년~2003년 IEEE Technical Committee on Information Infrastructure(TCII) 의장
 1988년~1989년 삼성전자 컴퓨터시스템 사업부 수석연구원
 1987년~1987년 미국 AT&T Bell 연구소 연구위원
 1984년~1987년 미국 CITI 연구원
 <주관심분야 : 이동통신, 모바일, 차세대 통신망 운용, 네트워크 보안, 헬스케어 서비스>



나 재 욱(정회원)
 2001년 경북대학교 농업경제학과
 (경제학사)/컴퓨터공학과
 (공학사)
 2003년 경북대학교 정보통신학과
 (공학석사)
 2009년 경북대학교 정보통신학과
 (공학박사)

2009년~현재 경북대학교 U-헬스케어
 융합네트워크 연구센터 Post-Doc.과정
 <주관심분야 : U-healthcare network, Wireless body area network, HL7, IEEE 11073, Network management, Wireless communication>