

특집
07

효율적인 핸드오버를 지원하는 WAVE 시스템의 구조 및 성능 분석

목 차

1. 서 론
2. WAVE
3. 이중 링크 기반의 핸드오버 메커니즘
4. 모의실험
5. 결 론

정한균 · 박부식 · 신대교 · 임기택 · 최종찬
(전자부품연구원)

1. 서 론

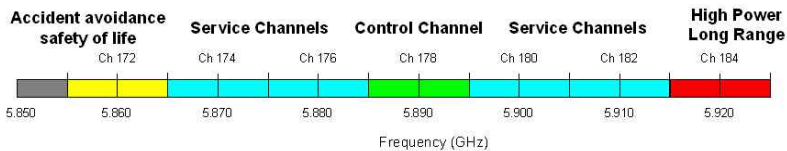
지난 수년간 여러 분야에서 차량용 네트워크 기술에 대한 관심이 증대되어 왔다. 미국의 Federal Communications Commission(FCC)은 차량간 통신 및 차량-인프라스트럭처간 통신을 위한 5.850GHz-5.925GHz 범위의 Dedicated Short Range Communications(DSRC)용 주파수 대역을 할당하였으며, Wireless Access in Vehicular Environment(WAVE) 표준 프로세스는 이러한 DSRC 대역에서 신뢰성 있는 차량 네트워크 통신 기술의 개발을 진행하고 있다 [1][2].

DSRC 대역은 10MHz의 대역폭을 갖는 7개의 채널로 구성된다. 이 중 178번 채널은 제어용 채널(CCH)로 사용되며 안전 서비스를 제공하기

위해 할당되어 있다[2]. DSRC 대역 중 첫 번째 채널과 마지막 채널은 특별한 용도로 지정되어 있으며, 나머지 채널들은 안전 서비스 및 일반 서비스를 모두 사용할 수 있는 서비스 채널(SCH)이다[3].

WAVE 표준은 기존의 IEEE 802.11 표준 기술을 기반으로 고속의 이동 환경에 적합하도록 여러 기능을 강화한 IEEE 802.11p 표준과 프로토콜 스택 상에서 IEEE 802.11p 기술의 상위 계층에 위치하여 시스템 관리, 보안, 네트워킹 서비스, 다중 채널 지원 등의 기능을 제공하는 IEEE 1609 표준으로 구성된다[4]-[9].

WAVE 표준 기술은 기존의 IEEE 802.11 기술이 갖는 오버헤드를 많이 줄임으로써 무선 링크상에서의 고속 통신을 지원하며 보다 빠른 현



(그림 1) DSRC 주파수 대역 및 채널 할당

드오버가 가능하게 한다. 하지만, Distribution Service(DS)를 구성하는 유선망에서의 핸드오버 절차는 표준에서 다루고 있지 않으며, 따라서 유선 구간에서의 다양한 핸드오버 프로토콜들이 적용될 수 있다.

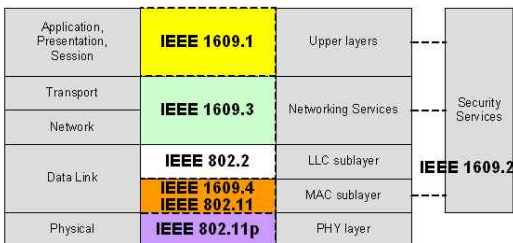
본 논문에서는 2계층 브리지들로 구성된 일반적인 DS에서 이동하는 차량에 대한 끊임없는 응용 서비스를 제공하기 위한 핸드오버 메커니즘을 제안하고 대표적인 미시적 핸드오버 프로토콜인 Hierarchical Mobile IPv6(HMIPv6)[10]의 핸드오버 성능과 비교한다.

본 서론에 이어서, 2장에서는 WAVE 기술을 소개하고 3장에서는 끊임없는 서비스 제공을 위한 새로운 핸드오버 메커니즘을 제안한다. 4장에서는 모의실험을 통해 제안된 핸드오버 메커니즘과 HMIPv6의 핸드오버 성능을 비교 분석하며 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

2. WAVE

WAVE 표준은 고속으로 이동하는 차량 사이의 통신 및 차량과 인프라스트럭처 사이의 통신을 지원하기 위한 기술들을 정의하고 있다. WAVE는 무선 링크 상에서의 신뢰성 있는 통신을 통해 공용 안전을 위한 응용 서비스나 기타 일반 응용 서비스를 지원함으로써 다양한 Intelligent Transportation Systems(ITS) 응용 서비스가 적용될 수 있도록 하고 있다.

(그림 2)는 WAVE 표준의 통신 프로토콜 스택을 도시한 것이다.



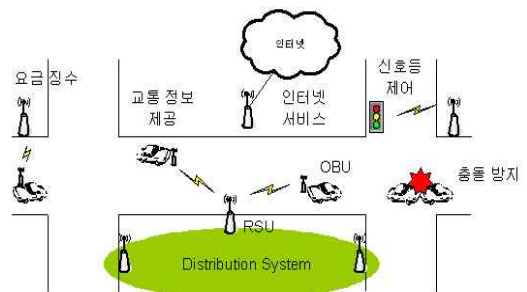
(그림 2) WAVE 프로토콜 스택

(그림 2)에 도시된 바와 같이 WAVE 기술은 다양한 표준들이 결합하여 프로토콜 스택을 구성하고 있다. 이 중 MAC 계층과 PHY 계층은 주로 IEEE 802.11p 표준이 다루고 있으며, 단일 채널 내에서의 고속 통신을 위한 기술들을 정의하고 있다. 또한 IEEE 1609 표준은 프로토콜 스택 상에서 IEEE 802.11p 표준의 상위 계층에 존재하여 시스템 관리, 네트워킹 서비스, 보안, 다중 채널 지원 등의 기능을 정의하고 있다.

WAVE 환경에서의 디바이스는 크게 두 가지로 분류되며 이는 각각 On Board Unit(OBU), Road Side Unit(RSU)이다. OBU는 차량탑재장치라고도 불리며, 이동하는 차량에 탑재되어 OBU간 통신을 수행하거나 RSU와의 통신을 수행한다. RSU는 노변장치라고도 불리며, OBU와 통신을 수행하고 RSU들끼리 연결되어 DS를 구성한다.

2.1 IEEE 802.11p

IEEE 802.11 표준에서 이동 단말이 통신을 수행하기 위해서는 특정 Basic Service Set(BSS)에 접속하여야 하며, 이 과정에서 인증, 결합 등 여러 단계를 거쳐야 하므로, 데이터를 전송하는데 있어 불필요한 오버헤드가 발생하여 고속 이동으로 인한 빈번한 BSS 변경이 발생하는 차량용 네트워크 환경에는 적합하지 않다.



(그림 3) WAVE 시스템 구조 및 응용의 예

IEEE 802.11p 표준에서는 특정 BSS로의 접속 절차를 간소화하여 불필요한 오버헤드를 줄이고, 또한 특정 BSS에 접속하지 않고도 상호간 통신을 수행 가능하도록 하는 기능 및 서비스들을 정의함으로써 차량이 빠른 속도로 이동하여 대응 RSU가 수시로 변경되는 환경에 적합한 절차를 제공한다.

차량 안전 통신은 매우 신속한 데이터 교환 성능을 요구하므로, 기존 IEEE 802.11 MAC 동작에 따라 AP에 접속하기 위해 다중 채널을 탐색하고 연결 설정을 수행하는 시간이 길어지게 되면 심각한 문제가 발생할 수 있다. 따라서 IEEE 802.11p 표준에서는 IEEE 802.11에 정의된 탐색, 인증, 결합 등의 절차를 수행하지 않으며, OBU가 RSU로부터 수신된 요구식(on demand) 비컨 메시지에 수납된 정보에 따라 자신을 동기화시키는 방식을 따른다[5].

또한, IEEE 802.11p에서는 긴급한 상황에서의 데이터 통신을 위한 새로운 방식의 데이터 전달 방식을 정의하고 있다. 한 예로, 반대편에서 다가오고 있는 다른 차량과의 충돌 가능 상황에서 이를 경고하기 위해 제한된 시간은 매우 짧은 시간이며 이 시간 내에 서로에게 경고 메시지를 전달하기 위해서 기존 IEEE 802.11 표준에서는 두 차량이 동일한 BSS에 속해 있어야 한다. 하지만, 현실적으로 각 RSU의 무선 전파 도달 거리는 한계가 있어 특히 RSU의 전파 영역이 중첩되는 구간에서는 각 OBU들이 속한 BSS가 다를 수 있다.

이러한 문제를 해결하기 위하여 IEEE 802.11p 표준에서는 “WAVE mode”라고 불리는 새로운 동작 모드를 정의하였다. WAVE 모드로 동작하는 OBU는 wildcard Basic Service Set ID(BSSID)라고 불리는 특정한 BSSID를 이용하여 서로 다른 BSS에 속한 OBU간 혹은 다른 BSS를 사용하는 RSU와의 사이에 데이터를 직접적으로 송수신할 수 있다.

즉, wildcard BSSID를 사용하는 OBU들은 추가적인 절차 없이 서로 간에 즉각적인 통신이 가능하다. 이를 통해 OBU 및 RSU들은 긴급 상황에 대한 정보를 신속하게 교환할 수 있다.

또한, IEEE 802.11p 표준은 WAVE Basic Service Set(WBSS)이라는 새로운 유형의 BSS를 정의하고 있으며, 이를 통한 동작은 다음과 같다.

하나의 단말은 요구식 비컨 메시지를 전송함으로써 하나의 WBSS를 형성한다. 요구식 비컨은 모든 단말에서 인식 가능하며, WBSS를 광고하는 목적으로 사용되지만 IEEE 802.11 MAC에 정의된 비컨과 달리 주기적으로 전송될 필요는 없다.

요구식 비컨 메시지에는 해당 WBSS에서 제공하는 서비스들의 정보가 수납되며, 이를 수신한 단말들이 수납된 정보를 기반으로 해당 WBSS로의 합류 여부를 결정할 수 있다. 요구식 비컨 메시지를 수신한 단말이 해당 WBSS로의 합류를 결정하면 메시지 내에 있는 여러 정보를 이용하여 자신의 설정 정보를 변경함으로써 해당 WBSS에 합류하게 되고 그 후 해당 RSU를 통해 통신을 수행할 수 있다.

2.2 IEEE 1609-Family of Standards for Wireless Access in Vehicular Environment

IEEE 1609 표준은 IEEE 802.11p 표준과 함께 WAVE 표준 기술을 구성한다. IEEE 802.11p 표준은 단일 논리 채널 내에서 동작하는 MAC 계층과 PHY 계층만을 다루고 있으며 WAVE 환경에서의 채널 운용과 동작 메커니즘에 대한 정의는 IEEE 1609 표준에서 다루고 있다.

IEEE 1609 표준은 다음과 같이 네 부분으로 구성된다.

- IEEE P1609.1 - Resource Manager

IEEE P1609.1 표준은 자원 관리 응용의 서비스와 인터페이스 및 WAVE 시스템 아키텍처의 주요 구성요소와 데이터 흐름, 리소스에 대

해 정의하고 있다. 또한 구성요소 사이의 통신에서 사용되는 명령 메시지의 형식과 데이터 저장 형식을 정의하며 OBU가 지원하는 디바이스들의 유형을 명시한다.

- IEEE P1609.2 - Security Services for Applications and Management Messages
IEEE P1609.2 표준은 보안 메시지의 형식과 처리 방법을 정의한다. 또한 보안 메시지 교환을 위한 환경과 해당 메시지들의 교환 목적에 기반을 둔 메시지 처리방법을 정의한다.
- IEEE P1609.3 - Networking Services
IEEE P1609.3 표준은 어드레싱과 라우팅을 포함한 WAVE 네트워크 계층과 전송 계층 서비스들을 정의한다. 또한, WAVE Short Message와 Management Information Base (MIB)를 정의한다.
- IEEE P1609.4 - Multi-Channel Operations
IEEE P1609.4 표준은 다중 채널을 이용한 통신 동작 및 관리 기능 등을 정의한다.

결과적으로 IEEE 1609 표준은 WAVE 환경에서의 다양한 응용의 설계를 위한 기초를 제공하며, 응용이 특정 자동차 제조업체에 상관없이 통신을 하기 위한 네트워크 서비스 및 데이터 스토리지 접근 메커니즘, 디바이스 관리, 보안 메시지 전달 등의 기능을 제공한다.

3. 이종 링크 기반의 핸드오버 메커니즘

IEEE 802.11p 표준 기술은 기존의 IEEE 802.11 표준의 동작을 개선하여 OBU와 RSU 사이의 연결 절차를 간소화하였으며, 이로 인해 무선 링크 구간에서의 핸드오버 지연 성능은 상당 부분 개선이 되었다. 하지만 IEEE 802.11p 표준과 IEEE 1609 표준은 DS에서의 핸드오버 절차는 다루고 있지 않다. 차량에 탑재된 OBU가 이동하면서도 끊임 없는 서비스를 DS로부터 받기 위해서는 DS 내에서의 핸드오버 절차 또한 정의되어야 한다.

Mobile IPv6(MIPv6)는 데이터 통신 중에 단말의 이동성을 보장하기 위해 Internet Engineering Task Force(IETF)에서 제안된 기술이다[11]. 하지만 MIPv6는 프로토콜 자체의 구조로 인하여 이동 환경에서 긴 핸드오버 지연 시간과 높은 패킷 손실률과 같은 약점을 갖는다. MIPv6의 이러한 약점을 보완하고자 여러 가지 핸드오버 기술이 제안되었는데, 그 중 대표적인 것이 거시적 핸드오버를 지원하는 Fast Handovers for Mobile IPv6(FMIPv6)[12], 미시적 핸드오버를 지원하는 HMIPv6[10], Cellular IP[13], 그리고 FMIPv6와 HMIPv6를 통합한 FHMIPv6[14]이다.

본 장에서는 고속으로 이동하는 차량 내에 탑재된 OBU에게 끊임없는 서비스를 제공하기 위한 DS와 OBU의 구조 및 핸드오버 동작 절차를 제안한다.

3.1 DS의 구조

본 논문에서 제안하는 DS의 구조는 기존의 구조와 유사하게 2계층 브리지들로 구성되며 각 브리지들은 트리 형태로 연결된다. 또한 최상위 브리지를 통해 인터넷 망이나 외부 네트워크와 연결된다.

DS 내의 브리지들은 기존 이더넷 브리지의 동작과 동일하게 OBU가 전송하는 데이터 프레임의 송신지 주소 영역을 검사하여 해당 단말로의 경로 정보를 자동으로 학습한다. 또한 OBU의 이동 시 신속한 경로 정보 갱신과 유희 단말에 대한 경로 정보 유지를 위하여 새로운 2계층 제어 프레임이 정의되어 이를 통해 각 브리지의 경로 정보를 갱신 및 유지한다. 각 브리지는 이러한 경로 정보를 통하여 프레임을 중계한다. 또한 학습되지 않은 OBU로 향하는 프레임을 수신한 브리지는 해당 프레임을 플러딩하지 않고 트리의 상위 브리지로만 프레임을 전달하여 프레임이 망 전체로 전달되는 현상을 방지한다.

이러한 동작을 수행하기 위하여 트리의 최상위

에 위치한 브리지는 모든 OBU들에 대한 경로 정보를 유지해야 하며, 이를 위하여 각 OBU는 주기적으로 경로 정보 갱신을 위한 제어 프레임용 DS로 전송하여야 한다. 이러한 제어 프레임을 통해 DS 내의 최상위 브리지와 OBU 사이의 경로에 위치한 브리지들의 경로 정보가 유지된다.

3.2 OBU의 구조 및 동작

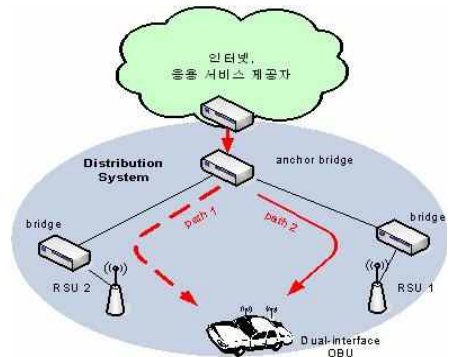
차량 내의 OBU는 특정 RSU로부터 요구식 비컨을 수신하고 이에 수납된 정보를 이용하여 자신을 동기화시킨다. 동기화가 완료된 OBU는 RSU를 통해 경로 정보 갱신용 route-update request 메시지를 DS로 전달하며 이를 통해 DS 내의 브리지들은 해당 OBU로의 경로 정보를 학습한다. 또한 OBU가 이동함에 따라 대응 RSU가 변경되는 경우 OBU는 route-update request 메시지를 변경된 RSU로 전달하여 브리지들의 경로 정보를 최신 상태로 유지한다.

OBU에 두 개의 무선 인터페이스를 가지도록 함으로써 대응 RSU 변경 시의 프레임 손실을 최소화하여 보다 효율적인 핸드오버 기능을 제공할 수 있다. OBU는 평소에는 하나의 무선 링크를 사용하여 대응 RSU와의 통신을 수행하지만, 핸

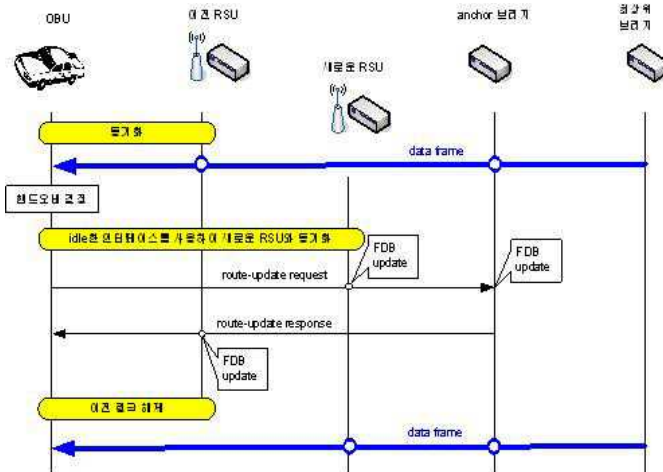
드오버 중에는 기존 RSU와 새로운 RSU에 동시에 동기화되는 두 개의 무선 링크를 사용하고, 이후 핸드오버가 완료되면 이전 대응 RSU와의 결합을 단절하는 이중 링크 방법을 사용한다.

3.3 핸드오버 절차

핸드오버를 결정한 OBU는 현재 통신 중인 인터페이스 외의 다른 인터페이스를 통해 새로운 RSU의 요구식 비컨을 수신하여 자신을 동기화시키고, route-update request 메시지를 새로운 대응 RSU를 통해 DS로 전송한다. 이 때 목적지 MAC 주소는 DS 내의 브리지들의 그룹을 나타내는 특정 멀티캐스트 주소로 설정된다.



(그림 4) 이중 링크를 사용하는 OBU에 의한 핸드오버 기능



(그림 5) 이중 링크를 통한 핸드오버 절차

이를 수신한 브리지들은 자신의 Filtering Data Base(FDB)를 갱신한 후 해당 메시지를 상위 브리지로 전달한다. 이러한 절차가 반복되어 메시지는 DS 내부 브리지 중 두 개의 통신로가 합쳐지는 브리지, 즉 anchor 브리지까지 전달된다.

Anchor 브리지는 자신의 FDB를 갱신한 후 OBU로 향하는 프레임을 새로운 경로로 전달하며, route-update response 메시지를 이전 경로를 통해 OBU로 전달한다. Anchor 브리지와 OBU 사이의 이전 경로 상에 위치한 브리지들은 route-update response 메시지를 수신하면 해당 OBU에 대한 정보를 FDB에서 제거하고 OBU로 전달한다. route-update response 메시지를 수신한 OBU는 이전 대응 RSU와의 통신을 종료한다.

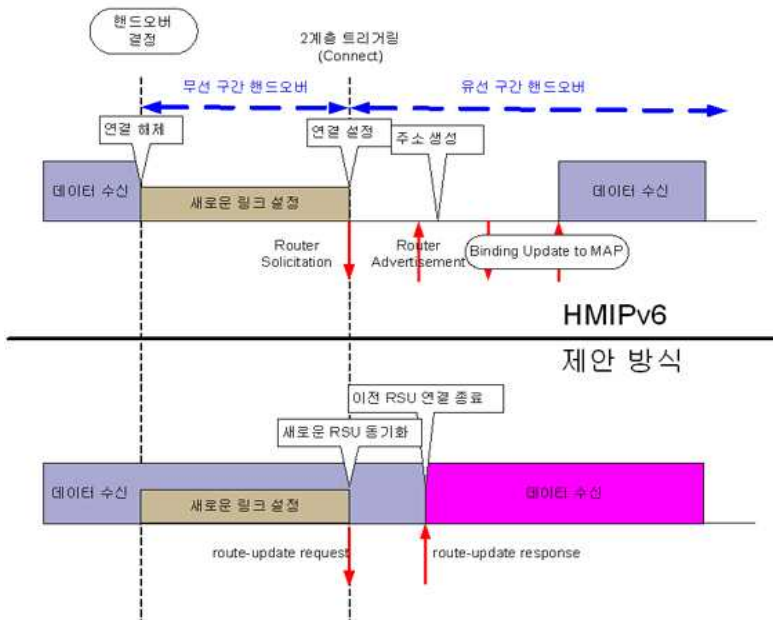
OBU는 핸드오버 중에 이전 경로를 통해 route-update response 메시지가 수신되기 전에 새로운 경로를 통해 프레임들이 수신되면 이를 버퍼에 저장하고 route-update response 메시지를 수신한 후 저장된 프레임들을 처리한다.

3.4 핸드오버 절차 비교

IP 계층에서 미시적 핸드오버를 수행하는 HMIPv6의 경우 (그림 6)과 같이 핸드오버 발생 시 무선 구간 핸드오버가 완료된 후에 유선 구간 핸드오버가 수행되어야 한다. 따라서 핸드오버 결정 후 현재 연결된 기지국과의 연결을 해제하고 새로운 기지국과의 연결을 설정하는 구간과 새로운 연결 설정 이후 Local Care-of-Address(LCoA)를 설정하고 Mobility Anchor Point(MAP)에게 이동을 알리는 구간 동안에서 패킷의 손실이 발생한다[10].

제안된 방식의 경우, 두 개의 무선 인터페이스를 통해 새로운 RSU와의 경로를 설정하는 중에도 데이터를 끊임없이 수신할 수 있어 보다 뛰어난 핸드오버 성능을 제공할 수 있다.

이처럼 제안된 방식의 경우 기존의 핸드오버 프로토콜보다 뛰어난 성능의 핸드오버 기능을 지원하지만, 두 개의 인터페이스를 장착하는 데



(그림 6) 핸드오버 절차 비교

에 따른 OBU의 구현 비용 및 배터리 소모율이 증가한다는 문제점이 있다. 또한, 프레임 정렬을 위한 버퍼가 필요하며, 버퍼링에 따른 지연이 발생할 수 있다.

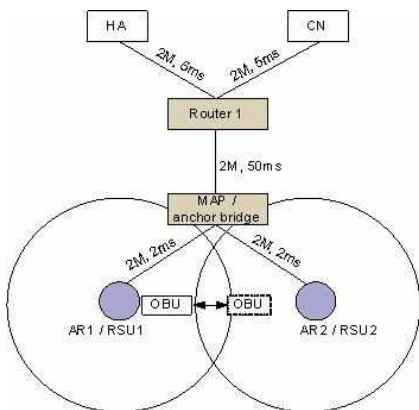
4. 모의실험

본 장에서는 HMIPv6와 제안된 방식의 핸드오버 성능을 비교하기 위하여 수행된 모의실험의 환경 및 결과에 대해 설명하며, 모의실험은 Network Simulator(NS)-2를 이용하여 수행되었다[15][16].

4.1 모의실험 환경

본 모의실험에서 사용된 망의 구조는 (그림 7)과 같으며 HA는 HMIPv6 절차에서 사용된다.

- FTP 송신부와 Sink 에이전트가 각각 Correspondent Node(CN)과 OBU에 부착되어 CN으로부터 OBU로의 벌크한 TCP 데이터를 전송한다.
- Constant Bit Rate(CBR) 트래픽 송신부 및 Null 에이전트가 각각 CN과 OBU에 부착되어 CN으로부터 OBU로 500Kbps의 속도로 UDP 데이터를 전송한다.
- RSU는 100미터의 전파 도달 거리를 가지며 두 RSU간 전파 중첩 구간은 10미터이다.

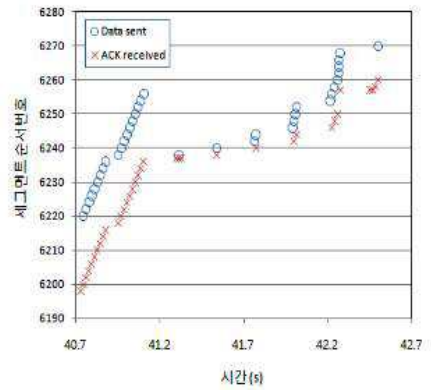


(그림 7) 모의실험 환경

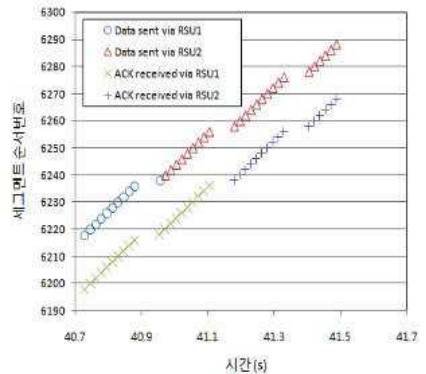
4.2 성능 평가

본 절에서는 제안된 핸드오버 방식과 HMIPv6의 핸드오버 지연 시간에 대한 모의실험 결과를 비교 분석한다.

핸드오버 지연 시간은 이전 경로를 통해 마지막 패킷이 수신된 시간부터 새로운 경로를 통해 첫 번째 패킷이 수신된 시간까지로 정의하였다.



(a) HMIPv6의 세그먼트 순서번호



(b) 제안된 방식의 세그먼트 순서번호

(그림 8) OBU의 핸드오버 수행 시의 세그먼트 순서번호

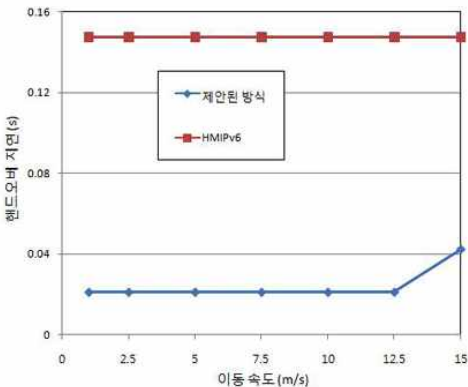
(그림 8)의 (a)는 HMIPv6의 경우 FTP 트래픽을 전송하는 CN에서 관측된 TCP 패킷의 트래이스 결과이다. HMIPv6에서는 이동 단말의 핸드오버 시에 무선 구간의 물리적인 단절로 인하여 TCP 패킷이 손실되고 이에 따른 재전송이

수행된다.

(그림 8)의 (b)는 제안된 핸드오버 메커니즘에서의 TCP 패킷의 트레이스 결과이다. 그림에서 알 수 있듯이, 순서번호 6,239번까지 RSU1을 통해 TCP 패킷이 전달되었고 대응 RSU가 변경된 후 바로 새로운 대응 RSU인 RSU2를 통해 순서번호 6,240번인 패킷이 전달되어, 이 과정에서 모든 프레임들이 손실 없이 OBU로 전달되었음을 확인할 수 있다.

이를 통해 본 논문에서 제안된 방식이 이전 경로로 데이터를 전송하는 동시에 새로운 경로의 설정을 병렬적으로 수행함으로써 seamless한 핸드오버를 지원할 수 있음을 확인할 수 있다. 이로 인하여 제안된 방식이 HMIPv6에 비하여 보다 짧은 핸드오버 지연, 작은 패킷 손실률, 높은 처리율을 제공할 수 있음을 알 수 있다.

(그림 9)는 OBU의 속도를 1m/s부터 15m/s까지 변경하면서 수행한 모의실험의 결과이다. HMIPv6의 경우, OBU의 속도에 상관없이 일정한 핸드오버 지연을 갖는다. 이는 OBU가 물리적인 핸드오버를 수행하는 동안 단절되었던 시간과 Access Router(AR)2와의 연결 설정 후 MAP에게 Binding Update 메시지를 전송하는 시간, MAP이 새로운 경로를 통해 전송한 데이터가 OBU에 수신되는 시간이 포함된 것이다.



(그림 9) OBU의 이동 속도에 따른 핸드오버 지연 성능 비교

제안된 방식의 경우, OBU가 지속적으로 이동하는 경우에는 OBU의 속도에 영향을 받지 않는다. 또한, 이중 경로를 통해 seamless한 핸드오버를 수행하므로 HMIPv6에 비해서 뛰어난 핸드오버 지연 성능을 보인다. OBU가 15m/s 이상의 고속으로 이동하는 경우, anchor 브리지자 이전 경로로 전송한 데이터가 OBU에게 수신되기 이전에 OBU가 중첩된 구간을 통과함으로 인해서 프레임 손실이 발생하고 이로 인하여 핸드오버 지연 성능에 영향을 미치게 되는데 이를 고려하여 RSU를 배치하여야 한다.

5. 결론

위에서 언급한 바와 같이 WAVE 표준은 고성능의 차량간 통신 및 차량-인프라스트럭처간 통신을 위한 기술을 정의하고 있다. WAVE 표준은 IEEE 802.11p 표준과 IEEE 1609 표준들이 연동하여 OBU간 통신, OBU-RSU간 통신 절차를 규정하고 시스템관리, 네트워킹 서비스, 보안, 다중 채널 지원 기능 등을 지원한다.

WAVE 표준에서의 연구 결과로 OBU와 RSU간의 무선 링크 상에서의 핸드오버 성능은 상당 부분 개선이 되었지만 이는 무선 링크에만 국한되었을 뿐 인프라스트럭처 구간에서의 핸드오버 기술은 다루고 있지 않다.

이에 따라 본 연구에서는 브리지로 이루어진 DS의 새로운 구조와 동작 절차를 정의하고, 두 개의 무선 인터페이스를 갖는 OBU의 구조 및 동작 절차를 제안함으로써 기존의 핸드오버 방식보다 뛰어난 성능의 핸드오버를 지원하는 기술을 제안하였다. 따라서 제안된 방식을 통해서 보다 양질의 서비스를 사용자에게 제공할 수 있을 것이다.

이를 통해 보다 다양한 차량용 네트워크 통신 응용 서비스의 적용이 가능하며 사용자에게 보다 양질의 서비스를 제공할 수 있으리라 기대한다.

참고문헌

- [1] 5.9GHz Dedicated Short Range Communications(DSRC), <http://grouper.ieee.org/groups/scc32/dsrc>.
- [2] "FCC Report and Order 03-324: Amendment of the Commission's Rules Regarding Dedicated Short-Range Communication Services in the 5.850-5.925GHz Band," Dec. 2003.
- [3] "FCC Report and Order 06-110: Amendment of the Commission's Rules Regarding Dedicated Short-Range Communication Services in the 5.850-5.925GHz Band," Jul. 2006.
- [4] "IEEE Std. 802.11-2007, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications," IEEE Std. 802.11, 2007.
- [5] "IEEE P802.11p/D3.0, Draft Amendment for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)," Jul. 2007.
- [6] "IEEE P1609.1 WAVE Resource Manager," 2006.
- [7] "IEEE P1609.2 WAVE Security Services for Applications and Management Messages," 2006.
- [8] "IEEE P1609.3 WAVE Networking Services," 2007.
- [9] "IEEE P1609.4 WAVE Multi-Channel Operations," 2006.
- [10] H. Soliman, C. Castelluccia, K. El Malki and L. Bellier, "Hierarchical Mobile IPv6 Mobility Management," RFC 4140, Aug. 2005.
- [11] D. Johnson, C. Perkins and J. Arkko, "Mobility Support in IPv6," RFC 3775, Jun. 2004.
- [12] R. Koodli, "Fast Handovers for Mobile IPv6," RFC 4068, Jul. 2005.
- [13] A. T. Campbell et al., "Cellular IP," draft-ietf-mobileip-cellularip-00.txt, Dec. 1999.
- [14] R. Hsieh and A. Seneviratne, H. Soliman and K. El-Malki, "Performance analysis on hierarchical Mobile IPv6 with fast-handoff over end-to-end TCP," IEEE GLOBE COM, Vol.3, pp.2488-2492, Nov. 2002.
- [15] "The Network Simulator ns-2.," <http://www.isi.edu/nsnam>.
- [16] J. Widmer, "Extensions to the ns Network Simulator," <http://www.icsi.berkeley.edu/~widmer/mnav/ns-extension-extension>.

저자약력



정 안 군

2005년 한국항공대학교 정보통신공학(학사)
 2007년 한국항공대학교 정보공학(석사)
 2008년~현재 전자부품연구원 전임연구원
 관심분야 : 유무선, 네트워크 시스템
 이 메 일 : junghg@keti.kr



박부식

1999년 한국항공대학교 통신정보공학과(학사)
2001년 한국항공대학교 정보통신공학과(석사)
2007년~현재 한국항공대학교 정보통신공학과(박사과정)
2002년~현재 전자부품연구원 선임연구원
관심분야 : 유무선 통신 MAC, ITS, DSRC, AFDX
이 메 일 : parksik@keti.kr



최종한

1985년 경희대학교 전자공학과 (학사)
2002년 서경대학교 컴퓨터과학과 (석사)
2005년 충북대학교 정보통신공학과 (박사)
1985년~1990년 삼성 SDI 종합연구소 주임연구원
1992년~현재 전자부품연구원 수석연구원, SoC연구센터
센터장
관심분야 : VLSI 설계, SoC 플랫폼
이 메 일 : choijc@keti.kr



신대교

1998년 아주대학교 전자공학과 (학사)
2000년 아주대학교 전자공학과 (석사)
2000년~2003년 (주)이엠디티
2003년~현재 전자부품연구원 선임연구원
관심분야 : SoC설계, 디지털 모뎀 설계
이 메 일 : dukeshin@keti.kr



임기택

1994년 한양대학교 전자공학과 (학사)
1996년 한양대학교 전자공학과 (석사)
1996년~현재 전자부품연구원 책임연구원
관심분야 : 지능형자동차, ITS, 엔터테인먼트용 SoC 및
시스템
이 메 일 : limkt@keti.kr