

# IEEE WAVE 네트워크를 위한 멀티캐스트 기반 핸드오버 기법

## A Multicast-Based Handover Scheme for the IEEE WAVE Networks

이 혁 준\*

(Hyuk-Joon Lee)

윤 석 영\*\*

(Seok-Young Yoon)

이 상 준\*\*\*

(Sang-Joon Lee)

### 요 약

IEEE WAVE 표준 규격은 크기가 제한적인 ITS 관련 메시지의 전송을 주 목적으로 설계되었기 때문에 핸드오버를 지원하지 않는다. 그러나 IEEE WAVE 네트워크에서 인터넷 브라우징 또는 CCTV 비디오클립 스트리밍과 같은 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서는 OBU가 연결된 RSU가 바뀌는 동안에도 끊김없는 데이터 패킷의 수신이 가능한 핸드오버 기능이 필요하다. 본 논문에서는 결합해제 메시지 기반의 능동적 사전캐싱 방식의 고속 핸드오버 기법을 확장시켜 RSU들 간에 IEEE 802.11f IAPP Move-notify 메시지를 전송하도록 함으로써 핸드오버 후보 RSU가 다수인 상황에서도 성능의 저하 없이 동작할 수 있는 멀티캐스트 기반 핸드오버 기법을 제안한다. 제안된 핸드오버 기법이 단순 멀티캐스트 기반의 핸드오버 기법에 비하여 우수한 성능을 보임을 시뮬레이션 결과를 통하여 확인한다.

### Abstract

The IEEE WAVE standard specification does not support handover operation since it is designed to transmit mainly the ITS-related messages that are limited in length. More advanced multimedia applications such as Internet browsing and streaming of video clips produced by CCTVs, however, require handover support such that a sequence of data packets can be received seamlessly while an OBU's association with the RSUs changes. This paper presents a new handover scheme that can operate without performance degradation in the cases where there are multiple RSUs in the areas of handover by making use of the IEEE 802.11f IAPP Move-notify messages, based on the fast handover scheme with proactive caching by disassociation messages introduced previously. Experimental results from the simulation shows that the proposed handover scheme outperforms the scheme based solely on multicast.

**Key words** : IEEE WAVE, 핸드오버, 무선랜, 차량 통신

† 이 논문은 2010년도 광운대학교 교내학술비 지원과 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(R01-2008-000-12233-0).

\* 주저자 및 교신저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수

\*\* 공저자 : 고려대학교 석사과정

\*\*\* 공저자 : LG전자

† 논문접수일 : 2011년 2월 17일

† 논문심사일 : 2011년 3월 18일

† 게재확정일 : 2011년 3월 19일

## 1. 서 론

IEEE WAVE는 ITS(Intelligent Transportation System) 서비스를 위한 무선통신 규격으로 IEEE 802.11p 및 IEEE 1609 표준으로 구성되어 있으며 최대 160Km/h의 속도로 주행하는 차량에 탑재 되는 On-Board Unit(OBU)과 노변에 설치되는 Road-Side Unit(RSU)간의 빠른 링크 연결과 최대 27Mbps의 고속 데이터 전송을 지원한다[1]. IEEE WAVE 규격은 북미지역을 중심으로 기술개발이 이루어졌으나, 현재는 유럽, 일본 등에서도 활발한 상용화 및 표준화가 추진되고 있다. 우리나라에서도 국토해양부가 추진 중인 스마트하이웨이 프로젝트에서 후보기술로 추진되어 기술개발이 진행되고 있다.

WAVE 통신 시스템에 의해 전송되는 안전운행 관련 응용 프로토콜 데이터는 최대 1,400바이트의 단일 WAVE Short Message(WSM)에 실려 전송될 수 있는 크기로 한정되어 있어 핸드오버 기능이 불필요하며, 따라서 IEEE WAVE 통신규격은 핸드오버를 지원하지 않는다. 그러나 도로상의 CCTV 비디오 스트림 서비스 또는 인터넷 브라우징 서비스를 제공하기 위해서는 다수의 연속적인 MAC Protocol Data Unit(MPDU)에 의한 데이터 전송이 요구되므로 OBU가 다수의 RSU를 지나가는 동안 지속적인 세션 유지를 위한 핸드오버 기능이 필요하게 된다. IEEE WAVE의 물리계층과 매체접속 프로토콜을 규정하고 있는 IEEE 802.11p 규격은 무선랜 표준인 IEEE 802.11을 기반으로 차량통신 환경에 적합하도록 수정된 확장 규격이기 때문에 많은 부분에서 기존 기술이 적용될 수 있다. 핸드오버와 관련해서도 IEEE 802.11 규격은 MS(Mobile Station)가 이전 AP(Access Point)로 부터의 신호가 약하여 새로운 AP로의 링크 연결이 필요하다고 판단하면 모든 채널에 대하여 가장 강한 신호를 찾기 위해서 스캐닝을 시작하고, 새로운 AP로의 등록을 위하여 재결합(reassociation) 및 재인증(reauthentication) 메시지를 AP에게 전송하도록 하고 있다. 그러나 모든 채널에 대한 스캐닝과정과 재결합, 재인증 절차는 상당히 긴 수행시간을 필요로 하는 과정으로 핸드오버 지

연시간이 길어지게 되어 고속주행 차량을 위한 끊임없는 서비스에는 적합하지 하다.

IEEE 802.11 환경에서의 핸드오버 지연시간을 줄이기 위하여 IEEE 802.11f/r 규격이 재결합과정이나 재인증 과정으로 인한 지연시간을 감소시키기 위한 핸드오버 기능을 추가했으며, 이웃 노드 그래프를 이용하여 최소한의 타깃 AP를 선정하도록 함으로써 스캐닝으로 인한 지연시간을 감소시키거나, 타깃 AP에게 MS의 문맥(context)정보를 사전에 능동적으로 전달(proactive caching)함으로써 결함/인증 과정의 지연시간을 감소시키는 방법들이 논문으로 발표되었다[2-13]. 그러나 재결합/재인증 과정이 제외된 IEEE 802.11p 시스템에서는 이러한 방법들이 적용될 수 없다.

최근 들어, IEEE 802.11p 네트워크에서 고속 핸드오버를 지원하기 위한 연구에서 OBU가 채널 스위칭 완료 후 새로운 RSU(nRSU)에게 핸드오버가 완료됐음을 알려주기 위한 폴링 메시지를 전송하는 방법이 제안되었다[14,15]. 그러나 이러한 폴링기반 핸드오버 방법은 핸드오버의 시작과 핸드오버 완료 사이의 연결단절 시간이 길어질 경우, 이전 RSU(oRSU)에서의 반복되는 패킷 재전송으로 인한 무선자원 낭비 및 큐 길이 증가로 인한 전송 지연 시간 증가 등의 단점이 있을 뿐만 아니라, OBU의 nRSU 전송영역 진입 사실을 알려주어야 하므로 결과적으로는 접속절차를 수행하는 것과 마찬가지로 되어 접속절차를 생략한 IEEE 802.11 MAC 규격의 기본 취지에 어긋난다.

[16]의 핸드오버 프로토콜은 이러한 문제들을 해결하기 위한 방법으로 제안되었으며, OBU가 oRSU와 연결을 해제하기 이전에 oRSU에게 핸드오버의 시작을 알려주어 자신을 목적지로 하는 패킷들을 nRSU로 포워딩하여 데이터 손실을 방지 할 수 있는 새로운 핸드오버 기법이다. 그러나 이 방법은 nRSU가 사전에 결정될 수 있는 통신 환경, 즉 분기가 없는 일차원의 선형 토폴로지를 갖는 고속도로 네트워크를 가정으로 하였기 때문에, 교차점 또는 분기점과 같이 nRSU의 사전 결정이 불가능한 상황에서의 핸드오버 처리절차는 명시하고 있지 않다.

OBU가 nRSU와 통신이 가능한 시점에 oRSU와의 연결 단절이후의 패킷을 손실 없이 수신하기 위해서는 oRSU가 nRSU로 이들 패킷을 포워딩해야 하는데 nRSU가 사전에 결정되지 않았다면, oRSU의 모든 주위 RSU 들에게 멀티캐스트하거나 과거의 OBU 이동 기록을 기반으로 수학적 통계를 이용하여 이동모델을 구한 후, 이를 이용하여 nRSU를 예측하는 방법을 적용할 수 있다[17]. 주위 RSU로의 멀티캐스트 방식은 실제 nRSU를 제외한 모든 주위 RSU에서 재전송에 의한 무선자원 낭비가 발생하며, 이동모델 기반의 nRSU 예측 방식은 예측결과가 틀릴 경우 세션 단절이 발생할 수 있다는 단점이 있다.

본 논문에서는 [16]에서 제안된 핸드오버 프로토콜을 확장하여 교차점 및 분기점에서와 같이 다수의 후보 nRSU가 존재하는 상황에서 oRSU가 OBU로부터 핸드오버 시작을 인지하면 자신의 모든 주위 RSU에게 멀티캐스트를 이용한 패킷 포워딩을 수행하며, nRSU가 IEEE 802.11f Move-Notify 메시지를 주위 RSU들에게 전송하여 OBU로 향하는 패킷들을 삭제하여 재전송에 의한 불필요한 무선자원 낭비를 방지하는 핸드오버 기법을 제안한다.

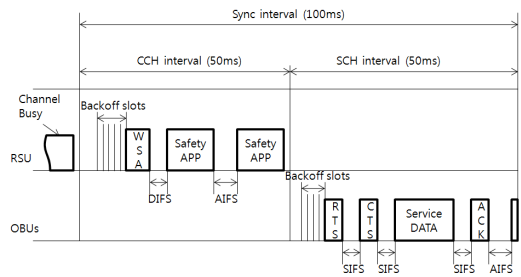
본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 IEEE 802.11p MAC 프로토콜 규격과 기존의 IEEE WAVE를 위한 능동적 핸드오버 프로토콜을 소개한다. 3절에서는 제안하는 핸드오버 기법을 설명하며 4절에서는 시뮬레이션 기반의 성능분석 결과를 소개한다. 마지막으로 5절에서는 결론을 맺는다.

## II. 배경 기술

### 1. The IEEE 802.11p MAC

IEEE 802.11p는 차량 간 통신을 위한 표준이며 다중 채널에서 동작하는 차량의 무선 접속을 허용하기 위한 동작을 정의하는 IEEE 1609 표준 계열과 상호 연동하여 동작한다. IEEE 802.11p는 한 개의 제어 채널(CCH : Control Channel)과 여섯 개의 서비스 채널(SCH : Service Channel)을 사용한다.

다. IEEE 802.11p의 제어 채널은 시스템 제어와 안전 관련 메시지 전용이며, 서비스 채널은 안전과 관련되지 않은 데이터 패킷을 교환하기 위해 사용한다. 제어채널 구간(CCH Interval)과 서비스 채널 구간(SCH Interval)은 각각 50ms로 정의되어 있다<그림 1>. WAVE의 차량탐재(OBU)는 매 제어채널 구간 동안에는 제어채널에 머물러 있으면서 WAVE 제어 패킷 및 안전 관련 메시지들을 수신하고, 서비스채널 구간 동안에는 안전과 관련되지 않은 데이터를 서비스 채널에서 송신하거나 수신한다. 제어 채널과 서비스 채널의 채널 접속은 IEEE 802.11e의 우선순위 기반의 랜덤 백오프 채널 접속 과정을 따른다. WAVE를 이용하여 통신하기 위해 구성되는 WBSS(WAVE Basic Service Set)는 WBSS를 시작하는 노드인 공급자와 WBSS에 가입하는 노드인 WBSS 사용자로 구성된다. 공급자는 제어채널에서 WAVE 응용을 식별하기 위한 정보와 WBSS에 가입하기 위해 필요한 WBSS 인식자, WBSS가 사용할 서비스 채널, 동기화를 위한 타이밍 정보 등의 네트워크 파라미터를 담고 있는 비콘 격인 WSA(WAVE Service Announcement)를 주기적으로 전송하고 사용자는 전송되는 WSA를 수신 한 후, 다음 SCH 간격에 WBSS에서 사용하는 서비스 채널로 채널을 전환함으로써 간단히 WBSS에 가입 할 수 있다. 이와 같이 사용자는 WSA를 수신하는 것으로 IEEE 802.11의 가입 및 인증 과정을 수행하지 않고 전송 준비를 마칠 수 있다.



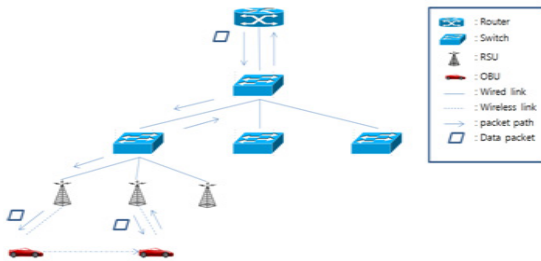
<그림 1> IEEE 802.11p의 채널 접근 절차  
(Fig. 1) Channel access procedure for the IEEE 802.11p

## 2. IEEE 802.11p 기반의 무선 네트워크를 위한 L2 핸드오버 프로토콜

[2]에서 제안된 핸드오버 프로토콜은 <그림 2>에서와 같이 RSU들이 트리 토폴로지를 갖는 IEEE 802.11 DS(Distribution System)에 의해 WAVE 네트워크를 구성하는 것을 가정으로 하고 있다. 즉, 트리의 루트(root)에는 외부 IP 네트워크와 연결되는 게이트웨이 라우터가 존재하며 트리의 내부 노드에는 자동 필터 테이블 갱신이 가능한 학습기능을 갖춘 L2 스위치들이 위치하고, 트리 말단 노드들에는 RSU들이 위치하는 구조이다.

이 핸드오버 프로토콜에 의하면 핸드오버를 시도하는 OBU가 IEEE 802.11에 정의되어 있는 결합 해제(disassociation)메시지를 이용하여 oRSU에게 핸드오버의 시작을 알려줌으로써 자신을 목적지로 하는 패킷들을 nRSU로 포워딩하여 데이터 손실을 방지하는 능동적 캐싱 기법을 사용한다. 즉, OBU는 핸드오버를 결정하면 SCH를 이용하여 기존 RSU로 결합해제 메시지를 전송하며, 결합해제 메시지를 받은 oRSU는 해당 OBU로 전송되는 패킷들을 nRSU로 포워딩 하여 OBU가 nRSU로부터 WSM 메시지를 수신한 후, 서비스채널 구간에서 이들 패킷을 수신할 수 있도록 한다. 그 결과로 oRSU가 이미 패킷 수신이 불가능한 상태인 OBU로 패킷을 전송하기 위해 재전송을 반복하는 등으로 인한 무선자원의 낭비를 막고 패킷 손실을 방지한다.

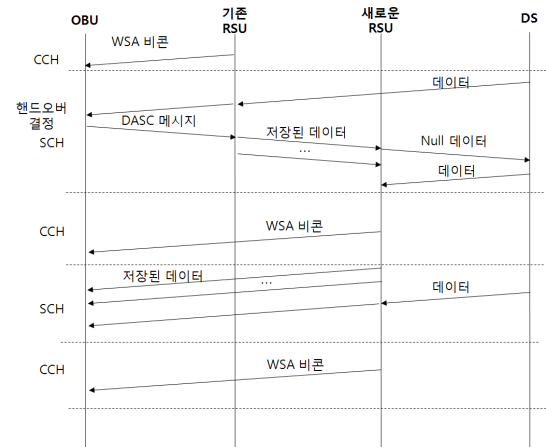
oRSU는 포워드 패킷의 MAC 헤더 주소필드 중 FromDS 는 1로 설정하고 Address1은 OBU의 주소,



<그림 2> IEEE WAVE 기반 무선 네트워크 구조  
<Fig. 2> Architecture of wireless network based on the IEEE WAVE

Address2 는 nRSU의 주소(BSSID), Address3은 oRSU의 주소로 설정하며, 이러한 형태의 주소값 설정은 일반적인 WAVE 서비스 데이터 패킷 전송에서는 사용되지 않으므로 nRSU는 핸드오버 처리를 위한 포워드 패킷임을 식별할 수 있다. 따라서 nRSU는 이러한 패킷을 수신하면 인터페이스큐에 저장한 후, 다음 서비스채널 주기에 핸드오버를 완료한 OBU로 전송한다. 또한, nRSU는 외부 IP 네트워크와 연결되어 있는 게이트웨이 라우터를 향해 Null 데이터 패킷을 전송(unicast)하여 모든 업스트림 L2 스위치들이 핸드오버를 완료한 OBU에 대한 필터 테이블 엔트리를 갱신하도록 한다. 즉, nRSU로부터 Null 데이터 패킷을 받은 스위치 및 라우터는 핸드오버를 완료한 OBU로 향하는 패킷을 oRSU로 전송하는 대신에 nRSU의 전송하여 최종적으로 해당 OBU로 끊김 없이 전달될 수 있도록 한다.

이 핸드오버 프로토콜의 제약 사항은 1차원적인 RSU 배치 상황을 가정으로 한다는 것이다. 즉, oRSU가 OBU로 향하는 패킷들을 nRSU로 포워딩하기 위해 nRSU가 사전에 결정되어 있어야 한다는 것이다. 이동단말이 핸드오버 이후 어느 기지국으로 이동할 것인지 정확히 예측하기 어려운 셀룰러 이동통신 시스템에서와 달리, 고속도로 환경에서는



<그림 3> 결합해제 메시지 기반의 IEEE 802.11p 핸드오버 프로토콜에서의 메시지 교환 절차  
<Fig. 3> Message exchange procedure for the disassociation message-based IEEE 802.11p handover Protocol

RSU가 도로를 따라 설치될 것이며 모든 OBU는 도로를 따라 상행, 또는 하행의 한 방향으로만 이동하므로 RSU는 주변 RSU의 위치와 ID만 있다면 자신에게 접속한 OBU가 어느 RSU로부터 온 것인지 또는 자신을 떠나는 OBU가 어느 RSU로 이동할 것인지를 예측할 수 있다. 이 핸드오버 방법은 교차점 또는 분기점이 없는 고속도로 상에서만 가능하며, oRSU 주위에 핸드오버가 가능한 RSU가 다수 존재할 경우, 주위의 모든 핸드오버가 가능한 RSU로 패킷을 포워딩 해주거나(멀티캐스트 또는 브로드캐스트 전송), nRSU를 결정하는 별도의 처리과정이 필요하게 된다. <그림 3>은 이 핸드오버 프로토콜의 처리 절차를 도식한 그림이다.

### III. 제안하는 핸드오버 방법

2절에서 설명한 바와 같이 결합해제 메시지를 이용한 L2 핸드오버 방법이 적용되기 위해서는 oRSU가 nRSU를 식별할 수 있어야 한다. 즉, OBU가 핸드오버를 수행하기 전 oRSU로 자신이 핸드오버할 것임을 미리 알려주어 자신에게 할당된 자원을 해제 시키는 동시에 자신에게 전송되기 위해 임시 저장해 놓은 데이터 들을 nRSU로 전송하여 nRSU로부터 손실 없이 데이터를 전달 받도록 할 수 있다. 그러나 고속도로 환경이라고 하더라도, 두 고속도로의 교차지점, 분기점, 또는 진출입부와 같이 후보 nRSU가 다수 존재하는 지점에서 비교적 정확한 nRSU의 인식이 이루어지지 않으면, 위의 방법은 더 이상 유효하지 않게 된다.

이러한 문제점을 해결하기 위한 접근 방법으로 차량의 이동방향을 예측하는 방법이 있다[17]. 이 방법에서는 Markov 통계를 이용하여 차량이 현재까지 왔던 도로에서 실제 이동한 방향 정보를 저장해서, 다음 분기가 나왔을 경우 통계적으로 차량이 이동할 방향을 예측한다. 이러한 기법을 사용하기 위해서는 차량이 출발한 시점부터 현재시점까지의 차량이 접하게 되는 분기 상황을 모두 히스토리 정보로 저장하고, 수집된 히스토리 정보를 기반으로 Markov 알고리즘을 사용하여 분기 방향 선택의 통

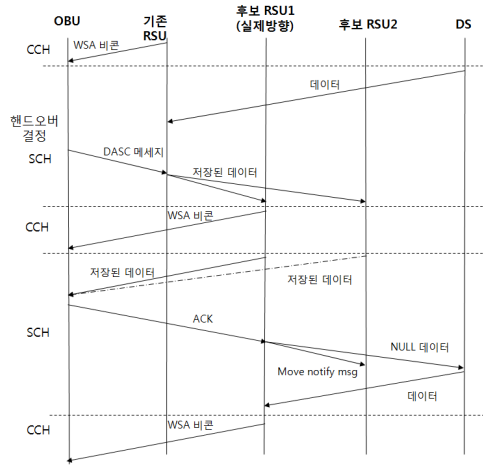
계적인 정보를 추출한 후, 이를 바탕으로 차량이 다음에 이동할 방향을 미리 예측한다. 그러나 이와 같은 통계적 이동모델 기반의 예측 방법은 차량의 이동경로를 전부 저장하기 위한 저장장치가 필요하기 때문에 저장공간 증가에 따른 비용이 증가할 수 있으며, 히스토리에 저장된 정보가 충분치 않을 경우에는 예측의 실패 확률이 높아질 수 있는 단점이 있다.

본 논문에서 제안하는 IEEE WAVE 네트워크를 위한 멀티캐스트 기반 핸드오버 방법은 앞서 2절에서 설명한 결합해제 메시지를 이용한 능동적 사전 캐싱 방식의 핸드오버 방법을 다수의 후보 nRSU가 존재하는 경우에도 동작할 수 있도록 개선한 것이다. 즉, OBU는 핸드오버를 결정하면 SCH를 이용하여 oRSU에게 결합해제(disassociation) 메시지를 전송한다. 결합해제를 받은 oRSU는 OBU에게 전송을 중단하고 OBU로 향하는 패킷들을 핸드오버 가능성이 있는 모든 주위 RSU들에게 전송하여 차량의 경로 선택에 관계없이 OBU가 nRSU로 접속함과 동시에 패킷을 수신할 수 있도록 한다. 이 경우, OBU가 핸드오버하지 않은 RSU에게도 포워드 데이터 패킷이 전달되고, 이 RSU들은 OBU에게 계속해서 패킷 전송을 시도하기 때문에, 자원 낭비와 재전송에 의한 전송 지연이 발생한다. 또한 포워드 데이터 패킷을 전달받은 RSU들이 null 패킷을 스위치에게 전송하면 스위치는 이들 RSU에게 모든 이후 데이터 패킷을 전송하므로 기존 RSU로부터 전달받은 데이터를 전송하기 위해 할당된 자원을 해제 하더라도 스위치로부터 지속적으로 패킷을 전송 받기 때문에 제안하는 프로토콜이 정상적으로 동작할 수 없다. 이 문제에 대한 해결책으로 본 논문에서는 다음과 같은 방법을 제안한다.

우선, 본 논문에서 제안하는 방법은 [2]에서와 같이 백본 네트워크와 연결된 라우터와 이 라우터에 연결된 learning L2 switch, 그리고 switch에 연결된 RSU로 구성된 계층적 구조의 트리 토폴로지 네트워크를 갖는 것을 가정으로 한다. 본 논문에서는 IEEE 802.11f IAPP(Inter-Access Point Protocol)의 Move-Notify 메시지를 OBU가 핸드오버를 한 RSU

와 하지 않은 RSU간의 통신에 이용한다. IEEE 802.11f IAPP는 무선랜의 두 AP 사이에서 MS가 핸드오버 하는 동안 수행하는 중요한 두 가지 동작을 용이하게 하기위해 설계 되었다[3]. 즉, 하나의 AP에서의 결합을 위한 동작과 핸드오버 시에 두 AP간에 문맥정보를 교환 할 때의 보안을 유지하기 위한 동작이다. MS가 새로운 AP(nAP)와 결합과정을 수행할 때 nAP는 이전의 AP(oAP)에게 Move-Notify 메시지를 전송한다. 이 메시지를 통하여 nAP는 oAP에게 IP 플로우 관련 정보, 보안 관련 정보, QoS 파라미터와 그 밖의 정보를 담고 있는 문맥 정보를 요청할 수 있다. 이 메시지를 수신한 oAP는 자신의 결합 테이블(association table)에서 해당 MS의 문맥 정보를 삭제하고 새로운 AP에게 Move-Response 메시지를 전송한다. AP간 보안 접속은 공유키를 기반으로 하는 RADIUS 서버의 도움으로 보안 블록을 교환하는 재결합(re-association) 과정을 거쳐 이루어진다. 하나의 MS가 AP와 연결과정을 거칠 때 AP는 MS의 결합 정보를 가지고 있는 Add-Notify 메시지를 같은 ESS 내에 있는 모든 AP에게 브로드캐스트(Broadcast)한다. 이 메시지를 받은 AP들은 자신의 결합 테이블로부터 해당 MS의 문맥정보를 삭제하여 하나의 MS가 하나의 AP에 결합되도록 한다. 또한 IAPP는 핸드오버동작이 시작되기 전에 하나의 AP로부터 주면 AP들로 MS의 문맥 정보를 미리 전달해 주기 위한 Cache-Notify/R-response 메시지를 제공한다.

앞서 언급한 멀티캐스트 기반 핸드오버 절차 수행시 OBU가 접속하지 않은 RSU들에 의해 발생할 수 있는 무선자원의 낭비는 다음과 같이 Move-Notify 메시지를 이용하여 감소시킬 수 있다. 우선, OBU가 핸드오버 한 nRSU는 패킷을 OBU에게 전송하고 그에 대한 ACK를 수신한다. 이 때, nRSU는 첫 번째 ACK의 수신과 함께 OBU가 핸드오버 하지 않은 RSU들에게 OBU의 주소가 포함된 Move-Notify 메시지를 멀티캐스트 전송하는 동시에 null 패킷을 스위치에게 보내주게 되고, 스위치는 핸드오버가 되지 않은 RSU들에게 이후 패킷을 전송하지 않는다. Move-Notify 메시지를 받은 RSU들



〈그림 4〉 제안하는 핸드오버 기법의 메시지 처리 절차 (Fig. 4) Message handling procedure of the proposed handover scheme

은 더 이상 OBU로 패킷을 전송하지 않도록 할당된 자원을 해제한다. 이러한 방법을 이용하여 RSU의 버퍼 오버플로우나 OBU의 전송범위 이탈이 아닌 경우에는 핸드오버 시에 연결이 단절됨으로 인해 발생하는 패킷의 손실을 막을 수 있으며, 분기가 있는 도로일 경우에도 핸드오버 동작에 제한을 받지 않을 수 있다. <그림 4>는 메시지 교환 동작을 나타낸 것이다.

## IV. 성능 비교분석

### 1. 실험 환경

제안하는 핸드오버 방법의 동작을 검증하기 위해 NS-2.28 버전의 IEEE 802.11e MAC에 제안하는 프로토콜 처리절차를 수행하는 모듈을 구현하여 추가하였다. 실험은 도로상에서 주행하는 차량과 도로 주변에 설치 되어있는 노변장치(RSU), 마지막으로 노변장치와 유선으로 연결된 스위치로 구성된다. <표 1>은 시뮬레이션 환경 및 시스템 파라미터 값을 정리한 것이며, <표 2>는 3가지의 분기 형태에 따른 시뮬레이션 환경 변수를 정리한 것이다.

실험에 사용된 도로 분기 시나리오는 분기형태에 따라서 2, 3, 4-way 총 3가지로 구분 된다. 각 도

<표 1> 시뮬레이션 환경/시스템 변수  
(Table 1) Simulation and system parameters

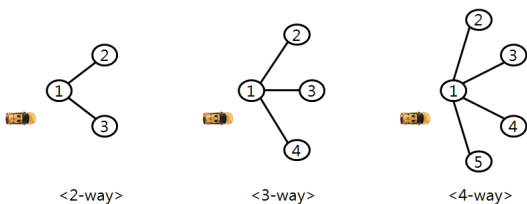
Simulation parameter	value
wireless link speed (Mbps)	27
노변장치 간 거리(m)	2000
전송 범위(m)	1000
traffic 종류	UDP
차량 속도	140 ~ 180km/h
차량 간 거리	80 ~ 120m
실험 시간	60

<표 2> 분기형태별 시뮬레이션 환경변수 설정  
(Table 2) Simulation parameters for each junction type

환경변수	2-way	3-way	4-way
스위치 대수	1	1	1
노변장치 대수	3	4	5
OBU 대수	2,4,6,8,10	3,6,9,12,15	4,8,12,16,20

로 분기 시나리오에서 차량의 수는 분기 방향마다 1, 2, 3, 4, 5대로 하여 총 15가지의 시나리오로 실험을 수행하였다. 모든 실험에서 각 차량은 1번 RSU 뒤쪽으로 80~120m로 간격으로 정렬되어 주행을 시작하며, 140~180Km/h의 속도로 1번 RSU를 향하여 이동하게 되고, 각 분기 방향으로 같은 비율의 차량이 분기되어 진행하게 된다. 즉, 모든 방향으로 향하는 차량의 수 동일하며, 모든 시나리오 내에서 각 차량은 한 번의 핸드오버를 하게 된다. 시나리오 상의 모든 RSU로 연결되어 있는 스위치에서는 모든 차량으로 향하는 비디오 스트리밍 트래픽이 생성되어 전송된다.

이 과정에서 Move-Notify를 이용하여 낭비되는



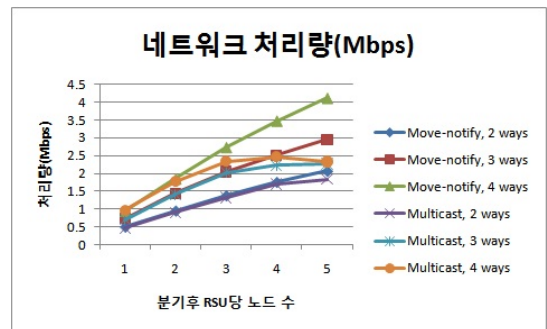
<그림 5> 분기 형태의 종류  
(Fig. 5) Three junction types

자원을 해제 해주었을 경우와 Move-Notify를 이용한 자원해제가 없을 경우를 비교하였다. <그림 5>는 3가지 도로 분기 상황을 나타낸 그림이다.

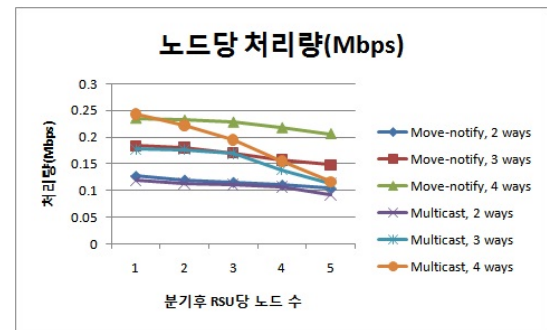
## 2. 실험 결과 및 분석

본 논문에서는 3절에서 제안한 핸드오버 기법을 적용하였을 경우 전체 네트워크 처리량, 노드 당 처리량, 평균 패킷 지연 시간, 핸드오버 지연 시간, 전송 성공률을 측정하였으며, 이를 Move-Notify 메시지 없이 멀티캐스트만을 적용한 방법(Multicast)의 성능과 비교 분석하였다.

<그림 6>에 나타난 것처럼 동일한 분기수를 갖고 분기 후 RSU 당 노드수가 같을 경우 제안한 기법(Move-notify)을 이용하였을 경우가 비교대상 방법(Multicast)보다 네트워크 전체 처리량 측면에서



<그림 6> 분기별 차량수 증가에 따른 네트워크 처리량  
(Fig. 6) Network Throughput VS Number of Cars in Each Direction



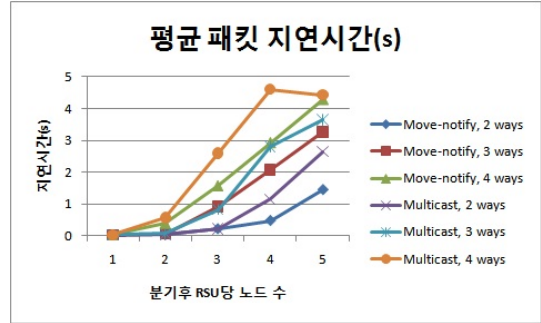
<그림 7> 분기별 차량수 증가에 따른 노드당 처리량  
(Fig. 7) Throughput of a node VS number of cars in each direction

높은 성능을 보여주었다. 즉, Move-notify 메시지를 이용한 주위 RSU의 자원 해제에 의한 지연시간 및 재전송 오버 헤드를 감소에 의한 처리량 증가 효과를 확인할 수 있다. 전체 네트워크의 처리량은 네트워크가 트래픽을 수용한계에 이르게 되면 차량이 늘어나 공급되는 트래픽이 늘어나게 되더라도 일정한 선을 유지하게 됨을 <그림 6>를 통하여 확인 할 수 있다. 따라서 <그림 7>에서 분기 후 RSU 당 노드 수가 증가하면 노드 당 처리량이 감소되는 것을 확인할 수 있다.

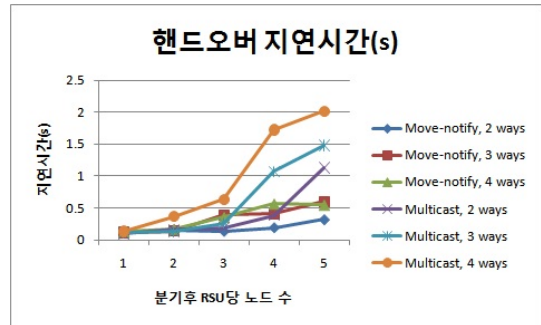
<그림 8>은 분기 후 RSU 당 노드 수가 증가함에 따라 두 방법 모두 평균 패킷 지연시간이 증가하며, 같은 조건에서 제안 기법이 Multicast에 비해 평균 패킷 전송 지연 시간 측면에서 성능이 우수함을 보여준다. 이 실험결과로부터 주위 RSU의 자원 해제를 통한 무의미한 패킷 재전송에 의한 전송 지연 감소 효과를 확인할 수 있다.

<그림 9>에서 나타낸 바와 같이 핸드오버 지연 시간 측면에서도 제안 기법을 적용하였을 경우 multicast만을 적용한 경우에 비해 우수한 성능을 보임을 알 수 있다. 핸드오버 지연시간은 oRSU에서 최종적으로 데이터 패킷을 수신한 시간과 nRSU에서 최초로 동일 세션에 속한 데이터 패킷을 수신한 시간의 차이로서 nRSU의 인터페이스큐(IFQ) 내의 선순위 패킷 처리시간에 영향을 받는다. 따라서, 주위 RSU들로부터 Move-notify 메시지를 수신하여 능동적 사전 캐싱을 위하여 멀티캐스트 전송된 패킷들을 삭제하지 않는다면 분기 지점에서 핸드오버 이후 자신의 차량보다 앞서 분기 지점에서 다른 방향으로 이동한 차량으로 향하는 패킷들로 인해서 전송지연 시간이 증가하게 된다.

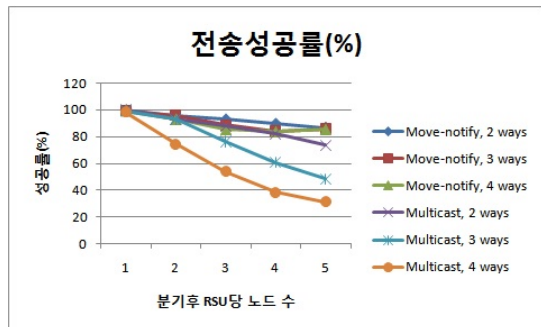
전송성공률은 멀티캐스트만을 적용하였을 경우 분기 방향의 수가 늘어남과 따라 주위 RSU들로부터 수신하는 포워드 데이터 패킷으로 인하여, 버퍼 오버플로우가 발생하며, 따라서 전송 성공률이 확연히 감소한다<그림 10>. 그러나 제안하는 핸드오버 방법은 주위 RSU들에 사전 캐싱된 패킷들을 삭제하기 때문에 분기 방향의 수와 관계없이 일관적으로 높은 전송 성공률을 보여주고 있다.



<그림 8> 분기별 차량수 증가에 따른 총 패킷 지연 시간 (Fig. 8) Total packet delay VS number of cars in each direction



<그림 9> 분기별 차량수 증가에 따른 총 핸드오버 지연시간 (Fig. 9) Handover delay VS number of cars in each direction



<그림 10> 분기별 차량수 증가에 따른 전송성공률 (Fig. 10) Delivery ratio VS number of cars in each direction

## V. 결 론

본 논문에서는 WAVE기반의 통신에서도 응용의



특성에 따라서는 핸드오버 기법이 필요할 수 있다는 것을 보였다. 핸드오버 기법을 제안하기 위한 사전 연구 조사에서 IEEE 802.11p 표준에 대하여 분석하였으며 이를 바탕으로 seamless 정보제공이 가능한 새로운 L2 고속핸드오버 기술을 제안하였다. 시뮬레이션을 통해 제안하는 프로토콜의 동작 및 유효성을 검증하였으며 시뮬레이션 결과 제안하는 핸드오버 프로토콜이 WAVE기반의 seamless 핸드오버를 지원할 수 있다는 것을 확인 하였다.

또한, IEEE WAVE 기반에서의 핸드오버 기법이 교차로 상황에서도 적용 시킬 수 있다는 것을 보였다. 핸드오버 기법을 제안하기 위한 사전 연구 조사에서 IEEE 802.11p/f 표준에 대하여 분석 하였다. 그리고 이것을 응용하여 핸드오버 기법을 제안한 IEEE 802.11p-based Seamless handover를 바탕으로 분기 있는 도로 상황에서도 정확한 핸드오버가 가능한 새로운 L2 고속핸드오버 기술을 제안하였다. NS-2 시뮬레이터를 이용하여 제안하는 프로토콜의 동작 및 유효성을 검증하였으며 시뮬레이션 결과 제안하는 핸드오버 프로토콜이 분기 있는 고속도로 상황에서도 IEEE WAVE기반의 네트워크에서의 빠른 핸드오버를 지원할 수 있다는 것을 확인하였다.

## 참 고 문 헌

- [1] IEEE P802.11pTM/D10.0 Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 7: Wireless Access in Vehicular Environments, 2010.
- [2] IEEE 802.11f, "Recommended practice for multi-vendor access point interoperability via an inter-access point protocol across distribution systems supporting IEEE 802.11 operation," *IEEE Standard*, July 2003.
- [3] IEEE 802.11r, "Wireless medium access control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: fast basic service set (BSS) transition," IEEE 802.11r-2008
- [4] J. Montavont, N. Montavont and T. Noel, "Enhanced schemes for L2 handover in IEEE 802.11 networks and their evaluations," *Proc. 16th IEEE Int. Symp. on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications (PIMRC '05)*, Berlin, Germany, vol.3, pp.429~1433, Sept. 2005.
- [5] C. C. Tseng, K. H. Chi, M. D. Hsieh and H. H. Chang, "Location-based fast handoff for 802.11 networks," *IEEE Communications Letters*, vol.9, pp.304~306. April 2005.
- [6] A. Shimizu, S. Fukuzawa, T. Osafune, M. Hayashi and S. Matsui, "Enhanced functions of 802.11 protocol for adaptation to communications between high speed vehicles and infrastructure," *Proc. 7th IEEE Int. Conf. on ITS Telecommunications (ITST '07)*, Seattle, WA, USA, pp.1~3, Oct. 2007.
- [7] E. Paik and Y. Choi, "Prediction-based fast handoff for mobile WLANs," *Proc. 10th IEEE Int. Conf. on Telecommunications (ICT '03)*, Tahiti. vol.1, pp.748~753, Feb. 2003.
- [8] M. Shin, A. Mishra and W. Arbaugh, "Improving the latency of 802.11 hand-offs using neighbor graphs," *Proc. ACM MobiSys 2004*, June 2004.
- [9] A. Mishra, M. Shin and W. Arbaugh, "Context caching using neighbor graphs for fast handoffs in a wireless network," *Proc. IEEE INFOCOM 2004*, Mar. 2004.
- [10] S. Pack and Y. Choi, "Fast handoff scheme based on mobility prediction in public wireless LAN systems," *IEEE Proc. Commun.*, Oct. 2004.
- [11] S. Pack, H. Jung, T. Kwon and Y. Choi, "SNC: a selective neighbor caching scheme for fast handoff in IEEE 802.11 wireless networks," *ACM Mobile Computing and Commun. Review* 2005, Oct. 2005.
- [12] J. Montavont and T. Noel, "IEEE 802.11 handover assisted by GPS information," *Proc. IEEE Int. Conf. on Wireless and Mobile Computing, Networking and Communications (WiMob '06)*, Montreal, Québec, Canada, pp.166~172, June 2006.

- [13] H. S. Kim, S. H. Park, C. S. Park, J. W. Kim and S. J. Ko, "Selective channel scanning for fast handoff in wireless LAN using neighbor graph," *The 2004 International Technical Conference on Circuits/Systems, Computers and Communications (ITC-CSCC2004)*, July 2004.
- [14] N. Choi, S. Choi, Y. Seok, T. Kwon and Y. Choi, "A solicitation-based IEEE 802.11p MAC protocol for roadside to vehicle networks," *2007 Mobile Networking for Vehicular Environments*, pp.91~96, May 2007,
- [15] A. Böhm and M. Jonsson, "Handover in IEEE 802.11p-based delay-sensitive vehicle-to- infrastructure communication," Research Report IDE - 0924, School of Information Science, Computer and Electrical Engineering (IDE), Halmstad University, Sweden, 2009.
- [16] J. W. Choi and H. J. Lee, Supporting Handover in an IEEE 802.11p-Based Wireless Access System, VANET 2010, September. 2010
- [17] M. H. Sun and D. M. Blough, "Mobility prediction using future knowledge," School of Electrical and Computer Engineering, Georgia Institute of Technology, Atlanta, GA USA

저자소개



이 혁 준 (Lee, Hyuk-Joon)

1987년 : University of Michigan, Computer Science(학사)  
 1989년 : Syracuse University, Computer Science(석사)  
 1993년 : Syracuse University, Computer Science(박사)  
 1994년 ~ 1996년 : 삼성전자(주) 멀티미디어 연구소 선임연구원  
 1996년 ~ 현 재 : 광운대학교 컴퓨터공학과 교수



윤 석 영 (Yoon, Seok-Young)

2011년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업  
 2011년 3월 ~ 현 재 : 고려대학교 석사과정



이 상 준 (Lee, Sang-Joon)

2011년 2월 : 광운대학교 컴퓨터공학과 학사 졸업  
 2011년 3월 ~ 현 재 : LG 전자