

IEEE WAVE 멀티채널 전송 에뮬레이터의 설계 및 구현

Design and Implementation of an IEEE WAVE Multi-channel Transmission Emulator

이 우 신*
(Woo-sin Lee)

이 혁 준**
(Hyuk-joon Lee)

이 상 록**
(Sang-lock Lee)

이 원 기**
(Won-gi Lee)

요 약

IEEE WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)는 고속으로 이동중인 차량간 혹은 차량과 도로변 장치간의 통신을 위한 무선 액세스 시스템으로써 5GHz DSRC 대역에서 동작하며 IEEE TGp와 P1609/1554 WG을 중심으로 표준화 작업이 진행 중이다. WAVE의 P1609.3은 신속한 링크 설정 및 데이터 전송을 위하여 멀티채널 데이터 전송과 PST/UST 기반 링크 설정 기능을 정의한다. 본 논문에서는 향후 차량 통신 환경에서 주요 무선 액세스 기술로써 활용될 WAVE 시스템의 프로토콜 및 ITS 어플리케이션 개발을 위하여 WAVE 에뮬레이터를 개발하고 공공 안전 서비스 및 멀티미디어 파일 다운로드 서비스를 제공하는 ITS 어플리케이션을 이용하여 에뮬레이터의 동작을 검증한다.

Abstract

IEEE WAVE (Wireless Access in Vehicular Environment) is being developed to operate in 5 GHz DSRC band to provide cars moving at high-speed with vehicle-to-vehicle and vehicle-to-roadside communication. IEEE P 1609.3 of the WAVE protocol stack defines how multiple channels are used based on the exchange of provider-service-tables (PST) and user-service-tables (UST) for rapid link establishment and data transmission. This paper presents the design and implementation of an IEEE WAVE multi-channel transmission emulator that we have developed to study the operation of protocol and applications. Applications for a public-safety and a download service have been implemented and are shown to operate effectively on top of the emulator.

Key Words : ITS, WAVE, P1609, V2V

I. 서 론

Intelligent Transportation System(ITS)는 통신과 차량, 도로 매체를 전자, 정보, 통신, 제어 기술을 통하여 접목함으로써 운전자에게 교통 및 도로환경 정보, 차량탑재정보, 최적경로유도 등의 차량항법,

안전운전지원 시스템 등의 서비스를 실시간으로 전달하는 지능화된 도로교통 체계이다. ITS를 구축하기 위해서는 고속으로 이동중인 차량 간 또는 차량과 정보제공 서비스 센터 간에 ITS 정보의 교환을 가능하게 하는 무선 액세스 기술이 필요하다. 현재 무선 액세스기술로는 기존의 셀룰러와 CDMA2000

* 주저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과
** 공저자 : 광운대학교 컴퓨터공학과
* 논문접수일 : 2005년 8월 24일

1x EV-DO, 그리고 802.11b 무선랜이 활용되고 있다. 그러나 CDMA2000 이동통신망은 넓은 지역을 커버할 수 있으나 비용이 높고 대역폭이 낮으며, 802.11b 무선랜은 무선 링크 접속 설정 시간이 오래 걸려서 고속으로 이동하는 차량 간 통신에 적용성이 떨어지는 단점이 있다. 이러한 단점들로 인하여 차량 간 고속의 데이터 전송을 위한 새로운 무선통합 기술 개발이 필수적으로 요구되어 왔으며 차세대 이동통신(3G), WiBro, DSRC(Dedicated Short Range Communication)/WLAN[1], IEEE P1609 WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)[2] 등이 대안 기술로 각광받고 있다.

WAVE는 고속 주행 중인 차량 통신 환경에 적합하도록 개발된 무선 통신 시스템으로써 최대 54Mbps의 전송 속도를 제공하며 IEEE TGp와 P1609/1554 WG을 중심으로 표준화 작업이 진행 중이다. WAVE는 DSRC 전용으로 할당된 5.9GHz 대역의 고주파수를 사용하고 또한 높은 호환성을 지닌 네트워크 서비스를 제공함으로써 DSRC 환경에 맞추어 구축된 기존의 응용 프로그램들에 대해서도 높은 호환성을 유지 할 수 있다는 장점이 있다. 또한 WAVE 상에서 제공되는 서비스는 미국 국제 지능형 교통 시스템 구조(US National Intelligent Transportation System Architecture)에서 제시하는 지능형 교통 시스템에 관한 정의, 계획, 통합화 과정에 대한 프레임워크를 수용하고 있다.

WAVE는 시간 동기화 프레임, PS(Public Safety) 메시지 등의 제어 정보 및 공공 안전을 위한 메시지를 송수신하기 위한 제어 채널과 응용 서비스를 위한 다수의 서비스 채널로 구성된 멀티채널 시스템을 제공한다. 멀티채널 시스템은 신속한 링크 설정을 가능하게 할 뿐만 아니라 RSU(Road Side Unit)와 경찰차, 소방차, 구급차와 같은 PS-OBU(Public Safety On Board Unit)가 긴급구난 정보를 담은 PS(Public Safety) 메시지를 제어 채널을 통하여 브로드캐스팅(broadcasting) 함으로써 운전자에게 교통안전서비스를 제공할 수 있도록 한다. 서비스 채널은 기본적으로 제어 채널을 이용한 PST/UST(Provider Service Table/User Service

Table) 교환을 통해 서비스 공급자와 서비스 사용자간에 동작하는 각 어플리케이션을 위해 할당되며 이러한 멀티채널 시스템과 신속한 링크 설정은 기존의 IEEE 802.11과 구별되는 기능으로써 IEEE P1609.3과 P1609.4에 정의되어 있다. 따라서 본 논문에서는 WAVE 어플리케이션 및 프로토콜 개발을 위해 멀티채널 데이터 전송과 링크 설정 기능을 제공하는 IEEE 멀티채널 전송 WAVE 에뮬레이터를 개발하며 차량간 통신 환경을 모델링 한 테스트 베드 상에서 WAVE 어플리케이션을 이용하여 에뮬레이터의 동작을 검증한다.

본 논문의 구성 순서는 다음과 같다. 2절에서는 IEEE P1609 표준안의 내용에 대해 소개하며 3절에서는 IEEE WAVE 에뮬레이터의 설계 및 구현에 관한 내용을 논의하고 4절에서는 WAVE 어플리케이션의 개발 및 에뮬레이터의 동작 검증을 진행한다. 끝으로 5절에서는 결론 및 향후 계획에 대해 논의한다.

II. IEEE P1609 WAVE

IEEE P1609는 MIB, 등록, 테이블 교환, 링크 설정, 채널 스위칭 모듈 등의 기능을 포함하며 멀티 큐 및 큐 관리 기능 등을 제공하기 위해 기존 IPv6 계층과 IEEE 802.11p MAC 계층간에 삽입된 네트워킹 서비스 계층을 나타낸다. IEEE P1609는 네 가지 규격으로 구성되며 구성 내용과 세부 모듈은 다음과 같다.

P1609.1(WAVE Resource Manager)[3]의 주요 기능은 RSU의 어플리케이션을 지원하는 것이다. P1609.1을 사용하면 RSU의 어플리케이션이 메모리 또는 사용자 인터페이스와 같은 OBU의 하드웨어 자원에 접근하거나 제어할 수 있다. 즉, P1609.1을 사용함으로써 OBU의 통신기능과 응용 처리기능이 분리된 형태로 구현될 수 있어, 다중 통신매체의 사용이 가능하고, 복잡한 처리 과정을 수행하는 응용을 별도의 장치에서 처리토록 할 수 있다.

P1609.2(WAVE Application Services)[4]는 응

용계층에 데이터 단위 전송 서비스를 제공하기 위한 규격으로 OSI 7계층구조의 5-7계층에 해당한다. 주목적은 WAVE를 이용하고자 하는 응용 프로그램에게 전송서비스를 제공하는 것이다.

P1609.3(WAVE Networking Services)[5]은 WAVE 시스템에서 하위 MAC계층과 상위 응용계층을 연결하는 네트워킹 서비스를 규정하는 표준안으로써 IETF의 IPv6를 기반으로 하고 있다. P1609.3은 OSI 7계층에서의 네트워킹과 전송 계층에 해당하며 어드레싱, 라우팅, 상 하위 계층 간 정보 교환 및 연동을 위한 관리 서비스를 제공한다. 특히, 관리 서비스를 위하여 802.11의 SME (Station Management Entity)를 확장한 WME (WAVE Management Entity)를 두고 있다. WME는 SNMP(Simple Network Management Entity)를 이용하여 장치, 통신매체, 응용 프로그램, 채널, 링크, 라우팅에 관한 정보들을 관리하고 이러한 정보들은 MIB(Management Information Base)에 저장된다. P1609.3은 IETF RFC 768의 UDP 표준이 그대로 적용되어 WME는 신규 서비스가 시작되기 이전에 등록과정을 거칠 때 IPv6 주소와 UDP 포트 번호를 부여한다. 또한 SAP(Service Access Point)를 통하여 MAC 계층과 응용 계층 그리고 채널 관리 계층과 정보 교환 및 상호 작용을 수행한다.

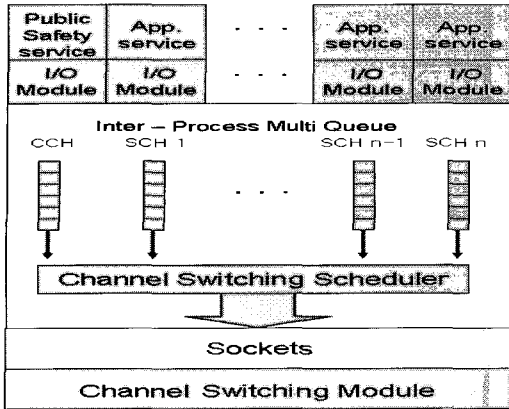
P1609.4(High Velocity Mobile Communications MAC Extension)[6]는 WAVE 시스템에서의 채널 스위칭을 담당하는 서브계층으로서 다수의 메시지 큐가 존재하며 이 큐는 채널 및 우선순위에 따라 구분된다. 특정 채널 또는 채널세팅은 링크 초기화 시에 목적지 주소에 따라 결정되며 어플리케이션 메시지들은 이 서브계층에 의해 해당 큐로 보내진다. P1609.4는 제어 채널 및 서비스 채널 리스트 등록, 타이머 등록, 송신자 프로파일 등록, MXDU (MAC Extension Data Unit) 데이터 전송등의 서비스를 제공한다. 제어 채널 및 서비스 채널 리스트 등록은 타 서비스를 이용하기 전에 우선적으로 수행해야 하는 동작이다. 채널명은 일반적으로 해당 WAVE 시스템 관리 도메인에 의해 정의된다. 타이머 등록은 특정 채널에 머물러야 하는 시간을

제어하기 위하여 타이머 관련 속성을 저장하기 위해 사용된다. 송신자 프로파일 등록은 MSDU (MAC Service Data Unit)의 전송에 필요한 물리 계층의 속성을 결정하는데 사용된다. 송신자 프로파일은 MXDU내의 소스 주소에 의해 결정된다.

III. WAVE 에뮬레이터의 설계 및 구현

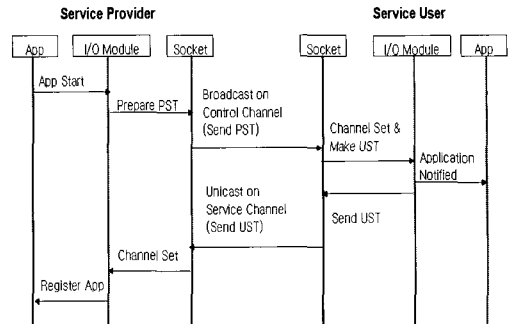
본 논문에서 개발하는 IEEE WAVE 에뮬레이터는 멀티채널 데이터 전송과 링크 설정 기능을 제공하며 응용 계층과 전송 계층간에 어플리케이션 인터페이스로 동작하도록 구현한다. 따라서 WAVE 어플리케이션은 WAVE 에뮬레이터에서 제공되는 인터페이스를 기존의 소켓 인터페이스처럼 사용하게 된다. 멀티채널 데이터 전송을 위한 채널 스위칭은 공개된 API를 이용하여 구현하며 이때 통신하는 차량간 채널 동기화를 위한 추가적인 메시지 교환 기법을 개발한다. <그림 1>은 설계된 WAVE 에뮬레이터의 구조를 나타낸다. WAVE 에뮬레이터를 구성하는 세부 모듈은 다음과 같다.

- I/O Module: WAVE 어플리케이션과 에뮬레이터 간의 I/O 인터페이스 기능을 제공한다. I/O Module은 사용의 편의를 위하여 소켓과 유사한 인터페이스를 제공하도록 구현하였으며 특정 어플리케이션의 등록 및 데이터 전송이 시작되면 내부적으로 PST/UST를 생성하고 링크 설정 과정을 진행한다. <그림 2>는 링크 설정 과정의 절차를 나타낸다. 서비스 공급자는 주기적으로 제어 채널을 통하여 서비스 정보를 담은 PST를 브로드캐스트 한다. 서비스 사용자는 원하는 서비스의 PST를 수신할 경우 WME의 역할을 수행하는 제어 파일에 서비스 정보를 저장하고 해당 어플리케이션의 I/O 모듈에게 링크 설정 시작을 통보한다. I/O 모듈은 PST에 저장된 채널 정보를 이용하여 약속된 서비스 채널로 UST를 전송하며 이 UST를 수신한 서비스 공급자는 송신 어플리케이션에게 링크의 설정을 통보하고 어플리케이션 간 서비스는 시작된다. 링크 설정을 위하여 전송되는 PST/UST의 세부 항목은 [표 1]과 같다.



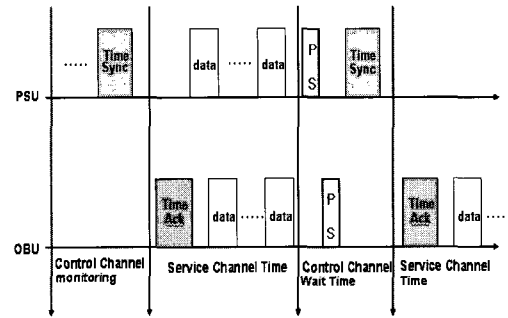
<그림 1> WAVE 에뮬레이터 구조
<Fig. 1> WAVE Emulator Architecture

트와 브로드캐스트를 지원한다.



<그림 2> 링크 설정
<Fig. 2> Link Establishment

- **Inter-Process Multi Queue:** IEEE P1609.4의 멀티 큐를 모델링 하여 각 채널별로 하나의 큐를 생성하였으며 이때 큐는 파일로 구현한다. 제어 채널 큐는 모든 어플리케이션에 의해 공유되며 각 서비스 채널에 할당된 큐는 링크 설정 과정을 통하여 해당 어플리케이션에 서비스를 제공하는 I/O Module과 연결된다. 내부적으로 큐는 파일을 이용하여 구현한다.
- **Channel Switching Scheduler:** I/O Module과 연동하여 제어 채널과 서비스 채널간의 채널 스위칭 기능을 제공한다. 채널 스위칭은 서비스 공급자와 서비스 사용자간의 채널 동기화를 위하여 고안된 추가적인 메시지 교환 기법을 통해 동작한다. 서비스 공급자는 데이터 전송 시 현재 시간과 데이터 전송 시간을 고려하여 서비스 채널의 점유 시간을 `time_sync` 프레임에 저장하여 제어 채널로 전송하고 서비스 채널로 스위칭 한다. `time_sync` 프레임을 수신한 서비스 사용자는 서비스 채널과 점유 시간을 제어 파일에 기록한 후 서비스 채널로 스위칭 하여 `time_ack` 프레임을 송신하고 서비스 제공자는 서비스 채널에서 `time_ack` 프레임을 수신하면 데이터 프레임을 정해진 시간동안 전송한다. <그림 3>은 채널 스위칭을 통한 프레임 전송을 나타낸다.
- **Sockets:** IPv4 UDP 소켓을 사용하며 유니캐스



<그림 3> 멀티채널 전송
<Fig. 3> Multi-Channel Transmission

<표 1> PST/UST 필드

<Table 1> PST/UST Field

항 목	내 용
Channel Group	Application ID, Wave Port ID, IP Address
Location	차량의 위치정보
Service Table Type	PST / UST
Last Update	테이블 갱신 시간
UTC Time	시간 정보

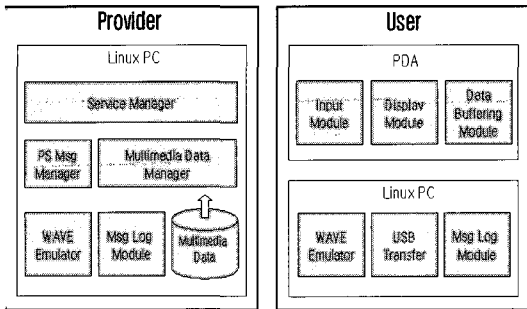
- **Channel Switching Module :** 공개 API를 이용하여 스케줄러의 제어에 따라 제어채널과 서비스채널 간의 채널 스위칭을 수행한다.

IV. WAVE 어플리케이션 구현 및 에뮬레이터 검증

1. WAVE 어플리케이션 구현

본 논문에서는 WAVE 에뮬레이터의 동작 검증을 위하여 도로상의 위험 상황을 감지했을 경우 자동으로 사고 위험 정보(Public Safety Message)를 인접차량 운전자에게 알려주는 교통안전정보 서비스(Public Safety Service)와 차량 간에 멀티미디어 동영상 다운로드 및 재생 서비스를 제공하는 WAVE 어플리케이션을 구현하였다. <그림 4>는 WAVE 어플리케이션의 구성 요소를 나타내며 <그림 5>는 구성 요소간의 동작 흐름을 나타낸다.

- **Service Manager:** 사용자에게 멀티미디어 다운로드 서비스를 제공하며 교통안전 정보 서비스를 시작한다.



<그림 4 > WAVE 에뮬레이터 구조
<Fig. 4> WAVE Emulator Architecture

- **PS Msg Manager:** Service Manager에 의해 시작된 교통안전 정보 서비스를 제공하기 위하여 임의의 교통위험 상황을 발생시켜 교통안전 메시지를 생성한다.
- **Multimedia Data Manager:** Service Manager가 사용자로부터 멀티미디어 다운로드 서비스 요청을 수신하면 Service Manager에 의해 동작되며 요청 파일의 정보를 참조하여 멀티미디어 파일을 작은 사이즈로 분할하여 데이터 전송을 준비한다.
- **Msg Log Module:** WAVE 에뮬레이터를 통하여

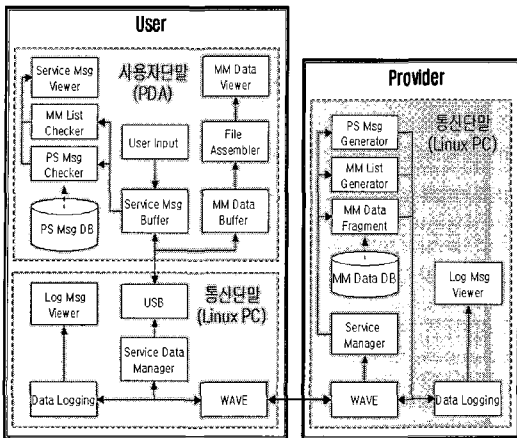
Provider와 User간에 교환되는 데이터의 로그 정보를 화면에 디스플레이하고 파일에 저장한다. 이 모듈은 에뮬레이터의 동작을 검증하기 위해서 사용하였다.

- **Input Module:** 멀티미디어 다운로드 서비스를 위한 사용자 입력 인터페이스를 정의한다.
- **Display Module:** 교통안전 서비스와 멀티미디어 다운로드 서비스를 위한 사용자 출력 인터페이스를 정의한다. 전송받은 멀티미디어 파일은 재생 어플리케이션을 이용하여 재생하도록 구현하였다.
- **Data Buffering Module:** 멀티미디어 파일 재생 서비스를 위해 수신한 데이터를 저장하는 임시 버퍼를 관리한다. 멀티미디어 데이터를 보관하는 멀티미디어 데이터 버퍼와 제어 메시지를 보관하는 서비스 메시지 버퍼, 그리고 수신한 데이터를 멀티미디어 파일로 만들기 위해 사용하는 파일 어셈블러로 구성된다.
- **USB Transfer :** 통신 모듈과 사용자 단말간의 데이터 교환을 위해 USB cable을 이용하였다.

2. 테스트 베드 구축 및 에뮬레이터 동작 검증

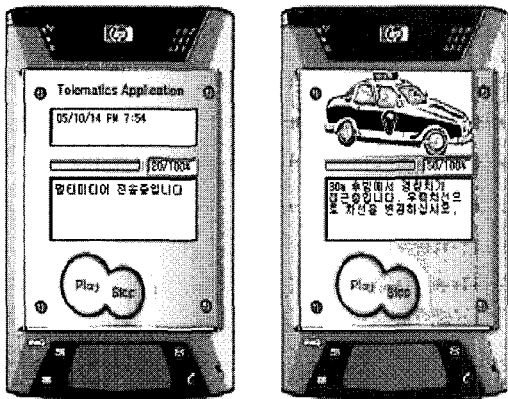
우리는 개발한 WAVE 에뮬레이터와 WAVE 어플리케이션의 동작을 검증하기 위하여 두 대의 통신 모듈과(리눅스 PC) 하나의 사용자 단말(PDA)로 구성된 테스트 베드를 구축하였다. 통신 모듈은 Netgear WAG311 NIC를 이용하여 802.11g 모드로 통신하며 MADWIFI - BSD branch[7] 드라이버를 사용하였고 커널은 리눅스 2.4.31 버전을 사용하였다. 또한 채널 스위칭을 위하여 HP의 Wireless tools API[8]를 사용하였고 전송되는 모든 패킷에 고유번호를 부여하여 실시간으로 디스플레이 되는 로그파일을 통해 데이터 전송 및 채널 제어를 확인하였다.

<그림 6>은 PDA를 통해 출력된 WAVE 어플리케이션의 동작 화면이다. 왼쪽 그림은 서비스 채널을 통해 멀티미디어 파일을 다운로드 받고 있는 화면을 나타내며 오른쪽은 제어 채널을 통해 교통안전 메시지를 수신한 화면을 나타낸다. 이때 사용



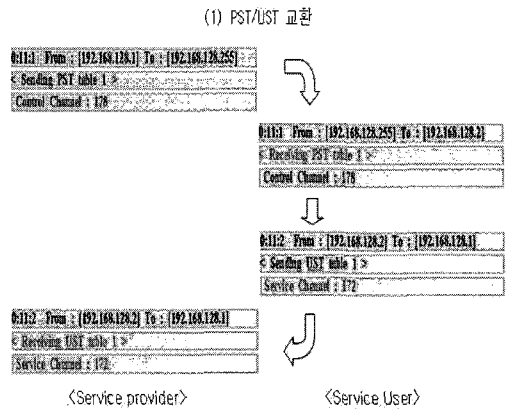
<그림 5> WAVE 에뮬레이터의 기능 구조
 <Fig. 5> Functional Architecture of WAVE Emulator

자에게 메시지의 내용을 인식하도록 하기 위하여 음성과 텍스트가 동시에 출력되도록 구현하였다.

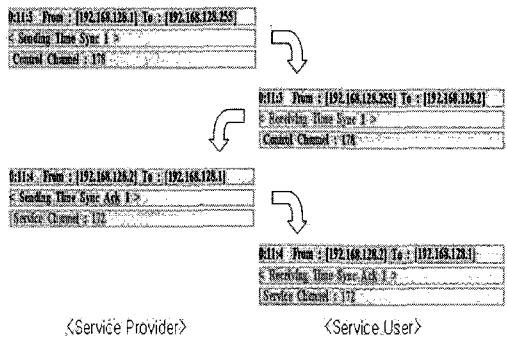


<그림 6> WAVE 어플리케이션의 동작 화면
 <Fig. 6> Capture of WAVE Application

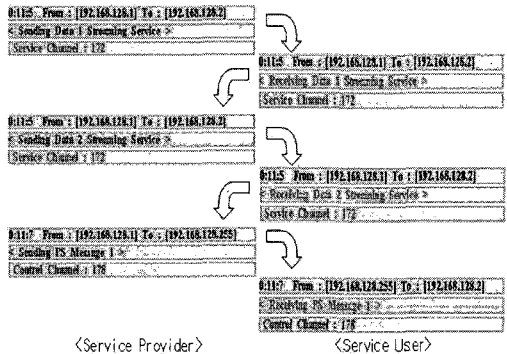
<그림 7>은 로그파일의 출력 내용을 나타내며 서비스 공급자와 서비스 사용자에게 WAVE 에뮬레이터를 이용하여 링크를 설립하고 데이터 및 PS 메시지 전송을 수행하는 단계를 나타낸다. <그림 7>의 (1)에서는 서비스 사용자가 제어 채널에서 PST를 수신할 경우 서비스 채널로 스위칭 하여 UST를 전송하는 것을 확인할 수 있으며 서비스 공급자는 UST를 수신할 경우 (2)에서처럼 시간 동기화



(2) 시간 동기화 프레임 교환



(3) 데이터 전송 및 PS 메시지 전송



<그림 7> 링크 설립 과정
 <Fig. 7> Link Establishment Flow

기화 프레임을 제어 채널로 전송하고 서비스 채널을 통해 응답을 받음으로써 서비스 사용자와 동기화를 수행한다. 동기화 과정이 성공적으로 종료되면 (3)에서처럼 서비스 채널을 통하여 멀티미디어 데이터를 전송하며 이때, 주기적으로 제어 채널로 스위칭 하여 PS 메시지를 전송한다.

V. 결 론

IEEE WAVE(Wireless Access in Vehicular Environment)는 고속으로 이동중인 차량간 혹은 차량과 도로변 장치간의 통신을 위한 무선 액세스 시스템으로써 5GHz DSRC 대역에서 동작하며 IEEE TGp와 P1609/1554 WG을 중심으로 표준화 작업이 진행 중이다. 우리는 채널 스위칭 API를 이용하여 응용 계층에서 동작하는 WAVE 멀티채널 전송 에뮬레이터를 개발하였으며 공공 안전 서비스 및 멀티미디어 파일 다운로드 서비스를 제공하는 WAVE 어플리케이션을 이용하여 에뮬레이터의 동작을 검증하였다. 향후 다양한 WAVE 어플리케이션의 개발 및 WAVE 에뮬레이터가 커널에서 동작할 수 있도록 확장할 것이다.

참 고 문 헌

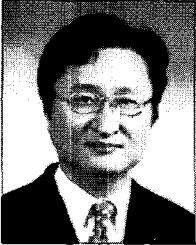
- [1] DSRC, <http://grouper.ieee.org/groups/scc32/dsrc/>
- [2] IEEE STANDARD FOR Information technology -Telecommunications and information exchange between systems-LAN/MAN Specific Requirements-Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE) - Draft standard, Jan. 2005
- [3] IEEE P1609.1: Draft Standard for 5 GHz Communications - Resource Manager
- [4] IEEE P1609.2: Draft Standard for 5 GHz Communications - Application Services
- [5] IEEE P1609.3: Draft Standard for 5 GHz Communications - Networking Services
- [6] IEEE P1609.4: Draft Standard for High Velocity Mobile Communications Medium Access Control (MAC) Extension, July 2003
- [7] MAD WIFI: www.madwifi.net
- [8] Wireless Tools : www.hpl.hp.com/personal/Jean_Tourrilhes/Linux/Tools.html/

〈저자소개〉



이 우 신 (Lee, Woo-sin)

2001년 : 광운대학교 컴퓨터공학과(학사)
2003년 : 광운대학교 대학원 컴퓨터공학과(공학석사)
2003년 ~ : 현재 광운대학교 대학원 컴퓨터 공학과 박사과정
관심분야: 무선네트워크, 무선멀티홉 라우팅
e-mail : wlee@kw.ac.kr



이 혁 준 (Lee, Hyuk-joon)

1987년 : University of Michigan, Computer Science(학사)
1989년 : Syracuse University, Computer Science(석사)
1989년 : Syracuse University, Computer Science(박사)
1994년 ~ : 1996년 삼성전자(주) 멀티미디어 연구소 선임연구원
1996년 ~ : 현재 광운대학교 컴퓨터공학과 부교수
관심분야: 무선네트워크, 인터넷 분산컴퓨팅, 이동컴퓨팅
e-mail: hlee@daisy.kw.ac.kr



이 상 록 (Lee, Sang-lock)

2000 ~ 현재 광운대학교 컴퓨터공학과 재학중
관심분야: ITS 응용
e-mail: sonjavi@kw.ac.kr



이 원 기 (Lee, Won-gi)

2006 광운대학교 컴퓨터공학과(학사)
2006 ~ 현재 삼성전자(주) 무선통신사업부
관심분야: ITS 응용
e-mail: rinehart@naver.com