

# WCDMA/HSDPA/WiBro 기반의 V2I2V 차량간 통신의 실험적 성능평가

## (An Experimental Performance Evaluation of V2I2V-based Car Communications over WCDMA/HSDPA/WiBro Networks)

변태영\*, 김동주\*\*

(Byun Tae-Young and Kim Dong-Joo)

**요약** 본 논문은 WCDMA, HSDPA 및 WiBro와 같은 광역무선통신망 기반의 V2I2V 차량통신시스템을 구현하여 차량통신시스템의 실제 도로주행 실험을 통해 이동차량과 위치관리 서버 사이의 다양한 성능인자에 대한 실험적 성능을 측정하였다. GPS가 탑재된 이동차량 내 클라이언트와 각 이동차량의 위치 추적을 위한 위치 관리 서버 사이의 RTT, 중단간 전달지연 및 기타 성능인자들을 측정하였다. 이동차량이 도심지에서의 운행 시 차량의 이동속도별, 광대역통신망의 종류별 성능인자들을 측정하고 분석하였다. 본 연구 결과는 광역무선통신망 기반의 차량통신시스템을 이용한 서비스 지원 시, 차량통신을 이용한 교통 안전정보 서비스의 지원 가능성을 판단할 수 있는 기초 자료로 활용할 수 있을 것이다.

**핵심주제어** : 차량통신망, V2I2V, HSDPA, WCDMA, WiBro

**Abstract** This paper presents implementation details of car communications system based on V2I2V model over broadband wireless networks including WCDMA, HSDPA and WiBro. Also, we measure the major performance metrics such as Round Trip Time, end-to-end latency and others between in-vehicle client and location management system by driving across urban areas in Daegu city. Analysis of experimental results would be helpful to consider the applicability of traffic safety services using V2I2V-based car communications over various broadband wireless networks.

**Key Words** : Car Communications, V2I2V, HSDPA, WCDMA, WiBro

### 1. 서론

이동통신망을 기반으로 하는 차량과 인프라 간 통신 네트워크 기술은 차량과 무선통신망을 결합하는 자동차-IT융합의 대표적인 기술이다. WCDMA (Wideband Code Division Multiple Access), HSDPA

(High Speed Downlink Packet Access, 고속하향패킷 접속) 및 WiBro(Wide Broadband)와 같은 광역무선통신망 기반의 차량과 인프라 간 통신 네트워크 기술 (V2I2V : Vehicle to Infrastructure to Vehicle)은 차량과 무선통신망을 결합하는 자동차-IT융합의 대표적인 기술이다. 텔레매틱스(Telematics)는 차량을 유·무선 통신망에 접속하여 운전자에게 안전 운전에도 도움이 될 수 있는 전방의 다양한 상황에 대한 도로 상태

\* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학부 교수, 제1저자

\*\* 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신학과 석사과정, 제2저자

정보를 전달하는데 이용될 수 있다. 이를 통하여 운전자의 운행 안전성을 증대시키고, 무선 인터넷 서비스를 통해 유익한 교통 및 도로 관련 정보를 실시간으로 제공하는 편리성을 높인다. 상황인지기술을 적용한 내비게이션 서비스, 교차로에서의 충돌방지 및 안전 서비스, 차량정보의 관리 및 연계 서비스 등 다양한 텔레매틱스 서비스를 제공하기 위해서는 운전자에게 차량의 이동경로상의 다양한 정보를 시공간에 구애받지 않고 정확하게 전달을 받고, 차량이 이동 중에 얻게 되는 정보를 다른 차량과 공유하기 위한 차량간 통신기술이 필수적이다. 본 논문에서는 기 구현한 WCDMA, HSDPA 및 WiBro망을 이용한 차량통신시스템[1-2]의 주요 성능인자에 대하여 실제 도로 주행을 통하여 실험적 성능을 측정 및 분석하였다.

## 2. 관련 연구

### 2.1 V2I2V 연구현황

미국 DOT(Department of Transportation)에서는 VII 프로젝트를 추진하여 국가차원의 교통정보와 차량 안전서비스를 제공하려고 한다. EU는 2005년부터 i2020 “Intelligent Car Initiative”라는 슬로건 하에 보다 안전하고 지능화되며 고품질의 이동성을 제공하겠다는 비전을 제시하고 있다. 일본에서는 DSRC(Dedicated Short Range Communication) 통신을 이용한 자동요금징수(ETC : Electronic Toll Collection) 서비스가 전국적으로 확산되어 있으므로 DSRC통신 인프라를 기반으로 교통정보와 차량안전서비스를 지원하는 연구를 추진하였다. DSRC 통신은 통달거리가 제한되어 있으므로 셀룰러, 무선랜과 연동되어 차량에서 인터넷 서비스를 제공하는 Internet ITS 기술을 개발하였다.

국내에서는 ETRI를 중심으로 하여 2007년도부터 VMC(Vehicle Multi-hop Communication) 기술을 연구하고 있다[1]. VMC 기술은 WAVE 규격을 준용하여 차량 간 통신과 차량과 인프라 통신을 지원하는 핵심기술 확보를 목표로 하고 있다. 주로 핵심기술은 고속이동환경에서의 OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) 모뎀기술과 낮은 지연(latency)와 많은 사용자 환경을 지원하는 CSMA(Carrier

sense multiple access)/TDMA(Time Division Multiple Access) Hybrid 매체접근제어(MAC : Medium Access Control) 기술, 차량 간 멀티홉을 지원하는 멀티홉 라우팅 기술, 차량 단말 플랫폼기술, 차량안전 서비스와 컨버전스 서비스 기술을 포함하고 있다[1-2].

### 2.2 WCDMA/HSDPA/WiBro

전 세계적으로 3G 이동통신망의 보급이 활발해짐에 따라, UMTS 및 HSDPA 이동통신망을 이용한 차량통신의 연구가 이루어져 왔다[5-7]. 또한 국내에는 2006년 6월 세계 최초로 휴대인터넷 Wibro가 등장하였으나 수도권 및 지방의 일부 지역으로 제한된 서비스 영역으로 인해 부진을 겪고 있다. 국내의 경우, HSDPA는 SKT의 ‘T-Login’, KTF의 ‘iPlug’라는 이름으로 서비스 중이다. T-Login이나 iPlug는 전용모뎀을 이용하여 휴대폰을 사용 사용할 수 있는 장소에서 광대역무선인터넷에 접속한다. HSDPA는 WiBro에 비해 비교적 데이터 전송율이 낮고 이용료도 높지만 전국을 서비스할 수 있는 인프라를 사용하므로 V2I2V 서비스를 위해 사용하는 것은 충분히 고려할 만하다.

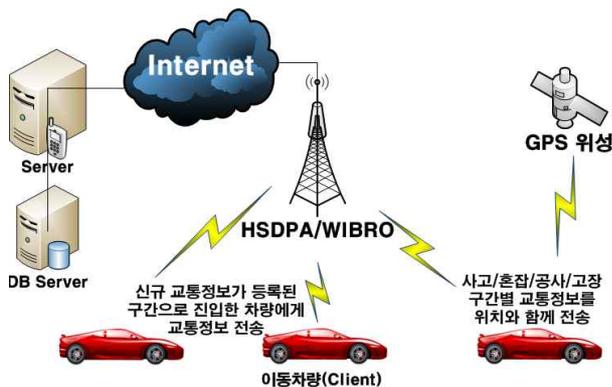
### 2.3 위성 맵 서비스

구글(Google) 지도는 일반지도와 위성사진으로 지도를 서비스하고 있다. 위성사진의 해상도가 낮아 특정지역을 자세히 볼 때 사진만으로 정확히 판별이 되지 않을 수 있다. 다음(Daum) 지도는 구글 지도보다 해상도가 높은 위성사진을 제공하고 출발지와 목적지를 입력하면 예상 소요시간을 계산해주는 교통안내기능을 제공한다. 네이버(Naver) 지도는 지도검색, 빠른 길 찾기, 지하철 노선, 포스트맵을 제공하고, 파란(Paran) 지도는 지도 검색, 교통 검색, 등산 지도, 부동산 지도, 항공 사진을 제공하며, 야후(Yahoo) 지도는 일반 지도와 하이브리드 방식의 지도를 제공한다. 이러한 특징을 고려해 볼 때, 국내에서의 V2I2V 서비스 제공을 위해서는 국산 포털에서 제공하는 지도 서비스가 정보의 정밀도나 해상도 측면에서 더욱 적합하다.

### 3. 설계 및 구현

#### 3.1 V2I2V 통신기반의 응용소프트웨어 구조

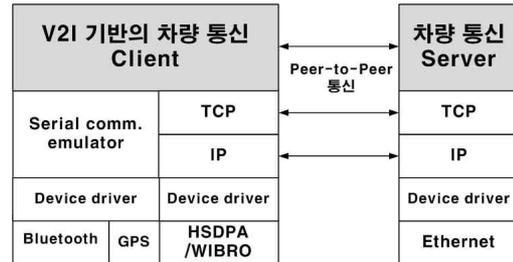
본 논문에서 구현한 V2I2V 기반의 차량 간 통신 시스템의 구성도는 <그림 1>에 나타내었다. 광대역무선 통신망을 통해 이동차량 내 클라이언트는 주기적으로 자신의 좌표를 위치관리서버에 알린다. 이동차량 내 클라이언트는 GPS 수신기를 통해 차량의 현재 위치를 파악하고 주요 GPS 정보들을 인터넷 포털이 제공하는 오픈 API를 이용하여 위성 지도에 바로 표시한다. 포털의 지도를 서비스받기 위하여 휴대인터넷망을 계속 개방해 둔 상태에서 운영을 하기 때문에 V2I2V를 제공하기 위한 별도의 차량간 통신망은 필요치 않다. 각 이동차량은 새로운 교통 정보를 제공받기 위해 근처의 다른 차량과 Ad-Hoc 통신을 설정하는 것이 아니라, 위치관리서버를 통하여 주기적/비주기적으로 등록된 구간별 정보를 전송받는다. 이동차량은 운행 중 인지되는 사고구간, 혼잡구간, 공사구간, 고장차량구간을 클라이언트 단말기를 통해 등록하면 이러한 정보들을 위치관리서버에 전달 및 표시하고, 이러한 새로운 긴급 교통 정보는 위치관리서버를 통하여 해당 구간을 통과하는 차량들에게 실시간으로 제공한다. 위치관리서버에서도 상기의 구간들을 등록하여 모든 이동차량들의 행선지 궤적 및 다양한 교통 정보를 분석한다[3].



<그림 1> 광대역무선통신망 기반의 V2I2V 차량통신시스템

<그림 2>는 클라이언트와 위치관리서버의 프로토콜 구성도이다. 클라이언트는 USB 또는 Bluetooth 인

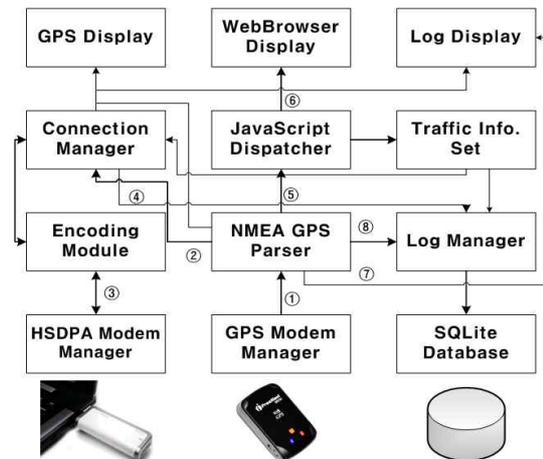
터페이스를 통해 GPS 수신기와 연결하고, HSDPA 모뎀을 이용하여 HSDPA 망을 경유하여 인터넷에 연결된 위치관리서버와 TCP/IP 통신을 한다.



<그림 2> 차량통신시스템의 프로토콜 스택

#### 3.2 주요 기능 모듈

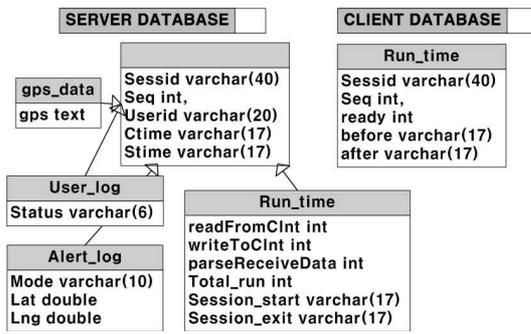
<그림 3>은 클라이언트의 주요 기능 모듈들의 구성 및 데이터 흐름도를 나타낸다.



<그림 3> 클라이언트 소프트웨어 모듈

클라이언트의 응용 소프트웨어가 구동되면 먼저 GPS로 수신한 정보로부터 이동차량의 위치를 파악한 후, 위치관리 서버에 접속하여 이동차량의 위치 등 관련 정보를 전송한다. 클라이언트는 광역무선통신망의 데이터 전송 효율을 높이기 위하여 데이터를 압축하여 전송한다. 또한 메시지를 암호화하여 전송함으로써 개인의 위치가 노출되어 사생활이 침해되는 것을 방지한다. 차량의 위치를 전송받은 위치관리서버는 Session ID, Sequence No. 현재위치, 이동속도, 이동 방향을 데이터베이스에 기록하고 위치관리서버의 화





<그림 5> 데이터베이스 구조

<표 2> 기본정보 테이블

Field	Type	Comment
sessid	varchar(40)	세션아이디
seq.no	int	일련번호
userid	varchar(20)	사용자 아이디
ctime	varchar(17)	클라이언트의 세션시작 시각
stime	varchar(17)	서버의 세션시작 시각

<표 3> runtime 테이블

Field	Type	Comment
sessid	varchar(40)	세션 아이디
seq.no.	int	일련번호
gps_data	text	GPS에서 수신한 데이터

### 3.5 차량통신 응용 프로토콜

차량 간 통신을 지원하기 위하여 클라이언트와 위치관리서버 응용 프로세스간 주고받는 응용프로토콜의 메시지 형식은 <그림 6>에 나타내었다. COMMAND는 클라이언트에서 위치관리서버로 수행할 명령을 전송한다. SEQUENCE는 동일 세션에서 전송되는 클라이언트와 위치관리서버와 주고받는 메시지의 일련번호를 나타내고, sessid는 접속시간과 사용자 아이디를 합해서 세션아이디로 사용한다. 로그데이터베이스에서 각 튜플(tuple)은 sessid와 seq.no를 함께 이용하여 서로 구분한다. userid는 사용자의 아이디를 저장하여 사용자를 구분하고, ctime은 클라이언트에서 서버로 메시지를 전송하기 직전의 시각을 의미한다. 메시지 형식의 마지막 부분인 DATA는 명령에 따라 다르게 사용한다. COMMAND가 GPSLOG일 경우 DATA에는 GPS에서 수신한 NMEA 프로토콜 데이터를 전송하고, ALERT일 경우는 안전 운행(traffic safety) 정

보 전달을 위한 교통정보의 종류와 함께 위도와 경도로 구성된 현재 이동차량의 위치 좌표를 전송한다.

프로토콜 구조					
COMMAND	SEQUENCE	SESS ID	USER ID	CTIME	DATA
COMMAND	LOGIN	서버에 접속 및 세션아이디 등록			
	LOGOUT	로그아웃			
	GPSLOG	GPS정보 전송			
	ALERT	교통정보 전송			
SEQUENCE	메시지 일련번호				
SESS ID	세션아이디(접속시간+사용자아이디로 구성)				
USER ID	사용자 아이디				
CTIME	메시지를 전송하는 순간의 클라이언트 시간				
DATA	부가정보 - 명령에 따라 다름				
	GPSLOG	GPS데이터(GGA, GSA, GSV, RMC 및 VTG)			
	ALERT	ACCIDENT LAT LNG 교통사고 발생지점			
		CONSTRUCT LAT LNG 공사구간			
		CONGESTION LAT LNG 혼잡정체구간			
		OUTOFORDER LAT LNG 고장차량정체구간			

<그림 6> 응용프로토콜의 메시지 포맷

## 4. 성능 측정 및 분석

### 4.1 실험 환경

본 실험에서는 이동차량(클라이언트) 3대가 동시에 운행할 때, 1대의 위치관리서버를 경유하여 또 다른 이동차량과의 통신실험을 할 수 있도록 테스트베드를 구축하였다. 차량운행을 통한 실험의 결과를 분석해 볼 때, 3대의 이동차량 각각과 위치관리서버와의 통신 성능인자(RTT, latency, server processing time)들의 측정 실험치는 큰 차이를 보이지 않아서, 임의의 1대의 이동차량과의 실험 측정치를 대표로 제시하였다. <표 4>는 본 논문에서 사용한 위치관리서버, 클라이언트 및 주변장치 하드웨어의 사양을 보여준다.

<표 4> 차량통신시스템의 주요 사양

항 목	주요 사양	비고
Desktop PC	OS : Windows XP professional CPU : Intel Core2duo 2.66GHz Memory : RAM 1GByte	위치관리서버
UMPC(Fujitsu U1010)	OS : Windows XP Home CPU : Intel A110 800MHz Memory : RAM 1GByte Bluetooth 2.0+EDR, 802.11g	이동차량(client)
광대역무선통신망모뎀: CBU-450D : (WCDMA/HSDPA /WiBro 겸용)	USB1.1 WCDMA/HSDPA/WiBro 지원	이동차량(client)

GPS731	MT3329칩셋-66channel NMEA0183 v3.0지원 Bluetooth v2.0 SPP, USB	이동 차량 (client)
Infrastructure 종류	HSDPA, WCDMA, WiBro (총 3가지)	

이동차량 내에 탑재된 UMPC는 본 실험을 위하여 클라이언트 소프트웨어를 구현하여 탑재가 되어있으며, 이동차량 내에 활용할 수 있는 클라이언트 장치로써 다양한 휴대용 이동 기기(예를 들어, 스마트폰, 네비게이션 장치 및 NetBook 등)를 대신하여 탑재하였다. UMPC보다 고사양의 노트북을 사용한 경우에도, 차량 간 통신을 위한 성능인자들의 측정치는 큰 차이를 보이지 않고 있으므로, 클라이언트 장치의 사양별 종류는 본 실험에서 영향을 주는 요소는 아닌 것으로 판단한다. <그림 7>은 본 논문에서 구현한 V2I2V 통신 시스템의 실행화면 및 차량 설치 모습 및 테스트 과정을 보여주고 있다.



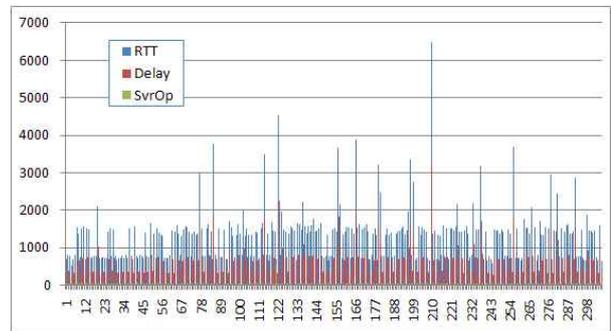
<그림 7> 이동차량 내 클라이언트의 장착 장면

#### 4.2 실험적 성능측정 및 분석

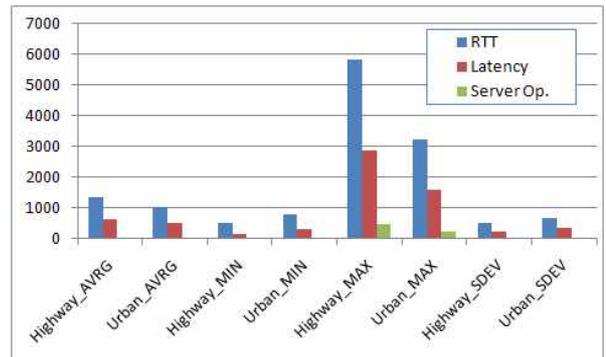
본 V2I2V 기반의 차량간 통신 시스템의 실험적 성능 측정을 위하여 대구광역시 인근의 고속도로와 대구 도심지에서 운행 테스트를 실시하였다. 본 논문에서는 이동차량의 속도에 따라서 클라이언트와 위치관리서버 사이의 종단간 전달지연시간, RTT 및 서버의 주요 연산의 수행 시간을 측정하였다. 위치관리서버의 처리시간은 클라이언트로부터 전달된 GPS 정보를 데이터베이스에 기록하는 데 대부분 소요됨을 알 수 있으며, 이동차량의 속도와 무관한 서버의 동작이므로 일정한 수준을 유지한다. 대체로 저속 운행의 도심지

보다는 고속 운행의 외곽지에서 이동차량과 위치관리서버 사이의 정보전달에 따른 RTT 및 지연이 약간 증가하는 경향을 가짐을 확인하였다.

<그림 8>, <그림 9> 및 <그림 10>은 각각 차량 이동속도에 따른 HSDPA망, WCDMA망 및 WiBro망에서의 이동차량과 위치관리서버간 RTT 및 지연을 측정된 결과이다. 일반적으로 WiBro망이 데이터 전송속도가 WCDMA/ HSDPA망보다 우수하므로, 전반적으로 WiBro 망의 측정치가 비교적 WCDMA/HSDPA 망에서의 측정치보다 우수하다. WiBro망 및 WCDMA/ HSDPA 망에서의 RTT 및 지연은 이동차량의 속도가 증가함에 따라서 약간씩 증가한다. 또한 위치관리서버의 처리 시간은 이동차량 1대당 평균 40ms로써 거의 일정한 수준이다.

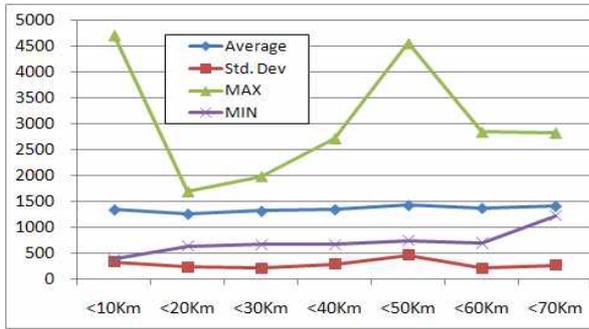


(a) HSDPA 망 도로주행 성능측정 데이터 (x축 단위: 메시지 번호, y축 단위 : ms)

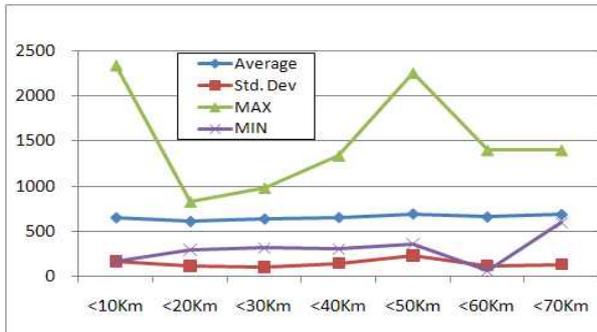


(b) 고속도로 Vs. 도심지의 도로주행 시 성능측정 (평균, MIN, MAX, Std. Dev.)

<그림 8> HSDPA망의 도로주행 성능평가

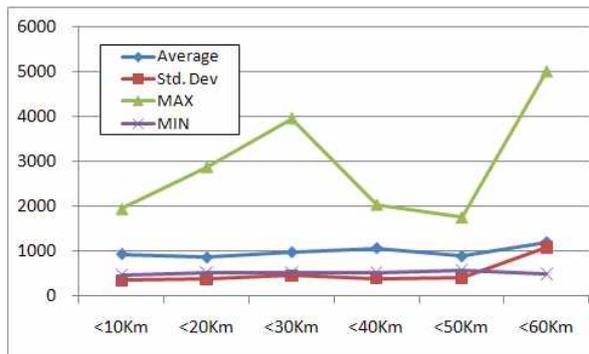


(a) 도심지 주행 시 RTT(단위 : Km, ms)

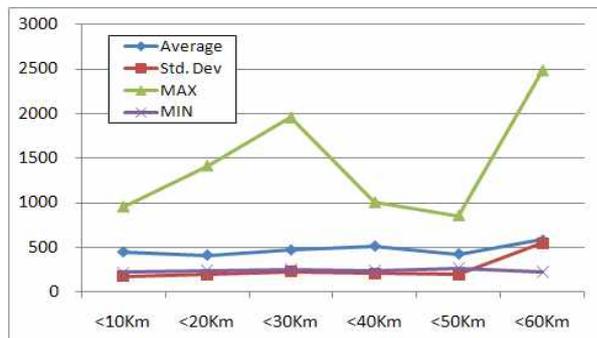


(b) 도심지 주행 시 Latency(단위 : Km, ms)

<그림 9> WCDMA망의 도로주행 성능평가



(a) 도심지 주행 시 RTT(단위 : Km, ms)



(b) 도심지 주행 시 Latency(단위 : Km, ms)

<그림 10> WiBro망의 도로주행 성능평가

## 5. 결론

본 논문에서는 이동차량의 속도에 따라서 클라이언트와 위치관리서버 사이의 RTT, 종단간 전달지연시간 및 위치관리서버의 주요 연산의 수행 시간을 측정하였다. 실험 결과, 위치관리서버는 클라이언트로부터 전달된 GPS 정보를 데이터베이스에 기록하는 데 대부분 소요됨을 확인할 수 있다. 또한, WCDMA 및 HSDPA 망 기반의 도심지 및 고속도로의 실험 측정치가 WiBro 망 기반의 도심지에서의 운행할 경우의 RTT 및 종단간 전달지연시간보다 더욱 높음을 확인하였다. 또한, 이동차량과 위치관리서버 사이의 RTT 및 종단간 전달지연은 이동차량의 주행 환경이 고속도로와 같은 외곽지역에서 보다 도심지에서 더욱 높으며, 동일한 도심지에서도 이동차량의 속도가 증가함에 따라서 더욱 커짐을 확인할 수 있다.

이러한 측정 결과를 바탕으로, 이동차량의 운행 시 급작스런 정지나 사고로 인한 후미 차량들의 사고 회피를 위한 안전 운행 정보의 실시간 전달 서비스와 같은 응용 서비스의 적용 가능성을 판단할 수 있는 기초자료로 활용할 수 있을 것이다.

## 참고 문헌

- [1] 오현서, 박종현, "차량 통신 네트워크 기술 동향", 전자통신연구원(ETRI) 전자통신동향분석, 제23권 제 5호, 2008년 10월
- [2] José Santa, Antonio F. Gómez-Skarmeta, Marc Sánchez-Artigas "Architecture and evaluation of a unified V2V and V2I communication system based on cellular networks," Computer Communications, Vol. 31, No. 12, July 30. 2008
- [3] 변태영, 김동주, "HSDPA/WCDMA를 지원하는 이동 라우터 기반의 차량 통신 시스템의 구현 및 성능평가", 대한임베디드공학회 추계학술대회, 2009년 11월 20일
- [4] Moez Jerbi, Sidi M. Senouci, Mahmoud Al Haj, "Extensive experimental characterization of communications in vehicular ad hoc networks within different environments," 2007 Vehicular

Technology Conference(VTC2007), Dublin, 2007

[5] Aun Haider, Richard Harris, Harsha Sirisena, "Simulation-based performance analysis of HSDPA for UMTS networks," Australian Telecommunication Networks and Application Conference, Melbourne, 2006

[6] UMTS Forum, "3G/UMTS Evolution: Towards a New Generation of Broadband Mobile Services," White Paper, 2006

[7] Jesse Landman, Pieter Kritzing, "Delay analysis of downlink IP traffic on UMTS mobile networks," Performance Evaluation, 2005

[8] Index of Dale DePriest's Navigation and GPS Articles, <http://www.gpsinformation.org/dale>



김 동 주 (Kim Dong-Joo)

- 학생회원
- 경북대학교 물리학과 이학사
- 대구가톨릭대학교 컴퓨터정보통신공학과 석사과정
- 전) 삼성전자(주) 무선사업부 사원
- 현) (주)넥시아이 대표이사
- 관심분야 : 차량통신기술, 이동통신망, 웹 솔루션 등

논문접수일 : 2010년 06월 08일  
 1차수정완료일 : 2010년 06월 19일  
 2차수정완료일 : 2010년 06월 21일  
 게재확정일 : 2010년 06월 21일



변 태 영 (Byun Tae-Young)

- 정회원
- 경북대학교 컴퓨터공학과 공학사
- 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학석사
- 경북대학교 대학원 컴퓨터공학과 공학박사
- 현) 대구가톨릭대학교 공과대학 컴퓨터정보통신공학부 부교수
- 전) 경주대학교 컴퓨터전자공학부 조교수
- 전) (주)세빛정보 대표이사
- 전) (주)SKC 정보시스템부 사원
- 관심분야 : 광역무선통신망, 차량통신기술, 네트워크 가상화, 이동통신망 등

---

본 논문은 2010년 한국산업정보학회 춘계 학술대회에서 최우수논문상을 수상하였으며, 한국산업정보학회논문지 편집위원회의 심사과정을 거쳐 본 호에 게재됨.