

모의실험을 이용한 WAVE기반 고속도로 차량정보 전송간격 결정 모델 연구

A Determination Model of the Data Transmission-Interval for Collecting Vehicular Information at WAVE-technology driven Highway by Simulation Method

장 정 아*
(Jeong-Ah Jang)

조 한 벽**
(Han-Byeog Cho)

김 현 숙***
(Hyon-Suk Kim)

요 약

본 연구는 스마트하이웨이 같은 첨단 도로 인프라가 구축이 되어 WAVE(Wireless Access for Vehicular Environments) 기술을 이용하여 차량의 정보를 수집하는 서비스를 시행할 경우, 차량데이터를 수집하는 전송간격의 결정 문제를 다루고 있다. 여기서 차량데이터는 위치정보 이외에 속도, RPM, 연료소모량 및 DTC 코드와 같은 차량안전데이터를 포함하는 OBD II와 연계된 차량수집장치로부터 매초별로 수집될 수 있는 데이터이다. 이러한 차량데이터는 기존의 교통소통정보로 가공 및 제공이 가능할 뿐만 아니라 다각화된 서비스가 가능한 콘텐츠로 활용이 될 수 있다. 본 연구에서는 이러한 실시간 차량데이터를 일상적인 상황에서 수집될 경우 교통조건에 따라 전송간격(교통정보 수집주기)을 변경하는 방법으로 공간적, 시간적 교통상황을 고려하는 모델을 제안한다. 연구에서는 이러한 전송간격 결정모델에 대하여 교통상황표사가 가능한 VISSIM이라는 미시적 교통시뮬레이터를 기반으로 시나리오를 약 32가지 설정하여 전송간격, 통신전송량, 통신간격, 통신수 및 BPS 등에 대하여 확인하여 보았다. 그 결과 2차로의 1km 고속도로 구간에서는 차량데이터를 2회 정도 수집할 경우에 통신전송량의 특성상 가장 적절할 것으로 확인되었다. 향후 다양한 도로상의 무선 통신 기술이 도입될 경우 교통 및 통신기술 특성을 동시적으로 고려한 전송간격 모델을 제시한 본 연구는 그 활용가치가 높을 것으로 판단되는 바이다.

Abstract

This paper deals with the transmission interval of vehicle data in smart highway where WAVE (Wireless Access for Vehicular Environments) systems have been installed for advanced road infrastructure. The vehicle data could be collected at every second, which is containing location information of the vehicle as well the vehicle speed, RPM, fuel consuming and safety data. The safety data such as DTC code, can be collected through OBD-II. These vehicle data can be used for valuable contents for processing and providing traffic information. In this paper, we propose a model to decide the collection interval of vehicle information in real time environment. This model can change the transmission interval along with special and time-variant traffic condition based on the 32 scenarios using microscopic traffic simulator, VISSIM. We have reviewed the transmission interval, communication transmission quantity and communication interval, tried to confirm about communication possibility and BPS, etc for each scenario. As results, in 2-lane from 1km highway segment, most appropriate transmission interval is 2 times over spatial basic segment considering to communication specification. In the future, if a variety of wireless technologies on the road is introduced, this paper considering not only traffic condition but also wireless network specification will be utilized the high value.

Key words: Transmission time, vehicular information, WAVE, wireless communication, highway

† 본 연구는 국토해양부 건설기술혁신사업 스마트 하이웨이 사업의 연구비지원(07기술혁신A01)에 의해 수행되었습니다.

* 주저자 : 한국전자통신연구원 자동차/조선 IT융합연구부 연구원

** 공저자 : 한국전자통신연구원 자동차/조선 IT융합연구부 책임연구원

*** 공저자 및 교신저자 : 한국전자통신연구원 자동차/조선 IT융합연구부 책임연구원

† 논문접수일 : 2010년 5월 18일

† 논문심사일 : 2010년 8월 12일

† 게재확정일 : 2010년 8월 16일

I. 서 론

1. 연구의 배경 및 목적

최근 도로교통부문에 대한 다양한 무선통신 기술들의 적용과 개발이 활발히 진행되고 있다. CDMA(Code Division Multiple Access), 2G, 3G와 같은 이동통신 기술 외에 DSRC(Dedicated Short Range Communication)는 ETC(Electronic Toll Collection) 서비스의 핵심 기술로 사용되고 있고 UTIS(Urban Traffic Information System), WAVE(Wireless Access for Vehicular Environments, 이하 WAVE)와 같은 새로운 통신 기술들이 개발 및 적용되고 있다. 이중 WAVE는 V2I(Vehicle to Infrastructure, 차량 인프라간 통신, 이하 V2I), V2V(Vehicle to Vehicle, 차량간 통신, 이하 V2V)가 가능한 무선통신기술로서 2008년부터 본격적으로 시작된 스마트하이웨이 사업의 핵심적인 무선통신 기술로서 부각되고 있다. 스마트하이웨이는 첨단 IT(Information Technology, 이하 IT)정보 기술, 자동차 및 도로기술이 상호 융/복합되어 실시간 쌍방향 정보통신과 무정차 톨게이트가 구현되며 전천후, 주야간 안전지원 기술로 최적의 교통류가 확보되는 지능형 고속도로를 말한다. 특히 스마트하이웨이에서는 언제 어디서나 실시간 교통 및 도로 정보를 제공할 수 있고, 강우/강설/안개 등의 기상변화에서도 안전하고 쾌적한 주행환경이 제공된다. 이러한 도로환경을 위해 (1) 전천후, 주야간에도 결막/수막/안개/낙하물과 같은 도로정보 검지 기술 (2) 운행하는 자동차의 주행정보 검지 기술 (3) 적절한 서비스 기술 (4) 운전자와 자동차에게 안전주행정보 제공 및 제어 기술 등의 개발이 진행되고 있다[1].

스마트하이웨이와 같은 고속의 연속류 도로에서 WAVE기술은 일반적으로 V2V기반의 능동형 차량안전서비스에 강점을 두고 있다. 능동형 차량안전서비스는 대부분 긴급 상황을 가정하기 때문에 안전메시지의 전달과 관련하여 고속이동성, 통신채널, 전송기술의 특징에 따라 패킷 손실을 최소화하기 위한 기법들이 중요하다[2]. 이에 비해 본 연구에서는 이러한 안전서비스보다는 통상적인 차량정보 수집서비스

에서 WAVE 기술이 활용될 경우를 염두하고 있다. 즉 WAVE 통신 인프라가 구축된 상황에서 차량정보의 수집이 실시간으로 이루어질 경우, 도로교통환경에 따른 전송간격(차량정보 수집주기)의 문제를 살펴본다.

본 연구에서는 통신시간간격의 결정을 위하여 고정적 전송간격으로 차량정보수집서비스를 시행하는 통상적인 방법 이외에, 공간적, 시간적 교통변동성을 고려한 전송간격 모델을 개발하였다. 그리고 제안된 모델을 미시적 교통시뮬레이션의 차량정보 데이터를 기반으로 적용함으로써 통신량 및 통신상황을 비교하여 보았다. 이를 통해 제안된 모델의 적용 가능성을 살펴보았다.

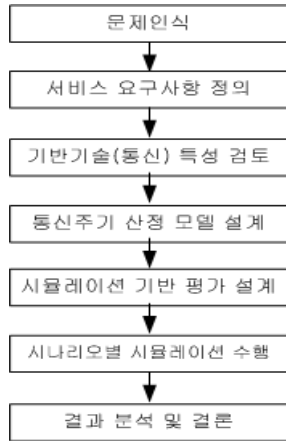
본 연구는 WAVE 인프라가 고속도로에 구축될 경우 요구되는 서비스의 특성에 따른 전송간격의 결정시에 참조될 수 있는 연구로서 가치가 있다. 즉 교통과 통신 기술의 융합에 따른 현실적 접목성과 기술 융합을 위한 중요한 연구로 사료된다.

2. 연구의 방법론

도로상의 차량데이터의 실시간 수집주기인 전송간격에 대한 문제에서 가장 중요한 것은 서비스 요구사항이다. 통상적으로 매 초별 혹은 그 이하(msec 단위)의 실시간을 요하는 경우, 즉 예를 들어 능동형 안전서비스 및 유고검지서비스와 같은 경우는 기술적 제약사항을 감수하고서도 서비스 요구사항에 적합한 데이터의 수집이 요구된다. 이에 비해 본 연구에서와 같은 통상적인 차량정보수집서비스의 경우는 차량정보 수집을 위한 전송간격 설정이 보다 유연하다.

일반적으로 서비스 요구사항을 확인한 후에 검토되어야 하는 것은 통신특성에 대한 문제이다. 본 연구에서는 WAVE 통신 기술에 국한하였기 때문에 WAVE 통신 기술의 한계성과 확장성을 고려한 개발 가능성을 확인해야 한다. 본 연구에서는 현재 기술 수준에 따른 통신 특성을 검토하였다.

이러한 서비스요구사항과 통신기술 특성의 파악 이후에 본 연구의 목적이 되는 최적의 전송간격 산정모델을 설계하였다. 본 연구에서 제안한 전송간격



<그림 1> 연구방법론
<Fig. 1> Methodology

산정모델은 공간과 시간에 따른 교통상황의 변동성을 고려한 전송간격 모델이다.

이후 모델의 평가를 위해 다양한 도로 교통환경을 묘사할 수 있는 미시적 교통시뮬레이터의 구현을 통하여 전송간격 산정 모델을 적용하였다. 시뮬레이션 기반 평가는 실제적으로 도로환경에 이를 구축하기 전에 다양한 상황을 확인할 수 있는 적절한 방법론의 한 가지이다. 본 연구에서 활용한 미시적 교통시뮬레이터는 VISSIM을 사용하여 교통상황(원활-지체), 사고상황(사고발생-미발생) 그리고 전송간격 시나리오 8가지를 적용하여 그 결과를 평가하였다. 이러한 일련의 연구의 방법론은 <그림 1>과 같다.

II. 관련 연구 고찰

본 장에서는 국내의 연구 현황을 개략적으로 살펴본다. 먼저 본 연구의 서비스가 되는 차량정보기술을 살펴보고, 전송간격의 문제와 유사한 프로브차량의 수 이론 연구를 확인하였다.

1. 실시간 차량정보 모니터링 기술

차량정보(Vehicle Information)는 차량에서 수집 가능한 운행정보, 진단정보 및 상태정보와 관련된 정보로 정의할 수 있다. 운행정보는 차량의 위치, 속도,

가감속도 등의 정보이고, 진단정보는 DTC(Diagnostic Trouble Code, 이하 DTC)로부터 추출/해석된 차량 고장 및 진단과 관련된 정보, 상태정보는 배터리전압, 냉각수온도 등 차량의 상태와 관련된 정보가 될 수 있다. 실시간 차량정보 모니터링 기술은 차량에서 수집한 데이터를 운전자에게 실시간으로 활용할 수 있는 의미 있는 정보로 가공하거나, 혹은 V2I 및 V2V 등의 무선통신을 통해 센터, 국지서버 혹은 다른 차량에게 제공하기 위해 의미 있는 정보로 가공하는 기술을 의미한다. 실시간 차량정보를 수집하기 위해서는 자동차 내부의 ECU(Electronic Control Unit, 이하 ECU) 및 센서들의 데이터 수집이 요구된다. 가장 손쉽게 차량정보를 수집하는 방법으로 OBD (On-Board Diagnostics, 이하 OBD) 시스템을 이용하는 방법이 있다. OBD는 차량 내부에 장착 되어진 자기 진단 기능으로 작동 중에 엔진과 이에 영향을 미칠 수 있는 변속기의 상태를 스스로 진단하여 운전자에게 알려주는 시스템으로, 미국의 캘리포니아 대기보전국에서 제안되어 미국 자동차공학회에서 관련 표준들이 만들어졌다. 이러한 OBD-II의 장착 의무화가 국내외적으로 추진되면서 차량 내부의 정보를 외부 단말기로 연결할 때 가장 쉽게 차량 정보를 접근할 수 있는 수단으로 OBD 포트가 활용되고 있다. OBD 포트와 차량 단말기 간에는 직렬 통신 케이블로 연결하는 유선방식과 블루투스를 활용한 무선방식이 가능하며, 이러한 인터페이스를 통해 DTC(차량장애 코드 1000여개), 차량속도, 엔진회전수(RPM값), ABS 작동여부, BRAKE_ACT(브레이크 온/오프 표시) 등과 같은 정보들을 쉽게 추출할 수 있다.

2. 교통정보와 프로브 차량의 수 이론

AVL(Automated Vehicle Location), AVI(Automatic Vehicle Identification) 및 GPS(Global Positioning System) 프로브 차량과 같이 도로구간을 운행하는 차량들을 기반으로 교통데이터를 수집하고 이를 기반으로 교통정보를 생성하는 연구들은 그동안 활발히 진행되어 왔다. 일반적인 구간검지기반 교통정보의 수집과 가공과 관련된 핵심적인 문제는 프로브 차량의 수와 교통정보

의 신뢰도 문제이다. 이에 교통정보 서비스의 경우 서비스 요구사항으로 최소 프로브 대수 개념이 중요하게 다루어졌고, 이에 따라 통신비용, 프로브차량의 대수에 따른 수집원의 비용 등이 가변적으로 변하게 되고 이러한 문제는 결국 교통정보수집시스템의 설계에 중요한 영향을 미치었다.

기존 사례를 잠시 살펴보면, Shrinivasan 과 Jovanis (1996)는 필요한 프로브차량대수와 특정 네트워크상의 적절한 총 프로브차량 대수를 고려하여 중심극한정리를 이용한 통계적 산출 식에 의하여 미리 결정된 허용오차와 신뢰수준을 만족하는 구간당 최소 프로브 차량 대수를 구하였다[3]. 또한 미시적 교통시뮬레이션 기반으로 최소 프로브 대수를 산출하는 연구도 진행된 바 있다. M.Chen 과 S. Chien(2000)은 미시적 시뮬레이션인 CORSIM 자료를 이용한 고속도로의 통행시간 추정을 위한 프로브 차량대수를 결정하였다[4]. 또한 이정희(2001)의 연구에서는 단속류도시간선도료를 대상으로 실제 현장실험에 의한 통행시간 데이터의 수집하여 한산과 혼잡에 대한 구간 통과 차량들의 속도 편차와 교통량, 구간길이 등의 요인에 대한 관계를 먼저 규명하였다. 이후 계산된 최소 표본수 만큼을 랜덤 추출한 통행속도의 평균과 모평균을 비교하여 최소 표본수 결정방법에 대한 신뢰성을 분석하였다[5].

기존 연구에서는 궁극적으로 교통정보의 신뢰도를 위한 허용오차, 통계적 속도(통행시간)의 변동값 등을 고려한 시뮬레이션 방법이나 통계적 방법론을 취하였다 [6,7].

3. 문제 제기

본 연구는 이러한 교통정보 가공을 위한 프로브차량의 수 이론과는 다른 측면이 존재한다. 기존의 구간검지 기반 교통정보데이터는 차량의 “차량 ID, 단위구간별 속도/통행시간, 단위구간ID 등”으로 구성된 것이 일반적이다.

그러나 본 연구의 차량정보는 차량정보 모니터링 기술에 근거하여 차량 ECU로부터 수집된 매초별 다양한 정보를 포함한다. 이에 따라 기존의 교통정보

서비스에서 수집되지 않았던 DTC 코드, 냉각수 이상, 연료소모량 정보, RPM 등의 차량내부의 정보의 수집이 가능하다. 이러한 데이터의 다양화는 서비스의 다각화로 이어지는 중요한 재원이 된다. 즉 DTC 코드 등을 기반으로 한 차량주행 이상판단서비스, 연료소모량 기반의 녹색주행정보판단서비스 등 다양한 콘텐츠의 확보가 가능한 것이다. 이에 따라 매초의 원시(raw data)를 그대로 센터나 서버로 전송하게 되면 도로운영자는 그 데이터를 이용하여 정보화 함으로 다수개의 서비스를 도출이 가능하다.

그러므로 긴급상황서비스 외에도 통상적인 차량정보수집서비스는 가치있는 서비스로 각광을 받을 수 있을 것으로 판단된다. 그러면 여기서 매 초별 차량 데이터를 수집하면 어떠한 문제가 야기되는가! 스마트하이웨이와 같은 도로에 거의 100% 모든 차량데이터를 수집할 경우에는 통신부하 및 통신 효율성 등의 문제가 반드시 야기될 것이다. 이러한 문제는 메시지 폭풍이라는 의미로 언급된바 있다[8]. 본 연구는 이러한 점을 착안하여 교통상황/사고상황에 따른 차량데이터의 수집주기의 문제를 살펴보고자 한다.

III. 차량정보 수집과 전송간격 산정모델

본 장에서는 차량정보수집 서비스의 형태와 서비스 요구사항을 확인하고 서비스를 수행하게 되는 WAVE 통신기술 특성을 살펴본다. 그 후 전송간격 산정모델을 제안한다.

1. 차량정보수집 서비스

본 연구에서 주안점을 두는 것은 스마트하이웨이와 같은 무선통신 인프라가 충분히 구축된 도로에서 운전자가 운행할 때 차량의 ECU로부터 수집되는 차량정보를 수집하는 것을 주된 서비스로 한다. 실제적으로 수집되는 정보의 종류 및 패킷은 서비스에 따라 다르게 설계될 수 있으나, 본 연구에서는 차량 정보인 ECU 데이터를 기반으로 V2I서비스로 제공될 수 있는 최소항목으로 차량정보수집 데이터 종류 및 패킷 설계 내용은 <표 1>과 <표 2>와 같은 헤더구조

<표 1> 헤더 구조
<Table 1> Header file

항목명	형식	설명	길이
DataSize 1	BYTE	Header Length를 제외한 UserData의 Length	1
DataSize 2	BYTE		1
DataSize 3	BYTE		1
DataSize 4	BYTE		1
ServiceType	BYTE	서비스 유형	1
MID	BYTE	메시지 구분자	1
VER	BYTE	메시지 버전	1

<표 2> 수집되는 차량데이터 항목 (단위: bytes)
<Table 2> Data file about vehicular data (unit: bytes)

항번	항목명(parameter)	설명	길이		
1	차량 id(CARID)	차량유형 (2자리)과 차량번호(12자리) ¹⁾	14		
2	전송전송간격(CYCLE)	주기적으로 단말에서 서버로 전송하는 전송간격	1		
3	전체 개수(CNT)	초단위로 수집된 raw data의 개수	2		
4	개수만큼 반복	수집시각(RAW_TIME)	YYYYMMDDHHMMSSSS (msec)	8	
5		위도정보 (LATITUDE)	GPS의 경우 NMEA포맷 준용	4	
6		경도정보 (LONGITUDE)		4	
7		속도(SPEED)	순간속도(km/h)	2	
8		RPM(RPM)	RPM(ppm)	2	
9		연료소모량 (FUEL_CONSUMTION)	연료소모량 (운행누적치, 리터)	4	
10		이산화탄소(CO2)	이산화탄소량 (운행누적치, kg)	4	
11		배터리전압 (BATTAEY)	배터리 전압(volt)	2	
12		냉각수온도 (COOL_TEMPERATURE)	냉각수온도(℃)	2	
13		DTC개수 (DTCNT)	DTC 개수	1	
14		DTC 개수만큼 반복	DTC (DTC_CODE)	DTC 코드정보 (Ex. P0001 ~P0999)	5
15		발생시각 (DCTIME)	DTC 발생시각	6	
16		기타(ETC)		1	

와 데이터 구조를 가지도록 설계하였다.

따라서, 차량이 실시간으로 매초별로 차량 ECU 정보를 국지서버로 송신할 경우에는 header 7 bytes 와 data 62 bytes를 송신하게 된다. 그러나 차량정보 수집을 위한 전송간격이 x 초로 변경하게 된다면, 다음과 같은 전송간격 x 초에서 송신하는 데이터의 양 (y)을 송신한다.

$$y = 25 + 44 x \quad (1)$$

예를 들어 5초별로 차량정보를 송신한다면 한번에 송신하게 되는 데이터의 양(y)은 245 bytes를 고려하여야 한다. 단 여기서 DTC코드가 발생할 경우는 전송간격과 상관없이 실시간으로 매초 주기로 차량 데이터를 송신하는 것이 바람직하기 때문에 이는 고려대상에서 제외한다. 즉 통상적인 차량이상정보가 아닌 차량 ECU raw data의 수집시를 고려한다.

2. WAVE 기술의 특성 검토

WAVE는 차량에 연속적인 서비스를 제공하기 위한 무선 통신 시스템을 목표로 북미에서 진행 중인 표준 방식이며, 기존의 무선랜 표준인 802.11에서 차량 통신환경을 고려한 MAC/PHY 표준인 802.11p와 상위 프로토콜 계층 표준인 IEEE 1609를 포함한다. 본 연구에서 살펴보는 차량정보수집서비스에서 활용할 무선통신 기술로서 WAVE 기술 기반으로 기술 요구사항을 검토하였다 [8,9]. 이러한 WAVE기반 차량통신네트워크의 기술 특성은 다음과 같다.

- 차량속도: 최대 200km/h
- 통신반경: 최대 1km
- 통신방식: 유니캐스트, 브로드캐스트
- Latency: 최대 100msec
- Networking: V2V, V2I

또한 WAVE 기술을 근간으로 하는 한국전자통신연구원에서 개발 중인 VMC(Vehicle Multihop Communication) 차량통신 시스템의 사양을 살펴보면 다음과 같다[10].

1) “디지털 운행기록계 표준화 안(2009.1, 국토해양부)”

- 동작주파수: 5.8~5.9 Ghz
- 채널 대역폭: 10 Mhz
- 변조방식: OFDM(BPSK, QPSK, 16-QAM)
- 채널추정방식: preamble, midamble 기반
- MAC 프로토콜: EDCA, 타임슬롯 기반 CSMA/CA
- 멀티홉 라우팅 프로토콜: 위치기반 라우팅

3. 전송간격 산정모델의 설계

차량정보수집과 관련하여 raw data를 송신하는 전송간격은 크게 (1) 동일 전송간격으로 송신하는 방법 (2) 공간적 커버리지를 고려하는 방법이 있을 수 있다. 공간적 커버리지를 고려할 경우에도 단위 구간을 설정하여, (가) 구간(논리적 링크)을 지나갈 때 시종점 위치에 따라 데이터를 송신하도록 설정하는 방법과 (나) 교통상황에 따라 변동되는 방법이 존재한다. 구간을 차량이 지나갈 때 시종점 위치에 따라 데이터를 송신할 경우는 WAVE기술과 접목시 시종점 링크설정을 새로 하거나 지도와의 매핑을 해야 한다. 이에 전자의 경우는 고려하지 않고, 본 연구에서는 후자의 상황을 고려한 식 (2)와 같은 전송간격 산정모델을 제안한다.

$$T_{(com,j)} = \frac{D_j}{s_j} \cdot u_{(i,j)} \quad (2)$$

여기서, $T_{(com,j)}$: j 구간에서 전송간격 (초)
 D_j : 구간 j의 길이(m)
 $u_{(i,j)}$: 구간 j에서의 차량 i의 대표속도(m/s)(ex. 평균 속도, 85%속도, 평균속도+속도표준오차 등)
 s_j : 구간 j를 통과하는데 있어 공간적으로 데이터를 송신하기를 요구하는 회수

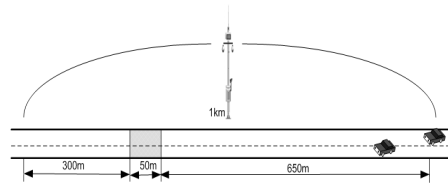
IV. 시뮬레이션 기반 전송간격 산정모델의 적용

본 장에서는 전장에서 제안된 전송간격 산정모델에 대하여 미시적 시뮬레이터 기반 적용방법을 설명하고, 적용 시나리오를 살펴보고 그 결과를 제시하고 있다.

1. 시뮬레이션 기반 평가 방법

스마트하이웨이 상황에서 전송간격 산정모형을 평가하기 위하여 미시적 교통 시뮬레이션을 토대로 수행하였다. 일반적인 미시적 시뮬레이션 모형을 개별 차량 단위로 수집되는 교통상황(속도 및 위치자료 등)을 바탕으로 차량과 차량의 통행특성 영향을 모형에 반영하여 효과척도를 산출하는 기능을 가진다. 본 연구에서는 최근 널리 활용되고 있는 미시적 교통 시뮬레이터인 VISSIM 4.1을 사용하였다. 시뮬레이터 수행을 위한 네트워크로서 <그림 2>과 같은 고속도로 상황(거리 1.0km, 편도 2차로)을 모델링하고, 이후 <표 3>과 같은 교통상황(원활 vs 용량상태), 사고상황(미발생 vs 발생), 전송간격설정조건값(8가지)에 따라 2×2×8 = 32회의 시나리오를 수행하였다. 여기서, 교통상황, 사고 상황에 대한 상세한 정의는 다음과 같다.

- 교통상황(원활): 원활한 교통흐름(LOS=C), 유입교통량 1500pcphpl
- 교통상황(정체): 용량상태 이상의 교통흐름(LOS=F), 유입교통량 3000pcphpl (단 용량상태 = 2300 pcphpl)



<그림 2> 시뮬레이션 수행 네트워크
 <Fig. 2> Toy network for simulation

<표 3> 시나리오 구분
 <Table 3> Scenario description

		전송간격설정 조건값(8가지)
교통상황	사고상황	- 고정전송간격 1초, 5초, 10초, 15초
		- 변동전송간격 $S_j = 2, 3, 4, 5$
원활	미발생	free-NoAcc
	발생	free-Acc
용량상태	미발생	Jam-NoAcc
	발생	Jam-Acc

- 사고상황(미발생): 유출부 300m 지점에 약 50m 도로의 1차로구간에 80km/h 저하구간 생성
- 사고상황(발생): 유출부 300m 지점에 약 50m 도로의 2차로구간에 10km/h 저하 지점 생성), 사고 발생시간 1200초~2400초 진행

에 상관없이 모두 고정적으로 차량정보를 송신한다. 이에 비해 본 연구에서 제안된 모형의 경우, 지체가 발생하거나 사고가 발생하여 지체가 발생하게 될 경우 전송간격이 점차적으로 커지는 경향을 보인다. 이는 (식 2)에 의한 당연한 결과이다.

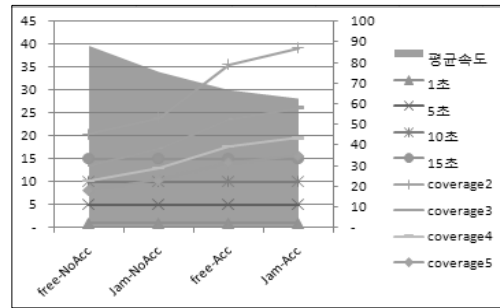
2. 종합적인 시뮬레이션 수행 결과

1) 시나리오별 초기 값

각 시나리오별로 VISSIM의 시뮬레이션 시간 등을 조절하여 1 초당 차량정보를 수집함을 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 이후 개별차량에서 수집된 위치, 속도, 가감속 등의 정보를 기반으로 제안된 모형을 적용하였다. 이때 전송간격은 매 5분마다 변경하여 적용하였고 그 결과는 <표 4>와 같다.

2) 전송간격 값의 변동

<그림 3>은 교통 및 사고상황에 대한 4가지의 교통상황인 평균속도와 그 때에서의 전송간격을 나타낸 것이다. 고정전송간격의 경우에는 교통/사고상황



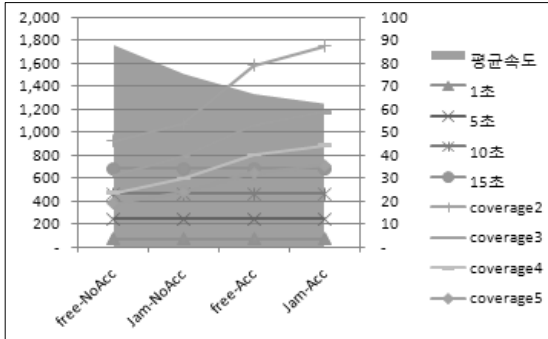
<그림 3> 교통/사고 상황에 따른 전송간격 결정 결과

<Fig. 3> Transmission time by traffic/accident condition

(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):전송간격(초))

<표 4> 시뮬레이션 수행 결과
<Table 4> Simulation implementation results

구분	대상시나리오	평균속도	교통량	1초	5초	10초	15초	coverage2	coverage3	coverage4	coverage5
전송간격 (초)	free-NoAcc	88	3,479	1	5	10	15	20	14	10	8
	Jam-NoAcc	76	9,052	1	5	10	15	24	17	13	10
	free-Acc	67	4,434	1	5	10	15	35	24	18	14
	Jam-Acc	63	9,384	1	5	10	15	39	26	20	16
1회송신시데이터패킷양의 변동(bytes)	free-NoAcc	88	3,479	67	243	463	683	921	622	472	382
	Jam-NoAcc	76	9,052	67	243	463	683	1,073	784	594	480
	free-Acc	67	4,434	67	243	463	683	1,584	1,063	803	647
	Jam-Acc	63	9,384	67	243	463	683	1,747	1,173	885	713
BPS (kbps)	free-NoAcc	88	3,479	155	113	107	106	105	106	107	109
	Jam-NoAcc	76	9,052	404	293	279	275	273	276	278	281
	free-Acc	67	4,434	198	144	137	135	160	161	162	163
	Jam-Acc	63	9,384	419	304	290	285	373	375	378	380
1초당통신수 (개/초)	free-NoAcc	88	3,479	290	58	29	19	14	21	28	35
	Jam-NoAcc	76	9,052	754	151	75	50	32	44	59	73
	free-Acc	67	4,434	370	74	37	25	13	19	25	32
	Jam-Acc	63	9,384	782	156	78	52	27	40	53	67
통신한개당 간격 (msec/개)	free-NoAcc	88	3,479	3	17	35	52	71	47	35	28
	Jam-NoAcc	76	9,052	1	7	14	20	33	24	18	14
	free-Acc	67	4,434	3	15	29	44	94	63	47	38
	Jam-Acc	63	9,384	1	7	13	20	50	34	25	20



<그림 4> 교통/사고상황에 따른 데이터 패킷량의 변동 결과

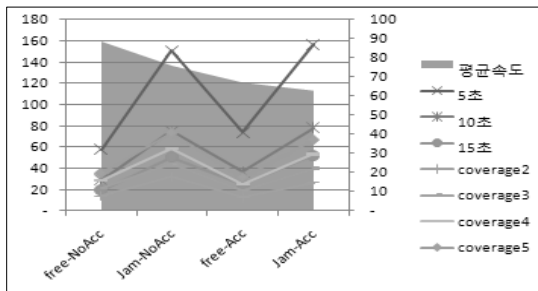
<Fig. 4> Data packet variation by traffic/accident condition (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 데이터패킷양(bytes))

3) 1회 송신시 데이터 패킷량의 변동

앞의 4가지의 교통/사고상황에 따른 1회 송신시의 데이터 패킷 양은 (식 1)을 고려하여 산정하면 고정 전송간격에서는 동일하게 유지되고 공간적 커버리지의 경우 송신주기가 커짐에 따라 점차적으로 크게 증가함을 볼 수 있다. 이러한 추세는 <그림 4>와 같다.

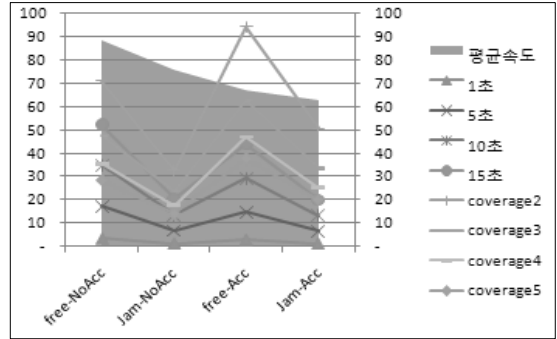
4) 1초당 통신수

전송간격이 결정됨에 따라 수신 받는 측면에서는 초당 통신수가 결정이 된다. 하나의 국지서버나 노변장치에서 수신 받게 되는 초당 통신량으로, <그림 5>는 교통/사고상황에 따른 초당 통신수를 산정한 것이다. 여기서, 1초당 통신수는 하나의 WAVE 기지



<그림 5> 교통/사고상황에 따른 1초당 통신수

<Fig. 5> Number of transmission per second by traffic/accident condition (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신수(개))



<그림 6> 교통/사고상황에 따른 통신 간격

<Fig. 6> Transmission interval by traffic/accident condition (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신 간격(msec))

국이 수신받기를 원하는 통신수와 동일하며, WAVE 기지국의 통신용량이 40개/초 이하라면 coverage 2 이외의 모든 경우에는 통신전송 실패가 반드시 발생할 것으로 보인다.

5) 통신 간격

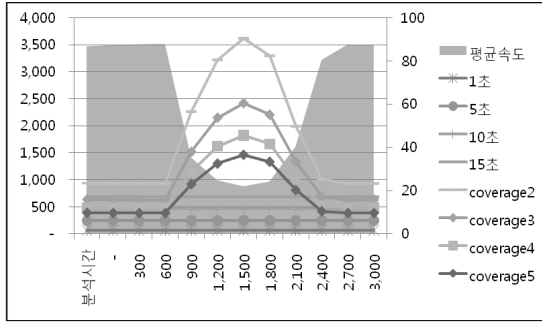
1초당 통신수는 통신사이의 간격과 관련된 값이다. <그림 6>은 1초당 통신수를 통신간격 측면으로 살펴본 것이다. 이 값은 통신방식에 따라 전송실패 등을 확인할 수 있는 변수가 되는 값이 되며, 예를 들어 CSMA/CA와 같이 충돌이 발생할 경우 전송 실패가 발생할 확률을 판단하는데 사용될 수 있다.

6) BPS 변동

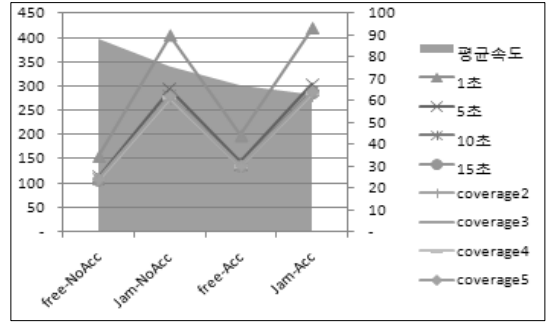
BPS(Bits per second)를 산정하여 (식 3)과 같이 산정하여 보았고 그 결과는 <그림 7>과 같다.

$$BPS(kbps)값 = 1초당 통신수 \times 데이터 패킷수 \times 8/1000 \quad (3)$$

여기서 고정전송간격나 변동전송간격에 따라 BPS는 교통/사고상황에 대한 영향을 보이지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 전체 교통량이 유사한 경우에는 1시간 기준으로 BPS에 대하여 분석할 경우 변별력을 알 수 없는 사항으로 보이며, 세부적인 시간변화에 따른 BPS 검토가 필요함을 알 수 있다.



<그림 7> 시간의 흐름에 따른 데이터 패킷량의 변동 결과
 <Fig. 9> Data packet variation by time period
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):데이터패킷양(bytes))



<그림 9> 교통/사고상황에 따른 BPS 변동
 <Fig. 7> BPS variation by traffic/accident condition
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신 간격(msec))

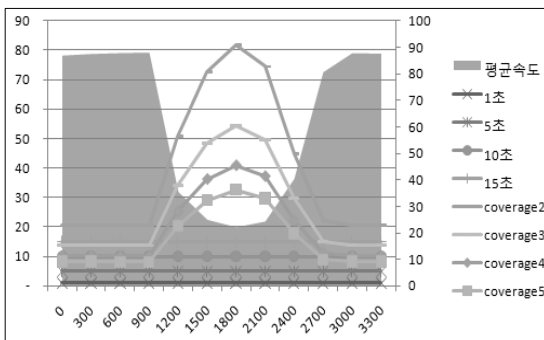
3. 특정상황에서의 시뮬레이션 수행 결과

1) 특정 상황 정의

교통/사고상황의 네 가지 시나리오 중에서 특별히 교통량이 많고, 사고가 발생할 경우에 전송간격 문제를 상세히 살펴보고자 한다. 이러한 결과 분석을 통하여 종합적인 시뮬레이션 수행결과에서 확인할 수 없는 매 5분(300초)마다의 교통상황에 따른 전송간격의 변동성을 확인할 수 있다.

2) 전송 간격 값의 변동

<그림 8>은 매 5분(300초)마다의 평균속도에 따른 전송간격의 변동을 보여주고 있으며 고정 전송간격의 경우는 교통상황과 독립적이기 때문에 표기하지



<그림 8> 시간의 흐름에 따른 전송간격 결정 결과
 <Fig. 8> Transmission time by time period
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):전송간격(초))

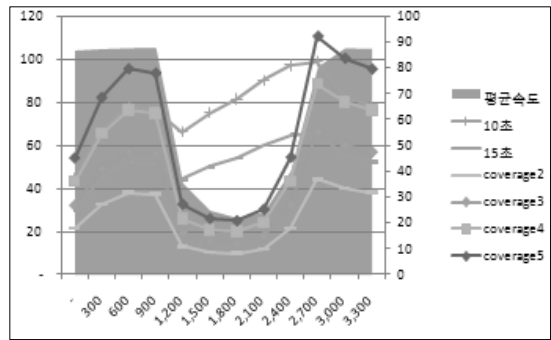
않았다. 변동 전송간격 모델의 경우에는 coverage2 (구간내에서 2번 송신)일 경우 (식 2)의 결과로 전송간격이 80초까지 증가되고 있다.

3) 1회 송신시 데이터 패킷량의 변동

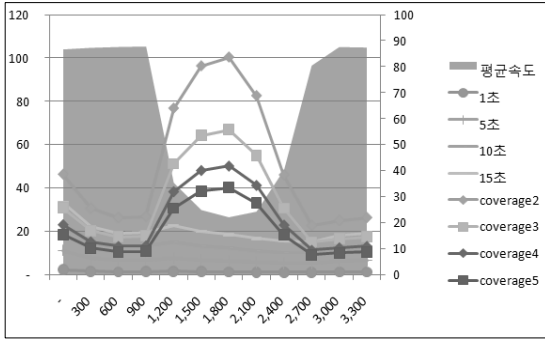
1회 송신시 데이터 패킷량의 변동을 (식 1)을 고려하여 살펴보면 그 결과, coverage 2에서 가장 큰 패킷 수를 보이고, coverage 2>15초> coverage3> coverage4> 고정 전송간격 10초 등의 분포를 보이고 있다. 이는 전송간격에 대한 비례한 분포를 보인다.

4) 1초당 통신수

초당 통신수는 <그림 10>과 같은 상황을 보인다. 여기서 고정전송간격 1초와 5초에 대한 것은 통신수



<그림 10> 시간의 흐름에 따른 1초당 통신수
 <Fig. 10> Number of transmission per second by time period
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신수(개))

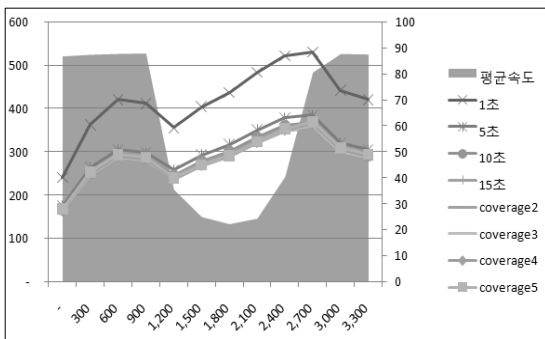


<그림 11> 시간의 흐름에 따른 통신 간격
 <Fig. 11> Transmission interval by time period
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신 간격(msec))

가 너무 많아 제외하고, 다른 경우를 살펴보았다. 그 결과 1초당 통신수는 사고발생에 따라 줄었다가 사고상황 진행이 되어 총지체가 누적됨에 따라 점차적으로 증가하는 형태를 보임을 알 수 있다. 시간대별로 초당 통신수를 확인해보니, WAVE 기지국의 통신용량이 40개/초 이하라면 coverage 2 이외의 모든 경우에는 통신전송 실패가 반드시 발생할 것으로 보인다.

5) 통신 간격

통신간격의 경우 <그림 11>과 같으며, coverage 2> coverage3> coverage4>coverage 5>고정 전송간격 15초의 형태를 보인다. 이 값은 전술한 바와 같이 통신 실패에 관련된 중요한 값으로 평균통신간격에 대한



<그림 12> 시간의 흐름에 따른 BPS 변동
 <Fig. 12> BPS variation by time period
 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): BPS 량(kbps))

검토가 필요하다.

6) BPS 변동

(식 3)에 따른 BPS값의 경우 <그림 12>와 같은 분포를 보이며, 전송간격의 형태에 따른 BPS의 변동이 크게 나타나지 않았다.

V. 결 론

본 연구는 스마트하이웨이 같은 첨단 도로 인프라가 구축이 되어 WAVE 기술이 고속도로에 적용될 경우 WAVE기반으로 차량데이터를 수집하는 서비스 시 요구되는 전송간격에 대한 결정 문제를 다루고 있다. 여기서 차량데이터는 위치정보이외에 속도, RPM, 연료소모량 및 DTC 코드와 같은 차량안전데이터를 포함하는 OBD II 연계 차량수집장치로부터 매초별로 수집될 수 있는 데이터이다. 이러한 차량데이터는 기존의 교통소통정보로 가공 및 제공이 가능할 뿐만 아니라 차량의 실시간 안전상황을 확인함으로써 능동적 안전서비스가 가능한 콘텐츠가 된다.

본 연구에서는 실시간 차량데이터를 일상적인 상황에서 수집될 경우 교통조건의 변화에 따라 전송간격(수집주기)을 변경하는 방법으로 공간적, 시간적 교통상황을 고려하는 모델을 제안하였다. 그리고 제안된 전송간격 결정모델에 대하여 교통상황모사가 가능한 VISSIM이라는 미시적 교통시뮬레이터를 기반으로 시나리오를 약 32가지 설정하여 전송간격, 통신전송량, 통신간격, 통신수 및 BPS 등에 대하여 확인하여 보았다. 그 결과 BPS측면에서는 교통/사고 상황에 따라 전송간격이 고정일 경우나 변동일 경우나 뚜렷이 다른 변동성을 확인할 수 없었다. 이는 모든 차량이 통신할 경우 통신반경내의 차량대수가 가장 중요한 요인일 뿐, 데이터량과 통신수는 반비례 관계에 있기 때문에 이를 동시에 반영한 BPS에서는 변별력을 찾을 수는 없음을 보여주는 것이다.

그러나 1초당 통신수나 혹은 통신간격 측면에서 살펴보면 WAVE 기술을 적용시에 통신반경인 2차로, 1km 구간에 교통환경에 따라 WAVE기지국에 용

량 이상으로 정보의 수신을 요구함에 따라 통신 실패가 발생할 가능성이 높음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 통상적인 차량정보수집서비스의 경우 상기 구간에 데이터를 송신하기를 요구하는 회수를 2회 정도로 제한할 경우 가장 적절할 것으로 나타났다.

본 연구에서는 다음과 같은 추가적인 연구가 필요하다

첫째, 현재 시뮬레이션으로 수행된 차로수 2차로, 1km의 가정을 도로 현실에 맞게 조정이 요구된다. 즉 실제 도로의 설계조건과 함께 노변장치, 통신장치 등의 설치 운용조건에 따른 보정이 요구된다.

둘째, 데이터 전송량을 계산시에 차량정보서비스의 내용으로 가정하였는데, 추가되는 데이터가 요구될 수도 있고 혹은 수정될 수도 있다. 또한 WAVE 통신을 위한 MAC frame에서 사용하는 데이터량은 고려하지 않았기에 이를 반영한 분석이 요구된다.

셋째, 모든 차량이 100%가 WAVE 통신을 할 경우를 가정하였는데 실제 일부 차량만 WAVE 통신을 이용하기 때문에 프로브데이터 형태로 차량정보서비스를 사용할 수도 있거나, 혹은 WAVE 통신 단말의 점유 비율에 대한 고려도 요구된다.

넷째, 1초당 통신수 혹은 평균통신간격을 산출하였음에도 불구하고 실제 통신실패율과 관련된 재전송 등을 고려하지 못하였기에 이를 고려한 통신실패율이나 재전송 회수 등에 대한 고려가 요구된다.

다섯째, 고속도로 이외의 4지 교차로 등의 신호교차로에서 설치된 WAVE의 사용에 있어 본 모델을 적용하기에는 불분명한 부분들이 있기 때문에 이를 고려한 전송간격 산정모델의 설계가 요구된다.

마지막으로 본 연구가 보다 현실적으로 적용되기 위해서는 실시간 교통량, 주행속도를 동시에 고려하여 WAVE 노변장치가 수용가능한 데이터량 등을 제시하고 이를 고려한 전송간격 결정이 필요하다.

이러한 다양한 한계 및 향후과제를 보완한 지속적인 연구가 요구된다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 향후 다양한 도로상의 무선 통신 기술이 도입될 경우 서비스 요구사항을 파악하고, 통신기술 특성을 고려한 수집주기 결정방법을 제시함으로써 교통과

통신기술측면에서 공동의 기여점을 찾을 수 있는 연구로서 가치가 높다고 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 김현숙, 전해숙, 장정아, “도로-자동차 종합상황 관리 서비스 제공 방안에 관한 연구,” *한국통신학회 추계학술발표회*, 2009. 10.
- [2] 백송남, 곽동용, 정재일, “차량 안전서비스를 위한 차량간 통신 프로토콜 연구,” *한국통신학회*, 제26권, 제4호, pp.46-54, 2009. 3.
- [3] K. K. Srinivasan and P. P. Jovanis, “Determination of number of probe vehicles required for reliable travel time measurement in urban network,” *Transportation Research Record 1517*, pp. 15-22, 1996.
- [4] M. Chen and S. I. J. Chein, “Determining the number of probe vehicles for freeway travel estimation by microscopic simulation,” *Journal of the Transportation Research Board*, no. 1719, pp 61-68, 2001.
- [5] 이정희, “교통정보제공을 위한 구간통행시간 산출 방법론 연구 - 적정표본수 결정방법을 중심으로-,” 서울시립대학교 석사학위 논문, 2001. 2.
- [6] 아주대학교 교통연구센터, “SK 구간교통정보 보정알고리즘 개발,” 연구보고서, 2003. 3.
- [7] 장정아, 최기주, 심상우, “링크교통정보의 신뢰도를 고려한 링크별 적정 프로브대수 산정,” *한국ITS 학회 추계학술대회*, pp. 264-269, 2004. 11.
- [8] 오인열, “ITS 기술 및 전파환경,” *주간기술동향* 통권 1445호, 2010.
- [9] 이상우, 조한벽, 오현서, 곽동용, “차량통신네트워크(VANET) 표준화동향,” *한국멀티미디어학회지*, 제12권, 제4호, pp.1-9, 2008. 12.
- [10] 이상우, 최현균, 오현서, “WAVE기반 차량통신 기술 개발,” *정보과학회지*, 제27권, 제9호, pp. 41- 47, 2009. 9.

저자소개



장 정 아 (Jang, Jeong-Ah)

2004년 5월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 자동차/조선 IT융합 연구부 연구원
2009년 2월: 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업 (박사)
2002년 2월: 아주대학교 일반대학원 건설교통공학과 졸업 (건설교통공학 석사)
2000년 2월: 아주대학교 환경도시공학부 졸업(공학사)



조 한 벽 (Cho, HanByeog)

1984년 5월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원
2006년 3월~현재 : ISO TC204 WG16 전문가
2008년 7월~2009년 6월 : Ohio State University 방문연구원
1992년 2월 : 한양대학교 공학박사(산업공학)



김 현 숙 (Kim, Hyun-Suk)

2009년 3월 ~ 현재: 충남대학교 박사과정(데이터마이닝전공)
2008년 3월 ~ 현재: 한국전자통신연구원 책임연구원
1998년 9월 ~ 2008년 2월: 한국전자통신연구원 선임연구원
1992년 8월 ~ 1998년 8월: 한국전자통신연구원 연구원
1992년 8월 인하대학교 공학석사 (데이터베이스전공)