

교통상황에 따른 차량정보수집 전송주기 결정 모델

- WAVE기반 스마트하이웨이 서비스를 중심으로

Communication Time Determination Model about vehicle data collection by traffic condition

- SMART HIGHWAY service based on WAVE technology

장 정 아 조 한 벽 김 현 속

한국전자통신연구원 한국전자통신연구원 한국전자통신연구원

Key Words : 스마트하이웨이, 차량정보수집서비스, 전송주기, WAVE

목 차

- | | |
|-------------------------|-------------------------|
| I. 서론 | 1. 차량정보수집서비스 |
| 1. 연구의 배경 및 목적 | 2. 통신주기 산정모델 |
| 2. 연구의 방법론 | IV. 시뮬레이션 기반 통신주기 산정 적용 |
| II. 관련 연구 고찰 | 1. 시뮬레이션 평가 방법 |
| 1. 실시간 차량정보 모니터링 기술 | 2. 종합적인 시뮬레이션 수행 결과 |
| 2. 교통정보와 프로브 차량의 수 이론 | 3. 특정상황에서의 시뮬레이션 수행 결과 |
| 3. WAVE 통신 기술 | V. 결론 및 향후과제 |
| III. 차량정보 수집과 통신주기 산정모델 | 참고문헌 |

I. 서 론¹⁾

1. 연구의 배경 및 목적

최근 도로교통부문에 대한 다양한 무선통신 기술들의 적용과 개발이 활발히 진행되고 있다. CDMA, 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)와 같은 새로운 통신 기술들이 개발 및 적용되고 있다. 이중 WAVE는 V2I(Vehicle to Infrastructure, 이하 V2I), V2V(Vehicle to Vehicle, 이하 V2V)가 가능한 무선통신기술로서 2008년부터 본격적으로 시작된 스마트하이웨이 사업의 핵심 무선 기술로서 중요하게 대두되고 있다. 스마트하이웨이는 첨단 IT(Information Technology, 이하 IT)정보기술, 자동차 및 도로기술이 상호 융/복합되어 실시간 쌍방향 정보통신과 무정차 톨게이트가 구현되며 전천후, 주야간 안전 지원 기술로 최적의 교통류가 확보되는 지능형 고속도로를 말한다. 특히 스마트하이웨이에서는 언제 어디서나 실시간 교통 및 도로 정보를 제공할 수 있고, 강우/강설/안개 등의 기

상변화에서도 안전하고 쾌적한 주행환경이 제공된다. 이러한 도로환경을 위해 개발되는 기술로서, (1) 전천후, 주야간에 도결막/수막/안개/낙하물과 같은 도로정보 감지 기술 (2) 운행하는 자동차의 주행정보 감지 기술 (3) 적절한 서비스 기술 (4) 운전자와 자동차에게 안전주행정보 제공 및 제어 기술 등이 요구된다[1].

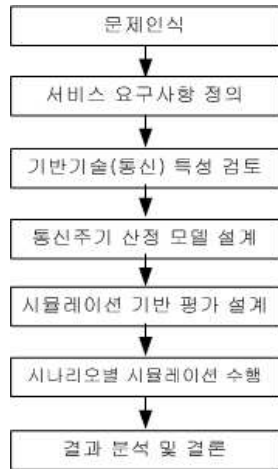
스마트하이웨이와 같은 고속의 연속류 도로에서 WAVE기술은 일반적으로 V2V기반의 능동형 차량안전서비스에 강점을 두고 있다. 능동형 차량안전서비스는 대부분 긴급 상황을 가정하기 때문에 안전메시지의 전달과 관련하여 고속이동성, 통신채널, 전송기술의 특징에 따라 패킷 손실을 최소화하기 위한 기법들이 중요하다[2]. 이에 비해 본 연구에서는 안전서비스 측면 보다는 통상적인 차량정보 수집서비스에서 WAVE 기술이 활용될 경우 교통상황에 따른 통신주기(차량정보 수집주기)에 대하여 다루고 있다.

본 연구에서는 이를 위하여 고정적 통신주기로 차량정보수집서비스를 시행할 경우와 공간적, 시간적 교통변동성을 고려한 통신주기 모델을 개발하였고 이후 교통시뮬레이션의 차량정보 데이터를 기반으로 모델을 적용함으로써 통신량 및 통신상황을 비교하여 보았다. 이러한 연구는 향후 다양한 통신 기술들이 도입될 경우 서비스의 특성에 따른 통신주기 설계 시에 참조될 수 있는 연구로서, 교통과 통신 기술의 융합에 따른 기술적 설계에 있어 중요성을 확인할 수 있는 연구이다.

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

2. 연구의 방법론

도로상의 차량데이터의 실시간 수집주기인 통신주기에 대한 문제에서 가장 중요한 것은 서비스 요구사항이다. 통상적으로 매 초별 실시간을 요하는 경우, 즉 예를 들어 능동형 안전서비스 및 유고검지서비스와 같은 경우는 기술적 제약사항을 감수하고서도 매초별 데이터 수집이 요구된다. 이에 비해 본 연구에서와 같은 통상적인 차량정보수집서비스는 통신주기 설정이 보다 유연한 실정이다. 두 번째로 검토되어야 하는 것은 통신특성에 대한 문제로서 본 연구에서는 WAVE 통신기술에 국한하였다. 이후 적절한 통신주기 산정모형을 설계하였고, 이를 평가하기 위해 다양한 도로 교통환경을 묘사할 수 있는 미시적 교통시물레이션의 구현을 통하여 통신주기 산정모형을 적용하였다. 미시적 교통시물레이터는 최근 활발히 이용하고 있는 VISSIM을 사용하여 교통상황(원활-지체), 사고상황(사고발생-미발생) 그리고 통신주기 시나리오 8가지를 적용하여 그 결과를 평가하였다. 이러한 일련의 연구의 방법론은 <그림 1>과 같다.



<그림 1> 연구방법론

II. 관련 연구 고찰

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, 가속도 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-Boad 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-II 의 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(차량장애코드 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 구간검지기만 교통정보의 수집과 가공과 관련된 핵심적인 문제는 프로브 차량의 수와 교통정보의 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 적정한 총 프로브차량 대수를 고려하여 중심극한 정리를 이용한 통계적 산출 식에 의하여 미리 결정된 허용오차와 신뢰수준을 만족하는 구간당 최소 프로브 차량 대수를 구하였다[3]. 또한 미시적 교통시물레이션 기반으로 최소 프로브 대수를 산출하는 연구도 진행된 바 있다. M.Chen 과 S. Chien(2000)은 미시적 시물레이션인 CORSIM 자료를 이용한 고속도로의 통행시간 추정을 위한 프로브 차량대수를 결정하였다[4]. 또한 이정희(2001)의 연구에서는 단속류 도시간선도로를 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 시물레이션 방법이나 통계적 방법론을 취하였다[6][7].

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 교통정보서비스 이외에도 DTC 코드 등을 기반으로 한 차량주행이상판단, 녹색주행정보(연료소모량 기반)판단 등 다각화된 서비스가 가능하다. 이에 따라 매 시각의 raw data를 그대로 센터나 서버에 수집하여 운영자가 그 정보를 이용하여 다수개의 서비스를 도출할 수 있도록 할 서비스 요구사항이 존재한다.

3.WAVE 기술

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 차량정보수집 서비스에서 활용할 무선통신 기술로서 WAVE 기술 기반으로 기술 요구사항을 검토하였다[8]. 이러한 WAVE기반 차량통신 네트워크의 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[9].

- 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

III. 차량정보 수집과 통신주기 산정모델

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 차량정보인 ECU 데이터를 기반으로 V2I서비스로 제공될 수 있는 최소항목으로 차량정보수집 데이터 종류 및 패킷 설계

내용은 <표 1>과 <표 2>와 같은 헤더구조와 데이터 구조를 가지도록 설계하였다.

<표 1> 헤더 구조

항목명	형식	설명	길이
DataSize 1	BYTE	Header Length를 제외하고 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)

항목	항목명(parameter)	설명	길이		
1	차량 id(CARID)	차량유형 (2자리)과 차량번호(12자리) ²⁾	14		
2	전송주기(CYCLE)	주기적으로 단말에서 서버로 전송하는 주기	1		
3	전체 개수(CNT)	초단위로 수집된 raw data의 개수	2		
4	수집시각(RAW_TIME)	YYYYMMDDHHMMSS SSS (msec)	8		
		위도정보(LATITUDE)	GPS의 경우 NMEA포맷 준용	4	
		경도정보(LONGITUDE)		4	
		속도(SPEED)	순간속도(km/h)	2	
		RPM(RPM)	RPM(ppm)	2	
		연료소모량(FUEL_CONSUMPTION)	연료소모량(운행누적치, 리터)	4	
		이산화탄소(CO2)	이산화탄소량(운행누적치, kg)	4	
		배터리전압(BATTAEY)	배터리 전압(volt)	2	
		냉각수온도(COOL_TEMPERATURE)	냉각수온도(℃)	2	
		DTC개수(DTCCNT)	DTC 개수	1	
		DTC 개수 만큼 반복	DTC(DTC_CODE)	DTC 코드정보 (Ex. P0001 ~ P0999)	5
			발생시각(DTCTIME)	DTC 발생시각	6
		16	기타(ETC)		1

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

$$y = 25 + 44x \quad \text{식 (1)}$$

예를 들어 5초별로 차량정보를 송신한다면 한번에 송신하게 되는 데이터의 양(y)은 245 bytes를 고려하여야 한다.

단 여기서 DTC코드가 발생할 경우는 통신주기와 상관없이 실시간으로 매초 주기로 차량데이터를 송신하는 것이 바람직하기 때문에 이는 고려대상에서 제외한다. 즉 통상적인 차량 이상정보가 아닌 차량 ECU raw data의 수집시를 고려한다.

2. 통신주기 산정모델

차량정보수집과 관련하여 raw data를 송신하는 주기는 크게 (1) 동일 주기로 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 방법

2) "디지털 운행기록계 표준화 안(2009.1, 국토해양부)"

과 (나) 교통상황에 따라 변동되는 방법이 존재한다. 구간을 차량이 지나갈 때 시종점 위치에 따라 데이터를 송신할 경우는 WAVE기술과 접촉시 시종점 링크설정을 새로이 하거나 지도와의 매핑을 해야 한다. 이에 전자의 경우는 고려하지 않고, 본 연구에서는 후자의 상황을 고려한 식 (2)와 같은 통신주기 산정모형을 제안한다.

$$T_{(com,j)} = \frac{D_j}{s_j} \quad \text{식 (2)}$$

여기서, $T_{(com,j)}$: j 구간에서 통신주기 (초)

D_j : 구간 j의 길이(m)

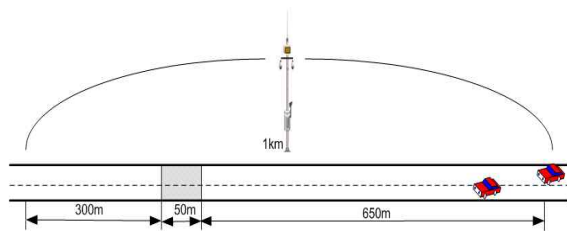
$u_{(i,j)}$: 구간 j에서의 차량 i의 대표속도(m/s)(ex. 평균속도, 85%속도, 평균속도+속도표준오차 등)

s_j : 구간 j를 통과하는데 있어 공간적으로 데이터를 송신하기를 요구하는 회수

IV. 시뮬레이션 기반 통신주기 산정 적용

1. 시뮬레이션 평가 방법

스마트하이웨이 상황에서 통신주기 산정모형을 평가하기 위하여 미시적 교통 시뮬레이션을 토대로 수행하였다. 일반적인 미시적 시뮬레이션 모형은 개별 차량 단위로 수집되는 교통상황(속도 및 위치자료 등)을 바탕으로 차량과 차량의 통행특성 영향을 모형에 반영하여 효과적도를 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), 주기설정조건값(8가지)에 따라 $2 \times 2 \times 8 = 32$ 회의 시나리오를 수행하였다.



<그림 2> 시뮬레이션 수행 네트워크

<표 3> 시나리오 구분

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

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)
- 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, 사고발생시간 1200초~2400초 진행

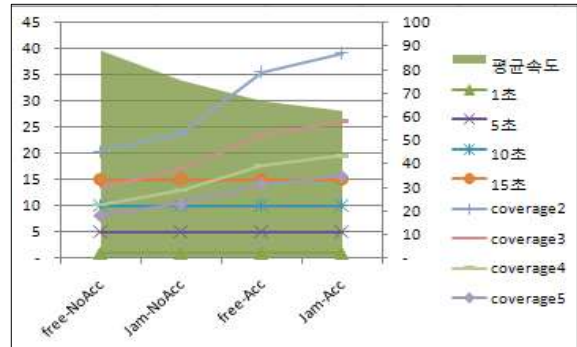
2. 종합적인 시뮬레이션 수행 결과

(가) 시나리오별 초기 값

각 시나리오별로 시뮬레이션을 수행하였는데, 일차적으로 VISSIM의 시뮬레이션 시간 등을 조절하여 1 초당 차량정보를 수집함을 가정하고 시뮬레이션을 수행하였다. 이후 개별차량에서 수집된 위치, 속도, 가속속 등의 정보를 기반으로 제안된 모형을 적용하였다. 이때 통신주기 산정 주기는 매 5분마다 변경하여 적용하였다. 종합적인 결과는 <표 4>와 같다.

(나) 통신 주기 값의 변동

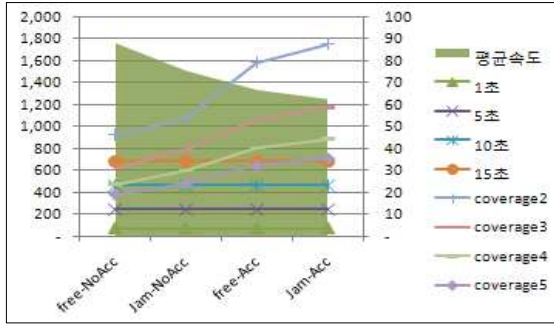
<그림 3>은 교통 및 사고상황에 대한 4가지의 교통상황인 평균속도와 그 때에서의 통신 주기를 나타낸 것이다. 고정주기의 경우에는 교통/사고상황에 상관없이 모두 고정적으로 차량정보를 송신한다. 이에 비해 본 연구에서 제안된 모형의 경우는 지체가 발생하거나 사고가 발생하여 지체가 발생하게 될 경우 송신주기가 점차적으로 커지는 경향을 보인다. 이는 (식 2)에 의한 당연한 결과이다.



<그림 3> 교통/사고 상황에 따른 통신주기 결정 결과 (세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):통신주기(초))

(다) 1회 송신시 데이터 패킷량의 변동

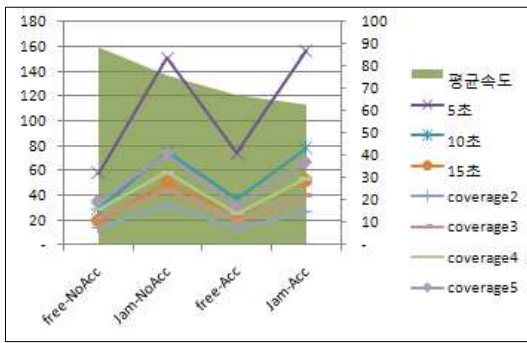
앞의 4가지의 교통/사고상황에 따른 1회송신시의 데이터 패킷 양은 (식 1)을 고려하여 산정하면 고정주기에서는 동일하게 유지되고 공간적 커버리지의 경우 송신주기가 커짐에 따라 점차적으로 크게 증가함을 볼 수 있다. 상기 내용은 <그림 4>와 같다.



<그림 4> 교통/사고상황에 따른 데이터 패킷양의 변동 결과
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):데이터패킷양(bytes))

(라) 1초당 통신수

통신주기가 결정됨에 따라 수신받는 측면에서는 초당 통신수가 결정이 된다. <그림 5>는 교통/사고상황에 따른 초당 통신수를 산정한 것이다. 여기서, 1초당 통신수는 하나의 WAVE 기지국이 수신받기를 원하는 통신수와 동일하며, WAVE 기지국의 통신용량이 40개/초 이하라면 coverage 2 이외의 모든 경우에는 통신전송 실패가 반드시 발생할 것으로 보인다.



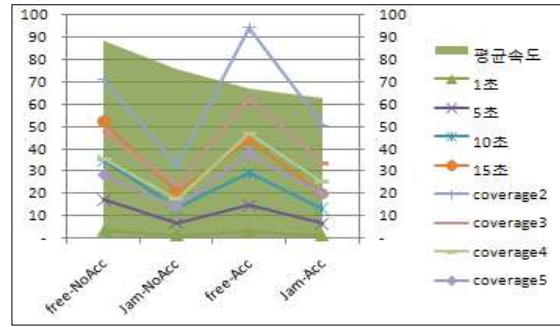
<그림 5> 교통/사고상황에 따른 1초당 통신수
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신수(개))

<표4>시물레이션수행결과

구분	대상시나리오	평균속도	교통량	1초	5초	10초	15초	coverage2	coverage3	coverage4	coverage5
주기 (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
1회송신시 데이터 패킷양의 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
통신한개당간격 (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

(마) 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.



<그림 6> 교통/사고상황에 따른 통신 간격
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신 간격(msec))

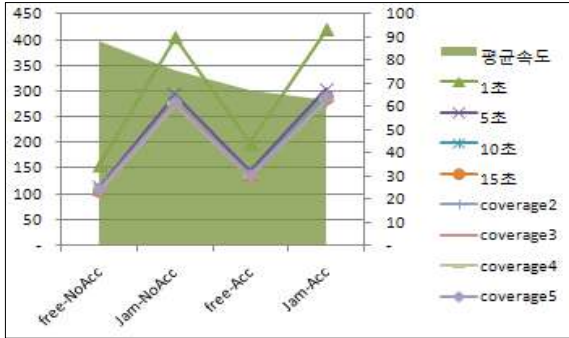
(바) BPS 변동

BPS(Bits per second)를 산정하여 (식 3)과 같이 산정하여 보았다.

$$\text{BPS(kbps)값} =$$

$$1\text{초당 통신수} \times \text{데이터 패킷수} \times 8/1000 \text{ (식 3)}$$

그 결과는 <그림 7>과 같이 도출되었다. 여기서 고정주거나 변동주기에 따라 BPS는 교통/사고상황에 대한 영향을 보이지 않음을 알 수 있었다. 이러한 결과는 전체 교통량이 유사한 경우에는 1시간 기준으로 BPS를 분석할 경우 변별력을 알 수 없는 사항으로 보이며, 세부적인 시간변화에 따른 BPS 검토가 필요하다.



<그림 7> 교통/사고상황에 따른 BPS 변동
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): BPS량(kbps))

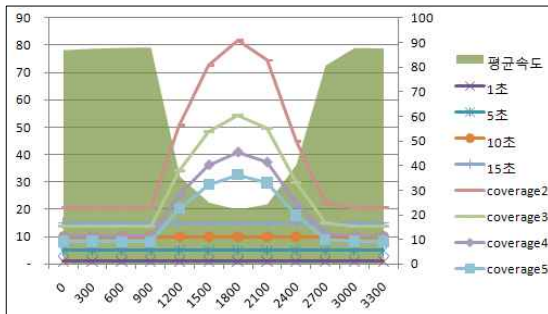
3. 특정상황에서의 시뮬레이션 수행 결과

(가) 특정 상황 정의

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

(나) 통신 주기값의 변동

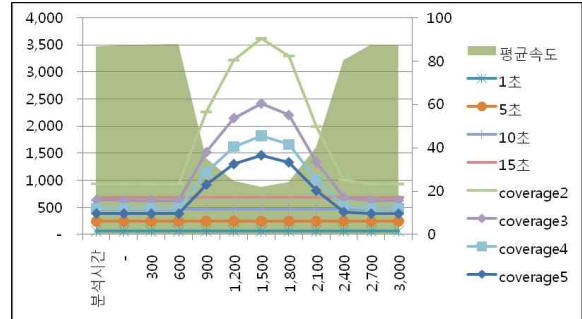
<그림 8>은 매 5분(300초)마다의 평균속도에 따른 주기변동을 보여주고 있으며 고정주기의 경우는 교통상황과 독립적이기 때문에 표기하지 않았다. 변동주기중에 coverage2(구간내에서 2번 송신) 일 경우 (식 2)의 결과로 통신주기가 80초까지 증가되고 있다.



<그림 8> 시간의 흐름에 따른 통신주기 결정 결과
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):통신주기(초))

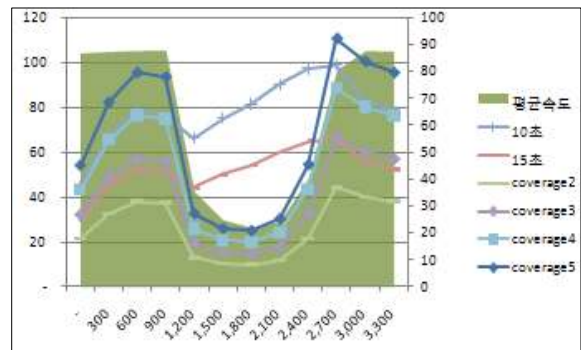
(다) 1회 송신시 데이터 패킷량의 변동

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 주기 10초 등의 분포를 보이고 있다. 이는 통신주기에 대한 비례한 분포를 보인다.



<그림 9> 시간의 흐름에 따른 데이터 패킷량의 변동 결과
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌):데이터패킷량(bytes)
(라) 1초당 통신수

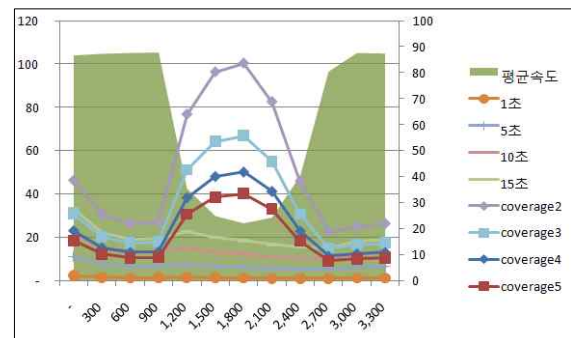
초당 통신수는 <그림 10>과 같은 상황을 보인다. 여기서 고정주기 1초와 5초에 대한 것은 통신수가 너무 많아 제외하고, 다른 경우를 살펴보았다. 그 결과 1초당 통신수는 사고발생에 따라 줄었다가 사고상황 진행이 되어 총지체가 누적됨에 따라 점차적으로 증가하는 형태를 보임을 알 수 있다. 시간대별로 초당 통신수를 확인해보니, WAVE 기지국의 통신용량이 40개/초 이하라면 coverage 2 이외의 모든 경우에는 통신전송 실패가 반드시 발생할 것으로 보인다.



<그림 10> 시간의 흐름에 따른 1초당 통신수
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신수(개))

(마) 통신 간격

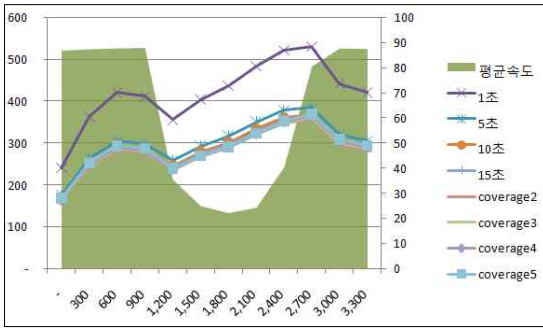
통신간격의 경우 <그림 11>과 같으며, coverage 2> coverage3> coverage4>coverage 5>고정 주기 15초의 형태를 보인다. 이 값은 전술한 바와 같이 통신 실패에 관련된 중요한 값으로 평균통신간격에 대한 검토가 필요하다.



<그림 11> 시간의 흐름에 따른 통신 간격
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): 통신 간격(msec))

(바) BPS 변동

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



<그림 12 > 시간의 흐름에 따른 BPS 변동
(세로축(우): 속도(km/h), 세로축(좌): BPS량(kbps))

V. 결론 및 향후 과제

본 연구는 스마트하이웨이 같은 첨단 도로 인프라가 구축이 되어 WAVE 기술이 고속도로에 적용될 경우 WAVE기반으로 차량정보를 수집하는 서비스시 요구되는 통신주기에 대한 결정문제를 다루고 있다. 여기서 차량정보는 위치정보 이외에 속도, RPM, 연료소모량 및 DTC 코드와 같은 차량안전데이터를 포함하는 OBD II 연계 차량수집장치로부터 매초별로 수집될 수 있는 데이터이다. 이러한 차량정보는 기존의 교통소통정보로 가공 및 제공이 가능할 뿐만 아니라 차량의 실시간 안전상황을 확인함으로써 능동적 안전서비스가 가능한 컨텐츠가 된다.

본 연구에서는 이러한 차량정보를 일상적인 상황에서 수집될 경우 교통조건에 변화에 따라 통신주기(수집주기)를 변경하는 방법으로 공간적, 시간적 교통상황을 고려하는 모델을 제안한다. 연구에서는 이러한 통신주기 결정모델에 대하여 교통상황 묘사가 가능한 VISSIM이라는 미시적 교통시뮬레이터를 기반으로 시나리오를 약 32가지 설정하여 통신주기, 통신전송량, 통신간격, 통신수 및 BPS 등에 대하여 확인하여 보았다. 그 결과 BPS측면에서는 교통/사고 상황에 따라 고정주기나 변동주기나 크게 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 없다. 그러나, 1초당 통신수나 혹은 통신간격 측면에서 살펴보면 WAVE 기술을 적용시에 통신반경인 2차로, 1km 구간에 교통환경에 따라 WAVE기지국에 용량 이상으로 정보의 수신을 요구함에 따라 통신 실패가 발생할 가능성이 높음을 확인할 수 있었다. 이에 따라 통상적인 차량정보수집서비스의 경우 상기 구간에 데이터를 송신하기를 요구하는 회수를 2회정도로 제한할 경우 가장 적절한 것으로 나타났다.

본 연구에서는 다음과 같은 추가적인 연구가 필요하다
첫째, 현재 시뮬레이션으로 수행된 차로수 2차로, 1km의 가정을 현실에 맞게 조정이 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% WAVE 통신을 할 경우를 가정하였는데 실제 프로브데이터 형태로 차량정보서비스를 사용할 수도 있거나 혹은 통신 단말의 시장 비율에 대한 고려도 가능하다.

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

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

이러한 다양한 한계 및 향후과제를 보완한 지속적인 연구가 요구된다 하겠다. 그럼에도 불구하고, 본 연구는 향후 다양한 도로상의 무선 통신 기술이 도입될 경우 서비스 요구사항을 파악하고, 통신기술 특성을 고려한 수집주기 결정방법을 고민함으로써 교통과 통신기술측면에서 공동의 기여점을 찾을 수 있는 연구로서 가치가 높다고 사료된다.

참고 문헌

1. 김현숙, 전혜숙, 장정아(2009), 도로-자동차 종합상황관리 서비스 제공 방안에 관한 연구, 한국통신학회 추계학술발표회
2. 백송남, 광동용, 정제일(2009), 차량 안전서비스를 위한 차량간 통신 프로토콜 연구, 한국통신학회, Vol.26 No.4
3. Karthik K. Srinivasan And Paul P. Jovanis, (1996) "Determination of Number of Probe Vehicles Required for Reliable Travel Time Measurement in Urban Network", Transportation Research Record 1517, pp15-22
4. Mei Chen and Steven I.J. Chein(2001), "Determining the Number of Probe Vehicles for Freeway Travel Estimation by Microscopic Simulation", Journal of the Transportation Research Board, TRR No. 1719, pp 61~68
5. 이정희(2001), 교통정보제공을 위한 구간통행시간 산출 방법론 연구 - 적정표본수 결정방법을 중심으로-, 서울시립대학교 석사학위 논문
6. 아주대학교 교통연구센터(2003), "SK 구간교통정보 보정알고리즘 개발"
7. 장정아, 최기주, 심상우(2004), 링크교통정보의 신뢰도를 고려한 링크별 적정 프로브대수 산정, 2004년 ITS 학술발표회
8. 이상우, 조한벽, 오현서, 광동용(2008), 차량통신네트워크(VANET) 표준화동향, 한국멀티미디어학회지 제 12권 제 4호
9. 이상우, 최현균, 오현서(2008), WAVE기반 차량통신기술개발, 정보과학회지 제27권 제9호, pp 41~47