

V2V 기본 안전 메시지 데이터의 유효성 검증

김인수* · 박재홍* · 이은영** · 이은덕** · 신재곤** · 김대원***

Validation of Data Availability in V2V Basic Safety Message

Insu Kim*, Jaehong Park*, Eun-Young Lee**, Eun Dok Lee**,
Jaekon Shin**, Daewon Kim***

Key Words : V2V(차량간 통신), BSM(기본 안전 메시지), DSRC(단거리 전용 통신)

ABSTRACT

In recent days, crash safety system based on vehicle-to-vehicle communication (V2V) has been legislated. This V2V based safety system collects information from nearby vehicles to predict any crash possibility. Thus, it requires accurate and reliable data. Regularly updated features of Basic Safety Message(BSM) will be used to test validity of various elements included in the BSM. Then, the focus was made on whether values of these elements had notable differences compared to previous values. Through this paper, the validation tool was implemented and the result from V2V OBU experiment was used to identify problems in the current model and additional features that need to be implemented in V2V OBU for more accurate BSM.

1. 서론

차량간 통신(V2V)에 의한 safety system은 단거리 전용 통신(Dedicated Short-range Radio Communication, DSRC)을 통해서 주기적으로 차량간에 기본 안전 메시지(Basic Safety Message, BSM)를 주고받는 것으로 수행된다. BSM은 전송하는 차량의 속도, 방향, 브레이크의 상태 및 현재 좌표 등의 데이터 요소(Data Element)들을 포함한다. 주변 차량의 정보들은 차량의 충돌 가능성을 계산하는 데에 사용되며, 충돌 가능성이 예측되면 운전자에게 충돌 위험에 대한 경고를 한다.

V2V는 기존의 탐지 시스템(카메라나 센서 기반)에 비해서 방향성과 가시선의 제한이 없는 탐지영역을 가

지는 특징이 있다. 다시 말하면, 모든 방향의 차량 건너편이나 모서리 등의 시각적 음영지역 내에 존재하는 차량 탐지도 가능해지며 이는 V2V 기본 안전시스템의 주요한 장점이 된다. 이러한 특징을 이용하면 기존 시스템에서 가능하지 않았던 교차로의 충돌 위험 경고(예를 들어 좌회전 상황의 직교차량에 기인한)^{(1),(2)} 등의 서비스가 가능해진다. 또한 V2V 통신 기술은 기후나 차량의 청결상태 등의 영향 없이 300m 이상 원거리의 신호 전달이 가능하므로,⁽³⁾ 기존 시스템에 대비하여 2배 이상의 탐지영역 확보가 가능하다.

많은 장점을 제공하는 V2V 시스템이지만, 이러한 기능을 가능하게 하려면 몇 가지 필수적인 요구사항이 있다. 첫 번째로, 서로 다른 제조사가 제작한 이종의 차량들이 서로 신호를 전달하고 정보를 취득하기 위해, 모든 차량들이 같은 통신기술을 사용하도록 할 수 있는 기술적 표준이 필요하다. National Highway Traffic Safety Administration (NHTSA)에서는 IEEE의 Wireless Access in

* (주)와이즈오토모티브

** 교통안전공단 자동차안전연구원

*** 명지대학교 ICT 융합대학

E-mail : kis@wise-automotive.com

Vehicular Environment (WAVE) 와 Society of Automotive Engineers (SAE)의 J2735, J2945를 기본 V2V통신 표준으로 규정하였다.⁽⁴⁾ WAVE는 V2V 시스템에 사용되는 DSRC통신 프로토콜을 정의하며, SAE J2735와 SAE J2945는 각각 V2V 시스템에 사용되는 데이터 요소와 시스템 요구사항을 정의한다. 두 번째로, V2V 통신에 의한 충돌 가능성 예측에는 '모든' 주변 차량으로부터의 신호 수신에 필요하다. 신호 수신에 의하여 수동적으로 상황탐지가 이루어지는 V2V 기반 안전 시스템의 특성상 신호를 전송하지 않는 차량에 의한 충돌 가능성은 예측될 수가 없기 때문이다. 이러한 이유로 NHTSA는 향후 모든 차량 또는 장비 제조사들이 V2V 기능을 구현하도록 Federal Motor Vehicle Safety Standard (FMVSS) No. 150⁽⁵⁾의 법제화를 추진하고 있다. V2V 시스템의 장착을 의무화 하기 위해서는 차량에 설치되는 V2V OBU를 검증하는 절차가 필수로 요구된다.

V2V OBU의 검증에는 우선적으로 표준 부합성, 상호 호환성, 통신성능 검증이 요구되며 대부분의 V2V OBU 제조사들은 상기의 검증은 필수로 진행하고 있다. 그러나, 그 외에도 V2V OBU가 송신하는 BSM에 포함된 데이터 요소들이 유효한 정보를 포함하고 있는지에 대한 검증도 매우 중요하다. 수집된 데이터 요소들을 사용하여 충돌 가능성을 계산하는 V2V시스템 특성 상, 기술 표준은 만족하지만 유효하지 않은 값 (예를 들어 송신 차량의 실제 차속과 다른 vehicle speed element등)을 가지는 데이터 요소들은 계산된 충돌 가능성의 신뢰도를 크게 저하시키고 오경보 또는 경보 누락 등의 문제를 발생시키기 때문이다.

본 논문에서는 V2V 통신기반 안전 시스템에서 사용되는 BSM내 데이터 요소 들의 유효성 검증을 위하여 V2V OBU가 탑재된 차량의 BSM을 수신하고 주요 데이터 요소들의 유효성을 판단할 수 있는 검증 툴의 구현과 시험에 대하여 기술한다.

2. 유효성 평가 방법

2.1. 평가 대상 정의

SAE J2735표준 BSM은 차량의 위치 및 운동정보를 포함하고 일반적으로 100ms의 주기로 주위 차량에 브로드캐스팅 된다. BSM은 모든 메시지에 포함되도록 권장되는 Part I data와 필요에 의해 선택적으로 포함되는 Part II data로 구성된다.⁽⁶⁾ BSM Part I data는 14개의

Table 1 응용 별 관계 Element

응용	설명	관계된 데이터 요소
Electronic Emergency Brake Light (EEEB)	Warns drivers of heavy braking ahead in the traffic queue	DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Speed, DE_Heading,
Blind Spot Warning (BSW)	Alerts drivers to the presence of vehicles in their blind spot in the adjacent lane	DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Heading
Forward Collision Warning (FCW)	Warns drivers of stopped, slowing, or slower vehicles ahead	DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Speed, DE_Heading
Left Turn Assist (LTA)	Warns drivers to the presence of oncoming, opposite direction traffic when attempting a left turn	DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Speed, DE_Heading
Intersection Movement Assist (IMA)	Warns drivers of vehicles approaching from a lateral direction at an intersection	DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Speed, DE_Heading

데이터 요소들로 구성되어 있으며 이 중 DE_Latitude, DE_Longitude, DE_Elevation, DE_Speed, DE_Heading의 5개 데이터 요소가 주요 V2V 응용에서 사용되는 핵심 데이터요소로 도출되었다. 가능한 V2V 응용⁽⁷⁾ 및 관련 데이터 요소는 Table 1과 같다.

2.2. 유효성 판단 기준

목표 데이터 요소 별 유효성 검사는 전송과정에서의 오류는 없지만 유효하지 않은 값의 발생빈도를 측정하는 것으로 이루어진다. 데이터 요소의 유효성 판단은 다음 두 기준에 의하여 수행된다.

- 명시적 유효성: 데이터 요소의 값이 SAE J2735 표준에 의해 명시된 범위 내에 위치하는가 여부
- 묵시적 유효성: 데이터 요소의 값이 실제 차량의 운동에 의해서 가질 수 있는 범위 내에 위치하는가 여부

이 중 명시적 유효성의 판단 근거는 SAE J2735표준에 따르기 때문에 Table 2와 같이 표준에 명시된 범위

Table 2 SAE J2735 표준 근거 주요 데이터 요소의 허용 범위

데이터 요소	허용 범위	
	최소	최대
DE_Latitude	-900000000	900000001
DE_Longitude,	-1799999999	1800000001
DE_Elevation	-4096	61439
DE_Speed,	0	8191
DE_Heading	0	28800

를 그대로 인용하지만, 목시적 유효성의 판단 기준인 단위시간 당 최대 가속력, 최대 감속력, 최대 조향각, 최대 등판각은 검증 대상에 맞도록 설정한다.

데이터 요소의 목시적 유효성은 직전 수신된 동일 차량의 BSM에서 추출한 데이터 요소와 현재 수신된 BSM에서 추출한 데이터 요소의 관계를 바탕으로 검증된다. Fig. 1은 목시적 유효성 판단의 근간이 되는 차량의 이동 예측 방법이다.

이동 예측에 사용되는 메시지 간 시간간격 dt 는 1회 이상 수신된 BSM에 포함되는 DE_DSecond 값을 사용하거나, 메시지 수신 시 타임스탬핑을 하는 방법으로 측정할 수 있다. 일반적으로, BSM은 100ms의 주기로 전송되므로, 수신 누락이 발생하지 않으면 dt 는 100ms가 된다. 측정된 dt 는 새로 수신된 BSM에 포함되는 데이터 요소들의 유효성을 계산하는 기준으로 쓰인다.

데이터 요소 별 목시적 유효성 판단 방법은 다음과 같다.

- DE_Speed: 직전에 수신한 BSM에 포함된 DE_Speed($t-1$)을 기준으로 현재 수신된 DE_Speed(t) 값의 유효 범위를 산출. 유효범위는 $DE_Speed(t-1) - Max_Deceleration_per_dt$ (대상 차량의 단위시간 최대 감속력) 이상 $DE_Speed(t-1) + Max_Acceleration_per_dt$ (대상 차량의 단위시간 최대 가속력) 이하.
- DE_Heading: 직전에 수신한 BSM에 포함된 DE_Heading($t-1$)을 기준으로 현재 수신된 DE_Heading(t) 값의 유효범위를 산출. 유효범위는 $DE_Heading(t-1) - Max_Steering_per_dt$ (대상 차량의 단위시간 최대 조향각) 이상 $DE_Heading(t-1) + Max_Steering_per_dt$ 이하
- DE_Latitude: 이전에 수신한 BSM에 포함된 DE_Latitude($t-1$)를 기준으로 현재 수신된 DE_Latitude(t) 값의 유효 범위를 산출. 유효범위는 DE_Speed와 DE_Heading의 유효 범위를 반영(Fig. 2).
- DE_Longitude: 이전에 수신한 BSM에 포함된 DE_Longitude($t-1$)를 기준으로 현재 수신된 DE_Longitude(t) 값의 유효 범위를 산출. 유효범위는 DE_Speed와 DE_Heading의 유효 범위를 반영(Fig. 2).
- DE_Elevation: 이전에 수신한 BSM에 포함된 DE_Elevation($t-1$)을 기준으로 현재 수신된 DE_Elevation(t)의 유효 범위를 산출. 유효범위는 $DE_Elevation(t-1) - Max_gradability_per_dt$ (대상 차량의 단위시간 최대 등판 능력) 이상 $DE_Elevation(t-1) + Max_gradability_per_dt$ 이하(Fig. 3).

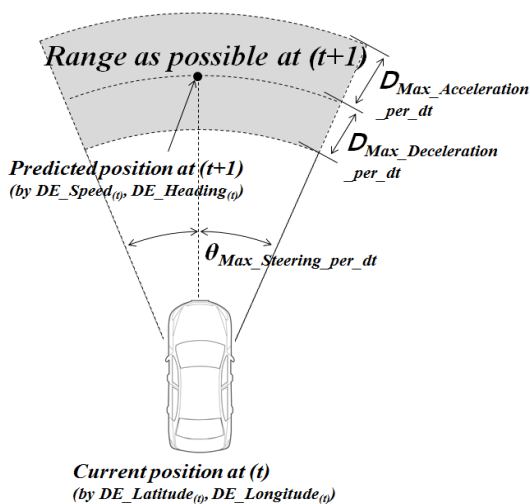


Fig. 1 이동 가능한 위치 추정

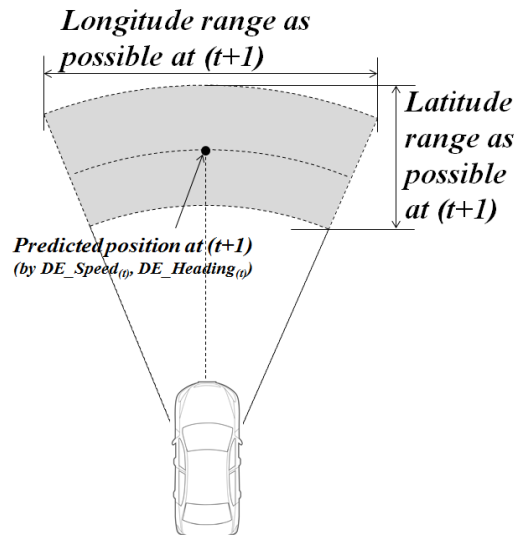


Fig. 2 유효한 위도, 경도 범위

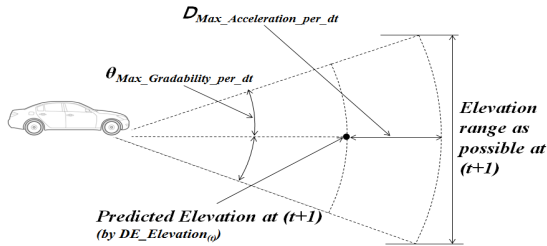


Fig. 3 유효한 고도 범위

3. V2V 데이터 유효성 검증 툴의 구현

3.1. 시스템 구성

Fig. 4와 같이 BSM element 검증 툴은 WAVE 송수신기와 데이터 분석기로 구성된다.

WAVE 송수신기는 IEEE 802.11p Modem과 IEEE 1609.3/4 프로토콜 스택을 갖춘 상용 단말기를 사용하였다. WAVE 송수신기는 BSM을 포함하여 무선 링크로 수신된 모든 WAVE 기반 DSRC 패킷의 페이로드에 16 bytes의 타임스탬프를 덧붙여 Ethernet 인터페이스로 전송하도록 프로그램 되었다.

데이터 분석 디바이스는 PC기반 Windows 플랫폼을 사용하여 BSM 분석 SW를 구동하는 역할을 한다. 데이터 분석 디바이스와 WAVE 송수신기는 Ethernet을 통하여 상호 연결된다. 데이터 분석 디바이스의 Ethernet 인터페이스는 Ethernet으로 수신되는 데이터 스트림을 BSM 분석 SW로 전달한다.

3.2. S/W 구현

BSM 분석 SW는 수신된 DSRC 패킷 중 BSM을 추출해내고, 해당 BSM에 포함된 주요 데이터 요소들의 유효성을 분석한다.

BSM 분석 SW는 Windows 운영 체제 환경의 어플리



Fig. 4 V2V 검증 툴의 구성

케이션으로 구현하였다. Fig. 5는 BSM 분석 SW의 구조를 나타낸다.

이더넷을 통하여 WAVE 송수신기로부터 data를 수신하는 수신 모듈은 별도의 쓰레드로 동작하고, filtering function을 통해 수신된 데이터 중 BSM을 추출하여 recording function으로 보낸다. recording function은 time stamp와 BSM element들을 결합한 구조체를 리스트 형태로 공유 메모리에 저장한다. 공유 메모리에 저장된 데이터 요소들은 element analysis function에 의해 유효성 검사가 이루어지며 검사결과는 counting function을 통해 누적된 후 user interface를 통하여 검사자에게 전달된다.

BSM 분석 SW의 사용자 인터페이스는 분석을 위한 BSM 수집시간, 타임아웃 관정을 위한 BSM의 누락 개수, 검사 반복횟수 등 시험에 사용되는 파라미터의 입력부분과 분석된 BSM의 수신주기, 주요 데이터 요소 별 비정상 데이터 수신 통계가 표시되는 출력부분으로 이루어진다. Fig. 6은 구현된 BSM 분석 SW의 사용자 인터페이스이다.

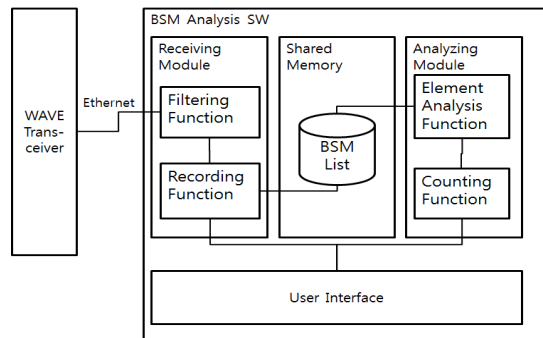


Fig. 5 구현된 BSM 분석 SW의 구조

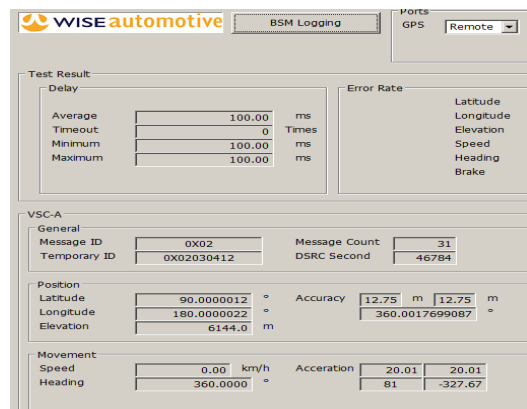


Fig. 6 BSM 분석 SW의 User Interface

4. 실험

4.1. V2V 데이터 유효성 검증 툴의 설치

구현된 BSM 검증 툴과 실제 차량에 장착되는 V2V On Board Unit(OBU)의 호환성 및 V2V OBU의 BSM 분석을 시험하기 위해 상용 V2V OBU가 장착된 차량에 BSM 검증 툴을 설치하고 운행시험을 실시하였다. Fig. 7은 시험을 위하여 차량에 BSM 검증 tool을 설치한 모습이다.



Fig. 7 BSM 검증 툴의 차량 설치

V2V OBU와 BSM 검증 툴을 설치한 시험 차량으로 약 5km의 시험경로를 10회 주행하면서 시험차량이 송신한 BSM을 수집하여 분석하였다. Fig. 8은 시험 경로를 나타낸다.

시험경로는 급경사 오르막 구간(A), 급경사 내리막 구간(B), 완경사 내리막 구간(C), 평탄구간(D), 완경사 오르막구간(D)로 구분된다. 시험은 평균 50kph의 속도로 3421초간 진행하여 총 34208개 BSM을 로깅하였다. Global Navigation Satellite System(GNSS) 수신 값에 의한 영향을 제거하기 위해, 로깅을 시작하기 전 차량에 장착된 V2V OBU가 GNSS로부터 좌표를 수신하기 시작한 후 5분간의 안정화 시간을 가졌다.⁽⁸⁾ 수집된 결과는 Table 3과 같다.

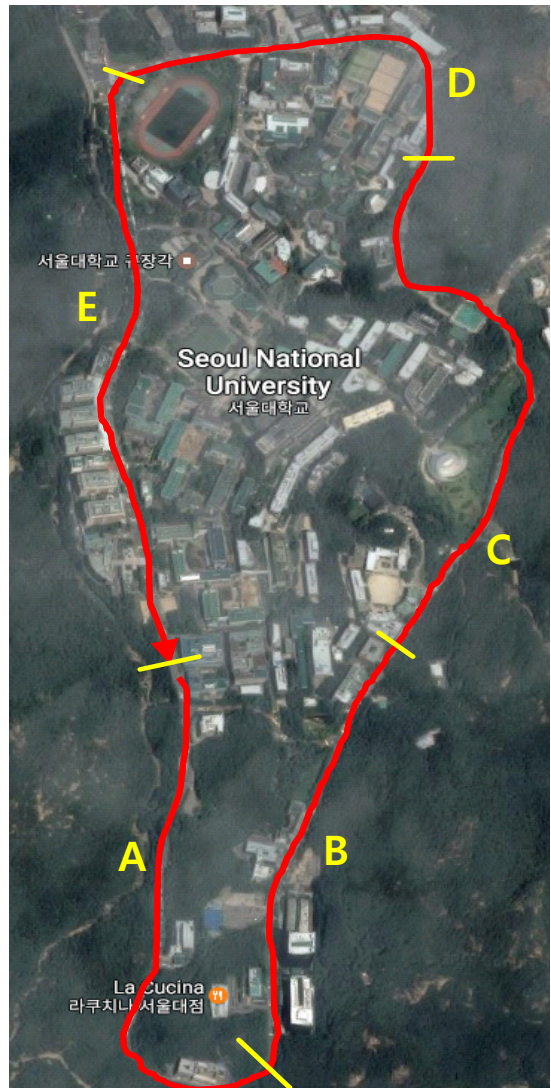


Fig. 8 시험 주행 경로

4.2. 결과 분석

실험 결과 명시적으로 표준에서 규정한 범위를 벗어나는 데이터 요소 값을 포함한 BSM은 존재하지 않았다. 이는 시험 대상 V2V OBU에 의하여 제어가 된 것으로 판단된다. 그러나, 실 차량에서 송신 가능한 BSM 데이터의 유효성을 만족하지 못한 데이터 요소 값의 송신이 검출되었다.

먼저, 경로(A)와 경로 (B)가 이어지는 구간은 GNSS의 수신이 원활하지 않은 구간이다. 해당 구간에서는 차

Table 3 Test Result

데이터 요소	오류 데이터 수		오류율
	명시적오류	묵시적오류	
DE_Latitude	0	117	0.34%
DE_Longitude	0	117	0.34%
DE_Elevation	0	0	0%
DE_Speed	0	41	0.11%
DE_Heading	0	3	0.008%

량의 이동이 일어났지만, BSM에 포함되는 DE_Latitude와 DE_Longitude가 갱신되지 않는 것으로 나타났다. 이는 GNSS의 수신에 잘 이루어지지 않으면 BSM은 유효하지 못한 정보를 포함할 수 있고, V2V 시스템의 신뢰도가 저하될 수 있음을 의미한다.^{(9),(10)} 이 문제를 줄이기 위해서는 비교적 긴 시간 동안 GNSS 수신에 이루어지지 않은 경우에 대한 대응방법이 V2V OBU의 응용상에 마련되어야 할 것으로 생각된다.

두 번째로, 경로(A)의 급 감속과 경로(B)의 급 가속 상황에서 DE_Speed가 차량의 가속/감속 성능으로 예상된 변화량 보다 큰 변화를 가지는 것이 확인되었다. 이는 급경사가 가속/감속능력에 영향을 준 것으로 판단되며, 검증 방법의 DE_Speed 값의 유효 범위를 산정하는데 반영해야 할 것으로 보인다.

세 번째로, 낮은 빈도로 DE_Heading이 큰 폭의 변화를 보였는데, 이는 DE_Heading값을 결정하는 차량의 Controller Area Network(CAN)의 정보 또는 V2V OBU의 SW에서 DE_Heading 값을 결정하는 과정에서 비롯되는 것으로 추정되며, 원인을 찾기 위하여는 더 많은 시험 및 분석이 필요하다.

마지막으로, 시험 경로가 전체적으로 고도 차이가 있는 경사로로 이루어졌음에도 불구하고 시험에 사용된 V2V OBU는 DE_Elevation의 변화가 없이 고정된 값을 가진 BSM을 송출하였다. 이 것은 V2V OBU의 제작사가 DE_Elevation 값이 큰 의미가 없을 것으로 판단하여 기능을 누락시킨 것으로 판단된다. 일반적인 평면도로에서는 DE_Elevation이 큰 의미가 없으나, 교차로나 지하도로 등 입체도로에서는 고도의 차이가 전혀 다른 도로를 나타내므로 입체도로에서의 오경보를 제거하기 위해서는 DE_Elevation에 적합한 값을 할당하는 부분이 반드시 구현되어야 할 것으로 보인다.

5. 결론

본 논문에서는 V2V 시스템에서 사용되는 BSM이 포함하는 데이터 요소들의 유효성을 검증하는 방법과 검증 툴의 구현 및 시험에 대하여 기술하였다. 데이터 요소들의 유효성 검증은 주기적으로 전송되는 BSM의 특징을 이용하여, BSM에 포함된 데이터 요소들이 직전 BSM에 포함된 데이터 요소들과 비교하여 인정할 만한 수치를 가지는가에 초점을 두었다. 그러한 이론으로 구현한 검증 툴에 의한 상용 V2V OBU제품 시험결과로 시료가 가진 문제점과 보다 신뢰성 있는 BSM을 제공하

기 위한 V2V OBU application의 고려사항을 알 수 있었다.

V2V기술이 시작단계인 이유로 시험에 필요한 표준 적용된 V2V 통신 단말기와 V2V 단말 탑재 차량의 종류가 다양하지 못한 문제점이 확인되었다. 이는 시험에 사용된 단말기의 특성이 시험 결과에 영향을 줄 수 있음을 의미한다. 이러한 한계를 극복하기 위해서는 보다 많은 시료를 확보해야 할 필요가 있다.

추후 보다 많은 시료와 더 많은 케이스에 대한 시험을 통하여 개선된 BSM 검증 툴을 제작하고 V2V OBU 응용에 반영해야 할 요소들을 추가로 도출하여 V2V 시스템이 성공적으로 정착하는데 기여하도록 할 예정이다.

후 기

본 연구는 국토교통부 및 국토교통과학기술진흥원의 연구비지원(16PTSI-C054118-08)으로 수행된 연구임.

참고문헌

- (1) National Highway Traffic Safety Administration, 2014, "Advance notice of proposed rulemaking," Docket No. NHTSA-2014-0022, pp. 1~2.
- (2) L. Chen, C. Englund, 2016, "Cooperative Intersection Management: A Survey," IEEE Trans. Intelligent Transport System, Vol. 17, No. 2, pp. 571~572.
- (3) National Highway Traffic Safety Administration, 2014, "Vehicle-to-Vehicle Communications: Readiness of V2V Technology for Application," pp. 105~107.
- (4) National Highway Traffic Safety Administration, 2012, "Interoperability Issues for Commercial Vehicle Safety Applications," pp. 5~6.
- (5) National Highway Traffic Safety Administration, 2016, "Federal Motor Vehicle Safety Standards: V2V Communications," Docket No. NHTSA-2016-0126, pp. 368~390.
- (6) SAE International, "Dedicated Short Range Communications (DSRC) Message Set Dictionary," J2735, p. 30.
- (7) SAE International, "On-Board System Requirements for V2V Safety Communications," J2945-1, pp. 11~25.
- (8) Austroads Project No.NT1632, 2013, "Vehicle

- positioning for C-ITS in Australia (Background Document),” Austroads Publication No. APR 431-13, p. 88.
- (9) S. E. Shladover and S. K. Tan, 2006, “Analysis of vehicle positioning accuracy requirements for communication-based cooperative collision warning,” J. Intell. Transp. Syst., Technol., Planning, Oper., Vol. 10, No. 3, pp. 131~140
- (10) K. Ansari, Y. Feng, M. Tang, 2015, “A Runtime Integrity Monitoring Framework for Real-Time Relative Positioning Systems Based on GPS and DSRC,” IEEE Trans. Intelligent Transport System, Vol. 16, No. 2, pp. 981~983.