

External 인터페이스 구현을 통한 트래픽시뮬레이터와 네트워크 시뮬레이터의 연동

Interoperation of Traffic Simulator and Network Simulator Through the External Interface Implementation

성진승*, 이주영*[★], 정재일**

Jin-Seung Seong*, Joo-Young Lee*[★], Jae-Il Jung**

Abstract

The V2X cooperative communication system is fusion technology which makes vehicle maneuver safer. To evaluate and anticipate effect of these kind of technology, it requires real-car based road construction, implementation of communication devices, hiring inspection specialized personnel. For this reason, many laboratories and universities experience difficulties to test their technology results. Also, the need of implementing reliable testbed for testing vehicle safety applications and V2X communication technology is increasing as V2X device development is being accelerated. In this paper, we implemented a system which synchronizes traffic and network simulators via developing External interface to set simulation based testing environment in order to solve the difficulties.

요약

V2X 협력통신 시스템은 차량 운전을 쉽고 안전하게 할 수 있도록 도와주는 융합기술로 실제 교통상황에서 이러한 기술을 평가하고 효과를 예상하기 위해서는 실차 기반의 도로 구축과 통신 장비 구축, 검증 전문 인력 투입을 필요로 하며 많은 비용과 시간을 투입해야한다. 위와 같은 이유로 연구소 및 대학에서는 개발한 시스템을 테스트 하는데 어려움을 겪고 있으며, V2X 장비 개발이 가속화됨에 따라 차량 안전 어플리케이션과 V2X 통신기술을 테스트 할 수 있는 신뢰성 있는 테스트베드 구축에 대한 필요성이 증가하고 있다. 본 논문에서는 위와 같은 문제점들을 해결하기 위해 시뮬레이션을 기반으로 하는 테스트 환경을 구성하기 위하여 External 인터페이스 구현을 통하여 트래픽 시뮬레이터와 네트워크 시뮬레이터를 연동하는 시스템을 구현하였다.

Key words : Traffic Simulator, Network Simulator, Application Test, V2X, WAVE

* Contributor, Hanyang University

★ Corresponding author

** Responsible author, Dept. of Electronic Engineering, Hanyang University(jijung@hanyang.ac.kr, 02-2220-0352)

※ Acknowledgment

"This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education(NRF-2011-0023177)"

Manuscript received Sep.18, 2014; revised Sep. 26, 2014 ; accepted Sep. 26. 2014

1. 서론

차량의 증가와 기술의 발전으로 인해 교통사고와 같은 안전문제로 인한 인명, 재산피해가 크게 증가하고 있다. 이를 해결하기 위해 다양한 기술들이 연구, 개발되고 있으며 그 중 최근 들어 각광받기 시작한 WAVE 통신을 통한 안전 시스템에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 현재 IEEE 802.11p/WAVE 표준

을 기반으로 한 V2X(Vehicle to X) 통신이라는 명칭으로 주요 기술의 표준화, 개발이 진행된 상황이며 북미와 유럽에서 많은 비용을 투입하여 테스트베드를 구축하고 기술 검증을 진행하는 상황이다. WAVE 통신 검증은 일반적인 모바일, 유무선 네트워크의 검증과는 달리 차량이 고속으로 이동하는 것이 특징이며 기술의 검증을 위해서는 테스트 인프라의 구축, 시험 시나리오의 반복이 필요하지만 자동차의 특성으로 교통사고의 재현이나 운전자의 부주의한 상황을 검증하기에 비용 문제와 안전과 관련한 많은 위험이 따르게 된다.

이러한 실제 차량을 이용한 검증을 대체할 방법으로 시뮬레이션 검증 방안이 꾸준히 연구되고 있으며 VANET(Vehicular Ad-hoc Network) 시뮬레이터라는 명칭으로 실제 차량의 OBU(On Board Unit)를 이용하는 방법이 아닌 시뮬레이터 내의 노드를 이용한 검증 연구가 진행 되었다. 현재 차량 안전 서비스 또는 어플리케이션을 평가하기 위해 실차 기반의 도로 구축과 통신 장비 구축, 검증 전문 인력 투입을 필요로 하며 많은 비용과 시간을 투입해야하기 때문에 테스트 환경 구축에 따른 많은 비용 또는 자원을 필요로 하게 된다. 이러한 문제점을 해결하고자 본 논문에서는 시뮬레이션을 기반으로 하는 테스트 환경을 구성하였다. 시뮬레이션 테스트 환경은 External 인터페이스 구현을 통하여 트래픽 시뮬레이터와 네트워크 시뮬레이터를 연동하는 방식으로 구현하였다. 본 논문에서 구현한 External 인터페이스는 정적인 교통 시나리오 이외에 동적인 교통 시나리오 환경을 구성할 수 있도록 트래픽 시뮬레이터를 제어하기 위한 환경 및 인터페이스를 구현 하였다.

II. 본론

1. 관련 연구

가. V2X 통신

V2X(Vehicle to X) 통신은 차량과 외부 통신 장비와의 통신을 지원하는 통신을 말하며 대표적으로 그림 1과 같이 차량과 차량간 통신인 V2V(Vehicle to Vehicle) 통신과 차량과 RSU와 같은 기지국이 통신하는 V2I(Vehicle to Infrastructure) 통신 두 가지로 구분된다.

V2V (Vehicle to Vehicle) 통신은 차량 간 통신을 말하는 것으로 IEEE 802.11p와 WAVE 통신을 기반으로 한다. 각 차량들은 주행 중에 속도, GPS 등의 자차정보와 주변상황 인지를 통한 주변 상황 정보들

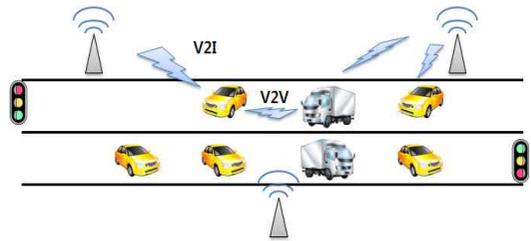


Fig. 1. V2X Communication configuration

그림 1. V2X 통신 구성도

의 교환을 하고 이를 기반으로 주변 위험요소를 감지한다. V2I (Vehicle to Infrastructure) 통신은 차량의 WAVE 통신 단말기와 주변 기지국과의 통신을 말하는 것으로 신호정보 제공 및 교차로에서의 안전 서비스, 긴급차량 우선 신호제어, 교통정보 수집 및 제공 서비스 등을 목적으로 하는 통신 방식이다.

V2X 통신은 미국의 IEEE 802.11p/WAVE 통신표준을 채택하여 사용하며 차량이 빠른 속도로 이동하는 통신 환경에서 데이터를 100msec 이내의 짧은 시간을 주기로 전송하는 것을 목표로 한다. WAVE 통신표준은 IEEE 802.11p 및 IEEE 1609.X 규격으로 구성되어 있으며 5.9 GHz 전용 주파수 대역을 사용한다. WAVE 통신의 성능 목표는 표1에 나타나있다[1].

Table 1. Goal of WAVE performance

표 1. WAVE 성능 목표

항목	성능 목표
차량속도	최대 200km/h
통신 범위	최대 1km
전송 속도	기본 12Mbps, 최대 27Mbps
전송 오류율	0.1 이내(10%)
Latency	100msec 이내
통신 방식	V2V(Vehicle to Vehicle), V2I(Vehicle to Infrastructure)

미국은 WAVE 통신 주파수를 5.9 GHz 전용 대역으로 할당 하였으며 그림 2와 같이 5.850 ~ 5.925 GHz의 총 75 MHz를 사용한다. 통신 채널은 7개로, 하나의 제어 채널과 6개의 서비스 채널로 구성되어 있다. 차량 안전서비스와 관련된 비컨 메시지는 주기적으로 제어 채널을 이용해 전송되며 서비스 관련 데이터는 6개의 서비스 채널을 할당 받아 전송한다[2].

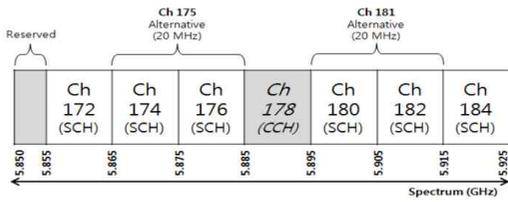


Fig. 2. Current frequency distribution in North America
 그림 2. 북미 주파수 할당 현황

유럽에서 차량통신용 주파수 할당은 5.9 GHz 대역에 하나의 제어 채널과 4개의 서비스 채널로 할당되어 있으며 그림 3과같이 기본 대역 외에 5.470 GHz ~ 5.725 GHz 대역을 하나의 가변채널로서 G5SC5(ITS-G5 Service Channel)로 할당하였다[3].

G5CC(ITS-G5 Control Channel)는 도로 안전과 교통 효율을 위한 응용 서비스에 사용되며 G5SC1부터 G5SC5 채널은 ITS 서비스를 위한 채널로 사용한다.



Fig. 3. Current frequency distribution in Europe
 그림 3. 유럽 주파수 할당 현황

나. IEEE 802.11p, WAVE 표준

IEEE 802.11p와 WAVE 표준은 차량 주행 환경에 최적화 된 통신을 제공하기 위하여 만들어졌고 프로토콜 스택은 그림 4와 같이 구성되어 있다.

WAVE 표준은 PHY 계층과 MAC 계층을 담당하는 IEEE 802.11p 표준과 MAC 계층을 확장해 Multi-channel Operation을 위한 IEEE 1609.4 표준, Network 계층과 Transport 계층 역할을 담당하는 IEEE 1609.3 표준, 보안과 관련된 IEEE 1609.2 표준, 송수신하는 메시지 규격을 위한 SAE J2735 표준으로 구성되어 있다[2].

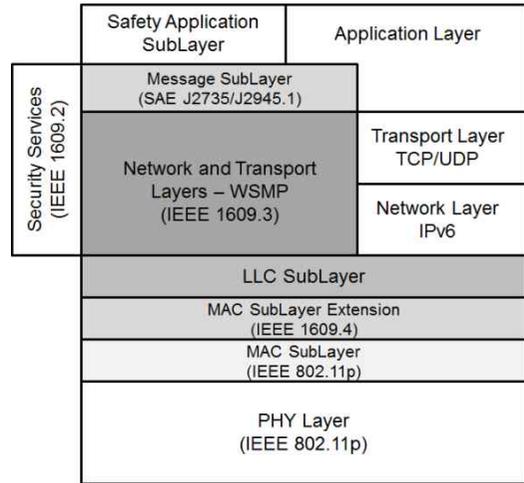


Fig. 4. WAVE Protocol stack
 그림 4. WAVE 프로토콜 스택

(1) IEEE 802.11p

WAVE 프로토콜 스택에서 PHY와 MAC(Media Access Control) 계층은 IEEE 802.11p 표준문서에 정의되어 있다. WAVE의 PHY계층은 OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)을 기반으로 하며 IEEE 802.11a를 기반으로 수정되어 고속 통신 환경에 맞게 설계되었다. IEEE 802.11p는 10 MHz의 채널 대역폭에서 사용할 수 있도록 설계되었으며 20MHz의 채널 대역폭을 사용하는 IEEE 802.11a와 비교하여 대역폭이 절반으로 줄었기 때문에 데이터 송수신 전송 속도도 절반으로 줄었다. 변조방식은 BPSK, QPSK, 16-QAM, 64-QAM 네 가지의 변조 방식을 사용하고 있으며 각각의 변조방식에 특성과 전송 속도는 표 2와 같다[2].

Table 2. Wave performance indicator

표 2. WAVE 성능 지표

Data Rate (Mbps)	Modulation Technique	Coded Bit Rate (Mbps)	Coding Rate
3	BPSK	6	1/2
4.5	BPSK	6	3/4
6	QPSK	12	1/2
9	QPSK	12	3/4
12	16-QAM	24	1/2
18	16-QAM	24	3/4
24	64-QAM	36	2/3
27	64-QAM	36	3/4

IEEE 802.11p의 MAC 프로토콜은 매체에 각 단말

들이 제대로 접근 할 수 있도록 하는 방식들을 정의하고 있다. IEEE 802.11p 표준에서는 기존의 IEEE 802.11a 무선 LAN 통신 프로토콜과 단말이 통신하기 위한 절차의 차이점이 있다.

IEEE 802.11p는 차량의 BSS(Basic Service Set)를 구성하는 Association, Authentication 절차에서 소요되는 지연을 최소화하기 위해 OCB(Outside the context of a BSS)라는 규칙을 정의하였다. 기존의 IEEE 802.11 통신은 서로 같은 BSS에 속해있을 경우에만 통신이 가능했지만, OCB 규칙에 기반 한 데이터 프레임의 통신은 하나의 BSS에 속하지 않은 STA로 제한한다.

(2) SAE J2735

SAE J2735 Message Set Dictionary는 DSRC/WAVE 통신의 어플리케이션에서 사용하기 위한 메시지 셋들을 정의하고 있다. 이는 Data Frame, Data Element로 구성되어 있으며 메시지 셋은 서로 다른 어플리케이션 간의 호환성을 가질 수 있도록 하는 것을 목적으로 한다. 메시지 셋은 15개의 메시지로 구성되어 있으며 73개의 Data Frame과 149개의 Data Element, 11개의 External Data Entries를 사용하여 구성된다[4]. 기본적인 차량 안전 서비스 제공을 위해서는 주기적으로 차량 주변으로 방송하는 비컨 메시지가 필요하며 15개의 메시지 셋 중에서 BSM(Basic Safety Message)를 사용해 송신 차량 노드 주변으로 자신의 차량 정보를 방송하게 된다. BSM을 구성하는 메시지 필드는 의무적으로 필요한 BSM Part I과 이벤트 기반의 BSM Part II 메시지로 구성된다[2].

다. External 인터페이스

본 논문에서 제안하는 시뮬레이션은 네트워크 시뮬레이터인 QualNet[5]과 트래픽 시뮬레이터인 VISSIM[6]을 연동함으로써 구성된다. 이 두 시뮬레이터를 연동하기 위해 구성한 External 인터페이스는 V2X 안전 어플리케이션 또는 차량 통신 프로토콜의 성능 등을 검증하기 위한 것이며 차량의 움직임을 현실적으로 모델링하여 네트워크 시뮬레이터 내의 노드 이동성을 제공함으로써 차량 통신 프로토콜의 성능을 평가할 수 있다. 또한, 차량 안전 어플리케이션에서 요구되는 주변 차량의 정보 메시지를 어플리케이션으로 전송하여 안전 어플리케이션에서 요구하는 메시지를 송수신함으로써 안전 어플리케이션의 동작을 검증할 수 있다.

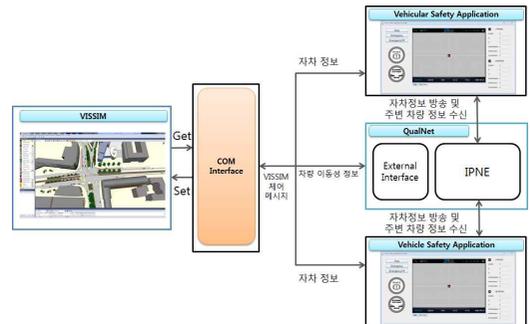


Fig. 5. Architecture of External interface
그림 5. External 인터페이스 구조도

본 논문에서 구현 한 시뮬레이터에는 두 가지 인터페이스가 있다. 첫 번째는 COM 인터페이스이다. COM 인터페이스는 VISSIM과 QualNet을 연동하는 인터페이스로 네트워크 시뮬레이터에서 시뮬레이션하기 어려운 차량의 현실적 이동성과 운전자의 운전 패턴 등에 관한 정보를 VISSIM 에서 시뮬레이션 하고 해당 정보를 QualNet 시뮬레이터와 차량 안전 어플리케이션에 실시간으로 제공한다.

차량의 움직임은 시뮬레이터 상에서 차량을 선택하여 실시간으로 특정 차량을 제어하는 동적 시나리오를 통해 통신과 안전서비스를 검증할 수 있으며 전체 시뮬레이터의 인터페이스는 그림 5와 같다.

COM 인터페이스에서 QualNet과 차량 안전 어플리케이션으로 송수신하는 메시지는 멀티캐스트 방식으로 동작하며, UDP 통신을 사용하게 된다.

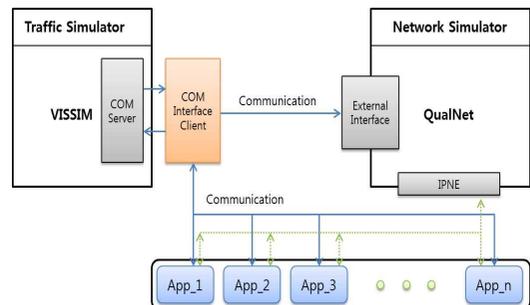


Fig. 6. Flow of data in simulation
그림 6. 시뮬레이터의 데이터 흐름도

시뮬레이터의 두 번째 인터페이스는 IPNE(IP Network Emulation)라는 QualNet의 네트워크 에뮬레이션 인터페이스이다. IPNE는 QualNet 시뮬레이터 내부의 가상 노드와 외부 시스템과의 Mapping을 지원하는 모듈로써 안전 어플리케이션이 Qualnet과 연

동되어 QualNet내의 가상 노드가 송수신하는 메시지 패킷을 받아서 서비스에 이용할 수 있다.

라. 시뮬레이터 세부 구성

시뮬레이터를 구성하는 모듈들은 그림 6과 같이 VISSIM 교통 시뮬레이터, QualNet 네트워크 시뮬레이터, VISSIM COM 인터페이스, QualNet External Interface, IPNE, 차량 안전 어플리케이션으로 구성된다.

(1) 시뮬레이터

VISSIM[6]은 다양한 교통 환경 문제의 분석을 위한 시뮬레이터이다. 상용 교통 시뮬레이터로서 오픈 소스 교통 시뮬레이터의 기능적인 단점을 해결할 수 있으며 주로 대규모 교통 환경에 대한 시나리오를 생성하고 분석이 필요할 때 주로 사용되고 있다.

네트워크 시뮬레이터는 네트워크의 상태를 예측하고 분석하기 위한 시뮬레이터로서 일반적으로 패킷 프레임 송수신, 딜레이 분석, 네트워크 성능 분석을 위해 사용된다. 본 논문에서는 네트워크 시뮬레이션을 위해 QualNet[5]을 이용하였다.

QualNet을 이용한 V2X 통신 시뮬레이션을 위해서는 IEEE 802.11p/WAVE 통신 프로토콜이 필요하며 VISSIM에서 송신한 차량의 노드 정보를 주기적으로 수신하고 설정하기 위한 External Interface 구현이 요구된다.

(2) External Interface

QualNet의 External Interface는 외부 시스템과의 상호작용을 지원하기 위해 제공되는 QualNet 인터페이스이다. 본 논문의 시뮬레이션 환경은 VISSIM COM 인터페이스와 QualNet External Interface를 연결해주는 것을 목적으로 하며 외부 시스템에서 QualNet의 기능을 제어하기 위한 External Interface API를 제공한다. 본 논문에서는 VISSIM COM Interface와 통신을 통해 QualNet 내부 노드의 위치 정보를 수정하는 기능을 구현하였다. 외부 시스템은 External Interface에서 제공하는 API를 통해 QualNet을 동작시킬 수 있으며 External Interface에서 제공하는 API는 일반적으로 Interface Registration Function, Utility Function 두 가지로 구분 된다.

Interface Registration Function은 외부 시스템 어플리케이션과 상호 작용하기 위한 새로운 인터페이스를 QualNet에 등록하기 위해 사용되는 API이다. QualNet은 시뮬레이션을 시작하기 전에 사용자가 정의해놓은 External Interface를 인식하게 되며 QualNet 내부에서 사용하게 되는 데이터의 구조, Callback Function, 인터페이스를 등록하여 외부 시스템과 데이터 송수신 및 처리가 가능하게 된다.

Utility Function은 Qualnet External Interface는 외부 시스템이 시뮬레이션 노드의 위치 정보, 통신에 필요한 프로토콜과 같은 시뮬레이션 요소들을 변경하고 처리할 수 있도록 Utility Function이라는 기능을 제공한다. Utility Function은 시뮬레이션 및 시스템 시간 관련 함수, 시뮬레이션 노드의 데이터 송수신, 노드 포지션 설정, 통신 소켓 관련 함수들로 구성되어 있다.

본 논문에서는 VISSIM COM 인터페이스에서 전송되는 노드의 좌표를 기반으로 Utility Function의 ChangeNodePosition 함수를 이용해 VISSIM의 차량 노드 좌표를 QualNet 시뮬레이터의 가상 노드에 정확히 반영한다.

마. 시스템 구현 및 결과

(1) 구현 환경 및 동작 절차

본 논문에서는 PC 3대를 이용하여 QualNet과 VISSIM을 실행하는 중앙 PC1, 그리고 QualNet의 가상노드에 매핑된 어플리케이션을 위한 PC 2대를 유선 LAN으로 연결하여 시스템을 구성하였다.

QualNet 4.5에서 IPNE 모듈은 Windows XP에서만 동작하는 이유로 중앙 시뮬레이터 PC는 Windows XP로 환경을 구성한다.

본 논문의 시뮬레이션 인터페이스의 동작 순서도는 그림 7과 같다. QualNet 시뮬레이터는 시뮬레이션을 동작 시키면 패킷 수신 대기 상태가 된다. QualNet은 VISSIM의 초기화 메시지 수신을 기다리는 상태가 되고, VISSIM COM 인터페이스 클라이언트는 VISSIM 시뮬레이터를 실행시키고 교통 네트워크를 초기화 한다. 초기화가 완료되면 초기화 완료 메시지를 QualNet에 송신하여 QualNet의 시뮬레이션 상태를 활성화 시키고 VISSIM 시뮬레이션을 실행하여 교통 네트워크 정보를 QualNet과 안전 어플리케이션으로 송신한다. QualNet은 External Interface를 통해서 주기적으로 VISSIM 정보 패킷을 수신하여 노드의 위치 정보를 갱신하고 IPNE를 통해 QualNet 내부의 노드와 에뮬레이션된 어플리케이션으로 주변 차량 정보를 전송하며 동작하게 된다.

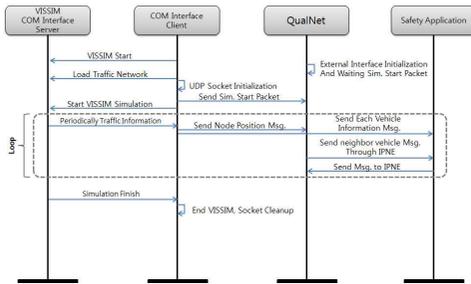


Fig. 7. Flow chart of simulator
그림 7. 시뮬레이터 흐름도

(2) 시뮬레이션 수행 결과

본 논문에서 설계한 시뮬레이션 인터페이스의 성능을 분석하기 위해 4.6절의 시뮬레이션 시나리오에서 시뮬레이션을 진행하여 성능을 측정하였다. QualNet은 통신을 위한 프로토콜로 IEEE 802.11p를 사용하며 IPNE, External Interface를 사용하여 외부 시스템과 연동한다. 시나리오의 성능 분석 요소는 COM 인터페이스 클라이언트에서의 프로세싱 지연과 메시지 송신 주기, 어플리케이션에서의 수신주기, QualNet External Interface에서의 메시지 수신주기를 측정하였으며 어플리케이션 검증을 위한 추가 시뮬레이션을 진행하였다. 프로세싱 지연을 측정하기 위한 시나리오는 50대의 차량 시나리오를 사용하였으며 기타 성능 분석치는 30대 이하의 시나리오에서 시뮬레이션 되었다.

COM 인터페이스 클라이언트의 Processing 딜레이는 그림 8에서와 같이 측정 되었다. 시뮬레이션 시간이 경과할수록 차량의 수가 증가하고 COM 인터페이스 클라이언트에서 처리하는 Processing Delay가 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있다. Processing Delay는 차량의 수에 영향을 받으며 COM 인터페이스 클라이언트의 Processing Delay가 100 msec가 초과될 경우 시뮬레이션의 실시간 연동 지원이 어렵다.

제한한 시뮬레이션 COM 인터페이스 클라이언트는 차량의 수가 31대를 기준으로 100msec를 초과하는 프로세싱 지연을 나타내기 시작하였다. 따라서, 안정적인 실시간 시뮬레이션을 위해서는 30대 이하의 차량을 이용해 시뮬레이션을 진행할 경우 실시간 지원이 가능한 것으로 분석되었다.

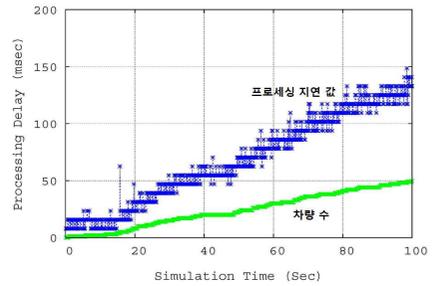


Fig. 8. Processing delay of COM interface
그림 8. COM 인터페이스의 프로세싱 딜레이

그림 9과 같이 안전 어플리케이션 검증을 위해 전방추돌 경고 서비스 어플리케이션을 테스트 하였다. 전방추돌 경고 서비스는 차량의 위치정보와 진행방향, 현재 차선정보, 속도, 가속도 정보를 기반으로 동작하게 된다. 안전 어플리케이션은 시뮬레이션 노드와 매핑되어 차차 정보를 매핑된 가상 노드에 전달하고 가상 노드는 해당 차차 정보 패킷을 네트워크 시뮬레이션 내부의 통신 범위 내 가상노드로 전송한다. 차량 ID 1번, 2번 두 대의 차량을 기준으로 검증하였으며 2번 차량에서 1번 차량과의 충돌을 예상하고 경고하는 것을 확인할 수 있었다.



Fig. 9. Safety application GUI for testing
그림 9. 테스트용 안전 어플리케이션 GUI

또한, 안전 어플리케이션에서 COM 인터페이스 클라이언트로 안전 어플리케이션의 버튼을 이용해 메시

지를 보낼 경우 VISSIM의 제어 기능을 사용할 수 있었다.

III 결론

최근 교통사고 또는 여러 교통 서비스를 제공하기 위해 연구되고 있는 IEEE 802.11p 기반의 WAVE 통신의 동향과 기술들을 분석해 보았으며 이를 시뮬레이션 하여 V2X 통신을 검증하기 위한 시스템의 동향에 대해서 연구하였다. V2X 기반 차량 통신은 교통사고를 예방하고 차량 혼잡을 줄일 수 있는 기술로 세계적으로 활발히 연구되고 있으며 향후 V2V, V2I 통신뿐만 아니라 V2M, V2P 통신으로 발전하여 운전자에게 편리하고 안전한 주행을 지원할 것이다.

통신 시스템을 검증하기 위한 연구는 많이 이루어지고 있는데 이 중 V2X 통신을 검증하기 위한 연구는 많이 이루어지지 않고 있다. 고속 통신 환경인 V2X 통신은 네트워크 시뮬레이터만으로 검증하기 어렵고 많은 노드들에 현실적인 차량 움직임을 입력한 시나리오 생성에도 어려움이 있다.

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터와 V2X 통신의 어플리케이션 및 통신 프로토콜을 검증하는 시스템을 구현하기 위해 시뮬레이터 연동 인터페이스를 설계하고 구현하였다. 시뮬레이터 인터페이스는 기존의 네트워크 시뮬레이터에서 차량의 움직임을 모델링하기 어려운 문제점을 교통 시뮬레이터를 연동하여 현실적으로 반영할 수 있으며 실시간 시뮬레이션 과정에서 시나리오의 차량을 제어하는 기능을 추가하였다. 또한, IPNE 에뮬레이션 기능을 이용해 외부 시스템 안전 어플리케이션을 가상 노드에 연동하여 검증한 것이 특징이다.

본 논문에서 설계한 연동 인터페이스는 차량 시뮬레이션의 네트워크 프로토콜의 적용 및 성능 분석, 외부 어플리케이션의 동작이 가능하여 향후 실제 차량 단말기와의 연계를 통해 차량 단말기의 동작을 평가할 수 있는 도구로 발전해 나갈 수 있을 것이다.

References

- [1] Hyunseo Oh, "A trend of V2X Communication technology and service", Communications of KIISE Vol.31, Issue 1, 2013.01, p19 - 24
- [2] Kenny J. B. "Dedicated Short-Range Communications (DSRC) Standards in the United States," , Proceedings of the IEEE, Vol.99, Issue 7, Jul. 2011, pp. 1162-1182
- [3] "Draft ETSI EN 302 663 v1.2.0 : Intelligent Transport systems (ITS); Access layer specification

for Intelligent Transport Systems operating in the 5 GHz frequency band", 2012.11

[4] "Dedicated Short Range Communications(DSRC) Message Set Dictionary", J2735, SAE International, 2009.11

[5] QualNet-4.5.1-UsersGuide, Scalable Network Technologies

[6] VISSIM, Netviewer_Support_User_Manual_EN, PTV GROUP

BIOGRAPHY

Seong Jin-Seung (Student Member)



2011 : BS degree in Electronic Engineering, Sejong University.

2014 : MS degree in electronics and computer, Hanyang University.

Lee Joo-young (Member)



1990 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1992 : MS degree in electronics and computer, Hanyang University.

2001 : PhD degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

2002~Present : Professor, Dept of Electronic Engineering, Seokyeong University.

Jung Jae-il (Member)



1981 : BS degree in Electronic Engineering, Hanyang University.

1984 : MS degree in Electrical and Electronic Engineering, Korea

Advanced Institute of Science and Technology (KAIST).

1993 : PhD degree in computer science and Networks, Ecole Nationale Supérieure des Telecommunications (ENST).

1997~Present : Professor, Dept of Electronic Engineering, Hanyang University.