

논문 2016-53-9-1

차량 통신 시스템을 위한 적응적 전송 기법 설계 및 성능 분석

(Designs and Performance Analysis of Adaptive Transmission Scheme for Vehicle Communication System)

문 상 미*, 추 명 훈*, 이 지 혜*, 권 순 호**, 김 한 중***, 김 철 성****, 황 인 태****

(Sangmi Moon, Myeonghun Chu, Jihye Lee, Soonho Kwon, Hanjong Kim,
Cheolsung Kim, and Intae Hwang[©])

요 약

향상된 무선 통신 시스템을 이용하여 교통안전을 개선하기 위해 V2X (Vehicle to Everything) 통신에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. V2X 통신은 미래 교통안전 및 이동성의 발전을 위한 하나의 주요 솔루션이다. 본 논문에서는 LTE (Long Term Evolution) 기반 V2X 시스템 레벨 시뮬레이터 (SLS: System Level Simulator)를 개발하고 차량통신을 위한 적응적 전송 기법을 제안한다. 제안 기법은 시간 및 주파수 영역에서 랜덤하게 자원을 할당하고 전송 확률에 따라 메시지 전송을 결정한다. 성능 분석은 주기적 메시지 전송에서 고속도로의 경우에 대하여 이루어 졌다. 모의실험 결과, 제안한 기법에서 자원 충돌 및 간섭이 감소함에 따라 PRR (Packet Reception Ratio)의 CDF (Cumulative Distribution Function) 및 평균 PRR이 향상 되는 것을 볼 수 있다.

Abstract

Vehicle to Everything (V2X) communication has been growing to enhance traffic safety by employing advanced wireless communication systems. V2X communication is one core solution for governing and advancing future traffic safety and mobility. In this paper, we design the system level simulator (SLS) of Long Term Evolution (LTE)-based V2X and propose the adaptive transmission scheme for vehicle communication. The proposed scheme allocates the resource randomly in time and frequency domain, and transmit the message according to probability of transmission. The performance analysis is based on freeway case in periodic message transmission. Simulation results show that proposed scheme can improve the cumulative distribution function (CDF) of packet reception ratio (PRR) and average PRR.

Keywords : Adaptive transmission, Freeway, LTE-based V2X, PRR, SLS

* 학생회원, **** 평생회원, 전남대학교 전자컴퓨터공학과
(School of Electronics & Computer Engineering Chonnam National University)

** 정회원, 한국항공우주연구원 나로우주센터
(NARO Space Center, Korea Aerospace Research Institute)

*** 평생회원, 한국기술교육대학 정보기술공학부
(School of Electrical, Electronics & Communication Engineering, Korea University of Technology and Education)

© Corresponding Author (E-mail : hit@jnu.ac.kr)

※ 이 논문(저서)은 2014년 교육부와 한국연구재단의 지역 혁신창의인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임 (NRF-2014H1C1A1066568)

※ 이 논문은 2015년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받아 수행된 연구임(NRF-2015R1D1A1A01059397)

Received ; April 25, 2016

Revised ; August 5, 2016

Accepted ; August 26, 2016

I. 서 론

지금까지의 통신 기술은 사람과 사람 사이의 의사소통이나 정보 전달 목적으로 활용되었지만 최근에는 사람과 사람, 사람과 사람 간의 통신으로 영역이 확대되고 있다. 사람 간의 통신이 아닌 사람 대 사람, 사람 대 사람 간의 통신은 몇 년 전부터 다양한 응용 사례 및 시나리오로 제시되고 있으며, 그 중 일부는 사업화 및 표준화로 추진되어 어느 정도 현실화 단계에 있다. 특히, 최근에는 V2V (Vehicle to Vehicle), V2P (Vehicle to Pedestrian), V2I (Vehicle to Infrastructure)와 같은 V2X (Vehicle to Everything)를 형성하려는 움직임이 빠르게 이뤄지고 있다.

최근 몇 년간 V2X 통신 분야에서는 도로의 안전성 향상과 원활한 차량 운행을 위한 기술이 개발되고 있다. 현재는 기존 내비게이션(Navigation) 시스템에 DMB (Digital Multimedia Broadcasting) 데이터 통신을 통한 교통량 정보 제공 및 우회로 탐색 기술이 보편화되어 있다. 그러나 V2X에서 고려하는 것은 이보다 훨씬 진화한 것으로, 차량마다 센서를 설치하고 차량 간의 통신을 통해 차량 간격, 속도 등을 차량이 스스로 체크하여 정보를 전송하면 사고 또는 도로 공사, 교통량 정보 등을 인근 지역에 접근하는 후속 차량에 실시간으로 제공하여 교통사고를 미연에 방지함은 물론, 원활한 교통 흐름을 유도할 수 있다.

이 기술은 유럽, 북미, 일본, 한국 등 텔레매틱스 (Telematics)과 ITS (Intelligent Transport Systems) 기술 개발에 참여하는 주요국에서 지난 수년간 여러 프로젝트를 통해 실효성을 검증하고 있다^[1~2]. 특히, 최근에는 스마트폰 활성화 및 LTE(Long Term Evolution) 서비스 확대 등에 힘입어 차량과 스마트폰을 연결하여 차량 안에서 인터넷은 물론, 스마트폰을 활용한 다양한 부가 서비스를 제공하기 위한 V2X 기술 개발까지 진행되고 있는 추세이다^[3~4].

시장 규모를 비롯한 참여 국가, 기업 수 등을 고려할 때, 3GPP(3rd Generation Partnership Project)는 가장 중요한 국제 표준 단체이다. 현재 LTE를 포함한 3GPP 기반 이동 통신망이 전 세계의 대다수를 차지하고 있기 때문에, 각 국의 사업자들이 기존 망과의 호환 및 연동을 중요하게 고려하며 연구·개발할 3GPP 국제 표준을 채택 가능성이 지극히 높다. 따라서 차량 통신 시스템을 구현하기 위해서 셀룰러 다중 안테나 기반 V2X 시스템에 대한 성능 분석 알고리즘을 개발 하는 것이 중요하다.

따라서 본 논문에서는 차량 이동환경에서 셀룰러 기반 무선전송 기술을 분석하기 위한 시스템 레벨 시뮬레이터를 개발하고 차량통신을 위한 적응적 전송 기법을 제안한다. 제안 기법은 시간 및 주파수 영역에서 랜덤하게 자원을 할당하고 전송 확률에 따라 메시지 전송을 결정한다. 본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 II장에서는 V2X 시스템 레벨 시뮬레이터 개발에 대하여 기술하고 제 III장에서는 적응적 전송 기법에 대하여 제안한다. 제 IV장 모의실험 결과를 통해 성능평가를 하고 마지막으로 V장에서 결론을 맺도록 한다.

II. V2X 시스템 레벨 시뮬레이터 개발

본 장에서는 V2X 시스템 구조에 대해 기술한다. 그림 1은 V2X 시스템 레벨 시뮬레이터의 블록 다이어그램을 보여주고 있다. V2X 시스템은 평가 시나리오, 차량 배치 및 이동성 모델, eNB (evolved Node B) 및 RSU (Road Side Unit) 배치, 채널 모델, 트래픽 모델 등을 수행하며, 성능 메트릭인 PRR (Packet Reception Ratio) 값을 통해 성능 분석이 이루어진다^[5].

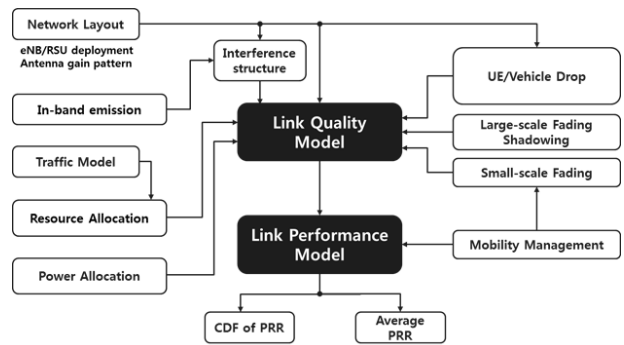


그림 1. V2X 시스템 레벨 시뮬레이터 블록 다이어그램
Fig. 1. Block diagram of V2X system level simulator.

1. 평가 시나리오

두 차량 단말 (UE: User Equipment)의 dropping 경우는 도시와 고속도로 경우로 정의 할 수 있다. UE drop 모델과 이동성 모델은 다음 2절에서 살펴볼 수 있다. 또한 각각 경우에 대한 채널 모델은 다음 4절에서 살펴볼 수 있다.

Macro eNB는 평가 시 배치 되거나 배치되지 않을 수 있다. Macro eNB가 배치되는 경우, 다음 3절의 가정을 사용한다. Macro eNB가 배치되지 않은 경우, 간단한 wrap around가 적용된다.

2. 차량 배치 및 이동성 모델

차량 단말은 Spatial Poisson Process에 따라 도로에서 drop된다. 차량 밀도는 차량 속도에 의해 결정되고, 차량 위치는 시뮬레이션에서 100ms마다 업데이트 되어야 한다. 도시의 경우, 차량은 교차로에서 다음과 같이 방향을 변경한다.

- 확률 0.5로 직진
- 확률 0.25로 좌회전
- 확률 0.25로 우회전

그림 2와 3은 각각 도시와 고속도로의 경우 도로 구성을 나타낸다.

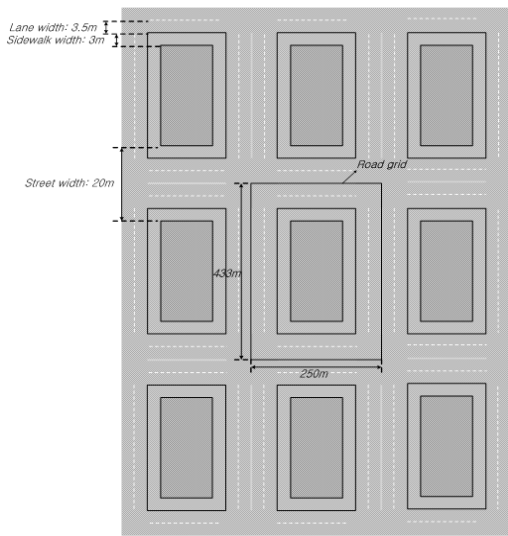


그림 2. 도시의 경우 도로 구성
Fig. 2. Road configuration for urban case.

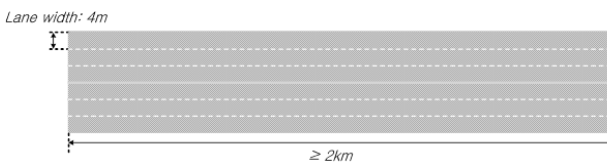


그림 3. 고속도로의 경우 도로 구성
Fig. 3. Road configuration for freeway case.

3. eNB 및 RSU 배치

도시의 경우 Macro eNB가 배치된다면, Macro eNB의 ISD (Inter-Site Distance)는 500m이고 그림 4와 같이 wrap around 모델이 사용된다.

고속도로의 경우 Macro eNB가 배치된다면, 그림 5와 같이 eNB는 1732m의 ISD로 고속도로에서 35m 떨어져 배치된다.

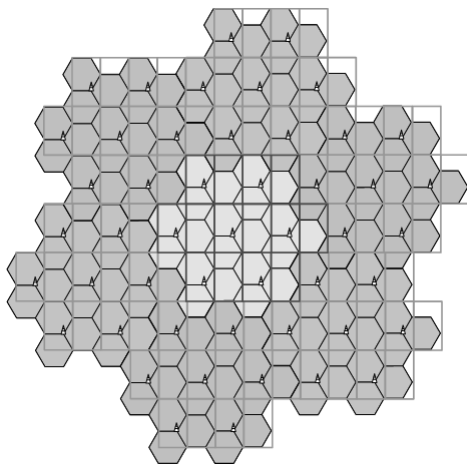


그림 4. 도시의 경우 wrap around 모델
Fig. 4. Wrap around model for urban case.

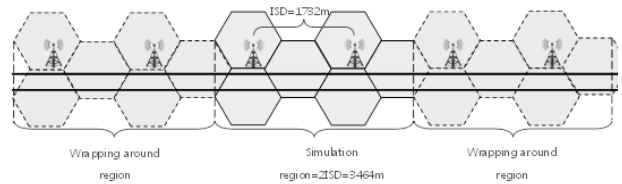


그림 5. 고속도로의 경우 wrap around 모델
Fig. 5. Wrap around model for freeway case.

4. 채널 모델

두 차량 단말 사이의 채널에 대한 가정은 표 1과 같다.

표 1. 채널 모델 파라미터

Table 1. Channel model parameters.

Parameter	Urban case	Freeway case
Pathloss model	WINNER+B1 Manhattan grid layout	LOS in WINNER+ B1
Shadowing distribution	Log-normal	Log-normal
Shadowing std.	3 dB for LOS and 4 dB for NLOS	3 dB
Decoorelation distance	10 m	25 m
Fast fading	NLOS in Section A.2.1.2.1.1 or A.2.1.2.1.2 in [6] with fixed large scale parameters during the simulation.	

5. 트래픽 모델

성능 평가 시 사용되는 트래픽 모델은 주기적인 트래픽 경우와 이벤트-트리거 트래픽 경우가 있다. 주기적인 트래픽의 경우는 필수이며, 이벤트-트리거 트래픽의 경우는 주기적인 트래픽과 함께 또는 주기적인 트래픽 없이 평가 될 수 있다. 모의실험에서 모든 차량은 트래픽 모델에 따라 메시지를 생성한다.

주기적인 트래픽의 경우, 메시지 크기의 가정은 하나의 300 바이트 메시지 생성 후 4개의 190 바이트 메시지를 따른다. 또한, 300 바이트 메시지 생성 시간은 차량 사이 랜덤하게 발생한다. 이벤트-트리거 트래픽의 경우, 이벤트 도착은 각 차량에 대한 초당 도착 속도 X로 포아송 과정을 따른다. 이벤트가 트리거되면, 6 메시지는 100ms를 주기로 생성된다. 메시지 크기의 가정은 800 바이트이다.

6. 성능 메트릭

V2X를 위한 제안 기법을 평가하기 위해, PRR이 고려되어야한다. 하나의 송신 패킷에 대해, PRR은 X/Y로 계산된다. 여기서 Y는 Tx로부터 범위 (a, b)에 위치한

UE/vehicle의 수이고, X는 Y 중 성공적으로 수신한 UE/vehicle의 수이다. 평가 시 PRR의 CDF(Cumulative Distribution Function)와 평균 PRR은 다음과 같다.

- PRR의 CDF 계산 시 $a=0$ 이고 도시과 고속도로의 경우 각각 $b = 150m$ 와 $b = 320m$ 이다.
- 평균 PRR은 $(X_1 + X_2 + X_3 \dots + X_n)/(Y_1 + Y_2 + Y_3 \dots + Y_n)$ 으로 계산된다. 여기서 n은 모의실험에서 생성된 메시지의 수를 나타내며 $a=i \times 20m$, $b=(i+1) \times 20m$ 이고 여기서 $i=0, 1, \dots, 25$ 이다.

III. 적응적 전송 기법

본 장에서는 차량통신을 위한 적응적 전송 기법을 제안한다. 제안 기법은 시간 및 주파수 영역에서 랜덤하게 자원을 할당하고 전송 확률에 따라 메시지 전송을 결정한다.

주파수 및 시간 도메인에서 자원 할당은 랜덤하게 이루어지며, 이때 자원 구성 구조는 그림 6과 같다. 여기서 N_F 는 전체 RB(Resource Block)의 수, M_{RB} 는 데이터 전송 시 할당된 RB 수이다. 따라서 M_{RB} 로 구성된 서브채널 단위로 주파수 도메인에서 자원 할당이 이루어진다. 또한, M_{SF} 는 메시지 전송 시 사용된 서브프레임의 수이고 시간상 연속적으로 배치되고, T_p 는 데이터 생성주기이다.

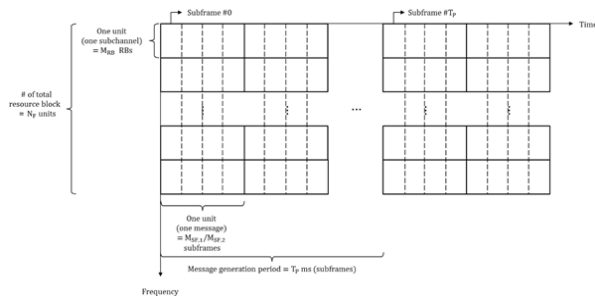


그림 6. 자원 구성 구조
Fig. 6. Resource unit structure.

그림 7과 8은 각각 주기적인 트래픽 경우와 이벤트-트리거 트래픽일 때 자원 할당 구조를 보여주며 repetition 메시지 생성 시간은 랜덤하며, 100ms 마다 업데이트 된다. 예를 들어 주기적인 트래픽의 경우 주파수 도메인에서 $N_F = 50RBs$ 이고 $M_{RB} = 10RBs$ 일 때, 랜덤 주파수의 범위($0 \sim (\text{floor}(N_F/M_{RB})-1)$)는 $0 \sim 4$ 이다. 즉 $N_F/M_{RB} = 5$ 서브채널 중 선택하여 자원을 할당한다. 시간 도메인에서 $T_p = 100ms$, $M_{SF,300B} = 3$ 서브프레

임, $M_{SF,190B} = 2$ 서브프레임 일 때, 랜덤 시간 범위 ($0 \sim (T_p - M_{SF,1})$)는 $0 \sim 97ms$ 이다.

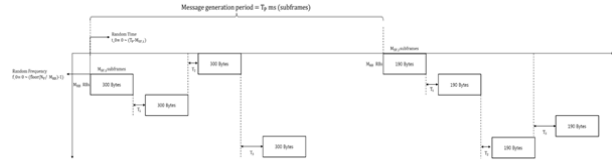


그림 7. 주기적인 트래픽에서 자원 할당
Fig. 7. Resource allocation for periodic traffic.

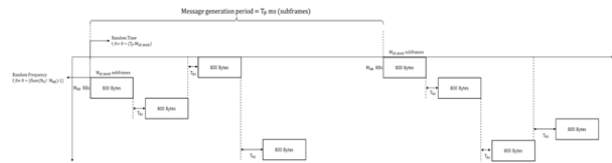


그림 8. 이벤트-트리거 트래픽에서 자원 할당
Fig. 8. Resource allocation for event-triggered traffic.

또한, T_x 차량은 P_{tx} 의 확률로 전송한다. 따라서 $(1 - P_{tx})$ 의 확률로 전송하지 않음으로써 간섭 영향이 감소하여 성능을 향상시킬 수 있다. 차량이 전송하지 않는 경우 PRR을 100% 만족하는 것으로 계산한다.

IV. 모의실험 결과 및 성능 분석

본 장에서는 기존 및 제안한 간섭 관리 기법에 대하여 성능 분석이 이루어졌다. 이에 대한 모의실험 모델 및 파라미터와 모의실험 결과는 다음과 같다.

1. 모의실험 모델 및 파라미터

모의실험은 고속도로의 경우 주기적 트래픽에서 이루어졌으며 상세한 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. 모의실험 파라미터
Table 2. Simulation parameters.

Parameter	Assumption	
Carrier frequency for PC5-based V2V	6 GHz	
Bandwidth	10/20 MHz	
Number of carriers	One carrier	
Synchronization	frequency error ± 0.1 PPM.	
Vehicle UE parameters	In-band emission	In-band emission model with $\{W, X, Y, Z\} = \{3, 6, 3, 3\}$ for single cluster SC-FDMA.
	Antenna height	1.5 m
	Antenna pattern	Omni 2D

	Antenna gain	3 dBi
	Maximum transmit power	23 dBm
	Number of antennas	1 TX and 2 RX antennas
	Noise figure	9 dB
Number of lanes	3 in each direction	
Lane width	4 m	
Simulation area size	Freeway length ≥ 2000 m.	
Vehicle density	25 sec * absolute vehicle speed	
Absolute vehicle speed	70 km/h, 140 km/h	
ISD	1732 m	
Pathloss model	LOS in WINNER+ B1	
Shadowing distribution	Log-normal	
Shadowing std. deviation	3 dB for LOS and 4 dB for NLOS	
Decorelation distance	25 m	
Fast fading	NLOS in Section A.2.1.2.1.1 or A.2.1.2.1.2 in ^[6] with fixed large scale parameters during the simulation.	
Traffic Model	Periodic traffic	
Message size	one 300-byte message followed by four 190-byte messages	

또한, 모의실험에 사용되는 시간 및 주파수 자원은 카테고리 1~4, 조건 1~2에 따라 시간 및 주파수 자원 양이 결정되며 표 3과 4와 같다.

표 3. 모의실험 카테고리
Table 3. Category for simulation.

Category	Number of total RBs (N_F)	Probability of Transmission (P_{tx})	Number of transmission (R)
1	100	1	4
2	100	1	2
3	50	1/2	4
4	50	1/2	2

표 4. 모의실험 조건
Table4. Condition for simulation.

Condition		1	2
300 Bytes	Number of RBs	10	10
	Number of subframes	3	2
	Code rate (Modulation/ I_{TBS})	0.3030 (QPSK/5)	0.5284 (QPSK/8)
190 Bytes	Number of RBs	10	10
	Number of subframes	2	1
	Code rate (Modulation/ I_{TBS})	0.2879 (QPSK/5)	0.5758 (QPSK/9)

2. 모의실험 결과 및 성능 분석

본 절에서는 카테고리 및 조건에 따른 자원 상태 및 PRR에 대한 성능을 분석한다.

가. 자원 상태

자원 상태에 대한 성능은 그림 5와 같이 모의실험 영역에 대하여 비교 분석이 이루어 졌다. 차량 속도, 카테고리 및 조건에 대하여 서브프레임 당 평균 충돌 RB 수, 사용되지 않고 비어있는 RB 수, 사용된 RB 수는 표 5~8과 같다.

카테고리에 따른 성능을 분석하면 다음과 같다. 카테고리 1의 경우 할당된 RB 수는 100이고 전송 횟수는 4로, 사용된 RB 수가 가장 높아 충돌한 RB 수가 가장 높다. 카테고리 2의 경우 할당된 RB 수는 100이고 전송 횟수는 2로, 카테고리 1에 비해 전송횟수가 줄어 사용된 RB 수가 감소하여 충돌한 RB 수가 카테고리 1에 비해 감소한 것을 알 수 있다. 카테고리 3과 4의 경우 할당된 RB 수가 50으로 감소하여 충돌 확률이 증가하지만 1/2 확률로 전송을 하지 않기 때문에 충돌한 RB 수가 감소 한 것을 알 수 있다. 또한 카테고리 3의 전송 횟수는 4, 카테고리 4의 전송 횟수는 2로 전송 횟수가 감소함에 따라 사용된 RB 수가 감소하여 충돌한 RB 수가 감소한 것을 알 수 있다.

조건에 따른 성능을 분석하면 다음과 같다. 조건 2의 경우 할당 된 서브프레임 수는 2 (300 Bytes)와 1 (190 Bytes)로 조건 1과 비교 했을 때 할당된 서브프레임 수가 줄어 전체적으로 사용된 RB 및 충돌 RB 수가 감소한 것을 알 수 있다.

표 5. 자원 상태 : 속도 70km/h, 조건 1
Table5. Resource status : velocity 70km/h, condition 1.

Category	Collision RBs	Not used RBs	Used RBs
1	67.4	12.1	87.9
2	37.9	30.4	69.6
3	31.6	8.3	41.7
4	19.6	13.3	36.7

표 6. 자원 상태 : 속도 140km/h, 조건 1
Table 6. Resource status : velocity 140km/h, condition 1.

Category	Collision RBs	Not used RBs	Used RBs
1	36.3	32.6	67.4
2	17.4	51.5	48.5
3	20.8	14.1	35.9
4	9.3	24.1	25.9

표 7. 자원 상태 : 속도 70km/h, 조건 2
Table7. Resource status : velocity 70km/h, condition 2.

Category	Collision RBs	Not used RBs	Used RBs
1	51	22.3	77.7
2	22.7	41.4	58.6
3	23.8	13.1	36.9
4	11.7	19.4	30.6

표 8. 자원 상태 : 속도 140km/h, 조건 2
Table8. Resource status : velocity 140km/h, condition 2.

Category	Collision RBs	Not used RBs	Used RBs
1	18.5	49.6	50.4
2	5.3	68.9	31.1
3	8.7	24.4	25.6
4	4.5	31.3	18.7

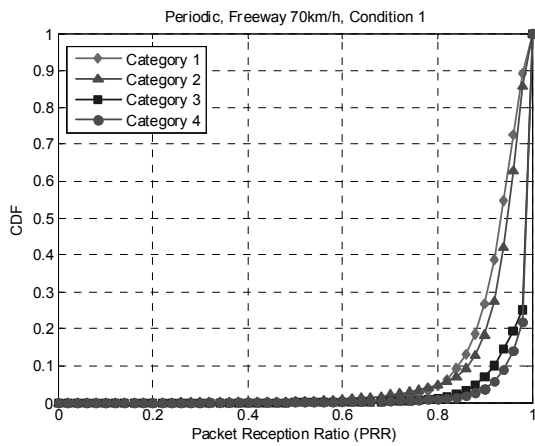


그림 9. PRR의 CDF : 속도 70km/h, 조건 1
Fig. 9. CDF of PRR : velocity 70km/h, condition 1.

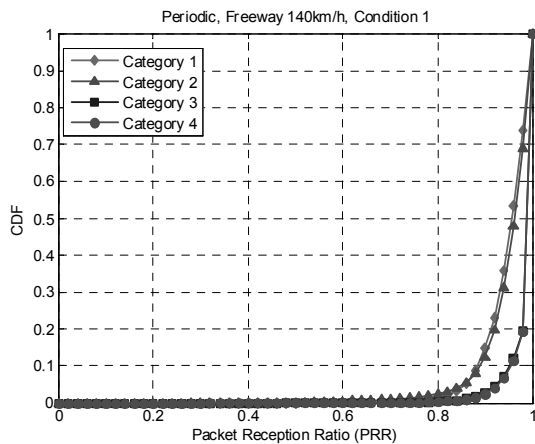


그림 10. PRR의 CDF : 속도 140km/h, 조건 1
Fig. 10. CDF of PRR : velocity 140km/h, condition 1.

나. PRR

PRR 성능은 PRR의 CDF 및 평균 PRR에 대하여 비교 분석이 이루어 졌다.

그림 9와 10은 조건 1에서 각각 차량 속도 70km/h와 140km/h에서 PRR의 CDF를 나타낸다. 또한, 그림 11과 표 9는 조건 1, 차량 속도 70km/h에서 평균 PRR을 나타내고, 그림 12와 표 10은 조건 1, 차량 속도 140km/h에서 평균 PRR을 나타낸다.

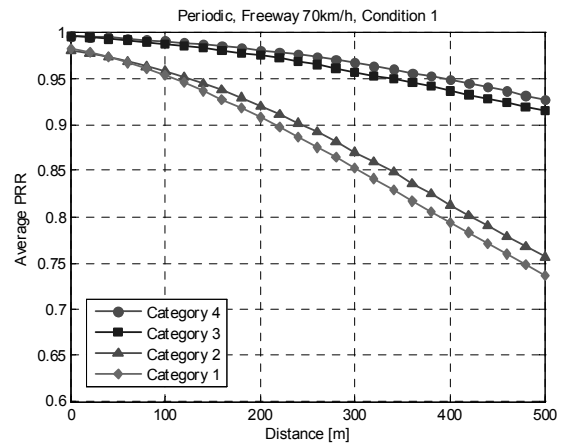


그림 11. 평균 PRR : 속도 70km/h, 조건 1
Fig. 11. Average PRR : velocity 70km/h, condition 1.

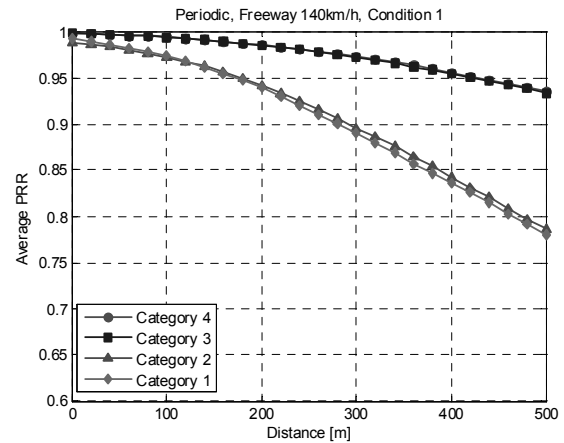


그림 12. 평균 PRR : 속도 140km/h, 조건 1
Fig. 12. Average PRR : velocity 140km/h, condition 1.

표 9. 평균 PRR : 속도 70km/h, 조건 1
Table9. Average PRR : velocity 70km/h, condition 1.

Range (m)	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
20~40	0.9778	0.9770	0.9941	0.9948
60~80	0.9673	0.9682	0.9912	0.9928
100~120	0.9538	0.9576	0.9877	0.9902
140~160	0.9365	0.9443	0.9830	0.9870

180~200	0.9177	0.9291	0.9774	0.9829
220~240	0.8973	0.9111	0.9715	0.9781
260~280	0.8754	0.8920	0.9648	0.9729
300~320	0.8530	0.8700	0.9570	0.9666
340~360	0.8294	0.8482	0.9491	0.9596
380~400	0.8054	0.8245	0.9409	0.9520
420~440	0.7830	0.8013	0.9325	0.9441
460~500	0.7593	0.7787	0.9238	0.9359
500~520	0.7366	0.7566	0.9148	0.9273

표 10. 평균 PRR: 속도 140km/h, 조건 1
Table10. Average PRR: velocity 140km/h, condition 1.

Range (m)	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
20~40	0.9895	0.9863	0.9975	0.9970
60~80	0.9822	0.9805	0.9958	0.9957
100~120	0.9736	0.9721	0.9938	0.9939
140~160	0.9617	0.9623	0.9911	0.9909
180~200	0.9472	0.9493	0.9876	0.9876
220~240	0.9298	0.9335	0.9833	0.9832
260~280	0.9102	0.9157	0.9776	0.9786
300~320	0.8904	0.8959	0.9722	0.9731
340~360	0.8686	0.8756	0.9658	0.9664
380~400	0.8464	0.8542	0.9585	0.9593
420~440	0.8257	0.8316	0.9506	0.9513
460~500	0.8029	0.8086	0.9419	0.9434
500~520	0.7797	0.7865	0.9336	0.9347

제안 기법이 적용된 카테고리 3과 4의 경우 자원 충돌이 감소함에 따라 간섭의 영향이 줄어 PRR의 성능이 향상된 것을 알 수 있다. 또한, 전송 횟수가 4 (카테고리 1, 3)에서 2 (카테고리 2, 4)로 감소함에 따라 간섭의 영향과 SINR (Signal to Interference plus Noise Ratio) 이득 사이 trade off가 존재한다. 차량 사이 거리가 가까울 때는 간섭의 영향보다 SINR 이득이 높아 전송 횟수 4인 경우 성능이 향상되었고 차량 사이 거리가 멀 때는 간섭의 영향이 SINR 이득보다 높아 전송 횟수 2인 경우 성능이 향상된다.

그림 13과 14는 조건 2에서 각각 차량 속도 70km/h와 140km/h에서 PRR의 CDF를 나타낸다. 또한, 그림 15와 표 11은 조건 2, 차량 속도 70km/h에서 평균 PRR

을 나타내고, 그림 16과 표 12는 조건 2, 차량 속도 140km/h에서 평균 PRR을 나타낸다.

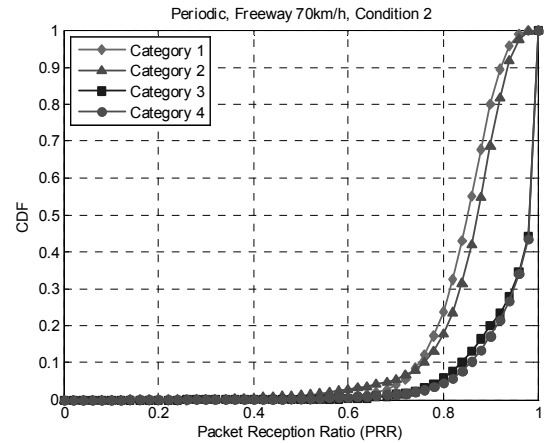


그림 13. PRR의 CDF: 속도 70km/h, 조건 2
Fig. 13. PRR의 CDF: velocity 70km/h, condition 2.

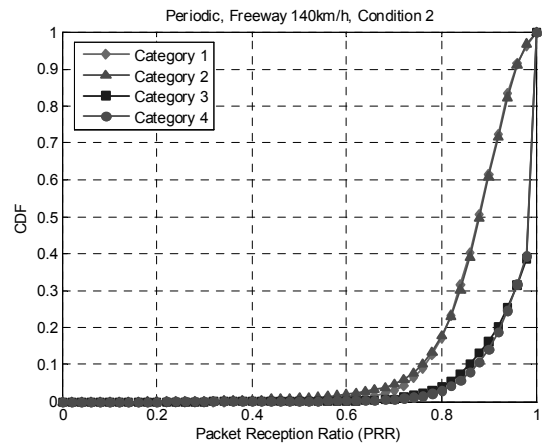


그림 14. PRR의 CDF: 속도 140km/h, 조건 2
Fig. 14. PRR의 CDF: velocity 140km/h, condition 2.

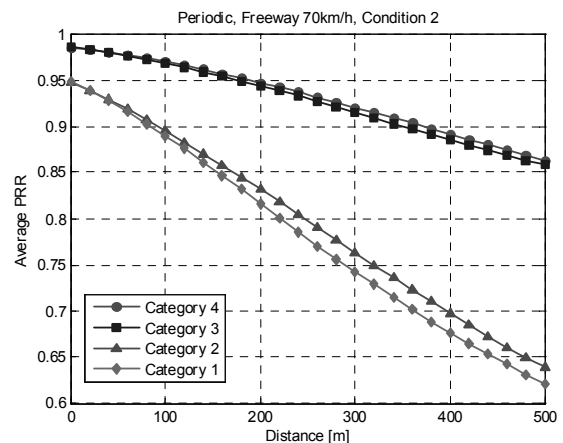


그림 15. 평균 PRR: 속도 70km/h, 조건 2
Fig. 15. Average PRR: velocity 70km/h, condition 2.

표 11. 평균 PRR: 속도 70km/h, 조건 2
Table11. Average PRR: velocity 70km/h, condition 2.

Range (m)	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
20~40	0.9380	0.9385	0.9828	0.9830
60~80	0.9159	0.9184	0.9759	0.9771
100~120	0.8892	0.8949	0.9679	0.9697
140~160	0.8611	0.8696	0.9589	0.9615
180~200	0.8317	0.8442	0.9484	0.9521
220~240	0.8003	0.8174	0.9383	0.9420
260~280	0.7704	0.7902	0.9273	0.9316
300~320	0.7423	0.7631	0.9149	0.9201
340~360	0.7151	0.7367	0.9030	0.9091
380~400	0.6884	0.7106	0.8916	0.8972
420~440	0.6647	0.6853	0.8795	0.8856
460~500	0.6425	0.6603	0.8686	0.8742
500~520	0.6212	0.6389	0.8582	0.8633

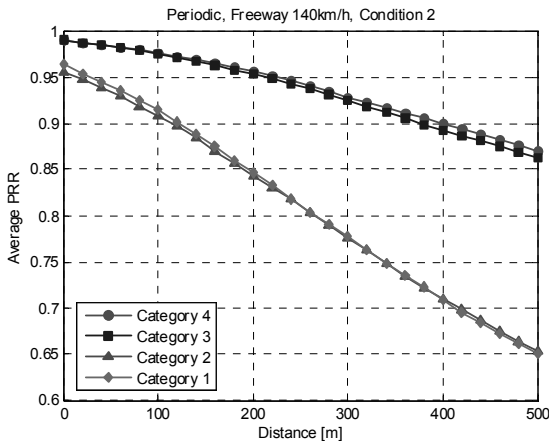


그림 16. 평균 PRR: 속도 140km/h, 조건 2
Fig. 16. Average PRR: velocity 140km/h, condition 2.

표 12. 평균 PRR: 속도 140km/h, 조건 2
Table12. Average PRR: velocity 140km/h, condition 2.

Range (m)	Category 1	Category 2	Category 3	Category 4
20~40	0.9535	0.9474	0.9877	0.9876
60~80	0.9351	0.9300	0.9821	0.9824
100~120	0.9148	0.9078	0.9748	0.9762
140~160	0.8882	0.8845	0.9665	0.9688
180~200	0.8595	0.8568	0.9579	0.9605
220~240	0.8336	0.8305	0.9482	0.9517
260~280	0.8040	0.8034	0.9373	0.9406
300~320	0.7780	0.7760	0.9247	0.9285
340~360	0.7480	0.7488	0.9117	0.9165
380~400	0.7225	0.7220	0.8989	0.9055
420~440	0.6956	0.6986	0.8860	0.8940
460~500	0.6716	0.6746	0.8753	0.8821
500~520	0.6504	0.6537	0.8629	0.8703

조건 2일 때 할당된 서브프레임 수가 조건 1 보다 작기 때문에 간섭의 영향을 감소하였지만 조건 1의 코딩이득 더 크기 때문에 조건 2보다 조건 1 일 때 성능이 향상 되는 것을 알 수 있다.

또한, 차량의 속도가 140km/h 보다 70km/h일 때 성능이 저하된 것을 알 수 있다. 이는 속도가 감소함에 따라 차량의 밀도가 증가하여 자원 충돌의 영향으로 간섭이 증가하여 성능이 저하된다.

V. 결 론

본 논문에서는 LTE 기반 V2X 시스템 레벨 시뮬레이터를 개발하고 이에 대하여 차량통신을 위한 적응적 전송 기법을 제안하였다. 제안 기법은 시간 및 주파수 영역에서 랜덤하게 자원을 할당하고 전송 확률에 따라 메시지 전송을 결정한다. 성능 분석은 주기적 메시지 전송에서 고속도로의 경우에 대하여 이루어 졌다. 모의 실험 결과, 제안한 기법에서 자원 충돌 및 간섭이 감소함에 따라 PRR 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있었다.

향후 연구 과제로 LTE 기반 V2X에서 신뢰성을 향상시키기 위한 자원 할당 알고리즘 등이 있을 것이다.

REFERENCES

- [1] Seungcheon Kim, "A Study on The Frequency Allocation of WAVE for Smart Vehicle Industry," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 51, NO. 6, June 2014.
- [2] Rina Woo and Dong Seog Han, "Adaptive Transmission Scheme According to Vehicle Density in IEEE 802.11p MAC Protocol," Journal of The Institute of Electronics and Information Engineers Vol. 49, NO. 4, April 2012.
- [3] 3GPP TD RP-151109: "New SI proposal: Feasibility Study on LTE-based V2X Services".
- [4] 3GPP TR 22.885: "Study on LTE Support for V2X Services".
- [5] 3GPP TR 36.885: "Study on LTE-based V2X Services".
- [6] 3GPP TR 36.843: "Study on LTE Device to Device Proximity Services".

저 자 소 개



문 상 미(학생회원)
2012년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사
2014년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
2014년 9월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야: 이동통신, ICIM, MIMO-OFDM, D2D, SCE, V2X>



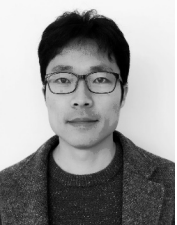
추 명 훈(학생회원)
2015년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학부 학사
2015년 9월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, V2V Channel estimation & tracking>



이 지 혜(학생회원)
2016년 2월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 학사
2016년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, 3D-MIMO>



권 순 호(정회원)
2002년 2월 전남대학교 컴퓨터공학과 학사
2004년 8월 전남대학교 전자컴퓨터공학과 석사
2004년 7월~현재 한국항공우주연구원 선임연구원

2016년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 박사과정

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, D2D, 차세대이동통신>



김 한 중(평생회원)
1986년 2월 한양대학교 전자공학과 학사
1988년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
1988년 9월~1994년 2월 연세대학교 전자공학과 박사

1994년 9월~현재 한국기술교육대학교 전기전자통신공학부 교수

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 방송시스템, 신호처리 및 마이크로 프로세서 응용>



김 철 성(중신회원)
1987년 Univ. of Arizona (박사)
1987년~1989년 한국전자통신 연구원
1989년~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 교수

<주관심분야: 이동통신, 디지털통신, MIMO, OFDM, RFID>



황 인 태(평생회원)
1990년 2월 전남대학교 전자공학과 학사
1992년 8월 연세대학교 전자공학과 석사
1999년 9월~2004년 2월 연세대학교 전기전자공학과 박사

1992년 8월~2006년 2월 LG전자 책임 연구원
2006년 3월~현재 전남대학교 전자컴퓨터공학과 교수

<주관심분야: 디지털통신, 무선통신시스템, 차세대이동통신, MIMO, OFDM, MIMO-OFDM, Relay, ICIM, CoMP, D2D, SCE, MTC>