

## IEEE 802.11g 기반의 차량간 통신을 위한 RTS/CTS 성능 분석

이우신<sup>0</sup>, 이혁준<sup>\*</sup>, 이현<sup>\*\*</sup>, 오현서<sup>\*\*</sup>, 신창섭<sup>\*\*</sup>  
광운대학교 컴퓨터공학과<sup>\*</sup>, ETRI<sup>\*\*</sup>  
{wlee<sup>0</sup>, hlee}<sup>\*</sup>@kw.ac.kr, {hyunlee, hsoh5, shincs}<sup>\*\*</sup>@etri.re.kr

### Performance Analysis of CSMA/CA with RTS/CTS in Vehicle-to-Vehicle Communication Based on IEEE 802.11g

Woosin Lee<sup>0</sup>, Hyukjoon Lee<sup>\*</sup>, Hyun Lee<sup>\*\*</sup>, HyunSeo Oh<sup>\*\*</sup>, ChangSub Shin<sup>\*\*</sup>  
School of Computer Engineering, Kwangwoon University<sup>\*</sup>, ETRI<sup>\*\*</sup>

#### 요 약

IEEE 802.11 MAC은 정지상태 또는 저속 이동중의 사용을 목적으로 개발되었기 때문에 고속의 이동성을 갖는 차량간 통신 환경에서는 성능 개선이 요구된다. 본 논문에서는 차량간 통신에서 802.11 MAC의 성능 분석 및 개선점 도출을 위하여 ns-2 기반 IEEE 802.11g 시뮬레이터를 개발하였으며 차량간 통신 환경에서 RTS/CTS의 효용성을 측정 및 분석하였다.

#### 1. 서 론

텔레매틱스(telematics)는 위치정보시스템과 무선통신 시스템을 기반으로 차량간 또는 차량과 서비스센터간에 정보를 교환함으로써, 위치정보, 실시간 교통정보, 최적경로 안내, 응급 구조, 원격진단, 인터넷 이용 등의 다양한 부가 서비스를 제공하는 기술을 의미한다. 텔레매틱스의 주요 요소기술로는 무선 액세스기술, GPS기술, 단말 플랫폼기술, 무선 측위 및 GIS/LBS/교통정보 서버 기술 등을 들 수 있다. 이 중 무선 액세스 기술은 이동중인 차량간 또는 차량과 정보제공 서비스 센터간에 정보를 교환을 가능하게 하는 핵심 기술로 현재는 주로 셀룰러 망이 활용되고 있으나, 향후의 본격적인 멀티미디어 서비스를 위하여 다양한 광대역 무선 액세스 기술이 활용될 것으로 전망되고 있으며 이를 위하여 차세대 이동통신, DSRC(Dedicated Short Range Communication)[1]/WLAN, DMB[2] 기술 등이 거론되고 있다. 이 중, DSRC는 5.9GHz 대역을 사용하는 무선접속 기술로 최근에는 ASTM(American Society for Testing and Materials)[3] Committee E17.51가 IEEE 802.11a[4]의 파생 표준안인 Roadside Application(R/A)를 DSRC 물리계층 및 데이터 링크 계층으로 사용할 것을 결정한 바 있다. 따라서, DSRC는 차량과 기지국간 및 멀티홉 방식을 기반으로 하는 차량간 통신을 지원하게 되어, 기지국의 LOS 또는 커버리지 밖에서 이동중인 차량에서도 ITS를 위한 정보교환이 가능하게 된다. 그리고 현재 IEEE WAVE(Wireless Access for Vehicle Environment)[5] 그룹에서는 ASTM 2213을 수정하여 802.11p 표준을 제정 중에 있다. IEEE 802.11g[6]는 11a와 같이 OFDM을

기반으로 최대 54Mbps의 전송 속도를 지원한다. 또한 기존의 2.4Ghz 대역에서 동작하며 DSSS/BPSK를 지원하기 때문에 11b와의 호환이 가능하므로 최근에 빠른 보급이 이루어지고 있다. 따라서 차량간 통신을 위하여 새로운 11p를 이용하는 대신 기존의 11g를 활용하는 방안이 관심을 끌고 있다.

IEEE 802.11의 MAC은 정지상태 또는 저속 이동 중의 사용을 목적으로 개발된 프로토콜이기 때문에 고속으로 이동하는 차량에서의 통신을 위해서는 성능개선이 요구된다[7]. 예를 들면, 노드 간의 링크 연결 기간이 매우 짧기 때문에 데이터 패킷을 전송할 때마다 RTS/CTS를 교환하는 방식의 handshaking을 수행하는 방식은 비효율적이다. 또한, 거리에 따라 다양한 전송속도를 지원하는 802.11의 특성상, 고속 이동 노드에 대한 NAV 값의 설정이 어려운 점이 문제가 될 수 있다. 그러나 현재 대부분의 802.11 MAC 관련 연구들은 정지상태 또는 저속 이동 환경에서 발생하는 문제점들을 논의한 것들로서, 차량의 고속 이동에 따른 추가적인 문제들에 대한 연구는 시작 단계에 있으며 성능 분석을 위한 시뮬레이션 시스템도 미비한 상태이다. 따라서 본 논문에서는 차량간 통신 MAC 성능 분석을 위한 802.11g MAC 시뮬레이터를 구현하였으며 다양한 차량간 통신 시나리오를 작성하였다. 또한 구현된 시뮬레이터를 이용하여 RTS/CTS 효용성에 대한 실험 및 분석을 진행하였다.

#### 2. 802.11 MAC의 RTS/CTS 효용성 분석의 필요성

RTS/CTS는 IEEE 802.11의 DCF 모드에서 은닉(hidden) 터미널과 노출(exposed) 터미널 문제로 인해

표 1. 802.11 RTS/CTS 오버헤드

전송율 (Mbps)	6		54	
	64	1024	64	1024
패킷 사이즈 (byte)	64	1024	64	1024
RTS/CTS 오버헤드 (us)	117.3	117.3	117.3	117.3
프레임 전송시간 (us)	383.3	1663.3	243.5	385.7
RTS/CTS 오버헤드/ 프레임 전송시간 (%)	30.6	7.1	48.2	30.4

발생하는 충돌을 회피하기 위한 기법이다. 동작 방식은 송신 차량이 데이터 프레임을 전송하기 이전에 RTS 프레임 전송함으로써 채널 사용을 예약하며 RTS를 수신한 차량은 CTS 프레임을 전송함으로써 응답을 한다. 이때, RTS 혹은 CTS를 수신한 다른 차량들은 NAV(Network Allocation Vector)를 설정하여 두 차량간 통신이 끝날 때까지 대기하게 된다. 충돌 회피는 채널 예약을 통하여 충돌 상황 발생을 감소시킴으로써 MAC 프레임의 전송율을 증가시키나 RTS/CTS 콘트롤 패킷의 사용으로 인한 추가적인 통신 오버헤드를 발생시킨다. 표1은 패킷 크기와 전송율에 따른 RTS/CTS 오버헤드 비율을 나타낸다. 전송율이 높고 패킷 크기가 작을수록 하나의 데이터 프레임을 전송하는데 낭비되는 통신 시간의 비율이 커지게 된다. 전송율이 54Mbps이고 패킷 크기가 64bytes일 경우 통신 시간의 약 48%가 RTS/CTS 교환을 위해 낭비된다. 또한 [8]에서는 RTS/CTS 방식의 포화처리량 저하 문제를 지적하였으며 [9]에서는 RTS/CTS 방식으로 해결하지 못하는 은닉 터미널과 노출 터미널 문제를 제기했다.

차량간 통신 환경은 일반적인 통신 환경과는 달리 높은 이동성, 짧은 링크 연결 시간 등의 특성이 존재하기 때문에 RTS/CTS의 효율성이 더욱 감소될 것으로 판단된다. 즉, 반대 방향으로 진행하는 차량간 통신의 경우 극히 짧은 링크 연결 시간으로 인하여 RTS/CTS 교환에 의한 통신 오버헤드는 정지 상황에 비해 상대적으로 심각하게 영향을 미칠 수 있다. 경쟁 영역(contention domain)에서 RTS/CTS의 사용으로 채널을 예약하더라도 높은 이동성으로 인하여 RTS/CTS를 감지하지 못한 차량의 빈번한 침입으로 인한 충돌 상황이 발생할 수 있다. 따라서 다양한 차량간 통신 환경에서 RTS/CTS 방식과 RTS/CTS를 사용하지 않는 CSMA/CA 방식의 성능을 비교하고 RTS/CTS의 효율성을 분석할 필요성이 존재한다.

3. 차량간 통신 MAC 성능 분석을 위한 802.11g 시뮬레이터

본 논문에서는 기존 ns-2[10] 기반 802.11 시뮬레이터를 확장하여 차량간 통신 성능 분석을 위한 802.11g 기반의 시뮬레이터를 개발하였다. 이를 위하여 시스템 파라미터의 값을 수정함으로써 802.11b PHY의 DSSS/BPSK 방식을 EFP-OFDM 방식으로 확장하였으며

표 2. 802.11g 시스템 파라미터

Modulation	ERP-OFDM	DSSS/BPSK
SIFS (us)	10us	10us
CWmin	15	31
SlotTime (us)	9	20
PreambleLength (bits)	120	144
PLCPHeaderLength (bits)	24	48
PLCPDataRate (Mbps)	6	1

액티브 스캐닝 방식을 추가하였다. 변경한 시스템 파라미터의 값들은 표 2와 같다.

다양한 차량간 통신 환경에 대한 성능 분석을 위하여 본 논문에서는 통신 차량과 주변 차량간의 관계에 따라 주위 차량 부재 환경과 주위 차량 존재 환경으로 나누어 각각 동일 방향 진행 차량간 통신, 반대 방향 진행 차량간 통신, 교차로 방향 진행 차량간 통신 등에 대하여 시나리오를 작성하였다. 그림 1은 주위 차량 존재 환경에서 세 가지 차량 진행 시나리오를 나타낸다.

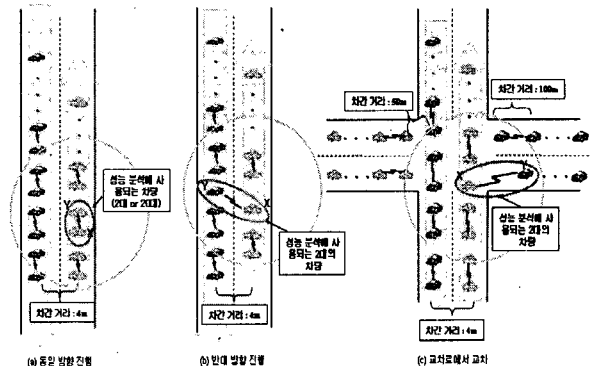


그림 1. 주위 차량 존재 환경 시나리오

4. 실험 결과 및 분석

실험은 주위 차량 존재 환경에서 반대 방향 진행과 교차로 방향 진행 시나리오에서 차간 거리의 변화에 따른 처리량과 전송율의 변화를 측정하였으며 표 3과 4는 실험에 사용된 입력, 출력 파라미터를 나타낸다.

표 3. 입력 파라미터

입력 파라미터	값
전송 속도(Mbps)	6, 24, 54
패킷 크기(byte)	64, 512, 1024
상대 속도(km/h)	100, 200, 300
차량간 거리(m)	50, 100, 150
RTS 임계값(byte)	0, 5000

표 4. 출력 파라미터

파라미터	내용
전송율(%)(delivery ratio)	패킷 수신 횟수 / 패킷 전송 횟수
처리량(Mbps)(throughput)	(수신한 패킷 개수 * 8(bit) * (패킷 크기 - MAC 헤더 크기) / 통신 시간) / (1024*1024)

그림 2와 3은 주위 차량 존재 환경의 반대 방향 진행 시나리오와 교차로 방향 진행 시나리오에서 차간 거리의 변화에 따른 처리량 및 전송율의 변화를 나타낸다. 입력 파라미터의 값은 RTS/CTS 방식과 CSMA/CA 방식의 성능 차이가 가장 큰 값(2.1, 3.1)과 가장 작은 값(2.2, 3.2)을 선택하였다. 차간 거리가 증가함에 따라 경쟁 영역내의 차량 밀도는 감소하며 따라서 전반적으로 처리량은 증가하였다. 그림 3의 2.1에서는 차간 거리가 150m일 때 RTS/CTS(약 1.971 Mbps)와 CSMA/CA(약 2.580Mbps)의 처리량이 측정되었으며, 2.2에서는 RTS/CTS(약 0.079Mbps)와 CSMA/CA(약 0.103Mbps)로 측정되었다. 실험 결과는 입력 파라미터값과 차간 거리의 변화에 관계없이 CSMA/CA 방식이 충돌(collision)로 인한 상대적인 전송율의 저하에도 불구하고 RTS/CTS 방식에 비해 더 좋은 처리량을 나타냄을 보인다.

그림 3에서는 교차로 방향 진행 시나리오에서 차간 거리의 변화에 따른 처리량과 전송율의 변화를 측정하였다. 교차로 환경에서는 동일한 차간 거리에서 상대적으로 차량 밀도가 높으며 따라서 CSMA/CA 방식의 경우 충돌(collision)로 인한 전송율의 급격한 감소를 경험하였다. 그림 2의 2.2에서는 차간 거리가 100m일 때 약 65%의 전송율이 측정되었으나 그림 3의 3.2에서는 약 42%의 전송율로 감소하였다. 따라서 이러한 급격한 전송율의 감소로 인하여 그림 3의 3.2에서는 차간 거리가 50m와 100m인 경우 RTS/CTS 방식이 더 좋은 처리량을 나타냈다. 이 결과는 차량 밀도가 특정 임계값을 초과할 경우 CSMA/CA 방식의 급격한 전송율의 감소로 인하여 RTS/CTS 방식이 더 좋은 성능을 나타냄을 보인다. 그러나 그림 3의 3.1에서는 동일한 차량 밀도 환경에서도 CSMA/CA 방식에서 더 높은 처리량이 측정되었다. 그 이유는 전송 속도가 54Mbps일 경우 3.3의 6Mbps인 경우보다 RTS/CTS 오버헤드가 더 크게 성능에 영향을 미치기 때문이다.

결과적으로 차량 밀도가 낮고 높은 전송 속도를 보유한 통신 환경에서는 CSMA/CA 방식에서 더 좋은 성능이 측정되었으며 차량 밀도가 낮고 전송 속도가 높은 환경에서는 RTS/CTS 방식에서 높은 처리량이 측정되었다. 따라서 다양한 차량간 통신 환경에 적응적으로 RTS/CTS의 사용을 결정할 수 있는 방법의 고안이 필요하다.

5. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11g 기반의 차량간 통신 MAC 성능 분석을 위하여 ns-2 기반 802.11g 시뮬레이터 및 차량간 통신 시나리오를 개발하였으며 CSMA with

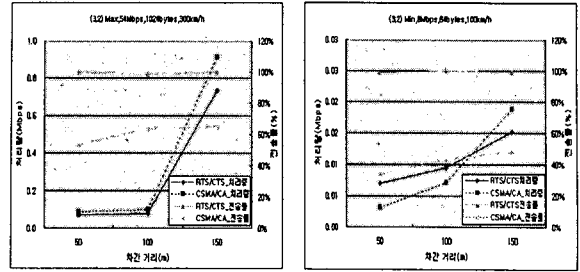


그림 2. 반대 방향 시나리오에서 차간 거리의 변화에 따른 처리량의 측정

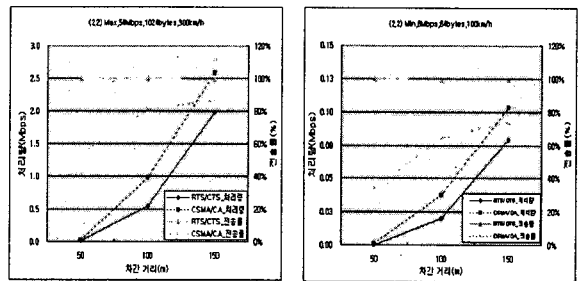


그림 3. 교차로 방향 시나리오에서 차간 거리의 변화에 따른 처리량의 측정

RTS/CTS 방식의 효율성을 실험 및 분석하였다. 향후에는 차량 밀도 및 전송 속도에 따라 적응적으로 RTS/CTS의 사용을 결정하는 알고리즘의 개발 및 차량간 통신을 위한 다양한 802.11MAC 성능 이슈들에 관한 연구를 진행할 것이다.

참고 문헌

- [1] DSRC, <http://grouper.ieee.org/groups/scc32/dsrc/>
- [2] DMB, <http://www.kbs.co.kr/dmb/>
- [3] ASTM, <http://www.astm.org>
- [4] ANSI/IEEE, "802.11a : Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications : High-speed physical layer in the 5GHz band", 1999.
- [5] ANSI/IEEE, "802.11p : Draft Amendment to STANDARD FOR Information technology - Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)", November, 2004.
- [6] ANSI/IEEE, "802.11g : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band", 2003.
- [7] J. Zhu and S. Roy, "MAC for Dedicated Short Range Communications in Intelligent Transport System," IEEE Communications Magazine, December 2003, pp. 61-67.
- [8] E.S. Jung et al., "A Power Control MAC Protocol for Ad Hoc Networks", MOVICOM '02, September, pp.23-28, 2002.
- [9] S. Ray, J. B. Carruthers, and D. Starobinski, "RTS/CTS Induced Congestion in Ad Hoc Wireless LANs", IEEE WCNC 2003, New Orleans, LA, Mar, pp.1516-21, 2003.
- [10] The Network Simulator(ns-2), <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>