

차량 환경에서 통신 효율 향상을 위한 클러스터링 기반의 멀티채널 매체접속제어 프로토콜 개발

정회원 정성대*, 준회원 이승진*, 정회원 이상선**

Development of Clustering-Based Multi-Channel MAC Protocol to Improve Efficiency of Network in VANET

Sung-Dae Jung* *Regular Member*, Seung-Jin Lee* *Associate Member*, Sang-Sun Lee** *Regular Member*

요약

차량 간 통신에서는 무선 랜을 기반으로 한 연구가 활발히 진행 되고 있으며, IEEE 802.11p WAVE(Wireless Access in the Vehicular Environment)에서도 802.11a를 기반으로 한 방식을 채택하고 있다. 하지만 무선 랜 방식은 하나의 채널을 경쟁 모드로 사용하기 때문에 빠른 접속을 요구하는 차량 환경에서 경쟁을 회피하기 위해 CSMA/CA(Carrier Sense multiple Access / Collision Avoidance) 알고리즘을 사용하는 것은 잦은 충돌로 인한 통신 지연을 유발 할 수 있다. 본 논문에서는 차량 간 통신에서 이러한 문제점을 해결하고 신뢰성 있는 데이터 전송을 지원하기 위하여 차량 환경에 적합한 클러스터링 기반의 멀티채널 매체접속제어 프로토콜을 설계하고 설계된 프로토콜을 바탕으로 차량 간 통신에 적합한 채널 조건을 확인하였다. 클러스터 헤드를 통해 각 채널을 관리하고 채널을 할당함으로써 기존 경쟁 기반의 싱글 채널을 사용함에 따라 생기는 패킷 충돌 및 통신 지연을 60%이상 줄이는 것을 시뮬레이션을 통해 확인 하였다.

Key Words : Multi-channel, MAC, Clustering, Telematics, ITS

ABSTRACT

In VANET(Vehicle Ad hoc Network), the researches based on the wireless LAN are conducting and the method based on 802.11a is being adapted in IEEE 802.11p WAVE(Wireless Access in Vehicular Environments). However, wireless LAN which uses a single channel in a competition can cause transmission delays because of a frequent collision and a use of CSMA/CA to avoid competition in VANET requiring a fast access. In this paper, we designed CMMP (Clustering based Multi-channel MAC protocol) adequate to VANET and then confirmed the appropriate channel conditions in a V2V communication on the basis of this protocol. The simulation results showed that a packet collision and a transmission delay by the use of an existing single channel based on the contention decreased more than 60% by CMMP .

I. 서론

교통 분야와 IT 분야의 접목은 기반시설 투자를

통해 해결하려했던 사회적 경제적 문제를 해결하는 새로운 해결책으로 떠오르게 되었고 ITS (Intelligent transport System) 및 텔레매틱스와 같은 새로운 산

※ 본 연구는 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2008-C1090-0801-0040)

* 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 유비쿼터스통신 연구실

** 한양대학교 전자통신컴퓨터공학과 (ssnlee@hanyang.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-01-016, 접수일자 : 2009년 1월 14일, 최종논문접수일자 : 2009년 4월 14일

업을 창출하였다.

ITS 및 텔레매틱스 기술 분야 중 차량 통신 분야는 차량 및 도로 환경에서 신뢰성을 보장하는 다양한 서비스를 제공하기 위한 가장 중요 부분으로 인식되고 있다. 특히, 최근 차량 장치와 노변 장치 및 차량 장치 간의 통신 기술은 모바일 컴퓨팅 분야에서 중요한 연구 분야로 인식되고 있다. IEEE에서는 이러한 차량 통신을 지원하기 위하여 무선 랜 표준을 기반으로 한 IEEE802.11p WAVE를 표준화하고 있으며 안전과 도로의 효율을 개선하기 위하여 FCC (the Federal Communications Commission)에서는 차량 장치와 노변 장치 및 차량 장치 간 통신을 위해서 5.850-5.925 GHz의 주파수를 할당하였다¹¹⁾.

차량 간 통신은 ITS와 텔레매틱스 분야에서 기반 구조의 구축에 따른 예산을 감소시키고 다양한 서비스를 제공하는 방법으로 많은 주목을 받고 있다. 특히, 운전자와 탑승자의 안전을 보장하는 안전 주행에서 궁극적으로 자동 무인 주행을 실현하기 위한 원천적인 기술로 인식되고 있다.

빠른 접속과 데이터의 신뢰성을 요구하는 VANET 환경에서 차량 간 통신의 효율을 개선하기 위하여 네트워크와 매체접속제어 알고리즘에 대한 연구가 모바일 에드혹 네트워크를 기반으로 연구되고 있다.

VANET은 MANET (Mobile Ad Hoc Network)과 달리 전력에 대한 제약이 적으며, GPS(Global Positioning System)와 같은 부수적인 시스템을 쉽게 이용할 수 있는 특징이 있다. 또한, 단말의 슬림화에 대한 요구 사항이 적기 때문에 다중 인터페이스를 이용하기에 적합한 특징을 지니고 있다.

매체접속제어 측면에서는 많은 연구가 무선 랜을 기반으로 이루어지고 있으며, IEEE 802.11p WAVE에서도 802.11a를 기반으로 한 방식을 채택하고 있다. 하지만 무선 랜 방식은 하나의 채널을 쟁 모드로 사용하기 때문에 빠른 이동성에서 빠른 접속을 요구하는 차량 환경에서 경쟁을 회피하기 위하여 CSMA/CA 사용은 큰 충돌에 의한 신 지연을 발생시키고 고질적인 숨겨진 노드 문제(Hidden node problem)¹²⁾와 노출된 노드 문제(Exposed node problem)¹³⁾을 수반한다. 즉, 높은 신뢰성과 적은 지연을 요구하는 차량 환경에서 충돌과 경쟁에 의한 채널 독점은 심각한 전송 지연을 발생 시킨다. 또한 빠른 이동성에 의한 많은 토폴로지 변화는 빈번한 숨겨진 노드 문제와 노출된 노드 문제를 발생시켜 네트워크 전체의 효율을 저하 시킬 수 있다.

따라서 본 논문에서는 차량환경의 특성을 고려하여 차량 네트워크 환경에 적합한 클러스터링 멀티 채널 매체접근제어 프로토콜을 제안한다. 도로상의 차량을 노드라고 가정했을 때 이 노드들이 이동성에 따라 그룹을 형성하고 클러스터 헤드가 채널에 대한 테이블을 관리하도록 하였다. 각 노드는 채널을 사용하기 위하여 제어 채널을 통해 클러스터 헤드에 채널 사용 요청을 하고 클러스터 헤드는 이러한 채널 사용 목록을 유지하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 기존 MANET에서 사용하고 있는 멀티채널 프로토콜인 DCA(Dynamic Channel Assignment)에 대해서 언급하고 3장에서는 본 논문에서 제안하는 클러스터링 기반의 멀티채널 매체접근제어 프로토콜을 설명한다. 4장에서는 제안한 프로토콜을 적합성을 판단하기 위하여 시뮬레이션 평가를 수행하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺는다.

II. 멀티채널 MAC 프로토콜

IEEE 802.11의 CSMA/CA는 무선 네트워크 환경에 보편적으로 적용된 프로토콜이다. 하지만 노드 수의 증가 시 노드의 높은 전송경쟁으로 인해 많은 충돌이 발생하게 되고, 이로 인해 네트워크 성능을 저하시키는 문제점이 있다.

또한 멀티채널은 기존의 싱글채널을 사용했을 때 보다 다음과 같은 장점을 가진다. 첫째로 싱글채널을 사용할 때 최대 데이터 처리량은 그 채널의 대역폭으로 제한 될 수 있다. 하지만 멀티채널을 사용하면 다면 순간적으로 최대 데이터 처리량을 높일 수 있다. 둘째로 멀티채널을 이용하면 싱글채널을 사용할 때 보다 좀 더 적은 normalized propagation delay를 얻을 수 있다. normalized propagation delay는 패킷전송에 걸리는 시간 당 propagation delay의 비율이므로 결과적으로 충돌을 피할 수 있는 확률이 높아지게 된다¹⁴⁾. 셋째로 멀티채널을 사용하게 되면 QoS(Quality of Service)면에서 싱글 채널을 사용하는 것 보다 QoS를 좀 더 쉽게 지원할 수 있다¹⁵⁾.

따라서 본장에서는 대표적인 멀티채널 방식인 DCA 프로토콜에 대해서 알아보고, 본 논문에서 제안하고자 하는 차량환경에 적합한 클러스터 기반의 매체접근제어 프로토콜의 필요성에 대해서 논하고자 한다.

기본적인 멀티채널 매체접근제어 프로토콜은 IEEE 802.11의 CSMA/CA 방식을 이용하며, 각 스테이션

이 n개의 채널을 임의로 할당받고 개별적으로 패킷을 전송 하도록 하였다. 이 결과 싱글채널에서 발생하는 문제점인 숨겨진 노드 문제와 노출된 노드 문제가 동일하게 단순한 멀티 채널매체접근 제어 프로토콜에서 발생됨을 확인할 수 있고 다른 채널을 사용하는 노드들 사이에서 RTS / CTS (Request To Send / Clear To Send) 송수신 실패로 인한 Deafness 현상이 발생하게 된다.

위 같은 문제를 해결하고 네트워크 처리량을 향상시키기 위하여 DCA^[6] 제안 되었다. DCA는 제어 채널과 N개의 데이터 채널을 할당하여 노드들이 데이터 전송을 위해 가용 데이터 채널의 여부를 확인하고 각 노드는 가용채널 확인을 위해 두 가지 종류의 데이터 테이블을 유지한다. 첫 번째는 CUL(Current Usage List)이고, 두 번째는 FCL(Free Channel List)이다.

CUL[i](i는 채널사용 목록의 수를 의미함)는 CUL[i].host, CUL[i].ch, CUL[i].rel_time의 3가지 Field를 가지고 있다. CUL[i].ch은 현재 사용되는 데이터 채널을 의미하며, 이 채널을 사용하는 이웃 노드는 CUL[i].host이다. CUL[i].rel_time은 이 채널을 사용하는 노드가 채널을 반환하는 시간에 대한 정보를 담고 있다. FCL 는 전송을 요청하는 스테이션이 현재 가용채널을 CUL을 토대로 계산한 후 RTS를 전송할 때 같이 보내게 된다. 그림 1은 DCA MAC의 동작과정을 나타내고 있다.

노드 A는 노드 B에 데이터를 전송하기 위해 제어 채널을 이용하여 RTS를 전송한다. 이때 RTS 패킷에 자신의 가용채널에 대한 정보인 FCL을 포함한다. 노드 B는 RTS에 포함된 FCL을 받고 자신의 CUL과 비교한다. 만일 자신이 가지고 있는 목록에

노드 A가 원하는 데이터 채널이 가용하다면 제어 채널을 이용하여 CTS를 응답한다. 노드 B로부터 CTS를 받은 노드 A는 주변 노드가 동일한 데이터 채널을 사용하는 것을 방지하기 위해 제어 채널을 이용하여 RES(Reservation) 패킷을 노드 B에게 전송한다. 최종적으로 노드 A는 약속된 데이터 채널을 이용하여 패킷을 전송한다.

III. CMMP(Clustering based Multi-channel MAC Protocol)

기존의 IEEE 802.11과 같은 싱글채널 매체접근 제어 프로토콜은 대역폭의 최대 데이터 처리량 제한, QoS지원이 용이하지 않음 등으로 인한 단점이 있다. 특히 높은 이동성에서 빠른 접속을 요구하는 차량 환경 멀티채널 매체접근제어 프로토콜은 높은 네트워크 효율을 가져올 수 있을 것이다.

따라서 본 장에서는 MANET의 DCA를 기반으로 차량 통신 환경에는 적합한 멀티채널 매체접근 제어 프로토콜인 CMMP을 제안 하였다.

VANET은 MANET과 다르게 도로라고 정해진 경로 안에서 일정한 간격 및 속도를 유지하며 이동한다. 이러한 환경은 차량들이 클러스터를 형성하게 만들고 그러한 클러스터는 차량 통신 환경의 또 다른 특징으로 나타나게 하였다[7]. 제안된 CMMP는 이러한 특징을 기반으로 DCA의 RTS / CTS 패킷의 잦은 전송과 CUL과 FCL 데이터를 항상 갱신해야 하는 오버헤드를 줄이고 네트워크 효율을 향상하기 위하여 그림 2와 같이 클러스터 내에 헤더를 정의하여 전체적인 채널을 관리하고 제어하는 클러스터 기반의 멀티채널 프로토콜이다. DCA와 같이 CMMP은 제어 채널과 데이터 채널을 나누어 사용한다. 제어 채널은 기본적으로 TDMA(Time

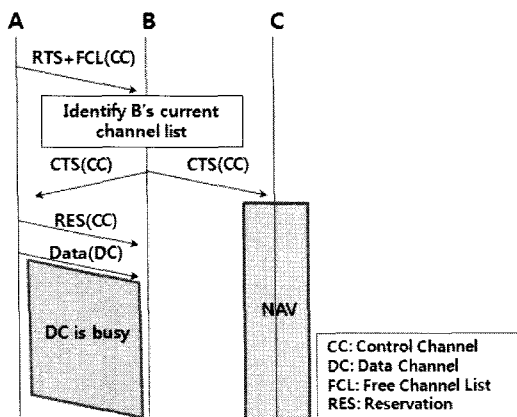


그림 1. DCA 동작과정

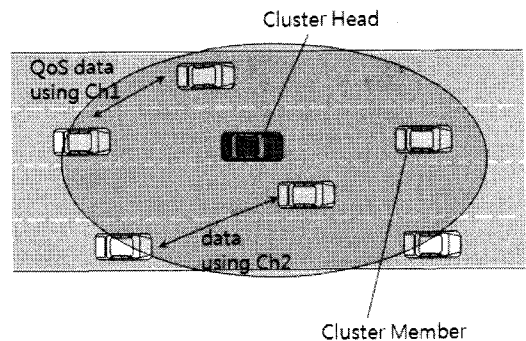


그림 2. 클러스터 기반의 멀티채널 매체접근제어 프로토콜

Division Multiple Access)의 경쟁기반 방식으로 동작한다. 먼저 제어 채널의 동작방식을 보면, 클러스터 멤버(Cluster member) 노드는 채널을 할당받기 위해 다른 노드와 경쟁을 통해 RCA (Request Channel Assignment) 패킷을 클러스터 헤드 (Cluster Header)로 전송한다. 클러스터 멤버 노드는 클러스터 헤드로부터 주기적으로 방송되는 CUL (Channel Usage List) 패킷을 보고 사용가능한 채널을 확인한다. CUL은 $CUL[n].node$, $CUL[n].channel$, $CUL[n].update_time$ 로 구성 된다.

$CUL[]$.node는 클러스터 내의 노드를 의미하며 $CUL[]$.channel은 각 노드가 사용하는 데이터 채널을 의미한다. $CUL[]$.update_time은 해당 노드가 채널을 사용을 종료하는 시간에 대한 정보가 담겨있다. n은 채널 리스트의 개수를 의미한다. 만일 전송할 데이터가 있다면 채널 할당 요청인 RCA(Request Channel Assignment) 패킷을 클러스터 헤드로 전송한다. RCA 패킷 전송은 기본적인 CSMA/CA 방식을 사용한다. RCA 패킷이 성공적으로 클러스터 헤드에 수신 되면 클러스터 헤드는 자신의 CUL을 갱신하여 정해진 주기마다 자신의 클러스터 멤버에게 방송한다. 만약 클러스터 멤버가 전송할 데이터가 없거나 RCA 패킷을 전송하는데 실패하였다면 다음 CUL 패킷을 수신 할 때까지 대기한다.

데이터 채널에서는 각 클러스터 멤버들이 제어 채널에서 할당된 채널을 사용하여 데이터를 전송한다. 그림 3은 CMMP의 데이터 전송에 대한 예를 보여주고 있다. 클러스터 멤버 노드 A가 채널 1을 할당받고 클러스터 노드 B로 데이터를 전송하고 있다. 마찬가지로 클러스터 멤버 노드 C는 채널 2를 사용하여 데이터 전송을 하고 있다. 데이터 패킷을 전송하는 A, B, C, D 외에 다른 E, F 노드는 다음 CUL에서 채널을 할당받기 위해 제어 채널로 RCA를 보내고 있다. 그림 4은 제안된 CMMP의 클러스

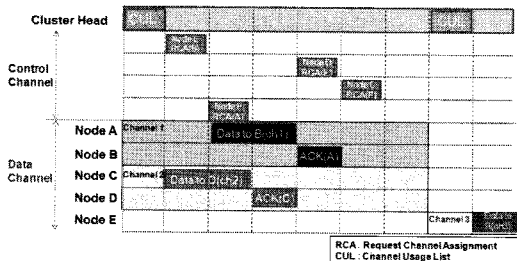


그림 3. 클러스터 기반 멀티채널 매체접근제어 데이터 패킷 전송 절차

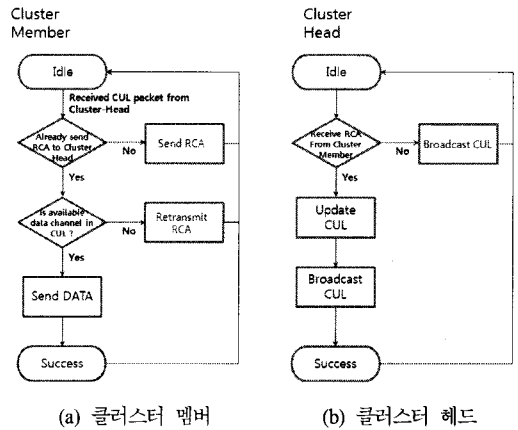


그림 4. CMMP 알고리즘

터 멤버 측 과 클러스터 헤드 측 알고리즘을 나타낸다.

IV. 시뮬레이션 성능 평가

성능평가를 위한 시뮬레이터는 QualNet version 3.9^[7]를 사용하였다. 성능평가는 차량 환경에서 기본적인 고속도로 모델을 사용 하였다. 지속적인 데이터의 전송 상황에서 매체접근제어 프로토콜의 성능을 확인하기 위하여 CBR(Constant Bit Rate)을 사용하였으며, 기본적인 계층 설정은 차량 환경에 적합한 IEEE 802.11p WAVE의 기본 값으로 설정 하였다. 멀티채널 지원을 위해 WAVE 표준에 정의된 5.860GHz 대역을 중심으로 채널을 총 6개로 나누어 대역폭을 각각 설정하였다.

제한된 대역폭에 대해 채널수에 따른 채널당 할당 대역폭, 전송 속도 등의 성능 분석을 위해 평균 종단 간 지연과 평균 지터를 측정하여 기존의 경쟁기반의 CSMA/CA 프로토콜과 비교 평가 하였다.

그림 5와 같이 본 논문에서는 일반적인 고속도로 모델을 기반으로 클러스터 헤드를 중심으로 하나의 홉의 간격을 이루면서 클러스터 멤버들이 자율적인

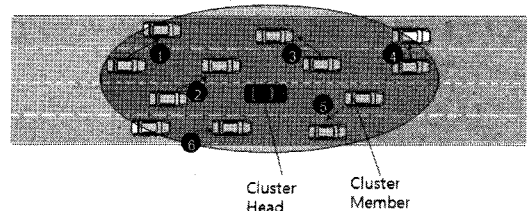


그림 5. 시뮬레이션 시나리오

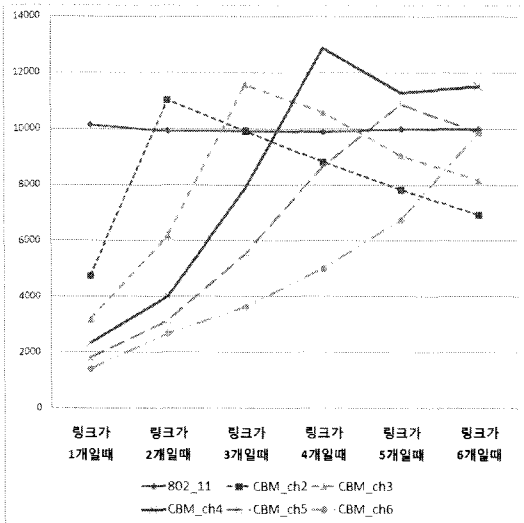


그림 6. 데이터 처리량 (kbps)

이동성을 가지면서 그룹을 형성하도록 구성하여 제안된 프로토콜을 검증 하였다.

데이터 채널을 1~6 개의 경우로 나누어 성능을 측정하여 IEEE 802.11p 매체접근제어 방식과 비교 하였다. 또한 할당된 채널수에 따라 전송하고자 하는 데이터 링크의 수를 변경하면서 각각의 네트워크 효율성을 분석하였다.

시뮬레이션 성능 평가 결과 본 논문에서 제안하는 CMMP의 평균 종단 간 지연과 평균 지터가 IEEE 802.11 CSMA/CA 보다 크게 60% 감소하는 결과를 보였다. IEEE 802.11의 CSMA/CA 보다

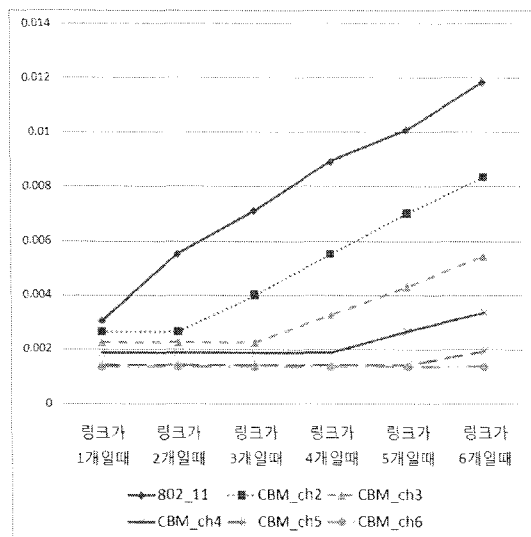


그림 7. 평균 종단 간 지연 (s)

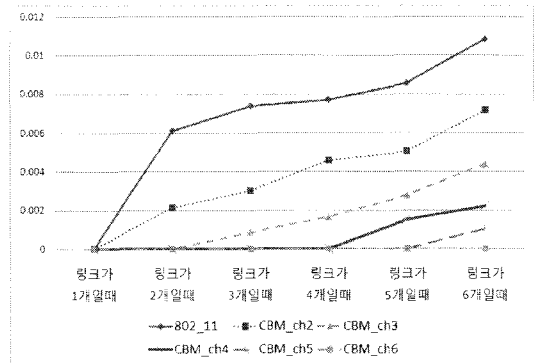


그림 8. 평균 지터 (s)

CMMP의 평균 종단 간 지연의 감소는 멀티채널 사용을 통해 향상된 normalized propagation delay를 얻게 됨으로서, 패킷 간의 충돌을 피할 수 있는 확률이 높아지기 때문이다. 또한 데이터 처리량에서도 802.11의 CSMA/CA 보다 CMMP를 사용했을 때 전체적으로 향상된 것을 확인 할 수 있다. 802.11의 CSMA/CA는 주변 가용노드들에 대한 NAV설정 때문에 패킷전송에 좋은 효율을 보이지 못했지만 CMMP는 채널할당을 통해 주변 가용노드의 사용 증가시키고 전체적으로 데이터 처리량을 향상 시킨 것을 확인 할 수 있다.

V. 결 론

무선 랜을 기반으로 한 차량 통신 표준 WAVE의 매체접근제어계층과 물리계층은 제한된 이동성을 가지는 이동 단말 환경에서 설계된 IEEE 802.11a를 그대로 사용하고 있다. 경쟁기반 매체접근 방식으로 인한 충돌은 지연을 발생 시키고 고질적인 숨겨진 노드 문제와 노출된 노드 문제를 수반한다. 특히 높은 신뢰성과 빠른 접속, 적은 지연을 요구하는 차량 환경에서 충돌과 지연, 경쟁에 의한 채널 독점은 심각한 네트워크 성능 저하를 일으킬 수 있다.

따라서 본 논문에서 차량 환경에서 네트워크 성능 향상을 위한 멀티채널을 통한 클러스터 기반의 새로운 매체접근 제어 알고리즘을 제안하였다. 시뮬레이션 성능 평가 결과 할당된 채널 수와 전송 요구 노드 링크 수에 따라 채널 손실과 경쟁/충돌에 의한 오버헤드의 사이에서 최적의 채널 용량을 가졌을 경우 매체접근제어의 통신지연은 60%이상의 감소를 보였고 전체 전송률은 30% 향상을 확인 할 수 있었다.

참 고 문 헌

[1] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical layer (PHY) specifications: Wireless Access in Vehicular Environment(WAVE), IEEE P802.11p/ D3.04, 2008.

[2] L. Kleinrock and F. A. Tobagi, "Packet switching in radio channels: Part 2 - the hidden node problem in carrier sense multiple access modes and the busy tone solution," *IEEE Transactions on Communications*, vol. COM-23, no. 12, pp. 1417 - 433, 1975.

[3] D. Shukla, L. Chandran-Wadia and S. Iyer. "Mitigating the exposed node problem in IEEE 802.11 adhoc networks" *Proc. IEEE International Conference on Computer and Communication*, Vancouver, CA, pp. 303-314, 1998.

[4] S. Wu, C. Lin, Y. Tseng and J. Sheu, "A New Multi-Channel MAC Protocol with On-Demand Channel Assignment for Multi-Hop Mobile Ad Hoc Networks," *Proc. ISPAN'00*, pp 232-237, 2000.

[5] M. Ajmone-Marsan, D. Roffinella. "Multichannel Local Area Network Protocols", *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. SAC-1, no. 5, pp. 885-897, 1983.

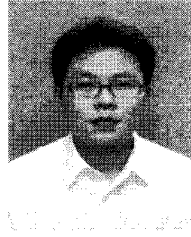
[6] Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical layer(PHY) specifications, IEEE Standard 802.11, 2007.

[7] Wai Chen, Jasmine Chennikara-Varghese, Jojn Lee, Shengei Cai, Toshiro Hikita, "Dynamic Local Peer Group Organizations for Vehicle Communications" V2VCOM 2006 Workshop co-located with MoviQuitous, July 2006.

[8] QualNet Forum www.scalable-networks.com/training_and_support/support/forums/index.php.

정 성 대 (Sung-Dae Jung)

정회원



2003년 2월 부경대학교 제어
계측공학과 졸업
2005년 2월 한양대학교 전자통
신컴퓨터공학과 석사
2006년 3월~현재 한양대학교 전
자통신컴퓨터공학과 박사과정
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스
통신, 네트워크 및 MAC 프로토콜 설계, 국내의
표준화

이 승 진 (Seung-Jin Lee)

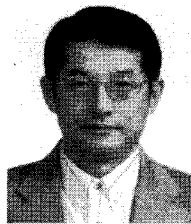
준회원



2007년 2월 한국외국어대학교
디지털 정보 공학과 졸업
2007년 3월~현재 한양대학교 전
자통신컴퓨터공학과 석사과정
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스
통신, MAC 프로토콜 설계

이 상 선 (Sang-Sun Lee)

정회원



1978년 2월 한양대학교 전자공
학과 졸업
1983년 2월 한양대학교 전자공
학과 석사
1990년 8월 University of Florida
전기공학과 박사
1993년 3월~현재 한양대학교
전자통신컴퓨터공학 부 정교수
<관심분야> ITS 및 텔레매틱스 통신, 통신망 통합
및 연동, 통신네트워크