

VANET을 위한 지연 최적화 적응적 멀티 채널 백오프 메카니즘

이정재*

Delay-Optimized Adaptive Multichannel Backoff Mechanism for VANET

Jung-Jae Lee*

요약

본 논문에서는 VANET(: Vehicular Ad Hoc Networks)환경에서 비-안전 애플리케이션을 위한 낮은 지연을 제공하기 위해 AMBM(: Adaptive Multi-channel Backoff Mechanism)-MAC 프로토콜을 제안한다. 제안된 프로토콜은 우선 순위가 다른 비-안전 패킷간의 처리량의 극대화를 위해 WSA(: WAVE Service Advertisement)의 CW(: Channel window)를 동적으로 조정하여 비-안전 패킷의 서비스 품질을 보장한다. 또한 SC(: Service Channel)를 위한 채널조정 및 타임슬롯예약을 하기 위해 많은시간을 할당하고 CW 및 최적 CCI(: CC Interval)를 동적으로 조정함으로써 IEEE 1609.9, C-MAC(: Coordinated multi-channel MAC), Q-VCI(QoS Variable CCH Interval) 프로토콜보다 노드가 증가할 때 전송지연이 감소됨을 보인다.

ABSTRACT

In this paper, we propose the AMBM(: Adaptive Multi-channel Backoff Mechanism)-Mac protocol to provide high throughput for non-safety applications in VANET(: Vehicular Ad Hoc Networks) environment. The proposed protocol guarantees the quality of service of non-safety packets by dynamically adjusting CW(: Channel Window) of WSA(: WAVE Service Advertisement) to maximize throughput between non-safety packets of different priority. It also shows that allocating a large amount of time for channel coordination and time slot reservation for SC and dynamically adjusting CW and CCI as nodes increase to reduces transmission delay than IEEE 1609.9, C-MAC(: Coordinated multi-channel MAC, and Q-VCI(: QoS Variable CCH Interval) protocols.

키워드

Vehicular Ad Hoc Networks, Adaptive Multi-Channel Backoff Mechanism, C-MAC, Q-VCI
차량 애드혹 네트워크, 적응적 멀티 채널 백 오프 메카니즘, 조정 매체 접근 제어, 서비스 품질 가변 제어 채널 구간

1. 서론

VANET(: Vehicular Ad Hoc Networks)는 차량, 도로 교통, 운전자, 승객 및 보행자와 관련된 다양한 환경의 응용 프로그램을 구현하는 중요한 무선통신기

술로 부각되고 있다. VANET은 지능형 교통 시스템의 중요한 부분으로 OBU(: On Board Unit)라고 불리는 통신 장치가 장착 된 차량 세트와 RSU(: Road Side Unit)라고 불리는 도로를 따라 설치된 고정 장치 세트로 구성된다. V2V(: Vehicle To Vehicle) 및

* 교신저자 : 송원대학교 컴퓨터정보학과
• 접수 일 : 2019. 08. 16
• 수정완료일 : 2019. 09. 15
• 게재확정일 : 2019. 10. 15

• Received : Aug. 16, 2019, Revised : Sep. 15, 2019, Accepted : Oct. 15, 2019
• Corresponding Author : Jung-Jae Lee
Dept. of Computer Information, Songwon University,
Email : jjalee@songwon.ac.kr

V2I(Vehicle To Infrastructure) 통신을 통해 차량과 비상브레이크, 상호협동충돌회피, 도로의 충돌상황에 대한 자동 알림등의 안전정보를 교환하고 인포테인먼트, 비디오 스트리밍등과 같은 비-안전 애플리케이션을 지원한다[1-2]. IEEE 802.11p 프로토콜은 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)[3]를 기반으로 하는 차량환경에서 무선 액세스를 제공하기 위한 표준으로 비준되었으며 다른 레벨의 서비스 품질을 지원함으로써 지능교통시스템 응용을 지원한다. 미국 연방통신위원회는 DSRC(Dedicated Short Range Communications)가 V2V 및 V2I 통신에만 사용되도록 5.9GHz 대역에서 75MHz를 할당하였고 전체 대역 폭은 7개의 10MHz 채널로 나누어 사용한다. 비상 메시지 및 주기적 비컨 메시지와 같은 안전 메시지를 전송하기 위한 CC(Control Chanel)과 인포테인먼트와 같은 안전하지 않은 애플리케이션을 위한 WSA(WAVE Service Advertisement) 및 6 개의 SC(Service Channel)과 같은 제어 메시지로 구성된다. IEEE 1609.4 프로토콜은 IEEE 802.11p의 MAC 계층 동작을 확장하고 7개의 DSRC채널에서 효율적으로 동작 할 수 있도록 하는 채널 스위칭 메커니즘을 정의하며 노드는 고정된 CCI(CC Internal) 및 SCI(SC Internal)동안 각각 6개의 SC에서 하나의 CC에 대한 안전 메시지의 전송과 비-안전 메시지의 전송을 교대로 수행한다.

CC에서 각 차량은 주기적 비컨 및 비상 메시지와 같은 안전 메시지를 브로드 캐스트 하고 차량은 주기적으로 비컨전송으로 협동 충돌 경고 및 차선 변경 경고와 같은 차량 충돌 회피, 자동차 사고 또는 비상 브레이크와 같은 위험한 상황에서 긴급 메시지가 주변 차량에 유포되도록 전파하여 협조한다. 또한 WSA 메시지와 같은 제어 메시지는 SC의 협상 및 예약을 수행하기 위해 사용되는 CC상에 보급되며 반면에 비-안전 메시지는 SC를 통해 전송된다. 안전 메시지의 트래픽은 안정성이 높고 실시간 전송에 엄격한 요구 사항이 적용되며, 비-안전 애플리케이션은 차량 이동성이 빈번하고 차량의 밀도가 계속 변하면 서비스품질이 달라지기 때문에 IEEE 1609.4 프로토콜에 명시된 멀티 채널 동작의 교대 기능은 CC에서 높은 패킷 손실을 초래함으로써 SC에서 처리량은 낮아진다[4]. EDCA에서 메시지는 비상사태와 같은 서로 다른 우

선 순위를 가진 노드에서 서로 다른 접근범주(AC: Access Categories)를 가지게 되는데 본 논문에서는 두가지 유형의 접근범주를 사용한다. 우선순위가 높은 AC_0 는 주기적 비컨 및 긴급 이벤트 구동메시지를 포함하는 안전 메시지를 취급하고 우선 순위가 낮은 AC_1 은 WSA 메시지와 같은 제어 메시지를 고려한다. VANET에서 CC에 대한 직접방송은 인접차량에게 안전 관련 메시지를 알리는 효과적인 방법이지만 WSA메시지의 신뢰성 있고 효율적인 송신은 CCI와 SCI 사이의 비율 및 SC의 처리량 및 이용에 영향을 미치게 된다.

본 논문에서는 비-안전 메시지 응용에 차별화하여 지연을 감소하는 AMBM-MAC 프로토콜을 제안한다. 제안된 프로토콜은 트래픽 밀도에 따라 우선 순위가 다른 비-안전 패킷 간의 WSA의 CW를 동적으로 조정하여 비-안전 패킷의 서비스품질을 보장한다. 또한 안전메시지를 전달하는 시간을 줄이고 SC를 위한 채널조정 및 타임슬롯예약을 하기 위해 많은시간을 할당하고 CW를 적응적으로 조정하고 트래픽 조건에 따라 CW 및 CCI를 동적으로 조정함으로써 IEEE 1609.9, C-MAC, Q-VCI보다 노드가 증가할 때 전송 지연을 줄인다. CC에서의 안전 관련 메시지의 방송 및 VANET의 SC에서 안전하지 않은 메시지의 전송을 포함하여 IEEE 1609.4, C-MAC, Q-VCI과 AMBM-MAC 프로토콜의 성능 분석을 하여 우수함을 보인다.

II. 관련연구

IEEE 1609.4 프로토콜은 VANET의 다중 채널 작동 표준으로 채널 시간은 각각의 SI(Synchronization Interval)에 대해 80ms의 고정된 길이를 갖는 여러개의 동기화 간격으로 분할된다. SI는 40ms CCI와 40ms SCI로 구성되고 각 CCI와 SCI는 채널 간 노드 전환에 허용되는 4ms 보호 간격으로 다른 노드 간의 정확한 동기화에 사용된다. 모든 차량은 안전한 메시지의 전송을 위해 CCI 동안 CC를 조정하고 WSA메시지를 전송할 수 있으며, SCI 동안 차량은 선택적으로 특정 SC에서 튜닝한다[5].

비-안전 메시지는 단일 무선 송수신기에서 CC(

Control Channel)와 SC의 주기적 및 동기식교대전환으로 한 번에 하나의 무선 채널에서 작동한다. 빈번한 차량 이동과 끊임없는 차량 밀도로 인해 현재 버전의 IEEE 1609.4 표준은 높은 서비스품질은 보장하지 않는다. Wang et al[6]는 도로상의 차량 수에 따라 CCI의 길이를 동적으로 조정하기 위해 VCI(Variable CC Interval) 멀티 채널 MAC 프로토콜을 제안했다. VCI 멀티채널 프로토콜은 중요한 안전 메시지의 우선 순위 전송을 유지하여 IEEE 1609.4 프로토콜에 비해 SCI의 포화 처리량을 향상시키는 데 기여한다. Song et al[7]은 두개의 마코프체인 분석 모델을 사용하여 우선 순위가 높은 안전 메시지와 우선 순위가 낮은 WSA에 대한 최적의 전송 확률을 달성하는 APDM(Adaptive Multi-Priority Distributed Multichannel) MAC 프로토콜을 제시하였다.

Tan et al[8]은 상위 애플리케이션 계층에서 오는 다양한 유형의 메시지에 대한 실시간 통계 및 예측을 기반으로 계산 복잡도가 낮은 AOCM MAC 프로토콜을 제안하였다. 위의 모든 프로토콜은 교번 채널 액세스를 사용하고 SC는 안전 및 제어 메시지의 전송 동안 유휴 상태이므로 SC의 대역폭의 비효율적인 이용을 초래하므로 대부분의 다중 채널 체계는 SC의 활용이 부족하다.

중종 노드가 SC예약을 할 시간이 없거나 안전 관련 메시지를 전송할 때 모든 노드가 CC로 전환하고 SC가 유휴상태에 놓이게 되는데, HAN et al[9]은 이러한 SC의 유휴상태를 개선하기 위해 AMCMAC-D(Asynchronous Multi-Channel Medium Access Control with a Distributed)을 제안하였는데 AMCMAC-D 방식은 CC의 안전 메시지의 랑데부 및 방송을 허용하는 동안 서로 다른 SC에 대한 동시 전송을 지원한다.

Song et al[10]지연에 민감한 안전 애플리케이션 및 처리량에 민감한 비-안전 애플리케이션의 요구 사항을 충족시키기 위해 VANET용 CRE-MAC(Coordinated Reliable Efficient Multichannel MAC) 프로토콜을 제안하였다.

CRE-MAC 프로토콜은 안전 메시지를 위해 경쟁 없이 전송을 하며 전체 SI동안 안전하지 않은 메시지를 전송할 수 있다. 따라서 안전 메시지를 안전하게 전송하고 비-안전 메시지의 네트워크 처리량은 개선

시켰다. Kim et al[11]은 RSU의 도움으로 안전 메시지의 예약 슬롯의 오버 헤드를 줄이고 안전 메시지의 충돌 확률을 낮추고 서비스 채널의 처리량을 향상시키는 C-MAC 프로토콜을 제안했다. 안전 관련 메시지의 경우 CCI 및 SCI의 필수 채널 전환 및 고정 기간으로 인해 IEEE 1609.4 차량 네트워크는 차량 밀도가 높은 상황에서 신뢰성이 낮아진다. 반면 트래픽이 낮은 디지털지도 및 미디어 다운로드와 같은 안전하지 않은 메시지의 경우 CC는 소량의 안전 메시지를 전송하는 데 약간의 시간 만 필요하므로 CCI는 상당한 시간 동안 유휴 상태로 된다. 40ms SCI은 대량의 비-안전 메시지를 전송하기에 충분하지 않으므로 처리량이 낮고 SC의 충분하게 이용하는 않는 결과를 초래한다. 또한 IEEE 1609.4 표준에서 노드는 CC상의 협상프로세스 동안 SC상의 송신시작시간을 명확하게 결정할 수 없기 때문에 충돌을 일으키게 된다. 성능평가에서 이 조건을 완화하고 노드가 CC에 대한 협상 후에 SC를 통한 전송 시작 시간을 결정할 수 있다고 가정하고 다양한 차량 환경에서 AMBM-MAC 프로토콜의 성능을 분석한다. C-MAC 프로토콜은 RSU의 조정을 통해 안전 관련 메시지에 대한 경쟁없는 방송을 제공하므로 안전 메시지의 전송에 대한 충돌 확률을 낮추고 SC간격을 최적화함으로써 SC의 최대 포화 처리량을 얻는다. Q-VCI MAC 프로토콜[12]은 각 노드에서 서로 다른 서비스 클래스에 대한 최소 CW를 조정하여 다중 채널 VANET 환경에서 서비스품질 전달을 지원하며 안전 메시지의 전송을 보장하고 트래픽 조건에 따른 SC의 처리량을 최대화하기 위해 CCI를 적응적으로 조정한다. Q-VCI MAC 프로토콜에서 2개의 SC에 대한 데이터 속도를 각각 3,6Mbps로 다른 SC에 대한 데이터 속도를 9Mbps로 설정하였다.

III. 적응적 다중 채널 백오프 메카니즘

비-안전 애플리케이션을 위한 높은 처리량, 낮은 지연 및 서비스품질 차별화를 제공하기 위해 AMBM-MAC 프로토콜의 프레임워크는 그림1과 같다. 제안된 AMBM-MAC 프로토콜을 탑재한 차량에는 2개의 송수신 장치를 장착하고 각각 다른 채널에서

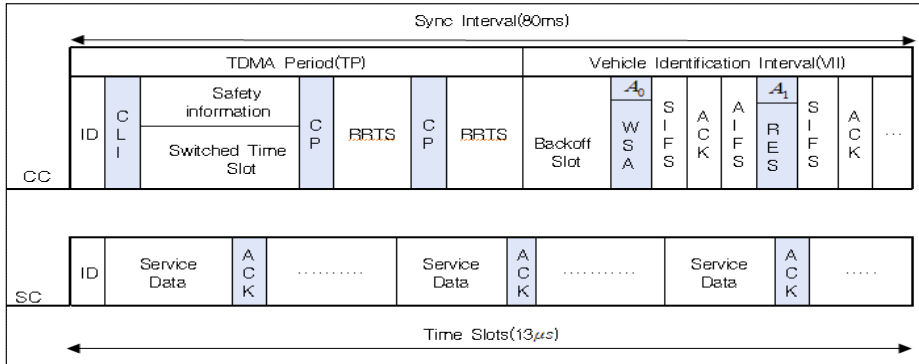


그림 1. 적응적 멀티채널 백오프 메카니즘 프레임워크
 Fig. 1 The framework of adaptive multi-channel backoff mechanism(AMBM)

동작 할 수 있는 트랜시버 I 및 트랜시버 II로 구성된다. 송수신기 I는 CC를 항상 튜닝하고 트랜시버 II는 임의의 SC에 튜닝한다. CUT(Coordinated Universal Time)메카니즘은 GPS(Global Position System)모든 차량 간의 시간 동기화에 사용되고 각 SI에 대해 시간은 80ms내의 다수의 동기화간격으로 분할한다. CCH의 동기화간격은 안전간격과 WSA간격으로 분할되고 안전간격은 안전메시지를 서비스하는데 사용되고 WSA간격에서 노드들은 채널조정이나 채널할당의 통계를 담당한다. 경쟁이 없는 간격은 CFI(Contention-Free Interval)과 차량확인간격 VII(Vehicle Identification Interval)으로 분할한다. 새로운 동기화간격은 RSU는 CLI(Coordination and Length Information) 패킷을 브로드 캐스트하고, 차량 노드는 안전한 비콘이나 긴급메시지를 전송한다. CLI 패킷에는 CFI 동안의 안전 슬롯에 대한 스케줄링 정보, 네개의 서비스 클래스, T_{CFI} , T_{VII} 및 T_{WT} 에 대한 최소 CW크기로 구성된다. 여기서 T_{CFI} , T_{VII} 및 T_{WT} 는 CFI, VII 및 WSA 간격의 길이를 의미하며 안정적인 전달을 위해 각 CLI 패킷은 두 번 방송한다.

각 노드는 CLI 패킷을 수신하여 CFI 중에 전송 순서가 결정되며 VII 동안 각 신차 차량은 DFSA를 사용하여 안전 슬롯을 유도한다. 각 노드의 확인은 ID 또는 MAC 주소로 구별하고 ID는 CLI 패킷 전송에 대한 오버 헤드를 줄이는 역할을 한다. ID는 각 노드에 의해 무작위로 선택되고, CCH에서 전송된 각 패킷의 헤더에 포함되며 노드가 이미 다른 노드에서 ID가 사용되고 있음을 감지하면 변경된다.

IV. 성능평가

4.1 지연평가

AC_0 , AC_1 를 갖는 노드의 SCH에서 성공적인 평균전송횟수를 각각 η_0, η_1 라 하면 경쟁노드의 총수대비 동기화간격기간동안 총 성공전송 횟수로 $\eta_0 = \frac{n_{0,suc}}{N_0}$, $\eta_1 = \frac{n_{1,suc}}{N_1}$ 으로 나타낸다. 여기서 $n_{0,suc}$ 는 동기화 기간동안 SCH에서 AC_0 의 비안전 패킷의 성공적인 전송횟수, $n_{1,suc}$ 는 동기화 기간동안 SCH에서 AC_1 의 비안전 패킷의 성공적인 전송횟수를 나타낸다. AC_0 의 비안전 패킷의 총전송지연을 $T_{0,dly}$ AC_1 의 비안전 패킷의 총 전송지연을 $T_{1,dly}$ 라 하면 $T_{0,dly}$, $T_{1,dly}$ 은 식 (1)과 같이 표현된다. $T_{SI} = T_{CFI} + T_{VII} + T_{WT}$ 이 $T_{WT} = T_{SI} - T_{CFI} - T_{VII}$, $T_{CFI} = N \cdot T_{Sstot} + 2T_{CLI}$, $T_{CLI} = 0.55ms$ [10]로 표현된다.

$$\begin{aligned}
 T_{0,dly} &= \frac{1}{2} \cdot T_{WT} + \left(\frac{1}{\eta_0} - 1\right) \cdot T_{SI} + \frac{1}{2} \cdot T_{SI} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot T_{WT} + \left(\frac{1}{\eta_0} - \frac{1}{2}\right) \cdot T_{SI} \\
 T_{1,dly} &= \frac{1}{2} \cdot T_{WT} + \left(\frac{1}{\eta_1} - 1\right) \cdot T_{SI} + \frac{1}{2} \cdot T_{SI} \\
 &= \frac{1}{2} \cdot T_{WT} + \left(\frac{1}{\eta_1} - \frac{1}{2}\right) \cdot T_{SI} \quad (1)
 \end{aligned}$$

시뮬레이션 파라미터는 각 방향이 V2V와 V2I환경에서 이동차량이 2차선, 차량속도가 [80,120],[70,110],

CFI의 각 슬롯의 안전패킷의 전송기간인 $T_{DTSP} = 0.4ms$, 안전패킷의 크기는 200바이트, 데이터 전송속도는 6Mbps, Rayleigh 페이딩채널을 사용한다. RSU 범위는 [300m,500m], 채널대역폭 10Mhz, MAC헤더 256비트, PHY헤더 192비트, SIFS 32 μs , DIFS 58 μs , 슬롯타임 13 μs , RRTS패킷의 전송기간은 60 μs , 안전패킷의 전송기간 0.4 μs 비안전패킷의 페이로드는 700바이트, 2500바이트를 사용한다,

4.2 성능평가

IEEE 1609.4 프로토콜은 고정 CC 간격 및 SC 간격의 기본 다중 채널 프로토콜로 모든 노드는 CSMA/CA 메카니즘을 사용하여 CC에서 안전 및 WSA 메시지의 전송에 대한 채널 액세스를 수행하고 SCI 중에 비-안전 메시지를 보급하기 위해 특정 SC로 전환된다. 각 노드는 항상 프레임에서 SC예약을 성공적으로 수행하며 서비스 공급자는 프레임에서 SC예약에 성공하기 위해 하나의 서비스 패킷 만 전송할 수 있다. 그림 2, 그림 3은 다양한 프로토콜을 사용하는 비-안전 패킷의 평균 지연 대 노드수를 보여주고 있으며 지연은 모든 프로토콜에서 노드 수가 증가함에 따라 증가함을 보여주고 있다. AMBM-MAC, C-MAC 및 Q-VCI 프로토콜의 경우 CC에서 노드 수가 증가 할 때 성공적인 예약 수가 감소하므로 충돌 확률이 증가한다. IEEE 1609.4 프로토콜은 CC 및 SC 모두에 경합 기반 메카니즘을 사용하기 때문에 SC에서 비-안전 패킷을 전송하는 충돌 확률은 노드 수가 증가함에 따라 증가한다. 대부분의 경우 AMBM-MAC은 IEEE 1609.4 프로토콜, C-MAC 및 Q-VCI 프로토콜보다 예약에 더 많은 시간 TWI를 허용하고 SC들에 대해 조정 및 무 경쟁 전송을 사용할 수 있기 때문에 프로토콜 패킷의 지연 성능이 우수함을 알 수 있다. 그림 4, 그림 5에서 $R_{s0/s1} = 2$ 및 $L_{data} = 700$ 바이트를 취하며 노드 수가 40 미만인 경우 IMBM-MAC 프로토콜의 AC_0 (AC_1)을 가진 패킷을 전달하는 노드의 지연은 전송 전에 TWI가 더 오래 기다리기 때문에 C-MAC 및 Q-VCI 프로토콜보다 약간 높다. 그러나 노드 수가 많아 질수록 AMBM-MAC 프로토콜은 IEEE 1609.4, C-MAC 및 Q-VCI 프로토콜보다 AC_0 및 AC_1 모두에서 월

씬 우수한 성능을 나타낸다. AMBM-MAC은 전송 지연이 적은 비-안전 패킷을 보장 할 수 있으며 대화형 오락 애플리케이션에서 실시간 요구가 보장된다.

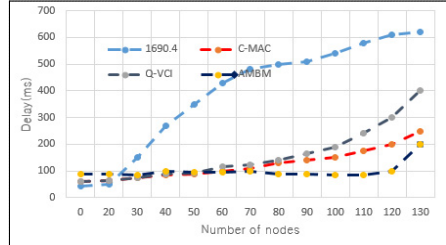


그림 2. $R_{s0/s1} = 1, L_{data} = 700bytes$ 비 안전패킷지연 및 노드수

Fig. 2 Non-safety packet delay the number of nodes when $R_{s0/s1} = 1, L_{data} = 700bytes$.

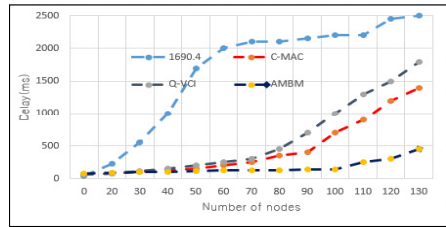


그림 3. $R_{s0/s1} = 1, L_{data} = 2500bytes$ 비 안전패킷지연 및 노드수

Fig. 3 Non-safety packet delay the number of nodes when $R_{s0/s1} = 1, L_{data} = 2500bytes$.

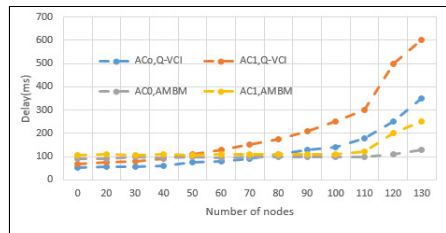


그림 4. $R_{s0/s1} = 2, L_{data} = 700bytes$ 비 안전패킷지연 및 노드수.

Fig. 4 Non-safety packet delay the number of nodes when $R_{s0/s1} = 2, L_{data} = 700bytes$.

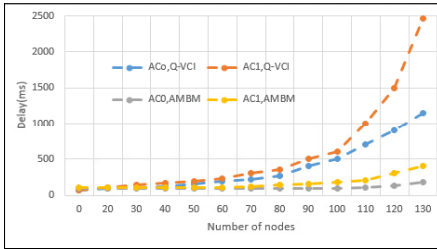


그림 5. $R_{S0/S1} = 2, L_{data} = 2500bytes$ 비 안전패킷 지연 및 노드수

Fig. 5 Non-safety packet delay the number of nodes when $R_{S0/S1} = 2, L_{data} = 2500bytes$

V. 결 론

본 논문에서 VANET 환경에서 패킷지연감소에 효율적인 적응적 AMBM-MAC를 제안하였다. AMBM-MAC은 IEEE 1609.4, C-MAC 및 Q-VCI 프로토콜보다 예약에 더 많은 시간 TWI를 허용하고 SC들에 대해 조정 및 무 경쟁 전송을 사용할 수 있기 때문에 프로토콜 패킷의 지연 성능이 우수함을 알 수 있다. AMBM-MAC 프로토콜은 전체 SI동안 서로 다른 SC에서 동시 전송을 지원하므로 SC의 포화 처리량의 지연을 줄여준다. 향후 겹치는 지역의 차량 간 간섭 영향을 줄일 수 있는 효율적인 RSU간 통신 메커니즘의 설계시 무선 채널 장애로 인한 패킷 오류의 영향을 고려해야 한다.

References

[1] G. Karagiannis, O. Altintas, E. Ekici, and G. Heijenk, "Vehicular Networking: A Survey and Tutorial on Requirements, Architectures, Challenges, Standards and Solutions," *IEEE Commun. Surv. Tutor.* vol. 13, 2012, pp. 584-616.

[2] J. Jo, "Efficient Brainwave Transmission VANET Routing Protocol at Cross Road in

Urban Area," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 9, no. 3, 2015, pp. 329-334.

- [3] E. Karamad, and F. Ashtiani, "Performance analysis of IEEE 802.11 DCF and 802.11e EDCA based on queueing networks", *IET Commun.* vol. 3, 2009, pp. 871 - 881.
- [4] Q. Wang, S. Leng, H. Fu, and Y. Zhang, "An IEEE 802.11p-Based Multichannel MAC Scheme With Channel Coordination for Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Intell. Transp. Syst.* vol. 13, 2012, pp.. 449-458.
- [5] C. Song, G. Tan, N. Ding, J. Bu, F. Zhang, and M. Liu, "Application oriented cross-layer multi-channel MAC protocol for VANET," *J. Commun.* vol. 37, 2016, pp. 95-105.
- [6] Q. Wang, S. Leng, H. Fu, and Y. Zhang, "An IEEE 802.11p-Based Multichannel MAC Scheme with Channel Coordination for Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Intel. transp. Syst.* vol. 13, 2012, pp. 449-458.
- [7] C. Song, G. Tan, C. Yu, N. Ding, and F. Zhang, "APDM: An adaptive multi-priority distributed multichannel MAC protocol for vehicular ad hoc networks in unsaturated conditions," *Comput. Commun.* vol. 104, 2017, pp. 119-133.
- [8] G. Tan, C. Song, N. Ding, J. Bu, F. Zhang, and M. Liu, "Application oriented cross-layer multi-channel MAC protocol for VANET," *J. Commun.* vol. 37, 2016, pp. 95-105.
- [9] C. Han, M. Dianati, R. Tafazolli, X. Liu, and X. Shen, "A Novel Distributed Asynchronous Multichannel MAC Scheme for Large-Scale Vehicular Ad Hoc Networks," *IEEE Trans. Veh. Technol.* vol. 61, 2012, pp. 3125-3138.
- [10] C. Song and G. Tan, "A Coordinated Reliable and Efficient Multichannel MAC Protocol for Vehicular Ad Hoc Networks," *Comput. Commun.* vol. 104, 2017, pp 119-133.
- [11] Y. Kim, M. Lee, and T. Lee, "Coordinated Multichannel MAC Protocol for Vehicular Ad

Hoc Networks". *IEEE Trans. Veh. Technol.* vol. 65, 2016, pp. 6508-6517.

- [12] Q. Wang, S. Leng, Y. Zhang, and H. Fu, "A QoS Supported Multi-Channel MAC for Vehicular Ad Hoc Networks," In *Proc. the 2011 IEEE 73rd Vehicular Technology Conf. (VTC Spring)*, Yokohama, Japan, May 2011, pp. 1-5.

저자 소개



이정재(Jung-Jae Lee)

1986년 조선대학교 컴퓨터공학과 졸업(공학사)

1989년 조선대학교 대학원 컴퓨터학과 졸업(공학석사)

1997년 조선대학교대학원 전산통계학과 졸업(이학박사)

1997년 송원대학교 컴퓨터정보학과 전임강사

현재 송원대학교 컴퓨터정보학과 부교수

※ 관심분야 : 의료빅데이터, WBAN헬스케어, 인공지능

