

논문 2010-47CI-6-4

IEEE 802.11p에서 차량단말기간에 혼잡상황 해결을 위한 동적 충돌 윈도우 향상 기법

(An Adaptive Contention Windows Adjustment Scheme Based on the
Access Category for OnBord-Unit in IEEE 802.11p)

박 현 문*, 박 수 현**, 이 승 주***

(Hyun-Moon Park, Soo-Hyun Park, and Seung-Joo Lee)

요 약

본 논문은 IEEE 802.11p에 기반한 CSMA의 미디어 접근 제어로서, 경쟁 차량단말기(OnBord Unit, OBU)의 증가에 따른 전송 지연(transmission delay)과 감소(data throughput decrease) 문제를 해결하고자 한다. 경쟁 기반의 전송매체에서는 OBU 증가에 따라 충돌 확률이 높아진다. 이러한 미디어 접근 계층의 성능 향상을 위해 교통량과 데이터 종류를 고려하여 접속 단말기의 개별 충돌 윈도우(Contention Windows, CW)를 동적으로 조절하는 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 제안하였다. EDCA는 채널별 서비스 차별화를 위해 네 개의 클래스를 AC(Access Category)마다 고정된 최소 경쟁 윈도우(CWmin) 값과 최대 경쟁 윈도우(CWmax) 값을 적용한다. EDCA는 트래픽 특성별로 구분되어 AC 간의 차별화를 보장하지만, IEEE 802.11p에 구성된 채널별 특성과 네트워크 상태를 보장하지 않기 때문에, 짧은 채널 서비스별 혼잡에 따른 충돌 발생을 능동적으로 대처할 수 없다. 이에 따른 해결방안으로 CWminAS(CWmin Adaptation Scheme)와 ACATICT(Adaptive Contention window Adjustment Technique based on Individual Class Traffic)가 능동적인 CW의 제어 기법으로 제시되었다. 선행연구는 개별 AC 값에 따라 발생하는 충돌 확률을 고려하지 않거나 단일 채널 기반의 개별 AC 값만 고려하고, IEEE 802.11p의 채널별 요구 사항과 이에 따른 충돌 확률을 반영하지 않았다. 본 연구는 이전 서비스 구간에서 OBU 경쟁에 따라 발생하는 충돌 횟수와 현재 무선망의 혼잡을 고려하여, 다음 채널의 CW를 능동적으로 제어하는 기법으로 ACCW(Adaptive Control of Contention windows in considering the WAVE situation)를 제안한다.

Abstract

The study aims at offering a solution to the problems of transmission delay and data throughput decrease as the number of contending On-Board Units (OBU) increases by applying CSMA medium access control protocol based upon IEEE 802.11p. In a competition-based medium, contention probability becomes high as OBU increases. In order to improve the performance of this medium access layer, the author proposes EDCA which a adaptive adjustment of the Contention Windows (CW) considering traffic density and data type. EDCA applies fixed values of Minimum Contention Window (CWmin) and Maximum Contention Window (CWmax) for each of four kinds of Access Categories (AC) for channel-specific service differentiation. EDCA does not guarantee the channel-specific features and network state whereas it guarantees inter-AC differentiation by classifying into traffic features. Thus it is not possible to actively respond to a contention caused by network congestion occurring in a short moment in channel. As a solution, CWminAS(CWmin Adaptation Scheme) and ACATICT(Adaptive Contention window Adjustment Technique based on Individual Class Traffic) are proposed as active CW control techniques. In previous researches, the contention probabilities for each value of AC were not examined or a single channel based AC value was considered. And the channel-specific demands of IEEE 802.11p and the corresponding contention probabilities were not reflected in the studies. The study considers the collision number of a previous service section and the current network congestion proposes a dynamic control technique ACCW(Adaptive Control of Contention windows in considering the WAVE situation) for CW of the next channel.

Keywords : IEEE 802.11p, EDCA, Contention windows, Access Category

* 정회원, 전자부품연구원(Hybrid Signal Processing Research Center of KETI)

** 평생회원, 국민대학교(School of Business Kookmin University)

*** 정회원, 서울대학교(Department of Information and Communication Engineering of Seoul University)

※ “본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음”
(NIPA-2010-C1090-1021-0001)

접수일자: 2010년9월23일, 수정완료일: 2010년10월25일

I. 서 론

WiFi를 근간으로 한 미디어 접근 기법으로써 CSMA/CA 기법과 TDMA/FDMA를 고려하여 채널과 접근방식의 물리계층이 IEEE 802.11p로 표준화하고, EDCA와 CSMA를 이용한 미디어 계층에서 랜덤 백오프(Random Backoff) 기법을 바탕으로 다양한 데이터 전송의 QoS(Quality of Service) 보장과 채널 획득을 제안하였다^[1]. 미디어 계층과 여러 가지 응용접속기술, 서비스를 1609.X로 제정하고 이를 WAVE(wireless access in vehicular environments)라 통칭한다. EDCA는 기존의 DCF에서 CoS(Class of Service)에 따라 트래픽을 8개의 카테고리로 분류하고, 데이터 영역별 할당으로 AIFS(Arbitration Inter Frame Space)와 CW(Contention Windows)를 연동한다.

서비스 채널(Service Channel, SCH)과 제어 채널(Control Channel, CCH)로 구분되어 있는 802.11p는 IEEE 802.11e의 QoS에 4개의 AC(Access Category)를 SCH와 CCH에 의한 분류를 적용하며, AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]로 정의된다^[1, 5]. 백오프 시간(Backoff time)은 0부터 임의의 값(Random Value)을 부여하여 CW에 최소와 최대의 범위만큼 발생시킨다. 데이터 종류에 따라 AC로 정의된 CW 범위는 데이터에 적합한 차별화 백오프를 보장하지만, 무선망과 데이터 크기를 고려하지 않기 때문에 고정된 백오프 기법은 경쟁 OBU간의 충돌을 증가시킨다. 선행 연구는 WiFi 기반의 다수 모바일에서 발생하는 네트워크 혼잡 상황에 따라 CW 범위를 정의하는 방안을 제시하였다. CWminAS와 ACATICT, AEDCF 등은 충돌 감소 방안으로, 일정주기 동안 CWmin의 크기를 조정과 데이터에 따른 개별 AC와 CWmin을 동기(synchronization)화하는 방안을 제안하였다^[2~4, 13]. 하지만, 기존 WiFi 기반 연구와 차량 통신은 서비스에 따른 개별 채널에 적용되는 윈도우 조정 기법이 다를 뿐만 아니라, 데이터 종류와 서비스에 따라 제공되는 서비스 시간이 매우 짧다. 이러한 문제를 고려하는 능동적인 윈도우 조정기법이 요구된다.

본 연구는 V2I(Vehicle to Infrastructure)에서 CCH 감시와 SCH의 데이터 교환을 동시에 수행할 수 없는 네트워크를 가정한다. II장은 EDCA를 이용한 WAVE의 매체 접근 기법에 대해 설명과 분석을 한다. III장에는 AC값에 따른 CW의 능동적인 제어기법으로, 선행연구

및 문제점을 기술한다. IV장에서는 본 논문에서 제안하는 ACCW에 대해 기술하며, V장에서는 제안된 방법의 성능 분석을 한다.

II. WAVE에서의 EDCA 접속 모형

1. 선행연구

혼잡한 무선 네트워크 상황에서 모바일 단말기 충돌의 감소를 위해 채널 상태와 네트워크 환경을 고려한 능동적인 CW 조정기법이 WiFi 기반으로 다수 제안되었다^[2~4, 8]. 네트워크 혼잡에 따라 증가하는 충돌의 감소를 위해 네트워크 상태를 감지하고, 충돌과 연관한 CW 값을 이용하는 제어 기법으로 CWminAS, AEDCF(Adaptive EDCF)와 T-EDCF(Traffic flow based EDCF)등이 제안되었다^[2, 8, 13]. OBU 충돌의 변화는 특정시간에 변동의 증가 값이 일정한 갱신주기마다 개별 OBU가 발생하는 충돌 확률을 계산하여 CW의 최소값(CWmin)을 변경한다. 구간 시간 동안 충돌에 따른 백오프와 CW 변화는 실험 결과^[2~8, 14]에 따라 일정 시간 동안 지수적으로 증가/감소한다. 따라서 지수 가중이동 평균법(Exponentially Weighted Moving Average, EWMA)에 의해 이전 발생하는 상황을 다음에 영향을 미치는 충돌 계수로 계산하여 CW의 최소·대 값으로 반영하였다.

시간에 따른 OBU의 충돌은 수퍼프레임(Supframe)을 모두 고려하지 않고, 이전과 현재 간격(Interval)을 반영하여 다음의 충돌 상황을 예측할 수 있다. 수퍼프레임은 WAVE의 채널별 서비스를 나타내기 위해 1s의 시간을 정의하고, 이를 구간 시간으로 20개로 나누어 통신하며, 자세한 설명은 III장에서 한다. 최근 충돌 값에

표 1. 선행연구의 기호 정의
Table 1. The Symbol definition of precedent study

값	내용
CW_{min}	혼잡 창의 최소값
$CW_{min}[i]$	AC에 따른 최소 윈도우값
CW_{max}	혼잡 창의 최대값
$CW_{max}[i]$	AC에 따른 최대 윈도우값
f_{cur}^j	j 번째 채널에서 발생하는 충돌 확률
f_{avg}^j	j 번째 채널에서 발생하는 평균 충돌 확률
f_{avg}^{j-1}	이전 채널에서 발생하는 평균 충돌 확률
α	smoothing factor
i	데이터에 따른 AC값

더 많은 가중치를 부여하고 과거의 상황은 매우 미약하게 반영된다. j 번째 채널에서 발생하는 충돌 확률(f_{cur}^j)은 개별 OBU를 p 로 정의할 때 데이터전송 횟수($dataSend_j$)와 반비례한다. 또한 OBU와 RSU(RoadSide Unit)간의 비응답(Not-Ack, $NoACK_j[p]$)에 비례한다.

$$f_{cur}^j = NoACK_j[p] / dataSend_j[p] \quad (1)$$

f_{avg}^j 은 이전 특정 시간에 발생하는 개별 OBU의 네트워크 혼잡을 현재 시각에 반영하였다. 현재의 네트워크 혼잡으로 발생하는 충돌의 횟수를 수식(2)로 평균값^{2,4)}을 나타내었다. EWMA로 CW의 최소값을 추론하기 위해 수식 (1), (2)의 값을 수식(3)에 대입한다. $CWAS_{min}$ 는 수신 데이터 종류[i]에 따른 CW의 최소값이다.

$$f_{avg}^j = f_{avg}^j \times \alpha + f_{cur}^j \times (1 - \alpha) \quad (2)$$

$$CWAS_{min}[i] = (1 - f_{avg}^j) \times CW_{min}[i] + f_{avg}^{j-1} \times (CW_{max}[i] - CW_{min}[i]) \times 2^{i-2} \quad (3)$$

현재의 CWmin에 최소값의 증·감에 따른 평균 충돌 확률의 변동을 $(1 - f_{avg}^j)$ 로 정의한다. 그리고 이전 채널(f_{avg}^{j-1})에서 발생하는 충돌 확률을 고려하여 미래에 CW의 최소값(CWmin)은 $CWAS_{min}$ 로 정의하고 CW 값을 증감한다. CW 값이 과거를 네트워크 상태를 반영하기에 OBU의 충돌은 기존 EDCA보다 향상된다. 하지만, 상호 경쟁하는 OBU의 데이터 크기와 채널의 특성에 따른 AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]의 매체 접근 빈도와 충돌 확률이 다른 점을 고려하지 않았다. 개별 OBU에 따른 AC값을 반영하기 위해 f_{avg}^j 에 발생하는 평균 충돌 확률에 $AC[i]$ 를 대응하고, 수식(3),(4)에서 정의한다.

$$CWAS_{min}[i] = (1 - f_{avg}^j) \times CW_{min}[i] + f_{avg}^{j-1} \times (CW_{max}[i] - CW_{min}[i]) \times 2^{i-2} \quad (4)$$

선행 연구^[2]의 CWminAS 기법은 작은 수의 무선 단말기에 경쟁에서 발생하는 평균 충돌 확률은 표준과 비교해 좋은 결과를 보여준다. 그리고 WAVE 상황에서 적은 OBU 경쟁은 표준보다 충돌 확률을 낮추는 결과를 보일 것이다. CWminAS과 ACATICT는 최근시간의 가변성과 균집성을 반영하여 가장 가까운 인터벌 구간 동안에 OBU의 충돌과 네트워크 복잡도에 따라 능동적

으로 할당되며, 최근 충돌과 복잡도에 민감하게 변화한다. ACATICT는 기존 CWminAS에서 각 구간마다 경쟁하는 모바일 단말이 전송하는 데이터 종류를 AC로 정의하고, 모바일간의 경쟁으로 발생하는 충돌빈도를 반영하였다.

하지만 차량 서비스에서 하나의 슈퍼프레임의 구간은 선행연구에서 설정한 것보다 매우 짧은 서비스 시간을 가지므로 개별 서비스 구간에서 변동성이 매우 크고 평균구간에 신뢰성 CW 범위를 추론하기 어렵기 때문에 충돌추정이 어렵다. 더욱이 서비스 채널에 따른 개별 프레임 크기를 고려해야 한다. 또한, 본 연구처럼 매체가 증가하고 경쟁이 복잡해질수록 반영하기 어려우며, 특히 채널별 서비스 구간의 시간이 매우 짧아서 서비스 구간을 고려한 CW의 변화가 제시되어야 한다.

2. RSU와 OBU 접근 방법과 구조

본 연구는 서비스 주기 간격(Service Duration Interval) 10개의 합을 그림 1과 같이 슈퍼프레임으로 정의한다. 1개의 슈퍼프레임은 1초로 GPS에 수신되는 UTC(Universal Time Coordinate)값이다. UTC에 위도, 경도를 주기적으로 수신하고 위치와 시간 정보를 이용하여 RSU와 OBU의 동기를 제공한다. UTC 동기는 기지국과 다수 OBU간의 클록 오차가 적어짐에 따라 재동기에 유리할 뿐만 아니라 동기 과정이 단순하기 때문에 접속 시간도 단축된다. 한 간격(one duration)은 두 개의 SCH와 CCH로 분류된다. 각각 채널에는 50ms의 시간이 할당되며, 각 채널은 접속 간격(Guard Interval)을 지닌다. 접속 간격은 서로 다른 OBU들의 채널 간격(channel interval)은 시간 변화와 타이밍 부정확성의 해결을 위해 정의되고, 동기화 및 채널 변환을 위해 첫 동기에는 최대 10ms까지 할당하지만 다음 동기는 6ms이

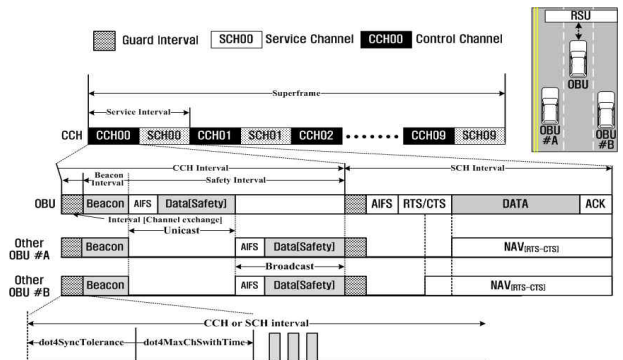


그림 1. RSU와 OBU간의 접속 모형
Fig. 1. A model of connection between RSU and OBU.

내에 이루어진다^[1, 3, 5].

채널의 개별 서비스는 동기 구간(dot4syncTolerance)과 채널전환 구간(dot4MaxChSwthTime)이 그림 1과 같이 있으며, 각각 약 3ms 이내에 시스템 시간과 동기를 위한 UTC로 구분한다. 채널전환은 예약된 채널에 우선접근하며, 채널 스캔 과정과 동기과정을 최소화한다. 그리고 CCH는 최우선 관리 프레임(Primary Management Frame)으로 메시지를 교환하며, CCH Interval에서 채널 정보, 전송 출력, 전송 속도 등의 정보를 지닌 WSA(WAVE Service Advertisement)와 사용자 안전을 위한 메시지(Safety/Private Service Advertisement)를 제공한다. SCH가 WSA를 이용하여 안전, 긴급메시지를 수신하면 진행 중인 데이터교환은 중지된다. OBU는 다음 간격의 CCH 구간(CCH interval)에서 RSU가 전송하는 시간정보 (Announcement Frame)를 수신한다. 표준 WAVE 장치들은 초기 접속 이후 채널 검색(Active Scanning), 연결(Association), 인증을 생략한다. 하지만, 실제 다수 RSU간 서비스 제공을 위해 특정주기(duration)마다 채널 스캔 과정이 필요하다. 채널 검색과 idle 스캔 과정이 없을 때 동기와 접근에 선행적 약속이 정의되며, CCH/SCH와 같이 다수 채널 서비스에서의 채널 선택, 전환뿐만 아니라 계층별 지연과 비동기 문제도 고려되어야 한다. 최근에는 단일 채널로 인한 다양한 문제의 해결을 위해 OBU에 Dual Channel을 이용한 접속 제어 연구가 되고 있다^[10~11].

그림 2는 개별채널에 따른 CW의 변화와 할당을 나타내었다. PHY에서 그림 1과 같이 구간별로 RSU으로

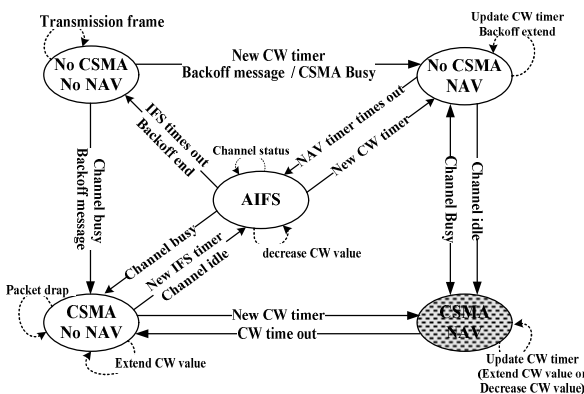


그림 2. 채널 기반에 CW의 변화와 할당
Fig. 2. Allocation and change of Service Channel based on the CW.

송수신하는 OBU의 상태와 데이터*에 따라 AC가 할당되고 CW와 AIFS(Arbitration Inter Frame Space)가 연동된다. AIFS 시간 동안 채널이 idle 상태인지 확인한다. idle 상태라면 채널 구간을 점유하지 않는 것으로 판단하고, 패킷을 전송한다. 트래픽에 따라 우선순위에 유형을 정의하고 AC의 수가 적을수록 채널 접근 지연이 짧아져 주어진 트래픽 환경에서 더 많은 데이터 송수신이 가능하다.

CW의 채널과 데이터 종류에 따른 변화와 할당은 차량과 기지국간의 통신과정상 OBU의 짧은 채널 할당 시간에 따른 서비스 특성을 차별화시키기 위해 구성되며, CCH의 서비스 시간에 접근한 OBU에 대해 AIFS, CWmin, CWmax 등의 EDCA 값과 TXOP (Transmission Opportunity) 시간을 비컨 프레임에 포함하여 방송한다. 이때 OBU는 주소 필터로 수신된 프레임에 대한 Ack를 전송하고 이후에 WBSS(WAVE BSS)로 구성된다. RSU는 제어 프레임을 CCH에서 보안을 사용하지 않는 패스 관리 프레임(PMF, Pass Management Frame)로 접근 단말들에게 전송한다. 수신된 OBU는 패킷을 전송하는 각각의 OBU들로부터 CW 값을 선택해서 임의의 시간동안 패킷을 지연시켜 전송한다. 이것은, 동시에 패킷을 전송함으로써 발생하는 패킷 충돌을 막기 위해서이다. 전송될 AC 값에 의한 백오프 중 패킷 전송이 감지되면 백오프 과정을 중단하고 SIFS 만큼 기다린 후 남은 CW 값을 백오프로 수행하여 전송한다. 이후에 그림 2와 같은 다양한 절차로 접근지만, OBU는 항상 SIFS+CW의 지연 시간 후에 패킷을 전송한다. WAVE BSS (WBSS) 설정만으로 OBU간 통신이 가능하다. WBSS는 인증(authentication)과 제휴(association)과정 없이, 연결(join)과정으로 WBSS 접속이 가능하다. 이와 같이 경쟁(random contention)기반은 네트워크의 혼잡도가 낮을 때는 네트워크를 정상적으로 운용할 수 있으나, 혼잡도가 높을 때는 전송 충돌이 빈번하여, 네트워크의 성능이 저하된다.

III. WAVE의 매체 접근방식

경쟁 기반 채널 접근 방식은 데이터 종류에 따라 8가지의 제공 우선순위를 지닌 차별화된 매체 접근을 허용

* 데이터는 IEEE 802.11e에서 정의한 8개의 클래스에 데이터 종류를 나타낸다.

표 2. 시나리오 따른 기호 정의
Table 2. Symbol definition of scenarios.

Value	Command
j	CCH00, SCH00 등의 서비스 간격(Service Interval)에 따른 개별 서비스 시간
i	Access Category Value
$AIFS_j(i)$	j 번째 채널에서 단일 OBU에 정의되는 AC 값
T_δ	최소 슬롯 시간(aSlot Time)
T_{AIFS}	j 번째 채널에서 개별 OBU가 idle time에서 AC값 기반에 백오프+TXOP의 도달 시간
CW_j	이전 트래픽 값(Traffic Classes)에 따른 AC 값에 따른 백오프 범위
CW_{j+1}	이전 CW_i 에 따른 AC의 값에 현재의 백오프 범위
$PF(i)$	AC에 트래픽별 서비스 처리를 위한 PF(Persistence Factor)의 값
CW_{min}	Contention Windows의 최소값
CW_{max}	Contention Windows의 최대값
T_{SIFS}	개별 채널에서 발생하는 평균 SIFS 시간
$T_{backoff}$	특정 채널에서 구간시간(duration time) 동안 발생하는 백오프
$T_{backoff_j}$	j 번째 채널에서 구간 시간 동안 발생하는 백오프 시간
T_{NAV_j}	j 번째 채널에서 구간시간(duration time)이내 RTS/CTS의 정보를 이용한 대기시간

한다^[1, 5]. 트래픽에 따라 AC를 0에서 3까지 값으로 나타내었으며, 각각 AC 값에 패킷 및 연결 관리가 이루어진다. V2I 기반 CCH/SCH 프레임구조의 정의를 위해 그림 1과 같이 OBU와 RSU의 통신을 위한 개별 CCH00, SCH00 등의 서비스 간격(Service Interval)에 따른 개별 서비스 시간을 j 로 정의하고, 각 클래스 구별을 위해 표 2로 표기한다. 접속 간격을 제외하고 사용되는 파라미터 및 $AIFS$ 에 값은 [2]에서 나타낸 AC로 구분된다.

단일 OBU에서 데이터에 의해 발생하는 시간(T)을 수식(5)로 나타냈으며, OBU에서 발생하는 데이터에 의한 값을 $AC[i]$ 로 정의하고, 이에 따른 j 번째 채널에서 할당되는 $AIFS$ 의 슬롯 개수를 $AIFS_j(i)$ 로 정의한다. T_{AIFS} 는 j 번째 채널에서 idle에 따른 총시간이다. 선행 연구 결과^[9]에 따라 T_{SIFS} 는 값은 $16\mu s$ 로 정의한다. T_δ 는 $9\mu s$ 의 시간을 가지며, 최소 슬롯 시간(aSlot Time)이다. 단일 OBU에서 데이터에 의해 발생하는 시간(T_{AIFS})을 수식(5)로 나타낸다.

$$T_{AIFS} = T_{SIFS} + AIFS_j(i) \times T_\delta \quad (5)$$

수식 (5)를 이용한 AC에 따른 $AIFS_j(i)$ 의 범위를 계

표 3. AIFS 시간과 AC slot의 값
Table 3. AIFS time and AC slot of Value.

Service	AC[3]		AC[2]		AC[1]		AC[0]	
	CCH	SCH	CCH	SCH	CCH	SCH	CCH	SCH
$AIFS_j(i)$	9	7	6	3	3	2	2	2
$T_{AIFS}(\mu s)$	97	79	70	43	43	34	34	34
$AIFS_{slot}$	6	5	4	1	1	0	0	0

산하였으며 이를 표 3에 표기하였다. AC에 따른 슬롯(Slot)의 개수는 j 번째 채널 T_{AIFS} 에서 T_{SIFS} 를 제외한 값을 슬롯 시간(T_δ)으로 나눈 값으로 수식(6)으로 표현된다.

$$AIFS_{slot} = \frac{T_{AIFS} - T_{SIFS}}{T_\delta} \quad (6)$$

표 3은 IEEE 802.11e에서 정의한 데이터에 따른 AIFS이다. CCH에서 동기과 채널전환 정보인 WSA(WAVE Service Advertisement) 프레임과 WSMP(WAVE Short Message Protocol)와 같은 짧은 프레임(Short Frame)은 안전, 공공정보를 전달한다. WSMP에서 긴급데이터를 높은 우선순위 값인 AC[0]으로 전송하여 우선 처리를 요청한다. 그림 1, 2와 같은 처리과정을 거치며 두 개의 서로 다른 특성이 있는 채널은 OBU에 할당되는 슬롯에 따라 최대 50%까지 간격이 발생한다. CCH는 채널 전환, 데이터 전송에 따른 충돌과 NAV(Network Allocation Vector)로 인해 백오프 시간이 점차 증가한다. CCH는 제어 방송(control broadcasting)이 기본 모드이며, AC에 따른 T_{AIFS} 시간이 매우 짧다. 운전자 안전과 사고 방지를 위해 CCH 채널의 긴급데이터를 AC[0]와 AC[1]로 전송 한다면, 좀 더 빠른 접속 기회를 제공할 것이다.

OBU와 RSU의 데이터 송수신을 위한 요구시간을 수식(7)으로 나타내었다. RSU 접속 구간에 OBU(T_{OBU_j})가 CCH 주기(T_{CCH_j})동안 발생하는 송수신시간을 나타내며, RSU로부터 WSMP를 이용한 메시지에 수신(T_{WSMP_j})과 응답(T_{ACK_j}) 시간이다.

$$T_{OBU_j} = T_{WSMP_j} + T_{AIFS_j} + T_{ACK_j} + T_{backoff_j} + T_{NAV_j} \quad (7)$$

CCH에서 소요되는 OBU간 경쟁과 전송시간을 수식(8)로 정의한다. CCH에서 모든 OBU가 RSU로부터

WSMP메시지(T_{WSMP_j})를 수신하며, WSA를 포함한 128byte의 프레임 본체(Frame Body)를 지낸다. 이에, RSU로부터 모든 OBU에게 Unicast로 메시지를 전송하며, 개별 OBU의 메시지 수신(T_{WSMP_j})과 응답시간(T_{ACK_j})은 평균 3ms로 가정하였다.

표 3은 수식(5)의 AC와 CW(Contention Windows)의 연동 값과 채널과 데이터에 따른 최소·대 값을 $AIFS(i)$ 로 나타내고, 수식(8)에서 OBU의 데이터 특성에 따른 개별 $T_{backoff}$ 시간은 T_{AIFS} 에 연동 값을 표기하였다. CW_j 는 이전 트래픽 종류(Traffics Classes)를 나타낸 AC의 백오프 범위이고, $CW_{j+1}(i)$ 는 현재 데이터 종류(i)를 나타낸 AC의 백오프 범위이다. 트래픽별 서비스 처리에 따른 PF(Persistence Factor)의 값은 선행연구^[2]를 참조하고, $CW_{min}(i)$ 는 데이터 종류(i)에 따른 CW의 최소값으로 표 4를 참조한다. AC와 CW_j 에 맞춰 표 4로 나타났다. 화살표는 수신된 데이터 종류와 우선순위(priority)로 낮음에서 높음의 방향을 나타낸다.

$$\begin{aligned}
 CW_j &= rand[1, CW_j + 1] = rand[0, CW_j] \\
 CW_{j+1}(j) &= \min[(CW_j(i) + 1) \times PF(i)] = (0, CW_{min}(i) - 1) \\
 T_{backoff} &= rand[0, CW_{j+1}(i) \times T_\delta] \quad (8)
 \end{aligned}$$

채널과 서비스의 종류에 따라 CW의 최소값(CW_{min})과 최대값(CW_{max})이 다르며, CW_{min} 와 채널 시간에 따른 $AIFS(i)$ 의 값을 T_{AIFS} 라 할 때 T_{AIFS} 값이 작을수록 접근 우선순위를 가진다^[1-2, 5]. 차량 간 통신은 채널에 다른 데이터 특성을 반영한다. CCH는 운전자 안전과 제어 서비스를 제공하기 위해 AC[0]을 지니며, 짧은 백오프 시간으로 잦은 접속 기회가 부여된다. CW 값이 OBU 충돌로 증가하면, RSU의 접속을 위해 OBU는 AC에 따라 백오프 범위를 CW_{min} 에서 CW_{max} 로 증가

표 4. 수신 데이터에 따른 AIFS 값과 최대 백오프 시간

Table 4. Received Data of AIFS value and Maximum backoff timer

Service	Background /AC[3]		Best Effort/AC[2]		Video/AC[1]		Voice/AC[0]	
	CCH	SCH	CCH	SCH	CCH	SCH	CCH	SCH
Priority	낮음	▶				높음	
$AIFS(i)$	9	7	6	3	3	2	2	2
CW_{min}	15	15	15	7	7	3	3	3
CW_{max}	1023	1023	1023	15	511	7	7	7
$T_{Backoff} (\mu s)$	3218	3218	3218	97	1609	97	43	43

한다. SCH에서 AC[3] 서비스를 위한 충돌과 백오프 값이 증가에 따라 OBU당 최대 3ms가 요구되며, 서비스 구간 내에 데이터 서비스 제공이 어렵다. 하지만, OBU 경쟁의 증가 따라 CCH에 정의된 AC[0]는 많은 충돌과 지연이 발생하며, 가상 충돌 방지의 스케줄러를 이용한 관리도 수신데이터와 채널 종류의 AC[i]에 따른 CW의 값을 점차 증가시켜 CW의 범위를 넓힌다. 그러나 몇회 충돌 이후 증가하는 범위에서의 값에서의 효율성은 감소된다.

임의 구간(j)에서 발생하는 시간(T) 동안 발생하는 경쟁 OBU를 T_{OBU_j} 라 할 때, 백오프 범위($rand[0, CW_j]$)는 OBU 경쟁으로 발생하는 충돌에 따른 지연시간과 백오프 시간($T_{backoff}$)에 비례한다. T_{NAV_j} 는 임의 구간(j)에서 RSU와의 통신으로 인한 접속 OBU의 NAV에 시간이라 할 때, CCH 채널에서 WSA 값을 고려한 충돌시 T_{NAV_j} 의 요구 시간은 약 3ms이다. OBU 수와 충돌은 상호 비례하며, T_{NAV_j} 도 충돌의 평균 횟수만큼 증가하게 된다.

앞의 논거를 바탕으로 AC에 따른 성능비교를 그림 3과 4로 하였다. 두 그래프는 X축은 OBU의 개수이며, Y축은 OBU와 RSU간의 AC의 파라미터 설정으로 발생하는 송수신 지연과 충돌시간(ms)이다. 안전메시지 프로토콜(Wave Short Message Protocol, WSMP)를 32byte로 가정하여 일정한 프레임 전송에 따른 AC 변화를 비교하였다.

AC[2]는 RSU와 OBU의 지연과 충돌 시간(ms)은 그림 3과 같이 a) 영역에 20과 40대의 OBU를 기점으로 백오프 범위가 급격히 증가된다. 특히 EDCA 기반에 백오프와 CW의 할당은 데이터 특성은 반영하지만, 데이터 총 크기와 OBU의 접속 수를 고려하지 않기 때문에 일정 OBU 이상이면 충돌이 급격히 증가한다. 뿐만 아

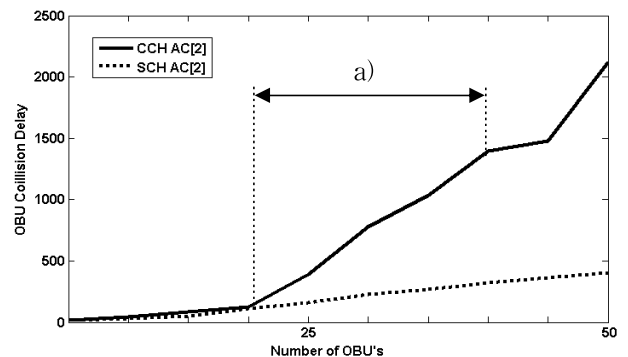


그림 3. AC[2]에 따른 OBU 전송시간
Fig. 3. OBU Transmission time of AC two-Value.

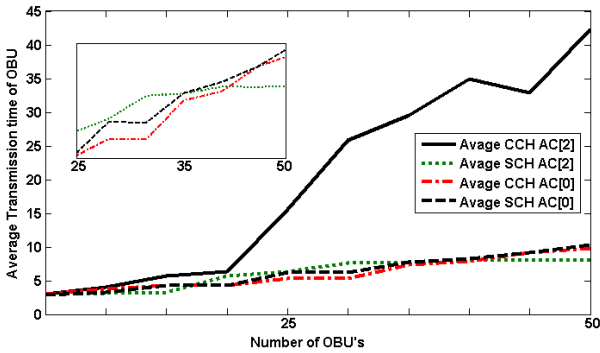


그림 4. AC에 따른 OBU의 평균 전송시간
Fig. 4. OBU average transmission time on AC Value's.

나라 CCH에서 20대의 OBU일 때 개별 OBU는 약 $200ms \pm 50ms$ 가 소요되는 반면에 50대의 OBU는 약 $2400ms \pm 150ms$ 가 필요하다. 그림 3은 개별 OBU마다 필요한 수신시간을 나타내었다. AC[0]에서 OBU당 메시지의 송수신 시간은 25/50대의 OBU에서 각각 5/10ms로 [1]에서 권장하는 최대 50대의 OBU는 긴급, 제어 정보를 3s 이내에 전달한다. 이는 AC[0]은 백오프 범위가 긴급, 제어를 전송할 수 있는 짧은 데이터에 최적화되기 때문이다.

그림 3과 그림 4에 의해 V2I의 통신에서는

첫째, SCH보다는 백오프 범위가 넓은 CCH의 지연으로 더 많은 송수신 시간이 필요하다.

둘째, 단말기의 수와 데이터 특성을 고려한 CW의 최소, 최대값을 능동적으로 대응하는 기법이 요구된다.

그림 5는 AC[0]과 AC[2]에서 데이터 프레임 종류인 WSMP를 32byte에서 256byte로 증가시킬 때 개별

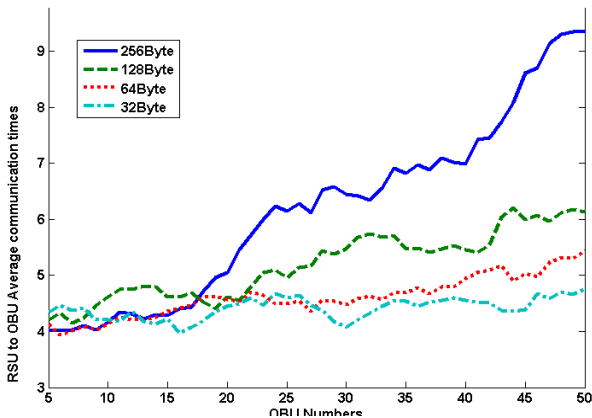


그림 5. WSMP 프레임에 따른 응답시간
Fig. 5. Response time of WSMP Frame.

OBU의 응답 시간을 분석하였다.

WAVE 서비스에서 가장 적합한 프레임 크기를 선별하고, 본 연구에 적용하기 위함이다. 평균 응답 시간은 10ms로 OBU가 50개로 증가하면, 90ms까지 필요하고 전체 OBU의 응답시간은 4.5s이다. 하지만 표준^[5,7] 및 연구그룹^[12]의 차량 긴급구난을 위한 시나리오*에서 제시되는 한 셀의 RSU 서비스 제공 시간은 2.5s 이내에 모든 차량에서 통신이 이루어져야 한다. 20대의 OBU는 평균 41ms/OBU를 요구하고, 50대의 OBU는 평균 48.5ms/OBU가 필요하며, RSU와 통신을 하는 개별 OBU는 OBU 증가에 따라 20-28%의 시간이 추가된다.

128byte 이하의 짧은 프레임은 표준에 정의된 2.4s 이내의 서비스를 제공하였다. 하지만, 메인 프레임이 128byte 이상이면, Unicast는 평균 62ms/OBU로 3.1s의 통신시간이 요구된다. 때문에 RSU 셀 안에 속한 OBU들은 경쟁 때문에 서비스 수신이 어렵다.

그림 6, 7은 기존에 BP(Backoff Period)에 따른 OBU 간의 충돌과 평균 재전송 횟수를 나타내었다. 재전송이 일정하게 증가하면, 전송 중인 프레임을 버리고(drop), 새로운 전송을 요구하거나 다른 OBU의 처리를 위해 CW와 백오프를 증가시킨다. 여기서 재전송하기 위한 프레임 크기는 대조군과 같으며, 10번의 시뮬레이션을 반복한 평균값이다.

그림 6, 7에서 OBU의 통신에서 경쟁과 프레임 전송 시간으로 평균 충돌과 재전송이 모두 증가하며, 충돌 시간에 비해 재전송 시간이 10-12% 더 요구된다. CW의 범위가 프레임 전송 길이와 접속 OBU에 비해 상대

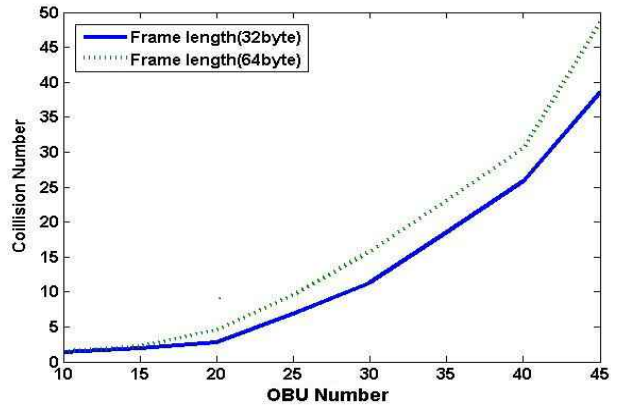


그림 6. OBU의 평균 충돌 횟수
Fig. 6. OBU average Collision Number.

* C2CC(Car to Car Communication)와 CALM(Communications, Air-interface, Long and Medium range), COMSafety는 한 셀의 크기는 0.5-1km 이며, 최대 접속 OBU는 50대를 가정한다.

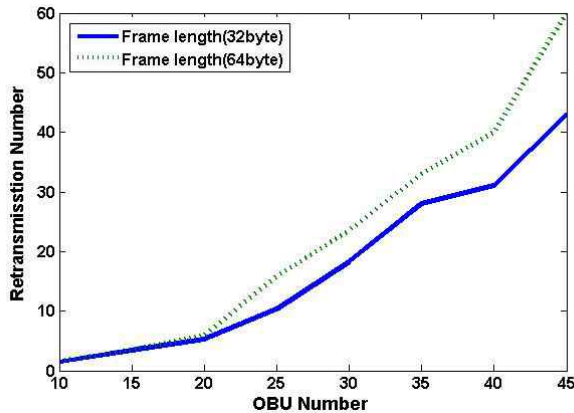


그림 7. OBU의 평균 재전송 횟수
Fig. 7. OBU average re-transmission Number.

적으로 적기 때문에 NAV 이후에 OBU 접속 경쟁이 증가하고 프레임 길이에 따른 손실도 일부 발생한다. 하지만, OBU 증가에 따른 CW의 범위 변화는 OBU와 RSU 상호간 초기 접속과정에서 알 수 없으며, 일정 주기(Duration)이후, RSU에 발신하는 비콘(beacon) 정보로 알 수 있다. 이를 통해 개별 OBU는 각기 발생하는 충돌 횟수(Collision Number)에 따라 자신의 CW를 능동적으로 조절이 가능하다.

IV. ACCW의 성능평가

1 CW의 능동적 제어 기법

CCH/SCH로 구분된 차량과 기지국간의 통신에서 네트워크 혼잡에 따른 경쟁 OBU의 충돌 상황에 따른 CW의 가변 기법을 제안한다. 초기 CW 최소값을 추론하는 방법으로 ACCW(Adaptive Control of Contention windows in considering the WAVE situation)라는 알고리즘을 제안한다. ACCW는 기존 지수가중평균(Exponential Weighted Moving Average, EWMA)를 이용하여 OBU에 군집성과 가변성을 반영하고, WAVE에 적합한 채널 특성과 서비스 종류를 반영하였다. RSU와 OBU들 간의 통신에서 f_{avg}^j 의 j 번째 채널에서 발생하는 특정한 패턴 변화에 충돌 확률을 반영하였다. 충돌 증감은 이전 시간에 발생한 단순 네트워크 혼잡뿐만 아니라 이전 간격(interval)과 수퍼프레임 구간에 발생하는 OBU간의 경쟁과 충돌 상황을 고려한다.

- 데이터 크기를 고려하여 AC 값을 재분류 한다.
- 이전/현재 채널의 OBU의 충돌과 무선 네트워크 상태를 반영한다.

WAVE는 각 채널 서비스 시간이 짧고, 주기적이다. 또한 서비스를 제공하는 RSU의 특정채널에서 네트워크 혼잡이 발생한다면, 접속을 원하는 다수의 OBU가 경쟁 상태일 확률이 높다. 데이터 크기의 제약은 특정 OBU가 주요채널 서비스의 계속적인 점유로 발생하는 경쟁 OBU 증가와 재전송의 서비스 실패를 줄이기 위함이다. 본 연구의 OBU는 이전과 현재 채널의 CW에 최소값으로 미래의 무선 상황 복잡도를 추정하여 CW를 정의한다. RSU들이 구성하는 복합 셀에서 한 셀의 RSU에 접속하는 OBU는 이전과 현재 그리고 가까운 미래 채널의 네트워크 혼잡도가 서로 연관되기 때문이다.

AC 값은 CW의 범위에 따르며, 여기서 사용되는 WSMP의 기본 프레임 크기는 64/128byte이고, 이때의 AC 값은 AC[0]과 AC[1]이다. II장에서 OBU 변화에 따른 구간별 프레임 분석에 의해 128byte 보다 큰 WSMP에 프레임의 길이는 AC[2]의 값을 갖는다. CW의 최대 최소값의 차는 OBU에 NAV와 CW, AIFS로 충돌과 재전송에 영향을 준다. 그렇기 때문에 작은 프레임의 값은 OBU 간의 경쟁을 감소하는 방안으로 제시 될 수 있다. 단지 여기서 조건은 긴급데이터와 같이 본래부터 작은 데이터 값으로 한 번의 프레임 전송으로 송수신이 가능해야 한다.

수식(9)에서 $f_{curr}^j[i]$ 는 데이터 i에 따라 j번째 주기에서 발생하는 충돌확률로, 데이터 크기 및 종류와 OBU 수에 따라 충돌확률이 증가한다. $f_{curr}^j[i]$ 를 현재 채널 성공확률 (p)에 따른 추론 값으로 다음과 같이 정의한다. 이전채널에 AC 값을 i 라고 가정하면 0 부터3의 값을 갖는다. 데이터 크기는 한 슬롯시간(slottime)의 i 에 따른 데이터 전송횟수(n^i)이며 송수신 프레임 크기(Frame size)로 나눈다. 채널 구간에서 전송확률(P_c)을 P_c^i 로 정의하고, 전송확률에 따라 송수신 데이터(AC[i])와 연동한 AIFS[i] 값이 반영된다. 하지만 OBU는 RSU와의 접속을 제외하곤 자신을 인식할 수 없기 때문에, OBU 값을 1로 정의한다. $CW_{min}^j[i]$ 은 현재 채널의 송수신 데이터 종류에 대한 CW의 최소값이다.

$$f_{curr}^j[i] = P_c^i = \sum_{w=0}^3 \frac{N_i \cdot \text{slottime}}{\text{Frame size}} \cdot AIFS[i] \cdot CW_{min}^j[i] \quad (9)$$

CW의 최소값(CW_{min})은 GARCH기반에 수식(11)로 정의된다.

β 는 충돌 지속성(collision persistent)이며, 이전 채널의 CW_{min}^{j-1} 값에 현재 채널의 충돌하지 않을 확률($1-f_{avg}^j$)

을 계산한다. β 의 충돌 지속성은 CW 최소값이다. 따라서 CW_{min} 값은 채널에 네트워크 복잡도와 충돌에 영향을 준다. 이전 채널의 평균충돌 횟수는 백분율로 나타낸다.

α 는 이전 채널의 충돌 변화로 smoothing factor이다. 두 윈도우에 최대, 최소값의 차($CW_{max}^j - CW_{min}^{j-1}$)이다. 시작되는 CW_{min} 값은 이전 채널에 마지막 발생한 CW_{min}^{j-1} 와 현재 채널 CW(CW_{max}^j)의 차로 정의한다.

r 은 채널별 충돌계수에 평균으로 백분율이다. 이전 채널($f_{curr}^{j-1}[i]$)에 발생한 충돌 계수와 누적된 충돌 계수의 평균($f_{avg}^{all} = \sum_{j=1}^n (f_{curr}^{j-1}[i])/n$)이다. 전체 채널의 평균 실패 확률(f_{avg}^{all})의 차($1 - f_{avg}^{all}$)를 성공 계수 평균으로 나타낸다. n 은 Duration Number로 접속 채널에 충돌 확률($f_{curr}^j[i]$)의 합을 n 으로 나눈 평균값이다.

$$f_{avg}^{all} = \sum_{j=1}^{n-1} (f_{curr}^j[i])/n \quad (10)$$

$$\begin{aligned} f_{avg}^j &= r \times f_{avg}^{all} + \alpha \times f_{avg}^{j-1}[i] + \beta \times f_{curr}^j[i] \quad (r + \alpha + \beta = 1) \\ f_{avg}^j &= (1 - \alpha - \beta) \times f_{avg}^{all} + \alpha \times f_{avg}^{j-1}[i] + \beta \times f_{curr}^j[i] \quad (\alpha + \beta < 1) \\ CW_{min} &= f_{avg}^{all}[i] \times CW_{min}^{j-1} + f_{avg}^{j-1}[i] \times (CW_{max}^j - CW_{min}^{j-1}) \\ &+ (1 - f_{avg}^j) \times CW_{min}^j \end{aligned} \quad (11)$$

수식 (11)은 OBU이 접속한 과거와 현재 그리고 전체 채널 평균의 값을 반영하여 CW의 최대/최소값을 능동적으로 변화시킬 수 있다.

AC값에 제안된 CW의 최소 범위는 수식(11)이며, 최대값은 의사코드로 제안된 알고리즘으로 정의된다.

본 제안에 수식과 의사코드는 네트워크 채널에 상태를 반영하는 기법으로 이전 채널 CW의 범위를 누적하고, 채널 상태의 CW 값을 더 많이 고려한다. 다른 채널 접속 CW 범위를 이전 채널 경쟁에 따른 복잡도를 반영한다. 128byte의 크기는 WMA 전송에서 접근, 제어, 단문 서비스를 위한 최소 프레임 크기로 정의하였다. i 는 AC의 값이며, j 는 채널 번호이다. 현재 채널(j)과 이전 채널($j-1$)의 CW 범위로 Reschedule($i, j, AACW$)를 계산한다. Reschedule($i, j, AACW$)는 수신된 데이터에 따른 i 의 AC 값을, j 는 현재 채널에 간격(duration interval)에서 제안된 ACCW를 이용하여 CW의 최소 최대값을, 추론 초기 값으로 표 3과 4를 참조한다. 이전 표준에 정의된 CW 범위는 데이터 종류에 다

표 5. ACCW 동작 의사 코드
Table 5. ACCW pseudo-code.

Algorithm 1. ACCW

```

do if AC[i] data length ≤ 128byte
  AC[i] value == 0
  otherwise AC[i] when i = 1 from 3

do if AC[i] is empty /*data access value*/
  then do for each remaining OBU[j-1] /*OBU is ji */
    Do if remaining OBU[j] is not empty
      then Reschedule(i, j, AACW)
        fcurj = NoACKj[p]/dataSendj[p]
        favgj = fcurj × α + fcurj × (1 - α) /* α is smoothing factor
/* Reschedule is the procedure which recalculates the contention
windows based in EDCA */
Reschedule (i, j, ACCW)
CWmin = { favgall[i] × CWminj-1 + favgj-1[i] × (CWmaxj - CWminj-1) } × 2i-2
          { (1 - favgj) × CWminj }
/* favgj-1 is previously channel service time value, favgj is current channel
service time value */
New CWmin = ACCW
New CWmax = ACCW + previously CWMAX value
CW value == (!(%2))-1
AC[i] = (New CWmin, New CWmax)
/* Where are α[i] AIFS current interval time*/

```

른 범위로 좀 더 네트워크 상황에 종속적으로 대응할 수 있다. 의사 코드는 수식(9-11)로 나타난 ACCW 기법이다. 데이터 프레임의 크기는 128byte이며, AC[i]의 초기 값은 0이며, 데이터 종류에 따라 AC[i] 값은 1~3의 카테고리로 분류되고 CW값이 증가된다. OBU에 채널 j 에 따른 CW의 최소값은 제안된 알고리즘에 의해 결정된 새로운 CW의 최소값(New CW_{min})이다. 새로운 최소값은 수식(11)으로 나타난 ACCW의 값이며, New CW_{max} 는 CW의 최소값에 표 3에 정의된 AC[i]의 최대값에 ACCW의 추론 값을 포함한다. CW는 표준^[1]에 정의한 CW로 환산하는 방법에 따라 2^{N-1} 의 값이다. CW value == (!(%2))-1는 2의 배수 값을 확인한다.

2. 비교 분석

테스트 환경은 ns2에 IEEE802.11a 기반의 WAVE를 고려한 시뮬레이션 환경으로 구성하고, RSU와 OBU의 CW 변화에 따른 성능비교를 하였다. 표 6은 시뮬레이션 환경을 보여준다. 추론으로써 RSU의 구간별 성능에서 평균 대역폭이 증가한다면, 전송 효율성이 증가하여 RSU와 OBU간에 데이터의 송수신이 증가한다. 비교는 첫 번째는 64byte 정도에 짧은 비컨(Beacon) 메시지를 전송하였으며, 두 번째는 OBU에 메시지 데이터(Message Data), 비디오(Video), 이미지(image)의 3종

표 6. 시뮬레이션환경

Table 6. Simulation environment.

구분		값	
OBU 갯수		10-40	
트래픽 정의	크기	이미지	256byte
		데이터	64byte
		클립	1024byte
	인터벌	5ms	
전송속도		27Mbps	
전송 시간	채널당	50ms	
	총 전송시간	3.5s	

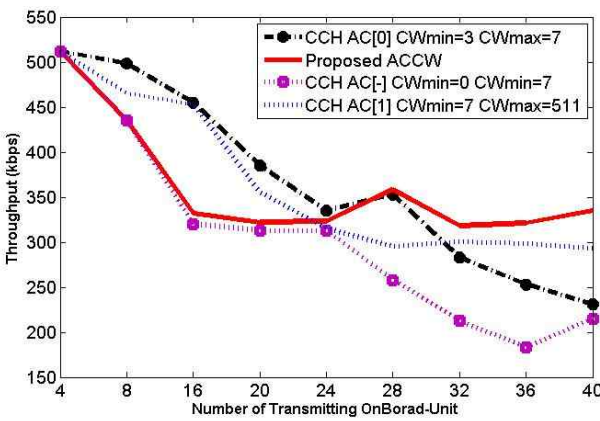


그림 8. 낮은 대역폭에서 다수 OBU간의 처리량
Fig. 8. A number of OBUs in low-throughput.

류를 차례대로 1초 단위로 순차적으로 전송하였다. 제 전송에 대한 기준을 다음과 같이 정의한다. 첫째, OBU는 RSU에게 전송하기 위한 통신 상태를 측정하고 채널 상태가 통신 상태라면, 백오프 이후 전송한다. 둘째, 데이터 전송에 대한 ACK가 RSU로부터 없다면 OBU는 일정 시간 이후에 같은 프레임 데이터를 전송한다.

II장에서 정의한 표준^[1]과 CCH에서 CW영역의 최소값과 최대값의 변화에 따른 성능을 비교분석하였다.

그림 8은 512kbps의 대역폭에서 전송되는 메시지 데이터는 64kb며, 이때에 전송 폭도 같이 512kbps로 제안하였다. 하지만, 프레임 길이가 증가한 AC[0]는 CW의 범위 값이 기존 정의에 비교하여 크기 때문에 OBU가 적을 때는 지연이 증가되면서 평균대역폭이 낮아진다. 제안된 기법은 28개 OBU 이하에 OBU의 경쟁에서는 표준보다 처리량(throughput)이 약 28%가 감소하였다. 이유는 OBU의 경쟁이 적기 때문에 CW 범위가 상대적으로 작아야하지만, 제안된 알고리즘은 CW의 설정 초기 값이 표준에 비해 범위가 크고 증감으로 반복되는 지연시간이 상대적으로 길기 때문이다. 하지만, 30대 이

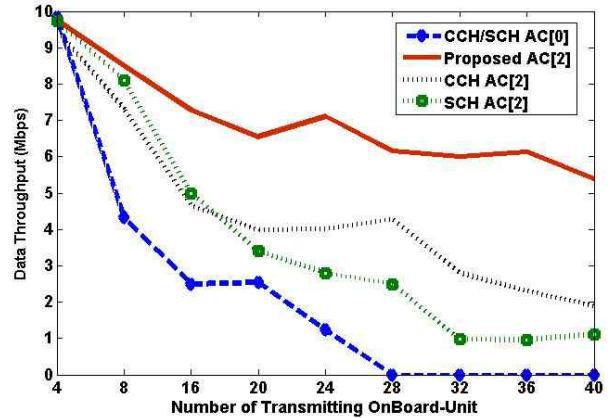


그림 9. AC 값에 따른 처리량 분석
Fig. 9. Aggregated Throughput of AC values.

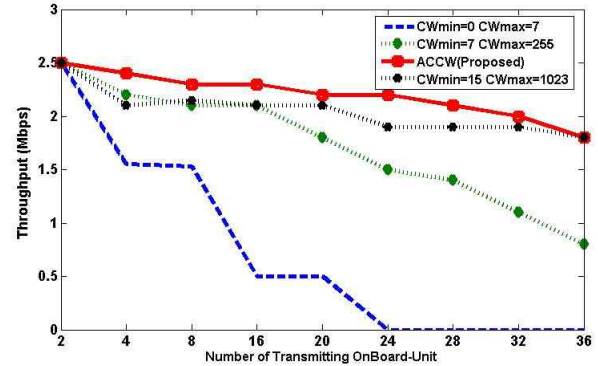


그림 10. 2.5Mbps 대역폭에서의 성능분석
Fig. 10. Performance Analysis of 2.5 Mbps Bandwidth.

상의 OBU는 기존과 비교하여 약 20% 개선된 성능을 보였다. 그리고 CCH AC[1]와 비교분석 데이터로 정의한 CW의 0부터 7까지 범위와 비교에도 20대 이상의 OBU에서 구역에 따라 처리량에 5%~40%의 향상되었다. 비교 분석에서 CW의 범위가 충돌과 재전송에 영향을 준다.

그림 9는 10Mbps의 대역폭에서 OBU들 간의 경쟁으로 발생하는 데이터 전송률(Data Throughput)에 대한 성능을 측정하였다. AC[0]와 AC[2]의 비교에서 OBU가 증가될수록 제안된 기법이 AC[2]에서 더 높은 데이터 처리량을 나타낸다. 이것은 CW의 범위가 OBU의 빈도에 따라 증가하기 때문이며, 결과적으로 OBU간의 적은 충돌과 재전송이 이루어졌다. 또한, SCH AC[2]의 값은 CCH AC[2]보다 CW의 범위가 매우 작다. 그래서 OBU가 일정개체 이상 증가에 따라 CW의 값이 능동적으로 변화해야한다. 그렇지 않으면 처리량에 감소로 그림과 같이 나타난다.

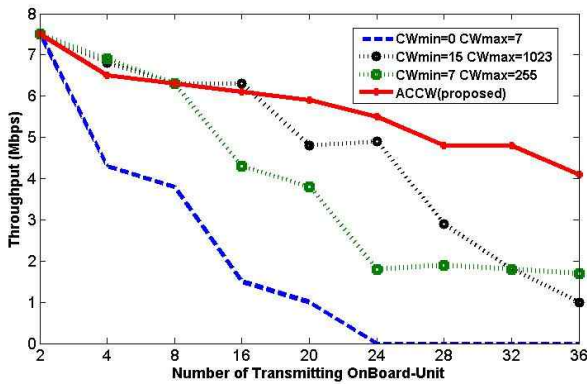


그림 11. 7Mbps 대역폭에서의 성능분석

Fig. 11. Performance Analysis of 7Mbps Bandwidth.

그림 10과 11은 CW에 따른 성능비교로 2.5Mbps와 7Mbps의 처리량을 가정하고 이에 따른 성능 분석을 하였다.

OBU가 증가할수록 처리량이 감소하지만, CW의 최대값과 최소값의 차이는 경쟁 OBU의 전송 대역폭에 커다란 영향을 주었다. 이에 따라 CW의 값에 차이가 작을수록 OBU의 경쟁으로 충돌이 증가하게 되고 따라서 백오프와 재전송이 증가하게 된다. 제안된 ACCW는 OBU의 증가에 따라 대역폭이 25%까지 감소하지만, 다른 CW에 비해서 효율적인 성능을 보여준다. 또한 두 그림에서 대역폭이 증가할수록 처리량도 증가하였다.

V. 결 론

본 제안 알고리즘으로 OBU 경쟁 상태를 반영하여 CW 범위를 정의하여 채널 변화에 따른 충돌 확률을 감소 시켰다. RSU의 V2I 서비스에서 다수에 OBU의 경쟁에 따른 충돌과 재전송의 감소로 RSU와 OBU의 데이터 처리량 증가를 이룰 수 있었다. OBU의 개수와 데이터에 따라 CW의 최대/최소값의 변화는 CW 값의 차이가 다른 기법에 비해서 넓은 범위를 갖기 때문이다. 네트워크 혼잡에 대한 CW 범위는 이전 시간에 발생하는 단순히 네트워크 혼잡뿐만 아니라 이전 간격(interval)과 수퍼프레임 구간에 발생하는 OBU간의 경쟁 상황을 고려하였다. 이를 통해 4장에서 분석결과 혼잡이 낮은 곳에서는 제안 방안이 기존에 비해 낮은 성능을 보인 반면, 그림 8과 같이 혼잡이 증가되거나 경쟁 OBU가 많은 곳에서는 평균 20%의 향상을 보였다. AC[0]보다는 AC[2]와 같은 CW 범위가 큰 영역에 더욱 좋은 성능을 보였다. 낮은 대역폭보다는 높은 대역폭을

RSU가 보장하였을 때 복잡도에서 기존 연구보다 더 좋은 성능을 나타냈다. 본 연구는 V2I 통신에서 다중 무선 차량 기지국 개발을 위한 알고리즘의 선행연구이다. V2I 통신을 위한 차량 기지국이 완료되었으며, 곧 성능 측정을 위해 몇몇 측정소에서 비교 평가할 예정이다.

참 고 문 헌

- [1] *IEEE Std 802.11e*, "Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications; Amendment: Medium Access Control(MAC) Quality of Service Enhancements," *IEEE Std 802.11e-2005*, November 2005.
- [2] Lassaad Gannoune and Stephan Robert. "Dynamic Tuning of the Contention Window Minimum (CWmin) for Enhanced Service Differentiation in IEEE 802.11 Wireless Ad-Hoc Networks," *IEEE PIMRC 2004*.
- [3] Vasilios A. Siris, George Stamatakis, "Optimal CWmin Selection for Achieving Proportional Fairness in Multi-Rate 802.11e WLANs: Test-bed Implementation and Evaluation," *WINTECH'06*.
- [4] Romdhani, L., Qiang Ni, Turetletti, T., "Adaptive edcf: enhanced service differentiation for IEEE 802.11 wireless ad-hoc networks," *WCNC 2003*, Vol. 2, Mar. 2003.
- [5] *IEEE Computer Society, IEEE P802.11pTM/D5.0*, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications, 2008.
- [6] Osamu Maeshima, et al. , "A roadside to vehicle communication system for vehicle safety using dual frequency channels," IEC Technical Report, Vol 106, No. 265, pp. 13-18, 2006.
- [7] *IEEE Vehicular Technology Society, IEEE std 1609.4* IEEE Trial-Use Standard for Wireless Access in Vehicular Environments (WAVE)-Multi-channel Operation[online], 2006.
- [8] 엄진영, 오경식, 안중석, "802.11e의 성능 향상을 위한 개별적 클래스 트래픽에 기반한 동적 충돌 윈도우 크기 조절 기법," *정보과학회 제 14권, 제 4호*. 2008년 4월
- [9] Katrin Bilstrup, ect. "Does the 802.11p MAC Method Provide Predictable Support for Low Delay Communication" *ETSI workshop on ITS*, February 2009.
- [10] Jacob J. Meyers, "Channel Characterization and Reliability of 5.8 GHz DSRC Wireless

Communication Links in Vehicular Ad Hoc Networks in Suburban Driving Environment,” *Carnegie Mellon University*, October 2005,

[11] J. A. Olivera, I. Cortázar, C. Pinart, A. Los Santos, I. Lequerica, “VANBA: a simple handover mechanism for transparent, always-on V2V communications”, in Proc. *IEEE 69th Vehicular Technology Conference (VTC2009-Spring)*. Barcelona (Spain), April 26 - 29, 2009.

[12] *Communication for eSafety*, “D31 Europea ITS Communication Architecture v2.0.02,” http://www.come-safety.org/COMeSafety_EL_D31_EuropeanITSCommunicationArchitecture_v2.0.02.pdf

[13] Eunjun Choi, Wonjun Lee and Timothy K. Shih, “Traffic Flow based EDCF for QoS Enhancement in IEEE 802.11e Wireless LAN,” *AIAN '07(Canada)*, May 21-23, pp. 467-473, 2007.

[14] A. Naffa, A. Ksentini, and A. Mehaoua, “Sliding Contention Window (SCW): Towards Backoff Range-Based Service Differentiation over IEEE 802.11 Wireless LAN Networks,” *IEEE Network '05*, vol. 19, pp. 45-51, July 2005.

— 저 자 소 개 —



박 현 문(정회원)
 2004년 한세대학교 정보통신학부
 공학사 졸업.
 2006년 국민대학교 전자공학과
 석사 졸업.
 2008년 국민대학교 BIT 정보통신
 박사 수료

2008년 전자부품연구원 연구원.
 <주관심분야 : 위치인지, 근거리무선통신, 차량무선통신>



박 수 현(평생회원)
 1988년 고려대학교 컴퓨터학과
 이학사 졸업.
 1990년 고려대학교 대학원 수학과
 전산학전공 졸업
 1998년 고려대학교 대학원
 컴퓨터학 이학박사

1990년 (주) LG 전자 중앙연구소 선임연구원
 1999년 동의대학교 컴퓨터·소프트웨어공학과
 조교수
 2002년 국민대학교 정보시스템 전공 부교수
 <주관심분야 : Ubiquitous Computing,
 Underwater Sensor Network>



이 승 주(정회원)
 1997년 광운대학교 정보통신학과
 석사 졸업.
 2008년 국민대학교 정보시스템
 박사 졸업.
 2009년 서일대학교 정보통신학과
 전임교수.

<주관심분야 : 해양통신, 근거리 무선네트워크>