

IEEE 802.11e 무선 LAN에서 EDCA 기법의 성능 분석

전형익[○], 장재신

인제대학교 공과대학 전자정보통신공학과

Performance Evaluation of EDCA Channel Access Scheme at IEEE 802.11e WLANs

Hyeong-Ik Jeon[○], Jaeshin Jang

Department of Electronics & Telecommunication Engineering, Inje University

E-mail : icjoseph@inje.ac.kr

요 약

IEEE 802.11 무선 LAN 표준은 트래픽의 종류에 관계없이 동일한 경쟁방식에 의해 서비스를 제공하기 때문에 각 트래픽이 요구하는 다양한 서비스 품질 요구조건을 기존 IEEE 802.11 MAC 표준으로는 만족시키기 어렵다. 이러한 문제점을 해결하기 위해 IEEE 802.11 working 그룹은 기존 802.11 MAC 표준을 기반으로 트래픽 종류에 따라 차별화 된 QoS 서비스를 제공할 수 있는 IEEE 802.11e MAC 규격을 제정 중에 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11e MAC의 채널 액세스 기법 중에서 경쟁에 기반하여 채널경쟁을 시도하는 EDCA 기법을 성능평가하기 위해 NS-2 네트워크 시뮬레이터로 구현하였다. 성능평가 척도로는 지연시간과 최대 처리율을 사용하여 다양한 시스템 환경에서 성능평가를 수행하였고, 성능평가 결과를 제시하였다.

ABSTRACT

As the current IEEE 802.11 wireless LAN standard provides the unified channel access procedure for each traffic service without considering its own traffic characteristics, it is difficult to get its differentiated service qualities at IEEE 802.11 wireless LAN system. To solve this limit, IEEE 802.11e standard that can provide differentiated service to each traffic is under preparation. In this study, we implemented IEEE 802.11e EDCA channel access scheme with NS-2 simulator, and showed its numerical results in various system environments with using average delay and throughput as performance measures.

Keywords

IEEE 802.11e, QoS, EDCA, 무선 LAN

1. 서 론

당초 IEEE 802.11 무선 LAN은 Ethernet의 무선 버전으로 출발하였지만, 최근에는 학교 및 기업, 연구소뿐만 아니라, 호텔, 공항, 그리고 최근에서는 서울 강남 전 지역으로 사용범위가 확장되면서 유선 LAN 못지않게 광범위하게 사용되고 있다. 한편 인터넷의 발달로 초기의 음성 위주의 통신에서 데이터 위주의 통신형태로 바뀌게 되면서 음성뿐만 아니라, 다양한 형태의 데이터 및 비디오 서비스들이 공존하게 되었다. 그러나 기존 IEEE 802.11 MAC 표준은 모든 트래픽에게 동일한 방법으로 서비스를 제공하기 때문에 각 트래픽이 요구하는 다양한 서비스 품질을 만족시키기 어렵다. 그래서 IEEE 802.11 working 그룹은 기존 802.11 MAC 규격을 기반으로

차별적인 QoS를 제공할 수 있는 IEEE 802.11e MAC 표준을 제정하였다. IEEE 802.11e MAC 규격은 크게 Polling 기법에 기반한 HCCA(HCF Controlled Channel Access)와 경쟁에 기반한 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 기법으로 구성되어 있으며, EDCA 기법은 기존 IEEE 802.11 규격에서의 DCF (Distributed Coordinator Function)를 강화한 것으로, 전송 트래픽의 종류에 따라 파라미터 값을 달리하는 방법으로 다양한 무선 노드들에게 차별화된 우선순위를 제공하는 메커니즘이다.

본 논문에서는 IEEE 802.11e 표준의 성능을 평가하기 위해 EDCA 기법을 NS-2를 사용하여 구현하고 성능평가를 수행하였다. 성능평가 척도로는 평균지연시간과 처리율을 사용하였고, 기존 DCF와 비교하여 EDCA 기법에서 트래픽 종류 별 차별화된

서비스를 제공함을 확인하였다. 2장에서는 기존 IEEE 802.11 DCF 규격에 대해서 기술하고, 3장에서는 IEEE 802.11e EDCA 규격에 대해서 기술하며, 4장에서 성능평가 모델에 대해서 기술하고, 성능평가 수치결과를 제시하고 분석한 뒤, 5장에서 끝맺는다.

II . IEEE 802.11 DCF 동작 설명

기존의 IEEE 802.11 MAC[1]은 무선 매체에 액세스하는 방식으로 두 가지의 메커니즘을 사용하며, 기본 매체 액세스 방식인 DCF(Distributed Coordination Function)와 Polling 기법에 기반한 PCF(Point Coordination Function)이다. 두 메커니즘의 가장 큰 차이점으로, DCF는 전송 단말들의 경쟁에 의해 전송 순서를 결정하는 반면, PCF는 AP(Access Point)에 의해 경쟁 없이 Polling에 기반하여 서비스를 수행한다는 것이다. 현재 상용화 중인 무선 LAN 시스템의 99% 정도는 DCF 기법만 구현되어 있다. 다음은 IEEE 802.11 DCF 기법 동작에 대해서 기술한다. 그림 1은 DCF의 기본적인 채널 액세스 기법을 나타낸 것이다.

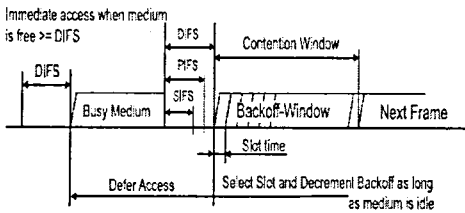


그림 1. DCF의 기본적인 채널 액세스 방법

전송할 데이터를 가진 단말들은 기본적으로 DIFS (DCF Inter Frame Space)만큼 기다린다. DIFS 동안 채널이 Idle하면, 각 단말들은 채널에 액세스하기 위해 각각의 Backoff 알고리즘을 수행한다. Backoff 알고리즘이란 먼저 $[0, CW]$ 사이의 값을 Random하게 선택한 후 슬롯시간을 곱한 만큼 Backoff 타이머를 설정하고 (식(1) 참조), 채널이 Idle한 동안 Backoff 타이머를 감소시키며 타이머 값이 '0'이 되면 데이터를 전송하는 방식을 말한다. CW(Contention Window)는 CW_{min} 과 CW_{max} 사이의 값을 취하며 PHY종류에 따라 값이 서로 다르다. 전송 시에 충돌이 발생하면 식(2)와 같이 CW 값을 증가시킨다.

$$BackoffTime = Random [0, CW] \times SlotTime \quad (1)$$

$$CW = 2 (CW + 1) - 1 \quad (2)$$

Backoff 타이머 값은 채널이 Idle한 경우 슬롯 시간 단위로 감소한다. 각 단말은 Backoff 알고리즘을 통해 다른 단말과의 경쟁을 수행하여 backoff 타이머 값이 가장 작은 단말이 우선적으로 전송기회를

얻게 되어 서비스를 수행한다. 만약, Backoff 타이머 값을 '0'으로 감소 중인 경우에 다른 단말의 Backoff 타이머 값이 먼저 '0'이 되어 전송을 수행하는 경우에는 전송매체는 busy하게 되며, 이 경우에 현재 Backoff 중인 단말은 자신의 현재 Backoff 타이머 값을 유지한 채 감소하는 것을 중지한 후 단말의 전송이 끝날 때까지 기다린다. 단말의 데이터 전송이 끝나면 다시 채널이 Idle하게 되며, 채널이 DIFS 이후에도 계속 Idle하면 중지했던 Backoff 타이머 값을 다시 감소시킨다. 이렇게 감소된 Backoff 타이머 값이 '0'이 되면 단말은 전송 시도를 한다. 만약, 두 개 이상 단말의 Backoff 타이머 값이 동시에 '0'이 되어 전송시도를 할 경우에는 채널충돌이 발생하게 되고 이 경우에도 식(2)와 같이 CW값을 증가시킨다.

한편 전송기회를 얻게 된 단말은 데이터를 전송하기 전에 먼저 RTS/CTS (Request To Send/Clear To Send) 프레임을 송·수신 한다. 이 RTS/CTS 전달기법은 무선 통신에서의 Hidden 단말 문제뿐만 아니라 데이터 전송 중에 발생할 수 있는 데이터 충돌에 따른 오버헤드를 줄이는 효과가 있다. 802.11에서 RTS/CTS 메커니즘은 RTSThreshold에 의해 수행여부를 결정한다. 전송 데이터의 크기가 RTSThreshold보다 큰 경우에 수행하는데, 먼저 목적지 단말에게 RTS 프레임을 보내고 목적지 단말은 CTS 프레임으로 응답하며, 이 과정을 끝내면 실제 전송하고자 하는 데이터 프레임을 전송하고, 응답 프레임(ACK)을 수신한다. 기본적으로 전송기회를 획득한 단말과 통신하는 목적지 단말과의 프레임간 길이는 SIFS(Short Inter Frame Space)로써 프레임과 프레임을 구분해 주는 가장 짧은 인터벌이다. 목적지가 아닌 나머지 단말들은 RTS 프레임을 수신하면 RTS 프레임 내의 Duration 필드 값을 자신의 NAV (Network Allocation Vector)값으로 셋팅하여 전송채널에 액세스 하는 시도를 방지하여 데이터 충돌을 줄인다. CTS 프레임을 받은 송신 단말은 데이터 프레임을 보내고 수신 단말로부터 ACK 프레임을 받으면 하나의 DCF 주기가 끝나게 된다. 또다시 전송할 데이터가 있으면 앞에서 수행한 경쟁 절차를 반복하여 전송기회를 얻어야 한다.

III . IEEE 802.11e EDCA 동작 설명

IEEE 802.11e[3]에는 각 트래픽의 QoS를 보장하기 위해 HCF(Hybrid Coordination Function)라는 새로운 채널 액세스 방식을 사용하는데 DCF와 PCF의 기능을 결합한 형태이다. 여기서는 경쟁에 의해 채널 액세스를 시도하는 EDCA에 대해 기술한다.

IEEE 802.11e MAC에서, EDCA는 상위 레이어로부터 도착하는 트래픽의 타입에 따라 8개의 UP(User Priority)로 구분하고 이 UP에 따라 4개의 AC(Access Category)를 결정하여 채널 액세스를 시

도한다. 채널 액세스를 위해 사용되는 여러 파라미터 값들은 (ex. CWmin 등) AC에 따라 값이 서로 다르므로 AC별로 차별화된 QoS 제공이 가능하다. 표 1은 AC에 따른 EDCA 파라미터 값을 나타낸다.

표 1. EDCA 파라미터의 기본값

AC	CWmin[AC]	CWmax[AC]	AIFSN	TXOP Limit
0	aCWmin	aCWmax	7	0
1	aCWmin	aCWmax	3	0
2	$(aCWmin+1)/2-1$	aCWmin	2	6ms
3	$(aCWmin+1)/4-1$	$(aCWmin+1)/2-1$	2	3ms

(※ CWmin[AC], CWmax[AC]는 PHY에 따라 다름)

EDCA에서는 DIFS 대신 AIFS(Arbitration IFS)를 사용하여 채널 액세스를 시도한다. AIFS 역시 AC에 따라 다른 값을 가지는데 식(3)에 의해 그 값은 결정된다. 그림 2는 EDCA의 채널 액세스 타이밍에 대해 나타내고 있다.

$$AIFS[AC] = AIFSN[AC] \times SlotTime + SIFSTime \quad (3)$$

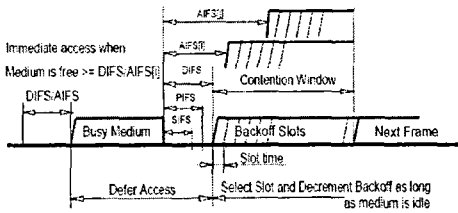


그림 2. EDCA 채널 액세스 방식

IEEE 802.11e MAC은 내부적으로 각 AC에 따른 4개의 전송 큐를 가지며, 상위 계층에서 전송된 데이터는 매핑된 AC에 따라 각각의 큐에 저장되고, 각 큐는 독립적으로 DCF와 같은 동작을 수행하여 채널 액세스를 시도하게 된다. 내부적으로 충돌이 발생한 경우에는 기존의 DCF에서의 충돌에 따른 동작과 같은 알고리즘을 수행한다. 그림 3은 AC에 따른 각 큐의 동작을 설명하고 있다.

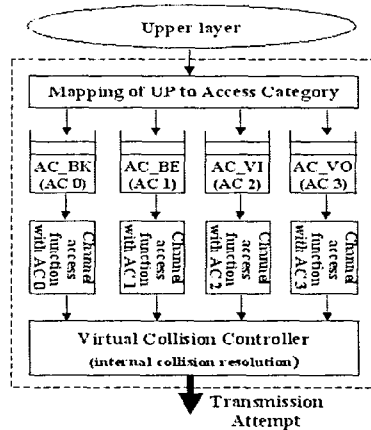


그림 3. AC에 따른 EDCA 동작

IEEE 802.11e MAC에서 추가된 또 다른 기능은 TXOP를 사용한다는 것이다. TXOP는 단말이 경쟁 없이 연속적으로 전송할 수 있는 권리를 나타내는데, EDCA의 경우 경쟁을 통해 획득할 수 있다. 이렇게 획득된 EDCA TXOP는 AC에 따라 다른 값을 가지며, 표 1에서 언급한 TXOP Limit 동안 같은 AC에 대해 여러 개의 프레임 전송이 가능하다. (※ 표 1의 TXOP Limit 값은 802.11b에 따른 값이다) 만약, 어떤 단말이 경쟁을 통해 TXOP를 획득하여 성공적으로 데이터를 전송하면(성공여부는 ACK 프레임 수신을 통해 확인) 데이터 전송에 소비한 시간만큼 TXOP Limit을 감소한다. 그리고 자신의 전송 큐에 방금 전송한 데이터와 같은 AC를 가지는 데이터가 존재하고 현재 남은 TXOP값이 현재 큐에 있는 데이터를 성공적으로 전송할 수 있는 시간보다 크면 다른 단말과의 경쟁 없이 SIFS 시간만큼 기다린 후 바로 전송을 시도한다. 이런 과정을 계속 수행하면서 TXOP 값을 계속 감소시키는데, 남은 TXOP 값이 큐에 있는 데이터를 성공적으로 전송하기 위해 필요한 시간보다 작은 경우는 EDCA 기법에 따라 채널경쟁을 다시 시도한다. 그림 4는 EDCA TXOP에서의 연속적인 데이터 전송을 보여준다.

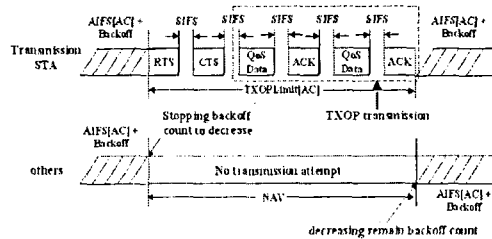


그림 4. EDCA TXOP에서 연속적인 데이터 전송

IV. 시스템 모델링 및 성능평가

성능평가는 널리 사용되고 있는 NS-2[4] 시뮬레이션 툴을 사용하였다. 본 연구에서는 802.11b PHY[2]의 환경에서 두 가지 시나리오 대해 성능평가를 수행하였다. 시뮬레이션에 사용된 트래픽 파라미터, 물리계층 파라미터 그리고 기타 시스템 파라미터를 각각 표 2~4에 기술하였다.

표 2. 트래픽 파라미터 값 (시나리오 1)

종류	UP	AC	Inter-arrival Time (sec)	Frame Size (Bytes)
음성	7	3	Constant (0.02)	92
비디오	5	2	Constant (0.01)	1464
데이터	0	1	Exponential (0.012)	1500

표 3. 물리계층 파라미터

규격	SIFS (usec)	DIFS (usec)	slottime (usec)	CWmin	CWmax
802.11b	10	50	20	31	1023

표 4. 기타 시스템 파라미터

파라미터	값	파라미터	값
PHY 속도	11 Mbps	비디오 버퍼크기	20 kbit
음성 버퍼크기	1 Mbit	데이터 버퍼크기	150 Mbit

첫 번째 시나리오는 음성 단말 4개, 비디오 단말 2개, 데이터 단말이 3개인 경우에서 DCF와 EDCA를 이용한 각 트래픽의 지연시간에 대해 성능 측정을 하였다. 그림 5는 DCF의 지연시간을, 그림 6은 EDCA의 지연시간을 나타낸다. 데이터 트래픽의 경우 DCF나 EDCA의 두 경우 모두 지연시간이 무한으로 커지는 것을 볼 수 있다. 그러나 음성이나 비디오 트래픽의 경우에는 EDCA를 통해 지연시간이 현저히 감소하는 것을 알 수 있다. 이는 EDCA에서 AC에 따른 경쟁 파라미터 값에 의해 서비스 수행에 차별이 발생하여 지연시간에 영향을 미쳤기 때문으로 볼 수 있다.

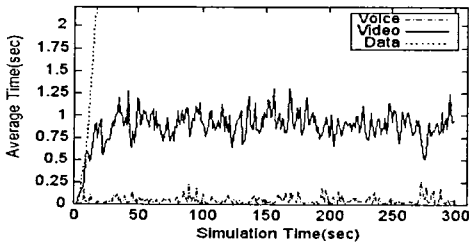


그림 5. DCF의 지연시간

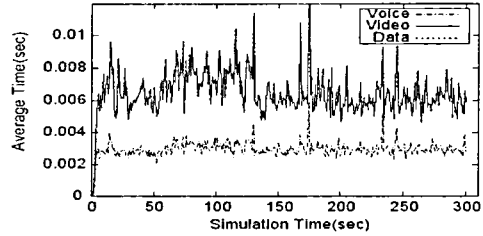


그림 6. EDCA의 지연시간

두 번째 시나리오에서는 EDCA에서 TXOP 사용에 따른 지연시간을 측정하였다. 여기서는 음성 단말과 비디오 단말을 각각 4개로 하였으며 전체 트래픽 부하를 맞추기 위해 비디오 단말의 패킷 발생 시간 간격을 0.008로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. TXOP를 사용하는 경우, 다른 단말과 경쟁 없이 단지 SIFS 이후 여러 패킷들을 전송때문에 backoff 과정이나 재전송에 의한 지연시간이 현저히 감소하는 것을 알 수 있다. 하지만, 음성의 경우 TXOP를 사용하는 경우가 더 큰 지연시간을 가지는데 이는 비디오 단말의 TXOP로 인해 발생한다고 해석할 수 있다. 그림 7은 음성, 그림 8은 비디오의 지연시간을 나타낸다.

V. 결론

본 논문에서는 무선 LAN에서 트래픽의 QoS를 보장하기 위해 제시된 IEEE 802.11e EDCA 기법을 NS-2로 구현하고, 기존 DCF기법과 성능을 비교하였으며 EDCA에서의 TXOP사용에 따라 성능이 개선되는 것을 시뮬레이션을 통해 확인하였다. QoS 보장에 대한 성능 척도로 평균지연시간과 서비스 처리량을 사용하였으며, 성능평가 결과를 통해 성능이 개선되는 것을 확인했다. 트래픽 부하가 매우 낮을 때는 TXOP를 사용하는 것이 오히려 망에 부담으로 작용할 수도 있지만 전반적으로 성능이 향상되는 것을 알 수 있었다.

본 연구결과를 기반으로 채널 상태에 따른 여러 환경에서의 QoS 보장뿐만 아니라 각 AC 별로 공정한 서비스를 보장하는 스케줄링 기법에 대해 연구 중이며 차후에는 NS-2에서 제공하지 802.16등 기타 여러 가지 프로토콜을 구현하여 다양한 무선 환경에서의 스케줄링 기법에 대해 연구를 계속 수행할 계획이다.

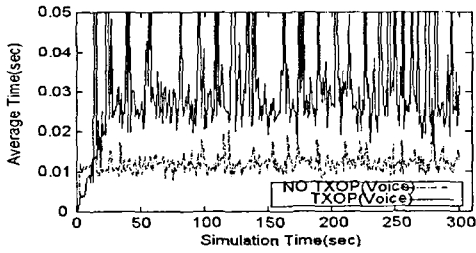


그림 7. TXOP 사용 시 음성 지연시간 변화

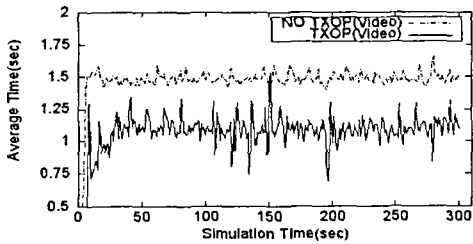


그림 8. TXOP 사용 시 비디오 지연시간 변화

참고 문헌

- [1] IEEE Std. 802.11-1999, Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specification, Reference number ISO/IEC 8802-11:1999(E), IEEE Std. 802.11. 1999 edition, 1999
- [2] IEEE Std. 802.11b, Supplement to Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications: Higher-speed Physical Layer Extension in the 2.4 GHz Band, IEEE Std. 802.11b-1999, 1999
- [3] IEEE Std. 802.11e/D6.0, Draft Supplement to Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and physical layer (PHY) specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS), November 2003.
- [4] S. McCarne and S. Floyd, "NS network simulator", version 2.27, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [5] S. Mangold, S. Choi, and P. May et al. "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service", Proc. European Wireless'2002, February 2002
- [6] S. Choi, J.d. Prado, and S. Mangold et al, "IEEE 802.11e Contention-Based Channel Access (EDCF) Performance Evaluation", in Proc. of ICC '03, vol.2 , pp. 1151 - 1156 , May 2003.