

IEEE 802.11e EDCF의 파라미터 분석

Parameter Analysis of IEEE 802.11e EDCF

고동엽, 박두진, 임석구
백석 대학교

Ko dong-yub, Park doo-jin, Lim seok-ku
BaekSeok Univ.

요약

IEEE 802.11e의 EDCF(Enhanced Distributed Coordination Function)는 무선 랜에서의 QoS(Quality of Service)를 지원하기 위해 표준화되었다. EDCF는 경쟁 기반 채널 접근 방식으로 기존의 DCF(Distributed Coordination Function)를 강화한 매체 접근 프로토콜로서 차별화된 AC(Access Category)를 가지고 있다. 본 논문에서는 IEEE 802.11e 네트워크에서 QoS에 영향을 미치는 파라미터인 AIFS(Arbitration Inter Frame Space), CWmax(Max Contention Window) 값을 변화함으로써 각 파라미터가 네트워크 성능에 미치는 영향을 평가하였다. 시뮬레이션 수행은 NS-2 (Network Simulator-2)를 이용하였으며, 성능 파라미터의 변화에 따른 네트워크 성능의 변화를 검증하였다.

Abstract

The IEEE 802.11 Task Group E has worked to enhance the legacy 802.11 MAC to expand support for applications with QoS requirements. EDCF(Enhanced Distributed Coordination Function) of IEEE 802.11e is enhanced from DCF(Distributed Coordination Function) of 802.11 and It has differential AC(Access Category). In this paper, we change parameters(AIFS, CWmax) and make an analysis of network performance. We use NS-2 to verify change of network performance.

I. 서론

최근 네트워크에 연결하는 매체가 유선에서 무선으로 변화함에 따라 무선 통신망 시스템이 급속히 발전하고 있다. 현재 무선 네트워크는 IEEE 위원회에서 표준화된 802.11을 기본으로 하고 있다[1]. IEEE 802.11 MAC에서는 경쟁 기반 채널 접근 방식인 DCF (Distributed Coordination Function)와 중앙 제어 채널 접근 방식인 PCF(Point Coordination Function)를 채용하였다. DCF는 이진 지수 백 오프(binary exponential backoff)[2][3][4]를 사용한 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance)를 사용하며, PCF는 Polling mechanism을 기반으로 동작한다. DCF와 PCF는 STA(station)이 전송해도 되는 때를 결정한다. 이 STA는 BSS(Basic Service Set) 또는 IBSS (Independent BSS)로 동작하는데 BSS는 AP(Access Point)가 있는 것이고, 다른 하나는 ad-hoc Network, 즉 IBSS로 AP가 없는 네트워크이다.

DCF는 채널에서의 패킷 충돌을 이진 지수 백 오프 알고리즘을 통해 해결한다. 전송할 패킷을 가진 STA는 패킷을 보내기 전에 회선의 사용 가능 여부를 확인한다. 회선의 사용이 가능한 경우 현재 CW보다 작은 랜덤 백 오프 카운터를 만들고

채널이 유휴 상태이면 매 슬롯마다 백 오프 카운터를 1씩 감소시킨다. 백 오프 카운터 값이 0인 경우 패킷을 전송하게 되며 전송 도중 충돌이 발생하면 STA는 경쟁 윈도우의 값을 두 배로 설정한다. 패킷의 전송이 성공일 경우는 최소 경쟁 윈도우 값으로 설정한다.

PCF는 DCF와는 달리 실시간 트래픽에 대한 서비스를 지원하기 위해 개발되었지만 QoS를 지원하는데 상당히 많은 문제점을 가지고 있다.

서론에 이어 II장에서는 IEEE 802.11e에 대한 설명과 동작 원리를 설명하고, III장에서는 시뮬레이션 모델 및 파라미터에 대해 설명하며, IV장에서는 모델을 분석하며 마지막으로 V장에서는 결론을 맺는다.

II. IEEE 802.11e

기존 IEEE 802.11 MAC은 무선 랜 QoS 지원에 있어 많은 문제점이 있다. DCF는 QoS 기능을 제공하지 않으며 모든 데이터 트래픽은 Queue에 도착하는 순서대로 Best Effort 방식으로 처리된다.

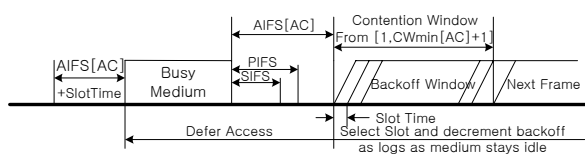
IEEE working group에서는 다양한 멀티미디어 데이터를

고속으로 전송하며 QoS를 지원하는 IEEE 802.11e를 표준화 하였다.[5] IEEE 802.11e는 기존 802.11 MAC 프로토콜 DCF와 PCF를 기반으로 하는 HCF(Hybrid Coordination Function)를 규정하고 있다. HCF는 무선 랜의 QoS를 향상시키기 위한 새로운 매체 접근 메커니즘을 포함하며 경쟁 주기와 비경쟁 주기 모두에서 QoS 데이터를 전송할 수 있다. 802.11e에서는 QoS를 지원하는 STA와 AP를 구분하기 위해서 QSTA(QoS STA)와 QAP(QoS AP)라고 부른다. HCF는 802.11의 DCF와 PCF처럼 2가지 동작모드를 가지는데 경쟁 기반의 EDCF와 폴링 메커니즘을 이용한 비경쟁 기반의 HCCA 방식을 사용한다. 본 논문에서는 경쟁 기반의 EDCF 방식을 사용하였다.

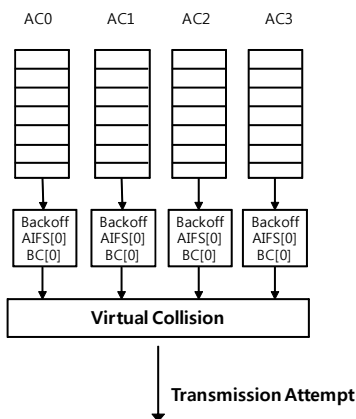
1. EDCF 방식

그림 1에 나타낸 바와 같이 EDCF 방식은 STA안에 4개의 AC를 이용하여 패킷별로 우선순위를 구분하고 DIFS(DCF Inter Frame Space) 대신 AIFS(Arbitration IFS)를 사용하며, 최소 CW(Contention Window)와 최대 CW를 AC별로 다르게 하여 우선순위에 따라서 매체의 자원할당을 차별화 하였다.

EDCF는 $AIFS[AC]$, $CWmin[AC]$, $CWmax[AC]$ 그리고 옵션으로 TXOP(The Concept of Transmission Opportunity)와 같은 파라미터를 제공한다. EDCF의 채널 접근 방식은 DCF와 유사하다. 단 각 AC별로 상이한 AIFS와 CW를 유지한다. 여기서 AIFS는 PIFS(PCF Inter Frame Space)와 DIFS보다는 큰 값을 가져야 한다.



▶▶ 그림 1. IEEE 802.11e EDCF 채널 접근 타이밍

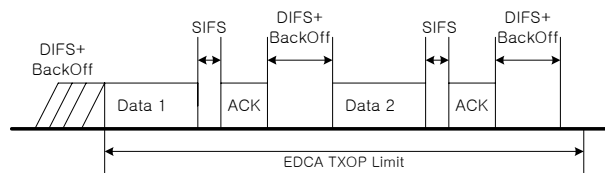


▶▶ 그림 2. EDCF의 Access Category

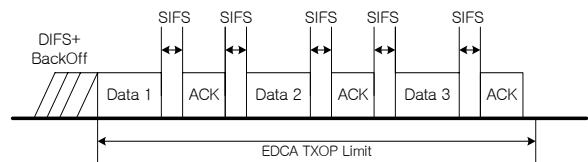
그 이유는 최소한 SIFS시간보다 크게 설정하여 ACK 프레임 등의 전송을 보호하기 위함이다. 일반적으로 작은 값을 가지는 AIFS[AC]는 채널 접근 지연이 짧아 더 많은 대역폭을 할당받으며 802.11e MAC에 정의된 4개의 AC별 전송 큐는 하나의 스테이션 내에서 무선 매체 접근을 위해 각각 개별적인 EDCF 경쟁 개체로서의 역할을 수행한다.[6] 그림 2에서와 같이 각각의 AC는 각각의 AIFS값을 가지고 독립된 백 오프 카운터를 유지한다. 만일 백 오프를 동시에 마친 AC가 두 개 이상 있을 경우 AC 간의 충돌은 가상 충돌 처리기(Virtual Collision Handler)에 의해서 조정된다. 높은 우선순위를 가진 프레임이 먼저 전송을 하여 STA간 경쟁을 하며 나머지 AC들은 CW값을 증가시켜 다시 백오프 카운터를 수행한다.[7]

2. CFB(Contention Free Burst) 방식

AP(Access Point)나 STA는 경쟁을 줄이고 효율성을 증가하기 위해 CFB 방식을 사용한다. CFB는 TXOP를 사용하는 방법으로서 데이터를 전송한 이후에 할당된 TXOP 시간이 남아 있고 아직 전송해야 할 데이터가 있는 경우, 즉 Queue가 쌓여 있을 경우 DIFS와 백 오프 시간 없이 SIFS(Short Inter Frame Space)만큼 대기한 이후에 연속적인 전송을 하는데 사용된다. 기존의 802.11에서는 데이터 전송 후에 다시 데이터를 전송하기 위해서는 매체 접근을 하기 위해 새로운 경쟁을 해야 하지만 CFB는 DIFS와 백 오프에 의한 오버헤드를 줄이며 TXOP 시간동안 비경쟁 모드로 동작하여 데이터를 전송함으로써 성능을 향상시킬 수 있다.



(a) 802.11 DCF



(b) 802.11 EDCF

▶▶ 그림 3. 802.11 DCF 와 802.11e EDCF TXOP 버스팅

III. 시뮬레이션 모델

시뮬레이션 모델은 Linux 환경 기반에 NS2-2.31[8] 과 Tcl, Tk를 이용하여 수행하였다. 본 논문에서 사용한 시뮬레이션

모델은 그림 3과 같이 설정하였다. Mobile Node는 10개가 AP에 연결되어 있으며 AP가 가지고 있는 전송률의 10% 부하를 가지게 설정하여 네트워크의 혼잡상황을 구현하였다. AP와 라우터(R) 사이의 링크는 100Mb의 대역폭과 2ms의 링크 지연시간이 설정되었으며 라우터와 DST도 각각 100Mb의 대역폭과 2ms의 링크 지연시간을 설정하였다. 각 Mobile Node는 식 (1)에 의해서 평균 1/168.75sec의 패킷 발생 간격으로 지수 분포를 사용했으며 한번에 1,000 byte 크기의 패킷을 보낸다.

$$Intearrrival = \frac{54e + 10^6}{1000 \times 8} \times \frac{1}{10} \quad (1)$$

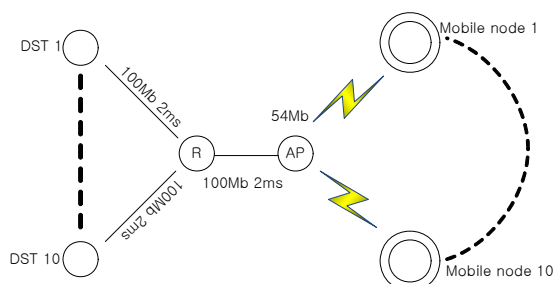
본 논문에서 사용한 무선 환경은 IEEE 802.11e 방식이며 CFB를 활성화 하였다. 실제로 각 AC의 특성상 패킷의 크기와 전송 비율 그리고 패킷 발생 간격을 달리 줘야 하지만 본 논문에서는 단지 각 AC의 성능에 초점을 맞춰 동일한 조건으로 설정 하였다.

[표 1] EDCA 기본 파라미터 값

AC	AIFS	CW _{min}	CW _{max}	TXOP
0	2	7	15	0.003264
1	2	15	31	0.006016
2	3	31	1023	0.0
3	7	31	1023	0.0

IEEE 802.11e는 QoS에 영향을 미치는 4가지 파라미터 값은 표 1과 같다. 파라미터의 설명은 다음과 같다.

- **AIFS** : Arbitration Inter Frame Space 로서 DIFS보다 큰 값이어야 한다. 적어도 SIFS 시간보다 크게 설정하여 ACK 프레임 등의 전송을 보호하여야 한다([그림 1] 참조).
- **CW_{min}** : Contention Window의 최소값
- **CW_{max}** : Contention Window의 최대값
- **TXOP** : Transmission Opportunity, 전송 기회로서 특정 스테이션에게 프레임을 전송할 수 있는 일정 시간을 부여한다. CFB 에서 사용한다.



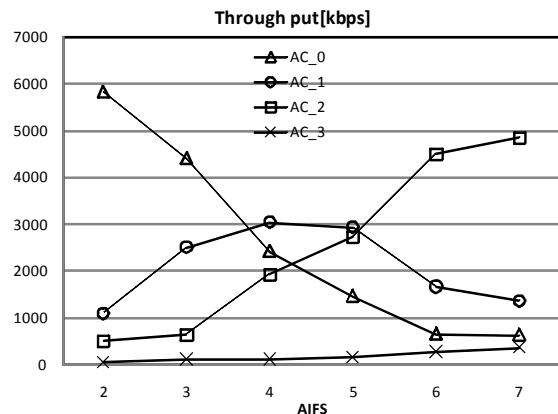
▶▶ 그림 3. 시뮬레이션 모델

IV. 시뮬레이션 분석

본 장에서는 각 파라미터의 변화에 따라 변하는 QoS 성능을 관측한다. QoS 성능을 측정하는 지표로는 전송률(Throughput) 과 전송 지연(Delay)을 사용하였다. 실험은 성능에 가장 큰 영향을 미치는 AC_0의 파라미터 값을 변경하였고 한 파라미터 변경 시 다른 파라미터값은 기본 값으로 설정하였다.

1. AIFS 파라미터 변경

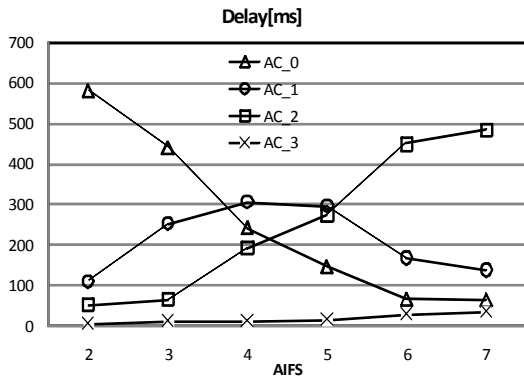
첫 번째 실험은 AIFS의 변경에 의한 성능 분석이다. AIFS는 각 AC별로 상이한 값을 가지고 있으며 각 AC의 매체 접근 가능성을 구분하는데 사용된다. 기본적으로 AC_0 < AC_1 < AC_2 < AC_3 의 값을 갖는다.



▶▶ 그림 4. AIFS_0 변화에 따른 AC별 전송률

그림 4에서 볼 수 있듯이, AIFS_0 파라미터 값의 변경은 전체 성능에 큰 영향을 끼친다. AIFS값은 각 AC의 매체 사용률과 밀접한 관계가 있는데 AIFS_0값을 크게 함에 따라 매체 사용률이 낮아지게 되어 전송률이 감소하는 현상을 볼 수 있다. AC_0의 매체 사용률이 낮아지게 되면 차 우선순위인 AC_1과 AC_2의 성능이 향상 되는 것을 볼 수 있다. 위의 그래프 변화에서 AIFS_0값이 6 이상일 경우 AC_2가 AC_1보다 높은 전송률을 보이는데 이 이유는 네트워크에서 폭주 현상이 발생할 경우 CW값이 낮은 AC_1 보다 CW 값이 높은 AC_2가 충돌의 발생이 적으므로 더 좋은 성능을 보인다.

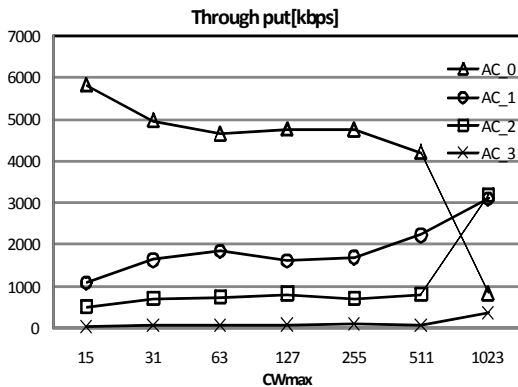
지연시간에서도 AIFS의 영향은 크게 나타났다. 그림 5에서와 같이 AIFS_0 값이 증가함에 따라 AC_0이 가지는 매체 사용률이 떨어지게 되므로 나머지 AC 들이 더 많은 매체 사용률을 획득 할 수 있게 되어 나머지 AC의 지연 시간이 전반적으로 작아지는 현상을 확인할 수 있다. AC_3의 경우 본래 기본 설정에서 경쟁에서 밀려 지연시간이 길었으나 매체 사용률이 높아짐으로서 지연시간이 상당히 감소하였다.



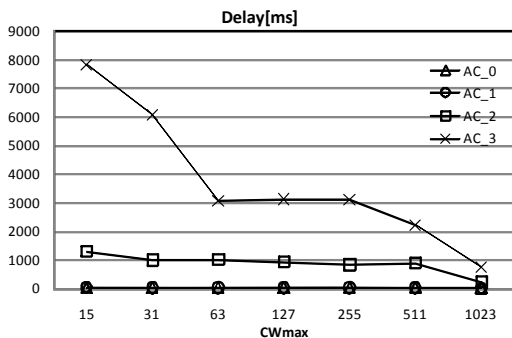
▶▶ 그림 5. AIFS₀ 변화에 따른 AC별 지연시간 변화

2. CWmax 파라미터 변경

두 번째 실험은 CW_{max_0} 파라미터 값을 변경함에 따른 각 AC의 성능을 분석하였다. 기본적으로 EDCF에 설정된 파라미터 값은 표 1을 참고한다.



▶▶ 그림 5. CW_{max_0} 변화에 따른 AC별 전송률 변화



▶▶ 그림 6. CW_{max_0} 변화에 따른 AC별 지연시간 변화

CW 값은 백 오프 값을 설정하는 파라미터 값으로 CW_{max} 의 값은 백 오프 시간으로 가질 수 있는 최대 값을 나타낸다. 그림 5에서 볼 수 있듯이 CW_{max_0} 값이 커질수록 AC₀은 백 오프 시간이 커질 확률이 높아지게 되므로 매체 사용률 낮아진다. 이와 반대로 AC₀을 제외한 나머지 AC들은 AC₀의

매체 사용률이 낮아진 만큼 매체 사용률이 높아지게 되어 전송률이 높아지는 결과가 나타난다.

CW_{max_0} 의 변화는 지연시간에도 영향을 미친다. 아래 그림 6을 보면, AC_{0,1,2}의 지연시간은 큰 폭의 변화가 없었으나 AC₃의 경우 본래 대부분의 매체 사용률을 가진 AC₀의 백 오프 시간이 늘어남에 따라 AC₃의 매체 사용률이 증가하였고 그 결과로 지연시간의 감소를 보여주고 있다.

V. 결론 및 향후 연구 계획

802.11e는 AIFS와 CW 파라미터 값에 의해 전송률과 지연 시간이 결정되어 진다. 각 AC 전송률과 지연시간에 밀접한 관계가 있다. 그러므로 네트워크 환경에 따라 적절한 파라미터 값의 설정은 네트워크 자원의 효율을 높이는데 도움을 줄 수 있다. TXOP 파라미터는 본 논문에서 게재하지 않았지만 TXOP는 네트워크 자원 할당에 큰 영향을 미치므로 IEEE 802.11e EDCF CFB를 연구할 시 TXOP 값을 적절하게 이용하는 방안을 연구하는 것이 중요하다.

향후에는 동적으로 최적의 파라미터(CW , $AIFS$, $TXOP$) 값을 찾는 알고리즘을 적용하여 네트워크의 변화에 빠르게 적응하고 최대한 자원 활용을 할 수 있는 방법을 모색하기 위해 연구를 진행할 예정이다.

참고 문헌

- [1] IEEE, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE Standard 802.11, June 1999.
- [2] H.S. Chhaya and S. Gupta, "Performance modeling of asynchronous data transfer methods of IEEE 802.11 MAC protocol", Wireless Networks, vol. 3 (1997), pp. 217 - 234, 1997
- [3] T.S.Ho and K.C. Chen, "Performance evaluation and enhancement of the CSMA/CA MAC protocol for 802.11 wireless LAN's," in Proc. IEEE PIMRC, Taipei, Taiwan, pp. 392-296
- [4] J. Zhao et al., "Performance study of MAC for service differentiation in IEEE 802.11," in Proc. of IEEE GLOBECOM '02, pp. 17 -21. November 2002
- [5] IEEE 802.11 WG, "Draft supplement to Part 2: wireless LAN medium access control(MAC)and physical layer (PHY) specifications:MAC enhancements for QoS," IEEE802.11e /draft 13.0, Oct.2004.
- [6] P. Wang, H. Jiang, and W. Zhuang, "Capacity Improvement and Analysis for voice/data Traffic over WLAN", IEEE Trans. Comm. (to appear)
- [7] 정승화_ 802.11e MAC 프로토콜 동작 메커니즘 2004년 12월호
- [8] The network simulator (ns-2), www.isi.edu/nsnam/ns/