

구간별 충돌 확률 측정에 기반한 IEEE 802.11e EDCA 성능 향상*

엄진영^o 안종석

동국대학교 컴퓨터공학과

mog07@dgu.edu, jahn@dgu.edu

The performance improvement of IEEE 802.11e EDCA based on the measurement of zone contention probability

Jinyeong Um^o Jongsuk Ahn

Department of Computer Engineering, Dongguk University

무선망을 통해 비디오나 음성 신호 등의 멀티미디어 데이터를 전송하는 어플리케이션을 지원하기 위해 IEEE 802.11e가 개발되었다. IEEE 802.11e는 기존 IEEE 802.11 MAC 프로토콜의 DCF와 PCF를 기반으로 하는 HCF를 제시하였다. HCF는 DCF와 유사한 경쟁 기반의 채널 접속 방법인 EDCA, PCF와 유사한 단순 폴링 방식인 HCCA를 함께 사용한다. EDCA는 기존의 DCF를 보완한 것으로 802.1P CoS(Class of Service)에 따라 트래픽을 8개의 카테고리로 나눌 수 있고, 이에 따라 IFS(Inter Frame Space)와 CWmin(Content Windows minimum size)을 다르게 적용하여 트래픽 카테고리별 서비스를 차별화한다. 우선순위를 포함하는 QoS 데이터 프레임의 전송을 위해 IEEE 802.11e QoS 스테이션은 4개의 AC(Access Category)를 구현한다. 모든 AC는 각각의 전송 큐와 AC 파라미터를 가지게 되는데, AC간의 우선순위 차이는 서로 다르게 설정된 AC 파라미터 값으로 구현된다. EDCA는 AC에 속한 프레임을 전송하기 위한 경쟁에 있어 DCF에서 사용되는 DIFS, CWmin, CWmax 대신에 각각의 AC마다 다른 값을 가지는 AIFS[AC], CWmin[AC], CWmax[AC]를 사용한다.[1]

EDCA는 각 AC마다 다른 고정된 파라미터 값으로 AC간의 차별화를 보장하지만 네트워크 환경이 혼잡할 경우 충돌을 발생시킬 확률을 높이며, 성공적인 패킷 전송 후에 CW 값을 0과 CWmin 사이의 값으로 감소시키는 백오프 기법은 네트워크 상황이 혼잡할 경우 재충돌 확률을 높일 수 있다. 이를 해결하기 위해 채널 상태와 네트워크 상태를 고려하여 일정한 주기로 충돌 확률을 계산하여 CWmin 값을 조절하는 CWmin adaptation 알고리즘이 제안되었다.[2] CWmin adaptation 알고리즘은 일정한 주기마다 하나의 스테이션이 경험하는 충돌 확률을 계산하여 CWmin 값을 조절한다. CWmin adaptation 알고리즘으로 CWmin 값을 도출할 경우 네트워크 상황이 혼잡할 때 고정된 파라미터 값을 가지는 EDCA에 비해 충돌 확률을 줄이게 된다. 그러나 이 알고리즘은 주기적으로 충돌 확률을 계산하여 CWmin 값을 계산할 뿐, 각 AC에서의 AIFS의 차이를 고려하지 않았다. 이러한 문제를 해결하기 위해 본 논문에서는 AIFS의 차이로 인해 발생되어지는 충돌 구간을 고려하여 충돌 확률을 계산하고, CWmin 값을 조절한다.

구간별 충돌 확률 측정 방식은 CWmin adaptation 알고리즘이 전송되어지는 각 AC 패킷 사이의 AIFS의 차이를 고려하지 않은 점을 착안한 기법이다. 각 AC 간의 AIFS의 차이로 인하여 구간이 나누어지게 되는데 각 구간마다 경쟁하는 AC가 달라 경쟁하는 스테이션의 수가 다르게 나타남으로써 CWmin adaptation 알고리즘에서와 같이 충돌 확률을 하나의 스테이션이 정해진 한 주기 동안의 충돌이 발생한 패킷 수/전송한 패킷 수로 단순하게 계산해서는 정확한 충돌 확률을 고려할 수 없다. 즉, 각 구간마다 각 AC의 충돌 확률이 다르므로 충돌 확률을 계산할 때, 충돌 구간[3]을 적용하여 계산해야 한다. 구간별 충돌 확률 측정에 기반한

* 본 연구는 서울시 산학협력사업으로 구축된 서울 미래형콘텐츠 컨버전스 클러스터 지원으로 수행되었습니다.

IEEE 802.11e EDCA 성능 향상 기법은 CWmin adaptation 알고리즘과 유사하게 동작하는데, 충돌 확률을 일정한 주기 동안 계산하는 것이 아니라 나뉜 충돌 구간동안 계산한다는 점에서 다르다. 식 (1)은 j 번째 주기에서 발생되어지는 AC[i]의 충돌 확률로 해당 주기 동안 스테이션 p에서 zone i에서 전송한 패킷 수인 $Num(data_sent_j[p])$ 와 스테이션 p에서 zone i에서 전송한 패킷이 충돌이 발생한 수인 $Num(collisions_j[p])$ 을 이용하여 계산한다.

$$f_{curr}^{j,i} = \frac{Num(collisions_j[p_{zone_i}])}{Num(data_sent_j[p_{zone_i}])} \quad (1)$$

random fluctuation을 최소화하기 위해 위에서 계산한 $f_{curr}^{j,i}$ 값을 이용하여 식 (2)를 사용하여 충돌 확률의 평균을 계산한다. 식 (2)는 EWMA(Exponentially Weighted Moving Average)를 사용하여 이전 주기의 충돌 확률을 반영하여 계산한다. 여기에서의 α 는 0에서 1사이의 범위의 값으로 smoothing factor를 의미한다.

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

한 주기 동안에 계산된 충돌 확률을 사용하여 다음 주기에 사용될 CWmin을 식 (3)을 사용하여 도출하게 된다. 식 (3)은 식 (2)에서 도출한 충돌 발생 확률의 평균이 1일 경우, $(CW_{max}[i] - CW_{min}[i]) \times 2^{i-2}$ 만을 반영하여 $CW_{min}[i]$ 값을 크게 하여 재충돌 확률을 줄인다. 또한 충돌 발생 확률의 평균이 0일 경우, 즉 충돌이 일어나지 않을 경우 기존의 $CW_{min}[i]$ 값을 사용하여 빠른 전송을 유도한다.

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

구간별 충돌 확률 측정에 기반한 EDCA를 사용할 경우 각 AC별로 실제적인 채널 상태에 따른 충돌 확률을 계산하여 CWmin 값을 유동적으로 조절함으로써 CWmin adaptation 알고리즘을 사용한 EDCA에 비하여 성능이 향상된다.

구간별 충돌 확률 측정에 기반한 IEEE 802.11e EDCA 성능 향상 기법의 성능을 분석하기 위해 EDCA와 CWmin adaptation 알고리즘 그리고 구간별 충돌 확률 측정에 기반한 EDCA 성능 향상 기법의 성능을 비교 분석한다. 실험 환경은 네트워크 시뮬레이터 NS-2[4]를 사용하였으며, NS-2에 IEEE 802.11e EDCA가 동작하도록 [5]에서 구현한 EDCA 모듈을 추가하였다. 실험 결과 구간별 충돌 확률 측정을 한 EDCA가 EDCA보다 약 6%정도 매체이용률이 높으며, CWmin adaptation 알고리즘을 적용한 EDCA보다 약 0.45%의 매체 이용률이 높다. EDCA를 기준으로 한 goodput은 CWmin adaptation 알고리즘을 EDCA에 사용한 방식에 비해 약 1.02%의 성능 향상을 보였다.

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.
- [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] Haitao Wu, Xin Wang, Qian Zhang, Xuemin Shen, "IEEE 802.11e Enhanced Distributed Channel Access(EDCA) Throughput Analysis", ICC 2006. Vol. 1, June 2006
- [4] <http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [5] <http://www-sop.inria.fr/planete/qni/Research.html>