

802.11의 QoS 차별화 상태에서의 쓰루풋 최대화

이병구^o 김동주 윤상기고려대학교 컴퓨터과학기술대학원^o 무선데이터통신연구소
{igoonup^o, poohdj, lockdown99}@korea.ac.kr

802.11 throughput maximization under QoS differentiation

Byunggoo Lee^o Dongju Kim Sangki YoonGraduate of School Computer Science & Technology^o
Wireless Data Communications Laboratory, Korea University

요 약

무선랜에서 QoS에 따른 쓰루풋 차별화를 만들기 위하여 IEEE 802.11e에서는 한 개 이상의 802.11 매개변수 제어를 허용한다. 본 논문은 차별화 아래 어떻게 총 쓰루풋을 최대화 하는지를 연구한다. 일반적으로 QoS차별화를 시키는 것과 총 쓰루풋을 최대화시키는 것은 별개의 연구 내용으로 다루어져 왔다. 본 논문에서는 QoS 차별화와 동시에 쓰루풋을 최대화시킬 수 있는 해결책을 제공한다.

1. 서 론

최근에 나온 IEEE 802.11e Standard[1]는 무선랜에서 QoS차별화가 가능하도록 위하여 CW_{min} 을 포함하여 여러 802.11매개변수 제어를 허용한다. 우리의 이전 작업에서, IEEE 802.11 무선 네트워크의 터미널 사이에서 정확한 쓰루풋과 delay의 차별화를 CW_{min} 의 비율 조절을 통하여 얻을 수 있다는 것을 보여 주었다. [2] CW_{min} 조절을 통한 QoS차별화를 할 때 생길 수 있는 의문은 차별화를 하면서 어떻게 총 쓰루풋을 최대화 하느냐 하는 것이다. 관례적으로, QoS차별화와 총 쓰루풋의 최대화 문제는 분리되어 다루어졌다. 본 논문에서, 우리는 CW_{min} 조절을 통하여 QoS차별화를 하면서 총 쓰루풋을 최대화하는 CW_{min} 을 결정하는 방법을 제시한다.

2. 분 석

K 를 같은 쓰루풋을 갖는 클래스의 집합이라고 한다. 각 클래스 안에 무선 터미널들은 동일한 쓰루풋을 보장받는다. 본 논문에서, QoS차별화를 위하여 CW_{min} 을 조정한다. 그래서 다른 클래스는 CW_{min} 값이 서로 다르다. 또한, 총 쓰루풋을 최대치에 가깝게 제어하기 위하여 전체 터미널 수에 따라 CW_{min} 을 조절한다. 그러나 H.Ma[6]와 달리, 총 쓰루풋은 QoS차별화에 의해 터미널 별로 다르게 분배된다. 최대 쓰루풋을 달성하는 클래스별 CW_{min} 값을 계산하기 위하여, 다음과 같이 접근한다. 첫째, 우리는 무선 터미널에서 전송 확률의 합으로 주어진 한 슬롯 안에서의 총 전송 확률 τ 를 설정한다.

$$\tau = \sum_{k \in K} n^{(k)} \cdot \tau^{(k)} \quad (1)$$

$\tau^{(k)}$ 는 클래스 k 의 하나의 터미널의 전송 확률이고 $n^{(k)}$ 는 클래스에 속해있는 터미널의 수이다. 기본적으로 Access point(AP)에서 monitoring 과 admission control을 통하여 $n^{(k)}$ 을 안다고 가정한다[7]. 그리고 아래와 같이 virtual population을 정의한다.

$$\hat{n} = \sum_{k \in K} n^{(k)} \cdot \frac{k}{l}$$

즉, virtual population은 총 전송 시도 확률 τ 를 통해 계산할 수 있는 무선 터미널 클래스 l 의 가상적인 수이다. 여기서, l 은 reference 클래스인데 여러 클래스 중 가장 느린 클래스를 reference 클래스로 사용한다. 이때 이 클래스 l 을 위한 최적의 $CW_{min}^{(l)}$ 인 \hat{n} 을 얻을 수 있다[6]. 특

히, 최적의 $\tau_{(l)}^*$ 은 문제 해결을 위한 첫 번째 발견이다

$$\frac{d\Theta}{d\tau^{(l)}} = 0$$

Θ 은 총 쓰루풋을 나타낸다. $P_{(l)}^*$ 에 해당하는 조건적인 충돌 확률 $\tau_{(l)}^*$ 은 G.Bianchi논문으로부터 다음의 식을 이용하여 얻을 수 있다[8]:

$$p_{(l)}^* = 1 - (1 - \tau_{(l)}^*)^{\hat{n}-1}$$

G.Bianchi논문으로부터의 식(2)에 $\tau_{(l)}^*$ 과 $p_{(l)}^*$ 를 대입하면 최적의 $CW_{min}^{(l)}$ 을 최종적으로 구할 수 있다[8].

$$\tau_{(l)}^* = \frac{2}{1 + CW_{min}^{(l)} + p_{(l)}^* CW_{min}^{(l)} \sum_{i=0}^m (2p_{(l)}^*)^i} \quad (2)$$

만약 모든 터미널이 클래스 l 안에 있으면 최적의 $CW_{min}^{(l)}$ 이 총 쓰루풋을 최대화시킬 수 있다. 그러나 시스템에는 l 이 아닌 다른 클래스들이 존재한다. $CW_{min}^{(l)}$ 이 주어졌을 때 어떻게 클래스 k ($k \neq l$) 을 위한 CW_{min} 의 값을 셋팅하는 지가 문제로 남아있다. 이에 대한 답을 얻기 위해서는 아래의 근사치를 증명하는 것이 필요하다

$$\frac{\tau^{(k)}}{\tau^{(l)}} \approx \frac{k}{l} = \frac{CW_{min}^{(l)}}{CW_{min}^{(k)}} \quad (3)$$

즉 2개의 클래스의 전송 시도 확률의 비율은 CW_{min} 의 비율의 역으로 이것은 클래스의 처리량 비율과 같다는 것이다[2].

위의 식(2)에서, 최대 backoff count m 을 충분히 크다고 (CW_{max} 는 충분히 크다고) 가정하고 H.Kim[2] 논문으로부터의 근사치를 구하는 식 $p^{(i)} \approx p^{(j)} = p$ 을 이용해서, 쓰루풋 비율을 보장하는 τ 의 비율을 추정할 수 있다. 다시 말하자면,

$$\begin{aligned} \frac{\tau^{(j)}}{\tau^{(i)}} &= \frac{1 + CW_{min}^{(i)} + p^{(i)} CW_{min}^{(i)} \sum_{k=0}^m (2p^{(i)})^k}{1 + CW_{min}^{(j)} + p^{(j)} CW_{min}^{(j)} \sum_{k=0}^m (2p^{(j)})^k} \\ &\approx \frac{1 + CW_{min}^{(i)} + p^{(i)} CW_{min}^{(i)} \cdot \frac{1}{1-2p}}{1 + CW_{min}^{(j)} + p^{(j)} CW_{min}^{(j)} \cdot \frac{1}{1-2p}} \\ &= \frac{\frac{1-2p}{1-p} + CW_{min}^{(i)}}{\frac{1-2p}{1-p} + CW_{min}^{(j)}} \\ &\approx \frac{CW_{min}^{(i)}}{CW_{min}^{(j)}} = \frac{j}{i} \end{aligned}$$

아 된다. $\frac{1-2p}{1-p} < 1$ 이고 $CW_{min}^{(l)} \gg 1$ 이기 때문이다.

식(2)로부터 최적의 $CW_{min}^{(l)}$ 를 이미 알고 있고, 식(3)을 활용하여 다른 클래스들을 위한 $CW_{min}^{(k)}$ 을 계산할 수 있다. 즉

$$CW_{min}^{(k)} = \frac{l}{k} \cdot CW_{min}^{(l)} \quad (4)$$

이 된다. 이 최적의 CW_{min} 값은 AP에서 계산되고 802.11e 에서 지정된 것처럼 802.11 beacon frame 통하여 터미널 들에 broadcast를 할 수 있다.

3. 시뮬레이션 결과

본 장에서는 분석 내용을 시뮬레이션을 통하여 확인 한다. 다른 쓰루풋 비율을 보장하는 UDP flow가 있다고 가정한다. UDP에서 1개의 패킷이 11Mbps의 802.11b의 링크를 통해 전송되는데 평균 1,880 s가 소요된다. 이것은 다음과 같은 식: DIFS (50 s) + contention (310 s average) + 802.11 DATA (1,308 s) + SIFS (10 s) + 802.11 ACK (202 s)을 통해서 얻을 수 있다. 여기서 802.11 DATA frame은 1,472 bytes의 UDP 패킷을 전송한다. 이 때 최대 가능한 평균 쓰루풋은 6.264Mbps이다. 그림 2 는 가장 높은 클래스의 CW_{min} 에 따른 총 쓰루풋을 보여준다. 다른 클래스들의 CW_{min} 은 식 (4)를 통해 구할 수 있다. 3가지의 시나리오는 다음과 같다:

- (a) $\Theta^{(1)} : \Theta^{(2)} : \Theta^{(3)} = 1:5:10$, $n^{(1)} : n^{(2)} : n^{(3)} = 3:2:1$
- (b) $\Theta^{(1)} : \Theta^{(2)} : \Theta^{(3)} = 1:4:8$, $n^{(1)} : n^{(2)} : n^{(3)} = 5:4:3$
- (c) $\Theta^{(1)} : \Theta^{(2)} = 1:10$, $n^{(1)} : n^{(2)} = 5:1$.

그림 1 은 이 시나리오들 각각의 총 쓰루풋을 보여준다 (수평선은 가장 높은 클래스를 위한 CW_{min} 을 나타내고 다른 클래스의 CW_{min} 은 비례식을 통하여 구할 수 있다). 시나리오들에서 최적의 CW_{min} 은 식(2)와 식(3)에 따라 각각 25,61,13이다. 이 값의 총 쓰루풋이 확실히 점점에 달하는 것을 볼 수 있다.

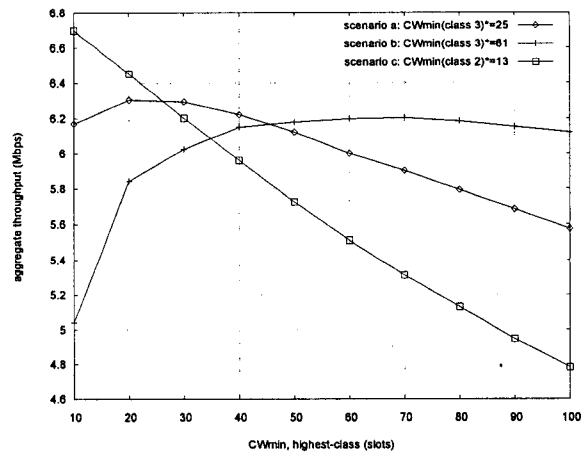


그림 1. 차별화에 따른 총 쓰루풋

그림 2는 시나리오(a)에서 쓰루풋 차별화가 $\Theta^{(1)} : \Theta^{(2)} : \Theta^{(3)} = 1:5:10$ 의 비율로 나타냄을 보여준다. 또한 클래스가 추가되더라도 쓰루풋 차별화가 의도한 대로 이루어진다는 것을 알 수 있다. 시뮬레이션은 클래스 3의 싱글 터미널과 함께 시작하고, 클래스 2의 터미널들은 50 초부터 전송하기 시작한다. 마지막으로, 클래스 1의 터미널들은 100 초부터 전송을 한다. 많은 터미널이 전송을 할 수록 명확하게 쓰루풋 비율이 (1 1:2 1:5:10) 로 조정된 것을 볼 수 있다.

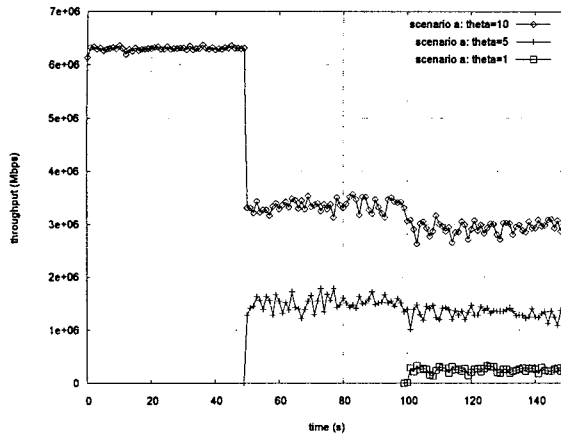


그림 2. 쓰루풋 최대화에서도 쓰루풋 차별화가 유지된다

4. 결 론

이 논문에서 CWmin의 조절로 서비스 쓰루풋 극대화가 동시에 달성될 수 있는 것을 보여준다. reference 클래스 터미널의 virtual population 을 계산하고 최대 쓰루풋 당 슬롯 전송 확률을 얻어내서, reference 클래스의 최적 CWmin을 얻을 수 있다. non-reference 클래스의 CWmin은 reference 클래스와의 쓰루풋 비율에 반비례하게 얻을 수 있다.

참고문헌

- [1] ANSI/IEEE, "802.11e: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)," Nov. 2002.
- [2] H. Kim, S. Yoon, and I. Kang, "Resolving 802.11 Performance Anomaly through Service Differentiation," submitted for publication. Available at <http://widen.korea.ac.kr/n-ano.pdf>.
- [3] ANSI/IEEE, "802.11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," 2000.
- [4] I. Aad and C. Castelluccia, "Differentiation mechanism for IEEE 802.11," in proceedings of IEEE Infocom 2001.
- [5] J. Zhao, Q. Zhang, Z. Guo, W. Zhu, and Y.-Q. Zhang, "Throughput and QoS optimization in IEEE 802.11 WLAN," in proceedings of 3Gwireless2002, 2002.
- [6] H. Ma, X. Li, H. Li, P. Zhang, S. Luo, and C. Yuan,

"Dynamic Optimization of IEEE 802.11 CSMA/CA Based on the Number of Competing Stations," IEEE ICC 2004.

- [7] Y. Xiao and H. Li, "Evaluation of Distributed Admission Control for the IEEE 802.11e EDCA," *IEEE Radio Communications Magazine*, Sept. 2004.
- [8] G. Bianchi, "Performance analysis of the IEEE 802.11 distributed coordination function," *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, March 2000, 18(3): 535-547.