

Back-off 파라미터 설정을 통한 IEEE 802.11

무선 네트워크에서의 QoS 보장

문정아^o 이상규

숙명여자대학교 컴퓨터과학과

{ja3007^o, sanglee}@sookmyung.ac.kr

QoS in IEEE 802.11 Wireless Networks using Back-off Parameter Selecting

Jeong-A Mun^o Sang-kyu Lee

Dept. of Computer Science, Sookmyung Women's Univ.

요 약

무선 랜 표준인 IEEE 802.11은 원래 best effort service를 위해 탄생된 기술이기 때문에 QoS (Quality of Service)에 대한 연구가 부족했다. 무선 랜에서는 기존 유선 랜보다 한정된 자원과 희박한 bandwidth, 다양한 노드들의 채널 공유로 인해 QoS를 보장하기가 어렵다. 이를 보완하기 위한 연구가 IEEE 802.11e 워킹그룹에서 진행되고 있다.

본 논문에서는 충돌방지를 위한 CSMA/CA 알고리즘의 back-off값 설정을 매개변수를 두어 idle 시간을 조정함으로써 QoS를 보장하는 알고리즘을 제안한다. 특히, QoS가 요구하는 패킷전달 간격의 임계값 (threshold)에 따른 매개변수를 조절하여 contention window 크기를 달리 조정함으로써 QoS를 요구하는 노드들의 수에 상관없이 균일한 서비스 성능을 유지하도록 한다. 이 때, 매개변수 값의 선택은 QoS를 제공하는 노드들의 서비스 성능 뿐 아니라 best effort service만을 제공해도 되는 일반 노드들의 서비스 성능도 함께 고려할 수 있도록 하였다.

1. 서 론

언제, 어디서나 편리하게 네트워크에 접속해서 정보를 탐색하려고 하는 소비자 욕구 증대로 인해 무선 랜 서비스에 대한 관심이 높아졌다. 또한, 유선 랜뿐만 아니라 무선 랜에서도 best effort service만을 제공하는 것이 아니라 delay 및 throughput을 고려한 QoS에 대한 요구가 늘어났다. 그러나 무선 랜에서는 기존 유선 랜보다 한정된 자원과 희박한 bandwidth, 다양한 노드들의 채널 공유로 인해 QoS를 보장하기가 어렵다 [1,2].

이러한 동기로 무선 랜의 통신 특성을 분석하고, 분석한 내용을 바탕으로 하여 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 알고리즘의 back-off 값 설정 방식을 수정함으로써 망 내의 일부의 노드들에게 QoS를 제공하는 방법을 제안한다. 이 방법은 기존의 프로토콜을 크게 변형하지 않는 상태에서 QoS 보장 노드(QoS를 보장해야 하는 노드)뿐만 아니라 일반 노드(best effort service만 제공하는 노드)도 더 나은 성능을 보장할 수 있다.

본 논문의 나머지 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.11 protocol의 standard 및 관련 연구를 중심으로 살펴보고, 3장에서 실험을 통한 분석 및 실험 결과를 살펴본 후, 4장에서 결론을 맺도록 하겠다.

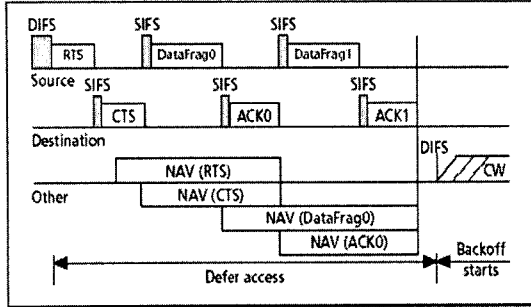
2. IEEE 802.11 standard 및 관련 연구

IEEE 802.11 standard MAC protocol[3]에서 데이터를 보내기 위한 과정을 살펴보면 크게 DCF (Distributed coordination function) mode와 PCF (Point coordination function) mode로 나눌 수 있다[4]. PCF mode는 DCF mode의 option처럼 사용되고 있으므로 본 논문에서는 DCF mode만을 고려한다.

전송을 실행하기 위해서 DIFF 만큼의 시간을 기다려 매체가 사용가능(idle) 한지를 살펴보고, 사용가능하면(아무도 통신하고 있지 않은 상태) 데이터 패킷을 전송하고, 그렇지 않은 경우는 충돌(collision)이 일어났다고 판단하여 back-off 과정을 거치게 된다.

패킷전송 과정은 소스가 RTS(Request to send) 신호를 먼저 보내고, 이에 대한 응답으로 목적지에서 보낸 CTS(clear to send)를 받게 되면 데이터 패킷을 쪼개서 보내게 되고, 목적지는 각 데이터 패킷 fragment마다 잘 받았다는 신호인 ACK (acknowledge)를 보낸다.

충돌이 일어난 경우를 살펴보면 back-off 알고리즘을 이용하여 0부터 CW(contention window)값 사이에서 임의의 숫자를 선택한 후, 그 숫자만큼의 idle시간(back-off interval)을 기다린 후, 다시 재전송을 시도한다. 이 때 재전송에 성공하게 되면 CW 값이 최소값이 되고 만일, 실패하게 되면 CW의 값을 두 배로 증가시켜 0부터 새로운 CW 사이의 임의의 숫자를 다시 선택하여 다시 back-off 과정을 거치게 된다.



<그림1> IEEE 802.11 protocol에서 Transmission 과정

CW가 최대값(CW_{max})이 되면 더 이상 값을 두 배씩 증가 시키지 않고, 재전송 시도가 시스템이 정한 상한횟수만큼 실패하게 되면 그 패킷은 queue에서 제거된다. 이 때, 각 트래픽별로 전송 노드의 QoS 보장 정도에 따라 back-off 값을 조정하는 파라미터(p)를 달리 가지게 되어 다른 전송 기회를 얻는다. 즉, $(0, CW)$ 사이가 아닌 $(0, P \cdot CW)$ 사이에서 다음의 back-off 값을 선정한다. 이 때 QoS 보장 노드는 전송 기회를 더 자주 가질 수 있도록 1보다 작은 파라미터 값을 갖게 된다.

IEEE 802.11 MAC protocol에서 QoS를 제공하기 위해 HCF(Hybrid Coordination Function)을 이용한 IEEE 802.11e 프로토콜이 제시되었고[5] 이를 이용하여 [6]에서 QoS를 보장해 주기 위해 traffic의 활동에 따라 초기 CW의 값을 다르게 주는 방법이 제안되었고, [7]에서는 현재 네트워크 상태에 따라 다른 class로 분류 하여 class 별로 CW를 동적으로 조정하는 알고리즘을 제안했다. 그러나 위의 논문에서는 QoS 보장 노드들이 일반 노드들보다 더 나은 서비스 타임을 가진다는 것을 제시했을 뿐, 일반 노드들의 서비스 타임은 고려 대상에서 제외되었다. 본 논문에서 제안하는 QoS 알고리즘은 그 둘의 성능을 함께 고려하게 된다.

3. 실험 및 결과

3.1. 실험

IEEE 802.11 standard의 MAC protocol을 그대로 이용하되, throughput 및 delay 특성을 고려하여 노드를 QoS 보장 노드(QoS 보장이 필요한 노드)와 일반 노드(best effort service만 제공해도 되는 노드)로 구별하여 노드별로 CW를 결정하는 파라미터를 다르게 주는 형식으로 QoS를 보장한다. 예를 들어, QoS 보장 노드는 CW를 결정할 때, CW에 1보다 작은 값을 곱하고, 그렇지 않은 노드들은 원래 주어진 CW를 이용하게 된다. 따라서 QoS 보장 노드의 경우, 상대적으로 작은 값 범위 내에서 back-off interval 값이 정해지므로 collision이 일어났을 때, 다음 전송까지의 대기 시간이 상대적으로 짧아지게 된다. 즉, QoS 보장 노드들은 데이터를 전송할 우선순위가 높아지게 된다.

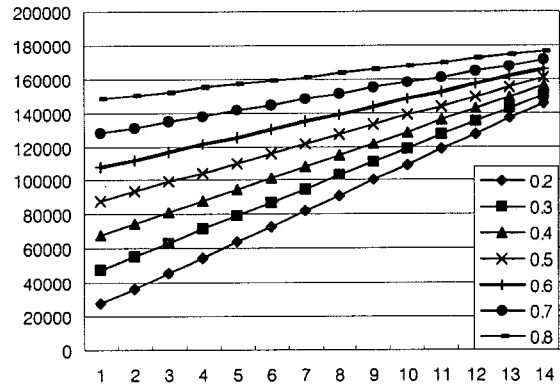
이러한 방식을 이용하는 다른 연구에서는 QoS 보장을 위하여 고정된 파라미터 값을 사용한다[2]. 그러나 이와 같이 고정된 파라미터 값을 사용하는 QoS를 보장에서는, QoS를 요구하는 노드들의 숫자가 증가할 때 QoS 보장이 용이하지 않고 QoS가 보장된다 하더라도 이들이 자원을 과도하게 점유하게 되면 나머지 일반 노드들은 과도하게 채널 점유 경쟁에서 밀려나 그 성능이 필요이

상으로 저하되는 경우가 발생할 수 있다. 따라서 우선순위가 높은 QoS 보장 노드에 대해서 최소한의 QoS만을 보장하여, 그 외의 best effort service를 제공하는 일반 노드들에 대해서도 최대한의 성능을 보장 할 수 있는 적절한 파라미터 값을 찾는 것이 중요하다. 적절한 파라미터 값을 찾기 위해 IEEE 802.11 프로토콜에 따라 무선 통신을 수행하는 시뮬레이션(simulation) 프로그램을 구현하여 통신의 특성을 관찰하였다.

각 노드들이 가지는 무선 통신의 MAC layer에서의 통신특성을 고려하여 QoS 보장이 필요한 노드들의 CW를 생성하는 파라미터를 setting 한다. QoS로 요구하는 임계값을 보장함과 동시에 best effort service만 제공해도 되는 노드들의 경우 주어진 환경 안에서 최대의 성능을 낼 수 있도록 하기 위해서는 QoS 임계값에 근접하도록 파라미터를 지정해야 한다. 그러한 최적의 파라미터를 찾는 방법은 다음과 같다.

파라미터는 QoS 보장 노드의 수, 전체 네트워크 크기, 그리고 서비스 시간의 임계값에 따라 주로 변화된다. 본 논문에서는 임계값으로 패킷전송 간격(inter arrival time)을 사용한다. 따라서 이 값들의 관계를 살펴보기 위해 파라미터 값, 전체 네트워크 크기 등을 각기 다르게 하여 서비스 시간의 변화를 여러 번의 시뮬레이션을 통해 정규화해 보았다. 그 결과가 <그림 2>에 나타나 있다.

QoS 보장 노드의 수, 네트워크 크기, 파라미터에 따른 서비스 시간의 함수가 일차 함수가 됨을 관찰하였고 기울기 및 상수의 값을 구해 함수로 표현할 수 있었다.



<그림2> QoS 보장 노드의 개수, 파라미터에 따른 서비스 시간

th 를 임계 서비스 시간, b 를 네트워크의 전체 노드 수, n 을 QoS 보장 노드의 수, 그리고 p 를 QoS 보장 노드가 가지는 파라미터라고 하면, 평균 서비스 시간(T)을 나타내는 함수는 다음과 같은 과정을 통해 구할 수 있다.

각 파라미터별로 서비스 시간의 증가 폭이 서비스 시간의 기울기이고, 이 방법을 확장시켜 네트워크 크기에 따른 서비스 시간을 구한다. 파라미터 별로 서비스 시간의 변화를 알아보기 위해 QoS 보장 노드가 하나씩 추가될 때마다 서비스 시간의 차를 구하고 네트워크 크기에 따른 변화를 보기 위해 앞에서 구한 값을 네트워크 크기별로 서비스 시간의 변화를 구한다. 이를 함수로 나타내면 서비스 시간의 기울기(S)가 된다.

$$S = S1 \times n + S2 \times p \quad (\text{수식 1})$$

이때 $S1 = -11538$ 이고 $S2 = 10923 \times b - 5642$ 이다. $S1$ 은 시뮬레이션을 통해 얻은 기울기를 함수로 나타낸 값의 기울기이고 $S2$ 는 그 기울기를 함수로 나타낸 값의 상수이다. 같은 방식으로 서비스 시간 함수의 상수 C 를 구하면 다음과 같다.

$$C = C1 \times n + C2 \quad (\text{수식 2})$$

$$C1 = 11385, \quad C2 = -992 \times b - 4347$$

이때 $C1$ 은 시뮬레이션을 통해 얻은 상수를 함수로 나타낸 값의 기울기이고 $C2$ 는 그 함수의 상수이다. (수식 1)과 (수식 2)를 이용하여 서비스 시간의 함수를 나타내면 다음과 같다.

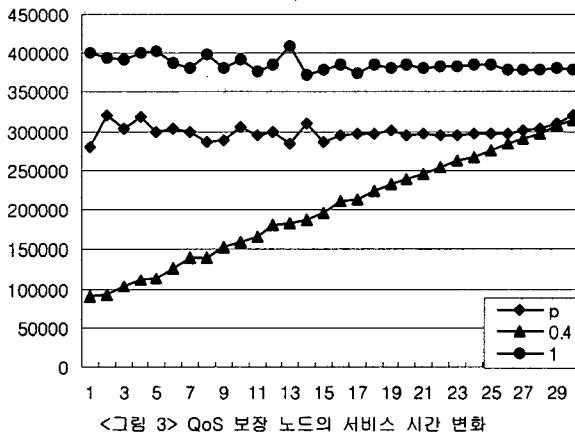
$$T = zp \times (s1 \times n + s2) + c1 \times n + c2 \quad (\text{수식 3})$$

(수식 3)을 이용해 서비스 시간의 임계치가 주어졌을 때, 적절한 파라미터를 설정하는 식을 구해보면 다음과 같다.

$$p = \frac{th - (c1 \times n + c2)}{(s1 \times n + s2)} \quad (\text{수식 4})$$

3.2. 실험 결과

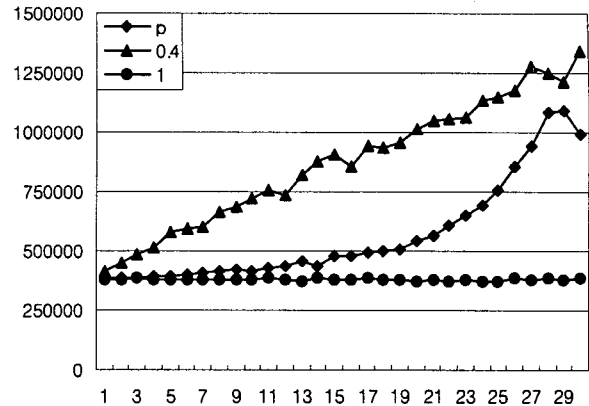
시뮬레이션 결과, 임계 서비스 시간은 모든 노드들이 기본 CSMA/CA 알고리즘을 따르는 경우보다 더 나은 서비스 시간을 갖고, 일반 노드들보다는 더 빨리 서비스 되도록 설정하여야 하는데 본 실험에서는 300000ms로 설정하였다. QoS 보장 노드의 서비스 시간 변화<그림 3>를 (수식 4)를 이용한 동적 파라미터계산법으로 계산된 p 값을 이용하는 경우와 고정된 파라미터 값(0.4)으로 계속 서비스하는 방법을 비교해보면 <그림 3>과 같다.



<그림 3> QoS 보장 노드의 서비스 시간 변화

일반 노드의 서비스 시간 변화 측면에서 위의 두 방법, 즉, (수식 4)로 파라미터를 동적으로 계산하는 방법과 결정된 파라미터(0.4)로 계속 서비스하는 방법을 비교해보면 <그림 4>와 같다.

<그림 4>에서 일반 노드의 서비스 시간을 살펴보면 QoS 보장 노드가 많아지더라도 서비스 시간이 크게 늘어나지 않는 것을 알 수 있다. 서비스 시간이 임계 서비스를 넘어갈 경우, 일반 노드의 서비스 시간은 큰 값으로 늘어나지 않고, 파라미터를 0.4로 고정시킨 경우 보다 더 나은 서비스를 제공해 줄



<그림 4> 일반 노드의 서비스 시간 변화

4. 결론

본 논문에서는 네트워크 크기와 QoS 보장 노드의 수를 고려하여 파라미터를 결정함으로써 QoS 보장 노드의 서비스 시간을 주어진 QoS 임계값을 만족하면서도 필요 이상으로 크게 높이지 않게 설정하여 일반 노드의 서비스 시간을 줄일 수 있는 방법을 제안하였다.

QoS 보장 노드의 서비스 시간 변화를 보면, 일반 노드들만 있는 경우에 비해 QoS 보장 노드의 서비스 시간은 항상 임계값보다 작은 범위 내에 있으며 QoS 보장 노드 수의 증가와 상관없이 일정한 서비스 시간을 유지 한다. 일반 노드의 서비스 시간 변화의 경우, 파라미터를 0.4로 고정했을 때에 비해 일반 노드의 서비스 시간은 20% 이상 감소되었다 <그림 4>. 특히, QoS 보장 노드의 비율이 전체 노드수의 60%를 넘지 않는 경우에는 25% 이상 서비스 시간이 향상되었다.

5. 참고 문헌

- [1] Hua Zhu, Ming Li, Imrich CHLAMTAC, "A Survey of Quality of Service in IEEE 802.11 Networks," IEEE wireless communication, Aug. 2004.
- [2] Srikant Kuppa and Ravi Prakash, "Service differentiation mechanisms for IEEE 802.11-based wireless networks," IEEE, 2004.
- [3] Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) specifications, IEEE 802.11 standard 802.11, 1999.
- [4] Marcelo M. Carvalho, J.J. Garcia-Luna-Aceves, "Delay Analysis of IEEE 802.11 in Single-Hop Networks," IEEE ICNP, 2003.
- [5] Yang Xiao, "An Analysis for Differentiated Services in IEEE 802.11 and IEEE 802.11e Wireless LANs," ICDSCS, 2004.
- [6] Qixiang Pang, Soung Chang Liew, Jack Y. B. Lee, S. -H. Gary Chan, "A TCP-like Adaptive Contention Window Scheme for WLAN", IEEE Communications Society, 2004.
- [7] Abdelhamid Nafaa1, Adlen Ksentini2, and Ahmed Mehaoual, "SCW: Sliding Contention Window For Efficient Service Differentiation in IEEE 802.11 Networks," IEEE, 2005.