

IEEE 802.11e 무선 LAN 시스템에서 Throughput 증대를 위한 패킷 스케줄링 기법 연구

전형익^o, 장재신

인제대학교 공과대학 전자정보통신공학과

A study on a packet scheduling scheme to enhance throughput
in IEEE 802.11e WLAN system

Hyeong-Ik Jeon^o, Jaeshin Jang

Department of Electronics & Telecommunication Engineering, Inje University

E-mail : icjoseph@inje.ac.kr

요 약

최근에 언제 어디서든지 자유롭게 직접 네트워크에 연결하여 인터넷 서비스를 이용할 수 있는 무선 가입자 수가 증가함에 따라 무선 통신망 시스템이 급속히 발전하고 있다. 하지만 무선 채널환경에서는 전체 대역폭이 제한되어 있기 때문에 주어진 대역폭 내에서의 전송효율 최대화에 대한 문제는 항상 풀어야 하는 과제이다. 따라서 본 연구에서는 전송오류가 발생하는 무선통신 환경 하에서 동작하는 무선 LAN 단말기가 패킷 전송을 위해 IEEE 802.11e EDCA 기반으로 동작함에 있어서 CW 값을 현재 무선채널 상태에 따라 달리 설정함으로써 서비스 처리량을 더욱 극대화할 수 있는 패킷 스케줄링 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘은 네트워크 시뮬레이터인 NS-2를 이용하여 여러 환경에서 성능평가를 수행하였고, 수치 결과를 통해 제안한 알고리즘이 기존의 IEEE 802.11e 기법에 비해 성능이 우수함을 보였다.

ABSTRACT

The increasing number of wireless subscribers who can use internet service any time and any place have caused wireless communications networks to flourish. However, since total communication channel bandwidth for wireless communications is limited, it is very important to find the solution for maximizing the channel utilization. Thus, in this work we propose a QoS packet scheduler for IEEE 802.11e EDCA scheme which is able to maximize the channel throughput with changing the CW value considering wireless channel condition. This proposed scheme is evaluated with NS-2 network simulator under various environments and it is easily shown from the numerical results that the proposed scheme provides better performance than that of the original IEEE 802.11e scheme.

Keywords

IEEE 802.11e, QoS, EDCA, throughput

1. 서 론

최근, 무선 가입자 수가 증가함에 따라 무선 통신망 시스템이 급속히 발전하고 있다. 또한 무선 가입자가 이용하는 서비스도 텍스트 기반의 데이터에서 음성, 영상, 멀티미디어 등의 복합적인 서비스로 바뀌고 있다. 저렴한 가격으로 고속의 무선통신을 이용할 수 있는 기법으로는 IEEE 802.11 무선 LAN 시스템[1]이 있다. 하지만 초기 무선 LAN 시스템으로는 점차 다양해지는 응용 서비스들을 수용할 수 없기 때문에 무선 통신망의 이러한 요구에 부응하여 IEEE 802.11 위원회에서는 각 트래픽의 형태에 따라 서비스 품질을 차등화하여 서비스를 수행하는 IEEE

802.11e 규격[2]을 제정하였다. 이러한 무선통신 시스템은 대역폭이 곧 무선 주파수 자원이며, 해당 사업자가 이용할 수 있는 무선 주파수 자원은 한정되어 있기 때문에 제한된 무선 대역폭을 효율적으로 이용하는 것이 무엇보다 중요하다. 그래서, 본 연구에서는 제한된 대역폭 내에서 전송효율을 최대화하기 위한 패킷 스케줄링 기법을 제안하고 있다. 제안한 알고리즘은 IEEE 802.11e EDCA 기법에 기반하여 동작하며, 기존의 EDCA 기법과 비교하여 동일한 트래픽에 대해 서비스 처리량이 최대가 됨을 확인하였다. 2장에서는 관련연구 동향에 대해서 기술하며, 3장에서는 제안한 알고리즘에 대해 설명한다. 4장에서 성능평가 모델에 대해서 기술하며 성능평

가 수치결과를 제시하고 분석한 뒤, 5장에서 끝맺는다.

II . 관련 연구 동향

무선 LAN에 대한 연구는 크게 두 가지 목표를 달성하기 위해서 진행되었다. 첫째는 전송속도를 높이기 위한 연구이다. 유선통신 시스템에서는 가입자가 증가하면 유선 전송로를 증설하면 되기 때문에 대역폭이 무한대라고 가정할 수 있다. 하지만, 무선 통신 시스템은 이용할 수 있는 무선 주파수 자원이 한정되어 있기 때문에 제한된 무선 대역폭을 효율적으로 사용하는 것이 매우 중요하다. 때문에, IEEE 802.11 위원회에서는 최대 54 Mbps까지 전송이 가능한 규격 802.11a/g를 제정하였고, 최근에서는 100 Mbps이상의 속도로 전송이 가능한 규격인 802.11n 규격작업을 진행하고 있다. 무선 LAN에 대한 두 번째 연구는 데이터 전송에 있어서 트래픽 서비스 별로 차별화된 서비스를 제공하기 위한 연구이다. 다양한 형태의 트래픽이 통신망에 등장하고 각 트래픽에 대한 QoS 보장이 핫이슈로 떠오르면서 IEEE 802.11e 규격이 탄생하였다.

이러한 표준화 작업과 병행하여 무선 LAN 시스템에서의 성능향상을 위한 다양한 연구도 많이 진행되고 있다. 802.11 DCF (Distributed Coordination Function)에서 차등화된 서비스를 제공하기 위해 CW(Contention Window) 및 IFS (Inter-frame space)를 트래픽 타입에 따라 차등화하여 전송시도를 위한 지연시간을 다르게 함으로써 서비스 경쟁에 차이를 줘 트래픽 QoS를 지원하는 연구[3]와 같이, 대부분의 연구는 전송 파라미터인 CW 및 IFS의 차등화를 통해 성능을 향상시키고 있다. 또한, 유선망에서 사용하는 기법을 무선망에 적용하여 성능을 향상시키는 연구도 많이 수행되었는데, DWFQ(Distributed Weight Fair Queuing)[4]의 경우는 각 트래픽에 가중치를 할당하여 서비스를 수행한다. 단말의 모든 트래픽은 식(1)과 같이, 서비스 처리량(R_i)과 가중치(W_i) 사이에 대해 일정한 비율(L_i)을 가진다.

$$L_i = \frac{R_i}{W_i} \quad \text{식(1)}$$

이렇게 DWFQ는 서비스를 시도하기 전에 먼저 자신의 L_i 와 다른 단말의 L_i 의 비교를 통해 CW를 변화하여 서비스를 수행하기 때문에 트래픽 클래스 별로 어느 정도 QoS를 보장하게 된다. 그러나, 이러한 연구들의 대부분은 성능 측정 시 채널 상태에 따른 전송 속도의 변화에 대해서는 고려하지 않고 고정된 전송 속도를 이용하여 성능 측정을 수행하고 있다. 이에 본 연구에서는 실제 네트워크와 비슷한 상황을 구현하기 위해 수신 전력에 따라 전송 속도를 다르게 하였으며, DWFQ 기법을 우리가 제시하는 알고리즘에 적용하여 서비스 처리량을 최대화 하였다.

III . 제안한 알고리즘 설명

기존에 제시된 무선 환경에서의 서비스 처리 성능 향상을 위한 기법들은 대부분 현재 채널 상태를 고려하지 않고 동일한 서비스 처리 속도를 가지고 성능 측정을 수행하였다. 실제 무선 환경에서도 채널 상태에 따라 서비스 처리 속도는 다르다. 이러한 이유 등으로 본 연구에서는 거리에 따라 서비스 속도에 차등을 주어 서비스를 수행하도록 하였다. 먼저, 단말이 이동함에 따라 서비스 처리 속도를 총 3개의 전송 속도로 구분하였다. 그리고 각 전송 속도 영역의 구분은 송수신 단말 간의 수신전력의 세기에 따라 결정하였다. 이는 실제로 단말이 이동하면서 송수신 단말 간의 거리가 변함에 따라 패킷의 수신 세기는 달라지므로 위와 같은 방법에 의해 서비스 단말의 전송 속도를 결정하여 서비스를 수행하도록 하였으며, 수신전력의 값은 Data 패킷을 전송하였을 경우에 응답되는 ACK 패킷에 의해 결정되도록 설계하였다. 또한, 무선 환경에서 각 단말들은 경쟁을 통해 제한된 자원을 사용하기 때문에 다른 단말의 전송 트래픽이나 서비스 속도 등에 많은 영향을 받는다. 그래서, 서비스 처리율을 향상시키기 위한 본 연구의 목적을 위해 각 전송 영역에 따라 현재의 CW값을 k 배나 $2k$ 배로 조정하여 서비스 처리량을 증가하도록 하였다.

또한, 단말이 이동함에 따라 채널 상태는 자주 변하며 여러 단말이 같은 전송 속도 영역에 있더라도 데이터 충돌 등에 따라 채널 상태가 나빠지는 경우가 발생한다. 그렇기 때문에 본 연구에서는 모든 단말이 만족해야 하는 기준이 되는 L_i^{th} 값을 결정하여 단위 시간동안 결정된 L_i 값을 기준값 L_i^{th} 와의 비교에 따라 CW값을 변화하여 서비스를 수행하도록 하였다. 여기서 기준값 L_i^{th} 는 단말이 각 전송 영역에 들어선 경우에 특정시간 동안 얻게 되는 L_i 의 평균값으로 설정하였으며, L_i^{th} 와 비교하기 위한 각 단말의 L_i 를 구하는 식은 다음과 같다.

$$L_i = \frac{R_i}{E[R_i]} \quad \text{식(2)}$$

(R_i : 현재 전송률, $E[R_i]$: 단위시간에 대한 유포데이터 전송률)

만약 L_i 값이 기준값 L_i^{th} 보다 작은 경우에는 자신의 CW값을 증가하여 $E[R_i]$ 를 감소시켜 자신의 L_i 를 증가함으로써 L_i^{th} 에 근접하게 된다. 반대의 경우에는 CW를 감소하여 $E[R_i]$ 가 증가하여 자신의 L_i 를 감소시켜 L_i^{th} 에 근접하게 된다. 이러한 동작으로 채널 상태가 나빠지게 되는 경우에도 기준값 L_i^{th} 에 따른 CW의 변화를 통해 최대한의 서비스 처리량을 가지게 된다. 그리고, 장시간 채널 상태가 나쁜 경

우에는 L_i 의 값을 얻기 힘들기 때문에 이 경우에는 L_i 의 값을 '0'으로 설정하고 자신의 CW값을 CWmax로 설정하여 동작하도록 설계하였다. 다음은 서비스 극대화를 위한 L_i 를 이용한 알고리즘에 대해 간단히 설명한 것이며, 그림 2는 우리가 제시한 알고리즘을 정리한 것이다.

- i) $L_i < L_i^{th} \Rightarrow$ CW 증가
- ii) $L_i > L_i^{th} \Rightarrow$ CW 감소
- iii) 장시간의 채널 오류 \Rightarrow CWmax 로 셋팅

IV. 시스템 모델링 및 성능 평가

제안한 알고리즘의 성능 평가를 위한 트래픽 및 물리계층, 기타 시스템 파라미터 값은 참고문헌 [5]와 표 1~2에 의해 결정하였다. 성능 측정을 위한 시뮬레이션 시간은 300초로 하였고, 성능 측정을 위한 모든 시나리오는 3개의 비디오 단말을 통해 시뮬레이션을 수행하였는데, 하나의 단말에는 이동성을 주었으며 나머지 두 단말은 11Mbps 영역에서 정지한 상태로 서비스를 수행하도록 하였다. 여기서 송신전력이 281.838mW인 경우에 서비스 전송 속도의 구분을 위한 수신전력 값은 다음과 같다. 그림 3은 시뮬레이션 네트워크 구조를 나타낸 것이다.

- 11 Mbps : 수신전력이 2 μ W보다 큰 경우
- 5.5 Mbps : 수신전력이 2 μ W보다 작고 0.2 μ W보다 큰 경우
- 2 Mbps : 수신전력이 0.2 μ W보다 작은 경우

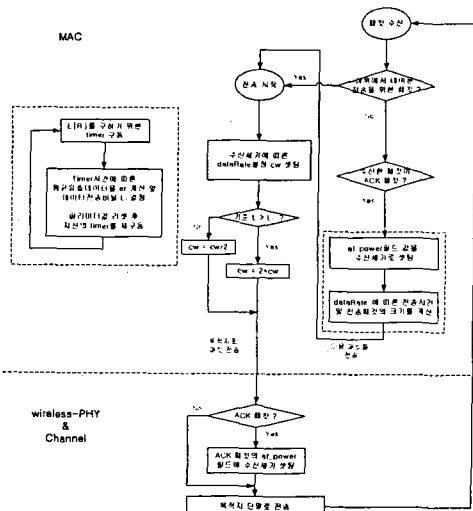


그림 2. 서비스 처리량의 최대화를 위한 알고리즘

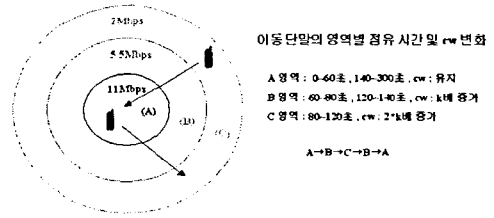


그림 3. 시뮬레이션 네트워크 구조

성능평가 척도로는 평균 서비스 처리량을 사용하였는데, 식(3)과 같은 방법으로 구하였다. 이 값들은 T_{mean} 동안 수집한 데이터를 이용하여 계산하였으며, 본 연구에서는 T_{mean} 을 1초로 하였다. 이러한 모든 성능분석은 NS-2[6] 시뮬레이터를 사용하였다.

$$\text{평균 서비스 처리량} = \frac{\text{실제 전송된 패킷 크기}}{\text{평균지연시간}} \quad \text{식(3)}$$

표 1. 트래픽 파라미터 값

종류	UP	AC	Inter-arrival Time (sec)	Frame Size (Bytes)
비디오	5	2	Constant (0.01)	1464

표 2. 물리계층 파라미터

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

성능평가를 위해 3개의 시나리오에 대해 시뮬레이션을 수행하였는데, 먼저 첫번째 시나리오는 단말의 수신세기에 따라 전송 속도의 변화 및 채널 상태에 따른 CW변화에 대한 성능평가로써 그림 4는 수신 세기에 따라 전송 속도를 변화하였으나 CW변화는 없는 경우를, 그림 5는 CW변화가 있는 경우에 대한 평균 서비스 처리량을 나타내고 있다. 여기서 CW변화를 위한 k값은 '4'로 하였다. 단말이 이동함에 따라 각 영역에서 서비스 처리량은 차이를 보이는데, 무선에서는 자원을 서로 공유하여 서비스를 수행하기 때문에 그림 5에서 보는 바와 같이 채널 상태가 좋지 못한 단말의 CW를 증가하여 서비스 처리의 우선순위를 낮춤으로써 상대적으로 채널 상태가 좋은 단말의 서비스 처리량을 증가시키기 때문에 전체적으로 서비스 처리량이 증가함을 알 수 있다.

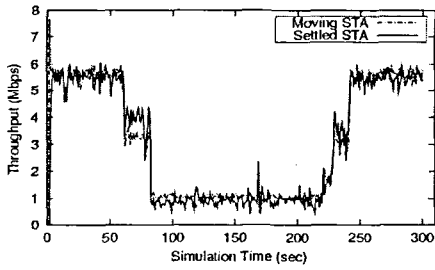


그림 4. 영역 별 CW변화가 없는 경우의 서비스 처리량

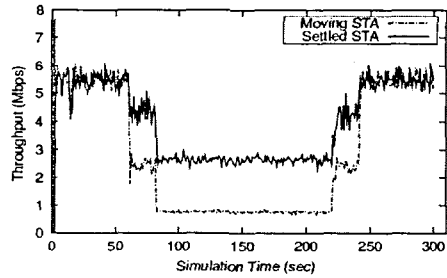


그림 6. L_i 알고리즘을 적용한 경우의 서비스 처리량

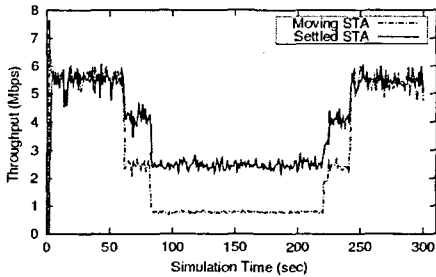


그림 5. 영역 별 CW 변화($k=4$)가 있는 경우의 서비스 처리량

두번째 시나리오는 L_i 알고리즘을 이용하여 성능측정을 수행한 것으로, 여기서는 T_{mean} 을 0.1초로 하여 시뮬레이션을 수행하였다. 그림 6은 L_i 알고리즘을 적용한 경우를 서비스 처리량을 나타낸 것으로, 이동 단말이 5.5Mbps 영역으로 들어서는 순간 이동 단말 자신의 L_i 값만이 아니라 11Mbps 영역에 정지해서 서비스를 수행하는 단말 역시 L_i 이 변화하게 된다. 이동 단말이 5.5Mbps 영역으로 가게 되면 11Mbps 영역에 있는 단말은 5.5Mbps 영역에 있는 단말에 의해 실제 전송 커지므로 자신의 L_i 는 증가하게 된다. 이는 11Mbps 영역의 기준값 L_i^{th} 을 넘어서게 되므로 L_i 를 낮추기 위해 자신의 CW를 감소하여 다른 영역에 있는 단말에 비해 우선순위가 더 높아지므로 더 많은 서비스를 처리하게 된다. 그림 5와 비교하면, 이동 단말의 경우 전체 서비스 처리량은 알고리즘을 적용하지 않은 경우에 비해 서비스 처리량이 약간 감소하게 되나 11Mbps에 정지한 단말의 전체 서비스 처리량이 많이 증가하기 때문에 모든 단말의 전체 서비스 처리량은 T_{mean} 시간당 0.22809 Mbits 정도 더 증가하게 된다.

세번째 시나리오는 장기간동안 채널 오류가 발생하여 서비스를 수행하지 못하는 경우로써, 여기서는 이동하지 않는 단말 중 하나의 단말이 30~35초, 100~105초 동안 채널 상태가 악화되어 전체 서비스를 수행하지 못한다고 가정하였다. 그림 7과 그림 8은 알고리즘을 적용 유무에 따른 오류가 없는 단말과 장기간 오류가 발생한 단말과의 서비스 처리량 나타낸 것이다.

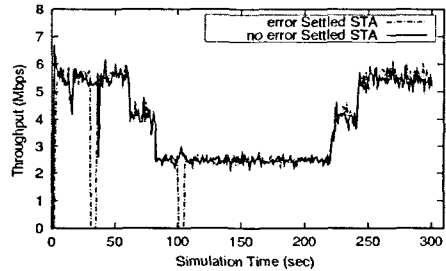


그림 7. 알고리즘을 적용한 경우의 서비스 처리량

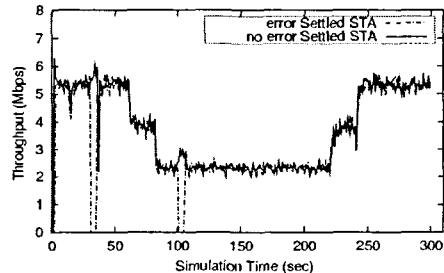


그림 8. 알고리즘을 적용하지 않은 경우의 서비스 처리량

그림 8을 보면, 오류 기간 동안 오류가 없는 단말의 서비스 처리량이 크게 증가함을 알 수 있다. 이는 알고리즘을 적용하지 않은 경우에는 오류 기간 동안 오류 단말의 재전송 횟수가 많기 때문에 많이 때문에 기다리는 시간이 증가하여 서비스 처리량이 감소하나, 알고리즘을 적용한 경우에는 오류 기간동안 오류 단말의 CW는 최대이므로 재전송으로 인한 대기시간이 작기 때문

에 서비스 처리량이 증가하게 됨을 나타내고 있다.

V. 결 론

무선 LAN 시스템의 성능 향상을 위한 기존의 연구들은 망의 과부하나 단말의 이동에 따른 채널 상태의 변화에 대해서는 고려하지 않고 있다. 때문에 본 연구에서는 실제 망과 유사한 형태로 채널 상태에 전송 속도를 다르게 하는 동시에 각 전송 속도 영역 별로 CW값을 다르게 하여 서비스를 수행하도록 하였으며, 시뮬레이션을 통해 기존의 EDCA 기법보다 서비스 처리량 면에서 훨씬 이득이 있음을 알 수 있었다. 또한, 본 연구에서는 현재 전송률을 T_{mem} 시간동안의 유효데이터 전송률로 나눈 L_i 알고리즘을 제시하여 평균 서비스 처리량이 더욱 증가함을 알 수 있었다. 차후 채널 상태와 여러 트래픽 타입에 따라 어느 정도의 공정성을 유지할 수 있는 스케줄링 기법에 대해 추가적인 연구가 있을 것이며, 다양한 환경에서 서비스 처리율의 향상 및 fairness 유지를 위한 스케줄링 기법에 대한 연구도 같이 수행될 것이다.

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. 802.11e/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.
- [3] Dr-Jiunn Deng and Ruay-Shiung. Chang, "A Priority for IEEE 802.11 DCF Access Method", IEICE Trans. Commun, Vol. E82-B, No. 1, January 1999.
- [4] A. Banchs, A. and X. Perez, "Distributed Weighted Fair Queuing in 802.11 Wireless LAN," Proc. IEEE ICC, Apr. 2002.
- [5] 장재신, 전형익, "IEEE 802.11e 무선 LAN에서 EDCA 기법의 성능분석", 한국해양정보통신학회 춘계 종합학술대회, 2005
- [6] S. McCanne and S. Floyd, "NS network simulator", version 2.27, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>