

IEEE 802.11e 무선 LAN 시스템에서 서비스 처리율 증대를 위한 패킷 스케줄링 기법

정회원 장재신*, 전형익**

Packet Scheduling Scheme to Enhance Throughput at IEEE 802.11e WLAN System

Jaeshin Jang*, Hyung-ik Jeon** *Regular Members*

요 약

다양한 형태의 트래픽이 등장하면서 각 트래픽이 요구하는 서비스 품질을 모두 만족시키기 위한 패킷 스케줄링 연구에 대한 중요성이 커지고 있다. IEEE 802.11 위원회에서는 이러한 요구에 부응하기 위해 IEEE 802.11e 규격을 제정하여 모든 트래픽을 4가지로 분류한 뒤 각 트래픽 별로 차등화된 서비스를 제공하고 있다. 그리고 IEEE 802.11a/g 규격에서는 물리계층에서의 전송속도를 무선 단말기 당 최대 54 Mbps까지 지원하고 있다. 하지만 무선 채널환경에서는 전체 대역폭이 제한되어 있기 때문에 주어진 대역폭 내에서 전송효율을 최대화시키는 문제는 항상 풀어야 하는 과제이다. 따라서 본 연구에서는 전송오류가 발생하는 무선통신 환경 하에서 동작하는 무선 LAN 단말기가 패킷 전송을 위해 CSMA-CA 기반으로 동작함에 있어서 CW(Contention Window) 값을 현재 무선채널 상태에 따라 달리 설정함으로써 서비스 처리량(Throughput)을 더욱 극대화할 수 있는 패킷 스케줄링 기법을 제안하였다. 제안된 알고리즘을 NS-2 네트워크 시뮬레이터를 이용하여 성능평가를 수행하였고, 수치 결과를 통해 제안한 알고리즘이 기존 IEEE 802.11e의 성능을 더욱 향상시킬 수 있음을 보였다.

Key Words : QoS, IEEE 802.11e, EDCF, Throughput, Wireless LAN

ABSTRACT

With the appearance of various types of traffic services in communication networks, a study on QoS(Quality of Service) packet scheduling mechanisms which can support differentiated service to each traffic service becomes very important. To meet this requirement, IEEE 802.11 Working Group established the IEEE 802.11e MAC protocol which categorizes every traffic services into 4 access categories(AC) and provides the differentiated service to each AC. In addition, the physical layer of IEEE 802.11a/g standards provide up to 54 Mbps transmission rate per one wireless LAN terminal. However, since the radio resource is hardly limited in wireless channel, it is necessary to find an efficient packet scheduling scheme to maximize the transmission efficiency. Therefore, in this paper, we proposed a new packet scheduling scheme that can enhance the total throughput by setting different contention windows(CW) of CSMA-CA channel access scheme to each wireless LAN terminal according its current channel states. Numerical results derived from using NS-2 network simulator have shown that our proposed packet scheduling scheme can enhance the performance of IEEE 802.11e more and more.

* 인제대학교 정보통신공학과 무선통신망 연구실(icjoseph@inje.ac.kr), ** (주)케이벨 근무(skyguyk2@kbell.co.kr)
논문번호 : KICS2005-12-489, 접수일자 : 2005년 12월 8일, 최종논문접수일자 : 2006년 4월 3일

I. 서론

최근 언제 어디서든지 자유롭게 직접 네트워크에 연결하여 인터넷 서비스를 이용하고자 하는 무선 가입자 수가 증가함에 따라 무선 통신망 시스템이 급속히 발전하고 있다. 또한 무선 가입자들이 이용하는 서비스도 텍스트 기반의 데이터에서 음성, 영상, 멀티미디어 등의 복합적인 서비스로 바뀌고 있다. 이러한 서비스를 저렴한 가격으로 802.11 무선 LAN 시스템^[1]이 제공하고 있다. 하지만 초기 무선 LAN 시스템으로는 점차 다양해지는 응용 서비스들을 수용할 수 없기 때문에 IEEE 802.11 위원회에서는 IEEE 802.11e 규격^[2]을 제정하여 각 트래픽의 서비스 품질을 차등화 하여 제공하고 있다. 이 규격에서는 모든 트래픽을 4가지의 AC(Access Category)로 분류하고 각 AC 별로 각기 다른 전송 파라미터를 사용하여 데이터 전송을 시도한다. 무선통신의 목표는 항상 대응되는 유선통신 시스템이라고 할 수 있다. 따라서 기가 비트 이더넷 등이 등장한 유선 LAN 시스템을 목표로 무선 LAN 시스템의 전송속도를 더 한층 증대시키는 연구가 많이 진행되었다. IEEE 802.11a/g^[3]에서는 물리계층에서의 전송 속도를 무선 단말기 당 최대 54 Mbps까지 지원하고 있으며 IEEE 802.11n에서는 100 Mbps 이상의 전송속도를 갖는 무선 LAN 시스템 규격을 제정 중에 있다. 그러나 무선 채널환경은 기본적으로 전체 대역폭이 제한되어 있기 때문에 주어진 대역폭 내에서 전송효율을 극대화 시키는 문제는 항상 풀어야 하는 과제이다. 따라서 본 연구에서는 전송 오류가 발생하는 채널에서 무선 LAN 단말기가 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance) 기반으로 채널 액세스 시에 CW(Contention Window) 값을 현재 무선채널 상태에 따라 달리 설정함으로써 서비스 처리량(Throughput)을 더욱 극대화할 수 있는 패킷 스케줄링 기법을 제안한다. 제안된 알고리즘은 네트워크 시뮬레이터인 NS-2^[4]를 이용하여 성능평가를 수행하였고, 수치 결과를 통해 제안한 알고리즘이 기존의 IEEE 802.11e 기법의 성능을 더욱 향상시킬 수 있음을 보인다. 그리고 기존 NS-2에서는 송수신 단말기 사이의 거리에 관계없이 전송속도가 항상 일정하게 고정되어 있었지만(예를 들면 IEEE 802.11b^[5]의 경우 수신전력 세기에 관계없이 항상 11 Mbps), 본 연구에서는 실제 상황에 근접하도록 수신 전력의 크기에 따라 전송속도를 달리 설정하여 송수신할

수 있도록 관련 NS-2 소스코드를 수정하였다.

2장에서는 본 연구와 관련된 연구동향에 대해서 기술하며, 3장에서는 제안한 패킷 스케줄링 방식에 대해서 설명하고 NS-2 시뮬레이션을 수행하기 위해 시스템 및 트래픽 모델링에 대해서 기술한다. 4장에서 NS-2 시뮬레이션을 통해 얻은 수치결과를 제시하고 분석한 뒤 5장에서 결론으로 끝맺는다.

II. 관련 연구 동향

각종 가입자 액세스 망에서 가장 많이 사용되고 있는 통신방식은 CSMA/CD(Carrier Sense Multiple Access/Collision Detection) 기법에 기반을 둔 유선 LAN 시스템이다. 유선 LAN은 초기에는 10Mbps의 저속 시스템이었으나, 최근에는 100 Mbps 이더넷은 기본이고 10 Gbps 이더넷 시스템까지 등장하면서 눈부신 발전을 거듭하고 있다. 한편 유선통신 시스템에서는 가입자 수가 증가하면 유선 전송로를 계속 증설하면 되기 때문에 대역폭이 무한대라고 가정할 수 있다. 그러나 무선통신 시스템은 대역폭이 곧 무선 주파수 자원이며, 해당 사업자가 이용할 수 있는 무선 주파수 자원은 한정되어 있기 때문에 제한된 무선 대역폭을 효율적으로 이용하는 것이 매우 중요하다.

무선 LAN에 대한 연구는 크게 두 가지 형태로 분류할 수 있다. 첫째는 전송속도를 높이기 위한 연구이며, 이에 대한 결과로 IEEE 802.11 위원회에서는 최대 54Mbps까지 전송이 가능한 규격 802.11a/g를 제정하였고, 최근에서는 100 Mbps이상으로 전송이 가능한 802.11n 규격작업을 진행하고 있다. 무선 LAN에 대한 두 번째 연구는 데이터 전송에 있어서 트래픽 서비스 별로 차별화된 서비스를 제공하는 것이다. 이러한 연구의 결과로 IEEE 802.11e 규격이 탄생하였으며, 표준화 작업과 병행하여 산학연을 중심으로 무선 LAN 시스템에 대한 다양한 연구가 많이 진행되었다.

802.11 DCF(Distributed Coordination Function)의 동작을 대기이론을 사용하여 수학적으로 분석한 연구도 진행되었는데, 참고문헌^[6]에서는 시스템 상태변수를 DCF의 백오프(Backoff) 카운터 값, 현재 단말의 백오프 레벨, 그리고 마지막 전송부터 현재 시간까지의 슬롯 수를 사용하여 나타낸 뒤, 송신 및 수신을 통한 이벤트가 발생할 상태전이확률을 구하고 이 값을 기반으로 CW 값, IFS(Inter-Frame Spacing) 값, 전송을 위한 단말 수, 재전송 횟수 등을

변화에 따라 다양한 환경에서 시스템의 성능을 분석하였다. 또한 참고문헌^[7]에서 유사한 접근방법을 사용하여 IEEE 802.11e EDCF 기법을 성능분석 하였는데, EDCF 기법에서 각 AC(Access Category)는 전송확률 p 를 가지는 p -persistent로 모델링 하였으며, 슬롯, 슬롯 클래스, 슬롯 번호란 용어를 사용하여 성능분석을 수행하였다. 그리고 IEEE 802.11 DCF 기법에서 다양한 트래픽들의 요구사항을 만족 시키면서 트래픽들을 효율적으로 수용하기 위한 기법에 대한 연구도 많이 진행되었다. 참고문헌^[8]에서는 DCF 기법에서 차등화된 서비스를 제공하기 위한 방법으로 트래픽 별로 DIFS(DCF Inter-Frame Space)와 PIFS(PCF Inter-Frame Space)를 달리 사용하여 경쟁시도를 하기 위해 기다리는 지연시간을 다르게 하면서 트래픽 별로 백오프 시간 값도 각각 달리 할당하는 방법으로 서로 다른 트래픽에게 차별화된 QoS를 지원하는 방법에 대한 연구를 수행하였다. 최근에는 802.11e 규격에 기반하여 채널 점유를 위해 경쟁할 때 사용되는 백오프 파라미터 값이나 IFS값 등을 트래픽 클래스 별로 다르게 설정하여 차등서비스를 수행하는 방법^[9]과 기존의 DCF 기법과의 성능을 비교 분석하는 연구도 진행되었다^[10]. 그리고 각 트래픽 별로 가중치를 다르게 설정하여 가중치에 따라 자신의 파라미터 값을 조정하는 스케줄링 기법도 연구되었다^[11]. 이처럼 기존 연구의 대부분은 채널 상태에 따라 전송속도가 변하는 실제 환경을 고려하지 않았고, 트래픽에 따라 차별화된 서비스를 제공하는 방법에 주로 초점을 맞춰 진행되었다. 따라서 본 연구에서는 실제 환경과 더욱 유사하도록 채널 상태에 따라서 전송속도가 변하게 하였으며, IEEE 802.11e EDCF 기존 규격에서 서비스 처리량을 더욱 증대시킬 수 있는 방법을 제안하고 NS-2 시뮬레이터를 사용하여 성능평가를 수행한다.

III. 제안된 알고리즘 설명

3장에서는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 설명하고 성능평가를 위해서 시스템과 트래픽을 모델링하는 과정에 대해서 기술한다. 그리고 본 연구에서는 물리 계층은 IEEE 802.11b 규격^[5]에 기반을 두었고, MAC 계층은 802.11e EDCF 기법에 기반을 두었다.

3.1 수신세기에 따른 서비스 속도 및 CW값의 제어 무선 LAN 시스템의 성능평가에 관한 기존 연구

결과들의 대부분은 채널상태와 무관하게 데이터 전송속도가 일정하다고 가정하였다. 하지만 실제로 운영되는 무선 LAN 시스템은 채널 상태에 따라 데이터 전송속도가 다르기 때문에 본 연구에서는 채널 상태에 따라 데이터 전송속도가 변하는 좀 더 실제적인 환경을 고려하였다. 즉, 무선 LAN 송신 단말을 중심으로 다음에 기술된 단말의 수신전력 값의 크기에 따라 서비스 영역을 세 영역으로 구분하였다. 여기에서 송신전력은 참고문헌^[4]와 동일한 값인 281.838mW 값을 사용하였으며, 수신 전력의 경우에는 거리의 네 제곱에 반비례에 하기 때문에^[15] A영역은 수신 전력이 2μW 이상, B영역은 수신 전력이 0.2μW 이상 2μW 미만, C영역은 수신 전력이 0.2μW 미만인 영역으로 설정하였다.

- A영역: 전송속도 11 Mbps(수신 전력이 2μW보다 큼)
- B영역: 전송속도 5.5 Mbps(수신 전력이 0.2μW보다 크고 2μW 보다 작음)
- C영역: 전송속도 2 Mbps(수신 전력이 0.2μW보다 작음)

무선 LAN 시스템에서는 AP(Access Point)에서 전송한 Beacon 프레임을 통해 수신전력 크기를 측정할 수 있지만, 2.27버전 NS-2 시뮬레이터에서는 Beacon 프레임을 사용하지 않기 때문에 데이터 패킷을 수신한 단말이 해당 패킷의 수신 전력의 크기를 ACK 패킷에 실어서 상대방 단말에게 알려줌으로써 AP에서 단말 수신 전력 세기에 기반하여 데이터 전송속도를 결정할 수 있도록 그림 1과 같이 구현하였다.

한편 IEEE 802.11 DCF 규격에서는 각 단말의 채널상태에 따라서 전송속도는 달리 설정하지만, 데이터 전송을 위해 매체접근을 시도할 때는 각 단말의 채널상태를 고려하지 않고 동일한 조건에서 동등한 자격으로 경쟁한다. 그러나 채널환경이 다양한 무선통신 환경에서는 현재 채널상태에 따라 전송 시도 권리를 다르게 하면 전체 서비스 처리량을 개선시킬 수 있음을 다음 예를 통해서 쉽게 확인할 수 있다. 즉, 두 개의 무선 단말이 데이터 전송을 위해 대기 중이며, 단말 1은 AP와 상대적으로 가까운 거리에 위치하고 있으며 채널상태가 양호하여 높은 속도로 전송이 가능한 반면, 단말 2는 AP로부터 상대적으로 멀리 떨어져 있기 때문에 채널상태가 상대적으로 열악하여 단말 1보다 낮은 속도로 전송이 가능하다고 가정하자. 즉, 단말 1은 0.8 속

도로 전송이 가능하고, 단말 2는 0.2의 속도로 전송이 가능하다고 가정하자. 이 때 현재 무선 LAN 규격처럼 각 단말의 현재 채널 상태를 고려하지 않고 단말 1과 단말 2의 데이터 전송권리(Permission probability)를 동일하게 1/2로 할당한 경우와 현재 채널상태를 고려하여 전송권리를 각각 다르게 할당한 경우(단말1은 2/3, 단말 2는 1/3)의 서비스 처리량을 식(1)과 식(2)를 통해서 비교해보면 다음과 같다.

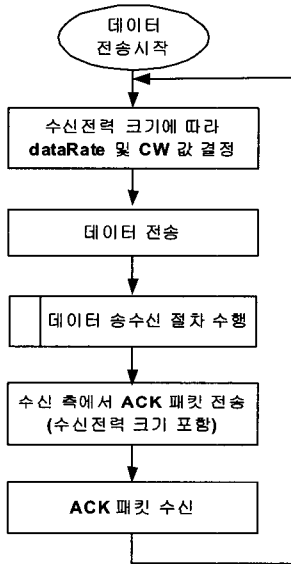


그림 1. 수신세기에 따른 서비스 속도 및 CW 제어 절차

- 채널 상태에 관계없이 동일하게 전송하는 경우 처리량($p = 0.5$)

$$\text{Throughput} = 0.8 \times 0.5 + 0.2 \times 0.5 = 0.5 \quad (1)$$

- 채널 상태에 따라 전송권리를 차별화한 경우 처리량

$$\text{Throughput} = 0.8 \times \frac{2}{3} + 0.2 \times \frac{1}{3} = 0.75 \quad (2)$$

위 예를 통해 알 수 있듯이, 채널 상태에 따라 전송권리를 다르게 하면 서비스 처리량이 50% 정도 증가함을 확인할 수 있다.

현재 무선 LAN 시스템규격에서 전송권리에 차등을 줄 수 있는 방법은 트래픽마다 IFS(Inter-Frame Spacing)을 달리 설정하거나, 백오프 시 CW(Congestion Window)의 크기를 달리 설정하는 방법이

있다. 참고로 QoS를 지원하기 위한 IEEE 802.11e 규격에서는 트래픽을 4개의 AC(Access Category)로 구분하고, 각 AC마다 IFS와 CW를 달리 설정하여 차등화된 서비스를 제공하고 있다. 따라서 본 연구에서는 수신 전력의 세기에 따라 구분된 영역별로 전송권리에 차등을 주기 위해 CW값을 다음과 같이 설정하였다. 여기에서 CW_A 는 A영역에서 사용하는 CW 값을 의미한다.

$$CW_A < CW_B < CW_C \quad (3)$$

(즉, $CW_B = k \cdot CW_A$, $CW_C = k \cdot CW_B$)

3.2 기준 값 L_i^{th} 에 따른 CW 변화(L_i 를 이용한 알고리즘)

단말이 이동함에 따라 채널 상태는 다양하게 변한다. 또한 여러 단말이 같은 전송 속도 영역에 있더라도 데이터 충돌, 페이딩, 그리고 shadowing 등에 따라 채널 상태가 나빠지는 경우가 자주 발생한다. 이런 현상에 따른 성능저하를 극복하기 위해 본 연구에서는 각 영역에서 단말들이 만족해야 하는 기준이 되는 L_i^{th} ($i = A, B, C$) 값을 설정한 뒤, 단위 시간 동안 각 단말이 측정에 의해 결정한 L_i 값을 기준 값 L_i^{th} 와 비교한 뒤, 해당 영역 내에 있는 모든 단말들의 L_i 값이 기준 값 L_i^{th} 에 수렴할 수 있도록 CW값을 변경하는 기법을 제안한다. 여기에서 기준 값 L_i^{th} 는 단말이 각 전송 영역에 들어선 경우에 얻게 되는 L_i 의 평균값으로 설정하였으며 각 단말들이 L_i 값을 결정하는 방법은 다음 식에 따른다.

$$L_i = \frac{R_i}{E[R_i]}, \quad i = A, B, C \quad (4)$$

- R_i : 해당영역에서 현재 데이터 속도
- $E[R_i]$: 단위 시간에 대한 유효 데이터 속도

유효 데이터 전송속도 $E[R_i]$ 는 단위시간당 최근 실제 전송속도 평균값을 나타내는데 단말이 전송 중 이동하기 때문에 같은 영역에 존재하는 단말들 사이에도 유효 데이터 전송속도는 다를 수 있다. 성능평가에서는 T_{mean} 시간마다 유효 데이터 전송속도를 계산하였으며, $E[R_i]$ 값은 다음과 같이 구한다. 단말이 T_{mean} 시간 동안 패킷을 전송하면서 영역 A에서 영역 B로 이동하였다고 가정하자. 패킷 크기는 300bit라고 가정하고, 전송속도가 11Mbps인 영역 A에서 4개, 5.5Mbps인 영역 B에서 5개의 패킷을 전송한 경우 $E[R_i]$ 은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$E[R_k] = \frac{300 \times 9 [\text{bits}]}{\frac{300 \times 4 [\text{bits}]}{11 [\text{Mbps}]} + \frac{300 \times 5 [\text{bits}]}{5.5 [\text{Mbps}]}} \quad (5)$$

따라서 모든 단말은 해당 영역에서 T_{mean} 마다 계산한 L_k 값과 기준 값 L_k^h 을 비교한 뒤 다음 식에 따라 자신의 현재 CW 값을 계산한다.

- i) $L_k \Rightarrow CW$ 증가
 - ii) $L_k \Rightarrow CW$ 감소
 - iii) 장시간의 채널 오류 $\Rightarrow CW_{max}$ 셋팅
- (6)

단말이 전송 중에 해당 영역을 벗어나지 않으면 L_k 의 변화가 거의 없을 것으로 판단되지만, 전송 중에 해당 영역을 벗어나게 되면 L_k 값이 해당 영역에서의 기준 값인 L_k^h 값과 비교하여 차이가 발생하기 때문에 빨리 해당영역의 평균값으로 수렴하도록 빨리 유도하는 것이 기본 생각이다. 만약 L_k 값이 기준 값 L_k^h 보다 작은 경우는 식 (4)에 따르면 최근에 평균에 비해 서비스를 많이 받은 경우에 해당된다. 따라서 L_k 값을 증가시키기 위해 유효 데이터 전송 속도 값을 감소시켜야 하며, 이것은 자신의 CW 값을 증가시킴으로써 가능하다. 반대의 경우에도 CW 를 감소시키면 $E[R_k]$ 값이 증가하기 때문에 해당 단말의 L_k 값이 감소하기 때문에 L_k^h 에 근접하게 된다. 이러한 절차에 따라 CW 값을 변화시키면 채널 상태가 나빠지게 되는 경우에도 성능을 많이 개선시킬 수 있다. 또한 장시간 채널 상태가 나쁜 경우에는 (예를 들면, 수 초 범위 정도) L_k 의 값을 계산하여 적용하는 것이 곤란할 수 있으므로 이 경우에는 L_k 의 값을 '0'으로 설정하고 자신의 CW 값을 CW_{max} 로 설정하여 최대한 전송을 자제하도록 설계하였다. 지금까지 설명한 절차를 그림 2에 나타내었다.

본 연구에서는 성능평가 척도로 단말 별 평균 지연시간과 평균 서비스 처리량을 사용하였는데, 이 값들을 계산하는 방법을 식 (7)과 식 (8)에 나타내었다.

$$T_A = \frac{T_d}{n} \quad (7)$$

$$S_A = \frac{b}{T_A} \quad (8)$$

- T_A : 평균 지연시간
- T_b : 송신 MAC에서 수신 MAC까지의 모든 패킷들의 대기시간 총합
- n : 서비스된 총 패킷 수
- S_A : 평균 서비스 처리량
- b : 실제 전송된 패킷 크기

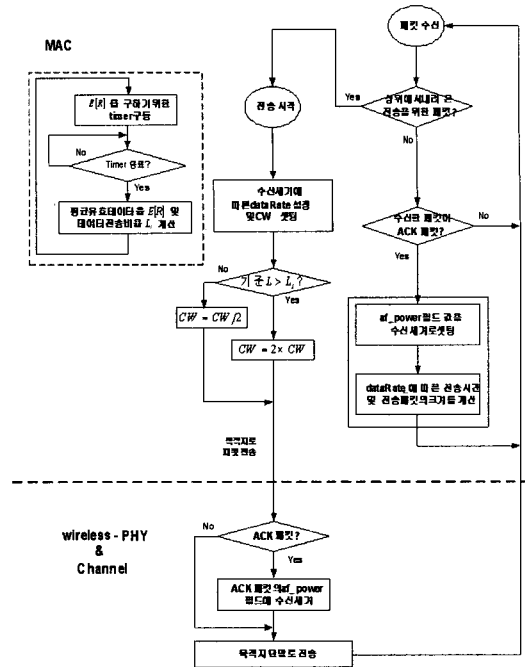


그림 2. L_k 를 이용하여 트래픽 별 서비스 처리량을 증대하기 위한 알고리즘

컴퓨터 시뮬레이션에서는 매 초 동안 수집한 데이터들을 토대로 위 식에 기반하여 성능평가 척도들을 계산하였다.

IV. 성능분석 결과

먼저 본 연구에서는 NS-2 시뮬레이터를 사용하여 구현한 IEEE 802.11e EDCF 시뮬레이션 코드를 검증하기 위해 참고문헌^[12]와 동일한 환경에서 동일한 결과를 도출하는지 확인하였다. 따라서 참고문헌^[12]와 유사하게 Ad-Hoc 시스템 환경 하에서 총 20 개의 무선 LAN 노드를 생성하고 음성 서비스 단말기 4개, 비디오 서비스 단말기 2개, 그리고 데이터 서비스 단말기 4개 등 총 10개의 무선 노드가 나머지 10개의 무선 노드로 데이터를 전송하는 환경을 가정하였다. 여기서 전파모델은 Two-Ray ground reflection 모델을 사용하였으며^[15], 수신전력 세기와 무관하게 모든 단말기들이 항상 11 Mbps로 프레임을 전송하며 각 단말들은 한 개의 트래픽 타입만을 전송한다고 가정하였다. 마지막으로 MAC 계층에서 송신용 데이터 버퍼 크기를 음성은 20 kbit, 비디오는 1 Mbit, 데이터는 무한히 크다고 가정하였으며, 시뮬레이션에 사용한 트래픽 파라미터를 표 1에 기술하였다.

표 1. 성능분석에 사용된 트래픽 및 시스템 파라미터

종류	Inter-arrival Time (sec)	프레임 크기 (Byte)	AC	AIFSD	CW _{min}	CW _{max}	TXOP Limit (msec)
음성	Constant (0.02)	92	3	PIFS	7	15	3
비디오	Constant (0.01)	1464	2	PIFS	15	31	6
데이터	Exponential (0.012)	1500	0	DIFS	31	1023	X

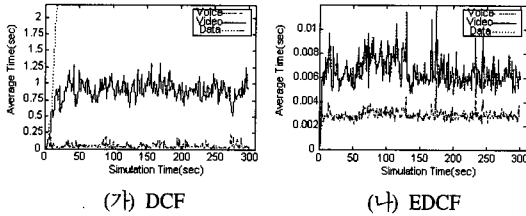


그림 3. DCF와 EDCF 기법을 이용한 트래픽 별 평균지연시간의 변화

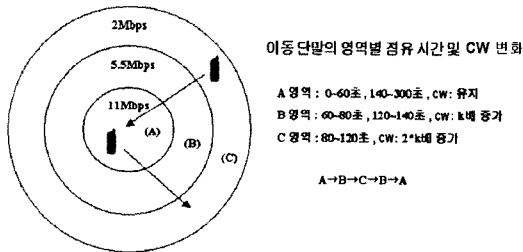


그림 4. 수신 전력에 따른 데이터 전송속도 및 단말의 이동 시나리오

그림 3은 구현한 시뮬레이션 코드를 검증하기 위해 참고문헌^[12]와 동일한 환경에서 도출한 수치계산 결과로서 DCF와 EDCF 결과를 같이 나타내었다. 데이터 트래픽은 전송량이 많고 버퍼크기가 무한히 크기 때문에 DCF 결과에서 보듯이 지연시간이 시뮬레이션 초기에 큰 값으로 증가한다. 반면에 비디오 트래픽은 전송량이 많은 반면에 MAC 버퍼의 크기가 크지 않기 때문에 지연시간이 일정한 값 이하로 보장됨을 알 수 있다. 그리고 음성 트래픽은 전송량도 적고 MAC 버퍼 크기도 작기 때문에 지연시간이 가장 작음을 알 수 있다. 이상 3종류 트래픽을 EDCF에 적용했을 경우는 DCF와 비교하여 음성 트래픽은 지연시간이 유사하거나 조금 증가했으며, 데이터 트래픽은 DCF에 비해 더욱 더 급격하게 증가함을 확인하였으며, 그래프에서는 잘 확인되지 않는다. 반면 비디오 트래픽은 DCF에 비해 지연시간이 감소하였음을 알 수 있는데, 이는 데이터와 일부 음성 트래픽의 희생으로 얻은 결과임을

알 수 있다. 한편 위 결과들은 모두 참고문헌^[12]의 결과와 유사함을 확인할 수 있었으며, 이를 토대로 NS-2를 사용하여 구현한 EDCF 시뮬레이션 코드가 제대로 동작함을 확인할 수 있었다.

본 연구에서 제안한 알고리즘을 성능평가하기 위해 다음과 같은 시뮬레이션 환경을 가정하였다. 먼저 그림 4처럼 수신 전력의 세기에 따라 데이터 전송속도는 가변인 무선 환경을 가정하였으며, 먼저 비디오 단말 3개가 나머지 비디오 단말 3개에 데이터를 전송하는 Ad-Hoc망 기반의 무선 LAN 시스템을 가정하였으며, 300초 동안 시뮬레이션을 수행하였으며, 비디오 단말 1개는 시뮬레이션을 수행하는 도중 그림 4에 나타난 경로에 따라서 이동하며, 나머지 비디오 단말 2개는 영역 A에서 11 Mbps로 전송한다고 가정하였다.

그리고 제안된 알고리즘을 다양한 환경에서 성능평가하기 위하여 다음과 같은 세 가지 시나리오를 가정하였다.

- 시나리오 1: 채널 상태 변경 시 CW값 차등화에 따른 성능측정
- 시나리오 2: I_s 알고리즘을 적용한 경우 성능 측정
- 시나리오 3: 장기간 채널 오류 시 성능측정

본 논문에서 첫 번째로 제안한 알고리즘은 성능향상을 위해 채널 상태 변화에 따라서 영역 별로 채널 액세스 권한에 차등을 두는 방안으로 시나리오 1은 이 기법을 성능평가하기 위함이다. 먼저 그림 5는 채널 상태 변화에 따라 채널 액세스 권한에 차등을 두지 않은 경우(즉, 영역 별 CW 값의 차이가 없는 경우)에 대한 결과이고, 그림 6은 채널 액세스 권한에 차등을 둔 경우, 이동 단말(그림에서 Moving STA라고 칭함)과 영역 A에 계속 머무는 단말(그림에서 Settled STA라고 칭함)들의 평균 서비스 처리량을 나타낸다. 단 여기에서 CW 값의 차등에 사용된 파라미터 값 $k=4$ 를 사용하였다.

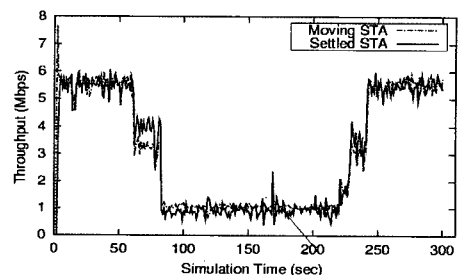


그림 5. 영역 별 CW 변화가 없는 경우의 서비스 처리량

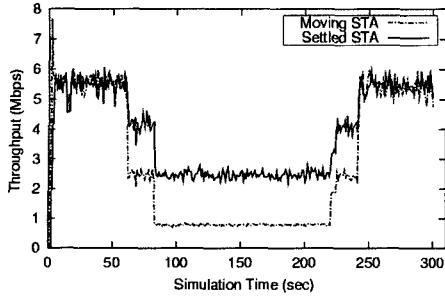


그림 6. 영역 별 CW 변화(k=4)가 있는 경우의 서비스 처리량

먼저 그림 5의 결과를 살펴보면, 단말이 전송 중에 각 영역 별로 이동하게 되면 평균 서비스 처리량이 변하는데 이것은 데이터 전송속도가 수신 전력의 세기에 따라 달라지기 때문이다. 또 단말 한 개가 채널 상태가 나쁜 2 Mbps 전송영역에 위치할 경우에도 모든 단말들이 동등한 채널 액세스 권한으로 데이터 전송을 시도하며, 일단 어느 한 단말이 전송 중이면, 11 Mbps로 전송할 수 있는 단말도 전송 중인 단말이 전송을 완료할 때까지 기다려야 한다. 그래서 모든 단말에 대하여 본 연구에서 정의한 성능평가 척도, 평균 서비스 처리량을 계산해보면 서로 비슷함을 알 수 있다. 즉, 특정 단말이 영역 B나 C에 머무는 동안에는 영역 A에 머무는 단말도 전송속도가 감소함을 확인할 수 있었다. 한편 본 연구에서 제안한 영역 별 채널 액세스 권한을 달리 적용한 경우의 결과를 그림 6에 나타내었다. 그림 6 결과에 의하면 이동 단말의 평균 서비스 처리량은 거의 변함이 없지만 이동 단말이 영역 B나 C에 머무는 동안에도 영역 A에 머무는 단말의 평균 서비스 처리량이 많이 개선됨을 알 수 있으며, 이를 통해 시스템 전체의 성능이 향상됨을 확인할 수 있었다. 이것은 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용할 경우, 열악한 채널상태를 갖는 단말의 데이터 전송시도를 억제하고 채널상태가 양호한 단말의 전송기회를 높여줌으로써 얻은 결과이다.

시나리오 2는 본 논문에서 두 번째로 제안한 L_i 를 이용한 알고리즘을 성능평가하기 위한 절차로서, T_{mean} 값을 0.1초로 하여 시물레이션을 수행하였다. 해당 단말이 이동 중에 데이터를 전송하면 영역 A에서 정지해 있는 단말 역시 평균 서비스 처리량에서 영향을 받는다는 것을 시나리오 1의 결과를 통해 확인하였다. 따라서 시나리오 2에서는 수신신호 세기에 따라서 1차로 전송권리를 차등화한 것과 더불어 데이터 전송 중 식 (4)을 사용하여 L_i 을 계산한 뒤, 식 (6)에 따라서 CW값을 다시 조정한다. 그

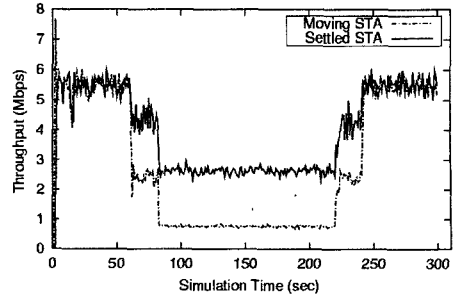


그림 7. L_i 알고리즘 적용에 따른 이동 단말과 정지 단말의 서비스 처리량

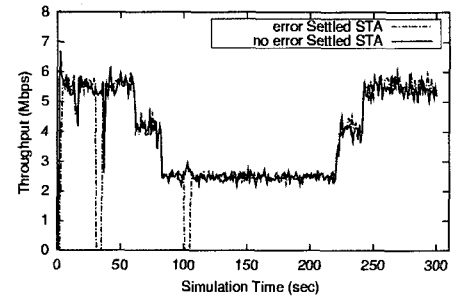


그림 8. 영역 A의 오류 단말과 오류 없는 단말의 서비스 처리량(알고리즘 적용 하지 않은 경우)

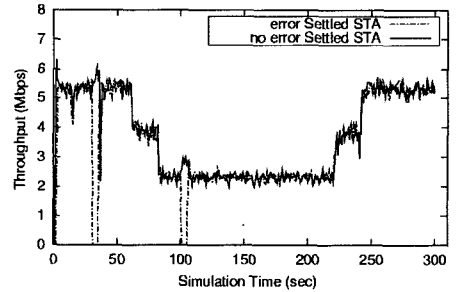


그림 9. 영역 A의 오류 단말과 오류 없는 단말의 서비스 처리량(알고리즘 적용한 경우)

림 6과 그림 7의 결과를 비교해보면, 이동 단말이 전송 속도가 낮은 영역으로 이동하는 시간대에서 영역 A에 머무르고 있는 단말의 평균 서비스처리량이 증가하는 것을 알 수 있다. 그리고 이동 단말의 평균 서비스 처리량은 그림 6과 비교하여 별 차이가 없으며, 영역 A에서 11 Mbps 전송속도로 전송하는 정지 단말들의 전체 서비스 처리량이 증가하기 때문에 시물레이션 시간 동안 모든 단말들의 전체 평균 서비스 처리량은 T_{mean} 시간 당 0.22809Mbits 정도 증가함을 확인할 수 있었다.

시나리오 3에서는 수 초 범위에서 채널 오류가 발생하여 서비스를 제대로 수행하지 못하는 단말이 존재하는 환경에서 본 논문에서 제안한 알고리즘을

적용했을 경우의 성능을 살펴보기 위함이다. 다른 조건은 시나리오 1, 2와 동일하며, 시뮬레이션 동안 영역 A에 위치한 한 개의 단말이(그림 8, 9에서 error settled STA) 뜻하지 않은 사유로 30초에서 35초, 100초에서 105초 동안 채널상태가 갑자기 악화되어 전혀 서비스를 수행하지 못한다고 가정하였다. 그림 8은 알고리즘을 적용하지 않은 경우로서 영역 A에 위치한 두 종류 단말들의 평균 서비스 처리량을 나타낸 것이고, 그림 9는 본 연구에서 제안한 알고리즘(식 (5)의 세 번째 기법)을 적용한 경우에 대하여 영역 A의 오류가 없는 단말(settled STA)과 영역 A에 위치한 수 초 동안 전송오류가 발생한 단말(error settled STA)의 서비스 처리량 나타낸 것이다.

알고리즘을 적용하지 않은 경우에는(그림 8 참조) 수 초 동안 오류가 발생한 단말이 오류가 발생한 기간에 서비스를 제대로 수행하지 못함에도 불구하고 계속 데이터 전송을 시도함에 따라 이동 단말이나 영역 A에 머무르는 정지한 단말들의 데이터 전송에 악영향을 미친다. 이러한 현상은 100~105초 동안보다 30~35초 더욱 심각하게 발생하는데 그 이유는 처음 30~35초 동안에는 모든 단말이 11Mbps 영역에서 서비스를 수행하기 때문에 재전송을 위해 백오프 과정을 실행함에 있어서 CW값이 작기 때문에 충돌이 더욱 심각하게 발생한다. 반면, 100~105초 기간에는 이동 단말이 2Mbps 영역에 위치하기 때문에 이동 단말의 CW값이 11Mbps 영역에 있는 단말들의 CW값보다 크기 때문에 전송권한에서 차이가 발생하게 되고, 따라서 충돌확률이 감소하게 됨으로써 평균 서비스 처리량이 증가하게 되는 것이다. 그러나 알고리즘을 적용하였을 경우 수 초 동안 채널 오류가 발생한 단말은 해당 기간 동안 CW값을 CW_{max}로 설정하고 경쟁에 참여하기 때문에 충돌 확률이 현저히 줄어들어 채널 오류가 없는 단말의 평균 서비스 처리량이 그림 9에서 보는 바와 같이 30~35초 와 100~105초 동안 더욱 증가하게 된다.

V. 결론

기존 IEEE 802.11e EDCF 기법은 단지 트래픽의 타입에 따라 채널 액세스의 우선순위에 차이를 주어 차별화된 서비스를 제공하는 표준으로 기존 DCF에 비해서 다양한 QoS를 보장하고 있다. 한편 무선 통신에서는 자원이 제한되어 있기 때문에 서

비스 처리량을 증가시키는 것도 매우 중요한 과제이다. 이러한 요구사항을 달성하기 위하여 본 연구에서는 IEEE 802.11e EDCF 기법에서 서비스 처리량을 더욱 증가시킬 수 있는 기법을 제안하고 시뮬레이션을 통해서 성능평가를 수행하였다.

기존 연구결과와 달리 수신신호의 세기에 따라서 전송 속도를 다르게 설정하였고, 수신신호의 세기에 따라 CW값을 다르게 설정함으로써 충돌확률을 감소시켜 전체 평균 서비스 처리량을 개선시킬 수 있음을 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 그리고 현재 전송속도를 T_{mean} 시간 동안의 유효데이터 전송속도로 나눈 L_s 값을 이용하여 CW를 추가적으로 제어하는 알고리즘을 적용함으로써 평균 서비스 처리량을 더욱 증가시킬 수 있음도 확인하였다.

차후 연구에서는 채널 상태와 다양한 트래픽 타입에 따라 공정성을 제공할 수 있는 스케줄링 기법에 대한 연구를 진행할 계획이다.

참고 문헌

- [1] IEEE Std. 802.11-1999, *Part 11: Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specification, IEEE Std. 802.11, 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] IEEE Std. 802.11a WG, *Part 11: Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specification: High-speed Physical Layer in the 5 Hz band, September 1999.*
- [4] S. McCanne and S. Floyd, "NS network simulator", version 2.27, <http://www.isi.edu/nsnam/ns>.
- [5] IEEE Std. 802.11b, *Supplement to Part 11: Wireless LAN medium access control(MAC) and physical layer(PHY) specifications: higher-speed physical layer extension in the 2.4 GHz band, IEEE Std. 802.11b-1999, 1999.*
- [6] 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.

[7] 김종덕, "IEEE 802.11e EDCF 성능 분석과 평가," 한국통신학회논문지, 제29권 12A호, pp. 1356-1366, 2004년 12월.

[8] D. J. Deng and R. S. Chang, "A priority for IEEE 802.11 DCF access method," IEICE Trans. Commun, vol. E82-B, No. 1, January 1999.

[9] S. Mangold et al., "IEEE 802.11e wireless LAN for quality of service," in Proc. of European Wireless'2002, February 2002.

[10] W. Pattara, P. Krishnamurthy and S. Banerjee, "Distributed mechanisms for quality of service in wireless LANs," IEEE Wireless. Commun. Mag., pp. 26-34, June 2003.

[11] A. Banchs, A. and X. Perez, "Distributed weighted fair queuing in 802.11 wireless LAN," in Proc. of IEEE ICC'2002, April 2002.

[12] S. Choi et al., "IEEE 802.11e contention-based channel access(EDCF) performance evaluation," in Proc. of IEEE ICC'2003, pp. 1151-1156., May 2003

[13] 전형익, 장재신, "IEEE 802.11e 무선 LAN에서 EDCF 기법 성능 분석," 한국해양정보통신학회 2005년도 춘계종합학술대회, 부산외국어대, pp. 528-532, 2005년 5월 27일

[14] 전형익, 장재신, "IEEE 802.11e 무선 LAN 시스템에서 Throughput 증대를 위한 패킷 스케줄링 기법 연구," 한국해양정보통신학회 2005년도 추계종합학술대회, 배재대학교, pp. 421-425, 2005년 10월 28일

[15] T. S. Rappaport, Wireless communications: principles and practice, 2 ed., Prentice Hall PTR, pp. 120-125, 2002.

장 재 신 (Jaeshin Jang)

정회원



1990년 2월 동아대학교 전자공학과 학사
 1992년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 석사
 1998년 2월 한국과학기술원 전기및전자공학과 박사

1997년 7월~2002년 2월 (주)삼성전자 네트워크사업부 책임연구원
 2002년 3월~현재 인제대학교 공과대학 정보통신공학과 조교수
 <관심분야> 이동통신망, 무선 랜, 무선인터넷, 센서네트워크, QoS control in wireless networks

전 형 익 (Hyung-ik Jeon)

정회원



2003년 2월 인제대학교 정보통신공학과 학사
 2005년 8월 인제대학교 전자정보통신공학과 석사
 2005년 8월~현재 (주)케이벨 근무

<관심분야> Wireless LAN, VoIP