

IEEE 802.11e에서 트래픽 특성에 따른 QoS 지원을 위한 스케줄러

The Scheduler to Support QoS according to traffic characters for IEEE 802.11e

한중수, 오영환

Jongsoo Han, Younghwan Oh

Abstract - 최근 무선 랜의 상용화에 따른 다양한 어플리케이션들이 제공되고 있다. 이 중 대용량 멀티미디어 트래픽을 사용한 다양한 서비스가 제공되고 있는데, 이들에 대한 QoS 보장을 위한 다양한 기법들이 제안되고 있다. 기존의 802.11 에서는 CSDP 스케줄러를 이용하여 각각의 MH로 보내지는 데이터에 대한 QoS를 보장하기 위해 노력하였고, WG(Working Group) e가 만들어 지면서 보다 상세하게 데이터 트래픽에 대한 QoS를 더 연구하게 되었다.

본 논문에서 제안하고자 하는 스케줄러는 IEEE 802.11에 CSDP (Channel State Dependent Packet) 스케줄러의 LSM(Link State Monitoring)의 개념과 IEEE 802.11e에서 제안하고 있는 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 방식과 HCCA (HCF Controlled Channel Access) 방식이 결합되어 있는 스케줄러에 실제 스케줄링이 이루어지는 PHY Queue에 가기 전 대기하는 Queue에 가상 큐를 적용하여 트래픽 특성을 고려하고, bad가 발생하는 링크로 가는 트래픽에 대해서는 임시 큐에 저장한 후에 링크가 good 상태가 되면 전송함으로써 보다 높은 QoS를 제공하며, 전체 시스템의 효율을 향상시키는 스케줄러를 제안하고자 한다.

Key Words : IEEE 802.11e : QoS : Scheduler

1. 서론

최근 인터넷 관련 통신 기술의 발달과 컴퓨터 보급의 증가에 따라 인터넷을 이용하는 사용자 계층이 다양해지고 있으며, 인터넷 사용자들의 멀티미디어 데이터 서비스의 요구가 급증하고 있다[1]. 하지만 모바일 사용자들의 만족할 만한 서비스 연결을 위한 트래픽 특성에 따른 QoS를 만족시켜야 한다는 점은 아직까지 과제로 남아있다. 이러한 문제를 해결하기 위해 802.11 위원회에서는 WG e를 만들어 무선 환경에서 다양한 데이터 트래픽에 대한 QoS를 보장하기 위한 라우팅 기법들과 MH(Mobile Host)의 이동에 대처할 수 있는 방법, 그리고 무선 환경에서 각종 프로토콜들의 성능향상을 위한 여러 기법들이 제안 되고 있다[2].

무선 네트워크에서 TCP성능을 향상시키기 위한 여러 방안 중에서 무선 채널을 통합하여 관리하는 BS(Base Station)에서의 버퍼링 문제와 스케줄러에서 채널 할당 시에 공평성이나 스케줄러 내부의 큐(Queue) 이용률이 감소하는 단점이 발생하였다. 또한 MH의 수가 수시로 변하게 되는 경우에 버퍼할당을 주기적으로 하는 문제가 발생하며 동시에 많은 호스트가 이동할 경우 버퍼의 이용률이 낮아질 수 있다는 단점을 가진다[3]. 이를 해결하기 위한 다른 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위해 링크상태를 미리 예측해서 HOL에 있

는 패킷이 bad 상태인 링크로 향할 경우 별도의 큐에 임시로 저장한 후에 처리하는 방안을 제안하고 있으나, 실시간 데이터 트래픽의 경우에는 적합하지 못하다[4][5].

본 논문에서는 기존의 알고리즘의 FIFO 큐 장점을 가지면서 물리 큐를 가상으로 나누고, LSM을 이용한 링크 상태를 확인하여 bad 상태의 링크로 향하는 트래픽에 대해서는 임시 큐에 저장하고 전송함으로써, 네트워크 내에 버스트 에러가 발생하는 링크가 존재하여 시스템에 효율을 떨어뜨리는 것을 방지하고, 각 트래픽 특성에 따른 QoS를 보장할 수 있는 스케줄러를 제안하고자 한다.

본 논문은 2장에서 IEEE 802.11e에서 제안되고 있는 기존의 스케줄러를 소개하며, 3장에서는 제안하는 스케줄러를 제시한다. 4장에서는 기존의 스케줄러와 제안하는 스케줄러의 성능을 평가한 후 5장에서 결론을 맺는다.

2. IEEE802.11e에서의 제안하고 있는 스케줄러

현재의 IEEE 802.11 MAC 계층 규격에서 정의된 접속 방식인 DCF나 PCF는 다양한 QoS 요구 사항을 만족하지 못한다. QoS 향상 목적으로 IEEE 802.11e가 새로 제안한 채널 접속 방식은 HCF(Hybrid Coordination Function)이다. HCF는 EDCA 라는 경쟁기반의 채널 접속 방식과 폴링 방식을 함께 사용한다. EDCA는 기존의 DCF를 보완한 것으로 8개의 트래픽 카테고리(TC)별로 IFS와 CWmin을 다르게 함으로써 TC별로 서비스를 차별화하기 위한 방식이다. HCF 폴링방식인 HCCA는 트래픽 규격요소를 이용하여 TC별로 서비스 수준을 정의하고 이를 바탕으로 HC(Hybrid

저자 소개

* 韓宗樹 : 光云大學教 電子通信工學科 博士課程

** 吳英煥 : 光云大學教 電子通信工學科 正教授 · 工博

Coordination)가 정의된 수준에 맞는 폴링을 각 MH별로 실시하게 한다. 즉 MH에서 트래픽 형식에 따라 traffic specification (TSPEC) signal을 통해서 서비스 수준 setup을 AP에 요구하게 되며, AP는 Transmission Opportunity (TXOR)을 통해 polling을 하게 된다. 또한 음성과 같은 시간 지연에 민감한 서비스를 위해서는 ACK 프레임의 전송을 하지 않을 수도 있게 함으로써 실시간 서비스에 보다 적합하도록 하였다. 그림 1은 이를 모델링한 스케줄러다.

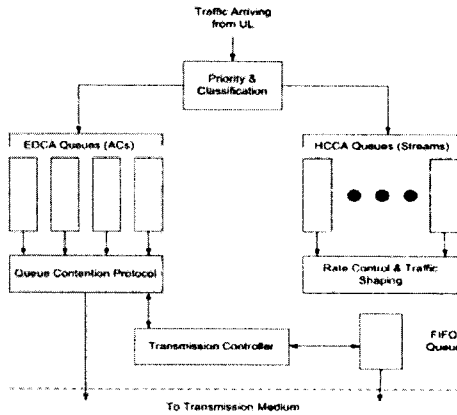


그림 1. IEEE 802.11e에서 제안하고 있는 스케줄러

3. 제안하는 스케줄러

제안하는 스케줄러는 기존에 제안되고 있는 스케줄러에 그림 2처럼 가상적으로 하나의 큐를 더 두어 bad 상태로 향하는 링크에 대한 데이터를 임시로 저장하게 함으로써 버스트 에러가 발생하더라도 전체 시스템의 효율을 보장하고 각 트래픽 특성에 따른 QoS 지원을 용이하게 하고자 한다. 유선 단에서 들어오는 데이터들은 먼저 컨트롤러를 거치게 된다. 이 컨트롤러는 ATM에서 사용하는 토큰 버킷을 응용하여 가상 큐와 프로세서에서 발생하는 지연시간을 최소화 시키고 데이터에 대한 우선순위와 TC를 판별하고 MH의 링크상태를 고려하여 가상 큐로 보내주게 된다. 여기서 링크상태를 고려하는 것은 버스트 에러가 발생하게 되면 그 MH를 비롯한 현재 서비스를 제공하고 있는 AP(Access Point)에 접속되어 있는 모든 MH가 서비스를 받지 못하므로 이에 대비한 것이다. LSM에서 각 링크의 상태 정보는 BS에서 목적지 MH로의 링크 별 벡터 형태로 저장된다. 그리고 전송하고자 하는 트래픽의 성격에 따라 실시간 전송을 보장하는 데이터와 비 실시간 데이터로 나눈다. 각 패킷의 헤더에는 실시간 전송을 지원하는지 아닌지를 판단하는 비트를 포함하며, 실시간 전송을 보장하는 데이터의 경우 비 실시간 데이터 보다 높은 우선순위를 갖는다.

실시간 전송을 요구하는 데이터는 컨트롤러로부터 우선순위를 부여 받아 자신에게 할당된 슬롯 사용하여 BS에 위치한 실시간 트래픽 버퍼를 통하여 패킷을 우선적으로 전송한다. 만약 실시간 데이터에서 burst error가 발생하면 그 데이터는 폐기 시킨다. 반면에 비 실시간 데이터는 비 실시간 트

래픽 큐인 EDCA 큐와 임시 버퍼를 사용하며, 전송하려는 패킷이 Bad 상태인 링크로 향하지 않는 경우, FIFO 스케줄링 방식과 동일하게 패킷을 전송한다. 만약 HOL에 있는 패킷이 bad 상태인 링크로 향할 경우에는 그 패킷을 임시 버퍼에 저장해 놓고, 다음에 있는 패킷을 전송함으로써 HOL 블로킹으로 인한 지연을 막을 수 있다. 임시 버퍼에 저장된 패킷은 링크의 평균 bad 상태 시간을 적용하여 다시 전송 한다. 이 방식은 확률적으로 평균 bad/good 상태를 고려하여 전송하는 방식으로, 링크가 bad인 상태에서 전송 되어지는 패킷은 손실될 확률이 크므로 링크가 good 상태로 바뀐 후 패킷을 전송한다. 따라서 이러한 방식으로 패킷을 전송하게 되면 burst error에 의한 HOL 블로킹을 줄일 수 있으며 실시간 데이터에 대해서도 처리가 가능하다.

패킷의 폐기는, 큐의 평균길이에 따라 변하는 확률 값을 기반으로, 확률적으로 결정된다. 이렇게 확률적인 폐기선택에 따라서 트래픽 손실을 분산시켜, global synchronization이 발생하는 것을 줄이고 있다.

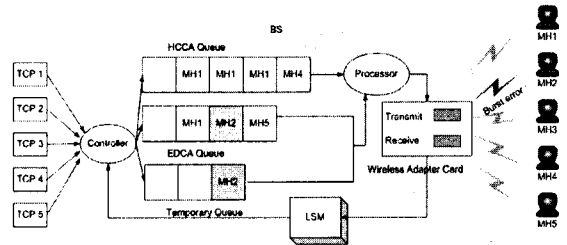


그림 2. 제안하는 스케줄러

4. 성능비교 및 평가

4.1 성능 평가 모델링 및 가정사항

성능 비교 및 평가에서는 제안하고 있는 스케줄러의 성능을 IEEE 802.11의 스케줄러인 FIFO 스케줄러와 IEEE 802.11e에서 제안하고 있는 스케줄러와 비교하여 성능을 평가하고 이에 대한 고찰을 하고자 한다.

제안하는 스케줄러의 성능평가는 그림 3의 모델링을 통해서 알아보고자 한다. 10개의 TCP노드에서 MH로 보내지는 데이터와 실시간을 요구하는 데이터의 발생은 Poisson분포를 따르며 각 데이터가 컨트롤러에서 버퍼로 이동시에 발생하는 지연은 없다고 가정한다. 만약 버퍼용량이 초과된 상태에서 들어오는 데이터에 대해서는 폐기 시킨다. 버스트 에러 상태의 손실률은 0.8로 가정하며, good 상태의 손실률은 0.0이라고 가정한다. 또한 ACK가 오지 않았을 때의 재전송 시도 횟수는 최대 10번으로 가정하고 10번 이후에는 그 패킷은 폐기한다. 패킷 사이즈는 1500byte로 고정을 하며, 최대 윈도우 사이즈는 65535byte로 가정한다. 그리고 유선 링크 대역폭은 10Mbps로 하고, 무선 링크 대역폭은 IEEE 802.11 표준에 따라 1Mbps로 한다. 또한 MH로 전파되는 지연 시간은 없다고 가정하고, 성능 평가를 하였다. 각각의 가상큐에 대한 RED 파라미터는 표 1로 정리해 놓은 파라미터 값을 사용하여 성능평가를 하였다.

표 1. 성능 평가에서 사용한 RED 파라미터 값

물리큐 크기 50		
EDCA 가상 큐	HCCA 가상 큐	임시 큐
Max_th = 20	Max_th = 25	Max_th = 5
Min_th = 7	Min_th = 8	Min_th = 3
W_que = 0.002	W_que = 0.002	W_que = 0.002
Max_p = 0.1	Max_p = 0.1	Max_p = 0.1

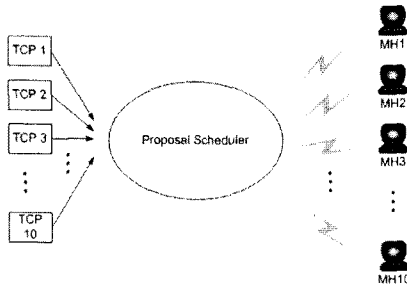


그림 3. 성능 평가에 사용된 스케줄러 모델

4.2 성능 평가 및 고찰

그림 3의 성능평가 모델을 바탕으로 제안하는 스케줄러가 버스트 에러에 어떤 영향을 받고 있는지에 대한 성능을 평가해 보고, 네트워크 부하에 따른 전송 효율은 얼마나 되는지 FIFO 스케줄러와 CSDP 스케줄러의 성능과 비교해 보았다.

그림 4는 제안하는 스케줄러가 버스트 에러가 100ms가 발생했을 때의 평균 전송 종료시간을 나타내고 있다. 비교하고 있는 2개의 스케줄러와 마찬가지로 MH의 수가 증가하면서 전체적으로 시간이 증가하는 것을 볼 수 있으나, 일정한 MH 수 이상일 때는 점차 일정한 시간에 종료하는 것을 볼 수 있다. 제안하는 스케줄러가 FIFO 스케줄러에 비해서는 매우 좋은 성능을 보여주고 있으며, CSDP 스케줄러에 비해서도 매우 안정적인 좋은 성능을 보여주고 있다. 즉, 평균 전송 종료시간이 짧다는 것은 실시간 데이터 트래픽과 비실시간 데이터 트래픽을 분리해서 각각의 큐에서 RED를 사용해서 처리해 주기 때문에 어떠한 데이터 트래픽이 전송된다고 하더라도 그 데이터에 대해서 안정적으로 서비스를 해 줄 수 있다는 것을 의미하는 것이고, 특히 버스트 에러가 100ms가 발생한 상태라고 가정했으므로 매우 좋은 성능을 보여주고 있다.

그림 5에서는 네트워크 부하에 따른 효율 비교를 하기 위해 load를 0.1~1.0까지 변화해 가며 각 스케줄러의 처리량을 확인해 보았다. 그림에서 볼 수 있듯이 다른 2개의 스케줄러보다 R-CSDP 스케줄러가 높은 네트워크 부하에서 더 나은 효율을 보임을 알 수가 있다. 이는 BT값의 차이에 의해 생성된 결과로 경쟁에서 진 노드들의 BT값의 차이에 의해 나타난 결과이다.

또한 실시간을 요구하는 데이터가 존재하는 경우, 제안하고 있는 스케줄러는 패킷을 전송함에 있어서 HOL문제를 해결하며, 미리 예측된 정보를 사용하고 실시간 데이터에 대한 스케줄링을 수행해줌으로써 전체적으로 약 평균 2~3% 정도

의 지연 이득을 볼 수 있었다.

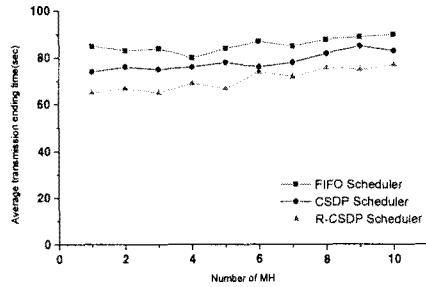


그림 4. 버스트 에러가 100ms일 때의 전송률

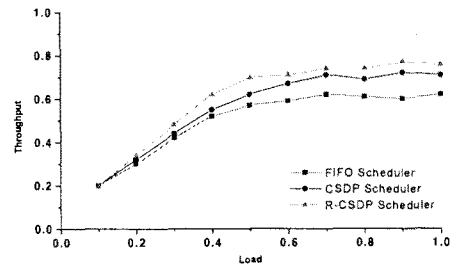


그림 5. 네트워크 부하에 따른 효율 비교

5. 결론

본 논문에서는 BS내의 Buffer를 가상적으로 실시간 트래픽 버퍼, 비 실시간 트래픽 버퍼로 구분을 하여 각각의 트래픽의 패턴에 따라 적절한 대역폭을 할당해주고, 링크 상태를 고려한 임시버퍼를 들으로써 FIFO 큐 방식에서 보였던, 하나의 MH에서 발생한 Burst 에러에 의해서 야기되어지는 HOL 블로킹으로 인하여 에러 없는 MH의 처리율까지 감소시켜 대역폭 할당에 있어서 불공평성까지 발생시키므로 전체 MH의 성능을 저하시키는 문제점과, CSDP 방식을 적용 했을 때의 MH의 수가 수시로 변하게 되는 경우에 따라서 버퍼의 이용률이 낮아질 수 있다는 단점을 해결할 수 있었다. 또한 미리 예측된 정보를 사용하여 실시간 데이터에 대한 스케줄링을 수행해 줌으로써 또 다른 채널 상태 예측을 통한 스케줄링 알고리즘에서 보였던 실시간 데이터 트래픽 자원이 불가능하다는 것을 해결함으로써 보다 좋은 성능의 스케줄러를 제안하였다.

하지만 성능평가에서 본 것처럼 MH의 수와 모든 데이터 트래픽의 데이터 전송 완료 시간에 대한 성능평가와 load에 대한 throughput을 이용한 네트워크 부하에 따른 효율 비교는 다른 기존의 스케줄링에 비해 평균적으로 2~3% 정도의 성능 향상을 보였으나, 이 성능평가만으로 본 논문에서 제안하는 스케줄러의 성능을 완벽하게 증명하지 못했다. 따라서 이 부분의 보완이 이루어진다면 무선 LAN에서 최근 이슈화 되고 있는 다양한 서비스 지원을 위한 QoS 보장과 함께 비

스트 애러 발생에 따른 시스템 효율 저하가 발생하는 부분도 보완하면서, 대용량의 실시간 멀티미디어 트래픽에 대해서 서비스를 할 수 있고, 보다 다양한 실시간을 요구하는 응용 서비스 또한 지원할 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] 이명호, 서무경, "무선 인터넷 서비스의 동향과 과급효과", SKT Telecommunication Review, 10권 6호, pp. 1111-1123, 2001.
- [2] *Chumlei Liu, Raj Jain*, "Using Congestion Coherence to Enhance TCP over Wireless Links," IEEE/ACM Transactions of Networking, June, 2001
- [3] *Y.Kwon, Y.Fang and H.Latchman*, "A novel MAC protocol with fast collision resolution for wireless LANs", INFOCOM 2003. Twenty-Second Annual Joint Conference of the IEEE Computer and Communications Societies. IEEE, Volume: 2, 30 March-3 April 2003
- [4] *P.Bhangwat, P.Bhattacharya, etc.*, "Enhancing throughput over wireless LANs using Channel State Dependent Packet Scheduling," IEEE INFOCOM '96, Volume: 3, pp. 1133-1140, Mar 1996
- [5] *Lim, L.W. Malik, R. Tan, P.Y. etc.*, "A QoS Scheduler for IEEE 802.11e WLANs", CCNC 2004. First IEEE, Jan. 2004, pp. 199 - 204
- [6] IEEE Std 802.11-2001, "IEEE Standard for Local and Metropolitan Area Networks-Part 11 : Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems- Wireless Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications," Nov. 1997.