

멀티미디어 트래픽의 End-to-end QoS 보장을 위한 IEEE 802.11 WLAN MAC-layer의 설계

김성관[○], 강상욱, 안순신

고려대학교 전자공학과

{skim, klogic, sunshin}@dsys.korea.ac.kr

A Design of the IEEE 802.11 WLAN MAC-layer to Guarantee the End-to-end QoS of 멀티미디어 트래픽

Sungkwan Kim[○] Sangwook Kang Sunshin An
Dept. of Electronic Engineering, Korea University

요 약

본 논문에서는 IEEE 802.11 WLAN^[1]에서 QoS를 제공하기 위해 새로운 MAC-layer 구조를 제안한다. 주요 특징으로는 향후 Core Network의 모델로서 제시되고 있는 DiffServ 구조의 특징들을 WLAN에 적용하는 것을 들 수 있으며, 이를 통해 다양한 종류의 멀티미디어 트래픽에 적용될 End-to-end QoS를 보다 효율적 보장하고자 한다.

DiffServ에서 제시되고 있는 Expedited, Assured forwarding과 일반적인 Best-effort traffic에 대한 service 차등화 기법을 WLAN에서 적용하기 위해 기존 MAC layer에서의 DCF, PCF 대신 EDWM(Extended DiffServ in WLAN MAC)이라는 새로운 MAC-layer 구조를 제시한다. 이를 통해 시간지연에 민감한 Expedited forwarding과 대역폭의 보장을 필요로 하는 Assured forwarding의 요구 사항(QoS)을 효율적으로 보장할 수 있다. 이에 더하여 기존의 인프라(infrastructure)인 IEEE 802.11b 환경의 DCF와 이를 통하여 service를 제공받는 일반적인 Best-effort traffic을 위한 backward compatibility 보장 방안을 제시한다.

1. 서 론

DiffServ^{[2][3]}는 다양한 QoS(Quality of Service)를 탄력적으로 보장할 수 방법을 제공하는 차세대 인터넷 망 모델이다. 그러나 DiffServ 기술을 논할 때, 종종 end-to-end QoS를 보장하지 못하는 점이 단점으로 대두된다. 한편 IEEE 802.1D 표준은 QoS 개념을 LAN(Local Area Network)으로 확장했지만, 아직까지 DiffServ와의 효율적인 연동에 대해서는 명확한 해답을 제시하지 못하고 있다.

현재 상용화되어 있는 IEEE 802.11b WLAN^[4]의 경우, 그 속도(최대 11Mbps)와 무선의 편의성 때문에 많은 주목을 받고 있으며, 이미 인터넷 통신의 주요한 수단으로서 빠르게 자리잡고 있다. 그러나 현재 상용화 중인 IEEE 802.11b에서는 표준상의 DCF(Distributed Coordination Function)만을 제공하며, 음성(voice traffic) 등의 다양한 멀티미디어 트래픽의 QoS를 보장하기 위해 고안된 PCF(Point Coordination Function)는 제공되지 않고 있다.

그러나 PCF는 CFP(Contention Free Period) 동안의 매체 접속(media access)에 관련된 모든 작업을 AP(Access Point)가 전적으로 통제하기 때문에, OBSS(Overlapping BSS)이라 불리는 BSS간의 중첩이 발생할 때, 통제가 불가능해진다는 단점을 지니고 있다. 또한 CFP 동안 beacon frame이

전송되는 시간에 대한 delay의 범위를 예측 불가능하다는 단점을 지니고 있어, 시간지연에 민감한 트래픽(time-bound frame)은 이에 대해 심각한 영향을 받을 수 있게 된다. 이처럼 기존의 802.11 WLAN은 다양한 멀티미디어 트래픽을 효율적으로 처리하기에는 아직도 많은 문제를 안고 있다.

본 논문에서는 DiffServ Architecture에서 제시되고 있는 다양한 종류의 멀티미디어 트래픽과 이들의 QoS 정책을 현재의 IEEE 802.11b WLAN에서 보장할 수 있는 새로운 MAC-layer 모델을 제시한다. 또한 이를 통해 아직까지도 그 효율성 문제에 대해 다양한 논의가 이뤄지고 있는 WLAN의 멀티미디어 트래픽 수용 능력(capability)을 향상시키고자 한다.

2. 관련 연구

2.1. Legacy MAC

IEEE 802.11 WLAN에서의 MAC layer는 CSMA/CA(Carrier Sense Multiple Access/Collision Avoidance) 기법을 사용하는 DCF와 AP(Access Point)를 이용한 충돌 회피(contention-free) 기법을 사용하는 PCF로 이루어진다. 음성 traffic과 같은 멀티미디어 트래픽을 효율적으로 처리하기 위해, 앞서 논한 DCF와 PCF operation을 혼용하여, 이기종 채널 접속 절차(hybrid channel access mechanism)를 따른다.(그림 1.)

Link의 load가 큰 경우, 즉 전체적인 channel utilization rate 이 높은 경우에는 channel access scheduling이 전적으로 PCF에 의해 수행 되는데, 이를 통해 collision 등으로 발생할 수 있는 대역폭의 낭비를 크게 줄일 수 있는 장점을 갖게 된다. 그러나 PCF operation을 위해서는 reservation packet, polling, beacon frame 등의 사용이 불가피한데, 이러한 overhead transmission은 data-rate이 증가할수록 멀티미디어 트래픽의 QoS 보장을 더욱 어렵게 만든다.

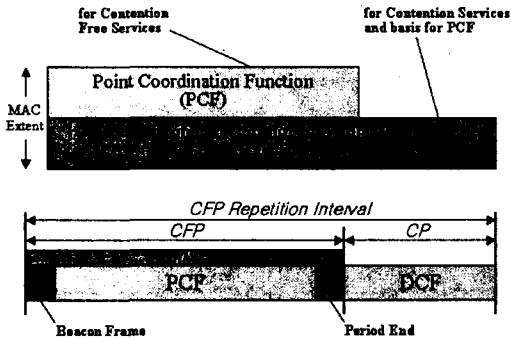


그림 1. IEEE 802.11 MAC architecture and operation

2.2. Service Classes in Differentiated Service Architecture

IETF에서 제시되고 있는 DiffServ architecture는 scheduling 을 위한 service class와 그 특징을 다음과 같이 제시한다.

- Premium Service - low delay and low jitter
- Assured Service - bandwidth
- Best Effort - no guarantees

그림 2.는 Core network의 DiffServ router에 구현되어 있는 forwarding 정책(strategy)을 간략하게 묘사하고 있다. traffic separator는 delay와 jitter에 민감한 expedited traffic, 즉 Premium service를 다른 traffic 보다 우선적으로 forwarding 하기 위해 선별 역할을 수행한다. traffic dropper에서 처리되는 assured 및 best-effort traffic은 각각 Assured, Best-effort Service에 해당하며, traffic dropper는 assured traffic에 적절한 양의 대역폭을 할당해주기 위해 현재 link capacity를 고려하여, 필요에 따라 특정 traffic을 drop시킨다.

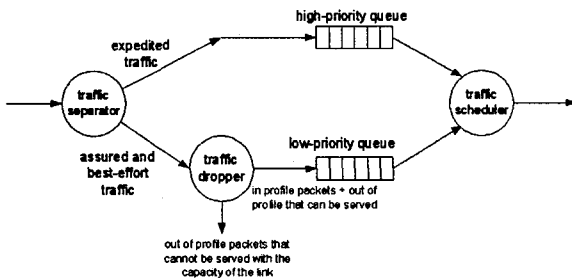


그림 2. forwarding strategy in DiffServ routers

3. EDWM (Extended DiffServ in WLAN MAC)

본 논문에서는 DiffServ architecture의 service model을 IEEE 802.11 WLAN MAC-layer에 적용하는 새로운 개념의 MAC-layer를 제시한다. fully distributed channel access mechanism, DiffServ architecture service model, shorten contention window, 그리고 Black burst 등의 기술을 이용하며, 이들의 효율적인 융합을 통해 멀티미디어 트래픽의 QoS 를 보장하는 새로운 MAC-layer 구조를 제시한다.

3.1. Fully Distributed Channel Access Mechanism

앞서 논의했던 polling time, beacon frame의 전송, reservation packet의 사용 등으로부터 야기되는 기존 PCF의 단점을 피하기 위해 전적으로 분산된 제어 환경, 즉 fully distributed channel access mechanism을 고려한다.

3.2. Service Models in DiffServ Architecture

앞서 제시한 DiffServ Architecture에서의 service class를 IEEE 802.11 WLAN MAC-layer에 효과적으로 적용하기 위해 service class 별로 다음과 같은 정책을 따른다.

● Premium Service

Voice traffic 등의 time-sensitive 특성의 트래픽은 delay와 jitter를 최소화 해야 하므로, 다른 traffic에 대해 가장 앞서는 우선 순위를 가져야 한다. 때문에 기존의 WLAN에서의 IFS(Inter-Frame Space) 중에서 그 시간 간격이 가장 짧은 PIFS(PCF IFS)를 Premium Service를 위해 사용한다. 한편 여러 개의 Premium service STA이 존재할 경우, 발생할 수 있는 admission control의 문제, 즉 어떤 Premium service STA이 먼저 channel에 접속할 수 있는 지에 대한 contention resolution 문제가 발생하게 되는데, 이에 대한 해결책으로 Black Burst algorithm [5]을 사용한다. 다양한 종류의 contention resolution 방법들 중 Black burst를 고려한 이유는 잔여 충돌율(residual collision rate)이 다른 algorithm에 비해 현저히 낮은 값을 갖기 때문이다. [6]

● Assured Service

현재의 DCF와 같은 분산 환경에서의 대역폭 보장은 CW(Contention Window)의 크기와 직접적인 관계가 있다. 무선 환경의 특성상 Assured service와 Best-effort service 를 구분하기 위해서는 Assured service를 위한 특별한 shorten contention window 방법이 제시되어야 한다. 본 논문에서는 기존의 DCF CW 크기에 비해 상대적으로 그 크기가 작도록 Assured service를 위한 CW 크기를 고려한다. 이를 통해 Assured service를 제공받는 traffic이 Best-effort service를 받는 traffic에 비해 channel을 점유할 수 있는 확률이 높아지며, 이를 통해 Assured service를 위한 QoS를 달성할 수 있게 된다. 표 1.은 기존 MAC과 EDWM 에서 사용하는 CW 크기에 대한 수식을 보여준다.

표 1. CW (Contention Window) size의 비교

legacy MAC	$CW = RAND\{ 0, \min(2^n-1, CW_{max}) \}$
EDWM	$CW = RAND\{ 0, \min(2^{n-1}-1, CW_{max}) \}$

그러나 Assured service의 QoS는 특정 수치 이상의 대역폭을 항상 보장해 주어야 한다는 것이고, 앞서 제시한 본 논문의 CW size 설정 방법은 이를 확률적으로 밖에 보장해 주지 못한다. 우선 link에서 정략적으로 대역폭을 보장하는 방법은 향후 고려되어야 할 과제로 남아있다.

● Best-effort Service

앞서 논의한 Premium, Assured service에 포함되지 않는 traffic에 대해 적용되며, backward compatibility를 보장하기 위해 기존의 DCF 방법을 사용한다.

그림 3은 앞서 논한 세 개의 service가 link access를 위해 경쟁할 때의 channel access 절차를 보여준다.

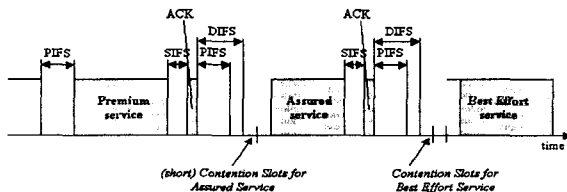
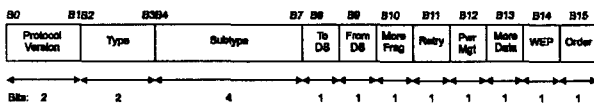


그림 3. Channel Access Scenario

3.3. New MAC Frame Format

표 2는 802.11 표준에 제시된 Frame Control field이다.

표 3. Frame Control field



본 논문에서는 기존의 Data(Best-effort Service)와 더불어 Premium Service와 Assured Service를 고려하고 있기 때문에 보다 다양한 Data-type field가 필요하다. 표 4는 이를 위해 본 논문에서 새롭게 정의하고 있는 Data-type과 이에 해당하는 field를 보여준다. 새롭게 정의 내린 field의 값은 기존 802.11 표준에서 차후 사용을 위해 보존되어 있는(Reserved) 값을 활용하였다.

표 2. new MAC frame format [Type / Subtype]

Premium service	[10 / 1001]
Assured service	[10 / 1010]
Best-effort	[10 / 0000]

3.4. The Flow Diagram of the EDWM

그림 4는 EDWM의 flow diagram이며, 음영으로 표시된 부분은 기존 802.11 flow diagram에 추가된 부분임을 나타낸다.

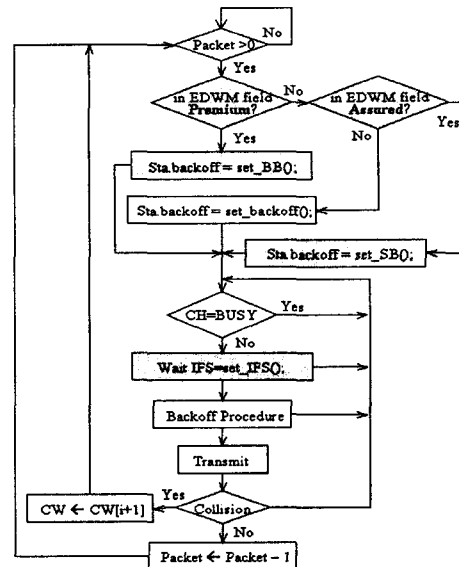


그림 4. The flow diagram of the EDWM model

4. 결론 및 향후 과제

본 논문에서 제시하는 EDWM model을 통해, 다양한 멀티미디어 트래픽의 QoS를 보다 효율적으로 다룰 수 있으며, 이를 통하여 End-to-end QoS 보장을 보다 현실적으로 다룰 수 있는 방안을 마련하게 되었다.

그러나 Assured service QoS의 정량적인 보장이라는 문제 등이 향후 개선되어야 할 부분으로 남아있다.

5. 참고 문헌

[1] IEEE Std 802.11-1999, "Part 11 : Wireless LAN Medium Access Control(MAC) and Physical Layer(PHY) Specifications", August 1999.
 [2] K. Nichols, L. Zhang, "A Two-bit Differentiated Services Architecture for the Internet", RFC 2638, July 1999.
 [3] S. Blake, D. Black, M. Carlson, "An Architecture for Differentiated Services", RFC2475, December 1998.
 [4] IEEE Std 802.11b-1999, "Higher-Speed Physical Layer Extension in the 2.4GHz Band", September 1999.
 [5] J. Sobrinho, A. Krishnakumar, "Real-time traffic over the IEEE 802.11 medium access control layer", Bell Labs Technical Journal, pp.172-187, 1996.
 [6] A. Lindgren, A. Almquist, "Quality of Service Schemes for IEEE 802.11, A Simulation Study", Local Computer Networks, 2001. Proceedings. LCN 2001. pp. 348-351, 2001.