

IEEE 802.11 무선랜에서 QoS 제공을 위한 허가 제어 연구

이계상*

*동의대학교

A Survey on Admission Control Mechanisms for providing QoS in the IEEE 802.11 Wireless LANs

Kyesang Lee*

*Donggeui University

E-mail : ksl@deu.ac.kr

요 약

최근 IEEE802.11 표준에 따르는 무선 랜의 사용이 증대되어 왔다. 더욱이 무선 랜을 통한 인터넷 트래픽은 기존의 웹 서핑이나 이메일 통신 등과 같은 전형적 데이터 형태로부터 서비스 품질(QoS: Quality of Service) 보장을 요구하는 고화질 영상과 음성 트래픽으로 바뀌어 가고 있다. 이에 IEEE 802 표준 위원회에서는 무선 랜 멀티미디어 트래픽의 QoS 보장을 위한 표준인 IEEE 802.11e를 제안한 바 있다.

IEEE 802.11e는 QoS 메커니즘으로 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)와 HCCA (HCF Controlled Channel Access)로 구성된 HCF (Hybrid Coordination Function)를 제안하고 있다. 이 중 EDCA는 모든 단말이 동등한 자격으로 경쟁적인 매체접근을 하는 분산형 프로토콜이며, HCCA는 단말이 무선 랜 연결을 위해 자원을 요청하면 AP (Access Point)가 자원을 할당하여 진입을 허가하는 중앙집중식 허가 방식의 프로토콜이다. EDCA 또는 HCCA를 기반으로 하여 다양한 허가 제어 방식이 사용될 수 있다. 본 논문에서는 우선 IEEE 802.11e에서 제시된 두 가지 표준 매체제어 방식을 간략히 살펴 보고, 다음에 이들 매체제어 방식과 결합되어 사용될 수 있는 다양한 허가제어 방식 연구 동향을 살펴 본다.

ABSTRACT

Wireless LANs based on the IEEE 802.11 standard are widely spread for use nowadays. Traffic which are conveyed over the WLANs change rapidly from normal data such as Email and Web pages, to multimedia data of high resolution video and voice. To meet QoS (Quality of Service) required by these multimedia traffic, the IEEE 802 committee recently has developed a new standard, IEEE 802.11e.

IEEE 802.11e contains two MAC mechanisms for providing QoS: EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) and HCCA (HCF Controlled Channel Access). Using these standardized MAC mechanisms as a building platform, various admission control mechanisms can be combined to offer QoS guarantees for multimedia traffic. This paper surveys these research efforts.

키워드

무선랜, IEEE 802.11e, 매체제어접근, EDCA, HCCA, 허가제어, 서비스품질 보장

1. 서 론

IEEE 802.11 표준에 기반한 무선랜의 사용이 빠르게 확산되어 가고 있다. 구축의 저비용과 용이성이 빠른 보급의 이유일 것이다. 하지만, 현재 사용되는 802.11 표준은 최선형 트래픽 전달만을

목표로 하고 있다. 최근들어, 고해상도 영상이나 음성 등 멀티미디어 트래픽을 포함한 응용들이 무선랜을 통해 서비스 되어야 할 필요성이 증대되고 있다. 멀티미디어 트래픽 전달을 위해서는 서비스 품질 (QoS: Quality of Service)의 보장이 우선되어야 한다. 이를 위해 IEEE에서는 최근

IEEE 802.11e 표준을 개발하였다[1].

IEEE 802.11e 표준의 매체접근제어 방식은 두 가지가 포함되어 있다. 하나는 분산형 경쟁 방식을 채용한 EDCA (Enhanced Distributed Channel Access) 방식이며, 다른 하나는 중앙집중형 비경쟁 방식인 HCCA (HCF Controlled Channel Access) 방식이다. 멀티미디어 트래픽이 요구하는 다양한 서비스 품질을 충족시키기 위한 한 가지 방법은 위 두 가지 매체접근제어 방식이 적절한 허가제어방식과 결합되는 것이다. 현 표준에서는 특정 허가제어 방식을 제시하지 않고 있고, 최근 까지 다양한 허가제어 방식이 연구되어 왔다.

본 논문에서는 우선 IEEE 802.11e에서 제시된 두 가지 표준 매체제어 방식을 간략히 살펴 보고, 다음에 이들 매체제어 방식과 결합되어 사용될 수 있는 다양한 허가제어 방식 연구 동향을 살펴 본다.

II. IEEE 802.11e 표준

EDCA (Enhanced Distributed Channel Access)는 기존의 802.11 MAC인 DCF (Distributed Coordination Function)을 확장하였다. DCF가 모든 트래픽에 대해 동일한 IFS (Interframe Space)와 CW(Contention Window)을 적용한데 비해, EDCA는 트래픽을 네 개의 ACi (Access Category, $i=0,1,2,3$)로 나누고 각 ACi별로 다른 IFS와 CW를 적용하여 QoS 차별화를 도모한다. 즉, ACi는 다른 우선순위를 갖는 트래픽 클래스로 볼 수 있다. EDCA에서는 모든 단말기가 역할면에서 동등한 자격으로 경쟁을 기반으로 매체접근을 시도한다. EDCA는 경쟁적 분산 프로토콜이라 할 수 있다.

한편, HCCA (HCF Controlled Channel Access)는 AP (Access Point)가 매체접근 결정자 역할을 하는 중앙집중식 프로토콜이라 할 수 있다. 통신을 원하는 단말은 연결 요청을 AP로 하고, AP는 가용한 네트워크 자원을 고려하고 단말의 트래픽 QoS 요구사항을 감안하여 연결 수락을 결정한다. 연결이 수락되면 해당 단말은 AP의 폴링 리스트에 포함되어 AP로부터 정기적으로 전송 기회를 얻는다. 즉, 정기적인 데이터 전송이 필요한 리얼타임 데이터의 전달에 효과적인 방식으로, EDCA 만으로는 충족될 수 없는 QoS 보장 기능을 제공한다.

EDCA와 HCCA는 superframe을 기준으로 동작한다. 하나의 superframe은 CP (Contention Period)와 CFP (Contention Free Period)로 구분되며, EDCA는 CP 기간에만 사용될 수 있는데 반해, HCCA는 CFP와 CP 기간 모두에서 사용될 수 있다.

III. EDCA를 위한 허가 제어 방식

DCF와 같이 EDCA는 분산형 매체접근제어 방식으로 구현 용이성으로 실제 제품 구현에서 선호되는 방식이다. 따라서, EDCA를 기반으로 한 많은 허가 제어 방식이 연구 제안되어 있다. EDCA 허가제어 방식은 측정기반 허가제어와 모델기반 허가제어로 나뉘어질 수 있다.

측정기반 허가제어방식에서는 채널 수율과 지연시간 등 측정된 네트워크 성능을 기반으로 연결 수락 여부가 결정된다. 측정기반 허가제어방식의 대표적인 예는 IEEE 802.11e 작업반에 의해 제안된 DAC (Distributed Access Control) [2]이다. DAC에서는, AP가 주기적으로 전송하는 Beacon에, 다음 Beacon 구간 중 각 ACi에 사용 가능한 비축 시간을 광고한다. 각 단말은 이 광고 시간과 자신이 전 Beacon 구간에서 성공적으로 사용한 전송시간으로부터 다음에 사용할 전송 시간을 결정한다. 비축 시간이 고갈되는 경우, 새로운 트래픽 흐름은 연결이 수락될 수 없으며, 기존 트래픽 흐름도 트래픽 전송 시간을 증가시킬 수가 없게 된다. DAC은 표준에도 포함되어 있지만, 매 Beacon 구간마다 네트워크 변수를 재조정함으로써 성능면에서 불안정성을 피할 수 없는 단점을 갖는다. 또한, 트래픽 부하가 아주 크지 않은 경우 이미 수락된 트래픽 흐름만을 보호할 수 있을 뿐이다.

DAC 방식을 기반으로 하여 개선된 TLP (Two-Level Protection) 방식[3]을 두 번째 측정기반 허가제어 방식으로 들 수 있다. TLP 방식은 트래픽 부하가 커지는 경우에도 기존 트래픽 흐름을 보호할 수 있도록 2 단계의 보호 방식을 채용한다. 단계 1에서는 기존 비디오/음성 흐름이 새로운 비디오/음성 흐름으로부터 보호한다. 이를 위해 두 가지 알고리즘이 제안되었다. 하나는 새로운 흐름을 잠정적으로 수락한 후 네트워크 성능을 측정해 보고 요구된 서비스 품질이 만족되지 않는 경우 그 트래픽 흐름이 축출되는 방식이고, 또 하나는 비축 자원이 경계값 이하인 경우 아예 새로운 트래픽 흐름의 진입을 허용하지 않는 방식이다. 하지만, 최선형 트래픽 전송 단말이 증가함으로써 충돌이 빈번해져 QoS 흐름이 영향을 받는 것으로부터 보호하기 위해, 단계 2가 도입된다. 단계 2에서는 기존 최선형 트래픽에 부여된 IFS와 CW와 같은 EDCA 변수를 조절하여 충돌의 횟수를 효과적으로 줄인다. 즉, 단계 2는 최선형 트래픽 흐름으로부터 QoS 트래픽 흐름을 보호한다. 하지만, 이 방식도 DAC의 성능 불안정성 문제를 갖으며, 조정해야 할 변수 더 많아지는 단점을 갖는다.

세 번째 부류의 측정기반 허가제어방식은 가상 MAC (VMAC: Virtual MAC) 방식과 가상 소스 (Virtual Source) 방식을 들 수 있다. VMAC 방식[4]은 가상 MAC을 가정한다. 가상 MAC은

실제 MAC과 나란히 단말에 존재하며, 가상 패킷을 취급한다. 가상 MAC은 가상 패킷을 실제 패킷과 똑 같이 스케줄링한다. 하지만, 실제 전송 시점에서는 아무 것도 전송하지 않고, 단지 실제 전송되었다면 일어났을 충돌의 확률을 추정한다. 충돌이 감지되면, 가상 MAC은 실제 MAC과 같이 백오프(backoff) 과정을 수행한다.

가상 소스[5]는 가상 응용, 인터페이스 큐와 가상 MAC으로 구성된다. 가상 응용은 실제 응용과 같이 가상 패킷을 생성하고, 가상 패킷은 시각이 기록되고 큐에 저장된다. 가상 패킷이 가상 MAC에 의해 처리되고 난 후 겪은 총 지연 시간이 계산된다.

즉, 가상 MAC 방식과 가상 소스 방식은 가상 패킷이 겪는 네트워크 성능을 관찰한 후 그 결과를 가지고 새로운 흐름을 네트워크에 허용할지를 결정한다. 네트워크에 실제 부하를 인가하지 않는 장점이 있으나, 단말에 상당한 계산 부하를 요구하며, 허가 결정이 지연시간과 충돌률에 의해 이루어지며 채널 수율에 대한 가용한 정보가 없다는 단점을 갖는다.

네 번째 부류의 측정기반 허가제어 방식은 경계치 기반 허가제어 방식이다[6]. 각 단말은 점유된 상대적 대역폭이나, 충돌 평균값과 같은 트래픽 조건치를 모니터링 한 네트워크 성능 값으로부터 주기적으로 계산한다. 이 트래픽 조건치가 최소 경계치 이하로 떨어지면 제일 높은 우선순위를 갖는 AC를 허락하고, 조건치가 최대 경계치 이상으로 올라가면 제일 낮은 우선순위의 AC 전송을 중지시킨다. 이 방식은 구현하기는 아주 쉬우나, 경계치 최적 설정이 어려운 점이며, 데이터 흐름의 전송이 네트워크 자원을 비가용 또는 가용에 따라 중지되었다 재개되는 일이 반복되어 단기적 QoS의 보장이 어렵다.

마지막으로 소개할 측정기반 허가제어 방식은 HARMONICA 방식[7]이다. AP는 주기적으로 링크계층 품질값 (AC별 폐기율, 지연, 수율)을 수집한다. 다음 두 가지 알고리즘을 사용하여 각 트래픽 클래스에 가장 최적의 채널 접근 변수를 찾아낸다. 한 알고리즘은 각 클래스간 변수 차이를 조정하는 것이고, 다른 알고리즘은 높은 채널 수율을 얻기 위해 모든 클래스의 변수를 일괄적으로 상향조정하든지 하향조정하는 것이다. 이 방식은 채널 변수를 수시로 조정함으로써 QoS 요구조건을 만족시키고 동시에 네트워크 자원 이용을 최대화시킬 수 있으며 최선형 트래픽에 대해 최소한의 대역폭을 보전해 줄 수 있다는 장점을 갖는다. 하지만, 최적의 채널 변수 조정 작업이 어려운 일로, 조정값이 너무 크면 불안정하게 되고, 너무 작으면 최적 상태에 이를 때 까지 시간이 오래 걸린다는 단점을 갖는다.

두 번째 EDCA 허가제어 유형인 모델기반 허가제어 방식은 네트워크 모델을 상정하여 네트워크 상태를 평가한다. [8]의 마코프 체인 모델 기반 방식에서는 각 흐름당 얻을 수 있는 수율을

수식 모델로 예측함으로써 허가제어가 수행된다. 하지만, 제안된 수식 모델은 트래픽 포화 상황을 가정된 결과로서 실제상황에서 자주 발생하는 트래픽 비포화 상황에서는 잘 맞지 않게 되고, 또한, 하나의 단말내에서 일어나는 가상 충돌은 고려되지 않아 단말내 여러 서로 다른 AC들이 존재하는 경우 역시 잘 맞지 않게 된다.

[9]에서 제안된 CW 기반 허가제어 방식도 역시 해석적 수식 모델을 사용한다. 이 경우 각 단말이 사용하는 CW의 값들을 각 단말의 수율 요구사항에 맞춰 계산한다. 새로운 단말이 네트워크에 진입할 때, 이 단말이 요구하는 수율을 기초로 새로운 CW 값들을 계산하고, 이 값들을 모든 단말에 배포한다. 단말이 요구하는 수율이 충족될 수 없는 경우 이 단말의 네트워크 진입은 거절된다. 이 방식 또한 해석적 모델에 기반을 두므로, 마코프 체인 기반 방식에서와 동일한 비포화 문제와 가상 충돌 문제를 지닌다. 또한, 수율을 조정하기 위해 CW만을 사용하는 것은 802.11e의 성능을 충분히 이용하지 못하게 되는 제약을 갖는다.

IV. HCCA를 위한 허가 제어 방식

EDCA와는 다르게 HCCA를 위한 허가제어 연구는 많지 않다. 이는 분산형 프로토콜인 EDCA가 구현에서 더 선호되기 때문이며, 또한 HCCA 허가제어는 중앙집중식으로 그 결과가 더 예측가능하기 때문이다. IEEE 802.11e에서 제시한 참조 허가제어 방식을 먼저 살펴 보고, 관련 연구를 조사한다.

[1]의 802.11e 표준 문서는 아주 간단한 스케줄러에 기반한 허가제어 참조모델을 제시한다. 단말로부터 새로운 흐름 허가 요청이 접수되면, 단말로부터 제시된 트래픽 흐름 규격인 TSPEC을 가지고 3단계에 걸친 계산을 수행하고 그 결과로 허가 여부를 결정한다. TSPEC은 평균 데이터율, 평균 MAC SDU (Service Data Unit) 길이, 최대 서비스 간격과 지연 조건값으로 구성된다.

위 참조모델 방식은 다소 비효율적으로 그 이유는 최소 물리계층 데이터율을 사용하기 때문이다. 그러나, 단말이 경험하는 실제 물리 데이터율은 최소 데이터율과는 사뭇 다르다. [10]에서는 물리 데이터율의 변이를 고려한 물리데이터율 기반 허가제어 방식을 제안하여 참조모델보다는 좀더 나은 성능을 얻었다. 실제 무선랜 제품들은 실제 물리데이터율에 따라 자신의 데이터 전송율을 조정한다. [10]의 기본 아이디어는, 시간 축상 장기적으로는 평균 물리데이터율에 기반을 두어 허가제어를 하고, 단기적으로는 순간적인 물리데이터율의 변화를 고려하여 데이터 전송기회를 각 단말에 분산시키는 데 있다. 이와 같이 하여 이 방식은 기존 트래픽 흐름의 성능을 저해하지 않고, 참조모델 방식에서 보다는 좀더 많은 트래픽

흐름을 수용한다. 또한, 이러한 연구는 VBR 트래픽에 적용되기 위해 확장되었다[11,12].

V. 맺는말

본 논문에서는, 무선랜에서 멀티미디어 트래픽의 QoS를 만족시키기 위해 제안된 IEEE 802.11e 표준에 포함된 MAC 프로토콜과 이와 함께 사용될 수 있는 여러가지 허가제어 방식을 살펴 보았다. EDCA와 HCCA는 다양한 허가제어 방식과 결합되어 사용될 수 있는 기본 MAC 플랫폼을 제공한다.

EDCA 허가제어 방식은 측정기반과 모델기반으로 나눌 수 있다. 측정기반 방식은 이론이 결여되어 있으며, 모델기반 방식은 비현실적인 상황이 가정되어 있으므로, 이들 두 방식이 결합된 방식이 결점이 보완된 방식으로 더 많은 연구가 필요한 분야이다.

EDCA는 트래픽 부하가 낮을 때 좋은 성능을 보이며, HCCA는 높은 트래픽 부하 환경에서 더 좋은 성능을 보인다. 따라서, 이들 두 MAC 프로토콜은 상호보완적이며, EDCA 허가제어의 통계적 특성과 HCCA 허가제어의 결정적 특성이 잘 조화되는 허가제어 방식의 연구가 필요하다. 지금까지 많은 연구가 수행되었으나, 아직도 완전하고 종합적인 해결책이 나오지 않았다고 볼 수 있다.

참고문헌

[1] IEEE P802.11e/D6.0, "Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements," Nov. 2003.

[2] Y. Xiao and H. Li, "Evaluation of Distributed Admission Control for the IEEE 802.11e EDCA," IEEE Commun. Mag., vol. 42, no. 9, 2004, pp. S20-S24.

[3] Y. Xiao, H. Li, and S. Choi, "Protection and Guarantee for Voice and Video Traffic in IEEE 802.11e Wireless LANs," Proc. IEEE INFOCOM '04, vol. 3, Hong Kong, Mar. 2004, pp. 2152-62.

[4] M. Barry, A. T. Campbell, and A. Veres, "Distributed Control Algorithms for Service Differentiation in Wireless Packet Networks," Proc. IEEE INFOCOM '01, vol. 1, Anchorage, AK, 2001, pp. 582-90.

[5] A. Veres et al, "Supporting Service Differentiation in Wireless Packet Networks Using Distributed Control," IEEE JSAC, vol. 19, no. 10, 2001, pp. 2081-93.

[6] D. Gu and J. Zhang, "A New Measurement-based Admission Control Method for IEEE 802.11 Wireless Local Area Networks," Mitsubishi Elec. Research Lab., Tech. rep. TR-2003-122, Oct. 2003.

[7] L. Zhang and S. Zeadally, "HARMONICA: Enhanced QoS Support with Admission Control for IEEE 802.11 Contention-based Access," Proc. IEEE RTAS '04, Toronto, Canada, May 2004, pp 64-71.

[8] D. Pong and T. Moors, "Call Admission Control for IEEE 802.11 Contention Access Mechanism," Proc. IEEE GLOBECOM '03, vol. 1, San Francisco, CA, Dec. 2003, pp. 174-78.

[9] A. Banchs, X. Perez-Costa, and D. Qiao, "Providing Throughput Guarantees in IEEE 802.11e Wireless LANs," Proc. 18th Int'l. Teletraffic Cong., Berlin, Germany, Sept. 2003.

[10] D. Gao, J. Cai, and L. Zhang, "Physical Rate-Based Admission Control for HCCA in IEEE 802.11e WLANs," Proc. IEEE 19th Int'l. Conf. Adv. Info, Net. and Apps., Taiwan, Mar. 2005.

[11] W. F. Fan et. al., "Admission Control for Variable Bit Rate Traffic in IEEE 802.11e WLANs," Proc. IEEE LANWAN '04, Mil Valley, CA, 2004, pp. 61-6.

[12] Q. Ni, P. Ansel, and T. Turetletti, "A Fast Scheduling Scheme for HOF," IEEE 802.11e WG doc. 802.11-03-0577-01-000e, July 2003.