

# WLAN에서 스트리밍 서비스의 QoS를 보장하기 위한 승인 제어 기술

(An Admission Control Algorithm to guarantee the QoS of the Streaming Service in WLAN)

이 규 환\*, 이현진, 김재현, 노병희

Kyu-Hwan Lee, Hyun-Jin Lee, Jae-Hyun Kim, and Byeong-Hee Roh)

Abstract : IEEE 802.11e standardized the HCCA mechanism based on polling scheme to support the reservation based QoS for near real-time services. However, it may cause either the waste of channel resource or the increase of transmission delay at MAC layer if the frame size is rapidly varied when a compressed mode video codec such as MPEG video is used. That is because HCCA reserves the fixed channel resource for the TS used to provide the video streaming service. To solve this problem, we propose the new admission control algorithm which considers the mean data rate, the peak data rate of I-frame, the maximum burst size, and the delay bound. Also, the proposed algorithm is used in the EDCA mechanism. Based on the simulation results, the proposed algorithm efficiently calculates the required TxOP time and satisfy the required QoS.

Keywords : WLAN, EDCA, Admission Control

## 1. 서론

IEEE 802.11e에서 표준화된 HCCA(HCF Controlled Channel Access)는 TSPEC(Traffic Specification) 협상을 통하여 승인된 TS(Traffic Stream)를 polling 기반으로 서비스를 수행하며 예약 기반의 QoS를 제공한다[1]. 그러나 표준에 제시된 ACU(Admission Control Unit)는 단일 물리계층 전송속도에서 평균전송률만을 사용하여 무선자원을 예약하므로 MPEG 과 같이 비디오 프레임의 크기가 급격히 변화하여 전송 지연이 증가할 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 트래픽의 전송

률이 가변적으로 변하는 경우 개별 TS의 수신 패킷에 저장된 큐 정보를 이용하여 현재 TS의 큐 크기를 추정하고, 추정한 정보와 실제 큐 정보의 차이만큼 보상하여 TXOP(Transmission Opportunity)를 제한당하는 FHCF(Fairness Hybrid Coordination Function)가 제안되었다[2]. 또한 초기 물리계층 전송속도를 기준으로 평균 물리계층 전송속도를 추정하여 TXOP의 변화를 수용하고 변화된 TXOP에 따라 새로운 TS의 승인을 제어하는 PRBAC (Physical Rate Based Admission Control)도 제안되었다[3]. 그러나 [2]는 큐 정보를 기반으로 가변적으로 TXOP를 할당하기 때문에 승인제어를 수행하기 위하여 SI(Service Interval)내에서 가용한 TxOP를 계산하는 것이 어렵다, [3]은 물리계층의 전송 속도 변화에 대한 고려는 있으나 평균 전송속도를 기반으로 승인제어를 이루고 있어 응용계층에서 전송률이 가변적으로 변화할 경우 TxOP 이내에 전송되지 못한 MAC 프레임은 다음 SI(Service Interval)까지 전송이 지연되는 문제가 발생할 수 있다. 현재까지 WLAN에서 실시간 서비스의 QoS를 제공하기 위한 방안으로 HCCA기반의 연구가 주를 이루었다. 그러나, HCCA를 사용할 때

이규환, 이현진, 김재현: 아주대학교 전자공학과

노병희: 아주대학교 정보 및 컴퓨터공학과

※ 본 연구는 지식경제부의 성장동력기술개발사업(과제번호:10028453-2007-02)과 지식경제부 및 정보통신연구진흥원의 IT신성장동력핵심기술개발사업[2008-F-015-01, 서비스 가용성을 위한 이동성 관리 기술 연구]의 일환으로 수행되었음

EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)로 전송되는 트래픽이 증가할 경우 최대 TXOP limit 만큼의 지연이 발생할 수 있으며 승인제어에서 경쟁방식으로 전송되는 서비스가 점유하는 자원을 측정하는 것이 어려워 효과적으로 승인 제어를 이루기가 어렵다. 따라서 본 논문에서는 EDCA에서 전송지연 한계 내에서 서비스 패킷을 전송하는데 필요한 TxOP를 계산하고 계산된 TxOP를 기반으로 승인제어를 수행하는 승인제어 알고리즘을 제안한다.

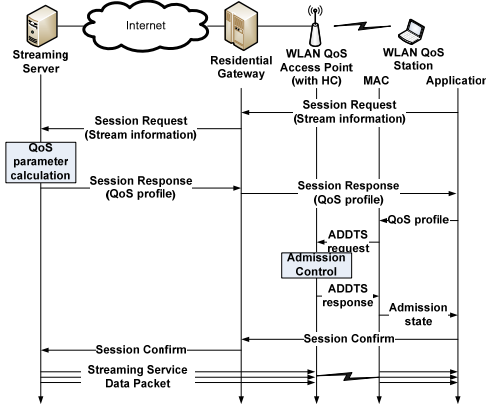


그림 1. 스트리밍 서비스를 설정하기 위한 절차

## II. 제안하는 승인제어 알고리즘

WLAN 망에 연결된 QSTA(QoS Station)는 외부의 스트리밍 서비스를 제공받기 위하여 스트리밍 서비스의 QoS 특성을 획득할 필요가 있다. 본 논문에서는 그림 1과 같은 연결 절차를 고려한다. QSTA가 스트리밍 서버에 서비스를 요청하기 위하여 Session Request에 요구하는 서비스의 정보를 요청한다. 스트리밍 서버는 Session Request에 포함된 서비스의 QoS 파라미터를 계산한다. 이때, 필요한 QoS 파라미터는 서비스의 I-frame 최대 전송 속도( $P_i$ ), 평균 전송속도( $\rho_i$ ), I-frame의 평균 크기( $\sigma_i$ ), 그리고 지연한계( $d_i$ )이다. QoS 파라미터를 획득한 QSTA는 WLAN의 MAC 계층에서 TSPEC 협상을 수행하기 위하여 스트리밍 서버로부터 획득한 QoS 파라미터와 MAC 관련 파라미터를 포함한 ADDTS.request를 생성하여 QAP에게 전송한다. QAP는 QSTA로부터 전송된 TSPEC 파라미터를 통하여 필요한 TxOP를 계산하고 승인제어를 수행한다. QAP로부터 승인 정보를 획득한 QSTA는 스트

리밍서버에 Session Confirm을 전송하여 스트리밍 서비스를 시작한다.

스트리밍 서비스를 요청한 QSTA로부터 전달된 ADDTS request에 기록된 TSPEC 파라미터에 따라 WLAN QAP에 존재하는 HC는 승인제어를 수행한다. 승인제어는 Admission Control로부터 수락된다. 이때, effective bandwidth는 dual token bucket에 의해 계산된 대역폭과 하나의 패킷을 성공적으로 전송하기 위해 필요한 평균 전송횟수의 곱으로 계산되며 다음과 같다.

$$EB_i = g_i \times s_i \quad (1)$$

이때,  $g_i$ 는  $i$ 번째 서비스 트래픽의 dual token bucket에 의해 계산된 대역폭으로 다음과 같이 계산된다.

$$g_i = \frac{P_i}{1 + d(P_i - \rho_i)\sigma_i^{-1}} \quad (2)$$

또한  $s_i$ 는  $i$ 번째 서비스 트래픽의 하나의 패킷을 성공적으로 전송하기 위해 필요한 평균 전송횟수로 다음과 같이 계산된다.

$$s_i = \frac{\sum_{m=1}^l L^m p_e^{m-1} (1-p_e) + (L+1)p_e^l}{1-p_e^{l+1}} \quad (3)$$

이때,  $l$ 은 충돌 또는 패킷 손실이 발생할 경우 최대 재전송 횟수이며  $p_e$ 는 프레임의 충돌 또는 패킷 손실 확률을 나타내며 다음과 같이 계산된다.

$$p_e = p_l + p_c \quad (4)$$

이때,  $p_l$ 은 패킷 손실 확률을 나타내며 다음과 같이 계산된다.

$$p_l = 4(1-2^{-b/2})Q\left(\sqrt{\frac{3\gamma_s}{2^b-1}}\right) \quad (5)$$

이때,  $b$ 는 MQAM 심볼당 전송 비트수를 나타내며  $\gamma_s$ 는 심볼당 측정된 SNR값이다. 또한  $p_c$ 는 충돌 확률을 나타내며 다음과 같이 계산된다.

$$p_c = 1 - \prod_{j=1, j \neq k}^4 (1-q_j) \quad (6)$$

이때,  $q_j$ 는  $j$ 번째 TC의 패킷 전송 확률로  $q_j = 1/CW_j$ 로 계산된다. 계산된 대역폭은 beacon interval 이내에 traffic regulator를 통해 큐에 저장된 패킷을 전송하는데 필요한 TxOP를 계산하는데 사용되며 다음과 같이 계산된다.

$$TXOP_i = \max\left\{n_i\left(\frac{L}{R_i} + O_1\right) + O_2, \frac{M}{R_i} + O_1 + O_2\right\} \quad (7)$$

이때,  $O_i$ 은 하나의 MSDU를 전송하고 ACK를 수신

하는데 필요한 IFS시간과 ACK전송 시간을 나타내며  $Q_2$ 는 경쟁방식으로 채널에 접근하기 위하여 필요한 시간이다.  $L$ 는 nominal MSDU의 크기로 WLAN에서 결정되는 파라미터이다.  $n_i$ 는  $i$ 번째 서비스 트래픽의 delay tolerance 이내에 전송되어야 하는 MSDU의 수를 나타내면 다음과 같이 계산된다.

$$n_i = \lceil \frac{d \times EB_i}{L} \rceil \quad (8)$$

Admission Control에서는 식의 승인제어 부등식을 만족할 경우 승인이 이루어진다.

$$TXOP_i \leq T_r \quad (9)$$

이때,  $T_r$ 는 이전의 superframe내에서 가용한 시간 자원을 나타내는 값으로 다음과 같이 계산된다.

$$T_r(t+1) = (1-\beta)T_r(t) + \beta \left( d - \sum_{\alpha=1}^{i-1} TXOP_{\alpha} \right) \quad (10)$$

이때,  $\beta$ 는 가중치로  $0 \leq \beta \leq 1$ 이다.

### III. 성능 분석

본 논문에서 제안한 승인제어 알고리즘의 성능을 평가하기 위하여 QAP, QSTA와 서비스 트래픽을 생성하는 서버로 구성된 IEEE 802.11e 망을 구성하였다. QAP와 QSTA는 최대 54 Mbps를 지원한다. QSTA는 비디오 스트리밍 서비스와 best effort 트래픽을 생성하며 표 2는 성능 분석에 사용된 시뮬레이션 파라미터를 나타내며 [4]를 참고하였다.

표 2. Simulation Parameters

Parameter	Value
UDP/IP Header	28 Bytes
PIFS	25 usec
SIFS	16 usec
PLCP preamble	16 usec
PLCP header	4 usec
Data rate	54 Mbps
CW <sub>min</sub>	7
CW <sub>max</sub>	1023
Retransmission limit	3
AIFSN	2(AC_VI, AC_VO)
	3(AC_BE), 7(AC_BK)
Beta	0.5

본 논문에서는 서버에서 제공하는 비디오 스트리밍 서비스로 HD급 화질의 비디오로 가정하고 Video Trace Reserch Group에서 제공하는 video

trace file을 사용하였다. Video trace file은 1.2Mbps의 전송속도를 갖는 비디오 스트리밍 서비스 트래픽을 사용했으며 트래픽은 초당 25 프레임을 생성하고 GOP는 IBBPBBPBBPBB로 구성되어 있다. 1.2Mbps의 트래픽에서 I-프레임은 최대 42951byte이고 최소 1097byte로 평균 19665byte이며 P-프레임은 최대 46995byte, 최소 57byte이며 평균 6047byte이다. 또한 B-프레임은 최대 24819byte이고 최소 8byte이며 평균 2821byte이다. 각 프레임의 평균 전송 속도는 I-프레임은 4.7Mbps, P-프레임은 1.4Mbps, 그리고 B- frame은 677kbps를 갖는다. 본 실험에서는 전송 지연 한계를 AP가 beacon을 보내는 주기인 100ms로 설정하고 실험을 수행했다. 그림 3은 video source를 증가시키에 따른 평균 지연을 측정된 결과를 나타내는 그래프이다. No CAC는 승인제어를 수행하지 않을 경우이며 CAC by ave. rate는 표준에 제시된 평균 지연만을 고려한 승인제어이다. 또한 CAC by proc.는 본 논문에서 제안한 알고리즘을 적용하였을 경우이다. EDCA는 경쟁기반으로 서비스를 제공하기 때문에 승인제어를 수행하지 않을 경우 비디오 트래픽을 증가시키에 지연이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있다. 또한 평균 전송률만을 고려하여 승인제어를 수행할 경우 평균 지연을 예측하기가 어려운 문제가 있으며 그래프를 통해 400msec까지 증가하는 것을 볼 수 있었다. 그러나 본 논문에서 제안하는 알고리즘을 사용하면 평균 전송 지연이 지연한계를 만족하는 범위에서 승인제어를 수행하여 평균 전송 지연이 안정화 되는 것을 확인할 수 있다.

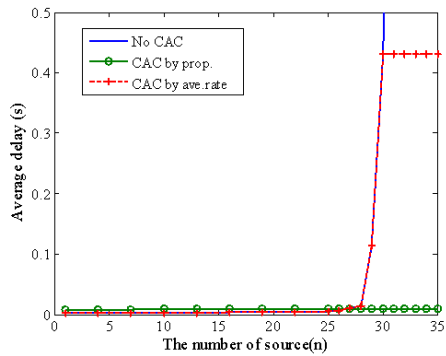


그림 3. Video source에 따른 평균 지연

### IV. 결론

본 논문에서는 WLAN 망에서 평균 전송률뿐만 아니라 최대 전송률과 최대 버스트 크기, 지연 한계를 고려한 승인 제어 알고리즘을 제안하였으며 video trace 파일을 이용하여 제안한 승인제어 알고리즘의 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과를 통하여 제안한 알고리즘은 실시간 서비스가 요구하는 지연한계를 만족시키는 것을 확인할 수 있다.

**참 고 문 헌**

[1] IEEE 802.11 WG, *Draft Amendment to Standard for Information Technology - Telecommunications and Information Exchange between Systems - LAN/MAN Specific Requirements - Part 11: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications: Medium Access Control (MAC) Quality of Service (QoS) Enhancements, IEEE P802.11e/D13.0*, Nov. 2003.

[2] P. Ansel, Q. Ni, and T. Turletti, "FHCF: A fair scheduling scheme for 802.11e WLAN," *INRIA Research Report No 4883*, Jul. 2003. Implementation and simulations available from <http://www.sop.inria.fr/planete/qni/fhcf/>

[3] D. Gao, and J. Cai, "Admission control with physical rate measurement for IEEE 802.11e controlled channel access," *IEEE Communications Letters*, Vol. 9, No. 8, Aug. 2005, pp. 694-696.

[4] IEEE 802.11 WG, *Information Technology - Telecommunications and Information Exchange between Systems - Local and Metropolitan Area Networks - Specific Requirements. Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications, in ISO/IEC 8802-11; ANSI/IEEE Std 802.11, 1999 edn*, 1999.

[6] Video Trace Research Group : <http://trace.eas.asu.edu/>

**저 자 소 개**

**이 규 환(Kyu-Hwan Lee)**  
 2007년 2월 : 아주대학교 전자공학과 학사  
 2007년 ~ 현재: 아주대학교 전자공학과 석사과정  
 관심분야 : RFID, WLAN QoS, Security  
 Email : lovejiyoon7@ajou.ac.kr

**이 현 진(Hyun-Jin Lee)**  
 2004년 9월 : 아주대학교 전자공학과 학사  
 2004년 ~ 현재: 아주대학교 전자공학과 석박사 통합과정  
 관심분야 : WLAN QoS, WiBro, Handover  
 Email : l33hyun@ajou.ac.kr

**김 재 현(Jae-Hyun Kim)**  
 1991년 2월: 한양대학교 전자 계산학과 학사  
 1993년 2월: 한양대학교 전자계산학과 공학석사  
 1996년 8월: 한양대학교 전자계산학과 공학박사  
 1996년 8월: ~ 1997년 4월 : 한양대학교 공학기술 연구소 연구원  
 1997년 7월 ~ 1998년 9월 : IRI Corp. CA, USA  
 1998년 11월 ~ 2003년 2월 : Bell Lab, Lucent Tech.  
 2003년 3월 ~ 현재 : 아주대학교 정보통신대학 전자공학부 부교수  
 관심분야 : WLAN QoS, MAC 프로토콜, RFID, IEEE 802.11/15/16/20  
 Email : jkim@ajou.ac.kr

**노 병 희(Byeong-Hee Roh)**  
 1987년 2월: 한양대학교 전자공학과 학사  
 1989년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
 1998년 2월: 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
 1989년 ~ 1994년: 한국통신 통신망 연구소  
 1998년 ~ 2000년: 삼성전자  
 2000년 ~ 현재: 아주대학교 정보통신전문대학원 부교수  
 관심분야: 유/무선 인터넷, 멀티미디어 통신 및 응용, BcN 트래픽 엔지니어링, 유비쿼터스 센서 네트워크, 인터넷 보안  
 Email : bhroh@ajou.ac.kr