

# IEEE 802.11e EDCA에서 스트리밍 서비스의 QoS 보장을 위한 동적버퍼관리 기술

준회원 이 규 환\*, 이 현 진\*, 종신회원 김 재 현\*, 노 병 희\*\*

## An Active Buffer Management Mechanism to Guarantee the QoS of the Streaming Service in IEEE 802.11e EDCA

Kyu-Hwan Lee\*, Hyun-Jin Lee\* *Associate Members*,  
Jae-Hyun Kim\*, Byeong-Hee Roh\*\* *Lifelong Members*

### 요 약

WLAN 기술의 진보로택내 망에서 비디오 스트리밍 서비스 같은 멀티미디어 서비스의 사용이 증가하고 있다. 하지만 비디오 스트리밍 서비스의 QoS를 제공하기 위해서는 전송 지연 및 프레임 손실률을 감소시키는 기술 연구가 필요하다. 그러므로 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 IEEE 802.11e EDCA에서 스트리밍 서비스의 QoS 보장을 위한 동적버퍼 관리기술을 제안한다. 제안하는 동적버퍼관리기술은 프레임의 중요도와 버퍼에 새롭게 도착한 프레임의 가상전송지연을 고려하여 버퍼 내 HoL(Head of Line)의 프레임을 제거한다. 시뮬레이션 결과, 제안하는 버퍼관리기술은 중요도가 높은 I, P 프레임의 손실률을 감소시키고 전송지연 시간을 안정화시킴으로써 비디오 스트리밍 서비스의 QoS를 보장할 수 있음을 살펴볼 수 있었다.

**Key Words** : EDCA, Buffer management, Video streaming, wireless LAN, TSPEC

### ABSTRACT

Due to the advance of WLAN technology, the use of the multimedia service such as the video streaming service has been increased in the home network. However, we need to study the method which decreases the transmission delay and the frame loss rate to provide QoS of the video streaming service. Therefore, this paper proposes an active buffer management mechanism to guarantee QoS of the streaming service in IEEE 802.11e EDCA. The proposed protocol discards the frame in the HoL of the buffer based on the importance of each frame and the virtual transmission delay of frame newly arriving at the buffer. In the simulation results, the proposed algorithm not only decreases the frame loss probability of important I and P frames but also stabilizes the transmission delay. It may increase the QoS of video streaming services.

### I. 서 론

최근 인터넷을 통하여 실시간 스트리밍 서비스를 효과적으로 제공하기 위한 연구들이 멀티미디어 통

신에서 중요한 연구 분야로 떠오르고 있다. 특히 WLAN(Wireless Local Area Network) 기술이 진보함에 따라서 인터넷을 통해 전달된 비디오 스트리밍 트래픽을택내 망(home network)에서 무선으

※ 본 연구는 지식경제부의 성장동력기술개발사업의 연구 결과로 수행되었음 (과제번호:10028453-2007-02)

\* 아주대학교 전자공학과 무선 인터넷 연구실({lovejiyoon7, l33hyun, and jkim}@ajou.ac.kr)

\*\* 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학과 이동 멀티미디어 통신 네트워크 연구실(bhroh@ajou.ac.kr)

논문번호 : #KICS2009-05-195, 접수일자 : 2009년 5월 12일, 최종논문접수일자 : 2009년 8월 10일

로 연결되는 단말에게 효과적으로 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다<sup>1)</sup>. 하지만 무선을 통하여 멀티미디어 서비스를 효과적이고 안정적으로 제공하기 위해서는 비디오 프레임의 전송지연 한계 초과로 인한 패킷 손실에 적응할 수 있는 적응 기술의 개발이 이루어져야 한다. 최근에 많은 논문들에서 이러한 기술들을 개발하기 위하여 다양한 연구가 진행되고 있다<sup>2)~4)</sup>. Cranley는 WLAN 시스템에서 BE(Best Effort) 트래픽이 비디오 스트리밍 서비스의 중단 간 지연에 주는 영향을 test bed를 통해 실제 측정하였다<sup>2)</sup>. 특히 동일한 부하일 경우 패킷의 inter-arrival time보다 패킷의 크기가 중단 간 전송 지연에 더욱 많은 영향을 야기한다고 결론지었다. Naoum-Sawaya는 WLAN 시스템에서 EDCA를 사용할 때 망 부하와 사용자의 증가에 의해 발생하는 충돌을 감소시키기 위하여 패킷 전송을 완료하면 CW값을 초기화하는 것이 아니라 네트워크 사용률을 고려하여 천천히 값을 감소시키는 방안을 제시하였다<sup>3)</sup>. 하지만 비디오 프레임 중요도에 대한 고려가 전혀 존재 하지 않으며, CW값을 천천히 감소시키는 방식은 망 내의 사용자가 적을 때는 기존의 방식과 성능 차이가 없다. Orlov는 셀룰러 환경에서 동적버퍼관리를 이용하여 비디오 스트리밍 서비스의 QoS를 향상시킬 수 있는 방안을 제안하였다. 제안하는 방안은 비디오 스트리밍 프레임 종류에 따라 버퍼에서 패킷 손실 확률을 차별화하는 방안을 제안하였으며 일반적인 drop-tail queue와 FER(Frame Error Rate) 성능을 비교하였다<sup>4)</sup>. 하지만 응용계층의 서비스 품질을 고려하지 못한 문제가 있으며 중요도가 높은 프레임의 손실에 의한 서비스 품질의 감소를 고려하지 않았다.

일반적인 비디오 스트리밍 서비스의 트래픽은 MPEG(Moving Picture Experts Group)같은 압축 코덱에 의하여 생성되기 때문에 프레임 크기가 불규칙적이

고 편차가 크다. WLAN환경에서 비디오 스트리밍 트래픽을 전송하기 위하여 IEEE 802.11e의 polling에 의한 자원 예약 방식인 HCCA를 사용하면 트래픽의 평균전송률로 자원을 예약하기 때문에 자원의 낭비와 전송되는 프레임이 버스트 크기일 경우에는 TXOP(Transmission opportunity)이내에 전송되지 못하고 다음 SI(Service Interval)까지 전송이 지연되는 문제가 발생하므로 비디오 트래픽의 QoS를 만족시키기 위해서는 경쟁방식의 EDCA를 사용하는 것이 효율적이다. 그러므로 본 논문에서는 IEEE 802.11e EDCA를 사용하는 맥내 망에서 비디오 스트리밍 서비스의 전송지연의 증가로 인한 서비스 품질의 저하 문제를 극복하기 위하여 버퍼에 새로 도착한 비디오 프레임의 가장전송지연 시간과 프레임의 중요도를 고려한 동적 버퍼 관리 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장은 EDCA, TSPEC, MPEG에 대하여 기술하며 3장에서는 제안하는 동적버퍼관리기술을 제시한다. 4장에서는 시뮬레이터를 통하여 제안하는 기술의 성능을 평가하며 5장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 기술

### 2.1 EDCA

EDCA는 DCF에서 서비스에 따른 차별화된 QoS를 제공하지 못하는 단점을 보완한 프로토콜로 서비스에 따라 각기 다른 접근 대기시간을 사용한다. 그림 1은 EDCA의 AC별 다른 접근 대기 시간을 나타낸다. 각 서비스의 우선순위에 따라 AIFSN값과 CW값이 다르며, 우선순위가 높은 서비스가 우선적으로 패킷을 전송 할 수 있는 기회를 얻는 것을 살펴 볼 수 있다. 표 1은 EDCA에서 각 서비스 별로 QoS를 차별화하기 위하여 필요한 파라미터를

표 1. IEEE 802.11e에서 제시한 AC별 EDCA 파라미터

AC		1 (AC_VO)	2 (AC_VI)	3 (AC_BE)	4 (AC_BK)
CWmin		$\frac{CW_{min+1}}{4} - 1$	$\frac{CW_{min+1}}{2} - 1$	$CW_{min}$	$CW_{min}$
CWmax		$\frac{CW_{min+1}}{2} + 1$	$CW_{min}$	$CW_{max}$	$CW_{max}$
AIFSN		2	2	3	7
TXOP	IEEE 802.11b (msec)	3.008	6.016	0	0
	IEEE 802.11a/g (msec)	1.504	3.264	0	0

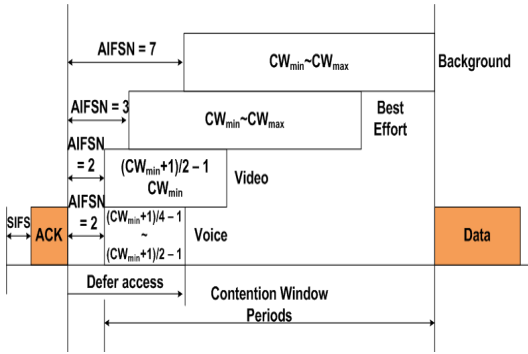


그림 1. EDCA의 AC별 다른 접근 대기 시간

정리한 것으로 IEEE 802.11e에서는 크게 4가지의 AC를 정의하고 있으며 AIFSN 및 CW 파라미터는 IEEE 802.11e 표준문서에 명시되어 있다<sup>5)</sup>.

### 2.2 TSPEC

TSPEC는 IEEE 802.11e 표준안에 의해 명시된 트래픽 스트리밍을 관리하는 것으로 IEEE 802.11e 채널 액세스 프로토콜과 DiffServ나 IntServ와 같은 상위 계층의 QoS 프로토콜간의 관리를 수행한다. TSPEC는 그림 2에서 보는 것과 같이 전송률이나 패킷의 크기, 지연, 서비스 간격(SI)등으로 트래픽의 특징을 명시하고 있고, 특히 그림 3에 나타난 TS Info field에서는 트래픽 종류, 사용자 우선순위, 접속방식 등의 정보를 명시한다. 두 인접한 MAC 계층 사이의 TSPEC 협상은 승인 제어, 트래픽 스트리밍의 생성, 조절, 파기를 위한 메커니즘을 제공한다<sup>5)</sup>.

Elements ID (1)	Length (1)	TS Info (2)	Nominal Size MPDU (2)	Maximum MSDU Size (2)
Minimum Service Interval(4)	Maximum Service Interval(4)	Inactivity Interval (4)	Minimum Date Rate (4)	Mean Data Rate(4)
Maximum Burst Size (4)	Minimum PHY Rate (4)	Peak Data Rate (4)	Delay Bound (4)	Surplus Bandwidth Allowed(4)

그림 2. TSPEC의 구조(괄호의 수는 필드의 길이를 바이트로 나타냄)

Traffic Type (1)	TSID (4)	Direction (2)	Access Policy (2)	Aggregation (1)
APSD (1)	User Priority (3)	TSInfo Ack Policy (3)	Schedule (1)	Reserved (7)

그림 3. TSPEC의 TS Info field의 구조(괄호의 수는 필드의 길이를 바이트로 나타냄)

### 2.3 MPEG

MPEG은 동영상 전문가 그룹으로, 통상 MPEG 표준에 의해 압축된 형태의 영상을 의미한다. MPEG은 GOP(Group Of Pictures) pattern으로 프레임을 생성하며, GOP는 I(Index) 프레임과, P(Predicted) 프레임, 그리고 B(Bi-directional) 프레임으로 구성된다. I 프레임은 뒤따르는 P와 B 프레임의 지표가 되는 프레임으로서 영상의 완전한 데이터를 가지고, P 프레임은 이전 I/P 프레임의 데이터와 현 프레임의 중복성을 분석하여 예측되는 움직임 보상 정보 데이터를 가지며, B 프레임은 전후 I/P 프레임의 데이터와 현 프레임의 중복성을 분석하여 예측되는 움직임 보상 정보에 관한 데이터를 가지고 있다. P 프레임과 B 프레임은 별개로 하나의 완전한 형태의 프레임을 복원할 수 없으며 전후프레임의 상관관계에 의해 하나의 GOP단위가 디코딩 되어야만 전체의 영상을 재생할 수가 있다<sup>6),7)</sup>. 그러므로 I, P, B프레임의 순서로 중요도를 가지며, 만약 I 프레임이 전송 도중 손실 되면 해당 GOP를 디코딩 할 수 없기 때문에 스트리밍 서비스의 품질의 저하를 발생시킬 수 있다.

## III. 제안하는 동적버퍼관리 기술

### 3.1 시스템 모델 및 세션 시작

본 논문에서 제안하는 동적 버퍼 관리기술에서 고려하는 시스템은 대내 망으로 그림 4와 같은 구조를 가지고 있다. 스트리밍 서버와 HTTP 서버, e-mail 서버 등은 IP 기간망을 통하여 대내 망의 residential gateway와 연결되어 다양한 서비스를 제공한다.

대내 망에 연결된 QSTA는 외부의 스트리밍 서비스를 제공받기 위해서 스트리밍 서비스의 트래픽 정보를 획득하여야 한다. 본 논문에서는 그림 5와 같은 연결 절차를 고려한다. 첫 번째로 대내 망에 연결된 QSTA는 응용계층에서 [Session request]를

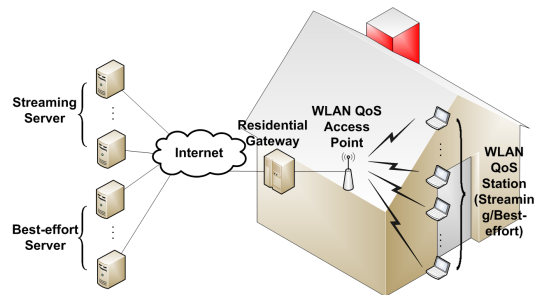


그림 4. 시스템 모델(대내 망 참조모델)

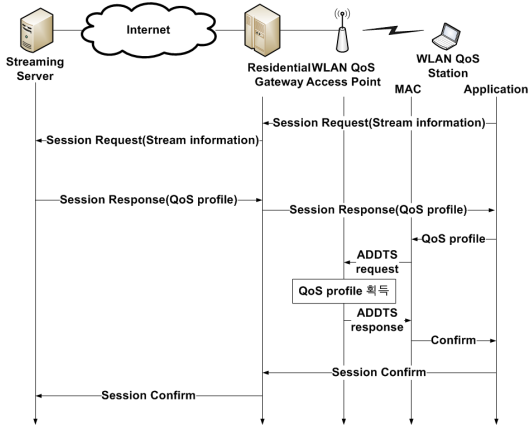


그림 5. 비디오 스트리밍 세션 시작 Flow chart

외부의 스트리밍 서버를 통해 서비스를 요청한다. 이때, 요청하는 스트리밍 서비스의 정보를 스트리밍 서버에 전송한다. 이때, 스트리밍 서버는 QSTA가 요청한 스트리밍 서비스의 GOP 패턴 및 지연한계 (delay bound)와 같은 QoS정보를 생성하여 [Session response]로 전달한다. QSTA의 응용계층은 [Session response]를 수신하면 스트리밍 서비스에 관련된 QoS 정보를 MAC 계층에 전달하고 MAC 계층에서 TSPEC field에 GOP 패턴과 지연한계 정보를 다음과 같이 기록한다.

- 1) TSPEC의 TS Info field에 reserved field의 마지막 bit를 1로 기록한다. 이는 버퍼 관리 기술을 사용한다는 것을 의미한다.
- 2) TSPEC의 Inactive interval field에 GOP pattern의 N과 M값을 기록한다. N은 GOP내의 프레임 수를 나타내고, M은 I 프레임과 P 프레임 사이 또는 P 프레임과 P 프레임 사이의 B 프레임 수를 나타낸다. Inactive interval field는 HCCA에서 사용되는 field이며 비디오 트래픽 전송과는 무관한 파라미터이기 때문에 EDCA를 사용할 때 임의로 사용해도 무관하다.
- 3) TSPEC의 Delay bound field에 지연한계를 기록한다.

QSTA는 TSPEC을 이용하여 [ADDTS request] 프레임을 생성하고 QAP에 존재하는 HC(Hybrid Coordinator)에게 전송한다. HC는 QSTA가 스트리밍 서비스에 대한 QoS 정보를 동적 버퍼 관리 관리자에게 전달하고 [ADDTS response] 프레임으로 응답한다. [ADDTS response]를 수신한 QSTA의 MAC은 응답을 응용계층에게 전달하고 응용계층은 스트리밍 서버로 [Session confirm]을 전달한다.

### 3.2 동적버퍼관리 기술

본 논문에서 제안하는 동적버퍼관리 기술의 동적 버퍼의 구조는 그림 6과 같다. 동적 버퍼(active buffer)는 다음과 같은 두 가지 기능을 수행한다.

첫째, 효율적인 버퍼 관리를 위하여 스트리밍 서비스 별로 VQ(Virtual Queue) list를 생성하여 관리한다. 새로운 스트리밍 서비스가 시작되면 새로운 VQ를 생성하고, 종료된 스트리밍 서비스가 있으면 VQ를 삭제한다<sup>18)</sup>. 또한 동적 버퍼관리를 수행하기 위하여 VQ에 들어온 비디오 프레임은 스트리밍 서비스의 GOP pattern에 따라 I/P/B 프레임으로 구별하고(동적버퍼에서는 GOP pattern을 알고 있기 때문에 프레임의 도착 순서대로 비디오 프레임의 속성(I/P/B)을 구별할 수 있다.), 만약 VQ내에서 I 프레임이 제거되면 VQ내에 I 프레임과 연관된 P와 B 프레임의 제거를 수행 한다.

둘째, 새로 도착한 비디오 프레임에 대하여 동적 버퍼 관리기술을 수행한다. 스트리밍 서버로부터 새로운 비디오 프레임  $a$ 가 QAP의 MAC 계층에 도착하면 flow classifier에 의하여 프레임 종류 및  $n$ 을 동적버퍼 관리자(active buffer manager)에게 전달한다.  $n$ 은 프레임의 크기를 MSDU 크기로 나눈 값으로 수식 (1)과 같다.

$$n = \left\lceil \frac{\rho}{L_{MSDU}} \right\rceil \quad (1)$$

이때,  $\rho$ 는 프레임  $a$ 의 크기를 나타내고,  $L_{MSDU}$ 는 MSDU의 크기를 나타낸다.  $\lceil \cdot \rceil$ 는 올림을 나타낸다. 프레임 종류와  $n$ 을 수신한 동적 버퍼 관리자는 가상전송시간을 계산하고 프레임  $a$ 의 프레임 종류 및 버퍼 상황을 고려하여 동적버퍼관리를 수행한다. 가상 전송시간( $V\_D$ )은 수식 (2)와 같이 계산할 수 있다.

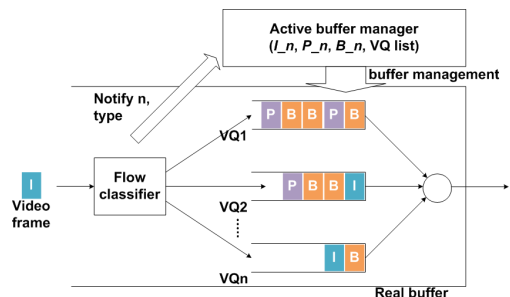


그림 6. 제안하는 동적버퍼의 구조

$$V\_D = D_{MPDU} \times (N_{total} + n) + (\Theta_i) \times \left\lceil \frac{N_{total}}{\left[ \frac{TXOP}{D_{MPDU}} \right]} \right\rceil \quad (2)$$

이때,  $\lceil \cdot \rceil$ 은 내림을 나타낸다.  $D_{MPDU}$ 는 MPDU 하나를 전송하는 소요되는 시간으로 수식 (3)과 같다.

$$D_{MPDU} = \frac{L_{MPDU} + L_{ACK}}{R} + D_{SIFS} + 2 \times D_{PR} \quad (3)$$

$L_{MPDU}$ 는 MPDU의 크기를 나타내고  $L_{ACK}$ 는 ACK의

표 2. 제안하는 동적 버퍼 관리 기술

Function proposed_protocol()
Begin When a frame $\alpha$ arrives Calculate $V\_D$ If(frame $\alpha$ = B frame) If( $V\_D > \text{delay bound}$ ) Drop the frame $\alpha$ ; Else Insert the frame $\alpha$ to the buffer; End if; Else If( $V\_D > \text{delay bound}$ ) Q_management(); Else Insert the frame $\alpha$ to the buffer; End if; End if; End function;
Q_management()
Begin Search B frames from HoL to ToL in the buffer; If( $\left\lceil \frac{V\_D - \text{delay bound}}{D_{MPDU}} \right\rceil < N_B$ ) Drop B frames of HoL in the queue; Else If(frame $\alpha$ = P frame) Drop the frame $\alpha$ ; Else Search P frames from HoL to ToL in the buffer; If( $\left\lceil \frac{V\_D - \text{delay bound}}{D_{MPDU}} \right\rceil < N_B + N_P$ ) Drop all B frames in the buffer; Drop P frames of HoL in the buffer; Else Drop the frame $\alpha$ ; End if; End if; End if; End function;

크기를 나타낸다.  $D_{SIFS}$ 는 SIFS만큼의 지연을 의미하고  $D_{PR}$ 은 preamble에 의한 지연을 의미한다.  $R$ 은 물리계층의 전송속도를 의미한다.  $\Theta_i$ 는  $i$ 번째 평균 access 시간을 의미하고 수식 (4)와 같이 계산할 수 있다. 이때,  $\beta$ 는 가중치로  $0 \leq \beta \leq 1$ 이다.

$$\Theta_0 = (AIFSN[2] + \left( \frac{CW_{min} + 1}{2} - 1 \right)) \times D_Q \quad (4)$$

$$\Theta_i = (1 - \beta) \times \Theta_{i-1} + \beta \times \Theta_i, \quad \begin{matrix} i=0 \\ i>0 \end{matrix}$$

평균 access 시간은 패킷이 버퍼의 HoL에 들어왔을 때부터 성공적으로 전송이 완료된 시간에서 패킷을 전송한 시간을 제외한 시간으로 측정된 값을 사용한다. 초기 값은 비디오 AC(AC\_VI)의 AIFSN과 CW값에 의해 계산된다.  $D_Q$ 는 WLAN의 mini-slot 크기이다.  $N_{Total}$ 은 동적버퍼 내의 총 MPDU수를 나타내며 수식 (5)와 같다.

$$N_{Total} = \sum_{k=1}^{\gamma} VQ_I[k] + \sum_{k=1}^{\gamma} VQ_P[k] + \sum_{k=1}^{\gamma} VQ_B[k] \quad (5)$$

이때,  $VQ_I[k]$ ,  $VQ_P[k]$ ,  $VQ_B[k]$ 는 동적버퍼 관리자에서 동적버퍼관리를 수행하기 위하여 관리하는 파라미터로 각각  $k$ 번째 VQ 내에 I 프레임의 MPDU 수, P 프레임의 MPDU 수, B 프레임의 MPDU 수를 나타낸다.  $\gamma$ 는 동적버퍼내의 VQ의 수를 의미한다. 제안하는 동적 버퍼 관리기술은 그림 7과 같이 새로 도착한 비디오 프레임  $a$ 의 가상 전송 시간이 지연한계를 넘어서는 경우에 프레임의 중요도에 따라 제거 확률을 다르게 한다. 중요도가 가장 높은 I 프레임일 경우에는 버퍼 내의 P 프레임과 B 프레임이 가상 전송 시간이 지연 한계를 초과 하지 않기 위하여 제거해야 되는 MPDU 개수보다 많은 수가 존재하면 동적 버퍼 관리 기술에 의하여 버퍼의 HoL부터 버퍼 증가 방향으로 B 프레임을 찾아서 가장 앞의 B 프레임을 제거하고, 만약 버퍼 내의

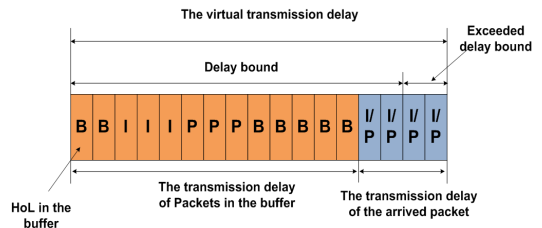


그림 7. 동적 버퍼 관리 기술의 예시

모든 B 프레임이 제거 되었을 경우에는 버퍼의 HoL부터 버퍼 증가 방향으로 P 프레임을 찾아 가장 앞의 P 프레임을 삭제한다. I 프레임 다음으로 중요도가 높은 P 프레임일 경우에는 버퍼 내의 B 프레임이 가장 전송 시간이 지연 한계를 초과 하지 않기 위하여 제거해야 되는 MPDU 개수보다 많은 수가 존재하면 동적 버퍼 관리 기술에 의하여 버퍼의 HoL부터 버퍼 증가 방향으로 B 프레임을 찾아서 제거한다. 중요도가 가장 낮은 B 프레임일 경우에는 동적 버퍼관리를 수행하지 않고 새로 도착한 프레임  $a$ 를 삭제한다. 표 2는 본 논문에서 제안하는 동적 버퍼 관리기술의 알고리즘이다.

#### IV. 성능분석

본 논문에서 제안한 동적 버퍼 관리기술의 성능을 평가하기 위하여 QAP, QSTA와 비디오 스트리밍 서버로 구성된 IEEE 802.11e 망을 구성하였다. QAP는 동적버퍼관리기능을 가지고 있으며 QSTA는 비디오 스트리밍 트래픽을 전송 받거나 best effort 트래픽을 생성한다. 서버는 비디오 스트리밍 트래픽을 QSTA에게 전송하며 서버에서 제공하는 비디오 스트리밍 서비스는 HD급 화질의 비디오로 가정하고 video trace research group에서 제공하는 10분가량의 HD급 Sony 데모 영상을 사용하였다<sup>9)</sup>. video trace는 2.7Mbps의 전송속도를 갖는 비디오 스트리밍 서비스 트래픽을 사용했으며 자세한 특성은 표 3과 같다. 표 4는 성능 분석에 사용된 시뮬레이션 파라미터로 IEEE 802.11 표준문서를 참조하였다<sup>10)</sup>. 본 논문에서 best effort 트래픽은 각각 전체 capacity의 0%, 1%, 5%를 생성하였고, 전송 지연 한계를 100ms로 설정하고 실험을 수행했다.

표 3. 비디오 트래픽의 특성

Properties	Value
GOP size	16
The number of B frame	3
Frame/s	30
MAX. size of I frame(bytes)	67387
MIN. size of I frame(bytes)	1097
AVE. size of I frame(bytes)	32557
MAX. size of P frame(bytes)	77557
MIN. size of P frame(bytes)	57
AVE. size of P frame(bytes)	13913
MAX. size of B frame(bytes)	46230
MIN. size of B frame(bytes)	8
AVE. size of B frame(bytes)	8561

표 4. 시뮬레이션 파라미터

Parameter	Value
SIFS( $\mu$ sec)	16
PLCP preamble( $\mu$ sec)	16
PLCP header( $\mu$ sec)	4
Data rate(Mbps)	54
CWmin	7
CWmax	1023
Retransmission limit	3
AFISN	2(AC_VI, AC_VO) 3(AC_BE), 7(AC_BK)
The number of stations	1 to 15(Video), 10(Best effort)
Moving average factor( $\beta$ )	0.9
Delay bound(ms)	100
Traffic load in the WLAN network	
The traffic load of best effort(%)	0, 1, 5
Packet size(bytes)	2304
Inter-arrival time(sec)	0.3475(1%), 0.0695(5%)

그림 8과 그림 9는 비디오 소스가 13개이고 best effort 트래픽이 0%일 때 일반적인 EDCA를 사용

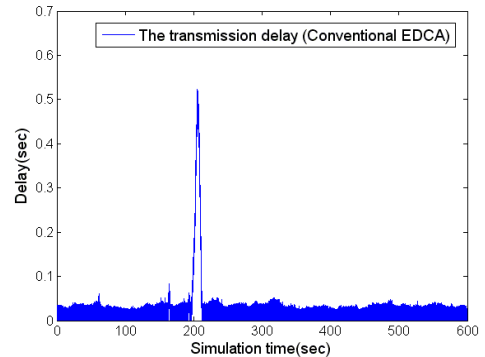


그림 8. 시뮬레이션 시간에 따른 전송 지연(Con. EDCA, best effort traffic: 0%)

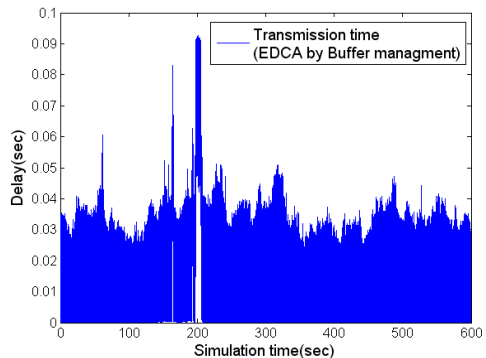


그림 9. 시뮬레이션 시간에 따른 전송 지연(Buff. EDCA, best effort traffic: 0%)

했을 경우와 동적버퍼관리를 수행하는 EDCA를 사용했을 경우에 전송지연을 나타낸다. 일반적인 EDCA를 사용했을 경우에는 일시적으로 전송지연한계 이상으로 전송 지연이 급격히 증가하는 것을 볼 수 있는데 이는 일시적으로 패킷 크기가 큰 I 프레임들이 동시에 버퍼에 들어와서 버퍼 내의 비디오 트래픽이 급격히 증가하여 발생하는 지연이다. 하지만 동적버퍼관리를 수행하였을 경우에는 프레임 중요도에 따른 버퍼내의 프레임 제거가 이루어져 전송되는 모든 프레임의 전송지연이 전송지연한계 미만으로 나타나는 것을 살펴 볼 수 있다.

그림 10은 비디오 소스와 best effort 트래픽을 증가시킴에 따라 발생하는 평균 지연을 측정된 결과를 나타내는 그래프이다. Con. EDCA는 EDCA에서 동적버퍼관리 기술을 사용하지 않았을 경우이고, Buff. EDCA를 동적버퍼관리를 사용했을 경우이다. X%는 best effort 트래픽이 전체 capacity의 X%만큼 차지하고 있음을 의미한다. 결과를 통하여 일반적인 EDCA를 사용했을 경우 버퍼에 패킷이 급격히 증가하여 전송지연한계를 초과하는 경우가 발생하기 때문에 14개 이상의 비디오 소스에서 트래픽이 발생될 경우에 전송 지연 시간이 전송지연한계 이상으로 급증하여 스트리밍 서비스를 제공하는데 어려움이 있는 것을 확인할 수 있었다. 하지만 제안하는 버퍼 관리 기술을 적용하였을 경우에는 프레임 중요도에 따른 버퍼내의 프레임 제거가 이루어져 기존의 EDCA에서의 전송지연보다 적은 전송지연시간을 소모하는 것을 알 수 있다.

그림 11, 그림 12, 그림 13은 비디오 소스와 best effort 트래픽을 증가시킴에 따라 발생하는 프레임 손실률을 프레임 별로 나타낸 그래프이다. 결과를 통하여 일반적인 EDCA를 사용했을 경우 버퍼에 패킷이 급격히 증가하여 전송지연한계를 초과하는 경우가 발생하기 때문에 best effort 트래픽이 0%일 경우에는 13개 이상의 비디오 소스에서 1%와 5%일 경우에는 12개 이상의 비디오 소스에서 트래픽이 발생될 경우에 전송 지연 시간이 전송지연한계 이상으로 급증하여 I,P,B 프레임의 손실이 동시에 발생하지만 제안하는 버퍼 관리 기술을 적용하였을 경우에는 프레임 중요도에 따른 버퍼내의 프레임 제거가 이루어져 비디오 소스와 best effort 트래픽이 증가함에 따라 B 프레임의 손실은 증가하지만 I와 P 프레임의 거의 발생하지 않는다.

그러므로 본 논문에서 제안하는 동적버퍼관리 기술을 사용하면 트래픽이 증가하여 지연한계를 초과

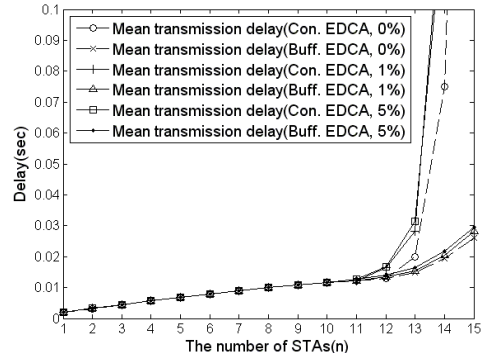


그림 10. 비디오 소스의 증가에 따른 평균 전송지연

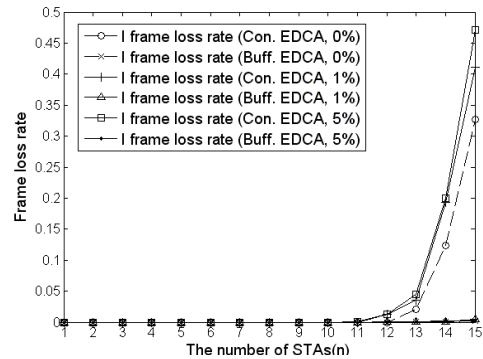


그림 11. 비디오 소스의 증가에 따른 I 프레임 손실률

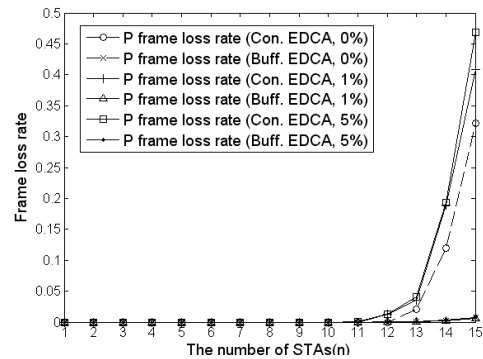


그림 12. 비디오 소스의 증가에 따른 P 프레임 손실률

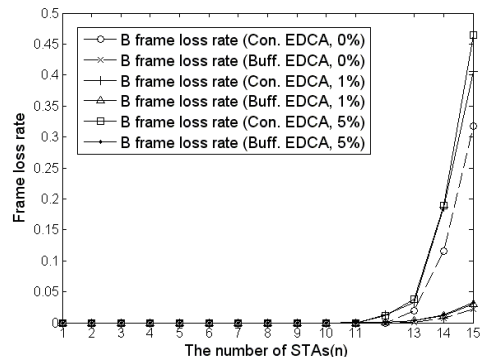


그림 13. 비디오 소스의 증가에 따른 B 프레임 손실률

하는 프레임이 발생해도 프레임의 중요도에 따른 버퍼관리로 인하여 프레임 중요도가 높은 I와 P 프레임의 손실은 거의 발생하지 않고 전송지연이 안정화됨을 살펴 볼 수 있다.

### V. 결 론

본 논문에서는 IEEE 802.11e를 기반으로 EDCA를 사용할 때 스트리밍 서비스의 QoS를 만족시키기 위한 동적버퍼관리 기술을 제안하였다. 특히 새로 도착한 프레임의 가상전송지연을 계산하고 가상전송지연이 지연한계를 초과하면 프레임의 중요도에 따라 버퍼 내에 HoL의 프레임들의 제거 하여 QoS를 향상시키도록 설계하였다. 또한, 시뮬레이션결과를 통하여 동적 버퍼 관리 기술을 사용하였을 경우 트래픽이 증가하여 지연한계를 넘어서는 프레임이 발생해도 프레임의 중요도에 따른 버퍼관리로 인하여 프레임 중요도가 높은 I와 P 프레임의 손실은 거의 발생하지 않고 전송지연이 안정화됨을 살펴 볼 수 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 동적버퍼관리기술은 EDCA를 사용하는 WLAN환경에서 스트리밍 서비스의 QoS를 만족 시킬 것으로 기대된다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Villalón, P. Cuenca, L. Orozco-Barbosa, Y. Seok, and T. Turletti, "Cross-Layer Architecture for Adaptive Video Multicast Streaming Over Multirate Wireless LANs," *IEEE Journal of Selected Areas in Communications*, Vol. 25, No. 4, pp. 699-711, May, 2007
- [2] N. Cranley, and M. Davis, "The Effects of Background Traffic on the End-to-End Delay for Video Streaming Applications over IEEE 802.11b WLAN Networks," in *Proc. PIMRC 2006*, Helsinki, Finland, Sep., 2006.
- [3] J. Naoum-Sawaya, B. Ghaddar, S. Khawam, H. Safa, H. Artail, and Z. Dawy, "Adaptive Approach for QoS Support in IEEE," in *Proc. WiMOB 2005*, Montreal, Canada, Aug., 2005.
- [4] Z. Orlov, and M. C. Necker, "Enhancement of Video Streaming QoS with Active Buffer Management in Wireless Environments," in *Proc. EW 2007*, Paris, France, Apr., 2007.
- [5] IEEE "Part 11: Wireless LAN Medium Access

Control (MAC) and Physical Layer (PHY) specifications Amendment: Medium Access Control (MAC) Quality of Service Enhancements," IEEE Standard 802.11e, Nov., 2005.

- [6] C. Rohaly et al., "Video Quality Expert Group : Current Results and Future Directions," *Visual Communications and Image Processing*, June 2000.
- [7] Overview of MPEG-4 Standard by the Motion Picture Expert Group: <http://mpeg.telecomitalia.com/>.
- [8] X. Lin, X. Chang, and J. K. Muppala, "VQ-RED: An Efficient Virtual Queue Management Approach to Improve Fairness in Infrastructure WLAN," in *Proc. LCN 2005*, Sydney, Australia, Nov., 2005.
- [9] Video Trace Research Group : <http://trace.eas.asu.edu/>.
- [10] IEEE, "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications," IEEE Standard 802.11, June, 1999.

이 규 환 (Kyu-Hwan Lee)

준회원



2007년 아주대학교 전자공학부 졸업  
2007년~현재 아주대학교 전자공학부 석/박사 통합과정  
<관심분야> WLAN, 무선망 QoS, WPAN 보안 인증, Ad-hoc, Mesh network 등

이 현 진 (Jae-Hyun Kim)

준회원



2004년 아주대학교 전자공학부 졸업  
2004년~현재 아주대학교 전자공학부 석/박사 통합과정  
2004년 삼성 휴먼테크 논문대상 동상 수상  
<관심분야> IEEE 802.11e WLAN, Wibro, 무선망 QoS, Handover 등



김 재 현 (Jae-Hyun Kim)

중신회원



1987년~1996년 한양대학교 전  
산과 학사 및 석/박사 졸업  
1997년~1998년 미국UCLA 전  
기전자과 박사 후 연수  
1998년~2003년 Bell Labs,  
Performance Modeling and  
QoS Management Group, 연

구원

2003년~현재 아주대학교 전자공학부 부교수.

<관심분야> 무선인터넷 QoS, MAC 프로토콜, IEEE  
802.11/15/16/20, 3GPP, 국방 전술네트워크 등

노 병 희 (Byeong-Hee Roh)

중신회원



1983년~1987년 한양대학교  
전자공학과 학사 졸업  
1987년~1989년 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 석사졸업  
1994년~1998년 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 박사 졸업  
2000년~현재 아주대학교 정보

통신 전문대학원 부교수

<관심 분야> 모바일 멀티미디어 네트워크 및 응용,  
BcN QoS 및 트래픽 엔지니어링, 유비쿼터스 센  
서 네트워크(RFID/USN), 인터넷 보안, 국방 전  
술통신 네트워크.