

WLAN에서 스트리밍 서비스의 QoS를 제공하기 위한 GOP 패턴 및 프레임 중요도에 따른 버퍼 관리 기술

A Buffer Management Algorithm based on the GOP Pattern and the Importance of each Frame to Provide QoS for Streaming Services in WLAN

김재현*, 이현진, 이규환, 노병희
(Jae-Hyun Kim, Hyun-Jin Lee, Kyu-Hwan Lee, and Byeong-Hee Roh)

Abstract : IEEE 802.11e standardized the EDCA mechanism to support the priority based QoS. And the virtual collision handler schedules the transmission time of each MAC frame using the internal back-off window according to the access category(AC). This can provides the differentiated QoS to real-time services at the medium traffic load condition. However, the transmission delay of MAC frame for real-time services may be increased as the traffic load of best effort service increases. It becomes more critical when the real-time service uses a compressed mode video codec such as moving picture experts group(MPEG) 4 codec. That is because each frame has the different importance. That is, the I-frame has more information as compared with the P- and the B-frame. In this paper, we proposed a buffer management algorithm based on the frame importance and the delay bound. The proposed algorithm is consisted of the traffic regulator based on the dual token bucket algorithm and the active queue management algorithm. The traffic regulator reduces the transmission rate of lower AC until that the virtual collision handler can transmit an I-frame. And the active queue management discards frame based on the importance of each frame and the delay bound of head of line(HoL) frame when the channel resource is insufficient.

Keywords: final camera-ready format, MS Word version, accepted paper, use style, heading

I. 서론

WLAN(Wireless Local Area Network) 기술이 진보함에 따라 인터넷을 통해 전달된 실시간 멀티미디어 트래픽을 데탕망(Home network)에서 무선으로 연결되는 단말에게 효과적으로 제공하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1]. 그러나, 무선을 통하여 멀티미디어 서비스를 효과적이고 안정적으로 제공하기 위해서는 이동성, shadowing, multi-path fading 과 같은 요인에 의해 가변 하는 무선 자원에 효과적으로 적응할 수 있는 적응 기술과 전송 기술이 개발되어야 하며 무선 채널에서 발생하는 신호 감쇄와 동일한 무선 채널을 공유하는 시스템에서 발생할 수 있는 충돌에 의해 빈번하게 발생하는 패킷 손실과 비디오 프레임의 분할에 의해 야기되는 부분적인 패킷 손실에 적응할 수 적응 기술의 개발이 이루어져야 한다.

최근에 많은 논문들이 이러한 기술들을 개발하기 위하여 다양한 방안을 제안하고 있다[2]-[4]. [2]에서 B. Girod 와 N. Farber 는 무선 채널에서 발생할 수 있는 전송 에러를 극복하기 위한 기존 기술들에 관하여 기술하였다. 특히 가변 하는 채널 용량에 적응하기 위하여 개발된 AMC(Adaptive Error Control)와 ARQ(Automatic Repeat request)를 결합하여 셀룰러 환경에서 분석하였다. 특히 무선망에서 멀티미디어 서비스를

효과적으로 제공하기 위해서는 부호화기(encoder)에서 실시간으로 채널 정보를 전송 받을 수 있을 경우 채널의 상황에 따라 비디오 소스의 부호화율을 가변적으로 바꿀 수 있는 채널 적응형 소스 코딩 방식이 도입되어야 하며 망 계층과 응용계층을 동시에 고려해야 한다고 강조하고 있다. [3]에서 Z. Orlov 와 M. C. Necker 는 셀룰러 환경에서 active buffer management 를 이용하여 비디오 스트리밍 서비스의 QoS 를 향상시킬 수 있는 방안을 제안하였다. 제안하는 방안은 비디오 스트림의 프레임 종류에 따라 버퍼에서 패킷 손실 확률을 차별화하는 방안을 제안하였으며 일반적인 drop-tail queue 와 FER(Frame Error Rate) 성능을 비교하였다. 그러나, 응용계층의 서비스 품질을 고려하지 못한 문제가 있으며 I-프레임과 P-프레임의 손실에 의한 서비스 품질의 감소를 고려하지 않았다. [4]에서 N. Cranley 와 M. Davis 는 WLAN 시스템에서 BE(Best Effort) 트래픽이 비디오 스트리밍 서비스의 중단간 지연에 주는 영향을 test bed 를 통해 실제 측정하였다. 특히 동일한 부하일 경우 도착률 보다 패킷의 길이가 중단간 전송 지연에 더욱 많은 영향을 야기한다고 결론지었다. IEEE 802.11 WG(Working Group)에서는 서비스 별로 차별화된 QoS 를 제공하기 위하여 EDCA(Extended Distributed Channel Access)를 표준으로 채택하였다[5]. EDCA 는 AC 별로 IFS(Inter-Frame Space)와 CW(Contention Window)의 최소값과 최대값 및 TxOP 를 차별화하여 채널 접근 기회를 제공하여 우선권 기반의 QoS 를 제공하는 방법이다. 그러나 하위 AC 의 부하가 증가함에 따라서 상위 AC 의 전송 지연이 증가하는 문제가 발생할 수 있다. 이러한 문제는 MPEG4 와 같이 비디오 프레임을 압축하

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2008. 07. 25., 채택확정 : 2008. 08. 01.

김재현, 이현진, 이규환 : 아주대학교 전자공학과

(jkim@ajou.ac.kr, l33hyun@ajou.ac.kr, lovejivoon7@ajou.ac.kr)

노병희 : 아주대학교 정보 및 컴퓨터 공학과

(bhroh@ajou.ac.kr)

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

여 전송하는 코덱을 사용할 경우 성능의 급격한 감소를 야기할 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 비디오 프레임의 중요도와 프레임 전송 지연한계를 고려한 버퍼 관리 기술에 대하여 전송의 우선 순위를 결정하는 더욱 심각해질 수 있다. 본 논문에서는 이러한 문제를 해결하기 위한 버퍼 관리 기술을 개발한다.

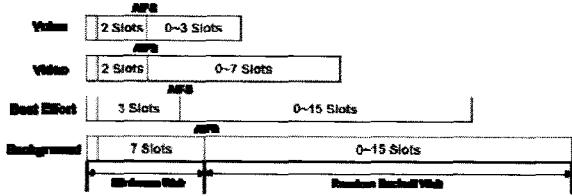


그림 1. EDCA 에서 서비스별로 채널에 접근하기 위해 요구되는 시간

II. 관련기술

1. WLAN 의 우선권 기반 EDCA 알고리즘

EDCA는 우선권 기반의 QoS를 제공하며 다양한 트래픽들이 채널을 점유하기 위하여 경쟁을 시도할 경우 상위의 AC(Access Category)에 통계적으로 전송 지연을 감소시키기 위하여 CW와 IFS를 가변한다. 그림 1은 AC에 따라 무선 채널을 할당받기 위하여 필요한 시간을 나타내고 있다. 각 AC는 AIFSN(Arbitration Inter Frame Space Number), CWmin, CWmax, PF, 그리고 TxOP limit 에 의해 특징지어지며 AC별로 back-off 시간을 결정하는데 사용되는 CW는 다음과 같이 계산된다.

$$CW_{j+1}^{(i)} = \min \left\{ \left[(CW_j^{(i)} + 1) \cdot PF^{(i)} \right] - 1, CW_{\max}^{(i)} \right\} \quad (1)$$

$$T_{backoff, j+1} = T_\delta \cdot \left[rand \left[0, CW_{j+1}^{(i)} \right] \right]$$

이때, $CW_{j+1}^{(i)}$ 는 i 번째 AC가 $j+1$ 번째 전송 시도에서 선택하는 CW를 나타내며 $PF^{(i)}$ 는 i 번째 AC의 PF를 나타내며 주로 2를 사용하며 binary exponent를 나타낸다. $CW_{\max}^{(i)}$ 는 i 번째 AC의 최대 CW이다. $rand(x, y)$ 는 x 부터 y 사이에서 uniform 하게 선택된 임의의 값을 나타내며 $[x]$ 는 x 보다 작은 최대의 정수를 나타낸다.

2. 무선링크 버퍼 관리 기술

무선 링크 버퍼 관리 기술은 QAP또는 QSTA각 각각의 서비스 플로우 별로 버퍼에 저장된 패킷의 수를 제어하는 기술로 망의 혼잡을 막고, 시스템이 불안정해지는 것을 막기 위하여 사용된다. 만약 일정 수준 이상으로 버퍼에 패킷이 저장되면 버퍼 관리 기술은 각각의 policy에 따라 패킷을 파기(discard)한다. 주로 사용되는 policy는 버퍼에 정해진 수(N)만큼의 패킷만을 저장하고 버퍼에 N 개의 패킷이 저장되면 새롭게 도착하는 모든 패킷을 파기하는 DNA(Drop New Arrivals)방식으로 유선망에서 주로 사용되며 대표적으로 drop-tail queue 방식이 있다. DRP(Drop Random Packets)는 DNA와 유사하나 새롭게 도착하는 패킷을 파기하는 대신 버퍼에 저

장된 패킷 중에서 랜덤하게 선택하여 패킷을 파기한다. 새롭게 저장된 패킷은 버퍼의 마지막에 저장된다. 대표적인 알고리즘으로 RED(Random Early Drop)[9]이 있으며 데이터 트래픽의 전송에 주로 사용된다. RED는 혼잡이 발생하기 전에 미리 일정 수준의 패킷을 파기하여 망의 혼잡을 감소시키기 위하여 사용되며 패킷 파기 확률은 다음과 같이 계산된다.

$$p_N = \begin{cases} 0 & N \leq N_{\min} \\ p_{\max} \cdot \frac{avr - N_{\min}}{N_{\max} - N_{\min}} & N_{\min} < N \leq N_{\max} \\ 1 & N_{\max} < N \end{cases} \quad (2)$$

이때, p_{\max} 는 알고리즘에 의해 정해지는 최대 파기 확률이며 avr 은 추정된 평균 버퍼 크기로 다음과 같이 계산된다.

$$avr = avr \cdot (1 - \alpha) + N \cdot \alpha \quad (3)$$

이때, α 는 가중치로 $0 \leq \alpha \leq 1$ 로 시스템에서 결정된다.

III. 제안하는 버퍼관리 기술

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.

$$EB_i = g_i \times s_i \quad (4)$$

이때, g_i 는 dual token bucket에 의해 계산된 대역폭으로 다음과 같이 계산된다.

$$g_i = \frac{P_i}{1 + d_i(P_i - \rho_i)\sigma_i^{-1}} \quad (5)$$

또한 s_i 는 하나의 패킷을 성공적으로 전송하기 위해 필요한 평균 전송횟수로 다음과 같이 계산된다.

$$s_i = \sum_{j=1}^l L^j p_e^{j-1} (1 - p_e) + (L + 1) p_e^l = \frac{1 - p_e^{l+1}}{1 - p_e} \quad (6)$$

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.

$$p_e = p_i + p_c \quad (7)$$

이때, p_i 은 패킷 손실 확률을 나타내며 다음과 같이 계산된다.

$$p_i = 4(1 - 2^{-b/2})Q \left(\sqrt{\frac{3\gamma_s}{2^b - 1}} \right) \quad (8)$$

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

$$p_c = 1 - \prod_{j=1, j \neq i}^4 (1 - q_j) \quad (9)$$

이때, q_i 는 i 번째 AC의 패킷 전송 확률로 $q_i = 1/CW_i$ 로 계산된다. 계산된 대역폭은 delay tolerance 이내에 전송된 패킷을 전송하는데 TXOP로 계산된다.

$$TXOP_i = \max \left\{ n_i \times \left(\frac{L_i}{R_i} + O_i \right) + O_i, \frac{M}{R_i} + O_i + O_i \right\} \quad (10)$$

이때, O_i 은 하나의 MSDU를 전송하고 ACK를 수신하는데 필요한 IFS시간과 ACK전송 시간을 나타내며 O_i 는 경쟁방식으로 채널에 접근하기 위하여 필요한 시간이다. L_i 는 nominal MSDU의 크기로 WLAN에서 결정되는 파라미터이다. n_i 는 delay tolerance 이내에 전송되어야 하는 MSDU의 수를 나타내면 다음과 같이 계산된다.

$$n_i = \left\lfloor \frac{d_i \times EB_i}{L_i} \right\rfloor \quad (11)$$

Admission Control에서는 식(12)의 승인제어 부등식을 만족할 경우 승인이 이루어진다.

$$TXOP_i \leq T_{residual\ BW} \quad (12)$$

이때, $T_{residual\ BW}$ 는 이전의 superframe내에서 사용한 시간 자원을 나타내는 값으로 다음과 같이 계산된다.

$$T_{residual\ BW}(i+1) = (1-\beta)T_{residual\ BW}(i) + \beta \left(T_{BP} - \sum_{i=1}^4 TXOP_i \right) \quad (13)$$

이때, T_{BP} 는 beacon interval을 나타내는 값이며 β 는 가중치로 $0 \leq \beta \leq 1$ 이다. 오류! 참조 원본을 찾을 수 없습니다.의 Policer는 dual token bucket 파라미터로 Active queue management에 전송한다. Active queue management는 i 번째 AC에 할당받은 TXOP동안에 전송할 수 있는 패킷 이상으로 버퍼가 증가할 경우 버퍼의 HoL부터 버퍼 증가 방향으로 B-frame을 찾아서 가장 앞의 B-frame을 제거한다. 만약 B-frame이 없을 경우 P-frame을 다음 순서로 프레임을 찾아 제거한다. 이 과정은 Active queue management내에 n_i 개의 패킷이 들어갈 때까지 이루어진다. 만약 I-frame이 제거될 경우 하위 AC중 AC_BE의 전송률을 감소시킨다. 표 1과 표 2는 본 논문에서 제안하는 Policer와 Active Queue Management의 알고리즘이다.

표 1. Policer algorithm

Policer algorithm	
Bucket depth = P_i ;	
Token generation = ρ_i ;	
While (DELTS frame is received)	
If Token < Bucket depth	
Token = Token + ρ_i / d_i ;	
Else	
Token = Token;	
End	
While (Token > 0)	
Send queued packet;	
End	
Timer = d_i ;	
End	
If Receive Reduce_BW,primitive	

Token generation = $\rho_{BE} / 2$;
 If DELTS frame is received
 Token generation = ρ_{BE} ;

표 2. Active Queue Management algorithm

Active Queue Management algorithm	
While (queue size $\leq n_i$)	
Search B-frame	
If (B-frame is exist)	
Discard B-frame;	
Elseif P-frame is exist	
Discard P-frame;	
Else	
Discard I-frame;	
Send Reduce_BW,primitive;	
End	
End	
If channel grant is received	
While ($n_i = 0$ queue is empty)	
Send packet from queue_i	
End	
End	

IV. 성능 분석

본 논문에서 제안한 프레임워크의 성능을 평가하기 위하여 QAP, QSTA와 서비스 트래픽을 생성하는 서버로 구성된 IEEE 802.11e 망을 구성하였다. QAP와 QSTA는 최대 54Mbps를 지원한다. QSTA는 비디오 스트리밍 서비스와 best effort 트래픽을 생성하며 표 3는 성능 분석에 사용된 시스템 파라미터를 나타낸다.

표 3. 성능분석에 사용된 시스템 파라미터

Parameter	Value
UDP/IP Header	28 bytes
PIFS	25 usec
SIFS	16 usec
PLCP preamble (usec)	16 (OFDM), 144 (FHSS)
PLCP header (usec)	4 (OFDM), 48 (FHSS)
Data Rate	54Mbps
CWmin	7
CWmax	1023
Maximum retransmission	3
AIFSN	2(AC_VI,AC_VO), 3(AC_BE),7(AC_BK)
Per class queue buffer depth	1Mbytes
Weighting factor for average queue size	0.01
Maximum TX power	100mW

본 논문에서는 응용 서비스 트래픽 모델로 비디오 스트리밍 서비스와 best-effort 서비스를 가정하였다. 비디오 스트리밍 서비스 트래픽은 초당 25 프레임을 생성하며 GOP는 IBBPBBPBBPBBI로 구성되어 있다. I프레임은 최대 5184byte

이고 최소 4034byte로 lognormal($\mu=4742$ byte, $\sigma=178$ byte) 분포를 가지며 P프레임은 최대 1663byte최소 100byte를 가지며 lognormal ($\mu=259$ byte, $\sigma=134$ byte) 분포를 가정하였다. 또한 B 프레임은 최대 882bytes이고 최소 35byte를 가지며 lognormal ($\mu=147$ byte, $\sigma=74$ byte)를 가정하였다. 또한 평균 무손실 PSNR은 35dB이다. Best-effort 트래픽은 평균 1Mbps의 전송 속도로 생성되며 패킷 크기는 12.8 bytes의 패킷이 평균 0.1초마다 생성되며 uniform 분포를 갖는다고 가정하였다. 그림 2 은 무선 자원의 50%를 best effort 사용자가 점유할 때 시뮬레이션에 따른 PSNR의 변화를 측정 한 그림이다. 결과를 통하여 패킷을 삭제하지 않을 경우 전송지연한계를 초과하는 경우와 패킷전송실패에 의한 패킷 손실이 증가하여 PSNR의 변화가 많으며 평균 약 26dB의 PSNR이 발생하여 스트리밍 서비스를 제공하는데 어려움이 있는 것을 확인할 수 있었다. 또한 RED를 사용하였을 경우 전송지연한계를 초과하여 패킷이 손실되는 경우는 감소하나 트래픽이 증가할 경우의 임의의 패킷을 파기하여 PSNR의 변화가 발생하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 PSNR의 변화에 가장 큰 영향을 주는 I 프레임과 P 프레임이 손실되기 때문에 나타나는 것이다.

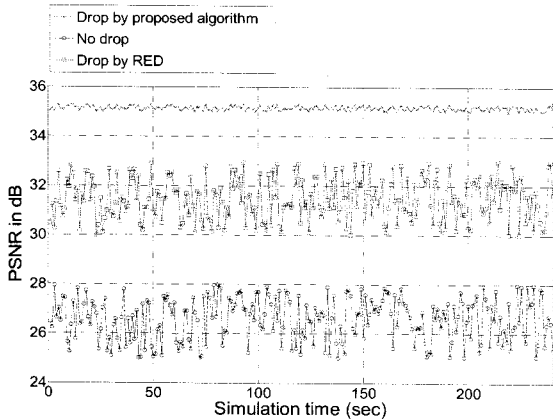


그림 2 Active buffer management 별 PSNR

그림 3은 무선 자원의 50%를 best effort 사용자가 점유할 때 지연한계가 변함에 따라 각 active buffer management 기술에 따른 성능을 평가한 그림이다. 지연이 증가한 패킷을 삭제하지 않을 경우 전송이 되어도 전송 지연을 초과하여 PSNR이 증가하지 않는 것을 확인할 수 있으며 PSNR이 최대 25dB까지만 증가하여 스트리밍 서비스의 사용자 측면 성능이 급격히 감소하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 RED를 사용하였을 경우 전송한계 초과에 의한 패킷 손실 효과는 감소하나 임계값 이상으로 트래픽이 증가할 경우 active queue management에서 패킷을 파기하여 PSNR의 변화가 발생하는 것을 확인할 수 있으며 평균 PSNR은 패킷을 삭제하지 않을 경우에 비해 약 4dB 증가하는 것을 확인할 수 있다. 본 논문에서 제안하는 방안을 사용하였을 경우 지연한계가 35msec 이상으로 설정하였을 경우 30dB 이상의 PSNR을 확보하여 스트리밍 서비스의 사용자 측면 품질이 향상되어 약 50msec 이상으로 지연한계를 설정하였을 경우 무손실 전송을 제공할 수 있는 것으로 확인할 수 있었다.

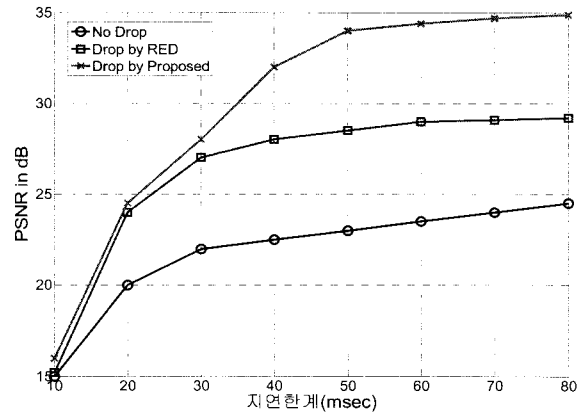


그림 3. Active buffer management 기술 별 지연한계에 따른 PSNR

V. 결론

본 논문에서는 IEEE 802.11e를 기반으로 EDCA를 사용할 때 스트리밍 서비스의 QoS를 만족시키기 위한 프레임워크를 정의하고 각 세부 기술별로 요구 알고리즘을 설계하였다. 특히 승인제어 알고리즘에서는 응용계층의 정보를 기반으로 effective bandwidth를 기반으로 승인제어를 수행하며 Policier에서 서비스 속도를 제어하도록 하였다. 또한 active queue management에서 HoL 프레임의 우선 삭제와 프레임의 특성에 따른 패킷 제거를 통하여 QoS를 향상시키도록 설계하였다. 또한 시뮬레이션 결과를 통하여 active queue management와 policier를 결합하여 사용하였을 경우 50%의 망 부하에서 지연한계를 30msec이하로 두었을 경우 30dB이상의 PSNR을 확보하였으며 지연한계가 50msec 이상일 경우 35dB의 PSNR을 확보하여 무손실 전송이 가능한 것을 확인할 수 있었다.

참고문헌

- [1] J. Villalón, P. Cuenca, L. Orozco-Barbosa, Y. Seok, and T. Turtletti, "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] B. Girod and N. Farber, Wireless Video, a Book Chapter in Compressed Video Over Networks. New York: Marcel Dekker, 2001
- [3] Z. Orlov, and M. C. Necker, "Enhancement of Video Streaming QoS with Active Buffer Management in Wireless Environments," in Proc. EW2007, Paris, France, Apr., 1-4, 2007
- [4] 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. PIMRC2006, Helsinki, Finland, Sep., 11-14, 2006, pp. 1-5
- [5] 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.