IEEE 802.11e HCCA MAC의 다중 전송률을 이용한 멀티미디어 트래픽의 효율적 전송

정회원 김 영 환*, 석 정 봉*

Efficient Delivery of Multimedia Traffic Using Muti-rate Transmission of 802.11e HCCA MAC Protocol

Young-Hwan Kim*, Jung-Bong Suk* ***Regular Members***

요 약

본 논문에서는, HCCA로 동작되는 IEEE 802.11e MAC의 Transmission Opportunity (TXOP) 구간을 동적으로 제어함으로서, 무선 Local Area Network (LAN) 환경에서 실시간 멀티미디어 트래픽의 전송 성능을 향상시키는 방식을 제안한다. 프레임의 전송 시기 및 시간을 결정하는 스케줄러의 기존 방식은 무선 단말의 전송률 변화에 상관없이 TXOP 구간을 고정하기 때문에 무선 통신 환경 변화를 동적으로 반영하지 못하는 문제점을 내포하고 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위하여 제안방식에서는 무선 단말의 전송률이 낮아지더라도 TXOP 구간이 확대됨으로서, 사용자로부터 발생된 실시간 멀티미디어 트래픽의 전송이 최대한 유지될 수 있도록 한다. 제안방식의 성능 분석을 위해, IEEE 802.11e 참조모델과 함께 NCTUns 시뮬레이터를 이용한 모의실험을 수행하였으며, 그 결과 제안방식은 무선통신 거리 변화에 따른 전송률 변화에도 실시간 멀티미디어 트래픽의 전송이 효과적으로 이루어짐을 확인하였다.

Key Words : IEEE 802.11e MAC, QoS, HCCA, TXOP, Multi-Rate

ABSTRACT

In this paper, we propose a scheme that improves the transmission performance of realtime multimedia data in wireless Local Area Network (LAN) environment, through the dynamical control of Transmission Opportunity (TXOP) period of the IEEE 802.11e HCCA Medium Access Control (MAC). The existing schedulers which determine the frame transmission time and its duration could not appropriately cope with the change of physical transmission rate, since the TXOP period has remained unchanged with the change of transmission rate of the wireless station. Our scheme is devised to keep the transmission performance of real-time multimedia data effectively unchanged by making TXOP period be extended when the transmission rate gets reduced. The proposed scheme is experimented along with IEEE 802.11e reference model using NCTUns simulator, which shows that the multimedia data is effectively delivered with the change of transmission rate as the distance between the wireless station and its access point increases.

Ⅰ. 서 론

IEEE 802.11 무선 랜 (Wireless Local Area Network, WLAN) 표준은 상용화에 유일하게 성공하여, 세계적으로 광범위하게 사용되고 있다. IEEE 802.11 Working Group (WG)은 1997년 초기 표

* 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 정보통신망연구실 (leo0207@paran.com), (jbsuk@yonsei.ac.kr)
논문번호 : KICS2008-01-027, 접수일자 : 2008년 1월 8일, 최종논문접수일자 : 2008년 2월 10일

준을 발표하였고, 이후 고속 물리계층 (Physical Layer, PHY)으로서 1999년 802.11a/b와 2003년 802.11g 표준을 추가하였다[1,2]. 근래에는 실시간 멀티미디어 트래픽의 효과적인 전송과 효율적인 자원 사용을 위해, Quality of Service (QoS) 성능을 향상시킨 802.11e Medium Access Control (MAC) 프로토콜을 2005년에 추가 하였다[3].

IEEE 802.11e MAC의 Hybrid Coordination Function (HCF)은, 경쟁 방식의 Enhanced Distributed Channel Access (EDCA)와 비경쟁 방식의 HCF Controlled Channel Access (HCCA)으로 나누어진다. HCCA는 실시간 멀티미디어 트래픽의 효과적인 전송을 위해, 비경쟁 방식인 폴링 (polling) 기반으로 무선 단말이 요구한 전송권한 (Transmission Opportunity, TXOP)을 부여한다. HCCA는 폴링 제어를 위해 중재자 (coordinator)가 필요하며 이를 Hybrid Coordinator (HC)라 한다. HC에는 무선 단말의 TXOP 요구에 대한 수락여부를 결정하는 수락제어기 (admission controller)와, TXOP 폴링을 제어하기 위한 스케줄러 (scheduler)가 있다. 이들은 HCCA의 성능을 결정하는 매우 중요한 기능이지만, IEEE 802.11e 표준에서는 이들을 선택 항목으로 규정하고, 다만 구현을 돕기 위해 참조모델 (reference model)을 제공하고 있다.

그러나, 참조모델을 비롯한 기존에 제시된 [4]와 같은 방식은 수락제어 및 스케줄링을 위한 TXOP 값 계산에 다중 전송률 (multi-rate) 기능을 반영하지 못하였다. 다중 전송률은 무선 통신환경 변화에 따라 변조 방식을 변경하는 기능으로서 효율적인 전송을 돕는다. 본 논문에서는 무선 통신 환경 변화에 따른 무선 단말의 전송률 변화를 TXOP 값 계산에 반영함으로서, 참조모델 및 기존 방식이 가지고 있는 문제를 해결할 수 있는 방안을 제안한다.

제안방식은 NCTUns 시뮬레이터를 기반으로 한 모의실험을 통해 참조모델과 비교함으로서 그 성능을 검증하였다. 모의실험은 각 무선 단말이 Access Point (AP)로부터 일정한 속도로 멀어지는 시나리오로서, 수신 데이터에 대한 일정 비트 에러율 (10^{-3})을 유지시키도록 무선 단말이 자동으로 전송률을 감속시키는 다중 전송률 기능을 포함하고 있다. 모의실험 결과, 제안방식은 AP와 무선 단말간의 무선 통신거리 증가에 따라 전송률이 저속 변화되는 상황에서도, TXOP 구간의 동적 조절 기능을 통해 음성 및 영상 등 실시간 멀티미디어 트래픽 전송이 표준 참조모델보다 효과적으로 이루어짐을 확인하였다.

본 논문의 Ⅱ절에서는 본 연구의 배경 지식으로서, IEEE 802.11 기존 MAC과 802.11e MAC 소개를 통해 802 무선 LAN에서 음성 및 영상의 실시간 멀티미디어 트래픽 특성화 및 전송이 어떻게 이루어지는지 설명한다. Ⅲ절에서는 IEEE 802.11e에서 제시하는 참조모델의 수락제어와 스케줄러의 동작 및 TXOP 폴링의 예를 활용하여 설명하고, 참조모델의 문제점을 해결하기 위해 무선 단말의 다중 전송률 기능이 TXOP 계산에 반영된 제안방식을 설명한다. Ⅳ장에서는 먼저 본 논문에서 구현한 다중 전송률에 대하여 설명하고, 제안방식에 대한 참조모델과의 성능을 모의실험을 통해 비교하며, 마지막 장에서 결론을 맺는다.

Ⅱ. 배경 지식

2.1 IEEE 802.11e HCCA

EDCA는 전송될 데이터를 특징에 따라 8단계의 User Priority (UP)로 구분하고, 다시 4등급의 Access Category (AC)로 재편한다. 이렇게 4등급으로 구분된 트래픽은 서로 다른 Arbitration Interframe Spacs (AIFS)와 CW_{min}, CW_{max} 값에 의해 전송 권한 획득 가능성이 차별화 된다. 이와는 달리, HCCA는 HC와 무선 단말 간의 사전 협상을 통해 TXOP을 무선 단말에 보장한다. 무선 단말은 IEEE 802.11e 표준에서 제시한 QoS 파라미터 집합인 Traffic Specification (TSPEC)을 트래픽 특성에 맞게 작성하여, Add Traffic Stream (ADDTS) 요청 프레임으로 HC에 전송한다. HC의 수락제어기는 이를 기반으로 TXOP 구간을 계산한 후, 그 TXOP의 수용 여부를 결정한다. 이 요청이 수락되면, 스케줄러는 폴링 프레임을 발생시켜 무선 단말이 요구한 전송 시간을 보장한다.

실시간 멀티미디어 서비스의 품질은 수신되는 데이터의 양과 지연시간, 그리고 지연시간의 차이를 나타내는 지터 (jitter) 등에 매우 민감하기 때문에, EDCA와 같이 단순히 트래픽 종류에 따라 등급을 나누어 전송하는 방법은 효과적이지 못하다. 반면, HCCA는 TSPEC을 이용해 무선 단말과 HC간의 사전 협상이 가능하고, TXOP 값을 통해 전송에 필요한 시간이 사전에 제공되어 우수한 서비스 품질을 제공 할 수 있다. [그림 1]는 IEEE 802.11e 표준의 TSPEC으로서, 실시간 멀티미디어 세션 (session)을 의미하는 Traffic Stream (TS) 설정을 설정하기 위한 무선 단말과 AP간의 협상에 사용된

다. 모든 파라미터의 세부적인 설명은 표준을 참조하기 바라며, 이중 가장 기본적으로 사용되는 파라미터의 설명은 다음과 같다.

- Nominal MSDU Size (L) : 동일 TS에서 발생되는 평균 MSDU 크기 [byte]
- Maximum Service Interval (SI_{max}) : 동일 TS에서 연속한 TXOP의 최대 간격 [ms]
- Mean Data Rate (ρ) : 동일 TS로부터 발생되는 평균 데이터 발생률 [byte/sec]
- Delay Bound (D) : 큐 지연시간, 재전송, ACK 프레임 수신 등을 포함하여 완벽한 전송에 허용되는 최대 지연시간 [ms]
- Minimum PHY Rate (R) : TS의 원활한 통신에 필요한 최저 물리계층 전송률 [bit/sec]

기존 MAC 에서는 CFP을 이용하는 동일 TS의 TXOP 간격이 비콘 프레임 간격 (대체로 100ms) 혹은 그 이상일 수 있기 때문에, 실시간 멀티미디어 전송에 부적절하다. 이와 같은 문제를 해결하기 위해, HCCA에서는 TS의 협상이 이루어진 후 [그림 2]에서와 같이, 필요에 따라 언제든지 폴 프레임을 발생시켜 효과적으로 TXOP을 제어할 수 있다. 이 구간을 Controlled Access Period (CAP) ([그림 3] 참조) 라고 하고, 폴 프레임을 통해 전송을 보장 받은 무선 단말은, 폴 프레임 수신 즉시 허용된 TXOP 구간 동안 해당 AC 큐의 프레임을 Short InterFrame Space (SIFS) 간격으로 연속 전송할 수 있다. 반면, 동시에 폴 프레임을 수신한 다른 무선 단말들은 Network Allocation Vector (NAV)이 설정되어, 이 시간동안 전송을 할 수 없다.

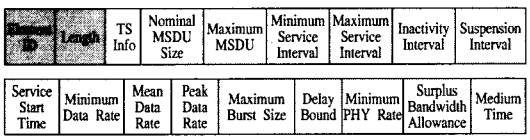


그림 1. TSPEC 파라미터
Fig. 1. TSPEC parameters

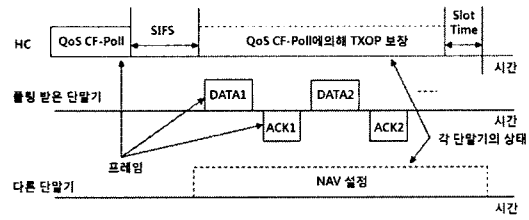


그림 2. HC와 무선 단말들의 TXOP 구간 동작
Fig. 2. TXOP behavior of HC and wireless Station

2.2 IEEE 802.11e 참조 스케줄러 및 수락제어기

IEEE 802.11e 표준의 참조모델에서는 TSPEC의 파라미터들을 이용하여, TS로부터 발생되는 프레임을 전송하기 위해 Service Interval (SI)간격 마다 TXOP 값을 다음의 과정으로 계산한다.

1) 동작 중인 TS와 새로 요청된 TS의 SI_{max} 중, 최소값 m과 비콘 프레임 간격간의 최대공약수 SI 계산.
2) 식 (1)로부터 평균 프레임 사이즈 L_i 로 전송 시 발생되는 프레임 수 N_i 계산. 여기서 ρi 는 SI 동안 TS_i 로부터 발생되는 데이터 양을 표시.
3) 식 (2)로부터 TS_i 의 TXOP, 즉 N_i 개 프레임 전송에 소요되는 시간을 계산하되 (R_i 는 물리계층의 최소 전송률), 적어도 최대 크기 M 인 프레임 한 개는 전송할 수 있는 크기여야 함. 여기서 O 는 구현에 따라 발생될 수 있는 추가적인 오버헤드 임.

$$N_i = \lceil \frac{SI \times \rho_i}{L_i} \rceil \tag{1}$$

$$TXOP_i = \max(\frac{N_i \times L_i}{R_i} + O, \frac{M}{R_i} + O) \tag{2}$$

$$\frac{TXOP_{k+1}}{SI} + \sum_{i=1}^{k} \frac{TXOP_i}{SI} \le \frac{T - T_{CP}}{T} \tag{3}$$

식 (3)은 HC의 수락제어기의 동작으로, SI 동안 k개의 기존 TS와 새로 수락제어 요청한 TS의 TXOP 합으로 표현되는 채널 사용률 (좌변)이, 비경쟁 구간 비율 (우변) 이하인 경우 새 TS는 수락된다. 즉, 기존 TS에 할당한 대역폭 변경없이, 현 경쟁 구간의 여유 대역폭 (bit per second, bps)이 신규 TS가 요청하는 대역폭보다 클 경우 신규 TS의 수락은 허용된다. 수락 여부 기준이 되는 경쟁 구간과 비경쟁 구간의 비율은 네트워크 환경에 따라 달라질 수 있으며, 일반적으로 네트워크 관리자가 결정한다. [그림 3]은 세 TS에 대한 트래픽 파라미터가 주어졌을 때, 식 (1)~(3) 과정으로 계산된 TXOP 값과 폴링 주기를 나타낸 예로서, 이 경우 m 과 SI 값은 각각 50 및 50이 된다.

무선 단말의 다중 전송률 기능을 고려하지 못한 IEEE 802.11e 표준의 참조 수락제어기와 스케줄러는, TXOP 구간이 동적으로 조정되지 못할 경우 문제가 발생할 수 있다. 즉, 최소 전송률 R 이 적정 수준 보다 크면 빈 TXOP 구간이 발생하게 되어 채널 사용률이 저하된다. 이와는 반대로, R 이 너무 작거나 통신 환경이 열악해질 경우, 보다 긴 TXOP 구간을 획득하지 못하여 데이터가 손실될 수 있다.

TS	*SImax* [ms]	*ρ* [byte/sec]	*L* [byte]	*M* [byte]	*R* [byte/sec]	*N*	TXOP 구간 [ms]
i	100	1,000	50	100	10,000	1	10.00
j	100	10,000	100	100	40,000	5	12.50
k	50	5,000	50	100	40,000	5	6.25

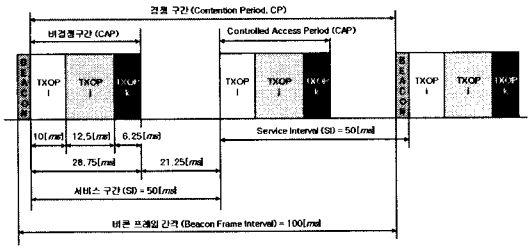


그림 3. IEEE 802.11e 참조 스케줄러의 TXOP 폴링과 예시
Fig. 3. Example of TXOP polling by reference scheduler

Ⅲ. 제안 방식

통신 환경 변화에 따른 무선 단말의 전송률 변경 상황을 TXOP 값 계산에 적절히 반영함으로서 참조 모델의 문제점을 해결하기 위한 제안방식의 동작은 다음과 같다. ([그림 4] 참조)

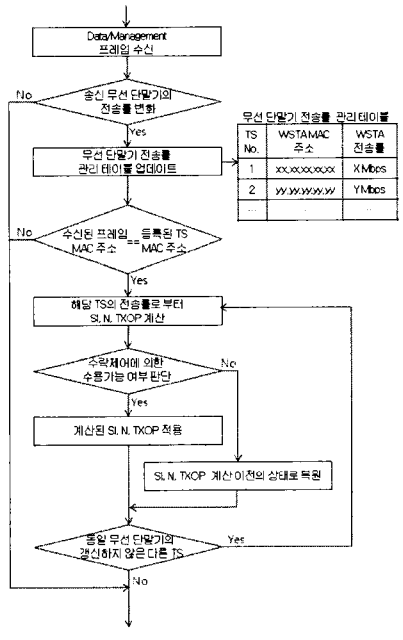


그림 4. 제안방식의 동작 순서도
Fig. 4. Flow chart of proposed scheme

1) AP는 현재 동작 중인 TS의 전송률을 테이블로 관리하고, TS을 발생하는 무선 단말들로부터 프레임이 수신될 때 마다 해당 TS의 전송률을 확인하고, 그 값이 변경된 경우 테이블의 전송률 값을 갱신한다.

2) 테이블의 전송률 값이 갱신된 경우, AP는 매 SI 간격마다 TXOP 값을 식 (4)와 같이 계산한다. 즉, TS_i 의 $TXOP_i$ 값을 계산하는 과정에서, 참조모델의 최소 요구 전송률인 R_i 를 사용하는 대신, 무선 단말의 다중 전송률 기능으로부터 전송환경 변화에 따라 변경되는 무선 단말의 현재 전송률 $curr_R_i$ 를 사용한다.

$$TXOP_i = \max\left(\frac{N_i \times L_i}{curr_R_i} + O, \frac{M}{curr_R_i} + O\right) \quad (4)$$

3) 현 전송률이 이전보다 저하되면 $TXOP_i$ 값이 증가하게 된다. 이때, 증가된 $TXOP_i$ 값이 여유대역폭 이하일 경우에는 증가된 $TXOP_i$ 값을, 여유대역폭 이상일 경우에는 $TXOP_i$ 값 갱신 없이 이전 값을 사용하도록 한다. 즉, 전자의 경우 $TXOP_i$ 값이 증가되면 무선 단말의 전송률 저하에도, 이를 보충할 수 있는 충분한 전송 시간을 확보하게 되어 데이터 손실 없이 전송 가능하게 된다. 후자의 경우에는 2의 과정을 취소하여 기존 상태를 유지함으로서, 새로운 TS를 수락할 수 있게 한다.

제안방식 외에도 TXOP 값을 변경을 통해 효율적인 전송을 달성하고자 하는 연구가 있었다. 그 중에서도 본 논문의 제안 방식과 유사한 Physical Rate Based Admission Control Scheme (PRBAC)은 레퍼런스 스케줄러의 TXOP 계산 수식 (2)에서 최소 전송률 (R_i)을 아래 수식과 같이 실행 시간의 평균 전송률 (R_{pro}) 값으로 대체하였다[5].

$$TXOP_AVE_i = \max\left(\frac{N_i \times L_i}{R_{pro}} + O, \frac{M}{R_{pro}} + O\right) \quad (5)$$

$$\begin{aligned} R_{avg} &\leftarrow (1-w) \times R_{avg} + w \times R_{inst}, \\ R_{dev} &\leftarrow (1-w) \times R_{dev} + w \times dev, \\ dev &= |R_{inst} - R_{avg}|, \\ R_{pro} &= R_{avg} - \alpha \times R_{dev} \end{aligned} \quad (6)$$

위 수식 (14)에서 α와 ω는 가중치 파라미터 (weighted parameter)이고 dev (deviation)는 현재의 전송률 (R_{inst})과 위의 과정에 의해 갱신되는 전송률의 평균 (R_{avg})의 차이이다. 수식 (5)에서 각 TS의 TXOP 구간 계산에 사용되는 R_{pro}은 수식 (6)에 의해서 얻어지며, 평균 전송률 R_{avg}에 가중치를 적용한 현재 변화량을 적용한 값이다. 이 논문에 따르면 위의 과정은 새로운 TS가 요구될 때 마다 기존 TS의 TXOP 구간을 갱신한다.

그러나, 이 논문의 방식에는 두 가지의 문제점이 있다. 첫 번째는 레퍼런스 스케줄러와 같이 PRBAC은 새로운 TS가 요구될 때에만 TXOP 구간들을 다시 계산한다. 이미 TXOP 구간을 할당받아 사용하

는 무선 단말의 상황은 시시때때로 변하기 때문에 새로운 TS의 요청을 기다리는 것은 매우 불확실한 기대이며 적절한 순간에 새로운 TS 요청이 일어나지 않는다면 목표한 성능을 발휘할 수 없다. 두 번째로 수식 (6)를 거쳐야만 TXOP 구간을 갱신하는 수식 (5)을 계산 할 수 있다. 수식 (6)에서 사용하고 있는 두 개의 가중치 파라미터 α와 ω를 정하는 것 자체가 또 하나의 어려운 일일뿐만 아니라 논문에서는 이에 대해 언급된 내용이 없다.

PRBAC와 같은 기존의 연구는 TS 수락 및 제거 시 TXOP 값을 재계산하는 내용을 다루고 있어, 다중 전송률 변경에 따른 TXOP 값을 변경시키는 본 연구와 직접적인 연관성이 없기 때문에 본 논문에서는 비교의 대상으로 하지 않는다.

Ⅳ. 모의 실험

제안방식은 NCTUns 시뮬레이터 3.0 [6]을 기반으로 모의실험을 통해 참조모델과 비교함으로서 그 성능을 검증하였다. NCTUns를 비롯한 대부분의 시뮬레이터는 다중 전송률 기능을 지원하지 않는다. 각 무선 단말이 AP로부터 일정한 속도로 멀어지는 모의실험의 시나리오에서, 무선통신의 자유공간 손실모델 기반으로 수신 데이터에 대한 일정 비트 에러율 (10^{-3})을 유지시키도록 무선단말이 자동으로 전송률을 감속시키는 다중 전송률 기능을 구현하였다.

4.1 모의실험 시나리오와 설정

[그림 5]는 본 모의실험의 망 시나리오로, AP를 중심으로 하나의 Basic Service Set (BSS) 안에서 동작하는 5개의 무선 단말과 유선으로 연결된 하나의 유선 단말로 구성되었다. 트래픽은 음성 및 영상 데이터를 송수신하는 무선 단말 각 한 쌍과, BSS 내부에서 외부로 최선형 등급의 Transmission

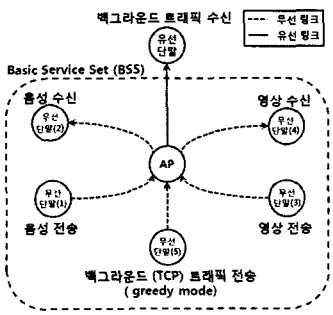


그림 5. 모의실험을 위한 망 시나리오
Fig. 5. Network scenario for simulation

표 1. 모의실험에 적용한 트래픽
Table 1. Traffic setup of Simulation

트래픽 형식	트래픽 특성			
	데이터 발생률 [Kbyte/sec]	payload [bytes]	TID*** (AC)	전송 방법
음성 (CBR*/UDP)	8	160	15 (3)	비경쟁
영상 (VBR**/UDP)	평균 400	평균 700	12 (2)	비경쟁
백그라운드 (best-effort/TCP)	무한 풀로부터 지속적 전송 (greedy mode)	1KByte	8 (0)	경쟁

* Constant Bit Rate (CBR), ** Variable Bit Rate (VBR)
*** Traffic Identification (TID)

Control Protocol (TCP) 데이터를 지속적으로 전송하는 백그라운드 트래픽으로 구성된다. 또한, [표 1]와 같이 음성 및 영상 트래픽은 HCCA의 폴링방식을 이용한 비경쟁 기반으로, 백그라운드 트래픽은 EDCA를 이용한 경쟁 기반 방식으로 전송이 이루어지도록 하였다.

음성 트래픽은 ITU-T의 유선 전화 규격인 G.711 (64Kbps, Pulse Code Modulation) 을 사용하였으며, 20ms마다 160byte의 음성 데이터를 User Datagram Protocol (UDP) 패킷에 실어 전송한다 [7]. 영상 트래픽은 평균 전송률이 400 bytes/sec인 인터넷기반의 Video on Demand (VOD) 서비스를 모델화하였다. 백그라운드 트래픽은 충분한 네트워크 부하를 형성하기 위해, 송신 단말에서 1Kbyte TCP 세그먼트를 지속적으로 발생시키도록 하였다.

4.2 모의실험 결과 및 분석

모의실험은 무선 단말의 AP로부터 거리 증가에 따른 실시간 특성을 갖는 음성 및 영상 트래픽의 수신 량, 이들 보다 우선 전송순위가 낮은 백그라운드 트래픽의 수신 양, 그리고 AP를 통해 송수신된 전체 무선 데이터의 송수신량을 참조모델과 제안방식에 대하여 측정하였다.

먼저 [그림 6]은 제안방식과 참조모델의 음성 및 영상 TXOP 구간을 비교한 결과이다. 제안방식의 TXOP 값은 무선 단말의 전송률이 낮아짐에 따라 커지는데 반해, 참조모델은 최초 54Mbps의 전송률로 계산된 TXOP 값으로 고정되어 있다. 여기서 최소 전송률 R 을 54Mbps로 선정한 이유는, 아래 [그림 6]의 표에 의하면 실험에서 사용한 영상 트래픽은 두 방식이 54Mbps일 때만 계산상 모두 전송할 수 있으며, 음성 트래픽은 두 방식 모두 5.5Mbps 이상이면 모두 전송할 수 있기 때문이다. 다시 말해, 발생되는 트래픽을 모두 전송할 수 있는 범위 내에서, 전송 효율을 최대한 높이기 위해 가장 높은 전송률을 선정하였다.

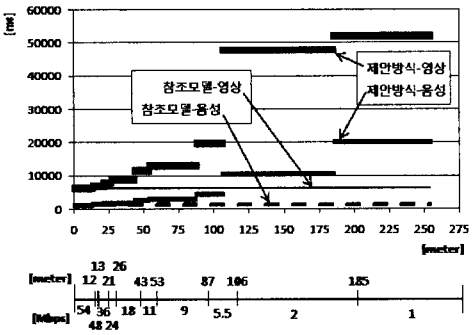


그림 6. 제안방식과 참조모델의 TXOP 구간 비교
Fig. 6. TXOP periods of proposed & reference scheme

[그림 7]은 음성 수신 단말이 AP로부터 멀어짐에 따라 전송률 저하에 따른 수신한 음성 트래픽의 량과 전송률 변경 지점을 나타내고 있다. 참조모델에서는 무선 단말의 물리계층 전송률이 18Mbps (AP와 무선 단말간의 거리가 43m 되는 지점)까지 8 Kbytes/sec로 발생되는 G.711 음성 트래픽의 약 85%의 수신율을 보였으나, 제안방식에서는 전송률이 5.5Mbps (106m 지점)까지 약 90% 및 2Mbps (189m 지점)까지 약 82.5% 수신 성능을 나타내었다. [그림 8]는 영상 수신 단말이 수신한 트래픽의

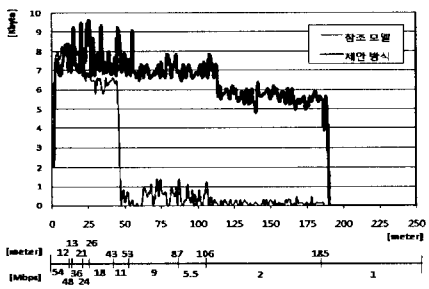


그림 7. 거리에 따른 1초간 수신 음성 데이터 양
Fig. 7. Amount of received voice data for 1sec by distance

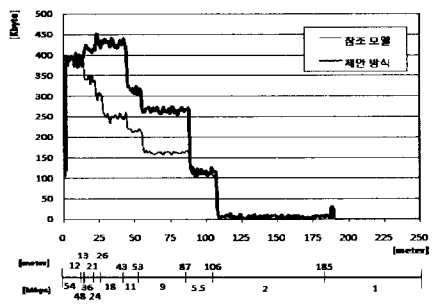


그림 8. 거리에 따른 1초간 수신 영상 데이터 양
Fig. 8. Amount of received video data for 1sec by distance

량을 나타내고 있다. 두 방식 모두 단말 전송률이 11Mbps (AP와 무선 단말간의 거리가 43m 되는 지점) 까지만 영상 트래픽 전송이 이루어지고 있고, 전송률이 2 Mbps 이하로 떨어지는 지점부터는 영상 트래픽 전송이 거의 이루어지지 않고 있음을 보이고 있다. 또한, 영상 트래픽 전송이 이루어지는 구간에서는 제안방식이 참조모델보다 약 34% 수신 성능이 우수함을 보이고 있다.

[그림 9]와 [표 2]는 음성, 영상 및 데이터 등 AP를 통해 송수신된 모든 트래픽의 송수신된 양을 나타낸 그림이다. 전체적으로 볼 때, AP와 무선 단말간의 거리가 가까운 53m 지점까지, 즉 전송률이 11Mbps 이상으로 동작되는 상황에서는 제안방식의 수신 성능이 참조모델보다 우수하나, 거리가 더 멀어져 전송률이 그 이하로 떨어지는 경우에는 반대로 참조모델의 성능이 우수함을 보이고 있다. 제안방식의 전송률 저하로 증가되는 TXOP 값이 여유대역폭을 넘지 않는 범위 내에서는, 음성 및 영상 트래픽 전송이 보장되기 때문에 참조모델보다 수신 성능이 높아지기 때문이다. 또한, 전송률 감소가 일정 수준 (본 모의실험 결과 2Mbps, 즉 106m 이상) 이상일 경우에는, 전송률 감소로 인해 증가되는 TXOP 값이 여유대역폭을 넘지 않기 때문에 음성 및 영상 트래픽에 대한 TXOP 값 증가는 이루어지지 않게 된다. 이를 (음성 및 영상 트래픽의 TXOP

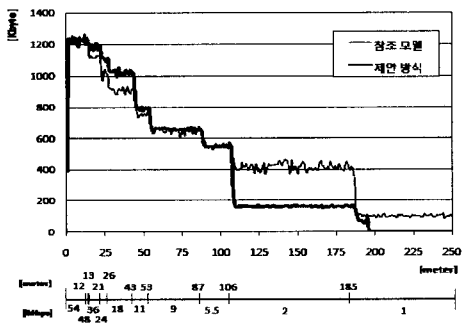


그림 9. 거리에 따른 1초간 수신 전체 데이터 양
Fig. 9. Amount of received all data for 1sec by distance

표 2. 참조모델과 제안방식의 수신된 총 트래픽 양과 비율
Table 2. Comparison amount of received data

트래픽 종류 / 방식	전체	백그라운드	음성	영상
참조모델 [Kbyte]	125,446	50,768	354	23,554
제안방식 [Kbyte]	102,964	34,443	1,247	32,829
증가율 [%]	82.0	67.8	352.1	139.3

값이 전송률 감소에 영향을 받지 않는) 참조모델과 비교하면, 참조모델에서는 전송률 감소에 따른 여유 대역폭이 제안방식보다 상대적으로 크기 때문에, greedy mode로 동작되는 데이터 트래픽이 전송할 기회가 많게 되고, 이의 결과로 제안방식보다 우수한 수신 성능을 보이기 때문이다.

V. 결 론

본 논문에서는, HCCA로 동작되는 IEEE 802.11e MAC의 TXOP 구간을 동적으로 제어함으로서, 무선 LAN 환경에서 실시간 멀티미디어 트래픽의 전송 성능을 향상시키는 방식을 제안하였다. IEEE 802.11e 참조모델에서는 무선 단말의 전송률 변화에 상관없이 TXOP 구간을 고정하기 때문에, 전송률 증가 시 채널 사용 효율이 저하되고, 반대로 전송률이 감소되는 경우 충분한 시간을 할당받지 못해 데이터 전송 손실률이 증가하게 된다. 본 연구에서는 상용되는 모든 무선 단말의 갖고 있는 다중 전송률 기능을 이용하여 전송환경 변화에 따라 변경되는 무선 단말의 전송률을 TXOP 값 계산에 사용함으로서 참조모델의 이러한 문제점을 해결하도록 하였다.

제안방식은 NCTUns 시뮬레이터를 기반으로 한 모의실험을 통해 참조모델과 비교함으로서 그 성능을 검증하였으며, 이를 위해 무선통신의 자유공간 손실 모델을 기반으로 주어진 비트 에러율을 유지하기 위해 전송률을 변경시키는 다중 전송률 기능을 구현하여 모의실험에 사용하였다. 모의실험 결과, 제안방식은 AP와 무선 단말간의 무선통신 거리 증가에 따른 전송률의 저속 변화되는 상황에서도, TXOP 구간의 동적 조절 기능을 통해 음성 및 영상의 실시간 멀티미디어 트래픽 전송이 표준 참조모델과 비교하여 보다 효과적으로 이루어짐을 확인하였다. 향후 본 논문에서 다룬 문제점과 실험을 통해 나타난 개선점에 대해 더욱 효과적인 스케줄러와 수락제어기를 연구할 계획이다.

참 고 문 헌

[1] ANSI/IEEE Std 802.11 [ISO/IEC 8802-11: 1999(E)], "Part 11: Wireless LAN MAC and PHY Specifications," LAN/MAN Standards Committee of the IEEE Computer Society, 1999 Edition.

[2] IEEE Std 802.11e Std., "Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications / Amendment 4: Further Higher Data Rate Extension in the 2.4 GHz Band," June 2003.

[3] IEEE Std 802.11e Std., "Part 11: Medium Access Control (MAC) Enhancements for Quality of Service (QoS)," Jan. 2005.

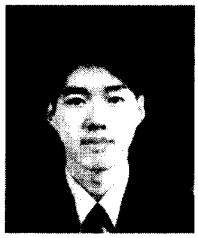
[4] M. Lacage, M. H. Manshaei, and T. Turletti, "IEEE 802.11 Rate Adaptation: A Practical Approach," in Proc. of MSWiM'04, Venezia, Italy, Oct. 2004.

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

[6] NCTUns, http://nsl.csie.nctu.edu.tw/nctuns.html

[7] ITU-T Recommendation G.711, "Pulse Code Modulation (PCM) of Voice Frequency," Nov. 1988.

김 영 환 (Young-Hwan Kim) 정회원



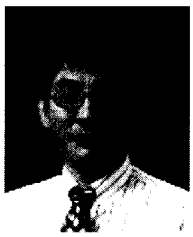
2002년 2월 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 학사

2004년 2월 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 석사

2005년 3월~현재 연세대학교 컴퓨터정보통신공학부 박사과정

<관심분야> 무선 LAN 및 센서 네트워크, QoS

석 정 봉 (Jung-Bong Suk) 정회원



1979년 2월 연세대학교 전자공학과 학사

1981년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사

1989년 5월 미국 Univ. of Massachusetts, Amherst 전기 및 컴퓨터공학과 박사

1981년 3월~1993년 2월 한국전자통신연구원 책임연구원

1993년 3월~현재 연세대학교 원주캠퍼스 컴퓨터정보통신공학부 교수

<관심분야> 통신망 성능분석, 무선 LAN 및 센서네트워크