

# 무선랜 QoS의 성능향상을 위한 최적 파라미터에 관한 연구

## Study of Optimum Parameters for Improving QoS in Wireless LAN

진 현 준\*

Hyunjoon Jin\*

### Abstract

Since multimedia data takes large part of realtime transmission in wireless communication environments such as IEEE 802.11, QoS issues became one of the important problems with network performance. 802.11e MAC provides differentiated services based on priority schemes to solve existing 802.11 MAC problems. The TXOP is an important factor with the priority to improve network performance and QoS because it defines the time duration in which multiple frames can be transferred at one time for each station. In this paper, therefore frame sizes, TXOP Limit, and Priority values in accordance with the number of stations are experimented and derived for best network performance and QoS. Using 802.11e standard parameters, simulation results show the best throughput when the number of stations is 5 and TXOP Limit value is 6.016ms. For fairness, the best result is achieved at 3.008ms of TXOP Limit value and 15-31 of CW(Contention Window) that is lower priority than CW 7-15.

### 요 약

IEEE 802.11과 같은 무선 LAN 환경에서 실시간 멀티미디어 통신이 전송 데이터의 많은 부분을 차지하면서 성능 문제와 함께 네트워크의 QoS(Quality of Service)가 중요한 문제로 대두되고 있다. 802.11e MAC(Medium Access Control)은 기존 802.11 MAC의 문제를 해결하기 위해 우선순위 기반의 차별화 서비스를 제공한다. 특히 각 스테이션의 TXOP(Transmission Opportunity)는 한 번에 여러 프레임을 전송할 수 있는 시간을 규정하며 Priority와 함께 네트워크 성능 및 QoS 향상에 중요한 요소가 된다. 따라서 본 논문에서는 스테이션 수의 변화에 따라 네트워크의 최대 성능을 위한 프레임 사이즈와 TXOP, 그리고 Priority 값을 분석하고 최적의 값을 도출한다. 802.11e 표준 파라미터를 사용하여 시뮬레이션을 수행한 결과 Throughput은 스테이션의 수가 5일 때, TXOP Limit의 값이 6.016ms 일 때 가장 좋은 결과를 보였고 공정성은 TXOP Limit의 값이 3.008ms이고 Priority는 우선순위가 가장 높은 CW(Contention Window) 값이 7-15일 때가 아니고 그보다 낮은 CW 15-31일 때 가장 좋은 결과를 나타내었다.

*Key words* : 802.11e, QoS, Fairness, TXOP, Priority

## 1. 서론

\*Department of Information and Communication,  
HoseoUniversity. ([hjin@hoseo.edu](mailto:hjin@hoseo.edu)) 010-2935-0331)

※ Acknowledgement

This research is supported by the Academic  
Research fund of Hoseo University (20090283)

Manuscript received Mar. 28, 2013; revised May. 9,  
2013 ; accepted May. 13. 2013

최근 이동성에 기반을 둔 휴대용 통신기기의 발전에 따라 통신 방식도 유선에서 무선 LAN과 같은 무선 방식으로 급격히 이동하고 있다. 특히 실외뿐만 아니라 집이나 건물 내부와 같은 실내 환경에서도 무선 LAN이 대체를 이루고 있다. 무선 LAN 방식은 유

선 방식보다 이동성이나 편리성 등에서 뛰어난 장점을 보이지만 성능 면에서는 아직도 많은 문제점을 가지고 있다. 특히 실시간 멀티미디어 데이터가 통신 데이터의 많은 부분을 차지하면서 성능 문제와 함께 통신 네트워크의 QoS(Quality of Service)가 중요한 문제로 대두되고 있다[1-2].

IEEE 802.11 LAN의 QoS 문제를 해결하기 위해 802.11e 가 표준화 되었다[3]. 802.11e 방식은 새로운 경쟁기반 채널 접근 방식인 EDCA(Enhanced Distributed Channel Access)를 정의하였다. EDCA 방식은 기존 802.11 MAC(Medium Access Control)을 개선하여 우선순위(prioritized)와 파라미터(parameterized)에 기반을 둔 QoS를 제공하며 서비스의 종류에 따라 서로 다른 우선순위에 따라 동작하는 다수의 큐를 가진다. 예를 들어 음성, 영상 및 데이터 서비스는 각각 다른 우선순위와 파라미터를 갖는 큐에 저장되어 전송된다. 그러므로 각각 특성에 맞는 서비스의 차별화가 이루어진다. 특히 TXOP(Transmission Opportunity) 파라미터는 하나의 노드 또는 스테이션이 전송할 수 있는 시간을 제한하는데 이에 따라 한 번에 다수의 통신 프레임이 전송 가능하게 되므로 각각의 스테이션뿐만 아니라 전체 네트워크의 성능(throughput)에 많은 영향을 미치게 되어 이에 대한 연구 또한 많이 이루어지고 있다[4-5].

TXOP 이외에 기본적으로 전송 패킷의 프레임 사이즈, 전체 네트워크의 스테이션의 수, 그리고 Priority는 네트워크의 성능에 직접적인 영향을 미치는 요소들이다. 일반적으로 스테이션의 수가 적을수록 그리고 전송 패킷의 패킷 사이즈가 클수록, 그리고 Priority가 높을수록 성능은 향상된다. 하지만 전송 패킷의 사이즈를 무조건 크게 하거나 Priority를 무조건 높게 할 수는 없다. 왜냐하면 통신에 참여하는 스테이션의 수와 종류에 따라 패킷 사이즈와 Priority의 영향이 다르게 나타날 수 있기 때문이다. 어느 한 스테이션의 성능 향상이 다른 스테이션의 심각한 성능 저하를 초래할 수 있으므로 이는 스테이션 간 공정성(Fairness) 문제를 야기할 수 있다. 따라서 전체 네트워크의 성능 및 공정성의 향상을 위해서는 스테이션 수에 따른 패킷 사이즈, TXOP 값, 그리고 Priority 이 세가지 요소가 면밀히 검토되어야 한다.

802.11e 방식에서 패킷 사이즈와 스테이션 수에 따른 성능 변화는 [6]에서 연구되었다. 이 논문에서는 기존 802.11의 DCF(Distributed Coordination Function)와 802.11e의 EDCA 그리고 HCCA(HCF

Controlled Channel Access) 방식에 있어서 패킷 사이즈에 따른 TXOP 값을 규정하였는데 패킷 사이즈가 증가함에 따라 5개 패킷 전송에 해당하는 TXOP 값을 구하였다. 이는 스테이션 수와 패킷 사이즈 변화에 따른 적절한 TXOP 값을 구한 것이 아니어서 실제 네트워크 성능 변화를 반영하고 있지 않다. 또한 스테이션 수의 변화에 따른 영향도 패킷 사이즈는 배제하고 서비스의 종류만을 기준으로 분석하여 비디오 데이터가 주를 이루는 최근 멀티미디어의 환경을 고려할 때 실질적인 네트워크 환경에서의 성능 변화는 나타내기 힘들다고 하겠다. 또한 [4-5]에서는 비디오 전송에 있어서의 TXOP의 영향을 연구하였는데 모두 4개 이하의 서로 다른 전송 데이터를 갖는 스테이션에 대하여 TXOP의 영향을 분석하여 다수의 스테이션이 비디오 전송을 하는 환경을 반영하지 못하였다.

본 논문에서는 네트워크에 참여하는 스테이션 수에 따라 패킷 사이즈와 TXOP, 그리고 Priority가 네트워크 성능에 미치는 영향을 분석하고 성능과 공정성을 고려하여 최적의 값을 도출하고자 한다. 각 스테이션들은 최근의 멀티미디어 환경을 고려하여 데이터 전송률이 높은 동일한 비디오 서비스를 제공하는 것으로 한다. 이와 같은 경우 한 스테이션에서의 성능 향상은 다른 스테이션에서의 성능 저하에 큰 영향을 미치므로 전체 네트워크의 QoS는 성능 향상보다는 공정성 유지에 좌우된다고 할 수 있다.

## II. IEEE 802.11e의 QoS

### 1. Enhanced Distribution Channel Access

EDCA는 실시간 서비스의 QoS를 지원하기 위해 기존의 DCF를 확장한 개념으로서 사용자의 우선순위를 가지는 데이터 패킷에 대해서 차별화된 매체 접근을 허용한다. 상위 계층으로부터 MAC 계층에 도착하는 각 패킷은 특정 사용자 우선순위 값을 지니게 되며, 각각의 QoS 데이터 패킷의 MAC 헤더에는 사용자의 우선순위 값이 포함된다.

그림 1과 같이 우선순위를 포함하는 QoS 데이터 패킷의 전송을 위해 802.11e QoS 스테이션은 4개의 Access Categories(AC)로 구현되는데 MAC 계층에 도착하는 데이터 패킷의 사용자 우선순위는 데이터의 QoS 우선순위에 따라 규정된 UP(User Priority)에 의해 해당되는 AC로 할당된다. 모든 AC는 각각의 전송 큐와 AC 파라미터

를 갖게 되는데, AC간 우선순위 차이는 서로 다르게 설정된 AC 파라미터로 구현되며, 우선순위에 관련된 AC 파라미터로는  $CW_{min}[AC]$ ,  $CW_{max}[AC]$ ,  $AIFS[AC]$ ,  $BackoffTime[AC]$ ,  $TXOP[AC]$  등이 있다.

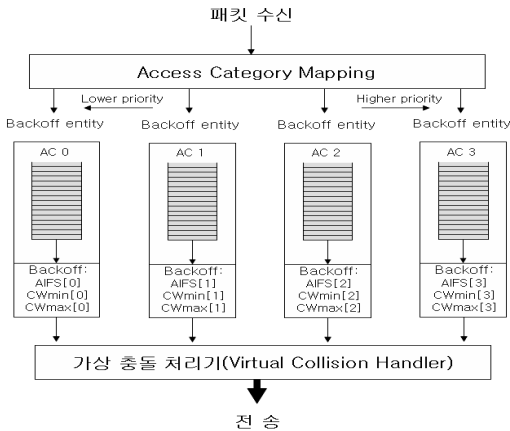


Fig. 1. Four Access Categories for EDCA station  
 그림 1. EDCA 스테이션의 4개의 Access Category

2. AC 파라미터 제어

802.11e의 EDCA 프로토콜에서는 기존의 DCF Inter Frame Space(DIFS)를 서비스 클래스 별로 나누어서 클래스에 따라 서로 다른 IFS를 사용함으로써 트래픽 종류에 따른 전송 우선순위의 차별화를 가능하게 하였다. 802.11e의 스테이션은 4개의 AC로 구분되고 각각의 전송 큐와 AC 파라미터를 가지고 있다. 따라서 802.11e QoS의 핵심은 AC 파라미터의 제어에 있다고 할 수 있다. 제공되는 서비스 트래픽의 환경이나 실시간 특성을 고려하지 않고 항상 고정적인 AC 파라미터 값으로 고정적인 우선순위를 제공하게 된다. 만일 동일 AC에 속하는 스테이션 수가 증가하고 같은 종류의 트래픽을 전송한다면 스테이션은 동일한 우선순위를 제공하고 경쟁을 통해 채널에 접근하게 된다. 이 때문에 동일한 트래픽과 우선순위를 가지고 경쟁을 해도 동일한 서비스를 제공받지 못하는 경우가 발생한다. 즉, 스테이션 간 공정성을 보장할 수 없다.

AC 파라미터 제어 기법은 전송되는 트래픽의 실시간 전송률을 측정하여 전송률이 설정한 기준이하로 떨어지면 AC 파라미터 제어에 의해 우선순위를 높임으로써 네트워크에서 스테이션 간 공정성을 보장한다[7]. AC 파라미터에서  $AIFS[AC]$ 는 채널 접근 간격으로 트래픽의 정해진

우선순위에 따라 AC 별로 다르게 설정되고 적용된다.  $AIFS[AC]$  값이 작을수록 채널 접근 간격이 짧아져 큰 값의  $AIFS[AC]$ 를 갖는 스테이션보다 채널 접근 지연을 줄일 수 있다. 또한  $CW_{min}[AC]$ 와  $CW_{max}[AC]$ 는  $BackoffTime[AC]$ 을 결정하는  $Random[AC]$ 의 변화 값으로 CW 값이 작을수록  $BackoffTime$  값도 작아져 다른 노드들과의 경쟁에서 우위를 차지할 수 있다. 결국  $AIFS[AC]$ 와  $CW_{min}[AC]$ ,  $CW_{max}[AC]$ 의 값이 작을수록 동일한 AC의 트래픽보다 높은 우선순위를 갖게 되고 채널 접근 지연이 짧아져 동일 트래픽 보다 많은 대역을 사용할 수 있다.

3. 공정성 문제

이미 언급한 바와 같이 기존의 EDCA는 우선순위에 따라 정해진 트래픽에 대해 항상 고정적인 AC 파라미터 값을 갖게 되므로 실시간 특성을 고려한 매체 접속 경쟁에 있어 공정성을 보장할 수가 없다. 따라서 모든 노드들의 공정한 매체 접속이 가능하기 위해서는 동일한 우선순위 트래픽의 실시간 특성에 따라 동적으로 파라미터 값을 적용하는 방법이 필요하다. 따라서 매체 접속 경쟁에서의 공정성을 보장하기 위해 우선순위가 동일한 트래픽에 대해 High AC 파라미터 값을 동적으로 할당하는 AC 파라미터 제어 기법이 사용된다.

정해진 Threshold 값을 유지하기 위하여 일정시간 동안 전송되는 트래픽의 Throughput을 측정하여 Threshold 값 이하이면 High AC 파라미터를 적용한다. High AC 파라미터 적용 후의 Throughput이 일정시간 동안 Threshold 값을 유지하면 기존 AC 파라미터로 변경하고 유지하지 못하면 계속해서 High AC 파라미터를 유지한다.

High AC 파라미터 적용은  $AIFS[AC]$ 와  $CW_{min}[AC]$  및  $CW_{max}[AC]$ 에 의한 방법이 있다.  $AIFS$ (Arbitration Inter Frame Space)란 채널 점유 시도를 하기 전에 기다려야 하는 시간으로 이 값이 작을수록 채널 점유 시도 간격이 짧아지므로 우선순위를 높이는 효과가 있다. 또한 CW(Contention Window) 값은 트래픽간의 충돌을 방지하기 위하여 각 트래픽이 전송을 시작하기 전에 Random Backoff Timer에 의해 기다리는 시간의 범위를 정한 것으로 이 범위가 작을수록 채널의 점유 가능성이 높아지므로 이 또한 우선순위를 높이는 효과를 가질 수 있다.

AC 파라미터 제어 기법을 이용한 EDCA는 트래픽의 Throughput에 대한 변화가 생겼을 때 그 변화에 따라

AC 파라미터 제어 기법을 이용하여 동일한 우선순위 트래픽보다 Throughput을 높여주고 어느 특정한 스테이션이 채널을 독점하는 경우에 대해 기아상태에 빠지게 되는 다른 스테이션에게 공정성을 부여하여 전체적으로 QoS를 보장할 수 있다.

각 스테이션들은 전송하고자 하는 멀티미디어 데이터의 특성에 따라 서로 다른 QoS 요구 조건을 가진다. 또한 같은 특성의 데이터를 전송한다고 하더라도 경쟁에 의한 채널 점유 시간이 다르고 전송 큐에 도착하는 데이터의 전송률이 다를 수 있으므로 일정한 시간 간격을 기준으로 할 때 스테이션 사이에 공정성 문제가 발생할 수 있으므로 특정 스테이션은 QoS 요구 조건을 만족할 수 없게 된다. 또한 하나의 스테이션에서도 전송하려는 패킷 사이에 공정성 문제가 발생할 수 있다. 스테이션내의 전송 큐는 기본적으로 FIFO 방식이고 패킷 특성에 따라 전송 지연한도(delay bound)가 다르기 때문에 긴 지연한도를 가진 패킷이 먼저 도착하고 짧은 지연한도를 갖는 패킷이 나중에 도착한다면 짧은 지연한도를 갖는 패킷은 폐기될 가능성이 매우 높게 된다. 특히 실시간 멀티미디어 전송에서 QoS 패킷의 end-to-end delay에 매우 민감하므로 지연한도를 고려한 공정성 문제가 중요하다.

### III. 시뮬레이션 시나리오

네트워크의 성능 분석을 위해 전송 패킷 크기, 스테이션의 수, TXOP Limit, 그리고 Priority의 값을 고려하여 시뮬레이션을 실행한다. 네트워크에는 하나의 AP가 존재하며 나머지 스테이션에서는 전송에 참여하는 스테이션의 수, 전송 패킷의 크기, 스테이션 별 TXOP Limit의 값, 그리고 CW에 의한 Priority를 변화시키면서 시뮬레이션을 수행한다. TXOPLimit 과 Priority 값은 표1에 보이는 것과 같은 802.11e 표준 값을 사용한다.

표 1. 802.11e 표준 EDCA 파라미터  
Table 1. 802.11e standard EDCA Parameters

Priority	Traffic	TXOPLimit (ms)	AIFS	CW (min-max)
0	Voice	0.003008	2	7-15
1	Video	0.006016	2	15-31
2	Best Effort	0	3	31-1023
3	Back-ground	0	7	31-1023

네트워크의 성능에 영향을 미치는 요소를 고려하여 시뮬레이션은 다음과 같이 진행된다. 먼저 스테이션 수의 변화에 따른 네트워크의 성능을 측정하여 최대 성능을 보여주는 스테이션의 수를 구한다. 이때 전송 패킷의 크기를 변화시키면서 결과를 분석한다. 즉, 패킷 크기에 따른 성능의 변화를 측정한다.

다음으로 TXOP Limit 값과 CW 값에 의한 Priority의 영향을 분석하기 위하여 스테이션의 수를 변화시키면서 시뮬레이션을 수행한다. 이때 전송 패킷의 크기는 고정시킨다. 왜냐하면 패킷 크기는 TXOP Limit 값의 변화와 중복이 되는 부분이 있어 정확한 분석이 이루어지기 힘들기 때문이다. TXOP Limit 값에 따라 한 번에 전송할 수 있는 패킷의 수가 정해지는데 크기가 작은 여러 패킷의 전송과 크기가 큰 하나의 패킷 전송이 같은 전송률을 나타낼 수 있다. 그러므로 패킷 크기보다는 스테이션의 수에 따른 공정성 평가가 전체 네트워크의 QoS 평가에 중요한 요소가 된다. 네트워크의 공정성 측정을 위해 각 스테이션의 deviation ratio를 구한다. Deviation ratio는 식 (1)과 같이 계산한다.

$$\text{Deviation ratio(\%)} = \sum_{k=1}^{N_{st}} \frac{\sigma_k/m_k}{N_{st}} \times 100 \quad (1)$$

(1)식에서  $N_{st}$ 는 전송에 참여한 스테이션의 수이며  $\sigma_k$ 와  $m_k$ 는 스테이션 k의 전송 Throughput의 표준편차와 평균이다. 따라서 deviation ratio는 전체 네트워크 전송률의 평균대비 편차 비율의 평균을 나타낸다. Deviation ratio가 크다는 것은 전송하는 동안 Throughput의 변화율이 심하다는 것을 의미하며 이는 각 스테이션이 일정한 전송률을 유지하기 힘들므로 전체 네트워크의 QoS 특히 일정 수준의 공정성을 유지하지 못함을 말한다.

TXOP Limit 값과 더불어 CW의 값도 변화시키면서 시뮬레이션을 수행한다. TXOP Limit과 CW 값은 802.11e 표준에서 권고한 값을 사용함으로써 시뮬레이션 과정을 간소화시킨다. 최종적으로 가장 좋은 Throughput과 공정성을 보이는 네트워크 환경과 파라미터를 도출한다.

시뮬레이션 수행 시 스테이션 사이의 거리에 따른 영향은 무시하고 전송 매체의 오류는 없다고 가정한다. 네트워크의 성능은 preamble이나 ACK 신호와 같은 제어 신호를 제외한 순수 데이터의 전송률로 계산한다. 각 스테이션 들은 모두 동일한 CBR/UDP 통신을 하며 CBR의 전송 데이터 패킷 크기는 1500바이트로 하였다. 시뮬레이

선 틀은 NS2를 사용하였다[8-9].

### IV. 시뮬레이션 결과

#### 1. 패킷 사이즈와 스테이션의 수

패킷 사이즈가 커질수록 데이터 전송 Throughput이 증가하는 것은 당연하다. 왜냐하면 매 패킷 전송마다 주고받아야 하는 제어 신호에 의한 오버헤드가 줄어들기 때문이다. 스테이션의 수가 증가해도 전체적인 Throughput에는 크게 영향이 없다. 그림 2는 전송 패킷의 사이즈를 100byte에서부터 1500byte까지 증가시키고 스테이션의 수는 2에서 23까지 증가시키면서 네트워크의 Throughput을 측정하였다. 그림에서 보는 바와 같이 Throughput은 전송 패킷 사이즈에 따라 큰 차이를 보이는데 패킷 사이즈가 증가함에 따라 Throughput은 거의 선형적으로 증가한다. 그림 3은 스테이션 수에 따른 Throughput을 나타내었는데 전체 네트워크의 Throughput은 스테이션이 6개 일 때 최대를 나타낸다. 이것은 스테이션 수가 6을 초과하면 스테이션 간의 경쟁이 심화되어 채널 획득을 위한 오버헤드 증가에 따라 Throughput이 서서히 감소함을 나타낸다.

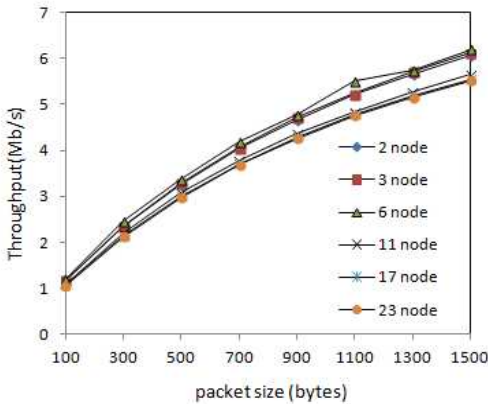


Fig. 2 Throughput as a function of packet size  
그림 2. 패킷 사이즈에 따른 Throughput의 변화

그러나 하나의 스테이션을 기준으로 하면 스테이션의 수가 많은 경우 전송 패킷 사이즈가 클 때 항상 최대의 Throughput을 나타내지 않을 수 있다. 이것은 다수의 스테이션들이 경쟁을 하여 채널을 획득하기 때문에 모든 스테이션들이 공정하게 채널을 획득하게 되지 않음을 나타낸다. 그림 4는 전송 패킷의 사이즈와 스테이션 수의 변화에

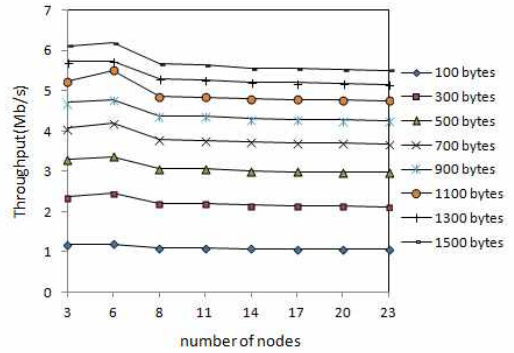


Fig. 3 Throughput as a function of number of stations  
그림 3. 스테이션 수에 따른 Throughput 변화

따라 전송 Throughput의 변화율을 Throughput의 표준편차 값을 평균값에 대한 백분율 비율로 나타낸 것이다. 그림에서와 같이 전송 패킷의 사이즈가 커지면 Throughput의 편차도 커짐을 알 수 있다. Throughput의 편차가 크다는 말은 스테이션 간의 공정성 문제를 일으킬 수 있는 가능성이 크다는 것을 나타낸다. 어느 한 순간의 심각한 성능 저하는 그 스테이션이 QoS를 보장할 수 없음을 의미하므로 전체 스테이션의 공정성 보장이 QoS 보장에 중요한 선결 조건이 된다.

그림 4에서 보는 바와 같이 스테이션의 수가 5개에서 가장 안정적인 Throughput 변화율을 보이고 있으며 전송 패킷 사이즈가 1500바이트인 경우 변화율의 급격한 감소는 CBR 전송 패킷 사이즈와 UDP 전송 패킷의 사이즈가 1500 바이트로 동일한 경우이다. 하지만 이 경우 스테이션의 수가 6개를 초과하면 별 영향이 없었다.

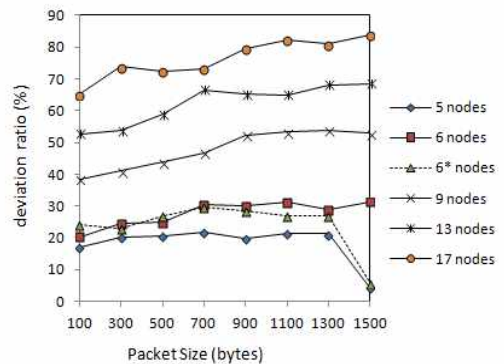


Fig. 4. Throughput deviation ratio as a function of packet size and number of stations  
그림 4. 패킷 사이즈와 스테이션 수에 따른 throughput의 표준편차 비율

2. TXOPLimit과 Priority

TXOP(Transmission Opportunity)는 AC(Access Category)에 의한 Priority와 함께 802.11e에서 QoS를 지원하는 가장 핵심 요소이다. TXOP는 스테이션이 한번에 여러 프레임 전송할 수 있도록 제한 시간을 규정하는데 실시간 멀티미디어 전송과 같은 응용에서는 QoS의 요구 조건을 만족시키기 위해서 다중 전송을 필요로 한다. TXOP의 값은 TXOP Limit 파라미터의 값으로 정해지는데 일반적으로 전송 패킷의 사이즈가 클수록, 그리고 TXOP Limit 파라미터의 값이 클수록 전송 Throughput이 증가한다. 하지만 패킷 사이즈와 TXOP Limit 시간이 적절히 매치되지 않는 경우 시간 낭비를 초래할 수 있다. 예를 들어, 한번에 3개의 프레임이 전송될 수 있다면 프레임 사이즈가 작은 경우보다 프레임 사이즈가 큰 경우 TXOP Limit의 값도 같이 커져야 한다. 따라서 네트워크에서 많은 스테이션들이 경쟁을 하는 경우에는 공정성을 고려한 적절한 TXOP Limit 값의 도출이 필요하다.

TXOP Limit 값과 함께 네트워크의 공정성에 크게 영향을 미치는 요소가 AIFS값과 CW값에 의한 Priority이다. CW는 채널 획득 시도를 위한 BackoffTime 값을 결정하므로 그 값이 작을수록 채널 획득 시도의 간격이 짧아지므로 채널을 획득할 확률이 높아져서 Throughput을 증가시킬 수 있다.

본 실험에서는 1절의 결과에 기초하여 TXOP Limit 값과 CW값에 의한 Priority를 변화시키면서 네트워크의 공정성을 측정하였다. 각각의 값은 표1에 있는 표준 값을 사용하였다. 먼저 스테이션의 수를 증가시키면서 고정된 CW의 값에 대해 TXOP Limit 값을 변화시키면서 전체

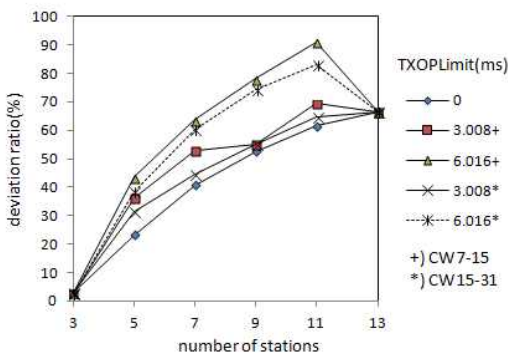


Fig. 5 Fairness as a function of TXOP Limit  
그림 5. TXOP Limit의 변화에 의한 공정성

네트워크의 Throughput 편차의 평균값을 측정하였다. 그림 5에서 보는 바와 같이 TXOP Limit 값이 0일 때, 즉 burst 전송을 안하고 한 번에 하나의 패킷만을 보낼 때 가장 안정적인 전송을 보인다. 하지만 이 경우 Throughput이 burst 전송의 경우에 비하여 상당히 떨어지므로 좋은 선택이 아니다. TXOP Limit 값이 3.008 ms의 경우에도 상당한 안정성을 보이고 상대적으로 Throughput 또한 많이 개선됨을 알 수 있다.

그림 5에서 보는 바와 같이 스테이션의 수가 11개까지는 TXOP Limit의 값은 3.008ms, CW(min-max)는 15-31에서 가장 좋은 공정성을 보인다. 스테이션의 수가 13개 이상이 되면 패킷 드롭이 너무 커져서 파라미터 값의 변화가 네트워크 성능에 영향을 미치지 못하고 의미있는 결과 값을 보이지 못하고 항상 일정한 값 만을 나타낸다.

그림 6은 스테이션 수를 변화시키면서 TXOP Limit 값과 CW 값에 따른 네트워크의 Throughput 변화율을 나타낸다. 네트워크에서 스테이션의 수가 5이고 TXOP Limit이 6.016ms, 그리고 CW의 값이 15-31일 때 가장 좋은 Throughput을 나타낸다. TXOP Limit의 값이 0일 때에 비해 27%의 향상률을 보인다.

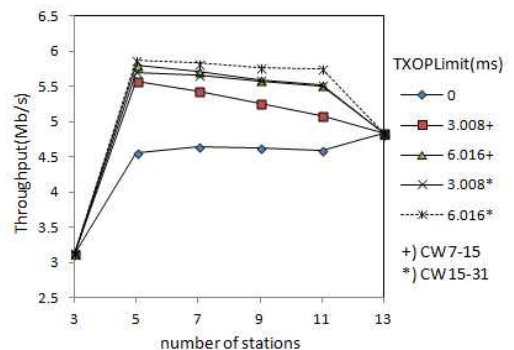


Fig. 6. Throughput as a function of TXOP Limit and CW value

그림 6. TXOP Limit 값과 CW 값에 따른 throughput 변화

3. 결과 분석

본 논문에서는 전송 패킷의 사이즈, 스테이션의 수, TXOP Limit, 그리고 CW(min-max) 값으로 나타나는 Priority의 4가지 파라미터가 네트워크의 Throughput과 공정성(fairness)에 미치는 영향을 시뮬레이션했다. 전송 패킷은 크기가 클수록 Throughput이 증가하여 패킷 사이즈

1500바이트에서 최고의 성능을 보인다. 스테이션 수는 6개인 경우 가장 높은 Throughput을 보인다. 즉, 그 이상인 경우 스테이션 간 심한 전송 경쟁으로 인해 네트워크의 Throughput이 감소하게 된다.

TXOP는 TXOP Limit 값에 의해 정해지는 시간동안 여러 패킷을 전송하는 burst 전송에 의해 Throughput을 향상시킨다. 스테이션의 수가 5개이고 TXOP Limit의 값이 6.016ms 일 때 가장 좋은 Throughput을 보인다. 하지만 공정성 문제에서는 TXOP Limit의 값이 3.008ms 일 때 각 스테이션들의 평균 편차 비율도 30% 내외로 가장 좋은 전송 품질을 유지하고 있다. 또한 Priority를 고려하면 항상 높은 우선순위에 높은 Throughput을 보이지 않는다. 우선 순위가 높은 CW 7-15보다는 우선 순위가 낮은 CW 15-31에서 더 좋은 결과를 보인다. 결론적으로 Throughput은 TXOP Limit의 값 6.016ms, CW는 15-31에서, 공정성은 TXOP Limit의 값 3.008ms, CW는 15-31에서 가장 좋은 결과를 보인다. 따라서 네트워크의 스테이션 간 경쟁이 심할 때는 우선순위와 burst 전송 시간의 trade-off를 고려하여 적절히 선택하는 것이 중요하다.

## V. 결론

본 논문에서는 802.11e 무선 전송 네트워크 환경에서 네트워크의 QoS에 가장 큰 영향을 미치는 전송 패킷의 사이즈, 스테이션의 수, TXOP Limit, 그리고 Priority 등 네 가지의 파라미터에 대해 QoS에 미치는 영향을 분석하고 최적의 파라미터 값을 도출하였다. 특히 스테이션 간의 전송량이 많은 멀티미디어 전송이 대부분을 차지하는 최근의 동향을 반영하여 각 스테이션들은 비디오 전송을 수행하는 것으로 가정하였으며 QoS는 네트워크의 Throughput과 공정성(fairness)을 측정하여 평가하였다. 공정성이란 스테이션 간의 Throughput 편차를 말하며 Throughput의 편차가 크면 일부 스테이션에서는 기대하는 품질의 서비스를 제공하지 못한다는 의미이므로 전체 네트워크의 QoS를 평가할 때 매우 중요한 요소이다.

실험 결과 스테이션의 수에 상관없이 전송 패킷의 사이즈는 클수록 Throughput이 증가하였다. 스테이션의 수에 대해서는 TXOP와 Priority를 고려하지 않을 때는 스테이션의 수가 6일 때 최대를 나타냈으며 TXOP와 Priority를 고려하면 스테이션의 수가 5일 때 최대를 나타내었다. TXOP는 한 스테이션이 멀티 패킷을 전송할 수 있는 burst 전송시간을 규정하므로 802.11e 표준에서 비디오 전송 파라미터로 권고하는 6.016ms와 CW 15-31에

서 최대를 보이지만 공정성 측면에서는 TXOP를 사용하지 않고 CW 15-31을 사용하는 경우 가장 좋은 값을 나타낸다. 하지만 TXOP를 사용하지 않으면 27%의 Throughput 감소를 보이므로 Throughput과 공정성, 두 파라미터의 trade-off를 고려할 때 TXOP Limit은 3.008ms이고 CW 15-31일 때 최적의 QoS를 보여주는 것을 알 수 있다.

본 논문에서는 네트워크 전송률에 가장 큰 영향을 미치는 비디오 트래픽만을 고려하여 실험하였으나 전송률이 일정치 않은 best effort 트래픽이나 back ground 트래픽이 전체 네트워크의 QoS에 미치는 영향을 분석하여 이에 따른 AP(Access Point)의 설정 및 위치 등의 분석도 이루어져야 할 것이다.

## References

- [1] Quang Ni, et al., "Issues and Enhancements for IEEE 802.11 Wireless LAN," INRIA Tech. Report, No.4612, Nov. 2002.
- [2] Stefan Mangold, et al., "IEEE 802.11e Wireless LAN for Quality of Service", Proc. European Wireless '02, Florence, Italy, Feb. 2002.
- [3] IEEE 802.11e/D4.3, "Draft Supplement to Standard for Telecommunications and Information Exchange Between Systems Part II: Wireless Medium Access Control(MAC) and physical layer(PHY) specifications: Medium Access Control(MAC) Enhancements for Quality of Service(QoS)", May. 2003.
- [4] Qianhua Deng and Anni Cai, "A TXOP-based Scheduling Algorithm for Video Transmission in IEEE 802.11e Networks". 6th International Conference on ITS Telecommunications Proceedings, 2006.
- [5] Nicola Cranley and Mark Davis, "An Experimental Investigation of IEEE 802.11e TXOP Facility for Real-Time Video Streaming". Globecom, IEEE, 2007.
- [6] Javier del Prado Pavon and Sai Shankar N, "Impact of Frame Size, Number of Stations and Mobility on the Throughput Performance of IEEE 802.11e". WCNC 2004.
- [7] 진현준, 박노경, "무선 랜 멀티미디어 서비스의 QoS 공정성 보장", 전기전자학회논문지 Vol. 12, No. 4, 2008.  
Hyunjoon Jin, Nho-kyung Park, "QoS Fairness in Multimedia Service using Wireless LAN",

Journal of IKEEE, Vol. 12, No. 4, 2008.

- [8] The Network Simulator - NS2,  
<http://www.isi.edu/nsnam/ns>
- [9] Sven Wietholter and Christian Hoene, "Design and Verification of an IEEE 802.11e EDCF Simulation Model in ns-2.26," TKN Tech. Report TKN-03-19, Berlin, Nov. 2003.
- [10] Dijing He and Charles Q. Shen, "Simulation Study of IEEE 802.11e EDCF" Vehicular Technology Conference, 2003.
- [11] Deyun Gao, et al., "MPEG-4 Video Streaming Quality Evaluation in IEEE 802.11e WLAN," IEEE International Conference on Image Processing, pp197-200, 2005.

---

## BIOGRAPHY

---

### Hyunjoon Jin (Member)



1984 : BS degree in Electronic Engineering, Korea University.

1986 : MS degree in Electronic Engineering, Korea University.

1998 : PhD degree in Computer Science, Lehigh University.

1998 ~ Present : Professor,  
 Department of Information and Communication,  
 Hoseo University.

<Research Interests>

System Software, Multimedia Communications