

# 무선 홈 네트워크에서 고속 멀티미디어 서비스의 Fair QoS 제공을 위한 UWB Distributed MAC 프로토콜의 타임 슬롯 할당 방안

허경<sup>†</sup>, 손원성<sup>\*\*</sup>

## 요 약

본 논문에서는 고속 무선 홈 네트워크를 위한 UWB 기술 기반 WiMedia Distributed Medium Access Control (D-MAC) 프로토콜에서 실시간 트래픽을 위한 공평한 QoS 제공 방법에 초점을 맞추어 현재 D-MAC 프로토콜의 문제점을 제시하고, 공평하고 분산적인 타임슬롯 자원 할당 방법을 제안하며, 그 성능을 분석한다. 본 논문에서 제안하는 타임슬롯 자원 할당 방법은 Satisfaction of QoS (SoQ) 알고리즘을 각 단말 디바이스에서 분산적으로 실행함으로써, 현재 트래픽 부하 상태에 대한 최적의 타임 슬롯들을 디바이스들에게 할당하여 공평하고 적응적인 QoS 제공을 가능하게 한다.

## A Time Slot Allocation Method of UWB Distributed MAC Protocol for Fair QoS Provisionings to High Speed Multimedia Services in Wireless Home Networks

Kyeong Hur<sup>†</sup>, Won-Sung Sohn<sup>\*\*</sup>

## ABSTRACT

The WiMedia Alliance has specified a Distributed Medium Access Control (D-MAC) protocol based on UWB for high speed wireless home networks and WPANs. The WiMedia D-MAC fundamentally removes the problems of the centralized MAC revealed at IEEE 802.15.3 MAC, by adopting a distributed architecture. However, there is no completely distributed method for allocating fair data rates to all traffic streams by considering each stream's QoS parameter. In this paper, a novel fair distributed QoS admission control method is proposed. The proposed method is a fair, adaptive QoS provisioning method, by allocating time slots to devices according to the current traffic load condition, through executing only a proposed single satisfaction of QoS (SoQ) algorithm at each device.

**Key words:** Wireless Home Networks(무선홈네트워크), High Rate WPAN(고속무선개인영역통신망), UWB(광대역무선전송기술), Multimedia QoS(멀티미디어 QoS), Distributed MAC(분산매체접근기법)

## 1. 서 론

UWB (Ultra Wide-Band) 전송 기술은 초고속 근

거리 무선 네트워크 (High-Rate Wireless Personal Area Network : HR-WPAN)를 실현시킬 수 있는 기술로서, 초고속 WPAN을 구성하는 UWB 디바이

※ 교신저자(Corresponding Author) : 허경, 주소 : 인천시 계양구 교대길 45 (407-753), 전화 : 032)540-1289, FAX : 032)548-0288, E-mail : khur@ginue.ac.kr

접수일 : 2008년 11월 5일, 완료일 : 2009년 1월 13일

<sup>†</sup>정회원, 경인교육대학교 컴퓨터교육과 조교수

<sup>\*\*</sup> 종신회원, 경인교육대학교 컴퓨터교육과 조교수  
(E-mail : sohnws@ginue.ac.kr)

※ “이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임”(KRF-2007-331-D00283)

스들은 10m 거리 내에 있는 이웃디바이스들과 최대 480Mbps 속도로 통신이 가능하다. [1]. WPAN [2]에서 MAC은 크게 중앙집중적 또는 분산적인 구조로 분류된다. IEEE 802.15.3은 중앙집중적 구조를 따르는 대표적인 MAC 프로토콜이다 [3]. IEEE 802.15.3에서 하나의 피코넷은 하나의 PNC (PicoNet Coordinator)와 PNC에 연결되어 통신하는 다수의 디바이스로 구성된다. PNC는 자신의 피코넷 안에서 디바이스들의 네트워크 접근관리와 데이터 전송을 위한 채널 할당관리 그리고 시각동기관리 등을 수행한다. 그러나, 현재 중앙 집중 구조 기반의 IEEE 802.15.3은 여러 문제점을 나타낸다. 첫째로, PNC가 전체적인 네트워크 동작을 관리함으로써 PNC의 부재는 심각한 문제를 나타낸다. PNC 디바이스가 사라진 경우, 네트워크는 PNC를 재선출하여야 하며, 이때 많은 시간과 전력을 소비하게 된다. 둘째로, 두 개 이상의 피코넷이 서로 중첩될 때 IEEE 802.15.3의 심각한 성능 감퇴가 문제가 된다 (SOP problem). 셋째로, 낮은 이동성 지원과 네트워크 확장에서의 비효율성이다 [1,2,4]. 결론적으로, 중앙 집중 구조를 따르는 MAC 프로토콜은 실시간 스트림의 QoS 지원에 있어 심각한 문제들을 갖고 있다.

한편, WiMedia Alliance는 WPAN을 위한 UWB 기반의 D-MAC (Distributed Medium Access Control) 프로토콜을 표준화하였다 [5]. D-MAC은 분산적인 MAC 구조를 갖고며, IEEE 802.15.3 프로토콜과는 반대로 D-MAC은 모든 디바이스들이 동등한 역할과 기능을 가지며 자동으로 망을 구성하고 디바이스들에게 매체 접근, 채널 할당, 데이터 송수신, QoS, 동기화 기능 등을 분산적인 방식으로 제공한다. 이에 D-MAC에서는 근본적으로 중앙집중구조의 MAC에서 나타나는 세가지 문제들이 해결된다 [5]. 또한 WiMedia Alliance는 WiMedia 무선 통신 환경 하에서 네트워크 계층의 IP 패킷 전송을 지원하기 위해 WiMedia Logical Link Control Protocol

(WLP)를 표준화하였다 [6]. IP 네트워크에서의 서비스 품질과 트래픽 특성은 Traffic Specification (TSPEC)의 형태로 암호화되며, WLP 단말 디바이스는 네트워크 IP 스트림이 갖는 TSPEC 정보를 이용하여, IP 스트림이 요구하는 QoS를 제공하기 위해 D-MAC 계층의 DRP 프로토콜을 통해 데이터 전송을 위한 타임슬롯을 예약한다.

그러나, 현재 D-MAC 표준에서는 WLP에서 정의된 QoS 파라미터에 따라 타임슬롯을 할당하는 기능을 포함하고 있지 않으며, 새롭게 서비스를 요청하는 스트림과 기존에 서비스를 하던 스트림들 간에 QoS 파라미터를 고려하여 공평하고 분산적인 방식으로 타임슬롯들을 할당할 방법 또한 제공하지 못하고 있다. 본 논문에서는 D-MAC에서 실시간 트래픽을 위한 QoS 지원 방안에 초점을 맞추어, 공평하고 분산적인 타임슬롯 자원 할당 방식을 제안한다.

## 2. WiMedia D-MAC의 타임 슬롯 예약 방법

### 2.1 DRP (Distributed Reservation Protocol)

그림 1과 같이 D-MAC은 슈퍼프레임이라는 시간 단위로 동작하며, 슈퍼프레임은 Medium Access Slot (MAS)이라는 다수의 타임슬롯들로 구성된다. 슈퍼프레임은 256개의 MAS들로 구성된다. 그림 1에서 각 슈퍼프레임은 Beacon Period (BP)로 시작되며 BP는 MAS들로 구성된다. 각 디바이스는 다른 단말 디바이스들과 겹치지 않는 비컨 슬롯 MAS에서 자신의 비컨을 전송한다. 그러므로 디바이스들은 비컨 충돌을 피하기 위해 다른 디바이스로부터 쓰이지 않는 비컨 슬롯을 선택하여야 한다. 비컨 전송 구간 BP를 제외한 나머지 슈퍼프레임 구간은 데이터 전송을 위한 Data Period (DP)이다. 데이터 전송 구간은 크게 두 가지 타입의 MAS 블록으로 나누어진다. 하나는 경쟁 기반 매체 접근 프로토콜을 통해

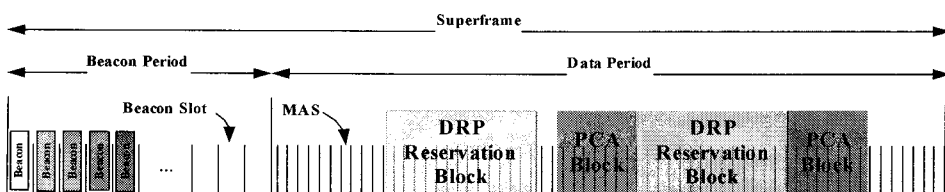


그림 1. D-MAC에서의 슈퍼프레임 구조

Element ID	Length	DRP Control	Target/Owner DevAddr	DRP Allocation 1	.....	DRP AllocationN
------------	--------	-------------	----------------------	------------------	-------	-----------------

그림 2. DRP IE 메시지 구조

사용되는 MAS 블록이며 다른 하나는 예약 기반 매체 접근 프로토콜을 통해 사용되는 MAS 블록이다. 경쟁 기반 프로토콜은 Prioritized Contention Access (PCA)이며 IEEE 802.11e와 유사하다 [5].

D-MAC에서 사용하는 예약 기반 매체 접근 프로토콜은 Distributed Reservation Protocol (DRP)이며, DRP는 디바이스들에게 이웃 디바이스들과의 통신을 위해 한개 또는 그 이상의 MAS 예약 기능을 제공한다. DRP를 사용하는 모든 디바이스들은 그들의 비컨에 DRP IE를 포함시켜야 하며 DRP IE를 통해 자신의 MAS 예약 정보를 알려야 한다. DRP는 MAS의 집합인 예약된 MAS 슬롯 구간에 대한 송신 디바이스와 수신 디바이스에게 배타적인 타임 슬롯 채널 점유를 허용한다. DRP 예약 협상은 예약할 DRP 타임 슬롯 구간에서 데이터 전송을 시작할 송신 디바이스에서 시작하며, 이 디바이스는 DRP Owner라고 부른다. 예약 협상에 관한 비컨을 수신하고 협상 상대에 해당하는 수신 디바이스는 DRP Target이라 부른다. 이러한 DRP는 실시간 트래픽에게 QoS를 보장하는 데 있어 중요한 역할을 한다. DRP와 같은 TDMA방식에서 하나의 Traffic Stream (TS)에게 제공되는 서비스 데이터 전송률은 그 트래픽 스트림에게 할당되는 MAS의 개수와 비례한다[5].

DRP IE 구조는 그림 2에 나타나 있다. DRP IE는 특정 MAS 구간 예약을 협상하고 DRP 예약에 포함된 MAS들을 이웃 디바이스들에게 알리기 위해 사용된다. DRP Control 필드는 예약된 DRP 구간 블록간 충돌의 감지 및 해결을 위한 정보를 포함하고, 해당 MAS 슬롯에서 전송된 트래픽 스트림을 확인하기 위해 사용된다.

2.2 WiMedia Logical Link Protocol (WLP)에서 규정된 TSPEC 표준 정보

WLP 표준에서는 무선 네트워크에서 유선 네트워크의 파라미터화된 QoS를 제공하기 위해, 유선 네트워크에서 트래픽 소스의 특성을 규정할 표준 파라미터 세트로서 Token Bucket TSPEC을 포함하며 트래픽 소스의 특성을 Fluid Twin Token Bucket이라

는 이론적인 모델을 이용하여 표현한다[6]. 이 모델은 트래픽 스트림을 Mean Rate  $r$ , Peak Rate  $p$ , Maximum Burst Size  $b$ 의 세가지 파라미터를 사용하여 특성화한다. 그림 3은  $(r, b, p)$ 의 특성을 갖는 임의의 트래픽 소스에 대한 Token Bucket 상의 도착 특성을 나타낸다.

보장된 QoS 서비스 제공에 있어 최대 허용 가능한 시간 지연 값은 TSPEC 파라미터인 Requested Service Rate  $R$ 과 새로운 Slack Term  $S$ 를 이용하여 나타낼 수 있다.  $(r, b, p)$  특성을 갖는 트래픽 스트림에게 허용 가능한 시간 지연 범위가 주어졌을 때, 이를 만족시키기 위해 최소로 제공되어야 하는 서비스 데이터 전송률이 존재한다. 그림 3에서  $d$ 는 트래픽 스트림에게 서비스 전송률  $R$ 을 제공할 때 경험하게 되는 큐잉 시간 지연으로 Arrival Curve와 서비스 전송률 선 간의 최장 가로 거리에 해당한다. 이 때문에 최대 허용 큐잉 지연 시간이  $d$ 일 때,  $(r, b, p)$  특성을 가지는 트래픽 스트림에게  $d$ 를 보장하기 위해 제공하는 최소의 서비스 전송률  $R$ 은 식(1)과 같다.

$$R = \frac{p}{1 + d \times \frac{p-r}{b}} \tag{1}$$

그림 3과 식(1)로부터 트래픽 스트림이  $d$ 보다 작은 큐잉 지연 시간을 얻기 위해서는  $R$  보다 큰 서비스 전송률을 제공받아야 한다. 그림 3에서 Slack Term  $S$ 는 최대 허용 지연 시간과 현재 서비스 전송

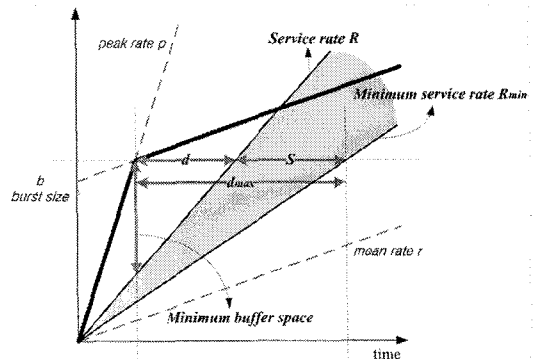


그림 3. Service TSPEC 상에서의 R, S,  $d_{max}$ 의 관계도

률에서 경험되는 지연 시간의 차이를 의미한다. 그러므로 최대 큐잉 지연 시간은 Service TSPEC {R, S} 관점에서 식(2)와 같이 계산된다.

$$d_{max} = \frac{p-R}{p-r} \times \frac{b}{R} + S \tag{2}$$

식(2)에서 Service TSPEC {R, S}는 {r, b, p}의 Token Bucket TSPEC의 특성을 가지는 트래픽에 대한 최대 허용 지연  $d_{max}$ 를 산출하였다. 그림 3에서 음영 부분은 트래픽 스트림의 최대 허용 지연이  $d_{max}$ 일 때 이를 만족하는 서비스 전송률 R의 범위를 나타낸다.

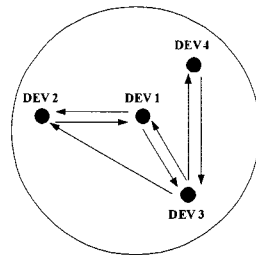
### 2.3 D-MAC 프로토콜에서 QoS 제공 시의 문제점

현재 D-MAC은, 다른 디바이스들이 특정 디바이스에게 그 디바이스가 이미 예약한 타임 슬롯을 양도해 줄 것을 요청하는 방법으로, Relinquish Request IE를 정의하고 있다. 그러나, D-MAC은 디바이스 이동이나 무선 환경 변화 등의 이유로 현재 가용한 MAS (Current Available MASs : CAM)의 수가 달라질 때, 이에 따른 관련 모든 트래픽 스트림들에게 그들의 QoS 파라미터와 현재 트래픽 상태를 고려한 최적의 데이터 전송률 할당 방법을 제공하지 못하고

있다[7]. 그림 4는 4개 디바이스 (DEV1~4)를 나타내며 각 디바이스들은 서로의 전파범위 내에 있다. 각 화살표는 각 트래픽 스트림에 대응된다. Required Data Rate과 Desired Data Rate은 각각 서비스 전송률의 최소 최대 경계 값을 의미하며 식 (1)로부터 도출된다. 일곱 개의 트래픽 스트림들은 TS A에서 TS G 순서로 생성되고 D-MAC 계층에 서비스를 요청한다. D-MAC은 초기에 현재 가용한 MAS가 넉넉하기 때문에 트래픽 스트림 A에서 트래픽 스트림 F까지 Desired Data Rate을 제공한다. 이때 새로운 트래픽 스트림(TS) G가 생성되고 자신의 QoS 보장을 요청한다. 그러나 현재 D-MAC 프로토콜에서는 공평한 MAS 재 할당 방법이 없기 때문에 트래픽 스트림 G에게 어떠한 타임슬롯도 제공하지 못하며, 이에 따라 트래픽 스트림 G는 다른 트래픽 스트림들이 점유한 MAS들을 예약 해제할 때까지 기다리며, QoS는 보장되지 못한다.

### 3. 제안하는 D-SoQ 기반 타임슬롯 자원 할당 방법

제안하는 알고리즘을 설명하기 전에 본 논문에서 정의된 용어들을 설명한다. 비컨 그룹은 각



TS (Traffic Stream)	Required Data Rate	Desired Data Rate	Serviced Data Rate	Available Data Rate (CAM)
A(DEV1→DEV2)	30Mbps	50Mbps	50Mbps	310 Mbps (After TSA is joined)
B(DEV2→DEV1)	50Mbps	70Mbps	70Mbps	240 Mbps (After TSB is joined)
C(DEV3→DEV4)	60Mbps	70Mbps	70Mbps	170 Mbps (After TSC is joined)
D(DEV4→DEV3)	20Mbps	50Mbps	50Mbps	120 Mbps (After TSD is joined)
E(DEV3→DEV1)	35Mbps	60Mbps	60Mbps	60 Mbps (After TSE is joined)
F(DEV1→DEV3)	50Mbps	60Mbps	60Mbps	0 Mbps (After TSF is joined)
G(DEV3→DEV2)	40Mbps	60Mbps	Waiting	

그림 4. 기존 D-MAC에서의 새로운 트래픽 스트림 (TS) G에 대한 전송률 할당 사례 (전체 대역폭 : 360 Mbps (210 MASs))

디바이스 주변에서 형성되며, 그 디바이스와 1-홉 이웃 노드들로 구성된다.  $SR_{j,n}$ 은 n번째 슈퍼프레임에서 트래픽 스트림 j에 할당된 MAS의 개수, 즉, 서비스 전송률을 의미한다.  $RE_j$ 는 트래픽 스트림 j로부터 양도된 MAS의 개수, 즉, 데이터 전송률을 의미한다.  $SoQ_{j,n}$ 은 n번째 슈퍼프레임에서 트래픽 스트림 j의 QoS의 만족도를 의미하며, 식 (3)을 통해 도출된다.

$$SoQ_{j,n} = \frac{SR_{j,n} - RR_j}{DR_j - RR_j} \begin{cases} SoQ_{j,n} = 1, & \text{if } SR_{j,n} = DR_j \\ SoQ_{j,n} = 0, & \text{if } SR_{j,n} = RR_j \\ SoQ_{j,n} < 0, & \text{if } SR_{j,n} < RR_j \end{cases} \quad (3)$$

SoQ는 위의 식과 같이 결정되며, 1보다 작거나 1과 같은 값을 갖는다. 이러한 SoQ 정의에 따르면, SoQ값이 1에 가까울수록 트래픽 스트림의 QoS 만족도가 더 높은 것을 알 수 있다. 제안하는 알고리즘에서는 Fair SoQ ( $SoQ_{F,n}$ )를 제공하며,  $SoQ_{F,n}$ 는 무선 환경의 변화 또는 디바이스의 이동으로 인해 비컨 그룹 내 트래픽 스트림의 개수 또는 한 슈퍼프레임 내에서 사용 가능한 MAS의 개수 (CAM)가 변할 때마다 기존의 트래픽 스트림과 새로운 트래픽 스트림을 포함한 모든 트래픽 스트림들에 대해 계산된다. 제안하는 알고리즘에서는 새로운 IE로서 QoS IE를 추가로 필요로 한다. QoS IE를 이용하여 같은 비컨 그룹 내의 다른 디바이스들의 QoS 정보를 획득할 수 있다. 그림 5와 같이, QoS IE는 특정 디바이스가 전송하고 있는 각 트래픽 스트림의 QoS 파라미터를 전달한다.

TS Index 필드는 디바이스의 트래픽 스트림 (Traffic Stream) ID를 나타낸다. RR과 DR 필드는 WLP TSPEC (r,b,p)에 의해 결정된다.  $SoQ_{F,n}$  필드는 n번째 슈퍼프레임에서 새로운 트래픽 스트림들을 포함한 모든 트래픽 스트림들의 Fair SoQ를 의미하며, 이는 식(3)을 통해 계산된다. 모든 디바이스들은 실시간 트래픽 스트림 또는 CAM의 개수가 변할 때마다  $SoQ_{F,n}$ 을 계산하며, 이것은 매 슈퍼프레임마다 QoS IE를 통해 알려진다. 그러므로, 수신된 비컨을 통해  $SoQ_F$ 를 비교하여  $SoQ_{F,n}$ 의 유효함을 확인하

고, 각 디바이스의 기존 트래픽 스트림들이 점유하고 있는 MAS들에 대한 제한당 방법과 새로운 트래픽 스트림으로의 MAS 양도 방법을 결정한다. 이러한 제안하는 알고리즘을 이용하여 각 트래픽 스트림은 서로 동일한  $SoQ_{F,n}$ 을 얻을 수 있다. 따라서 각 트래픽 스트림은 계산된 양 만큼의 MAS를 양도하거나  $SoQ_{F,n}$ 에 따라 타임 슬롯들을 예약하기 위해 더 많은 MAS를 추가로 예약할 수 있다. n-1 번째 슈퍼프레임에서 새로운 트래픽 스트림의 서비스 요청이 발생하여 MAS들을 예약하기 원하는 디바이스는 단순히 새로운 트래픽 스트림에 대한 QoS IE를 비컨에 포함시킨다. n번째 슈퍼프레임의 비컨 구간에서 이웃들과 비컨을 교환한 뒤 n+1번째 슈퍼프레임에서 새로운 트래픽 스트림과 기존의 트래픽 스트림들의 공평한 QoS 보장을 위해 같은 비컨 그룹에 속한 모든 디바이스들은 자신들에게 속한 트래픽 스트림들에 대한  $SoQ_{F,n+1}$ 을 식 (4)로부터 계산한다.

$$SoQ_{F,n+1} = \min \left[ \frac{BW - \sum_{j=1}^K RR_j}{\sum_{j=1}^K (DR_j - RR_j)}, 1 \right] \quad (4)$$

만약  $SoQ_{F,n+1}$ 이 음수 값을 갖게 되면, n번째 슈퍼프레임에서 더 이상 추가적으로 발생하는 트래픽 스트림들을 수용할 수 없음을 의미한다. 이때 각 디바이스들은 새로운 트래픽 스트림의 전송 요청을 거절하고,  $SoQ_{F,n+1}$ 을 이전의  $SoQ_{F,n}$ 값으로 설정한다. 반대로  $SoQ_{F,n+1}$ 이 양수 값을 갖으면 같은 비컨 그룹에 속하는 모든 트래픽 스트림들은 새롭게 계산된  $SoQ_{F,n+1}$  값에 따라 자신의  $SR_{j,n}$ 을  $SR_{j,n+1}$ 로 설정하고  $RE_j$  만큼의 MAS들을 새로운 트래픽 스트림에게 양도한다.  $SR_{j,n+1}$ 과  $RE_j$ 는 식 (5)로부터 계산된다.

$$\begin{aligned} SR_{j,n+1} &= SoQ_{F,n+1} \times (DR_j - RR_j) + RR_j \\ RE_j &= SR_{j,n+1} - SR_{j,n} \end{aligned} \quad (5)$$

표 1은 트래픽 스트림 G를 포함한 7개의 모든 트래픽 스트림에게  $SoQ_{F,n+1}$  값에 해당하는 공평한 QoS를 제공하는 MAS 제한당 결과를 설명하고 있다. 초기에는 충분한 가용 MAS 수 (CAM)이 존재하기 때문에 각 트래픽 스트림에게  $DR_j$ 와 일치하는  $SR_{j,n}$ 을 할당하였다. 표 1에서 보는 바와 같이 DEV3

Element ID	TS index	RR	DR	$SoQ_F$
------------	----------	----	----	---------

그림 5. 제안하는 QoS IE 구조

표 1. 제안된 방식에서 새로운 트래픽 스트림 G의 QoS 요청이 수용된 후 7개 전체 트래픽 스트림의  $SoQ_{F,n+1}$  상태의 변화

TS (Traffic Stream)	$RR_j$	$DR_j$	$SR_{j,n+1}$	$SoQ_{F,n+1}$	$RE_j$ for G
A(DEV1→DEV2)	30Mbps	50Mbps	42.592Mbps	0.629	7.408Mbps
B(DEV2→DEV1)	50Mbps	70Mbps	62.592Mbps	0.629	7.408Mbps
C(DEV3→DEV4)	60Mbps	70Mbps	66.296Mbps	0.629	3.704Mbps
D(DEV4→DEV3)	20Mbps	50Mbps	38.888Mbps	0.629	11.112Mbps
E(DEV3→DEV1)	35Mbps	60Mbps	50.740Mbps	0.629	9.260Mbps
F(DEV1→DEV3)	50Mbps	60Mbps	56.296Mbps	0.629	3.704Mbps
G(DEV3→DEV2)	30Mbps	50Mbps	42.596Mbps	0.629	

이 새로운 트래픽 스트림 G에게 서비스 제공을 위해, 이미 기존의 트래픽 스트림들 (A~F)에게 할당된 MAS들의 일부분을 필요로 할 때, 각 트래픽 스트림들에게 할당된  $SR_{j,n}$ 은 각  $RR_j$ 보다 큼을 알 수 있다. 그러므로 6개의 기존 트래픽 스트림들은 자신에게 할당된 MAS들의 일부분을 새로운 트래픽 스트림 G에게 양도한다. 결국 7개의 트래픽 스트림들의 서비스 전송률은  $SR_{j,n+1}$ 로 재설정된다. 임의의 디바이스에게 재할당될  $SR_{j,n+1}$ 이  $RR_j$ 보다 작은 값을 갖게 되면, 기존에 존재한 트래픽 스트림 모두 그들의 예약된 MAS들 중 어떠한 부분도 새로운 트래픽 스트림 G에게 양도하지 않는다. 표 1에서  $SoQ_{F,n+1}$ 은 0.629이기 때문에 기존 6개의 트래픽 스트림들은 자신들에게 예약된 MAS들 중  $RE_j$ 만큼의 MAS들을 새로운 트래픽 스트림 G에게 양도함을 알 수 있다. 그 결과, 표 1에서 새로운 트래픽 스트림 G의  $SR_{j,n+1}$ 값은 기존 6개의 트래픽 스트림들이 양도한  $RE_j$ 들의 합과 일치함을 알 수 있다.

이때, 기존 6개의 트래픽 스트림들은 자신들에게 예약된 MAS들 중  $RE_j$ 만큼의 MAS 슬롯들에 대한 예약을 해제하기 위해, 각 트래픽 스트림  $j$ 의 해당 송수신 디바이스는 그림 2의 DRP IE 중 DRP Allocation 필드들에서  $RE_j$ 만큼의 MAS 슬롯들에 대한 예약 표시를 '1'에서 '0'으로 바꿈으로써 해당 MAS 슬롯들에 대한 예약을 해제한다. 그리고 새로운 트래픽 스트림 G는 기존 6개의 트래픽 스트림들로부터 예약이 해제된 즉, 양도된 전체 MAS 슬롯들을 자신의 DRP IE 내의 DRP Allocation 필드들에서 '1'로 표기하여 예약을 요청 및 표기한다. 한편, 하나

의 DRP Allocation 필드는 16비트로 구성되어 16개 MAS에 대한 예약상황을 1과 0으로 표기하며, 전체 256 MAS의 슈퍼프레임에 대해 총 16개의 DRP Allocation 필드가 하나의 DRP IE에 포함되어 있다.

한편 제안하는 방식에서의 QoS IE 추가는 해당 디바이스의 비컨 전송 시와 다른 디바이스들의 비컨을 수신할 경우, 현재 D-MAC 표준에 비해 프로세싱 오버헤드를 증가시키는 단점이 있을 수 있다. 그러나, 위에서 설명한 바와 같이 각 디바이스가 분산적으로 양도해야하는  $RE_j$ 만큼의 MAS 슬롯들 수를 스스로 결정하여 예약을 해제하므로, 현재 표준 상에서 제시된 Relinquish IE를 대체할 수 있다.

#### 4. 시뮬레이션 결과 분석

본 논문에서는 성능 평가 시, 모든 트래픽 스트림은 동일한 QoS 파라미터를 가진다. 제안하는 방식의 성능에 대한 비교 평가를 위해, D-MAC 상에서의 3가지 QoS 제공 시나리오를 고려한다. 첫번째는 MQP (Minimum QoS Provisioning) 방식으로, 트래픽 스트림들에게 상위 계층에서 정의된 최소 데이터 전송률로 서비스를 제공하는 것이고, 두번째는 XQP (MaXimum QoS Provisioning) 방식으로, 트래픽 스트림들에게 상위 계층에서 정의된 최대 데이터 전송률(Peak rate)으로 서비스를 제공하는 것이며, 세번째로 제안하는 알고리즘을 적용하는 것이다.

그림 6은 3가지 자원 할당 방식들에서  $K_{total}$  수가 증가함에 따른  $K_{cur}$ 의 변화를 나타낸다. XQP와 MQP 방식에서의  $K_{cur}$ 는, 전체 BW 360 Mbps를 최대 서비스 전송률 14.8Mbps와 최소 서비스 전송률

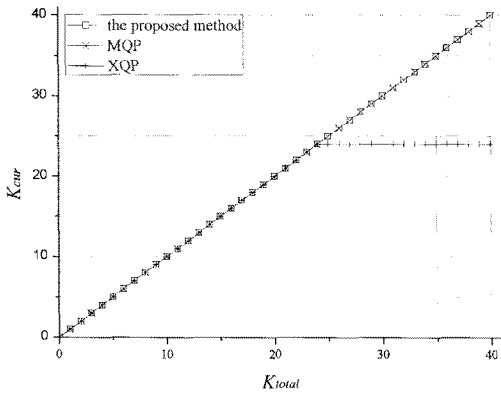


그림 6.  $K_{total}$  트래픽 스트림 수에 따른  $K_{cur}$  값의 변화

8.97Mbps로 나눔으로써, 각각 최대 24와 40의 값을 가질 수 있다. 이렇게 구해진 최대  $K_{cur}$ 는 그림 6에서 확인할 수 있다. 제안하는 D-SoQ 자원 할당 방식은 주어진 BW에서 최대 허용 가능한 QoS를 각 트래픽 스트림에게 공평하게 제공하기 때문에  $K_{cur}$ 가 24일 때까지 XQP 방식과 같은 트래픽 스트림 용량을 갖는 것을 확인할 수 있다. 그러나 XQP 방식은  $K_{total}$ 이 24를 초과한 시점부터 더 이상 트래픽 스트림에게 QoS를 보장하지 못하는 반면, D-SoQ는  $K_{cur}$ 가 40에 도달할 때까지 계속해서 트래픽 스트림들에게 공평한 QoS를 보장함을 나타낸다.  $K_{cur}$ 가 40일 때 제안하는 D-SoQ 방식의 트래픽 스트림 용량은 MQP 자원 할당 방식과 동일함을 알 수 있다. 한편, 그림 7은  $K_{total}$ 이 증가함에 따른  $K_{cur}$ 개의 트래픽 스트림에게 할당된 MAS 수의 변화를 나타낸다. 그림 7에서 D-SoQ 방식은 XQP 방식과 동일한 MAS 이용률을 나타냄을 알 수 있다.

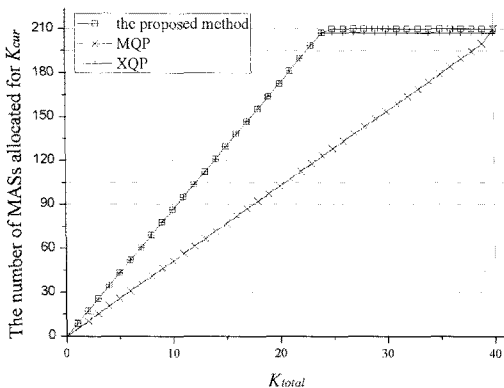


그림 7.  $K_{cur}$  트래픽 스트림에 할당된 MAS 수의 변화

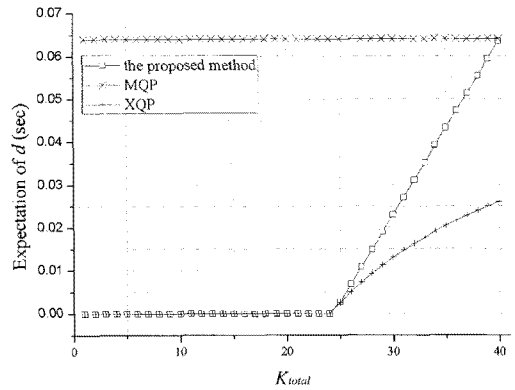


그림 8. 평균 큐잉 지연 시간  $d_j$  성능

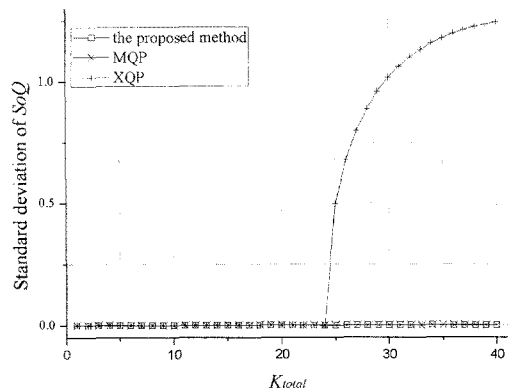


그림 9. 트래픽스트림들 간 SoQ 값 표준편차 성능

그림 8은 큐잉 지연 시간의 평균값 성능을 나타낸다. 그림 8에서 MQP 방식은 가장 긴 큐잉 지연 시간을 나타내는 반면, XQP 방식은 가장 짧은 0에 가까운 큐잉 지연 시간을 나타낸다. 또한 D-SoQ 방식의 평균 큐잉 지연 시간은 트래픽 부하가 적은 환경 하에서는 XQP 방식과 같이 0에 가까운 값을 갖고, 트래픽 부하가 증가함에 따라 MQP 방식의 큐잉 지연 시간 성능을 나타내게 된다. 그림 9에서도 제안하는 D-SoQ 방식과 XQP 방식은 평균 SoQ 값 측면에서 MQP 방식보다 우수한 성능을 보이나,  $K_{cur}$ 가 24를 초과한 후 트래픽 스트림 간 SoQ 값의 공평성 측면에서 D-SoQ와 MQP 방식은 XQP 방식보다 우수한 성능을 나타낸다.

### 5. 결 론

본 논문은 무선 애드혹 홈 네트워크 상에서 네트

워크 계층에서 파라미터화된 QoS를 보장하기 위한 공평하고 분산적인 타임슬롯 자원 할당 방안을 제안하였다. 제안하는 D\_SoQ 방식은 트래픽 부하가 크지 않을 경우, 각 스트림에게 최대 전송률을 할당함으로써 해당 스트림이 보다 고속으로 서비스되고, 큐잉 시간 지연에 대한 높은 허용 오차 성능을 제공한다. 또한 트래픽 부하가 큰 경우, D\_SoQ 방식은 상대적으로 낮은 데이터 전송률을 공평하게 제공함으로써 높은 트래픽 스트림 용량 성능을 나타낸다.

### 참 고 문 헌

- [1] J. Del Prado Pavon, N. Sai Shankar, V. Gaddam, K. Challapali and Chun-Ting Chou, "The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks," IEEE Communications Magazine, Vol.44, No.6, pp. 128-134, June 2006.
- [2] V.M. Vishnevsky, A.I. Lyakhov, A.A. Safonov, S.S. Mo and A.D. Gelman, "Study of Beaconing in Multi-Hop Wireless PAN with Distributed Control," IEEE Transactions on MOBILE COMPUTING, Vol.7, No.1, pp. 113-126, Jan. 2008.
- [3] IEEE 802.15.3, "Wireless Medium Access Control and Physical Layer Specification for High Rate Wireless Personal Area Networks," 2003, <http://standards.ieee.org/reading/ieee/std/lanman/restricted/802.15.3-2003.pdf>.
- [4] Hun-Ting Chou, J. Del Prado Pavon, and N. Sai Shankar, "Mobility Support Enhancements for the WiMedia UWB MAC Protocol," Proceedings of 2nd International Conference on Broadband Networks (BROADNETS 2005), Vol.2, pp. 136-142, Oct. 2005.
- [5] WiMedia, "Distributed Medium Access Control (MAC) for Wireless Networks," WiMedia MAC Release Specification 1.01, Dec. 2006, <http://www.wimedia.org/en/index.asp>.
- [6] WiMedia, "WiMedia Logical Link Control Protocol (WLP)," WiMedia WLP Specification Draft 1.0, Aug. 2007.
- [7] W. Pattara-Atikom, P. Krishnamurthy and S. Banerjee, "Distributed mechanisms for quality of service in wireless LANs," IEEE Wireless Communications, Vol. 10, No. 3, pp. 26-34, June 2003.

#### 허 경



1998년 고려대 전자공학과 학사  
 2000년 고려대 전자공학과 석사  
 2004년 8월 고려대 전자공학과  
 통신공학박사  
 2004년 8월~2005년8월 삼성중  
 합기술원(SAIT) 전문연  
 구원

2005년 9월~현재 경인교대 컴퓨터교육과 조교수  
 관심분야: QoS, Mobile IP, Wireless MAC, 컴퓨터교육

#### 손 원 성



1998년 동국대 컴퓨터공학 학사  
 2000년 동국대 컴퓨터공학 석사  
 2004년 연세대학교 컴퓨터과학  
 공학박사  
 2004년~2006년 Carnegie Mellon  
 Univ., Post Doc.  
 2006년~현재 경인교육대학교 컴  
 퓨터교육과 조교수

관심분야 : HCI, 멀티미디어 문서처리, 컴퓨터교육