

---

# WiMedia Distributed MAC 통신 시스템에서 QoS 성능 향상을 위한 릴레이 통신 프로토콜

허경\*

Relay Transmission Protocol for QoS Enhancement  
in WiMedia Distributed MAC/WUSB Systems

Kyeong Hur\*

---

이 논문은 2010년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2010- 0002366). 또한 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임(2011-0016145).

---

## 요 약

본 논문에서는 UWB 기술 기반 WiMedia 무선 USB Distributed Medium Access Control (D-MAC) 프로토콜의 공평하고 분산적인 SoQ 기반 Distributed Reservation Protocol (DRP) 타임슬롯 자원 할당 방법의 성능을 분석하고, DRP 예약 충돌을 회피하기 위해 릴레이 통신 기술을 적용한 SoQ 릴레이 전송 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 SoQ 릴레이 전송 프로토콜은 Satisfaction of QoS (SoQ) 알고리즘을 각 단말 디바이스에서 분산적으로 실행하고, 충돌대상 디바이스에게 예약된 QoS 자원을 유지할 수 있도록 Direct Link 뿐만 아니라 릴레이 노드를 경유하여 또 다른 Indirect Link 링크를 예약할 수 있는 자원 예약 프로토콜을 제안한다.

## ABSTRACT

The WiMedia Alliance has specified a Distributed Medium Access Control (D-MAC) protocol based on UWB for high speed wireless home networks and Wireless USB. In this paper, firstly, the fair SoQ-based Distributed Reservation Protocol (DRP) for D-MAC is analyzed. And a novel SoQ-based relay transmission protocol is proposed to overcome DRP conflicts fast. In the proposed protocol, each device executes the Satisfaction of QoS (SoQ) time slot allocation algorithm independently. And, in order to give the loser device due to DRP conflicts another chance to maintain QoS resources, the proposed relay transmission protocol helps the device reserve another indirect link maintaining the required QoS resources via a relay node.

## 키워드

무선 홈네트워크, UWB, 분산방식 MAC, 무선 USB, 협력 통신

## Key word

Wireless Home Networks, UWB, Distributed MAC, Wireless USB, Cooperative Communications

---

\* 종신회원 : 경인교육대학교 컴퓨터교육과 부교수  
(교신저자, Khur@ginue.ac.kr)

접수일자 : 2011. 07. 11  
심사완료일자 : 2011. 08. 05

**Open Access** <http://dx.doi.org/10.6109/jkiice.2012.16.4.692>

©This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## I. 서 론

UWB (Ultra Wide-Band) 전송 기술은 초고속 근거리 무선 네트워크 (High-Rate Wireless Personal Area Network : HR-WPAN)를 실현시킬 수 있는 기술로서, 초고속 WPAN을 구성하는 UWB 디바이스들은 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]. 중앙 집중 구조 기반의 IEEE 802.15.3은 여러 문제점을 나타낸다. 첫째로, PNC 디바이스가 사라진 경우, 네트워크는 PNC를 재선출하여야 하며, 이때 많은 시간과 전력을 소비하게 된다. 둘째로, 두 개 이상의 피코넷이 서로 충돌될 때 IEEE 802.15.3의 심각한 성능 감쇠가 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 갖으며, IEEE 802.15.3 프로토콜과는 반대로 D-MAC은 모든 디바이스들이 동등한 역할과 기능을 가지며 자동적으로 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 전송 및 MAC 기능 제어를 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.

본 논문에서는 WiMedia D-MAC 프로토콜의 공평하고 분산적인 SoQ기반 Distributed Reservation Protocol (DRP) 타임슬롯 자원 할당 방법의 성능을 분석하고 [7], DRP 예약 충돌을 회피하기 위해 릴레이 통신 기술을 적용한 SoQ 릴레이 전송 프로토콜을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 SoQ 릴레이 전송 프로토콜은 Satisfaction of QoS (SoQ) 알고리즘을 각 단말 디바이스에서 분산적으로 실행하고, 충돌대상 디바이스에게 예약된 QoS 자원을 유지할 수 있도록 Direct Link 뿐만 아니라 릴레이 노드를 경유하여 또 다른 Indirect Link 링크를 예약할 수 있는 자원 예약 프로토콜을 제안한다.

## II. WiMedia D-MAC의 타임 슬롯 예약 방법

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. 디바이스들은 서로 비컨을 교환하여 비컨이 포함하고 있는 Information Element(IE)들을 바탕으로 시간동기, MAS 예약, 이동성 지원 등을 수행한다.

현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는, 등시성을 갖는 트래픽의 QoS를 지원하기 위해 예약이 보장된 슬롯들을 사용하는 채널 접근 기법으로 DRP (Distributed Reservation Protocol) 프로토콜을 사용한다. 슈퍼프레임 시간 내에서 여러 MAS 슬롯들을 예약한다는 것은, 송신 디바이스인 DRP Owner가 그 시간 구간 동안의 매체를 독점적으로 사용하여 데이터를 전송할 수 있음을 의미한다. 이러한 DRP 예약을 필요로 하는 송신 디바이스는 수신 디바이스와의 통신 채널 시간 구간을 설정하기 위해, DRP 예약 협상을 시작한다. 현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서는 이러한 예약 절차를 제어하는 중앙 디바이스가 없기 때문에, DRP 예약에서 송신 디바이스인 DRP Owner가 현재 다른 DRP 예약들에서 예약되지 않은 MAS 블록들의 예약만을 설정할 수 있다.

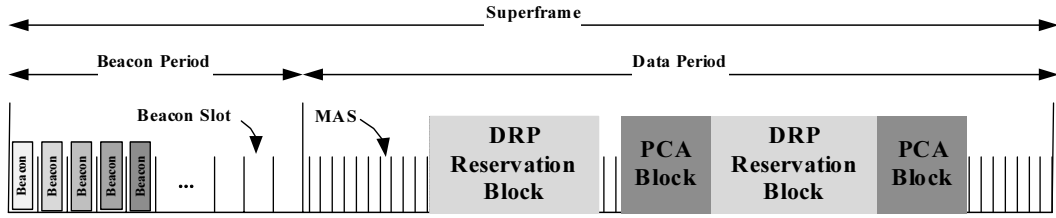


그림 1. D-MAC에서의 슈퍼프레임 구조  
Fig. 1 Superframe Structure of D-MAC

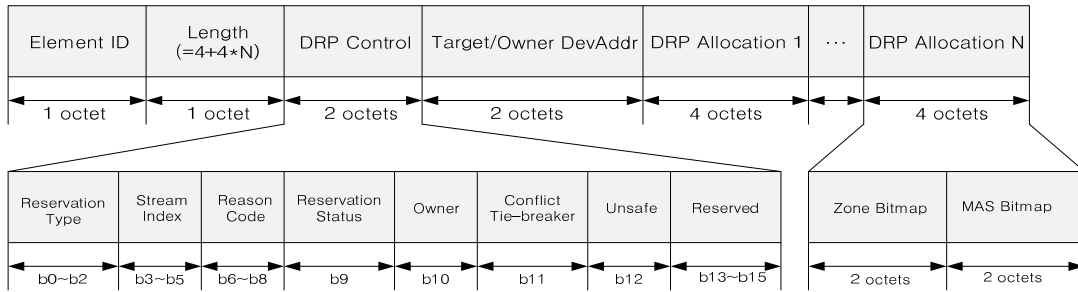


그림 2. DRP IE와 DRP Control 필드 포맷  
Fig. 2 DRP IE and DRP Control Field Format

현재 WiMedia D-MAC 표준 기술에서의 DRP 예약 협상 시 사용되는 DRP IE와 DRP Control 필드 포맷은 그림 2에 설명되어 있다.

WLP 표준에서는 무선 네트워크에서 유선 네트워크의 파라미터화된 QoS를 제공하기 위해, 유선 네트워크에서 트래픽 소스의 특성을 규정한 Token Bucket TSPEC을 포함하며 트래픽 소스의 특성을 Fluid Twin Token Bucket이라는 모델을 이용하여 표현한다[6]. 이 모델은 트래픽 스트림을 Mean Rate  $r$ , Peak Rate  $p$ , Maximum Burst Size  $b$ 의 세가지 파라미터  $\{r, b, p\}$ 를 사용하여 특성화한다.

SoQ 알고리즘을 설명하기 전에 본 논문에서 정의된 용어들을 표 1에서 설명한다. 비컨 그룹은 각 디바이스 주변에서 형성되며, 그 디바이스와 1-홉 이웃 노드들로 구성된다. 표 1에서  $SoQ_{j,n}$ 은  $n$ 번째 슈퍼프레임에서 트래픽 스트림  $j$ 의 QoS의 만족도를 의미하며, 식 (1)을 통해 도출된다.

표 1. SoQ 알고리즘에서 정의된 용어  
Table. 1 Parameters of SoQ Algorithm

$K$	Number of TSs(Traffic Stream)
$BW$	Total bandwidth or MASs
$n$	$n$ th superframe
$SR_{j,n}$	Serviced data rate of $j$ TS at $n$ th superframe
$RR_j$	Required data rate of $j$ TS ( $=r$ )
$DR_j$	Desired data rate of $j$ TS ( $=p$ )
$RE_j$	Relinquished bandwidth from the $j$ TS
$SoQ_{j,n}$	Satisfaction ratio of QoS of $j$ TS
$SoQ_{F,n}$	Fair satisfaction ratio of QoS for all TSs

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

표 2. 새로운 트래픽 스트림 G의 QoS 요청이 수용된 후 7개 전체 트래픽 스트림의  $SoQ_F$  상태의 변화  
Table. 2 Variation of  $SoQ_F$  states of seven traffic streams for new TS G

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	

SoQ 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 (Current Available MAS : CAM)가 변할 때마다 기존의 트래픽 스트림과 새로운 트래픽 스트림을 포함한 모든 트래픽 스트림들에 대해 계산된다.

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

그림 3. QoS IE 구조  
Fig. 3 QoS IE Format

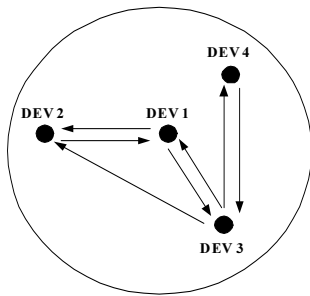


그림 4. 표 2의 망 토폴로지  
Fig. 4 Topology at Table 2

SoQ 알고리즘에서는 그림 3의 QoS IE를 사용하여 비컨 그룹 내의 다른 디바이스들의 QoS 정보를 획득할 수 있다 [7].  $SoQ_{F,n}$  필드는 n번째 슈퍼프레임에서 새로운

트래픽 스트림들을 포함한 모든 트래픽 스트림들의 Fair SoQ를 의미하며, 이는 식(2)을 통해 계산된다.

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 (2)로부터 계산한다.

$$SoQ_{F,n+1} = \min \left[ \frac{BW - \sum_{j=1}^K RR_j}{\sum_{j=1}^K (DR_j - RR_j)}, 1 \right] \quad (2)$$

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 (3)으로부터 계산된다.

$$\begin{aligned}
 SR_{j,n+1} &= SoQ_{F,n+1} \times (DR_j - RR_j) + RR_j \\
 RE_j &= SR_{j,n+1} - SR_{j,n}
 \end{aligned}
 \tag{3}$$

### III. 제안하는 SoQ 릴레이 전송 프로토콜

본 논문에서는 DRP 예약 충돌을 회피하기 위해, 릴레이 통신 기술을 적용한 SoQ 릴레이 전송 프로토콜 기술을 제안한다. 잠재적인 충돌대상 디바이스(그림 5의 DEV A)에게 예약된 SoQ 자원을 유지할 수 있는 기회를 주기 위해, 그림 5에 나타난 바와 같이 Direct Link (MAS A-B) 뿐만 아니라 릴레이 디바이스(MAS A-C 와 MAS B-C)를 경유하여 또 다른 링크를 예약할 수 있는 SoQ 자원 요청 기술을 제안한다 [8].

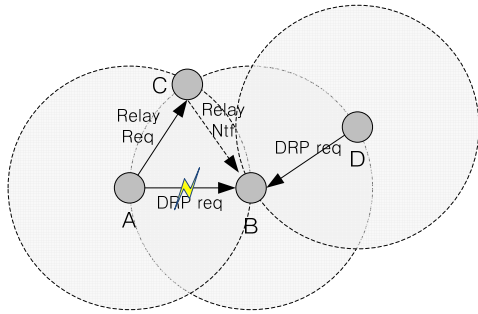


그림 5. DRP Relay 사례  
Fig. 5 DRP Relay Example

제안된 기술에서는 표 4에서 나타난 바와 같이 단지 3개의 Reason Code만을 DRP IE의 DRP Control 필드에 추가한다. 릴레이요청 ('Relay Req') 예약상세상태코드 (Reason Code)는 예약 주체 노드(reservation owner)가 릴레이 노드에게 DRP 예약을 요청하기 위해 두 노드 간에 전송된다. 'Relay Req' Reason Code는 예약 대상 노드(reservation target device)에게 예약 주체 노드와 릴레이 노드간에 DRP 예약 요청이 있음을 간접적으로 알리는 역할을 한다. 릴레이통보 ('Relay Ntf') 예약상세상태코드는 릴레이요청 ('Relay Req') 예약상세상태코드를 통해 요청한 자원이 릴레이 노드에 의해 승인될 경우, 예약

주체 노드가 예약 대상 노드에게 릴레이 노드를 통해 예약 대상 노드로 데이터가 릴레이 전송될 것을 통보하기 위해 사용한다.

릴레이요청 ('Relay Req') 예약상세상태코드를 수신한 릴레이 디바이스와 릴레이통보 ('Relay Ntf') 예약상세상태코드를 수신한 예약 대상 디바이스가 해당 릴레이 전송을 승인하는 경우 릴레이승인 ('Relay Accepted') 예약상세상태코드를 예약 주체 송신 노드에게 전송하며, 두 노드 모두 릴레이승인 ('Relay Accepted') 예약상세상태코드를 전송한 경우에만 릴레이 전송이 이루어질 수 있다.

표 3. DRP control 표준 상세 코드  
Table. 3 Reason Code of DRP Control Standard

값	코드	의미
0	Accepted	DRP 예약 요청이 승인됨
1	Conflict	DRP 기존 예약과 충돌 발생
2	Pending	DRP 예약 요청 처리 중
3	Denied	DRP 예약 요청이 거절됨
4	Modified	DRP 예약이 일부 수정됨
5-7	Reserved	Reserved

표 4. 제안하는 DRP control 예약 상세 코드  
Table. 4 Proposed Reason Code of DRP Control

값	코드	의미
5	Relay Req	릴레이 노드에게 릴레이 전송을 요청함
6	Relay Ntf	Target node에게 릴레이 노드를 통한 릴레이 전송을 통보함
7	Relay Accepted	해당 릴레이 전송에 대한 DRP 자원 예약 요청이 승인됨

제안하는 SoQ\_relay DRP 기술에서는 식(4)와 같이, source와 target 디바이스간의  $SoQ_{S-T,F,n}$  즉,  $SoQ_{direct,F,n}$  값과 source와 relay 디바이스간 및 relay 디바이스와 target 디바이스간  $SoQ_{S-R,F,n}$ ,  $SoQ_{R-T,F,n}$  값들로부터 결정되는 SoQ\_relay 값을 비교하여 최대  $SoQ_{relay,F,n}$ 를 제공하는 릴레이 노드와 릴레이 전송 경로를 결정할 수 있다.

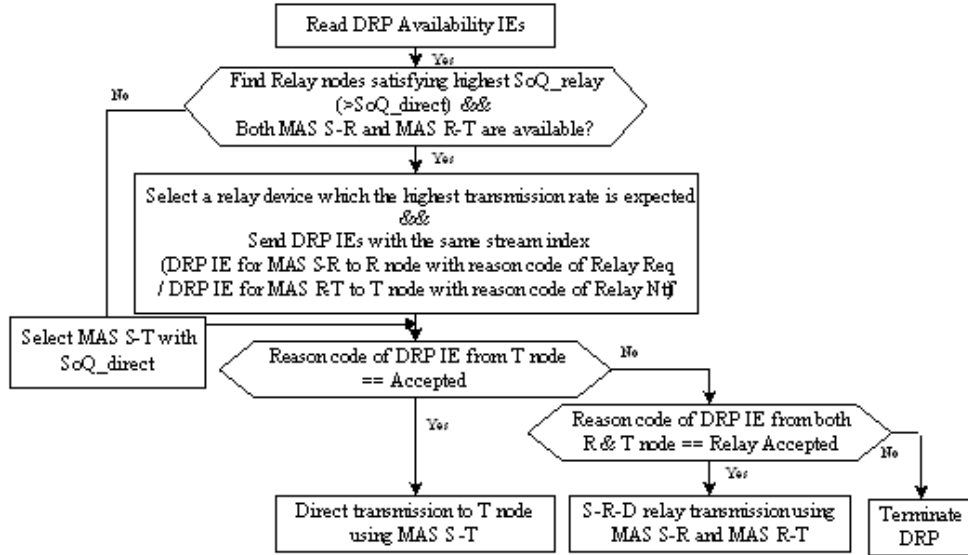


그림 6. SoQ\_relay 전송을 위한 송신 노드 동작  
Fig. 6 Relay Reservation Procedure of SoQ\_relay Reservation Owner

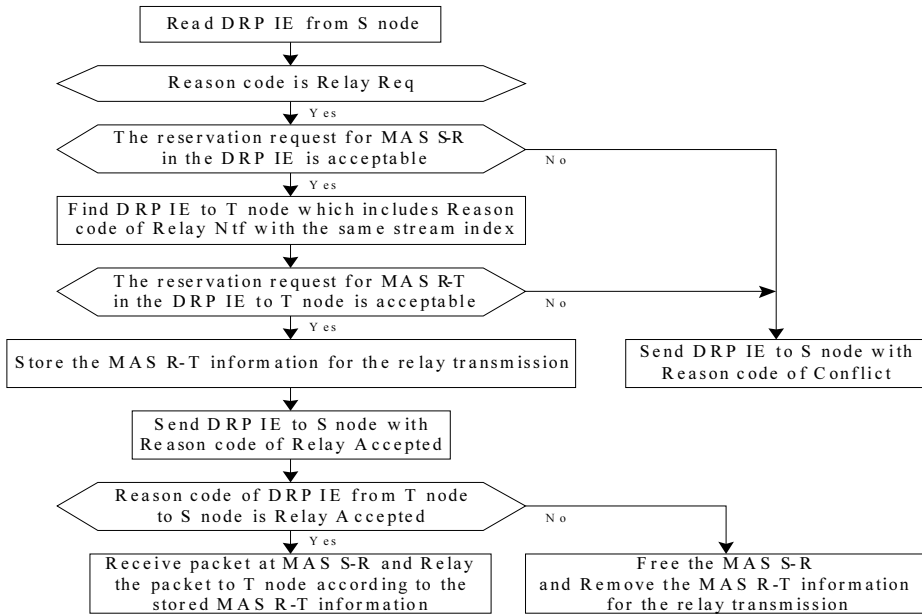


그림 7. SoQ\_relay 전송을 위한 릴레이 노드 동작  
Fig. 7 Relay Reservation Procedure of SoQ\_relay Relay node

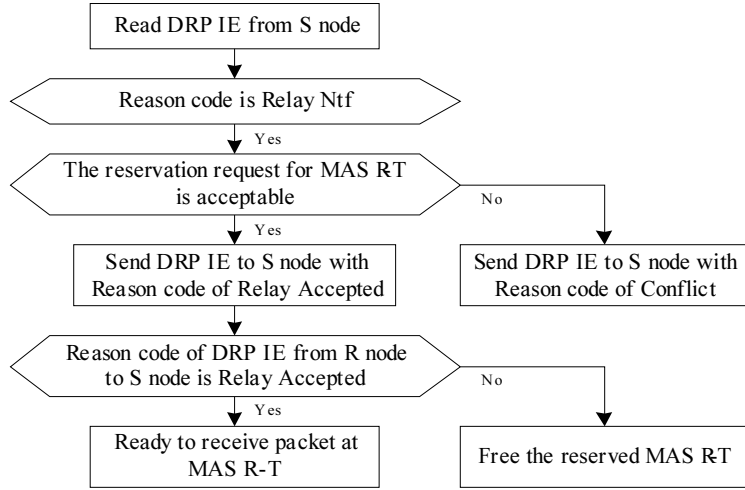


그림 8. SoQ\_relay 전송을 위한 Target 노드 동작  
Fig. 8 Relay Reservation Procedure of SoQ\_relay Target node

$$SoQ_{relay,F,n} = \min\{SoQ_{S-R,F,n}, SoQ_{R-T,F,n}\} \quad (4)$$

$$SoQ_{direct,F,n} = SoQ_{S-T,F,n}$$

$$SoQ_{RelayNode Selection}(SoQ_{relay}) Criterion \Rightarrow \max SoQ_{relay,F,n} (> SoQ_{direct,F,n})$$

식 (4)의 SoQ\_relay 선정 기준을 만족하고 이웃 디바이스들 중 송신 PHY 데이터 전송률이 가장 높은 릴레이 노드를 선택하여 릴레이 전송을 위한 DRP 예약을 실시한다. 그림 6, 그림 7, 그림 8은 예약주체노드, 릴레이 노드, 예약대상 Target 노드가 수행하는 SoQ\_relay DRP 자원 예약 절차를 나타낸다.

#### IV. 성능 분석

제안하는 SoQ\_relay 전송기술의 성능을 분석하기 위해, 표5와 같이 표 2의 트래픽 포화 상태 환경 하에서 시뮬레이션을 실시하였다. 모든 디바이스들이 서로 1홉 거리에 위치하며, 트래픽 스트림 A,B,C,E에 대해 SoQ 릴레이 전송이 실행되며, 총 100초의 시뮬레이션 시간 중 40초, 60초, 70초에서 새로운 스트림들이 전송을 시작한다.

본 실험에서 SoQ\_F는 모두 0으로 설정되어, 최소 데이터 전송률 RR이 서비스되는 것을 가정하였다.

표 5. SoQ 릴레이 시뮬레이션 시나리오  
(전체 대역폭 : 360 Mbps (210 MASSs))  
Table. 5 Simulation Scenario of SoQ Relay

TS	RR (bps)	DR (bps)	Current Available Data Rate (CAM = CAM-2*SR_min)
A	30M	55M	300Mbps ( A_relay joins)
B	50M	75M	200Mbps ( B_relay joins)
C	40M	65M	120Mbps ( C_relay joins)
D	30M	50M	90Mbps ( D_direct joins)
E	15M	30M	60Mbps ( E_relay joins)

각 전송 방식의 서비스 전송률  $SR_{relay}$ ,  $SR_{direct}$  과 이에 따른 SoQ 값들 즉,  $SoQ_{relay,F,n}$ ,  $SoQ_{direct,F,n}$  를 그림 9와 그림 10에서 비교하여 나타내었다. 시뮬레이션 결과로부터 SoQ\_relay 전송 기술을 적용하여, 트래픽 스트림이 증가한 60초 이후, 증가된 서비스전송률  $SR_{relay}$  와 증가된 QoS 성능  $SoQ_{relay}$  를 제공할 수 있음을 알 수 있다.

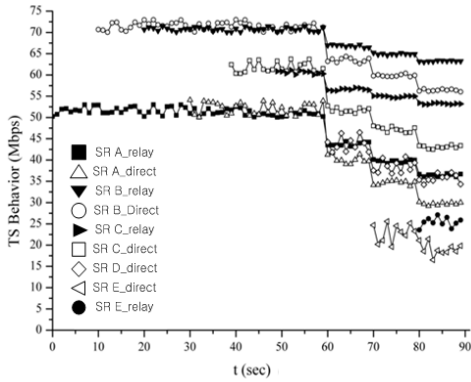


그림 9. SoQ\_relay 릴레이 기술 적용 시 서비스 전송률 SR\_relay 성능  
Fig. 9 Performance of SR\_relay at SoQ\_relay

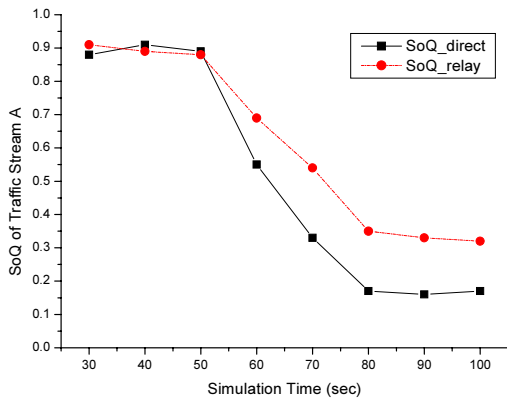


그림 10. Traffic Stream A의 SoQ 성능 비교  
Fig. 10 Comparison of SoQ of TS A at SoQ\_relay

### V. 결 론

본 논문에서 WiMedia D-MAC을 위해 제안된 SoQ\_relay 전송 기술은 SoQ 기술의 분산적인 방법으로, 현재 PHY 계층 데이터 전송률 상황 및 트래픽 밀도에 따라 트래픽 스트림들에게 공평하고 향상된 QoS를 제공할 수 있음을 알 수 있다. 반면에, SoQ\_relay 기술의 단점은 동일한 양의 MAS들을 S-R, R-T 두 구간( $2 * SR_{min}$ )에서 예약해야 하는 채널 용량 저하의 문제가 있으나, QoS의 향상 및 채널 이용률 향상의 장점이 있다.

### 참고문헌

- [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,
- [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 1.5, Dec. 2009.
- [6] WiMedia, WiMedia Logical Link Control Protocol (WLP), WiMedia WLP Specification Draft 1.0, Aug. 2007.
- [7] Seokhwan Kim, Kyeong Hur, Jongsun Park, D-S Eom, and Kwang-Il Hwang, "A Fair Distributed Resource Allocation Method in UWB Wireless PANs with WiMedia MAC," *Journal of Communications and Networks*, vol. 11, no. 4, pp. 375-383, Aug. 2009.
- [8] P. Liu, Z. Tao, S. Narayanan, T. Korakis and S. Panwar, "CoopMAC: A Cooperative MAC for Wireless LANs," *IEEE J. Selected Areas in Communications*, vol. 25, no. 2, pp.340 - 354, Feb. 2007.



## 저자소개



**허 경(Kyeong Hur)**

1998년 고려대 전자공학과 학사  
2000년 고려대 전자공학과 석사  
2004년 8월 고려대 전자공학과  
통신공학 박사

2004년 8월 ~ 2005년 8월 삼성종합기술원(SAIT) 전문  
연구원

2005년 9월 ~ 현재 경인교대 컴퓨터교육과 부교수  
※ 관심분야: 통신시스템설계, 상황인지기술, 컴퓨터  
교육