

# WiMedia 기반 선박 내 통신에서 QoS를 고려한 접속 제어 방안

이 승 범\*, 정 민 아\*, 권 장 우\*\*, 이 성 로<sup>o</sup>

## Admission Control Scheme for QoS in WiMedia-Based Ship Area Communications

Seung Beom Lee\*, Min-A Jeong\*, Jang-Woo Kwon\*\*, Seong Ro Lee<sup>o</sup>

### 요 약

본 논문에서는 선박 내 UWB 기술 기반 WiMedia WSS 환경에서 WLP 디바이스와 WUSB/DRD 전송 모드의 우선순위에 따른 전송대역폭 자원 할당 방법을 제안한다. 기존의 QoS를 고려한 D-SoQ 방식은 동일한 데이터 전송률을 가져도 우선순위에 따른 스트림에게는 역차별을 가져오는 문제가 발생한다. WLP 디바이스와 WUSB/DRD 전송 모드의 우선순위에 따른 차등화된 서비스 전송률을 부여하는 제안하는 방법은 트래픽 스트림의 우선순위에 따라 수율 및 SoQ 성능의 차등화를 가능하게 한다.

**Key Words** : WUSB, WLP, SoQ, QoS performance

### ABSTRACT

In this paper, we will provide a way to grant a differentiated service rate that is according to priorities of WLP device and WUSB/DRD transfer mode by improving D-SoQ that considers existing QoS of WiMedia WSS environment based on UWB technology. The proposed method makes it possible to differentiate SoQ performance and throughput, based on priority of traffic streams.

### I. 서 론

최근 조선업계의 최대 관심사는 IT와의 접목이다. 선박은 점차 대형화, 특수화 되고 있고, 승무원 및 승객들은 육상에서 사용하는 것과 같은 편리한 통신 서비스를 제공 받기를 기대하고 있다. 선박에 IT 기술을 융합하면 다양한 요구를 만족 시킬 수 있다. 선박을

이용하는 승무원이나 승객에게 IT 기술을 활용한 맞춤형 정보를 제공하여 미연에 사고방지를 할 수 있고, 근무환경 및 이용환경의 효율 또한 높일 수 있다. 이러한 서비스에 대한 요구가 나타나면서 고품질 멀티미디어 서비스를 제공하는 와이미디어(WiMedia) 기술에 대한 필요성이 점차 증대 되었다. 와이미디어 연합(WiMedia Alliance)<sup>[1]</sup>은 170개 이상의 회사들이 모

\* 본 논문은 2013년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업(NRF-2009-0093828)과 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 IT융합 고급인력과정 지원사업(NIPA-2014-H0401-14-1009)의 연구결과로 수행되었음

• First Author : Institute Research of Information Science and Engineering, Mokpo National University, rikioh75@gmail.com, 정희원  
<sup>o</sup> Corresponding Author : Department of Information Electronics Engineering, Mokpo National University, srlee@mokpo.ac.kr, 정희원

\* Mokpo National University Department of Computer Engineering, majung@mokpo.ac.kr, 정희원

\*\* Inha University Department of Computer Science & Information Technology, jwkwon@inha.ac.kr

논문번호 : KICS2014-05-168, Received May 2, 2014; Revised September 12, 2014; Accepted September 12, 2014

여 UWB(Ultra Wide Band) 기반의 물리 계층과 무선 USB, 무선 1394, 무선 IP, 블루투스과 같은 다양한 어플리케이션의 적용을 가능하게 하는 와이미디어 D-MAC(Distributed-MAC)의 표준을 발표하였고, D-MAC은 분산적 매체 접근 방식을 지원한다<sup>[2]</sup>.

무선 USB(WUSB) 기술은 유선 USB 기술의 보편적 사용에 따라 UWB 기반의 무선 기술과 유선 USB 기술을 결합한 것이다. 이러한 무선 USB 기술은 유선 USB의 성능과 보안 기능에 무선의 편리함을 추가한 기술로서, 무선 USB의 호스트와 디바이스의 관계는 점대점으로 직접 연결되는 스타형 토폴로지이다.

무선 USB는 무선 전송 매체로서 WiMedia UWB를 이용하는데, UWB 전송 기술은 초고속 근거리 무선 네트워크를 실현시킬 수 있는 기술로서 10m 거리 내에 있는 이웃 디바이스들과 최대 480Mbps 속도로 통신이 가능하다<sup>[3]</sup>. 소비전력이 낮으며, 도청이 어렵고, 보안성이 우수하며, 정확한 위치 인식이 가능하다는 특징이 있기 때문에 다양한 어플리케이션에서 사용이 가능하다.

WUSB 프로토콜에서 릴레이 통신을 가능하게 하기 위해 WUSB 표준에서 지원하는 DRD (Dual Role Devices)를 이용한다. DRD 디바이스는 단일 송수신기 상에서 WUSB 호스트와 WUSB 디바이스로 시간 상 구분되어 동작하는 것을 허용한다. 즉, DRD 디바이스가 하나의 WUSB 호스트에 연결된 WUSB 디바이스로 동작하고, 시간 상 분리하여 동일한 DRD가 다른 WUSB 디바이스들을 관리하는 WUSB 호스트로 동작한다. DRD가 WUSB 호스트로 동작하는 모드를 DRD-host로, WUSB 디바이스로 동작하는 모드를 DRD-device로 명명한다.

이러한 UWB 기반의 와이미디어 디바이스들과 무선 USB 네트워크는 어플리케이션에 따라 같은 무선 환경에서 공존이 가능하며, 이들 네트워크간 통신이 필요한 경우도 있다. 이를 위하여, 와이미디어 연합은 WiMedia radio platform 상으로 network 계층의 패킷을 전송하기 위한 프레임 포맷과 요구사항을 정의한 WLP(WiMedia logical link control protocol) 규격을 정의하였다<sup>[4]</sup>. 이 규격은 디바이스들 간의 보안설정 뿐만 아니라 WLP 프로토콜과 이더넷 프로토콜, 또는 다른 유사한 네트워크 프로토콜 간의 프레임들을 중계하기 위한 지원방안을 정의하였다.

모든 WLP 디바이스들은 그림 1과 같이 한 개 이상의 WSS(WLP Service Set)에 속한다<sup>[5]</sup>. 임의의 두 WLP 디바이스들은 데이터 프레임 교환하기 전에 서로의 존재를 발견한 후 WSS에 등록하고 활성화시

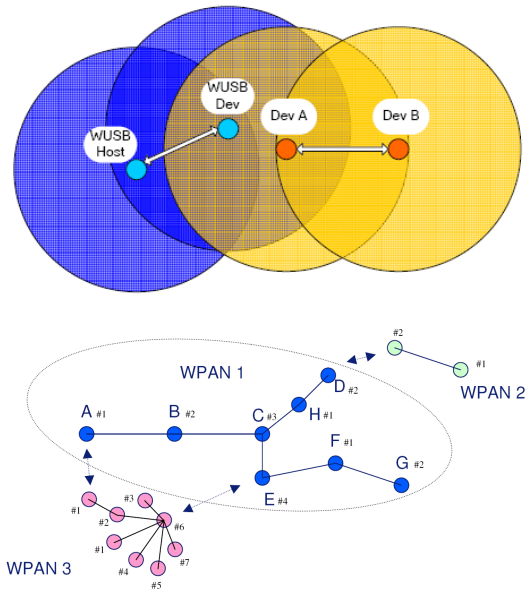


그림 1. WSS에 따른 다중홉 WPAN 구성 사례와 WUSB 및 WLP 디바이스 그룹 간의 통신  
Fig. 1. Configuration example of multi-hop WPAN by WSS and communication between WUSB and WLP device groups

켜 연결을 설정한다. 디바이스는 언제든지 새로운 WSS를 설정하거나 기존의 WSS에 등록할 수 있다. 일단 디바이스가 WSS를 생성, 등록하면 디바이스는 WSS에 등록된 다른 디바이스와 통신하기 위해 WSS를 활성화 시킨다. WSS를 활성화시킨 디바이스는 같은 WSS의 모든 디바이스와 연결이 가능하다.

WPAN(Wireless Personal Area Network)은 10m 이내의 짧은 거리에 존재하는 장치들(컴퓨터, 주변기기, 휴대폰 등)을 무선으로 연결하여 이들 기기 간의 통신을 지원함으로써 다양한 응용서비스를 하게 하는 무선 네트워크를 말한다. 그림 1에서 각각의 디바이스들은 통신을 위해 WPAN을 형성하는데, WLP 디바이스로 구성되어 있어 WPAN1, WPAN2, WPAN3과 같은 크기의 WSS1, WSS2, WSS3을 가질 수 있다.

클라이언트 디바이스들은 같은 WSS에 속하는 다른 클라이언트 디바이스들과 직접 통신할 수 있다. 또한 클라이언트 브릿지가 제공하는 서비스를 이용하여, 다른 WSS에 속하는 클라이언트 디바이스와 이더넷 스테이션과 같은 노드들과 통신할 수도 있다.

클라이언트 브릿지 기능을 갖는 디바이스들(client bridge)은 요청된 브릿지 서비스들을 갖는 클라이언트 디바이스들에게 프레임들을 전달한다. 여기서 클라이언트 디바이스들(client device)은 WLP 프레임으로 전

송되는 데이터의 최종 목적지 디바이스이거나 원래 데이터를 보낸 디바이스이다. 클라이언트 디바이스들은 클라이언트 브릿지를 통해 전달 가능한 목적지 주소들을 갖는 디바이스들과 통신하기 위해 클라이언트 브릿지에게 직접 프레임들을 전송한다. 클라이언트 브릿지와 클라이언트 디바이스는 클라이언트 브릿지가 중계 서비스를 제공할 수 있도록 같은 WSS내에 속해야 한다.

그림 2는 클라이언트 디바이스, 클라이언트 브릿지, 그리고 원격 브릿지를 포함한 네트워크에 대한 예를 보여주고 있다.

앞에서 언급한 바와 같이, IT와 접목한 선박에서 승무원 및 승객들은 육상에서 사용하는 것과 같은 편리한 통신 서비스를 제공 받기를 원한다. 선박 내에는 다양한 장치들이 존재한다. 예를 들어, 항해 및 통신을 위한 레이더, 속도계, 측심기, 위성항법 장치 등이 있고 승무원 및 승객들이 이용할 수 있는 컴퓨터, 텔레비전, 프린터, 스마트폰 등 다양한 장치가 있다. 이러한 장치들에 WiMedia 기술을 적용하면 WUSB 기반의 고속 통신이 가능해진다. 선박 내의 다양한 장치들을 통해 통신을 할 수 있기 때문에 모든 장치들이 통신에 참여할 필요 없이 최소의 장치들로 구성된 통신도 가능하다. 이런 장치에 필요에 따라 WUSB/DRD 프로토콜을 이용할 수도 있고 WLP 프로토콜을 이용하여 장치를 이용할 수도 있다.

본 논문에서는 선박 내 WSS 디바이스(클라이언트 브릿지, 클라이언트 디바이스)의 전송대역폭(BW) 할당방법 및 접속제어(admission control) 방법을 제안한다. WLP/WUSB/DRD 자원할당 방식을 고려할 때 WUSB/DRD<sup>[6,7]</sup>는 Transfer mode를 기본으로 갖기 때문에 클래스 분류를 위해 WUSB/DRD를 기본으로 하고 WLP 디바이스를 여기에 연동하는 방향으로 한다. Transfer mode 별로 트래픽 특성과 요청하는 Data 양에 따라 필요한 이론적인 최소 전송대역폭을 계산

하고, 현재 무선링크의 에러상태와 채널 점유상태를 고려하여 요구하는 서비스 시간과 신뢰도를 충족시킬 수 있는 실제 전송대역폭을 산출한다.

## II. WUSB의 Transfer 특성 및 WSS 프로토콜 자원 할당의 문제점

### 2.1 WUSB의 Transfer 특성

하나의 호스트에는 여러 종류의 WUSB 디바이스들이 접속하여 서비스를 요청하며, 디바이스 종류마다 서비스를 요청하는 Transfer의 종류 또한 다양하다. WUSB는 USB와 같이 Control transfer, Bulk transfer, Interrupt transfer, Isochronous transfer의 4가지 Transfer들을 제공하며 각 Transfer 별 요구하는 서비스 시간 및 신뢰도 정도는 다르다.

WUSB는 USB와 유사하게 네 개의 Transfer 종류를 제공한다. 첫 번째로 Bulk Transfer는 시간제약이 없으며 상대적으로 큰 데이터의 신뢰성 있는 통신을 지원한다. 이에 대용량 파일 전송과 같은 통신에 이용되며, 시간 제약이 없기 때문에 별도의 예약 없이 WUSB 채널 상에 여분으로 가용한 부분을 사용하여 통신하고 100% 신뢰적인 통신을 보장한다.

두 번째로 Interrupt Transfer는 제한된 서비스 간격 내에 적은 데이터의 신뢰성 있는 통신을 지원하도록 설계되었다. 이에 적은 양의 데이터 전송이 빈번하게 발생하는 마우스나 키보드 같은 장치와의 통신에 적합하다. 신뢰성 있는 통신을 위해 Interrupt Transfer는 정해진 서비스 간격 내에서 최대 5번의 재전송을 보장하고, 정해진 서비스 간격 내에서 모든 재전송 실패 시 다음 서비스 간격에서 해당 Transfer의 전송이 이루어질 수 있다.

세 번째로 Isochronous Transfer는 특정 서비스 간격을 가지고 고정적인 데이터 전송률의 보장을 요구하며 어느 정도의 에러에 감내하는 데이터 통신을 지원한다. 이에 비디오/오디오 스트리밍 서비스에 적합하다. 특정 WUSB 디바이스의 Isochronous Endpoint가 WUSB 호스트에게 통신을 요청하면 통신을 위한 제한된 서비스 간격을 갖는 Isochronous 파이프가 형성되는데, 이 파이프에서 데이터가 전송되는 한 고정적인 데이터 전송률이 보장된다.

네 번째로 Control Transfer는 고정된 512바이트의 최대 페이로드 크기를 가지며, 각 디바이스 내 Endpoint는 Default Control 파이프를 구현해야 한다. 이 파이프를 통해 디바이스 초기화, 디바이스 관리, 디바이스 동작제어 등이 가능하다. Control Transfer

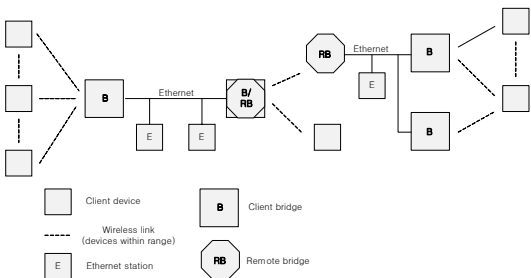


그림 2. WSS 네트워크 토폴로지에 관한 예  
Fig. 2. Example of WSS network topology

는 제한된 서비스 간격 내에 매우 적은 데이터의 신뢰적인 통신을 지원하도록 설계되었다.

### 2.2 WUSB Transfer Service TSPEC 도출

WLP 표준에는 무선 네트워크에서 유선 네트워크의 파라미터화 된 QoS를 제공하기 위해, 유선 네트워크 트래픽 소스의 특성을 규정한 표준 파라미터로서 Token Bucket TSPEC을 제공한다<sup>[4]</sup>. Token Bucket TSPEC은 트래픽 소스의 특성을 Fluid Twin Token Bucket이라는 이론적인 모델을 이용하여 표현한다. Fluid Twin Token Bucket 모델은 네트워크 트래픽 소스의 행동을 나타내기 위한 표준 용어로, 트래픽 스트림을 Mean Rate  $r$ , Peak Rate  $p$ , Maximum Burst Size  $b$ 의 세 가지 파라미터를 사용하여 특성화한다. 그림 3은  $\{r, b, p\}$ 의 특성을 갖는 임의의 트래픽 소스에 대한 Token Bucket 상의 도착 특성(Arrival Curve)을 나타낸다. 도착 특성은 시간 구간  $t$ 동안 해당 트래픽 소스가 네트워크로 유입시킬 수 있는 비트들의 최대 축적량을 나타낸다.

보장된 QoS 서비스 제공에 있어 최대 허용 가능한 시간 지연 값은 TSPEC 파라미터인 WUSB Transfer Service Rate  $R$ 과 새로운 Slack Term  $S$ 를 이용하여 나타낼 수 있다. USB Transfer 스트림에게 허용 가능한 시간 지연 범위가 주어졌을 때, 이를 만족시키기 위해 최소로 제공되어야 하는 서비스 데이터 전송률이 존재한다. 그림 4는 WUSB Transfer Service TSPEC과 Token Bucket TSPEC과의 관계를 나타낸다. 그림 4에서 굵은 선은 해당 트래픽 스트림의 Arrival Curve를 나타내며, Service Rate 선은 해당 트래픽 스트림에게 서비스되는 실제 데이터 전송률이다. 수직선은 트래픽 스트림이 서비스 전송률  $R$ 을 제공 받을 때, 버퍼 오버플로우(Buffer Overflow)를 피

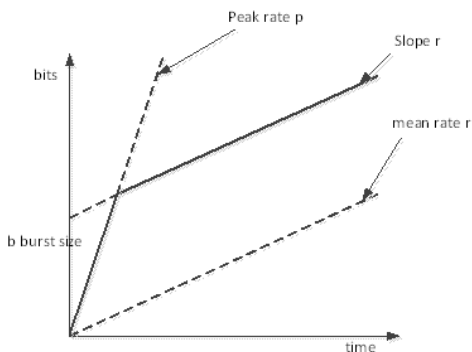


그림 3. Token Bucket 상에서 트래픽 소스의 도착 특성  
Fig. 3. Arrival characteristics of traffic source on Token Bucket

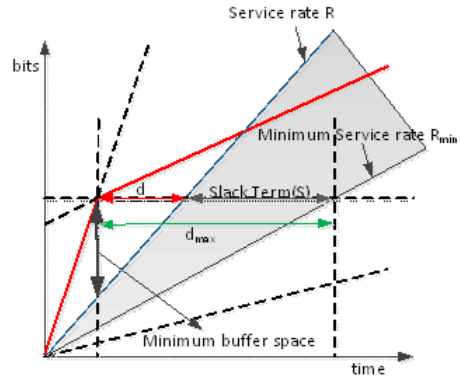


그림 4. WUSB Transfer Service TSPEC 상에서의  $R, S, d_{max}$ 의 관계도  
Fig. 4. Relationship diagram of  $R, S, d_{max}$  in WUSB transfer service TSPEC

하기 위해 필요한 최소 버퍼 크기를 나타낸다. 그림 4에서  $d$ 는 WUSB Transfer 스트림에게 서비스 전송률  $R$ 을 제공할 때 경험하게 되는 큐잉 지연 시간으로 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 제공해야 하는 최소의 서비스 전송률  $R$ 은 식(1)과 같다.

$$R = \frac{p}{1 + d \times \frac{p-r}{b}} \quad (1)$$

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

그림 4와 식(1)로부터 WUSB Transfer 스트림이  $d$ 보다 작은 큐잉 지연 시간을 얻기 위해서는  $R$ 보다 큰 서비스 전송률을 제공받아야 한다. 그림 4에서 Slack Term  $S$ 는 최대 허용 지연 시간과 현재 서비스 전송률에서 경험되는 지연 시간의 차이를 의미한다. 그러므로 최대 큐잉 지연 시간은 WUSB Transfer Service TSPEC  $\{R, S\}$  관점에서 식(2)와 같이 계산된다. 식(2)에서 WUSB Transfer Service TSPEC  $\{R, S\}$ 는  $\{r, b, p\}$ 의 Token Bucket TSPEC의 특성을 가지는 트래픽에 대한 최대 허용 지연  $d_{max}$ 를 산출하였다. 그림 4에서 음영 부분은 WUSB Transfer 스트림의 최대 허용 지연이  $d_{max}$ 일 때 이를 만족하는 서비스 전송률  $R$ 의 범위를 나타낸다. 최대 큐잉 지연 시간을 0에서  $d_{max}$ 값까지 허용하는 특성을 갖는 WUSB Transfer 스

트림에 대해 서비스 전송률 R의 최대, 최소값은 식(1)로부터 각각 p와 R<sub>min</sub>으로 계산 되고 WUSB Transfer 스트림이 경험하게 되는 큐잉 지연 시간의 최대, 최소값은 각각 d<sub>max</sub>와 0이 된다. 그러므로 Slack Term S는 (0, d<sub>max</sub>)범위 안에서 그 값을 갖게 된다.

2.3 WSS 프로토콜 자원 할당의 문제점

WiMedia D-MAC<sup>[8,9]</sup>을 이용하는 디바이스(WLP 디바이스, WUSB/DRD 디바이스)로 구성된 WSS 프로토콜은 TDMA 기반의 프로토콜이다. 기존의 WSS 내의 자원이 디바이스들에 의해 모두 할당이 된 경우, 새로 WSS에 가입하거나 절전모드에서 깨어난 디바이스에게 자원을 할당하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 그림 5와 표 1은 그러한 경우의 예를 보여주고 있다. 그림 5에서 보는 바와 같이 WSS 디바이스 D1, D2, D3는 WSS 디바이스 H와 데이터를 송수신하고 있다. 이때, WSS에 새로운 디바이스인 D4가 새롭게 가입하거나, 절전모드에서 깨어나 통신을 시작할 경우, WSS 내에 남는 자원이 없기 때문에, 데이터 전송이 가로막히는 경우가 발생할 수 있다. 현재 WSS 디바이스는 미리 예약된 스트림들의 데이터 레이트를 재조정하는 기능이 정의되어 있지 않기 때문에, 기존 디바이스의 데이터 전송이 완료될 때까지, 새로운 스트림의 추가는 불가능하다.

이러한 문제점을 해결하여 새로운 스트림의 추가를 위해 3장에서 D-SoQ(Differentiated Satisfaction of QoS)를 설명한다. D-SoQ를 이용하면 기존의 통신 중인 스트림들은 서비스 전송률이 최저 데이터 전송률 보다 큰 경우가 보장되면 새로운 스트림의 추가를 받아들인다. 이는 WSS 슈퍼프레임의 자원이 모두 할당

표 1. 기존의 예약된 스트림에 의해 새로운 스트림의 추가가 막힌 사례  
Table 1. Example of blocking a new traffic by existing reserved streams

Traffic Stream	Required Data Rate	Desired Data Rate	Serviced Data Rate	Available Data Rate
A(H→D1)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	300Mbps
B(D1→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	240Mbps
C(H→D2)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	180Mbps
D(D2→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	120Mbps
E(H→D3)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	60Mbps
F(D3→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	0Mbps
G(D4→H)	40Mbps	60Mbps	Blocked	

된 상황에서도 새로운 스트림의 추가가 가능한 것을 나타낸다. 하지만, 우선 순위를 갖는 스트림들에게는 똑같은 값의 서비스 전송률은 상대적으로 차별을 받게 되는 또 다른 문제가 된다. 우선 순위가 높은 스트림은 우선 순위가 낮은 스트림과 비교하여 더 큰 서비스 전송률을 받아야 상대적인 서비스 보장이 이루어 지는데 기존 방식대로 같은 값의 서비스 전송률을 할당 받으면 역차별을 받게 되는 것이다. 트래픽 스트림의 우선 순위에 따른 차등화를 위해 3장에서 기존의 방법을 개선한 새로운 기법을 제안한다.

III. SoQ를 이용한 WSS 자원할당기술

SoQ 알고리즘을 설명하기 전에 SoQ 알고리즘을 위해 정의된 용어들을 설명한다<sup>[10]</sup>.

K는 WSS에 등록된 스트림의 수를 의미한다. j는 K개의 스트림 중 j번째 스트림을 의미한다. BW는 WSS를 구성하고 있는 데이터 슬롯의 개수를 의미한다. 즉, BW는 실제 데이터를 전송할 수 있는 시간 구간의 길이를 의미한다.

RR<sub>j</sub>는 j번째 스트림에서 필요한 최소 데이터 전송률 또는 데이터 슬롯의 개수를 의미하며, DR<sub>j</sub>는 j번째 스트림에 할당 가능한 최대 데이터 전송률 또는 데이터 슬롯의 개수를 의미한다. SR<sub>j,n</sub>은 n번째 슈퍼프레임에서 트래픽 스트림 j에 할당된 타임 슬롯의 개수, 즉 서비스 전송률을 의미한다. SoQ<sub>j,n</sub>은 n번째 슈퍼프레임에서 트래픽 스트림 j의 QoS의 만족도(Satisfaction of QoS)를 의미하며, 식(3)을 통해 도출된다.

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

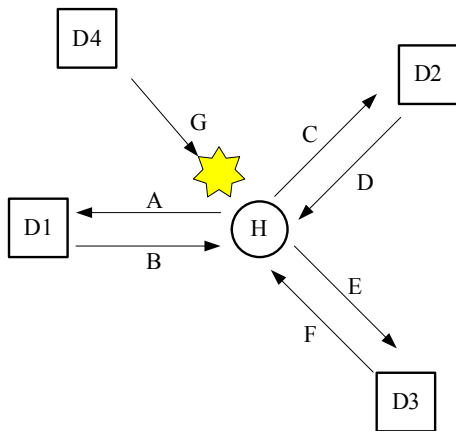


그림 5. 새로운 트래픽 G의 추가가 막힌 사례  
Fig. 5. Example of blocking a new traffic G

그림 5의 상황에서 스트림 G를 추가하기 위해 기존 스트림의 데이터 전송률을 재조정해야 한다. 모든 스트림이 같은 데이터 전송률을 갖도록 수정을 하고 이 값을  $SoQ_{F,n}$ 이라고 한다면, 새롭게 재조정되는 각각의 WSS 디바이스들의 서비스 전송률  $SR_{j,n}$ 은 식(3)에 근거하여 식(4)와 같이 계산될 수 있다. 따라서, WSS의 모든 스트림들에 대한 서비스 전송률을 고려하여 최종적으로 재조정 되는 모든 디바이스들의 서비스 전송률은 식(5)와 같이 계산할 수 있다.

$$SR_{j,n} = SoQ_{F,n} \cdot (DR_j - RR_j) + RR_j \quad (4)$$

$$\sum_{j=1}^K (SoQ_{F,n} \cdot (DR_j - RR_j) + RR_j) = \sum_{j=1}^K SR_{j,n} = BW \quad (5)$$

$$SoQ_{F,n} = \min \left[ \frac{BW - \sum_{j=1}^K RR_j}{\sum_{j=1}^K (DR_j - RR_j)}, 1 \right] \quad (6)$$

식(6)에 따르면,  $SoQ_{F,n}$ 은 0~1사이의 값을 갖는다. 만일,  $SoQ_{F,n}$ 의 값이 1로 계산될 경우, 식 (4)로부터 각 스트림들의 서비스 전송률은 최대 전송률인  $DR_j$ 값을 갖는다. 반대로  $SoQ_{F,n}$ 의 값이 0으로 계산될 경우, 식 (4)에 근거하여 각 스트림들의 서비스 전송률은 최소 전송률인  $RR_j$ 값을 갖게 된다. 다음 표 2는 그림 5의 D4가 스트림 G를 전송하기 위해 재할당 받은 예를 보여주고 있다.

표 2에 의하면, WSS 디바이스 D4가 WSS 디바이스 H로 스트림 G를 전송하기 위해 다른 스트림들의 데이터 슬롯의 일부를 할당 받더라도, 기존 스트림에

표 2. 새로 추가된 스트림 G를 위해 새롭게 재조정된 스트림들의 서비스 전송률  
Table 2. Service rate of streams that have been re-adjusted for newly added stream G

Stream Index	$RR_{j,n}$	$DR_{j,n}$	$SR_{j,n}$	$SoQ_{F,n}$
A(H→D1)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
B(D1→H)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
C(H→D2)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
D(D2→H)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
E(H→D3)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
F(D3→H)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571
G(D4→H)	40Mbps	60Mbps	51.43Mbps	0.571

할당되는 서비스 전송률은 최저 데이터 전송률인  $RR_j$ 보다 크다. 따라서, 기존의 예약되었던 스트림들은 재할당 받은 데이터 전송률에 의해 전송된다. 하지만, 재할당 받은 데이터 전송률이  $RR_j$ 보다 작은 경우, 기존 스트림들은 새로 추가되는 스트림 G를 위해 자신이 할당받은 데이터 슬롯의 일부를 포기하지 않는다. 즉,  $SoQ_{F,n}$ 가 0보다 작은 경우, 기존의 스트림들은 자신이 할당받은 데이터 슬롯의 일부를 새로 추가되는 스트림 G의 전송을 위해 포기하지 않는다.

위와 같은 방법을 사용하면, WSS 슈퍼프레임의 자원이 모두 할당된 상황에서도 새로운 스트림의 추가가 가능해진다. 하지만, WSS 디바이스 중 WUSB는 4개의 서로 다른 전송모드를 갖고 있으며, 이들 모드들은 서로 다른 스트림 특성과 우선순위를 갖고 있기 때문에, 동일한 데이터 전송률을 갖도록 스트림을 할당한다면 QoS 보장의 또 다른 문제를 초래할 것이다. 따라서, 우리는 각각의 전송 모드와 트래픽 스트림의 특성에 따라 서로 다른 우선순위를 부과하여, 트래픽 스트림에 따른 서로 다른 서비스 전송률을 부여하는 새로운 기법을 제안한다. 전송모드와 트래픽 스트림의 차등화를 위해 서비스 클래스를 구분하고, 클래스별로  $SoQ_{min,class}$  값을 다르게 책정하여 QoS의 차등화를 지원한다. WUSB 전송모드는 Bulk, Control, Interrupt, Isochronous 네 가지로 구분되며, 이 중에서 Interrupt, Isochronous 전송 모드는 정해진 서비스 간격이 존재한다. 따라서, 이 두 전송모드는 정해진 시간 내에 데이터를 전송하기 위해서 다른 두 전송모드보다 높은 우선순위가 보장되어야 한다. 그 외의 다른 WLP 디바이스는 우선 순위가 가장 높은 Isochronous 전송 모드와 같은 우선 순위를 두어 WUSB 디바이스로 인해 손해를 보는 일이 없도록 하였다. 표 3은 WUSB 전송

표 3. WUSB 전송모드와 WLP 디바이스에 따른 우선순위와  $SoQ_{min,class}$   
Table 3. User Priority and  $SoQ_{min,class}$  to WUSB Transfer mode and WLP Devices

Priority	User Priority	WUSB Transfer Mode or WLP Devices	$SoQ_{min,class}$
Lowest	0	WUSB Bulk	0.2
	1	WUSB Control	0.4
	2	WUSB Interrupt	0.6
Highest	3	WUSB Isochronous	0.8
	3	Other WLP Devices	0.8

모드와 WLP 디바이스에 따른 우선 순위와  $SoQ_{min\_class}$  값을 보여주고 있다.

제안된 알고리즘에서 WSS 디바이스는 통신하는 트래픽의 수가 변화할 때마다,  $SoQ_{min\_class}$  를 이용하여  $SoQ_{F\_class}$  를 새롭게 계산해야 한다. 만일 계산된  $SoQ_{F\_class}$  가  $SoQ_{min\_class}$  보다 크다면 해당 내용을 비콘에 포함시켜 브로드캐스트 한다. 그 후, WSS 디바이스들은 재할당된 데이터 전송률로 데이터 프레임을 송수신해야 한다. 만일 계산된  $SoQ_{F\_class}$  가  $SoQ_{min\_class}$  보다 작다면, 트래픽 요청은 거부된다. 제안된 알고리즘을 이용하면, 동일한 전송모드를 이용하는 디바이스들은 같은  $SoQ_{F\_class}$  를 갖게 되며, 각각의 서비스 클래스들은  $SoQ_{min\_class}$  에 의해 차등화된다. 전송 모드별로 차등화된  $SoQ_{F\_class}$  를 제공하기 위하여, 미리 정의된  $SoQ_{min\_class}$  를 이용하여  $RR_j$  를 식(7)과 같이  $RR_{j\_class}$  로 변환할 수 있다.  $DR_j$  와  $RR_{j\_class}$  를 이용하여 새로운  $SR_{j,n+1}$  과  $SoQ_{F,n+1}$  을 계산하면 식(8)과 식(9)와 같이 나오게 된다. 식(8)을 식(3)에 적용하면, 전송 모드별로 차등화 된  $SoQ_{F\_class}$  를 구할 수 있으며, 식(10)과 같이 계산될 수 있다.

$$RR_{j\_class} = (DR_j - RR_j) \cdot SoQ_{min\_class} + RR_j \quad (7)$$

$$SR_{j,n+1} = (DR_j - RR_{j\_class}) SoQ_{F,n+1} + RR_{j\_class} \quad (8)$$

$$SoQ_{F,n+1} = \min \left[ \frac{BW - \sum_{j=1}^K RR_{j\_class}}{\sum_{j=1}^K (DR_j - RR_{j\_class})}, 1 \right] \quad (9)$$

$$SoQ_{F\_class,n+1} = SoQ_{min\_class} + \left( \frac{DR_j - RR_{j\_class}}{DR_j - RR_j} \right) \cdot SoQ_{F,n+1} \quad (10)$$

표 4는 제안된 알고리즘에 따른 우선 순위가 다른 스트림에 할당되는 데이터 전송률을 나타내고 있다. WSS 네트워크를 구성하고 있는 디바이스들이 할당받는 데이터 전송률의 총합은 360Mbps이다.

표 4에 의하면 스트림의 개수는 6개이며, 각 스트림은 60Mbps의 데이터 레이트를 할당받는다. 따라서,  $SoQ_{F\_class}$  는 1이 된다. 그림 6은 기존의 트래픽에 새로운 트래픽 G가 추가되는 예를 보여주고 있다. 그림 6에서 보는 바와 같이 스트림 A~F가 송수신되는 시점에서 WSS 디바이스 D4가 WSS 디바이스 H로 전송

표 4. WSS 디바이스들이 할당받은 데이터 전송률  
Table 4. Data rate that WSS devices are assigned

Stream Index	$RR_{j,n}$	$DR_{j,n}$	$SR_{j,n}$	User Priority	$SoQ_{min\_class}$	$SoQ_{F\_class}$
A(H→D1)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	3	0.8	1.0
B(D1→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	3	0.8	1.0
C(H→D2)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	2	0.6	1.0
D(D2→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	2	0.6	1.0
E(H→D3)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	1	0.4	1.0
F(D3→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	1	0.4	1.0

하는 스트림 G가 발생하였다고 가정한다. 이 경우 D4는 H로 스트림 G를 전송하기 위해 스트림 A~F가 할당받는 데이터슬롯의 일부를 필요로 한다. 표 5는 D4가 새로운 트래픽 G를 위해 새로운 자원을 요청하는 사례를 나타내고 있으며, 표 6은 D4가 스트림 A~F가 할당받은 데이터슬롯들 중 일부 데이터 슬롯을 재할당 받는 사례를 나타내고 있다.

표 2와 표 6을 비교하면 서비스 전송률이 달라진 것을 알 수 있다. 기존의 우선 순위를 고려하지 않은 방식에서는 우선 순위가 높아도 같은 서비스 전송률을 갖게 되어 우선 순위가 낮은 스트림과 비교하여 상대적으로 낮은 서비스를 받게 되었다. 하지만 제안하는 식(7)~(10)을 이용하여 우선 순위에 맞게 서비스 전송률을 재할당하면 차등화 된 서비스로 모든 스트림들의 만족도가 높아지는 것을 알 수 있다.

동일한 우선 순위를 갖는 스트림들은 동일한 자원을 할당 받는 것을 원칙으로 하나, 동일한 자원을 할당 받을 수 없는 경우 새로 추가된 스트림보다 기존에 송수신되는 스트림에 많은 자원을 할당한다. 또한, 재할당 받은 자원이  $SoQ_{min\_class}$  보다 작은 경우, 스트림 A~F는 스트림 G를 위해 자신이 할당받은 자원의 일

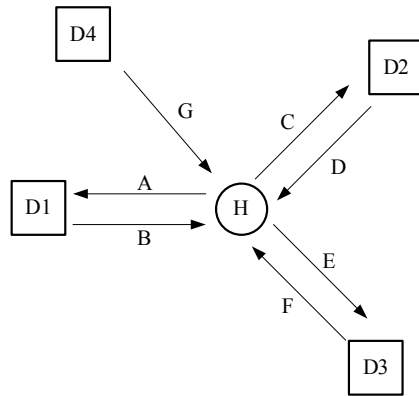


그림 6. 트래픽 G가 추가되는 사례  
Fig. 6. Example of adding a new traffic G

표 5. D4가 트래픽 G를 위해 새로운 자원의 할당을 요청하는 사례

Table 5. Example that D4 requests an allocation of new resources for traffic G

Stream Index	RR <sub>j,n</sub>	DR <sub>j,n</sub>	SR <sub>j,n</sub>	User Priority	SoQ <sub>min_class</sub>	SoQ <sub>F_class</sub>
A(H→D1)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	3	0.8	1.0
B(D1→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	3	0.8	1.0
C(H→D2)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	2	0.6	1.0
D(D2→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	2	0.6	1.0
E(H→D3)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	1	0.4	1.0
F(D3→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	1	0.4	1.0
G(D4→H)	40Mbps	60Mbps	-	0	0.2	-

부를 포기하지 않는다. 즉, SoQ<sub>F\_class</sub>가 SoQ<sub>min\_class</sub>보다 작은 경우, 스트림 A~F는 자신이 할당받은 자원을 스트림 G의 전송을 위해 포기하지 않는다.

#### IV. 성능 분석

제안하는 방식의 성능에 대한 비교 평가를 위해, 2가지 QoS 제공 시나리오를 고려한다. 첫번째는 기존의 D-SoQ 방식으로 전체적으로 공평한 SoQ<sub>F</sub> 기준에 따라 자원을 할당한 방식이며, 두 번째는 본 논문에서

표 6. D4가 스트림 A~F를 전송하기 위해 할당받은 데이터 슬롯들 중 일부 데이터 슬롯을 재할당 받는 사례

Table 6. Example that D4 is reassigned some data slots of the allocated data slots to send streams A~F

Stream Index	RR <sub>j,n</sub>	DR <sub>j,n</sub>	Pre_serviced SR <sub>j,n</sub>	New_serviced SR <sub>j,n</sub>
A(H→D1)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	56.25Mbps
B(D1→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	56.25Mbps
C(H→D2)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	52.5Mbps
D(D2→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	52.5Mbps
E(H→D3)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	48.75Mbps
F(D3→H)	40Mbps	60Mbps	60Mbps	48.75Mbps
G(D4→H)	40Mbps	60Mbps	-	45Mbps

Stream Index	User Priority	SoQ <sub>min_class</sub> (RR <sub>j_class</sub> )	SoQ <sub>F_class</sub>
A(H→D1)	3	0.8(56Mbps)	0.8125
B(D1→H)	3	0.8(56Mbps)	0.8125
C(H→D2)	2	0.6(52Mbps)	0.625
D(D2→H)	2	0.6(52Mbps)	0.625
E(H→D3)	1	0.4(48Mbps)	0.4375
F(D3→H)	1	0.4(48Mbps)	0.4375
G(D4→H)	0	0.2(44Mbps)	0.25

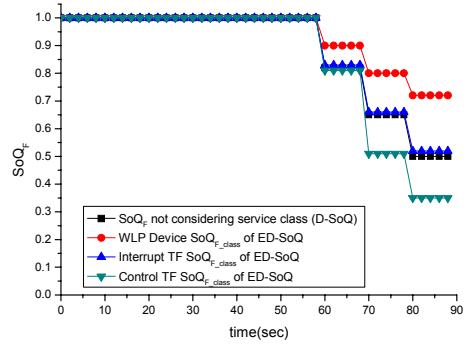


그림 7. D-SoQ 방식과 ED-SoQ 방식에 따른 SoQ 성능 Fig. 7. SoQ performance by D-SoQ and ED-SoQ

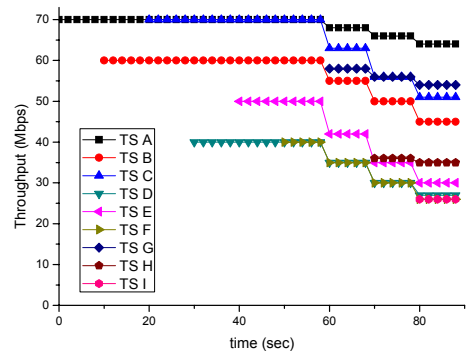


그림 8. ED-SoQ에 의한 트래픽 수율 차등화 성능 Fig. 8. Performance of throughput differentiation of traffic by ED-SoQ

제안한 전송모드와 디바이스의 우선순위로 클래스를 구분하여 SoQ<sub>F\_class</sub> 기준에 따라 자원 할당하는 방안인 ED-SoQ(Enhanced) 방식이다. 그림 7은 D-SoQ 방식과 ED-SoQ 방식에 따른 클래스별 SoQ 값의 변화를 도시한 것으로, D-SoQ 방식과 비교하여 ED-SoQ 방식은 WLP 디바이스, WUSB Isochronous, Interrupt, Control Transfer 별로 SoQ 값을 차등화 할 수 있음을 알 수 있고, 그림 8과 같이 자원할당의 포화상태가 되는 60초 이후, 각 트래픽 스트림이 갖는 SoQ<sub>min\_class</sub> 값에 따라 수율이 차등화 됨을 알 수 있다.

#### V. 결론

본 논문은 선박 내 WSS 환경에서 WLP 디바이스와 WUSB/DRD 전송 모드의 우선순위에 따른 전송대역폭 자원 할당 방법을 제안하였다. QoS를 고려한 기존의 D-SoQ 방법은 동일한 데이터 전송률을 가져도 우선순위에 따른 스트림에게는 역차별을 가져와 QoS 보장의 또 다른 문제를 만들었다. 우선순위에 따른 트



래픽 스트림에 서로 다른 서비스 전송률을 제공하는 본 논문의 제안 방법은 성능 향상을 가져왔다. 시뮬레이션 결과는 기존 방식과 비교하여 제안하는 방식의 수율이 향상되고, 전송 모드 및 디바이스에 따라 수율을 차등화할 수 있음을 나타낸다.

allocation method of UWB distributed MAC protocol for fair QoS provisionings to high speed multimedia services in wireless home networks,” *J. Korea Multimedia Soc.*, vol. 12, no. 3, pp. 419-426, Mar. 2009.

## References

- [1] WiMedia Alliance, 2011, from <http://www.wimedia.org>.
- [2] WiMedia MAC Release Spec. 1.5, *Distributed medium access control (MAC) for wireless networks*, Dec. 2009.
- [3] Jd. P. Pavon, S. N. Sai, Gaddam, V. K. Challapali, and C.-T. Chou, “The MBOA-WiMedia specification for ultra wideband distributed networks,” *IEEE Commun. Mag.*, vol. 44, no. 6, pp. 128-134, Jun. 2006.
- [4] WiMedia, *WiMedia logical link control protocol (WLP)*, WiMedia WLP Specification Draft 1.0, 2007.
- [5] V. M. Vishnevsky, A. I. Lyakhov, A. A. Safonov, S. S. Mo, and A. D. Gelman, “Study of beaconing in multihop wireless PAN with distributed control,” *IEEE Trans. Mobile Computing*, vol. 7, no. 1, pp. 113-126, Jan. 2008.
- [6] Wireless USB Key Developers technical working groups, *Wireless Universal Serial Bus Specification*, Revision 1.1, 2010.
- [7] B. Kim, K. Hur, Y. Lee, and S. R. Lee, “Research for applying WUSB over WBAN Technology to Indoor Localization and Personal Communications in a Ship,” *J. KICS*, vol. 38C, no. 3, pp. 318-326, Mar. 2013.
- [8] K. Hur, “UWB link-adaptive relay transmission protocol for WiMedia distributed MAC systems,” *J. KICS*, vol. 37A, no. 3, pp. 141-150, Mar. 2012.
- [9] K. Hur, M.-A Jeong, S. R. Lee, “Performance analysis of WiMedia D-MAC communications for a Shipboard Wireless Bridge,” *J. KICS*, vol. 39C, no. 7, pp. 597-607, Jul. 2014.
- [10] K. Hur and W.-S. Sohn, “A time slot

### 이 승 범 (Seung Beom Lee)



2004년 2월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 석사  
2012년 2월 : 고려대학교 전자  
컴퓨터공학과 박사  
2013년 7월~현재 : 목포대학교  
연구원  
<관심분야> WiMedia, WUSB,  
MAC, QoS

### 정 민 아 (Min-A Jeong)



1992년 2월 : 전남대학교 이학  
사  
1994년 2월 : 전남대학교 이학  
석사  
2002년 2월 : 전남대학교 이학  
박사  
2002년 4월~2003년 2월 : 광주  
과학기술원정보통신공학과 Post-Doc  
2003년 4월~2005년 2월 : 전남대학교 전자통신기술  
연구소 Post-Doc  
2011년 9월~2013년 2월 : Cleveland Clinic Research  
2005년 3월~현재 : 목포대학교 컴퓨터공학과 부교수  
<관심분야> 데이터베이스/데이터마이닝, 생체인식시  
스템, 무선통신응용분야, 임베디드시스템

권 장 우 (Jang-Woo Kwon)



1990년 2월 : 인하대학교 전자  
공학과 공학사

1992년 2월 : 인하대학교 전자  
공학과 공학석사

1996년 8월 : 인하대학교 전자  
공학과 공학박사

1996년~1998년 특허청 사무관

1998년~2009년 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수

2006년~2012년 정보통신산업진흥원 인재양성단장

2012년~현재 : 인하대학교 컴퓨터공학과 교수

<관심분야> HCI, 생체신호처리, 지능형 시스템

이 성 로 (Seong Ro Lee)



1987년 2월 : 고려대학교 전자  
공학과 학사

1990년 2월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 석사

1996년 8월 : 한국과학기술원  
전기 및 전자공학과 박사

1997년~현재 : 목포대학교 정보  
전자공학과 교수

<관심분야> Digital Communication System, 위성  
통신, 해양텔레매틱스, USN