

## IEEE 802.16 시스템의 효율적인 QoS 네트워크 관리 시스템

백주영, 박진수, 김상진, 윤종필<sup>0</sup>, 서영주  
포항공과대학교 컴퓨터공학과  
{nalsunia, tojs, ksjsc, feeling7, yjsuh}@postech.ac.kr

### QoS Network Management System for IEEE 802.16

Joo-Young Baek, Jinsoo Park, Sang-Jin Kim, Jong-Pil Yoon<sup>0</sup>, and Young-Joo Suh  
Department of Computer Science & Engineering, POSTECH

#### 요 약

높은 데이터 전송률과 넓은 전송 대역을 제공할 수 있도록 표준화 된 시스템인 IEEE 802.16d[1] 시스템에서는 여러 가지 서비스 클래스들을 이용하여 QoS를 보장해 줄 수 있을 것으로 기대하고 있다. 그러나, 효율적인 QoS를 제공하기 위해서는 스케줄링에 필요한 factor들을 적절하게 설정해야 하며, 시스템의 환경에 맞도록 변경해야 한다. 따라서, 본 논문에서는 IEEE 802.16d 시스템을 simulator (NS-2) [2]에 구현하고, IEEE 802.16f [3]에서 표준화한 MIB과 QoS를 고려한 MIB (Q-MAN MIB)을 구현하여 IEEE 802.16d 시스템과 연동하도록 구현한 네트워크 관리 시스템인 Q-MAN을 소개한다. Q-MAN 네트워크 관리 시스템을 통해 IEEE 802.16d 시스템의 QoS 제공 상태에 대한 모니터링이 가능하고, 스케줄링에 필요한 설정 값을 동적으로 변경이 가능하기 때문에 IEEE 802.16d 시스템의 효율을 극대화 시킬 수 있다.

#### 1. 서 론

인터넷이 발전함에 따라 사용자들은 점점 더 높은 데이터 전송률을 제공할 수 있는 시스템에 대한 요구와 언제/어디에서나 접속할 수 있는 무선시스템 요구가 증가하고 있다. 이러한 광 대역 무선 접속에 대한 사용자들의 욕구를 충족시키기 위해 Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE)에서는 802.16계열을 표준화하였다. 이렇게 다양화 및 거대화 되어가는 네트워크를 효율적으로 관리 하기 위해서 Network Management System (NMS)이 필수 구성요소가 되고 있으며, NMS에는 Simple Network Management Protocol (SNMP) [4]를 이용하여 관리하는 것이 일반화되고 있다. IEEE 802.16d [1] 시스템에서도 네트워크를 관리할 수 있도록 IEEE 802.16f [4] WG를 통해 Management Information Base (MIB)을 표준화하고 있다. 하지만, 아직 상용화되지 않았기 때문에, 현재까지 IEEE 802.16f에서 표준화한 MIB를 구현하였거나 MIB를 이용하여 모니터링 하는 시스템이 없으며, 802.16f를 통해서 정의 되어 있는 MIB들의 경우에도 QoS를 중요시 하는 802.16 시스템의 특성을 반영하고 제어하는데 한계를 가지고 있다.

본 논문에서는 802.16d 시스템 환경을 simulator를 통해서 구현을 하고, 이를 효율적으로 관리하기 위해 IEEE 802.16f의 MIB를 구현한 결과와 추가로 QoS 특성과 관련된 MIB를 정의 및 확장하여 시스템의 정보를 수집, 분석하고 제어 할 수 있는 Q-MAN NMS의 설계 및 구현 내용과 결과에 대해 기술 하고자 한다.

#### 2. Q-MAN MIB 구현

Q-MAN 시스템에서 주로 관리 하고자 하는 대상은 IEEE 802.16 시스템의 Base Station (BS)에서의 QoS 서비스와 관련 된 사항들이다. 예를 들어서 IEEE 802.16에서 정의 하고 있는 Unsolicited Grant Service (UGS), Real-time Polling Service (rtPS), (Non-real-time Polling Service (nrtPS), Best Effort (BE)의 각 서비스 클래스 별 서비스 양 및 우선 순위 등을 모니터링하고, 문제가 발생 하거나 올바른 QoS 서비스를 제공 하지 못하는 경우 네트워크 관리 시스템을 통해 효율적으로 관리 하고자 한다. 하지만, 기존의 IEEE 802.16f에 정의 된 MIB 정보들을 살펴 보면, QoS 측면 보다는 기본적인 네트워크 동작을 위한 설정 정보들을 모니터링 할 수 있게 정의 되어 있기 때문에, 본 논문에서는 802.16d 시스템의 QoS 측면에 필요한 관리 정보들을 Q-MAN MIB로 정의 하고 이를 SNMP agent에 확장해서 체계적인 관리를 가능하게 하였다.

새롭게 정의한 Q-MAN MIB 대해서 간략하게 설명하면 다음과 같다. 그림 1에서 보듯이 Q-MAN MIB은 크게 4가지 종류로 구성 되는데 첫 번째는 qManMibSystem으로 IEEE 802.16 시스템을 관리 하는데 필요한 요소인 Uplink/Downlink portion, Downlink Scheduling Algorithm등의 요소로 구성 되어 있다. 두 번째 qManMibStatistics은 system에서 서비스 해주는 packet들의 정보와 delay, throughput등의 QoS Parameter들과 관련된 통계적인 정보를 관리하기 위한 MIB이며, 세 번째 qManMibConfPerClass을 통해서 IEEE 802.16 시스템에서 정의 해 놓은 4가지 서비스 클

래스 별 즉, UGS, rtPS, nrtPS, BE 각각에 대해서 클래스 별 우선 순위와 전체 대역폭에서 각 클래스 별로 차지하는 대역폭의 구성 비율 등을 정의 해 두어서, 관리자가 class 별로 QoS를 효율적으로 제어 할 수 있도록 하였다. 마지막으로 BS는 frame 단위로 uplink와 downlink traffic을 서비스 하게 되는데, 이때 uplink traffic과 관련되는 Subscriber station의 우선 순위, Maximum bandwidth 등의 정보를 관리 함으로써 uplink traffic의 QoS도 관리 할 수 있도록 qManMibConfSS를 정의 하였다.

현재 널리 보편화 된 SNMP agent인 Net-SNMP에서는 IEEE 802.f MIB과 Q-MAN MIB을 지원하지 않기 때문에 이러한 MIB을 SNMP agent에서 지원할 수 있도록 추가 및 확장 하였다. 이렇게 확장된 Agent는 관리대상 Target 시스템으로부터 정보를 획득하고, Manager의 요청에 따라 해당하는 정보를 제공한다.

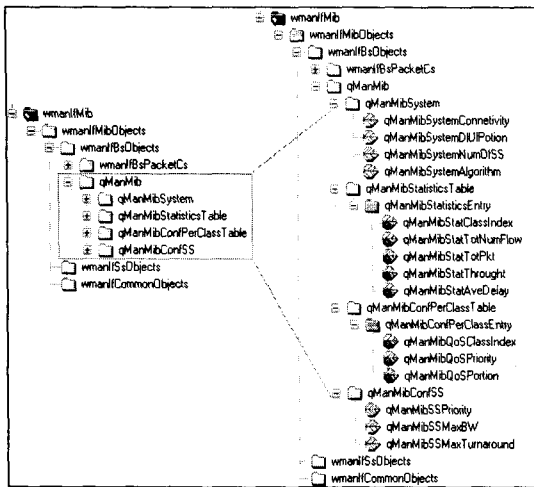


그림 1. Q-MAN MIB

### 3. Q-MAN Overview

#### 3.1 System Architecture

Q-MAN 시스템의 전반적인 구조는 그림 2와 같다. 현재 IEEE 802.16 시스템의 상용화 단계가 진행 중이라 실제 시스템에 테스트를 하지 못하는 상태이므로, 대안으로 네트워크 시뮬레이터인 NS-2에 IEEE 802.16d를 구현하고, 이 simulator가 동작하는 시스템에 SNMP agent를 구현 하였다. 관리 대상이 되는 시스템은 Simulation Server로 NS-2 simulator와 agent로 구성되며, 관리자에게 정보를 제공 하거나 설정을 변경하는 등의 동작을 수행하는 NMS Server는 Manager와 Web Server로 구성된다. Agent와 NMS manager 사이에는 SNMP 프로토콜을 이용하여 관리 정보인 Q-MAN MIB과 IEEE 802.16f MIB 정보를 주고 받으며, 주기적으로 또는 관리자의 요청에 따라 수집한 정보는 Web Interface를 통해서 관리자에게 보여준다.

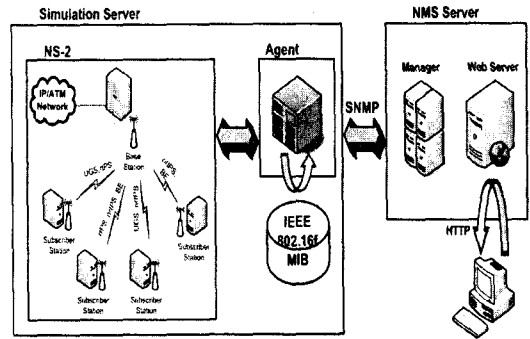


그림 2. Q-MAN 시스템 구조

#### 3.2 Q-MAN 구성 요소

Q-MAN 시스템의 중요 구성 요소는 크게 Manager, Agent와 NS-2 simulator 이렇게 3가지로 구성된다.

##### 3.2.1 Manager

Q-MAN 시스템의 manager는 Java로 구현된 오픈 소스 NMS인 OpenNMS [5]를 기반으로 구현하였으며, IEEE 802.16d를 확장한 ns-2에 설치된 시스템에 구현된 agent와 통신하게 된다. 실제 배치되는 IEEE 802.16 시스템을 가정한다면 manager는 BS 또는 Mobile Station (MS)등과 같은 네트워크 구성요소와 통신하며 모니터링 정보를 수집할 것이다. Q-MAN 시스템에서 manager는 agent로부터 관리자가 지정한 MIB의 Object Identifier (OID)에 해당하는 정보를 수집하여 데이터 베이스에 저장하고, 관리자가 필요로 하는 시점에 화면을 통해 수집한 정보를 그래프 등의 형태로 표현한다. 효율적인 데이터관리를 위해 정보의 특성에 따라 DBMS를 사용하거나 Round Robin Database (RRD) [7]를 사용한다. 또한 agent에게서 trap을 전송 받고 이에 대한 처리를 수행하며, agent에서 발생하는 SNMP agent의 down과 같은 각종 이벤트를 모니터링하고 저장한다. Manager를 중심으로 각각의 중요 요소들간은 아래 그림 3과 같이 연결 되어 IEEE 802.16 시스템을 관리 동작 한다.

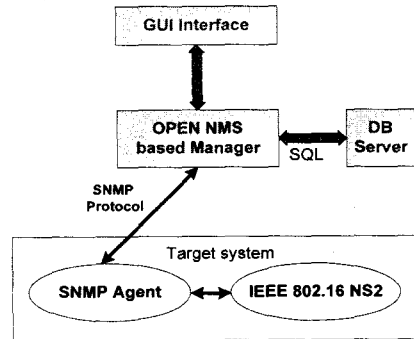


그림 3. Q-MAN 시스템 구성

### 3.2.2 Agent

Agent는 manager로부터 SNMP 프로토콜로 수신한 요청에 맞는 정보를 제공하는 시스템으로, Net-SNMP를 이용하였다. Q-MAN에 필요한 정보를 제공하기 위해 IEEE 802.16f MIB과 Q-MAN MIB를 지원하도록 확장하였으며, 시스템 구조상의 Simulation Server에 설치되어 동작한다 (그림 2 참조). 동일시스템에서 동작하는 네트워크 시뮬레이터상의 IEEE 802.16d 시스템과 QoS와 관련된 정보를 인터페이스 하기 위해 Unix Socket API를 통해 통신하면서 manager가 요청하는 정보를 수집하여 SNMP 프로토콜을 통해 manager에게 제공한다. 또한, manager로부터 전송되는 변경요청도 IEEE 802.16d 시스템에 전달하여 변경될 수 있도록 한다.

### 3.2.3 NS-2 Simulator에 구현된 IEEE 802.16d

현재 802.16d 시스템은 상용화를 준비중인 단계이거나 시중에 출시된 테스트용 장비를 구할 수 없기 때문에 실제 IEEE 802.16 시스템에 테스트 할 수 없다. 따라서, 대안으로 가장 범용적으로 사용되고 있는 네트워크 simulator인 NS-2 simulator에 IEEE 802.16d를 구현하였다. 802.16 시스템의 다양한 기능들 중에서 아래와 같은 기능들이 구현 되어 있다.

- ◆ 다양한 service class 지원 (UGS/ rtPS/ nrtPS/ BE)
- ◆ Scheduling algorithm 지원  
(First-In-First-Out, Round Robin, Deficit Round Robin)
- ◆ Request-Grant Mechanism 지원
- ◆ Adaptive Modulation and Coding 지원
- ◆ Node Mobility 지원

위와 같은 다양한 기능들 중에서 Q-MAN 시스템을 통해 모니터링 하고 제어하고자 하는 부분은 QoS 관련부분이므로 packet을 서비스 하는 부분과 관련된 다양한 서비스 클래스 지원 및 scheduling algorithm 지원 등을 중점적으로 구현하고 테스트 하였다.

## 4. Q-MAN 통한 802.16 QoS 시스템 관리

### 4.1 Configuration Management

Configuration Management 기능을 제공해 주기 위해 크게 system 관점에서 필요한 MIB 정보와 QoS 관점에서 필요한 MIB 정보로 나눌 수 있으며, 기능적인 측면에서도 MIB를 기준으로 관리 하도록 한다. Configuration Management를 통해 제어하는 정보는 주기적인 Monitoring이 불필요하며, 사용자의 요청에 따라 현재 설정된 값을 읽어 화면에 출력(SNMP Get)하거나 시스템의 설정 값을 변경(SNMP Set)한다.

#### 4.1.1 System 관점 관리

IEEE 802.16에서 시스템이 동작하는데 필요한 정보들 중에서 QoS 측면에서 관리 되어야 할 정보들을 제어하는 부분으로 아래와 같은 정보를 포함한다.

- ◆ 한 Frame에서의 uplink와 downlink portion 조정

네트워크 관리자는 downlink subframe과 uplink subframe의 비율을 달리함으로써 해서 downlink traffic 양과 uplink traffic 양을 조절할 수 있다

- ◆ BS에서 서비스 가능한 Subscriber Station 수 조정  
네트워크 상황에 따라 이 값을 적절히 조절함으로써 Subscriber Station들의 QoS를 보장 해 줄 수 있다.

- ◆ Downlink traffic scheduling algorithm 설정

QoS를 제공해 주기 위해 사용되는 scheduling algorithm을 설정하도록 하며, 시스템을 단순화하기 위해 FIFO, Round Robin과 Deficit Round Robin[4]을 구현하며, 네트워크 관리자는 서비스가 필요한 단말의 수에 따라 Round Robin이나 Deficit Round Robin algorithm으로 설정을 변경하여 QoS 보장이 가능하도록 조절한다.

### 4.1.2 QoS 관점 관리

Q-MAN에서 중점을 두고 있는 부분으로 실제로 IEEE 802.16 시스템을 통해서 packet을 서비스 하는데 있어서 QoS 측면에서 관리 되어야 할 사항들을 제공한다.

- ◇ Service Class 별(UGS, rtPS, nrtPS, BE) 제공 기능

- ◆ 서비스 class 별 우선 순위 부여

각 service class별 우선 순위를 부여하며, 기본값은 UGS, rtPS, nrtPS, BE 순으로 우선 순위를 부여한다.

- ◆ 서비스 class 별 서비스 양 조정

각 service class 별로 전체 bandwidth 중에서 각 서비스 클래스에 할당하는 양을 조절 할 수 있는 기능이다. 이를 통해서 일부 service class가 제대로 서비스 받지 못하는 경우에 이를 조절함으로써 충분한 서비스가 가능하도록 할 수 있다.

- ◇ Subscriber Station (SS) 별 제공 기능

- ◆ SS 우선 순위 지정

Base Station은 어떤 Subscriber Station을 우선적으로 서비스 해 줄 것인지 결정해야 한다. 따라서, 네트워크 관리자는 service priority값을 통해 어떤 Subscriber Station을 우선적으로 서비스할 것인지 지정할 수 있다.

- ◆ 각 SS에게 할당해 줄 최대 대역폭 지정

각 Subscriber Station별로 최대 얼마만큼의 대역폭을 서비스해 줄 것인지 설정한다.

- ◆ SS 당 서비스 받는 대기 시간 조정

서비스 받은 Subscriber Station이 다음 서비스를 받을 때까지 대기할 수 있는 최대 frame 시간을 설정할 수 있다.

### 4.2 Performance Management

Performance Monitoring은 manager에서 주기적으로 Polling하여 결과를 별도 보관함으로써, 네트워크 관리자의 요청 시 네트워크 변화상황을 일목요연하게 파악할 수 있도록 그래프로 보여준다. 네트워크 관리자는 이러한 정보를 이용하여 현재 BS에서 서비스하고 있는 QoS 상태를 모니터링하고 서비스 제공상태를 확인할 수 있다. 이때, 특정 Class에 대한 서비스가 부족하다고 판단 되면 configuration 정보를 조정함으로써 BS에서의 효율적인 QoS 제공이 가능하도록 할 수 있다.

- ◆ BS에서의 Subscriber Station들을 서비스 해준 통계 정보

- 모든 SS들에게 서비스 해 준 MAC SDU 양
- 모든 SS들에게 서비스 된 packet의 octet 양
- BS에서 지금까지의 SS들에게 서비스 해 준 packet 서비스 정보를 초기화 해준 시간 및 횟수 정보
- ◆ BS에서의 Service Class 별로 서비스 통계 정보
  - 클래스별 현재의 총 서비스 플로우 수
  - 클래스별 현재까지 서비스한 총 패킷 수
  - 클래스별 현재 서비스하고 있는 단위 시간당 데이터 량
  - 클래스별 패킷이 서비스되는 평균 지연시간

5. Q-MAN GUI & Test Results

Q-MAN NMS 시스템은 사용자가 언제 어디에서나 IEEE 802.16 시스템을 관리할 수 있도록 Web Interface를 제공한다. Q-MAN 시스템은 네트워크 관리시스템의 기본 5가지 기능 (FCAPS)들 중에서 Fault Management, Configuration Management 및 Performance Management 기능 등을 제공 하며, 그림 4 와 같은 구조로 구현 하였다.

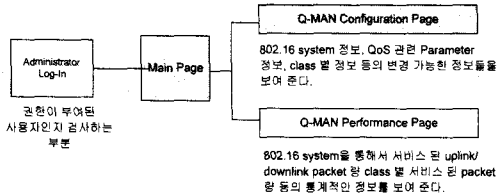


그림 4. Site MAP

Main 화면 (그림 5)을 통해서는 IEEE 802.16 시스템 설정 정보, 서비스 해주는 QoS service class 별로의 서비스 flow를 생성하기 위한 DSA-REQ/RSP message에서 교환하는 QoS Parameter 정보를 보여 줄 수 있도록 구현하였다. 이러한 정보는 각 서비스 클래스에 대한 기본 QoS Parameter이다.

Profile Index	Service Class Name	Scheduling Type	Traffic Priority	Table Size	QoS Size	Traffic Rate	Min. Req. Rate	Table Size	Table Latency
1	UGS	UGS	1	3200	0	0	3200	5	
2	rPS	rPS	2	1000	0	0	1000	20	
3	rtPS	rtPS	3	70000	100	0	70000	3	
4	BE	Best Effort	4	0	1%	0	0	0	

그림 5. Main Page

5.1 Configuration Management GUI

Configuration 페이지를 통해서 관리자는 IEEE 802.16

시스템을 관리하게 되는데, 이때 크게 3가지의 기능이 제공 된다. System 입장에서 QoS에 영향을 주는 요소들의 값들을 변경 할 수 있는데, 예를 들어 하나의 frame에서의 uplink와 downlink portion 설정을 기본 50%에서 특정 값으로 변경 할 수 있게 제공 하며, scheduling algorithm도 RR에서 DRF등으로 변경 할 수 있도록 제공한다 (그림 6).

BS에서 downlink traffic을 서비스할 때 필요한 정보들은 서비스 클래스 별로 scheduling시의 우선 순위를 조정 하거나, 전체 대역폭에서 각 class 별 할당량을 조절해 줄 수 있는 기능을 제공한다 (그림 7).

DL vs. UL Portion	<input checked="" type="radio"/> 1/2	<input type="radio"/> 2/3	<input type="radio"/> 1/3	<input type="radio"/> 1/4	<input type="radio"/> 5/5
Number of Subscriber Station	<input type="text" value="0"/> Stations				
Scheduling Algorithm	<input checked="" type="radio"/> FIFO <input type="radio"/> Round Robin <input type="radio"/> Deficit Round Robin				

그림 6. 시스템 측면의 설정 내용

Scheduling Priority	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>
QoS Portion	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>	<input type="text" value="0"/>

그림 7. 서비스 클래스 별 설정 내용

BS에서 subscriber station별로 서비스 해 주는 입장에서 configuration 정보들은 최대 maximum bandwidth 정보와 최대 서비스 받는 시간을 조절 할 수 있는 maximum turnaround time등을 조절 할 수 있는 기능을 제공한다 (그림 8).

Maximum Bandwidth	<input type="radio"/> 100 Kbytes	<input type="radio"/> 500 Kbytes	<input type="radio"/> 1000 Kbytes	<input type="radio"/> 1500 Kbytes	<input type="text" value="0"/>
Maximum Turnaround Time (ms)	<input type="radio"/> 10	<input type="radio"/> 20	<input type="radio"/> 30	<input type="radio"/> 40	<input type="radio"/> 50

그림 8. Subscriber Station 별 설정 내용

5.2 Performance Management GUI

Performance 페이지 (그림 9)를 통해서 관리자는 자신이 관리하고 있는 802.16 시스템의 정보를 확인할 수 있다. Q-MAN에서 주기적으로 수집한 정보를 그래프 형식으로 표현하여 제공함으로써, 관리자가 관리하는 시스템에서 서비스하는 QoS의 상태를 파악하기 쉽도록 구성하였다. Performance 페이지에서 제공하는 통계 정보는 Q-MAN 시스템이 초점을 맞추고 있는 QoS 관련 된 사항들로 아래와 같은 정보들이 제공 된다.

- Average Throughput per Service Class : service class 별 평균 throughput 그래프
- Average Delay per Service Class : service class 별 평균 delay 그래프
- Number of Flows per Service Class : service class 별 총 서비스 된 flow 개수
- Number of Packets per Service Class : service class 별 총 서비스 된 packet 개수
- Packet Count transmitted by BS : BS에 의해서 전체적으로 서비스 된 packet 개수

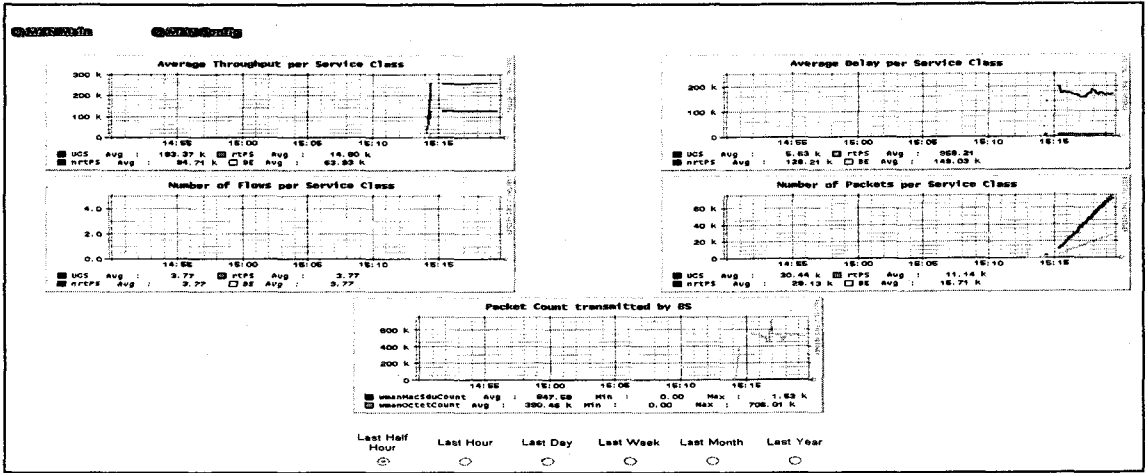


그림 9. Performance Page

### 5.3 Test & Result

Q-MAN 시스템을 통한 QoS 측면의 monitoring과 control이 가능함을 테스트 하기 위해 그림 10과 같이 네트워크를 구성하였다. 총 5개의 sender와 destination이 존재하는 상황에서 UGS, rtPS, nrtPS, BE traffic이 BS를 통해서 전달 되는 환경으로 관리자는 Q-MAN NMS를 통한 IEEE 802.16 시스템의 QoS 관리를 2가지 시나리오를 통해 테스트 하였다.

#### 5.3.1 System QoS 적용된 시나리오

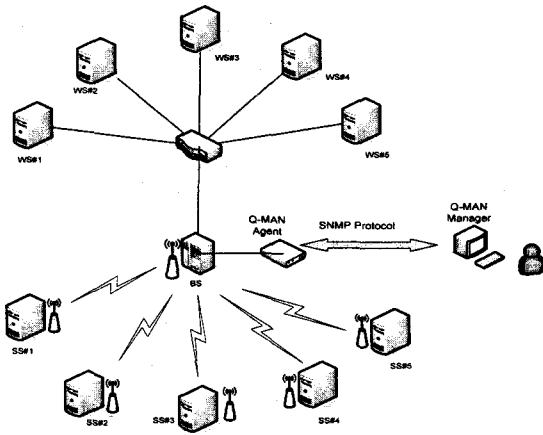


그림 10. Network Topology

본 테스트는 IEEE 802.16 시스템에서 uplink, downlink traffic 간의 비율이 제대로 적용 되지 않아 downlink traffic의 서비스가 줄어드는 상황이며, 이를 Q-MAN 시스템을 통해서 조정하는 모습을 보여 주는 시나리오이다. 시스템 환경과 구현부분에서 설명한 것과 같이 시뮬레이터에서 동작하는 IEEE 802.16d 시스템을 이용하여 테스트 하는 상황이기 때문에 서비스가 제대로 되지 않는 상황을 만들기 위해서 처음 DL:UL에 할당하는 서비스 양이 50:50인 것을 97:30이라는 극단적인 상태로 조정[그림 11의 ①] 하였다. 이런 상황에서 관리자가

IEEE 802.16 시스템의 downlink traffic의 서비스 상태를 performance 페이지에서 제공하는 그래프를 확인 해 본 결과 downlink traffic의 서비스가 너무 적게 제공 되고 있음을 알게 되었고, 이에 대한 해결책으로 하나의 프레임에서 할당하는 상향과 하향 시간을 조정할 수 있다. 이러한 설정변경은 Configuration Page의 System 관련 정보 중에서 DL / UL Portion 정보를 조정 함으로써 하향 서비스의 QoS를 향상 시켜 줄 수 있다.

[그림 11]의 테스트 결과를 보면 downlink traffic의 throughput이 줄어들고 delay가 늘어나는 상황[①-②]에서 관리자는 downlink와 uplink portion 사이에 문제가 있음을 판단해서 downlink portion을 configuration page의 DL Portion 값을 변경하였다. 이때부터 downlink traffic의 서비스 양이 점차적으로 증가하고, delay도 감소 함을 확인 할 수 있다. 이와 같이 Q-MAN을 통해서 관리자가 downlink와 uplink portion을 변경 함으로써, downlink/uplink traffic에 대해서 QoS를 제공할 수 있게 된다.

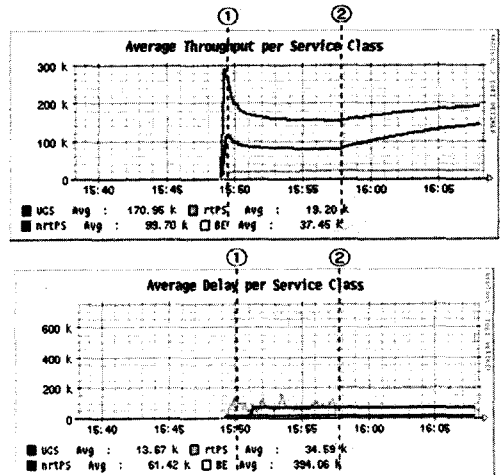


그림 11. DL Portion 변경 후 평균 Throughput과 delay

### 5.3.2 Service별 QoS 적용 시나리오

관리자는 Q-MAN system에서 제공하는 QoS의 상태를 Performance page를 통해서 확인한다. 이때 그래프(Average Throughput per Service Class와 Average Delay per Service Class)를 통해서 보여지는 service class별 서비스 정보를 종합 해 보면 UGS traffic에 대한 service가 반드시 다른 class의 traffic들에 비해서 좋은 성능을 보여야 한다. 그러나, UGS의 우선 순위가 가장 높아야 함에도 불구하고, 다른 class들과 동일한 서비스 비율이 설정되어 상대적인 성능저하를 유발할 수 있다. 예를 들어, UGS: rtPS: nrtPS: BE = 30 : 30 : 30 : 10 등과 같이 UGS, rtPS 및 nrtPS가 모두 30이라는 동일한 양의 서비스를 받고 있는 경우를 생각할 수 있다. 이런 상황에서 관리자는 UGS traffic의 서비스 portion 비율을 높여 UGS: rtPS: nrtPS: BE = 45 : 30 : 20 : 5의 비율로 조정할 수 있으며, 조정된 결과가 반영되어 나타나는 throughput은 그림 12와 같다.

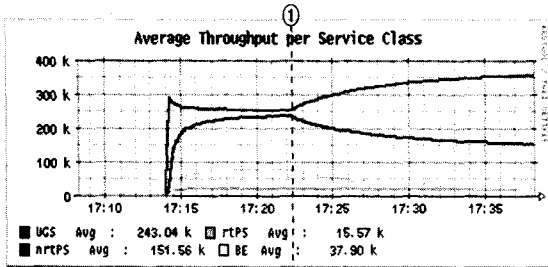


그림 12. Service Portion 변경 후 평균 Throughput

변경 후의 결과를 살펴 보면, 각 class의 traffic 별로 packet size 등의 여러 속성이 달라서 처음의 변경 전 시점에서의 그래프에서 nrtPS의 throughput이 rtPS보다 높을 수 있다. 하지만, 전체적인 서비스 추이를 보게 되면 새롭게 적용 된 시점(그림 12. ①) 이후부터는 UGS class가 서비스 받던 throughput이 증가 한다. 반면, 서비스 portion이 줄어든 nrtPS class와 BE class의 throughput이 감소하는 경향을 보이며, 아무런 portion의 변화가 없는 rtPS class의 throughput은 변화 없음을 확인할 수 있다. 즉, 본 시나리오 테스트를 통해서 관리자는 Q-MAN 시스템을 이용하여 QoS 상태에 대한 모니터링 및 class 별 QoS를 조절 할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

### 6. 결론 및 향후 연구 방향

지금까지 Q-MAN Network Management System에 대해서 살펴 보았고, 시뮬레이터를 통해서 실제로 system이 동작하는 상황을 체크 하고 관리자가 값을 변경 하였을 때, 변경된 값이 적용 되어서 서비스가 변경되는 것을 확인 하였다. 이를 통해서 Q-MAN system이 IEEE 802.16d 시스템의 QoS를 좀더 효율적으로 제어할 수 있는 네트워크 관리 시스템을 입증 하였다. 하지만, 아직까지 IEEE 802.16d 시스템이 상용화 되어있지 않기 때문에 상용화 된 시스템에 새롭게 정의한 Q-MAN MIB을 적

용 하고, agent를 확장해서 테스트를 해 보아야 하는 과제가 남아 있다. 또한, Q-MAN system에서 관리하는 대상 시스템이 Base Station으로 국한 되어 있는데 향후에는 Subscriber station으로 확장해서 관리자가 QoS parameter등의 변경을 할 때 uplink traffic에 대한 정확한 정보 등을 바탕으로 시스템을 관리 할 수 있도록 하는 방안이 필요하다. 궁극적으로, 현재 시스템이 관리자의 설정에 따라 수동적으로 QoS를 제공하지만, NMS에서 수집한 통계정보를 분석하여 자동으로 QoS 설정을 변경한다면 트래픽 상황에 따라 실시간, 능동적으로 제어할 수 있는 시스템으로 확장하는 것도 향후 계획 사항이다.

### 7. Acknowledgement

본 연구는 정보통신부 및 정보통신연구진흥원의 대학 IT 연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음 (IITA-2005-C1090-0501-0018)

### 8. 참고 문헌

- [1] IEEE Standard 802.16, IEEE Standard for Local and metropolitan area networks -Part 16: Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems, 2004.
- [2] IEEE Standard 802.16, Air Interface for Fixed Broadband Wireless Access Systems- Amendment 1: Management Information Base
- [3] NS-2 simulator, available at <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>
- [4] J. Case, M. Fedor, M. Schoffstall, and J. Davin (Eds.), "A Simple Network Management Protocol (SNMP)," RFC 1157, IETF, May 1990.
- [5] OpenNMS, Available at <http://www.opennms.org>
- [6] M. Shreedhar and G. Varghese, "Efficient Fair Queueing using Deficit Round Robin," ACM SIGCOMM, vol.4, pp.375-385, 1995.
- [7] Round Robin Database, available at <http://people.ee.ethz.ch/~oetiker/webtools/rrdtool>