

# 채널-결합 방식을 사용하는 상향대역 할당 알고리즘 성능 검증을 위한 DOCSIS 3.0 시뮬레이터 설계 및 구현

김태균<sup>1</sup> · 나성웅<sup>2†</sup>

## Design and Implementation of Upstream Channel Allocation Algorithm for DOCSIS 3.0 MAC

TaeKyoon Kim<sup>1</sup> · SungWoong Ra<sup>2</sup>

### ABSTRACT

In this paper, we design and implement the upstream packet bandwidth allocation algorithm on OPNET-based DOCSIS 3.0 simulator including channel-bonding CM (Cable Modem)s. Previous DOCSIS CM could not support channel bonding, it has problem in upstream bandwidth allocation and determine the contention area. The proposed upstream bandwidth allocation algorithm has been improved the queuing time and success rate. For the simulation, we design the MAC frame structure with channel bonding supported CM and not. And then, this paper design and implement the CMTS node model, CM node model, CMTS process model, and CM process model.

**Key words** : DOCSIS 3.0, Upstream bandwidth allocation, Channel-bonding, OPNET

### 요약

본 논문은 HFC망을 고도화하기 위해 기존의 DOCSIS 규격에 채널-결합방식을 도입한 DOCSIS 3.0 기반 망에서 상향 스트림 패킷을 효율적으로 전송할 수 있는 상향대역 할당 시뮬레이터를 설계하고 구현한다. 다수의 CM들이 경쟁 구간을 통해 대역 할당을 요청하기 때문에 발생하는 충돌을 최소화할 수 있는 충돌 해소 및 경쟁 구간 설정 알고리즘을 시뮬레이션하고 결과를 분석한다. OPNET 기반의 DOCSIS 시뮬레이터를 개발하기 위해 DOCSIS 3.0의 MAC 프레임 구조를 정의하고 채널-결합 방식을 사용하는 CM과 사용하지 않는 CM을 구현한다. 또한 DOCSIS 망의 핵심 구성 요소인 CMTS 노드와 CM 노드, 각 노드의 프로세스를 모델링하고 구현한다. 개발된 시뮬레이터를 기반으로 상향대역 할당 알고리즘의 성능을 비교 평가한다.

**주요어** : DOCSIS 3.0, 상향대역할당 알고리즘, 채널-결합 방식, OPNET

## 1. 서론

최근 고품질 VoD(Video on Demand) 서비스 등 QoS(Quality of Service)가 보장되는 대용량의 서비스를 사용자들이 요구하기 때문에 고속통신 방식통에 대한 수요가 증가하고 있다. 새로운 개념의 통신과 방송이 융합된 형

태의 송수신 시스템에 대한 요구가 증가하고 있으며, HFC망을 기반으로 차세대 초고속 데이터 전송이 가능한 양방향 기술개발이 요구되고 있다<sup>[6-8]</sup>. 케이블 사업자들은 FTTx (Fiber To The Home, Curb, etc.)와 경쟁하기 위해서 고차 변조 방식의 실용성 저하 문제와 후방향-호환성(backward compatibility) 문제로 인한 사용 제약에서도 넓은 상향대역을 제공하기 위해 복수 개의 상향 채널 상으로 동시에 전송하는 '채널-결합(channel bonding)' 방식을 선택 하였다.

채널-결합 방식을 사용하는 DOCSIS 3.0은 기존의 DOCSIS 방식과 비교하여 확장된 대역폭을 사용할 수 있으며, 데이터의 전송 지연을 감소할 수 있고, 하나의 채널로 광대역 스트림 서비스도 제공할 수 있는 장점이 있다.

\* 이 연구는 정보통신부의 출연금 지원(2006.3~2008.2)으로 수행되었다.

2008년 7월 16일 접수, 2008년 9월 30일 채택

<sup>1)</sup> 한국전자통신연구원

<sup>2)</sup> 충남대학교 전자공학과

주 저 자 : 김태균

교신저자 : 나성웅

E-mail; swra@cnu.ac.kr

따라서 이전 규격과는 달리 queue-depth와 QoS 파라미터에 의하여 대역할당을 요구하며, CMTS는 여러 채널에 grant를 분산하여 대역을 할당하는 segmentation 기술을 사용한다<sup>[3]</sup>.

상향대역 할당은 MAC 프로토콜의 성능에 영향을 미치는 핵심적인 요소이며, 기본 메커니즘은 CMTS가 하향 채널을 통해서 MAC 관리 메시징인 MAP을 CM으로 할당 전송함으로써 수행된다. 이전 규격에서는 하나의 CM이 데이터 전송을 위하여 단일 상향 채널을 사용하였지만, DOCSIS 3.0 CM은 데이터 전송을 위하여 4개의 상향 채널을 지원할 수 있도록 정의하고 있다. 기존의 방식으로는 광대역가입자망의 경쟁 상대인 xDSL이나 FTTx에 비해 전송용량이 매우 적으며, 또한 고품질 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 어렵기 때문에 HFC망에서는 DOCSIS 3.0을 표준화 하고 있다<sup>[1-2]</sup>.

패킷을 전송하길 원하는 CM들이 다른 CM들의 상태를 알지 못하고 임의의 슬롯을 선택하기 때문에 하나 이상의 CM이 request메시지를 전송할 경우 충돌이 발생한다. 이러한 충돌은 가용한 상향 대역의 낭비를 초래하여 망자원의 이용률을 저하시키고, 상향스트림 패킷의 전송지연 시간을 발생시켜 서비스 품질을 저하시킨다. 따라서 패킷이 전체적으로 공평하게 전송될 수 있도록 하는 상향대역 할당 알고리즘이 매우 필요하다<sup>[9]</sup>.

본 논문에서는 HFC망을 고도화하기 위해 기존의 규격에 채널-결합방식을 도입한 DOCSIS 3.0 기반의 상향 스트림 패킷을 효율적으로 제어하고 전송할 수 있는 상향 대역 할당과 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 상향 스트림에서 채널-결합 그룹의 요구를 처리할 수 있는 대역할당 알고리즘을 설계하고 성능을 비교 평가하기 위해서 OPNET 11.5를 사용하여 시뮬레이터를 구현한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2절에서는 기존의 대역 할당 방법에 대해서 간략히 살펴보고자 한다. 3절에서는 제안한 상향대역할당 알고리즘의 설계에 대해서 기술한다. 그리고 4절에서는 상향대역 할당 알고리즘의 성능을 측정하기 위해 수행한 실험에 대해서 살펴보고, 5절에서는 결론을 맺는다.

## 2. 상향대역 할당 알고리즘 관련 기존연구

정적 대역할당 알고리즘은 각 CM에서의 대역폭 요구량을 고려하지 않고 모든 주기에서 각 CM이 미리 정한 양 만큼의 대역폭을 갖는 방식이다.

CM별로 대역폭 요구량에 상관없이 미리 설정한 대역

폭을 정적 대역할당 알고리즘을 이용하여 모든 CM에 대해 한 번씩의 서비스를 한다. 정적 대역할당 알고리즘은 만약 CM의 요구량이 미리 정한 대역폭보다 작으면, 대역폭 요구량 만큼의 데이터를 전송 한 후 나머지 대역폭은 유휴상태로 대역을 낭비하게 되는 문제가 있다.

정적 대역할당 알고리즘은 바로 직전에 데이터 전송을 허락한 CM의 데이터가 CMTS로 전송 완료된 후에 다음 CM에 대한 메시지를 송신하는 방식이다. 데이터 전송 시작 시점을 지연하게 되어 대역폭을 낭비하는 문제가 발생할 수 있다.

동적 대역할당 알고리즘은 할당되는 대역폭이 각 주기마다 요구량에 따라 변동되는 방식이다. 이 방법은 정적 대역할당 알고리즘이 가지는 대역 낭비를 줄이는 장점을 가지고 있다.

IPACT 방식<sup>[4]</sup>의 동적 대역할당 알고리즘은 메시지를 여러 CM에게 미리 보내는 형태의 병렬적인 대역할당을 한다. 상향 타임슬롯의 미사용 영역을 최소화하는 방식이다. CMTS가 라운드 로빈 방식으로 각 CM을 폴링하며, 이렇게 함으로써 미사용 상향 대역손실을 방지할 수 있다. 그러나 부하가 낮을 때 우선순위가 낮은 패킷의 지연이 급격히 증가하는 현상이 발생하는 문제점이 있다.

2단계 버퍼링 방식의 동적 대역할당 알고리즘<sup>[10]</sup>은 하나의 버퍼를 두 개로 나누어서 관리하는 방식이다. 두 번째 버퍼에는 전송 우선순위의 구분 없이 전송할 패킷들은 하나의 공통 공간에 저장하고, 자신의 차례가 되면 두 번째 버퍼에 대기 중인 패킷 중 허용 전송량 만큼의 패킷을 FIFO 형태로 패킷 우선순위의 구분없이 전송한다. 따라서 전송 도중 도달한 고 순위 패킷이 저 순위 패킷보다 먼저 처리되지 않는 장점이 있으나, 이로 인한 고 순위 패킷의 지연시간이 증가되는 문제가 있다.

서비스 특성에 따른 차등 서비스 제공 알고리즘<sup>[11]</sup>은 CMTS에서 CM에게 제공되는 서비스 특성에 따라 상향 대역을 결정한다. 이 방식에 따르면 우선 순위가 높은 서비스는 최소 대역이 보장되고, 지터가 최소화된다.

2단계 할당 알고리즘<sup>[5]</sup>은 먼저 클래스별 대역 할당을 한 다음에 CM별로 할당하는 방식이다. 클래스별 할당은 가중치에 비례하는 최소대역을 할당되도록 하여 특정 클래스가 대역을 독점하지 않도록 한다. CM별 할당 시에는 각 CM이 요청한 대역량을 기반으로 공평하게 할당한다.

## 3. 제안한 알고리즘

DOCSIS 3.0에서 상향 대역 할당 메커니즘은 CMTS

에서 CM의 대역 요구를 수집하여 가용한 채널에 대역을 할당하고 정보를 CM에게 전송하는 request-grant 방식을 사용한다.

그림 1은 상향 채널-결합 방식의 개념을 나타낸다. DOCSIS 3.0 규격을 따르지 않거나 채널-결합 방식을 사용하지 않는 CM1, CM2, CM3, CM4는 각각 U2, U1, U4, U3 단일채널을 통해서 MAP 메시지를 전달한다. DOCSIS 3.0 규격을 따르거나 채널-결합 방식을 사용하는 CM5, CM6는 각각 U2와 U1, U3와 U4의 복수 채널을 통해서 메시지를 전달한다.

CMTS는 상향 대역 할당에 대한 정보를 가지고 있는 MAP 메시지를 이용하여 CM에게 상향 대역 할당 정보를 전송한다. MAP 메시지에 의해 할당된 상향스트림 대역을 상향스트림 프레임이라 하며, 상향 전송은 가변길이 상향스트림 프레임의 연속적인 전송이라고 할 수 있다. 하나의 MAP 메시지에 의해 할당된 상향스트림 대역의 크기를 MAP 시간(time)이라고 하며, DOCSIS 3.0에서는 최대 MAP 시간을 4096슬롯으로 설정하였다.

그림 2에는 이러한 상향 MAP메시지의 형태를 보여준다.

그림 3은 가변 미니-슬롯 크기를 가진 네 개의 상향 채널들로 구성되는 채널-결합의 한 예를 도시하고 있다. 블록 안의 문자는 CMTS에 의해 교부된 대역 자원 블록을

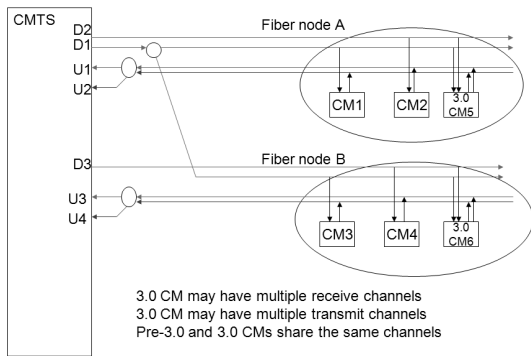


그림 1. 상향 채널-결합 개념도

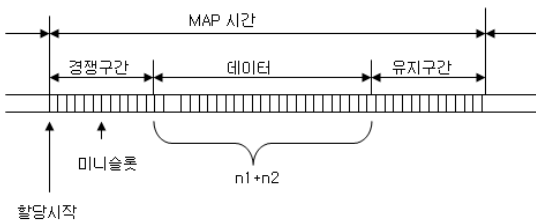


그림 2. 상향스트림 프레임

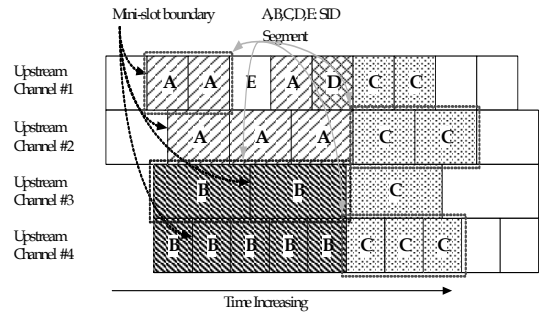


그림 3. 채널-결합 방식의 상향대역 할당 예제

사용할 수 있는 서비스 플로우를 나타낸다. 이 예제에서 블록 E와 D는 다른 UGS(unsolicited grant service) 플로우에게 할당되는 자원이고, A의 자원-요청에 대해 채널 1과 2에서만 자원-교부가 이루어지고 있음을 알 수 있다. 또한 B의 자원-요청에 대해서는 채널 3과 4에서만 자원-교부가 이루어지고 있으며, C의 요청에 대해서는 모든 채널들에서 자원-교부가 이루어지고 있음을 알 수 있다. DOCSIS 3.0 규격에서는 동일 채널 상에서 동일 서비스-플로우에 할당된 연속된 미니-슬롯들의 그룹을 세그먼트(segment)라 한다. 각 세그먼트는 프리앰블로 시작하고 끝에는 보호-시간(guard time)을 갖는다. 이러한 세그먼트의 물리 계층 특성은 해당 채널의 그리고 해당 세그먼트의 물리적 파라미터로 규정된다. 서비스-플로우 B에 할당된 자원-교부는 두 개의 세그먼트들로 구성되며, 서비스-플로우 C에 할당된 자원-교부는 네 개의 세그먼트들로 구성됨을 알 수 있다.

CMTS는 CM에 의한 자원-요청에 따라 동일 채널-결합 그룹에 속한 복수 개의 채널 상으로 분할하여 자원을 교부할 수 있어야 하고, 또한 상향 채널들의 트래픽 부하 상태를 고려하여 자원 교부를 수행함으로써 상향 채널 간의 부하-배분(load balancing)을 수행할 수도 있어야 한다. 본 연구에서는 채널-결합에 적합한 채널별 공정성을 가지는 상향대역 할당 알고리즘을 제안하고 제안한 알고리즘 간의 성능을 비교하고자 한다.

### 3.1 채널-결합 그룹별 균등 할당 알고리즘

제안한 채널-결합 그룹별 균등할당 알고리즘은 CM이 요구하는 상향 대역을 채널-결합 그룹의 모든 채널에게 균등하게 분배하는 알고리즘이다. 채널-결합 그룹별 균등 알고리즘은 채널-결합 그룹에 대한 요구 대역을 결합 그룹을 구성하는 채널수로 나누어서 각 채널별로 할당한다.

이는 특정한 채널-결합그룹에 요구 대역 할당이 편중

되는 것을 막고 채널-결합그룹별로 대역할당이 공평하도록 한다. 하지만 CM의 전송 큐에 저장되어있는 패킷의 최대 크기가 할당된 대역보다 클 경우에는 할당대역의 부족으로 인해 모든 채널을 통해 데이터를 전송할 수 없게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 할당된 요구대역이 한 패킷의 최대 크기보다 작은 경우에는 우선적으로 한 패킷의 최대 크기를 할당하도록 한다.

### 3.2 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 알고리즘

제안한 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 알고리즘은 CMTS가 요구대역을 할당할 때 채널-결합 그룹에 속해 있는 채널별 현재 요구 대역 할당량 정보를 참조하여 동적으로 대역을 할당한다. 채널-결합 그룹에 속해 있는 채널들의 현재 요구대역 할당의 총합을 구한다음 각 채널별 요구대역 할당량과 반비례하게 요구대역을 할당한다.

이는 현재 대역을 많이 할당 받은 채널-결합 그룹에 속해 있는 채널들에게는 상대적으로 작은 대역을 할당하고, 현재 대역을 적게 할당 받은 채널-결합 그룹에 속해있는 채널들에게는 많은 대역을 할당함으로써 채널-결합 그룹간에 대역이 공평하게 할당하는 방법이다.

### 3.3 MAP 할당량 반비례 알고리즘

제안한 MAP 할당량 반비례 알고리즘은 요구대역을 할당할 때 결합 그룹에 속해 있는 채널별 이전 MAP의 대역 할당 정보를 참조하여 할당한다. 결합 그룹에 속해 있는 채널들의 이전 MAP의 대역 할당의 총합을 구한다음 각 채널별 이전 MAP의 대역 할당량과 반비례하게 요구대역을 할당한다.

## 4. 시뮬레이션 및 결과

본 논문에서는 OPNET 11.5를 사용하여 채널-결합 방식을 지원하는 DOCSIS 3.0 상향대역 할당 알고리즘 성능 검증을 위한 시뮬레이터를 설계하였다.

네트워크 구성은 크게 노드와 링크 모델로 나눌 수 있는데, 노드 모델에는 CM 노드와 CMTS 노드가 있고, 링크 모델에는 DOCSIS 3.0 링크 모델이 있다. 시뮬레이션을 위해서 네트워크가 DOCSIS 2.0 기능을 할 수 있도록 채널과 MAP에 관한 내용 등을 설정해주는 DOCSIS 형상, 케이블 네트워크 상에서 동작하는 어플리케이션을 설정해주는 어플리케이션 특성, 각각의 프로파일을 지정해 주는 프로파일 특성 등을 포함한 그림 4와 같이 구성하였다.

시뮬레이션을 위하여 DOCSIS 3.0 네트워크 구성에서

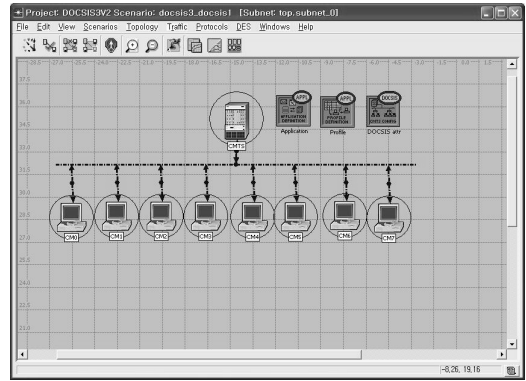


그림 4. DOCSIS 3.0 네트워크 구성

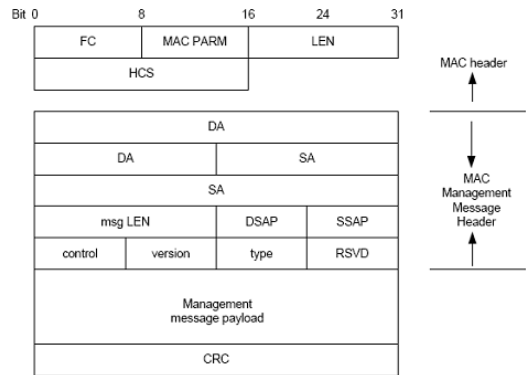


그림 5. DOCSIS 3.0 MAC 관리 메시지 구조

사용한 기본적인 파라미터 값들은 일반적으로 실제적인 구현에서 사용되는 전형적인 값들을 사용하였으며, DOCSIS 3.0 표준안을 참조하였다.

DOCSIS 3.0 기반의 MAC 시뮬레이터에서 사용하는 메시지 전송 프레임과 MAC 관리 메시지를 그림 5와 같이 정의한다.

DOCSIS 네트워크는 하나의 CMTS와 다수의 CM이 트리 구조로 연결되어 있는 모델로 설계하였다. CMTS 노드는송신기, 수신기, 패킷 생성기, CMTS MAC으로 모델링 하였다. 패킷 생성기는 외부 망에서 DOCSIS 망으로 유입되는 트래픽을 생성하는 기능을 수행하며, CMTS MAC은 DOCSIS 3.0 MAC의 CMTS에서 수행하는 기능을 구현하도록 모델링 하였다.

상향채널 할당은 CMTS와 CM에서 할 수 있으며, CMTS에서 상향채널을 할당하는 경우는 가중치(weight)에 의한 라운드로빈 방식을 이용하도록 모델링 하였다. CM 노드는 송신기, 수신기, 패킷 생성기, CM MAC으로 모델링

하였다. CM MAC에서는 DOCSIS 3.0 MAC의 CM에서 수행하는 기능을 구현하도록 모델링 하였다.

CM의 주소는 커널에 의해 자동으로 할당되도록 설정하였다. 속성 설정은 DOCSIS CM 파라미터를 통해 CM의 상향스트림 특성을 설정하였다. 상향 스케줄링 서비스 속성 값을 통해 CM이 발생하는 스트림의 상향스트림 서비스를 설정하며, 상향 채널 ID는 채널-결합 방식을 지원하지 않는 경우는 할당된 상향채널 ID가 설정되도록 하였다. 채널-결합 방식을 지원하는 경우는 사용하는 결합 그룹의 채널수를 구별할 수 있는 식별자를 설정하며, 채널 ID는 CMTS에 의해 할당되도록 모델링하였다.

CMTS는 데이터/관리 메시지의 송수신 상황을 처리하는 기능, rTPS 데이터의 요구/대역할당 및 송신을 처리하는 기능, 일반적인 데이터/관리 메시지를 송신하는 기능, 데이터의 요구/대역할당 및 송신을 처리하는 기능으로 구성하였다. CM은 메시지 및 이벤트를 분류하여 처리하는 기능, 데이터/관리 메시지를 송신하는 기능으로 구성된다.

그림 6에는 시뮬레이션에 사용한 CMTS와 CM 노드 모델이다.

본 논문에서 제안된 알고리즘들의 시뮬레이션을 위해 CMTS와 CM간에 사용할 수 있는 최대 결합 채널의 수를 4로 설정하였다. 전체 CM중 채널-결합 방식을 사용하는 CM의 비율을 슬롯 알로하 방식을 따라서 30%로 가정하였으며, 결합 채널의 수가 2, 3, 4개인 CM들의 비율은 동일하게 설정하였다. 처리량은 CMTS이 CM으로부터 요구 받은 대역을 할당하여 CM으로부터 수신한 데이터의 양을 의미하며, 큐 지연시간은 패킷이 CM의 큐에 들어와서 CMTS로 나가는데 지연되는 시간이다. CM에서 발생하는 패킷은 8~750 bytes 사이에서 랜덤하게 생성하도록 하였다.

DOCSIS 3.0의 주요 기능인 채널-결합 방식을 채택하고 있는 CM들이 포함하고 있는 네트워크에서 제안한 상향채널 할당 알고리즘들의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이터를 구현하고 검증한 결과는 다음과 같다.

상향대역 할당 알고리즘에 따른 CM의 큐 지연, CMTS에서 처리한 데이터량에 대한 시뮬레이션 결과를 각각 그림 7, 그림 8에 나타내었다. 실험에 사용된 상향대역 할당 알고리즘은 채널-결합 기능을 지원하는 제안한 채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘, 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역할당 알고리즘, 그리고 MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘들 간의 성능을 비교하였다.

그림 7은 제안한 알고리즘들이 CM의 큐로 들어온 패킷이 CMTS로 나가는데 지연되는 큐 지연시간을 나타냈다.

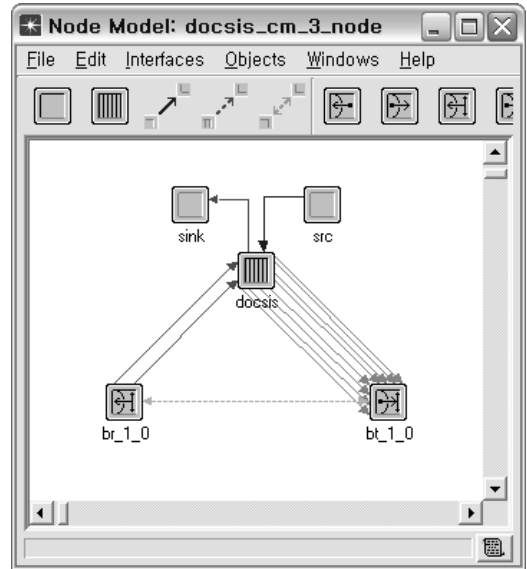
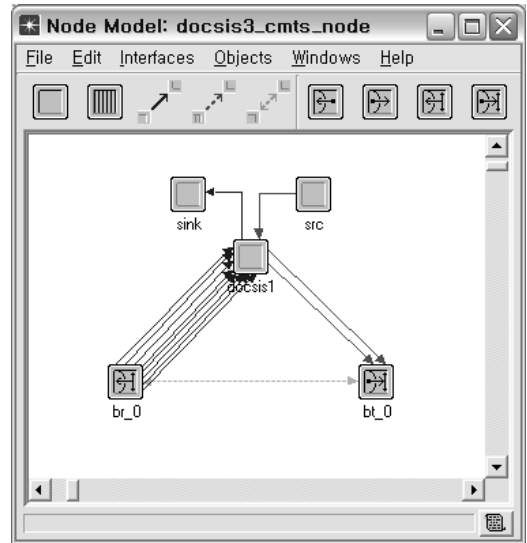


그림 6. DOCSIS 3.0 CMTS 및 CM 노드 모델

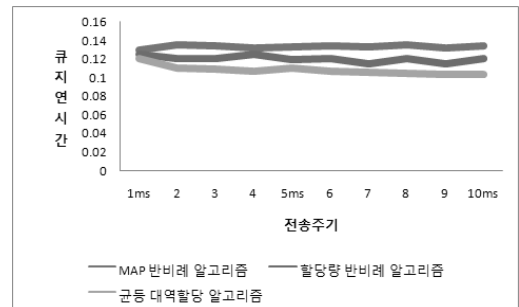


그림 7. CM의 큐잉 지연 시간

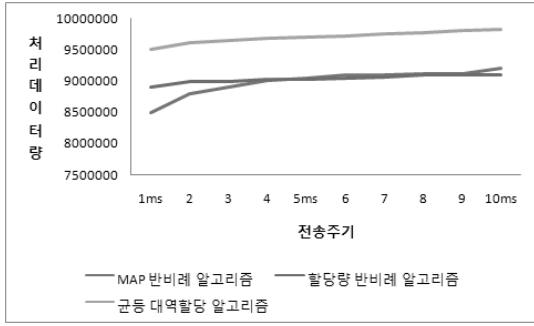


그림 8. CM의 큐잉 지연 시간

가로축은 전송주기를 세로축은 큐 지연시간을 나타낸다.

결과에서 보듯이 MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘을 사용하는 경우의 큐 지연시간이 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역 할당 알고리즘을 사용하는 경우와 채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘을 사용하는 경우의 큐 지연시간 보다 작다. 상위 계층에서 CM으로 전송되어 큐에 저장된 패킷은 CMTS가 보낸 MAP 메시지에 CM이 요구한 전송 대역이 할당되어 있으면 패킷이 전송되어 큐를 나오게 된다. 이때 패킷이 큐에 들어와서 큐를 빠져 나갈 때까지의 시간이 큐 지연 시간이라고 한다. 전송주기가 짧을수록 큐 지연이 낮음을 알 수 있으며, 이는 전송주기가 짧아질수록 각 CM의 데이터 전송기회가 많아지기 때문이다. 균등하게 대역을 할당하는 경우보다는 할당량에 반비례해서 대역을 할당하는 경우가 패킷의 지연시간을 줄일 수 있다.

그림 8은 제안한 알고리즘들이 수신한 데이터량을 나타냈다. 가로축은 전송주기를 세로축은 수신한 데이터량을 나타낸다.

결과에서 보듯이 전송주기의 변화에 따라서 처리율을 비교해 보면 전송주기가 길수록 CMTS에서 수신한 데이터량을 비교하면 일정한 값에 saturation 되는 현상이 나타난다. 채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘으로 수신한 데이터량이 MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘과 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역 할당 알고리즘보다 많은 양의 데이터를 수신하였다. 이는 채널-결합 방식을 사용하는 CM이 포함되어 있는 네트워크에서는 그룹별로 균등하게 대역을 할당하는 방법이 현재 또는 이전의 MAP 메시지에 의해 할당된 대역을 기준으로 할당하는 방법보다 수신율을 높일 수 있기 때문이다.

## 5. 결 론

본 논문은 OPNET 11.5 기반으로 채널-결합 방식을 사용하는 CM이 포함된 DOCSIS 3.0 네트워크에서 제안한 채널-결합 상향대역 할당 알고리즘의 성능을 검증하기 위한 시뮬레이터를 개발하였다. DOCSIS3.0 기반의 성능을 분석하기 위해 CMTS 노드, CM 노드, CMTS 프로세스, CM 프로세스를 모델링 하였다.

채널-결합 방식을 사용하는 CM이 존재하는 경우가 그렇지 않은 경우보다 경쟁구간 이용률이 높아서 경쟁구간을 절약하여 대역을 보다 효율적으로 사용할 수 있다.

개발된 시뮬레이터를 통하여 채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘, MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘, 그리고 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역 할당 알고리즘 간의 성능을 비교 실험하였다. 성능검증을 위하여 CM의 큐로 들어온 패킷이 CMTS로 나가는데 지연되는 큐 지연시간과 CMTS에서 처리한 데이터량을 사용하였다.

MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘을 사용하는 경우의 큐 지연시간이 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역 할당 알고리즘을 사용하는 경우와 채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘을 사용하는 경우의 큐 지연시간 보다 작았다.

채널-결합 그룹별 균등 대역할당 알고리즘으로 수신한 데이터량이 MAP 할당량 반비례 대역할당 알고리즘과 채널-결합 그룹별 할당량 반비례 대역 할당 알고리즘보다 많은 양의 데이터를 수신하였다.

## 참 고 문 헌

1. 김태균, 최동준, 유용식, 권오형, “DOCSIS 기술 및 표준화 동향 분석”, 전자통신동향분석, 제19권 제4호, 2004년 8월.
2. 홍승은, 권오형, 이수인, “케이블 망에서의 통신 방송 융합 기술 동향”, 주간기술동향 통권 1804호 2007년 7월.
3. Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0, MAC and Upper Layer Protocols Interface Spec., Aug. 4, 2006, CableLabs.
4. G. Kramer, “IPACT: A Dynamic Bandwidth Distribution Scheme in an Optional Access Network”, Photonic Network Communication, Vol. 4, pp. 89-107, 2002.
5. G. Kramer, B. Mukherjee, S. Dixit, Y. Ye, R. Hirth, “Supporting Differentiated Classes of Service in Ethernet Passive Optical Networks”, Journal of Optical Networking, Vol. 1, pp. 280-298, 2002.
6. R. Cohen, S. Ramanathan, “TCP for High Performance in

- Hybrid Fiber Coaxial Broad-band Access Networks”, IEEE /ACM Trans. on Networking, pp. 15-29, Vol.6, 1998.
7. G.Muntean, P. Perry, L. Murphy, “A New Adaptive Multimedia Streaming System for All-IP Multi-Service Networks”, IEEE Trans. on Broadcasting, pp. 1-10, Vol. 50, 2004.
  8. R.Rabbat and K.Y.Siu, “QoS Support for Integrated Services over CATV”, IEEE Comm., pp. 64-68, Vol. 37, 1999.
  9. Y Lin, C Huang, W Yin, ‘Allocation and Scheduling Algorithms for IEEE 802.14 and MCNS in Hybrid Fiber Coaxial Networks’, IEEE Trans. on Broadcasting, pp. 210-217, Vol. 44, 1998.
  10. Su-il Choi, “Cyclic Polling-Based Dynamic Bandwidth Allocation for Differentiated Classes of Service in EPON Networks”, Photonic Network Communications, Vol. 7, pp. 87-97, 2004.
  11. J. Xie, S. Jiang, “A DBA Scheme for Differentiated Services in EPONs”, IEEE Optical Comm. Aug, 2004.



**김 태 균** (tkkim@etri.re.kr)

1990 경북대학교 전자공학과 학사  
 1993 서강대학교 전자공학과 석사  
 2007 충남대학교 전자공학과 박사수료  
 1993 ~ 현재 한국전자통신연구원 책임연구원

관심분야 : 디지털방송, 방송통신 융합, 유비쿼터스, 홈네트워크



**나 성 응** (swra@cnu.ac.kr)

1976 서울대학교 전자공학과 학사  
 1978 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사  
 1992 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사  
 1980 ~ 현재 충남대학교 전자공학과 교수

관심분야 : 영상처리, 영상코딩, 화상회의 시스템