

DOCSIS 망에서 채널 결합 기반 스케줄링 알고리즘

노선식

광주대학교 정보통신학과

A Study on Channel-Bonding Based Scheduling Algorithm for DOCSIS Networks

Sun-Sik Roh

Dept. of Information & Communication Engineering, Gwangju Univ.

E-mail :ssroh@gwangju.ac.kr

요 약

본 논문에서는 채널 결합 기법을 고려하여 DOCSIS 3.0 망에서 상향스트림 스케줄러를 설계하고 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 본 논문에서 제안하는 스케줄러는 Bonding Process Module, QoS Service Classifier, Upstream Scheduler, Framing Module 등으로 구성된다. 결합 채널에 대한 대역을 할당하기 위해 균등요구대역 할당알고리즘, 현재 요구대역할당을 고려한 요구대역 할당알고리즘, 이전 MAP의 대역 할당 정보를 고려한 요구대역 할당알고리즘을 제안하였다. 제안한 스케줄러 및 스케줄링 알고리즘의 성능을 비교평가하기 위해 OPNET 기반의 DOCSIS 3.0 시뮬레이션 모델을 개발하고, 시뮬레이션을 수행하였다. 성능평가 결과 CM에서 큐잉 지연과 CMIS에서 데이터 수신량 관점에서 균등요구할당 알고리즘이 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

키워드

DOCSIS, Bonding, Scheduling Algorithm

1. 서 론

정보통신 기술의 발전과 인터넷 사용자의 증가 및 저변확대는 인터넷 서비스의 다양화 및 망의 고도화를 요구하고 있다. 광대역 가입자 망으로서 HFC(Hybrid Fiber Coaxial) 망에서도 이러한 통신망 요구 사항을 수용하기 위하여 CableLAB에서는 DOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specification) 망에서 채널 결합 방식을 이용하여 광대역 서비스를 제공할 수 있는 DOCSIS 3.0을 제정하였다[1].

채널-결합 방식은 데이터 전송 용량을 증가시키기 위해 CMIS(Cable Modem Termination System)가 하나의 CM(Cable Modem)과 다수의 채널을 통해 데이터를 송수신할 수 있는 방법이다. CM에서는 채널-결합 방식을 이용하여 한 채널 이상의 전송 용량을 할당 받을 수 있다. 채널-결합 방식은 상/하향 스트림을 위해 모두 적용되지만, 상/하향 채널별로 독립적으로 수행된다. 상향스트림 채널-결합 기능을 이용하기 위해서 CMIS는 CM의 요구대역을 기반으로 상향스트림 결합 그룹에 있는 상향 결합 채널들에 대해 대역을 효율적으로 할당할 수 있는 스케줄러가 요구된다.

본 논문에서는 채널 결합 기법을 고려하여 DOCSIS 3.0 망에서 상향스트림 스케줄러를 설계

하고 스케줄링 알고리즘을 제안한다. 본 논문에서 제안하는 스케줄러는 Bonding Process Module, QoS Service Classifier, Upstream Scheduler, Framing Module 등으로 구성된다. 하나의 Bonding Process Module이 모든 채널을 대상으로 결합 그룹에 대한 요구를 처리하고, QoS Service Classifier, Upstream Scheduler, Framing Module는 채널별로 구성된다. 결합 채널에 대한 대역을 할당하기 위해 균등요구대역 할당알고리즘, 현재 요구대역할당을 고려한 요구대역 할당알고리즘, 이전 MAP의 대역 할당 정보를 고려한 요구대역 할당알고리즘을 제안한다. 또한 OPNET[2] 기반 DOCSIS 3.0 시뮬레이션 모델 및 채널 결합 기반 스케줄러를 구현하여 제안한 알고리즘의 성능을 비교평가한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DOCSIS 3.0 기반의 DOCSIS 망에 대하여 설명하고, 3장에서는 채널 결합 기반의 스케줄러 구조와 스케줄링 알고리즘들을 기술한다. 4장에서는 OPNET을 이용한 DOCSIS 시뮬레이터 구현과 성능을 비교 분석한다. 5장에서 결론을 맺는다.

II. DOCSIS 망

DOCSIS 망은 외부망과의 접면에 위치하여

DOCSIS 망으로 데이터를 전송하는 CMTS와 사용자 접면에서 사용자 데이터를 DOCSIS 망을 통해 전송하는 CM으로 구성된다[1]. DOCSIS 망의 기본 구조는 하나의 CMTS와 다수의 CM이 케이블 망을 통해 연결되어 있는 트리 구조이다. CMTS와 CM은 전송 특성을 고려하였을 경우 최대 100마일(약 160Km)의 거리를 두고 설치될 수 있으며, 이때 최대 RTT(Round Trip Time)은 1.6ms이다. CMTS와 CM간의 데이터 전송을 위한 전송 채널은 CMTS에서 CM으로 데이터 전송을 위해 사용하는 하향 채널(Downstream Channel)과 CM에서 CMTS로 데이터를 전송하기 위해 사용하는 상향 채널(Upstream Channel)로 구분되며, 동시에 상/하향 전송이 가능하다.

채널-결합 방식은 데이터 전송 용량을 증가시키기 위해 CMTS가 하나의 CM과 다수의 채널을 통해 데이터를 송수신할 수 있는 방법이다. DOCSIS 3.0 이전에는 CMTS와 CM간에 데이터 전송이 하나의 채널만을 이용함으로써 최대 한 채널의 대역폭을 사용할 수 있었으나, DOCSIS 3.0에서는 CMTS와 CM간에 데이터 전송을 위해 다수의 채널로 구성된 채널 집합을 사용함으로써 확장된 대역폭을 사용할 수 있다. 또한 채널-결합 방식을 사용함으로써 데이터의 전송 지연을 감소할 수 있고, 한 채널에서 수용할 수 있는 광대역 스트림 서비스도 제공할 수 있는 장점이 있다[1].

채널-결합 방식에 참가하는 상향 채널의 집합을 CMTS에서는 상향스트림 채널 그룹(UBG: Upstream Bonding Group)으로 관리하며, CM에서는 결합 채널 집합(Bonded Channel Set)으로 관리한다. 상향스트림에 대해 서비스 특성을 정의하기 위해 사용되는 상향스트림 서비스 흐름(SF: Service Flow)는 하나의 상향스트림 채널이나 하나의 UBG에 할당된다.

III. 상향스트림 스케줄링 알고리즘

3.1 상향 스케줄러 설계

DOCSIS 3.0 기반 망에서는 채널 결합 기능을 제공하는 CM과 제공하지 않는 CM들이 조합을 이루어 망을 구성한다. 채널 결합 기능을 제공하지 않는 CM은 할당된 단일 채널을 통해 상향스트림을 위한 대역 할당을 요구하고, 할당된 단일 채널 대역을 통해 데이터를 전송한다. 채널 결합 기능을 제공하는 CM은 채널 결합 그룹 중 경쟁 구간 전송 기회를 할당받은 채널을 통해서 채널-결합 그룹에 속한 모든 채널에 대한 대역을 요청한다. 따라서 상향 스케줄러를 설계할 때 CM들의 공존과 채널 결합 기능에 따른 다채널 대역 할당이 고려되어야 한다.

본 논문에서 제안하는 스케줄러는 채널 결합 그룹에 대한 대역 할당 요구를 처리하는 Bonding Process Module과 각 채널에 대한 대역 할당 및 대역 할당 메시지 작성을 위한 QoS Service

Classifier, Upstream Scheduler, Framing Module 등으로 구성된다.

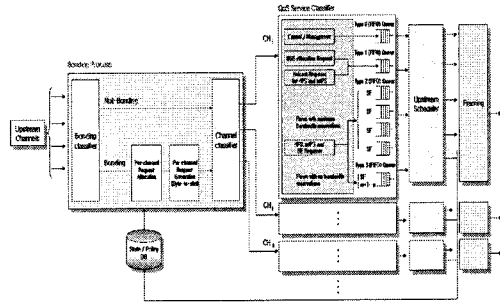


그림 1 상향스트림 스케줄러

Bonding Process Module은 Bonding Classifier Module, Per-channel Request Allocation Module, Per-Channel Request Generation Module, Channel Classifier Module로 구성된다. Bonding Classifier Module은 CM들로부터 전송된 대역 요구정보를 채널 결합 방식의 사용유무에 따라 분류하는 기능을 수행하며, Per-channel Request Allocation Module과 Per-Channel Request Generation Module은 대역 요구정보를 기반으로 해당 CM의 결합 그룹에 속해 있는 각 채널에 대한 요구 용량을 결정하여 채널별 요구 대역을 할당한다. Channel Classifier Module은 채널별 요구 대역 정보를 채널별로 분류한다.

QoS Service Classifier는 채널별 Request를 QoS 서비스에 따라 분류하고, 해당 큐에 저장한다. Upstream Scheduler는 큐에 저장되어 있는 대역 할당 정보와 대역 요구 정보를 서비스 특성에 따라 스케줄링 한다. Framing Module은 스케줄링된 대역 할당 정보를 이용하여 MAP 메시지를 생성한다.

3.2 상향 스케줄링 알고리즘

본 논문에서 제안한 스케줄러 구조에서 스케줄링은 Bonding Process Module에서 결합 그룹에 속해 있는 채널들에 대한 스케줄링 기능(Per-Channel Request Allocation)과 채널별로 수행되는 스케줄링으로 구분된다.

채널별로 수행되는 스케줄링 알고리즘에서는 채널별로 설정된 서비스 종류별 큐 정보를 이용하여 스케줄링을 한다. Type0 큐에 저장되어 있는 할당 정보를 우선적으로 스케줄링하고, Type1 큐에 저장되어 있는 대역 할당 정보와 요구 정보를 스케줄링 한다. Type2 큐에 저장되어 있는 정보는 트래픽의 우선순위에 따라 우선적으로 할당한다. Type3 큐에 있는 정보는 남은 대역이 있을 경우 할당한다.

본 논문에서 Per-Channel Request Allocation을 위해 제안하는 알고리즘은 다음과 같다.

① 균등요구대역 할당알고리즘

균등요구대역 할당알고리즘은 CM의 요구 대역을 결합 그룹에 있는 모든 채널에 대해 동일하게 할당하는 알고리즘이다. 즉 요구 대역을 결합 그룹의 채널 수로 나누어서 각 채널에 할당한다.

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 크기(P_M)보다 작은 경우에는 우선적으로 한 패킷의 최대 크기를 할당한다.

- B_R : 결합 그룹의 요구 대역
- B_i : i 채널의 요구 대역 $i \in \{\text{Bonding Group}\}$
- N_{ch} : 결합 그룹에 속한 채널 수
- P_M : 한 패킷의 최대 크기

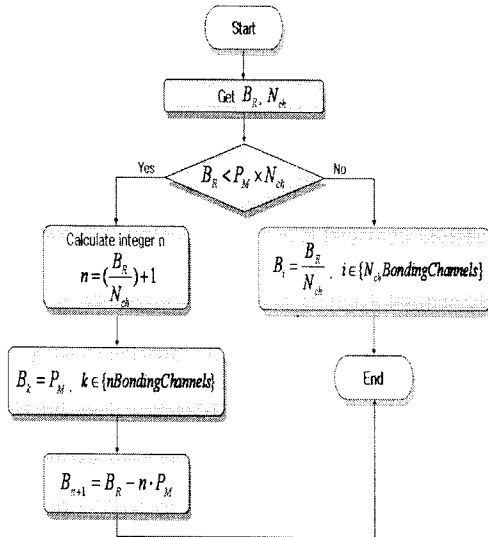


그림 2 균등요구할당 알고리즘

② 현재 요구대역할당을 고려한 요구대역 할당 알고리즘

현재 요구대역할당을 고려한 요구대역 할당 알고리즘은 현재 대역 요구 정보를 참조함으로써 망의 트래픽 발생 상태에 따라 대역을 할당하는 방법이다. 요구대역을 할당할 때 결합 그룹에 속해 있는 채널별 현재 요구 대역 할당 정보를 참조하여 할당한다. 결합 그룹에 속해 있는 채널들의 현재 요구대역 할당의 총합을 구한후 각 채널별 요구대역 할당량과 반비례하게 요구대역을 할당한다.

- TB : 결합 그룹에 속해 있는 채널들의 현재 요구대역 할당의 총합
- TB_i^t : i 채널의 현재(t) 요구 대역 할당 총합 $i \in \{\text{Bonding Group}\}$

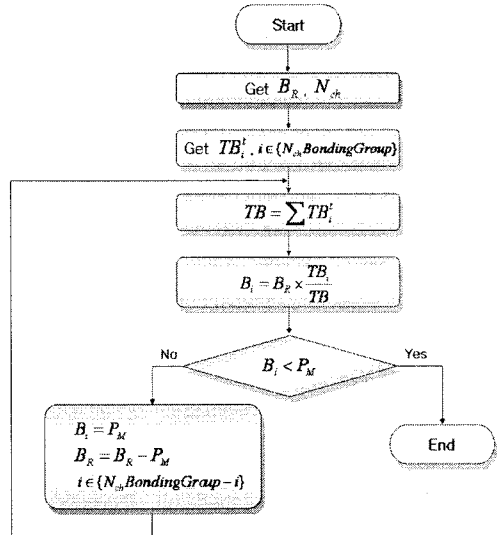


그림 3 현재 요구대역 할당을 고려한 요구대역 할당 알고리즘

③ 이전 대역 할당 정보를 고려한 요구대역 할당 알고리즘

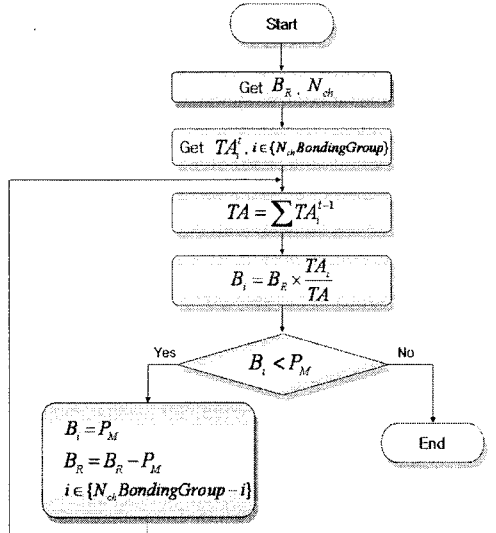


그림 4 이전 MAP의 대역 할당 정보를 고려한 요구대역 할당알고리즘

이 알고리즘은 요구대역을 할당할 때 결합 그룹에 속해 있는 채널별 이전 MAP 대역 할당 정보를 참조한다. 두 번째 알고리즘은 대역 요구정보를 기반으로 할당하지만, 세 번째 알고리즘은 실제로 할당된 대역을 기준으로 현재 요구대역을 채널별로 할당한다. 결합 그룹에 속해 있는 채널들의 이전 MAP 대역 할당의 총합을 구한다음 각

채널별 이전 MAP의 대역 할당량과 반비례하게 요구대역을 할당한다.

- TA : 결합 그룹에 속해 있는 채널들의 현재 요구대역 할당의 총합
- TA_i^{t-1} : i 채널의 현재($t-1$) 요구 대역 할당 총합 $i \in \{\text{Bonding Group}\}$

IV. 시뮬레이션 모델 구현 및 성능평가

본 논문에서 제안한 채널 결합 기반의 스케줄링 알고리즘의 성능을 평가하기 위해 OPNET 기반 DOCSIS 3.0 시뮬레이션 모델을 구현하였다. 네트워크 모델은 CMTS 노드 모델, CM 노드 모델, DOCSIS 링크 모델로 구성되며, 하나의 CMTS에 다수의 CM들이 버스(DOCSIS 링크)를 통해 연결되어 있는 구조이다.

채널 결합 기능을 제공하는 CM의 기능 검증을 위한 결과는 그림5에 나타냈다. 그림은 4개의 채널을 통해 채널 결합 기능을 제공하는 CM0에서 채널 그룹에 속한 4개의 채널을 통해 데이터가 전송됨을 보여주고 있다.

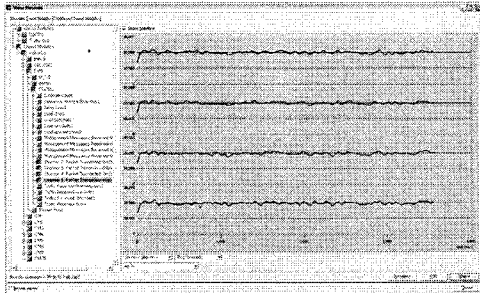


그림 5 CM에서 상향트래픽 전송

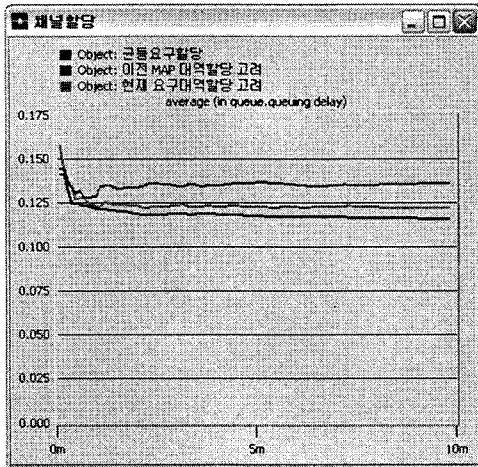


그림 6 CM에서 큐잉지연

그림 6과 그림 7은 각각 CM에서 큐잉 지연과 CMTS에서 수신한 데이터 량을 나타낸다. 두 결과에서 균등요구대역 할당알고리즘이 제일 좋은 성능을 나타내었다. 이는 이전 MAP 대역할당을 고려한 요구대역 할당알고리즘과 현재 요구대역 할당을 고려한 요구대역 할당알고리즘은 할당된 Grant 값이 하나의 데이터를 전송할 수 없는 경우가 발생하기 때문이다.

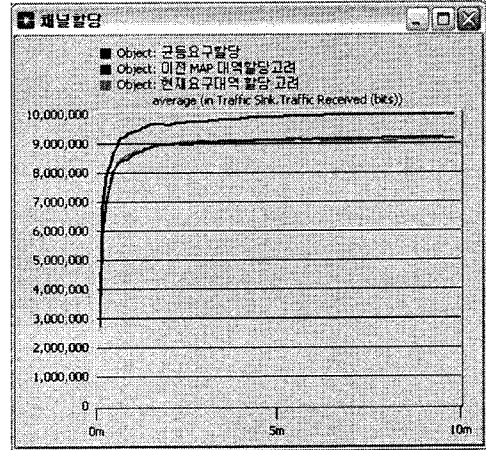


그림 7 CMTS에서 수신 데이터량

V. 결론

본 논문에서는 채널 결합 방식을 제공하는 DOCSIS 3.0 망에서 효율적으로 상향트래픽을 전송하기 위한 스케줄러 및 스케줄링 알고리즘을 제안하였다. 스케줄러는 Bonding Process Module, QoS Service Classifier, Upstream Scheduler, Framing Module 등으로 구성된다. 또한 채널 결합 그룹에 대한 요구 대역 할당을 위해 균등요구대역 할당알고리즘, 현재 요구대역 할당을 고려한 요구대역 할당알고리즘, 이전 대역 할당 정보를 고려한 요구대역 할당알고리즘 등을 제안하였다. 성능평가를 통해 CM에서 큐잉 지연과 CMTS에서 데이터 수신량 관점에서 균등요구 할당 알고리즘이 우수한 성능을 나타냄을 확인할 수 있었다.

향후에는 다양한 상향 스케줄링 서비스에 대한 스케줄러의 구조 및 알고리즘에 대하여 연구하고, 성능을 평가하고자 한다.

참고문헌

[1] Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0, MAC and Upper Layer Protocols Interface Specification, CM-SP-MULPIv3.0-108-080522, MAY 22, 2008, Cable Television Laboratories, Inc.
 [2] www.opnet.com