

DOCSIS 3.0 기반 케이블망에서의 경쟁구간 설정 알고리즘에 관한 연구

김영성 · 송재준 · 노선식
광주대학교

A Study on the Contention Area Establish of Algorithm from Cable Network based on DOCSIS 3.0

Young-Sung Kim · Jae-Jun Song · Sun-Sik Roh

Department of Information & Communication Engineering, Gwangju University

E-mail : ji-ni08@nate.com

요 약

최근 광대역 가입자망으로서 HFC 망을 고도화 할 수 있는 DOCSIS 3.0이 표준화되고 있다. DOCSIS 3.0에서는 상향 스트림 프레임에서 경쟁구간의 크기에 따라 프레임의 크기와 예약 구간의 크기에 영향을 받는다. 또한 경쟁구간을 통해 Request를 전송하려는 CM들의 Request 성공률에도 밀접한 관계가 있다. 이 때 다수의 CM들이 경쟁구간을 통해 대역 할당을 요청하기 때문에 발생하는 충돌을 최소화할 수 있는 경쟁구간 설정 알고리즘이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 DOCSIS 3.0에서 사용하는 채널-결합 방식을 고려하여 경쟁구간 설정 알고리즘을 제안하였다. 성능 평가를 통해 기존 알고리즘 보다 경쟁구간의 이용률과 절약율에 있어서 더 좋은 성능을 나타냄을 확인하였다.

ABSTRACT

DOCSIS 3.0 Protocol is proposed to make the advance of HFC network. In the DOCSIS based network, the upstream frame is divided into contention section reservation section. CMs to have packets send request messages through the contention section That two or more CMs sends Request message at the same contention slot makes collision.

In this paper, are propose the contention section establish at algorithm considering of channel-bonding mechanism that is the primary technique of DOCSIS 3.0.

Results of simulation display better performance int the number of contention slots and the utilization of contention section.

키워드

DOCSIS 3.0, CM, Contention Area, Slotted-ALOHA

1. 서 론

현재 인터넷 사용자는 고품질 VoD 서비스 등 QoS가 보장되는 광대역 멀티미디어 서비스를 요구하고 있다. 최근 정보통신부에서는 사용자들의 요구를 수용하여 광대역통합망으로 정의하고 추진하고 있다.

광대역통합망의 가입자망으로 HFC(Hybrid-Fib

er/coax), xDSL, FTTH가 경쟁을 하고 있다. 이중 xDSL과 FTTH는 통신 서비스에 대한 사용자들의 요구 사항을 인식하고 망의 고속화를 진행하였다. 반면 HFC는 셀 분할 및 채널 할당이 유연하여 망 운용이 쉽고 증폭기의 사용으로 전송거리 확장이 가능하여 거리에 따른 전송 속도 및 품질의 영향이 적은 장점이 있음에도 불구하고, DOCSIS(Data Over cable Service Interface

Specification) 2.0이 제공하는 30Mbps 전송속도로는 고품질 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 어렵다. 이러한 문제를 해결하기 위해 Cable Labs에서는 채널-결합(Channel-Bonding) 방식을 통해 HFC 망을 고도화할 수 있는 DOCSIS 3.0의 표준화 작업을 시작하였다.

DOCSIS 3.0 MAP 프로토콜에서 상향스트림 프레임의 경쟁구간은 패킷을 전송하길 원하는 CM(Cable Modem)들의 요구 대역에 대한 정보를 수집하기 위해 할당되며, 요구 대역이 있는 CM들은 Request/Queue Depth-based Request 메시지를 생성하여 경쟁구간에 할당된 슬롯 중 임의의 슬롯을 선택하여 전송한다. 이 때 다수의 CM들이 경쟁구간을 통해 대역 할당을 요청하기 때문에 발생하는 충돌을 최소화할 수 있는 경쟁구간 설정 알고리즘이 필요하다.

본 논문에서는 DOCSIS 3.0 기반 케이블망에서의 경쟁구간 설정에 따른 영향을 분석하여 경쟁구간 설정 알고리즘을 설계한다. 시뮬레이션을 통하여 제안한 알고리즘의 성능을 비교 분석한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 DOCSIS 망의 구조에 대해서 기술한다. III장에서는 상향 스트림 경쟁구간 설정 방식에 대해서 기술하고 기존 경쟁구간 설정 알고리즘을 기반으로 새로운 알고리즘을 제안한다. IV장에서는 시뮬레이션을 통해 성능을 분석한다. V장에서는 결론을 맺는다.

II. DOCSIS 망의 구조

DOCSIS 네트워크는 하나의 CMTS(Cable Modem Termination System)와 다수의 CM들이 케이블망을 통해 연결되어 있는 트리구조이며, 양방향 전송이 가능하다. CM은 핵내망과 HFC망의 접점에 위치하여 있어서, 사용자의 트래픽을 HFC 망을 통해 외부로 전송하는 기능을 수행한다. CMTS는 HFC망과 외부 광역망의 접점에 위치하여 상호 인터페이스를 제공하며, HFC망의 구성 요소에 대한 관리와 망을 통한 데이터 전송을 제어한다.

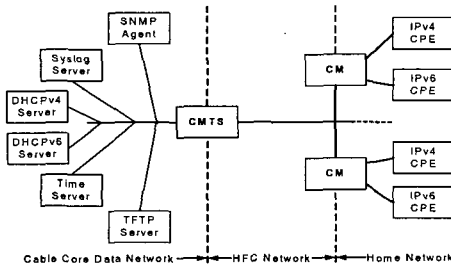


그림 1. DOCSIS 망 구조

CMTS와 CM은 전송 특성을 고려하였을 경우 최대 100마일(약 160Km)이며, 이때 최대 RTT(Round Trip Time)은 1.6ms이다. CMTS와 CM간의 데이터 전송을 위한 전송 채널은 CMTS

에서 CM으로 데이터 전송을 위해 사용하는 하향 채널(Downstream Channel)과 CM에서 CMTS로 데이터를 전송하기 위해 사용하는 상향 채널(Upstream Channel)로 구분된다. 하향 채널은 단일 주파수를 갖는 DOCSIS 하향 RF 신호이다. 상향 채널은 단일 주파수를 갖는 DOCSIS 상향 RF 신호인 물리적 상향 채널과 물리적 상향 채널을 시간으로 분할한 논리적 상향 채널로 구분된다. 상향 채널과 하향 채널을 통한 데이터 전송은 상호 독립적으로 수행된다.

CMTS는 각 상/하향 채널과 다수의 CM들을 MAC 도메인(Domain)을 생성하여 관리한다. MAC 도메인은 하나이상의 상향채널, 하나이상의 하향채널, 그리고 해당 상/하향 채널과 관련된 CM들의 집합으로 구성된 논리적인 구성요소의 집합이다. 하나의 MAC 도메인은 적어도 하나의 상향채널과 하향 채널을 포함해야 한다. 즉 모든 상향채널과 하향채널은 MAC 도메인에 포함되어야 한다. 모든 MAC 도메인은 CMTS의 MAC 기능을 동일하게 수행한다.

MAC 도메인은 등록과정을 통해 해당 MAC 도메인에 등록된 CM에게 MAC 관리 메시지(MMM:MAC Management Message)를 송수신하는 기능을 수행한다. 하나의 CM은 특정 시간에 하나의 MAC 도메인에 등록을 해야지 DOCSIS 망의 서비스를 받을 수 있다.

DOCSIS 망은 하나의 CMTS에 다수의 CM들이 연결되어 있는 구조이다. 하향 트래픽은 CMTS에 의해 모든 CM에 전송되는 구조이다. 반면 상향 트래픽은 연결되어 있는 CM들이 상향 채널을 공유해서 사용한다. 상향 대역을 공유하는 CM들 간에 중복없이 대역을 할당하기 위해서 미니 슬롯(mini-slot)을 사용한다. 미니 슬롯은 상향스트림 전송을 위한 기본 시간단위이며, 상향 대역은 미니 슬롯을 기본 단위로 할당된다.

상향스트림 프레임의 구조는 그림 2와 같다. 경쟁(Contention) 구간은 모든 CM들에게 할당된 구간이며, 요구 대역이 있는 CM들은 Request/Queue Depth-based Request 메시지를 생성하여 경쟁 구간에 할당된 슬롯 중 임의의 슬롯을 선택하여 전송한다. 데이터(Data) 구간은 예약된 대역으로서, 각 CM들이 데이터를 전송하도록 해당 CM들에게 할당된 구간이다. 각 CM들은 데이터 구간 내에서 할당된 슬롯을 통해서만 데이터를 전송할 수 있다. 관리(Maintenance) 구간은 CM과 CMTS간 관리 정보를 전송하기 위해 할당된 구간이다.

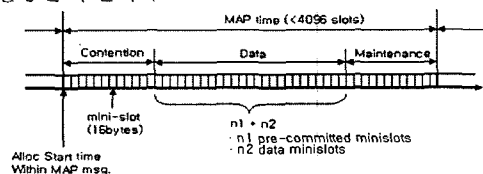


그림 2. 상향스트림 프레임 구조

상향 대역은 CMTS에서 중앙집중적으로 할당한다. 전송할 데이터가 있는 CM들은 CMTS에 필요한 대역을 요구하고, CMTS는 요구 대역 정보를 기반으로 각각의 CM들에게 MAP 메시지를 통해 대역을 할당한다. 이때 다수의 CM들이 동일한 경쟁구간을 통해 요구대역 정보를 전송하기 때문에 Request 메시지가 충돌이 발생한다. 충돌이 발생한 CM들은 다음 MAP 구간에 대역을 할당 받지 못하게 된다.

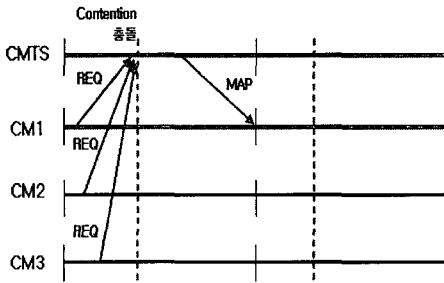


그림 3. contention 영역의 충돌 발생

III. 제안된 경쟁구간 설정 알고리즘 설계

DOCSIS 3.0 MAP 프로토콜에서는 상향스트림 프레임에서 경쟁 구간의 크기에 따라 다음 상향 스트림 프레임의 크기와 예약 구간의 크기는 영향을 받는다. 상향스트림 프레임은 하나의 MAP 메시지에 의해 할당된 상향스트림 대역을 말하며, 상향스트림 프레임의 경쟁구간은 패킷을 전송할 것 원하는 CM들의 요구 대역에 대한 정보를 수집하기 위해 할당되며, 요구 대역이 있는 CM들은 Request/Queue Depth-based Request 메시지를 생성하여 경쟁구간에 할당된 슬롯 중 임의의 슬롯을 선택하여 전송한다.

또한 경쟁 구간을 통해 Request를 전송하려는 CM들의 Request 성공률에도 밀접한 관계가 있다.

본 논문에서는 Slotted-ALOHA 방식에 기반을 둔 경쟁구간 설정 알고리즘을 제안한다. Slotted-ALOHA 방식은 각 장비가 프레임의 전송 개시 시각을 임의로 하지 않고 일정한 크기의 슬롯 시간단위로 제한함으로써 충돌이 발생할 확률을 반으로 줄인다. 슬롯-알로하 방식의 최대 이용률은 약30%이다.

기존의 알고리즘은 하나의 채널을 대상으로 고정 경쟁구간을 사용하거나 Slotted-ALOHA 기반의 경쟁구간 설정 알고리즘을 사용하여 설계되었으나, 본 논문에서는 채널-결합 방식을 고려하였다. 채널-결합 방식은 데이터 전송 용량을 증가시키기 위해 CMTS가 하나의 CM과 다수의 채널을 통해 데이터를 송수신할 수 있는 방법이다.

채널-결합 기법을 사용할 경우 전송 대역 요구는 채널-결합 그룹에 속해 있는 채널 중 경쟁 구간 전송 기회를 제공하는 채널을 우선적으로 이용하여 전송한다. 이러한 채널-결합 기법의 특성을 이용하여 Request 전송 확률을 고려한 경쟁 구간 설정 알고리즘을 제안한다.

DOCSIS 3.0에서 경쟁 구간은 Slotted- ALOHA 방식과 동일하며, Slotted-ALOHA 방식에서 최대 이용률이 약30%라는 점을 이용한다. 따라서 기존 Slotted-ALOHA 기반의 경쟁 구간(Tc)은 다음과 같이 결정하였다.

$$T_c : N_R = 3 : 1$$

$$T_c = 3N_R$$

여기서 N_R 은 유효한 SID 수의 합이다.채널-결합 방식을 고려하면 Slotted- ALOHA 기반의 경쟁 구간(Tc)은 다음과 같이 구할 수 있다.

$$T_c = 3 * \left\{ (N_R - \sum_i N_i) + \sum_i \frac{N_i}{i} \right\}$$

여기서 N_i 는 i 개의 채널을 사용하는 CM의 수이다.

IV. 시뮬레이션 결과 및 고찰

본 논문에서 제안된 알고리즘의 시뮬레이션을 위해 CMTS와 CM간에 사용할 수 있는 최대 결합 채널의 수를 4($i=4$)로 설정하였다. 전체 CM 중 채널-결합 방식을 사용하는 CM의 비율(BGR: Bonding Group Ratio)을 30%로 가정하였으며, 결합 채널의 수가 2, 3, 4개인 CM들의 비율은 각각 10%씩이다. 시뮬레이션 결과는 그림과 같다. 그림 4~6은 N_r 수의 변화에 대한 경쟁구간 성공률, 경쟁구간 미니슬롯 수, 경쟁구간 미니 슬롯 이용률을 나타낸다.

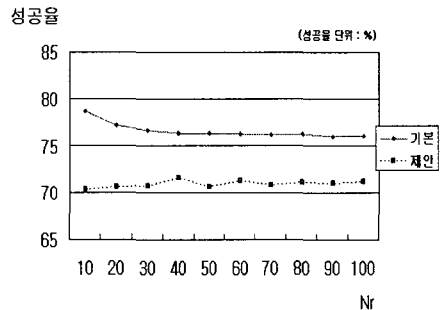


그림 4. 성공률

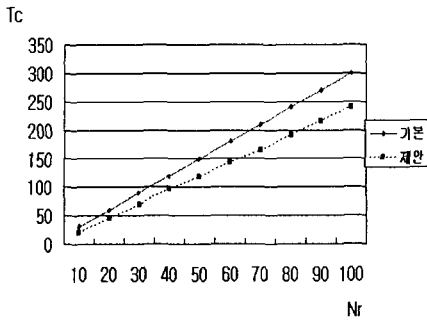


그림 5. Contention Slot 수

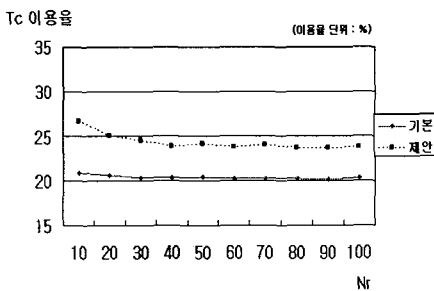


그림 6. Contention Slot 이용률

기존 방식대로 했을 때보다 채널 결합을 고려한 방식대로 경쟁 구간을 설정할 경우, 경쟁 구간을 더 많이 할당하는 기존 방식에 비해 성공률이 있어서는 조금 낮게 나타난다(그림 4). 경쟁 구간 슬롯 수와 경쟁 구간 이용률 관점에서는 채널 결합을 고려한 방식이 더 좋은 성능을 나타내었으며, 경쟁구간을 약 20% 절약할 수 있었다. 이는 하나의 CM당 하나의 경쟁슬롯을 이용할 경우이며, 경쟁을 위해 다수의 슬롯을 사용할 경우 더 큰 차이를 나타낸다. 이러한 결과는 BGR이 커질수록 더 큰 성능의 차이를 나타낸다.

V. 결 론

인터넷을 사용하는 사용자는 고품질 VoD 서비스 등 QoS가 보장되는 광대역 멀티미디어 서비스를 요구하고 있다. 이러한 요구사항에 맞춰 통신 서비스를 제공하는 사업자들은 사용자의 요구사항을 인식하고 망의 고속화를 진행하였다. HFC 망의 표준인 DOCSIS는 기존의 표준인 DOCSIS 1.x와 DOCSIS 2.0 보다 다양하고 대용량 서비스를 제공하기 위해 채널-결합 기법을 중심으로 DOCSIS 3.0 표준을 채택하였다.

본 연구는 DOCSIS 3.0 기반의 케이블망에서의 경쟁구간 설정 알고리즘을 제안하였다. 채널-결합

기법을 이용하는 CM들이 등록된 채널의 경쟁구간에서 CM들은 사용하는 결합 채널의 수에 따라 확률적으로 Request를 전송하는 특성을 이용한 경쟁구간 설정 알고리즘을 설계하였다. 성능 평가 결과 제안한 알고리즘이 기존의 방식에 비해서 경쟁구간 이용률과 경쟁구간 절약율에 있어서 20% 정도 높은 성능을 나타내었다.

참고문헌

- [1] [DOCSIS DSG] DOCSIS Set-Top Gateway Specification, CM-SP-DSG-I07-060407, April 7, 2006, Cable Television Laboratories, Inc.
- [2] [DOCSIS PHY] DOCSIS3.0, Physical Layer Specification, CM-SP-PHYv3.0-I01-060804, August 4, 2006, Cable Television Laboratories, Inc.
- [3] DOCSIS 3.0 : BANDWIDTH, BONDING AND BUSINESS, October 11, 2005, Xtend Networks a vvyo company.
- [4] PacketCable Dynamic Quality-of-Service Specification, PKT-SP-DQoS-I12-050812, August 12, 2005, Cable Television Laboratories, Inc.
- [5] J. Martin, N. Shrivastav, "Modeling the DOCSIS1.1/2.0 MAC Protocol", Proceedings of the 2003 International Conference on Computer Communications and Networks., Dallsa TX, October 2003.