

DOCSIS 3.0 프로토콜에서 MAP 주기에 따른 성능평가

송재준 · 김영성 · 노선식

광주대학교 정보통신학과

Performance Evaluation according to MAP Inter-arrival Time
for DOCSIS 3.0 based HFC network

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

Department of Information & Communication Engineering, Gwangju University
chshsjj@magicn.com

요 약

DOCSIS 3.0 MAC 프로토콜은 MAP 메시지를 통하여 CM과 CMTS의 채널 전송 시간을 조정하므로 프로토콜 성능에 영향을 미치게 된다. 하지만 MAP의 구성요소와 용도에 대한 정의만 표준안에 언급이 되어 있고, MAP 메시지의 전송주기에 대한 정의는 언급되어 있지 않다. 본 논문에서는 DOCSIS 3.0에서 MAP 전송주기에 따른 프로토콜의 성능을 평가하고, 평가 결과를 바탕으로 최적의 MAP 전송주기를 제안하였다. 평가 결과로 MAP 전송주기는 0.05sec일 때 최적의 프로토콜 성능을 보임을 알 수 있었다. 본 연구의 결과는 DOCSIS 3.0 기반 케이블망의 구축을 위한 중요한 성능 요소로 사용될 수 있다.

ABSTRACT

DOCSIS 3.0 MAC protocol regulate CM and CMTS Channel transfer times through MAP message. Standards does not include the details of MAP Inter-arrival Time affecting the performance of MAC protocols for DOCSIS 3.0. In this paper, we evaluated the performance of protocol follow in MAP Inter-arrival Time on DOCSIS 3.0. Based on the evaluation results, we propose the optimal MAP Inter-arrival Time. We found that the protocol shows best performance when the MAP Inter-arrival Time is 0.05sec. The research results can apply to performance element which important for the construction of DOCSIS 3.0 base cable networks.

키워드

DOCSIS 3.0, MAP protocol, MAP Inter-arrival Time, Channel Bonding

I. 서 론

최근 고속 통신 방식에 대한 수요가 증가하고 있는데, 그 이유는 고품질 VoD 서비스 등 QoS가 보장되는 광대역 멀티미디어 서비스에 대한 요구가 증가하고 있기 때문이다. 고속 데이터를 처리를 위한 연구로서 케이블 인터페이스를 기반으로 하는 데이터 전송 방식에 대한 표준안 (Data over Cable System Interface Specification : DOCSIS) 버전 2.0이 제공하는 30Mbps 전송 속도로는 고품질 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 어렵다. 이러한 통신 시장의 요구 사항을 만족시키기 위해 채널-결합 방식(Channel Bonding)을 통해 HFC

망을 고도화 할 수 있는 DOCSIS 3.0의 표준화 작업을 시작하였다[1]. DOCSIS는 광·동축 혼합망 (Hybrid fiber coaxial: HFC)에 관한 표준안으로 케이블 모뎀 (Cable Modem : CM)과 케이블 모뎀 종단시스템 (Cable Modem Termination system : CMTS) 사이의 중간 인터페이스에 관한 통신 규약이다. DOCSIS 3.0에서는 HFC 망을 고도화하기 위해 채널-결합 방식을 사용한다. 채널-결합 방식은 데이터 전송 용량을 증가시키기 위해 CMTS가 하나의 CM과 다수의 채널을 통해 데이터를 송수신할 수 있는 전송 방법이다. DOCSIS RFI v3.0 MAC (Media Access Control) 프로토콜에서는 MAP 메시지를 통하여 CM과 CMTS의 채널 전송

시간을 조정한다. MAP 메시지는 CM이 CMTS에게 전송 요청을 하거나 채널의 전송 시간을 할당 받을 때 사용되는 제어 메시지이다. MAP 전송주기에 따른 효과로 빠른 주기는 높은 관리 경비, 낮은 효율을 나타내고, 늦은 주기는 높은 프레임 지연을 발생시킨다. DOCSIS 3.0 표준안에서는 채널-결합방식을 사용하므로 CM이 사용하는 n개의 채널 수 만큼 MAP 메시지가 도착하므로 MAP 전송 주기는 MAC 프로토콜의 성능에 영향을 미치는 혁신적인 요소이다.

본 논문에서는 DOCSIS 3.0 MAP 전송 주기에 따른 충돌수, 동일 채널 처리율, 규잉 지연을 통하여 최적의 MAP 전송 주기를 구하고자 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 DOCSIS 3.0 MAC 프로토콜에 대해서 기술한다. 3장에서는 시뮬레이터 모델에 대하여 기술하고, 4장에서는 OPNET을 이용한 DOCSIS 3.0 MAP 프로토콜의 MAP 전송 주기에 따른 시뮬레이터 성능평가를 비교 분석한다. 5장에서는 결론을 맺는다.

II. DOCSIS 3.0 MAP Protocol

1. MAC 프로토콜

DOCSIS 망에서 상향 채널 대역폭(Upstream Channel Bandwidth)에 대한 할당은 CM에서 사용하고 자 하는 대역에 대한 대역폭 요구(Request)를 CMTS로 전송하고, CMTS에서 CM의 대역폭 요구를 수집하여 대역폭 할당 스케줄링을 통하여 등록된 채널에 해당하는 대역을 할당한다. 그래서 DOCSIS 망에서는 할당된 대역 정보(Grant)를 CM에게 전송하는 Request-Grant 방식을 이용한다.

CM에서 CMTS로의 대역폭 요구는 채널-결합 기능을 제공하지 않는 경우는 Request frame을 이용하고, 반면 채널-결합 기능을 제공하는 경우는 CM이 전송하기를 원하는 대역폭 요구를 QDB-Request frame을 이용한다.

CMTS는 상향 대역 할당에 대한 정보를 가지고 있는 MAC 관리 메시지인 MAP 메시지를 이용하여 CM에게 상향 대역 할당 정보를 전송한다. MAP 메시지를 수신한 CM은 MAP 메시지 내용을 해석하여 예약 전송 대역, 경쟁 전송 대역, 등록 및 관리 대역에 관한 정보를 얻게 된다. 그림 1은 DOCSIS MAC 프로토콜에서 데이터 전송 과정을 나타낸다. CM에서 데이터를 전송하기 위해서는 두 개의 MAP 메시지를 이용한다. CM에서 CMTS로 대역폭을 요구하기 위해서 CM은 MAP 메시지를 수신할 때까지 기다린다. MAP 메시지를 수신한 후, 메시지에 포함되어 있는 경쟁 전송 대역을 이용하여 대역폭을 요청하게 된다. 요청 대역에 대한 상향 대역 할당 정보가 포함된 MAP 메시지를 기다린 후, MAP 메시지를 수신하면 MAP 메시지에 포함되어 있는 예약 전송 대역을 통해 데이터를 전송하고 한다[1][2]. 그러나 MAP 메시지를 수신 하지 못하면, 그림 1와 같은 과정을 되풀이

하며 MAP 메시지를 수신할 때까지 기다린다. 단, 재 시도 과정은 최대 16 번 때까지 계속된다.

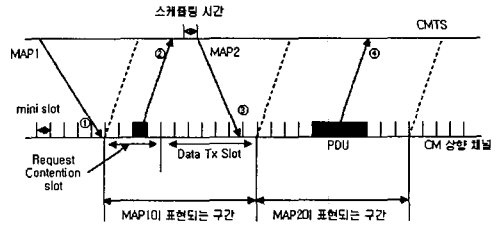


그림 1. DOCSIS 데이터 전송 과정

2. MAP 구조 및 전송 시간

그림 2는 MAP 메시지 구조를 나타내고 있다. "Alloc Start Time"은 MAP에 의해 할당된 대역의 시작시점이다. "Ack Time"은 상향스트림의 마지막 처리 시간, 충돌 감지에 사용된다. "Ranging Data Backoff"는 레인징 충돌, 데이터와 Request 충돌을 위한 back-off window를 나타낸다.

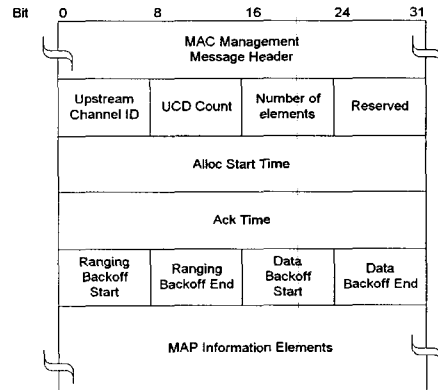
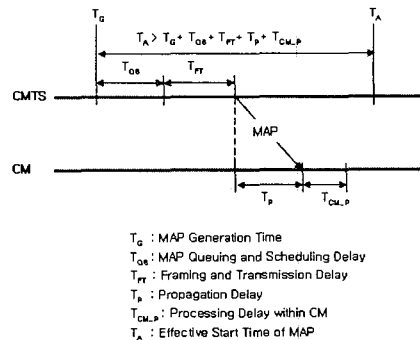


그림 2. Allocation MAP 메시지 구조

그림 3은 MAP의 전송 시간을 나타내고 있다.



T_G : MAP Generation Time
 T_Q : MAP Queuing and Scheduling Delay
 T_{FF} : Framing and Transmission Delay
 T_P : Propagation Delay
 $T_{Cu,P}$: Processing Delay within CM
 T_A : Effective Start Time of MAP

그림 3. MAP 전송 시간

III. 시뮬레이션 모델

본 논문에서는 MAP 전송주기에 따른 프로토콜의 충돌수, 동일 채널 처리율, Queuing Delay에 관한 성능을 분석하기 위하여 OPNET 11.5[4] 기반 DOCSIS 3.0 모델을 설계하여 실험하였다. 네트워크 모델은 그림 4와 같이 CMTS 노드 모델, CM 노드 모델, DOCSIS 링크 모델로 구성되며, 하나의 CMTS에 다수의 CM들이 버스를 통해 연결되어 있는 구조이다. CMTS와 CM간에 사용하는 채널은 CMTS에서 할당하며, 가중치에 의한 라운드 로빈 방식으로 할당하도록 설계하였다.

DOCSIS3.0 모델에서는 채널-결합 방식을 지원하는 CM은 사용하는 모든 채널에 대한 레인징 과정을 수행하고, CMTS는 CM이 보낸 모든 레인징 메시지를 수신한 후에 "ranging response" 메시지를 전송한다. 또한 채널-결합 기능을 지원하는 CM은 QDB Request 메시지를 통해 대역을 요구하며, 패킷 순서 번호 필드를 갖는 Segment 헤더를 통해 데이터를 전송한다.

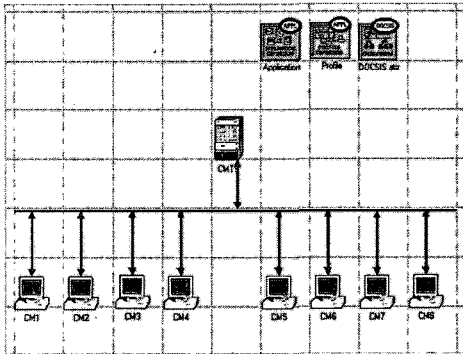


그림 4. DOCSIS 3.0 네트워크 모델

DOCSIS 3.0 네트워크 구성에 대하여 시뮬레이션에서 사용한 기본적인 파라미터 값들은 표2와 같으며 DOCSIS 3.0 표준안을 참조하였다[1][3]. 파라미터 값들은 주로 상향 채널을 고려한 경우로써, 채널 용량은 27Mbps를 할당하였고, 변조는 64QAM를 사용 하였다. CM은 2~4사이의 채널 수를 가질 수 있고 개수는 8개로 한정하였다. 그리고 아래의 6가지 가정하에서 시뮬레이션을 행하였다.

- 트래픽 흐름에 대한 스케줄링은 Best effort Service(BE)를 기준으로 하였다.
- 채널-결합 방식을 사용하는 CM들의 채널 수 설정은 2, 3, 4개의 비율을 동일하게 설정한다.
- 충돌수는 CM이 CMTS로부터 MAP 메시지를 받지 못한 수(Collision count/sec)이다.
- 동일 채널 처리율은 CM이 CMTS로 데이터를 보낸 시간당 데이터량(이다).
- Queuing Delay은 패킷이 CM의 Queue에 들

어와서 CMTS에 나가는데 지연되는 시간이다.
 • CM에서 발생하는 패킷은 8~750bytes사이에서 랜덤하게 생성한다.

본 논문에서는 위와 같은 사항들을 고려하여 시뮬레이션에 필요한 여러 가지 파라미터들을 설정하였으며, 이를 통해 DOCSIS 3.0 프로토콜에서 MAP 전송주기에 대한 성능을 분석하였다.

Parameter	Value
Upstream channel capacity	27 Mbps(64QAM)
Downstream channel capacity	30 Mbps(64QAM)
Minislot	8 bytes/minislot 256 ticks/minislot
Number of contention minislots per MAP	32
Maximum number of minislots in MAP	4096
Number of CMs	8
Number of channel per CM	2~4
Simulated time for each run	1 (hour)

표 1. 시뮬레이션을 위한 파라미터 값

IV. 시뮬레이터 성능 평가 및 분석

본 논문에서는 MAP 전송주기에 따른 충돌수, 동일 채널에 대한 처리율, Queuing Delay에 대한 성능을 평가했다.

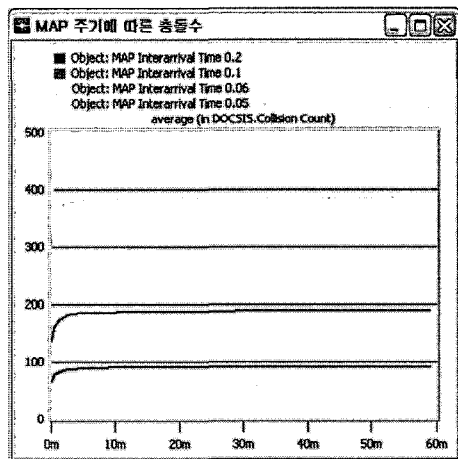


그림 5. 충돌수

그림 5은 MAP 전송주기의 변화에 따른 동일

CM의 충돌수를 나타냈다. 그림에서 보는 바와 같이, MAP 전송주기가 짧을 수록 많은 충돌수를 나타내는 이유는 전송주기가 긴 것보다 짧을 수록 많은 MAP 메시지를 전송하기 때문이다.

그러나 그림 6과 같이 동일 채널에 대한 처리율을 비교해 보았을 때 MAP 전송주기가 짧을 수록 높은 처리율을 나타냄을 확인할 수 있다. 그 이유는 충돌수는 많지만 그 만큼 많은 MAP 메시지를 받아 전송기회가 많아지기 때문이다.

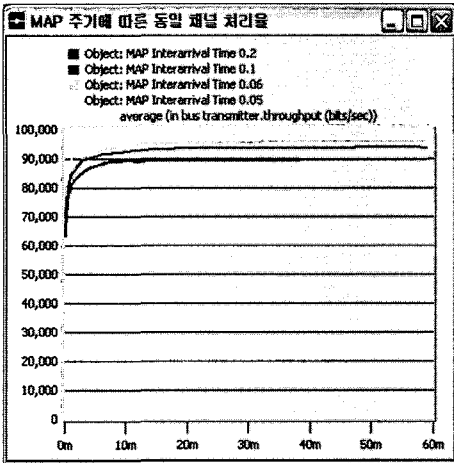


그림 6. 동일 채널 처리율

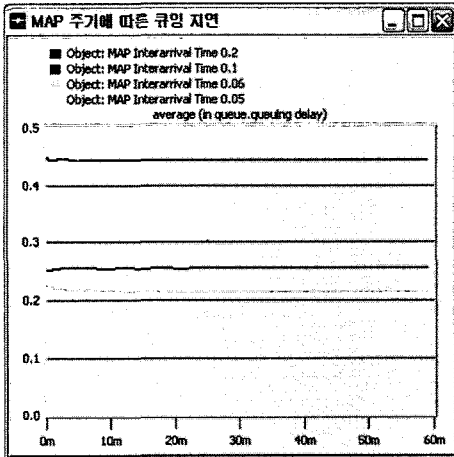


그림 7. Queuing Delay

상위 계층에서 CM으로 패킷이 전송되어 큐에 저장된다. 큐에 저장된 패킷은 CMTS가 보낸 MAP 메시지에 CM이 요구한 전송 대역이 할당되어있으면 패킷이 전송되어 큐를 나오게 된다. 이 때 패킷이 큐에 들어와서 큐를 빠져 나갈때 까지의 시간을 Queuing Delay라고 한다. MAP 전송주기의 변화에 따른 CM의 큐잉 지연은 그

림 7과 같다. MAP 메시지 주기가 짧을 수록 Queuing Delay가 낮음을 확인할 수가 있는데 그 이유는 MAP 메시지에 따른 동일 채널 처리율이 높음과 같다.

V. 결 론

본 논문에서는 DOCSIS 3.0 MAP 프로토콜에 대해 살펴보고, MAP 전송주기에 따른 성능을 분석하기 위하여 DOCSIS 3.0 표준안에 있는 파라미터 값들을 기반으로 시뮬레이션 하였다. MAP의 최적의 전송주기를 찾기 위하여 MAP 전송주기를 0.2, 0.1, 0.06, 0.05(sec)로 설정하여 시뮬레이션했다. 시뮬레이션 결과 MAP 주기가 작을수록 충돌수는 많았으며, 채널 처리율과 Queuing Delay은 낮았다. Queuing Delay은 MAP 주기가 커짐으로써 증가하게 된다. 그림에도 불구하고 MAP 주기가 커짐에 따라 채널 처리율이 높은 것은 충돌수가 적어 데이터를 더 많이 전송하기 때문이다. MAP 전송주기를 0.05sec이하로 설정하고 시뮬레이션을 할 때의 결과는 0.05sec와 거의 동일한 결과를 가져온다. 오히려 전송주기를 너무 짧게 설정했을 때 패킷들이 큐를 빠져나가지 못하고 쌓이게 된다. 그 이유는 빈번한 MAP 메시지 전달로 인한 오버헤드와 트래픽이 문제였다. 이를 통해서 MAP 전송주기가 0.05sec일 때 최적임을 확인하였다.

본 논문의 연구 결과는 DOCSIS 3.0기반 케이블망의 구축을 위한 중요한 성능 요소로 사용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Data-Over-Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.0, MAC and Upper Layer Protocols Interface specification, CM-SP-MULPIv3.0-103-070223, February 23, 2007, Cable Television Laboratories, Inc.
- [2] W. Yin, C. Wu, and Y. Lin, "Two-Phase Minislot Scheduling Algorithm for HFC QoS Service Provisioning", IEICE Trans. Commun. Vol. E85-B, no.3, pp.582-593, March 2002.
- [3] 김수희, 손원, 김영수, 홍인기, 디지털 유선 방송을 위한 DOCSIS 1.1 프로토콜의 성능 분석에 관한 연구, 한국통신학회논문지, Vol.29, NO.11A, pp.1253-1261, November 2004.
- [4] www.opnet.com