

OPNET 시뮬레이션 도구를 이용한 Ethernet PON의 ONU 버퍼 크기에 대한 연구

윤상원^{0*}, 장용석^{*}, 엄종훈^{**}, 김승호^{*}

^{*}경북대학교 컴퓨터공학과, ^{**}KT 통신망연구소

{swyoon, ysjang}@borami.knu.ac.kr, jhecm@kt.co.kr, shkim@knu.ac.kr

Study of ONU Buffer Size for Ethernet PON Using OPNET Simulation Tool

Sang-Won Yoon^{0*}, Yong-Seok Jang^{*}, Jonghoon Eom^{**}, Sung-Ho Kim^{*}

^{*}Department of Computer Engineering, Kyungpook National University

^{**}Telecommunication Network Laboratory, KT

요 약

Ethernet PON(Passive Optical Network)은 최근 들어 활발히 연구되고 있는 경제적이고 효율적인 가입자망 구조이다. 본 논문에서는 OPNET 시뮬레이션 도구를 사용하여 Ethernet PON 시뮬레이션 모델을 구현하고, 시뮬레이션한다. OLT(Optical Line Termination)에 연결되는 ONU(Optical Network Unit)의 개수, 트래픽 및 네트워크 파라미터에 대한 ONU의 버퍼 크기(buffer size)를 분석하고, 이 결과로서 실제 네트워크에 적용할 효율적이고 적절한 ONU의 버퍼 크기를 제안한다.

1. 서론

오늘날 초고속 통신망을 구축하기 위한 노력은 국가적인 프로젝트의 차원에서 수행되고 있다. 멀티미디어의 수요가 날로 증가함에 따라 가입자 액세스 망에 대용량의 대역폭을 제공하는 FTTH(Fiber To The Home)를 실현하기 위해서, 광케이블을 이용한 고속 전송과 인터넷 트래픽에 적당한 프로토콜 및 장비의 개발과 연구 등이 계속되고 있다.

PON은 가입자측에서 저속의 xDSL(Digital Subscription Line), 케이블모뎀 등을 사용함으로써 발생하는 국간망과의 트래픽의 불균형을 해소시킬 수 있는 경제적인 구조로 연구되고 있다. 이러한 연구의 한 방안으로 이미 ATM PON(Asynchronous Transfer Mode PON)이 표준화되어 활용되고 있지만, ATM PON에 비해 패킷 길이의 오버헤드가 적고, 일반 사용자망의 대부분을 차지하고 있는 Ethernet과 연계되어 저가에 구축할 수 있는 Ethernet PON의 연구가 활발히 진행되고 있다[1-4].

Ethernet PON을 구성하는 OLT와 각 ONU 장비의 가격은 실제 네트워크에서 중요한 평가기준으로 작용한다. 따라서, 본 논문에서는 네트워크 시뮬레이션 도구인 OPNET을 이용하여 ONU의 적절한 버퍼 크기를 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 IEEE 802.3 EFM(Ethernet in the First Mile) SG(Study Group)에서 이루어지고 있는 Ethernet PON 구조의 표준화 동향을 살펴보고, 3장에서는 OPNET으로 구현된 Ethernet PON 모델을 기

술한다. 4장에서는 3장에서 구현된 모델의 시뮬레이션을 통해 Ethernet PON에서 요구되는 ONU 버퍼 크기를 측정한다. 마지막으로, 5장에서는 결론을 내리고 향후 연구과제를 제시한다.

2. Ethernet PON 구조의 표준화 동향

Ethernet PON은 그림 1과 같이 OLT, ONU, 수동 광 분배기(Passive Star Coupler)로 구성되고, 하나의 OLT에 수동 광 분배기를 통해 최대 64개의 ONU가 연결되며, OLT와 ONU의 최대 거리는 20km로 배치된다.

Ethernet PON의 동작원리는 OLT가 ONU에게 점 대 다점(point to multipoint)의 형태로 하향스트림(downstream)을 방송(broadcasting)하고, ONU는 OLT에게 다점 대 점(multipoint to point) 형태로 상향스트림(upstream)을 보낸다. 따라서, 상향스트림은 다중 접속 프로토콜(multiple access protocol)을 필요로 한다. Ethernet PON의 네트워크 구성은 스타형 토폴로지 구조로 구성되어 있고, 다중 접속 프로토콜은 ONU간의 충돌을 피하기 위해 TDMA(Time Division Multiple Access)방식을 사용한다[5].

ATM PON은 53바이트의 고정된 셀 형태로 패킷을 전달하므로 가변길이 패킷을 전송하는 Ethernet PON에 비해 잦은 세그먼트를 한 뒤 헤더를 삽입하게 되어 전송 효율이 떨어지게 된다[6]. 또한 기존 인터넷이 대부분 Ethernet 프레임으로 전송되기 때문에 이를 위해 필요한

프로토콜간의 변환으로 인해 고비용의 장비가 필요하다는 문제점이 있다. 이에 반해 Ethernet PON의 데이터 전송 형식은 최대길이 1,518 바이트의 가변길이 패킷 형태이다. OLT가 가변길이 패킷을 방송하면, 각 ONU는 자신에게 필요한 패킷만을 받아들이고 나머지는 파기한다.

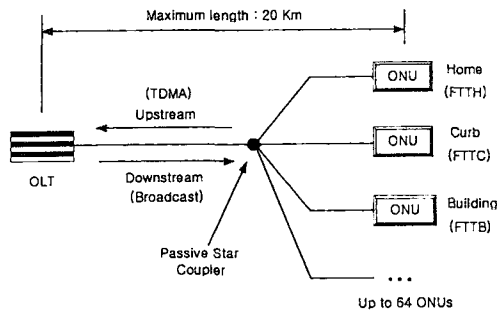


그림 1. Ethernet PON의 구조

3. OPNET으로 구현한 Ethernet PON 모델

본 장에서는 OPNET으로 구현된 Ethernet PON 시뮬레이션 모델에 대해 기술한다. OPNET은 통신 네트워크 장비, 프로토콜 등을 연구하고 설계할 수 있도록 해주는 네트워크 개발 환경을 제공하는 도구로서, 실제 망의 성능을 평가할 수 있다. 또한, 새로운 망을 설계할 때 사용되며, 설계된 모델을 시뮬레이션 함으로서 실제 망에 적용할 수 있다[7]. 구현된 Ethernet PON은 크게 OLT, ONU, PSC와 전송선으로 구성되어 있으며, OLT와 ONU는 노드 모델로서 표현된다. OLT의 노드 모델은 TDMA MAC(Media Access Control) 프로토콜을 사용하여 구현하였고[1], ONU의 노드 모델은 그림 2와 같이 Source 노드, Buffer 노드, Sink 노드, Transmitter 노드, Receiver 노드로 구성했다.

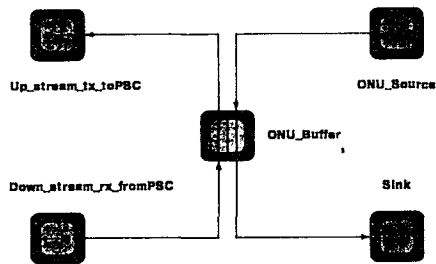


그림 2. ONU노드 모델

ONU의 각 노드 모델 내부에는 프로세스 모델이 존재한다. OPNET에서 프로세스 모델은 유한 상태 기계 접근 (FSM: Finite State Machine) 방식을 사용해서 각 상태와 전이를 정의한다. 각 상태는 개발자에 의해 개발된 프로토콜 프로그램이며, 이 프로그램은 C/C++ 코드로 작성된다. 각 상태 사이의 전이는 OPNET에서 제공되는 이벤트 함수를 개발자가 모델의 설계를 위해서 발생시키거나, 또는 OPNET 시뮬레이터가 시뮬레이션 중에 발생시킨다.

그림 3은 ONU를 구성하는 프로세스 모델을 보여주고 있다. 그림 3(a)는 Buffer 노드의 프로세스 모델을 보여주며, 4개의 무조건 상태와 2개의 조건 상태로 구성된다. 그림

3(b)는 Source 노드의 프로세스 모델이고, 3개의 조건 상태로 구성된다. 그림 3(c)는 2개의 무조건 상태와 1개의 조건 상태로 구성된 Sink 노드의 프로세스 모델이다.

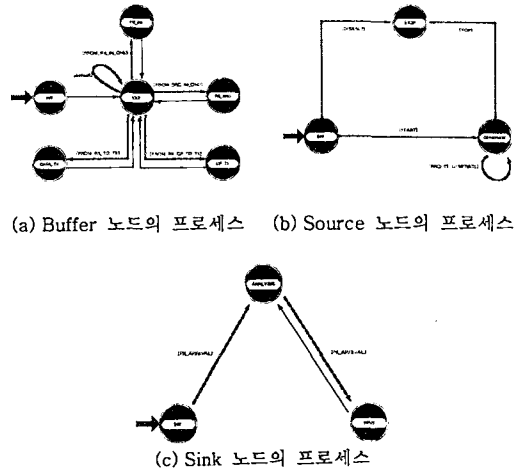


그림 3. ONU의 프로세스 모델

Buffer 프로세스 모델은 제어 패킷을 생성하고 관리한다. 또한, Source 노드로부터 받은 패킷을 Transmitter 노드로 전달하고, Receiver 노드로부터 받은 패킷을 Sink 노드로 전달한다. Source 프로세스 모델은 패킷을 발생시키는 역할을 담당하며, 현재의 통신환경에서 트래픽으로 사용되는 각종 패킷 발생률과 패킷의 크기 변화율을 적용할 수 있게 설계된 범용적인 모델이다. Sink 프로세스 모델은 수신된 패킷을 분석하고, 메모리 관리를 위해 분석된 패킷을 파기하는 역할을 담당한다. 표 1, 2, 3은 각 프로세스 모델들에 대한 상태와 작동을 간략하게 요약한다.

표 1. Buffer 프로세스 모델의 상태와 작동

상태	작동
INIT	초기화.
IDLE	전이가 발생하기를 기다리는 상태.
CP_TX	큐의 정보를 조사. 큐의 정보를 OLT로 송신.
DATA_TX	자신의 타임슬롯에 데이터 전송. - 큐로부터 데이터 패킷을 꺼냄. - 데이터 패킷을 전송.
FR_RX	데이터 패킷 수신. OLT의 시간정보 수신. OLT의 스케줄정보 수신.
FR_SRC	Source 노드로부터 데이터 패킷을 수신. ONU의 큐에 데이터 패킷 삽입.

표 2. Source 프로세스 모델의 상태와 작동

상태	작동
INIT	초기화.
STOP	시뮬레이션이 중단되거나 끝난 상태.
GENERATE	패킷 생성에 관련된 정보 획득(사용자 입력). - 패킷 발생률 정보 획득. - 패킷 크기변화율 정보 획득. 획득된 정보를 사용해서 패킷 생성.

표 3. Sink 프로세스 모델의 상태와 작동

상태	작동
INIT	초기화.
WAIT	천이가 발생하기를 기다리는 상태.
ANALYSIS	패킷을 분석, 시스템 메모리 관리를 위해 패킷 파괴.

4. 시뮬레이션 분석 결과

본 장에서는 구현된 Ethernet PON 시뮬레이션 모델로 평균 버퍼 크기를 분석하였다. 표 4는 Ethernet PON ONU의 버퍼 크기를 분석하기 위한 시뮬레이션 파라미터들이다. ONU의 수는 IEEE 802.3 EFM SG에서 고려 범위인 32개까지로 하였고, 전송 대역폭은 1Gbps로 하였다. 트래픽은 CBR(Constant Bit Rate)과 VBR(Variable Bit Rate)에 대해 실험하였고, 패킷의 크기는 Ethernet 프레임의 크기인 64~1518바이트를 시뮬레이션에 과정에 적용하였다.

표 4. 시뮬레이션에 적용된 파라미터

파라미터	적용
ONU 개수	8,16,32
대역폭	1Gbps
트래픽	CBR, VBR
패킷 크기	512~12144 (bits)
타입슬롯 길이	0.00025 (sec)
제어패킷 타입슬롯 길이	0.000001 (sec)

그림 4는 Ethernet PON의 ONU의 개수를 각각 8, 16, 32로 둔 상태에서 요구되는 평균 버퍼 크기를 나타내고, 그래프의 가로축은 시뮬레이션 시간을 나타내고 세로축은 평균 버퍼 크기를 비트 단위로 표시하였다.

그림 4에서 알 수 있듯이 ONU의 개수가 증가함에 따라 버퍼의 크기가 증가하였는데, ONU 개수가 16개일 때까지는 비교적 적은 버퍼를 요구하지만 ONU 개수가 32개일 때, 최대 200,000비트, 평균 125,000비트 이하의 버퍼 크기를 요구하였다. 이 결과는 Ethernet PON을 구성하는 MAC 프로토콜에 따라 차이가 있을 수는 있지만, 1Gbps의 대역폭에서 IEEE 802.3 EFM SG이 권장하는 32개의 ONU의 개수로 Ethernet PON을 구성했을 때, 요구되는 ONU의 버퍼 크기를 산정할 수 있다는 것을 나타낸다.

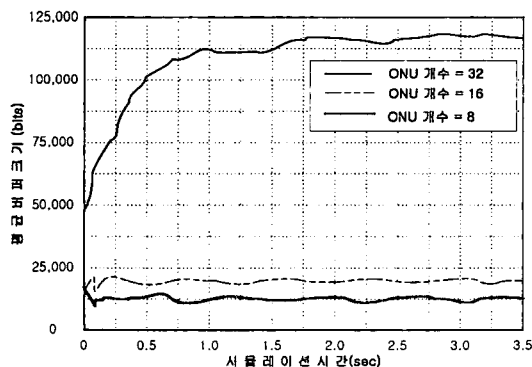


그림 4. ONU 개수 변화에 따른 평균 버퍼 크기

그림 5는 트래픽 변화에 따른 ONU의 평균 버퍼 크기를 나타낸다. 그래프의 가로축은 시뮬레이션 시간을 나타내고

세로축은 평균 버퍼 크기를 비트 단위로 표시하였다. ONU 개수를 32로 설정한 상태에서 Source 프로세스 모델에서 생성되는 패킷을 각각 CBR, VBR로 설정했을 때 요구되는 평균 버퍼의 크기를 나타내었다.

그림 5에서 알 수 있듯이, 트래픽이 CBR일 때는 최대 200,000비트, 평균 125,000비트 이하의 버퍼 크기를 필요로 하고 VBR일 때는 최대 50,000비트, 평균 40,000비트 이하의 버퍼 크기를 필요로 하였다. 실제 망에서의 트래픽을 예상하기란 쉽지 않은 일이지만, 이 분석결과는 실제 Ethernet PON을 구성할 때, ONU 버퍼 크기를 예측하여 설계하는데 많은 참고가 될 수 있으리라 기대된다.

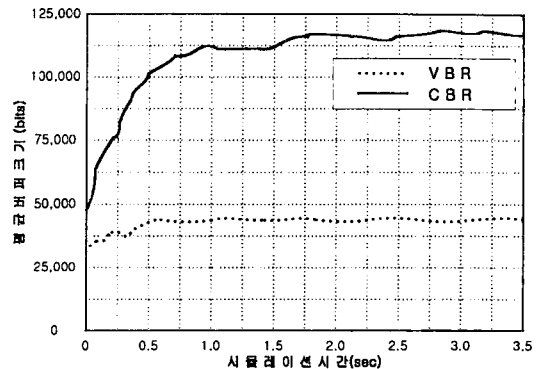


그림 5. 트래픽 변화에 따른 평균 버퍼 크기

5. 결론

본 논문에서는 Ethernet PON에서의 ONU의 개수와 트래픽의 변화에 따라 각 ONU가 가져야 할 최적의 버퍼 크기를 OPNET을 이용하여 시뮬레이션하였다. 이러한 시뮬레이션의 결과를 바탕으로 실제 ONU의 버퍼를 설계함으로써 각종 트래픽과 사용자의 변화에 유연하게 대처할 수 있는 효율적인 망을 구성할 수 있을 것이라고 기대된다.

향후 연구과제로는 ONU와 OLT의 거리가 서로 다르게 배치되어 있는 상태에서 패킷들을 전송하기 위한 배치 프로토콜에 대한 연구가 필요하고 대역폭이 10Gbps 이상일 때에 대한 Ethernet PON의 성능에 대한 연구가 필요하다.

참고 문헌

- [1] S. W. Jung, Y. S. Jang, J. H. Eom and S. H. Kim, "Design and Implementation of Dynamic TDMA MAC Protocol for Ethernet PON Using OPNET," *In Proceeding OECC*, 2002, Yokohama, Japan.
- [2] A. Cook and J. Stern, "Optical fiber access Perspectives toward the 21st century," *IEEE Comm. Mag.*, Feb. 1994.
- [3] <http://www.infowin.org/ACTS>, Infowin Home Page.
- [4] 이수희, "Ethernet PON 기술," *TTA저널*, No.75, pp.84-90.
- [5] <http://www.ieee802.org/3/efm/>, IEEE 802.3 EFM (Ethernet in the First Mile) Home Page.
- [6] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on PON (Passive Optical Network)," Geneva, Oct., 1998.
- [7] <http://www.mil3.com/>, OPNET Home Page.