

Ethernet PON에서의 ONU 개수 변화에 따른 망 효율 극대화를 위한 OPNET 시뮬레이션 모델의 설계 및 구현

장용석⁰, 엄중훈^{**}, 류상률^{***}, 김승호^{*}

^{*}경북대학교 컴퓨터공학과, ^{**}KT 통신망연구소, ^{***}청운대학교 컴퓨터학과

ysjang@borami.knu.ac.kr, jheom@kt.co.kr, shkim@knu.ac.kr, rsr@chungwoon.ac.kr

Design and Implementation of OPNET Ethernet PON Simulation Model for Maximizing Network Efficiency by Changing the Number of ONU

Yong-Seok Chang⁰, Jonghoon Eom^{**}, Sang-Ryul Ryu^{***}, Sung-Ho Kim^{*}

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

^{**}Telecommunication Network Laboratory, KT

^{***}Department of Computer Science, Chungwoon University

요 약

Ethernet PON(Passive Optical Network)은 지금까지 연구되고 있는 가입자 망 가운데 인터넷 트래픽에 가장 적합한 모델이다. 본 논문에서는 Ethernet PON의 성능분석을 위해서 OPNET을 이용하여 Ethernet PON 시뮬레이션 모델을 설계 및 구현한다. 또한, 이 모델에 대한 End to end Ethernet delay, Queuing delay, Throughput과 Utilization 분석을 통해서 하나의 OLT(Optical Line Termination)가 수용할 수 있는 최적의 ONU(Optical Network Unit) 개수를 산정하고 Ethernet PON을 설치할 때 망의 효율을 극대화 하는 방안을 제안한다.

1. 서론

오늘날 인터넷 서비스에 대한 수요가 하루가 다르게 늘어나고 있는 정보화 사회에서 초고속 통신망을 구축하는 것은 국력을 나타내는 중요한 역할을 하고 있다. 이로 인해 세계의 많은 통신기관에서는 초고속 정보 통신망의 구축을 위한 연구들을 수행하고 있다. 이러한 초고속 통신망 연구 중에서, 초고속 가입자망은 통일된 형태로 연구되지 않고, 다양한 형태의 연구로 최종 목적인 FTTH(Fiber To The Home)에 접근하고 있다[1][2].

현재의 대표적인 초고속 가입자망은 xDSL(Digital Subscription Line)이다. 이 모델은 향후 고속 멀티미디어 서비스를 위해서는 전송 능력이 부족하고, 수요 밀집지역에는 유리한 방식이지만, 수요 산발지역에는 적합한 방식이 아니다. 이와 같이 현존하는 가입자 망의 구조는 여러 가지 요구 사항을 수용하기에 부족하다. 이러한 상황에서 반경 20Km 내에 있는 가입자들을 FTTH의 형태로 연결 할 수 있는 PON은 가입자 망의 대안으로 등장한 기술이라 할 수 있다. 또한, PON은 하나의 광케이블을 분배기(Splitter)를 통해 여러 가닥으로 분기하여 최대 64대의 광 가입자 장치가 동시에 연결되어 사용할 수 있는 구조이기 때문에 대용량 전송능력 뿐만 아니라 구축 비용이 저렴한 장점을 가지고 있다[3].

PON기반으로 데이터를 전달 할 수 있는 여러 가지 방법 중에서 가장 먼저 연구된 것은 ATM PON이다. 그러나, 새로운 가입자 망을 구성하려고 할 때, 두 가지 면에서 Ethernet이 다른 방법들 보다 이점을 가진다. 첫째는 가격 경쟁력이

우수하다는 것이고, 둘째는 가정 망이 Ethernet으로 구축되고 있다는 사실이다. 이러한 이유로 IEEE 802.3에서는 2000년 11월 EFM (Ethernet in the First Mile) 연구 그룹을 설립하고 이 그룹을 통해 Ethernet PON 표준화 작업을 진행 중에 있다.

그러나, Ethernet PON은 연구 단계이고, 실험 망 또한 부족한 상황이다. 새로운 매체를 포설하고 망 장비를 설치하기에 앞서, 망에 대한 성능분석이 필수적이다. 이런 성능분석을 통하여 주어진 여건에서 필요한 망 장비의 규모를 산출할 수 있는 것이다. 따라서, 본 논문에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 OPNET을 이용한 Ethernet PON 시뮬레이션 모델을 설계하고 구현하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저, 2장에서는 Ethernet PON의 구조에 대해 설명하고, 3장에서는 OPNET을 이용하여 구현된 시뮬레이션 모델을 기술한다. 4장에서는 3장에서 기술된 모델을 이용해서 시뮬레이션을 하고, 시뮬레이션 결과를 통하여 Ethernet PON에서 OLT가 수용할 수 있는 최적의 ONU 개수를 산정한다. 마지막으로 5장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

2. Ethernet PON의 구성

Ethernet PON은 그림 1과 같이 OLT, ONU, 수동 광 분배기(Passive Optical Splitter)로 구성되어 있고 점 대 다점(Point to Multipoint) PON으로서 FTTH, FTTB(Fiber To The Building)와 FTTC(Fiber To The Curb)로 사용된다.

대용량 데이터 전송 서비스를 제공하기 위하여 대역폭을 동적으로 할당하며, 각 ONU는 수동 광 분배기를 사용하여 광전 변환장치를 사용하는 추가 비용이 들지 않게 된다.

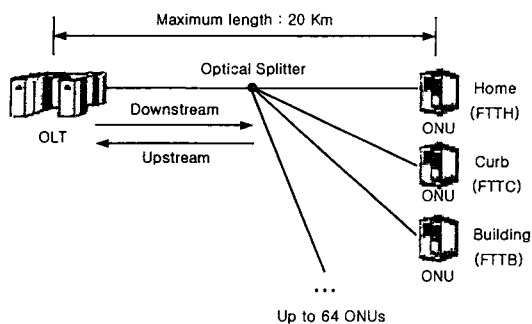


그림 1. Ethernet PON의 구성

그림 1에서 보이는 것처럼, Ethernet PON의 하향스트림(downstream)은 점 대 다점으로 방송(broadcast) 되고, 상향스트림(upstream)은 다점 대 점(multipoint to point)으로 접근하기 위한 다중 접속 프로토콜(multiple access protocol)이 필요하게 된다. 또한, 8~32개의 ONU 개수를 일반적인 형태로 고려하고 있다.

Ethernet PON과 ATM PON을 비교했을 때, 가장 두드러진 차이점은 전달되는 데이터의 형태이다. Ethernet PON은 최대 1518byte의 가변 길이 패킷을 전송할 수 있는 프레임 형태의 전송 방식이고 ATM PON은 53byte의 고정된 셀을 전달하는 방식이다[4]. 이것은 최대 65,535byte의 크기를 가지는 IP 트래픽에서 ATM PON이 패킷을 53byte 단위로 나누어서 보내야 한다는 것을 의미한다. 따라서 그 만큼의 처리시간은 전송효율을 떨어뜨린다. 또한, 전송속도에 대한 측면에서도 Ethernet PON은 1Gbps에서 10Gbps로 확장될 수 있는 반면에 ATM PON은 최대 622Mbps로 제한되어 낮은 전송속도를 보이게 된다. 이러한 Ethernet PON과 ATM PON의 비교를 요약 정리하면 표 1과 같다.

표 1. Ethernet PON과 ATM PON의 비교

	Ethernet PON	ATM PON
Layer 2 프로토콜	Ethernet	ATM
전송	Frame	Fixed Cell
속도	100 Mbps 1.25 Gbps 10 Gbps	155 Mbps 622 Mbps
표준화	IEEE ?? (미정)	FSAN
Downstream	Broadcast	Broadcast
Upstream	TDMA, Other	TDMA

3. OPNET Ethernet PON 시뮬레이션 모델

OPNET은 Network 시뮬레이션 모델을 구현 및 분석하기 위해 사용되는 도구로서 각종 망 장비에 대한 모델을 제공하며, 이러한 모델들을 시뮬레이션하여 그 결과를 실제 망에 적용할 수 있도록 한다[5]. 이 장에서는 OPNET을 사용하여 EFM의 기술동향을 기반으로 구현된 Ethernet PON 모델을 기술하고, 각각의 세부적인 모델들에 대해서 설명한다. 그림 2는 TDMA(Time Division Multiple Access) MAC 프로토콜로 구현된 OLT의 Node 모델과 Process

모델을 보여주며, 표 2는 개발된 OLT의 노드 모델의 구성과 역할을 간략히 설명한다[6].

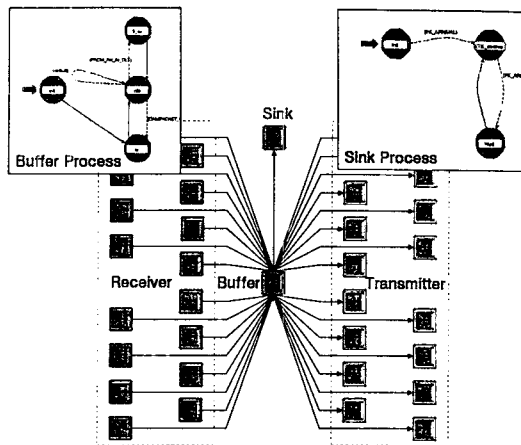


그림 2. 제작된 OLT Node 모델과 Process 모델

표 2. Ethernet PON OLT 노드 모델의 구성과 역할

노드 모델	역할
Buffer 노드	MAC 프로토콜 포함. - PLOAM(Physical Layer Operation Administration and Maintenance) 송수신 제어 - Queue 관리 패킷을 Transmitter로 전달. Receiver로부터 받은 패킷을 Sink로 전달.
Sink 노드	Buffer로부터 패킷 수신 수신 패킷 분석.
Transmitter 노드	Buffer로부터 받은 패킷을 1Gbps로 전송할 수 있는 Link 모델로 전달.
Receiver 노드	1Gbps로 전송할 수 있는 Link 모델로부터 받은 패킷을 Buffer로 전달

그림 3은 구현된 ONU의 Node 모델과 Process 모델을 보여주고 있고, 표 3은 개발된 ONU의 노드 모델의 구성과 역할을 간략히 설명한다.

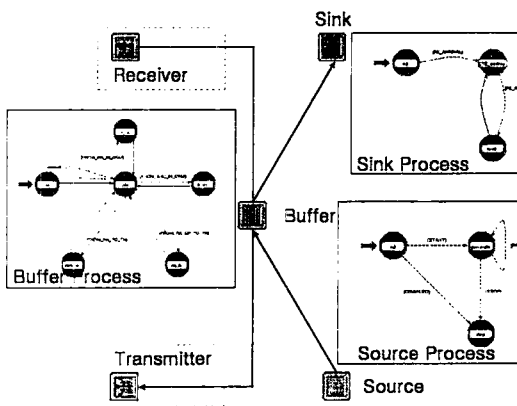


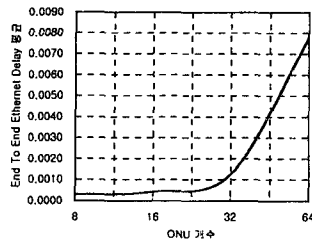
그림 3. 제작된 ONU Node 모델과 Process 모델

표 3. Ethernet PON ONU 노드 모델의 구성과 역할

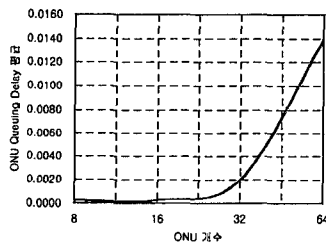
노드 모델	역할
Buffer 노드	MAC 프로토콜, PLOAM 송수신 제어 Queue 관리 패킷을 Transmitter 노드로 전달. Receiver로부터 받은 패킷을 Sink로 전달.
Source 노드	패킷 생성/Queue에 삽입 Queue 관리.
Sink 노드	Buffer로부터 패킷 수신 수신 패킷 분석.
Transmitter 노드	Buffer 노드로부터 받은 패킷을 1Gbps를 전달할 수 있는 Link 모델로 전달.
Receiver 노드	1Gbps를 전송할 수 있는 Link 모델로부터 받은 패킷을 Buffer 노드로 전달

4. 시뮬레이션 결과

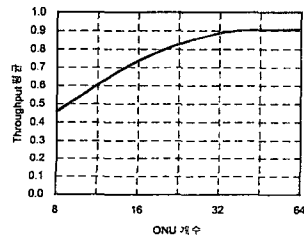
이 장에서는 3장에서 구현된 Ethernet PON Node 모델들을 사용하여 8~64개의 OPNET Ethernet PON 프로젝트 모델들을 구성하고, 이 프로젝트 모델들에 가변 비트율 트래픽을 적용하여 시뮬레이션 결과를 분석한다. 그림 4는 ONU 8~64개의 OPNET Ethernet PON 프로젝트 모델들에 대해서 End to End Ethernet Delay, Queuing Delay, Throughput, Utilization을 측정하고 결과들을 기반으로 분석한 그래프이다.



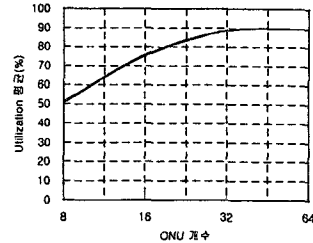
(a) End to End Ethernet Delay 분석 결과



(b) Queuing Delay 분석 결과



(c) Throughput 분석 결과



(d) Utilization 분석 결과

그림 4. 시뮬레이션 분석 결과

그림 4(a)는 ONU 개수의 증가에 따른 평균 End To End Ethernet Delay를 분석한 것으로 End To End Ethernet Delay 증가율은 ONU 개수가 32개를 초과 할 때, 급격한 증가를 보이기 시작한다. 그림 4(b)는 ONU 개수의 증가에 따른 평균 Queuing Delay에 대해서 분석한 것으로 Queuing Delay 역시 ONU 개수가 32개를 초과하는 시점부터 급격한 증가를 보이기 시작한다. 그림 4(c)는 ONU 개수의 증가에 따른 평균 Throughput 변화를 분석한 결과로 ONU 개수가 32개를 초과하게 되면 Throughput은 거의 일정하게 된다. 그림 4(d)는 ONU 개수의 증가에 따른 평균 Utilization 변화를 분석한 결과이다. 그림 4(d)에서 알 수 있듯이 ONU 개수가 32개를 초과하게 되면 Utilization은 거의 일정한 값으로 유지되며 더 이상 증가하지 않는다. 이러한 시뮬레이션 결과에서 알 수 있듯이 1Gbps의 Ethernet PON에서 하나의 OLT가 32개의 ONU를 수용할 때 망의 효율은 극대화 된다.

5. 결론

End to End Ethernet은 세계적인 기술 추세이며, Ethernet PON은 이를 위해 연구되고 있는 가입자 망 기술 중에 하나이다. 본 논문에서는 Ethernet PON 장비를 설치하기에 앞서, 망의 성능분석을 위해 OPNET을 이용하여 Ethernet PON을 시뮬레이션 할 수 있는 모델을 설계 및 구현하였고, 이 모델에 대한 End to end Ethernet delay, Queuing delay, Throughput과 Utilization 분석을 통해서 OLT가 수용할 수 있는 최적의 ONU 개수를 선택하였다. 본 논문에서 개발된 시뮬레이션 모델은 Ethernet PON의 표준화에 종현할 수 있고, Ethernet PON이 실제 운용될 때 지침서로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] A. Cook and J. Stern, "Optical fiber access Perspectives toward the 21st century," *IEEE Comm. Mag.*, Feb. 1994.
- [2] S. S. Kang, H. J. Kim, Y. Y. Chun, and M. S. Lee, "An Experimental Field Trial of PON Based Digital CATV Network," *IEICE Trans. Comm.*, Vol. E79-B, No. 7, pp.904-908, July 1996.
- [3] <http://www.ieee802.org/3/efm/>, IEEE 802.3 EFM Home Page.
- [4] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on PON," Geneva, Oct. 1998.
- [5] <http://www.mil3.com/>, OPNET Home Page.
- [6] S. W. Jung, Y. S. Chang, 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