
ATM-PON에서 VPN 기능 지원을 위한 ONU와 OLT의 설계와 성능분석

장 종욱*, 박 미리*, 전형구**, 남재현***

Design and Performance Evaluation of The ONU and OLT Supporting VPN Function over ATM-PON

Jong-wook Jang*, Mi-ri Park*, Heong-Gu Jeon**, Jae-Hyun Ham***

이 논문은 2003년도 Brain Busan 21사업에 의하여 지원되었음

요 약

수동 소자를 사용한 PON은 경제적인 네트워크이며, 가입자들에게 고속의 서비스를 제공할 수 있다. VPN 기능은 통신망에서 사설망처럼 사용할 수 있는 기능이므로 기업체들은 이 기능을 필요로 한다. 이 기능을 ATM-PON 환경에서 구현할 때는 ONU와 OLT에서 구현하는 방법과 코어 망에서 구현하는 방법이 있을 수 있다. 본 논문에서는 ATM-PON시스템의 ONU와 OLT에 VPN 기능을 추가하여 SCB와 P2P를 구현했다. 실험 결과 ONU와 OLT에 VPN 기능을 두는 제안된 방식이 코어 망쪽에 VPN 기능이 있는 것보다 전체 전송시간이 더 빠르고 트래픽의 양을 줄일 수 있었다.

ABSTRACT

Passive optical network that use passive component is economical network, and can provide service of high speed to subscribers. The function of VPN which is operated like private network is needed to many companies. There are two methods to implement VPN over ATM-PON. One is located at ONU and OLT system and another is located at core network. In this paper, we implemented to SCB and P2P adding VPN function to ONU and OLT of ATM-PON system. We knew that the proposed method has more fast transmission and more small traffic than other method in the field of the performance.

키워드

VPN, ATM-PON, SCB, P2P

1. 서 론

기업 네트워크 환경이 사설 네트워크 환경에서 인터넷 환경으로 급속하게 변하고 있다. 그러나 인터넷의 특성상 신뢰적인 데이터 전송을 보장할 수 없기 때문에 데이터의 보안과 전송로 대역을 보장받을 수 있는 기술로서 주목받는 것이 인터넷

을 이용한 가상사설망이다[1].

개인 네트워크와 같은 정책과 업무 수행능력을 가진 공유된 인프라 상에 배치된 안전한 네트워크 연결성을 가지고 있는 VPN(Virtual Private Network)은 기업체들에게 광범위한 운영체제들과 파트너 그리고 고객들을 인터넷을 통해 연결시킬 실

* 동의대학교 컴퓨터공학과

접수일자 : 2003. 2. 14

** 동의대학교 정보통신공학과

*** 신라대학교 컴퓨터공학부(교신저자)

용적이고 경제적인 방법을 제공한다.

PON(Passive Optical Network)은 기업, 가정까지 광섬유 기반의 초고속 서비스를 제공하기 위해 분배 망에서 값비싼 능동소자 대신 수동소자를 사용하고, 또 다양한 서비스를 제공하는 ONU(Optical Network Unit)를 공유하여 경제적인 네트워크를 구축할 수 있다. 그 중에서 가입자 망 구조로서 PON 구조가 가장 경제적인 구조로 알려지고 있다. 즉, PON은 수동 광 분배기를 통하여 분배한다. 이것의 장점은 저렴한 비용, 간편한 유지 보수 및 전원이다 [2].

본 논문에서는 현재 가입자망의 대안으로 대두되고 있는 ATM-PON 시스템의 ONU와 OLT(Optical Line Termination)에 VPN 기능을 추가하여 그룹통신의 기능인 SCB(Single Copy Broadcasting)와 그룹 내에서도 일대일 통신 방식인 P2P(Point-to-Point)를 구현하여 성능을 분석하고자 한다.

II. VPN과 ATM-PON

2.1 VPN

VPN은 공중망을 이용하여 사설망의 기능을 제공하는 가상의 사설 네트워크이다. 따라서 VPN을 사용하면 개인 사용자 또는 기업이 보안 통신을 유지하면서 공용 네트워크를 통해 원격 서버, 지점 또는 다른 회사에 연결할 수 있다. 사용자에게는 전용 네트워크 통신처럼 보인다.

VPN의 장점은 사설망과 동일한 수준의 보안성, 신뢰성, 관리 편리성을 제공해 준다는 점이다[3].

서비스 제공방식에 따라 크게 원격접속(Remote Access) VPN과 LAN-to-LAN VPN으로 구분할 수 있다. 원격접속 VPN은 원격 근무자나 현장 근로자와 같은 이동사용자에게 위치에 상관없이 기업 내 접속을 제공한다. LAN-to-LAN VPN은 서로 떨어져 있는 2개의 사이트 간에 VPN접속을 제공한다[4].

2.1.1. 원격 접속 VPN(Remote Access VPN)

사설망과 동일한 정책을 적용하여, 이동 사용자나 재택 근무자가 기업 인트라넷이나 엑스트라넷 사이에 원격 액세스를 위한 안전한 임시 연결 통로를 마련한다. 그리고 인터넷을 통해 사용자와 회사 VPN 서버를 연결하는 가상 개인 네트워크를 만든다[5].

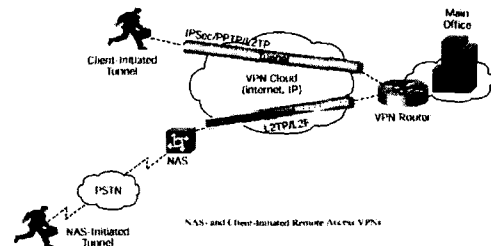


그림 1. 원격 접속 VPN
Fig. 1 Remote Access VPN

2.1.2 엑스트라넷 VPN(Extranet VPN)

엑스트라넷 VPN은 기업과 협력업체, 고객, 공급자간의 안전한 통신을 위한 형태이며, 공유형 서비스 제공자 네트워크를 통하여 한 조직체 내의 멀리 떨어져 있는 사무실들을 연결한다. 그러므로 기업들은 보안, QoS(Quality of Service), 신뢰성, 관리의 용이함 등을 가지고 있어야 한다[5].

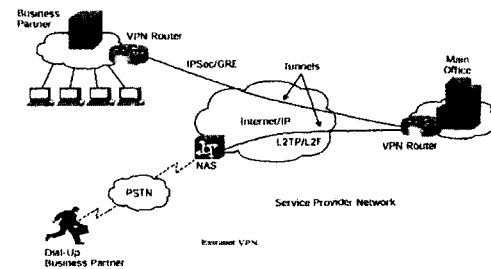


그림 2. 엑스트라넷 VPN
Fig. 2 Extranet VPN

2.1.3 인트라넷 VPN(Intranet VPN)

기업 내부의 연결로서 매우 중요한 데이터를 처리하는 부서의 LAN을 회사의 나머지 인터넷

워크로부터 물리적으로 분리시키기도 한다. 이렇게 함으로서 기밀 부서의 정보를 외부로부터 보호할 수 있다[5].

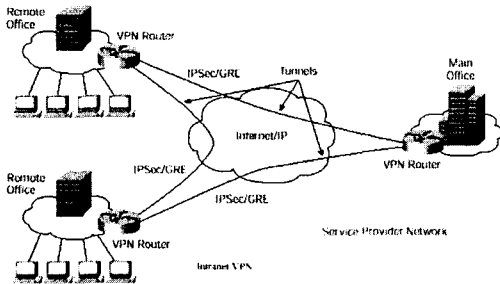


그림 3. 인트라넷 VPN
Fig. 3 Intranet VPN

VPN 솔루션이 제공해야하는 최소한의 요건은 다음과 같다.

- 사용자 인증 : 권한이 있는 사용자에게만 VPN 액세스를 허용
- 주소 관리 : 주소의 비 공개성 보호
- 데이터 암호화 : 권한 없는 클라이언트가 읽을 수 없도록 암호화
- 키 관리 : 암호화 키의 생성과 갱신
- 복수 프로토콜 지원 : 공용 네트워크에서 사용되는 모든 프로토콜들을 지원

2.1.4 터널링 프로토콜

VPN에서 사용되는 터널링은 인터넷 네트워크 상에서 외부의 영향을 받지 않는 가상적인 터널을 형성해 정보를 주고받는다라는 의미이다. 다른 사용자로부터 보호를 받는다는 것이 터널을 구성하는 중요한 목적이다. 터널링을 구성하는 기술로는 이미 표준화가 이루어진 L2TP(Layer 2 Tunneling Protocol)와 IPSec(IP Security Protocol) 등이 있다[6].

2.2 ATM-PON

ATM-PON 시스템은 그림 4와 같이 FTTH

(Fiber To The Home), FTTC(Fiber To The Curb), FTTO(Fiber To The Office)의 접속망 구조의 공통부분은 CO(Central Office)에 위치하는 OLT(Optical Line Termination), RT쪽에 위치하는 ONUs(Optical Network Units) 및 광분배기 ODN(Optical Distribution Network)으로 구성된다. 광케이블은 수동 광 분배기에 의해 분기되며, 가입자에서 기간 망까지의 전송거리는 최대 20Km까지이고 현재 전송속도는 상하향 622.080 Mbps가 표준으로 정해져 있다. 광 분배망은 수동 광 분배기를 이용하여 옵티컬 파워전송 레벨과 OLT와 ONU간의 거리에 따라 16개 혹은 32개의 분기를 가질 수 있는 점대다점의 구조를 갖는다 [7].

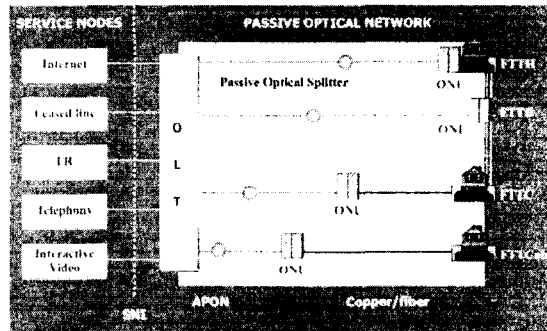


그림 4. ATM-PON구조
Fig. 4 ATM-PON Architecture

ATM-PON에서는 하향일 때는 브로드캐스팅 방식을 사용하고 상향일 때는 TDMA(Time Division Multiple Access)방식을 사용한다. 그러므로 상향에서는 각각의 ONU들이 제한된 대역 접속을 위한 경쟁을 하기 때문에 매체접근제어 프로토콜인 MAC(Medium Access Control)이 필요하게 된다[8].

III. 동작과정 및 설계

VPN 기능을 ONU와 OLT에 구현하기 위해서는 먼저 메시지 필드의 정의가 필요하다.

각각의 ONU가 데이터 전송을 위해 필요한 대

역을 요구할 수 있도록 OLT가 허가하는 메시지를 Divided_slot grant라 한다. OLT는 주기적으로 Divided_slot 메시지를 전송하고 수신함으로써 ONU들에게서 필요한 대역에 대한 정보를 모은다. 한 slot을 요청하기 위해 사용하는 Divided_slot은 4개의 minislot을 포함하고 있으므로 한번에 최대 32개의 요청을 수용할 수 있다. Divided_slot과 minislot의 구조는 표 1에서 보는 바와 같이 하나의 minislot은 112bit로 구성되어 있고, 각각 3byte의 overhead를 가진다. 그 다음 5개의 필드는 각각의 ONU에 있는 큐의 상태를 ATM-PON에서 지원하는 서비스 트래픽 클래스별로 나타내는데, 4개의 필드들은 21bit를 차지하고 나머지 4bit는 AVS(ATM-VPN Service)를 나타낸다. AVS는 OLT와 ONU에서 VPN지원을 하기 위한 P2P와 SCB기능을 처리하기 위해 추가된 필드이다.

표 1. Minislot 구조
Table. 1 Structure of Minislot

Divided_slot(56byte)					
minislot	minislot	minislot	minislot		
overhead 24bits	CBR/rtVBR 21bits	nrtVBR 21bits	UBR 21bits	ABR 21bits	AVS 4bits

마지막 AVS 4bit에서 값이 0000이면 ATM 스위치를 통해 다른 네트워크로 나가는 GD(General Data)를 의미하고, 0001이면 P2P, 0010이면 SCB를 의미한다. P2P인 경우 하나의 ONU가 지정한 목적지로 데이터를 보내고자 할 때 OLT에서 AVS 데이터를 처리하는 능력이 부여되기 때문에 ATM 스위치까지 전송하지 않아도 된다는 장점이 있다. SCB는 하나의 ONU가 자기를 제외한 나머지 ONU들에게 데이터를 전송할 때 사용하는 브로드캐스팅 방식이다 즉, ONU 하나가 나머지 모든 ONU들에게 패킷을 전송할 때, 일대일로 각각 주는 게 아니라 한꺼번에 전송하기 때문에 트래픽의 양을 줄일 수 있다. 또한 P2P와 같이 OLT와 ONU에 VPN 기능을 지원하기 위한 장점을 가

지고 있으므로 사용자의 메시지가 원하는 사용자에게 빠르게 도달할 수 있다는 것을 알 수 있다. 그림 5에서 VPN 기능의 역할을 포함하는 ONU와 OLT간의 대역할당 동작과정을 보여준다.

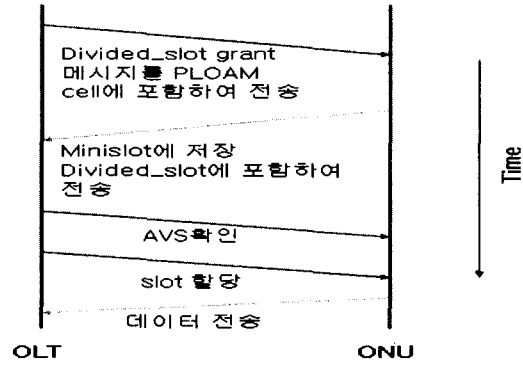


그림 5. VPN 기능 구분 및 대역할당 알고리즘
Fig. 5 VPN function division and Bandwidth assignment algorithm

IV. 성능 분석

4.1 실험환경

ATM-PON망에 VPN을 적용시키면 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

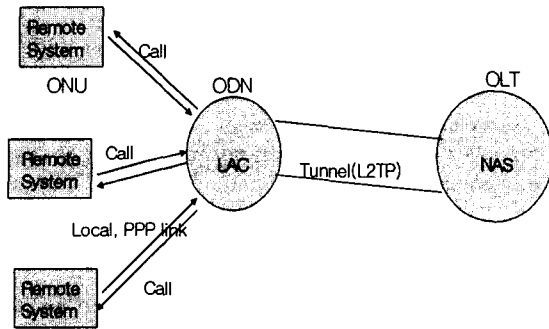


그림 6. L2TP 구성도
Fig. 6 L2TP diagram

그림 6에서의 Remote System들을 그림 4에서 는 ONU들과 동등하게 취급하고 수동 광분배기인 ODN은 LAC(L2TP Access Concentrator)로,

OLT는 NAS (Network Access Server)로 대체하여 적용하였다.

4.2 시뮬레이션 파라미터

ONU와 OLT의 전송속도는 상향일 경우 155.52 Mbps, 하향일 경우는 622.080Mbps로 정하고 둘 사이의 거리는 20km로 두었다. 다음은 시뮬레이션 초기 상태를 정의하는 시뮬레이션의 언어 표현이다.

```
#노드 사이에 임의의 대역폭과 전송지연, 그리고 해당 링크의 큐 형태를 결정
proc make_links { pairs } {
    global ns_node_
    #Sns_duplex-link $src $dst $bw $delay DropTail
    Sns_simplex-link $src $dst 155.52Mb 0.067us
    Sns_simplex-link $dst $src 622.08Mb 0.067us
    Sns_duplex-link-op $src $dst orient [lindex $p 2]
```

본 논문에서는 네트워크 시뮬레이터인 NS-2를 이용하여 앞에서 제시한 ATM-PON망에서 OLT와 ONU에 VPN 기능을 추가한 네트워크에 SCB와 P2P를 구현하였다[9]. 다음 그림들은 시뮬레이션의 각 상태를 나타내고 있다.

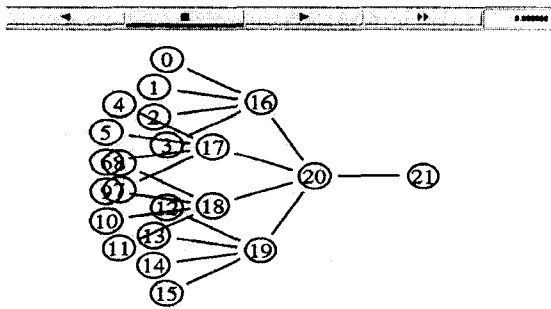


그림 7. VPN 기능이 있는 초기상태
Fig. 7 Initial topology of the VPN

그림 7에서 노드 16, 17, 18, 19는 ONU를 20은 ODN, 21은 OLT를 나타낸다. 트래픽을 생성하는 노드는 4개를 두었다.

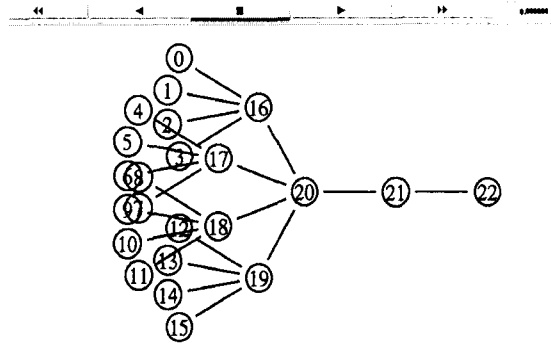


그림 8. VPN 기능이 없는 초기상태
Fig. 8 Initial topology of the unless VPN

```
# 백본까지 가기
set src $node_(500)
set dst $node_(600)
#Sns_duplex-link $src $dst 622.08Mb 0.134us DropTail
#Sns_duplex-link-op $src $dst orient right
```

그림 9에서는 ATM스위치를 둔 노드 22를 추가하여 나타내었다. 또한, OLT에서 ATM스위치까지의 거리는 0.134us로 두었다.

```
## random 발생
set rand [ns-random 0]
set AVS [expr $rand%2]
if { $stype == "divided" } {
    #Sself send-minislot "minislot $agent_addr_ $from_port " "$agent_addr_"
    $self send-minislot "minislot $agent_addr_ $AVS " "$agent_addr_"
```

트래픽은 SCB와 P2P기능을 구현하기 위하여 임의로 발생하였다.

그림 9는 OLT와 ONU에 VPN을 위한 SCB와 P2P기능을 구현하여 데이터를 주고받는 과정을 나타내었다. 각각의 ONU들로부터 생성된 트래픽들이 ODN을 거쳐 OLT에 전송을 한다. OLT에 전송된 패킷들을 분석하여 VPN 데이터이면 백본

망을 거치지 않고 다시 ONU들에게 전송을 한다.

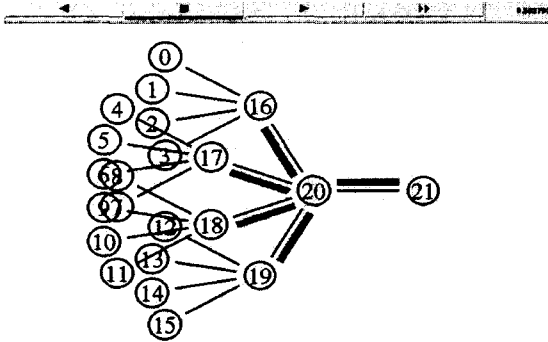


그림 9. 패킷 동작상태
Fig. 9 Functional Overview

4.3 시뮬레이션 결과 분석

그림 10은 ONU와 OLT에 VPN을 위한 SCB와 P2P기능을 구현하여 데이터를 주고받는 과정을 통한 전송시간이다. 각각의 ONU로부터 생성된 트래픽들이 ODN을 거쳐 OLT에 전송을 한다. OLT에 전송된 데이터들은 패킷을 분석하여 VPN 데이터이면 백본(코어) 망을 거치지 않고 다시 ONU들에게 재전송을 한다.

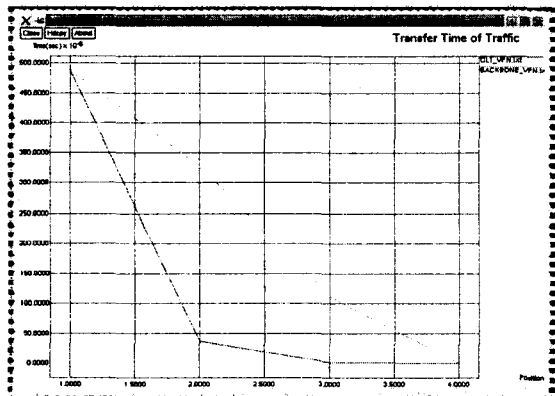


그림 10. SCB 트래픽 전송 시간
Fig. 10 SCB Transmission time

SCB는 하나의 ONU가 다른 ONU들에게 패킷을 전달할 때, 자신을 제외하고 나머지 ONU에게 브로드캐스팅하는 방식이다.

그림 10은 OLT에 SCB 기능이 있을 때와 없을 때의 패킷 전송 시간을 보여준다. BACKBONE_VPN에 해당하는 점선의 경우 x축은 OLT에서 대역을 할당받은 ONU가 패킷을 전송하기 시작하여 OLT, 백본을 거쳐 다시 OLT로 통해서 ONU로 도착하는 시간을 나타낸다.

또한, OLT_VPN에 해당하는 실선은 ONU에서 ODN, OLT에 도착하고 다시 ODN을 거쳐 ONU로 돌아오는 패킷을 나타낸다. ONU에서 OLT까지의 상황은 TDMA방식을 사용하기 때문에 두 개의 그래프에서 시간차가 많이 나지만, 하향은 브로드캐스팅이기 때문에 시간차가 많이 나지 않는다. 그래프에서 보는 바와 같이 ATM망의 ONU와 OLT에 VPN 기능을 추가했을 시 백본망에 VPN 기능을 구현한 것보다 ONU의 가입자에서 가입자로 정보가 전송되는 시간이 빠르다는 것을 알 수 있다.

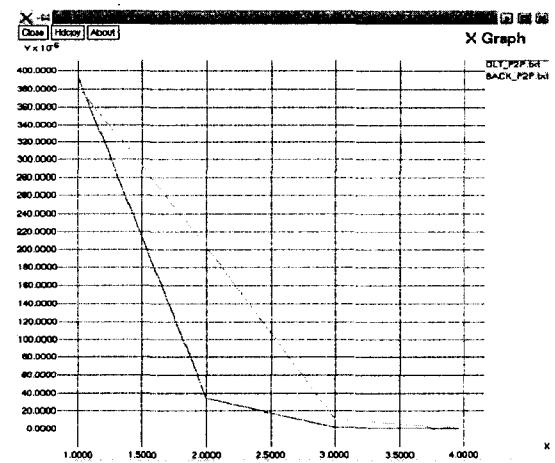


그림 11. P2P 트래픽 전송 시간
Fig. 11 P2P Transmission time

P2P도 하나의 ONU가 지정한 다른 ONU에게 데이터를 전달하는 방식이다. SCB의 경우와 마찬가지로 그림 11에서 BACKBONE_P2P에 해당하는 점선의 경우, y축은 시간을 나타내고 x축은 OLT에서 대역을 할당받은 ONU가 패킷을 전송하기 시작하여 OLT, 백본을 거쳐 다시 OLT로 통해서 ONU로 도착하는 시간을 나타낸다. 또한, OLT_P2P에 해당하는 실선은 ONU에서 ODN,

OLT에 도착하고 다시 ODN을 거쳐 ONU로 돌아오는 패킷을 나타낸다. 그러므로 P2P에서도 백본을 거치지 않은 패킷이 속도가 빠르다는 것을 알 수 있다.

IV. 결론

ATM-PON에서는 OLT로부터 대역을 할당받은 ONU들이 데이터를 전송을 하게 되면 OLT는 단지 백본망으로 전달하기만 할 뿐 다른 기능을 가지고 있지 않다. 본 논문에서는 OLT와 ONU에 VPN 기능을 삽입하여 백본망을 거치지 않아도 OLT에서 처리를 할 수 있는 방법을 고안하였다.

SCB와 P2P 실험 결과를 통해서 OLT와 ONU에 VPN 기능이 있을 경우 백본망을 통하지 않고 OLT에서 처리를 해주기 때문에 데이터 전송속도를 줄일 수 있었다. 이 사실은 기존의 ONU와 OLT기능에다 VPN 기능을 추가하여 ATM-PON망의 서비스 사용을 확대할 수 있음을 나타내준다. 향후에는 ONU들을 그룹을 이루어 그룹단위로 전송할 수 있는 멀티 캐스팅 방법 등과 그에 따른 다양한 기능 등을 연구해야 할 필요가 있다.

참고 문헌

- [1] VPN Document : <http://www.pnk.co.kr>
- [2] ITU-T Recommendation G.983.1, "Broadband optical access systems based on Passive Optical Networks (PON)," October 1998.
- [3] VPN Document : <http://www.securesoft.co.kr/bbs/pds/VPN-개요.pdf>
- [4] VPN Document : <http://netmanias.com>
- [5] VPN Document : <http://www.skyventure.co.kr/tech/expert/view.asp?Num=86&page=19>
- [6] W. Townsley, "Layer Two Tunneling Protocol- L2TP" Internet RFC 2661, Aug. 1999
- [7] S. Jang, D. Lee, and J. Jang, "Design and Performance Evaluation of G.983 based on Request-Counter MAC Protocol for ATM

-PON," 2nd IASTED International Conference WOC 2002, Banff, Canada, July 2002.

- [8] ATM-PON architecture : <http://www.huawei.com/products/journal/i07/764.shtml>
- [9] The Network Simulator : <http://isi.edu/nsnam/ns>

저자 소개

장종욱(Jong-Wook Jang)



1987.2 부산대학교 계산통계학과
1995.2 부산대학교 컴퓨터공학과
공학박사
1987~1995 전자통신연구원

1999~2000 Univ. of Missouri at Kansas City, Post Doc. fellowship

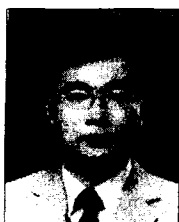
1995.3 ~ 현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수
※ 관심분야 : Ad-hoc Network, PON

박미리(Mi-Ri Park)

2000년 동의대학교 컴퓨터공학과 (공학사)
2003년 동의대학교 컴퓨터공학과 석사
2004년 3월~ 동의대학교 시간강사
※ 관심분야 : 컴퓨터네트워크, VoIP

전형구(Heong-Gu Jeon)

1961. 12. 27.
1987. 2. : 인하대학교 전자공학과 학사
1992. 2 : 연세대학교 전자공학과 석사
2000. 8 : 연세대학교 컴퓨터 및 전기 공학과 박사
1987.2 - 2001.2 : 한국 전자통신연구원 선임연구원
2001. 3 - 현재 : 동의대학교 정보통신공학과 조교수
※ 관심분야 : 이동통신, 디지털 통신시스템



남재현(Jae-Hyun Nam)

1989년 부산대학교 컴퓨터공학과
(공학사)

1992년 부산대학교 컴퓨터공학과
석사

2002년 부산대학교 컴퓨터공학과 박사

1993년 3월 ~2002년 10월 동주대학 네트워크전자계
열 조교수

2002년 11월 ~현재 신라대학교 컴퓨터정보공학부
전임강사

※ 관심분야 : 컴퓨터네트워크, VoIP