

主 題

ADSL을 이용한 Access Network의 Architectures, Interfaces 및 Protocols

삼성종합기술원 김 기 호

차 례

1. Introduction
2. Customer Premiss Network
3. Carrier-to-Service Provider Network
4. ADSL Architectures 및 Protocols
5. Summary

1. Introduction

ADSL transceiver를 포함하는 telecommunication networks를 위한 architectures, interfaces 및 protocols의 technical guidelines은 ADSL Forum의 technical reports들을 통해 제시되어 있다[1]. 그림 1은 ADSL을 포함하는 전체 Network Diagram으로 service systems, access node, ATU-C, ATU-R, SM, TE와 같은 network elements 들의 연결과 STM에서 ATM에 이르는 ADSL transport mode들을 보여주고 있다.

XDSL, 그 중에서도 특히 ADSL, network architecture는 기존 voice-band modem을 이용한 architecture와는 근본적으로 다른 점이 있다. Voice-band modem의 경우는 단순히 physical layer의 bit-pipe를 제공할 뿐

higher layer의 data를 다루는데 대한 책임은 양단의 TE(Host system과 user PC)가 지며, end-to-end connectivity는 그림 2에서처럼 PSTN carrier에 의해 제공된다. 따라서 기존의 PSTN에 의해 구현된 data over voice network을 통해 worldwide switched connectivity를 가질 수 있다는 장점이 있으나, switched connection의 bandwidth가 4kHz voice path에 의해 64kbps로 제한되는 단점이 있다.

그러나 ADSL의 경우는 그림 1에서처럼 modem이 premises network(ATU-R)와 carriers network(ATU-C)에 자리하고 있으며 carrier쪽의 Access Node가 user가 원하는 서비스에 따라 다양한 remote service provider와의 end-to-end data network을 연결해 준다. 기존의 voice network, 즉 PSTN을 통하지 않기

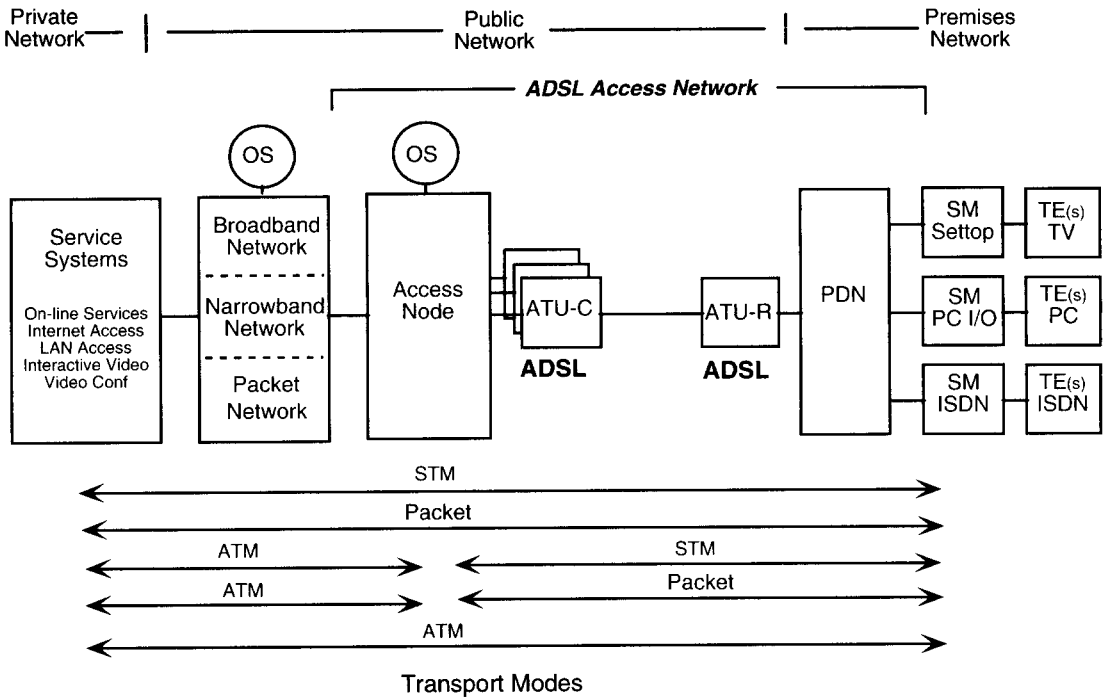


그림 1. ADSL을 포함하는 Network Diagram

- TE: Terminal Equipment
- SM: Service Module
- PDN: Premises Distribution Network
- ATU-R: ADSL Transceiver Unit-Remote terminal
- ATU-C: ADSL Transceiver Unit-Central office
- STM: Synchronous Transfer Mode
- ATM: Asynchronous Transfer Mode

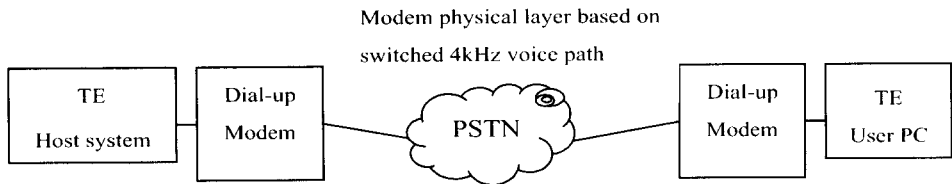


그림 2. Voice-band dial-up modem의 architecture

때문에 64kbps이상의 bandwidth를 제공할 수 있으나 end-to-end connectivity를 위해서는 protocol stack에 대한 작업이 network뿐만 아니라 premises network(예: 이러한 ADSL end-to-end network에는 크

계 세 그룹의 network elements들이 존재한다. 즉 (1) TE, ATU-R, splitter를 포함하는 user 측의 network element들(그림 1의 Premises Network)과 (2) ATU-C, Access node 및 data network를 포함하는 user와 service provider를 연결해주는 carriers network element들(그림 1의 Public network), 그리고 (3) ISP(Internet Service Provider)와 같은 service provider를 구성하는 network elements들(그림 1의 Private network)이 있다. 이러한 세 그룹은 서로 다른 환경과 요구조건을 필요로 하고 있으며, 서로 다른 방식으로 관리되고 있어 ADSL을 이용하여 효과적인 end-to-end data network을 구성하기 위해서는 합의된 architectures, interfaces 및 protocol이 필요하게 된다(2).

2. Customer Premises Network

그림 3은 ADSL Forum에서 제안한 ADSL Customer premises reference model을 나타낸다(3).

CPN Configurations : 우선 ATU-R과 TE 사이에서는 다음과 같은 configuration들이 가능하다(4).

- (1) Single PC with NIC(Network Interface Card) Modem : Protocol

stack이 PC에서 terminate된다.

- (2) Single PC with external Modem : PC와 modem은 10BaseT, ATM-25, USB 등을 통해 연결되어 있다.
- (3) Multiple PCs with external Modem : Modem이 hub나 switch에 연결되어 있고 다른 PC들은 hub나 switch를 통해 서로 연결되어 있다.
- (4) Single PC acting as a gateway : Modem이 gateway PC와 연결되어 있고 다른 PC들은 gateway PC와 hub 또는 switch를 통해 연결되어 있다. NAT(Network Address Translation)을 이용한 firewall의 구축과 같은 security solution이 필요할 때 효과적일 수 있다.

Usage Scenarios : 위와 같은 configuration을 갖는 user들은 대체로 다음과 같은 usage scenario를 갖는 것으로 상정되고 있다.

- (1) SOHO(Small Office Home Office) : 여러 대의 PC가 business목적으로 서로 연결되어 있으며 remote의 single destination과 항상 연결되어 있다. 예를 들어 branch office의 경우 main office의 RAS(Remote Access Server)에 연결되어 있다. Configuration (3) 혹은 (4)처럼 intra-premise networking이 가능한 구조가 적합하다.

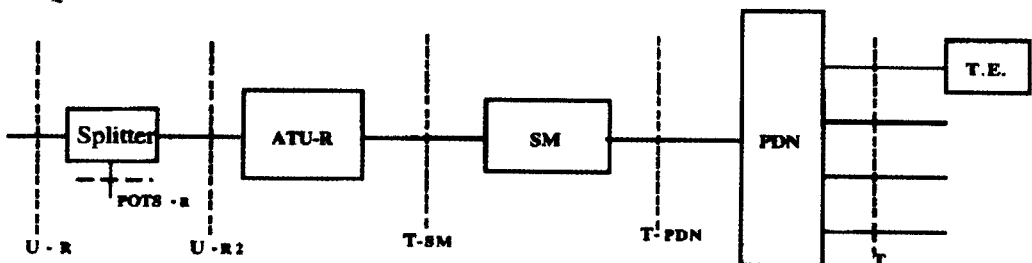


그림 3. Customer Premises Reference Model

- (2) WAH(Work at Home) : 고속의 access를 통해 하나의 PC가 corporate network과 연결되어 있다. PPP(Point-to-Point Protocol)을 사용하여 회사와 같은 환경을 구축하려는 재택근무자들에 적합하다. Configuration (1) 혹은 (2)가 적합하다.
- (3) IAO(Internet Access Only): 하나의 PC를 가지고 ISP 혹은 Internet access를 한다. 여러 개의 remote user에 동시 연결할 필요는 없다. Configuration (1) 혹은 (2)가 적합하다.
- (4) MPRU(Multi-Purpose Residential User): 여러 대의 PC가 ISP 혹은 corporate network에 연결될 수 있다. 경우에 따라 다양한 NSP(Network Service Provider)에 연결될 수 있다. Multiple NSP를 접속할 경우 modem이 router 역할을 할 수 있는 Configuration (3) 혹은 (4)가 적합하며, Security에 대한 고려가 필요할 경우는 Configuration (4)가 가장 적합하다.

Premises Distribution Networks : PDN은 passive wiring이거나 TE에 연결되는 active network들로 크게 3종류로 분류할 수 있다.

- (1) Bit synchronous mode로 동작하는 USB나 IEEE1394와 같은 serial interface network
- (2) Packet mode로 동작하는 10BaseT를 바탕으로 한 Ethernet
- (3) ATM mode로 동작하는 ATM-25

이외에도 최근 들어 표준화가 진행되고 있는 HomeRF, HomePNA와 같은 유/무선의 Home network들이 새로운 PDN으로 검토되고 있다. 따라서 HomePNA 등을 이용한 Home Network

이 개발됨에 따라 PDN을 효과적으로 관리할 수 있는 gateway의 필요성이 증대되고 있고, 이에 따른 새로운 architecture 및 interface들의 개발이 검토되고 있다.

Service Module : SM은 ATU-R의 digital signal들을 PDN에 적절한 신호로 바꿔주는 장치로 ATU-R에 포함될 수 있으며 일반적으로 ATU-R은 다양한 PDN과의 접속을 위해 여러 종류의 SM(예 : 10BaseT, USB 등)을 제공한다. T-SM interface에는 기본적으로 one downstream data circuit과 clock, one upstream data circuit과 clock을 위한 signal set이 있으며 선택적으로 secondary data channels, auxiliary data timing signals, network timing reference 및 control and status circuit이 추가될 수 있다.

Splitter Configurations : 위와 같은 ATU-R과 TE간의 configurations 및 interfaces 이외에도 다음과 같은 다양한 splitter configuration이 가능하다[3].

- (1) ATU-R과 TE를 가까이 두고 Splitter를 멀리 두는 경우: 그림 4

ADSL을 Set Top Box나 PC와 같은 TE와 가까이 둘 수 있어 여러 대의 TE와 연결하는 경우에 유리하다. 하지만 splitter의 HPF와 ATU-R의 특성이 최적화되지 않아 성능 저하가 발생할 수 있다.

- (2) ADSL과 TE를 가까이 두고 Splitter를 분리하는 경우: 그림 5

이 configuration으로 ATU-R의 성능을 최적화 할 수 있다. 다만 active splitter를 규격으로 요구하는 나라에서는 powering 문제가 있다.

- (3) ADSL과 TE를 가까이 두고 LPF를 분산시

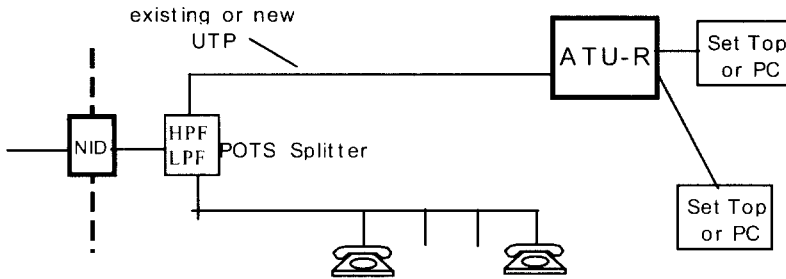


그림 4. ATU-R adjacent to TE with Separate POTS Splitter

NID : Network Interface Device

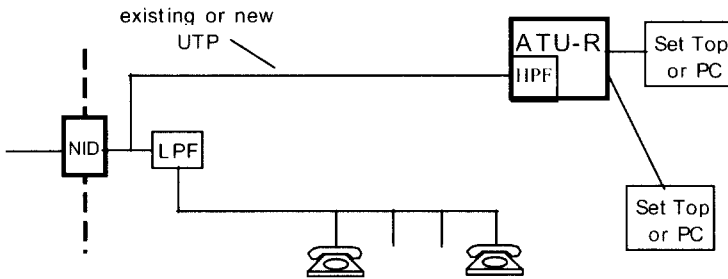


그림 5. ATU-R adjacent to TE and Split POTS splitter

키는 경우 : 그림 6
이 configuration은 Universal ADSL에서 고려될 수 있는 방식으로 customer premises network를 건드리지 않아도 되는 장점이 있다. 하지만 bridge tap들로 인한 전송용량의 감소가 심각하며 LPF의 unbalance, improper installation으로 인한 성능 저하 및 noise ingress가 우려된다.

(4) ADSL과 Splitter가 함께 NID근처에 있는 경우 : 그림 7
이 configuration은 기존 wiring으로 인한 문제들을 피할 수 있지만 NID 부근이라는 공간적 제약에 따른 열악한 외부환경, powering 등의 문제가 발생할 수 있으며, TE와의 연결에 따른 부수적인 cabling이 필요하게 된다.

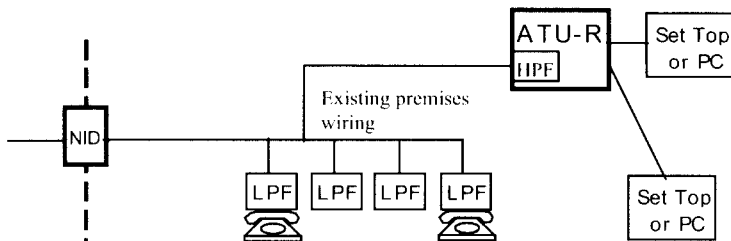


그림 6. ATU-R with HPF adjacent to TE and distributed POTS splitter

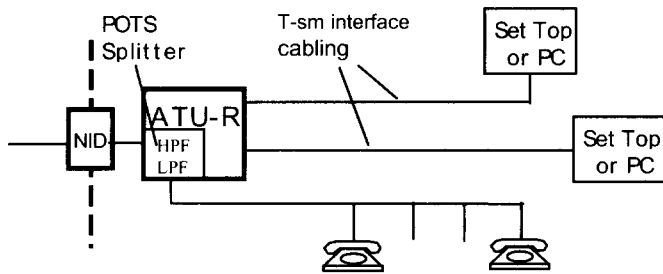


그림 7. ATU-R with integral POTS splitter adjacent to NID

(5) ADSL과 Splitter가 함께 TE 근처에 있는 경우 : 그림 8
이 configuration 역시 기존 wiring으로 인한 문제들을 피할 수 있으면서 TE와도 가까워 성능면에서는 최선의 topology라 할 수 있으나, 새로운 cabling에 따른 문제를 최소로 해야 하는 숙제가 남아 있다.

3. Carrier-to-Service Provider Network

그림 9는 ADSL을 바탕으로 한 network architecture를 보이고 있다. ADSL은 internet access나 remote LAN access를 가장 대표적인 application으로 삼고 있다[5]. 이러한 ADSL

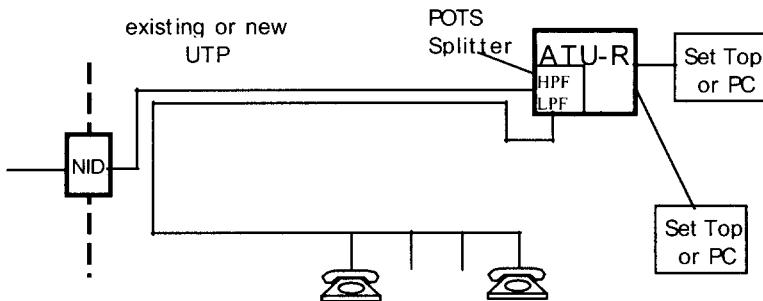


그림 8. ATU-R with integral POTS splitter adjacent to TE

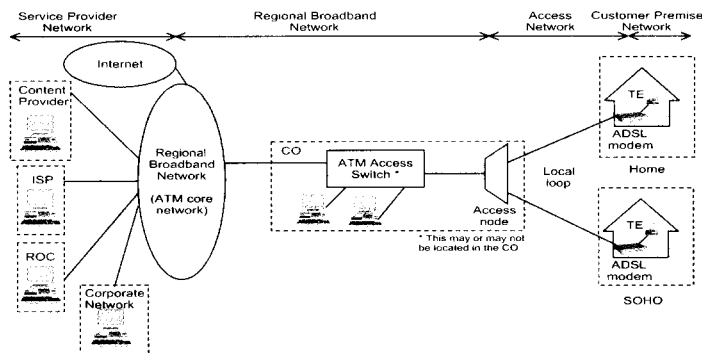


그림 9. Example of an end-to-end ADSL-based network architecture

traffic의 특성은 평균 3분 정도의 연속적인 voice calls을 대상으로 하는 PSTN망에는 적당하지 않다. Internet surfing의 경우 적어도 30분 이상 network에 연결되며 traffic의 특성도 user가 request를 보내거나 data를 download할 동안 잠시 traffic이 발생하는 bursty한 특성을 가지고 있어 network을 효율적으로 사용할 수 있는 packet 혹은 cell based network이 적합하다. 따라서 그림 9에 보인 것처럼 carriers network의 Access Node에서 PSTN망과 별도의 data network을 구성하게 된다.

Central Office : 그림 10은 ADSL Forum의 Central office specific reference model을 보여주고 있다[6]. POTS(Plain Old Telephone Service) 신호는 splitter에서 분리하여 PSTN으로 보내고 ADSL 신호는 ATU-C가 모여있는 DSLAM(DSL Access Multiplexer)로 보내진다.

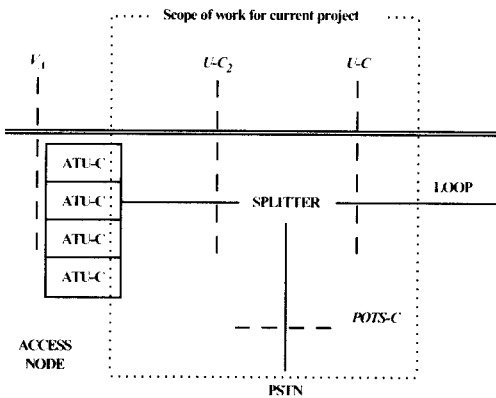


그림 10. Central Office Specific Reference Model

일반적으로 loop access line들은 MDF의 protected side(vertical side)에서 terminate되고, PSTN은 MDF의 distribution side(horizontal side)의 terminal blocks을 통해

연결된다. 이러한 POTS splitter의 설치는 installation complexity, central office layout, MDF capacity, splitter type등의 다양한 고려조건에 따라 다음과 같은 다양한 configuration을 갖는다[6].

- (1) POTS splitter located with ATU-C
- (2) POTS splitter located near ATU-C
- (3) POTS splitter located on MDF
- (4) POTS splitter located near MDF
- (5) ATU-C remote
- (6) POTS splitter located near PSTN switch
- (7) Integrated POTS and ADSL line card

여기서는 이러한 다양한 configuration들의 장 단점에 대해서는 다루지 않기로 하겠다.

DSLAM : 앞서 언급한 ADSL traffic의 bursty한 특성을 고려할 때 연결되는 data network을 효과적으로 사용하기 위해서 multiplexing 및 concentration기능을 가진 장치가 필요하게 된다. 보통 DSLAM으로 불리는 이 장비는 약 200~500개의 ADSL line을 terminate하여 DS-3(45Mbps) trunk를 통해 concentrate한 traffic을 data network으로 보낸다. 기존의 circuit switched network을 사용할 경우는 DS-3 trunk를 통해 7개의 6Mbps급 ADSL line만을 수용할 수 있는데 반해, data traffic의 bursty한 특성을 이용한 packet 혹은 cell switched network은 DS-3 trunk로 30배 이상의 효율적인 network을 구성할 수 있음을 알 수 있다.

Service Providers Network(SPN): 현재 ADSL이 대상으로 삼고 있는 주요 service는 Internet access와 Remote LAN access이다.

따라서 service provider는 ISP이거나 corporate network이라고 볼 수 있다. 기존의 ISP들은 voice-band modem을 이용한 가입자들을 수용하고 있으나 이들이 ADSL을 사용하게 될 경우 적게는 30배(56Kbps vs 1.5Mbps)에서 200배(28.8Kbps vs 6Mbps)에 이르는 용량의 증가가 필요하다. 따라서 ISP가 현재 T1급의 termination능력을 갖추고 있다면 ADSL서비스를 위해서는 적어도 155Mbps termination능력을 가진 OC-3 SONET으로 physical interface를 upgrade해야 할 것이다. Corporate network의 경우는 회사의 규모에 따른 remote user의 수, topology들을 고려해서 physical interface의 용량을 결정해야 한다.

Service provider와 carrier사이의 data network은 leased line등을 통해 NSP가 소유, 관리할 수도 있으나 network access provider(NAP) 혹은 network transport provider(NTP)에 의해 제공될 수도 있다[5]. 위와 같은 data network은 ADSL을 통해 제공되는 service requirement, service 규모 뿐만 아니라 user 및 service provider의 topology등을 고려하여 가장 경제적이고 효율적인 방법으로 구축되어야 한다. Corporate network의 경우는 VPN(Virtual Private Network)의 구축을 통해 authentication, authorization와 같은 security기능의 구현이 요구된다.

4. ADSL Architectures 및 Protocols

초창기 carrier들에 의한 ADSL trials은 주로 router based architecture로 이루어 졌다. 즉 central office의 ATU-C들이 Ethernet hub나 switch를 통해 IP router에 연결되고 ATU-R부터 service provider까지 RFC 1662 frame을

통해 IP layer를 연결하는 구조로 소규모의 campus network에는 적합하지만 (1) scalability가 없고, (2) NAP와 NSP사이의 management의 분리가 어려우며, (3) multiple service를 제공하기 어려운 단점들이 있었다[2].

ATM은 서로 다른 user sessions들에 서로 다른 virtual circuits을 제공함으로써 multiple session이 가능하게 할 뿐만 아니라 session마다 서로 다른 service quality를 제공할 수 있다. 현재의 대부분의 ATM based ADSL service들은 PVC(Permanent Virtual Circuit)을 이용하여 구현되어있어 user가 configuration을 바꿀 수 없게 되어있다. 좀 더 효과적인 network 사용을 위해서는 SVC(Switched Virtual Circuit)의 구현이 필요하나 이를 위해서는 signaling standard Q.2981의 구현, call setup을 지원하는 ATM switch, service provider측에서는 ATM interface장비들이 필요하다. ADSL을 이용하여 CPN측의 user와 SPN사이를 효과적으로 연결하기 위해서는 CPN에서는 기존의 PC를 이용한 tools을 최대한 활용하고 SPN에서도 기존의 network configuration을 최대한 이용하는 것이 중요하다. ADSL Forum에서는 ADSL을 통한 service는 PPP over ATM over ADSL을 기본으로 설정하고 다음과 같은 다양한 solution들을 제안하고 있다.

RFC 1483 : Multi-protocol Encapsulation over ATM AAL5

RFC 1483은 ATM을 통해 Ethernet과 같은 link level protocol이나 IP가 interface될 수 있는 환경을 제공한다. RFC 1483을 이용한 architecture는 기존의 IP router에서 쉽게 사용이 가능하여 초기의 ADSL service에서 사용되었다.

ADSL Forum에서는 frame based ADSL architecture로 PPP in HDLC like frames(RFC 1662 mode)와 ATM Frame UNI(FUNI) frames(FUNI mode)를 표준으로 제안하고 있는데, FUNI mode에서는 protocol multiplexing 방법으로 RFC 1483을 이용하고 있다[7]. 그림 11은 RFC 1483을 이용하는 경우의 protocol stacks의 한 예를 보이고 있다. Service provider의 RAS에서 RFC 1483이 terminate되고 SPN의 내부 protocol(예: Ethernet based LAN)에 따라 protocol이 전환된다. 일반적으로 RFC 1483의 multiplexing mode를 이용할 경우 IP address의 negotiation이나 security측면의 고려가 어려운 단점이 있어 pre-configured PVC에서 주로 사용되어진다.

PPP over ATM

현재 ADSL network에서 가장 널리 사용되는 architecture이다. PPP(RFC 1661)는 dial-up modem연결에서 IP를 위한 link layer를 제공하는 수단으로 널리 사용되어 왔고 ATM virtual circuit에 PPP를 사용하기 위한 PPP over ATM 또한 IETF에 표준으로 채택되어 있다. 기존의 ISP들은 PPP를 바탕으로 AAA(Authentication, Authorization, Accounting)을 구현하고 있어 PPP over ATM over ADSL은 기존의 network practice를 그대로 이용하면서도 비교적 용이하게 구현할 수 있어 많은 ADSL vendor들이 이 architecture를 채택하고 있다. 또한 PPP over ATM은 실시간 IP address의 할당이나 PAP 혹은 CHAP(RFC 1877)을 이용한 security 기능의 구현이 가능하다. 그림 12는 PPP over ATM을 이용하는 경우

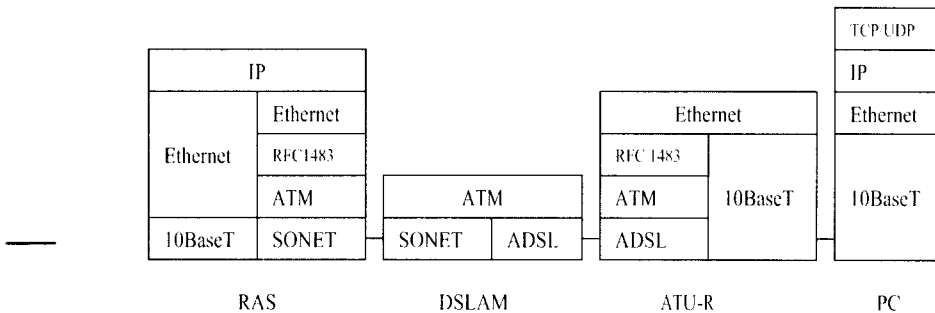


그림 11. An Example of Protocol stacks for RFC 1483 based Architecture

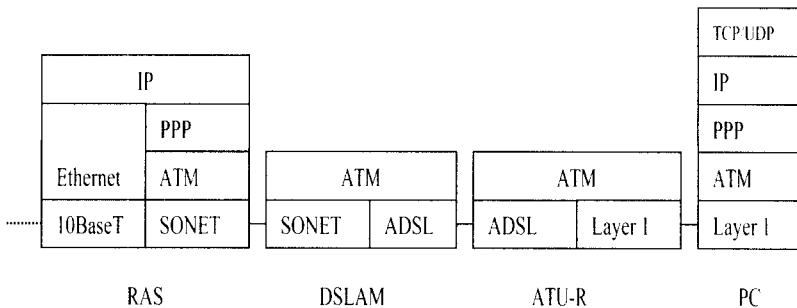


그림 12. An Example of Protocol stacks for PPP over ATM Architecture

의 protocol stacks의 한 예를 보이고 있다.

그림 12는 RAS에서 PPP를 terminate하여 corporate network과 같은 내부 network을 외부와 격리시킬 수 있어 firewall과 병행하여 구현될 수 있다. 또한 PC에서 PPP를 terminate하거나 그림 13과 같이 ATU-R에서 PPP를 terminate한 다음 NAT을 병행함으로써 SOHO에서도 간단히 firewall을 구축할 수 있다. 그림 12의 경우는 PC가 PDN의 gateway 역할과 firewall역할을 병행하는 것으로 2장의 CPN configuration (4)에 적합하며, 그림 13의 경우는 ATU-R이 firewall이 내장된 ADSL router역할을 하는 경우로 CPN configuration (3)에 적합한 protocol stack이다.

Tunneling based Architecture

ADSL Forum에서는 ATU-R과 NAP사이에서는 packet을 NAP과 NSP 사이에서는 L2TP(layer 2 Tunneling Protocol) tunneling을 사용하는 그림 14과 같은 architecture를 제안하고 있다[8]. 이러한 구조는 ATM virtual circuit(VC)을 사용할 경우 carrier와 service provider사이의 VC를 줄임으로써 carrier와 service provider network을 간단하게 할 수 있는 장점이 있는데, NAP에 존재하는 L2TP local access concentrator에서 여러 개의 PPP session을 하나의 VC로 concentrate 하게 된다[2]. 이러한 구조는 L2TP를 통한 security의 제공, service selection도 가능하게 한다. 그림 14에서 보는 것 처럼 ATU-R

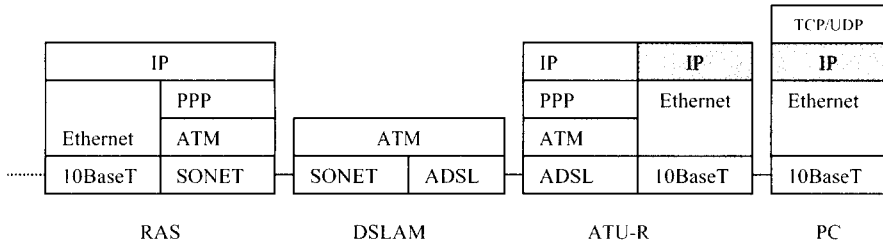


그림 13. An Example of NAT based SOHO Protocol Stack

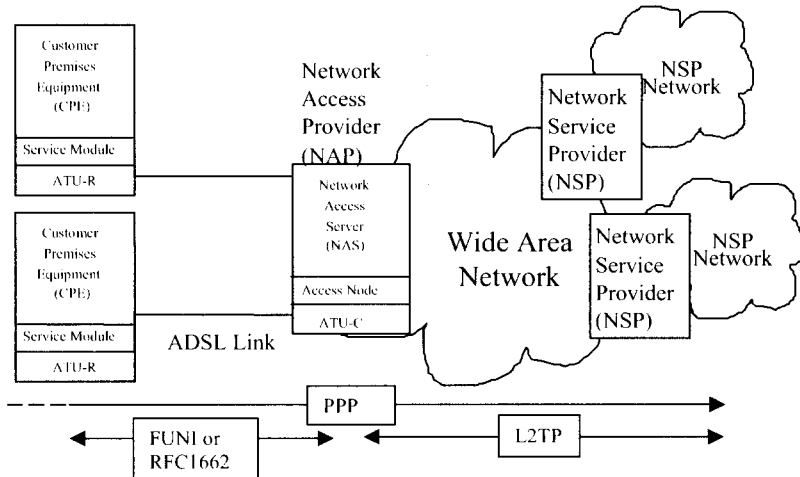


그림 14. Tunneling based Architecture

과 ATU-C사이에는 FUNI나 RFC 1662를 이용한 Frame-based architecture로 구현될 수도 있고(7), 또는 PPP over ATM으로 구현될 수도 있다(2).

5. Summary

ADSL은 일반 가정이나 SOHO에서 Internet access나 Remote LAN Access와 같은 application을 대상으로 사용하기에 적합하다. 제 2장에서는 CPN에서의 configuration, usage scenario를 알아보고 splitter configuration들과 PDN, SM, TE간의 interface가 어떻게 정의되는가를 살펴보았다. 제 3장에서는 central office의 configuration을 간단히 살펴보고, DSLAM 및 service provider network의 requirement들을 알아보았다. 제 4장에서는 원활한 network adaptation 및 service를 위한 Frame based 및 ATM based ADSL architecture들에 대해 언급하고 가능한 protocol stacks들에 대해 간단히 알아보았다. 또한 home network이나 corporate network에서 필요한 tunneling protocol이나 firewall의 구현가능성도 검토하였다. 현재 이러한 내용들이 ADSL Forum에서 활발히 논의되고 있으나, UADSL을 비롯한 ADSL의 대규모 설치에 따른 field trial 및 service를 통해 장단점이 검증될 것으로 보이며 따라서 앞으로 1~2년 후이나 좀 더 효율적인 ADSL architecture, interface 및 protocol이 표준모델로 정착될 것으로 보인다(9).

* 참고 문헌

- [1] ADSL Forum TR-001, ADSL Forum System Reference Model, May 1996.
- [2] Thomas Starr, John M. Cioffi, Peter Silverman, Understanding Digital Subscriber Line Technology, Prentice Hall, 1999.
- [3] ADSL Forum TR-007, Interfaces and System Configurations for ADSL: Customer Premises, March 1988.
- [4] ADSL Forum TR-018, References and Requirements for CPE Architectures for Data Access, March 1999.
- [5] ADSL Forum TR-010, Requirements and Reference Models for ADSL Access Networks: The SNAG Document, June 1988.
- [6] ADSL Forum TR-013, Interfaces and System Configurations for ADSL: Central Office, January 1999.
- [7] ADSL Forum TR-003, Framing and Encapsulation Standards for ADSL: Packet Mode, June 1997.
- [8] ADSL Forum TR-011, An End-to-End Packet Mode Architecture with Tunneling and Service Selection, June 1988.
- [9] ADSL Forum, www.adsl.com.
- [10] Request For Comments, Internet Engineering Task Force, www.ietf.org.

[1] ADSL Forum TR-001, ADSL Forum

김 기 호

- 1976.3~1980.2 한양대학교 전자공학과(학사)
1980.3~1982.2 한국과학기술원(KAIST) 전기 및
선지파(석사)
1982.2~1987.7 한국방송공사(KBS) 기술연구소
시원
1987.9~1991.8 The University of Texas at
Austin, ECE(Ph.D.)
1991.9~현재 삼성종합기술원 근무, 디지털통신 Lab
Lab장, 이사

※ 관심분야: 통신신호처리 및 적응신호처리