

ATM-PON OLT TC 계층 처리기 설계

정희원 이석훈*, 채종억*, 유태환*, 김봉태*, 김재근*, 김대영*

A Design of TC layer Controller for ATM-PON OLT

Seoghoon Lee*, Jongeok Chae*, Taewhan Yoo*, Bongtae Kim*, Jaekeun Kim*,

Daeyoung Kim** *Regular Members*

요약

PON을 통하여 ATM을 지원하는 ATM-PON시스템의 구조와 하향 데이터 정보 보호 기능, MAC 프로토콜, 레인징 프로토콜에 대하여 논의하며, ATM-PON TC(Transmission Convergence) 계층 기능인 셀 속도 정합, HEC(Header Error Correction) 계산 및 오류정정, 레인징(ranging), 셀 슬롯 및 대역 할당, 암호화(churning), 프레임 정렬, 스크램블링 등의 기능을 처리하기 위한 OLT(Optical Line Terminator) 제어기를 제안하고 설명한다. 그리고, 동적 대역 할당을 위하여 ONU별 버퍼 상태 정보를 바탕으로 CPU에 의해 할당된 하향 허가정보 데이터를 경제적으로 관리하는 알고리즘을 제안하고, 기존의 상위 레벨의 암호화 수단과 전송시스템 혼화기와 구별되는 하위 수준의 암호화 방법인 데이터 churning을 사용하여, 하향 셀을 암호화하는 메커니즘을 설명하고, OLT와 ONU 간의 정확한 암호 키 변경 동기를 위한 메시지 슬롯 할당 방법을 제시한다.

ABSTRACT

In this paper characteristics of ATM-PON is described and a TC layer controller for ATM-PON OLT is designed. This paper proposes an algorithm of economically controlling the grant information written by CPU to dynamically allocate the upstream bandwidth on the PON among the ONUs in a fair way and of encrypting the downstream data using a lower standard of encryption, termed data churning, which is used to distinguish it from existing transmission system scramblers and higher layer encryption methods. This paper also proposes a method of allocating churning-related message into the PLOAM cell in order to synchronously change the churning key between the OLT and the ONU.

I. 서론

전체적인 통신망은 3개의 주요 부분인 전달망(core network), 액세스망(access network) 및 가입자택내망(customer premises network)으로 구성된다. 전달망은 서비스 노드, 국간 전송 장치 및 교환기 등으로 구성되어 서비스 제공, 교환, 과금 및 전송

기능을 수행하고, 가입자 택내망은 망 종단 장치와 전화 및 개인용 컴퓨터와 같은 각종 단말기로 구성되어 음성, 데이터, 화상 및 영상 정보를 송·수신하는 기능을 수행한다. 액세스망은 전달망과 가입자 택내망을 연결하는 부분으로서, 가입자 주력에서 가장 가까운 지역 국사(local exchange)까지 뻗어 있는 망으로 대개 정의한다. 전달망의 교환기의 수가 점차 감소하는 추세에 따라 액세스망이 전체 통신

* 한국전자통신연구원

** 충남대학교 정보통신공학과

논문번호:98549-1221, 접수일자: 1998년 12월 21일

망에서 차지하는 역할이 점차 중요해지고 있다. 광대역 액세스망은 ISDN(Integrated Services Digital Network) 서비스를 기본 서비스로 제공하고 그 이상의 대역을 갖는 비디오 및 분배성 서비스들을 제공하는 망으로서, 망 운영자에게 현재뿐 만이 아니라 미래의 가입자 요구사항에도 만족시킬 수 있는 유연성을 갖추어야 한다. 액세스 망의 핵심 요구사항이 유연성이므로 ATM(Asynchronous Transfer Mode)을 수용하는 것이 자연스럽게 받아 들여지게 될 것이고, ATM의 서비스 능력을 최대한 활용할 수 있는 다양한 응용과 경제성이 있기 때문에 수년 내 업무용 가입자 뿐만 아니라 주거용 가입자 단말까지 종단간(end-to-end) ATM을 이용하는 사례가 보편화 될 것이다^[1]. 최근 광대역 액세스 망을 구축하기 위해 필요한 투자비, 유지보수비, 내용연수 및 잔존가 등의 경제성 비교 인자를 바탕으로 분석한 결과 HFC, ATM-PON(ATM via a Passive Optical Network), Super PON 중에서, ATM-PON구조가 가장 경제성 있는 구조로 판명되었다^[2].

본 논문에서는 ATM-PON의 TC(Transmission Convergence) 계층 기능인 셀 속도 정합, HEC(Header Error Correction) 계산 및 오류정정, 레인징(ranging), 셀 슬롯 및 대역 할당, 암호화(churning), 프레임 정렬, 스크램블링 등의 기능을 처리하기 위한 광 선로 종단장치의 구조 및 설계에 대하여 논의한다. 먼저 제2장에서는 ATM-PON 시스템의 구조와 TC 계층 주요 기능에 대하여 간략히 설명하고, 제3장에서는 이들의 기능을 처리하는 TC 계층 기능 처리기의 구조와 구성 블록의 설계에 대하여 설명하고, 제4장에서 결론을 맺는다.

II. ATM-PON 시스템

1. ATM-PON 시스템 구조

광 섬유 기술을 사용하는 광대역 액세스망의 광 선로 구간은 점대점(point-to-point), 능동형 혹은 수동형 점대다점(point-to-multipoint) 구조를 가질 수 있으며, 광 선로의 종단 위치에 따라서 그림 1과 같이 FTTH(Fiber To The Home), FTTB(Fiber To The Building), FTTC(Fiber To The Curb) 또는 FTTCab(Fiber To The CABinet)으로 분류된다.

PON을 통하여 ATM을 지원하기 위한 참조 구성은 그림 2와 같다. ATM-PON 시스템은 T 및 V 기준점 사이의 시스템으로서 Q3 기준점을 통하여 TMN(Telecommunication Management Networks)

망에 연결되어 하나의 요소로 관리된다. ATM-PON 시스템은 OLT(optical Line Termination), ODN(Optical Distribution Network) 및 ONU(Optical Network Unit)으로 구성되어 있으며, ODN은 수동 광 소자를 이용하여 OLT 및 ONU 사이의 광 전송 수단을 제공하고, ONU는 ODN에 연결되어 액세스망의 사용자측 정합 기능을 제공한다. OLT는 하나 이상의 ODN에 연결되어 액세스망의 망측 정합 기능을 제공하고, ATM 전송 시스템에서 PON 관련 모든 기능을 관리하는 역할을 수행하며, VB5.x, V5.x, NNI 등과 같은 표준 인터페이스를 통하여 교환망에 연결된다.

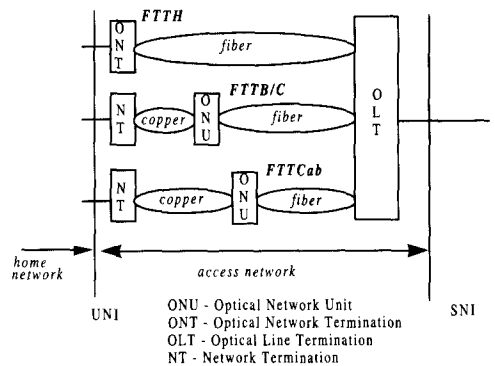


그림 1. 액세스망의 구조

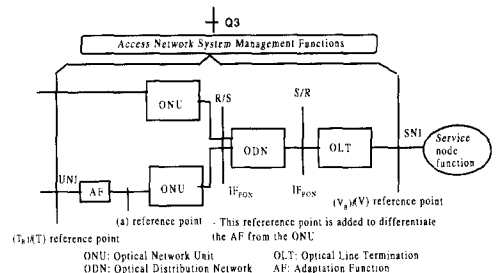


그림 2. ATM-PON 참조 구성도

OLT는 ATM 셀을 상향 SDH(Synchronous Digital Hierarchy) 페이로드에 삽입하고, 하향 SDH 페이로드로부터 ATM 셀을 추출하는 서비스 노드 인터페이스 기능, 서비스 노드 인터페이스와 ODN 사이의 VP(Virtual Path) 접속 기능, 전/광 변환 기능 및 ATM-PON 프레임에 ATM 셀을 삽입하고 추출하는 기능을 수행한다.

ATM-PON은 구조적으로 여러 개의 ONU가

하나의 광 섬유를 공유하므로 정보 보호 기능 및 MAC(Medium Access Control) 프로토콜을 필요로 한다. ITU-T는 ATM-PON MAC 프로토콜로서 TDMA(Time Division Multiple Access) 방식을 표준으로 권고하고 있으며, 광 섬유를 통한 양방향 전송 방법으로는 단일 광 섬유를 사용하여 상/하향 데이터를 서로 다른 파장으로 전송하는 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 방식을 표준으로 권고하고 있다³⁾.

2. ATM-PON TC 계층 기능

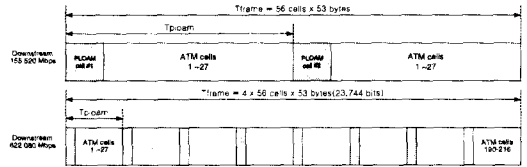
ATM-PON의 계층 구조는 표 1과 같이 물리매체 계층, TC계층 및 경로 계층으로 구분된다. 경로 계층은 ATM 계층의 VP(Virtual Path)에 해당하고, TC 계층은 B-ISDN의 TC 부계층에 해당하며 응용 부계층과 PON 전송 부계층으로 구분된다. PON 전송 부계층은 광 분배망 상에서 PON 고유의 전송 기능 즉, 레인징, 셀 슬롯 할당, 대역 할당, 정보 보호, 프레임 정렬, 버스트 동기, 비트/바이트 동기 기능을 제공하고, 응용 부계층에서는 셀 속도 정합 및 HEC 계산 및 오류 정정 기능을 제공한다. 물리매체 계층은 광 선로를 사용하여 데이터 비트 열을 전송하는 기능을 수행한다.

표 1. ATM-PON 망의 계층적 구조

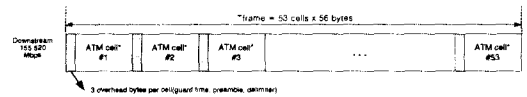
경로계층		ATM 계층의 VP에 해당
TC계층	응용부계층	셀 속도 정합 HEC 계산 및 오류정정
	PON 전송 부계층	Ranging 셀 슬롯 할당 대역 할당 정보 보호 프레임 정렬 버스트 동기 비트/바이트 동기
물리매체 계층		E/O 변환 WDM 광 섬유 접속

그림 3은 대칭형(상하향 155.520 Mbps) 및 비대칭형(하향 622.080 Mbps, 상향 155.520 Mbps) ATM-PON의 전송 프레임 구조를 나타낸다. 매 28 타임 슬롯마다 PLOAM 셀이 존재하므로, 하향 대칭형 155.520 Mbps 프레임 경우에는 2 개의 PLOAM셀 슬롯과 54 개의 53 바이트 ATM 셀 슬

롯이, 하향 비대칭형 622.080 Mbps 프레임 경우에는 8 개의 PLOAM 셀 슬롯과 216개의 53 바이트 ATM 셀 슬롯이 있다.



(a) 하향 프레임 구조



(b) 상향 프레임 구조

그림 3. ATM-PON 프레임 구조

따라서, 비대칭형 PON에서는 하향 Tframe내의 ATM셀 수가 대칭형의 4배이다. 그리고 상향 프레임은 53 개의 타임 슬롯이 있으며, 각 타임 슬롯은 OLT의 제어에 의하여 PLOAM 셀 슬롯, ATM 셀 슬롯, 분할 슬롯(divided slot) 중 하나로 할당된다. 분할 슬롯은 MAC 프로토콜의 동적 대역 할당을 위한 ONU 큐 상태를 전달하는데 사용된다. 상향 타임 슬롯 56 바이트는 3 바이트의 오버헤드 정보와 53 바이트의 ATM 셀로 구성된다. 3 바이트의 오버헤드 정보는 인접한 슬롯과의 충돌을 방지하기 위한 최소 4 비트의 guard time과 클럭 복구를 위한 정보인 preamble, 슬롯의 경계식별을 위한 정보인 delimiter로 구성되어 있다. 하향 PLOAM 셀은 상향 타임 슬롯 허가정보와 유지 보수 관리 정보를 수송하기 위한 메시지로 이루어져 있으며, 상향 PLOAM 셀은 메시지와 광 전력 제어 정보로 이루어져 있다.

3. 정보 보호 기능

ATM-PON 시스템에서는 구조적으로 다수의 ONU들이 하향 신호를 공유하고 있다. POTS(Plain Old Telephony Service), ISDN, 데이터 접속과 같이 점대점 접속에 대해서는 여러 수준의 프라이버시 보장이 요구되지만, 비디오 방송과 같은 서비스에 대해서는 불필요할 수도 있다. 그리고 유료 방송과 같은 비디오 서비스에 대한 접근 관리를 위해서는 암호화(encryption) 수단이 필요하다. FTTCab

시스템의 경우에 있어서는 PON 프로토콜 자체가 매우 복잡하여 쉽게 도청할 수가 없으므로, 전송 TC 계층에서의 암호화는 수행하지 않고 대신에 상위 서비스 계층에서 암호화를 수행하고 있다. 복잡한 암호 알고리즘은 시스템 속도를 늦출 수 있으며 비용이 많이 들 수도 있다. 따라서, ATM-PON 시스템에서는 단지 점대점 통신만을 TC 계층 정보 보호 수단의 대상으로 삼고, 방송 서비스는 서비스 계층에서 선택적으로 수행하는 것이 경제적이다. 즉, 점대점 통신을 위한 TC 계층 정보 보호 기능은 OLT 및 ONU 사이 하향 셀에서만 수행된다. ATM-PON 시스템에서의 하위 수준의 표준 암호화 방법은 기존의 상위 수준의 암호화 수단과 전송시스템의 혼화기와 구별하고자 데이터 churning이라는 용어를 사용한다^[3]. 데이터 churning의 목적은 무시할 정도의 간단한 논리 회로를 사용하여 하향 데이터 내 점대점 통신상의 도청을 방지하기 위함이다.

ATM-PON 시스템에서 하향 데이터 churning은 OLT의 요청으로 ONU에 의해 제공되는 3 바이트의 키를 사용한다. ONU는 정보 보호 기능을 향상하기 위하여 빠르게 그리고 연속적으로 키를 변경하는데 OLT가 키 변경 주기를 제어한다. 키 생성은 상향 사용자 데이터에서 추출한 3 바이트의 데이터와 랜덤하게 생성한 3 바이트 수와의 배타적 논리합(exclusive-OR)를 수행하여 도출한다.

ATM-PON 시스템에서 churning 흐름도는 그림 4와 같다. OLT가 최소한 1초에 한 번 ONU에게 새로운 암호키를 요청하면 ONU는 OLT에게 새로운 암호키를 생성하여 상향으로 전송한다. OLT가 3 번 동일한 암호키를 수신하면 ONU에게 암호키 변경 메시지(churning_key_update)를 3 번에 걸쳐 미리 정해진 시간 간격($32 * T_{ploom}$)으로 전송 횟수와 함께 송신한다. 이것은 다른 메시지들보다 최상의 우선권을 갖고 있는 암호키 변경 메시지의 손실에 대비하기 위한 조치이다. 만일 ONU가 3 개의 암호키 변경 메시지 중에서 최소한 하나만이라도 수신하면 메시지들 사이의 간격을 미리 알고 있으므로 언제 새로운 키가 OLT에서 활성화되는 지를 알 수가 있다. ONU가 첫 번째 정확한 암호키 변경 메시지를 수신한 후에 그 메시지 수신에 대한 ACK (ACKnowledge) 신호를 OLT에게 보낸다. 이때 만일 OLT가 마지막 암호키 변경 메시지를 전송한 후 300 ms 이내에 ACK 신호가 수신되지 않으면 해당 ONU에 대해 Loss of ACK로 선언한다.

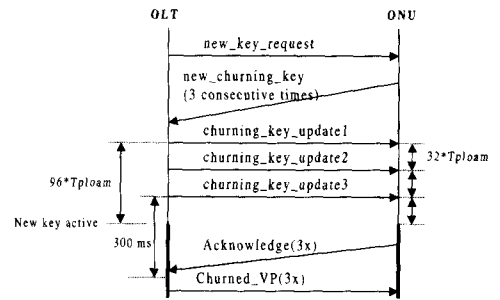


그림 4. Churning 흐름도

Churning은 OLT에서 VP별로 활성화 혹은 비활성화를 수행할 수 있으며 그 결정은 현재 상위 계층 처리 칩에서 결정되어 유토피아 인터페이스를 통하여 전달된다.

4. MAC 프로토콜

트리 구조의 광 분배망으로 구성되어 있는 ATM-PON은 기존의 LAN과는 달리 상향 및 하향 채널이 파장에 의해 분리되어 있으며, 하향 채널은 오직 OLT만이 데이터를 송신하므로 MAC 프로토콜이 필요 없고, 상향 채널은 여러 개의 ONU가 공유된 광 선로를 통해서 데이터를 송신하므로 MAC 프로토콜이 필요하다.

또한, 기존의 협대역 서비스를 위한 TPON (Telephony over PON)은 오직 CBR 트래픽 뿐이거나, 가입자 노드의 요구 대역이 PON 전송 채널의 전체 대역에 비하여 적으므로, 상향에 있어서 각 노드에게 규칙적인 시간 슬롯을 할당하는 단순한 고정 할당 방식의 TDMA 프로토콜을 사용하는 것이 가능하다^[4]. 이에 비하여 ATM-PON은 전송 채널의 전체 대역 한도 내에서 여러 가지 다양한 트래픽 특성을 갖는 광대역 서비스 데이터들을 통계적 다중화하고, 가입자가 요구하는 전송 대역과 서비스 품질을 동적으로 만족시켜주어야 하므로, ATM-PON MAC 프로토콜은 이러한 목적에 맞도록 유연한 대역 할당을 제공할 수 있어야 한다.

ATM-PON MAC 제어기는 상향 대역을 여러 ONU들에게 공평하면서 동적으로 할당하기 위하여 ONU내의 MAC 정보(즉, 큐의 상태)를 필요로 한다. ONU는 그림 5와 같은 분할 슬롯의 한 부분인 미니 슬롯 페이로드 필드에 액세스 노드가 요구하는 MAC 정보를 채운다. 또한, 분할 슬롯은 한 개의 완전한 상향 슬롯을 차지하고, 한 그룹으로 지정된 여러 ONU들로부터 제공되는 여러 개의 미니

슬롯으로 구성되어 있다.

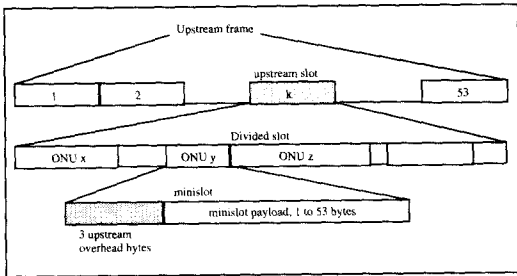


그림 5. 분할 슬롯의 구성

5. 레인징 프로토콜

트리 구조의 ATM-PON에서, 각 ONU들은 OLT로부터 최소 0 km에서 최대 20 km까지 다양하게 분포되어 있으며, OLT 및 각 ONU간 총 왕복 지연 시간(round-trip delay)은 0 ~ 2 ms까지 그 차이가 다양하다. TDMA 방식을 사용하여 여러 ONU로부터 전송된 상향 셀들은 망의 분기/결합 지점에 시간적으로 동시에 혹은 겹쳐서 도착하면 충돌이 발생한다. 셀의 충돌로 인하여 OLT에서 상당한 비트 오류가 발생하여 결국 전송된 셀은 충돌로 인하여 손실된다. 따라서, 상향 셀들의 충돌을 막기 위해 각 ONU에 대한 거리를 측정하여 모든 ONU들이 가상적으로 동일한 거리에 위치하도록 하는 특별한 절차가 필요하며, 이와 같은 특별한 절차를 레인징이라 부른다.

레인징 방법은 In-band, Out-of-band, Hybrid 등 3가지 방법이 있으나⁵⁾, ATM-PON에서는 구현이 간단하고 속도가 빠른 장점을 가지고 있는 디지털 방식의 in-band ranging 방법을 사용한다. PON의 최대 범위는 최소한 20 km이며, 각 ONU에 대한 전송 거리 측정은 다른 ONU에 대한 서비스 방해가 안되도록 서비스 도중에 수행한다.

지연 시간 측정 신호를 위한 창 크기(window size)는 망 운영자가 사전에 제공하는 ONU 위치 정보를 사용하면 작게 할 수 있다. 아직 거리 측정이 끝나지 않은 ONU들을 위한 레인징 창의 시작과 끝은 망 운영자가 제공한 최소 거리 및 최대 거리를 바탕으로 결정된다.

ONU 일련번호 등록 과정은 ONU의 설치 시 일련번호를 운영시스템(Operating System)이 OLT에 등록하는 경우와, 일련 번호를 등록되지 않아 일련번호 탐색 과정을 거쳐 등록하는 경우가 있다.

ONU 일련번호 등록 과정에 관계없이 ONU 거리 측정 기능의 구동 방법은 다음과 같이 두 가지가 있다.

새로운 ONU가 연결된 것을 망 운영자가 알고 거리 측정을 시작하여 성공하거나(혹은, 일정 시간이 지나면) 레인징을 중지하는 경우와, OLT가 주기적으로 새로운 ONU들이 연결되었는지를 알아보기 위하여 레인징 절차를 시작하는 경우이다. 이때 탐색(polling) 주기는 운영 시스템이 지시하며 1 ms 혹은 1 sec 가 될 수 있다.

하향 스트림과 상향 스트림 사이 셀 전송 위상 관계를 표현하기 위하여 그림 6과 같이 위상 기준점(Specification point)를 정의한다.

그림 6에서, Td는 모든 ONU들에 대한 총 왕복 지연 시간을 동일하게 만들기 위하여 각 ONU에게 할당하는 등화지연시간(equalization delay)을 나타내며, Ts(basic cell transmission delay)는 Td를 고려하지 않은 경우에 ONU에서 PON 신호를 처리하는데 소요되는 지연 시간을 나타낸다. 그러므로, ONU에서 셀 전송 지연은 (Ts + Td)가 된다. Tpd는 OLT에서 ONU까지의 광 섬유 전파지연 시간(optical fiber propagation delay)을 나타내고, TiO1, TiO2, TiS1, TiS2는 ONU와 OLT간의 O/E, E/O 변환에 소요되는 지연 시간을 각각 나타낸다.

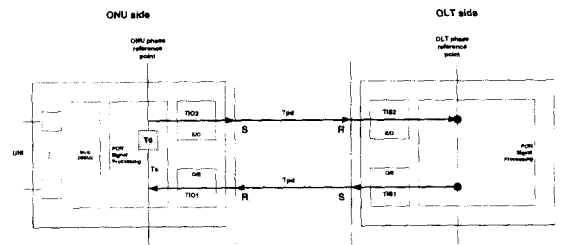


그림 6. Specification points의 구성

기준점 S/R에서 ONU 응답 시간 Tresponse(ONU)은 다음과 같이 정의된다.

$$Tresponse(ONU) = TiO1 + Ts + TiO2.$$

ONU에서의 신호 처리 시간의 충분한 예상 값은 155.520 Mbps 속도에서 3136비트(7 셀)에서 4032비트(9 셀) 정도이다. 여기서 2 셀 편차는 약 600 m 정도의 ONU 위치의 모호함을 고려하였기 때문이다.

OLT 위상 기준점에서 ONU위상 기준점사이의 위상 관계는 그림 7과 같다. 여기서 Teqd(the

equalized round trip delay)는 아래의 식과 같이 OLT와 ONU사이의 광 섬유 전파 시간을 나타내는 것으로서 하향 프레임의 첫 번째PLOAM 셀의 첫 번째 허가 정보에 대응하는 상향 첫 번째 셀이 도착하는 시간을 나타낸다.

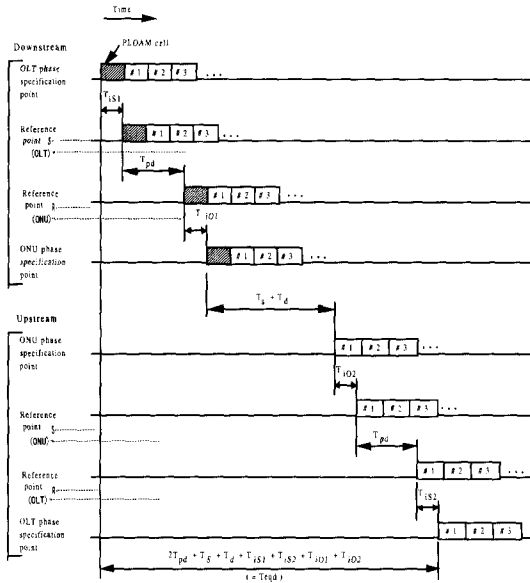


그림 7. 상향 및 하향 위상 관계

$$T_{eqd} = 2 * T_{pd} + T_{response}(ONU) + T_d + T_{IS1} + T_{IS2}$$

T_{eqd} 는 정상적인 운용 상태에서는 모든 ONU에 대하여 일정한 값이어야 하므로 광 선로 거리에 따른 지연 시간 편차(즉, $2 * T_{pd}$ 편차는 69 셀 + 192 비트)와 ONU 마다 신호 처리 시간 편차($T_{response}(ONU)$)의 편차는 2 셀)를 제상하여 각 ONU 마다 T_d 를 결정하여야 한다. 그러므로, T_d 는 155.520Mbps 속도에서 $0 \leq T_d \leq 32,000 \text{ bits}$ (= 69 셀 + 192 비트 + 2 셀)사이의 값이 되고, T_d 의 granularity는 1 bit@155.520Mbps으로 정의된다.

T_d 는 아래 식을 이용하여 측정한다.

$$T_d = T_{eqd} - (T_2 - T_1)$$

여기서, T_1 은 OLT 위상 기준점에서 레인징 허가 정보가 실려 있는 하향 PLOAM 셀의 전송 시간이고, T_2 는 OLT 위상 기준점에 상향 레인징 셀이 도착하는 시간을 나타낸다.

III. OLT TC 계층 기능처리기 구조 및 설계

OLT TC 계층 처리기는 상하향 셀 속도 정합, HEC 삽입 및 추출, 스캐램블링/디스캐램블링, 레인징, 정보 보호, 프레임 정렬, 셀 슬롯 할당 및 대역 할당, 비트/바이트 동기 등과 같은 OLT의 TC 계층 기능의 대부분을 수행하며, 그림 8과 같이 크게 하향프레임 처리부, 하향선로 처리부, 메시지 생성부, 암호화부, 레인징 처리부, 슬롯경계 식별부, 상향선로 처리부, 상향프레임 처리부, 메모리 및 CPU 정합부로 구성되어 있다.

하향프레임 처리부는 ATM 계층과 물리 계층의 셀 속도 정합 기능을 수행하는 ATM Forum의 송신 유토피아(UTOPIA) 정합 기능, 각 ONU로부터 수신한 3 바이트 암호 키를 사용하여 하향 ATM 셀 데이터를 churning하는 기능, 동적 대역 할당을 위하여 ONU별 버퍼 상태 정보를 바탕으로 CPU가 생성한 허가정보(grant)를 저장하여 하향 프레임의 PLOAM 셀에 매핑하는 기능, 허가정보 및 메시지 정보를 PLOAM 셀에 매핑하는 기능, 송신 셀 동기 신호를 T_{eqd} 만큼 지연시킨 상향 슬롯 기준 신호(REF_SOC)를 생성하는 기능, 암호화 처리된 ATM 셀과 PLOAM 셀을 받아서 그림 3과 같은 ATM-PON 하향 프레임을 형성하는 기능을 수행한다.

하향선로 처리부는 하향 프레임 데이터에 대한 BIP-8 계산 및 삽입, 분산표본 스캐램블링, HEC 계산 및 삽입 후 병렬 데이터를 155.520 Mbps 혹은 622.080 Mbps 속도로 직렬 변환하여 출력하는 기능을 수행한다.

슬롯경계 식별부는 버스트 모드 광 수신기에서 추출한 155.520 Mbps 데이터를 받아 오버헤드 필드를 검색하여 슬롯의 경계를 식별하고 기준 슬롯 신호와의 위상 차이 정보를 생성하는 기능을 수행한다.

상향선로 처리부는 슬롯 정렬된 데이터를 받아 디스캐램블링을 수행하고, ATM 셀 헤더 오류 검사를 한 다음 단일 비트 오류를 정정하고, BIP-8 계산을 수행하며, 분할 슬롯 데이터는 RAU(Request Access Unit) FIFO에 별도 저장하고, 정상 길이의 셀들을 상향프레임 처리부로 출력하는 기능을 수행한다.

상향프레임 처리부는 사용자 셀, IDLE 셀, PLOAM을 분리하여 IDLE 셀은 바로 폐기하고, 사

용자 셀은 수신 유포피아 정합부로 전달하고, PLOAM 셀은 OAM 처리부로 전달한다. 그리고, PLOAM 셀로부터 메시지 정보를 추출 후 소프트웨어로 처리하는 메시지 정보들은 메시지 FIFO에 저장하고 기타 메시지 정보는 성능정보 처리부로 전달하는 기능, 메시지 정보 및 외부 신호를 분석하여 대부분의 OAM 관련 정보 및 설정한 임계치 초과 정보 신호를 검출/생성하는 기능, 상위 계층인 ATM 계층과 물리 계층의 셀 속도 정합 기능을 수행한다.

허가정보(Grant)는 53개의 상향 슬롯 할당을 위하여 ONU별 버퍼 상태 정보를 바탕으로 하향 프레임의 처음 두 개의 PLOAM 셀에 매핑된다. 각 PLOAM 셀에 27 개의 허가정보를 채울 수 있으나 프레임당 53개의 허가정보만이 필요하므로 두 번째 PLOAM 셀의 27 번째 및 나머지 PLOAM 셀의 허가정보는 공백(idle) 허가정보로 채워진다. 허가정보의 길이는 8 비트이며 허가정보의 형식은 표 2와 같다.

OLT가 동시에 32 개의 ONU들을, 선택적으로 최대 64 개 ONU 까지 지정할 수 있으므로 허가정보 부호화는 상 방향에 대해서 허가정보 값과 ONU 번호에 대한 변환 기능을 위해 Look-up 테이블과 같은 상당한 크기의 메모리를 필요로 하므로 허가정보 값에 ONU 번호를 포함시켜 부호화함으로써 시스템 구현 비용을 낮출 수 있도록 하였다. 즉, 허가정보 값의 상위 두 비트가 00이면 데이터 허가정보, 01이면 PLOAM 허가정보, 10이면 분할 슬롯 허가정보, 11이면 예비 혹은 기타 허가정보를 나타낸다.

표 2. 허가정보 형식

허가정보 형식	부호화	정의
데이터	0x00 ~ 0x3F	특정 ONU를 위한 데이터 허가정보 값
PLOAM	0x40 ~ 0x7F	특정 ONU를 위한 PLOAM 허가정보 값
분할 슬롯	0x80 ~ 0xBF	특정 ONU들의 분할 슬롯 허가정보 값으로 레인징 수행동안 분할 슬롯 구성 메시지를 통하여 할당(각 ONU는 1 개의 Divided_slot을 보냄)
예비	0xC0 ~ 0xFC	추후 특정 ONU 인터페이스나 OoS class를 지정하기 위하여 사용
레인징	0xFD	레인징 처리과정에서 사용
미할당	0xFE	미사용 상향 슬롯을 나타냄.
공백(idle)	0xFF	상 방향과 하 방향의 정합을 위하여 사용 ONU에서는 무시

CPU에 의해 할당된 허가정보는 제어기내의 허가정보 테이블에 저장된 후 해당 프레임에서 읽혀져 ONU로 전송되면, 각 ONU들은 할당된 슬롯에 사용자 셀 혹은 OAM 셀을 실어 보낸다. 한편, 상향으로 올라오는 슬롯은 하향 프레임 전송 시간에서 Teqd 만큼 지연된 후에 OLT에 도착하므로, 역으로 Teqd 만큼 지연된 시간에 허가정보 테이블에 저장된 허가정보를 분석함으로써 상향 슬롯의 소유 및 형식을 알 수가 있다. 이와 같이 상향하향 슬롯의 동기를 위하여 허가정보는 CPU 저장, 하향 읽기, 상향 읽기 등 3 가지 기능 동작이 그림9와 같이 4 프레임에 걸쳐 주기적으로 발생하도록 4개의 메모리 쓰기 및 읽기 동작을 제한한다.

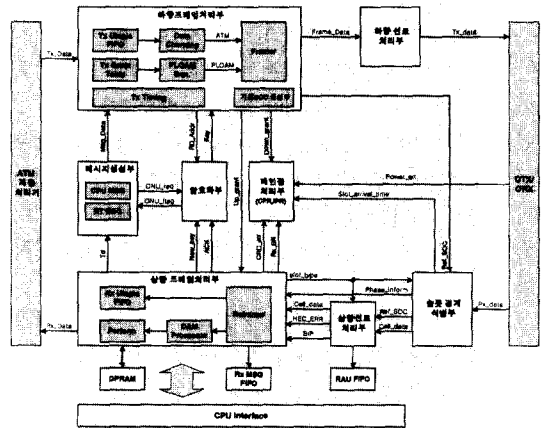


그림 8. OLT TC 계층 처리기 블록도

		Tx frame counter value			
		1	2	3	4
Memory	A	Write	Dn Rd	Dn Rd	Dn Rd
	B	Dn Rd	Write	Dn Rd	Dn Rd
	C	Dn Rd	Dn Rd	Write	Dn Rd
	D	Dn Rd	Dn Rd	Dn Rd	Write

그림 9. 허가정보 관리 알고리즘

그림 9에서 테이블 A를 예를 들어 설명하면 4 프레임 기간 중 첫 번째 프레임 동안 CPU 쓰기가 행해지고, 두 번째 프레임 동안 하향 허가정보 읽기가 행해지고, 세 번째 및 네 번째 프레임 주기에 걸쳐 상향 허가정보 읽기가 일어난다. 하향 읽기 기능

동작이 세 번째 및 네 번째 프레임에 걸쳐서 발생하는 이유는 시스템의 총 왕복 지연 시간(Teqd)이 1 프레임 주기 보다는 크고 2 프레임 주기 보다는 작다(53 셀 < Teqd < 106 셀)고 가정하였기 때문이다. 만일 Teqd가 한 프레임(53 셀)이라면 동작 주기를 3 프레임에 완료된다. PON 시스템의 OLT-ONU 최대 거리를 20 km라 할 경우, Teqd는 대략 1프레임 반(80 셀)이므로 유휴기없이 3 가지 기능 동작을 파이프라인 형태로 처리하기 위해서는 허가정보 테이블을 4 개의 메모리(Single-port SRAM)로 구성하는 것이 최적의 방법이다. 이렇게 구성하면 한 프레임 동안 메모리 4 개가 CPU 저장, 하향 읽기, 상향 읽기 기능 동작을 나누어 수행할 수 있다.

하향 데이터 정보 보호를 위하여 ATM-PON 시스템에서 키 변경은 최소한 1초에 한 번 이루어져야 한다. 키 변경 과정에서 OLT와 ONU간의 정확한 동기를 위하여 churning_key_update 메시지는 3 번에 걸쳐 미리 정해진 시간 간격(32*Tploam)으로 전송하여야만 한다. 따라서, 키 변경을 위한 메시지 전송을 CPU가 전담하여 처리하기에는 타이밍 부담이 크므로 하드웨어로 처리하는 것이 바람직하다.

그림 10은 키 변경 주기가 1초인 경우에 키 변경을 위한 메시지를 전달할 PLOAM 셀을 할당하는 방법을 나타낸다. 즉, 키 변경 주기 1초를 반으로 나누어 첫 0.5초 동안에는 new_key_request 메시지 전송 기간으로, 다른 0.5초 동안에는 churning_key_update 메시지 전송 기간으로 정하여 활성화된 ONU의 키 변경 관련 메시지를 정확한 시간 간격으로 전송할 수 있도록 PLOAM 셀을 미리 지정해 놓는다.

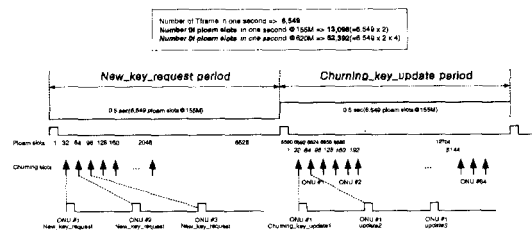


그림 10. Churning 메시지 슬롯 할당

155.520 Mbps의 경우, 0.5초 동안에 약 6,549 개의 PLOAM 셀이 존재하므로, 최대 64개의 ONU

가 활성화 된 경우 매 32번째 PLOAM 셀에 new_key_request 메시지를 실어 전송하여도 new_key_request 메시지 전송에 필요한 시간은 2,048(64*32) Tploam 이다. 그리고, 64개의 ONU에 대하여 32번째 PLOAM 마다 3번에 걸쳐 churning_key_update 메시지를 전송하는 경우에도 6,144 (64*32*3) Tploam 시간이 소요되므로, 0.5 초 동안에 churning_key_update 메시지를 전송하는 것이 가능하다. 각 ONU마다 churning 관련 메시지를 보내기 위한 PLOAM 슬롯이 결정되어 있으나, 해당 ONU가 active가 아닌 경우에는 해당 PLOAM 셀을 다른 유지보수 정보 전달 목적으로 사용할 수 있다.

IV. 결론

PON을 통하여 ATM을 지원하는 ATM-PON 시스템의 구조와 하향 데이터 정보 보호 기능, MAC 프로토콜, 레인징 프로토콜에 대하여 논의하였으며, ATM-PON TC 계층 기능인 셀 속도 정합, HEC 계산 및 오류정정, 레인징, 셀 슬롯 및 대역 할당, 암호화(churning), 프레임 정렬, 스크램블링 등의 기능을 처리하기 위한 OLT의 구조 및 설계에 대하여 논의하였다.

동적 대역 할당을 위하여 ONU별 버퍼 상태 정보를 바탕으로 CPU에 의해 할당된 하향 허가정보 데이터를 경제적으로 관리하는 알고리즘을 제안하였으며, 구조적으로 다수의 ONU들이 하향 신호를 공유하는 ATM-PON 시스템에서, 기존의 상위 레벨의 암호화 수단과 전송시스템 혼화기와 구별되는 하위 수준의 암호화 방법인 데이터 churning을 사용하여, 하향 셀을 암호화하는 메커니즘을 설명하고, OLT와 ONU간의 정확한 암호 키 변경 동기를 위한 메시지 슬롯 할당 방법을 제시하였다.

참고 문헌

- [1] U. Killat, *Access to B-ISDN via PONs : ATM communication in practice*, Wiley, 1996.
- [2] 장중욱,이계상,이정태, 초고속정보통신망에서의 최적가입자망을 위한 경제성 분석 및 설계, 한국정보처리학회 논문지 제4권 제6호, pp. 1589 1600, 1997년 6월.
- [3] ITU-T Recommendation G.983, Optical Access

Networks to Support Future Services Including Those Whose Equivalent Bandwidth Is Greater Than ISDN Basic Rate, February 1998.

[4] Mike Knuckey, Martin Whiting and Les Auld, Fiber in the Loop, Telephony over Passive Optical Networks, *Fujitsu Sci. Tech. J.*, 32-i, pp.53-65, Jun. 1996

[5] J.A.Quayle, Ranging on Advanced PONs, 13th Annual Conference on European Fiber Optic Communications and Networks, pp. 154-157, 1995.

이 석 훈(Seog-Hoon Lee)

정회원



1989년 2월: 경북대학교 전자공학과 학사

1997년 8월: 충남대학교 산업대학원 전자공학과 석사

1999년 3월~현재: 충남대학교 전자공학과 박사과정 중

1989년~1993년: (주)대우아피안테크놀로지
1993년~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원
<주관심 분야> 광대역전송 시스템용 VLSI 설계

채 종 역(Jong-Eok Chae)

정회원

1986년2월: 경북대학교 전자공학과 학사

1988년2월: 경북대학교 회로및제통공학과 석사

1988년~현재: 한국전자통신연구원 선임연구원

<주관심 분야> 가입자액세스망 장치 기술, 시스템 내부 연결망기술

유 태 환(Tae-Whan Yoo)

정회원

1981년2월: 서울대학교 원자핵공학과 학사

1983년2월: 한국과학기술원 물리학과 석사

1993년9월: 미국 Texas A&M EE Dept. 박사

1983년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

<주관심 분야> 광대역 전송 기술, 초고주파/고속 회로 및 시스템

김 봉 태(Bong-Tae Kim)

정회원

1983년3월: 서울대학교 전자공학과 학사

1991년12월: 미 NC주립대 컴퓨터공학과 석사

1995년12월: 미 NC주립대 컴퓨터공학과 박사

1983년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원

<주관심 분야> 통신망, 통신시스템, 컴퓨터 통신

김 재 근(Jaeg-Kuen Kim)

정회원

1980년2월: 고려대학교 전자공학과 학사

1983년2월: 고려대학교 전자공학과 석사

1990년9월: 고려대학교 전자공학과 박사

1983년~현재: 한국전자통신연구원 책임연구원 광통신연구부장

<주관심 분야> 광전송 시스템

김 대 영(Dae-Young Kim)

정회원

1975년2월: 서울대학교 전자공학과 학사

1977년2월: KAIST 전기 및 전자공학과 석사

1983년2월: KAIST 전기 및 전자공학과 박사

1979년~1980년: 독일 RWTH Aachen 공대 연구원

1980년~1981년: 독일 UNI Hannover 공대 연구원

1987년~1988년: 미국 UC Davis 객원연구원

1983년~1992년: 충남대학교 전자공학과 교수

1992년~현재: 충남대학교 정보통신공학과 교수

<주관심 분야> 고속통신망 구조 및 프로토콜, 인터넷 관련분야