

ATM-PON망에서 망 생존성을 위한 자동보호절체

정희원 김 영 구*, 박 순 흥**, 이 동 춘***, 조 용 환**

Automatic Protection Switching Schemes for Network Survivability in ATM-PON Networks

Young-Ku Kim*, Soon-Hong Park**, Dong-Choon Lee***, Yong-Hwan Cho** *Regular Members*

요 약

보호절체의 두 가지 형태는 자동절체와 강제절체로 구분된다. 절체 메카니즘은 일반적으로 OAM기능에 의해 실현이 되는데, 필요한 OAM 정보 필드는 PLOAM 셀에서 예약되어진다. 본 논문에서는 단방향과 양방향 자동보호절체 방법과 이점들을 소개한다. 단방향 자동보호절체는 보호절체를 위한 특별한 프로토콜이 필요 없고 간단하고 우선 순위에 의한 절체 명령으로 절체를 하기 때문에 양방향 자동보호절체 보다 더 빠르게 절체를 할 수 있다. 양방향 자동보호절체는 보호절체를 위하여 PLOAM셀의 PST 메시지의 오버헤드인 APS K1 바이트와 K2 바이트를 사용한다. 단방향과 양방향 자동보호절체 방법의 비교분석을 통해 효율적인 ATM-PON 구성 방법을 제시한다.

ABSTRACT

There are two types of protection switching : a) automatic switching and b) forced switching. The switching mechanism is generally realised by OAM functions, therefore, the required OAM information fields should be reserved in the PLOAM cells. This paper proposes an unidirectional and a bidirectional protection switching method and potential advantages. The unidirectional protection switching method can be faster than the bidirectional method because the unidirectional method does not require an APS protocol for protection switching. The bidirectional protection switching method uses APS K1 byte and K2 byte, which is included in octets of a PST message through downstream or upstream PLOAM cells, for protection switching. As making comparisons between the unidirectional and the bidirectional protection switching method, this paper proposes an effective constructing method for ATM-PON network.

I. 서 론

초기의 광통신망은 점대점(Point-to-Point) 통신을 위주로 사용되어 왔다. 이러한 통신망은 주로 북미, 유럽의 핵심적인 전기 통신망 기반 구조인 SONET, SDH 망과 FDDI의 기업망에서 사용되어 왔다. 이러한 광통신 기술을 이용하여 각 가정까지 광섬유로 연결하여 대용량의 멀티미디어 정보통신 서비스를 제공하려는 것이 FTTH(Fiber To The Home)이며, 이를 가능케 하는 망 구성이 ATM-PON(Passive Optical Network)이다.

ATM-PON망은 광가입자 망의 한 부류로서 이러한 광가입자 망 관련 표준화는 ITU-T와 ATM-Forum이 95년부터, GX-FSAN이 96년부터 시작하여 98년과 99년에 걸쳐 1단계를 종결할 예정으로 있으며, ATM-PON 방식으로 통일되고 있다¹⁾. ATM-PON망은 OLT(Optical Line Termination) 장치에서 하향전송 신호로 155Mb/s 또는 622Mb/s급의 하나의 신호를 전달하고, 이 광신호를 수동 Splitter/Combiner를 이용하여 다중의 ONU(Optical Network Unit)/ONT(Optical Network Termination) 장치로 방송을 해주게 된다. 그러므로 이 광선로 상

* (주)하나로통신, ** 충북대학교(yhcho@cbucc.chungbuk.ac.kr), *** (주)아이티
논문번호: 00054-0209, 접수일자: 2000년 2월 9일

의 장애는 막대한 통신 지장을 초래할 수 있다. 하지만, 이러한 PON에서의 망 보호 및 복구는 현재 실제 구현에 들어간 경우가 없고 현재는 실험실 수준에서 연구 중에 있으며, 표준화 중 ITU-T에서 ATM-PON 망의 망 생존성(Network Survivability) 측면에 대해 실제로 ODN(Optical Distribution Network)레벨에서 선택사항으로 이중화에 의한 망 절체 방안을 제시하고 있다.

본 논문에서는 ATM-PON 기반의 광 가입자 망 시스템을 연구 및 개발하여 구축하기 전에 반드시 선행되어야 하는 ATM-PON망의 망 생존성을 위한 효율적인 보호복구 방법으로 OLT-ODN간 망 생존성을 위한 단방향과 양방향에서의 자동보호절체 방법을 비교 분석하는 것을 목표로 한다.

본 논문을 수행하기 위해 제 2 장에서는 ATM-PON망의 구조 및 특성과 접출될 수 있는 장애, 그리고 ITU-T에서 권고하고 있는 ATM-PON에서 망 보호복구를 위한 이중화 구성 방법에 대해 유형별로 기술하고 이를 분석하였다. 제 3 장에서는 단방향과 양방향 모두에서 보호절체 작용이 가능하고, 부분적으로 이중화를 허용한 ATM-PON망 구성(D)를 예를 들어 보호절체 명령을 이용한 자동보호절체 방법의 비교 환경과 분석을 통해 고찰하였다. 마지막으로 제 4 장에서는 제 3 장에서의 비교 분석을 통해 종합적으로 ATM-PON망의 망 생존성 확보를 위해 최적으로 판단되는 자동보호절체 방법을 제시하였다.

II. ATM-PON망의 자동보호절체 방법

1. ATM-PON 망의 구조 및 특성

ATM-PON에서는 액세스 모드로 TDMA(Time Division Multiple Access)를 사용하고 있으며, 이를 실현하기 위한 TDMA 방식 ATM-PON의 버스트 광소자 기술이 반드시 요구된다. 그러므로, ATM-PON에서의 망 생존성을 실현하기 위해서는 버스트 광소자에서 제공할 수 있는 장애 요소를 잘 정의해야 한다. 또한, ODN을 구성하는 주 소자로 광도메인에서 광 절단등에 대한 장애를 검출해야 하므로 이를 위한 OPLDS (Optical power loss detection system) 기술이 요구되고, 상향 스트림은 다수개의 ONU장치로부터 수신되는 장애에 대한 검출이므로 단일 ONU로부터 광 절단 정보를 수신하였을 경우에 다른 ONU로부터 정상적인 신호를 추출할 수 있다면 이는 광선로 상의 장애로 판단하기가 용이

하지 않다.

망 응용성 측면에서 보면, ATM-PON은 망 응용성에 따른 사용자의 다양한 요구를 수용할 수 있어야 한다. 이러한 요구를 구분해 보면 크게 망 사용자와 망 사업자 측면으로 구분된다. 망 사용자 측면에서는 망의 신뢰성을 충분히 확보하려 하는 사용자와 그렇지 않은 사용자로 분류될 수 있으며 이러한 수요를 동시에 만족시킬 수 있어야 한다. 망 사업자 측면에서는 설치비용과 망 사용자의 요구 충족 사항 사이의 트레이드 오프를 고려해야 한다. 이는 망 사업자 측면의 망 신뢰성 확보를 위한 망 생존성 방안과 사용자의 요구를 충족시킬 수 있는 망 생존성 방안을 동시에 고려해야 하는 것이다.

ATM-PON망의 광 섬유 기술을 사용하는 광대역 액세스망의 광 선로 구간은 점대점(point-to-point)구조와 능동형 또는 수동형 점대다점(point-to-multipoint)구조를 가질 수 있으며, 광 선로의 종단 위치에 따라서는 FTTH(Fiber To The Home), FTTC(Fiber To TheCurb)또는 FTTCab(Fiber To The CABinet)으로 분류된다^[1].

ATM-PON 시스템은 OLT(Optical Line Termination), ODN(Optical DistributionNetwork), ONU(Optical Network Unit)으로 구성되어 있으며, 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^[2].

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 변환기능 및 ATM 셀을 삽입하고 추출하는 기능을 수행한다.

ITU-T는 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 있다^[4].

ATM-PON 계층의 기능적 구조는 물리매체 계층, TC(Transmission Convergence)계층, 경로 계층으로 구분된다. 물리매체 계층은 광선로를 사용하여 비트열을 전송하는 기능을 수행하고, TC계층은 응용 부

계층과 ATM-PON 전송 부계층으로 구분된다. ATM-PON 전송부계층은 광 분배망 상에서 PON 고유의 전송 기능 즉, 레인징, 셀 슬롯 할당, 대역 할당, 정보 보호, 프레임 정렬, 버스트 동기, 비트/비트 동기 기능을 제공하고, 응용 부계층에서는 셀 속도 정합 및 HEC 계산 및 오류 정정 기능을 제공한다. 그리고 경로 계층은 ATM계층의 VP (Virtual Path)에 해당하는 기능을 제공한다.

2. 전송 프레임 구조

1) ATM-PON망 프레임 구조

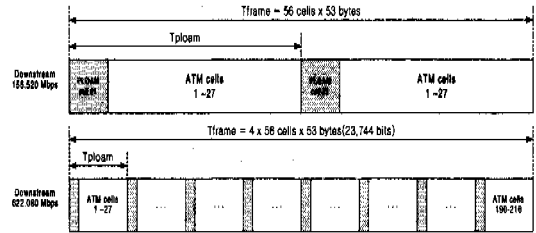
ATM-PON망의 전송 프레임은 대칭형(상하향 155.520Mbps)와 비대칭형(하향 622.080Mbps/상향 155.520Mbps)의 구조를 나타낸다. 대 28 타임 슬롯마다 PLOAM(Physical Layer Operations Administration and Maintenance)셀이 존재하므로, 하향 대칭형 155.520Mbps의 프레임 경우에는 2개의 PLOAM 셀 슬롯과 54개의 53바이트 ATM셀 슬롯이 존재한다. 하향 비대칭형 622.080Mbps의 경우에는 8개의 PLOAM셀 슬롯과 216개의 53 바이트 ATM 셀 슬롯이 있다. 따라서, 비대칭형 PON에서는 하향 T_{frame} 내의 ATM셀수가 대칭형 PON의 4 배가된다. 그리고 상향 프레임 53개의 타임 슬롯이 있으며, 각 타임 슬롯은 OLT의 제어에 의하여 PLOAM 셀 슬롯, ATM 셀 슬롯, 분할 슬롯 (Divided slot)중 하나로 사용된다. 분할 슬롯은 MAC 프로토콜의 동적 대역 할당을 위한 ONU 큐 상태를 전달하는데 사용된다. 상향 타임 슬롯 56 바이트는 3 바이트의 오버헤드 정보와 53바이트의 ATM셀로 구성된다. 3바이트의 오버헤드 정보는 인접한 슬롯과의 충돌을 방지하기 위한 최소 4비트의 Guard Time과 클럭 복구를 위한 정보인 Preamble, 슬롯의 경계식별을 위한 정보인 Delimiter로 구성되어 있다. 하향 PLOAM 셀은 상향 타임 슬롯 허가 정보와 유지 보수 관리 정보를 수송하기 위한 메시지로 이루어져 있으며, 상향 PLOAM 셀은 메시지와 광 전력 제어 정보로 이루어져 있다.

아래의 그림 1은 ATM-PON망의 하향(downstream)전송 프레임과 상향(upstream)전송 프레임의 구조를 나타내었다^[9].

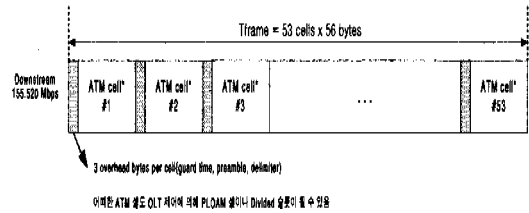
2) ATM-PON망의 상하향 PLOAM 셀의 구성과

APS를 위한 PST 메시지 형태

PLOAM 셀은 OLT의 TC계층에 종단이 되는데, PLOAM 셀의 페이로드(Payload)는 ONU가 LOSi,



(a)하향 전송 프레임 구조



(b)상향 전송 프레임 구조

그림 1. ATM-PON 전송 프레임 구조

LCDi, CPEi, OAMLi의 상태가 아닐 때 진행이 된다.

MESSAGE_PON_ID는 특정 ONU에게 주소를 지정하여 전송하고 레인징 프로토콜 동안에 ONU는 PON_ID의 수에 할당된다. PON_ID의 수는 0에서 63까지이다. MESSAGE_ID는 메시지의 형태를 나타내고, MESSAGE_FIELD는 메시지를 포함한다. 하향 PLOAM 셀 중 35-46의 바이트에 구성되는 12개 페이로드 옥텟은 메시지 필드를 나타내는데, 장애 검출 시 망 보호와 복구방안으로 자동보호절체 방법을 적용하기 위한 제어 비트는 PST(PON Section Trace) 메시지 필드를 사용함으로써 복구가 될 수 있다.

아래의 표 1은 하향 메시지 형태중 PST 메시지를 나타내었다. 이 하향 PST 메시지의 전송 방향은 OLT에서 ONU로의 하향 전송이다.

표 1. 하향 전송의 PST 메시지 구조

PST message		
Octet	Content	Description
35	01000000	모든 ONU에게 메시지를 전송
36	10000000	동일 "PST" 메시지를 전송
37	Line number	0 또는 1로 할 수 있음
38	Control	K1 바이트
39	Control	K2 바이트
40~46	Unspecified	특별히 지시되어있지 않음

표 2. 상향 전송의 PST 메시지 구조

Octet	Content	Description
2	PON_ID	이 메시지를 근본으로 하는 ONU를 나타냄
3	10000010	동일 "PST" 메시지를 전송
4	Line number	0 또는 1로 할 수 있음
5	Control	K1 바이트
6	Control	K2 바이트
7~13	Unspecified	특별히 지시되어있지 않음

상향 PLOAM 셀은 해당 ONU의 상태가 LOS, LCD, CPE, OAML이면 폐기가 되고, IDENT 바이트는 모두 제로이다. 하향 PLOAM 셀과 달리 헤더에 오류가 있으면 셀은 폐기된다.

상향 PLOAM 셀의 LCF는 특별한 의미의 광 출력 전력을 유지하고, RXCF는 정확한 초기 레벨을 복구하는데 사용된다. 상향 PLOAM 셀 2-13의 12개 페이로드 옥텟은 메시지 필드를 나타내는데, 장애 검출 시 망 보호와 복구방안으로 자동보호절체 방법을 적용하기 위한 제어 비트는 PST(PON Section Trace) 메시지 필드를 사용함으로써 복구될 수 있다.

앞의 표 2는 상향 메시지 형태중 PST 메시지를 나타내었다. 이 상향 PST 메시지의 전송 방향은 ONU에서 OLT로의 상향 전송이다^[4].

3. 이중화 ATM-PON망의 구조

ATM-PON의 보호구조는 액세스 망의 신뢰성 개선이 고려되어야 한다. 하지만 광 메커니즘이 고려되어야 하고 시스템의 신뢰성이 얼마나 경제적으로 갖춰질 수 있는지가 관건이다.

보호절체에는 LOS(Loss of Signal), LOF(Loss of Frame), SD(Signal Degrade) 등의 오류 검출에 의해 작동되는 자동절체와 선로 재 경로배정, 선로 교체 등의 관리상의 사건에 의해 활성화되는 강제절체 두 가지가 있다.

스위칭 메커니즘은 OAM(Operations and Maintenance) 기능에 의해 실현된다. 요구되는 OAM 정보 필드는 PLOAM(Physical Layer OAM) 셀 내에 예약되어야 한다.

ATM-PON망의 망 생존성을 위한 요구사항은 다음과 같다.^[4]

- (1) 보호 스위칭 기능은 선택적이어야 함

- (2) 자동 스위칭과 강제 스위칭 모두 가능해야 함
 - (3) 단방향과 양방향 이중화 시스템 자동보호절체의 모든 구성이 가능해야 함
 - (4) 스위칭 메커니즘이 일반적으로 OAM 기능을 통해 실현되므로 요구되는 OAM 정보 필드가 반드시 PLOAM셀 내에 예약되어야 함
 - (5) 서비스 노드와 터미널 장치 사이에 지원되는 모든 연결이 스위칭 이후에 설정되어야 함
- (5)의 요구사항과 관련하여 POTS(Plain Old Telephone Service)의 서비스 노드는 셀 손실 시간이 120ms 보다 작을 것을 요구한다. 만약 셀 손실 시간이 더 길게 된다면 서비스 노드는 호(Call)를 끊으며 호 설정은 보호절체 이후에 다시 요구된다. POTS와 ISDN과 같이, ATM-PON이 기존의 서비스들의 애플리케이션을 지원하기 때문에 이 값이 고려되어야 한다.

1) 이중화 ATM-PON망 구조- (A)

그림 2는 선로 이중 시스템의 구조를 나타낸다. 이 구조의 특징은 단순히 선로만을 이중으로 설치하는 것이다. 따라서, ONU와 OLT들은 하나뿐이다. 이들을 위한 보호절체 프로토콜은 필요가 없기 때문에 단지 광선로를 위한 보호절체가 적용된다. 보호절체가 일어나는 동안 신호 손실 또는 셀 손실들은 불가피하다. 서비스 노드와 터미널 장치 사이의 모든 연결들은 보호절체 이후에 설정되어야 한다.

2) 이중화 ATM-PON망 구조- (B)

그림 3은 이중 OLT 시스템의 구조를 나타낸다. 이 구조의 특징은 OLT 그리고 OLT와 분리기(Splitter)사이의 광선로를 이중으로 구성하고 분리가 OLT 측에 두 개의 입·출력포트를 갖는다. 이러한 구성은 ONU를 이중으로 하여 비용을 줄일 수 있지만 OLT 측만 복구될 수 있다. 보호절체 프로토콜이 필요 없지만 보호절체가 일어나는 동안

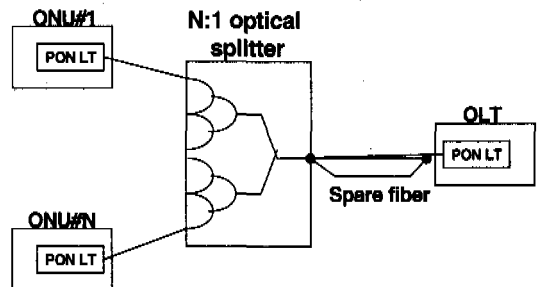


그림 2. 이중화 ATM-PON망 구조- (A)

OLT 만이 실행될 수 있다. OLT 측 내의 예비 회로의 cold 대기가 요구되며, 분리기의 신호 손실 또는 셀 손실은 일반적으로 불가피하다. (A)와 마찬가지로, 서비스 노드와 터미널 장치 사이의 모든 연결들은 보호절체 이후에 설정되어야 한다.

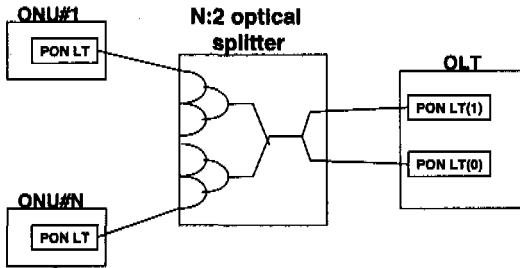


그림 3. 이중화 ATM-PON망 구조 - (B)

3) 이중화 ATM-PON망 구조 - (C)

그림 4는 전 이중 시스템의 구조를 나타낸다. OLT측뿐만 아니라 ONU측 시설도 이중으로 구성된다. 준비중인 시설에 의해 어느 지점의 장애도 복구될 수 있어 높은 신뢰를 준다. 몇몇의 보호절체 프로토콜이 요구되며 셀 손실과 같은 신호단절 없이 보호절체가 가능하다.

4) 이중화 ATM-PON망 구조 - (D)

만약 ONU가 가입자 빌딩 내에 설치되었다면 구내 배선은 이중으로 될 수도 있다. 또한, 각 ONU가 서로 다른 사용자들에 의해 점유된다면, 신뢰성 요구조건은 각 사용자와 ONU의 제한된 수가 이중 구성을 확보하는데 의존한다. 이러한 고려에 근거하여 그림 5는 ONU에서의 부분적 이중화를 허용한다. 이 그림은 이중의 ONU#1과 단일의 ONU#N을 갖추고 있는 예를 보인다.

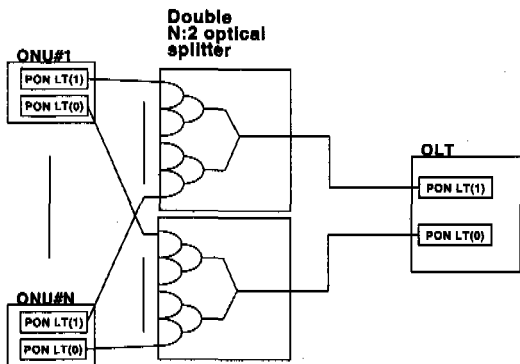


그림 4. 이중화 ATM-PON망 구조 - (C)

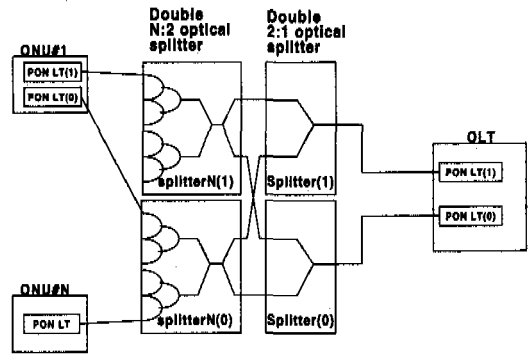


그림 5. 이중화 ATM-PON망 구조 - (D)

이러한 망 구조의 주요 원칙은 다음과 같다.

- (1) ONU#1내의 PON LT(0)와 분리기 N(0), 그리고 ONU#1내의 PON LT(1)와 분리기 N(1)을 연결하기 위해 이중 N:2 광 분리기를 사용
- (2) ONU#N내의 PON LT를 다른 하나의 광 분리기와 연결
- (3) OLT내의 PON LT(0)와 분리기(0), 그리고 OLT내의 PON LT(1)와 분리기(1)를 연결하기 위해 이중 2:1 광 분리기를 사용
- (4) 분리기(1)의 포트 하나가 분리기 N(0)과 연결되어 있고 분리기(0)의 포트 하나가 분리기 N(1)과 분리기 N(1)과 연결된 경우에 이중 N:2 광 분리기와 이중 2:1 광 분리를 연결
- (5) OLT내의 PON LT(0)와 PON LT(1), 또는 ONU#1내의 PON LT(0)와 PON LT(1)로부터 광 신호 충돌을 피하기 위해 OLT와 ONU에 cold 대기를 사용한다.

III. 단/양방향 자동보호절체 방법의 비교 분석

1. 비교 환경 및 분석

1) 단방향 선로 이중화 자동보호절체(1+1 단방향 보호절체)

1+1 또는 1:1 보호절체는 서브네트워크의 전송 중단에서의 트래픽이 운용선로와 보호선로 상에서 두 개의 분리된 방식으로 전송하는 것을 나타낸다. 트래픽이 운용과 보호 서브네트워크 연결에서 전송이 되는 1+1 보호절체의 경우, 전송 중단은 연속해서 연결이 된다. 단방향 전송망에서는 보호절체 방법을 위한 어떠한 자동보호절체 프로토콜도 필요하지 않게 된다. 1+1 단방향 보호절체에서 신호 선택

은 로컬의 조건과 요청에 근거를 한다. 따라서, OLT는 다수의 ONU들의 보호절체 수행과는 독립적으로 보호절체를 수행을 한다. 그리고 보호절체 수행을 위한 요청을 위해 PST 메시지를 통해 통신되는 자동보호절체 오버헤드인 K1 바이트와 K2 바이트가 단방향 보호절체 작동을 위해서는 필요가 없다.

단방향 보호절체 방법의 요구 사항은 다음과 같다.^[9]

- (1) ATM-PON망의 광 선로에서 검출될 수 있는 장애 프리머티브에 따른 자동적인 보호절체 명령(Signal fail, Signal degrade)이 요구된다.
- (2) ATM-PON망의 광 선로의 보호절체 명령 절차에 의한 상태가 요구된다.
- (3) 외부적인 초기 보호절체 명령(Clear, Lockout, Forced Switch, Manual Switch)에 의한 상태가 요구된다.

단방향 보호절체 명령은 다음과 같다^[4].

- (1) **Clear** - Clear 절체 명령은 아래의 장애 발생 시 보호절체 명령이 필요한 경우 부수적으로 발생하는 모든 다음의 절체 명령을 해제한다.
- (2) **Lockout of protection** - 정상적인 트래픽 신호를 거부하고 동일한 보호절체 명령이 비효율적이라면 "Lockout of protection" 요청 발생에 의해 보호채널의 접속을 거부한다.
- (3) **Forced switch (강제 절체)** - 정상적인 트래픽 신호 전송 중, 강제절체는 동일한 또는 더 높은 우선 순위의 절체 명령이 비효율적이거나, 신호 손실이 보호채널 상에서 존재하지 않는다면, 그 트래픽 신호에 대한 강제절체 요구를 생성함으로써 정상적인 트래픽 신호를 절체시킨다.
- (4) **Signal fail (신호손실)** - 신호손실 보호절체 명령은 인접한 노드에서 보호 채널이 신호손실 상태에 있는 것을 검출하여 보호절체를 한다. 보호채널의 신호손실은 장애에 의한 신호손실을 입은 기간동안 보호절체의 Lockout과 동등한 절체기능을 수행한다.
- (5) **Manual switch (수동절체)** - 수동절체는 보호채널과 운용채널 상에서 장애조건이 존재하지 않는다면, 그 정상적인 트래픽 신호를 위한 수동절체 요구를 생성하여 보호채널에서 정상적인 트래픽 신호를 절체한다. 수동절체

는 운용채널 상에서 신호손실보다도 더 낮은 우선 순위를 갖고있기 때문에, 수동절체는 운용채널이 신호손실 조건에 있지 않을 때만 수행된다.

ITU-T 권고안의 자동보호절체 명령은 강제절체(Forced switch)와 신호손실(Signal Fail)에 대한 보호절체 명령을 권장하고 있다. 하지만, 이 두가지 보호절체 명령 이외에 Lockout과 수동절체(Manual switch)는 기존의 망 사업자측면에서는 망 운영자가 망의 운용과 유지보수 측면에서 네트워크의 상태에 따라 필요한 보호절체 명령이기 때문에 고려되어야 한다.

단방향 전송 네트워크의 자동보호절체는 망 일부에 장애가 발생할 경우, 망 장애에 대한 생존성 확보를 위해 적절한 보호절체 명령이 우선 순위에 따라 보호절체가 이루어져야한다. 단방향 자동보호절체 방법에서 그림 6 과 같이 단방향 전송의 망 장애의 발생에 대한 예를 제시한다.

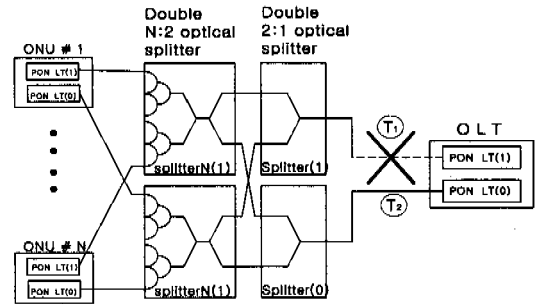


그림 6. 단방향 자동보호절체 방법에서 망 장애 발생 예

위의 예는 이중화 ATM-PON망 중에서 부분적인 이중화를 허용한 단방향 전송(양방향 전송도 가능) ATM-PON망 구조(D)의 T₁ 구간에서 장애가 발생되었을 경우인데, 망 장애에 대한 OLT-ODN간의 망 생존성을 위한 자동보호절체 방법은 다음과 같다.

- [1] 정상적인 트래픽 신호가 OLT에서 전송 중 T₁ 구간에서 신호 장애가 발생되었을 때, 우선 PON LT(1)의 선로는 PON LT(0)의 선로로 절체되어 트래픽 신호를 전송하여 트래픽 신호가 전달되게 한다.
- [2] 만일 T₁ 구간 전에 Lockout이 걸려 있었다면 T₁ 구간에서 신호 장애가 발생되었을 때 보호절체가 이루어질 수가 없다.
- [3] T₁ 구간에서 신호 장애가 발생된 후에 신호 장

애에 대한 망 생존성을 위한 망 복구의 방법으로 보호절체가 우선 순위에 의해 강제절체로 대체된다. 하지만, 신호 장애가 발생된 상태이기 때문에, 신호 장애는 강제절체 명령 속에 내포되어 있는 상태이다.

- [4] T₁ 구간에서 신호 장애가 발생된 후, 보호 선로 상에 신호 장애가 발생 하면 선로의 선택은 OLT의 PON LT(1)의 선로에서 강제절체가 이루어져 PON LT(0)의 T₂ 구간 선로로 자동절체된다. 그리고 우선, 이중 2:1 광분배기를 통과하고 그 후 연결된 이중 N:2 광 분배기를 통해 ONU#1의 PON LT(0)와 ONU# N의 PON LT(0) 신호의 전송이 이루어질 수 있다.
- [5] OLT 선로 측에서 일어날 수 있는 신호장애의 원인은 ONU로부터 수신할 메시지나 부가 정보의 수신 장애이다. 신호 장애의 조건은 LOS(Loss of signal), LCD(Loss of cell delineation), PEE(Physical equipment error), OAML(PLOAM cell loss), CPE(Cell phase error)이 대부분이다.

아래의 그림 7 은 그림 6 의 단방향 신호 전송의 망 장애 시 보호절체 명령에 의한 자동보호절체가 이루어진 결과이다.

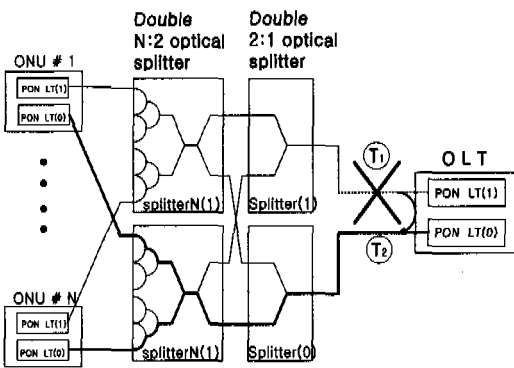


그림 7. 단방향 자동보호절체 방법에서 망 장애 복구 예

2) 양방향 선로 이중화 자동보호절체(1+1 양방향 보호절체)

1+1 양방향 보호절체 방법의 수행은 1:n 보호절체가 광범위하게 사용되고 1:n 배열과 호환성을 갖는 네트워크에서 최적화로 사용할 수가 있는데, 이는 1+1 양방향 보호절체 방법이 모두 사용되는 네트워크를 통해 최적으로 사용될 수 있다. 양방향 자동보호절체는 보호절체의 수행에 따라 요청에 대한

응답을 주거나 받는 방법으로 2장에서 소개한 PLOAM 셀의 PST(PON Section Trace) 메시지의 자동보호절체 오버헤드를 사용하는데, APS(Automatic Protection Switching) K1 바이트와 APS K2 바이트가 그것이다⁹⁾.

K1 바이트는 자동보호절체 수행을 위한 트래픽 신호의 요청을 나타낸다. 비트(Bit) 1-4는 그 요청의 형태를 나타내고, 아래의 표 3과 같다.

표 3에서 보호채널상의 신호손실 조건은 트래픽 신호가 보호채널로부터 선택받을 수 있는 어떠한 요청보다도 더 높은 우선 순위를 갖게 된다. 그리고 제로(Null) 신호는 보호절체 요청의 루크아웃(Lockout)상태로 인정된다.5-8비트는 표 4와 같이 요청이 발생되는 트래픽 신호나 채널의 숫자를 나타낸다.

K2 byte의 비트 1-5 는 ATM-PON망의 광선로에서 보호절체의 상태를 나타낸다. 여기서 K2 byte의 비트 1-4는 신호 숫자를 나타내고 비트 5는 ATM-PON망의 광선로 절체방식을 표시한다.

표 3. K1 byte의 요청 형태

Bit	조건 상태 / 외부 요청	우선 순위
1 2 3 4		Highest
1 1 1 1	Lockout of protection	↓
1 1 1 0	Forced switch	.
1 1 0 0	Signal fail	.
1 0 0 0	Manual switch	.
0 0 1 0	Reverse request	.
0 0 0 1	Do not revert	↑
0 0 0 0	No request	Lowest

표 4. K1 byte의 트래픽 신호 숫자

Signal number	Requesting switch action
0	· Null Signal / 조건과 우선 순위는 보호채널에 적용된다.
1	· Normal Traffic Signal · 조건과 우선 순위는 일치된 운용채널에 적용된다. · 고정된 우선 순위를 갖는 단지 트래픽 신호이 적합 하다. · 1+1 시스템은 일치된 높은 우선 순위의 요청과 동등 한 K-byte상의 수신된 낮은 우선 순위 요청을 취급한다.
2-15	· Unused(후후 사용 예정에 대비해서 예약되어 있는 비트 코드임)

비트 값이 "1"인 경우는 단방향에서의 절체방식을 표시 하고 비트 값이 "0"인 경우 양방향에서의 절체 방식을 표시한다. 그리고 비트 6-8는 기존의 동기식 전송방식에서 이용되는 경우에 유지보수 신호인 AIS(Alarm Indication Signal), RDI(Remote Defect Indication)신호를 표시해 주게 되어있으나, ATM-PON망에서는 이를 제로(Null)값으로 선정해 주어야 한다고 본 논문에서는 판단하였다.

아래의 표 5는 K2 바이트의 비트 1-4가 갖는 트래픽 신호 숫자를 나타낸다.

수신된 K1 바이트가 제로(Null) 신호를 나타내고 특정 트래픽이 연결되어 있지 않다면, 전송된 K2 바이트는 모든 구조와 운용 모드를 통해 1에서 4비트에서 제로(Null) 신호를 나타낸다.

표 5. K2 byte의 트래픽 신호 숫자

Signal number	Indicatives
0	• Null Signal
1	• Normal Traffic Signal • 1+1 시스템 상에서 단지 Normal 트래픽 신호가 적합 하다.
2 -15	• Unused(추후 사용 예정에 대비해서 예약되어 있는 비트 코드임)

K1 바이트와 K2 바이트의 비트 1-5는 보호채널 상에 전송이 된다. 또한 운용채널 상에 동일하게 전송이 된다해도, 수신 측에서는 이를 추정할 수도 없고, 운용채널상의 이러한정보를 무시할 수 있는 호환성을 갖고 있다. 자동보호절체 바이트는 동일한 바이트가 세 개의 연속된 프레임에서 수신될 때만 확실히 수용되는 것을 원칙으로 하나, ATM-PON망의 특성상 이 자동보호절체 바이트들이 PST 메시지를 통해서 전달되기 때문에 그리고 PST 메시지의 값에 대한 에러를 CRC 체크 방식으로 1비트 내의 에러를 보상을 주고, 1비트 이상에 대해서는 에러 검출을 할 수 있기 때문에 한번에 에러 없이 수신된 PST 메시지의 자동보호절체 바이트를 인정할 수 있다^[9].

양방향 전송 네트워크의 자동보호절체는 망 일부에 장애가 발생할 경우, 망 장애에 대한 생존성 확보를 위해 PLOAM 셀의 PST(PON Section Trace) 메시지의 자동보호절체 K1 바이트와 K2 바이트에 따라 보호절체가 이루어져야한다. 양방향 전송의 망 장애를 사건에 따른 양방향 자동보호절체 방법에서

장애 발생의 예를 그림 8과 같이 제시한다.

그림 8 은 양방향 전송 ATM-PON망에서 OLT측 면에서 신호 장애가 발생되었을 경우이다. 망 장애에 대한 망 보호복구 방법으로 PLOAM 셀의 PST 메시지에 의한 APS K1 바이트와 K2 바이트를 이용하여 보호절체가 이루어진다.

양방향 ATM-PON 망에서 신호장애 시 망 보호 복구 절체 방법으로 사용되는 PLOAM 셀의 PST 메시지에서 APS K1 바이트와 K2 바이트의 전송 구조는 K1[x(절체명령), y(채널)], K2[x(채널), y(전송방식), z(Null:고정)]이다. 이를 이용한 보호절체 명령에 의한 양방향 자동보호절체 방법은 다음과 같다.

- [1] T₀ 구간에서 OLT는 신호장애가 없다(No Request)는 K1의 [NR, 0]과 K2의 [NR, 0]의 메시지를 모든 ONU에게 송신한다. ONU측에서도 장애 없는 신호를 수신하였다는 똑같은 메시지를 OLT에게 송신한다.
- [2] T₁ 구간에서 OLT측의 신호장애를 검출한 OLT는 ONU측에 신호장애 (Signal Fail)의 K1[SF, 1]과 K2[0, 0]메시지를 송신한다.
- [3] 메시지를 수신한 ONU는 다시 OLT측에 재전송 요구(Reverse Request) 를 송신한다. 이때 T₂ 구간에서 OLT측에서는 신호장애에 대한 신호손실의 메시지를 해지하고 자동절체를 시행한 K1[SF, 1]과K2[1, 0]메시지를 송신한다.
- [4] T₃ 구간에서 OLT는 ONU에게 K1[NR, 0]과 K2[1, 0]을 전송한 후, 다시 강제절체 명령 K1[FS, 0]과 K2[1, 0]을 전송한다.
- [5] T₄ 구간에서 OLT는 강제절체에 의한 신호장애 없는 신호의 전송 K1[NR, 0]과 K2[0, 0]메시지를 전송한다.

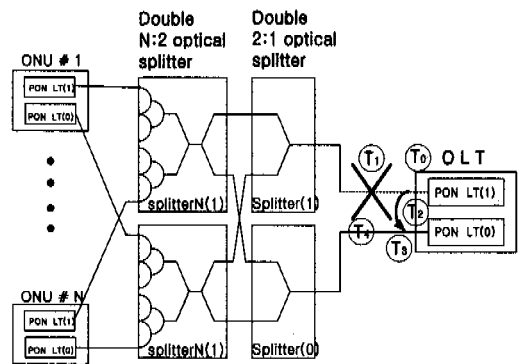


그림 8. 양방향 자동보호절체 방법에서 장애 발생 예

그림 9 는 PON LT(0)구간의 장애 발생 시 상기에 제시한다.

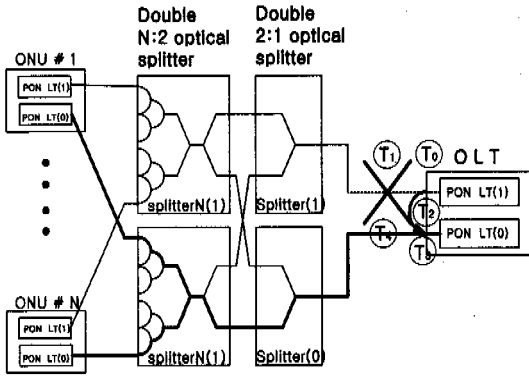


그림 9. 양방향 자동보호절체 방법에서 망 장애 발생에 따른 복구 예

보호절체 명령에 의한 양방향 자동보호절체 방법에서 망 장애 발생에 따른 복구결과이다.

상기 제시한 양방향 전송망의 OLT측면에서 신호 장애에 대한 망 보호복구 방법으로 PLOAM 셀의 PST(PON Section Trace) 메시지에 의한 APS K1 바이트와 K2 바이트를 이용하여 보호절체가 이루어진 OLT-ODN간 자동보호절체 방법의 흐름도는 그림 10 과 같다.

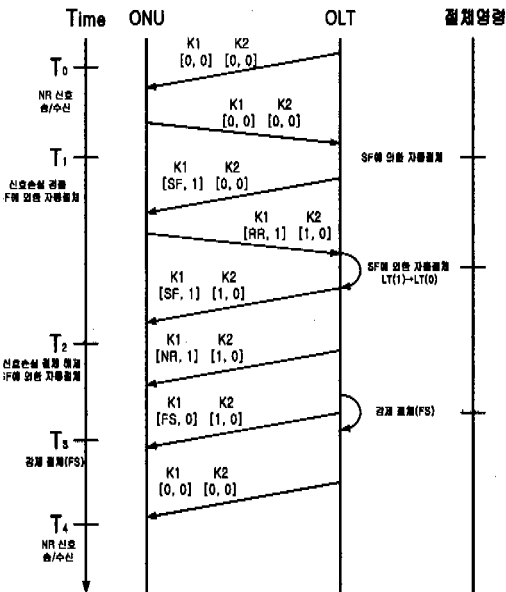


그림 10. 양방향 절체 수행 시 APS K1/K2 바이트의 전달 흐름도

IV. ATM-PON의 절체 방식 간 특성 분석

단방향 자동보호절체 방법의 특성은 다음과 같다.

- 1) 단방향 자동보호절체 방법은 보호절체 하기에 간단하고, 자동보호절체 오버헤드의 프로토콜이 전혀 필요가 없다.
- 2) 단방향 자동보호절체 방법은 오버헤드의 프로토콜이 전혀 필요 없기 때문에 OLT와 ONU 측의 동시에 절체가 이루어져야 하는 양방향 자동보호절체 방법보다 더 빠른 속도로 절체 할 수 있는 장점이 있다.
- 3) 다중 장애 조건하에서, 단방향 자동보호절체 방법은 양방향 자동보호절체 방법 보다 보호절체에 의한 트래픽을 복구하는 것에 더 많은 기회를 갖고 있다.

양방향 자동보호절체 방법의 특성은 다음과 같다.

- 1) 양방향 자동보호절체 방법은 네트워크의 한쪽 선로에서 장애가 일어났다면, 장애를 받은 노드들 사이에서 양쪽 경로의 신호 전송은 네트워크 둘레의 선택적인 방향으로 절체가 이루어진다.
- 2) 양방향 자동보호절체 방법에서는 어떠한 신호 트래픽도 네트워크의 장애구간으로 전송되지 않을 것이고 또한 사전의 보호절체 없이 복구될 수 있다.
- 3) 양방향 자동보호절체 방법은 전송의 양쪽 방향이 신호 전송의 전체 구간동안 같은 설비를 이용하기 때문에 관리하기에 용이하다.
- 4) 양방향 자동보호절체 방법은 양쪽 방향의 신호 전송동안 동등한 전송지연을 갖고 있기 때문에 신호 전송의 전체 구간에 걸쳐 불균등한 전송지연을 갖고 있는 곳에서는 가장 중요한 이점이 된다.
- 5) 양방향 자동보호절체 방법은 보호절체 경로 상에서 여분의 트래픽을 전송 할 수 있는 구조를 형성한다.

ATM-PON 망의 4 가지 망 구성에 대해 각각 적용될 수 있는 보호절체 방식과 구현복잡도, 복구기대시간 등에 대한 내용을 표 6 에 열거하고 있다.

ITU-T 권고안에서 제시한 네 가지 ATM-PON망의 구조를 살펴보면 망 장애 시 가장 효율적으로 망 장애 보호복구를 수행하는 방법은 단방향 보호절체와 양방향 보호절체가 모두 이루어질 수 있는 ATM-PON구조(D)의 부분적으로 이중화를 허용한

ATM-PON망이다. 부분적으로 이중화를 허용한 ATM-PON망 구조(D) 방식은 단방향과 양방향 보호절체가 모두 이루어질 뿐 아니라, 가장 효율적이고 가장 짧은 시간 내에 망 보호 및 복구를 위한 자동보호절체를 할 수 있다.

표 6. ATM-PON 망의 망 구성별 절체 특성 비교

망 구성 형태	Type A	Type B	Type C	Type D
망보호 특성	단방향	단방향	양방향	단방향, 양방향
구현 복잡도	단순	단순	복잡	복잡
복구 예상 시간	수분 ~ 수시간	수milisec	수십 milisec	수십 milisec
망 구성 복잡도	단순	단순	복잡	이주복잡
망장애 발생요소	· OLT-ODN간의 광선로 장애 · OLT내 유닛 장애	· OLT-ODN간의 광선로 장애 · OLT내 유닛 장애	· OLT-ODN간의 광선로 장애 · OLT내 유닛 장애 · ONU-ODN간의 광선로 장애 · ONU의 유닛장애	· OLT-ODN간의 광선로장애 · OLT내 유닛 장애 · ONU-ODN간의 광선로 장애 · ONU의 유닛장애
보호절체 특성	· 망 운용자에 의한 수동적인 광선로 교체에 따른 보호절체 수행 · ONU-ODN간의 광선로 절단 시는 복구 불가능	· 자동적인 보호절체 ONU-ODN간의 광선로 절단 시는 복구가 불가능	· 자동적인 보호절체 ONU-ODN간의 광선로 중 운용선로와 대체선로에서 복합적으로 광선로 절단 발생 시에는 복구 가능할 수 있음	· 자동적인 보호절체 ONU-ODN간의 광선로 중 운용선로와 대체선로에서 복합적으로 광선로 절단 발생 시에도 단방향 절체의 경우 복구가 가능

비교 분석을 통해 종합적으로 ATM-PON망의 망 생존성 확보를 위해 최적으로 판단되는 가장 효율적인 자동보호절체 방법은 권고안에서 제시한 ATM-PON망 구조(D) 방식의 단방향 자동보호절체 방법이다

V. 결론

단방향 자동보호절체 방법은 보호절체 하기에 간단하고, 자동보호절체 오버헤드의 프로토콜이 전혀 필요가 없으며, 오버헤드의 프로토콜이 전혀 필요

없기 때문에 OLT와 ONU측이 동시에 절체가 이루어져야 하는 양방향 자동보호절체 방법보다 더 빠른 속도로 절체할 수 있는 장점이 있다.

한편 양방향 자동보호절체 방법은 네트워크의 한쪽 선로에서 장애가 일어났다면, 장애를 받은 노드들 사이에서 양쪽 경로의 신호 전송은 네트워크 둘레의 선택적인 방향으로 절체가 이루어지며, 전송의 양쪽 방향이 신호 전송의 전체 구간동안 같은 설비를 이용하기 때문에 관리하기에 용이하다.

본 논문에서는 ATM-PON망의 망 생존성을 위한 자동보호절체 방법으로 우선 ITU-T에서 제시한 ATM-PON 망의 망 생존성 측면에 대해 실제로 제시하고 있는 이중화에 의한 망 보호절체 방안 네가지를 예를 들어 설명하였다. 이를 통해 분석해 볼 때 부분적으로 이중화를 허용한 ATM-PON망 구조(D) 방식은 단방향과 양방향 보호절체가 모두 이루어질 뿐 아니라, 가장 효율적이고 가장 짧은 시간 내에 망 보호 및 복구를 위한 자동보호절체를 할 수 있다. 그러므로 ATM-PON망의 망 생존성 확보를 위해 최적으로 판단되는 가장 효율적인 자동보호절체 방법은 권고안에서 제시한 ATM-PON망 구조(D) 방식의 단방향 자동보호절체 방법으로 판단된다.

참고 문헌

- [1] FSAN(FullServiceaccessNetwork),<http://www.labs.bt.com/profsoc/access/index.html>
- [2] Tsong-Ho Xu, "Fiber Network Service Survivability", Artech House, Boston
- [3] Ulrich killat, "Access to B-ISDN via PONs":Wiley Teubner, 1996
- [4] ITU-T G.983.1, "Broadband Optical Access Systems Based on PON",1999,10
- [5] F.Panken, C. Blondia, o. Casals and J. Garcia, A MAC protocol for an ATM PON supporting explicit rate congestion control for ABR traffic, 1997, submitde for publication
- [6] S.Okamoto and K.sato, "Photonic transport network and the cross-connect system architecture," Technical Report of IEICE, CS92-49, October 22-23,1992.
- [7] ATM Forum, ATM Forum Traffic Management Specification, Version 4.0, 1996
- [8] ITU-T Recommendation G.841, "Types and

