

# 저가형 ATM-PON 광 액세스 시스템(ONU)의 구현

## An Implementation of ATM Passive Optical Networks (PON) Based Cost Effective Optical Network Unit (ONU)

양총열(C.Y. Yang)	광교환연구팀 선임연구원
이동춘(D.C. Lee)	광루프전송팀 선임연구원
장윤선(Y.S. Jang)	광루프전송팀 선임연구원
홍현하(H.H. Hong)	광교환연구팀 책임연구원
문필주(P.J. Moon)	광루프전송팀 선임연구원, 팀장

ATM PON 기반의 FTTH 광 정합 망은 향후 가장 효과적이고 경제적인 망이 될 것이므로 FTTC 망을 비용 경제적인 망으로 구현하기 위해서 광 액세스 시스템(ONU)을 최대한 저가적이고 소형이며 저전력을 소모하는 시스템으로 설계할 필요가 있다. 본 연구의 ONU는 FTTC/FTTH 기반의 155Mb/s(OC-3/STM-1) 및 622Mb/s(OC-12/STM-4) 속도의 ATM-PON 광 정합을 위한 광 액세스 시스템이다. 본 고에서는 유니버설 가입자 정합을 통하여 가입자에게 일반 및 공중전화, N-ISDN, 고속 인터넷 접속, 고속 멀티미디어 서비스 등의 다양한 서비스를 제공하기 위한 비용 효과적이고 소형이며 저전력을 소모하는 ONU 설계 및 구현 방안을 기술하였다.

## I. 서론

각 가정까지 광케이블을 포설하고 광전송 장치를 공급하여 초고속 광대역 통신을 제공하기 위한 FTTH(Fiber To The Home)는 경제적 부담과 선도적 서비스의 부족 문제를 안고 있다. FTTH 기반의 수동 광 가입자 망(Passive Optical Network: PON)은 1:N 수동 광 분리기(passive optical splitter)를 이용하여 한 가닥의 광케이블로 여러 광 액세스 시스템(Optical Network Unit: ONU)을 공유할 수 있어 정합 망의 경제적인 광화(opticalization)를 구축하기 위해 가장 가능성 있는 대안으로서 1996년 6월 Full Service Access Network(FSAN)에 의해 제안되었다[1]. 최근 신호처리 기술이 성숙해감에 따라

가입자 댁내 근처에 ONU를 두어 광케이블로 연결하고 ONU로부터 가입자 댁내까지 UTP(Unshielded Twisted Pair) 동 선로를 이용하는 FTTC 기반의 PON이 대안이 되고 있다. FSAN에서는 ONU의 크기와 광 가입자 망의 댁내 접근 정도에 따라서 ONU의 크기가 32~64가입자(500m 이내)인 경우를 fiber to the curb, 64~128가입자(1.5km 이내)인 경우를 fiber to the cabinet으로 정의하고 있다. 따라서 본 고의 FTTC는 FTTCurb/FTTCabinet을 의미한다.

PON 기술은 현재 20km 전송거리를 위해 8~32 분기율이 적용되고 있으나 ETRI에서는 128 분기율까지 적용적으로 분기하기 위한 기술개발이 진행 중이다. PON 시스템은 동선 가입자 드롭을 이용하는 기저대역(baseband) 시스템에서 ONU와 xDSL 기반

망 단말간의 거리는 각각 다르지만 여러 FTTx간의 실질적인 차이는 서비스 요구조건(가입자 접속 수)과 환경조건에 의한 ONU의 설계에 있다. ATM은 투명한 포맷을 사용하므로 닥내 광대역 서비스를 제공하기에 적합하며 응용 분야에 영향을 받지 않는 구조 및 정합, 완전서비스 다중화 지원 및 QoS 등과 같은 중요한 이점을 갖는다. 따라서 ATM 기술과 PON 기술을 통합하여 ATM PON(이하 APON)이라 한다.

ONU는 FTTC/FTTH 기반의 망 구조에서 광 섬유 케이블로부터 광신호를 수신하여 전기신호(O/E)로 변환하고 전기신호를 광신호(E/O)로 변환하는 광신호 접합기능을 갖는 장치로서, 기본적으로 고속 인터넷 접속 서비스와 일반/공중전화 서비스를 제공하고, 부가적으로 주문형 비디오(Video on Demand: VoD), 디지털 CATV 및 화상회의와 같은 고속 멀티미디어 서비스, N-ISDN 서비스를 제공한다. 최근에 고려되는 수용서비스는 기존의 음성, 데이터, 디지털 비디오에 초점을 둔 SDV(Switched Digital Video)로부터 고속 인터넷 서비스를 강조하는 SDB(Switched Digital Broadband)로 옮겨가는 추세이다. ONU는 망측으로 OLT(Optical Line Termination)와의 사이에 수동 광분리기를 사용하여 ODN과 접속되고 OLT와 스타 망 토폴로지 형태로 접속된다.

본 고는 제I장 서론에 이어, 제II장에서는 관련 연구를 통하여 APON 기술의 특징과, ONU 개발 동향을 살펴보고, APON ONU 시스템의 소형화, 저가격화 및 저전력화를 위한 설계 방안을 기술한다. 제III장에서는 저가형 APON 광 액세스 시스템의 설계 및 구현방안을 제안하고, 제IV장에서는 개발단계에서 효과적으로 ONU를 시험하기 위한 테스트 베드 구성을 기술하고 제V장에서 결론을 맺는다.

## II. 관련 연구

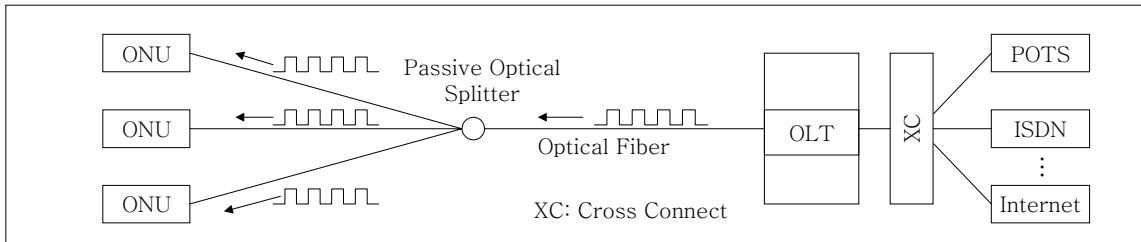
### 1. APON 시스템

PON 기술은 전화국(Central Office: CO) 측에 설치되는 OLT와 가입자 측에 설치되는 ONU 사이에

1:N 수동 광분리기를 두고 급전(power feeding)없이 단일 코어 광 선로를 분기하여 WDM(Wavelength Division Multiplexing) 기술 즉, 하향 622 Mb/s( $\lambda = 1.5\mu\text{m}$ ) 또는 155Mb/s( $\lambda = 1.3\mu\text{m}$ ), 상향 155Mb/s( $\lambda = 1.3\mu\text{m}$ )에 의해 다수의 가입자 닥내 장치인 ONU에 데이터를 전송하는 기술로서 수동 이중 성형구조이기 때문에 NTT에서는 이를 PDS(Passive Double Star)라고 부른다. 하나의 ONU에 수용 가입자 수가 많은 경우 전체 대역폭이 커지고 가격이 상승할 때 유리한 능동 성형 망에 비해 PON 망은 수용 가입자 수가 적은 소규모 가입자 지역에 설치할 때 적합하다. PON 시스템은 OLT와 ONU의 두 장치로 구성된다. 하향신호(down stream)는 TDM(Time Division Multiplexing)으로 다중화된 신호가 각 ONU로 broadcast되고 상향측으로는 TDMA(Time Division Multiplexing Access) 기법을 이용하여 다중 액세스가 가능하게 함으로써 멀티포인트 정합(Point-to-Multipoint: PtMP)을 구현한다.

하향신호의 TDM 전송은 OLT 전송 모드로서 모든 ONU에게 방송 포맷으로 TDM 신호를 보내고 ONU는 모든 다중화된 신호를 수신, 자신의 타임슬롯 신호만 추출한다. 하향신호 전송은 단지 방송기능 또는 분배기능만 갖기 때문에 광 정합에 대한 특별한 요구조건은 없으며 비트 속도는 155Mb/s 또는 622Mb/s이고 PON 계층 셀(burst)은 ATM 셀 크기와 같은 53바이트 페이로드를 갖고 PON 헤더는 PON 계층 셀로 정의된다. 각 ONU 수신장치는 OLT에서 ONU까지 다중 스트림 신호가 연속적이고 광분리기에 의해서만 분배되기 때문에 복잡한 다중회로를 사용하지 않고 기존의 연속신호 수신장치와 같은 방법으로 광 PON 시스템을 설계할 수 있어 시스템 비용을 줄일 수 있다.

상향 TDMA 전송모드는 각 ONU가 다른 ONU와 충돌하지 않도록 ONU에서 OLT로 신호를 보내는 모드이다. 하향신호가 각 ONU의 지연시간 정보를 갖고 있기 때문에 각 ONU는 OLT에 순서대로 상향신호를 전송할 수 있으며 그 결과, 전화국 측의 OLT가 다수의 ONU들을 공유하여 ONU들 간 충돌 또는 간섭이 배제된다. 즉, 상향측으로는 많은 단말



(그림 1) PON 망 토폴로지

이 광선로에 접속되기 때문에 다중 정합 능력을 갖는다. 상향신호는 수신신호에 대해서는 가입자 장치로부터의 광입력 수준이 다양하고 연속적으로 변화하기 때문에 버스트 수신회로는 새로운 버스트 신호가 수신될 때마다 1번 이상 수신 수준을 조정하도록 하여야 한다. 상향신호는 이러한 버스트 전송 성질 때문에 아주 다른 조건을 가지므로 기존과는 달리 연속 모드의 동작이 버스트 모드로 동작하도록 광정합이 설계되어야 한다. 즉, 빠른 타이밍 복구를 위한 광대역폭과 모든 버스트 헤더 내에서 빠른 타이밍 복구를 위한 다중 위상 클럭의 요구조건을 만족하여야 한다. TCM(Time Compression Multiplexing)은 상/하향 데이터를 교대로 각 방향으로 전송하고 버스트 전송 모드 단위로 데이터를 취급한다.

PON 기반의 정합 메커니즘은 물리적 토폴로지 때문에 어려워 주변 가입자 유니트간 통신이 OLT를 통해서 이루어진다. 정합 메커니즘은 최대 대역폭 할당을 통해 OLT에 집선된다. OLT는 초기화 시 가입자 유니트와 통신하여 모든 가입자 유니트의 대역폭 요구조건을 인지하고 OLT에서 가입자 유니트로 가는 그랜트(grant)를 스케줄링하는데, 이 그랜트는 하향측 가입자 유니트에 전송 인에이블 어드레스를 삽입하여 통신하며 전송 인에이블 어드레스가 가입자 유니트의 물리적 어드레스와 일치할 때 가입자 유니트는 셀 슬롯이 일치하는 동안 상향으로 전송하게 된다. 이 때 PON 망에 접속되어 있는 다른 ONU에 어떤 간섭도 주지 않고 전송이 가능하도록 하는 ATM-PON 성능에 절대적인 역할을 하는 것이 MAC(Medium Access Control) 프로토콜이다. 연결된 ONU들은 155Mb/s 또는 622Mb/s 하향신

호 대역폭과 155Mb/s 상향신호를 유연성 있게 공유하며 공통 스트림 채널에 대한 ONU 정합은 MAC 프로토콜에 의해 이루어진다. MAC 프로토콜은 접속이 설정될 때 최고 대역폭을 할당하며 MAC 알고리즘에 의해 다중화가 더욱 효과적으로 구현된다. (그림 1)은 PON 망의 토폴로지를 나타낸다.

궁극적으로, PON 시스템은 여러 광 정합 망 가운데 가장 경제적으로 구축하고 채널 당 장비 비용을 크게 줄일 수 있다. 광채널의 대역폭을 공유하기 위해 현재 기술이 가장 성숙되고 비용 효과적인 TDM/TDMA 전송모드를 사용하여 최대 20km 거리의 가입자 선로 종단에 32~128개의 ONU까지 접속하도록 한다. 가입자 카드를 대체함으로써 서비스 메뉴를 변경할 수 있고, 정합 망이 서비스 메뉴에 의존하지 않기 때문에 향후 멀티미디어 정합 망으로 확장하기가 용이하며, 동 선로 상에서 제어하는 모든 서비스가 가입자 요구조건에 일치하는 가입자 정합 카드를 ONU에 추가함으로써 멀티미디어 서비스가 간단하게 제공될 수 있다.

## 2. PDSL

여기서 PDSL(Power Digital Subscriber Loop)은 가입자 요구와 선로 상태에 따라 속도 적응 능력을 갖고, FTTC/ONU 형 정합 망 구조에서 ONU와 가입자 사이에 기존의 UTP 동 선로를 이용하여 고속 디지털 가입자 데이터를 전송하는 기술로서 정의한다[1]. 전송속도 면에서는 비대칭 전송일 경우 최대 대역폭은 하향 52.84Mb/s, 대칭 전송일 경우 최대 13Mb/s 전송속도를 갖는 기존의 VDSL(Very high rate DSL)급과 같다. PDSL은 현재 PDSL 상용

칩은 없으며 이미 ADSL에서 널리 잘 알려진 DMT (Digital Multitone)와 DWMT(Digital Wavelet Multitone)의 복합변조 기술을 사용하여 상업적으로 유리한 변조방식을 선택할 수 있도록 설계된다. CAP/DMT의 복합변조 방식의 모뎀 기술이 미국의 Globe-span사 등에서 사용되고 있다. DMT와 DWMT는 반송파 부채널 생성 및 변복조 기술이 서로 비슷(DWMT는 wavelet 변환, DMT는 DFT(Digital Fourier Transform))하나 DWMT는 DMT의 더욱 정교한 변형으로서 협대역 간섭 효과, 노이즈 면역, 처리율(throughput) 등에서 더 우수하다.

### 3. ONU 개발동향

ONU의 개발동향을 살펴보면, 대부분이 PSTN (Public Switched Telephone Network) 서비스를 위하여 개발되고 있으며, 가입자에게 일반/공중전화, N-ISDN, Code(50b/s~9,600b/s), 디지털 정합(1.5Mb/s), 디지털 전송(64,128kb/s), 개방형 구조의 컴퓨터 망(Open Computer Net: OCN)(128kb/s) 등의 서비스가 제공되고 있다[2-7]. <표 1>은 1997년에 개발된 일본 NTT의 광 액세스 시스템( $\pi$ 시스템)의 주요 제원이다. 옥외용 ONU는 다양한 부속장치 또는 캐비닛 형태로 다양한 위치에 설치될 수 있으며 옥내용 ONU는 가입자 PC 주변에 설치된다. 최소 광 감도 요구 수준은 -34dB 이하이며 시스템 카드와 라인 카드는 동일 크기로서 저전력 소모 부품을 사용하여 카드 당 1.4W를 소모하고 완전 동작 시 12W 전력을 소모하도록 설계되었다. 한편, 데스크 타입 ONU는 1.5Mb/s 전용회선 서비스에 의해 고속 인터넷 접속 서비스를 제공한다.

Bell-Canada의 ONU를 살펴보면, PSTN은 기존 처럼 물리적으로 선로 카드를 교체하는 방법 대신 원격으로 소프트웨어를 다운로드하여 운용토록 설계하여 기능성, 하드웨어 복잡도, 비용 등을 고려한 선로 정합 설계가 가능하고 원격 시험 능력을 제공할 뿐만 아니라, 새로운 서비스 도입을 용이하게 하고 가입자정합장치의 공유가 가능하도록 하고 있다. 이를 위해 디지털 신호 처리 기술을 이용하며 가입

<표 1> NTT의  $\pi$ 시스템의 제원

옥외 소규모 가입자용(I)	옥외 소규모 가입자용(II)	옥내용
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leased</li> <li>• POTS</li> <li>• N-ISDN</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Leased</li> <li>• POTS</li> <li>• N-ISDN</li> <li>• 1.5Mb/s</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1.5Mb/s</li> </ul>
최대 10 라인 카드 실장	최대 10 라인 카드 실장 (단, 1.5Mb/s: 1 라인 카드)	1.5Mb/s 1 라인 카드 실장
600W×150D×200H	340W×115D×370H	110W×170D×35H
전주, 콘도(벽), 지상	마루(밀), 빌딩(내부 벽)	데스크 탑
카드크기: 85×54mm	카드 크기: 85×54mm	카드 크기: 85×54mm

자정합장치는 크게 임피던스 평형, 다이얼 펄스 검출 등의 기능을 갖는 프로그래머블 임피던스 생성부, 집적회로로 구현되어 링잉, 차단/시험 접속 릴레이, 선로 전류 검출/제어 및 전송 정합 등의 기능을 갖는 선로정합 기능을 갖는 선로 구동부, 프로토콜 처리, 시스템 정합 및 감시 등의 기능을 갖는 제어부 그리고 필터 및 코덱기능을 갖는 디지털 신호 처리부로 설계되었다. 트래픽이 적은 소규모 가입자가 택내 서비스 응용에서는 저가화, 저전력화 및 높은 신뢰도를 위해 ONU에 기본 루프 정합 기능만 수용하고 디지털 신호 처리 기능을 OLT에 수용하여 OLT로부터 신호, 링잉 및 제어 기능을 제공 받는 형태로 설계되었다.

### 4. 시스템 소형화, 저가격화 및 저전력화 설계

APON 수행을 위한 기술은 크게 광기술과 다중정합(multiple access) 기술로 분류된다. OLT 경로 손실에 의거 광전력 배분을 결정하게 되고 이는 광송수신기의 비용에 직접적인 영향을 미치므로 광부품의 저가화는 망의 PMD(Physical Medium Dependent) 계층 요구조건의 광송수신기 전원 규격 결정에서 비롯된다고 할 수 있다. 따라서 광전 변환 기술은 전반적으로 부품 수를 줄이고 패키징을 단순화하는 데 있으며, 광모듈 저가화는 하이브리드 PLC (Planar Lightwave Circuit) 정합기술, LD, wave-

guide PD 및 PLC WDM 빔 스플리터, 플라스틱 커넥터, 모듈 패키지 등에 달려있다. FTTH의 경우 가입자 당 총 비용의 약 절반을 ONU가 차지하므로 ONU에 사용되는 집적화 설계 기술의 축적, 소형화 기술의 성숙 등을 통해 저가격화를 기할 수 있다.

ONU는 APON 시스템에서 OLT와 함께 가장 중요한 구성 요소이다. 설계 개념은 가능한 한 간단하고 전력 소모, 신뢰도 및 비용면에서 최적화되어야 한다[8, 9]. 이를 위해 ONU 시스템 설계는 크게 기본 설계와 상세 설계로 구분하여 수행된다. 기본 설계 단계에서는 설계 관련 정보 수집, 기존 국내시설 상황 분석, 사용자 및 시스템 요구 수준, ONU 적용 범위, ONU 설치 위치, 광분배 블록의 결정, 광 접속 지점의 결정, 광케이블 선정 및 목표 분기 수 결정, 비용 평가 순으로 수행된다. 상세 설계 단계에서는 기본 설계도 작성, 기존 시설 점검(현장 실사), 기본 계획 수정, 상세 설계도 작성, 규격 작성, 소모 자재 구매 및 비용 계산 순으로 수행된다.

시스템은 유연성(flexibility)을 갖도록 설계되어야 하며 사용되는 부품을 최대한 적게 하고 광출력 전력 수준 설정 외에는 조정이 없도록 하여야 한다.

부품은 현대역 및 광대역 서비스의 PON 광 가입자 망 시스템을 기반으로 설계되고 소형화, 저가격화 및 저전력화를 필요로 하는 ONU를 기반으로 결정되어야 한다. 회로는 저가 재료, 부품 및 표준 패키징 기술을 사용한다. 저가격화 관점에서 장치간 정합을 통합하고 회로구조를 간단히 하여 부품 수를 줄인다. 소형화 관점에서 상호간섭으로 인한 성능저하를 막기 위해 특정 측정을 면밀히 하고 저전력화 관점에서 3.3Vdc 이하에서 동작하는 소자를 사용하고 전원관리 제어는 가능한 많이 하도록 한다. 보드는 총부품 면적이 보드 면적의 70%를 차지하는 고 밀도 실장을 한다.

보다 구체적으로, 시스템 소형화 구현은 시스템의 메인 블록(PON slave) 즉, 클럭 생성 및 공급부를 포함하는 OLT부의 아날로그 회로와 가입자 정합부를 포함하는 PON 로직부의 디지털 회로에 대한 모듈화와 집적화에 달려있다. 일반적으로 인쇄회로기판 또

는 기타 모든 패키지는 가능한 한 작은 것을 사용하고 전원공급부 및 접지 면적 또한 매우 밀도가 높다. 이는 공통 임피던스로 인한 잡음 증가의 원인이 되며 배선 밀도, 패키징 밀도가 증가하면 디바이스와 신호선 간의 간섭 또한 증가한다. 그런 방법으로 모듈을 작게 만들면 잡음 때문에 필요한 성능 구현이 어렵다. ONU 평가에 사용되는 성능 파라미터 중의 하나가 O/E 변환기가 검출할 수 있는 가장 작은 광신호를 의미하는 최소 광 감도(minimum optical sensitivity)인데 이는 아날로그 회로의 성능에 의해 결정된다. 결국, 전력 소스와 접지 임피던스를 감소시키고 신호선 간 간섭을 억제하도록 설계되어야 한다.

저비용 ASIC을 개발하기 위해 많은 기능을 집적화하여 칩 수를 감소시켜 칩 제작과 취급 비용을 감소시키고, 사용되는 칩 수를 가능한 적게 한다. 단일 전력 공급 전압을 갖는 저전력 소모 고밀도 회로 통합으로 전원공급 모듈과 백업 배터리 사이즈와 비용을 감소시킨다.

아날로그 부분을 차지하는 광모듈에서 AFE(Analog Front End) ASIC이 중요하다. PON 시스템에서 PtMP 정합을 위한 TDMA와 양방향 통신을 위해 압축 다중은 단지 1.3 $\mu$ m SMF(Single Mode Fiber)를 이용하여 저가격 시스템 구현에 적용된다. 그러나 이 시스템은 버스트 신호 동작 때문에 AFE 회로를 수행하기 어려우며 저비용의 상용 ASIC 공정기술이 사용된다.

그 밖에 디지털 및 아날로그 ASIC을 위해 전력관리 기능을 설계에 도입하고, 멀티서비스 버스 인터페이스 기능을 갖는 ASIC의 개발로 시스템 유연성을 향상시킨다.

## 5. ONU 설계 목표

본 고에서 설계 및 구현하고자 하는 목표 시스템은 ATM 기반의 FTTC용 저가형 광 액세스 시스템 즉, FTTC용 APON ONU로서 소규모 가입자 지역의 옥외에 설치 운용되며 다음과 같은 목표로 OLT와의 광정합을 위한 광 망 물리계층 요구조건과 ONU 시스템 설계 요구조건을 만족시키고자 한다[3].

**가. OLT와의 광정합을 위한 광 망 물리계층 요구조건**

<표 2> OLT와의 광정합을 위한 광 망 물리계층 요구 조건

항 목	규 격
1. 디지털 신호 속도	하향신호 622.080Mb/s ± 20ppm 상향신호 155.520Mb/s ± 20ppm
2. 선로 부호화	Scrambled NRZ
3. 광신호 파장 범위	하향신호 1,480 ~ 1,580nm 상향신호 1,260 ~ 1,360nm
4. 수신	
<ul style="list-style-type: none"> <li>광원</li> <li>광원의 스펙트럼 특성</li> <li>광원의 평균 전력 (pseudo random data)</li> <li>광원의 전력(입력데이터가 없을 때)</li> <li>소광비</li> <li>최대 허용 광신호 반사율(수신파장)</li> <li>Eye 다이어그램 마스크</li> <li>반사된 광신호 전력에 대한 허용범위</li> </ul>	SLM(Single Longitudinal Mode) laser 최대 -20dB, 전체 폭 < 1nm -2dBm ~ 4dBm < 1레벨의 0.1% > 10dB < -6dB G.983.1에 따름 < -15dB
5. 송신	
<ul style="list-style-type: none"> <li>최대 감도(<math>10^{-10}</math>BER 기준)</li> <li>최대 과부하(<math>10^{-10}</math>BER 기준)</li> <li>최대 광경로 손실</li> <li>최대 허용 광신호 반사율(송신파장)</li> <li>클럭추출능력</li> <li>지터 성능</li> <li>연속 식별 자리 수 면제</li> <li>반사전력 허용 수준</li> </ul>	-33dBm -11dBm < 1dB -20dB TBD G.983.1에 따름 72비트 <10dB
6. ONU와 OLT간 광경로	
<ul style="list-style-type: none"> <li>광손실 범위</li> <li>차동 광경로 손실</li> <li>최대 광경로 손실</li> <li>최대 광케이블 거리</li> <li>분기율</li> <li>양방향 전송 방식</li> <li>전체 최소광 반사 손실</li> <li>분산</li> </ul>	15 dB ~ 30dB <15dB 1dB 20km 32~128분기 1 fiber WDM >20 or >32dB 1dB의 최대 광경로 손실 필요조건

**나. ONU 시스템 설계 요구조건**

- ① 저가격의 재료, 부품 및 패키징 기술에 의하여 가능한 한 간단하고 소형 경량이며 전력 소모, 신뢰도 및 비용면에서 최적화되도록 저가격화, 소형

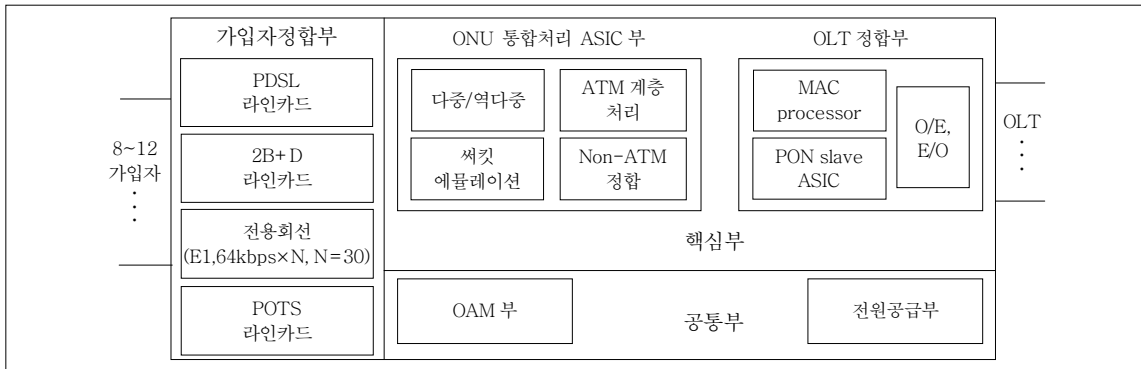
화 및 저전력화를 구현한다.

- ② 기본적으로 고속 인터넷 접속 서비스와 일반/공중전화 서비스를 제공하고, 부가적으로 고속 멀티미디어 서비스(VoD, D-CATV 및 화상회의), N-ISDN 서비스를 제공한다.
- ③ 고속 멀티미디어 같은 광대역서비스를 위하여 PDSL 모뎀기술을 도입한다.
- ④ Non-ATM 및 UADSL(Universal Asynchronous DSL) 정합 기능을 제공할 수 있어야 한다.
- ⑤ ATM/IP 분배 기능(Asynchronous Transfer Mode/Internet Protocol cross-connect function)을 수용하며 ATM/IP 신호가 PDSL 링크를 통하여 전송될 수 있어야 한다.
- ⑥ 락내 동축 망에서 멀티미디어서비스를 함께 제공하는 경우 동축케이블, 스플리터, 외부 포트(outlet) 또는 정합장치(combiner)를 통해 가입자에 접속할 수 있어야 한다.
- ⑦ 가입자 카드는 모듈식 확장이 가능하여 가입자 수가 적을 때 비용을 최소화하고 용량 증가에 따른 소요 면적을 최소화하며, 새로운 서비스를 제공할 필요가 있을 때에는 이미 설치된 카드는 대체할 필요가 없고 플러그인 모듈 카드를 추가함으로써 간단히 제공할 수 있어야 한다.
- ⑧ ONU 함체는 소형화, 경량화, 우수한 열 복사 특성, 방수 및 방온 그리고 쉬운 유지관리 특성을 갖도록 설계되어야 한다.
- ⑨ ONU는 IEC(International Electronic Commission) 721-3-3 class 3k6에서 규정하는 바와 같이 -25~55℃의 온도와 10~100%의 상대 습도의 옥외 환경에서 온도 및 습도 환경을 제어하지 않고 정상적으로 운용될 수 있어야 한다[2].

**III. 저가형 ATM-PON 광 액세스 시스템(ONU)의 설계 및 구현 방안**

**1. ONU의 구조**

(그림 2)는 본 고에서 목표로 하는 FTTC 망 중단에 옥외형으로 설치 운용되는 저가형 APON ONU



(그림 2) FTTC 용 옥외형 ONU 구조

시스템의 구조이다. 시스템은 기능별로 분류하면 크게 PON(OLT) 정합부, ATM 신호의 다중/역다중부 및 가입자정합부로 구성된다. 시스템의 핵심 기능은 저가화, 소형화 및 저전력화를 위하여 ONU 통합처리 기능, ATM PON slave 기능, APON MAC 기능, TC(Transmission Convergence) 기능 및 PMD 기능이 ASIC으로 구현되고, 각 장치 보드는 앞에서 기술한 바와 같이 소형화, 저가격화 및 저전력화를 목표로 설계된다. <표 3>에 각 ASIC에 구현되는 주요 기능을 나타내었다.

## 2. 핵심부

### 가. OLT 정합부

OLT 정합부는 OLT와 155Mb/s 및 622Mb/s 광 링크로 접속되고 이중화 리던던시 구조로 각종 서비스와 광신호로 정합하는 PON slave 기능을 한다. OLT측으로 OLT 정합부와 UTOPIA-L1(Universal Tests & Operation PHY Interface for ATM-Level 1) 규격에 따라 622Mb/s 속도로 접속하고, 주변장치와는 UTOPIA-L2로 접속하며 ONU의 ATM 프로토콜과 관련된 모든 기능을 수행한다. OLT 정합부는 입력되는 광신호로부터 O/E 변환 후 ATM 셀/IP 패킷을 추출하여 맥내망으로 전달하고, 맥내망으로부터 수신한 ATM 셀/IP 패킷을 프레임에 ATM 셀 다중화하여 E/O 변환 후 OLT로 전송한다. OLT 정합부는 입력되는 광신호로부터 클럭을 추출

하여 시스템의 각 유닛에 필요한 망동기 클럭을 제공하며, ATM 셀/IP 패킷 송수신에 필요한 클럭을 생성하여 내부 각 장치에 제공하는 기능을 수행한다. 시스템 버스의 클럭은 유지보수 프로세서가 전원이 공급되는 동안 지속적으로 공급되며 클럭 모니터 회로에 의해서 모니터링 된다. OLT 정합 보드는 OLT 정합부의 핵심인 PON slave 기능과 MAC 기능이 ASIC으로 개발되고 다음에 설명하는 ONU 통합처리 기능을 ASIC화하여 동일 보드에 수용하여 PS TN 서비스를 주로 하고 있는 외국의 경우와 비교하여 성능, 기능 및 서비스 면에서 차별화를 갖도록 설계된다. <표 2>에 APON ONU를 위해 개발되는 ASIC의 특징을 나타내었다. 기능을 OLT 정합 보드는 1매의 보드에 8가입자를 수용하도록 155Mb/s 및 622Mb/s 용으로 각각 설계되어 이중화 운용된다.

### 나. ONU 통합 처리 ASIC부

ONU 통합처리 ASIC 기능은 ATM 계층(셀) 처리 기능과, OLT 정합 기능, Non-ATM 정합 기능, 다중/역다중(MUX/DEMUX) 기능을 1칩 ASIC으로 구현된다. 다중/역다중 기능은 ATM/IP 분배기능과 다중/역다중 기능으로 구성된다. ATM/IP 신호는 PDSL 링크를 통하여 전송될 수 있도록 한다. 다중/역다중 기능은 정합 노드(OLT)로부터 분리된 155 Mb/s 또는 622Mb/s의 광 중단 신호를 수신하여, O/E 변환 후 하향으로는 각 가입자 포트에 가입자 셀을 복사하여 전달하고, 상향으로는 각 가입자 포

&lt;표 3&gt; APON ONU ASIC 및 기능

ONU 통합처리 ASIC	ATM PON Slave ASIC	ATM PON MAC Processor	TC ASIC	PMD ASIC
Mux/Dmux	Upstream ATM PON frame processing	Burst signal control	R-S coding	Constellation encoding/decoding
Circuit emulation	Downstream ATM PON frame processing	Destination address allocation	Interleaving	Digital shaping filter
ATM layer processing	TC sublayer processing	Encryption	Transmission Frame	A/D, D/A
Non-ATM interface	PMD sublayer processing	Data ID processing	MAC	Analog filtering
-	S/P, P/S conversion	Bit/Byte Synch.	-	Adaptive clock recovery
-	CPU interface	Bit error correction	-	Adaptive EQ, Decision
-	ATM cell insertion/extraction	Upstream data control	-	Echo Cancellation
-	Utopia interface	TDMA	-	-
-	LD PD interface	Bandwidth allocation	-	-
-	PD interface	Security	-	-

트에서 수신된 가입자 셀을 버스 방식으로 다중화를 수행하고 정합 노드로 전달한다. 다수 PDSL 가입자로부터의 상향신호를 통계적 다중화하는 기능을 가지며, 동시에 망측으로부터 전송되어온 신호를 각 PDSL 가입자에게 역다중화하는 기능을 갖는다.

시스템은 PON 망을 통하여 POTS(Plane Old Telephone Service) 신호를 전송할 수 있도록 씨킷 에뮬레이션 기능을 갖는다. 씨킷 에뮬레이션 기능은 OLT로부터 ATM 셀을 수신하여 E1 데이터를 형성한 후 신호 및 정보를 추출하여 POTS로 전달하고, POTS로부터 받은 PSTN 채널 데이터를 타임 슬롯 스위치 기능(E1으로 정렬)과 AAL1 SAR(ATM Adaptation Layer 1 Cell Assembly & Reassembly) 기능 즉, ATM 셀 매핑을 수행하여 ATM 계층으로 OLT와 정합한다.

#### 다. 가입자정합부

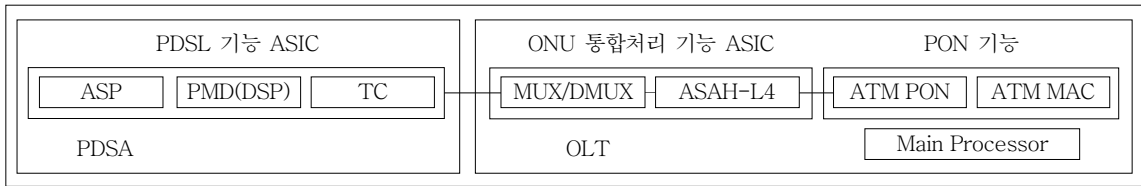
ONU는 망측으로는 OLT와의 사이에 수동 광분리기를 사용하여 OLT와 접속되고, 가입자 망측으로는 기존의 전화 서비스를 제공하는 UTP 동선로와 직접 접속된다. PDSL, N-ISDN(2B + D), SDSL(Synchronous Digital Subscriber Line, 64kb/s×N, N = 32), UADSL, Non-ATM 및 POTS 등의 가입

자 포트를 수용할 수 있다. 가입자 포트는 PON 망의 최종 단으로서 여러 가입자를 균등하게 종단하는 관점에서 가입자 측에 위치하여 다중/역다중 기능으로부터 ATM 셀을 수신하고 가입자 단말 적용 기능을 수행한다. 기본적으로 고속 인터넷 접속 서비스와 POTS 서비스를 제공하고, 부가적으로 고속 멀티미디어 서비스 협대역 ISDN 서비스를 대내 망에 제공한다. 하나의 ONU에는 최대 8 PDSL 가입자를 수용하며 단일 시스템 버스로 설계되므로 가입자 서비스 요구에 따라 1 서비스/1 카드 가입자 정합장치와 호환성을 갖는다.

##### 1) PDSL 가입자 정합 카드

PDSL은 광 종단 가입자 신호를 155.52Mb/s의 SONET(Synchronous Optical Network) 속도로 받아 들여 DLC 시스템과 가입자 라인 카드 모듈로부터 전송되어온 트래픽을 통합한다. 가입자 PDSL 단말로부터 전화국측 PDSL 정합 다중화 장치까지 광섬유 링크를 통하여 접속되기 때문에 PDSL은 Digital Loop Carrier(DLC) 및 FTTC 시스템에 대하여 로컬 성형 망 및 광대역 광 가입자측 접속 능력을 갖고, 전화국 측에 수용하여 전화국 측 종단 동선상에서 최대 전송거리를 갖도록 설계된다.





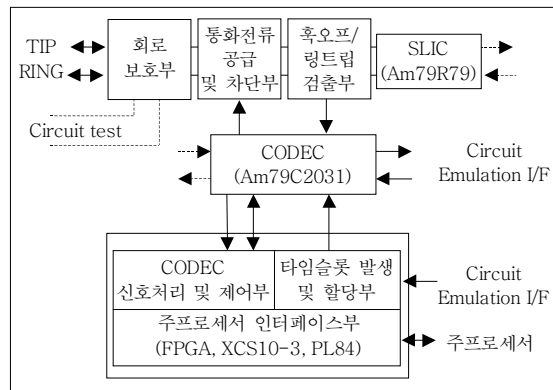
(그림 3) PDSL 가입자 정합 카드 블록도

PDSL은 가입자로부터 입력된 ATM 포맷 신호를 PDSL 포맷으로 변환, 데이터와 클럭을 추출하여 프레임의 오버헤드에 포함된 유지보수 신호를 처리한 다음 ATM 계층 처리부로 보내고, 반대로 주 프로세서로부터 수신한 ATM 셀은 유지보수 신호와 함께 프레임을 구성하여 PDSL 가입자 선로로 보낸다. PDSL 기능은 PDSL 모뎀 ASIC과 Ruccent Tech.사의 ATM 계층 처리 칩 대신 ASAH-L4 ASIC이, 622Mb/s급 ATM 물리층 처리 칩 대신 PON 기능 ASIC이 상호 연결된다. (그림 3)에 OLT와 정합되는 PDSL 가입자 정합 카드의 블록도를 나타내었다.

## 2) POTS 가입자 정합 카드

가입자로부터 입력되는 2선 음성 데이터는 SLIC (Subscriber Line Interface Circuit)에서 2/4선 변환되고 CODEC(CODE DECODE Conversion)에서 증폭된 다음 필터링되어 인코더에서 압축 신호 과정을 거친 후 PCM 신호로 부호화된다. 부호화된 신호는 타임 슬롯 할당부에서 할당된 주기에 동기되어 ONU 통합처리기능 ASIC의 씨킷 에플리케이션으로 전달된다. 반대로, 씨킷 에플리케이션으로부터 수신된 PCM 신호는 할당된 주기에 맞추어 수신 레지스터에 임시 저장된 후 디코더를 통해 복호화된 아날로그 신호는 필터링과 증폭 과정을 거쳐 SLIC으로 전달되고 4/2선 변환된 후 가입자에게 전달된다. (그림 4)에 POTS 가입자 정합 카드 블록도를 나타내었다.

일반전화기, 공중전화기 등 가입자 단말과 팁, 링 2선으로 접속하는 가입자 정합을 위한 국내 규격은 공칭 입력 임피던스 600Ω, 가입자 단말측 저항을 포함한 최대 루프 저항값 2,000Ω, 최대 통화 전류



(그림 4) POTS 가입자 정합 카드 블록도

(루프 저항 : <math>< 1100\Omega</math>) 23mA, 가입자 단말과의 접속 표준 레벨로서 송신 0dB, 수신 -2dB(가입자 단말 기준)을 요구한다. 기존에는 이러한 규격을 만족하는 SLIC을 외국으로부터 주문 개발하여 칩 가격의 부담이 컸으나, 이러한 국내 선로 규격을 만족하고 링신호 송출 및 차단 기능, 극성반전 기능, 등화기(equalizer) 기능 및 선로 잡음 제거 기능 등을 내장한 AMD사의 최신 SLIC 칩과 CODEC 칩을 선택하여 성능 향상과 회로 소형화 및 저가격화를 동시에 기하였다. POTS 서비스는 대화(dialogue) 기능을 내장한 새로운 SLIC 칩이 출시되었으며 이 칩을 사용할때 별도의 내부 회로 시험 및 가입자 선로 시험 접속 회로가 불필요하므로 85×55mm 크기에 2가입자 수용이 가능하다.

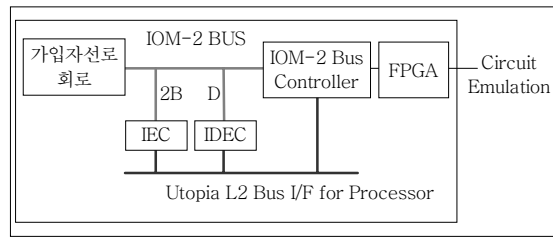
SLIC 제어, 타임 슬롯 발생 및 할당, 송수신 신호 처리, 보드 초기화, 오류 검출 및 보고, 보드 내에 필요한 각종 제어 신호 처리 및 주프로세서와 POTS 간의 정합을 통해 정보를 송수신하기 위한 프로세서 정합 기능 등은 FPGA를 통해 구현하도록 설계하였다. FPGA 대신 저가격의 상용 컨트롤러의 사용이

고려되었으나 경제성이 있는 대신 FPGA에 비하여 칩 크기가 2배이므로 대국용 소형 가입자 수용 회로에는 적합하지 않고 다양한 정합을 제공하므로 가입자 단말용에 더 적합한 것으로 검토되었다. 따라서 필요 신호 입출력 포트 수를 먼저 결정하고 이에 적합한 소형 FPGA를 선정하였다[10]. 송수신 신호 처리 기능을 하는 CODEC 칩에 DSP 코어와 레지스터를 내장한 칩(Am79C2031)을 사용하는 경우 FPGA와 메모리 칩이 불필요하게 되어 회로는 더욱 소형화된다.

### 3) N-ISDN 가입자 정합 카드

가입자로부터 입력되는 음성급의 아날로그 데이터를 2.048Mb/s의 디지털 데이터 스트림의 해당 타임 슬롯에 삽입하여 망으로 전송하고, 망으로부터 수신되는 2.048Mb/s의 디지털 데이터 스트림에서 해당 가입자의 데이터를 추출하여 음성 및 음성급의 아날로그 데이터로 변환한 후 각 가입자에게 전달한다. N-ISDN 가입자를 수용하기 위하여 V.5 프로토콜에 의한 타임 슬롯 할당(B1, B2, D 각 1 타임슬롯)에 의해 투명하게 망측 씨킷 에멀레이션부로 전달하고 가입자 맥내장비와는 U 인터페이스되며 프로세서 보드와는 내부 버스로 제어 및 상태를 송수신한다. CO의 패킷 핸들러를 사용하지 않고 스위치 fabric을 통해 B 채널을 라우팅한다. D 채널은 ISDN layer 2가 LAPD(Link Access Procedures on the D channel)를 사용하여 패킷교환방식을 통해 D 채널을 주고받음으로써 AO/DI(Always-on/Dynamic ISDN) 서비스를 제공한다. 이는 ISDN 물리계층 신호와 Q.921 링크 계층이 항상 동작하기 때문에 최대 9,600b/s 쓰루풋을 처리하며, 쓰루풋 증가 시 dynamic 하게 B 채널을 사용한다. (그림 5)에 N-ISDN 가입자 정합 카드 블록도를 나타내었다.

설계는 칩 성능이 날로 향상되면서 지속적으로 칩 가격이 낮아지므로 칩 선정이 특히 중요하다. 필요로 하는 기능이 내장된 칩을 선정함으로써 불필요한 회로를 제거하게 되며, 또한 1 서비스/1 카드를 설계함으로써 추가적으로 칩 소형화가 구현되지만 기본적으로 가입자 정합 칩, D 채널 처리 칩, PCI 버



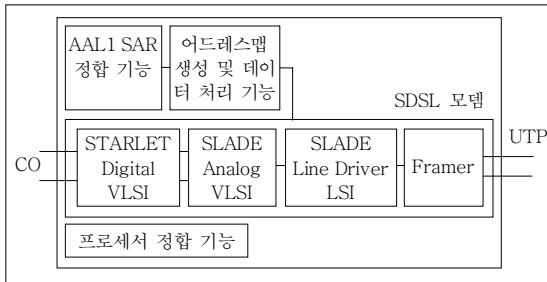
(그림 5) N-ISDN 가입자 정합 카드 블록도

스 정합 칩 및 클럭 동기를 위한 PLL 회로 등으로 구성되는 N-ISDN 가입자 카드는 85×55mm 보드 단면에 구현하기가 어렵다. 따라서 이의 해결 방안으로 IC류는 SMD(Space Mounting Device)를 사용하고 양면 실장한다. 그리고 보드 초기화, 어드레스 매핑 및 영역 할당, 보드 내에 필요한 각종 제어 신호 처리 및 주프로세서와 N-ISDN 간의 정합을 통해 PCM 데이터를 송수신하기 위한 프로세서 정합 기능은 상용 칩 대신 장치 신호선 요구에 따라 필요 I/O 수를 설계함으로써 칩 크기를 줄일 수 있도록 FPGA를 통해 구현하도록 설계하였다[10].

### 4) SDSL 가입자 정합 카드

ONU는 SDSL을 통하여 가입자에게 128kb/s~2,048kb/s의 가변 전송 속도로 대칭 전이중 전송 및 고속 인터넷 접속 서비스를 제공한다. SDSL은 SDSL 모뎀으로부터 수신한 신호를 E1 신호로 변환하여 씨킷 에멀레이션에 보내고, 역으로 씨킷 에멀레이션으로부터 수신한 E1 신호를 역변환하여 OLT로 전송한다.

(그림 6)은 SDSL 가입자 정합 카드의 블록도를 나타낸다. SDSL은 CPU, 메모리, 디버그 포트 및 기타 I/O 포트로 구성되어 제어 신호에 의해 각 구성 기능을 제어하고 상태를 보고 받는 프로세서 정합 기능, AAL1 SAR로부터 송신되는 신호와 SDSL로부터 송신하는 신호들의 상호정합 및 데이터를 처리하는 AAL1 SAR 정합기능, 프로세서가 각 정합기능을 제어하기 위해 필요한 신호를 생성하고, E1 데이터를 송신하는 어드레스맵 생성 및 데이터 처리 기능, CAP(Carrierless Amplitude Phase) 선로 코딩 방식을 사용하며 AAL1 SAR로부터 수신되는 E1 데



(그림 6) SDSL 가입자 정합 카드 블록도

이더를 CAP 신호로 만들어 전송하고, 수신된 신호를 E1 신호로 만들어 AAL1 SAR로 송신하는 기능을 하는 SDSL 모뎀 기능으로 구성된다. SDSL 모뎀은 GlobeSpan사의 모듈 구조이다. CAP 신호 Driver/Receiver 기능, A/D, D/A 변환 기능, 클럭 생성 및 프로세서 정합 기능을 갖는다.

SDSL 가입자 카드는 사용자 정합 기능에 의해 타임슬롯, 속도 및 루프백 등의 기능을 제어할 수 있고 LED를 통해 동작 상태를 표시한다. V.35(DTE) 정합 기능과, DTE로부터 입력되는 데이터를 E1에 실어주거나 E1에 실려오는 데이터를 속도만큼 빼내는 상/하향 신호 및 속도 제어 기능을 갖는다. 따라서 수동 설정 또는 자동적응 알고리즘에 의해 128kb/s ~ 2,048kb/s의 서비스를 제공한다.

5) UADSL 가입자 정합 카드

가입자택내 스플리터 없이 하향 1.5Mb/s, 상향 384kb/s 속도로 A/O 인터넷 접속이 가능한 ITU Universal ADSL G-Lite 표준 규격을 따르는 디지털 데이터 전송 기술로서 현재 국책 과제로 국내에서 핵심 칩이 개발중이다. ADSL Lite는 오늘날 인터넷 접속을 제공하는 V.34, V.90 모뎀 같은 음성대역 모뎀보다 더 높은 데이터 속도를 제공하는 것을 목표로 한다.

라. 공통부

1) 주프로세서부

OAM 기능은 주 프로세서를 통하여 시스템을 구성하는 모든 기능 즉, 이중화 PON slave, PDSL, N-

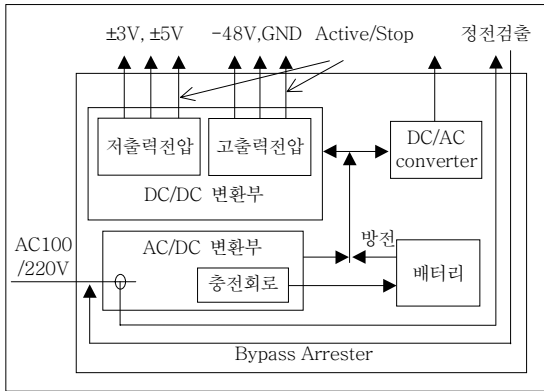
ISDN, SDSL, POTS 및 시험 카드를 제어하는 프로세서 블록으로서 각 카드의 초기화, 성능 감시 및 장애처리 기능과 외부 운용 시스템과의 접속을 위한 기능을 수행한다. 시스템 저가격화를 위하여 보통 프로세서는 이중화하지 않는다. OLT와는 INC(Inter-Node Communication) 기능을 수행한다. 전원공급부와는 RS-422 포트와 HDLC(High level Data Link Controller for LAPB, LAPD) 프로토콜을 이용하여 IPC(Inter-Processor Communication) 통신을 하고 전원의 상태 및 정보를 관리한다. 클럭 제어부는 백플레인 보드와 주프로세서에 망동기 클럭을 제공한다.

2) 전원장치 설계[11]

전원 공급 장치는 ONU 함체에 실장되어 분배, 정류 및 링 유닛이 실장되어 가입자 상용 전원을 입력으로 사용하고 소형화, 저전력화를 위하여 ±12Vdc를 사용하지 않고 ±3Vdc, ±5Vdc를 사용하여 설계함으로써 배터리의 크기가 소형화된다. -48Vdc를 생성하여 각 장치 유닛의 전원 인입단자(-48Vdc, GND)에 제공한다. 함체 후면에 전원 유닛과 통신하기 위한 커넥터와 전원 공급을 위한 전원단자를 수용한다. 서비스중이 아닐 때에는 일시적 전력 차단 기능을 갖는 등 ONU 전력 사용을 최소한으로 제한하도록 active/stop 기능을 추가한다. 전원 차단 시 일정 시간 서비스를 지속할 수 있도록 전원 백업 기능을 제공하여 가입자 서비스 중에 전력공급이 중단되는 경우에도 8시간(일본의 경우는 보통 3시간) 동안 지속적인 서비스가 가능하도록 하며 전원장치 구조는(그림 7)과 같다.

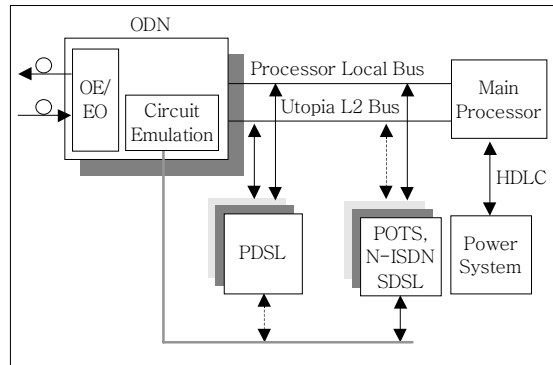
마. ONU 내부 장치간 신호정합 설계

ONU 내부 장치간 신호정합은 전술한 설계 목표에 부합하도록 단일 공통버스로서 Utopia-L2 버스를 통하여 정합하도록 설계하였다. ODN, 메인 프로세서, PDSL, SDSL, N-ISDN, POTS 등을 포함하는 가입자 정합 카드 및 전원장치 간 신호정합으로 구분된다. ODN, 메인프로세서 및 가입자 정합 카드간

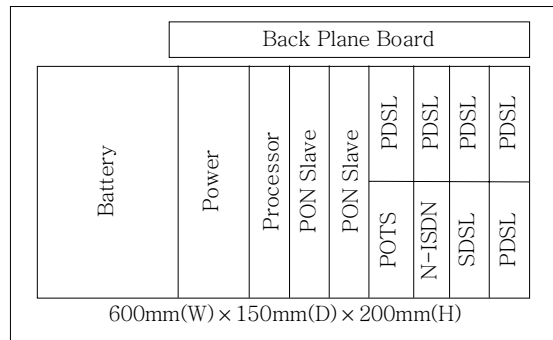


(그림 7) FTTC ONU 전원장치 구조

은 프로세서 로컬 버스와 Utopia-L2 버스를 통해 정합되고 메인 프로세서와 전원장치 간은 HDLC 신호로 정합한다. PDSL 가입자 정합 카드는 ODN과 직접 정합하고 기타 SDSL, N-ISDN, POTS 등과 같은 PSTN 가입자 정합카드는 씨킷 에뮬레이션 기능을 통하여 정합된다. (그림 8)에 ONU 내부 장치간 신호정합 구조를 나타내었다.



(그림 8) ONU 내부 장치간 신호정합



(그림 9) 목표 ONU 시스템 실장 구조

**바. 합체 설계[11]**

옥외형 ONU는 주기적인 관리와 긴급한 고장수리의 필요성을 배제하기 위해서 옥내 외 환경에서 온도 및 습도 환경을 제어하지 않고 동작하도록 설계할 것을 IEC 규격에서 정의하고 있다. ONU 합체는 전자부품 때문에 방수되어야 하므로 대류 냉각 방식은 적합하지 않다. 또한, 액체 냉각 방식도 작은 합체 크기와 가벼운 중량 관점에서 적합하지 않다. 따라서 각 가입자 유니트에서 열전도성 rubber sheet를 통해 알루미늄 히터 싱크에 열을 전도하는 접촉 냉각 기술(contact cooling technology)을 이용하여 설계하는 것이 좋다.

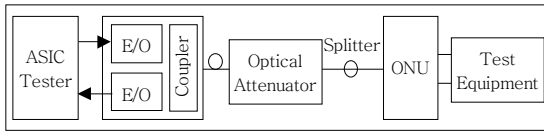
ONU 합체는 표면 색상과 재질의 열전도성에 크게 의존하므로 고온에 견디도록 플라스틱과 알루미늄 히터 싱크 재질로 설계한다. 폴리에틸렌이 직사광선 등에 대하여 열전도율이 낮아 알루미늄보다 적합하다.

ONU 합체는 고밀도 실장 기능, 이중화 전원 공

급 기능, 높은 시스템 안정성, 가용성 및 유지보수의 용이성을 갖도록 설계되어야 한다. 그 밖에 ONU 합체는 Bellcore NEBS(내진동성, 전면조작, 저소모 전력, 저소음) Level-3 권고를 만족하도록 설계되어야 한다. (그림 9)에 목표 ONU 시스템의 실장 구조와 크기를 나타내었다.

**사. 스플리터**

스플리터 회로는 전화국측 공동 인쇄회로기판 상에, 또는 ONU 합체 부근의 전화 서비스 입력 단에 설치되어 PDSL 회로와 결합되거나 물리적으로 PDSL 선로 플러그-인 회로로부터 음성 회로와 분리하여 전화서비스와 멀티미디어 서비스를 동시에 제공하기 위해 필요하다. 가입자택 외부에 전문가에 의해 설치되어 설치비용이 상승되는 대신 가장 높은 QoS를 제공하는 스플리터 방식, DSL에서 발생하는 가청잡음 제거 기능, EC 및 EQ 기능과 부호 이득 알



(그림 10) ONU 테스트 베드 구성도

고리침이 필요하고 1가입자 이상이 수화기를 들 때 생기는 데이터 속도저하에 동적 적응기술이 필요한 대신 스플리터를 채용하지 않는 방식, 병렬로 필터가 추가되므로 DSL 성능저하가 생기지만 고품질 POTS, 고성능 DSL로 해결 가능한 가입자에 의해 가입자 덕내 벽에 간단히 설치하는 분배 스플리터 (distributed splitter) 방식의 세 가지 설치 방식이 가능하다[13].

#### IV. 테스트 베드

ONU는 광, 전기 신호 및 아날로그/디지털 신호를 포함하여 다양한 신호를 취급하므로 개발초기에는 폭 넓은 항목을 포함하는 시험이 필요하다. 시험은 다양한 시험장비를 사용하여 개별 소자, 모듈 및 ONU 수준으로 수행되어야 하며 (그림 10)에 ASIC 테스터를 이용한 ONU 테스트 베드의 구성을 나타내었으며 ASIC 테스터, O/E, E/O, 커플러 등 광 및 전기 신호간 변환모듈, 광 감쇄기, 단일모드 스플리터 및 범용 시험 기구 등이 필요하다. 이 시험 환경은 공통 시험 조건에서 디바이스에서 유닛 시험까지 모든 ONU 성능 평가가 가능하며 개발 단계에서 효과적인 ONU 시험뿐만 아니라 특별한 시험장비의 필요성을 없애주므로 시험비용을 낮출 수 있다.

#### V. 맺음말

FTTH 기반의 ATM PON 구조를 갖는 광 정합 망은 가장 미래 입증적이고 경제적인 망으로서, 여기에 더욱 비용 경제적인 망을 구현하기 위해서는 FTTC 기반에서 망 정합을 제공하고 유니버설 가입자 정합을 통하여 가입자에게 일반 및 공중전화, N-

ISDN, 고속 인터넷 접속, 고속멀티미디어 서비스 등의 다양한 서비스를 제공하기 위한 ONU를 가장 비용 경제적이고 소형이며 저전력을 소모하는 시스템으로 설계하는 것이다. 본 고에서는 FTTC/FTTH 기반의 155Mb/s(OC-3/STM-1) 및 622Mb/s(OC-12/STM-4) ATM PON 광 정합 시스템 구성요소의 하나로서 소규모 가입자 분포 지역의 옥외에 설치되어 광대역 및 협대역 등의 상용서비스를 제공하기 위한 저가격화, 소형화 및 저전력화 ONU를 설계하고 그 구현방안을 제안하였다.

각국의 개발동향 등 관련 연구를 통하여 설정된 설계 목표에 따라 저가형 ATM-PON 광 액세스 시스템(ONU)의 구조를 도출하였다. 개발 초기단계에서 성능 평가 및 비용 면에서 효과적인 테스트 베드를 제시하였다. 본 시스템은 향후 FTTH /FTTC 기반의 광 종단에서 UADSL과 Non-ATM 서비스를 수용하는 등 다양한 용도로 응용될 것이다.

#### 참고 문헌

- [1] George T. Hawley, "Systems Considerations for the Use of xDSL Technology for Data Access," *IEEE Communications Magazine*, Diamond Lane Communications Corp., Mar. 1997.
- [2] 권순철, 이종락, "광가입자 전송기술동향," 한국통신학회지, Vol. 15, No. 7, 1998. 7., pp. 59 - 74.
- [3] *ITU-T G.983.1, Broadband Optical Access Systems Based on Passive Optical Networks(PON)*, Oct. 1998.
- [4] Kazuo Harikae *et al.*, "New Optical Access System," Services & Systems, *NTT Review*, Vol. 10, No. 2, Mar. 1998, pp. 69 - 76.
- [5] Alex Gillespie, BT Laboratories Bruno Orth *et al.*, "Evolving Access Networks: A European Perspective," *IEEE Communications Magazine*, Mar. 1997.
- [6] Mihai Focsaneanu *et al.*, "Applications of Digital Signal Processing in the Access," *ISSLS '91*, 1991, pp. 283 - 290.
- [7] A.G. Deczky, "Toward a Single Loop Interface a Switching System Direction for the 1990s," *ISS 1992*, 1992, pp. 385 - 388.
- [8] Shrinking the Optical Network Unit(ONU) toward Fiber To The Home," *NTT REVIEW*, Vol. 9, No. 6, Nov. 1997, pp. 75 - 85.

- [9] Nonoru Ishihara *et al.*, "Low-Voltage, Adjustment-free Analog Circuit and Low-Power Logic LSI Technologies for Optical Network Termination Unit," *NTT REVIEW*, Vol. 9, No. 6, Nov. 1997, pp. 86 – 94.
- [10] *Spartan and SpartanXL Families Field Programmable Gate Array*, Xilinx Manual, Jan. 6, 1999, pp. 4.3 – 4.70.
- [11] Nagahiko NANGAKU *et al.*, "New Optical Access System(System)," *NEC Res. & Develop.*, Vol. 40, No. 1, Jan. 1999, pp. 60 – 63.
- [12] *AMP Cataog 65911, AMP Z-PACK 2mm HM Hard Metric Connector System*, Sept. 1997., p. 8, 10,
- [13] "ANSI T1.413 & ITU G.DMT," *Telecommunications*, Oct. 1998.