

대용량 WDM 액세스망 핵심 및 선형 기술 개발

두 경 환, 이 상 수
한국전자통신연구원

요 약

가입자 트래픽의 지속적인 증가로 인해 수동형 광가입자망(PON: Passive Optical Network) 분야는 끊임없는 신기술 개발이 필요하고, 이를 위해 고속화, 핵심 모듈의 저가화, 국사 광역화 등의 현안 문제를 해결해야 한다. 본고에서는 이런 현안 사항을 해결하고 국내 기업의 경쟁력을 강화하기 위한 미래부 주관 정보통신·방송 기술개발사업인 '대용량 WDM 액세스망 핵심 및 선형 기술 개발'사업에 대해 소개하고자 한다. 또한 최종 목표인 TWDM-PON 광트랜시버, CMOS 포토닉스 기반 광모듈, 10G-EPON Reach Extender, 그리고 OFDM-PON 광모뎀 등의 개발 내용 및 결과물과 향후 시장 동향 및 전망 등을 간략하게 언급하고자 한다.

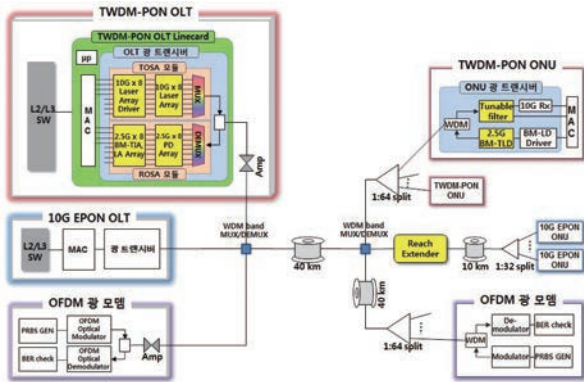
I. R&D 개요 및 필요성

지난 10년 동안 해마다 25% 이상 빠르게 증가하는 유무선 가입자 트래픽 추이에 따라서 광가입자망 전송 기술도 빠르게 진화하고 있다. 현재 광가입자망 시장은 가격 경쟁력을 바탕으로 Huawei, ZTE, ALU 등의 글로벌 업체가 세계 시장의 60% 이상을 점유하고 있는 가운데, 유비쿼스, 다산네트웍스, 텔리언 등 토종기업도 나름대로 국내 및 해외 수출을 통해 인지도가 올라가고 있다.

차세대 광가입자망 기술인 NG-PON2 기술은 WDM(wavelength division multiplexing)방식과 TDM(time

division multiplexing) 방식을 사용하여 링크 당 전송 속도를 최대 40Gbps까지 높일 수 있는 대용량 가입자망 전송 기술이다. UN 산하의 전기통신 국제 표준기구인 ITU-T는 NG-PON2의 표준 기술로 TWDM-PON(time WDM-PON)을 선정하고, 40G급 TWDM-PON 표준인 ITU-T G.989 계열에 대한 표준화를 '15년까지 완료할 예정이다. TWDM-PON은 하향 10Gbps, 상향 2.5Gbps 링크 4개를 하나의 광케이블에 수용하기 위하여 4개의 파장을 다중화 하는 WDM 기술을 접목한 구조이다. 특히 WDM은 높은 기술력이 필요하므로, 기술 개발을 통해 가격 경쟁력을 확보한다면 차세대 광가입자망 시장에서 국내 기업의 경쟁력을 보다 높일 수 있을 것이다.

미래부 주관 정보통신·방송 기술개발 사업 중의 하나인 '대용량 WDM 액세스망 핵심 및 선형 기술 개발' 사업은 TWDM-PON 장비의 상용화를 위한 광트랜시버의 기술 개발과 NG-PON2 이후의 차세대 광가입자망 기술의 유력한 후보 표준 기술인 OFDMA-PON(orthogonal frequency division multiple access-PON) 기술에 대한 IPR 조기 확보를 위한 선형 기술 연구를 목표로 하고 있다. 본 사업을 통해 CMOS 포토닉스 기술을 적용한 OLT(optical line terminal) 광송수신 모듈을 단일 칩으로 만들어 광트랜시버의 저가화, 소형화, 저전력화를 실현하여 광가입자망의 현안 문제를 해결할 수 있다. 또한 Reach Extender 기술을 통해 국사 광역화를 실현하여 망투자비 및 관리비를 절감할 수 있다. <그림 1>은 NG-PON2 (TWDM-PON) 망 구조 및 본 사업을 통해 개발



〈그림 1〉 NG-PON2 구조 및 개발 기술 개념도

되는 기술의 개념도이다.

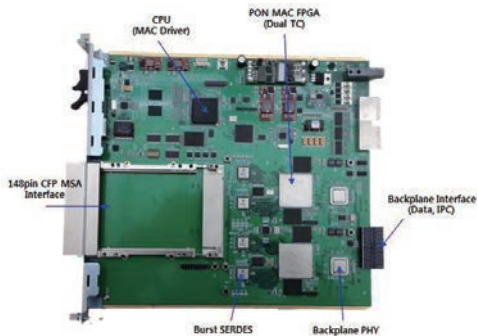
〈그림 1〉과 관련하여 본 사업의 주요 결과를 1) TWDM-PON OLT 라인카드 2) TWDM-PON용 저가형 광트랜시버, 3) TWDM-PON용 CMOS 포토닉스 기반 TOSA/ROSA 모듈, 4) 10G-EPON Reach Extender, 5) 10Gbps OFDMA-PON용 실시간 광모뎀 등 결과물의 형상에 따라서 5가지로 분류한다.

II. R&D 주요 내용 및 결과물

본 장에서는 상기 기술한 5가지 주요 기술에 대한 결과물 중심으로 기술별 주요 특징 및 차별화 내용을 살펴보고자 한다.

1) TWDM-PON OLT 라인카드

전화국사에 설치되는 장비인 OLT 시스템에 적용 가능



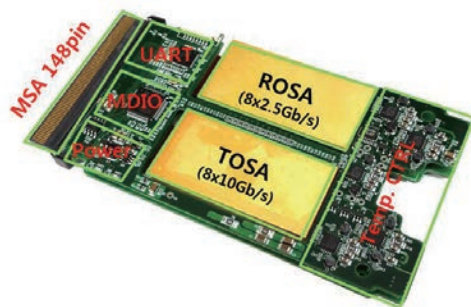
〈그림 2〉 TWDM-PON OLT용 라인카드 연구시제품

한 TWDM-PON OLT 라인카드(〈그림 2〉)는 국제 표준에 부합하는 TC(transmission convergence)계층과 파장 관리 기술이 적용되어 하향 40Gbps, 상향 10Gbps 전송 속도를 제공한다. VCSEL(vertical-cavity surface-emitting laser) 어레이 기반 TWDM-PON OLT 광트랜시버가 실장되어 라인카드 당 4채널을 제공하여 채널 확장이 용이하고, 가입자에게 최대 10Gbps의 광대역 서비스를 제공할 수 있다.

2) TWDM-PON용 저가형 광트랜시버

TWDM-PON OLT용 광트랜시버(〈그림 3〉)는 하향 80Gbps (10Gbps×8ch), 상향 20Gbps(2.5Gbps×8ch) 전송용량을 갖는 저가형 VCSEL 어레이 기반 광트랜시버이다. 저전력 VCSEL 어레이를 멀티채널 광원으로 사용하여 8채널을 구성할 때 소비전력량은 3.8W로 기존 기술 대비 30% 수준이며, 저가의 광결합 기술을 통해 제품 생산 단가도 40% 절감할 수 있다.

TWDM-PON ONU(optical network unit) 광트랜시버(〈그림 4〉)는 ITU-T G.989.2 표준에 부합하는 파장 가변 광트랜시버로서, 하향 10Gbps, 상향 2.5Gbps 버스트 송신이 가능하며, SFF-8431 SFP+(small form-factor pluggable plus) MSA 규격을 만족한다. 파장 가변 광트랜시버용 양방향 광송수신 모듈은 파장 가변 광송신부 저가의 cooled DFB(distributed feedback)



〈그림 3〉 TWDM-PON OLT용 광트랜시버 연구시제품



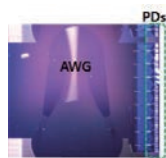
〈그림 4〉 TWDM-PON ONU용 광트랜시버 연구시제품

레이저를 사용하고, 10Gbps APD/TIA(avalanche photodiode/trans-impedance amplifier) ROSA (receive optical subassembly)가 적용되었다. 특히 내부 광학 구조 변경을 통해 파장 잠금 기능을 구현하여 ONU의 오동작을 원천차단하고 채널 간 잡음을 줄일 수 있는 핵심 IPR을 확보하였다.

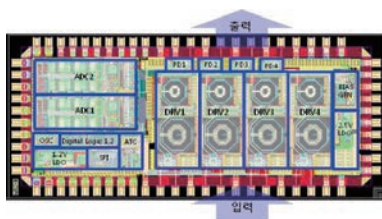
3) CMOS 포토닉스 기반 TOSA/ROSA 모듈

TOSA(transmit optical subassembly)/ROSA 모듈의 저가화 및 저전력화를 실현하기 위하여 CMOS 포토닉스 기반 광 역다중화기, VCSEL driver 및 TIA 칩을 개발하였다. 광 역다중화기(〈그림 5〉)는 CMOS 포토닉스 기술을 사용하여 WDM 필터인 AWG(arrayed waveguide grating)와 PD(photodetector)를 집적한 칩으로서, AWG의 누화 잡음을 정량적으로 예측할 수 있는 모델링을 통하여 채널 누화 잡음을 억제하는 AWG 설계 방법을 적용하였다. 개발된 AWG는 100GHz 채널 간격에서 채널 간 누화 24dB 로 세계 최고 수준의 성능이며, PD는 TWDM-PON 상향 규격에 따라 2.5Gbps를 수용할 수 있는 구조로 설계되었다. 이와 함께 TOSA 모듈을 위한 10Gbps 광변조기 연구 및 광모듈 제작을 위한 패키징을 수행하였다.

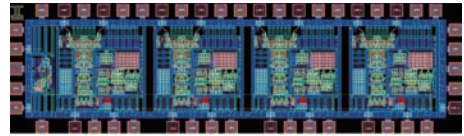
VCSEL Driver 칩(〈그림 6〉)은 0.13 μ m 공정의 CMOS 기술로 구현되었다. 디지털 로직의 APC(automatic power control), AMC (automatic modulation control)



〈그림 5〉 CMOS 포토닉스 기반 광 역다중화기



〈그림 6〉 TWDM-PON OLT용 VCSEL Driver 레이아웃



〈그림 7〉 TWDM-PON OLT용 버스트모드 TIA 레이아웃

를 구현하여 기존 기술에 비해 세틀링 타임을 줄이고, 해상도 및 정확도를 향상시켰다. ADC(analog-to-digital converter)를 시분할하여 사용함으로써 면적 및 전류소모량을 줄였다. 4채널 칩 크기는 3.1mm×1.37mm 이고 소모 전력은 374mW이다.

TWDM-PON OLT 광트랜시버용 버스트모드 TIA 칩(〈그림 7〉)은 0.18 μ m공정의 CMOS기술로 구현되었다. 고속 피크검출기를 내장하여 이전보다 빠른 레벨 검출 특성을 가진다. 아울러 RGC(regulated cascode) 타입의 TIA를 사용하여 적은 전력소모에서도 넓은 대역폭 특성과 저잡음 특성을 가지며 향상된 이득조절특성을 가진다. 설계 이후 공정변화와 온도변화에 의한 특성열화를 예방하기 위하여 대칭적인 차동회로와 밴드갭 바이어스회로를 내장하여 구동되도록 하였다. 4채널 칩 크기는 2.844mm×0.854mm이며 1.8V에서 전력 소모량 195.4mW, 대역폭 2.43GHz, 변환이득 67dB Ω , 그리고 응답 시간 16ns이다.

4) 10G-EPON Reach Extender

10G-EPON Reach Extender(〈그림 8〉)는 국사 광역화를 위해 OLT와 ONU사이의 전송 거리를 최대 50km 까지 확장시켜주는 장비이다. 이 장비를 통해 망운용 관리비와 광코어 회선 비용이 절감 되고, 장비 당 최대 512 가입자를 수용할 수 있다. 특히 저가의 4채널 C(coarse) WDM 기반의 광-전-광 변환 방식을 사용하므로 고가의 광증폭 방식에 비해 가격 경쟁력이 높다. 본 장비는 KT 기가인터넷 컨소시엄에 참여하여 KT망에서 상용



〈그림 8〉 10G-EPON Reach Extender



10G-EPON OLT/ONU 장비와 연동하여 성능 시험을 완료하였다.

5) 10Gbps OFDMA-PON용 실시간 광모뎀

10Gbps OFDMA-PON 광모뎀(〈그림 9〉)에는 스펙트럼 효율이 뛰어난 64QAM, 256FFT/IFFT, 4Gsps DAC 디지털 기적대역 변복조 기술이 적용되었다. EVM(error vector magnitude) -30dB를 확보하여 64분기, 80km 광전송 시험에서 BER 10^{-3} 성능을 확보하였다. 이는 현재 세계 최고 수준인 '11년 Carnegie Mellon 대학에서 발표한 16QAM 적용 시 EVM -28dB 결과에 비해 우수한 결과이다. 광모뎀의 핵심 기술은 실시간 처리, 고속화를 위한 병렬 처리 기술, 로직 단순화, 그리고 고속 광채널 추정 및 보상 기술 등이며, 이와 관련하여 다수의 원천 IPR을 확보하였다.

III. R&D 시장동향 및 전망

광가입자망 장비는 일반 유선가입자뿐만 아니라 무선 백홀, 프론트홀, 데이터 센터 전송 장비 시장까지 범위가 확대되고 있으며, 이와 관련된 세계 시장 규모는 '14년 약 105억 달러로 연간 3%씩 증가하여 '18년에는 115억 달러에 이를 전망이다. Huawei는 '13년 40G/10G TWDM-PON 프로토타입, ALU는 '14년 40G/40G TWDM-PON 프로토타입을 개발하는 등 세계 글로벌 선진 기업은 2~3년 내에 시작될 것으로 예상되는 TWDM-PON 시장 진입을 준비 중이다. 국내 기업의 광가입자 장비에 대한 시스템 기술은 세계 최고 수준이나, 핵심 부품의 국산화율 및 가격 경쟁력은 상대적으로 약한 편이므로 본 사업을 통해 확보된 기술은 국내 기업의 가격 경쟁력을 높이는데 크게 이바지 할 것으로 기대한다.



〈그림 9〉 OFDMA-PON용 모뎀 연구시제품