

chapter 3-2

메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버 및 광송수신기 기술



이준기 || 한국전자통신연구원 책임연구원

I. 결과물 개요

개발목표시기	2019. 10.	기술성숙도(TRL)	개발 전	개발 후
			TRL 4	TRL 6
결과물 형태	HW-Module	검증방법	공인 시험성적 (확인)서	
Keywords	메트로 액세스 네트워크, 직접수신 고차 변복조, 광트랜시버, 광송수신기, 광전송 디지털 신호처리			
외부기술요소	100% 개발 기술	권리성	특허, 설계도, SW	

II. 기술의 개념 및 내용

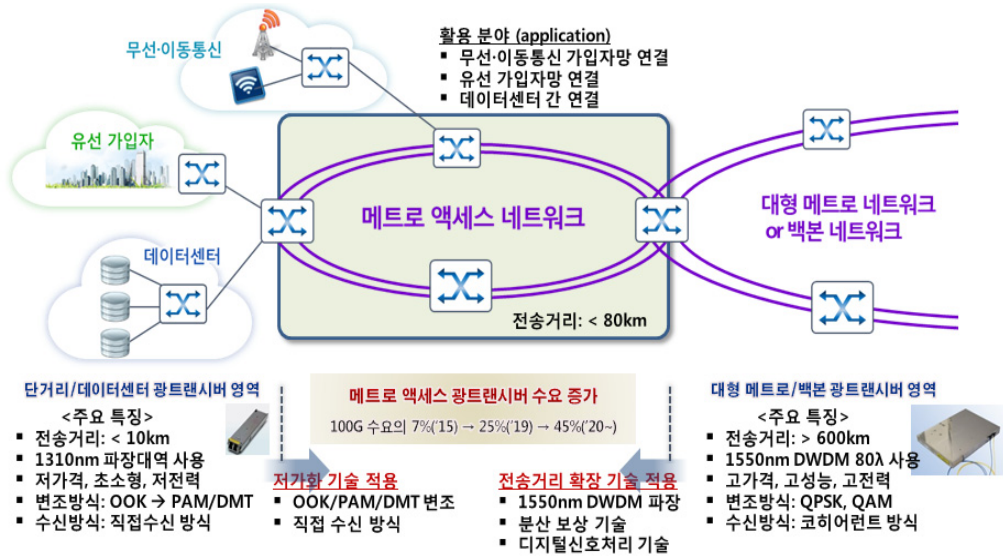
1. 기술의 개념

- 5G, 빅데이터, IoT 등 초연결 서비스 등으로 인해 유무선 가입자 및 데이터센터 간 트래픽이 증가할 것이며, 이로 인해 소형 메트로 광전송 수요가 급증할 전망이다

* 본 내용은 이준기 책임연구원(☎ 042-860-1659)에게 문의하시기 바랍니다.

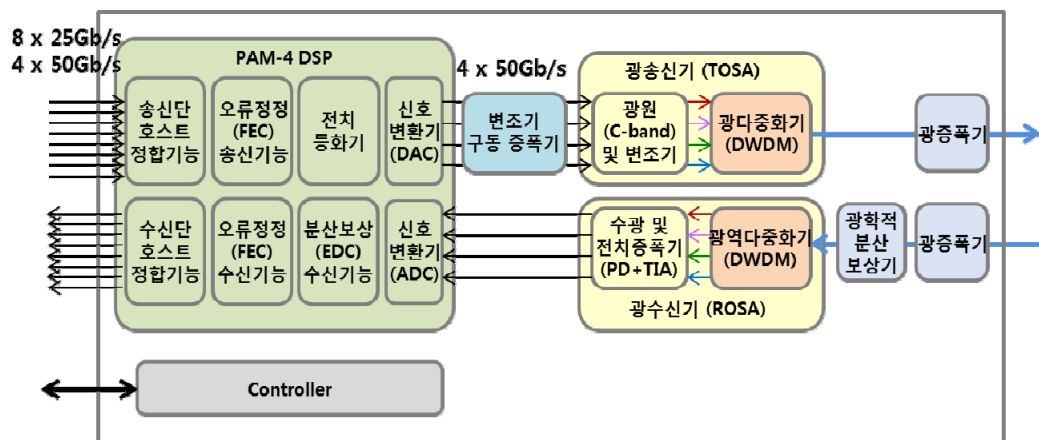
** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

***정보통신기획평가원은 현재 개발 진행 및 완료 예정인 ICT R&D 성과 결과물을 과제 종료 이전에 공개하는 "ICT R&D 사업화를 위한 기술예고"를 2014년부터 실시하고 있는 바, 본 칼럼에서는 이를 통해 공개한 결과물의 기술이전, 사업화 등 기술 활용도 제고를 위해 매주 1~2건의 관련 기술을 소개함



[그림 1] 기술개념도

- ▶ 메트로 액세스 네트워크 광전송 시장은 향후 5년간 빠르게 성장할 신성장 분야로 80km 이하 전송구간의 대용량, 고효율, 저가 솔루션 개발이 필요함
- ▶ 광트랜시버는 전기신호를 광신호로 변환하여 전송하는 광송신 기능과 전송된 광신호를 전기신호로 변환하는 광수신 기능을 수행하는 광전송 시스템의 핵심 제품임
- ▶ 기존 80km 이하 전송 구간의 메트로 액세스 네트워크의 경우에는 파장당 10Gb/s



[그림 2] 200Gb/s 광트랜시버 블록도

속도의 NRZ-OOK(Non-Return to Zero On-Off-Keying) 방식의 광트랜시버나 고가의 코히어런트 방식의 광트랜시버 솔루션만 존재했으나, 파장당 속도 및 전송 효율을 10Gb/s에서 50Gb/s로 5배 증가하고, 광트랜시버당 전송용량을 100Gb/s급에서 200Gb/s급으로 2배 증가시킨 광트랜시버 기술을 제안

- ▶ 200Gb/s 광트랜시버 구성의 핵심 광모듈로, 메트로 액세스 네트워크용 광송신기(TOSA) 및 광수신기(ROSA) 모듈 기술을 포함

2. 기술의 상세내용 및 사업화 제약사항

▶ 기술의 상세내용

- 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버 기술
 - ※ 직접수신 고차 변복조 신호 전송성능 최적화: 고차 변복조 신호의 80km 전송을 위한 광선로 손실 및 분산 보상, 신호대 잡음비 확보 기술, 송수신단 복잡도 증가에 따른 변복조부와 등화기, 오류정정을 이용한 전송 성능 최적화 기술
 - ※ 고속, 고밀도 신호 무결성(signal integrity) 설계 기술: 50Gb/s PAM-4 신호 경로에 대한 무결성 구조를 적용한 설계 기술
 - ※ 펌웨어 기반 관리 및 제어 기술: 산업체 표준에 따른 펌웨어 구현 및 광트랜시버 제어·관리 기술
- 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광송신기(TOSA) 및 광수신기(ROSA) 기술
 - ※ 고속 전기신호에 대한 선형성 보장 기술: 고속 전기신호 경로에 대한 특성 임피던스 정합, 임피던스 불연속 지점에 대한 보상을 통해 비선형 특성 발생 억제
 - ※ 다채널 광결합 및 광·전 집적화 기술: 광원과 광다중화기 및 PD와 광역다중화기 간 광결합 손실 최소화 및 큰 허용 정렬 오차 보장 구조 적용
 - ※ 광다중화기 및 역다중화기 기술: 삽입 손실 및 인접 채널 간 잡음 최소화 설계 및 제작, 광입출력 광결합 구조 설계
 - ※ 고(高) 방열 및 열적 분리 기술: 고집적화에 따른 효율적인 열 방출 구조 및 열적 분리 기술, 열 특성 안정화 및 열 잡음 억제를 통해 고(高) 품질의 신호 생성 및 수신 성능 보장

➤ 기술이전 범위

- 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버(HW-Module)
 - ※ 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버 보드 설계도
 - ※ 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버 기구물 설계도
 - ※ 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광트랜시버 운용 S/W
- 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광송수신기(HW-Module)
 - ※ 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광송신기 및 광수신기 설계도
 - ※ 메트로 액세스 네트워크용 200Gb/s 광송신기 및 광수신기 제작 기술

➤ 사업화 제약사항

- 없음

III. 국내외 기술 동향 및 경쟁력

1. 국내 기술 동향

- 국내 광트랜시버 업체에서는 주로 단거리 광트랜시버를 개발하여 판매하고 있으며, 하이엔드급의 중·장거리 광트랜시버 기술에 대한 투자 및 연구는 미미한 상황
- ETRI에서는 2004년 10G XFP(10G form-factor pluggable) 광트랜시버 개발을 시작으로, 40G CFP 광트랜시버, 100G CFP 광트랜시버(100GBASE-LR4), 100G CFP4 광트랜시버(100GBASE-LR4/ER4)에 이르기까지 다양한 광트랜시버를 개발하여 산업체에 기술이전하였음
- ETRI에서는 광트랜시버의 핵심 기능을 수행하는 광송신기 및 광수신기 모듈을 개발하여 10G TOSA, 4x25G ROSA 등의 OSA(Optical Sub-Assembly) 설계 및 제작 기술을 확보하였으며, 개발된 OSA 기술을 국내 광트랜시버 업체인 (주)에이알텍, (주)오이솔루션, (주)빛과전자 등에 기술이전하여 상용화에 성공
- (주)오이솔루션에서는 10G 관련 전제품 군에 대해 개발 완료 및 생산하고 있으며 40G QSFP+ SR4, LR4 개발을 완료하여 국내 삼성전자 등에 납품하고 있으며, 이외에도 무선 및 데이터센터에 적용 예정인 25G TOSA, ROSA 및 트랜시버 제품군을 개발하

여 샘플 제공 중에 있으며, 10km용 100G CFP4 광트랜시버 및 광수신기 기술을 ETRI로부터 기술전수 받아 상용화 개발 중임

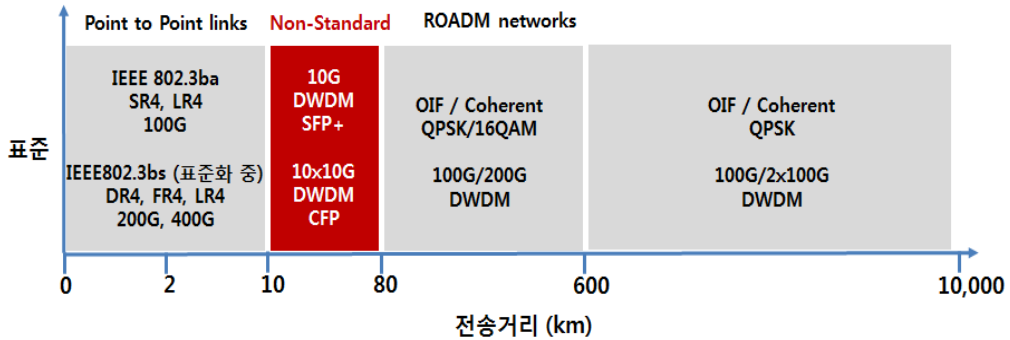
- ㈜에이알텍은 ETRI에서 기술을 이전받아 이동통신 중계국 간 연결을 위한 80km 전송용 100Gb/s(10λ×10Gb/s) CFP 광트랜시버를 개발하여 2014년부터 중국 ZTE에 납품 중임

2. 해외 기술 동향

- 전세계 데이터 트래픽이 급격히 증가함에 따라 100G, 200G, 400G 이더넷 등의 고속 데이터를 전송할 수 있는 광트랜시버 기술에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이와 함께 클라우드 및 통신 사업자의 상면적, 소모전력, 투자 비용 등의 문제를 해결하기 위해 광트랜시버 및 관련 부품의 소형화, 집적화, 저전력화에 대한 필요성이 높아지고 있음
- 100G 이더넷용 광트랜시버로 CFP, CFP2 form-factor의 광트랜시버가 대량 생산되고 있으며, CFP4, QSFP28 form-factor로 소형화, 저전력화되고 있음
- 400G 이더넷 표준이 2017년 12월 승인되었으며, 이는 PAM-4 변조방식을 기본으로 하고 있으며, 이에 따라 글로벌 칩/모듈 선도업체에서는 최대 10km 전송이 가능한 데이터센터 내부용 100G/200G/400G급 PHY IC를 공개하고 있음
- Acacia, Oclaro에서는 대형 메트로 및 백본 네트워크에서 사용되는 DP-QPSK 또는 DP-16QAM 기반의 코히어런트 광트랜시버 기술을 메트로 액세스 네트워크용으로 이용하려는 연구를 지속하고 있음.
- InPhi에서 2×56Gb/s로 100Gb/s 80km PAM4 광트랜시버를 개발하여 Microsoft 데이터센터 네트워크에 적용

3. 표준화 동향

- 본 기술/제품과 직접적으로 관련 있는 표준은 현재 존재하지 않음
- [그림 3]과 같이 10km 이내의 전송 거리에서는 IEEE 802.3의 이더넷 표준화 그룹에서, 수백 km 이상의 전송 거리에서는 OIF(Optical Internetworking Forum)에서 표준화를 진행하고 있음



[그림 3] 전송거리별 광전송 표준

- IEEE 802.3ba에서는 100G 이더넷 표준을 2010년 6월에 승인하였으며, 광송수신 관련 표준은 [표 1]과 같음

[표 1] IEEE 802.3ba 표준

전송 거리	Physical Medium	100G 이더넷	광 인터페이스	변조 방식
100m OM3 125m OM4	MMF	100GBase-SR10	10fiber×10G	OOK
		100GBase-SR4	4fiber×25G	OOK
10km	SMF	100GBase-LR4	4λ×25G(LAN-WDM)	OOK
40km	SMF	100GBase-ER4	4λ×25G(LAN-WDM)	OOK

- IEEE 802.3bs에서는 400G 이더넷 표준화를 위하여 2014년 3월 Task Force가 생성되어 2017년 12월 표준이 승인되었으며, 광송수신 관련 표준은 [표 2]와 같음

[표 2] IEEE 802.3bs 표준

전송 거리	Physical Medium	400G 이더넷	광 인터페이스	변조 방식
100m	MMF	400GBase-SR16	16fiber×25G	OOK
500m	SMF	400GBase-DR4	4fiber×100G	PAM-4
2km	SMF	400GBase-FR8	8λ×50G	PAM-4
10km	SMF	400GBase-LR8	8λ×50G	PAM-4

4. 보유특허

No.	국가	출원번호(출원일)	상태	명칭
1	미국	16/023187(2018.06.29.)	출원 완료	Optical signal transmission apparatus for generating multi-level optical signal and method performed by the same
2	미국	16/010745(2018.06.18.)	출원 완료	Optical transmission method and apparatus
3	미국	16/033330(2018.07.12.)	출원 완료	Multi-channel optical transmitting module
4	미국	16/124766(2018.09.07.)	출원 완료	Optical multiplexing method
5	미국	16/194618(2018.11.19.)	출원 완료	Optical de-multiplexing method
6	미국	16/207557(2018.12.03.)	출원 완료	Optical transmitting module

5. 기술의 경쟁력

경쟁기술	본 기술의 우수성 및 차별성
10λ×10Gb/s 광트랜시버	경쟁 기술은 파장 당 10Gb/s, 전송 용량 100Gb/s이지만, 본 기술은 파장 당 50Gb/s, 전송 용량 200Gb/s로 4개의 파장 채널을 이용하여 2배의 전송 용량 제공
100GBASE-LR4/ER4 표준 광트랜시버	100GBASE-LR4/ER4 표준은 파장 당 25Gb/s, 전송 용량 100Gb/s로 최대 전송 거리가 각각 10km, 40km에 제한되나, 본 기술에서는 파장 당 50Gb/s, 전송 용량 200Gb/s로 최대 전송 거리 80km를 제공
100Gb/s 80km PAM-4 광트랜시버	경쟁 기술은 파장 당 50Gb/s, 전송 용량 100Gb/s의 광트랜시버이며, 본 기술은 전송 용량 200Gb/s로 2배의 전송 용량을 제공하고, 세계 최고 수준의 광 수신기의 수신 감도를 달성

IV. 국내외 시장 동향 및 전망

1. 국내외 시장 동향 및 전망

- (현황 및 단기전망) 세계 광트랜시버 시장규모는 2013년 19.4억 달러(약 2조 2,500억 원) 규모에서 2019년 31억 달러(약 3조 6,000억 원) 규모로 연평균(CAGR) 8.1% 성장
 - 국내 시장은 동기간 동안 428억 원에서 683억 원으로 성장할 전망
 - 국외 시장은 동기간 동안 19억 달러(약 2조 2,000억 원)에서 30.4억 달러(약 3조 5,500억 원)로 성장할 전망

[표 3] 제품시장 현황 및 단기 전망(2013~2019년)

구분		2013년	2014년	2015년	2016년	2017년	2018년	2019년	CAGR
텔레콤 광트랜시버	국내(억 원)	180	169	142	153	179	192	202	1.9%
	국외(백만 달러)	803	752	634	680	797	857	902	
	세계(백만 달러)	820	767	647	694	814	875	920	
데이터센터 광트랜시버	국내(억 원)	248	300	361	350	383	428	481	11.7%
	국외(백만 달러)	1,104	1,335	1,609	1,561	1,704	1,907	2,141	
	세계(백만 달러)	1,126	1,362	1,642	1,593	1,739	1,946	2,184	
합계	국내(억 원)	428	469	504	503	562	621	683	8.1%
	국외(백만 달러)	1,907	2,087	2,243	2,241	2,502	2,764	3,042	
	세계(백만 달러)	1,946	2,130	2,289	2,287	2,553	2,821	3,105	

* 국내 시장은 세계 시장의 2%로 가정하고, 1달러=1,100원 적용

- (장기 전망) 세계 광트랜시버 시장규모는 2023년 41.2억 달러(약 4조 8,000억 원) 규모에서 2029년 47.3억 달러(약 5조 5,000억 원) 규모로 연평균(CAGR) 2.3% 성장
- 국내 시장은 동기간 동안 907억 원에서 1,042억 원으로 성장할 전망
 - 국외 시장은 동기간 동안 40.4억 달러(약 4조 7,000억 원)에서 46.4억 달러(약 5조 4,000억 원)로 성장할 전망

[표 4] 제품시장 장기 전망(2023~2029년)

구분		2023년	2024년	2025년	2026년	2027년	2028년	2029년	CAGR
텔레콤 광트랜시버	국내(억 원)	219	223	227	232	236	241	246	1.9%
	국외(백만 달러)	974	993	1,013	1,032	1,053	1,073	1,094	
	세계(백만 달러)	994	1,014	1,033	1,054	1,074	1,095	1,116	
데이터센터 광트랜시버	국내(억 원)	689	712	733	752	769	783	796	2.5%
	국외(백만 달러)	3,068	3,170	3,264	3,348	3,424	3,490	3,547	
	세계(백만 달러)	3,130	3,235	3,330	3,417	3,493	3,561	3,620	
합계	국내(억 원)	907	935	960	983	1,005	1,024	1,042	2.3%
	국외(백만 달러)	4,042	4,164	4,276	4,381	4,476	4,563	4,641	
	세계(백만 달러)	4,124	4,249	4,364	4,470	4,568	4,656	4,736	

* 세계 시장은 제품의 특성을 고려하여 CAGR 및 추세 함수를 이용하여 전망하고, 국내 시장은 세계 시장의 2%로 가정

600km or More “Long Haul”	600km or Less “Metro-Regional”	80km or Less “Metro-Access”
<ul style="list-style-type: none"> • Big growth 2012–2015 • Saturates next year • No more 10G to cannibalize • QPSK going to higher baud rates 	<ul style="list-style-type: none"> • About 1/3 of volume shipped to date • New dedicated hardware needed in order to hit cost targets • Happens next year and triggers volume surge • Major competitive activity happening right now 	<ul style="list-style-type: none"> • Tiny volume • Sweet spot for direct detect • Volume limited until costs drop further • <u>In 6 to 8 years will be huge market</u>

〈자료〉 Infonetics 2015. 10.

[그림 4] 광전송 시장별 전망

- 광전송 시장별 전망 자료에 의하면, 600km 이상 장거리용 광트랜시버 시장의 경우 성장이 정체되고, 600km 이하 메트로용 시장의 경우 현재 1/3 비율에서 완만하게 성장할 것이며, 80km 이하 메트로 액세스용 시장의 경우 현재 시장규모가 작지만 6~8년 후에 큰 시장으로 성장할 것으로 전망

2. 제품화 및 활용 가능 분야

활용 분야(제품/서비스)	제품 및 활용 분야 세부내용
5G 이동통신 백홀(back-haul) 장비	메트로 액세스 네트워크용 광트랜시버
대형 데이터센터 패킷-광 통합(PTN/POTN) 장비 및 코어 라우터 장비	메트로 액세스 네트워크용 광트랜시버
소형 메트로 망용 패킷-광 통합(PTN/POTN) 장비 및 DWDM/ROADM 장비	메트로 액세스 네트워크용 광트랜시버

V. 기대효과

1. 기술도입으로 인한 경제적 효과

- 국내 기업의 신규 시장 진출 및 글로벌 사업화
 - 네트워크 발전에 따라 출현하는 신규 시장에 특화된 맞춤형 신기술로서, 국내 기업의 기술 수준을 높이고 가격 경쟁 위주 저가 광트랜시버 시장을 탈피하여 새로 형성되

는 고가의 중거리 광트랜시버 시장 선도 진출

- ▶ 국내 중소기업의 기술 경쟁력 확보 및 핵심 역량 강화
 - 저가 전략을 기반으로 한 중국 업체의 추격에 대비하고, 글로벌 선진 업체의 수직 계열화로 인해 심화되고 있는 기술 격차를 줄여 광모듈/부품 산업의 기술 경쟁력 확보
 - 핵심 부품에 대한 해외 수입 의존도 탈피 및 국가 공공 인프라 기술 자립화 실현

2. 기술사업화로 인한 파급효과

- ▶ 공공 측면
 - 대용량 고효율 저가의 메트로 액세스 네트워크 구축으로 서비스 비용 감소와 데이터 처리 속도 향상을 통해 산업, 안전, 경제 전반의 활성화에 기여
 - 유무선 융합이 가능한 메트로 액세스 네트워크 인프라 구축을 위한 핵심 기술 확보를 통해 세계 최고 수준의 인프라 구축 기술 및 운용 노하우를 습득하여 네트워크 서비스의 수준 제고에 기여
- ▶ 사회적 측면
 - 서비스 공급자, 통신 사업자들이 추진 예정인 5G, IoT, 빅데이터 등 대용량 데이터 전달 기반의 네트워크 융합 환경 구축에 기여하여 새로운 통신 서비스를 제공할 수 있는 기반 구축
 - 초고속 대용량 광트랜시버는 네트워크 인프라의 새로운 트렌드를 견인하여 과학, 산업 및 사회·문화·생활 전반의 디지털 정보화 시대 구현에 기여