

양방향 100Gb/s PON 신호 전송을 위한 100G PON Expander 구현

김광옥^o, 두경환, 정환석

한국전자통신연구원 광네트워크연구그룹

Implementation of 100G PON Expander for Bidirectional 100Gb/s PON Transmission

Kwang-Ok Kim^o, Kyeong-Hwan Doo, Hwan-Seok Jung

Electronics and Telecommunications Research Institute (ETRI), Optical Network Research Lab

kwangok@etri.re.kr

요 약

본 논문은 FPGA 기반의 100Gb/s OLT-COT과 100Gb/s ONU-RT를 이용하여 단일 광섬유당 10개의 10Gb/s PON 신호를 수용하고, 양방향 100Gb/s의 전송속도를 제공하는 PON Expander에 관한 것이다. PON Expander는 버스트 신호 검출 및 연속 신호변환, 패킷 레벨 모니터링, 링크 BER 모니터링, OAM 기반의 원격 제어를 제공할 수 있다.

1. 서론

최근 Giga 인터넷 서비스 확산을 위해 10Gb/s PON 기술은 액세스망 시장에 점진적으로 확산되고 있다. 특히 국내에서는 KT를 중심으로 10G-EPON 기술이 보급되고 있으며, SKT를 중심으로 10Gb/s XGS-PON과 TWDM-PON 기술이 보급되고 있다 [1]. 또한 최근 5G 상용화 및 이를 기반으로 하는 다양한 광대역 서비스의 도출로 인해 유선 액세스망의 고도화가 절실히 요구되고 있다. 광액세스망의 전체 구축 비용 중 10%가 OLT/ONU들의 네트워크 장비 구축 비용이며, 90%가 수동소자 (i.e., optical fiber, optical splitter, duct) 설치 및 포설 비용에 해당된다. 따라서 통신사업자들은 기존의 광인프라를 최대한 활용한 광액세스망의 고도화를 요구하며, 단일 광섬유당 많은 10Gb/s PON 신호를 전송할 수 있는 기술을 필요로 하고 있다 [2].

2. 100G PON Expander 구현

본 논문에서 제안된 100G PON Expander 기술은 100G OLT-COT과 100G ONU-RT 단말로 구성된다. (그림 1)에서처럼 100G OLT-COT는 10G-EPON OLT 플랫폼과 함께 전화국사에 설치되며, 10개의 10Gb/s PON 신호와 WDM 신호 간의 파장변환 기능을 수행하며, WDM MUX/DEMUX를 통해 WDM 파장 다중화/역다중화를 수행한다. 반면에 100G ONU-RT는 가입자 영역의 원격 노드에 설치되며, WDM MUX/DEMUX를 통해 WDM 파장 역다중화/다중화를 수행한다. 그리고 WDM 신호와 PON 신호 간의 파장변환 및 버스트 모드 신호 검출과 연속신호 변환을 수행한다. 즉, 10G-EPON OLT 플랫폼의 10개의 10Gb/s PON 신호들은 100G PON Expander를 통해 단일 광섬유로 전송되며, 다시 원래의 광 파워 세기로 10Gb/s PON 신호가 출력된다.

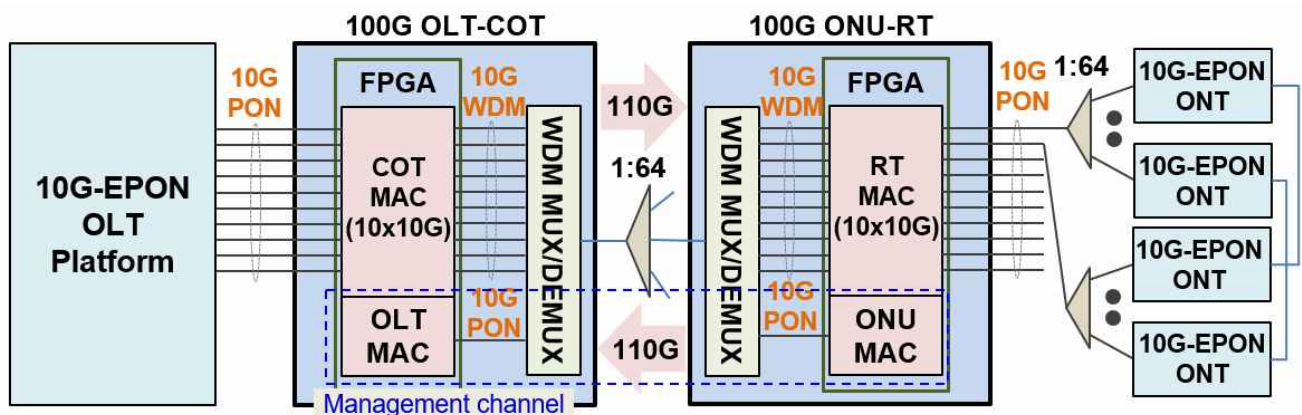
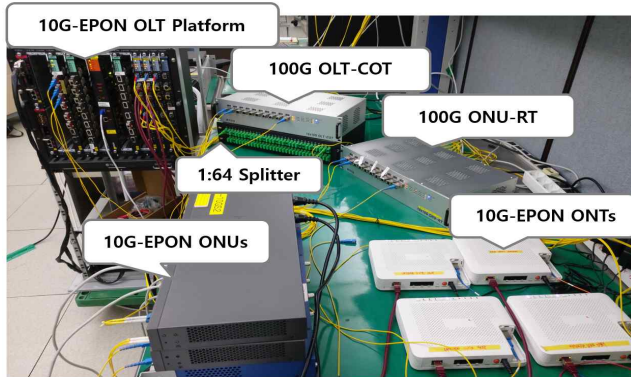


그림 1. 10G-EPON 기반 100G PON Expander 구조.



Tx State	Port Name	Tags	Bandwidth Utilization (%)	Duration Mode	Burst Size	Load Mode	Load
▶	OLT1 // 1/1	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	80
	ONT1 // 1/2	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	40
	ONT2 // 1/3	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	40
	OLT2 // 1/4	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	80
	ONT3 // 1/5	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	40
	ONT4 // 1/6	Click to add...	40	Continuous	1	Fixed	40

Name/ID	Tx Count (Frames)	Rx Count (Frames)	Dropped Count (Frames)
▶ OLT1 → OLT2/65537	1,143,945,661	1,143,215,264	0
OLT1 → OLT1/65536	1,143,945,661	1,143,183,643	0
ONT1 → OLT1/196608	1,144,760,907	1,143,592,216	0
ONT2 → OLT1/262144	1,144,738,758	1,143,685,647	0
OLT2 → OLT3/327680	1,144,301,239	1,142,919,059	0
OLT2 → OLT4/327681	1,144,301,239	1,142,833,772	0
ONT3 → OLT2/393216	1,144,962,499	1,143,661,760	0
ONT4 → OLT2/458752	1,145,039,151	1,143,603,703	0

그림 2. 시험환경 및 채널 1/2 번 패킷 전송 측정 결과

특히, 100G ONU-RT 에서는 하향과 상향으로 전송되는 채널 별 패킷 레벨 모니터링과 RS(255,223) 기반의 FEC 를 통한 링크 레벨 BER 모니터링 기능이 제공된다. 이들 정보는 FPGA 내의 10G-EPON MPCP 와 OAM 프로토콜을 통해 원격 모니터링 된다. 즉, TDMA 방식으로 하나의 100G OLT-COT 에서 다수개의 100G ONU-RT 들을 원격 관리할 수 있다. 따라서, 100G PON Expander 는 단일 광섬유당 광대역 전송을 비롯하여 국사광역화, 높은 가입자 수용 등을 제공할 수 있다.

(그림 2)는 100G PON Expander 실험환경 및 채널 1 번과 2 번에 대한 패킷 전송 실험 결과를 보여준다. (그림 2)에서처럼 100G PON Expander 의 패킷 전송 시험을 위해 상용 10G-EPON OLT 플랫폼과 4 개의 10G-EPON ONT 단말이 사용되었으며, 1:64 분기 스플리터를 통해 100G OLT-COT 와 ONU-RT 를 연결하였다. 그리고 100G ONU-RT 와 10G-EPON ONT 들은 각각 1:16 분기 스플리터를 통해 연결하였다. 트래픽은 각 채널별로 10G-EPON OLT 에 8Gb/s 와 각 10G-EPON ONT 에 4Gb/s 를 랜덤 패킷으로 인가하였다. 패킷 전송 실험결과에서 2 채널 모두 하향과 상향 방향에서 패킷 손실 없이 전송됨을 확인할 수 있다. 이를 통해 10 개의 채널에서 10Gb/s PON 신호를 손실 없이 전송할 수 있음을 예측할 수 있다.

(그림 3)은 100G ONU-RT 에서 측정된 채널 3 번과 4 번의 패킷 모니터링 결과를 보여준다. 채널 3 번에

Name/ID	Tx Count (Frames)	Rx Count (Frames)	Dropped Count (Frames)	PRBS Error Count (Mbits)
▶ P1_ONT1 → P2_ONT1/65536	70,216,010	70,216,010	0	0
P1_ONT2 → P2_ONT2/65537	70,216,009	70,216,009	0	0
P2_ONT1 → P1_ONT1/131072	69,522,449	69,522,449	0	0
P2_ONT2 → P1_ONT2/131073	69,522,448	69,522,448	0	0

RT3	PCSD	139969378	139974954	RT3	Burst	267329	272803
	RSd	140699592	140705073		RSu	139312349	139317827
	Drop	0	0		Drop	0	0
	MACd	140699592	140705073		MACu	139312349	139317827
	Drop	0	0		Drop	0	0
	MPC Gate	267448	272927		DSC	0	0
	REG	0	0		RPT	267329	272805
	OAMd	123	127		OAMu	123	127
	MPCd	140432019	140432019		MPCu	139044897	139044897
RT4	PCSD	138578539	138584108	RT4	Burst	267773	273237
	RSd	139312915	139318386		RSu	140699916	140705385
	Drop	0	0		Drop	0	0
	MACd	139312915	139318386		MACu	140699916	140705385
	Drop	0	0		Drop	0	0
	MPC Gate	267894	273364		DSC	0	0
	REG	0	0		RPT	267773	273241
	OAMd	124	127		OAMu	124	127
	MPCd	139044897	139044897		MPCu	140432019	140432019

그림 3. 100G ONU-RT 패킷 모니터링 측정 결과

서 2 개의 ONT 로 총 140,432,019 (ONT1: 70,216,010, ONT2: 70,216,009) 패킷을 전송하고, 100G ONU-RT 에서 채널 3 번 하향으로 140,432,019 개가 수신됨을 확인할 수 있다. 이들 패킷들은 채널 3 번에 연결된 ONT 를 통해 채널 4 번에 연결된 ONT 들로 전송된다. 따라서 100G ONU-RT 에서 채널 4 번 상향으로 동일하게 140,432,019 개의 패킷이 수신됨을 확인할 수 있다. 또한 채널 4 번에서 총 139,044,897 (ONT1: 69,522,449, ONT2: 69,522,448) 패킷이 전송되고, 100G ONU-RT 에서 채널 4 에서 139,044,8979 패킷이 수신됨을 확인할 수 있다. 이는 다시 10G-EPON ONT 들을 통해 채널 3 번에서 동일하게 수신됨을 확인할 수 있다. 이를 통해 10G-EPON 링크의 상태 및 장애 유무 등을 감지할 수 있다.

3. 결론

본 논문에서는 100G PON Expander 를 통해 단일 광섬유당 양방향 100Gb/s (10x10Gb/s) PON 신호를 전송할 수 있음을 실시간 패킷 시험을 통해 검증하였다. 또한 10G-EPON 링크상에서 패킷 레벨 모니터링을 통해 링크 상태를 확인할 수 있다.

4. 참고 문헌

- [1] IEEE Std 802.3TM-2012, "IEEE Standard for Ethernet," LAN/MAN Standards Committee, December 2012.
- [2] 김광욱, 정환석, "100km 전송거리와 1:128 분기지원 가능한 저가형 10G-EPON Extender 개발," 대한전자공학회 하계종합학술대회, 2016, pp.608-609.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2020 년도 과학기술정보통신부의 재원으로 정보통신기술진흥센터의 지원을 받아 수행된 연구임 (B5G 광엑세스 고속화 및 슬라이싱 기술).