

8 광액세스망 기술 표준화 - 산업융합네트워크포럼

□ 개요

○ 기술 정의

- ▶ 광액세스망 가정, 비즈니스 사업자, 모바일 기지국 등의 유무선 사용자를 인터넷 망에 연결시켜 주는 네트워크를 지칭함. 사용자가 네트워크에 접속하기 위해 처음 접하게 되고, 사용자 가장 가까이 존재하는 네트워크로 전통적으로는 통신사업자의 입장에서 모든 통신의 마지막이라는 뜻에서 'last mile'이라고 불려 왔음. 최근에는 사용자 관점에서 모든 것이 시작된다는 뜻으로 'first mile'이라고 부르기도 함. 시간분할다중화 또는 파장분할다중화 방식의 고속/초저지연/개방형 수동형 광네트워크 (PON: Passive Optical Network) 또는 RoF(Radio over Fiber)/광기반 Sub-THz 전송 방식에 기반을 두고 있음.

※ 광액세스 네트워크 기술은 OSI 7 계층 참조모델의 1계층과 2계층에 해당

○ 기술에 대한 부연 설명

- 광액세스망 기술은 통상적으로 20km 이내의 거리에서 광섬유를 기반으로 통신 서비스를 제공하는 것으로, 크게 1) 초고속 광액세스 기술 2) 초저지연 광액세스 기술, 3) 개방형 광액세스 기술, 4) 인도어 광네트워크 기술로 분류할 수 있음.
- 초고속 광액세스 기술은 광대역 서비스를 제공하기 위해 파장당 25Gb/s 또는 50Gb/s 속도를 제공하는 점대다점(Point-to-Multipoint) 구조의 네트워크에서 시간분할다중방식으로 동작하는 수동형 광네트워크(TDM-PON) 요구사항, 전송수렴계층 및 물리계층 표준 기술을 다루고 있음. 구체적으로는 파장당 25G급 TDM-PON 표준(25GS-PON MSA), 두 개의 파장을 사용하여 최대 50G까지 사용자당 용량을 제공할수 있는 표준 (50G-EPON), 파장당 50G급 PON 기술 요구사항 표준(ITU-T), 파장당 50G급 PON 기술 전송수렴계층 표준(ITU-T), 파장당 50G급 PON 기술 물리계층 표준(ITU-T)을 포함함. 파장당 10G급으로 동작하는 10G-EPON, XGS-PON, NG-PON2 방식에서는 통신국사에 설치되는 OLT(Optical Line Terminal)에서 사용자 단말 (ONU: Optical Network Unit)간 하향 통신에는 C-band (1550nm)를 사용하고, ONU에 장착되는 광트랜시버의 가격을 낮추기 위해 상향전송에는 저가형 광원을 사용하는 O-band (1300nm)를 사용

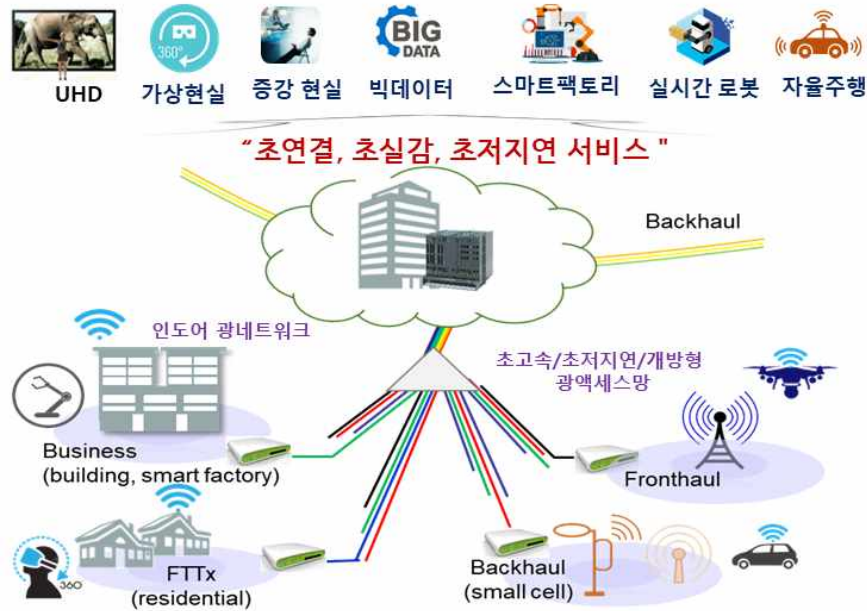


그림. 광액세스망 기술

- 그러나, 파장당 25G급 이상에서는 광섬유의 색분산에 의한 신호에 왜곡을 보상하는 별도의 장치를 사용하지 않기 위해 상하향 파장 모두 O-band를 사용한다. 사용파장은 25G급으로 동작하는 한 개를 사용하거나, 두 개를 채널본딩 방식으로 묶어서 50G급을 제공하거나, 단일파장으로 50G를 제공하는 기술이 채용되었으며, 가격경쟁력을 위해 모두 NRZ(Non-Return-to-Zero) 방식의 변조포맷을 사용
- 초저지연 광액세스 기술은 모바일 백홀 및 프론트홀을 수용하기 위한 광액세스 기술의 물리계층 및 전송수령계층 표준을 다루고 있으며, 구체적으로는 파장당 25G급 WDM 광액세스 표준(ITU-T), 파장당 25G/50G급 P2P 광액세스 표준(ITU-T/IEEE), 초저지연 대역할당 및 CTI 정보 교환 표준(O-RAN/ITU-T), 스몰셀 수용을 위한 TDM-PON 표준(ITU-T)등을 포함함. 광섬유가 액세스망에 적용되던 초기에는 주로 덕 내에 초고속 인터넷을 제공하는 FTTH (Fiber-To-The-Home) 에 집중했다면, 이제는 폭증하는 모바일 트래픽을 수용하고 자율주행차, 스마트팩토리, 메타버스등 촉각처럼 실시간 반응이 필요한 분야들과 생활공간 속으로 그 영역을 확대하고 있음. 즉, 광액세스망에서 정보 전달에 소요되는 시간을 1ms 이내로 감소시키기 위한 방식을 초저지연 광액세스 기술에서 다루고 있음.
- 개방형 광액세스 기술은 다양한 OLT/ONU 장비 및 액세스 장비들을 단일 컨트롤러로 제어하고 상호운용성 및 호환성을 확보하는 광액세스망 기술 표준을 다루고 있으며, 구체적으로는 다양한 점대다점 광액세스 장비의 상호 운영 및 호환을 가능하게 하는 광액세스망 추상화 표준(ONF), 점대다점 뿐만 아니라 동축

케이블 등 다양한 광액세스 장비를 클라우드 기반으로 추상화/가상화하는 표준(BBF)을 포함함. 기존의 광액세스망 장비는 관리제어, MAC, PHY 계층이 하나의 쉘프 내에 구현된 목적지향적 및 기능고정형 장치로 구현되었음. 이에 따라 새로운 기능의 교체와 추가에 제약이 있었고, 미래의 도래할 기능을 예측할 수 없어 하나의 장비에 많은 기능을 구현하여 비용이 상승되는 문제를 안고 있었음 이를 해결하고자, 액세스망에 존재하는 다양한 네트워크 프로토콜, Vendor별 상이한 인터페이스 구조등을 추상화하여 하나의 컨트롤러가 제어할수 있는 방식을 다루고 있음.

- 인도어 광네트워크 기술은 인도어 환경에서 모바일 신호를 전달하기 위한 아날로그전송 기반 RoF 전송 및 광 기반 sub-THz 전송 기술 표준을 다루고 있음. RoF 광 송수신기 및 전송 시스템 표준(ITU-T, IEC), 광 기반 sub-THz 광전송 기술 표준(IEEE)을 포함함

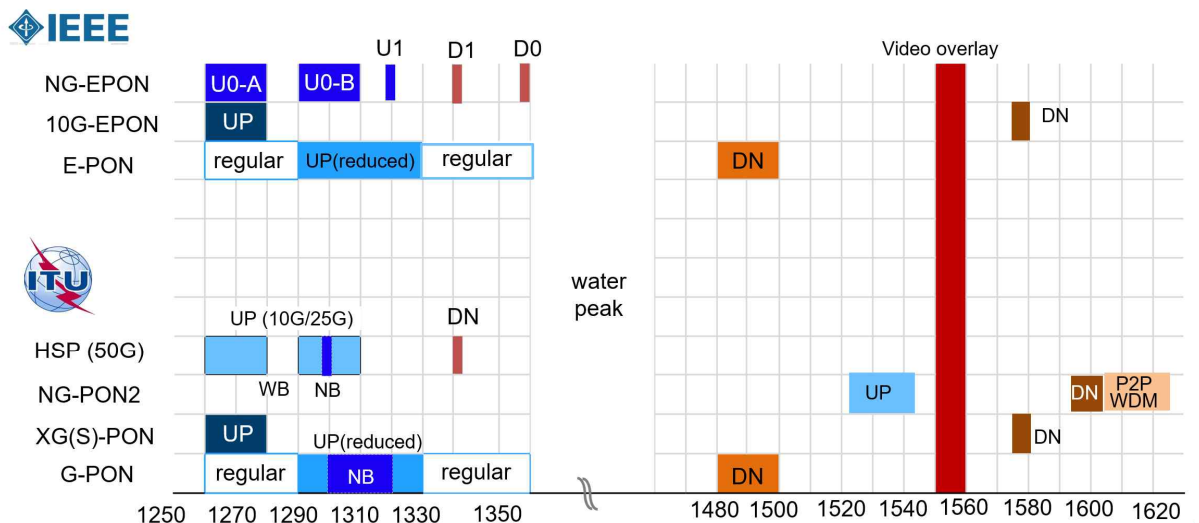


그림. 광액세스망 표준 파장

- 그림은 광액세스망의 표준 파장 플랜을 나타내고 있음. 온도에 변화에 따라 파장이 변함으로써 발생하는 패널티를 감소시키기 위해 상향 파장은 넓은 파장폭을 가지는 광원이 주로 사용됨. 파장당 25G급 이상에서는 색분산 영향을 억제하기 위해 상하향 전송 모두 O-band를 사용하게 되며, 50G-EPON의 경우 25Gb/s급 용량을 제공할 때는 하향은 D1, 상향은 기존 PON 기술과의 공존을 고려하여 U0-A 또는 U0-B를 사용함. 이 플랜에 D1과 U1을 추가하여 최대 50Gb/s의 용량을 제공할 수 있음. ITU-T 50G-PON에서도 IEEE 50G-EPON과 동일한 1,342nm를 하향 파장으로 사용하게 되며, 상향은 U0-A, U0-B와 동일한 파장대역을 사용하고 G-PON에서 사용하던 필터로 인해 narrow band option이 추가되었음. 한편, PON기술이 진화하고 다양해짐

에 따라 O-band에서 사용 가능한 대역은 점점 고갈되어 가고 있으며 PON의 고속화가 지속됨에 따라 심화될 전망이다. 새로운 광섬유를 포설하기에는 많은 비용이 소요되므로, 무선 주파수 할당과 같이 광섬유 내 파장 사용에 대한 노력과 관심이 국내에서도 필요함

□ 현황

○ 기술개발 현황 및 전망

- (국제) 10G급 PON 기술 개발이 완료되어 상용화되고 있으며, 25G 광액세스용 기술은 개발이 진행 중이다. 최근, 파장당 50G 광액세스 기술 연구 및 개방형 광액세스 대한 연구와 더불어 모바일 신호를 수용하기 위한 초저지연 광액세스 기술 연구 확대되고 있음. 미국의 Broadcom은 2020년부터 채널 본딩 기술이 적용된 파장당 25G급 광액세스를 위한 OLT MAC 칩 및 광소자를 개발 중이며, AT&T는 기존 망 구조에서 발생하는 CAPEX와 OPEX 비용을 줄이기 위해 가상화 기술을 활용한 CORD(Central Office Re-architected as a Datacenter) 구조를 도입하고, XGS-PON 서비스를 가상화 기술을 기반으로 제공하고 있음. 중국의 Huawei는 파장당 50G급 점대다점 광액세스에 필요한 광전송 및 신호처리 기술 개발하여 그 가능성을 2022년 데모하였음. Nokia는 가입자망 가상화 프로젝트인 OB-BAA(Open Broadband-Broadband Access Abstraction)와 VOLTHA(Virtual OLT Hardware Abstraction) 프로젝트를 활발하여 진행중. 인도어 광네트워크용 기술로 주목받고 있는 RoF 기술을 활용한 5G용 인도어 분산 안테나 시스템 개발이 주요 글로벌 시스템 및 부품 벤더 주도로 활발히 개발을 진행 중이고, 6G 후보 기술로서 논의 중인 서브-테라헤르츠 통신 기술에 대한 연구 개발이 주요 선진국 위주로 진행 중. 미국의 Corning은 5G 서비스 제공이 가능한 다중 밴더용 인도어 분산 안테나 시스템 및 기존의 3G/LTE/5G 서비스 통합형 분산 안테나 시스템 개발을 2021년 완료하였으며, 일부 제품은 미주지역 통신 사업자에 납품중.
- (국내) 출연연, 통신사업자 및 국내 중소기업들 중심으로 파장당 25G급 이상의 광액세스 기술 연구 및 모바일 서비스를 수용하는 초저지연 광액세스에 대한 기술 개발이 진행중이며 10기가 인터넷 이후를 대비한 초고속화화 지능형 광액세스 기술 개발이 예상됨. ETRI에서는 파장당 25G급 기반의 광액세스망 기술을 연구 중이며, Physical PON 의 MAC/PHY, Virtual PON의 관리제어기능이 분리된 Disaggregation 기술을 개발하고 있으며, 광액세스망의 초저지연화를 위한 대역 할당과 모바일 수용기술을 개발 중. 다산/유비쿼스/HFR 등에서는 10G급 수동형

광통신 네트워크 장비를 개발하고 국내 통신사업자에 적용 중. 자람에서는 10G급 ONU MAC 칩을 ASIC 으로 개발하여 이를 내장한 PON 스틱을 해외에 수출하고 있음. 인도어 광네트워크는 대학, 출연연, 통신사업자, 및 국내 중소기업들을 포함한 국내 산학연을 중심으로 RoF 기술 등을 활용한 5G/5G+용 인도어 분산 안테나 시스템 개발이 진행 중이며, 2021년부터 국내 대학 및 출연연을 중심으로 6G 인도어 광네트워크 구현을 위한 서브 테라헤르츠 통신/전송 기술에 대한 연구 개발 추진중

○ 시장 및 산업체 현황 및 전망

- (국제) 시장예측 기관인 OMDIA2022 자료에 따르면 전세계 PON시장에서 중국이 40%를 차지하고 있으며, 연평균(19~25) 1.1%의 성장을 지속하고 있음. 이는 전통적인 residential 가입자 이외의 적용분야에도 지속적인 확장이 이루어지고 있음을 나타내는 것임. 북미에서는 10G급 PON 시장의 본격화로 연평균 12.5%의 높은 성장세를 보이고 있고, 유럽/중동/아프리카에서도 7.9%의 상당한 성장세가 있으며, 전체적인 시장은 연평균 4.2% 성장세를 보이며 전체 시장규모는 88억 달러에 달함. 이러한 시장중 OLT 포트별 매출 추이를 보면 2.5G/1G급 PON은 더 이상 매출이 발생하지 않으며, 10G가 주축을 이루고 있고, 25G에 대한 매출도 2023년경부터 발생하기 시작 할 것으로 예측. 전체 PON 포트는 2025년경 천사백만 오천포트정도로 예측되고 있음

표. 전세계 PON장비 시장

백만 USD

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR(%)
중국	3,806	3,679	3,230	2,918	3,794	3,642	3,499	3,456	3,451	1.1
아시아/오세아니아	447	707	875	728	808	821	856	877	879	0.7
북미	619	680	676	698	860	1,069	1,220	1,364	1,357	12.3
유럽/중동/아프리카	855	996	1,489	1,694	1,830	1,965	2,134	2,255	2,346	7.9
라틴아메리카	296	376	604	610	728	764	773	810	790	4.6
합계	6,023	6,438	6,874	6,648	8,020	8,261	8,482	8,762	8,823	4.2

출처: OMDIA2022

표. 기술별 PON 포트 예측

OLT PON 포트

x1000

	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR(%)
GPON (2.5G)	7,371	6,803	7,277	5,285	5,069	4,063	3,007	2,015	1,349	-24.5
GPON (10G/25G/50G)	77	282	1,037	2,303	4,186	6,397	7,797	8,977	9,675	45.1
EPON (1G)	440	220	229	110	105	26	3			-100
EPON (10G/25G/50G)	819	1,010	1,141	994	1,507	1,381	1,382	1,417	1,440	4.3
합계	10,724	10,333	11,703	10,712	12,888	13,889	14,212	14,433	14,489	4.3

출처: OMDIA2022

- 광액세스망 장비중에 광학 모듈, 즉 광트랜시버의 비율이 크게 증가하고 있으며, 이를 프런트홀/백홀/미드홀등 모바일용 적용분야와 FTTH로 나누어 예측한 2021년 LightCount자료에 의하면 5G 상용화가 본격화된 2020년 전후로 하여 프런트홀 비중이 증가하였고, 그중 파장이 하나인 Grey optics를 사용하는 광트랜시버 비중이 높다. 전체 매출중 여전히 FTTx용 광모듈이 40% 이상을 차지하고 있음.



그림. 광액세스망용 광트랜시버 매출 (LightCounting2021)

- (국내) broadband 가입자가 연평균 1.6%의 성장을 보이고 있으며, 2025년경 이천사백만 가입자중 광섬유를 사용하는 가입자가 이천백만명 이상이고, 케이블모뎀과 DSL을 사용하는 가입자는 280만 이내로 12% 이내로 작을것으로 OMDIA에서 예측하고 있음.

표. 국내 broadband 가입자 예측

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR (20~25)
케이블 모뎀	4,506	4,311	4,120	3,853	3,481	3,172	2,957	2,878	2,794	2,706	2,616	2,530	-3.07
DSL	1,639	1,439	1,178	935	697	595	516	488	447	412	382	344	-7.78
광섬유	13,053	14,275	15,258	16,201	17,108	18,139	18,834	19,281	19,812	20,307	20,769	21,282	2.47
합계	19,199	20,025	20,556	20,989	21,286	21,906	22,307	22,646	23,053	23,426	23,767	24,156	1.6

출처: OMDIA2022

○ 표준화 현황 및 전망

- (국제) 광섬유망을 통해 20km 이내의 거리에서 초고속 인터넷과 모바일, 비즈니스를 수용할 수 있는 PON 표준이 파장당 25G/50G 표준으로 발전하고 있으며, 모바일 신호수용을 위한 초저지연 PON 표준화 진행 중이며 광액세스 가상화에 대한 표준화가 추진되고 있음. ITU-T에서는 2022년 파장당 50G급 광액세스 기

술의 요구사항, 전송수렴계층, 물리계층 표준화가 완료 단계에 있으며, ITU-T/IEEE에서는 파장당 최대 25G/50G의 점대점 양방향 광액세스 기술 표준화를 완료하고, 100G급 전송을 위한 표준을 2022년 준비중에 있음. IEEE에서는 2021년 파장당 최대 50G의 점대점 양방향 광액세스 기술 표준화 완료하였고, 25GS-PON MSA에서는 IEEE 50G-EPON의 물리계층 규격과 ITU-T XGS-PON의 전송수렴계층 규격을 기반으로 하여 25GS-PON 기술 규격 표준화 완료하였다. 이와 더불어 RoF 기반 인도어네트워킹에 대한 표준이 IEC에서 진행 중.

표. 광액세스망 국제 표준화 현황

표준화기구	표준(안)명	완료연도
ITU-T SG15	G.hsp.TWDMpmd, Higher Speed Passive Optical Networks: TWDM PMD	진행중 (2022)
	G.9804.3, Specifications of fixed 50G PMD	2021
	G.9804.2, Higher Speed Passive Optical Networks: Common Transmission Convergence layer Specification	2021
	G.989.3, 40-Gigabit-capable passive optical networks 2(NG-PON2): Transmission Convergence Layer Specification	2021
	G.989.1, 40-Gigabit-capable passive optical networks(NG-PON2): General requirements	2021
	G.9804.1, Higher Speed Passive Optical Networks: Requirements	2020
	G.9806, Higher speed bidirectional, single fibre, point-to-point optical access system	2020
IEEE 802.3	IEEE Std 802.3cp-2021, Bidirectional 10Gb/s, 25Gb/s, and 50Gb/s Optical Access PHYs	2021
	IEEE Std 802.3ca-2020, Physical Layer Specifications and Management Parameters for 25Gb/s, and 50Gb/s Passive Optical Networks	2020
25GS-PON MSA	25GS-PON Specification: 25 Gigabit Symmetric Passive Optical Network	2020
IEC TC86/TC10 3	IEC 62149-12 Ed.1.0, Distributed feedback laser diode device for RoF systems	진행중 (2023)
	IEC 63098-4 Ed.1.0, Radio-over-Fibre Technologies and Their Performance Standard - Part 4: Radio-over-Fibre based indoor DAS(distributed antenna system) for 5G	진행중 (2023)

- (국내) 파장당 10G급 이상의 광액세스망의 물리계층, 전송수렴계층, 관리제어기술과 더불어 모바일 신호를 수용을 위한 저지연 광액세스 전송 기술 표준화가 TTA, 산업융합네트워크포럼등을 중심으로 국제 표준 준용 및 고유표준제정이 진행중이다.

표. 광액세스망 국내 표준화 현황

표준화기구	표준(안)명	완료연도
TTA PG201	TTAE.IT-G.9806, 고속 양방향, 단일 광섬유, 점대점 광액세스 시스템(HS-PtP)	2020
	TTAE.IT-G.Sup66, PON 환경에서의 5G 프런트홀 요구사항	2020
	2019-1308, 5G 분산 안테나 시스템용 RoF 인터페이스 개정 표준	2022
TTA PG218	2020-0069, IEEE 이더넷 표준(IEEE Std 802.3-2018)	2021
ICNF	ICNF-2022-KO-ICNF.PR, 수동형 광 네트워크 리피터	진행중 (2023)
	ICNF-2022-EN-ITU.T.G.989.3, 40 기가급 수동형 광통신망 (NG-PON2): 전송수렴 계층	진행중 (2023)

○ 시험인증 현황 및 전망

- (국제/국내) 광액세스망과 관련된 시험인증기관은 국내외에서 없으며, 기본적으로 ITU-T/IEEE등의 표준을 만족하여야 하고, 추가적으로 사용자인 통신사업자의 요구사항을 모두 만족하여야 사용될 수 있음. 현재 국내에는, 품질 보증을 위한 ETRI Q-Mark는 획득 가능함.

□ 주요이슈 및 대응방안

- (주요이슈) 수동형 광네트워크인 PON은 기존에는 주로 광대역서비스를 제공해주기 위해 속도를 계속 높이는 방향으로 표준화가 진행되어 왔으나, 25G 속도의 PON 부터 고속화 이슈와 더불어 초저지연화와 개방화 가상화 이슈가 대두.
 - (고속 PON 변복조 방식) PON은 우수한 성능의 광복조 방식보다는 적절한 성능의 적절한 가격을 보장하여 사용자당 가격을 낮추는 방향으로 진화되어 왔으며, 이에 따라 NRZ 변조 방식이 채용되고 있음. 그러나, 파장당 50G PON에서는 간단한 수준의 DSP가 적용되어 대역폭 한계를 극복하고 있으나, 100G급 PON부터 고속화를 위해 직접수신방식과 코히어런트 수신방식 중 어느쪽으로 표준화가 진행되어야 할지 기술적 난제에 접해 있음. NRZ 변조방식은 비선형현상이나 수신 감도, 간단한 구조등 많은 장점이 있으나 높은 baudrate로 인해 사용되는 소자가 광대역화로 인한 비용상승 문제를 안고 있으며, 코히어런트 방식은 NRZ의 문제를 모두 해결할수 있으나 DSP칩을 매우 낮은 단가로 구현해야 하고, 광송수신 소자 또한 코히어런트에 사용되는 구조로 가격이 상승하는 문제가 있음. 이러한 문제는 TDM-PON 뿐만 아니라 100G BiDi 에서도 동일하게 적용될 것임
 - (50G 버스트모드 전송) 파장당 전송속도가 가장 빠른 50G TDM-PON의 경우 하향 전송속도는 50G로 정해졌으나, 상향 burstmode 의 경우 10G와 25G 표준만 정해진 상태임. 이는 50G급 burstmode 전송의 높은 난이도와 구현 가능여부, 상세한 스펙의 달성가능 여부가 미지수이기 때문에 표준화가 진행되지 않고 있음

- (Flexible Rate PON) 지금까지 광액세스망의 표준화는 1G, 2.5G, 10G, 25G, 50G의 고정형 속도로 NRZ 변조 방식을 사용하였음. 50G-EPON의 경우 파장당 전송속도는 25G로 동일하나 ONU에서 몇 개의 파장을 사용할 것인가에 따라 예외적으로 25G/50G로 용량을 변경할수 있는 정도임. 속도 고정형의 경우 제일 먼거리의 ONU에 스펙이 맞춰지기 때문에 OLT와 가까운 ONU는 고차변복조를 사용하여 높은 속도를 얻을수 있으나 고정형 속도에서는 이보다 낮은 속도를 사용하는 이슈를 가지고 있었음. 이러한 문제를 해결하고자 Flexible Rate PON에 대한 표준화 수요가 제기되고 있는 상황임.
- (확정적 지연) PON은 시간분할다중화를 사용하여 광섬유 매디엄을 공유하는 방식으로 상향전송을 사용하게 됨으로 상향 패킷 전달시간이 증가할 뿐만 아니라 전달시간의 변화, 즉 latency jitter가 큰 이슈를 기본적으로 가지고 있음. 이러한 지연시간 변화문제는 industrial PON 적용이나 모바일트래픽 수용에 한계가 있으므로, PON망에서 확정적 지연을 제공하는 표준화 이슈가 제기되고 있음.
- (PON 슬라이싱) PON 망에서 속도가 증가하고, 하나의 ODN을 통해 다양한 속도/지연 특성을 요구하는 서비스를 수용하기 위해 물리적인 PON망을 논리적으로 분리하여 서비스에 최적화된 네트워크 자원을 제공하는 PON 슬라이싱 기술에 대한 표준화 이슈가 제기되고 있음.

○ 현황 및 문제점

- (고속 PON 변복조 방식) 포트당 100G급 이상을 제공하기 위한 PON은 학계를 중심으로 연구가 진행되고 있으나 표준화는 본격적으로 진행되고 있지 않으며, IEEE의 50G-EPON의 후속으로 진행되는 PON부터 본격적인 표준화 작업이 진행될 것으로 예상됨.
- (50G 버스트모드 전송) 파장당 50G-PON에서 상향 50G를 제공하여 상·하향 동일 속도를 제공하는 전송기술인 현재 ITU-T에서 시뮬레이션을 통한 기술검증이 이루어지고 있음
- (Flexible Rate PON) Flexible bit rate에 대한 표준화는 ITU-T에서 Nokia가 중점적으로 표준화이슈를 제기하고 있으며, 미래 기술로서의 필요성은 대부분 인정하나 당장 필요한 기술인가에 대한 의문과 시장에서 언제쯤 필요한가에 대한 논란이 크게 발생하고 있음
- (확정적 지연) 확정적 지연을 제공하는 PON기술은 ETSI에서 FTTm (machine)에서 필요성이 제기되었고, ITU-T에서도 표준화 수요가 제기된 상태임
- (PON 슬라이싱) PON슬라이싱에 대한 이슈는 BBF에서 구조적인 표준은 이루어졌으며, ITU-T에서도 2021년 보조문서 (supplment) 형태의 표준은 완료되었음. 향후 본격적인 PON 표준화가 시작 될 것으로 예상

○ 대응방안

- 국제 표준화에 효과적으로 대응하기 위해서는 국내연구소를 중심으로 국내업체와의 협력, 국외 선도업체와의 협력을 통해 PON 분야의 다양한 표준에 대한 기술 검증과 표준화 공동 추진이 필요
- 이동통신망과 마찬가지로 광섬유내에서도 사용가능한 PON 파장대역이 점점 고갈되고 있으며, 국내 통신사업자들이 파장계획에서 비표준파장을 배제한 표준 파장을 따르는 계획을 세워야 하며, 통신 3사 및 연구소, 장비업체, 모듈업체가 공동으로 협력하여 PON 표준 파장에 대한 협의와 국제표준 추진이 필요.
- 국제 공동 협력과 더불어 TTA 연관 PG, 연관 포럼을 통해 표준화 및 기술개발 동향을 면밀하게 분석하여 이에 대한 철저한 대응전략을 수립해야 하며, 기술개발과제를 통해 검증된 기술로 표준화를 추진하여 기술생존성을 높여야 함.

[약어표]

BBF	broadband forum
CORD	Central Office Re-architected as a Datacenter
CTI	coporative transport interface
FTTH	Fiber-To-The-Home
MAC	medium access control
MSA	multi-source aggrement
NG-PON2	next generation PON2
OB-BAA	Open Broadband-Broadband Access Abstraction
ODN	optical distributed network
OLT	optical line terminal
ONU	optical network unit
O-RAN	open radio access unit
P2MP	point-to-multipoint
P2P	point-to-point
PON	passive optical network
RoF	radio over fiber
TDM-PON	time division multiplexed PON

[참고문헌]

- [1] 정환석 외 3인, “광액세스 고속화 및 가상화 기술 동향 (Recent Trends in High-Speed and Virtualized Optical Access Technologies), ” 전자통신동향분석 35권 5호, 2020
- [2] HwanSeok Chung; Han Hyub Lee; Kwang Ok Kim; Kyeong-Hwan Doo; YongWook Ra; ChanSung Park, “TDM-PON-Based Optical Access Network for Tactile Internet, 5G, and Beyond,” IEEE Network Magazine, vol 36, no. 2, March, 2022
- [3] ITU-T G.9804.3, “ 50-Gigabit-capable passive optical networks (50G-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification,” 2021/09.