

10기가 광통신 단말장치 기술기준 도입연구

10기가 광통신용 단말장치 기술기준 도입 연구

2011. 6.

제 출 문

본 보고서는 「방통융합 관련 전기통신설비의 기술기준에 관한 연구」의 일환으로 국내 기가코리아 사업 및 방통위 10대 미래 서비스 전략에 따라 10기가 인터넷 서비스의 도입을 원활히 추진하고자, 상용서비스 도입시 필요한 10기가 광통신용 단말장치인 광모뎀의 기술기준 도입에 필요한 기술적인 사항에 대한 선행 연구를 수행하여 연구보고서로 제출합니다.

2011. 6. 30.

연구책임자 : 함 병 은(기술기준과 네트워크기준담당)
연구원 : 박 수 영(기술기준과 네트워크기준담당)
 김 봉 석(기술기준과 네트워크기준담당)

요 약 문

□ 개요

- 2020년까지 스마트코리아를 실현하고 우리나라를 글로벌 IT 선도 국가로 발전시키기 위한 범부처 IT 혁신사업인 『기가코리아 사업』이 추진될 계획임
 - 2012년부터 네트워크, 단말·하드웨어, 플랫폼·SW, 콘텐츠·서비스, 실증테스트 베드 등 5개 사업단으로 추진 예정
 - 현재 방통위, 지경부, 교과부, 문광부, 행안부 등 주요 부처가 참여하여 세부 계획 수립 중
- 방통위는 2010년 5월 “융합과 모바일 시대를 선도하는 방송통신 미래서비스 전략”을 수립하고 주도적으로 추진할 10대 미래서비스를 선정
 - 10대 미래서비스 중 광대역 인터넷 서비스 제공을 위한 미래 인터넷이 포함되어 기술개발이 추진 중이며, 사업자가 참여하는 기가급 인터넷 시범서비스를 추진 중
- 이에, 스마트 코리아 실현 및 방통위 미래인터넷 서비스의 안정적인 제공을 위해 필요한 10기가 광통신용 단말장치 기술기준을 적시에 도입하고자 선행 연구를 추진

□ 기술 및 표준화 동향

- 기술 개요
 - 광가입자망(FTTH)을 구성하는 방법은 망 구성 방식과 다중화 방식에 따라 다양한 구성이 가능

- 기본적인 설비로는 송신기(transmitter), 광선로(optical fiber), 수신기(receiver) 등이 필요
- 다중화 방식에 따른 분류
 - SDM(Space Division Multiplexing) : 각각의 신호를 별도의 물리적 링크(광케이블)로 전송하는 방식
 - WDM(Wavelength Division Multiplexing) : 하나의 물리적 링크에 각각의 파장을 분할하여 전송하는 방식
 - TDM(Time Division Multiplexing) : 서로 다른 신호를 하나의 파장에 각각 분리된 타임슬롯에 할당하여 전송하는 방식
- 망 구성 방식에 따른 분류
 - Point to Point(PTP) 구조 : 국사에서 각 가입자 맥내 또는 구내 까지 광케이블을 포설하는 방식
 - Active Optical Network(AON) 구조 : 적절한 위치에 원격 노드(RN; Remote node)를 설치하고 각 가입자의 트래픽을 분산시키는 방식
 - Passive Optical Network(PON) 구조 : 광대역서비스 기반 기술로 모든 가입자가 동일한 광 신호를 수신하는 방식

o 표준화 동향

- ITU-T/FSAN(Full Service Access Network)과 IEEE 802.3av를 중심으로 각각 10Gbps의 전송속도를 갖는 NG-PON 및 10G-EPON 표준화를 추진 중
- ITU-T/FSAN
 - 10기가급 광통신 서비스 제공을 위해 ITU-T SG15와 FSAN에서 공동으로 차세대 XG-PON(Next G-PON) 표준인 G.987 시리즈의 표준화를 추진
- IEEE802.3av
 - 10기가급 광통신 서비스 제공을 위해 상하향 전송속도에 따라 비대칭형과 대칭형 등 두 가지 서비스 형태의 표준화를 추진

□ 국내 기술기준 현황

- 2009년 국내 FTTH 서비스에 적용되는 광통신 단말장치의 기술 기준을 전파연구소에서 제정 고시
 - “단말장치 기술기준(전파연구소고시 제2009-38호)의 제17조의 6 (수동형 광선로설비와 단말장치간의 접속)”
- IEEE802.3ah와 ITU-T G.984 시리즈의 국제 표준을 기반으로 E-PON과 G-PON에 대한 기술기준을 제정
- 주요 내용
 - 사용과장 및 전송형식
 - 송수신 특성
 - 광 커넥터 규격 및 레이저 안전성 등

□ 기술기준 도입 방안

- 국내 현황 및 국제 표준을 토대로 기술기준 도입 검토
 - 기 조사된 ITU-T SG15/FSAN 및 IEEE802.3av의 표준 중 국내 기술 기준에 반영할 주요 항목을 도출
 - 현재 진행되고 있는 기가인터넷 시범사업에 참여하고 있는 KT 컨소시엄 및 CJ헬로비전 컨소시엄에서 시범서비스에 적용하고 있는 기술 방식 조사
 - 국내 광가입자망(FTTH) 서비스의 국제적인 상호호환성을 확보하고, 기 구축된 광가입자망 시스템과의 연동이 가능하도록 기술기준 신설을 추진
- 기술기준 주요항목 도출
 - 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치

- 사용파장 : 1,575nm ~ 1,580nm(하향), 1,260nm ~ 1,280nm(상향)
- 전송형식 : 파장다중분할방식(하향), 시분할다중방식(상향)
- 전송속도 : 9.95328Gbps(하향), 2.48832Gbps(상향)
- 수신특성 : 최대 광경로 패널티, 최대 반사계수, 에러율, 수신감도, 최소 과부하
- 송신특성 : 아이패턴, 최대 반사계수, 평균 광 출력, 송신없는 광 출력, 최소 소광비, 반사광 전력에 따른 내성
- 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치
 - 송신규격은 상하향 전송속도에 따라 비대칭모드와 대칭모드로 구분되며, 수신특성은 두 가지 모드가 동일하게 규정
 - 사용파장 : 1,575nm ~ 1,580nm(하향), 1,260nm ~ 1,280nm(상향, 대칭모드), 1260-1360nm(상향, 비대칭모드)
 - 전송형식 : 파장다중분할방식(하향), 시분할다중방식(상향)
 - 전송속도 : $10.3125 \pm 100\text{ppm GBd}$ (하향), $10.3125 \pm 100\text{ppm GBd}$ (상향 대칭모드), $1.25 \pm 100\text{ppm GBd}$ (상향 비대칭모드)
 - 수신특성 : 최대 평균 광세기, 최대 수신반사율, 에러율, 수신감도 등
 - 송신특성 : 스펙트럼 폭, 평균 광 출력, 송신없는 광출력, 최소 소광비, 최대 송신기 반사율, 송신기 아이마스크 등

□ 향후 추진방향

- o 방통위 정책추진 일정을 모니터링하여 10기가 광통신 서비스 도입 시기 등을 고려하여 기술기준 개정 추진
- 10대 미래서비스 전략의 추진계획과 시범서비스 추진 일정 등을 고려하고, 방통위 네트워크정책국 네트워크기획보호과와 협의 추진
 - 미래인터넷 추진 계획 : 1G급(2013), 10기가급 시범서비스(2016), 10기가급 사용서비스(2020)
 - 기가인터넷 시범서비스 : 2009년 ~ 2012년(4년)

o 기술기준 연구반 구성·운영 및 모의시험 실시

- 사업자, 제조업체, 연구계 및 학계 전문가로 구성된 기술기준 연구반을 구성한 후 현재의 연구내용을 검토하여 최종 기술기준(안) 마련
- 기술기준(안)에 따른 적합성평가 처리방법 마련을 위해 테스트 베드를 구축하여 모의시험 실시

목 차

| | |
|---------------------------------------|----|
| 제1장 추진개요 | 1 |
| 제2장 광가입자망 기술 및 표준화 동향 | 3 |
| 제1절 광가입자망 개요 | 3 |
| 제2절 표준화 및 기술개발 동향 | 6 |
| 제3절 국내 현황 | 16 |
| 제4절 국외 현황 | 19 |
| 제3장 10기가 광통신용 단말장치 기술기준 도입 | 21 |
| 제1절 광통신용 단말장치 기술기준 현황 | 21 |
| 제2절 10기가 광통신용 단말장치 기술기준 도입방안 검토 | 26 |
| 제4장 향후 추진방향 | 38 |
| 참고문헌 | 39 |
| 참고자료 | 41 |

표 목 차

| | |
|--|----|
| [표 1-1] 국내 초고속 인터넷 가입 현황 | 1 |
| [표 2-1] PON 방식 비교 | 6 |
| [표 2-2] 컨소시엄별 시범사업 내역 | 18 |
| [표 2-3] 시범서비스 개발 내용 | 19 |
| [표 3-1] ITU-T의 10기가 광통신 시스템 관련 표준화 현황 | 26 |
| [표 3-2] 비대칭 10기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치의 송수신 규격 | 28 |
| [표 3-3] 10GE-PON 형태 | 30 |
| [표 3-4] 비대칭 모드 10GE-PON 단말장치의 송신 규격 | 31 |
| [표 3-5] 대칭 모드 10GE-PON 단말장치의 송신 규격 | 32 |
| [표 3-6] 10GE-PON 단말장치의 수신 규격 | 33 |
| [표 3-7] 송신스펙트럼 폭 | 35 |
| [표 R-1] 기가인터넷 관련 핵심기술 개발 현황 | 43 |
| [표 R-2] KT 컨소시엄의 시범서비스 현황 | 43 |
| [표 R-3] 핵심기술 개발 현황 | 46 |
| [표 R-4] CJ컨소시엄의 시범서비스 현황 | 47 |

그 립 목 차

| | |
|---|----|
| [그림 2-1] PTP 광가입자망 구조 | 4 |
| [그림 2-2] AON 광가입자망 구조 | 4 |
| [그림 2-3] PON 광가입자망 구조 | 5 |
| [그림 2-4] WDM-PON 광가입자망 구조 | 5 |
| [그림 2-5] TDM-PON과 WDM-PON 방식의 광가입자망 | 7 |
| [그림 2-6] NG-PON 진화 시나리오 | 8 |
| [그림 2-7] 비대칭형 10G-EPON 전송구조 | 13 |
| [그림 2-8] 비대칭형 10G/1G EPON 네트워크 개발 전략 | 13 |
| [그림 2-9] WDM/SCM 전송망 구성도 | 14 |
| [그림 2-10] WDM/TDM Hybrid-PON의 예 | 15 |
| [그림 2-11] 10대 미래 신규 서비스 | 17 |
| [그림 2-12] 미래인터넷 서비스 추진 목표 | 18 |
| [그림 3-1] 아이패턴 | 29 |
| [그림 3-2] 비대칭형 모드 10GE-PON 단말장치의 송신기 아이마스크(상향) | 34 |
| [그림 3-3] 비대칭형 모드(하향) 및 대칭형모드(상하향) 10GE-PON 단말장치의 송신기 아이마스크 | 34 |
| [그림 R-1] KT 컨소시엄의 사업 목표 | 41 |
| [그림 R-2] 3D 멀티앵글 서비스 | 42 |
| [그림 R-3] 기가 웹존 서비스 | 42 |
| [그림 R-4] 시범 서비스 망 구축 현황 | 44 |
| [그림 R-5] CJ컨소시엄의 추진 목표 | 45 |
| [그림 R-6] N 스크린 서비스 | 45 |
| [그림 R-7] 스마트뷰어 서비스 | 46 |

제1장 추진개요

최근 초고속 인터넷 서비스를 기반으로 한 방송과 통신이 융합된 서비스인 스마트TV, IPTV 등이 도입됨에 따라 통신사업자들은 현재의 네트워크로 이용자가 원하는 서비스를 제공하기에는 한계가 있음을 인식하고 기구축한 네트워크의 업그레이드를 추진하고 있다.

현재 국내의 통신사업자는 PSTN 전화망 기반의 ADSL, VDSL 등의 인터넷 망과 E-PON, G-PON 기반의 수동형 광가입자망을 통해 50 ~ 100Mbps 급의 초고속 인터넷 서비스를 제공하고 있으며, 케이블 SO들 역시 HFC 망을 통해 DOCSIS(Data over Cable Interface Specification) 기술을 적용하여 50 ~ 100Mbps급 인터넷 서비스를 제공하고 있다. 하지만, 미래의 다양한 3D 콘텐츠 서비스 제공 등을 고려하여 현재의 네트워크를 광가입자망(FTTH; Fiber To The Home) 기반의 네트워크로 전환하고, 기존의 FTTH 망은 보다 고도화된 FTTH 망으로의 전환을 추진하거나 계획하고 있다.

국내의 인터넷 가입자 추이를 살펴보면 2008년 1월 말 기준으로 국내 광가입자망 가입자는 92만 6천여 명으로 전체 초고속인터넷 서비스가입자 수의 6.3%에 불과하였으나, 2011년 3월 말 현재 광가입자망 가입자는 약 350만여 명으로 전체 초고속 인터넷 서비스 이용자의 20.3%를 차지하고 있어 3년여 만에 가입자 수가 3배 이상 증가하였으며, 이런 추세는 앞으로도 계속될 것으로 예상된다.

[표 1-1] 국내 초고속 인터넷 가입 현황(2011년 3월말 기준)

| 구 분 | xDSL | LAN | HFC | FTTH | 위성 | 계 | 비율 |
|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------|------------|--------|
| KT | 2,286,415 | 2,582,321 | 0 | 2,682,777 | 667 | 7,552,180 | 43.4% |
| SK브로드밴드 | 306,880 | 1,216,880 | 1,328,643 | 648,719 | | 3,501,122 | 20.1% |
| SKT(재판매) | 47,846 | 210,928 | 184,692 | 108,295 | | 551,761 | 3.2% |
| LGU+ | | 1,707,758 | 993,798 | 85,377 | | 2,786,933 | 16% |
| 종합유선방송 | 31,071 | 274,656 | 2,511,321 | 0 | 0 | 2,817,048 | 16.2% |
| 기타 | 5,028 | 119,491 | 65,145 | 320 | 0 | 189,984 | 1.1% |
| 계 | 2,677,240 | 6,112,034 | 5,083,599 | 3,525,488 | 667 | 17,399,028 | 100.0% |
| 비율 | 15.4% | 35.1% | 29.2% | 20.3% | 0.0% | 100.0% | |

※ 기타 : 중계유선, 전송망, 별정통신

이에, 정부에서는 국내 초고속 인터넷 서비스를 더욱 고도화하고 우리나라가 세계 제일의 인터넷 일류 국가로 발돋움하기 위해 2012년부터 범부처 차원의 『기가코리아 프로젝트』를 추진할 계획이며, 방송통신위원회는 2010년 5월 “융합과 모바일 시대를 선도하는 방송통신 미래서비스 전략”을 수립하고 주도적으로 추진해야 할 10대 미래 신규 서비스를 선정하였으며, 10대 서비스 중 하나로 미래인터넷 서비스가 포함되어 있다. 방통위에서 추진하고 있는 미래인터넷 서비스는 기가인터넷을 기반으로 세계에서 가장 빠르고 안전·편리한 인터넷 환경 제공을 기반으로 최적의 실감형 미래 인터넷 서비스 제공과 현재 상용화되어 사용되고 있는 초고속 인터넷의 전송 속도를 2020년까지 10기가로 업그레이드하는 것을 목표로 하고 있다.

따라서, 본 연구에서는 국내의 기가코리아 사업이 조기에 정착되어 기가 인터넷 서비스의 도입이 원활하게 진행될 수 있도록 하기 위해 국내 광가입자망 관련 기술개발 현황과 국내외 표준화 동향 등을 살펴보고, 궁극적으로는 향후 10기가비트 광가입자망 도입시 가입자에게 제공될 광통신용 가입자 단말장치의 기술적 안정성 및 상호운용성 등을 확보하기 위해 필요한 기술기준의 선행 연구를 추진하고자 한다.

제2장 광가입자망 기술 및 표준화 동향

제1절 광가입자망 개요

광가입자망을 구성하는 방법은 망 구성 방식과 다중화 방식에 따라 다양한 구성이 가능하며, 기본적인 설비로는 송신기(transmitter), 광선로(optical fiber), 수신기(receiver) 등이 필요하다. 본 절에서는 광가입자망 구성에 필요한 주요 설비, 다중화 방법 및 망 구조 등에 대해 자세히 알아보고자 한다.

가. 광가입자망 구성 설비

광가입자망을 구성하는 기본 설비는 송신기, 광선로, 수신기 등이며, 송신기는 음성, 비디오, 데이터 신호 등을 변조한 후 광선로를 통해 수신기로 전송하고 수신기는 수신한 광 신호를 복조하여 본래의 데이터를 수신하게 된다. 광가입자망에 사용되는 송신기는 OLT라고하며, 통상 국사 내에 설치되어 코어망과 가입자망을 서로 연결하고 음성, 비디오, 데이터를 다중화하여 가입자 단말장치인 ONU/ONT로 전송하게 된다.

나. 다중화 방법

광통신 서비스에 사용되는 다중화 방법은 크게 SDM(Space Division Multiplexing), WDM(Wavelength Division Multiplexing), TDM(Time Division Multiplexing) 등이 있다.

SDM은 별도의 물리적 링크를 통하여 전송하는 방법으로 각각의 신호는 별도의 광케이블로 전송하는 방식이며, WDM은 하나의 물리적 링크에 각각의 파장을 분할하여 전송하는 방법으로 FDM(Frequency Division Multiplexing)이라고도 하며 데이터는 할당된 고유의 파장을 통해 전송된다. TDM은 서로 다른 신호를 하나의 파장에 각각 분리된 타임슬롯에 할당하여 전송하는 방식으로 각 신호는 몇 개의 타임슬롯으로 분할되어 처리되며, 고정 TDM은 사전에 할당된 타임슬롯에 고정적으로 사용되며 동적 TDM은 대역의 상황에 따라 적절한 타임슬롯을 할당하는 방식을 사용한다.

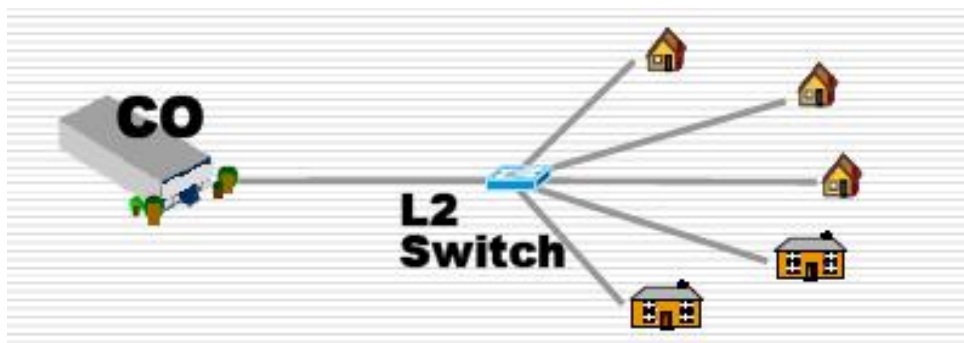
다. 광가입자망의 망 구조

Point to Point(PTP) 구조는 Home Run 구조라고도 하며 국사에서 각 가입자택내 또는 구내까지 광케이블을 포설하는 방식으로 그림 2-1에서 보는 바와 같이 각 가입자는 특정 링크를 점유하게 되어 가입자간 충돌이 발생하지 않으나 자원의 공유 정도가 낮아 투자비용이 높은 단점이 있다.



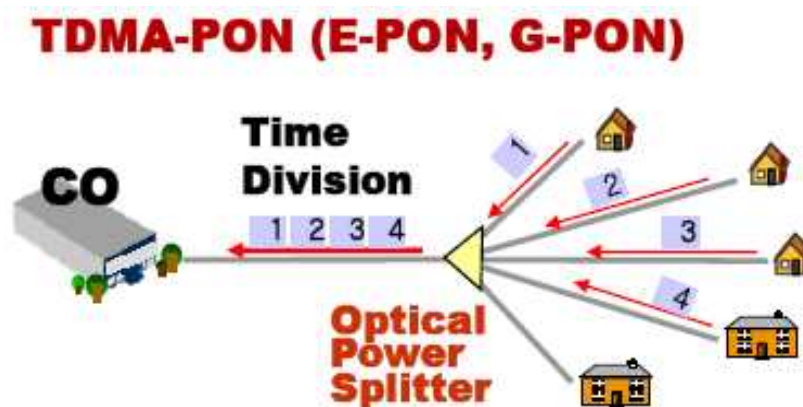
[그림 2-1] PTP 광가입자망 구조

Active Optical Network(AON) 구조는 가입자 지역 내의 Controlled Environment Vault(CEV), 맨홀 또는 전주 등의 적절한 위치에 원격 노드(RN; Remote node)를 설치하고 각 가입자의 트래픽을 분산시키는 방식이다. 그림 2에서 보는바와 같이 CO에서 RN까지의 피더 링크는 모든 가입자가 공유하고 RN에서 ONU까지는 각 가입자가 점유하는 구조로 여기에서의 RN은 능동 광 및 전기적 소자를 가지고 있어 라우터나 이더넷 스위치의 기능을 수행할 수 있다.

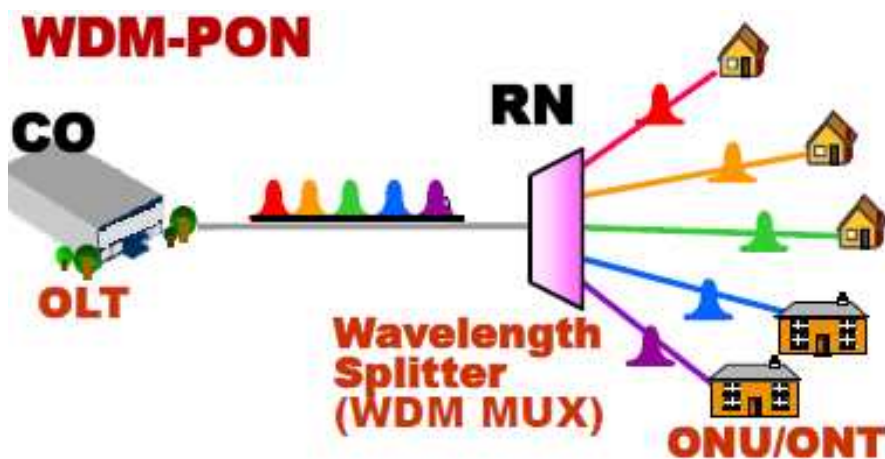


[그림 2-2] AON 광가입자망 구조

Passive Optical Network(PON) 구조는 광대역서비스 기반 기술로 모든 가입자가 동일한 광신호를 수신하는 방식으로 AON방식과는 달리 방송형 성격을 띄고 있어 하향 트래픽은 모든 ONU가 수신할 수 있으며 상향 트래픽은 ONU들간 데이터 충돌을 방지하기 위하여 TDMA 방식을 사용한다. PON 기술은 ATM PON(APON)/Gigabit capable PON(GPON)과 Ethernet PON(EPON)의 2가지 방식이 있다.



[그림2-3] PON 광가입자망 구조



[그림 2-4] WDM-PON 광가입자망 구조

WDM-PON 구조는 피더링크의 광케이블은 공유하더라도 각 가입자의 트래픽은 개별 파장에 실어 전송하는 방식으로 논리적인 측면에서는 PTP 구조와 흡사하나 RN에서 PON 스플리터를 이용하여 피더링크를 공유하는 면에서 PON 구조와 동일하며 수동 소자인 RN을 사용한다. 각 가입자들에게 개별적인 파장을 할당하여 링크에 접속되므로 광대역 트래픽 처리, 업그레이드 용이, 보안성 등에서 뛰어난 특성을 가지고 있다.

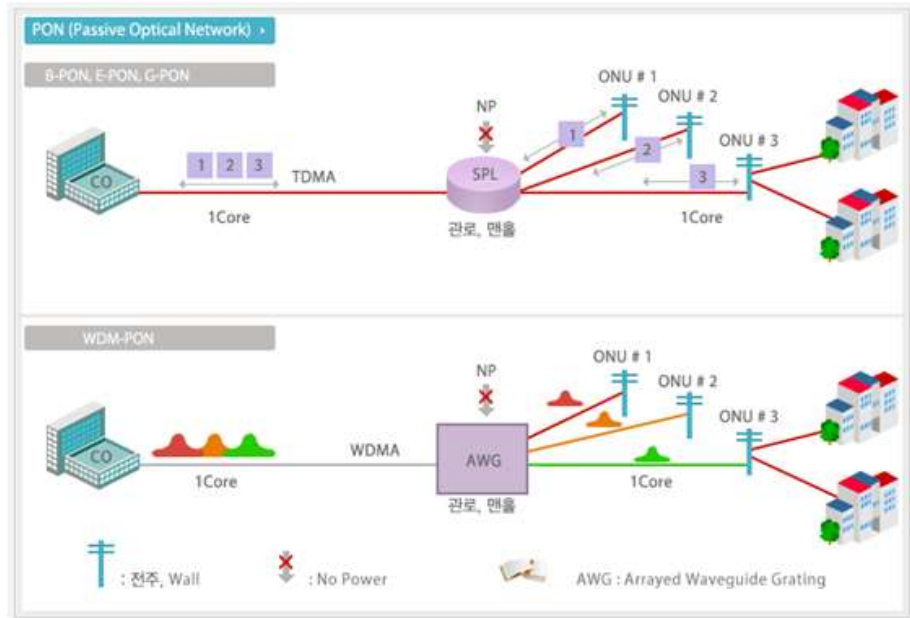
표 2-1에는 PON 방식의 광통신 방식들의 기술적인 특성을 비교하였다.

[표 2-1] PON 방식 비교

| | E-PON | B-PON | G-PON | WDM-PON |
|---------------|-------------------|----------------------------------|---|----------------------------|
| 표준 | IEEE802.3ah | ITU-T G.983.1 ITU-T G.983.3 | ITU-T G.984 | - |
| 속도(상/하) | 1.25G/1.25G | 155M 622M/155M 622M, 1.25G | 155M, 622M 1.25G 2.5G/1.25G 2.5G | IL-FP:~622M RSOA:~1.25G |
| 기본프레임 | Ethernet | ATM | ATM/Ethernet | Transparent |
| 분기율 | 1:16 이상 | 1:32 | 1:64 | 1:32 |
| 거리 | <20km | <20km | <60km | - |
| 상향 MAC | TDMA | TDMA | TDMA | WDMA |
| 파장(상/하) nm | 1310/1490 1550 | 1310/1510 1310/1490 | 1310/1490 | - |
| 기술 이슈 | 10G EPON 개발 | GPON으로 발전 | WDM과 결합 | WE-PON |
| 채택 국가 | 일본, 한국 | 미국 | 미국 | 한국 (시범서비스) |

제2절 표준화 및 기술개발 동향

현재 주로 사용되는 광가입자망 방식은 상하향 전송속도 1Gbps 또는 2.5Gbps를 갖는 G-PON, E-PON 방식으로 이미 국제 표준화가 완료되어 서비스 되고 있으나 WDM-PON 방식은 아직 표준화 작업이 진행되고 있는 실정이다.



[그림 2-5] TDM-PON과 WDM-PON 방식의 광가입자망

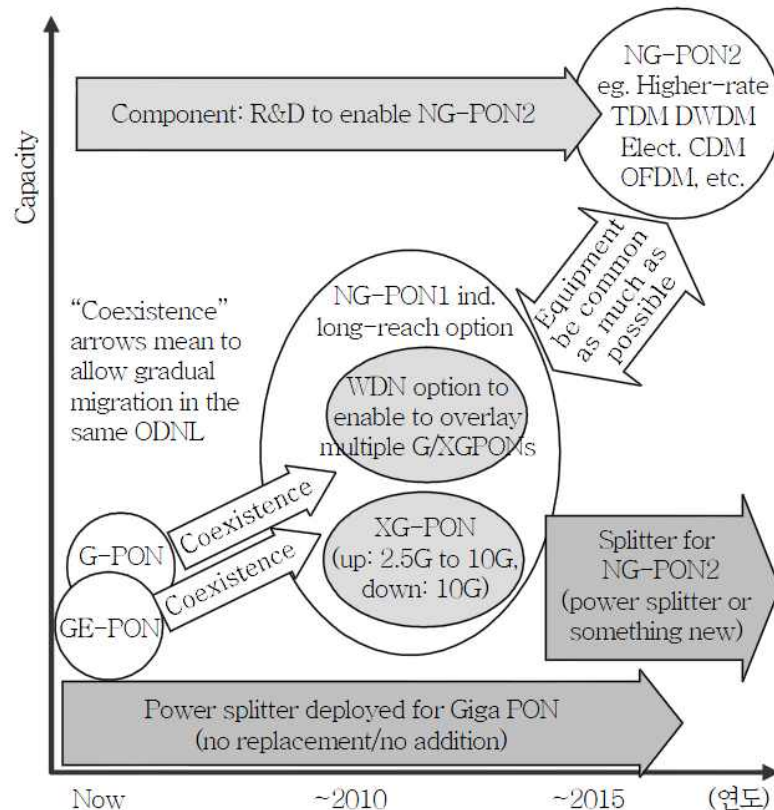
ITU-T/FSAN(Full Service Access Network)과 IEEE 802.3av를 중심으로 각각 10Gbps의 전송속도를 갖는 NG-PON 및 10G-EPON 표준화를 추진 중에 있으며, TDM-PON과 WDM-PON을 결합하여 서비스를 제공하는 Hybrid-PON의 기술 및 표준화 작업도 진행되고 있다.

2.2.1 ITU-T/FSAN 표준화 동향

ITU-T와 FSAN에서는 기존의 G-PON 기술과 비교하여 보다 광대역 서비스를 제공하기 위해 10기가의 전송속도를 가지는 차세대 PON(NG-PON; Next Generation PON)에 대한 표준화를 추진하여 왔으며, NG-PON 도입시 가급적 기존에 구축한 망을 그대로 사용하기 위해 다음과 같은 요구사항을 반영하고자 하였다.

- o 단일 광 선로 안에 NG-PON과 G-PON의 공존(Coexistence) 보장
- o NG-PON 서비스 제공시 G-PON 가입자에게 서비스 중단 등의 피해 최소화
- o G-PON에서 제공되는 모든 서비스 제공

FSAN에서 권고하고 있는 NG-PON 기술은 그림 2-6에 나타난 것처럼 크게 NG-PON1과 NG-PON2로 구분된다.



[그림 2-6] NG-PON 진화 시나리오

NG-PON1의 기술적 특징은 기존 G-PON과 동일한 ODN의 사용을 통해 기존의 G-PON 서비스와 공존(coexistence)할 수 있도록 하는 것을 전제로 하고 있으며, 여기서 말하는 공존(coexistence)이란 기존 PON 가입자 서비스를 방해하지 않고 각 가입자가 NG-PON으로 개별적인 업그레이드가 가능함을 의미한다.

NG-PON1은 크게 Overlay G-PON과 XG-PON으로 구분되며 Overlay G-PON은 기존과 동일한 ODN을 통해서 WDM 방식으로 여러 개의 G-PON을 전달하는 방법으로 G-PON의 TC 계층은 변경하지 않고 물리 링크 규격만 변경된다. 반면에, XG-PON은 OLT에서 ONU 방향으로 10 Gb/s

속도의 데이터를 전달하는 방식으로 기존 G-PON과 동일하게 하향 방향은 WDM 방식을 사용하고 상향 방향은 TDMA 방식을 사용한다. 또한 상향 방향의 속도에 따라서 파장 당 2.5 Gb/s 속도를 갖는 XG-PON1과 10 Gb/s 속도를 갖는 XG-PON2로 구분된다.

NG-PON2는 NG-PON1 이후에 개발될 예정으로 기존 ODN 구조와 무관하게 동작하고 기존 시스템과의 호환성을 고려하지 않고 있으며, 현재 40Gb/s G-PON, WDM-PON, 그리고 OFDM 등의 기술들이 검토되고 있다.

가. NG-PON1

NG-PON1의 XG-PON1은 10Gb/s 하향과 2.5Gb/s×N의 상향 속도를 가지며, 기존의 PSTN, ISDN, 그리고 digital TV 등을 포함한 서비스들의 제공을 보장할 수 있는 성능을 가져야 한다. NG-PON1을 기술적인 측면에서 살펴보면, NG-PON1 loss budget은 증폭기를 사용하지 않는 경우 기존 G-PON의 C class 정도의 수준이며, 증폭기를 사용하는 경우 C++ class 정도를 지원할 수 있다. Split ratio는 최소 64에서 최대 256을 가지며, 광선로 길이는 최소 20km 이상에서 최대 60km까지 지원할 수 있다.

□ Overlay G-PON

Overlay G-PON 시스템은 기존의 G-PON 프레임 4개를 사용하여 10 Gb/s 속도의 가입자 시스템을 구축하는 방법으로 여기에는 WDM이 필수적으로 고려되어야 한다. 그러나, WDM 기술을 적용하는 경우 4개의 다른 파장을 갖는 OLT/ONU 광 모듈이 요구되기 때문에 광 모듈 재고 문제와 가격 등 비용 측면의 문제가 대두된다. 이러한 문제를 해결하기 위해서 비용이 민감한 ONU에는 CWDM을 적용하고 민감하지 않는 OLT에는 DWDM을 적용하고 있다.

□ XG-PON1

XG-PON1은 상향 속도가 2.5 Gb/s 이상 요구되는 경우, 여러 개의 2.5 Gb/s 파장을 사용하여 상향 속도를 증가시켜 하향 10 Gb/s와 상향 2.5Gb/s × N의 속도를 제공할 수 있는 방식이다. 상향 10 Gb/s 버스트 속도를 구현하기 위해서는 많은 개발 비용이 요구될 뿐만 아니라, 10 Gb/s 광원

소자를 ONU에 사용하는 경우 가격 경쟁력 확보가 어렵기 때문에 초기 NG-PON 단계에서는 상/하향 비대칭 속도의 파장을 사용한다.

XG-PON1이 기존 G-PON과 동일한 ODN 안에서 공존(coexistence)하기 위해서는 하향 방향은 서로 다른 파장을 사용하여 구분하고 상향 방향은 ONU 간의 시분할 방법(TDMA)을 사용하여 데이터를 전달함으로써 기존 G-PON 가입자 서비스에 영향을 주지 않으면서 XG-PON1 가입자를 수용할 수 있으며, 이러한 시나리오는 다음과 같다.

- o OLT와 스플리터 사이에 WDM 스플리터가 삽입된다(a).
- o NG-PON OLT가 국사에 설치되고 WDM 필터에 연결된다(b).
- o G-PON ONU 하나가 NG-PON ONU로 대체된다(c).
- o NG-PON OLT가 NG-PON ONU를 활성화 시킨다.
- o 점진적으로 G-PON ONU가 NG-PON ONU로 대체된다.

또한, 물리계층이 10 Gb/s 속도로 변경되는 경우 새로운 표준안이 요구되는 반면에 물리계층 TC 계층은 기존 G-PON 권고안을 가능한 변경하지 않고 그대로 사용할 예정이다.

□ XG-PON2

XG-PON2는 상/하향 10 Gb/s 속도의 G-PON을 구현하는 방식이며 기존 2.5G급 G-PON에 비하여 해결해야 할 가장 큰 문제는 상대적으로 낮은 수신 감도이다. 이를 극복하기 위해서 에러 정정 기술인 FEC가 기본적으로 사용되며, 이와 더불어 수신 감도를 향상시키기 위해서는 고감도 APD와 광 증폭기가 사용된다. 기존 G-PON 가입자의 서비스에 영향을 주지 않으면서 XG-PON2 가입자를 수용하는 예상 시나리오는 다음과 같다.

- o G-PON OLT가 G-PON OLT 기능을 포함하는 Compatible NG-PON OLT로 대체
- o NG-PON OLT가 모든 ONU들의 서비스를 제공

NG-OLT는 NG-PON과 G-PON 파장을 달리하여 NG-ONU와 G-ONU로

전달해야 하며, 각각의 ONU는 WDM 필터를 통하여 자신에게 보내진 파장만을 선택하여 MAC 계층에 전달해야 한다. NG-ONU와 G-ONU는 OLT로 전송할 데이터가 있는 경우에만 NG-OLT로부터 사용 시간을 부여 받아 시분할 방법으로 데이터를 전송할 수 있다.

나. NG-PON2

WDM-PON으로 대표되는 NG-PON2 표준화는 NG-PON1 표준이 완료된 이후에 추진될 예정이다. NG-PON2의 종류에는 ODN 망에 스플리터를 사용하여 광 출력을 분기하는 방식(power splitterbased ODN), 파장들을 다중화 및 역다중화 시킬 수 있는 AWG를 사용하는 방식(PtP WDM Mux/Demux-based ODN), 그리고 이들 두 가지가 혼합된 하이브리드 방식(hybrid WDM/power splitter ODN)이 있다. 대표적인 power splitter-based ODN은 하향으로 40Gb/s 이상의 속도를 갖고 상향으로 10G×N속도를 갖는 TDMA-PON이다. 현재 40 Gb/s 속도를 처리하는 소자가 개발되어 값비싼 전송장비에 적용되고 있으나, 액세스 망에 적용하기 위해서는 보다 더 저가의 소자 개발이 필수적이다.

이를 구현하기 위한 필수 기술에는 고분기 가입자 수용을 위한 고성능 FEC 기술, 고감도 APD 기술, 그리고 40 Gb/s 장거리 전송을 위한 색 분산 문제 등이 해결되어야 한다.

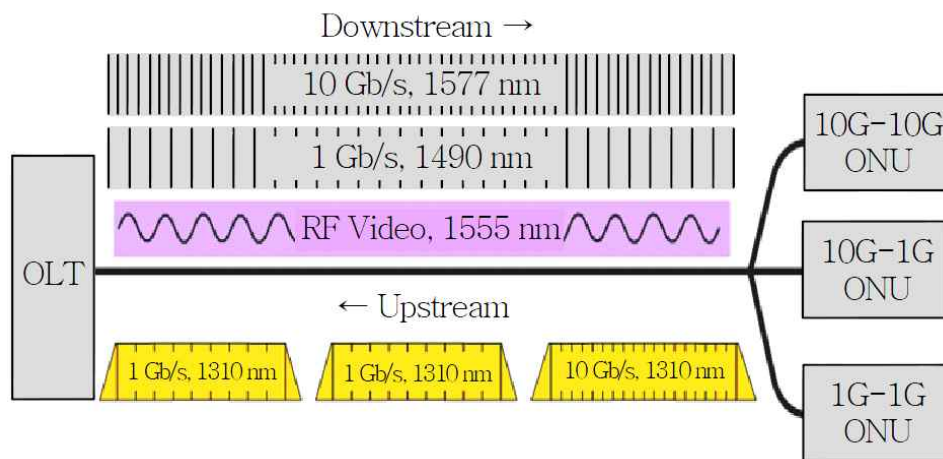
흔히 WDM-PON이라고 일컫는 PtP WDM Mux/Demux-based ODN에는 colorless WDM-PON과 conventional WDM-PON을 포함한다. colorless WDM-PON은 OLT에서 생성된 ASE 신호를 ODN 망의 AWG로 전달한다. AWG는 OLT로부터 광 신호를 수신하여 각 가입자에게 할당된 고유 파장별로 분할하여 ONU로 전달한다. ONU 광 모듈은 FP 레이저나 RSOA 등을 사용하여 OLT에서 전달된 파장을 복원하여 OLT에 데이터를 전달하기 위한 광원으로 사용한다.

2.2.2 IEEE802.3 표준화 동향

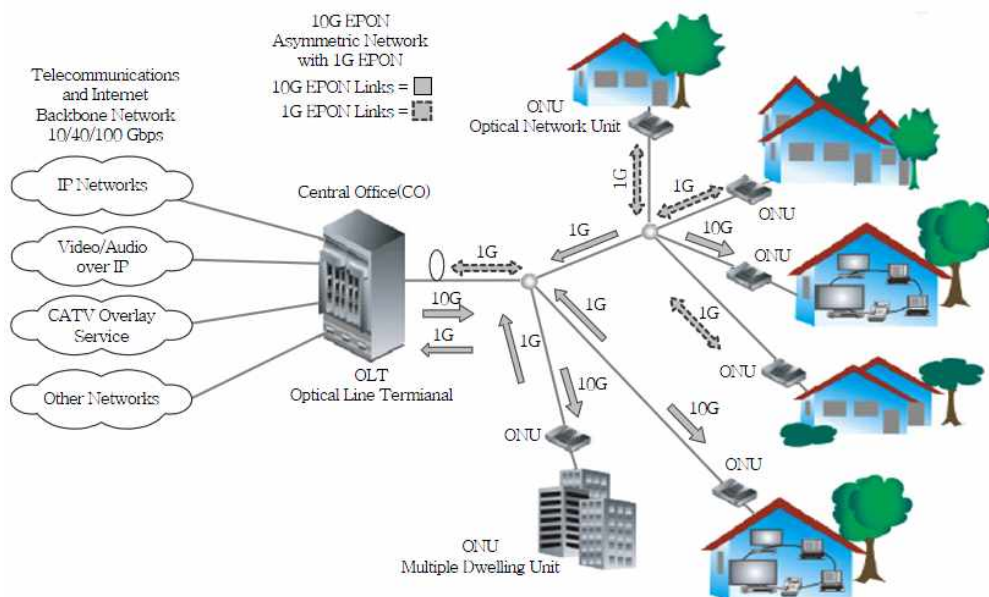
최근 일본을 포함한 몇몇 아시아 국가들은 IPTV, VoD, 그리고 VoIP 등의 초고속 인터넷 기반의 서비스 제공을 위해 IEEE802.3에서 제안한 1G-EPON 기술을 폭넓게 사용해 왔다. 그러나, 대용량 콘텐츠 및 인터넷 사용자의

증가로 1G-EPON보다 높은 전송속도 및 광대역 서비스의 제공이 필요함에 따라 IEEE802.3에서는 2006년 9월부터 IEEE802.3av Task Force를 결성하고, 10G-EPON 관련 국제 표준화 작업을 추진해왔으며, 2009년 3월 최종 표준화 작업을 완료하였다. 최종 완료된 10G-EPON 표준은 상/하향 속도에 따라서 비대칭형구조와 대칭형 구조를 갖는 두 개의 시스템으로 구분된다. 비대칭 시스템은 하향 10Gb/s, 상향 1Gb/s 전송속도를 제공할 수 있으며 이는 많은 대역을 요구하는 비디오 서비스가 하향에 집중되어 있다는 특징을 이용하여 하향만 10Gb/s 전송속도를 갖는 구조이다. 반면, 대칭 시스템은 광대역 서비스를 제공하기 위해 상/하향 모두 10Gb/s 전송속도를 제공할 수 있지만, 비교적 가격에 민감한 PON 시스템을 상용화하기 위해서는 전체 가격 중에서 ONU가 차지하는 비중이 높으므로 저가 ONU의 개발이 선행되어야 하며 현재의 시장상황을 고려해 볼 때 대칭형 구조가 시장 경쟁력을 확보하기 위해서는 많은 시간이 소요될 것으로 예상된다.

IEEE802.3av 표준은 10G-EPON의 PMD 물리계층을 정의하며, 상위 계층인 PCS 계층과 MAC 제어계층은 10 Gb/s 이더넷 기술과 1G-EPON 프로토콜을 가급적 그대로 사용하고 있으며, 이는 현재 상용서비스가 제공되고 있는 1G-EPON과의 호환성을 유지하기 위한 것이다. 그림 2-7은 비대칭형 전송 구조를 갖는 10GEPON 구조를 나타내고 있으며, RF 비디오뿐만 아니라, 대칭형/비대칭형 10G-EPON ONU, 그리고 1G-EPON ONU들이 동일한 ODN에서 동작할 수 있도록 1G-EPON과 RF 비디오 신호가 다른 파장을 사용함을 알 수 있다. 하향 파장에는 RF 비디오(10nm 대역)를 위한 1555nm, 1Gb/s 하향 스트림(20nm 대역)을 위한 1490nm, 그리고 10Gb/s 하향 스트림(6nm 대역)을 위한 1577nm 파장이 있다. 반면에 상향 방향에서는 1G-EPON ONU와 10G-EPON ONU가 동일한 파장을 사용하여 시분할 방법으로 OLT에 데이터를 전송한다. 이들 데이터를 처리하기 위해서 OLT 수신기에는 1310 nm 파장의 10G 버스트 수신모드와 1G 버스트 수신모드가 필요하다. 1G-EPON ONU는 8b/10b로 부호화된 1.25Gb/s 데이터를 1310nm(100nm 대역) 파장을 사용하여 버스트 신호로 송신하는 반면 10G-EPON ONU는 64b/66b로 부호화된 10.3125Gb/s 데이터를 1270nm (20 nm대역) 파장의 버스트 신호로 송신한다.



[그림 2-7] 비대칭형 10G-EPON 전송구조



[그림 2-8] 비대칭형 10G/1G EPON 네트워크 개발 전략

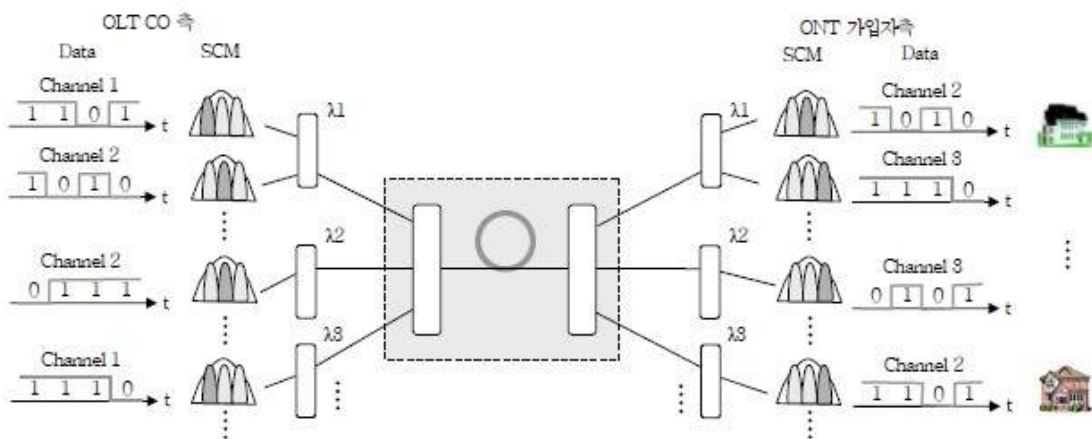
따라서 통신사업자는 현재의 ODN을 그대로 유지한 채 1Gb/s에서 10Gb/s로 망 전송속도를 손쉽게 높일 수 있으며, 향후 더 많은 대역이 필요한 경우 시스템 부분만 10G-EPON으로 업그레이드 하여 현재의 1G-EPON 시스템 사용기간의 극대화와 10G-EPON의 10Gb/s 하향 신호는 이미

널리 사용되고 있는 10G 이더넷 부품들을 사용하여 처리될 수 있다.

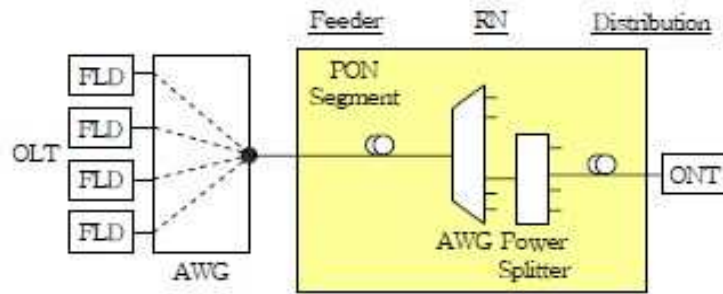
2.2.3 Hybrid PON

Hybrid PON 방식은 WDM-PON을 기반으로 WDM-PON의 장점인 구조가 간단하고 운용이 쉬우며 가입자에게 언제나 충분한 대역을 제공할 수 있는 기술적 특징을 활용하고 반면에, 수용 가능한 가입자 수에 비하여 고비용이며 정적인 구조로 망 효율성이 떨어진다는 단점을 보완하기 위해 파장 자원을 다수의 가입자가 공유함으로써 비용을 절감하고 가입자망의 효율을 높이기 위하여 TDM, SCM(Sub Carrier Multiplexing) 등의 다중화 기술을 복합적으로 사용하는 방식이다.

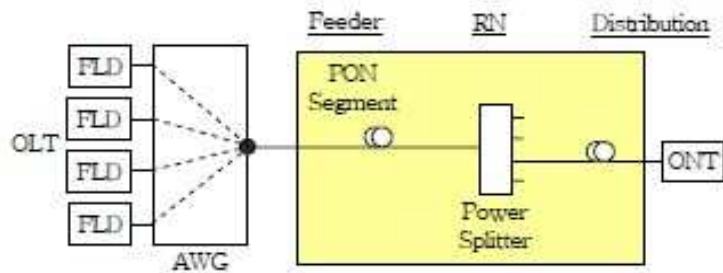
Hybrid PON 방식은 크게 WDM/TDM hybrid 방식과 WDM/SCM hybrid 방식으로 구분된다. WDM/TDM hybrid 방식은 파장의 활용도가 낮아 광링크의 물리적 활용도가 떨어지는 TDM-PON과 다중 파장을 사용하여 광링크의 활용을 극대화 할 수 있는 WDM-PON을 접목한 방식이며, WDM/SCM hybrid 방식은 WDM의 광파장 분할 다중화 방식에 파장별 다 채널의 부반송과 다중화 방식을 복합적으로 사용하여 전체 수용 전송 채널의 수를 증가시킨 방식이다.



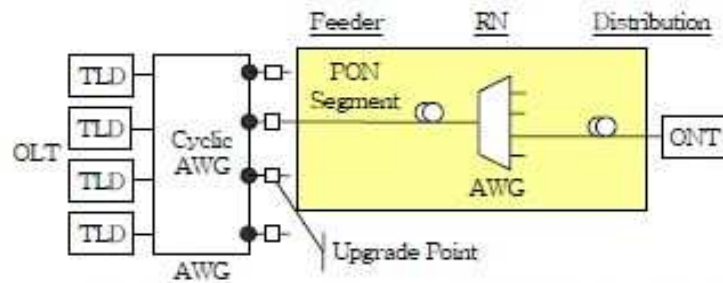
[그림 2-9] WDM/SCM 전송망 구성도



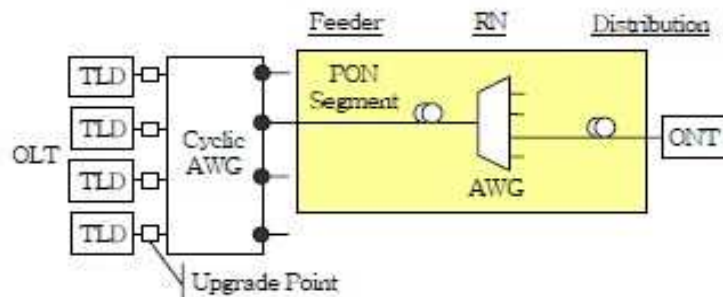
(a) RN에 AWG와 Splitter가 Cascade된 구조



(b) RN에 Splitter가 존재하고 ONT에서 하향 파장을 선택하는 구조



(c) 파장 가변 광원을 이용한 동적 파장 할당 방식을 적용하고 RN에 Cyclic AWG를 사용한 구조



(d) (c)의 구조에서 RN에 1×N AWG를 사용하는 구조

[그림 2-10] WDM/TDM Hybrid-PON의 예

2.2.4 기술개발 동향

미국, 유럽, 일본 등 선진국들은 미래인터넷 분야의 원천기술 확보 및 글로벌 시장선점을 위해 광가입자망 기술개발을 위해 대규모 투자를 추진하고 있다. 광대역 네트워크 인프라의 확대와 더불어 새로운 융합서비스를 수용할 수 있도록 이동형, 지능형, 실감형 네트워크 연구를 추진 중이다.

미국은 NSF(National Science Foundation)의 주도하에 미래 인터넷에 대한 연구가 활발히 진행되고 있으며, 세부적으로 네트워크 아키텍처, 프로토콜, 알고리즘 등의 개발을 추진하는 FIND(Future Internet Design) 프로그램과 미래인터넷에 대한 연구를 검증하기 위한 test facility를 구축하는 것을 목표로 하는 GENI(Global Environment for Networking Innovations) 프로그램이 있다. FIND는 2006년부터 시작된 프로그램으로 인터넷의 설계에 관한 연구를 진행하며, 2014년부터 GENI의 test facility를 이용해 연구 내용을 검증할 계획이다.

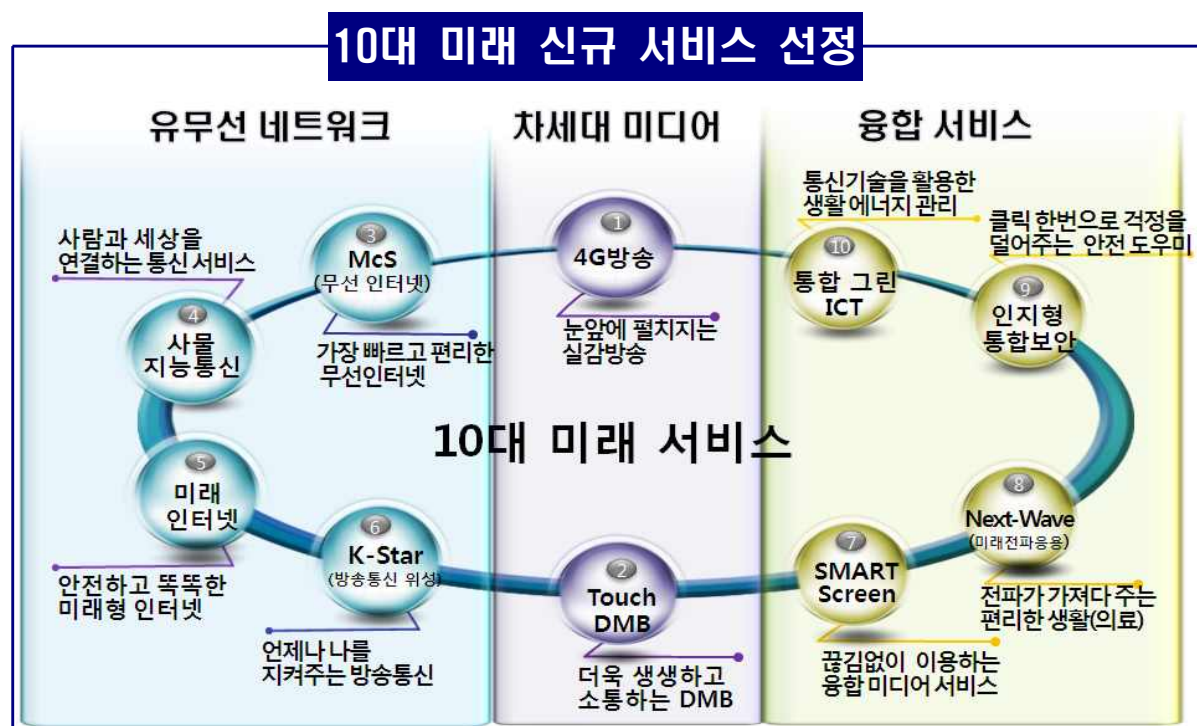
유럽의 미래인터넷 연구는 FP6(the sixth Framework Program)로부터 시작되었다. 2007년부터는 FP6에 이어 FP7을 통해 연구가 진행되고 있으며 2007년부터 2013년까지 7년동안 연구를 추진할 예정이다.

일본의 미래인터넷 연구는 NXGN(Next Generation Network)과 NWGN(New Generation Network)의 2가지 단계로 나누어져 있다. NXGN에서는 기본 IP 구조 위에 QPS 서비스가 제공될 예정이며, NWGN는 IP 네트워크와 다른 새로운 아키텍처와 서비스 등을 제시할 예정이며 프로토타입은 2015년에서 2020년 사이에 제시될 것으로 예상된다.

제3절 국내 현황

우리나라는 2020년까지 스마트코리아를 실현하고 우리나라를 글로벌 IT 선도국가로 발전시키기 위한 범부처 IT 혁신사업인 『기가코리아 사업』이 추진될 계획이며, 세부적으로는 2012년부터 네트워크, 단말·하드웨어, 플랫폼·SW, 콘텐츠·서비스, 실증테스트 베드 등 5개 사업단으로 구성될 예정이다. 이를 위해서, 방통위, 지경부, 교과부, 문광부, 행안부 등 주요 부처가 참여하여 세부 추진계획을 수립하고 있다.

아울러, 방송통신위원회는 전송품질, 이동성, 보안 등 현재 인터넷의 구조적 문제점을 해결함으로써 빠르고, 안전하게 다양한 인터넷 응용 서비스 들을 이용할 수 있는 환경 제공을 위해 미래인터넷 서비스 개발을 추진하고 있으며, 정부 및 산업체를 중심으로 다양한 연구가 진행되고 있다.



[그림 2-11] 10대 미래 신규 서비스(출처:방송통신위원회)

방송통신위원회는 2010년 5월 “융합과 모바일 시대를 선도하는 방송통신 미래서비스 전략”을 수립하고 주도적으로 추진해야할 10대 미래 서비스를 선정하였으며, 10대 서비스 중 미래인터넷 서비스가 포함되어 있다.

미래인터넷 서비스는 기가인터넷을 기반으로 세계에서 가장 빠르고 안전·편리한 인터넷 환경 제공을 기반으로 최적의 실감형 미래 인터넷 서비스 제공을 목표로 하고 있으며, 현재 상용화되어 사용되고 있는 초고속 인터넷의 전송속도를 2020년까지 10기가로 업그레이드하는 것을 목표로 하고 있다.

미래인터넷 서비스 제공을 위해서는 현재 사용되고 있는 초고속 인터넷 서비스의 고도화가 필요하며, 이는 광가입자망 기반의 기가인터넷 서비스의 구축이 필수적으로 요구된다. 이를 위해, 방송통신위원회에서는 2009년부터

“Giga인터넷 서비스 기반 구축 사업”을 추진해오고 있으며, 국내 통신사업자인 KT가 주축이 된 "KT 컨소시엄" 및 케이블사업자인 CJ헬로비전이 주축이 된 “CJ헬로비전 컨소시엄” 등 2개의 컨소시엄을 통해 2009년 ~ 2010년까지 2년간 국내 주요 지역에 시범서비스를 진행했다. 금년에는 2개의 컨소시엄에 통신사업자인 LGU+가 주축이 된 “LGU+ 컨소시엄”이 추가로 참여하게 되어 총 3개의 컨소시엄을 통해 국내 "Giga인터넷 서비스 기반 구축 사업"이 추진될 예정이다.

2009년부터 2010년까지 KT 컨소시엄과 CJ헬로비전 컨소시엄의 주요 추진 사업 현황은 다음과 같다.

| ◆ 세계에서 가장 빠르고 안전·편리한 인터넷 환경 제공을 기반으로 최적의 실감형 미래 인터넷 서비스 제공 | | | |
|---|--|-------------------------------------|------------------------------------|
| < 서비스 추진 목표 > | | | |
| 일정 | 2013 | 2016 | 2020 |
| 서비스 내용 | 기가인터넷 상용화(1G) 전달지연: 100msec 미래인터넷 테스트베드 구축 | 기가인터넷 시범사업(10G) 전달지연: 40msec(시범) | 기가인터넷 상용화(10G) 전달지연: 40msec(상용) |

* 전달지연: 단대단 응용프로세스들간의 지연시간

[그림 2-12] 미래인터넷 서비스 추진 목표

[표 2-2] 컨소시엄별 시범사업 내역

| 구분 | KT 컨소시엄 | CJ헬로비전 컨소시엄 |
|-------------------|---|-------------------------------|
| 주관사업자 | KT | CJ헬로비전 |
| 시범지역 | 수원, 광주, 대전, 서울 | 서울, 부산, 부천 |
| 가입자수 | 누적 895가구 | 누적 726가구 |
| 가입자망 기술개발 및 검증 | WDM-PON 32入 OLT, 1G ONT 10G E-PON OLT, ONU | 케이블 기반 IPTV 기술 |
| 참여기업 | 엘지에릭슨(주), (주)유비쿼스, ETRI, (주)크레블, (주)레드로버 | KLabs, (주)CJ파워캐스트, (주)TV스툼 |

[표 2-3] 시범서비스 개발 내용

| 서비스명 | 설 명 | 컨소시엄 |
|-----------------|--|--------|
| 3D 멀티앵글 IPTV | o 하나의 대상을 다시점, 3D 화면으로 볼 수 있는 IPTV 서비스(각 시점이 모두 3D) | KT |
| KT Home 서비스 | o 개인의 UPnP 기기들을 Home Gateway를 통해 연결, 외부에서도 자유롭게 기기 간 콘텐츠 활용이 가능토록 하는 서비스 | |
| nScreen 서비스 | o 하나의 인터넷회선과 Media Gateway로부터 TV, PC, 모바일 폰이 각각 개별적인 방송 또는 인터넷 콘텐츠를 서비스 | CJ헬로비전 |
| 스마트뷰어 | o STB, 고화질 카메라 및 웹서버를 활용한 TV기반의 양방향 영상통신 및 응용서비스 o 영상통화, 영상교육, TV지도, CCTV모니터링 등 | |

제4절 국외 현황

해외의 경우 FTTH 서비스가 활발하게 제공되고 있지는 않으며, 이는 각 국가별로 기존 시스템 구축 현황이라던지, 이용자의 성향 등에 따라 통신사업자들이 서비스 제공에 대해 추진하고 있기 때문으로 생각된다.

가. 일본

일본은 2001년 “e-Japan 전략”을 발표하고 명확한 국가 IT 발전 비전을 제시했으며, 이를 기반으로 시장 경쟁 환경을 조성함으로써, NTT, 소프트뱅크 등의 통신사업자들이 서둘러 FTTH 서비스를 도입하는 계기를 마련하였다. 일본 최초의 FTTH 서비스는 2001년 3월 유선 Broad Networks사가 “Broad Gate 10” 서비스를 출시하면서 시작되었으며, 그 뒤를 이어 NTT 동일본, NTT 서일본, 동경전력 등이 잇달아 서비스를 개시하게 되었다.

현재 FTTH 서비스를 제공하고 있는 주요사업자로는 KDDI(Hikari plus home(E-PON 방식)), NTT(Flet’s Hikari Next Service(NGN망 활용)) 등이 있다.

나. 중국

중국은 2008년 베이징 올림픽을 계기로 E-PON 기반의 FTTH 서비스 제공을 위한 투자계획을 발표하고, 중앙정부 주도하에 대도시를 중심으로 사업을 전개하기 시작하였다.

다. 미국

미국은 2003년 2월 FCC가 가입자망 UNE(Unbundling Network Elements)에 관한 규제 완화가 결정됨에 따라 전화사업자들의 본격적인 FTTH 서비스에 대한 투자 및 서비스 활성화가 이루어졌다.

버라이즌은 2004년 7월 텍사스주 켈러를 시작으로 FTTP 인프라 구축을 진행하였으며, Fios라는 서비스 브랜드명을 가지고 뉴욕, 플로리다, 텍사스, 캘리포니아 등으로 지역을 확장하고 있다.

라. 유럽

유럽의 FTTH 서비스는 일본, 미국에 비해 더디게 진행되고 있으며, 영국의 BT, 프랑스의 FT, 독일의 DT 등 유럽의 대형 통신사업자들이 FTTH 투자에 소극적인 입장을 취하고 있기 때문으로 분석되고 있다.

하지만, 일본, 미국 등의 FTTH 서비스가 제공되는 것에 자극을 받아 적극적으로 FTTH 서비스 도입을 추진하고 있다.

제3장 10기가 광통신용 단말장치 기술기준 도입

제1절 광통신용 단말장치 기술기준 현황

현재 국내의 초고속인터넷 서비스에 적용되는 광통신 단말장치의 기술기준은 2009년에 전파연구소에서 제정 고시한 “단말장치 기술기준(전파연구소 고시 제2009-38호)의 제17조의 6(수동형 광선로설비와 단말장치간의 접속)”을 적용하고 있다.

동 기술기준은 IEEE와 ITU의 국제표준 규격을 기반으로 EPON과 GPON에 관련된 사용파장, 전송형식, 송신특성, 수신특성, 인체 및 장비 보호를 위한 레이저 안전성 등의 규격과 광선로와 접속할 때 필요한 접속 규격을 규정하고 있다.

현재 적용되고 있는 수동형 광선로설비에 대한 기술기준의 주요 내용과 최종 기술기준은 다음과 같다.

□ 사용파장 및 전송형식

GPON의 경우 ITU 표준에서는 하향대역에 1.244Gbps와 2.488Gbps를 상향대역에 155Mbps, 622Mbps, 1.244Gbps 그리고 2.488Gbps로 다양한 조합의 상/하향 전송 속도를 제시하고 있으나 현재 국내 사업자들은 하향 대역의 전송속도를 2.488Gbps로, 상향 대역의 전송속도를 1.244Gbps로 서비스를 제공하고 있어 이 값을 기준으로 규정하였다. 또한, 전송형식으로는 TDMA 방식, 사용 파장으로는 상향 1,480nm~1,500nm, 하향 1,260nm~1,360nm로 규정하였다.

EPON의 경우 IEEE 802.3ah 표준에서 규정하고 있는 전송속도는 1.25GBd±100ppm로, 전송형식은 TDMA 방식으로, 사용 파장은 상향 1,260nm~1,360nm과 하향 1,480nm~1,500nm로 규정하였다.

□ 수신특성

GPON은 ITU-T 권고안 G.983.1에서 스플리터, 커넥터, 광 감쇄기 및 기타

수동형 광장비의 사용과 광케이블의 추가 설치, 환경 요인에 의한 광섬유 케이블의 특성 변화 등의 케이블 손실 등을 고려하여 네트워크 구축시 필요한 손실 범위에 따라 수신특성을 A, B 그리고 C 클래스로 구분하고 있으며 각 클래스별로 전송 속도에 맞는 수신 감도 및 최소 과부하 값을 규정하고 있다. 하지만, 국외뿐만 아니라 국내 사업자와 제조업체에서는 ITU-T G.984.2 부록(Amendment) 1에서 규정하고 있는 상향/하향 전송속도가 1.244/2.488Gbps인 규격으로 서비스를 제공하고 있어 이를 B+ 클래스로 정의하고 수신 감도와 최소 과부하 기준을 규정하였다. 아울러, 현재 국내 사업자의 경우 주로 B+ 클래스를 사용하고 일부 A 클래스가 사용되고 있으나 향후 신규 사업자의 시장 진입 및 확장성을 고려하여 B와 C 클래스도 기술기준에 포함하였다.

EPON은 IEEE 802.3ah 표준에서 서비스를 위한 전송 거리에 따라 10km와 20km로 구분하고 있으며 각각의 전송 거리에 따른 수신 특성으로 수신 감도 (최대수신감도; Receiver sensitivity(max))와 최대 평균 수신 광 세기 (Average receive power(max))를 규정하고 있다. 국내의 통신사업자의 경우 90% 이상의 가입자가 CO(Central Office)로부터 5km 반경 이내에 분포하고 있지만, 액세스망의 구축 환경 및 구내 가입자 망의 접속 및 분기, 장비 등에 의한 손실 등을 고려하여 전송 거리를 각각 10km일 때와 20km 일 때로 구분하여 기술기준 값을 규정하였다.

□ 송신특성

GPON은 ITU-T 권고안 G.983.1에서 송신기에서 발생하는 광신호가 지터(jitter) 등의 문제없이 사용 파장에 적합한지를 확인하기 위한 아이패턴(eye pattern)과 네트워크를 통해 전송되어 사업자설비에서 수신된 신호가 정상적으로 신호를 인식할 수 있는 최소 평균 광 출력(Mean launched power MIN)값을 광 분배망 클래스 별로 규정하였으며 과도한 송신출력으로부터 네트워크를 보호하기 위한 송신기의 광 출력 제한 값을 최대 평균 광 출력 (Mean launched power MAX)값으로 규정하였다.

또한 송신기의 전원이 꺼지지 않은 대기상태에서 단말장치의 오동작 등으로 인하여 네트워크에 위해를 가하지 않도록 송신 없는 광 출력

(Launched optical power without input to the transmitter)과 광변조기의 성능 척도가 되는 최소 소광비(Extinction ratio)를 규정하였다.

EPON의 IEEE 802.3ah에 따라 GPO과 동일하게 아이패턴, 최소/최대 평균 광 출력과 최소 소광비를 규정하였다. 다만, 분산 등에 민감한 FP-LD 광 모듈을 사용하는 경우에 사용과장 및 전송거리에 따른 RMS 스펙트럼 폭을 정의해야 한다는 사업자의 요구를 수용하여 표준에 제시된 값을 기술기준에 규정하였다.

□ 광커넥터 규격

광커넥터는 사용 모드와 광케이블의 길이, 커넥터 형태와 광섬유의 접촉 단면 형태에 따라서 크게 구별된다. 사용 모드에 따라서는 단일 모드(single mode)용 광섬유와 다중 모드(multi mode)용 광섬유로 구별되며, 커넥터의 형태에 따라서는 LC(Lucent Connector) 타입, SC(Square Connector) 타입, 여러 개의 커넥터를 동시에 연결할 수 있도록 하는 MU(Miniature Unit) 타입, 낮은 반사 손실 응용에 적합하도록 제작된 FC(Ferrule Connector) 타입 그리고 ST(Straight Tip) 타입 등으로 구별된다. 또한 광섬유의 접촉 단면에 따라서는 AG(Air Gap) 타입, 커넥터의 종단면이 90도의 평평한 면을 이루는 PC(Physical Contact) 타입 그리고 커넥터의 종단면이 약 8도 정도의 각을 이루어 반사손실을 적게 한 방식으로 영상 등 고품질용으로 사용되는 APC(Angled Physical Contact) 타입 등으로 나눌 수 있다.

광모뎀 단말장치의 경우 반사 감쇠량이 적은 SC 타입의 커넥터를 사용하고 있으며, 광섬유의 접촉 단면이 평평한 PC 타입을 주로 사용하고 있으나 용도에 따라서 APC 타입을 사용하는 경우도 있다. 이에 기술기준에서는 TIA의 광 커넥터 상호 접속 표준에 따라 SC/PC 또는 SC/APC 타입 커넥터로 규정하였다.

□ 레이저 안전성

레이저 안전성은 단말장치에 부착된 광원으로부터 인체를 보호하기 위한 것으로 국제 표준인 G.983.1과 IEEE 802.3ah에서는 광모뎀의 광 전력 레벨이

IEC 60825-1에서 권고하고 있는 등급(Class) 1을 초과하지 못하도록 하고 있으며, 이러한 레이저 안전성 기준과 규칙들은 광단말 제조업자가 제품에 사용된 광원의 특성에 따라 단말장치의 외부에 경고 라벨 부착 및 안전 장치를 마련하도록 규정하고 있다. 이에 본 기술기준에서는 IEC 60825-1에서 권고하고 있는 Class 1을 초과하지 못하도록 규정하고 적합한 안전장치를 마련하도록 하였다.

제17조의6(수동형 광선로설비와 단말장치간의 접속) ①수동형 광선로 설비에 접속되는 단말장치는 다음 각 호의 조건에 적합하여야 한다.

1. 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치

| 구 분 | 조 건 | | | | |
|-----------|--|---------------|-----|--------------------|--------------------|
| 사용 파장 | 1,480nm ~ 1,500nm(하향) 1,260nm ~ 1,360nm(상향) | | | | |
| 전송 형식 | 시분할다중방식(TDMA) | | | | |
| 전송 속도 | 하향 : 2.488Gbps, 상향 : 1.244Gbps | | | | |
| 수신허성 | 광분배망 분류 ^(주1) | A | B | B+ ^(주2) | C |
| | 수신감도(dBm) | -21 | -21 | -27 | -28 |
| | 최소 과부하(dBm) | -1 | -1 | -8 | -8 ^(주3) |
| 송신특성 | 아이 패턴 | 별표 15의 (그림 1) | | | |
| | 최소 평균 광 출력(dBm) | -3 | -2 | +0.5 | +2 |
| | 최대 평균 광 출력(dBm) | +2 | +3 | +5 | +7 |
| | 송신 없는 광 출력(dBm) | 수신감도 - 10 이하 | | | |
| | 최소 소광비(dB) | 10 | | | |
| 광커넥터 규격 | 미국통신산업협회 TIA-604-3-B(SC/PC 또는 SC/APC) 규격의 커넥터 | | | | |
| 제공 이더넷 포트 | 가입자당 최소 1개 이상 | | | | |

주(1) 별표 14 참조.

주(2) 국제전기통신연합 ITU-T G.984.2 개정안(Amendment) 1의 규격임

주(3) 현재 값은 송신기에 고출력 분산피드백(DFB) 레이저를, 단말 장치에 애벌런치 포토다이오드(APD) 기반의 수신기를 사용한 경우를 가정한 것임

2. 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치

| 구 분 | 조 건 | | |
|-----------|--|---------------|--------------|
| 사용 파장 | 1,480nm ~ 1,500nm(하향) 1,260nm ~ 1,360nm(상향) | | |
| 전송 형식 | 시분할다중방식(TDMA) | | |
| 전송 속도 | 1.25GBd \pm 100ppm (하향/상향) | | |
| 수신허성 | 전송 거리(km) | 10 | 20 |
| | 수신감도(dBm) | -24 | -24 |
| | 최대 평균 수신 광 세기(dBm) | -3 | -3 |
| 송신허성 | 아이 패턴 | 별표 15의 (그림 2) | |
| | 최소 평균 광 출력(dBm) | -1 | -1 |
| | 최대 평균 광 출력(dBm) | +4 | +4 |
| | 송신 없는 광 출력(dBm) | -45 | -45 |
| | 스펙트럼 폭(nm) | 별표 16의 (표 1) | 별표 16의 (표 2) |
| | 최소 소광비(dB) | 6 | 6 |
| 광커넥터 규격 | 미국통신산업협회 TIA-604-3-B(SC/PC 또는 SC/APC) 규격의 커넥터 | | |
| 제공 이더넷 포트 | 가입자당 최소 1개 이상 | | |

②단말장치에 사용되는 광송수신장치는 국제전기기술위원회의 IEC 60825-1에서 정의하는 등급 1 이상의 레이저 안전성 조건을 만족하여야 한다.

제21조(커넥터의 규격)

①~③ 동일

④단말장치와 수동형 광선로설비의 접속에 사용되는 커넥터의 규격은 미국통신산업협회 TIA-604-3-B(SC/PC 또는 SC/APC) 형으로 한다.

제2절 10기가 광통신용 단말장치 기술기준 도입방안 검토

10기가 광통신 서비스 제공을 위해 현재의 광통신용 단말장치의 기술기준 개정을 위해 ITU 및 IEEE의 국제표준의 검토가 선행되어야 하며, 각 표준화 기구별로 광통신용 단말장치에 대한 세부 기술규격 및 구현 방식이 상이함에 따라 현재 적용되고 있는 기술기준과 유사하게 구현방식별로 기술기준을 규정하는 것이 바람직할 것으로 생각되어, 현재 관련 표준화가 활발하게 진행되고 ITU-T SG15의 G.987 시리즈와 IEEE802.3av의 최종 표준을 토대로 각 기술방식별로 기술기준에 포함해야할 사항에 대해 검토하고자 한다.

2.1 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치

10기가비트 전송속도를 갖는 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치는 G-PON 기술에 적용되는 광모뎀에 대한 기술기준을 규정한 것으로 세부 기술적인 사항은 ITU-T SG15와 FSAN에서 공동으로 표준화 작업을 진행한 차세대 XG-PON(Next G-PON) 표준인 G.987 시리즈를 기반으로 하였으며 주요 표준은 표 3-1과 같다.

[표 3-1] ITU-T의 10기가 광통신 시스템 관련 표준화 현황

| 표준명 | 표준 제목 | 제정일 |
|---------|--|---------|
| G.987 | 10-Gigabit-capable passive optical network (XG-PON) systems: Definitions, abbreviations, and acronyms | 2010.10 |
| G.987.1 | 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): General requirements | 2010.1 |
| G.987.2 | 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Physical media dependent (PMD) layer specification | 2010.10 |
| G.987.3 | 10-Gigabit-capable passive optical networks (XG-PON): Transmission convergence (TC) specifications | 2010.10 |

표 3-1에 언급된 표준 중 본 연구에서 추진하고자 하는 10기가 광통신용 단말장치의 기술규격은 G.987.2 표준에 언급되어 있으며 현재까지 완료된 표준에는 위에서 언급한 기술 중 XG-PON1인 상하향 비대칭 구조에 대한 표준만이 완료되어 있다. 따라서, 본 연구에서는 XG-PON1에 대한 기술규격으로 표준에서 규정하고 있는 광파장, 전송속도 등의 주요 규격을 도출할 예정이며, 실제 기술기준의 도입이 검토될 시점에는 현재 도출된 기술규격 중 최소한의 요건을 고려하면 될 것으로 생각되며 기술기준 초안은 표 3-1과 같으며, 관련 아이패턴은 그림 3-1과 같다.

표3-2에서 보는바와 같이 10기가비트 전송속도를 갖는 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치의 전송속도는 상하향 비대칭 형태로 되어 있으며, 이는 상향으로 전송되는 콘텐츠보다는 하향으로 전송되는 콘텐츠의 양이 보다 많은 점을 고려한 것으로 생각된다. 또한, 현재 적용되는 있는 2.5기가비트 전송속도를 갖는 기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치보다는 광 분배망이 다양화되었고, 최대 평균 광출력 및 최소 과부하 규격 등에 많은 변화가 있음을 알 수 있다.

[표 3-2] 비대칭 10기가비트 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치의 송수신 규격

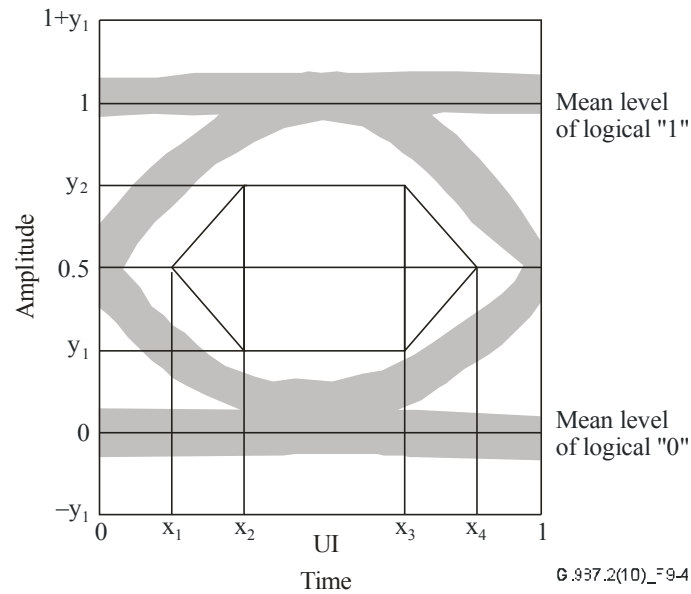
| | | | | | | | |
|--------------|---|-----------------------|-----|-------|-----|-----|-------|
| 구 분 | 조 건 | | | | | | |
| 사용 파장 | 하향: 1,575nm ~ 1,580nm, 상향: 1,260nm ~ 1,280nm | | | | | | |
| 전송 형식 | 하향 : 파장다중분할방식(WDM), 상향 : 시분할다중방식(TDMA) | | | | | | |
| 전송 속도 | 하향 : 9.95328Gbps, 상향 : 2.48832Gbps | | | | | | |
| 수신허성 | 최대 광 경로 패널티(dB) ^(주1) | 1.0 | | | | | |
| | R/S의 최대 반사계수(dB) (수신기 파장 측정시) | -20 이하 | | | | | |
| | 에러율 | 10 ⁻³ (주2) | | | | | |
| | 광분배망 분류 | N1 | N2 | | E1 | E2 | |
| | | | N2a | N2b | | E2a | E2b |
| | 수신감도(dBm) ^(주3) | -28 | -28 | -21.5 | -28 | -28 | -21.5 |
| | 최소 과부하(dBm) | -8 | -8 | -3.5 | -8 | -8 | -3.5 |
| 송신특성 | 아이 패턴 | 그림 3-1 참조 | | | | | |
| | R/S의 최대 반사계수(dB) (송신기 파장 측정시) | -6 이하 | | | | | |
| | 광분배망 분류 | N1 | N2 | | E1 | E2 | |
| | 최소 평균 광 출력(dBm) | +2 | +2 | | +2 | +2 | |
| | 최대 평균 광 출력(dBm) | +7 | +7 | | +7 | +7 | |
| | 송신 없는 광 출력(dBm) | 수신감도 - 10 이하 | | | | | |
| | 최소 소광비(dB) | 8.2 | | | | | |
| | 반사광전력에 대한 송신기 내성(dB) ^(주4) | -15 이상 | | | | | |
| 광커넥터 규격 | 미국통신산업협회 TIA-604-3-B(SC/PC 또는 SC/APC) 규격의 커넥터 | | | | | | |
| 제공 이더넷 포트 | 가입자당 최소 1개 이상 | | | | | | |

주1) 규정된 패널티 값은 최대 40km 링크 거리까지만 유효.

주2) 세부 사항은 ITU-T G-Sup.39의 9.4.1.절 참조

주3) 규정된 수신감도는 동일한 ODN에 비디오 오버레이와 G-PON이 존재할 경우에만 적용

주4) ITU-T G.984.2의 송신기의 비정상 광전력에 대한 허용값 참조



| | |
|--|----------------|
| | 2.48832 Gbit/s |
| x3-x2 | 0.2 |
| y1 | 0.25 |
| y2 | 0.75 |
| NOTE 1 - x2 and x3 of the rectangular eye mask need not be equidistant with respect to the vertical axes at 0 UI and 1 UI. | |
| NOTE 2 - The values are taken from [ITU-T G.957], clause 6.2.5. | |

[그림 3-1] 아이패턴

2.2 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치

10기가비트 전송속도를 갖는 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말 장치는 E-PON 기술에 적용되는 광모뎀에 대한 기술기준을 규정한 것으로 세부 기술적인 사항은 IEEE802.3av에서 표준화 작업을 진행하여 왔다.

IEEE802.3av에서는 이더넷 기반의 10기가용 광통신 시스템 관련 표준화 작업을 2006년 9월부터 추진해 왔으며, 2009년 10월 최종 표준으로 IEEE 802.3av 계열 표준의 개발을 완료하였으며, 1기가비트 전송속도를 갖는 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치의 규격과 비교할 경우 가장 큰 특징은 상하향의 전송속도에 따라 비대칭형과 대칭형으로 두 가지 모드로 구분하고 총 5가지 유형에 대한 세부 기술 규격을 규정해 놓고 있다.

[표 3-3] 10GE-PON 형태

| 모드 | 전송속도 | 유형 |
|------|---|--|
| 비대칭형 | 상향 : 1.25GBd(버스트모드) 하향 : 10.3125GBd(연속모드) | 10/1GBASE-PRX-U1 10/1GBASE-PRX-U2 10/1GBASE-PRX-U3 |
| 대칭형 | 상향 : 10.3125GBd(버스트모드) 하향 : 10.3125GBd(연속모드) | 10GBASE-PR-U1 10GBASE-PR-U3 |

따라서, 본 연구에서는 5가지 유형에 대해 표준에서 규정하고 있는 광파장, 전송속도 등의 주요 규격을 도출할 예정이며, 실제 기술기준의 도입이 검토될 시점에는 현재 도출된 기술규격 중 최소한의 요건을 고려하면 될 것으로 생각된다.

단말장치의 송신규격의 경우 비대칭형 모드를 갖는 10GE-PON의 규격을 살펴보면 상향 전송속도, 사용파장, 최대평균 광출력, 최소 소광비 등 대부분의 규격이 기존의 1기가비트 전송속도를 갖는 이더넷 수동형 광선로설비에 접속되는 단말장치의 규격과 동일함을 알 수 있다. 대칭형 모드를 갖는 10GE-PON의 규격을 살펴보면 송신없는 광 출력, 최소 소광비 등 일부 규격은 동일하지만, 사용파장은 상이함을 알 수 있다.

[표 3-4] 비대칭 모드 10GE-PON 단말장치의 송신 규격

| 구분 | 10/1GBASE-PRX-U1 | 10/1GBASE-PRX-U2 | 10/1GBASE-PRX-U3 | 단위 |
|---|---------------------------------|---------------------------------|--|----------|
| 전송 속도 | 1.25 ± 100ppm | 1.25 ± 100ppm | 1.25 ± 100ppm | GBd |
| 파장 | 1260-1360 | 1260-1360 | 1260-1360 | nm |
| 최대 RMS 스펙트럼 폭 | 표 75-9-1 | 표 75-9-2 | - Fabry-Perot Laser의 경우 표 75-9-3 - DFB Laser의 경우, 최소 사이드모드 억제 비율 30dB | dB |
| 최대 평균 광 출력 | 4 | 4 | 5.62 | dBm |
| 최소 평균 광 출력 ^c | -1 | -1 | 0.62 | dBm |
| 송신없는 광출력 | -45 | -45 | -45 | dBm |
| 최소 소광비 | 6 | 6 | 6 | dB |
| RIN _{OMA} (최대) | -113 | -115 | -115 | dB/Hz |
| 최소 입력 OMA ^c | -0.22(0.95) | -0.22(0.95) | 1.40(1.38) | dBm (mW) |
| 송신 아이 마스크 {X1, X2, Y1, Y2, Y3} ^d | {0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30} | {0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30} | {0.22, 0.375, 0.20, 0.20, 0.30} | UI |
| 최대 T _{on} | 512 | 512 | 512 | ns |
| 최대 T _{off} | 512 | 512 | 512 | ns |
| 최대 허용 반사 손실 | 15 | 15 | 15 | dB |
| 최대 송신기 반사율 | -6 | -10 | -10 | dB |
| 최대 송신기 및 분산 패널티 | 2.8 | 1.8 | 1.4 | dB |
| 송신기 및 분산 패널티를 위한 decision timing offset | ±0.125 | ±0.125 | ±0.125 | UI |

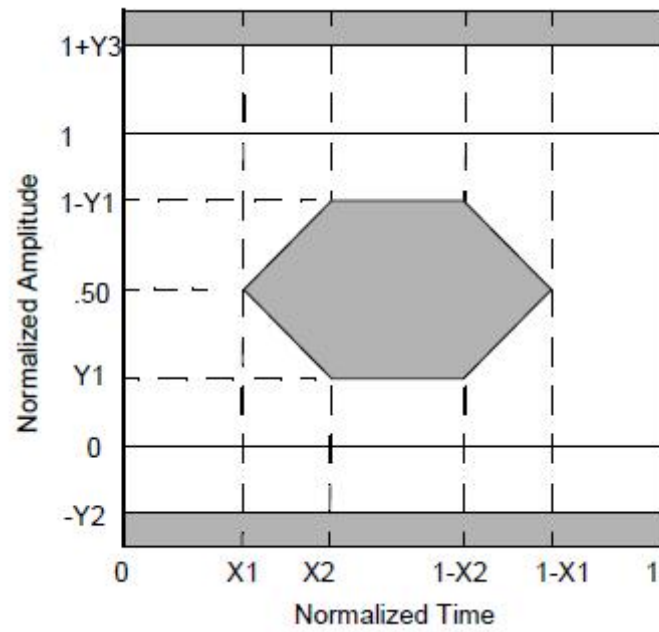
[표 3-5] 대칭 모드 10GE-PON 단말장치의 송신 규격

| 구분 | 10GBASE-PR-U1 | 10GBASE-PR-U3 | 단위 |
|--|---|---|-------------|
| 전송 속도 | 10.3125±100ppm | 10.3125±100ppm | GBd |
| 파장 | 1260-1280 | 1260-1280 | nm |
| 사이드모드 억제 비율(최소) ^a | 30 | 30 | dB |
| 최대 평균 광 출력 | 4 | 9 | dBm |
| 최소 평균 광 출력 ^b | -1 | 4 | dBm |
| 송신 없는 광출력 | -45 | -45 | dBm |
| 최소 소광비 | 6 | 6 | dB |
| RIN ₁₅ OMA(최대) | -128 | -128 | dB/Hz |
| 최소 입력 OMA ^b | -0.22(0.95) | 4.78(3.01) | dBm (mW) |
| 송신 아이 마스크 {X1, X2, X3, Y1, Y2, Y3} ^c | {0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40} | {0.25, 0.40, 0.45, 0.25, 0.28, 0.40} | UI |
| 최대 T _{on} | 512 | 512 | ns |
| 최대 T _{off} | 512 | 512 | ns |
| 최대 허용 반사 손실 | 15 | 15 | dB |
| 최대 송신기 반사율 | -10 | -10 | dB |
| 최대 송신기 및 분산 패널티 ^d | 3.0 | 3.0 | dB |
| 송신기 및 분산 패널티를 위한 decision timing offset | ±0.0625 | ±0.0625 | UI |

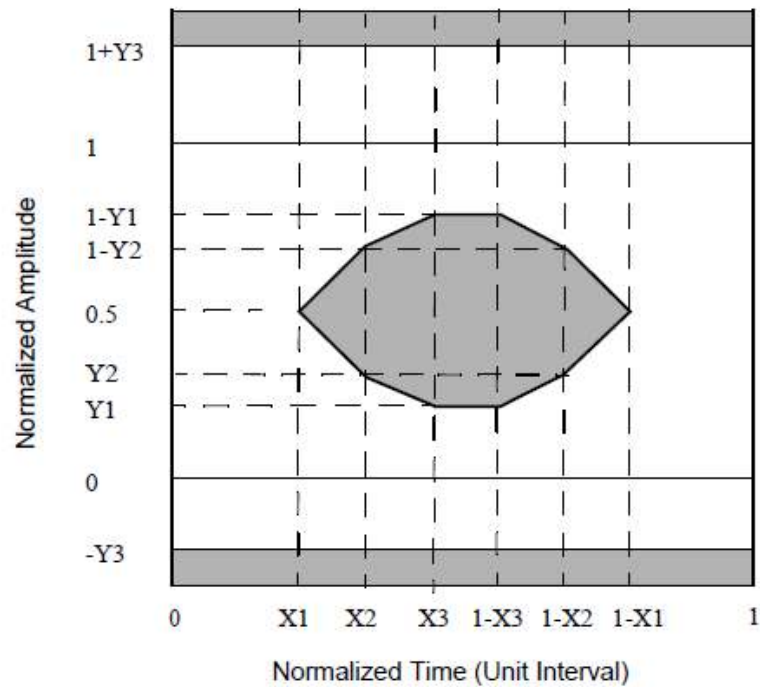
단말장치의 수신규격의 경우에는 송신규격과 달리 비대칭형과 대칭형을 구분하지 않고 있으며, 수신감도, 최대 평균 수신 광 세기 등 규격이 상이함을 알 수 있다.

[표 3-6] 10GE-PON 단말장치의 수신 규격

| 구분 | 10GBASE-PR-U1 10/1GBASE-PRX-U1 10/1GBASE-PRX-U2 | 10GBASE-PR-U3 10/1GBASE-PRX-U3 | 단위 |
|---|---|-----------------------------------|----------------|
| 전송 속도 | 10.3125 ± 100ppm | 10.3125 ± 100ppm | GBd |
| 파장 | 1575-1580 | 1575-1580 | nm |
| 최대 비트율 | 10 ⁻³ | 10 ⁻³ | - |
| 최대 평균 광 세기 | 0 | -10 | dBm |
| 최대 손상 한계 | 1 | -9 | dBm |
| 최대 수신 감도 | -20.50 | -28.50 | dBm |
| 최대 수신 감도 OMA | -18.59(13.84) | -26.59(2.19) | dBm (μW) |
| 최소 신호 검출 임계 기준 | -44 | -44 | dBm |
| 최대 수신 반사율 | -12 | -12 | dB |
| 최대 stressed 수신 감도 | -19 | -27 | dBm |
| 최대 stressed 수신 감도 OMA | -17.09(19.55) | -25.09(3.10) | dBm(μW) |
| 수직 eye-closure 패널티 | 1.5 | 1.5 | dB |
| 최소 stressed eye 지터 | 0.3 | 0.3 | UI pk to pk |
| 사인파 지터에 대한 지터 코너 주파수 | 4 | 4 | MHz |
| stressed 수신기 적합 시험을 위한 최대/최소 사인파 지터 한계 | (0.05, 0.15) | (0.05, 0.15) | UI |



[그림 3-2] 비대칭형 모드 10GE-PON 단말장치의 송신기 아이마스크(상향)



[그림 3-3] 비대칭형 모드(하향) 및 대칭형모드(상하향) 10GE-PON 단말장치의 송신기 아이마스크

[표 3-7] 송신스펙트럼 폭

<표 75-9-1 1000BASE-PX10-U 송신 스펙트럼 폭>

| 중심파장 (nm) | 최대 RMS 스펙트럼 폭(nm) | 색분산을 고려한 경우의 RMS 스펙트럼 폭(nm) ($\varepsilon \leq 0.115$) |
|--------------|----------------------|--|
| 1260 | 2.09 | 1.43 |
| 1270 | 2.52 | 1.72 |
| 1280 | 3.13 | 2.14 |
| 1286 | 3.50 | 2.49 |
| 1290 | | 2.80 |
| 1297 | | 3.50 |
| 1329 | | |
| 1340 | | 2.59 |
| 1343 | | 2.41 |
| 1350 | 3.06 | 2.09 |
| 1360 | 2.58 | 1.76 |

표 75-9-2 1000BASE-PX20-U 송신 스펙트럼 폭

| 중심파장 (nm) | 최대 RMS 스펙트럼 폭(nm) | 색분산을 고려한 경우의 RMS 스펙트럼 폭(nm) ($\varepsilon \leq 0.10$) |
|--------------|----------------------|---|
| 1260 | 0.72 | 0.62 |
| 1270 | 0.86 | 0.75 |
| 1280 | 1.07 | 0.93 |
| 1290 | 1.40 | 1.22 |
| 1300 | 2.00 | 1.74 |
| 1304 | 2.5 | 2.42 |
| 1305 | 2.55 | 2.5 |
| 1308 | 3.00 | |
| 1317 | | |
| 1320 | 2.53 | 2.2 |
| 1321 | 2.41 | |
| 1330 | 1.71 | 1.48 |
| 1340 | 1.29 | 1.12 |
| 1350 | 1.05 | 0.91 |
| 1360 | 0.88 | 0.77 |

<표 75-9-3 10/1GBASE-PRX-U3 Fabry-Perot Laser 송신 스펙트럼 폭>

| 중심파장 (nm) | 최대 RMS 스펙트럼 폭(nm) | 색분산을 고려한 경우의 RMS 스펙트럼 폭(nm) ($\varepsilon \leq 0.08$) |
|--------------|----------------------|---|
| 1260 | 0.59 | 0.5 |
| 1270 | 0.7 | 0.59 |
| 1280 | 0.87 | 0.74 |
| 1290 | 1.14 | 0.97 |
| 1300 | 1.64 | 1.39 |
| 1304 | 1.98 | 1.67 |
| 1305 | 2.09 | 1.77 |
| 1308 | 2.4 | 2 |
| 1317 | 2.4 | 2 |
| 1320 | 2.07 | 1.75 |
| 1321 | 1.98 | 1.67 |
| 1330 | 1.4 | 1.18 |
| 1340 | 1.06 | 0.89 |
| 1350 | 0.86 | 0.72 |
| 1360 | 0.72 | 0.61 |

제4장 향후 추진방향

최근 초고속인터넷 서비스를 기반으로 한 방송과 통신이 융합된 서비스인 스마트TV, IPTV 등이 도입되면서 통신사업자들은 기존의 PSTN 전화망 기반의 ADSL, VDSL 및 E-PON, G-PON 등의 초고속 인터넷 서비스의 고도화를 추진하고 있으며, 케이블 SO들 역시 HFC 망의 고도화를 위해 HFC 망에 광통신 시스템을 적용하는 RFOG(RF over Glass) 기술 등이 도입되고 있다.

또한, 정부에서는 스마트코리아 실현을 위해 반드시 필요한 기가코리아 사업을 추진하여 국내 초고속 인터넷 서비스의 고도화를 계획하고 있으며, 방송통신위원회는 2010년 5월 “융합과 모바일 시대를 선도하는 방송통신 미래서비스 전략”을 수립하고 주도적으로 추진해야 할 10대 미래 신규 서비스로 미래인터넷 서비스를 선정하였다. 이는 우리나라가 기가인터넷을 기반으로 세계에서 가장 빠르고 안전·편리한 인터넷 환경 제공을 기반으로 최적의 실감형 미래 인터넷 서비스 제공을 목표로 현재 상용화되어 사용되고 있는 초고속 인터넷의 전송속도를 2020년까지 10기가로 업그레이드하는 것을 목표로 하고 있다.

이에 본 연구에서는 스마트코리아의 조기 실현 및 국내 방송통신융합 서비스의 원활한 제공에 필수적인 광가입자망 도입을 위해 ITU-T/FSAN 및 IEEE 등에서 표준화가 완료된 10기가 기반의 수동형 광통신 네트워크 관련 표준들을 조사·분석하여 10기가급의 초고속 인터넷 서비스 제공에 필요한 기술규격에 대한 연구를 수행하였다. 본 연구 결과는 국내외 표준화 동향, 국내의 시범서비스 현황 등을 조사·분석하여 도출된 결과이며, 향후 실제 기술기준으로 도입하기 위해서는 서비스가 도입될 것으로 예상되는 실제 시점에서 세부 사항들에 대한 검토가 필요할 것으로 생각된다. 아울러, 국내 사업자의 광통신 시스템 구축현황, 1기가 광통신 서비스와의 호환성 및 서비스 도입 계획 등에 대한 종합적인 검토를 위해 통신사업자, 제조업체, 연구계 등의 전문가로 구성된 연구반을 구성·운영하여 현행 연구결과를 검토하고 관련 국제 표준 및 국내 사업자 현황 등을 고려하여 최종 기술 기준을 고시할 예정이다.

[참고문헌]

- [1] <http://www.kcc.go.kr>
- [2] <http://rra.go.kr>
- [3] 방송통신위원회, “방송통신설비의 기술기준에 관한 규정”
- [4] 전파연구소, “단말장치 기술기준”
- [5] 전파연구소, “유선설비 적합성평가 처리방법”
- [6] ITU-T Recommendation G.983.x series
- [7] ITU-T Recommendation G.984.x series
- [8] ITU-T Recommendation G.987.x series
- [9] IEEE 802.3av "Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection(CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications
- [10] IEC 60825-1, Safety of Laser Produce-Part 1: Equipment classification and requirements, 2007
- [11] TIA-604-3-B, Fiber Optic Connector Intermateability Standard, Type SC and SC-APC
- [12] 한국정보화진흥원, “2009년도 네트워크고도화사업 결과보고서”, 2010.4.
- [13] 한국정보화진흥원, “2010년도 네트워크기반조성사업 결과보고서”, 2011.3
- [14] 방송통신위원회, “융합과 모바일 시대를 선도하는 방송통신 미래 서비스 전략”, 2010. 5.
- [15] 윤빈영, 두경환, 김광옥, “차세대 광가입자망 표준화 동향”, 전자통신동향분석 제24권제1호, 2009. 2.
- [16] HUAWEI, "Next-Generation PON Evolution"
- [17] 김관중, 권정국, 유제훈, 김봉태, “FTTH 기술 및 시장동향”, 광대역통합망기술 특집
- [18] KT 인프라연구소, “차세대 FTTH 핵심기술”, 2008. 7.

- [19] 디지털타임스, “기가코리아, 2020년 스마트한국 구현할 IT혁신 사업”, 2011.5.31.
- [20] 김성수, 최미정, 홍원기, “미래 인터넷 연구 동향과 관리기능 정의”

[참고자료]

국내 기가인터넷 시범서비스 현황

□ KT 컨소시엄

KT 컨소시엄은 2009년부터 통신사업자 기반의 기가인터넷 서비스 구축을 위해 “GTHH 서비스 기반환경 구축을 위한 Giga인터넷 선도시범 사업”이란 과제를 추진해오고 있다. 동 컨소시엄은 KT를 주축으로 엘지엘릭슨, 유비쿼스, 한국전자통신연구원, 크레블, 레드로버가 참여하고 있으며, 참여 기관별로 기가인터넷 시범서비스를 위한 시스템 개발, 서비스 개발 및 콘텐츠 개발 등을 추진해 오고 있다.

KT 컨소시엄에서는 기가인터넷 시범서비스와 관련해서 총 6가지의 사업 목표를 설정하고 각 목표별로 세부 사업과 연구 개발을 추진해 오고 있다.

| | |
|-----------------|--|
| 서비스모델 발굴 및 개발 | <ul style="list-style-type: none"> 3D 멀티앵글 IPTV 서비스 개발, 3D IPTV기반 원격 교육서비스 개발 KT Home 서비스 개발(HG기반) Giga 웹존 서비스 개선 및 확대 |
| 콘텐츠 확보 및 활용 | <ul style="list-style-type: none"> 콘텐츠 제작: 3D 멀티앵글, 3D 교육 콘텐츠 콘텐츠 확보: 3D 교육 콘텐츠, VoD 콘텐츠 (KT 자체, 타 기관과 공급계약추진) |
| 핵심기술 개발 및 검증 | <ul style="list-style-type: none"> Giga인터넷 전송기술 및 시스템 개발(GWDM-PON, 10GE-PON) Giga 웹존 서비스를 위한 DLP, SLA 기술개발 3D 미디어플랫폼 확대개발, 3D 촬영기술 개발 |
| 상호호환성 확보 | <ul style="list-style-type: none"> 기 구축된 KT 가입자 망과 신규 장치간 상호호환성 추진 미디어전송플랫폼과 3D 단말 간 연동 기술 개발 |
| 시범 망 구축 및 시범서비스 | <ul style="list-style-type: none"> 기구축 사이트 유지보수 및 신규 시범사이트 추가 구축(신규: 150가구) Mass 고객대상으로 KT Home 서비스 시범적용 교육기관 대상으로 3D IPTV 원격 교육서비스 시범적용 G20 정상회의에서 3D 멀티앵글 IPTV 서비스 시연 및 전시 |
| 사업여건 조성 | <ul style="list-style-type: none"> 표준화(1건이상), 특허(1건이상), 논문(2건이상) 전시회 참여를 통한 일반인 대상 홍보 : 2건 이상 |

[그림 R-1] KT 컨소시엄의 사업 목표

서비스 모델 발굴 및 개발과 콘텐츠 확보 및 활용 관련해서는 3D 멀티앵글 IPTV 서비스 개발 및 KT Home 서비스 등의 개발과 3D 기반의 콘텐츠 개발을 추진함으로써 향후 기가인터넷을 기반으로 한 방송통신융합서비스의 개발을 추진하였다.



13

[그림 R-2] 3D 멀티앵글 서비스



[그림 R-3] 기가 웹존 서비스

또한, 기가인터넷 관련 국내의 기술력 향상을 위해 관련 제조업체 등과의 공동 연구를 추진하였으며 이를 통해 GWDM-PON, GE-PON 및 10GE-PON 시스템의 개발을 완료하였다.

[표 R-1] 기가인터넷 관련 핵심기술 개발 현황

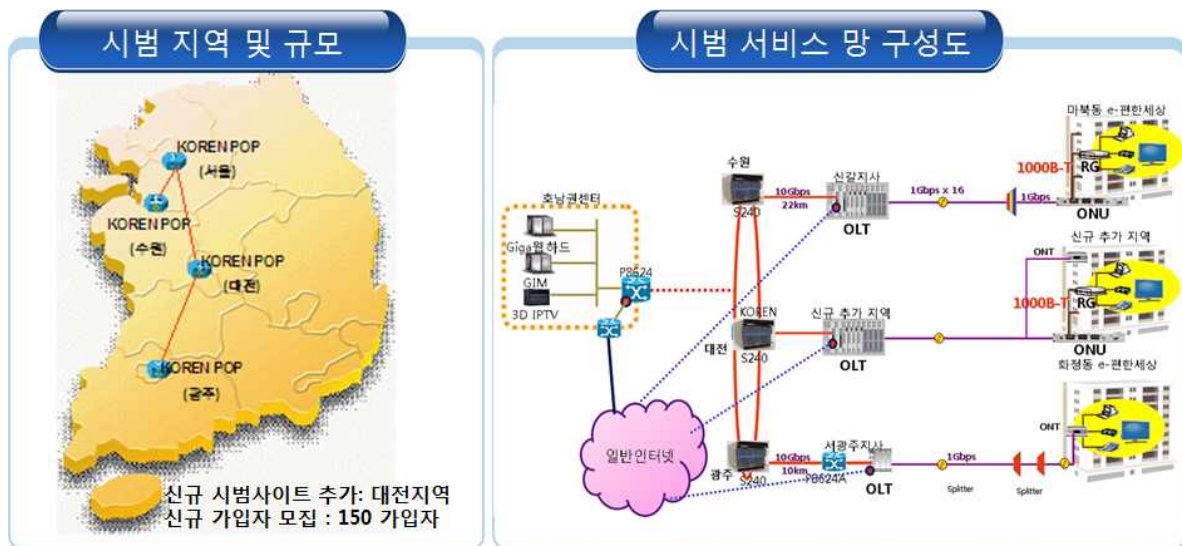
| 연 도 | 핵심 기술 | 내 용 |
|------|----------|---|
| 2010 | GWDM-PON | o GWDM-PON : 32분기 OLT, 1G ONT ※ 신갈(용인) 지역에 시범 적용 |
| | 10GE-PON | o 10G OLT, 10G ONU ※ 프로토타입 |
| 2009 | GWDM-PON | o 16분기 OLT, ONU 개발 |
| | GE-PON | o ONT, ONU 개발 |

세부 사업 목표별로 추진해온 성과를 살펴보면, 먼저 표 R-2에서 보는 바와 같이 대전, 광주 등 국내의 주요 지역을 선정한 후 WDM-PON 또는 GE-PON을 기반으로 2010년까지 약 900가구 정도의 시범서비스를 실시하였다.

[표 R-2] KT 컨소시엄의 시범서비스 현황

| 구 분 | 지 역 | 2009 | 2010 | 계 | 적용기술 |
|---------------|------|------|------|-----|---------|
| 지역별 모집 가구수 | 용인 | 182 | 54 | 236 | WDM-PON |
| | 광주 | 199 | - | 199 | GE-PON |
| | 대전 | - | 23 | 23 | GE-PON |
| | *압구정 | - | 305 | 305 | GE-PON |
| | *평창 | - | 132 | 132 | GE-PON |
| 계 | | 381 | 514 | 895 | |

※ *는 시범사업자가 수행계획과 별도로 자체 추진



[그림 R-4] 시범 서비스 망 구축 현황

이 외에 KT 컨소시엄에서는 기가인터넷 시범서비스를 추진하면서 이용요금, 서비스 안정성 및 만족도 등에 대한 이용자의 만족도 조사 등을 추진하였다.

□ CJ헬로비전 컨소시엄

CJ헬로비전 컨소시엄 역시 2009년부터 케이블TV사업자 기반의 기가인터넷 서비스 구축을 위해 “Giga인터넷 가입자망 고도화 및 시범서비스 향상”이란 과제를 추진해오고 있다. 동 컨소시엄은 한국디지털케이블연구원(KLabs), (주)씨제이파워캐스트, (주)TV스톱이 참여하고 있으며, 참여 기관별로 기가인터넷 시범서비스를 위한 시스템 개발, 서비스 개발 및 콘텐츠 개발 작업 등을 추진해 오고 있다.

CJ컨소시엄에서는 케이블방송망의 기가 인터넷 서비스를 위한 플랫폼 고도화, 기가 인터넷을 활용한 방송통신융합서비스 개발 및 방송통신 융합 서비스 확산을 위한 기가인터넷 서비스 상용화를 목표로 총 7가지의 세부 과제 및 기술개발을 추진하였다.

Giga 인터넷 인프라 고도화 및 시범서비스 향상



[그림 R-5] CJ컨소시엄의 추진 목표

동 사업을 통해 n스크린 서비스, 스마트뷰어 등의 신규 서비스 모델의 개발을 추진함으로써 케이블TV를 통한 새로운 방송통신융합 서비스의 도입을 위한 노력을 기울이고 있다.

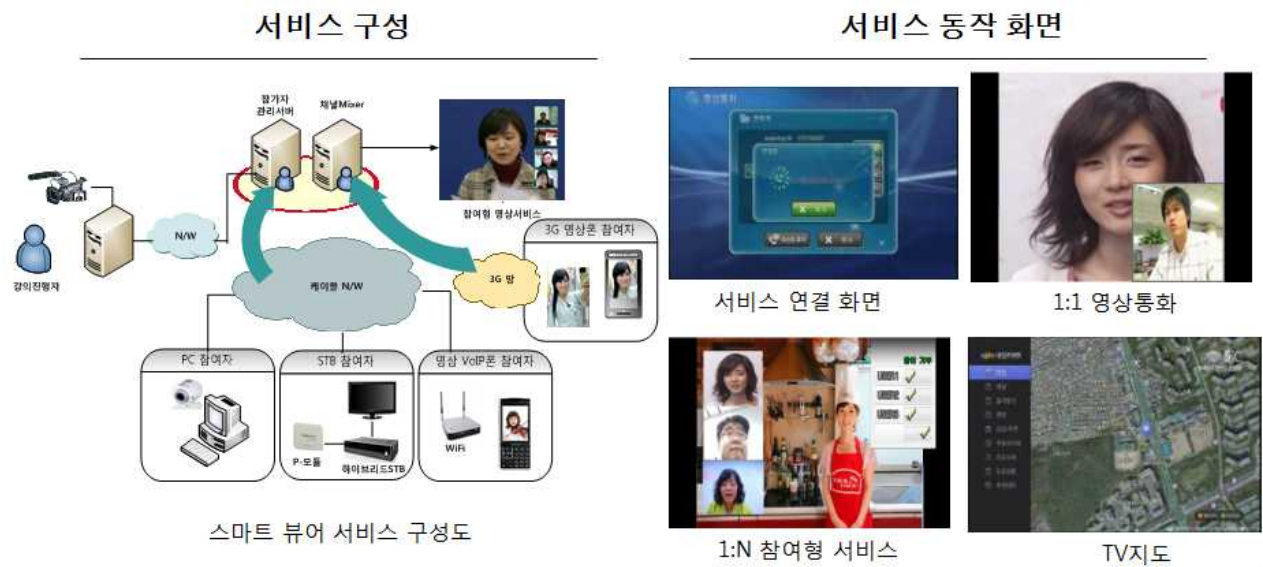
서비스 구성



서비스 동작 화면



[그림 R-6] N-스크린 서비스



[그림 R-7] 스마트뷰어 서비스

또한, 케이블기반의 광대역 IP 멀티미디어 스트림 서비스 전송을 위한 기술검증 및 AAL-IP 기반의 미래 초광대역 서비스 수용을 위한 기술개발 등 현재의 케이블기반의 방송통신서비스 제공 시스템을 고도화할 수 있도록 다양한 핵심기술의 개발을 추진하였다.

[표 R-3] 핵심기술 개발 현황

| 연 도 | 핵심 기술 | 내 용 |
|------|-------------------|---|
| 2010 | 케이블 기반 IPTV 기술 검증 | <ul style="list-style-type: none"> o 케이블 기반의 광대역 IP 멀티미디어 스트림 서비스 전송 기술 검증 o 미래 초광대역 서비스 수용을 위한 ALL-IP 네트워크 진화 방안 검증 |
| 2009 | RFoG | <ul style="list-style-type: none"> o 2010년 RFoG 시범망 구축을 위한 Fiber Deep 기술 분석 및 성능 검증 |
| | 하이브리드 STB | <ul style="list-style-type: none"> o 국내 최초 3D VoD 서비스가 가능한 하이브리드 방식의 디지털케이블 STB 개발 o 디지털케이블 방송과 DOCSIS 3.0기반 IPTV 서비스 동시 제공 |

또한, 케이블 기반의 기가인터넷 서비스의 상용화를 위한 전단계로 양천, 부산 등 주요 지역의 약 730여 가구 선정하여 시범서비스를 진행함으로써 개발된 기술의 안전성을 검증하고, 향후 상용서비스 도입시 이용자의 만족도 등에 대한 사전 검토를 추진하였다.

[표 R-4] CJ컨소시엄의 시범서비스 현황

| 구 분 | 지 역 | 2009 | 2010 | 계 | 적용기술 |
|---------------|-----|------|------|-----|-----------------------|
| 지역별 모집 가구수 | 양천 | 220 | 83 | 303 | DOCSIS 3.0 WiFi |
| | 부산 | 130 | 0 | 130 | DOCSIS 3.0 |
| | 은평 | - | 253 | 253 | RFoG(택내형) |
| | 부천 | - | 40 | 40 | RFoG(옥외형) HFC WiFi |
| 계 | | 350 | 376 | 726 | |

※ CJ헬로비전은 시범사업과 별도로 2010년 200Mbps급 상용서비스 출시