기가 인터넷 서비스 제공을 위한 G.996X 기반의 동선 전송기술

정인택 ㈜KT 인프라연구소 책임연구원
박노욱 ㈜KT 인프라연구소 책임연구원
박형진 ㈜KT 인프라연구소 팀장
박경용 ㈜유비쿼스 기술기획그룹 상무
임성일 ㈜유비쿼스 기술기획그룹 차장

1. 머리말

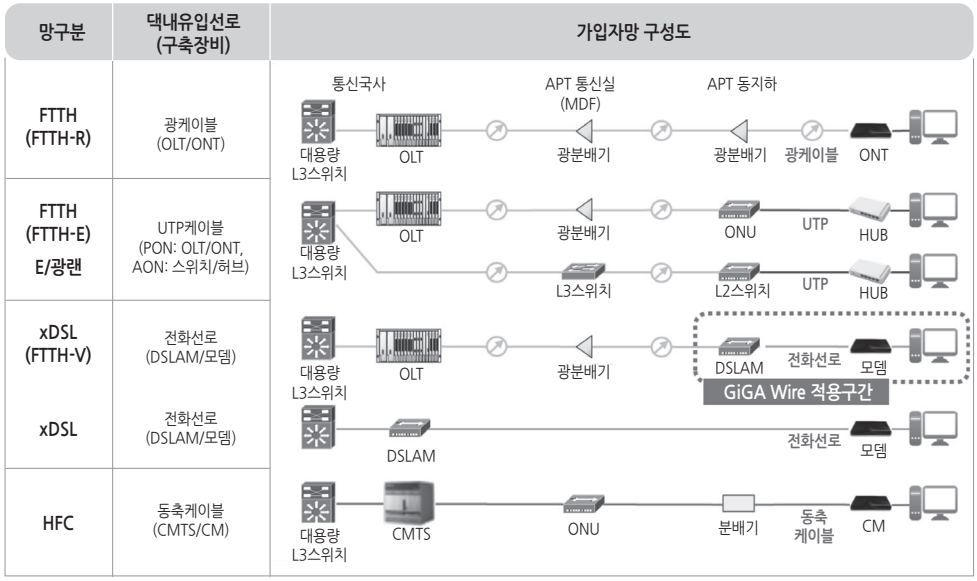
최근 스마트폰, 스마트 TV, UHD IPTV 등 네트워크기반 서비스 단말 대중화로 고품질, 고용량 멀티미디어 콘텐츠 수요가 급격히 증가하고 있는 추세이다. 이에 따라 기존의 인터넷 환경도 100Mbps를 넘어 1Gbps급 인터넷 서비스(기가 인터넷) 환경으로 점차 고도화되고 있다.

정부 또한 기가 인터넷 전국 확대를 통한 네트워크 강국의 입지 강화를 위해 2009년부터 '기가 인터넷 선도시범사업'을 추진하고 있으며, 2017년까지 85개시 대상 기가 인터넷 커버리지 90% 달성을 목표로 기가 인터넷 네트워크 장비, 서비스 단말, 응용서비스 등 기반기술 확보를 이끌고 있다.

국내 기가 인터넷 서비스는 지난해 통신사업자의 전국 상용화를 기점으로 기가 인터넷 상용가입자, 커버리지 확대를 위해 경쟁적으로 추진되고 있다. 현재, 기가 인터넷 서비스는 공동주택 및 단독주택의 구내/댁내 배선환경이 광케이블, UTP 선로로 구성되어 있는 환경을 중심으로 추진되고 있으며, 전화선 및 동축케이블 대상으로 기가 인터넷을 제공하기 위한 다양한 기술들이 시도 및 일부 적용되고 있다.

이러한 기가 인터넷 서비스 제공기반 확대를 위하여 본고에서는 전화선에서도 기가급 인터넷 서비스를 제공할 수 있는 국제표준(ITU-T)인 'G.996X 기반의 동선 전송기술'(이하 GiGA Wire로 명칭)을 소개한다.

현재, 전화선 기반의 최신 전송기술은 VDSL2 기술로 최대 100Mbps 속도의 인터넷 서비스를 제공하고 있다. 이러한 서비스 속도 한계를 극복하기 위해 정부의 '기가 인터넷 선도시범사업'을 통하여 국내 통신사와 장비 개발사가 협력하여 전화선에서도 기가급 속도를 제공할 수 있는 전송기술 및 관련



[그림 1] 국내 인터넷 가입자망 구성도

장비를 개발하게 되었다.

국내 초고속 인터넷 서비스 제공을 위한 전송 선로는 광케이블, UTP cat5/5e, 전화선 및 동축케이블로 구성되어 있으며, 제공방식에 따라 [그림 1]에서와 같이 FTTH-R, FTTH-E, FTTH-V, xDSL 그리고 HFC 방식으로 분류될 수 있다. 이 중 FTTH-R, FTTH-E와 FTTH-V 방식은 통신국사에서 가입자 밀집지역(아파트 동 지하)까지 광케이블을 통해 연결되고, 아파트 내에 기 구축된 구내/댁내 배선 환경에 따라 광케이블(FTTH-R), UTP(FTTH-E), 전화선(FTTH-V)에 따라 제공방식이 달라진다.

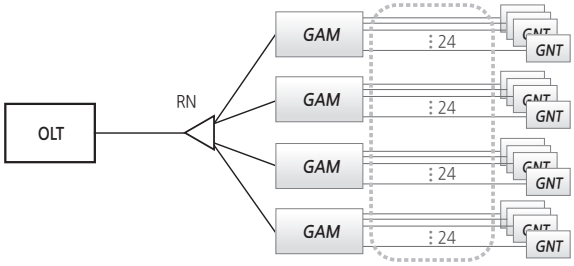
본고에서 소개하는 동선기반 전송기술(GiGA Wire)은 [그림 1]에서 표기한 FTTH-V 방식을 대상으로 개발되었으며, 전화선보다 우수한 특성을 갖는 UTP 환경 즉, FTTH-E 방식에 적용할 경우 훨씬 높은 전송속도를 제공할 수 있다.

이 전송기술은 2015년 6월 TTA 주관 표준총회에서 국내표준으로 승인되었으며, 국제표준화기구인 ITU-T의 Technical Paper로 등록되었다.

2. 기술 개요

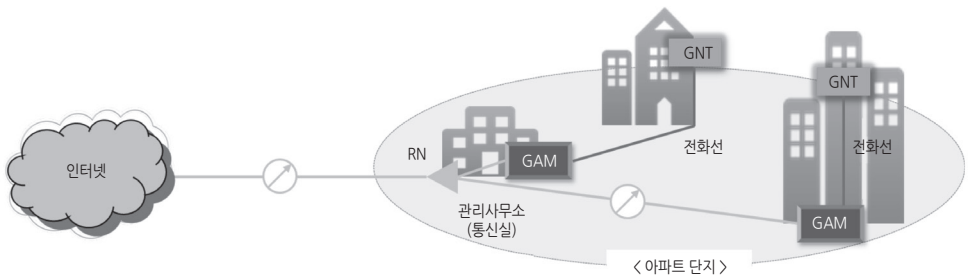
GiGA Wire 기술은 홈네트워크 국제표준인 ITU-T G.996X 시리즈 규격(G.hn)을 기반으로 하며, 여러 쌍으로 구성된 전화선 다발(25pairs, 100pairs 등) 환경에서 다발 내에 존재하는 인접 선로의 가입자 신호에 의한 간섭신호(Crosstalk)를 제거 및 완화할 수 있는 기술, 전화선 양 종단 장비 간 접속을 위한 Auto-pairing 기술 등을 포함하고 있다.

홈네트워크 표준기술인 G.hn(Gigabit Home Network)은 3가지 전송매체(전화선, 동축케이블, 전력선)에 적용하기 위하여 정의되었으며, 이 기술을 기반으로 하는 GiGA Wire 기술은 전화선 전송매체에 최적화하게 개발되었다.



GiGA Wire 적용구조	구성 요소	설치 장소
	OLT (Optical Line Terminal)	통신국사
	GAM (G.hn Access Multiplexer)	구내 (아파트 단지 내)
	GNT (G.hn Network Terminal)	댁내 (가입자 댁내)

[그림 2] G.996X 기반의 동선 전송기술의 서비스 구성도



[그림 3] GiGA Wire 적용 사례

2.1 서비스 구성도

본 기술을 적용한 서비스 구성은 [그림 2]와 같이 아파트 구내에 위치하여 가입자 신호들에 대해 집선 역할을 수행하는 GAM(G.hn Access Multiplexer)과 댁내에 위치하여 서비스 단말과 연결되는 GNT(G.hn Network Terminal)로 구성된다. 그리고 기존 PON(Passive Optical Network) 구조에 적용될 경우 [그림 2]와 같이 상위단 OLT (Optical Line Terminal)와 연결되어 서비스된다.

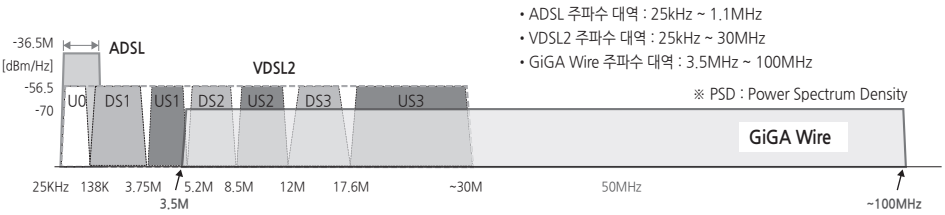
국내 아파트의 구내 및 댁내에 포설되어 있는 전화 선로로는 CPEV, Form Skin(F/S), TIV가 대부분이며, 최근 구축된 아파트의 경우 UTP 케이블로 포설되어 있다.

본 기술 또한 국내의 모든 전화선로에 적용하여 인터넷 서비스를 제공할 수 있으며, [그림 3]은 대표적인 적용 사례이다.

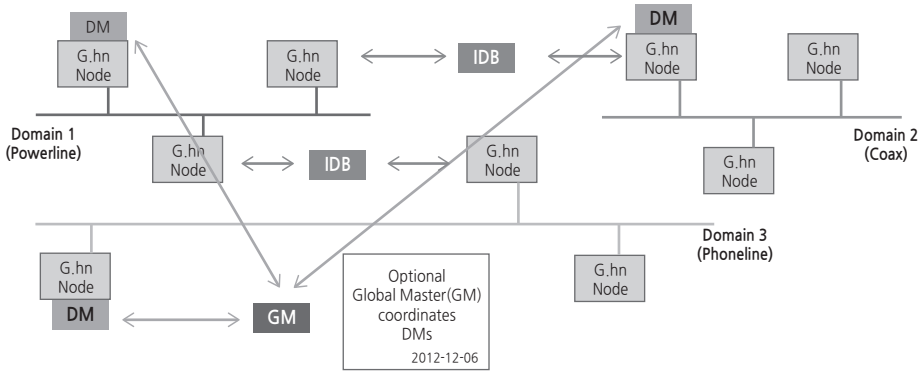
2.2 Band-Plan

G.996X 기반 동선 전송기술은 ITU-T G.9961의 Band-Plan을 준용하고 있으며, 기존 전화선 기반 전송기술들과 비교하여 [그림 4]에 도시하였다.

그림에서 ADSL 주파수 대역과는 중첩되지 않아 상호 간 간섭이 없으나 VDSL 주파수 대역에서는 2MHz~30MHz 구간에서 중첩이 존재하여 상호 간 간섭이 발생하게 된다. 이를 해결하기 위하여 기존 VDSL과 같은 번들 선로를 공유하는 GiGA Wire 및 신규 도입 장비는 기 설치된 VDSL 장비에 간섭을 최소화하도록 VDSL 주파수 대역에 대해 PSD를 낮추어야 한다.



[그림 4] 전화선 기반 인터넷 전송기술의 주파수 대역



[그림 5] G.hn 네트워크 구조

2.3 G.hn 프로토콜 스택

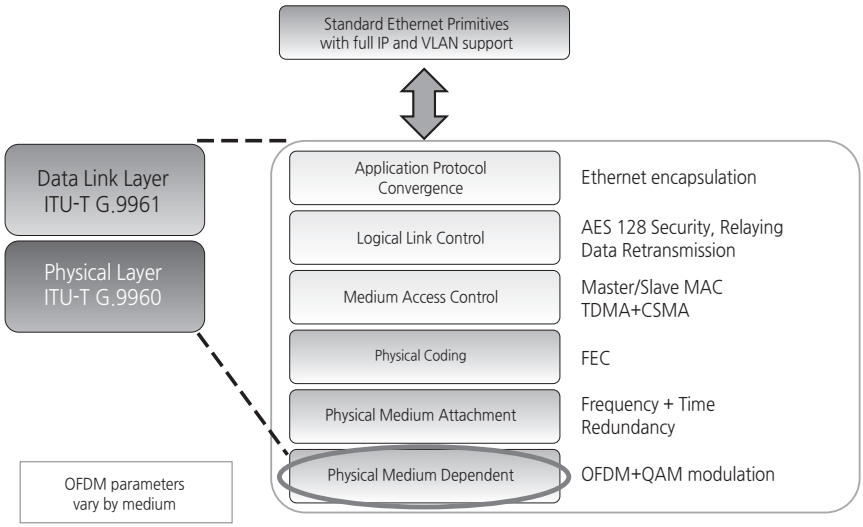
G.hn은 OSI 모델의 물리계층(G.9960)과 데이터 링크계층(G.9961)에 대한 표준으로 G.hn 네트워크는 홈 네트워킹 내에서 Domain Master에 의해서 관리되는 여러 Domain으로 구성될 수 있다. IDB(Inter Domain Bridge)는 서로 다른 Network Domain을 bridging 하는 역할을 수행한다.

G.hn Data Link Layer(3개 하위 계층으로 구성)

- APC(Application Protocol Convergence) Layer: 상위 계층(Application Entity)으로부터 이더넷 형태의 프레임을 수신하여 G.hn APDUs(APC Protocol data units)를 구성하는 역할을 수행하며, 각 APDU 최대 payload는 214bytes로 구성된다.
- LLC(Logical Link Control)는 encryption, aggregation, segmentation과 ARQ 기능을 수행하며, 직접 접속을 할 수 없는 노드들 사이에서는 relay 역할을 한다.
- MAC(Medium Access Control)는 Channel Access를 스케줄링한다.

G.hn physical layer(3개의 하위 계층으로 구성)

- PCS(Physical Coding Sub-layer)는 PHY header를 생성한다.
- PMA(Physical Medium Attachment)에서는 scrambling과 FEC 기능을 수행한다.
- PMD(Physical Medium Dependent)는 Adaptive bit-loading과 OFDM 변조를 수행하며, G.hn 프로토콜 스택에서 유일하게 하드웨어 종속적인 계층이다.



[그림 6] G.hn 계층별 역할

2.4 GiGA Wire 시스템 구성 및 동작 원리

G.hn 기술을 적용한 GAM 및 GNT로 구성된 시스템 및 동작원리는 [그림 7]과 같다. 그림에서 Coordinated G.hn 네트워크(GN)는 G.hn 도메인 간 상호 간섭을 최소화하기 위해 데이터 전송 시 여러 G.hn 도메인들이 서로 중재되는 네트워크로 정의된다.

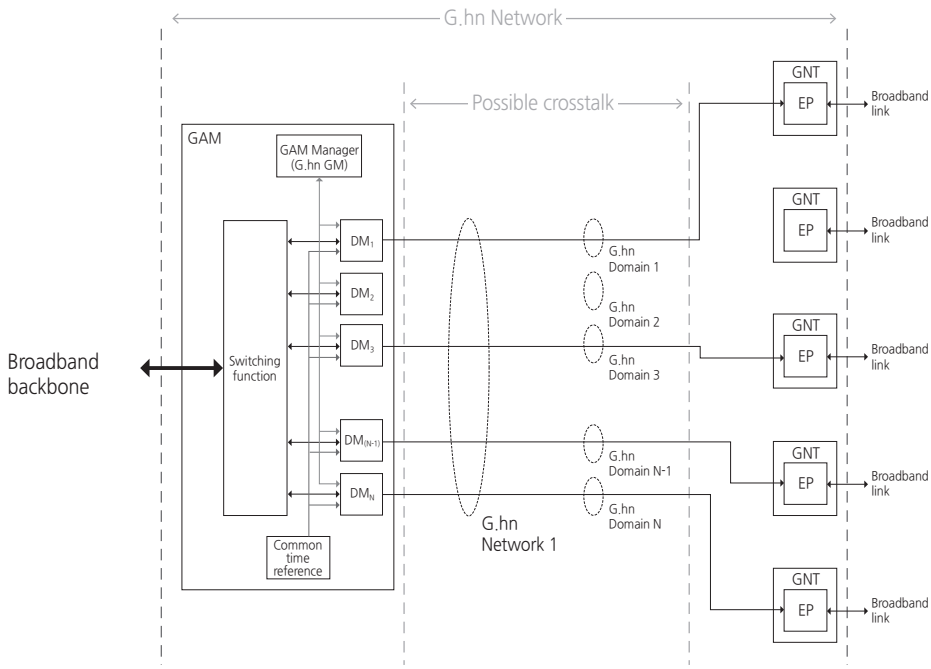
서비스 제공 환경에 따라 GAM 기능은 물리적으로 여러 개의 GAM 장비로 구성될 수 있다. 예를 들어, 48 포트를 하나의 Coordinated G.hn 네트워크로 구성할 경우 실 제품 형상으로 24 포트의 GAM 두 대로 구성될 수 있다. 이 경우, 반드시 Coordinated G.hn 네트워크를 구성하는 GAM들은 상호 라인 간섭을 최소화하기 위해 동일한 클럭에 동기되어야 한다.

그리고 Coordinated G.hn 네트워크를 구성하는 각 G.hn 도메인은 서로 독립적으로 동작하며, G.hn GM(Global Master) 기능을 수행하는 GAM Manager에 의해 관리 또는 제어될 수 있다.

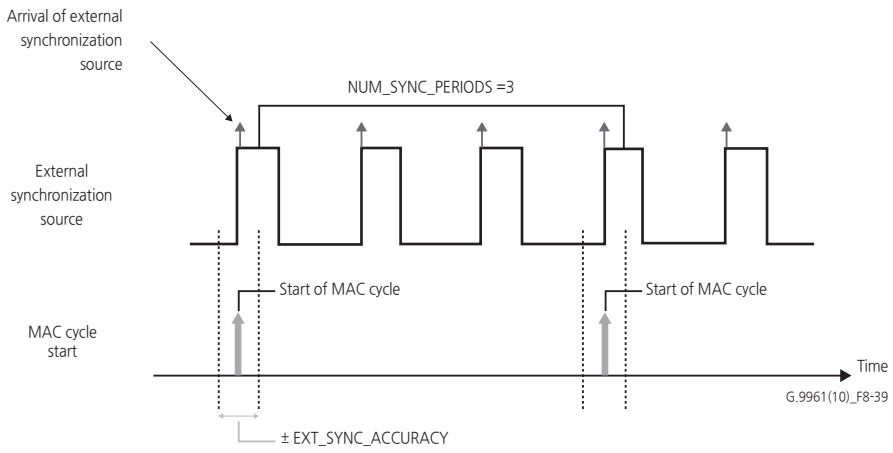
GAM Manager는 Coordinated G.hn 네트워크에서 G.hn 도메인 Global Master 역할을 수행하며, 상호 간섭을 줄이기 위해 DM(Domain Master)의 설정 값들을 조정하는 기능을 수행한다.

[그림 8]은 ITU-T G.9961의 외부 클럭 소스를 이용한 MAC Cycle 동기화 방법이다. G.hn 도메인 동기화를 위해서는 Coordinated G.hn 네트워크를 구성하는 각 DM은 동일한 MAC Cycle 시작점을 유지하여야 하며, 동기화 클럭은 GAM이 생성하는 외부 클럭을 공통으로 사용한다. 또한, MAC Cycle 파라미터 값으로 각 DM은 NUM_SYNC_PERIODS은 '1'로 EXT_SYNC_ACCURACY는 '2μs'로 하며, MAC Cycle Length는 40ms를 권고한다[2]. 만약, GAM 기능이 물리적인 여러 장비로 구성될 경우 모든 장비에서 동일한 외부 클럭 소스를 참조할 수 있는 메커니즘을 포함하여야 한다.

Coordinated G.hn 네트워크에서 각 G.hn 도메인의 상·하향 전송은 [그림 9]와 같이 동일한 타임 슬롯에 전송되어야 G.hn 도메인 상호 간 간섭을 최소화할 수 있으며, 각 G.hn 도메인의 MAP(Media



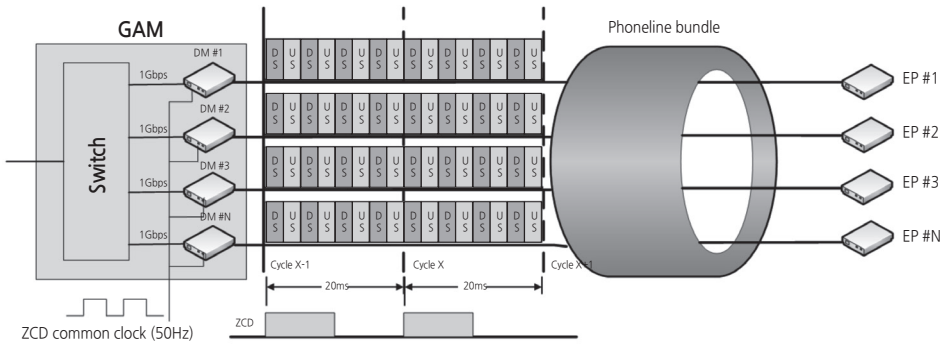
[그림 7] Coordinated G.hn 네트워크 구조



[그림 8] 외부 클럭 소스를 이용한 MAC Cycle 동기화 방법

Access Plan) 정보는 DM과 통신을 하여 조정한다[1].

Coordinated G.hn 네트워크를 구성하는 각 G.hn 도메인의 MAP-A는 하향을 전송한 이후 상향을 전송하도록 타임 슬롯을 할당한다[1]. GAM Manager는 정확하게 각 G.hn 도메인의 상·하향 전송 시작과 끝 시점을 각 G.hn 도메인에 대해 동일하게 조정한다.



[그림 9] 상·하향 전송 스케줄링

2.5 경쟁기술과 비교 (G.fast)

G.fast는 250m 미만 거리에서 150Mbps~1Gbps 속도를 목표로 표준화 된 DSL 기술로 ITU-T G.9700(PSD 규격), G.9701(PHY 규격)에 대해 각각 2014년 4월, 8월에 표준화가 완료되었다.

G.fast의 기술적 특징은 Self FEXT Canceller 기능을 수행하는 Vectoring 기술로 단일 장비(DSLAM)에 접속되어 전화선 다발 내에서 발생되는 가입자 단말(Modem) 간 간섭신호 중 원단누화(FEXT) 성분을 제거할 수 있다.

그러나 국내 전화선 기반 공동주택의 인터넷 서비스 환경과 같이 전화선 다발 내에 몇 개의 통신사가 서비스를 제공하는 경우 적용이 어려워 기술적 한계가 존재한다.

GiGA Wire와 G.fast 기술에 대한 세부적인 기능/규격 비교는 〈표 1〉과 같다.

3. G.hn 표준화 동향

G.996X 기반 동선 전송기술(GiGA Wire)은 ITU-T SG15에서 제정한 G.hn 표준을 준용하고 있으며, [그림 10]과 같이 2010년 ITU-T G.996X에 대해 표준 완료되었다.

또한, 2015년 6월 TTA 주관 표준총회에서 GiGA Wire가 국내표준으로 승인되었으며, 7월에는 스위스 제네바에서 진행된 ITU-T SG15 정기회의에서 GiGA Wire에 대한 ITU-T 기술문서(Technical Paper)가 승인되었다.

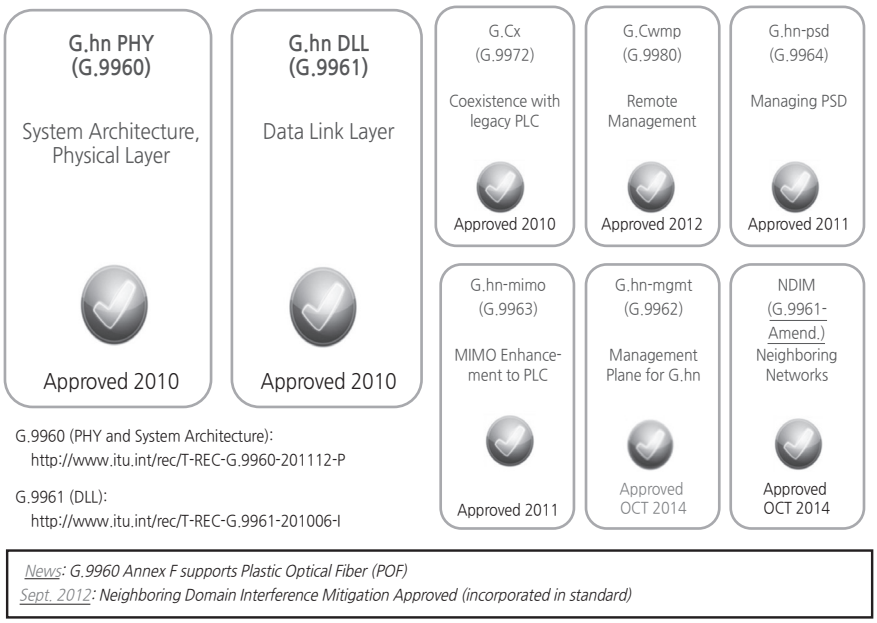
국가 방송통신설비의 기술기준을 제/개정하는 미래창조과학부 국립전파연구원에서는 한국전자통신연구원, 통신사업자, 제조업체, 지정시험기관 등의 전문가로 구성된 연구반을 구성하여 GiGA Wire를 국가 기술기준으로 제정 중에 있으며, 빠르면 2015년 3Q에 승인될 예정이다.

4. 기술 로드맵

GiGA Wire는 기존 시스템에 VectorBoost™ 라는 소프트웨어 알고리즘을 새로 적용하여 하드웨어 변경없이 1Pair 전화선 환경에서도 500Mbps 이상의 서비스 속도를 제공할 계획이다. 핵심기술인 VectorBoost™는 번들 상에 다수의 포트가 연결되어 있을 때 각 포트의 트래픽을 모니터링하여 트래픽이 없는 포트는 송신 스펙트럼을 낮추거나(Dynamic Spectrum Management) 출력신호를 송신하지 않거나 최소화(Discontinues Operation)하여 간섭을 최소화

<표 1> GiGA Wire와 G.fast 기능/규격 비교

항 목	G.fast	GiGA Wire
주파수 대역	2~106MHz(2048 subcarriers)	2~100MHz(2048 subcarriers)
PSD 출력	-65dBm/Hz 이하	-70dBm/Hz 이하
상/하향 전송방식	TDD(Time Division Duplex)	TDD(Time Division Duplex)
변조방식	OFDM@51.75kHz tone-spacing	OFDM@48.8kHz tone-spacing
FEC	Reed-Solomon	LDPC
Crosstalk management	Vectoring (optional)	VectorBoost(optional)
셋업 시간	serval minutes	3~5 seconds
Max line rate	1Gbps	1Gbps
국제표준	G.970x@ITU-T SG15(2014. 12월) 승인	G.996x @ITU-T SG15(2010년) 승인



[그림 10] G.hn suits of Standards

함으로써 송신 속도 성능을 높이는 기술이다.

또한, GiGA Wire의 차기 기술인 GiGA Wire 2.0은 200MHz 프로파일을 적용, 실제 인터넷 속도 1Gbps 이상의 성능을 낼 수 있는 기술로써 2016년 출시될 예정이다. 이러한 지속적인 성능 개선을 통해 GiGA Wire 기술은 타 기술에 비해 선도적 기술 우위를 가질 수 있을 것으로 예상되고 있다.

이처럼 국내 액세스 네트워크는 기존 네트워크 인프라를 최대한 활용하면서 기가급 속도를 제공하는 방향으로 발전해 나갈 것이다. 이런 기술 트랜드는 통신사업자에게는 기가서비스 고도화에 따른 투자비 절감 효과를 볼 수 있으며, 광선로 포설이 되지 않는 낙후 지역에서도 기가급 서비스 제공이 가능한 효과를 기대할 수 있다.

5. 맺음말

본고에서는 G.hn 기술의 개요, 표준화 동향, 기술 로드맵에 대해 고찰해 보았다. 유선 통신 분야에서 드물게 국내에서 개발을 주도한 GiGA Wire는 브로드밴드 기가급 액세스 기술로 당당히 최신 기술의 한 축을 차지하였다.

국내 동선 기반 액세스 네트워크 환경을 고려한 GiGA Wire는 다양한 기술적 시도 및 현장 시험을 통해서 높은 기술적 완성도와 충분한 검증이 이루어졌다. 이 기술은 현재 정부 및 통신사업자들이 중점적으로 추진하고 있는 기가 인터넷 보급 활성화에 큰 역할을 할 수 있는 기술이며, 글로벌 동선 기반 인터넷 시장에서도 그 효용 가치가 매우 크다고 할 수 있다.

[참고문헌]

[1] ITU-T G.9960 Unified high-speed wireline-based home networking transceivers
System architecture and physical layer specification (2010)

[2] ITU-T G.9961 Unified high-speed wireline-based home networking transceivers
Data-link layer specification (2010)

[3] ITU-T G.9964 Unified high-speed wireline-based home networking transceivers
Power spectral density specification (12/2011)

[4] A FTTdp White Paper : Accelerating Gigabit Broadband by Adtran

[5] 'Giga 인터넷 기반의 고품질 영상 전달서비스 구현 동향', 정보통신산업진흥원, 2012.06

[6] '해외 ICT 표준화 동향', 한국정보통신기술협회(TTA), 2013.05

[7] http://www.itu.int/net/pressoffice/press_releases/2013/30.aspx#.Ue2EKqwyjv1

[8] http://www.marvell.com/company/news/pressDetail.do?releaseID=5077, 2014.02

정보통신 용어해설 http://terms.tta.or.kr, 앱(정보통신 용어사전)

주파수 배타적 지역 spectrum exclusion zone

주파수를 공동으로 사용하지 않고 특정 사용자만 독점적으로 사용할 수 있는 권리를 갖는 지역.
고정 레이더와 같이 특정 지역에서만 사용되는 경우에 이러한 주파수 정책을 적용할 수 있다. 주파수의 배타적 사용과 반대되는 개념은 동일 지역에서 시간 또는 공간적으로 나누어, 복수의 사용자가 사용하거나 또는 다른 서비스를 제공하는 주파수 공동 사용이 있다.