

통방통합 유선전송망의 디지털 전환을 위한 전송망구조에 관한 연구

성 용 석, 진 용 옥
한국경제TV, 경희대학교 정보통신대학원
전파통신방송시스템 전공
zenithys@freechal.com

A Study on integrated to communication and broadcasting cable telecommunication Structure for Digital Conversion

yong-seok Sung
Korea Business TV, KyungHee University Graduate school of
information and Communication

.정보통신 기술의 발달과 디지털 방송의 시작, 뉴미디어의 출현으로 인한 통신과 방송의 융합은 가속화 되고 있다. 또한 2010년 까지 광대역통신망 BcN과 홈네트워크 구축을 위한 정부정책이 실행 중에 있다. 100Mbps의 전송속도를 구현해야 하는 광대역 통신망(BcN)을 위해 기존 인터넷 백본¹⁾망은 잘 구축이 되어 있으나 가입자까지의 망 구조에 많은 문제점을 앓고 있다. 기존 전화국을 이용한 XDSL과 지역 SO를 활용한 Cable Modem의 경우 병목현상과 이론상 속도 또한 BcN과 통방통합이 요구하는 50~100Mhz의 전송속도를 만족하지 못한다. 새로운 망 구조를 구축하기 위해 많은 비용과 시간의 소요가 예상된다. 가입자 망 구축에 따른 많은 방법과 이론이 제시되고 있다. 본 논문에선 지역SO를 활용하여 가입자 까지 망을 통방통합과 BcN에 적합한 가입자 망을 새롭게 구성하는 것을 목표로 한다. 먼저 지역 SO의 망을 활용하기 위해선 기존 KT와 파워콤의 GOF(Glass Optical Fiber)망과 지역 케이블 SO의 HFC 망을 이용하기에는 동축케이블 망의 물리적 특성에 따른 한계로 통방통합과 BcN에 부적합하다. Tree And Branch 구조의 HFC망 대신 SMF²⁾의 기존 SO의 자가망을 새롭게 설계하고 광분배망 기술인 E-PON³⁾방식을 접목시켜 최대한 동축망을 사용하지 않고 굴곡 특성에 약한 GOF⁴⁾의 특성을 극복하기 위해 POF⁵⁾망을 이용하여 맥내 홈게이트웨이까지 연결하는 방식으로 지역SO를 거점으로 활용하여 맥내까지 FHHT와 홈 네트워크까지의 가입자 망을 새롭게 구성하고자 한다.

1. 서론

디지털 텔레비전의 시작과 정보통신기술의 발달로 인한 뉴미디어에 출현으로 통신과 방송의 융합은 점차 가속화되고 있다. 또한 정부의 홈네트워크 구축 정책과 광대역 통신망(BcN) 구축 정책이 맞물려 유선전송망의 활용에 대한 관심이 높아지고 있다.

1992년 시범서비스를 시작으로 1993년 본방송이 서비스된 케이블TV는 크게 NO(Network Operator) SO(System Operator) P.P(Program Provider)로 사업자가 구분되어있다. 이중 지역 SO에서 가입자까지 구성된 망인 HFC망을

이용한 케이블모뎀은 현 인터넷서비스 가입자의 46%를 점유하고 있으며 1200만 케이블TV 가입자들은 모두 지역 SO의 HFC망을 활용하여 TV 시청을 하고 있다.

현 HFC 망의 경우 GOF(Glass Optical Fiber)망은 Star형 구조, Coaxial 망의 경우 Tree And Branch 구조의 망을 사용하고 있다. Tree And Branch 구조의 경우 중앙망에서 지선, 간선망을 거치며 데이터 손실과 손실에 따른 증폭, 증폭에 따른 노이즈 발생과 화질열화 그리고 인터넷 서비스의 경우 적은 대역폭으로 인터넷속도 저하와 많은 가입자가 사용할 때 병목현상이 나타나는 단점이 있다. 현 HFC망의 경우 하향 전송속도가 6Mhz 대역폭에서 64QAM의 경우 27Mbps 이고 256QAM의 경우 40Mbps로 정부의 BcN 구축 정책 50~100Mbps에 크게 미치지 못하며 Cable TV Cannel 또한 54 ~ 750Mhz로 105개의 채널 밖에 수용 할 수밖에 없다. 2010년까지 아날로그 TV와

1) Back Born
2) SMF : Single Mode Fiber
3) E-PON : Ethernet Passive Optical Network
4) GOF : Glass Optical Fiber
5) POF : Plastic Optical Fiber

디지털 TV를 모두 수용하여 전송해야 하는 케이블 TV의 경우 Cable channel 수용 대역폭에 한계를 느낄 것이다. 또한 각종 상향신호를 이용한 양방향 서비스 대역이 디지털 TV 대역과 공용으로 하고 있어 대역폭의 한계는 더욱 더 느낄 것이다. HFC망의 대역폭을 3Ghz까지 늘릴 수 있는 기술이 상용화 단계에 있다고 하지만 1 Cell 당 가입자 수를 현재 500가구에서 더욱 줄여야 한다는 조건이 붙어 있다.

또한 지역 전화국을 주로 이용하는 VDSL 또한 최대 52Mhz 까지 전송속도가 나올 수 있으나 짧은 구간과 병목현상으로 사실 상 BcN 구축을 위한 속도를 만족할 수 없다. 즉 광대역 통합망과 통방통합 서비스를 하기 위한 망구조는 백본망 보단 가입자 까지의 망 구조에 문제가 있다는 결론을 내릴 수 있다. 이러한 가입자 까지의 망구조를 개선 하기 위해 많은 방법이 있겠지만 현재 전국 전역에 지역마다 있는 SO의 자가망을 활용하는 방법이 가장 효율적인 방법이라고 생각한다. SO의 자가망을 활용하기 위해선 수지성형망⁶⁾인 동축케이블 망의 한계를 극복해야 한다. 동축케이블의 물리적 특성과 선로특성으로 인한 한계로 광대역통신망과 통방통합 유선전송망으로 부적합하며 새롭게 표준화가 추진되고 있는 광분배망 기술 EPON을 적용하여 최대한 맥내 근처까지 광을 분배 한 후 광섬유 망이 도달하지 못하는 곳에는 굴곡특성이 좋은 POF망을 결합하여 맥내까지 FTTF를 구성하고 향후 늘어날 케이블TV의 대역폭 확장에 영향을 받지 않는 가입자 망을 구성하는 것을 목표로 한다.

2. 현 유선전송망의 개요 및 구조 및 한계

2.1 Cable 전송망의 구성

유선전송망은 크게 센터계, 전송계, 단말계로 구성되어 있으며 센터계는 유선방송 사업의 방송국 사업자에 해당하는 부분으로 정부의 허가를 받은 특정지역에 대한 독점 공급권을 가지고 프로그램 공급자의 프로그램 및 지상파, 위성방송 등을 독자적으로 수신하고, 광고 및 지역특성에 맞는 자주방송을 복합 편성하여 가입자에게 전송하는 역할을 한다. 주요설비는 수신설비, 스튜디오설비, 조종실설비, 조명설비, 헤드엔드설비 등으로 구성되어 있다.

전송계는 초기 유선방송 시스템의 전송계는 동축케이블로만 구성되었으나, 유선방송이 광역화되고 멀티미디어 전송 및 새로운 부가서비스를 수행하는 뉴미디어 전송매체의 역할을 수행하게 됨에 따라 신호의 광역전송을 위하여 광전송 설비가 도입되었고, 현재의 HFC⁷⁾ 형태의 전송망으로 구성되어 있다. 주요설비로는 증폭기, 분배기, 분기기, 방향성 결합기, 광송수신기로 구성되어 있다.

단말계는 방송국 사업자의 사업 영역으로 가입자의 가입

6) 수지성형망: Tree and Branch 구조의 동축케이블 망 형태
7) HFC: Hybrid Fiber Coaxial 광동축 혼합망

요청시 전송계의 인입선과 함께 시설되어 시청이 가능토록 하는 설비 영역이다. 주요설비로는 구내선, 컨버터, 가입자 장치가 있다.

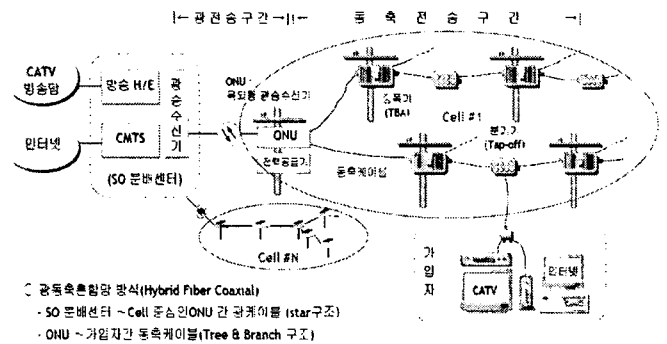


그림 1 케이블 전송망의 구조

SO에서 출발한 GOF 광전송 구간은 ONU를 거쳐 Coaxial 망으로 바뀌게 되고 Coaxial 망은 다시 Tree And Branch 구조로 지선망, 간선망으로 맥내에 인입하게 된다.

현재 SO의 Star형의 GOF망은 기존 파워콤과 KT망을 활용하면서 SO 자체의 자가 GOF망을 점차 늘려가고 있으며 한강SO의 경우 자가망과 기존 파워콤 망을 합쳐 90개 GOF망으로 영등포 지역을 90개의 Cell 단위로 나누고 있다. 한 Cell 당 가입자는 500세대를 기준으로 하고 있다. 한 Cell 당 500세대는 일반 주택 1Km 미만이며 아파트 단지의 경우 거리는 더욱 짧아진다.

HFC망 구성장치

구분	분배센터 ~ ONU	ONU ~ TAP	TAP ~ 가입자 단말장치
형태	Star형	Tree&Branch	Tree&Branch
주파수대역	상향: 5~205MHz 하향: 54~750MHz	상향: 5~42/65MHz 하향: 54/89~750MHz	각종
대역분류	수직이분 (Cell당 1~2코아 사용)	동축케이블 (구경: 12C(17C))	동축케이블(인입선) (구경: 5C(7C))
전송장치 (증폭, 수동)	• 광송수신기 • RF 신호 결합기/분배기 • 광송수신기 • 광분기기 • 유선 광송수신기(ONU)	• RF 신호전송장치 • 증폭기(TBA) • 분기기(Tap-off) • 분배기, 방향성결합기 • 전력선전 장치 • 직렬공급기 • 전력압입기	• 사향입터(같은계거용)
서비스용 장비	• 인터페이스 • CMTS • Router(Switch) • Upconverter	-	• 케이블모뎀(CM) • 컨버터(CATV)
인입 및 인리구제	가리움(방사열간-NO)	가리움(방사열간-NC)	• CATV: 지역방송국-SG • 인터넷: 인터넷사업자-ICP

그림 2 HFC망 구성장치

2.2 Cable 전송망의 주파수 대역과 전송속도

Cable 전송망의 주파수 대역은

상향 5Mhz ~ 42Mhz

하향 54Mhz ~ 750Mhz을 사용하고

이중 54Mhz ~ 450Mhz구간은 아날로그 CATV용으로 사용하며

440 ~ 552Mhz는 인터넷 서비스용

552 ~ 750MHz 대역은 디지털 CATV와 부가서비스 용으로 사용한다.

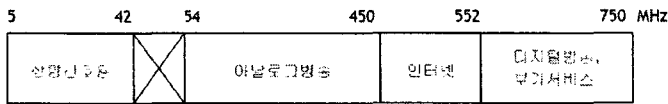


그림 2 케이블 망 대역폭 구성

DOCSIS⁸⁾ ver1.0 모뎀 변조방식에 따른 전송속도는 하향의 경우 6Mhz 대역에서 변조방식이 64QAM일 경우 27Mbps이며 256QAM 일 경우에 40Mbps 전송속도를 나타낸다. 상향의 경우 16Mhz 대역폭에서 QPSK 변조방식 일 때 2.5Mhz 전송속도가 나오며 16QAM일 경우 5Mbps의 전송속도가 나온다⁹⁾

DOCSIS 모뎀 변조 방식에 따른 전송속도

구분	하향		상향	
	6Mhz		1.6Mhz	
변조방식	64QAM	256QAM	QPSK	16QAM
전송속도	27Mbps	40Mbps	2.5Mbps	5Mbps

통방통합과 광대역통신망에 만족할 수 있는 1Ghz 이상의 대역폭과 50 ~ 100Mbps 전송속도를 만족하지 못한다.

참고로 HFC망의 채널용량의 계산식은

Channel Capacity : Shannon Channel Capacity : Shannon-Hartley, 1948에 의해

$$C = W * \log_2(1 + S/N) \text{ bps}$$

이며 W(대역폭):채널에 보낼 수 있는 최대심볼(펄스)수 (W symbols/sec)으로 계산된다.

2.3 HFC 망 영향을 주는 요인

HFC망의 영향을 주는 요인들은 임피던스 정합, 왜곡, 정재파비, 곡률반경, 반사손실, 정전차폐, 전자차폐, 전파지연 등의 영향을 받는다.

2.3.4 HFC 전송망의 구간별 이득

광 구간 Link Budget

가. 전송거리 산출

- 장치 간 최대 중계거리는 다음과 같이 산출한다.
 $L(km) = (Gs - Mc - NcLc - NsLs - Lj) / Lf$ L(최대 중계 케이블길이)

Gs(시스템이득) Mc (환경 마진, dB)
 Nc(콘넥타 사용수량) Lc(콘넥터손실(개소)) Ns

8) DOSIS : Data Over Cable System Interface Specification
 9) 인용 HFC망 현황과 기술. KRnet 2004 Powercom 기술연구소

(케이블 접속개소)

Ls(케이블접속개소 손실)

Lj(국내점퍼케이블손실,dB)

Lf(광섬유케이블손실특성,dB/km)

나. 광 구간 Link Budget 계산

광입력(dBm) = 광 출력(dBm) - 전송로 손실(dB) - 환경마진 = 광 출력(dBm) - (케이블손실 + 접속손실 + 콘넥터손실 + 분배손실+ a) - 환경마진
 으로 계산한다.

다. 계산 Characteristics

케이블거리, 분배 컨넥터, 커플링 등에 대한 감쇄특성은 다음과 같다.

- 1) Cable Loss : 0.35dB / Km @1310nm, 0.25dB / Km @1550nm
- 2) Splice Loss : 0.05dB / Km (fusion splices)
- 3) Connector Loss : 0.25dB / 개소(set)
- 4) Coupling Loss : splitter = $10\log(\text{출력 단자수}) + 0.6$
 coupler = $10\log\{\text{분배비}(\%)/100\} + 0.6$
- 5) Sag & storage : 4% to fiber cable length

위와 같은 특성으로 서울시 영등포 한강SO를 표본으로 정해 조사해 본 결과 ONU 이 후 20m에 한번씩 증폭기를 설치하고 있었으며 빌딩이나 아파트의 경우 5C Coaxial망 인입 후 5층 마다 한번 씩 증폭기를 설치하고 있다. 잦은 증폭기의 설치에 따라 Noise 또한 같이 증폭되기 때문에 화질의 열화를 피할 수 없으며 Tree And Branch 구조상 한 ONU에 다수의 지선, 간선망을 사용하는 인터넷 가입자가 몰릴 경우 병목현상을 피할 수 없다.

3. 광분배망 기술 EPON의 접목

기존의 SO의 자가망을 활용하면서 맥내까지 동축케이블을 최대한 사용하지 않으면서 도달하기 위해 EPON 광분배 기술을 접목 시켰다.

3.1 EPON의 개요

PON¹⁰⁾ 기술은 송신 장비(OLT)에서 그룹형 수신 단말(ONU) 또는 가정용 수신 단말(ONT)에 이르는 전 구간을 순수 광케이블망으로 구축하되, 전기를 사용하지 않는 수동형 부품만으로 구성함으로써 전기공급, 설비보호를 위한 별도 시설을 둘 필요가 없도록 하는 기술이다.

PON의 여러 방식들 중 가장 넓게 보편화될 것으로 예상되고 있는 것이 이더넷 폰(Ethernet PON)인데 이는 뛰어난 경제성과 성능 때문이다.

PON 광가입자망은 수동광분기기를 이용하여 다수의 가입자가 한 광섬유를 통하여 고속 데이터 서비스를 받는 방식으로서 본 Ethernet PON 기술을 이용하면 상하향으

10) 수동형 광 통신망, Passive Optical Network

로 각각 1Gbps의 속도로 최대 20km 거리까지 데이터를 전달할 수 있기 때문에 디지털 TV, 고품질 영상, 고속 인터넷, 음성을 통합 제공하는 것은 물론 현재까지 초고속 인터넷에 소외된 농촌, 일반 주택지역에 현재의 VDSL 보다 한 단계 높은 서비스를 경제적으로 제공할 수 있게 된다.

PON방식 광가입자 시스템은 2002년 하반기부터 155Mbps, 622Mbps급 속도를 갖고 ATM 프로토콜을 사용하는 BPON (Broadband PON)이 일본을 중심으로 보급되고 있다.

그러나, IP 중심의 통신망이 확대 일로에 있어 ATM은 사양화되는 추세인 반면, IP환경에서 경제적으로 적용될 수 있고, 더욱 확장된 대역폭을 갖는 1Gbps Ethernet PON이 FTTH 광가입자망 구축의 새로운 대안으로 인식되고 있다.

현재 한국전자통신연구원은 2002년부터 5년 동안 IP 기반의 FTTH 광가입자망을 구축하기 위한 초고속 광가입자망 연구 개발 사업을 진행하고 있고, 그 1단계 결과물로 2003년 말까지 국내 가입자망 환경을 고려한 Ethernet 기반 1Gbps PON 광가입자망 시스템을 개발한 것이다.

PON 광가입자망은 망측에 OLT, 가입자측에 ONU 혹은 ONT 그리고 OLT와 ONU/ONT 사이를 연결하는 분배망으로 구성된다. OLT에 연결된 한 가닥의 광섬유는 광수동분기기에 의해 다수의 광섬유(16가닥에서 최고 64가닥)로 분기되고, 각 분기된 광섬유 끝에 ONU 혹은 ONT가 연결된다. 이렇게 연결된 광섬유망을 PON 분배망이라고 하는데 OLT와 가장 먼 ONU 사이의 광섬유 길이는 최대 20km 까지 가능하다

3.2 EPON의 적용

EPON의 광분배는 다음 그림과 같다.

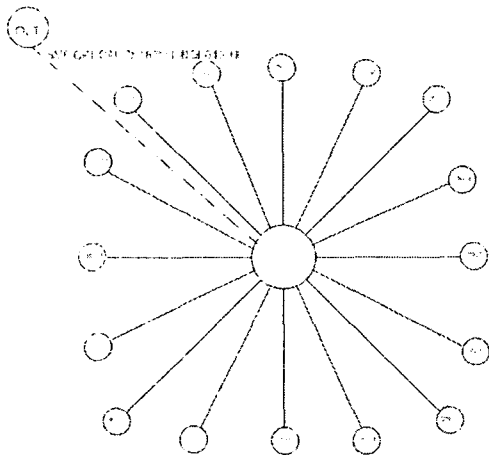


그림 5 EPON 광분배 방식

이러한 Star 형 광분배 방식을 기존 케이블TV 전송망의 ONU를 OLT 개념을 적용하여 지역의 셀을 링 구조 형식으로 묶은 후 중간 중간에 ONU를 설치하여 최대한 태내 근처까지 SMF의 GOF망을 연결 하는 방식이다.

다음 그림과 같다.

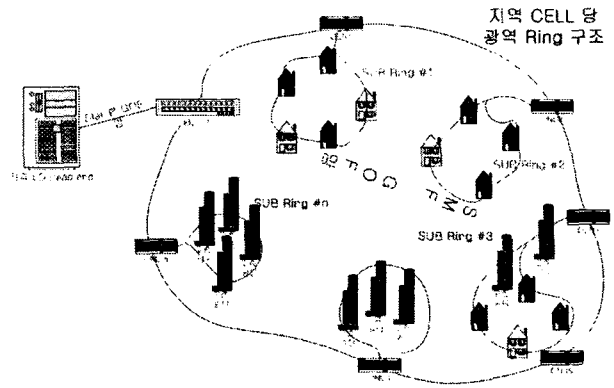


그림 6 EPON의 적용

그림 6과 같이 전체 지역 SO 헤드엔드에서 나온 스타형의 GOF망을 Cell 전체를 묶는 링 형태로 구성하고 중간에 OUN를 설치하여 광분배를 한 후 ONU에서 다시 세대수를 Sub Ring으로 다시 링 구조로 구성한다. EPON은 16개에서 최대 64개까지 1Gbps 전송속도를 만족할 수 있으므로 ONU에서 분배된 SMF의 GOF 망을 GOF의 굴곡 특성을 고려하여 Sub Ring 구조로 구성한다. Sub Ring 구조에 다시 Sub ONU를 설치하여 다시 분배를 한다. SMF GOF 망이 접근할 수 없는 지역은 POF망을 이용하여 아래 그림 7과 같이 태내에 도달한다.

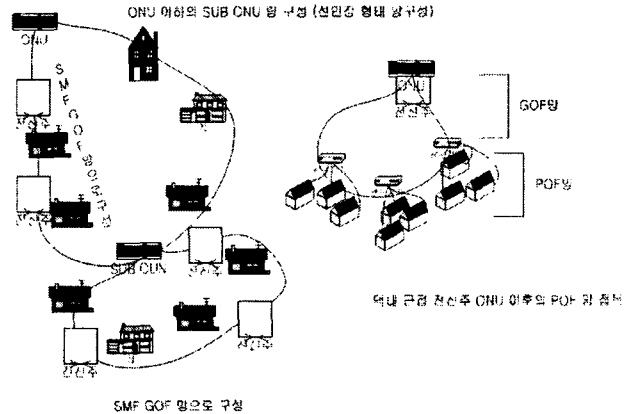


그림 7 ONU 이하의 SUB ONU 선인장 링구성

4.POF(Plastic Optical Fiber) 망을 이용한 망 설계

4.1 POF 개요 및 특징

1968년 미국 DuPont사에서 개발한 Poly(methyl methacrylate 이하 PMMA) POF(Plastic Optical Fiber)를 시작으로 발전한 POF가 근거리 통신용으로 각광을 받고 있다. PMMA POF망의 개발로 근거리 통신용으로 100m, 100Mbps에서 제한적으로 활용 되어 왔던 POF는 1990년 일본에서 Graded Index 형의 POF(이하 GI-POF)의 개발로 수백m 거리의 1Gbps 이상의 고속 정보 전달이 가능한 통신매체로 주목을 받기 시작했다.

Plastic Optical Fiber (POF)는 일반적으로 코어 물질로 아크릴계 고분자인 PMMA(Poly Methyl Methacrylate, 폴리메틸메타크릴레이트)를 사용하고 클래딩 물질로는 불소계 고분자를 사용한다.

빛이 진행하는 코어의 단면적이 광섬유의 전체 단면적의 98%이고, 유리광섬유에 비해 직경이 매우 크다.

플라스틱 광섬유는 멀티모드 광섬유이며 코어부분의 굴절률 분포가 균일한 스텝 인덱스 (SI 형) 광섬유와 분포를 가지는 그레디드 인덱스 (GI 형) 광섬유로 나눌 수 있다. 코어부분의 굴절률이 균일한 SI 형 광섬유에서 광섬유 내부의 빛은 코어와 클래딩의 계면에서의 전반사에 의하여 광섬유의 반대쪽 끝으로 도파된다.

광섬유 내부로 입사된 빛은 광섬유의 구조와 빛의 파장에 의해 결정되는 모드라고 불리는 서로 다른 광로를 따라 진행한다.

이때 광로마다 길이가 다르므로 각 광로마다 광섬유를 통과하는 시간 차이가 발생된다.

이 시간 차이에 의해 발생하는 모드 분산이 플라스틱 광섬유의 전송 대역폭을 결정하는 주요한 원인이 된다.

GI 형 플라스틱 광섬유는 코어부분의 굴절률이 중심에서부터 바깥쪽으로 가면서 점차로 낮아지는 Gaussian 분포를 가지며 이 굴절률 분포에 의해 각 광로들의 시간 차이가 줄어들어 SI-POF에 비하여 전송속도를 높일 수 있다. GI POF의 경우 1Gbps의 전송속도를 유지 하면서 수백 미터거리를 고속 전달 할 수 있어 관심을 받고 있다.

4.2 GOF와 POF를 이용한 망의 설계

지역 SO를 기점으로 하여 기존 SO의 GOF망을 그대로 사용하고 ONU 이하의 Tree And Branch 구조의 동축케이블 망을 링 구조의 POF망으로 전환을 하여 망을 설계한다.

5. 결론

지역 SO의 한 Cell 당 500세대를 기준으로 삼고 있기 때문에 주택의 경우 1Km 내외 이며 아파트의 경우는 더욱 범위가 적어 POF망 링구조의 적용이 가능하며 한 Cell 당 POF 망이 최대 10개 정도의 링구조와 택내 인입 후 Coxial 망의 적용도 가능하므로 1Ghz 이상의 대역폭과 100Mbps의 전송속도를 얻을 수 있다.

참고문헌

- [1] 케이블 TV공학 손병태, 김정신, 김현기, 김용섭 도서출판 전기원
- [2] Cable Designs for POF applications, Nexans ResearchCenter 11th International POF Conference,2002
- [3] (HFC망 현황과 기술. KRnet 2004 Powercom 기술연구소)
- [4] BcN을 위한 HFC망 현황과 기술 한양대학교 박승권 교수
- [5] 통신학회, 정보통신 15 권 7 호, 전송기술 특집 원고, 1998,6,10,
- [6] HFC 전송망 개요 - 녹성테크

[7] Jung-Wook Lee , Realization of the Fiber-To-The-Home(FTTH)for Telecommunications and Broadcasting ,The12thInternational Conference on POF Seattle,WA September 14-17,2003

[8] 플라스틱 광섬유 동향 및 응용 삼성전자 이태형 박사

[9] Broadband IT Korea 건설을 위한

광대역 통합망 구축 기본계획 2004.6 정보통신부 광대역 통합망과 김정기