

《特別寄稿》

HFC 구조 액세스망 - 양방향 통합 서비스 제공을 위한 기술적 고찰 (Review on HFC Networks for Providing Full Services)

양선희*, 김봉태*, 김재근*, 김수형**

(한국전자통신연구소*, 한국통신**)

□ 차 례 □

- | | |
|------------------------------|--------------------|
| I. 서론 | IV. 표준화 동향 및 향후 전망 |
| II. HFC 망 특성 | V. 국내 향후 발전 방향 |
| III. 양방향 통신서비스 수용을 위한 기술적 고찰 | VI. 결 론 |

요 약

본 고에서는 일반 가정 및 소규모 업무용 가입자들을 대상으로 광대역 멀티미디어 서비스를 경제적으로 제공할 수 있는 ATM 기반의 디지털 Hybrid Fiber-Coax 망에 대한 표준화 동향을 분석하고, 양방향 통신 서비스를 수용하기 위한 기술적 사항에 대해 고찰한 내용을 기술한다.

I. 서론

ATM 망의 등장과 멀티미디어 서비스의 보편화, 통신 서비스와 방송 서비스의 통합화 추세는 통신망 사업자들이 하여금 기존 동선 기반의 액세스 링크를 새로운 통신 수요에 적합한 형태로 고속, 광대역화시켜 나가도록 요구하고 있다. 새로이 요구되는 가입자 액세스망은 기존 서비스 및 신규 서비스를 통합 제공할 수 있도록 수 Mbps에서 수십 Mbps의 양방향 대역을 제공할 수 있어야 하며, PSTN, N-ISDN 및 B-ISDN 망 등과 같은 다양한 전달망에 접속할 수 있어야 한다. 또한 서비스 유형에 따라 달라지는 다양한 QoS를 지원할 수 있어야 하고, 기존 액세스 링크의 구성 및 가입자 분포, 서비스 수요 변화에 따른 융통성, 적기성을 가져야 하며, 점진적 망 진화가 가능해야

한다.

가입자 액세스망은 전체 통신망 구축비 중 40~50%를 점유하는 대규모 투자에 비해 신규 서비스의 시장 규모나 향후 가입자들의 서비스 특성이 불투명한 상태이다. 따라서 통신망 사업자들은 각자가 처한 상황에 따라 다양한 해결책을 고려하고 있다. 특히 일반 주거 가입자 및 소규모 업무용 가입자들의 경우 전통적인 전화 서비스에 있어 전체 통신망 구축비의 80%에 달하는 시설 투자가 요구되나 실제 투자 수익금은 전체의 20%에 불과하다는 통계가 있다.¹⁾ 즉, 통신망 사업자들은 기존 통신사업 환경에서 경쟁력을 잃지 않기 위해서 일반 주거 가입자 및 소규모 업무용 가입자들에게 광대역을 제공해야 하지만, 투자 대비 이윤 확보가 가장 불확실한 부분으로서 선불리 획기적 망 개축 전략을 구사할 수 없는 상황에 처해 있다. 이러한 불투명한 상황으로 인해 최근 기존 시설을 최대한 활용하여 신규 서비스를 제공하기 위한 여러가지 기술이나 망구조에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다. 그 중 많은 관심을 끌고 있는 망의 하나가 CATV 전송망의 일종인 Hybrid-Fiber-Coax(HFC) 망이다. 지금까지 HFC 망은 주로 일반 통신사업자 입장에서 보다는 CATV 사업자들이 기 보유한 망을 통해 통신과 방송의 통합 서비스(Full Service)를 경제적으로 제공하고자 하는 방안으

1) Ericsson 보고 자료, Access Network Systems, <http://www.ericsson.se/EPI/BX/kap4.html>

로서 많은 관심을 끌어 왔다. 그러나 통신과 방송 사이의 제도적, 기술적 구분이 모호해지고, 가입자들의 통합 서비스 요구가 증대함에 따라 HFC 망은 일반 통신망 사업자 입장에서도 우선 순위가 높은 대안으로 부각되고 있다. 이러한 추세로 인해 CATV 서비스와 기존 통신 서비스를 동시에 제공해야 하는 망사업자나 통합 서비스를 지향하는 망사업자 입장에서도 HFC 망을 경제적인 대안으로 제시하고 있는 실정으로서, 미국, 유럽, 아시아 등의 통신 사업자들은 CATV 사업자와의 제휴나 HFC 망의 신규 포설을 추진하는 프로젝트들을 속속 발표하고 있다.

본 고에서는 이처럼 일반 가정 및 소규모 업무용 가입자들에 대한 광대역화의 가장 경제적인 대안으로 관심을 끌고 있는 HFC 망에 대해 양방향 통합 서비스 수용 시 해결해야 할 기술적 고려사항과 표준화 동향에 대해 조사 분석한 내용을 기술한다.

II. HFC 망 특성

HFC 망은 종래의 동축 기반 CATV 전송망의 주요 트렁크 부분을 광케이블로 개선시킨 구조로서 경제성, 제공 가능한 높은 대역폭, 상대적으로 단순하고 용이한 운용 관리 등으로 인해 각광을 받고 있다. 그러나 표준화 미비로 인한 상호 동작성 취약, 분배형 서비스를 경제적으로 제공하기 위한 Tree-and-Branch 구조의 상향 대역 확보 문제, 장기적 진화 구

조 등 선결되어야 할 문제도 안고 있는 상태이다. HFC 망은 아날로그 TV 서비스나 전화와 같은 기존 서비스 그리고 인터넷 접속, 고속 데이터 서비스, 디지털 비디오 방송과 검색 서비스 및 PCS 서비스 등 통합 서비스 망을 지향한다.

CATV 전송망의 특성을 결정하는 요소들로는 망구조, 신호전송 포맷, 헤드엔드의 신호처리 기술, 광/동축 구간의 신호 전송 기술, 가입자들의 다원 액세스 기술 및 가입자단의 수신기 기술, 암호화 기술 등이다.

현재 이슈가 되고 있는 기술적 현안들은 CATV 전송망에의 광 케이블 도입 문제, CATV 망을 이용한 양방향 통신 서비스 수용 문제, 상향 채널 구현 및 디지털 전송 기술 등이다.

1. 망구성

(그림 1)은 일반적인 HFC 전송망 구성을 보여주는 데, 헤드엔드 시스템, 트렁크망, 분배망 그리고 최종 드롭 부 및 맥내 배선부로 구성된다. 트렁크망, 분배망 그리고 최종 드롭부를 구성하는 신호 전송 시스템은 크게 광구간과 동축 구간으로 구성되므로 광동축 혼합망(HFC)로 불리운다. 그림에서 하나의 FN는 가입자들의 계약 대역폭에 따라 보통 125 ~ 2000 가입자를 수용한다. 수개의 클러스터들(보통 4개)이 전향 및 리턴 광 파이버를 공유하며 하나의 FN는 1 GHz까지의 주파수 스펙트럼을 양방향 밴드로 공유한다.

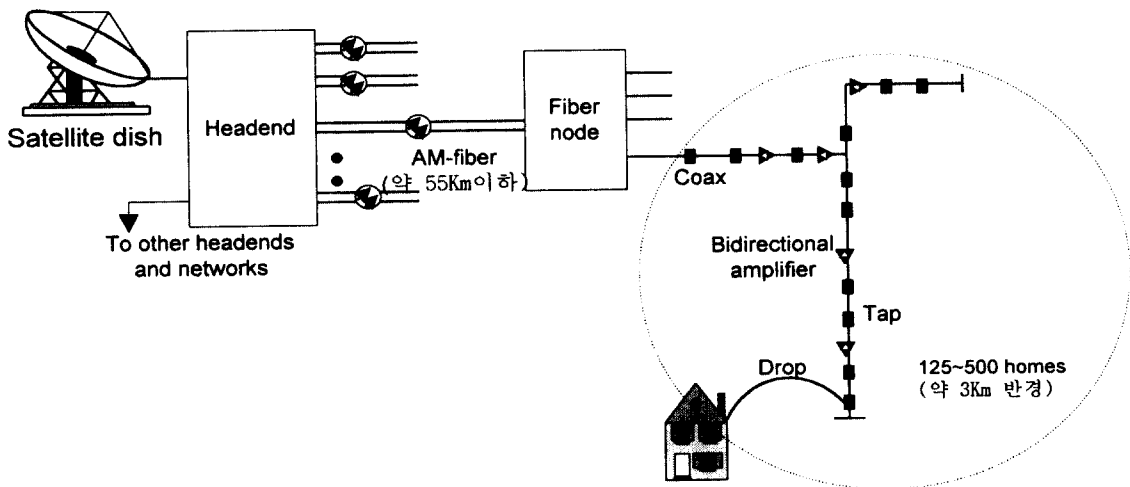


그림 1. 일반적인 HFC 망 구성

전통적으로 CATV 전송망에서는 대규모 가정에 아날로그 TV 방송 서비스를 경제적으로 제공하기 위해

Tree-and-Branch의 공유 매체 형태로 망을 구성하였다. 그리고 여러 TV 채널과 라디오 신호들을 주파수 분할 다중화 방식을 사용하여 RF(Radio Frequency) 대역으로 다중화하여 전송한다.

헤드엔드 시스템은 TVRO(Television Receive Only) 위성 안테나, 수신기(Receiver), 신호변조기(Modulator), 디스크램블러 /스크램블러(Descrambler/Scrambler) 및 프로세서 (Processor)와 전송 장치 그리고 마이크로웨이브 및 방송용 안테나로 구성된다. 트렁크 시스템은 광 케이블, 트렁크용 증폭기, 전원 공급 장치, 연결기(Connector), 신호분리기(Splitter) 및 브릿지(Bridge)로 구성된다. 분배망은 Strand, 동축 케이블, 연결기, 라인 확장기(Line Extender), 신호분기/결합기와 탭(Tap) 등으로 구성된다. 드롭 구간은 동축 케이블, 접지 장치, 신호분리기, 연결기, 정합코일(Matching Transformer) 및 변환기(Converter) 등으로 구성된다.

2. 전송망 구조

CATV 전송망은 가입자의 규모나 분포 특성, 망의 규모, 시스템 구성 토폴로지 등에 따라 매우 다양한 형태로 구성될 수 있으나 기본적으로는 Tree and Branch 구조 및 Switched Star 구조를 기본으로 하고 있다.

가입자 규모와 시스템 구성 형태에 따라서는 Tree and Branch 구조, 헤드엔드/허브 구조(headend/hub),

다중 헤드엔드 구조(multiple headends) 및 헤드엔드 상호 연결 구조(headend interconnected) 로 구분하기도 한다. 또 광케이블의 포설 정도에 의해 파이버 슈퍼트렁크 구조(Fiber Supertrunk), 파이버 백본 구조(Fiber backbone), 파이버 피더 구조(Fiber to the Feeder) 및 파이버 딥 구조(Fiber Deep)로 구분할 수도 있다.

■ 전송망 기본 구조

(1) Tree and Branch

전통적으로 케이블 망은 TV 및 라디오 신호의 분배를 목적으로 하였으므로, 메인 트렁크 피더로 부터 각 가입자들로 브랜칭되는 Tree and Branch 구조가 보편적으로 사용되었다. Tree and Branch 망구조는 단일 신호 소스로 부터 다중의 가입자들에게 TV 채널을 분배하는 분배형 서비스에 대해 케이블 분배 장치를 가장 경제적으로 사용할 수 있는 구조이다. 그러나 근래 양방향 서비스 수요가 증가함에 따라 상향 대역을 확보하는 것이 문제가 되고 있다. 보통 5~42 MHz 대역을 상향 채널로 사용하는 서브스플리트 시스템이 채택, 사용되고 있는데, 이 경우 상향 채널을 지원하기 위해 분배 라인, 트렁크 라인 및 메인 트렁크 피더 부의 역방향(reverse) 증폭기의 추가 설치가 필요하므로 경제성이 크게 떨어지고 있다. 또한 모든 신호 결합/분기기도 별다른 전송 장치의 추가 없이 양방향 동작을 지원해야하므로 문제가 된다.

(2) Switched Star 구조

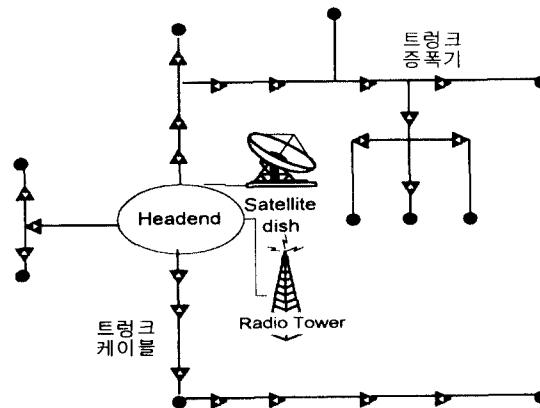


그림 2. Tree and Branch 망구조

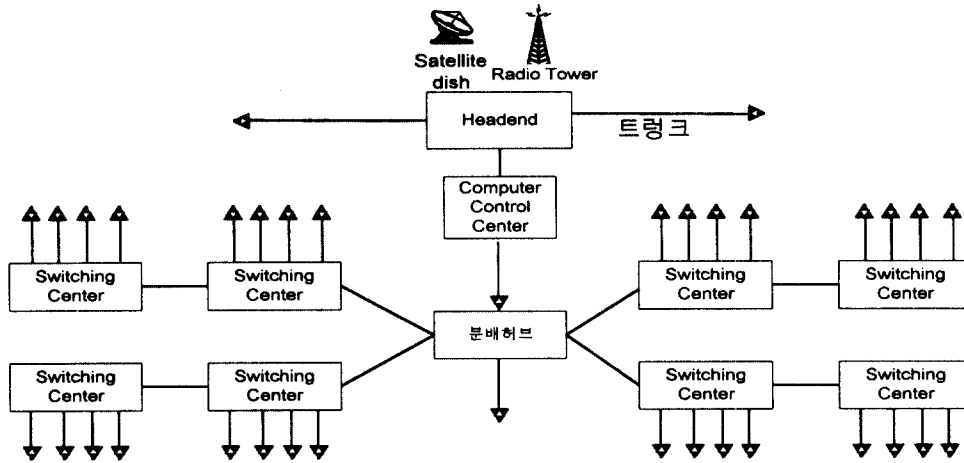


그림 3. Switched Star 망구조

Switched Star 구조는 Tree and Branch 구조와 Star 망구조가 혼합된 토폴로지로서, 양방향 광대역 서비스를 경제적으로 제공하기 위한 개선된 구조이다. Switched Star 구조는 사용되는 환경에 따라 다양한 트렁크 구성이 가능한데, (그림 3)은 Switched Star 구조 망의 단순한 구성 예이다. 신호는 헤드엔드에 위치하는 컴퓨터 제어센터로부터 메인 트렁크 피

더를 거쳐 다중의 서브 스테이션으로 전달된다. 서브 스테이션은 일종의 분배 허브노드로서 트렁크 케이블을 통해 연결되는 임의의 스위칭 센터에 신호를 전달한다. 헤드엔드의 제어 컴퓨터는 프로그램의 교환이나 라우팅에 필요한 제어 정보를 저장, 관리한다. 가입자의 서비스 요구는 스위칭 센터와 분배 허브를 거쳐 헤드엔드의 제어 컴퓨터로 라우팅된다. 분배 허브

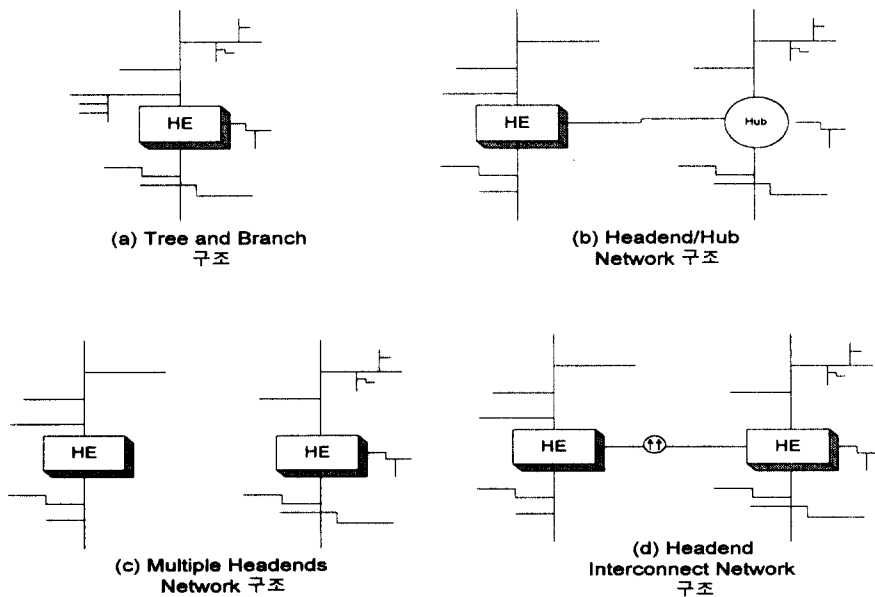


그림 4. CATV 망 구성에 따른 전송망 구조

는 가입자 정보 유지 및 관리, 프로그램 선택에 따른 교환 처리, 과금 처리 등을 수행한다.

■ 망 구성 형태에 따른 망구조

일반적으로 CATV 전송망 구조는 (그림4) 처럼 네 가지로 구분될 수 있는데, 서비스 지역의 특성과 가입자의 분포, CATV 사업자의 규모에 따라 적합한 CATV 망구조를 적용할 수 있다. Tree and Branch 망구조는 하나의 헤드엔드 시스템에서 다중의 트렁크를 수용하는 구조이다. 헤드엔드/허브 구조는 하나의 헤드엔드와 여러 허브 노드로 구성되는데 그들간은 슈퍼트렁크로 연결된다. 허브 노드는 여러 트렁크와 분배부를 수용한다. 다중 헤드엔드 구조는 독립적인 Tree and Branch 망이 독자적으로 구축된 형상이다.

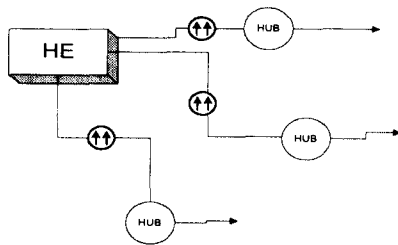
헤드엔드 상호 연결 구조는 다중 헤드엔드 구조에서 헤드엔드들 간을 광 파이버로 연결시킨 구조이다.

■ 광 파이버 포설에 따른 망구조

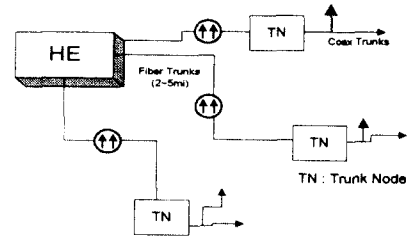
HFC 망은 광 파이버를 포설하는 정도에 따라 (그림5) 처럼 파이버 슈퍼트렁크, 파이버 백본, 파이버

피더, 파이버 덩의 네 가지 구조로 크게 구분될 수 있다. 최근에 저론되는 HFC 구조는 대부분 파이버 피더 구조이다.

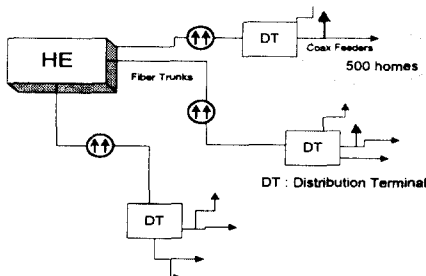
- 파이버 슈퍼트렁크 구조는 헤드엔드와 허브 노드를 연결하는 슈퍼트렁크 구간에 광 파이버를 포설하고 허브 이하에는 여전히 동축 트렁크를 사용하는 구조이다. 트렁크 증폭기의 직연결을 어느 정도 줄일 수 있고 기존의 동축 기반 CATV 망에 비해 어느 정도의 신뢰도와 신호 품질 개선이 가능하다.
- 파이버 백본 구조는 헤드엔드와 트렁크 노드 (TN) 사이에 단일모드 파이버를 포설하는데 보통 광 파이버를 3~8 Km 까지 사용한다. 파이버 슈퍼트렁크 구조에 비해 트렁크 증폭기의 직연결을 더 줄일 수 있고, 보다 개선된 신뢰도 및 신호 품질 특성을 갖는다.
- 파이버 피더 구조는 주요 트렁크 부분은 광 파이버를 포설하고 분배부 이하는 동축을 사용하는 구조로서 보통 하나의 광 파이버가 500 가정을 수용한다. 이 구조는 리턴 채널에 대한 잡음 누



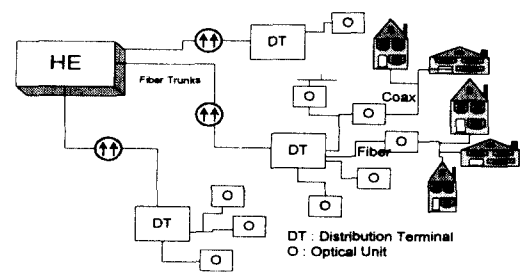
(a) Fiber Supertrunk 구조



(b) Fiber Backbone 구조



(c) Fiber to the Feeder 구조



(d) Fiber Deep 구조

그림 5. 광 파이버 포설 정도에 따른 HFC 망구조

적 효과가 상당 부분 감소되므로 양방향 통신에 사용될 수 있다.

- 파이버 딥 구조는 광 파이버가 집 가까이 까지 포설된 구조로서 최종 드롭 구간에만 동축이 사용된다. 이 구조에서는 수동 파이버 분기(Passive Fiber Splitting)가 사용될 수 있으며, 전체 시스템 및 가입자 당 서비스 신뢰도가 상당 부분 개선된다. 가입자 당 지원 가능한 대역폭이 늘어나므로 미래 서비스 수요에 따라 용이하게 진화해 갈 수 있는 큰 장점을 갖는 구조로서 최근 이에 대한 연구가 많이 이루어지고 있다. 광 파이버의 포설 정도에 따라 FTTZ/FTTC 및 FTTH 구조로 구분할 수 있다.

3. RF 스펙트럼 사용 구조

HFC 망을 특징 지우는 것 중의 하나는 RF 스펙트럼 사용 구조이다. 앞에서 언급한 것 처럼 CATV 망에서 사용 가능한 RF 주파수 대역은 5 ~ 1750 MHz 이나 보통 VHF 밴드(47 ~ 300 MHz), 하이퍼 밴드(300 ~ 450 MHz), UHF 밴드(470 ~ 862 MHz)가 운용 주파수 대역으로 사용된다. 종래의 동축을 이용한 CATV 신호 전송은 주로 하이퍼 밴드를 사용해 왔다. 최근 양방향 통합 서비스를 제공할 수 있도록 광대역화가 요구됨에 따라 UHF 밴드까지 주파수 대역을 확장 사용하고 있는 추세이며, 1 GHz 이상을 전송할 수 있는 기술 개발이 이루어지고 있다. 상향 전송을 위해서는 일반적으로 5 ~ 30 MHz 대역을 리턴 채널로 사용하는 저대역분할시스템이 사용된다.

RF 주파수 대역의 채널 할당을 보면 미국은 VHF 및 UHF 대역에 공통적으로 6MHz 채널 스페이싱을 적용한다. 유럽의 경우 VHF 밴드에서는 7 혹은 8 MHz, UHF 밴드에서는 8 MHz를 적용하며, 프랑스는 Hyper 밴드 대역에 대해 12 MHz 채널 스페이싱을 적용한다. 그러나 주파수 대역 할당의 각 채널에 대해서는 아직까지 Start/Stop 주파수에 대한 표준 권고 가 없는 상태이다. (그림 6)는 CATV 서비스 제공을

위해 일반적으로 사용되는 RF 스펙트럼 사용 구조 유형이다.

- (a)는 동축 기반의 아날로그 450 MHz 시스템에서 사용하는 스펙트럼 구조이다. 보통 50 ~ 450 MHz 대역에 대해 6 MHz NTSC 아날로그 CATV 방송 채널을 할당한다.
- (b)는 아날로그 CATV 방송 채널용 대역을 750 MHz 까지 확장한 시스템으로서 기존의 동축 CATV 망의 일부를 광 파이버로 대체하여 망을 진화시킨 구조이다.
- (c)는 스펙트럼을 1 GHz까지 확장하고 양방향 통신을 수용한 구조로서 기본적으로 Fiber to the feeder 이상에서 가능하다. 이 경우 5 ~ 35 MHz 대역은 상향 제어 채널로 사용되며, 900 ~ 1000 MHz 대역이 리턴 채널로 사용된다.
- (d)는 (c)를 개선시킨 형태로써 50 ~ 500 MHz 대역은 기존의 아날로그 CATV 방송 채널로 할당하고, 500 ~ 700 MHz 대역을 하향 디지털 채널로 할당한 구조이다. 12 MHz QAM 압축 디지털 전송을 이용함으로써 채널 수를 획기적으로 증가시킬 수 있다. PCS 데이터를 수용할 수 있으며, 망에 서버와 PSTN 스위치 모듈이 연결되면 true VOD 및 전화형 서비스가 지원될 수 있다.
- (e)는 HFC 망 구조에서 가장 일반적으로 사용될 수 있는 스펙트럼 구조로서 FDM을 이용하여 채널 할당을 유연하게 제어할 수 있다. 보통 5 ~ 30 MHz 대역에 텔리메트리 및 양방향 상향 채널을 할당하고 1 GHz 대역에 PCN 데이터를 싣도록 대역을 할당한다. 그러나 서비스별 채널 할당 구조는 통과 대역 내에서 유연하게 재할당 할 수 있다.

<표 1>은 미국의 양방향 밴드분할 CATV 시스템의 상, 하향 RF 스펙트럼 분할구조인데 보통 저대역분할(Subsplit) 구조가 CATV 망에서 사용되고, 중간대역분할구조(Midsplit)와 고대역분할구조(Highsplit)는

<표 1> 미국의 양방향 밴드분할 CATV RF 스펙트럼 사용 구조

사용구조	상향 주파수 대역 (MHz)	하향 주파수 대역 (MHz)	최대 양방향 대역 (MHz)
Subsplit	5 - 30	54 - 400	25
Midsplit	5 - 116	168 - 400	111
Highsplit	6-174	232 - 400	168
Dual Cable	40 - 400	40 - 400	360

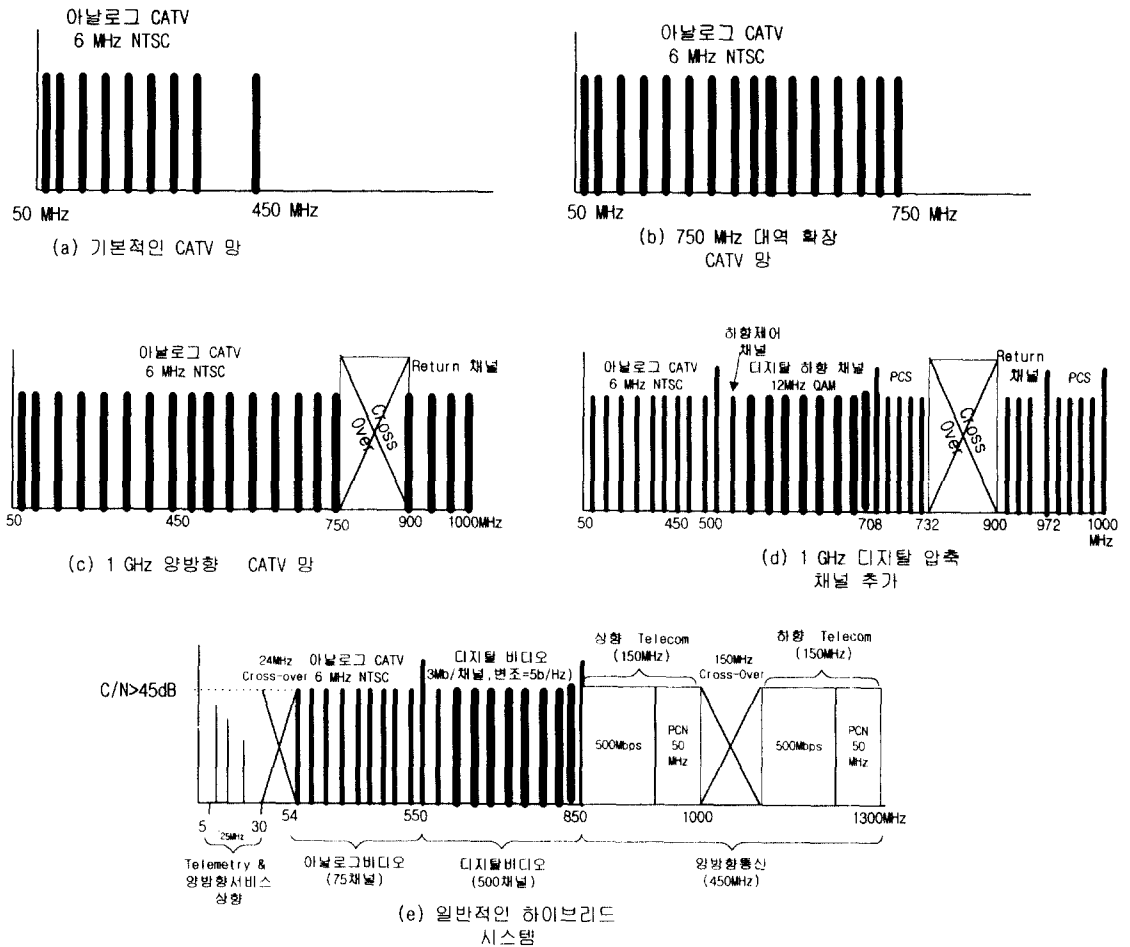


그림 6. 일반적인 RF 스펙트럼 사용 구조

LAN이나 WAN 환경에서 사용된다.

4. RF 신호 처리 및 전송 기술

RF 신호 전송은 UHF 밴드에서는 AM-VSB 변조된 TV 채널들을 주파수 분할 다중화하여 전송하며, SIF 밴드에서는 FM 변조하여 전송한다. 보통 방송 시스템에서는 PAL이나 SECAM 방식을 FDM 다중화하거나 D2-MAC을 TDM 다중화하는데 이들 방식은 CATV 전송망에서 그대로 사용된다. 유럽의 경우 CCIR 표준 B, D, G, H, I, K, L 및 L이 RF 지상파 전송 표준으로 사용되는데 CATV 전송망에서도 적용된다.

아날로그 TV 방송 신호의 경우 RF 공중파 형태로 헤드엔드 안테나에서 수신된 RF 신호는 헤드엔드 시스템에서 광대역 RF 스펙트럼으로 재처리되어 동축

매체로 전달된다. 최근에는 트렁크 부분에 광케이블이 사용된 HFC 구조로 망이 개선되었으므로 보통 아날로그 광모드로 광공간 신호 전송이 이루어지고 분배부 이하에서 다시 RF 신호로 변환되어 동축으로 전송된다. 데이터 서비스나 통신 서비스, 디지털 비디오와 같은 디지털 서비스를 제공하기 위해서는 소스 스트림을 디지털 변복조한 후 주파수 대역을 RF 대역으로 상향 처리하여 아날로그 방송용 RF 스펙트럼과 결합하여 전송시킨다. 디지털 신호 변복조 방식은 일반적으로 QAM 및 QPSK 방식이 사용될 수 있다.

디지털 서비스의 하향 채널에 대한 변복조 방식은 VSB-16, 64-QAM 혹은 256-QAM 및 QPSK 방식이 사용될 수 있는데 보통 64-QAM 방식이 선호된다. HFC 망에 대한 표준화를 주도하고 있는 IEEE P802.14 그룹은 64-QAM 방식으로 결정했으며

〈표 2〉 QAM/QPSK 변복조 방식 주요 특성

변조 방식	하향	상향	
	64-QAM	QPSK	16-QAM
변조효율(Bits/Hz)	6	2	4
Raw Bit Rate(bits/sec)	30.336 Mbps	2.56Mbps	1.28Mbps
FEC Type	Integrated Viterbi/ Reed-Solomon	Reed-Solomon	
User Data Rate	23.97 Mbps	1.92 Mbps	

DAVIC 1.0 규격에서는 양방향 HFC 전송망의 하향 채널 변복조 방식으로 64-QAM 및 QPSK 방식을 권고하고 있다. 변복조 방식에서 주로 문제가 되는 것은 상향 채널에 대한 것인데 이는 가입자 측에 다중의 송신기가 존재하고 헤드엔드 쪽에 단일 수신기가 존재하는 공유 매체 형태의 구조적 특성 때문이다. 상향 채널 변복조 방식은 지원 가능한 대역폭, 다중심볼 레이트 지원, 노이즈 처리 특성 등에 따라 QPSK, QAM, FAMM, DWMT, SDMT, INTR, SCDMA, OFDM 등 다양한 방식이 논의되고 있다.

802.14 그룹에서는 16-QAM 및 QPSK 방식을 의무적으로 지원하는 것으로 권고하며 DAVIC 1.0에서는 QPSK 방식을 권고하고 있다. 〈표 2〉는 HFC 망의 물리계층 변복조 방식으로 가장 보편적으로 사용되는 QAM 및 QPSK 방식에 대한 주요 특성을 간추린 것이다.

III. 양방향 통신서비스 수용을 위한 기술적 고찰

양방향 HFC 망에서 해결해야 할 기술적 현안은 상향 대역 확보 및 MAC, 오류 제어 기술, 아날로그 광케이블과 동축 케이블을 통해 아날로그/디지털 정보를 전송하기 위한 RF 신호의 전송 기술, POTS 등 통신 서비스 수용에 따른 전원 공급 및 시스템 가용도 개선, 효율적인 스펙트럼 할당 및 관리 기술 등이다. 이외에도 통신 서비스와 방송 서비스를 분리해서 겸업할 수 없도록 제한하는 관련법의 재정비, 가입자 특성을 고려한 장기적 진화 구조 등에 대해서도 연구가 이루어져야 한다.

1. 상향 대역 확보

현재 상향 스펙트럼은 기존의 아날로그 TV 스펙트럼 할당과 호환성을 유지하기 위해 5~42 MHz 대역과 850 ~ 1 GHz 대역에 제한되어 있다. 이 스펙트

럼은 단일 FN에 연결된 가입자들(보통 125 ~ 2000 가입자) 사이에 공유된다. 만약 양방향 서비스의 보편화로 가입자들의 상향 대역 요구량이 증가하면 각 클러스터들이 수용하는 가입자 수를 줄이거나 각 클러스터들이 독자적인 리턴 링크를 갖게 할 수 있다. HFC 구조는 이처럼 상향 대역 확보가 문제가 되나 대역폭 요구량에 따라 시스템을 유연하게 구축할 수 있으므로 가까운 장래 뿐 만 아니라 장기적으로도 잘 적응해 나갈 수 있는 장점이 되기도 한다.

(1) FN의 소형화(수용 가입자 수의 축소화)

현재 FN 당 수용하는 가입자 수가 수백 가입자 정도로 점점 줄어 드는 추세이므로 상향 대역 문제는 완화되고 있다. 그러나 이 경우 가입자 당 망 구축비가 상대적으로 증가하는 요인이 되므로 경제적 망 구축이라는 HFC 구조의 장점이 희석되는 결과를 초래한다.

(2) 분리형 리턴 링크를 갖는 CATV 노드 모델 채택

각 클러스터들이 독자적인 리턴 링크를 갖도록 하는 방법은 동축 분배부에 이중 링크를 포설하는 방법으로서 이 경우 각각의 링크를 상, 하향 용으로 할당할 수도 있고, 상하향 요구 대역폭이 비 대칭인 경우에는 가용 스펙트럼의 3/2은 하향으로 나머지 1/2은 상향으로 할당할 수도 있다. (그림 7)은 리턴 채널 구성에 따라 HFC 구조를 분류한 노드 모델로서 크게 세가지로 구분할 수 있다. (a)는 FN가 단일 클러스터로 구성되어 있는 경우로서 단일 리턴 플랜트 구조를 갖는다. CableLabs사에서 제안한 모델로서 500 가입자를 수용한다. (b)는 FN이 4개의 클러스터로 구성되는데, 각 클러스터들은 하나의 양방향 동축 링크를 공유한다. FN에서는 4개의 클러스터들로부터 수신된 4개의 상향 스펙트럼을 단순 결합하여 광전송한다. 따라서 하나의 FN에 접속된 모든 가입자들은 제

한된 상향 대역을 공유해서 사용해야 한다. TCI사의 HFC1200 모델이 이 구조로서 1200 가입자를 수용할 수 있도록 되어 있다. (c)는 (b) 처럼 FN가 4개의 클러스트로 구성되어 있으나, 각 클러스트들은 별도의 상향 동축 링크를 사용한다. 따라서 각 클러스트들은 독자적으로 상향 스펙트럼을 사용할 수 있으며 FN에서는 4개의 클러스트들로부터 수신된 4개의 상향 스펙트럼을 다중화하여 광전송 해야 한다. 따라서 하나의 클러스트에 접속된 125 ~ 500 가입자들끼리만 상향 대역을 공유해서 사용할 수 있으므로 상향 대역에 여유가 있는 구조이다. TCI사의 HFC300 모델이 이 구조로서 480 ~ 2000 가입자를 수용할 수 있는 구조이다.

한된 상향 대역을 공유해서 사용해야 한다. TCI사의 HFC1200 모델이 이 구조로서 1200 가입자를 수용할 수 있도록 되어 있다. (c)는 (b) 처럼 FN가 4개의 클러스트로 구성되어 있으나, 각 클러스트들은 별도의 상향 동축 링크를 사용한다. 따라서 각 클러스트들은 독자적으로 상향 스펙트럼을 사용할 수 있으며 FN에서는 4개의 클러스트들로부터 수신된 4개의 상향 스펙트럼을 다중화하여 광전송 해야 한다. 따라서 하나의 클러스트에 접속된 125 ~ 500 가입자들끼리만 상향 대역을 공유해서 사용할 수 있으므로 상향 대역에 여유가 있는 구조이다. TCI사의 HFC300 모델이 이 구조로서 480 ~ 2000 가입자를 수용할 수 있는 구조이다.

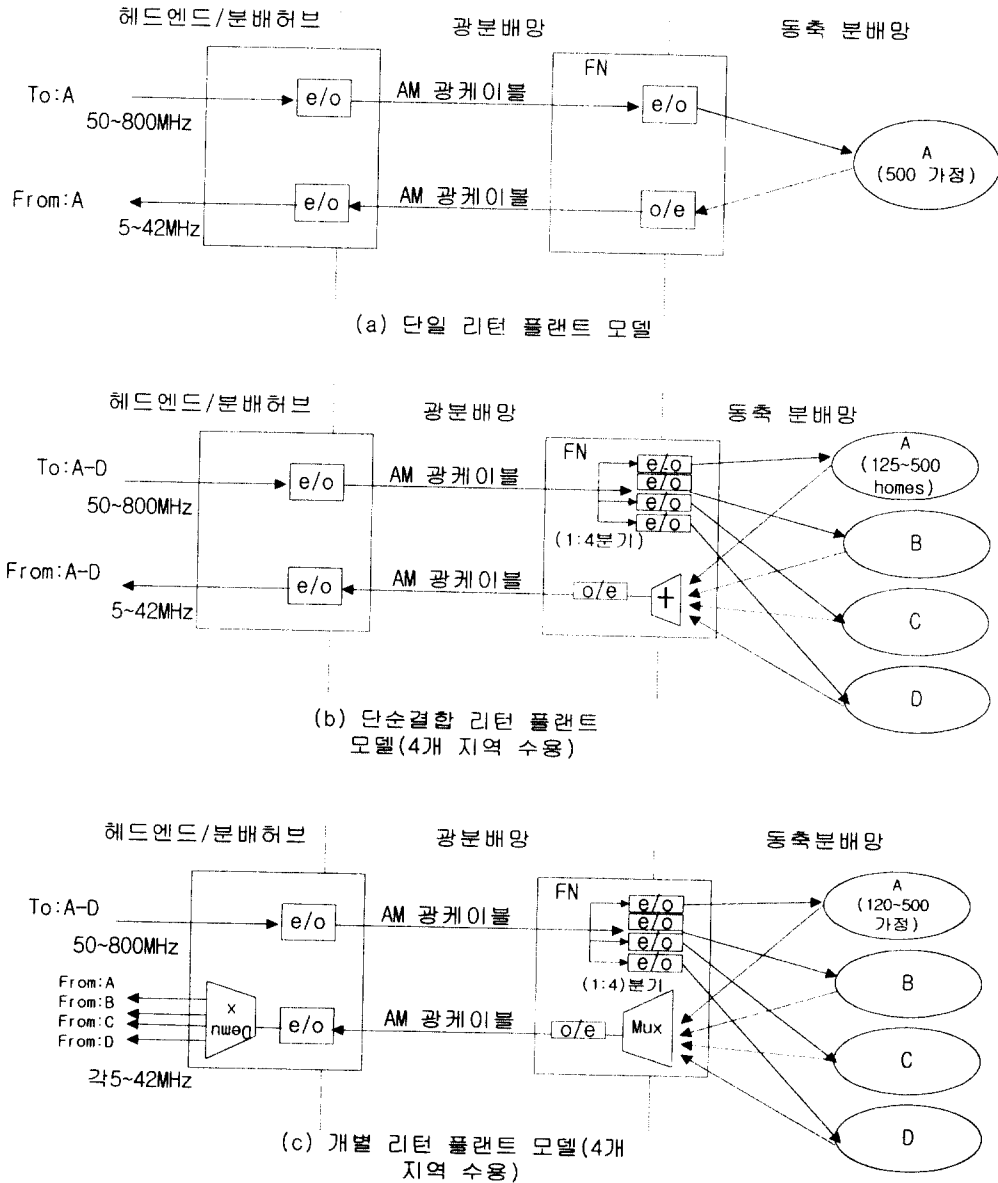


그림 7. 리턴 채널 구성에 따른 HFC 노드 모델

(3) RF 스펙트럼 사용 구조 변경

상향 대역을 확보하기 위한 방안의 하나로 기존 하향 대역으로 사용되고 있는 일부 RF 스펙트럼 대역을 상향으로 전환하여 사용하는 방법이 고려되고 있다. 미국의 경우 FCC에서 54 ~ 216 MHz 대역을 아날로그 TV 방송 채널로 할당시켰으므로 현실적으로 상향 대역으로 사용 가능한 대역은 5 ~ 40 MHz 대역 및 900 ~ 1000 MHz 대역을 사용할 수 있을 것으로 예상되고 있다. 그러나 IEEE 802.14 그룹에서는 5 ~ 40 MHz 대역을 기본 사양으로 하고 5 ~ 120 MHz 및 800 ~ 1 GHz 대역을 선택적으로 사용할 수 있도록 고려하고 있다.

2. 광대역 양방향 RF 신호 전송 기술

광대역 양방향 RF 신호 전송에서 문제가 되는 것은 광대역화에 따른 동축 구간에서의 신호 왜곡 발생, 상향 대역의 잡음 처리 기술, 상향 채널에 대한 다중화 및 다중 액세스 지원 방식 등이다.

■ 광대역화에 따른 동축 신호 전송의 기술적 문제점

1 GHz 신호 전송의 경우 광구간에서는 문제가 안되나 동축 구간에서는 문제가 된다. 동축 케이블은 링크의 길이 및 전송 신호의 주파수에 비례해서 신호 손실이 생기므로 이를 보상하기 위해 동축 증폭기를 사용한다. 그러나 동축 증폭기의 비선형적 주파수 특성 때문에 주파수 왜곡이 생기며 이를 보상하기 위해 다시 주파수 보상기(Equalizer)를 사용해야 한다. 광대역 전송시 증폭기가 처리하는 대역폭 그 자체보다는 신호 왜곡 특성이 문제가 되는데, 아날로그 신호

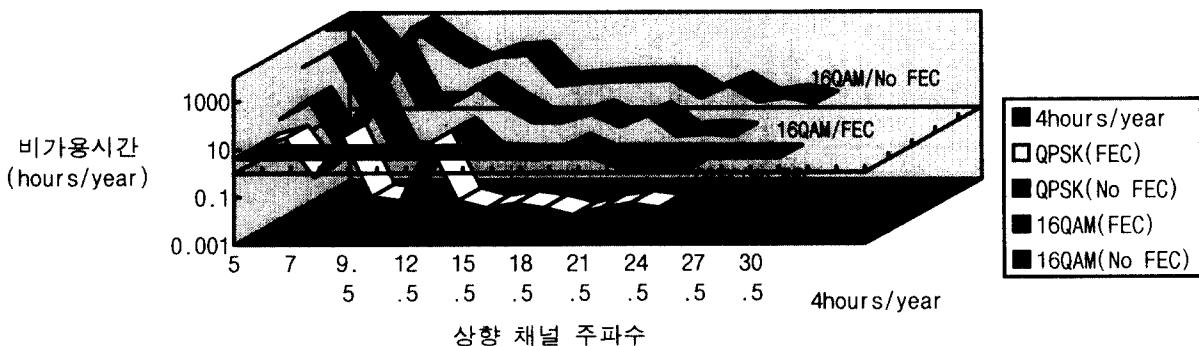
보다는 디지털 신호의 경우 문제가 덜 심각하다. 따라서 전송 신호는 가급적 전 대역을 디지털화 할 필요가 있다.

현재 상용 증폭기는 750 MHz 대역을 지원하며, 디지털 신호의 경우 1 GHz 대역을 지원한다. 1 ~ 2년 내에 1.5 내지 2 GHz를 지원할 수 있는 제품이 나올 것으로 보인다. 신호분리기/결합기, 탭과 같은 수동 소자는 1 GHz 전송을 지원할 수 있는 소자가 개발되어 있다. 따라서 디지털 신호 전송의 경우 현재 기술로서도 1 GHz 전송 시스템을 구성할 수 있는 상태이다. 증폭기 사용에 따른 잡음 증가와 신호 간섭 현상을 개선하기 위해서는 캐리어 주파수를 적절하게 배치하고 채널 간격을 잘 조정하여야 하며, Equalizer와 같은 주파수 보상 장치를 사용해야 한다.

■ 상향 대역에 대한 잡음 처리 기술

RF 신호 전송에서 문제가 되는 사항 중의 하나는 상향 대역(5~42 MHz 대역)의 잡음 특성이다. 현재 CATV 망의 주요 트렁크 부분이 거의 광케이블로 대체되었으므로 증폭기로 인한 노이즈 문제가 많이 개선된 상태이다. 이에 따라 하향 대역의 노이즈 특성은 상당히 개선되었으나 상향 대역(5~42 MHz 대역)의 노이즈 특성은 여전히 문제가 되고 있는 상태이다. 상향 대역의 노이즈는 주로 막내 배선, 드롭 케이블 및 분배 플랜트, TV나 케이블에 연결된 다른 가전 장치들에서 발생하는 신호 간섭 때문에 발생한다. 특히 중단되지 않거나 임피던스 특성이 맞지 않게 잘못 연결된 Tap은 마치 노이즈에 대한 안테나처럼 동작한다. <표 3>은 CableLabs사와 AT&T에서

<표 3> 상향 대역 노이즈 특성²⁾ (CableLabs사와 AT&T에서 공동 연구, 조사한 결과)



2) CableLabs사와 AT&T에서 공동 연구, 조사한 결과로서 1.3 Mhz 채널 스페이싱/3개월간 조사한 데이터임. (IEEE Communications Magazine, May 1995)

공동 연구, 조사한 상향 대역 노이즈 스펙트럼을 보여준다. 16 MHz 대역 이하는 거의 사용할 수 없으며, 16~30 MHz 대역의 경우 QPSK 변조 방식을 사용하고 오류 제어를 하는 경우 시스템 가용도 기준으로 설정한 연간 4시간 이하의 시스템 가용도를 만족시킬 수 있음을 알 수 있다. 하향 채널의 경우에도 CableLabs사와 AT&T에서 공동 연구, 조사한 결과에 따르면 16-QAM 및 QPSK 변복조 기술이 연간 4 시간 이하의 시스템 오동작 조건을 제대로 만족시키지 못한 것으로 나타나고 있다.

따라서 HFC 전송망을 신뢰성 있는 양방향 광대역 통신 서비스 망으로 사용하기 위해서는 HFC 케이블 시스템에 적당한 물리 계층 변복조 기술을 사용하고 특히 상향 채널에 대해 적당한 오류 수정 기술을 적용해야 한다. 현재 상향 채널에 대한 오류 수정은 Reed-Solomon 방식이 많이 사용되고 있다. 또 하나 논의되고 있는 방법은 상향 대역에 대한 노이즈 스펙트럼이 시간대에 따라 달라지는 특성을 반영하여 시간대에 따라 서비스 채널을 유연하게 할당하는 방법이 고려되고 있다. 또한 노이즈를 줄이기 위해 다양한 노이즈 필터링 기술을 시도하고 있다. 케이블 모뎀 업계에서는 케이블 모뎀의 주요한 경쟁력 요소로 상향 대역 잡음 처리 기술과 상향 채널에 대한 다중

화 방식을 꼽고 있다.

■ 상향 채널에 대한 다중화 및 다중 접속 방식

하나의 동축 링크에 접속된 수백~수천 가입자들이 상향 대역을 공유하여 사용하는 공유 매체 구조이므로 상향 채널에 대한 다중화와 가입자들간의 매체 접속을 제어하는 기능이 요구된다. 상향 채널에 대한 다중화 방식으로는 주파수 분할 다중화 방식(FDM), 시분할 다중화 방식(TDM), 코드 분할 다중화 방식(CDMA) 등이 사용되고 있다.

FDM은 보통 하향 채널에 대한 다중화 방식으로는 쓰이는데, 상향의 경우 대역폭 사용 효율이 나쁘므로 문제가 된다. 이를 개선하기 위해 주파수 채널을 다시 여러 서브 채널로 나누어 가입자들에게 배분하는 방법이 사용된다. TDM의 경우 모든 가입자 데이터를 하나의 데이터 스트림으로 포맷팅할 수 있는 단일 지점이 없기 때문에 상향에는 사용될 수 없다. 그러나 주파수 사용 효율을 높이기 위해 FDM에 기반한 채널을 여러 타임슬롯으로 나누어 배분하는 FDM+TDM 방식이 사용될 수 있다. 이 방식은 R-TDMA(Reserved Time Division Multiple Access) 방식으로도 알려져 있는데 가장 많이 사용되고 있다. 타임 슬롯을 미리 예약해서 사용하는 방식으로서 타

<표 4> 케이블 모뎀에서 많이 사용되고 있는 상향 채널 다중화 방식 비교표

다중화 방식	주 특성	채택 업체
FDMA(Frequency Division Multiple Access)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주어진 주파수 대역을 여러 서브채널로 분할 ■ 사용자에게 하나의 서브채널을 할당 ■ 아날로그 셀룰러 및 무선 전화기에서 사용하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 인텔 등
FDMA+TDMA(Time Division Multiple Access)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 주어진 프레임을 여러 타임 슬롯으로 분할 ■ 사용자는 하나의 타임 슬롯을 할당받아 데이터 전송 ■ 미국 및 일본의 디지털 셀룰러 전화에서 사용하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ 모토롤라 등
CDMA(Code Division Multiple Access)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 데이터와 랜덤 넘버의 product-sum에 의해 대역폭을 확장시킨 일종의 스프레드 스펙트럼 방식 ■ 미국 디지털 셀룰러 전화에서 사용하는 방식 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Terayon(S-CDMA) 등
OFDM(Orthogonal Frequency Division Multiplex)	<ul style="list-style-type: none"> ■ 수백종으로 구분되는 캐리어 신호를 이용 ■ 유럽의 DVB 표준으로 채택된 방식이며, ANSI에서 ADSL 표준으로 채택한 DMT도 OFDM의 일종이다 	<ul style="list-style-type: none"> ■ Amati(SDMT) ■ Aware(DWMT) ■ West End Systems 등

입 슬롯의 할당은 헤드엔드가 제어하는데 미리 고정시키는 경우도 있다. 다른 방법으로는 코드분할 다중 주파수 변조(Code Division Multiple Frequency Modulation) 방식이 사용될 수도 있다. 여러 가입자가 동일 시간대에 동일 스펙트럼 대역을 할당받아 사용하되, 서로 다른 Spectrum Spreading Sequence를 사용함으로써 주파수 사용 효율을 개선할 수 있다. <표 4>은 케이블모뎀에서 현재 많이 사용되고 있는 상향 채널 다중화 방식들의 특성을 비교한 것이다.

HFC 구조는 단일 광 케이블을 공유하는 여러 가입자들간에 제한된 상향 대역폭을 공평하게 할당해주어야 하므로 MAC 프로토콜이 요구된다. HFC 구조의 MAC 프로토콜은 동적 채널 할당, 새로운 변복조 기술의 지원, 물리계층과의 독립성, 상향 채널에 대해 하나 이상의 변복조 방식의 동시 지원 등을 만족시켜야 한다.

3. POTS 등 통신 서비스 수용을 위한 망 개선

HFC 망을 이용하여 전화 서비스를 비롯한 일반 통신 서비스를 제공하고자 하는 경우 가장 문제가 되는 것은 정전 시의 전원 공급 방법과 기존 전화 서비스 수준의 시스템 가용도를 보장하는 것이다.

■ 전원 공급 방식

전원 공급에 대한 현재의 추세는 배터리 백업 기능을 갖는 대내 로컬 전원 공급 장치를 사용하는 방안과 망 전원을 사용하는 두 가지 흐름이 있다. 전원 공급시 고려되어야 할 사항 중의 하나는 출력 증가에 따른 시스템 보호 기능이다. 즉, 어떤 형태로 전원이 공급되든 부가 서비스를 지원하기 위한 능동 소자에서 필요로 하는 전원을 공급하기 위해 출력이 증가되어야 하며, 이에 따라 과전류나 과전압으로부터 시스템을 보호할 수 있는 기능이 추가적으로 요구되기 때문이다. 또한 전력 요구량의 증가 자체가 문제가 되므로 절전 모드(Sleep Mode) 운용 기능과 같은 전력 부하를 줄이기 위한 기능이 요구된다. 그리고 전원 공급 장치 자체의 안전성이나 신뢰도가 서비스 품질에 미치는 영향이 크기 때문에 신뢰성있는 전원 장치가 요구된다. 전원 공급시 가입자 라인 접속 카드(SLIC)의 위치가 상당히 중요한 영향을 미치는데 전주의 탭 위치에 공유 SLIC 및 관련 기능을 두는 경우와 가입자 별 NIU에 두는 경우를 고려할 수 있다. 탭 위치에 SLIC가 놓이는 경우 전원은 직접 전화기

세트로 공급되고 NIU는 수동형으로 동작하게 된다.

(1) 망전원 사용 방식

현재 가장 일반적으로 고려되는 방법은 FN의 전원 장치로부터 분배 동축 케이블을 통해 신호 정보와 60V AC 혹은 90V AC의 60 Hz 의사 구형파(Quasi-square wave) 형태의 로컬 구동 전원 신호를 함께 전송하는 방법이다. 탭을 통해 연결된 동축 케이블로 양방향 신호 정보를 가입자 측 NIU로 전송하고 전원은 별도의 동선을 통해 NIU와 가입자 장치로 전달하는 방법이다. 이 방법은 기존의 동선 트림을 전원 공급용으로 재사용할 수 있으므로 전화 사업자에게 상당히 유리하나, 전원 전달용 탭에서 발생하는 RF 삽입으로 인한 손실 증가 및 성능 저하가 문제가 된다.

(2) 대내 로컬 전원 사용 방식

가입자 대내 로컬 전원을 사용하는 방안은 각 가입자별 NIU에 로컬 전원 공급 장치를 두어서 전용 SLIC와 링 발생기 및 전화기 세트에 전원을 공급하게 하는 방식이다. 이 방법은 무선 전화 도입시 유리하며, 망 전원 사용에 비해 망 사업자의 투자 비용을 줄일 수 있다. 그러나 대내 로컬 전원 공급 장치를 두는 경우에는 배터리 자체의 신뢰도가 가장 문제가 된다. 대내 로컬 전원을 사용하는 방안은 전원 공급 관점에서 봤을 때는 바람직하지 않은 구조로서, 이 경우 탭 위치에 SLIC를 놓는 경우에 비해 480 가입자를 수용하는 FN당 약 40~60% 정도의 전력 증가가 예상된다.

■ 망 신뢰도 개선

HFC 망을 통해 전화 서비스를 비롯한 통신 서비스를 제공하는 경우 선결되어야 할 문제 중의 하나는 시스템의 가용도를 현재의 PSTN 수준으로 향상시키는 것이다. POTS 서비스의 경우 연간 53분 이하의 시스템 오동작 시간(System Downtime)을 목표로 설정하고 있다(99.99%의 시스템 가용도). HFC 망에서 시스템 가용도가 특별히 문제가 되는 것은 하나의 FN에서 수용하는 가입자가 수백에서 수천에 달하므로 시스템 구성품의 고장시 가입자들이 받는 영향이 상대적으로 커지기 때문이다. 현재 FN당 수용하는 가입자 수를 수백 가입자 정도로 떨어뜨리고 앞으로 규모가 점점 작아질 전망이므로 궁극적으로 신뢰도 문제는 개선되게 되어 있다. 그러나 여전히

3) IEEE 802.14의 경우 500 가입자를 기준으로 고려

통신서비스를 수용할 수 있는 정도인지에 대해서는 논란이 되고 있다. 따라서 신뢰도를 개선시킬 수 있는 망구조, 소요 시스템 장치의 설계 및 운용 관리 기술, 최종 드롭 구간에 연결되는 RF 증폭기의 최적 개수, 주요 장치의 다중화 방안에 대해 많은 연구가 이루어지고 있다. 기본적으로 광송수신 모듈 및 전원 장치의 이중화를 고려하고 있다.

4. 효율적인 스펙트럼 관리 기술

효율적인 스펙트럼 관리 기술은 서비스들간에 주파수 대역을 유연하게 할당하고, 사용되는 신호 레벨과 변복조 방식등을 동적으로 제어하기 위한 기술이다. 가용 스펙트럼을 서비스 종류에 따라 여러 채널로 나누고 각 RF 채널은 사용 용도에 따라 대역폭을 달리 할 수 있다. 하나의 서비스가 하나 이상의 채널로 구성될 수 있으며, 사용자간에 채널을 TDM으로 분할, 사용할 수 있다. 스펙트럼 관리 기능은 RF 주파수 스펙트럼의 사용 효율을 감시하여 주파수 대역을 재할당 함으로서 사용 효율을 높이고 시스템의 가용도를 높여야 한다.

5. 트래픽 제어 기술

HFC 망에서 제공하려고 하는 응용 서비스는 VOD, 데이터 서비스, 음성 서비스, 양방향 멀티미디어 서비스, 게임, 쇼핑 및 요금 지불, LAN 간 상호 연결, PC 통신, 화상회의, 화상전화 등을 포함한다. 따라서 HFC 망은 비디오나 음성 서비스를 위한 실시간성, 대화형 서비스를 위한 중단간 지연 제한 등에 대한 요구사항을 동시에 만족시킬 수 있어야 하고, 트래픽 유형에 있어서는 CBR, VBR, ABR 트래픽의 전달을 지원해야 한다.

6. 장기적 진화구조

신규 포설 액세스망은 가입자들의 서비스 수요 변화와 기술 발달을 자연스럽게 수용하여 진화해 갈 수 있어야 한다. 광대역 액세스망 구축 대안으로서 가장 흔히 거론되는 방안은 FTTC와 HFC 전송망 구조이다. FTTC 구조의 경우 가입자의 대역폭 요구가 증가하고 광 전송 기술이 보편화되어 가입자당 구축 비용이 일정 수준 이하로 떨어지는 경우 FTTH 구조로 자연스럽게 발전시킬 수 있는 큰 장점을 갖는다. 이에 비해 HFC 망의 경우 양방향 통신 서비스의 수요가 확산되는 경우의 진화 구조가 애매한 점이 있었

나 파이버딥 구조로 진화시켜 나가기 위한 연구가 최근에 활발하게 이루어지고 있다.

7. 기타

HFC 구조의 물리계층에서는 각 가입자 스테이션에서 변조된 RF 신호를 버스트하게 내보내고 헤드엔드에 있는 수신기는 여러 소스로부터 송신된 신호를 수신하되, 각 송신기와 동기를 재조정해야 하는 까다로운 문제가 있다. 게다가 각 가입자 스테이션은 헤드엔드와의 거리를 감안한 나름의 시작 시간으로 동작하므로 가입자 스테이션간에 신호 중첩이 일어나지 않도록 보호 구간(Guard Time)을 유지시켜야 한다. 또한 ATM 전달 방식을 사용하는 경우 53-Byte 셀 단위와 같은 작은 프레임으로 전달하게 되므로 전송 효율이 좋지 않다는 사전 분석 결과가 나와 이에 대한 해결책이 요구된다.

IV. 표준화 동향 및 향후 전망

HFC 액세스망에 대한 표준화는 IEEE P802.14 그룹, DAVIC, ATM Forum 등에서 주도하고 있으며 최근에는 Data Over HFC에 대해 IETF와 Cable TV 업계에서 표준화를 의욕적으로 추진하고 있다. DAVIC이나 업계 포럼 등은 주로 VOD 류의 디지털 엔터테인먼트 비디오 전달이나 케이블을 통한 N-ISDN 전화 제공 및 데이터 서비스에 초점을 맞추고 있고, IEEE P802.14에서는 통합 서비스 제공을 지향한다. <표 5>는 HFC 관련 주요 표준화 단체의 표준화 추진 내용을 비교 분석한 것이다.

HFC 구조 CATV 망의 경우 그동안 디지털 VOD 유형의 멀티미디어 서비스가 주요 대상 목표로 관심을 끌어 왔다. 그러나 최근들어 인터넷 서비스 수요가 폭발적으로 증가하면서 케이블 모뎀을 이용한 고속 데이터 서비스 위주로 시장이 움직이고 있다. CATV 관련 업계에서는 대화형 TV를 위한 셋탑박스가 기능이나 가격면에서 문제가 있는 상태이며, 인터넷 수요 확대 등으로 인해 대화형 TV 보다는 고속 데이터 서비스로 부터의 수입 증가를 기대하고 있다. 따라서 향후 표준화는 데이터 서비스에 상대적 우선순위를 두고 표준화를 추진하는 IEEE 802.14 그룹에서 주도하게 될 것으로 보인다. 또한 인터넷 접속과 고속 데이터 서비스를 위한 주요 인터페이스 및 IP 접속 프로토콜에 대한 표준화를발빠르게 추진하고 있

4) 잠재적 수요를 40%로 예상

<표 5> HFC 관련 표준화 기구간의 추진 내용 비교표

	IEEE P802.14	DAVIC	ATM Forum	IETF	업계표준
대상 서비스	<ul style="list-style-type: none"> POTV, VOD, POTS 및 데이터 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 하향 only : POTV 양방향 : VOD, POTV, POTS 	<ul style="list-style-type: none"> POTV, VOD, POTS 및 데이터 서비스 	<ul style="list-style-type: none"> 인터넷 접속 (IP Over Cable) 	<ul style="list-style-type: none"> 데이터 서비스
주요 표준화 목표	<ul style="list-style-type: none"> 물리계층 및 MAC 계층 프로토콜 	<ul style="list-style-type: none"> 물리계층 및 MAC 계층 프로토콜 	<ul style="list-style-type: none"> ATM Over HFC 지원 프로토콜은 IEEE 802.14 규격 적용 UNI/HFC 및 ANI 정의 	<ul style="list-style-type: none"> IP Over Cable을 위한 인터페이스 및 망 관리 규격 	<ul style="list-style-type: none"> Data Over Cable을 위한 주요 인터페이스 규격(Data Over Cable Interface Specification)
RF 사용구조	<ul style="list-style-type: none"> 1 GHz 시스템 상향 : 기본 : 5~40 MHz 선택 : 5~120MHz 800~1000MHz 	<ul style="list-style-type: none"> 1 GHz 시스템 상향 : 8~25.6MHz 하향 : 70~1000MHz 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 Phase 3에 포함
PHY 변복조 방식	<ul style="list-style-type: none"> 하향 : 64-QAM 상향 : 16-QAM/QPSK 	<ul style="list-style-type: none"> 하향 only : 16-QAM/64-QAM/256-QAM 양방향 하향 : QPSK/QAM 상향 : QPSK 	<ul style="list-style-type: none"> IEEE P802.14 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 Phase 3에 포함
MAC 프로토콜	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 17종 제안 97년 9월 승인 절차 예정 	<ul style="list-style-type: none"> 자체정의(ATM 기반) TDMA/TDM 	<ul style="list-style-type: none"> IEEE P802.14 적용 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 	<ul style="list-style-type: none"> 미정의 Phase 3에 포함
주요 일정	<ul style="list-style-type: none"> 96년 상반기 : 물리계층, MAC (안) 제시 97년 9월 승인 절차 	<ul style="list-style-type: none"> 95년말 : DAVIC 1.0 제시 		<ul style="list-style-type: none"> 97년 7월 : IP Over Cable 등 3개 RFC 제시 	<ul style="list-style-type: none"> 96년말 상용 서비스 도입 지원
기타	<ul style="list-style-type: none"> Tree and Branching topology의 MAN 	<ul style="list-style-type: none"> 정보전송율 : 상향 (256K~1.544M bps)/ 하향(1.544M) 채널스페이싱 : 상향 (200K~1MHz)/ 하향(1MHz) DAVIC 1.0 Part08 "Passband Bidirectional PHY on coax(Q-link on HFC)" 			<ul style="list-style-type: none"> 4개 MCNS에서 주도 DOCSIS 프로젝트

는 IETF와 MCNS등의 역할이 커질 것으로 전망된다. 현재까지 물리계층 규격은 1차 표준안이 발표되었으며, MAC 등 기타 규격도 97년 상반기 중에는 발표될 것으로 전망된다.

지금까지 물리계층, MAC 계층 및 망관리 프로토콜에 대한 주요 표준 규격에 대해 IEEE 802.14 및 DAVIC에서 주도하고 있으나 두 기구간에 약간의 차이를 보이고 있다. 예를 들어 물리계층 변복조 방식에 대해 IEEE 802.14에서는 하향 64-QAM, 상향 16-QAM/QPSK를 권고하고 있으나, DAVIC 1.0에서는 하향 QPSK/QAM, 상향 QPSK를 권고했다. 이와 같은 차이는 IEEE가 데이터 서비스 위주의 통합 서비스 제공을 지향하는데 반해 DAVIC은 VOD 서비스를 주요 목표로 설정하는 등 기본 요구사항에서 차이가 있기 때문인 것으로 분석된다.

■ IEEE 802.14 그룹

IEEE 802.14 그룹에서는 CATV 망을 Tree-and-Branch 형상을 갖는 MAN 규모의 고속 네트워크 기술로 보고 있으며, 물리계층과 MAC 계층에 대한 표준 규격의 제정을 주요 목표로 활동 중이다. 1995년 말까지 물리/MAC 프로토콜에 대한 제안을 접수 받아 1996년 상반기 중에 상, 하향 RF 채널의 변복조 기술, MAC 계층 프로토콜의 표준(안)을 제시하고 1997년 9월에 IEEE 승인 절차를 거치겠다는 일정으로 활발하게 작업을 진행 중이다. 물리 계층 하향 채널에 대해서는 96년 1월 회의에서 64-QAM 변조방식을 표준으로 채택하였으며, 물리계층 상향 채널에 대해서는 16-QAM/QPSK를 의무적으로 지원하는 것으로 결정하였다. MAC 프로토콜에 대해서는 동적 채널 할당, 새로운 변복조 기술의 지원, PHY 계층과의 독립성, 하나 이상의 상향 채널의 변복조 기술의 동시 지원 등이 가능한 MAC 프로토콜 규격을 목표로 하고 있으며, AT&T의 ADAPT(Adaptive Digital Access Protocol), IBM의 MLAP(A MAC Level Access Protocol), com21 사의 UPSTREAMS(Upstreams Protocol for Sharing Transmission Resources among Entities using an ATM-based Messaging System) 등 17 가지의 안이 제안되어 검토되고 있는 상태이다.

■ DAVIC

DAVIC은 VOD 서비스 제공을 1차적 목표로 설정한 1단계 표준화 작업(DAVIC 1.0)에서 액세스망의 유력한 대안 중의 하나로 HFC 망에 대한 규격을 권

고하고 있다. DAVIC 1.0 규격에서는 단일 방향 HFC 전송 규격으로 Passband Unidirectional PHY on Coax(QAM-link on HFC)을, 양방향 HFC 전송 규격으로 Passband Bidirectional PHY on Coax(QPSK-link on HFC)를 권고하고 있다. QPSK-link on HFC 전송 규격에서는 1GHz 무선 주파수 대역을 사용하며 양방향으로 QPSK 변조 방식을 사용하거나 혹은 상향은 QPSK 방식을 하향은 QAM 방식을 적용하도록 권고하고 있다. 상향 대역으로 8 ~ 25.6 MHz 대역을 할당하며 상향 채널 스페이싱은 200 KHz 이다. 하향 대역은 70 ~ 1000 MHz 대역을 할당하는데 하향 채널 스페이싱은 1 MHz이다. 양방향으로 QPSK 모뎀 방식을 적용하는 경우 채널당 상향 256Kbps 혹은 1.544 Mbps, 하향 1.544 Mbps의 정보 전달을 지원하도록 되어 있다.

■ ATM Forum

ATM Forum의 RBB(Residential Broadband) 그룹에서는 HFC 망을 주거 가입자 및 소규모 업무용 가입자의 광대역화를 위한 유력한 기반 구조로 보고 있으며 중점적으로 많은 기고서가 제출되고 있는 상태이다. 현재까지 ATM Over HFC에 대한 기준구성, 기능구조를 제시했으며 주요 프로토콜 규격은 IEEE P802.14를 따르는 것으로 입장을 정리하고 있는 상태이다.

■ IETF(Internet Engineering Task Force)

IETF에서는 케이블 망을 통해 인터넷을 접속하기 위한 인터페이스 규격 및 망관리 규격 정의에 관심을 갖고 있다. 97년 7월 까지 IP Over Cable, RF 스펙트럼 관리 및 MIB 정의, CATV 데이터 망 관리 구조 및 MIB 정의에 관한 세 종류의 RFC 작성을 목표로 하고 있다. 96년 6월에 있던 IETF 회의에서는 IP Applications Over Cable Data Network BOF 그룹에서 가입자단의 케이블 모뎀 종단 시스템과 헤드엔드(혹은 분배 허브 노드) 간의 로컬 인터페이스, HFC 망에서 IP 프로토콜을 지원하기 위한 규격 정의, HFC 망 상에서 Dynamic Host Control Protocol(DHCP)을 이용하여 IP 주소를 할당하고 관리하는 문제 등에 대해 활발한 토의가 이루어졌는데 이 그룹은 앞으로 WG으로 만들어져서 공식적인 활동을 할 예정이다.

■ Cable 업계

MSO나 케이블 모뎀 벤더를 비롯한 CATV 업계에

〈표 6〉 케이블 모뎀 특성 비교

	Com21	General Instrument	Hewlett-Packard	Intel	LANcity	Motorola	NEC	Northern Telecom	Toshiba
상향	2.6Mbps QPSK 5-40MHz	28.8Kbps V.34 300-3.4KHz	3Mbps QPSK 5-40MHz	2.6Mbps QPSK 10-32MHz	10Mbps QPSK 5-42MHz	768Kbps DQPSK 5-42MHz	2Mbps QPSK 30-50MHz	2.5Mbps QPSK 5-42MHz	2 Mbps QPSK 10-40MHz
하향	30Mbps 64-QAM 50-750MHz	27Mbps 64-QAM Unknown	30Mbps 64-QAM 88-806MHz	10Mbps QPSK 54-800MHz	30Mbps 64-QAM 54-750MHz	30Mbps 64-QAM 50-750MHz	30Mbps 64-QAM 70-750MHz	30Mbps 64-QAM 50-750MHz	8Mbps QPSK 50-750MHz
MAC	ATM(AAL5)	Unknown	사설(MLX)	CSMA/CD	사설 (iniLink)	사설 (COLP)	사설 (FPP)	Unknown	CSMA/CD
FEC	Reed-Solomon	Unknown	없음	Reed-Solomon	Unknown	Reed-Solomon	Reed-Solomon	Unknown	Reed-Solomon
PC I/F	10Base-T	ISA bus	10Base-T	사설	10Base-T	10Base-T	10Base-T	10Base-T	10Base-T
가격	\$500-600	Unknown	\$400	미정	\$595	\$500	미정	\$500	미정
출시	4Q1996	96년 3월	96년 중순	미정	기출시	2Q1996	96년 가을	4Q1996	96년 여름

서는 현재 다양하게 나와 있는 케이블 모뎀들이 그들 간의 상호 동작성에 대한 별다른 고려없이 개발되어 서로 시장을 분할함으로써 경쟁력이 약해지고 대규모 투자에 대한 위험 부담이 커지고 있다고 판단하고, 주요 접속 규격을 표준화하고자 하고 있다.

〈표 6〉은 현재 상용 제품이 나와 있거나 조만간에 발표될 예정인 대표적 케이블 모뎀들의 특징을 조사한 표인데, 벤더에 따라 주요 특성이 상당히 다름을 알 수 있다.

이러한 추세에 따라 최근 Data Over Cable Service Interface Specification(DOCSIS) 프로젝트가 4개 CATV 망 사업자(Multimedia Cable Network System, MCNS) 주도하에 진행되고 있다. DOCSIS 프로젝트는 HFC 및 동축 분배망을 통해 데이터를 전송하기 위해 필요한 업계 표준 인터페이스 규격을 96년 내에 개발하기 위한 것으로서, 이에 대한 기본 계획을 96년 6월 IETF 회의에 RFP로 제출하였다. DOCSIS 프로젝트에 참여하고 있는 업체는 Comcast

Cable Communications, Inc., Coax Communications, Tele-Communications, Inc. Time Warner Cable 및 CableLabs, Continental Cablevision, Inc. 등이다.

MCNS 그룹에서는 96년 하반기에 상용 서비스를 제공하는 것을 목표로 하고 있으므로 인터페이스를 세 그룹으로 구분하여 우선순위에 따라 단계별로 표준안을 제시하도록 추진하고 있다. 1단계 표준화 대상 인터페이스는 Data Over Cable 헤드엔드 시스템과 백본망간의 인터페이스 및 가입자 PC와 케이블 모뎀간의 인터페이스로서 96년 1월 말을 목표로 진행되었다. 2단계 표준화 대상 인터페이스는 운용 관리 지원 시스템과의 인터페이스와 Telco Return Interface(TRIF)이다. 2단계 대상 인터페이스는 MCNS가 상용 Data Over Cable Service(DOCS)를 제공하기 위해 필요한 지원 시스템을 개발하기 위해 요구되는 인터페이스이다. 3단계 표준화 대상 인터페이스는 Downstream RF Interface(DRFIF), Upstream RF Interface(URFIF), Consumer RF Interface(CRFIF) 및 Security

Management Interface(SMIF)이다. RF 관련 인터페이스는 OSI 모델의 계층 1에서 계층 3에 해당하며, 이들 RF 관련 인터페이스가 표준화되면 비로소 멀티벤더들의 모델과 헤드엔드의 관련 장치간의 상호 동작성이 지원될 수 있다. 그러나 RF 관련 규격의 경우 현재 제안된 기술들이 충분히 검증된 상태가 아니므로 표준화 시기가 상대적으로 뒤로 늦추어져 있는 상태이다.

V. 국내 향후 발전 방향

HFC 망의 경우 CATV 망이 얼마나 보편화되어 있느냐가 액세스망 기술 대안간의 적기성, 경제성의 상대적 우위를 가늠하는 중요한 기준이 된다. 그런 관점에서 상대적으로 CATV 전송망 기반이 취약한 우리나라의 경우는 HFC 망이 중요한 역할을 하는 미국이나 유럽과는 입장이 다를 수 있다. 그러나 미국, 유럽 등의 CATV 서비스 수요 확산을 고려할 때 국내에서도 아날로그 CATV 서비스의 수요가 꾸준히 증가할 것으로 예상된다. 또한 디지털 VOD 류의 서비스가 앞으로 수년의 기술 및 경제적 타당성 검증을 필요로 하는 것을 고려할 때 당장 가입자에게 영상 서비스를 용이하게 제공할 수 있는 HFC 망의 확산은 불가피할 것으로 예상된다. 특히 최근들어 연간 100%의 폭발적 수요 증가가 이루어지고 있는 인터넷 서비스 등의 데이터 서비스 분야에서도 HFC 망이 유력한 대안으로 기대된다.

통합 멀티미디어 서비스를 지원하기 위해서는 상향 1 ~ 10 Mbps, 하향 6 ~ 30 Mbps 정도의 전송 대역을 지원해야 하나 현재 국내의 기존 전화 가입자 선로나 통신망은 이를 지원하는데 한계가 있다. 기존 UTP 전화 선로에 DSL 관련 기술(ADSL, RADSL 등)을 적용하거나 혹은 N-ISDN 망을 이용하는 방안은 제한된 대역폭 및 가입자당 구축 비용 때문에 문제가 되며, 광 파이버 및 ATM 기술을 도입하는 것은 막대한 투자 부담 및 통신망 구축에 걸리는 시간 지연 때문에 문제가 된다. 이러한 현실적 여건을 고려할 때 양방향 데이터, 디지털 VOD 서비스 및 기존 전화 등의 통합 서비스를 경제적으로 적기에 제공하는 대안으로써 HFC 구조의 CATV 망을 이용하는 것을 고려해야 한다.

현재 국내 CATV망은 주로 단방향 방송 서비스 위주로 구축되어 있는 지역과 750 MHz 양방향 서비스 제공이 가능하도록 포설된 지역이 상존하는 상태

로서 양방향 통신 서비스를 제공하기 위해서는 일부 망의 개축이 요구된다. 게다가 CATV 전송망 구축은 주로 외국 기술에 의존하고 있는 실정이다. 97년 기본통신시장 대외 개방 이후 CATV 사업자의 전화 사업 진출이 예상되고, 정부부에서는 95년 2월 CATV 사업자에게 통신사업을 허용하는 방안을 검토 중이라고 발표한 바 있고, 최근에는 통신사업 경쟁확대를 위한 다양한 기술적 시도를 허용하는 정책을 발표, 공청회를 가진 바 있다. 이처럼 통신과 방송의 엄격한 분리에 대한 규제의 완화 및 CATV 망을 이용한 통신 서비스의 제공이라는 큰 흐름을 고려할 때 우리나라에서도 CATV 전송망이 향후 중요한 통신망으로 부각될 것으로 보인다

VI. 결 론

본 고에서는 일반 가정 및 소규모 업무용 가입자들에 대한 광대역화의 경제적인 대안으로 관심을 끌고 있는 HFC 액세스망을 이용한 양방향 통합 서비스 제공을 위해 선결되어야 할 기술적 문제점에 대해 고찰하고 표준화 동향 및 향후 우리나라의 HFC 발전 방향을 살펴 보았다.

현재의 단방향 아날로그 방송 위주의 HFC 망에서 양방향 통신 서비스를 수용하기 위해서는 신뢰성 있는 망구조 설계, 디지털 신호 처리 및 전송 기술, 관련 상위 프로토콜 기술, 케이블 전원 공급 등 해결해야 할 기술적 문제를 안고 있다. 그럼에도 불구하고 최근 HFC 망이 경제적으로 적기에 광대역을 제공할 수 있는 대안으로 각광을 받음에 따라, HFC 전송망을 통합 서비스를 위한 보편적 망으로 활용하기 위해 필요한 표준 규격에 대한 연구, 케이블 모뎀 등 관련 기술에 대한 연구 개발, 관련 법 및 제도의 보완 등이 활발하게 진행되고 있다. 또한 HFC 망을 이용한 시범적 서비스 제공 프로젝트들이 다양하게 진행되고 있으므로 현재의 HFC 전송망이 안고 있는 문제점들은 조만간 해결될 것으로 기대된다. 그러므로 우리나라에서도 정보화 시대의 경쟁력을 적기에 확보하기 위해 요구되는 정보 제공 하부구조의 경제적 대안으로써 기존 CATV 전송망의 재활용 방안 및 신규 HFC 망 포설에 대해 깊이있는 논의가 이루어져야 할 것이다.

참 고 문 헌

[1] ITU-T SG 13, Draft Recommendation G.902,

- Framework Recommendation on Functional Access Networks(AN) Architecture and functions, access types, management and service node aspects, Nov. 1994.
- [2] DAVIC 1.0 Specifications Part 4, Delivery System Architecture and Interfaces, Nov. 1995.
- [3] DAVIC 1.0 Specifications Part 8, Lower Layer protocols And Physical Interfaces, Nov. 1995.
- [4] ATM Forum, Requirements/Criteria for Residential Broadband., RBB 95-1397R5, Orlando, Jun. 1996.
- [5] ATM Forum, Baseline text for the Residential Broadband Working Group., RBB 95-1416R3, Orlando, Jun. 1996.
- [6] ATM Forum, The UPSTREAMS Protocol for HFC Networks, RBB/NAMAC 95-1435R1, Los Angeles, Feb. 1996.
- [7] IEEE 802.14 Working Group, IEEE 802.14 Working Group Meeting March 11-15 1996 LaJolla, CA, <http://www.tezcat.com/~chicago/ieee80214/ieeemarc.html>, Mar. 1996.
- [8] John W. Eng, Standards for HFC-Based Residential Broadband : IEEE Project 802.14, Its Mission, Charter and Status, SPIE Vol. 2609, pp 2-9, 1995.
- [9] Mark Laubach, Using ATM over Hybrid Fiber-Coax networks, SPIE Vol. 2609, pp 22-32, 1995.
- [10] John W. Eng and James F. Mollenauer, IEEE Project 802.14 : Standards for Digital Convergence, IEEE Commu. Mag., pp 20-23, May 1995.
- [11] Kwang T. Koai, How reliable is HFC ?, Telephony, pp. 52-55, March 18, 1996.
- [12] MCNS Holdings RFP Document, Data Over cable Service Interface Specification Request For Proposal., 몬트리올 캐나다, Jun. 1996.
- [13] Bellcore Training and Education Center, Network of the Future, 1996.
- [14] Tekla S. Perry, The trials and travails of INTERACTIVE TV, IEEE Spectrum pp. 22-28, Apr. 1996.
- [15] Naoki Asami and Masahiro Kato, Cable TV Begins 30-Mbit/s Datacom Service, NIKKEI ELECTRONICS ASIA pp. 58-63, May 1996.
- [16] James O. Farmer, Managing the Return Spectrum to Optimize Interactive Revenue Opportunities, 1995 NCTA Proceedings pp. 151-164, May 1995.
- [17] Tom Osterman, HYBRID FIBER-COAX NETWORK POWERING ISSUES, 1995 NCTA Proceedings pp. 1-12, May 1995.
- [18] Farr Farhan, Availability calculations and Considerations in a Broadband Hybrid Fiber Coax Network for Telephone Services, 1995 NCTA Proceedings pp. 72-83, May 1995.
- [19] Chuck Merk and Walt Srode, Reliability of CATV Broadband Distribution Networks for Telephone Applications - Is it good enough ?, 1995 NCTA Proceedings pp.93-107, May 1995.
- [20] Israel Switzer and P. Eng, An Optimal Full-Service HFC Network, 1995 NCTA Proceedings pp.108-112, May 1995.
- [21] Don Gall and Paul D. Brooks, Considerations for Development of existing CATV Networks for Future Telecommunications Services, 1995 NCTA Proceedings pp. 113-123, May 1995.
- [22] 공보처, 케이블 TV 백서, 1996.
- [23] 김정부, 케이블 TV 전송망 구축 현황 및 계획, 정보통신 제13권 7호, 한국통신학회, 1996년 7월.

약 어

- DMT : Discrete Multitone
 DWMT : Discrete Wavelet Multitone
 FAMM : Frequency Agile Multi-Mode
 QAM : Quadrature Amplitude Modulation
 QPSK : Quadrature Phase Shift Keying
 SCDMA : Synchronous Code Division Multiple Access
 SDMT : Synchronized Discrete Multitone
 OFDM : Orthogonal Frequency Division Multiplexing



김 재 근

- 1980년 2월 : 고려대학교 전자공학과(학사)
- 1983년 2월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1990년 9월 : 고려대학교 대학원 전자공학과(박사)
- 1979년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 근무
광대역통신망연구부 부장(책임연구원)



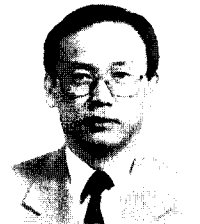
김 봉 태

- 1983년 2월 : 서울대학교 전자공학과(학사)
- 1991년 12월 : 미국 NC 주립대 컴퓨터공학과(석사)
- 1995년 12월 : 미국 NC 주립대 컴퓨터공학과(박사)
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 근무
광대역서비스연구실 선임연구원



양 선 희

- 1984년 2월 : 경북대학교 전자공학과(학사)
- 1986년 2월 : 한국과학기술원 전기및전자공학과(석사)
- 1988년 8월 ~ 현재 : 한국전자통신연구소 근무
광대역서비스연구실 선임연구원



김 수 형

- 1977년 2월 : 연세대학교 전자공학과(학사)
- 1981년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과(석사)
- 1984년 11월 ~ 현재 : 한국통신 근무
초고속통신추진본부 개발관리국 국장