

# HFC 기술 및 시장 분석

## Analysis of Hybrid Fiber Coaxial Technology and Market

유현경(H.K. Yoo)	네트워크기술전략팀 연구원
김정환(J.H. Kim)	네트워크기술전략팀 연구원
강병용(B.Y. Kang)	네트워크기술전략팀 책임연구원, 팀장
박권철(K.C. Park)	네트워크전략연구부 책임연구원, 부장

1998년 시작된 초고속 인터넷 서비스는 약 4년 만에 세계 1위의 보급률을 보이고 있을 정도로 우리나라의 정보통신 인프라는 급속도로 성장하여 왔다. 최근 유무선 통합 및 통신과 방송이 융합되는 광대역 통합망(BcN) 환경에서 초고속 인터넷 서비스와 디지털방송 서비스를 제공하기 위한 초고속 인프라의 가입자망 형태는 동선 기반의 ADSL(Asymmetric Digital Subscriber Line)/VDSL(Very high-data rate Digital Subscriber Line) 및 광/동축 혼합망인 HFC, 광섬유 기반의 FTTH(Fiber To The Home) 등이 있다. 그 중에서 HFC는 그 동안 주로 케이블 TV 프로그램의 전송망으로 활용되어 오다가 최근 통신·방송 융합 환경에서 초고속 인터넷 가입자망으로 부각되고 있다. 본 고에서는 HFC 망의 특성과 HFC 망의 핵심장비인 CMTS와 케이블모뎀의 시장 현황 및 전망에 대해서 알아보고, 광대역 통합망의 가입자망으로서의 HFC의 역할에 대해 논의하고자 한다.

## I. 서론

CATV는 1949년 미국에서 공중과 수신이 곤란한 지역에서 공동 안테나(Master Antenna) 시설을 통해 수신된 방송국 공중파를 유선 케이블로 각 가입자에게 분배하는 방식으로 난시청 해소 기능을 갖는 공동 수신 시스템(Community Antenna Television System: CATV)으로 시작되었다. 그 후 TV 방송의 보급과 함께 공중파 TV 방송에 대응하여 케이블을 이용한 TV 방송이라는 의미로서의 유선 방송 시스템(Cable Television: CATV)으로 세계 각국에 도입되었다. 이러한 CATV 망은 동축망에서 광동축 혼합망인 HFC(Hybrid Fiber Coaxial)로 발전하였는데, 국내에는 1995년 종합유선방송의 시작으로 HFC 망이 시설되었다. 1997년 양방향 케이블모뎀

시범 서비스가 성공하여, 1998년부터 ISP들이 케이블모뎀을 이용한 초고속 인터넷 서비스를 제공하게 되었다.

2003년 5월 기준으로 HFC 망을 통해 국내 1,100만 가구가 방송 서비스를 제공 받고, 380만 가구가 인터넷 서비스를 제공 받고 있으며[1], 사업자들은 HFC 망을 이용한 홈네트워킹과 서비스 사업을 추진하고, HFC 망의 초고속 인터넷 서비스 권역을 분할해 서비스 품질 개선에 힘쓰고 있다.

본 고에서는 유무선 및 통신과 방송이 융합되는 광대역 통합망(Broadband convergence Network: BcN) 환경에서 초고속 인터넷 서비스와 디지털방송 서비스를 제공하기 위한 초고속 인프라의 가입자망 형태로 HFC 망이 갖는 기술적인 특성과 시장 현황 및 전망을 살펴보고자 한다.

본 고의 구성은 다음과 같다. I장 서론에 이어 II장에서는 HFC 망의 개념과 망 구성 및 HFC 망에서 사용하는 주파수 대역에 대해서 분석하고, HFC의 데이터 전송 표준 규격인 DOCSIS에 대해 기술한다. III장에서는 HFC 망의 기본 장비인 CMTS와 케이블 모뎀의 개념 및 시장 현황과 전망을 분석하고, HFC 망의 발전방향을 살펴본다. 마지막으로 IV장에서 광대역 통합망의 가입자망으로서의 HFC의 역할에 대해 결론을 맺는다.

## II. HFC 망의 특성

### 1. HFC 망의 개념

HFC 망은 광케이블과 동축케이블로 구성된 망으로서, 분배 센터에서 옥외형광송수신기(Optical Network Unit: ONU)까지 광케이블로 연결되는 구간은 성형(star)으로 구성되며, 동축케이블을 이용하는 ONU에서 가입자까지는 수지형(tree and branch)으로 구성된다. HFC에서 디지털 또는 아날로그 데이터를 분배센터부터 ONU까지 전송하고, ONU는 전송된 광신호를 다시 전기신호로 바꾸어 동축케이블을 이용해 각각의 가입자까지 전송한다. 서비스 구역은 여러 개의 셀로 구분하여 시설하게 되는데 셀 별 독립된 망이 되며, 동일 셀 내의 가입자는 케이블 매체를 공유하게 된다. 또한 가입자가 증가하게 되면 셀 분할을 하여 분배센터에서 ONU 간에 광케이블 및 ONU를 증설하게 된다.

### 2. HFC 망의 구성

HFC 전송망은 구조적으로는 광전송 부문과 동축 전송 부문으로 구분할 수 있으며, 대역을 기준으로 분류하면 하향대역과 상향대역으로 구분된다. (그림 1)과 같이 HFC 전송망의 광케이블 구간은 광송수신기와 광케이블을 이용하여 상·하향 광전송선로를 별도로 구성하고, 동축케이블 구간은 동축케이블 주파수대를 분리하여 능동소자인 증폭기(TBA)와 수동소자인 분배기(Splitter), 분기기(Tap-off)의 조합으

로 상·하향 전송로를 구성한다. HFC 구성은 <표 1>에서와 같이 광전송장치인 광송신기, 광수신기, 옥외형광송수신기, 광케이블, 동축전송장치인 증폭기, 분배기, 분기기, 동축케이블로 구분하여 용도를 나타내었다[2].

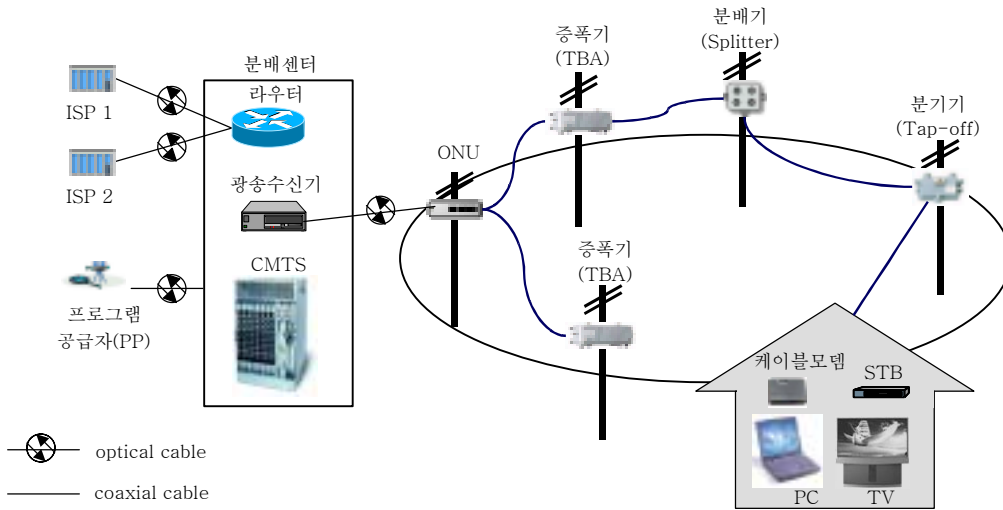
### 3. 주파수 대역

HFC 망에서 사용하는 주파수 대역폭은 종전에는 450MHz, 최근에는 약 80%가 750~870MHz로 업그레이드 되었으며, 약 70%가 750MHz 대역까지 사용할 수 있도록 구축되어 있다. (그림 2)의 HFC 주파수 대역을 보면, 이 중에서 5~42MHz 대역은 상향 신호전송을 위해 할당되었으며, 42~54MHz는 보호대역으로 설정되어 있다. 상향에 비해 대역폭이 큰 하향 대역은 아날로그 방송을 위해 54~500MHz를, 인터넷 서비스를 위해서 500~552MHz를, 디지털방송과 부가서비스를 위해 552~750MHz가 할당되었고, 또한 양방향 부가서비스 제공을 위해 864MHz~2GHz까지 확장가능 대역으로 신규 기술을 개발중이다.

### 4. DOCSIS

HFC의 데이터 전송 표준 규격인 DOCSIS(Data Over Cable Service Interface Specifications)는 케이블 상에서 양방향 신호 교환을 위한 변조 방식과 프로토콜을 지정한다. DOCSIS 1.0은 인터넷 접속을 위한 표준이며, DOCSIS 1.1은 음성, 게임, 스트리밍 처리를 위한 표준으로 DOCSIS 1.0과 상호 운용성을 제공하며, 1.0에 비해 QoS와 보안이 향상되었다. DOCSIS 2.0은 대칭 서비스를 위해 제안된 표준으로 DOCSIS 1.x와 상호운용성을 제공하며, 음성, 비디오, 데이터 서비스를 제공하는 데에 있어 상향 전송에서 DOCSIS 1.0에 비해 6배, DOCSIS 1.1에 비해서는 3배 향상된 특징을 가지고 있다.

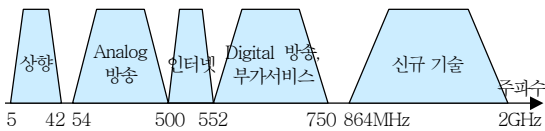
DOCSIS 2.0의 상향 물리층은 두 가지 운용모드가 있는데, 현행 PHY 개념의 확장인 Advanced-TDMA(A-TDMA) 방식과 DOCSIS를 위한 새로운



(그림 1) HFC 망 구성도

<표 1> HFC 망 구성도

구분	종류	용도
광전송장치	광송신기	분배센터에서 전송된 RF 신호를 광신호로 변환하여 ONU로 송신
	광수신기	광케이블을 통해 ONU에서 전송된 광신호를 원래의 RF 신호로 변환
	육외형 광송수신기 (ONU)	하향측으로는 광케이블을 통해 전송된 광신호를 원래의 RF 신호로 변환한 후 RF 증폭 모듈을 통해 적정 크기의 신호로 증폭하여 동축케이블로 전송하고, 상향측으로는 전단 증폭기에서 인가된 RF 신호를 광신호로 변환하여 광케이블로 전송
광케이블(Optical cable)		분배센터에서 ONU까지의 전송로
동축전송장치	증폭기(TBA)	동축케이블의 선로 신호손실을 보상하고 필요한 레벨 유지
	분배기(Splitter)	하나의 RF 신호를 둘 이상의 신호로 균등 분배
	분기기(Tap-off)	가입자 단말로 신호를 균등 분배하기 위한 전송망의 최종 소자
동축케이블(Coaxial cable)		RF 신호를 전송하기 위해 사용되는 ONU에서 가입자까지의 전송로



(그림 2) HFC 주파수 대역

기술인 동기식 CDMA(S-CDMA) 방식이 있으며, 이러한 물리층 변화를 보장하기 위해 새로운 MIB과 DOCSIS MAC-PHY 인터페이스인 DMPI를 정의하였다. (그림 3)은 DOCSIS 규격별 속도 및 스펙 확정, 상호 운용성, 인증에 대한 표준 로드맵을 나타내며[3], (그림 4)는 DOCSIS 1.x 프로토콜 스택을 나

타낸다[4].

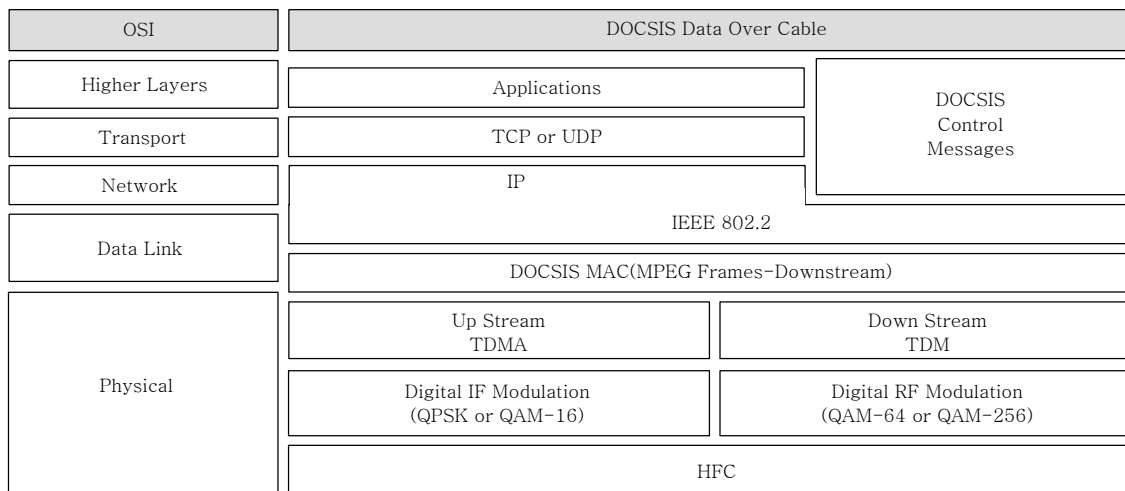
### III. HFC 시장 현황 및 발전방향

#### 1. CMTS와 케이블모뎀 장비

케이블모뎀종단장치(Cable Modem Termination System: CMTS)는 HFC 망이 끝나는 분배센터 내에 위치하여 양방향 HFC 망을 통해 케이블모뎀 장비와 인터페이스를 수행하여 외부망과 연결된다. CMTS는 케이블모뎀과 인터페이스를 위해 다양

	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003
DOCSIS 1.0 (5Mbps)	스펙확정	상호운용성	인증				
DOCSIS 1.1 (10Mbps)			스펙확정	상호운용성	인증		
DOCSIS 2.0 (30Mbps)					스펙확정	상호운용성	인증

(그림 3) DOCSIS 표준 로드맵



<자료>: Cisco

(그림 4) DOCSIS 1.x 프로토콜 스택

한 종류의 케이블모뎀 카드 지원 및 케이블모뎀 인증을 담당하며, 상·하향 채널의 주파수를 지정하고 채널에 대한 데이터를 암호화한다. CMTS는 대개 라우터, 변조기, 라인카드가 조합된 형태로 구성이 되며, 인터넷/인트라넷 백본 데이터 네트워크와 지역 액세스 케이블 네트워크 간에 고속 통신을 가능하게 한다. 일부 벤더들은 L3 라우터 대신에 L2 브리징과 스위칭 기술을 사용하여 CMTS와 분산된 라우터를 연결한다.

케이블모뎀(CM)은 HFC 망 접속을 위한 케이블 인터페이스와 PC의 이더넷 카드와 접속을 위한 이더넷 인터페이스로 구성된다. 케이블모뎀은 케이블 MAC 프레임과 이더넷 802.3 프레임간 변환을 수행하고, IP 주소 할당 및 QoS 보장을 담당한다.

DOCSIS는 통신과 운용을 지원하는 스펙으로

RF 기반 케이블 네트워크와 가입자 태내 장치, 케이블 데이터 통신 헤드엔드 장비간의 다양한 인터페이스를 정의하는데, 칩셋, 케이블 모뎀, 관련 케이블 헤드엔드 장비 간의 호환성을 제공해주기 위한 표준으로, ITU에서 세계 표준으로 채택되었다. 또한 가트너 그룹의 자료에 따르면 2002년에는 Non-DOCSIS 기반에 비해 DOCSIS 기반의 케이블모뎀 장비 점유율이 92%를 차지한다[5]. 미국에서는 장비에 대한 성능을 보장해주는 Cable Labs에서 케이블모뎀 및 케이블모뎀 라우터에 대한 표준을 제정하여 국제 표준화를 추진하는데, Cable Labs에서는 먼저 표준 초안을 작성하여 검토를 거친 후 제품을 만들어 호환성, 신뢰성, 필드 테스트 등을 거쳐 표준화를 추진하고 있다. Non-DOCSIS 장비는 스펙을 고수하지는 않고 특정 벤더에게 독점적인 표준 이상

의 특성을 가지고 있기도 한데, Terayon과 Com21은 케이블 모뎀 솔루션에서 각각 동기식 CDMA와 ATM 기술을 채택하고 있다.

DVB(Digital Video Broadcasting) 프로젝트와 DAVIC(Digital Audio-Video Council)은 Euro-CableLabs에서 추진하고 있는 표준으로, 1998년에 EuroCableLabs은 10개의 장비제조업체가 동의한 DVB/DAVIC 기반의 케이블모뎀 제품에 대해서 제안하였다. 이 스펙은 ETSI(ETS/EN 300 800)와 ITU(ITU-TJ-112)에서 채택되고 유럽에서 Euro-DOCSIS가 널리 보급되어 있지만 아직 표준으로 채택되지는 않았다[6].

가입자택내장치(Customer Premises Equipment: CPE) 케이블모뎀은 가입자의 집이나 사무실에 위치하고 케이블 네트워크 기반 디지털 데이터통신 서비스를 제공받기 위해 PC로 연결된다. 대부분의 케이블모뎀은 10Base-T 이더넷 카드나 USB로 PC와 연결된다. 최근에는 DOCSIS 기반 PCI 케이블 카드를 이용 가능하고 여러 벤더들은 내장형 “호스트 기반” 컴퓨터 제어 케이블모뎀을 개발하고 있다.

## 2. 장비 시장 현황

CMTS 장비 시장은 시스코가 세계 시장의 50% 이상을 독점하고 있으며, 최근 Motorola, ADC/BAS, Terayon, Juniper 등의 세계 시장 점유율이 증가하는 추세이다. 국내에서는 2003년 4월 이트로닉스에서 1000~4000 가입자를 수용할 수 있는 CMTS 장비를 개발하였고 케이블모뎀은 삼성전자, iCableSystem, NEW C&C 등 5~6개 기업에서 핵심칩을 도입하여 케이블모뎀을 설계, 제작하여 판매, 수출하고 있다.

<표 2>의 전세계 CMTS 시장 현황 및 전망을 보면, 2002년에서 2006년까지 CMTS 장비 시장은 연평균 10%의 성장률을 보이고 있으며, 2003년을 기준으로 매출액에 대한 증가율은 줄어들 것으로 전망된다. <표 3>에서는 2002년 전세계 CMTS 장비 벤더 현황을 나타내는데, 시스코의 CMTS 장비 시장 점유율이 2000년에는 59.2%, 2001년에는 55.6%에서 2002년에는 53.8%로 감소 추세에 있으나[5] 여전히 세계 1위를 차지하고 있다. <표 4>의 DOCSIS/Non-DOCSIS 기술 유형에 따른 CMTS 시장 점유율을 보면, 1998년에는 Non-DOCSIS 기반의 장비가 89%를 차지하나 2002년에는 DOCSIS 기반의 장비 점유율이 91.6%로 현저하게 증가한 것을 알 수 있다. <표 5>는 스위치, 라우터, 스위치/라우터 기반의 CMTS 장비 점유율을 보여준다. 1997년에는 스위치 기반의 CMTS 장비가 전체 시장의 82%를 차지하였다가 2002년에는 라우터 기반 CMTS 장비가 66.8%, 스위치/라우터 기반의 CMTS 장비가 24.7%로 증가한 것을 볼 수 있다.

## 3. HFC 망의 발전 방향

HFC 망은 방송 구역 당 1개의 ISP(Internet Service Provider)에게만 HFC 망을 제공하던 기존의 방식에서 벗어나, HFC 망을 개방하여 여러 ISP가 공동 사용함으로써 중복 투자를 방지할 수 있어 HFC 망에 대한 사용률이 증가하고 있다. 2003년 5월 기준, HFC 망을 이용하는 서비스 가입자 수는 380만 가구로 전체 초고속 인터넷 시장에서 34.3%를 차지하며, 그 중에서 하나로통신과 두루넷 등 기간통신사업자의 시장 점유율이 70% 이상이고 부가통신사업자인 지역방송사업자(SO)들이 급속히 성

<표 2> 전세계 CMTS 시장 현황 및 전망

연도	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	CAGR(%) '02~'06
매출액(백만 달러)	52.7	125.9	338.2	645.9	411.8	396.2	473.0	533.5	579.3	639.4	692.4	10.0
증가율(%)	-	139.0	168.5	91.0	-36.2	-3.8	19.4	12.8	8.6	10.5	8.3	-

<자료>: Gartner Dataquest, “2002 Cable Broadband Access Platforms Market and Forecast Through 2007,” 2003. 4.

&lt;표 3&gt; 2002년 전세계 CMTS 장비 벤더 현황

업체	매출액(백만 달러)	시장점유율(%)
Cisco	213.1	53.8
ADC/BAS	72.9	18.4
Motorola Broadband Communications	43.0	10.9
Terayon	24.4	6.2
Arris	17.1	4.3
Juniper	8.0	2.0
Com21	7.3	1.8
기타	10.4	2.6
소계	396.2	100

<자료>: Gartner Dataquest, "2002 Cable Broadband Access Platforms Market and Forecast Through 2007," 2003. 4.

&lt;표 4&gt; 기술 유형에 따른 전세계 CMTS 시장

	1998	1999	2000	2001	2002
Non-DOCSIS (백만 달러)	112.3	100.7	161.5	76.7	33.1
DOCSIS (백만 달러)	13.7	238.9	484.4	335	363.1
소계	126.0	339.6	645.9	411.8	396.2
Non-DOCSIS (%)	89.1	29.7	25.0	18.6	8.4
DOCSIS (%)	10.9	70.3	75.0	81.4	91.6
소계	100	100	100	100	100

<자료>: Gartner Dataquest, "2002 Cable Broadband Access Platforms Market and Forecast Through 2007," 2003. 4.

&lt;표 5&gt; 기술 기반에 따른 전세계 CMTS 시장

	1997	1998	1999	2000	2001	2002
라우터 (백만 달러)	9.5	42.6	279.6	524.0	296.5	264.6
스위치 (백만 달러)	43.2	83.3	60.0	111.9	58.4	33.6
스위치/라우터 (백만 달러)	0	0	0	10.0	56.9	98.0
소계	52.7	126.0	339.6	645.9	411.8	396.2
라우터 (%)	18.0	33.8	82.3	81.1	72.0	66.8
스위치 (%)	82.0	66.2	17.7	17.3	14.2	8.5
스위치/라우터 (%)	0	0	0	1.5	13.8	24.7
소계	100	100	100	100	100	100

<자료>: Gartner Dataquest, "2002 Cable Broadband Access Platforms Market and Forecast Through 2007," 2003. 4.

장하는 추세이다[7]. 또한 HFC 망은 셀 분할 및 채널 할당이 유연하여 망 운용이 쉽고 증폭기의 사용으로 전송거리 확장이 가능하여 거리에 따른 전송 속도 및 품질의 영향이 적다. 그러나 셀 분할시 가입자 당 가격이 상승하고, DOCSIS 2.0일때 제공속도 30Mbps로 고품질 VoD 서비스 등 차세대 통신·방송 융합 서비스를 제공하기에는 통신 속도가 낮은 단점이 있다.

이러한 단점을 극복하고자, Cisco와 Terayon에서는 기존 HFC 설비를 이용하면서 상향 대역의 잡음 문제와 RF 특성 개선을 통해 HFC 망의 성능 개선을 시도하고 있으며, Narad와 Xtend는 추가 HFC 설비를 투입하여 864MHz 이상의 대역폭을 이용한 고속대칭 서비스 제공을 통하여 서비스 속도 문제 해결을 시도하고 있다.

## IV. 결론

초고속 인프라 가입자망의 한 형태인 HFC는 광케이블과 동축케이블로 구성된 망으로서, 분배센터에서 ONU까지는 광케이블을 이용하고, ONU에서 각 가입자까지는 동축케이블을 이용하여 서비스를 제공한다. 광대역을 기반으로 양방향 특성과 다양한 부가서비스의 제공이 가능한 HFC 망은 초고속 인터넷 서비스, 디지털 유선방송 서비스, 원격 검침, 원격 경보 등의 홈오트메이션, IP 전화, T-commerce가 가능한 광대역 통합망의 초기 가입자망으로 발전하고 있다.

유무선 통합 및 통신·방송 융합의 차세대 정보통신 환경에서 QoS가 보장되는 광대역 멀티미디어 서비스를 제공하기 위한 초고속 인프라 가입자망은 HFC, xDSL, FTTH의 경쟁보다는 투자의 효율성을 고려하여 단계적인 가입자망의 추진 전략이 필요하다. HFC는 xDSL 기술 등과 함께 초기 통신·방송 융합 측면에서의 광대역통신서비스 제공을 위한 유선가입자망으로서의 역할을 할 것이며, 궁극적으로 통합 멀티미디어 서비스 제공이 가능한 FTTH로 수렴될 것으로 보인다.

## 참 고 문 헌

- [1] 권영주, “2003년 상반기 국내 HFC(Hybrid Fiber Coax) 시장 동향,” 정보통신정책, 제15권 12호, 2003. 7., pp. 44-48.
- [2] 파워콤(주) 네트워크운영단, “국내의 HFC 망 현황과 발전 방향,” 2003. 5.
- [3] CableLabs, DOCSIS Team, “DOCSIS Overview,” 2003. 1.
- [4] 시스코, “DOCSIS 1.x/2.0 Overview,” 2002.
- [5] Gartner Dataquest, “2002 Cable Broadband Access Platforms Market and Forecast Through 2007,” 2003. 4.
- [6] Gartner Dataquest, “Access System Definitions, 2003,” 2003. 8.
- [7] 이상우, 곽동균, “케이블 가입자망 기반의 초고속 인프라 구축 관련 이슈,” KISDI 이슈리포트, 제3권 6호, 2003. 6., pp. 1-35.