

디지털케이블방송 전송기술 동향

Trends in Transmission Technology for Digital Cable Broadcasting

김태균 (T.K. Kim, tkkim@etri.re.kr) 미디어전송연구그룹 책임연구원
 현은희 (E.H. Hyun, ehhyun@etri.re.kr) 미디어전송연구그룹 책임연구원
 라상중 (S.J. Ra, sjna@etri.re.kr) 미디어전송연구그룹 선임연구원
 정준영 (J.Y. Jung, jungjy@etri.re.kr) 미디어전송연구그룹 책임연구원/PL

* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술진흥센터의 정보통신·방송 연구개발 사업의 일환으로 수행하였음[2016-0-00106, 광 IP 네트워크 기반 스마트 미디어 양방향 연동을 위한 RF-signal over IP 기술 개발].

전국대비 90%를 웃도는 홈 패스율을 유지하는 케이블 방송망은 본격적인 디지털 방송 전환과 맞물려 빠른 속도로 스마트 방송 서비스를 전 국민적으로 확산할 수 있는 유력망으로 거론되고 있다. 케이블 방송망은 고품질 방송 서비스뿐만 아니라 양방향 고속 데이터 서비스를 동시에 수용하는 통합망으로 발전되어 왔으며, 최근에는 신규 융합방송 서비스 및 실감방송 서비스 등의 도입이 가속화됨에 따라 IP 기반 고용량 데이터 송수신에 대한 연구개발이 진행되고 있다. 본고에서는 디지털 케이블 방송망 인프라를 기반으로 미래의 방송 통신 융합 서비스 환경을 제공하기 위한 디지털 케이블방송의 전송기술 개발 및 표준화 동향에 대해 살펴보고자 한다.



본 저작물은 공공누리 제4유형
출처표시+상업적이용금지+변경금지 조건에 따라 이용할 수 있습니다.

2017
Electronics and
Telecommunications
Trends

멀티미디어 & 방송기술 특집

- I. 머리말
- II. RoIP 전송기술
- III. In-band Full-duplex
전송기술
- IV. ITU-T SG9 표준화 동향
- V. 맺음말

I. 머리말

개인형, 양방향 및 스마트 방송의 보편화와 미디어 콘텐츠 소비 환경의 진화로 3DTV, 초다시점 서비스, UHDTV, 실감형 방송 등과 같은 광대역 방송 서비스가 가시화되고, 기존의 아날로그 신호 전송이 디지털 전송으로 진화하면서[1] 지역이나 환경에 상관없이 불특정 다수의 사용자에게 동등한 질의 서비스를 제공하기 위한 노력이 진행 중이다. 이러한 상황에서 홈 패스율이 90% 이상인 케이블 방송망은 가까운 미래를 넘어 지속해서 미디어 서비스 시장을 구성하는 인프라 제공자의 역할을 이어갈 것으로 보인다.

초고품질 콘텐츠 소비, 단대단 접속 서비스 확산, 초고속 전송, 광대역 전송 등과 같은 키워드들은 데이터 송수신을 담당할 네트워크 제공자들이 수용해야 할 기본 요구사항들이 되고 있으며, 케이블 방송망 또한 다양한 망 진화 과정을 겪으면서 서비스 생태계 상의 요구조건들을 만족할 수 있는 기술 개발 및 적용을 진행하고 있다[2]. 이러한 변화의 요구에 따라 케이블 방송망이 HFC망을 거쳐 광 기반 망과의 연동이나 통합망 형태로 구성되는 다양한 진화모델들을 탄생시켰으며[3], 기존 인프라와 신규로 포설되는 인프라들의 공존을 위해 많은 기술이 연구되고 적용이 모색되고 있는 상황이다.

국내에서는 케이블 방송망 기반의 스마트 미디어 양방향 서비스 제공을 위해 기존 HFC 기반 케이블 방송망의 헤드엔드와 가입자 장비를 유지하며 양방향 미디어 서비스가 가능한 다수의 기술 도입이 제안되었으나[4], 확장성 및 경제성의 문제로 보편적 적용이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 북미와 유럽은 헤드엔드에서 셀 노드까지의 광케이블 구간의 송수신 방식을 디지털화하고, 셀 노드에서 태내 구간은 RF 신호 형태로 전달하는 기술을 통해서 광선로 구간을 늘려 케이블 전송 용량을 확대하고 있다. 또한, IP 기반 서비스의 품질 보장을 위해 다양한 가입자망 수용, 기가급 광대역화 및

유무선 연동 네트워크로 고도화와 고속화를 추진하고 있다.

세계 주요국들은 향후 도래할 전송 자원 부족 현상을 해결하기 위해서 케이블 방송망 기반의 인프라 고도화 기술을 개발 중이며, 특히 동일 대역에서 송수신을 동시에 전송하여 주파수 효율 고도화를 위한 기술 개발이 진행되고 있다. 다양한 IoT 서비스, 1인 미디어 및 클라우드 기반의 서비스가 점차 보편화됨에 따라 증가하는 가입자 발생 트래픽을 수용하기 위한 요구가 증대하고 있다. 따라서 케이블 방송망을 기반으로 한 보편적 양방향 서비스망 구축을 위해 상·하향 10Gbps급 방송통신 융합 인프라를 제공할 수 있는 기술에 대한 도입이 가능한 한 빠른 시간 내에 이루어져야 한다.

본고에서는 광 기반의 케이블 방송망에서 기존 디지털 케이블 방송의 전송방식 변경 및 장비 교체 없이 양방향 스마트 미디어 서비스를 제공할 수 있는 RoIP (Radio over internet protocol) 전송 기술에 대해 먼저 살펴보고, 다음으로 동일 주파수 대역에서 상향 및 하향 신호의 동시 전송을 통해 기존 방식 대비 주파수 이용 효율을 향상시키는 In-band full-duplex 전송 기술에 대해 알아본다. 그리고 마지막으로 국제표준화 기구 ITU-T의 광대역 및 케이블 방송 표준화 연구그룹인 SG9의 디지털 케이블방송 전송기술과 관련된 표준화 동향에 대해 살펴보고자 한다.

II. RoIP 전송기술

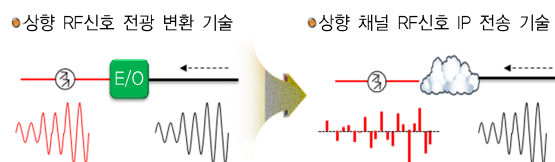
RoIP 기술은 광 기반의 케이블 방송망에서 헤드엔드와 STB 등 기존 디지털 케이블 방송의 전송 방식의 변경이나 장비 교체 없이 양방향 스마트 미디어 서비스를 제공할 수 있도록 하는 기술이다. 즉, 광 기반 IP 네트워크와 연동하여 기존의 케이블 단말(케이블 모뎀(CM))에서 송신하는 DOCSIS 기반의 상향 RF 신호를 디지털화한 후 광 기반 IP망으로 전송하고, 헤드엔드에서 IP망으

로 전송된 STB의 상향 신호를 아날로그 RF 신호로 변환하여 케이블 모뎀 종단 장치(CMTS)에 송신하도록 하는데 필요한 기술을 의미한다[5], [6].

1. RoIP 기술도입 배경

케이블 방송망은 가입자 측의 CM이 상향 신호를 송신하기 위하여 헤드엔드 측의 CMTS로부터 제어 정보를 포함하는 하향 신호를 필요로 하게 되는데, 여기서 필요한 CMTS의 하향 신호는 RF 형태로 출력되고 이를 광 신호로 변환하여 광 네트워크를 통해 전송한다. 이를 RF 오버레이 방식이라 하며, 가입자 단에서는 광신호가 다시 전기 신호로 변환되어 케이블 STB 또는 CM으로 전달된다. RF 오버레이 방식은 RF 전기신호를 광신호로 변환하는 과정에서 광 AM 변조를 사용하게 되며 여기에 상당한 비용이 요구된다. 하향 신호 전송의 경우 헤드엔드에서 모든 가입자를 대상으로 전광변환이 한번 발생하므로 비용 상승 요소가 크게 부담으로 작용하지 않지만, 각각의 가입자 단에서 상향 RF 신호에 대해 적용되어야 하는 전광변환은 서비스를 이용하는 단말 규모에 비례하여 장비 투입이 필요하게 되고 이에 따른 비용 상승이 막대해진다. 결국 상향 RF 신호를 RF 오버레이 형태로 변환하여 전송하는 RFoG(RF over glass) 기술이 개발되어 적용되었지만, 장비 및 설치에 대한 투자 비용의 문제로 인해서 이를 널리 확산시키고 있지 못하는 실정이다.

이러한 상황에서 기존 케이블 방송망 단말 장비들의 교체없이 전-광 변환기를 사용하지 않고 가입자 데이터를 송수신할 수 있도록 하기 위해 RoIP 기술이 고려되었으며, 이를 통해 가입자 측의 CM에서 송신하는 아날



(그림 1) 상향 채널 RF신호 IP 전송 기술

로그 RF 신호는 하향 신호와는 달리 (그림 1)과 같이 디지털 신호로 변환하여 전송하는 방안에 관한 연구가 진행되고 있다.

2. RoIP 시스템 구조

RoIP 기술을 통해 DOCSIS 기반 상향 신호를 디지털 데이터로 변환하여 전송하는 경우 고려해야 할 사항은 상향 채널 RF 신호를 IP로 전송하기 위해 케이블 단말에서 발생하는 상향 RF 신호를 감지하고 기저대역의 디지털 신호로 변환하여 IP로 전송하는 기술과 DOCSIS 기반 데이터 전송에서 사용되는 타이밍 동기를 맞춰 전송할 수 있어야 한다는 것이다.

가입자 측에 있는 다수의 케이블 모뎀(CM)이 하나의 물리적인 매체를 공유하여 전송하기 때문에, 가입자 단말이 케이블 모뎀 종단 장치(CMTS)가 할당하는 시간 구간에 자신의 데이터를 전송하도록 케이블 방송망에서는 동기화된 시분할 다원 접속(TDMA) 방식을 사용하고 있다. 케이블 방송망에서는 가입자 단말 장치가 CMTS에서 주기적으로 전송하는 SYNC 메시지를 이용하여 CMTS와 CM 간에 클럭 동기화를 통해 데이터 전송이 이루어지게 된다. 동일한 상향 채널을 사용하는 모든 CM은 CMTS에서 전송하는 타임스탬프에 클럭을 동기화한 후, CMTS에서 전송하는 MAP 메시지를 통하여 해당 CM에 할당된 시간 구간에 상향 데이터를 전송한다.

그러므로 RoIP 기술을 적용하기 위해서는 아날로그 데이터를 디지털 데이터로 변경하여 전송한다고 하더라도 (그림 2)와 같이 DOCSIS 망의 동기화된 전송방식을 그대로 유지할 수 있어야 한다는 것이다.

이와 같은 전송 방식을 유지하기 위해 가입자 단말이



(그림 2) IP 전송 타이밍 동기 기술

송신하는 상향 신호를 획득하고 해당 신호가 획득된 시각을 추정하는 작업들이 필요하게 된다. 특히 버스트 특성을 가지는 상향 데이터를 감지해서 송신 신호를 획득해 내는 작업과 획득된 시점을 추정해 내는 방안들이 고려되는데, 이때 추정된 신호 획득 시각에 대한 오차를 최소화할 수 있는 방안들이 적용되어야 한다.

이를 위해 RoIP 단말은 기존 케이블 가입자 단말로부터 수신한 RF 신호에 대해 망 동기 추정 및 보상 작업을 수행하고, 획득 시각 정보를 통한 가입자 단말 송신 버스트 스케줄링이 이루어질 수 있도록 하여야 하며, IP 망을 통해 전송되면서 발생할 수 있는 전송 지연에 대한 변이를 추정하고 이를 보상하는 작업들이 고려되어야 한다.

즉, 헤드엔드 측에서는 DOCSIS 레인징을 이용한 클럭 및 시각 정보 동기화, IP망 지연 변이 보상 및 스케줄링 작업을, 단말 측에서는 DOCSIS MAP 분석 및 가입자 단말 송신 신호 시각 분석을 이용한 시각 정보 동기화 작업들이 고려되어야 한다.

이와 같은 기술들이 적용된 서비스 제공을 위해 (그림 3)과 같이 케이블 방송망을 구축할 수 있다. 헤드엔드 측에 기존 CMTS와 RoIP 기술이 탑재된 'IP 기반 미디어 RF 연동 시스템'을 두고, 단말 측의 CM 앞단에 'RF 기반 가입자 미디어 IP 접속 단말 시스템'을 두어 망을 구성한다. RF 기반 가입자 미디어 IP 접속 단말 시스템은 하향 신호 전달을 위해 헤드엔드 장치(CMTS 등)로부터 케이블 단말 장치(CM, STB 등)로 송신되는 하

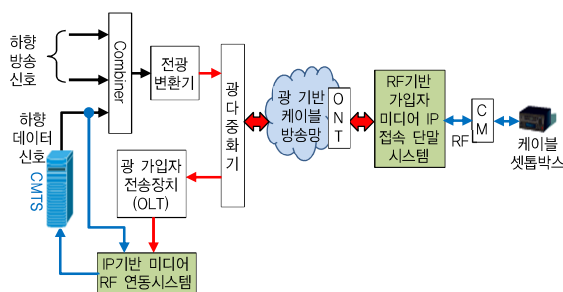
향 전송신호를 복조하고, 멀티캐스트 관리를 위한 DOCSIS 메시지들(SYNC, UCD, MAP)을 처리하는 기능을 수행한다.

또한, 상향 신호 전달을 위해 케이블 단말 장치로부터 수신된 버스트 신호를 압축된 형태의 데이터로 변환하고, 버스트가 감지된 시점 정보와 함께 IP 프레임으로 생성하여 IP망을 통해 전송하는 기능이 수행한다. 이를 위해 대역 할당 정보를 분석하고 케이블 단말 장치들(CM, STB 등)로부터 출력된 RF 형태의 상향 신호를 감지하여 기저대역 디지털 신호로 변환하며, 감지된 시점을 검출해서 타이밍 추정 및 동기화를 처리하도록 구성한다.

IP 기반 미디어 RF 연동 시스템은 다수의 단말로부터 IP 프레임 형태로 수신한 상향 버스트 데이터를 추출하고, 압축된 데이터를 복원하여 CMTS가 지정한 대역, 주파수, 전송속도를 갖는 RF 신호로 변환하여 송신하는 기능을 포함한다. 이때 단말단에서 수신한 상향 버스트 데이터를 CMTS가 설정한 시각에 맞게 전송할 수 있도록 하기 위해 동기화 기능을 제공하여야 한다. 이를 위해 가상의 CM처럼 DOCSIS 기반 초기화 과정을 통해 클럭 및 시간에 대한 동기화 작업을 수행하고, RoIP 단말에서 송신하는 IP 패킷 복원 후 RF 신호로 변환하여 송신할 때, 대역 할당 정보를 이용해서 해당 대역 스케줄링 및 일정 지연을 유지하도록 한다.

III. In-band Full-duplex 전송기술

케이블 방송망을 기반으로 하여 데이터를 전송하는 DOCSIS 시스템은 사용할 수 있는 상향 주파수 대역이 제한되어 있다. 이러한 제한을 극복하기 위하여 Cable Labs는 In-band full-duplex(FDX) DOCSIS 전송기술을 제안하였고 현재 이와 관련한 표준화를 진행하고 있다. FDX DOCSIS 전송기술은 하향 전송 채널의 가용 대역폭은 유지하면서 상향 전송 채널에 추가로 대역폭



(그림 3) RoIP 기술 기반 케이블 방송망 구성

을 제공할 수 있는 방식이다[7].

1. Full-duplex DOCSIS 시스템 요구사항

HFC에 기반한 DOCSIS 통신 시스템에서 FDX 전송 기술을 구현하기 위해서는 이전 DOCSIS 시스템과의 역 호환성, 성능, 확장성 및 장치 복잡성 등을 우선적으로 고려하여야 한다.

FDX 장치가 기존의 다른 DOCSIS 장치와 역 호환되도록 하려면 동일한 네트워크에서 장치 간에 동작 중 상호 간섭을 주지 않아야 한다. FDX 장치가 동작하기 위한 스펙트럼은 공유 스펙트럼 또는 전용 스펙트럼의 형태로 제공될 수 있다. 공유 스펙트럼은 하향 전송과 상향 전송이 동시에 이루어지는 대역을 의미하며, 전용 스펙트럼은 하향 전송 혹은 상향 전송만을 위해 할당된 대역을 의미한다. 공유 스펙트럼 구간에서는 특정 FDX 장치가 송신하는 상향 신호가 인접한 다른 장치가 수신하는 하향 신호에 간섭을 일으킬 수 있게 되는데, 시스템 설계 시 이런 영향을 제거할 수 있는 방식이 요구된다.

Symmetric 서비스는 광대역 네트워크, 특히 FTTH에서 점차 증가하고 있는 추세이다. 현재 DOCSIS 3.1 시스템의 경우, 최대 10Gbps 하향 전송이 제공되므로 상향 전송에서 Symmetric 서비스를 제공하기 위해 Multi-Gbps를 지원할 수 있어야 한다.

FDX 네트워크로의 전환 시 기존 사용자에게 미치는 영향을 면밀히 관리하여야 한다. 네트워크 상에서 전송 용량에 대한 수요가 증가함에 따라 제공할 수 있는 솔루션은 사용자 규모 및 서비스 요구사항을 고려하여 효율적으로 확장할 수 있어야 하며, 동시에 이전 버전과의 호환성을 유지해야 한다. 이를 통해 운영자는 전체 네트워크에 대한 업그레이드 없이 사용자 단말 장치를 교체하면서 점진적으로 새로운 기술을 도입할 수 있게 된다.

장치 구축 비용을 관리하기 위해서는 장치 복잡성에 대한 관리가 중요하다. 현재의 HFC 네트워크 구조에서

상향 전송 대역은 시간 및 주파수 분할 다중화(TDM and FDM)를 사용하는 SC-QAM 및 OFDMA 채널 간에 공유될 수 있으며, 하향 전송을 위한 SC-QAM 및 OFDM 채널은 전용 스펙트럼에서 동작한다. DOCSIS 네트워크에서는 CMTS가 많은 사용자에게 공유되는 공통 리소스이기 때문에 CMTS에 추가적인 기능을 제공하여 CM 복잡성을 최소화하는 것이 실용적인 방법일 수 있다.

2. 제안된 Full-duplex DOCSIS 시스템의 구조

앞서 언급한 요구사항을 기반으로 북미 CableLabs에서는 FDX DOCSIS 기술을 제안하고 업계에서 적용할 표준제정을 진행하고 있다. 제안된 전송기술에서 CMTS는 DOCSIS 채널에서 FDX 모드로 동작하지만 CM은 특정 채널에서 송신 또는 수신 중일 때 다른 채널에서 동시에 송신 및 수신할 수 있는 옵션이 있다.

이러한 접근 방식을 통해 간섭 제거 방식이 CMTS에서만 구현되도록 하여 CM 복잡성을 최소화하도록 설계된다. CMTS에서는 하향 및 상향 전송을 동시에 지원할 수 있도록 설계되고, CM에서는 동작 상황에 따라 하향 또는 상향 전송이 가능하도록 고려된다. 이를 통해 CM의 구현 복잡성은 줄이고 FDX 동작을 위한 처리는 CMTS에서 가능하도록 한다. CMTS에서의 간섭 제거 성능은 상향 전송 용량을 결정하는데 중요한 영향을 주며, 하향 전송에 대한 송신 전력 및 간섭 패턴은 하향 전송 용량을 결정하는데 영향을 준다.

FDX 전송기술에서 하향 전송 스펙트럼을 공유하는 경우 기존의 DOCSIS 장치와의 공존은 반드시 해결되어야 하는 이슈이다. 기존 CM는 지속적으로 CMTS에서 하향 전송 채널을 수신하기 때문에, FDX 모드로 동작하는 주변 CM의 상향 전송은 잠재적으로 근처의 CM이 수신하는 하향 전송 신호에 간섭을 일으킬 수 있다.

FDX 장치의 상향 송신에서 다른 CM으로 수신되는

하향 신호로의 간섭은 두 장치 사이의 RF 격리 수준에 따라 다르게 나타난다. FDX 장치의 상향 전송은 CM 간 RF 차폐가 제대로 되지 않은 주변 장치에 영향을 미칠 수 있다. CableLabs에서 수행한 실험에서 측정된 결과를 바탕으로 상향 송신 중인 CM과 동일한 탭에서 동작하는 CM에서는 높은 수준의 간섭이 발생되어 수신되는 하향 신호의 품질을 심각하게 저하시키게 되는 반면, 다른 탭에 연결된 CM에서는 상향 송신 중인 CM의 신호에 따른 영향을 받지 않는다. 동일한 탭에서 동작하는 CM에 의해 영향을 받는 경우, 일시적으로 낮은 변조 차수를 적용하여 하향 신호를 전송함으로써 하향 신호 품질의 열화를 최소화할 수 있다.

CM에서 하향 수신 신호가 손상될 확률을 최소화하기 위해서는 CMTS에서 CM간 간섭을 관리해야 할 필요성이 있다. CM간 간섭을 효율적으로 제거하기 위해서는 FDX CM과 관련된 간섭 그룹(FDX CM의 전송으로 인한 간섭을 관찰할 CM)을 식별하는 것이다. 간섭 그룹을 기반으로 CMTS는 스케줄링을 조정하여 간섭 그룹에 포함된 FDX CM이 상향 전송 수행하고 있는 동안 데이터를 수신하도록 스케줄링되지 않는다.

간섭 그룹을 식별하기 위해 CM 간 Isolation을 측정하는 것은 Channel sounding을 통해 수행할 수 있다. 여기서 CM은 FDX 장치의 전송과 관련하여 수신된 전력을 측정하는 다음 수신된 전력을 CMTS에 보고한다.

〈표 1〉은 FDX 전송기술 적용에 따른 주파수 대역에

〈표 1〉 FDX 전송기술 적용에 따른 용량 추정

주파수 대역 (MHz)	적용기술 (채널 개수×대역폭)	전송용량 (Mbps)
5~42	DOCSIS 3.0 (US: 3×6.4 + 1×3.2)	US: 72 DS: 0
42~85	DOCSIS 3.1 (US: 43, 1024 QAM)	US: 387 DS: 0
550~742	DOCSIS 3.0 (DS: 32 × 6, 256 QAM)	US: 0 DS: 1,283
743~1,002	DOCSIS 3.1 FDX (US: 3×96, 1k QAM) (DS: 192+96, 2k QAM)	US: 2,280 DS: 2,508
1,031~1,218	DOCSIS 3.1 FDX (US: 3×96, 512 QAM) (DS: 192+96, 512 QAM)	US: 2,052 DS: 2,052

서의 채널 용량을 추정한 것이다. 기존의 DOCSIS 3.0 과 3.1 CM 및 FDX CM이 혼재하는 경우를 가정하여 주파수 대역에 따른 채널 용량을 추정하였다[8].

IV. ITU-T SG9 표준화 동향

ITU(International Telecommunication Union, 국제 전기통신연합)는 UN(United Nation, 국제연합)에 의해 전기통신, 전파통신, 위성통신, 방송 등의 국제정보통신 분야를 총괄하는 전기통신부문 전문기구로 지정되어 유무선 통신, 전파, 방송, 위성 주파수에 대한 규칙 및 표준을 개발 및 보급하고 국제적 조정 협력의 역할을 수행하는 정부 간 기구이다[9].

ITU-T SG9은 광대역 케이블 및 TV 분야 활동을 하며, 전송 네트워크, 수신제한 등 비디오 전송 등 케이블 TV 관련 표준화 연구와 인터넷 프로토콜 전화망, 케이블모뎀, 웹 캐스팅, 응용 프로그래밍 인터페이스, 광폭스크린 디지털 영상 및 셋톱박스 등 단말과 응용서비스에 관한 연구를 수행한다.

1. J.195 및 J.196 시리즈

J.195시리즈(J.195.1, J.195.2, J.195.3)는 1세대 HiNoC(High performance network over coax; 케이블 기반 고성능 네트워크) 표준이며, J.196 시리즈(J.196.1, J.196.2, J.196.3)는 2세대 HiNoC 시스템의 ITU-T 표준이다. J.195시리즈는 2013년에 제정되었으며, J.195.1은 2016년에 개정되었고 J.196 시리즈는 2016년에 제정되었다[10]~[15].

HiNoC는 FTTB(Fiber-to-the-base)에 연결된 케이블 네트워크를 통한 초고속 전송을 위한 시스템으로 MN(Master node, 주노드)과 CN(Client node, 종 노드)으로 구성되어 있다. MN은 PON(Passive optical network) 네트워크에 연결되어 있는 헤드엔드 장비이며, CN은 홈 터미널에 연결되어 있는 단말 장비이다.

MN과 CN의 접속 지원은 여러 개의 CN이 한 개의 MN에 등록되는 것을 지원하지만 등록할 수 있는 수를 제한할 수도 있다.

HiNoC은 케이블 방송망 기반의 광대역 접속 기술로 케이블의 스펙트럼 효율성을 향상하도록 설계되었다. HiNoC은 헤드엔드에 HB(HiNoC bridge)와 수신 측에 HM(HiNoC modem)을 포함하는 시스템이다. HiNoC 네트워크의 사용 예는 TV 신호와 IP 서비스를 하나의 물리적 채널을 통하여 서비스하는 경우와 TV 신호와 IP 서비스를 서로 다른 물리적 채널을 통하여 서비스하는 경우로 나눌 수 있다.

HiNoC 프로토콜 구조는 MAC과 PHY 계층으로 구성되어 있으며, MAC 계층은 Convergence 층(CS)과 공통 부 층(CPS)으로 구성되어 있고 보안 층(SS)은 선택사항이다. HiNoC은 SD/HD TV, 3DTV, UHDTV, VoIP, 인터넷 등의 IP 기반의 서비스를 지원할 수 있으며, 확장된 주파수 대역은 1.2GHz까지 지원이 가능하다. 채널 결합을 통한 전송을 지원할 수 있으며, MN과 CN을 위한 타임 슬롯을 스케줄링할 수 있다. HiNoC 2.0의 CS는 HiNoC 1.0과 달리 데이터 재전송 기능을 선택사항으로 포함하고 있다.

HiNoC PHY는 OFDM 변조에 기반하며, 망의 상태에

〈표 2〉 1세대 HiNoC과 2세대 HiNoC의 주요 특징 비교

주요변수	1세대 HiNoC	2세대 HiNoC
동작 주파수	1.2GHz 이하	1.2GHz 이하
최대 전송속도	100Mbps	1Gbps
채널당 스펙트럼 대역	16MHz/ch.	128MHz/ch.
변조방식	OFDM adaptive subcarrier modulation	OFDM adaptive subcarrier modulation
성상도	DQPSK, QPSK 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1,024QAM	DQPSK, QPSK 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1,024, 2,048, 4,096QAM
캐리어수	256	2,048
채널코딩 방식	BCH	BCH, LDPC
양방향, 다중 접속 모드	TDD, TDMA	TDD, TDMA, OFDMA

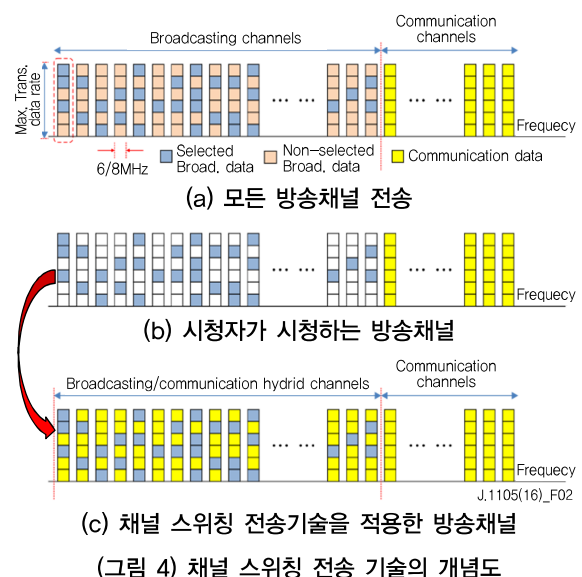
따라서 적응 가능한 FEC 인코딩을 지원할 수 있다. 1세대 HiNoC과 2세대 HiNoC의 주요 특징을 간략하게 비교하면 〈표 2〉와 같다.

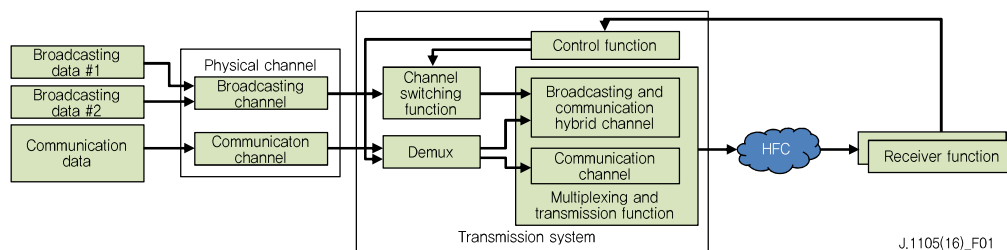
2. J.1105

J.1105는 기존의 케이블 방송 전송 시스템이 시청자의 방송 시청 여부와 관계없이 모든 방송채널을 전송하는 구조를 가지고 있어 주파수 낭비의 원인이 되고 있는 것을 개선하기 위한 채널 스위칭 전송기술에 대한 표준이다. 셀 내에서 실제 시청하고 있는 방송채널만 전송하고 여유 공간에 통신 데이터를 전송함으로써 한정된 주파수 자원을 효율적으로 이용할 수 있는 전송기술이다 [16].

(그림 4)는 여유 공간에 통신 데이터를 전송하는 방법의 개념도이다.

(그림 5)는 HFC 기반의 네트워크에서 채널 스위칭 서비스를 제공하기 위한 시스템의 구성도이다. 채널 스위칭 시스템은 제어부, 채널 스위칭부, 다중화 및 전송부 및 수신부로 구성된다. 제어부는 가입자 단말로부터 시청자 정보와 시청 채널 정보를 포함하는 가입자 시청 정보 메시지를 수신하며, 시청자 정보는 가입자 셀 정보





(그림 5) 채널 스위칭 서비스 제공을 위한 시스템 구성도

를 포함하고, 시청 채널 정보는 방송 시청 여부 정보와 시청 방송 채널 정보를 포함한다.

가입자 셀 내에서 가입자들이 시청 중인 시청 채널 정보와 가입자 셀 정보를 포함하는 셀 시청정보 메시지를 채널 스위칭부에 전송하고, 시청 채널 정보는 가입자에 의해 새로 선택된 방송채널 정보와 계속 시청하고 있는 방송채널 정보를 포함한다.

3. J.223 시리즈

J.223시리즈(J.223.1, J.223.2)는 C-DOCSIS(Cabinet DOCSIS) 시리즈를 의미하며, DOCSIS 3.0에 기반한 high bandwidth 서비스 수행 및 비용 효율적 운영을 목적으로 하는 표준규격이다. J.223.1은 C-DOCSIS를 위한 시스템 구성과 요구사항을 포함하고 있으며, J.223.2는 C-DOCSIS를 전송하기 위한 전송규격을 포함하고 있다[17], [18].

C-DOCSIS 시스템은 CMTS와 CM으로 구성되며, CMTS는 C-DOCSIS는 CMC controller와 CMC로 구성되어 있다. CMC는 TDM, FDM, SDM이 가능하도록 광 노드에 분산배치한다. C-DOCSIS는 System control 모듈, Classification forwarding 모듈, 그리고 RFI 모듈로 구성된다. C-DOCSIS MAC 프레임을 생성하고 변조 및 RF 신호를 전송하는 역할을 수행하는 RFI 모듈은 PHY 서브 모듈과 MAC 서브 모듈로 구성된다.

V. 맺음말

융합화, 지능화, 개인화 형태로 발전하는 미래 방송통

신서비스의 수요 충족에 기존의 케이블 방송망만으로는 한계가 있으며, 특히 케이블 플랫폼을 통해 3DTV, 다시점 서비스, UHDTV(Ultra high definition TV) 등과 같은 광대역 방송 서비스를 제공하기 위해서는 광 기반 망으로의 연동 및 진화가 절실하다.

케이블 방송망은 양방향 스마트 서비스를 위한 전송 망으로써의 역할을 수행하기 위해 직접 광이 대내까지 접속되는 FTTH(Fiber to the home) 형태 혹은 일부 기능이 가입자에게 최대한 가까운 지점까지 배치되는 형태로 진화하고 있으며, 이러한 방송망의 진화는 기존 망 설비뿐만 아니라 헤드엔드 및 단말의 변경도 요구되고 있다.

케이블 방송망을 광 네트워크 기반으로 양방향 스마트 서비스 제공 플랫폼으로 활용하기 위해서는 전송 인프라 및 STB(Set-top box) 변경 없이도 사용할 수 있어야 하며, 전송 장비 재투자에 대한 부담을 최소화하고 방송망의 스마트화를 가속화할 필요가 있다. 따라서 기존 설비 및 장비에 대한 호환성을 유지하는 RoIP 기술의 중요성은 매우 크다.

또한, FDD(Frequency division duplexing)를 기반으로 하는 케이블 방송망에서 상향 대역은 하향 대역의 1/10에도 못 미쳐 비대칭적인 통신서비스가 불가피한 상황이다. 케이블 방송망에서 폭증하는 상향 트래픽의 원활한 수용을 위해 상향 대역의 확보가 매우 중요하며, 이를 위해서 전이중 방식 전송의 중요성이 점차 증가하고 있다.

국제표준화 기구인 ITU-T SG9에서 진행되고 있는

디지털 케이블 전송기술 관련된 표준화는 J.195 및 J.196, J.223, J.1105 등으로 전송 효율 고도화 및 케이블 방송 망의 고도화 방향으로 진행되고 있다.

용어해설

DOCSIS 종합 유선방송과 개인용 컴퓨터, 비즈니스 컴퓨터, 텔레비전 사이에 주고받는 데이터 신호를 제어하는 케이블 모뎀용 표준 인터페이스

SDV 시청자가 선택한 특정 채널만 송출하는 기술

약어 정리

C-DOCSIS	Cabinet-DOCSIS
CM	Cable Modem
CMC	Cable Media Converter
CMTS	Cable Modem Termination System
CN	Client Node
CPE	Customer Premises Equipment
CPS	Common Part Sublayer
CS	Convergence Sublayer
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification
FDD	Frequency Division Duplexing
FDM	Frequency Division Multiplexing
FDX	Full-Duplex
FTTB	Fiber-To-The-Building
FTTH	Fiber-To-The-Home
HB	HiNoC Bridge
HDTV	High Definition TV
HFC	Hybrid Fiber and Coax
HiNoC	High performance Network over Coax
HM	HiNoC Modem
IP	Internet Protocol
ITU	International Telecommunication Union
ITU-T	ITU Telecommunication Standardization Sector
MAC	Media Access Control
MAP	Bandwidth Allocation Map
MN	Master Node
OFDM	Orthogonal Frequency Division Multiplexing
OLT	Optical Line Terminal

ONU	Optical Network Unit
PHY	Physical Layer
PON	Passive Optical Network
QAM	Quadrature Amplitude Modulation
RF	Radio Frequency
RFI	Radio Frequency Interface
RFoG	RF over Glass
RoIP	Radio over Internet Protocol
SDM	Space Division Multiplexing
SDTV	Standard Definition TV
SDV	Switched Digital Video
SG	Study Group
SS	Security Sublayer
STB	Set-Top Box
SYNC	Synchronization
TDM	Time Division Multiplexing
TDMA	Time Division Multiple Access
UCD	Upstream Channel Descriptor
UHDTV	Ultra-High Definition TV
VoD	Video on Demand
VoIP	Voice over IP

참고문헌

- [1] 유삼렬, “케이블TV 10년사,” 한국케이블TV방송협회, 2005.
- [2] 최중준, “차세대 디지털 케이블 전송 기술 개발,” ETRI, 미래창조과학부 기술개발사업 최종보고서 10-921-02-001, 2014.
- [3] 정준영, 김태균, 최동준, “표준 시험인증 기술동향-10Gbps 케이블 데이터 서비스를 위한 DOCSIS 3.1 표준기술,” TTA 저널, 제156호, 2014, pp. 82-87.
- [4] 허남호 외, “FTN 기반 유무선 방송시스템 고도화 기술 개발,” 미래창조과학부, 기술개발사업 연차보고서, 2016.
- [5] 이호숙 외, “DOCSIS 기반 상향 RF 신호 검출 방법 및 성능 평가,” 제18회 전자정보통신 학술대회, 2016, pp.215~216.
- [6] 현은희, 이재원, 정준영, “기저대역 신호에 대한 무손실 IQ 데이터 압축 기법,” 제18회 전자정보통신 학술대회, 2016 12. 2-3, pp. 221~222.
- [7] CM-SP-PHYv3.1-I10-170111, “Data Over Cable Service Interface Specifications DOCSIS 3.1 Physical Layer Specification,” CableLabs, Jan. 2017.
- [8] Belal Hamzeh, “Full Duplex DOCSIS Technology over HFC Networks,” *Spring Tech. Forum. Proc.*, Denver, CO, USA, Oct. 17-20, 2016, pp. 1-5.

- [9] ITU, Accessed 2017. <http://www.itu.int>
- [10] ITU-T J.195.1, "Functional Requirements for High Speed Transmission over Coaxial Networks Connected with Fiber to the Building," Mar. 2016.
- [11] ITU-T J.195.2, "Physical Layer Specification for High Speed Transmission over Coaxial Networks," Oct. 2014.
- [12] ITU-T J.195.1, "Medium Access Control for High Speed Transmission over Coaxial Networks," Oct. 2014.
- [13] ITU-T J.196.1, "Functional Requirements for Second Generation HiNoC," Mar. 2016.
- [14] ITU-T J.196.2, "Physical Layer Specification of Second Generation HiNoC," Oct. 2016.
- [15] ITU-T J.195.1, "Media Access Control (MAC) Layer Specification of Second Generation HiNoC," Oct. 2016.
- [16] ITU-T J.1105, "Requirements of Channel Switching Service over Hybrid Fibre and Coaxial based Network," Oct. 2016.
- [17] ITU-T J.223.1, "Functional Requirements for Cabinet DOCSIS(C-DOCSIS)," Mar. 2016.
- [18] ITU-T J.223.2, "Cabinet DOCSIS (C-DOCSIS) System Specification," Oct. 2016.