

무선 디지털 LMDS 전송시스템

이 문 호
전북대학교 정보통신공학과 교수

- 요 약 -

무선에 의한 서비스는 유선에서 제공할 수 없는 단말기의 이동성이라는 커다란 장점을 지니고 있기 때문에, 맥내에서의 광화이버 배선으로 여러가지 문제점을 발생시키고 경우에 따라서는 해결이 불가능한 경우도 무선에 의한 광대역 서비스의 제공이 가능하다. 최근까지는 2.5GHz 대역에서 아날로그 AM방식인 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service)로 무선 CATV같은 서비스가 진행되어 왔다. 그러나 MMDS방식의 경우 주파수 배정 문제로 인하여 발전이 한정적으로 이루어져 왔고, 양방향 디지털 및 다채널기술의 적용을 위한 주파수 대역의 확보가 어렵기 때문에 미래의 기술로 적용하기에는 다소 무리가 있는 것으로 분석되고 있다. 따라서 이에 대한 해결책으로 새로운 주파수 자원의 개발과 디지털 다채널 기술을 적용한 초고속 광대역 무선 전송기술의 개발이라는 측면에서 새로이 개발된 것이 최근 연구의 중심을 이루고 있는 LMCS(Local Multi-point Communication System)방식이다.

LMCS 시스템은 25GHz~29GHz정도의 주파수를 사용하며 디지털화하여 양방향 CATV로 전환함으로써 양방향 멀티미디어 서비스가 가능하고, 향후 정보고속도로와도 연계할 수 있다는 점에서 최근 관심이 집중되고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있는 상황이다. 이러한 추세에 따라 국내에서도 LMCS방식의 무선 CATV 서버용 주파수가 배정될 예정이다. LMCS기술은 유선망보다 저렴한 설치비용, 신속한 망구축 등의 장점을 바탕으로 양방향 초미터파 대역으로 고유한 전파전파 특성을 가지고 있으며 주파수 배정에 있어서도 광대역으로 예상되기 때문에 LMDS에 대한 연구가 필요하다.

1. 서 론

최근 미래의 초고속 멀티미디어 통신 서비스를 제공하기 위해 정부기관과 기업간에 엄청난 재원을 투자하여 관공서, 산업체, 일반 가정 등을 상호간에 연결하는 초고속통신망을 구축하고 있다. 이 망이 추진중에 나타나는 변화는 교환기와 단말기 간에 단순히 점대점간 선로를 연결하여 구성되던 가입자망 액세스 분야가 단말기에 이동성을 부가하여 멀티미디어 통신을 기반으로 하는 입체통신 시대로 진화될 것이다. 이에 따라 통신서비스와 방송서비스가 융합되고, 유선통신과 무선통신이 통합되는 방향으로 전개될 것이며, 전화와 같은 통신서비스와 CATV와 같은 방송서비스가 현재는 각각 독립적으로 서로 다른망을 통해 제공되고 있으나, 궁극적으로는 두 서비스 모두 ATM 기반 통신망에 통합되어 이용자에게

는 하나의 액세스 링크를 통하여 연결될 것이다.

무선에 의한 서비스는 유선에서 제공할 수 없는 단말기의 이동성이라는 커다란 장점을 지니고 있기 때문에, 맥내에서의 광 화이버 배선으로는 여러 가지 문제점을 발생시키고 경우에 따라서는 해결이 불가능한 경우도 무선에 의한 광대역 서비스의 제공이 가능하다.

최근까지는 2.5GHz 대역에서 아날로그 AM방식인 MMDS(Multichannel Multipoint Distribution Service)로 무선 CATV 같은 서비스가 진행되어 왔다. 그러나, MMDS 방식의 경우 주파수배정 문제로 인하여 발전이 한정적으로 이루어져 왔고, 양방향 디지털 및 다채널 기술의 적용을 위한 주파수 대역의 확보가 어렵기 때문에 미래의 기술로 적용하기에는 다소 무리가 있는 것으로 분석되고 있다. 따라서 이에 대한 해결책으로 새로운 주파수자원의 개발과 디지털 다채널 기술을 적용한

초고속 광대역 무선전송기술의 개발이라는 측면에서 새로이 개발된 것이 최근 연구의 중심을 이루고 있는 LMDS(Local Multi point Distribution Service)이며, 캐나다의 경우는 LMCS(Local Multipoint Communication System)이라 부른다.

LMDS 시스템은 25GHz ~ 29GHz 정도의 주파수를 사용하며 디지털화하여 양방향 CATV 로 전환함으로써 양방향 멀티미디어 서비스가 가능하고, 향후 정보고속 도로와도 연계할 수 있다는 점에서 최근 관심이 집중되고 있으며 많은 연구가 이루어지고 있는 상황이다. 이러한 추세에 따라 국내에서도 LMDS 방식의 무선 CATV 서비스용 주파수가 배정될 예정이다. LMDS 기술은 유선망 보다 저렴한 설치비용, 신속한 망구축 등의 장점을 바탕으로 양방향 초고속 멀티미디어 서비스를 제공하고 디지털 LMDS 주파수 대역은 주파수가 상당히 높은 밀리미터파 대역으로 고유한 전파전파 특성을 가지고 있으며 주파수 배정에 있어서도 광대역으로 예상되기 때문에 이 대역에서의 효율적인 변복조 기술에 대한 연구는 매우 중요하다.

LMDS의 해외 연구동향은 미국의 경우 27.5 - 29.5 GHz 주파수대역을 이용하며 디지털화 하여 양방향 CATV로 전환해 양방향 멀티미디어 서비스를 제공하고, 특히 Cellular Vision USA가 상용서비스 중이며, 향후 정보고속도로와 연계할 수 있다는 점에서 많은 관심과 연구가 진행되고 있다. 또한 최근 필리핀, 파나마, 러시아 등에 관련 기술을 공급하고 있다.

캐나다는 25.5 - 28.5 GHz 대역의 주파수를 할당하여 현재 27.5 - 28.5 GHz 대역의 주파수를 전국사업자와 지역사업자로 3 구분하여 한지역에 한사업자를 선정하고, 약 2년후 나머지 주파수를 추가 배정할 예정이다. 일본은 자국내 주파수 문제로 인하여 23GHz 대역의 주파수를 고려중이나 여러 가지 문제로 인하여 고심중이다. 유럽은 유럽의 통합 의미에서 동일한 주파수 사용목적으로 영국, 오스트리아, 덴마크, 독일, 네델란드, 노르웨이, 포르투갈, 스페인, 스웨덴, 스위스 등이 40.5 - 42.5 GHz 대역의 주파수를 할당할 계획이다.

그 외의 국가들 즉, 벨기에와 슬로베니아는 미국의 영향을 받아 12 GHz 와 29 GHz 의 대역을 무선 CATV용으로 고려중이며, 헝가리는 12GHz, 루마니아는 10 GHz 대역에서 무선 CATV를 추진중이다. 아시아와 태평양지역의 국가들중에서 홍콩은 12GHz 대역으로 FM변조 방식의 무선 CATV 시스템을 추진중이며, 호주에서는 29GHz 또는 40GHz로 서비스를 추진중

있으며, 홍콩은 유선이든 무선이든 대화형 멀티미디어 서비스가 제공되도록 추진중에 있다.

국내동향을 보면 정보통신부는 종합유선방송국(SO) 2차 허가지역의 전송망 사업자(NO)를 구역별로 2개사업자씩 지정해 민간 기업의 참여폭을 넓히고 망구축 및 투자비를 줄일 수 있도록 무선 접속방식을 도입하기로 했다. 또 기존 중계유선 방송사업자의 경우 현재 보유한 시설의 절반이상이 케이블 TV기술기준에 적합할 경우 이미 시설이 설치된 지역에 한정해 NO로 지정하기로 했다. 전송망사업에는 기존의 NO인 한국통신과 한국전력, 데이콤이고 유선중계망사업자는 물론 LMDS등 무선전송기술개발을 추진중인 SK텔레콤, 금호텔레콤, 삼양텔레콤, 해태텔레콤등의 민간 기업등이 참여할 것으로 예상되고 있다.

SK텔레콤은 지난 96년부터 장비제조업체와 공동으로 28GHz대역의 LMDS방식 무선케이블TV를 개발, 과천과 성남지역에서 시험서비스를 제공하고 있고 금호텔레콤은 역시 28GHz 대역 LMDS방식의 안테나 및 다운컨버터를 개발 광주광역시에서 관공서와 대학등을 대상으로 시범서비스를 제공하고 있으며, 한국이동통신은 주파수 27.7 - 28.5GHz 대역의 49채널을 가지고 실험중이다. 한국 무선 CATV와 태평양시스템은 외국 기술의 국내 도입의 용이성을 고려하여 2.5GHz의 MMDS 서비스를 시험중이다.

1996년 한 해 동안은 CATV전송망으로 아날로그 LMDS 시스템들의 개발 및 도입이 여러 업체에 의해 진행되다가 1997년 부터는 멀티미디어 서비스가 가능한 디지털 LMDS의 개발과 도입이 PCS, WLL 등 무선통신기술과 함께 진행될 예정이다. 디지털 LMDS 시스템은 현재 해태 텔레콤이 미국 휴렛팩커드와 공동으로 시스템 개발중에 있으며, 삼양에서는 디지털 LMDS 장비를 이용하여 BIS(Bus information System)을 서비스하려고 시도하고 있다. 또한 성미전자, 대영전자등 많은 중소기업업체에서도 서비스 및 장비 개발에 박차를 가하고 있다.

디지털 LMDS 시스템을 조기에 국내에서 개발하기 위해서는 요구되는 각종 요소기술에 대한 연구 및 시스템 레벨에서의 망 설계 그리고 시스템 규격을 효율적으로 설계해야 하고, 이를 위해서는 이론적 개념과 분석, 기능모델의 정립 및 기능 시뮬레이션, 기술적 구현 가능성 검토 등의 연구가 시급히 요구된다.

2. 디지털 LMDS 구조

무선CATV의 up-stream 및 down-stream 주파수 분할 계획은 우리나라의 경우 LMDS용 주파수로 40개 채널이 가능한 26.7~27.5GHz를 배정하고 단방향의 방송 송신만이 가능한 MMDS방식용으로 2.535~2.655GHz대역의 주파수를 분배했고, 미국의 경우와 캐나다의 경우를 보면, 캐나다는 25.35 ~ 28.35GHz대역 개발을 고안중이고 이 스펙트럼은 6개의 500MHz 블록으로 분할됐다.

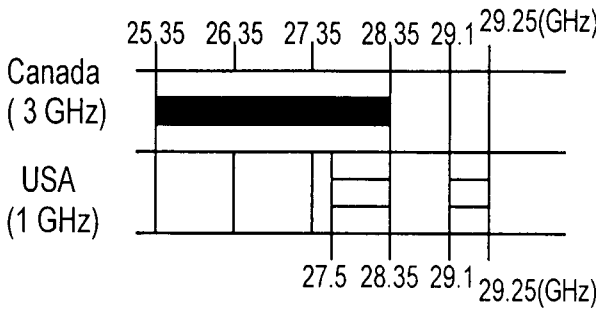


그림 1. 캐나다와 미국의 경우 주파수 할당

다음은 디지털 LMDS에서 현재 DAVIC 1.1 규격과 관련구조인데, 이 시스템은 DAVIC에서 정의한 인터페이스에 대하여 무선에 관해 정의한 것이다. 제공되는 서비스는 VOD 서비스, POTS(Plain Of Telephone Service), Internet 서비스, 화상회의 등이다.

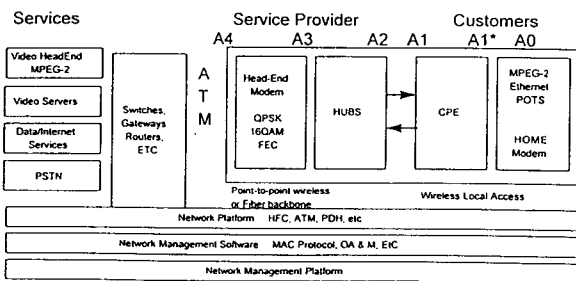


그림 2. LMDS System Architecture

또한 서비스 제공자가 갖추어야 할 서버에는 5가지가 있다. 즉, 보안을 관리하는 서버인 SFS, 인터넷 서비스를 제공해 주기 위한 서버인 BIS, VOD 서비스를 제공해 주기 위해 콘텐츠를 가지고 있는 CMS 서버, 운영 및 관리를 담당하는 OMS 서버, 그리고 가입자의 관리를 담당하고 있는 SMS 서버로 구성된다.

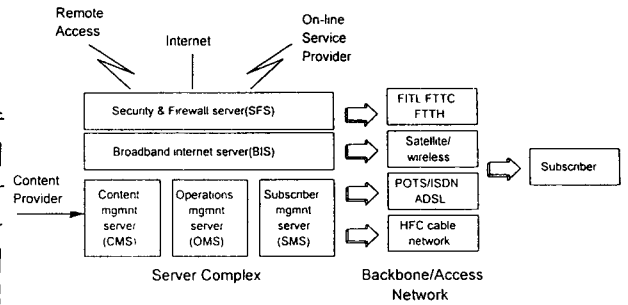


그림 3. 서비스 제공자 서버구조

비디오 서버에서 가입자 장치에게 서비스를 해 주고 있는 것을 보여주고 있다.

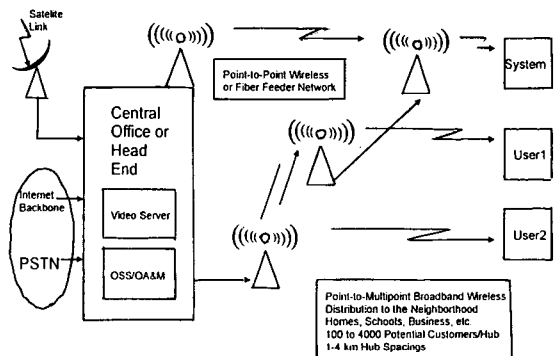


그림 4. LMDS 일반적인 개념

LMDS 시스템은 대부분 1-4Km의 셀로 구성된 마이크로 셀룰러 형태이다. 셀 크기는 어느상황에서든 여러변수에 의해 결정되며, 이중 하나는 적정가격으로 가입자 구내장치(CPE)에서 얼마만큼의 전력 레벨을 얻을 수 있느냐가 중요한 변수이다. 이 전력 레벨은 상황(Upstream) 링크 마진을 결정한다. 망구조에 대해서는 허브 부품가격, 링크 마진, 주파수 재사용, 셀과 셀간의 인터페이스 등을 고려해 볼때 90°각도를 갖는 허브 안테나 형태가 가장 적합하다.

팬형태의 빔안테나는 등방성 방사기에 비해 14-16dBi의 이득을 갖도록 설계될 수 있다. 같은 신호강도를 갖는 지점이 위에서 보다는 사각형에서 더욱 근사적으로 근접하기 때문에 셀에 대해 사각형으로 가정하는 것이 훨씬 합리적이다. 그림 5에서는 Hub의 구조를 나타내고 있다.

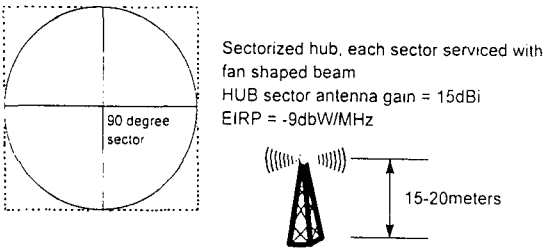


그림 5. HUB의 구조

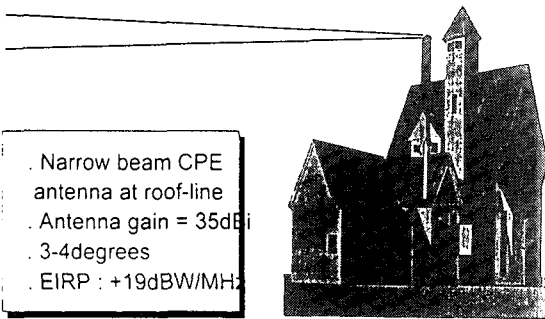


그림 6. 가입자 안테나 특성

그림 6에서 보는 바와 같이 가입자측 안테나는 소형이고 저가이며 레인지가 2~4° 정도의 범위를 갖도록 설계할 수 있다. 스펙트럼을 각 섹터에 할당하므로써 다중셀은 간섭이 반경의 수배 만큼씩 이격되어 주파수 재사용이 가능하도록 설계할 수 있다. 수평과 수직 극화를 교대로 사용하면 4배 정도의 주파수 재사용이 가능하나, 이는 전파환경의 초기에 충분한 이격을 얻기 위해서만 가능하다. 이는 표 1에 요약 되어 있다.

표 1 주요 마이크로파 소자

Hub Antenna	Azimuth : 90 degrees Elevation : 5-7 degrees Gain : 14-16 dBi
Hub Power Amplifier	>30 dBm at 1dB gain compression System Tx goal 1 watt at antenna
Subscriber Unit(CPE) Antenna	Beamwidth : 3-4 degrees Gain : 35 dBi
Subscriber Unit Power Amplifier	>20 dBm at 1dB gain compression System Tx goal 100 mw at antenna
Hub & Subscriber Unit Low Noise Amplifier	Noise figure : ~4 dB System noise figure : 6 dB

3. 디지털 LMDS 시스템

중앙에 기지국, 주송신 안테나 서비스 전송 시스템을 가진다. 프로그램의 전송은 프로그램 공급자로부터 공급된 프로그램을 중앙제어국에서 점대점송신기를 이용하여 기지국의 점대점수신기로 전송하고 기지국에서는 점대점수신기를 통해 주송신기에서 28GHz up converting 된 캐리어를 전방향 무지향성 안테나로 송신하고 이 신호는 각 가정의 옥상이나 창가에 설치되어 있는 수신안테나에서 수신하여 1GHz로 프로그램을 시청하게 된다. 그림 7은 28 GHz대역 LMDS 무선 CATV 시스템으로 개괄적인 블록 다이어그램이다.

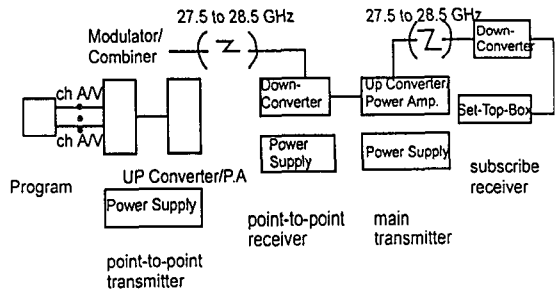


그림 7. 28GHz대역 LMDS 무선 CATV시스템

■ 중앙제어국(Headend)장치

프로그램 공급업자로부터 소스프로그램을 받는 수신장치(위성수신장치 또는 광전송장치), 프로그램을 원하는 대역으로 하는 변조기, 변조된 채널을 결합하는 컴바이너, 신호를 증폭하여 무선송신하는 주송신기 혹은 점대점 송신기, 망관리 시스템 및 가입자관리 시스템 등으로 구성된다.

■ 점대점 송수신장치

중앙제어국에서 만들어진 전송용 신호를 주송신기에 전달하기 위해 28 GHz 대역의 마이크로파로 신호를 전송하는 역할을 한다. 원거리에 있는 주송신기까지 신호를 전송하기 위해 고이득의 안테나와 증폭기를 사용한다.

시스템의 구성은 입력되는 신호를 27.5 ~ 28.5 GHz 대역의 신호로 변환하는 상향변환기(Up converter)와 이를 증폭시키는 Power Amp 그리고 송신안테나로 구성된다.

점대점 수신기는 점대점 송신기에서 전송된 신호를 수신하여 주송신기에 전달하는 역할을 한다. 시스템의 구성을 보면 자유공간을 통하여 전송되어 오는 전파신호

를 수집하는 고이득의 수신안테나와 이를 저잡음 특성을 가지고 증폭하는 저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier)로 구성되어 있으며 28GHz 대역의 신호를 IF(Intermediate Frequency)신호로 변환하는 저역변환기(Down Converter)와 대역 통과 여파기(Band Pass Filter) 및 증폭기 등으로 구성된다.

■ 주 송신장치

주송신기는 중앙제어국으로부터 점대점 송수신기를 거치거나 또는 직접 전송되어 온 신호를 커버리지 확보가 가능한 전력으로 가입자에게 전송하는 기능을 수행한다. 시스템의 구성은 점대점 수신기로부터 전송되어 오는 중간주파 대역의 신호를 RF대역(27.5~28.5GHz)으로 변환하는 상향변환기(Up Converter)와 대역통과 여파기(Band Pass Filter), 그리고 RF 대역의 신호를 증폭하는 Power Amp 및 안테나로 구성된다.

■ 소출력 송신 장치

소출력 송신기는 주송신로부터의 전파를 받아 700m 정도의 반경을 서비스하기 위한 소출력 재전송장치로 전파음영지역이나 특수목적으로 서비스 하여야할 장소에 전송하는 소출력 증폭장치이다.

■ 가입자 수신안테나

가입자 수신안테나는 주송신기로 전송되어 오는 RF 신호를 수신하여 맥내에 설치된 셋탑박스케이블을 이용하여 IF 신호를 전송하는 역할을 한다.

시스템의 구성은 자유공간을 통하여 전송되어 오는 전파신호를 수집하는 수신안테나와 이를 저잡음 특성을 가지고 증폭하는 저잡음 증폭기(Low Noise Amplifier)로 구성되어 있으며 28GHz 대역의 신호를 IF(Intermediate Frequency) 신호로 변환하는 저역변환기(Down Converter)와 대역통과 여파기(Band Pass Filter) 및 증폭기로 구성된다.

■ 셋탑박스

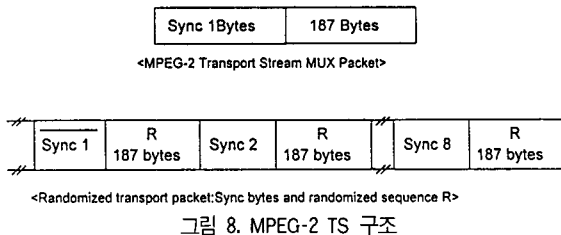
가입자 수신안테나에서 변환되어진 IF 신호는 케이블을 타고 맥내에 있는 셋탑박스에 연결된다. 셋탑박스는 가입자 맥내의 TV와 연결되어 CATV 화면을 제공하는 단말장치이다. 또한 셋탑박스는 가입자 관리 정보의 저장 및 전송기능을 가지고 있다.

다음, LMDS 및 MMDS에 대한 표준안은 DAVIC

1.1 규격에서 1996년 9월 뉴욕회의에 대한 결과로서 표준안이 완성되었다. 이 표준안에서 데이터 전송 방식에는 ATM 셀 전송 방식과 MPEG-2 TS(Transport Stream) 방식이 제안되고 있다.

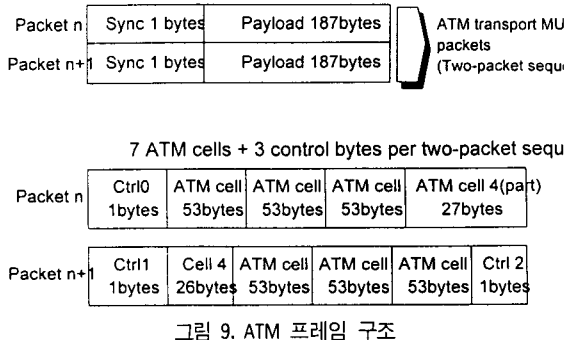
■ MPEG-2 트랜스포트 스트림 구조

DAVIC 1.1 규격에서 디지털 LMDS에 대한 다운스트림에 대한 데이터 전송패킷은 기존 디지털 방송 시스템과의 호환성을 고려하여 그림 8과 같이 1개의 동기 비트 및 187개의 데이터(Payload)로 구성되며, 에러에 대한 문제점을 해결하기 위해 (204,188,8)의 RS 코드를 사용하여 데이터를 재구성한다.



■ ATM 프레임

제안된 ATM 스트림은 53바이트 패킷으로 구성되며, 이는 5바이트 헤더와 48바이트 페이로드로 되어 있다. ATM을 LMDS망으로 전송하기 위해서는 프레임 구조가 필요하다. 이 구조는 인터리빙과 FEC 블럭을 동축 케이블 환경에 적합하도록 동기를 제공해 준다. 이 구조를 다른 ATM 서비스에 적용하는 것은 각 경우에 따라 결정될 수 있다. 188 바이트 ATM 전송 MUX 패킷은 LMDS망으로 ATM을 전송하기 위해서 사용되는데 그림 9와 같다. 이 패킷 구조는 동기화 페이로드를 제공한다.



DAVIC에서는 IF 채널에 대한 주파수 대역을 정의하고 있다. 그림 10에서는 이에 대한 주파수 대역에 대한 그림이다.

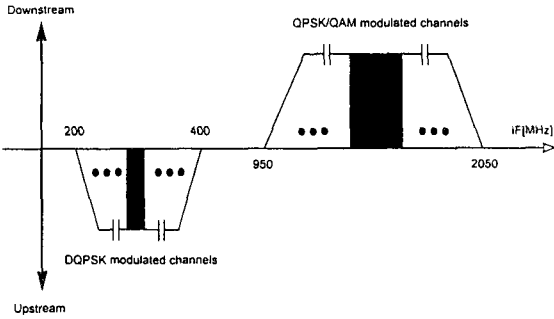


그림 10. 주파수 대역

위와 같이 구성된 전송 패킷은 그림 11과 같이 콘볼루션코드를 거쳐 QPSK/QAM 변조를 통해 액세스 노드로 무선으로 전송된다.

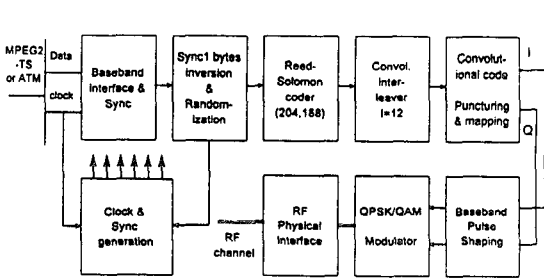


그림 11. 다운스트림 - 헤드엔드 부분

한편 그림 12과 같이 가입자 장비 측에서는 헤드엔드의 다운스트림을 전송받아 반대로 수행과정을 거쳐 MPEG-2 TS 또는 ATM 셀을 추출한다.

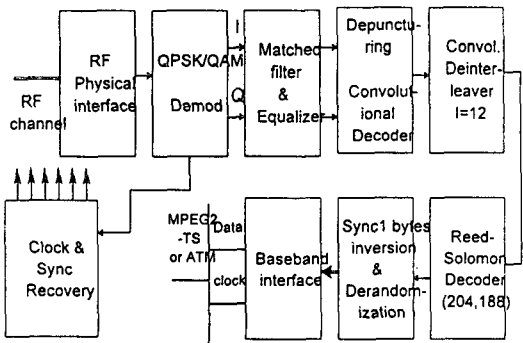


그림 12. 다운스트림 - 가입자 장비 부분

업스트림의 경우 그림 13과 가입자 장비에서는 변조에 DQPKS를 사용하며, 에러에 대한 대비책으로써 RS(63,53) 코드를 사용하여 전송하게 된다.

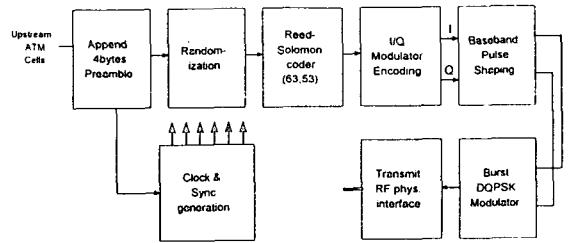


그림 13. 업스트림 - 가입자 장비 부분

마찬가지로 헤드엔드에서는 복조에 DQPSK를 사용하며, RS복호기로서 RS(63,53) 코드를 사용하여 복호를 한다.

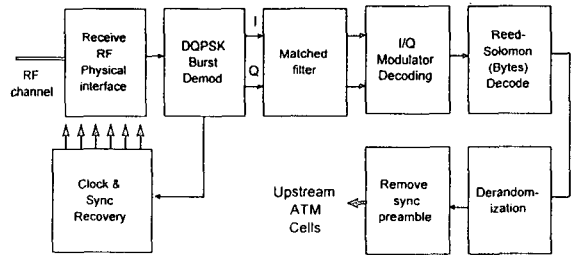


그림 14. 업스트림 - 헤드엔드 부분

4. 28GHz 대역에서의 LMDS의 변복조 방식

위에서 언급한 바와 같이 DAVIC-1.1 표준안에서는 순방향 채널에서 QPSK와 16QAM을 이용하게 되어 있다. 기존의 유선 CATV망을 이용하는 Cable Modem은 훨씬 효율성이 높은 QAM방식을 이용하고 있는데, 신호의 세기, 감도등의 문제를 LMDS방식의 무선 CATV에도 이용할 수 있을 것이며, 높은 효율을 낼 수 있을 것으로 예측된다.

□ QPSK

QPSK 방식은 입력 두 비트를 하나의 신호로 전송한

다. 따라서 전송대역폭은 BPSK의 1/2이다.

QPSK 변조는 입력 비트의 홀수번째 비트는 I(In-Phase) 채널로, 짝수번째 비트는 Q(Quadrature) 채널로 보내져서 "0"비트는 -1로 "1"비트는 1로 치환된다. 예를들어 입력 데이터가 "01"인 경우 I 채널은 -1로 Q 채널은 1로 된다. 따라서 변조신호

$$S(t) = A(-\cos 2\pi f_c t - \sin 2\pi f_c t)$$

$$= \sqrt{2}A \cos(2\pi f_c t + \frac{3}{4}\pi)$$

로 된다.

이와 같이 계산하면 서로다른 4가지 경우의 입력쌍 (00, 01, 10, 11)은 4개의 가능한 정현파 위상중 하나와 대응된다.

입력 비트와 출력신호와의 관계는 다음과 같다.

입력 비트	출력 신호 S(t)
0 0	$A(-\cos 2\pi f_c t - \sin 2\pi f_c t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi f_c t - \frac{3}{4}\pi)$
0 1	$A(-\cos 2\pi f_c t + \sin 2\pi f_c t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi f_c t + \frac{3}{4}\pi)$
1 0	$A(\cos 2\pi f_c t + \sin 2\pi f_c t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi f_c t - \frac{\pi}{4})$
1 1	$A(\cos 2\pi f_c t - \sin 2\pi f_c t) = \sqrt{2}A \cos(2\pi f_c t + \frac{\pi}{4})$

다음 그림은 QPSK의 페이저도를 보여주고 있다

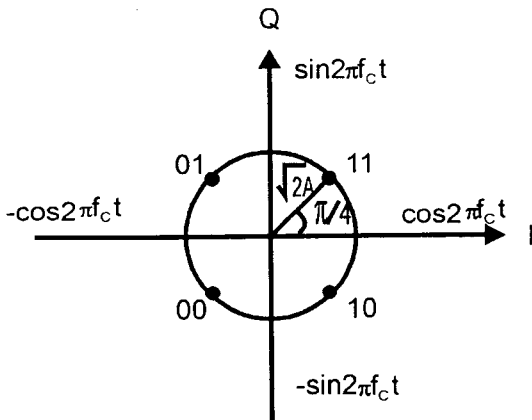


그림 15. QPSK 성상도

아래 그림은 QPSK 변조신호의 발생 예이다.

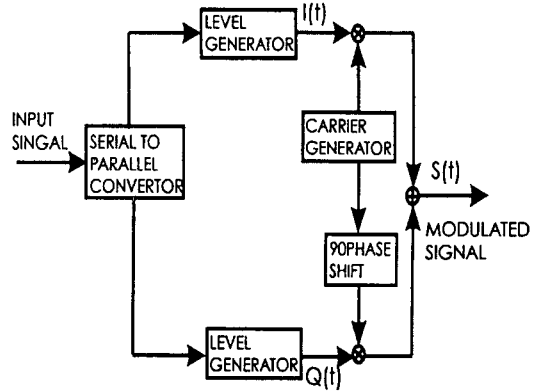


그림 16. QPSK Modulator

위의 I,Q 채널 신호를 해당하는 위상 편이도로 나타내면 다음 그림과 같다.

	degree			
I channel	0	180	0	180
Q channel	90	90	270	270
modulated signal S(t)	45	135	315	225

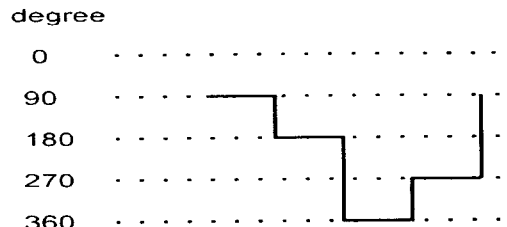


그림 17. QPSK 위상 편이도

■ DQPSK

DQPSK는 정보를 차동으로 부호화한다. 아래 그림은 DQPSK modulator를 보여주고 있다.

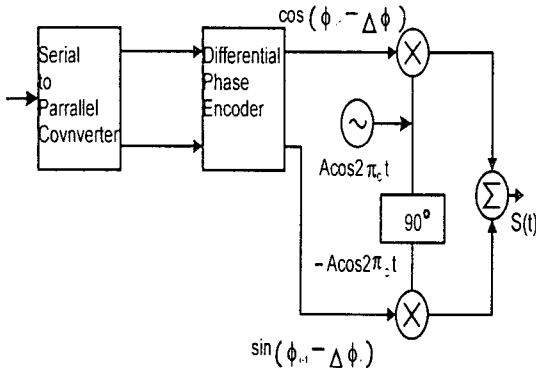


그림 18. DQPSK modulator

■ QAM(16,64)

QAM은 크기(Amplitude)와 위상(Phase)을 결합한 변조방식이다. I(In-phase)와 Q(Quardaurture) 채널에 대해 이 변조기는 필수적으로 2개의 혼합기(mixer)로 구성되어 있고, I채널은 반송파에 관하여 위상에 있는 중간 주파수(IF)와 결합한다. 그리고 Q채널은 90° 벗어난 위상의 IF와 결합한다. 양 신호가 직교반송파를 사용하여, 같은 대역폭의 한 채널로 전송되어질 수 있다. I-Q변조에 따라 신호가 RF혼합기에 의해 변조된다. I-Q복조는 변조 과정에 역순으로 발생한다. 신호는 두 경로로 나뉘고, 각각의 경로는 90°로 나뉘는 IF를 갖고 혼합된다. IF반송파 복원 회로들은 간단한 기준 주파수를 재구성하는데 사용된다. 복원된 I성분은 전송된 것과의 동일해야 한다.

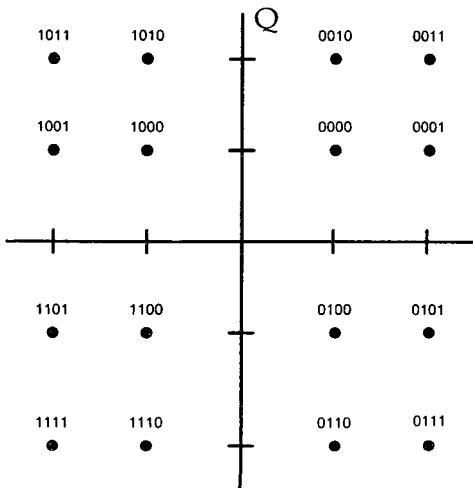


그림 19. 16QAM 성상 다이어그램

	Byte V				Byte V+1				Byte V+2															
From interleaver output (bytes)	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0								
To Grey-coded mapping (4-bit symbols)	b3	b2	b1	b0	b3	b2	b1	b0	b3	b2	b1	b0	b3	b2	b1	b0								
Symbol	Z				Z+1				Z+2				Z+3				Z+4				Z+5			

그림 20. 16QAM을 위한 byte-to-symbol 변환

5. RF 모듈 구조 설계

정보량의 증가, 전파통신기술의 발달 등으로 점차 이용 주파수 대역은 높은 대역으로 전이되어가고 있다. 주파수가 높아짐에 따라 주파수를 정확하고 안정될 수 있는 주파수 발생장치가 필요하며, 주파수분할 다원접속이 이용되고 있기 때문에 필요한 주파수 대역의 신호만 선택할 수 있는 여파기 등에 대한 기술이 요구되고 있으며, 반도체 기술의 발달은 혼합기(Mixer)와 증폭기를 하나로 모듈화한 기술이 많이 응용되고 있다.

송수신기는 기저대역 신호를 RF 신호로 전송케 하거나 또는 그역의 기능을 갖는 장치이다. 송신기는 기저대역의 신호를 변조하여 고출력의 RF 신호화 하여 안테나를 통하여 전송하게 되는 반면 수신기는 공간에 전파된 미약한 안테나에 수신된 여러 종류의 RF 신호를 동조회로 또는 여파기를 통하여 필요한 신호만을 선택한 후 신호대잡음비(SNR)가 일반적으로 매우 낮기 때문에 1차 또는 2차의 중간주파(IF ; Intermediate Frequency)로 변환하여 선택도 및 SNR을 개선하여 기저대역 신호로 바꿔준다. 송신기에서는 RF 전력 증폭기의 비선형성으로 인한 스펙트럼의 열화 인접채널간섭 등을 방지하기 위해 선형화기(Linearizer)가 필요할 수도 있다.

송신부의 RF 부는 계획하고자 한 서비스 영역내에 적절한 전파 강도를 갖도록 안테나를 통하여 변조된 RF 신호를 송출하게 됨으로 충분한 크기의 RF 신호를 안테나에 전송하여야 한다.

고출력의 신호가 안테나에 전송되기 때문에 안테나와 HPA(High Power Amplifier)간의 임피던스 정합이 매우 중요하며 안정된 RF 신호를 전송키 위해서 주파수의 안정도가 규격이 정한 이상의 특성을 갖는 것이 바람직하다.

RF 모듈의 Solid Sate 화에서 기존의 아날로그 방식에서는 진공관 방식의 TWTA 방식을 이용하였다.

TWTA는 100W 이상의 고출력을 낼 수 있으나, 제품의 신뢰성, 수명등의 문제로 인하여 반도체 방식의 MMIC 방식으로 교체되고 있는 추세이다. MMIC방식의 단점은 현재 28GHz 대역에서 1 W 이하의 소출력밖에 낼 수 없다는 점이다. 그러나 14GHz 대역에서는 80W 정도의 고출력 SSPA가 생산되고 있으므로 28GHz 대역에서도 향후 몇 년안에 고출력의 제품이 개발될 것으로 예상된다.

다음은 송신기의 블록 다이어그램을 보여주고 있다.

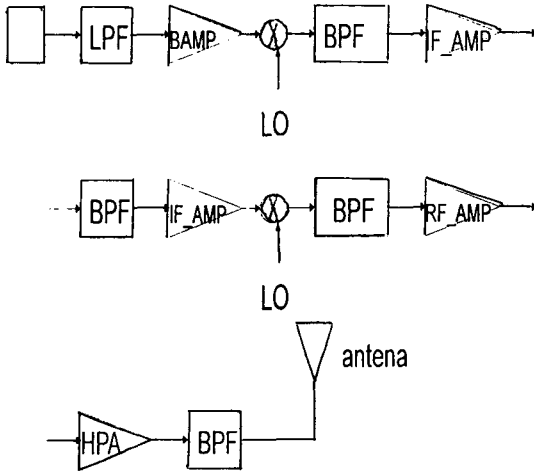


그림 21. 송신기의 블록 다이어그램

기저대역(Baseband)의 신호를 일단 중간주파수대로 올린 다음 다시 RF 대역으로 주파수를 변화시킨 후 대역통과여파기와 증폭기를 거쳐 안테나를 통하여 공간으로 전파를 전송한다.

방사전력(Radiated Power)은 RF AMP의 이득과 안테나 이득 및 두 장치 사이의 전송선/연결단자(Connector)등의 특성을 고려하여 RF AMP의 이득을 결정하여 설계한다.

신호가 비선형적인 출력 특성을 갖는 소자를 통과할 때 반사 신호나 누설 신호 등과의 혼합에 의한 결과이다. 대표적인 비선형 소자로는 주파수 혼합기와 증폭기 등이 있으며 특히 송신기에서는 스퓨리어스 신호가 전체적인 시스템 성능에 가장 큰 영향을 미치므로 비선형 소자를 통과한 신호는 여파기를 적절하게 이용하여 제거한다. 혼합기를 통과한 신호성분 중에서는 원하는 신호 뿐만 아니라 다른 신호성분도 발생한다. 송신부에서는 Upconverter의 기능이 요구되므로 혼합기의 입력 신호와 국부발진기 신호를 바로 합해야 한다.

특히 IF 단에서는 혼합기를 통과한 후에 국부발진기(LO)와의 상호변조 또는 대표적인 비선형 소자인 혼합기를 통과하므로써 발생하는 스퓨리어스 성분이 가장 강하게 발생하는 곳이기 때문에 IF 단에서의 여파기는 대역저지 특성이 뛰어난 여파기나 단수가 매우 높은 것을 사용해야 한다.

IF Amp는 혼합기와 여파기를 거치면서 손실이 발생한 원하는 신호성분을 증폭하기 위해 사용되는데 스퓨리어스 성분도 같이 증폭이 되므로 IF여파기를 앞단이나 뒷단에 연결시켜서 사용한다. 수신기에서 감쇠기(Attenuator)는 신호레벨을 조정, 소자들 사이의 임피던스 비정합 조정, 회로들간의 분리(Isolation)를 하는데 사용하며, 듀플렉서는 저잡음 증폭기와 믹서에 도달하는 IDN을 최소화, 스펙트럼의 대역제한, TX주파수에 의한 전력 성분을 억제, 스퓨리어스 성분의 감쇄, 국부전력에 의한 역방향 누설 전력 성분의 억제, IF가 클 경우 안테나를 통한 IF의 직접 전파 성분이 감쇄한다.

영상신호 제거 대역통과 여파기로는 스퓨리어스 성분의 감쇄, 안테나를 통한 IF의 직접 전파 성분 감쇄, LNA에 기인한 영상 주파수 감쇄, 국부 발진기에 의한 역방향 누설 전력 감쇄, TX주파수에 의한 전력 성분의 억제에 사용한다.

6. MAC 프로토콜

MAC(Medium Access Control) 프로토콜은 그림22와 같이 AIU(Air Interface Unit)측과 NIU(Network Interface Unit)측의 모델에 의해 양방향으로 지원되며, 메시지는 다운스트림을 통해 NIU로 업스트림을 통해 AIU로 전송된다. 다운스트림과 업스트림은 모두 타임 슬롯으로 분할되며, 이 타임 슬롯은 한 개의 ATM 셀을 실을 수 있다. AIU의 변조기는 한 개 이상의 다운스트림 주파수 채널을 전송하나, 어느 순간에라도 수신될 수 있는 다운스트림은 오직 한 개이다. NIU는 다른 다운스트림 주파수 채널로 스위칭이 가능하나 이는 많은 타임 슬롯을 전송할 정도의 시간을 필요로 한다. 또한 한 번에 한 개의 업스트림 만을 전송할 수 있다. 그러나, NIU는 한 타임 슬롯에 한 개의 주파수 채널을 전송할 수 있고, 그 다음 타임 슬롯에는 다른 주파수 채널을 전송할 수 있다. MAC은 ATM 계층을 사용하여 모든 메시지를 실기 때문에 ATM 시스템이나 ATM/MPEG2-TS 시스템에 적용할 수 있다.

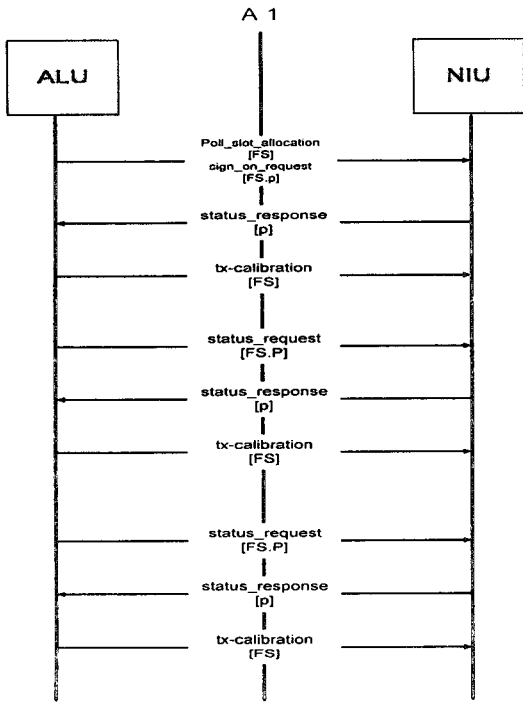


그림 22. MAC 프로토콜의 Network Entry

다운스트림의 타임 슬롯은 프레임 스타트 타임 슬롯과 랜덤 액세스 타임스롯으로 나누어지며 TDM으로 전송된다. 프레임 스타트 타임 슬롯은 NIU가 다운스트림 프레임의 처음인지를 결정하고, 업스트림과 동기를 맞출 수 있도록 다운프레임의 첫 번째 타임 슬롯에서 발생한다. 랜덤 액세스 타임 슬롯은 다운 스트림 프레임의 첫 번째 스타트 타임 슬롯을 제외한 모든 타임 슬롯으로, AIU는 NIU로 보내야 할 어떤 셀이라도 발생할 때마다 이 타임 슬롯으로 보낼 수 있다.

업스트림은 TDMA 방법을 사용하여 전송하고, 타임 슬롯 형태는 폴 타임 슬롯, 경쟁 타임 슬롯, 예약 타임 슬롯으로 나누어진다. 폴 타임 슬롯은 한 개 이상의 NIU에 할당된 업스트림의 타임 슬롯으로, AIU로 부터 폴 요구를 받은 후 폴 응답을 위해 사용된다. 경쟁 타임 슬롯은 한 개 이상의 NIU에 할당 될 수 있는 업스트림의 타임 슬롯으로, 이를 사용하면 같은 경쟁 타임 슬롯을 사용하는 다른 NIU와 충돌이 발생 할 수 있다. 만약 이러한 충돌이 발생할 경우 재전송까지 NIU가 몇 프레임 정도를 기다려야 할 것인지를 결정할 알고리즘을 통해 경쟁이 해결되게 된다. 예약 타임 슬롯은 오직 한 NIU에만 할당되는 업스트림 프레임의 타임 슬롯으로,

NIU는 AIU나 AIU를 경유해 A4 인터페이스로 전송할 셀이 있을때마다 이 타임 슬롯으로 전송한다.

모든 MAC 메시지는 NIU셀 헤더 포맷을 사용하는 ATM 셀에 실리며, AIU는 NIU/STB에서 요구하는 양의 한계를 설정하기 위해 MAC PDU를 하나의 NIU에 6ms프레임당 약 50셀정도를 싣는 프레임의 7% 이상은 전송하지 않는다. MAC PDU를 포함하고 있는 이 셀들은 프레임 스타트를 경유하여 모든 NIU에 전송되고 또 특정 NIU에 직접 전송하기도 한다. NIU로 부터 전송된 폴 타임 슬롯은 MAC 데이터만을 포함하고 있고, 경쟁 타임 슬롯은 MAC 메시지나 상위 계층 데이터를 보유하고 있다. 또한 이로부터 전송된 예약 타임 슬롯은 음성 데이터용으로 AAL5 나 AAL1, ATM셀, OAM 제어 메시지 셀을 운반한다.

예로서 LMCS의 시스템구성과 그림 23의 Link Budget, 그림 24의 Head-End 시스템 블록도, 그림 25의 Subscriber 시스템 블록도, 그림 26의 Cell-Site 시스템 블록도를 보충 자료로 제시한다.

□ LMCS 시스템 구성

Head-end 시스템은 video/Data Source, Network control, Switching, Billing, PSTN Connection, Head-end Cell Interconnection로 구성된다.

Cell Site 시스템은 Cell & Head-end Interconnection, Base Station Transmitter Subscriber, Base Station Receiver Subscriber, Local Control, Switching로 구성된다.

Subscriber 시스템은 Transceiver, Multimedia Receiver, Remote Control로 구성된다.

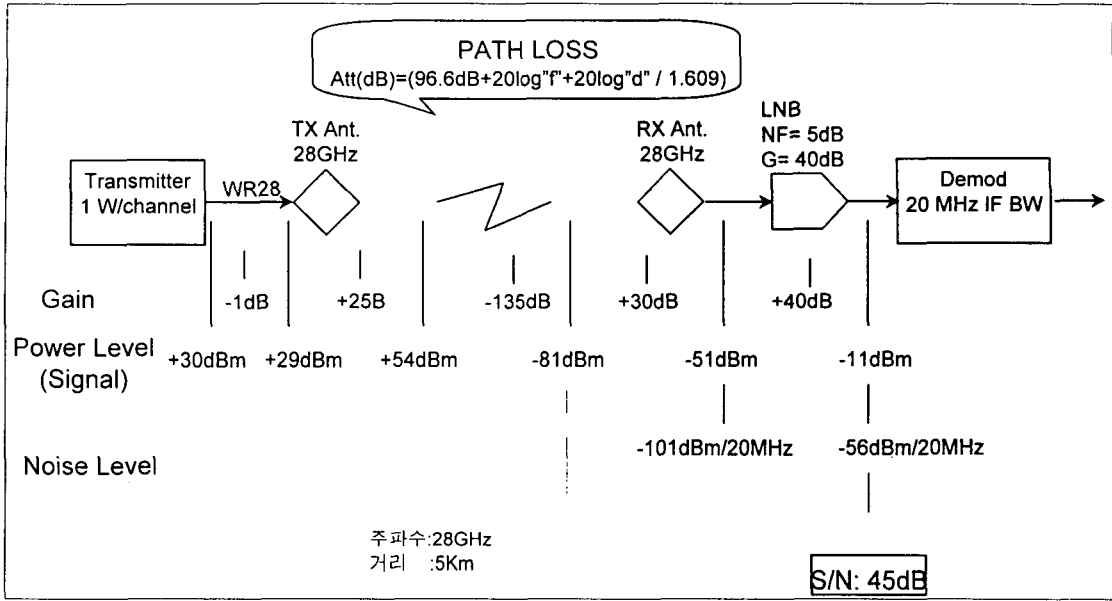


그림 23. LMCS LINK BIUDGET

무선 디지털 LMDS 전송시스템

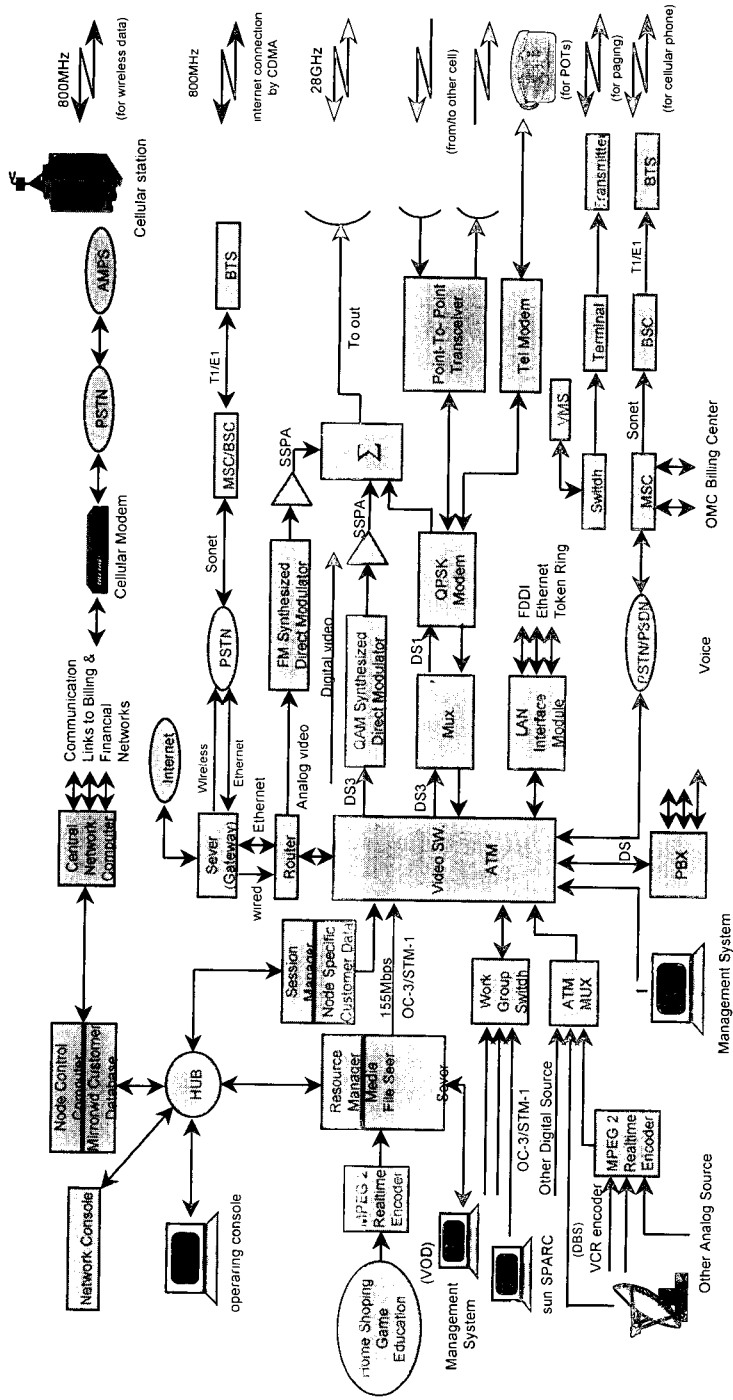


그림 24. LMCS HEAD-END 시스템 블록도

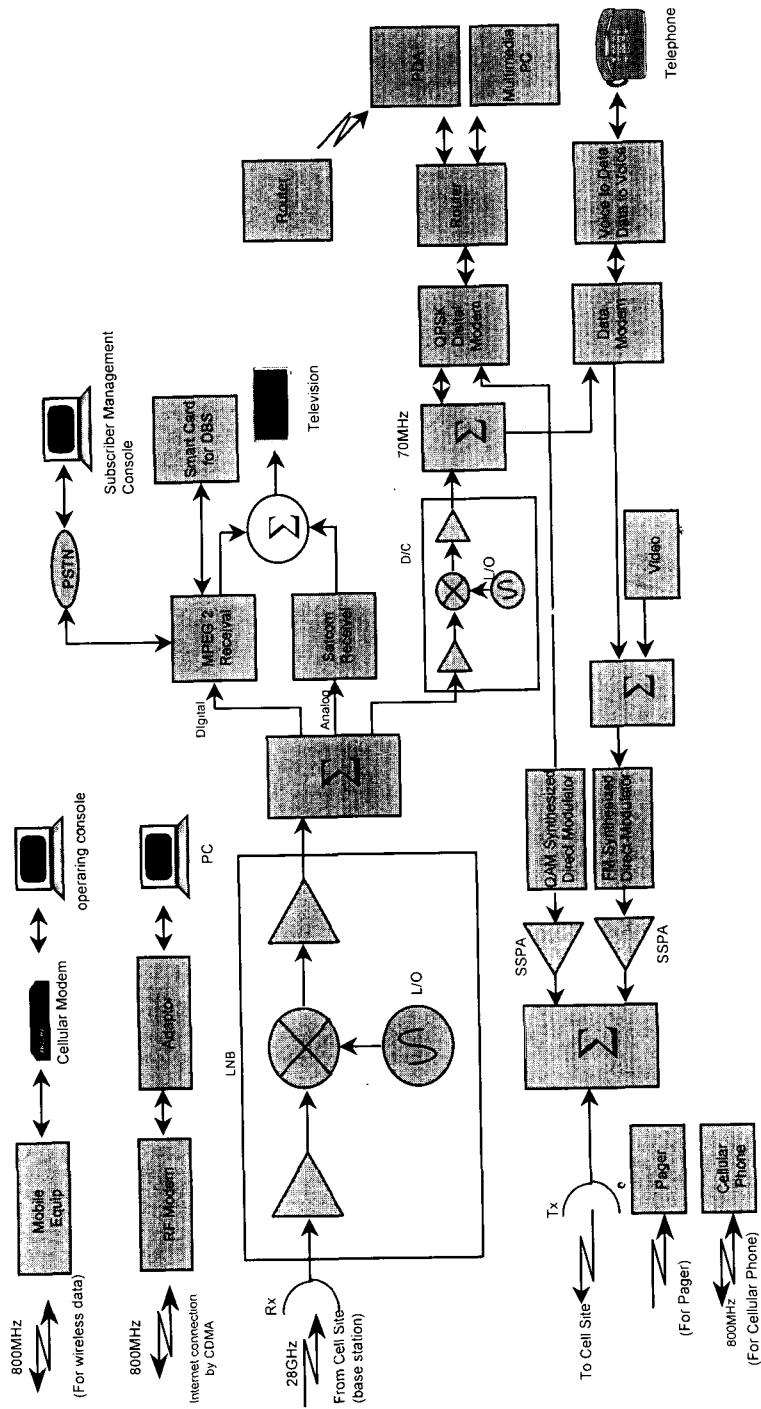


그림 25. LMCS SUBSCRIBER 시스템 블록도

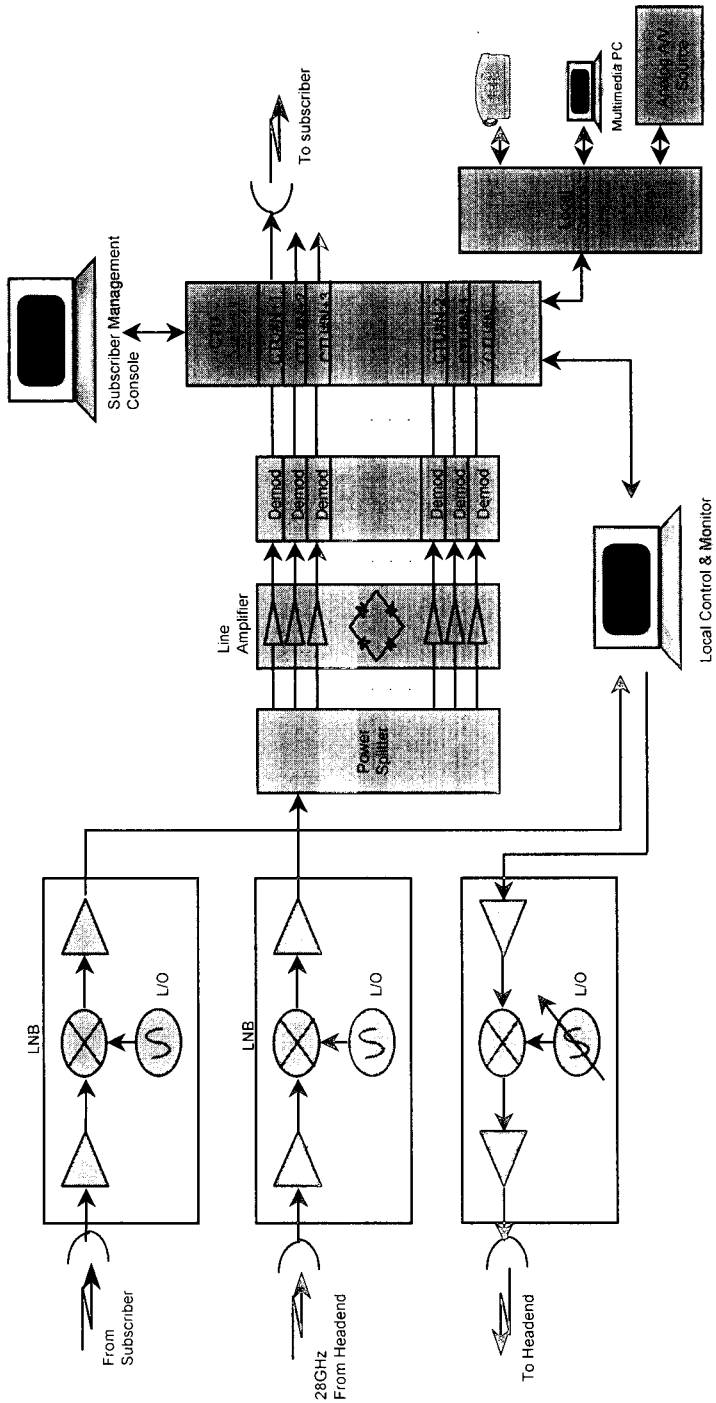


그림 26. LMCS CELL-SITE 시스템 블록도

7. 국내 LMDS 연구 동향

국내의 각 업체들은 LMDS에 많은 관심을 보이고 참여를 하고 있다. 각 업체들이 무선 CATV 서비스 사업에 본격화하고 있는 이유는 CATV를 무선화할 경우에 마이크로파대역 무선 영상 전송기술, 압축기술, 현대역 이동형 영상전송기술에 대한 기술적 축적이 가능할 뿐만 아니라 서비스 측면에서도 저렴한 망구축 비용에 따른 사용 요금 인하의 효과를 거둘 수 있기 때문이다.

다음 표 2는 국내 LMDS용 가능 대역 주파수 비교표이고, 표 3은 무선 CATV개발 제품 현황이다.

표 2 국내 MMDS/LMDS용 이용가능 대역 비교/검토

항 목	25GHz대역	18/19GHz대역	28GHz대역
확보의 용이성	· 향후 디지털 음성방송대역 · 우선순위 검토후 디지털MMDS로 제한	· 18GHz 대는 당장 이용가능 · 19GHz내 확보될 경우 LMDS용으로 활용가능	· 미사용 대역으로 확보용이 · KMT국책과제 수행대역 시험국 주파수허가중
제품개발용이성	· 디지털은 선진국 도시시험완료상태(초보단계) · 국가경쟁력확보 가능	· 제품 미개발상태 · 외국기술도입 필요	· KMT, 금호 텔레콤개발 · 선진국 초보단계 · 국가경쟁력 확보가능
적용기술방식	· 디지털(QAM 또는 VSB)	· 이날로그(FM 또는 AM) · 디지털(QAM 또는 VSB)	· 이날로그(FM 또는 AM) · 디지털(QAM 또는 VSB)
확보가능대역폭	· 최대190MHz	· 18GHz대: 432MHz	· 1~3GHz
서비스 반경	· 20~50Km(출력에따라다름)	· 5~20Km(출력에따라다름)	· 2~16Km(출력에따라다름)
화질(S/N)	· 보통(38dB)	· 보통(40dB)	· 양호(45dB)
기술종속가능성	· 높음(선진국대역유사) · 디지털개발시 탈피가능	· 개발시 탈피가능	· 개발시 탈피가능 · 도입시 IPR문제(로열티)
상향대역확보(return-path)	· 대역내에서 확보곤란	· 타대역 검토필요 · 19GHz대역에서 최소대역폭 확보	· 동일 대역내에서 확보가능

한편 디지털방식 다지점분배서비스(LMDS)기술 개발을 위한 국내 기업들의 해외기술 도입 경쟁이 치열해지고 있는데 최근 정보통신부가 케이블TV 2차 전송망 사업자 지정계획을 발표하면서 디지털방식 LMDS기술이 유력한 전송망기술로 떠오름에 따라 통신업계의 기술

표 3. 무선 CATV 개발제품

시스템분류	Subsystem	구 성 요 소	국 내 현 황
송신설비	Headend	· TV Signal processor · Surge Protector · Pre Amplifier · Agile Modulator · Diplexer · Pilot Generator · Measurement System · AM/FM Modulator · Encoder · Multiplexer · Scrambler · Channel Amplifier · Divider/combiner	국내유선CATV Headend에서 사용중
	Transmitter	· SSPA · Traveling Wave Tube Amplifier · Up/Down Converter · Waveguide/Waveguide Adapter · Tower Assy · Orthomode Transducer · Low Noise Amplifier · AGC Amplifier · PLL Oscillator /TCXO/OCXO · Isolator · Precision Mounting · Directional Coupler	삼성전자, 금성 정보통신 삼성전자, 삼원 금속 KMW 하이게인 이진산업 삼성전자 삼성전자 고니정밀, 국제 정밀, 쌍신 에이스안테나
수신설비	Down converter	· LNB	삼원금속, 삼성 전기, 셋빌
	Receiver	· Decoder · Descrambler · Tunner · AM/FM Demodulator	대룡 삼성전기
	Antenna	· 재료/경면성형기술 · Hemi/Zone/Spot · Beam안테나설계 · Reflector/Sub Reflector · Feedhorn/편파식별기술	가나공사 한국안테나 하이게인
기 타	Connector	· SMA/SMB/OSX · N/BNC/TNC · APC 2.4,2.92,3.5,7	KMW
	Repeater	· Repeater	

확보전이 본격화하고 있다.

이에 따라 美HP社, TI社, 캐나다 BNI社 등 해외 기술보유업체들에는 국내 기업 관계자들의 방문이 잇따르고 있으며 일부는 국내 업체와 기술제휴 또는 장비공급

계약을 체결한 것으로 알려졌다.

삼양텔레콤은 최근 美HP社와 무선 케이블TV 전송 장비에 관한 전반적인 기술협력 계약을 체결한 데 이어 디지털 LMDS장비를 5월 초 국내에 도입키로 계약했다. 삼양텔레콤은 5월 말까지 이 장비를 시험운영한 뒤 양방향 디지털 LMDS 기술을 바탕으로 정통부에 2차 전송망사업자 지정을 신청할 계획이다.

아날로그방식 LMDS 기술을 개발해 온 금호텔레콤은 정통부의 2차 NO 지정계획이 디지털방식을 선호하는 것으로 판단하고 디지털 LMDS 개발에 나서기로 했다. 금호는 美TI社와 접촉하고 있는 것으로 알려졌다.

수산그룹은 디지털 다지점통신서비스(LMCS) 기술 보유업체인 캐나다 TRL社와 합작해 IDM정보통신을 설립, 기술개발에 나서고 있으며 고합그룹의 KNCS도 디지털 LMCS 기술개발을 위해 美HP, TI와 접촉하고 있다.

이밖에 삼성전자, 데이콤등도 디지털 LMDS방식으로 2차 전송망사업에 참여한다는 방침을 정하고 기술제휴처를 모색하고 있는 것으로 알려졌다. 해태텔레콤은 전송망사업자에 대한 장비공급을 목표로 기술개발을 추진하고 있다.

위와 같이, 국내 업체들은 지금까지 아날로그방식 MMDS 및 LMDS 기술개발에 주력해 왔으나 정통부의 전송망사업자 지정계획과 MMDS, LMDS에 대한 주파수분배계획이 디지털방식개발에 주력하고 있다.

8. 결 론

디지털 LMDS는 대역폭이 1GHz로 전화·위성방송·고속인터넷서비스·화상회의등 무선 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 차세대 기술로 DAVIC 1.1규격과 관련해서 논술하였으며 LMCS 및 국내 기업체 연구동향을 소개하였다.

CATV는 주문형비디오(VOD)와 인터넷등을 함께 즐길 수 있는 무선케이블 TV가 안방으로 도입되며, 정보통신부가 무선케이블 TV를 도입키 위해 24개구역에 대한 2차케이블TV 전송망사업자(NO) 지정시 각 구역마다 유선방식과 무선방식을 각각 하나씩 선정키로한 때문이다.

정통부가 이처럼 무선케이블TV 도입에 적극적으로 나선 까닭은 기존 유선전송망이 가지고 있는 단점을 극복하기 위한 것이다. 케이블TV를 통해 인터넷과 VOD

등 수요가 증대되는 멀티미디어 서비스를 이용하기 위해서는 가입자 가정까지 광통신망을 반드시 연결해야 한다. 그러나 유선망을 설치하는 것은 무선에 비해 긴 시간과 많은 비용이 요구된다. 망을 유선으로 깔 경우 한 지역에서 6~18개월이 소요되나 무선으로 건설하면 30~40일 이면 충분하다. 망 구축비용도 무선이 유선의 30~60%에 불과하다.

이와 같은 장점을 가진 무선망은 그동안 케이블TV 가입자 증가의 걸림돌로 작용해 왔던 유선망의 단점을 단번에 해소할 수 있다는 점 때문에 각광을 받고 있다. 무선케이블TV 시스템은 방송국의 송수신기와 가입자 가정에 설치하는 가입자안테나 및 세트톱박스로 이루어진다. 송수신기와 가입자안테나는 방송프로그램을 비롯 인터넷 정보등 가입자가 이용하는 부가서비스 정보를 주고 받는다. 세트톱박스는 가입자 안테나가 수신한 정보를 TV에 나타낼 수 있는 신호로 변환시켜 주는 것으로 TV는 물론 PC전화 팩시밀리등을 연결하는데도 사용된다. 이 같은 형태의 무선케이블TV는 미국을 비롯한 선진국에서 10여년전부터 사용돼 왔으나 국내에서는 최근 들어 연구가 활발히 진행되고 있다. SK텔레콤은 지난 96년부터 장비제조업체와 공동으로 28GHz대역의 LMDS(지역다지점분배) 방식 무선케이블TV를 개발, 과친과 성남지역에서 2백가구를 대상으로 시험서비스를 제공하고 있다.

금호텔레콤은 역시 28GHz대역 LMDS방식의 안테나 및 다운컨버터를 개발, 광주광역시에서 관공서와 대학등을 대상으로 시범서비스를 제공중이다.

수산그룹은 캐나다의 TRL사로부터 LMCS(지역다지점통신) 방식의 기술을 도입했다. 삼양텔레콤과 해태텔레콤은 휴렛팩커드와 LMDS장비 및 기술도입 협정을 체결했다.

정통부는 최근 이같은 국내업체의 활발한 움직임을 뒷받침하기 위해 무선케이블TV용 주파수 분배안을 확정했다. LMDS용 주파수로 40개 채널이 가능한 26.7~27.5GHz를 배정하고 단방향의 방송송신만이 가능한 MMDS(다채널당지점분배) 방식용으로 2.535~2.655GHz대역의 주파수를 분배했다. 이에 따라 장비제조업체들이 곧바로 무선케이블TV 장비를 생산하고 무선케이블TV보급의 관건인 가정용 세트톱박스의 가격을 낮추는데 나설 것으로 보인다.

다양한 멀티미디어 서비스를 제공할 수 있는 무선 케이블TV가 영상매체는 물론 정보사회를 이끌 첨단 정보매체로서 안방을 차지할 날도 멀지 않았다.

참 고 문 헌

1. 이문호 외 2인, "8GHz 무선 CATV 시스템에 관한 연구", 방송공학회 논문지 1권 1호, 1996
2. Revision 5.0 of DAVIC 1.0 specification, December 1995.
3. DAVIC 1.1 Draft specification, March 1996.
4. Financial Projections & Information, Engineering exhibit in support of application for FCC approval of new broadcast television scrambling system, Hammett & Edision, Inc., U.S.A, Sept. 1990
5. A. Bruce Calsom. communicaion systems, McGraw-Hill Inc., Sept. 1990.
6. Rudolf F. Graf and William Sheets, Video Scrambling & Descrambling for Satellite & Cable TV
7. Frank Baylin. Steve Berkoff, "WIRELESS CABLE and SMATV," Baylin Publications, Aug. 1992.
8. J. Catlin "Wireless cable Television (FAQ)" "Colorado State Univ, June 1995.

필자소개



이 문 호

- 일본 동경대 전자과 공학박사(1990)
- 전남대 전자과 공학박사(1984), 통신기술사(1983)
- 미국 미네소타 주립대 전기과 연구교수(1985~1986)
- 독일 아흔공대(1995), 하노버대학 전기과 연구교수(1990)
- 남양 MBC 송신소장(1970~1980)
- 정보통신부 정책심의위원 및 디지털 방송추진협의회 위원(1997)
- 전북대 정보통신 공학과 교수(1997년 현재)