□특 집□ CATV

디지털 CATV

박 구 만*, 홍 기 범*, 이 양 원**
호남대학교 전자공학과*, 호남대학교 정보통신공학과**

1. 서론

세계적으로 아날로그와 디지털의 두가지 방식으로 양립하여 개발되어 오던 HDTV 방식은 FCC(Federal Communication Commision)가 디지털 방식으로 결정함에 따라 우리나라, 유럽 및 일본에서도 디지털 방식으로 개발되고 있다. 디지털 방식은 현행 SDTV(standard definition TV)에도 영향을 주어 우리나라의 위성방송, 유럽의 차세대 방송방식인 DVB(digital video broadcasting)가 디지털 방식을 채택하여 방송중에 있다.

더 나아가 DVB 규격은 CATV 뿐만 아니라 위성방송, 지상파 방송등 거의 모든 전송매체에 대해서 디지털 전송방식을 규정하고 있다. 특히 CATV의 디지털화는 신호 압축기술을 적용하므로 채널수 증가의 효과를 얻을 수 있어 쌍방향 서비스를 더욱 가능하게 하고 있다.

미국 플로리다주의 올랜도에 '타임워너케이블TV사'가 설립하여 일반인에게 공개하고 있는 "21세기의 집"을 보면 앞으로 다가올 생활을 예상할 수 있다. FSN(full service network)이라 불리는 이 시스템은 올랜도 지역 4000여 가구에 시험서비스되고 있으며 리모콘을 이용하여 현관에서 거실의 조명등을 켜고, 벽속에 내장된 오디오 시스템을 동작시키며, TV를 이용하여 상품을 주문하고, 원하는 비디오를 선택하여 감상하며(TV가 VCR인 것처럼), 게임을 즐기며(다른 가입자와 게임을 할 수도 있다), 예약을 하게 해준다.

이와 같은 쌍방향TV 기술은 쌍방향 통신과 광대역 전송 특성을 갖는 매체에 의해 가능해 진다. 각국은 기존의 아날로그 CATV망을 디지털 방식으로 전환하면서 앞의 미국과 같은 예에서 보는 쌍방향 서비스를 실험적으로 제공하고 있는데, 기존의 아날로그 대역은 그대로 두고 사용하지 않는 대역을 디지털 방식으로 전환하는 혼합형 또는 전체 CATV 대역을 모두 디지털로 전환하는 두가지중의 한 방향을 선택하고 있다.

디지털 방송방식을 개발하는 과정에서 대개의 경우는 각 전송매체의 고유한 특징을 제외한 나머지 부분은 공통된 기술을 적용한다. 이에 따라 유럽, 미국, 일본, 우리나라의 경우에서 보면 CATV와 위성 전송방식은 매우 유사한 내용으로 구성되어 있다. 각 전송매체간의 상호적응성을 높일 수 있고 부품의 공통 사용도 가능해지는 잇점이 있기 때문이다.

본 기고에서는 쌍방향 서비스를 가능하게 하는 디지털 CATV 기술 중에서 디지털 전송 방식을 중점적으로 다루고자 한다.

본 특집호에서 대화형(interactive) CATV를 따로 소개하기 때문에 여기서는 기존의 아날로그 TV 전송 방식을 디지털 방식으로 전환했을 때 전송 기술에 대한 내용을 주로 다루고자 한다.

2. 디지털 CATV 개발 동향

□ 국내 동향

아날로그 CATV전송로는 동축케이블이 주로 사용되고 있으며, 전송대역폭은 450MHz로 제한된다. 반면에 디지털 CATV의 전송로로는 전송대역폭이 넓은 광 섬유와 동축 케이블을 결합한 HFC(hybrid fiber coaxial)형이 설치되어 사용될 전망이다. 더욱이 MPEG-2(moving picture experts group)에 의한 비디오 신호의 압축, 64QAM(quadrature amplitude modulation)등의 변조방식을 통해 1개 채널에 4 채널 분 이상의 정보를 전송하는 전송기술이 일반화되어 시험서비스등에 사용되고 있다.

전형적인 디지털 CATV는 헤드엔드 설비를 디지털화하고 디지털 방송신호를 QAM방식으로 RF(radio frequency)변조하여 HFC망을 통하여 전송하는 방식을

예로 들 수 있으나, 우리나라에서는 통신사업자가 방송에 진출하기 위해 SWANII(socio-cultural welfare advancement network II)와 같은 FTTC(fiber to the curb)의 일종인 SDV(switched digital video)방식의 통신망을 디지털 케이블TV라고 부르기도 한다. 따라서 현재 디지털 케이블TV로 불리고 있는 SWAN 프로젝트는 한국전자통신연구원에서 FTTH(fiber to the home)를 기본으로 하여 1988년부터 추진하다가 현실성이 떨어져 가입자망으로서 동축케이블을 사용하는 SWANII로 변형한 것이다. 1995년 하반기에 한국통신이 조기에 사업화를 추진하기 위해 가입자망을 전화선으로 하여 '디지털 광 케이블TV'로 추진했으며, 97년 6월까지 시험서비스를 실시한다. 제공되는 서비스로는 CATV방송(국내 CATV 프로그램 전채널), 지상파 5개 방송, 무궁화 위성방송 2개외에 VOD, 인터넷, 전화, ISDN서비스가 포함된다.

전자부품종합기술연구소는 여러 기업들과 컨소시엄을 이루어 차세대 대화형 CATV기술을 개발하고 있다. 기존의 아날로그 전송대역인 54 ~ 450 MHz은 그대로 아날로그 서비스에 사용하고, 새로운 디지털 전송 대역인 450 ~ 750 MHz를 대화형 서비스용 하향대역으로 사용하고, 5 - 40 MHz대역을 상향대역으로 사용한다. 대화형 CATV 시스템은 크게 방송부, 전송부, 단말부, 선로부로 나누어 개발하고 있다. 국내 사업환경을 고려하여 광동축 혼합형(HFC)의 CATV망을 전제로 하고 있으며, 기존의 아날로그 CATV방식을 수용하면서도 대화형 서비스를 할 수 있는 시스템을 개발중이다. 주파수 대역분할은 아날로그 전송과 호환성을 고려하여 6MHz 대역으로 결정되어 있다.

- 방송부: 비디오 서버(소프트웨어, 데이터베이스, 비디오 부호화, 멀티미디어 분야), 가입자 관리 시스템
- 전송부: 정보보호, 채널 부호화 및 복호화, 변복조 및 전송기술(통신 프로토콜 포함), 소요핵심부품 분야
- 단말부: 단말(set top box) 운영 소프트웨어 및 하드웨어, 실시간 운영체계 및 응용 소프트웨어, MPEG 복호기 및 소요 핵심부품분야(광전부품, RF부품등)
- 선로부: 광대역 쌍방향 동축선로 증폭기 분야등

데이콤과 한국전력에서도 공동으로 HFC구조의 시범서비스를 계획중이다.

■ 미국의 동향

미국의 ATV를 케이블로 전송할 때는 지상파 방송규격인 8 VSB(vestigial sideband)를 16VSB로 변경하여 전송용량을 2배인 38 Mbps로 하거나 또는 64QAM 변조방식을 검토하고 있다. GI(General Instrument)사는 96년말 세계최초로 256 QAM 전송시스템에 대한 광범위한 현장전송실험(field test)을 성공적으로 완료했다고 발표하였다. 이는 케이블의 용량을 44%증대시키는 것이다. 이로써 6MHz 대역에 두 개의 HDTV 채널을 보낼 수 있다.

■ 유럽의 동향

유럽의 디지털 방송 표준화 작업은 DVB 계획속에서 위성, 지상파, 케이블 TV, SMATV(satellite master antenna television system) 및 MMDS(multipoint microwave distribution system)등 대부분의 전송매체에 대해서 표준화를 완성시켰거나 일부 진행중이다. 이 가운데 케이블 TV는 이미 유럽규격으로 확정되었으며 위성 전송방식과 매우 유사하다.

기존 케이블의 대역폭과 마찬가지로 7 MHz, 8 MHz 또는 12 MHz를 허용하고 있다. DVB-C(cable)에서 변조방식은 16QAM, 32QAM, 64QAM 중에서 케이블 시설의 능력에 따라 선택 가능하게 하였다. 향후에 128, 256 QAM으로의 확장도 허용할 방침이다. 64QAM을 사용한 경우 8 MHz의 대역폭에서 38.1 Mbps의 데이터 공간이 얻어진다. 다중화(multiplexing)단과 변조단사이에 전송연결시스템(transmission link system)의 삽입을 허용하여 34.368 Mbps 유럽 PDH(plesiochronous digital hierarchy) 계위를 지원하게 하였다.

■ 일본 동향

NTT는 CATV사와 공동으로 가정까지 광케이블을 사용하는 FTTH(figer to the home)에 기초한 VOD 서비스를 실험중이다. 몇개의 CATV방송사들도 96년 3월부터 대규모 디지털 CATV 시험사업을 시작하였다. 이들은 NTT와 달리 HFC전송로를 사용하였으며 CATV 1개 채널 대역에 4개 채널 이상의 프로그램을 수용하여 전송하고 있다. 또한 쌍방향 기능을 갖도록 함으로써 전화나 팩스, 인터넷 등 국제적인 컴퓨터 통신망과 접속할 수 있으며, 검색형 TV 쇼핑과 영화등을 제공

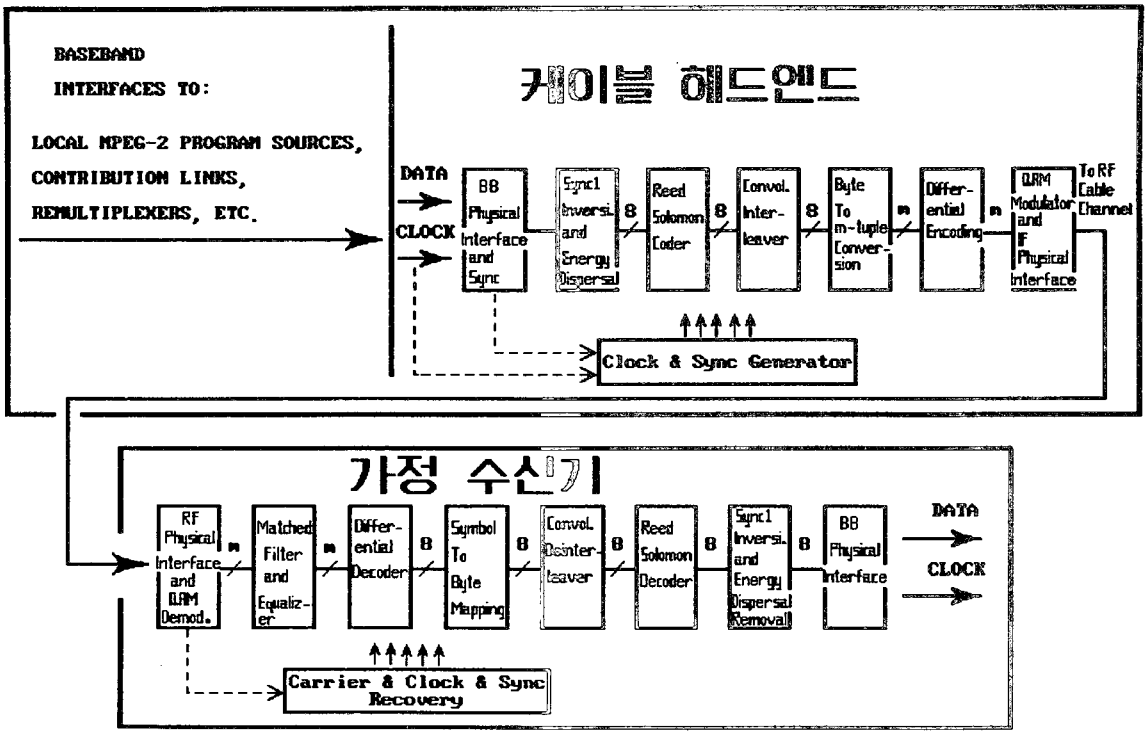

그림 1. 케이블 헤드엔드부터 수신기까지의 CATV 시스템 개념도

표 1. 디지털 CATV방식의 비교

지 역		미 국		유럽	일본
채널당 프로그램수		4-8	6-12	3-5	4-8
전송방식	압축 방식	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2	MPEG-2
	다중화 방식		MPEG-2 System	MPEG-2 System	MPEG-2 System
	변조 방식	64QAM	16VSB	16/32/64 Q A M	64QAM
	대역폭 (MHz)	6	6	7, 8, 12	6
	payload bitrate (Mbps)	26. 9	38. 6	25. 2-38. 1	29. 16
비 고		DigiCip-her방식	ATV방식	DVB-C 방식	

하고 있으며 각 500 세대에 대해 디지털 전화 서비스와 디지털 영상 전송을 실험하였다. 비디오 부호화는 MPEG-2방식을 사용하고 전송방식은 64 QAM을 사용하였다. 또한 일본의 대형 상사들과 미국의 대형 CATV사도 제휴를 통해 적극적으로 디지털 CATV사업을 도입하고 있다. 일본의 전기통신기술심의회에서는 디지털 전송 대역을 90MHz이상 770MHz이하의 주파수로 권고하고 있다.

표1에서는 디지털 CATV방식에 관한 미국, 유럽, 일본의 규격을 비교하였다.

표1에서 알 수 있듯이 대개 비슷한 특징을 가진다. 다음 절에서는 디지털 전송방식에 필요한 각 기술에 대한 소개를 하고자 한다. 각 방식마다 비슷한 내용으로 구성되어 있기 때문에 공통점 위주로 언급하였다.

3. 디지털 전송기술

1) 케이블 시스템 개념도

디지털 CATV의 헤드엔드(head-end)로부터 수신기까지의 전체 케이블 시스템의 개념을 그림1에

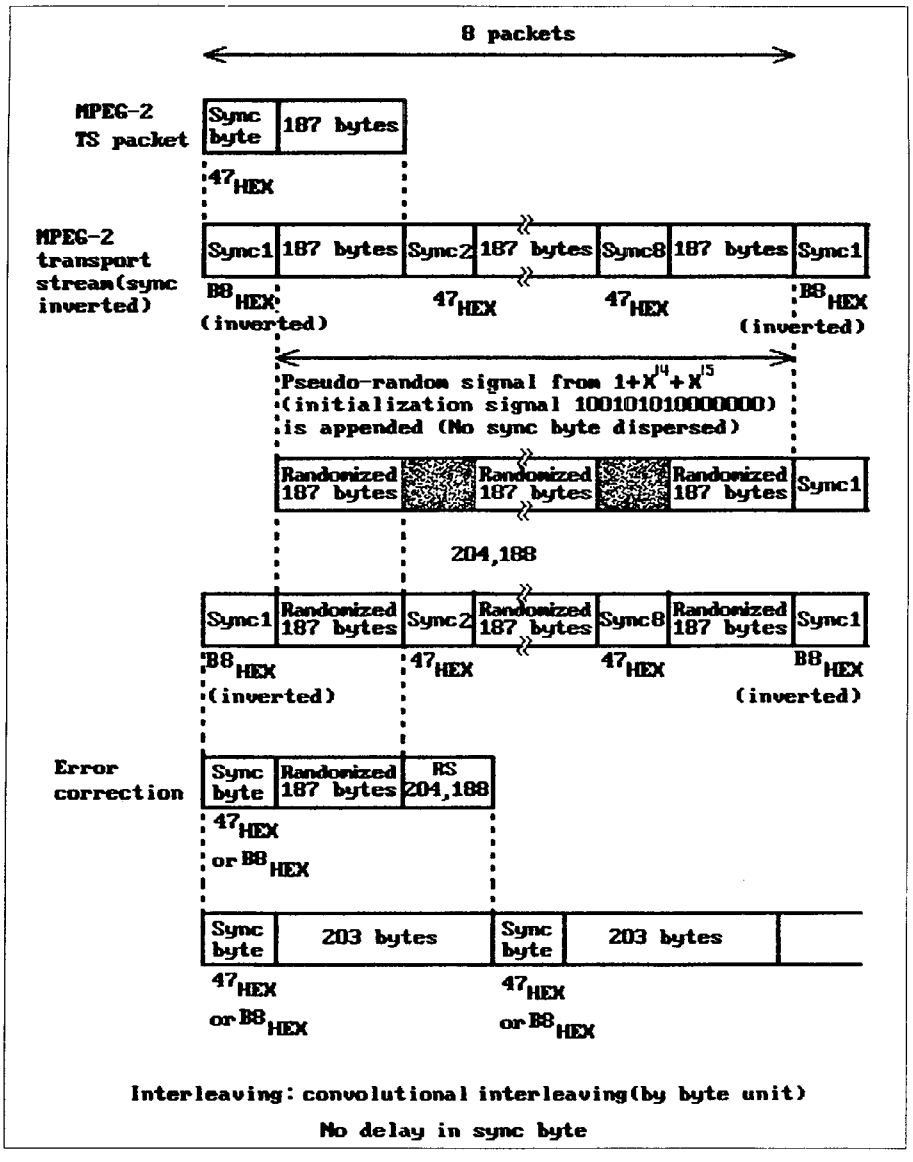

그림 2. 전송데이터의 구성 형식

나타내었다.

2) 패킷구성 및 동기신호(framing structure and sync byte)

MPEG-2 방식으로 비디오와 오디오를 압축부호화하고 이 데이터를 전송할 구성형식(framing structure)에 맞추어 동기신호도 부착한다. 구성형식은 MPEG-2 시스템 계층의 정의에 따른 188 바이트의 고정길이 TS(transport stream) 패킷이다.

3) 전송로 부호화(channel coding)

케이블을 통한 전송시 데이터에 대한 적절한 오류방지를 위해 RS(Reed Solomon) 부호를 부가하고 군집(burst) 오류를 막기 위해 적절한 인터리빙(inter leaving)을 사용한다.

■ 난수화(randomization)

MPEG-2 다중화기를 거치면 고정길이를 가지는 MPEG-2 TS 패킷이 구성되고 패킷의 선두에 동기바이

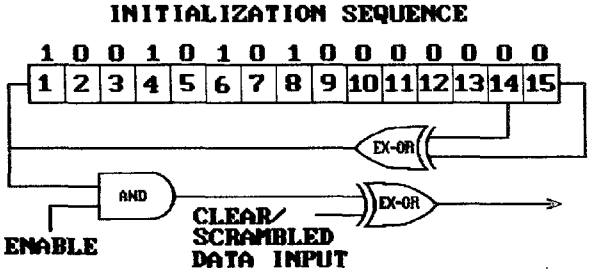

그림 3. 스크램블과 디스크램블을 위한 경로

트(sync byte)를 넣는다. 이 패킷은 그림3과 같은 에너지 확산 회로에 의해 난수화 된다. 이때 사용하는 PRBS(pseudo random binary sequence) 발생기의 다항식은 다음과 같다.

$$x^{15}+x^{14}+1$$

그림 2에 나타낸 바와 같이 초기화열은 15비트로서 100101010000000을 PRBS 레지스터에 적재한다. 이 값은 매 8번째 TS 패킷마다 다시 초기화된다. 디스크램블러(descrambler)의 초기화가 가능하도록 동기바이트는 8 패킷마다 비트가 반전되어 47H에서 B8H로 된다. PRBS발생기 출력의 첫번째 비트는 반전된 동기 바이트 다음에 오는 바이트의 최상위비트(MSB)에 적용된다. 또한 반전된 동기 바이트 이후의 연속적인 7개 TS 패킷에 대하여 동기바이트가 스크램블되지 않도록 동기바이트에 대해서는 PRBS발생기가 동작되지 않게 한다. 동기바이트 보호는 수신단에서 시스템 클럭의 재생에 필요하고 또한 난수화는 부드러운 변조 스펙트럼을 유지하기 위한 조치이다. 동기바이트 동안 PRBS 발생기의 출력이 사용되지 않아도 PRBS 발생은 계속되어야 한다. PRBS발생기의 주기는 1503 바이트이다. 한편, 여기서의 스크램블은 제한적 접근이 목적이 아니고, 가능한한 비트열을 난수화하기 위해서다.

▣ 순방향 오류정정부호(forward error correction)

순방향오류정정은 단축화 RS(Reed Solomon) 부호(204,188)를 사용한다. 외부호는 RS 부호이고 내부호는 콘볼루션(convolution)부호를 사용한다. 이 정정방식은 1×10^{-4}의 산발오류를 이론상 거의 오류가 없는 1×10^{-11} 이하로 만든다. 난수화 과정과 달리 여기서는 동기바이트에도 이 부호가 적용된다. 단축화 RS (204,188)부호를 위해 일반적인 목적의 (255,239) 회로를 그대로 적용할 때는 입력데이타의 전에 51바이트의 연속 0값을 붙이고 부호화 후에 삭제하면 된다. 부가된 RS 16 바이트는 한 패킷의 204 바이트중 8 바이트의 오류를 검출하고 정정할 수 있다. 이때 부가량은 8.5%이다. 부호발생 다항식과 필드(field)발생다항식은 다음과 같다.

$$g(x) = (x+a^0)(x+a^1)(x+a^2)\cdots(x+a^{15})$$
$$p(x) = x^8+x^4+x^3+x^2+1$$

▣ 콘볼루션 인터리빙(convolutional interleaving)

오류정정부호를 부가한 패킷에 대해 군집오류를 정정하기 위해 콘볼루션 인터리브를 실행한다. 동기바이트의 주기성은 바뀌지 않는다. 인터리빙의 깊이는 I=12이고, 여기서 I는 J번째 가지당 J×M깊이를 가진 FIFO 시프트레지스터의 가지의 숫자이다. J는 0에서 I-1까지이고 M=N/I=17이다. 여기서 N은 오류정정을 위한 프레임 길이이며 I는 인터리빙 깊이 그리고 J는 가지지수이다. 콘볼루션 인터리빙과 디인터리빙(deinterleaving) 개념도는 그림4와 같다.

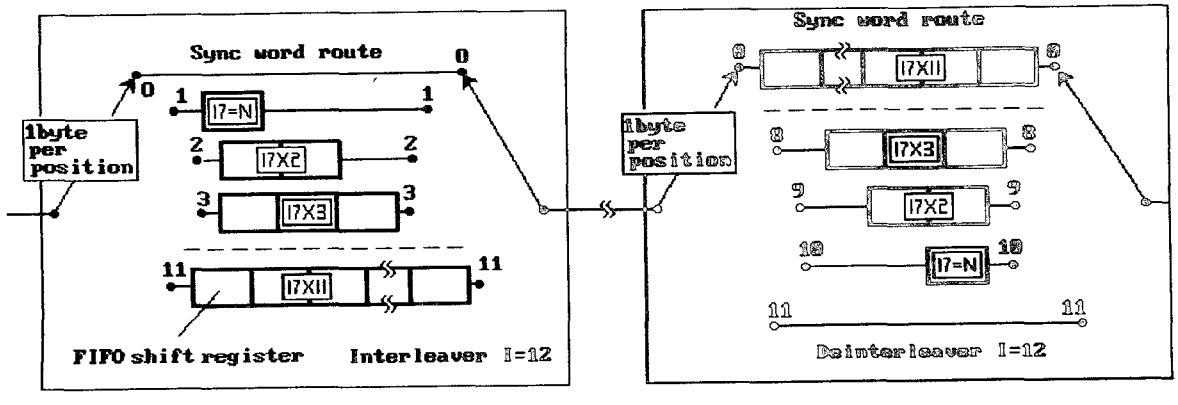

그림 4. 콘볼루션 인터리빙과 디인터리빙의 개념도

4) 변 조

■ 바이트의 m-tuple 변환

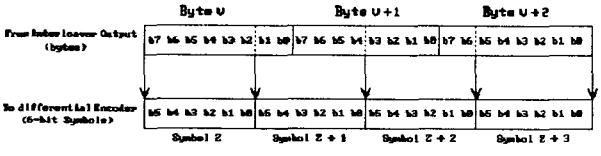

그림 5. 바이트를 m-tuple로 변환하는 과정

콘볼루션 인터리빙후에 정확한 바이트의 맵핑(mapping)이 수행된다. 그림5와 같이 바이트 V가 m 길이를 가지는 심볼 Z로 맵핑되고 이 심볼 Z가 차동 부호기에 입력된다. 맵핑은 변조기에서의 바이트 경계의 사용방법에 따른다. 각각의 경우에 바이트 V의 MSB로부터 심볼 Z의 MSB가 만들어 진다. 심볼의 두 번째 최상위 비트는 바이트의 두번째 최상위 비트로부터 얻어진다. 2^m QAM 변조에서는 k바이트를 n 심볼로 맵핑시킨다. 즉, 다음과 같은 관계를 가진다.

$$8k = n + m$$

64QAM일 때 m=6, k=3, n=4이다.

■ 차동 부호화(differential encoding)

각 심볼들마다 두 개의 상위 비트를 차동부호화하여 90도 회전불변 QAM 집점(constellation)을 얻는다. 두 개의 MSB를 사용한 차동부호화식은 아래와 같다.

$$I_k = \overline{(A_k \oplus B_k)} \cdot (A_k \oplus I_{k-1}) + (A_k \oplus B_k) \cdot (A_k \oplus Q_{k-1})$$

$$Q_k = \overline{(A_k \oplus B_k)} \cdot (B_k \oplus Q_{k-1}) + (A_k \oplus B_k) \cdot (B_k \oplus I_{k-1})$$

그림6에는 차동부호화기를 나타내었다.

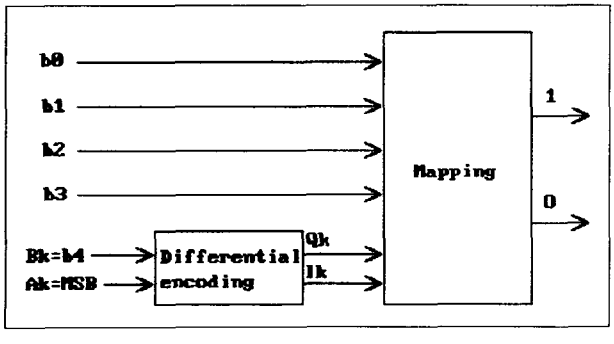

그림 6. 차동부호화기 및 m-tuple 변환기

■ 64 QAM

QAM 변조전에 I 와 Q는 square root raised cosine 필터링을 한다. 이때 roll-off 인자는 일본의 경우 0.13 이고, 유럽 DVB에서는 0.15이다. 반송파의 주파수 대역이 6 MHz라고 하고, 64QAM변조를 하면 1 심볼당 6비트이므로 초당 전송속도는 6×6=36Mbps 가 되어, roll-off율 0.13에서는 36/(1+0.13)= 31.85Mbps의 데이터를 전송할 수 있다.

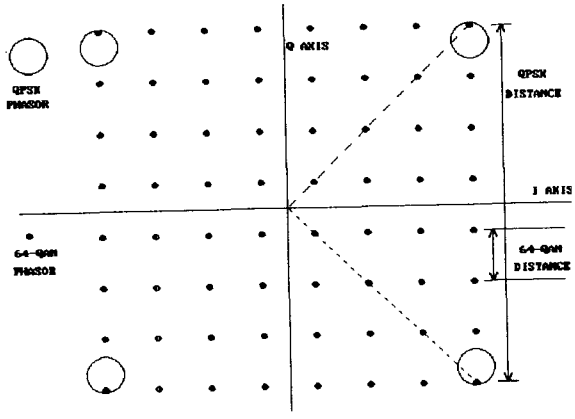

그림 7. 64QAM의 집점표

이상과 같이 전송과정에 대한 기술 내용을 항목별로 간단히 소개하였다. 디지털 CATV에서도 전송대역폭을 기존의 아날로그 대역폭과 동일하게 하고, 또한 다른 전송 매체와도 규격을 공통화 함으로써 부품의 공용화와 신호의 상호교환성을 높이고 있음을 알 수 있다. 64QAM 변조기의 집점표를 그림7에 나타내었다.

4. 결 론

CATV 전송방식이 디지털 방식으로 전환되면서 기존의 통신, 방송 모두 쌍방향, 광대역 디지털화가 진행되고 있다. 본 기고에서는 양방향 서비스를 가능하게 하는 디지털 CATV에 관해 소개를 하였으며 그 중 디지털 전송방식 기술에 대해서 소개를 하였다. 방송신호를 전송하는데는 지상파, 위성 CATV등이 있는데 이들 전송매체의 고유한 특징을 제외한 나머지 부분은 공통된 기술을 적용하고 있으며 특히 CATV와 위성 전송방식은 매우 유사한 내용으로 구성되어 있음을 알 수 있다. 가정으로부터 방송국 또는 서버로의 역방향 채널이 마련되어 있는 CATV는

통신과 방송이 융합되는 시점에서 융합형 멀티미디어 서비스에 유리한 매체라고 할 수 있다.

참 고 문 헌

[1] 김정부, "케이블TV 전송망 구축 현황 및 계획", 한국 통신학회지, 제13권 7호, pp.83-91, 1996년 7월.
[2] 강성수, "CATV 발전방향", 전자공학회지 제23권 2호, pp.91-99, 1996년 2월.
[3] 신창순, "케이블TV 점진적인 디지털화가 필요하다", 뉴미디어저널 제43호, pp25-28, 1997년. 4월.
[4] 장해성, 곽벽렬, 박 순, "무선 CATV 기술 동향", 한국통신학회지, 제13권 7호, pp.92-104, 1996년, 7월.
[5] 박섭형외, "국내 VOD 기술의 발전 현황 및 전망", 제 13권 7호, pp.105-113, 1996년, 7월.
[6] 김무기, "케이블텔레비젼방송(CATV)", 방송공학회지 제1권 제2호, pp.40-46, 1996년 4월.
[7] David Gingold, "Integrated Digital Services for Cable Networks", MS degree, MIT 1996. Sept
[8] Walter S. Ciciora, "Cable Television in the United States: An overview", CableLabs.
[9] "디지털 쌍방향 케이블 TV", The New Media, pp.86-87, 1996. 3월호.
[10] "세계 최초 디지털 광 CATV(SWAN Ⅱ) 상용시스템 개발", http://ktweb.kotel.co.kr/info/t96120101t.html.
[11] 주성철, "대화형 CATV 시스템 개발현황", 전자공학 회지, 제22권, 제7호, pp.61-69, 1995년 7월.
[12] テレビジョン學會, ディジタル放送, オーム社, 1996년.
[13] 일본전기통신기술심의회, " 디지털 방송방식에 관한 기술적 조건", 1996년 5월27일.
[14] *EBU/ETSI JTC, Bakground Document on Digital Video* Broadcasting, Assembled for the members of the European DVB project, ,April, 1994.
[15] ETSI, "Digital broadcast systems for television sound and data services: Framing Structure, Channel Coding and *Modulation - Cable systems*", *pr ETS 300 429*, Aug., 1994.
[16] Noriuki Terada, et.a., "An MPEG-2 Based Digital CATV and System using ATM-pon Architecture," IEEE Proc. of Multimedia 1996, pp.522-531,1996.

필자소개

박 구 만

- 1961년 3월 26일생
- 1984년 2월 한국항공대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1986년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
- 1991년 2월 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
- 1991년 3월 ~ 1996년 8월 삼성전자 신호처리연구소 선임연구원
- 1996년 9월 ~ 현재 호남대학교 전자공학과 전임강사
- 주관심 분야 : 영상신호처리, 컴퓨터비젼, 신호처리, 디지털방송방식.

홍 기 범

- 1951년 9월 26일생
- 1975년 2월 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
- 1986년 5월 University of Florida, Electrical Engineering, 공학석사
- 1992년 12월 Auburn University, Electrical Engineering, 공학박사
- 1975년 3월1일 ~ 1981년 12월 31일 국방과학연구소 연구원
- 1982년 1월1일 ~ 1884년 4월 1일 국방과학연구소 선임연구원
- 1994년 3월1일 ~ 현재, 호남대학교 전자공학과 조교수
- 주관심 분야 : 신호처리, Low Temperature Electronics

이 양 원

- 1958년 12월 12일생
- 1982년 중앙대학교 전자공학과 학사
- 1989년 2월 서울대학교 공과대학원 제어계측공학과 석사
- 1996년 2월 포항공과대학교 전자공학과 박사수료
- 1996년 3월 ~ 현재 호남대학교 정보통신공학과 전임강사
- 주관심분야 : 레이더 표적 신호처리, 영상신호처리