

# DVB-S2 기술동향 및 활용전망

## Technology Trends and Applications of the DVB-S2

□ 장대익, 오덕길, 이호진 / 한국전자통신연구원

### I. 서론

위성방송은 방송매체 중 가장 먼저 디지털화가 진행된 방송이며, 정지궤도 위성을 통해 방송을 직접 수신(DTH) 하거나 공동수신하는 형태로 위성으로 부터 직접 수신하기 때문에 화질의 열화가 없이 선명하며 단일주파수망(SFN)으로 전국 동시방송이 가능하고 난시청 지역이 없는 특징이 있다.

디지털 방송규격으로 1991년 유럽 DVB가 결성되고 1993년에 세계최초의 디지털 방송인 DVB-S 표준이 결정되었으며, 1994년 미국 DirecTV가 최초의 디지털 위성방송 서비스를 시작한 이후 1995년 유럽 BSkyB, 2000년 일본 NHK, 2002년 한국의 Skylife가 디지털 위성방송 서비스를 개시하였으며

대부분 DVB-S 표준[1]을 적용한 위성방송이 실시되고 있고 2007년말 현재 2억 6900만 가구가 위성방송을 시청하고 있다.

DVB-S 표준 개정에 대한 직접적인 요구사항은 미국의 방송사업자인 DirecTV(HNS)로 부터 나왔는데, 미국이 확보하고 있는 위성방송 궤도에서의 가용한 위성 대역폭은 고정되어 있어서 HDTV 와 같은 광대역 방송 서비스를 제공하기 위해서는 현재보다 더 많은 용량을 절실히 필요로 하고 있다. 미국의 2대 주요 방송사업자인 Echostar도 상업적인 압력에 의해 DVB-S 규격보다 대역폭 효율이 높은 새로운 규격의 시스템을 채택할 것이라고 발표하였다. 그러나 유럽의 위성방송 사업자들은 주로 멀티캐스트/유니캐스트 서비스에 관련된 인터넷과 케이블 head-end

※ 본 연구는 방송통신위원회 및 정보통신연구진흥원의 IT 성장동력기술개발 사업의 일환으로 수행하였음. [2007-S-008-02, 21GHz 대역 위성방송 전송기술개발]

제공을 위한 효율적인 위성링크 등 광대역 서비스에 대한 새로운 표준화 제정의 필요성을 인식하여 2세대 위성방송 표준인 DVB-S2가 탄생한 것이다[2].

DVB의 TM(Technical Module)은 향후 위성방송과 위성인터넷과 같은 서비스를 위해 비트율과 전력 효율 증가를 목적으로 새로운 기법들에 대한 실용화 가능성을 검토하였고, 이에 따라 DVB-TM AHG(Ad Hoc Group)인 DVB-S2가 탄생하였으며, 주어진 위성 대역폭과 신호전력( $E_b/N_0$ )에서 DVB-S 방식보다 훨씬 더 높은 전송용량을 제공하기 위한 2세대 규격인 DVB-S2 규격으로 개정하게 되었다. 표준 개정의 주요 목적은 주어진 중계기 대역폭에서 더 높은 전송용량 확보, 개선된 링크 마진을 통한 서비스 가용도 증대, HDTV와 같은 광대역 서비스 요구에 대처, Ka 대역 위성시스템 출현에 따른 새로운 전송시설 및 우주감쇠에 대한 대책 마련, 방송통신 융합에 따른 IP기반 콘텐츠의 직접전송 서비스 제공이다.

이와 같이 2세대 위성방송 규격이 가능한 이유는, LDPC와 같은 오류정정부호는 이론적 한계인 샤논 이론에 근접한 데이터 성능을 보이고 비선형 증폭기 특성에 적합한 APSK 계열의 고차 변조기법이 출현됨으로써 대역폭 효율이 증가하고 수신성능도 높아졌기 때문이다. 따라서 주어진 위성중계기의 전송대역폭과 신호전력에서 기존 방식보다 훨씬 높은 전송용량 확보가 가능해졌고, 다채널 HDTV와 대용량 멀티미디어통신 등 신규 서비스 확보가 가능해졌다.

본 논문에서는 2세대 방송규격인 DVB-S2의 주요 특징사항을 소개하고, 물리계층 관점에서 DVB-S2 위성방송 전송기술과 응용 서비스로 채널 적응형 위성방송 전송기술을 제안하며, 본 표준의 타분야 적용에 따른 기술적 변경사항 및 활용전망, 그리고 DVB-S2 위성방송 서비스 및 시장 현황에 대해 기술한다.

## II. DVB-S2 주요 특징 사항

DVB-S2 기술은 미국과 유럽의 각기 다른 필요성에 의해 표준화가 시작되었는데, 미국은 현재 확보하고 있는 방송 궤도에서 가용한 위성 대역폭은 고정되어 있어서 HDTV와 같은 신규 서비스 제공을 위해서는 현재보다 더 많은 용량을 절실히 필요로 하고 기존 방송과 역방향호환성 유지를 요구하며, Echostar의 경우 상업적인 요구에 의해 DVB-S에 비해 약 40% 정도의 용량 증가를 달성할 수 있는 새로운 시스템을 요구하게 되었다. 그러나 유럽은 가용한 위성대역폭의 확장에 대한 필요성과 HDTV 서비스에 대한 요구는 약한 편이나, 주로 유니캐스트와 멀티캐스트 서비스에 관련된 인터넷과 케이블 head-end에 대한 위성 전송링크 등과 같은 광대역 서비스에 대한 새로운 요구와 채널 적응형 ACM (Adaptive Coding and Modulation) 방식의 신뢰성 있는 전송 서비스에 대한 요구가 DVB-S2 표준화 추진의 기폭제가 되었다.

따라서 DVB-S2의 목표는 현재와 동일한 환경에서 월등히 높은 전송 효율과 고신뢰 전송을 가능하게 하는 전송방식을 제시하는 것으로, 고효율 오류정정부호와 대역폭 효율 고차 변복조기의 개발에 의해 개선된 링크 마진을 통한 서비스 가용도 증대(Ka 대역 주파수 사용 가능), HDTV와 같은 광대역 신규 서비스 제공(미국의 사업자 요구), 채널 적응형 기법에 의한 우주감쇠 대책 마련 및 방송·통신 융합을 위한 IP기반 GS 스트림 처리기능(유럽 사업자 요구)이 가능하게 되었다.

DVB-S2 규격은 기존의 DVB-S의 전송성능을 개선하고 광대역 위성 서비스를 위한 고차 변조기법을 제시하는 것을 목표로 하고 있으며, 구체적인 공통 요구사항은 DVB-CM 373r1[3]에 제시하고 있고 다음과 같다.



- 기존 DVB-S와 동등 전송 조건에서 전송용량 30% 이상 증가
- 기존 방송과의 역방향호환 제공
- 중계기 자원 이용의 극대화(APSK 적용)와 ACM기법 적용

DVB-S2어플리케이션 시나리오 [2]는 위성의 순방향 링크에서 방송 어플리케이션, interactive 어플리케이션, 그리고 professional systems(DSNG, Internet trunking, cable feeds 등)으로 구분되며, 위성방송 어플리케이션에 대해서는 기존의 DVB-S와 역방향 호환을 이루는 BC(Backwards compatible) 구조와 비호환 구조인 NBC(Non-backwards compatible) 구조로 구분한다[2,3]. 특히, interactive 어플리케이션과 professional systems에서는 최대 전송 효율을 획득하기 위해 적응형 부호/변조(ACM) 방식을 포함하며 다음과 같은 특징을 갖는다.

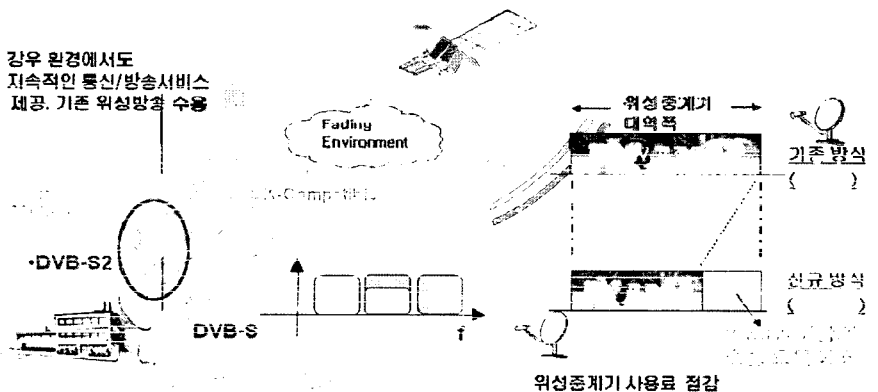


- ACM은 시간적으로 변화하는 위성 채널 환경에서 보다

높은 대역 효율을 제공함

- ACM은 특히 링크 마다 물리계층이 최적화되어야 하는 유니캐스트 환경에 적합함
- ACM에서는 리턴링크에 의해 수신기의 수신상태가 모니터링 되어야 함
- ACM은 점-대-점의 유니캐스트 환경에 적합한 구조임

고차변조기법에 연결된 새로운 오류정정부호 기법을 기존의 DVB-S의 코딩과 변조기법에 적용함으로써 주어진 위성중계기 대역폭과 전송 EIRP에서 30% 이상의 채널대역폭 용량이득을 가져올 수 있다. 따라서 광대역 전송이 가능하고 기존의 SDTV급 전송 뿐만 아니라 HDTV급 방송 및 광대역 멀티미디어 서비스의 제공을 원활하게 하며 특히 광대역 방송·통신 융합 서비스에 적합한 전송구조를 갖는다. 또한 위성통신 채널의 상태에 적응적으로 최적의 변조방식 및 부호화율을 선택하여 전송하는 채널 적응형 코딩 및 변조 기법(ACM)은 100% ~ 200%까지의 위성채널 용량 확장을 가능하게 한다[2,4]. <그림 1>은 DVB-S2의 특징을 나타내고 <표 1>은 DVB-



주가 TV 프로그램 또는 새로운 부가 서비스 채널로 활용

<그림 1> DVB-S2 특징 개념도

〈표 1〉 DVB-S와 DVB-S2의 비교

구분	DVB-S (EN 300-421)	DVB-S2 (EN 302-307)
변조방식	- QPSK	- QPSK/8PSK/16APSK/32APSK - BPSK(PL Header only) - Hierarchical Modulation(for BC)
오류정정 부호	- Outer code: RS(204,188) - Inner code : 평치드 길쌈부호 - 길쌈 인터리버 - 가변 부호율 (1/2,2/3,3/4,5/6,7/8) 선택 가능	- Outer code: BCH - Inner code: LDPC - 블록 비트 인터리버 - LDPC 부호율: 11 가지 지원 - RM부호(PL Header only)
프레임구조	MPEG-2 TS 기반, TS only interface	패킷기반(64,800bit 기본), TS/GS interface
Roll-off	0.35	0.35, 0.25, 0.20
적응형 품질	불가능, BER=10 <sup>-10</sup> ~ -11(QEF)	가능(Frame-by-frame ACM), BER= QEF
제공 서비스	디지털방송(DTV/HDTV), DSNG	디지털방송(DTV/HDTV), 양방향서비스(인터넷 등), DSNG, 콘텐츠 중계/분배 등 광대역 위성방송통신 서비스
기타 특징		- DVB-S에 비해 약 30% 전송용량 증대 - DVB-S에 대한 역방향 호환성 제공 - Ka 대역 서비스 가능

〈표 2〉 DVB-S2기술의 응용 영역에 따른 시스템 구성

System configurations	Broadcast services	Interactive services	DSNG	Professional services	
QPSK	1/4, 1/3, 2/5	O	N	N	N
	1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
8PSK	3/5, 2/3, 3/4, 5/6, 8/9, 9/10	N	N	N	N
16APSK	2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	O	N	N	N
32APSK	3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	O	N	N	N
CCM		N	N (see note 1)	N	N
VCM		O (see note 4)	O	O	O
ACM		NA	N (see note 2)	O	O
FECFRAME (normal)	64 800 (bits)	N	N	N	N
FECFRAME (short)	16 200 (bits)	NA	N	O	N
Single Transport Stream		N	N (see note 1)	N	N
Multiple Transport Streams		O (see note 4)	O (see note 2)	O	O
Single Generic Stream		NA	O (see note 2)	NA	O
Multiple Generic Streams		NA	O (see note 2)	NA	O
Roll-off 0,35, 0,25, 0,20		N	N	N	N
Input Stream Synchronizer		NA except (see note 3)	O (see note 3)	O (see note 3)	O (see note 3)
Null Packet Deletion		NA	O (see note 3)	O (see note 3)	O (see note 3)
Dummy Frame insertion		NA except (see note 3)	N	N	N

N = normative, O = optional, NA = not applicable.

NOTE 1: Interactive service receivers shall implement CCM and Single Transport Stream.

NOTE 2: Interactive Service Receivers shall implement ACM at least in one of the two options: Multiple Transport Streams or Generic Stream (single/multiple input).

NOTE 3: Normative for single/multiple TS input stream(s) combined with ACM/VCM or for multiple TS input streams combined with CCM.

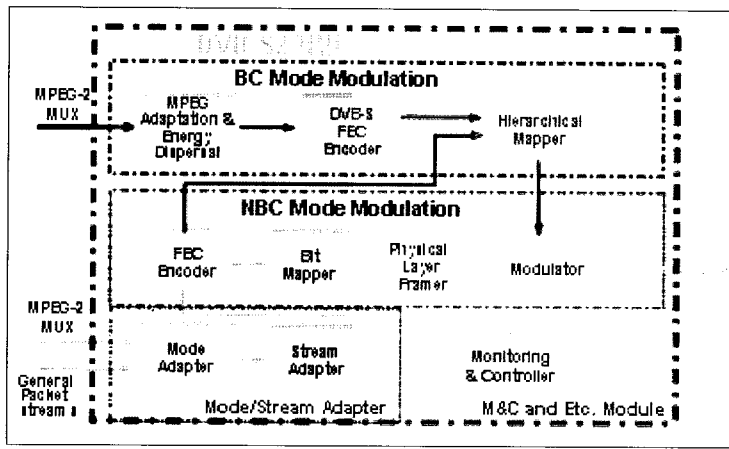
NOTE 4: Multiple Transport Streams (optional) may take benefit from conveying common SI and services via a separate common input (see "Common PLP" in EN302755). Optional implementations shall follow EN302755, Annex D

S와 DVB-S2 규격의 특징을 비교하며, <표 2>에서는 DVB-S2기술의 응용 영역에 따른 시스템 구성을 보인다. 또한 <그림 2>는 DVB-S와 호환(BC모드) 되는 전송시스템과 DVB-S2 단독(NBC모드)으로 동작하는 DVB-S2 시스템 구성도를 나타낸다.

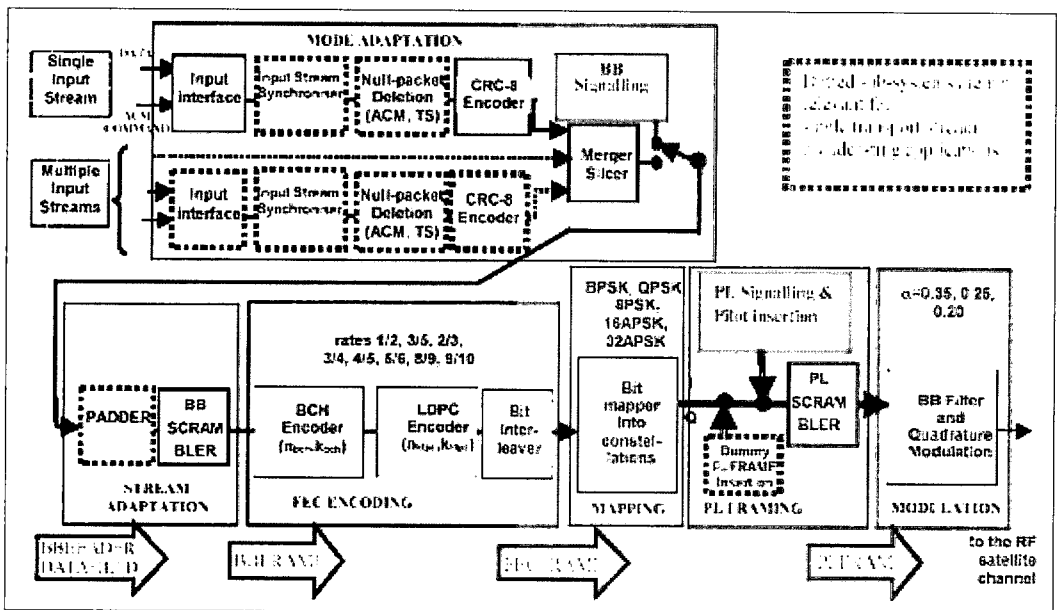
### III. DVB-S2 전송기술

#### 1. DVB-S2 시스템 구조 및 기능

DVB-S2 시스템의 구조는 <그림 3>과 같이 모드



<그림 2> DVB-S와 호환(BC모드) 및 DVB-S2 단독(NBC모드)의 구성도



<그림 3> DVB-S2 시스템의 기능 블록도

적용, 스트림 적용, FEC(Forward Error Correction) 부호화, 매핑, 물리계층 프레임, 변조 기능으로 구성된다.

모드적용 기능은 응용방법에 따라 결정되는데 입력 스트림 인터페이스, 입력 스트림 동기, ACM 모드와 TS 입력 포맷을 위한 null-packet 제거, 오류 검출을 위한 CRC-8 부호화, 변조 및 부호화 방식(MODCOD)과 BB시그널링 정보에 따라 프레임 길이에 맞게 자르는 슬라이서 기능, 다중 입력 스트림을 위한 입력 스트림 혼합 기능을 수행한다. 프레임을 구성하는 포맷으로 BB(Base-Band) 헤더는 입력 스트림 포맷과 Mode Adaptation 형태를 수신기에 알려주기 위해 데이터필드의 앞단에 추가된다.

스트림적용 기능에서는 BB Frame의 길이에 맞게 Padding기능과 BB 스크램블링 기능을 수행한다.

FEC 부호화에서는 외부부호로 BCH와 내부부호로 다양한 부호율의 LDPC(Low Density Parity Check) 부호에 의해 부호화를 수행하며 응용에 따라 FEC 부호블록의 길이는 64800비트 또는 16200비트로 구성된다. 또한 비트 인터리빙은 8PSK, 16APSK, 32APSK 변조에서 수행되며 BPSK와 QPSK 변조에서는 수행하지 않는다.

매핑기능에서는 QPSK, 8PSK, 16APSK, 그리고 32APSK로 성상도 매핑을 수행하며, 응용영역에 따라 또는 전송채널의 상태에 따라 비트 매핑을 결정한다.

물리계층(PL) 프레임িং에서는 블록 부호인 FEC 프레임과 동기되며, 동기를 유지시키기 위해 필요에 따라 Dummy Frame을 삽입하고, 프레임 동기화 변조/부호율 정보인 PL Header, 그리고 수신기의 반송과 복구를 위한 파일럿 심볼을 삽입하여 PL Frame을 구성하며, 에너지 분산을 위해 PL 스크램블링을 수행한다.

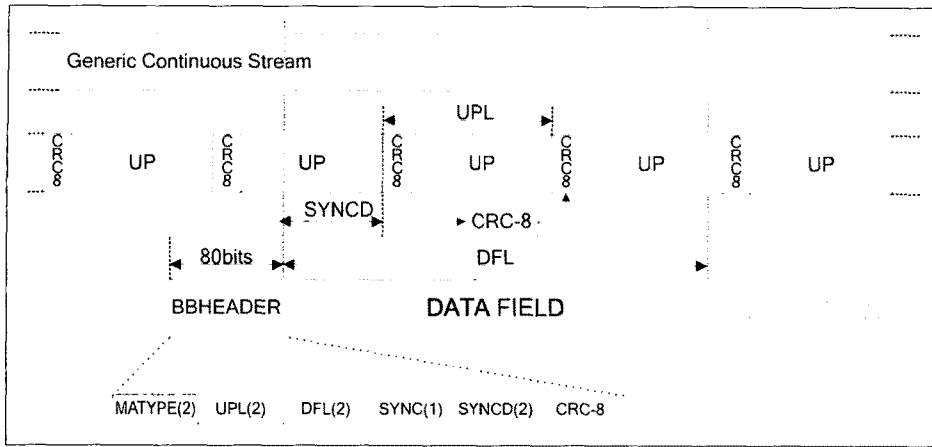
직교변조(Quadrature Modulation)에서는 기저대역 데이터에 대한 여과기능을 roll-off factor 0.35, 0.25, 0.20중 하나의 SRC(Square Root Raised Cosine) 성형여과기에 의해 수행하고, 직교변조에 의해 70MHz 또는 140MHz의 IF 신호로 변조한다.

## 2. DVB-S2 프레임 구조

DVB-S2 프레임 구조는 스트림 적용부의 출력인 BBFRAME, FEC부의 출력인 FECFRAME, 물리계층 및 시그널링부의 출력인 PLFRAME으로 구분한다. BBFRAME에서는 Data Field에 관한 정보가 헤더에 삽입되고 FEC 부호부에서는 BCH 외부 부호와 LDPC 내부 부호화가 수행되어 각각의 패리티가 붙게 된다. 이 때 입력신호는  $K_{bch}$  비트를 갖는 BB 프레임(프레임의 길이는 FEC 부호율에 따라 결정됨)이며 출력은 NBC 방송의 경우 64800 비트의 고정 프레임이다. 물리계층 프레임은 실제 전송을 위한 프레임으로서, FEC 블록을 작은 단위의 슬롯으로 구분하여 전송한다. 그리고 각 프레임의 전송 방식을 알려주기 위한 시그널링 정보와 필요한 경우 캐리어 복원을 위한 파일럿 신호가 삽입된다. 각 슬롯의 길이는 전송 모드에 상관없이 90 심볼로 고정되며, 변조 방식에 따라서 슬롯의 수는 가변적이다.

### 1) 기저대역(BB) 프레임 구조

입력 스트림 적용부는 FEC로 입력되는 신호에 대한 인터페이스 처리 단계로서 응용 서비스에 맞는 기능을 수행한다. 즉 188 바이트의 MPEG2 TS 스트림의 경우에는 sync 바이트를 오류 검출을 위한 CRC 부호로 대체하고 에너지 분산을 위한 스크램블링 등이 수행된다. 오류 검출을 위한 CRC 생성 다항식은  $g(X) = X^8 + X^7 + X^6 + X^4 + X^2 + 1$ 이다.



〈그림 4〉 모드 적응부 출력 포맷

〈그림 4〉는 모드적응부 출력 포맷으로 BB Frame 을 만드는 과정이며, BB 헤더는 10바이트로 구성되고 Data Field 앞에 삽입된다. BB 헤더는 다음과 같다.

- MATYPE : 2바이트로서 첫번째 MATYPE은 <표 3>과 같이 입력 스트림 포맷, 데이터 필드 구성형태, Roll-off Factor 등을 나타내며, 두번째 MATYPE은 다중 입력 스트림용으로 사용한다.
- UPL : 2바이트로서 User Packet Length이며 비트단위의 길이를 표시하고 범위는 [0, 65535]이다.
- DFL : 2바이트로서 Data Field Length이며 비트단위의 길이를 나타내고 범위는 [0, 58112]이다.
- SYNC : 1바이트로서 User Packet의 Sync-byte로 수

신기에서 Sync-byte를 복원하는데 사용된다.

- SYNCD : 2바이트로서 DATA FIELD의 시작점으로부터 Sync-byte 시작까지의 거리를 의미한다.
- CRC-8 : 1바이트로서 BBHEADER의 첫번째 9바이트에 적용된 CRC부호를 의미한다.

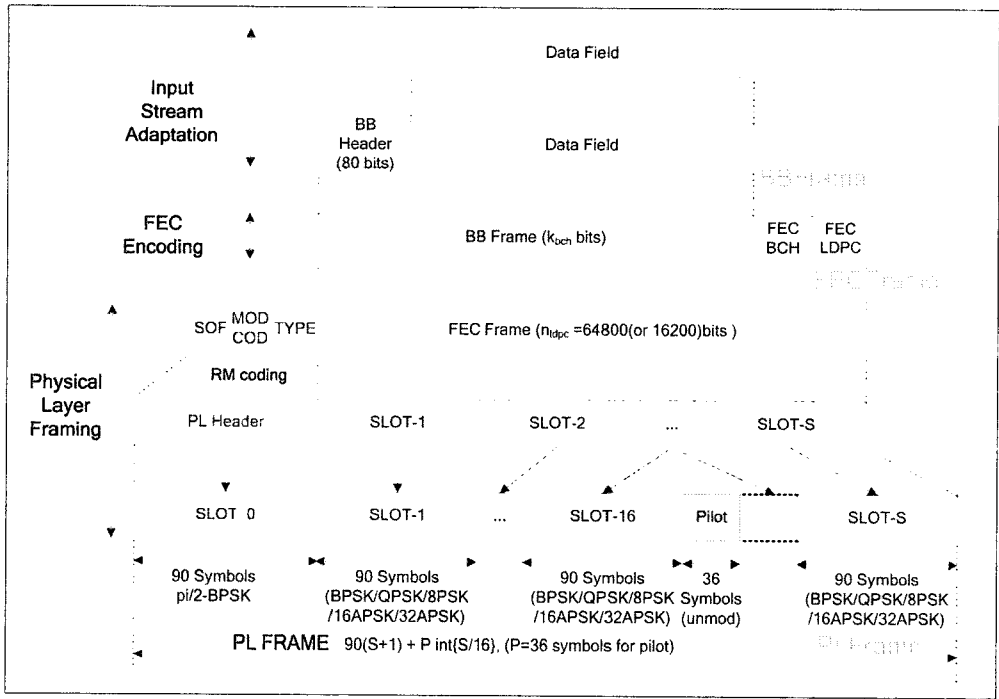
## 2) FEC 프레임 구조

FEC부에서는 오류 정정을 위하여 BCH 부호와 LDPC의 부호화가 수행되어 각각의 패리티가 붙는다. 따라서  $K_{bch}$  길이를 갖는 BB 프레임은 외부부호화기와 내부부호화기에 의해 부호화되며 출력은 NBC 방송의 경우 64800 비트의 고정 프레임이고 short FECFRAME은 16200비트이다.

〈표 3〉 MATYPE field mapping (first byte)

TS/GS(2bits)	SIS/MIS(1bits)	CCM/ACM	ISSYI	NPD	RO(2bits)
11=Transport	1=single	1=CCM	1=active	1=active	00=0.35
00=Generic Packetised	0=multiple	0=ACM	0=not-active	0=not-active	01=0.25
01=Generic continuous					10=0.20
10=Reserved					11= TBD

\* TS/GS : Transport Stream Input or Generic Stream Input, SIS/MIS : Single Input Stream or Multiple Input Stream, CCM/ACM : Constant Coding and Modulation or Adaptive Coding and Modulation, ISSYI : Input Stream Synchronisation Indicator, NPD : Null-packet deletion, RO : Transmission Roll-off factor ( $\alpha$ )



<그림 5> DVB-S2 프레임의 구성과정(BBFRAME, FECFRAME, PLFRAME)

### 3) 물리계층(PL) 프레임 구조

물리계층(PL) 프레임은 실제 전송을 위한 프레임 구성 과정으로서 FEC 프레임 블록을 90심볼의 작은 단위 슬롯으로 구분하여 전송한다. 또한 각 프레임에 대한 시작점 정보인 SOF(Start Of Frame)와 전송 방식 정보인 MODCOD의 시그널링 정보 그리고 필요한 경우 캐리어 복원을 위한 파일럿 신호가 삽입되어 PL프레임을 구성한다. 각 슬롯의 길이는 전송방식에 관계없이 90 심볼로 고정한다. 따라서 변조 방식에 따라서 슬롯의 수가 가변적이다. <그림 5>는 DVB-S2 프레임의 구성과정이다.

FEC FRAME은 변조방식과 부호율에 관계없이 64800비트 또는 16200비트로 구성되어 있으며 90 심볼 단위의 슬롯으로 블록화한다. 따라서 슬롯의 수는 변조방식에 따라 결정된다. 또한 <그림 5>와

같이 파일럿 블록은 36심볼로 구성되며 16슬롯 단위로 파일럿 블록이 삽입된다. 프레임 당 슬롯의 수 S와 파일럿 블록을 포함할 때의 프레임 효율  $\eta$ 는 변조방식에 따라 <표 4>와 같다.

<표 4> 변조방식에 따른 프레임의 슬롯 및 파일럿 블록수, 프레임 효율

$\eta_{MOD}$ (bit/s/Hz)	S= number of SLOTS (M=90 symbols) per FECFRAME						
	$n_{LDPC}=64800$			$n_{LDPC}=16200$			
	S	$P_p$	$\eta$ % pilot	S	$P_p$	$\eta$ % pilot	
1(BPSK)	720	45	97.42	180	11	97.08	
2(QPSK)	360	22	97.34	90	5	96.77	
3(8PSK)	240	15	97.16	60	3	96.46	
4(16APSK)	180	11	97.08	45	2	96.15	
5(32APSK)	144	9	96.90	36	2	95.23	

물리계층 시그널링인 PL 헤더는 전송 프레임의 동기를 위한 26심볼의 SOF, 변조방식 및 부호율 정



보 제공을 위한 5심볼의 MODCOD, 프레임 블록의 길이 및 파일럿의 유무 정보를 제공하기 위한 2심볼의 TYPE으로 구성되며, SOF를 제외한 MODCOD와 TYPE 심볼의 보호를 위해 (64,7) RM(Reed-Muller) 부호기를 이용하여 64 심볼로 부호화 하며 구체적인 내용은 다음과 같다.

- SOF : 26 심볼로 구성되며 전송되는 프레임의 동기를 위해 수신기에서 사용되고 프레임의 시작을 표시한다. SOF의 내용은 18D2E82hex로 변조방식 및 부호율에 관계없이 일정하다.
- MODCOD : 5 심볼로 구성되며 전송되는 프레임의 변조방식과 LDPC 부호기의 부호율 정보를 포함한다.
- TYPE : 2 심볼로 구성되며 전송되는 프레임의 길이와 파일럿 유무의 정보를 포함한다.

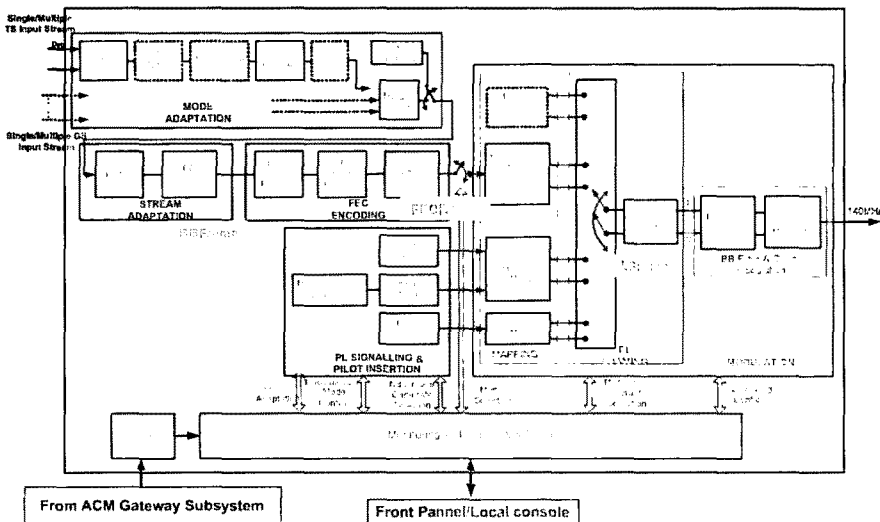
<그림 6>은 DVB-S2의 단계별 프레임 생성과정과 DVB-S2 시스템 개념도를 보인다.

### 3. 채널부호화(FEC)

채널 부호화는 DVB-S2에서 요구하는 주어진 중계기 대역폭과 전송 EIRP에서 30% 이상의 전송 용량을 획득할 수 있도록 부호화 이득이 높은 채널코딩 기법을 선택하였다. 따라서 BCH 외부부호와 LDPC 내부부호의 연접부호를 선정하였으며 LDPC 부호화된 블록부호의 크기를 64800비트 또는 16200비트로 결정하는 구조를 갖도록 하였다.

BCH 부호는 외부부호로 t-error 정정 BCH ( $N_{bch}$ ,  $k_{bch}$ ) 부호로 블록 크기가 정해지며 BBFRAME ( $k_{bch}$ ) 이 BCH 부호기에 의해  $N_{bch}$  크기로 부호화된다. BCH 부호의 정보비트  $m=(m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0)$ 은 생성다항식  $g(x)$ 에 의해  $c(x)=x^{n-k}m(x)+d(x)$   $c=(m_{k_{bch}-1}, m_{k_{bch}-2}, \dots, m_1, m_0, d_{n_{bch}-k_{bch}-1}, d_{n_{bch}-k_{bch}-2}, \dots, d_1, d_0)$ 의 부호어로 부호화된다.[2]

LDPC 부호는 내부부호로서 부호율에 따라 블록 크기가 정해지며 FECFRAME( $n_{ldpc}$ )과 같다. BCH 부



<그림 6> 단계별 프레임 생성과정 및 DVB-S2 시스템 개념도

호의 부호어인  $k_{kpc}$  크기의 정보 블록  $i=(i_0, i_1, \dots, i_{k_{kpc}-1})$  을 입력 받아  $n_{kpc}$  크기의 부호어  $c=(i_0, i_1, \dots, i_{k_{kpc}-1}, p_0, p_1, \dots, p_{n_{kpc}-k_{kpc}-1})$  로 systematic 부호화된다.

RM부호는 5비트의 MODCOD와 FECFRAME 크기에 해당하는 1비트의 TYPE을 bi-orthogonal RM(32,6) 부호기에 의해 부호어  $(y_1, y_2, \dots, y_{32})$  와 같이 부호화하며 파일럿의 유무에 따라 파일럿 모드에서는 RM 부호화 결과를  $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_{32}, \bar{y}_1, \bar{y}_2, \bar{y}_3, \dots, \bar{y}_{32})$  와 같이 생성하고 파일럿이 없을 경우는  $(y_1, y_2, y_3, \dots, y_{32}, y_{32}, y_{32}, y_{32}, \dots, y_{32}, y_{32})$  와 같이 복사하여 64비트로 부호화한다.

#### 4. Modulation

##### 1) PL 프레임의 구성 제어

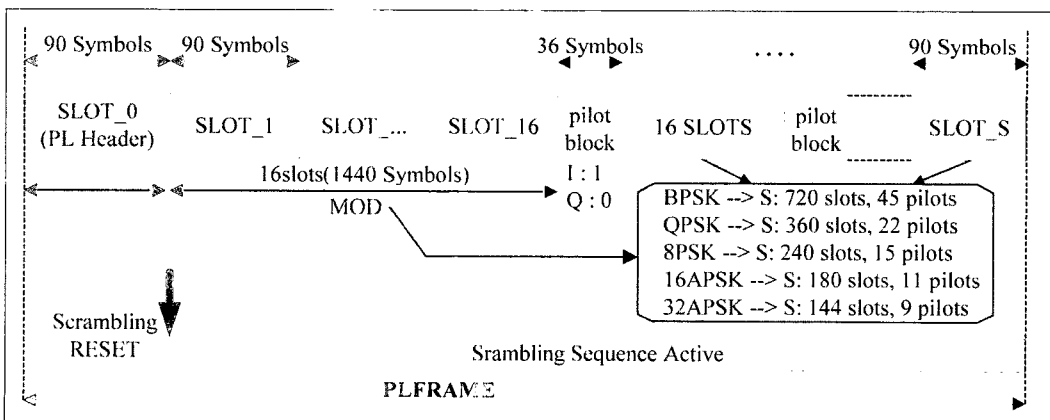
PL FRAME은 <그림 5>와 같이 PL헤더, FEC FRAME, 파일럿 블록으로 구성되며 각각은 <표 4>와 같이 변조방식별 정해진 길이에 따라 프레임 구성을 제어한다. 프레임은 블록단위로 매핑 시각이 <그림 7> 및 아래 내용과 같이 결정된다.

- 1) PL헤더를 90심볼동안  $\pi/2$ -BPSK로 변조한다.
- 2) FECFRAME을 16 SLOT(1440심볼) 동안 정해진 변조 방식에 따라 변조한다.
- 3) Pilot 삽입을 위해 36심볼동안 I는 1, Q는 0으로 매핑한다.
- 4) FECFRAME 블록동안 2)와 3)을 반복하고, FECFRAME이 끝나면 새로운 FECFRAME에 대해 1) ~ 4)의 과정을 반복한다.

##### 2) 비트매핑

PL FRAME은 PL헤더와 FEC FRAME 데이터, 그리고 파일럿 블록에 따라 각각 정해진 변조방식으로 비트 매핑을 통해 심볼단위 변조한다.

- PL 헤더 : 입력되는 심볼의 순서에 따라 홀수번째와 짝수번째로 구분하여 홀수번째는 I축에 BPSK로, 짝수번째는 Q축에 BPSK로 매핑하는  $\pi/2$ -BPSK로 변조한다.
- 파일럿 : PL 헤더 슬롯(슬롯=0) 다음부터 매 16 슬롯



<그림 7> PL 프레임의 프레임링 시작제어

(1440심볼) 마다 36 심볼의 파일럿 블록이 삽입되며 각 파일럿 신호는 변조되지 않은 반송파로  $I = 1, Q = 0$ 과 같이 매핑한다.

■ FEC FRAME 데이터 비트열 : 변조방식(MODCOD)에 따라 다음과 같이 심볼수가 정해진다. 여기서 N은 FEC FRAME 데이터열의 비트수이며, 정해진 변조방식에 따라 <그림 8>과 같은 성상도로 매핑한다.

QPSK : 비트 $2i, 2i+1, i = 0, 1, 2, \dots, (N/2)-1$

8PSK : 비트 $3i, 3i+1, 3i+2, i = 0, 1, 2, \dots, (N/3)-1$

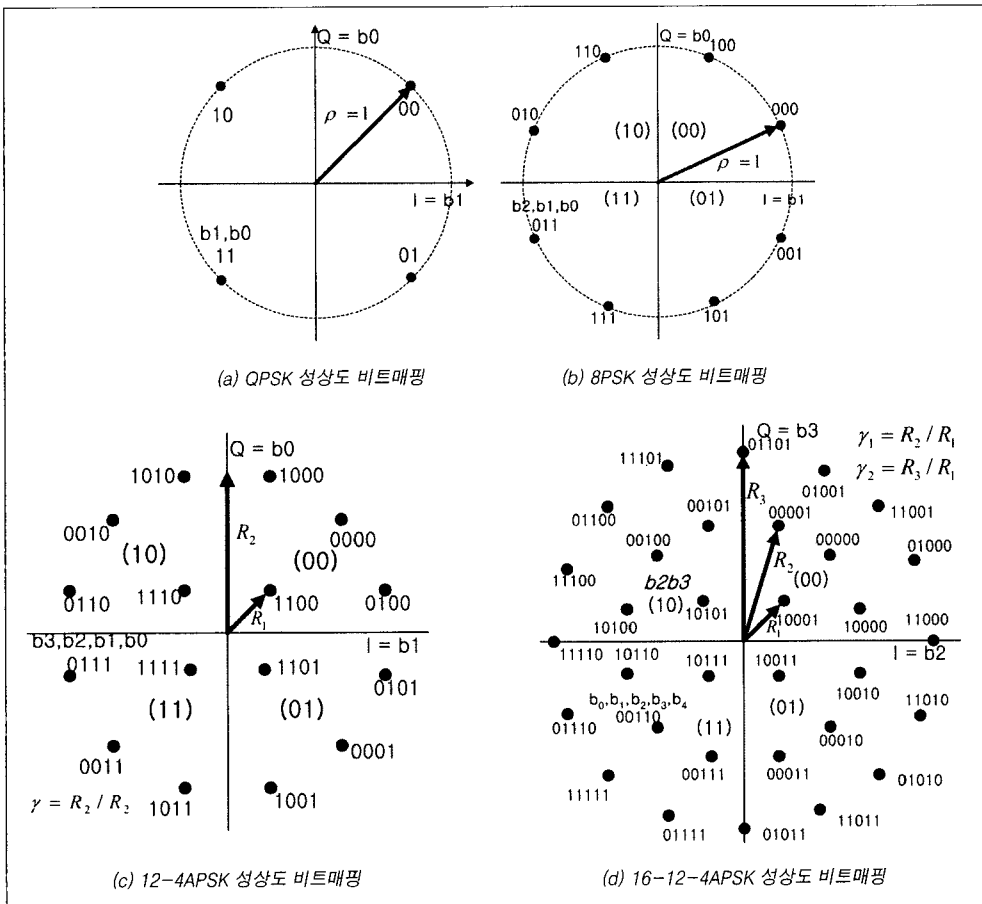
16APSK : 비트 $4i, 4i+1, 4i+2, 4i+3, i = 0, 1, 2, \dots, (N/4)-1$

32APSK : 비트 $5i, 5i+1, 5i+2, 5i+3, 5i+4, i = 0, 1, 2, \dots, (N/5)-1$

### 3) 물리계층 스크램블링

성상도 비트 매핑된 FECFRAME과 Pilot 신호의 I와 Q 블록 신호는 에너지 분산을 위해 랜덤화 하지만 PL 헤더에 해당하는 SLOT-0은 <그림 7>과 같이 스크램블링하지 않는다. 스크램블링은 FECFRAME 블록의 시작점인 SLOT-1 시점에 초기화되어 PL 스크램블링한다.

스크램블링은 impulse함수의 연속으로 표현되며 I와 Q의 진폭에 곱하여 복소수 영역으로 스크램블링한다. 또한 스크램블링을 위한 복소수 랜덤 비트열



<그림 8> 변조방식에 따른 FECFRAME의 성상도 매핑

C<sub>scrb</sub> 은 C<sub>p</sub> 와 C<sub>Q</sub>로 복소수이며 다음식과 같이 표현한다.

$$C_{scrb} = 1/\sqrt{2}(C_p + jC_Q)$$

스크램블될 원본 신호가 I+jQ 라면 스크램블된 복소수 영역의 신호는 각각 다음과 같으며 물리계층 스크램블러 I와 Q 출력은 다음과 같다.

$$I_{SCRAMBLED} = 1/\sqrt{2}(IC_p - QC_Q)$$

$$Q_{SCRAMBLED} = 1/\sqrt{2}(IC_Q + QC_p)$$

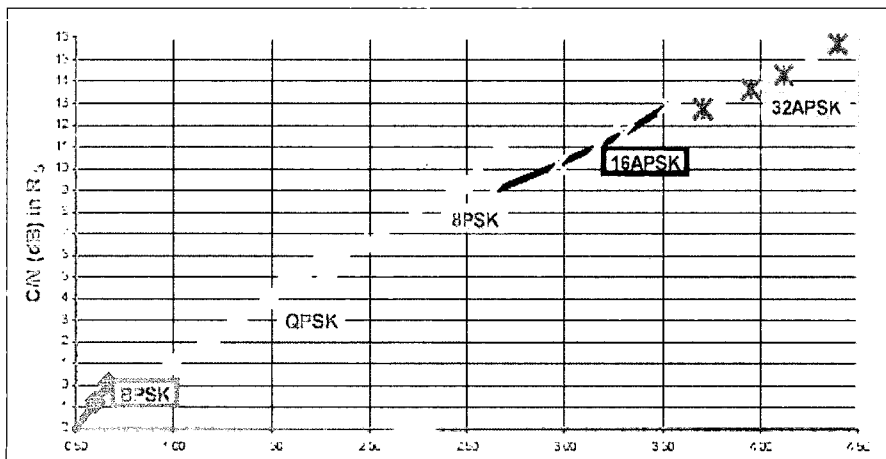
#### 4) 성형필터

성형필터는 SRC(Square root Raised Cosine) 필터로서 전송되는 입력 데이터 펄스의 대역폭을 제한하여 심볼간 간섭(ISI)을 방지하기 위해 사용된다. SRC 성형필터의 roll-off factor는 0.35, 0.25, 0.20으로 심볼속도와 중계기 대역폭에 의해 결정한다.

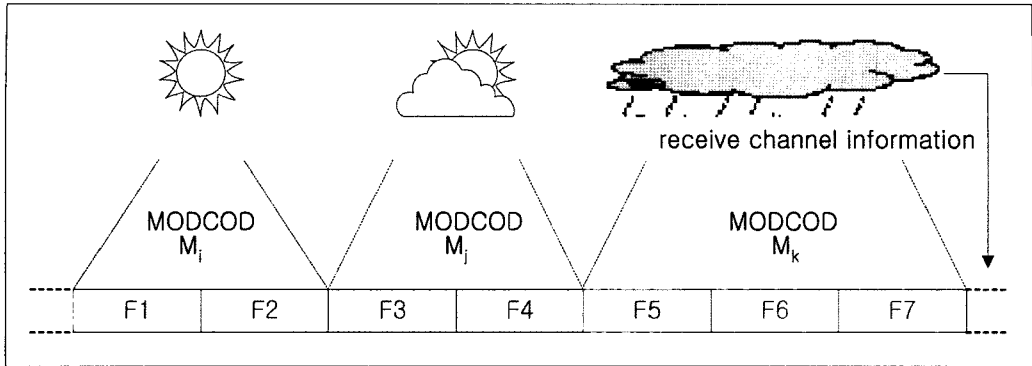
### IV. DVB-S2 기반 채널 적응형 위성방송 전송기법

AWGN 채널에서 QEF(Quasi Error Free)에 해당하는 PER=10<sup>-7</sup>을 만족하는 Es/No 성능은 변조방식 및 부호율에 따라 다르며[2] 고차변조방식 및 높은 부호율 일수록 대역폭 효율은 좋으나, 상대적으로 요구되는 전력(Es/No)이 높아 성능이 저하된다. AWGN 채널에서 변조방식에 따른 요구 C/N과 스펙트럼 효율의 시뮬레이션 결과는 <그림 9>와 같다. 따라서 전송채널 환경에 의해 결정되는 수신 C/N의 상태에 따라 변조방식을 선정함으로써 요구되는 수신성능을 만족시킬 수 있다.

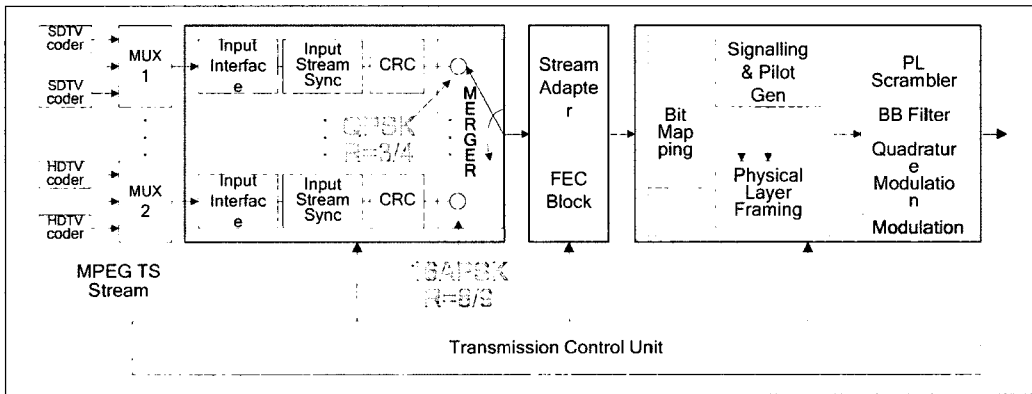
DSNG와 같이 단일 수신기에 전송하는 점대점(point-to-point) ACM 링크에서는 <그림 10>과 같이 수신지역의 채널상태 C/N+I에 따라 전송 패킷을 보호할 수 있다. 즉, 전송채널의 조건을 수신기가 모니터링하며 위성망이나 지상망의 리턴링크를 통해



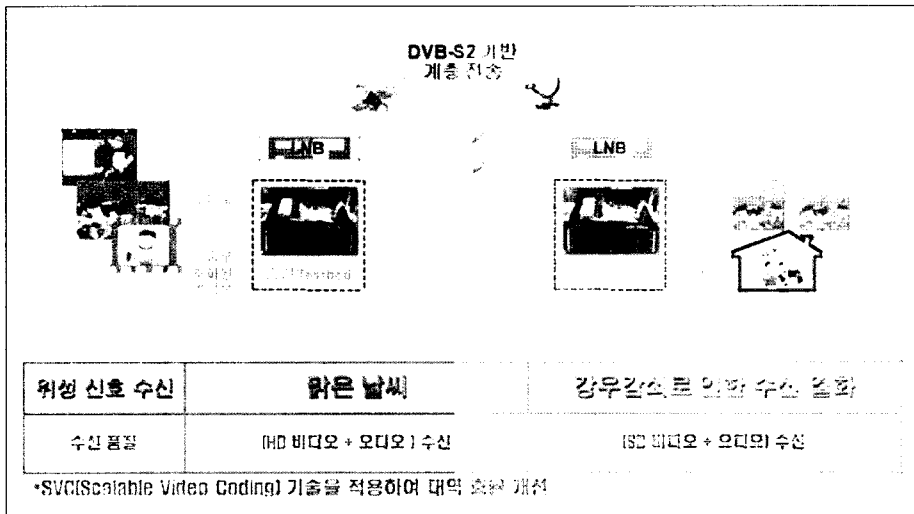
<그림 9> 변조방식에 따른 요구 C/N과 스펙트럼 효율



<그림 10> 채널상태에 따른 프레임단위의 변조방식 선정(ACM mode)



<그림 11> VCM 을 이용한 채널 적응형 방송 전송구조



<그림 12> VCM과 SVC 기법을 이용한 방송가용도 개선 개념도

채널상태를 송신국에 전송하고 송신국에서는 <그림 9>와 같은 시뮬레이션 결과에 따라 최적의 전송방식  $M_k$ ,  $M_s$ , 또는  $M_k$ 를 결정하여 수신기에 전송함으로써 데이터의 수신성능을 유지하도록 한다.

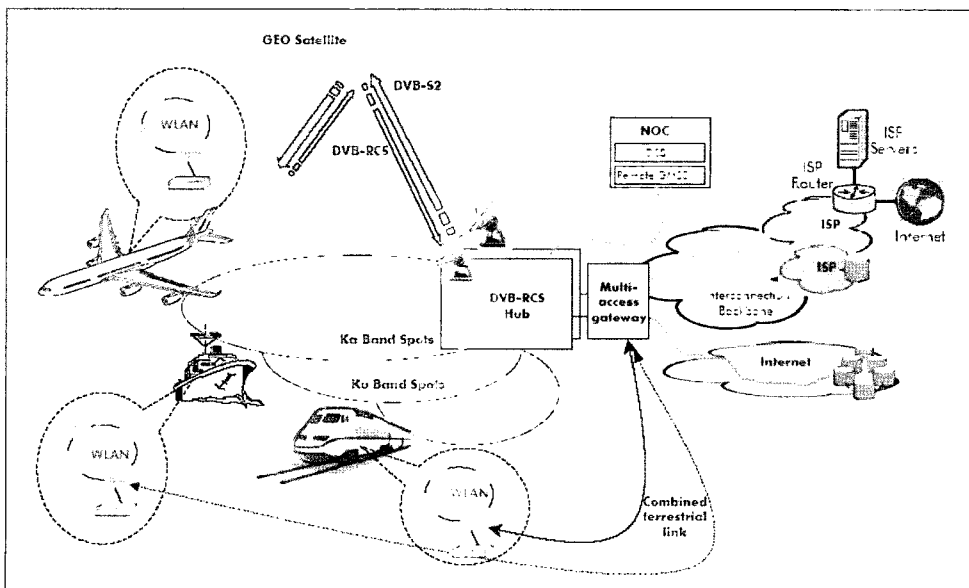
방송의 경우 수신지역의 채널환경이 다를 수 있으며 중단 없는 방송서비스를 제공하기 어렵다. 즉, 전지역의 수신기 채널 상태를 모니터링하기도 어렵고 모든 수신기에 최적의 전송방식으로 방송하는 것은 불가능하다. 따라서 시분할 ACM의 전송프레임 구조 개념을 도입하여 VCM(Variable Coding and Modulation) 방식으로 방송신호를 전송하도록 한다. 즉, 송신국에서는 동일 방송 프로그램에 대해 방송품질을 몇 개로 계층화(SVC)하여 시분할로 송신하고 수신측에서는 수신환경에 맞는 최적의 전송방식을 선택하고 SVC기법에 의해 최상의 방송을 표현함으로써 중단 없는 방송서비스가 가능하도록 할 뿐만 아니라 수신지역의 전송채널상태를 모니터링 할 리턴링크가 필요 없는

특징을 갖는다. <그림 11>은 VCM 을 이용한 채널 적응형 방송 전송 구조이고 <그림 12>는 VCM과 SVC 기법을 이용한 방송가용도 개선 개념도이다.

## V. DVB-S2 기술의 활용전망 및 위성방송 서비스/시장 현황

위성방송에 적용되는 DVB-S2규격은 CCM (Continuous Coding and Modulation) [2] 방식으로 QPSK와 8PSK 변조기법을 사용하며, 전송효율을 높이기 위해 DVB-S2/H.264 기반 위성방송 송신기와 위성단말을 개발하여 다채널 HDTV용으로 활용되고 있다.

위성 VSAT의 역방향링크는 DVB-RCS[6]를 표준으로 사용하고 순방향 링크는 DVB-S를 사용하고 있다. 그러나 고정형에서 이동형으로 서비스가 확대되고, 대용량 데이터를 전송하기 위해 순방향링



<그림 13> DVB-S2 규격을 적용한 위성 이동형 양방향 광역 서비스 시나리오

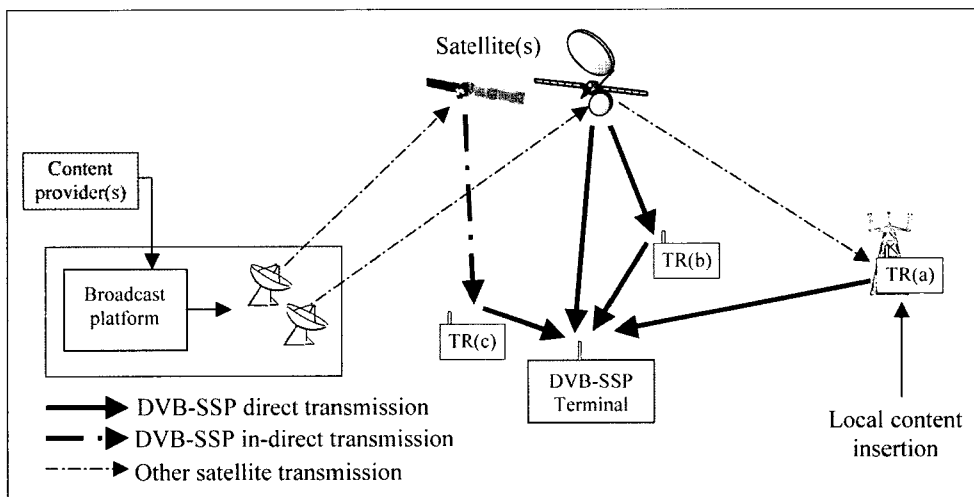
크를 DVB-S에서 DVB-S2 표준으로 고려하고 있으며 또한 그룹단말을 위해 역방향 링크도 MF-TDMA 방식을 SCPC형태의 DVB-S2로 변경을 고려한 표준화를 진행하고 있다. 이동중에 발생하는 multi-path fading 등 열악한 채널을 극복하기 위한 기술로 MPE-FEC, GSE-FEC, 상위계층 FEC (UL-FEC) 등이 연구되고 있으며 표준화도 진행되고 있다. 또한 철도의 전력공급 구조물에 의한 주기적인 페이딩(NLOS 포함)을 극복하기 위한 안테나 다이버시티에 대한 분석과 적용기술 등이 개발되고 있다. <그림 13>은 DVB-S2 규격을 적용한 위성 이동형 양방향 광역 서비스 시나리오이다.

유럽은 노키아를 중심으로 휴대형 멀티미디어방송 규격인 DVB-H를 표준화하였으나 주파수 확보 문제와 교외 및 시골지역의 방송망 구축문제를 해결하고, 유럽연합체제에 의해 국경이 모호해져 단일주파수망(SFN)으로 유럽 전역을 대상으로 이동방송 서비스를 가능하게 하기 위해 DVB-SH(SSP) 표준

화를 진행하고 있다. 본 DVB-SH는 한국의 S-DMB와 비슷한 개념으로 지구국과 위성간에 DVB-S2표준기술을 적용해 방송 콘텐츠를 전달하는 방식이다. <그림 14>는 DVB-S2 규격을 적용한 DVB-SH 이동방송 시스템 구성도이다.

유럽의 지상파 방송 표준인 DVB-T는 현재보다 최소 30%의 전송용량을 증가시키고 IP기반 방송을 가능하게 하며 SFN 성능을 개선하기 위해 2세대 표준인 DVB-T2 표준을 진행하고 있다. DVB-T2에서는 전송성능을 높이고 IP기반 방송을 가능하게 하기 위해 DVB-S2 표준에 제시된 LDPC와 BCH 부호화를 도입하고 있으며, 또한 GS 인터페이스와 GSE-FEC기법도 도입하는 등 DVB-S2기술은 여러 분야에 활용되고 있다.

위성방송 서비스 및 시장현황을 보면, 전 세계 주요 위성방송 사업자는 방송 전송방식을 DVB-S에서 DVB-S2로, 압축방식을 MPEG-2에서 MPEG-4(H.264)로 전환 중에 있으며 주로 HDTV용으로



<그림 14> DVB-S2 규격을 적용한 DVB-SH 이동방송 시스템 구성도

사용하고 있다. 따라서 위성HDTV에 대한 수요는 급속도로 증가하고 있다.

2008년 8월말 현재 전세계 80여개의 위성에서 HDTV방송을 서비스 중이고, 5월 기준으로 약 1,350개의 HDTV 채널을 통해 방송을 시청하고 있다. DVB-S2기반 HDTV 상업 위성방송은 미국 DirecTV가 최초이며 위성방송 전용으로 Ka대역 위성을 05년에 2기, 07년에 2기 등 4기를 발사하여 1,650채널을 확보하였고 DVB-S2/H.264 기반 HDTV 위성방송 300개 채널로 서비스를 제공하고 있다. 2007년을 기점으로 영국 BBC, 프랑스 Canal+/TPS, 독일 프리미에르, 남아공 Multi-choice, 캐나다 Telesat 등이 DVB-S2 기반 HDTV 위성방송을 서비스 중이다.

한국은 방송통신위원회(전파연구소)에서 산학연 관 합동으로 2007년 12월에 DVB-S2기반 위성방송 전송 기술기준 개정을 완료하였고, TTA 위성방송 PG805에서 DVB-S2 기반으로 위성방송 송수신 정합표준을 개정 중이다. SkyLife는 무궁화 3호 중계기를 이용하여 DVB-S2 표준의 HDTV 15채널을 서비스 중(2008.7.)이며 08년 말까지 38개 HDTV 서비스를 예정하고 있다. 또한 2009년까지 7기의

HDTV 전용 중계기를 추가 확보하여 42개의 HDTV 방송을 추가할 예정으로 HDTV 방송 채널 확대를 통한 위성방송의 경쟁력을 높이는데 주력하고 있다. 또한 정부는 Ka 대역 위성방송망 확보 추진 일환으로 21.4~22GHz대역 위성방송 주파수 및 케도 확보를 위한 위성방송망 등록을 신청하였고 국가간 주파수 조정작업을 진행 중에 있다.

위성방송 산업현황을 보면 위성서비스 중 위성방송이 77%를 차지하고 있으며 2007년 기준 위성방송서비스는 575억불로 06년 대비 18.6% 성장하였다(위성산업보고서, SIA 2008.6.). 또한 2008년도 NSR 보고서에 따르면 DVB-S2기반 장비시장은 2008년 약 9.6억불에서 2012년 22.6억불로 연평균 23.6% 로 빠른 성장이 기대된다. <표 5>는 방송중인 DVB-S2/H.264기반 HDTV 운용위성 현황으로 2008년 6월 현재 기준으로 DVB-S2/H.264기반 HDTV 위성방송은 약 500여 채널이 운용 중이다.

## VI. 결론

본 논문에서는 차세대 위성방송 전송 규격인 DVB-

<표 5> 방송중인 DVB-S2/H.264기반 HDTV 운용위성 현황

위성	채널수	위성	채널수	위성	채널수
Eutelsat W3,5	6, 1	KOREASAT 3	15	Atlantic Bird 3	2
Eutelsat 904	1	Astra 1H, 1L	8, 4	Atlantic Bird 1	1
Eutelsat W2,4	6, 2	Hot Bird 6	3	Hispasat 1C	1
Hellas Sat 2	3	Hot Bird 7A	11	Echostar 3, 10	24, 20
Astra 2A, 2B	8, 9	Hot Bird 8	8	Rainbow 1	41
Astra 2D	1	Euro Bird 9	7	Anik F3	18
Badr 4	2	Eutelsat W3A	8	Echostar 5, 7	98, 1
Astra 1D	5	Sirius 4	4	Spaceway 1,2	74,60
Astra 1E, 1G	6,3	Thor 5	14	DirectTV 10	174



S2의 기술적 특징을 소개하고 물리계층 관점에서 표준화 내용을 기술하였다. DVB-S2 표준은 미국과 유럽측의 상이한 요구를 바탕으로 표준화가 논의되었으며 미국측은 위성방송의 채널확장을 위한 전송대역폭 효율 관점에서, 유럽측은 방송채널에서 통신이 가능한 GS 인터페이스와 채널상태에 가변적 특성을 제공하는 ACM 관점에서 표준화 기술을 연구하였다.

따라서 DVB-S2 기술은 방송과 통신을 동시에 전송할 수 있는 프레임 구조를 갖고 있으며 방송용 합에 적합한 형태로서 DVB-T2표준에도 비슷한 개념이 도입되고 있다. 본 논문에서는 DVB-S2의 주요 특징인 주어진 전송 대역폭과 신호전력에서 기존 방식보다 높은 전송용량을 확보하고 신호의 신뢰성을 높이기 위한 DVB-S2 전송기술에 대해 기술하였다. DVB-S2에서는 ACM 전송방식을 기반으로 채널의 신뢰성을 높여주는 기술로서 최적의 프레임 포맷을 제시하고 있다. 또한 부호화 이득을 높이기 위해 LDPC와 BCH의 연결부호를 제안하였고, 비선형 특성에 강하고 대역폭 효율 특성이 높은 고차 APSK 변조방식을 선정하였다.

위성방송환경에서는 수신지역이 넓고 수신지역의 채널환경이 다양하기 때문에 채널 적응형 변조방식으로는 모든 지역의 전파환경을 만족시킬 수 없는

특징이 있다. 따라서 본 논문에서는 다양한 전송방식을 시분할로 전송하며 수신기에서는 전송채널환경에 적합한 최적의 변조방식을 선택할 수 있는 VCM 방식을 적용한 전송 프레임을 제안함으로써 수신기의 채널상태에 적응적으로 신뢰성 있는 방송 시청이 가능하도록 하였다.

DVB-S2 기술은 위성방송의 전송채널에 활용될 뿐만 아니라 고정 및 이동형 위성 VSAT의 순방향 용으로 활용하기 위해 MPE/GSE-FEC 기술과 UL-FEC 등의 기술이 연구되고 있고 안테나 다이버시티 도입에 의한 수신성능 개선을 위한 노력이 진행되고 있다. 또한 본 기술은 DVB-SH(SSP)의 A3G위성전송 표준으로 확정상태이고 DVB-T2에서도 일부 내용이 도입되고 있다.

DVB-S2 기반 위성방송 서비스 및 시장현황을 보면, 전 세계 주요 위성방송 사업자는 신규의 HDTV 방송 서비스를 DVB-S2방식으로 확대하고 있으며 한국도 Skylife를 통해 현재 15개의 채널을 서비스 중이다. 2008년도 NSR 보고서에 따르면 DVB-S2 기반 장비시장은 2008년 약 9.6억불에서 2012년 22.6억불로 연평균 23.6% 로 성장속도가 매우 빠르며, 2008년 6월 기준으로 DVB-S2/ H.264기반 HDTV 위성방송은 약 500여 채널이 운용 중이다.

● 참고 문헌 ●

[1] EN 300 421 v1.1.2 "DVB; Framing structure, channel coding and modulation for 11/12GHz satellite services", ETSI, Aug., 1997.  
 [2] EN 302 307 v1.1.1. , "DVB; 2<sup>nd</sup> Generation framing structure, channel coding and modulation system for Broadcasting, Interactive Services, News Gathering and other broadband satellite applications", ETSI, Mar., 2005.  
 [3] DVB-CM 373r1, "Advanced Coding and Modulation Schemes for Broadband Satellite Service - Commercial Requirement", DVB-S, May.2003.  
 [4] RAI, "Draft Report of the Fifth Meeting", DVB-TM-AHG DVBS2, Geneva, 25~26 Mar.2003.  
 [5] Alberto Morello, "Turbo Codes & Higher Order Modulations in Satellite Digital Broadcasting and News Gathering", RAI-ESA, March, 2003.  
 [6] EN 301 790 v1.4., "DVB; Interaction Channel for Satellite Distribution Systems", ETSI, Sep., 2005.

**필자소개**



**장대익**

- 1985년 : 한양대학교 공과대학 전자통신공학과 졸업 공학사
- 1989년 : 한양대학교 대학원 전자통신공학과 졸업 공학석사
- 1999년 : 충남대학교 대학원 전자공학과 졸업 공학박사
- 1990년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 광역방통융합연구팀장
- 2005년 ~ 현재 : 과학기술연합대학원대학교(UST) 이동통신및디지털방송공학전공 교수
- 주관심분야 : 위성통신시스템, 위성방송, 디지털통신, 디지털번복조 등



**오덕길**

- 1980년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 학사
- 1984년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 석사
- 1996년 : 서울대학교 공과대학 전자공학과 박사
- 1982년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 광역방통융합연구팀 책임연구원
- 2006년 8월 ~ 2007년 7월 : 인천대학교 전자공학과 초빙교수
- 주관심분야 : 디지털통신, 위성방송시스템, 무선통신 등



**이호진**

- 1981년 : 서울대학교 전자공학과 학사
- 1983년 : 서울대학교 전자공학과 석사
- 1990년 : 서울대학교 전자공학과 박사
- 1983년 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 광역무선기술연구부장
- 2002년 ~ 현재 : 한국통신학회 위성통신연구회 위원장
- 주관심분야 : DVB-RCS기반 위성통방융합, 위성무선연동, 통신탐재체, 위성관제 등