

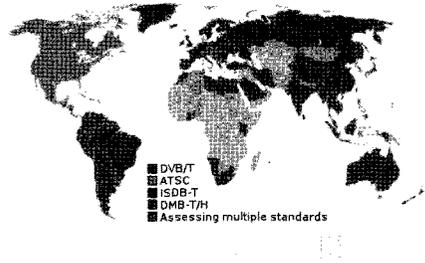
# 차세대 DTV 전송 기술

최 승 환 · 서 종 수

연세대학교 전기전자공학과

## I. 서 론

현재 전세계 Digital TV(DTV) 시장을 양분하고 있는 대표적인 지상파 DTV 표준은 미국의 ATSC(Advanced Television Systems Committee) 표준과 유럽의 DVB-T (Digital Video Broadcasting-Terrestrial) 표준이 있다. 이와 함께 일본의 ISDB-T(Integrated Services Digital Broadcasting-Terrestrial) 방식과 중국의 DMB-T/H(Digital Multimedia Broadcast-Terrestrial/Handheld) 방식을 포함하여, 각 국가별 지상파 DTV 표준 방식은 [그림 1]과 같다. 현재 국내에서 지상파 DTV 전송 방식으로 채택한 ATSC-DTV 시스템은 최근 모바일 방송을 위한 표준안을 제정하고 있으며, DVB 표준안과 함께 전세계 DTV 시장의 50 % 이상을 차지하고 있다. 본고에서는 DTV 전송 표준안 중, 가장 대표적인 ATSC의 모바일 방송 시스템과 2세대 지상파 DTV 시스템인 DVB-T2 표준을 중심으로 차세대 DTV 전송 기술에 대해 살펴보고자 한다.



[그림 1] 전세계 국가별 지상파 DTV 표준 방식

용해 HD 프로그램을 방송한다. 그러나 표준화될 당시에 고정 수신하는 HDTV 전송에 적합하도록 설계되었기 때문에 이동 수신에 한계를 나타내게 되었고, 이를 극복하기 위해 2009년에 모바일 DTV 방송을 위한 전송 표준<sup>[2]</sup>이 제정되었다. ATSC-MH(Mobile/ Handheld)로 이름 붙여진 위 시스템은 차세대 모바일 DTV 표준으로서 미국, 캐나다, 멕시코, 온두라스, 한국에서 사용되고 있는 기존 지상파 디지털 방송 규격인 ATSC에 추가적으로 모바일 TV 방송이 가능하도록 설계된 기술이다. 기존 ATSC DTV와의 역 호환성(backward compatibility)을 유지하면서, 6 MHz 대역을 사용하는 기존 DTV 방송 채널을 통해서 신호가 전송되며, 기존 수신기에 영향을 주지 않으면서 새로운 수신기에서 최대 120 km/h 수준의 이동체에서 고품질 수신이 가능하도록 모바일 모드를 제공하고 있다.

## II. Digital TV 전송 방식

### 2-1 ATSC 지상파 DTV 및 모바일 방송을 위한 ATSC-MH

ATSC는 북미의 지상파 디지털 TV 방송 규격의 표준화 기구로서, 지상파 DTV 전송을 위해 1995년에 전송 표준<sup>[1]</sup>이 제정되었다. 제안된 ATSC 지상파 DTV 시스템은 MPEG-2 방식으로 압축된 영상 정보를 19.3 Mbps의 MPEG-2 Transport Stream으로 변환하고, 변조 방식으로 VSB(Vestigial Side Band) 기술을 사용하며, VHF 및 UHF 대역에서 6 MHz의 주파수 대역을 사

#### 2-1-1 ATSC-MH

ATSC-MH 전송 시스템은 기존 DTV 방송 수신기를 위한 메인 서비스와 휴대 이동 방송 수신기를 위한 M/H 서비스를 동시에 지원하는 Dual-Stream 시스템이다. 두 가지 서비스를 위한 데이터는 6 MHz 대역 내에서

시분할 다중화 되어 전송되며, 수신기에 따라 선택적으로 수신이 가능하다. [그림 2]는 ATSC-M/H의 물리 계층 송신기 블록도를 나타낸다. 메인 서비스와 M/H 서비스 데이터는 각각의 전처리기(pre-processor)를 통과한 후, 패킷 다중화된다. 다중화 된 신호는 후처리기(post-processor)를 통해, 기존의 ATSC-DTV 송신기에서와 같이 채널 부호화 및 인터리빙을 거친 후, VSB 변조되어 RF 신호로 송출된다.

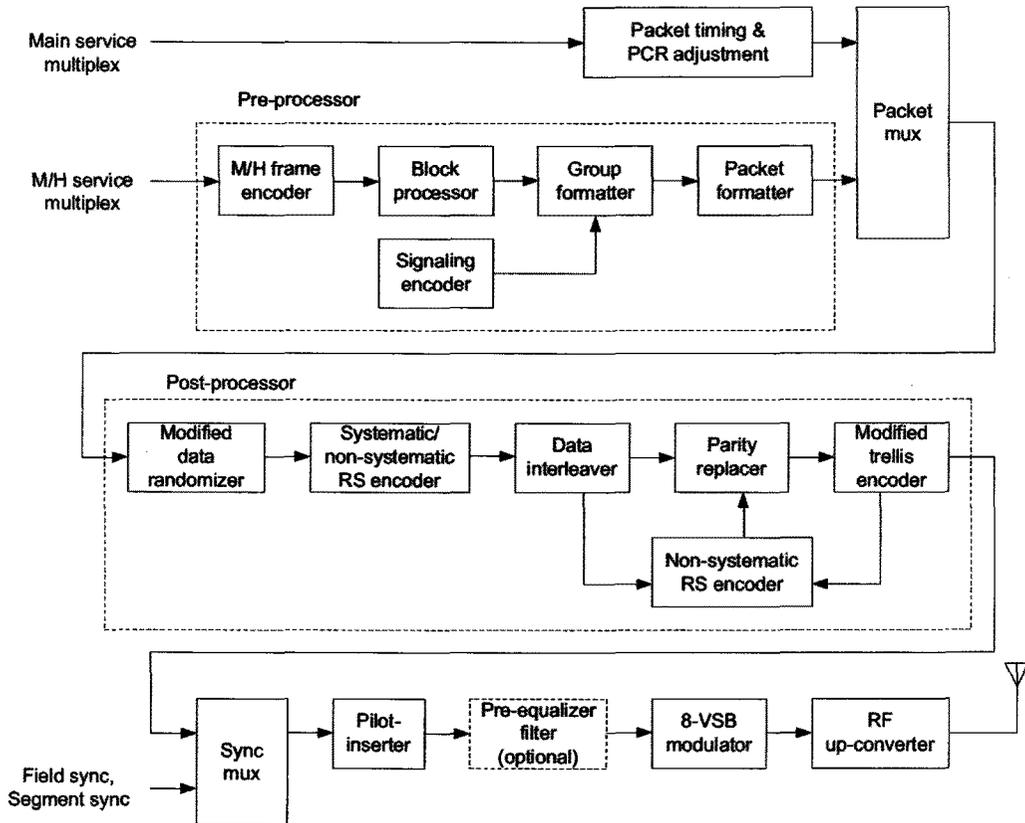
ATSC-M/H 전송 시스템이 DTV 전송 시스템에 비해 가지는 가장 큰 차이점은 M/H 프레임 구조와 M/H를 위한 채널 부호화, 그리고 이동 수신을 가능하게 해 주는 훈련 신호(training signal)의 추가이며, 본고에서는 이러한 특징과 더불어 수신기의 전력 조절을

위한 기법과 M/H 서비스의 가변 전송율에 대해 소개한다.

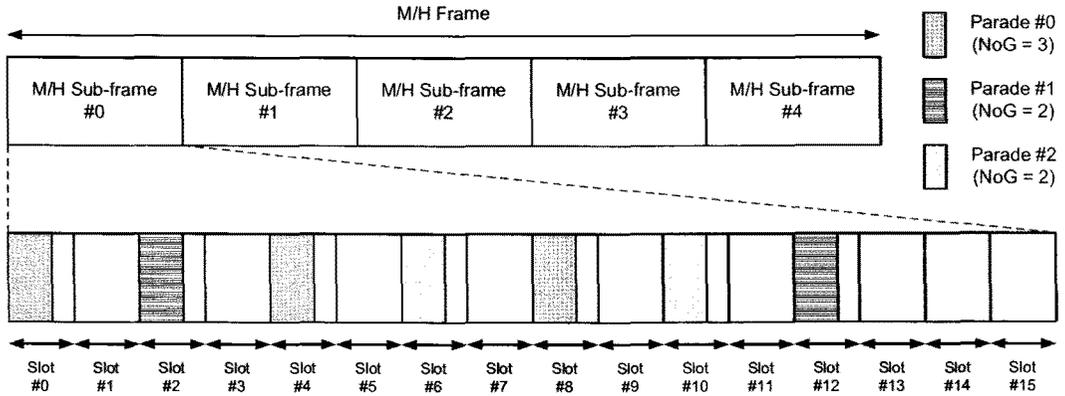
### 2-1-2 ATSC-M/H 프레임 구조

[그림 3]은 ATSC-M/H 프레임의 구조를 나타낸다.

하나의 M/H 프레임은 968 msec의 프레임 길이를 가지며, 5개의 서브 프레임으로 구성된다. 각 서브 프레임은 16개의 M/H slot으로 구성되는데, M/H slot 2개가 모여서 VSB 필드를 구성하며, 2개의 VSB 필드(Odd VSB 필드와 Even VSB 필드)가 연결되어 1개의 VSB 프레임을 구성하는 구조로 되어 있다. 이때, 각각의 VSB 필드는 1개의 필드 동기 세그먼트(Field Synchronization Segment)와 312개의 데이터 세



[그림 2] ATSC-M/H 전송 시스템



[그림 3] ATSC-M/H 프레임 구조

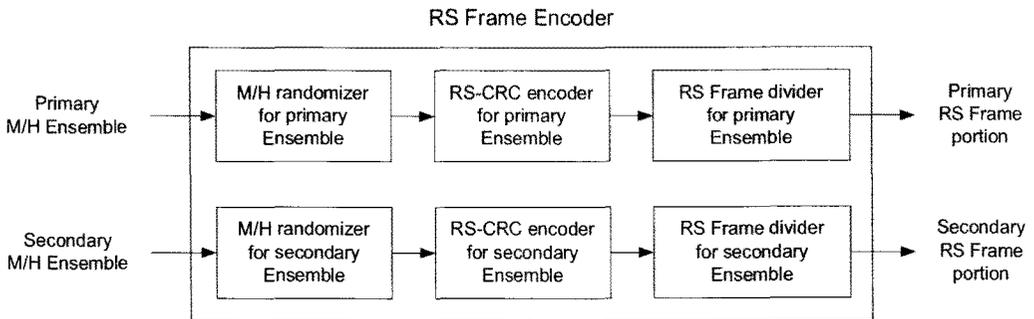
그먼트로 구성되며, 각 세그먼트는 4개의 VSB 심볼로 이루어진 동기 신호와 828개의 데이터 VSB 심볼로 구성된다. 하나의 M/H slot은 약 12.1 msec의 길이를 가지는데, 수신기 전력 감소를 위한 송신단의 M/H 프레임의 시분할 다중화는 이러한 M/H slot 단위로 이루어진다. 그림 3에서 Parade란 동일한 QoS를 요구하는 서비스를 한번에 전송하는 개념으로 하나의 M/H 프레임 내에 동일한 FEC 파라미터를 가지는 M/H 그룹으로 정의된다.

### 2-1-3 ATSC-M/H 서비스를 위한 채널 부호화

ATSC-M/H 전송 시스템은 M/H 서비스를 위하여 외부 부호(outer code)와 내부 부호(inner code)로 각

각 RS 부호와 터보 부호가 사용된다.

외부 부호로 사용되는 RS 프레임 부호화 블록은 M/H ensemble을 역 다중화(demultiplexing)하여 primary 및 Secondary M/H ensemble을 분리하고, [그림 4]와 같이 이를 각각 M/H randomizer, RS-CRC encoder, RS Frame divider를 거친 후 RS frame을 만들어낸다. 프레임 부호화 내부에서 RS 부호화 후 CRC(Cyclic Redundancy Check) 부호화를 수행하기 때문에 RS 프레임은 2차원 RS-CRC 구조를 가지게 되어 가상 인터리빙 효과를 갖는다. 또한, 수신 단에서의 erasure RS 복호를 가능하게 하여 burst 오류나 페이딩 채널을 보상하는 역할을 한다. M/H 서비스를 위한 내부 부호로는 터보 부호가 사용된다. 외부 길쌈 부호와 내부



[그림 4] RS frame encoder

트렐리스(Trellis) 부호를 심볼 인터리버로 직렬 연결한 SCCC (Serial Concatenated Convolutional Code)가 사용되는데, 이러한 구조로 인하여 기존 ATSC VSB 시스템과의 호환성을 유지할 수 있다.

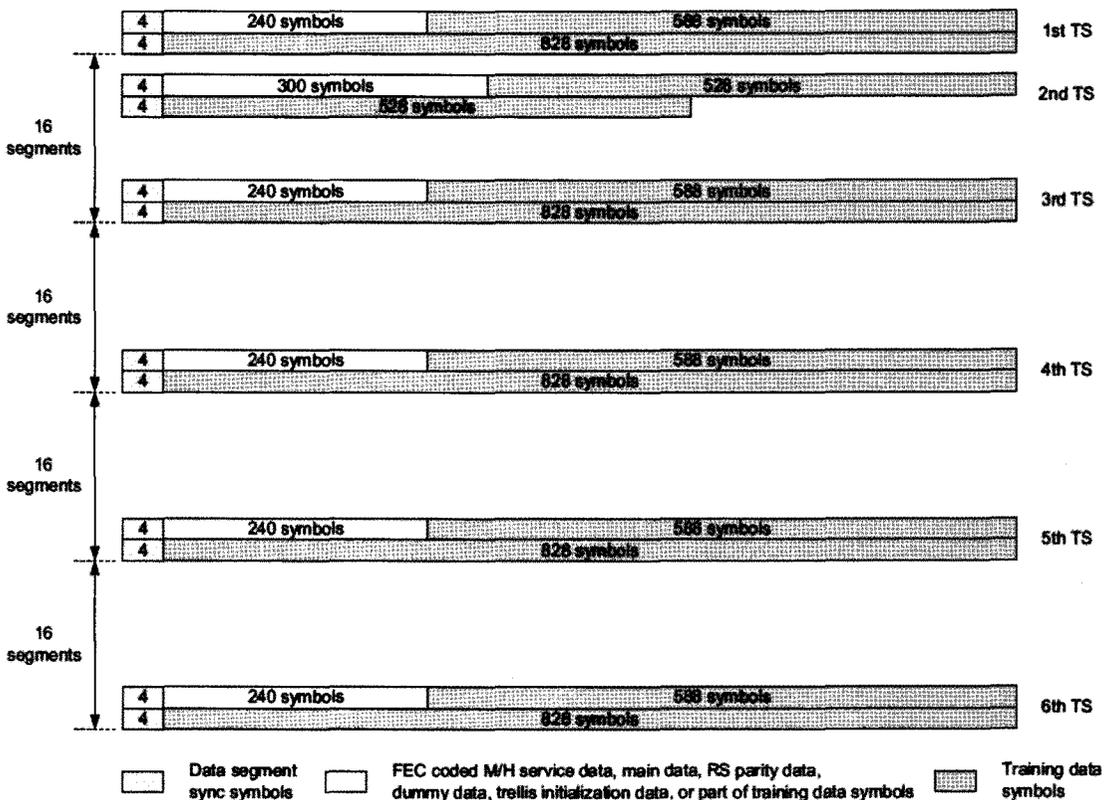
2-14 훈련 신호(Training Signal)

기존 ATSC-8VSB 시스템에서는 훈련 신호로 필드 동기 세그먼트를 사용하며, 약 24 msec 간격으로 전송되므로 이동 수신을 하기에는 그 주기가 너무 긴 문제가 있다. 또한 짧은 간격의 세그먼트 동기 신호는 길이가 약 0.37 usec로 너무 짧아 이동 수신에 적합하지 않다. 이러한 문제를 해결하기 위해 ATSC M/H 시스템에서는 각각의 M/H 그룹 내에 [그림 5]와 같은 훈련 신호를 사용한다.

하나의 M/H 그룹 내에는 6개의 훈련 신호열이 사용되며, 송신기의 인터리빙과 Trellis 인코딩 사이에 훈련열이 삽입된다. 이 중, 2번째 훈련열을 제외하고는 모두 16 세그먼트 간격으로 삽입되며, 1,416개(588+828)의 심볼은 동일한 데이터 패턴을 가진다. 2번째 훈련열은 M/H 블록 B4의 2, 3번째 세그먼트에 삽입되며, 동일 패턴의 528개의 데이터 심볼을 반복해서 사용한다.

2-15 Time Slicing(Receiver Power Saving)

ATSC M/H 시스템은 수신기의 전력 사용량을 줄이기 위해 time slicing 기법을 사용한다. Training 열의 도움으로 수신기 동기에 필요한 시간이 짧기 때문에, M/H 수신기는 필요한 M/H parade 수신 때에만



[그림 5] ATSC-M/H를 위한 training sequence 구조

전력을 사용하고, 그 외의 시간엔 전력을 절약할 수 있다. 이를 위해서는 송신기에서 M/H 서비스를 그룹화한 뒤 시분할 다중화(time-multiplexing)하여 송신해야 한다. 이러한 기법을 ATSC M/H 서비스를 위한 time slicing 기법이라고 한다. [그림 6]은 M/H parade에 따른 수신기의 파워 조절 과정을 보여준다.

2-1-6 Data Rate Flexibility

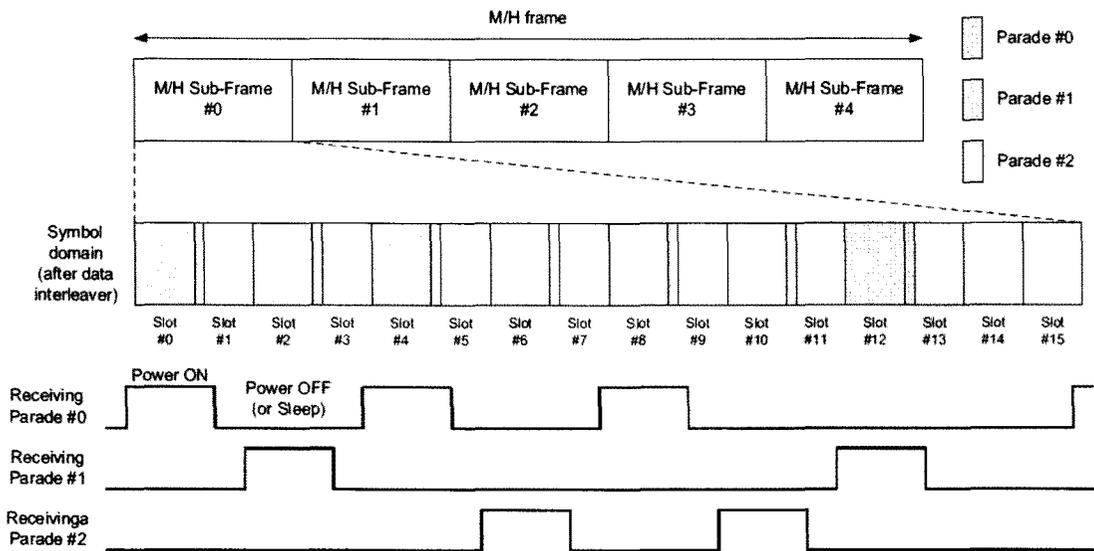
ATSC M/H 시스템은 parade 별로 다양한 FEC 모드를 지원하기 때문에 parade 별로 신뢰도를 조절할 수 있으며, 메인 서비스와 M/H 서비스와의 비율을 유연하게 조절 가능하다. ATSC M/H 시스템에서 각각의 서브프레임은 최대 16개의 그룹을 포함할 수 있으며, 한 그룹당 156개의 세그먼트를 가질 수 있다. 또한 메인 서비스 스트림은 그룹당 118개의 세그먼트로 이루어지므로, 데이터 전송율은 식 (1)과 같이 917 kbps 단위로 증가시킬 수 있다.

$$\frac{118}{156 \times 16} \times 19.39(\text{Mbps}) = 917 \text{ kbps} \quad (1)$$

여기에 서브 프레임 당 그룹의 개수와 RS 프레임의 데이터 심볼 수를 변화시키면, FEC 모드 별로 다양한 M/H 서비스의 전송 비율을 얻을 수 있다. 예를 들어, SCCC 외부 부호율로 1/2을 사용하고, 서브 프레임 별로 2개의 그룹 사용, 그리고 407개의 RS 프레임 데이터 열을 가정할 경우 1.834 Mbps의 전송율을 가지며, M/H 서비스는 629.1 kbps의 전송율이 가능하다. 경우에 따라서는 19.39 Mbps를 모두 메인 서비스에 할당할 수 있는데, 이 경우 기존 ATSC 8VSB 전송 시스템과 동일하다.

2-2 2세대 DVB 지상파 디지털 TV (DVB-T2)

DVB는 유럽의 디지털 TV 방송 규격의 표준화 기구로서, 지상파, 위성, 케이블 등 다양한 매체를 통한 디지털 방송의 표준화가 이루어진다. 1세대 DTV 방송 규격의 한계를 극복하고자 2세대 표준이 매체별로 제정되었는데, 가장 먼저 2003년에 DVB-S2가, 2009년에 DVB-T2가 제안되었으며, 케이블 표준인 DVB-C2와 모바일 방송 표준인 DVB-NGH가 현재 표준화 작



[그림 6] ATSC-M/H 수신기에서의 파워 절약 개념도

업 중에 있다. 1세대와 비교해서 가장 큰 차이점은 입력 신호의 형식과 채널 부호화 방식이다. 이전 DVB 계열에서는 MPEG-2 TS(Transport Stream)를 입력 신호로 제한하였고, RS(Reed-Solomon) 부호와 길쌈부호(Convolutional Code)를 채널 부호화 방식으로 사용하였다. 반면, 2세대 DVB 표준들은 입력 신호로 MPEG-2 제한을 두지 않으며, PLP(Physical Layer Pipe) 방식을 이용한다. 또한, BCH 부호 및 LDPC 채널 부호를 채택하여 보다 강한 부호화 이득을 얻게 하였다. DVB-S2는 DVB-S에 비해 강력한 채널 부호화의 도움으로 30%의 전송 용량 증대가 가능하다. 또한 하나의 위성에서 여러 종류의 다른 입력 신호를 처리할 수 있다. DVB-T2의 경우, 멀티 PLP 모드를 이용해 다양한 부호 및 변조 방식을 이용할 수 있으며, 최대 256 QAM 까지 지원한다. 이로 인해 DVB-T에 비해 채널 용량을 50% 가까이 증대시킬 수 있다. DVB-C2 역시 DVB-T2에 기반을 두어 멀티 PLP를 지원하며, 최대 40% QAM을 사용해 50%의 용량 증대가 가능하게 된다. 이 중, 본고에서는 지상파 DTV 표준인 DVB-T2 시스템의 특징에 대해 소개한다.

2-2-1 DVB-T2 프레임 구조

DVB-T2는 [그림 7]과 같이 슈퍼 프레임(Super Frame)

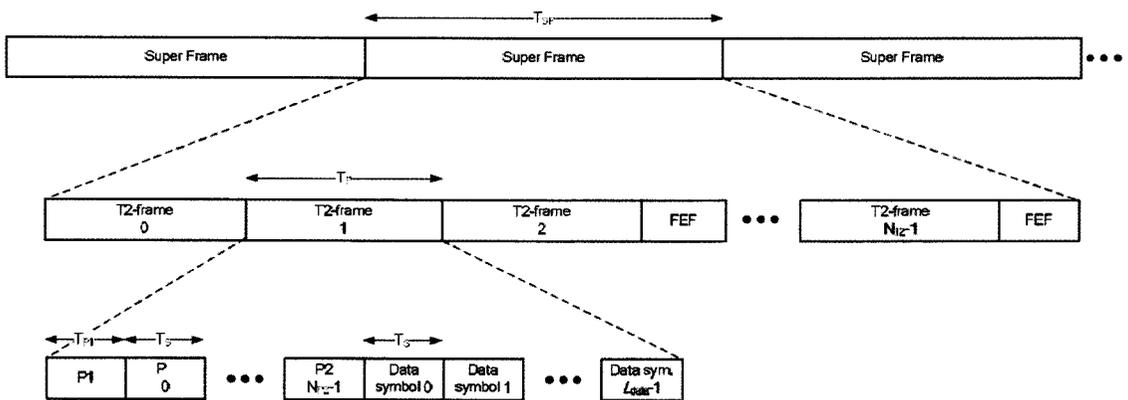
단위로 구성된다. 슈퍼 프레임은 T2 프레임과 FEF(Future Extension Frame)으로 구성되며, 하나의 슈퍼 프레임 당 최대 255개까지 T2 프레임이 정의될 수 있다. T2 프레임은 한 개의 P1 심볼과 다수의 P2 심볼, 그리고, PLP 데이터를 포함하는 데이터 심볼로 이루어진다.

FEF는 DVB-T2 표준에 정의된 서비스의 유연한 결합과 이후 버전으로의 용이한 확장을 위해 정의된 프레임이다. 전체 프레임 구조에는 FEF를 위한 공간만 정의되어 있으며, 구체적인 전송 파라미터는 정의되지 않았다. 이 특별한 프레임은 P2 심볼에 의해 신호화 되고, DVB-T2 수신기는 FEF를 구분할 수 있어야 한다.

2-2-2 DVB-T2의 입력 신호

1세대 DVB 표준인 DVB-T의 입력 데이터는 하나의 MPEG-2 TS로 정의된다. 반면에 2세대 DVB 표준인 DVB-T2의 입력 데이터는 다음과 같은 4가지 종류의 입력 신호로 정의된다.

- MPEG-2 Transport Streams (TS)
- Generic Fixed Packetized Streams (GFPS)
- Generic Continuous Streams (GCS)
- Generic Encapsulated Streams (GSE)



[그림 7] DVB-T2 프레임 구조

MPEG-2 TS 스트림은 header 부분과 payload 부분으로 구성되는 패킷 구조를 가지며, 188 bytes의 길이를 갖는다. GFPS 스트림은 64 kbyte를 넘지 않는 고정 길이의 패킷 구조로 이루어져 있고, 64 kbyte가 넘는 경우 패킷 구조를 갖지 않는 GCS 스트림으로 정의된다. 마지막으로 GSE 스트림은 가변 길이의 패킷으로 구성된 스트림이다<sup>[4]</sup>. DVB-x2 시스템의 입력 신호 처리는 Single 입력 스트림 처리 방식과 Multiple 입력 스트림 처리 방식으로 나눌 수 있다.

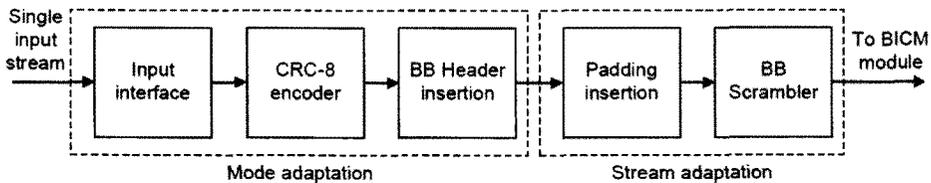
[그림 8]은 입력 스트림이 하나일 때의 처리 과정을 보여 준다. DVB-T2의 경우 Mode A라 정의되는 이 과정은 input interface에서 입력 스트림을 동기화 시킨 후, CRC-8 부호화기를 통해 checksum을 삽입하는데, 4가지 입력 스트림에 따라 checksum의 삽입 과정이 달라진다<sup>[4]</sup>. 이후 입력 신호는 BB(Baseband) Header를 data field 앞쪽에 추가한 뒤, stream adaptation 블록으로 넘어가는데, 이 부분에서는 프레임 길이를

맞추기 위한 padding 및 scrambler를 거치게 된다.

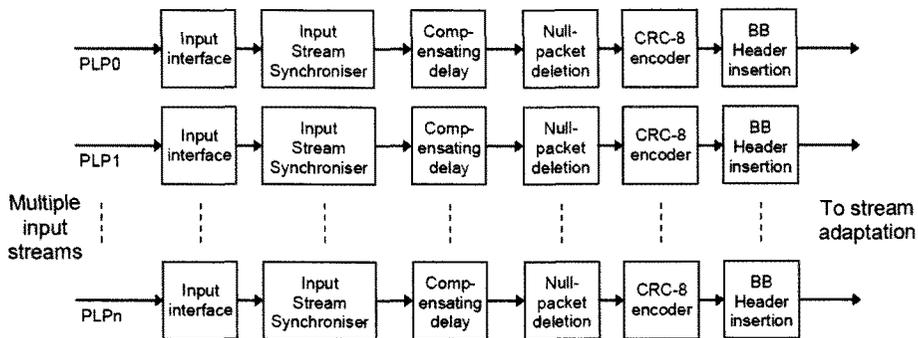
반면에 DVB-T2 표준에서의 Mode B 혹은 Multiple PLP라 불리는 다중 입력 스트림에 대한 처리 과정은 [그림 9]와 같이 표현할 수 있다. 다중 입력 스트림은 PLP 단위로 [그림 8]과 비슷한 처리 과정을 거치게 되는데, 단일 입력 스트림 처리 과정에 비해 ISSY(Input Stream Synchronizer)와 NPD(Null-Packet Deletion) 과정이 선택적으로 추가된다. ISSY는 입력 스트림의 지터(jitter)를 제거하는 목적으로 내부 클럭을 이용해 구성되며, NPD는 입력 스트림이 MPEG-2 TS일 경우에만 포함되는 null packet을 제거하는 목적으로 사용된다. 이후 stream adaptation 블록을 거쳐, BICM(Bit Interleaved Coding and Modulation) 처리 블록으로 신호가 전달된다.

### 2-2-3 Forward Error Correction

DVB-T2의 부호화는 기저 대역 scrambler, BCH 블록 부호화기, LDPC 블록 부호화기, 그리고 비트 인



[그림 8] DVB-T2 단일 입력 스트림에 대한 처리 과정



[그림 9] DVB-T2 다중 입력 스트림에 대한 처리 과정

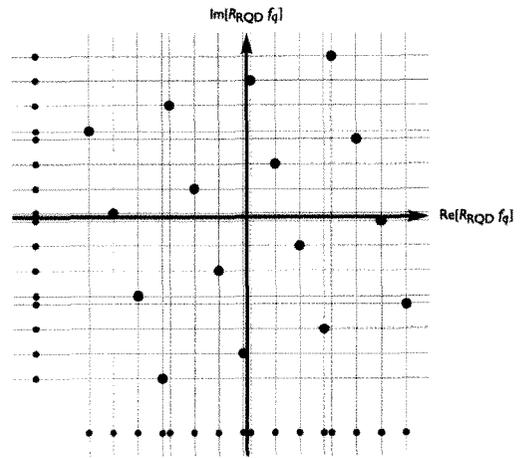
터리버로 구성된다. 기저 대역 프레임(baseband header and padding-block으로 구성)이 scramble된 후, BCH 부호화되고 1/2부터 5/6사이의 LDPC 부호화율에 따라 부호화 비트가 추가된 후에 인터리버를 통과하게 된다. [그림 10]은 DVB-T2 송신 신호의 입력 데이터 스트림에서부터 LDPC 부호화까지의 신호처리 과정을 보인다.

2-2-4 Rotated Q-delayed 성상도

OFDM 송신 신호가 0 dB 에코(Echo) 채널을 통해 전송될 경우, 특정한 부반송파에 채널 왜곡이 집중되면 해당 신호를 모두 잃어버리는 문제가 발생할 수 있다. 일반적으로 채널 부호화를 통해 해결이 가능하지만, 부호화율이 높을 경우 C/N이 낮아지는 단점이 있다. 이를 해결하기 위한 방법으로 회전 성상도 기법이 DVB-T2에 적용된다. 회전 성상도 기법은 [그림 11]과 같이 기존의 QAM 성상도를 생성한 뒤, 이를 회전시켜 새로운 성상도를 만들어낸다. 회전된 성상도는 I 채널 혹은 Q 채널에 0 dB 에코가 발생하여도 기존의 변조 기법에 비해 채널 왜곡에 강인한 특징을 보인다.

<표 1>은 DVB-T2에서 사용되는 성상도 회전 각도를 나타낸다.

DVB-T2 표준에서 권고하는 회전 성상도 기법은 회전된 성상도에 지연(delay)를 추가하여 적용된다.



[그림 11] 성상도 회전된 16QAM의 I, Q채널 신호

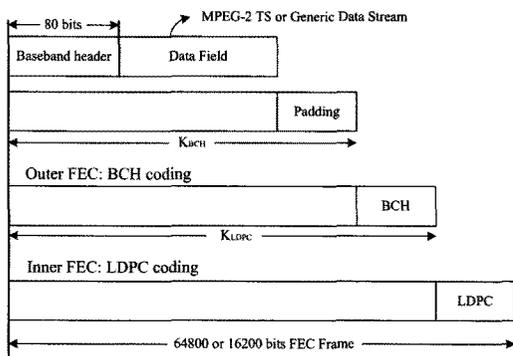
<표 1> DVB-T2의 성상도 회전 각도

변조 방식	QPSK	16QAM	64QAM	256QAM
Degree	29.0	16.8	8.6	3.6

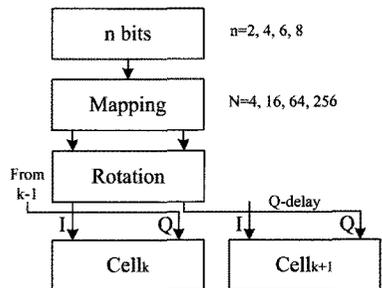
즉, 성상도 회전된 전송 심볼 중 Q 채널 요소를 일정 시간만큼 지연시킴으로써, I 채널 심볼과 다른 반송파를 통해 전송되도록 한다. [그림 12]는 이러한 과정을 보여 준다.

2-2-5 MISO Transmission

DAB 혹은 DVB-T 시스템의 경우, SFN(Single Fre-



[그림 10] DVB-T2 FEC 프레임



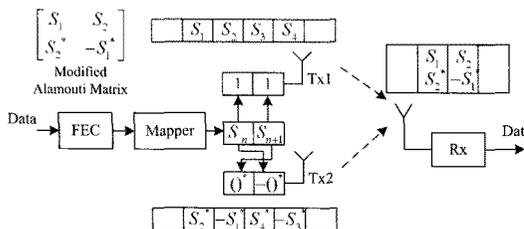
[그림 12] Q채널을 지연시킨 성상도 회전 기법

quency Network)의 두 송신기로부터 비슷한 크기의 신호가 수신될 경우 수신신호에 발생하는 notch로 인해 성능 열화가 발생한다. 이를 해결하기 위해 DVB-T2는 MISO(Multiple-Input Single-Output) 송수신 모드를 옵션으로 제공하고 있다. MISO 모드에서는 2개의 송신 안테나가 전송을 위해 사용되지만 동일 신호를 전송하지 않고, 인접 심볼을 반복해서 보내는 방식을 사용한다. 널리 알려진 Alamouti 신호처리 기법<sup>[5]</sup>을 변형하여 사용하며, [그림 13]과 같이 동작한다.

안테나 1(Tx1)에서는 SISO(Single-Input Single-Output) 전송과 동일한 신호가 송신되며, 안테나 2(Tx2)에서는 주파수 영역에서 반전 및 변형된 신호가 송신된다. 즉, Alamouti 신호처리 기법의 시간/공간 다이버시티 대신에 DVB-T2 MISO 모드에서는 주파수/공간 다이버시티를 얻을 수 있다. 또한, 이러한 특징으로 인해 MISO 모드에서 SISO 모드로 쉽게 전환이 가능하다. 안테나 1과 2에서 송신되는 신호는 주파수 방향으로의 반전으로 인해 서로 상관관계가 없으며, 이로 인해 SFN 환경에서 수신 신호에 notch가 발생하는 문제를 피할 수 있다.

### III. 결 론

본 논문에서는 새로운 모바일 방송을 위한 ATSC M/H 시스템 및 2세대 지상파 DTB 표준인 DVB-T2



[그림 13] DVB-T2의 MISO 송수신 모드를 위한 변형된 Alamouti 전송 기법

시스템의 전송 프레임 구조, 채널 부호화 방식을 비롯한 주요 특징에 대해 살펴보았다. DVB-T2로 대표되는 DVB 진영에서의 차세대 DTB 방송 규격에 대한 연구 개발은 ATSC 진영보다 먼저 시작되었다. DVB-T2는 기존의 DVB-T 표준과의 호환성을 포기하고 과감하게 새로운 기술을 접목한 결과, 획기적인 기술 진보를 이룰 수 있었다. 그러나 DVB-T2의 상용화 시점에는 기존 방송 장비의 교체가 동반되어야 하는 문제점이 있다. 반면, ATSC 진영에서는 차세대 지상파 DTB를 ATSC 2.0으로 정의하고, 해당 서비스 및 구현 기술에 대한 표준화를 진행 중이다. ATSC 진영은 기존 DTB 시스템과의 호환성 유지가 우선이며, 기존 수신기에 영향을 주지 않고 새로운 형태의 방송 서비스를 제공하고자 한다. ATSC M/H는 이러한 필요에 의해 발전된 모바일 방송 표준이며, ATSC 2.0의 범주에 포함된다. 그러나 기존 시스템과의 호환성 유지는 방송 장비 및 수신기의 교체 비용을 줄일 수 있다는 장점이 있는 반면, 전송 용량의 증대 측면에서는 기술적인 한계를 가지기 때문에 호환성을 고려하지 않는 새로운 DTB 시스템에 대한 고려가 필요하다. 나아가, 전송 용량을 극대화 시키기 위해서는 DVB-T2에서 선택사항으로 포함된 다중 안테나(MIMO) 기술에 대한 고민이 필요하다. 방송 시스템의 특성상 MIMO 송수신 기법을 바로 적용하기엔 한계를 가지고 있지만, 이를 해결하기 위한 노력이 활발하게 이루어지고 있다. 3DTV(3-Dimensional TV) 및 UHDTV(Ultra High Definition TV)와 같은 대용량 전송을 요구하는 고품질 방송 서비스를 실현하기 위해서는 다양한 분야의 기술을 적극적으로 적용하기 위한 노력이 요구된다.

### 참 고 문 헌

[1] ATSC Digital Television Standard, Part 2 - RF/Transmission System Characteristics, Jan. 2007.

- [2] ATSC-Mobile DTV Standard, Part2 - RF/Transmission System Characteristics, Oct. 2009.
- [3] Digital Video Broadcasting (DVB); Frame Structure Channel Coding and Modulation for a Second Generation Digital Terrestrial Television Broadcasting System (DVB-T2), Jun. 2008.
- [4] Digital Video Broadcasting (DVB); Implementation guidelines for a second generation digital terrestrial television broadcasting System (DVB-T2), Dec. 2009.
- [5] S. M. Alamouti, "A simple transmit diversity technique for wireless communications", *IEEE Journal on Select Areas in Communications*, vol. 16, pp. 1451-1458, Oct. 1998.

≡ 필자소개 ≡

최 승 환



1999년~2003년: 연세대학교 전기전자공학과 (공학사)  
2003년~2005년: 연세대학교 전기전자공학과 (공학석사)  
2003년~2009년: 연세대학교 차세대방송기술연구센터 연구원  
2005년~현재: 연세대학교 전기전자공학

과 박사과정

2010년~현재: 연세대학교 차세대 DTV 방송기술연구센터 연구원

서 종 수



1971년~1975년: 연세대학교 전자공학과 (공학사)  
1982년~1984년: University of Ottawa, Canada 통신공학 (공학 석사)  
1984년~1988년: University of Ottawa, Canada 통신공학 (공학 박사)  
1995년~현재: 연세대학교 전기전자공학

부 교수

2006년~현재: DMB 서비스협회 회장  
2007년~현재: IEEE Broadcast Technology Society Editor  
2009년~현재: 방송통신위원회 전파정책자문위원  
2010년~현재: 방송통신위원회 기술정책자문위원