

지상파 디지털 TV(ATSC) 수신성능 개선 기술

□ 김 홍 칠 · 서 종 수 / 연세대학교 전기전자공학과

I. 서 론

디지털 기술의 발달에 힘입어 1990년대 후반부터 세계 각국은 지상파 TV를 비롯한 방송망을 지식정보화 사회의 핵심 인프라로 활용하고 자국 방송산업의 경쟁력을 강화하기 위하여 방송망의 디지털화를 적극 추진하고 있다(1,2). 향후 디지털 지상파 방송은 다채널화, 고품질화, 멀티미디어화, 다기능화 등의 장점을 이용하여 국내 방송환경에 많은 변화를 가져오게 할 것이다. 즉, 시청자는 디지털 TV(DTV) 수신기를 통해서 인터넷 접속, 전자 홈쇼핑 등 다양한 정보통신 서비스를 이용할 수 있게 될 것이며, 방송사는 고품질 멀티미디어 방송 서비스를 통해 방송 문화의 활성화를 꾀할 수 있을 것이다(1,2).

국내 DTV 방송방식은 지상파 디지털 방송 추진협의회에 의거하여 1997년 11월 ATSC(Advanced Television System Committee) 방식을 채택하고 기

술개발, 실험방송과 시험방송을 거쳐 2001년 10월부터 수도권을 시작으로 디지털 지상파 TV 본 방송을 개시하였다. 국내 디지털 지상파 방송은 '디지털 지상파 TV 조기방송 종합계획'에 따라 광역시는 2003년, 도청소재지는 2004년, 그리고 시, 군 지역은 2005년까지 단계적으로 확대하여 2010년에는 TV 전 채널을 디지털 방식으로 전환하고 아날로그(ATSC) TV 방송을 중단할 예정이다.

디지털 TV 방송은 기존의 아날로그 TV 방송과 비교하여 우수한 수신 품질과 다양한 부가서비스를 제공하고 있으나 다중경로 왜곡이 심한 도시형 난시청 지역에서 실내 및 휴대수신 성능이 저하되는 문제가 제기되었으며, 이는 잡음, RF 간섭신호, 다중경로 페이딩, 수신기 특성 등의 복합적인 영향에 의한 것으로 보고되었다(3). 이에 따라, 미국 ATSC는 RF 시스템 성능전담반을 구성하여 DTV RF 시스템 성능에 대한 기술적인 검토를 수행하고

성능 개선을 위하여 ATSC 산하 기술그룹 (T3)중 T3/S9를 통하여 DTV의 표준규격인 A/53에 대한 재검토를 수행해오고 있다. 국내에서도 지상파 디지털 TV 방송이 제공하는 여러가지 사회, 경제, 문화적인 이점과 정보화 촉진의 기회를 정착하고 지상파 디지털 TV 방송의 본격적인 상용화 서비스에 만전을 기하기 위하여 디지털 방송 추진협의회 산하에 디지털 방송방식 발전위원회를 구성하고 다중경로 왜곡이 심한 도시형 난시청 지역에서의 수신 성능을 시험분석하고 국내 전파 방송환경에서의 DTV 수신성능을 지속적으로 개선하는 연구가 진행되고 있다.

ATSC T3/S9에서 DTV RF 전송 규격 A/53에 대한 성능개선을 위해 제안된 기술은 크게 이중 스트림(Dual Stream) 기술과 훈련열 신호(Training Signal) 기술로 분류할 수 있으며, 여기에 속하지 않는 기술 그룹과 더불어 세 개의 서브 그룹을 형성하였다. 현재 A/53 개정안에 포함되어 있는 훈련열 신호 기술은 Broadcom만이 적용되어 있으며, 이중 스트림 기술은 NxtWave/Zenith안과 Philips안이 적용되었다[7]. 향후 각 사가 제출한 제안에 따라 하드웨어 제작과 필드 테스트 검증 절차가 진행되며, 그 결과에 따라 선정된 성능개선 기술을 A/53 개정안으로 채택할 예정이다. 본고에서는 국내 지상파 DTV 방송방식인 ATSC 8VSB DTV의 수신 성능 개선과 관련하여 T3/S9에서 제안된 RF 수신 성능 향상기술 및 A/53 규격 개정안에 대하여 고찰한다.

II. ATSC DTV 수신성능 개선 기술

ATSC 8VSB DTV의 RF 수신성능은 잡음, RF

간섭신호, 다중경로 페이딩 등의 복합적인 수신환경 요소에 영향을 받는다. ATSC는 2000년 3월 DTV RF 시스템 성능에 대한 기술적인 검토와 성능 개선을 수행하기 위하여 RF 시스템 성능 전달반을 구성하고 ATSC 산하 기술그룹 중 T3/S9를 통하여 A/53 규격에 대한 재검토를 수행하고 있다. 이에 따라 T3/S9는 2000년 6월에 ATSC DTV RF 전송 규격에 대한 성능개선 제안을 요청하였으며 [4], 11개 업체가 제안서를 제출하였고, 이들 중 10개 업체가 2001년 6월 자사의 제안 내용을 발표하였다.

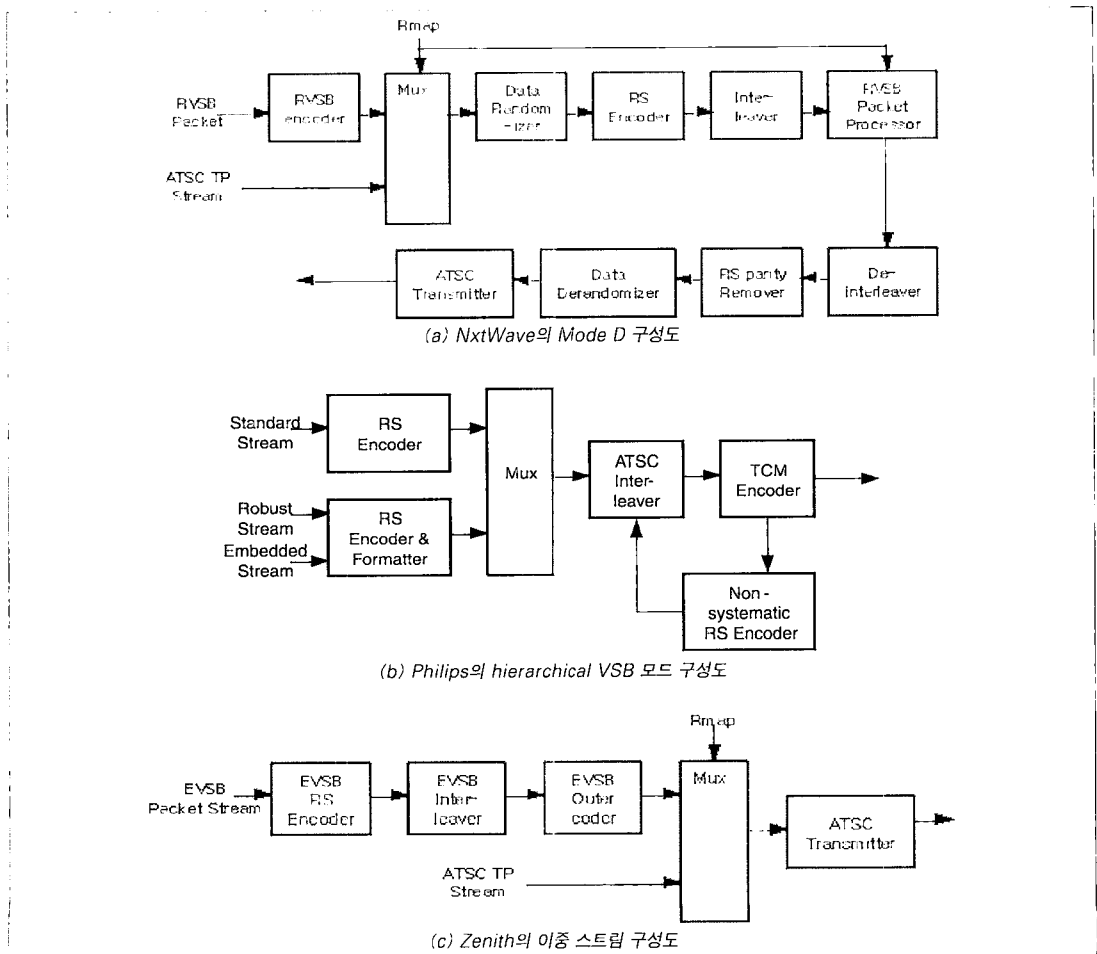
제안된 기술은 크게 세 개의 서브 그룹을 형성하였다. 이중 스트림(Dual Stream) 기술 그룹에는 Zenith, NxtWave, Philips 3개사가 있고, 훈련열 신호(Training Signal) 기술 그룹에는 Broadcom, Conexant, Oren, PLM(Patel-Limberg-McDonald), Sarnoff 5개사가 있다. 나머지 제안 업체로 ADC와 Merrill Weiss사는 RF 대역 성능개선 기술과 SFN(Single Frequency Network) 구성을 위한 스트림 기술을 제안하였다. 다음은 현재 A/53 표준 규격 개정안으로 검토되고 있는 이중 스트림 기술과 훈련열 신호 기술에 대하여 고찰한다.

1. 이중 스트림 기술

이중 스트림 기술은 DTV 수신성능 개선을 위해 표준 데이터의 일부를 전송률이 낮고 개선된 CNR 입계치를 갖는 강인한 데이터 스트림으로 바꾸고 표준 및 강인한 데이터 스트림을 패킷 단위로 다중화하여 전송한다. <표 1>은 제안된 이중 스트림 기술을 정리한 것이며, NxtWave, Philips, Zenith사가 제안하는 이중 스트림 기술의 동작 구성도는 <그림 1>과 같다[5].

〈표 1〉 DTV 수신성능 개선을 위한 이중 스트림 기술

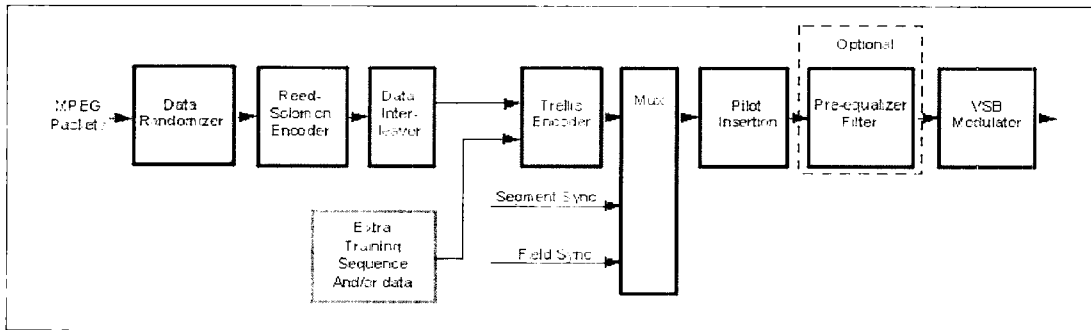
제안 업체	제안 내용
NxtWave	<ul style="list-style-type: none"> 모두 5가지 모드(A~E)의 제안 중, Mode A~C는 혼련열 신호 개선기술이고, Mode D, E는 강인한 신호를 표준신호와 다중화하는 이중 스트림 기술이다. Mode D : Mode C에서 혼련열 TP(Transport)대신, RVSB (Robust VSB) 데이터 TP를 기존 ATSC TP와 다중화하여 전송하는 것으로, RVSB 데이터는 부가적으로 RS 부호화 및 Convolutional 부호화하고 pre-coder를 bypass하여 심볼 단에서 다중화 되도록 처리한다. Mode E : Mode C와 Mode D를 혼합하여 RVSB 데이터와 혼련열 신호를 함께 보내는 방식으로 RVSB의 요구 SNR을 낮추면서 고스트에 강인한 특성을 갖는다.
Philips	<ul style="list-style-type: none"> 2VSB Mode : RVSB 데이터는 부가적으로 RS 부호화하고 기존 ATSC 데이터와 다중화한 후, 기존 RS 부호화를 적용하고 Non-systematic 부호기로 변환처리하며 pre-coder를 bypass한다. 2VSB mode의 심볼 레벨은 (7, 5) 또는 (5, -7)로 매핑하여 전송한다. 4VSB Mode : 2VSB와 동일한 처리를 한 RVSB 데이터는 심볼 레벨을 (7,3) 또는 (-5, -7)로 매핑하여 전송한다. Hierarchical VSB Mode : 2VSB Mode와 동일한 처리를 한 하나의 스트림은 심볼 부호로 매핑하고(High Priority), 다른 스트림은 심볼 레벨로 매핑하여(Low Priority) 전송한다.
Zenith	<ul style="list-style-type: none"> 부가적으로 RS 부호화하고 Outer 부호화한 Robust 스트림을 기존 ATSC 스트림과 다중화한 후, 기존의 ATSC 신호처리를 수행하여 전송한다.



〈그림 1〉 DTV 수신성능 개선을 위한 이중 스트림 기술의 동작 구성도

〈표 2〉 DTV 수신성을 개선할 위한 훈련열 신호 기술

제안 업체	제안 내용
Broadcom	312번째 세그먼트 뒤 부분에 데이터 대신 384개의 훈련열 신호를 추가함, 0.1dB 노이즈 레벨 증가로 TOV 열화 및 데이터율 감소.
Conexant	모든 VSB 데이터 심볼에 작은 크기의 PN 신호를 더함, 이때 사용하는 PN 신호는 PN1023 신호를 주기적으로 사용하며 노이즈 레벨 증가로 TOV 열화.
Oren	데이터 필드 동기(DFS) 내의 PN63 신호 및 예비 심볼 구간에 PN511 훈련열 신호의 앞부분 305 심볼로 대체 삽입함.
PLM	VSB 데이터 형식을 필드당 316 세그먼트로 변경하여 PN1023을 추가한 3 세그먼트에 반복적으로 삽입함.
Sarnoff	VSB 데이터 형식을 필드당 N=312, 156, 104, 52, 24, 12개의 세그먼트를 갖는 6 종류의 새로운 포맷으로 구성함.



〈그림 2〉 Broadcom이 제안한 DTV 송신기 구성도

2. 훈련열 신호 기술

훈련열 신호는 DTV 수신기의 동기, 채널 추정, 적응 등화에 도움을 주며, 따라서 훈련열 신호의 길이, 빈도, 특성을 개선 또는 변화함으로써 DTV 수신성을 개선할 수 있다[6]. 즉, 훈련열 신호의 길이가 충분히 길지 않으면 긴 지연 고스트를 검출할 수 없고, 심한 고스트 현상으로 인해 적응 등화기가 수렴하지 않는다. 훈련열 신호의 빈도수가 충분하지 않으면, 동적 고스트나 심한 다중경로 왜곡을 처리하기 어려우며, 훈련열 신호의 특성이 좋지 않으면 적응 등화기가 잘 수렴하지 않는 문제가 발생한다. 제안된 훈련열 신호 기술을 요약하면 〈표 2〉와 같다[5].

1) Broadcom

〈그림 2〉는 Broadcom이 제안한 DTV 송신단 구

성도이다. 이 제안 기술의 프레임 구조는 데이터 필드마다 한번씩 마지막 세그먼트의 뒷부분에 384개의 데이터 심볼대신 훈련열 심볼을 전송하므로써 훈련열 신호의 길이를 증가시키며, 기존의 LMS 등화 알고리즘을 적용하여 수신이 가능하다[5,7]. 이 방식은 추가된 훈련열 심볼 만큼 전체 페이로드가 감소하지만, 다중경로 또는 백색잡음이 강한 방송 채널 환경에서도 기존 수신기에 비해 TOV (Threshold of Visibility) 성능열화가 평균 약 0.1dB의 아주 작은 범위에서 수신된다.

2) Conexant

Conexant는 VSB 신호나 MPEG 트랜스포트에 대한 변화 없이 1023 심볼 길이의 PN 신호를 워터마킹 또는 hidden pilot 방법을 적용하고 전송 스트림과 함께 전송하여 채널 추정에 이용한다[5]. 이때

1023 심볼의 PN 신호를 전송신호에 적용하는 방법은 다음 식과 같다.

$$c_k = b_k + w_j \sqrt{\alpha} \cdot v$$

여기서, b_k 는 8VSB 심볼이고, w_j 는 적용하는 PN열(M-sequence)이다. v 는 VSB 레벨에 따라 정의된 상수로써 8VSB 시스템의 경우 $v = 2$ 이고, α 는 hidden pilot에 대한 VSB 신호의 전력비이다.

PN1023의 한 비트를 전송신호(데이터, 세그먼트 동기, 필드 동기) 하나에 더하여 전송하고 수신기의 시간 영역 등화기 또는 주파수 영역 등화기에서 상관 연산으로 채널 임펄스 응답을 계산한다. 추가하는 PN열은 전송신호에 비해 아주 작은 신호레벨을 갖지만 노이즈 마진을 감소시키는 잡음의 역할을 하기 때문에 송신기에서 전송전력을 증가시켜야 성능저하를 피할 수 있다.

3) Oren

〈그림 3〉은 Oren이 제안한 Data Field Sync의 구조로서 그 특성을 변화시켜서 수신 등화기의 성능을 개선한다. 이 방식은 기존 Data Field Sync 세그먼트의 PN511

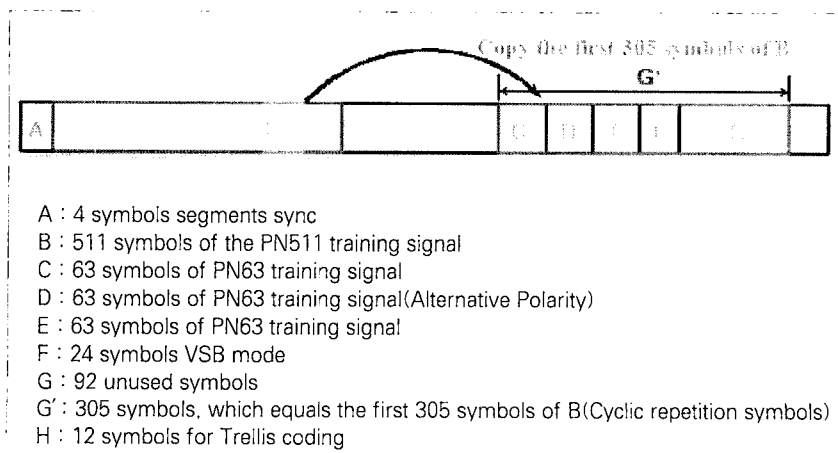
심볼 중 전반부 305 심볼을 3개의 PN63 심볼, VSB 모드 정보 및 92개 예비 심볼 구간에 복사하여 전송하는 순환반복 특성을 이용한다[5]. 이 기술은 등화기의 빠른 적응성 및 수렴성을 추구한다.

4) PLM

PLM이 제안하는 훈련열 신호기술은 기존의 313 세그먼트로 이루어진 필드에 PN1023을 적용하는 3개의 세그먼트를 추가하여 316 세그먼트의 필드 구조로 확장하는 방법이다[5]. PN1023을 추가하기 때문에 페이로드율이 대략 1% 정도 줄어든다. 훈련열 신호를 증가시키기 때문에 다중경로 환경에서 등화 성능을 개선할 수 있으나, 기존 수신기와 호환성이 없다.

5) Sarnoff

Sarnoff는 훈련열 신호의 빈도수를 증가하여 수신 등화기의 채널 적응성을 개선하는 기술을 제안하였다. ATSC A/53 규격에서 하나의 필드는 1개의 field sync와 312개의 data segment로 구성된



〈그림 3〉 Oren이 제안한 Data Field Sync의 구조

〈표 3〉 Sarnoff가 제안한 모드별 필드의 파라미터

Mode	Field/ Frame	Segments per Field	Field Length	Tt (Training Period)	추가된 Training 시간(%)
0	2	313(312 data, 1 field sync)	24ms	77us	0%
1	2	157(156 data, 1 field sync)	12ms	77us	0.3%
2	2	105(104 data, 1 field sync)	8ms	77us	0.6%
3	2	53(52 data, 1 field sync)	4ms	77us	1.6%
4	2	25(24 data, 1 field sync)	1.9ms	77us	3.7%
5	2	13(12 data, 1 field sync)	1ms	77us	7.4%

다. 그러나, Sarnoff가 제안한 훈련열 신호 기술은 한 필드가 총 N+1개의 세그먼트로 구성된다고 가정할 때, 모드별(Mode 0~5)로 필드마다 data segment 수 N(312, 156, 104, 52, 24, 12)을 동적 다중경로 채널 특성에 따라 선택하는 기술이다[5]. 즉, 채널 특성에 따라 훈련열 신호의 빈도수를 증가시키므로써 수신성능을 개선하는 방법으로서 모드별 주요 파라미터는 〈표 3〉과 같다.

Ⅲ. A/53 표준 규격 개정안

ATSC T3/S9에서 DTV 수신성능 개선을 위한 A/53 표준 규격 개정안으로 검토하고 있는 기술 중에서 이중 스트림 기술과 관련된 것은 NxtWave/Zenith안과 Philips안이다. 현재 3개사의 통합안도 출은 이루어지지 않은 상태이며, 각 제안에 따른 하드웨어 제작과 필드 테스트를 진행할 예정이다. 지금까지의 결과를 토대로 작성된 A/53 Interim 초안에는 기존의 주 서비스 모드(Main Service mode)에 추가로 강인한 서비스 모드(Robust mode)를 포함한다. NxtWave/Zenith안의 강인한 모드는 부호화율이 1/4, 1/2, 3/4인 RS 부호 전처리기를 적용하여 강인한 패킷을 구현하며, Philips안은 Pseudo 2VSB를 사용하는 강인한 패킷을 구

현한다[7]. 강인한 모드의 구분과 필드 내의 강인한 패킷에 대한 정보는 Data Field Sync 세그먼트 내의 예비 심볼(Reserved Symbols)에 기록한다.

A/53 표준 규격 개정안으로 검토하고 있는 기술 중에서 훈련열 신호 기술과 관련된 것은 Broadcom안과 Oren안이며 이들은 현재까지 단일 표준안으로 통합되지 않았다. 현재 A/53 Interim 초안에는 Broadcom안만 적용되어 있으며, 향후 각 사가 제출한 제안에 따라 하드웨어 제작과 필드 테스트 검증 절차가 진행될 것이며, 그 결과에 의해 최종적인 성능개선 기술이 채택될 예정이다.

1. NxtWave/Zenith가 제안한 이중 스트림 기술

〈그림 4〉는 A/53 Interim 초안 중 NxtWave/Zenith가 제안한 이중 스트림 기술의 동작 구성도이다[7]. 강인한 데이터는 먼저 패킷 다중화 이전에 강인한 전처리기(Robust Pre-processor)를 통과하고, 데이터 인터리빙 후 다시 강인한 데이터에 대한 트렐리스 부호화와 RS 재부호화를 하여 VSB 심볼 영역에서의 데이터 포맷을 만드는 강인한 모드를 추가하였다. 강인한 데이터는 강인한 전처리기에서 미리 다른 인터리버와 RS 부호기로 처리한 후 포맷팅하고 노말 MPEG 스트림과 다중화 한다. 그런 후 강인한 처리기(Robust Processor)에서 트렐리스 부호화를 수행한다. 강인한 데이터를 전송하는 MPEG 패킷은 전체적으로 기존 수신기에 대한 역양립성을 보장하도록 노말 FEC 시스템으로 부호

화한다. 강인한 데이터는 강인한 FEC 시스템으로 부호화하여 더 높은 리던던시를 부여하며 채널 손상요인에 대한 강인함을 개선하고 더 낮은 수신전력에서도 수신 가능해진다.

강인한 전처리기와 VSB 필드 동기를 이루는 MPEG 다중화기는 강인한 데이터 패킷을 노말 MPEG 트랜스포트 스트림과 다중화하는 기능을 수행한다. 강인한 데이터 패킷이 극도의 손상 채널에서도 복원을 용이하게 하기 위해 더 많은 리던던시를 갖도록 부호화 하기 때문에 164 바이트 블록의 강인한 데이터가 하나의 MPEG 패킷을 차지한다. 예로서 1/2 부호율의 강인한 전송 모드에서 각 164 바이트의 강인한 블록은 두 MPEG 패킷을 차지한다. 강인한 전처리기는 강인한 FEC 인터리빙, RS 부호화를 수행하고 만들어진 데이터 블록에 MPEG 패킷 헤더를 추가한다. 노말/강인 플래그를 추가하여 블록 사이에 전송하므로써 강인한 처리기에서 특별 처리를 위한 강인한 데이터를 표시한다.

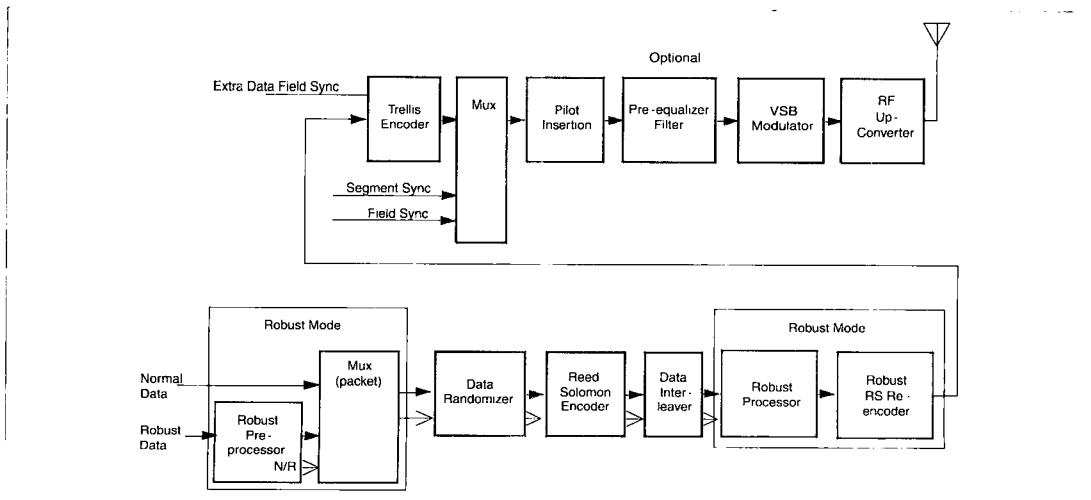
강인한 처리기와 강인한 RS 부호기로 구성된 두

번째의 강인한 모드 블록은 VSB 심볼 영역에서 강인한 데이터를 포맷팅한다. 이로 인해 새로운 수신기는 강인한 복호를 수행할 수 있고 기존 수신기로 유효 MPEG 패킷을 수신하는 양립적인 수신을 허용한다. 강인한 처리기는 단지 강인한 플래그로 표시한 데이터에만 강인한 트렐리스 부호화를 적용한다. 강인한 RS 부호기는 수정된 강인한 데이터에 기존의 RS 부호를 적용하며, 따라서 이런 경우 기존 수신기로 강인한 패킷에 대한 RS 복호를 유효하게 한다.

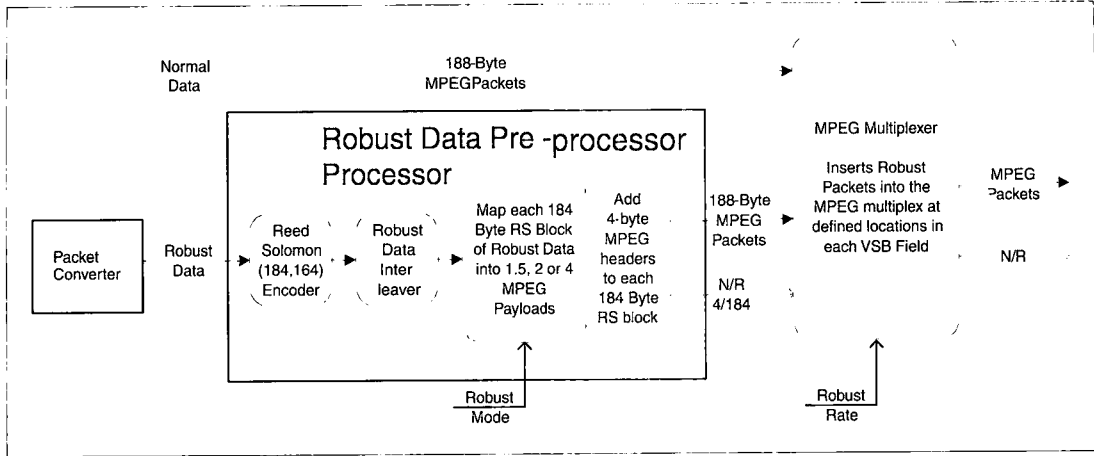
1) 강인한 데이터 전처리기

〈그림 4〉에서 보인 강인한 전처리기의 구체적인 데이터 처리과정은 〈그림 5〉와 같다.

강인한 전처리기에서 강인한 모드 데이터는 파라미터 $t=10(184,164)$ 를 가진 RS 부호기로 부호화한다. 그리고, 강인한 RS 부호기는 다음에 파라미터 $(B=64, M=4, N=184)$ 를 가진 컨벌루션 인터리버를 적용한다. 개념적인 구조는 기존의 ATSC



〈그림 4〉 NxtWave/Zenith의 A/53 개정안 : 이중 스트림 기술(Mode B)



〈그림 5〉 NxtWave/Zenith 안의 강인한 데이터 전처리 과정

표준과 동일하다. 외부 인터리버는 데이터 필드 동기부와 동기를 이루는 컨벌루션 비트 인터리버로서, EVSB/8VSB 패킷 혼합율에 따라 동작하고 MPEG 트랜스포트 스트림에 일정한 지연을 가져온다. 이때 외부 인터리버/역인터리버는 MPEG 수신기 버퍼에 어떤 영향도 주지 않는다.

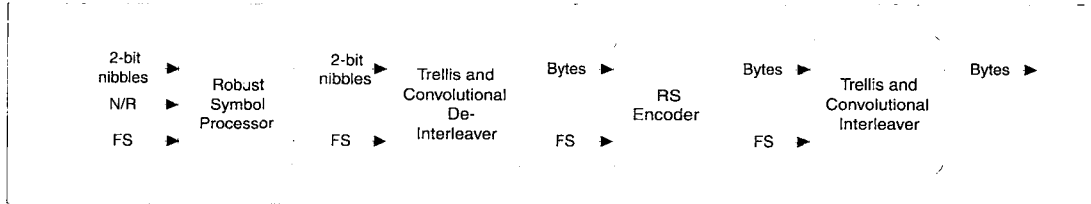
2) 강인한 패킷의 확장

주 서비스 모드에서 입력된 하나의 MPEG 패킷은 하나의 전송 패킷이 되며, 강인한 패킷은 〈표 4〉와 같이 부호율에 따라 확장하여 전송한다. 즉, 부호율 1/4인 전송모드에서, 하나의 164 바이트의 강인한 데이터 블록은 4개 노말 패킷의 페이로드 바이트 단위로 매핑되며, 부호율 1/2인 모드에서, 하나의 강인한 패킷은 바이트 단위로 2개의 노말 패킷으로 매핑된다. 부호율 3/4인 모드에서, 3개의 강인한 패킷은 바이트 단위로 4개 노말 패킷으로 매핑된다. 기존 수신기와의 역양립성을 엄격하게 유지하기 위하여, 강인한 부호화 데이터를 전송하는 각 노말 패킷에서 MPEG 헤더 바이트 3개를 null 패킷으로 매핑한다. 따라서 강인한 데이터를 전송할 때 이 패킷의 페이로드 용량은 187에서 184 바이트로 줄고, 강인한 RS 부호기(184,164)는 164 바이트로 유효 패킷 페이로드를 20 바이트만큼 줄인다. 결과적으로 강인한 전송모드의 유효 부호율은 164/187, 즉 0.877이 된다.

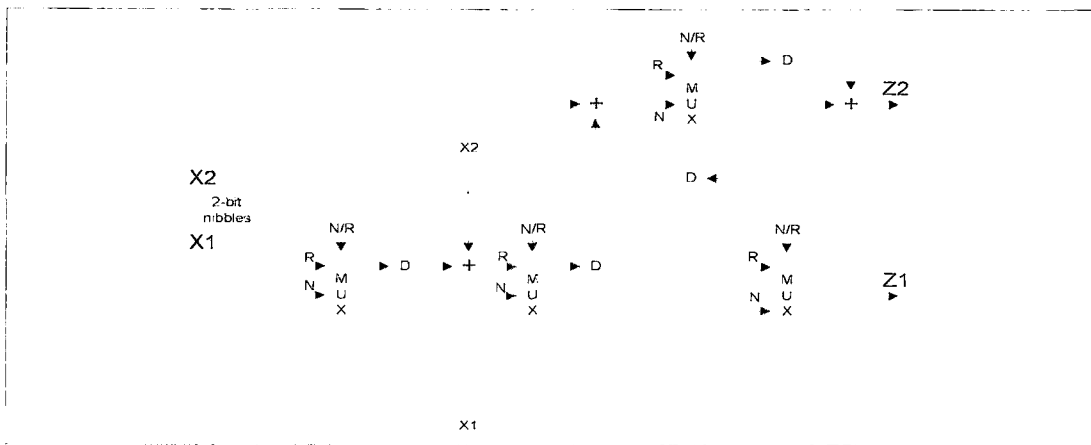
표준과 동일하다. 외부 인터리버는 데이터 필드 동기부와 동기를 이루는 컨벌루션 비트 인터리버로서, EVSB/8VSB 패킷 혼합율에 따라 동작하고 MPEG 트랜스포트 스트림에 일정한 지연을 가져온다. 이때 외부 인터리버/역인터리버는 MPEG 수신기 버퍼에 어떤 영향도 주지 않는다.

〈표 4〉 부호율에 따른 강인한 패킷의 확장 예

부호율	강인한 바이트 패킷	확장된 강인한 바이트 패킷
1/4	(R7,R6,R5,R4,R3,R2,R1,R0)	(R7,X,R7,X,R6,X,R6,X) (R5,X,R5,X,R4,X,R4,X) (R3,X,R3,X,R2,X,R2,X) (R1,X,R1,X,RC,X,R0,X)
1/2	(R7,R6,R5,R4,R3,R2,R1,R0)	(R7,X,R6,X,R5,X,R4,X) (R3,X,R2,X,R41X,R0,X)
3/4	(R7,R6,R5,R4,R3,R2,R1,R0) (R15,R14,R13,R12,R11,R10,R9,R8) (R23,R22,R21,R20,R19,R18,R17,R16)	(R7,R6,R5,X,R4,R3,R2,X) (R1,R0,R15,X,R14,R13,R12,X) (R11,R10,R9,X,R8,R23,R22,X) (R21,R20,R19,X,R18,R17,R16,X)



〈그림 6〉 NextWave/Zenith 안의 강인한 처리과정



〈그림 7〉 NextWave/Zenith (Mode B)가 제안한 트렐리스 부호기

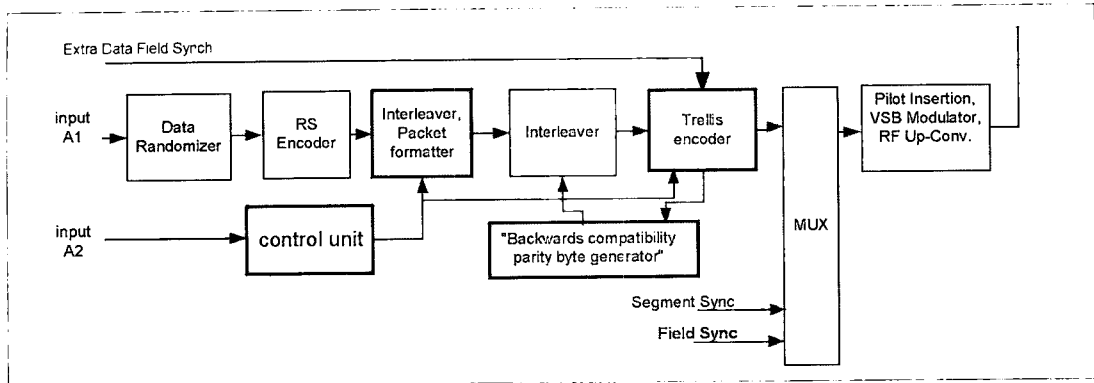
3) 강인한 데이터 부호화

〈그림 4〉에서 보인 강인한 모드의 강인한 처리과정은 구체적으로 〈그림 6〉과 같다.

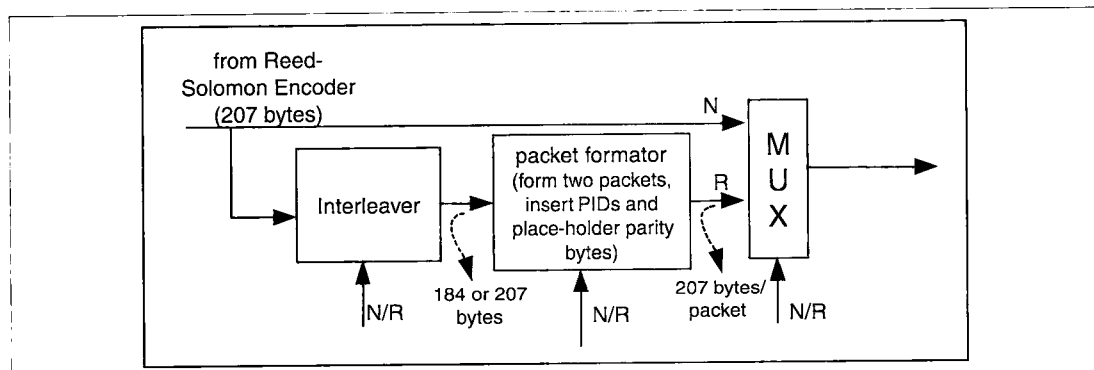
〈그림 6〉의 강인한 모드를 위한 강인한 패킷 처리기에서 강인한 트렐리스 부호기는 〈그림 7〉과 같이 표준 4상 피드백 부호기이다. 트렐리스 부호 인터리빙은 노말 트렐리스 부호기의 구조와 동일하다. 모든 강인한 전송 모드에서 노말/강인한(N/R) 제어 라인은 Z1 비트를 생성하기 위해 하위 3개의 다중화기의 R 입력단을 선택하여 X2 비트에 대한 컨벌루션 부호화를 수행한다. 노말 모드 전송에서, 현상태의 트렐리스 부호기를 유지하고 X1 비트에서 직접적으로 Z1 비트를 유도하기 위해 제어 라인은 N 입력단을 선택한다.

2. Philips가 제안한 이중 스트림 기술

〈그림 8〉은 A/53 Interim 초안중 Philips가 제안한 이중 스트림 기술의 동작 구성도로서 주로 시스템의 변조부에 대한 변화가 필요하다[7]. 즉, 트랜스포트 층엔 거의 변화가 없지만, 모뎀이 각 스트림에서 필요한 패킷율을 확보하도록 트랜스포트 층에 대한 제어를 일부 필요로 한다. 일반적인 동작은 기존 시스템과 동일하며, 송신기는 데이터 필드에 기초하여 동작하며 필드내 강인한 패킷의 파라미터를 이용한다. 에러보호 비트에 따라 새로운 패킷을 복호하는데 필요한 파라미터는 필드 동기 세그먼트의 예비 비트에 명시하며, 그 파라미터는 다음과 같다.



〈그림 8〉 Philips의 A/53 개정안 : 이중 스트림 기술(Mode A)



〈그림 9〉 Philips의 강인한 패킷 인터리버와 포맷터

- ◆ 2VSB/ Enhanced 8VSB 모드
- ◆ 선택적 NRS 부호기의 이용여부
- ◆ 필드당 강인한 패킷의 수

강인한 패킷은 Pseudo 2VSB 변조하며 심볼당 1비트를 전송한다. 기존 수신기는 null 패킷에 대응하는 PID(Packet ID)를 가지고 강인한 스트림으로 보내진 패킷은 무시한다. 강인한 스트림의 TOV는 노말 8VSB 보다 낮은 SNR을 가진다.

- 1) 강인한 패킷 인터리버와 포맷터
강인한 패킷 인터리버와 포맷터의 상위레벨 구성

도는 〈그림 9〉와 같으며, 강인한 패킷만을 처리하고 노말 패킷은 그대로 통과시킨다. 인터리버는 강인한 모드 데이터를 컨벌루션 바이트 인터리버 ($B=64, M=4, N=4$)로 인터리빙한다. 그리고 패킷 포맷터는 강인한 패킷을 처리하며, 동작은 기존 수신기의 역양립성을 보장하도록 NRS (Nonsystemetic RS) 부호기를 이용하는지에 따라 다음과 같이 옵션 1 또는 옵션 2를 결정한다.

1.1) 옵션 1(NRS=1)

NRS 부호기를 이용할 때 패킷 포맷터는 인터리버에서 184 바이트를 읽은 후, 두 개의 184 바이트

의 데이터 블록으로 분할한다. 일반적으로 각 바이트의 하위 4비트, LSB(6,4,2,0)는 입력 스트림에 대응하고, 나머지 상위 4비트, MSB(7,5,3,1)는 임의의 값으로 설정한다. 패킷 분할이 이루어진 후 3개의 null PID 바이트를 각 184 바이트 길이의 데이터 블록 첫 부분에 삽입한다. 그리고 20개의 "place-holder" 패리티 바이트를 각 데이터 블록에 추가하여 207 바이트 패킷으로 만든다. 207 바이트를 만들 때, 표준 8VSB 데이터 인터리버 이후, 정보 비트를 포함하는 184 바이트의 끝에 20 바이트 "place-holder" 패리티 바이트가 나타나도록 순열한다. 여기서, 20 바이트의 값은 0으로 설정할 수 있다. 이 옵션은 기존 수신기와 역양립성을 확보할 목적으로 도입하였으며 패킷마다 추가된 23 바이트 패킷(20 패리티 바이트와 3 헤더 바이트) 때문에 유효 데이터율을 감소시킨다.

1.2) 옵션 2(NRS=0)

NRS 부호기를 사용하지 않을 때, 패킷 포맷터는 인터리버에서 207 바이트를 읽고 이를 두 개의 207 바이트 패킷으로 분할한다. 일반적으로 각 바

이트의 LSB(6,4,2,0) 4 비트만이 입력 스트림에 대응하며, 나머지 4 비트, MSB(7,5,3,1)는 임의의 값으로 설정한다.

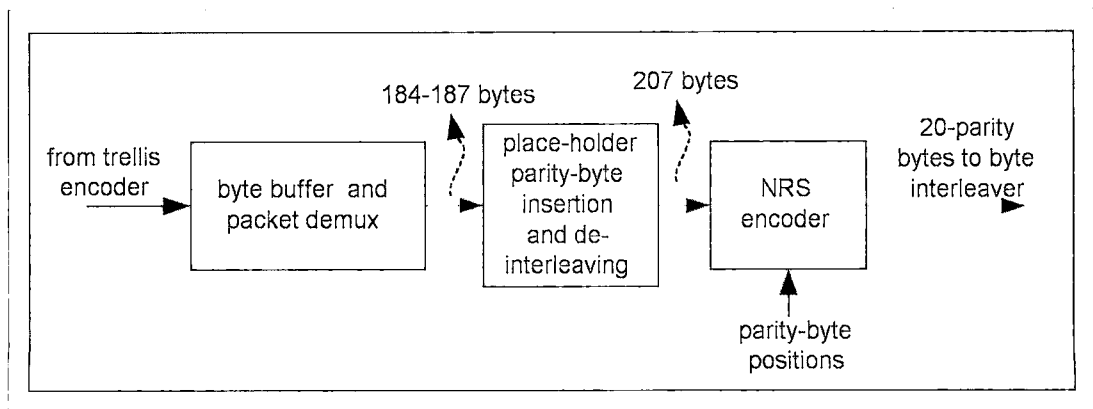
노말/강인한(N/R) 패킷 다중화는 강인한 패킷과 노말 패킷을 패킷 단위로 다중화한다.

2) 바이트 디인터리버와 패리티 바이트 발생기

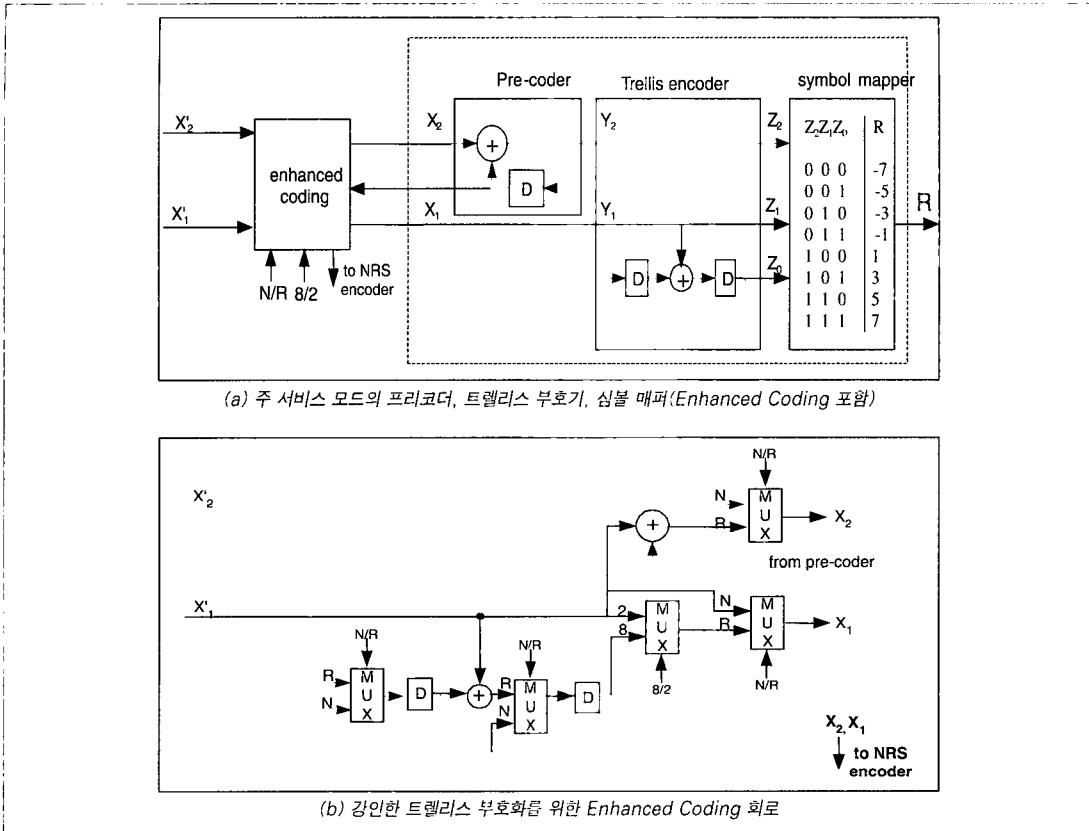
(그림 10)의 패리티 바이트 발생기는 다음 2가지 기능을 수행한다.

- ◆ 패킷에 속하는 메시지 바이트의 수집
- ◆ 20개의 패리티 바이트를 생성하기 위한 메시지 바이트의 RS 부호화

노말 조건에서, 컨벌루션 인터리버 이전에 패리티 바이트를 계산한다. 그러나 강인한 패킷에서 MSB 위치에 대응하는 비트들은 이 단계에서 이용할 수 없고 트렐리스 부호기 이후에만 이용한다. 따라서 MSB 비트를 트렐리스 부호기에서 계산하고 심볼을 바이트로 재구성하고 추가적인 패리티 바이트를 계산하기 위해 바이트 디인터리버와 역양립적



(그림 10) Philips의 역양립적인 패리티 바이트 발생기



〈그림 11〉 Philips(Mode A)가 제안한 강인한 트렐리스 부호화

인 패리티 비트 발생기를 통과시킨다.

바이트 디인터리버의 입력은 트렐리스 부호와 심볼에서 발생된 인터리빙된 바이트이며, 이러한 바이트는 역 양립성 패리티 비트 발생기가 각 메시지 바이트에 대응하는 패리티 비트를 발생할 수 있도록 디인터리빙 된다.

패리티 비트 발생기는 바이트 디인터리버 블록에서 패킷을 읽고 패리티 비트 발생을 위해 이를 RS 부호화 한다. 강인한 스트림 패킷에 대하여 패리티 비트를 발생할 뿐만 아니라 패리티 비트 위치 정보를 발생하며, 각 패킷의 패리티 비트와 그 위치 정보는 트렐리스 부호기로 다시 보내진다.

3) Pseudo 2VSB 모드

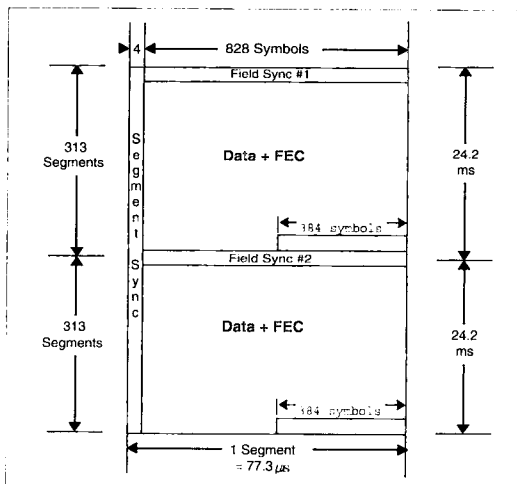
〈그림 11〉은 Pseudo 2VSB 모드를 위해 Philips가 제안한 강인한 트렐리스 부호화의 구성도이다. 〈그림 11(a)〉는 주서비스 모드의 프리코더, 트렐리스 부호기, 심볼매퍼이며, 〈그림 11(b)〉는 Philips가 제안한 개선된 부호화기의 구조이다. Pseudo 2VSB 모드는 Z1과 Z2를 정보비트와 동일하게 만들어 얻는다. 이를 위해, X2는 프리코딩할 때 Z2의 출력이 정보비트와 동일하게 하며, 또한 X1을 정보 비트와 동일하게 만든다. 기존 심볼 매핑 기법과 결합할 때 연산 결과는 {-7, -5, 5, 7} 중 하나의 심볼이 된다. 실제 심볼은 유효 트렐리스 부호화된 4레벨 심볼로

서, 이 심볼은 기존의 트렐리스 부호기로 복호화 한다. 2VSB 부호를 만들기 위해, N/R 비트가 R 입력을 선택하도록 설정하고 다중화 입력에서 8/2 스위치를 2로 설정한다.

3. Broadcom이 제안한 훈련열 신호 기술

1) 개선된 PN열

A/53 Interim 초안중 Broadcom이 제안한 훈련

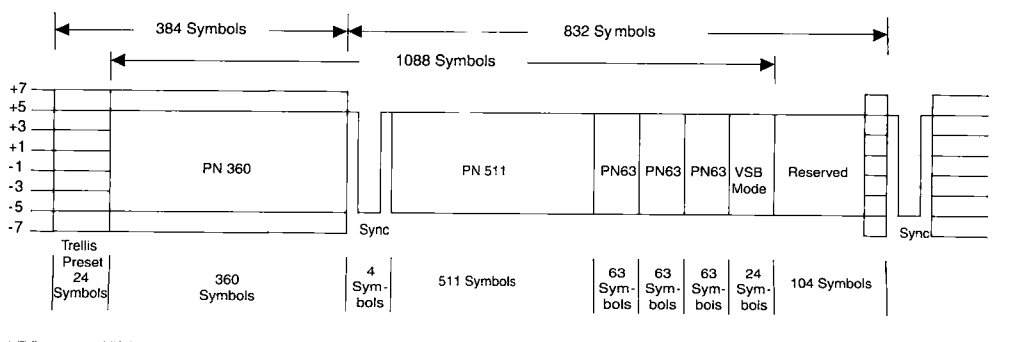


〈그림 12〉 Broadcom의 A/53 개정안 : 수정된 송신 데이터 프레임

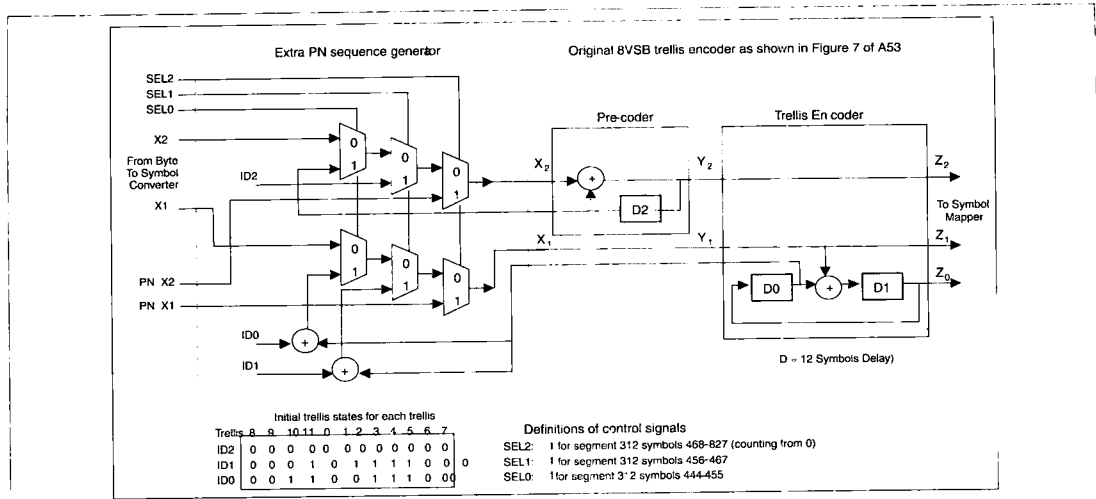
열 신호기술의 주 요소는 기존 수신기로 완전한 역양립성을 유지하면서 현재 PN 열의 길이를 늘여서 DTV 수신성능을 개선하는 것이다. 이를 위해 매우 작은 양의 페이로드 데이터인 384 심볼 또는 96 바이트의 새로운 PN 열을 각 VSB 필드마다 데이터 필드 동기부와 세그먼트 동기 앞에 페이로드 데이터 대신 사용한다. 〈그림 12〉는 추가 PN열을 포함하는 수정된 VSB 데이터 프레임을 보여주며, 〈그림 13〉은 추가 PN열을 포함한 훈련열 신호를 보여준다(7). 추가 PN360열은 PN511과 3개의 PN63 그리고 VSB 모드 심볼을 포함하여 약 101us 길이의 알려진 1088 심볼열을 공급해 준다. 만일, Sync 비트를 고정하면 PN열의 길이는 최대 1196 심볼까지 확장할 수 있으며, 이것은 약 111us에 해당한다. 페이로드 심볼 대신 추가 PN열 심볼로 교체하는 것은 트렐리스 부호기 입력에서 이루어진다.

나) 추가 PN열의 정의

〈그림 12〉에서 보듯이 전체 384심볼 중 360 심볼은 기존 트렐리스 부호기에 영향을 주지 않고 PN 열로서 결정되어 있다. 처음 24 심볼은 12 개의 트렐리스 부호기를 이미 알려진 상태로 설정하는데



〈그림 13〉 Broadcom의 A/53 개정안 : 추가 PN열을 포함한 훈련열 신호



(그림 14) Broadcom의 A/53 개정안 : 추가 PN열 발생기

이용하여 다음에 오는 360 심볼의 부호를 PN열에 따라 결정할 수 있다. 처음 24 심볼은 기존 8VSB 심볼 상태에서 값을 얻고, 트렐리스 부호기의 상태에 따라 결정된다. 24 트렐리스 프리셋 심볼 다음에 오는 PN360열은 PN열의 부호와 정확히 일치하는 부호인 {-7, -5, 5, 7} 중에서 값을 설정해야 한다.

3) 트렐리스 부호기 입력의 수정

PN360열의 생성은 기존 트렐리스 부호기 입력 단에서 이루어진다. (그림 14)는 기존의 8VSB 트렐리스 부호기와 결합된 추가 PN열 발생기의 동작 구성도를 보인다. X1과 X2는 바이트 심볼 변환기의 출력으로부터 입력되며, PN_X1과 PN_X2는 원하는 PN360열을 발생하기 위하여 트렐리스 부호기를 동작시키는데 이용한다. SEL0, SEL1, SEL2는 제어신호로서 심볼 클럭과 데이터 필드 동기로부터 발생할 수 있다. ID0, ID1, ID2는 PN360열 심볼을 발생하기에 앞서 12 트렐리스 부호기의 초기 상태를 결정하는데 필요하다.

4. A/53 표준 규격 개정안의 성능 실험

1) NxtWave/Zenith 제안 이중 스트림 기술의 성능 실험

NxtWave/Zenith는 제안한 이중 스트림 기술에 대한 역양립성 시험과 실험실 성능 시험을 2001년 9월 6일 다음 조건에서 실시하였다[9].

◆ 테스트 신호 발생 장비: Rohde & Schwarz SFQ TV Test Transmitter

◆ 송신 영상 :

- 1080i High Definition format(표준 8VSB 스트림),
- 480i Standard Definition format(개선된 8VSB 스트림)

위의 실험 조건에서 이루어진 역양립성 테스트 결과, 표준 신호 또는 개선된 송신신호 모두 역양립성 테스트에서 기존 수신기로 수신이 가능하였다. 또한, 방송채널 환경이 백색잡음 또는 ACATS (Advisory Committee on Advanced Television Service) 양상블 A[8]일 때 두 신호형태에 대한 수

신성능 실험 결과를 볼 때, 기존의 표준신호에 비하여 제안한 신호가 더 작은 신호대 잡음비로 동일한 TOV 성능을 나타내었다.

2) Philips 제안 이중 스트림 기술의 성능 실험

Philips는 제안한 2VSB 기술에 대한 역양립성 시험과 실험실 성능 시험을 2001년 9월 7일 다음 조건에서 실시하였다[10].

- ◆ 테스트 신호 발생 장비 : Rohde & Schwarz SFQ TV Test Transmitter
- ◆ 송신 영상 :
 - 1080i High Definition format(표준 8VSB 스트림)
 - 3가지 혼합율(10%, 25%, 50%)을 갖는 2VSB 신호

위에서 제시한 표준신호와 개선된 2VSB 신호를 송신할 때, 수신기 역양립성 테스트에서 실험에 이용한 기존 수신기로 수신이 가능하였다. 그리고 채널환경이 백색잡음일 때 두 신호형태에 대한 수신 성능 실험에서 Philips 제안 기술은 동일한 TOV 성능을 유지하기 위하여 기존의 표준신호에 비하여 신호대 잡음비를 최소 0.3dB에서 최대 5.3dB 증가시켜야 한다.

3) Broadcom 제안 훈련열 신호 기술의 성능 실험

Broadcom이 제안한 기술에 대한 역양립성 시험 [11]은 Rohde & Schwarz사의 SFQ TV Test Transmitter를 이용하여 송신신호를 발생하였다.

주요한 방송채널이 다중경로 환경인 경우, 기존의 DTV 전송신호와 Broadcom 제안 신호에 대한 역양립성 테스트 결과에서 수신성능의 차이는 거의 없었다. 또한, 백색잡음이 주요한 방송채널 환경인 경우, Broadcom이 제안한 DTV 신호가 기존 DTV 신호에 비해 신호대 잡음비가 최대 0.3dB, 평균

0.1dB 작은 결과를 나타내었다. 그러나, 기존의 표준신호와 제안 송신신호에 대한 수신 신호대 잡음비의 차이는 수신기 자체가 갖는 수신성능의 범위보다 작은 범위에 속하는 것이다.

IV. 결 론

본고에서는 국내 지상파 DTV 방송방식인 ATSC 8VSB DTV의 수신성능 개선과 관련하여 ATSC T3/S9에서 제안된 RF 수신성능 향상기술 및 A/53 규격 개정안에 대하여 고찰하였다.

8VSB DTV의 RF 수신성능은 잡음, RF 간섭신호, 다중경로 페이딩 등의 복합적인 수신환경 요소에 영향을 받는다. 현재 진행되고 있는 DTV 수신성능 개선 기술은 크게 두 가지로 구분할 수 있다. 그 하나는 Broadcom, Conexant, Oren, PLM, Sarnoff가 제안하는 훈련열 신호(Training Signal) 기술로서 훈련열 신호의 길이, 빈도, 특성의 변화를 통한 수신 등화기의 적응성 및 수렴 성능을 개선하는 기술이며, 다른 하나는 Zenith, NxtWave와 Philips가 제안하는 이중 스트림(Dual Stream) 기술로서 표준 데이터의 일부를 전송율이 낮고 개선된 CNR 임계치를 갖는 강인한 데이터 스트림으로 바꾸어 표준 및 강인한 데이터 스트림을 패킷 단위로 다중화하여 전송하는 기술이다.

이중 스트림 기술은 NxtWave/Zenith안과 Philips안에 대한 검토가 진행 중에 있으며, 현재 3개사의 통합안 도출은 이루어지지 않은 상태이다. 지금까지의 결과를 토대로 작성된 DTV의 표준 규격인 A/53의 Interim 초안에는 기존의 주 서비스 모드(Main Service mode)에 추가로 강인한 서비스 모드(Robust mode)를 포함한다. NxtWave/

Zenith안의 강인한 모드는 부호화율이 1/4, 1/2, 3/4인 RS 부호 진처리기를 적용하여 강인한 패킷을 구현하며, Philips안은 Pseudo 2VSB를 사용하는 강인한 패킷을 구현한다. 혼련열 신호 기술은 Broadcom안과 Oren안이 검토되고 있으며 단일 표준안으로 통합되지 않은 상태로서, A/53의 Interim 초안에는 Broadcom안만 적용되어 있다.

현재 ATSC의 T3/S9를 중심으로 진행중인 DTV 수신성능 개선은 제안 기술을 적용한 하드웨어 제

작과 필드 테스트를 통하여 수신성능 개선에 대한 검증 절차를 거쳐, 2002년 5월까지 DTV 표준 규격인 A/53에 대한 개정 규격이 완성될 예정이다. 향후, 지상파 디지털 TV 방송이 실내 또는 실외, 고정, 휴대, 보행 및 이동 등의 다양한 수신환경에서 고품질, 고부가, 다기능, 다채널의 멀티미디어 서비스를 제공하기 위해서 국내 지상파 DTV 방식에 대한 수신 성능개선 및 보완 연구가 지속적으로 수행되어야 할 것이다.

참고 문헌

- [1] 석호익, "디지털 방송 중장기 정책 방향", 전자공학회지, Vol. 26, No. 6, June 1999.
- [2] 차양신, "디지털 방송 표준정책 논의와 방향", 방송공학회지, Vol. 5, No 4, Dec. 2000.
- [3] ATSC, "Performance Assessment of the ATSC Transmission System, Equipment and Future Directions", April 2001.
- [4] ATSC, "ATSC T3/S9 Request for Proposal", Jan. 25, 2001.
- [5] NAB, "ATSC T3/S9 Proposals", May 7, 2001.
- [6] ATSC, "VSB/COFDM Project : Investigation of VSB Improvements", Dec. 2000.
- [7] ATSC, "Interim Draft Annex D - REVISION 1", Oct 26, 2001.
- [8] ATSC, "DTV Lab Test Plan", Feb. 2002.
- [9] ATSC, "Backwards Compatibility Tests of Zenith/NxtWave System", 2001.
- [10] ATSC, "Backwards Compatibility Tests of Philips System", 2001.
- [11] ATSC, "Test of Enhanced VSB Signal Based on Broadcom Proposal", 2001.
- [12] <http://www.atsc.org>

필자소개



김 홍 철

- 1995년 2월 : 충북대학교 공과대학 정보통신공학과(공학사)
- 1997년 2월 : 충북대학교 대학원 정보통신공학과(공학석사)
- 1997년 1월~2000년 2월 : 현대전자(주) 이동통신단말기 연구소
- 2000년 3월~현재 : 연세대학교 대학원 전기전자공학과 박사과정
- 주관심분야 : 디지털 변복조 기술, 방송시스템, 위성통신



서 종 수

- 1975년 2월 : 연세대학교 공과대학 전자공학과(공학사)
- 1984년 2월 : Univ. of Ottawa, Canada 전기공학과(M. A. Sc.)
- 1988년 6월 : Univ. of Ottawa, Canada, 전기공학과(Ph. D.)
- 1987년 7월~1989년 12월 : IDC, Canada
- 1990년 1월~1992년 3월 : 삼성 종합기술원 정보시스템 연구소
- 1992년 4월~1995년 2월 : CAL, Canada
- 1995년 3월~현재 : 연세대학교 공과대학 전기전자공학과 교수
- 주관심분야 : 위성통신, 방송시스템, 디지털 전송방식