



## I . 개요

우리나라의 지상파 디지털TV 방송은 지난해에 수도권인 남산과 용문산이 디지털방송 송출을 시작한데 이어 올해에는 전국적인 디지털방송 시설의 전환을 위해 5개의 광역시로 디지털방송 전환 및 송출이 확대될 계획이다. 동시에 현재 주당 10시간으로 되어 있는 고품질방송의 제작시간도 늘릴 예정이다.

디지털방송 관련 전송기술의 최근 동향은 국외적으로는 미국방식인 ATSC 방식의 전송성능을 개선하기 위한 ATSC 산하 전송성능 개선 특별그룹(T3/S9)의 활동이 거의 마무리 단계에 도달해 있고 국내적으로는 디지털방송의 이동송수신 요구와 관련된 DMB의 대두와 도입이 큰 관심의 대상이 되고있는 것을 들 수 있다. 본고에서는 주로 ATSC방

식의 전송성능 개선과 그 결과에 대해 설명하고 DMB 도입상황에 대해서는 다루지 않으며 그밖에 국내에서 디지털전송과 관련된 기술의 연구개발에 대해서 간략히 소개하고자 한다.

## II . 전송기술의 최근 동향

### 1. 전송방식의 개선 현황

1999년 싱클레어 방송그룹이 자국방식의 재고와 복수 허용을 FCC에 청원한 것을 계기로 미국 내에서는 방식의 장단점에 대한 활발한 논의가 이루어졌고, 2000년 6월 ATSC는 공식적으로 ATSC 방식의 전송 성능 개선 작업에 착수하여 제안서를 공모(RFP)하였다. 이에 대해, 2001년 6월, 모두 10개사에서 제안서를 제출하였는데(ADC, Broadcom,

Conexant, Merrill Weiss group, ATI, Oren, PLM, Philips, Sarnoff Labs, Zenith.) 이들 제안서는 크게 강인 데이터(robust data)를 일반 데이터에 첨부하는 이중스트림방식, 수신기의 등화기(equalizer)성능을 향상시키기 위한 훈련열(training sequence) 개선방식 그리고 송신설비의 네트워크를 구성하여 커버리지를 넓히는 분산송신(DX : Distributed Transmission) 방식으로 구분되었다. 이에 따라 ATSC는 각 제안방식별로 서브그룹을 만들어서 정기적으로 회의 등의 활동을 하였으며 제안된 규격에 대한 필드테스트와 실험실 테스트를 수행하기 위해 VETC(VSB Enhancement Testing Consortium)을 구성하여 필드테스트 계획 및 측정을 수행하였다. 그 결과, 2003년 현재 최종적으로 남은 규격은 Zenith/ATI, Philips의 두 가지안이 검토 대상이며 그 중에서도 실질적으로는 Zenith/ATI의 규격이 비공식적으로 거의 채택될 단계에 와 있다.

이와 별도로 MSTV와 NAB는 독자적으로 미국-유럽방식간의 비교실험을 실시하였는데 이 결과를 토대로 2001년 1월 FCC는 미국 방송 방식의 고수 방침을 재확인하였다. 또한 2001년 10월에 ATSC의 T3/S9은 모의실험, 실험실 테스트, 필드 테스트에 기초하는 개선 표준안을 평가하는 평가요청을 관련 기관에 공고하였다. 이 평가 요청의 목적은 제안된 표준 개선안의 효율성을 평가하기 위한 것이며 여기에는 표준 개선안의 작성과 필드테스트, 실험실 테스트도 포함되었다.

미국의 ATSC 전송성능 개선의 최우선 순위는 고정 및 실내 수신환경에서의 8-VSB 지상파 DTV 서비스에 대한 양립적인 성능 개선이다. 즉, 변조와 페이로드 개선을 포함하는 광범위한 기술을 포괄하는 전체 시스템의 성능 개선을 위한 목적으로 훈련

열 신호 또는 다른 데이터의 추가를 요구하며 채널 할당 파라미터와 관련된 부정적인 영향이 크지 않은 제안, 특히 간섭비와 방사 마스크를 결정하는 파라미터에 심각한 영향을 주지 않아야 한다.

다시 말하면 기존의 수상기수신을 위한 완전한 호환성의 보장과 더불어 새로운 수신영역 즉, 고정수신이외에 휴대수신과 보행수신 나아가 이동수신에 대한 수신성능 향상을 목표로 하였다.

## 2. SFN 및 분산송신(DX) 기술

ATSC T3/S9에서 검토한 또 다른 전송 성능 개선의 방향은 전송방식 그 자체의 변경이 없이 송신측에서 도입하는 분산 송신기술 즉, 동일한 주파수를 사용하는 다수의 송신기 네트워크를 통해 커버리지를 넓히는 기술이다. 이러한 단일 주파수 망(SFN)은 전파음영지역을 커버하고 송신기 출력을 낮추며 지역 별로 균일한 신호 레벨을 제공할 수 있는 장점이 있다. 다만 현재까지의 ATSC 수신기 기술로는 DX로 인한 강한 선행 고스트 등의 처리가 쉽지 않아 도입에 어려운 점이 있으나 수신기 기술 개발에 따라 점차로 그 효율성을 높여가고 있으며 아울러 기존에 이미 디지털방송에서 가능성이 제기되고 부분적으로 시험되고있는 동일채널 중계기(OCR : On-Channel Repeater)의 검토도 이루어지고 있다.

분배 네트워크의 구성은 위성이나 마이크로웨이브(MW)를 이용하며, 각 송신기의 주파수 동기, 송출 타이밍 및 출력 조절을 수행하도록 하여 동일 주파수의 송신 셀(cell)을 구성하도록 한다. 이 제안의 주요 내용은 예비된 PID와 실데이터(payload)의 형태를 갖는 분산 송신 패킷의 정의와 송신기의 타이밍, 출력, 식별을 할 수 있는 방법을 포함하고있다.

### 3. 디지털 RF 신호 저장 및 재생기술

디지털 본 방송 실시 이후 디지털 방송의 수신 환경 개선을 위한 연구와 다양한 채널 환경에 대한 분석을 수행할 필요성이 대두되었으며 필드테스트를 행하지 않고 실험실 내에서 실제 채널 환경을 구현하기 위한 방법으로 RF 신호를 저장하는 기술이 부각되고 있다.

이러한 RF 저장 시스템은 H/W 단독형(stand-alone type)이나 PC 기반의 시스템으로 구현이 가능한데 이중 PC 기반으로 한 RF 저장 시스템은 데이터의 저장 뿐 아니라 편리한 사용자 인터페이스와 고성능 CPU를 바탕으로 저장된 데이터를 소프트웨어적으로 복조하고 그 데이터를 분석하여 특성을 파악하는데 사용될 수 있다. 따라서 실시간 저장 및 분석을 수행하는 PC 기반의 RF 저장 시스템의 개발을 통하여 디지털 방송 필드테스트와 수신 성능 개선 연구 등에 활용이 가능하게 되었다.

## III. VSB 전송성능 개선

### 1. 성능개선 방식의 개요

ATSC의 8-VSB 전송신호의 RF 수신 성능은 잡음, 간섭신호, 다중경로 페이딩 등의 복합적인 수신 환경 요소에 영향을 받는다. RF 전송 성능 개선의 방향은 크게 강인한 신호(robust data)를 일반 신호에 첨부하는 이중 스트림방식, 수신기의 등화기(equalizer)성능을 향상시키기 위한 훈련열(training sequence) 개선방식 및 기타의 방식으로 대별할 수 있는데 여기서는 최종적으로 채택이 유

력시되는 Zenith/ATI의 이중 스트림 방식에 대해서만 설명하기로 한다.

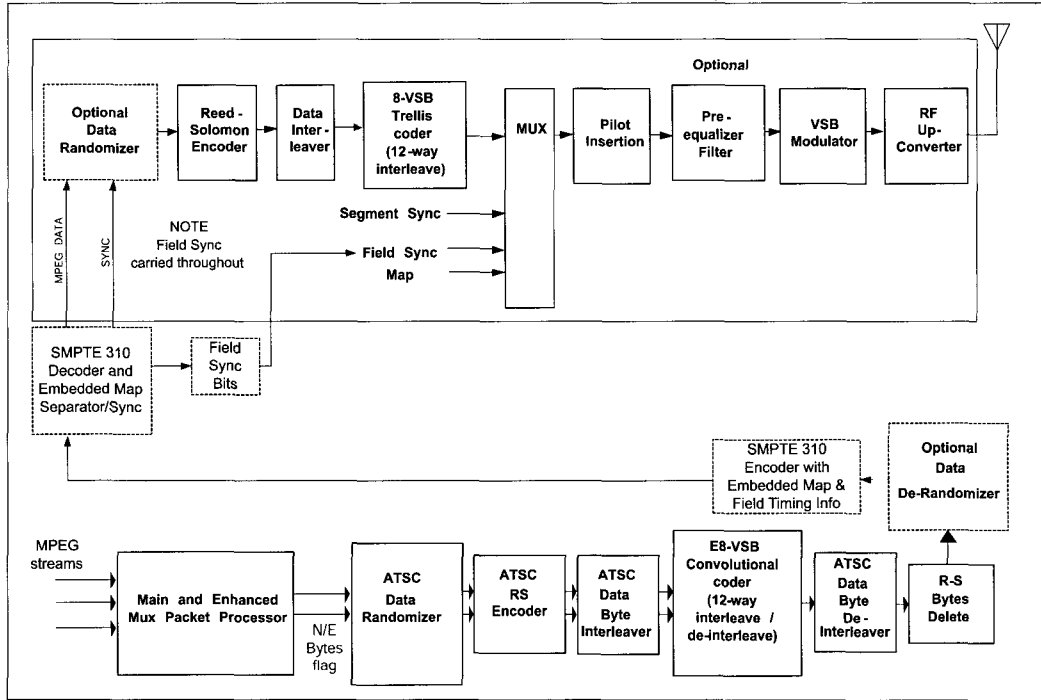
### 2. 성능개선 방식(Zenith/ATI)

8-VSB 전송에 개선 모드를 포함하는 것이 아래의 블록 다이어그램 그림 1에 있다. 그림의 윗 부분은 기존의 8-VSB 변조기를 나타내고있고 아래 부분은 개선된 전송을 위하여 필요한 블록을 표시하고 있다. 정규 8-VSB신호와 개선 신호를 위한 MPEG 스트림들은 그림 1의 왼쪽 아래 입력단에서 입력된다. 프리프로세서의 입력은 188byte MPEG 패킷이다

인트라 데이터필드 다중화를 위한 적절한 버퍼링이 정규 및 개선된 MPEG 스트림 전송로상에 삽입된다. 개선 데이터는 1:2나 1:4의 비율로 개선된 길쌈부호화 코딩을 위한 플레이스 홀더 비트를 배치하기 위해 확장되며 MPEG패킷과 동일한 형태로 다중화되어 정규 MPEG 패킷과 다시 다중화된다. 이러한 다중화의 순서는 전송된 데이터 필드내의 개선 데이터 세그먼트들의 위치범칙에 따른다.

모든 패킷들과 그 패킷의 정규/개선 플래그비트 시퀀스는 데이터 다중화기, RS부호화기, 노멀 패킷 처리단의 구조와 동일한 바이트 인터리버를 거친다. 이러한 데이터는 이후 E-8VSB용 길쌈 격자부호화기(Convolutional trellis encoder)를 통하여 부호화된다. 이때 E-8VSB용 격자 부호화기는 개선모드와 정규모드 둘 다에 대응할 수 있으며 정규/개선 플래그에 의하여 제어된다.

개선된 길쌈부호화 프로세싱에서는 아래와 같이, 부가적인 RS FEC데이터를 포함한 확장된 개선 스트림 패킷속의 플레이스홀더 비트를 대치하게 된다. E8-VSB의 길쌈부호화 부호화기 출력단의 심



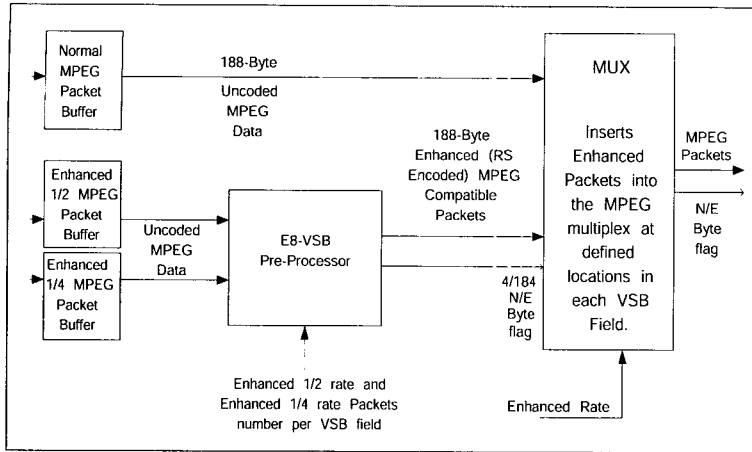
〈 그림 1〉 개선모드를 포함하는 VSB 변조기의 구조

블은 12:1 격자 레벨에서 역인터리빙 된 후 바이트 형태로 변환된다. 이 단계에서의 출력은 에러를 포함하고있는 RS 패리티 바이트들이 붙어있는 바이트들이다. 이때 RS패리티단의 에러는 E8-VSB 길쭉 부호화 격자 부호화기에 의해 만들어진 심볼 데이터들이 바뀌었기 때문이다. 에러를 포함하는 RS 패리티 바이트들은 지워진 후 다시 RS 인코더에 의해 만들어져야 한다. 데이터 난수화기/역난수화기 쌍은 SMPTE 310 링크를 통해서 전송 가능한 패킷들을 다시 만들어내기 위하여 이 단계에서 삽입될 수 있다.

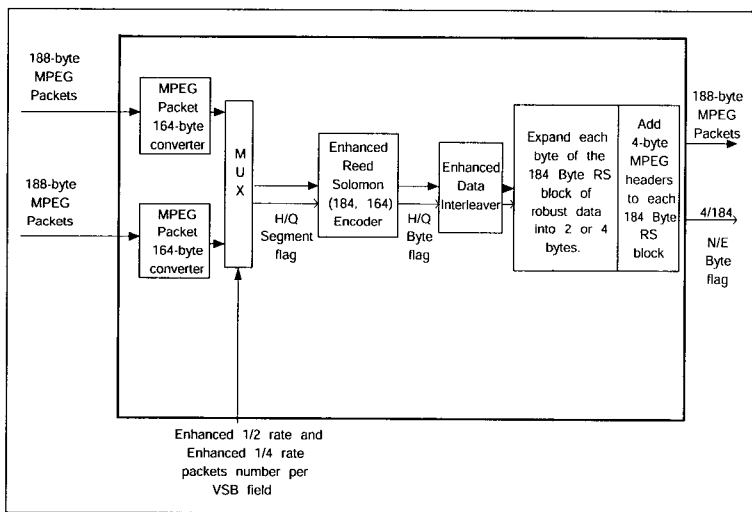
개선 데이터 세그먼트들의 데이터필드 내부의 배치(map data)는 데이터필드 싱크세그먼트를 통해서 전송되어야 한다.

개선 데이터는 부가된 개선서비스에 적용되는

FEC와 정규의 FEC에 의하여 보호된다. 개선 채널 에러 보호방식은 또한 부가적인 인터리버(개선 인터리버), 부가적인 리드솔로몬 부호화방식(개선 RS 부호화), 그리고 부가적인 4-스테이트 격자부호화기(개선 격자부호화기)의 방법을 사용한다. 개선 데이터들과 개선 RS 패리티 바이트들은 트랜스포트 레벨의 MPEG 패킷 페이로드 포션에 캡슐화되어 저장된다. 개선 4-스테이트 격자부호화기는 정규 서비스의 4-state 격자 코딩과 결합되어 개선 데이터에 대하여 16-스테이트의 격자 부호화기가 된 효과를 가진다. 개선 FEC는 1/2와 1/4비율의 E8-VSB모드로 정의된 두개의 부호화모드를 제공한다. 메인으로 부호화될 데이터와 개선된 방식으로 부호화될 데이터들은 각각 최대 3개의 병렬 스트림으로 나뉘어진다. 각각의 스트림은 정규, 개선



〈그림 2〉 정규 및 개선 데이터 다중화 처리기의 구조



〈그림 3〉 개선모드(E8-VSB) 전처리기의 구조

위한 플레시 홀더 비트를 위치시키기 위해서이다. 이렇게 확장된 바이트들은 MPEG패킷형태와 호환성을 갖는 형태로 만들어지며 메인서비스의 정규 MPEG스트림과 함께 다중화된다.

〈그림 2〉는 〈그림 1〉의 정규 및 개선 데이터 다중화처리를 상세히 블록별로 나타낸 것이며 〈그림 3〉은 이 중에서 개선 데이터에 대한 전처리기(E8-VSB Pre-Processor)를 나타낸 것이다.

E8-VSB 전처리기는 164-byte 패킷 컨버터에서 188byte의 패킷을 164byte의 패킷으로 변환하고, VSB프레임에 의하여 운반되는 개선 페이로드에 관련된 1/2 비율과 1/4비율 164-byte 패킷은 RS인코더로 보내지

1/2비율, 개선 1/4의 비율상태와 각각 연결된다.

개선 MPEG 스트림과 정규 스트림 둘 다에게 알맞은 버퍼링이 삽입되고, 개선데이터는 E8-VSB 전처리기로 보내진다. 개선데이터는 RS부호화되고 각각의 바이트들은 1:2의 비율로(1/2 비율 코딩의 경우) 혹은 1:4비율(1/4 비율 코딩의 경우)으로 확장되며 이는 4 스테이트 개선 격자부호화 코딩을

기 전에 버퍼에서 패킹된다.

부가적으로, 개선 다중화기 버퍼는 H/Q flag를 처리한다. H/Q flag는 각각의 164패킷의 특성을 표시한다. H는 1/2비율을 나타내며 Q는 1/4 비율을 나타낸다.

세그먼트 다중화기 다음의 첫번째 블록은 164byte 패킷을 부호화하는것이며 이는 파라미터

t=10(184,164)를 갖는 RS 부호화를 가리킨다. RS 부호화기는 전 블록에서 발생된 H/Q flag을 통과시키며 이를 RS부호화기에서 발생시킨 패리티로 확장시킨다.

개선 RS부호화기 다음에 개선 데이터 인터리버가 따라오는데 이는 파라미터 B=46, M=4, N=184를 갖는 길쌈부호화 데이터 인터리버이다. 개선 인터리버는 모든 개선 데이터 코드율에 대하여 각 데이터 필드마다 여러번 완전한 회전을 한다. 정규 데이터 인터리버와 마찬가지로 개선 데이터 인터리버 역시 맨 윗줄(지연이 없는)에서 시작한다. 개선 데이터의 모든 배합비율에 대해서 인터리버는 MPEG TS 스트림에 대하여 일정한 지연을 부가해야 한다. 데이터 인터리버는 164byte 패키지의 버퍼 다중화기의 동작중 발생된 H/Q flag을 운반해야 한다. 각각의 바이트에 대하여 H/Q flag은 시간적으로 동기되어야 한다.

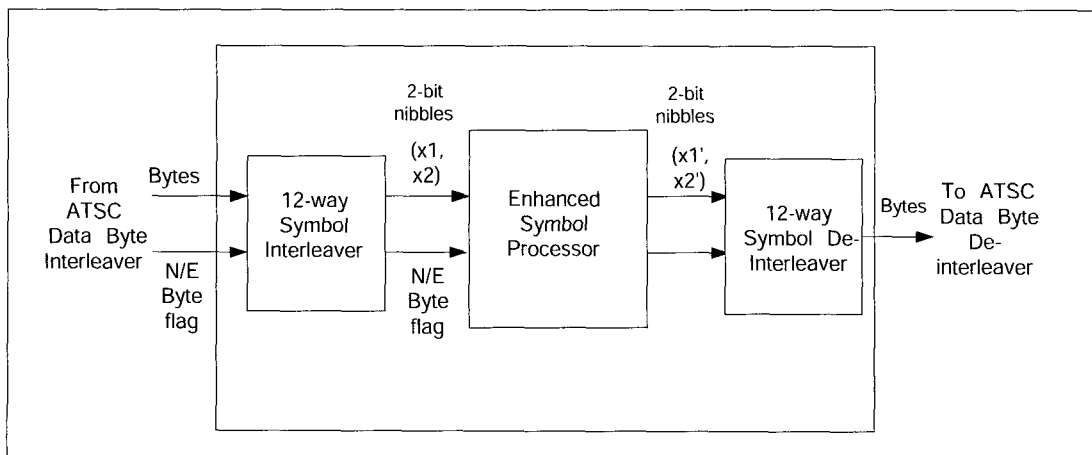
기존의 1/2비율과 1/4비율 바이트의 R7부터 R0까지의 비트들은 각각 2와 4개의 개선 바이트로 매핑된다. E7부터 E0까지의 비트들은 각각 그 결과

로서 확장된 바이트내부에 자리한다. 확장 바이트 내부의 "X"는 플래이스홀더 비트이며 0으로 코딩된다.

E8-VSB 길쌈부호화는 심볼 인터리버, 개선 심볼 처리기, 그리고 심볼 역인터리버로 구성된다.(그림 4) 심볼 인터리버는 12way 격자 코드 인터리빙이며 N/E flag 역시 같은 심볼 인터리버를 거친다. 심볼 역인터리버는 앞에서 설명한 심볼 인터리버의 역변환 처리를 수행하며 다만 N/E flag만 통과시키지 않는다.

개선 심볼 프로세서는 4상태 피드백을 갖는 길쌈부호화기를 포함한다. 길쌈부호화기는 2비트 니블을 갖는 입력 바이트들을 처리한다.

12개의 길쌈부호화기중 하나에 연관된 2비트 니블을 갖는 4개 그룹의 노멀 바이트는 그대로 아무런 처리없이 통과하게 되며 부호화기의 상태만 업데이트된다. 개선 바이트에 있어서는 E7, E5, E3, E1위치의 비트들이 시스템 길쌈부호화기에 의해 부호화되며 E6, E4, E2, E0위치의 비트들은 처리되지 않는다.



〈 그림 4 〉 개선 모드(E8-VSB) 길쌈(Convolutional)부호화기의 구조

## IV. SFN(OCR, DX) 기술

### 1. 개요

단일 주파수 망은 하나의 채널을 공유하는 다중 송신기로 구성된다. 송신기는 동일한 신호를 송출하며 수신기들은 SFN의 범위 안에서 여러 송신기들로부터 받는 신호들이 서로 간섭할 수 있음에도 불구하고 이들 다중 신호를 다중경로 성분으로 여기고 전송되는 데이터를 추출해 내어야 한다.

이렇게 수신기로 하여금 여러 송신기로부터 수신되는 신호를 다중경로 간섭신호로 인식하도록 하기 위해서는 송신기가 같은 입력에 대해 같은 신호를 송출하도록 하는 것이 요구된다. 이를 위해, 다음의 두 가지 방법을 이용할 수 있다. 첫째, 송신기는 다른 송신기의 신호를 수신해서 그대로 증폭하여 재전송(repeat)하여 동일한 신호가 전송되도록 하는 방법과 두 번째, 각 송신기에 병렬로 동일한 데이터를 입력시키는 방법으로 모든 송신기로부터의 전송 신호가 동일하도록 한다. SFN의 구현은 광범위하게 나타나는 다중 경로 신호로부터 데이터를 추출해내는 수신기의 능력에 많이 의존한다. 이 능력은 주 신호보다 앞서 들어오는 신호인 선행 고스트(pre or leading ghost)의 처리를 포함한다. 수신기가 처리할 수 있는 고스트의 지연시간 범위는 '지연 범위(Delay Spread, DS)'라고 하며 SFN에서 송신기들이 얼마의 간격을 유지할 수 있는지의 기준으로 일부 활용된다.

SFN의 송신기에는 두 개의 기본적인 요구사항이 있다: 같은 데이터 입력에 대해 같은 심볼을 출력하며, 동일한 주파수로 전송해야 한다. 송신기간의 송신 심볼의 어떤 차이가 있으면 수신기는 각 신호들을 고스트로 인식하지 못 할 것이다. 주파수의 조그만 차이도 신호가 도플러 천이 특성을 갖도록

하여 마치 이동 물체에 의해 반사된 것과 같이 보이도록 할 것이다.

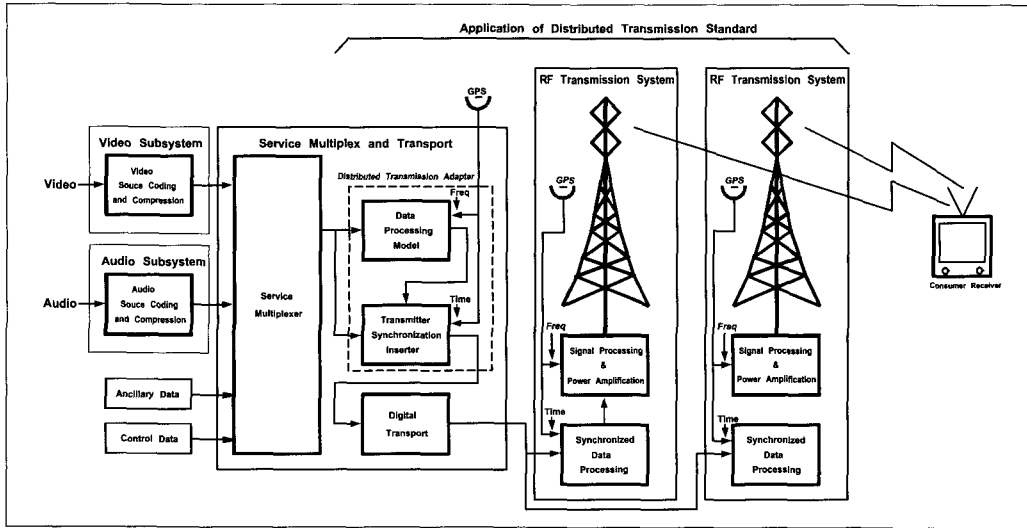
분산 송신(DX) 또는 송신기 다중화는 과거 방송에서 사용되는 어떤 방식과도 같지 않다. 이전에는 중계기나 증폭기(동일 채널 중계기)등이 기존 고풍출력 송신소의 서비스 영역의 확장이나 기존 커버리지의 음영지역을 보완하기 위해 사용되었다. 증폭기는 기본적으로 주 송신기나 다른 중계증폭기, 중계기 등의 신호를 RF로 수신하여 같은 채널로 재 전송한다. 이들은 수신 및 송신 안테나 사이에 연결되는 근본적으로 신호증폭기이므로 신호의 재 유입으로 인한 증폭기 주변의 신호왜곡이나 심지어는 발전에 의한 중계 신호 품질의 저하를 막기 위해서는 주의를 기울여야 한다. 이러한 신호의 재 유입을 방지하기 위해 중계기는 수십에서 수백 와트(ERP)로 출력이 제한된다. 분산 송신에서는 그러한 출력의 제한이 없으며 신호 재 유입으로 인한 신호의 저하문제도 없다.

분산 송신은, 비록 송신기 네트워크의 일부로 한 두 개 정도만이 사용될 수도 있지만, 기존과 같은 고풍출력 송신기를 필수적으로 요구하지 않으면서도 서비스 영역을 커버하기 위해 다중 송신기를 이용하도록 의도되었다. 그리고 하나의 송신기로부터 서비스 될 때보다도 전 서비스 영역을 통틀어 더 높은 출력을 내도록 하며 이웃 스테이션에 대한 간섭을 더 용이하게 조절할 수 있도록 한다.

본고에서는 위에서 언급한 두 가지 방법중 동일 채널 중계기에 대한 설명은 생략하고 분산송신기술에 대해서만 소개하기로 한다.

### 2. 분산송신의 요구사항 및 방식

분산송신을 위한 송신기의 동기화구조를 나타내는 것이 <그림 5>이다.



〈그림 5〉 분산송신을 위한 복수 송신기망의 구성

분산 송신에서는 각 송신기로 직접 신호를 배급한다. 이는 동일 채널 중계기에서는 불가능할 커다란 송신 셀의 설계를 하는데 충분한 송신 출력을 허용한다. 각 송신기에 전달된 신호는 완전히 변조되어 아날로그 분산 매체 미디어로 송출된다. 여기서는 단지 출력 채널로 채널 변환(Up-converting)되었거나 각 송신소에서 데이터 처리나 변조가 필요한 디지털 신호일 것이다. 디지털 신호 분배의 사용은 분배망에서의 대역폭의 사용을 줄이고 더 양호한 송출 신호를 가능하게 한다. 스튜디오 소스로부터 분산 송신 시스템의 각 송신기까지 전달되는 신호를 위한 미디어를 다중화 한다. 전달되는 신호에 추가되는 노이즈 때문에 아날로그 전송은 배제하며, 디지털 회로는 다양한 프로토콜을 사용하는 광섬유, 위성 데이터 전송 그리고 마이크로웨이브 전송을 포함한다. 각 경우, 송출될 패킷을 전달하기 위한 최소한의 데이터율을 유지하는 것이 바람직하다. 이 방법은 기존 8-VSB송신에서와 동일한 송출

프로세스의 페이로드(19.39Mbps)에 사용되는 것과 같은 데이터 율로 송신기에 전달된다.

단일 주파수 망에서는 각 송신기로부터 전송되는 신호는 동일 입력에 대해 동일해야함이 필수적이다. 동일한 심볼이 여러 개의 송신기로부터 전송되면 수신기는 이러한 신호를 시간 영역에 흩어져 있는 주 신호와 그에 따른 고스트로 여기게 된다. 가장 먼저 들어온 신호와 가장 나중에 들어온 신호 사이의 시간 차를 지연 구간(Delay Spread, DS)라고 한다. 각 네트워크 상에서 송신기 사이의 D/U가 어느 특정 값 이하로 떨어지면 수신기의 지연 구간 처리 능력은 현재 수신기의 위치에서 수신이 가능한지를 판별하는데 중요하게 된다. 이 능력은 송신 구역(셀)의 크기가 클수록 더 중요해진다. 수신기에 요구되는 지연 구간 처리 능력을 최소화하기 위해서는 네트워크내의 송신기들로부터의 신호 방출 시간의 제어가 서비스 구역에 대한 지연 구간을 조정하는데 사용될 수 있다. 이렇게, 분산 송신을 위한 동기화



시스템의 중요한 요소는 네트워크 내의 송신기들의 상대적인 송출시간을 조정하는 능력이다.

### 1) 동기화 요구사항

디지털 방송 변조기의 다양한 데이터 처리 블록의 특성으로부터 이러한 기능들을 분산되어 위치하고 있는 송신기들의 그룹에서 동기화 시키기 위한 요구사항으로는 주파수 동기화, 데이터 프레임 동기화, 프리 코더 / 트렐리스 코더 동기화를 이루어야 하며 아래에 차례대로 설명한다.

#### ① 주파수 동기화 (Frequency Synchronization)

만약 여러 곳의 송신기로부터 수신기에 도달한 신호가 서로 반사신호로 여겨지려면, 수신된 신호사이에 뚜렷한 도플러 천이로 인해 과부하 되지 않도록 각 송신기의 주파수가 충분히 근접해야 한다. 구체적으로는 송신기의 출력 주파수가 엄격하게 제어되어 서로 1 ~ 2 Hz 정도의 범위 내로 유지하는 것을 요구한다.

#### ② 데이터 프레임 동기 (Data Frame Synchronization)

지상파 8-VSB 변조기의 데이터 난수화기, 리드 솔로몬 에러 정정 코더, 바이트 인터리버 그리고 비트 인터리버는 데이터 필드의 시작점을 적절히 식별해냄으로써 이를 기준으로 서로 동기화가 가능하다. 그러나, 동기되어야 하는 또 한 가지의 요소는 변조기에 의해 삽입되는 데이터 필드 동기(DFS, Data Field Synchronization)이다. 이는 수신기의 적응 등화기를 위한 트레이닝 시퀀스로 사용되는 여러 개의 PRBS 시퀀스를 전달한다. 이러한 PRBS 시퀀스의 하나가 DFS에서 다른 DFS로 감에 따라 위상이 반전된다. 이는 두개의 데이터 필드로 구성되는 데이터 프레임 구조를 만들어 낸다. 데이터 프레임과 내부의 두개의 필드의 정수 위상관계 때문에 데이터 프레임 구조와 그

로부터 데이터 필드를 이끌어내는 것이 가능하다.

#### ③ 프리코딩 / 트렐리스 코딩 동기

(Pre-Coding/Trellis Coding Synchronization)

프리-코더와 트렐리스 코더는 데이터 스트림안에서 정기적으로 발생하는 이벤트에 의해 초기화 되지 않는 확률적인 과정이다. 따라서, 다중 송신기에서 동기화 되려면 네트워크 내의 모든 송신기에 의해 동시에 데이터 스트림 특정 위치에 적용될 수 있는 프리코더와 트렐리스 코더 메모리 스테이트 조건을 만들어내는 것이 필요하게된다.

### 2) 동기화 방식

위에서 서술한 동기화 요구사항을 만족시키기 위해서 분산 송신 시스템은 세 개의 요소를 포함하여 설계, 구축되어야한다. 그것은 외부 시간 및 주파수 기준, 분배 서버 시스템(스튜디오-송신기 링크, STL)의 소스의 끝에 위치한 동기 신호 발생기 그리고 각 송신기의 슬레이브 동기화 서버 시스템으로 구체화 할 수 있다.

#### ① 소스에서의 동기 신호 발생기

분산 송신기 어댑터(Distributed Transmission Adapter)는 STL 시스템으로 배급되기 앞서 전송 스트림으로 다중화 되는 한 쌍의 동기화 신호를 생성하는 데 사용된다. 분산 송신 어댑터에 의해 발생된 신호들은 TS 패킷에 대한 데이터 프레임의 위상을 생성하는 케던스 신호(Cadence Signal, CS), 송신기에서 프리-코더와 트렐리스 코더를 종속시키는(slaving) 정보를 전달하고 송신기에 동작 모드를 알려며 TS 데이터 율을 표시하고 각 송신기에 필요한 시간 오프셋을 규정하는 명령 정보(command information)를 전달하는 트렐리스 코드 스테이트 패킷(Trellis Code State Packet) 이다. 이러한 기능을 구현하기 위해서 분산 전송 어댑터는 송신기에서의 슬레이브 동기화가 따라야 하는 변조기의 데이터 처리 부분의 모델을 유지한다.

② 송신기에서의 슬레이브 동기화

각 송신기에서는, 슬레이브 동기화기가 케이던스 신호와 트렐리스 코드 스테이트 패킷을 잡아내기 위해 사용되며 이를 통해 데이터 프레임을 케이던스 신호에 위상을 맞추고 트렐리스 코드 스테이트 패킷에 프리-코더와 트렐리스 코더를 맞추게 된다. 슬레이브 동기화기는 송신기를 원하는 모드에 맞추기 위해 모드 정보를 추출해내야 한다. 이는 송신기가 정확히 출력 주파수를 유지할 수 있도록 TS 데이터 율에 대한 정보를 뽑아낸다. 또한 관련 송신기에 전달될 시간 오프셋 명령어 정보를 추출하며 출력 심볼의 방출 시간을 조정하는 데 사용한다.

③ 외부 시간 및 주파수 기준

공통의 시간 및 주파수 기준이 시스템의 여러 부분에서 요구된다. 외부 기준 시간 요소는 그들의 연관된 송신기의 방출 시간을 조정하기 위한 슬레이브 동기화기에 보내어질 시간 오프셋 정보를 제공하기 위한 분산 송신 어댑터에 의해 사용된다. 시간 구성요소는 분산 송신 어댑터로부터 보내진 시간 오프셋에 관련된 신호의 송출 시간을 조정하기 위해 송신소의 슬레이브 동기화기에 의해 또한 사용된다. TS신호의 데이터 율을 안정시키고 측정을 하기 위해서 그리고 송신기에 그 신호를 보내기 위해서 분산 전송 어댑터는 외부 기준신호의 주파수 구성요소를 사용한다. 주파수 구성요소는, 또한 도플러 천이의 효과적인 생성과 송신기들 간의 주파수 차이로 인한 수신

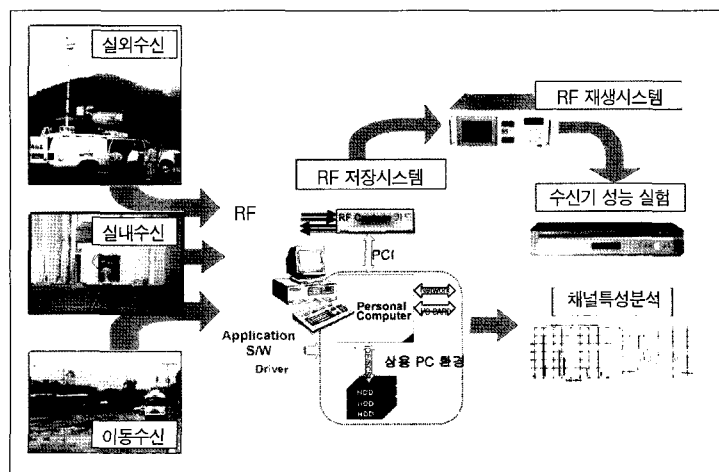
기 적응 등화기의 부담을 최소화하기 위해서 송신기의 주파수를 정밀하게 조정하기 위해 송신기에서의 슬레이브 동기화기에 의해 사용되어야한다.

## V. DTV RF저장 시스템

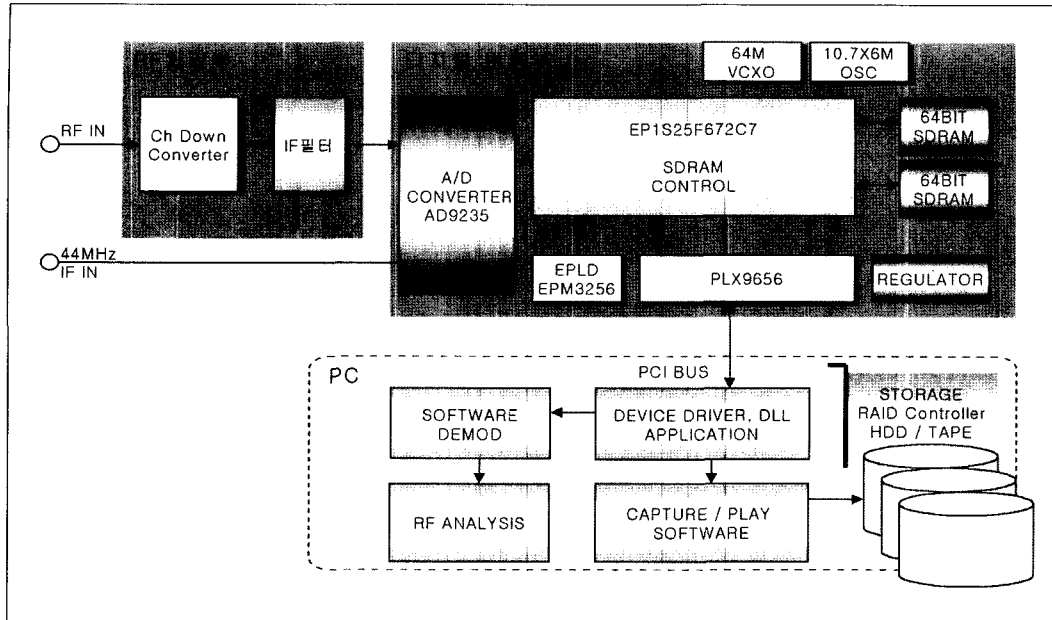
### 1. 개요

DTV RF 저장기술은 실내, 실외, 이동 수신 환경 등 DTV의 다양한 수신조건에 신호를 실시간으로 저장하여 DTV 수신 환경을 분석하고 연구하는데 활용될 수 있을 뿐만 아니라 응용 S/W 개발을 통해서 DTV 수신 환경에 대한 채널 분석을 수행하고 전용 재생기를 통해서 각종 수신기의 성능을 비교할 수 있어 디지털 전송특성의 파악과 수신기술의 향상에 크게 기여할 수 있을 것이다.

〈그림 6〉은 DTV RF 저장 시스템의 활용예를 도식적으로 나타낸 것이다.



〈그림 6〉 RF저장시스템의 구조 및 응용예



〈그림 7〉 전체 시스템 구성

## 2. 시스템 구성

전체 시스템의 구성은 〈그림 7〉과 같다. 그림에서 보듯이 전체 시스템은 I/O 카드, 하드디스크를 갖는 일반적인 PC환경과 독립된 형태의 RF처리부를 기반으로 구성된다. 개발영역은 크게 RF를 고정밀도로 IF로 변환시키는 독립 하드웨어 및 PC에 IF 신호를 디지털 형태로 바꾸어 저장하는 기능의 IF 저장보드를 개발하는 하드웨어 영역과 하드웨어 동작을 위한 드라이버와 RF 분석 프로그램을 개발하는 소프트웨어 영역으로 구분된다.

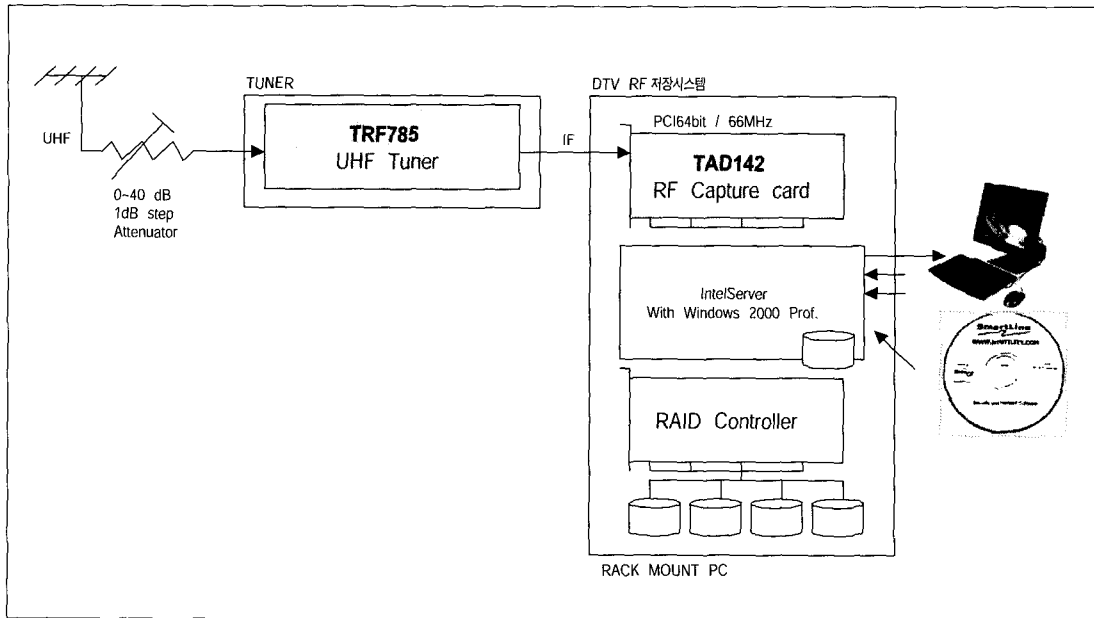
### 1) 하드웨어의 구성

전체 시스템 구성중 H/W부분은 〈그림 8〉에 나와 있다. 그림에서 보듯이 전체 시스템은 I/O 카드, 하드디스크를 갖는 일반적인 PC환경과 독립된 형태

의 RF처리부를 기반으로 구성된다. 각각의 부분을 좀 더 자세히 설명하면 다음과 같다.

#### ① 고정밀 튜너(precision tuner)부

시스템 구성상 본 장비는 계측기 수준의 정밀도가 요구되는데 IF신호의 A/D 변환을 담당하는 PC 카드부는 제작상의 난이도 이외에 시스템 성능을 저하할 가능성은 거의 없다. 이는 PC 카드부의 신호가 디지털신호이기 때문인데 따라서 아날로그 신호를 처리하는 고정밀 튜너부가 신호의 품질을 정하는데 매우 큰 역할을 담당한다. 여기서 설계한 튜너는 보다 정확한 계측을 위하여 일반적인 상용 튜너와는 다른 개념의 필터를 도입하고 있다. 상용 튜너는 필터부의 경우 원하는 채널의 신호만을 분리하여 재생해야하여야 하기 때문에 스톱밴드 특성이 좋지만 그룹딜레이 특성이 좋지

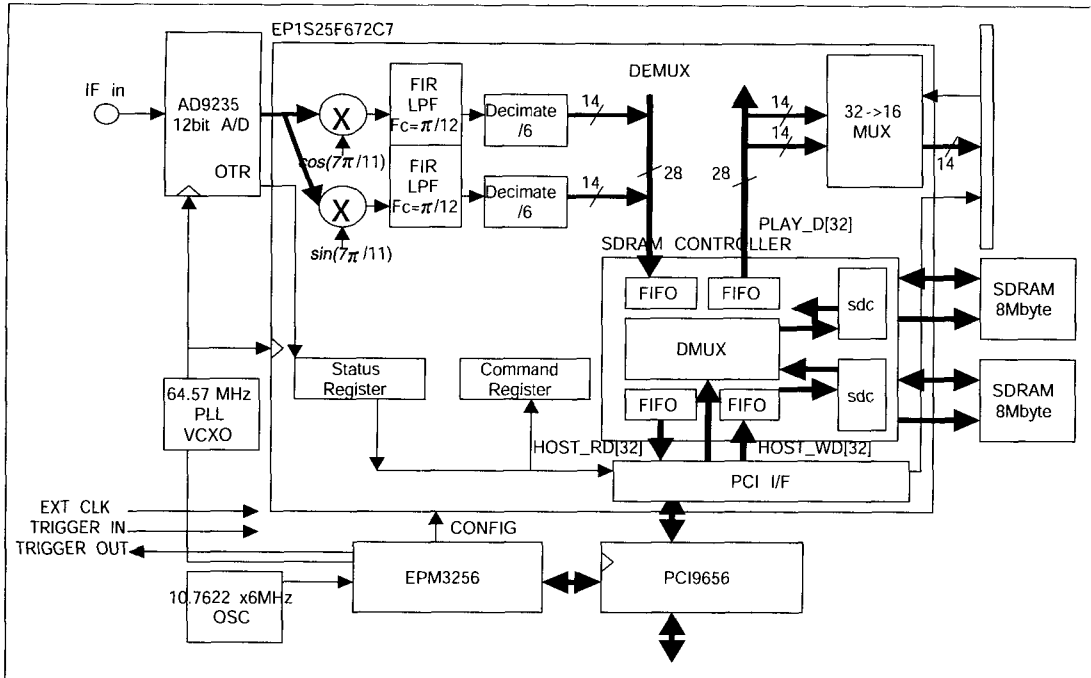


〈 그림 8 〉 RF 저장시스템의 H/W 구성

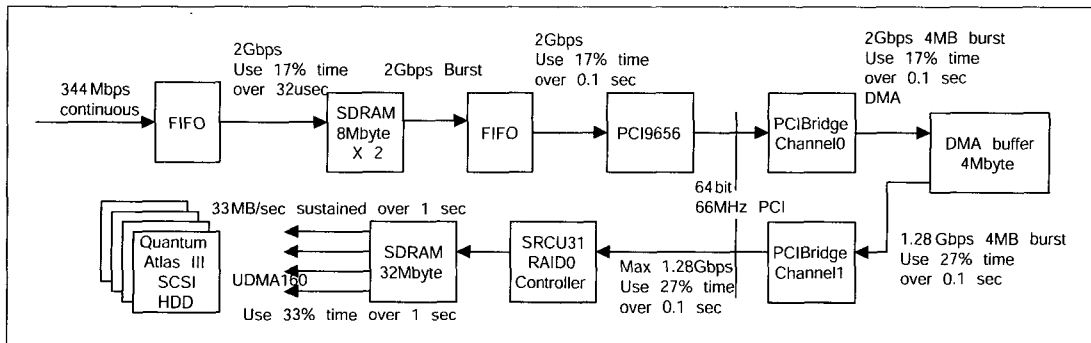
많은 SAW필터를 주로 사용하지만 본 장비는 상용 튜너와는 달리 실제 RF환경을 보다 정확하게 저장, 재생할 수 있어야 하므로 그룹딜레이 특성이 좋지 않은 SAW 필터를 사용할 경우 신호의 왜곡이 생길 수 있어 사용이 불가능하다. 따라서 본 장비를 위하여 그룹딜레이 특성이 좋은 RC필터를 따로 주문, 제작하였다. 설계된 튜너는 그 방식에 따라 double conversion(DC)방식과 single conversion(SC)방식으로 나뉘며 double conversion방식 튜너의 경우, 이미지주파수 제거 및 채널선택이 용이하나 주파수 변환을 두 번 하게 되므로 이로 인한 변환 손실(conversion loss)이 커지고 single conversion방식 tuner의 경우 변환손실(conversion loss)은 작지만 이미지주파수 제거가 어려울 뿐 아니라 채널 선택 역시 어려움을 겪게 된다.

② PC 카드부

PC카드의 구성은 크게 A/D변환부, 버퍼링을 위한 SDRAM 제어부, 그리고 PCI 인터페이스부로 나뉜다. PC 내부의 잡음성분으로 인한 신호의 감쇠를 최대한 억제하기 위하여 아날로그부분을 최대한 줄이고 카드 전단에 A/D 변환기를 배치하였고 샘플링된 디지털 신호는 대부분 PLD(Programmable Logic Device)내부에서 처리하도록 하여 향후 개발시 유연성을 부여할 수 있도록 설계되었다. 이 카드는 IF입력을 1개 가지고, PCI 버스 형식도 최근에 실용화되고 있는 66MHz, 64bit의 버스를 이용하는 등 고도의 하드웨어 기술이 요구된다. 대역폭 6MHz 신호를 충실히 저장하는 데 필요한 저장 시스템의 신호흐름 대역폭(through-put)은 약  $20 \text{ MHz} \times 16 \text{ bit/Hz} = 320\text{Mbps}$ 이다.



〈 그림 9 〉 PC 카드의 블록 다이어그램



〈 그림 10 〉 저장시스템의 신호 흐름도 및 대역폭

RF 데이터는 8-VSB개선에 사용될 데이터로, 여러 신호처리 작업을 위해 많은 정보를 가집과 동시에 다양한 변환과 이동 저장 등의 작업이 필요하다. 즉 고도의 정보처리장치에 연결되어야 한다. 그러므로 PC 환경을 이용하는 것은 PC가

가지고 있는 여러 하드웨어 및 소프트웨어 자원을 공유할 수 있다는 점에서 매우 효과적이다. 또한 PCI의 4가지 인터페이스 중 RF 데이터를 비압축으로 저장 또는 재생하는 것을 고려할 때, 적어도 600 Mbps의 PCI 버스 대역폭을 가져야 한

다. 그러므로 본 과제에서는 64bit x 66MHz의 고속 PCI버스를 이용하였다. PC카드 설계시 가장 난이도가 높은 부분은 저장 및 재생시 일정한 속도를 유지하고 에러를 방지하기 위한 버퍼로 사용될 SDRAM의 제어 부분이다. 이는 SDRAM을 이용한 하드웨어 설계 시 SRAM과 달리 refresh회로를 염두에 두고 설계해야 하기 때문인데 이를 위하여 제어신호를 삽입하고 안정적인 클럭타이밍 유지에 중점을 두고 설계하였다.

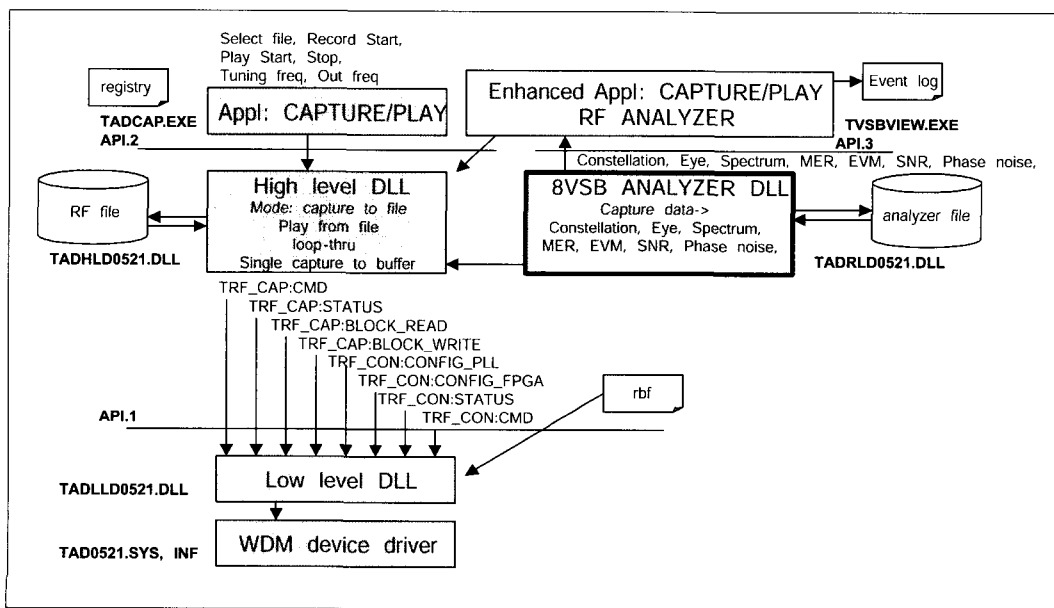
### 3. RF 저장 소프트웨어

RF저장시스템의 소프트웨어부는 크게 H/W인터페이스, 신호 모니터, S/W복조, 신호분석부로 구분할 수 있다.

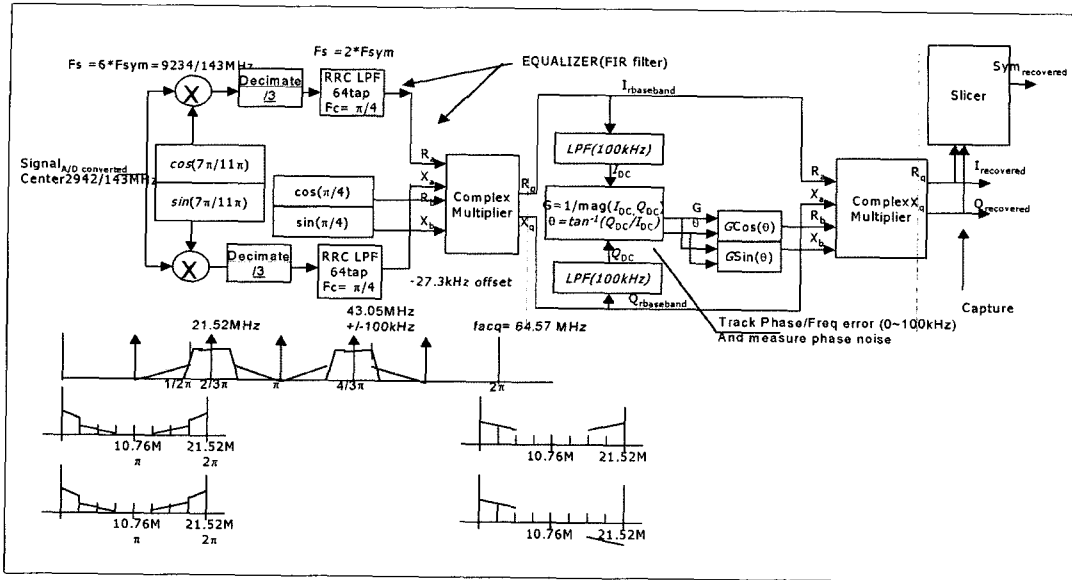
H/W인터페이스부는 PCI카드를 제어하기 위한 디바이스 드라이버로 구성되어 있으며, RF저장 하드웨어를 제어하고 데이터를 가져오기 위한 제어부를 의미한다. 프로그램은 DLL형태로 제작이 되고 RF주파수 설정, 저장 및 재생 등의 작업을 수행하도록 한다.

신호 모니터부는 현재 저장되는 또는 재생되는 데이터에 대한 레벨 등의 정보를 제공하고 저장되는 데이터의 크기와 주파수 스펙트럼을 모니터링한다. 필요에 따라서 자동 레벨 제어를 수행한다.

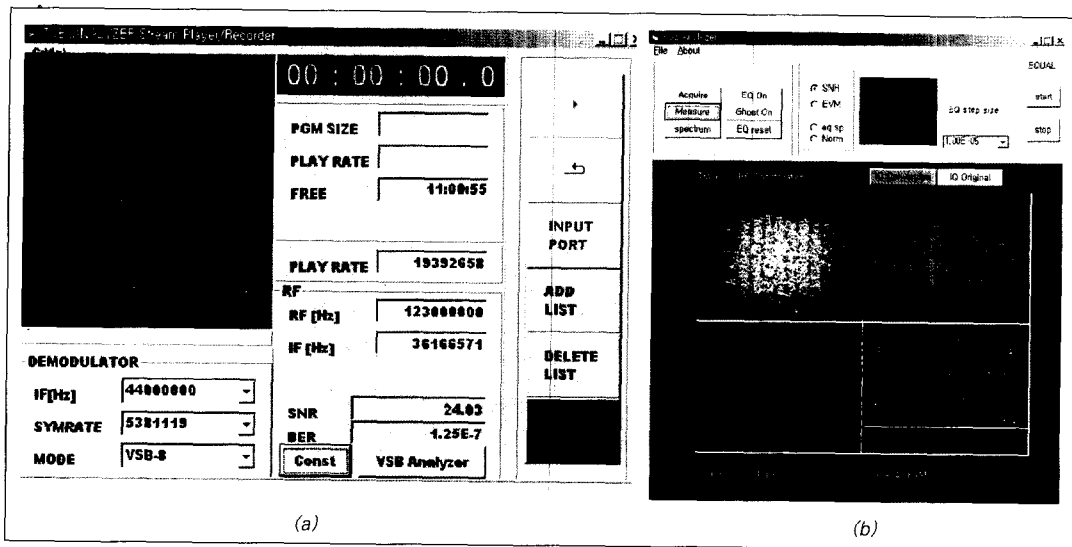
소프트웨어 복조부는 VSB신호를 복조하는 것으로 IF레벨의 신호를 베이스밴드로 복조하고 주파수, 위상 및 타이밍 동기를 수행한다. 등화기를 통해서 다중경로 성분의 분석도 수행한다. 필요에 따라서 H/W의 왜곡 성분을 보상하기 위한 보상 필터를 내장할 수도 있다. <그림 12>는 MATLAB 프로그램을 이용해서 IF복조를 수행하는 과정을 보여주



<그림 11> 저장시스템의 소프트웨어 구조



< 그림 12 > 소프트웨어 복조 시스템 구조



< 그림 13 > (a) 저장 및 재생 프로그램 (b) 분석 프로그램

고 있다.

신호 분석부는 저장된 데이터를 측정하기 위한 것으로 EYE 다이어그램, 성상도, EVM, S/N 등을

기록한다. 마지막으로 그림은 신호 분석 및 사용자 인터페이스로 재생 및 저장 프로그램과 이를 분석하는 분석 프로그램으로 구분된다.

## VI. 결론

지난해에 이어 지상파 디지털TV 방송의 전환이 본격적으로 이루어지고 있다.

또한 디지털 오디오방송과 디지털멀티미디어방송(DMB) 그리고 케이블TV의 디지털화도 급속히 진행되어 이제 디지털기술의 도입은 방송 전 분야에 걸쳐 확대되고 있다. 이제까지 디지털방송에 있어서의 전송기술의 동향을 전송성능개선과 신기술 동향에 대해 간략히 살펴보았으며 이를 바탕으로 향후 디지털 방송기술의 발전추세를 보면 미래의 방송은 여러 가지 면에서 현재의 방송과 다른 양태를 띄게 될 것이다.

우선 미래의 방송은 SFN기술 등의 도입과 수신기술의 발달로 언제 어디서나 방송의 시청이 가능하게 되고 기존의 방송국과 개념을 달리하는 시스템

의 개발과 도입이 이루어질 것이다. 아울러 새로운 변조기법의 개발과 보다 효율적인 부호화기술, 그리고 동영상에 대한 압축기법 등이 개발되면서 수요자들의 높아진 욕구를 충족시키기 위한 고품질영상과 다양한 서비스의 보급이 보편화될 것으로 예상된다.

그리고 통신과 방송의 융합은 더욱 가속화되어 방송은 통신의 성격과 영역으로, 통신은 방송의 성격과 영역을 닮아감으로써 중국에는 방송과 통신의 경계가 허물어지고 오직 수요자의 요구에 부응하는 미디어 정보 전달 시스템으로서의 역할을 수행하게 될 것으로 예측된다.

그 중에서 특히 디지털 전송기술은 이러한 변화의 기반기술로 작용할 것으로 생각되는 바 이와 관련된 기술의 개발과 도입에 더욱 박차를 가하여야 할 것이다.

### 참고 문헌

- (1) ATSC, "Guide to the Use of the Digital Television Standard," Advanced Television Systems Committee, Washington D.C., Doc A/54, Oct 4, 1995
- (2) ATTC, <http://www.attc.org/RFCapture.PDF>
- (3) Special Group on RF Transmission(T3/S9), Meeting Minutes
- (4) Interim Draft Annex Revision, RF/Transmission Systems Characteristics, S091-R3, Feb. 2003.
- (5) DTV RF 저장 시스템 개발 최종 연구보고서, 2003년 4월, 한국방송 기술연구소, (주)텔레뷰

### 필자 소개



#### 목 하 군

- 1976년~1980년 : 서울대학교 전기공학과(B.S.)
- 1980년~1982년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(M.S.)
- 1992년~1995년 : 무궁화 위성(Koreasat) 탑재체(payload) 현장훈련 파견연수(영국, 미국)
- 1991년~2000년 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과(Ph.D.)
- 1982년~현재 : 한국방송 기술연구소, 차장(선임연구원)
- 주관심분야 : 지상파 디지털TV 방송 시스템, RF 및 위성 시스템, 위성 방송