특집논문-03-08-2-03

DTV RF 신호 저장 및 재생 시스템의 개발

서 영 우*, 목 하 균*, 권 태 훈*, 임 재 원**

Development of a DTV RF Capture and Regeneration System

Young-Woo Suh*, Ha-Kyun Mok*, Tae-Hoon Kwon*, Jae-Won Yim**

요 약

디지털 본 방송 실시 이후 디지털 방송의 수신 환경 및 수신성능을 개선하기 위해 다양한 실제 전파 수신 채널 환경에 대한 분석을 수행할 필요성이 높아지고 있다. 본 논문에서는 디지털 신호처리 기법과 고속의 하드디스크 저장 기술을 이용하여 지상파 DTV의 RF신호를 실시간으로 저장 및 재생하는 시스템을 설계, 제작하고 그 성능을 분석하였다. 개발된 시스템은 DTV RF 수신 신호를 하드디스크에 실시간으로 저장 및 재생하기 때문에 특정지역의 실제 전파 수신환경을 매번 측정, 분석하는 번거로운 작업을 없앨 수 있을 뿐만 아니라 기존 수신기로 수신이 곤란한 지역들의 채널 환경을 저장하거나 특정 RF 신호 패턴을 저장하고 이를 실험실에서 반복적으로 재생함으로 DTV 수신기의 성능을 측정하거나 각 지역의 채널 환경을 분석하는데 효율적으로 활용될 수 있을 것이다.

Abstract

To investigate the DTV coverage especially in downtown areas and improve the performance of DTV receivers, it is necessary to capture the receiving DTV signals that contain the complex characteristics of the real-world RF environments and regenerate them in a laboratory without the performance degradation. In this paper, we developed a DTV RF capture and regeneration system adapting digital signal processing and high speed hard disk storage techniques and analyze its characteristics. The system can capture and replay the DTV RF signals based on a real-time condition in a hard disk. There is no time limit for capturing RF data within the installed storage capacity. We can expect various possible applications for this system such as a tool for the development of the receiver performance analysis, design and analysis for the DTV coverage areas, etc.

I. 서론

ATSC방식[1]의 디지털 TV 본 방송 실시 이후 디지털 방송의 수신 환경 및 수신성능을 개선하기 위해 다양한 실제 채널 환경에 대한 분석을 수행할 필요성이 높아지고 있다. 이러한 채널 조사는 주로 학계, 방송계, 업계 등의 공동 또는 단독 필드테스트를 통해서 조사와 실험이 이루어지는데 측정 시기와 방법에 따라 동일 지역이라도 측정 결과가 상이하여 DTV수신 환경 및 수신 장비의 성능에 대해 객관적으로 규명하기가 곤란하였다[2].

따라서, 실제 수신 채널 환경 분석을 매번 필드테스트를 통해 행하지 않고 동일한 환경을 실험실에 구현하여 보다 편리하고 객관적으로 RF 신호 측정이 가능하도록 하는 방법에 대한 필요성이 대두되고 있다.

이 중 최근 주목받고 있는 기술이 실제 RF 신호를 저장하여 재생하는 기술이다. 특히, 메모리 가격의 큰 하락은 계

* 한국방송 기술연구소
Korean Broadcasting System. Technical Research Institute

** (주)텔리뷰
Teleview Co., LTD.

측기나 PC에 대용량 고속 메모리의 탑재가 가능하게 하였으며 이를 토대로 실시간 RF데이터를 A/D(Analog to Digital)변환하여 저장하는 기술을 채택한 계측기가 늘고 있다. 미국 ATTC(Advanced Television Technology Center)에서는 이러한 장비를 이용하여 2000년 6월부터 약 24초 분량의 DTV신호를 저장하는 프로젝트를 워싱턴 지역 약 30지점에서 수행하였다[3].

그러나, 현재 사용되는 대부분의 장비들은 메모리를 이용한 저장만 지원하며 저장 능력이 최대 1 GB(Giga Byte)정도로 제한된다. 또한 고가의 계측 장비를 구매해야 RF저장 기능을 일부 이용할 수 있는 문제점이 있다.

이러한 문제를 해결하기 위해, 본 논문에서는 하드디스크를 이용한 고속의 데이터 저장기술과 A/D변환기 및 디지털 신호처리를 통한 열화 없는 RF대역폭 보존 기술을 사용하여 최대 저장용량을 하드디스크 용량만큼으로 늘릴 수 있는 기술을 제안한다.

개발된 RF저장 시스템의 주요 기술은 크게 하드웨어의 개발과 관련 소프트웨어의 개발로 나눌 수 있는데 하드웨어는 수신안테나로부터 입력된 RF 신호를 44MHz의 IF 로 변환하는 Down-converter부분과 IF 신호를 A/D하는 부분, 그리고 신호를 실시간으로 하드디스크에 저장하는 부분 및 저장된 파일을 관리하는 부분으로 나눌 수 있다. 그리고 소프트웨어는 하드웨어를 제어하고 데이터를 교환하기 위한 하드웨어 인터페이스 부분, 데이터 저장 및 재생을 조작하기 위한 사용자 인터페이스 부분 및 실시간으로 수신, 저장된 DTV 신호의 성능을 분석하기 위한 DTV신호의 소프트웨어 분석 부분으로 구성된다.

제안된 RF 저장 및 재생 하드웨어는 일반 PC시스템 환경에서 PCI카드 형태로 구현되어 PC의 자원을 최대한 활용함과 동시에 개발 및 사용에 있어서 편리함을 도모하였다.

Ⅱ. RF 신호의 저장 및 재생

1. 기존의 RF신호 저장장치

1.1 ATTC의 RF신호 저장장치

ATTC에서 제작한 DTV RF저장장치는 실험실에서의 실제 RF 조건의 테스트환경을 구축하여 수신기의 개발 및 성능개선을 돕기 위한 것으로 RF 복조 및 저장 시스템(그림 1)과 재생 시스템으로 구성된다.

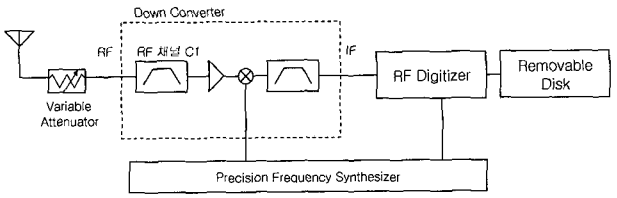


그림 1. ATTC의 RF 복조 및 저장 시스템 구성도

입력되는 RF신호는 가변 감쇠기와 튜너를 거쳐 IF 주파수로 내려진 후 RF 디지타이저에서 디지털 데이터로 샘플링 된다. 샘플링 데이터율은 21.52MHz로 심벌 주파수의 2배이다. 별도의 분석 프로그램을 이용하면 24 μsec 마다의 PN 시퀀스의 정보를 auto-correlation 함으로써 대역내의 멀티패스 성분을 검출 할 수 있다. 또한 별도의 재생 장비를 통해 원하는 대역으로 RF신호를 재생한다. ATTC 장비는 수신부 자체의 왜곡을 최소화하였으며 밴드패스 필터의 정교함이 장점이다.

저장 용량은 1GB정도로 RF디지타이저의 메모리에 1차로 저장된 후 테이프 드라이브에 재 저장하게 된다. 저장된 데이터의 스펙트럼은 그림 2와 같다. 중심주파수는 샘플링 주파수의 1/4인 5.38MHz이다.

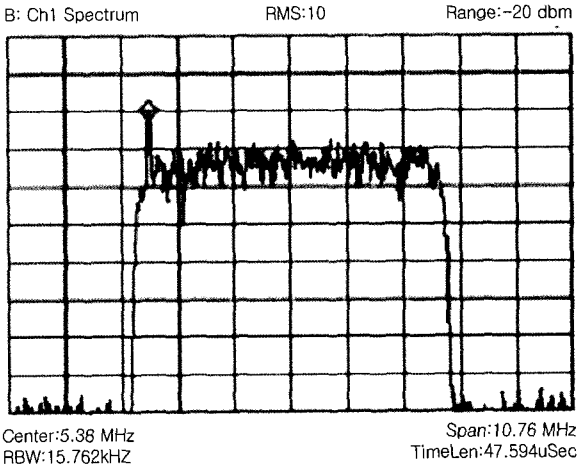


그림 2. ATTC 시스템에 저장된 신호의 스펙트럼

1.2 상용계측기를 이용한 RF신호 저장장치

상용 계측기에서는 각 제조사마다 고유의 데이터 저장 방법을 채택하고 있다. 대표적인 벡터 신호 분석장비인

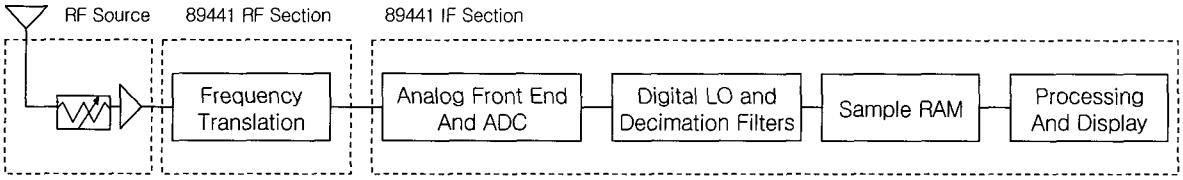
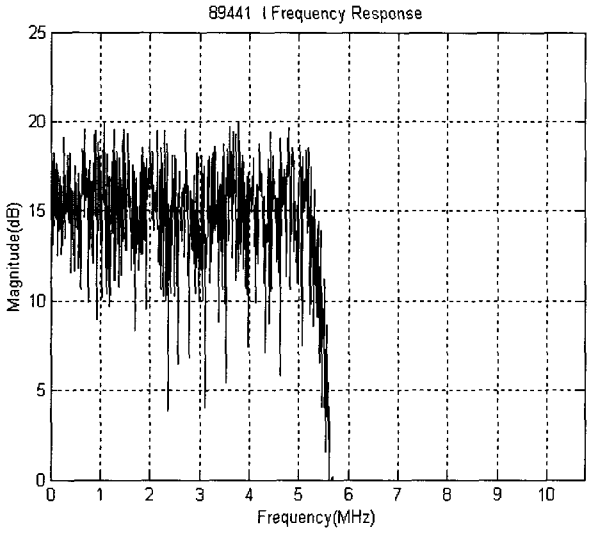
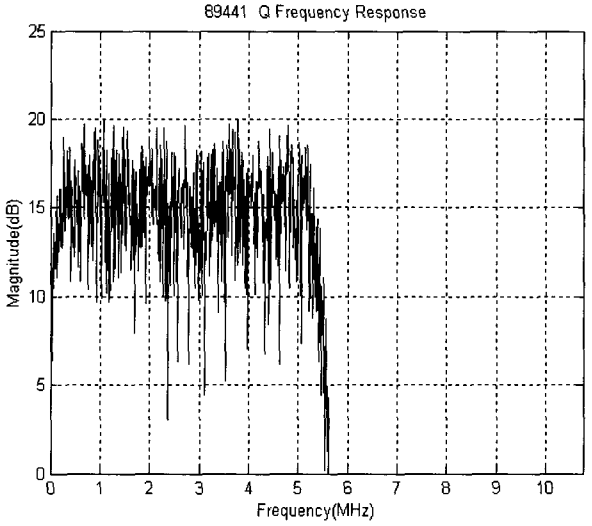


그림 3. 89441V의 RF 저장 장치 구조도



(a) I 채널



(b) Q 채널

그림 4. 89441V 저장 신호

Agilent사의 89441V장비[4]의 경우 그림 3에서와 같이 주파수 변환 및 A/D과정을 통해서 샘플링된 신호를 디지털 복조한 후 기저대역에서 I, Q신호 각각을 저장(time capture)한다. 계측기의 경우 사용자가 설정한 주파수 범위(span), 주파수 해상도 대역폭(resolution bandwidth) 그리고 심볼 당 포인트 수(point per symbol) 등에 의해 임의 대역의 신호를 저장하기 위한 샘플링 주파수 등 저장 파라미터가 결정된다. 특히 디지털 복조 신호를 저장할 경우 정합 필터(matched filter)와 같은 측정 필터를 적용한 후 저장이 가능하다. 저장 용량은 확장 메모리 옵션에 따라 달라진다[5].

89441V이후에 출시된 89640의 경우는 별도 옵션을 설치할 경우 1GB까지의 저장이 가능하다[6].

그림 4에서는 심볼당 2 포인트로 저장된 신호(샘플링 주파수 21.52MHz)의 I,Q 각각의 주파수 응답특성을 보여준다. 중심주파수는 2.69MHz이며 기저대역의 0Hz점에 파일롯이 위치한다.

2. 제안된 RF 신호 저장장치

2.1 하드웨어 구조

본 연구에서 제안한 RF저장 및 재생 장치의 구조는 〈그림 5〉와 같다.

RF신호는 별도로 제작된 정밀 주파수 변환기(precision frequency down converter)를 통해 IF로 변환된다.

IF단으로 입력된 신호는 바로 A/D 변환기를 통해 디지털 신호로 변환되므로 아날로그 소자에 의한 신호의 왜곡을 최소화하였으며 별도의 왜곡보상 필터를 내장하여 잔존하는 신호의 왜곡을 보상한다. 특히, IF신호의 디지털 변환을 위해 사용하는 A/D변환기의 주파수를 64.57MHz의 상대적으

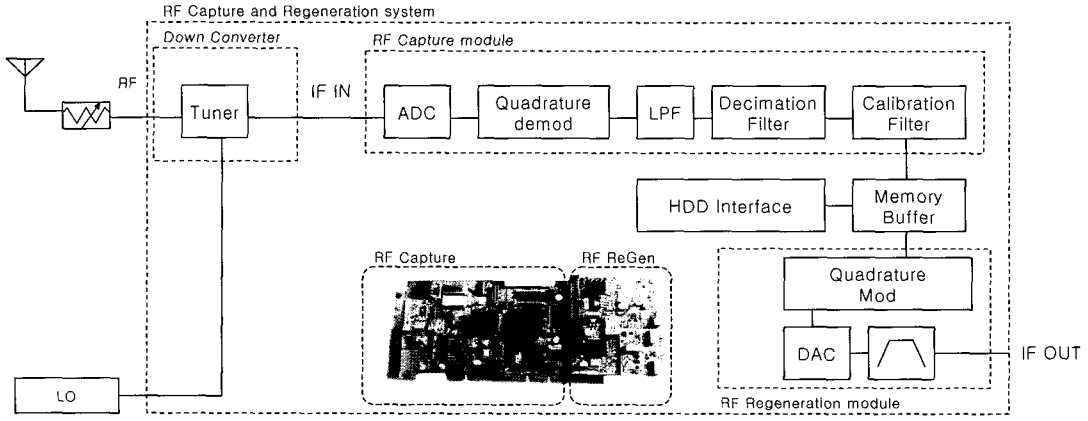


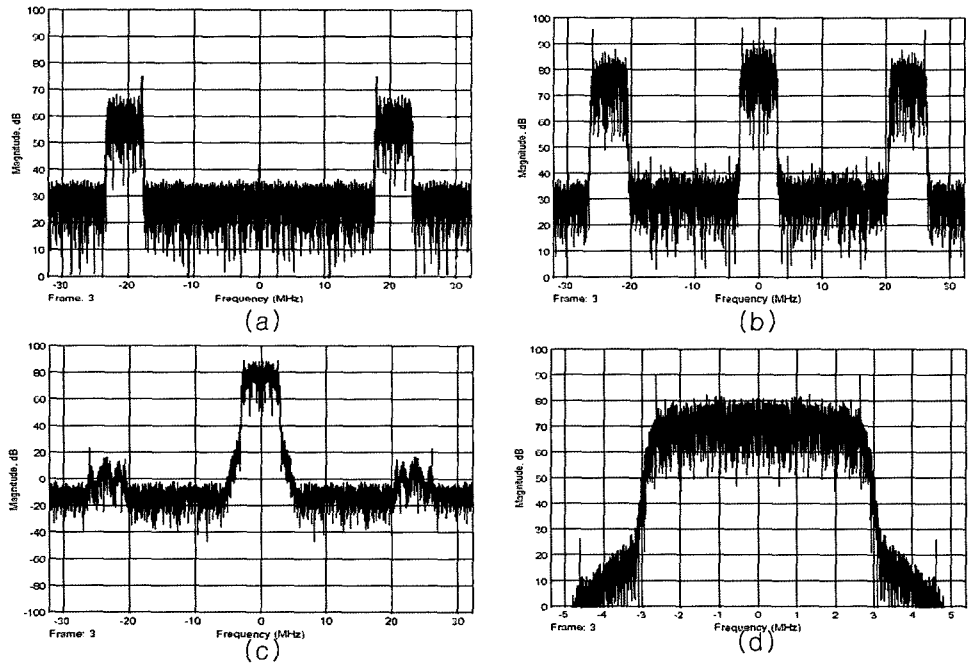
그림 5. 제안된 RF저장 및 재생 장치 하드웨어 구조

로 낮은 주파수를 사용함으로써 시스템의 효율을 높였다.

이론적으로 IF로 입력되는 신호를 간섭(aliasing)없이 바로 A/D하기 위해서는 IF주파수 44MHz의 2배 이상의 주파수가 필요하나 입력 신호를 적절하게 대역 제한함으로써 64.57MHz의 샘플링 주파수로 A/D변환기를 통해 44MHz대역의 IF 데이터를 직접 샘플링 한다.

이렇게 샘플링된 데이터는 측정 신호 대역의 중심이 원점에 오도록 디지털 영역에서 I-Q 복조를 수행 한 후 샘플링 레이트를 10.76MHz로 낮추어(decimation) 메모리 버퍼를 거쳐 저장된다.

최종적으로 저장되는 신호는 중심주파수가 DC(0 Hz)에 위치하며 각 I, Q신호는 중첩된 형태로 존재한다. 〈그림 6〉은



(a) A/D 변환 후 (b) I-Q 복조 후 (c) LPF통과 후 (d) decimation 후
그림 6. RF저장장치의 각 부분에서의 주파수 응답 특성

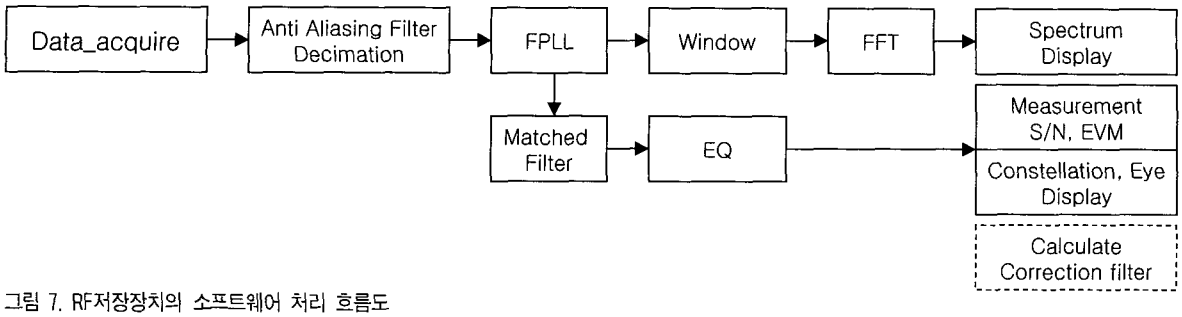


그림 7. RF저장장치의 소프트웨어 처리 흐름도

RF저장장치의 각 부분에서의 주파수 응답특성을 나타낸다.

개발된 시스템은 저역통과필터(LPF)의 대역폭에 따라 적어도 8MHz대역폭까지의 신호를 저장할 수 있다.

저장하는 매체는 내장된 DRAM의 메모리용량 범위에서 메모리에 버퍼링 및 저장이 가능하며(보통 4GB 이하) 하드디스크에 저장함으로써 하드디스크 용량까지 실시간으로 저장이 가능하다.

또한, I-Q 변복조 과정을 디지털 신호처리함으로써 보다 더 정밀한 주파수의 합성과 I,Q 신호의 레벨 차이에 의한 오류를 최소화하였다. 특히 기저대역에서 보정 필터(calibration filter)를 내장하여 LPF의 응답특성에 의한 오류와 시스템의 선형 왜곡을 보상한다.

이렇게 저장된 I, Q 신호는 총 데이터율이 344Mbps(I, Q 두 채널, 각 채널 당 16비트 10.76MHz 샘플링 데이터율)이다. 이 들 RF신호는 고속 PCI 인터페이스 장치를 통한 실시간 하드디스크 인터페이스에 연결되어 하드디스크에 실시간으로 저장된다. 또한 저장된 신호의 활용을 위해서 RF재생기능을 추가로 구현하였다. RF재생기능은 I-Q 변조 기능을 통해 구현한다. 제안된 시스템에는 RF저장장치의 복조부와 주파수 동기 기능을 갖춘 I-Q 변조장치를 추가하였다. 복조 및 변조 주파수는 PLL에 의해서 동기를 맞춘다. 사용된 I-Q 변조장치는 상용 I-Q 디지털 변조 모듈[7]을 응용하여 구현하였으며 최종 출력은 A/D변환된 IF 대역의 아날로그 신호이다. 출력단에는 현재 ATSC의 방송채널에 맞도록 6MHz의 대역제한필터가 내장되어있다. 이와 같은 과정을 통해서 저장된 신호를 IF대역에서 그대로 재현 할 수 있다.

제안된 시스템의 특징은 기저 대역이 아닌 IF레벨에서 디지털 신호로 변환하여 복조, 저장 및 변조 등 대부분의 신호처리를 디지털 영역에서 수행함으로써 기존에 아날로그 회로에서 발생할 수 있었던 왜곡 등 오류의 발생 소지를 최소화하였다는 점이다.

또한 주파수 영역에서 기저대역의 원점을 중심으로 신호 파형이 분포하므로 대역통과필터(BPF)가 아닌 저역통과필터(LPF)를 이용한다. 따라서, 적은 탭 수의 디지털 필터로도 용이하게 채널외 신호의 대역제한이 효과적으로 가능하게 되어 하드웨어의 복잡성과 선형 특성을 크게 개선하였다.

2.2 소프트웨어 구조

개발된 RF저장장치는 저장 및 재생 기능 뿐 아니라 자체 RF분석기능을 포함하고 있다.

이를 구현하기 위해서 저장된 신호에 대해서 스펙트럼 등 주파수 응답 특성 분석 및 8-VSB 디지털 복조를 수행한다.

이를 통해, 성상도와 Eye diagram 등의 화면 표시 뿐 아니라 8-VSB 측정 파라미터 계산 절차[8]에 따라 S/N(Signal to Noise Ratio), EVM(Error Vector Magnitude) 등을 측정할 수 있다.

또한 수신부의 왜곡을 보상하기 위한 보상 필터 계수를 계산하여 아날로그 입력단의 S/N 개선에 활용한다.

Ⅲ. 측정결과

1. 측정 개요

개발된 시스템의 성능을 측정하기 위하여 그림 8과 같이 측정 시스템을 구성하였다. RF소스로는 TS 스트리밍 서버(Adherent)를 통한 DTV 변조기의 IF출력과 옥외 안테나를 통한 On-Air 신호 등 두 가지 경우에 대해 측정을 수행하였다. RF저장장치의 입력은 IF일 경우 직접 입력하고, RF입력에 대해서는 채널 변환기(channel down converter)

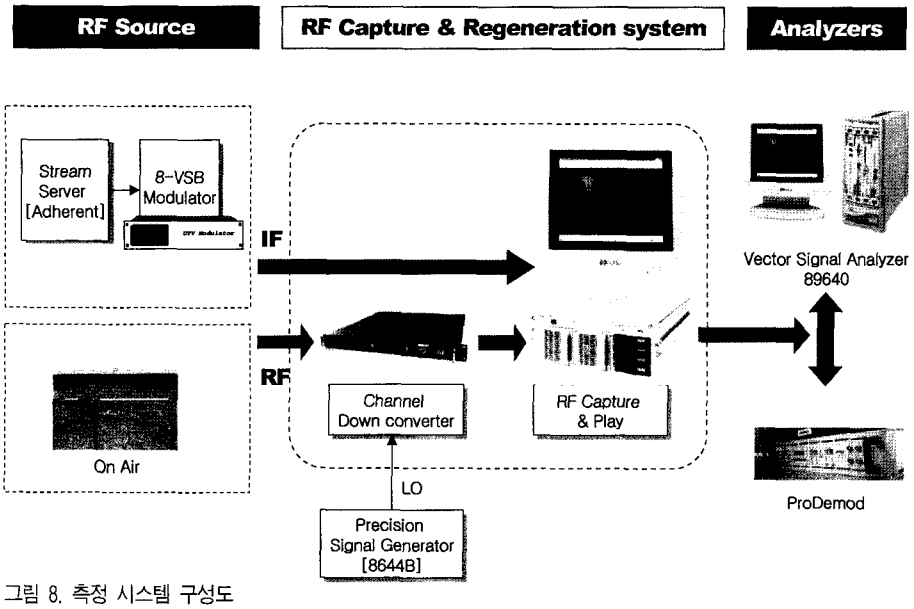


그림 8. 측정 시스템 구성도

를 이용하여 IF로 변환하여 입력하였다.

IF 입력 소스로 사용된 변조기는 KBS-LG전자에서 공동 개발한 장비로 현재 관악산 및 남산 송신소에서 사용되고 있는 Starcast 모델이다.

표 1. 각 측정장비의 특징

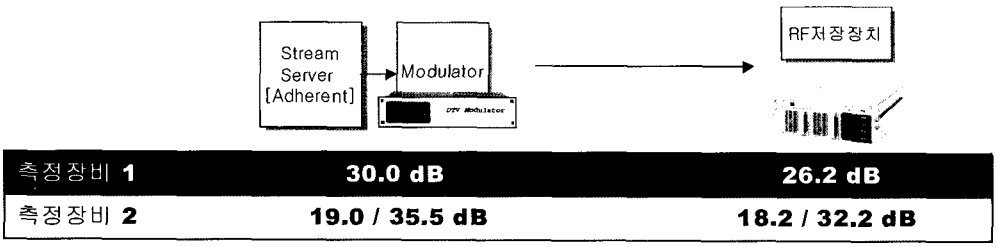
측정기	주요기능
벡터신호 분석기 89640 VSA (Agilent)	스펙트럼 측정, Constellation, Eye Diagram, S/N, EVM 등 측정
업무용 수신기 ProDemod (Zenith)	VSB Decoding(TS출력), Segment Error 측정, S/N before/after EQ(Equalizer)

측정장비는 Agilent사의 벡터신호분석기(Vector Signal Analyzer, 89640 VSA)와 제니스사의 2세대 수신기인 ProDemod를 이용하였다.

2. [측정 A] DTV 변조기(modulator)를 IF소스로 하여 측정

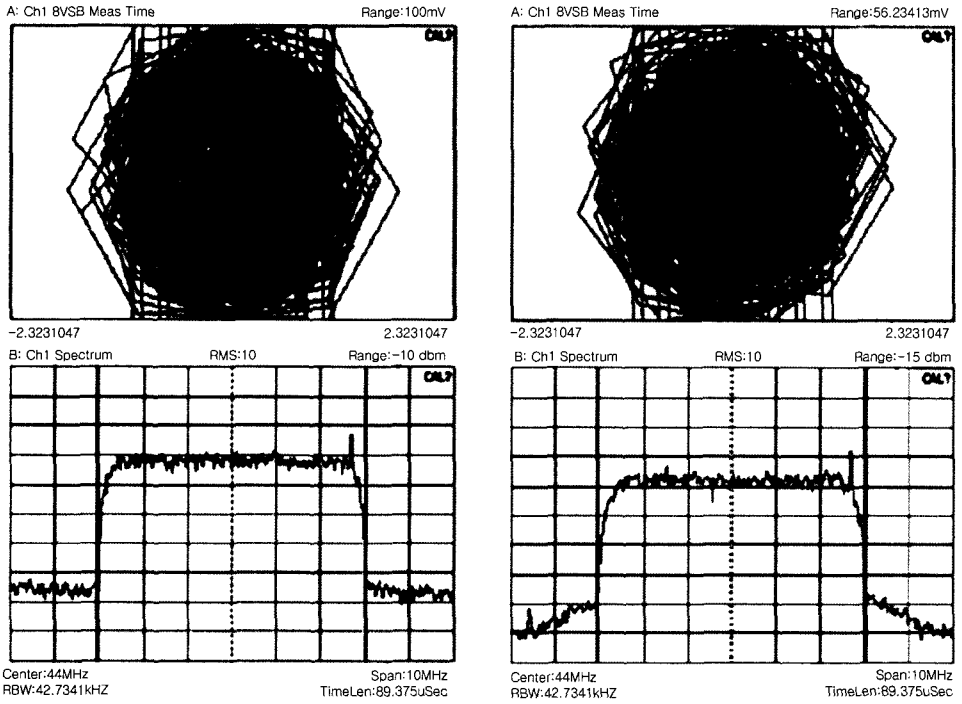
DTV 모듈레이터는 SMPTE310 TS입력을 받는다. 이를 위해 비디오 소스로는 Adherent사의 Stream Server를 사용해서 약 1시간 분량의 비디오를 재생했다.

DTV 모듈레이터는 선형/비선형 왜곡보상이 가능한 모델로 이를 수행할 경우 S/N은 적어도 35dB이상 가능하나 실험에서는 기본 모드(factory default)로 사용하였다.



주) 측정장비 1. 89640VSA S/N측정결과 (EQ 사용안함)
측정장비 2. Zenith ProDemod S/N (Before EQ / After EQ)측정결과

그림 9. [측정 A] 시스템 구성 및 측정결과 요약



(a) Modulator input (b) RF Capture & Player output

그림 10. 변조기 신호와 RF저장장치의 재생 신호 측정 결과 비교

측정결과 VSA에서는 RF재생장치에서 3.8 dB의 S/N의 성능저하를 보였다.

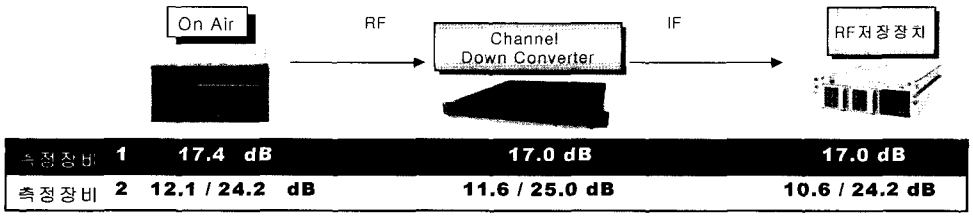
ProDemod를 통한 측정에서는 EQ 전단의 S/N측정에서 RF재생장치에서 0.8 dB의 신호 왜곡을 보였다.

EQ 후단의 S/N측정에서 RF재생장치에서 3.3 dB의 신호 왜곡을 보였다.

수신기를 이용한 측정에서 EQ전단의 S/N보다 EQ를 지난 후 S/N의 비교에서 약 2dB가량 성능이 더 떨어진 이유는 우선 EQ전단의 S/N은 이미 측정치가 낮아 크게 의미가 없는 값이기 때문이다. 다만, EQ 후단의 측정의 경우 EQ로 개선할 수 있는 RF저장장치의 선형적인 에러는 보정이 되기는 하나 S/N의 개선에 있어서 어느 정도 한계가 있는 것으로 여겨진다.

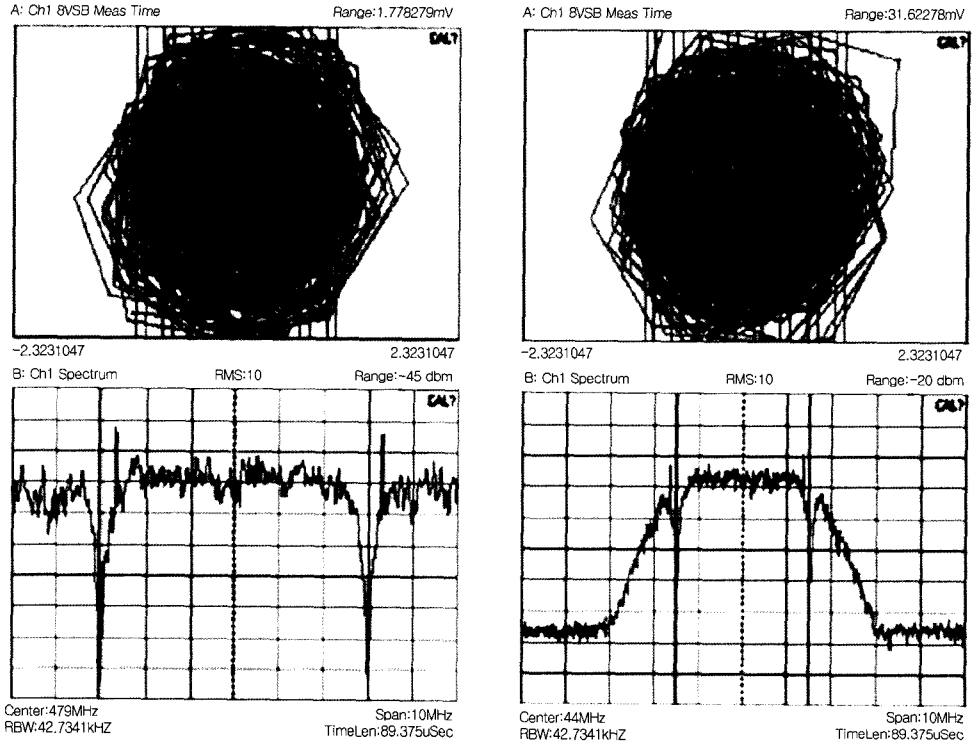
3. [측정 B] On-Air 신호를 RF소스로 하여 측정

On-Air RF신호는 KBS 연구동의 5층 옥상에 세워진



주) 측정장비 1. 89640VSA S/N측정결과 (EQ 사용안함)
측정장비 2. Zenith ProDemod S/N(Before EQ / After EQ)측정결과

그림 11. [측정 B] 시스템 구성 및 측정결과 요약



(a) RF Input (b) RF Capture & Player output

그림 12. On-Air RF 입력 신호와 RF저장장치의 재생 신호 측정 결과 비교

UHF안테나를 통해서 관악산의 신호 (채널 15; 중심주파수 479 MHz)를 수신하였다.

이 때 수신신호에는 인접한 5개의 DTV 신호가 채널 14 ~ 18번에서 존재한다.

수신 결과 VSA에서는 채널 Down converter에서 약 0.4dB , RF재생장치에서 0 dB의 신호 왜곡을 보였다.

ProDemod를 통한 측정에서는 EQ 전단의 S/N측정에서 채널 Down converter에서 약 0.5dB , RF재생장치에서 1 dB의 신호 왜곡을 보였다.

EQ 후단의 S/N측정에서 채널 Down converter에서 약 0.8 dB개선이 되었고 , RF재생장치에서 0.8 dB의 신호 왜곡을 보였다.

Down Converter에서 신호의 S/N이 좋아진 이유는 측정을 수행하는 업무용 수신기 ProDemod에서 사용하는 RF튜너가 이번에 RF저장장치에서 설계되어 사용된 Down Converter에 비해 성능이 떨어지기 때문이다.

RF저장 및 재생 장치의 출력에서 출력단에 포함된 대역제한 필터에 의해 인접 채널 신호가 대역제한 되어 있는 모습을 확인할 수 있다.

4. 측정결과검토

앞에서의 측정결과에서 보면 89640VSA를 사용하여 S/N을 측정하였을 때 변조기를 입력 소스로 하는 경우[측정 A]에 개발된 저장장치를 통해 재생한 신호의 열화가 더 심한 것을 알 수 있다. 반면 두 가지 측정 모두 업무용 수신기로 측정했을 때는 EQ 전후단 모두 약 1~3dB가량의 열화만 보여 대조를 이루고 있다.

제작한 하드웨어의 성능에 영향을 줄 수 있는 원인에는 다음과 같은 것이 있다.

PC 자체에서 발생하는 노이즈, 아날로그 소자(필터, 믹서, 앰프 등)에서 발생하는 선형 및 비선형 왜곡, A/D변환기의 입력 레벨에 따른 양자화 오류값의 영향과 ADC자체의 샘플링 오류[9] 등이다. 이들에 의한 영향

은 시스템에 기본적인 노이즈 성분이 어느 정도 발생하도록 하여 출력 신호의 최대 S/N에 제약을 가져온다. 따라서, 높은 S/N의 신호일수록 이러한 영향을 상대적으로 더 많이 받는다고 볼 수 있다. 반면, 측정 결과에서 알 수 있듯이 적어도 낮은 S/N의 일반 수신환경에서 수신기의 동작을 시험하는데는 크게 문제가 없는 것으로 여겨진다.

특히, 일반적인 DTV 수신기는 입력되는 신호에 대해 주파수, 위상, 타이밍 동기 및 등화(equalizing) 등을 수행하므로 주파수 오프셋 및 아날로그 페시브 소자에 의한 선형왜곡은 보정이 가능하다. 따라서 RF 저장 시스템에서 발생하는 주파수 오프셋 등 왜곡 성분은 충분히 적응하여 수신 가능하며 이는 측정을 통해서 검증되었다.

On-air 수신 신호에 대한 측정 결과에서는 수신할 당시의 다중 경로 성분 및 페이딩 등 채널 특성이 그대로 재생되고있음이 확인되어 향후 실제 RF신호에 대한 각종 테스트에 매우 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다

Ⅳ. 결 론

본 연구를 통해서 실제 디지털방송의 RF 수신환경을 실험실에서 그대로 구현하기위한 RF 신호의 실시간 저장이 국내에서도 가능하게 되었다. 특히 하드웨어를 PC 기반의 시스템을 이용하여 구현함으로써 데이터의 저장효율을 높이고 분석 소프트웨어를 함께 개발함으로써 한 시스템 내에서 저장 및 측정이 동시에 가능해졌다. 특히, 고속의 하드디스크 인터페이스를 갖춘 서버급 PC를 사용함으로써 하드디스크의 용량만큼 RF신호를 저장할 수 있도록 하여 RF 저장 신호의 활용을 극대화 할 수 있게 되었다. 또한, 대역 저장 방식을 택하였으므로 저장할 수 있는 매체는 ATSC 방식에 한정되지 않고 8MHz 대역폭 이내의 어느 신호도 (DVB-T, ISDB-T, DAB 등) 저장 및 재생이 가능하여 활용도가 매우 높다.

이 장비의 개발을 계기로 다양한 채널환경에 대한 실험실에서의 심층적인 분석이 가능하게 되어 향후 디지털 방송 수신 환경개선 연구에 크게 기여하리하고 기대된다.

추후 연구 과제로는 현재까지 개발된 시스템의 성능 향상 즉 S/N 및 RF 특성 개선 등의 보완이 필요하다. 특히, 시스템의 정밀도를 높이기 위한 자체 왜곡 보상(corrector) 기능을 좀 더 개선할 필요가 있다.

그와 동시에 저장된 디지털 RF 신호의 재생을 위한 충실도가 높은 전용재생장치와의 통합기능과 시스템의 활용 범위를 확대하기 위해 QAM, QPSK 등의 디지털 분석기능이 추가된 소프트웨어 RF 분석기능의 추가적인 개발도 필요하다고 사료된다.

참 고 문 헌

[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] 실험방송전담반, "지상파 DTV 테스트베드 구축지원에 관한 연구 최종결과보고서", 2000. 8

[3] ATTC, http://www.attc.org/RFCapture.PDF

[4] Agilent, "89441V Data Sheet," http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5966-0437E.pdf

[5] Agilent, "Time-Capture Capabilities of the Agilent 89400 Series Vector Signal Analyzers," http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5091-8686E.pdf

[6] Agilent, "89640 Vector Signal Analyzers," http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5988-7811EN.pdf

[7] Teleview, http://www.teleview.co.kr/product/board140.html

[8] Tektronics, "8-VSB Measurements using the RFA300," ttp://www.tek.com/Measurement/App_Notes/25_14230/25W_14230_0.pdf

[9] Agilent, "The Dynamic Range Benefits of Large Scale Dithered Analog to Digital Conversion in the HP89400 Series VSAs," http://cp.literature.agilent.com/litweb/pdf/5091-7668E.pdf

저 자 소 개

서 영 우

- 1991년~1995년 : 서울대학교 제어계측공학과 (B.S.)
- 1995년~1997년 : 서울대학교 제어계측공학과 (M.S.)
- 1997년~2003년 현재 : 한국방송 기술연구소 연구원
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털 방송 시스템, 멀티미디어 서비스

목 하 균

- 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 ~ 2003년 현재 : 한국방송 기술연구소, 차장(선임연구원)
- 주관심분야 : 지상파 디지털TV 방송 시스템, RF 및 위성시스템, 위성 방송

권 태 훈

- 1992년 ~ 1996년 : 고려대학교 전파공학과 학사
- 1996년 ~ 1998년 : 고려대학교 전파공학과 석사
- 1998년 3월 ~ 2003년 현재 : 한국방송 기술연구소
- 주관심분야 : 디지털 신호처리, 디지털 방송 시스템, MPEG, 멀티미디어 서비스

임 재 원

- 1981년 ~ 1985년 : 서울대학교 전자공학과(B.S.)
- 1985년 ~ 1987년 : 서울대학교 전자공학과(M.S.)
- 1991년 ~ 1995년 : Iowa 주립대학교(Ph.D.)
- 1988년 ~ 1991년 : 한국통신 연구개발본부
- 1995년 ~ 1997년 : 현대전자
- 1997년 ~ 1999년 : 인테그라 텔레콤
- 1999년 ~ 2003년 현재 : (주)텔리뷰 사장
- 주관심분야 : 디지털 신호 처리, 디지털 방송 시스템, MPEG, 디지털 계측 장비