DBpia

論 文

RDS 부호화기에서 메모리를 이용한 디지틀 파형 여파기의 설계

準會員 宋 瀅 圭* 正會員 金 翰 鍾* 正會員 洪 大 植* 正會員 康 昌 彦*

Design of the Digital Waveform Filter Using the Memory in the RDS Encoder

Hyoung Kyu Song*, Han Jong Kim*, Dae Sik Hong*, Chang Eon Kang* *Regular Members*

要 約

디지틀 통신 시스템에서는 미리 정해진 모양의 파형을 발생시키는 것이 필수적이다. 이를 위하여 본 논문에서는 방송계 뉴 미디어 시스템인 RDS(Radio Data System)의 부호화기에서 파형 정형의 한 방법으로 메모리의 Look-up 테이블을 이용하여 기존의 아날로그 여파기보다 효율적인 디지틀 파형 여파기를 구현하는 한편, 수신단에서는 전송한 데이터가 에러없이 정확히 복원 가능함을 보인다.

디지틀 파형 여파기를 구현하기 위하여 파형 여파기의 제어 알고리즘을 설계하고, IC화를 목표로 discrete 소자를 이용하여 구현하였다. 또한 RDS의 송수신단 전송 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 디지틀 파형 여파기의 타당성을 입증하였다.

ABSTRACT

A common requirement in digital communication systems is the generation of prescribed shape. The purpose of this paper is implement an efficient digital waveform filter by using the look-up table in the RDS(Radio Data System) encoder. And it has been shown that transmitted data can be recovered without an error.

In order to implement an efficient waveform filter, the control algorithm is designed. For the purpose of composing an IC, the digital waveform filter is implemented by using the discrete elements.

Moreover in this paper it has been proved that the proposed digital waveform filter can be applied to the RDS encoder.

I. 서 론

FM(Frequency Modulation) 다중 방송은 현재 실시 중인 TV의 음성 다중 방송이나 문자 다중 방송과 비슷한 것으로 기존의 FM 주파수에 방송 신호외에 음성 신호, 데이터 신호등을 부가 송출하는 방송 통신 방식이다.

FM 다중 방송의 한 방식인 RDS(Radio Data System)는 1988년 영국에서 처음 실시된 후 유럽 각국

*延世大學校 電子工學科
Dept. of Electronics, Yonsei University
論文番號 : 93-62

www.dbpia.co.kr

으로 확산되고 있으며 서비스도 특정 프로그램 선택, 데이터 중계, 라디오 텍스트, 무선 호출등으로 다양해지고 있다.

우리나라에서도 포화 상태에 이른 방송 주파수의 운용 효율을 극대화하고 방송 전파를 이용 다양한 서비스를 제공하기 위해 1992년 시험 방송을 거쳐 1993년에 FM 다중 방송을 실용화 할 계획이다[1,9].

다른 디지틀 통신 시스템에서와 마찬가지로 RDS의 송신단에서도 기저 대역의 신호를 만들기 위하여 정해진 모양의 파형을 발생시키는 것이 필수적이다.

따라서 본 논문에서는 RDS의 부호화기에서 정해진 모양의 파형을 발생시키기 위하여 기존의 아날로그 여파기 보다 효율적인 메모리를 이용한 파형 여파기를 구현한다. 한편, 송수신단 전송 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 디지틀 파형 여파기의 타당성을 입증한다.

Ⅱ. RDS 정보와 형식

RDS는 디지틀 데이터 전송을 위해 VHF/FM 라디오 방송 수신 범위인 87.5-108 MHz 대역에 FM 신호상에 디지틀 데이터의 부반송파를 사용하여 DSB-SC(double sideband-suppressed carrier)로 변조시켜 다중화 한다. 또한 데이터 신호의 전력은 부반송파 57kHz 중심 주파수에 가능한한 근접시켜, 변조된 데이터와 스테레오 복호기(decoder)와의 누화를 방지해야 한다. 데이터 신호는 부반송파에 실려 스테레오 부호화기(encoder)에서 스테레오 다중 신호에 더해진다. 그림 1은 라디오 데이터 부반송파를 보여주는 FM 신호 스펙트럼을 도시한 것이다[1,8,12].

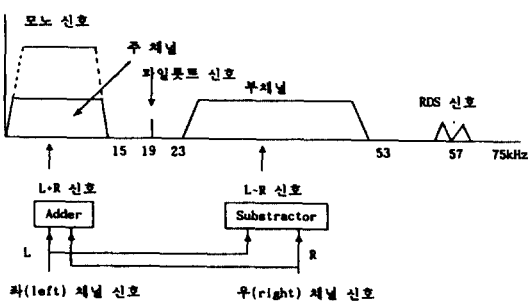

그림 1. FM 신호 스펙트럼
Fig. 1. FM signal spectrum

EBU 권고안에 의하면, RDS의 데이터 율은 1187.5 bps이다. 수신기에서 정확한 복조를 위하여 전송되는 데이터는 차동 부호화(differential encoding)된다.

57kHz 중앙 주파수에 인접한 데이터 신호 전력은 차동 부호화한 데이터를 biphase 신호로 부호화하여 줄이고 이렇게 부호화한 데이터는 저역 통과 필터를 통과시켜 변조한다. 전송되는 대역 제한 스펙트럼은 그림 2와 같다.

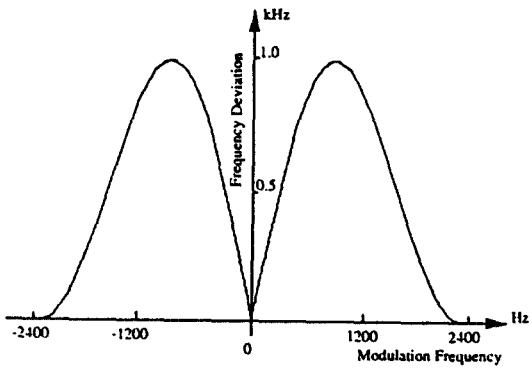

그림 2. 대역 제한 스펙트럼
Fig. 2. Band limited spectrum

Biphase 부호화된 라디오 데이터 신호의 스펙트럼, |U(f)|은 다음과 같다.

$$|U(f)| = \begin{cases} 2\sin(\frac{\pi f t_d}{2})\cos(\frac{\pi f t_d}{2}), \\ \qquad -2/t_d \le f \le 2/t_d \\ 0, \quad \text{otherwise} \end{cases} \quad (1)$$

여기에서, $1/t_d = 1187.5$ Hz

Biphase 심볼의 시간 함수, u(t)는 다음과 같으며 그림 3에 나타내었다.

$$u(t) = \pm\frac{3}{4}\cos(4\pi X)\left(\frac{1}{1/X-64X} - \frac{1}{9/X-64X}\right) \quad (2)$$

여기에서 $X = t/t_d = t * 1187.5$

RDS의 주요 특성을 살펴보면 표 1과 같다[10,11,13].

www.dbpia.co.kr

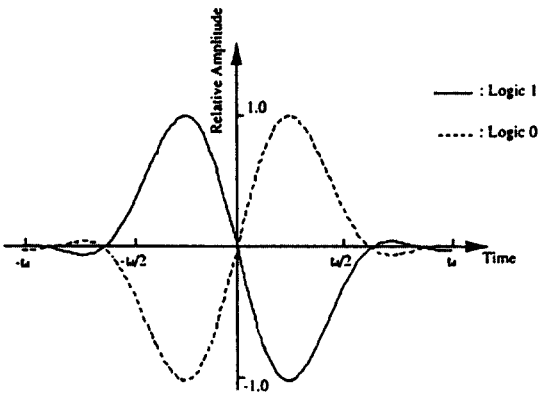

그림 3. biphase 심볼의 시간 함수
Fig. 3. Time function of biphase symbol

표 1. RDS의 주요 특성
Table 1. Characteristics of RDS

1. 부 반송파	: 57 kHz
2. 변 조	: DSB-SC AM
3. 비트율	: 1187.5 bps
4. 데이터 신호	: biphase
5. 주 FM 반송파 편이	: ±2 kHz
6. 데이터 구조	: 16비트의 정보어와 10비트의 체크어로 구성된 각 블럭이 4개로 구성되어 한 그룹 형성
7. 블럭과 그룹 동기	: 10비트 오프셋어를 체크 비트에 포함

Ⅲ. 송·수신 장치의 구성

1. 송신 장치와 기능

RDS의 데이터 신호들은 송신기 입력에서 스테레오 다중 신호에 더해지는 부반송파에 실리게 되는데 그림 4에 변조기 블럭도를 나타냈다.

수신기에서 부반송파를 재생하기 위하여 절대적인 위상 기준(reference)을 얻는 방법으로 차동 부호화를 적용한다. 57 kHz 인접 부분의 데이터 신호 전력은 누화를 야기할 수 있으므로, 이를 최소화하기 위해 57 kHz 중앙 주파수에 인접한 데이터 신호 전력은 차동 부호화된 데이터에 클럭 신호를 첨가하여 biphase 신호로 부호화한다. 이렇게 부호화한 데이터는 일종의 저역 통과 필터인 펄스 쉐이핑 필터(pulse shaping filter)를 통과시키고, 57 kHz 부반송파에 변조된다[1].

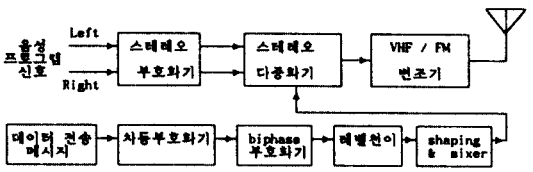

그림 4. RDS 변조기
Fig. 4. RDS modulator

2. 수신 장치와 기능

RDS가 VHF /FM 수신기의 다른 부분과 결합될 경우의 수신기를 그림 5에 나타냈다. 부호화기는 FM 변별기의 출력인 다중신호를 입력으로 받아들여 마이크로 프로세서로 전달한다. 이 마이크로 프로세서는 표시 장치를 구동하고, 수신기의 동조를 제어하며 또한 라디오 데이터 신호를 몇 단계에 걸쳐 복호화 과정을 수행한다[1].

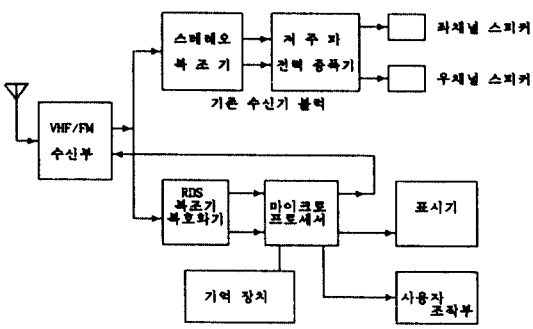

그림 5. VHF /FM RDS 수신기의 구성
Fig. 5. Configuration of VHF /FM RDS receiver

3. 제안된 시스템

3-3-1. 디지틀 파형 여파기

디지틀 통신 시스템에서 공통적으로 요구하는 것은 미리 정해진 파형의 펄스들을 발생시키는 것이다. 이웃한 펄스들에게 간섭을 야기시키지 않거나 혹은 수신기에서 정정될 수 있는 방법으로 간섭을 야기하는 펄스 모양을 발생시키기 위하여 이진 데이터 신호의 스펙트럼을 정형시키는데는 BTF(Binary Transversal Filter)가 사용될 수 있다. 여기서는 BTF에 대한 대안으로써 펄스의 모양이 디지틀로 저장되는 디지틀 파형 여파기에 대하여 설명한다.

www.dbpia.co.kr

디지틀 파형 여파기는 BTF가 사용될 때 가중치 함수(weighting function)를 만들기 위하여 필요한 많은 저항들이 불필요하게 된다. 이러한 디지틀 파형 여파기의 구조를 보면 그림 6과 같이 나타낼 수 있다.

$2^n \times m$ 비트의 ROM에 원하는 파형의 이진 코드화된 샘플값들을 저장한다. 각 샘플은 m비트로 양자화하고 2^n의 샘플값이 연속적으로 ROM에 저장된다. 이진 카운터는 ROM을 어드레스하기 위하여 사용한다. 그러므로 이진 카운터가 비트의 이진 시퀀스를 카운트함에 따라서 각 샘플은 차례로 어드레스되고, 원하는 파형을 만들기 위하여 D/A(Digital-to-Analog) 변환기를 통하여 읽혀진다. 원하는 파형에 대한 근사값들은 이산적이므로 합성 파형은 원하는 모양에 대하여 계단형으로 나타날 것이다. 합성 파형의 주파수는 클럭 주파수를 조정함으로써 바꿀 수가 있다. 합성 파형이 얼마나 정확한지는 ROM의 저장 능력에 의하여 제한을 받는다. ROM의 최대 클럭 속도는 합성 파형의 최대 반복률을 제한한다. 덜정확한 근사화를 함으로써 2^n의 저장 장소보다 더 적은 저장 장소를 사용하여 더 높은 반복률을 얻을 수 있다. 마지막 단에 사용하는 LPF(Low Pass Filter)는 파형에 나타나는 불연속을 제거하기 위하여 필요하다. 파형의 진폭이 양수일 때는 그 파형을 양자화하여 ROM에 저장하기만 하면 된다. 그러나 파형이 양수와 음수의 값을 가질 경우에는 주의를 필요로 한다. 이러한 경우에는 파형을 양의 값으로 천이시킨 후에 양자화 한 값을 ROM에 저장 시킨다. 이 파형이 D/A 변환기를 통과한 후에 레벨을 천이 시키기 위하여 적당한 조치를 취해야 한다[2,3,4,5,6].

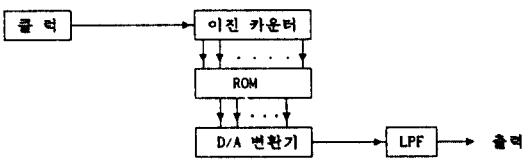

그림 6. 디지틀 파형 여파기의 구조
Fig. 6. Configuration of the digital waveform filter

3-2-2. 클럭 복원

여기에서는 RDS 부호화기에서 사용된 부호화 방식인 biphase 신호를 재생하기 위하여 클럭을 복원하는 방법에 대하여 설명한다. 사용한 클럭 복원 방법은 각 천이를 구별하지 않고 원하는 클럭의 2배수 되는 클럭을 먼저 복원한 후 이 클럭을 2분주 함으로써 원하는 클럭을 얻는 것이다.

그림 7에서는 클럭 재생 회로를 나타냈다[1,7].

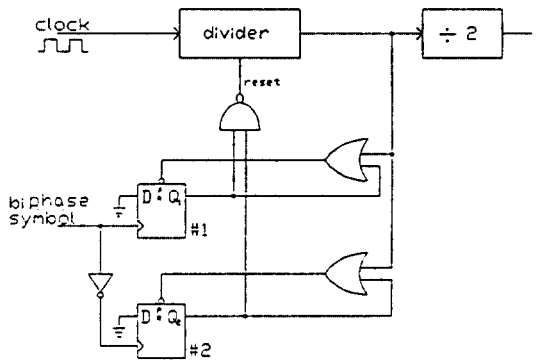

그림 7. 클럭 복원 회로
Fig. 7. Clock recovery circuit

Ⅳ. 실험 및 결과 고찰

1. 실험 장치 구성

송신단에서는 메모리를 이용한 파형 여파기를 구현하여 RDS의 부호화기에 적용하였다.

그리고 수신단에서는 데이터를 받아들여 클럭 복원 회로를 이용하여 클럭을 복원한 후에 원래의 데이터를 복원하는 과정을 하드웨어로 구현하여 각 부분에서의 동작 상태를 분석하여 보았다. RDS의 송신단 실험 구성도는 그림 8과 같으며, 수신단의 구성도는 그림 9와 같다.

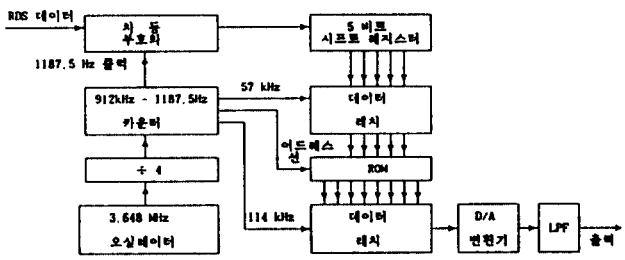

그림 8. 송신단의 하드웨어 장치
Fig. 8. Hardware device for the transmitter

www.dbpia.co.kr

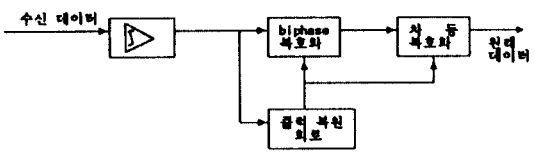

그림 9. 수신단의 하드웨어 장치
Fig. 9. Hardware device for the receiver

2. 실험 방법 및 결과 고찰

여기에서는 논문에서 구현한 하드웨어의 각 부분에 대한 실험 방법 및 결과에 대하여 고찰한다.

먼저 데이터를 발생시키기 위하여 랜덤 신호 발생기를 이용한다. 이 때 사용한 데이터 율은 RDS의 권고안에 따라서 1187.5bps(bits per second)를 사용하였다. 랜덤 신호 발생기로부터 나온 데이터는 수신기에서 정확한 복조를 용이하게 하기 위하여 차동 부호화 한다. 입력 데이터가 0일 때 차동 부호화기의 출력은 변화가 없으며, 입력 데이터가 1일 때 출력은 반전된다. 이 결과는 사진 1에서 데이터 A0와 차동 부호화기의 출력 A1을 비교하면 확인할 수 있다.

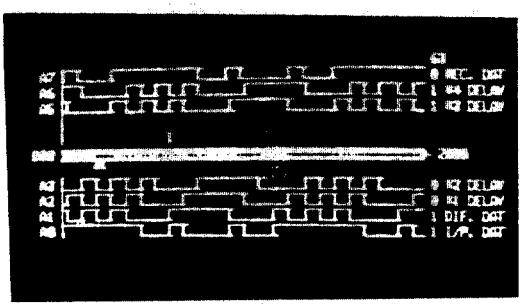

사진 1. 송수신단 각 부분의 출력
Photo 1. The respective output for the transmitter and receiver

차동 부호화된 데이터는 5비트의 시프트 레지스터로 입력된다. 시프트 레지스터의 5비트 중에서 중간 비트는 전송하고자 하는 데이터 비트이고, 2비트는 이전 데이터 비트들이며, 나머지 2비트는 다음에 전송할 데이터 비트들이다. 이러한 인접 비트들의 파형이 전송하고자 하는 데이터의 파형에 미치는 영향을 고려하면 보다 더 정확한 파형을 얻을 수 있다. 시프트 레지스터 중에서 4개의 출력값은 사진 1에 나타나 있다.

시프트 레지스터를 통과한 데이터는 ROM으로부터, 전송하고자 하는 데이터에 해당하는 신호의 값을 읽기 위하여 래치된다.

한편, 이러한 상관 샘플의 조합에 대한 파형은 1 주기에 대하여 각각 96개의 샘플로 샘플링되어, 각 샘플마다 256개의 레벨로 양자화한 후 ROM에 저장된다. 이 때에도 샘플의 수와 양자화 수준을 증가시키면 더욱 연속성이 우수한 파형을 얻을 수 있으나, 이에 따라 ROM의 데이터 양이 크게 증가하므로 후단의 D/A 변환기와 저역 통과 여파기가 우수한 성능을 갖도록 설계하기 위하여 96개의 샘플과 각 샘플당 256개 레벨의 양자화에 의하여 파형의 연속성을 유지할 수 있다.

각 데이터의 파형은 인접 비트들의 영향을 고려하여 식 (2)를 사용하였다. ROM에 저장된 신호값을 읽기 위하여 사용된 ROM의 제어 부분은 사진 2에 나타나 있다.

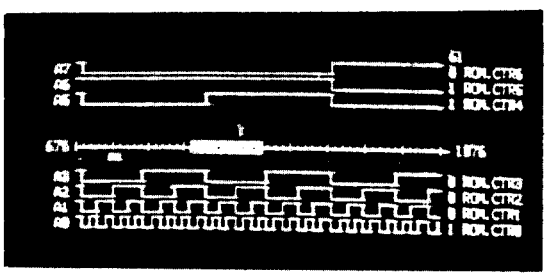

사진 2. ROM의 제어부
Photo 2. The control part of ROM

ROM으로부터 읽은 출력값은 D/A 변환기를 통과하기 전에 래치된다. 래치를 하는 이유는 글리치를 제거하기 위해서이다. 래치 회로의 출력은 사진 3에 나타나 있다.

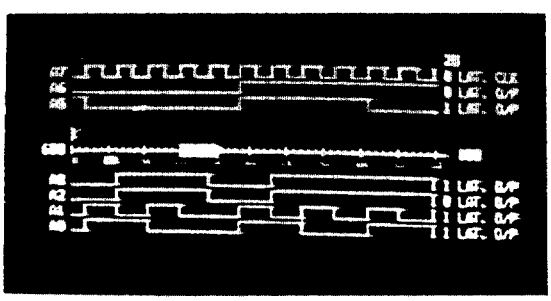

사진 3. ROM을 통과한 후의 데이터 래치
Photo 3. Data latch after the ROM

www.dbpia.co.kr

래치를 통과한 출력값은 D/A 변환기의 입력으로 들어간다. 실제로 D/A 변환기를 통과한 파형은 사진 4에서 보듯이 이산적이다. D/A 변환기를 통과한 파형이 이산적인 이유는 ROM에 저장된 값이 96개로 샘플링 되었기 때문이다.

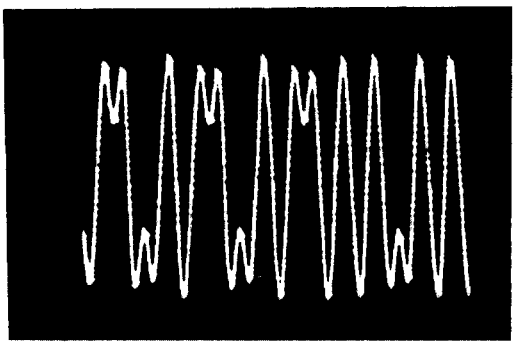

사진 4. LPF를 통과하기 전의 데이터 스트림
Photo 4. Data stream before the LPF

이러한 이산적인 파형을 연속적인 파형으로 만들기 위하여 RC 소자를 이용한 LPF를 통과 시키면 된다. LPF를 통과한 후의 파형은 사진 5에 나타나 있다.

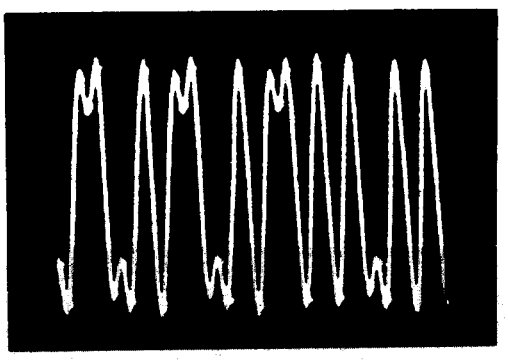

사진 5. LPF를 통과한 후의 데이터 스트림
Photo 5. Data stream after the LPF

한편 복조부의 성능을 저하시키는 주요 요소 중의 하나는 채널 필터에서 발생하는 ISI(intersymbol interference)로써 이의 효과적인 측정 방법은 눈 모양 측정으로써 이루어진다.

이와 같이 구성하여 측정한 결과는 사진 6과 사진 7에 나타나 있다. 사진 6은 LPF를 통과하기 전에 측정한 눈 모양이며, 사진 7은 LPF를 통과한 후의 눈 모양이다. 사진으로 분석해 보면 눈이 많이 열린 것으로 보아 수신단에서 판정 영역이 넓다는 것을 알 수 있다.

LPF를 통과한 출력은 그림 9의 회로를 통과한다. 수신 데이터는 사진 5와 같은 파형이므로 먼저 슬라이서를 통과시킨 후, 클럭을 복원하여 biphase 복조와 차동 복조를 하여 사진 1의 A7처럼 데이터를 복원시킨다.

이상의 실험에서 메모리의 Look-up 테이블을 이용하여 효율적으로 파형 여파기를 구현했으며, 아울러 수신단에서 정확한 데이터가 복원됨을 알았다.

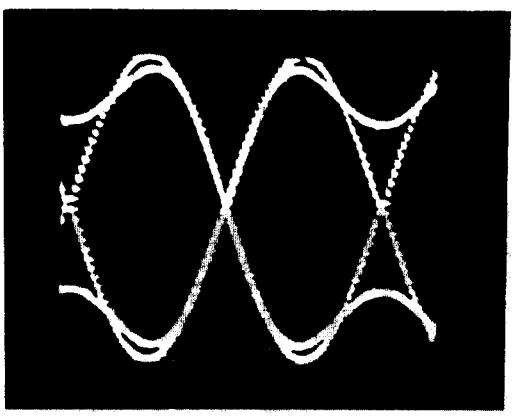

사진 6. LPF를 통과하기 전의 눈 모양
Photo 6. Eye pattern before the LPF

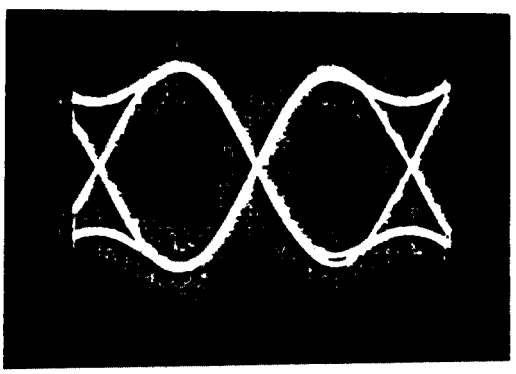

사진 7. LPF를 통과한 후의 눈 모양
Photo 7. Eye pattern after the LPF

www.dbpia.co.kr

V. 결 론

FM 다중 방송은 라디오 방송의 응용 범위를 넓혀 주는 것으로 세계 각국에서 여러 가지 방식이 개발되고 있다. 이러한 세계적 추세에 따라서 우리 나라에서도 포화 상태에 이른 방송 주파수를 효율적으로 운용하고 방송 전파를 통하여 다양한 서비스를 제공하기 위하여 FM 다중 방송을 실용화할 계획이다.

본 논문은 방송계 뉴 미디어 시스템인 RDS의 부호화기에서 파형 정형의 한 방법으로 아날로그 파형 여파기 대신에 메모리의 Look-up 테이블을 이용하여 효율적으로 디지틀 파형 여파기를 설계하는 것이다.

기존의 아날로그 여파기보다 효율적인 디지틀 파형 여파기를 구현하기 이하여 파형 여파기의 제어 알고리즘을 설계하고, IC화를 목표로 discrete 소자를 이용하였다. 한편, 송수신단 전송 실험을 통하여 본 논문에서 제안한 디지틀 파형 여파 여파기의 타당성을 입증하였다.

앞으로의 연구 과제로는 파형 여파기를 IC화 하는 한편, 메모리를 이용한 디지틀 파형 여파기를 포함하여 RDS 송수신단 전체를 구현하는 것이다.

참 고 문 헌

1. "Specifications of the Radio Data System RDS for VHF/FM Sound Broadcasting," *EBU document Tech.*, 3244-E, Mar. 1984.
2. Curtis A. Siller, Jr. and Thomas L. Osborne, "Spectral Shaping and Digital Synthesis of an M-ary Time Series," *IEEE Comm. Maqazine*, pp. 15-24, Feb. 1989.
3. Herbert B. Voelcker, "Generation of Digital Signaling Waveforms," *IEEE Trans. Comm. Tech.*, vol.5, No.1, Feb. 1968.
4. Curtis A. Siller, Jr., "Multiplier-and Memory-Based Digital FIR Filters for Nyquist Channels : An Assessment of Quantization Noise," *IC-ASSP*, pp.1727-1730, Mar. 1985.
5. F. S. Hill, Jr. and Won U. Lee, "PAM Pulse Generation Using Binary Transversal Filters," *IEEE Trans. Circuit and Systems*, vol.CAS-21, No.4, July 1974.
6. P. R. Chevillat and G. Ungerboeck, "Optimum FIR Transmitter and Receiver Filters for Data Transmission over Band-Limited Channels," *IEEE Trnas. Comm.*, vol.COM-30, pp.1909-1915, Aug. 1982.
7. L. E. Franks, "Carrier and Bit Synchronization in Data Communication-A Tutorial Review," *IEEE Trans. Comm.*, vol. COM-28, pp.1107-1129, Aug. 1980.
8. Simon Shute, "Towards the Intelligent Radio," Electronics and Wireless World, Oct. 1987.
9. S. R. Ely and D. Kopiz, "Design Principles for VHF/FM Radio Receivers Using the EBU Radio Data System," Reptint from EBU Review-Tech., No.204, pp.50-58, Apr. 1984.
10. Bev Marks, "What's Happening to RDS?," Electronics and Wireless World, pp.1096-1100, Nov. 1988.
11. "RDS-An Ear to the Future," BBC Tech. A 1029(87).
12. R. Ogawa and M. Arai, "Development of Radio Data System Decoder IC's," *IEEE Trans. on Consumer Electronics*, vol.CE-33, No.3, pp. 383-394, Aug. 1987.
13. 김한종, 김신령, 강창언, "UHF/FM 방송에서 무선 데이타 전송 시스템에 관한 연구," 한국 통신 학회 1990년도 하계 종합 학술 발표회 논문집, vol.9, No.2, pp.715-719, 1990.

www.dbpia.co.kr

宋 瀅 圭(Hyoung Kyu Song) 準會員
1967년 5월 14일생
1990년 2월 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1992년 2월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1992년 3월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

洪 大 植(Dae Sik Hong) 正會員
1961年 1月 4日生
1983年 2月 : 연세대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1985年 2月 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1990年 8月 : Purdue University 졸업(Ph.D)
1990年 9月 ~ 1991年 7月 : Purdue University Post-Doctoral Resear Associate
1991年 8月 ~ 현재 : 연세대학교 전자공학과 조교수
※주관심분야 : 신경회로망 및 정보통신 등임

金 翰 鍾(Han Jong Kim) 正會員
1963년 4월 20일생
1986년 2월 : 한양대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1988년 8월 : 연세대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
1988년 9월 ~ 현재 : 연세대학교 대학원 전자공학과 박사과정

康 昌 彦(Chang Eon Kang) 正會員
1938年 8月 26日生
1960年 : 延世大學校 電氣工學科(工學士)
1965年 : 延世大學校大學院 電氣工學科(工學碩士)
1969年 : 美國미시간주립大學校大學院 電氣工學科(工學碩士)
1973年 : 美國미시간주립大學校大學院 電氣工學科(工學博士)
1967年 ~ 1973年 : 美國미시간주립大學校 工業研究所 先任研究員
1973年 ~ 1981年 : 美國노던일리노이大學校 電氣工學科 助教授, 副教授
1982年 ~ 現在 : 延世大學校 電子工學科 教授
1987年 ~ 1988年 : 本 學會 副會長
1989年 ~ 1990年 : 本 學會 會長

www.dbpia.co.kr