

디지털 위성방송 시스템의 고속 서비스를 위한 Pulse Shaping Filter 설계

오 제 현, 이 인 섭, 이 완 범, 강 정 용, 박 형 근, 김 환 용
원광대학교 전자공학과
전화 : 063-850-6740 / 핸드폰 : 011-657-7321

Design of Pulse Shaping Filter for High-Speed Service in Digital Satellite Broadcasting System

Jae-Hyun Oh, In-Sup Lee, Wan-Bum Lee, Jeong-Yong Kang,
Hyoung-Keun Park, Hwan-Yong Kim
Dept. of Electronic Engineering, Wonkwang University
E-mail : kodenshi@korea.com

Abstract

In data transmission at the digital satellite broadcasting systems, the delay and spread are caused when receiving original signals from the transmitter in the receiver. So, there are some problems in data fast transmission. Also, transmitted signals are received in state of the combination of transmission delay and noise of channel. The affect of channel noise is reduced when increasing transmission power, but as signal interference due to the transmission delay and spread of channel increase in proportion to the transmission power, there is a problem in spite of increasing the transmission power. And there is the problem to add ISI(inter symbol interference) because the property of the channel is time-varying due to relative moving in the transceiver.

Therefore, in this paper, a pulse shaping filter for the high-speed service in digital satellite broadcasting systems was designed and reduced the ISI.

I. 서 론

최근까지 위성방송에는 아날로그 방식의 변조 기법이 사용되어 왔으나, 점차 디지털 방식의 변조 기법으로 전환되고 있다. 디지털 방식은 TV신호를 디지털 데이터로 변환한 후 압축하여 전송하는 방식이다. 디지털 위성방송은 지상방송에 비해 높은 주파수를 사용하므로 전파의 특성상 잡음의 영향이 적은 고품질 전송이 가능하며, 방송 전파가 도달하는 양각이 높기 때문에 산악지형이나 건물에 의한 다중경로의 영향이 줄어들어 고스트(Ghost) 현상이 없는 양질의 방송이 가능하다는 장점을 가지고 있다. 하지만 송·수신측의 상대적인 이동으로 인하여 채널의 특성이 시간에 따라 변하기 때문에 인접 심벌간 간섭이 발생하는 문제점이 있다.^{[1]-[3]} 또한 위성방송 복조기는 FIR 필터를 이용하여 구현하는데 내부의 곱셈기, 가산기에 의한 소자 지연이 발생하는 문제점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 디지털 위성방송에서 인접 심벌간 간섭을 줄이면서 고속 서비스를 제공하기 위해 pulse shaping 필터를 설계하였다. 설계한 pulse shaping 필터는 8개의 FIR 필터를 사용하여 병렬로 처리하도록 함으로써 소자지연이 감소되도록 설계하였다.

II. Pulse Shaping 필터

신호를 전송할 수 있는 채널의 대역폭은 제한되어 있다. 그러나 송신부 인코더의 출력인 디지털 신호는 임펄스의 형태이므로 주파수 영역에서 스펙트럼은 무한대의 대역폭을 가진다. 따라서, 대역폭이 제한된 채널로 전송하기 위해서는 임펄스 열을 펄스 성형(Pulse shaping)을 통하여 대역이 제한된 신호로 변화시켜야 한다. 수신단에서는 최대의 출력 SNR을 얻기 위해서 입력 신호와 동일한 형태의 펄스를 발생시켜 입력 신호를 펄딩 한다. 이러한 목적을 위해 사용되는 필터를 pulse shaping 필터라 한다. 일반적으로 pulse shaping 필터로는 raised cosine 형태가 많이 사용되는데, 입력 신호가 raised cosine 펄스로 성형되는 경우 pulse shaping 필터의 형태를 가진다. Raised cosine 필터는 cosine 함수와 구형파 함수의 컨볼루션으로 구현할 수 있으며 식(1)과 같이 표현된다.

$$H(f) = P_{\beta}(f) * \left[A\Pi\left(\frac{f}{r}\right) \right] \quad (1)$$

$$= \int_{-\infty}^{\infty} P_{\beta}(\lambda) A\Pi\left(\frac{f-\lambda}{r}\right) d\lambda$$

크기 A=1로 정규화하고 롤 오프 계수(roll-off factor)값에 따라 raised cosine 필터 전달 함수 $H(f)$ 를 구하면 식(2)와 같다.

$$H(f) = \begin{cases} 1 & , |f| < 2W_0 - W \\ \cos^2\left(\frac{\pi}{4} \frac{|f| + W - 2W_0}{W - W_0}\right) & , 2W_0 - W < |f| < W \\ 0 & , |f| > W \end{cases} \quad (2)$$

여기서, W : 절대 대역폭
 $W_0 = r/2$: 나이퀴스트 대역폭
 $\beta = W - W_0$: 초과 대역폭
 $\alpha = \frac{\beta}{r/2} = \frac{W - W_0}{W_0}$: 롤 오프 계수

Pulse shaping 필터는 대역폭을 제한하게 되면 주파수 영역 상에서는 원하는 스펙트럼을 얻을 수 있으나 시간영역에서 인접한 심벌간의 간섭이 발생하게 된다. 따라서 대역폭을 감소시키면서 심벌간의 간섭을 방지하기 위해서는 나이퀴스트 주파수 조건을 만족하는 펄스를 사용해야 한다. Pulse shaping 필터의 주파수 응답을 $x(jw)$ 라하고 심벌간의 간격을 T 라 하면 나이퀴스트 조건은 식(3)와 같다.

$$\frac{1}{T} \sum_{-\infty}^{\infty} X(jw - jm \frac{2\pi}{T}) = 1 \quad (3)$$

나이퀴스트 조건을 만족하는 pulse shaping 필터의 임펄스 응답은 식(4)로 표현할 수 있다.

$$x(t) = \left[\frac{\sin(\pi t/T)}{\pi t/T} \right] \left[\frac{\cos(\alpha \pi t/T)}{1 - (2\alpha t/T)^2} \right] \quad (4)$$

Pulse shaping에 대한 주파수 응답은 식(5)와 같다.^[4]

$$X(jw) = \begin{cases} T & , 0 \leq |w| \leq (1-\alpha)\pi/T \\ \frac{T}{2} \left[1 - \sin\left(\frac{T}{2\alpha} \left(|w| - \frac{\pi}{T} \right) \right) \right] & , (1-\alpha)\frac{\pi}{T} \leq |w| \leq (1+\alpha)\frac{\pi}{T} \\ 0 & , |w| > (1+\alpha)\frac{\pi}{T} \end{cases} \quad (5)$$

Pulse shaping의 롤 오프 계수 α 에 대한 임펄스 응답은 그림 1과 같다. α 가 적을수록 동일한 대역의 채널로 전송할 수 있는 최대 심볼율이 커지게 된다. 시간영역에서 보면 펄스는 무한한 임펄스 응답을 가지지만 α 가 증가함에 따라서 테일(tail)의 값이 감소하게 된다. 이런 이유로 실제 응용에서는 FIR 필터를 사용하여 근사화 기능을 수행한다.

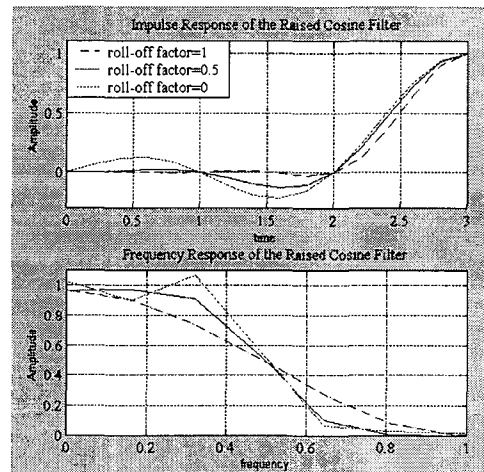


그림 1. Pulse shaping의 임펄스 응답

III. 제안된 pulse shaping 필터

본 논문에서 설계한 FIR 필터는 지연소자와 곱셈기, 가산기를 이용하여 그림 2와 같은 구조로 설계하였다.

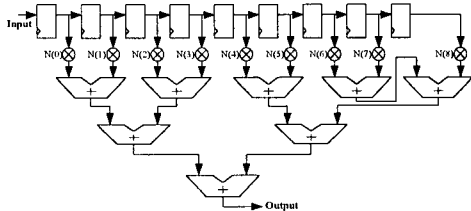


그림 2. FIR 필터의 구조

FIR 필터는 지연소자, 곱셈기, 가산기를 사용하여 구현하기 때문에 각 소자를 거치면서 발생하는 지연에 의해 고속의 데이터 처리 시 문제점이 발생할 수 있다. 따라서 제안된 구조는 기존 FIR 필터의 고속 처리를 위하여 filter_0와 filter_1으로 나누어 병렬로 구성하였다.

또한 shaping filter는 처리 속도 향상을 위해 룩업 테이블을 사용하여 지연을 감소시키는 구조로 설계하였다. 그림 3은 제안된 pulse shaping 필터의 구조를 나타내었다.

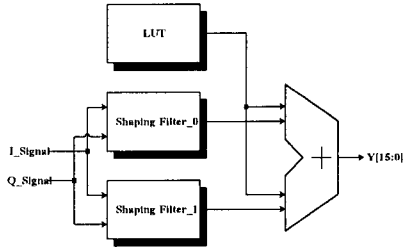


그림 3. 제안된 pulse shaping 필터의 구조

IV. 회로 설계 및 모의실험 결과

Pulse shaping 필터의 탭 수가 많아지면 필터링 하는 성능은 우수하지만, 하드웨어 설계 시 복잡해지는 단점을 가지므로 시스템의 성능에 영향을 주지 않을 정도의 탭 수를 결정해야 한다.

따라서 pulse shaping 필터의 탭 수를 정하기 위해 탭 수를 변화시키면서 BER을 실험하였다. Pulse shaping 필터의 입력은 full bit를 사용하였으며 모의실험 결과는 그림 4에 나타내었다. 모의실험 결과에서 오프 계수가 0.35일 때는 탭 수가 9개 이상에서 이상적인 BER 결과 값과 차이를 보이지 않는다. Pulse

shaping 필터의 탭 수는 고정 소수점에서의 비트 제한과 타이밍 에러 및 반송과 옵셋 등을 고려하여 17탭으로 결정하였다.

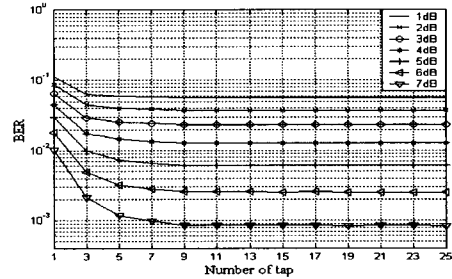


그림 4. Pulse shaping 필터의 탭 수에 따른 BER

제안된 pulse shaping 필터는 심볼 단위의 데이터를 FIR 필터 8개로 병렬 처리하고 내부 제어 회로에서 입력되는 값을 비교하여 클럭이 상승 변화에서 FIR_0와 FIR_1을 동작시킨다. 출력된 데이터 값은 commutator에서 심볼 단위의 8개 데이터 값을 스위칭하여 데이터를 처리한다.

제안된 pulse shaping 필터는 클럭 발생기와 입력된 I, Q 신호를 처리하는 2개의 pulse shaping 필터 블록과 sine, cosine의 룩업 테이블이 저장되어 있는 NCO (numerically controlled oscillator) 블록으로 구성하였으며 회로 합성 결과는 그림 5와 같고 그림 6은 내부 회로의 합성결과이다.

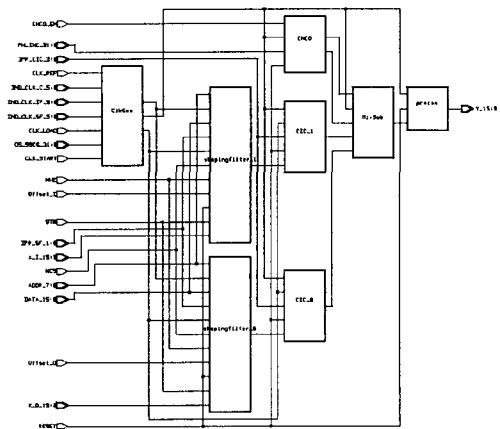


그림 5. 설계된 Pulse shaping 필터의 회로 합성결과

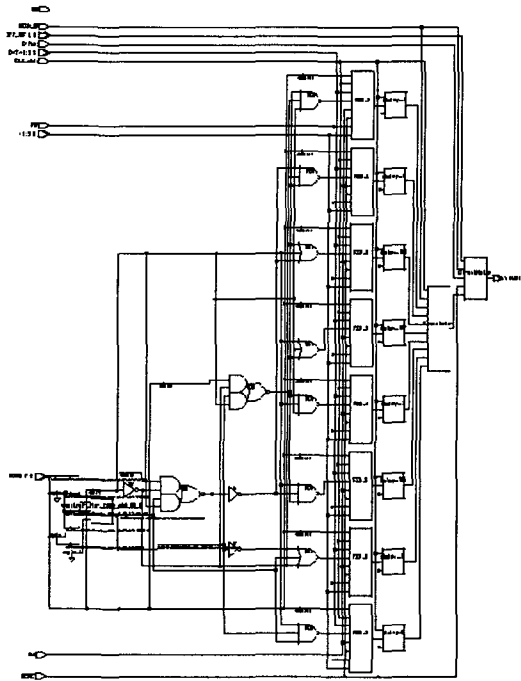


그림 6. Shaping 필터 블록의 내부회로 합성결과

제안된 pulse shaping 필터는 Mentor를 이용하여 그림 7과 같이 모의실험을 수행하였다. 모의실험 결과 입력 데이터로부터 3600[ns] 후부터 데이터가 출력됨을 확인하였다.

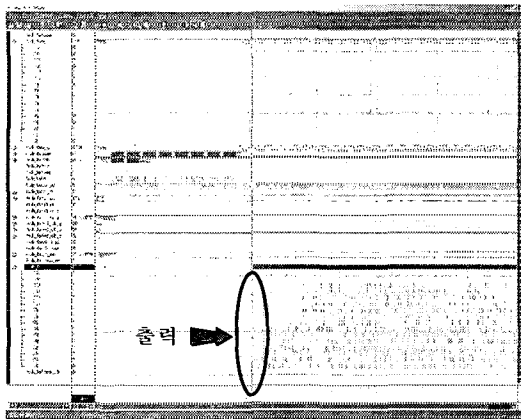


그림 7. Pulse shaping 필터의 실험 결과

V. 결 론

기존의 pulse shaping 필터는 지연소자, 곱셈기, 가

산기를 사용하여 구현하며 각 소자를 거치면서 발생하는 지연 때문에 고속의 데이터 처리에 적합하지 못하다는 단점을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 기존의 pulse shaping 필터를 고속 처리가 가능하도록 하기 위해 shaping filter_0와 shaping filter_1으로 나누어 데이터를 병렬로 처리할 수 있도록 하였고 룩업 테이블을 사용하여 기존 필터의 문제점인 소자 지연을 감소시키는 구조로 설계하였다.

제안된 pulse shaping 필터는 Anam에서 제공되는 라이브러리와 Synopsys를 이용하여 회로를 합성하였고 모의실험은 Mentor를 이용하였다. Pulse shaping 필터는 데이터를 출력하는데 3600[ns]의 지연이 발생됨을 확인하였고 추출된 레포트 파일의 결과 게이트 수는 약 25,000이며 소비전력은 20[mW]로 확인되었다. 따라서 설계된 pulse shaping 필터는 방대한 데이터 양을 처리하며 다양하고 빠른 서비스를 제공하는 디지털 위성방송 시스템에 적합할 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

- [1] A. Baier, et al., "Design study for a CDMA-Based Third-Generation Mobile Radio System", IEEE J. on Selected Areas Comm., vol. 12, pp. 733-743, May 1994.
- [2] Joseph Y. Hui, "Throughout Analysis for Code Division Multiple Access of the Spread Spectrum Channel", IEEE J. on Selected Areas in Comm., vol. sac-8, no. 4, pp. 159-163, July 1990.
- [3] Andreas P, et al., "A Unified Approach to Serial Search Spread Spectrum Code Acquisition Part II : A Matched-Filter Receiver", IEEE Trans. on Comm., vol. com-32, no. 5, pp. 550-560, May 1984.
- [4] Essam A. S, et al., "Direct Sequence Spread Spectrum Parallel Acquisition in a Fading Mobile Channel", IEEE Trans. on Comm., vol. 38, no. 7, pp. 992-998, July 1990.