

동일채널 간섭이 있는 경우 성형 필터의 성능 비교

*정영모

한성대학교 정보통신공학과

*ymchung@hansung.ac.kr

Performance Comparison of Shaping Filters When Co-Channel Interference Exists

*Chung, Young Mo

Dept. of Information and Communications Engineering, Hansung University

요약

최근 ISI(intersymbol interference)를 제거하는 성형 펄스로 BTRC(better than raised-cosine), MRC(mirrored raised-cosine), 그리고 TPZD(trapezoidal) 등이 제안되었다. 본 연구에서는 동일채널 간섭신호가 존재하는 환경에서 BTRC, MRC, TPZD, 그리고 RC(raised-cosine) 성형 펄스를 적용한 무선통신 시스템들의 성능을 컴퓨터 모의실험을 통하여 비교 분석하였다. 실험 결과, 필터의 길이가 심볼 길이의 3이하로 짧은 경우에는 사용된 성형 필터에 따른 성능차이가 있으며, MRC 필터가 가장 우수한 성능을 가지고 RC 필터가 가장 열화된 성능을 가짐을 관찰하였다. 그러나 필터의 길이가 충분히 확보된 경우에는 성능의 차이는 거의 없었다. 그러므로 하드웨어의 제약으로 인하여 필터의 길이를 길게 할 수 없는 시스템에서는 MRC 필터를 성형 필터로 적용하는 것이 바람직하다고 판단된다.

1. 서론

통신 채널에서 전송된 신호의 인접한 심볼 간의 간섭(intersymbol interference: ISI)을 제거시키는 목적으로 펄스 성형(pulse shaping)을 사용한다. Nyquist 펄스류는 ISI를 완벽하게 제거하며, Nyquist 펄스류 중 가장 널리 알려진 것으로 RC(raised-cosine) 펄스가 있다. 최근 수신기에서 ISI를 제거할 수 있는 새로운 펄스로 BTRC(better than raised-cosine), MRC(mirrored raised-cosine), 그리고 TPZD(trapezoidal) 등이 제안되었다[1,2]. 이들 펄스 역시 RC와 같은 Nyquist 펄스류에 속한다.

한편 차세대 디지털 방송에는 고품질의 UHD-TV(ultra high definition TV)가 유망한 후보로 현재 활발히 연구되고 있으며, 미래 이동통신(future IMT)에는 보다 빠른 데이터 전송속도 제공이 하나의 큰 목표이다. 전송영상의 고품질화와 빠른 데이터 전송을 위해서는 넓은 대역폭이 필요하다. 그러나 주파수 자원은 제한되어 있으므로, 필요에 따라 대역폭을 확장시키는 어렵다. 그러므로 제한된 대역 내에서 이러한 차세대 기술을 실현하기 위하여 고효율의 부호화 기술 개발, 높은 주파수 효율을 가지는 전송기술의 개발이 필요하다. 그리고 이와는 별도로 주파수 재사용도 제한된 스펙트럼을 효율적으로 사용하기 위한 좋은 방안이다. 그러나 주파수 재사용 환경에서는 동일채널 간섭을 받는다. 그리고 단일 반송파를 사용하는 전송기법에서는 다수의 반송파를 사용하는 전송기법에 비하여 동일채널 간섭에 취약하다.

현재까지 이들 성형 펄스의 타이밍 오차에 대한 연구와 대역이 엄격히 제한된 채널에서 성능의 비교 분석은 이루어진 바는 있으나[1-3],

동일채널의 간섭이 존재하는 경우 이들 성형 필터를 적용한 시스템들의 성능이 비교 평가된 바는 없다. 본 연구에서는 동일채널 간섭신호가 존재하는 경우 BTRC, MRC, TPZD, 그리고 RC 성형 필터를 적용한 시스템들의 성능을 컴퓨터 모의실험을 통하여 비교 분석하였다.

2. 시스템 모델 및 에러발생 확률

송신기에서 발생하는 이진수는 복소 심볼 a_k 로 변환된 다음 성형 펄스 $g(t)$ 와 곱해진다. 이를 복소 포락선으로 표현하면 다음과 같다.

$$\tilde{s}(t) = K \sum_{k=-\infty}^{\infty} a_k g(t - kT) \quad (1)$$

여기서 K 는 신호의 전송 전력을 결정하는 상수이며, T 는 한 심볼의 지속 시간(symbol duration)이다. 그러면 동일채널 간섭신호와 백색 가우시안 잡음이 더해진 수신신호의 복소 포락선 표현은 다음과 같다.

$$\tilde{r}(t) = \tilde{s}(t) + \gamma \tilde{s}(t - \tau) e^{-j2\pi f_c \tau} + w(t) \quad (2)$$

여기서 γ 는 동일채널 간섭신호의 상대적인 크기, τ 는 간섭신호의 지연시간, f_c 는 반송파주파수, 그리고 $w(t)$ 는 잡음항이다. 이 신호가 수신 필터 $q(t)$ 를 통과하여 시간 kT 에서 샘플링된 값은 다음과 같이 표현된다.

$$Z_k = Y_k(0) + \gamma Y_k(\tau) + N \quad (3)$$

여기서 $Y_k(u)$ 와 N 은 다음과 같다.

$$Y_k(u) = \int_{kT}^{(k+1)T} s(t-u) e^{-j2\pi f_c u} q(t) dt \quad (4)$$

$$N = \int_{kT}^{(k+1)T} w(t) q(t) dt \quad (5)$$

결정변수 Z_k 가 구해지면 τ 가 주어진 조건에서 에러발생 확률 $P(e|\tau)$ 을 구할 수 있다. 지연신호 τ 의 확률밀도 함수를 $f_T(\tau)$ 라 하면, 에러발생 확률은 다음과 같이 계산된다.

$$P_e = \int_0^\xi P(e|\tau) f_T(\tau) d\tau \quad (6)$$

여기서 τ 는 $[0, \xi]$ 에서 0이 아닌 값을 가진다고 가정하였다.

3. 실험결과 및 결론

컴퓨터 모의실험에서 성형 필터의 roll-off factor는 0.5로 설정하였다. 그리고 성형 필터의 길이 L 은 심볼 시간의 두배에서 여덟배까지로 변화시켜가며 실험하였다. 동일채널의 간섭은 수신신호의 0.1배로 작은 경우와, 0.3배의 큰 경우로 나누어 실험하였다. 그리고 동일채널 간섭신호의 지연은 $[0, T]$ 의 범위 내에 있으며, 이 범위에서 균일한 분포를 가진다고 가정하였다. 변조기법으로는 BPSK를 적용하였으며, 총 2×10^6 개의 비트를 실험에 사용하였다. 그리고 동일채널 간섭 신호에서 시간지연으로 인하여 발생하는 위상의 크기 $|e^{-j2\pi f_c \tau}|$ 는 1로 설정하여, 에러발생 확률의 상한값을 모의실험에서 얻었다.

그림 1과 2에는 필터의 길이를 심볼 길이의 2배로 설정하였을 때의 실험결과를 제시하였다. 그림 1은 동일채널 간섭신호의 크기

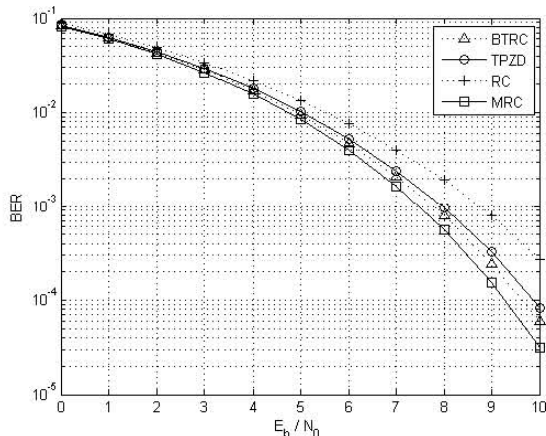


그림 1. 동일채널 간섭의 크기 $\gamma=0.1$ 인 경우 실험 결과

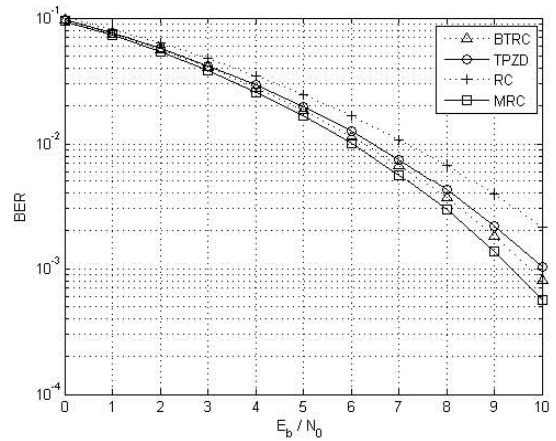


그림 2. 동일채널 간섭의 크기 $\gamma=0.3$ 인 경우 실험 결과

$\gamma=0.1$ 로 설정하였을 때 실험결과이다. 실험결과로부터 사용된 성형 필터의 종류에 따라 성능의 차이가 뚜렷하게 나타나며, MRC 필터가 가장 우수한 성능을, 그리고 RC 필터가 가장 열화된 성능을 가진다는 것을 관찰할 수 있다. 다음 그림 2에는 $\gamma=0.3$ 으로 설정하였을 때 실험결과이다. 앞 그림 1의 결과와 동일하게 사용된 성형 필터의 종류에 따라 성능의 차이가 뚜렷하게 나타남을 알 수 있으며, 역시 MRC 필터가 가장 우수한 성능을, 그리고 RC 필터가 가장 열화된 성능을 가진다는 것을 관찰할 수 있다.

다음, 그림 3과 4에는 필터의 길이를 심볼 길이의 3배로 설정하였을 때의 실험 결과를 제시하였다. 그림 3은 동일채널 간섭신호의 크기 $\gamma=0.1$ 로, 그리고 그림 4는 $\gamma=0.3$ 으로 각각 설정하였을 때의 실험 결과이다. 그림 3과 4의 결과에서 성형 필터 종류에 따라 성능차이가 관찰되지만, 그 차이는 앞 그림 1과 2의 결과에 비하여 크지 않다. 그러나 이 경우에도 역시 상대적으로 MRC 필터의 성능이 가장 우수하며, 성능의 저하는 RC 필터에서 가장 크게 관찰되었다. 그러나 필터의 길이를 심볼 길이를 4보다 크게 설정하여 실험한 경우에는 사용된 성형 필터에 따른 성능의 차이는 거의 관찰되지 않았다.

이상으로부터 필터의 길이가 심볼 길이의 3이하로 짧은 경우에는 사용된 성형 필터에 따른 성능차이가 있으며 MRC 필터가 가장 우수한 성능을 가지고 RC 필터가 가장 열화된 성능을 가지나, 필터의 길이

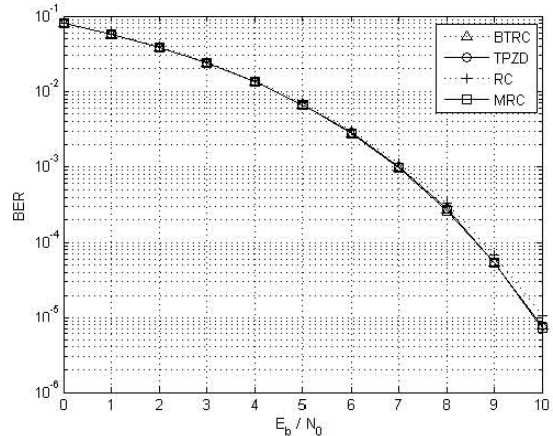


그림 3. 동일채널 간섭의 크기 $\gamma=0.1$ 인 경우 실험 결과($L=3T$)

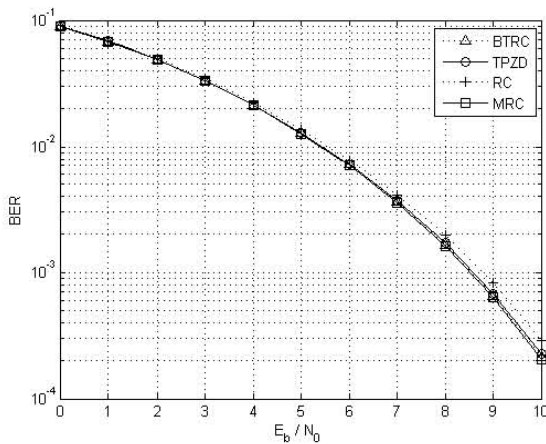


그림 4. 동일채널 간섭의 크기 $\gamma=0.3$ 인 경우 실험 결과($L=3T$)

가 4보다 큰 경우에는 성능의 차이는 거의 없음을 관찰하였다. 그러므로 하드웨어의 제약으로 인하여 필터의 길이를 길게 할 수 없는 환경에서는 MRC 필터를 성형 필터로 사용하는 것이 가장 바람직하다고 판단된다.

참고문헌

- [1] P. Tan and N. C. Beaulieu, "Reduced ICI in OFDM Systems Using the "Better Than" Raised-Cosine Pulse," *IEEE Communications Letters*, Vol. 8, No. 3, pp. 135-137, Mar. 2004.
- [2] E. Peiker, W. G. Teich, and J. Linder, "Windowing in the Receiver for OFDM Systems in High-Mobility Scenarios," *Lecture Notes in Electrical Engineering*, Vol. 41, pp. 57-65, May 2009.
- [3] Y. M. Chung and H. J. Lee, "Performance Comparison of Communication Systems with Pulse-Shaping Filters on a Two-Ray Fading Channel," *Proceedings of FutureTech 2011*, pp. 14-17, June 2011.