

Wavelet 변환간섭제거 방식을 이용한 대역 확산 통신시스템 성능분석

박재오* 이정재*

*동의대학교 전자통신공학과

Performance Evaluation of Spread Spectrum Communication System using the Wavelet Transform Interference Excision Scheme

Jae O PARK* Jeong Jae LEE*

*Dept. of Electric Communication, Donggeui University

E-mail : jjlee@hyomin.donggeui.ac.kr

요약

본 논문에서는 직접 대역 확산 통신 시스템에서 적용 알고리즘을 wavelet 변환 영역에 이용하여 협대역 간섭 성분을 효과적으로 억제할 수 있는 wavelet 변환 기저 적용 간섭 제거 시스템을 소개한다. 두 종류의 Daubechies wavelets(db2, db8)를 이용한 간섭 제거 시스템의 성능 비교를 위하여 비트 오류율 Monte-Carlo 시뮬레이션을 이용하여 구하고 그 결과로부터 wavelet 특성에 따라 성능이 달라지며 효율적인 개선 효과를 기대할 수 있음을 보였다.

ABSTRACT

In this paper, a wavelet transform-based adaptive interference excision scheme using the adaptive algorithm which suppresses narrow band interference in the wavelet transform domain for the direct spread modulation system application, is introduced. Using the Monte-Carlo simulation, the bit error probabilities of the direct spread communication systems with the excision systems of two kinds of Daubechies wavelets (db2, db8) in the transform domain, are analyzed. With these results, it is shown that the performance of a system depends on the characteristics of wavelet being used. And with this scheme, we expect effective improvements in the direct spread communication system performance.

1. 서 론

직접 대역 확산 통신 시스템은 데이터를 PN부호에 직접 곱해 줌으로서 이루어지며 대역을 확산시키게 된다. 대역 확산 신호에서 협대역 간섭 신호를 제어하기 위한 방법의 하나로 푸리에 변환을 이용한 주파수 영역에서의 신호 처리 과정이 지금까지 이용되어 왔다.

주파수 영역에서는 대역 확산 신호가 넓은 대역을 포함하는 반면 협대역 간섭 신호는 좁은 대

역을 포함하기 때문에 대역 확산 통신 시스템에서 약간의 신호 손실만으로도 간섭 신호를 효과적으로 제거시킬 수 있다.

최근에는 시간 영역에서 무한한 구간을 차지하는 푸리에 변환과는 달리 wavelet 변환의 시간-주파수 국부화 특성을 이용하여 간섭 신호의 제거 과정을 효율적으로 개선하기 위한 노력이 최근 P. Das[1-3], W. W. Jones[4], 그리고 J. Patti[5], 등에 의하여 수행되어 왔다.

본 논문에서는 직접 대역 확산 신호에 부가된 협대역 간섭 신호를 wavelet 변환 영역에서 적용

간섭 제거 알고리즘을 이용하여 제거할 수 있는 시스템을 구성하고 시스템 성능을 비교 분석하기 위하여 제 II절에서는 wavelet 변환 영역에서 간섭 신호를 제거할 수 있는 시스템 구성에 따른 신호 특성과 적응 알고리즘에 대하여 검토하고 제 III절에서는 Monte Carlo 시뮬레이션을 이용하여 제안된 시스템의 오류를 wavelet 종류에 따라 각각 구하고 성능 개선 효과를 분석하였다.

II. Wavelet 변환 간섭 제거를 이용한 시스템

직접 대역 확산 통신에서 수신 신호는 다음과 같이 표현된다.

$$s(k) = d(\lfloor k/N_c \rfloor)p(k) + n(k) + i(k) \\ = s_s(k) + i_i(k)$$

$$s_s(k) = d(k)p(k) \\ i_i(k) = n(k) + i(k), \quad k = 0, 1, 2, \dots, N_c$$

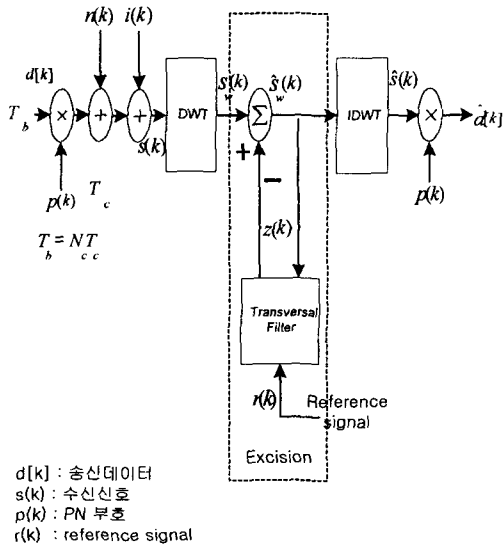


그림 1. Wavelet 변환 영역에서의 간섭 제거 시스템

여기서 $d(k)$ 는 전송된 정보 데이터이며 $\lfloor x \rfloor$ 는 x 의 정수 부분으로 정의된다. 따라서 정보 데이터 한 구간에서 확산 부호 $p(k)$ 가 길이 N_c 만큼 반복된다.

수신 신호 $s(k)$ 는 확산된 신호 $s_s(k)$ 에 채널에서 발생하는 AWGN $n(k)$ 와 협대역 간섭 신호 $i(k)$ 가 추가된다.

이 신호는 wavelet 변환을 거쳐 다음과 같이 변환된다.

$$s_w(k) = DWT[s(k)] = s_{sw}(k) + n_w(k) + i_w(k)$$

여기서 DWT(Discrete Wavelet Transform)는 변환 연산자이며 아래 첨자 w 는 각 신호에 대한 wavelet 변환 신호다. 변환 신호 $s_w(k)$ 는 다음과 같은 간섭 제거 알고리즘을 통하여 간섭 성분이 억제된 신호로 변화된다.

$$\hat{s}_w(k) = s_w(k) - z(k) \\ = s_w(k) - \sum_{i=0}^N c_i(k)r(k-i)$$

$$z(k) = \sum_{i=0}^N c_i(k)r(k-i)$$

$$E[\hat{s}_w^2(k)] = E[[s_{sw}(k) + i_{tw}(k) - \sum_{i=0}^{N-1} c_i(k)r(k-i)]^2]$$

$$\sum_{i=0}^N \frac{\partial \hat{s}_w^2(k)}{\partial c_i} = - \sum_{i=0}^N 2\hat{s}_w(k)r(k-i),$$

N 은 필터 탭의 수를 의미하며 계수 $c_i(k)$ 를 보정하는 알고리즘은 다음과 같이 정의된다[6].

$$c_i(k+1) = c_i(k) + 2m\hat{s}_w(k)r(k-i)$$

여기서 증분 m 은 시스템의 안정과 속도에 관련하여 정의되는 매개변수이다. 참고 신호 $r(k)$ 는 임의의 진폭과 위상을 갖는 신호로 간섭 신호의 형태에 따라 특성을 달리하며 DWT 변환 영역에서의 신호다.

변환 영역에서의 제거 목표는 간섭과 신호 성분이 변환 영역에서 쉽게 구별할 수 있는 장점이 포함되어야 한다.

단순 간섭 제거기는 주어진 문턱 전압을 초과하는 부분을 강제로 제거하는 시스템으로 신호

대 잡음비나 오율과 같은 성능에 따른 변수의 최적화에 기초를 두지 않는 시스템이다. 그림 1과 같은 적응 시스템에서는 $z(k)$ 는 $s(k)$ 의 DWT 신호 $s_w(k)$ 에서 간섭 성분을 제거하기 위한 적응 프로세서의 출력이며 간섭 성분이 효과적으로 제거된 신호는 $\hat{s}_w(k)$ 로 된다. 이 신호는 예정된 반복 과정을 거쳐 수정되며 수정된 신호는 IDWT를 통하여 $\hat{s}(k)$ 로 변환된다.

한편 참고 신호 $r(k)$ 는 앞에서 언급한 바와 같이 임의의 위상과 진폭을 갖는 단일 톤 신호를 DWT시킨 신호이며 알고리즘의 순환 과정을 통하여 그 초기 값과 관계없이 최적 값으로 프로세서에 의하여 변환된다. 프로세서 시스템은 간단히 트랜스버설 필터를 이용하여 구성될 수 있다.

계수 $c_i(k)$ 를 조정하여 다음 식으로 표현되는 함수를 최소화시키도록 알고리즘이 구성된다.

$$E[i_{nw}(k) - \sum_{i=0}^n c_i r(k-i)]$$

III. Monte Carlo 시뮬레이션을 이용한 시스템 성능분석

DWT 변환 영역에서 간섭 제거 알고리즘에 따른 가공을 거친 수신 신호 $\hat{s}_w(k)$ 를 다시 시간 영역으로 역 변환 IDWT(Inverse Discrete Wavelet Transform)시킨 $\hat{s}(k)$ 는 PN 부호 계열 $p(k)$ 에 의한 상관기 출력에 다른 판정기를 거쳐 데이터 $\hat{d}(k)$ 로 출력된다.

시뮬레이션에서는 실제 전송된 데이터 $d(k)$ 와 $\hat{d}(k)$ 의 비교를 통하여 오율을 결정하는 Monte Carlo 시뮬레이션을 이용하여 시스템의 성능을 분석하였다. 분석 예로 $d(k)$ 와 PN부호 $p(k)$ 는 균일 분포를 갖도록 랜덤 하게 발생시키고 $d(k)$ 의 한 정보 비트 구간 동안 N_c 개의 $p(k)$ 에 의하여 대역이 확산되도록 하였다.

$n(t)$ 는 AWGN의 특성을 갖고 $i(k)$ 는 단일 주파수를 갖도록 발생시켰다. DWT와 IDWT는 Matlab Tool을 이용하였다.

그림 2는 db2 wavelet을 이용한 간섭 제거 시스템을 사용하였을 경우 간섭 신호의 에너지 레벨 크기를 각각 5dB, 8dB 그리고 10dB로 달리 하여 신호 대 잡음비의 변환에 따라 오율을 표현하고 동일 조건에서 간섭 제거 시스템을 사용하지 않았을 경우와 비교하여 표현한 것이다. 그림 2에서 개선 효과가 미흡함을 알 수 있다. 이 경우 PN 부호 계열의 길이를 N_c 를 20으로 하였다.

그림 3은 N_c 를 50, wavelet을 db8로 이용하고 그림 2에서와 동일 조건에서 오율을 구한 것이다.

그림 3에서의 결과는 그림 2와 달리 성능이 크게 개선됨을 알 수 있다. 이 결과는 계수 $c_i(k)$ 변화시키는 적응 순환 횟수와 관계되는 것으로 대역 확산 부호 계열의 길이와 변환 계수의 길이 특성이 다른 wavelet의 특성에 따라 시스템의 성능이 변화하게 됨을 알 수 있다.

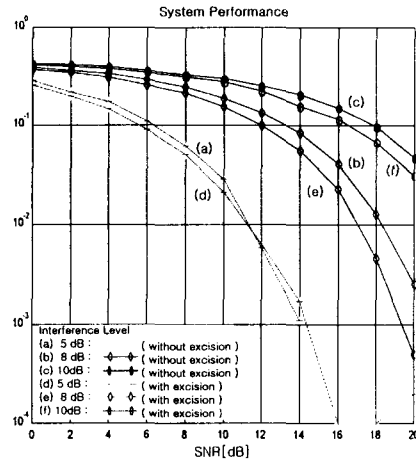


그림 2. Daubechies wavelet db2를 이용한 변환 영역에서의 간섭 제거기를 부착한 시스템과 부착되지 않은 시스템 오율

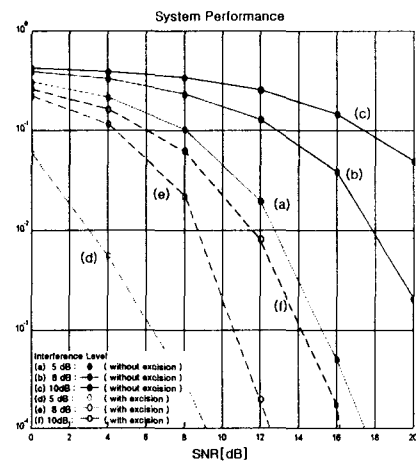


그림 3. Daubechies wavelet db8을 이용한 변환 영역에서의 간섭 제거 부착한 시스템과 부착되지 않은 시스템 오율

IV. 결 론

대역 확산 통신 방식에 의하여 wavelet 변환 영역에서 협대역 간섭 성분을 제거할 수 있는 wavelet 변환 기저 적용 간섭 제거 알고리즘에 따른 시스템을 설계하고 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 분석 결과 시스템의 성능 개선 효과는 확산 부호 계열의 길이와 wavelet의 종류에 따라 크게 특성이 달라짐을 알 수 있었다.

참고문헌

- [1] M. Medley, G. Saulnier and P. Das, "The application of wavelet-domain adaptive filtering to spread spectrum communications," SPIE Proceedings-Wavelet Applications, vol.2491, pp.233-247, 1995.
- [2] M. Medley, G. Saulnier, and P. Das, "Applications of the wavelet transform in spread spectrum communications systems," SPIE Proceedings-Wavelet Applications, vol.2490, pp.233-247.
- [3] M. Mettke, Michael J, G. J. Saulnier and P. Das, "Wavelet transform excision using IIR filters in spread spectrum communication systems," Proceedings of MILCOM, pp.1627-1631, 1994.
- [4] W. W. Jones and K. R. Jones, "Narrowband interference suppression using filter-bank analysis/synthesis techniques," Proceedings of MILCOM, pp.898-902, 1992.
- [5] J. Patti and S. Roberts, "Adaptive and block excisions in spread spectrum communication systems using the wavelet transform," ICASSP, pp.293-297, 1995.
- [6] G. R. Cooper and C. D. McGillen, Probabilistic Methods of Signal and System Analysis, 3rd ed, Oxford University Press, New York, 1999.