

수중통신환경에서 위상 차이에 따른 MIMO 시스템 성능 평가

박군열 · 박태두 · 정지원 · *박선 · *최명수 · *이성로

한국해양대학교, *국립목포대학교

Performance Evaluation of MIMO system by phase difference in underwater channel

Gun-yeol Park · Tae-doo Park · Ji-won Jung · Sun Park · Myung Su Choi · Sung Ro Lee

Korea Maritime University, *Mokpo National University

E-mail : pgy04@hhu.ac.kr, bokddori@hhu.ac.kr, jwjung@hhu.ac.kr

요 약

수중에서의 무선통신 채널환경은 수심이나 염분 등에 의해 전달 속도가 다르며 해면이나 해저에 의해 다중 경로의 영향을 받는다. 본 논문에서는 이러한 다중 경로를 갖는 채널에서의 전송율을 높이기 위해 MIMO(Multi-Input-Multi-Output) 시스템에서의 부호화 기법과 등화기가 결합하여 동작하는 터보 등화기를 갖는 시스템을 사용하였다. 또한 다중경로로 인한 위상 오차 추정에는 decision directed 방식의 효율적인 방안을 제시하고 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 결과 본 논문에서는 제안한 방식을 통해 위상 오차에 대한 영향을 최소화 할 수 있었다.

ABSTRACT

The wireless communication channel different speed by depth of water or salt and it is influenced by multi-path according underwater. In the paper, MIMO(Multi-input-Multi-Output) system used turbo Equalizer combining Equalizer with Turbo codes for data rates by multi-path channel. we proposed and simulated that the Decision-Directed method used for phase offset. The simulation of proposed method show that the bit-error rate performance can be severely affected by phase errors.

키워드

MIMO, Turbo code, Space Time Code(STC), Zero-forcing, BCJR

I. 서 론

수중에서 전파는 급격한 감쇠특성을 갖기 때문에 수중에서의 무선통신에는 음파를 이용하여 통신을 하게 된다. 이러한 이유로 수중에서의 무선통신 시스템 연구는 수중음향학과 통신기술의 복합기술로 연구가 이루어지는 분야이다. 음향 채널의 경우 전달 과정에서 잔향 및 다중경로 등에 의해 크게 왜곡되며, 수중에서 고속 데이터 전송을 위하여 수중 음향 통신 채널 특성을 결정하는 해면, 해저, 수심 등의 시공간 변화에 의한 다중경로 특성이나 도플러 확산이 시스템의 설계에 고려되어야 한다. 특히 천해에서의 다중경로는 해면의 시변 산란에 의해 도플러 확산과 직접파

에 혼입되어 통신 채널의 특성을 좌우하게 된다. 이러한 음향 채널 특성의 시공간적인 변화는 디지털 수중음향 통신에서 송신하는 심벌간의 상호 간섭(Inter-Symbol Interference : ISI)을 야기하여 통신 시스템의 성능을 저하시키게 된다. 따라서 이러한 열악한 채널 환경을 극복하고 전송율을 향상시키기 위해 MIMO기법이 연구 되고 있다. 따라서 본 논문은 수중통신환경에서 수신신호의 성능을 향상시키기 위해 수중통신에 적합한 시공간 격자부호의 복호방식을 연판정 출력을 위한 BCJR 알고리즘을 적용하여 터보 부호화기 사용하였다.[1][2] 또한 다중경로로 인한 위상 오차 추정은 decision directed 방식을 이용하여 위상을 추적하

였다. 시뮬레이션 결과 본 논문에서 사용한 구조로 반복부호를 하였을 때는 위상이 틀어진 성능에 비해 향상되었다. 또한 위상의 변화가 없을 때의 성능과 유사함으로 위상 차이를 최소화 하였다는 것을 알 수 있었다.

II. 수중통신을 위한 시스템 구조

1) 터보 Pi 부호기

수중통신의 패킷에서는 큰 사이즈의 블록길이를 요구하고 있지 않고 등화기와의 결합 편이성이 중요하기 때문에 터보 부호의 적용이 수중 통신에서는 효율적이다.

이러한 터보 Pi 부호화기는 기존의 이중 바이너리 구조를 이용하는 터보 구조와 동일하며, 단지 16상태를 이용하는 구조이다.[3]

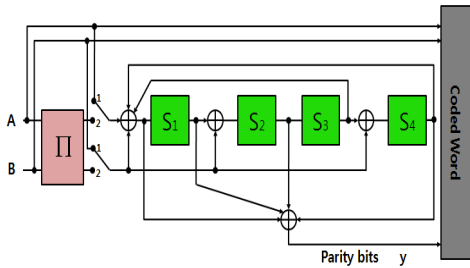


그림 1. 터보 pi 부호기 구조

기존의 터보 부호화기는 3개의 S1,S2,S3 메모리를 가지며 8-state로 구성되어 있다. 본 논문에서 적용한 그림 1과 같은 터보 Pi 부호화기는 4개의 메모리를 가지며 16개의 state를 이용하여 각각의 상태가 가지는 해밍거리 차이를 더 크게 만들어 오류 마루 현상을 제거할 수 있는 구조이다.

2) 위상 추적을 위한 decision directed 복조기

기저 대역 신호에 반송파를 실어서 보내게 되면 수신측에서는 기저 대역 신호를 복원하기 위해서 반송파 신호를 제거할 필요가 있다. 본 논문에서는 반송파 포착 성능 및 추적 성능을 개선함으로써 데이터 전송효율을 증가시킬 수 있는 DD (Decision-Directed) 방식[4]을 사용하였고, 이의 구조는 그림 2에 나타내었다.

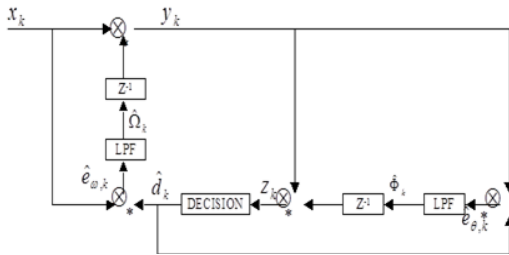
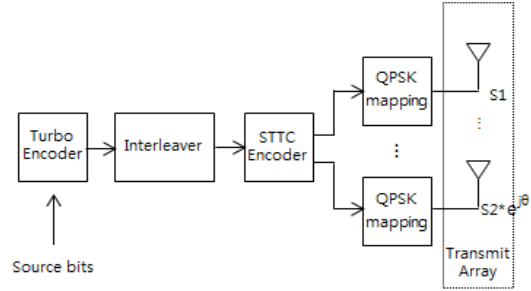


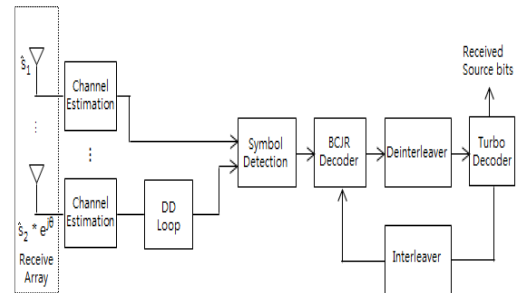
그림 2. Decision-Directed 복조기 구조

III. MIMO 시스템 구조

MIMO 시스템에서는 N개의 송신 안테나와 M개의 수신안테나를 이용하여 통신을 한다. 수중통신 환경에서의 전송율을 높이는 방안으로 다중경로 채널에서 터보 Pi 부호와 시공간 격자부호를 효율적으로 결합시킨 그림 3과 같은 구조를 사용하였다.



(a)송신단



(b)수신단

그림 3. 터보 pi와 연결한 시공간 격자 부호

그림 3의 구조에는 오류가 집중되어 발생할 경우 오류를 분산시키는 기능을 하는 인터리버를 터보 Pi 부호와 시공간 격자 부호 사이에 첨가하여 그림 1에서의 구조보다 효율적인 송신 구조를 사용하였으며, 송신된 신호는 다중경로 채널을 통과하여 수신되어진다. 수신 신호는 code combine을 통하여 합성된 신호가 BCJR 복호기를 거쳐 역-인터리버 후에 터보 복호기에 새로이 입력되게 된다. 따라서 전체 반복을 통하여 터보 Pi 복호기와 BCJR 복호기가 함께 업데이트 되므로 터보 Pi 복호기 내부에서만 반복을 하였을 때보다 부호화 이득이 향상된다.

IV. 시뮬레이션 결과

그림 4는 2개 송수신 안테나를 이용하여 위상 오차에 따른 BER 성능과 DD 방식을 결합했을 때의 시뮬레이션 결과이다. 시뮬레이션에서 사용한 터보 pi 부호화기는 전송 bit의 크기 K=1504 부호

화율 $R=1/2$ 을 사용하였다. 시뮬레이션 환경은 심플 주기 T 동안 서로 독립적인 분포를 가지는 다중경로 채널로써 주기 T 동안 채널의 변화가 없고 수신단에서 채널 추정을 정확히 알고 있다고 가정하였다. 변조방식은 QPSK방식을 적용하였다. 시뮬레이션 결과 BER 10^{-4} 에서 위상동기 알고리즘을 적용하였을 때가 적용하지 않았을 때 보다 1.5dB의 성능이 향상됨을 알 수 있다. 따라서 복조부에서 어느 정도 위상 추적을 하면 오류를 정정할 수 있음을 알 수 있으며, 위상동기 알고리즘이 수중통신에서 성능 향상을 위해 필요한 요소임을 알 수 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 다중 경로를 갖는 채널에서의 원활한 통신과 전송율을 높이기 위해 MIMO(Multi-Input-Multi-Output) 시스템에서의 부호화 기법과 등화기가 결합하여 동작하는 터보 등화기를 갖는 시스템을 사용하였다. 또한 수중 채널특성으로 인하여 변한 위상을 보상하기 위하여 DD 방식을 사용하여 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 시뮬레이션 결과 BER 10^{-4} 에서 위상동기 알고리즘을 적용하였을 때가 적용하지 않았을 때 보다 1.5dB의 성능이 향상됨을 알 수 있다. 비교한 결과 DD 방식을 적용하여 복조부에서 어느 정도 위상 추적을 하면 오류를 정정할 수 있음을 알 수 있으며, 위상동기 알고리즘 역시 수중 통신에서 성능 향상을 위해 필요한 요소임을 알 수 있다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 지식경제부 및 정보통신산업진흥원의 대학 IT연구센터 지원사업의 연구결과로 수행되었음(NIPA-2012-H0301-12-2005), 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소의 지원으로 수행되었습니다.(계약번호UD100002KD)

참고문헌

- [1] M. Stojanovic, J. Catipovic, and J. Proakis, "Phase coherent digital communications for underwater acoustic channels.", IEEE J. Ocean. Eng., vol. 19, no. 1, pp.100-111, Jan 1994.
- [2]Calderbank, A. R., Seshadri, N., and Tarokh, V.(1998), "Space-time codes for high data rate wiress communication: performance criterion and code construction", IEEE Trans. Inform. Theory, pp. 744-765.
- [3]C.Berrou, A.Glavieux, and P.Thitimajshima, "Near Shanon Limit Error-Correcting Coding and Decoding : Turbo-Codes", in Proc. ICC93, 1993.
- [4]Myung Sup KIM, Jin Ho KIM, Yoon Jung SONG, Ji Won JUNG, Jong Suk CHAE, Hwang Soo LEE, "Design and Analysis of Decision-Directed Carrier Recovery for High-Speed Satellite Communications", IEICE TRANSACTIONS on Communications, Vol.E81-B, No.12, pp.2567-2575, Dec 1998.