

WCDMA 순방향 링크에서의 다중 경로 간섭 제거 알고리즘

유 현 규, 권 중 형, 류 탁 기, 홍 대 식, 강 창 언
연세대학교 전기·전자공학과
전화 : (02) 2123-2865

Multipath Interference Cancellation Algorithm in WCDMA forward link

Hyunkyuu Yu, Jonghyung Kwun, Takki Ryu, Daesik Hong, Changeon Kang
Info. & Telecomm. Lab., Dept. of Electrical & Electronic Eng., Yonsei Univ.
*Electronic and Telecommunication Research Institute
E-mail : hkyu@catseye.yonsei.ac.kr

Abstract

In WCDMA systems, it is difficult to use high level modulation schemes in Rayleigh fading channel. Components of Multipath interference give signals much interferences. Multipath interference cancellation is one of the method to overcome this problem. In this paper, multistage PIC algorithm is used to verify a performance of multipath interference cancellation. It is algorithm gradually canceling the multipath interferences as a stage number is increases. In computer simulations, it is verified that multipath interference cancelation is necessary and using its algorithm give much better performances than not using.

라고 가정한다면 적응형 multi-level 데이터 변조 방식을 적용하여 throughput을 증가시킬 수 있다. 그러나, 실제적인 이동 통신 채널 환경의 다중 경로 페이딩 채널을 고려한다면 다중 경로 신호 성분들은 상호 간에 간섭으로 작용한다. 따라서 high order modulation을 사용할 수 있는 신호대 간섭비의 영역이 달라지고 시스템의 전체적인 평균 throughput이 감소한다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나가 다중 경로 간섭 제거이며, 본 논문에서는 PIC(Parallel Interference Cancellation) 알고리즘을 기본으로 성능을 분석하고자 한다.

2장에서 PIC 알고리즘을 분석하고, 다중 경로 간섭 제거의 필요성에 대해 설명한다. 3장에서는 모의 실험을 통해 BER(Bit Error Rate) 관점에서 PIC 알고리즘의 성능을 분석한다. 끝으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

I. 서론

차후 이동 통신 시스템의 트래픽 모델은 역방향과 순방향의 대칭적 모습에서 순방향 링크의 데이터 전송량을 늘리는 비대칭적인 모습으로 변화해 가고 있다. 한정된 대역폭을 사용하면서 이와같이 데이터 전송량을 증가시키기 위해서는 기존의 link adaptation 방법, 전력 제어만으로는 서비스의 품질을 유지하는데 한계가 발생하게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방법의 하나로써 채널 환경의 정도에 따라 변조 방식을 변화시켜 대역폭 효율을 증가시키는 적응형 multi-level 데이터 변조 방식에 관한 연구들이 진행되고 있다. 이론적으로 채널 환경이 다경로 페이딩 채널이 아닌 논문은 2001년도 두뇌한국21사업 핵심분야에 의하여 수행되었습니다.

II. PIC를 이용한 다중 경로 제거 알고리즘

<그림1>는 Multistage PIC를 이용한 다중 경로 간섭 제거 알고리즘의 기본 블록도를 나타낸다. Multistage에서의 각 stage 기본 구조는 <그림2>에 나타내었다. 한 stage에서 살펴보면 conventional한 경우에 비해 경관정을 하는 부분과 신호를 다시 발생시키는 부분이 추가되는 구조를 가진다.

수신 신호는 첫 번째 단계에서 우선 정합 여파기를 통과하게 된다. 정합 여파기는 복호 해야하는 코드 채널의 각 경로 수만큼 필요하다. 정합 여파기를 통과한 각 경로의 신호는 채널 추정을 통해 위상을 보상하고 MRC(Maximum Ratio Combining)를 하게 된다. 여기

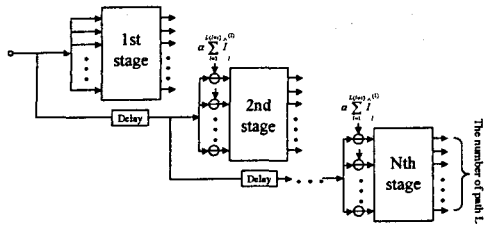


그림 1 Multistage PIC 알고리즘을 이용한 다중 경로 간섭 제거기의 기본 구조

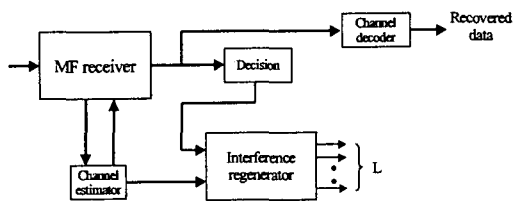


그림 2 각 stage의 기본 구조

서의 채널 추정은 파일럿 채널을 이용하여 수행하며 간섭 성분이 제거됨에 따라 파일럿 채널을 이용한 채널 추정 또한 더욱 정확해진다.

MRC 된 신호는 경판정을 통해 결정 내려지며, 이것을 기준으로 Interference regenerator에서는 심볼을 다시 발생시킨다. 마지막으로 Interference regenerator에서는 재 발생시킨 심볼, 채널 추정 정보와 코드 정보를 이용해 경로 별로 신호를 재 발생시키게 된다. 다음 단계에서는 원래의 수신 신호에서 추정된 다른 경로의 간섭 성분을 빼 신호가 정합 여파기의 각 경로 입력으로 들어가게 된다. stage 수가 늘어날수록 간섭 성분에 대한 정확한 추정이 가능하므로 빼주는 간섭 성분의 크기를 점차적으로 늘리는 방식을 택하는 것이 효과적이다. 이런 과정 거침으로써 점차적으로 다중 경로 성분을 제거할 수 있다.

<그림3>은 16QAM 변조 방식을 사용했을 경우의 경로 수에 따른 BER 성능을 나타낸다. 채널의 환경이 좋아질수록 성능이 향상되는 것을 볼 수 있다. 경로 수가 하나일 때와 경로 수가 두 개일 경우 BER 상에서 큰 성능 차이가 나타나는데, 이것은 채널의 영향으로 직교성이 깨진 코드 채널의 다른 경로 성분들이 간섭으로 작용했기 때문이다. 즉, 경로가 하나 이상이고 많은 코드 채널을 사용하는 경우 다중 경로 간섭 제거의 필요성을 나타낸다. 경로가 하나일 때와 비슷한 성능을 나타내는 곡선이 있는데, 이것은 다중 경로 간섭을 완벽히 제거했을 경우를 나타낸 것이다. 따라서 다중 경로 간섭을 제거하면 경로가 하나인 경우와 비슷한 성능을 나타내는 시스템을 생각할 수 있게 된다.

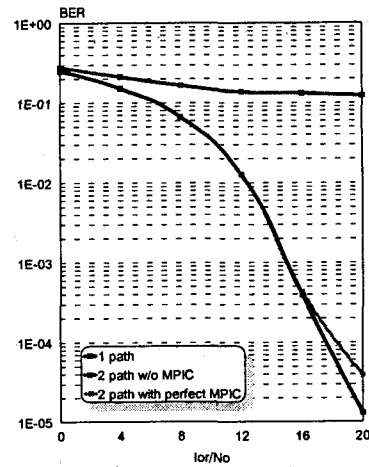


그림 3 16QAM 변조 방식에서의 경로 수에 따른 BER 성능

<표 1> 모의 실험상의 가정 사항

Chip rate	3.84 Mcps
SF(Spreading Factor)	32, 16, 8
Frame length	2560 chips (0.667 ms)
Number of stage	4
DSCH Ec/Ior	90% of Ior
CPICH Ec/Ior	10% of Ior
Modulation Scheme	16 QAM
Number of DSCH	20, 10, 5
Channel Model	1, 2 path Rayleigh fading (80Hz) + AWGN

III. 모의 실험 결과 및 분석

모의 실험에서 시스템의 성능은 BER을 기준으로 분석한다. 채널 코딩은 하지 않았으며, 채널 추정은 완벽하다는 가정 하에 실험하였다. <표1>은 모의 실험을 하는데 있어서의 가정 사항을 나타낸다.

<그림4>는 경로 수가 2일 경우 다중 경로 간섭 제거 알고리즘의 사용 여부에 따른 시스템의 성능을 나타낸다. Ior/No가 0인 경우를 생각해보면 한 코드 채널의 신호는 자기 신호의 20배가 넘는 분산을 갖는 잡음과 20개가 넘는 다중 경로 간섭에 영향을 받기 때문에 매우 나쁜 성능을 나타내게 된다. 채널 환경이 매우 나쁘기 때문에 다중 경로 간섭 성분의 추정이

WCDMA 순방향 링크에서의 다중 경로 간섭 제거 알고리즘

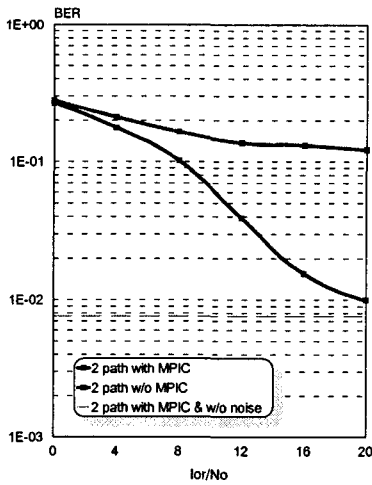


그림 4 16QAM 변조방식에서의 다중 경로 간섭 제거 알고리즘의 사용 여부에 따른 성능

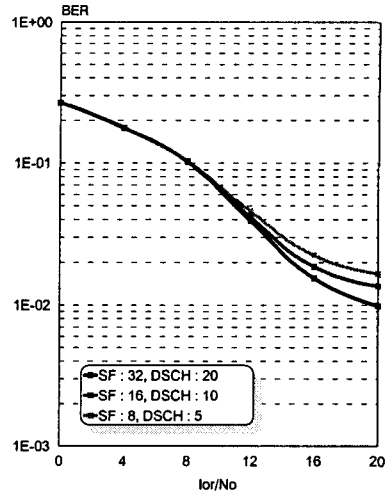


그림 6 16QAM 변조 방식에서의 Spreading factor에 따른 성능

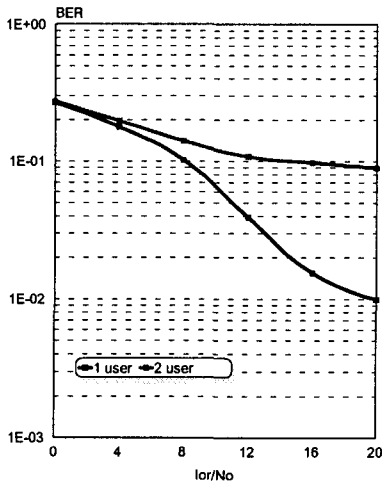


그림 5 코드 채널에서의 사용자의 수에 따른 성능

어렵고 따라서 다중 경로 간섭 제거 알고리즘의 사용 여부가 성능에 많은 영향을 미치지 못한다. 하지만 채널 환경이 좋아질수록, 즉 잡음의 분산이 작아질수록 다중 경로 간섭 제거 알고리즘을 사용한 경우와 사용하지 않은 경우의 성능 차이가 많이 나타난다. 하지만, 채널 환경이 좋아진다고 해서 성능이 급격히 좋아지는 일반적인 BER 곡선이 나타나진 않는다. 잡음의 분산은 작아져도 많은 다중 경로 간섭이 존재하기 때문이다. 점선으로 표시된 선은 잡음이 없고 다중 경로 간섭만 존재할 경우의 성능을 나타낸다. 잡음이 존재할 경우 BER 성능의 곡선은 이 점선에 수렴하는 형

태로 나타나게 된다. 코드 채널이 20개 존재하기 때문에 다중 경로 성분을 제거하지 못한 채 데이터를 추정하는 첫 번째 단계의 에러로 인하여 네 번째 단계에서도 다중 경로 성분을 완벽히 제거할 수는 없다. 하지만 채널 환경이 좋은 경우 다중 경로 제거 알고리즘의 사용 여부에 의한 성능 차는 상당히 많이 나타난다.

<그림5>는 경로 수가 2일 경우 DSCH 20개를 사용하는 사용자 수에 따른 시스템의 성능을 나타낸다. 즉, 위의 곡선은 두 명의 사용자 각각 10개의 DSCH를 사용한 경우이고, 밑의 곡선은 한 사용자가 DSCH 20개를 사용한 경우이다. 위 곡선의 경우는 한 사용자가 다른 사용자의 코드 정보를 알지 못하기 때문에 다중 경로 간섭 제거는 10개의 DSCH에 대해서 밖에 할 수 없고, 나머지 10개 DSCH의 다중 경로 간섭 성분은 제거할 수 없다. 이러한 경우 심각한 성능 열화가 발생하는 것을 볼 수 있으며, 자기 신호의 다중 경로 간섭 성분만을 단순히 제거하는 것이 많은 성능 향상을 가져오지 못하는 것을 알 수 있다. 따라서 실제적으로 여러 사용자가 DSCH를 사용할 경우 다른 사용자의 다중 경로 간섭 성분을 고려하는 알고리즘이 필요함을 알 수 있다.

<그림6>은 경로 수가 2일 경우 SF의 변화에 따른 시스템의 성능을 나타낸다. SF가 2배 작아지면 DSCH 채널의 수도 2배 작아지게 하였는데, 이것은 같은 전송률을 의미하며 또한 같은 간섭 효과를 의미한다. SF가 증가할수록 약간의 성능 개선이 나타나는 것을 볼 수 있다.

IV. 결론

본 논문에서는 WCDMA 시스템의 순방향 링크에서 높은 레벨의 변조 방식을 사용할 경우 문제가 되는 다

중 경로 간섭 성분을 제거하는 알고리즘에 대해 살펴 보았다.

성능 검증을 위한 모의 실험에서 사용한 알고리즘은 Multistage PIC이며, 다중 경로 레일리 페이딩 채널과 AWGN 채널에서 다중 경로 간섭 제거 알고리즘을 사용한 경우 경로 수가 하나일 때와 비슷한 성능을 나타 내진 못하나 많은 성능 개선이 있음을 확인 할 수 있 다.

결과적으로 높은 레벨의 변조 방식을 사용할 경우 다중 경로 간섭 제거 알고리즘은 많은 성능 향상을 가져온다. 다른 사용자의 간섭을 고려한 새로운 알고리 즘과 결합하는 것을 고려한다면 더 많은 활용 가능성 이 기대된다.

참고문헌

- [1] D. Divsalar, M.K. Simon, and D. Raphaeli. "Improved parallel interference cancellation for CDMA." *IEEE Transactions on Communications*, vol. 46, no.2, pp.258-268, Feb.1998.
- [2] 3G TR25.848
- [3] J.H.Roh, A Suboptimal Receiver using Multistage Interference Cancellation Scheme in DS/CDMA Systems, ph.D. thesis, Dept. of Electrical & Electronic Eng. Yonsei University, Korea, 2000
- [4] S. Verdu. *Multiuser Detection*, Cambridge University Press, 1998