

슬라이딩 윈도우를 이용한 다중 경로 탐색 알고리즘

유현규, 권종형, *전형구, 홍대식, 강창언,
연세대학교 전기·전자공학과, *한국전자통신연구원(ETRI)
전화 : (02) 2123-2865

Multipath Search Algorithm based on Sliding Window

Hyunkyung Yu, Jonghyung Kwun, *Hyunggu Jeon, 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 CDMA systems, the performance of the typical multipath searcher degrades much according as the signal to noise ratio becomes low. In this paper, multipath searcher algorithm is proposed based on sliding window to overcome this drawback. In searcher systems, correlation values between incoming and local PN sequences are used to acquire multipath components. Therefore more accurate distributions of correlation values obtained through this proposed algorithm enables to get higher detection probability. In computer simulations, it is verified that proposed algorithm has better performances in Rayleigh fading channel and Gaussian channel.

I. 서론

코드 분할 다중 접속 시스템은 한 PN 칩 주기의 한 부분 이내로 수신 신호와 수신기의 PN 시퀀스와 동기화 이루어져야 제대로 성능을 나타낼 수 있다. 전형적으로 동기 과정은 두 단계로 이루어지는데, 하나는 한 PN 칩 이내로 타이밍 동기를 맞추는 동기 획득(code acquisition)과정과 다른 하나는 한 PN 칩 이내로 미세 동기를 유지하는 동기 추적(code tracking) 과정이다[1][2]. 순방향 링크의 경우 이동국에서는 파일럿 채널과 동기 채널을 이용하여 동기를 이루고 역방향 이 논문은 2000년도 한국전자통신연구원의 지원과제로 두뇌한국21사업 핵심분야에 의하여 수행되었습니다.

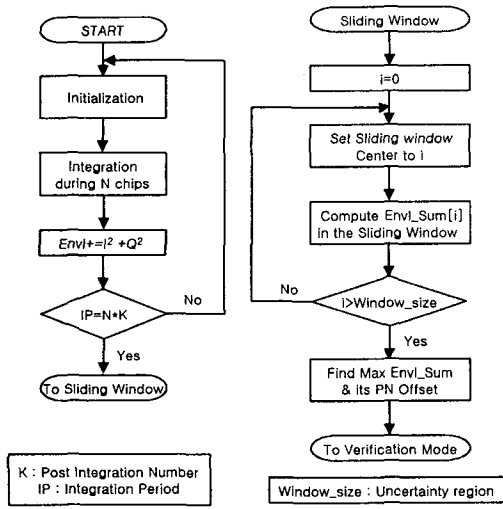
링크의 경우 기지국은 기본적으로 액세스 채널을 이용하여 동기를 획득한다. 즉, 순방향 링크에서는 파일럿 신호를 이용한 동기 방식을, 역방향 링크에서는 파일럿 신호를 사용하지 않는 비동기 방식을 사용하게 된다[3].

역방향 링크에서는 다경로 페이딩과 낮은 신호대 잡음비를 극복해야 하기 때문에 이에 적합한 코드 동기 알고리즘을 필요로 한다. 본 논문에서는 CDMA 역방향 링크에서 동기 획득시에 열악한 채널 환경에서 보다 정확한 경로를 검출하기 위한 알고리즘을 제안한다. 성능을 평가하는데 있어서는 경로 검출 확률과 평균 검출 다경로 수라는 관점을 기준으로 한다. 모의 실험은 확실하게 검증된 IS-95 시스템 환경에서 하였으며, 채널 환경은 다경로 레일리 페이딩과 AWGN 환경을 가정했다.

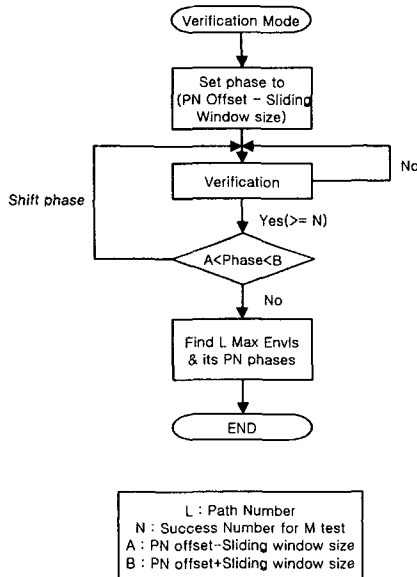
2장에서 슬라이딩 윈도우를 적용한 경로 탐색 알고리즘에 대한 설명을 하고 일반적인 경로 탐색 알고리즘과 비교한다. 3장에서는 모의 실험을 통해 경로 검출 확률과 평균 검출 다경로 수라는 관점에서 제안한 알고리즘의 성능을 평가한다. 끝으로 4장에서는 본 논문의 결론을 맺는다.

II. 슬라이딩 윈도우를 적용한 경로 탐색 알고리즘

<그림1>은 탐색기의 알고리즘을 나타낸다. 불확정성 영역(uncertainty region) 만큼의 위상에 대한 상관값을 구하는 검색기 부분과 슬라이딩 윈도우를 적용하고 재확인하는 부분으로 구성된다. 검색기는 noncoherent한 방식에 parallel한 구조를 가지고 있다고 가정한다. 검색기는 기존의 알고리즘과 유사하게 제곱기를 이용하여 전송 심벌의 정수배에서 I와 Q 채널의 포락선



(a) (b)



(c)

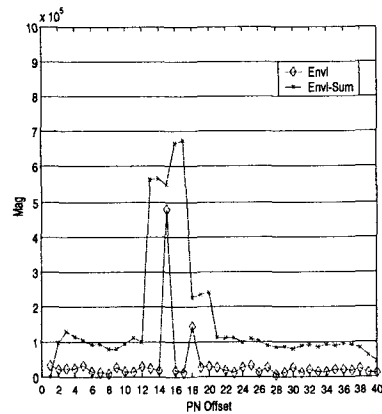
그림 1 (a)검색기 (b)슬라이딩 윈도우 (c)확인 과정 알고리즘

의 크기인 적분값을 구한다. parallel한 구조이므로 검색기의 수는 불확정성 영역(uncertainty region) 만큼 필요하다.

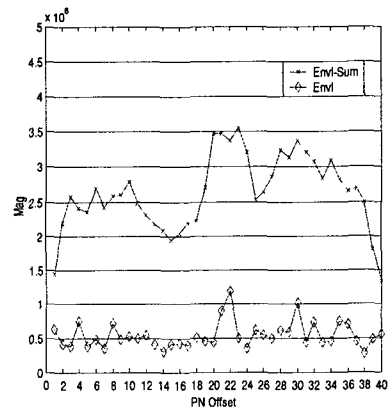
기존의 탐색기는 각 검색기들이 정해진 검색 영역을 검색한 후에 경로를 결정하기 위해 저장된 포락선 값들을 이용하게 된다. <그림2>의 실선은 다경로 성분이 3인 경우에 모의 실험을 통하여 얻은 포락선의 크기 분포이다. (b)의 경우와 같이 잡음이 많은 열악한 채널 환경에서는 포락선의 크기 차이가 뚜렷하지 않은 것을 볼 수 있다. 크기 차이가 뚜렷하지만 않으면 성능에는 큰 차이가 없겠지만, 잡음에 의해서 원치 않는 경

로의 포락선 값이 큰 경우가 생긴다. 이러한 경우는 잘못된 경로를 선택하게 된다. 본 논문에서는 최적의 경로 설정을 위해 저장된 포락선 값에 슬라이딩 윈도우를 설정하여 윈도우를 중심으로 포락선의 합을 구한다. 그리고, 포락선 합에 상응하는 PN 오프셋을 구한다. <그림2>의 점선이 포락선 합의 분포를 나타낸다. (b)의 경우와 같이 포락선 합의 최대값에 상응하는 PN 오프셋과 멀리 떨어져 있는 잘못된 경로의 포락선 크기가 크더라도 다음 과정에서 그 경로는 제거할 수 있다. 이 과정에서는 최대값에 상응하는 하나의 PN 오프셋만을 찾게된다.

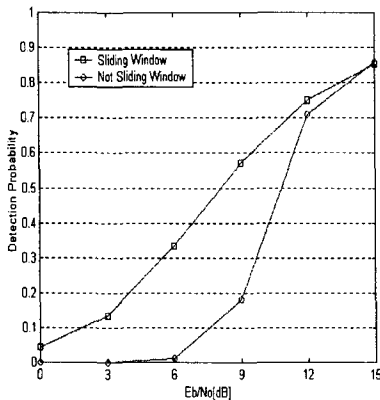
포락선 합의 분포에서 찾은 최대값에 상응하는 PN 오프셋은 여러 PN 오프셋에 대해 윈도우를 적용하여 찾은 결과이다. 따라서 이 오프셋 값을 중심으로 전,후 다경로 성분의 시간 지연 만큼의 구간을 확인 과정에



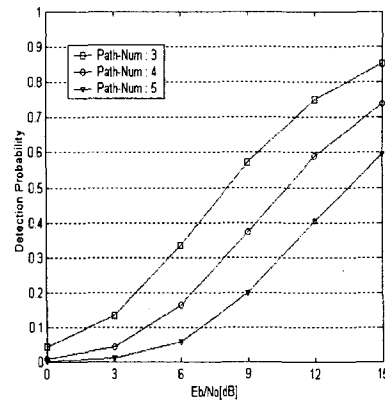
(a) $E_b/N_0 = 15\text{dB}$
다중 경로: 15, 16, 18



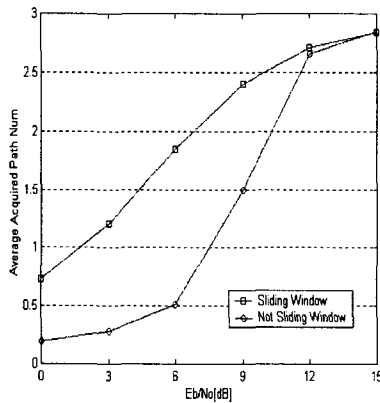
(b) $E_b/N_0 = 0\text{dB}$
다중 경로: 22, 23, 25
그림 2 다경로 성분이 3인 경우의 탐색기 상관값 에너지 분포



(a)

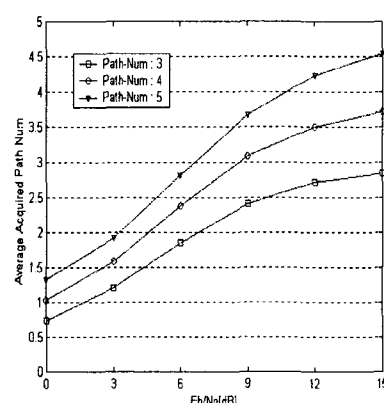


(a)



(b)

그림 3 슬라이딩 윈도우의 유무에 따른 (a)검출 확률 및 (b)평균 획득 다경로 수



(b)

그림 4 다경로 수에 따른 (a)검출 확률 및 (b)평균 획득 다경로 수

넘긴다. 확인 과정에서는 포락선 값이 4번 중에 3번 이상 임계값을 넘으면 통과가 되는 다수 결정 논리를 택한다. 마지막으로 이 통과된 포락선 값들 중에서 큰 값 순으로 다경로 수만큼 경로를 찾아낸다.

검색기를 parallel한 구조로 사용하는 경우 불확정성 영역(uncertainty region)이 매우 크면 하드웨어적으로 부담이 될 수 있다. 이러한 경우에는 hybrid한 방식을 이용하여 알고리즘을 수정할 수 있다.

III. 모의 실험 결과 및 분석

모의 실험에서 시스템의 성능은 두 가지 기준에 의해 분석한다. 첫 번째는 검색 확률이다. 실험에서 임의로 설정한 다중 경로 성분의 동기를 모두 정확하게 획득할 확률이다. 두 번째는 평균 획득 다경로 수이다. 두 가지의 척도가 유사한 의미를 갖지만 정확히 일치하는

의미는 아니다. 검색 확률이라는 척도는 이 탐색기만을 하나의 시스템으로 볼 때 얼마나 완벽하게 다경로 성분들을 검출해 내는가를 의미한다. 평균 획득 다경로 수는 탐색기의 동기 획득단과 이후 동기 추적단까지 연결해서 성능을 고려한 척도이다. 획득 다경로 수는 탐색기에서 얻어진 경로 수를 의미하므로 penalty time과도 직접적으로 연관된다.

모의 실험을 하는데 있어 몇가지 사항을 가정한다. 다경로 페이딩 채널에서 경로 수는 3,4,5이다. 그리고, 각각의 경로는 5,7,9 chip 이내에 존재한다. 검색기 내의 적분 구간은 256*2 chip으로 한다. 검색기가 검색해야 할 불확정성 영역(uncertainty region)은 40 chip이다. 확인 과정에서의 임계값은 들어오는 신호의 평균 값에 적절한 계수를 곱해 최적의 임계값을 찾는다.

<그림3>은 페이딩율이 80Hz이고 다경로 수가 3일 경우 슬라이딩 윈도우를 사용했을 때와 사용하지 않았을 때의 성능 변화를 나타낸다. 시스템 방식은 둘 다

parallel한 경우이다. <그림2>에서 보았듯이 슬라이딩 윈도우를 씌우면 채널 환경이 열악한 경우 포락선의 크기가 큰 잘못된 경로를 제거할 수 있음을 알 수 있었다. 이러한 이유로 <그림3>와 같은 성능 차이가 생기게 된다. E_b/N_0 가 낮은 부분에서 즉, 채널 환경이 열악한 환경에서는 대략 4dB 이상의 많은 성능 차이가 생기는 것을 볼 수 있다. 채널의 환경이 좋아질수록 슬라이딩 윈도우를 이용하지 않은 경우에서 급격한 성능 향상이 생겨 두 방식의 성능 차이가 줄어드는 것을 알 수 있다.

<그림4>는 다경로 수에 따른 검출 확률 및 평균 획득 다경로 수를 나타낸다. (a)에서 보면 E_b/N_0 에 상관없이 비슷한 성능 차이가 생기는데, 검출 확률을 모든 다경로를 모두 검색할 확률이라고 정의했기 때문이다. (b)에서는 평균 획득 다경로 수를 실제 다경로 수로 나눈 비율을 고려하면 다경로 수에 상관없이 비슷한 성능을 나타내는 것을 볼 수 있다. 즉, <그림4>는 제안한 알고리즘이 다경로 수가 변화해도 안정된 동작을 한다는 것을 나타낸다.

IV. 결론

본 논문에서는 CDMA 시스템의 역방향 링크에서 채널 환경이 열악할 경우, 즉 낮은 신호 대 잡음비에서도 동기 획득 단에서 보다 정확하게 다경로 성분을 검색하기 위해 슬라이딩 윈도우를 적용한 경로 탐색 알고리즘을 제안하였다.

성능을 검증하기 위해 다경로 레일리 페이딩 채널과 AWGN 채널에서 모의 실험한 결과 슬라이딩 윈도우를 이용하는 경우 경로 검출 확률과 평균 검출 다경로 수라는 관점에서 슬라이딩 윈도우를 이용하지 않는 기존의 시스템 방식에 비해 많은 성능 향상이 있는 것을 볼 수 있다.

결과적으로 슬라이딩 윈도우를 이용한 경로 탐색 알고리즘은 열악한 채널에서 윈도우를 이용하지 않는 알고리즘 보다 우수한 성능을 나타낸다. 하드웨어적인 단순화가 고려된다면 앞으로 이 알고리즘의 더 많은 활용 가능성이 기대된다.

참고문헌

- [1] 강법주, 박형래, 손정영, 강창언 "IS-95 역방향 링크에서 단일 적분 및 이중 적분 검색방식의 성능 분석", 한국 통신학회 논문지 제 21권 2호, pp. 383-393, 1996.2.
- [2] P.M. Hopkins, "A unified analysis pseudonoise synchronization by envelope correlation," IEEE Trans. Commun., vol. Com-25, pp. 770-778, August 1977
- [3] Klein S. Gilhousen, "On the Capacity of a Cellular CDMA System," IEEE Trans. Vehicular Technology, vol. VT-40, no 2, pp. 303-312, May. 1991
- [4] A. Polydoros and C.L. Weber, "A unified

approach to serial search spread spectrum code acquisition - part I : General theory," IEEE Trans. on Comm., vol COM-32, pp.542-549, May 1984