

좌부엽 상관값을 이용한 대역 제한된 직접수열 확산대역 시스템의 추적편이 완화 기법

*유승수, *정상효, **윤석호, *김선용
*건국대학교 전자공학부, **성균관대학교 정보통신공학부
e-mail : kimsy@konkuk.ac.kr

A Novel Code Tracking Scheme in Advanced Correlation Timing Offset Region for Band-Limited DS/SS System

*Seungsoo Yoo, *Sanghyo Jung, **Seokho Yoon, and *Sun Yong Kim
*Konkuk University, **Sungkyunkwan University

요약

대역 제한된 DS/SS 시스템의 상관 함수는 최고 값이 나타나는 시점과 함께 이른 또는 늦은 상관시간 오프셋 영역에서 극소 또는 극대로 나타나는 시점을 특징점으로 갖는다. 이 가운데 이른 상관시간오프셋 영역의 상관 함수는 다중경로 신호에 의해 덜 왜곡되기 때문에 이 영역의 상관 함수를 이용해 부호 동기를 추적하여 유지할 수 있다면 EL-DLL (delay lock loop with early minus late discriminator) 보다 추적편이를 줄일 수 있다. 본 논문에서 이런 특성을 이용하는 추적편이 완화 기법을 제안하고, 모의실험을 통해 성능을 알아본다.

I. 제안한 기법

DS/SS 시스템의 추적 기법 가운데 가장 널리 알려진 추적 기법은 현재 부호 동기의 시점보다 약간 앞선 시점의 이른 상관값과 약간 처진 시점의 늦은 상관값의 차를 사용하는 EL-DLL이다. EL-DLL의 구조는 그림 1과 같다.

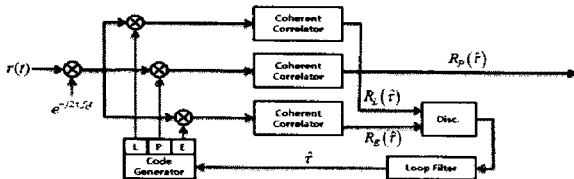


그림 1. EL-DLL의 구조

여기서 f_c 는 반송파의 중심 주파수, $R_E(\hat{\tau})$, $R_P(\hat{\tau})$, $R_L(\hat{\tau})$ 는 각각 수신신호 $r(t)$ 와 부호 발생기에서 현재

추정된 동기 시점 $\hat{\tau}$ 를 기준으로 각각 $-\Delta/2$, 0 , $+\Delta/2$ 만큼 지연된 확산수열의 동기 상관 값, 'Disc.'는 판별기 (discriminator), E , P , L 은 $\hat{\tau}$ 를 기준으로 각각 $-\Delta/2$, 0 , $+\Delta/2$ 만큼 지연된 확산수열 출력을 각각 의미한다. EL-DLL이 동기시점을 결정했을 때 R_P 의 상관시점은 정확한 동기시점으로부터 편이하게 되며, 이를 추적편이라 한다. 추적편이는 가시신호와 다중경로신호의 위상차에 따라 다르게 나타난다. 가시신호와 다중경로신호의 위상이 동위상일 때 추적편이는 이른 상관시간오프셋 방향으로 나타나며, 가시신호와 다중경로신호의 위상이 역위상일 때 추적편이는 늦은 상관시간오프셋 방향으로 나타난다.

기존에 추적편이를 줄이기 위한 많은 연구가 진행되었으며, 이 가운데 R_E 와 R_L 의 표본 간격을 좁게 설계해 추적편이를 줄이는 NC-DLL (delay lock loop with narrow correlator) 제안되었다. 그러나 NC-DLL은 좁은 상관 표본 간격을 사용하기 때문에 동적 영역이 줄어들어 EL-DLL에 비해 정확한 획득 동기가 필요한 단점을 갖는다. 또한, 본 논문에서 다루고 있는 대역 제한이 있는 다중경로 환경에서 추적편이는 정확한 동기시점을 기준으로 상관값의 대칭성이 왜곡되어 발생하는 제 1형 추적편이에 비해 최고 상관값이 나타나는 시점과 정확한 동기시점이 어긋나 발생하는 제 2형 추적편이가 더 크게 발생하기 때문에 NC-DLL처럼 단순히 좁은 상관 간격 설계만으로 추적편이를 줄일 수 없다 [2].

대역 제한된 DS/SS 시스템의 상관 함수는 최고값

이 나타나는 시점과 함께 이른 또는 늦은 상관시간오프셋 영역에서 극소 또는 극대로 나타나는 시점을 특징점으로 갖는다. 이 가운데 이른 상관시간오프셋 영역의 상관 함수는 다중경로에 의해 덜 왜곡되기 때문에 이 영역의 상관 함수를 이용해 부호 동기를 추적, 유지할 수 있다면 EL-DLL에 비해 추적편이를 줄일 수 있다.

이 특성을 바탕으로 이른 상관시간오프셋 영역의 상관함수를 사용하는 추적기법을 제안한다. 제안한 기법의 구조는 그림 2와 같다.

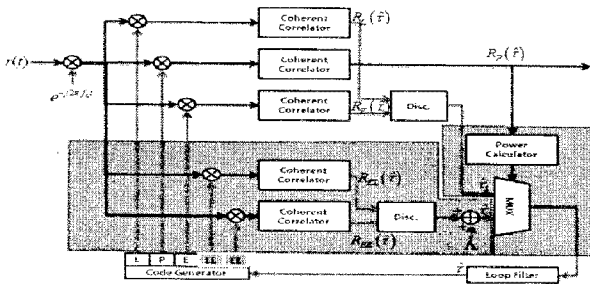


그림 2. 제안한 추적기법의 구조

여기서 녹색음영영역은 이른 상관시간오프셋 영역의 극소점 판별기, 주색음영영역은 현재 상관값을 바탕으로 추정된 신호 대 잡음비에 따라 이른-늦은 상관 값을 사용하는 판별기에서 판별한 동기시점 $\hat{\tau}_1$ 또는 녹색음영영역의 극소점 판별기에서 판별한 동기시점 $\hat{\tau}_2$ 를 선택하는 선택기, Δ 는 이상적인 환경에서 정확한 동기시점으로부터 각 상관시간오프셋 영역에서 첫째 극소값 또는 극대값이 나타나는 시점, EL 과 EE 는 $\hat{\tau}$ 를 기준으로 각각 $\Delta - \Delta'/2$, $\Delta + \Delta'/2$ 만큼 지연된 확산수열의 출력, Δ' 은 R_{EE} 와 R_{EL} 의 표본 간격을 의미한다.

제안한 기법은 그림 1의 EL-DLL에 녹색 및 주색 음영영역의 블록들을 추가해 구현할 수 있다.

II. 모의실험 및 결론

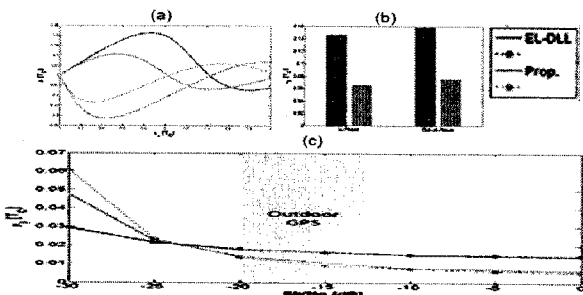


그림 3. 무잡음 환경에서 (a) 추적편이와 (b) 평균 추적편이, (c) AWGN 환경에서 평균 추적편이

제안한 기법의 추적편이 특성을 분석하기 위해 처리이득 30dB의 Gold 부호와 대역제한을 위해 차단계수 (roll-off factor) 0.2의 채플린 울림형 코사인 필터

(root raised cosine filter, RRCF), $\Delta = \Delta' = 0.25 T_C$ 로 설정했다.

무잡음 환경에서 $\hat{\tau}_1$ 과 $\hat{\tau}_2$ 의 추적편이는 그림 3(a), (b)와 같으며, 가산성 백산 정규 잡음이 (additive white Gaussian noise, AWGN) 환경에서 평균 추적편이는 그림 3(c)와 같다. 여기서 τ_Δ 는 가시신호와 다중경로신호의 상대적 시간차, β 는 추적편이, 실선과 점선은 LOS 신호와 다중경로 신호 사이의 위상이 동위상 및 역위상 일 때, μ_β 는 $0 \leq \tau_\Delta < T_C$ 에서의 평균 추적편이를 각각 의미한다. 무잡음 환경에서 $\hat{\tau}_2$ 이 $\hat{\tau}_1$ 에 비해 추적편이가 약 50% 낮게 나타남을 확인할 수 있다. 이는 앞서 언급한 바와 같이 이른 상관시간오프셋 영역의 상관값이 다중경로신호에 영향을 덜 받기 때문이다.

AWGN 환경에서 $\hat{\tau}_2$ 의 추적편이는 신호 대 잡음비에 따라 $\hat{\tau}_1$ 의 추적편이보다 추적편이가 큰 구간과 작은 구간으로 나누어진다. 이는 이른 상관시간오프셋 영역의 상관값이 AWGN에 의해 심하게 훼손되어 추적을 수행할 수 없는 경우가 있기 때문이며, 설정한 것처럼 30dB의 처리이득을 갖는 확산수열을 사용하고, 차단계수 0.2의 RRCF를 사용한 때 최고값과 극소값의 전력차는 약 6dB 정도 발생하며, 이로 인해 그림 7처럼 $\hat{\tau}_2$ 의 추적편이가 $\hat{\tau}_1$ 의 추적편이에 -24dB 이상의 구간에서는 작고, -24dB 이하의 구간에서는 크게 나타난다.

이 문제는 적산을 통해 신호 대 잡음비를 높여 해결할 수도 있다. 그러나 현재 사용하고 있는 GPS의 (global navigation system) 실외 신호 대 잡음비를 대략 표시하면 그림 3(c) 중앙의 음영영역과 같다. 따라서 일정수준의 신호 대 잡음비가 허용되는 환경에서 사용할 경우 그림 2의 제안한 기법 가운데 녹색음영영역의 판별기만으로 추적기를 구성해도 무방하다.

감사의 글

본 과제는 2차 BK21 사업에 의해 지원되었음.

참고문헌

- [1] E. Kaplan, *Understanding GPS principles and Applications, 2nd Ed.*, Artech House Publishers, Inc., North-wood, MA, 2005.
- [2] S. Yoo, S. Yoon, S. Y. Kim, "Performance of code synchronization schemes using chip waveform shaped code on DS/SS system in multipath environments," *IEEE Proc. ICACT2007*, CD-ROM, Pyeongchang, Korea, Feb. 2007.