

상관 함수의 기울기 차에 기반한 GNSS의 부호 추적 기법

정회원 유 승 수*, 학생회원 유 승 환*, 준회원 정 다 해**, 학생회원 안 상 호**,
 종신회원 윤 석 호**, 김 선 용*

A GNSS Code Tracking Scheme Based in Slope Difference of Correlation Outputs

Seungsoo Yoo* *Regular Member*, Seung Hwan Yoo* *Student Member*,
 Dahae Chong** *Associate Member*, Sangho Ahn** *Student Member*,
 Seokho Yoon**, Sun Yong Kim* *Lifelong Members*

요 약

위성 항법 시스템은 (global navigation satellite system, GNSS) 통신 물리계층으로 직접 수열 확산 대역 (direct sequence/spread spectrum, DS/SS) 시스템을 사용하고 있다. DS/SS 시스템은 확산된 정보를 복원하기 위해 한 칩 (chip) 또는 그 이하로 동기를 맞추는 획득 단계와 정확한 동기를 결정하고 유지하는 추적 단계를 수행한다. 가장 널리 알려진 추적 기법은 상관 값의 대칭성을 이용해 부호를 추적하는 Δ -DLL이다 (single delta delay lock loop). 여기서, Δ 는 이른-늦은 상관 값의 상관 시간 오프셋 간격을 뜻한다. Δ -DLL은 이상적인 환경에서 최적 부호 추적 기법이다. 그러나 이 기법은 다중경로 환경에서 상관 함수의 대칭성이 깨짐으로 인해 판별기 출력이 비대칭으로 나타나기 때문에 큰 추적 편이를 갖는다. 추적 편이는 정확한 동기 시점과 추적이 완료되어 결정한 동기 시점의 차이를 의미한다. 이러한 추적 편이를 감소시키기 위한 기법으로 작은 Δ 를 사용한 Δ -DLL과 두 개의 Δ -DLL을 조합한 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 (double delta DLL) 제안되었다. 그러나 두 기법 모두 여전히 추적 편이가 존재하며, 작은 Δ 를 사용하기 때문에 추적 단계의 동적 영역이 줄어들어 정확한 획득 단계가 요구되는 단점을 갖고 있다. 본 논문에서는 추적 편이를 효과적으로 줄이면서도 정확한 획득 단계가 요구되지 않는 상관 값의 최대 기울기 변화에 기반한 추적 편이 감소 기법을 제안한다.

Key Words : Global Navigation Satellite System (GNSS), Direct Sequence/Spread Spectrum (DS/SS) System, Code Tracking, Slope Difference, and Tracking Bias

ABSTRACT

The global navigation satellite system (GNSS) is using a direct sequence/spread spectrum (DS/SS) modulation. In order to recover the information data, the DS/SS system first performs a two-step synchronization process: acquisition and tracking. The acquisition process adjusts the phase difference between the received and locally generated acquisition sequences within $\pm T_c/2$ or less, where T_c is the chip period. The tracking process performs fine synchronization. In this paper, we focus on the tracking issue. The single delta delay locked loop (Δ -DLL) is the optimal tracking scheme for a GNSS in the absence of multipath signals, where Δ means the spacing between the early and late correlation time offset. In the multipath environments, however, the Δ -DLL suffers from

* 본 연구는 2차 BK21 사업과 과학기술부 한국과학재단 특정기초연구과제(R01-2008-000-12271-0)의 지원으로 수행되었습니다.

* 건국대학교 전자정보통신공학부(kimsy@konkuk.ac.kr), ** 성균관대학교 정보통신공학부

논문번호 : KICS2007-12-558, 접수일자 : 2007년 12월 11일, 최종논문접수일자 : 2008년 6월 1일

huge estimation bias (denoted by β) caused by distorted correlation values. Although some modified schemes such as a Δ -DLL with a narrow Δ and a double delta DLL ($\Delta^{(2)}$ -DLL) were proposed to reduce the estimation bias, they cannot remove the estimation bias completely and need more accurate acquisition process. This paper proposes a novel tracking scheme that can dramatically reduce the estimation bias, using the maximum slope change among the correlation outputs.

I. 서 론

위성 항법 시스템은 (global navigation satellite system, GNSS) 통신 물리계층으로 직접 수열 확산 대역 (direct sequence/spread spectrum, DS/SS) 시스템을 사용하고 있다. DS/SS 시스템은 확산된 정보를 복원하기 위해 한 칩 (chip) 또는 그 이하로 동기를 맞추는 획득 단계와 정확한 동기를 결정하고 유지하는 추적 단계를 수행한다^[1]. 본 논문은 추적 단계에서 다중경로 신호에 의해 발생하는 추적 편이 문제를 언급하고, 이를 효과적으로 보상할 수 있는 기법을 제안한다.

위성 항법 시스템의 추적 오차는 수신기의 역학적 오차, 열잡음, 다중경로 영향으로 인한 오차, 위성 클럭, 천체력, 전리층 및 대류권 지연에 의한 신호 추적 오차 등이 있다. 이 가운데 다중경로 영향을 제외한 나머지 오차는 이중 주파수 수신기, 적절한 수신기 구조의 설계, 그리고 비율 보조 (rate aiding) 기법 등을 통해 대부분 완벽하게 제거할 수 있다^{[2][3]}.

DS/SS 시스템의 일반적인 부호 추적 기법은 Δ -DLL이다 (single delta delay lock loop). 여기서 Δ 는 이른 상관 값 및 늦은 상관 값의 상관 시간 읍셋 간격을 뜻한다. Δ -DLL은 이른 상관 값과 늦은 상관 값의 대칭성을 사용해 동기 시점을 결정하고 유지하는 기법으로 이상적인 환경에서 최적 부호 추적 기법이다. 그러나 이 기법은 다중경로 환경에서 상관 함수의 대칭성이 깨짐으로 인해 판별기 출력이 비대칭으로 나타나기 때문에 큰 추적 편이를 갖는다. 추적 편이는 정확한 동기 시점과 추적이 완료되어 결정한 동기 시점의 차이를 의미한다.

이후 추적 편이를 줄이기 위한 기법으로 작은 Δ 를 사용한 Δ -DLL과 두 개의 Δ -DLL을 조합한 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 (double delta delay lock loop) 제안되었다. 작은 Δ 를 사용한 Δ -DLL은 일반적인 Δ -DLL에 비해 이른 상관 값과 늦은 상관 값의 상관 시간 읍셋 간격이 작으므로 대칭성이 덜 깨진 상관 값을 사용

할 수 있다. 따라서 추적 편이가 감소하게 된다. $\Delta^{(2)}$ -DLL은 서로 다른 크기의 Δ 를 갖는 두 개의 Δ -DLL을 결합하여 추적 편이를 감소시키는 기법이다. 그러나 두 기법 모두 여전히 추적 편이가 존재하며, 작은 Δ 를 사용하는 만큼 추적 단계의 동적 영역이 줄어들어 정확한 획득 단계가 요구되는 단점을 갖고 있다^{[4][5][6]}.

본 논문에서는 이러한 문제들을 해결하기 위한 기법으로 상관 값의 최대 기울기 변화에 기반한 추적 편이 감소 기법을 제안한다. 이를 위해 II장에서 시스템 모형과 기존에 제안된 DLL의 특성에 관해 언급한다. III장에서는 제안된 DLL의 단점을 극복할 수 있는 상관 값의 최대 기울기 변화 기반 추적 편이 보상 기법을 제안한다. IV장에서는 모의실험 결과를 보이고, 이를 바탕으로 제안한 기법의 성능을 분석한다. 끝으로, V장에서는 결론을 맺는다.

II. 시스템 모형

본 논문에서 가정한 기저대역 수신신호 모형은 식 (1)과 같다.

$$r(t) = \sum_{m=0}^M A_m b(t - \tau_m) c(t - \tau_m), \quad (1)$$

여기서, M 은 다중경로의 수, A_m 과 τ_m 은 m 째 다중경로 신호의 진폭과 전파지연, $b(t)$ 는 정보 신호 ($b(t) = 1, \forall t$), $c(t)$ 는 확산 부호를 의미한다.

일반적인 부호 추적 기법인 Δ -DLL의 판별기 (discriminator) 출력 값은 식 (2)와 같다.

$$D_{\Delta}(\tau) = R\left(\tau + \frac{\Delta}{2}\right) - R\left(\tau - \frac{\Delta}{2}\right), \quad (2)$$

여기서, τ 는 상관 시간 읍셋, $R(\tau) = \frac{1}{NT_c} \int_0^{NT_c} r(t)c(t+\tau)dt$ 인 정규화된 상관 함수, N 은 확산 부호의 길이를 각각 의미한다.

이상적인 환경에서 Δ -DLL은 정확한 동기 시점을 중심으로 상관 값이 정확히 대칭이기 때문에 추

적 편이가 존재하지 않는다. 그러나 가시신호와 함께 다중경로 신호가 수신될 때 Δ -DLL은 다중경로 신호로 인해 대칭성이 깨진 상관 값을 사용하게 된다. 이 때문에 큰 값의 추적 편이가 발생한다^{[2][3]}. 대역 제한이 없는 무잡음 채널, $M=1$, $A_1/A_0=0.5$ 일 때 상관 함수는 그림 1과 같이 나타난다.

그림 1에서 쇠선은 가시신호의 상관 값, 일점 쇠선은 $0.5T_c$ 만큼 지연된 다중경로 신호의 상관 값을 나타내며, 굵은 실선은 가시신호와 동위상인 다중경로 신호가 수신된 경우의 상관 값, 굵은 점선은 가시신호와 역위상인 다중경로 신호가 수신된 경우의 상관 값을 각각 나타낸다. 여기서 T_c 는 칩 주기를 뜻한다.

Δ -DLL은 가시신호에 비해 다중경로 신호가 T_c 이내에 존재하는 경우 항상 추적 편이가 발생하는 단점을 가질 뿐만 아니라 추적 단계에서 동적 영역이 줄어들어 더 정확한 획득 단계가 요구되는 단점을 가지고 있다^{[4][5][6]}.

Δ -DLL의 단점을 해결하기 위해 그림 2와 같이 두 개의 서로 다른 Δ 를 사용하는 Δ -DLL을 결합시킨 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 제안되었다^[7].

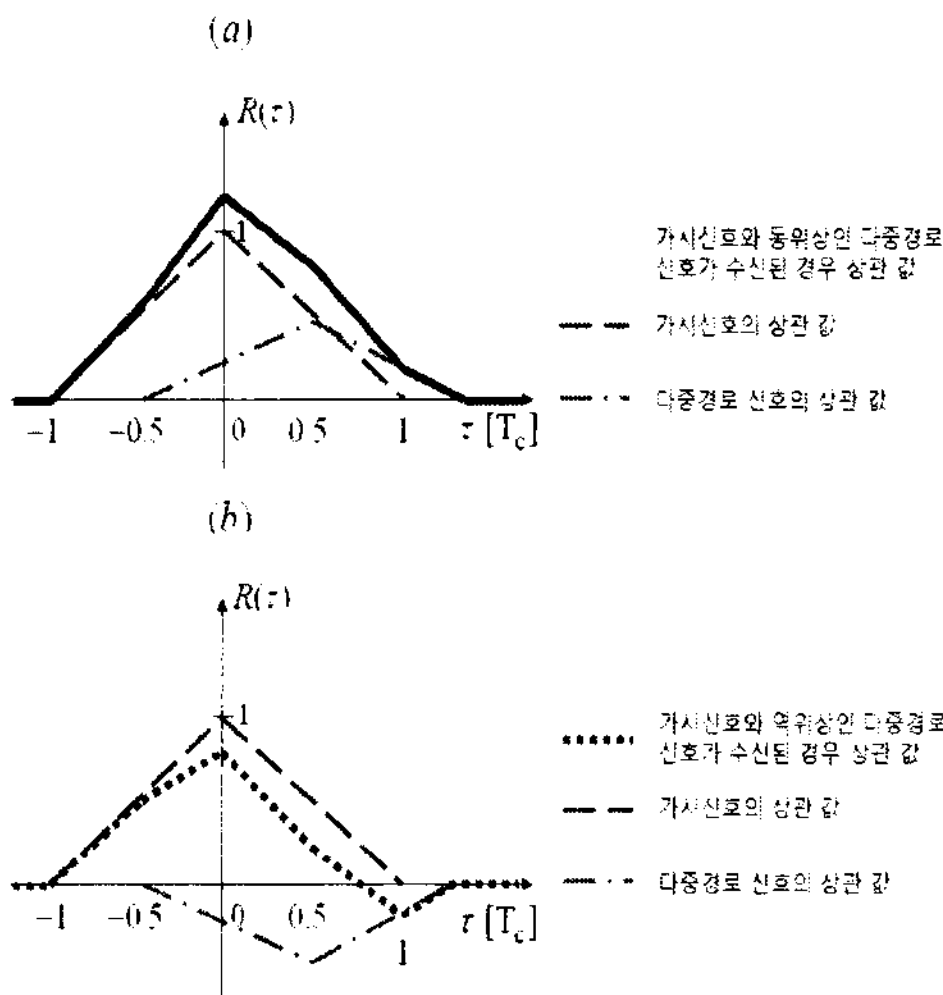


그림 1. 가시신호와 (a) 동위상 (b) 역위상인 다중경로 신호가 수신된 경우 상관 값 ($M=1, \tau_{\Delta} = 0.5T_c$)

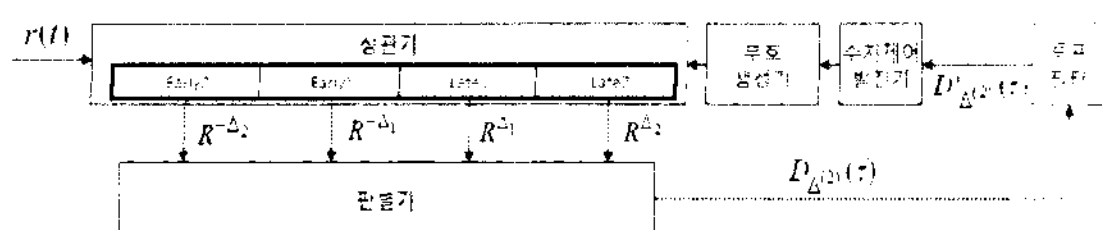


그림 2. $\Delta^{(2)}$ -DLL의 구성도

여기서, $R^{\Delta} = R\left(\tau + \frac{\Delta}{2}\right)$, $R^{-\Delta} = R\left(\tau - \frac{\Delta}{2}\right)$, Δ_1, Δ_2 는 각 판별기의 이른 상관 값과 늦은 상관 값의 상관 시간 옵셋 간격, Early1 (Late1)과 Early2 (Late2)는 각각 Δ_1 과 Δ_2 의 상관 시간 옵셋 간격을 갖는 이른 (늦은) 상관기, $D_{\Delta_1(\cdot)}(\tau)$ 는 $\Delta^{(2)}$ -DLL의 판별기 출력함수, $D_{\Delta_2(\cdot)}(\tau)$ 는 루프 필터의 출력 값을 각각 의미한다.

$\Delta^{(2)}$ -DLL의 판별기 출력함수는 다음과 같다.

$$D_{\Delta^{(2)}}(\tau) = D_{\Delta_1}(\tau) - \frac{1}{2}D_{\Delta_2}(\tau), \quad (3)$$

일반적으로 $\Delta_2 = 2\Delta_1$ 을 사용한다^{[7][8]}. 그림 3은 $\Delta^{(2)}$ -DLL의 추적 편이 특성을 나타내고 있다.

그림 3에서와 같이 $\Delta^{(2)}$ -DLL은 가시신호에 비해 다중경로 신호가 T_c 이내에 존재하는 경우 항상 추

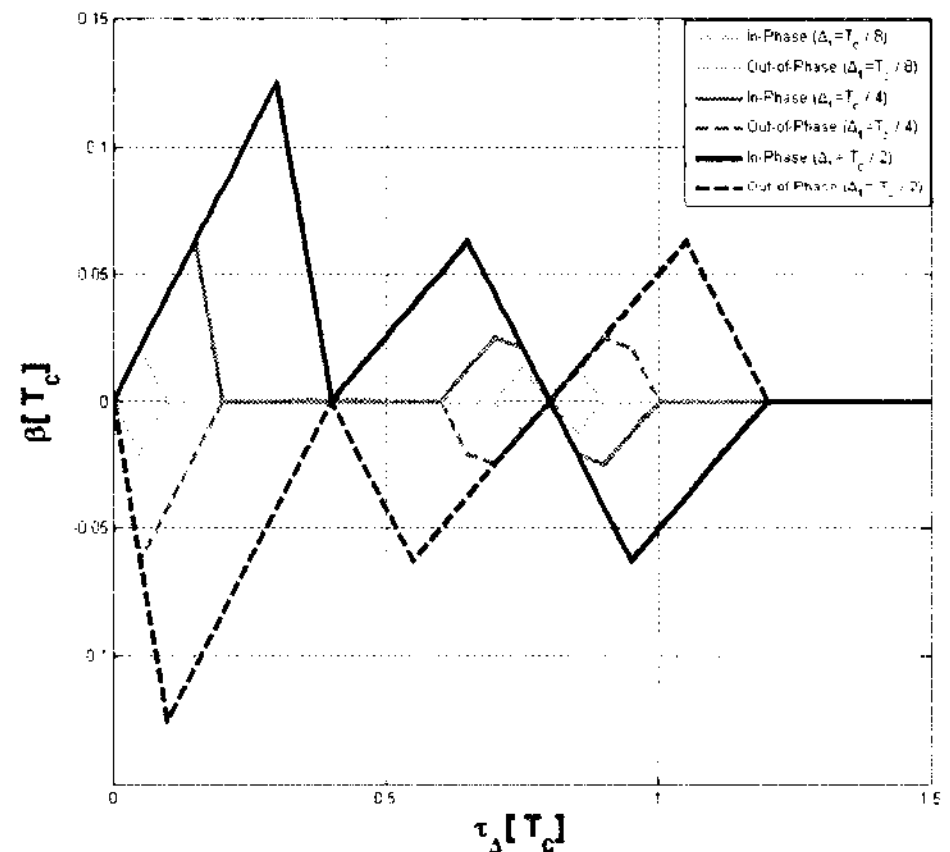


그림 3. $\Delta^{(2)}$ -DLL의 이른-늦은 상관 값의 상관 시간 옵셋 간격에 따른 추적 편이 ($M=1, \Delta_2 = 2\Delta_1, \alpha = 0.5$)

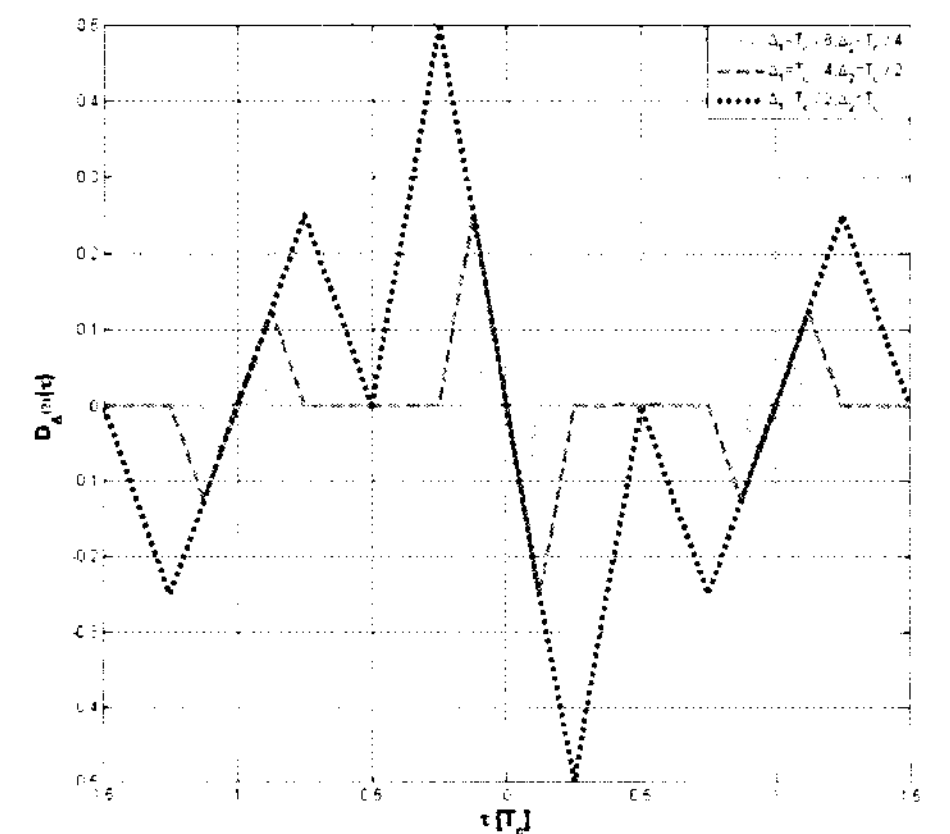


그림 4. $\Delta^{(2)}$ -DLL의 상관 시간 옵셋 간격에 따른 판별함수 출력

적 편이가 발생하는 Δ -DLL에 비해 작은 추적편이를 갖는다. 여기서 α 는 A_1/A_0 를 의미한다. 그림 3에서 실선은 가시신호와 동위상인 다중경로 신호가 수신된 경우의 추적 편이, 점선은 가시신호와 역위상인 다중경로 신호가 수신된 경우의 추적 편이를 각각 의미한다. 그림에서 보듯이 Δ_1 이 작아질수록 추적 편이가 줄어드는 것을 알 수 있다. 하지만 Δ_1 이 작아질수록 추적 단계에서 동적 영역이 줄어드는 단점은 여전히 존재한다^{[7][8][9]}. 그림 4는 Δ_1 이 작아질수록 추적 단계에서 동적 영역이 줄어드는 단점을 나타내고 있다.

III. 제안한 기법

앞 장에서 언급한 바와 같이 $\Delta^{(2)}$ -DLL은 일반적인 Δ -DLL에 비해 작은 추적 편이를 갖는다. 그러나 작은 Δ 를 사용하기 때문에 추적 단계의 동적 영역이 줄어들어 높은 획득 정확도가 필요하게 된다. 따라서 본 논문에서는 추적 편이만을 별도로 추정하여 보상할 수 있는 기법을 제안하고자 한다. 제안한 기법을 포함한 시스템 구성은 그림 5와 같다.

여기서, $\hat{\beta}$ 은 제안한 추적 편이 보상기에서 추정된 추적 편이이다.

$\Delta^{(2)}$ -DLL은 $D_{\Delta^{(2)}}(\tau) = 0$ 인 τ 를 동기 시점으로 결정하며, 이를 유지한다. 그러나 앞서 언급한 바와 같이 다중경로 환경에서는 상관 값의 대칭성이 깨지기 때문에 추적 편이가 발생한다. 전송 채널을 이상적인 채널로 가정한다면, 정확한 동기 시점은 항상 수신 신호의 최대 상관 값 위치에 나타난다. 이런 경향은 다중경로 신호가 존재하는 경우에도 유지된다. 따라서 최대 상관 값의 위치를 추정할 수 있으면 정확한 동기 시점을 찾아낼 수 있으며 최대값의 위치로 추정된 동기 시점에서 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 동기 시점이라고 추정된 시점까지의 차이를 $\hat{\beta}$ 으로 정의하고 $D_{\Delta^{(2)}}(\tau - \hat{\beta}) = 0$ 인 τ 로 동기 시점을 결정해 추적 편이를 줄일 수 있다. 본 논문에서는 다중경로 환경에서

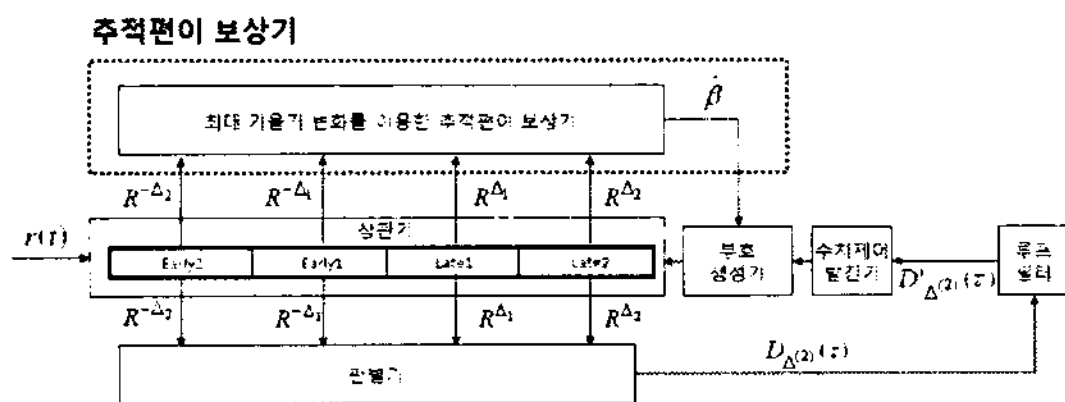


그림 5. 제안한 추적 편이 보상기와 이를 포함하는 부호 추적기의 구성도

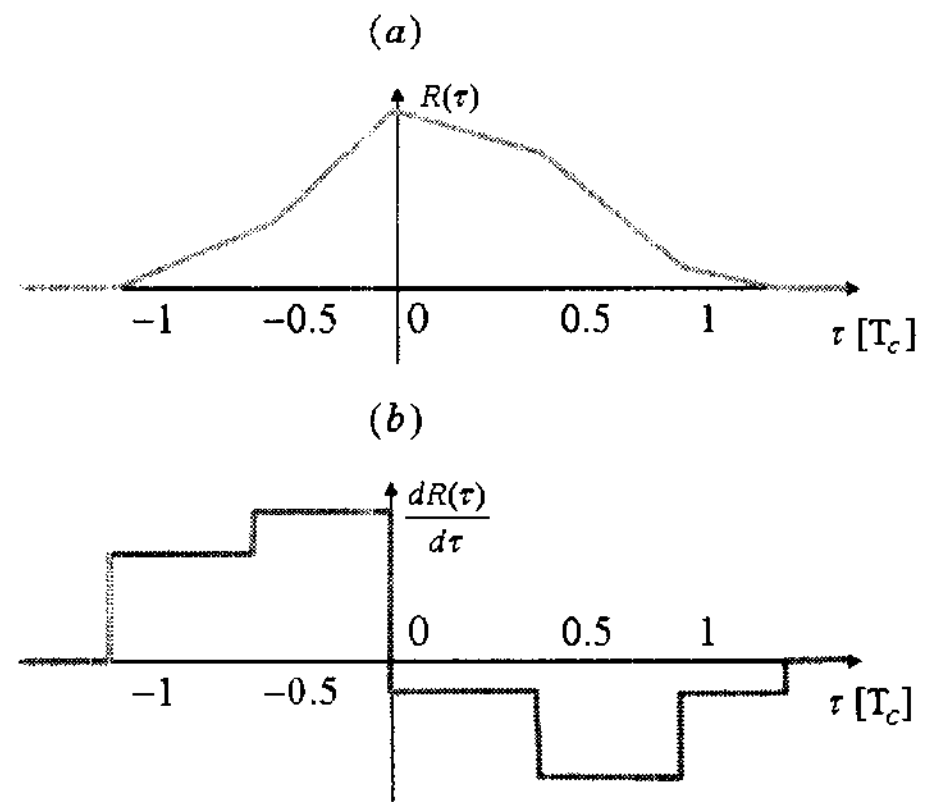


그림 6. 다중경로 환경에서의 (a) 상관 값과 (b) 상관 값의 기울기 ($M=1, \alpha=0.5, \tau_{\Delta} = 0.5T_c$)

최대 상관 값을 찾기 위해 상관 값의 기울기가 가장 크게 변하는 시점을 동기 시점으로 추정한다.

그림 6은 다중경로 환경에서 수신 부호와 수신기에서 생성한 부호의 상관 값과 그 기울기이다.

그림 6(a)와 같이 최대 상관 값이 나타나는 시점이 바로 정확한 동기 시점이다. 이러한 경향은 다중경로 영향으로 인해 대칭성이 깨진 경우에도 마찬가지로 나타난다. 따라서 최대 상관 값이 나타나는 시점을 추정할 수 있으면 정확한 동기 시점을 추정할 수 있다. 본 논문에서는 최대 상관 값이 나타나는 시점을 찾기 위해 상관 값의 기울기 변화가 최대인 상관 값을 추정한다. 그림 6(b)에서처럼 상관 값의 기울기 변화는 최대 상관 값이 나타나는 시점, 즉 정확한 동기 시점에서 가장 크다.

$\Delta^{(2)}$ -DLL의 추적 편이는 정확한 동기 시점과 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 동기 시점으로 판단한 시점과의 차이를 의미한다. 따라서 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 동기 시점이라고 추정된 시점으로부터 상관 값의 기울기 변화가 가장 큰 시점까지의 차이를 $\hat{\beta}$ 으로 정의하고 이 값을 부호 생성기에 적용시켜서 추적 편이를 줄여준다. 추정된 $\hat{\beta}$ 은 식 (4)와 같다.

$$\hat{\beta} = \hat{\tau}_{conv} - \arg_{-T_c \leq \tau < T_c} \left[\max \left(\frac{d^2}{d\tau^2} \{R(\tau)\} \right) \right], \quad (4)$$

여기서, $\arg_{A \leq \tau < B}(\tau)$ 는 인자를 만족하는 변수를 출력하는 함수, $\max(\cdot)$ 는 최대값을 출력하는 함수, $\hat{\tau}_{conv}$ 는 $\Delta^{(2)}$ -DLL이 동기 시점이라고 추정된 상관 시간 값을 각각 의미한다.

제안한 기법은 $\Delta^{(2)}$ -DLL로 추적을 수행한 후에 그 추적 편이를 추정하여 추적 편이를 줄이는 기법

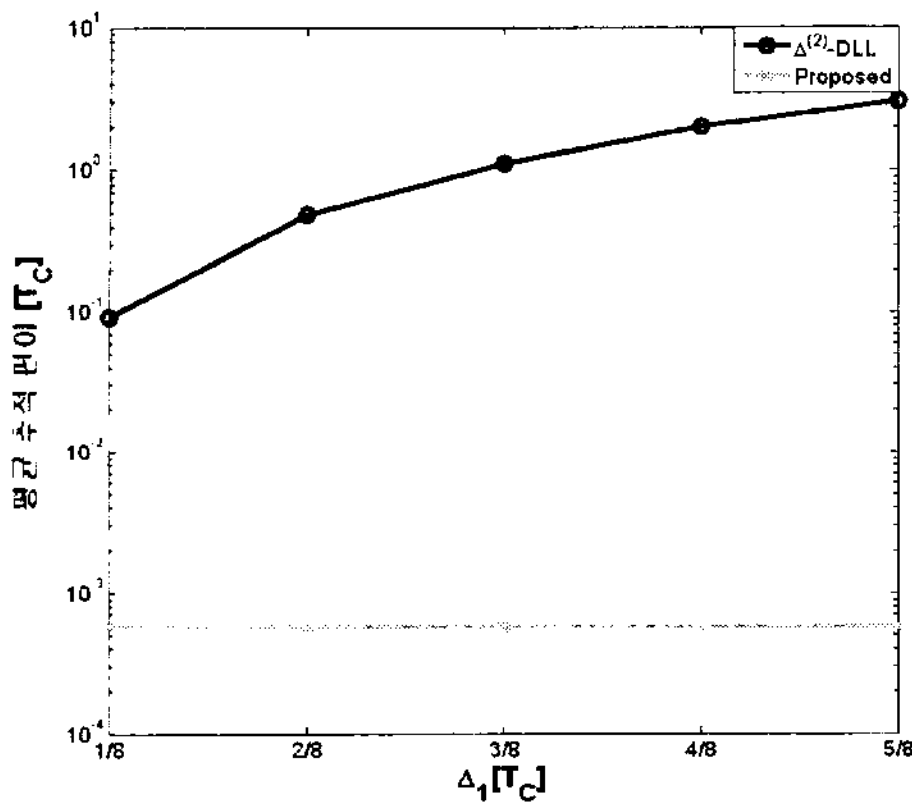


그림 9. Δ⁽²⁾-DLL과 제안한 기법의 이른늑은 상관 값의 상관 시간 읍셧 간격에 따른 평균 추적 편이 특성 비교 (BPSK(1))

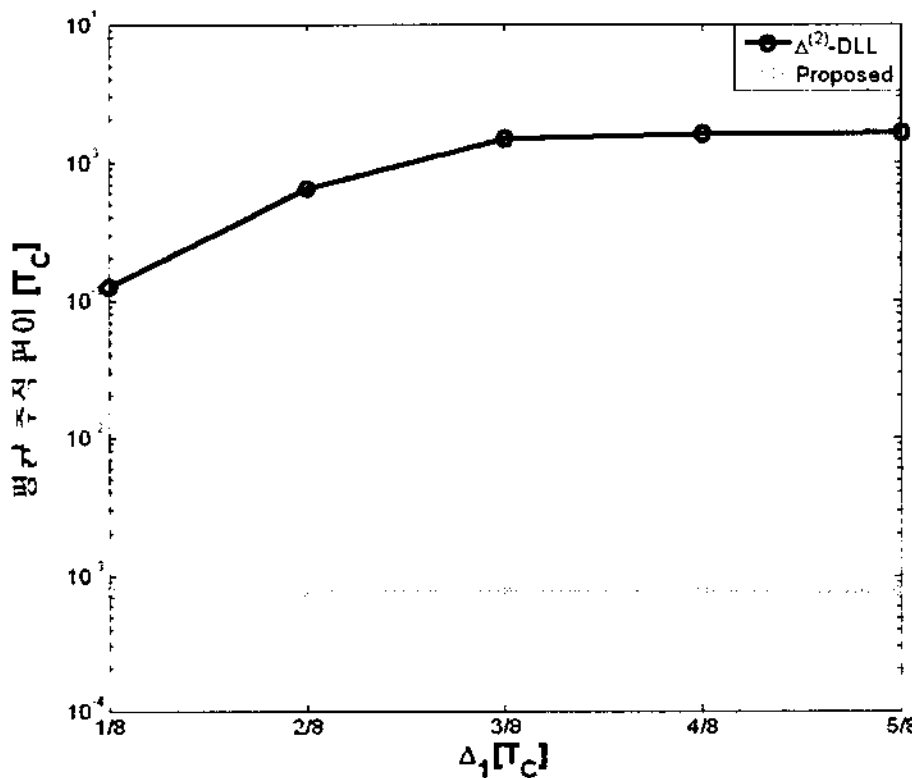


그림 10. Δ⁽²⁾-DLL과 제안한 기법의 이른늑은 상관 값의 상관 시간 읍셧 간격에 따른 평균 추적 편이 특성 비교 (BOC(1,1))

에 중요한영향을 미친다. 그러나 모의실험 결과에서도 알 수 있듯이 다중경로로 인한 대칭성 변화에 비해 기울기 변화가 추적 편이에 덜 영향을 준다. 따라서 제안한 기법과 같이 최대 기울기 변화에 기반한 추적 편이 추정기를 사용하면 추적 편이를 보상할 수 있다.

모의실험 결과에서 주목할 만한 또 한 가지는 $0 < \tau_{\Delta} < 0.2T_c$ 구간의 추적 편이 감소 특성이다. 모의실험 결과로부터 Δ⁽²⁾-DLL의 경우 이 구간에서 추적 편이가 크게 나타나지만 제안한 추적 편이 보상기를 사용하면 크게 보상됨을 확인할 수 있다. 이는 이 구간에서 상관 값의 최대 기울기 변화 시점이 항상 동기 시점과 일치하기 때문이다. 결과적으로 제안한 기법에서 추정된 값을 사용해 추적 편이를 효과적으로 보상할 수 있기 때문에 정확한 동기 시점의 추정이 가능해진다.

그림 9와 10은 Δ⁽²⁾-DLL과 제안한 기법의 Δ₁에 따른 평균 추적 편이 특성을 비교한 그림이다. 평균 추적 편이는 $0 < \tau_{\Delta} < 1.5T_c$ 구간에서의 평균 추적 편이다.

여기서, 흑색선은 Δ에 따른 Δ⁽²⁾-DLL의 평균 추적 편이 특성을 나타내고 회색선은 Δ에 따른 제안한 기법의 평균 추적 편이 특성을 나타낸다. 그림 9와 10에서와 같이 Δ⁽²⁾-DLL은 Δ가 커질수록 평균 추적 편이가 늘어난다. 하지만 제안한 기법은 Δ의 값에 상관없이 일정한 평균 추적 편이를 가진다. 이것은 제안한 기법이 작은 Δ를 사용하지 않아도 되기 때문에 복잡도를 증가시키지 않으면서도 추적 편이를 줄일 수 있다는 것을 의미한다.

V. 결 론

본 논문에서 제안한 최대 기울기 변화 기반 추적 편이 보상기는 다중경로 채널에서 추적 편이를 효과적으로 보상하며, 특히 $0 < \tau_{\Delta} < 0.2T_c$ 구간에서 추적 편이를 효과적으로 줄일 수 있다. 새롭게 제안한 기법은 작은 Δ를 사용하지 않고도 구성할 수 있기 때문에 간단한 획득 기법을 사용할 수 있어 수신기 전체의 복잡도는 크게 증가시키지 않으면서도 추적 편이를 효과적으로 줄일 수 있다. 차세대 GNSS에서는 BOC(n,n), BOC(kn,n) 및 AltBOC(n,n), AltBOC(kn,n) 등의 다양한 변조 방식이 채택되었으며, 현재 이러한 변조 방식에 적용할 수 있는 추적 편이 완화 기법에 대해 연구를 진행하고 있다.

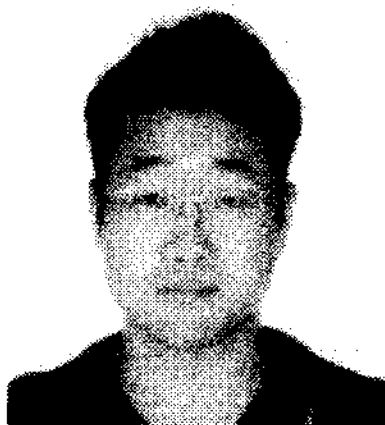
참 고 문 헌

- [1] A. Lam and S. Tantaratana, Theory and Applications of Spread-Spectrum Systems: A Self-Study Course, IEEE Press, Inc., Piscataway, NJ, 1994.
- [2] E. Kaplan, Understanding GPS Principles and Applications, 2nd Ed., Artech House Publishers, Inc., North-wood, MA, 2005.
- [3] B. W Parkinson and J. J Spilker Jr., Global Positioning System: Theory and Applications, American Institute of Aeronautics and Astronautics, Washington DC., 1996.
- [4] M. S. Braash, "Performance comparison of multipath mitigation algorithm," in Proc. IEEE Aerospace, vol.3, pp.1309-1315, Big-Sky, MT, Mar. 2001.
- [5] A. J. Van Dierendonck, P. Fenton, and T.Ford, "Theory and performance of narrow correlator spacing in a GPS receiver," in Proc. ION, vol.39,

no.3, pp.265-283, June 1992.

- [6] G. McGraw and M. Braasch, "GNSS multipath mitigating using gated and high resolution correlator concepts," in *Proc. ION*, pp.333-342, San Diego, CA, Jan. 1999.
- [7] M. Irsigler and B. Eissfeller, "Comparison of multipath mitigation techniques with consideration of future signal structure," in *Proc. ION*, CD-ROM, Portland, OR, Sept. 2003.
- [8] M. Irsigler, G. W. Hein, and B. Eissfeller, "Multipath performance analysis for future GNSS signals," in *Proc. ION*, CD-ROM, San Diego, CA, Jan. 2004.
- [9] B. R. Townsend and P. C. Fenton, "A practical approach to the reduction of pseudorange multipath errors in a L1 GPS receiver," in *Proc. ION*, pp.1-6, Salt Lake City, UT, Sept. 1994.

유 승 수 (Seungsoo Yoo) 정회원



2004년 2월 건국대학교 전자공학부 공학사
 2005년 2월 건국대학교 전자공학부 공학석사
 2005년 3월~현재 건국대학교 전자공학부 박사과정

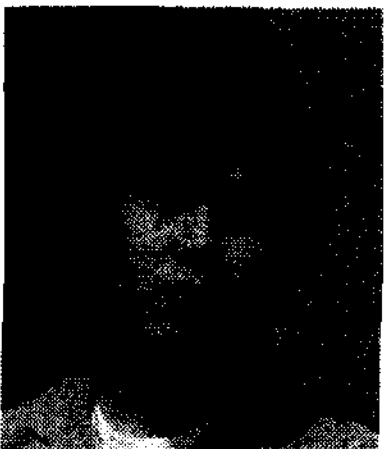
<관심분야> 이동통신, 통신신호처리, 무선측위, GNSS.

유 승 환 (Seung Hwan Yoo) 학생회원



2007년 2월 건국대학교 전자공학부 공학사
 2007년 3월~현재 건국대학교 전자정보통신공학과 석사과정
 <관심분야> 통계학적 신호 처리, 위성항법 시스템, 추정 및 검파

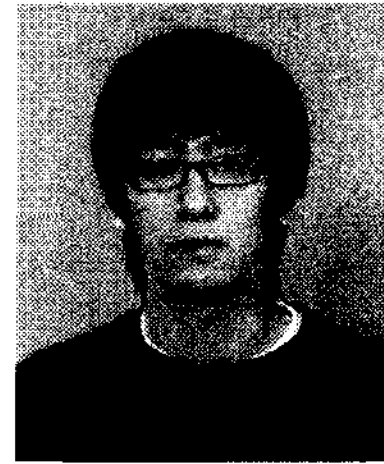
정 다 해 (Dahae Chong) 준회원



2006년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사
 2008년 2월 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 공학석사
 2008년 3월~현재 성균관대학교 휴대폰학과 박사과정

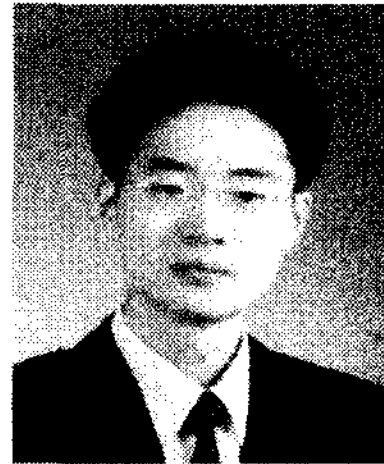
<관심분야> 통계학적 신호 처리, 추정 및 검파, 이동통신.

안 상 호 (Sangho Ahn) 학생회원



2007년 2월 성균관대학교 정보통신공학부 공학사
 2007년 3월~현재 성균관대학교 전자전기컴퓨터공학과 석사과정
 2007년 2월 성균관대학교 우수논문상 받음
 <관심분야> 통계학적 신호 처리, 추정 및 검파

윤 석 호 (Seokho Yoon) 종신회원



1997년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학사(최우등)
 1999년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학석사
 2002년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 공학박사
 2002년 4월~2002년 6월 MIT 박사후 연구원

2002년 7월~2003년 2월 하버드대학교 박사후 연구원
 2003년 3월~현재 성균관대학교 정보통신공학부 전임강사, 조교수

2000년 2월 삼성 휴먼테크 논문대상 동상 받음
 2007년 Marquis Who's Who in Asia에 등재
 2007년 IEEE 선임회원

2008년 Marquis Who's Who in World에 등재
 <관심분야> 이동통신, 통계학적 신호 처리, 적응신호처리

김 선 용 (Sun Yong Kim) 종신회원



1990년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사(최우등)
 1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1995년 8월 한국과학기술원 전자전산학과 박사
 1995년 4월~1996년 3월 동경대학교 생산기술연구소 박사연구원

1996년 9월~1998년 12월 한국전자통신연구원 초빙연구원
 1996년 3월~2001년 8월 한림대학교 정보통신공학부 전임강사, 조교수

2001년 8월~현재 건국대학교 전자공학부 조교수, 부교수
 1990년 IEEE Korea Section 학생논문대회 우수상 받음.
 1992년~1993년 IEEE Communication Society 장학금 받음
 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원, IEEE 선임회원
 <관심분야> 통계학적 신호처리, 이동통신, 통신이론