

범역항법위성시스템 민간용신호의 부호동기추적편이 분석

정회원 유 승 수*, 준회원 김 영 문*, 정회원 김 준 태*, 종신회원 김 선 용*

An Analysis of Code Tracking Bias for Civilian Signals in GNSS

Seungsoo Yoo* *Regular Member*, Yeongmoon Kim* *Associate Member*,
Jun Tae Kim*, *Regular Member*, Sun Yong Kim* *Lifelong Member*

요 약

본 논문에서는 안정된 다중경로환경에서 동기 (coherent) 단일 및 이중 이른-늦은 상관차 판별기로 범역위성항법시스템 민간용 신호의 부호동기를 결정했을 때 잔존하는 오차인 부호동기추적편이를 분석한다. 이를 위해 중심주파수 1575.42MHz의 대표적인 위성항법신호대역에서 이진위상천이 및 이진천이반송파 변조된 민간용신호 및 그 처리과정을 모형화하고, 이 모형을 바탕으로 다양한 경우에 대해 각 부호동기추적편이를 비교 분석한다.

Key Words : Global Navigation Satellite system, Global Positioning System, Galileo System, Binary Offset Carrier, Code Tracking Bias

ABSTRACT

In this paper, we analyze the code tracking biases of single and double early-minus-late processing schemes which are widely used code tracking method for global navigation satellite systems. The code tracking bias which results from the distortion in symmetry of correlation values is arisen in the presence of multipath signals. To analyze them, two civil signals which are spreading signals modulated by binary phase shift keying and binary offset carrier are considered.

I. 서 론

현재 사용하고 있는 범역위성항법시스템의 (global navigation satellite system, GNSS) 민간용 신호는 미국 전역측위시스템의 (global positioning system, GPS) 조제획득 (coarse/acquisition, C/A) 신호뿐이다. C/A 신호는 부호율 1.024MHz인 직접수열확산 대역 (direct sequence/spread spectrum, DS/SS) 시스템의 확산수열로 확산된 이진위상천이 (binary phase shift keying, BPSK) 변조된 신호로서, 중심주파수 1575.42MHz인 L1 대역에 직교위상 (quadrature) 축에만 실려 전송된다. 이 신호는 1970년대 군사용

신호의 보조신호로 개발 및 운용된 신호로서 1990년대 탈냉전과 함께 민간 사용이 허가되어 지금에 이르고 있다^[1].

그러나 C/A 신호는 미국의 입장에 따라 언제든지 사용이 제한될 수 있으며, 단일 수신기를 사용할 때 최대 약 300m 정도의 측위 오차가 발생할 수 있는 단점이 있다. 이를 극복하기 위해 2000년대 초 유럽연합을 중심으로 갈릴레오 시스템으로 명명된 새로운 민간용 GNSS 개발에 대한 논의가 시작되었으며, 2009년 현재 2 개의 시험위성을 시험케도에 올려 관련 연구를 진행하고 있다. 갈릴레오 시스템의 논의와 비슷한 시기에 중국도 국지위성항법

※ 본 논문은 과학기술부 과학재단 특정기초연구과제 R01-2008-000-12271-0과 제 2단계 BK21 사업의 지원으로 수행되었음.

* 건국대학교 전자공학전공(kimsy@konkuk.ac.kr)

논문번호 : KICS2009-11-551, 접수일자 : 2009년 11월 2일, 최종논문접수일자 : 2010년 1월 14일

시스템인 북두 (Beidou, 北斗) 시스템을 개발하였으며, 이후 이를 GNSS로 확장한 COMPASS 시스템을 개발하고 있다^{[2][4]}.

GPS C/A 신호와 갈릴레오 및 COMPASS 시스템의 민간 신호의 가장 큰 차이점은 확산신호의 변조방식에 있다. GPS C/A 신호는 BPSK 변조만을 사용하는데 반해 갈릴레오 및 COMPASS 시스템의 민간 신호는 BPSK 변조와 이진천이반송파 (binary offset carrier, BOC) 변조를 함께 사용한다. BOC 변조는 BPSK 변조 기법이 정보신호에 반송파를 곱해 정·부 반송파 주파수를 중심주파수로 하고 일정한 대역폭을 갖는 신호로 변조하는 것처럼 이미 반송파 변조된 신호를 정·부 BOC 주파수만큼 이동시켜 중심주파수를 중심으로 BOC 주파수만큼 천이된 신호 상파 (image) 반대로 천이된 경상을 (mirror image) 생성해 기존에 같은 중심주파수를 갖는 시스템과의 간섭을 줄이고, 대역폭은 두 배로 늘려 정확한 부호동기 오프셋 주변 상관함수가 침예하게 된다. 일반적으로 BOC 주파수는 반송파주파수에 비해 충분히 작다. 따라서 BOC 변조로 인한 신호상은 정과 부 주파수 영역을 교차해 천이하지 않는다^[5,6].

같은 DS/SS 시스템을 사용하는 코드분할다중접속 (code division multiple access, CDMA) 시스템과 GNSS의 가장 큰 차이점은 요구되는 동기 정확도이다. CDMA 시스템은 반 칩 정도의 동기정확도만으로 음성통화 구현이 가능하지만 GNSS는 그 이하의 정확한 동기정확도가 요구된다. GPS L1 C/A 신호의 경우 반 칩 동기오차가 발생한 경우 약 150m의 거리오차가 야기된다^{[1][7]}.

GNSS 수신기의 부호동기를 위해 가장 널리 사용하는 것은 단일 이른-늦은 상관차 판별기 기반 지연결정루프이다 (single early-minus-late processing, SELP). 가시신호만 수신되는 환경에서 SELP는 최적 부호동기 기법이다. 그러나 다중경로 수신되는 경우 부호동기추적편이가 야기된다. 부호동기추적편이는 부호동기 추적기법이 부호동기를 결정한 후에도 잔존하는 부호동기오차이다. 다중경로로 인한 부호동기추적편이는 GNSS 수신기의 큰 오차요인 가운데 하나이며, 이를 해결하기 위해 많은 연구가 진행되고 있다. 이 가운데 상용 수신기에 널리 사용되는 방법 가운데 하나가 SELP를 확장한 이중 이른-늦은 상관차 판별기 기반 지연결정루프이다 (double early-minus-late processing, DELP)^{[1][7][9]}.

본 논문에서는 [10]의 연구를 바탕으로 BPSK와

BOC 변조된 확산신호를 SELP와 DELP를 사용해 부호동기를 결정했을 때 야기되는 부호동기추적편이를 분석한다. 이를 위해 BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 수신모형을 세우고, 이론적인 부호동기추적편이를 유도한다. 본 논문에서 채널 환경은 부호동기추적기법 연구에서 주로 다루는 안정된 다중경로 환경만을 고려한다.

II. 수신신호모형

안정된 다중경로 환경에서 기저대역 수신신호는 식 (1)과 같다.

$$r(t) = \sqrt{2P} G_X(t - \tau_0) \cos(\omega t + \theta_0) + a\sqrt{2P} G_X(t - \tau_0 - bT_C) \cos(\omega t + \theta_1) \quad (1)$$

여기서 P 는 가시신호의 수신전력, τ_0 와 θ_0 는 가시신호의 전파지연시간과 위상천이, a , b , θ_1 은 각각 다중경로신호의 상대적 신호감쇄, 부호간격 T_C 로 정규화한 지연시간, 위상천이, $G_X(t)$ 는 식 (2)와 식 (3)과 같은 여과되지 않은 BPSK와 BOC 변조방식으로 변조된 확산파형이다.

$$G_{BPSK}(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} c_l p_{T_C}(t - lT_C) \quad (2)$$

$$G_{BOC}(t) = \sum_{l=-\infty}^{\infty} c_l p_{T_C}(t - lT_C) \text{sgn}[\sin(2\pi f_B t)] \quad (3)$$

여기서 c_l 는 ± 1 이고 주기 L 인 l 째 확산부호, $p_{T_C}(t)$ 펄스폭이 T_C 인 사각펄스파형, $\text{sgn}[\cdot]$ 는 인자의 부호를 출력하는 함수, f_B 는 이진천이반송파 (binary offset carrier) 주파수이다. 차세대 위성항법 신호인 이진천이반송파신호는 이진천이반송파주파수와 기본주파수 f_F 의 비, 확산부호주파수 $f_C = 1/T_C$ 와 기본주파수의 비를 사용해 $BOC(f_B/f_F, f_C/f_F)$ 로 표시한다. 본 논문에서 고려하는 L1 대역의 민간용 신호는 $f_B = f_C$ 이며, 이는 BOC(1,1)로 표기한다.

이진천이반송파 변조된 확산신호의 역확산을 위한 h 째 상관기 출력은 식 (3)과 같다.

$$z_h = \frac{1}{LT_C} \int_0^{LT_C} \sqrt{2} r(t) G_X(t - \hat{\tau}_0 - d_h T_C) \cos(\omega t + \hat{\theta}_0) dt \quad (3)$$

여기서 $\hat{\tau}_0$ 와 $\hat{\theta}_0$ 는 각각 추정된 가시신호의 전파

지연시간과 위상편이, d_h 는 정규화된 상관 오프셋이다. 본 논문에서는 동기상관이 가능한 상태, 즉, $\hat{\theta}_0$ 는 정확히 추정되었다고 가정한다. 식 (1)을 식 (3)에 대입하면 식 (4)를 얻는다.

$$z_h = \sqrt{P}R_X(\delta_{X,Y} + d_h T_C) + a\sqrt{P}R_X(\delta_{X,Y} - bT_C + d_h T_C)\cos\phi_1 \quad (4)$$

여기서 $\delta_{X,Y} = \hat{\tau}_0 - \tau_0$ 는 X 변조와 Y 부호동기 추적기법을 사용할 때 야기되는 시간추정오차로서 부호동기추적이 완료된 후에도 잔존하는 부호동기 추적편이, $\phi_1 = \hat{\theta}_0 - \theta_1$ 은 가시신호와 다중경로신호의 위상추정오차, $R_X(\tau)$ 는 식 (5)와 식 (6)과 같은 정규화된 상관함수이다.

$$R_{\text{BPSK}}(\tau) = \begin{cases} 1 - \frac{|\tau|}{T_C}, & |\tau| \leq T_C/2 \\ 0, & \text{그 외} \end{cases} \quad (5)$$

$$R_{\text{BOC}}(\tau) = \begin{cases} 1 - \frac{3|\tau|}{T_C}, & |\tau| \leq T_C/2 \\ -1 + \frac{|\tau|}{T_C}, & T_C/2 < |\tau| \leq T_C \\ 0, & \text{그 외} \end{cases} \quad (6)$$

III. 부호동기추적편이 분석

단일 이른-늦은 상관차 판별기는 식 (7)과 같다.

$$y_{\text{SELP}} = z_1 - z_2 \quad (7)$$

이때, 부호동기추적편이는 부호동기추적이 완료된 후에도 잔존하는 시간추정오차로서 식 (8)과 같이 정의할 수 있다.

$$\delta_{X,Y} \triangleq \arg(y_Y = 0) \quad (8)$$

식 (5)와 식 (6)을 이용해 식 (4)를 식 (7)에 대입하고, 식 (8)을 정리하면 식 (9)와 식 (10)을 얻을 수 있다. 일반적으로 SELP는 상관함수의 대칭성을 이용하기 때문에 $d_1 = -d_2$, $0 < d_1 \leq 0.5T_C$ 로 가정한다. 그리고, 확산부호간격 $T_C = 1$ 로 가정했다. 여기서 $\gamma = a\cos\phi_1$ 인 다중경로로 인한 진폭과 위상왜곡이다.

$$\delta_{\text{BPSK,SELP}}(b) = \begin{cases} \frac{\gamma}{1-\gamma}b, & 0 \leq b < d_1(1+\gamma) \\ \frac{d_1\gamma}{d_1(1+\gamma)}, & d_1(1+\gamma) \leq b < 1-d_1(1-\gamma) \\ -\frac{\gamma b - d_1 - 1}{2-\gamma}, & 1-d_1(1-\gamma) \leq b < 1+d_1 \\ 0, & 1+d_1 \leq b \end{cases} \quad (9)$$

$$\delta_{\text{BOC,SELP}}(b) = \begin{cases} \frac{\gamma}{1-\gamma}b, & 0 \leq b < d_1(1+\gamma) \\ \frac{d_1\gamma}{d_1(1+\gamma)}, & d_1(1+\gamma) \leq b < 0.5-d_1(1-\gamma) \\ \frac{2\gamma b - (1+d_1)\gamma}{3-2\gamma}, & 0.5-d_1(1-\gamma) \leq b < 0.5+d_1(1-\gamma/3) \\ -\frac{d_1\gamma}{3}, & 0.5+d_1(1-\gamma/3) \leq b < 1-d_1(1+\gamma/3) \\ \frac{\gamma b - (1+d_1)\gamma}{6+\gamma}, & 1-d_1(1+\gamma/3) \leq b < 1+d_1 \\ 0, & 1+d_1 \leq b \end{cases} \quad (10)$$

BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정

했을 때 부호동기추적편이는 그림 1과 그림 2와 같다. 그림 1은 다중경로로 인한 진폭과 위상왜곡, 즉, γ 의 변화에 따른 결과이며, 그림 2는 SELP의 주요한 매개변수인 이른-늦은 상관기의 간격, 즉 $|d_1 - d_2|$ 의 변화에 따른 결과이다. 식 (9), 그림 1과 그림 2에서 확인할 수 있는 것처럼 각 상황에서 최

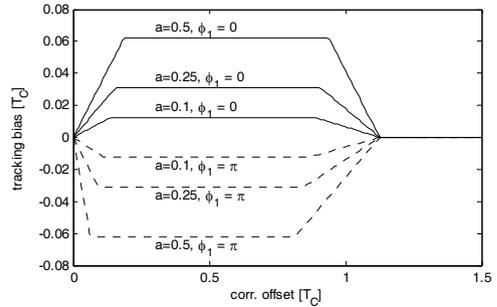


그림 1. BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 다중경로의 진폭과 위상에 따른 부호동기추적편이 ($d_1 = T_C/8$)

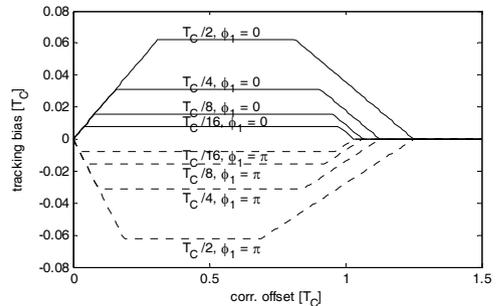


그림 2. BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 $|d_1 - d_2|$ 간격과 다중경로 신호의 위상에 따른 부호동기추적편이 ($a = 0.25$)

대 부호동기추적편이는 $d_1(1+\gamma) \leq b < 1-d_1(1-\gamma)$ 구간에서 나타나며, 그 값은 다중경로 신호의 크기와 위상, 그리고 SELP의 이른-늦은 상관기 간격에 비례한다. 즉 [1]처럼 좁은 간격을 갖는 협역 상관기를 (narrow correlator) 사용하면 부호동기추적편이를 줄일 수 있다. 또한 상관기 간격에 따른 부호동기추적편이의 상한과 하한은 관계된 획득 기법의 설계에 주요한 매개변수로 활용될 수 있다.

BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 3과 그림 4와 같다. 그림 3은 다중경로로 인한 진폭과 위상왜곡, 즉, γ 의 변화에 따른 결과이며, 그림 4는 SELP의 주요한 매개변수인 이른-늦은 상관기의 간격의 변화에 따른 결과이다. 식 (9)와 식 (10)과 같이 동일한 조건에서 BOC와 BPSK 변조된 확산신호의 최대 부호동기추적편이는 같다. 단, BOC의 경우 식 (10)처럼 $d_1(1+\gamma) \leq b < 0.5-d_1(1-\gamma)$ 구간에서 최대 부호동기추적편이가 나타난다. 이때 구간

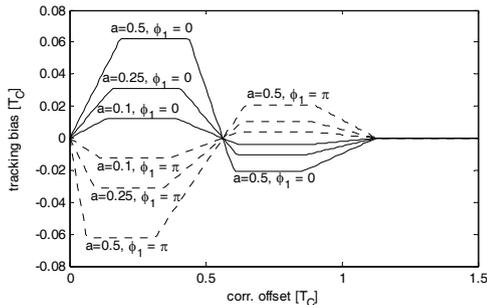


그림 3. BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 다중경로의 진폭과 위상에 따른 부호동기추적편이 ($d_1 = T_C/8$)

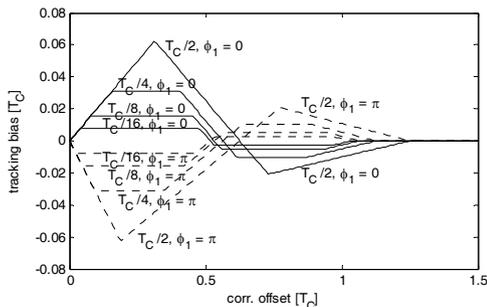


그림 4. BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 $|d_1 - d_2|$ 간격과 다중경로 신호의 위상에 따른 부호동기추적편이 ($a = 0.25$)

중점이 $0.5-d_1(1-\gamma)$ 에서 나타나는 것은 BOC(1,1)로 변조된 상관함수의 경우 주 첨두를 기준으로 상관오프셋이 $\pm 0.5T_C$ 인 지점에서 부 첨두가 나타나기 때문이다. 이 부 첨두로 인해 식 (10), 그림 3과 그림 4처럼 그림 1과 그림 2에 비해 추적편이가 $0.5-d_1(1-\gamma)$ 를 중심으로 크기는 1/3로 줄고, 상하 반전된 형태로 나타난다. 이는 주 첨두의 상관값과 부 첨두의 상관값의 부호가 서로 다르기 때문이다.

BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 5와 같다. 앞서 언급한 것처럼 BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 최대 부호동기추적편이는 같다. 그리고 BPSK 변조된 확산신호에 비해 BOC 변조된 확산신호가 다중경로 왜곡에 더 강인함을 그림 5로부터 확인할 수 있다. 이는 BOC 변조된 확산신호의 대역폭이 같은 부호율을 갖는 BPSK 변조된 확산신호에 비해 2배 넓어 다중경로왜곡을 구분할 수 있는 해상도가 더 크기 때문이다.

이중 이른-늦은 상관차 판별기는 식 (11)과 같다.

$$y_{DELPH} = (z_3 - z_4) - \frac{d_3}{d_1}(z_1 - z_2) \quad (11)$$

식 (5)와 식 (6)을 이용해 식 (4)를 식 (11)에 대입하고, 식 (8)을 정리하면 식 (12)와 식 (13)을 얻을 수 있다. 일반적으로 DELP는 $d_1 = -d_2$, $d_3 = -d_4$, $d_1 = 2d_3$, $0 < d_1 \leq 0.5T_C$ 로 가정한다.

$$\delta_{BPSK,DELPH} = \begin{cases} \frac{\gamma}{2(1+\gamma)}b & , 0 \leq b < d_3(1+\gamma) \\ -\frac{\gamma}{2(1+\gamma)}b + d_3\gamma & , d_3(1+\gamma) \leq b < d_1(1+\gamma) \\ 0 & , d_1(1+\gamma) \leq b < 1-d_3(1-\gamma) \\ \frac{\gamma b + 2d_1(1-\gamma)}{4(2-\gamma)} & , 1-d_3(1-\gamma) \leq b < 1-d_3(1-\gamma) \\ \frac{\gamma b - d_1}{2(2-\gamma)} & , 1-d_3(1-\gamma) \leq b < 1+d_3 \\ \frac{\gamma b - (1+d_1)\gamma}{2(2-\gamma)} & , 1+d_3 \leq b < 1+d_1 \\ 0 & , 1+d_1 < b \end{cases} \quad (12)$$

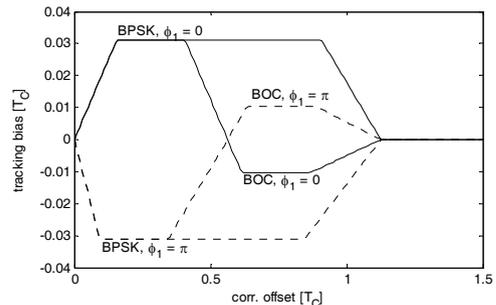


그림 5. BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이 ($a = 0.25, d_1 = T_C/4$)

$$\delta_{BOC, DELP}(b) = \begin{cases} \frac{\gamma}{2(1+\gamma)}b & , 0 \leq b < d_3(1+\gamma) \\ -\frac{\gamma}{2(1+\gamma)}b + d_3\gamma & , d_3(1+\gamma) \leq b < d_1(1+\gamma) \\ \frac{2\gamma b(1-d_1)}{6-4d_1} + d_3\gamma & , d_1(1+\gamma) \leq b < 0.5 - d_1(1-\gamma) \\ \frac{2\gamma b(1+d_1)}{6-4d_1} - d_3\gamma & , 0.5 - d_1(1-\gamma) \leq b < 0.5 + d_3(1-\gamma/3) \\ \frac{2\gamma b(1+d_1)}{6-4d_1} - d_3\gamma & , 0.5 + d_3(1-\gamma/3) \leq b < 0.5 + d_1(1-\gamma/3) \\ 0 & , 0.5 + d_1(1-\gamma/3) \leq b < 1 - d_1(1+\gamma/3) \\ -\frac{7\gamma}{12+12\gamma} - \frac{d_3\gamma}{3} & , 1 - d_1(1+\gamma/3) \leq b < 1 - d_3(1+\gamma/3) \\ -\frac{7\gamma}{12+12\gamma} & , 1 - d_3(1+\gamma/3) \leq b < 1 + d_3(1+\gamma/3) \\ -\frac{7\gamma(1+d_1)}{12+12\gamma} & , 1 + d_3(1+\gamma/3) \leq b < 1 + d_1 \\ 0 & , 1 + d_1 \leq b \end{cases} \quad (13)$$

BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 6과 그림 7과 같다. 그림 6은 다중경로로 인한 진폭과 위상왜곡, 즉, γ 의 변화에 따른 결과이며, 그림 7은 DELP의 주요한 매개변수인 이른 늦은 상관기의 간격의 변화에 따른 결과이다. DELP는 서로 다른 상관간격을 갖는 두 SELP의 차를 구하는, 즉, 차동 SELP 방법이다. 식 (9)와 그림 1과 그림 2에서 확인할 수 있는 것처럼 BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP 기법으로 결정했을 때 최대 부호동기추적편이는 이른 늦은 상관간격에 비례한다. 일반적으로 DELP의 상관간격을 $d_1 = 2d_3$ 로 설계하는데

이는 최대 부호동기추적편이가 각 SELP의 상관간격에 비례하므로 이 비와 판별기 출력의 이득조정을 통해 최대 부호동기추적편이를 상쇄할 수 있기 때문이다. 따라서 식 (12), 그림 6과 그림 7처럼 $d_1(1+\gamma) \leq b < 1 - d_1(1-\gamma)$ 구간에서는 부호동기추적편이가 나타나지 않는다.

BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 8과 그림 9와 같다. 그림 8은 다중경로로 인한 진폭과 위상왜곡, 즉, γ 의 변화에 따른 결과이며, 그림 9는 DELP의 주요한 매개변수인 이른 늦은 상관기의 간격의 변화에 따른 결과이다. 그러나 앞서 언급한 BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때와는 다르게 $d_1(1+\gamma) \leq b < 0.5 - d_1(1+\gamma)$ 와 $0.5 + d_1(1-\gamma/3) \leq b < 1 - d_1(1+\gamma/3)$ 두 구간에서 부호동기추적편이가 나타나지 않는다. 이는 앞서 언급한 것처럼 BOC(1,1)로 변조된 상관함수의 경우 주첨두를 기준으로 상관오프셋이 $\pm 0.5T_c$ 인 시점에서

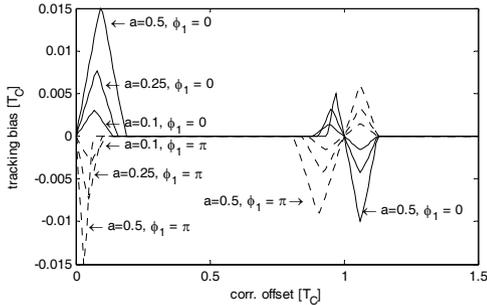


그림 6. BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 다중경로의 진폭과 위상에 따른 부호동기추적편이 ($d_1 = T_c/8$)

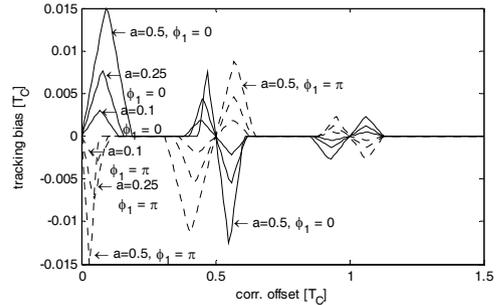


그림 8. BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 다중경로의 진폭과 위상에 따른 부호동기추적편이 ($d_1 = T_c/8$)

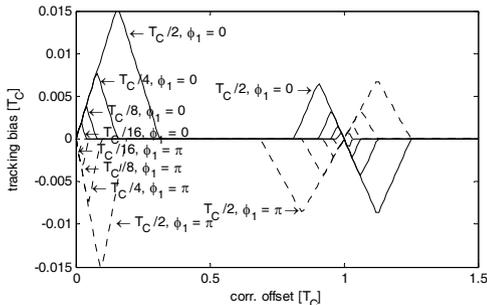


그림 7. BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 $|d_1 - d_2|$ 간격과 다중경로 신호의 위상에 따른 부호동기추적편이 ($a = 0.25$)

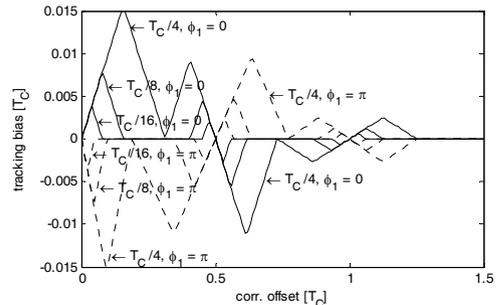


그림 9. BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 $|d_1 - d_2|$ 간격과 다중경로 신호의 위상에 따른 부호동기추적편이 ($a = 0.25$)

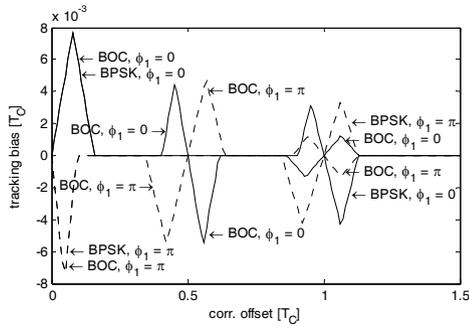


그림 10. BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이 ($a = 0.25, d_1 = T_c/4$)

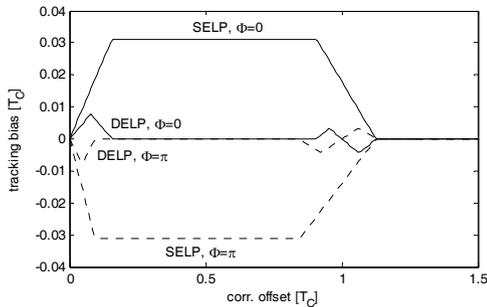


그림 11. BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP와 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이 ($a = 0.25, d_1 = T_c/4$)

부 첨두가 나타나기 때문이다.

BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 10과 같다. BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 BPSK 때와는 다르게 $0.5 - d_1(1 + \gamma) \leq b < 0.5 + d_1(1 - \gamma/3)$ 구간에서도 부호동기추적편이가 나타난다. 그림 10으로부터 DELP 기법은 BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 결정하는데 더 효과적임을 확인할 수 있다.

BPSK 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP와 DELP 기법으로 결정했을 때 부호동기추적편이는 그림 11과 같다. 그림 11처럼 BPSK 변조된 확산신호의 경우 DELP 기법을 사용하면 효과적으로 부호동기추적편이를 완화할 수 있다.

IV. 결 론

본 논문에서는 안정된 다중경로환경에서 BPSK와 BOC 변조된 확산신호의 부호동기를 SELP와 DELP기법으로 결정했을 때 야기되는 부호동기추적

편이를 분석했다. 분석결과 BOC 변조된 확산신호의 부호동기는 SELP 기법으로 결정하고, BPSK 변조된 확산신호의 부호동기는 DELP 기법으로 결정하는 것이 다른 경우보다 부호동기추적 정확도가 높다.

참 고 문 헌

- [1] E. Kaplan, *Understanding GPS Principles and Applications 2nd Edition*, Artech House Publishers, Inc., Northwood, MA, 2005.
- [2] 과학기술부 기초연구국 우주기술협력팀, “EU와 위성항법시스템 협력의 큰 걸음 내딛다.” *KDI 경제정보센터 동향분석*, RAK22-0609205, 2006년 9월.
- [3] Y. Yang, “China updates Compass signal, frequency plan,” *Mag. Inside-GNSS*, www.insidegnss.com, Sep., 2009.
- [4] U. S. and E. C., *Agreement on the Promotion, Provision, and use of Galileo and GPS Satellite-Based Navigation Systems and Related Applications*, <http://pnt.gov/public/docs/2004/psgalileoagreement.pdf>, 2004.
- [5] M. Fantino G. Marucco, P. Mulassano, and M. Pini, “Performance analysis of MBOC, altBOC and BOC modulations in terms of multipath effects on the carrier tracking loop within GNSS receivers,” *Proc. IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium*, CD-ROM, Monterey, CA, May 2008.
- [6] J. W. Betz, M. A. Balanco, C. R. Cahn, P. A. Dafesh, C. J. Hegarty, K. W. Hudnut, V. Kasemsri, R. Keegan, K. Kovach, C. L. S. Lenahan, H. H. Ma, J. J. Rushanan, D. Sklar, T. A. Stansell, C. C. Wang, and S. K. Yi, “Enhancing the future of civil GPS: overview of the L1C signal,” *Mag. Inside-GNSS*, www.insidegnss.com, Apr., 2007.
- [7] J. K. Holes, *Spread Spectrum Systems for GNSS and Wireless Communications*, Artech-House Publishers, Inc., Northwood, MA, 2007.
- [8] L. Liu and M. Amin, “Tracking performance and average error analysis of GPS discriminators in multipath,” *Trans. Elsevier Signal Processing*, Vol.89, issue 6, pp.1224-

1239, Jan., 2009.

- [9] M. Z. Bhuiyan, E. S. Lohan, and M. Renfors, "Code tracking algorithms for mitigating multipath effects in fading channels for satellite-based positioning," *Trans. EURASIP Advanced in Signal Processing*, CD-ROM, Feb., 2008.
- [10] 유승수, 손진호, 김영문, 김선용, "갈릴레오 L1 개방서비스 신호의 부호동기추적편이 분석", *한국통신학회 추계학술대회*, CD-ROM, 대한민국 수원, 2009년 11월.

유 승 수 (Seungsoo Yoo)

정회원



2004년 2월 건국대학교 전자공학부 공학사
 2005년 2월 건국대학교 전자공학전공 공학석사
 2005년 3월~현재 건국대학교 전자공학전공 박사과정
 <관심분야> 이동통신, 통신신호 처리, 무선측위, GNSS.

김 영 문 (Yeongmoon Kim)

정회원



2009년 2월 건국대학교 정보통신공학전공 공학사
 2009년 3월~현재 건국대학교 전자정보통신공학 석사과정
 <관심분야> 통계학적 신호 처리, 음향신호처리.

김 준 태 (Jun Tae Kim)

정회원



1990년 8월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 학사
 1993년 2월 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 공학석사
 1998년 2월 한국과학기술원 전자전산학과 박사
 1996년 3월~1997년 2월 일본

동경 공업대학 VLSI 설계 연구실 연구원
 1998년 3월~2003년 LG 전자 디지털 미디어 연구소 선임, 책임, 리더 연구원
 2003년~현재 건국대학교 조교수
 <관심분야> 차세대 방송 및 디지털 TV 시스템, 디지털 통신 시스템, 모바일 및 위성 통신 시스템

김 선 용 (Sun Yong Kim)

정회원



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

대학교 생산기술연구소 박사연구원
 1996년 9월~1998년 12월 한국전자통신연구원 초빙 연구원
 1996년 3월~2001년 8월 한림대학교 정보통신공학부 전임강사, 조교수
 2001년 8월~현재 건국대학교 전자공학부 조교수, 부교수, 교수
 1990년 IEEE Korea Section 학생논문대회 우수상 받음
 1992년~1993년 IEEE Communication Society 장학금 받음,
 대한전자공학회, 한국통신학회 정회원, IEEE 선임회원
 <관심분야> 통계학적 신호처리, 이동통신, 통신이론