

차세대 위성항법 시스템의 BOC로 변조된 확산신호를 위한 두 단계 부호획득 기법

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

Two Stages Code Acquisition Scheme for BOC Modulated Spreading Signals of Next Generation GNSS

*Seung Hwan Yoo, *Seungsoo Yoo, *Seokho Yoon, and *Sun Yong Kim
*Konkuk University and **Sungkyunkwan University

요약

차세대 위성항법 시스템은 높은 변조율을 갖는 이진천이 반송파 변조된 확산신호를 사용한다. 그런데 부호획득을 위해 기존 선형탐색 기법을 사용할 경우 변조율 증가에 따라 탐색회수가 크게 증가하여 초기고정시간도 증가하는 단점이 나타난다. 이에 본 논문은 차세대 위성항법 시스템이 사용하는 높은 변조율을 갖는 이진천이 반송파 변조된 확산신호를 위한 빠른 부호획득 기법을 제안하고, 복잡도를 분석한다.

I. 서론

직접수열/대역확산 시스템을 사용하는 차세대 위성항법 시스템은 (global navigation satellite system, GNSS) 정보복원을 위해 정확한 부호동기가 필수적이고, 이를 위해 부호획득과 추적을 수행한다. 획득은 수신신호의 확산부호와 수신기에서 생성한 확산부호의 동기시점을 한 칩 또는 그 이하로 결정하는 과정이고, 추적은 획득 결과를 바탕으로 더 정확한 동기시점을 결정하고 이를 유지하는 과정이다. 여기서 칩은 확산부호의 길이다. 차세대 GNSS가 전송하는 확산신호는 동일한 주파수 대역 공유를 위해 갖는 이진천이 반송파 (binary offset carrier, BOC) 변조를 사용한다. 그리고 BOC 변조율 k 가 증가할수록 부호추적 성능이 향상되어 측위 정확도가 증가하는 장점도 있다. 그러나 높은 k 는 부호획득을 위한 탐색회수 증가의 원인이 되고, 이는 초기고정시간 (time to first fix, TTFF) 증가와 직결된다.

BOC 변조된 확산신호의 상관함수와 BPSK 변조된 확산신호의 상관함수는 각각 그림 1과 같다.

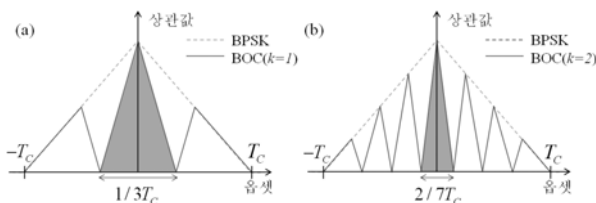
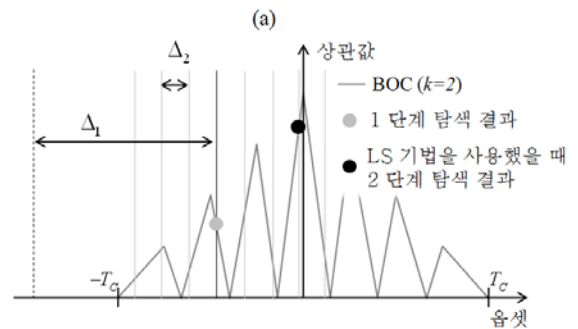


그림 1. BOC, BPSK 변조된 확산신호의 상관함수:
(a) $k=1$, (b) $k=2$

여기서, T_c 는 칩 주기이고, 움셋은 수신신호의 확산부호와 수신기에서 생성한 확산부호의 시간차이다. BOC 변조된 확산신호의 상관함수는 그림 1처럼 BPSK 경우와 달리 $4k-2$ 개만큼 부엽이 나타난다. BPSK 변조된 확산신호는 $\pm T_c$ 이내로 부호를 획득하기 위해 일반적으로 선형탐색 (linear search, LS) 기법을 사용한다. 이는 (일반적으로 T_c 보다 작은) 일정한 시간간격마다 상관값을 비교하여 최대 상관값을 결정하고, 그 값이 문턱치를 넘는 시점을 동기시점으로 결정한다. 그러나 BOC 변조된 확산신호는 부호동기를 위해 $\pm T_c$ 이내가 아닌 움영으로 표시한 주엽 움셋 이내로 획득을 수행해야 한다. 따라서 BOC 변조된 확산신호는 최대 $1/(4k-1)T_c$ 간격으로 선형탐색을 조밀하게 수행해야 부호획득이 가능하다. 이때 확산부호 주기인 NT_c 만큼 탐색을 수행하면, 부호획득을 위해 필요한 탐색회수는 $N(4k-1)$ 이 되고 차세대 GNSS에서 사용하는 높은 k 에 따라 탐색회수가 크게 증가하여 TTFF가 증가하는 단점이 나타난다. 본 논문은 기존기법을 $LS(NT_c, \Delta)$ 로 표현하고, 이는 선형탐색 기법을 사용해서 NT_c 만큼 Δ 간격으로 탐색함을 의미한다.

II. 제안한 기법과 복잡도 분석

TTFF를 줄이기 위해 그림 2와 같이 탐색회수가 k 의 영향을 덜 받는 두 단계 부호획득 기법을 제안한다.



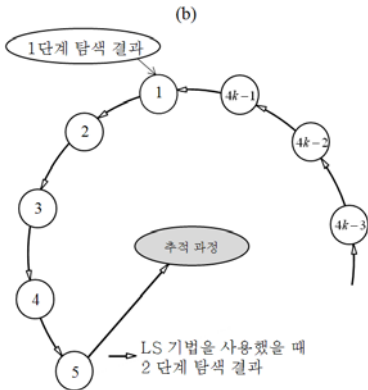


그림 2. 2 단계에서 선형탐색 기법을 사용할 때
(a) 획득 후 상관시간 윗셋과 (b) 탐색회수

제안하는 기법은 크게 두 단계로 수행된다. 1단계는 선형탐색 기법을 사용해서 0부터 NT_c 까지 Δ_1 간격으로 동기시점 인근을 탐색한다. 이 과정은 $LS(NT_c, \Delta_1)$ 으로 표현되고, 이때 Δ_1 을 T_c 로 하면 최대 동기오차는 $\pm T_c/2$ 만큼 나타난다. 따라서 2단계는 그림 2(a)와 같이 1단계의 최대 동기오차 영역 내에서 Δ_1 보다 작은 Δ_2 로 탐색을 수행해야 더 정확하게 동기시점 인근을 부호 획득 결과로 결정할 수 있다. 그런데 BOC 신호의 k 가 커질수록 정확한 동기시점이 존재하는 상관함수 주엽 윗셋이 협소해져 Δ_2 은 $1/(4k-1)T_c$ 이하여야 한다. 본 논문에서는 이를 $1/(4k-1)T_c$ 라고 가정하였다. 따라서 제안한 기법은 $LS(NT_c, \Delta_1) \rightarrow LS(T_c, \Delta_2)$ 와 같이 두 단계로 표현될 수 있고, 탐색회수는 $N+(4k-1)$ 이다. 그런데 $N \gg k$ 이기 때문에 탐색회수가 N 과 k 의 합 형태로 나타나는 제안한 기법의 부호획득 시간이 N 과 k 의 곱 형태로 나타나는 기존 기법보다 k 에 의해 영향을 덜 받는 특성을 가진다. 따라서 제안한 기법이 기존 기법보다 차세대 GNSS에서 사용하는 높은 k 를 갖는 BOC 변조된 확산신호의 부호획득에 더 적합하다고 할 수 있다.

그리고 제안한 기법의 2단계 탐색회수를 줄이기 위해 BOC 변조된 상관함수의 특성을 이용하는 홉인 (hop in, HI) 기법을 그림 3처럼 제안하고, 이는 $LS(NT_c, \Delta_1) HI(T_c, \Delta_3)$ 로 표현될 수 있다.

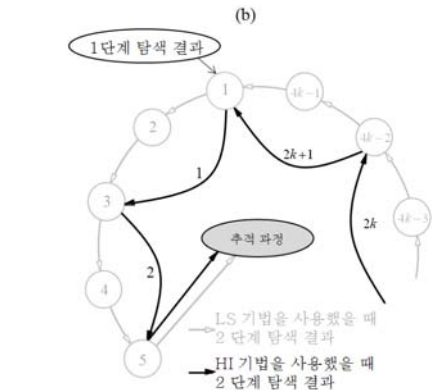
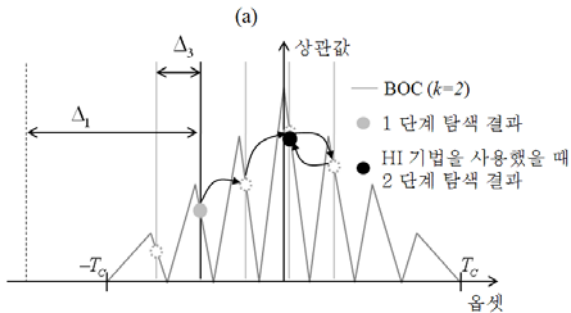


그림 3. 2 단계에서 홉인 기법을 사용할 때
(a) 획득 후 상관시간 윗셋과 (b) 탐색회수

1단계는 그림 2에서 제안한 기법과 동일하다. 그런데 2단계에서는 BOC 변조된 상관함수 특징을 사용한다. 여러 특징 중, 본 논문은 그림 3(a)의 인근 부엽 사이의 동기오차인 Δ_3 이 k 에 따라 결정되는 특징, 그리고 1단계에서 결정된 동기시점과 그로부터 Δ_3 만큼 이른 시점의 상관값 차를 사용한다. 그 부호가 0보다 클 경우, 그림 3(a)의 검은 화살표와 같이 현재 결정한 동기시점이 정확한 동기시점보다 이르다 판단하고 현재 동기시점을 Δ_3 만큼 이동시킨다. 반면 부호가 0보다 작을 때는 현재 동기시점에서 $-\Delta_3$ 만큼 이동시킨다. 이런 과정은 최대 $2k+1$ 만큼 반복될 수 있고 두 상관값 차의 부호가 뒤바뀌는 과정은 항상 주엽 인근에서 나타나서, 이때 결정된 동기시점은 주엽 윗셋 이내로 결정된다. 이로 인해 탐색회수는 $N+(2k+1)$ 이 되고, 이는 선형탐색 기법의 탐색회수보다 작아서 2단계에 홉인 기법 적용이 더 빠른 부호획득을 가능하게 함을 알 수 있다.

III. 결론

본 논문은 차세대 GNSS를 위한 부호획득 기법을 제안하였다. 일반적으로 확산부호의 길이가 BOC 신호의 부호율보다 아주 크기 때문에 기존 기법과 제안한 두 기법의 탐색회수는 각각 $4Nk$, N , N 이 되고, 이를 토대로 제안한 기법이 차세대 GNSS에서 사용하는 BOC 변조된 확산신호의 부호획득에 적합함을 보였다.

감사의 글

2007년 교육인적자원부의 재원으로 한국 학술진흥재단 지원에 의해 수행되었음. (과제번호: KRF-2007-313-D00581)

참고 문헌

[1] O. Julien, C. Macabiau, M. E. Cannon, and G. Lachapelle, "ASPeCT: Unambiguous sine-BOC(n,n) acquisition/tracking technique for navigation applications," *IEEE Trans. Aerospace and Electronic Systems*, vol. 43, pp. 150-162, Jan. 2007.
[2] Y. S. Cho, B. D. Kim, S. Y. Cho, and W. S. Choi, "The effect on tracking loop performance when using the efficient search method for fast fine acquisition," *Proc. ICCAS*, pp. 517-522, Seoul, Korea, Oct. 2007.