

다중경로 오차 제거를 위한 가중 협대역 상관기의 설계

*장한진, *김정원, **문승욱, ***황동환, ***이상정, ****서상현

* 충남대학교 전자공학과, *(주)네비콤, **충남대학교 전기정보통신공학부, ***한국해양연구원 해양시스템안전연구소

Design the Weighted Narrow Correlator for Multipath Error Mitigation

*Jang Han-Jin, *Kim Jeong Won, **Moon Sung Wook, ***Hwang Dong-Hwan, ***Lee Sang Jeong, ****Suh Sang Hyun

* Department of Electronics Engineering, Chungnam National University,

** Navicom Ltd.,

*** School of Electrical Engineering and Information and Communication Engineering, Chungnam National University

**** Korea Research Institute of Ships and Ocean Engineering, Korea Ocean Research and Development Institute

Abstract - 본 논문에서는 다중 경로 오차 제거를 위해, 4개의 상관값을 제공하는 가중 협대역 상관기(Weighted Narrow Correlator) 구조에 대해 제안한다. 가중 협대역 상관기는 서로 다른 칩 간격을 가지는 여러 상관값 출력에 가중치를 주어 다중경로 신호에 의한 코드 위상 측정 오차를 줄이는 방법이다. 우선 다양한 지연시간 및 신호 감쇄를 가지는 다중 경로 신호에 대하여, 가중치에 대한 수신기의 성능 변화를 분석하고 이를 통해 최적의 가중치를 선택하였다. 제안한 상관기는 일반 수신기와 동일한 신호 획득능력을 가지며, 협대역 상관기보다 개선된 다중경로 오차 제거 능력을 보인다. 가중 협대역 상관기의 성능은 시뮬레이션을 통한 의사거리 측정치의 비교를 통해 검증하였다.

2. 가중 협대역 상관기

2.1 가중 협대역 상관기의 소개

GPS 위성과 수신기의 LOS(Line Of Sight) 신호에 다중 경로 신호가 첨가된 경우, 수신기 입력신호의 상관 특성은 그림 1과 같이 Early, Late가 비대칭인 형태로 변하게 된다.

$$R_{idle+multi}(\tau) = R_{idle}(\tau) + R_{multi}(\tau) \quad (1)$$

$R_{idle+multi}$: 결합된 신호의 상관특성
 R_{idle} : 이상적인 신호의 상관특성
 R_{multi} : 다중경로 신호의 상관특성

1. 서 론

GPS의 오차 요인 중 가장 큰 부분을 차지하고 있는 부분은 이온층 지연 오차와 다중경로 신호에 의한 오차이다. 이 중 다중경로 신호에 의한 오차 성분은 DGPS와 같은 보정 항법 기법으로도 제거되지 않으며, 최고 70m 정도의 큰 의사거리 오차를 발생시킨다. 다중 경로 오차 제거를 위한 방법으로는 새로운 구조의 안테나를 이용하는 방법, 다중경로 오차 제거를 위한 상관기의 설계, 그리고 다중 상관기를 이용한 추정 기법 등이 알려져 있다 [1].

이중 안테나를 이용한 방법의 경우, 낮은 양각을 가지는 다중경로 신호에 대해 매우 효과적인 제거능력을 가지나, 높은 양각을 가지는 다중경로 신호에 대해서는 취약한 단점을 가지고 있다[2]. 추정기법의 경우, 우수한 다중 경로 오차 제거 성능을 나타내지만 많은 계산량 때문에 실시간 항법에 적용이 어렵다[1]. 상관기 설계 기법을 통한 다중경로 오차 제거 방법은 구현의 간편성이나 계산 부하량 측면에서 실시간 항법에 적용할 수 있는 가장 효과적인 방법으로 알려져 있으며, 현재 협대역 상관기, 예지 상관기, E1/E2 추적기, MET(Multipath Elimination Technology), 스트로브 상관기 등의 구조가 제시되어 있다[3][4][5]. 그러나 지금까지 제시된 대부분의 방법들은 일반적인 상관기에 비해 SNR 특성이 나쁘거나, 빠른 기동을 가지는 항체에서 신호 추적 성능이 떨어지는 단점을 가지고 있다[5]. 본 논문에서는 Early-Late 간격이 1칩과 0.1칩인 2개의 상관기를 이용하여 기존 상관기 설계 기법의 단점이었던 신호 추적 및 SNR 문제를 개선하고, 우수한 다중경로 오차 제거 성능을 가지는 가중 협대역 상관기 구조를 제시한다.

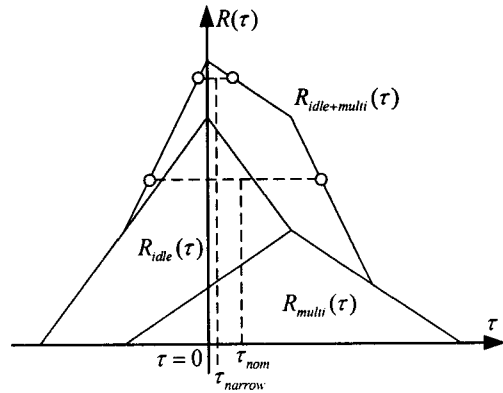


그림 1. 다중경로 신호에 의한 위상 추적점 변화

상관함수에 비대칭이 발생할 경우, 일반적인 상관기의 코드 위상 추적 점은 실제 위상과는 차이를 나타내게 된다. 상관함수 비대칭에 의한 위상 추적 오차는 Early-Late 간격의 절반에 해당되는 최대값을 가진다.

협대역 상관기의 경우, Early와 Late의 칩 간격을 조절하여 신호 추적의 대역폭을 줄임으로써 다중경로 신호에 대한 개선성능을 나타내는 상관기 구조이다. 그러나 협대역 상관기는 좁은 위상 추적 범위를 가지고 있기 때문에 항공기나 미사일 같은 빠른 기동의 항체에서 신호를 쉽게 놓칠 수 있다. 다중 경로 오차 제거 상관기의 또 다른 예인 E1/E2 추적기의 경우, 상관함수의 Early 부분에서 신호추적을 수행하므로 일정시간 이상의 지연시간을 가지는 다중경로 신호의 영향을 받지 않는 장점이 있으나, 낮은 SNR을 가지는 신호에 대한 추적 성능이 나쁜 단점을 가지고 있다.

가중 협대역 상관기는 Early-Late의 간격이 1칩과 0.1칩인 두 개의 상관기로 구성되어 있다. 이중 Early-Late의 간격이 1칩인 상관기는 신호의 획득 및 추적을 위한 기준상관기 역할을 수행하며, Early-Late 간격이 0.1칩인 상관기는 상관함수의 비대칭 정도를 측정하기 위한 보조 상관기로서의 역할을 수행한다. 보조 상관기를 이용하여 상관함수의 비대칭 정도를 측정할 수 있을 경우 가중치를 통해 비대칭 정도를 줄일 수 있으며 보다 정확한 코드 위상 추적이 가능하다.

2.2 가중 협대역 상관기 구조 및 가중치 생성방법

가중 협대역 상관기는 그림 2와 같은 순서를 거쳐 코드의 위상을 측정한다.

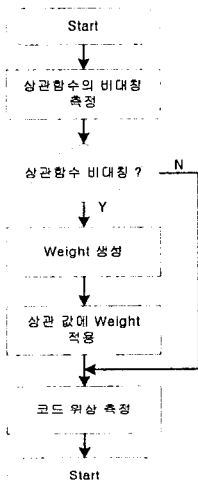


그림 2. 가중 협대역 상관기의 가중치 생성

가중 협대역 상관기에서 기준 상관기는 일반적인 상관기 구조와 동일하다. Early-Late 간격이 0.1칩인 보조 상관기의 경우, 신호 추적에 간접적인 영향만을 미치기 때문에 제안된 가중 협대역 상관기는 일반적인 상관기와 동일한 신호 획득 및 추적 성능을 가진다.

본 논문에서 제시하는 가중 협대역 상관기에는 상관함수의 비대칭 정도를 측정하는 방법에 따라 2가지로 구분할 수 있으며 각 방법의 특징은 표 1과 같이 나타낼 수 있다.

표 1. 가중 협대역 상관기의 구분

	비대칭 영향 측정
방법 1	측정 위상 차
방법 2	상관값 차

표 1에서 구분한 2가지 방법의 수신기에 대한 상관기 구조 및 기타 자세한 사항을 2.2.1과 2.2.2 절에서 나타내었다.

2.2.1 의사거리 차를 이용한 가중 협대역 상관기

의사거리 차를 이용한 가중 협대역 상관기에서 가중치는 서로 다른 칩 간격을 가지는 두 상관기의 의사거리 측정 차를 기준으로 생성된다.

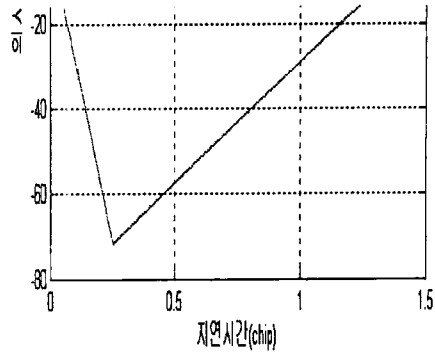


그림 3. 다중경로 신호 환경에서의 칩 간격에 따른 의사거리 측정 오차

두 상관기의 의사거리 차를 측정하기 위해서는 각 상관기가 서로 독립적으로 코드의 위상을 추적하는 형태를 가지고 있어야 하며, 본 논문에서 사용한 가중 협대역 상관기의 실제 구조는 그림 4와 같다.

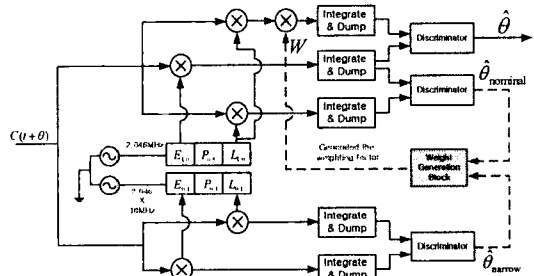


그림 4. 의사거리 차를 이용한 가중 협대역 상관기 구조

그림 4의 구조에서 가중치의 생성은 두 상관기에서 추적한 코드 위상차의 함수로 나타낼 수 있으며, 이를 식 2에 나타내었다.

$$W = f(\rho_{\text{narrow} - \text{nominal}}) = f(\theta_{\text{narrow}} - \theta_{\text{nominal}}) = a(\theta_{\text{narrow}} - \theta_{\text{nominal}}) + 1 \quad (2)$$

a : scale factor

2.2.2 상관값 차를 이용한 가중 협대역 상관기

상관함수의 비대칭 정도를 측정하기 위한 다른 방법으로 두 상관기에서의 상관값 차이를 이용할 수 있다. 두 상관기 중 하나의 상관기를 기준으로 코드 위상 추적이 이루어 졌다고 할 때, 상관함수의 Early와 Late가 완전히 대칭일 경우, 위상 추적 점으로부터 같은 거리만큼 떨어진 Early와 Late의 상관값은 같다. 그러나 상관 함수가 완전 대칭이 아닐 경우, 두 값은 서로 다른 값을 가지게 되며, 이를 기준으로 상관 함수의 비대칭 정도를 추정할 수 있다.

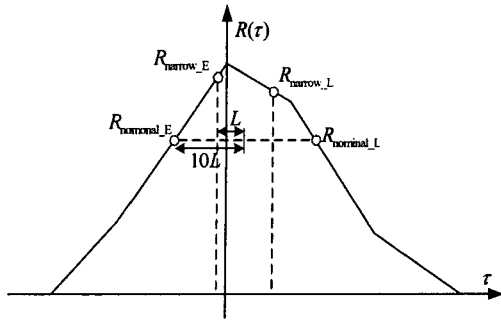


그림 5 다중 경로 신호에 의한 상관값 차

이와 같은 방법의 경우, 상관기는 위상 추적 점으로부터 동일한 간격만큼 떨어진 곳에서의 상관값을 측정할 수 있어야 한다. 이를 위한 실제 상관기 구조를 그림 6에 나타내었다.

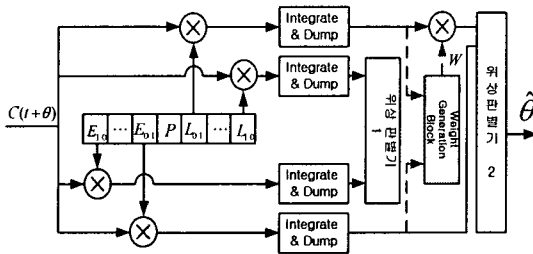


그림 6. 상관값을 이용한 가중 협대역 상관기 구조

그림 6과 같은 구조에서 가중치는 Early-Late 간격이 1칩인 상관기에서의 코드 위상 추적이 이루어진 다음 좁은 칩 간격을 가지는 상관기의 Early와 Late 간 상관값의 차를 이용하여 생성하며 실제 적용된 가중치 생성 방법은 식 3과 같다.

$$\begin{aligned}
 W &= f(R_{\text{nominal_E}}, R_{\text{nominal_L}}, R_{\text{narrow_E}}, R_{\text{narrow_L}}) \\
 &= 0.95 + 0.05 \times \frac{R_{\text{nominal_E}} - R_{\text{narrow_E}}}{R_{\text{nominal_L}} - R_{\text{narrow_L}}}
 \end{aligned}
 \quad (3)$$

2.3 모의실험을 통한 성능 확인

2.2 절에서 제안한 구조의 가중 협대역 상관기 성능은 모의실험을 통해 검증하였다. 성능 검증은 50%의 감쇄를 갖는 다중경로 신호를 0.01칩 간격으로 지연 시키면서 LOS 신호와의 추적된 코드 위상차를 이용하여 수행하였다. 입력 신호가 무한 대역을 가진다고 가정할 때, 모의실험을 통해 검증한 가중 협대역 상관기의 신호 추적 성능을 그림 7에 나타내었다.

그림 7의 결과에서와 같이 의사거리 측정치와 상관값 차를 이용한 가중 협대역 상관기의 다중경로 신호 오차 제거 성능은 협대역 상관기와 비교해 볼 때, 유사 혹은 개선된 성능을 나타냄을 확인할 수 있다.

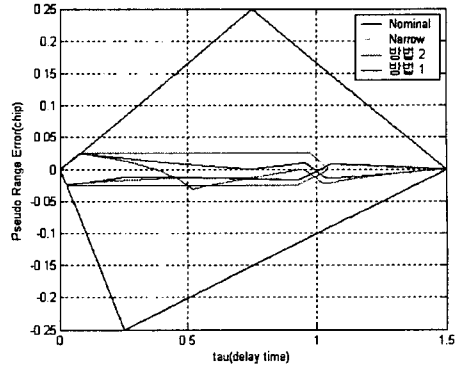


그림 7. 가중 협대역 상관기의 성능 검증(대역폭:무한대)

4. 결 론

본 논문에서는 다중경로 오차제거를 위해, 서로 다른 칩 간격을 가지는 2개의 상관기를 이용한 가중 협대역 상관기 구조를 제안하였다. 제안한 가중 협대역 상관기는 칩 간격이 다른 두 개의 상관기로부터 의사거리나 상관값 차이를 알 수 있으며, 이를 통해 가중치 값을 생성한다. 생성한 가중치는 상관함수의 Early, Late간 비대칭성을 완화시켜 보다 정확한 코드 위상을 추적할 수 있도록 한다. 시뮬레이션을 이용한 결과에서 제안한 가중 협대역 상관기가 우수한 다중경로 오차 제거능력을 가짐을 확인하였다. 그리고 Early-Late 간격이 1.0칩인 상관기를 기준으로 신호 추적을 수행하므로 일반적인 수신기와 같은 신호 추적 성능을 가질 것으로 예상할 수 있다.

[참 고 문 헌]

- [1] 최일홍, "자기 상관 함수 기술기 변화를 이용한 다중 경로 오차 감쇄 기법", 학위논문, 충남대학교, pp.26-32, 2003.
- [2] Basur Rama Rao, "GPS Microstrip Antenna Array on a Resistivity Tapered Ground Plane for Multipath Mitigation," Proceedings of the International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, pp.24 68-2476, September 2000.
- [3] Lionel Garin, "Strobe & Edge Correlator Multipath Mitigation for Code," Proceedings of the International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, pp.657-664, September 1996.
- [4] Lionel Garin, "Enhanced Strobe Correlator Multipath Rejection for Code & Carrier," Proceedings of the International Technical Meeting of the Satellite Division of the Institute of Navigation, pp.559-568, September 1997.
- [5] R. Eric Phelts, "Multipath Mitigation for Narrowband Receivers," Position Location and Navigation Symposium, IE EE 2000, pp.30-36, March 2000.