

소프트웨어 GPS 수신기에서의 벡터 DLL 구현과 성능 분석

임덕원*, 김정원*, 정호철*, 황동환**, 이상정**
 *충남대학교 전자공학과, **충남대학교 전기정보통신공학부

Implementation and Performance Evaluation of the Vector DLL in a Software GPS Receiver

Deok Won Lim*, Jeong Won Kim*, Ho Cheol Jeong*, Dong-Hwan Hwang** and Sang Jeong Lee**

*Department of Electronics Engineering, Chungnam National University

**School of Electrical and Computer Engineering, Chungnam National University

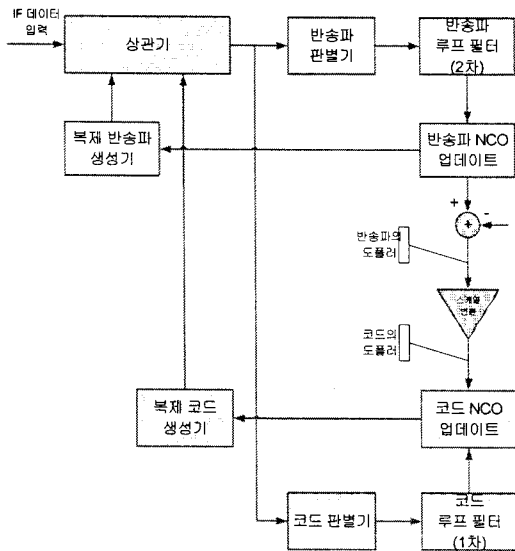
Abstract - A vector DLL represents signal tracking scheme utilizing navigation results, and it has been known that it has better performance than a conventional scalar DLL. This paper discusses the structure and conceptual benefits of the vector DLL, and describes implementation of the vector DLL in a software GPS receive. Also, the benefits of the vector DLL are confirmed by an experiment. Through the experiment, the code tracking accuracy between the vector DLL and a scalar DLL implementation is compared in static environments, and the navigation accuracy is analyzed using GPS signals received from a commercial GPS simulator.

1. 서 론

일반적인 GPS 수신기는 각 위성에 대해서 독립적으로 신호(반송파 및 코드) 추적을 수행하지만, 벡터 형태의 신호 추적 기법은 항법 결과(수신기의 위치와 속도)를 가지고 모든 가시 위성에 대해서 통합(coupled)된 형태로 신호 추적을 수행한다[1]. 따라서 전파 경로(path)에 이상(attenuation, blockage)이 발생할 경우에 일반적인 수신기는 상관기 블록 및 판별기 블록에서 그 영향을 받지만, 벡터 형태의 신호 추적 기법은 위성파 수신기의 기하학적 정보를 가지고 신호를 추적하는 방식이므로 항법 결과의 성능(Availability, Integrity 등)이 보장되는 한 전파 경로의 이상에 의한 영향을 받지 않는다[1]. 또한 신호(코드) 추적 잔차(residual)의 공분산 행렬을 위치 영역(domain)으로 변환하면 그 크기가 줄어들므로[2], 약(weak)신호가 입력되는 환경이나 재밍이 입력되는 환경에서의 신호 추적 성능을 향상시킬 수 있다[3]. 본 논문에서는 벡터 DLL(Delay Lock Loop)의 개념적인 구조와 장점에 대해서 설명하고 소프트웨어 GPS 수신기 기반에서 구현하여 신호 추적 성능과 항법 성능을 일반적인 스칼라 형태의 코드 추적 루프와 비교한다.

2. 소프트웨어 GPS 수신기를 이용한 벡터 DLL의 구현

벡터 형태의 신호 추적 루프의 개념적인 구조와 그 구조에 따른 장점은 다음과 같다.



<그림 1> 스칼라 형태의 코드 추적 루프 구성

2.1 신호 추적 루프 구조

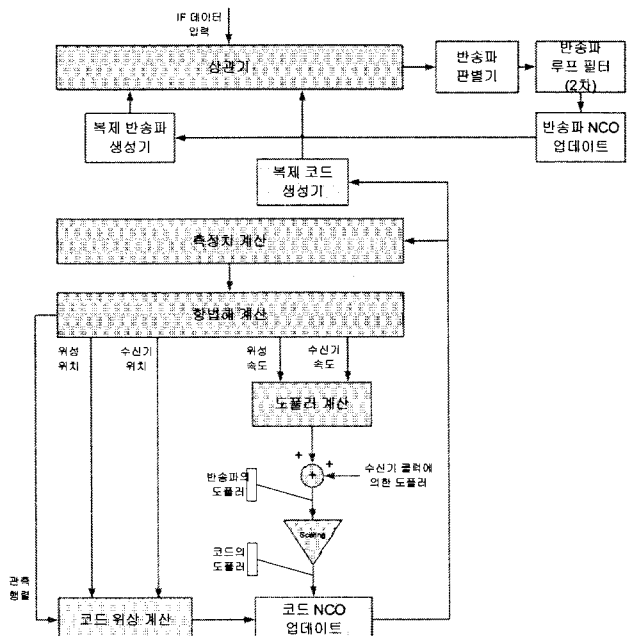
본 논문에서는 코드 추적 루프만을 대상으로 하였으며, 스칼라 DLL과 벡터 DLL의 루프 구조를 비교하면 다음과 같다.

2.1.1 스칼라 형태의 코드 추적 루프

일반적으로 GPS 수신기의 코드 추적 루프는 채널별로 독립적인 스칼라 DLL 형태로 구성되며, 입력 신호의 동적 특성을 보상하기 위한 루프필터를 3차로 설계하거나 <그림 1>과 같이 반송파 추적 루프로부터 도플러 주파수를 도움(Aiding) 받는 형태로 설계한다.

2.1.2 벡터 형태의 코드 추적 루프

본 논문에서 구현한 벡터 DLL의 구성은 <그림 2>와 같다. <그림 1>에서 반송파 추적 루프로부터 계산한 도플러 주파수는 위성 속도 벡터와 수신기 속도 벡터, 수신기 클럭에 의한 도플러 주파수를 가지고 계산할 수 있다. 또한 코드 위상은 위성 위치 벡터와 수신기 위치 벡터, 위성파 수신기 간의 관측(Line-Of-Sight) 행렬을 가지고 계산할 수 있다. 따라서 벡터 DLL은 항법해가 계산된 다음부터 동작할 수 있으므로 초기에는 스칼라 DLL로 동작하여 신호 획득 및 추적, 항법을 수행한다. 이때에 NCO(Numerically Controlled Oscillator) 업데이트율과 항법 결과의 출력률은 동일하게 설정한다.



<그림 2> 벡터 형태의 코드 추적 루프 구성

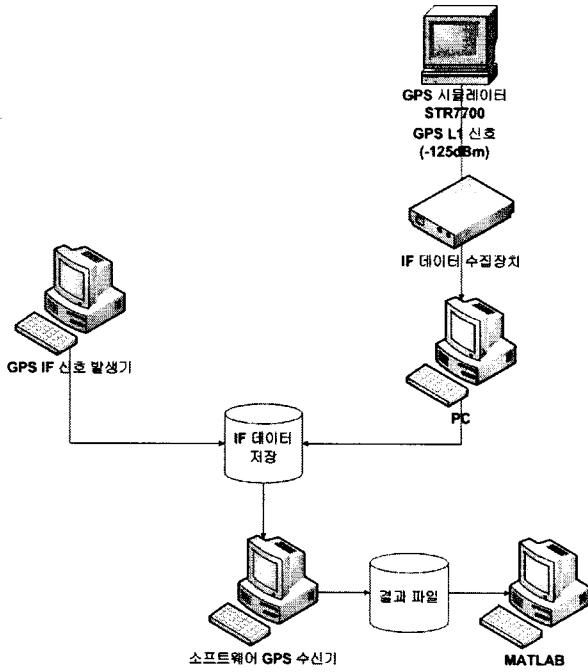
2.2 벡터 DLL의 장점

<그림 1>의 스칼라 DLL의 반송파 판별기와 코드 판별기의 입력은 각 채널의 상관값이다. 따라서 임의의 채널의 위성 신호가 전파 경로의 이상이 발생하여 상관값이 임계치보다 작아지게 되면 신호 추적을 실패하게 된다. 하지만 <그림 2>의 벡터 DLL의 경우에 별도의 판별기가 없이 항법해를 가지고 코드 추적을 하기 때문에 임의의 채널에 이상이 발생하더라도 4개 이상의 위성 신호를 추적하고 있다면 계산한 항법해를 가지고 이상이 발생한 채널의 코드를 추적할 수 있다는 장점이 있다. 또한 동일한 잡음 특성을 갖는 신호에 대하여 스칼라 DLL에서의 판별기 출력 오차보다 항법 오차가 더 작게 나타나므로[2], 위성 신호에 이상이 없는 경우에는 신호 추적 오차 및 항법 오차를 줄일 수 있다는 장점이 있다.

3. Vector DLL 성능 분석

3.1 성능 분석 환경

성능 분석을 위한 실험 구성은 <그림 3>과 같다. 입력 신호는 소프트웨어 기반의 GPS IF 신호 발생기를 이용하거나 하드웨어 기반의 상용 GPS 시뮬레이터 신호를 충남대학교에서 개발한 IF 데이터 수집장치를 이용하여 저장할 수 있다. 여기서 입력 신호의 조건은 수신기가 정지 상태이고 신호 전력을 -125dBm 으로 설정하였다. 또한 소프트웨어 GPS 수신기는 초기에는 스칼라 DLL 모드로 동작하여 신호 획득 및 추적을 수행하다가 항법결과가 계산된 다음에 벡터 DLL 모드로 전환하여 동작하며, 신호 추적 및 항법 결과와 관련된 파라미터를 파일로 출력하여 MATLAB에서 비교할 수 있도록 하였다.



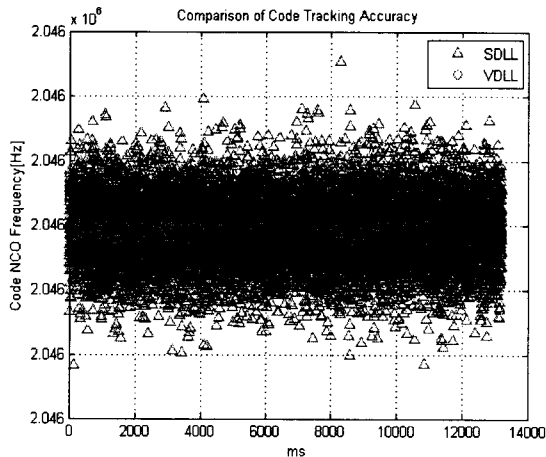
<그림 3> 실험 구성

3.2 성능 분석

벡터 DLL의 성능은 신호 추적 성능과 측위 성능을 일반적인 스칼라 DLL과 비교함으로써 확인하였다.

3.2.1 신호 추적 성능

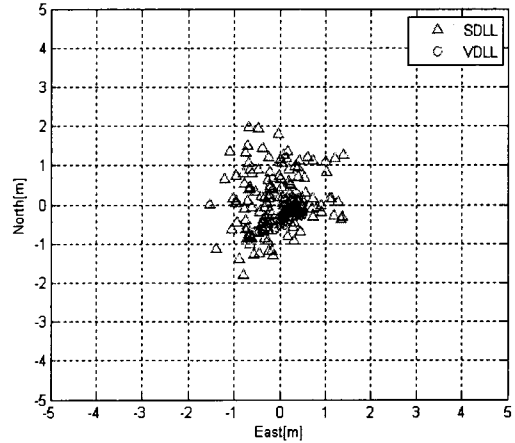
신호 추적 성능을 비교하기 위하여 스칼라 DLL과 벡터 DLL의 코드 NCO의 출력 주파수를 비교하였다. <그림 4>에서 확인할 수 있듯이 스칼라 DLL의 출력 주파수의 표준편차는 0.509Hz 이고 벡터 DLL의 출력 주파수의 표준편차는 0.039Hz 이다. 따라서 벡터 DLL의 신호 추적 성능이 스칼라 DLL보다 약 13배 정도 향상되는 것을 알 수 있다.



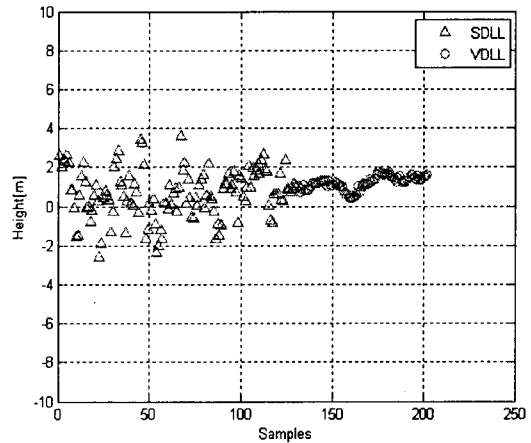
<그림 4> 신호 추적 성능 비교

3.2.2 측위 성능

측위 성능을 확인하기 위하여 스칼라 DLL과 벡터 DLL에 대하여 수평 오차와 수직 오차를 비교하였다. 여기서 수평 오차는 CEP로 측정하였으며 수직 오차는 RMS로 측정하였다. <그림 5>와 <그림 6>에서 확인할 수 있듯이 벡터 DLL 동작 시에 수평 오차는 1.409m 에서 0.713m 로 감소하였으며, 수직 오차는 1.361m 에서 1.063m 로 감소하였다.



<그림 5> 수평오차(CEP) 비교



<그림 6> 수직오차(RMS) 비교

4. 결론

본 논문에서는 벡터 DLL의 구조와 장점을 설명하고 소프트웨어 GPS 수신기 기반에서 구현하여 그 성능을 확인하였다. 스칼라 DLL 구조를 갖는 일반적인 수신기와 비교하였을 때, 코드 추적 오차의 표준 편차는 약 13배가 감소하였으며, 수평 오차는 CEP로 약 2배가 감소하였고 수직 오차는 RMS로 약 1.3배가 감소하는 것을 확인하였다. 추후 연구 계획으로서 위성 신호의 전파 장애가 있는 환경과 재밍이 있는 환경에 대해서 벡터 DLL의 성능을 확인할 계획이며, 벡터 형태의 반송파 추적 루프에 대해서도 연구할 계획이다.

[참고 문헌]

- [1] James W. Sennott and David Senffner, "The Use of Satellite Geometry for Prevention of Cycle Slips in a GPS Processor," NAVIGATION: Journal of The Institute of Navigation, Vol. 39, No. 2, 1992.
- [2] Parkinson B. W., Spilker J. Jr., *The Global Positioning System: Theory and Applications, Volume 1*, AIAA, Washington, DC, 1996, pp.290-312.
- [3] Bon Benson, "Interference Benefits of a Vector Delay Lock Loop(VDLL) GPS Receiver," Proceedings of 63rd Annual Meeting, 2007.