

소프트웨어 기반의 실시간 GPS L1 수신기를 위한 블록 상관기

김 태 희*, 이 상 옥* 정회원

Block Correlator for Real-Time GPS L1 Software Receiver

Taehee Kim*, Sanguk Lee* *Regular Members*

요 약

본 논문에서는 소프트웨어 기반의 실시간 GPS L1 수신기에 대한 블록 상관기법을 제안한다. 최근 다양한 위성항법 환경에서 보다 효율적인 항법 수신기 개발을 위하여 소프트웨어 기반의 실시간 수신기 개발이 필요하다. 실시간 소프트웨어 수신기는 입력신호 처리부, 신호획득부, 신호추적부, 항법데이터 처리부, 항법해 계산부로 구성되고 각 처리부는 해당 기능을 수행하기 위한 단위 컴포넌트로 구성된다. 이러한 소프트웨어 환경에서의 수신기 개발을 용이하게 수행하기 위한 소프트웨어 기반의 수신기를 개발함으로써 다양한 모델을 적용하거나 새로운 컴포넌트 조합으로 다양한 시뮬레이션을 수행할 수 있다는 장점을 제공하고 있다. 본 논문에서는 이러한 소프트웨어 기반의 수신기가 실시간의 성능을 나타낼 수 있는 블록 상관기법을 제안하고 이에 대한 성능을 검증하였다.

Key Words : 위성항법, 수신기, 소프트웨어, 실시간, 상관기

ABSTRACT

In this paper, a software-based real-time GPS L1 receiver is proposed for the block correlation techniques.

Recently various navigation satellite navigation receivers in the environment for the development of more efficient software-based real-time receiver need to be developed. It is composed of components such as signal supplier, signal acquisition, signal tracking, navigation data processing, and navigation solution. They are designed and implemented as component based software for enhancing reusability and modifiability for user to have more flexibility during development of receiver. This paper will describe design, implementation, and verification of the developed realtime software GNSS receiver.

I. 서 론

최근에 GPS 위성항법 시스템뿐 아니라 유럽의 Galileo, 일본의 QZSS, 중국의 COMPAS 등 다양한 위성항법시스템이 구축되고 있다. 이러한 환경에서 하드웨어 기반의 수신기를 개발할 경우 상당한 비용과 한번 구현된 수신기의 유연성이 떨어지게 된다. 즉 다양한 위성항법 시스템이 새로이 생길 때 마다 새로운 하드웨어 수신 플랫폼이 개발되어야 하기 때문이다.

따라서 이러한 항법 수신기 기술을 소프트웨어 기반으로 구현할 경우 비용적 측면이 대폭 절감되고 다양한 위성항법 시스템에 적절히 유연하게 대처하여 개발될 수 있으며 또한 해당 수신기를 이용한 다양한 항법알고리즘 개발이 용이하게 된다.

그러나 소프트웨어 수신기의 문제는 기존의 하드웨어 수신기와 달리 신호처리에 있어 많은 시간이 소요되는 문제가 있다. 하드웨어 수신기는 신호처리를 하드웨어 기반으로 수행하기 때문에 처리에 소요되는 시간이 적다. 따라서 하드웨어 수신기는 실시간으로 항법해를 생성할 수 있게 된다.

이러한 소프트웨어 수신기에서 기존 하드웨어 수신기와 동일하게 실시간으로 위성항법 신호를 처리하기 위해서는 계산 로드가 많이 소요되는 상관기의 효율적 설계가 필요하게 된다.

II. 소프트웨어 수신기 개요

본 장에서는 일반적인 수신기의 구조에 대해 살펴보고 수신기를 이루고 있는 전체 기능블럭에서 세부 기능 블럭

*ETRI 위성항법연구팀 (thkim72@etri.re.kr)

※ 본 연구는 방송통신위원회 및 정보통신연구진흥원의 IT 연구개발사업 프로그램의 일환으로 수행하였음.

접수일자 : 2011년 6월 13일, 수정완료일자 : 2011년 6월 17일, 최종게재확정일자 : 2011년 6월 20일

으로 적용된 기술을 기술하였다.

1. GPS 항법 수신기 개요

GPS 항법위성은 위성항법 신호를 지상의 사용자 수신기가 처리할 수 있는 L 대역의 RF신호를 전송하면 GPS 항법수신기는 GPS 항법위성으로부터 전송된 RF 항법신호를 수신하여 GPS 항법수신기의 위치를 구하게 된다. 일반적으로 항법수신기는 RF 신호를 처리하여 신호처리부에서 처리 가능한 IF 신호로 변환해주는 RF Front End와 RF Front End에서 전송한 IF 신호를 처리하여 신호획득, 신호추적, 항법해 계산을 수행하는 신호처리부로 구성된다. RF Front End는 대개 하드웨어 의존도가 높게 구현되며 항법안테나, 신호변환모듈로 구성된다. 신호변환모듈은 RF 신호를 IF 신호로 변환하기 위한 신호처리를 수행한다. 이때 BPF(Band Pass Filter) 및 ADC(Analog Digital Converter)를 이용하여 양자화된 샘플비트를 출력하게 된다. 상용 수신기에서는 신호처리부는 하드웨어 기반으로 구현하며 칩으로 구성되거나 FPGA, DSP를 이용하여 구현하게 된다. 하드웨어 기반으로 구현할 경우 입력 신호에 대한 처리속도를 실시간으로 보장할 수 있는 장점이 있다. 그러나 본 논문에서는 소프트웨어 기반의 신호처리부를 고려하였으며 기능적으로는 하드웨어 기반의 신호처리부와 동일하게 동작하게 된다.

다음 그림 1은 GPS 항법 수신기의 기본 구성도를 나타낸 것이다.

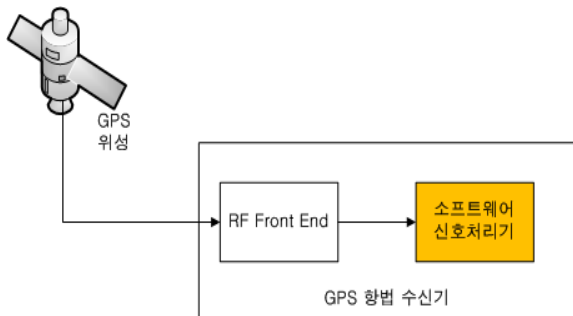


그림 1. GPS 항법수신기 블록도

2. 신호처리부

소프트웨어 신호처리기는 RF Front End에서 전송된 IF data를 수신하기 위한 IF data 처리기, 입력 IF data를 이용하여 신호를 획득하는 신호획득부, 신호획득된 정보를 이용하여 신호추적을 수행하는 신호추적부, 신호추적부에서 생성한 측정데이터 및 항법데이터를 이용하여 항법해를 생성하는 항법해처리부로 구성된다.[1]

신호획득부는 입력 IF 샘플데이터를 이용하여 위성 신호의 코드위치 및 도플러를 찾게 된다. 신호획득부의 방법으로 널리 알려진 MF-FFT 방식을 이용하여 빠른 시간에 신호획득 정보를 생성하게 된다. 이렇게 신호획득이 성공적으로 이루어지면 신호추적부의 신호추적 채널로 코드위

치 및 도플러 정보를 전달하여 신호를 추적하게 한다. 신호추적부는 N개의 채널로 구성되며 각각 병렬적으로 동작하게 된다. 신호추적부의 신호추적 채널은 신호획득된 위성 PRN 번호가 독립적으로 할당되며 각 채널은 독립된 위성 PRN 신호를 추적하게 된다. 이렇게 위성 신호를 추적하면서 생성된 측정데이터 및 항법데이터를 항법해를 생성하기 위해 항법해처리부로 전송한다. 항법해처리부는 각 위성추적 채널로부터 전송된 측정데이터와 항법데이터를 이용하여 수신기의 위치를 구하게 된다. 이때 항법해 생성을 위해 최소로 필요한 위성추적 채널의 수는 4개 이상이 필요하다.

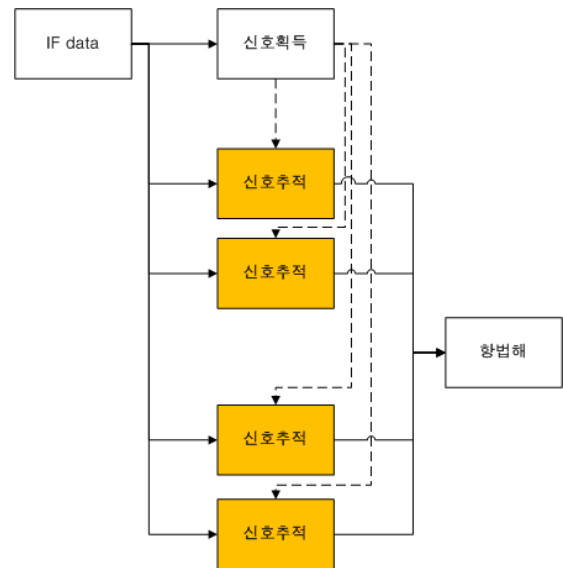


그림 2. 신호처리부 블록도

3. 신호추적채널

신호추적채널은 샘플단위로 입력 데이터 값을 코드와 주파수로 상관하는 상관기, 상관된 값을 이용하여 신호추적 오차를 판단하는 판별기, 신호추적 오차를 보상하기 위한 루프필터, 상관기로부터 생성된 상관값을 이용하여 비트동기를 생성하는 비트동기, 비트동기 후 프레임동기를 생성하는 프레임동기, 프레임동기 후 상관기로부터 측정된 값을 이용하여 항법해를 생성하기 위한 측정데이터생성부, 프레임동기 후 레노데이터를 생성하기 위한 메시지 디코딩으로 구성된다.

그림 3은 일반적인 항법수신기의 추적 채널의 구조이다. 신호추적모듈의 기능은 크게 신호추적루프와 측정데이터 및 항법데이터 생성루프 두 가지로 분류할 수 있다. 신호추적루프는 위성의 이동에 따른 도플러 효과로 발생하는 신호를 끊임없이 안정적으로 추적하는 기능을 수행하며 입력 샘플의 상관값을 이용하여 추적오차를 보상하여 연속적 신호추적을 수행한다. 측정데이터 및 항법데이터 생성루프에서 측정데이터는 항법해 생성을 위해 필요한 의사거리 측정을 위한 값으로 상관기에서 신호추적과정에 생성된 측정값으로 1ms 카운트, 20ms 카운트, 1sec 카

온트값과 코드위치, 코드 DCO값이다.

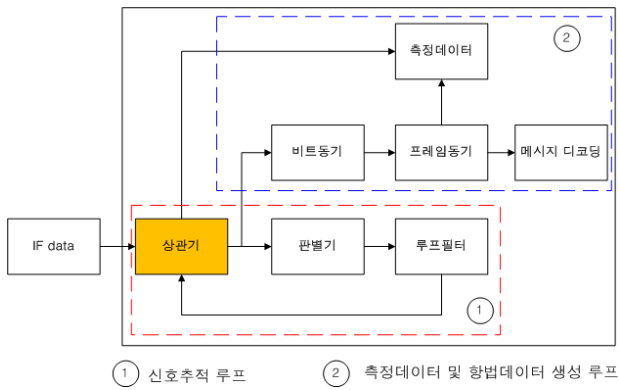


그림 3. 신호추적채널 구성도

4. 기존 상관기 구현 방법

일반적 상관기는 IF 중심주파수 및 도플러 주파수에 의해 결정된 입력 샘플의 주파수 성분을 제거하기 위해 같은 주파수 성분을 생성하는 주파수 생성기, 생성된 주파수 성분과 입력 샘플을 서로 곱하여 주파수 성분을 제거하는 주파수 혼합기, 입력 샘플의 코드 성분을 제거하기 위해 코드를 생성하는 코드생성기, 코드생성기에서 생성한 코드 성분과 주파수 성분이 제거된 입력샘플을 곱하여 코드성분을 제거하는 코드 혼합기, 샘플 마다 생성된 코드와 주파수 성분이 제거된 입력 샘플값을 누적하는 축적기, 일정 시간마다 축적치를 생성하는 축적치 생성기로 구성된다.[3]

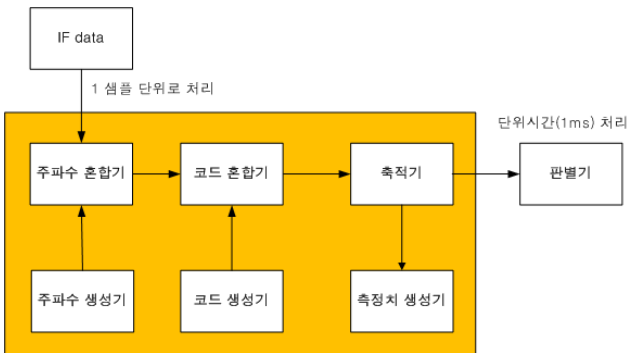


그림 4. 기존 상관기법의 기능 구성도

실제 신호추적채널에서 소요되는 시간관계를 살펴보면 상관기 이외의 모듈에서는 단위시간(1ms) 단위로 신호추적루프를 동작시키는 반면 상관기에서는 1ms에 해당하는 샘플수를 처리해야 한다. 따라서 입력 샘플단위로 상관을 수행하기 때문에 기존 상관기에서 빈번한 함수호출이 발생하여 신호처리에 시간이 실시간을 만족할 수 없게 된다. 예로 샘플링률이 5.714Mbps 이면 1ms 당 5714개 샘플을 처리해야 한다. 기존의 방식에서 코드와 주파수 성분을 제거하여 상관하는 기능은 매 샘플마다 수행하며 따라서 상관 함수(코드와 주파수 성분 제거 후 값을 누적함)를

5174번 호출하게 된다. 따라서 빈번히 함수를 호출함에 따라 시간 소요가 많아지게 된다. 이러한 문제가 소프트웨어 기반으로 실시간 수신기를 구현함에 어려운 요소로 작용한다.

본 논문에서는 이렇게 상관기에서 샘플단위 함수호출로 인한 시간소요를 줄여 실시간에 적합한 상관기를 구현하였다.

III. 제안한 상관기법을 적용한 소프트웨어 수신기

본 장에서는 소프트웨어 기반의 수신기를 실시간으로 구현하기 위해 본 논문에서 제안한 블록 상관기법 알고리즘에 대해 살펴본다.

1. 블록 상관기 구성

본 논문에서 제안한 블록 상관기는 일반 상관기와 동일하게 주파수 생성기와 코드 생성기가 존재하며, 기존 상관기와 다르게 주파수생성기 및 코드생성기는 입력 IF 샘플 데이터와 샘플단위로 혼합을 하지 않고 일정 시간 동안 샘플과 상관을 위한 주파수 성분과 코드성분을 생성한다. 이렇게 생성된 코드 성분과 주파수 성분을 코드/주파수 상관기에서 코드와 주파수를 곱한 값을 생성한다. 이때 코드와 주파수 성분을 생성하기 위한 기준이 되는 것은 절대적 시간이 아니라 코드 한 주기가 완성될 때까지 코드와 주파수 성분을 생성한다. 이는 기존의 방식과 차이를 보이는데 기존의 상관 방식에서는 절대적 단위시간(예, GPS L1의 경우 1ms)동안 입력된 샘플마다 생성된 코드와 주파수 성분을 생성하여 서로 곱함으로써 상관값을 생성하였으나 이렇게 할 경우 이전에 언급하였듯이 각 샘플마다 상관을 위한 함수를 호출하므로 시간이 많이 소요되는 문제가 있었다. 그래서 본 논문에서 제안한 블록 상관 방식은 코드 한 주기 동안 코드와 주파수 성분을 생성하면 한 번의 함수 호출로 실제 샘플과 상관에 필요한 코드성분과 주파수 성분을 생성할 수 있다. 이렇게 생성된 코드/주파수 성분은 샘플혼합기에서 IF 샘플 데이터와 곱하게 된다. 샘플혼합기는 IF 샘플데이터를 IF data로부터 IF 샘플데이터는 코드/주파수 성분이 생성된 개수만큼 읽어온다. 따라서 샘플혼합기(518)에서는 함수의 호출 없이 이미 생성된 코드/주파수 성분과 IF 샘플데이터를 서로 곱하여 상관값을 생성한다. 이렇게 IF 샘플데이터를 블록단위로 처리함으로써 함수 호출을 줄이고 계산 시간을 최소화 할 수 있다.

기존 상관방식에서 위와 같이 IF 샘플을 블록단위로 읽어오려고 해도 실제 얼마만큼의 데이터를 읽어올지에 대한 정보가 없기 때문에 불가능하다. 그러나 본 발명에서는 코드/주파수 상관값을 생성할 때 한 코드주기를 기반으로 실제 상관에 필요한 IF 샘플데이터 량을 결정할 수 있으므로 블록 단위의 처리가 가능하다. 그림 5는 블록 상관기의 구성도이다.

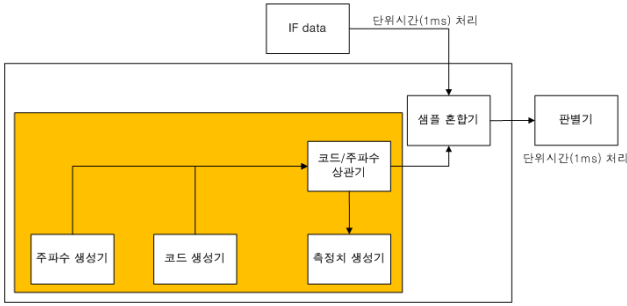


그림 5. 제안 상관기법의 기능 구성도

2. 블록 상관기법 알고리즘

주파수 DCO 갱신은 신호추적 채널의 루프필터에서 결정된 신호추적 주파수오차의 보정값을 반영하여 DCO의 증가값을 갱신한다. 주파수 DCO는 이전 주파수 DCO값에 DOC의 증가값을 더하여 갱신된다. 이렇게 갱신된 DCO 성분의 최상위 3비트 값을 이용하여 생성할 주파수의 위치로 변환된다.

주파수생성은 주파수 DCO 갱신에서 찾은 주파수 성분의 위치의 sin 및 cos값을 저장한다. 코드 DCO 갱신은 주파수 DCO 갱신과 동일하게 루프필터에서 결정된 신호추적 코드오차 보정값을 반영하여 DCO의 증가값을 갱신한다. 코드 DCO는 이전 코드 DCO값에 DOC의 증가값을 더하여 갱신된다. 이렇게 갱신된 DCO 값이 코드 업데이트를 위한 DCO 설정값을 초과하면 코드갱신을 수행하고 그렇지 않으면 이전의 코드값을 이용하여 코드생성을 한다. 생성된 코드는 주파수와 같이 일정 변수에 저장한다. 이렇게 생성된 주파수와 코드 성분은 단위시간(1ms) 마다 샘플혼합기에서 IF 샘플과 같이 처리되어 신호추적 채널의 주파수 및 코드의 오차성분을 판단하고 이를 보상하게 된다. 결국 오차 보상값이 다시 상관기의 DCO의 증가값에 반영되게 된다.

코드와 주파수 성분을 생성한 후 샘플카운트 증가를 수행한다. 샘플카운트가 1ms 동안의 샘플수인지 확인한 후 1ms에 해당하는 샘플수이면 의사거리 측정에 필요한 코드위치 및 DCO 성분의 값을 갱신한다. 다음 코드위치 및 DCO 성분의 측정치를 구하기 위해 샘플카운트를 초기화한다.

1코드 주기 확인을 수행하여 1코드주기가 되면 의사거리 측정에 필요한 1ms, 20ms, 1sec 측정값을 갱신하게 된다. 1코드 주기란 GPS 위성마다 고유의 PRN 코드를 생성하게 된다. GPS L1의 PRN코드는 총 1024칩의 데이터로 이루어지면 1ms의 주기를 갖는다. 따라서 코드위치가 0에서 1023까지 이동하였을 경우 1코드 주기가 완성된 것이다. 만약 1코드주기가 아니면 다시 주파수 및 코드의 DCO값을 갱신하여 주파수 및 코드성분을 생성하게 된다.

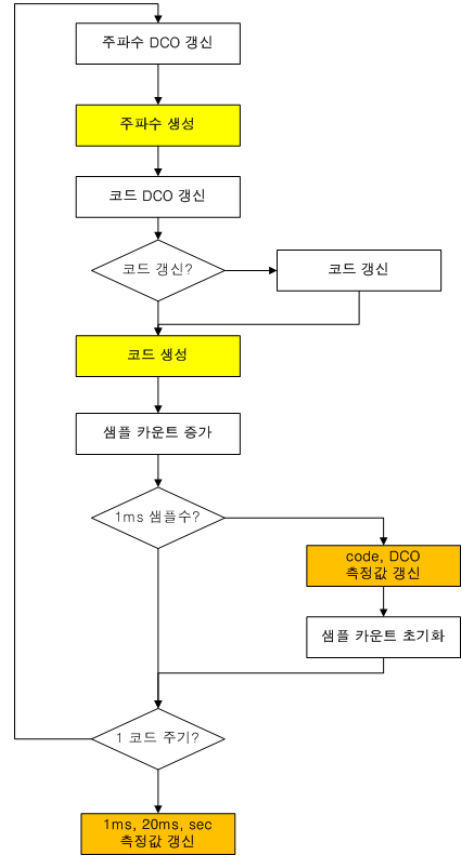


그림 6. 블록 상관기법 알고리즘

IV. 성능평가

다음은 본 논문에서 제안한 소프트웨어 기반의 실시간 수신기를 위한 블록 상관기법의 성능을 검증하기 위하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

성능검증을 위해 개발된 신호생성 시뮬레이터를 이용하여 생성한 신호를 아래와 같은 파라미터 특성으로 수신처리하였다.[4]

표 1. 주요 파라미터

Item	Value
Sampling Rate	4.714 Mbps ~ 8.714Mbps
IF Frequency	1.132 MHz
IF Sample Size	100sec ~ 400sec
Quantization Bit	2bit
Tracking Channel Number	4 ch

표1에서 보듯이 입력 샘플의 전송률과 신호추적채널의 수를 다양하게 변화하여 소프트웨어의 실시간을 확인하였다.

그림 7은 IF 샘플데이터의 길이에 따른 제안된 블록 상관기를 이용한 수신기와 샘플단위로 처리하는 기존 상관기를 이용한 수신기의 신호처리 소요시간을 나타낸 것이다. 신호추적 채널을 병렬로 구성하지 않은 수신기 구조에서 제안된 상관기를 이용한 경우에 기존 상관기를 이용한 수신기보다 약 12.5배정도의 처리속도 향상을 가져오는 것을 확인할 수 있었다. 이는 기존 상관기에서는 샘플단위로 상관을 수행함으로써 샘플마다 함수호출이 이루어져 함수호출에 대한 시간이 많이 소요되는 반면 본 논문에서 제안한 블록 상관기법은 한 번의 함수 호출로 샘플과 상관에 필요한 코드 및 주파수 성분을 생성하고 이를 블록단위의 샘플과 상관함으로써 기존 상관기법보다 보다 나은 성능을 제공할 수 있었다.

그러나 신호추적 채널이 병렬 처리로 구현되어 있지 않아 실시간에 비해 약 2.1배 시간이 많이 소요되고 있다. 따라서 소프트웨어를 이용한 처리 계산량의 부하를 줄이기 위해 병렬처리 기법을 도입하였다.[5] 병렬처리를 수행한 경우 입력 IF 데이터의 샘플링률이 4.714MHz 일 경우 신호추적채널이 6채널까지 실시간이 가능하였다.

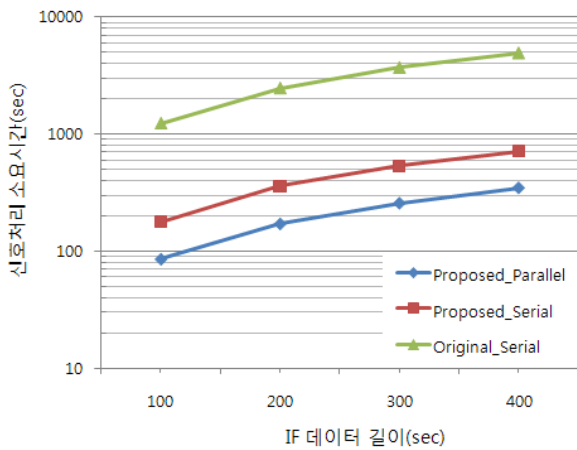


그림 7. 상관기법에 대한 신호처리 시간 비교

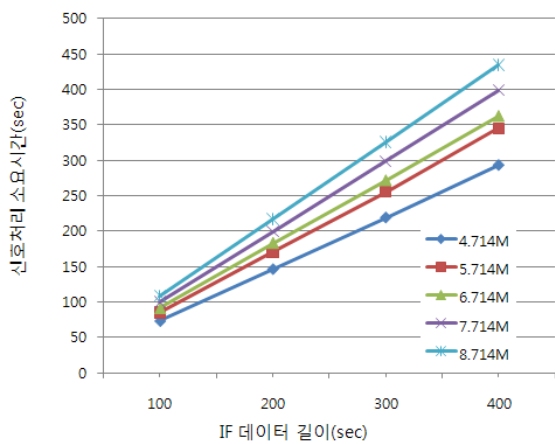


그림 8. 샘플링률에 따른 신호처리 시간 비교

그림 8은 입력 샘플의 전송률에 따른 본 논문에서 제안한 블록 상관기를 이용한 실시간 수신기에서 신호처리 소요 시간을 나타낸 것이다. 소프트웨어를 이용하여 신호추적을 할 경우 기존 하드웨어 기반의 수신기보다 신호처리에 소요되는 시간은 많아지게 된다. 현재 구현된 소프트웨어 기반의 수신기에서 실시간으로 처리 가능한 샘플링률을 확인해본 결과 신호추적 채널을 4개로 제한하였을 경우 입력 샘플의 전송률이 7.714Mbps 일 때까지 실시간 처리가 가능한 것을 확인하였다.

V. 결론

소프트웨어 기반의 실시간 수신기 구현에 관한 기술로 하드웨어 변경없이 다양한 위성항법 신호를 효율적으로 수용할 수 있는 효과가 있다. 현재 세계적인 추세로 소프트웨어 기반의 수신기가 개발되고 있으며 이를 위한 기술이 발전되고 있다. 따라서 본 논문에서 제안한 방식의 상관기법을 적용하여 실시간으로 위성항법 신호를 수신 처리할 수 있는 것은 매우 중요하다고 볼 수 있다.

본 논문에서 제시한 블록 상관기법을 이용한 소프트웨어 수신기의 경우 병렬처리 시 실시간으로 항법신호를 처리하는 것이 가능한 것을 시뮬레이션을 통하여 확인할 수 있었다.

참고 문헌

- [1] Taehee Kim, Seungho Son, Sanguk Lee "The Development of GPS L1/L2 and Galileo E1 Software Receiver Simulator", 2010 International Symposium on GPS/GNSS.
- [2] 김태희, 이재은, 이상욱 "컴포넌트 기반의 GNSS 소프트웨어 수신기 개발", 2009 GNSS Workshop
- [3] Nomi Sonowal, Rajeev Yadav and S. kannan "Real Time GPS Software Receiver with New Fast Signal Tracking Method", RWS 2008, pp 231-234.
- [4] Tae-Hee Kim, Jae-Eun Lee, Sanguk Lee, Jae-Hoon Kim, "Algorithm of the IF Signal Generation in the Software-Based IF GNSS Signal Simulator", GPS/GNSS 2008, Tokyo
- [5] B.M. Ledvina, A.P.Curruti, M.L. Psiaki, S.P. Powell, P.M. Kintner, "Performance Tests of a 12-Channel Real-Time GPS L1 Software", ION GPS/GNSS 2003.

저 자

김 태 희 (Taehee Kim) 정회원



1999년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 학사졸업
2001년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 석사졸업
2001년1월~현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

<관심분야> 위성항법, 통신프로토콜, 소프트웨어 기반 실시간 위성항법 수신기 및 신호생성기

이 상 욱 (Sanguk Lee) 정회원



1991년 2월 : 연세대학교 천문학과 석사졸업
1994년 2월 : University of Auburn 항공우주공학과 박사졸업
1993년1월~현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> 위성시스템, 위성항법, 탐색구조