

# GNSS 신호생성기에서 DCO 누적오차 보상 알고리즘

김태희\*, 신천식\*, 김재훈\* 정회원

## Compensation Algorithm of DCO Cumulative Error in the GNSS Signal Generator

Taehee Kim\*, Cheonsig Sin\*, Jaehoon Kim\* *Regular Members*

### 요 약

본 논문에서 우리는 GNSS 항법 신호 생성 시뮬레이터 개발 연구를 수행하고, DCO(Digitally Clock Oscillator) 누적오차로 인한 의사거리 오차를 보상하기 위한 알고리즘을 구현한 후 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 일반적으로 신호를 생성하기 위하여 위성파 수신기의 위치 정보를 이용하여 초기의사거리 및 도플러를 계산한다. GNSS 신호생성기는 초기 의사거리를 이용하여 신호를 생성할 시점의 비트정보 및 코드정보를 생성하고 시간에 따라 계산된 도플러 정보를 이용하여 코드 및 반송파 출력주파수를 결정한 후 신호를 생성하게 된다. 이때 코드 및 반송파 출력주파수는 DCO를 이용하게 된다. DCO를 누적하여 샘플마다 코드 정보 및 비트정보를 추출하는데 DCO의 누적오차로 인하여 의사거리의 오차가 발생하게 된다. 의사거리 오차가 발생하면 수신기의 항법 해에 영향을 주게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 DCO 누적오차 성분을 제거하기 위한 DCO 누적오차 보상 알고리즘을 구현하고 실험을 통하여 의사거리 누적오차가 제거되며 항법해가 정밀해지는 것을 확인할 수 있었다.

**Key Words** : 위성항법, 의사거리, DCO, 신호생성, 보상

### ABSTRACT

In this paper, we developed the signal generator of GNSS navigation signals and analysis the performance of DCO(Digitally Clock Oscillator) compensation algorithm for cumulative distance error thorough simulation. In general, To generate a GNSS signal calculates the Doppler and Initial Pseudorange by using the location information of the receiver and the satellite. The GNSS signal generator generates a signal by determine the carrier and code output frequency using the Doppler information which is calculated as a function of time. The output frequency of the carrier and code would be used the DCO scheme. At this time, It extract the bit and code information on a for each sample by accumulating the DCO. an error of Pseudorange is generated by the cumulative error of the DCO. If Pseudorange error occurs, so that the influence to and operation of the receiver. Therefore, in this paper, we implemented the accumulated error compensation algorithm of the DCO to remove the accumulated error components DCO thereof, Pseudorange accumulated error is removed through the experiment, it was confirmed to be a high accuracy can be operated.

## I. 서 론

최근 세계에서 GNSS 관련 소프트웨어 신호생성 시뮬레이터가 범 국가적으로 개발되고 있다. 주요한 시뮬레이터를 보면 NavSim, GRANADA, GSSF 등이 있으며, 자세히 살펴보면 다음과 같다. NavSim은 독일 정부(BMBF)의 후원으로 독일항공우주센터(DLR)의 통신 및 항법 연구소에 의해 개발되었고, 위성항법시스템의 설계 및 검증하는데 활용할 목

적으로 개발된 종단 간의 소프트웨어 시뮬레이션 도구이고, GRANADA는 Galileo Receiver ANAnalysis and Design Application의 약어로, GJU의 후원을 받아 Alcatel Alenia Space와 함께 스페인의 Deimos Space에 의해 개발된 갈릴레오 시뮬레이션 툴이다. 또한 갈릴레오 환경에 다양한 시뮬레이션이 가능한 GSSF는 ESA/ESTEC의 지원을 받아 독일의 VEGA가 리드하는 국제 컨소시움에 의해 개발되었는데 시각화기능은 IDL (CREASO)에서 개발하였고 GSSF 시뮬레이터에 대한 검증은 ESOC에서 수행하였다.[1] 이렇듯 하

\* 본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신기술연구진흥센터의 정보통신-방송 연구개발사업의 일환으로 수행하였음.

[2014-044-052-001, GNSS전파혼신 검증플랫폼 기술개발 사업]

\*ETRI 위성항법연구실 (thkim72@etri.re.kr)

접수일자 : 2014년 5월30일, 수정완료일자 : 2014년 6월 25일, 최종 게재확정일자 : 2014년 6월 25일

드웨어 기반의 신호생성기 개발에 앞서 비용적 측면과 확장성, 유연성 측면에서 우세한 소프트웨어 기반의 GNSS 시뮬레이터가 우선적으로 개발되고 있으며 수신기의 알고리즘 검증 목적 등 다양한 분야에 활용되고 있다[2].

이러한 소프트웨어 기반의 신호생성기는 실제 위성과 수신기간의 정확한 의사거리를 반영한 신호를 생성해야 한다. 그러나 신호생성시 일반적으로 사용하고 있는 DCO는 시간에 따라 오차성분이 누적되어 잘 못된 의사거리를 생성할 수 있다. 따라서 본 논문은 GNSS 신호생성 소프트웨어 신호생성기에서 DCO 누적오차를 보상하여 신호생성 할 수 있는 알고리즘에 관한 것이다.

## II. GNSS 신호생성

소프트웨어 기반 GNSS 소프트웨어 신호생성기는 소프트웨어 기반으로 여러 가지 목적의 항법수신기의 성능을 검증할 수 있도록 위성항법 신호를 실제 위성에서 전송하는 신호와 유사하게 이온층, 대기권, 및 도플러효과 등의 영향에 의한 오차를 고려하여 디지털 중간주파수로 생성하는 기능을 제공한다[3,4]. 다음 그림은 GNSS 소프트웨어 신호생성기의 구조이다.

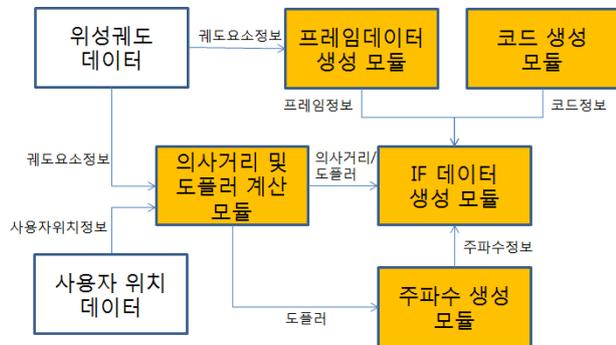


그림 1. GNSS 신호생성 구성도

의사거리 및 도플러 계산 모듈은 위성궤도데이터를 이용하여 시간에 따른 위성의 위치를 구하고 계산된 위성의 위치와 사용자 위치데이터를 이용하여 초기 의사거리 및 도플러 정보를 계산한다. 프레임데이터 생성 모듈은 궤도데이터를 이용하여 위성에서 전송하는 프레임데이터를 생성한다. 프레임 데이터 포맷은 위성별로 정의된 형태로 생성한다. 코드 생성모듈은 위성별로 할당된 고유의 코드 시퀀스를 생성한다. 실제 위성에서 신호를 전송할 때 데이터비트와 코드 시퀀스간에 동기화 이루어져 전송된다. 즉 비트 시작시점과 코드 시작시점이 일치하게 된다. 주파수 생성 모듈은 도플러정보를 시간에 따라 입력받아 IF 주파수를 생성하는 기능을 수행한다. IF 주파수를 생성하기 위하여 반송파 DCO를 이용하

여 도플러가 반영된 출력주파수를 생성한다. IF 데이터생성 모듈은 프레임데이터의 비트정보 및 코드정보를 수신하고 주파수 성분을 입력받아 최종적으로 해당 시간의 비트위치, 코드위치에 해당하는 정보를 결합하여 IF 샘플데이터를 생성하는 기능을 수행한다. 비트위치 및 코드위치를 결정하기 위하여 코드 DCO를 이용하여 코드출력주파수를 결정하는데 도플러 정보를 이용한다. 따라서 시간에 따라 갱신되는 도플러 정보를 이용하여 코드 DCO의 위상값을 결정하고 해당 위치의 비트정보와 코드정보를 생성하게 된다.

## III. DCO를 이용한 신호생성 방법

DCO는 코드 및 반송파 추적 루프를 돌면서 원하는 주파수 성분을 출력하는 장치로 NCO(Numerical Control Oscillator)와 동일한 기능을 수행하지만 단 베이스 밴드 단에서 디지털 로직으로 구성한다[4]. DCO를 이용하여 출력주파수( $C_f$ )를 생성하기 위하여 위 식(1) 과 같이 샘플링 주파수( $S_f$ ), DCO 누적기의 크기( $2^N$ )와 증가가값( $DCO_{INC}$ )에 의하여 결정된다.

$$C_f = S_f \times \frac{DCO_{INC}}{2^N} \quad (1)$$

일반적으로 DCO 누적기의 크기( $2^N$ )는 출력 주파수의 해상도와 관련이 있으므로 적절한 값으로 고정시켜 사용하며 증가가값( $DCO_{INC}$ )을 조정하여 원하는 출력 주파수( $C_f$ )를 생성한다. 그림 2는 DCO의 동작 개념을 나타낸 것이다. 출력주파수를 생성하기 위하여  $DCO_{INC}$ 을 결정한 후 출력되는  $DCO_{value}$  값과 더하여 새로운  $DCO_{value}$  값을 생성한다.

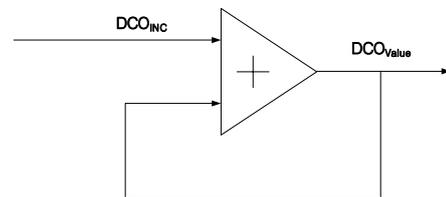


그림 2. DCO 동작 원리

$DCO_{INC}$ 는 샘플마다  $DCO_{value}$  와 누적하여 새로운  $DCO_{value}$  를 생성하기 위한 값이며  $DCO_{INC}$ 값의 결정에 따라 코드 및 반송파 출력 주파수가 결정된다.  $DCO_{INC}$ 값은 다음 수식 (2)와 같이 결정된다.

$$DCO_{INC} = C_f \times \frac{2^N}{S_f} \quad (2)$$

다음 그림 3을 보면 샘플마다  $DCO_{INC}$  값에 의하여 누적된  $DCO_{value}$  값이 반영되어 위상값을 생성하는 것을 확인할 수 있다.

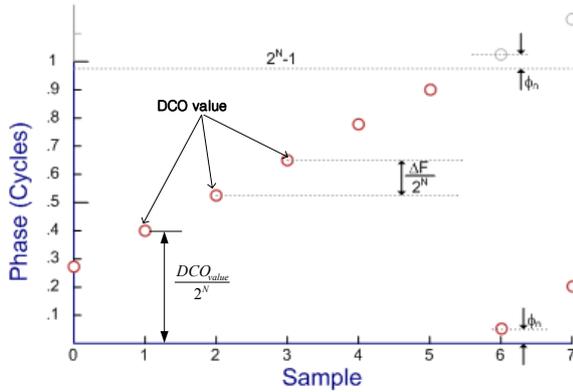


그림 3. DCO 동작 예

위상값은 누적된  $DCO_{value}$  값을 DCO 누적기 크기로 나눈 값으로 최대 1의 값을 갖는다.

$$Phase = \frac{DCO_{value}}{2^N} \quad (0 < Phase < 1) \quad (3)$$

그림 3에서 보면 7번째 샘플에 반영된  $DCO_{value}$  값이 DCO 누적기의 최대값인  $2^N-1$ 보다 큰 경우  $DCO_{value}$  값과  $2^N-1$  값의 차이에 해당하는 위상값을  $DCO_{value}$  를 설정하면 된다. 다음 수식(4)는  $DCO_{value}$  값이  $2^N$ 을 초과한 값을 계산한 것이며 이를 이용하여 수식(5)와 같이  $DCO_{value}$  를 결정할 수 있다.

$$\phi = DCO_{value} - (2^N - 1) \quad (4)$$

$$DCO_{value} = \phi_0 \quad (5)$$

$\Delta F/2^N$ 은 샘플간의 위상 변화량을 나타내며 다음 수식(6)과 같이 나타낼 수 있다.

$$\frac{\Delta F}{2^N} = \frac{DCO_{INC}}{2^N} \quad (6)$$

## 1. 코드 출력주파수 결정

코드 출력주파수를 결정하기 위하여 코드 DCO의 구성은 다음과 같다. 코드 DCO는 결정된 코드  $DCO_{INC}$  값을 이용하여 샘플마다 새로운  $DCO_{value}$  를 생성하고 생성된  $DCO_{value}$  는 시간에 따른 누적 의사거리로 반영된다.

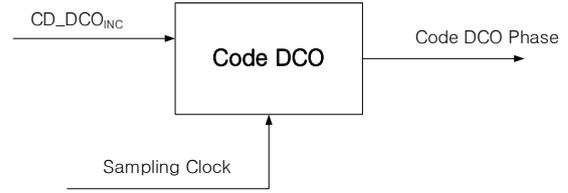


그림 4. 코드 DCO 구성도

코드 출력주파수를 결정하기 위하여 코드 DCO 증가값( $CD\_DCO_{INC}$ )를 다음과 같이 결정한다.

$$CD\_DCO_{INC}(t) = \frac{CD_f + D_f(t) / (L1_f / CD_f)}{S_f} \times 2^N \quad (7)$$

수식(7)에서  $CD_f$ 는 코드 출력주파수로 GPS L1 C/A 코드의 경우 1.023MHz로 나타낼 수 있다.  $D_f(t)$ 는 시간 t에서 위성과 수신기 간 계산된 도플러 값이다.  $L1_f/CD_f$ 는 1575.42M/1.023M로 1540으로 나타낼 수 있다. 1540은 반송파 주파수에 대한 코드주파수의 비율로 코드주파수와 반송파 주파수간의 비율로 반송파 주파수가 1540Hz 변경되면 코드 주파수는 1Hz 변하는 것과 같다. 따라서 도플러 주파수 변화에 따른 코드 주파수의 변화를 반영하기 위하여 도플러 주파수를  $L1_f/CD_f$ 로 나눠주게 된다.

코드 DCO 누적기 크기( $2^N$ )는 도플러변화에 따른  $CD\_DCO_{INC}$  변화를 결정하기 위한 값이다. 도플러가 1Hz 변할 때  $CD\_DCO_{INC}$  값이 1 변화도록 하기 위해서 다음 식(8)(9)과 같이 N값을 결정할 수 있다.

$$1 = \frac{2^N}{S_f \times 1540} \quad (8)$$

$$2^N = S_f \times 1540 \quad (9)$$

만약  $S_f$ 가 5714000Hz 이고 N이 33이면 약 0.97617773979608 도플러 변화에 따른 코드  $CD\_DCO_{INC}$ 가 1 증가될 수 있다.

## 2. 반송파 출력 주파수 결정

반송파 출력주파수를 결정하기 위하여 반송파 DCO의 구성은 다음과 같다. 반송파 DCO는 결정된 반송파 DCO 증가값( $CR\_DCO_{INC}$ )을 이용하여 샘플마다 새로운  $DCO_{value}$  를 생성하고 생성된  $DCO_{value}$  는 시간에 따른 반송파 성분으로 반영된다. 반송파 성분은 In Phase와 Quadrature Phase 성분으로 나누어지며 각각 sin 파 및 cos파를 의미한다.

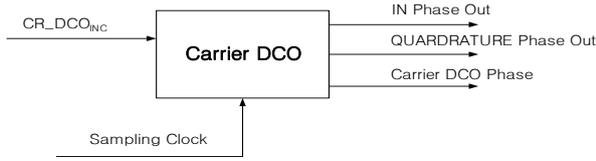


그림 5. 반송파 DCO 구성도

$$CR\_DCO\_INC(t) = \frac{CR_f + D_f(t)}{S_f} \times 2^N \quad (10)$$

수식(10)에서  $CR_f$ 는 반송파 출력주파수로 GPS L1 C/A 신호의 경우 대역폭이 2M로 이를 반영하기 위한 IF 중심주파수를 결정하면 된다. 도플러가 변할 때  $CR\_DCO\_INC$ 값이 1 변하기 위해서 다음 식과 같이 N값을 결정할 수 있다.

$$1 = \frac{2^N}{S_f} \quad (11)$$

$$2^N = S_f \quad (12)$$

만약  $S_f$ 가 5714000Hz 이면 N이 27이면 약 0.04257261753082275390625 도플러 변화에 따른  $CR\_DCO\_INC$ 가 1 증가될 수 있다. 반송파의 출력 주파수의 경우 도플러의 변화에 민감하게 반응하므로 도플러 갱신주기에 따른 도플러 변화를 수용할 수 있어야 한다.

#### IV. DCO 누적오차 보상 알고리즘 구현

본 논문에서는 GNSS 신호생성시 위성과 수신기간의 위치에 따라 변동하는 도플러 주파수를 반영하여 코드 및 반송파 출력주파수를 생성하기 위하여 사용하는 DCO의 누적오차를 보상하여 정밀한 의사거리를 생성하기 위한 알고리즘을 개발하였다. 그림 6은 DCO 누적오차 보상알고리즘을 나타낸 것이다.

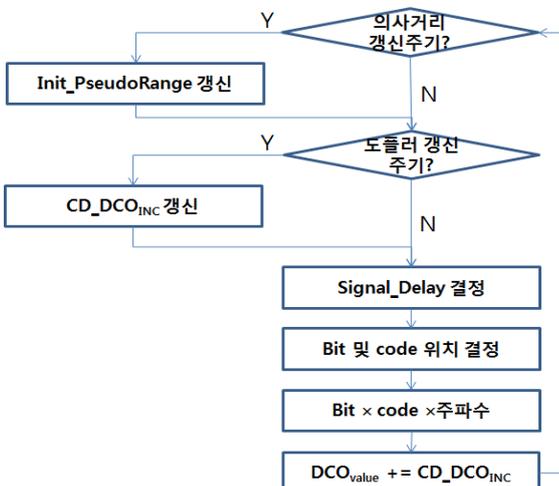


그림 6. DCO 누적오차 보상 알고리즘

Signal\_Delay 결정블럭에서 Signal\_Dealy는 다음 수식과 같이 결정된다.

$$Signal\_Delay = Init\_PR + Code\_Count + DCO\_Phase \quad (13)$$

수식 (13)에서 보면  $Init\_PR$ 은 초기 의사거리로 해당 시점에서 위성과 수신기간 거리를 나타낸다.  $Code\_Count$ 는 코드열 중 1칩에 해당하는 거리를 나타내며  $DCO\_Phase$ 가 1칩 거리 이상이 될 때 1칩에 해당하는 거리가 증가한다.  $DCO\_Phase$ 는 1칩 이내의 거리를 나타내며 샘플마다  $CR\_DCO\_INC$ 값과  $DCO\_value$ 를 이용하여 새로운  $DCO\_value$ 를 생성하고  $DCO\_value$ 를 거리로 환산한 값이다. 따라서 시간에 따른 위성과 수신기간 거리를 반영하여 샘플데이터를 생성하기 위하여 초기 의사거리 및 코드 DCO를 이용한  $Signal\_Delay$ 를 결정하였다.

이렇게 결정된  $Signal\_Delay$ 를 이용하여 생성해야 할 샘플에 어느 비트정보와 코드정보를 실을지 결정하기 위하여 비트위치 및 코드위치를 결정한다. 예를 들어 GPS L1의 경우 비트위치는  $Signal\_Delay$ 를  $1023 \times 20$ 으로 나누어준 값이 비트위치가 되며 코드위치는  $Signal\_Delay$ 를 1023으로 Mod한 값이 된다. 샘플마다 비트정보와 코드정보가 결정되면 주파수 성분을 곱하여 IF 데이터를 생성하게 된다. 다음 샘플에 대한  $Signal\_Delay$ 를 결정하기 위하여  $DCO\_value$ 를 갱신한다.

일반적으로 초기 의사거리 값을 한번 계산 후 DCO를 이용하여  $Signal\_Delay$ 를 갱신할 경우 발생하는 DCO 누적오차를 보상하기 위하여 위성과 수신기간 실제 거리정보인  $Init\_PR$ 을 주기적으로 계산하여  $Signal\_Delay$ 값에 적용함으로써 실제 위성과 수신기간 거리를 정밀하게 반영할 수 있다. 의사거리 갱신에 따른 처리부하를 줄이기 위하여 DCO 누적오차가 발생하지 않고 정밀하게 유지되는 시간을 고려하였다. 따라서 실제 신호생성에 소요되는 시간은 기존 신호 생성 기법과 거의 동일하였다.

#### V. 성능평가

##### 1. 시뮬레이션 환경

신호생성 시 DCO 누적오차 보상알고리즘의 성능을 검증하기 위하여 다음 그림 7과 같이 시뮬레이션 환경을 구축하였다.

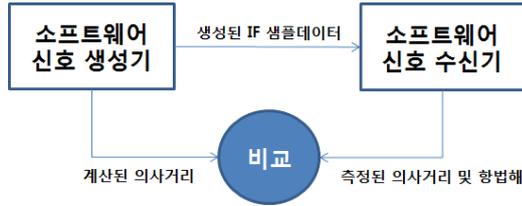


그림 7. 시뮬레이션 환경

소프트웨어 신호생성기를 이용하여 DCO 누적오차 보상 알고리즘이 적용된 신호와 적용되지 않은 신호를 일정 시간 동안 생성한 후 소프트웨어 수신기를 이용하여 신호획득 및 신호추적을 수행하였다. 신호추적과정에서 산출되는 의사거리와 신호생성 시 계산된 의사거리를 비교하여 의사거리 누적오차를 분석하였다.

신호생성을 위한 파라미터는 표 1과 같다.

표 1. 신호 생성 파라미터

Item	Value
Sampling Rate	5.714Mhz
IF Frequency	1.132Mhz
Total simulation time	600sec
Quantization Bit	8bit
Normal PRN C/No	45dB
4채널 PRN	3, 6, 7, 13
8채널 PRN	3, 6, 7, 11, 13, 16, 19, 23
DCO 누적오차 보상 시간	1sec 마다

신호생성 채널 수에 따른 항법해 영향을 확인하기 위하여 4채널 신호생성의 경우 위성의 DOP가 좋지 않은 위성조합을 사용하였다. 그림 8은 신호생성기에서 생성한 위성의 위치를 나타낸 것이다.

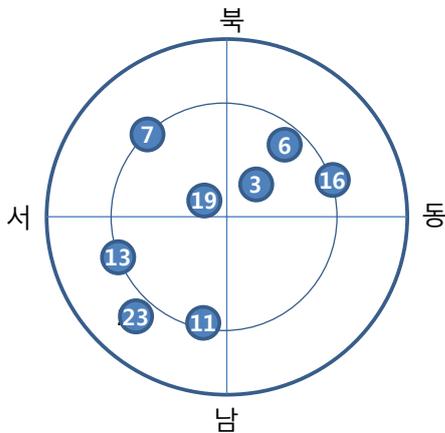


그림 8. 신호생성 위성의 Sky Plot

2. 시뮬레이션 결과

그림 9는 PRN 3번 위성의 일반적인 DCO를 사용한 의사

거리와 DCO 누적오차를 보정한 의사거리를 비교한 것이다. 의사거리 누적오차를 측정하기 위하여 시간에 따라 계산된 의사거리 값과 수신기에서 측정한 의사거리 값을 서로 비교하여 두 의사거리 간의 차이를 누적하였다. DCO 누적오차를 보상하지 않을 경우 시간에 따라 의사거리 오차성분이 누적되어 증가되는 것을 확인할 수 있으며 반면 본 논문에서 제시한 DCO 누적오차 보상알고리즘이 적용될 경우 의사거리의 누적오차가 거의 발생하지 않는 것을 확인할 수 있다. 이는 신호생성시 반영되는 의사거리가 실제 위성과 수신기간의 거리로 정밀하게 반영되고 있는 것이다. 따라서 수신기에서 보다 정밀한 항법해를 생성할 수 있게 된다.

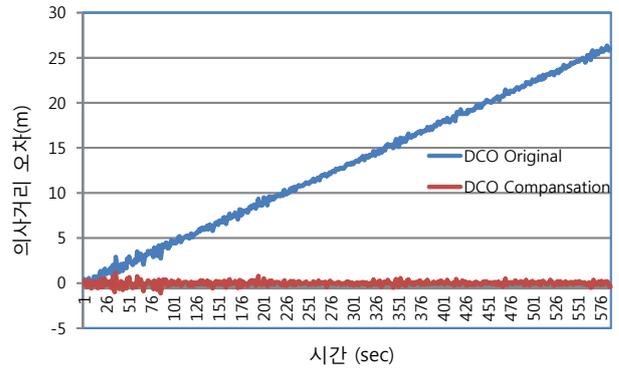
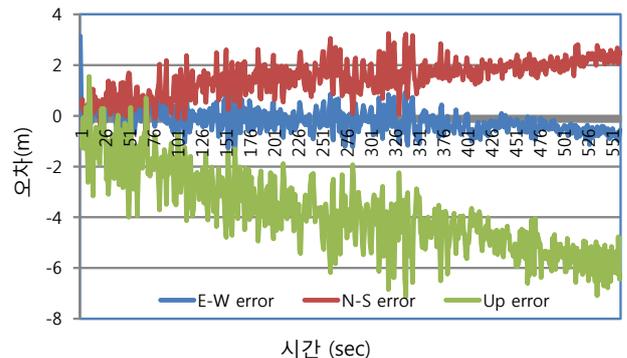
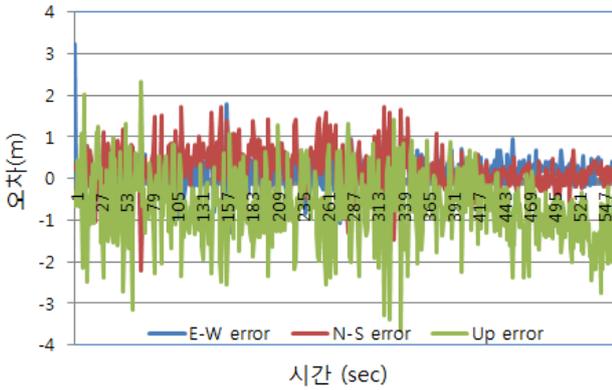


그림 9. PRN 3의 의사거리 누적오차

그림 10은 DCO 누적 오차 성분이 존재할 경우와 DCO 누적오차 보상알고리즘이 적용될 경우 항법해의 ENU(동서방향, 남북방향, 수직방향의 오차)값을 서로 비교한 것이다. 그림 10의 (a)는 누적오차 성분이 존재할 경우 항법해는 시간에 따라 오차가 증가되고 있는 것을 보여주고 있다. 특히 수직오차 성분이 크게 변화하는 것을 확인할 수 있다. 이는 생성된 신호에서 실제 위성과 수신기간 거리를 반영하지 못하고 의사거리의 누적오차가 존재함으로써 시간이 지나면 지날수록 항법해 오차가 증가되는 것이다. 그림 10의 (b)는 DCO 누적오차 보상 알고리즘이 적용된 경우 항법해의 오차를 나타낸 것이다. 그림에서 보면 DCO 누적오차가 제거되어 시간이 지나도 동일한 항법해 오차를 보이고 있다.



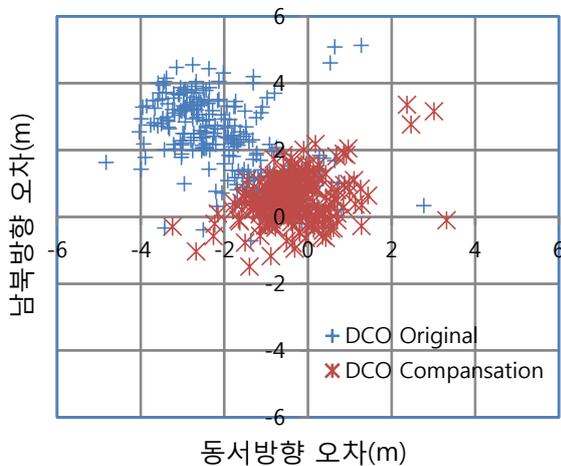
(a) DCO 누적오차 보상 미적용



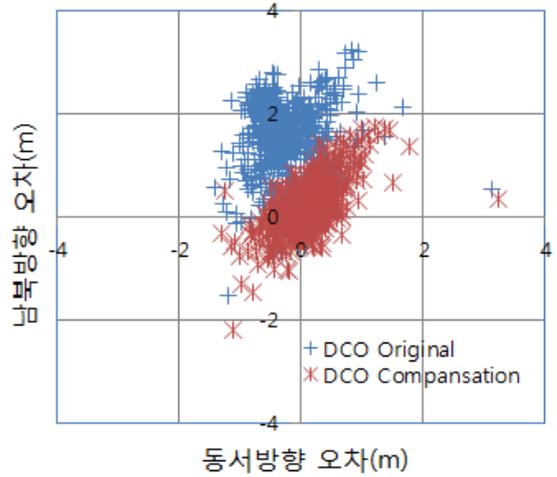
(b) DCO 누적오차 보상 적용

그림 10. 시간에 따른 항법해 오차 영향

그림 11은 신호생성 채널수를 4채널 및 8채널로 GPS 신호를 생성할 경우 일반적인 DCO 방법과 DCO 누적오차 보상 알고리즘이 적용된 방법의 항법해를 나타낸다. 그림 11의 (a)는 4채널의 신호를 생성할 경우 항법해이며 (b)는 8채널의 신호를 생성할 경우 항법해 비교를 나타낸 것이다. 그림 11의 (a),(b)에서 DCO 누적오차를 보상해준 결과를 보면 4채널 및 8채널의 신호를 생성할 경우 거의 동일한 오차를 보이고 있다. 이는 DCO 누적오차를 보상하여 생성된 의사거리가 실제 거리와 거의 유사하여 채널 수와 관련 없이 정밀한 항법해를 생성하고 있다. 반면 그림 11의 (a),(b)에서 DCO 누적오차를 보상하지 않는 경우 항법해의 확연한 차이를 보여주고 있다. 이는 채널수가 많을 경우 의사거리 오차가 발생하더라도 채널별로 서로 상쇄시켜 항법해오차가 작게 발생하지만 채널수가 적을 경우 상쇄효과가 작아 항법해 오차가 크게 발생하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 DCO 오차를 보상하지 않는 경우 보다 DCO 누적오차 보상 알고리즘에 적용된 경우에 채널 수에 상관없이 정밀한 항법해를 생성하고 있다.



(a) 4채널 항법해



(b) 8채널 항법해

그림 11. 채널 수에 따른 항법해 영향

## VI. 결론

본 논문에서는 GNSS 항법 신호 생성기 개발 연구를 수행하고 DCO 누적오차로 인한 의사거리 오차를 보상하기 위한 알고리즘을 구현한 후 시뮬레이션을 통하여 성능을 분석하였다. 일반적으로 신호를 생성하기 위하여 위성과 수신기의 위치 정보를 이용하여 의사거리 및 도플러를 계산한다. 초기 의사거리를 이용하여 신호를 생성할 시점의 비트정보 및 코드정보를 생성하고 시간에 따른 신호생성은 도플러 정보를 이용한 DCO를 이용하게 된다. 이때 DCO를 누적하여 샘플마다 코드 정보 및 비트정보를 추출하는데 DCO의 누적오차로 인하여 의사거리의 오차가 발생하게 된다. 이렇게 의사거리 오차가 발생하면 수신기의 항법해에 영향을 주게 된다. 따라서 본 논문에서는 이러한 DCO 누적오차 성분을 제거하기 위한 DCO 누적오차 보상 알고리즘을 구현하고 실험을 통하여 의사거리 누적오차가 제거되며 항법해가 정밀해지는 것을 확인할 수 있었다.

## 참고 문헌

- [1] Lei Dong, Changlin Ma, and Gerard Lachapelle, "Implementation and Verification of a Software-Based IF GPS Signal Simulator" ION NTM 2001, 26-28 January 2004, Sna Diego, CA
- [2] A.Brown, K.Taylor, N.Gerein, "Modeling and Simulation of GOS Using Software Signal Generator and Digital signal Reconstruction", Proceedings of the ION National Technical Meeting, January 2000, Anaheim, CA
- [3]Jae-Eun Lee,"Development of Software GNSS Signal Generator,"International Symposium on GPS-GNSS2008,pp 332-336.

- [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] Chamberlin, Hal. "Basic Analog Modules, Voltage-Controlled Oscillator". Musical Applications of Microprocessors 1985. section 6, p.181

## 저자

### 김 태 희 (Taehee Kim)



- 1999년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 학사졸업
- 2001년 2월 : 전북대학교 컴퓨터공학과 석사졸업
- 2001년 1월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 선임연구원

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

### 신 천 식 (CheonSig Sin)

### 정회원



- 1990년 2월 : 한양대학교 전자공학과 학사졸업
- 2000년 2월 : 충남대학교 전자공학과 석사졸업
- 2005년 3월 ~ 현재 : 한양대학교 전자컴퓨터 통신공학과 박사과정

· 1990년 2월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 책임연구원

<관심분야> : 위성통신, 위성항법, 위성궤도 주파수

### 김 재 훈 (Jaehoon Kim)



- 2001년 2월 : 충북대학교 컴퓨터공학 박사 졸업
- 1990년 8월 : 정보처리기술사
- 1983년 3월 ~ 현재 : 한국전자통신연구원 위성항법연구실장

<관심분야> : 위성시스템, 위성항법, 위성관제