

技術論文

위성항법 신호생성 시뮬레이터 구현을 위한 신호생성 알고리즘 연구

김태희*, 이재은*, 이상욱*, 김재훈*, 황동환**

Study on for Simulation of GNSS Signal Generation

Tae-Hee Kim*, Jae-Eun Lee* and Sanguk Lee*, Jae-Hoon Kim* and Dong-Hwan Hwang**

ABSTRACT

ETRI has developed GNSS digitized IF signal generator for providing test and evaluation environment for various software level application and navigation algorithm in Global Navigation Satellite System(GNSS). GNSS digitized IF signal generator provides two main capabilities, GPS and Galileo raw data generation and digitized IF signal generation. GNSS digitized IF signal generator consists of five main modules which are GNSS Satellite Orbit Simulation Module, Navigation Message Generation Module, Error Generation Module, GNSS IF Signal Generation Module, and Message & Signal Steering Module. We verified the signal generated by the GNSS signal generation algorithm using software receiver for generation of signal brother to real GNSS signal.

초 록

본 논문에서는 위성항법분야에서 다양한 응용서비스와 항법알고리즘을 개발 또는 검증하기 위해 기능을 제공하기 위한 소프트웨어 기반의 GNSS 신호시뮬레이터 개발에 관한 것이다. GNSS 신호생성 시뮬레이터를 개발하기 위하여 위성궤도생성, 항법메시지생성, 오차생성, IF 신호생성부로 나누어 구현하였으며 각 기능은 서로의 인터페이스를 통하여 데이터를 전송하게 된다. 여기서 실질적인 위성신호와 유사한 IF 신호를 생성하기 위하여 본 논문에서 제안한 신호생성 알고리즘을 이용하여 신호를 생성한 후 수신기를 통하여 생성된 신호를 검증하였다.

Key Words : GNSS(위성항법), Signal Generation(신호생성)

1. 서 론

최근 세계에서 GNSS 관련 소프트웨어 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 의

해 개발되었고, 위성항법시스템의 설계 및 검증하는데 활용할 목적으로 개발된 종단 간의 소프트웨어 시뮬레이션 도구이고, GRANADA는 Galileo Receiver ANalysis 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 컨소시엄에 의해 개발되었는데 시각화기능은 IDL(CREASO)에서 개발하였고 GSSF 시뮬레이터에 대한 검증은 ESOC에서 수행하였다. 이렇듯 하드웨어 기반의 시뮬

† 2009년 5월 26일 접수 ~ 2009년 10월 30일 심사완료

* 정희원, ETRI 위성관제항법연구팀

교신저자, E-mail : thkim72@etri.re.kr

대전시 유성구 가정동 가정로 138번지

** 정희원, 충남대학교 전기정보통신공학부

레이션보다 비용적 측면과 확장성, 유연성 측면에서 우세한 소프트웨어 기반의 GNSS 시뮬레이터를 개발하고 있다[1].

이에 따라 우리나라에서는 다원화된 위성항법 시스템(GPS, 갈릴레오, GLONASS 등)에 따라 국가위성항법 인프라 및 핵심 기술개발 관련 산업의 활성화를 위한 각종 응용기술개발 및 인프라 구축을 추진 중에 있다. 이러한 노력의 일환으로 연구기관 간 협동연구 사업으로 “GPS/Galileo 환경에서의 위성항법신호생성/수신처리 및 측위 성능향상 기초연구” 과제를 수행하고 있다.

본 논문은 갈릴레오 및 GPS 항법신호를 디지털 중간주파수로 생성하는 기능을 갖는 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼 개발에 관한 것이다.

II. 본 론

2.1 개요

소프트웨어 기반 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼은 소프트웨어 기반으로 여러 가지 목적의 항법수신기의 성능을 검증할 수 있도록 갈릴레오 및 GPS의 신호를 실제와 유사하게 이온층, 대기권, 및 도플러효과 등의 영향에 의한 오차를 고려하여 디지털 중간주파수로 생성하는 기능을 제공한다.

GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼은 5개의 부로 구성되며 부별 기능은 다음과 같다. 위성궤도 생성부는 갈릴레오 30개 및 GPS 24개 위성의 궤도모델을 포함하여 시뮬레이션하고 항법메시지 생성에 필요한 궤도정보를 생성할 수 있으며 항법 메시지 생성부는 갈릴레오 및 GPS 항법 메시

지를 생성할 수 있다. 오차 생성부는 위성과 수신기의 위치에 따라 이온층/대류층 오차 및 시각오차정보를 생성할 수 있으며, IF 신호 생성부는 갈릴레오의 E1(B&C), E5A 신호와 GPS의 L1 C/A, L2C 신호에 대하여 디지털 중간주파수 신호를 생성할 수 있어야한다. 마지막으로 플랫폼 설정 및 제어부는 시뮬레이션을 수행함에 있어 파라미터를 설정하고 제어하는 기능을 수행한다.

그림 1은 GNSS 신호생성 소프트웨어 플랫폼의 기능 구성도이다.

2.2 구조

2.2.1 위성궤도 생성부

항법 위성궤도 생성부는 지구의 비대칭 중력효과, 태양과 달 등의 3체에 의한 중력효과, 태양 복사압 등의 우주환경에 의한 섭동력을 포함하는 궤도정보를 생성할 수 있으며 또한 위성의 운동방정식을 수치 적분하여 위성 궤도를 예측할 수 있는 기능을 제공한다. 항법 위성궤도 생성부는 신호생성부에서 위성의 위치좌표 변화에 따른 거리정보 생성을 위하여 ECEF 지구중심 고정 좌표계로 나타낼 수 있는 기능을 제공해야 한다[5].

위성의 궤도를 생성하기 위하여 궤도 6요소 및 초기시각을 입력받아 궤도요소를 지구중심 직교좌표계로 변환하여 상태벡터를 획득한 후 위성의 주기와 적분구간을 결정한다. 시뮬레이션을 수행할 초기시간을 결정한 후 Julian Date를 계산한다. 초기 시각부터 시뮬레이션 종료 시각까지 지구중심 좌표계에서 태양 및 달의 위치와 거리를 계산하고 Runge-Kutta 4차식을 이용하여 시간변화량에 따른 상태벡터를 계산한다. 이때 지구의 비균질 질량분포, 달과 태양의 인력, 대기저항력, 태양의 복사압을 이용하여 섭동가속도 계산하고 [2] 위성 직하점의 위도와 경도 계산, 위성의 적경 계산을 통한 위성의 위치계산을 수행한다. 이렇게 위성의 궤도정보를 이용하여 위성의 위치좌표(x, y, z, vx, vy, vz) 성분을 생성한 후 수신기와의 거리를 계산하기 위하여 신호생성부로 위성의 위치좌표를 전송한다.

궤도생성부의 궤도생성 알고리즘은 그림 2와 같다.

위성항법 신호생성 시뮬레이터에서 GPS와 Galileo 궤도를 생성하기 위해 사용되는 좌표는 WGS-84 와 GTRF이며 2시그마에 3cm 의 오차를 보이나, 항법의 목적으로 사용하기위해서 별도의 좌표변환이 요구되지 않아 동일한 좌표계를 이용하였다.[7] Galileo 시간인 GGTO는 Galileo ICD에서 제공한 시간변환을 파라미터(A_{0G}, A_{1G})를 이용하여 GPS와 시간차를 생성하여 신호를 생성하였다[4].

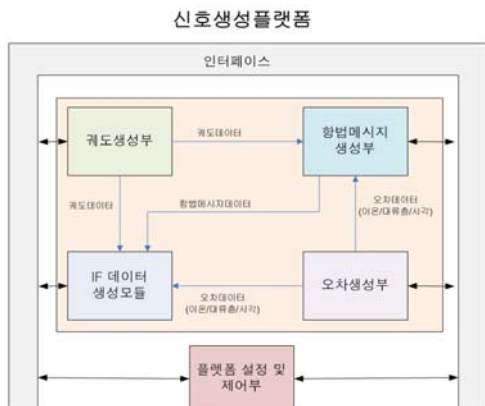


그림 1. 신호생성플랫폼 구성도

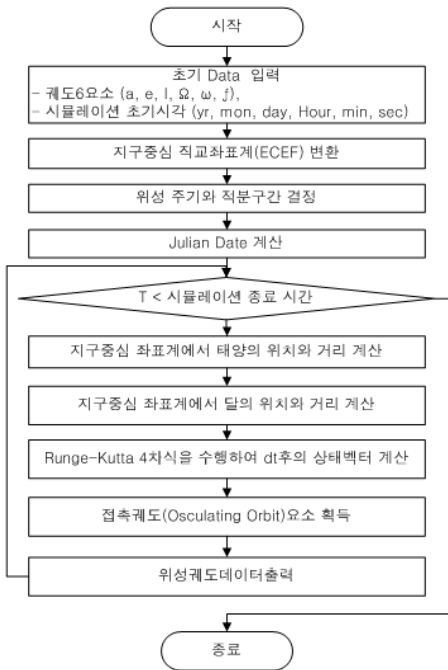


그림 2. 위성궤도 생성부 흐름도

2.2.2 항법메시지 생성부

항법메시지 생성부는 위성궤도생성부에서 생성한 궤도정보 및 환경요소를 이용하여 GPS 및 Galileo 위성의 항법메시지를 생성하는 기능을 수행한다. 그림 3은 항법메시지생성 알고리즘을 나타낸 것이다[5].

항법메시지를 생성하기 위하여 위성궤도와 관련된 정보를 입력 받아 Ephemeris와 Almanac 데이터를 생성하고 시각정보 및 환경오차정보를 입력 받아 위성의 시각 데이터 및 이온층 파라미터를 생성하게 된다. 항법메시지를 구성하는 모든 파라미터가 결정이 되면 이진코드 형태로 변환한 후 GPS 및 갈릴레오 메시지 형식[3,4]에 맞게 부호화(Encoding)를 수행하게 된다. GPS 및 Galileo의 항법메시지의 구조를 살펴보면, GPS 항법메시지를 완성하기 위해선 25개의 프레임(frame)이 필요하고 1개의 프레임에는 5개의 서브프레임(subframe), 1개의 서브프레임에는 10개의 word가 포함되어 있다. 1word는 30bits를 포함하여 한 서브프레임에서는 300bit, 한 프레임에서는 1500bit의 정보를 포함한다. 각 서브프레임은 6초 간격으로 나타나므로 한 프레임의 주기는 30초가 되고 최종적인 항법메시지(25개의 프레임)는 12.5분의 주기를 갖게 된다. 갈릴레오의 항법메시지는 기본구성요소인 10개의 Word를 생

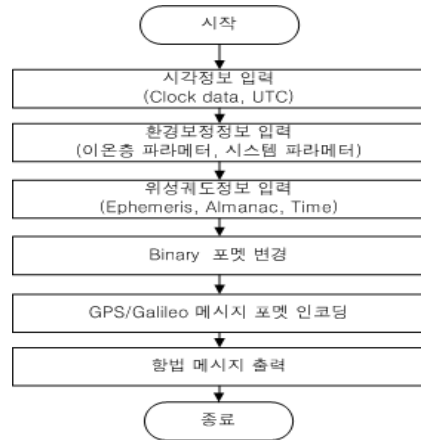


그림 3. 항법메시지 생성부 흐름도

성하고 5개의 Word를 조합하여 하나의 서브프레임을 생성하고 12개의 서브프레임을 이용하여 전체 프레임을 구성한다. 1 word는 10초의 주기를 갖고, 서브프레임은 50초, 주프레임은 600초의 주기를 갖게 된다. 항법메시지 생성부는 이렇게 생성된 이진코드형태의 항법메시지를 신호생성부로 전송하게 된다.

2.2.3 오차 생성부

오차생성부는 환경오차요인인 이온층 및 대류층오차와 시스템오차인 시계오차를 생성하여 오차파라미터를 항법메시지 생성부로 전송하고 또한 IF 신호생성부로 오차정보를 전송하여 의사거리의 오차요인으로 제공한다. 이온층 및 대류층을 생성하기 위한 모델은 Klobuchar 와 Hopfield 를 사용하였다.

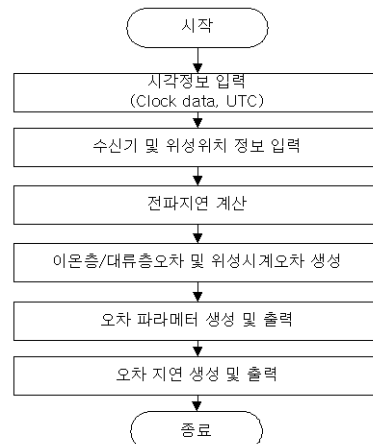


그림 4. 항법메시지생성부 흐름도

2.2.4 IF 신호 생성부

신호생성부는 실제 위성에서 발생하는 RF신호를 소프트웨어 수신기에서 수신할 수 있는 신호인 IF 레벨의 신호로 변환하여 신호를 생성하는 기능을 수행하며 RF 신호의 특성인 수신기와 위성 간 지연시간을 반영하여 IF 신호를 생성하는 것이 주된 기능이다. 그림 5는 신호생성부에서 IF 신호를 생성하기 위한 알고리즘을 나타낸 것이다[6].

중간주파수 신호를 생성하기 위하여 샘플링 주기로 수신기 위치와 동적으로 움직이는 위성위치 간의 실제거리(real-range)를 계산한 후 이온층 및 대류층 지연과 같은 환경오차에 따른 거리변화를 반영한 의사거리를 계산한다. 이때 의사거리정보를 전파지연시간으로 변환하여 신호를 구성하는 비트, 코드, 칩, 샘플링 수로 반영하여 신호를 생성한다. 이는 1비트, 1 코드, 1칩을 전송하기 위한 시간은 GPS 및 Galileo의 데이터 전송률에 따라 결정이 되기 때문에 위성과 수신기간 전파지연시간을 비트, 코드, 칩으로 반영할 수 있다. 비트와 관련된 정보는 항법메시지에서 생성한 이진코드 형태의 데이터를 의미하며, 코드는 GPS의 경우 C/A 코드 생성기를 통하여 코드를 발생하고 Galileo의 경우는 Galileo OS ICD에 정의된 코드를 저장하여 E1b와 E1c코드를 발생하게 된다. 또한 위성과 수신기간 거리에 따른 도플러 및 수신신호세기를 계산하게 되며, 이를 캐리어를 생성할 때 반영한다.

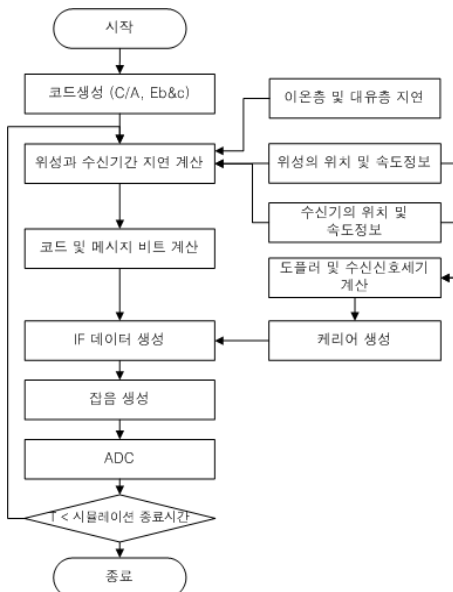


그림 5. 신호생성부 흐름도

이렇게 항법데이터와 코드가 결합된 신호에 캐리어성분을 곱하면 IF 데이터가 생성이 되며, 실제 환경과 유사한 잡음성분을 추가하면 최종적으로 위성에서 발생한 RF신호를 IF 신호 레벨로 생성하게 된다. 이러한 신호를 수신기에서 입력받기 위한 신호로 변환해줘야 하는데 이를 위하여 잡음성분이 추가된 IF신호를 자동디지탈변환(ADC)해주게 된다. 이때 양자화 과정을 거치게 되는데 양자화 비트는 사용자가 임의로 지정할 수 있게 하였다.

따라서 양자화된 이진 신호를 소프트웨어 수신기에서 수신하여 신호를 획득, 추적하는 기능 및 새로운 알고리즘을 반영한 수신기의 기능을 검증할 수 있게 된다.

2.3 신호생성 알고리즘

본 논문에서 위성항법 신호생성 시뮬레이터를 구현하기 위해 신호생성 알고리즘을 제안한다.

2.3.1 신호생성모델

GPS 및 Galileo 위성항법신호는 데이터/코드/주파수성분의 조합으로 생성되며 GPS 및 Galileo ICD에 정의된 수식을 기반으로 신호를 생성 하였다[1][3][4].

본 논문에서는 GPS 위성항법 신호는 L1(C/A)에 대하여 수식(1)을 이용하여 신호를 생성한다[1].

$$S_{L1i} = \sqrt{2P_i} D_i(t_{tr}) C_i(t_{tr}) \cos(\omega_{L1} t_{tr} + \phi_0) \quad (1)$$

S_{L1i} : 위성i에선 전송한 GPS L1 신호

t_{tr} : 신호 전송지연 시간

P_i : 전송 신호의 세기

D_i : 항법 데이터 비트

C_i : C/A 코드

ω_{L1} : L1 반송파 주파수

ϕ_0 : GPS 신호의 초기 위상값

갈릴레오 E1 신호는 E1b와 E1c에 대하여 다음과 같이 신호를 생성한다[5].

$-e_{E1-B}$: I/NAV 항법데이터(D_{E1-B})와 코드(C_{E1-B})를 부반송파($SC_{E1-B,a}$, $SC_{E1-B,b}$)로 변조한 신호

$-e_{E1-C}$ (파일럿 채널): 코드(C_{E1-C} : Secondary Code)를 부반송파($SC_{E1-C,a}$ and $SC_{E1-C,b}$)로 변조한 신호

e_{E1-B} 와 e_{E1-C} 신호는 식(2)와 같이 생성한다.

$$\begin{aligned} e_{E1-B}(t) &= \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \left[C_{E1-B} |h_{L21-B}| D_{E1-B} \text{rect}_{T_{c,E1-B}}(t - iT_{c,E1-B}) \right] \\ e_{E1-C}(t) &= \sum_{i=-\infty}^{+\infty} \left[C_{E1-C} |h_{L21-C}| \text{rect}_{T_{c,E1-C}}(t - iT_{c,E1-C}) \right] \end{aligned} \quad (2)$$

식 (2)에서 정의한 $e_{E1-B}(t)e_{E1-C}(t)$ 신호에 반송파성분을 추가하여 식(3)과 같은 E1 신호를 생성한다.

$$s_{E1}(t) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left(e_{E1-B}(t) (\alpha s_{C_{E1-B,a}}(t) + \beta s_{C_{E1-B,b}}(t)) - e_{E1-C}(t) (\alpha s_{C_{E1-C,a}}(t) - \beta s_{C_{E1-C,b}}(t)) \right)$$

with $s_{C_x}(t) = \text{sgn}(\sin(2\pi R_{r,x} t))$, $\alpha = \frac{\sqrt{10}}{\sqrt{11}}$, $\beta = \frac{\sqrt{1}}{\sqrt{11}}$ (3)

2.3.2 신호지연모델

신호지연모델은 위성과 수신기간 지연 시간을 신호를 생성하기 위한 데이터 비트, 코드, 칩에 반영하여 나타낸 것이다.

그림6 에서 보면, GPS L1 신호에 대하여 위성과 수신기간 거리(R_i)에 따른 전파지연시간(T_p)을 비트수(N_b), 코드수(N_{co}), 칩수(N_c), 샘플링수(N_s)로 변환하는 방법을 설명하고 있다[6].

$$T_p = R_i / 299,792,458 \quad (4)$$

$$T_p = N_b(20\text{ms}) + N_{co}(1\text{ms}) + N_c(1/1023 \text{ ms}) + N_s(1/\text{sampling freq}) \quad (5)$$

GPS L1과 달리 갈릴레오 E1의 경우 1비트는 4ms 이며 코드를 사용하지 않고 칩수(4096chip), 샘플링수를 이용하여 전파지연시간을 나타낸다. 이렇게 위성과 수신기간 거리를 전파지연시간으로 나타내고 이를 IF 신호에 반영하였다. 위성과 수신기간의 위치를 고정할 경우 항상 동일한 전파지연시간 값을 갖게 된다. 그러나 위성과 수신기간의 움직임에 따라 전파지연시간은 변하며, 본 논문에서는 위성과 수신기간 거리변화를 반영하기 위해 전파지연시간의 최소 단위인 샘플링수를 이용하였다.

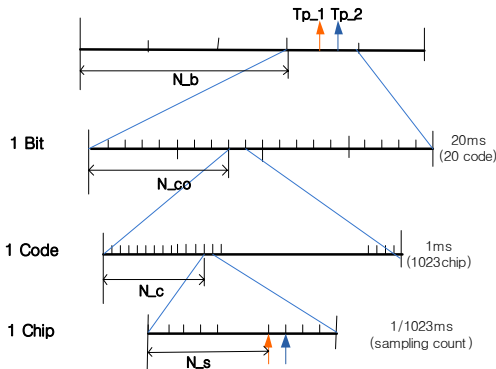


그림 6. 신호지연 변환 모델

표 1. 샘플링률에 따른 파라미터 정의

Sampling Rate	1chip당 Sample 수	1 sample 시간(ns)	1 sample 거리(m)
4MHz	4	250	74.9
8MHz	8	125	37.4
16MHz	16	62.5	18.7

GPS 및 Galileo 위성의 경우 이동속도는 약 4km/s 이며 샘플링 시간 간격동안 이동 거리는 약 수mm 가 된다.

2.3.3 IF 신호생성 알고리즘

위성이 고정적인 위치에 항상 존재할 경우 위성과 수신기간 거리는 항상 동일한 값을 갖지만 위성의 움직임 또는 수신기간의 움직임에 따라 둘 간의 지연시간이 변화하게 된다. 따라서 이러한 지연 변이를 신호에 반영하기 위해서 신호생성 알고리즘을 구현하였다.

다음 그림에 위성과 수신기간 거리가 증가 또는 감소함에 따라 신호를 생성하는 방법에 관하여 도식화하였다.

본 논문의 알고리즘을 설명하기 위한 중요한 파라미터로 샘플값과 샘플링카운트값이 있으며 이에 대해 다음과 같이 설명한다.

샘플링카운트값은 신호를 생성하기 위한 시간을 데이터 및 코드를 기준으로 칩 내의 샘플 위치로 나타낸 값으로 시간의 흐름에 따라 일정하게 증가하며 1부터 샘플 최대값까지 순환하게 된다. 샘플링카운트값이 최대값에서 다시 1로 전환되는 경우는 현재 신호를 생성하고 있는 칩에서 다음 칩의 위치에서 신호를 생성하는 것을 의미한다. 샘플값(S_p, S_c)은 위성과 수신기간 거리를 반영하기 위한 값으로 위성과 수신기간이 고정 위치에 있을 경우 항상 서로 동일한 값을 갖지만 위성과 수신기간이 움직임에 따라 샘플값이 변경된다. 다음 그림 7을 보면 위성과 수신기간 거리

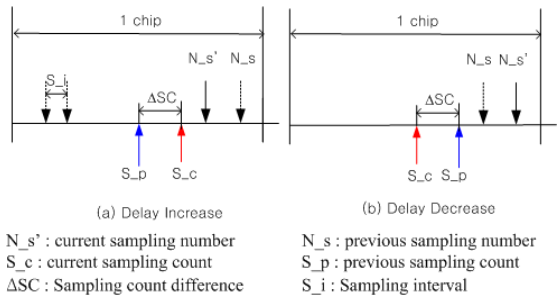


그림 7. 거리지연 변화에 따른 샘플링카운트 설정 개념도

지연이 증가 또는 감소하는 상황에 대하여 샘플값이 변하고 있다.

샘플값 및 샘플링카운트값은 식 (6)과 같이 초기화한다.

$$S_p = S_c = N_s' = N_s \quad (6)$$

IF 신호를 생성하기 위한 현재 신호생성 시간(T_i')은 식 (6)과 같이 이전 IF 신호생성 시간(T_i)에 샘플간의 시간 간격(S_i) 만큼 증가한다.

$$T_i' = T_i + S_i \quad (7)$$

샘플링카운트값(N_s')은 신호를 생성하기 위한 시간을 신호관점에서 나타낸 값으로 현재 샘플링카운트값은 신호생성 시간의 흐름에 따라 이전 샘플링카운트값(N_s)에 1씩 증가한 값을 1칩으로 나타낼 수 있는 최대 샘플링카운트값(CP)로 모듈을 취한 값이 된다.

$$N_s' = (N_s + 1) \text{ mod } CP \quad (8)$$

$$CP = \text{Sampling frequency} / 1\text{Mbps} \quad (9)$$

신호를 생성하기 위하여 식 (6)에서 결정된 신호생성시간(T_i')의 샘플링카운트(N_s')의 위치에 따라 비트정보(GPS: D_i , Galileo: D_{E1-B})와 코드정보(GPS: C_i , Galileo: C_{E1-B} , C_{E1-C})를 읽어 IF 신호를 생성하게 된다.

그러나 시간의 흐름에 따라 위성과 수신기간 거리가 증가 또는 감소하기 때문에 샘플링카운트(N_s')는 일정하게 1씩 증가하지 않고 어느 시점에 다른 변화량으로 증가 또는 감소하게 된다. 따라서 이러한 시점을 결정하기 위하여 현재 샘플값(S_c)와 이전 샘플값(S_p)를 비교하여 변화가 발생하면 샘플변화량(ΔSC)을 결정하고 이를 샘플링카운트값(N_s')에 반영하여 신호생성 위치를 결정하게 된다.

$$N_s' = (N_s + 1 - \Delta SC) \text{ mod } CP \quad (10)$$

$$T_i' = (T_i + S_i) - (\Delta SC \cdot S_i) \quad (11)$$

이렇게 IF 신호를 생성한 후, 현재 샘플수(S_c), 현재 샘플링카운트 (N_s'), 현재 신호생성시점(T_i')은 이전 값(S_p , N_s , T_i)으로 전환된다.

샘플링 변화량 측정 알고리즘은 위성의 움직임으로 발생하는 거리변화를 반영하기 위하여 샘플마다 위성과 수신기간 거리를 측정하여 전파지연시간을 생성한다[6].

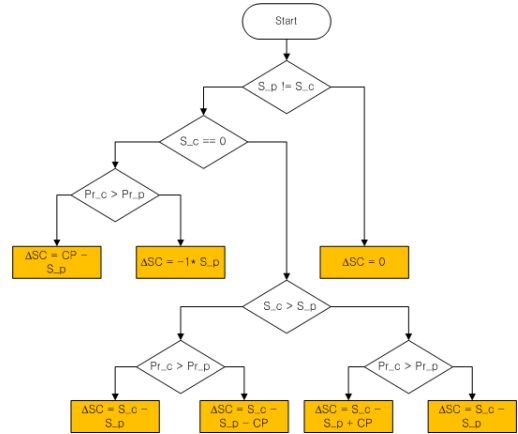


그림 8. 샘플링 변화량 측정 알고리즘

현재 샘플링 카운트(S_c)와 이전에 측정된 샘플링 카운트(S_p)를 비교하여 샘플링 카운트의 변화량(ΔSC)을 결정한다. S_p 가 S_c 와 동일하면 샘플링 카운트 변화량은 0 이며 현재 위성과 수신기간 거리의 변화를 현재 샘플링 카운트 값으로 반영할 수 있다는 것을 의미한다. 또한 S_p 와 S_c 가 다르면 이전의 샘플링 카운트 값으로 위성과 수신기간 거리를 반영할 수 없어 새로운 현재 샘플링 카운트 값을 이용하여 신호를 생성해야 한다. ΔSC 의 값은 1칩을 이루고 있는 전체 샘플링 수와 S_p 의 관계에 따라 결정된다. 즉 샘플링 카운트 값은 0에서 TN까지 반복적인 값을 갖는다.

샘플링수 결정 알고리즘은 샘플변화량(ΔSC)에 따라 실제 신호를 생성하기 위한 샘플링카운트값(N_s')을 결정하기 위한 알고리즘 이다[6].

샘플변화량이 없는 경우($\Delta SC=0$)는 이전 샘플수(S_p)와 현재 샘플수(S_c)가 동일한 상태로 위성과 수신기간 거리를 현재 샘플수로 생성할 수 있는 상태이다. 샘플변화량이 발생한 경우($\Delta SC \neq 0$)는 변화량을 신호생성위치를 결정하기 위한 샘플링카운트(N_s)에 반영하게 된다. 현재 샘플링카운트(N_s')는 이전 샘플링카운트(N_s)에서 샘플변화량을 뺀 값으로 계산하고 이를 이용하여 최종 샘플링카운트값(N_s') 및 칩카운트(N_c) 값을 결정하게 된다. 샘플변화량(ΔSC)이 0보다 큰 경우는 위성과 수신기간 거리가 감소하는 경우로 현재 샘플링카운트값을 1 감소시킨 후 총 샘플수(CP)와 0값을 비교하여 최종 샘플링카운트값을 결정한 후 신호생성위치를 변경시킨다. 샘플링변화량이 0보다 큰 경우는 위성과 수신기간 거리가 증가하는 경우로 현재 샘플링카운트값을 1증가 시킨 후 최종 샘플링카운트값을 결정하게 된다.

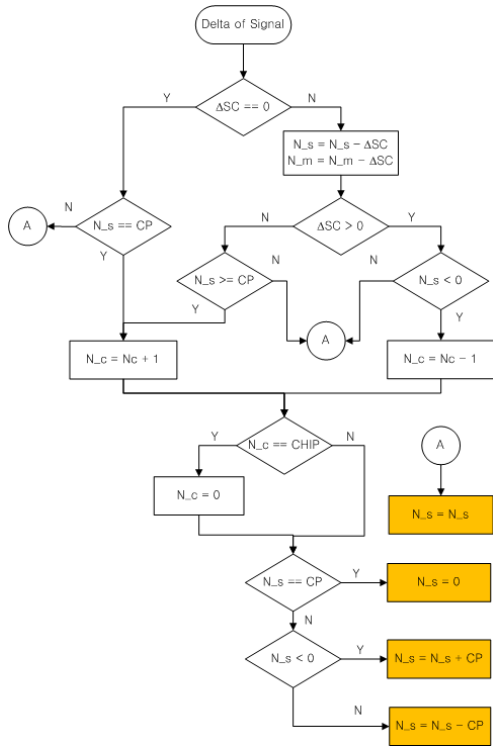


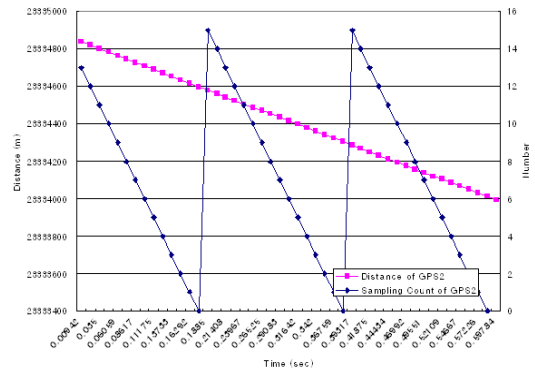
그림 9. 샘플링 수 결정 알고리즘

III. 평가와 결과

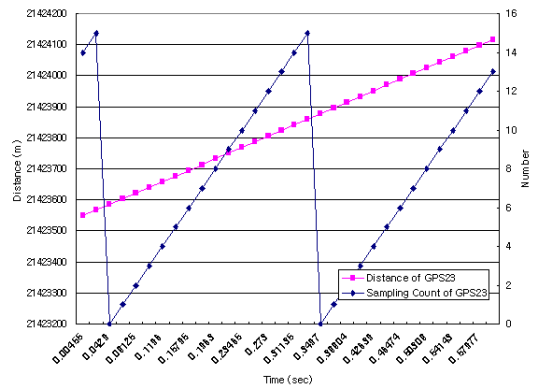
다음은 본 논문에서 제안한 신호생성 알고리즘을 이용하여 생성한 신호의 검증을 위하여 시뮬레이션을 수행한 결과를 나타낸 것이다.

그림 10(a)는 지연이 감소하는 위성에 대하여 거리 변화에 따른 샘플값의 변화를 나타낸 것이다. 위성과 수신기간 거리를 신호에 반영하기 위한 샘플값이 거리 감소를 반영하기 위하여 그림과 같이 변화하는 것을 확인할 수 있다. 샘플링률이 16Mbps일 경우 1칩에 나타낼 수 있는 총 샘플수는 16개가 되며 아래 그림과 같이 0에서 최대값까지 샘플수가 변화한다. 이렇게 샘플수가 최대값에서 0으로 바뀌는 시점이 위성과 수신기간 거리지연을 칩에 반영하는 시점이 된다. 즉 현재 신호생성을 위한 칩, 코드, 데이터 비트 중 칩에 대한 정보가 1칩 이동한 칩의 정보를 이용하여 신호를 생성하게 된다. 그림 10(b)는 거리지연 증가에 따른 샘플수 변화 추이를 나타낸 것이다.

그림 11은 동일 위성(GPS 2)에 대하여 샘플링률에 따른 샘플수의 변화량을 나타낸 것으로 같은 거리변화에 대하여 샘플링률에 따라 샘플수의 변화량이 다를 수 있음을 확인할 수 있다. 그러나 샘플링



(a) 거리지연 감소



(b) 거리지연 증가

그림 10. 거리지연 변화에 따른 샘플수 변화 추이

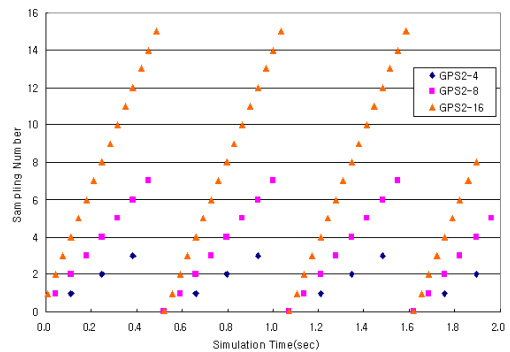


그림 11. 샘플링률 변화에 따른 샘플 카운트값 변화 추이

률이 서로 달라도 같은 거리지연을 칩에 반영하는 시점은 동일한 것을 확인할 수 있다. 그림 12는 거리지연의 증가 또는 감소에 따라 코드를 이루는 지연값의 변화를 나타낸 것이다.

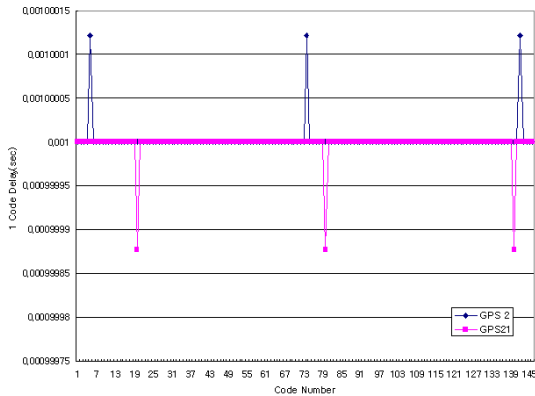


그림 12. 지연변화에 따른 코드 지연 추이

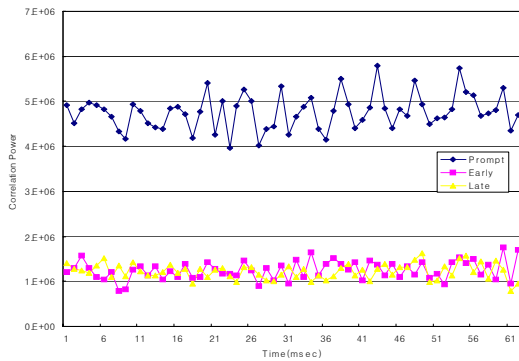


그림 13. E/P/L 상관값

그림에서 살펴본바와 같이 위성과 수신기간 거리지연이 발생함에 따라서 샘플수의 변화가 발생하며 샘플수가 최대샘플수(CP)에서 다시 0으로 변화되는 시점에 코드 지연이 발생하게 된다. 그림 14에서 보면 코드지연이 발생하지 않으면 1코드에 소요되는 시간은 0.001ms이지만 코드내의 칩 지연이 발생한 시점에서는 1칩 지연시간 (0.001ms/1023) 만큼의 시간이 증가되거나 감소 되는 것을 확인할 수 있다.

그림 13은 신호생성 시뮬레이터에서 생성한 신호의 검증에 위하여 수신기에서 신호획득 및 추적을 수행한 E/P/L 상관값의 크기를 나타낸 것이다. Prompt(P)의 상관값의 크기가 Early(E)나 Late(L) 보다 2배 이상의 값을 유지하고 있는 것을 확인할 수 있다. 따라서 신호생성 시뮬레이터에서 생성한 신호를 정상적인 신호추적이 이루어지고 있는 것을 확인할 수 있다.

그림 14는 수신기에서 신호추적 후 항법해에 관한 것으로 수신기의 중심 위치로부터 동서방향과 남북방향에 대한 오차를 나타낸 것이다. 그림

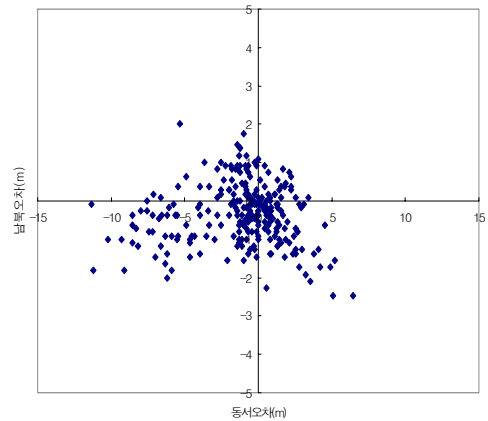


그림 14. 항법해 산출

에서 보면 초기 수신기가 항법해를 계산하는데 오차요인이 크게 발생하였으나 시간에 따라 허용 오차범위 내(±5m)로 수렴함을 확인할 수 있었다. 이는 생성신호를 검증하기 위한 소프트웨어 수신기에서 추적루프에서 안정화가 되지 않아 코드 위상값이 제대로 출력되지 않았으나 시간이 흐름에 따라 추적루프가 안정화되어 일정한 측정값을 생성하여 위치 정확도가 좋아졌기 때문이다.

IV. 결론

본 논문은 실제 GNSS 위성항법 신호와 유사한 IF 신호를 생성하기 위한 알고리즘에 관한 것이다. IF 신호를 생성하기 위하여 항법메시지 및 궤도생성을 수행하며 위성과 수신기간 각 종 오차값을 반영하여 의사거리를 생성한다. 이렇게 생성된 의사거리를 기준으로 IF 신호를 생성하기 위해 신호변환을 수행한다. 이때 신호를 나타내기 위한 최소단위의 샘플수를 이용하여 시간 흐름에 따른 위성과 수신기간 거리 지연을 신호에 반영할 수 있다.

시간 흐름에 따라 위성과 수신기간 거리지연이 증가 또는 감소하는 변화를 IF 신호생성에 반영한 결과를 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 향후 신호생성의 결과를 이용하여 본 과제에서 수행하고 있는 신호수신처리 알고리즘을 검증하기 위한 입력 데이터로 활용할 예정이다.

후 기

본 연구는 지식경제부 및 산업기술연구회의 협동연구과제의 일환으로 수행하였음.

[09AR2210, GPS/Galileo환경에서의 위성항법신호 생성/수신처리 및 측위 성능향상 기초연구]

참고문헌

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, San Diego, CA

2) Jong-Hoon Won, Thomas Pany, and Günter W. Hein, "GNSS Software Defined Radio, Real Receiver or Just a Tool for Experts?", InsideGNSS July/August 2006

3) D. J. Cho, et al., "A Novel Signal Processing Scheme for Software Radio GPS Receivers", Proceedings of the 6th

International Symposium on Satellite Navigation Technology Including Mobile Positioning & Location Services, Melbourne, Australia, 22-25 July 2003.

4) Galileo Open Service Signal In Space Interface Control Document(OS SIS ICD), Draft 0, 23 May 2006.

5) Jae-Eun Lee, "Development of Software GNSS Signal Generator", International Symposium on GPS-GNSS2008, pp. 332-336.

6) Tae-Hee Kim, "Algorithm of the IF Signal Generation in the Software-Based IF GNSS Signal Simulator", International Symposium on GPS-GNSS2008, pp. 669 - 674.

7) Bernhard Hofmann-Wellenhof, "GNSS-Global Navigation Satellite Systems", Springer Wien New York pp. 400 - 401.