

위성항법보정시스템을 이용한 추가 데이터 전송 기법 연구

김승태*, 김갑진*, 송기원*, 안재민^o

A Study on the Additional Data Transmission Technique Using SBAS

Seung-tae Kim*, Kap-jin Kim*, Ki-won Song*, Jae-min Ahn^o

요약

본 논문은 위성항법보정시스템(Satellite Based Augmentation System, SBAS) 신호와 월시-하다마드 코드기반 직교변조 신호(Walsh-Hadamard Orthogonal Modulation, WHOM)를 직교 다중화 하여 전송하는 기법을 제안한다. 신호전력 비율 및 간섭 위성의 수에 따른 신호 대 간섭 및 잡음 비율(Signal to Interference plus Noise Ratio, SINR) 성능과 최대 전력 대 평균 전력 비(Peak to Average Power Ratio, PAPR) 특성에 따른 성능 결과를 보인다. 성능 결과를 통해 SBAS 신호와 WHOM 신호를 직교 다중화 하여 전송함으로써 3 dB 만큼의 추가 신호전력으로 기존의 SBAS 신호와 동일한 성능을 얻으며 추가적인 데이터 전송이 가능하다는 것을 보여준다.

Key Words : satellite based augmentation system, walsh-hadamard orthogonal modulation, signal to interference plus noise ratio, peak to average power ratio, additional data transfer

ABSTRACT

In this paper, we propose a method of orthogonal multiplexing and transmitting a satellite based augmentation system (SBAS) signal and a Walsh-Hadamard Orthogonal Modulation (WHOM). Signal to Interference plus Noise Ratio (SINR) performance and the Peak to Average Power Ratio (PAPR) characteristics according to the signal power ratio and the number of interference satellites. The result shows that the SBAS signal and the WHOM signal are orthogonally multiplexed and transmitted, thereby achieving the same performance as the conventional SBAS signal with an additional signal power of 3 dB, and further data transmission is possible.

1. 서론

광역위성항법시스템(Global Navigation Satellite System, GNSS)의 활용이 증가하면서 다양한 위성항법 활용 서비스들이 나타나고 있다. 이에 따라 보다 높은 정밀도와 항법 데이터 전송 이외에 부가 서비스

를 위한 데이터 전송의 요구가 증가하고 있다. 하지만 위성항법시스템의 사용가능 주파수대역폭 제한과 기존 위성항법시스템에 대한 간섭영향 증대 등의 우려로 인해 새로운 신호를 도입하여 데이터 전송률을 증가시키는 것에는 어려움이 있다.

한편, 위성항법시스템에서의 측위 정밀도 향상을

※ 본 연구는 방위사업청과 국방과학연구소가 지원하는 전파측위 신호 생성기법 연구 사업의 일환으로 수행되었습니다.

• First Author : Dept. of Radio Science and Information Communications Engineering, Chungnam National University, stkim90@cnu.ac.kr, 학생회원

◦ Corresponding Author : Dept. of Radio Science and Information Communications Engineering, Chungnam National University, jmahn@cnu.ac.kr, 종신회원

* Agency for Defence Development, {ilovebach, skw6213}@add.re.kr

논문번호 : 201902-460-A-RE, Received February 13, 2019; Revised March 19, 2019; Accepted March 20, 2019, 2019

위해 측위 오차 보정을 위한 보정시스템의 활용이 점증하고 있다. 국제민간항공기구(International Civil Aviation Organization, ICAO)는 정확성이 높은 위성 기반 항법보정시스템(Satellite Based Augmentation System, SBAS)의 도입을 권고하고 있다. 현재 표준화되어 있는 SBAS 시스템의 경우 보정정보를 초당 500 심볼의 채널 전송속도로 전송하고 있으며 정지궤도 위성을 통하여 넓은 커버리지로 위성신호를 전송하고 있다¹⁾.

위성항법 시스템에서의 부가서비스를 위한 데이터 전송의 경우 SBAS와 같이 정지궤도 위성을 통한 광역 커버리지 전송이 새로운 서비스 도입방식으로 적절할 수 있다. 또한 SBAS 신호와 부가 서비스 신호를 동일 주파수대역에서 다중화 하여 송신할 경우 동일 위성에서 두 개의 신호전송이 가능하여 신규 위성의 도입 없이도 새로운 부가 서비스용 데이터 전송이 가능할 것으로 생각된다. 그러나 SBAS 신호의 경우 항공운항 안전과 직결되어 있어 새로운 신호를 SBAS 신호와 다중화 하여 동일 대역으로 전송하는 것에 대한 우려가 존재하며 또한 새로운 고속 데이터 전송용 신호의 도입은 기존 위성항법시스템에 대한 추가적인 간섭 증가의 우려로 존재한다.

[2]에서는 SBAS 신호와 데이터 전송률 증가를 위한 새로운 신호를 직교 다중화 하였을 때 두 신호의 전력비(Signal to Interference and Noise Ratio, SINR)에 따른 성능을 제시하고 있으며 다중화 된 두 신호가 동일 전력으로 송신할 경우 SBAS 신호만 송신하는 경우 대비 3 dB 만큼의 SINR 감소가 발생함을 제시하고 있다. [3]에서는 [2]의 내용을 바탕으로 두 신호의 신호전력이 같을 때 새로운 신호에 월시-하다마드 직교변조(Walsh-Hadamard Orthogonal Modulation, WHOM)신호를 선택하여 SBAS 신호와 WHOM 신호의 수신 성능을 제시하고 있다. [3]에서 제시한 성능결과를 통해 SBAS 신호와 WHOM 신호는 상호간 간섭 없이 기존 SBAS 단독 전송대비 3 dB 만큼의 추가 신호전력으로 부가 서비스 전송을 위한 새로운 신호를 도입할 수 있다는 것을 확인할 수 있다.

본 논문에서는 [3]에서 제시한 SBAS 신호와 WHOM 신호의 동일 신호전력일 때의 다중화 전송에 대한 기법을 유지하면서 신호전력 비율 및 간섭 위성의 수에 따른 SINR 성능과 최대전력대평균전력비(Peak to Average Power Ratio, PAPR) 특성에 따른 성능결과를 보인다. 이를 통해 SBAS 신호와 WHOM 신호를 직교 다중화 하여 전송함으로써 3 dB 만큼의

추가 신호전력으로 기존의 SBAS 신호와 동일한 성능을 얻으며 추가적인 데이터 전송이 가능하다는 것을 제시하고자 한다.

서론에 이어 2장에서는 본 논문에서 제안하는 신호 모델 구조에 대해서 제시한다. 3장에서는 SBAS 신호와 WHOM 신호의 수신기 동작에 대해 서술하고 다중화 된 두 신호의 BER(Bit Error Rate) 성능 및 PAPR 성능, SINR 성능에 대한 시뮬레이션 결과를 통해 성능 적합성을 제시한다. 마지막으로 4장에서 결론을 맺는다.

II. 신호모델

2.1 송신신호 모델링

SBAS 신호와 WHOM 신호를 동시에 전송할 때의 송신신호는 식 (1)과 같이 SBAS 신호는 여현파(cosine wave)에 WHOM 신호는 정현파(sine wave)에 실어 두 신호를 동시에 전송하고 있다.

$$s(t) = G_1 d_1(t) \cos(2\pi f_c t) + G_2 d_2(t) \sin(2\pi f_c t) \quad (1)$$

여기서 G_1, G_2 는 각각 SBAS 신호와 WHOM 신호의 신호전력 이득 값이고 $d_1(t), d_2(t)$ 는 각각 SBAS 신호와 WHOM 신호의 데이터신호, f_c 는 반송파 주파수이다. 식 (1)과 같이 생성된 신호는 여현파와 정현파가 서로 직교한다는 성질에 의하여 서로 섞이지 않고 동일 주파수 대역을 이용한 서로 다른 두 개의 서비스를 동시에 전송할 수 있다.

2.1.1 SBAS 신호

SBAS 송신신호 생성을 위해 식 (2)와 같이 데이터 신호와 확산코드신호를 이용한 확산과정을 거친다.

$$s_{SBAS}(t) = d_1(t)c(t)\cos(2\pi f_c t) \quad (2)$$

여기서 $d_1(t)$ 는 SBAS 신호의 데이터신호이고 변조방식은 BPSK(Binary Phase Shift Keying)를 사용한다. $c(t)$ 는 확산코드신호이고 1 또는 -1의 이진 값을 가지며 칩 주기는 $1/1.023 \mu\text{sec}$ 이다. 데이터 신호의 심볼주기는 초당 500 심볼을 전송한다고 가정할 때 2 msec가 되고 이는 1.023 Mcps의 칩율 기준으로 2046 칩이 한 심볼을 구성하게 된다.

2.1.2 WHOM 신호

WHOM 신호는 정수로 표현된 전송심볼 후보파형

중 심볼 인덱스에 대응되는 후보파형을 선택하여 전송하게 된다. 여기서 후보파형 생성 식은 일시-하다마드 행렬을 이용하여 식 (3)과 같이 나타난다.

$$H_2 = \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$$

$$H_{2M} = \begin{bmatrix} H_M & H_M \\ H_M & -H_M \end{bmatrix}, \quad M=2^n (n=1,2,\dots) \quad (3)$$

식 (3)과 같이 H_{2M} 행렬을 생성하면 $2^n \times 2^n$ 크기의 행렬이 생성되며 각 행들의 코드가 직교하는 파형을 형성한다. WHOM 신호는 초당 250 심볼을 가정하면 심볼주기는 4 msec이고 이는 1.023 Mcps의 칩율을 기준으로 4092 칩이 한 심볼을 구성한다. 행렬의 길이를 4092 칩 길이에 맞추기 위해 반복적으로 전송하게 되면 규칙성이 발생하게 된다. 이때 발생된 규칙성은 신호를 전송하는 과정에서 왜곡이 발생할 수 있다. 이 규칙성을 제거하기 위해 스크램블링 코드를 생성하여 직교변조신호와 곱함으로써 규칙성을 제거한 신호를 생성한다. WHOM 신호는 식 (4)과 같이 나타낼 수 있다.

$$c_{WH,k}(t) (t=1,\dots,N_{WH})$$

$$c_{scr}(t) (t=1,\dots,N_{WH}) \quad (4)$$

$$s_{WH}(t) = c_{WH,k}(t)c_{scr}(t)\sin(2\pi f_c t) (t=1,\dots,N_{WH})$$

식 (4)에서 $c_{WH,k}(t)$ 는 식 (3)의 방식을 이용하여 256×256 크기의 WH 행렬을 생성하고 이 행렬을 반복한 N_{WH} 길이의 WHOM 신호 코드이다. 여기서 N_{WH} 는 4 msec 시간 구간의 칩 수인 1023000의 값을 갖는다. 심볼 길이인 N_{WH} 칩 구간에 WH 코드의 길이인 M을 맞추기 위해서는 N_{WH}/M 만큼의 반복이 필요하며 소수 부분은 WH 코드의 일부만 반복이 이루어진다. $c_{scr}(t)$ 는 스크램블링 코드이며, $s_{WH}(t)$ 와 같이 WHOM 신호 코드와 곱해서 WHOM 신호를 생성한다.

2.2 수신신호 모델링

SBAS 신호와 WHOM 신호를 직교다중화한 신호를 수신하는 과정에서 GNSS의 위성들의 신호가 더해져서 신호를 수신 받게 된다. 이에 따라 수신신호 $r(t)$ 를 식 (5)와 같이 정의할 수 있다.

$$r(t) = \sum_{n=1}^N g_n s_{GNSS,n}(t) + g_s(t) + w(t) \quad (5)$$

식 (5)에서 g_n 과 g_s 는 각각 GNSS의 위성들로부터 수신 받는 n-번째 신호전력 이득 값과 직교다중화된 두 신호의 신호전력 이득 값을 나타내고 N은 GNSS 위성의 개수, $w(t)$ 는 수신기 입력단에서 발생하는 열 잡음으로써 가산성 백색 가우시안 잡음(Additive White Gaussian Noise, AWGN)의 통계적 특성을 보이며 평균 0, 잡음전력밀도(single-sided power spectral density) N_0 (W/Hz)를 갖는다.

III. 수신기 동작 및 성능 분석

3.1 SBAS/WHOM 수신기 동작

3.1.1 SBAS 수신기 동작

식 (1)에서 제시한 송신신호를 수신 받는 SBAS 수신기의 동작을 모델링하기 위해 수신신호의 반송파 주파수 및 위상, 시간지연에 대한 정보를 완벽히 알고 있는 상태에서 수신신호에 대한 복조가 이루어진다는 것을 가정한다. 이러한 가정하에서 수신기의 동작은 확산코드를 이용한 역확산 과정, 반복된 코드에 대한 평균화 및 SBAS 데이터신호와의 기준값 비교 순서로 이루어진다. 확산코드를 이용한 역확산 과정은 식 (6)과 같이 이루어진다.

$$y[n] = r[n]c[n] \quad (6)$$

여기서 $c[n]$ 은 SBAS신호의 데이터 신호와 같은 길이의 값을 갖는다. 식 (6)에 대하여 반복된 코드에 대한 평균화 연산은 식 (7)과 같다.

$$\bar{y}[n] = y[n] + y[n+M] + \dots + y[n+(R-1)M] \quad (7)$$

여기서 n은 [0, M-1] 범위의 정수 값이고 M=2046이며, R은 데이터 신호의 반복횟수를 나타내며 n의 값에 따라 $R = \lceil N/M \rceil + 1$ 또는 $R = \lceil N/M \rceil$ 의 값을 갖는다. 식 (7)의 평균화 연산과정을 거쳐 데이터 신호와의 기준값을 비교함으로써 심볼 복조를 완성한다.

3.1.2 WHOM 수신기 동작

SBAS 수신기와 마찬가지로 수신기에서의 신호 획득과 동기추적이 이상적으로 이루어진다는 가정하에 우선적으로 수신 받은 신호의 스크램블 코드의 영향을 제거하는 과정이 이루어진다. 그 이후 얻어진 길이 M의 신호에 대하여 상관 연산을 수행한다. 상관연산은 길이 M의 고속 일시하다마드변환(Fast

Walsh-Hadamard Transform, FWHT)으로 구현할 수 있으며 이는 연산량 감소에 기여할 수 있다.

스크램블 코드의 영향 제거 연산은 다음의 식 (8)과 같이 이루어진다.

$$y[n] = r[n]c_{scr}[n] \quad (8)$$

여기서 n 은 $[0, N-1]$ 범위의 정수 값을 갖는다. 식 (8)에 대하여 반복된 WH 코드의 평균화 연산을 식 (9)와 같이 수행한다.

$$\bar{y}[n] = y[n] + y[n+L] + \dots + y[n+(R-1)L] \quad (9)$$

여기서 n 은 $[0, L-1]$ 범위의 정수 값이고 $L=2^K$ 으로서 WH 코드의 기본 길이를 나타내며 R 은 WH 코드의 반복횟수를 나타내며 n 의 값에 따라 $R=[N/M]+1$ 또는 $R=[N/M]$ 의 값을 갖는다. 식 (9)의 $\bar{y}[n]$ 에 대한 2^K 개의 후보 WH 코드와의 상관 연산은 식 (10)과 같이 이루어지며 FWHT를 사용한다.

$$D[k] = \sum_{n=0}^{L-1} \bar{y}[n]c_{WH,L,k}[n] \quad (10)$$

여기서 k 는 $[0, L-1]$ 범위의 정수값이다. 식 (10)의 과정을 거쳐 얻어진 2^K 개의 상관연산 값 중 최대값 $R_{WH,1}[m]$ 을 구하여 상관연산결과를 얻는 과정은 식 (11)과 같이 이루어진다.

$$R_{WH,1}[m] = \max\{|D_m[k]|^2\} \quad (11)$$

식 (11)의 $\max\{\}$ 함수는 최대값을 출력하는 함수를 나타내고 있다.

3.2 SBAS/WHOM 송신신호 BER 성능 분석

직교 다중화 된 두 신호의 상호간 간섭 없는 전송 성능을 확인하기 위해 BER 시뮬레이션을 수행하였다. 이때 SBAS 신호와 WHOM 신호의 수신 신호전력이 같다고 가정하고 다중화 된 두 신호를 송신할 경우와 SBAS 신호만을 송신하는 경우에 대하여 비교하였다. 시뮬레이션을 위한 파라미터 설정은 두 신호를 다중화하여 송신할 경우 두 신호의 칩 전송률을 1.023 Mcps, 심볼 전송률은 SBAS 신호가 초당 500 심볼, WHOM 신호는 초당 250 심볼로 설정하였고 이에 따

른 심볼 길이는 각각 2 msec, 4 msec로 설정하였다. 한 심볼을 구성하는 칩수는 설정한 심볼 길이와 칩 전송률에 의해 각각 2046 칩, 4092 칩으로 정해진다.

다중화 된 두 신호를 송신하는 경우와 SBAS 신호만을 송신하는 경우에 대해 비교하기 위해 수신 신호의 수신기 동작모델은 SBAS 수신기로 수신하는 것으로 가정하였고 송수신기 간의 신호획득과 동기추적이 이상적으로 이루어진다고 가정하였다.

그림 1은 BER 성능에 대한 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. SBAS 신호만을 송신하는 경우 대비 두 신호가 다중화 된 경우가 3 dB 만큼의 신호 전력이 추가로 사용되어 동일한 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 시뮬레이션 결과는 SBAS 위성에서의 송신전력을 3 dB 만큼 높여준다면 다중화 된 두 신호가 SBAS 신호를 단독으로 송신할 때와 동일한 성능을 얻으면서 추가적인 데이터를 전송하는 것이

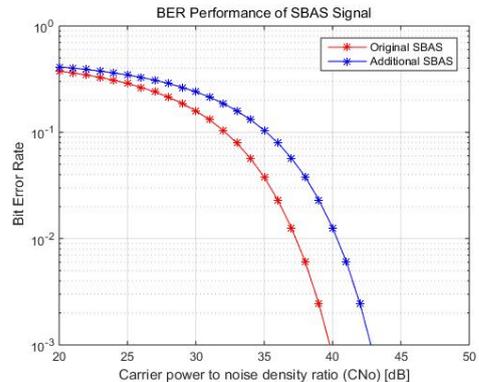


그림 1. 위성항법보정시스템 신호의 비트오류확률 성능
Fig. 1. BER Performance of SBAS Signal.

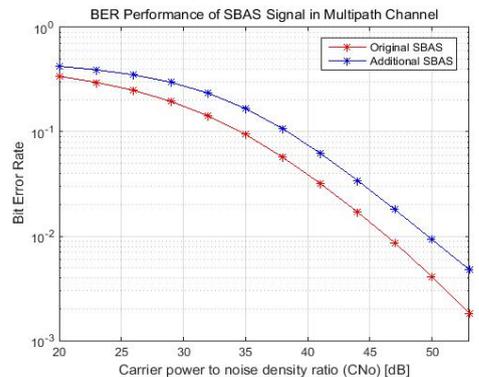


그림 2. 다중경로 채널에서의 위성항법보정시스템 신호의 비트오류확률 성능
Fig. 2. BER Performance of SBAS Signal in Multipath Channel.

가능하다는 것을 보이고 있다.

그림 2는 2개의 수신 경로를 갖는 다중경로 채널에서의 BER 성능에 대한 시뮬레이션 결과를 보이고 있다. 두 경로 간의 전력비는 동일하며 수신 지연 시간 차는 1 칩으로 가정하였다.

그림 2의 시뮬레이션 결과로부터 가산성 백색 가우시안 잡음 채널에서의 BER 성능뿐만 아니라 다중경로 채널에서의 BER 성능도 SBAS 신호만을 송신하는 경우 대비 두 신호가 다중화 된 경우가 3 dB 만큼의 신호 전력이 추가로 사용되어 동일한 성능을 가진다는 것을 확인할 수 있다.

3.3 SBAS/WHOM 송신신호 PAPR 성능 분석

PAPR 특성은 송신 신호 샘플의 순시 전력에 대한 CCDF(Complementary Distribution Function, 1-CDF)를 구하여 확인하였다. 송신신호에 대한 PAPR은 식 (12)에서 나타낸다.

$$PAPR_{dB}(s(t)) = 10 \log_{10} \left(\frac{\max |s(t)|^2}{P_{avg}(s(t))} \right) \quad (12)$$

$$P_{avg}(s(t)) = \frac{1}{N} \sum_{t=0}^{N-1} E\{|s(t)|^2\}$$

그림 3은 시뮬레이션을 통해 얻어진 송신신호의 PAPR 특성을 보이고 있다. PAPR의 최대값이 3 dB 이하에서 형성되고 있음을 확인할 수 있다. 이는 신호 포락선이 일정한 값을 가질 때 반송파에 의한 신호 전력 크기 변화와 동일한 성능을 보이는 것으로써 이론적으로 얻을 수 있는 최선의 PAPR 특성이라고 할 수 있다.

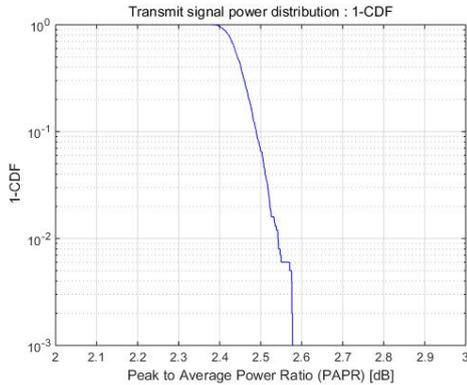


그림 3. 송신신호의 PAPR 성능
Fig 3. PAPR performance of transmit signals.

3.4 SINR 성능 분석

식 (1)에서 데이터 신호의 오류율 성능은 각 데이터 신호의 SINR에 의해 달라진다. 두 개의 데이터신호 $d_1(t)$, $d_2(t)$ 는 직교 다중화 때문에 서로 직교하며 서로 간섭하지 않고 다른 위성들로부터의 신호들만이 간섭하게 된다. 2개의 데이터신호들 $d_1(t)$, $d_2(t)$ 의 SINR은 식 (13)에서 나타낸다.

$$z_1 = \frac{G_1^2/2}{P_I + P_N}, \quad z_2 = \frac{G_2^2/2}{P_I + P_N} \quad (13)$$

여기서 z_1, z_2 는 2개의 데이터신호의 SINR이고, P_I 는 간섭 전력, P_N 은 잡음 전력이다.

전력 제한 제약 K 를 통합하기 위해 두 데이터신호들간의 전력비는 식 (14)과 같이 정의된다.

$$R = G_2^2/G_1^2 \quad (14)$$

식 (14)의 전력비와 $G_1^2/2 + G_2^2/2 = K$ 의 전력 제약을 결합하고 식 (13)의 결과를 대입하면 다음과 같이 SINR 식을 구할 수 있다.

$$z_1 = \frac{K/(1+R)}{P_I + P_N}, \quad z_2 = \frac{RK/(1+R)}{P_I + P_N} \quad (15)$$

다른 위성들의 간섭 신호와 새로운 신호의 수신된 신호 강도가 동일한 전력이라고 가정하기 때문에, 다음과 같이 간섭 전력 P_I 를 설정할 수 있다.

$$P_I = NK \quad (16)$$

잡음전력 P_N 은 채널 대역폭에 대한 잡음의 전력 스펙트럼 밀도(Noise Power Spectral Density, N_0)를 적분하여 얻어지며 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$P_N = WN_0 \quad (17)$$

여기서 W 는 채널 대역폭이며 SBAS 신호에 대해서는 1.023 MHz의 값을 갖는다. 식 (15)에 식 (16), (17)을 대입하면 전력비와 간섭하는 위성의 수에 대한 SINR 표현을 얻을 수 있다.

$$z_1 = \frac{K/(1+R)}{NK+WN_0}, \quad z_2 = \frac{RK/(1+R)}{NK+WN_0} \quad (18)$$

그림 4는 두 데이터신호의 전력비율에 따른 SINR 성능을 나타낸다.

기존의 SBAS 신호에 WHOM 신호를 추가한다면 송신전력의 제한으로 두 신호는 사용가능한 전력을 공유 할 필요가 있다. 감소된 송신전력으로 인해 수신기에서 SINR 손실이 발생하며 기존 SBAS 신호의 성능 저하가 불가피하다. 그림을 통해 새로운 신호의 추가로 발생하는 성능 손실의 양을 확인할 수 있다.

두 신호 간의 전력 비율과 간섭하는 위성의 수에 따른 SINR의 성능을 평가하기 위해서 전력 비율 R은 0에서 1까지, 간섭하는 위성의 수는 20, 50, 100으로 설정하였다. SBAS 신호와 간섭 신호의 수신된 신호 강도는 -130 dBm, 잡음 전력 스펙트럼 밀도는 -174 dBm/Hz, 채널 대역폭은 1.023 MHz로 가정하였다.

그림 4에서 R이 증가함에 따라 기존 SBAS 신호의 SINR이 감소한다는 것을 볼 수 있다. 두 신호의 송신 전력 비율이 동일할 때와 기존의 SBAS 신호만 송신하는 경우를 비교하면 3 dB 만큼 감소된다. 또한 서로 다른 간섭 위성의 수에 대해 동일한 SINR 성능 결과를 확인할 수 있다. 이는 기존 SBAS 신호의 송신 전력 비율이 반으로 감소하고 간섭위성의 수가 증가하더라도 WHOM 신호를 추가하여 전송속도를 높이면서 기존 SBAS 신호를 오류 없이 전송할 수 있다는 것을 보여준다.

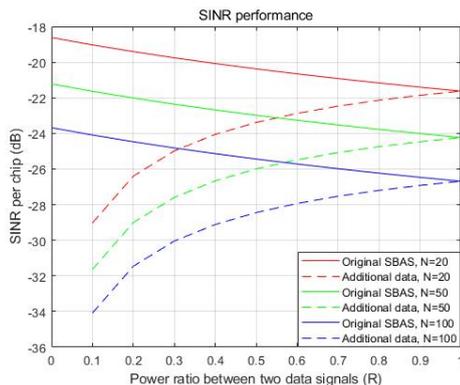


그림 4. 두 데이터신호의 전력비율에 따른 SINR 성능
Fig. 4. SINR performance according to the power ratio of two data signals.

IV. 결 론

SBAS 신호와 WHOM 신호의 직교 다중화 전송 기법에 대해 제시하고 다중화된 두 신호를 송신하는 경우와 기존 SBAS 신호만을 송신하는 경우에 대해 BER 성능을 비교하였다. 또한, 신호전력 비율 및 간섭 위성의 수에 따른 SINR 성능과 PAPR 특성에 따른 성능 결과를 보였다.

BER 성능 비교를 통해 3 dB 만큼의 추가 신호전력으로 SBAS 신호를 단독으로 송신할 때와 동일한 성능을 보였고 이는 3 dB 만큼의 신호전력을 추가로 사용하여 데이터 전송률을 증가시킬 수 있다는 것을 확인하였다. 신호전력 비율 및 간섭 위성 수에 따른 SINR 성능과 PAPR 특성에 따른 성능결과를 통해서도 서로 다른 간섭 위성 수에 대해서 다중화된 두 신호와 기존의 SBAS 신호의 SINR이 동일하게 차이 나고 신호 포락선이 일정한 값을 가지는 것을 확인하였다.

비교 결과 및 성능결과를 통해 SBAS 신호와 WHOM 신호를 직교 다중화 하여 전송한다면 기존 SBAS 신호의 송신 전력 비율이 반으로 감소하고, 간섭위성의 수가 증가하더라도 기존의 SBAS 신호와 동일한 성능을 얻으며 추가적인 데이터 전송이 가능하다는 것을 보여준다. 이는 점차 증가하고 있는 다양한 분야에서의 서비스 요구 사항을 해결할 수 있을 것으로 기대한다.

References

- [1] WAAS, *Global Positioning System Wide Area Augmentation System (WAAS) Performance Standard*, Oct. 2008.
- [2] S. Kim, C. Lee, D. Kim, S. Bu, and J. Ahn, "Feasibility study of overlay data transmission on the SBAS signal," in *Proc. ICEIC 2018*, Hawaii, USA, Jan. 2018.
- [3] S. Kim, K. Kim, K. Song, and J. Ahn, "A study on the additional data transmission technique using SBAS satellite," in *Proc. KICS Int. Conf. Commun. 2018*, pp. 745-746, Gangwon-do, Korea, Jan. 2018.

김 승 태 (Seung-tae Kim)



2017년 2월 : 충남대학교 정보통신공학과 졸업
2017년 3월~현재 : 충남대학교 전자전파정보통신공학과 석사과정
<관심분야> 위성항법 측위신호 설계

[ORCID:0000-0001-6067-948X]

송 기 원 (Ki-won Song)



1984년 2월 : 성균관대학교 전자공학과 졸업
1992년 8월 : 충남대학교 전자공학과 석사
2002년 2월 : 충남대학교 전자공학과 박사
1984년 3월~현재 : 국방과학연구소 책임연구원

<관심분야> 위성항법 국방 신호체계, 항법전 관련 기술

김 갑 진 (Kap-jin Kim)



1995년 2월 : 한양대학교 제어계측공학과 졸업
1997년 6월 : 한양대학교 제어계측공학과 석사
2001년 7월~현재 : 국방과학연구소 책임연구원
<관심분야> 위성항법 신호체계

및 수신기술, 항법전 관련 기술

[ORCID:0000-0001-7078-2376]

안 재 민 (Jae-min Ahn)



1987년 2월 : 서울대학교 전자공학과 졸업
1989년 2월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 석사
1994년 8월 : 한국과학기술원 전기 및 전자공학과 박사
1994년~1999년 : 삼성전자 선임연구원

2007년~2008년 : 정보통신연구진흥원 차세대이동통신사업단장, 정보통신부 차세대 이동통신 PM

1999년~현재 : 충남대학교 전기정보통신공학부 교수

<관심분야> 통신신호설계 및 신호처리

[ORCID:0000-0002-6261-0010]