

# GPS L1 C/A 신호추적루프에서의 기만에 의한 영향

## Susceptibility of Spoofing On A GPS L1 C/A Signal Tracking Loop

임성혁\*, 임준혁\*, 송종화\*, 백승욱\*\*, 이인원\*\*, 이대열\*\*, 지규인\*\*\*

Sung-Hyuck Im\*, Jun-Hyuck Im\*, Jong-Hwa Song\*, Seung-Woock Baek\*\*, In-Won Lee\*\*,  
Dae-Yearl Lee\*\*, and Gyu-In Jee\*\*\*

### 요 약

본 논문에서는 기만신호에 의해 발생하는 코드추적 및 주파수추적 오차를 시뮬레이션을 통하여 분석하였다. 우선 기만신호의 종류와 방법을 분류하였다. 일반적으로 기만기는 GPS 수신기의 위치와 속도를 완벽하게 알아낼 수 없기 때문에 분류된 방법 중에서 일정 지역을 검색하는 탐색형 기만방법이 사용됨을 가정하여 시뮬레이션을 수행하였다. GPS 항법해는 코드추적 및 주파수추적 성능에 의해서 결정되므로 기만신호에 의한 두 추적루프의 오차 분석을 통해 영향을 평가할 수 있다. 평가결과 GPS신호 및 추적루프가 내재한 항기만 특성으로 대부분의 경우에서 신호추적오차는 증가하였으나 완전한 기만은 이루어지지 않음을 확인하였다.

### Abstract

In this paper, code and carrier tracking error which resulted from spoofing signal was analyzed by simulation. For a start, the types of spoofing signals and methods were classified. For the simulation, search spoofing method is assumed because a perfect position and velocity are not generally informed to spoofing device. In most cases, the tracking error is increased but a complete deception does not happen because of the inherent anti-spoofing characteristics of the GPS signal.

Key words : spoofing, GPS, C/A code, tracking, software receiver

### I. 서 론

근래에 미국은 2006년 10월까지 새롭게 편성되는 DoD(Department of Defense) GPS 시스템에 SAASM(Selective Availability and Anti-Spoofing Module)을 탑재할 것을 권고하였다. 그 만큼 기만(spoofing)은 재밍(jamming)과 더불어 GPS에 심각한

타격을 줄 수 있는 방해형태이다. 기만장치(spoofing device)는 기만 신호를 이용하여 GPS 수신기를 교란하는 장치로써 각 위성으로부터 도달하는 GPS 신호의 추적을 방해 또는 교란하여 GPS 수신기가 잘못된 위치해를 도출하도록 만드는데 그 궁극적인 목적이 있다. 기존의 재밍신호는 고출력의 전파를 이용하여 GPS 신호를 교란하는데 반해 기만신호는 GPS 신호

\* 건국대학교 전자공학과 항법및제어시스템 연구실(Navigation and Control System Lab., Electronics Eng., Kon-Kuk University)

\*\* 국방과학연구소(Agency for Defense and Development)

\*\*\* 건국대학교 전자공학과(Electronics Eng., Kon-Kuk University)

· 제1저자 (First Author) : 임성혁

· 투고일자 : 2010년 2월 1일

· 심사(수정)일자 : 2010년 2월 1일 (수정일자 : 2011년 2월 17일)

· 게재일자 : 2011년 2월 28일

와 유사한 출력인 -160dBW인 극소량의 출력으로 GPS 신호를 교란하기 때문에 기존의 재머(jammer)에 비해 장시간의 교란이 가능하다. 최근 ION GNSS 2008 학회에서 휴대용 GPS 기만장치가 1,000불 정도에 제작이 가능하다는 논문이 발표됨으로써 저가의 휴대용 GPS 기만장치의 생산이 가능함을 보였다[3]. 이와 같이 기만에 대한 위협이 현실화됨에 따라 정확도를 생명으로 하는 GPS를 이용하는 장치에 대한 항-기만(anti-spoofing) 기능의 탑재가 절실히 요구되고 있는 상황이다. 그러나 휴대용 GPS 기만장치 또는 현재 학회에서 발표되는 기만방법은 기만대상에 근접 또는 접촉한 경우이며, 수십~수백km 떨어진 원거리 기만에 대해서는 다루어지지 않고 있다. 군사적인 용도에서는 원거리 기만대상에 대한 기만이 일반적인 감안하면 앞서 언급된 기만방법보다 보다 복잡하고 구체적인 기만방법을 고려한 기만 영향 분석이 필요하다.

본 논문에서는 GPS L1 C/A 신호추적루프가 기만신호에 의해서 기만될 수 있는 가능성에 대해서 시뮬레이션을 통하여 확인하였다. 우선 기만장치를 분류하였으며, 그 중에서도 능동형이며, 탐색형 기만장치가 효과적임을 고려하여 이에 대한 기만영향을 분석하였다. 시뮬레이션을 위해서 GPS L1 C/A 기만 영향 분석 모의실험 프로그램을 구현하였으며, 일반 상용수신기를 이용하여 구현의 정확도를 확인하였다. 특히 GPS L1 C/A 코드 신호는 코드 지연에 대한 자기상관 특성에 기인하여 항-기만 성능을 내재하므로 이를 확인하고 영향을 크게 미치는 요인 분석을 위해서 코드/반송파 추적루프의 대역폭에 대한 기만 영향을 분석하였다.

## II. 기만신호의 종류 및 기만 방법

기만을 수행하기 위한 장치는 기만장치라고 지칭하며 기만 대상의 탐지능력의 탑재를 기준으로 능동형(Active) 기만장치와 수동형(Passive) 기만장치로 분류할 수 있다. 능동형 기만장치는 목표물의 추적기능(레이더 장비 이용)을 포함하여 개별 목표물에 대한 기만을 가하는 형태이며 수동형 기만장치는 목표물

의 예상 진로를 예측하여 기만을 가하는 형태이다. 일반적으로 능동형 기만장치는 물체추적 장비를 포함하기 때문에 구현이 어려우며 임의의 GPS 위성신호를 생성하여 기만하는 수동형 기만장치가 많이 사용될 수 있다. 또한 표 1에서와 같이 기만장치의 형태를 고정형과 이동형으로 분류할 수 있다. 고정형의 경우에는 지상으로부터 기만신호를 방사하여 목표물을 기만하는 형태이며 이동형은 비행체나 Buoy 등을 이용하여 신호를 방사하는 형태이다. 표 1은 앞서 언급한 기만장치의 종류를 분류한 것이며, 그에 다른 장-단점을 설명하였다.

수동형 기만장치의 경우에는 기만 전략(strategy)이 중요하다. 그 이유는 GPS 위성신호의 특성과 항체의 동적특성에 의해서 특정시간 특정지역에서의 의사거리와 도플러가 결정되기 때문이다. 그러므로 효과적인 기만을 위해서는 고도로 설계된 기만 전략을 필요로 한다. 기만 전략은 크게 두 가지로 분류할 수 있으며 표 2와 같다.

표 1. 기만장치의 구분

Table 1. Classification of spoofing devices

구분		장점	단점	
기만장치	추적기능	능동형 기만장치	효과적인 기만 가능 (모든 위성신호 기만)	
	추적기능	수동형 기만장치	광역 기만 가능	
	이동여부	고정형 기만장치	고출력 가능	기만지역 협소, 구현이 어려움 (추적장비 필요)
		이동형 기만장치	광범위지역 기만가능	인지 및 제거 용이
			기만지역 제한	
			출력 제한	

표 2. 기만 전략

Table 1. Spoofing strategy

구분	내용
탐색형 기만	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 항체가 지나가는 모든 경로를 찾기 위해서 코드 및 도플러를 변경하며 탐색하여 기만한다.</li> <li>- 일반적으로 기만신호의 탐지가 쉽고 모든 위성신호를 기만할 수 없지만 넓은 지역에 대한 기만이 가능하다.</li> </ul>
대기형 기만	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 특정 동특성을 가진 항체가 지나가는 특정 경로를 지정하여 코드 및 도플러 값을 설정하여 그 지역을 지나가는 항체만 기만되도록 함</li> <li>- 기만 탐지가 쉽지 않으며 모든 위성신호에 대해서 기만이 가능하지만 좁은 지역에 대한 기만이 가능하다.</li> </ul>

결과적으로 기만신호는 GPS 신호를 사용하는 장치를 기만하기 위해서 GPS 신호와 가장 유사한 신호를 사용하는 것이 기만 효과를 극대화하는 방법이다. 유사한 신호의 의미는 신호에 포함된 코드형태뿐만 아니라 코드 지연도와 반송파의 도플러가 유사하여 기존 신호와의 구별이 어렵도록 생성되었다는 것이다. 그러므로 유사정도에 따른 기만신호에 의한 영향 분석을 위해서 GPS L1 C/A 신호의 일반적인 특징에 대하여 인지할 필요가 있다.

### III. GPS L1 C/A 코드 신호의 특징

GPS L1 C/A 코드는 PRN(pseudo-random noise)를 이용한 대역확산 신호이다. 잡음(noise)과 유사하게 설계된 2진 의사잡음(pseudo random noise) 확산 시퀀스(sequence)는 잡음 시퀀스에 거의 유사하다. 생성된 확산 시퀀스는 그림 1(a)와 같고 그림 1(b)에서와 같은 자기상관 함수를 갖는다.

GPS 기만신호는 위성으로부터 전파된 GPS 신호와 코드 지연이 약  $1\mu s$ (C/A code chip length) 이하인 경우에 GPS 신호를 교란할 수 있다. 그림 2는 기만신호에 의해서 GPS 신호의 상관함수가 왜곡됨을 나타낸다.

그림 3에서와 같이 GPS 신호와 기만신호 사이의 코드 지연이  $1\mu s$  이상인 경우에는 기만신호에 의해서 영향을 받지 않는다.

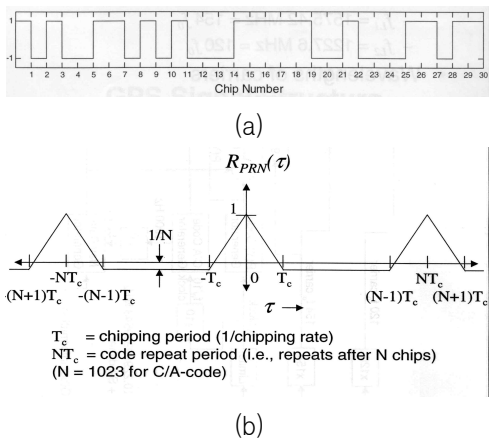


그림 1. PRN 열(a)과 자기상관 함수(b)  
 Fig. 1. PRN sequences(a) and auto-correlation function(b)

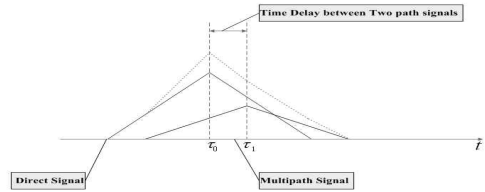


그림 2. 기만신호를 포함한 상관 함수(지연 <  $1\mu s$ )  
 Fig. 2. Cross-correlation with spoofing signal(delay <  $1\mu s$ )

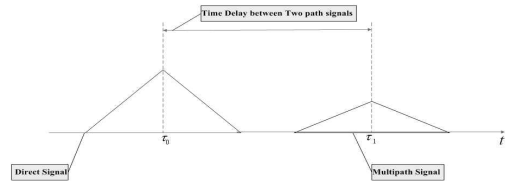


그림 3. 기만신호를 포함한 상관 함수(지연 >  $1\mu s$ )  
 Fig. 3. Cross-correlation with spoofing signal(delay >  $1\mu s$ )

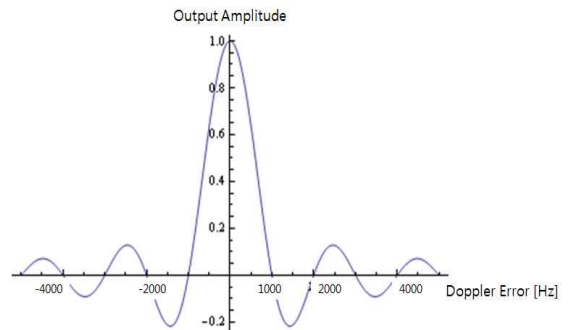


그림 4. 도플러 오차와 신호와 출력 세기와의 관계  
 Fig. 4. Relation between doppler error and correlation power

그림 4는 도플러 오차에 따른 출력 세기를 도식한 것이다. 그림에서와 같이 도플러 오차의 증가에 따라 출력 세기는 급격히 감소하게 된다. 특히 1000Hz에 가까워지게 되면 출력 세기는 '0'이 된다.

그러므로 GPS 수신기를 탑재된 항체를 기만 영향을 주기 위해서 기만장치는 항체의 위치에 대한 정보를 최소한 300미터( $1\mu s=1\text{chip}$ ) 이내로 추정하여야 하며, 도플러는 1000Hz 이내로 추정하여야 한다. 신호 대 잡음비를 고려하는 경우 기만장치는 항체의 위치 및 도플러에 대하여 보다 높은 추정 정확도를 필요로 하게 된다.

#### IV. 모의실험 결과 및 분석

GPS 신호는 기만신호의 코드 위상과 반송파 도플러 및 GPS 신호 대 기만신호의 세기 비에 따라 받는 영향의 정도가 달라진다. 그러므로 본 연구에서는 3 가지 기만신호의 특성에 대한 수신기 신호추적루프에서의 영향을 분석하였다. 수신기 신호추적루프 출력값 중에서 기만여부, 주파수 추적오차, 코드 추적 오차와 신호대 잡음비에 대해 기보유된 시뮬레이터를 이용하여 분석을 수행하였다[4,5].

##### 4-1 모의실험 변수 설정

표 3은 기만신호 설정 변수를 나타낸 것이다. 앞에서 언급한 바와 같이 기만신호를 정의하는 변수는 도플러 오프셋(offset) 및 코드검색 속도와 GPS신호와 기만신호의 세기로 분류할 수 있고 각각의 조정값은 신호추적루프의 설정값을 고려하여 선택하였다. 표 4는 모의실험에 사용된 소프트웨어 수신기의 Front-end 및 신호추적루프의 설정값을 나타낸 것이다. 직관적으로 대역폭이 1Hz의 추적루프를 사용하는 경우 코드의 경우 초당 약 1칩(chip)의 코드 순간 이동의 추적이 가능하며, 반송파의 경우 초당 약 1Hz의 주파수 순간이동의 추적이 가능함을 의미한다. GPS 신호는 C/A코드에 의해서 의사거리가 결정되고 이를 바탕으로 위치를 결정하게 된다. 그러므로 코드 추적오차는 거리로 환산하여 미터로 표기하였다.

표 3. 기만신호 설정 변수

Table 3. Spoofing signal parameters

기만신호 설정 변수	값
도플러 오프셋(Hz) : GPS신호와와의 주파수 차	0, 25, 50, 100, 200, 250, 500, 1000
코드검색 속도(chip/sec)	1, 2, 3, 5, 10
GPS 신호 대 기만신호 세기 비(dB)	-5, -3, 0, 3, 5

표 4. 모의실험을 위한 소프트웨어 수신기 Front-end 및 추적루프 변수 설정

Table 4. Front-end and tracking loop settings

설정 변수	값
샘플링 주파수	22MSps
중간 주파수	8.58MHz
양자화 비트수	1.5비트
위성신호의 최대 전력	40 dB/Hz
코드추적루프 구조	반송파 도움 1차 루프
코드추적루프 대역폭	1Hz
주파수추적루프 대역폭	12Hz

그러나 일반적으로 GPS 수신기에 도달하는 GPS 신호에 대한 정보를 완벽히 알 수 없기 때문에 검색을 통한 기만을 수행하게 되며, 검색하는 속도를 코드검색 속도(code sweep rate)라 한다.

##### 4-2 모의실험 결과 및 분석

모의실험 결과의 분석은 기만성공 여부와 코드추적 오차 및 주파수추적 오차 세 가지로 수행하였다.

표 5는 기만성공 여부를 나타낸다. 표에서 보는 바와 같이 대부분의 경우에서 기만성공이 이루어지지 않았으며 코드 검색속도가 코드 추적루프 대역폭(=1Hz)과 같은 1cps이고 GPS 신호대 기만신호의 비가 3dB보다 크고 도플러 오프셋이 250Hz보다 작은 경우와 GPS 신호대 기만신호의 비가 5dB이고 도플러 오프셋이 500Hz보다 작은 경우에만 기만성공이 이루어졌다.

코드검색 속도가 1cps인 경우에 기만신호는 약 2초간에 걸쳐 초당 1chip 이동하므로 완전한 기만이 가능하다. 하지만 코드검색 속도가 2cps 이상인 경우 초당 2chip 이상으로 이동하므로 대역폭이 1Hz인 코드추적루프가 기만신호를 추적하지 못하여 기만되지 않는다.

GPS의 주요 성능지표는 항법해의 정확도이다. 그러므로 앞서와 같이 완전한 기만은 이루어지지 않았지만 GPS 신호추적 루프가 기만신호에 의해서 영향을 받아 오차가 증가할 수 있다. 이 오차는 항법해 오차의 원인인 의사거리 오차와 반송파 적산 오차를 발생시킨다. 의사거리 오차와 반송파 적산 오차는 각각 코드추적 루프 오차와 주파수추적 루프 오차에 의해서 발생한다.

표 5. 기만신호 파라미터에 따른 기만 성공 여부 (성공:○, 실패:×)

Table 5. Spoofing success according to parameters(success:○, fail:×)

\ JSR	sweep rate = 1cps					sweep rate = 2cps					sweep rate = 3cps				
	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5
0Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
25Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
50Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
100Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
200Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
250Hz	×	×	×	○	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
500Hz	×	×	×	×	○	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
1kHz	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×

그림 5~8과 표 6~7은 표 3에서 제시된 설정 변수에 따른 코드추적 및 주파수추적 오차를 나타낸 것이다. 그림 5와 6은 코드 검색속도와 도플러 오프셋에 따른 코드추적 오차를 GPS신호보다 기만신호가 0dB와 3dB 큰 경우를 도식한 것이다. 두 그래프에서 코드 검색속도가 증가할수록 오차가 작아짐을 확인할 수 있다. 또한 도플러 오프셋이 커짐에 따라 코드추적 오차가 감소함을 확인할 수 있다. 그림 7과 8은 코드 검색속도와 도플러 오프셋에 따른 주파수추적 오차를 그림 5와 6과 동일하게 0dB와 3dB 인 경우에 대해서 도식한 것이다. 주파수추적 오차는 도플러 오프셋이 커짐에 따라 증가하다가 감소하는 경향을 나타낸다. 기만신호의 도플러 오프셋이 1kHz 이상인 경우에는 오차가 발생하지 않음을 알 수 있다.

시뮬레이션 결과를 통해 기만신호가 GPS 신호와 유사할수록 미치는 영향이 커짐을 확인할 수 있다. 특히 코드 검색속도는 신호추적 루프 오차를 결정하는 주요한 요인이다. 그러나 코드 검색속도가 느린 경우에는 GPS 신호에 영향을 줄 수 있는 범위가 감소하게 된다. 또한 기만신호의 세기가 기만대상이 되는 GPS 신호보다 큰 경우에만 기만이 성공적으로 이루어지며 기만신호의 세기가 감소할수록 영향은 감소하게 된다. 기만신호의 세기가 큰 경우에는 검출이 용이해진다. 일반적인 GPS 수신기는 코드위상 측정

값(의사거리)만으로 항법해를 결정한다. 따라서 주파수추적 오차가 항법해에 반영되는 코드추적 오차가 반영되는 것에 비하여 상대적으로 작다.

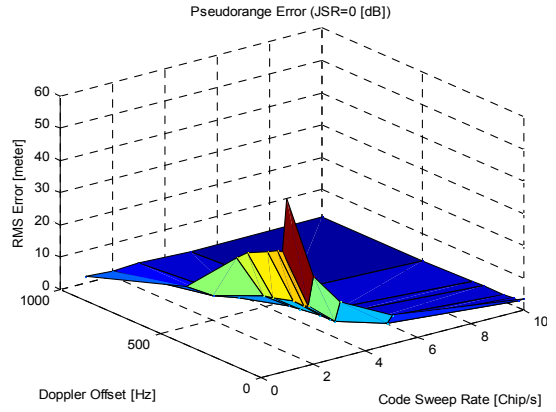


그림 5. 코드추적 오차(JSR=0dB)  
Fig. 5. Code tracking error(JSR=0dB)

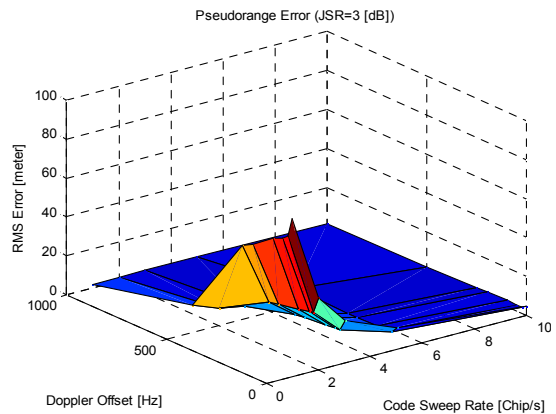


그림 6. 코드추적 오차(JSR=3dB)  
Fig. 6. Code tracking error(JSR=3dB)

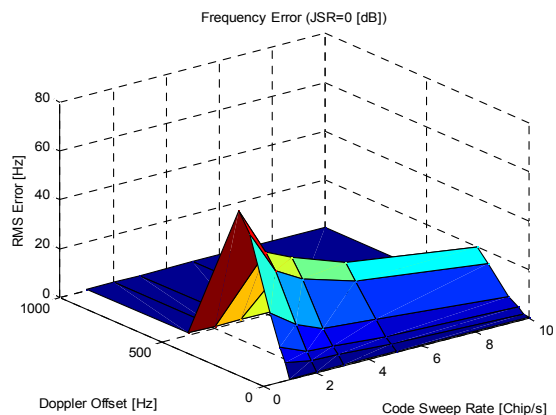


그림 7. 주파수추적 오차(JSR=0dB)  
Fig. 7. Frequency tracking error(JSR=0dB)

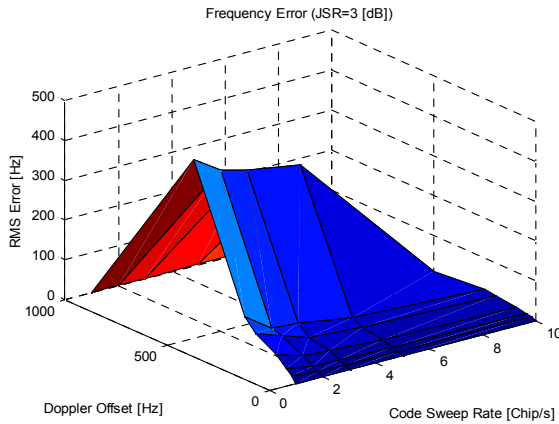


그림 8. 주파수추적 오차(JSR=3dB)  
Fig. 8. Frequency tracking error(JSR=3dB)

표 6과 7은 그림 5~8에서 도식된 결과를 표로 나타낸 것이다. 시뮬레이션은 총 10초간 100회씩 수행되었으며 RMS오차는 10초간 발생한 오차의 평균을 의미한다.

표 6. 기만신호 파라미터에 따른 코드추적 RMS 오차 (단위 : meter)

Table 6. Code tracking RMS error(unit : meter)

\JSR	sweep rate = 1cps					sweep rate = 2cps					sweep rate = 3cps				
	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5
0Hz	30	38	54	81	126	17	21	27	37	46	11	13	17	22	26
25Hz	13	20	37	71	134	7	10	17	29	39	5	7	11	16	21
50Hz	13	20	36	69	143	7	10	17	28	38	4	6	11	16	20
100Hz	12	18	34	67	143	7	10	17	27	36	4	7	10	15	20
200Hz	10	15	31	59	118	6	8	15	25	34	4	6	10	14	19
250Hz	10	15	28	56	176	5	8	15	24	32	4	5	9	14	18
500Hz	5	7	13	14	17	3	4	8	9	11	2	3	5	7	16
1kHz	1	1	2	2	3	1	1	1	2	2	1	1	2	2	3

표 7. 기만신호 파라미터에 따른 주파수 추적 RMS 오차 (단위 : Hz)

Table 7. Frequency tracking RMS error(unit : Hz)

\JSR	sweep rate = 1cps					sweep rate = 2cps					sweep rate = 3cps				
	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5	-5	-3	0	3	5
0Hz	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
25Hz	1	2	6	14	22	1	2	4	9	10	1	1	4	7	8
50Hz	1	1	12	28	41	1	1	7	16	20	1	1	6	13	16
100Hz	1	3	24	50	106	1	3	17	31	37	1	2	12	26	30
200Hz	2	30	53	81	130	1	19	34	57	70	1	11	29	35	56
250Hz	1	2	60	111	405	1	2	41	66	90	1	21	35	61	70
500Hz	1	1	1	447	454	1	1	1	405	413	1	1	1	387	389
1kHz	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

## V. 결 론

본 논문에서는 GPS L1 C/A코드의 기만신호에 의한 영향을 모의실험을 통해 확인하였다. 모의실험 결과 대부분의 경우에서 GPS L1 C/A코드 신호는 완전히 기만되지 않았지만 특정 조건이 만족되면 완전히 기만되어 잘못된 신호추적을 수행함을 알 수 있었다. 또한 기만이 되지 않는 경우에도 기만신호는 항법해 정확도에 영향을 미치는 코드 및 주파수추적 오차를 증가시킴을 확인할 수 있다. 향후 코드 및 주파수추적 방법의 변경을 통한 기만신호에 대한 대응기법의 연구가 필요하다.

## 감사의 글

본 연구는 기초기술연구회(위성항법시스템 활용을 위한 무결성 감시기법 기초연구) 지원에 의함.

## 참 고 문 헌

- [1] B. W. Parkinson, J. J. Spilker Jr, GPS Positioning System - Theory and Application, *AIAA*, 1996.
- [2] Kaplan E. D., Understanding GPS - Principles and Applications, *Artech House Publisher, Norwood, MA*, 1996.
- [3] Todd E. Humphreys, Brent M. Ledvina, Mark L. Psiaki, Brady W. O' Hanlon, and Paul M. Kintner Jr., "Assessing the Spoofing Threat - Development of a Portable GPS Civilian Spoofer," *ION GNSS 2008*, September 2008.
- [4] 임성혁, 지규인, "소프트웨어 기반의 GNSS IF(intermediate frequency) 신호 및 관성항법장치(IMU : inertial measurement unit) 데이터 발생기 구현," *제 12차 GNSS Workshop*, 2005.
- [5] Sung-Hyuck Im, Gyu-In Jee, Sang-Do Cho, and Sun-Jun Ko, "A Novel Software GPS Receiver Architecture Using Partial Down Conversion," *ION 2007 National Technical Meeting*, January 2007.

## 임 성 혁 (任聖赫)



2003년 8월 : 건국대학교 전자공학과  
(공학사)  
2005년 8월 : 건국대학교 전자공학과  
(공학석사)  
2006년 3월~현재 : 건국대학교  
전자공학과 박사과정  
관심분야 : 소프트웨어 GPS, GPS  
anti-jamming, GPS 신호처리, 결합항법

## 임 준 혁 (任俊赫)



2008년 8월 : 홍익대학교 전자전기  
공학부(공학사)  
2008년 9월 ~ 현재 : 건국대학교  
전자공학과 석사과정  
관심분야 : Loran-C 신호처리, 소프  
트웨어 GPS, INS

## 송 종 화 (宋鐘和)



2005년 2월 : 아주대학교 전자공학부  
(공학사)  
2007년 2월 : 아주대학교 전자공학과  
(공학석사)  
2007년 3월 ~ 현재 : 건국대학교  
전자공학과 박사과정  
관심분야 : GNSS 수신기 신호처리,  
GPS/INS 결합 항법, GPS RTK, 차량 항법

## 백 승 욱



1993년 12월 : 미. 버지니아텍  
항공공학(공학박사)  
1987년 1월 ~ 2009년 3월 : 공군  
사관학교 항공우주공학 교수  
2009년 5월 ~ 현재 : 국방과학연구소  
책임연구원  
관심분야 : 항공공학, 풍동실험,  
비행체 성능해석

비행체 성능해석

## 이 인 원



1994년 2월 : 한국과학기술원 항공공학  
(공학석사)  
1984년 11월 ~ 현재 : 국방과학연구소  
책임연구원  
관심분야 : 항공체계, 유도무기체계

## 이 대 열 (李大烈)



1974년 3월 : 공군사관학교 항공  
공학과(공학사)  
1993년 2월 : 인하대학교 항공우주  
공학(공학박사)  
1988년 ~ 현재 : 국방과학연구소  
항공체계개발단장  
관심분야 : 비행역학, 항공기설계, 시험평가

## 지 규 인 (池圭仁)



1982년 2월 : 서울대학교 제어계측  
공학과(공학사)  
1984년 2월 : 서울대학교 제어계측  
공학과(공학석사)  
1989년 : Case Western Reserve Univ.  
System and Control Engineering  
(공학박사)

1992년 ~ 현재 : 건국대학교 전자공학부 교수  
관심분야 : GPS/INS 결합항법, GPS 수신기 신호처리,  
무선측위, 소프트웨어 GPS, GPS anti-jamming