

# GPS 소프트웨어 수신기에 대한 GPS 의사위성의 영향 분석

## Impacts of GPS Pseudolite Signals on GPS Software Receivers

권금철\*, 장윤재\*, 양철관\*, 심덕선\*

Keum-Cheol Kwon\*, Yoon-Jae Jang\*, Cheol-Kwan Yang\*, and Duk-Sun Shim\*

### 요약

이 논문은 의사위성 신호에 대한 GPS 소프트웨어 수신기의 성능을 분석하고자 한다. 의사위성이 계속 켜져 있을 경우와 펄싱이 주어졌을 경우에 대해서, 의사위성의 신호세기와 의사위성과 수신기 사이의 거리에 따라 의사위성이 GPS 소프트웨어 수신기에 미치는 영향을 알아본다.

### Abstract

This paper considers the performance of the non-participating GPS software receivers under the presence of GPS pseudolite(PL). For the continuous PL signal and pulsed PL signal, the impact of PL signals on the GPS software receivers is investigated according to the signal strength of the PL and the distance between the PL and the GPS receiver.

Key words : GPS, pseudolite, acquisition, tracking, pulsing, software receiver,

### I. 서론

의사위성은 우주상공의 GPS 위성과는 달리 지상이나 비행체에 설치되어 GPS 위성과 같이 거리를 측정할 수 있는 ranging 신호를 전송하는 전송기이다. 의사위성은 정확성, 가용성, 무결성을 향상시킬 수 있으나 GPS 위성신호에 대해 신호의 포화 또는 간섭을 일으킨다. 의사위성의 사용으로 근원거리 문제가 발생하는데 이에 대해서는 많은 연구가 있었지만 해결책은 다음의 세 가지로 요약된다: (1) 다른 주파수 사용, (2) long PN 코드 사용 (3) 펄싱.

의사위성에서 GPS와 같은 L1 주파수를 사용하면 신호세기가 강할 경우에 GPS의 신호와 간섭을 일으킬 수 있다. 따라서 의사위성의 L1 주파수 사용에 대

한 민간 사용이 규제되는 추세이다. 미국에서 GPS 주파수 이용 승인의 규제기관은 연방통신위원회이며 규제법은 FCC Part 15이다. 연방통신위원회에서 GPS L1대역 실험에 대한 실험허가 면허를 발급하고 있으며 최대 송출 파워로  $1\mu W$ 를 규정하고 있다. Novariant사의 경우는 초기 의사위성의 송출 주파수를 GPS L1  $1575\pm 1\text{MHz}$ 로 개발하였으나 현재는 의사위성 송출 주파수를 바꾼 상태이다. 현재 미국 내에서는 의사위성 송출 주파수를 GPS 대역으로 설정해서 인프라를 구축하기 어렵다. 단지 실험용으로 허가 받은 경우에 한해서 GPS 대역 송출 의사위성의 사용을 승인하고 있다. 호주에서는 GPS 주파수 대역에서 GPS 위성신호 이외의 다른 용도의 신호 송신에 대해 규제하고 있다. GPS 주파수 이용 승인은 호주 국방

\* 중앙대학교 전자전기공학부(School of Electrical and Electronics and Engineering, Chung-Ang University)

· 제1저자 (First Author) : 권금철

· 투고일자 : 2012년 7월 30일

· 심사(수정)일자 : 2012년 7월 30일 (수정일자 : 2012년 8월 21일)

· 게재일자 : 2012년 8월 30일

부에서 규제하고 있으며 GPS L1대역 실험가능 유무에 대해서는 실험허가면허 발급을 하고 있다. 호주의 의사위성 업체인 Locata사에서는 초기 의사위성 송출 주파수는 GPS L1 1575±1MHz이었으나 현재는 의사위성 송출 주파수를 2.4GHz ISM 대역을 사용한다.

의사위성이 L1 주파수를 사용하는 경우에 이 의사위성을 GPS PL(Pseudolite, 의사위성)이라 한다. GPS가 제한되거나 거부되는 지역에서 고정밀도의 측위 성능을 제공하기 위해 GPS PL이 사용될 수 있으며 미 육군이 이런 의사위성을 개발하고 있다. 또한 미국 지역보정 항법시스템인 LAAS도 GPS PL을 사용한다.

[1,2]에는 의사위성에 대한 기본 내용이 언급되어 있고 [3]은 RTCA에 대한 내용을 다루고 있다. [4]는 의사위성의 한계성에 대해서 언급하고 있다. [5]는 펄싱을 사용한 의사위성 신호의 빠른 획득방법을 제시하고 있다. 최근에는 최적의 펄싱 방법에 대한 연구가 진행되고 있다[6,7].

본 연구에서는 기존의 Non-participating 소프트웨어 GPS 수신기에 대해서 의사위성의 신호세기와 의사위성과 GPS 수신기 사이의 거리에 대한 영향을 분석해 보고자 한다.

GPS와 같은 L1 주파수를 사용하며, 의사위성의 PRN으로 할당되어 있는 PRN 32번-37번의 C/A 코드 중에서 33번 의사위성을 사용한다. 이 경우에는 GPS 수신기에 영향을 주지 않도록 반드시 펄싱을 사용해야만 GPS 위성의 신호를 수신기가 수신할 수 있다. 본 연구에서는 랜덤 펄싱으로 알려져 있는 RTCM 펄싱을 사용한다. 2장은 GPS의 의사위성에 대한 표준을 알아보고 3장에서는 의사위성이 수신기에 미치는 영향을 알아보고 4장에서 결론을 언급한다.

## II. GPS 의사위성

GPS 위성은 지상에서 약 22,000km 상공에 있기 때문에 지상에 도달한 GPS 신호의 크기는 최소 130dBm으로 매우 작으며 사용자의 위치에 따라 수신 신호의 크기 차이가 거의 없도록 설계되어 있다. 그러나 의사위성은 지상에 존재하므로 의사 위성과

수신기의 거리 차에 따라서 신호의 크기 변화가 심하게 발생한다. 따라서 의사위성의 위치가 수신기에서 멀고 가까움에 따라 근원거리 문제가 발생한다.

### 2-1 의사위성의 근원거리 문제

그림1은 의사위성의 근원거리 영역을 보여주고 있다. 수신기가 원거리 지역(Far Zone)에 있으면 의사위성의 신호가 약하여 의사위성의 신호를 수신하지 못하며, 근거리 지역(Near Zone)에 있으면 의사위성의 신호가 너무 강하여 GPS 위성 신호만이 수신되어 재머(Jammer)처럼 작용한다.

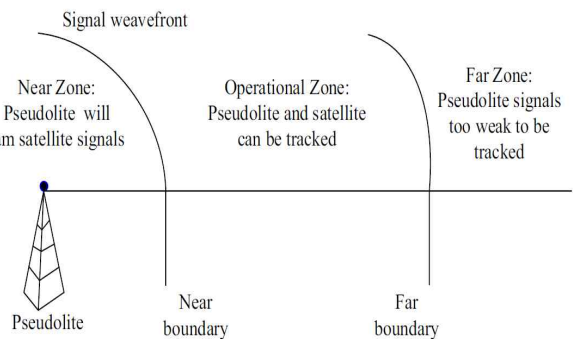


그림 1. 근원거리 영역  
Fig. 1. Near/Far Zone

근원거리문제 대한 해결책으로는 의사위성에 대해서 3가지 기법(Out-of-Band Transmission, Long PN, Pulsed Transmission)이 있는데 각각의 기법을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

(i) 다른 주파수 사용(in-band or out-band) : 가장 단순한 방법으로, 그림2와 같이 GPS와 다른 주파수 대역을 사용하는 기법이다. 그러나 이 경우에는 의사위성 신호를 수신하기 위해서 별도의 수신 장치가 필요하다. 호주의 Locata사에서 개발한 LocataLite 수신기는 2.4GHz의 주파수를 사용하는데, GPS보다 백만 배 강한 신호를 받을 수 있으며 간섭을 일으키지 않아 GPS에 대한 완전한 보장이 된다.

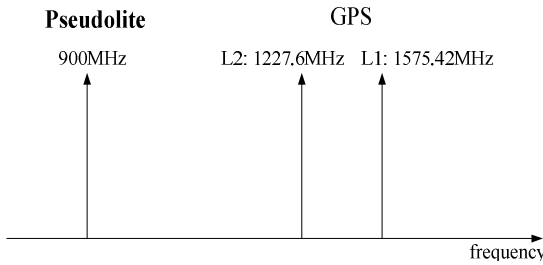


그림 2. 다른 주파수 사용  
Fig. 2. Out-of-Band Transmission

(ii) Long PN 코드 : GPS 위성의 C/A 코드와 cross 상관값이 아주 작은 long PN 코드를 사용하여 간섭을 일으키지 않도록 하는 방법이다. RTCA에서는 P코드와 비슷한 long PN 코드를 사용하는 것을 제안하였다.

(iii). 펄싱(pulsing) 기법 : 각 의사위성 신호를 주기적으로 On-Off하는 기법으로 GPS 수신기의 하드웨어 수정이 전혀 필요치 않다. 그림3은 10%의 펄싱을 주는 경우이다. 이러한 펄싱 기법은 어느 한 순간에만 간섭 현상이 발생하므로 평균적으로 간섭 현상이 작다는 특징이 있다. 하지만 비동기식 의사위성 시스템에서는 의사위성들 간의 펄싱 신호가 overlap이 발생하여 큰 간섭 현상이 발생할 수 있다. 또한, 이 기법은 수신기의 RF 회로 측면에서는 반복적인 펄싱 신호가 마치 샘플링에 의해서 생기는 동일한 스펙트럼 반복현상처럼 인식되어 잘못된 신호를 추적할 수 있다.

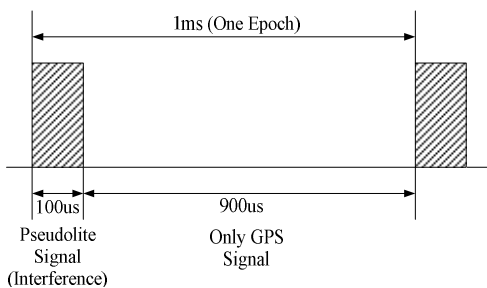


그림 3. 펄싱 구간  
Fig. 3. Pulsed Transmission

2-2 GPS PL의 펄싱 국제표준: RTCM

GPS PL에서는 L1 신호를 사용하므로 펄싱 기법을 사용하고 있다. 1983년에 RTCM SC-104의 부위원회

가 GPS 의사위성 신호를 만드는 임무를 부여받았다. RTCM 펄싱에 대해서, 의사위성은 C/A 코드의 32번~37번을 사용하며 수신기는 GPS와 의사위성 신호를 동시에 받을 수 있다.

펄싱 간격은 한 코드 주기(1ms)의 1/11로서 정의하고 있다. 즉, 한 펄스당 93개의 코드 칩들이 전송되는 방식이고 한 주기 당 한 개의 펄스를 전송하고 매 10번째 주기에는 10%의 듀티 사이클을 유지할 수 있도록 0번과 10번에 2개의 펄스를 내보냄으로써 10주기(10ms)만에 한 개의 의사위성 코드가 전송되도록 하는 방식이다. 표1은 RTCM 펄싱 방식의 순서를 보여준다.

표1 . RTCM 펄싱  
Table 1. RTCM Pulsing

DATA BIT	MILLI SECOND																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	5	0	6	1	7	2	8	3	9	4	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
2	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	6	2	9	5	1	8	4	0	7	3
3	7	4	1	9	6	3	0	8	5	2	1	3	5	7	9	0	2	4	6	8
4	1	3	5	7	9	0	2	4	6	8	3	7	0	4	8	1	5	9	2	6
5	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	7	4	1	9	6	3	0	8	5	2
6	2	5	8	0	3	6	9	1	4	7	4	9	3	8	2	7	1	6	0	5
7	8	6	3	2	0	9	7	5	3	1	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0
8	4	9	3	8	2	7	1	6	0	5	8	6	4	2	0	9	7	5	3	1
9	3	7	0	4	8	1	5	9	2	6	5	0	6	1	7	2	8	3	9	4
10	6	2	9	5	1	8	4	0	7	3	2	5	8	0	3	6	9	1	4	7

2-3 GPS PL의 펄싱 국제표준: RTCA

2000년에 RTCA SC-159가 LAAS(미국 GPS 지역 보정 시스템) 시스템을 위한 펄싱 scheme을 제안하였다. RTCA 표준은 L1 주파수를 사용하며 의사위성 코드는 GPS P코드 계열을 사용한다. 코드 위상은 1-10079사이의 정수이며 이 중 72개(PRN 139-210)를 제안했다. 1초에 1997개의 펄스가 있으며 각 펄스는 140코드칩으로 구성된다. 펄스 듀티 사이클은 아래와 같이 2.733% 이다.

$$PDC = \frac{1997 * 140}{10,230,000} \approx 2.733\%$$

위에서 제안된 펄스 패턴은 펄스의 12%가 1ms 이상의 gap을 가지며 가장 긴 gap은 3ms를 넘는다. 따

라서 기존의 GPS 수신기가 의사위성 신호를 수신하지 못할 수도 있다.

### III. 의사위성의 GPS 수신기에 대한 영향 분석

이 장에서는 의사위성이 계속 켜져 있을 경우 (Full-on mode)와 펄싱이 주어졌을 경우에 RTCM 랜덤펄싱에 대해서, 의사위성의 신호세기와 의사위성과 수신기 사이의 거리에 따라 의사위성이 GPS 소프트웨어 수신기에 미치는 영향을 알아본다.

#### 3-1 GPS L1 및 의사위성 신호획득 결과

실험에는 SPECTRACOM사의 GSG-L1 GPS 신호발생기를 의사위성으로 사용하였으며 PRN 33번을 사용하였다. 신호세기는 -150dBm에서 -90dBm사이의 신호세기를 변경하여 사용하였다. 0-12m 거리에서 소프트웨어 GPS 수신기가 의사위성과 GPS 위성 신호를 동시에 수신하여 신호획득, 신호추적 과정의 수행결과를 비교하였다. 이때 의사위성의 펄싱은 Full-on 모드와 RTCM-87 모드 두 가지 방식을 적용하였다.

GPS L1 신호는 2012년 5월 18일 중앙대학교 제1공학관 옥상에서 샘플링 주파수 9MHz로 수신되었고 소프트웨어 수신기의 획득 알고리즘 수행 결과 표2와 같이 9개의 위성이 획득되었다. 가장 오른쪽 열의 ratio값은 상관 평균값 대비 피크값의 비율을 나타낸다.

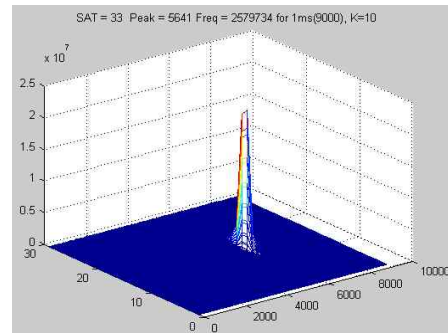
표 2. GPS L1 신호획득 결과

Table 2. The Result of GPS Signal Acquisition

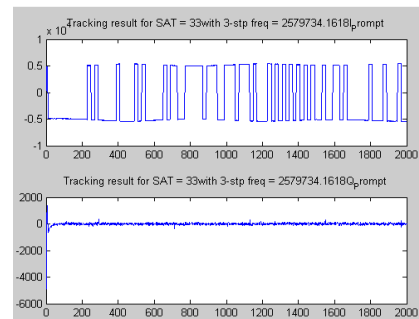
Sat	coarse_freq	fine_frequency	code_phase	ratio
3	2577000	2576979	4275	40.6
6	2578000	2578207	5349	26
13	2577000	2577040	8412	19.4
16	2579500	2579633	8152	21.8
21	2579000	2578876	315	13.6
23	2579000	2578908	3318	48.5
24	2583000	2582962	7984	12.4
30	2581000	2581288	8570	21
31	2582000	2581843	461	38.7

그림4(a)는 의사위성 신호(PRN-33)에 대한 신호획

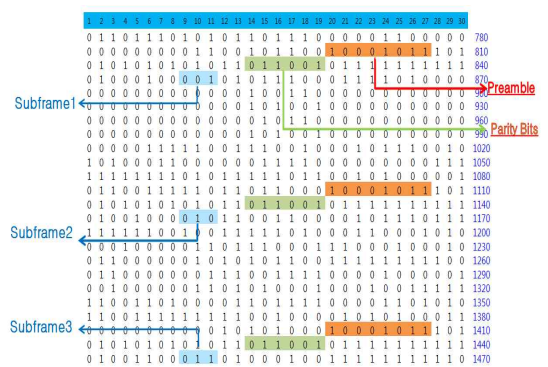
득 결과이며, 그림 4(b)는 신호획득이후 신호추적에서 얻은 Ip 값을 보여주며 도플러 주파수가 수렴하고 있음을 보여준다. 그림 4(c)의 데이터는 다른 위성에서 받은 데이터를 GSG-L1 GPS 신호발생기에 넣어서 신호를 발송하고 GPS L1 시그널 탭으로 신호를 받아서 GPS소프트웨어 수신기에서 신호를 복조한 결과이다. 원래는 의사위성에 필요한 파라미터나 데이터를 가지고 있어야 하나 데이터를 잘 수신하는 것을 보이하고자 일반 GPS 위성의 데이터를 입력하였다.



(a) 의사위성 신호(Full-on)의 획득 결과



(b) 의사위성 신호(Full-on)의 획득 및 추적결과



(c) 의사위성의 데이터 복조 결과

그림 4. Full-on mode 의사위성 신호처리 결과 (PRN-33)

Fig. 4. Pseudolite Signal Processing Result for Full-on mode (PRN-33)

3-2 의사위성 Full-on mode에 대한 GPS 수신기의 영향

Full-on mode는 의사위성의 신호가 계속해서 나오는 mode로 펄싱을 사용하지 않는 경우이다. 표3은 의사위성 신호를 Full-on 모드로 한 상태에서 GPS L1 신호와 의사위성 신호를 동시에 획득한 결과이다. -150dBm일 경우 4m에서 의사위성 신호가 획득되었고 8m부터는 의사위성이 수신되지 않았다. 의사위성의 세기가 -150dBm이고 거리가 0m일 때와 -130dBm이고 4m 이내의 거리부터는 의사위성 신호가 수신기에 영향을 끼쳐 GPS 위성 신호가 제대로 수신되지 않았다

표 3. Full-on mode 의사위성에 대한 신호획득 결과  
Table 3. Signal Acquisition Result for Pseudolite full-on mode

의사위성 신호세기 dBm	0m		4m		8m		12m	
	GPS	의사 위성	GPS	의사 위성	GPS	의사 위성	GPS	의사 위성
-130	0	YES	0	0	3	YES	5	YES
-150	2	YES	8	0	8	NO	9	NO

표4는 의사위성의 신호세기가 -150dBm일 경우 거리에 따른 의사위성 신호와 GPS 위성(13번, 23번)의 SNR을 비교한 결과이다. 의사위성 신호는 거리가 멀어짐에 따라 신호가 약해지고 이 결과로 13번, 23번 위성신호의 세기가 점점 강해지는 것을 확인할 수 있다. 거리가 많이 멀어지면 의사위성 신호가 없을 때와 비슷한 신호세기를 보여주고 있다.

표 4. 의사위성 신호와 GPS 신호의 SNR 비교  
Table 4. SNR of Pseudolite and GPS Satellite

	의사위성(PRN33)	GPS(PRN23)	GPS(PRN13)
OFF	-	49.7	42.2
0m	48.9	39.4	신호획득 실패
4m	45.7	46.5	33.9
8m	신호획득 실패	48.8	35.3
12m	신호획득 실패	49.5	40.8

그림 5는 의사위성의 신호세기가 -150dBm일 경우에 거리에 따른 13번 위성의 correlation 결과를 보여주고 있다. 의사위성이 수신기에서 거리가 멀어질수록 그 영향이 줄어드는 것을 확인할 수 있다.

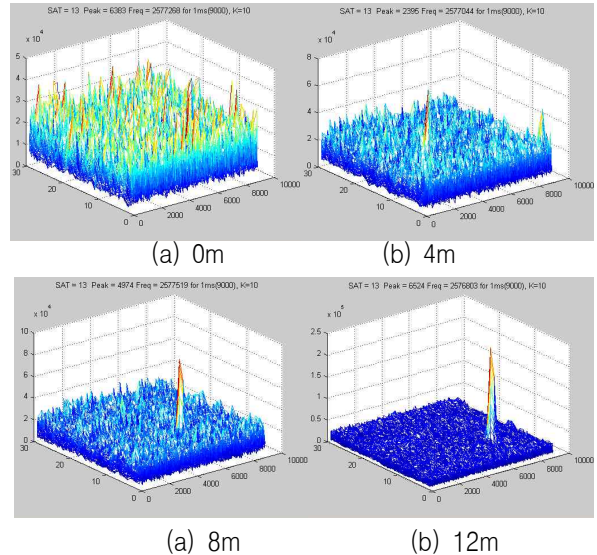


그림 5. 13번 위성의 correlation 결과  
Fig. 5. Correlation Result of Satellite PRN 13

의사위성 신호 세기가 아주 강하면 GPS 신호 수신에 영향을 주게 되는데 이때 그 세기가 일정 이상 강해지면 GPS 수신기 동작에 있어 오작동을 유발하게 된다. 표 5는 의사위성의 신호세기가 강한 경우인데 -100dBm이고 4m 거리에서 신호를 획득한 결과이다. 3, 6, 13, 16, 21, 23, 24, 30, 31번을 제외한 위성은 현재 보이지 않는 위성신호이지만 강한 의사위성 신호의 영향으로 신호획득시 ratio 한계값을 만족시켜 모든 위성신호를 획득한 것처럼 결과가 나오는 것을 확인할 수 있다.



표 5. 강한 의사위성에 대한 GPS L1 신호획득 결과  
Table 5. GPS L1 Signal Acquisition Result with strong Pseudolite Signal

Sat	coarse_freq	fine_frequency	code_phase	ratio
1	2579000	2579044	4908	12.1
2	2577000	2577037	8480	12.6
3	2586000	2586048	3087	12.3
4	2583000	2583047	580	13.3
5	2586000	2586040	7415	11.6
6	2573000	2573046	8937	11.1
7	2577500	2577541	8040	11.6
8	2580500	2580546	2753	11.1
9	2585000	2585039	1530	15.4
10	2578000	2578042	5304	12
11	2578000	2578039	3202	11.8
12	2576000	2576047	4195	13.1
13	2586000	2586052	6439	12.6
14	2577000	2577035	5902	12.6
15	2577000	2577039	2867	14.1
16	2578000	2578036	949	12.2
17	2584000	2584037	905	11.8
18	2585000	2585040	8586	14.7
19	2577000	2577049	7196	13
20	2579000	2579040	7767	13.2
21	2585000	2585040	2674	13.6
22	2573000	2573288	2339	12.5
23	2581500	2581545	5884	11.2
24	2584000	2584044	7539	11.7
25	2581000	2581037	5779	13.6
26	2576000	2576023	6210	12.7
27	2573000	2573030	5999	13.3
28	2573000	2573039	8788	12.2
29	2581000	2581028	5498	12.4
30	2578000	2578044	5348	12.4
31	2576000	2576039	6043	13.1
33	2579500	2579542	1943	1194.3

그림6은 7번 위성과 33번 의사위성의 상관값 결과를 보여 주는데 7번 위성은 보이지 않는 위성이고 33번 의사위성은 강한 신호를 내 보내고 있다.

그중에 7번 위성의 경우 원래 없는 신호이지만 그림 7(a)처럼 신호획득이 이루어지고 이것을 확인할 수 있다.

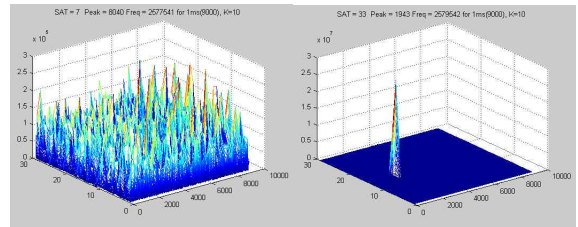
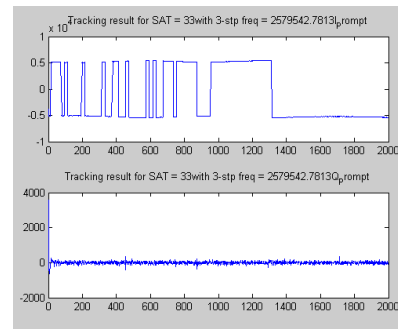


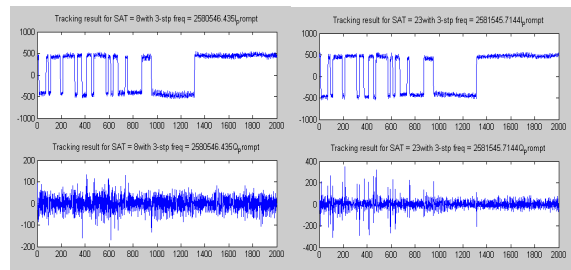
그림 6. 7번 위성, 33번 의사위성의 correlation 결과 (Full-on mode, -100dBm, 4m)  
Fig. 6. Correlation Results of PRN 7 and PRN 33(PL)

그림7은 7번, 23번, 33번 신호를 추적한 결과로서 수신기가 오작동한 결과를 보여주고 있다. 그림7(a)는 의사위성에 대한 신호추적 결과를 보여주고 있고, 그림7(b)에서는 실제 존재하지 않는 7번 위성의 신호 획득 이후 신호추적이 가능하였고 그 결과가 의사위성 신호(PRN 33)의 결과와 똑같이 나오는 것을 볼 수 있다. 이것은 항법데이터 추출 후 비교를 통하여도 확인 할 수 있다. 그리고 현재 존재하는 위성 신호인 PRN 23번의 경우에 대해서도 같은 현상이 발생하고 이것은 다른 위성의 경우에도 확인할 수 있다.

즉 의사위성의 신호가 강해서 cross correlation threshold를 넘어서면 없는 신호도 있는 것처럼 보이는 현상이 발생한다.



(a) 의사위성(PRN33) 신호추적 결과



(b) GPS 위성(PRN7(좌), PRN23(우))의 신호추적 결과  
그림 7. Full-on mode 의사위성 신호추적 결과(-100dBm, 4m)

Fig. 7. Tracking Results of PL full-on mode

### 3-3 RTCM 랜덤펄싱에 대한 GPS 수신기의 영향

본 연구에서 사용한 RTCM 펄싱은 표1과 같다. 펄싱 간격은 한 코드 주기(1ms)의 1/11로서 정의하고 있다. 한 펄스당 93개의 코드 칩들이 전송되는 방식이고 한 주기 당 한 개의 펄스를 전송하고 매 10번째 주기에는 10%의 듀티 사이클을 유지할 수 있도록 2개의 펄스를 내보냄으로써 10주기(10ms)만에 한 개의 의사위성 코드가 전송되도록 한다.

그림8은 RTCM-87모드 의사위성 신호에 대한 신호획득 결과이다.

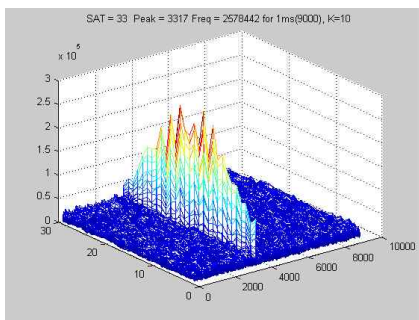


그림 8. RTCM-87 mode 의사위성 신호획득 결과 (PRN-33)

Fig. 8. Signal Acquisition Result of PL with RTCM-87 mode

표6은 의사위성 신호를 RTCM-87 모드로 하고 GPS와 의사위성 신호를 동시에 수신하여 신호획득 과정을 수행한 결과를 보여주고 있다. 의사위성 신호 세기가 -150dBm, -130dBm의 경우 4m 이상의 거리에서 부터는 의사위성 신호의 영향을 받지 않는 것을 확인할 수 있다. 하지만 8m부터는 의사위성 신호와 GPS 신호를 동시에 수신할 수 없었다.

표 6. RTCM 펄싱 의사위성에 대한 신호획득 결과

Table 6. Signal Acquisition Result for RTCM Pulsing

dBm	0m		4m		8m		12m	
	GPS	의사위성	GPS	의사위성	GPS	의사위성	GPS	의사위성
-90	0	YES	8	YES	8	YES	8	YES
-110	0	YES	8	YES	8	YES	9	YES
-130	0	YES	9	YES	9	NO	9	NO
-150	0	YES	9	YES	9	NO	9	NO

-110dBm, -90dBm의 경우 8m 이상의 거리에서도 의사위성 신호를 획득할 수 있었지만 한 개의 GPS 위성이 의사위성 신호의 영향을 받은 것을 확인할 수 있다.

RTCM 모드의 경우 Full-on 모드에 비해 의사위성 신호 영향이 상대적으로 적지만 거리가 아주 가까워 질 경우 마찬가지로 GPS 수신기에 심각한 영향을 주는 것을 확인할 수 있다.

## IV. 결 론

의사위성 신호가 소프트웨어 GPS 수신기에 미치는 영향을 분석하기 위해 의사위성의 송출 신호세기를 -150dBm에서 -90dBm으로 변화시키고 동시에 거리를 0~12m로 변화시키면서 GPS 신호와 동시에 수신하여 소프트웨어 GPS 수신기를 이용하여 신호 획득 추적 과정을 수행하여 결과를 비교하였다.

의사위성 신호가 강할수록 GPS 수신기의 신호대 잡음비를 감소시켜 GPS 수신기의 획득성능은 나빠진다. RTCM-87 모드의 경우 아주 근접한 거리가 아니면 의사위성 신호와 GPS 신호를 동시에 수신하는 것이 가능하였지만 Full-on 모드일 경우 의사위성 신호의 영향이 수신기의 오동작을 유발할 수도 있다는 것을 확인할 수 있었다.

의사위성의 세기와 거리가 적당할 때는 의사위성과 GPS 위성이 모두 획득되었고 각각의 데이터를 잘 가지고 있었다. 의사위성의 신호가 셀 때에는 모든 위성이 획득/추적된 것처럼 보이지만 GPS 위성 데이터를 받아보면 의사위성의 데이터와 동일한 데이터를 가지고 있었다.

## 감사의 글

본 연구는 2011년 국토해양부 소관 연구개발사업의 연구비 지원에 의해 수행되었습니다.

## 참 고 문 헌

- [1] H. Stewart Cobb, "GPS Pseudolite: Theory, Design, and Application", Ph.D. Dissertation, *Stanford University*, 1997.
- [2] Bryant D. Elrod and A.J. Van Dierendonck, "Pseudolites", *Global Positioning Systems: Theory and Applications, Volume 164 Progress in Astronautics and Aeronautics, AIAA Inc*, pp 51-65, 1996.
- [3] A.J. Van Dierendonck, P. Fenton, and C. Hegarty, "Proposed airport pseudolite signal specification for GPS precision approach local area augmentation systems," in *Proceedings of the International Technical Meeting of the satellite Division of the Institute of Navigation (ION GPS 97)*, pp. 1-12, Sep. 1997.
- [4] M.O.Kanli, "Limitations of Pseudolite Systems using Off-The-Shelf GPS Receivers", *2004 International Symposium on GNSS/GPS, Sydney, Australia, December, 2004*.
- [5] Zhou, B.-L., Yu, B.-G. and Luo, W.-X. "A new approach for pulsed pseudolite signal acquisition using FFT", *9th International Conference on Signal Processing ICSP2008. Beijing, China*, pp. 2909-2912, October 2008.
- [6] T.L. Abt, F. Soualle, and S Martin, "Optimal Pulsing Schemes for Galileo Pseudolite Signals", *Journal of Global Positioning Systems*, Vol.6, No.2, pp133-141, 2007
- [7] C. O'Driscoll, D. Borio, J. Fortuny-Guasch, "Investigation of Pulsing Schemes for Pseudolite Application", *24th International Technical Meeting of the satellite Division of the Institute of Navigation, Portland, OR*, pp19-23, September 2011.

## 권 금 철(權金喆)

2001년 중앙대 전자전기공학부 공학사  
 2003년 중앙대 전자전기공학부 공학석사  
 2007년~현재 중앙대 전자전기공학부 박사 과정  
 관심분야 : 컴퓨터, 반도체, SOC 설계, GPS

## 장 윤 재

2011년 한국산업기술대학교 전자공학과 공학사  
 2011년~현재 중앙대 전자전기공학부 석사 과정  
 관심분야 : GPS, 의사위성, 필터링

## 양 철 관 (梁哲官)



1996년 중앙대 제어계측공학과 공학사,  
 1998년 중앙대 전자전기공학부 공학  
 석사  
 2003년 중앙대 전자전기공학부 공학  
 박사,  
 현재 (주)피에스시스템즈, 책임연구원,  
 관심분야 : 고장검출, 항법알고리즘, GPS, 강인필터.

## 심 덕 선 (沈德善)



1984년 서울대 제어계측공학과 공학사,  
 1986년 서울대 제어계측공학과 공학석사,  
 1993년 미시간대 항공우주공학과 공학박사  
 1995년 3월~현재 중앙대학교 전자전기  
 공학부 교수  
 관심분야 : 제어, GPS, 관성항법시스템,  
 필터링, 고장검출.