

의사위성의 펄싱 방법에 대한 GPS 소프트웨어 수신기의 L1, L2C 신호획득 성능분석

GPS L1, L2C Signal Acquisition Performance of GPS Software Receiver with respect to Pseudolite Pulsing Scheme

권금철*, 양철관*, 심덕선*, 정태상*, 기창돈**

Keum-Cheol Kwon*, Cheol-Kwan Yang*, Duk-Sun Shim*,
Tae-Sang Chung*, and Chang-Don Kee**

요 약

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 위성 신호에 대해 신호의 포화 또는 간섭을 일으킨다. 의사위성의 근원거리 문제를 해결하기 위해 의사위성의 신호를 펄싱이 있을 때만 내보내는 기법을 주로 사용한다. 본 논문에서는 의사위성의 정적 펄싱, 이동 펄싱, 랜덤 펄싱 기법과 의사위성의 개수가 GPS 소프트웨어 수신기의 L1 및 L2C 신호획득에 미치는 영향을 분석하였다. GPS L1신호의 경우 의사위성이 1개일때는 정적펄싱에 대한 GPS 소프트웨어 수신기의 신호 획득 및 추적 성능이 가장 좋았고 2개 이상일 때는 랜덤펄싱에 대한 성능이 가장 좋았다. L2C 신호는 세가지 펄싱에 대한 성능이 비슷하게 안정적으로 나왔는데 정적펄싱에 대한 성능이 약간 좋게 나왔다. L1, L2C 모두 의사위성 3개까지 모든 펄싱에 대해서 측위가 가능한 것으로 나왔다.

Abstract

Pseudolites are ground-based transmitters that can be configured to emit GPS-like signals for enhancing the GPS by providing increased accuracy, integrity, and availability. However, a pseudolite (PL) can interfere with GPS satellite signals while it is transmitting or cause saturation to automatic gain control circuit. To solve these problems pulsing scheme is used, which transmits PL signal during a short period of time. In this paper the effect of the number of PL and pulsing scheme on the software GPS L1 and L2C signal acquisition performance is studied for the three pulsing schemes such as static pulsing, sweep pulsing, and pseudo random pulsing. For GPS L1 signal, static pulsing shows the best signal acquisition and tracking performance with one PL, and random pulsing shows the best performance with more than or equal to two PLs. For GPS L2C signal, all three pulsing schemes show the similar signal acquisition and tracking performance, but static pulsing shows a little better performance. For GPS L1 and L2C signals, software GPS receivers can do positioning with up to three PLs.

Key words : GPS, pseudolite, acquisition, pulsing, software receiver, L2C signal

I. 서 론

위성항법시스템(GNSS : Global Navigation Satellite

System)은 지상으로부터 약 22,000km 상공의 GNSS 위성으로부터 신호를 받아서 사용자의 위치를 계산하는 항법 시스템으로, 현재 미국의 GPS(Global

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

** 서울대학교 기계공학부(Department of Mechanical Engineering, Seoul National University)

- 제1저자 (First Author) : 권금철
- 투고일자 : 2012년 1월 10일
- 심사(수정)일자 : 2012년 1월 12일 (수정일자 : 2012년 2월 21일)
- 게재일자 : 2012년 2월 28일

Positioning System)와 러시아의 GLONASS(GLObal NAVigation Satellite Sytem) 등이 운용중이다. 위성항법 시스템의 위치 오차 요인들은 대부분 같은 시간에, 일정한 범위 내에서는 강한 상관관계를 가진다. 만약 위치가 정확히 알려진 기준국에서 GNSS 데이터를 받으면, 이러한 GNSS의 오차를 구할 수 있는데, 이 오차정보를 기준국 주위의 사용자들에게 전송하면, 사용자는 이를 적용하여 보다 더 높은 정확도의 위치를 구할 수 있게 된다. 이러한 기본적인 기법을 DGNSS (Differential GNSS)라고 하며 광역보정시스템(WA-DGNSS, Wide Area DGNSS)은 이러한 DGNSS를 넓은 영역에서 보다 효율적으로 활용하기 위해 확장시킨 시스템이다.

광역보정시스템으로 미국, 유럽, 일본 등 선진국에서는 WAAS (Wide Area Augmentation System), EGNOS(European Geostationary Navigation Overlay Service), MSAS (Multi-functional Satellite Augmentation System)를 각각 2003년, 2010년, 2007년부터 운용하기 시작했다. 우리나라의 경우에는 아직 광역보정시스템이 없으며 위성보정시스템 전국망(NDGPS, Nationwide DGPS) 인프라를 구축(17개소) 완료하여 위성보정 측위서비스를 제공 중에 있으나, 각 DGPS 기준국들이 개별적으로 운영되고 있어 기준국에서 멀어질수록 정확성과 신뢰성이 저하되는 문제가 있다. 따라서 전 국토에 균등한 고품질 위성보정 측위서비스 제공을 위해서 광역보정시스템 인프라의 구축이 절실히 필요하다.

항법위성이 없는 우리나라로서는 위성기반 광역보정시스템의 효율적인 개발을 위해 지상기반 원천기술 개발의 선행연구가 필요하다. 즉 선진국 시스템과 동일하게 위성기반 시스템을 지향하지만, 시스템 구축 및 시험 평가가 용이한 지상기반 원천기술을 먼저 개발함으로써 핵심 기술을 국산화하고, 이를 바탕으로 위성기반 운용 서비스의 개발하는 것이 효율적이다. 그림1은 의사위성 기반 광역보정시스템의 개념도이다.

그러나 의사위성의 사용은 GPS 위성보다 수신기에 훨씬 가까이에 위치하기 때문에 GPS 위성 신호를 방해할 수 있다. 이런 문제는 근원거리문제(near/far problem)라고 알려져 있으며 의사위성 설계의 가장

큰 제약 요소가 되고 있다. 근원거리문제의 해결 방법으로는 여러 가지가 제안되었다 [1]-[6]. 의사위성의 신호 설계, out-of-band transmission, 주파수 잔류편차, 주파수 hopping, 새로운 확장코드, 펄스전송 등이 제안된 해결 방법이다. 이 중에서 펄스 전송이 여러 가지 부수적인 문제점이 있긴 하나 가장 유력한 방법으로 간주되고 있다. 본 연구에서는 의사위성이 GPS 수신기의 신호획득에 미치는 영향을 연구하고자 한다. 즉 의사위성의 펄싱 기법으로 사용되는 정적펄싱(static pulsing), 이동펄싱(sweep pulsing), 랜덤펄싱(random pulsing)에 대한 소프트웨어 GPS 수신기의 신호 획득 성능을 분석해 보고자 한다.

II장에서는 의사위성의 근원거리 문제를 다루며 III장에서는 근원거리 문제의 해결 방법 중 하나인 펄싱 기법에 대해서 다룬다. IV장에서는 실 데이터를 사용하여 의사위성의 신호가 있을 때 GPS L1, L2C 신호의 획득에 펄싱기법이 미치는 영향을 분석하고 V장에서 결론을 기술한다.



그림 1. 의사위성기반 광역보정시스템 개념도
Fig. 1. Pseudolite-based WADGNSS

II. GPS 의사위성의 근원거리 문제

GPS 위성은 지상에서 약 22,000km 상공에 있기 때문에 지상에 도달한 GPS 신호의 크기는 매우 작으며 사용자의 위치에 따라 수신 신호의 크기 차이가 거의 없다. 그러나 의사위성은 지상에 존재하므로 의사위성과 수신기의 거리 차에 따라서 신호의 크기 변화가

심하게 발생한다. 따라서 가까이 있는 의사위성 신호만 수신하는 현상이 발생한다. 왜냐하면 신호 파워의 차이가 확산 코드 이득보다 훨씬 크게 되면 채널을 구분할 수 없기 때문이다.

그림2는 GPS 의사위성의 근원거리 문제를 보여주고 있다. 수신기가 원거리 지역(Far Zone) 밖에 있으면 의사위성의 신호가 약하여 의사위성의 신호를 수신하지 못하며, 근거리 지역(Near Zone)안에 있으면 의사위성의 신호가 너무 강하여 GPS 위성 신호에 재머(Jammer)처럼 작용한다.

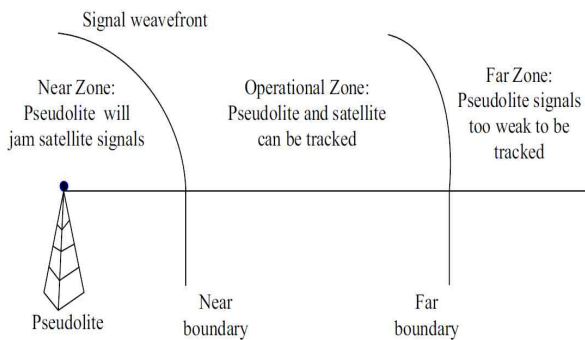


그림 2. 근원거리 영역
Fig. 2. Near/Far Zone

근원거리문제 대한 해결책으로는 수신기 부분과 의사위성 부분으로 나누어 생각해 볼 수 있는데 구체적인 내용은 다음과 같다.

- 수신기 부분 : 수신기의 상관 적분 시간을 늘려 약한 신호를 추적 가능하게 하는 방법이다. 하지만 이 기법은 항법 데이터의 비트(bit) 반전이 있는 경우나 수신기의 동적 변화가 클 경우에는 추적을 못하는 단점이 있다.

- 의사위성부분 : 4가지 기법(Out-of-Band Transmission, Frequency offset, Power Tuning, Pulsed Transmission)이 있는데 현재 대부분의 의사위성에서는 Pulsed Transmission 기법을 사용하고 있다. 각각의 기법을 간략히 살펴보면 다음과 같다.

(i) Out-of-Band Transmission : 가장 단순한 방법으로써, GPS와 다른 주파수 대역을 사용하는 기법이다. 그러나 의사위성 신호를 수신하기 위해서 별도의 수신 장치가 필요하다.

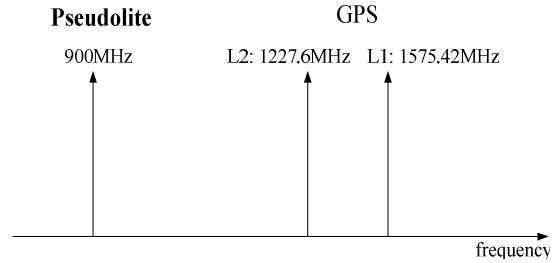


그림 3. Out-of-Band 전송
Fig. 3. Out-of-Band Transmission

(ii) Frequency Offset : GPS 신호의 null frequency를 사용하는 기법으로 별도의 수신 장치가 필요 없다는 장점이 있다. 하지만 큰 간섭(interference)이 발생한다는 단점이 있다.

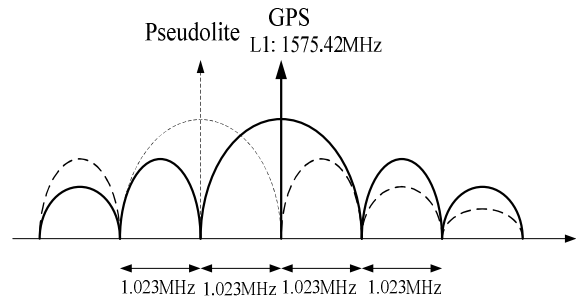


그림 4. 주파수 오프셋
Fig.4. Frequency Offset

(iii). Power Tuning : 의사위성들의 power level을 nominal power level로 조절하여 일정한 범위("spacing")내에 있는 모든 의사위성 신호를 추적(tracking) 할 수 있도록 하는 기법이다. 하지만 "spacing" 밖의 신호는 추적 할 수 없다는 단점이 있다.

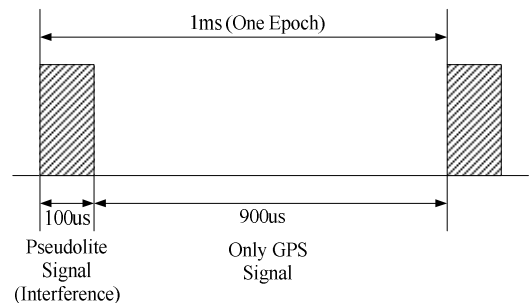


그림 5. 펄싱 구간
Fig. 5. Pulsed Transmission

(iv). Pulsed Transmission : 각 의사위성 신호를 주기적으로 On-Off하는 기법으로 하드웨어 수정이 전혀 필요치 않다. 이러한 펄싱(pulsing) 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.

III. 의사위성의 펄싱 방식

본 장에서는 의사위성 수에 따른 세 가지 펄싱 기법의 펄싱 방식을 기술하며 RTCM-104 위원회에서 권장한 10%의 듀티 사이클을 사용한다. 펄싱 기법에는 다음과 같은 3가지 기법이 있다[2].

(i). 정적 펄싱(Static Pulsing) : 신호 송출 On/Off 패턴이 1ms를 주기로 고정되어서 펄싱 하는 기법이다.

(ii). 이동 펄싱(Sweep Pulsing) : 펄싱 지연 시간이 매 1ms마다 펄싱 트리거 신호로부터 100 μ s씩 증가하면서 펄싱 하는 기법이다.

(iii). 랜덤펄싱(RTCM Pulsing): RTCM SC-104에서 규정한 의사위성 펄싱 기법으로 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 2개의 펄스를 내보냄으로써 10주기(10ms)만에 한 개의 의사위성 코드가 전송되도록 하는 방식이다

표 1. RTCM 의사위성 랜덤펄싱표

Table 1. RTCM Pseudolite Pulsing Table

DATA BIT	MILLISECOND																			
	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

표1은 RTCM에서 제안한 랜덤펄싱표로 0에서 10까지의 11개의 슬롯(C/A코드 93개 칩 길이)에 대해서

펄싱이 적용되는 슬롯에 대한 표이다. 즉 처음 데이터 비트(20 ms 길이)에 대해서는 5, 0, 6, 1, ... 슬롯 순서로 20ms 동안 펄싱이 적용되며 0번 슬롯은 10번과 동시에 적용된다.

아래에는 실시험시 세가지 펄싱 기법에 대해 본 연구에서 적용한 패턴에 대해 기술한다. 2개 이상의 의사위성이 작동할 때는 시각이 동기되어 펄싱이 중복되어 일어나지 않는다고 가정한다.

3-1 실시험시 정적 펄싱 적용패턴

정적펄싱은 펄싱 패턴이 고정되어 있는 방법이며 그림 6은 2개의 의사위성이 있을 때 나올 수 있는 조합을 고려하였다. 그림 7은 3개의 의사위성이 있을 경우이며, 경우의 수가 많으므로 한 개, 두 개, 세 개의 간격이 있는 경우만 고려하였다.

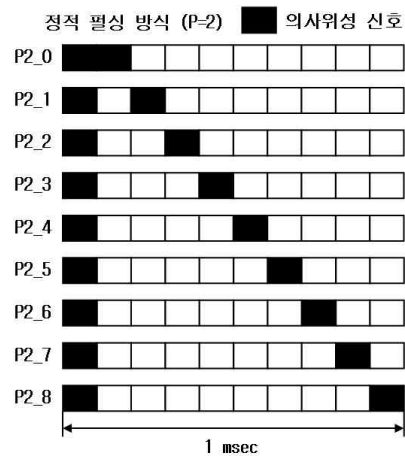


그림 6. 정적펄싱 방식 (P=2)
Fig. 6. Static Pulsing Scheme (P=2)

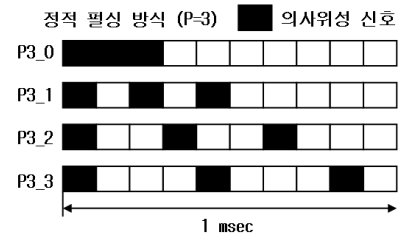


그림 7. 정적펄싱 방식 (P=3)
Fig. 7. Static Pulsing Scheme (P=3)

그림 8은 4개의 의사위성이 있을 경우이며, 한 개, 두 개의 간격이 있는 경우만 고려하였고, 그림 9는 5개의 의사위성이 있을 경우이며, 한 개의 간격이 있

는 경우만 고려하였다.

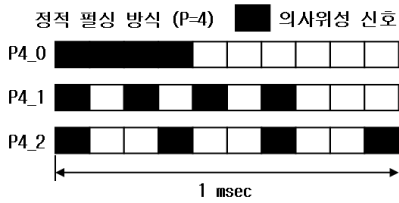


그림 8. 정적펄싱 방식 (P=4)
Fig. 8. Static Pulsing Scheme (P=4)

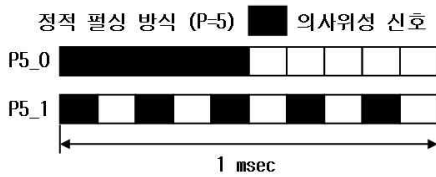


그림 9. 정적펄싱 방식 (P=5)
Fig. 9. Static Pulsing Scheme (P=5)

3-2 실시험시 이동 펄싱 적용패턴

펄싱 지연 시간이 매 1ms마다 펄싱 트리거 신호로부터 100μs씩 증가하면서 펄싱 하는 기법이다. 의사위성의 개수가 증가할수록 경우의 수가 많아지나 그림 10의 경우만 고려한다.

3-3 실시험시 랜덤 펄싱 적용패턴

RTCM SC-104에서 규정한 의사위성 펄싱 기법으로 펄싱 간격은 한 코드 주기(1ms)의 1/11로서 정의하고 있는데 이는 한 펄스당 93개의 코드 칩들이 전송되는 방식이다. 소프트웨어 수신기에서는 한 펄스당 칩수를 정수개로 만들 필요가 없으므로 10개의 슬롯을 만들어서 0,1, ..., 9번을 그림 11과 같이 사용하였다. 의사위성의 개수가 늘어나면 Data Bit 순서에 따라 순차적으로 적용 시켰다. 그림 11은 3개의 의사위성에 대한 랜덤펄싱 방식을 나타낸다.

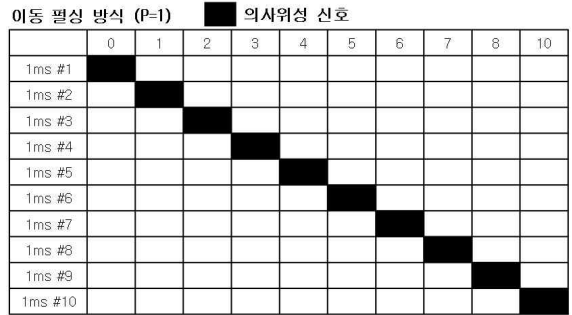


그림 10. 이동펄싱 방식 (P=1, P=2, P=3, P=4)
Fig. 10. Sweep Pulsing Scheme (P=1, P=2, P=3, P=4)

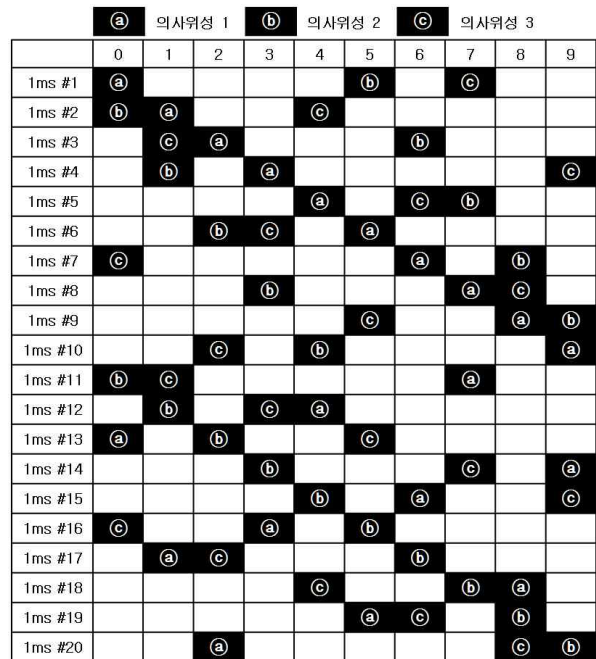


그림 11. 랜덤 펄싱 방식 (P=3)
Fig. 11. Random Pulsing 방식 (P=3)

IV. GPS L1, L2C 실데이터에 대한
의사위성의 펄싱 실험 결과

본 장에서는 III장에서 제시한 의사위성의 펄싱 방법에 대해서 의사위성의 개수를 늘려가며 GPS 소프트웨어 수신기의 신호 획득 성능을 분석했다. GPS L1, L2C 신호의 실 데이터를 사용하여 신호 획득 및 추적을 수행하였다.

L1 주파수를 사용하는 의사위성을 실제로 사용하기는 어려우므로 수신된 GPS 신호에 대해서 그림6에서 그림11까지의 의사위성 펄싱 부분에 대해서는 GPS 수신기내에서 의사위성의 신호수신을 감지하여 blanking이 적용된 것으로 간주하고 프로세싱하였다.

4-1 GPS L1 신호에 대한 펄싱 실험 결과

GPS L1 신호는 2011년 8월 17일 오후 9시에 중앙대학교 제1공학관 옥상에서 샘플링 주파수 6MHz로 수신되었고 소프트웨어 수신기의 획득 및 추적 알고리즘을 수행한 결과 표2와 같이 8개의 위성이 획득되었고 모두 신호 추적이 잘 되었다. 표2에서 ratio는 상관최대값의 상관평균값에 대한 비율이며 표2의 값들은 획득 경계값(threshold)이 7일 때의 결과이다.

표 2. GPS L1 신호 획득 및 추적 결과
Table 2. GPS L1 Signal Acquisition Result

Sat	coarse_freq	fine_frequency	code_phase	ratio
2	2577500	2577523	907	27.2
4	2579500	2579514	4709	31.9
10	2578000	2578013	3040	13.4
12	2578500	2578407	3854	9.5
13	2578000	2578068	5008	15.3
17	2581000	2581005	5215	32.8
20	2583500	2583417	2779	14.4
23	2580000	2579872	5989	46.7

4-1-1 정적펄싱에 대한 L1 신호 획득 결과

그림6과 같이 2개의 의사위성을 사용하는 경우에 여러 가지 정적펄싱 방법에 대해서 GPS L1 신호의 획득 알고리즘을 적용하였다. 표3에서 K는 1ms 데이터의 사용 개수를 의미한다. Non-coherent하게 사용한 결과이며 1ms 데이터로 계산한 상관값 K개를 더해서

사용함으로써 신호대 잡음비를 개선할 수 있다.

표3의 값은 의사위성 2개가 그림6처럼 작용할 때 획득된 위성의 개수이며 괄호안의 숫자는 획득 알고리즘 통과 후에 신호추적(tracking)이 정상적으로 수행되는 위성의 개수이다. 표4-표6은 각각 그림7-그림9의 정적펄싱 방법에 대한 L1신호의 획득(추적) 결과이다. 의사 위성의 개수가 증가하면서 K가 증가하더라도 GPS 위성의 획득 개수가 줄어들음을 볼 수 있다.

표 3. 정적펄싱에 대한 신호획득(추적) 결과(L1, P=2)
Table 3. Acquisition(Tracking) result for static pulsing(L1, P=2)

정적 펄싱 방식 (P=2)	신호획득 결과 (Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
P2_0	8 (6)	8 (6)	8 (6)
P2_1	8 (8)	8 (8)	7 (7)
P2_2	8 (8)	8 (8)	8 (7)
P2_3	8 (8)	8 (8)	8 (8)
P2_4	8 (8)	8 (8)	8 (7)
P2_5	8 (7)	8 (7)	8 (7)
P2_6	8 (7)	8 (7)	7 (6)
P2_7	8 (7)	8 (7)	8 (6)
P2_8	8 (7)	8 (7)	8 (7)

표 4. 정적펄싱에 대한 신호획득(추적) 결과(L1, P=3)
Table 4. Acquisition(Tracking) result for static pulsing(P=3)

정적 펄싱 방식 (P=3)	신호획득 결과 (Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
P3_0	7 (6)	8 (7)	7 (6)
P3_1	7 (5)	7 (5)	7 (5)
P3_2	8 (6)	8 (6)	7 (5)
P3_3	7 (5)	7 (5)	8 (5)

표 5. 정적펄싱에 대한 신호획득(추적) 결과(L1, P=4)
Table 5. Acquisition(Tracking) result for static pulsing(L1, P=4)

정적 펄싱 방식 (P=4)	신호획득 결과 (Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
P4_0	7 (6)	8 (7)	8 (5)
P4_1	7 (5)	7 (5)	8 (3)
P4_2	7 (5)	8 (6)	7 (5)

표 6. 정적펄싱에 대한 신호 획득(추적) 결과(L1, P=5)
Table 6. Acquisition(Tracking) result for static pulsing(L1, P=5)

정적 펄싱 방식 (P=5)	신호획득 결과 (Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
P5_0	7 (4)	7 (4)	8 (2)
P5_1	6 (4)	6 (4)	7 (3)

표4, 표5, 표7에서 진하게 표시된 셀은 일반적인 경향에서 벗어난 데이터이다. 즉 K가 증가했는데 획득된 위성수가 감소한 경우이다. 표 값은 한 번 수신한 데이터로 계산한 결과이며 또 획득 경계값이 고정되어 사용한 경우이므로 이런 일이 발생할 수도 있다고 본다.

표7은 위성 개수가 증가할 때 P1_0, P2_0, P3_0, P4_0, P5_0를 모아 정리한 표이다. 실 데이터를 받아서 신호획득(추적)을 한 결과이므로 신호의 세기에 따른 약간씩 다른 결과(진한 부분)가 나올 수 있지만 전체적인 경향은 변하지 않는다고 볼 수 있다.

표 7. 정적펄싱에 대한 신호 획득(추적) 결과(L1)
Table 7. Acquisition(Tracking) result for static pulsing(L1)

의사위성 개수(P) (정적 펄싱)	신호획득 결과 (Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
1 (P1_0)	8 (8)	8 (8)	8 (8)
2 (P2_0)	8 (6)	8 (6)	8 (6)
3 (P3_0)	7 (6)	8 (7)	7 (6)
4 (P4_0)	7 (6)	8 (7)	8 (5)
5 (P5_0)	7 (4)	7 (4)	8 (2)

표3-표6을 보면 정적펄싱의 경우 의사위성이 3개까지는 GPS 위성이 5개 이상 추적되어 측위를 할 수 있음을 알 수 있다.

4-1-2 이동펄싱에 대한 L1 신호 획득 결과

그림10과 같이 의사위성을 1개, 2개, 3개 사용하는 경우에 이동펄싱 방법에 대해서 L1 신호의 획득 알고리즘을 적용하였고 표8과 같은 결과를 얻었다.

이동펄싱 방식에 따른 결과로서 정적펄싱의 경우와 마찬가지로 의사위성 개수가 증가하면 위성획득 수가 감소하고 K값이 증가할수록 위성획득 수가 증가하는 것을 확인할 수 있다.

표 8. 이동펄싱에 대한 신호 획득(추적) 결과(L1)
Table 8. Acquisition(Tracking) result for sweep pulsing(L1)

의사위성 개수(P) (이동 펄싱)	신호획득 결과(Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
1	8 (6)	8 (6)	8 (6)
2	8 (6)	8 (6)	7 (5)
3	8 (5)	8 (5)	8 (4)
4	8 (6)	8 (6)	7 (4)
5	8 (6)	8 (6)	7 (4)

4-1-3 랜덤펄싱에 대한 L1 신호 획득(추적) 결과

그림11과 같이 랜덤펄싱 방법에 대해서 L1 신호의 획득 알고리즘을 적용하였고 표9와 같은 결과가 나왔다.

표 9. 랜덤펄싱에 대한 신호 획득(추적) 결과(L1)
Table 9. Acquisition(Tracking) result for random pulsing(L1)

의사위성 개수(P) (랜덤 펄싱)	신호획득 결과(Th = 7)		
	K=10	K=5	K=2
1	8 (7)	8 (7)	8 (7)
2	8 (7)	8 (7)	8 (7)
3	8 (7)	8 (7)	8 (6)
4	7 (6)	7 (6)	8 (6)

표10은 정적펄싱, 이동펄싱, 랜덤펄싱 세가지 방식에 대하여 의사위성 개수가 P=1일 경우 신호획득 결과를 비교한 결과로 정적 펄싱이 가장 좋은 결과를 보였다.

표11은 세가지 펄싱 방식에 대하여 의사위성 개수가 P=2, P=3, P=4일 경우 신호획득 결과를 비교한 결과이며 정적펄싱은 가장 나쁜 경우를 선택하였다. 표 11은 의사위성 개수가 두 개 이상인 경우 랜덤 방식이 가장 좋은 결과를 보였다.

표 10. 펄싱 방식에 대한 신호획득(추적) 결과 비교(L1, P=1)
Table 10. Comparison of Acquisition(Tracking) Result for three Pulsing Scheme (L1, P=1)

의사위성 P = 1	K = 10	K = 5	K = 2
정적 펄싱 방식	8 (8)	8 (8)	8 (8)
이동 펄싱 방식	8 (6)	8 (6)	8 (6)
랜덤 펄싱 방식	8 (7)	8 (7)	8 (7)

표 11. 펄싱 방식에 대한 신호획득(추적) 결과 비교 (L1, P=2,3,4)
Table 11. Comparison of Acquisition(Tracking) Result for three Pulsing Scheme (L1, P=2,3,4)

의사위성 P = 2	K = 10	K = 5	K = 2
정적 펄싱 방식	8 (7)	8 (7)	8 (7)
이동 펄싱 방식	8 (6)	8 (6)	7 (5)
랜덤 펄싱 방식	8 (7)	8 (7)	8 (7)
의사위성 P = 3	K = 10	K = 5	K = 2
정적 펄싱 방식	7 (6)	7 (5)	6 (4)
이동 펄싱 방식	8 (5)	8 (5)	8 (4)
랜덤 펄싱 방식	8 (7)	8 (7)	8 (7)
의사위성 P = 4	K = 10	K = 5	K = 2
정적 펄싱 방식	6 (5)	6 (5)	6 (4)
이동 펄싱 방식	8 (6)	8 (6)	7 (4)
랜덤 펄싱 방식	7 (6)	7 (6)	8 (6)

4-2 GPS L2C 신호에 대한 펄싱 실험 결과

GPS L2C 신호는 2011년 3월 17일 오후 7시에 중앙대학교 제1공학관 옥상에서 샘플링 주파수 6MHz로 수신되었고 소프트웨어 수신기의 획득 알고리즘 수행 결과 표12와 같이 5개의 위성이 획득되었고 신호 추적도 잘 수행되었다.

표 12. GPS L2C 신호 획득 및 추적 결과
Table 12. GPS L2C Signal Acquisition and Tracking Result

Channel	PRN	Frequency	CM Code	CL Code	CL ID
1	1	1711475	107978	107984	67
2	12	1706275	739	744	66
3	25	1707925	64427	64433	67
4	29	1710700	116959	116965	67
5	31	1709825	82263	82269	67

4-2-1 정적펄싱에 대한 L2C 신호 획득 및 추적 결과

그림6과 같이 2개의 의사위성을 사용하는 경우에 여러 가지 정적펄싱 방법에 대해서 L2C 신호 획득 알고리즘을 적용하였다. 표3에서는 1ms 데이터를 여러 개 사용하지만 L2C신호의 획득에는 20ms 데이터를 사용하므로 K=1로 간주된다. 표13은 의사위성이 2개일 때 신호획득 결과를 보여주며, 표14-표16은 그림6-그림8에 대한 펄싱 결과를 보여준다. 표17은 위

성 개수가 증가할 때 P1_0, P2_0, P3_0, P4_0, ... 등을 모아 정리한 표이다. 표13-표17에서 신호 추적이 되는 위성의 수를 괄호로 표시하지 않은 이유는 L2C 신호의 경우에는 획득된 위성이 모두 신호 추적이 잘 수행되었기 때문이다.

표17을 보면 정적펄싱의 경우 의사위성이 6개일때 까지 신호 획득 및 추적되는 위성의 수가 4개 이상이어서 측위가 가능함을 알 수 있다.

표 13. 정적펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C, P=2)
Table 13. Acquisition and Tracking Result for Static Pulsing(L2C, P=2)

정적 펄싱 방식 (P=2)		정적 펄싱 방식 (P=2)	
유형	신호획득	유형	신호획득
P2_0	5	P2_5	5
P2_1	5	P2_6	5
P2_2	4	P2_7	5
P2_3	5	P2_8	5
P2_4	5		

표 14. 정적펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C, P=3)
Table 14. Acquisition and Tracking Result for Static Pulsing(L2C, P=3)

정적 펄싱 방식 (P=3)	
유형	신호획득
P3_0	4
P3_1	4
P3_2	4
P3_3	4

표 15. 정적펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C, P=4)
Table 15. Acquisition and Tracking Result for Static Pulsing(L2C, P=4)

정적 펄싱 방식 (P=4)	
유형	신호획득
P4_0	4
P4_1	4
P4_2	4

표 16. 정적펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C, P=5)
Table 16. Acquisition and Tracking Result for Static Pulsing(L2C, P=5)

정적 펄싱 방식 (P=5)	
유형	신호획득
P5_0	4
P5_1	4

표 17. 정적펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C)
Table 17. Acquisition and Tracking Result for Static Pulsing(L2C)

의사위성 개수(P)	신호획득 결과
1 (P1_0)	5
2 (P2_0)	5
3 (P3_0)	4
4 (P4_0)	4
5 (P5_0)	4
6 (P6_0)	4
7 (P7_0)	3
8 (P8_0)	3
9 (P9_0)	2

4-2-2 이동펄싱에 대한 L2C 신호 획득 및 추적 결과

그림10과 같이 의사위성을 1개, 2개, 3개 사용하는 경우에 이동펄싱 방법에 대해서 L2C 신호 획득 알고리즘을 적용하였고 표18과 같은 결과가 나왔다.

표 18. 이동펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C)
Table 18. Acquisition and Tracking Result for Sweep Pulsing (L2C)

의사위성 개수(P) (이동 펄싱 방식)	신호획득 결과
1	5
2	4
3	4
4	3

4-2-3 랜덤펄싱에 대한 L2C 신호 획득 결과

그림11과 같이 랜덤펄싱 방법에 대해서 L2C 신호의 획득 알고리즘을 적용하였고 표19와 같은 결과가 나왔다.

표 19. 랜덤펄싱에 대한 신호획득 및 추적 결과(L2C)
Table 19. Acquisition and Tracking Result for Random Pulsing (L2C)

의사위성 개수(P) (랜덤 펄싱 방식)	신호획득 결과
1	5
2	4
3	4
4	4

표20에서는 GPS L2C 신호에 대해서 세 가지 펄싱 기법을 적용할 때의 신호 획득 및 추적 위성수를 모아 놓았다. 성능이 비슷함을 알 수 있으나 정적펄싱의 성능이 다소 더 좋았다. 펄싱 기법에 관계없이 의사위성이 3개까지는 측위가 가능하고 정적펄싱은 6개까지 측위가 가능함을 알 수 있다.

표 20. 펄싱 방식에 대한 신호획득 및 추적 결과 비교 (L2C, P=1,2,3,4)

Table 20. Comparison of Acquisition and Tracking Result for hree Pulsing Scheme (L2C, P=1,2,3,4)

	P = 1	P = 2	P = 3	P = 4
정적 펄싱 방식	5	5	4	4
이동 펄싱 방식	5	4	4	3
랜덤 펄싱 방식	5	4	4	4

V. 결 론

GPS 의사위성은 GPS 수신기의 신호대 잡음비를 감소시키므로 의사위성이 많을수록 GPS 수신기의 획득성능은 나빠진다. 본 논문에서는 RTCM에서 권장하는 10% 듀티사이클의 펄싱을 사용하였고 GPS 실 데이터를 사용하여 L1, L2C 신호의 획득 성능을 분석하였다. 위사위성이 2개 이상일 때는 펄싱이 중복되지 않고, 수신기에서 의사위성 신호 감지시 blanking을 적용시키는 것으로 가정하였다. GPS L1신호의 경우 의사위성이 1개일때는 정적펄싱에 대한 GPS 소프트웨어 수신기의 신호 획득 및 추적 성능이 가장 좋았고 2개 이상일 때는 랜덤펄싱에 대한 성능이 가장 좋았다. L2C 신호는 20ms의 데이터를 획득

에 사용하므로 세가지 펄싱에 대한 성능이 비슷하게 안정적으로 나왔는데 정적펄싱에 대한 성능이 약간 좋게 나왔다. 측위는 4개 이상의 위성이 추적되면 가능한데 펄싱기법에 따라서 약간씩 다르게 나왔지만 L1, L2C 모두 의사위성 3개까지는 모든 펄싱에 대해서 측위가 가능한 것으로 나왔다.

감사의 글

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

참 고 문 헌

- [1] Bryant D. Elrod and A.J.Van Dierendonck, "Pseudolites", *Global Positioning Systems: Theory and Applications, Volume 164 PROGRESS IN ASTRONAUTICS AND AERONAUTICS*, AIAA Inc, 1996.
- [2] H. Stewart Cobb, GPS Pseudolite: Theory, Design, and Application, Ph.D. Dissertation, *Stanford University*, 1997.
- [3] M.O.Kanli, "Limitations of Pseudolite Systems using Off-The-Shelf GPS Receivers", *GNSS SYDNEY 2004*, 2004.
- [4] A.J. Van Dierendonck, P.Fenton, and C.Hegarty, "Proposed Airport Pseudolite Signal Specification for GPS Precision Approach Local Area Augmentation Systems", *Proceedings of the 10th Int. Technical Meeting of the Satellite Division of The Institute of Navigation(ION GPS 1997)*, September 16-19, 1997.
- [5] E.A. LeMaster, "Self-Calibrating Pseudolite Arrays: Theory and Experiment", a dissertation, *Stanford University*, 2002.
- [6] 기창돈, "의사위성을 이용하는 위성항법 제반기술 개발에 관한 연구", *정보통신부 국제 공동연구지원사업 연구 결과 보고서*, 2000.

권 금 철 (權金喆)



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

양 철 관 (梁哲官)



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

심 덕 선 (沈德善)



1984년 서울대 제어계측공학과 공학사
1986년 서울대 제어계측공학과 공학 석사
1993년 미시간대 항공우주공학과 공학 박사
1995년 3월~현재 중앙대학교 전자 전기공학부 교수
관심분야 : 제어, GPS, 관성항법시스템, 필터링, 고장검출.

정 태 상 (鄭台相)



1978년 서울대 전기공학과 공학사
1982년 미국 Ohio 주립대 전기공학과 공학석사
1985년 미국 Ohio 주립대 전기공학과 공학박사
1986~1992년 미국 Kentucky대 조교수
1992년~현재 중앙대학교 전자 전기공학부 교수
관심분야 : 컴퓨터, 반도체, SOC 설계

기창돈 (奇昌敦)



1984년 2월 : 서울대학교 항공공학과
(공학사)

1986년 2월 : 서울대학교 항공공학과
(공학석사)

1994년 1월 : Stanford Univ. 항공
우주공학과(공학박사)

1996년 9월 ~ 2000년 9월 : 서울
대학교 기계항공공학부 조교수

2000년 10월 ~ 2006년 9월 : 서울대학교 기계항공공학부
부교수

2006년 10월 ~ 현재 : 서울대학교 기계항공공학부 교수
관심분야: 위성항법시스템, 실시간 보정위성항법시스템,
실시간 광역보정위성항법시스템, 실시간 초정밀 위치결정
시스템, 항공기/우주비행체 자세결정, 무인항공기 자동
제어 시스템, 항공기 자동착륙 유도제어 시스템, 차량항법
시스템, 실내용 자동항법시스템, 위성체 위치결정 시스템,
항공교통 관제시스템, Avionics