

GPS 위성 신호의 시간에 따른 정확도 추이에 관한 연구

김재훈, 김도현, 손민철, 조만기, 김용대
한국과학기술원 전기및전자공학부

jaehoon.kim99@kaist.ac.kr, dohyunjk@kaist.ac.kr, mcson@kaist.ac.kr, mgcho0608@kaist.ac.kr,
yongdaek@kaist.ac.kr

A Study on the Accuracy of GPS Satellite Signals Over Time

Jaehoon Kim, Dohyun Kim, Mincheol Son, Mangi Cho, Yongdae Kim
School of Electrical Engineering, KAIST

요 약

본 논문은 GPS (Global Positioning System)의 오차의 정도를 나타내는 값인 정확도가 시간에 따라 어떻게 변화하는지 분석한다. 6 종류의 GPS 정확도 값을 수집하여 분석한 결과, 정확도 값은 초기에 안정화가 필요하고, 변화량이 큰 구간이 다수 존재하고, 시간에 따라 반복되는 경향성이 존재함을 확인하였다.

I. 서 론

GPS (Global Positioning System)는 크게는 공항, 통신기지국 등의 국가기반 시설의 시간 동기화에서부터 작게는 개인용 휴대기기의 위치 추정 및 추적에 이르기까지 다양한 분야에서 사용되고 있다. 하지만 GPS 를 통해서 계산된 위치, 시간정보 등은 대기권에서의 굴절, 위성 궤도 상의 오차, 위성들 간의 상대적 위치, 수신기의 환경 등의 다양한 원인들로 인하여 오차가 발생하게 된다[1].

이러한 오차는 환경에 따라서 변화하기 때문에 오차의 정도를 나타내는 값으로 GPS 의 정확도 값을 사용한다. 정확도 값을 계산할 때는 수신기의 정확한 위치와 시간을 알 수 없기 때문에 측정값들이 얼마나 좁은 범위로 분산되어 있는지를 나타내는 원형 공산 오차 (CEP) 등을 사용한다[2]. 실제로 상용 GPS 수신기에서는 사용자들을 위해 다양한 정확도 추정값들을 제공하고 있다.

본 연구에서는 상용 GPS 수신기를 이용하여 고정된 위치에서 GPS 위성 신호를 수집하고 그 정확도 값의 추이에 대하여 분석하였다. 분석 결과, GPS 위성 신호의 정확도는 시간에 따라 반복되는 일정한 경향성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

II. 본론

본 논문에서는 1) GPS 의 시간, 주파수, 위치, 수평, 수직, 속도 정확도 추정 값들을 수집하고 2) 시간에 따른 GPS 정확도 추이 분석 및 3) 시간에 따른 GPS 정확도 값의 반복성 분석, 그리고 4) 분석 결과 활용 방안을 제시한다.

가. GPS 위성신호 수집 환경 구성

GPS 위성신호의 수집 환경을 다음과 같이 구성하였다. 고정된 위치에서 GPS 신호를 안정적으로 수집하기

위하여 개방된 옥상에 GPS 안테나를 설치하고 GPS 수신기로 사용한 u-blox 사의 EVK-M8T 수신기에 연결하였다[3]. 그리고 수신기와 컴퓨터를 연결하여 0.2 초마다 6 개의 정확도 추정 값 (시간, 주파수, 위치, 수평, 수직, 속도 정확도)을 수집하도록 설정하였다. 또한, GPS 외의 GNSS 신호는 수집하지 않도록 설정하였고, 수신기의 GPS 패킷으로부터 정확도 데이터를 추출하고 저장하기 위해서 RTKLIB[4]를 활용하였다.

나. 시간에 따른 정확도 추이 분석

앞에서 구성한 수집 환경을 토대로 시간에 따른 변화를 확인하기 위해서 최소 약 2 일에서 최대 약 4 일간의 기간 동안 연속적으로 GPS 정확도 추정 값을 수집하였다.

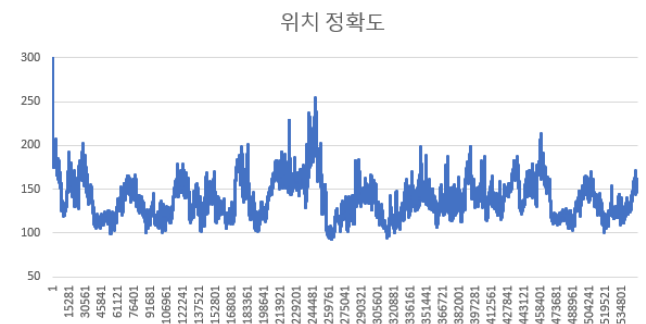


그림 1. 시간에 따른 GPS 위치 정확도 값 추이

수집한 GPS 신호의 정확도 추정 값 중 위치 정확도 값의 시간에 따른 변화를 그려본 결과, 그림 1 과 같이 나타났다. 정확도 추정 값이 원형 공산 오차 등의 분산 값으로 계산되기 때문에 신호를 수집하기 시작한 직후에는 정확도 추정 값이 매우 큰 값을 가지다가 빠른 속도로 안정화되는 현상을 보이는 것을 알 수 있다.

값이 안정화된 이후에는 위치 정확도가 100 에서 250 사이의 넓은 범위의 값을 가지며 계속 변화하는데, 고정된 위치에 수신기가 위치함에도 정확도 값이 짧은

시간동안 크게 변화하는 구간이 많이 존재하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 가시범위에 존재하는 위성의 숫자가 변화하는 시점에 정확도가 크게 바뀌기 때문인 것으로 추측된다.

위와 같은 경향성은 위치 정확도 뿐만 아니라 다른 정확도 추정 값들에 대해서도 동일하게 나타나는 것을 확인할 수 있었다. 또한, 정확도 증감의 주기는 모든 정확도 추정 값에서 유사하게 나타나는 것으로 보아 정확도 값들 사이에는 양의 상관관계가 있는 것을 확인할 수 있었다.

다. 시간에 따른 정확도 값의 반복성 분석

그림 1 에서 시간에 따른 위치 정확도 값은 그 변화가 반복되는 경향성을 가지는 것으로 보인다. 이러한 반복되는 경향성은 다른 정확도 추정 값에 대해서도 확인할 수 있었다. GPS 의 정확도가 반복되는 경향성을 가지는지 분석하기 위하여 수집한 GPS 신호 데이터의 위치 정확도를 24 시간 단위로 나누어서 각 데이터에 대해 시간에 따른 GPS 위치 정확도 값 추이를 관측하였다.

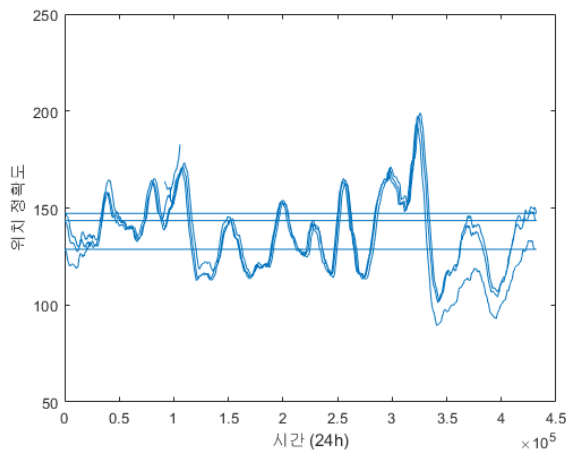


그림 2. 24 시간동안 GPS 위치 정확도 추이의 분포

약 4 일 기간의 연속된 위치 정확도 값에 moving average filter 를 적용한 후, 24 시간 단위로 나누어서 나타낸 결과 그림 2 와 같은 그래프로 나타났다. 위치 정확도의 값이 24 시간 단위로 반복되는 경향성을 나타내는 것을 확인할 수 있었고, 이런 경향성은 다른 정확도 추정 값에도 동일하게 나타났다.

라. 분석 결과의 활용방안

앞의 분석 결과를 통해 GPS 정확도 값은 1) 수집 초기에 매우 큰 값을 가지다가 빠르게 안정화되고, 2) 짧은 시간동안 값의 변화가 큰 구간이 다수 존재하며, 3) 24 시간 단위로 반복되는 3 가지 경향성을 가지는 것을 확인할 수 있었다.

따라서, GPS 수신기의 값은 작동 직후가 아닌 안정화된 이후에 사용하는 것이 필요하다. 또한, GPS 의 정확도가 크게 변하는 구간이 다수 존재하기 때문에 GPS 외의 GLONASS 신호를 사용하거나 추가적인 센서를 사용하는 등의 방법을 통해서 값을 보정하는 사용해야 정확한 위치, 시간정보를 지속적으로 얻을 수 있다. 특히, 작은 오차에도 민감한 기반시설이나, 정확도 변화의 폭이 더 클 수 있는 자동차나 드론 등의 이동체는 보정이 필수적이라고 할 수 있다.

마지막으로 정확도 값이 반복되는 경향성은 여러가지 방향으로 활용될 수 있다. 먼저, 고정된 위치에서 GPS 신호를 수신하는 환경에서 사용자는 GPS 신호가

특정시간에 어떠한 정확도 값을 가지는 지 어느정도 유추할 수 있기 때문에 이를 바탕으로 적합한 보정방법을 활용하여 같은 환경에서 보다 더 정확한 위치, 시간정보를 계산할 수 있을 것으로 기대된다. 반대로, 공격자의 입장에서는 특정 위치에서 GPS 가 가장 부정확한 시간을 알아낼 수 있기 때문에 이를 GPS 재밍 공격이나 스푸핑 공격에 활용하여 더욱 효율적인 공격을 수행하는 것이 가능하다.

III. 결론

본 논문에서는 GPS 위성 신호로부터 6 종류의 정확도 값을 수집하여 시간에 따른 정확도 값의 추이와 반복성을 분석하였다. 분석 결과, GPS 를 통해 계산된 값은 수신기 작동 직후에 매우 부정확하며, 정확도가 크게 변화하는 구간이 다수 존재하고, 24 시간 단위로 정확도가 반복되는 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구에서는 이러한 경향성을 활용한 GPS 스푸핑 공격방법과 그 방어방법을 개발하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 연구는 과학기술정보통신부의 재원으로 한국연구재단, 무인이동체원천기술개발사업단의 지원을 받아 수행되었음.
(No.2020M3C1C1A01084524)

참 고 문 헌

- [1] United States Department of Defense. 2001. Global positioning system standard positioning service performance standard.
- [2] NovAtel. 2003. GPS Position Accuracy Measures.
- [3] U-blox. 2017. EVK-8/EVK-M8. <https://www.u-blox.com/en/product/evk-8evk-m8>.
- [4] Tomoji Takasu. 2006. RTKLIB: An Open Source Program Package for GNSS Positioning. <http://www.rtklib.com/>.