

# GNSS와 기압계 센서융합을 통한 정밀한 3차원 측위 기법

## Accurate 3D Positioning with GNSS and Barometer

허동욱<sup>1</sup> · 최성록<sup>1†</sup>

Dongwook Heo<sup>1</sup>, Sunglok Choi<sup>1†</sup>

**Abstract:** This study addresses the challenge of accurate 3D positioning in urban environments by integrating GNSS (global navigation satellite system) and barometer data. While GNSS with RTK (real-time kinetics) correction provides cm-level accuracy, its performance deteriorates in urban canyons due to multipath effects and signal blockage, particularly affecting vertical positioning accuracy. We conduct a comparison of 3 integration approaches: a traditional fixed reference point method, a barometer drift compensation method, and our newly proposed velocity estimation method with adaptive covariance. The integration framework utilizes an extended Kalman filter (EKF). Our proposed method performs better by dynamically adjusting to varying sensor reliability conditions. Quantitative results show that our method maintains stable altitude estimation in GNSS-degraded environments, while conventional methods show drift and inaccurate results. The method proves particularly effective in urban canyons where GNSS signals are frequently compromised, providing a robust foundation for accurate 3D positioning in challenging environments.

**Keywords:** 3D positioning, GNSS, GPS, Barometer, Sensor fusion, Extended Kalman filter (EKF)

### 1. 서 론

GNSS (global navigation satellite system)는 드론, 자동차, 선박 등 실외 이동체의 위치 추정에 많이 활용되는 센서 중 하나이다. GNSS는 RTK (real-time kinetics) 보정을 적용하면 수 cm 단위의 높은 위치 추정 정확도를 가지고, 전역적인 위치를 추정할 수 있어 정밀한 측위가 필요한 곳에 많이 사용된다. 하지만, 도심 지역에서 다중 경로 문제와 신호 차단 문제 등으로 신호의 신뢰도가 급격히 저하되는 문제가 있다. 이는 위성의 기하학적 특성으로 인해 수직 정확도에서 문제가 두드러지며, 고도 추정에서 큰 문제를 가진다<sup>1)</sup>.

이러한 고도 추정 문제를 해결하기 위해 기압계와 통합하는 연구들이 있었다. 하지만, 기압계의 경우, 온도, 습도, 대기의 흐름 등의 환경 조건에 민감하게 반응하여 drift가 발생하는 문제가 있다. 이 문제를 해결하기 위해 기압 데이터를 상대 고도로 변환하여 고도를 추정하는 연구<sup>2, 3)</sup>와 다중 기압계를 기지국과 이동국으로 사

용하여 차분을 통해 drift를 보상하는 연구<sup>4)</sup>가 있었다.

본 연구에서는 GNSS와 단일 기압계를 사용하는 방법론에 집중하여, 기존 연구들과 향후 소개하고자 하는 방법을 실제 센서에 적용하여 비교함으로써 특성을 파악했다. 이를 통해 GNSS 센서 데이터의 신뢰도 저하 환경에서도 강인하게 3차원 위치를 추정하는 GNSS와 기압계 센서 융합 방법을 연구하는데 기초로 활용하고자 한다.

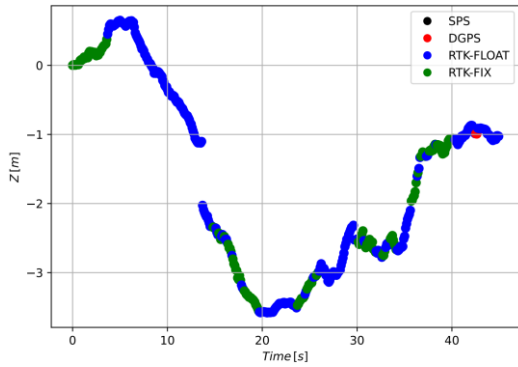
### 2. 세 가지 GNSS+Barometer 통합 측위 방법

GNSS와 기압계가 통합된 두 가지 기존 3차원 위치 추정 방법과 새롭게 제안하는 방법을 비교 분석하였다. GNSS는 ublox ZED-F9R, 기압계는 ZED 2 스테레오 카메라에 내장된 기압계를 사용하였고, EKF (extended Kalman filter)를 통해 통합된다. 실험 데이터는 한양여대 (37° 33' 31.2"N, 127° 2' 55.0"E) 인근 7° 경사로에서 루프를 그리며 수집했다. GNSS 데이터는 위도, 경도, 고도 형태로 받아, 투영 좌표계로 변환하여 사용했다.

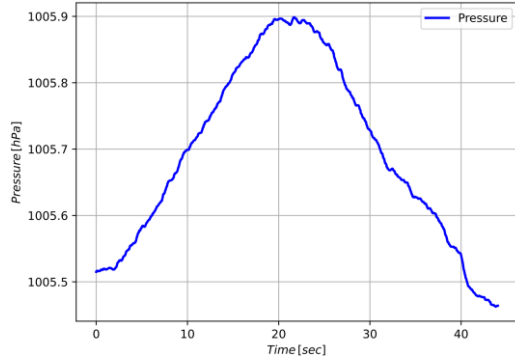
※This research was supported by MSIT/NRF Grant for Bridge Convergence R&D Program (AI-based Localization and Path Planning on 3D Building Surfaces, 2021M3C1C3096810).

1. SEOULTECH, Seoul, Korea

† Corresponding author (sunglok@seoultech.ac.kr)



[Fig. 2] GNSS data time-z plot with GNSS solution mode



[Fig. 3] Barometer data time-pressure plot

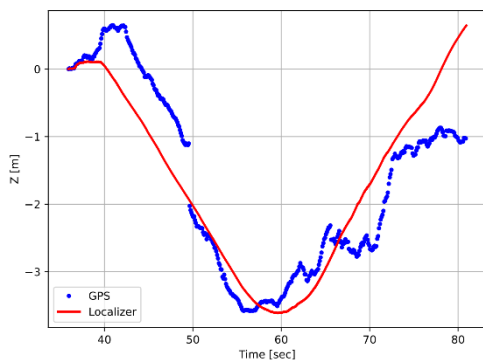
### 2.1 고정 기준점 방법

이 방법은 고정된 위치를 기준으로 상대 고도를 구해 절대 고도를 추정한다. 상대 고도 추정에는 다음의 수식을 사용한다<sup>[2]</sup>.

$$\Delta h = \frac{T_0}{T_{grad}} \left( 1 - \left( \frac{P}{P_0} \right)^{\frac{T_{grad}}{Rg}} \right) \quad (1)$$

$h$ 는 고도,  $T$ 는 온도,  $P$ 는 압력이고, 0은 기준점에서의 측정값이다.  $T_{grad}$ 는 고도 변화에 따른 온도의 변화이고,  $R$ 은 기체 상수,  $g$ 는 중력 가속도이다.

초기 GNSS 측정값이 정확한 경우, 안정적으로 고도를 추정하지만, 시간이 지남에 따라 drift가 발생한다.

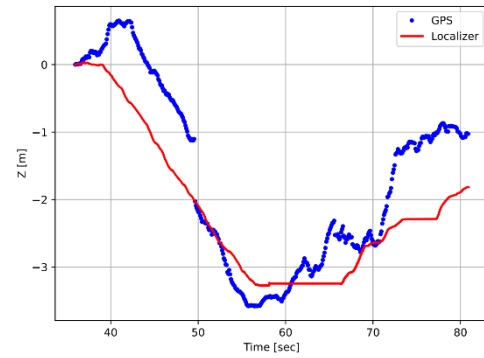


[Fig. 4] Fixed-reference altitude correction approach

### 2.2 기압계 Drift 보상 방법

식 (1)을 동일하게 사용하여 상대 고도를 추정하고, 기압계의 drift를 보상하기 위한 제어 모듈이 추가된 방식이다. IMU 등의 관성 센서로 획득한 pitch 각도를 기반으로 차량이 주행 중 고도가 변할 수 있는 상황인지 판단하여 drift를 보상하는 방법이다<sup>[3]</sup>.

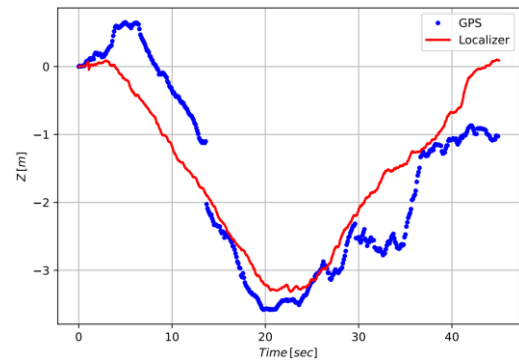
이 방법은 장기적인 안정성을 개선할 수 있으나, 임계 피치 각도의 설정에 따라 성능이 크게 좌우될 수 있다. 또한, 고도 변화가 크지 않은 도심지 내를 주행하는 차량의 위치 추정에 특화된 성능을 보인다.



[Fig. 5] Drift compensation approach

### 2.3 속도 추정 방법

본 연구에서 새롭게 제안하는 방법은 식 (1)을 활용하여 기준점을 변경하며 속도를 추정하고, 이를 통해 고도를 예측하는 방법이다. 또한, GNSS 센서 데이터의 공분산을 기반으로 측정값의 신뢰도를 보정한다.



[Fig. 6] Velocity correction &amp; adaptive covariance approach

## 3. 결론

본 연구를 통해 GNSS와 단일 기압계를 이용한 위치 추정 방법들의 성능을 실제 데이터와 함께 정성적으로 비교 분석하였다. 주요 결과는 다음과 같다:

1. GNSS 단독 사용은 도심 환경에서 정확도가 크게

저하되는 한계를 보였다.

2. 고정 기준점 방식은 초기 측정 값이 정확해야 하며, 장기간 사용 시 **drift**로 인한 정확도 저하가 발생했다.

3. 기압계 **drift** 보상 방법은 **drift** 제어를 통한 장기 안정성이 개선되었으나, 임계 각도 설정에 따른 성능 변동이 큰 것으로 나타났다.

4. 제안된 새로운 방법은 **GNSS**와 기압계 데이터를 효과적으로 융합하여, **GNSS** 신호가 저하되는 환경에서도 가장 안정적이고 정확한 성능을 보여줬다.

제안된 방법은 짧은 시간 내에 온도가 변화가 없다는 가정으로 모델링 되었다. 따라서, 향후 연구에서는 다양한 환경과 더 긴 기간에서의 추가실험, 온도에 따른 성능 평가, 그리고 다른 센서와의 통합을 통한 성능 향상 가능성을 탐구할 필요가 있다. 이를 통해 더욱 정확하고 신뢰성 있는 위치 추정 시스템의 개발이 가능할 것으로 기대된다.

## References

- [1] Kaplan, Elliott D., and Christopher Hegarty, "Understanding GPS/GNSS: Principles and Applications," 3th Edition, Artech House, 2017.
- [2] Jungi Park, Dongsun Lee, and Chansik Park, "Implementation of Vehicle Navigation System using GNSS, INS, Odometer and Barometer," Journal of Positioning, Navigation, and Timing, Vol. 4, No. 3, 2015.
- [3] Chiang, Kai-Wei and Chang, Hsiu-Wen and Li, Yu-Hua and Tsai, Guang-Je and Tseng, Chung-Lin and Tien, Yu-Chi and Hsu, Pei-Ching, "Assessment for INS/GNSS/Odometer/Barometer Integration in Loosely-Coupled and Tightly-Coupled Scheme in a GNSS-Degraded Environment," IEEE Sensors Journal, Vol. 20, No. 6, 2020.
- [4] Parviainen, J., Kantola, J., and Collin, J., "Differential Barometry in Personal Navigation," IEEE/ION Position, Location and Navigation Symposium, 2008.