

UWB と GNSS/INS 複合による都市部における シームレス航法に関する研究

Research on seamless navigation in urban areas using UWB and GNSS/INS combined

逢坂 惇志 辻井 利昭
Atsushi Osaka Toshiaki Tsujii

大阪公立大学大学院 工学研究科
Graduate School of Engineering, Osaka Metropolitan University

1 研究の背景・目的

近年 GNSS は様々なシステムで利用が拡大している。今後はより高精度・高信頼性が求められると考えられる。特に現在、「空飛ぶクルマ」が注目を浴びており高精度・高信頼性が求められる。しかし、「空飛ぶクルマ」の離着陸時には GNSS 信号に干渉する建物が多く、その精度・信頼性が低下することが考えられる。本研究では、測位システム「UWB (Ultra-Wide Band)」を用いた場合の測位精度を評価し、GNSS、INS との複合航法を行うことで都市部における測位精度の向上を目的とした。

2 研究概要

2.1 UWB の測距・測位技術

UWB は、非常に短いパルス波データとして送信するという特徴がある。パルスの受信時刻と応答時刻に基づいて、式 (1) より距離を推定した。ここで信号送信から受信までの時間(T_{round1} , T_{round2})と信号受信から送信までの時間(T_{reply1} , T_{reply2})を用いて、また、得られた距離データから測位解は三点測位手法により導いた。

$$d = c \frac{T_{round1} \cdot T_{round2} - T_{reply1} \cdot T_{reply2}}{T_{round1} + T_{round2} + T_{reply1} + T_{reply2}} \quad (1)$$

2.2 複合理論

UWB・GNSS と INS の複合手法として式(2)のような拡張カルマンフィルタ(EKF)を用いた。ここで、 $\mathbf{x}_{k,r}^{ecef}$ ・ $\mathbf{v}_{k,r}^{ecef}$ は地球固定座標系での位置と速度、 $\mathbf{B}_{k,r}^{body}$ は機体座標系での加速度バイアスを示す。予測ステップとして INS データを、更新ステップとして GNSS, UWB データを用いた。位置更新は等速、速度更新は等加速度運動とした。

$$\begin{cases} \mathbf{x}_k = [\mathbf{x}_{k,r}^{ecef} \quad \mathbf{v}_{k,r}^{ecef} \quad \mathbf{B}_{k,r}^{body}]^T \\ \mathbf{x}_k = f(\mathbf{x}_{k-1}, \mathbf{u}_{k-1}) + \mathbf{w}_k \\ \mathbf{z}_k^{LC} = [\mathbf{x}_k^{GNSS \text{ or } UWB} \quad \mathbf{y}_k^{GNSS \text{ or } UWB} \quad \mathbf{z}_k^{GNSS \text{ or } UWB}]^T \\ \mathbf{z}_k^{LC} = h^{LC}(\mathbf{x}_k) + \mathbf{v}_k^{LC} \end{cases} \quad (2)$$

3 実験概要

福島ロボットテストフィールド(福島 RTF)においてドローンに GNSS アンテナ・受信機、IMU、UWB アンテナを搭載して移動体に対する測位実験を行った。

4. 解析結果

2.2 節で述べた EKF を用いて UWB, GNSS, INS の複合を行った測位結果を Figure 1 に示した。GNSS/UWB の測位データが連続的に得られた時刻以降において、EKF の時間連続性から測位結果の連続性の改善が見られる。ただし、加速度バイアスの増大からデータ後半でより大きなノイズが見られた。

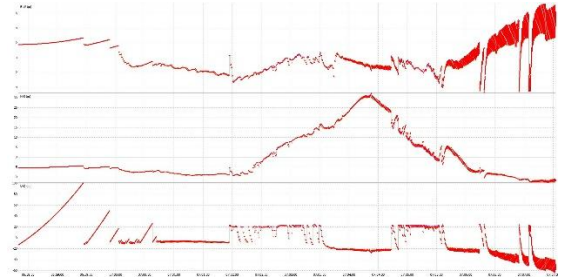


Figure 1 測位結果(左：EKF 複合, 右：GNSS)

5. まとめ及び今後の課題

INS/GNSS・UWB に対する Loosely Coupled の計算により、各データの複合を実現することができた。

さらに UWB の有用性を複合結果に取り入れるために、Tightly Coupled 複合に取り組む。また、高度方向に対する精度向上のために高度基準を明確化し補正を行う。

6. 参考文献

- (1) Weisong Wen, Tim Pfeifer, Xiwei Bai and Li-Ta Hsu. “Factor graph optimization for GNSS/INS integration: A comparison with the extended Kalman filter”. 2021 Institute of Navigation
- (2) Dries Neiryneck, Eric Luk and Michael McLaughlin. “An Alternative Double-Sided Two-Way Ranging Method”. IEEE 2016