

マルチスタティック UWB センサによる人体位置推定法の実験的検討

B-1 Experimental study on human target localization method using multi-static UWB sensor

清水 なな 丸山 健太 中村 僚兵 葉玉 寿弥

Nana SHIMIZU Kenta MARUYAMA Ryohei NAKAMURA Hisaya HADAMA

防衛大学校電気情報学群通信工学科

Department of Communications Engineering, School of Electrical and Computer Engineering, National Defense Academy

1. はじめに

現在, 一般家庭において侵入者による被害が多く報告されており, 侵入者を検知する人体監視システムへの関心が高まっている. これまでに筆者らは, 無指向性の送受信アンテナをマルチスタティックに配置した超広帯域(UWB)無線センサによる人体位置推定法を提案しており, 計算機シミュレーションによりその有効性を検討してきた[1]. その結果, 約 30cm の精度で室内の人体の位置推定が期待できることを確認している. 本稿では, これまで計算機シミュレーションにより検討してきた提案手法の位置推定性能を実験的に検討した結果について述べる.

2. 人体位置推定法

UWB センサは, 数 ns 以下の超短パルスを用いることで, 高分解能な距離に対する受信信号強度分布(レンジプロファイル)を得ることが出来る. 本センサは任意の時間間隔で取得される瞬時レンジプロファイルと屋内が無人状態のレンジプロファイルを比較することで, 人体に対する距離情報を推定することが出来る.

GPS をはじめ, 一般的な測位システムは複数の座標が既知の観測点から測位対象までの距離を推定し, それらに基づく非線形連立方程式を解いて測位を行う[2]. 従って, 既知座標の観測点から人体までの距離が推定できれば, 人体の座標を推定することができる. そこで提案手法では, 既知座標のモノスタティック配置した送受信アンテナと異なる場所に配置した 2 つ以上の受信アンテナを用いて(マルチスタティック), 各受信アンテナから人体までの距離を推定し, 一般的な測位システムと同様に非線形連立方程式を解くことで人体の位置を推定する[1].

3. 実験方法

ベクトルネットワークアナライザ(VNA)を用いて, 図 1 に示した室内(4m×5m)において人体を各所に順次配置しながらレンジプロファイルの計測を行い, オフラインで提案手法による解析を行った. 人体(身長 1.81m)は図 2 の○で表される位置に順次配置し(0.3m 間隔で合計 77 箇所), またモノスタティック配置した一組の送受信アンテナ Tx-Rx1 とマルチスタティック配置した 2 つの無指向性受信アンテナ Rx2 と Rx3 を図 2 の■で表される位置にそれぞれ配置した. なお, 各アンテナには水平面無指向性(2.6dBi)を使用し, 1.2m の高さに設置した. 実験では, 中心周波数は 4.5GHz, 帯域幅(BW)は 1GHz と 3GHz を用いており, 非線形連立方程式の解法としてニュートン法を使用した.

4. 実験結果

まず図 2 に帯域幅が 1GHz の場合の位置推定結果を示す. 図 2 から比較的高精度に位置推定できていることがわかる. しかしな

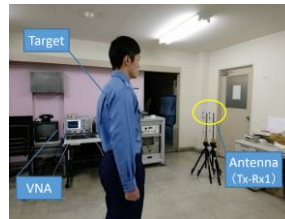


図 1 実験風景

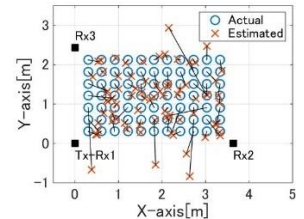


図 2 位置推定結果(BW=1GHz)

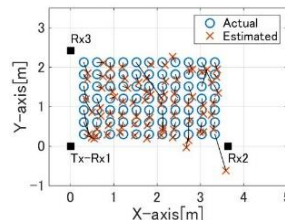


図 3 位置推定結果(BW=3GHz)

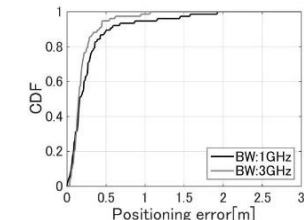


図 4 位置推定誤差の CDF

が, いくつかの測定点において 1m を超える位置推定誤差が発生していることがわかる. これは, 人体のレーダ反射断面積が角度によって異なるためであり, 一時的に感度が低下し, 各アンテナに対する測距誤差が大きくなったためであると考えられる. 次に図 3 に帯域幅が 3GHz の場合の位置推定結果を示す. 図 3 から図 2 の場合に比べて位置推定精度が向上していることがわかるが, これは広帯域を使用することで距離分解能が改善したためである.

図 4 に図 2 および図 3 の各測定点に対する位置推定誤差の累積分布(CDF)を示す. 図 4 から, 帯域幅が 1GHz の場合は, 位置推定誤差の 80% は 0.3m 以下であり, 比較的高精度に位置推定できていることがわかる. さらに, 帯域幅が 3GHz の場合では, 位置推定誤差の 80% 以上が 0.25m 以下であり, またすべての誤差が約 1m 以下であることが確認できる.

5. まとめ

マルチスタティック UWB センサによる人体位置推定法の有効性を実験的に検討した. その結果, 帯域幅が 1GHz と 3GHz の場合において, 人体の位置推定誤差の 80% 以上がそれぞれ 0.3m と 0.25m 以下であり, 高精度に人体の位置推定が可能であることを確認した. 今後は受信アンテナの数やその配置が位置推定に与える影響について実験的に検討する予定である.

参考文献

- [1] 中村僚兵, 黒崎将史, 葉玉寿弥, “マルチスタティック配置した超広帯域無線センサを用いた屋内動体監視システムの位置推定特性について,” 信学論(B), vol.J100-B, no.12, pp.974-983, Dec. 2017.
- [2] 小山, 他, “GPS 測位計算プログラムについて,” 信学技報, SANE2001-6, vol.101, no.33, pp.39-44, April2001.