

無線センサネットワーク可視化システムにおける 仮想オブジェクト表示手法の実装

金丸幸弘^{†1} 鈴木秀和^{†1} 旭健作^{†1} 渡邊晃^{†1}

^{†1} 名城大学大学院理工学研究科

1 はじめに

近年、スマートハウスや環境モニタリングなど様々な場面で無線センサネットワークの普及が見込まれている。しかし、センサデバイス同士は電波で接続するため、動的に変化するネットワークの構造や接続性を把握することが困難である。そのため、保守や管理、障害対応の際には、無線センサネットワークの構造を目視で確認できると有用である。そこで、我々は位置推定技術を用いた無線センサネットワーク可視化システムを提案している [1]。本稿では、タブレットとセンサデバイスの相対的な位置関係に基づいて表示される仮想オブジェクトがタブレットの姿勢を変化させてもセンサデバイスに重畳表示されることを確認する。

2 既存システム

AR (Augmented Reality) 技術を利用した無線ネットワーク可視化システムとして EVANS (Embodied Visualization with AR for Network Systems) がある [2]。EVANS は、EVANS ノードと呼ばれるカメラを搭載したタブレットやスマートフォンなどを用いて、センサデバイスに貼り付けられた特殊なマーカを認識し、カメラ画面上に仮想オブジェクトを表示することにより無線ネットワークを可視化している。

しかし、EVANS ではカメラで認識できる位置および向きにマーカが存在しなければ、仮想オブジェクトをカメラ画面上の正しい位置に表示できない課題がある。

3 提案システム

3.1 概要

提案システムは、タブレットの位置情報および姿勢とセンサデバイスの位置情報に基づいて仮想オブジェクトを表示する。これにより、センサデバイスにマーカを貼り付けることなく、かつ、センサデバイスがカメラの視野外や物陰に隠れている場合でもネットワークを可視化することが可能である。

図 1 に提案システムの構成を示す。提案システムはタブレットと無線センサデバイス、管理サーバにより構成

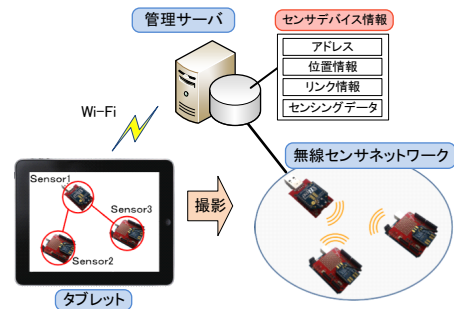


図1 提案システムの構成

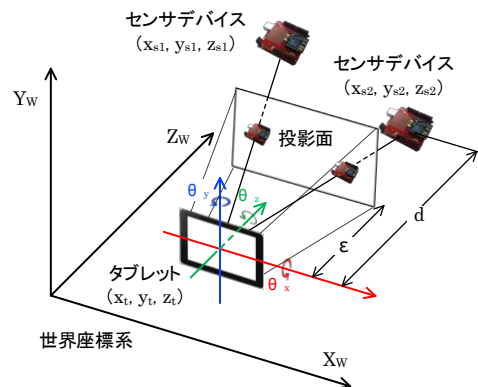


図2 タブレットとセンサデバイスの位置関係

される。タブレットは、カメラ機能と3軸の加速度センサ、3軸地磁気センサを搭載している。無線センサデバイスは無線通信機能を持つ温度センサ、照明センサ、人感センサなどである。管理サーバは、無線センサネットワークの管理機能を持つ PAN (Personal Area Network) コーディネータと接続しており、センサデバイスの位置情報、リンク情報およびセンシングデータを管理する。

3.2 仮想オブジェクトの表示座標の算出

図2にタブレットとセンサデバイスの位置関係を示す。タブレット画面上のセンサデバイスの座標は、タブレットとセンサデバイス間に投影面を想定して算出する。投影面は、タブレットの画面と対応しており、投影面上のセンサデバイスが実際のタブレットの画面に投影される。図2の ϵ はタブレットから投影面までの距離、 d はタブレットからセンサデバイスまでの距離である。投影面上のセンサデバイスの座標は、センサデバイスの位置 (x_{si}, y_{si}, z_{si}) と ϵ および d の比例関係を用いて算出される。このとき、タブレットの位置 (x_t, y_t, z_t) は、

Implementation of Displaying Method of Visual Objects in Wireless Sensor Network Visualization System

Yukihiro Kanamaru^{†1}, Hidekazu Suzuki^{†1}, Kensaku Asahi^{†1} and Akira Watanabe^{†1}

^{†1} Graduate School of Science and Technology, Meijo University

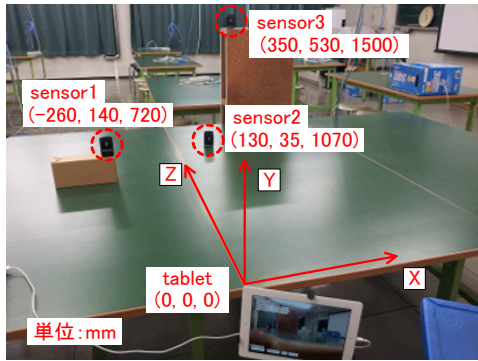


図3 タブレットとセンサデバイスの配置

既存の位置推定技術を用いて推定する。タブレットの姿勢 $(\theta_x, \theta_y, \theta_z)$ は、タブレットに搭載されている加速度センサと地磁気センサの値を解析することにより求める。センサデバイスの位置情報を含むセンサデバイス情報は、管理サーバから取得する。最後に、投影面上のセンサデバイスの座標は世界座標系の単位となっているため、タブレット画面の解像度を用いてタブレット画面上の座標に変換する。これにより、タブレット画面に映るセンサデバイスの座標を算出することができる。

3.3 仮想オブジェクトの描画

提案システムは、3.2の手順により算出したセンサデバイスの座標に仮想オブジェクトを表示することにより、センサデバイスの存在を可視化する。また、仮想オブジェクトはセンサデバイスのアドレスと関連付けられており、管理サーバから取得したリンク情報に基づいて仮想オブジェクト間を線で結ぶことにより、センサデバイス間の無線リンクを可視化する。さらに、仮想オブジェクトをタップすることにより、サーバに管理されている当該するセンサデバイスの詳細情報を表示する。これにより、無線センサネットワークの構造およびセンシングデータの可視化を実現することができる。

4 実装と評価

仮想オブジェクトの表示位置を評価するため、タブレットの位置 (x_t, y_t, z_t) を既知として仮想オブジェクトを描画するプログラムをiPadに実装した。図3の配置で動作検証を行った。図4にiPadの姿勢を $(0, 0, 0)$ とした場合の仮想オブジェクトの描画結果を示す。また、図5にiPadのカメラ方向を時計回り正方向に $26[\text{deg}]$ 変化させた場合の描画結果を示す。図4, 5中の橙色の正方形は仮想オブジェクト、黄色 \times マークは画面上に映るセンサデバイスの座標を示している。表1, 2に実際に画面上に映るセンサデバイスの座標 (x_s, y_s) と仮想オブジェクトの表示位置 (x_v, y_v) を示す。表1を見ると、仮想オブジェクトはiPad画面上のセンサデバイスに誤差 $8[\text{pixel}]$ 以内で重畳表示できている。表2を見るとiPadの姿勢を変化させても仮想オブジェクトは誤差 $9[\text{pixel}]$ 以内で描画できていることが分かる。

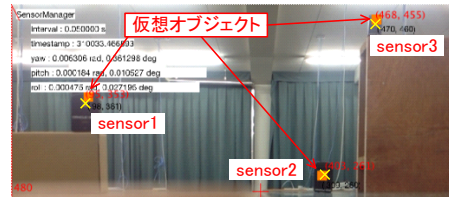


図4 仮想オブジェクトの描画結果

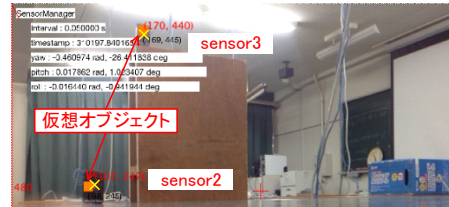


図5 タブレットの姿勢を変化させた場合の描画結果

表1 センサデバイスの座標と仮想オブジェクトの表示座標 (iPadの姿勢変化無し)

	x_s	y_s	x_v	y_v	$x_s - x_v$	$y_s - y_v$
sensor1	95	353	98	361	-3	-8
sensor2	403	261	399	260	4	1
sensor3	468	455	470	460	-2	-5

表2 センサデバイスの座標と仮想オブジェクトの表示座標 (iPadの姿勢変化あり)

	x_s	y_s	x_v	y_v	$x_s - x_v$	$y_s - y_v$
sensor1	画面外		画面外		画面外	
sensor2	107	247	98	245	9	2
sensor3	170	440	169	445	1	-5

これにより、3.2の手順によってiPad画面に映るセンサデバイスの座標を算出して仮想オブジェクトを重畳表示できることを確認した。

5 まとめ

本稿では、位置推定技術を用いた無線センサネットワーク可視化システムにおいてタブレットとセンサデバイスの相対位置から仮想オブジェクトが正しく表示されることを確認した。さらに、タブレットの姿勢が変化しても仮想オブジェクトがタブレット画面上のセンサデバイスを追従することを確認した。今後は、位置推定術の誤差によって生じる仮想オブジェクトの表示誤差を軽減する方法を検討する予定である。

参考文献

- [1] Kanamaru, Y., et al.: Proposal for a Wireless Sensor Network Visualization System Using Location Estimation Technology, ICMU2014, pp.111-116 (2014).
- [2] 島田秀輝ほか: EVANS: 拡張現実感技術を用いた無線ネットワーク可視化システム, DICOMO2010 論文集, pp.2085-2090 (2010).