

## 電波強度に基づく位置推定技術を用いた無線ネットワークの可視化に関する検討

金丸 幸弘† 鈴木 秀和†

†名城大学理工学部

### 1 はじめに

近年, ZigBee や Bluetooth などの近距離無線通信技術が発展してきており, 無線センサネットワークが普及しつつある. 今後はセンサデバイスの小型化・無線化がさらに進み, 目立たない場所に数多く設置されることが考えられる. そのため, 保守や障害対応の際にセンサデバイスおよび無線ネットワークを素早く目視できると有用である.

そこで, 本稿ではタブレット端末と電波強度による位置推定技術を用いて, センサデバイスの位置とリンク状態を可視化するシステムを検討する.

### 2 関連研究

拡張現実感技術 AR (Augmented Reality) を用いたアドホックネットワーク可視化システムとして EVANS[1] がある. AR ノードはカメラを用いてマークが貼られた無線ノードを認識する. また, 無線ノードと直接通信して事前に設定されている位置情報を取得する. AR ノードは認識したマークと取得した位置情報をもとに仮想オブジェクトを生成し, カメラ画像上に無線ノード間のリンクを表示する. これにより, EVANS は無線ノードが構築するアドホックネットワークをカメラ画像上に可視化している.

しかし, 事前に無線ノードにマークを張り付けておく必要があり, それらが AR ノードのカメラから認識できる位置および方向になければ可視化できないなどの課題がある.

### 3 提案方式

本稿ではタブレット端末を使い, AR のように情報を付加することにより, 無線ネットワークの可視化を行う方法を検討する. 既存技術がマークを採用するのに対して, 提案方式では電波を活用して実現する.

図 1 に提案方式のシステム構成を示す. 前提条件として, 可視化の対象となるセンサデバイスの位置情報およびリンク情報は事前にサーバに登録されているも

のとする. タブレット端末は 3 軸加速度センサと地磁気センサまたはジャイロセンサを搭載しており, サーバからセンサデバイスの情報を取得できるものとする. また, 端末の位置情報の取得には屋内での利用を想定して, 電波強度に基づく位置推定技術を利用する. なお, 本稿ではタブレット端末の位置が推定されたことを前提として, その後の動作概要を述べる.

#### センサデバイス情報

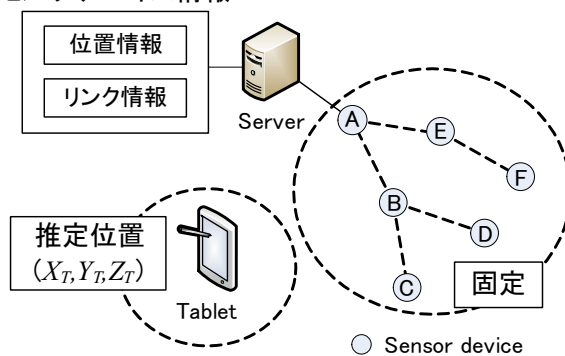


図 1: システム構成

#### 3.1 カメラキャリブレーション

端末に搭載されているカメラによって焦点距離やレンズの歪みなどの特性が異なるため, 事前にカメラキャリブレーションを行う必要がある.

カメラキャリブレーションでは, 式 (1) を使ってワールド座標からカメラ座標への変換を行う.

$$M_c = PM_w \quad (1)$$

$$M_c = \begin{bmatrix} u & v & 1 \end{bmatrix}^T, M_w = \begin{bmatrix} X & Y & Z & 1 \end{bmatrix}^T$$

$$P = \begin{bmatrix} p_{11} & p_{12} & p_{13} & p_{14} \\ p_{21} & p_{22} & p_{23} & p_{24} \\ p_{31} & p_{32} & p_{33} & p_{34} \end{bmatrix}$$

ここで,  $M_c$  はカメラ座標,  $M_w$  はワールド座標,  $P$  は透視投影行列である. 透視投影行列  $P$  は一松模様のキャリブレーションシートを撮影して得られる 6 組のワールド座標とカメラ座標の組み合わせから求める. また,

A Study on Wireless Network Visualization Using RSSI-based Location Estimation

†Yukihiro Kanamaru †Hidekazu Suzuki

†Faculty of Science and Technology, Meijo University

透視投影行列  $P$  はカメラの内部パラメータ  $A$  と外部パラメータ  $R, t$  を使って式 (2) で表される。

$$P = A \left[ R \mid t \right] \quad (2)$$

ここで、 $A$  はカメラ固有の特性、 $R$  と  $t$  はキャリブレーションシートに対するカメラの向きおよび位置に関するパラメータである。透視投影行列  $P$  の要素  $p_{11}, \dots, p_{33}$  を  $M$  とすると、内部パラメータ  $A$  は上三角行列、外部パラメータ  $R$  は直交行列であることから、 $M$  を  $RQ$  分解することにより  $A$  と  $R$  の値を求めることができる。

$$M = AR = \begin{bmatrix} f_x & s & c_x \\ 0 & f_y & c_y \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} r_{11} & r_{12} & r_{13} \\ r_{21} & r_{22} & r_{23} \\ r_{31} & r_{32} & r_{33} \end{bmatrix} \quad (3)$$

外部パラメータ  $t$  は  $A$  を使って式 (4) より求められる。

$$t = A^{-1} \begin{bmatrix} p_{14} & p_{24} & p_{34} \end{bmatrix}^T \quad (4)$$

次に端末から仮想スクリーンまでの距離  $\epsilon$  を求める。 $\epsilon$  はキャリブレーションシート上のある 2 点間の距離  $l_w$  と、式 (1) から得られる同 2 点間の仮想スクリーン上の距離  $l_c$  を用いて、式 (5) の関係から求められる。

$$l_w : l_c = d_{sheet} : \epsilon \quad (5)$$

ここで、 $d_{sheet}$  は、端末からキャリブレーションシートまでの距離で、外部パラメータから算出する。

### 3.2 座標変換

タブレット端末はセンサデバイスを可視化するためにセンサデバイスの位置情報をカメラ画面上の座標に変換する。座標変換はタブレット端末とセンサデバイスとの間に仮想スクリーン (図 2) があると想定して行う。図 2 の  $\epsilon$  は端末から仮想スクリーンまでの距離、 $d$  は端末からセンサデバイスまでの距離である。タブレット端末はサーバからセンサデバイスの位置情報を取得し、端末の回転角が全て 0 である場合の仮想スクリーン上の座標に変換する。センサデバイスまでの距離  $d$  はタブレット端末が電波強度から推定した自身の位置とセンサデバイスの位置から算出する。ここで、タブレット端末はユーザーが手に持って空間をかざすため、端末の位置や姿勢は常に変化する。そこで、タブレット端末に搭載されている加速度センサおよび地磁気センサから 3 軸の回転角を取得し、変換した座標に回転を加えることによりセンサデバイスのカメラ画面上の座標を算出する。

### 3.3 可視化

タブレット端末は算出したカメラ座標をもとに仮想オブジェクトを画面上に表示することにより、センサ

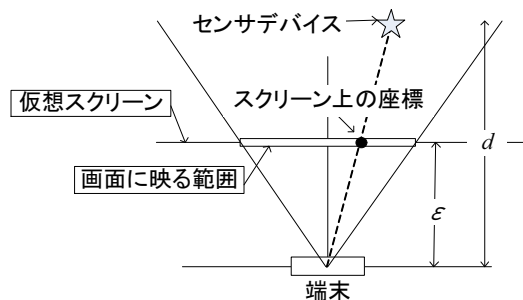


図 2: 仮想スクリーン

デバイスの位置を可視化する。また、センサデバイスのリンク情報をサーバから取得することでリンク状態を可視化することができる。

## 4 実装

キャリブレーションを行い、仮想スクリーンまでの距離  $\epsilon$  を求め、座標変換を行うプログラムを作成した。タブレット端末の位置座標は既知として座標変換を行い、画面上にセンサデバイスの位置を描画した結果を図 3 に示す。矩形の中心にある点が算出されたセンサデバイス位置、画像中の青色長方形の物体がセンサデバイスを想定して設置したものである。動作検証の結果、画像上に表示されたセンサデバイスを検出することができた。

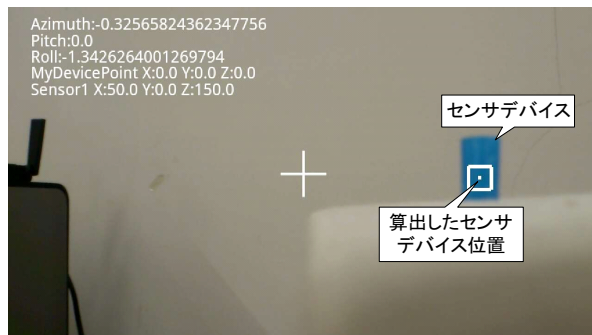


図 3: センサデバイスの検出結果

## 5 おわりに

本稿では電波強度に基づく位置推定技術を用いた無線ネットワークの可視化について検討した。また、端末の位置は既知として座標変換を行い、カメラ座標が正しく算出できることを確認した。今後はタブレット端末の位置推定機能を実装し、センサデバイスのカメラ座標の誤差を評価する。

## 参考文献

[1] 島田. 他. :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).