K-038

RFID タグ位置推定の視覚障害への応用

Application of RFID Tag Localization for the Visually Impaired

村井 保之† 巽 久行‡ 宮川 正弘‡
Yasuyuki Murai Hisayuki Tatsumi Masahiro Miyakawa

１．はじめに

我々は，視覚障害者のアクセシビリティを高めるために，物や環境に RFID タグを設置してランドマークとし，その情報を提供するような周辺状況獲得支援システムを研究している[1]．その際，いかにタグの場所を教えるかが問題となるが，室内に置かれたアクティブ RFID タグは，干渉やフェージング等の影響により，レシーバで測定された受信信号の強度（RSSI 値）が変動して，そのタグ位置を正確に求めることは難しい．そこで，自己組織化マップ（SOM）を用いたタグの位置推定を提案する．

２．RFID タグによるランドマーク

ランドマーク情報を読み書きするのはパッシブ型タグであり，場所を検出しやすいのはアクティブ型タグである．パッシブ型は，リーダのニアフィールド領域（電磁誘導が起きて情報をやりとりできる範囲）内に入れば，タグが隠れていても非接触で使用できるが，その距離は通常数 cm でしかない．このため，タグ位置が常に固定されている場合はメンタルマップを頼りに目的のランドマークを探すことができるが，タグ位置や状況が変化した場合はお手上げである．そのような例として，物の移動（拡大読書器等）や状況変化（障害物・清掃等）などを挙げることができる．

我々は，視覚障害者自身が RFID タグを探せない場合は，移動ロボット等に位置や状況を教えてもらうことにしている．そこで，タグ位置を同定する問題に帰着されるが，多くのレシーバは室内にアクティブ型タグが存在するか否かを検出するのみである．アクティブ型は電波を発信しているので，レシーバが受信した電界強度（これ以降，RSSI 値と呼ぶ）を調べれば，タグ位置の同定を行なうことは理論上可能である．しかし，室内の環境に起因する電波の乱反射やタグの指向性などの影響で，RSSI 値を用いた位置同定は困難を極めている．そこで，特別な装置を必要とせずに簡単に電界強度を推定できるように，自己組織化マップ（SOM：Self Organizing Map）を用いた RSSI 値のクラスタリングを行なうこととした．その際，受信状況を変化させながら電界強度分布を学習するために，自律走行ロボット（米国 Evolution Robotics 社製の Scorpion）にレシーバを搭載して，RSSI 値の測定を行っている．

我々が SOM を用いた理由は，受信データの RSSI 値に対する類似度が，学習されたサモンマップ（Sammon’s map）上のユークリッド距離として反映されると判断したからであり，このマップからタグの位置を推定できると考えたことによる．

† 日本薬科大学, Nihon Pharmaceutical University

‡ 筑波技術大学, Tsukuba University of Technology

３．SOM による電界強度分布の推定

一般にセンサネットワークでは，RSSI 値 R は距離 d の $-\alpha$ 乗（$2<\alpha<4$）に比例した減衰式

$$R = C \cdot d^{-\alpha} \tag{1}$$

で表される．但し C は定数で，距離 d が m のときに R は dBm である．以降，式(1)を標準式，標準式を満たす R および d をそれぞれ，標準値および標準距離と呼ぶことにする（RSSI 値と距離の正確な対応は，電波の乱反射が起こりにくい体育館のような広い室内であらかじめ測定しておき，前もって式(1)の定数 C および α を，プロットしたグラフから決定しておく必要がある）．

使用しているレシーバ（米国 RFCode 社の日本向け製品である SPIDER V）は，左右２本のアンテナが別個に電界強度を測定できる．そこで，取得した電界強度が標準値であると仮定して，そのときの左アンテナの電界強度を S^l（タグの標準距離は d_l），右アンテナの電界強度を S^r（タグの標準距離は d_r），アンテナ間の距離を 2Δ とすると，次式より，目的のタグまでの距離 D および方向 θ（角度）を計算することができる．

$$D = \sqrt{\frac{{d_l}^2 + {d_r}^2}{2} - \Delta^2}\ ,\quad \theta = \cos^{-1}\left(\frac{{d_l}^2 - {d_r}^2}{4D\Delta}\right) \tag{2}$$

我々は，レシーバを搭載したロボット自身の位置同定にタグを使用していない．ロボットの現在位置および走行に必要な環境取得は，距離場空間モデルや VSLAM で行なった方法を用いている[2]．

図１は，円内のレシーバで，机の上に配置された 5×5 個のタグの RSSI 値を測定している実験である．

図１　RSSI 値の測定実験

我々は，SOM で学習したサモンマップはその環境内での RSSI 値を視覚化したものであるとみなすが，このマップから直ちにタグの距離と方向を決定するのは問題があると考えている．理由は，レシーバが正しい電界強度を受信しているか疑わしいので，信頼すべきデータか否かを判定して，問題ならば RSSI 値の補正をする必要がある．

例えば，各タグによる RSSI 値の補正が正しく行なわれた場合，図１のようなメッシュ状に配置されたタグは学習

によって，その形状に類似したサモンマップを表示するはずである．図２の(a)から(d)は，レシーバの左右のアンテナの補正 RSSI 値を入力ベクトルとして，データ数を 300 個発生させて学習した結果である（但し，入力層は２，競合層は7×6 である）．

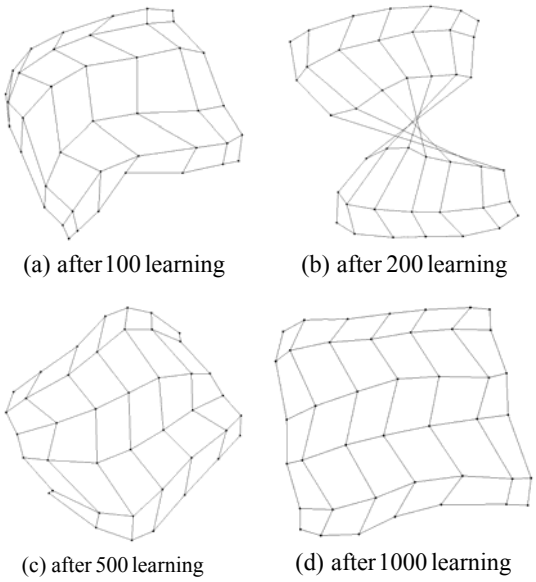

図２　RSSI 値の補正による学習

図２より RSSI 値の補正（標準値化）が行なわれた場合，タグの指向性は残るものの，学習が進むほどサモンマップがメッシュ状に近づくことが分かる．この結果から，あるタグの位置を推定するには，既に位置が分かっているアンカータグを入力データ内に含めて学習させて，そのサモンマップが示すクラスタリング結果から，未知タグの位置推定を行なう方法が考えられる．すなわち，クラス化されたアンカータグのデータをもとに，クラス内の未知タグの位置を推定するという考えである．

4．電界強度の推定アルゴリズム

SOM を用いたタグの位置推定アルゴリズムを述べる．

[アルゴリズム]

アンカータグの左右の RSSI 値を $\{(A_1^l, A_1^r), \cdots, (A_p^l, A_p^r)\}$，未知タグの左右の RSSI 値を $\{(M_1^l, M_1^r), \cdots, (M_q^l, M_q^r)\}$，とする．

(Step 1)　すべてのタグ（アンカータグと未知タグ）の RSSI 値を SOM で学習する．このとき属性は左右の RSSI 値であり，レシーバの数を n とすると入力ベクトルの次元数は $2n$ となる．

(Step 2)　SOM でクラス化された結果，同じクラス内にアンカータグと未知タグが含まれている場合，サモンマップの結果から，位置を推定したい未知タグ（これを対象タグと呼ぶ）に最も近いアンカータグで推定を行なう．いま，対象タグの RSSI 値が (M_j^l, M_j^r)，サモンマップ上で最も近いアンカータグの RSSI 値が (A_i^l, A_i^r) とする．アンカータグは位置が同定されており，ロボットの位置も自身で同定されているので，ロボットとアンカータグの距離から，そのアンカータグが本来発信すべき標準値 (R_i^l, R_i^r) が，式(1)の標準式より決定できる．そこで，この測定値と標準値から，アンカータグにクラスタ化された未知タグの補正式 R_i^x / A_i^x が決定される．但し，x は l (左)もしくは r (右)である．よって，対象タグの RSSI 値は，以下のように補正することができる．

$$M_j^{x^*} = M_j^x \cdot (R_i^x / A_i^x) \qquad (3)$$

さらに，補正された対象タグの RSSI 値とアンカータグの標準値との差から，アンカータグと未知タグ間の距離（および方向）が決定され，対象タグの位置を推定することができる．

(Step 3)　ロボットを走行させて，対象タグの位置推定を行なう場合，Step 2 で補正した値を式(2)に代入して走行を開始する．このとき，走行途中で SOM の学習が必要な場合には Step 1 に戻って学習を行なう．ロボットが走行した結果，対象タグの位置同定が完了したときには，以降の SOM 学習では，この対象タグもアンカータグとして扱う．

もし，クラスタ内にアンカータグが存在しなくて，Step 2 で未知タグの位置推定が行なえない場合には，対象タグへのロボット走行は測定された RSSI 値のみで行なうものとする．□

現在，実測値からシミュレーションおよびロボットによる実験を行っており，図３にシミュレータによる位置推定の例を示す．

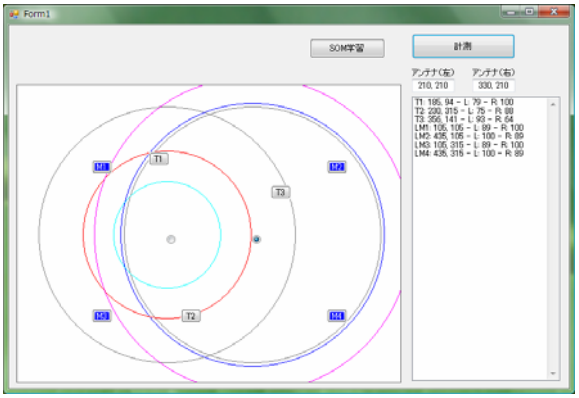

図３　RFID 位置推定シミュレータ

５．おわりに

周辺状況の獲得は，パッシブ型およびアクティブ型を併用してタグ位置の推定を SOM で学習し，室内環境にロバストで信頼性の高い情報保障が行えるよう試みている．しかし，ロボットの制御および RSSI 値の精度の問題から，ニアフィールド近くに誘導するのは容易ではない．我々は，双方向通信可能なアクティブ型を導入して，タグに付随するブザー音を鳴らすことで位置を知らせる実験も行っているが，現状ではこの方法が手軽で効果的である．

参考文献

[1] 村井, 巽, 宮川: “視覚障害のための RFID による周辺状況認識支援”, FIT2006, Vol.3, No.K-062, pp.515-516, 2006.

[2] H. Tatsumi, Y. Murai, M. Miyakawa, S. Tokumasu: “Marking in Space and Acquisition of Environmental Information by Data-Carrier for the Visually Impaired”, Proc. 5th IFMIP, N0.171, 2006.