

M_011

長距離パッシブ RFID を使用した天井埋め込み型位置検出手法について

A ceiling-attached position detection method using long distance passive RFID

馬場友貴†

新井浩志†

Yuuki Baba

Hiroshi Arai

1. 目的

近年、自動巡回ロボットや歩行者などの移動物体の位置を特定するため、パッシブ型やアクティブ型の RFID を使用した位置検出手法が研究されている。例えば、パッシブタグを床面に敷き詰め、移動体底面に設置したリーダアンテナでタグを検出して位置を特定する方法が提案されている^[1]。しかし、この手法では大量のタグが必要となる。これに対して移動体にアクティブタグを装着し、要所ごとに設置された複数のリーダアンテナがタグからの電波を受信し、電波強度を元に位置を計算する方法も提案されている^[2]。しかし、アクティブタグを用いた手法ではタグが高価であるという問題がある。

そこで本報告では、長距離パッシブ型の RFID を用いた屋内での位置検出手法を提案する。検出範囲の広さと、アンチコリジョン（複数のタグの同時読み取り）機能を利用して位置検出精度の向上を計り、かつタグの設置数を抑える。

2. 位置検出手法

現在、一般的に研究開発が進められている手法は、短距離パッシブ RFID タグを床に敷き詰め、移動体底面に取り付けられた RFID リーダアンテナで読み取る手法である。この手法を床面配置法とする。図 1 のように、タグの検出範囲 r [m] のタグを、一定の間隔 d [m] ($= 2r$) で配置する。以降このタグの配置法を配置パターン A と呼ぶ。

パッシブタグは一般に検出距離が 0.05m 以下と極端に短いため、インフラを整えれば数 cm 以内の検出範囲で位置を特定することが可能となる。しかし、コストを抑えるためにタグの枚数を減らすと、タグを検出できない領域（図 3 の部分領域 A1）が増加してしまい、位置検出精度が大幅に低下してしまう。これに対して、本報告では長距離パッシブ RFID タグを使用する手法を提案する。長距離パッシブ RFID タグは通信距離が最大 9m、検出範囲が最大 1m であるため、タグの設置数を大幅に削

†千葉工業大学 工学研究科 電気電子情報工学専攻
Department of Electrical, Electronics Engineering and Computer Science, Graduate School of Engineering, Chiba Institute of Technology.

減することが出来る。しかし同時に位置検出精度も大幅に低下してしまう。

そこで位置検出精度の低下を抑えるため、複数のタグの検出範囲が互いに重なる間隔 d [m] ($= r$) で配置する配置パターン B（図 2）を提案する。アンチコリジョン機能で同時に検出した複数のタグを参照し、タグの配置関係から位置を特定する。

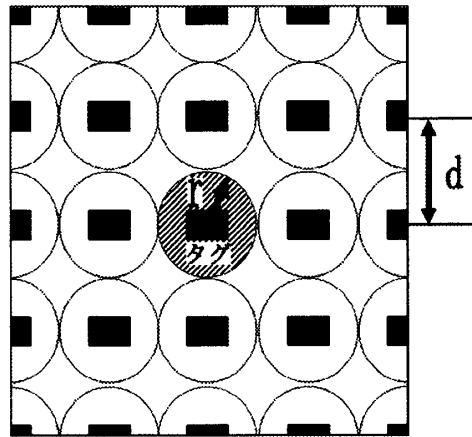


図 1: タグの配置パターン A

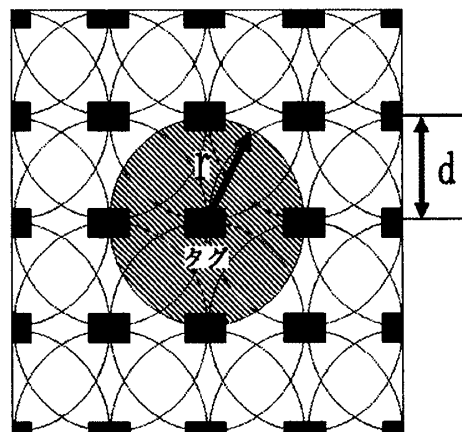


図 2: タグの配置パターン B

また、配置パターン B を用いることで、配置パターン A のようなタグを検出できない部分領域を無くすることが出来る。しかし、RFID はタグやリーダアンテナの向きによって電波の指向性がある程度制限されるため、広い検出範囲を有効に利用するには、タグとリーダアンテナの間の距離が十分に離れていなければならない。そのため、床面に

タグを配置してしまうと、移動体底面に設置するリーダアンテナの位置を高くしなければならない。この解決策として、天井面にタグを設置し、移動体の上面にリーダアンテナを取り付けることとする。これを天井配置法とする。

配置パターンAでは、タグを検出できない領域A1とタグを検出できる領域A2が存在する。また配置パターンBでは、一度に複数のタグを検出できる。そのため、それぞれの範囲をB1, B2, B3とする(図3)。

各配置パターンにおいて、検出されたタグ枚数より表1のようにどの部分領域に存在するか判断できる。

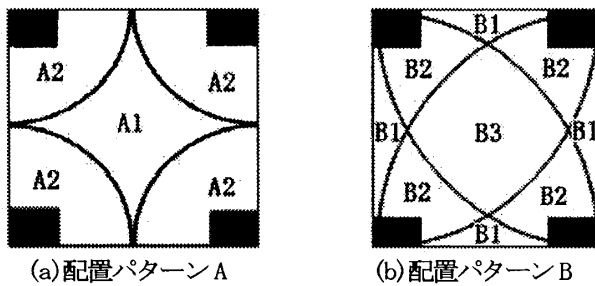


図3: 各配置パターンにおける部分領域

表1: 部分領域ごとの検出タグ枚数

部分領域	パターンA		パターンB		
	A1	A2	B1	B2	B3
検出タグ枚数[枚]	0	1	2	3	4

3. 有効性の検討

位置検出誤差の期待値と、タグの枚数を比較し、提案手法の有効性を検討する。

(1) 検出誤差期待値

図3の各部分領域に検出対象の移動体が存在する確率 P_i と、その領域における位置検出誤差 D_i [m]との積を求める。そしてこれを全ての部分領域について合計した値を位置検出誤差期待値 E [m]と定義する。但し、 D_i は各部分領域*i*内にて取りうる最大の長さである。

$$P_i = \frac{\text{部分領域 } i \text{ の面積}}{d^2} \quad \dots (1)$$

$$E = \sum_{\text{全ての部分領域 } i \text{ に対して}} (P_i \cdot D_i) \quad \dots (2)$$

(2) 必要タグ枚数

一辺が A [m]である、広さ A^2 [m²]の領域におい

て両手法で必要となるタグ枚数を算出する。タグは左上方の隅より間隔 d [m]で配置されている。このため、必要タグ枚数 n [枚]は次式(3)で求めることが出来る。

$$n = \left(\frac{A}{d} + 1 \right)^2 \quad \dots (3)$$

(3) 評価

A^2 を 10^4 [m²]としたときに式(2), (3)より求めた E と n の関係を図4に示す。このグラフより、ある検出誤差期待値を満足するために必要なタグ枚数は、配置パターンBは常に配置パターンAの10分の1程度となっている。また、タグの枚数が同程度の場合、使用するタグの枚数が少ないほど(タグの検出範囲が大きいほど)、配置手パターンBは配置パターンAに対して検出誤差期待値を大幅に少なくすることができる。

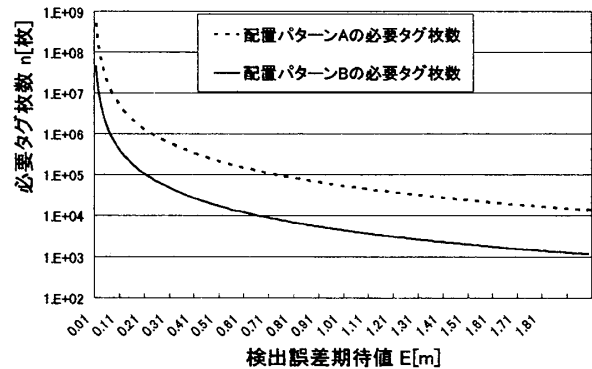


図4: 検出誤差期待値とタグ枚数の比較

4. まとめ

本報告で算出した数値は、環境誤差、電波の乱反射などが無く、各部分領域で必ず定められたタグを検出する理想的な状況を前提としている。そのため、配置パターンBにおいて各部分領域内で検出すべきタグ枚数に満たない場合、誤った部分領域だと誤認する可能性がある。

よって今後は、配置パターンBにおいて起こりうる想定外のタグ検出処理による部分領域の誤認識及び、検出誤差期待値の変化への対応を検討する必要がある。

参考文献

[1] 椎尾一郎, “RFIDを利用したユーザー位置検出システム”, 情処研報, 00-HI-88, pp. 45-50, 2000.
 [2] 古川宗孝 他, “マルチアクティブRFIDを用いた位置・方向検出とその評価”, 情報処理学会第67回全国大会, 4E-1, 2005.