

焦電センサと RFID による室内向け物品位置検出手法

西原 秀明 窪田 裕介 村川 友章 芳賀 博英 金田 重郎

同志社大学工学部

1. はじめに

室内における物品位置検出手法としては、RFID タグの電波強度を用いる手法[1]、カメラ画像からの動画処理[2]、タグから送信した超音波・赤外線を検出して位置を同定する手法[3]等が提案されている。しかし、電波強度による手法は位置精度が低く、赤外線・超音波による手法は、カバーやケースで物品が覆われた場合や物品の上下が反転する可能性がある場合には、位置検出が難しい。

そこで、本稿では、カバーで物体が覆われている場合にも適用できる、ロバストな物品位置検出手法を実現する。具体的には、物品を移動させる存在は人間に他ならないことに注目し、人間の発する遠赤外線から人間の位置（＝物品の位置）を検出する。一方、物品には移動を検出するための振動センサを内蔵した RFID タグを装着する。そして、焦電センサから得られる人間の動きの情報と、タグから得られる物体の動きの情報とを時系列上で比較し、動いている物品の ID とその位置を特定する。

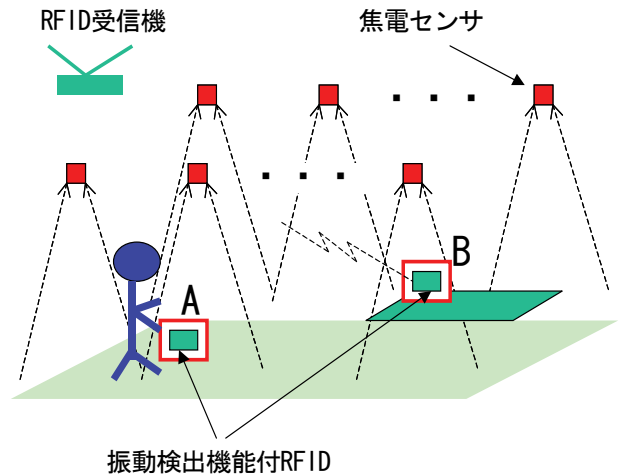


図1 提案手法の概要

2. 提案手法

2.1 動作原理

図1に本提案手法の概要を示す。管理対象とする各物品には振動検出機能を持つタグを取り付ける。本提案手法では、タグが時間的に連続して振動信号を発信する限りにおいて、該当タグの付帯された物品が人間によって運ばれていると仮定する。図1では物品Bは振動検出されないで、人間によって運ばれている物品はAであると分かる。

人間の位置は、カメラのようなプライバシー問題が生じず、真っ暗闇でも検出でき、完全ハンズフリーである等の利点を持つ、焦電センサによって検出する。そして、焦電センサから得られる人間の移動情報と、各物品に取り付けたタグの振動情報を時系列的に照合することで、物品の位置を同定する。例えば、図1では、物品Aはある特定の時刻で動きははじめ、やがて停止する。図1では人間は一人なので、タグが静止するまでの間、どの焦電センサが反応しているかを追跡すれば、物品Aの停止位置は判明する。

2.2 利用デバイス

RFID タグとしては特定小電力無線超小型アクティブセンシングタグ(WR-102/WT-102 セイコープレジジョン社製)を使用する。見通し40m以上の長距離通信が可能である。焦電センサは松下電工製、NaPiO_n アナログ出力タイプ・スポット型を利用する。複数個の焦電センサを天井に格子状に配置する。これにより、1つの空間を仮想的に分割し、移動体がどの領域に存在するかを検出する。

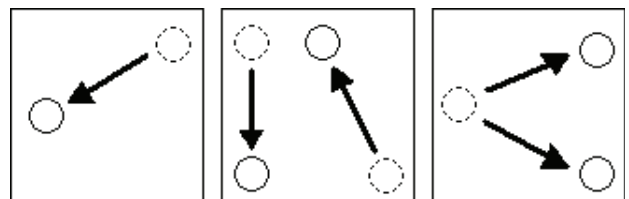
3. 複数人への対応

3.1 複数人の場合

本提案方式では、人間が一人である場合には物品の位置特定上の問題はない。しかし、タグの振動を検出した際、複数の人間が同時に移動中の場合には注意が必要である。

この問題を整理するため、同時刻における複数の移動体の相対的な位置関係を図2に示す三態に分類する。実線の円が現在の移動体の位置、破線の円が直前の移動体の位置、矢印が移動の様子をそれぞれ示す。各状態に応じた振動情報と移動情報の照合を行うことで、問題の解決を図る。以下、この三態における処理をそれぞれ記す。

(a) 統合状態とは移動体が1つしか検出されない状態を指す。実際に動いている人間が1人であるか、あるいは複数人が固まっているのかは問わない。統合状態においては、人間の移動情報とタグの振動情報を一対一で対応付けを行うことで物品位置の同定が可能である。



(a) 統合状態 (b) 独立状態 (c) 交差状態
図2 複数移動体の相対的位置関係

Method of Identification and Tracking of Indoor Objects Using Pyroelectric Sensors and RFID Tags
Hideaki Nishihara, Yusuke Kubota, Tomoaki Murakawa, Hirohide Haga, Shigeo Kaneda
Department of Engineering, Doshisha University

(b) **独立状態**とは複数の移動体が互いに離れた領域を移動し続ける状態を指す。タグの振動検出が開始されたとき、すなわち物品が持ち去られたとき、該当物品が最後に置かれていた位置と各移動体の現在位置を照合し、最も近傍の移動体が該当物品を持ち運んでいるとする。タグの振動が検出されなくなるまで対象移動体を追跡することで、物品位置の同定が可能である。

(c) **交差状態**とは、タグが連続的に振動し続けている間に統合状態から独立状態へ遷移し、独立状態が継続される状態を指す。この状態でタグの振動が止まる、すなわち物品が置かれると、物品の置かれた位置を一意に特定することはできず、複数の位置候補を挙げるにとどまる。

3.2 後処理による交差状態の解決

上記の交差状態でも、場合によっては物品位置を特定できる。処理の流れを、実例を提示して説明する。図3に示すような移動が、(a)から(b)、(c)という時間的な推移の上で行われたとする。時点(a)、(b)ではある1つのタグが振動しており、時点(c)の移動を完了した時点でタグの振動が止まったとしている。

図3の時点(a)において、もともと独立状態にあった2つの移動体AとBが互いに接近した結果、統合状態へと推移し、1つの移動体Cと見なされる。振動しているタグの付帯された物品を運んでいたのは移動体Aであったが、以降は移動体Cが該当物品を運んでいると認識される。

図3の時点(b)において、タグが振動し続けている間に移動体が統合状態から再び独立状態へと推移した結果、該当タグにとっての現在の状態は交差状態へと推移する。ここで、交差状態にある2つの移動体は時点(a)における移動体A、Bのいずれかと予想されるが、焦電センサから得られるのは「当該センサ直下に移動体が存在するか」という情報のみであり、AとBの別を認識する手立ては無い。ただし、交差状態にある2つの移動体のどちらかが物品を運んでいることは確かであるため、各移動体について追跡処理を続ける。

図3の時点(c)において、時点(b)で検出されていた2つの移動体のうちの片方が静止し、他方の移動体は移動を続けたとする。このとき、空間内に存在する移動体はA'の1つだけであるため、統合状態へと推移する。結果的に物品を運んでいたのは移動体A'の方であったと判明し、以降はタグ振動が検出され続ける限り移動体A'が物品を運んでいるものとして追跡を行う。タグ振動が検出されなくなったときの移動体A'の位置が、すなわち物品の置かれた位置と特定される。

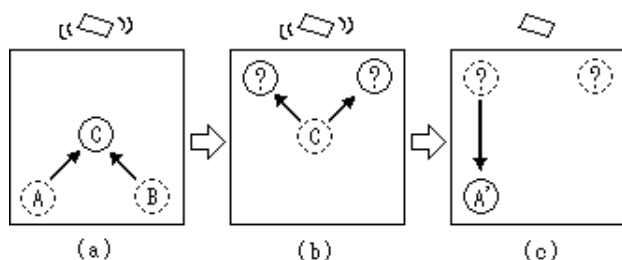


図3 複数移動体の時間的推移

4. 評価実験

3m四方の2つの部屋の天井に、それぞれ9個の焦電センサを格子状に設置し、対象空間を仮想的に18領域に分割した。この領域内で、「タグの装着された物品を手に取り、移動した後、任意の領域に物品を置く」という試行を、以下の4つの状態下において、各50回行った。

(実験1) 1人の人間による統合状態

(実験2) 2人の人間による統合状態

(実験3) 2人の人間による独立状態

(実験4) 2人の人間による交差状態

プログラムの特定した物品位置が、実際に物品の置かれた領域と完全一致した場合は「正解」、実際の領域の隣接領域だった場合は「近傍」、それ以外の領域を挙げた場合は「不正解」とした。また、プログラムが交差状態と判断し複数候補を挙げた場合、候補の内のいずれかの領域が実際に物品の置かれた領域と一致した場合は「交差正解」、候補のいずれかが実際の領域の隣接領域だった場合は「交差近傍」とした。

実験結果を表1に示す。交差状態を独立状態と誤認識してしまう現象が多く見られた。例えば、実験4で得られる結果は、理想的には交差正解、交差近傍、不正解のいずれかしか起こりえないが、現実問題として正解、近傍が検出された。これは交差後の各移動体のどちらかを誤って独立状態として追跡し続けたことに起因すると考えられる。それゆえ正解数と不正解数がほぼ同等に検出されるという結果に至ったと予想される。

表1 実験結果

	正解	近傍	交差正解	交差近傍	不正解
実験1	32	15	0	0	3
実験2	15	33	0	0	2
実験3	25	11	5	0	9
実験4	10	10	6	11	13

5. おわりに

評価尺度として「近傍」を許容すると、1人のみの統合状態において約94%、2人による統合状態において約96%、独立状態において約72%の物品位置検出率を達成した。今後は、交差状態においても物品位置の同定を可能にする方法を検討して行きたい。

参考文献

- [1]Hitoshi Hayashi, Toshimitsu Tsubaki, Tomoaki Ogawa, Masashi Shimizu: "Asset Tracking System Using Long-life Active RFID Tags", NTT Technical Review, Vol.1, No.9, pp.19-26, 2003
- [2]上岡隆弘, 河村竜幸, 河野恭之, 木戸出正継: "I'm here!:物探しを効率化するウェアラブルシステム", ヒューマンインタフェース学会論文誌, Vol.6, No.3, pp.19-30, 2004
- [3]Andy Ward, Alan Jones, Andy Hopper: "A New Location Technique for the Active Office", IEEE Personal Communications, Vol.4, No.5, pp.42-47, 1997