

階層的位置表現への広域化ビュー適用における追尾性向上

Improvement of Tracking by Wide-Area Views in Hierarchical Location Information Management

川成 宗剛†
Sogo Kawanari

島川 博光†
Hiromitsu Shimakawa

1. はじめに

近年、測位デバイスの普及により、対象物の位置情報を取得することが容易になりつつある。測位デバイスは、それぞれ粒度の異なる認識範囲を持ち、特性も異なる。そのため、さまざまな環境において対象物の位置情報を取得するためには複数種類の測位デバイスを組み合わせて用いる必要がある。

本研究では、複数種類の測位デバイスを統合して活用するさいに発生する問題を解決するための位置情報管理手法を提案する。提案手法は、測位デバイスのセンサ状況を考慮することで対象物を柔軟に追尾することができるという特長を持つ。

2. 階層的な位置に依存した位置情報管理

2.1 測位デバイスごとに異なる特性

対象物の位置情報は、特定の範囲に対象物が存在するという形式で表現できる。

位置情報は、さまざまな目的を達成するために使用される汎用の基本情報である。しかしながら、すべての目的を達成するのに十分な精度と特性をもつ測位デバイスは世の中にない。たとえば、GPS では測位誤差が数十 m になることもある。これに対して、RFID システムでは認識範囲が数 cm 以内のものも存在する。GPS は、屋外に存在する対象物の位置情報取得に適している。しかし、屋内に存在する対象物の位置情報を取得することが不可能であるという特性をもつ。

2.2 階層的管理

1 種類の測位デバイスでは、限られた環境でしか対象物の位置情報を取得することができない。そのため、複数種類の測位デバイスを統合して活用し、対象物の位置情報を取得するための研究が行われている[1]。細粒度の領域での物体の認識とその領域を含む粗粒度の領域での物体の認識を矛盾なく表現するには、領域の包含関係を反映した管理方式が必要である。ここで、領域の包含関係は多段になるので、階層構造をなすことに注意が必要である。

位置情報を扱うシステムは広い領域に対応するものから狭い領域に対応するものまでさまざまであるが、これらで統一的に位置情報を扱えることが望ましい。すべての粒度の領域の位置情報をひとつの計算機で管理するには無理がある。この問題の解決策として、さまざまな粒度の位置情報を階層構造で表現し、これを複数の計算機で分散管理することが既存の研究により提案されている[2]。

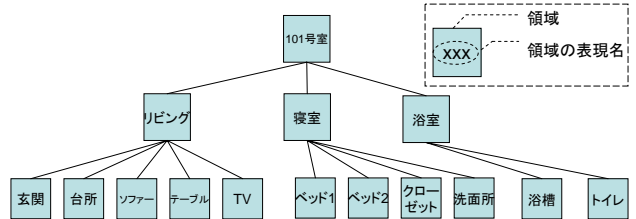


図 1: 階層的な位置表現モデル

3. 追尾性能を向上させる階層的な位置表現モデル

3.1 階層的な位置表現モデル

本研究では、アプリケーションの対象となる領域の包含関係を表現するために階層構造を用いる。また、任意の領域について親領域を 1 つとする。したがって、階層構造を木とみたときの葉に相当する領域から根に相当する領域まで一意の経路にそって階層を登ることができる。

図 1 において、ノードは各領域を表現している。ノードは、一意の識別子で同定される。このノードは、アプリケーションにより兄弟ノードの中で一意な表現名で表現される。ノードとアプリケーションが用いる測位デバイスの認識範囲を対応付けることで、測位デバイスごとに異なる測位データを統一的に表現された位置情報に変換する。このようにして、領域の階層構造に測位デバイスの認識範囲を写像する位置表現モデルを、本研究では階層的な位置表現モデルと呼ぶ。

3.2 位置情報の広域化ビュー

対象物が図 2 に示す 101 号室に存在すると仮定する。階層的な位置表現モデルを用いて領域を表現している場合、対象物が測位デバイスにセンサされ 101 号室に存在することが判明すれば、1 階、建物 A という親領域を特定できる。なぜなら、対象物が 101 号室に存在するという位置情報を、対象物が 1 階に存在するという位置情報、さらに、建物 A に存在するという位置情報に演繹できるためである。

階層的な位置表現モデルを適用している場合において、対象物がある領域に存在するという位置情報を、対象物が存在する領域の親領域に存在するものとして位置情報を演繹することを位置情報の広域化ビューと呼ぶ。

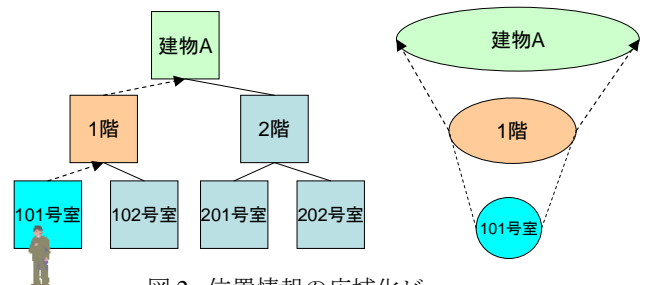


図 2: 位置情報の広域化ビュー

本研究では、粒度が粗い位置情報と細かい位置情報の双方が取得できたときには細かい方を優先する。これは、粒度が粗い位置情報は一般に誤差が大きいためである。

位置情報の広域化ビューは、ある領域で発生した測位デバイスによるセンサ抜けや誤差を、その領域の下階層に属する領域の測位デバイスを用いて補完・修正することができる。これにより、アプリケーションは、より正確な対象物の位置情報をもとにサービスを提供することが可能となる。

3.3 センサ抜けを許容する移動ログ表現

本研究では、測位デバイスから送られてくるデータをもとに移動ログを記録していくことで、対象物を追尾する。移動ログには、対象物、領域に進入した時刻、領域から退出した時刻、ノードの識別子が記録される。

対象物が測位デバイスにより1回センサされることを1つのイベントと定義する。対象物がある領域に進入したことを示すイベントを進入イベント E_{in} 、対象物がある領域から退出したことを示すイベントを退出イベント E_{out} と呼ぶ。測位デバイスによるセンシングのパターンを、 E_{in} と E_{out} を用いて、図3に示す4パターンで表現する。

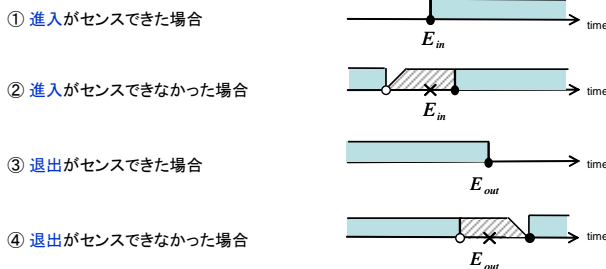


図3: 測位デバイスによるセンシングのパターン

測位デバイスの特性などの原因で E_{in} 、または、 E_{out} のどちらかが発生しないとき、これらのイベントの発生時刻を記録できない。このような場合、移動ログを参照することにより発生しなかった E_{in} 、 E_{out} の発生時刻を限定することができる。たとえば、図3の②は、図4に示す対象物の移動において対象物が領域Aから領域Bに移動するとき、領域Aの退出イベント E_1 が発生したが、領域Bへの進入イベント E_2 が発生しなかった場合を示している。この場合、領域B内の領域Cの進入イベント E_3 が発生すると、退出イベント E_1 と進入イベント E_3 のあいだに、領域Bの進入イベント E_2 が発生していたことがわかる。

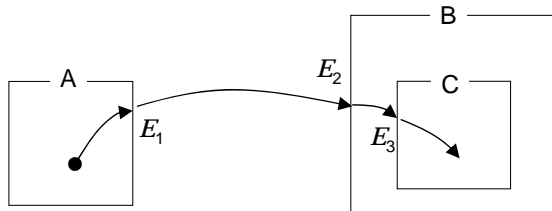


図4: 対象物の移動

4. 実験

4.1 位置情報管理システム

提案手法の有用性を検証するために、システムを実装し、実験を行った。本実験では、仮想的な2店舗間および、店舗内で移動する人間を追尾した。本実験で用いる領域の階層構造とその表現名を図5に示す。買物客をユーザとし、

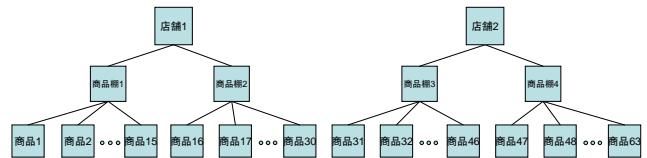


図5: 実験環境

ユーザが2つの店舗で買い物をしている場合を想定する。各店舗に遠距離型RFIDリーダを1台ずつ設置し、全ての商品に近距離型RFIDタグを貼り付ける。商品は商品棚が表現する領域内に存在し、移動しないものとする。また、商品棚の領域を認識する測位デバイスは設置しない。被験者は遠距離型RFIDタグ1枚と、近距離型RFIDリーダ1台を携帯する。また、被験者は合計2名で、1回の実験につき1人で計2回行う。被験者が商品に触れているときは、商品棚の前に被験者が存在するものとする。

4.2 評価

表1に実験時間と2種類のRFIDシステムを用いて対象物を追尾できた時間を示す。追尾できた時間とは、RFIDシステムにより対象物の位置情報を取得できた時間である。表1の各行は上から順に、両方のRFIDシステムを用いたときの追尾時間、遠距離型RFIDシステムのみを用いた場合の追尾時間、近距離型RFIDシステムのみを用いた場合の追尾時間を示す。

1人目の被験者は実験時間が375秒間である。階層的な位置表現モデルを適用していない場合、被験者が商品に触れていても店舗内に存在することがわからないので、店舗内に存在することがわかる時間は遠距離型RFIDシステムのみを用いた場合に等しく70秒間である。階層的な位置表現モデルを適用している場合、対象物が商品に触れているという情報に、広域化ビューを適用することで、対象物が店舗内に存在するものとして扱うことができる。これにより、店舗内に存在することがわかる時間は182秒間になり、2.6倍の追尾性能の向上がみられた。同様に、2人目の被験者も追尾性能が向上している。

表1: 実験結果

	1人目	2人目
実験時間	375秒	208秒
遠距離型RFIDシステムと距離型RFIDシステム	182秒	67秒
遠距離型RFIDシステム	70秒	11秒
近距離型RFIDシステム	169秒	63秒

5. おわりに

本論文では、階層的表現に基づく位置情報管理システムを提案し、その有用性を実験により評価した。実験の結果、位置情報の広域化ビューを適用することで、追尾性能は2.6倍に向上した。今後は、広範囲な領域を対象に実験を行い、位置情報の分散管理を目指す。

参考文献

- [1]Ulf Leonhardt, Jeff Magee, Multi-Sensor Location Tracking, Proceedings of the 4th ACM/IEEE International Conference on Mobile Computing and Networking, pp.203-214, 1998.
- [2]Steven E. Czerwinski, Ben Y. Zhao, Todd D. Hodes, Anthony D. Joseph, and Randy H. Katz, An Architecture for a Secure Service Discovery Service, Proceedings of the 5th annual ACM/IEEE international conference on Mobile computing and networking, pp.24-35, 1999.