

住居内の動線及びセンサデータから人間行動情報付加のための 時区間検索システム

山本 祐輝[†] 野口 博史[†] 森 武俊[†] 佐藤 知正[†]

東京大学大学院情報理工学系研究科[†]

1. 緒論

センサ技術の発達により、住居内における人の動線を大量に取得できるようになった。動線は行動を把握する重要な手掛かりとなるが、動線以外のセンサデータも活用し、互いに関連付けて条件を指定して検索すればより具体的な行動を把握できる。例えば、「テレビを見ていて途中でトイレに行った」というときを検索する場合、地図上で動線の検索を行いつつテレビの電流センサに関する条件も反映させる必要がある。このような複数種類の検索を、システムが検索方法の違いに左右されない形で同等に扱えることが望ましい。

本研究の目的は、動線、センサデータ及び「食事」、「洗濯」などの付加された行動名に対する検索システムを実装することである。以前にもセンサデータを扱う検索システムはあった[1, 2]が、動線に対する検索に関しては不十分であった。動線を可視化することにより、行動の把握に対する支援を行う。動線、センサデータ及び行動名を組み合わせた検索ができるように実装し、直感的にわかりやすく表示することで情報を提示する。

2. 行動情報検索システム

本システムでは、複数の異なるデータベース間の複合検索を行うことを想定している。そこで、全てのデータベースに共通する因子である時間を利用し、対応する始終の時刻である時区間を利用して検索条件と検索結果を記述する方法を採用する。

人の動線を地理情報と関連付けて検索するためには、移動範囲や始点・終点などの条件で幾何的に検索できる必要がある。幾何的な条件記述を容易に行うことができるデータベースを構築する。

センサデータは電流センサや温度センサなど、時系列的にセンサ値を取得できるものを想定し、各時刻に対してセンサ値を対応付ける形式で保存する。

行動名は、時区間に対して行動名を対応付ける形式で保存する。行動名を利用して検索する際、例えば「掃除」、「洗濯」、「料理」を、「家事」として一括りにして検索するなど、意味的な関連性を考慮して検索したい場合がある。そこで、意味的に関連する別の行動名に対しても情報を取得できるように、行動名の意味的な関連性を記述しておく。これを行動情報データベースと併用して、行動名の意味的な関連性を考慮した検索を実現する。

検索システムの全体図を図 1 に示す。各データベースに対して各々異なる検索が実装されている。アプリケーションからの複数の検索方法を利用した検索条件

に対して、検索順序を最適化する。各検索に対する結果を時区間の形式として取得することで、検索方法の違いを検索システム内部で吸収し、検索結果として時区間と対応する動線を表示する。

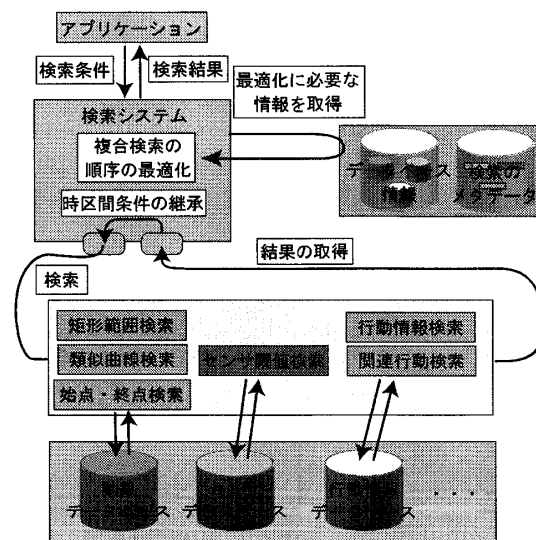


図1 システムの全体図

3. データベース及び検索手法の設計

検索システムを実装するために、行動情報データベースには時区間と行動名の対応関係を記述するためのリレーショナルデータベースとして PostgreSQL を使用し、動線データには時刻と位置の対応関係を記述するための地理情報システムとして PostGIS を使用する。PostGIS には、幾何情報を取り扱う為のデータ型や幾何的な演算を行うための関数が実装されているので、必要に応じて利用する。行動名の意味的な関連性の記述には RDF/OWL を使用する。

実装した検索手法を以下に列挙する。

- (a-1) 矩形範囲検索：矩形範囲を通過する動線の検索
- (a-2) 類似曲線検索：曲線のサンプリング点の近傍を通過する動線の検索
- (a-3) 始点・終点検索：始点・終点の範囲を指定した検索
- (b-1) センサ閾値検索：センサ値の閾値より継続的に大きい(または小さい)時区間を検索
- (c-1) 行動情報検索：複数の行動名の順序に対応する時区間を検索
- (c-2) 関連行動検索：RDF/OWL で記述した意味的な関連性を考慮した行動名に対応する時区間を一括して検索

Time Segment Retrieval System from Trajectory and Sensor Data in Home Environment for Annotation of Human Action
[†] Yuki YAMAMOTO, Hiroshi NOGUCHI, Taketoshi MORI and Tomomasa SATO (The University of Tokyo)

アプリケーションで指定された全ての検索条件を検索システムで時区間に関する条件に変換してから、検索結果に相当する時区間を統合することにより、複数の検索を組み合わせて利用することが可能である。複数のデータベースに対する検索手法を利用した、複数の条件を同時に満たす結果を取得する検索を複合検索と呼ぶ。

複合検索の際、全ての検索を並列に行って結果を統合する方法も考えられるが、そうすると複数の検索の最大の時間がかかる検索より短い時間で検索することができなくなる。そこで、各検索を直列に実行し、検索の途中結果に対応する時区間を検索条件として順に継承する形で絞り込む検索方法を採用。この際、検索時間が最短となる検索順序を定めることでより高速な検索を行うことができる。検索順序を定めるために、データのレコード数と検索手法に関するメタデータを利用した判断基準を設ける。検索時間がより短い検索方法から順に実行し、取得した検索結果を続く検索の為に検索条件として順次利用することで、本来時間のかかる検索に対して時間を短縮できる。

4. 実住居内センサ環境における検索機能の評価

検索システムの動作実験のために、検索対象となるデータとして住居内センサ環境下で取得された実データを利用した。住居のレイアウトは図 2 のようになっている。住居内での位置情報の取得にはレーザーレンジファインダを使用している。その他に使用しているセンサは近接センサと電流センサである。

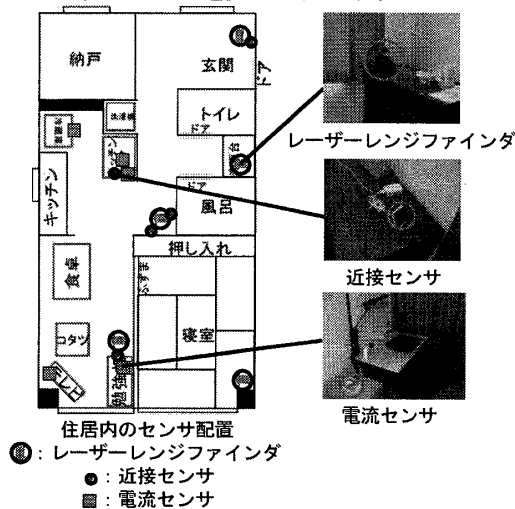


図 2 住居内センサ環境

1ヶ月分の実住居内センサデータを利用して、検索システムの動作試験を行った。

幾何検索を単独で実行した場合の実行画面を図 3 に示す。幾何検索が実際に実行できている。また、複合検索の実行画面を図 4 に示す。

矩形範囲検索、センサ検索、行動情報検索の複合検索について検索順序の最適化の効果を調べた。1. キッチン周辺にいる (矩形範囲検索)、2. 冷蔵庫を使用している (センサ閾値検索)、3. 料理中である (行動情報検索)

という 3 つの条件のもとで検索を行った。最適化の評価基準として、データのレコード数が多いほどコストが小さく、データベースへのアクセス数が多いほどコストが大きいという条件を満たすようなコスト関数を設定し、その値を比較して検索順序を決定した。

今回は 1ヶ月分のデータを使用した。1 から 3 を並列に処理すると 2 が最大検索時間を有し、全体で 1390 秒かかった。1→2→3 の順に検索を掛けた場合の検索時間は 95 秒であった。最適化を行うと 1→3→2 の順に並べ替えられ、この順で検索を行った場合の検索時間は 10 秒であった。この結果から、最適化が検索時間の短縮に役立つことが示された。

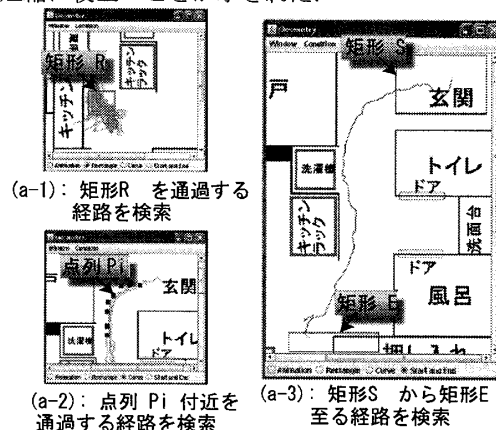


図 3 幾何検索の実行画面

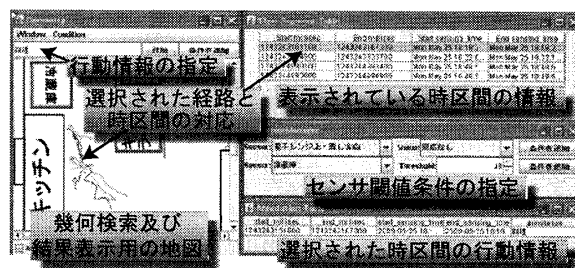


図 4 複合検索の実行画面

5. 結論

時系列位置情報に対して適切な情報を付加し、動線データベース、センサデータベース及び行動情報データベースに対する複合検索を行うことを可能にする検索システムを構築した。動線・センサデータ・行動情報に対する検索が実行できることを確認した。また、複合検索における最適化が時間短縮に貢献することも実証した。

参考文献

[1] Hiroshi Noguchi, et al. "Search System for Behavior Time Segments from Accumulated Sensor Data in Room Environment", In FGCS2007Workshop: International Symposium on Smart Home (SH07), pp. 19-24, 2007.
 [2] Shinichi Yamada, et al. "Location-based Information Delivery Using Stream Processing Engine StreamSpinner" Proc. 7th International Conference on Mobile Data Management (MDM 2006), p. 57, Nara, Japan, May 2006.