

人感センサの時系列情報を用いた プライバシーに配慮した徘徊者発見支援システムの検討

山分 愛¹ 萬家 翔平¹ 菅井 文郎² 岡崎 直宣¹

概要: 近年、高齢化に伴い認知症患者が増加し、認知症高齢者の徘徊による死亡事故や行方不明が多発している。本論文ではこのような事故を防ぐため、夜間の病院や老人介護施設における認知症高齢者の行動経路探索システムを提案し、評価する。このシステムは建物内に人感センサを配置し、その時系列情報を用いて人が移動した経路を表示することにより、介護者が徘徊する認知症高齢者を素早く発見し、介護者の負担を軽減することができる。本提案システムはセンサネットワークを利用することで状況に応じて柔軟に構築でき、また人感センサからの情報のみを使用することで、個人を特定せず、認知症高齢者のプライバシーに配慮できるという特徴を持つ。

キーワード: センサネットワーク, ユビキタスネットワーク, 医療・福祉支援

A support for search for wandering elderly persons using sensor-network with considering on their privacy

YAMAWAKI Ai¹ YOROZUYA SYOUHEI¹ SUGAI FUMIO² OKAZAKI NAONOBU¹

Abstract: In this paper, we propose a support system for search for elderly persons wandering using sensor-network with considering on their privacy. In the proposed system, sensor nodes with motion detection sensor are deployed in buildings, and sensing data without any identification of person are collected and stored in database. When a person wandering goes missing, a nurse or a caregiver can use this system to find the person quickly. The system infers the moving path of the person, using the timestamps of detected data stored in database, and shows some proposed path on the terminal.

Keywords: sensor-network, ubiquitous network, support of medical treatment and welfare

1. はじめに

現在の日本は高齢化が進み、超高齢社会と呼ばれる時代になっている。老化が主な原因とされている認知症も、高齢化に伴い増加傾向にある。認知症には徘徊の症状があり、近年認知症患者の徘徊による行方不明や死亡事故が発生している。

そのような事故を防ぐため、徘徊感知器と呼ばれる機器やシステムが研究、製品化されている。しかし、既存製品

は高価なものが多く、病院や老人ホームなどで徘徊感知器を全員分用意するのは困難である。また、それらの機器やシステムはカメラを使った手法や、IC タグなどを使用したものが多く、個人を特定してしまうため、プライバシーの問題も挙げられる。

本研究では徘徊による事故を防ぐシステムとして建物内に存在する人間の行動経路探索システムを提案する。このシステムは病院や老人ホームなど施設において、センサネットワーク技術を利用し、取得したセンサデータを用いて人間が移動した経路を生成し、表示するものである。病院や老人ホーム内に、あらかじめ人感センサを搭載したセンサノードを設置しておき、人間の存在を感知する。職員

¹ 宮崎大学
University of Miyazaki

² 宮崎大学大学院
University of Miyazaki

が見回りなどで患者がいなかったことを確認すると、職員の入力する部屋名と検索時間をもとに行動経路を生成し、タブレット端末に経路を表示するものである。センサネットワークは、ワイヤレス通信によってネットワークを構築するのでインフラに依存せず、システムの構築や管理を容易におこなうことができる。また、センサノードひとつひとつが低価格の為、全体を低コストで実現することができる。また、提案するシステムは人感センサのみを使用し、個人を特定せずに行うのでプライバシーの問題も軽減できると考える。さらに、コンピュータの扱いに不慣れた職員でも簡単に使用できるよう考慮し、タブレット端末を使って操作できるようにした。

2. 関連研究

2.1 既存製品

現在、実際に施設で使われている主な徘徊感知器は圧力センサを用いた製品である [1]。徘徊する可能性のある認知症高齢者のベットや、ベットの足元の部分に設置し、ベットから起き上がったたり、ベットから降りたりすると詰所でアラームが鳴り、介護者に知らせる。一般的に使われているが、高価なため、必要な分が用意できないというのが現状である。

2.2 関連研究

認知症徘徊者の事故防止を目的とした研究で、RFID (Radio Frequency IDentification) 技術を用いたセンサシステムを構築する研究がある [2]。入居者が施設内で使用するスリッパにタグを埋め込み、それを床に置いたリーダーとRFID マットアンテナによって読み取る。この方式で、だれがいつどの場所にいるかが分かり、複数のマットを並べることにより、どの方向に移動したかが分かる。このシステムでは、入居者別に生活リズムや活動量を把握でき、より細やかなサービスを提供することができるが、入居者個人を特定し、24時間の行動が分かってしまうので、施設内におけるプライバシーはほとんどなくなってしまう。また、入居者が常にスリッパを履いて移動しているとは言えないため、タグと追跡する対象が常に一緒にあるとは限らない。

3. 提案手法

3.1 目的

本提案システムは夜間の福祉施設での利用を想定している。夜間の福祉施設では、昼間 비해 職員の数が少なく、職員がすべての患者を把握することは困難である。そのような状況で認知症高齢者が徘徊をすると、探し出すまでの時間がかかり、事故や行方不明になる確率が高くなる。これを防止するために、施設内を徘徊する認知症高齢者を見つけ出すためのシステムが必要となる。

本提案システムは、夜間の福祉施設において、ある認知

症高齢者がいないことを介護者が確認したときに、タブレット端末を用いて検索条件を入力し、その認知症高齢者が通ったと思われる経路をタブレット端末上に表示するというものである。

2より、既存手法には導入にかかる高いコストの問題や、入居者のプライバシー保護の問題が挙げられる。さらに、介護者はパソコンに不慣れた人が多く、介護者が使いやすいユーザインターフェースにする必要がある。

そこで提案するシステムはセンサネットワーク技術を利用することにより、これらの問題を解決しようと試みた。センサネットワーク技術は、通信をワイヤレスで行うことにより既存のインフラは必要なく、センサノードも取り付け・調節を容易に行うことができ、システム導入にかかるコストを大幅に削減することができる。また、提案システムは人感センサのみを使用して構築されている。人感センサは、動く物体がいるかないかだけを判断するので個人を特定することはなく、入居者のプライバシーを保護することができ、また、対象者側にタグなどの特別な装備が必要ない。さらに、介護者にとっての使いやすさにも考慮し、タブレット端末を用いて操作できるようにした。

3.2 システム構成

提案システムの構成図を図1に示す。

行動経路探索システムは、画面表示サブシステム、経路生成サブシステム、センサデータ収集サブシステムの3つのサブシステムから構成される。

- 画面表示サブシステム

図1の赤の点線枠で囲まれた部分である。タブレット上でユーザが部屋名、検索時間の検索条件を入力し、サーバに検索条件を送信する。また、サーバから経路生成成功のメッセージを受信したら、タブレット上に経路として矢印を表示させる。

- 経路生成サブシステム

図1の紫の点線枠で囲まれた部分である。クライアントから検索条件を受信し、その検索条件をもとに経路を生成するサブシステムである。

- センサデータ収集サブシステム

図1の緑の点線枠で囲まれた部分である。センサノードから送られてくるデータを、経路生成に必要な形に成形し、ファイルに出力する。

3.3 システムの概要

3.3.1 画面表示サブシステム

画面表示サブシステムは、ユーザがタブレット端末上で被探索者がいたであろう部屋名と検索する時間の範囲を入力し、サーバにその情報を送信する。そして、サーバから経路が生成できたことを受信して、タブレット端末の画面上に経路を表示する。

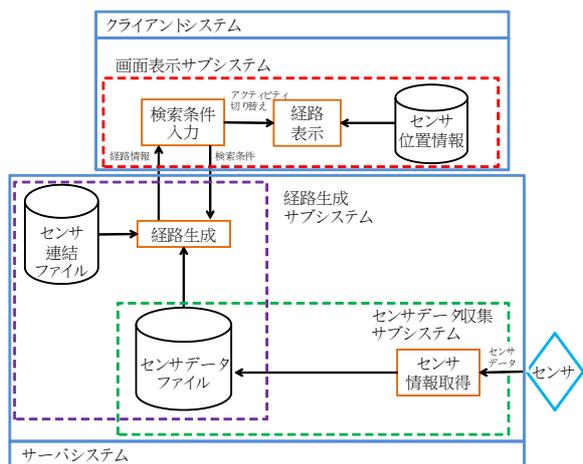


図 1 システム構成
 Fig. 1 Structure of the system

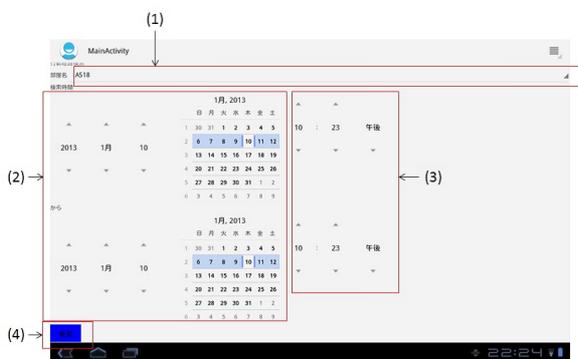


図 2 検索条件入力画面
 Fig. 2 Search condition input screen

図 2 に検索条件の入力画面を示す。アプリケーションを起動させたら最初に表示される画面であり、この画面上で検索条件を入力する。以下に画面内のアイテムを説明する。

- (1) 部屋名を選択するスピナー*1
 画面上の部屋名をタップすると、部屋名の一覧がリストとして表示される。
- (2) 日付を選択するデトピッカー*2
 検索の開始日付、及び終了日付を選択する。スクロールでの選択、カレンダー表示からの選択、キーボード入力に対応している。
- (3) 時刻を選択するタイムピッカー*2
 検索の開始時刻、及び終了時刻をスクロールで選択する。
- (4) 検索ボタン
 このボタンが押されると、サーバに取得した部屋名、検索開始日時、検索終了日時を文字列で送信する。

図 3 に経路表示画面を示す。サーバ側で経路が作られ、その経路情報をもとに矢印を表示する。矢印には上方向、下方向、右方向、左方向の 4 種類の向きがある。この矢印

*1 タップするとリストが表示され、そこから項目を選択する機能
 *2 数字をスクロールさせて選択する機能

の向きは、反応しているセンサと、次に反応するセンサの位置情報に基づいて決定する。

まず、矢印の表示位置を取得する。次に、表示する矢印の位置を取得し、比較することで、それぞれの位置の X 座標、Y 座標の大小関係によって矢印の向きを決定する。それを繰り返し、矢印を複数表示する。経路の終端には終端を表す星印を表示する。

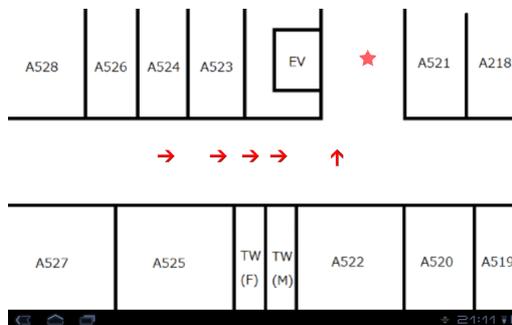


図 3 経路表示画面
 Fig. 3 The display screen of the route

3.3.2 経路生成サブシステム

経路生成サブシステムは、ユーザから入力された検索条件をもとに経路を生成する。このサブシステムでは、センサの反応した時刻などを時系列に格納したセンサデータファイルと、どのセンサが隣同士かという情報を格納したセンサ連結ファイルをもとに経路を生成する。処理の流れを以下に示す。

- (1) 文字列解析
 受信した文字列を処理しやすい形に変換する。
- (2) センサデータ検索
 センサデータファイルを読み込み、検索時間の範囲内のデータのみ抽出する。
 検索時間内に人物を感知しているセンサ ID をリストに格納する。このとき、適切な経路を選択するため検索時間内を 9 秒間に区切った。9 秒間は、高齢者の歩行速度 [3]、およびセンサの検出範囲に基づき決定する。
 文献 [3] によると、80 歳以上の平均歩行速度は 0.86 [m/sec] である。今回使用しているセンサの検出範囲の直径は最大で 7.42[m] であり、ある特定のセンサの検出範囲に高齢者が入り、次のセンサの検出範囲に入るまでの最大距離も 7.42[m] となる。よって、それにかかる時間は 8.63[sec] である。ゆえに、9 秒間で区切ることが妥当であると考えた。
- (3) 経路生成

センサデータ検索で作成したリストと、センサ連結ファイルをもとに、経路を生成する。

まず、経路の最初となるセンサ ID がリストに含まれているかチェックする。含まれていれば、次にセン

サ連結ファイルから連結しているセンサ ID を読み込む。これが、次の経路の候補となるセンサ ID になる。次に、リストの中に、経路候補のセンサ ID があるかどうかチェックする。あれば、そのセンサ ID を次の確定経路として確定処理を行う。ない場合は、そこで経路が終了しているのを、終了処理を行う。これを繰り返して行うことで、経路であるセンサ ID の列を生成することができる。

(4) メッセージ送信

経路生成によって作られた経路情報をクライアント側に送信する。

3.3.3 センサデータ収集サブシステム

センサデータ収集サブシステムは、センサノードから送られてきた情報を、ファイルに格納する。センサが反応したときセンサノードから、反応した時刻、センサノードのアドレス、センサ ID、センサの状態が送られる。それを時系列にファイルに格納していく。

4. 実装

画面表示サブシステムと、経路生成サブシステムを試作した。

4.1 開発環境

画面表示サブシステムは、Java で Android SDK を使い、統合開発環境 Eclipse を使い Android 端末上に実装した。Android4.1 を使用して実装を行い、Android4.2.1 を搭載している端末で動作確認を行った。また、動作確認に使用した端末は Nexus7 ME370T である。

経路生成サブシステムは、Java を使い、画面表示サブシステムと同様、統合開発環境 Eclipse を使い実装した [4]。

センサデータ取得用のセンサノードとして、人感センサを搭載した Arduino を使用している。

4.2 動作

第 3 節で述べた手法で、実際にどのように処理が行われているかを述べる。

(1) 検索条件入力

ユーザはタブレット端末を用いて検索条件を入力する。検索条件は、部屋名、検索開始時刻、検索終了時刻である。入力されたデータは文字列に変換され、サーバにソケット通信で送信される。

(2) 文字列解析

クライアントから送られてきた検索条件を処理しやすい型に変換する。部屋名とセンサ ID の対応表から、送られてきた部屋名に対応するセンサ ID を取得する。検索開始時刻と検索終了時刻は、日付を扱う Date 型に変換する。

(3) センサデータ検索

センサデータファイルから、検索時間内に当てはまるセンサ ID を抽出する。

検索時間を 9 秒間隔に分け、行を変えながら 2 次元配列の反応リストに格納する。

(4) 経路生成

反応リストおよびセンサ連結ファイルをもとに経路を生成する。反応リストに、連結しているセンサ ID が含まれていれば経路として確定する。含まれていなければ、確定している経路をたどり、一つの長い経路としてセンサ ID の列を作る。

(5) メッセージ送信

クライアント側に生成したセンサ ID の列を送信する。しかし、指定された部屋からの出入りがないなどの場合で経路の生成に失敗した場合は ERROR を送信する。

(6) 経路表示

サーバ側から送られた経路をタブレットの画面に表示する。地図上のセンサが配置されている位置に矢印を表示する。矢印の向きは、表示するセンサと次に表示するセンサとの位置を比較して選択する。経路の終端には星印を表示する。

5. 考察

5.1 評価

本提案システムの有効性を評価するために、認知症高齢者が入居する老人介護施設に勤務経験のある看護師（評価者 A）と、認知症高齢者が入院している総合病院に勤める看護師（評価者 B）、およびこれから認知症高齢者の介護者となりうる看護学生（評価者 C）に本システムについて有効だと思うか評価をしてもらった。以下に評価項目を示す。

- (1) 提案システムで、介護者の負担を減らせると思うか。
- (2) 提案システムによってコスト削減につながると思うか。
- (3) 提案システムによって入居者のプライバシーを保護できると思うか。
- (4) 提案システムは、操作がしやすいか。
- (5) 提案システムを実際の現場に導入したいと思うか。

5.2 考察

各項目ごとの評価を表 1 に示す。同表の○は「そう思う」、△は「そう思うが完全ではない」、×は「そう思わない」を表している。

評価者 A は、広い施設内を探すより経路を検索する方法が早いという意見であり、老人介護施設では提案手法が有効である可能性があることが分かる。老人介護施設によっては夜勤者が一人という状況があり、その場合、特に提案手法が有効であると評価していた。評価者 B からの希望として、持ち運びができるようスマートフォンなどの小型機器への実装が挙げられていた。評価者 B の評価より病院で

は操作性や実用性において改善の余地があることが分かる。総合病院など、入院患者が認知症高齢者だけではない環境では職員の夜間における仕事量が多く、検索条件を入力する手法だと無駄な手間がかかってしまうことを懸念していた。

今後の課題として、複数人が同じ部屋にいる環境を想定し複数の経路を表示する拡張や、病院で使用できるようにするために、出入り口やエレベータ付近にセンサを設置しそのセンサが反応した時にアラームで職員に知らせる機能の拡張が挙げられる。

表 1 各項目の評価

Table 1 Evaluation of each item

	項目 1	項目 2	項目 3	項目 4	項目 5
評価者A	○	○	○	△	○
評価者B	△	○	○	×	×
評価者C	○	○	○	○	○

6. まとめ

本論文では、認知症高齢者が入居する福祉施設などで、夜間の徘徊による事故を防止するために、介護者の負担を減らす徘徊者発見支援システムを提案した。提案したシステムでは、まだ完全ではないが、介護者の負担を軽減できる可能性があることが分かった。また、人間の移動経路を表示する手法は、防犯など他分野にも応用ができるだろう。

参考文献

- [1] 「ベットセンサー 起き上がりくん」, 株式会社竹中エンジニアリング
- [2] 三浦元喜, 伊藤慎宣, 杉原太郎, 高塚亮三, 國藤進: グループホームにおけるあったかい介護のためのインタラクション, 情報処理学会研究報告, pp105-111(2009-5).
- [3] 古名丈人, 伊藤元, 長崎浩, 橋詰謙, 丸山仁司, 衣笠隆: 417. 高齢者の歩行速度、歩幅、歩行率、および歩行パターン, 理学療法学第 21 巻学会特別号 (1994).
- [4] 株式会社アंक著: Java の絵本 増補改訂版 Java が好きになる 9 つの扉, 株式会社翔泳社, 2011 年初版.