

「先進的統合センシング技術」

平成 19 年度採択研究代表者

東野 輝夫

大阪大学大学院情報科学研究科・教授

災害時救命救急支援を目指した人間情報センシングシステム

1. 研究実施の概要

本研究では、列車事故やテロ、ビル災害など数百人以上の傷病者が短時間に発生するような状況を想定し、各傷病者に装着した脈拍センサや血中酸素濃度センサなどからのセンシング情報を収集すると共に、災害現場に臨時に無線ネットワークを構築することで、傷病者の位置や病状変化を監視し、初期に救命活動を行う消防関係者や医療チームにその情報を図的に提示する救命救急医療支援システムを構築することを研究目標としている。初年度である平成 19 年度は、システム実現のための技術要件整理と要素技術の創出に注力した。具体的には、(1) 傷病者の位置を特定するための位置推定技術 (2) 傷病者を監視し生体情報を収集するためのアドホックネットワークの構築管理技術 (3) 傷病者の位置をグラフィカルに表示するシステムのための地図データ処理技術について、プロトタイプ実装も含めた技術開発を実施した。また、(4) 生体情報センシングの項目選定ならびにセンサ機器のプロトタイプ開発をあわせて実施した。

2. 研究実施内容

(文中にある参照番号は 4. (1) に対応する)

(1) 傷病者の位置を特定するための位置推定技術の開発

屋内外を問わず、事故・災害発生現場において傷病者数やその位置を確実に把握するためには、GPS のみに頼ることなく、アドホックに構築された無線ネットワークインフラストラクチャを利用した位置特定技術が要求される。一般に無線ネットワークを用いた位置推定手法では、正確な位置情報を発信するノード(位置基準ノード)を仮定し、その基準位置情報を無線アドホックネットワークで複数ホップ伝播させる手法をとる。一方、本研究開発では、建物等で無線伝搬が阻害されるなどの理由によりネットワークが分断されやすい状況での利用を考慮し、各移動端末は位置基準ノ

ードの位置情報に加え、遭遇した移動ノードの推定位置情報も利用する方式を新たに検討している(図1). コンピュータシミュレーションによる予備実験により、どの程度の精度が達成できるかを調査した結果、位置基準ノード間距離が数十~百メートルの疎な間隔で設置されている状況でも、位置推定誤差が無線到達距離と同程度以下に抑えられることを確認した(図2). 以上の研究結果は論文 [1] にまとめて公表している.

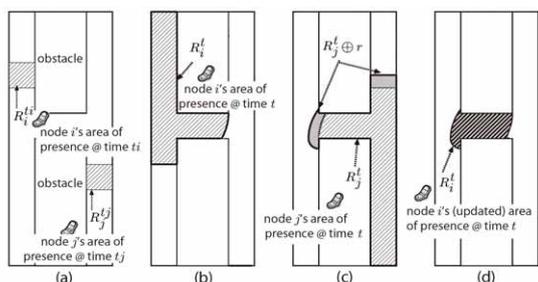


図1 位置推定アルゴリズム

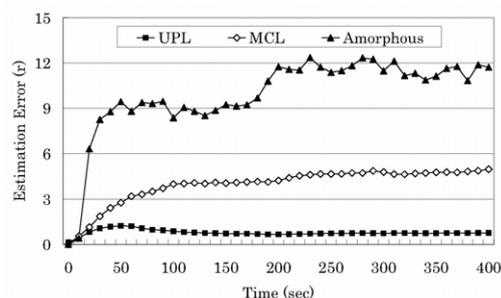


図2 無線距離を基準とした推定精度

また、これより得られた知見をもとに、無線ノード間のアドホック通信に近隣ノードの現在および過去一定期間の推定位置情報(移動履歴)を含め、これを利用して自身の位置を補正する、一種のキャリブレーション動作を行うアルゴリズムも設計した. 他ノードの移動履歴を利用することで、現在位置の推定だけでなく、過去の推定位置の精度をより向上させ、その結果を利用して現在の推定位置の精度をさらに向上させることができる(図3). 各ノードがこの操作を繰り返し行うことにより、少数の位置基準ノードを基準に全ノードの位置情報が徐々に推定される. コンピュータシミュレーションによる性能評価を行った結果、ノードの存在領域の大部分がどの位置基準ノードの無線到達距離にも含まれないような場合でも、各ノードが4程度の隣接ノードを持つならば、推定位置の平均誤差が無線到達距離の半分に収まることを確認した(図4).

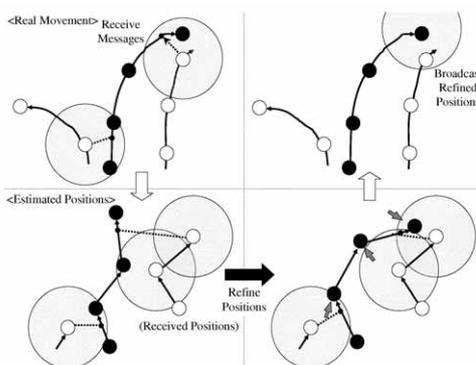


図3 履歴を用いた位置修正アルゴリズム

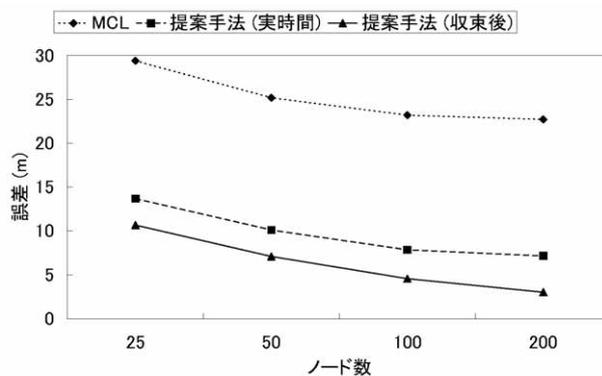


図4 無線距離10mのときの推定精度

これらの研究結果は、音波の到達時間差や電波到達角の測量などハードウェア性能に大きく依存し実現コストも高い技術に頼ることなく、最大無線到達距離情報のみを利用し実現が容易な

レンジフリー技術を用いても、Zigbee など電波到達距離を 10m 程度に抑制できる小電力無線規格を利用し移動ノードとの遭遇情報を活用すれば、5m 前後まで推定精度を上げられることを示唆している。今後は、これらのアルゴリズムを元に、災害事故現場における医療従事者の移動特性、傷病者の分布パターン、設置可能な位置基準ノードとその位置関係などを分析し、性能解析ならびにアルゴリズム改良を重ねる。のみならず、例えば少数の位置基準ノードのみ指向性電波発信を行わせるなどコストを上昇させない範囲で測距関連技術を導入して精度向上を図り、最終的にはおおよそ 2m 程度の推定精度を達成することを目標とする。

(2) 傷病者を監視し生体情報を収集するためのアドホックネットワークの構築管理技術の開発

無線センサ端末間からなるアドホックネットワーク上でのシステム・アプリケーション設計開発を支援し、さらに災害現場でアドホックネットワークを迅速に展開しモニタリングおよび管理を行うためのプラットフォーム D-sense の設計ならびにプロトタイプ開発を行った。D-sense は統合開発管理支援環境であり、無線端末におけるアルゴリズムレベルの通信プロトコル開発ならびに性能評価、センサ端末のモニタならびにプログラム管理、条件判定によるセンサネットワークの振舞いの規定などをサポートする(図 5)。D-sense の支援のもとで Crossbow 社 Mote Micaz センサ端末上にデータ収集プロトコルを実装し、フィールド実験(図 6)を行った結果、プロトコル実行ならびにセンサ端末モニタがスムーズかつ容易に行えることを確認した。今後はこの D-sense を改良しながら、今後開発していく救命救急支援システムで利用する無線アドホックネットワークの構築とそのプロトコルの実装ならびにその実行管理を行っていく予定である。

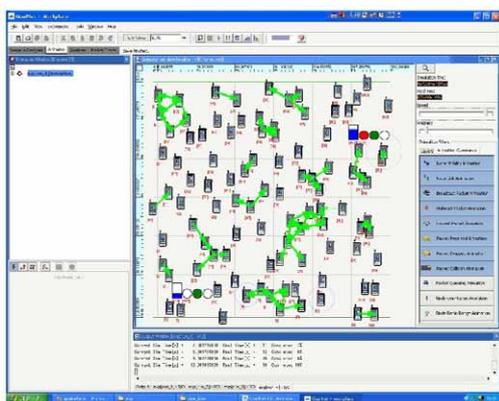


図 5 センサ端末の状態と通信の表示



図 6 Mote MicaZ 端末を用いたフィールド実験

(3) 傷病者の位置表示ならび医療関係者の行動支援のためのスケジューリングシステム

開発する救命救急支援システムにおいては、傷病者の位置を電子地図上に表示するとともに、地図の拡大縮小、傷病者の情報表示などを直観的にわかりやすいグラフィカルインターフェースを用いて行える必要がある。また、搬送先病院の地図上での表示や現場からの距離算出、移動経路決定などによる医療関係者の行動支援も行えることが望ましいといえる。本年度は、地図上に指標を指定できたり情報をポップアップでわかりやすく表示する機能などを持つ Google Map の API

を利用し、Google Map と連携した地図上へのデータ表示ならびに操作技術を開発した。また、それを用いた行動スケジューリング支援システムのプロトタイプを開発することで要素技術の具体化をはかった。今後はこれらの技術を元に、救命救急現場で求められる機能やユーザビリティを整理検討し、救命救急支援システムの開発を進めていく予定である。

(4) 生体情報センシングの項目選定ならびにセンサ機器のプロトタイプ開発

開発するシステムにおいては、傷病者の状態を把握し、危険な状態の傷病者をなるべく早く検知、特定することが求められる。本年度は、傷病者の病状を把握でき、かつ小型センサで確実にセンシングできるパラメータとして、血中酸素濃度、脈拍数、ならびに呼吸数を選定した。これらをリアルタイムにセンシングし、そのデータを無線端末に送付する小型センサ機器を現在設計しており、平成 20 年度中の実現を予定している。

3. 研究実施体制

(1) 大阪大学東野グループ

- ① 研究分担グループ長: 東野 輝夫 (大阪大学、教授)
- ② 研究項目
 - 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
 - アドホックネットワークの構築技術開発・実装
 - 地図形成・表示技術の開発と実装
 - 位置トレース技術の開発

(2) 大阪大学今井グループ

- ① 研究分担グループ長: 今井 正治 (大阪大学、教授)
- ② 研究項目
 - 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発

(3) 順天堂大学田中グループ

- ① 研究分担グループ長: 田中 裕 (順天堂大学、教授)
- ② 研究項目
 - 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発

(4) 慶応義塾大学岡田グループ

- ① 研究分担グループ長: 岡田 謙一 (慶應義塾大学、教授)
- ② 研究項目

- 生体センシング機能を備えた傷病者端末の設計開発
- 地図形成・表示技術の開発と実装

(5) 静岡大学水野グループ

- ① 研究分担グループ長:水野 忠則 (静岡大学、教授)
- ② 研究項目
 - アドホックネットワークの構築技術開発・実装
 - 位置トレース技術の開発

(6) 奈良先端科学技術大学院大学安本グループ

- ① 研究分担グループ長:安本 慶一 (奈良先端科学技術大学院大学、准教授)
- ② 研究項目
 - アドホックネットワークの構築技術開発・実装
 - 地図形成・表示技術の開発と実装

4. 研究成果の発表等

(1) 論文発表(原著論文)

1. 藤井彩恵, 内山彰, 前田久美子, 梅津高朗, 山口弘純, 東野輝夫, 少数の基準位置情報を移動無線端末間で補完する位置推定手法の提案と評価, 情報処理学会論文誌, Vol. 48, No. 12, pp. 3977-3986, 2007年12月