

機関番号：17401

研究種目：若手研究 (B)

研究期間：2008～2010

課題番号：20700067

研究課題名 (和文) ロケーションセンシングに基づく対面コミュニケーション支援システムの
研究・開発研究課題名 (英文) Research and Development of a System Supporting Face-to-face
Communication Using Location Sensing

研究代表者

北須賀 輝明 (KITASUKA TERUAKI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号：70343332

研究成果の概要 (和文) : 対面コミュニケーションを支援するシステムを実現するために、近隣利用者の相対位置をアプリケーションから汎用的に利用できる名前解決ミドルウェアを設計し、アプリケーションを試作した。利用者は通信相手端末を指定する際に、名前だけでなく相対位置も利用できる。また、近隣端末との相互認証手法、利用者状態検出のための行動認識手法、および無線 LAN によるロケーションセンシングの高精度化手法を提案し、有用性を示した。

研究成果の概要 (英文) : To develop a system supporting face-to-face communication, we design a name resolution middleware using relative location information to support wireless visible area communication, and prototype an application. The middleware provides the ability to specify a neighboring target host by using not only its name but also its relative location. We also propose a mutual authentication method for a neighboring host, activity recognition methods of mobile device users, and localization schemes in wireless LAN environments.

交付決定額

(金額単位：円)

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	900,000	270,000	1,170,000
2010年度	900,000	270,000	1,170,000
年度			
年度			
総計	3,200,000	960,000	4,160,000

研究分野：計算機科学

科研費の分科・細目：情報学・「計算機システム・ネットワーク」

キーワード：情報システム，ユーザインターフェース，無線通信，ロケーションウェアコンピューティング，ユビキタスコンピューティング，行動認識，対面。

1. 研究開始当初の背景

GPS によるロケーションセンシング技術は携帯電話に搭載されるなど普及が著しいが、Active Bat (超音波) や無線 LAN などの主として屋内向けで GPS より精度の高いロケーションセンシング技術は研究段階から抜け出せているとはいいがたい。これらの屋内向けロケーションセンシング技術のほとんど

がセンシングする場所ごとに何らかの機材や較正 (キャリブレーション) 情報を必要とする。そのため、「どこでも」ロケーションセンシングを行えるという環境は作りにくいことが普及の足かせの一つと考える。

一方で、人と人のコミュニケーション手段として最も効果的なものが対面 (Face to face) コミュニケーションであることは疑う

余地がない。ところが、情報通信技術（ICT）の発展は対面コミュニケーションの比率を下げる方向に働く面が強く、電話や電子メール、インスタントメッセージ、ブログ、SNS（Social Network Service）などの非対面コミュニケーション手段を次々と登場させ、コミュニケーションの質自体も変化させようとしている。

2. 研究の目的

ロケーションセンシング技術を応用することで、人と人の対面（Face to face）コミュニケーションの効果を向上させる方法を検討し、設計・実装を通じてその効果を明らかにする。これにより現在実用化半ばで足踏みをしているといえる GPS 以外のロケーションセンシング技術を普及段階に移行させるキラーアプリケーションの創出を目指す。また応募者がこれまで研究してきたロケーションセンシング技術が対面コミュニケーションへの応用に適していることも同時に示す。

3. 研究の方法

対面コミュニケーションの支援システムが次のもので構成されると想定し、本研究ではシステム実現にあたって重要と考えられるいくつかの項目に取り組む。

- ・利用者インターフェース
- ・対面コミュニケーション状況把握機能
- ・近隣携帯端末検知機能（無線 LAN 信号強度）
- ・近隣携帯端末との情報交換機能
- ・利用者コンテンツ管理機能
- ・利用者状態検出機能（加速度センサ）
- ・対面コミュニケーション履歴
- ・電子メールや SNS などとのリンク機能

このうち、近隣携帯端末検知機能と近隣携帯端末との情報交換機能は、近隣の利用者端末と無線 LAN などを用いて通信することで実現する。対面コミュニケーション状況把握機能は、近隣携帯端末検知状況、利用者状態、対面コミュニケーション履歴などを参照し、利用者インターフェースを通じて利用者とやりとりする。

本研究で取り組む主な項目は、次の 4 項目である。

- (1) 近隣利用者の相対位置情報をアプリケーションから汎用的に利用できる名前解決ミドルウェア：

近隣利用者が所持する携帯端末との相対位置情報を利用して、利用者が対面であることを判断する。さまざまなアプリケーションを開発するためには、アプリケーションが相対位置情報を汎用的に利用できるミドルウェアが存在することが望ましい。このようなミドルウェアを設計

する。

- (2) 近隣端末との相互認証：

対面コミュニケーション支援の一つとして、携帯端末内に格納した文書・写真などのコンテンツの交換機能が上げられる。交換の際、無線通信で送受信することを想定すると、盗聴などの安全性に配慮する必要がある。対面コミュニケーションは、インターネット接続性のない状況で行われる可能性もあることから、公開鍵基盤によらない端末相互認証手法に取り組む。対面であることを認証に利用する方針を進める。

- (3) 利用者状態検出のための行動認識：

対面コミュニケーションが会議室などで着席した状態（静止状態）で行われているのか、あるいは歩きながら（自律移動状態）なのか、乗り物などに乗りながら（非自律移動状態）なのかといった、利用者の状態に応じて、支援の仕方を変更できることが望ましい。このように利用者の状態を検出できるように、加速度センサを用いた行動認識技術に取り組む。

- (4) ロケーションセンシングの高精度化：

無線 LAN の信号強度を利用したロケーションセンシング技術は、ほとんどの無線 LAN 内蔵端末で、ソフトウェアの追加や変更のみで利用可能である。その一方で、信号強度で測位を行うには、建物の構造物や什器、人などの影響を抑えることや、携帯端末に搭載された無線 LAN デバイスの機種差などの影響も抑える必要がある。これらの影響を抑える方法を明らかにする。

4. 研究成果

本研究で取り組んだ 4 つの項目それぞれについて、成果を述べる。

- (1) 近隣利用者の相対位置情報をアプリケーションから汎用的に利用できる名前解決ミドルウェア：

対面しているということは、利用者が互いに視界内（可視領域）にいるということである。このような利用者の携帯端末間で近距離無線通信デバイスを用いて、一時的にネットワークを形成し、即座に情報交換を実現する無線通信を、無線可視領域通信（WVAC: Wireless Visible Area Communication）と呼ぶこととし、無線可視領域通信において通信相手の特定を支援する名前解決ミドルウェアを提案した。

提案ミドルウェアは、従来の名前を用いることに加えて、周辺端末との相対位置を補助的に提示することで、WVAC 環境における通信相手の特定を効果的に支援する。提案ミドルウェアは、①ミドルウェアの機能を、アプリケーションが汎用的に利用できるように、シンプルな API を提供する。②事前に設定/配置が必要な専用サーバを必要としない。③キャリブレーションを必要とせずに、周辺端末の相対位置情報を取得できる測位手法を採用しているという特徴を持つ。

①の API として提案ミドルウェアは、伝統的な C 言語の API である `gethostbyname` 及び `gethostbyaddr` を踏襲し、名前と識別子を相互に変換する `WVAC_gethostbyname` 及び `WVAC_gethostbyaddr` を提供する。加えて、相対位置と名前を相互に変換する `WVAC_gethostlocbydomain` 及び `WVAC_gethostlocbyname` を提供し、さらに最新の相対位置情報をミドルウェアに問い合わせ更新する `WVAC_updatelocation` という API を提供する。

②は、相対位置を計算する一つのサーバを複数の携帯端末の中から自動的に選出することで実現する。提案ミドルウェアは、図 1 に示すように、位置計算サーバ (図中 Location Server)、スニファ (Sniffer)、セッションマネージャ (Session Manager) の 3 つのサブシステムで構成される。このうち位置計算サーバが、相対位置を計算するサーバである。このサーバ選出は、リーダ選出問題ととらえることができるため、従来の解決方法を利用できる。

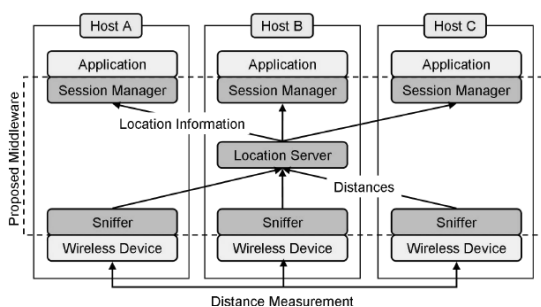


図 1 提案ミドルウェアを構成するサブシステム

③は、端末間の信号強度を計測することで、キャリブレーションを行うことなく比較的正確な相対位置が得られる WiPS の方式をベースにした。

図 2 にミドルウェアのプロトタイプシステム上に構築したメッセージ通信ソフトウェアの実行画面を示す。このアプリ

ケーションのように、ミドルウェアが提

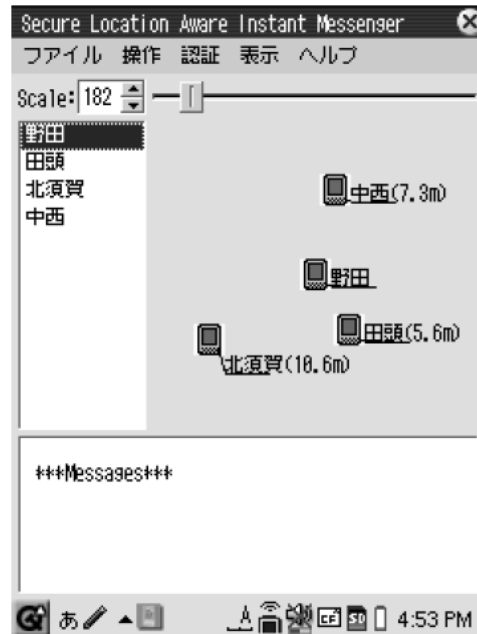


図 2 位置情報を使ったメッセージ通信ソフトウェアの実行画面

供する周囲の端末の相対位置情報をグラフィカルに表示し、利用者は画面上で端末の名前と位置を確認して、メッセージの送信対象端末を特定する。

計算資源と通信量、相対位置計算にかかる時間について、性能評価を行った。端末台数 10~40 台の場合、メモリ使用量は約 3.7MB、通信量は 7~135KB/s であった。相対位置計算にかかる時間は、XScale (416MHz) 搭載 PDA を位置計算サーバとして用いて、端末数が 10 台程度の場合、0.52~0.36 秒であった。

(2) 近隣端末との相互認証 :

対面コミュニケーションの際に、会議資料やデジカメ画像などの電子データをやり取りする機会が増えている。現時点では USB メモリなどの物理媒体や、電子メールなどのインターネット通信を利用したファイル交換が盛んである。無線通信機能をより安心して利用できるようにすることで、対面コミュニケーションにおける電子データのやりとり方法の一部は近距離無線通信に置き換わっていくことが推測される。無線通信は、物理媒体と比べて、盗聴の危険性や誤った相手への送信などの事故の可能性が高いといえる。

本研究では、利用者同士が対面しているということを積極的に活用した端末相互認証手法を提案した。提案手法では、端末が相互に公開鍵を交換し、それぞれ

の端末で両者の公開鍵を結合したのからハッシュ値を生成し、両端末で生成したハッシュ値が互いに一致することを利用者が視覚的に確認する。ハッシュ値を英単語表に加工して利用者に見せる「表形式確認方式」とすることで、一致確認を容易にする。既存の biometric word lists が音声での一致確認を想定したものであるのに対して、本研究では視覚的にも一致を確認できる状況を想定している点に違いがある。一致確認にかかる時間を20名の被験者で評価した。その結果、表形式確認方式を用いて一人の被験者が視覚的に二つの端末の表示内容の一致を確認する方法が、ほかと比べて短時間でできることを確認した。

また、提案した端末相互認証手法の安心感と手間について、類似手法と比べる主観評価を行った。80名弱のアンケート記述から、安心感は必ずしも手間にかかる方法で得られるわけではないことが分かった。

(3) 利用者状態検出のための行動認識：

加速度などのセンサを用いた行動認識の研究は、対面コミュニケーションへの応用に限らず、盛んに行われている。本研究では、機械学習によらず、身体の加速度から行動を認識する方法をいくつか検討した。音声認識などで用いられてきた Dynamic Time Warping (DTW) 法を用いた行動の認識に取り組んだ。なお、DTW は動的計画法を時系列データに適用するものである。

①速さ（ペース）の異なる同一動作を認識することを目的に、身体加速度データに DTW 法を適用する場合の距離関数を複数検討した。同一動作であっても速さが異なると、動作時間だけでなく、動作中の加速度値も変化するため、DTW 法を用いる際の距離関数に工夫が必要といえる。距離関数として、一般に用いられるユークリッド距離のほかにデータを時間軸に沿って微分した距離などを検討した。検討内容を評価するために、ホワイトボードに 50cm 四方の大きさで正方形と円を描く動作を、さまざまな速度で行う実験を行った。その動作を手首に付けた加速度計で計測した。計測データの組に対して DTW 法を用いて組の間の距離を求め、この距離を類似度とした。この実験から、ユークリッド距離と微分距離を 10:3.4 程度の割合で加算した場合に、速さの異なる同一動作に対して、比較的短い DTW 距離が得られることが確認できた。

②日常生活で利用できる行動認識を指すうえで、日常生活の行動が「歩きながら携帯電話をポケットから取り出す」といった「ながら」行動を多く含むことに着目し、「ながら」行動（以降、複合行動と呼ぶ）を単純な行動の組合せとして認識する方法について検討した。「歩きながら携帯電話をポケットから取り出す」という複合行動を例に実験を行った。「歩行」と「立位でポケットから携帯電話を取り出す」という行動をテンプレートとして、この複合行動を DTW 法で認識したところ、認識率は 34% と低かった。ただし、同じ複合行動のデータをテンプレートとして用いた場合でも 37% の認識率であり、大きな差は見られなかった。複合行動の認識は、今後も検討を続けていく必要がある課題といえる。

③行動のテンプレートや機械学習用の教師データが用意できない場合にも、時系列加速度データから行動が変化した時刻を求めることができれば、有用である。そこで、DTW 法を用いて、行動が変化した時刻を推定する手法を検討した。時系列加速度データを一定時間（実験では 1.2 秒）ごとに取り出し、これらの一部をテンプレートとして、DTW 距離を算出し、DTW 距離が大きく変化する時刻を行動の変化時刻と推定する手法を提案した。実験では、11 歳から 39 歳までの男女 4 名の被験者に、その場で「立つ」、「歩く」、「走る」、「ジャンプ」、「スクワット」、「スキップ」の 6 種類の行動を指示した順序で 5 秒ずつ行ってもらい、足首と利き腕の手首の 2 箇所の加速度データを取得した。実際に行動が変化した時刻の前後合わせて 1 秒以内に推定時刻がある場合を推定成功とした場合、実際に行動が変化した時刻のうち、74% の推定に成功した。また、推定時刻のうち、17% はその時刻の前後合わせて 1 秒以内に、実際には行動が変化していない誤った推定であった。このように比較的激しめの運動に相当する行動では、テンプレートや教師データを用いることなく、行動の切り替わり時刻を推定できることを示した。

(4) ロケーションセンシングの高精度化：

①無線 LAN を用いた位置推定手法に着目し、シーン解析法に基づく高精度な位置推定手法を提案した。広域な範囲内で大ざっぱに現在地を推定する場合と、その絞られた範囲内で現在地を正確に推定する場合とでは、特徴的なアクセスポイントが異なると考え、提案手法では、それぞれの場合で異なる手法をハイブリッドに用いて現在地を推定する。具体的に

は、前者の推定のために3種類の推定方式を提案し、また後者の推定のために主成分分析を用いた推定手法を提案する。提案手法を実装し、実環境において評価を実施した。その結果から従来手法が平均誤差6.5 mであるのに対して、提案手法では2.4 mまで改善できることを確かめた。

②無線LANの受信信号強度を用いた位置推定システムでは、異なる無線LANデバイスを混在して使用した場合に、位置推定の推定精度が低下するという問題がある。この原因は、無線LANデバイスごとに、受信信号強度の測定に関して、固有の特性が存在するためである。そこで、このようなデバイス固有の特性を明らかにし、特性の相違による位置推定への影響を軽減することを目標とした。提案手法では、経験的手法と呼ばれる位置推定手法を対象としており、特性による影響を軽減するよう観測データを校正する。具体的には、推定時の前処理として適応フェーズと呼ぶ新たなフェーズを導入し、適応フェーズでデバイス間の特性の違いを、正準相関分析を用いて明らかにする。また推定時には、その結果を用いて位置推定に利用する観測データを校正する。提案手法の有効性を確認するために、実環境における評価を行った。その結果、校正を行わない場合と比べて、最大で約30%の位置推定の正答率の向上を確認した。

5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計7件)

1. 原田直弥, 田頭茂明, 荒川豊, 北須賀輝明, 福田晃, 「無線LAN環境における主成分分析を用いたハイブリッド位置推定手法」, 電子情報通信学会論文誌D, vol. J93-D, no. 10, pp. 1876-1884, 2010. 査読有
2. 片山隆一郎, 田頭茂明, 荒川豊, 北須賀輝明, 福田晃, 「無線LAN位置推定システムにおける正準相関分析を用いたデバイス適応手法」, 電子情報通信学会論文誌D, vol. J93-D, no. 10, pp. 1885-1893, 2010. 査読有
3. Kenji Yamada, Tsuyoshi Itokawa, Teruaki Kitasuka, and Masayoshi Aritsugi, “Redundant TC Message Senders in OLSR,” IEICE Transactions on Information and Systems, vol. E93-D, no. 12, pp. 3269-3272, 2010. 査読有
4. 野田厚志, 北須賀輝明, 田頭茂明,

中西恒夫, 福田晃, 「無線可視領域通信を支援する相対位置情報を利用した名前解決ミドルウェア」, 電子情報通信学会論文誌B, vol. J92-B, no. 4, pp. 643-655, 2009. 査読有

5. 野田厚志, 阿瀬川稔, 北須賀輝明, 田頭茂明, 北口貴史, 津村直樹, 中西恒夫, 福田晃, 「無線可視領域ネットワークにおける端末相互認証手法」, 九州大学大学院システム情報科学紀要, vol. 14, no. 2, pp. 77-82, 2009. 査読有
6. Atsushi Noda, Teruaki Kitasuka, Shigeaki Tagashira, Tsuneo Nakanishi, and Akira Fukuda, “Name Resolution Middleware Using Relative Positional Relationship to Support Wireless Visible Area Communication,” Proc. the IEEE 23rd International Conference on Advanced Information Networking and Applications (AINA 2009), pp. 443-450, 2009. 査読有
7. 阿瀬川稔, 野田厚志, 北須賀輝明, 北口貴史, 津村直樹, 田頭茂明, 中西恒夫, 福田晃, 「無線端末を用いた暗号化通信のための近距離鍵認証手法の提案」情報処理学会マルチメディア, 分散, 協調とモバイル (DICOM02008) シンポジウム論文集, vol. 2008, no. 1, pp. 2011-2019, 2008. 査読有

[学会発表] (計9件)

1. 重岡正, 糸川剛, 北須賀輝明, 有次正義, 「DTW法を用いた行動の切替り時刻推定手法の検討」, 情報処理学会研究報告, vol. 2011-UBI-29, no. 27, pp. 1-8, 2011年3月8日, 東邦大学.
2. 重岡正, 糸川剛, 北須賀輝明, 有次正義, 「DTW法を用いた単純行動の認識を組み合わせた日常行動の認識方法の検討」, 情報処理学会創立50周年記念(第72回)全国大会, 4F-5, 2 pages, 2010年3月10日, 東京大学.
3. 宮本幸太, 糸川剛, 北須賀輝明, 有次正義, 「ペースの異なる同一動作を認識するためのDTW距離の一検討」, 電子情報通信学会技術報告, vol. 109, no. 380, MoMuC2009-66, pp. 69-74, 2010年1月22日, アクトシティ浜松(静岡).
4. 阿瀬川稔, 野田厚志, 北須賀輝明, 田頭茂明, 北口貴史, 津村直樹, 中西恒夫, 福田晃, 「無線可視領域ネットワークにおける端末相互認証手法の評価」, 電子情報通信学会技術報告, vol. 108, no. 448, MoMuC2008-87, pp. 13-18, 2009年3月5日, YRP.
5. 藤川祥平, 野田厚志, 田頭茂明, 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃, 「相対

位置情報を利用した名前解決ミドルウェアのための負荷分散手法」, 電子情報通信学会技術報告, vol.108, no.457, NS2008-198, pp.309-314, 2009年3月4日, 沖縄残波岬ロイヤルホテル.

6. 片山 隆一郎, 田頭 茂明, 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃, 「無線 LAN を用いた位置推定システムのためのデバイス正規化手法」, 情報処理学会研究報告, vol.2009, no.8, 2009-MBL-48, pp.79-85, 2009年1月30日, はこだて未来大学.
7. 原田 直弥, 田頭 茂明, 北須賀 輝明, 中西 恒夫, 福田 晃, 「無線 LAN 環境における主成分分析を用いたハイブリッド位置推定手法」, 電子情報通信学会技術報告, vol.108, no.290, MoMuC2008-68, pp.39-44, 2008年11月14日, 九州工業大学.
8. 野田 厚志, 北須賀 輝明, 田頭 茂明, 中西 恒夫, 福田 晃, 「相対位置情報を利用した無線可視領域における通信を支援する名前解決ミドルウェアの設計と評価」, 電子情報通信学会技術報告, vol.108, no.290, MoMuC2008-69, pp.45-50, 2008年11月14日, 九州工業大学.
9. 阿瀬川 稔, 野田 厚志, 北須賀 輝明, 北口 貴史, 津村 直樹, 田頭 茂明, 中西 恒夫, 福田 晃, 「無線携帯端末による公開鍵認証手法のデモンストラーション」, 情報処理学会コンピュータセキュリティシンポジウム 2008, 2008年10月9日, 沖縄コンベンションセンター.

6. 研究組織

(1) 研究代表者

北須賀 輝明 (KITASUKA TERUAKI)

熊本大学・大学院自然科学研究科・准教授

研究者番号: 70343332