

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軽減手法

野田, 厚志
九州大学大学院システム情報科学府情報工学専攻博士後期課程

藤川, 祥平
九州大学大学院システム情報科学府情報工学専攻修士課程 | 伊藤忠テクノソリューションズ株式会社

田頭, 茂明
九州大学大学院システム情報科学府情報知能工学部門

北須賀, 輝明
熊本大学大学院自然科学研究科

他

<https://doi.org/10.15017/18990>

出版情報：九州大学大学院システム情報科学紀要. 15 (2), pp.99-104, 2010-09-24. 九州大学大学院システム情報科学研究所
バージョン：
権利関係：

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軽減手法

野田 厚志* · 藤川 祥平** · 田頭 茂明***
北須賀輝明† · 中西 恒夫*** · 福田 晃***

Load Reduction Technique for Name Resolution Middleware Using Relative Location Information

Atsushi NODA*, Shohei FUJIKAWA**, Shigeaki TAGASHIRA***, Teruaki KITASUKA†,
Tsuneo NAKANISHI*** and Akira FUKUDA***

(Received July 23, 2010)

Abstract: In this paper, we propose a load reduction technique which could reduce the load of estimating relative locations of network nodes for location-based name resolution middleware. The main idea of the reduction is to consider only moving nodes on the calculation of the location estimation, i.e., the proposed technique can reuse the locations of fixed nodes calculated at the previous estimations. Furthermore, we evaluate the effectiveness of the proposed technique by simulation. The results of the evaluation indicate that we can reduce the load according to the ratio of moving nodes while the estimation accuracy decreases by 50%.

Keywords: Wireless visible area communication (WVAC), Wireless communication, Relative position, Load reduction, Real-time locating system (RTLS)

1. ま え が き

無線通信端末の普及により、近距離無線通信に対する需要はますます高まっている。筆者らは近距離無線通信機能が今後、対面している利用者の端末間や近くの機器との通信に盛んに利用されるようになることを想定している。ユーザの視界内に存在する無線端末と一時的、および局所的に無線ネットワークを構築し、即座に情報交換を実現する様な通信を我々は無線可視領域通信 (WVAC: Wireless Visible Area Communication) と定義する。WVAC 環境では無線 LAN アクセスポイントのようなバックボーンネットワークを介さずに相手の無線端末と直接通信する事を想定している。

WVAC では通信相手が直接見えている事が通信の鍵となる。この WVAC 環境の構築は様々な状況で有用であると予想されるが、現在のネットワーク通信においては WVAC 環境が考慮されていない。そのため、無線端末ユーザ同士が通信を開始する際に、通信相手を特定する為にホスト名や IP アドレス等の識別子を取得する等の、非常に煩わしい

手順や複雑な事前設定が必要である。この作業は目的である通信を始めるまでのオーバーヘッドとなり、通信内容が軽微であればある程、ユーザにとって煩わしいものとなる。

本研究では通信相手を容易に特定するための名前解決ミドルウェア¹⁾において相対位置情報を提供する WiPS (Wireless LAN based indoor Positioning System) 手法に注目している。文献 1) の名前解決ミドルウェアでは可視領域での通信相手の特定に、従来の識別子に加え、WiPS の測位方式で提供される相対位置情報も利用している。しかしながら、WiPS の測位方式は、サーバ・クライアント方式を用いているため、単一の無線端末にのみ負荷が局所的に集中し、またその負荷が大きいという特徴がある。そこで本論文では、WiPS 方式の相対測位システムの負荷分散・軽減手法を提案する。提案手法は、次の 2 点の特徴を有する。(1) 位置推定システムに参加する端末で位置推定端末を交代する。さらに (2) 一度の位置推定に利用する距離情報を減らすことで、計算処理にかかる負荷を軽減させる。また、本論文では後者の負荷軽減手法についてシミュレーションにより、本提案手法が及ぼす位置推定精度、計算にかかる負荷の評価を行った。

本論文の構成は以下の通りである。第 2 章で WiPS 方式による相対測位手法について述べる。第 3 章では負荷分散・軽減手法を提案する。第 4 章では、手法が及ぼす位置推定の精度・負荷への影響について評価をする。第 5 章で関連研究について述べ、最後に第 6 章で本研究のまとめを述べる。

平成 22 年 7 月 23 日受付

*情報工学専攻博士後期課程

**情報工学専攻修士課程 (現在、伊藤忠テクノソリューションズ株式会社)

***情報知能工学部門

†熊本大学大学院自然科学研究科

2. 相対位置を利用した名前解決ミドルウェア

本章では、名前解決における相対位置情報の役割と名前解決ミドルウェアの概要、そして相対位置情報を提供する WiPS について述べる。

2.1 相対位置と名前解決

一時的に構築されるネットワークを想定している WVAC 環境では、通信相手へ識別子を周知することに、煩わしさや、状況によっては困難を伴う。また、周辺端末の識別子を自動的に取得した場合でも、ネットワークに参加している端末が多い場合は、その中から通信したい相手を特定することは煩雑である。WVAC 環境では、通信相手の物理的配置をユーザが目視で確認できる。そこで我々は、通信識別子に加えて無線端末間の相対位置情報を利用することで通信相手の特定を支援する手法を提案している。

無線端末間の相対位置情報とは、無線端末の配置情報を指す。これにより「右隣の無線端末」や「最も近くにある無線端末」等、ユーザが通信相手を直感的に特定するための有用な情報となりえる。このとき、相対位置情報が実環境での無線端末の配置情報により近い方が通信相手を特定する上で有用であり、そのため、通信相手との相対位置情報のみならず、他の周辺端末間の位置も重要な情報であると言える。

また、相対位置情報の利用は、通信における送信側のみならず、通信の受信側にとっても有用であると考えられる。WVAC において、ある送信者から通信を要求された場合、従来の識別子のみでは受信者は送信者を特定することはできない。しかし、送信者の相対位置や周辺端末の位置情報を利用可能な場合、通信相手を特定することが容易になる。WVAC 環境では相対位置情報を利用して通信相手の制御へ応用することも考えられ、セキュリティ上でも有用になる可能性がある。

以上より、WVAC 環境において、名前解決の為に相対位置を利用する事は通信相手の特定のみならず、セキュリティ上でも有用であると考えられる。

2.2 名前解決ミドルウェアの概要

文献 1) の名前解決ミドルウェアは WVAC 環境において、ネットワークに参加する端末の相対位置、名前、および識別子 (IP アドレスや MAC アドレス等) の組を管理し、相対位置情報と名前、および名前と識別子との相互変換を可能にする。このとき、各無線端末には名前および識別子があらかじめ付与されていることを想定し、相対位置に関しては無線 LAN による電波強度を利用して推定する。WVAC 環境で利用するために、名前解決ミドルウェアは以下の特徴を有する。

(1) 柔軟な API を提供する。

- (2) 専用サーバを必要としないシステム構成を採用する。
- (3) 事前設定を必要としない端末間の相対位置推定手法を採用する。

既存の位置推定方式の多くは、事前のキャリブレーションや、基準点の存在が前提となっているが、WVAC 環境では基準点の存在は必ずしも期待できない。このために、事前設定や周辺設備が不要な WiPS 手法を相対位置の推定方式として利用している。

2.3 WiPS

本節では、WiPS について概要と測位アルゴリズム、WVAC 環境に適応する際の課題について述べる。

2.3.1 WiPS の概要

WiPS では無線端末らが互いに電波強度を測定し、それを距離換算した情報から端末の相対位置を計算する。そのため特殊なインフラを必要とせず、事前のキャリブレーションを行わずに位置を推定でき、かつ、ある程度の精度を発揮することがシミュレーションにより確認されている²⁾。

WiPS の構成について述べる。現在 WiPS はサーバ・クライアント方式で実装されている。ここでクライアントとは各無線端末であり、サーバとは位置推定を行う無線端末であり以下位置推定端末と呼ぶ。位置推定端末は各無線端末のいずれか 1 台がその役割を担う。この時、位置推定端末は通信能力を有する計算機であれば良く、汎用計算機での代替も可能である。

WiPS の基本的な位置計算の手順は以下の通りである。

- (1) 無線端末の中から位置推定端末を 1 台選出する
- (2) 各無線端末は直接通信可能な周囲の無線端末が出すパケットを受信し、それらの電波強度を測定する
- (3) 各無線端末は測定した電波強度を距離情報に換算する
- (4) 各無線端末は距離情報を、位置推定端末へ送信する
- (5) 位置推定端末は各無線端末から受信した距離情報を元に、各無線端末の位置を推定する
- (6) 位置推定端末は推定結果を各無線端末に送信する

位置推定に用いる座標系は平面座標系とし、位置推定端末が位置推定時に算出した相対座標を各無線端末で共有する。尚、位置推定端末の選出方法については議論されていない¹⁾。

2.3.2 WiPS の位置推定アルゴリズム

WiPS の位置推定アルゴリズムについて述べる。

無線端末数を n 、各無線端末を h_i ($0 \leq i < n$) とする。無線端末 h_i の位置を \vec{p}_i と表す。電波の届く最大距離である無線到達距離を d_{max} とし、直接通信可能な無線端末 h_i 、 h_j 間で計測した端末間の距離を $d_{i,j}$ ($d_{i,j} \leq d_{max}$) とする。

上記で定義した記号から、位置推定問題は無線端末間の測定距離集合 $\{d_{i,j} | 0 \leq i, j < n; i \neq j\}$ から、無線端末の位置集合 $\{\vec{p}_i | 0 \leq i < n\}$ を求める問題であると表現できる。

このとき、位置推定アルゴリズムによって求めたい無線

端末の位置集合 $\{\vec{p}_i | 0 \leq i < n\}$ は、次の条件を最小化する近似解であるといえる。

$$\sum_{i=0}^{n-1} \sum_{j=0}^{n-1} \|\vec{p}_i - \vec{p}_j\| - d_{i,j} \quad (1)$$

つまり、推定された無線端末の位置から求められる無先端末間の距離と、電波強度情報を換算した距離の差を求め、その総和が最小になる無線端末の配置を求める。

位置推定端末で実行する位置推定アルゴリズムは、実用上、携帯端末等でも実時間で簡便に実行可能であることが求められる。しかしながら各 $d_{i,j}$ は測定段階でマルチパスフェージングの影響などにより誤差が含まれる。そのため、最小二乗法などによる最適解を求めることはしていない。WiPS では位置推定に最急降下法を用いたアルゴリズムを利用している。このとき、位置推定端末の計算量は、アルゴリズムの1回あたりの計算量と繰り返し計算回数で決まる。繰り返し計算の1回あたりの計算量は、無線端末数 n に対して、 $O(n^2)$ で増加することがわかっている。

本アルゴリズムの問題点として、測位の推定結果が局所最適解に収束する場合がある。位置推定の際に、基準点が無い場合は各無線端末の初期配置は乱数によって決定する。その初期位置次第で、位置推定の局所最適解が発生することがわかっている²⁾。しかしながら、本システムは動いている端末に適用するため、位置推定の度に初期位置をより良く設定する事は難しい。そのため、局所最適解への対策は今後の課題である。

2.3.3 WiPS の WVAC における課題

WVAC 環境において WiPS 方式の位置推定には以下のような課題も存在する。

- 位置推定処理の負荷が局所的

従来の WiPS 方式ではサーバ・クライアント方式で構成されている。そのため、サーバである位置推定端末一台のみに距離情報や位置推定処理の負荷が集中する。また、WVAC 環境では、無線端末が一時的にネットワークを構築することを想定しており、このような環境では位置推定サーバの離脱も考えられる。そのような場合、位置推定システム全体が機能しなくなるという課題がある。

- 計算量 $O(n^2)$

WiPS の位置推定アルゴリズムでの位置推定の計算量は無線端末数 n に対して $O(n^2)$ であり、これは計算負荷が無線端末数の二乗に比例して増す事を示している。WVAC 環境下で利用される無線端末として、PDA やスマートフォンをはじめとした携帯電話などの利用も考えられる。しかしながら、それらの携帯端末では、ラップトップに比べ処理能力が劣っており、無線端末数 n が増える程、位置推定計算が難しくなる。実際に文献 1) において、PDA での位置推定は無線端末数 20 程度以上は難しいことがわかっている。

3. 提案手法

本章では、相対位置を利用した名前解決ミドルウェアの負荷分散手法を提案する。手法は大きく分けて、以下の2点を提案する。

- (1) 位置推定端末を交代する
- (2) 無線端末集合 N の部分集合のみの位置推定計算を行う

3.1 位置推定端末の交代

位置推定処理の負荷がサーバである位置推定端末にのみ集中する点を解消するために、位置推定端末を交代しながら位置推定を行うようにする。こうすることで、全無線端末の負荷がほぼ平等に扱われると考えられ、また、位置推定端末が離脱してもシステムが継続する。しかしながら、位置推定端末を交代するには、どの無線端末でも即座に位置推定端末になれるように、全端末が以下の3つの情報を共有していなければならない。それらの情報は従来、位置推定端末にのみ集中していた。

- 各無線端末が測定した距離情報
- 位置推定端末が算出した位置推定結果
- 位置推定対象である無線端末リスト

本提案ではブロードキャストベースの通信を行うことで、これらの情報を各無線端末間で共有することを考える。

このとき、位置推定端末の無線端末リストは、位置推定端末が配布する位置推定結果に含まれるものとする。位置推定端末の割り当順序はこのリストを元に各端末に共有されることを想定する。そのため、各無線端末は位置推定結果を受信すると同時に、次の位置推定端末であるかどうかを判定できる。また、各無線端末は位置推定端末の割り当順序を把握出来るため、たとえ次に位置推定端末に割り当てられていた端末が WVAC 環境から離脱している場合にも、その次に位置推定端末に割り当てられている端末が、タイムアウト処理等を行うことで位置推定端末となれる。尚、位置推定端末の割り当順序の決定方法や初期の位置推定端末の選出方法については本論文では詳しく取り扱わない。

提案手法による位置推定計算の基本的な手順は以下の通りである。

- (1) 各無線端末は位置推定端末によりブロードキャストされた位置推定結果を受け取り、自身が次に位置推定端末に割り当てられているかどうかを判定する
- (2) 各無線端末は直接通信可能な周囲の無線端末が出すパケットを受信し、それらの電波強度を測定する
- (3) 各無線端末は測定した電波強度情報を、距離情報に換算する
- (4) 各無線端末は距離情報を、ブロードキャストする
- (5) 位置推定の役割を割り当てられた無線端末は、受信した距離情報を元に、各無線端末の位置を推定する
- (6) 位置推定端末は位置推定結果をブロードキャストする

(7) 各無線端末は位置推定結果から位置推定端末の割り順序を取得し、自身が位置推定端末になる順番であればその役割を果たす。

(5) において、位置推定を開始するためのトリガーとして以下の2点が挙げられる。1) ある一定量の距離情報が貯まる、2) ある一定時間が経つそれぞれの特徴として、前者は距離情報があまり集まらない時は位置推定を行わないで良い点で、資源利用の効率性に優れているといえる。また、後者は定期的な位置推定を保証でき、前者に比べ情報の反映が早い点で即応性に優れていると言える。本論文でのシミュレーションでは、前述したとおり位置推定端末に割り当てられていた端末が離脱した際のタイムアウト処理などを考えて、時間をトリガーとして位置推定を行う。

また、距離情報や位置推定結果にはシーケンス番号をつける。ブロードキャストベースで通信を行う際に、パケット損失の影響が考えられる。そのため、各無線端末が受信した距離情報が最新のものとは限らない。そこで、位置推定端末が位置推定に利用する距離情報が最低でも前回までの位置推定に利用されていないことを判断し、古い情報は破棄するなどの処理が必要である。その判断情報としてシーケンス番号を用いる。

3.2 位置推定計算の負荷軽減

上述したとおり、WiPS手法での位置推定の計算量は無線端末数 n に対して $O(n^2)$ であった。そこで、一度の計算負荷を軽減する手法として、無線端末集合 $N (N = \{h_i | 0 \leq i < n\})$ の部分集合のみの距離情報を用いて計算を行う手法を提案する。

本研究では、無線端末集合 N から部分集合無線端末の中でも、前回の位置推定計算以降に移動した端末と、移動していない端末に分け、移動した端末のみの距離情報を用いて、位置推定を行う。移動した端末数を $m (0 \leq m \leq n)$ 、移動した端末を h'_i とすると、移動した端末の集合は $M = \{h'_i | 0 \leq i \leq m < n\} \subseteq N$ で表せる。このとき、移動したかどうかは各端末が判断するものとし、移動したと判断した端末が、測定した距離情報をブロードキャストする。このとき、Fig. 1 の様に、移動していない端末間の電波強度は変化が少ないと考えられ、これらの距離情報を排除して位置推定を行ってもある程度の精度が見込める。本手法は特に会議中などのユーザの移動が少ない時には有効であると考えられる。

位置推定計算の実行時間に関しては、 h_i, h'_i それぞれの位置を \vec{p}_i, \vec{p}'_i と表す。移動した無線端末 h'_i から測定した、ある無線端末 h_j との距離を $d_{i,j}$ とすると、提案手法は次の条件を最小化する近似解を求めるものといえる。

$$\sum_{i=0}^{m-1} \sum_{j=0}^{n-1} \left| \|\vec{p}'_i - \vec{p}_j\| - d_{i,j} \right| \quad (2)$$

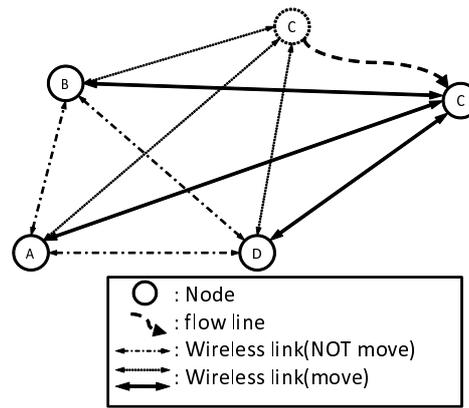


Fig. 1 The change in distance by movement of node.

この時、計算量は $O(mn)$ 程度と考えられ、 $0 \leq O(mn) \leq O(n^2)$ である。

提案手法による位置推定計算実行時間の評価は次章で行う。

しかしながら、本提案手法では位置推定に用いる距離情報の量を落とすことになるので、提案手法による位置推定精度の低下が考えられる。

本提案手法を実現するには、端末自身が移動の有無判定をするしくみが必要である。今回は、その判定手法については詳しく扱わないが、電波強度の変化や加速度センサ、文献 6) の位置区別手法などで実現可能だと考えている。また、将来的にプリンタなどの据え置きされる機器が位置推定に参加する場合、あらかじめ動かない端末であることを設定することも考えられる。

4. 評価

本章では、提案した負荷軽減手法が及ぼす影響についてシミュレーションを行い、その評価を述べる。負荷分散手法が及ぼす影響については文献 3) に譲る。

評価の指標は主に以下の通りである

- 部分集合を用いての位置推定が及ぼす計算負荷への影響
- 部分集合を用いての位置推定が及ぼす精度への影響

本論文で提案する負荷軽減手法を提案手法と呼び、従来の移動端末を考慮しない位置推定を従来手法と呼び、両者を比較する。

4.1 シミュレーション環境

本シミュレーションは、以下の環境を想定する。10m 四方の平面上に、無線端末をランダムで配置する。各無線端末間は十分見通しが良いものとし、いずれの端末間も直接通信できるものとする。無線端末間の測定距離は、正しい距離を d とすると、正規分布に基づき $N(d, (d/10)^2)$ となる分布で得られるものとした。つまり、距離測定誤差が $\pm 10\%$ の範囲に収まる確率が 68.26%、 $\pm 20\%$ の範囲に収まる確立

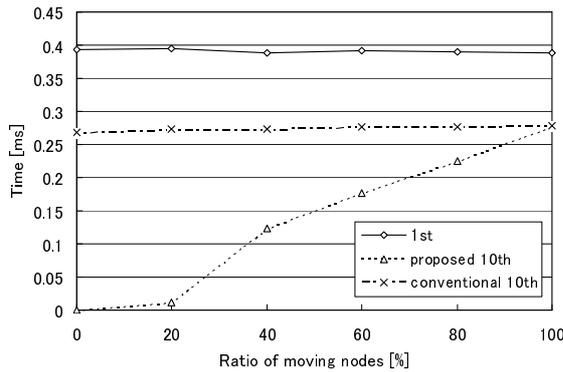


Fig. 2 Time requires for location estimation.

が 95.44%となるような分布である。

端末数は 10, 20 台を想定する。そのうち移動する端末の割合は 0, 20, 40, 60, 80, 100[%] のそれぞれで測定を行う。動作モデルはランダム方向への直進で、この際の移動速度は人の平均的な歩行速度である 1.3m/sec とする。1 秒間毎に位置推定をすることを 10 回繰り返す。各条件下で提案手法と従来手法により位置推定のシミュレーションを行う。測定は 10000 回繰返し、平均値を評価する。尚、本シミュレーションでは通信のオーバーヘッドや位置推定端末交代処理のオーバーヘッドなどは考慮しないものとする。また、各端末が移動したか動いていないかの判定は正確に出来るものと仮定する。測定に使用した PC は、Panasonic Let's note CF-R4 であり、CPU は Intel(R) Pentium(R) M 1.20GHz RAM 1GB である。

4.2 計算量

提案手法の計算量について評価を行う。Fig. 2 に端末数 10 台、移動端末の割合を 0%から 100%まで変化させたときの位置推定に要した計算時間を示す。縦軸は位置計算に要した時間 [ms]、横軸は移動端末の割合 [%] である。Fig. 2 では、1 回目の位置推定と従来手法による 10 回目の位置推定、提案手法による 10 回目の位置推定を比較している。

1 回目位置推定では提案手法でもすべての端末位置を計算するため、従来手法も提案手法も同等の計算量である。2 回目以降の計算では、一つ前の計算結果を初期値として位置推定を行うため、計算を繰り返すにしがって早く収束する。従来手法の 10 回目と提案手法の 10 回目では、全ての端末が移動する場合には計算量はほぼ同等であるが、従来手法では移動端末の割合が少ないほど計算量が線形に減少するのが見て取れる。

4.3 精度

端末数、移動端末の割合を変化させて提案手法による位置推定を行い、位置推定誤差 [m] を測定した。端末数 10 台、

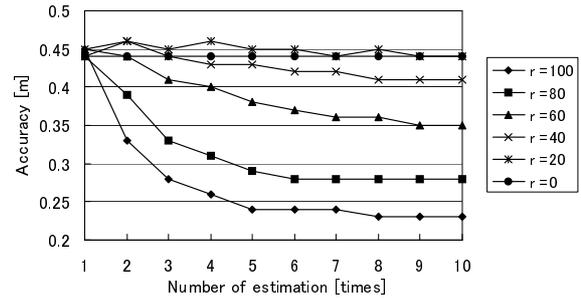


Fig. 3 Improvement of location estimation.

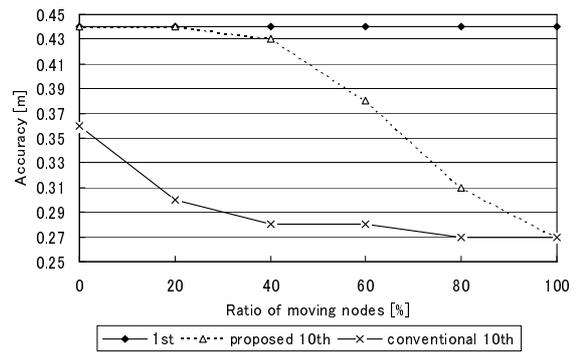


Fig. 4 Accuracy of location estimation.

位置推定を 1 秒に 1 回、計 10 回繰り返したときの位置推定精度を Fig. 3 に示す。縦軸は平均位置推定誤差 [m]、横軸は位置推定の繰返し回数であり、Fig. 3 の r は、移動端末の割合 [%] である。1 回目の位置推定では全ての端末の位置を計算するため、移動端末の割合にかかわらずほぼ同じ値となっている。移動端末の割合が大きいくほど、計算を繰り返すことで位置推定精度が改善されることがわかる。これは、計算を繰り返すことで局所最適解として誤推定されていた端末位置がよりよい解へと修正されるためだと考えられる。従来手法では、毎回全ての端末の位置を計算しなおす。このため、従来手法における位置推定誤差は、移動端末の割合にかかわらず Fig. 3 中の移動端末の割合が 100%とほぼ同様の結果となる。移動端末の割合が少ないほど、提案手法は従来手法比べて位置推定の繰返しにより精度が改善しないことがわかる。提案手法では動いていない端末の位置を計算しなおさないため、局所最適解から抜け出せず位置の改善が行われにくいものと考えられる。また、10 回程度計算を繰り返すことにより位置推定精度はほぼ一定の値となることがわかる。

端末数 10 台、移動端末の割合を 0%から 100%まで変化させたときの位置推定精度を Fig. 4 に示す。縦軸は平均位置推定誤差 [m]、横軸は移動端末の割合 [%] である。Fig. 4 では 1 回目の推定と提案手法による 10 回目の推定、従来手法による 10 回目の推定を比較している。1 回目の計算は

従来手法も提案手法も結果は同じである。従来手法と提案手法の 10 回目の計算では、移動端末の割合が 100% の時はほぼ同じ結果であるが、移動端末の割合が少ない場合には従来手法のほうが位置推定精度が高いことがわかる。移動端末が 50% 程度のとき、最大で 50% 程度、精度が低下している。

端末数が 20 台の場合は全ての位置推定誤差が低い値を取ったが、10 台の場合と同様の特徴を有していた。端末数が多いほうが位置推定精度が高いのは、位置測定に使う距離情報の量が多いためである。

5. 関連研究

本章では、アドホック通信環境での相対測位システムと、無線端末の移動の有無を判定する関連技術について紹介する。

文献 4) は、端末間の距離情報を利用した、分散協調型の位置推定手法である。本研究とはアルゴリズムが異なり、各無線端末がそれぞれの座標系をもち、3 点以上の無線端末によってそれらの座標系を訂正していく。この際に無線端末間の角度を求めるために余弦定理を用い、その際にも各無線端末間の距離情報を利用している。そのため、距離情報の正確さが位置推定のみならず、座標系の訂正にも影響すると考えられる。文献 5) では、SOM(Self-Organizing Maps) という手法をアドホックネットワークに適用し、各端末が協調してネットワークポロジを再現する手法を提案している。固定アクセスポイントを利用したり、マルチホップのホップ数を利用して位置推定をしている。無線端末間の正確な距離情報を必要としない点で柔軟である。本研究とは位置情報の利用想定が異なっており、要求される精度が異なっている。

無線インフラを利用して位置を区別する研究も盛んに行われている。文献 6) はマルチチャネルを利用して位置の区別をし、それを元に無線リンクを構築する研究である。本論文での移動端末の検出に応用できると考えられる。

6. まとめ

無線端末を利用して、ユーザの視界内に存在する端末と、一時的にネットワークを形成し、即座に通信を実現する WVAC において、WiPS を用いた名前解決手法は、通信相手を特定するうえで有用である。本提案手法では、ブロードキャストベースで情報共有をおこなうことにより、位置推定端末の交代を容易にする。また、移動した端末の位置のみを計算しなおすことで、負荷の軽減を実現する。その結果、移動端末の割合が 50% 前後の場合に最大となる 50% 程度の精度低下が見られた。また、移動端末の割合に比例した計算負荷を軽減できることを提示した。これらのことから、提案手法では位置推定精度をある程度犠牲にはするが、計算負荷の軽減を可能とすることを示した。

今後の課題として、実環境での評価が挙げられる。本論

文では正規分布に従った距離測定精度を想定したが、実際の環境ではマルチパスやチップセットの個体差により大きく偏った距離が測定されることが予想される。それらの影響や対応策を検討することが必要である。また、実際に実装することで、実用上満たすべき計算実行時間や位置推定精度を明確化する必要があると考えられる。

参考文献

- 1) 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, 信学技報, Vol.108, No.290, MoMuC2008-69, pp.45-50 (2008).
- 2) 北須賀輝明, 中西恒夫, 福田晃: 無線通信網を用いた屋内向け測位方式, 情報学論: コンピューティングシステム, Vol.44, No.GIS10(ACS2), pp.131-140 (2003).
- 3) 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, 電子情報通信学会ネットワークシステム研究会 (NS), 信学技報, vol.108, no.457, NS2008-198, pp.309-314 (2009).
- 4) Srdjan, C., Maher, H., and Jean, P.H.: GPS-free positioning in mobile ad hoc networks, *Proceedings of the 34th Hawaii international conference on system sciences (HICSS-34)-Volume 9*, pp.3481-3490 (2001).
- 5) 朝倉茂, 梅原大祐, 川合誠: SOM アルゴリズムを用いた移動端末の分散型位置推定法, 信学論 (B), Vol.J85-B, No.7, pp.1042-1050 (2002).
- 6) Junxing, Z., Mohammad, H.F., Neal, P., and Sneha K.K.: Advancing Wireless Link Signatures for Location Distinction, *Proceedings of the 14th ACM international conference on Mobile computing and networking*, pp.26-37 (2008).