

MANET における位置情報共有型情報伝達手法の最適化

小林 桂^{*1}, 戸谷 洋介^{*2}, 宇津 圭祐^{*3}, 石井 啓之^{*4}

Optimization of Location Data Supplementing Information Transfer Method over MANET

by

Kei KOBAYASHI^{*1}, Yosuke TOTANI^{*2}, Keisuke UTSU^{*3} and Hiroshi ISHII^{*4}

(received on Sep.25, 2015 & accepted on Nov.24, 2015)

あらまし

近年, 災害に強い情報伝達技術の構築が急がれている. 災害に強い情報伝達手法のひとつに, モバイル端末などを用いて暫定的なネットワークを構築する MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) が研究されている. MANET における経路制御プロトコルには, トポロジ利用型と位置情報利用型が存在する. 我々は, 位置情報利用型の手法に着目し, 位置情報を持たない端末を位置情報利用型のネットワークに参加させる手法を提案した. しかし, 提案時には, 評価に用いるパラメータを固定値としていたため, 有効性を最大にするにはパラメータの最適値を明らかにする必要があった. 本稿は, そのパラメータの最適値を求めることを目的としている.

Abstract

Networks, which are immune to disasters or the like, are much in demand these days. As one of solutions for this problem, MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) has been studied. MANET has two kinds of route control protocols: the one with the topology based and the location aided protocols. We have focused on the location aided, and proposed a method that enables nodes that cannot obtain location data to participate in MANET with location aided protocol. However, in this study, since the evaluation parameter is fixed, this paper seeks the optimal parameter to maximizing its effectiveness.

キーワード: アドホックネットワーク, 位置情報, 全地球測位システム

Keywords: Ad-hoc network, Location information, Global positioning system

1. はじめに

近年, 災害に強い情報伝達技術の需要が高まっている. 災害発生時には, 既存の通信インフラの損壊や通信の集中による輻輳などにより, 通信が不能となり情報の発信や受信が不能となる事態が発生する. このような通信インフラが利用不可能な状況において, スマートフォンやラップトップPCといった携帯可能な端末 (=ノード) による, 自律分散型の暫定的なネットワークを構築する技術である MANET (Mobile Ad-hoc NETWORK) が研究されている¹⁾. MANET における経路制御プロトコルは, トポロジ利用型と位置情報利用型に

分類され, 我々はネットワーク内で矛盾のない IP アドレス付与を必要等としないため災害時に有効となる位置情報利用型を対象に検討を行っている. 位置情報利用型の手法は, 各ノードが具備する GPS (Global positioning system) などの手段によって自身の位置情報を取得し, その位置情報を用いることで目的地までの経路をアドレスに頼ることなく発見し, 効率的な情報伝達を実現する手法である. しかしながら, 位置情報利用型の手法は, ネットワークに参加する全てのノードが位置情報を取得可能であることが前提となっている. 現在, 位置情報を取得するために多くのノードによって利用される手法は, A-GPS (Assisted Global positioning system) と呼ばれる手法が主流になっている²⁾. この手法は, 携帯電話基地局などの通信インフラの補助により位置を測位する手法であるが, ネットワークに繋がらない場所では使用できないという短所があることから, 通信が不能となる可能性の高い災害時などにおいては, この手法に依存した端末は位置情報を取得できない場合がある. さらに, GPS などの位置情報測位手段を具備しないノードも存在する. つまり, 実際の位置情報利用型 MANET のネットワークエリア内には位置情報を取得できないノードも存在しており, 必ずしも全てのノードが位置情報利用型 MANET に参加できるわけ

*1 情報通信学研究科 情報通信学専攻 修士課程
Graduate School of Information and Telecommunication Engineering, Course of Information and Telecommunication Engineering, Master's program

*2 情報通信学部 通信ネットワーク工学科
School of Information and Telecommunication Engineering, Department of Communication and Network Engineering

*3 情報通信学部 通信ネットワーク工学科 講師
School of Information and Telecommunication Engineering, Department of Communication and Network Engineering, Junior Associate Professor

*4 情報通信学部 通信ネットワーク工学科 教授
School of Information and Telecommunication Engineering, Department of Communication and Network Engineering, Professor

ではないという状況が想定できる。

そこで、我々はこういった状況において、位置情報を取得可能なノードが位置情報を取得できないノードに対して自らの位置情報を提供し、その提供された情報をもとに、位置情報を取得できないノードが自らの位置情報を推測し、その推測した位置情報を用いて位置情報利用型MANETに参加可能とする手法を提案し評価する研究を行ってきた³⁾。この手法では、位置情報の推測によって、本来は位置情報を取得できないノードを位置情報利用型MANETに参加させ、さらに位置情報を高い精度で推測できたノードを、位置情報を取得できるノードと同等 (=他のノードに、このノードの発信した位置情報を提供でき、他のノードはそれを基に、自らの位置推定を可能とする) に扱う手法を提案し、評価を行っている。しかし、その精度を決めるパラメータは後述する厳しい条件の固定値としており、最適値については検討していないため、本稿ではこのパラメータの最適化を目指し、手法の再評価を行なう。

本論文は以下のように構成される。2章は関連手法および本研究で利用する手法について述べ、3章では提案手法の詳細を述べ、4章では再評価項目の詳細を述べ、5章で、最適値を求めるための評価を行い、その結果を述べ、6章で本論文をまとめる。

2. 関連手法

この章では、すでに我々が提案した手法³⁾と関連の深い手法として、A-GPSの詳細と位置情報利用型の手法のひとつである貪欲前進法について説明する。

2.1 A-GPS (Assisted Global positioning system)

現在主流となっているGPSの仕組みは、スタンダードGPSとA-GPSの二種類がある。スタンダードGPSは、人工衛星からの電波を用いてノードの位置情報を測位するシステムであるのに対して、A-GPSは位置情報の測位時に、携帯電話基地局の情報に基づいて測位を行う。A-GPSの長所は、携帯電話基地局のサポートにより、測位が高速であるという点と、室内などでの測位にも対応しているという点がある。一方で、携帯電話基地局とのデータ通信ができない環境では利用できないという短所がある。つまり、A-GPSによる位置情報測位を前提としたモバイル端末では、災害時などに携帯電話基地局の損傷や、通信の輻輳などにより、サポートが受けられなくなった際に、位置情報の測位が不可能となる可能性がある。

2.2 貪欲前進法 (Greedy forwarding)

貪欲前進法⁴⁾は、位置情報利用型MANETで、経路制御に用いられるアルゴリズムのひとつである。この手法では、事前にノード間でHELLOパケットと呼ばれるパケットを定期的に交換する。このHELLOパケットには、ノードのIDと位置情報が記載されているため、ノードは互いに近傍のノードの位置情報を

知ることができる。情報を特定ノードに送信する際には、この位置情報を用いて、宛先ノードに最も近いノードに転送を依頼することで、結果的に宛先ノードまで最短経路で転送を実現する手法である。

3. 位置情報共有型情報伝達手法³⁾

この章では、我々が提案した手法の概要を説明する。なお説明の中では、位置情報を自ら取得できるノードをLS (Location Server) ノード、位置情報を自ら取得できないノードをNL (Non Location) ノードと呼び分けるものとする。

3.1 前提条件

- ・ 各ノードは、ネットワーク内を移動する。
- ・ LSノードは、定期的 (本研究では2秒周期) に位置情報を取得し、HELLOパケットによって、自らのノードIDと位置情報を近隣ノードと共有するものとする。
- ・ 送信元ノードにとっての宛先ノードの位置情報は (=ノードID) は既知であるとする。
- ・ NLノードが、自らの位置情報推測の際に用いるLSノードの通信可能範囲は、位置推定のための処理の中では一定 (半径 $r=250\text{m}$) の大きさであると仮定して用いるものとする。

3.2 NLノードのネットワーク参加手法

この章では、NLノードがネットワークに参加するために行う処理を説明する。

- (1) NLノードは、複数の近傍のLSノードよりHELLOパケットを受信した場合、その送信元ノードのそれぞれの位置情報を中心とした半径250mの円を算出し、それぞれの円同士の交点の座標を算出する。この際の、円の交点を結ぶ直線の重心 (Fig. 1)、あるいは図形の重心 (Fig. 2) を自らの位置情報として扱う。また、全ての円の重複面積の大きさを S_i として算出し、後述の(3)で用いる。また、位置情報および S_i の計算を行なう際に、自身が4つ以上のLSノードからのHELLOパケットを受信していた場合、計算に用いる重複面積を小さくするため、自身から遠い順に3つノードを選択し、それらのノードの位置情報を用いて計算を行なう。

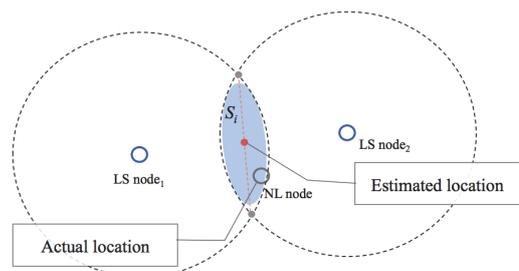


Fig. 1 Estimation of the position
(In case of 2 LS nodes)

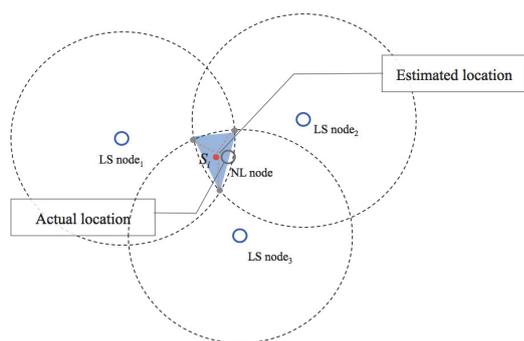


Fig. 2 Estimation of the position
(In case of 3 LS nodes)

- (2) 次に NL ノードは、自らの移動速度 m_i の算出を行う。NL ノードは、数秒置き(本研究では HELLO パケットの周期と同じ 2 秒間隔)に自身の位置情報を推測するが、その推測時における、座標の時間的差分と位置的差分から自らの移動速度 m_i を秒速で計算する。この m_i も S_i と同様に (3) で用いられる。
- (3) NL ノードは、推測した位置情報の正確さ(=重複面積の大きさ S_i に相当)と移動速度 m_i をもとに、自らの評価値 E_t^i の算出を行う。位置情報利用型 MANET に参加するノードは、より正確な位置情報を持つ移動の少ない(= E_t^i の値が大きい)ノードが転送ノードとして望ましいため、この E_t^i により、ノードの評価を行うことで、データパケット転送の際には、最も評価の高い(=信頼性の高い)ノードを、転送ノードに選択することが可能となる。以下の table.1 に E_t^i を決定するための評価テーブルを示す。

Table 1 the value of E_t^i

$S^i \setminus m^i$	$0 < m^i \leq 1$	$1 < m^i \leq 5$	$5 < m^i \leq 10$
$S^i = 0$	0	0	0
$0 < S^i \leq \pi r^2/4$	9	7	5
$\pi r^2/4 < S^i \leq \pi r^2/2$	8	6	4
$\pi r^2/2 < S^i \leq \pi r^2$	7	5	3
$\pi r^2 \leq S^i$	0	0	0

r : the radius of the radio coverage of each node

- (4) E_t^i を算出したノードは、自身のノード ID、自身が推定した位置情報、(3)で決定した評価値 E_t^i を HELLO パケットに記載し、発信する。
- (5) ネットワークに参加可能となった NL ノードは、自身の S_i が $S_i \leq \pi r^2/25$ を満たすとき、推定位置情報が精密であると判断し、自身を LS ノードとして扱うものとする。これを LS 化と呼ぶ。

4. 再評価事項

我々は、3 章で説明した提案手法をシミュレーションにより評価した結果、多くの NL ノードを位置情報利用型 MANET に参加させることができることを示した¹⁾。それに伴い、パケット到達率の向上やホップ

数の削減などの効果があることを確認した。本稿において、我々が再評価する事項は、3.2 章の (5) で説明した、精度の高い位置情報を推測できた NL ノードを、LS ノードとして扱う手法(=LS 化)の可否を決める閾値についてである。従来の提案手法においては、LS 化を認めるための S_i の閾値は、GPS による位置情報取得の最大誤差範囲と同等を想定した条件 $S_i \leq \pi r^2/25$ (今後これを厳しい条件と呼ぶ)を満たした NL ノードのみとなっていたが、この閾値を寛容なものにすることで、より多くのノードを LS 化する。その結果、ネットワークに参加可能となるノード数の増加や到達率の向上が見込めるのではないかと考えた。その反面で、LS 化したノードが、誤差の大きい位置情報を、他のノードに提供することにより、ネットワークに与える影響を確認する必要もある。以降では、その検証として、シミュレーションによって評価した結果を示す。

5. 評価

5.1 評価条件

シミュレーションで用いた評価条件を以下の Table.2 に示す。この条件は、 S_i 以外は文献 3) で用いた条件と同様である。なお、移動モデルはランダムウェイポイントモデル⁵⁾に従うものとする。

Table 2 The simulation conditions

Configuration	
Simulated area	1000×1000m
Setup of nodes	
Coverage	250m
Number of nodes	100
Default LS-node ratio	1~100%
Moving velocity	1 to 10 [m/s]
The participating conditions to a network	
Qualification to participate	$E_t^i \neq 0$
Threshold to be LS-node	$0 < S_i \leq \pi r^2/5 \sim \pi r^2/25$

5.2 評価方法

評価は、以下に示す評価項目を、LS 化の最適な条件を求めるため、その条件を $\pi r^2/5 \sim \pi r^2/25$ の範囲で変移させながら評価を行なう。以下に評価項目を示す。

- (1) ネットワーク参加ノード数および LS 化した NL ノード数
本手法を適用することで、ネットワーク内に定義した NL ノードのうちいくつかは LS ノードとして扱うことができたノード数を評価する。評価は初期 LS ノードが 15 のときを対象に行なった。
- (2) パケット到達率

ネットワーク内の特定の位置に送信元ノードと宛先ノードを配置し、送信元ノードから発信されたパケットが、宛先ノードに到達する確率を評価する。

(3) 到達時の平均ホップ数

5.2 の(2)での、パケット到達時にそれぞれかかったホップ数の平均を評価する。

5.3 評価結果

(1) ネットワーク参加ノード数およびLS化したNLノード数

Fig.3 は、本評価の結果、ネットワークに参加可能となったノード数と、LSノードとして扱うことができるNLノードの増加数を、各LS化の閾値ごとに表している。縦軸は、総ノード数である100のうちの、初期LSノード数、ネットワークに参加可能となったNLノード数、そしてLS化したNLノード数をそれぞれ表しており、横軸はLSを認める S_i の閾値を表している。閾値を寛容にすることにより、LS化するNLノードの数が増加し、結果としてネットワーク参加ノード数も増加したことがわかる。

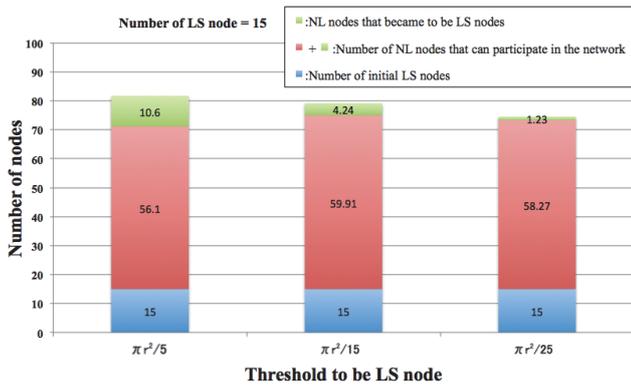


Fig. 3 Participation ratio of nodes

単純なノード数の増加率は、LS化閾値を寛容にするほど大きくなるが、ノードが持つ位置情報の誤差は大きくなると予想される。この誤差の影響を調査するために、以下でパケット到達率とホップ数を評価する。

(2) パケット到達率

Fig. 4 は、LS化の閾値を変移させつつ、到達率を評価した結果を表している。縦軸が、送信元ノードの送信したパケットが宛先ノードまで到達する確率、横軸が初期LSノードの数となっている。なお、LS化の閾値は $\pi r^2/5 \sim \pi r^2/25$ の範囲で変移させており、従来の厳しい条件の閾値である $\pi r^2/25$ と比較することで、LS化閾値の寛容化による到達率への影響を評価している。評価の結果、初期LSノード数が少ない場合にLS化閾値の寛容化は大きな効果を発揮することがわかる。一方で、初期LSノード数を増加させると、従来よりも到達率が僅かながら低下していることもわかる。これは、LS化したノ

ドが、誤差が大きい位置情報を他のノードに提供することによる影響であると考えられる。

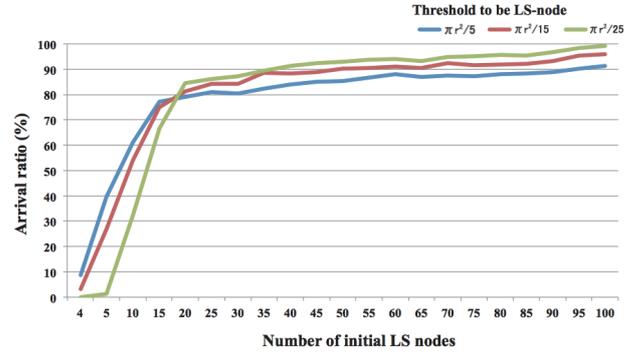


Fig. 4 Arrival ratio

(3) 到達時の平均ホップ数

Fig.5 は、パケットが到達した場合に要したホップ数の平均を表しており、縦軸がホップ数、横軸が初期LSノード数を示す。LS化の閾値を寛容にするほど若干の平均ホップ数の増加が見られるが、概ね従来と同等の平均ホップ数が維持できている。

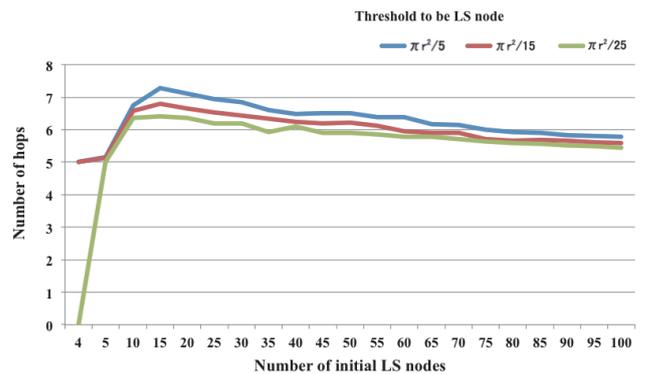


Fig. 5 Average number of hops

6. まとめ

本稿では、我々が提案した、MANETにおける位置情報共有型情報伝達手法のうち、位置情報を取得できないノードを、位置情報利用型ネットワークに参加させる手法のパラメータの最適化を目的に検討を行った。評価の結果、NLノードのLS化を行なう際に用いる閾値を寛容なものにすることで、ネットワークに参加可能となるノード数を上昇させることができた。到達率と平均ホップ数に関しては、LS化の閾値を寛容にするほど、初期LSノード数が小さいときの到達率が向上するが、その一方でホップ数の増加が見られることがわかった。これらから、最適値を一意に決定するのではなく、適用領域を明らかにすることができた。すなわち、ネットワーク内のLSノード数が少ないときは、LS化の閾値を寛容にすることは有効であるが、十分なLSノード数が確保されたネットワークでは、厳しい条件の閾値に基づいてLS化を行

なった方が到達率, 平均ホップ数ともに安定することがわかった.

謝辞

本研究の一部は, 日本学術振興会科研費26420372の支援を受けたものである.

参考文献

- 1) 間瀬憲一, 阪田史郎, “アドホック・メッシュネットワーク ユビキタスネットワーク社会の実現に向けて”, コロナ社, Vol.1 2006
- 2) Biacs, B., G. Marshall, M. Moeglein and W. Riley, The Qualcomm/SnapTrack Wireless-Assisted GPS Hybrid Positioning System and Results from Initial Commercial Deployments, Proceedings of ION GPS 2002, Portland, OR, September 24-27, pp. 378-384 2002
- 3) 小林桂, 戸谷洋介, 宇津圭祐, 石井啓之, “無線アドホックネットワークにおける位置情報共有型情報転送方式” 東海大学紀要情報通信学部, Vol.2 2014
- 4) B.Karp and H.Kung: GPSR: “Greedy Perimeter Stateless Routing for Wireless Networks”, 2000
- 5) Camp, T., Boleng, J. and Davies, V.: A Survey of Mobility Models for Ad Hoc Network Research, WCMC : Special issue on Mobile Ad Hoc Networking: Research, Trends and Applications, Vol.2, pp.483-502 2002