

アドホックネットワークにおける経路探索アルゴリズムの検討

長倉慎之介 菅野淳一 譚学厚 水野秀樹
〒410-0395 静岡県沼津市西野317
東海大学開発工学研究科情報通信工学専攻

要旨

アドホックネットワークにおいては、ネットワークを構成する端末がルータの機能を持ちデータの転送を行う。有線ネットワークとは異なり、アドホックネットワークの端末は自由に移動することができる。このため、常に通信端末位置が変化する条件下では通信ルートの確保が重要になってくる。本論文では、端末の通信エリア内における位置情報を基としたオンデマンド型経路探索アルゴリズムを検討し、転送距離と転送回数を優先的に考慮した2通りのアルゴリズムを開発した。さらに通信端末間のリンクにかかるコストの方が大きいという観点から、コンピュータシミュレーションにより「転送回数優先アルゴリズム」の妥当性を検証した。

キーワード アドホックネットワーク、 経路探索、 転送距離、 転送回数

1. まえがき

今日、携帯電話、無線LAN、カーナビゲーションシステムなどのさまざまな移動通信サービスを身近に使用することが可能となっている。しかし、これらのネットワークの多くは通信に基地局を必須としており、基地局が通信不能となった場合その基地局の通信エリアは通信が不可能となる。またサービス利用者数は増加を続けており、通信不能の確率が高くなっている。災害地などでは大規模な通信途絶が発生することもある。

そこで近年無線アドホックネットワークが注目されている。従来のネットワークのように特定の基地局、端末に依存せず移動端末のみでネットワーク構築を可能としている。基地局による通信制御は受けず端末自身が通信制御を行い、エリア内であれば直接通信を行い、エリア外でも他の端末を経由しマルチホップにより遠方との通信を行うことができる。これにより災害地などにおいてアドホックネットワークは高いロバスト性を持っていることがわかる。

このような特徴を持つアドホックネットワークを利用することが非常に便利であるが、端末は自由に移動することができるため、不安定なネットワークにおいて通信のルートを確保することが重要となる[1]。

アドホックネットワークにおけるルーティングアルゴリズムは大別してテーブルドリブル型アルゴリズムとオンデマンド型アルゴリズムがある[2]~[4]。前者[2]は各端末が常に最新のネットワークトポロジーを保有するもので、後者[3]~[4]はデータ転送を行うとき、あて先までの経路を探索するものである。端末の移動性から、常に最新のネットワークトポロジーを維持することは困難であると考えられる。

本研究では、端末の通信エリア内における位置情報を基としたオンデマンド型経路探索アルゴリズムを検討し、転送距離と転送回数(ホップ数)を優先的に考慮したアルゴリズムを開発した。通

信端末間のリンクにかかるコストの方が大きいという観点から、コンピュータシミュレーションにより「転送回数優先アルゴリズム」の妥当性を検証した。既存のルーティングアルゴリズム[3]~[4]と比べ、我々のアルゴリズムは単純であり、通信ルートの構築を有効に実現している。

2. 経路探索アルゴリズム

あるエリア内に N 個の通信端末が分布されると仮定する。送信端末を S 、受信端末を G 、通信の packets に G の位置情報が入っているとしておく。端末ごとに通信半径が変わることも可能であるが、議論を簡単にするため、各端末の通信半径(スパン)は r で一定であるとする。

以下では、転送距離を優先的に考慮した経路探索アルゴリズムと、転送回数を優先的に考慮した経路探索アルゴリズムについて解説する。

2.1 転送距離優先アルゴリズム

このアルゴリズムは可能な限り最短ルートを通ることを目的とした経路探索アルゴリズムである。直感的に、線分 SG に最も近い端末を次の中継端末として選んだ方が最短の通信ルートに近い。

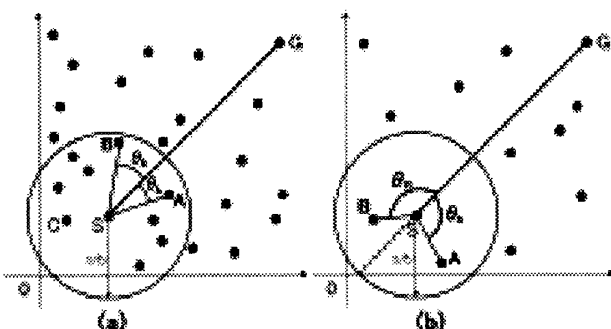


図1 距離優先アルゴリズムによる端末の選択

まず送信端末 S からスパン r 内における端末を

すべて検出する。検出された端末が2個以上の場合、直線線分SGに対して(点Sでの)角度が最も小さいものを選択する。例えば、図1の例では端末Aが選ばれる。これを繰り返すことにより受信端末に到着した時点で通信ルート確保とする。スパン内に端末がない場合または選ばれる端末が送信してきた端末と同じものである場合には、ルートの確保は「失敗」となる。図1(b)のような「迂回ルート」の発見も可能であるため、ルートの確保に失敗することは僅少(我々の実験では1パーセント未満)である。

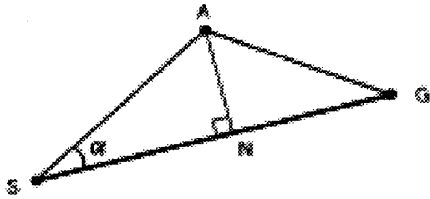


図2 角度の計算

端末を選ぶときに使われる角度の計算方法について簡単に説明する。図2において、Aは候補の端末と仮定する。まず線分AS、SGとGAの長さ|AS|、|SG|と|GA|を求める。線分ASと線分GSに挟まれる角度をαとおく。三角形の余弦定理により

$$\cos \alpha = \frac{|AS|^2 + |SG|^2 - |GA|^2}{2 |AS| |SG|}$$

と、cos αが求められる。cos αの値(負値を含む)が最大の端末を次の中継端末として選ぶことが容易に分かる。この様に距離優先アルゴリズムでは角度αのみにより次点を決定する。

2.2 転送回数優先アルゴリズム

転送距離よりも通信端末間のリンクにかかるコストの方が大きいという観点から、通信に必要な転送の回数を極力抑えるアルゴリズムが望ましい場合がある。このため、我々は転送回数を優先的に考慮したアルゴリズムを開発した[5]。一度の転送で長距離転送を行うことにより転送回数を抑えることはこのアルゴリズムの最大の特徴である。「長距離転送」の尺度はいろいろあるが、ここでは端末から線分SGへの垂足とGの距離を、次の中継端末を選ぶ尺度にした。(例えば、図2では線分NGの長さは「長距離転送」の尺度として使われている。)

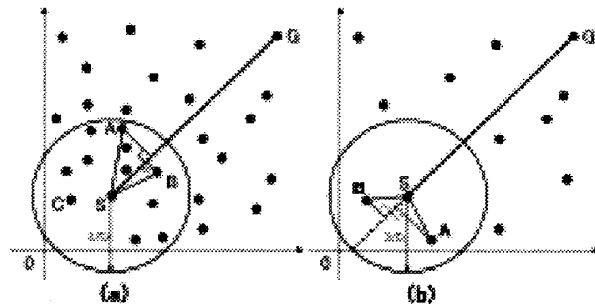


図3 回数優先アルゴリズムによる端末の選択

まずSからスパン内における端末をすべて検出する。検出された端末が2個以上の場合、検出された端末からSとGを通る直線へ垂足を下ろし、その中でGに最も近いものを次の中継端末として選ぶ。例えば、図3の例では端末Aが選ばれる。これを繰り返すことにより受信端末に到達した時点で通信ルート確保とする。スパン内に端末がない場合または選ばれる端末が送信してきた端末と同じものである場合には、ルートの確保は「失敗」となる。図3(b)のような「迂回ルート」の発見も可能であるため、ルート確保に失敗することは僅少(実験では1パーセント未満)である。

3. コンピュータシミュレーション

「距離優先アルゴリズム」と「転送回数優先アルゴリズム」の比較を行うため、コンピュータシミュレーションを実施した。図4~6の実験条件は100m×100mの正方形エリア内に50個の端末をランダムに分布させた場合である。各端末の通信半径は25mとした。これらの実行例から二種類のアルゴリズムによるルート特性がわかる。

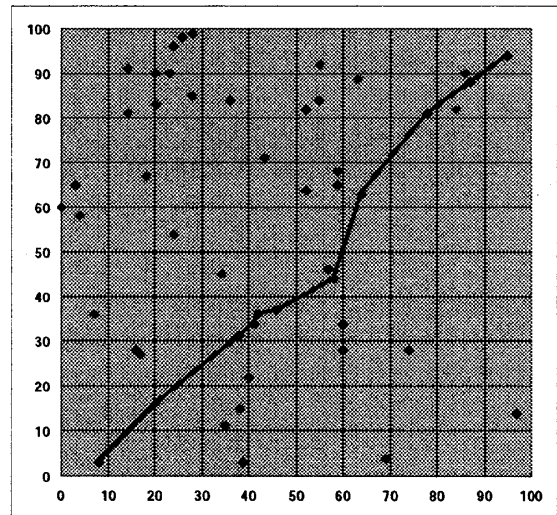


図4 転送距離優先アルゴリズムの実行例

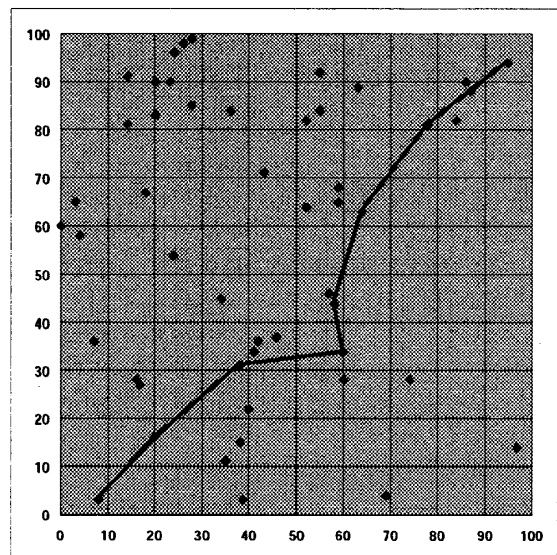


図5 転送回数優先アルゴリズムの実行例

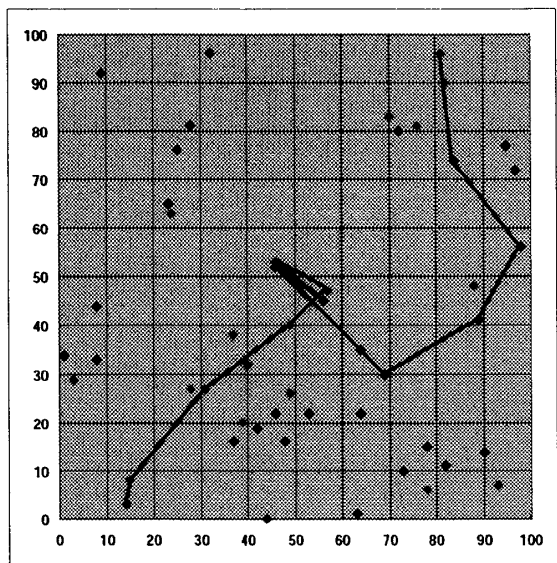


図6 転送回数優先アルゴリズムによる迂回ルート

さらに実験条件を 10,000m×10,000m の正方形とし端末数を 3,000m~13,000m、各端末の通信半径を 300m~700m と変化させた場合、それぞれのアルゴリズムで 1000 回行った場合の実験結果を図7と図8に示す。

実験の結果として転送距離優先アルゴリズムによる転送距離は、転送回数優先アルゴリズムに比べ平均93パーセントの転送距離でルートを確保した。転送回数優先アルゴリズムによる転送回数は転送距離優先アルゴリズムに比べ平均86パーセントの転送回数でルートを確保した。ちなみに転送距離優先アルゴリズムの実転送距離はスタート、ゴール間の直線距離の約1.05倍であり、転送回数優先アルゴリズムの実転送距離は約1.12倍であった。

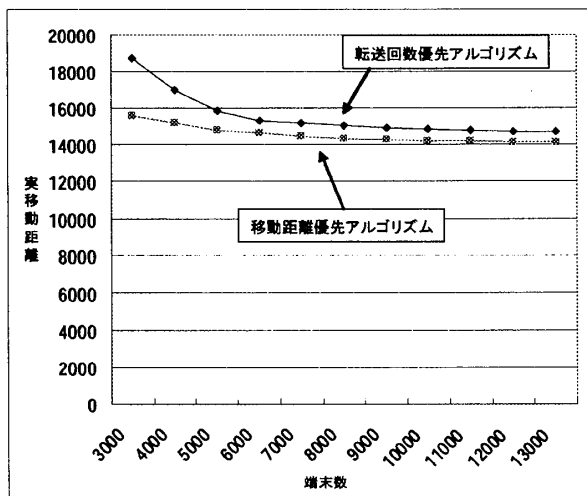


図7 実転送距離比較のグラフ

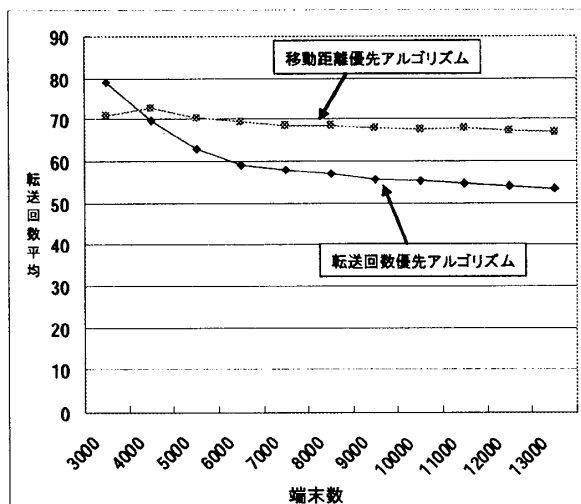


図8 転送回数比較のグラフ

4. 考察

本論文ではアドホックネットワークにおける経路探索アルゴリズムを二種類挙げ、それぞれの特性を検討した。アルゴリズムの単純さと有効性が最大の特徴である。電波干渉などがない理想的な空間における通信では転送による遅延が問題となる場合もあり、転送回数の低減が最も重要である。したがって、「転送回数優先アルゴリズム」の方が効率の良いアルゴリズムと考えられる。

本研究では受信端末の位置が明確である必要があるが、移動端末の場合、受信端末の位置が不明確な場合が十分に考えられる。受信端末の位置が不明確な場合に如何に効率よく通信ルートを確保できるかが今後の研究課題である。

参考文献

- [1] 佐藤洋一、水野秀樹、竹本憲治、"無線アドホックネットワークにおける接続成功確立の理論的検討"、東海大学開発工学部紀要、Vol. 15 (2005) 49-56.
- [2] C.P.Bhagwat, "Highly Dynamic Destination-Sequenced Distance Vector Routing (DSCV) for Mobile Computers", Proc. ACM SIGCOMM'94, pp.234-244, 1994-09.
- [3] C.E.Perkins and E.M.Royer, "Ad Hoc on-demand distance vector routing", Proc. IEEE WMCSA'99, pp.90-100, 1999-02.
- [4] D.B.Johnson and D.A.Maltz, "Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks", in Mobile Computing, pp. 153-181, Kluwer Publishers, 1996.
- [5] H.Takagi and L.Kleinrock, "Optimal transmission ranges for randomly distributed packet radio terminals, IEEE Transactions on Communications. Vol. 32, No. 3 (1984) 246-257.