

## アドホックネットワークの低消費電力経路探索法の検討

濱口圭介† 三好 力†

龍谷大学 理工学部 情報メディア学科†

## 1 はじめに

近年、携帯電話は現在人口を超える契約数となり、誰もが利用するものとなっている。携帯端末の通信方法の1つにマルチホップ通信がある。通信可能範囲内に通信先が存在しない場合、通信可能範囲内の他のノードを利用し、そのノードを中継ノードとして通信半径を拡大していくというものである。本研究では、端末間の新たなルーティングプロトコルを提案し、既存のルーティングプロトコルとの比較を行う。

## 2 マルチホップ通信

図2. 1にマルチホップの概要を示す。S(Sender)を送信元、R(Receiver)を送信先とし、中継ノードとしてノード1、2が存在する。それぞれのノードを中心とした色付きの円形で通信範囲を示した。SとRが通信を行いたいが、それぞれの通信範囲内に存在しない場合を想定している。初めにSはRと通信するために通信範囲内にRがいるかの確認発信を行う。Rからの返信がなかったため、Sは隣接ノードへR探索を要求する。次にノード1はRと通信するために通信範囲内にRがいるかの確認発信を行う。これを繰り返し行うことで、Rの返信が行われ、SとRの中継ノードを使った接続が成立する。

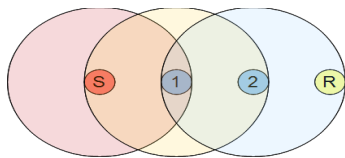


図2. 1 マルチホップ無線通信のイメージ

このマルチホップ通信を行う際に通信経路の探索を制御する規約(ルーティングプロトコル)を設定しなければならない。ルーティングプロトコルは主に3つに分類(プロアクティブ型、リアクティブ型、ハイブリッド型)することができる。MANETでは携帯端末での通信なので、通信状況が著しく変化してしまう。このことより、動的なMANET向けのルーティングプロトコルを必要とする。

## 3 拡張リング探索

## 3.1 概要

動的なルーティングプロトコルの1つに拡張リング探索がある。拡張リング探索では、パケットにTTL(Time To Live)を設定し、Rを探索する。送信元ノードをS、送信先ノードをRとし、Rはパケットを受信すると、経路通りにSに返信を行うものとする。今回の例では1ホップ(隣接ノード間の距離)間の接続完了までの時間は全て同じと考え、ノード間に障害物や電波送信における抵抗は

考えないものとする。拡張リング探索の動作例を以下に示す。

TTL=1のとき、SはRの探索発信を行う。この時の送信回数は1、消費時間はSの発信+Rからの返答待ち=2ホップ分である。

TTL=2のとき、SがR探索要求をし、1、3がRの探索発信を行う。

この時の送信回数は3、消費時間はSの発信+1の発信+Rからの返答待ち=4ホップ分である。

TTL=3のとき、SがR探索要求をし、1、3がR探索要求をし、2、4がRの探索発信を行う。この時の送信回数は5、消費時間はSの発信+1、3の発信+2、4の発信+Rからの返答待ち=6ホップ分である。

TTL=3の結果Rからの返信が行われたため、拡張リング探索は終了する。送信回数の合計は13、経路設計時間は12ホップ分である。拡張リング探索の経路探索時間は $TTL \times (TTL+1)$ で求めることができる。

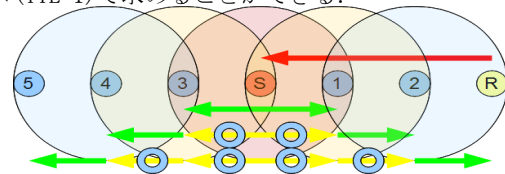


図3. 1 拡張リング探索例

## 3.2 問題点

拡張リング探索では、設定したTTL値ずつ探索範囲を広げるが、TTLが増加するたびに、Sから再送信が行われているため、その広げた分だけ送信の重複(図3. 1の丸印)が起きてしまう。これではネットワークが膨大になればなる程重複箇所は増え、また、Sも含めた付近のノードにかかる負担も増え続けてしまうと考えられる。

## 4 提案手法

今回拡張リング探索のパケット送信回数に着目した。転送、送信回数を減らすことができればコスト面でかなりの節約が期待できると考えられる。この改良点としては、隣接ノードとして発見したノードに着目する。一度発見したノードは一旦待機状態にする。送信先発見できなかった場合は、Sから再送信するのではなく、経路接続できている一番端のノードから転送を開始する。そうすることで、再送信の際の重複は起こらず、さらに電力消費は均等に分散することが可能であるこの改良点では主に、ノード数が増加すればするほど消費電力量の低下が見込める。

図3. 2提案探索のイメージとしては、図3. 1の丸印を無くした考え方である。実際の動作例を示す。

TTL=1のとき、SはRの探索発信を行う。この時の送信回数は1、消費時間はSの発信+Rからの返答待ち+Rが見つかった場合の各ノードのR探索停止要求=3ホップ分である。

TTL=2のとき1、3がRの探索発信を行う。

Consideration of the low-power-consumption path planning method for ad hoc network

†HAMAGUCHI Keisuke, MIYOSI Tsutomu, Faculty of Science and Engineering, Ryukoku University

この時の送信回数は2, 消費時間は1, 3の発信+Rからの返答待ち+Rが見つかった場合の各ノードのR探索停止要求=5ホップ分である。

TTL=3のとき2, 4がR探索を行う。この時の送信回数は2, 消費時間は2, 4の発信+Rからの返答待ち=2ホップ分である。

TTL=3の結果Rからの返信が行われたため, SはRからの返信後各ノードへ探索停止要求を行い, 提案探索を終了する。送信回数の合計は15, 経路設計時間は15ホップ分である。また, 提案探索の経路探索時間はTTL×(TTL+2)で求めることができる。

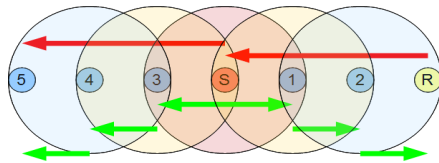


図3. 2 提案探索のイメージ

## 5 実験

### 5.1 実験概要

本実験では既存手法である拡張リング探索と提案手法を実装し, それぞれの性能の比較を行う。性能比較は電力消費につながるメッセージ送信回数とアドホックネットワーク接続完了までにかかった時間とする。フィールドサイズを変化させたパターンを複数用意しそれぞれ比較し, 実験結果を元に考察を行う。

### 5.2 結果

図4. 1ではノード数125で, フィールドサイズを40×40~200×200まで変化させ, それぞれを100回実行し, 送信回数の平均値をグラフにまとめている。図x軸は(N, N)の値(40~200), y軸は100回実行の平均送信回数を示している。図4. 2は3, 4章の経路探索時間計算(TTL×(TTL+1), TTL×(TTL+2))に示すように, 提案探索が接続完了するまでに時間を要していた。

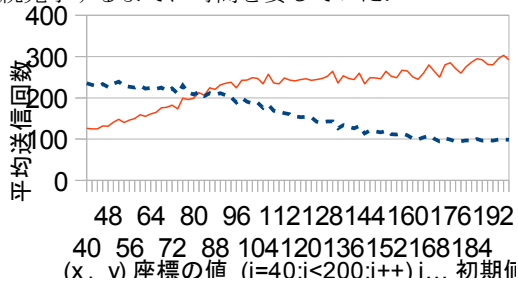


図4. 1 N×N(40~200)ノード数125 実行回数100の送信数平均値の結果 実線拡張リング探索 点線提案探索

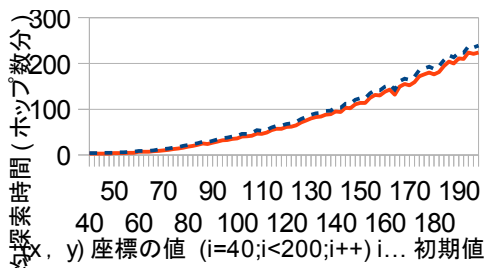


図4. 2 N×N(40~200)ノード数125 実行回数100の探索時間平均値の結果 実線拡張リング探索 点線提案探索

探索時間平均値の結果 実線拡張リング探索 点線提案探索

### 5.3 考察

図4. 1の結果よりサイズが約85を堺に拡張リング探索と提案探索との送信回数の逆転が起こっている。これは, サイズが狭く, ノードが密集すればするほど, 拡張リング探索が提案探索よりも送信回数が下回ったと考えられる。逆に, サイズが広く, ノード間が広がれば広がるほど, 拡張リング探索が提案探索よりも送信回数が上回ったと考えられる。

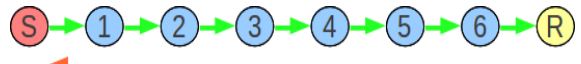


図4. 3 ノードが疎な場合での経路探索例

隣接ノードとして1ノードずつ検出された場合経路設計の結果は図4. 3のようになる。この場合拡張リング探索での経路設計完了までにかかる送信数は(1+2+3+4+5+6+7)+7によって合計35となる。提案探索の場合(1+1+1+1+1+1)+(7)Rの返信+(7)各ノードへの更なる転送停止通達によって合計21となる。このことにより図4. 1の結果は2次元マップが広範囲なことにより図4. 3に近いノード配置となるため, サイズ約85×85以上の範囲では, 提案手法が拡張リング探索よりも送信回数が下回ったと考えられる。

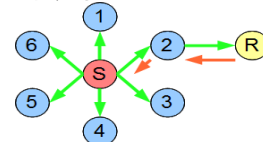


図4. 4 ノードが密集している場合での拡張リング探索例

送信元の隣接ノードとして周囲に複数ノードを検出し場合その2ホップ先に送信先がある場合の経路設計の結果は図4. 4のようになる。この場合拡張リング探索での経路設計完了までにかかる送信数は(1)Sの発信+(1)Sの発信+(1+1+1+1+1)1~6の発信+(2)Rの返信によって合計10の送信回数で経路設計完了となる。

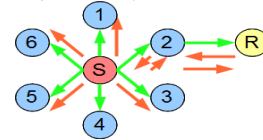


図4. 5 ノードが密集している場合での提案探索例

また, 提案探索の場合は図4. 5で示すように, (1)Sの発信+(1+1+1+1+1)1~6の発信+(2)Rの返信+(7)各ノードへの更なる転送停止通達によって合計16の送信回数で経路設計完了となる。このことにより図4. 1の結果は2次元マップが狭い範囲なことにより図4. 5に近いノード配置となるため送信回数が提案手法が拡張リング探索よりも送信回数が, 上回ったと考えられる。

## 6 結論

今回の実験結果から考えられることはノード密集地帯では拡張リング探索法, 遠距離ノードまばらな地帯では提案探索の採用するなどのそれぞれの利点を持ち合わせることで更なる電力コスト低下を望めると考えられる。