

O-002

ランダムウォークアドホックネットワークモデルにおける通信性能実験

Experiments on Communication Performance in Random Walk Ad-Hoc Network Model

有川 隼†

Jun ARIKAWA

能登 正人†

Masato NOTO

1. はじめに

近年、無線情報端末群により構成される一時的なネットワークとして、基地局を必要としないアドホックネットワークが無線通信において注目されている。しかしながら、現実的にアドホックネットワークを構築する際には、既存の静的ネットワークのルーティングプロトコルをそのまま適用させることが困難と考えられているため、通信の安定性を考慮し情報伝達方法を確立する必要がある。そのような背景において、アドホックネットワークの解析研究として、一次元一様分布 [1] や指数分布 [2] の確率的解析を行う研究がある。既存の解析的研究においては、一次元に端末が一様分布および指数分布発生したとき、両端端末が通信できるか否かを判定し、その通信確率を求めている。

本研究では、より現実的なアドホックネットワークを想定して二次元のフィールドをモデルに選び、ノードに移動性を持たせランダムウォークさせることによって、通信可能性に関するシミュレーション実験を行った。

2. 二次元モデル

2.1 ノード密度

ノードの集まりの度合いを表現するために、ノード密度変数 d を定義する。モデルは正方平面で一辺の長さを W とし、ノード数を n とすれば、

$$d = \frac{n}{W^2} \quad (1)$$

と表される。 d は、ある範囲にどの程度ノードが存在するかを表す値となる。ネットワーク内に存在するノード数が既知であれば、通信可能確率が予想できる。たとえば、通信可能確率の期待値が小さければ、ある程度ノードが集まるのを待ってからパケットを送信すればよく、無駄なパケットの送信を抑えることができる。これにより、ネットワーク内のパケットの搬送量が減り、ノードへの過負荷やパケット衝突などの現象の削減に貢献できると考える。

2.2 二次元ネットワーク

二次元平面端末モデルにおける通信可能性を調べる。リンクの調べ方について述べる。まず各ノードは、自端末がどの端末と通信することが可能であるのかを知る必

要があるため、一つのノードが他の全てのノードと接続できるかどうか調べることを全ての端末に対して行う。ノード間の直線距離を求め、その距離が端末の通信可能距離以下であれば、その端末間は通信が可能であるといえる。

二次元平面の一辺の長さを W とすれば、座標要素 $(0, 0)$ と (W, W) の位置に固定された端末がそれぞれあるとする。このとき、前者が送信元端末 (SRC)、後者が受信先端末 (DEST) である。ホッピングにより、周辺にある端末を介してこの二つのノードが通信できたとき、その試行は通信可能であったとする。

3. シミュレーション

二次元平面において端末が動くモデルについて、通信確率を求めるシミュレーションの条件について示す。モデル平面の X 軸方向の距離を $W = 100$ 、Y 軸方向の距離を $W = 100$ とし、モデルの大きさは不変とする。そして存在するノード数は N を $0 \leq N \leq 100$ とする。動的ネットワークにおいてはノードの移動があるため、ノードの移動について述べる。ノードはモバイルノードのように移動する能力を持っていて、ある一定の時間 (1 ターンと呼ぶ) 毎に移動する。移動の方向については、X 軸方向および、Y 軸方向にそれぞれ対一の確率で移動する。ただし、各ノードは一斉に移動するものとする。1 ターン毎に移動する距離は、一回の試行では全てのノードが同じ値をとるものとする。実験は、通信可能距離を一定させ、移動距離を変化させパラメータ表示したものと、移動距離を一定にし、通信可能距離を変化させパラメータ表示したものの二種類行った。

以下にシミュレーションの手順を示す。

Step 1 ノードを $0 \leq d \leq 0.01$ の範囲でモデル内に一様発生させる。

Step 2 全ての端末について、ノード同士が通信範囲内に含まれているか否かを確かめ、リンクを張る。

Step 3 張られたリンクをもとに、SRC ノードから DEST ノードまでの経路を探索し、経路が一つでも見つければ、この試行については通信可能であったとする。

Step 4 全てのノードを一斉に移動させる。

†神奈川大学工学部電気電子情報工学科, Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

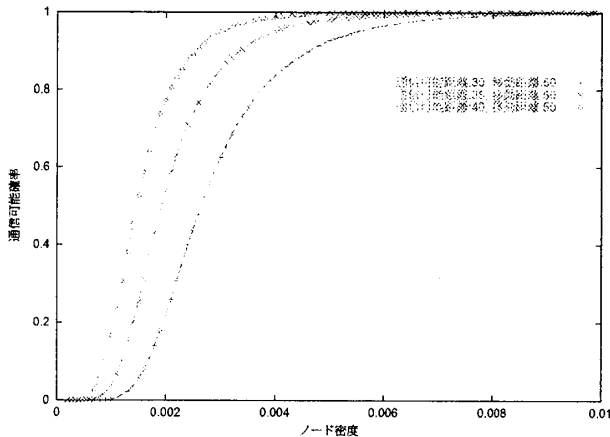


図1: 通信距離をパラメータ表示した時のノード密度と通信確率の関係

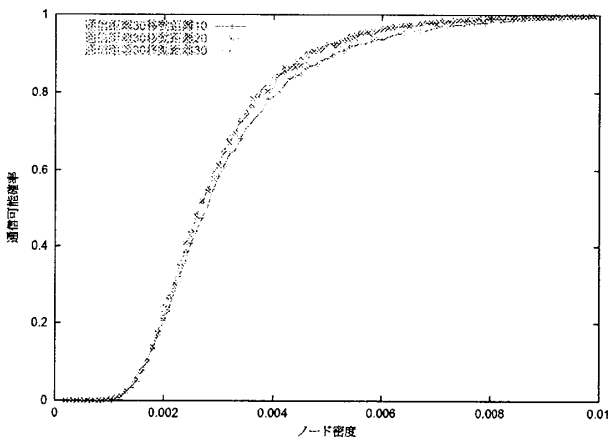


図2: 移動距離をパラメータ表示した時のノード密度と通信確率の関係

Step 5 Step 2~Step 4 の試行を 100 万回繰り返す、通信可能であった回数を確率として表す。

4. 結果と考察

二次元の動的なネットワークのシミュレーションの結果を図1, 図2に示す。

図1, 図2は共に横軸にノード密度, 縦軸に通信可能確率をとっている。図1は端末の移動距離を50に一定にし, 複数あるパラメータ表示は上から順に端末の通信可能距離を40, 35, 30と変化させてプロットしたグラフ, 図2は端末の通信可能距離を30に一定にし, パラメータは上から順に移動距離を30, 20, 10と変化させてプロットしたグラフである。まず, 全てのグラフにえることはノード密度が増加すると通信確率が指数的に増加するという結果が得られた。また, 図1より, 通信距離に比例して通信確率が増加することが分かつ

た。これらの結果は直観的にも理解できるだろう。次に図2について, 一次元の動的なネットワーク程ではないが, 端末の移動距離が短くなるにつれて, 通信可能確率が下がる, または安定しないという結果が得られた。現実的なモデル(二次元動的ネットワーク)において, このような結果が得られたことから, 移動が頻繁に行われるようなネットワークではより通信が円滑に行えるであろうということが考えられる。

ここで, 端末のターンあたりの移動距離が少なくなると, 通信確率が若干下がる原因について考察する。原因として考えられるのが, シミュレーションの初期値によるものである。端末はシミュレーション上で一様発生するように設定したが, 偶然的に端末がモデルの中心に密な状態で発生したとき, 受信端末および送信端末はモデルの端に存在するため通信ができない。この時, ターンあたりの移動距離が大きい場合は, 比較的早く密な状態から疎な状態へと変位するが, ターンあたりの移動距離が少ない場合は中々密な状態から疎な状態へと変位せず, 通信不可能な状態が長く続いてしまう。これにより, 結果として移動距離の少ないモデルは, 移動距離の大きいモデルに比べて通信可能距離が若干下がってしまう。この特性は, シミュレーションの初期値による仕様ではなく, 実際のネットワークでも起こりうると考えられる。

5. おわりに

本研究では二次元および動的ネットワークにおいて, ノード密度を変化させることにより通信確率がどのように変化するかというシミュレーション実験を行った。その結果, ネットワーク内の端末が速く移動する程, ネットワークのリンクできる確率が高いということがわかった。今後はより現実的なモデルとして, 通信負荷などを考慮することにより, ネットワークモデルの適切なノード数についての研究を行う予定である。

謝辞

本研究の一部は, 文部科学省ハイテクリサーチセンター整備事業の助成金によって行われた。

参考文献

- [1] 能代 愛, 吉川 毅, 栗原正仁: アドホックネットワークにおける接続可能性に関する一考察, 第2回情報科学技術フォーラム講演論文集, pp. 385-386 (2003).
- [2] O. Dousse, P. Thiran and M. Hasler: Connectivity in Ad-hoc and Hybrid Networks, Proceedings of IEEE Infocom 2002, pp. 1079-1088 (2002).