

## 動的無線アドホックネットワークにおける ノード密度による通信可能性に関する実験

有川 隼†

永松 大和†

宇津木 敏人†

能登 正人†

神奈川大学工学部電気電子情報工学科‡

### 1. はじめに

近年、高性能小型携帯情報端末が急速に普及し、モバイル環境下において端末間で直接情報を交換・共有することが求められている。このような状況下での通信を確立するために、一時的に必要な応じてその場限りで構築されるネットワークとして、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。アドホックネットワーク構築の問題点の一つとして、新たな端末の出現や端末の消滅などネットワークトポロジの動的な変化があり、既存のルーティングプロトコルを適用させることが困難と考えられている。すなわち、どの経路で通信を行うかというルーティング（経路制御）の問題を解決することが求められている。そのような背景において、アドホックネットワークの通信可能確率を検証している既存研究として、一次元一様分布 [1] や指数分布 [2] の確率的解析を行っている研究がある。

本研究では端末が静止したネットワークだけではなく、端末が動くネットワークを想定する。基本的なモデルとして一次元上にどの程度端末ノードが存在すると通信が安定するかということ、端末が静止している場合と動いている場合とを比較しシミュレーション実験により評価する。評価の方法としては、一次元上モデルの左端と右端に存在するノードが、その間に存在する端末を中継して通信可能な確率を求める。

### 2. モデル定義

モデルは一次元の有限空間として定義する。一次元上に座標を設けて、始端と終端にはノード（通信可能端末）が存在し、始端ノードと終端ノードは常に位置が変わらないものとする。また、ノードは同じ座標に重なって存在することもできるものとする。ノード全体の距離を  $W$ 、ノード数を  $n$  とすれば、

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

An Experiment on Connectivity by the Difference of Node Density in Mobile Wireless Ad-hoc Networks

† Jun Arikawa, Yamato Nagamatsu, Toshihito Utsugi and Masato Noto

‡ Department of Electrical, Electronics and Information Engineering, Kanagawa University

と表される。ここで  $d$  は、ある範囲内にどの程度ノードが存在するかを表す値となり、これをノード密度と定義する。また、各ノードの通信可能距離を変化させてグラフ表示の際にパラメータ表示させる。

### 3. シミュレーションの設定

#### 3.1 静的ネットワーク

端末が静止している場合のシミュレーションについて手順を以下に述べる。

Step 1 ノードを  $1 \leq n \leq 150$  の範囲で一様に発生させる。

Step 2 全ての端末について、隣り合うノードが通信範囲内に含まれているか否かをビーコンという自局の位置データを含むパケットをマルチキャストすることにより確かめる。全てのノードが通信できれば、マルチホップによって始端ノードから終端ノードまでが通信できたものとし、この試行は通信可能であったとする [3]。

Step 3 全てのノードを消去する。

Step 4 Step 1 ~ Step 3 の試行を 100 万回繰り返し、通信可能であった回数を確率として表す。

#### 3.2 動的ネットワーク

次に現実問題を想定して、端末が動いている場合のシミュレーションについて手順を以下に述べる。

Step 1 ノードを  $1 \leq n \leq 200$  の範囲で一様に発生させる。

Step 2 全てのノードを一斉に移動させる。移動の条件として、左右に一様分布確率に従いノードが動くものとし、移動距離は全ノードが同じ値をとるものとする。

Step 3 ノードは移動し終わると、静的なネットワークと同様にビーコンによる位置確認をし、通信できるか否かを判定する。

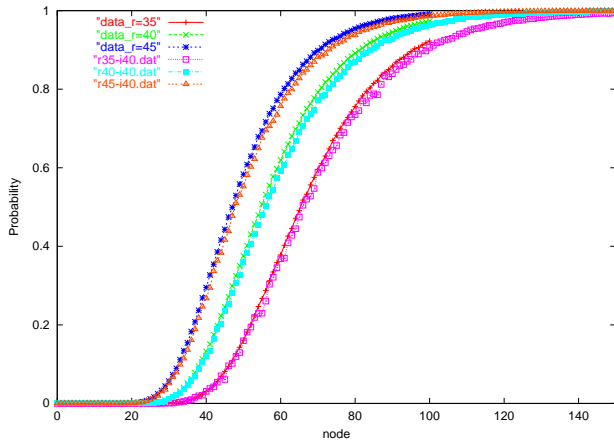


図 1: 動・静的ネットワークのノード密度の違いによる通信確率

Step 4 Step 2 および Step 3 の試行を 100 万回繰り返し、通信可能であった回数を確率として表す。

ただしノードが移動したときに、モデル内の始端または終端より外側に出ていきそうになった場合は、始端と終端の見えない壁により跳ね返るものとする。つまり、モデル内のノード数は変わらない。

## 4. シミュレーション結果

### 4.1 静・動的ネットワークの比較実験

シミュレーションにより得られた数値から、まず通信可能距離を 35, 40, 45 と変化させたときの静的ネットワークと動的ネットワークの通信確率の比較を図 1 に表す。図 1 は横軸にノード数、縦軸に通信確率とした。また、動的なネットワークについては各端末の移動距離を 40 とした。

次に動的ネットワークのみについて移動距離を 10, 20, 30, 40 とパラメータを変化させたときの通信確率の比較を図 2 に示す。図 1 と同様に横軸にノード数、縦軸に通信確率とした。

### 4.2 考察

図 1 より、ノード数が増えれば、通信確率が上がるという結果が指数曲線として現れている。これはモデル内に端末が増えれば増えるほど、通信が行いやすいためということが直観的に理解できる。次に静的なネットワークと動的ネットワークとを比較すると、静的なネットワークに比べ動的なネットワークのほうが通信可能な確率が若干低くなっていることがわかる。そこで動的なネットワークについて更なる細かい考察をするために、移動距離をパラメータ変化させて表示したものが図 2 である。図 2 より、

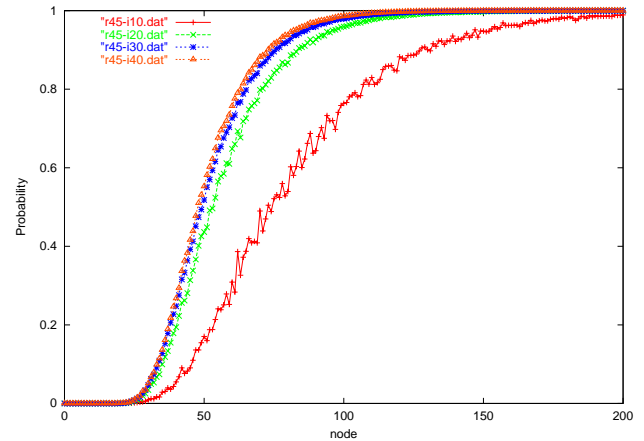


図 2: 動的ネットワークにおける移動距離を変化させた時のノード密度の違いによる通信確率

移動距離が少なくなればなるほど通信可能な確率が減少し、かつ通信可能な確率は安定しないということがわかった。これは、実ネットワークで想定するならば、ネットワーク内の端末が速く移動しているほど、そのネットワークのリンクできる確率が高いということがいえる。

## 5. おわりに

本研究では一次元の静的・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ほど、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、二次元のネットワークでの通信可能性に関するシミュレーション実験を行う予定である。

## 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 (2002).
- [3] 小牧省三編: 無線 LAN とユビキタスネットワーク, 丸善 (2004).