

街区を移動する端末による無線ネットワークの GIS を用いた評価

申請中 中央大学 *佐々木 重彰 SASAKI Shigeaki
01303730 中央大学 田口 東 TAGUCHI Azuma

1 はじめに

近年、交換機や基地局といった固定の通信インフラに依存せず、交換機能をもった端末間で動的に構成される自律分散型ネットワークであるアドホックネットワーク[2]に関する研究が盛んに行われている。アドホックネットワークでは、端末が直接通信することのできない場合でも、他の端末の中継によって通信が可能である。中でも、ミリ波帯を利用したミリ波アドホック無線アクセスシステムは、ミリ波帯の広帯域伝送や無線機器の小型化が可能という特徴の優位性から、その実用化が期待されている。しかし、アドホックネットワーク内では、端末が常に移動するので、安定した通信経路を保持することが難しい。よって、無線ネットワークの動的な変化を前提とした技術開発が必要となる。

そこで、本研究では、道路ネットワーク上を端末が移動するモデルを考え、渋谷駅周辺の建物情報を付加した街区モデルにおけるシミュレーション実験を行った。そして、その結果をもとにミリ波アドホック無線アクセスシステムによって構成される無線ネットワーク（以後ネットワークと表記）の変化を解析した。

2 ミリ波帯の特徴

ミリ波帯（周波数：30～300GHz、波長：1～10mmの電波）は、伝送速度 100Mbps 以上もの広帯域伝送が可能であり、無線機器の小型化ができるという特徴をもつ。中でも、60GHz 帯（周波数：55～65GHzの電波）は酸素による吸収減衰が特に多いために遠くまで到達せず、他の電波による干渉が起りにくく、さらに、電波の直線性が非常に強いために秘匿性にも優れているという特徴をもつ。

3 建物情報を付加した道路ネットワーク

道路ネットワークと建物情報のデータは、昭文社の「MAPPLE2500」を利用して抽出した。渋谷駅を中心として東西方向、南北方向ともに約 3km の範囲内を対象領域として道路ネットワークと建物情報を抽出した結果、道路ネットワークのノード数

25,557 個、リンク数 26,833 本、建物数約 18,000 棟となった。

4 シミュレーション実験

4.1 前提条件

本研究においては、その特徴の優位性から、60GHz 帯を利用したミリ波アドホック無線アクセスシステムを想定する。よって、電波の大きい伝播減衰性や強い直線性から、建物によって電波は遮断されるものとし、電波の干渉、回折などは考慮に入れないものとする。

また、全ての端末に関して、その端末を中心とした半径 150m の円形領域を通信可能領域とする。

4.2 通信可能端末率の定義

ある領域内に m 個の端末が存在し、時刻 i ($i = 0, 1, \dots, n$) にある端末 j ($j = 1, 2, \dots, m$) が通信可能な他の端末の数を a_{ij} ($0 \leq a_{ij} \leq m-1$) で表すとき、通信可能端末率を

$$A_i = \sum_{j=1}^m a_{ij} / m(m-1) \quad (0 \leq A_i \leq 1) \quad (1)$$

と定義する。この A_i のとる値によって、領域内のネットワークの変化に関する情報が得られる（表 1）。

表 1: A_i の値による領域内ネットワークの変化

	ネットワーク規模	ネットワーク数
$A_i \rightarrow$ 小	小さい	多い
$A_i \rightarrow$ 大	大きい	少ない

4.3 シミュレーション実験の手順

- i. 道路ネットワークのノード上に m 個の端末をランダムに配置する。
 - ii. 各端末にランダムに目的地を与える。目的地には道路ネットワークの全ノードが該当する。
 - iii. 端末は道路ネットワーク上を目的地まで最短経路を通り、4km/h の速度で移動する。
 - iv. 目的地に到着した端末には、新たな目的地が与えられる。
 - v. 以下 iii～iv を繰り返す。
- とし、時間幅が約 5 秒のステップ毎に A_i の値を計算

する。

5 結果

5.1 結果例

シミュレーション実験における結果の例を図1に示す。図1は $n=1000$, $m=3000$ としたときの約83分間における A_i の変化を表したグラフである。

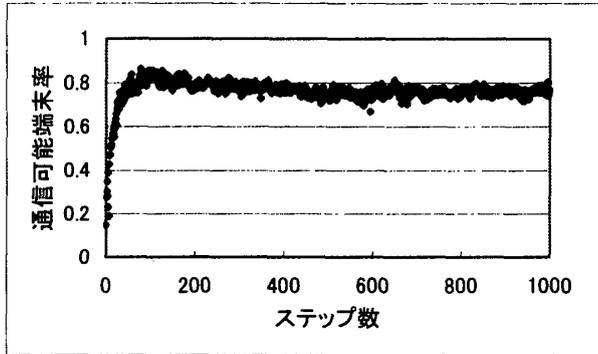


図1: $n=1000$, $m=3000$ としたときの A_i の変化

5.2 結果の考察

4の実験における結果から、初期状態と比べると手順ii~ivに従って端末が移動している方が大規模なネットワークが構築されていることがわかる。これは、端末が目的地の選択をおこなうようなモデルにおいては、その端末の移動に伴って、

- ・ 領域の中心部への交通の集中[1]
- ・ 各リンクが移動経路に含まれる確率の差

が生じ、その結果、領域内の端末の密度分布が偏り、各端末の最近端末間平均距離[3]が短くなるためであると考えられる。

6 ネットワークの動的な変化の解析

モデルを1次元格子状領域モデルに簡略化し、構成されるネットワークの動的な変化を、領域内の密度分布の変化という観点から解析する。

6.1 1次元格子状領域における密度分布

ランダムに与えられた目的地へと向かう移動を扱い易くするために、1次元格子状領域におけるある地点 $k(k=0,1,\dots,l)$ に存在する端末が、左へ k/l の確率で移動し、右へ $(l-k)/l$ の確率で移動する(目的地の数が多い方向へ移動する確率が高い)モデルを考える。いま、端末が1回移動した後の地点 k における台数の期待値を $s(k,t+1)$ とすると

$$s(k,t+1) = \frac{l-k+1}{l} s(k-1,t) + \frac{k+1}{l} s(k+1,t) \quad (2)$$

という差分方程式で表すことができる。式(2)か

ら、端末の移動に伴う密度分布の変化を求めることができる。図2は、 $l=100$ とした場合の1次元格子状領域上に、 $t=0$ において端末が一様に分布している場合の密度分布の変化を表した図である。

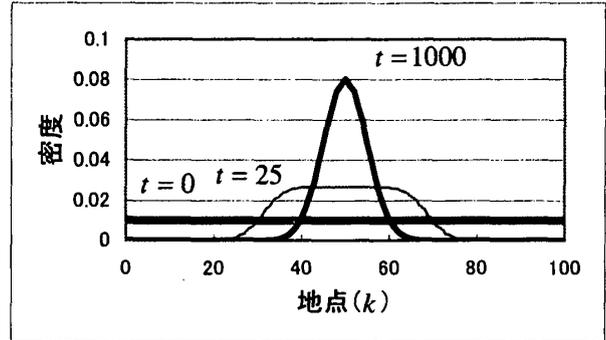


図2: 端末の移動に伴う密度分布の変化

6.2 通信可能端末率の推定

図3は、6.1と同様のモデルにおいて、ある地点 k 上の端末の通信可能領域を $k-4$ から $k+4$ の範囲内としたときの通信可能端末率の変化を表した図である($n=1000$, $m=35$, $l=200$)。

黒い点は式(2)から得た密度分布を用いて推定した通信可能端末率を、灰色の点は4.3と同様のシミュレーション実験によって求めた通信可能端末率をそれぞれ表している。

図1, 図3から、構成されるネットワークの大きさは、それぞれの目的地に向かう端末の移動による密度の偏りに大きく影響されることがわかる。

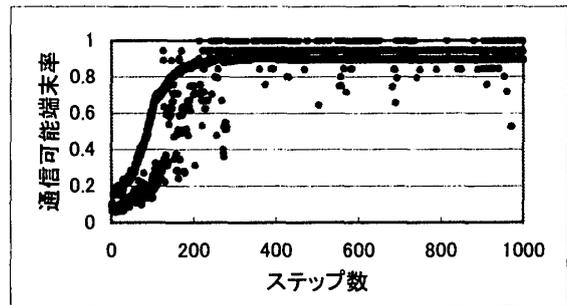


図3: 密度分布から推定した通信可能端末率

参考文献

- [1] 大津 晶, 腰塚 武志: 都市域の交通流集中に関する数理的分析. 日本都市計画学会学術研究論文集, Vol.32 (1997), pp.133-138.
- [2] 角田 良明, 大田 知行: アドホックネットワークルーティング. オペレーションズ・リサーチ, Vol.48, No.3 (2003), pp.189-195.
- [3] 諏訪 紀夫: 定量形態学, 岩波書店, 東京, 1977.