

## G 6 マルチホップ無線ネットワークによる マルチキャストに関する基礎研究

渡部洋人<sup>1</sup>、中野敬介<sup>1</sup>、間瀬憲一<sup>1</sup>、仙石正和<sup>1</sup>、篠田庄司<sup>1</sup>

<sup>1</sup>新潟大学工学部情報工学科 <sup>1</sup>中央大学理工学部電気電子情報通信工学科

### 1 まえがき

次世代無線ネットワークの1つとして、マルチホップ無線ネットワークが提案されている<sup>[1][2]</sup>。このネットワークの構成法として、情報伝達の確実性を向上させるためにアドホックポート (AHP) を使用する形態が提案されている<sup>[1]</sup>。AHP は、移動端末と同様の通信機能を持ち、電柱や信号機等の固定物に設置するものである。本稿では、マルチホップ無線ネットワークにおいて、一部のAHPからのフラッディングによるマルチキャストを考える。この時のフラッディングするAHPの選択方法を提案し、提案方法によってマルチキャストの要求を出した端末に対して、どの程度要求を満たせるかを評価する。

### 2 評価モデルと配信方法の検討

本稿では、サービスエリアを正方形とし、移動端末がエリア内のランダムな位置に分布している場合を考える。AHP は格子状の線上に配置され、隣接するAHPは直接通信できることとする (図1を参照)。このモデルにおいてマルチキャストの配信方法を検討する。情報伝達の確実性を向上させるため、送信元端末から宛先端末までの途中の経路は、AHP を通ることを考える。さらに、複雑な処理を軽減するため、一部のAHPからのフラッディングによるマルチキャストを検討する。検討する配信方法の手順を以下に示す。送信元端末は、自ら持つ情報パケットの受信を希望する端末を探すため、広告パケット<sup>[3]</sup>を配信する。

#### <配信手順>

- 1) 他の端末が広告パケットを受信し、情報パケットを希望するとき、 $m$  ホップ以内のAHPに情報要求パケットを送信。
- 2) 情報要求パケットを受信したAHPが、他のAHPを介して、送信元端末にパケットを伝達。
- 3) 送信元端末がフラッディングするAHPを $k$ 個選択。
- 4) 送信元端末は、他のAHPを介して、選択したAHPに情報パケットを伝達。
- 5) 選択されたAHPがフラッディング( $n$ ホップ以内)により情報パケットを配信。

この配信方法において、情報パケットをフラッディングするAHPの数を $k$ に制限しているため、情報パケッ

トを希望する全端末が受信できるとは限らない。よって、要求が全て満たされるかどうかは、手順3)におけるAHPの選択方法、ホップ数 $m$ 、 $n$ 、又はAHPの数 $k$ に影響されると考えられる。最適な $m$ 、 $n$ 、 $k$ を得るために、選択方法における宛先端末を被覆する特性を評価する必要があるので、以下、この特性を評価する。

### 3 選択方法

送信元端末は、前項の手順3)において、以下のような二部グラフ $G(V, E)$ を作成するものとする。 $V$ は、 $V_1$ 、 $V_2$ に分割され、 $V_1$ の要素はAHPに対応する点、 $V_2$ の要素は情報パケットを希望する端末に対応する点とする。 $u \in V_1$ 、 $v \in V_2$ 、 $(u, v) \in E$ であるとき、 $u$ と $v$ は $m$ ホップ以内で通信可能である。 $(u, v) \notin E$ であるとき、 $u$ と $v$ は $m+1$ ホップ以上離れている。二部グラフ $G(V, E)$ を基にフラッディングするAHPを選択する方法として、以下の3つ方法を提案する。

<方法①>  $V_1$ において、次数の多い順から $k$ 個の点を選択する。AHPが送信元端末に送る情報を最小限に抑えられるが、選択されるAHPが小さな領域に集中する可能性があると考えられる。

<方法②>  $V_1$ において、次数の最も多い点を $u \in V_1$ を選択する。次に $G(V, E)$ より、 $u' \in V_1$ 、距離 $d(u, u') \leq 2$ となるような $u'$ の点集合 $V_1'$ を求める。そして、 $V_1$ を $V_1 - V_1'$ に置き換える。この操作を $k$ 回繰り返す。選択するAHPを徐々に制限するため、効率的に分散させられると考えられる。但し、送信元端末がAHPと情報パケットを希望する端末の接続関係の全情報を持つ必要がある。

<方法③> 二部グラフの辺に重みを付ける。この重みはAHPと宛先端末間のホップ数とする。そして $V_1$ の点に重みを付加する。点 $u \in V_1$ と隣接している点集合が $\{v_1, \dots, v_i\} \subseteq V_2$ であり、 $(u, v_1), \dots, (u, v_i)$ の重みがそれぞれ $w_{u, v_1}, \dots, w_{u, v_i}$ の場合、 $u$ の重み $W_u$ は、 $W_u = 1/w_{u, v_1} + \dots + 1/w_{u, v_i}$ とする。例えば、 $u$ と隣接している点集合が $\{v_1, v_2\}$ で、 $(u, v_1)$ 、 $(u, v_2)$ の重みがそれぞれ1、2の場合、 $W_u = 1 + 1/2 = 1.5$ となる。この重みを $V_1$ の全ての点において計算する。そして重みの大きい順から $k$ 個の点を選択する。送信元端末は、重みの情報のみで選択するため、AHPが送信元端末に

送る情報を抑えられ、さらに近隣のAHPを選択する可能性を低くできると考えられる。

方法①, ②, ③とも次数, 重みが同じAHPの場合は, ランダムに選択する. 図2のa)に方法②, b)に方法③の一例を示す. a)において, AHPの上の数字は次数, b)において, AHPの上の数字は重み, 辺の数字はAHPと宛先端末間のホップ数である.

#### 4 計算機シミュレーション

上記の選択方法についてシミュレーションにより評価した. 端末は一定の速さでランダムに選んだ目的地まで移動を行う. 目的地に到着したら数秒間停滞し, 更に次の目的地を選択して, 移動を開始する. その他の条件を表1に示す. 図3に $m=3, k=6$ とし,  $n$ を変えた場合, 図4に $m=3, n=6$ とし,  $k$ を変えた場合の宛先端末を被覆する確率を示す. 図3, 4より, 全宛先端末を常に被覆するには $n, k$ の値が, 方法①では6より大きく, 方法②, ③では少なくとも6必要であることが分かった. 方法②, ③は, ほぼ同じ値となった. 方法③は②に比べ, 送信元端末に送る制御情報を少なくできるので, 方法③が有効であると考えられる.

#### 5 あとがき

一部のAHPのフラッディングによる配信を想定した場合のAHPの選択方法を提案し, 提案方法における宛先端末を被覆する特性を示した. 今後は, トラヒックが生じた場合の特性を評価する必要がある.

#### <参考文献>

- [1] 間瀬, 中野, 仙石, 篠田: “次世代アドホックネットワークの動向と課題—ユニバーサル・アドホックネットワークの提案—”, 信学技報, IN2000-7, pp.37-42, 2000.
- [2] 中野, 仙石, 篠田: “ユニバーサル・アドホックネットワークの検討—サービスエリアの被覆について—”, 信学総大, B-5-165, 2000.
- [3] C.-C. Chiang, M. Gerla: “On-demand Multicast in Mobile Wireless Networks”, Proceedings of IEEE ICNP'98.

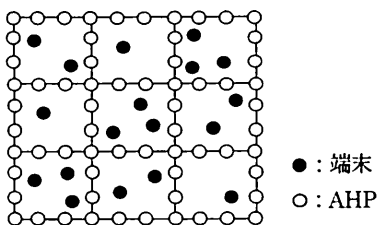


図1 端末とAHPの配置

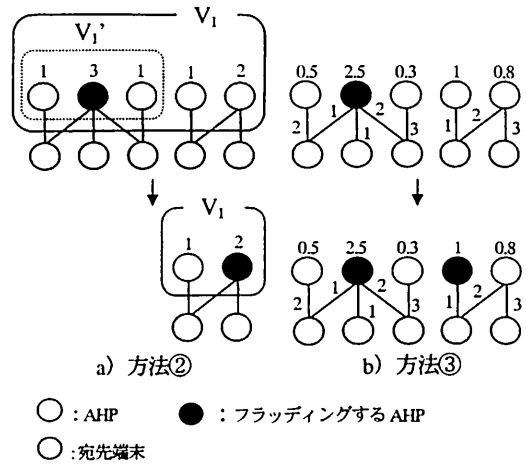


図2 選択方法の例

エリアの1辺	1800 (m)	AHP数	217
通信範囲の半径	100 (m)	端末数	300
格子線の間隔	300 (m)	宛先端末数	15
シミュレーション時間	200 (s)	単位時間	5 (ms)

表1 シミュレーション条件

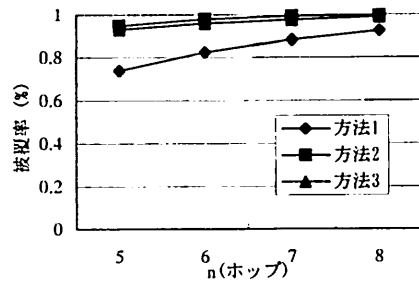


図3  $m=3, k=6$  の場合の被覆率

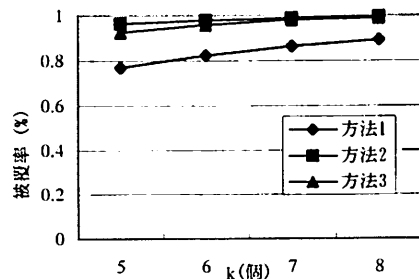


図4  $m=3, n=6$  の場合の被覆率