

## アドホックネットワークにおける消費電力を考慮した データアクセスについて

篠原 昌子 林 秀樹 原 隆浩 西尾 章治郎

大阪大学大学院情報科学研究科マルチメディア工学専攻

〒 565-0871 大阪府吹田市山田丘 1-5

E-mail: {sinohara.masako, hideki, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

アドホックネットワークでは、データの利用率を向上させるため、移動体に他の移動体のもつデータの複製を作成することが有効である。移動体が相互接続する移動体のもつデータ（複製）にアクセスする場合、通常はそのデータ（複製）をもつ移動体との最短の経路を用いてデータが転送される。この場合、ネットワークの中心に存在する移動体は、多くのデータを中継することになり、他の移動体より消費電力が大きくなる。そこで本稿では、移動体の消費電力を均一化するため、移動体の電力残量を考慮して、データ転送に用いる経路を選択するデータアクセス方法を提案する。

### On Data Access Considering Power Consumption in Ad Hoc Networks

Masako SHINOHARA Hideki HAYASHI Takahiro HARA Shojiro NISHIO

Dept. of Multimedia Eng., Grad. Sch. of Information Science and Technology, Osaka Univ.

1-5 Yamadaoka, Suita-shi, Osaka, 565-0871 Japan

E-mail: {sinohara.masako, hideki, hara, nishio}@ist.osaka-u.ac.jp

In ad hoc networks, it is effective that each mobile host creates replicas of data items by others for improving data accessibility. When a mobile host requests a data item (replica) held by another mobile host, it generally accesses the data item held by transmitting the item via the shortest path from the mobile host holding the data item to the request-issuing host. In this case, mobile hosts at the center of the network relay many data items, and thus, their power consumption is much larger than that of other mobile hosts. In this paper, we propose a data access technique for balancing the power consumption among mobile hosts. This technique selects a path for data transmission considering the remaining battery of mobile hosts.

## 1 はじめに

近年、無線通信技術の発展と計算機の小型化に伴い、時間や場所に関係なくネットワークに接続できる移動体計算環境が普及しつつある。特に、ルータ機能をもつ移動体のみで一時的なネットワークを形成するアドホックネットワークへの関心が高まっている。アドホックネットワークでは、既存の通信インフラを必要とせず、各移動体が自律的にネットワークを構築できるため、緊急災害時の救助活動やセンサネットワークへの利用が期待されている。アドホックネットワークでは、移動体同士でデータを共有し、互いのもつデータにアクセスすることが多い。しかし、移動体の移動によってネットワークが分断された場合、分断された部分ネットワーク内

のデータに対してアクセスできないため、データの利用率が低下してしまう。例えば、図1の中央の2台の移動体間の無線リンクが切断された場合、左側の3台の移動体はデータ  $D_2$  に、右側の3台の移動体はデータ  $D_1$  にアクセスできなくなる。ここで、データの利用率の低下を防ぐため、移動体が他の移動体のもつデータの複製を作成することが有効である [2, 3, 6]。

移動体が自身のデータ領域に保持していないデータを要求する場合、相互接続している移動体のもつデータ（複製）にアクセスする。複製を配置する環境では、ネットワーク内に要求したデータが複数存在するため、要求を発行した移動体とデータをもつ移動体との経路が複数発見される。通常、データ転送による遅延やトラヒックを小さくするため、要求

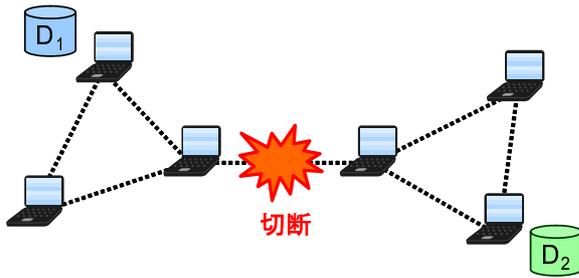


図 1: ネットワークの分断

したデータは最短の経路を用いて転送される。この場合、ネットワークの中心に存在する移動体は、多くのデータの中継することになり、他の移動体より消費電力が大きくなる。一般的に、アドホックネットワークでは、移動体の電力容量が限られている。また、データ転送による消費電力は、計算処理による消費電力より大幅に大きく、全体の消費電力の大部分を占める場合が多い。したがって、多くのデータの中継する移動体は自身の電力を早く使い果たしてしまう。例えば図 2 では、ネットワーク内の移動体がデータ  $D_1$  にアクセスする場合、中央の移動体は多くのデータの中継することになり、電力残量が早く低下する。さらに、電力を使い果たしたことで、中央の移動体がネットワークから退出した場合、上側の 3 台はデータ  $D_1$  にアクセスできなくなる。したがって、アドホックネットワークでは、移動体の消費電力をできる限り均一化し、移動体の生存時間を長くすることが重要な課題となる。そこで本稿では、移動体の消費電力を均一化するため、移動体の電力残量を考慮して、データ転送で用いる経路を選択するデータアクセス方法を提案する。

以下では、2 章で関連研究について紹介し、本研究との比較を行う。3 章で想定環境について述べる。4 章で提案するデータアクセス方法について述べ、5 章でその性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示す。6 章で提案したデータアクセス方法について考察する。最後に 7 章で本稿のまとめと今後の課題について述べる。

## 2 関連研究

近年、アドホックネットワークの分野では、アクセス遅延やトラヒックの削減とデータの利用率の向上のため、複製配置に関する研究が行われている。

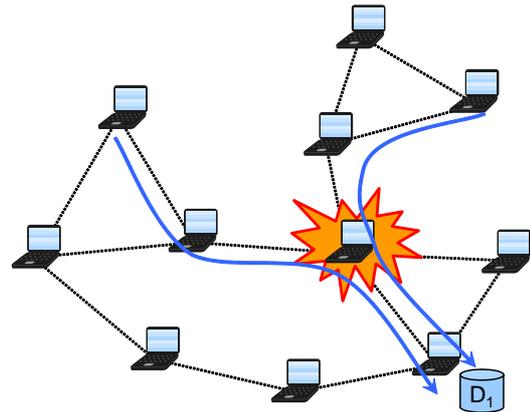


図 2: 電力残量の低下

文献 [2] では、データの利用率を向上させるため、移動体の各データへのアクセス頻度とネットワークポロジを考慮した複製配置方式を提案している。文献 [3] では、複製配置によるコストを削減するため、配置する複製の数を抑制しながら、データ転送による遅延を小さくする方式を提案している。また文献 [6] では、データアクセスの応答時間の短縮とデータ転送によるトラヒックの削減を目的として、各移動体が他の移動体のアクセス状況を管理し、頻繁にアクセスされるデータの複製を配置する方式を提案している。これらの方式は、移動体に複製を配置することで、データを転送するホップ数が小さくなるため、結果的に移動体の消費電力を小さくしている。しかし、移動体の電力残量までは考慮しておらず、1 章で述べたような問題は解決されていない。

一方、ルーティングプロトコルの研究では、電力消費を考慮することによって移動体の連続稼働時間を長くする方法がいくつか提案されている。

文献 [1] では、ルーティングにおける経路要求の転送において、移動体が自身の電力残量に基づいて転送までの待ち時間を決定することで、電力残量の多い移動体からなる経路を優先的に選択する方法を提案している。また文献 [4, 5] では、移動体が他の移動体(宛先)にデータを送信するとき、ホップ数だけでなく経路上の移動体の電力残量を考慮して宛先までの経路を決定するルーティング方式を提案している。しかし、これらのルーティング方式は、ネットワーク内から一つの宛先までの経路を発見する方式であり、データをもつ複数の移動体までの経路を発見する本研究とは異なる。

### 3 想定環境

本稿では、各移動体が何らかの複製配置方式を用いて複製を作成し、自身または他の移動体のもつデータ（複製）にアクセスする環境を想定する。本稿で提案するデータアクセス方法は、複製配置方式とは独立に動作するため、特に配置方式を限定しない。

移動体がデータを要求する場合、自身のデータ領域にそのデータ（複製）をもつならば、即座にアクセスして、その要求は成功となる。移動体が要求したデータ（複製）をもたない場合、相互接続している移動体のもつデータ（複製）にアクセスする。ここで、相互接続している移動体とは、1 ホップ以上の無線リンクで相互に通信可能な移動体の集合を指す。相互接続しているどの移動体も要求したデータをもたない場合、その要求は失敗となる。

また本稿では、移動体は外部から電源を供給できず、電力容量が限られている環境を想定する。例えば、緊急災害時の救助活動では、被災地の電力インフラが破綻していた場合、作業中の救助隊員は、携帯型端末に電力を補給できないものと考えられる。移動体の消費電力は、データ転送によるものと、計算処理によるものに分けられる。一般的には、前者の方が大幅に大きく、全体の消費電力の大部分を占めるものとされている。本稿では、計算処理による消費電力は無視できるくらい小さく、移動体の電力はデータ転送によって消費されるものとする。

想定環境のその他の詳細を以下に示す。

- $m$  個の移動体（識別子： $M_1, M_2, \dots, M_m$ ）が存在し、各々が自由に移動する。
- $n$  個のデータ（識別子： $D_1, D_2, \dots, D_n$ ）が存在し、各々が特定の移動体にオリジナルデータとして保持されている。簡単化のため、全てのデータのサイズは等しく、データ更新は発生しないものとする。
- 各移動体は、自身のオリジナルを格納するデータ領域以外に、データ  $C$  個分の複製を配置するデータ領域をもつ。
- 各移動体は、自身の電力残量を測定できるものとする。

### 4 消費電力を考慮したデータアクセス方法

アクセス対象のデータ（複製）を複数の移動体が所持する場合、最も単純な方法としては、自身から最小ホップ数で到達できる移動体のもつデータにアクセスすることが考えられる。具体的には、移動体が問合せパケットをフラッディングし、問合せに対して返信した移動体の中で、自身から最小ホップ数で到達できるものを選択することで実現できる。しかし、この場合、ネットワークの中心に存在する移動体は、多くのデータを中継することになり、他の移動体に比べて、消費電力が大きくなる。

そこで、本稿では、以下の二つのアプローチにより、移動体の電力残量を考慮して、移動体間の消費電力をできる限り均一化する。

- 要求したデータをもつ移動体による経路の選択:  
要求を発行した移動体からデータをもつ（一台の）移動体までの経路は、複数存在する場合がある。このとき、4.2 節の経路選択方法を用いて、これらの移動体間の経路長だけでなく、経路上の移動体の電力残量も考慮して、一つの経路を選択する。
- 要求を発行した移動体によるアクセスする移動体の選択:  
複数の移動体が要求したデータ（複製）を保持する場合がある。この場合も、4.2 節の経路選択方法を用いて、要求を発行した移動体からデータをもつ移動体間の経路長だけでなく、経路上の移動体の電力残量も考慮して、一つの移動体を選択する。

以下では、まず、本稿の提案方法におけるデータアクセスの手順について説明する。次に、データアクセスの過程で用いる経路選択方法について述べる。

#### 4.1 データアクセス

表 1 にデータアクセスで用いるパケットを示す。表中の“データ ID”は要求したデータの識別子、“要求元 ID”は、要求を発行した移動体の識別子、“データ保持移動体 ID”は、データをもつ移動体の識別子を示す。問合せパケットと問合せ返信パケッ

表 1: データアクセスで用いるパケット

パケット名	要素
問合せ	データ ID, 要求元 ID 移動体電力情報
問合せ返信	データ ID, 要求元 ID データ保持移動体 ID 移動体電力情報
データ要求	データ ID, 要求元 ID 移動体 ID リスト

トの“移動体電力情報”は、経路上の移動体の識別子と電力残量を要素とするリストを示す。要求パケットの“移動体 ID リスト”は、要求を発行した移動体からデータをもつ移動体までの経路上の移動体の識別子が含まれる。以下では、移動体  $M_i$  がデータ  $D_j$  を要求する動作について説明する。

1.  $M_i$  は、自身が  $D_j$  をもつ場合、即座にアクセスして、データアクセスの処理を終了する。そうでない場合、一定の待ち時間を設定して、相互接続している移動体に問合せパケットをフラッシュする。このパケットのデータ ID には  $D_j$ 、要求元 ID には  $M_i$  が含まれる。移動体電力情報には何も含まれない。
2.  $D_j$  をもつ移動体が初めて問合せパケットを受信した場合、一定の待ち時間を設定して、別の経路を通ってきた問合せパケットも受信する。問合せパケットの移動体電力情報により、 $D_j$  をもつ移動体は、自身から  $M_i$  までの複数の経路の状況を把握できる。待ち時間が経過すると、4.2 節の経路選択方法を用いて、複数の経路の中から一つの経路を選択して、 $M_i$  に問合せ返信パケットを送信する。このパケットのデータ ID には  $D_j$ 、移動体 ID には  $M_i$  が含まれる。移動体電力情報には、自身も含めて、選択した経路上の移動体の識別子と電力残量が含まれる。自身が  $D_j$  をもたない場合、自身の識別子と電力残量を移動体電力情報に追加して、隣接移動体に放送する。
3.  $M_i$  は、待ち時間が経過すると、返信してきた移動体にデータ要求パケットを送信する。このパケットのデータ ID には  $D_j$ 、要求元 ID には  $M_i$  が含まれる。移動体 ID リストには  $M_i$  が

らデータをもつ移動体までの経路上の移動体の識別子が含まれる。複数の移動体が発信してきた場合には、4.2 節の経路選択方法を用いて、データを要求する移動体の一つを選択する。問合せ返信パケットの一つも受信しなかった場合はアクセスが失敗となり、データアクセスの処理を終了する。

4. データ要求パケットを受信した移動体は、パケットに含まれる経路に従って、 $M_i$  に  $D_j$  を送信する。

## 4.2 経路選択方法

提案方法では、要求したデータをもつ移動体が複数の問合せパケットを受信した場合や、要求を発行した移動体が複数の問合せ返信パケットを受信した場合に、要求を発行した移動体とデータをもつ移動体間の経路の一つを、経路長と経路上の移動体の電力残量を考慮して選択する。具体的には、以下の三つの選択方法を用いる。なお、経路上の移動体の電力残量のうち、最小値をその経路の電力残量とする。

- Minimum Hop (MH) 法

ホップ数が最小の経路を選択する。該当する経路が複数存在する場合は、経路の電力残量が最大のものを選択する。

この方法では、最短経路を用いるため、ネットワーク全体のデータアクセスによる消費電力とアクセス遅延が小さくなる。しかし、ネットワークの中心に存在する移動体は、経路上の移動体として選択されやすく、移動体間の消費電力が不均一になる可能性が高い。

- Maximum Battery (MB) 法

電力残量が最大の経路を選択する。該当する経路が複数存在する場合は、経路のホップ数が最小のものを選択する。

この方法では、電力残量が少ない移動体を含む経路を選択しないため、移動体間の消費電力は均一化される。しかし、ホップ数が大きい経路を選択してしまい、ネットワーク全体の消費電力が大きくなる可能性が高い。

- Battery-Hop (B-H) 法

電力残量が閾値  $\sigma$  ( $\sigma$  は固定値) 以上の経路のうち、ホップ数が最小のものを選択する。該当

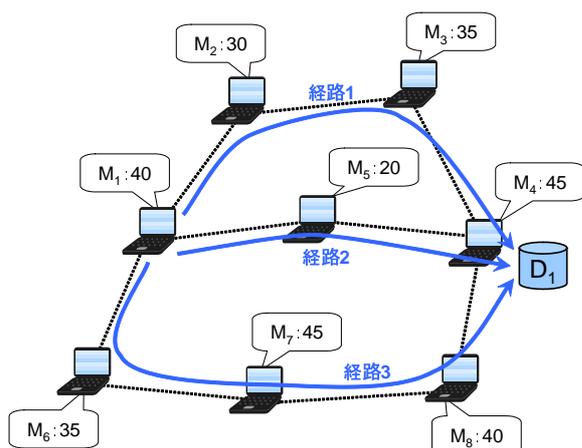


図 3: 移動体  $M_1$  によるデータ  $D_1$  へのアクセス

する経路が複数存在する場合は、電力残量が最大のものを選択する。  $\sigma$  以上の電力残量をもつ経路が存在しない場合は、MB 法を用いて経路を選択する。

初期状態では、移動体の電力残量が多いため、ほとんどの経路の電力残量が  $\sigma$  以上となり、MH 法と等しくなる。時間の経過により、多くの移動体の電力残量が少なくなると、閾値以上の電力残量をもつ経路が少なくなり、MB 法と等しくなる。

この方法では、各移動体の消費電力を均一化しながら、ホップ数が最小の経路を選択するため、MH 方法と MRB 方法の欠点が緩和される。しかし、移動体の電力残量は時間の経過に伴い減少するため、適切な閾値  $\sigma$  の設定は困難な問題となる。

図 3 は、移動体  $M_1$  がデータ  $D_1$  を要求する動作を示す。図中の吹き出しは、左が移動体の識別子、右が移動体の電力残量を示す。表 2 は、このときの候補となる経路とその状態を示す。ここで、上記の三つの方法をそれぞれ適用すると、MH 法ではホップ数が最小の経路 2 が、MB 法では電力残量が最大の経路 3 が選択される。また、B-H 法の  $\sigma$  を 25 に設定した場合、経路 1 と経路 3 が候補となり、ホップ数が最小の経路 1 が選択される。

表 2: 候補となる経路とその状態

経路 1	$M_1$ $M_2$ $M_3$ $M_4$
	ホップ数: 3, 電力残量: 30
経路 2	$M_1$ $M_5$ $M_4$
	ホップ数: 2, 電力残量: 20
経路 3	$M_1$ $M_6$ $M_7$ $M_8$ $M_4$
	ホップ数: 4, 電力残量: 35

## 5 性能評価

本章では、提案方式の性能評価のために行ったシミュレーション実験の結果を示す。

### 5.1 シミュレーション環境

500[m] × 500[m] の 2 次元平面の領域上に、40 個の移動体 ( $M = M_1, \dots, M_{40}$ ) が存在し、各移動体は 0 から 10[m/秒] の範囲でランダムに決定した速度で全ての方向に等確率に移動するものとした。各移動体の無線通信範囲は、半径 70[m] の円とした。

ネットワーク内には、40 種類のデータ ( $D = D_1, \dots, D_{40}$ ) が存在し、 $D_j$  は  $M_j$  ( $j = 1, \dots, 40$ ) にオリジナルデータとして保持されるものとした。各移動体の各データ  $D_j$  へのアクセス頻度は等しく、 $p_j = 0.01 \times (1 + 0.0001j)$  とした。初期位置として各移動体をランダムに配置し、1[秒] ごとに各データのアクセス頻度に基づいてアクセス要求を発行させた。また、各データのサイズは全て等しく 1[メガバイト] とし、各移動体は自身のデータ領域に最大 5 個の複製を作成できるものとした。本実験では、移動体がアクセスできたデータを複製として保持しておき、データ領域が満杯のときには LRU (Least Recently Used) を用いて複製を置き換えるものとした。

各移動体のバッテリー容量は 20,000[単位エネルギー] とし、データの送信と受信に必要な電力はともに 1[単位エネルギー] とした。なお本実験では、制御パケットのサイズはデータに比べて非常に小さいため、それを送信するための消費電力は非常に小さく、無視できるものとした。

データアクセスにおける経路選択方法は、表 3 に示す三つのパターンで用いた。表中の、‘ ’ は該当する移動体が経路選択方法を用いた場合、‘x’ は経路選択方法を用いなかった場合を示す。経路選択方

表 3: 経路選択方法の適用パターン

	1	2	3
要求元移動体	×		
データ保持移動体		×	

法には、4.2 節で述べた三つの方法を用いて、それぞれの性能を評価した。なお、B-H 法の閾値  $\sigma$  は初期電力の 20% (4,000[単位エネルギー]) とした。一方、経路選択方法を用いなかった場合は、最短ホップ数の経路を選択するものとした。ただし、MH 法とは異なり、最小ホップ数の経路が複数存在する場合は、ランダムに一つの経路を選択する。

以上のシミュレーション環境において、100,000[秒] を経過させたときの生存移動体数について調べた。生存移動体数とは、電力を使い果たさずネットワークに参加している移動体の個数を指す。

## 5.2 シミュレーション結果

まず、時間の経過による生存移動体数を調べた。その結果を図 4 に示す。この図において、横軸は経過時間、縦軸はその時間における生存移動体数を表す。‘NO’ は、データ転送のときに、最短ホップ数の経路を選択した場合を示す。経路選択方法の適用パターンは 3 (要求移動体とデータ保持移動体を用いる場合) を用いた。

図 4 の結果から、いずれの経路選択方法においても、初めて電力を使い果たした移動体が現れるまでの時間は、経路選択方法を用いない場合に比べて長くなるのがわかる。特に MH 法と B-H 法では、経路選択方法を用いない場合より、この時間が 10,000[秒] 以上長いことがわかる。これは、経路選択方法では、移動体の電力残量を考慮して経路を選択するため、移動体間の消費電力が均一化されるからである。さらに、MH 法や B-H 法は電力残量を考慮しながら、最短ホップ数の経路を選択するため、特にその効果が顕著に表れている。一方、シミュレーション終了時の生存移動体数は、経路選択方法を用いない場合が最も多いことがわかる。これは、データ転送に最短経路を用いるため、ネットワーク全体の消費電力が小さくなるからである。

MB 法は MH 法と B-H 法に比べて、移動体の生

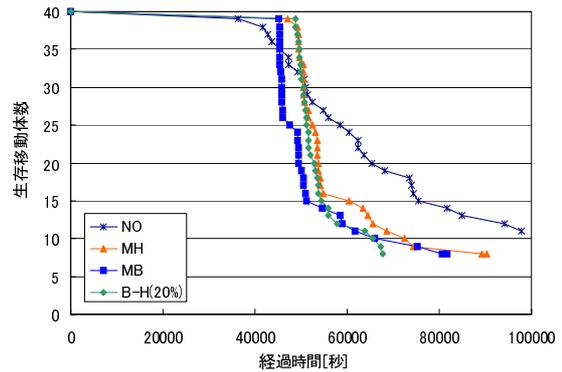


図 4: 経路選択方法ごとの生存移動体数

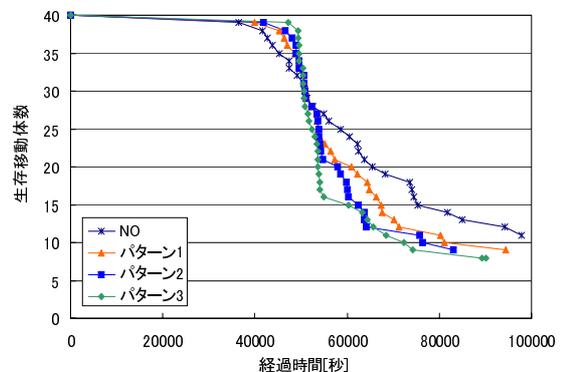


図 5: MH 法の適用パターンごとの生存移動体数

存時間が全体的に短いことがわかる。これは、MB 法は電力残量の多い経路を選択する反面、ホップ数の大きい経路を選択してしまうため、ネットワーク全体の消費電力が大きいためである。また B-H 法は、55,000[秒] 付近まで MH 法とほぼ同じ結果になるが、その後急激に生存移動体数が少なくなる。これは、B-H 法が初期状態ではほとんどの経路の電力残量が閾値以上となるため、MH 法と同じ経路を選択し、時間の経過により閾値以上の電力残量をもつ経路が少なくなると、MB 法と同じ経路を選択するからである。

次に、表 3 の経路選択方法の適用パターンによる影響を各方法ごとに調べた。その結果を図 5、図 6、図 7 に示す。図 5 は MH 法、図 6 は MB 法、図 7 は B-H 法を用いた場合を示す。

図 5 の結果から、いずれの適用パターンにおいても、経路選択方法を用いない場合と比べて、初めて電力を使い果たした移動体が現れるまでの時間が長

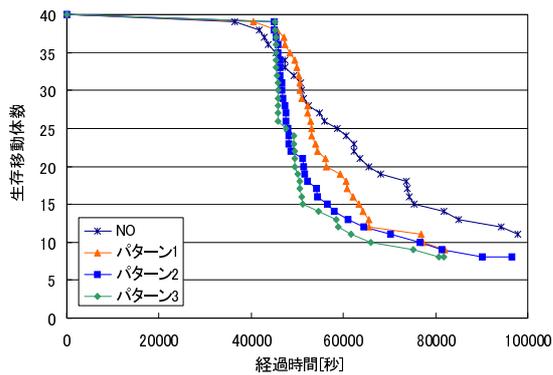


図 6: MB 法の適用パターンごとの生存移動体数

なることがわかる。一方、シミュレーション終了時の生存移動体数は少なくなる。これは、図 4 における考察と同様で、移動体の電力残量を考慮しつつホップ数が最小の経路を選択するため、移動体間の消費電力を均一化できるからである。また、各適用パターンを比べると、この特徴はパターン 3 (要求移動体とデータ保持移動体がいいる場合) で最も顕著で、次にパターン 2 (データ保持移動体のみがいいる場合) が顕著だった。一方、パターン 1 (データ保持移動体のみがいいる場合) では、要求元移動体は発見した複数の経路の中から電力残量を考慮せずに一つを選択するため、他の二つの適用パターンに比べてこの特徴は顕著ではなかった。

図 6 の結果から、いずれの適用パターンにおいても、経路選択方法を用いない場合と比べて、初めて電力を使い果たした移動体が現れるまでの時間が長くなることがわかる。これは、図 4 における考察と同様で、電力残量を考慮した経路を選択するため、移動体間の消費電力が均一化されるからである。また、シミュレーション終了時の生存移動体数は少ないことがわかる。これも図 4 における考察と同様で、電力残量が多い経路を選択する反面、ホップ数の大きい経路を選択してしまうからである。また、各適用パターンを比べると、この特徴はやはりパターン 3、パターン 2、パターン 1 の順で顕著だった。

図 7 の結果は図 5 とほぼ同じ結果になることがわかる。B-H 法は、初期状態では電力残量が多く、ほとんどの経路の電力残量が閾値以上となり、MH 法と同じ経路を選択する。しかし、時間が経過して閾値以上の電力残量をもつ経路が少なくなると、MB 法と同じ経路を選択する。そのため、図 5 に比べて

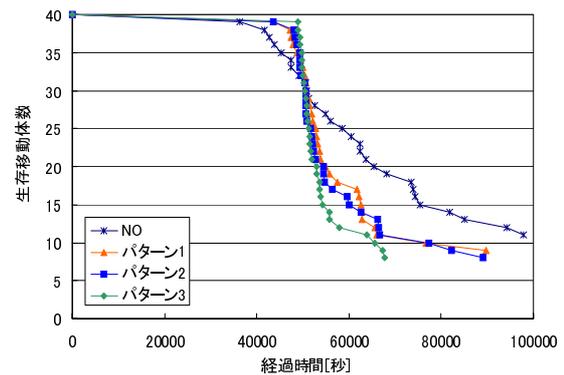


図 7: B-H 法の適用パターンごとの生存移動体数

移動体間の消費電力は均一化されるが、全体の生存時間は短くなってしまふ。また、各適用パターンを比べた場合も図 5 とほぼ同じ結果になる。

## 6 考察

本章では、提案したデータアクセス方法の考察を行う。

### 6.1 B-H 法の閾値 $\sigma$ の設定

4.2 節で述べたとおり、B-H 法では各移動体の消費電力を均一化しながら、最短ホップ数の経路を選択できる。しかし、移動体の電力残量は時間の経過に伴い減少するため、適切に閾値  $\sigma$  を設定することは難しいと考えられる。 $\sigma$  を大きく設定した場合、 $\sigma$  以上の電力残量をもつ経路の数がすぐに少なくなるため、MB 法と同じ経路が選択される。この場合、MB 法と同様に移動体間の消費電力は均一化されるが、各移動体の生存時間が短くなる。一方、 $\sigma$  を小さく設定した場合、大部分の経路の電力残量が  $\sigma$  以上となり、MH 法と同じ経路が選択される。この場合、電力残量が  $\sigma$  を下回った移動体は自身のアクセス要求により電力を早く使い果たしてしまう可能性がある。したがって、閾値  $\sigma$  の設定はアプリケーションや移動体のバッテリー容量に応じて、慎重に行う必要がある。

本稿では、閾値  $\sigma$  を固定値とした。しかし、移動体の電力残量が時間の経過と共に減少することを考慮すると、 $\sigma$  を動的に変化させることで、B-H 法の性能を向上できるものと考えられる。例えば、電力残量が  $\sigma$  を超える経路が発見できなかった場合に

は、 $\sigma$  を下げて、候補となる経路を発見することが考えられる。

## 6.2 複製配置方法

移動体間の消費電力の均一化を図る場合、データアクセス方法だけではなく、複製配置方法も検討する必要がある。例えば、他の移動体のアクセス頻度が高いデータをもつ移動体は、他の移動体からのデータアクセスによって早く電力を使い果たしてしまう可能性がある。その結果、トポロジが変化することで、データの利用率が低下してしまうものと考えられる。そこで、データ（複製）へのアクセス頻度と相互接続しているネットワーク内に存在するデータ（複製）の個数に基づいて、移動体のもつ複製を動的に配置することが考えられる。さらに、電力残量の少ない移動体が電力を使い果たすことを防ぐため、自身の電力残量に基づいて複製を配置するか否かを決定することが考えられる。今後は、移動体間の消費電力を均一化する複製配置方法についても検討する予定である。

## 7 まとめ

本稿では、移動体の消費電力を均一化するため、移動体の電力残量を考慮して、データ転送に用いる経路を選択するデータアクセス方法を提案した。この方法は、要求を発行した移動体からデータをもつ移動体までの経路が複数存在する場合、データをもつ移動体がこれらの移動体間の経路長と電力残量を考慮して一つの経路を選択する。また、データをもつ移動体がネットワーク内に複数存在する場合、要求を発行した移動体が、データをもつ移動体までの経路長と経路上の移動体の電力残量も考慮して、データを要求する一つの移動体を選択する。

シミュレーション実験の結果より、提案したデータアクセス方法は、単純に最短ホップ数の経路を用いてデータを転送する方法に比べて、電力を使い果たす移動体が初めて現れるまでの時間を長くし、移動体間の消費電力を均一化できることを確認した。

今後は、6章で述べたように、B-H法の閾値の設定方法や移動体間の消費電力を均一化する複製配置方法について検討する予定である。

謝辞 本研究の一部は、文部科学省 21 世紀 COE プログラム「ネットワーク共生環境を築く情報技術

の創出」、文部科学省若手研究 (A)(16680005)、および (財) 立石科学技術振興財団の研究助成によるものである。ここに記して謝意を表す。

## 参考文献

- [1] X. Du, "A Simulation Study of An Energy Efficient Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks," Proc. IEEE Annual Simulation Symposium (ANSS'04), pp. 125–131, 2004.
- [2] 原 隆浩, "アドホックネットワークにおけるデータ利用率向上のための複製配置," 電子情報通信学会和文論文誌 B, Vol. J84-B, No. 3, pp. 632–642, 2001.
- [3] P. Nuggehalli, V. Srinivasan, and C.-F. Chiasserini, "Energy-Efficient Caching Strategies in Ad Hoc Wireless Networks," Proc. MobiHoc'03, pp. 25–34, 2003.
- [4] S. Singh, M. Woo, and C.S. Raghavendra, "Power-Aware Routing in Mobile Ad hoc Networks," Proc. MobiCom'98, pp. 181–190, 1998.
- [5] C.-K. Toh, "Maximum Battery Life Routing to Support Ubiquitous Mobile Computing in Wireless Ad Hoc Networks," IEEE Communications, Vol. 39, No. 6, pp. 138–147, 2001.
- [6] L. Yin and G. Cao, "Supporting Cooperative Caching in Ad Hoc Networks," Proc. IEEE INFOCOM'04, 2004.