

データ更新を伴うアドホックネットワークにおける 位置依存複製配布方式の評価

田 森 正 紘[†] 石 原 進[‡]
渡 辺 尚^{††} 水 野 忠 則^{††}

筆者らはアドホックネットワーク構成する端末上で位置に依存した情報の収集と利用のため位置依存情報複製配布方式を提案している。この方式はある位置で取得された情報の複製をその位置の周辺にいる端末で保持することにより、端末が移動が自由に移動しても情報の利用性を低下させない方式である。これまでのモデルではデータの更新を考慮していなかった。本稿ではアドホックネットワーク上でデータ更新を含む場合を考慮した複製配布方式を提案し、その評価を行う。アドホックネットワークでは端末同士の接続が保証されていない。このためデータ更新が発生した時、古い複製を保持していた端末と更新データを保持した端末が通信できていない場合がある。この結果ネットワーク上には古い複製と最新の複製が混在することになる。本稿では、できるだけ多くの複製データを更新することを目的として、タイムスタンプリストを用いたデータ更新方式を提案し、シミュレーションによる評価結果を示す。

Evaluation of a replica distribution method for updating data with consideration of the position of mobile hosts on wireless ad-hoc networks

MASAHIRO TAMORI,[†] SUSUMU ISHIHARA,[‡] TAKASHI WATANABE^{††}
and TADANORI MIZUNO^{††}

One of the features of wireless ad hoc network technology is that networks can be constructed without any fixed network infrastructure. Disaster, emergency, military situation and personal area network are useful application of mobile ad hoc networks. We proposed a replica distribution method with consideration of the position of mobile hosts. However, in this method, the data are assumed not to be update. In this paper, we propose a revised method for updating the data with time stamp list.

1. はじめに

アドホックネットワークとは移動可能無線端末によって、既存のインフラを利用することなく構築できるネットワークである。各端末はルータのように振る舞い、基地局を介さずに複数の端末と通信することができる。アドホックネットワークは緊急時、軍事、災害時、パーソナルエリアネットワーク、センサネットワークなど既設のネットワークが利用困難な状況での応用が期待されている。

これまで筆者らはアドホックネットワークを用いた位置依存情報複製配布方式としてSC(Skip Copy)方式を提案し、その振る舞いについて検討してきた¹⁾。SC方式では位置に依存する情報の収集を目的とするアプリケー

ションでの利用を想定している。具体的には、例えば災害時などに、消防隊員やインフラ業者などが現場で事故の発生した位置や地域ごとの被害情報などの情報収集を携帯端末を使って行う場面での利用を想定している。このような場面では、利用者は自身の活動している地域の情報を利用することが多いが、活動範囲を越えた地域の情報を利用することは少ないと考えられる。つまり情報を利用しようとする人は、その情報が発生した位置に近い場所で活動することが多いといえる。SC方式ではこのような環境を前提として設計されている。

アドホックネットワークにおいて各端末が自由に移動すると、ある情報を保持している端末と、その他の端末が通信できなくなる可能性がある。そのため、他の端末が利用したい情報を保持している端末と通信できなくなる恐れがある。この問題を解決するために、SC方式ではある位置で生成された情報を複数の端末で保持する。このようにすることで、それらの情報が情報を保持した端末の移動や活動停止によって、ネットワーク上からアクセス不能になることを防ぐ。

情報が位置に依存する場合は、この情報は情報を取

[†] 静岡大学大学院情報学研究科
Graduate School of Information, Shizuoka University
[‡] 静岡大学工学部
Faculty of Engineering, Shizuoka University
^{††} 静岡大学情報学部
Faculty of Information, Shizuoka University

得した端末の周辺の端末で保持されることが望ましい。アドホックネットワークではこうすることでより少ないホップ数でデータへのアクセスが可能だからである。以上の考えに立ち、SC方式では取得した情報の複製を、情報が生成された位置の周辺に存在する端末にまばらに配置する。このようにすることで、情報を必要とする端末へのより少ないホップ数かつ高い成功率でのアクセスを可能にするとともに、複製の冗長度を適切な量に制限し記憶容量の浪費を防ぐ。

これまで、SC方式では取得された情報が更新された場合について考慮されていなかった。本稿ではSC方式に情報の更新という概念を導入する。

関連研究としてアドホックネットワークにおける複製配置方式²⁾や、情報の更新を考慮していないが、キャッシュを利用する仕組みとしてキャッシュデータへのアクセス方式³⁾がある。アドホックネットワークにおける複製配置方式²⁾では、データ更新が周期的に発生するアドホックネットワークを想定している。ここでは各データへのアクセス頻度を既知として、複製の再配置を一定の周期ごとに行う。複製配布手法の一つとしてE-SAF方式が提案されている。これは再配置周期ごとにPT値(そのデータが次に更新されるまでに発生するアクセス要求の平均回数)が高いデータからその複製を記憶容量の許す限り配置する。一方、本稿では更新が必ず一定の周期ごと起こると仮定しない。

アドホックネットワークで位置情報とトポロジの変化を対象とした研究として、位置情報を用いたルーティングプロトコルの研究が盛んである。⁴⁾⁵⁾⁶⁾⁷⁾これらは端末自体の位置情報を利用するが、本研究ではこれに加え、情報が取得された位置を利用するという点で異なる。

以下、第2章でSC方式の具体的な複製配布方法を述べ、第3章でデータ更新を考慮したSC方式について述べる。第4章ではシミュレーションによる評価結果を示し、第5章でまとめる。

2. 位置依存情報複製配布方式

無線通信が可能な距離は有限なので、アドホックネットワークでは端末が通信可能範囲を越えて移動することにより、ネットワークの切断が頻繁に起こる。アドホックネットワーク内で情報交換を行う場合、リンクの切断によりそれまで端末間で相互に利用可能であった情報を利用できなくなる可能性がある。この問題を解決するためには、一つの情報を複数の端末で保持する必要がある。²⁾³⁾ネットワークを構成する移動端末の記憶容量は一般にそれほど大きくないことを想定すると、通信できるすべての端末に複製を配布するのは現実的ではない。そこで情報へのアクセス成功率と記憶容量の有効利用の両面を考慮した効率的な複製配布手法が必要になる。また携帯端末ではバッテリー容量の制限も厳しい。近距離無線を用いることにより消費電力を抑えることができるものの、

バッテリー容量は有限であるため、できるだけ通信量を少なくする必要がある。

以上を考慮した複製配布方式として筆者らはこれまでにSC(Skip Copy)方式を提案している。SC方式では以下のような状況を仮定している。

- i) 各携帯端末は自身のGPSにより位置情報の取得ならびに時刻同期ができる。
- ii) 携帯端末は移動を行いながら、その位置に関連したデータを位置をキーとして探索し、取得する。
- iii) 携帯端末は自分の周辺の位置に関連するデータを自分自身だけでなく、他の携帯端末にも問い合わせ利用する。
- iv) 携帯端末は自身の現在位置の近隣で取得された情報に対して、アクセスする可能性が高い。
- v) 携帯端末の記憶容量は有限である。

2.1 SC方式による複製配布

SC(Skip Copy)方式は以下の2つの基本方針を満たすように設計されている。

- データが取得された位置の周辺の端末は、そのデータへのアクセス頻度が高い。このため、情報の複製はそれらの端末に配置する。
- 携帯端末の記憶容量を節約するために、隣接する携帯端末間でできるだけ同じ複製を保持しない。

以下に具体的な複製配布手順について述べる。データを取得した端末は、複製を直接通信できる端末にフラッディングする。このとき、ホップカウント $C_c(=0)$ を付加情報として追加する。フラッディングにより複製を受け取った端末は C_c をインクリメントしてから、情報の複製を次の端末にフラッディングする。複製を受け取った端末のうち、情報を取得した端末の位置と複製を受け取った端末との距離 D が複製配布範囲 R 以下かつ、式(1)を満たす端末のみ複製を保存する。

$$C_c \bmod s = 0 \quad (1)$$

R を設定することにより複製が無制限に生成されることを抑制する。自然数 s は複製が配置される密度を決定するパラメータであり、 $s \geq 2$ とすることにより複製配布時に隣接端末間で同一複製の重複をなくすることができる。 $D \leq R$ であっても、式(1)を満たさない端末は複製通過済みマークを保持するだけで複製を保存しない。複製を保持するか否かに関わらず、複製を受け取った端末で $D \leq R$ の端末はさらに複製をフラッディングする。図1に $s = 2$ の場合におけるSC方式における複製配布を示す。端末が一度複製を受け取ると複製通過済みマークを保持するので、既に一度複製を受信している場合はそれ以上複製をフラッディングしない。ただし後述する更新データ複製の場合を除く。

一般的に携帯端末の記憶容量には制限がある。そこで、この制限を越えて複製を保持しようとした場合は、端末の現在位置から最も遠い位置にあるデータの複製の利用頻度は少ないとみなし、そのデータの複製を破棄する。ま

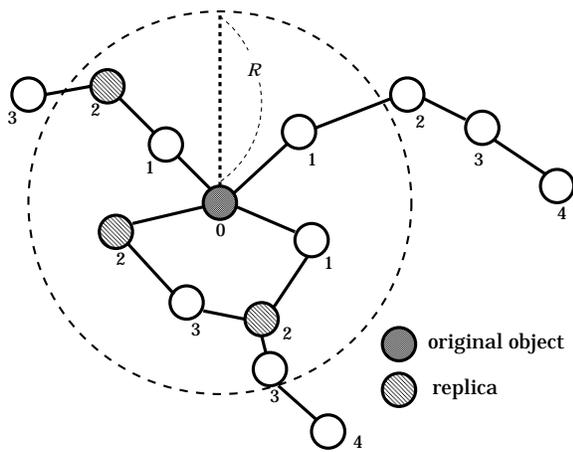


図1 SC方式による複製配布

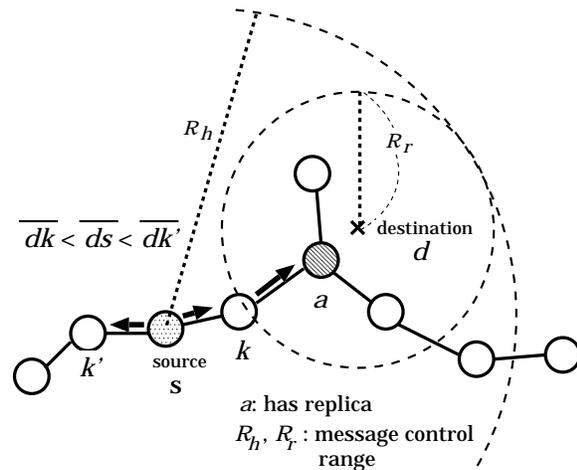


図2 要求方法

た最も遠い位置にあるデータの複製の距離が等しい複製がある場合は、LRU法に従い最近利用されていないデータの複製が破棄される。

2.2 データ要求方法

各端末は位置依存データを利用する場合は、データが取得された位置あるいはそのデータに関連した位置をキーとして要求処理を行う。データへのアクセス要求は、要求メッセージを位置を利用した制限付きのフラッディングで送信することで行う。要求メッセージには、取得したいデータの位置情報としてその位置の中心座標 d と半径 R_r および要求元の携帯端末の位置 s が含まれる。データ要求方法を図2に示す。データ要求端末は要求メッセージをフラッディングする。要求メッセージを受信した端末が対象となるデータの複製を保持していた場合はその時点で応答を行い、フラッディングはそれ以上行わない。

ここで、 ab を位置 a と位置 b の間のユークリッド距離とする。端末 k が要求メッセージを受け取った時、対象データを保持していない場合は、自端末の位置と目的データが取得された位置との間の距離 kd および直前に要求メッセージを送信した端末と目的データが取得された位置との間の距離 sd を比較する。自端末の方が前の端末より目的データが取得された位置に近くにいると判断できると、 k はさらに要求メッセージをフラッディングする。ただし、要求メッセージ抑制範囲 $R_h (= \overline{sd} + R_r)$ を越えたら、それ以上メッセージのフラッディングは行わない。この方法で要求メッセージを送信することにより、フラッディングが行われる方向を目的データが取得された位置に限定し、トラフィックを削減することができる。

2.3 データ応答方法

要求メッセージを受け取った端末が対象となるデータを保持していた場合は、対象データを含む応答メッセージを送信する。要求元への応答メッセージの送信方法はルーティングプロトコルに任せるとする方法も考えられるが、複製の動的再配置を行う場合、アプリケーション

レベルで中継経路を選択する方が複製の配置という視点から都合が良い。

応答メッセージの送信方法は要求メッセージと同様に、位置を用いた制限付きフラッディングにより行う。応答メッセージには対象データ、要求元端末の位置 s 、応答元端末の位置 a 、応答メッセージ抑制範囲 R_a を含む。データ応答方法を図3に示す。対象データを保持しているデータ応答端末は応答メッセージを直接接続できる端末にフラッディングする。この応答メッセージを受け取った端末はさらにメッセージをフラッディングするか判断する。応答メッセージを受け取った端末 k が自端末の位置とデータ要求端末の位置との間の距離 (\overline{sk}) と、この応答メッセージを直前に送信した端末とデータ要求端末の位置との間の距離 $(\overline{sk'})$ を比較して、自端末がよりデータ要求端末の位置に近ければさらに応答メッセージをフラッディングする。中継端末は一度中継したデータをそれ以上転送しない。応答メッセージを送信していく途中経路の端末でデータ取得位置 d との間の距離が、 R 以内の端末はSC方式で複製配布した時と同様に複製を保持していく。これによって、複製を動的再配置することができる。ネットワークトポロジの変化により、SC方式で狙いとした情報取得位置周辺のまばらな配置とは異なる配置になったり、データが取得された位置の周辺から複製の数が減少することがあるが、複製の動的再配置をすることで、これらの影響を最小限に抑える。

3. データ更新の考慮

SC方式ではこれまで、データの更新が考慮されていなかった。本章では、データの更新を考慮したSC方式の拡張手法について述べる。

3.1 想定するデータ

災害現場などで救援者が活動するような状況を想定すると、救援者が取得するデータの種類の、更新を伴うデータと更新を伴わないデータの2種類に分類できる。更新を伴うデータとは、特定のカテゴリに属する定位置から

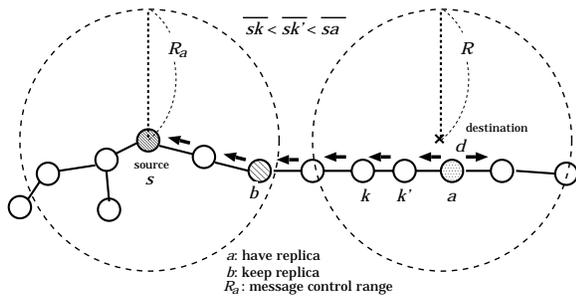


図 3 応答方法

の情報である。例えば、定点カメラ等で撮影した画像やセンサによる測定データである。これらの情報は明確に情報の更新が発生したことを示すことができる。

更新を伴わないデータとは常に新しいデータとして扱われる情報である。例えば、個々のユーザにより異なる位置から撮影された画像や任意の場所での事故の発生を知らせる通知である。

本稿では更新を伴うデータを扱う。加えて、前提として一つのデータの差分データのみを複製することはしないものとする。通常差分データを利用することは通信にかかるデータ量を削減することに有効だが、一つの情報の複製が多数存在し、さらにネットワークの接続が保証されていない状況では、差分データを収集するのが困難になる。よって個々のデータのサイズが大きいかとしても分割して利用することはないものとする。

またデータの更新はデータを取得した端末以外でも更新することができるが、データが取得された位置でデータ更新が発生するものとする。

3.2 SC 方式におけるデータ更新

前述したように SC 方式では、ある位置で取得された情報の複製は周辺の端末で保持される。ネットワークポロジの変化とともに、どの端末がどの情報を保持しているかは変化する。ゆえにデータ更新が発生した場合、データ更新を行った端末がその更新データをどの端末に渡すべきか認識することができない。さらにアドホックネットワークでは、各端末同士の接続は保証されない。このような状況では、データ更新時に各端末が保持している複製をすべて更新することは困難である。なぜなら、データ更新を行った端末とそのデータの古い複製を保持した端末と、データ更新時あるいはそれ以降において必ずしも接続できるとは限らないからである。

ある端末でデータ更新が発生した場合、単純に更新データを SC 方式で配布すると、更新データが届かないことがあるので、ネットワーク上に更新前データと更新後データが存在することになる。しかしユーザをとりまく状況が刻々とかわる場合、ユーザが常に最新データを取得できることが望ましい。例えば、災害時などの情報収集を想定した場合、現在の状況をより正確に確認する必要があり、更新前のデータよりも更新後の最新データを取得できる方が都合が良い。

前述の通り、アドホックネットワーク上ですべての複製データを更新することは困難である。そこで更新を取り扱う方針として、できる限りネットワーク上の複製それぞれを最新の状態に保つことを目的とする。また SC 方式では定期的にメッセージを送信することを避け、トラフィックをできるだけ発生させないことを意図して設計しているので、複製の更新は定期的に行わず、必要な場合のみ、データ更新時に複製の更新を行う。

データ更新が発生した場合、その更新データを SC 方式に従って配布する。データ取得位置から複製配布範囲内 R 以内の端末が更新データを受け取ると、SC 方式で複製を保持すべき端末が古い複製データを保持していた場合、古い複製データを新しいデータに更新する。複製配布範囲内 R 以内に存在しても、SC 方式での複製保持条件を満たさない端末は、古いデータを破棄し、新しいデータも保存しない。

更新データを SC 方式で配布する場合、データの新旧の判定手法として、以下の端末位置によるものとタイムスタンプリストを用いる 2 つの方法が考えられる。

3.3 端末位置による複製の新旧の判定

SC 方式では位置に依存した情報を扱うことを想定している。この位置依存情報の複製はその情報が発生した位置の周辺にまばらに配置される。更新データも同様に、情報が更新された位置の周辺にまばらに配置されることになる。そのため更新されたデータは基本的に情報が発生した位置の近くに存在することになり、情報が発生した位置から遠い端末が保持している複製は更新されていないものになる可能性が高い。

データ要求時において SC 方式では情報が発生した位置をキーとして、その方向に要求メッセージがフラッディングされる。情報が発生した位置の近辺にいない端末でも、対象となるデータを保持していた場合は、そのデータを応答メッセージとして要求元に返信する。

しかし情報が発生した位置から遠い端末は、更新されていない古いデータの複製を保持している可能性が高い。そこで、それらの端末は対象となるデータを保持してたととしても、応答メッセージを送信しないようにする。具体的には、要求メッセージを受信した端末のうちそのデータの複製配布範囲内 R 以内の端末で、対象データを保持していた場合のみ応答メッセージを返信する。

3.4 タイムスタンプリストによるデータ更新

前述の方法では、端末の位置によって複製の「古さ」を判定していた。より正確に複製の新旧を判定するには、複製のタイムスタンプを用いればよい。そこで、タイムスタンプリストを用いて端末が保持している複製が最新であるかを判断し、複製が古いことが認識できた場合にはその古い複製を破棄することで、ネットワーク全体の最新データの複製の数を多くする。

タイムスタンプリストは取得されたデータ ID と更新時刻のテーブルである。更新が発生すると更新データを

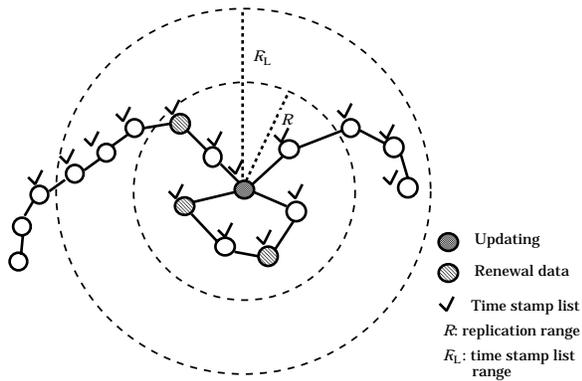


図 4 タイムスタンプリストの配布

保持している端末はタイムスタンプリストのデータ ID に対応する更新時刻を更新する。

ある端末でデータ取得が起こると、その端末がデータ ID と更新時刻を自身のタイムスタンプリストに追加し、複製データとともに SC 方式で配布する。複製データは複製配布範囲 R 以内の端末に保持されるが、タイムスタンプリストは更新が発生したデータの位置を中心としたリスト範囲 $R_L (> R)$ の端末まで配布される。タイムスタンプリストはデータよりも、はるかにデータ量が小さいと仮定している。更新データを保持しない端末でタイムスタンプリストを受け取った端末は自身が保持しているタイムスタンプリストを更新し、更新されたタイムスタンプリストにより端末が保持している複製が古いということを確認すると、その複製を破棄する。

更新データを保持する端末は、自分が保持している古い複製を最新に更新し、自身が保持するタイムスタンプリストを更新する (図 4)。

データの取得位置 d から R_L 以内の範囲で R 以外の範囲の端末ではタイムスタンプリストのみを受け取り、自身が保持しているタイムスタンプリストを更新する。更新されたタイムスタンプリストと自身が保持している複製を比較し、自身が保持している複製が古い複製であることを確認すると、古い複製を破棄する。

タイムスタンプリストにより各端末は更新データの存在を確認することが可能になる。この情報をもとに既に更新されたことが明らかな古いデータの複製を積極的に破棄することにより、各端末の限られた記憶領域から最新データを保持するための容量を確保することができる。この結果ネットワーク上に最新データが存在する確率が高くなり、システム全体として最新のデータに対するアクセス成功率が高くなると考えられる。

タイムスタンプリストを配布する範囲が制限されている理由としては、SC 方式の特徴からオリジナルデータが取得した位置から遠い位置に存在する端末はその複製を保持する必要がなく、その複製は記憶領域が飽和したとき、破棄される可能性が高くなるからである。そのため、タイムスタンプリストを無制限に広く配布する必要

はない。

ただし、アドホックネットワークの特徴として端末間の接続が保証されないことから、各端末で保持するタイムスタンプリストに最新データの存在が登録されない場合がある。ゆえに各端末が保持しているタイムスタンプリストが常に最新であるとは限らないので、ネットワーク上に存在するすべての複製データが完全に更新されるとは限らない。

4. 評価

シミュレーションにより提案方式の評価を行った。

4.1 シミュレーションモデル

$L[m] \times L[m] (= 50)$ の 2 次元平面上に X 個のオリジナルデータ源が等間隔に配置しているものとする。携帯端末の総数は 25 で、各携帯端末の通信範囲は 8m である。距離 8m 以内の携帯端末は相互通信可能とする。これらが 2 次元平面上を移動して、配置されたデータ源からオリジナルデータを取得する。各端末は複製データを個数 $K (= 1 \sim 100)$ しか保持できない。また複製配布範囲 R は 16m とする。アクセス要求応答の範囲である R_r 、 R_a は 16m とし、要求メッセージ抑制範囲 R_h は 2.2 に従い、リスト範囲 R_L は 32m とした。

初期状態ではすべての携帯端末は、複製データを保持していない。複製配布時のパラメータは $s = 2$ とする。携帯端末は次の移動モデルとデータ取得・アクセスモデルに従って行動する。

4.1.1 移動モデル

各携帯端末の初期値はランダムに決定され、以下に示すランダムウェイポイントモデル⁸⁾に従い移動する。

- i) 移動先 p を決定
- ii) 速度 $v (= 0 \sim 2[m/s])$ を決定
- iii) 位置 p まで速度 v で移動
- iv) 時間 $t (= 3[sec])$ 停止
- v) 1 へ戻る

4.1.2 データ取得・データアクセスモデル

携帯端末が移動し、 GS (Get Step) 秒毎にオリジナルデータの半径 0.5m 以内に存在していたら、そのオリジナルデータを取得するものとする。データを取得した時点でただちに複製を開始する。複製に要する時間は無視する。また一度取得されたオリジナルデータの位置の半径 0.5m 以内に、再び携帯端末が $GS[sec]$ 時間ごとに存在していたら、そのデータが更新されたものとし、その時点で更新データの配布を開始する。

すべての携帯端末において、各携帯端末で、単位時間 0.5[sec] ごとに $r (= 25\%)$ の割合でデータアクセスが発生するものとする。またアクセス対象のデータは携帯端末の現在位置に近いものほど、アクセス確率を高くするようにしている。具体的にはデータアクセスを行う場合、携帯端末の現在位置から極座標 (r, θ) の位置に最も近い格子点の位置をアクセス対象の位置とする。 r は平均 $1/r = 10[m]$

の指数乱数、 θ は $[0, 2\pi)$ の一様乱数とした。

データアクセスに関するメッセージ送信方法に関しては 2.2 および 2.3 で述べたモデル、つまり要求方法、応答方法ともに位置を利用した制限つきフラディングを用いる。

4.2 評価指標

提案方式の性能評価指標を次に定義する。

- アクセス成功率 A_S (Access Success ratio)

$$A_S = \frac{A_T}{R_T} \quad (2)$$

A_T (Answer success Time) はアクセス要求元が対象となるデータの応答メッセージを受け取った回数の総和であり、 R_T (Request success Time) は各携帯端末が既にいずれかの端末によって取得済みの

データに対してアクセス要求メッセージを送った回数の総和である。 A_S の算出はシミュレーション時間全体での全ノードにおける A_T 、 R_T を利用した。 A_T 、 R_T はシミュレーション上の各ステップで計算し、全ステップの平均を算出した。 A_S は大きければ大きい方が良い。

- 冗長度 R_e (Redundancy)

$$R_e = \frac{\sum_{i=1}^n D_i}{n} \quad (3)$$

R_e は同一データの複製の数を表す。 n は取得されたデータの総数であり、 D_i はデータ i の複製の数である。 R_e はできるだけ小さい方が、携帯端末の記憶容量の節約という点から望ましい。

このような指標に関し、以下に示す 4 つの複製配布方法の比較を行った。

- 複製を全く行わない場合: NR (No Replica)
 $R = 0$ とした SC 方式
- 通信できる端末すべてに複製: RAR (Replica ALL in R)
 $R = \infty$ とした SC 方式
- 複製配布範囲内の端末すべてに複製: RA (Replica ALL)
 $s = 1$ とした SC 方式
- 再配置を考慮した SC 方式: RSC (Relocation SC)
 $s = 2$

の 4 つである。

データ更新方法については以下の 3 つ方法の比較を行った。

- 何も行わない場合: NO (No Operation)
- 端末位置による複製の新旧の判定を用いる場合: LT (Location of Terminal)
- タイムスタンプリストを用いる場合: TSL (Time Stamp List)

4.3 評価結果

単位時間を 0.5 秒とし、 K の値を 1 から 100 まで変化させ、1000 秒間のシミュレーションを 3 試行した場合の

平均を求めた。また $GS = 5, 10, 30, 45$ とした。

4.4 SC 方式の有効性

図 5 は各複製方式における冗長度とアクセス成功率の相関を示したものである。更新データに対してはタイムスタンプリストを用いている。冗長度 R_e が少なくてもアクセス成功率 A_S が高くなっているのが望ましい状態である。図 5 の (a) の場合において、何も複製配布を行わない NR 方式では、アクセス成功率は 30% に満たない。提案する SC 方式と複製配布範囲内の端末すべてに複製を配布する RAR 方式や接続できる端末すべてに複製を配布する RA 方式の場合と有効性はほぼ変わらない。 GS の値が小さい時は、それだけデータ取得が発生する回数が多くなり、データの更新も行われる回数が増える。データの更新が頻繁に行われ、 GS 値が小さい場合に SC 方式と RA 方式で差が少ない理由は、SC 方式で配布した複製がすぐに古い複製となるので、更新された情報は現在接続できている端末に多く配布する方が最新の複製がネットワーク上に多く存在することになるからであると考えられる。つまり、アドホックネットワーク上で頻繁に接続が切断され、かつ更新が頻繁に起こるような場合には、接続できている端末すべてに複製データを配布した方が冗長度は増加するがアクセス成功率は増加する。

図 5 の (b) や (c) のように GS 値を増加していくと、データ更新が行われる回数が減少し、RA 方式よりも SC 方式の方が有効になる。図 5 の (d) では、SC 方式は少ない冗長度でアクセス成功率を向上させることができるので、RA 方式などに比べて有効であるといえる。つまり、SC 方式はそれほど頻繁にデータ更新が起こらない場合に有効である。

4.5 タイムスタンプリストの有効性

図 6 は SC 方式において、各データ更新手法における冗長度とアクセス成功率の相関を示したものである。図 6 の (a) では GS 値が小さいのでデータ更新が頻繁に起きる。端末位置によるデータの新旧の判定を行う LT 方式では、何も行わない NO 方式よりも性能が悪い。LT 方式ではオリジナルデータが取得された位置周辺の端末以外では、対象データを保持していたとしても応答処理を行わない。このように、オリジナルデータの周辺以外の端末でも最新データを保持していた場合は、LT 方式よりも NO 方式の方が有効になる。また、現在位置から遠いデータに対してアクセスした場合に、その地点までの経路が存在しない場合は、データを取得できなくなる。

タイムスタンプリストを用いる TSL 方式では、他の 2 方式よりも冗長度が少ない上でアクセス成功率が大きいので有効であるといえる。これは、更新データが頻繁に発生する場合にタイムスタンプリストにより積極的に古い複製を破棄し、最新データのための記憶領域を確保することによって考えられる。

図 6 の (b) でも (a) と同様の傾向が観察される。しかし、図 6 の (c) や (d) では、TSL 方式の有効性が少ない。

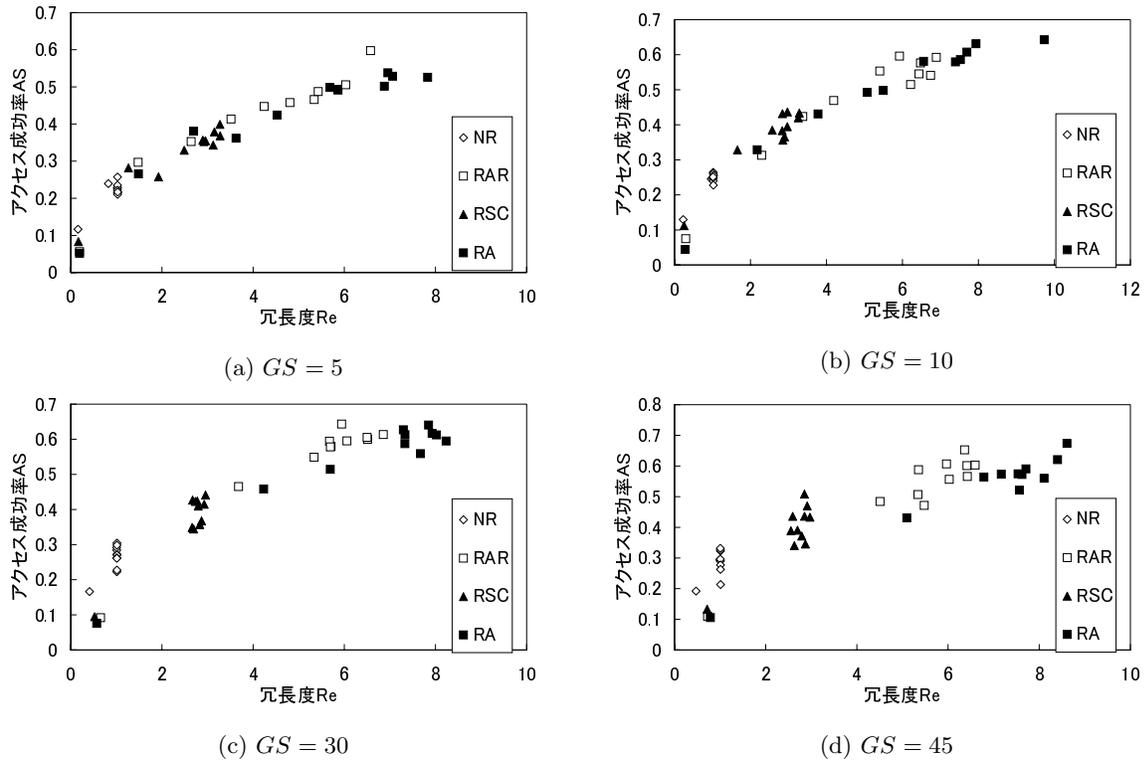


図 5 各複製方式における冗長度とアクセス成功率の相関図

これは更新が頻繁に起こらないため、NO 方式や LT 方式でも十分最新データを取得できることだと考えられる。よって TSL 方式はデータ更新が頻繁に起こる場合に有効であるといえる。

5. おわりに

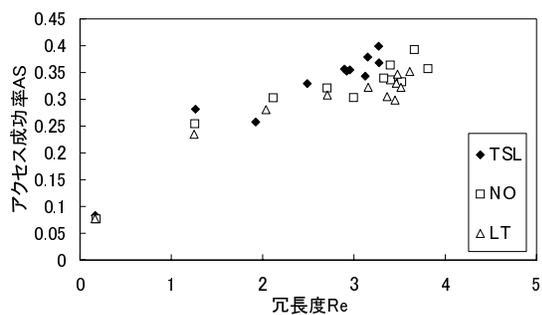
これまでに提案してきたアドホックネットワークにおける位置依存情報複製配布方式 SC 方式において、データ更新が発生する場合に対応した手法を考察した。この手法では、アドホックネットワーク上で複数の複製データをすべて更新することは困難なので、できるだけ多くのデータを更新することを目標としてタイムスタンプリストを用いる方法を提案した。タイムスタンプリストはデータ ID と更新時刻からなる。端末がタイムスタンプリストを受け取ることにより、自端末が保持している複製が最新であるか否かを判断する。SC 方式により複製を保持すべき端末は、複製を更新する。複製を保持しない端末では古い複製を破棄することにより、新しい複製を保持する領域を確保することができる。

タイムスタンプリストを用いた更新方法についてシミュレーションによる評価を行った。SC 方式自体は頻繁にデータ更新が起こると有効ではないが、データ更新がそれほど頻繁でない場合は有効であると確認できた。頻繁にデータ更新が起こった場合は、タイムスタンプリストを用いることにより最新データに対するアクセス成功率が向上することを確認した。以上のことから、頻繁に

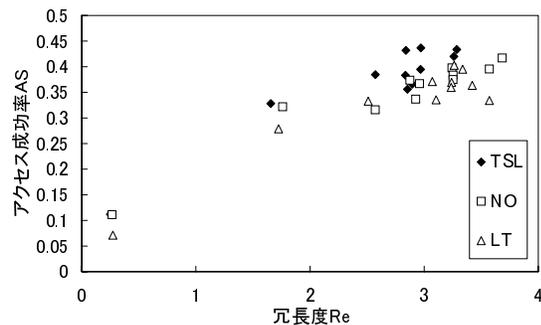
更新が起こらない場合においては、SC 方式は有効であるといえる。また頻繁に更新が起こる場合においては、ある程度時間がたった場合に定期的に更新データを適切な配置にするような機構が必要になる。今後は頻繁にデータ更新が起こる場合においても性能を向上する手法について検討する。また、今回はトラフィックにおける検討を含めていないが、今後は複製を行うことによるトラフィックの増加についても検討する予定である。

参考文献

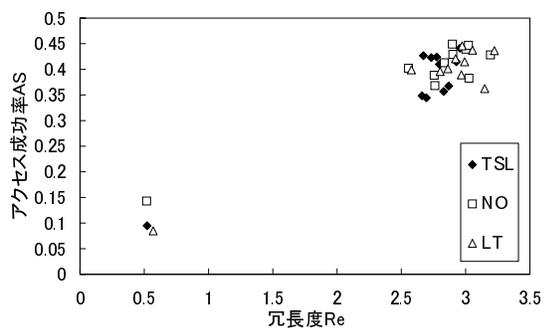
- 1) 田森正紘, 石原進, 水野忠則, アドホックネットワークにおける端末の位置を考慮した複製配布方式の評価, 情報処理学会研究報告 2001-MBL-18, Vol.2001, No.83, pp.135-142, 2001
- 2) 原隆浩, アドホックネットワークにおける周期的なデータ更新を考慮した複製配置方式, 電子情報通信学会論文誌, vol.J84-B, No.7, pp. 1391-1395, 2001
- 3) 森谷高明, 相田仁, アドホックネットワークにおけるキャッシュデータアクセスシステム, 電子情報通信学会通信ソサイエティ大会, pp.510, 2002
- 4) Young-Bae Ko and Nitin H. Vaidya. Location-Aided Routing(LAR) in Mobile Ad Hoc Networks, IN ACM/IEEE MobiCom, pp. 66-75, October, 1998
- 5) Rahul Jain, Anuj Puri, and Raja Sengupta, Geographical Routing Using Partial Information for Wireless Ad Hoc Networks, IEEE Personal Communications, vol.8 No.1, pp. 48-5, 7February 2001
- 6) Wen-Hwa Liao, Jang-Ping Sheu and Yu-Chee



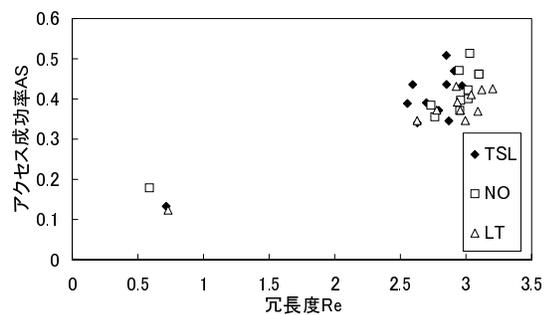
(a) $GS = 5$



(b) $GS = 10$



(c) $GS = 30$



(d) $GS = 45$

図 6 各データ更新手法における冗長度とアクセス成功率の相関図

Tseng, (GRID): A Fully Location-Aware Routing Protocol for Mobile Ad Hoc Networks, Telecommunication Systems, vol.18, No.1-3, September, 2001, pp. 37-60

- 7) L. Blazevic, L. buttyan, S. Capkun, S. Giordano, J. Hubaux and J. Le Boudec, Self-Organization in Mobile Ad-Hoc Networks: the Approach of Terminodes, IEEE Communications Magazine, Vol.39 Issue 6, pp. 166-174, June 2001
- 8) David B Johnson and David A Maltz, Dynamic Source Routing in Ad Hoc Wireless Networks, Mobile Computing, vol.353, 1996