端末の移動予測を用いたアドホックネットワーク上における位置依存情報の複製方法

土田元 † 鬼頭政貴 † 峰野博史 ‡ 石原進 †

† 静岡大学工学部 ‡ 静岡大学情報学部

1 はじめに

無線移動端末のみを用いて既存の通信インフラの無い場所に一時的にネットワークを構築できる技術として無線アドホックネットワークが注目されている．筆者らは無線アドホックネットワークの応用例の一つとして挙げられる ITS への適用に注目して，車両間でアドホックネットワークを構築し，詳細な地域情報を収集するシステムを検討している．

無線アドホックネットワークを利用したシステムでは，端末の移動や無線リンクの状態の変化により端末間の接続性が保証されず，ある時点まで利用可能だったデータが利用不可になる可能性がある．このような事態を避けるために，筆者らは各端末にデータの複製を配布することでネットワーク内に存在するデータの可用性を高める複製配布方式を提案している [1] [2]．提案方式では車両が，自身の周辺の位置に関連づけられた情報 (位置依存情報) を利用するシーンを想定し，端末がデータを取得したと同時に位置依存情報の複製を，その関連する位置周辺の端末に疎に配布する．[1] では，車両の航行情報を利用した複製配布方式を提案している．この方式では，航行情報を利用することにより無駄な複製の配布を防ぎ，端末の記憶容量の制限や複製によるトラフィックの増大などの問題を防ぐ．本稿では [1] で提案した手法のうち端末の位置と速度を利用した手法のシミュレーション評価について述べる．

2 位置依存情報複製配布

文献 [2] では携帯端末の記憶容量や複製の利用効率を考慮した複製配布方式として SC(Skip Copy) 方式を提案している．SC 方式では Geocast によりアクセスされる位置依存情報を取得後，直ちに位置依存情報の複製を複製配布範囲半径 R の端末にフラッディングによって配布する．この複製を受信した端末のうち，複製配布元の端末からのホップ数に基づいて選ばれる一部の端末のみがその複製を保持し，以後の Geocast によるデータ要求に応える．しかし端末の地理的な密度が高いときに SC 方式を用いると複製の配布先がホップ数のみで決まるので複製が過度に多くの端末で保持される可能性がある．また車両の動きの応じて複製を配置すれば高いメモリの利用効率で高いデータ可用性が得られることが期待できる．そこで文献 [1] ではカーナビ等から得られる車両の走行情報を利用し SC 方式の問題点を解決する手法，3D 方式 (Distance, Density and Direction Method) を提案している．

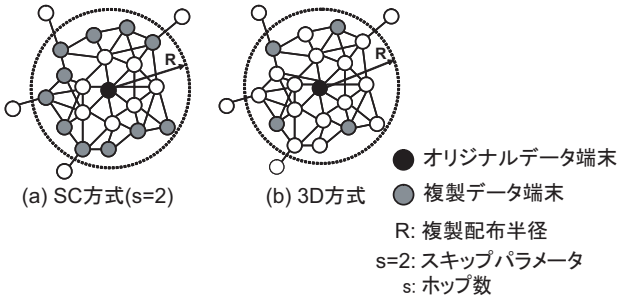

図 1: SC 方式と 3D 方式による複製配布

2.1 3D 方式

3D 方式では，複製を受信した端末は以下のポリシに従い複製保持率 P_r を求め，複製を保持するかどうかを決定する．

(1) 情報発生源に近い端末ほど P_r を低くする．

(2) 端末の地理的な密度が高いほど P_r を低くする．

(3) 情報発生源に近づいてくる端末ほど P_r を低くする．

一方 SC 方式では情報発生源からのホップ数 s で複製を保持するかどうかを決定する．(図 1)

本稿では 3D 方式のポリシのうち，特に 1 の情報発生源からの距離と 3 の端末の移動方向の 2 つに焦点をあてて検討する．なお文献 [3] では 2 の密度に焦点を当てた複製配布方式について検討をしている．

ここで，複製を受信する端末の位置ベクトル $\vec{p}$，速度ベクトル $\vec{v}$ を定義する．位置ベクトル $\vec{p}$ は受信した複製の情報発生源を原点とする．情報発生源，端末の位置は GPS 等で取得できるものとする．速度ベクトル $\vec{v}$ は複製を受信した端末の目的地と移動速度より決定される．目的地の位置情報はカーナビ等で取得する．

上記の方法で取得した $\vec{p}$, $\vec{v}$ を元に複製保持率 P_r を以下の式で計算する．

$$P_r = \min\left(\max(0, a|\vec{p}| + b\vec{p}\cdot\vec{v}), 1\right) \qquad (1)$$

式 (1) において第 1 項は方針 (1)，第 2 項は方針 (3) を表している．a, b は調整用の係数である．

A method of replication of position dependent infomation on ad hoc networks based on prediction of terminal movement

Gen TSUCHIDA†, Masataka KITOU†, Hiroshi MINENO‡and Susumu ISHIHARA†

†Faculty of Engineering, Shizuoka University

‡Faculty of Infomation, Shizuoka University

3 評価

シミュレーションにより 3D 方式と SC 方式 (s=2) および複製配布範囲の端末全てに複製を保持させる RAR(Replica All in R) 方式を性能比較をする．ただし，本来 SC 方式では応答時に複製の再配置を行うが，今回評価するすべてのモデルでは複製の再配置は行わない．シミュレーション時間は 2000 秒とする．

3.1 シミュレーションモデル

1000m × 1000m の 2 次元平面上に配置された 100m × 100m の正方形のセルにそれぞれ 100 個のデータ源があるとする．移動端末の数が 100，通信範囲が 100m，複製配布半径 R を 300m とする．

- 移動モデル
  各端末の初期配置はランダムに決められ，以下に示すランダムウェイポイントモデルに従い移動する
  (1) 移動先をランダムに決定
  (2) ランダムに速度 $v(=0 \sim v_{max}$[m/s]) を決定
  (3) 移動先まで速度 v で移動
  (4) 時間 t(=3[sec]) だけ停止
  (5) (1) に戻る
- データ取得
  50 個の端末が平均 60 秒のポアソン到着モデルにしたがって，そのとき自分がいるセルで識別されるデータを取得する．データを取得後は直ちに複製をフラッディングする．
- データアクセス
  各端末は平均 60 秒のポアソン到着モデルに従ってデータ要求を送信する．要求するデータはセルの各所で識別される．データを要求する先のセルは乱数により，端末とセルの中心位置が近いものを高い頻度でアクセスされるように選ばれる．

  要求メッセージは情報発生源の位置周辺にいる不特定の端末に Geocast で送信される．具体的には，ブロードキャストされたデータを受信した端末のうち，前の端末より宛先のセル中心に近づく位置にある端末のみがブロードキャストを行うことを繰り返していく．要求を受信した端末要求されたデータを持っていれば要求元へ応答を返す．応答メッセージは要求メッセージのルートを逆に辿って送信する．
- 調整係数 a, b
  $a = 1/R$, $b = 1/Rv_{\max}$
  ただし R は複製配布半径，$v_{\max}$ はランダムウェイポイントモデルにおける最高速度とする．
- データサイズ
  データサイズは以下の通りにとした．
  – オリジナル，複製, 応答メッセージ: 1Kbyte
  – 要求メッセージ: 128byte

3.2 評価指標

提案方式の性能評価指標を次のように定義する．

- アクセス成功率 As(Access Success Ratio)

$$As = \frac{A_c}{R_c} \tag{2}$$

  A_c(Answer success Count)，R_c(Request Count) はそれぞれシミュレーション時間全体における要求元が対象となるデータの応答を受け取った回数，要求メッセージを送った回数である．

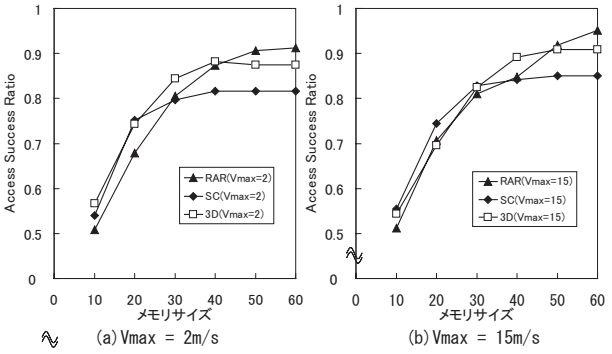

図 2: アクセス成功率とメモリサイズの関係

3.3 シミュレーション結果

各端末が保持できる複製およびオリジナルデータ数の総和 (メモリサイズ) を変化させたときの As の変化を図 2 に示す．(a) のグラフは歩行者 ($v_{\max}$=2[m/s])，(b) のグラフは自動車 ($v_{\max}$=15[m/s]) を想定している．3D 方式と SC 方式を比較した場合，若干 3D 方式のアクセス成功率が高くなった．この理由は複製配布にモビリティデータを用いたことにより SC 方式でのホップ数のみによる判定にくらべ複製をより効果的に配布することができ，メモリ利用効率が良くなったからだと考えられる．図 2 より $v_{\max}$ が変化しても，各方式ともアクセス成功率にほとんど変化がないことがわかる．この結果から，各方式とも $v_{\max}$ によらずアクセス成功率はほぼ一定に保たれるといえる．

4 まとめ

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 3D 方式について既存の複製配布方式である SC 方式との比較評価を行った．評価の結果，3D 方式が SC 方式より若干アクセス成功率が上昇していることが確認できた．今回，複製の再配置については考慮しなかったが，今後 3D 方式のポリシに沿った再配置の方法やそのタイミングの検討を行う．さらに端末の周辺密度を考慮に入れ，3D 方式全体の性能評価を行う予定である．

参考文献

[1] 土田元, 鬼頭政貴, 石原進, 峰野博史: “端末の移動予測を用いたアドホックネットワーク上の位置依存情報の複製に関する検討” 情処研報, 2003-MBL-27, Vol.2003, No.114, pp.1–8 (2003).

[2] 田森正紘, 石原進, 水野忠則: “アドホックネットワークおける端末の位置を考慮した複製配布方式の評価,” 情処研報, 2001-MBL-18, Vol.2001, No.83, pp.135–142 (2001).

[3] 鬼頭政貴, 土田元, 峰野博史, 石原進: “端末の密度を用いたアドホックネットワーク上の位置依存情報の複製方法” 第 66 回情処全大 (2004)