

アドホックネットワークにおける 位置依存情報共有のための 複製配置に関する研究

土田 元^{1,2} 石原進¹

¹静岡大学創造科学技術大学院
Graduate School of Science and Technology, Shizuoka University
²日立製作所
Hitachi, Ltd.

1

概要

近年無線アドホックネットワークを応用したアプリケーションの研究がさかんである。筆者が所属していたグループでは、生成される情報が、その発生地と密接に関連している位置依存情報を利用した情報共有機構およびその応用について検討を行ってきた。

この情報共有を実現するにあたり、無線アドホックネットワークの性質であるネットワークメンバの変更が原因で、情報を保持する端末にアクセスできず、情報共有ができない問題があった。この問題に対し、情報の複製を他端末に配布するという解決方法がある。

本研究では位置依存情報共有アプリケーション実現のための位置依存情報複製配布方式を設計し、シミュレーションにより評価を行い、その性能を明らかにした。

2

発表者略歴

2006年4月～2009年3月

- 在籍: 静岡大学創造科学技術大学院
- テーマ: 位置依存情報分散共有アプリケーション SOLAの開発

2009年4月～

- 日立製作所システム開発研究所
- テーマ: モバイルサービスプラットフォームおよびその運用管理に関する研究

3

アドホックネットワーク

- アクセスポイント等のインフラに依存せず、無線端末のみで構成されるネットワーク
- 他の端末を中継してのマルチホップ通信が可能
- ネットワークメンバの追加・離脱が容易
- 近年様々なアプリケーションが開発



4

アドホックネットワークの応用例： センタレスプローブ情報システム

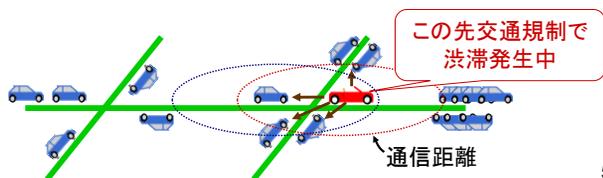
■ センタレスプローブ情報システム概要

- 各車両が車載センサを用いてプローブデータを収集
- 収集したデータからプローブ情報を生成し、車々間通信を利用して他車両へ配布
 - プローブ情報：どこで何が発生しているかの情報（位置依存情報）

⇒プッシュ型のデータ配信

問題点：必要ない情報が送られてくる可能性がある

⇒無駄なトラフィックが発生

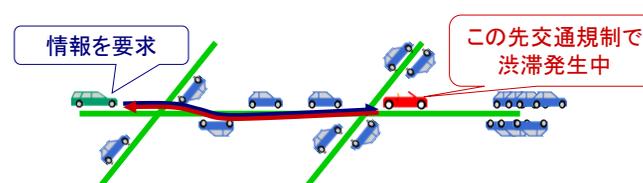


5

アドホックネットワークの応用例： プル型のデータアクセス

■ プル型データアクセス概要

- 前提：車載カメラ等で周辺の情報を取得可能
- 他の車両が保持する情報に対して要求メッセージを送信
- 要求された情報を保持する車両が応答メッセージを要求車両に返送
- 利点：情報保持端末と直接通信が出来ない環境でも各端末が欲しい情報の収集が可能
- 欠点：端末の移動等によりリンク断分・変更が発生し、各端末が保持するデータにアクセスできなくなる



6

本研究の目的

■ プッシュ型データ配信とプル型データアクセスを併用した高信頼な位置依存情報共有の実現

- プッシュ型のデータ配信を用いて他端末へ情報を配布
- プル型のデータアクセスを用いて他端末が保持する情報にアクセスして情報を取得

実現例として位置依存情報共有
アプリケーションSOLAを検討

■ アプリケーション

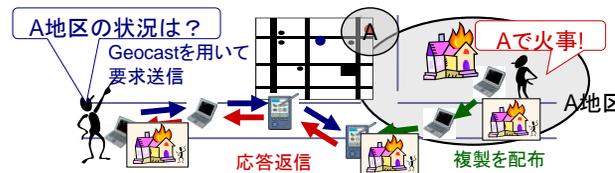
- 災害時における被災情報の収集・共有
- ITSにおける道路交通情報の流通・ナビ
- 地域沿線のローカルな街角情報の配信

7

位置依存情報共有アプリケーションSOLA

System for Sharing Objects with Location information on Ad hoc networks

- サーバレスな無線アドホックネットワークを想定
- 各端末は現在置に関する情報（位置依存情報）を生成
 - 位置依存情報生成後周辺の端末へ複製を配布
- 各端末はアドホックネットワーク上で情報を共有
 - 知りたい情報の場所に向けてGeocastで要求を送信
 - 要求を受信したデータ保持端末は、要求端末へ応答を返信
 - 応用例：災害地の情報収集、目的地周辺の街角情報の収集



8

関連研究

- アドホックネットワークにおける複製配置
 - アドホックネットワークにおけるアクセス可能性向上のための複製配置方式(阪大:原,2001~)
 - Cooperative Caching in Ad Hoc Networks (Cao,2004~)
- モバイルネットワーク環境下で位置情報を特定領域に留め続けるもの
 - Abiding Geocast (Daimler Chrysler,2005~)
 - Nomadic Agentを用いたインフラに依存しない位置情報サービス提供システム(千葉工大:屋代,2005~)

9

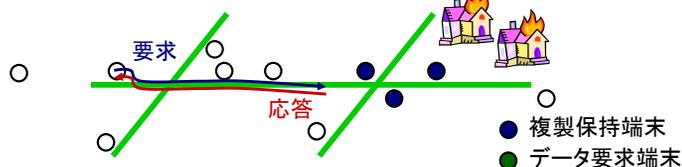
位置依存情報複製配置手法

- 想定する環境
 - アドホックネットワークにおいて複数の端末が自由に移動しながら情報の収集、交換
 - 端末は自分の現在位置をGPS等で取得可能
 - 固定のデータサーバは存在しない
 - データの発生位置をキーにGeocastで要求送信
 - 端末の記憶容量は有限
 - 端末は自分の現在位置に関する情報を生成
 - データ発生位置, 発生時刻, 有効時間等

10

位置依存情報複製配布方式のコンセプト

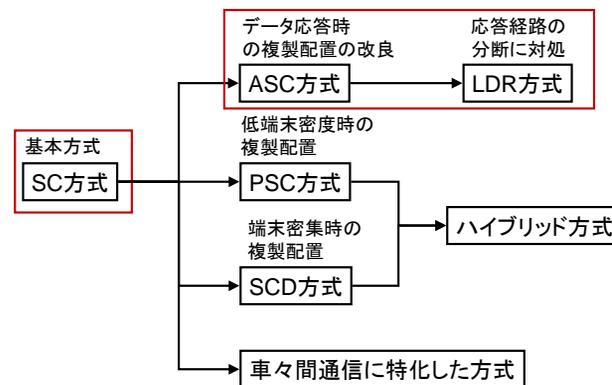
- 端末は移動するが位置依存情報はその生成位置から移動しない
 - 位置依存情報の複製がその生成位置に留まり続ける
⇒Geocastにより送信される位置依存情報に対する要求に対して応答を返すことが可能



時間が経過しても情報発生源周辺に複製が留まり続ける複製配布方式の設計が必要

11

位置依存情報複製配置方式



12

位置依存情報複製配置手法

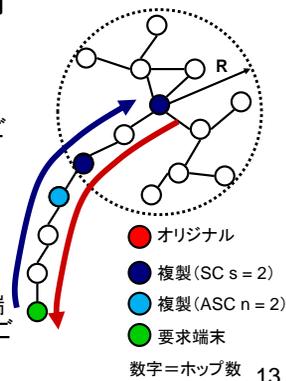
(土田, 2005)

- 目的: Geocastによる要求に対するアクセス成功率向上

- 各端末がデータ生成時に複製を配布
 - 複製配布範囲R内かつsホップごと端末が複製保持

- データ応答時に**応答経路上に複製を再配置**

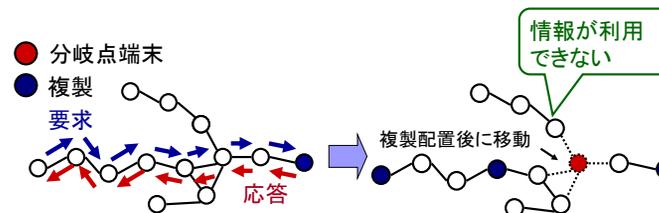
- SC方式: R内かつsホップごとに複製再配置
- ASC方式: 応答経路上の要求端末含むn台の端末に同数ホップごとに複製再配置



13

既存の方式における応答時の複製配置の課題

- 応答経路の端末にのみ複製配置
- 応答経路上の**分岐点端末が移動すると**, 応答経路上以外の端末が複製を利用することが困難



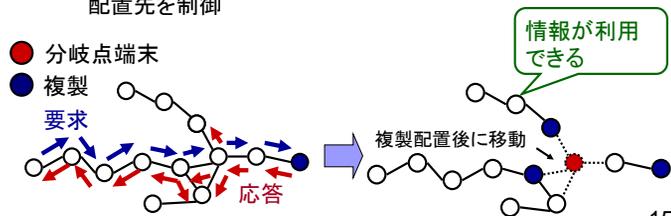
- 解決策: **分岐点の下流端末に複製を配置**

14

ネットワーク上の分岐点端末の下流端末への複製配置

- **Link-aware and Density-based Replica arrangement (LDR)方式**

- 応答中継ルート上のネットワーク分岐点端末に隣接する複数の端末に複製を配置
- 端末密度や複製保持端末からのホップ数を用いて複製配置先を制御



15

LDR (Link-aware and Density-based Replica arrangement)方式 (1)

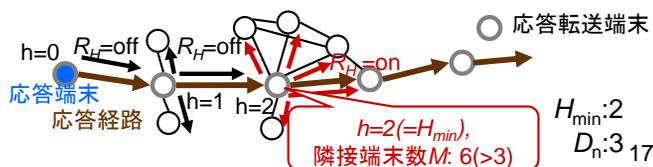
- **LDR方式の前提条件**

- 各端末*i*は定期的にHelloパケットをブロードキャストし, 自身の隣接端末数*M*がわかる
- 応答メッセージに以下の情報を付加
 - 応答経路(要求経路の逆経路)
 - 前複製保持端末からのホップ数*h*
 - **複製保持フラグ** R_H (デフォルトはoff)
 - 次の応答転送端末*i_n*

16

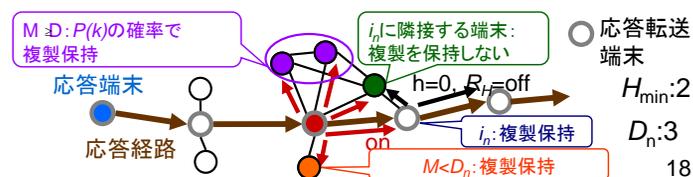
LDR方式 (2):複製保持フラグ

- 応答送信端末は $R_H=off$, $h=0$ として応答を送信
- 応答転送端末 i_n が応答を受信したら次の動作を実行
 1. h をインクリメント
 2. 応答メッセージが $R_H=off$, $h \geq H_{min}$ で $|M_i| \geq 3$ を満たしていた場合、 i_n は $R_H=on$ (次の端末は複製を保持)として応答メッセージを転送
 - ※ $|M_i| \geq 3$:前応答送信と次応答送信端末以外の端末が少なくとも1台以上接続している



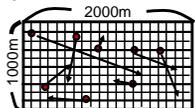
LDR方式 (3):複製保持の処理

- 複製保持フラグ R_H がonの応答を受信した端末の動作
 - 次応答転送端末 i_n は複製を保持. その後 $R_H=off$, $h=0$ として応答メッセージを転送
 - i_n に隣接する端末は複製を保持しない
 - i_n に隣接しない端末
 - 隣接端末数 M が D_n 未満なら複製保持
 - M が D_n 以上なら $P(k) = k_n/(M-1)$ の確率で複製保持

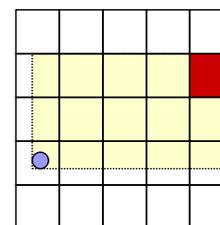


シミュレーションモデル

- シミュレータ: JiST/SWANS
- シミュレーション領域: 2000[m] × 1000[m]
 - 100[m] × 100[m]の小領域に等分割(200領域)
- 100~600台の移動端末をランダムに配置
 - MAC層: IEEE802.11b, 通信距離: 105[m]
 - 移動モデル: ランダムウェイポイント
 - 速度: 1~20[m/s](平均10.5m/s)
 - ボースタイム: 3[s]
- データ生成: 平均200秒のポアソンモデル
 - データ寿命: 500秒
- データ要求: 平均100秒のポアソンモデル



データ要求と応答



- 宛先領域
- 要求転送領域
- 要求端末

- 要求: Location Based Multicast (LBM)で送信
 - 宛先領域と要求端末を囲む領域を要求転送領域に設定
 - 要求転送領域内においてフラグディングで要求送信
- 応答: 要求経路の逆経路
 - ブロードキャストベースで送信
 - 応答データに含まれる経路情報から応答を転送するかを判断

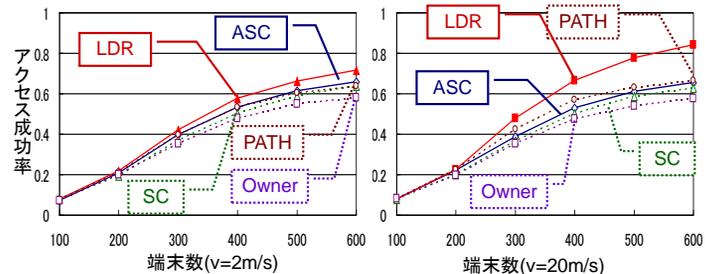
性能比較対象

LDR	$D_r:3, H_{min}:2, k_M:1, \text{Hello周期}:30s$ C_r :要求ホップ数の半分(端数切り上げ)
SC	複製配布範囲R:300, s:2
ASC	応答時に複製を保持する端末台数 $\alpha:2$
PATH	応答経路上の端末全てが複製保持(ASC $\alpha=\infty$)
Owner	要求生成端末のみが複製保持(ASC $\alpha=1$)

※データ生成時の複製配布は行わない

21

アクセス成功率と端末数の関係 (アクセス成功率=応答成功回数/要求回数)



• v=20m/sのとき, LDR方式は他の方式と比較して20%以上アクセス成功率が向上

22

研究のまとめ

- アドホックネットワークにおける位置依存情報共有機構を検討
 - プッシュ型のデータ配信を用いて位置依存情報を情報発生源周辺に配布
 - ブル型のデータアクセス(Geocast)を用いて情報発生源周辺にある位置依存情報にアクセス
- 位置依存情報共有機構実現のための複製配布方式の設計
 - Skip Copy (SC)方式(基本方式)
 - プッシュ型のデータ配布とブル型のデータアクセスを併用して複製を情報発生源周辺に留める
 - Link-aware and Density-based Replica arrangement (LDR)方式
 - 応答中継ルート上のネットワーク分岐点端末に隣接する複数の端末に複製を配置
 - 既存手法と比較して約10~20%アクセス成功率が向上

23