

無線センサネットワークにおける 情報共有のための 情報伝播手法の比較評価

大阪大学基礎工学部情報科学科
村田研究室
田辺 智行

研究背景

- 無線センサネットワーク
 - センサやアクチュエータをもつ無線デバイスを観測する領域に配置し、ネットワークを構成
 - 場所、環境、モノなどの情報を収集し、様々な制御を実施
 - 自律分散型の制御機構
 - それぞれのノードが他のノードの情報を把握し、自身の制御を決定
 - 環境変化やアプリケーション要求の変化に対して局所的な適応が可能



自律分散型の制御機構における
情報伝播手法の効率的な選択

2011/2/23 特別研究報告 2

研究の目的

- 様々な自律分散型の情報伝播手法が提案
 - 手法ごとに優位性が異なる
 - 提案者が特定の環境下でのみ比較評価
- 効率的な情報伝播手法を選択するためには同一環境下での評価が必要
 - 提案されている情報伝播手法を基本原理ごとに分類 [11,12,13]
 - フラッディング型、ゴシップ型、パブリッシュ・サブスクライブ型、リング型、ツリー型、クラスタ型
 - 様々な環境において比較評価



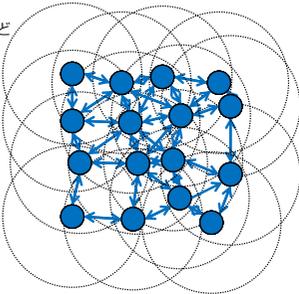
それぞれの手法の適用範囲を明らかにすることで
アプリケーションの要求や環境により
最適な情報伝播手法の選択が可能

2011/2/23 特別研究報告 3

フラッディング型

- 伝播方法
 - 受信データを送信元以外の全隣接ノードへ転送
- 利点
 - メッセージ損やノード故障などに対する耐性
- 欠点
 - 輻輳が頻発

情報伝播完了



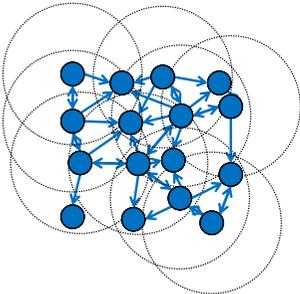
- ノード
- データ送信ノード
- 受信済みノード

2011/2/23 特別研究報告 4

ゴシップ型

- 伝播方法
 - 受信データを確率的に選択された一部の隣接ノードへ転送
- 利点
 - メッセージ送信回数を抑制
- 欠点
 - 最適な確率 p を設定することが困難

情報伝播完了



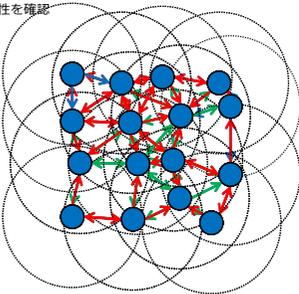
- ノード
- データ送信ノード
- 受信済みノード

2011/2/23 特別研究報告 5

パブリッシュ・サブスクライブ型

- 伝播方法
 - データ転送の前に転送の必要性を確認
 - 広告メッセージ: 転送の必要性を確認
 - 要求メッセージ: 転送要求
 - データメッセージ: データ
- 利点
 - 冗長なデータ転送を抑制
 - 低消費電力
- 欠点
 - 輻輳が頻発

情報伝播完了



- ノード
- データ送信ノード
- 受信済みノード
- 受信待ちノード

2011/2/23 特別研究報告 6

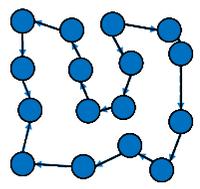
リング型

- 伝播方法**
 - リング状のトポロジを形成
 - トポロジに従ってデータを巡回
- 利点**
 - 輻輳回避
 - 低消費電力
- 欠点**
 - 情報伝播の遅延
 - 故障の耐性

○ ノード

● データ送信ノード

● 受信済みノード



情報伝播完了

2011/2/23 特別研究報告 7

ツリー型

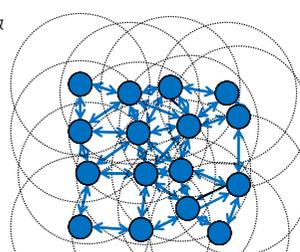
- 伝播方法**
 - 木構造を形成
 - 根ノードでデータを集約
 - 根ノードから葉ノードへ拡散
- 利点**
 - 効率的なデータ収集が可能
- 欠点**
 - 根ノード付近で高負荷

○ ノード

● データ送信ノード

● 受信済みノード

● 根ノード



情報伝播完了

2011/2/23 特別研究報告 8

クラスタ型

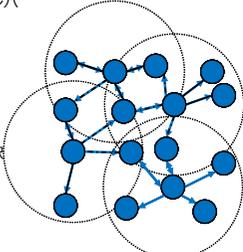
- 伝播方法**
 - クラスタを形成
 - クラスタヘッドでデータを集約
 - 集約したデータをクラスタメンバーへ送信
 - クラスタヘッド間で通信
- 利点**
 - 低消費電力
 - 通信の拡張が容易
- 欠点**
 - クラスタヘッドの効率的な選択が困難

○ ノード

● データ送信ノード

● 受信済みノード

● クラスタヘッド



情報伝播完了

2011/2/23 特別研究報告 9

シミュレーション環境

- 基本設定**
 - 400 [m] × 400 [m] の領域を40 [m] × 40 [m]のブロックに分割
 - ブロック内のランダムな位置にノードを1台ずつ配置
- 観測領域の拡大**
 - ノード密度を維持し、観測領域を拡大
 - 100 ~ 900 [台]
- ノード密度の増加**
 - 観測領域を維持し、ノード数を増加
 - 0.0004 ~ 0.031 [台/m²]



観測領域の拡大



基本設定



ノード密度の増加

2011/2/23 特別研究報告 10

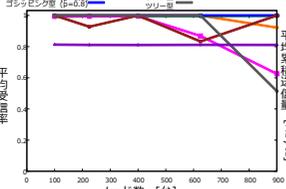
評価方法

- 情報の発生モデル**
 - 単発型 : ある1つのノードにおいてデータが発生
 - 同期型 : 全ノードから同時にデータが発生
 - 非同同期型 : 全ノードから 0 ~ 1 秒の範囲でデータが発生
- 評価指標**
 - 平均受信率 : データあたりの受信ノード数の割合
 - 平均累積送信量 : ノードあたりの全メッセージ送信量
 - 平均累積オーバーヘッド : ノードあたりの制御メッセージ送信量
 - 平均送信回数 : ノードあたりのメッセージ送信回数
 - 平均衝突回数 : ネットワーク全体における衝突回数

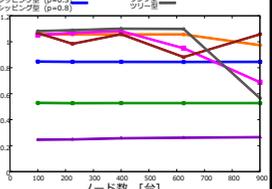
2011/2/23 特別研究報告 11

観測領域を拡大させる場合の単発型における評価

- クラスタ型やゴシック型ではノード数に関わらず受信率や平均累積送信量が一定
- この条件においては、転送確率 p を 0.5 としたゴシック型の情報伝播手法が最も効率が良い
 - 少ないメッセージ送信量で高い受信率を達成



平均受信率



平均累積送信量 [Kbytes]

2011/2/23 特別研究報告 12

ノード間情報共有における情報伝播手法の特性

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 13

ノード間情報共有にお

フラッディング型は受信データを必ず転送するため、伝播速度は速いが、メッセージ量は多い

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 14

ノード間情報共有にお

ゴシップ型は受信データの転送を転送確率 p で抑制するため、伝播速度は速く、メッセージ量は小さいが、低密度環境では受信率が低下する

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 15

ノード間情報共有にお

パブリッシュ・サブスクライブ型は受信データの転送前に転送の必要性を確認するため伝播速度が遅くなる

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 16

ノード間情報共有にお

リング型は1度のデータ送信において隣接する1ノードにのみデータが到達するため受信率が高いが、伝播速度は極端に遅い

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 17

ノード間情報共有にお

ツリー型は伝播速度は速く、受信率が高いノード数が少ない時により効率的な手法

		フラッディング型	ゴシップ型	パブリッシュ・サブスクライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝播速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝播速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝播速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23 特別研究報告 18

ノード間情報共有にお

クラスタ型はノード数が少なければ受信率は下がるが、受信率以外の面では全ての場合において効率的と判断できる

		フラッシュ型	ゴシップ型	バブルシフト・サブスライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
狭域	伝達速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	○	○	○	×
広域	伝達速度	○	△	△	×	○	△
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	○	×	×	×	△
低密度	伝達速度	○	○	△	×	○	○
	メッセージ量	×	△	×	×	×	○
	受信率	○	△	○	○	○	×
高密度	伝達速度	○	○	○	×	○	△
	メッセージ量	×	×	×	×	○	○
	受信率	×	×	×	○	△	○

2011/2/23

特別研究報告

19

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 提案されている情報伝播手法を基本原理ごとに分類
 - 様々な環境を設定し比較評価
 - 同期型、非同期型において効率的な情報伝播手法には同様の傾向を確認
 - 観測領域が一定の広さの環境においてツリー型が効率的
 - 観測領域が広い環境においてゴシップ型が効率的
 - 高密度な環境においてリング型が最も受信率が高い
 - 高密度な環境においてクラスタ型が受信率が高く、収束時間が短い
- 今後の課題
 - 環境条件をさらに変更した場合の比較評価
 - 消費電力やロバスト性の観点から比較評価

2011/2/23

特別研究報告

20