

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

田辺 誓行・若宮 直紀・村田 正幸
大阪大学

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用いてアプリケーションを構成
 - 例：ホームセキュリティ、植物工場
- アプリケーションを構成するノード間で各種情報を共有
 - アプリケーションごとに独立して情報を共有すると、アプリケーション数の増加に伴いメッセージ数が爆発的に増加

➡ アプリケーションの区別なく全ノード間で
情報を共有することが効率的

2011/7/15 USN研究会 2

研究の目的

- 環境に応じた適切な情報伝播手法の選択が必要
 - ノード数，ノード密度，ノードの性能など
- 無線センサネットワークにおける情報伝播手法は多数存在
 - 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

同一環境下での評価を行うことで
それぞれの情報伝播手法の適用範囲を明らかにする

2011/7/15 USN研究会 3

研究の方法

- 提案されている情報伝播手法を基本原理にしたがって分類
 - トポロジ構造を持たない手法
 - フラッディング型，ゴシップ型，ハブリッシュ・サブスクリプション型
 - トポロジ構造を持つ手法
 - リング型，ツリー型，クラスタ型
- 観測領域やノード密度を変化させて比較評価
 - 受信率（，消費電力，伝播速度）

2011/7/15 USN研究会 4

フラッディング型手法

- 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
 - 高密度環境では非効率

情報伝播完了

- ノード
- データ送信ノード
- 受信済みノード

2011/7/15 USN研究会 5

ゴシップ型手法

- 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

2011/7/15 USN研究会 6

パブリッシュ・サブスクライブ型手法

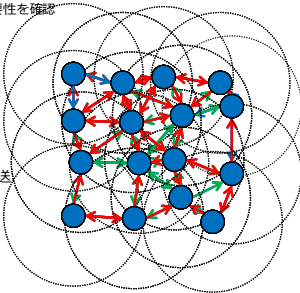
- 伝播方法**
 - データ転送の前に転送の必要性を確認
 - 広告メッセージ：転送の必要性を確認
 - 要求メッセージ：転送要求
 - データメッセージ：データ
- 利点**
 - 冗長なデータ転送を抑制
 - 低消費電力
- 欠点**
 - 情報伝播の遅延
 - 同時に複数のメッセージが転送される場合には不向き

○ 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



情報伝播完了

2011/7/15 USN研究会 7

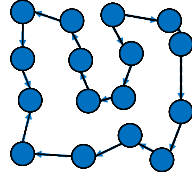
リング型手法

- 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
 - ノード数の増加とともにリングが大きくなる

○ ノード

● データ送信ノード

● 受信済みノード



情報伝播完了

2011/7/15 USN研究会 8

ツリー型手法

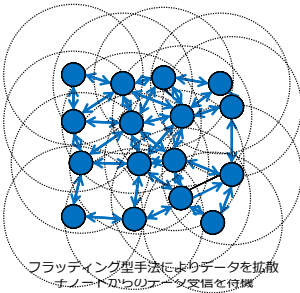
- 伝播方法**
 - 木構造を形成
 - 根ノードでデータを集約
 - 根ノードから葉ノードへ拡散
- 利点**
 - 低消費電力
 - 高密度環境で効率的
- 欠点**
 - 木構造により性能が変化
 - 根ノード付近で高負荷

○ 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

フラットニング型手法によりデータを拡散
チノードからリデータ受信を待機

2011/7/15 USN研究会 9

クラスタ型手法

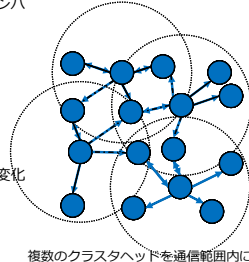
- 伝播方法**
 - クラスタを形成
 - クラスタヘッドでデータを集約
 - 集約したデータをクラスタメンバへ送信
 - 他のクラスタヘッドへの転送
- 利点**
 - 低消費電力
 - 通信の拡張が容易
 - 高密度環境で効率的
- 欠点**
 - クラスタの構造により性能が変化

○ 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

複数のクラスタヘッドを通信範囲内にもつ
1つの境界ノードを介して転送

2011/7/15 USN研究会 10

シミュレーション環境

- シミュレータ
 - ns-2.34
- MAC 層プロトコル
 - IEEE 802.11
- 情報の発生モデル
 - 非同期型：全ノードから 0 ~ 1 秒の範囲のランダムな時間にデータが発生

パラメータ名	値
通信半径	100 [m]
通信速度	1 [Mbps]
データサイズ	1 [Kbyte]
広告メッセージサイズ	16 [byte]
リクエストメッセージサイズ	1 [byte]

2011/7/15 USN研究会 11

評価指標

- 平均受信率 D：データあたりの受信ノード数の割合

$$D = \frac{1}{n(n-1)} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n R(T(i), i, j)$$
- 平均稼働率 W：情報伝播時間におけるノードの稼働時間の割合

$$W = \frac{1}{n^2} \sum_{i=1}^n \frac{\sum_{j=1}^n A(i, j)}{T(i)}$$

R(t, i, j)：時刻 t までにノード i がノード j のデータを受信しているかどうかを表す関数
T(i)：ノード i で発生したデータの情報伝播時間
A(i, j)：ノード i がノード j のデータを受信するために稼働した時間
n：ノード数

2011/7/15 USN研究会 12

観測領域を拡大させる場合

- ノード密度を維持し、観測領域を拡大
- 1つのブロックを 40 × 40 [m]
 - ブロック内のランダムな位置にノードを1台ずつ配置
- ブロックを縦横 1列ずつ増加
- 320 × 320 ~ 1200 × 1200 [m] (64 ~ 900 [台])

2011/7/15 USN研究会 13

観測領域を拡大させる場合の結果

- 観測領域が狭い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

2011/7/15 USN研究会 14

ノード密度を増加させる場合

- 観測領域 480 × 480 [m] を維持し、ノード数を増加
- 分割するブロックの大きさを変更
 - ブロック内のランダムな位置にノードを1台ずつ配置
- 分割するブロックを縦横 1列ずつ増加
- 0.00028 ~ 0.0039 [台/m] (8 × 8 ~ 30 × 30 ブロック)

2011/7/15 USN研究会 15

ノード密度を増加させる場合の結果

- 密度が一定の広さの環境においてツリー型が効率的
- 高密度な環境においてリング型が効率的

2011/7/15 USN研究会 16

情報伝播手法の定量的な比較

情報伝播手法	フラッシュ型	ゴシップ型	ハブリッシュ・サブスライブ型	リング型	ツリー型	クラスタ型
疎域	受信率: ×	×	×	△	○	×
	消費電力: ○	○	×	×	○	○
	伝播速度: ○	○	△	×	○	○
広域	受信率: ○	○	△	△	×	×
	消費電力: ○	○	×	×	○	○
	伝播速度: ○	○	△	×	○	△
低密度	受信率: ○	△	○	△	○	×
	消費電力: ○	○	×	×	○	○
	伝播速度: ○	○	△	×	○	○
高密度	受信率: ×	×	×	△	△	×
	消費電力: ○	○	×	×	△	○
	伝播速度: ○	○	○	×	○	△

2011/7/15 USN研究会 17

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にしたがって分類
 - 様々な環境を設定し比較評価
 - 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
 - 密度が一定の広さの環境においてツリー型が効率的
 - 高密度な環境においてリング型が効率的
- 今後の課題
 - 環境条件をさらに変更した場合の比較評価
 - ロバスト性の観点から比較評価

2011/7/15 USN研究会 18