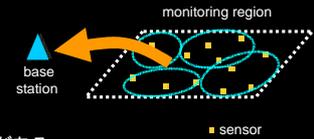


Self-Organizing Clustering Method for Energy-Efficient Data Gathering in Sensor Networks

大阪大学 大学院情報科学研究科
 情報ネットワーク学専攻
 村田研究室
 上村 純平
 kamimura@ist.osaka-u.ac.jp

センサネットワーク

- 数十から数千の無線センサ端末でネットワークを形成し、観測した情報を基地局へ収集するシステム
- センサ端末
 - 限られた計算能力
 - 限られた電力容量
 - 限られた通信範囲
- 長期間の観測のために消費電力を抑える必要がある
 - クラスタベースの情報収集が有効



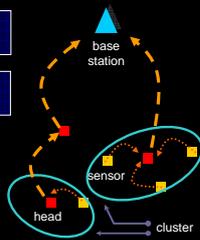
クラスタベースの情報収集

階層的な情報収集

1. クラスタメンバがクラスタヘッドへ情報を送信
2. クラスタヘッドが基地局へ向けてマルチホップで情報を送信

利点：消費電力の低減

- 通信範囲を制限できる
 - 送信電力の節約
 - 電波の衝突の回避
- クラスタヘッドでデータを集約できる
 - 通信データ量の削減



研究の目的

クラスタリング手法の提案

- クラスタリング手法に対する要求
 - 自律分散
 - クラスタヘッドの均一な配置
 - センサネットワークの変動への対応
 - センサ端末の追加、移動、停止など
 - 電力効率のよさ

センサ端末による適切なクラスタ半径の決定

- 基地局との距離に応じてクラスタ半径を決定する
- クラスタヘッド間でマルチホップ通信を行う場合に消費電力を最小にする半径を解析により導出

提案クラスタリング手法の概要

- 「ラウンド」：データ収集の流れ -

1. クラスタヘッド立候補フェーズ
 - より残余電力のあるセンサが半径 r の範囲にブロードキャストし、クラスタヘッドに立候補
 - 暫定的にクラスタができる
2. クラスタ形成フェーズ
 - 残るセンサの $P\%$ が半径 r の範囲にブロードキャストし、情報交換を行う
 - 所属するクラスタの調整を行う
3. 参加登録フェーズ
 - メンバはクラスタヘッドへ参加登録をする
4. データ収集フェーズ
 - メンバはクラスタヘッドへ情報を送信する
 - クラスタヘッドは、集約した情報をマルチホップ通信で基地局へ届ける



最適な半径 r の導出

- マルチホップ通信を行う場合にセンサ端末あたりの消費電力 E_{node} を最小化するような半径を求める

$$E_{cluster} = E_{all_m \rightarrow h} + E_{head 1} + E_{head 2} + E_{head 3}$$

$$E_{node} = \frac{E_{cluster}}{\rho \cdot S_{cluster}} \quad \rho \cdot S_{cluster} : \text{クラスタ内ノード数}$$

$E_{all_m \rightarrow h}$: クラスタメンバからクラスタヘッドへのデータ送信にかかる総消費電力

$E_{head 1}$: クラスタヘッドがクラスタメンバからのデータの受信に消費する電力

$E_{head 2}$: クラスタヘッドが他のクラスタヘッドからのデータの受信に消費する電力

$E_{head 3}$: 全てのデータを次ホップへ送信する際に消費する電力

$E_{all_m \rightarrow h}$ の導出

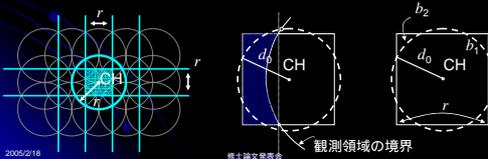
電力消費モデル

- k bit の情報を d m 送受信した際の消費電力

$$E_{transmit} = \begin{cases} k \cdot (E_{elec} + \epsilon_{fs} \cdot d^2) & \text{if } d < d_0 \\ k \cdot (E_{elec} + \epsilon_{mp} \cdot d^4) & \text{if } d \geq d_0 \end{cases}$$

$$E_{receive} = k \cdot E_{elec}$$

- 1つのクラスタのカバーする範囲をモデル化し、場合分け



2005/2/18

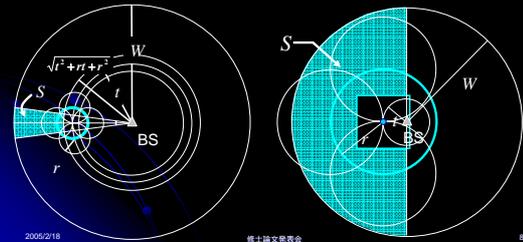
修士論文発表会

7

E_{head2} の導出

領域 S に存在する全てのセンサからのデータの中継するものと想定

$$E_{head2} = k \cdot \rho \cdot S \cdot E_{elec}, \quad k: 1 \text{ 台のセンサ端末の生み出すデータ}$$



2005/2/18

修士論文発表会

8

E_{head1}, E_{head3} の導出

クラスタメンバからのデータ受信に要する電力 E_{head1} は以下で表される

$$E_{head1} = k \cdot (\rho \cdot S_{cluster} - 1) E_{elec} \approx k \cdot \rho \cdot S_{cluster} \cdot E_{elec}$$

次ホップとの距離に応じて E_{head3} は以下のように表される

$$E_{head3} = \begin{cases} k \cdot \rho \cdot (S_{cluster} + S) \{ E_{elec} + \epsilon_{fs} \cdot \min(r^2, t^2) \} \\ k \cdot \rho \cdot (S_{cluster} + S) \{ E_{elec} + \epsilon_{mp} \cdot \min(r^4, t^4) \} \end{cases}$$

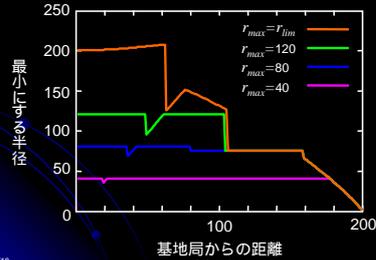
2005/2/18

修士論文発表会

9

E_{node} を最小にする半径

センサネットワークの観測領域半径 $W = 200$



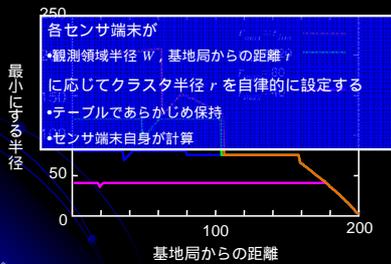
2005/2/18

修士論文発表会

10

E_{node} を最小にする半径

センサネットワークの観測領域半径 $W = 200$



2005/2/18

修士論文発表会

11

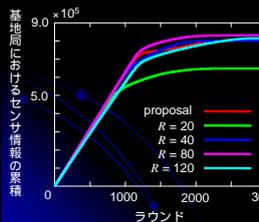
シミュレーション結果

評価項目

- 基地局へ収集された累計センサ情報数
- 1 ラウンドでの総消費電力

センサネットワークの設定

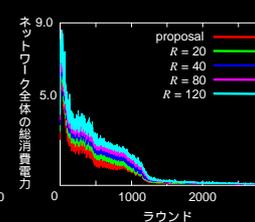
- 半径 $W = 200$ m, 密度 0.005, ノード数 628
- センサ端末の最大通信距離 $M_i = 150$ m



2005/2/18

修士論文発表会

12

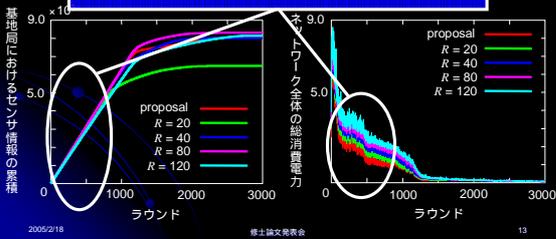


シミュレーション結果

評価項目 センサネットワークの設定

• 1 ラウンド
• 基地局への送信データを累積センサノード総数 \times 半径 $W = 200$ m、密度 0.005 、ノード数 628

同じ数のデータを集めるのに要する電力が最小



- ご清聴ありがとうございました。

2005/2/18

修士論文発表会

15

まとめと今後の課題

まとめ

- センサネットワークにおける自己組織的クラスタリング手法を提案
- 各センサ端末が基地局との距離に応じて自律的に適切なクラスタ半径を設定
 - 解析により、センサ端末あたりの消費電力を最小化する半径を導出

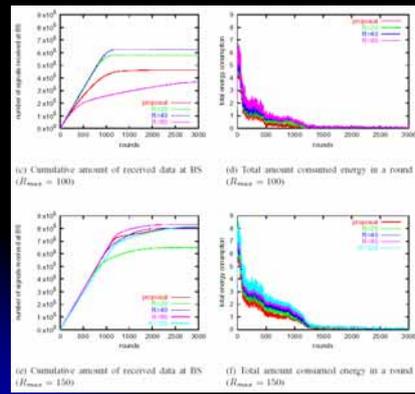
今後の課題

- クラスタヘッドにおけるヘッダの集約を考慮に入れる
- マルチホップルーティング手法を考慮に入れる

2005/2/18

修士論文発表会

14



センサネットワークの半径 200

センサ端末の最大送信距離 100, 150

2005/2/18

修士論文発表会

16