

大規模センサネットワークにおける クラスタ間マルチホップ通信の性能評価

木利 友一^{*1} 菅野 正嗣^{*2} 村田 正幸^{*1}

^{*1} 大阪大学
^{*2} 大阪府立大学

目次

- センサネットワークの概要
- 研究の目的
- 評価
 - 理想的なスケジューリングを用いたときのクラスタ間マルチホップ通信の特性
 - 消費電力の分布
 - パケット収集率
 - データ収集時間
 - より現実的な条件での評価
 - 性能の劣化程度を評価
- まとめと今後の課題

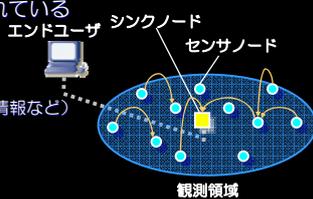
センサネットワークとは

- 数百～数千個のセンサノードから構成されるネットワーク
 - 各ノードは周囲の情報をセンシング
 - シンクへデータを送信
 - エンドユーザが、収集された情報を取得

- 様々な応用例が考えられている

- 災害予測
- 監視システム
- 環境モニタリング (温度, 湿度, 河川情報など)

大量のセンサノード
広い観測領域



大規模センサネットワーク

- 消費電力
- スケーラビリティ
- 耐故障性
- センサノードの通信距離の制限

クラスタリング { LEACH [1]
HEED [2] 等

マルチホップ通信

クラスタ間でマルチホップ通信を行う



[1] W. R. Heinzelman, A. Chandrakasan and H. Balakrishnan: "Energy-efficient communication protocol for wireless microsensor networks", Proceedings of the Hawaii International Conference on System Sciences, pp. 1-10 (2000).

[2] O. Younis and S. Fahmy: "Distributed clustering in ad-hoc sensor networks: A hybrid, energy-efficient approach", Proceedings of IEEE INFOCOM 2004, pp. 629-640 (2004).

現在の問題点と研究の目的

現状の問題点

- クラスタ間マルチホップ通信の特性
- 干渉によるネットワーク性能への影響 **が明らかでない**

これらを、シミュレーションを通して明らかにする

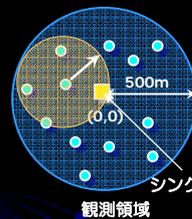
メトリック

- 消費電力の分布
- 電力枯渇によるデータ収集率の変化
- データ収集時間

これらを用いて、**基本的な特性** (干渉による性能劣化の程度) を調べる

シミュレーションモデル

- センサノード500台をランダムに配置



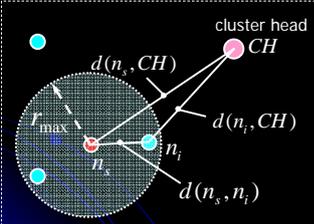
- センサノード
 - 2種類のチャネルを用いる
 - クラスタ内通信用
 - クラスタヘッド間通信用
 - 送信電力を次ホップノードとの距離によって調整可能
 - センサノード間で同期が取れている
 - データフュージョンは行わない

$$k \text{ (bits) を } d \text{ (m) 送信する電力 } E_{T_x}(k, d) = E_{elec}k + \epsilon_{amp}kd^2$$

$$k \text{ (bits) を受信する電力 } E_{R_x}(k) = E_{elec}k$$

ルーティングの仮定

- マルチホップ通信ではルーティングの方針が必要
 - どのセンサノードにデータを送るべきか



選択基準

$$\begin{cases} d(n_s, CH) < d(n_i, CH) \\ d(n_s, n_i) < d(n_s, CH) \\ d(n_s, n_i) \leq r_{max} \end{cases}$$

クラスタ間マルチホップ通信もほぼ同じ選択基準である

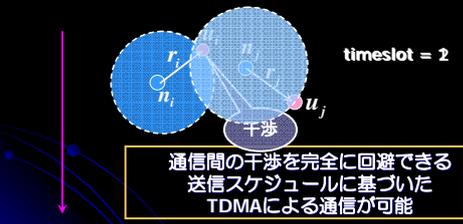
クラスタ内マルチホップ通信における次ホップの決定方法

2006/5/18 IN研究会 7

理想的な送信スケジュールの構成

干渉の影響を排除するために仮定

- 全センサノードの位置情報を利用できる場合

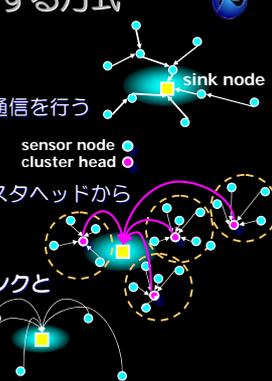


理想的な送信スケジュールに基づくTDMA
⇒ クラスタ間マルチホップ通信の各特性を観測

2006/5/18 IN研究会 8

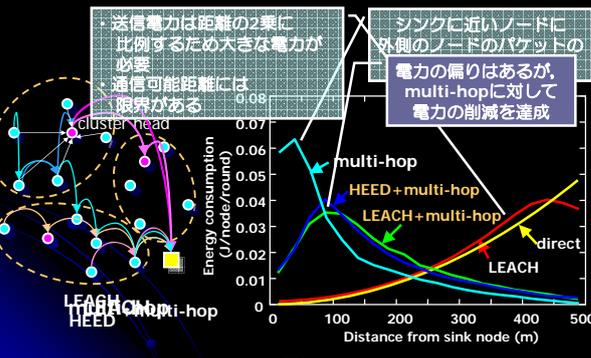
比較対象とする方式

- multi-hop**
 - クラスタを構成しないで、シンクまでマルチホップ通信を行う
- LEACH**
 - クラスタを構成し、クラスタヘッドからシンクへ直接通信を行う
- direct**
 - 各センサノードが直接シンクと通信する



2006/5/18 IN研究会 9

消費電力の分布



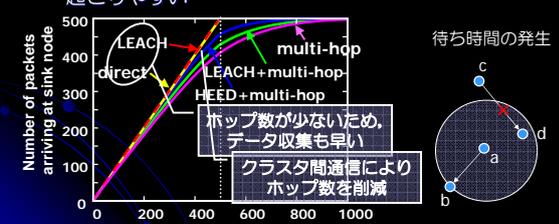
送信電力は距離の2乗に比例するため大きな電力が必要
通信可能距離には限界がある

シンクに近いノードに外側のノードのバッファの電力の偏りはあるが、multi-hopに対して電力の削減を達成

2006/5/18 IN研究会 10

データ収集時間

- 500個のパケットを収集するのに必要な時間
 - 干渉を避けるための待ち時間が必要
 - ホップ数が多いほど、待ち時間が発生する状況は起こりやすい



待ち時間の発生

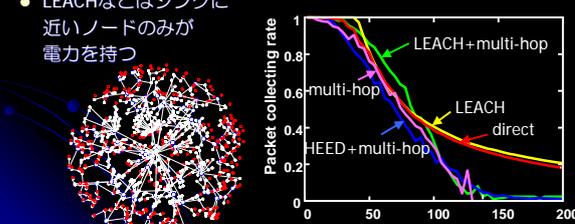
ホップ数が少ないため、データ収集も早い

クラスタ間通信によりホップ数を削減

2006/5/18 IN研究会 11

パケット収集率

- マルチホップ通信を行うと、内側のセンサノードから電力が枯渇 → 中継ノードがなくなるため、パケット収集率は大きく減少を続ける
- LEACHなどはシンクに近いノードのみが電力を持つ



2006/5/18 IN研究会 12

より現実的な条件における性能劣化の評価

- 全センサノードの位置情報の利用は、あくまで理想
 - 大量のメッセージ量
 - センサノードへのスケジュールの配布

現実的に困難

局所的なセンサノードの情報のみで動作することが望まれる

IEEE 802.15.4 の CSMA/CA を利用する

- バックオフによる時間
 - 干渉による再送信
- 性能の劣化

2006/5/18

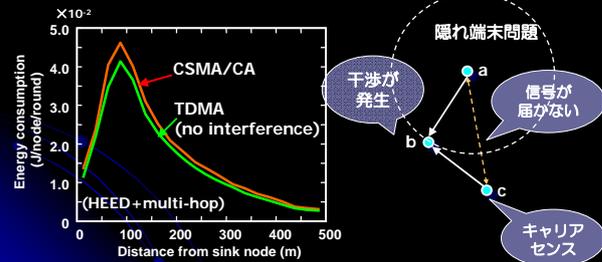
IN研究会

13

CSMA/CAを用いた場合

-消費電力の分布-

- 同じデータ量の収集のための消費電力が平均12%増加
隠れ端末問題による再送が主原因



2006/5/18

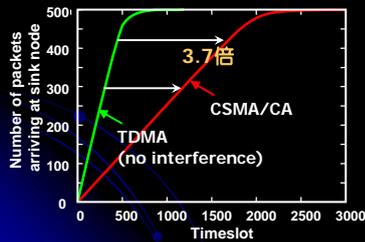
IN研究会

14

CSMA/CAを用いた場合

-データ収集時間-

- 干渉を避けるために何度もバックオフが必要
- シンクノード周辺は特にデータ送信の頻度が高い



CSMA/CAを用いることで干渉は避けられる

データ収集時間は大きく悪化する

2006/5/18

IN研究会

15

まとめと今後の課題

- クラスタ間マルチホップ通信の基本特性の観測
 - 単なるマルチホップ通信に比べて、シンクノードに近いセンサノードの中継負荷が抑えられる
 - ホップ数の削減によるデータ収集時間の改善
- CSMA/CAを適用した場合の性能劣化の程度を評価
 - 同じデータ量を収集するための消費電力が12%増加
 - データ収集時間は3.7倍に

今後の課題

無線伝送時の誤りによっても再送が必要になるため、この誤りの影響を考慮した性能の評価

2006/5/18

IN研究会

16

ご清聴ありがとうございました

2006/5/18

IN研究会

17