

## センサネットワークのロバスト性に見る集中制御と自己組織的制御の違い

木利友一<sup>\*1</sup>, 菅野正嗣<sup>\*2</sup>, 村田正幸<sup>\*1</sup>

大阪大学<sup>\*1</sup>  
大阪府立大学<sup>\*2</sup>

### 研究背景

- ネットワークの大規模化・複雑化
  - インターネットへの多様なデバイスの接続
  - WSN, P2Pネットワークでのノード故障, 加入や離脱

↓

#### 集中制御の限界

- 全体からの情報収集が困難
- 変化し続けるネットワークへ迅速に対応できない
- 障害の影響が全体へ波及し得る

↓

#### 自己組織型制御

- 制御局は存在しない
- 構成要素は局所的な情報を基に, 次の行動を決定する
- 個々の行動が, 全体としての望ましい制御として発現

2007/07/19 NS研究会 2

### 現状の問題点

Q. 自己組織型制御は, 本当に集中制御より望ましいのか?

**自己組織型制御への期待**

- 適応性
- ロバスト性
- スケーラビリティ

集中制御に対する優位性は必ずしも**自明ではない**

両制御手法を**比較しないまま**  
一般論としての自己組織型制御の望ましさの**概念**が定着

#### 研究の目的

ロバスト性という観点で自己組織型制御と集中制御を比較  
両制御手法の振る舞いの違いを明らかにする

2007/07/19 NS研究会 3

### 対象とするネットワーク

- センサネットワーク
  - 情報収集用ネットワーク
    - ノードが周辺状況をセンシング
    - 取得したデータをシンクへ送信
  - 特徴
    - ノード数はときに数百から数千
    - 故障や電力枯渇, 伝送誤りによるネットワークの状況変化

2007/07/19 NS研究会 4

### 集中制御: 経路構築

- 文献[5]を参考にした制御
- サーバが全センサノードの**位置・電力**を把握

- シンクを基準点としたVoronoi分割でクラスタリング
- センサノードからシンクまでの経路を計算
  - 各リンクにコストを設定
    - 距離に関する増加関数
    - 残余電力に関する減少関数
  - 最小コストパスを使用
- 経路情報を含むパケット (コマンドパケット) をブロードキャスト

[5] M. Younis, M. Youssef and K. Arisha: "Energy-aware routing in cluster-based sensor networks", Proc. 10th IEEE International Symposium on Modeling, Analysis and Simulation of Computer and Telecommunications Systems (2002)

2007/07/19 NS研究会 5

### 集中制御: 故障への対応

- 故障検出
  - Helloパケットが一定時間届かないと故障と判断
- 故障からの回復
  - 故障通知をシンクまで送信
    - データパケット用の経路を用いる
  - 故障ノードを含まない経路を計算・配布

- 誤検出への対応
  - 干渉・伝送誤り等によりHelloパケットが届かない可能性
  - 故障と判断したノードからHelloパケットが届くようになると:
    - 故障回復通知をシンクまで送信

2007/07/19 NS研究会 6

### 自己組織型制御: 局所的な情報交換

- 2つの群知能を利用
  - Ant-based clustering [8,9]
    - クラスタリング
  - Ant Colony Optimization (ACO) [7]
    - クラスタ内ルーティング
- 局所的な情報交換を繰り返しながら実行
- 各センサノードが自律的に次の行動を決定
  - どのクラスタに属すべきか
  - どのセンサノードに中継するべきか

2007/07/19 NS研究会 7

### 自己組織型制御: 経路構築

#### クラスタ内ルーティング

- ノードが自律的に、次ホップノードを確率的に選ぶ
  - 確率: フェロモンの値で定義
    - 残余電力
    - シンクへの距離
  - 値が大きいノードほど選ばれる確率が高い
- hop-by-hopのルーティング

#### クラスタリング

- ノードが自律的に、属するクラスタを確率的に選ぶ
  - 確率: クラスタフェロモンの値で定義
    - クラスタ内ノードのフェロモン
  - 値が大きいクラスタほど選ばれる確率が高い

フェロモン: 次ホップノードとしての評価値  
 クラスタフェロモン: クラスタとしての評価値  
 Helloパケットによって、周期的に交換

2007/07/19 NS研究会 8

### 自己組織型制御: 故障への対応

- 故障検出
  - 集中制御と同じ検出法
    - Helloパケットが一定時間届かないと故障と判断
- 故障からの回復
  - 検出したノードは、故障ノードを次ホップノードの候補から外す
- 誤検出への対応
  - 故障と判断したノードからHelloパケットが届くようになると:
    - 再び次ホップノードの候補に入れる

2007/07/19 NS研究会 9

### シミュレーションモデル

- 100 m x 100 mの観測領域
  - 300台のセンサノードをランダムに配置
  - 4台のシンクを既定の位置へ配置
- ns-2を用いたシミュレーション
  - IEEE 802.15.4
  - トラフィック
  - 各センサノードが10秒ごとにデータを送信
- 評価項目
  - 構築される経路の品質
  - 伝送誤りに対するロバスト性
  - ノード故障に対するロバスト性

2007/07/19 NS研究会 10

### 構築される経路の品質

- ホップ数と遅延で両制御
  - 集中制御: サーバは全体情報を把握、最適な経路構築が可能
  - 自己組織型制御: ローカルな情報のみ使用、最適な経路を選ぶことが困難
    - 集中制御は値の小さい
    - 自己組織型制御はテー...

ホップ数が90を超える場合

2007/07/19 NS研究会 11

### 伝送誤りに対するロバスト性

#### 集中制御

- 立ち上がりが遅い
- コマンドパケットの廃棄

↓

適応の遅さ

- 一箇所の緩みが全体に波及

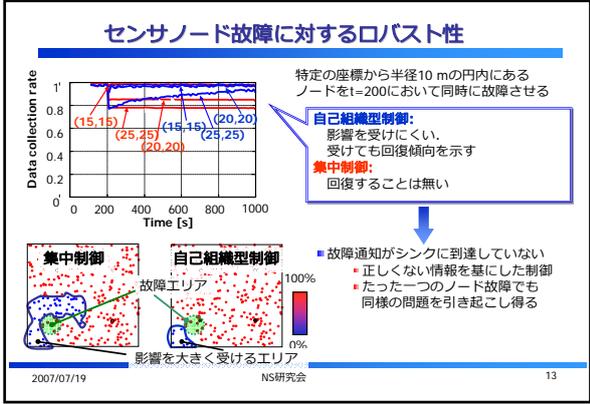
#### 自己組織型制御

- BERが高い場合も収集率を維持
  - 個々のパケットの重要性が低い
  - 制御が誤っていても、その影響は限定的

↓

高いロバスト性

2007/07/19 NS研究会 12



- ### まとめ
- **集中制御と自己組織型制御を**  
センサネットワークのロバスト性という観点で評価
    - **集中制御:**
      - 無駄の無い経路構築
      - 伝送誤り・ノード故障に対して脆弱
        - 重要度の高いバケットの存在
        - 正しい情報が伝わらなければ制御が無効
    - **自己組織型制御:**
      - 遅延の上限が決められない
      - 高いロバスト性
        - 局所的な情報が扱わないが故に、影響が局所的
- 今後の課題**
- 他の制御手法を通した、本結論の一般性の確認
  - 自律分散的な面と集中制御的な面を持つ制御手法の評価
- 2007/07/19 NS研究会 14

■ ご清聴ありがとうございました

2007/07/19 NS研究会 15