

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^{*1}, 菅野正嗣^{*2}, 村田正幸^{*1}

大阪大学^{*1}
大阪府立大学^{*2}

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

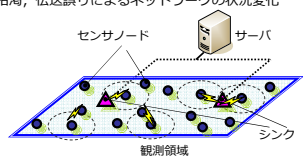
研究の目的

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

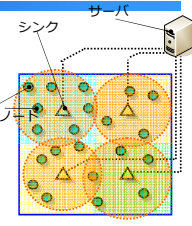
- センサネットワーク
 - 情報収集用ネットワーク
 - ノードが周辺状況をセンシング
 - 取得したデータをシンクへ送信
 - 特徴
 - ノード数はときに数百から数千
 - 故障や電力枯渇, 伝送誤りによるネットワークの状況変化



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



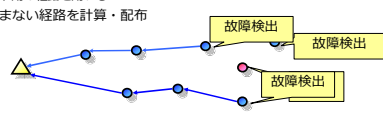
- シンクを基準点としたVoronoi分割でクラスタリング
- センサノードからシンクまでの経路を計算
 - 各リンクにコストを設定
 - 距離に関する増加関数
 - 残余電力に関する減少関数
 - 最小コストパスを使用
- 経路情報を含むパケット (コマンドパケット) をブロードキャスト

[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ラード
- 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

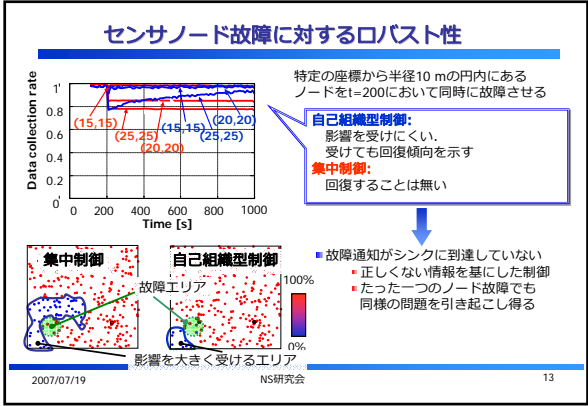
自己組織型制御

- 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れないが故に、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