


Robustness of Self-organizing Control in Sensor Networks

センサネットワークにおける自己組織型制御のロバスト性



情報科学研究科 博士前期課程 2年
村田研究室
木利 友一

自己組織型制御への注目




- 現代のネットワーク
 - 大規模化
 - 複雑化
 } → 集中制御から分散制御へのシフト
- 自己組織型制御への注目
 - 分散かつ適応型制御の一形態
 ↓ ロバスト性への期待

自己組織型制御 [1,2]

 - 各コンポーネントが局所的な情報のみを基に自律的に行動を決定
 - 単独な行動が集まって集権的な管理無しに全体の構造と機能を実現する

2008/2/15 2 修士論文発表会

研究目標




- 自己組織型制御のロバスト性
 - 自己組織型制御は本当にロバストなのか
 - 何がロバスト性をもたらしているのか

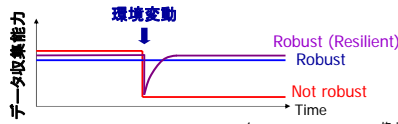
これらに対する回答を示したい
- アプローチ
 - センサネットワークを対象
 - 環境変動が激しい
 - ロバスト性が強く求められる
 - 集中制御との対比

2008/2/15 3 修士論文発表会

ロバスト性




- 共通する定義 [15-18]
 - 環境変動に対してシステムの機能を維持・回復する性質
- センサネットワークのロバスト性
 - システム : センサネットワーク
 - 機能例 : データ収集
 - 環境変動 : 伝送誤り, ノード故障, リンク切断, など
 - 維持 : 長期的に見て同じ状態を保ち続けること

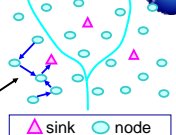


2008/2/15 4 修士論文発表会

本研究で用いた制御手法



- 特定のクラスタリング・ルーティングによる情報収集制御を提案
- Helloメッセージが一定時間届かないことによって故障を検出



自己組織型制御


- 全体の情報を把握する存在がない
- ノードは隣接ノードからの制御情報を基に属するクラスタ、次ホップノードを決める
- ノードが他ノードの故障を検出しても、明示的なメッセージは送出不ない

集中制御

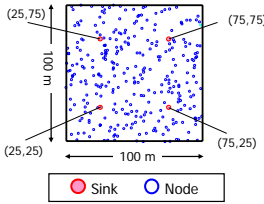
- 制御局がネットワーク全体の情報を把握
- ノードは制御局からの制御情報により属するクラスタおよび次ホップノードを知る
- ノードが他ノードの故障を検出すると故障通知を制御局へ通知

2008/2/15 5 修士論文発表会

シミュレーション条件



- 観測領域 100 x 100 m²
- ノード 300 台をランダムに配置
- シンク 4 台を固定位置に配置
- ノードの無線通信範囲は 10 m
- ノードは 10 秒に 1 度データパケットを送信



メトリック

データ収集率 r/s

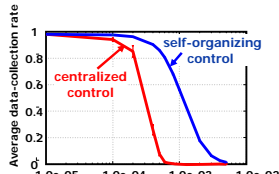
r : シンクに到着したデータパケット数
 s : 送信されたデータパケット数

2008/2/15 6 修士論文発表会

伝送誤りに対するロバスト性



- 集中制御
 - 制御情報がノードの振舞いを完全に規定
 - 受信できなかったノードとできたノードの間に経路情報の齟齬が生じる
- 自己組織型制御
 - ノードは自律的に動作
 - 隣接ノードからの制御情報に大きな影響は受けない



2008/2/15

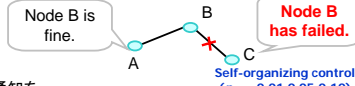
修士論文発表会

リンク切断に対するロバスト性

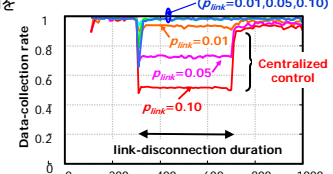


300 s ~ 700 s まで一定割合 p_{link} のリンクを切断

- ノードの判断の誤り



- 集中制御
 - 制御局は誤った故障通知を基に制御を行う
- 自己組織型制御
 - それぞれのノードによる故障検出はそのノードにしか影響しない



2008/2/15

修士論文発表会

ロバスト性の差異の原因



全体の制御の個々の制御情報に対する依存

ノードのネットワークの状態に関する理解は容易に誤り得る

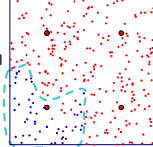
- 自己組織型制御

- ノードの送出する情報はその周囲にしか影響しない
 - 情報が誤ってもその影響は僅か

集中制御において、ノードが故障しているにもかかわらず、故障していないという情報が注入された場合

各ノードが届けることのできたパケットの割合

0% 100%



- 集中制御

- 制御局はネットワーク全体の状態を基に制御
 - ノードは制御局からの制御情報に依存
 - 制御局はノードからの制御情報に依存

2008/2/15

9

修士論文発表会

まとめ



- 自己組織型制御のロバスト性をセンサネットワーク上で評価

- 伝送誤り
- ノードのランダム故障
- ノードの集中故障
- 誤りを含む制御情報
- シンク故障
- ノード追加
- リンク切断

- 自己組織型制御はロバストである

- 制御情報に冗長性がある (何度も繰り返し送信される)
- 制御情報の影響は局所化される
- 個々の制御情報に強く依存しない
 - ノードの持つ情報に高い信頼性は期待できない

- 今後の課題

- 個々の制御情報に対する依存度の定量化

2008/2/15

10

修士論文発表会

ご清聴ありがとうございました

