

# Managed Self-Organization Control for Robust Wireless Sensor Networks

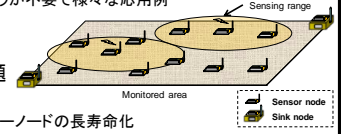
小南大智

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

## 無線センサネットワーク

### 多数のセンサーノードと少数のシンクノードによって構成

- ▶ さまざまな環境情報を収集し、利用
- ▶ 無線通信機能によりインフラが不要で様々な応用例
  - ◆ 環境モニタリング
  - ◆ 災害時の情報収集



### 実現のための様々な課題

- ▶ 省電力化
  - ◆ 電池駆動であるセンサーノードの長寿命化
- ▶ ロバスト性向上
  - ◆ ネットワーク変動(無線チャネル品質の変化・ノード故障など)への対応
- ▶ スケーラビリティ向上
  - ◆ ノード数の増加による制御トラフィックの増大への対応
- ▶ 管理容易性向上
  - ◆ 大規模化するネットワークの大域的な管理制御の実現

## センサネットワークへの自己組織化制御の適用

### 大規模化するセンサネットワークに向けた課題

- ▶ スケーラビリティの向上
  - ◆ 莫大な数のセンサーノードを制御することが必要
    - ▶ 制御情報量の増加・中継負荷の集中
- ▶ ロバスト性の向上
  - ◆ ネットワーク変動への対応が必要
    - ▶ 不安定な無線チャネル品質・センサーノードの故障や電力枯渇

### 自己組織化制御

- ▶ 局所的な相互作用と局所的な行動決定に基づく制御
  - ◆ 局所的な行動決定が全体として望ましい制御として発現
    - ▶ 高いスケーラビリティ、ロバスト性を実現可能
    - ▶ システム全体の動作の管理が困難
    - ▶ 大域的な最適化が可能

## 管理型自己組織化制御

### 管理ノードの導入による自己組織化制御の問題の解決<sup>[1]</sup>



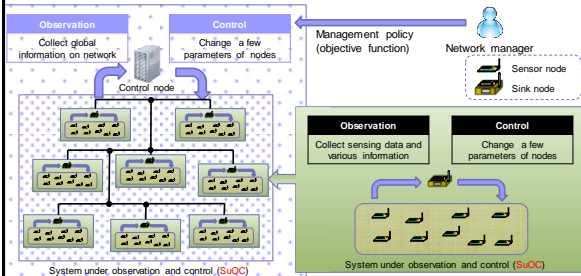
システム管理者が与えたシステム制約を満たすように  
管理ノードがネットワーク中の一部のノードの振る舞いを制御する

- ▶ 自己組織化制御に基づくネットワークの監視
    - ◆ 管理制御に必要な情報の収集および解析
  - ▶ 自己組織化制御に基づくネットワークの管理
    - ◆ ノードの局所的な行動決定ルールの変更
    - ◆ ノードの動作パラメータの変更
- 管理容易性 (manageability) を有するセンサーネットワークアーキテクチャーへの応用

[1] C. Müller-Schlier, H. Schneek, and T. Ungerer, *Organic Computing - A Paradigm Shift for Complex Systems*, Birkhäuser, 2011.

## 研究目的

- 様々な外乱に対してロバストな、管理型自己組織化制御に基づくセンサーネットワークアーキテクチャーの確立
  - ▶ 複数のシンクノードを介した、管理ノードによる大域的な管理制御を実現



## 博士論文の構成

- Chapter 1: Introduction
- Chapter 2: An Energy-Efficient Receiver-Driven Data Transmission Protocol for Wireless Mesh Sensor Networks
  - 省電力化を実現するMACプロトコルの提案
- Chapter 3: Robustness and Resilience in MAC and Routing Layer Protocols for Wireless Sensor Networks
  - ロバスト性およびレジリエンスを向上するMACプロトコルおよびルーティングプロトコルの設計手法の提案
- Chapter 4: A Controlled and Self-Organized Routing Protocol for Large-Scale Wireless Sensor Networks
  - スケーラブルかつ大域的な管理を実現するルーティングプロトコルの提案
- Chapter 5: A Design Approach for Managed Self-Organization Control Focused on Control Timescale for Future Wireless Sensor Networks
  - タイムスケールに着目した管理型自己組織化制御に基づくセンサーネットワークアーキテクチャーの設計手法の提案
- Chapter 6: Conclusion

Chapter 2:  
*An Energy-Efficient Receiver-Driven Data Transmission Protocol for Wireless Mesh Sensor Networks*

Chapter 3:  
*Robustness and Resilience in MAC and Routing Layer Protocols for Wireless Sensor Networks*

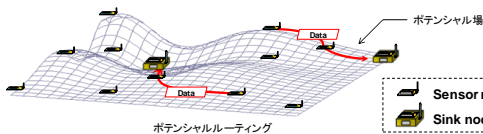
Chapter 4:  
*A Controlled and Self-Organized Routing Protocol for Large-Scale Wireless Sensor Networks*

Chapter 5:  
*A Design Approach for Managed Self-Organization Control Focused on Control Timescale for Future Wireless Sensor Networks*

これまでの研究

ポテンシャル場を用いた自己組織化制御

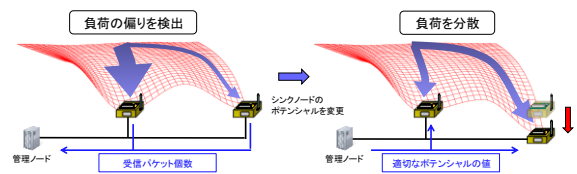
- ポテンシャル場の構築
  - ▶ 自己組織的にノードが自身のポテンシャル(スカラー値)を決定
- グラディエントを利用したさまざまな応用が可能
  - ▶ 例: マルチシンクセンサネットワークにおけるポテンシャルルーティング
    - ◆ 次ホップとして望ましいノードほど低いポテンシャルを所持
    - ◆ ポテンシャルがより低い隣接ノードを次ホップに選択
      - ▶ いずれかのシンクノードに到達



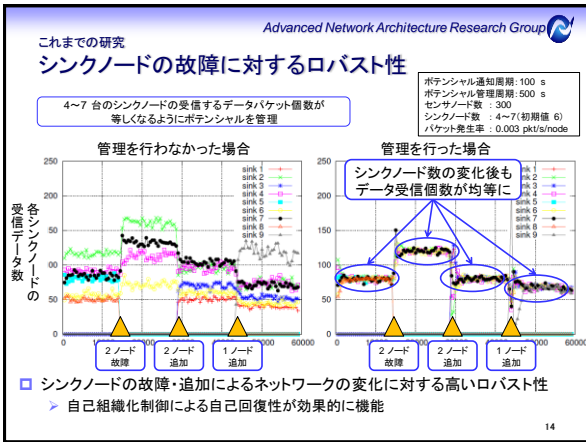
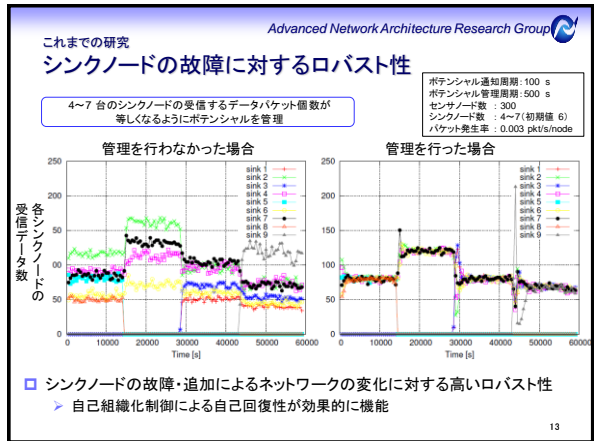
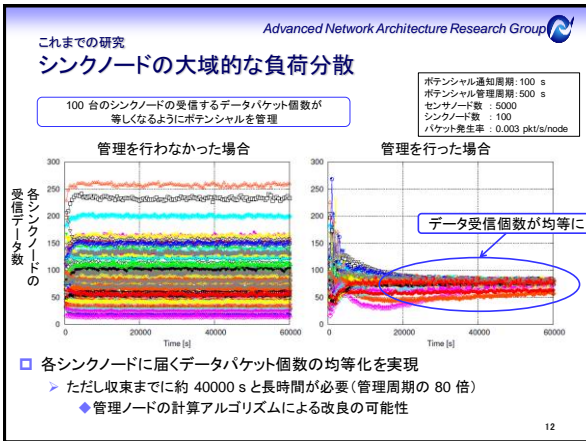
これまでの研究

管理ノードによるポテンシャル場の大域最適化

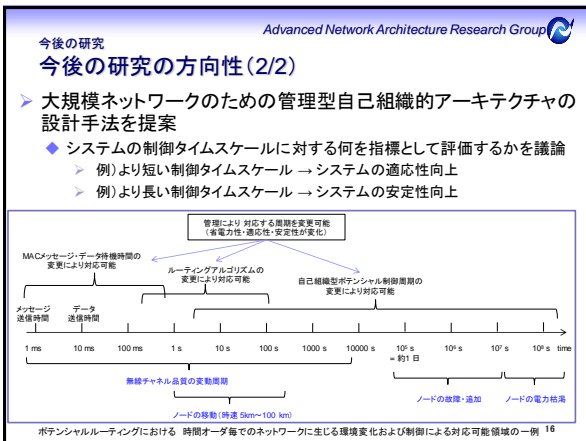
- 大域的な負荷分散を実現するポテンシャルルーティング
  - ▶ 管理ノードがシンクノードのポテンシャルを適切な値に設定
    - ◆ 個々のノードは局所情報に基づき自己組織的に自身のポテンシャルを決定するにもかかわらず大域的に最適なポテンシャル場を実現



- ▶ 定期的な監視と管理によるフィードバック



- Advanced Network Architecture Research Group
- ### 今後の研究 今後の研究の方向性 (1/2)
- 管理型自己組織化制御における制御タイムスケールの違いによるシステムのダイナミクスの解析
    - これまでの研究における制御周期は実験的に設定
      - MAC プロトコルにおけるスリブ周期
      - ポテンシャル場におけるポテンシャル更新周期・通知周期
      - 管理ノードによる監視周期・管理周期
    - 環境を変動させる事象のタイムスケールとの関係を考慮した上で適切な設計を行うことが必要
- 15



- Advanced Network Architecture Research Group
- ### まとめ
- まとめ
    - これまでの研究
      - 管理型自己組織化制御に基づくポテンシャルルーティングを提案
      - 管理ノードの導入による大域的な最適化の実現
        - 受信パケット個数の均等化を実現
        - シンクノードの追加及び故障によるネットワークの変化に対する高いロバスト性を実現
    - 今後の研究の方向性
      - 管理型自己組織化制御における制御タイムスケールの違いによるシステムのダイナミクスの解析
      - 大規模ネットワークのための管理型自己組織的アーキテクチャの設計手法を提案
- 17