

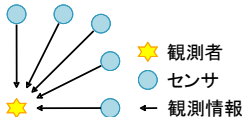
アトラクタ選択モデルを用いた カバレッジ制御手法

大阪大学基礎工学部情報科学科*
 大阪大学情報科学研究科
 先進ネットワークアーキテクチャ講座
 岩井 卓也* 若宮 直紀, 村田 正幸

2009/12/10 N5研究会 1

研究の背景 (1/3) 無線センサネットワーク

- センサと無線通信機能をもつ機器で構成
 - 離れた物や場所を観測
- 現況
 - 小型化
 - 様々なアプリケーションへの応用
- 応用分野
 - 環境モニタリング, 防犯, 防災



2009/12/10 N5研究会 2

研究の背景 (2/3) カバレッジ問題

- 観測対象が必要十分なセンサ端末に常に観測されることが必要
- ネットワークを長期間運用することが必要
 - 冗長なセンサ端末をスリープ (スリープ制御)

2つ同時に実現=カバレッジ問題

様々な手法が既に存在する

2009/12/10 N5研究会 3

研究の背景 (3/3) 既存手法と問題点

- 観測を行うアクティブ状態と電力消費を抑えるスリープ状態を選択
- 近隣センサ端末の情報をもとに幾何学的アルゴリズムを適用し、観測エリア内のカバレッジを判断
 - 前提とする条件
 - センサ端末の位置を正確に把握可能
 - 観測エリアは半径既知の正円
 - オーバーヘッド
 - アルゴリズム演算のための制御メッセージ
 - 状態遷移の競合を防ぐ制御メッセージ

現実では前提がなりたない
性能の低下 [1]

オーバーヘッドにより
ネットワーク寿命の減少

個別の情報 (センサ端末の位置,
観測エリア) を必要とせず
適切な状態を選択

アトラクタ選択を応用

[1] M. Zhang, M. Chen, and A. Aranda, "Coverage protocol for wireless sensor networks using distance estimates", in Proceedings of IEEE SECON, pp.183-192, June 2007.

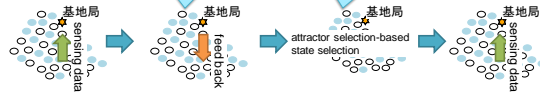
2009/12/10 N5研究会 4

提案手法 概要

- 定時観測型アプリケーションを対象
 - センサ端末は定時的に観測情報を基地局に送信

基地局はセンサ端末からの観測情報をもとにカバレッジを評価しセンサネットワークへ広告

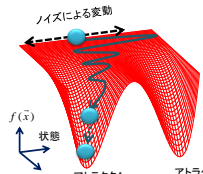
センサ端末は基地局からの広告にもとづいてアトラクタ選択モデルを評価し状態遷移



2009/12/10 N5研究会 5

提案手法 アトラクタ選択モデル

- バクテリアが栄養を環境変化に適応的に生成するメカニズム (例) 栄養Aが不足 栄養Aを生成するバクテリアが自律的に増え、バクテリアの死滅を回避



$$\frac{d\vec{x}}{dt} = f(\vec{x}) \times \alpha + \vec{\eta}$$

\vec{x} : 状態
 $f(\vec{x})$: ポテンシャル関数
 α : 状態の良さ
 $\vec{\eta}$: ノイズ

環境に対して適切な状態を選択できる

2009/12/10 N5研究会 6

提案手法
カバレッジ制御におけるアトラクタ選択モデル

センサ端末

- アクティブ状態, スリープ状態の適切さを表す評価値 m_1, m_2
- 基地局から受信するアクティビティ α に基づいて更新

$$\frac{dm_1}{dt} = \frac{\text{syn}(\alpha)}{1+m_1^2} - \text{deg}(\alpha) \times m_1 + \eta$$

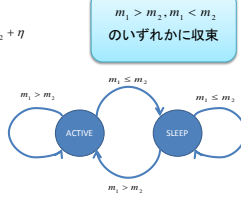
$$\frac{dm_2}{dt} = \frac{\text{syn}(\alpha)}{1+m_2^2} - \text{deg}(\alpha) \times m_2 + \eta$$

関数 $\text{syn}(\alpha), \text{deg}(\alpha)$

$$\text{syn}(\alpha) = \alpha \times (\beta \times \alpha^r + \phi^*)$$

$$\text{deg}(\alpha) = \alpha$$

- α : カバレッジの適切さ ($0 \leq \alpha \leq 1$)
- η : ノイズ項



2009/12/10

NS研究会

7

提案手法
アクティビティの計算方法

基地局

- カバレッジからアクティビティを計算

$$\frac{d\alpha}{dt} = \delta(\alpha^* - \alpha)$$

- センサネットワークに広告

瞬時アクティビティ α^*

- カバレッジの適切さの評価値
- アプリケーション毎に様々な計算方法(観測率など)
- 瞬時アクティビティ α^* を平滑化
 - 瞬時アクティビティの一時的な変化による影響を抑制

2009/12/10

NS研究会

8

提案手法
基本動作 (1/3)

基地局

- センサ端末から定期的収集される情報をもとにアクティビティ α を計算し, センサネットワークに定期的に広告



2009/12/10

NS研究会

9

提案手法
基本動作 (2/3)

アクティブ状態のセンサ端末

- 基地局からの広告を受信
- アトラクタ選択モデルを評価し, 次状態を選択
 - アクティブ状態 ($m_1 > m_2$) なら, 観測情報を送信し, 観測を継続
 - スリープ状態 ($m_1 \leq m_2$) なら, 観測情報を送信し, 情報収集周期の倍数のタイムを設定してスリープ状態へ遷移



2009/12/10

NS研究会

10

提案手法
基本動作 (3/3)

スリープ状態のセンサ端末

- スリープ後, 基地局からの広告を受信
- アトラクタ選択モデルを評価し, 次状態を選択
 - アクティブ状態 ($m_1 > m_2$) なら, 観測情報を送信し, 観測を継続
 - スリープ状態 ($m_1 \leq m_2$) なら, 情報収集周期の倍数のタイムを設定してスリープ状態へ遷移



2009/12/10

NS研究会

11

シミュレーション
設定 (1/2)

- 50×50 の領域に100台のセンサ端末をランダムに配置
 - センサ端末の通信エリア: 基地局と直接通信可能
- 基地局でのカバレッジの計算方法
 - 領域を 1×1 の小領域に分割
 - 観測されている小領域の割合(観測率)を利用
 - 観測エリアを半径10の正円として評価
 - 観測エリアが小領域の中央を含むと観測と判定
- シミュレーションの結果
 - 100通りのセンサ端末の配置を生成
 - 各1回, 合計100回のシミュレーションの平均値

2009/12/10

NS研究会

12

シミュレーション
設定 (2/2)

- カバレッジの適切さ(瞬時アクティビティ)の計算方法

$$\alpha^* = \frac{SR}{\max\{1, w \times RR\}}$$

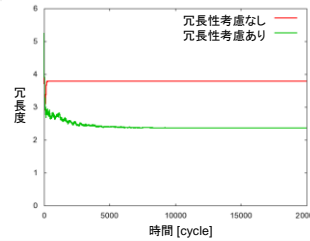
観測率SR (0 ≤ SR ≤ 1):
総小領域に対する観測されている小領域の割合

冗長度RR (1 ≤ RR):
観測されている1小領域を観測するセンサ端末数の平均

シミュレーション
冗長度

$$\alpha^* = \frac{SR}{\max\{1, w \times RR\}}$$

冗長度考慮なし → w=0.0
冗長度考慮あり → w=0.6



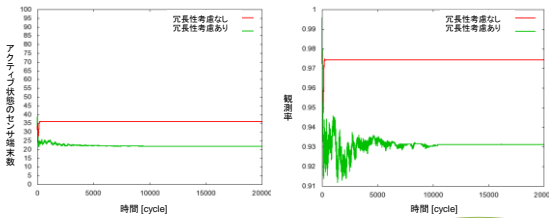
※基地局に観測情報が送られてくる時間間隔を1cycleとする

瞬時アクティビティにセンサ端末の冗長性を加味することで
冗長度が低下

シミュレーション
観測率とアクティブ状態のセンサ端末数

$$\alpha^* = \frac{SR}{\max\{1, w \times RR\}}$$

冗長度考慮なし → w=0.0
冗長度考慮あり → w=0.6



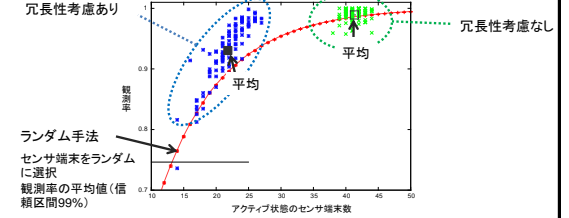
アクティブ状態のセンサ端末数が減少
それに伴い、観測率も低下

ネットワークの
長寿命化に有効

シミュレーション
ランダム手法との比較

$$\alpha^* = \frac{SR}{\max\{1, w \times RR\}}$$

冗長度考慮なし → w=0.0
冗長度考慮あり → w=0.6



ランダム手法
センサ端末をランダム
に選択
観測率の平均値(信
頼区間99%)

提案手法はランダム手法と比べて、同等のセンサ端末
数で得られる観測率は大きくなる

まとめと今後の課題

- まとめ
 - 観測領域全体のカバレッジに関する情報のみで、センサ端末が自律的に適切な状態を選択するカバレッジ制御手法を提案
- 今後の課題
 - 他手法との比較評価
 - 位置や観測エリアの誤差による影響
 - 制御メッセージ量
 - 小領域ごとのアクティビティを用いるなどによる性能向上

ご静聴ありがとうございました