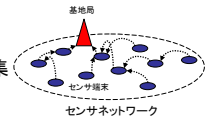


## 同期型センサ情報収集機構を用いた 複数の収集進行波による 高信頼通信機構の提案と評価

村田研究室  
岡部 孝介

## センサネットワーク

- 無線通信機能を備えたセンサ端末を数十～数千台配置
- 無線ネットワークを構成し、定期的に観測情報を収集
- 自動検針システム(スマートメータ)
  - 電気メータに通信機能を付加
  - 定期的に検針データや管理情報を収集
  - 料金算出, 電力制御, 障害検知など
  - 人的コストの削減, 付加価値サービス



- 高収集率: 0.9999など
- 低遅延: 障害検知や制御のため } **高信頼性**
  - 停電などの障害
  - 電力事業者による電力供給量制御
- 省電力: ランニングコスト低減

2

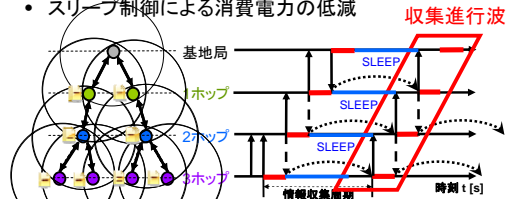
## 研究目的と研究内容

- 高収集率と低遅延を同時に達成する高信頼通信機構の提案
- 電力効率の良い、自己組織的なセンサ情報収集機構である同期型センサ情報収集機構(既存研究)の拡張
  - 基本: 情報収集タイミングにつき1回の収集を行う
  - 拡張1: 送信タイミングのランダム化と同期ずれ補正による収集率向上
  - 拡張2: 情報収集タイミングにつき複数回収集を行い、収集率を保ちつつ遅延を削減
  - 拡張3: 複数回収集における効率的なスリープ制御

3

## 同期型センサ情報収集機構 [3]

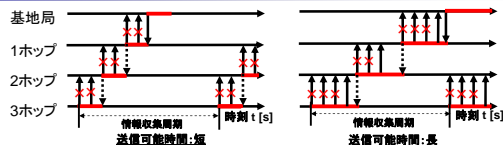
- 観測領域からの定期的な情報収集を対象
- センサ端末は自己組織的に同期
  - センサ端末による全体情報の把握が不要
- マルチホップ通信において効率的な情報収集
  - 親センサ端末より一定時間だけ早く送信
- スリープ制御による消費電力の低減



[3] N. Yokoyama and M. Nagao, "Synchronization-based data gathering scheme for sensor networks," *IEICE Transactions on Communications*, vol. 85(2009-40), no. 107, pp. 9-16, Sept. 2007.

4

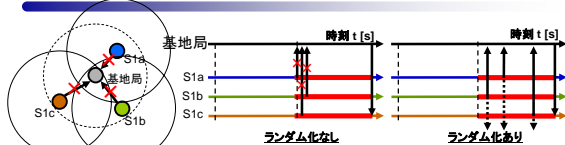
## 同期型センサ情報収集機構の信頼性評価



- MAC層での再送を用いたホップ間メッセージ転送
- 送信可能時間(図の赤線)長
  - より多くの回数の再送が可能
  - ホップ間のメッセージ転送成功率向上
  - 収集率向上
  - ただし収集遅延増大
- 要求収集率0.9999を達成する際の収集遅延 約160秒(250台)

5

## 送信タイミングランダム化による信頼性の向上



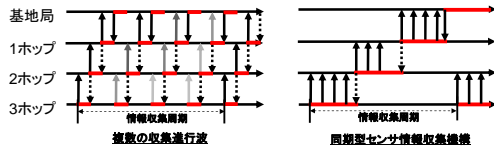
- 同期型センサ情報収集機構では同じホップ数のセンサ端末が同時にメッセージ送信を開始していることが低信頼性の原因
- 送信タイミングランダム化 [6]を適用
  - 同期ずれのため, 要求収集率0.9999を達成できず
- RFA [13]を応用した同期ずれ補正
  - 同期型センサ情報収集機構に比べて要求収集率0.9999を達成する収集遅延が約160秒→72秒

[6] 谷口義明, 若宮直紀, 村田正幸, "センサネットワークのための遅延現象を利用した通信機構の実装と評価," 電子情報通信学会技術研究報告書 (N98209-40), vol. 107, pp. 9-16, Sept. 2007.

[13] G. Wiener-Allen, G. Tewari, A. Patel, M. Welsh, and R. Nagao, "Firefly-inspired sensor network synchronicity with realistic radio effects," in *Proceedings of the 3rd ACM International Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys '05)*, pp. 142-153, Jan. 2005.

6

## 複数の収集進行波を用いた高信頼通信機構

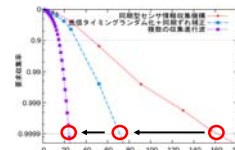


- 情報収集周期ごとに**複数の収集進行波**を用いて情報収集
- 前の収集進行波で**転送に失敗したデータのみ**、後続の**収集進行波で転送**

送信可能時間	長	短
収集進行波あたり収集率	高	低
要求収集率の達成に要する収集進行波数	少	多
要求収集率を達成する際の収集遅延	遅延大	遅延小

7

## シミュレーション結果



- シミュレーションモデル
- センサ端末250台、基地局1台
  - 通信距離20m
  - 200m四方にランダム、基地局は中央に配置  
→ 平均次数7.85
  - 最大ホップ数13
  - センサ端末ごとにユニークなデータ1つ
  - 1パケットあたりのデータ集約数4
  - MACはIEEE802.15.4(再送回数∞)

- 高信頼通信の達成
  - 送信タイミングのランダム化 + 同期ずれ補正
  - 短い送信可能時間 + 多数の収集進行波

表: 要求収集率0.9999達成に要する収集遅延 (平均次数7.85)

センサ端末数	同期型センサ情報収集機構	ランダム送信 + 補正あり	複数の収集進行波 (ランダム送信 + 補正あり)	遅延削減率
250台	160秒	72秒	26秒	83%
1000台	550秒	420秒	82秒	85%

8

## まとめと今後の課題

- まとめ
  - 複数の収集進行波を用いた高信頼通信機構を提案し、有効性を示した
    - 同期ずれ補正 + 送信タイミングのランダム化が有効
    - 短い送信可能時間 + 多くの収集進行波 = 低収集遅延
  - 従来の同期型センサ情報収集機構と比較して、要求収集率0.9999を達成する収集遅延を160秒から26秒へと83%削減
- 今後の課題
  - 拡張性、適応性、耐故障性の評価
  - 高信頼通信を達成する他の手法との比較
  - 実装による評価

9