

無線センサネットワークにおける ゴシップ手法を拡張した 低消費電力情報散布手法の 提案及び評価

2017/08/29

大阪電気通信大学
國本倫平・久松潤之

1

無線センサネットワーク

- データ収集用のセンサノードを多数配置
- ノード同士が自律的にネットワークを構成
 - アクセスポイント、基地局などが不要
- 配置するのみで、情報の収集、散布が可能
 - 農業や工業といった様々な分野への活用が期待される
 - ノードの大多数はバッテリー駆動
- ノードの移動や故障があるネットワーク
 - 始点ノードから終点ノードへの経路を事前に決定することは困難
 - 代表的な手法として、すべてのノードに配布する情報散布がある

2

情報散布

- ネットワークを構成するノード全てに情報を配布する
- 様々な場面で必要
 - ノードへ新しいファームウェアを配布
 - 計測対象の変更を通知
- 全体にメッセージを散布するため、送受信回数が多い
 - ノードの消費電力のうち、無線通信による電力消費は、大きな割合をしめる
 - センサノードの多くは、バッテリー駆動であるため、無線通信による電力消費を抑えることが重要
- 送受信回数を削減することで、稼働時間が延びる

3

既存の情報散布手法

- 既に複数の手法が提案されている
 - フラッディング手法
 - ゴシップ手法
- 既存手法は高情報散布率と低消費電力の両立が難しい
 - 情報散布率を向上させるために、送信回数が増加する
 - 無駄な送受信が多い

4

研究目的

- 省電力情報散布手法の提案
 - ゴシップ手法を拡張
 - 確認応答の導入
- 提案手法のシミュレーションによる評価
 - ノードを正方格子上に配置
 - ノードをランダム配置

5

既存の手法: フラッディング手法

- 基本となる情報散布手法
- 散布させるメッセージが発生したノード
 - ブロードキャストし、全隣接ノードへメッセージを送信
- メッセージを受け取ったノード
 - 初めて受信したメッセージをブロードキャスト
 - 既に受信していたメッセージは何もしない

6

既存の手法: ゴシップ手法

- フラッディング手法を拡張
- 散布させるメッセージが発生したノード
 - ブロードキャストし、全隣接ノードへメッセージを送信
- メッセージを受け取ったノード
 - 初めて受信したメッセージは一定確率でブロードキャスト
 - 既に受信していたメッセージは何もしない
- 送信に確率を導入し、フラッディング手法より、送信回数を削減

7

既存の手法の問題点

- フラッディング手法
 - 既に周囲のノードへの情報散布に、成功していた場合でも送信を行う
 - 周囲の状況を考慮しないため、無駄な送信が多い
- ゴシップ手法
 - 適切な送信確率を設定することが難しい
 - 確率が低すぎた場合、メッセージが十分に行き渡っていない序盤で、ブロードキャストが中止され、情報散布率が悪化する
 - 確率が高すぎた場合、メッセージが十分に行き渡った後半でも、ブロードキャストが中止されず、送信回数を十分に削減できない

8

提案手法

- 送信確率を可変に
 - ゴシップ手法を拡張
 - ゴシップ手法には、適切な確率の設定が難しい問題がある
 - 状況に応じた確率になるよう、可変にする
- 確認応答の導入
 - 送信するメッセージと同一メッセージを周辺ノードから一定回数受信した場合、確認応答とみなす
 - 確認応答を得られた場合、以降は送信を行わない
 - 周囲の状況を考慮し、無駄な送信を削減

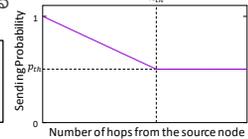
9

提案手法: 送信確率

- 始点ノードからのホップ数hopにより、送信確率pが変化

$$p = p_{th} + \max\left\{\frac{(\text{hop} - h_{th}) \times (1 - p_{th})}{1 - h_{th}}, 0\right\}$$
- 始点ノードから近い場合、送信確率pは高くなる
- 始点ノードから離れホップ数hopが h_{th} に近づくほど送信確率pは p_{th} まで低下する

送信確率: p
最低送信確率: p_{th}
最低送信確率になるホップ数: h_{th}
始点ノードからのホップ数: hop



10

提案手法: 確認応答

- 自ノードがブロードキャストするメッセージと、同一のメッセージを α 回受信した場合、それ以降、ブロードキャストを行わない
- 受信できなかった場合、時間T待機し 最大 β 回再送
 - 時間TはIEEE802.15.4の衝突を回避するためのアクセス制御であるCSMA/CAのパラメータに基づいた時間

確認応答として用いるメッセージ受信回数の閾値: α
再送回数: β
再送までの待機時間: T

$$B = (2^{\text{macMaxBE}} - 1) \times \text{aUnitBackoffPeriod}$$

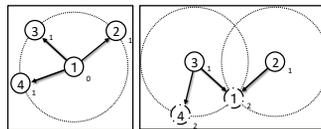
$$T = (\text{SIFS} + \text{LIFS} + B + \text{CCA}) \times \text{symbolTime}$$

CSMA/CAのパラメータ

11

提案手法: 情報散布の例

- 始点ノード1がメッセージを送信し、時間T待機
- ノード2~4が受信し、ノード3が4より先に送信する場合
 - ノード2, 3が送信を行う
 - ノード4は確認応答とする受信回数 α を満たすため、送信を行わない
- ノード1は、ノード2,3から受信し、受信回数 α を満たすため、再送を行わない



提案手法のパラメータは
 $\alpha=2, \beta=1, \rho=1$ とする
実線で書かれた円の内の数字はノード番号
付近の数字は受信回数

12

シミュレーション

- 各手法でシミュレーションを行う
- 配置を変え、ランダムなノードから送信
 - 1辺200mの正方格子、100x100に2次元正方格子上に配置
 - 1辺4000mの正方形領域上に1000台をランダムに配置
 - 1辺4000mの正方形領域上に1500台をランダムに配置
 - 1辺4000mの正方形領域上に2000台をランダムに配置
- 2500回のシミュレーションを行い、以下の平均値を取得
 - 情報散布率
 - ネットワーク全体におけるメッセージの送受信に用いた消費電力量

13

13

シミュレーションにおける各手法のパラメータ

- フラッディング手法
 - 送信回数: 1 [回]
- ゴシップ手法
 - 送信確率: 80 [%]
- 提案手法
 - 最低送信確率 p_{th} : 50 [%]
 - 最低送信確率になるホップ数 h_{th} : 50 [回]
 - 確認応答として用いるメッセージの受信回数の閾値 α : 2 [回]
 - 再送回数 β : 1 [回]

14

14

ノードの消費電力モデル(1/2)

- ノードは、モノワイヤレス TWE-Liteを想定
 - 無線の周波数: 2.44 [GHz]
 - 送信レート: 250 [Kbit/s]
 - パケットサイズ: 127 [Byte]
 - 電圧: 3.3 [V]
 - 無線の最低受信感度: -96 [dBm]
- アンテナとして、モノワイヤレス TWE-AN-P4208-10を想定
 - 利得: 2 [dBi]



画像は<https://mono-wireless.com/>より引用

15

15

ノードの消費電力モデル(2/2)

- 無線の送信距離を 200, 300, 400 [m]としたとき、受信電力が最低受信感度の -96 [dBm]となるように、自由空間損失モデルを用い、送信電力を求める
- 送信時に流れる電流
 - 200[m] で 8.24 [mA]
 - 300[m] で 12.09 [mA]
 - 400[m] で 13.05 [mA]
- 受信時に流れる電流
 - 14.7 [mA]

16

16

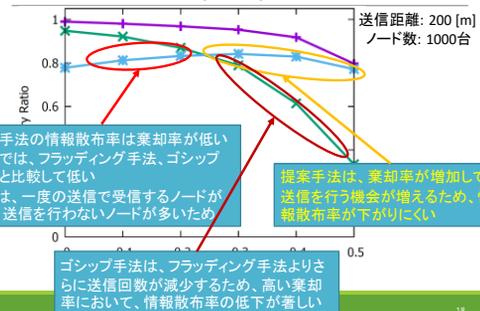
シミュレーション: ランダムに配置

- 一辺4000mの正方形領域上にノードをランダムに配置
 - 現実のネットワーク配置に近い配置
- ノード数: 1000台,1500台,2000台
 - 密度を変化させる
- 棄却率: 0, 10, 20, 30, 40, 50 [%]
- 無線の送信距離: 200, 300, 400 [m]

17

17

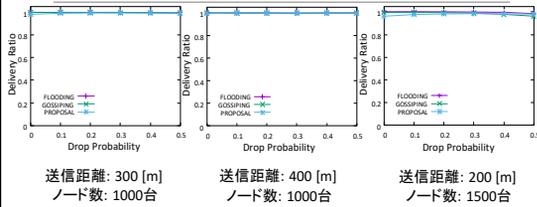
ランダムに配置: 情報散布率(1/2)



18

18

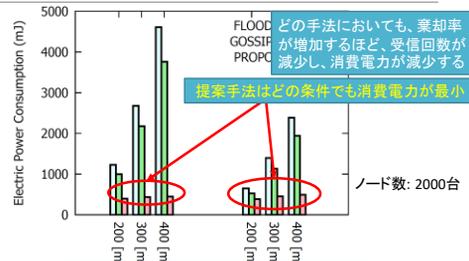
ランダムに配置: 情報散布率(2/2)



十分な無線の送信距離がある、ノードの密度が高いなどの理由で一度の送信で受信するノードが多い場合は、情報散布率が下がりにくい

19

ランダムに配置: ネットワーク全体の消費電力



20

シミュレーションによる評価

- すべての手法、配置において、無線の送信距離を伸ばすほど、棄却率の高い環境においても情報散布率が増加
- 無線の送信距離を伸ばした場合、フラディング手法、ゴシップ手法では、消費電力が大きく増加するが、提案手法はほとんど増加しない
- 提案手法は、無線の送信距離を伸ばした場合でも、若干の消費電力の増加で、高い情報散布率が得られる

21

まとめ

- ゴシップ手法を拡張した省電力情報散布手法の提案
 - 送信確率をホップ数をもとに変化させる
 - 周辺ノードのブロードキャストを確認応答とみなし、送信を制御
- シミュレーションによる評価の結果
 - どの手法でも送信距離を増加することで情報散布率は増加する
 - 提案手法は送信距離を増加させても、消費電力が殆ど増加しない
- 提案手法は、ネットワーク品質の悪い環境においても、若干の消費電力の増加で、高い情報散布率が得られる

22

今後の課題

- 提案手法のパラメータを変更し、より送信回数を削減
 - ネットワークの状況により、適切なパラメータは変化する
- 提案手法の実機を用いた実験評価
 - シミュレーションで想定したモノワイヤレス TWE-Lite を用いる

23