

通信形態の変化を考慮したセンサネットワーク - クプロトコル

鈴木 歩夢[†] 宇谷 明秀[‡] 山本 尚生[‡]

東京都市大学大学院工学研究科[†] 東京都市大学知識工学部[‡]

1. 研究背景

近年、希少生物の生態観測、自然環境の観測、防災、防犯などのさまざまなアプリケーションを実現、支援させるための手段として無線センサネットワーク(Wireless Sensor Networks; WSN)への期待が高まっている。今後、WSNのさらなる発展を考慮した場合、頻繁に変化する通信形態(一対一、一対多、多対一、多対多)に対応する必要がある。本研究では、既往の方式の問題点を整理し、それらを考慮した新しいデータ転送方式を提案する。

2. 既往の方式

既往のデータ転送方式として Directed Diffusion(DD)[1]がある。DDはデータセントリック通信である。データセントリック通信とは、興味のあるデータの内容や条件を指定することによりデータのやりとりを行う方式である。このDDでは、通信形態に応じた複数の通信プロトコルを使い分ける。pull型は情報を欲しているノード(収集ノード)に比べ、情報を提供できるノード(提供ノード)が多い場合、push型はその逆の場合にそれぞれ適している。DDはあらかじめ想定される通信形態に応じてこれらを使い分けることで、電力効率の良い通信を実現する。

しかし、DDには問題点も存在する。DDは通信形態に応じて通信プロトコルを自律的に切り替える機構が備わっていないため、常に電力効率の良い通信が行えるとは限らない。また、pull型では収集ノードの数、push型では提供ノードの数に応じてフラッシングが行われるため膨大な通信負荷がかかってしまう。これらの問題点を改善したデータ転送方式として、Advanced Adaptive Communication Protocol(AACP)[2]がある。AACPでは代表ノードを設定し、そのノードだけがフラッシングを行い、代表ノードが自律的に切り替わる機構も備わっているため、DDの問題点である膨大な電力負荷がかかるという点と常に電力効率の良い通信ができないという点が改善されている。しかし、AACPでもデータ転送の際はDDと同様に勾配を用いて経路を選択しているため、特定のノードに負

荷が集中してしまうという問題点は解決されていない。

3. 提案内容

本研究では、既往の方式の問題点である勾配を用いた経路構築に代わり、ホップカウントと残余電力からなるメトリック値(接続評価値)を用いて経路構築をするデータ転送方式を提案する。以下に収集ノードがアプローチをかけた場合のアルゴリズムを示す。

3.1 提案方式のアルゴリズム

複数の収集ノードのうちから最初にアプローチをかけたノードが代表収集ノードとなり、その代表ノードは「自身への価値」と呼ぶ固有の接続評価値を持ち、その接続評価値と欲しているデータの内容や条件を含むメッセージ(interest)を、ネットワーク全体にフラッシングする。interestを受け取った各ノードは代表ノードまでのホップカウントと「自身への価値」を知り、これらの情報を用いて接続評価値を導出する。interestを受け取ったノード(i)の接続評価値 $[v_i]$ は文献[3]に基づき次式により算出される。

$$v_i = v_o \times dr^{hops_i} \times \frac{E_i'}{E} \quad (1)$$

v_o は代表ノードが有する「自身への価値」、 $hops_i$ はノード(i)の代表ノードに対するホップカウント、パラメータ dr はホップに伴う接続評価値の減衰率($0 < dr < 1$)、 E_i' はノード(i)の残余電力、 E はノードの総電力容量を表す。各ノードは式(1)に基づき全ての隣接ノードの接続評価値を算出し、それらの値を自身の経路テーブルに格納する。各ノードは隣接ノードIDと中継先としての価値を表す1つの接続評価値の組からなる経路テーブルを構築する。

次に、代表ではない各収集ノードは代表ノードへユニキャストでメッセージ(reinforcement)を返信し経路を確立する。reinforcementを受け取ったノード(j)は隣接ノードの中から接続評価値が最大のノードを選出し、次式によって更新される自身の接続評価値 $[v_j(t)]$ をreinforcementに加えて送信する。

$$v_j(t) = v_{m_j}(t) \times dr \times \frac{E_j'(t)}{E} \quad (2)$$

Communication protocols for multiple communication form in sensor networks

[†]Ayumu SUZUKI, Graduate School of Engineering, Tokyo City University

[‡]Akihide UTANI and Hisao YAMAMOTO, Faculty of Knowledge Engineering, Tokyo City University

$vm_j(t)$ は時刻(t)におけるノード(j)の経路テーブル内の最大接続評価値, $E_j'(t)$ は時刻(t)におけるノード(j)の残余電力を表す. 接続評価値が最大の隣接ノードを送信先として送出された reinforcement は, 他の全隣接ノードも傍受できる. よって送信先ノードを含む全ての隣接ノードが送信元ノードの新たな接続評価値を経路テーブルに格納し, 送信元ノードの接続評価値を更新する.

続いて各提供ノードは代表ノードまでデータを送信する. データを受け取ったノードは自身の隣接ノードの中から接続評価値が最大のものを選出し, 式(2)によって更新された接続評価値をデータに加えて選択されたノードに送信する.

各提供ノードからデータを受け取った代表ノードは reinforcement によって確立された経路を用いて他の収集ノードへまとめてデータを送信する.

3.2 代表ノードへの負荷集中を回避する方策

3.1 で示したデータ転送方式では, 代表ノードが全ての提供ノードからのデータ受信, 全ての収集ノードへのデータ送信を行っているため, 代表ノードに大きな電力負荷がかかることが懸念される. よって代表ノードへの負荷集中を回避する方策を以下に示す.

代表ノードの消費電力が設定した値(閾値)を超えた場合, そのノードはフラッディングせず一定時間待機し, 他の収集ノードがフラッディングするまで待つ. これにより, 残余電力が少なくなったノードが自律的に代表ノードとなることを回避できる. 自身以外に代表ノードになりうるノードがネットワーク内に存在しない場合は, 自らがメッセージの送信を行う.

4. シミュレーション実験

本章では提案方式の有効性を検証するために行ったシミュレーション実験について示す. シミュレーション実験の設定値は表1のものを用いる. 全ノードはシミュレーション領域内にランダムに配置され, 総電力容量は $0.5[J]$ とし, 提案方式と AACP では残余電力が $0.35[J]$ を超えたノードは代表ノードとならないものとする. また, シミュレーション時間内に通信形態(収集ノード数: 提供ノード数)を $1:1, 1:10, 10:1, 10:10$ と変化させるものとする. (1)式と(2)式における減衰率 dr を 0.5 とし, 代表ノードの持つ「自身への価値」は自身の残余電力に関係なく 100 とする. 本実験における評価指標はデータの配送率とし, 実験結果を図1に示す.

図1は DD と AACP と提案方式のデータ配送率の推移を比較したものである. 結果より, 提案方

式のデータ配送率は他の2つの方式よりも長期間高い配送率を維持できていることがわかる. これは提案方式では各ノードが自身の経路テーブルに格納した接続評価値を基にデータ転送先を決定しているため, 各ノードにかかる電力負荷が分散されたためといえる. これにより既往の方式に対する提案方式の優位性が確認できる.

表1 シミュレーションの設定値

Simulation times	3000s
Simulation size	2400m x 2400m
Sensor nodes	1000
Range of radio wave	150m
Data transmission interval	10s
Model change interval	750s

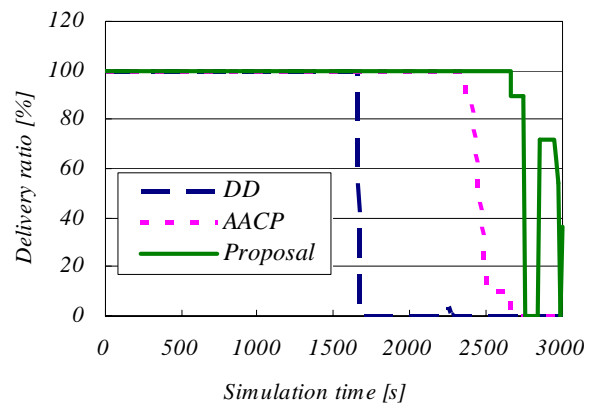


図1 データ配送率の推移

5. おわりに

本稿では WSN における通信形態の変化に適応したデータ転送方式を提案した. シミュレーション実験を通して, その効果を検証し, 提案方式の有効性を実証した.

参考文献

- [1] C. Intanagonwiwat, R. Govindan, D. Estrin, J. Heidemann, and F. Silva: Directed Diffusion for Wireless Sensor Networking, ACM/IEEE Transactions on Networking, vol. 11, pp.2 - 16, Feb, 2003
- [2] 大澤, 宇谷, 山本: コピキタス・センサネットワークにおける多様な通信形態を考慮した通信プロトコル, 情報処理学会第72回全国大会後援論文集, 2010.
- [3] 宇谷明秀, 山本尚生, “複数シンク無線センサネットワークにおける自律的負荷分散データ転送方式,” 電子情報通信学会論文誌(D), vol. J93 - D, no.6, pp.1056 - 1060, 2010.