5T-06

養殖魚モニタリング環境下における情報収集のための データ送信タイミング決定手法の評価

石田　晃一†　　谷口　義明†　　井口　信和†

†近畿大学大学院総合理工学研究科

1　はじめに

近年、センサネットワーク技術を第一産業へ応用する研究開発が進んでいる。我々の研究グループでは、養殖場内の全てあるいは一部の魚にセンサ端末を装着しセンサ情報を収集する養殖魚モニタリングシステムを提案している。図 1 に示されるように、提案システムにおいては、養殖魚に装着したセンサ端末で計測された情報は、超音波通信を用いてシンク端末に収集され、その後、遠隔のモニタリングサーバに送信される。

提案システムでは、センサ端末を養殖魚の腹部に装着することを想定している。そのため、センサ端末の電池交換を行うのは困難であり、省電力な情報収集手法が必要となる。さらに、センサ端末を装着した魚体自体が通信路上の障害物となるため、センサ端末の無線通信範囲は指向性を持つと考えられる。そのため、センサ端末とシンク端末間の通信において CSMA/CA 制御をそのまま使用すると、隠れ端末問題が発生し、パケット衝突の衝突が発生する。隠れ端末問題を回避するために、通常、RTS/CTS 制御が用いられる。しかしながら、RTS/CTS 制御においては端末間で多数の制御パケットが送受信されることから、端末の電力消費が大きい。

そこで、我々は養殖魚モニタリング環境下において、制御パケットを用いることなく、隠れ端末によるパケット衝突を軽減するデータ送信タイミング決定手法を提案した [1]。提案手法では、他の端末のパケット送信を検知しにくい端末から順にパケットを送信するよう、パケットの送信タイミングを決定する。しかしながら、文献 [1] による評価は基本的評価にとどまっていた。本稿では、より現実的な状況で、データ収集率や消費電力の観点から提案手法の評価を行う。

2　養殖魚モニタリング環境

本環境では、半径 15 m 、深さ 20 m の円柱状の生簀を想定する。シンク端末は生簀の底面の中心より 10 m 下に設置するものとする。生簀の中に N 台のセンサ端末（以降、端末）$n_i\,(1 \le i \le N)$ が、生簀の下部に 1 台のシンク端末が設置されているものとする。端末は魚の腹部に取り付けられているものとし、端末の通信範囲は端末から下部に広がる頂角 θ の円錐状の領域とする。

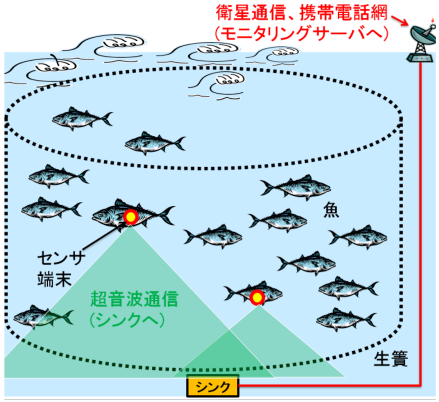


図 1: 養殖魚モニタリングシステム

3　提案手法

提案手法では周期 T 毎に全端末からセンサ情報を収集する。ここで、周期の開始タイミングは端末間で同期しているものとする。また、端末 n_i は自分の位置 (r_i, ϕ_i, z_i) を取得できるものとする。さらに、生簀の形状および端末の無線通信範囲の頂角 θ は既知とする。

各周期の開始時に、端末 n_i は自分のパケット送信タイマ t_i を下記式により決定する。

$$t_i = \left(\frac{1}{m} \left\lfloor m \frac{\phi_i}{2\pi} \right\rfloor + \frac{1}{m} \frac{V_{\max} - v_i}{V_{\max}} \right) T \qquad (1)$$

ここで T は周期の長さ、m は領域の分割数である。通信範囲の体積 v_i は、自身の位置、頂角 θ、および生簀の形状を基に計算する。$V_{\max}$ は通信範囲の体積の最大値を表す。タイマ t_i を決定後、端末 n_i はスリープモードに遷移する。タイマ決定から時間 t_i 経過後に端末はアクティブモードに遷移し、センサ情報を含むパケットを CSMA/CA を用いて送信する。その後、次の周期が始まるまでの間、再びスリープモードに遷移する。以上の処理により、偏角 ϕ の小さい順にパケットを送信を行い、偏角 ϕ が近ければ通信範囲の体積が大きい端末から優先的にパケットを送信する処理が実現される。

Evaluation of a method for determining transmission timing for data gathering in fish farm monitoring environment
†Koichi Ishida　†Yoshiaki Taniguchi　†Nobukazu Iguchi
†Graduate School of Science and Technology, Kindai University

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.

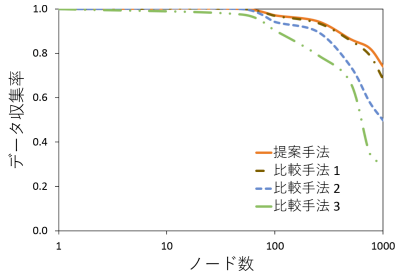


図 2: ノード数に対する収集率

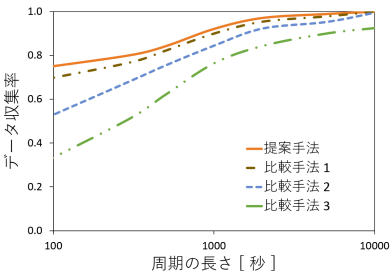


図 3: 周期に対する収集率

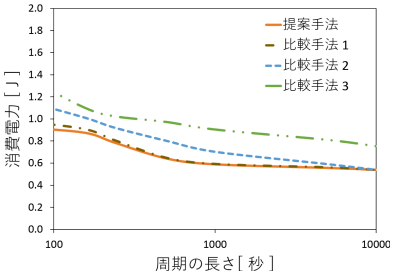


図 4: 消費電力

4 評価

4.1 評価環境

評価にはネットワークシミュレータ NS-3 および水中通信をシミュレートするための UAN モジュールを用いる [2]。端末の台数 N は 1000 台とする。端末を装着した魚の移動モデルとしては、最大速度 3 m/s、最低速度 1 m/s、停止時間 0 s のランダムウェイポイントモデルを用いる。端末の送信するパケットのサイズを 10 バイト、データレートを 1000 bps、通信範囲の頂角 θ を 120 度とする。分割数 m は 10 とする。端末の通信モジュールのパケット送信時の電力を 500 mW、パケット受信時の電力を 100 mW とする。以上の状況で、100 周期にわたり提案手法を用いた情報収集を行った。その後、2 周期目から 100 周期目までの平均データ収集率と消費電力を求めた。

比較手法として、式 1 の代わりに、端末の Z 座標に基づきタイマを決定する比較手法 1、通信範囲の体積の大きさのみによりタイマを決定する比較手法 2、ランダムにタイマを決定する比較手法 3 を用いる。

4.2 評価結果

まず、周期 T を 100 に固定し、端末数を変化させた場合のデータ収集率を図 2 に示す。図 2 に示されるように、提案手法のデータ収集率が最も高い。また端末数が増加するとデータ収集率が低下することがわかる。これは、端末数が増加すると、隠れ端末の関係にある端末間で同じような値のタイマが設定されて、パケットが衝突する確率が高くなるためである。

次に、端末数 N を 1000 に固定し、周期 T を変化させた場合のデータ収集率の変化を図 3 に示す。図 3 に示されるように、いずれの場合においても提案手法のデータ収集率が最も高くなる。これらの結果より提案手法は、単純に端末の Z 座標や通信範囲のみを用いてタイマを設定する場合と比較して効果的であることがわかる。

端末 1 台あたりの消費電力を図 4 に示す。図 4 より、提案手法を用いて情報収集を行う場合、最も電力の消費が抑えられている。CSMA/CA 制御では、端末はキャリアセンスにより、パケットを送信している他の端末がいないかを確認する。提案手法を用いて情報収集を行う場合、他の端末のパケット送信を検知しにくい端末から順にパケットを送信するため、キャリアセンスを実行する回数が減少する。その結果、消費電力が抑えられたと考えられる。

5 おわりに

本稿では、養殖魚モニタリング環境下において、提案するデータ送信タイミング決定手法を用いた場合の情報収集性能をシミュレーションにより評価した。その結果、提案手法を用いることにより、消費電力を削減し、データ収集率を向上できることを示した。今後の課題として、シンク端末を増やした場合の手法の拡張が挙げられる。

謝辞

本研究の一部は科学研究費（課題番号 16K00146）によっている。ここに記して謝意を表す

参考文献

[1] K. Ishida, Y. Taniguchi, and N. Iguchi, “A data gathering method considering volume of transmission range for fish farm monitoring,” in *Proceedings of EMS 2016*, Nov. 2016, pp. 181–185.

[2] N.Parrish, L. Tracy, S. Roy, P. Arabshahi, and W. Fox, “System design considerations for undersea networks: Link and multiple access protocols,” *IEEE Journal on Selected Areas in Communications*, vol. 26, pp. 1720–1730, Dec. 2008.

Copyright ©2017 Information Processing Society of Japan.
All Rights Reserved.