2W-04

UWSN のための異常値検知時における信頼性を考慮したルーティングアルゴリズム

遠藤航太 † 木村成伴 ‡

† 筑波大学 情報学群 情報メディア創成学類 ‡ 筑波大学システム情報系 情報工学域

1 はじめに

UWSN (Underwater Wireless Sensor Network) では，図 1 のように，水中にセンサノードを配備し，各々で観測した情報を中継して水上のシンクノードに届けて，サーバに送信する．UWSN の稼働期間を延ばすため，センサノードの残存電力などを考慮したルーティングプロトコル EAVARP (Energy-Aware and Void-Avoidable Routing Protocol for Underwater Sensor Networks) などが提案されている [1]．しかし，障害発生や侵入などの異常値の検知が重要な場合があり，高速で正確な伝達が要求されるが，EAVARP ではこれらが考慮されていなかった．そこで本論文では，UWSN の稼働期間の延長を図りつつ，異常値検知時における信頼性を考慮したルーティングアルゴリズムを提案する．

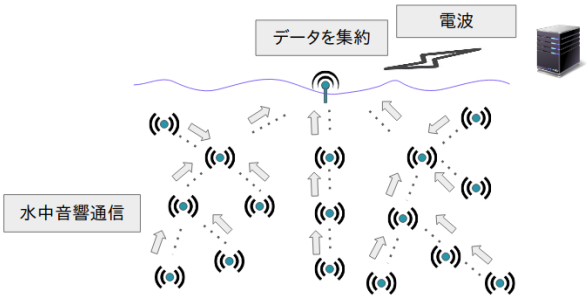

図 1: UWSN の例

2 提案方式

提案方式では， EAVARP によるセンサノードの階層構造を採用する．例えば，図 2 において，一番上の円はシンクノード，a から f はセンサノードであり，シンクノードに 1 ホップで到達できる範囲 (内側の円弧) をレイヤ 1，レイヤ 1 のノードに 1 ホップで到達できる範囲 (外側の円弧) をレイヤ 2 とし，以下同様に，レイヤ 3 以降を定める．

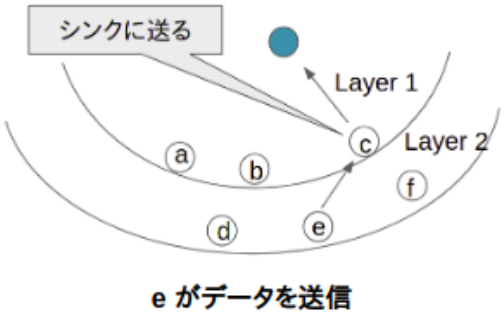

図 2: 通常時のルーティング

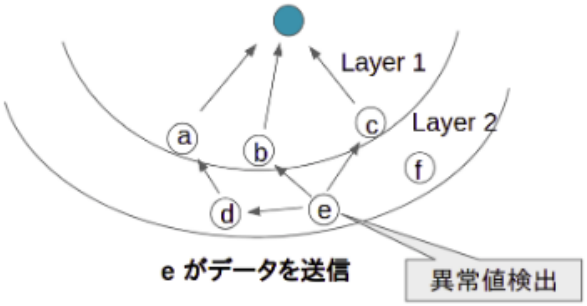

図 3: 異常値検出時のルーティング

2.1 通常時のルーティング

各センサノードはデータ送信の前に近隣ノードテーブルを構築する．近隣ノードは，同じレイヤのノード (兄弟ノード) か 1 つ上のレイヤのノード (親ノード) に限られ，例えば，図 2 のノード e は，同じレイヤの d，及び，1 つ上のレイヤの b や c などが対象となる．通常時は，近隣ノードテーブル内で，後述するメトリックが最も小さい単一のノードを中継先とする．但し，レイヤ 1 のノードは，シンクノードが常に中継先となる．

さて，提案方式で用いるメトリックは，コンテクストを考慮するルーティングプロトコル CLRPL (Context-

A Routing Algorithm to Consider Reliability at Detecting Abnormal Values for UWSN

Kota ENDO†, Sigetomo KIMURA‡

†College of Media Arts, Science and Technology of Informatics, University of Tsukuba

‡Faculty of Engineering, Information and Systems, University of Tsukuba

Aware and Load Balancing RPL for IoT Networks under Heavy and Highly Dynamic Load)[2] に基づくもので，あるセンサノード n のメトリック $\zeta(n)$ は，そのノードが位置するレイヤ，ルーティングテーブルの状況，残存電力の割合の 3 つを用いた次式で定義する．

$$\zeta(n) = \mathrm{layer}(n) + \lambda_1 \times \mathrm{tableinfo}(n) + \lambda_2 \times \xi(n)$$

ここで，$\mathrm{layer}(n)$ は n が位置するレイヤ，$\mathrm{tableinfo}(n)$ は n のルーティングテーブルの状況を表す値で，親ノードにも兄弟ノードにも送信できない場合には，そのノードを使えないように大きな値を設定する．親ノードか兄弟ノードを持つ場合は，親ノードの総数 +1 の逆数をとっている．$\xi(n)$ は n の残存電力と初期電力の割合，λ_1，λ_2 は重みである．

2.2 異常値検出時のルーティング

異常値を検出した際は，消費電力よりも信頼性を優先した通信を行う．図 3 に示すように，近隣ノードテーブル内の全てのノードにデータを送信し，複数の経路でシンクノードに届ける．このデータを受け取ったシンクノードは，送信元のセンサノードに ACK を返す．この ACK を受け取った送信元は，異常値を検出し続けた際に，短時間に同じデータを送り続けないようするため，タイマをオンにし，タイマが切れるまで，異常値の通知を停止する．これにより，消費電力を考慮しつつ，リアルタイム性，パケット到達率を重視した信頼性のある通信を提供する．

3 評価

提案方式を評価するため， NS-3 を基にしたシミュレータである Aqua-Sim Next Generation [3] を用いたシミュレーション実験を行う．

シミュレーション環境を表 1 に示す．なお，音響モデムは DSPComm AquaComm Marlin [4] を想定する．

実験では，すべてのノードが 64 バイトのパケットを 10 秒に 1 度送出し， EAVARP と提案方式 (通常時，異常値検出時) でルーティングした場合を比較する．

信頼性を確認する実験では，各ノードに十分大きな初期電力を持たせ，ノード数を変更して，パケット到達率と end-to-end 遅延を測定する．生存時間を確認する実験では，各ノードには有限の初期電力を持たせて，ノード数を固定して通信を行い，機能していないセンサノードと機能しているセンサノードの割合を示す Death Rate を測定する．ここで，機能しなくなったセンサノードとは，電力をすべて消費した，もしくは，データを送信してもシンクノードに到達できないノードのことである．

表 1: シミュレーション環境

パラメータ	値
水中音響速度	1500m/s
最大伝搬距離	1000m
送信電力	1.8W
受信電力	0.252W
待機電力	1.8mW
データレート	480bps
帯域	14kHz
ネットワーク範囲	5km×5km×300m
MAC プロトコル	BroadcastMAC
信頼性:ノード数	20〜100 個
実行時間	1000s
生存時間:初期電力	100W
ノード数	60 個
実行時間	100〜1000s

4 まとめ

本論文では，UWSN のための異常値検知時における信頼性を考慮したルーティングアルゴリズムの提案をした．そして，提案方式の評価するための，シミュレーション実験について述べた．今後は，シミュレーションプログラムを完成させ，提案方式の有効性を確認する．

参考文献

[1] Z. Wang, G. Han, H. Qin, S. Zhang, and Y.Sui, “An Energy-Aware and Void-Avoidable Routing Protocol for Underwater Sensor Networks,” IEEE Access, Vol. 6, pp. 7792–7801, 2018.

[2] S. Taghizadeh, H. Bobarshad, and H. Elbiaze, “CLRPL: Context-Aware and Load Balancing RPL for IoT Networks under Heavy and Highly Dynamic Load,” IEEE Access, Vol. 6, pp. 23277–23291, 2018.

[3] R. Martin, S. Rajasekaran, and Z. Peng, “Aqua-Sim Next Generation: An NS-3 Based Underwater Sensor Network Simulator,” Proceedings of 12th ACM International Conference on Underwater Networks and Systems, Article No. 3, 2017.

[4] S. Sendra, J. Lloret, J. M. Jimenez, and L. Parra, ”Underwater Acoustic Modems,” IEEE Sensors, Vol. 16, No. 11, pp. 4063–4071, 2016.