

小型船舶航行支援システム用モジュールの開発と相互接続に関する考察 Research of hybrid module for navigation support system

長尾 和彦[†] 小井川 秀斗[†]
Kazuhiko Nagao Shuto Koikawa

1. はじめに

四方を海に囲まれた海洋国家である我が国において、海上輸送は重要なインフラであり、船舶の安全航行が求められている。2021 年度における船舶事故数は 1970 件と微増している^[1]。2022 年 4 月には知床で遊覧船の沈没事故が発生、死者 14 名行方不明者 12 名の重大事故となった。船舶種別では、プレジャーボート 1194 隻(61%)、漁船 336 隻(17%)、貨物船 194 隻(10%)の順となっており、小型船舶の占める割合が 8 割近くに及び、重大事故の危険性を孕んでいる。船舶事故を未然に防ぐための対策として、自動船舶識別装置(Automatic Identification System:AIS)がある。AIS は船舶の識別符号、種類、位置、進路、速度、航行状態などを VHF 帯電波で送受信し、船舶および陸上局と情報交換するシステムである。AIS の設置が義務付けられている船舶(国際航路就航または 500 総トン以上)では、設置の義務化後に事故が減少しており、一定の効果が見られる。一方、小型船舶には搭載義務がなく、費用負担、免許取得の必要性などの理由から普及が進んでいない。

国土交通省・海上保安庁ではスマートフォンの活用によって、海難事故の減少を目指した取り組みをおこなっている^[2,3]。我々はスマートフォンを用いた AIS 代替システムの研究・開発を行なっている^[4]。国土交通省によるスマートフォンを用いた航行支援に関するガイドラインでは、システムが有すべき規格について定められている。しかし海上ではスマートフォンが利用できないエリアが存在しており、何らかの代替手段が必要となる^[5]。低速ながら長距離小電力の無線通信方式である LPWA(Low Power Wide Area)に着目し、AIS 受信機能を備えたモジュールの開発を進めている^[6]。

本報告では、開発したモジュールの実装方法と実証実験、普及に向けた課題について検討を行う。

2. 船舶航行支援システムの要求定義

AIS は船舶の動静情報を得る手段として 2002 年に IMO で規定された航行支援の無線規格である。AIS では大型船舶用(classA)と小型船舶用(classB)の 2 種類があり、送信出力と項目が異なる。最近は簡易受信機についても利用が可能となっている。

国土交通省ガイドラインは、小型船舶が高速走行することや GPS の誤差などを考慮して定められた。表 1 に通信要件の比較を示す。複数のアプリが確認されているがガイドラインに準拠しているか不明であり、サーバ構成・データフォーマットに互換性がなく^[7]、漁場特定などへの懸念から導入が進んでいない^[8]。

2022 年 6 月の航空法改正により、100g 以上のドローンは航空法の対象となり、機体登録が必要となった。新規登録

からリモート ID の登録が義務付けられている。リモート ID は 10~50g 前後の発信機であり、BLE5.0,WiFiAware,WiFiBeacon などの無線方式が採用されている。通信距離は見通し範囲で 500~1500m とされている。

表 1 AIS, スマートフォンの仕様比較

| 項目 | AIS(A) | ガイドライン | リモート ID | |
|------------|--------|-------------|----------|---|
| 通信方式 | VHF | LTE 等 | BLE/WiFi | |
| 静的情報 | ○ | △ | なし | |
| 動的情報 | ID | ○ | ○ | |
| | 位置 | ○ | ○ | |
| | 時間 | ○ | ○ | |
| | 速度 | ○ | 任意 | ○ |
| | 方向 | ○ | 任意 | ○ |
| 状態 | ○ | 任意 | ○ | |
| 危険判定 | 指定なし | 500m 以内 | なし | |
| 表示方法 | 指定なし | 1Km 以内の船舶 | 指定なし | |
| 通信頻度(静的情報) | 360(s) | 指定なし | 指定なし | |
| 通信頻度(動的情報) | 0-2(B) | 180 | 3(s) | |
| | 2-(B) | 30 | | |
| | (Knot) | (s) | | |
| | |) | | |
| 0~14 | 10 | 1 (s) | | |
| 14~23 | 6 | | | |
| 23~ | 2 | | | |
| (Knot) | (s) | | | |
| 圏外警告 | 不要 | 3 回分または 9 秒 | なし | |
| 緊急通報 | 短文のみ | 118 に通報 | なし | |

3. ハイブリッド型支援システムの必要性

船舶の航行支援のためには、LTE などの携帯電話が利用できない状況でも、周辺船舶の位置を取得し、位置の表示や相対距離による警告を発することが求められる。AIS は船舶航行支援に特化したものであり、本来すべての船舶に義務付けられるべきものであるが、実現は難しい。AIS を代替する通信規格候補には LPWA, BLE, WiFi などがあり、AIS を含めて複数の方式に対応できることが望ましい。

我々は AIS 受信機を組み込んだモジュールを開発している。モジュールは搭載した GNSS から時刻・位置情報を取得し、自船の位置を LPWA によって定期的に送信する。互換性のある LPWA 船舶に加え、簡易 AIS 受信機により周辺の LPWA 船舶の位置を取得できる。モジュールとスマートフォンは WiFi によって接続され、位置情報を地図上に表示する。LTE 通信が可能なエリアでは、クラウド経由で船舶

[†] 弓削商船高等専門学校

National Institute of Technology, Yuge college

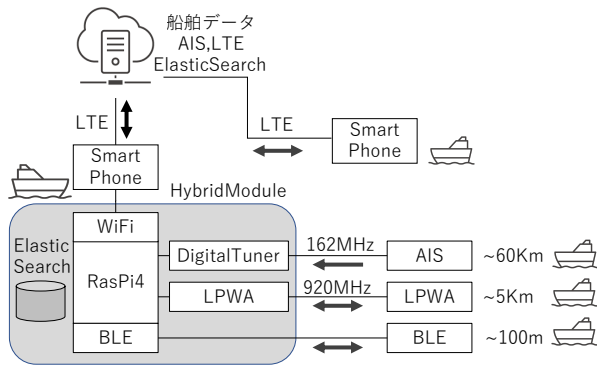


図 1 システム構成図

情報も取得できる。WiFi, BLE は RaspberryPi に搭載のものを利用する。

クラウドへの接続を前提としたスマートフォンによる航行支援ではサーバへの負荷集中が課題となる。負荷分散に強いログ解析ツールである ElasticSearch を用いて実装を行なった^[10]。モジュール化においてもクラウドと同様の実装を行うことで保守開発が容易となると考え、ElasticSearch を採用した。図 1 にシステム構成図を示す。

4. 実証実験

システムが正常に動作するかを確認するために、実証実験を実施した。事前の LPWA, AIS, LTE などの通信実験では、障害物がなければ十分な距離で通信できることが確認されている。今回開発したモジュールでは一台で AIS, LPWA, BLE, WiFi などの通信を行うため、CPU に対する負荷や電力消費などが問題となることが予想される。

4.1 実験環境

RaspberryPi4(メモリ 4GB, SD16GB)に Dragino lora Gateway を装着したモジュールを 3 台作成した。LPWA は 3 秒ごとに発信し、AIS、GNSS、LPWA を常時受信する設定とした。稼働中の受信の可否、システム負荷、使用メモリを計測した。ElasticSearch は docker により実装した。

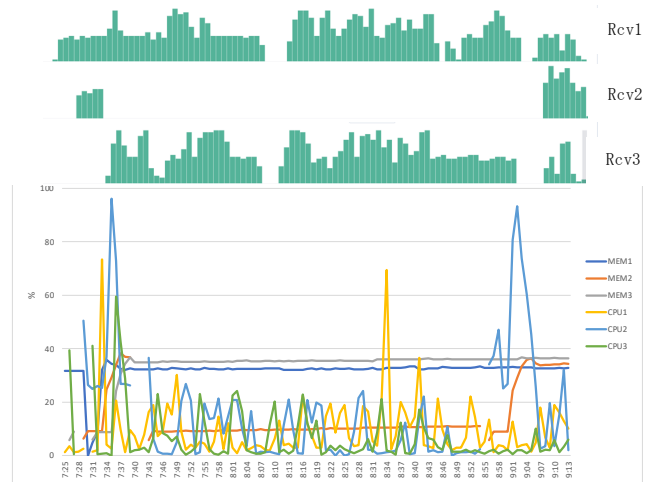
4.2 室内実験

GNSS が受信可能な屋外に端末を 3 台設置し、モバイルバッテリーを用いて相互に送受信を行なった。実験中の受信数、CPU、メモリの負荷を図 2 に示す。端末 2 (MEM2, CPU2)は ElasticSearch が停止したためメモリ利用率が低くなった。ElasticSearch は 30%程度のメモリ負荷があるとわかる。検証中に GNSS が取得できず、通信が取れていない部分がある。モバイルバッテリー(9700mAh)による動作検証では 6 時間の連続動作が確認された。

5. 考察

AIS、LPWA に対応した小型船舶航行支援用モジュールを開発し、動作検証を行なった。複数の送受信を常時実施することから大容量バッテリーを用いれば実用的な運用が可能であることが確認された。またメモリや CPU 負荷が比較的高く、応答性が悪くなることが確認された。データベースの実装方法の見直しや送受信方式の検討が必要である。また配置によって電波の受信状態が影響を受けるため、設置場所や外部アンテナの設置が必要となる可能性が高い。

本モジュールは AP モードで PC 等から接続できるため、外部での開発やデバッグに有用であった。今後はシステムの安定動作のための改良、ドローン用リモート ID の海上実験、BLE の相互接続についても実装を行うと共に、多数の端末による同時接続実験や他の LPWA との相互通信について検討する。

図 2 LPWA 送受信実験
受信パケット数、メモリ・CPU 負荷

謝辞

本研究の一部は、科学研究費補助金基盤研究(C)(No. 19K04862)の助成による。

参考文献

- [1] 海上保安庁, “令和 3 年における船舶事故・人身事故発生状況(速報値)”, <https://kaiho.mlit.go.jp/info/kouhou/r4/k220121/k220121.pdf> (2021)
- [2] 海上保安庁, “海の安全情報”, <https://www6.kaiho.mlit.go.jp/micsgis/sp/index.html> (2022 確認)
- [3] 国土交通省, “スマートフォンを活用した小型船舶の事故防止”, http://www.mlit.go.jp/maritime/maritime_tk6_000019.html (2017)
- [4] 長尾他, “スマートフォンで動作する AIS と連携した小型船舶向け事故防止システム”, 日本航海学会論文集 135 巻, pp.11-18(2017)
- [5] 肥田他, “海上における電波強度収集システムと安全航行への活用について”, 日本航海学会講演予稿集 5 巻 2 号(2017)
- [6] 長尾他, “LPWA を用いた船舶位置同定システムに関する考察”, 第 18 回情報科学技術フォーラム(2019)
- [7] 長尾, “小型船舶航行支援アプリの動向に関する調査”, 日本航海学会講演予稿集 Vol.9.No.2 p.75-78(2021)
- [8] 長尾他, “個人情報に配慮したスマートフォンを用いた小型船舶航行支援システム”, 情報処理学会第 80 回全国大会(2018)
- [9] 長尾他, “AIS ネットワーク構築のための小型受信機の開発と性能評価”, 日本航海学会講演予稿集 Vol7.No.1 p.73-76 (2019)
- [10] 長尾他, “小型船舶航行支援システム用データベースサーバの要求定義に関する考察”, 日本航海学会講演予稿集 Vol.8.No.1 p.67-70(2020)