水産業における情報技術の活用について-V. -マリンブロードバンドの活用-

和田 雅昭*・畑中 勝守**

Applying an Information Technology in Fishing Industry-V. -Applications of Marine Broadband Framework for Coastal Fishing-

Masaaki WADA and Katsumori HATANAKA

Abstract

The authors have been working on constructing the intelligent system for coastal fisheries aiming to improve their productivity and lead them toward a sustainable development. This paper reports on the application of real-time evaluation systems for aquatic resource management using IEEE802.11j based wireless LAN so called "Marine Broadband Framework" in the coastal regions. Recently the fishery researchers are often required the daily report of their evaluation of aquatic resources instead of monthly one because fishermen tend to consider the sustainable exploitation and management of their aquatic resources and prefer to have contemporary information of fishery harvests especially. Therefore we propose a digital journal system assembling daily fishery harvest in each fishing operation in real-time so that the contemporary information of aquatic resource evaluation can be provided and utilized. To achieve this, we constructed the Marine Broadband Framework that can be accessed from any region of the sea cucumber fishery operations with the transmission rate of 6 Mbps and more. Experiments for the application to the real-time resource evaluation of sea cucumber using present digital journal system is planned in 2010 employing four fishing vessels in the real fishing operations of sea cucumber.

Keywords : *Wireless LAN System, Coastal Fishing, Fishery Resource Evaluation, Digital Journal System*

キーワード: 無線 LAN システム, 沿岸漁業, 水産資源評価, デジタル操業日誌

1. はじめに

著者らは、沿岸漁業における生産性の向上と水産資源の持続的な利活用を目的として、情報技術を活用した水産業支援に取り組んでいる。前報⁽¹⁾では、小型漁船が操業を行う沿岸海域に IEEE802.11j 規格の無線 LAN システムを用いて構築した無線ネットワーク“マリンブロードバンド”について報告した。本報では、マリンブロードバンドを運用するにあたり課題とされていた通信品質の向上とサービスエリアの検証を目的として実施した評価実験の結果と、マリンブロードバンドを活用したリアルタイム水産

資源評価システムについて報告する。

北海道留萌管内の新星マリン漁業協同組合では、毎年 6 月 15 日から 8 月 31 日までの期間を留萌沿岸におけるナマコ桁曳き網漁の漁期としている。しかしながら 2009 年は 6 月の漁獲量は前年並みであったものの、7 月の漁獲量は前年の約半数と大幅に減少したことを受け、漁業者はナマコ資源保護のため 8 月 12 日で一斉に操業を切り上げる自主規制を実施した。このように、水産資源の持続的な利活用への取り組みは漁業者の間にも浸透しはじめており、同時に水産試験場や水産技術普及指導所には水産資

* 正会員 公立はこだて未来大学 (〒041-8655 函館市亀田中野町 116-2) wada@fun.ac.jp

** 正会員 東京農業大学 k3hatana@nodai.ac.jp

源評価の即時性が求められるようになってきた。すなわち、水産資源の持続的な利活用を実現するためには、従来の年単位、または、月単位の水産資源評価から日単位のリアルタイム水産資源評価へと転換する必要があるとの認識が高まってきている。

そこで、本研究で提案するマリンプロードバンドを活用したセンサネットワークシステムを構築することにより、小型漁船の位置情報や各種航海計器、操業計器の情報を自動収集することができ、さらに、操業日誌を電子化し漁獲情報を収集することによって水産資源のリアルタイム評価が可能となる。また、評価結果はマリンプロードバンドを用いて小型漁船に配信することでリアルタイムに活用することができる。このようにマリンプロードバンドは水産業の情報化を支える基盤技術の一つであると言える。

2. マリンプロードバンドの評価

2.1 無線 LAN システム

本研究では、マリンプロードバンドを構築する無線 LAN システムとして OWS2400 (Strix Systems inc.) を採用している。OWS2400 は総務省中国総合通信局が 2008 年に実施した瀬戸内地域におけるデジタルディバイドの解消を目的とした洋上通信⁽²⁾などに利用されており、国内では最も普及している IEEE802.11j 規格の無線 LAN システムの一つである。また、基地局には指向性を有したパッチ型平面アンテナ AT719 を、移動局には無指向性の準耐振動仕様のコリニア型アンテナ AT750 を用いている。

2.2 自動計測システム

2008 年から運用を開始している留萌沿岸に加え、2009 年は稚内沿岸にもマリンプロードバンドを構築し運用を開始した。それに合わせて、受信強度と実効スループットの計測を自動的に行う自動計測システムの再構築を行った。再構築はシステムの可用性の向上と計測データの一元化を目的としている。2008 年に構築した自動計測システムは基地局に PC Linux サーバを設置し、計測データを蓄積するデータベースは同じ PC Linux サーバに構築していた。しかしながら、不慮の停電により PC Linux サーバが停止し、自動計測が停止するトラブルが 2 度生じたことから、停電が復旧した際に自動起動するシステムに改良する必要があることが確認された。また、稚内に同様のシステムを構築した場合には計測データは 2 台の PC Linux サーバに蓄積されることとなり、将来的にマリンプロードバンドの運用海域を拡張した際に、計測データが分散していることにより

データの収集やバックアップなどの面でメンテナンス性が低下すると考えられる。そこで、インターネット上のホスティングサーバにデータベースを構築し、基地局には PC Linux サーバに代わり、新たに組込み Linux サーバを設置し、計測した受信強度と実効スループットを電子メール形式でホスティングサーバに送信するシステム構成とすることによって、可用性の向上と計測データの一元化を実現した。なお、著者らはユビキタスブイシステム⁽³⁾に同様のシステム構成を採用しており、信頼性の高いシステム構成であることを確認している。

2.3 通信品質の評価

2008 年は留萌沿岸において 1 隻のナマコ桁曳き網漁船第 27 徳漁丸を移動局として、OWS2400 と 1 本のコリニア型アンテナを設置し、受信強度と実効スループットの計測を行った。その結果、海面反射波によるフェージングにより受信強度にハイトパターンが生じることを確認した。また、受信強度の実測値はハイトパターンの理論値⁽⁴⁾で説明できることを示した。2009 年は第 27 徳漁丸に加え、弘福丸、隆徳丸の 3 隻のナマコ桁曳き網漁船を移動局として、受信強度と実効スループットの計測を行った。なお、基地局は留萌市海のふるさと館に設置している。

第 27 徳漁丸は 2008 年からの計測データが蓄積されていることから、アンテナ位置やアンテナ数を変更することなく同条件での計測を継続した。一方、空間ダイバシティが通信品質に及ぼす効果を検証するため、弘福丸には 1.1m の高低差を設けてコリニア型アンテナを 2 本設置した。さらに、ハイトパターンが第 27 徳漁丸に固有の現象ではないことを確認するため、隆徳丸には 1 本のコリニア型アンテナを設置した。

Table 1 に受信強度の計測データ数を、Table 2 に基地局、および、移動局の海面からのアンテナ高さを示す。また、Fig. 1 に受信強度である Receive Signal Strength Indicator (RSSI) の実測値と理論値のグラフを示す。横軸は基地局からの距離を表している。なお、実測値は 50m 毎の平均値で代表しており、理論値は 10m 毎に算出している。第 27 徳漁丸、隆徳丸の計測結果には 1,800m 付近、および、3,600m 付近に明確なハイトパターンが見られる。一方、弘福丸の計測結果には顕著なハイトパターンを確認することができない。これによりハイトパターンは第 27 徳漁丸に固有の現象ではないこと、ならびに、移動局において空間ダイバシティを構築することにより安定した通信品質が得られることを確認した。

Table 1 Measurement list of RSSI

Vessel	Start	End	Records
Tokuryo-maru	09/6/29	09/8/18	4,063
Kofuku-maru	09/6/27	09/9/25	1,924
Ryutoku-maru	09/6/28	09/8/18	3,829

Table 2 Antenna height of each station

Station	Antenna height	Diversity
Tokuryo-maru (M)	4.50 m	No
Kofuku-maru (M)	2.95 m/4.05 m	Yes
Ryutoku-maru (M)	4.38 m	No
Furusato-kan (B)	25.00 m	No

(B):Base station / (M):Mobile station

Fig. 1 (a) RSSI of Tokuryo-maru

Fig. 1 (b) RSSI of Kofuku-maru

Fig. 1 (c) RSSI of Ryutoku-maru

Table 3 Measurement list of throughput

Vessel	Start	End	Records
Tokuryo-maru	08/7/18	09/8/18	9,589
Kofuku-maru	09/6/27	09/9/23	928
Ryutoku-maru	09/8/05	09/8/18	686

Fig. 2 (a) Throughput of Tokuryo-maru

Fig. 2 (b) Throughput of Kofuku-maru

Fig. 2 (c) Throughput of Ryutoku-maru

Table 3 に実効スループットの計測データ数を示す。また、Fig. 2 に実効スループットのコンタ図を示す。ここで、座標は平面直角座標系における 12 系を用いており、波線は基地局を中心とした半径 1km 毎の同心円である。実効スループットは FTP を用いて計測しており、基地局の組込み Linux サーバから移動局の組込み Linux サーバに対して GET コマンドを発行している。また、転送ファイルのサイズは 10MByte である。Fig. 2 からは受信強度のハイパターンに連動して実効スループットも変化していることが確認でき、弘福丸の実効スループットは第 27 徳漁丸、隆徳丸の実効スループットに比べて安定していることがわかる。この結果より、移動局において空間ダイバシティを構成することによって留萌沿岸のナマコ桁曳き網漁場のほぼ全域において 6Mbps から 12Mbps の実効スループットが得られることを確認した。

2.4 サービスエリアの評価

サービスエリアの評価は 2009 年 10 月 1 日に稚内沿岸において実施した。基地局は北海道立稚内水産試験場の屋上に、移動局は同試験場の試験調査船北洋丸に設置している。実験は稚内沿岸に南北方向に 1km 間隔で 6 本の測線を設定し、通信が途切れたのちも十分な時間航行を続けることで通信距離を確認した。Fig. 3 に実験の結果を示す。受信強度のレコード数は 104、実効スループットのレコード数は 51 であった。受信強度が計測された通信距離の最大値は 15.6km であり、このときの受信強度は -91dBm であった。OWS2400 の受信強度の閾値は -95dBm であることから、通信距離の最大値は約 15km であることがわかった。なお、15km 付近では実効スループットは 1Mbps 未満にまで低下しており、マリンブロードバンドは広帯域の無線ネットワークと定義していることから、基地局から約 12km の範囲が実用的なサービスエリアであると考えられる。

Fig. 3 Throughput and RSSI of Hokuyo-maru

3. リアルタイム水産資源評価システム

3.1 ナマコ資源評価の概要

著者らの開発したデータロガー“マイクロキューブ”を 2004 年より第 27 徳漁丸に搭載し、GPS の日時情報、位置情報、ならびに、魚群探知機の深度情報の蓄積を行っている⁽⁵⁾。そして、2009 年までに留萌管内の礼受、瀬越、三泊、鬼鹿の 4 地区のナマコ桁曳き網漁船 22 隻のうち 9 隻にマイクロキューブを設置した。ナマコ桁曳き網漁は操船に特徴があることから、航跡から比較的容易に桁の曳航区間を抽出することができ、北海道立稚内水産試験場では蓄積したマイクロキューブのデータと漁業者の記録した操業日誌を照らし合わせることで、留萌沿岸のナマコ資源評価を実施している⁽⁶⁾。その結果、これまで数値化されていなかった漁場の利用効率やナマコ資源の分布密度などが明らかとなった。しかしながら、資源評価のためにはマイクロキューブに蓄積されたデータを回収する必要があることから、資源評価の更新は月 1 回にとどまっていた。そこで、マリンブロードバンドを活用してマイクロキューブに蓄積されたデータをリアルタイムで取得し、タッチパネル PC を用いたデジタル操業日誌を導入することによって、日単位の資源評価が可能になると考えられる。著者らは 2010 年のナマコ桁曳き網漁の漁期からナマコを対象としたリアルタイム水産資源評価を実施することを目標としており、2009 年はシステムの開発と評価を行った。

3.2 データロガーの開発

マイクロキューブに蓄積されたデータをマリンブロードバンドを用いてオンラインで回収するためには、また、デジタル操業日誌において GPS の日時情報、位置情報を利用するためには、マイクロキューブにネットワークインタフェースを追加する必要がある。そこで、ネットワークインタフェースを有した新型マイクロキューブの設計、開発を行った。マイクロキューブは小型漁船に搭載することを前提としていることから、起動/停止のためのスタートアップ/シャットダウンの操作が不要であることが要件として挙げられる。一方、TCP/IP の実装をソフトウェアプロトコルスタックで実現する場合には、一般に OS を搭載する必要があり、スタートアップ/シャットダウンの操作が必要となる。そこで、近年利用が拡がりつつあるハードウェアプロトコルスタックを用いて TCP/IP を実装した。これによって、従来のマイクロキューブと同様に電源の ON/OFF のみで起動/停止の動作を実現した。

Table 4 Specifications of W5100

Package	80 pin LQFP
Support protocols	TCP, UDP, ICMP, ARP
Ethernet PHY	10BaseT/100BaseTX
Number of sockets	4 independent sockets
Internal buffer size	16 Kbyte
IEEE standards	IEEE802.3/IEEE802.3u

Fig. 4 Data logger with network interface

Table 4 に採用したハードウェアプロトコルスタック W5100 (WIZnet Co., Inc.) の仕様を示す。また、Fig. 4 は開発した新型マイクロキューブである。従来のコンパクトフラッシュに GPS の日時情報、位置情報、および、魚群探知機の深度情報を記録するファイルシステム機能に加え、Web サーバ機能を追加した。これにより、通常のブラウザを用いて新型マイクロキューブにアクセスすることによってコンパクトフラッシュに記録したデータのダウンロードやリアルタイムでの日時情報、位置情報、深度情報の取得が可能となっている。加えて、基地局に設置した組込み Linux サーバから新型マイクロキューブに `wget` コマンドを発行することによって大容量のファイルを取得することができ、新型マイクロキューブ 1 台で、実効スループットの計測にも対応している。前述の稚内沿岸でのサービスエリアの評価実験は新型マイクロキューブを用いて実施しており、著者らは現地を訪問することなく実験を行い、当日中にデータの解析を行うことができた。

3.3 デジタル操業日誌の開発

新型マイクロキューブを用いることによりリアルタイムでの日時情報、位置情報の取得が可能となった。そこで、従来は紙ベースであった操業日誌を電子化することにより水産資源のリアルタイム評価を実施するとともに、僚船間での情報交換を図り、漁場利用の効率化や漁獲効率の向上に役立てる。Fig. 5

にリアルタイム水産資源評価システムの構成図を示す。デジタル操業日誌の入出力インタフェースには防水型のタッチパネル PC を用いている。基地局と移動局との区間は IEEE802.11j を用いたマリンブロードバンドによりバックボーンが形成されており、移動局には IEEE802.11g のアクセスポイントとしての機能を持たせることによって、小型漁船上では汎用的な WiFi 端末から基地局をゲートウェイとしてインターネットに接続することが可能となる。インターネット上には WebDB サーバを構築しており、防水タッチパネル PC からはブラウザを用いてデジタル操業日誌を操作することが可能である。また、新型マイクロキューブにアクセスすることによって日時情報、位置情報を付加することができる。なお、データが蓄積されている WebDB サーバには水産試験場からもアクセスすることが可能である。

Fig. 6 はナマコ桁曳き網漁での利用を目的として開発したデジタル操業日誌の 1 画面である。漁獲データの入力以外にも僚船を含めた漁獲データや操業データの閲覧機能を備えている。なお、本システムは 2009 年 8 月 18 日に隆徳丸において漁業者による洋上評価を実施しており、システムの検証と入出力インタフェースのデザインの評価を行っている。

Fig. 5 System diagram of real-time evaluate system

Fig. 6 Capture screen of digital journal system

4. おわりに

本報ではマリンプロードバンドを活用したリアルタイム水産資源評価システムについて報告した。また、マリンプロードバンドは移動局において空間ダイバシティを構成することによって、基地局から半径約 12km の範囲内で安定した通信品質が得られることを確認した。

稚内におけるサービスエリアの評価実験はリアルタイム評価の 1 つの事例である。サービスエリアの評価では日時情報、位置情報に続く 3 番目の情報として受信強度、または、実効スループットを用いることでサービスエリアの評価を行った。同様に、3 番目の情報として漁獲情報を用いることによって水産資源のリアルタイム評価が可能となる。Fig. 7 は 2008 年の留萌沿岸のナマコ桁曳き網漁場の利用効率を示したものである。リアルタイム評価により漁場利用図が毎日更新されれば、漁場利用の均一化を容易に図ることができる。

留萌沿岸では第 27 徳漁丸、弘福丸、隆徳丸の 3 隻を移動局として、同様に、稚内沿岸では第 21 大進丸を移動局として 2010 年のナマコ桁曳き網漁期からナマコのリアルタイム水産資源評価を実施する計画である。ナマコ桁曳き網漁は海岸線から数 km の範囲が漁場であることから漁場全域がマリンプロードバンドのサービスエリア内であり、また、桁の曳航中にデジタル操業日誌を操作するための時間的な余裕があるという点で、リアルタイム水産資源評価システムの導入に適している。

Fig. 7 Example of sea cucumber harvest map

現在、送信出力の増強と洋上でのマルチホップ通信を目的とした実験試験局の新設申請を進めており、予備免許の取得を終えている。今後は免許状が交付され次第、送信出力の増強と洋上でのマルチホップ通信によるメッシュネットワーク⁽⁷⁾が通信品質とサービスエリアに及ぼす効果について評価、検証を行う計画である。

謝辞

実験にご協力をいただきました新星マリノ漁業協同組合、留萌市役所の皆様に厚く御礼申し上げます。本研究は、総務省：戦略的情報通信研究開発推進制度地域 ICT 振興型研究開発 (SCOPE)「マリンプロードバンドを活用した ICT 漁業の実現とリアルタイム水産資源評価に関する研究開発」、および、公立はこだて未来大学：特別研究費「マリノ IT」により実施しています。ここに記して感謝の意を表します。

参考文献

- (1) 和田雅昭・畑中勝守：水産業における情報技術の活用について-IV. マリンプロードバンドの構築と評価一，日本航海学会論文集，No.120，pp.65-71，2009.3
- (2) 総務省中国総合通信局：島嶼地域における高出力無線 LAN 等の利活用技術に関する調査検討報告書，
<http://www.soumu.go.jp/soutsu/chugoku/kenkyuu/kenkyuu18.html>，2009.2
- (3) Masaaki Wada, Katsumori Hatanaka and Masashi Toda: Developing a Water Temperature Observation Network based on a Ubiquitous Buoy System to Support Aquacultures, Journal of Communications, Vol.3, No.5, pp.2-11, 2008.11
- (4) 高田潤一：電波伝搬の基礎理論，MWE 2005 Workshop Digest, 8 pages in CD-ROM, 2005.11
- (5) 和田雅昭・畑中勝守：小型漁船を活用した沿岸の海底地形図の作成と海底地形の表示について，光電技法，No.24，pp.15-20，2008.10
- (6) 佐野稔・前田圭司・高柳志朗・和田雅昭・畑中勝守・本前伸一・菊池肇：なまこけた網漁船の位置情報から推定したマナモコの資源量，日本水産学会秋季大会講演要旨集，pp.101，2009.9
- (7) 阪田史郎・山田曉・飯塚宏之・伊藤哲也：無線 LAN ネットワークの技術動向，電子情報通信学会誌，Vol.92，No.10，2009.10

質疑応答

新井康夫（海技大学校）：

目標値の 20km に対して実測値が 14km であり、送信出力の増強などで対応したいとのことですが、送信範囲を分割する（指向性のアンテナを複数用いる）ことでゲインを上げることが効果的であると考えます。

和田雅昭：

例えば、移動局にパッチ型平面アンテナを用いた場合には指向角を考慮すると 4 枚のアンテナが必要になります。さらに、空間ダイバシティを構築するためには追加で 4 枚、合計 8 枚のアンテナが必要となり、無線モジュールも追加しなければならないことから技術的には可能ですが、現実的ではありません。一方、OWS2400 はソフトウェアで送信出力を調整する機能を有しており、現在のハードウェア構成のまま通信距離の拡張が図れます。なお、送信出力を現在の 125mW から 250mW に変更することで 20km の通信が可能になると試算しています。

丹羽康之（海上技術安全研究所）：

空間ダイバシティが通信品質に及ぼす効果を教えて下さい。また、基地局のパッチ型平面アンテナの E 面半値角を教えてください。

和田雅昭：

第 27 徳漁丸の受信強度のグラフはハイトパターンに合わせて変動しています。一方、空間ダイバシティを構成した弘福丸の受信強度のグラフには変動がみられないことから、空間ダイバシティが有効に機能していると言えます。なお、E 面半値角は基地局のパッチ型平面アンテナ、移動局のコリニア型アンテナともに 40° です。

庄司るり（東京海洋大学）：

雨天候など気象・海象の影響があるときの実験結果はいかがでしたでしょうか。

和田雅昭：

留萌沿岸における通信品質の評価はナマコ桁曳き網漁の漁期に取得したデータを用いて行っています。ナマコ桁曳き網漁は海況の比較的安定している夏季に行われていること、桁を曳航するという漁法から強風などの荒天時には出漁を見合わせていることから、今回の解析データには荒天時のデータは含まれておりません。