

機関番号：14501

研究種目：基盤研究（C）

研究期間：2008～2010

課題番号：20500065

研究課題名（和文） モバイルアドホック網による洋上情報配信システム

研究課題名（英文） Maritime information delivery systems based on mobile ad hoc networks

研究代表者

高木 由美（TAKAKI YUMI）

神戸大学・大学院システム情報学研究科・助手

研究者番号：70314507

研究成果の概要（和文）：まず、海上実験において、基本的なデータ配信が可能であることを実証した。それから、沿岸の陸上局から船舶（漁船）に情報の一斉配信を確実に早くおこなうことができるように、情報の転送（フラッディング）における新方式を検討した。また、海上での伝送速度は1,200bpsと非常に遅いため、スループット向上を目指した送信電力制御の新方式も検討した。そして、これらの新方式が既存方式よりも優位であることを、シミュレーションによって確認した。

研究成果の概要（英文）：First of all, the feasibility of data transmission over multi-hop wireless communications in 27/40MHz wireless bands was verified in the at-sea experiment. In this environment, transmission speed is extremely low, that is, 1,200 bps. Then we developed a new broadcast scheme called DISCOUNT-SJ (distance and counter-based scheme with short jitter) in order to surely and quickly disseminate messages from land-station to vessels (esp. fishing boats) in such a narrow band environment. We also developed a transmission power control called EqPC (equalized power control) scheme to enhance throughput of unicast communications. Our simulation results show that are superior to the existing ones.

交付決定額

（金額単位：円）

	直接経費	間接経費	合計
2008年度	1,400,000	420,000	1,820,000
2009年度	1,000,000	300,000	1,300,000
2010年度	1,100,000	330,000	1,430,000
総計	3,500,000	1,050,000	4,550,000

研究分野：総合領域

科研費の分科・細目：情報学・計算機システム・ネットワーク

キーワード：無線アドホックネットワーク、フラッディング、送信電力制御

## 1. 研究開始当初の背景

総務省が実施する「周波数ひっ迫対策のための技術試験事務の伝送効率及び収容効率の向上を可能とする技術」の平成19年度実施課題において、周波数有効利用のための海上無線アドホックネットワーク技術の調査検討が取り上げられた。われわれはこの課題に、無線アドホック網のための経路制御プロトコルに関する専門家として協力した。この

課題は、現状の技術にもとづき仕様を決めていくというもので、新たな研究開発をターゲットとしたものではない。しかし、海上無線アドホック網を実用レベルまで引き上げるには、新たな開発が必要であると考え、本研究課題を申請するに至った。

われわれは、徳島県海部郡鞆浦漁港、徳島県（庁）農林水産部、徳島県漁業用牟岐無線局にて、27MHz/40MHz帯1W無線通信の従来の

使われ方や新たなニーズについて聞き取り調査をおこなっていた。このことより、海難事故発生の際船舶から僚船ならびに陸上局に迅速に通報することや、陸上局から船舶に魚価情報、気象情報、安全情報、地震情報などをできるだけ多くの船舶に同報することができないか、という強い要望を得た。海上無線アドホック網は、船舶を多段中継することで、可能な限り遠方の船舶との通信を提供しようとするものである。つまり、上記のニーズを満足する可能性を有しているため、実用化を目指すことにした。

## 2. 研究の目的

(1) 27MHz/40MHz 帯 1W 無線通信をもちいた船舶および陸上局を無線アドホック網にて接続する海上無線アドホック網は、船舶を多段中継することで、可能な限り遠方の船舶との通信が可能となる。このため、海難事故の早期発見につながる可能性が高まるとともに、他のさまざまなニーズを満足する可能性も有する。そこで、海上無線アドホック網でのフラッディング技術の実用化を目指す。

(2) 27MHz/40MHz 海上無線は、半径 40~50km と広範囲の船舶との通信が可能である。一方、同一無線チャンネルでの同時通信は混信を招くため、ある 1 隻が通信していたら他の通信は制限される。しかし、漁船は船団内の僚船との通信が多いため、最大送信電力で通信する必要はない。送信電力を小さくして通信範囲を狭くすれば、遠方の船舶に電波干渉が及ばず（空間有効利用が可能）、遠方の船舶間で互いに同時通信を実現できることが期待できる。そこで、海上における伝送速度は 1,200bps と非常に遅いため、この空間有効利用を狙い、送信電力制御にて海上無線アドホック網のスループット特性を改善することを目指す。

## 3. 研究の方法

### (1) 実証実験

串本沖で、漁船および遊漁船による実験をおこなう。

- ① 海上無線アドホック網の構築に適している周波数を調べるために、27MHz と 40MHz における電波伝搬の比較実験。船舶数は 2 隻。比較内容は、アンテナの指向性、空間ノイズ/混信、島陰への通達。
- ② 経路プロトコルに AODV を用いた海上無線アドホック網でのマルチホップ実験。船舶数は 6 隻。これにより、多段中継の可能性を確認する。
- ③ 海上無線アドホック網での送信電

力制御実験。船舶数は 4 隻。これにより、空間有効利用の有効性を確認する。

### (2) シミュレーション実験

商用シミュレータ QualNet を用いて、シミュレーション実験をおこなう。

#### ① フラッディング

提案手法と既存手法 (DISCOUNT (-RS)) において、配信率に対する転送率特性と配信時間特性を比較する。

#### ② 送信電力制御

提案手法と既存手法 (最大電力通信 (Max)、固定電力通信 (Fixed)、キャリアセンス閾値制御付き送信電力制御 (CSC)、マージン固定型送信電力制御 (Basic)) において、スループットを比較する。

## 4. 研究成果

### (1) 実証実験

① 海上無線アドホック網の構築に適している周波数を調べるため、まずは、通信可能半径を調べた。ここでの通信可能半径とは、ある特定の基準を満足する距離を半径と定義した上での電波到達範囲である。自由空間では、出力が 6dB 高いと距離にして倍の半径となる理論式がある。しかし、実海域では、10dB 高いと半径距離は倍になることがわかった。アンテナは、27MHz では  $\pm 5$ dB、40MHz では  $\pm 1$ dB の周囲の影響を受けた。これより、40MHz のアンテナの指向性がほとんどないことを確認できた。

空間ノイズ/混信は、27MHz では通信中に突発的な雑音や混信があったが、40MHz ではそのようなことは少なく、終始安定な通信ができた。島陰への通達は、40MHz の方が早く通信不能となった。つまり、27MHz に比べて電波の回折が少なく直進性が高いことを確認できた。

これらの実験より、40MHz が海上無線アドホック網を構築するのに適している周波数であるという結果になった。

② 経路プロトコルに AODV を用いた海上無線アドホック網で、図 1 に示す 0 号艇から 5 号艇までの 5 中継におけるデータ転送をおこなった。実験より、経路を担うリンクすべてが双方向リンクであれば、多段中継も可能であることが確認できた。これより、遠くまでのフラッディングも可

能であると考えられる。  
また、①②の実験から、船内環境だけでなく外来ノイズの影響もあ  
ることがわかった。



図1 マルチホップ実験

- ③ 海上無線アドホック網での送信電力制御の実験にあたり、通信する2隻(2ペア)を山による遮蔽型(図2、3)と距離減衰型(図4、5)に配置した。通信する2隻は、互いに近距離に配置したために、図では船舶のアイコンが重なっている。また、ペア間の距離は約8.8km離れている。



図2 送信電力制御なし(山遮蔽型)



図3 送信電力制御あり(山遮蔽型)

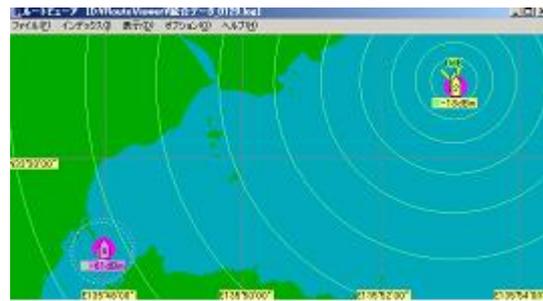


図4 送信電力制御なし(距離減衰型)

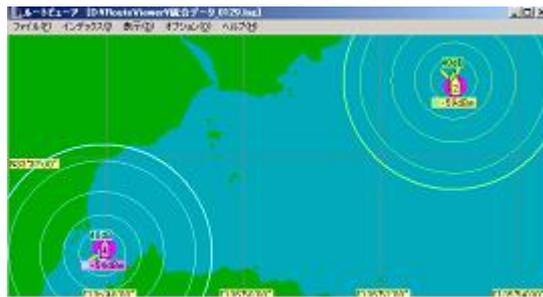


図5 送信電力制御あり(距離減衰型)

図3、5より、送信電力制御が適切におこなわれ、2ペアとも通信が可能であることがわかる。つまり、空間有効利用が確認できた。

(2) シミュレーション実験

① フラッディング

漁船の操業は千差万別であり、決まった形はない。そこで、聞き取り調査から、図6のような船舶配置図を考えた。船舶数は全体で1500隻とし、そのうち1200隻を陸から20km以内にランダム配置し、残りの300隻を陸から20kmより沖に平均80kmの指数分布で配置した。そして、エリアを、情報を発信する陸上局から半径200km以内のゾーンと、半径200kmより外側の遠洋ゾーンにわけた。

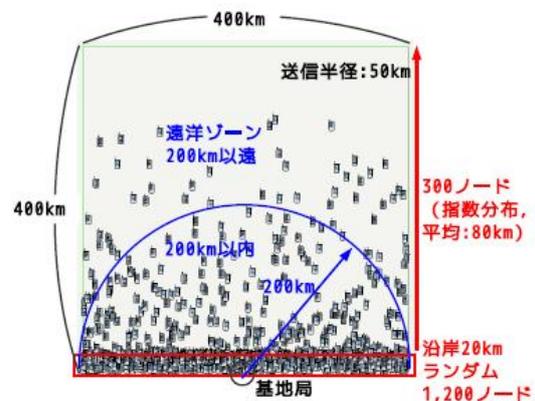


図6 フラッディング用船舶配置図

このシミュレーションでは、陸上局から遠方の船舶まで、確実に早く情報が送信できることを目指している。そのため、提案方式の DISCOUNT-SJ (DISCOUNT with Small Jitter) は、情報転送船舶から遠い船舶ほど早く再転送するよう、距離情報にもとづいて転送待ち時間範囲を制御する方式である。この方式は、冗長な再転送をより効果的に抑制し、かつ遠方までより早く情報を転送することが期待できる。そこで、提案方式と既存方式 (DISCOUNT(-RS))、そして、特別な処理を施していない単純なフラッディング (BASIC) において、情報を送る間隔に対する配信率特性 (図 7) および配信時間特性 (図 8) を比較した。

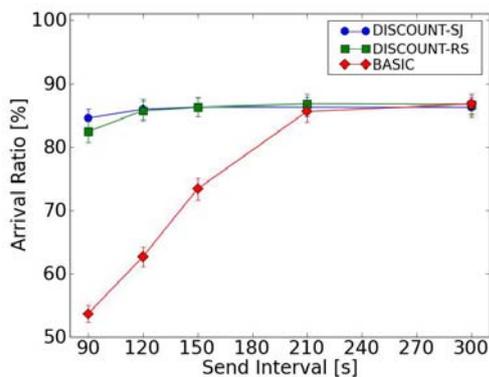


図 7 情報送信間隔に対する配信率特性

図 7 より、送信間隔が短いとき、提案方式の優位性が大きいことがわかる。これは、冗長な再転送が効果的に抑えられていることを示す。

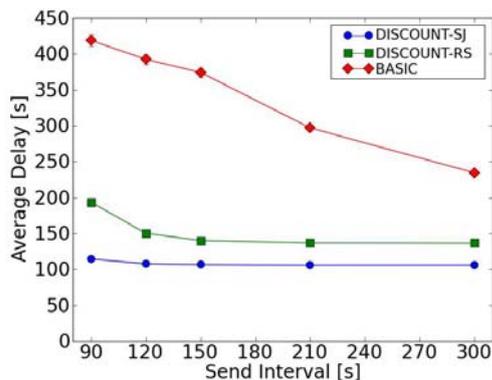


図 8 情報送信間隔に対する配信時間特性

図 8 より、送信間隔に関わらず、提案方式の優位性がわかる。ただ、沿配信時間に約 100 秒かかっている

のは、情報を再転送する際の遅延時間が、0~60 秒の範囲から一様分布で選択されているからである。このシミュレーション実験より、海上無線アドホック網においてもフラッディングの実用化が期待できる。

## ② 送信電力制御

送信電力制御は、船舶が密集しているところで多段中継する無線ネットワークのスループットを向上させる可能性がある。しかし、送信電力制御をすることで固定送信電力環境よりも隠れ端末問題が悪化するため、さまざまな解決法が試みられてきた。それらの既存方式は、ハードウェアの高コスト化、IEEE 802.11 への変更の多さ、キャリアセンス (CS) 閾値を制御することによる送信機会の偏り、などの問題を持つ。一方、提案する送信電力制御 EqPC (Equalized Power Control)、EqPCNum (EqPC Numerical) は、受信信号対雑音及び干渉比 (SINR) が送受信船舶間の距離によらず均等になるように送信電力を制御する方式である。よって、既存方式のような問題を持たない。そこで、提案方式 EqPC と EqPCNum、および既存方式のスループットをシミュレーションにより比較した。

船舶は、直径 500m の円内に送信船舶と受信船舶のペア (リンク) をランダムに 30 組配置した (図 9)。送信船舶と受信船舶の距離は平均 50m である。

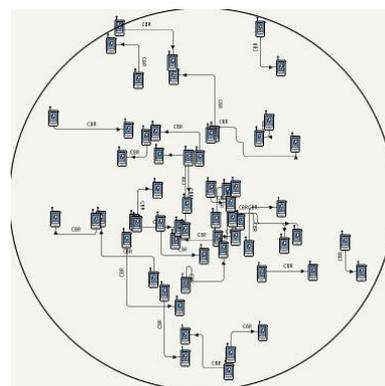


図 9 船舶配置図

シミュレーション結果を、図 10 に示す。これより、提案方式 EqPC と EqPCNum のスループットは、Basic と比べてそれぞれ約 46% と約 37%

向上した。CSC と比較すると、それぞれ約 22%と約 14%向上した。

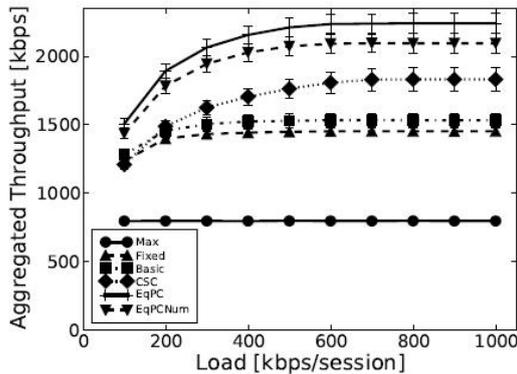


図 10 負荷に対するスループット特性

また、図 11 より、提案方式はリンク距離によって大きくスループットが低下しにくいのでことがわかる。このことより、多段中継通信において、ボトルネックとなるリンクを作りにくいことが期待できる。

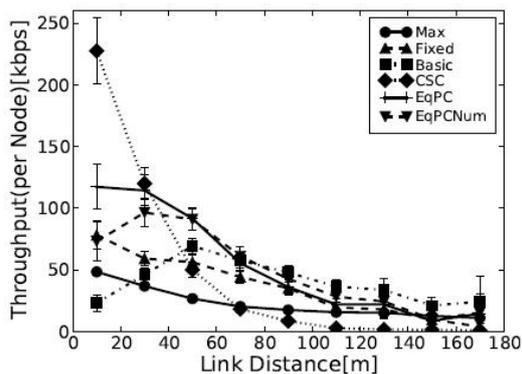


図 11 リンク距離に対するスループット

このシミュレーション実験より、海上無線アドホック網における多段中継でも、スループット特性が改善できることを期待できる。

## 5. 主な発表論文等

(研究代表者、研究分担者及び連携研究者には下線)

[雑誌論文] (計 1 件)

- ① 高木由美、太田能、玉置久、MANETにおける距離情報にもとづくRAD制御を用いたブロードキャスト方式の提案と評価、電子情報通信学会論文誌、査読有、Vol. J94-B、No. 06、2011、掲載決定

[学会発表] (計 7 件)

- ① 村上浩章、海上アドホックネットワークにおける RAD 制御を用いたフラッディン

グ方式の提案と評価、電子情報通信学会 AN 研究会、2011 年 5 月 20 日、東京都 (機械振興会館)

- ② 渡邊俊介、マルチホップ無線ネットワークにおける受信 SINR の均等化を目指した送信電力制御、電子情報通信学会 NS 研究会、2010 年 12 月 17 日、岡山市 (岡山大学)

- ③ Yiyuan Diao、A Total Dominant Pruning-based Scheme with Passive ACK and Active NACK for Reliable Broadcasting in MANETs、電子情報通信学会 NS 研究会、2010 年 12 月 17 日、岡山市 (岡山大学)

- ④ 太田能、Development of 27MHz/40MHz Bands Maritime Wireless Ad-hoc Networks、ICUFN、2010年6月17日、濟州島

- ⑤ Nguyen Tu Nhy Pham、Proposal on Rate Control Algorithm to Mitigate Gray Zone Effect in Wireless Ad-hoc Networks、電子情報通信学会総合大会、2010年3月16日、仙台市 (東北大学)

- ⑥ 岡田和也、狭帯域海上アドホック通信のための分散型送信電力制御の提案と評価、電子情報通信学会IN/NS合同研究会、2009年3月4日、沖縄県中頭郡 (残波ロイヤルホテル)

- ⑦ 岡田和也、狭帯域デジタル無線を用いた海上アドホックネットワーク用ルーティングプロトコルの評価、電子情報通信学会通信ソサイエティ大会、2008年9月17日、川崎市 (明治大学)

## 6. 研究組織

### (1) 研究代表者

高木 由美 (TAKAKI YUMI)

神戸大学・大学院システム情報学研究科・助手

研究者番号：70314507

### (2) 研究分担者

太田 能 (OHTA CHIKARA)

神戸大学・大学院システム情報学研究科・准教授

研究者番号：10272254