

AIS シミュレータ

正員 畑 耕治郎*
非会員 丹羽 量久***

正員 長谷川 和彦**

AIS simulator

by Kojiro Hata, Member
Kazuhisa Niwa

Kazuhiko Hasegawa, Member

Summary

AIS(Automatic Identification System) is a communication system that enables a ship to get information about other ships and navigation status, such as their position, course, speed, name etc. automatically by VHF radio. The system is expected to contribute to the improvement of marine traffic control and safety. In some congested waterways overloaded/conflict transmission of AIS is a potential problem from the planning stage. In this study, a simulation system has been developed for predicting AIS communication in real or simulated marine traffic flow considering the movement of each ship. This system can even evaluate the conflict state and the garble state of duplicate messages on the same slot in the actual navigation environment as real as possible.

1. 緒 言

海上交通において輻輳海域の安全確保は非常に重要な課題である。近年、IT を活用した船舶の運航支援や安全管理の合理化・効率化を図るための研究開発や実用化が進められている。その取り組みの1つである AIS (Automatic Identification System) は、船舶—船舶間、または船舶—陸上間において、各船舶の位置や航行に関する情報を自動的に送受信するシステムである。現行のマリンレーダや ARPA (衝突予防援助装置) などでは得られなかった他の船舶の航行状況が把握できるなど衝突予防や安全航行への貢献が期待されている。

しかしながら AIS は、VHF 帯を用いた通信システムであることから数多い日本の輻輳海域では、かねてより通信の逼迫感が懸念されているが未だ AIS の通信容量に関しては明確には示されていない。このような問題に対して、鈴木らは簡易的な海上交通流モデルによる AIS の通信容量の評価を行っている¹⁾。しかし、AIS の通信容量は船舶どうしの位置関係や船舶の速度、変針の状況などに大きく影響されることから、簡易的な運動モデルによる交通流に基づいた通信容量評価では正しい評価を行うことは困難である。

一方、長谷川らは、統計に基づいて現実的な海上交通流を作ることができるシミュレーションシステム(以後、輻輳海域シミュレータ (Marine Traffic Simulator)²⁾)を開発し、改良を重ねてきている。この輻輳海域交通流シミュレータを用いて AIS の通信容量の評価を行っているが簡易的な AIS 通信モデルによるものである。著者らは、この簡易的なモデルで行われてきた評価方法を改善し、実際の AIS 機器の規格に準じた AIS 通信モデルを用い、かつ、実状に近い航行環境で AIS 通信を模擬できる AIS シミュレータを開発した。この AIS シミュレータを用いれば、より現実的に AIS の通信容量を評価することができる³⁾。さらに AIS シミュレータは、船舶の運動モデルや AIS 通信に関する設定を自由に変更することができるので AIS を活用した新たなサービスなどにも柔軟に対応することが可能となる⁴⁾。

本論文では、開発した AIS シミュレータの特徴と有効性について説明する。

2. AIS 通信の特徴

社会基盤としての情報ネットワークが確立するなか、ユビキタス社会の到来により無線ネットワークがさまざまな場面で利用されているが、無線であるがゆえに十分な通信性能を確保するための課題は多く⁵⁾、AIS も例外ではない。

AIS は、1分間を 2,250 個のタイムスロットに分割し、その 1 スロットを使って ITU 勧告 ITU-R M. 1371-12⁶⁾に定められたメッセージを送信する。現在は、2つの周波数帯を使って通信を行うので 1分間に 4,500 個のスロットをメッセージの送受信に使用することができる。スロットの管理は、多

* 大手前大学

** 大阪大学大学院

*** 長崎大学

元接続方式を採用しており、周辺の船舶から送られるメッセージに影響を受けながら、4,500個のスロットをそれぞれの船舶が自己管理する。スロット管理の主な目的は、他船から送られてくるメッセージを欠かさず受信するために、自船のメッセージ送信が他船のメッセージ送信のタイミングと重ならないようにすることである。

航行中、最も多く使われる通信方式である SOTDMA では、自船の位置情報と次に送信に用いるスロットの予約情報を同時に送信する。このメッセージを受信した船舶は、送信元の船舶が次にどのスロットを使って送信を予定しているのかを知ることができるため、その予約されたスロットを避けて送信することができる。このように SOTDMA では、複数の船舶が同じスロットを使ってメッセージを送信しないような工夫がなされている。Fig. 1 に SOTDMA の概念図を示す。

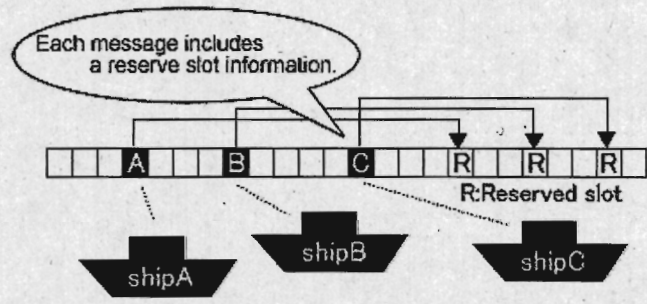


Fig.1 Schematic diagram of SOTDMA.

しかしながら、SOTDMA を用いた場合であっても、状況により複数の船舶が同一のスロットを使ってメッセージを送信してしまうことがある。Fig.2 の Case1 (上の図) は、3隻の船舶のスロット管理の状況 (図の右側) と位置関係 (図の左側) を示したものである。スロット管理では、スロット番号0番から7番までの8スロット分を図式化したものである。塗りつぶされているスロットは受信もしくは送信に使用したスロットで、枠内の文字はスロットを送信に使用した船舶名を表している。空白のスロットは未使用のスロットである。また、船舶の位置関係では、各船舶の周りにある丸い破線は、それぞれの船舶の送信電波の到達範囲を示している。

Fig. 2 の Case1 では、船舶 A と船舶 B は互いの電波が受信できる場所に位置し、船舶 C は船舶 A と船舶 B の電波が届かない場所に位置している。この位置関係の場合、船舶 A と船舶 B は互いのメッセージを受信しあうことができるが、船舶 C は船舶 A と船舶 B とはメッセージの交換は行えない。つまり、スロット番号6に見られるように船舶 A と船舶 C が同一スロットを使ってメッセージを送信しても不都合は生じない。

一方、Fig. 2 の Case2 (下の図) では、船舶 A と船舶 B、そして、船舶 B と船舶 C は互いの電波が受信できる場所に位

置し、船舶 A と船舶 C は互いの電波が届かない場所に位置している。この位置関係の場合、船舶 A と船舶 B は互いのメッセージを受信しあうことができる。また、船舶 B と船舶 C も互いのメッセージを受信しあうことができる。つまり、船舶 B は船舶 A と船舶 C の両船舶とメッセージの交換を行うことになる。もし、スロット番号6に見られるように船舶 A と船舶 C が同一スロットを使ってメッセージを送信すると船舶 B は、電波の状態により、いずれかのメッセージ、もしくは両方のメッセージを受信できない。著者らは、このような状態をメッセージの衝突 (Conflict) と呼ぶことにする。メッセージの衝突が多発すると船舶間の情報伝達が遅れ、AIS の運用に支障をきたす。

したがって、AIS を運用する上でいかなる状況においてもメッセージの衝突を抑制しなければならず、スロット管理の役割はとて重要となる。

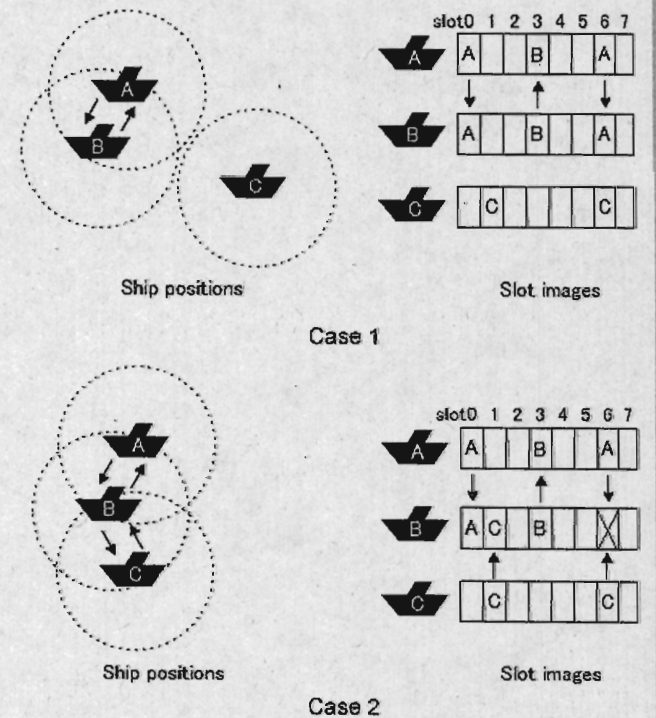


Fig.2 Schematic diagram of slot conflict.

3. AIS シミュレータの重要性と必要性

AIS は、船舶どうしが有機的かつ動的に通信ネットワークを構成していく通信システムのため、船舶どうしの位置関係や船舶の速度、針路状況の変化などが AIS の通信容量に影響を与える。つまり、海域や速度規制などの航行環境が異なれば、AIS を搭載した船舶数が同じであっても、通信容量は異なる。そのため、通信容量の評価精度には、想定する海上交通流がとて重要な因子となる。

また、AIS は、さまざまな用途でその活用が期待されてお

り、例えば、バイナリ情報を使った船舶どうしによる情報交換や、漁船やプレジャーボードなどの非 SOLAS 船への AIS 装置の配備などが検討されている。このような AIS の活用シーンの増加は、AIS の通信容量のひっ迫化の要因となるため、実運用の前にあらかじめ通信容量の推定を行う必要がある。

したがって、AIS の通信容量の評価には、実状に近い航行環境で評価できることに加え、さまざまな AIS の活用シーンを想定できることが求められる。そのため、実際の海上を使った調査だけでは不十分であり、多様なシミュレーションによる通信評価が必要となる。

4. AIS シミュレータにおける航行情報

AIS の通信シミュレーションに使う航行情報は、AIS の通信容量の評価を行う際にはとても重要である。AIS シミュレータでは、輻輳海域シミュレータで生成された航行記録、または海上交通センターなどの陸上に設置した AIS 受信機による AIS 情報の受信記録のいずれか、さらには、その組み合わせを航行情報として使用する。AIS シミュレータは、このような航行情報を利用することで実状に即した仮想の海上交通環境を再現している。

以下に、輻輳海域シミュレータについて説明する。輻輳海域シミュレータは、統計に基づいて現実的な海上交通流を作ることができるシミュレーションシステムで、船舶の生成、操船判断、船舶運動の要素から構成される。生成した個々の船舶が目標点に向かって自動航行しつつ、周辺海域を航行する他船の動きや海域状況に応じて、航行規則にしたがい必要に応じた衝突回避や座礁回避を行うことができる船舶自動航行エキスパートシステムを備えた海上交通流シミュレータである。輻輳海域シミュレータを用いれば、さまざまな海域に合わせて、任意の海上交通流を構築することができる。そのため、AIS シミュレータでは、航行情報を差し替えるだけで簡単にさまざまな海域の通信シミュレーションを行うことができる。Fig. 3 に AIS シミュレータの概念図を示す。

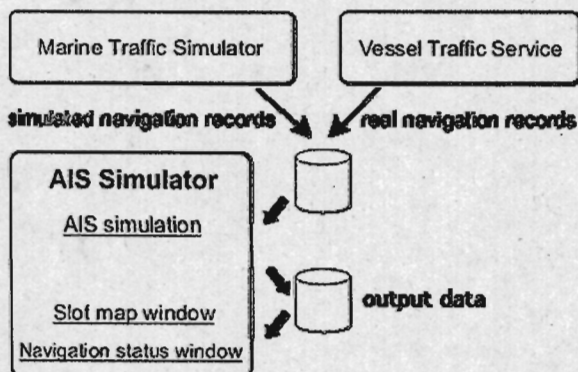


Fig.3 Schematic diagram of AIS simulator.

なお、AIS シミュレータは、今後、さらに検討される AIS 陸上局の設置計画において、AIS 陸上局が与える海域全体の通信容量への影響の調査に対処するために AIS 陸上局に関しては、これらの航行情報とは無関係に AIS 陸上局の設置数や設置座標を任意に取り扱うことができる。

5. AIS シミュレータにおけるスロット管理

AIS の通信容量評価で最も重要な指標のひとつであるメッセージの衝突は、各船舶のスロット管理、特にメッセージを送信するためのスロットを予約する処理が大きく影響する。すなわち、AIS 通信を正しくシミュレーションするには、スロット予約の処理を実状に即した手順で行うことが重要となる。

そこで、AIS シミュレータではメッセージの送受信に ITU 勧告 ITU-R M.1371-12 に準じた RATDMA、ITDMA、SOTDMA、FATDMA ならびに現在、仕様が検討されている CSTDMA を用いる。陸上局は RATDMA、ITDMA、FATDMA を、Class A AIS 搭載船舶は RATDMA、ITDMA、SOTDMA を状況に応じて使い分ける。Class B AIS 搭載船舶については、正式な仕様が決定していないため、著者らが IEC 62287-1 Ed. 1⁷⁾を元に独自に検討した。

5.1 AIS シミュレータにおけるスロット予約の手順

ここでは、AIS シミュレータにおけるスロット予約処理について説明する。

まず、反復性のないメッセージ（静的情報、バイナリ情報など）のスロット予約について説明する。

1. RATDMA を用いて、送信に使用するスロットを探す。
2. 送信できるスロットが見つかったら他船舶の送信状況にかかわらず、メッセージを送信する。
3. 送信に使用したスロットは、メッセージの送信が終了した時点で空きスロットとなる。

このように反復性のないメッセージは、あらかじめ予約しておいたスロットを使って送信を行うのではなく、送信できると判断したスロットで即座に送信を行う。したがって、反復性のないメッセージは、メッセージの衝突が起りやすい特性がある。

次に反復性のあるメッセージ（動的情報）のスロット予約について説明する。

1. RATDMA を用いて、送信に使用するスロットを探す。
2. 送信できるスロットが見つかったら ITDMA を用いて、次の送信に使用するスロットを別のチャンネル上から探す。

3. 次の送信に使用するスロットが見つかるとそのスロットを予約し、そのスロット番号を含むメッセージを送信する。
4. 時間が経過し、先に予約したスロットに到達すると改めて、ITDMAを用いて、次の送信に使用するスロットを別のチャンネル上から探す。次の送信に使用するスロットが見つかるとそのスロットを予約し、そのスロット番号を含むメッセージを送信する。この処理を動的情報の通報間隔に合わせて1フレーム分の送信に必要なスロット数分を繰り返し、スロットを予約しながらメッセージを送信していく。
5. 1フレーム分のスロットの予約が済むと次のフレームからは予約されたスロットを使用してメッセージの送信を行う。送信にはSOTDMAが用いられる。1度予約されたスロットは、動的情報の通報間隔が変更される、あるいはスロットのタイムアウト値が0分になるまでは、予約した船舶が優先的に使用する(ただし、他船舶が使用することもある。「2. AIS通信の特徴」参照)。ここで送信されるメッセージには、送信に使用したスロットのタイムアウト値が含まれる。
6. タイムアウト値が0分になったスロットに到達した場合、そのスロットに変わる新たなスロットを探す。タイムアウト値が0分になったスロットは、その時点で空きスロットとなる。
このように、反復性のあるメッセージは、あらかじめ予約したスロットを使って送信する。したがって、反復性のあるメッセージは、反復性のないメッセージに比べて、メッセージの衝突が起こりにくい特性がある。

5.2 AISシミュレータにおけるメッセージの受信判定

情報伝達を目的としたAISにおいて、メッセージの受信判定は、送られてきたメッセージを受信するのかわからないかを判断する重要な処理である。AISでは、メッセージの送信元船舶と自船との間の距離やメッセージの電波の強さ、または、他船舶の送信状況などを複合的に考慮して受信判定が行われる。

ここでは、AISシミュレータにおけるメッセージの受信判定処理について説明する。

受信対象船*j*に対して、1隻の船舶からのみメッセージが送られてきたとき、受信対象船*j*が送信処理をしていなければ、このメッセージを受信し、この受信状態を受信(Receive)とする。もし、送信処理を行っている場合には、このメッセ

ージを受信しない。

一方、受信対象船*j*に対して、2隻以上の船舶から同時にメッセージが送られてきたときは、各船*i*からメッセージの受信電力を算出する。それぞれの受信電力を比較し、最大値と2番目に大きな値に、AISシミュレータの設定条件で指定した受信判定倍率以上の差があった場合は、最大値を送信した船舶のメッセージを受信し、この受信状態を衝突して受信(Receive stronger message)とする。受信判定倍率以上の差がなかった場合は、いずれのメッセージも受信せず混信(Garble)とする。

すなわち、衝突は同時に2隻以上の船舶からメッセージが送られてきたとき、最も受信感度のよいメッセージを受信したことになり、混信はいずれのメッセージも受信できなかったことになる。

以下に、メッセージの受信電力の計算式を示す。

$$Pr_{ij} = \frac{Ps_i}{D_{ij}^2} \quad (1)$$

Pr_{ij} : Received Power of ship *i* message from Ship *j*

Ps_i : Power of Ship *i* message

D_{ij} : Distance between Ship *i* and Ship *j*

さらに、電波の減衰は考慮せず、海上は常に見通しがよく、反射波および途中遮へいはないものとする。

6. AISシミュレータにおける通信状況の可視化

通信は、目に見えて確認できるものではなく、数値情報だけでは対象海域でどのような通信状況が行われているのかわかりにくい。そこでAISシミュレータでは、視覚的にAIS通信の状態を表すことができるSlot map windowとNavigation status windowの2つのGUIツールを用意した。

まず、Fig. 4にSlot map windowの表示例を示す。Slot map windowは、個々の船舶のスロットの使用状況を把握する目的で開発したツールであり、これを利用すれば衝突したスロットや混信したスロットを一目で特定することができる。

画面には、1フレーム、すなわち、1チャンネルあたり2,250個のスロットを2チャンネル分の計4,500スロット分のマス目を配置し、最上段はチャンネルAの最初の75スロット分まで左端が1スロット目(スロット番号:0)に対応する。その一つ下段はチャンネルBの最初の75スロットを示す。順次、チャンネルAとチャンネルBを対として下方方向に進む。ここに指定した1隻のスロットの使用状況をアニメーションで描画する。描画する色で各スロットの状態を分類す

る。図中、実際の画面では、それぞれ、三角マーク（青色）：自船が送信に使用、丸マーク（赤色）：混信、四角マーク（黄色）：衝突して受信、その他（緑色）：他船が使用、を表している。

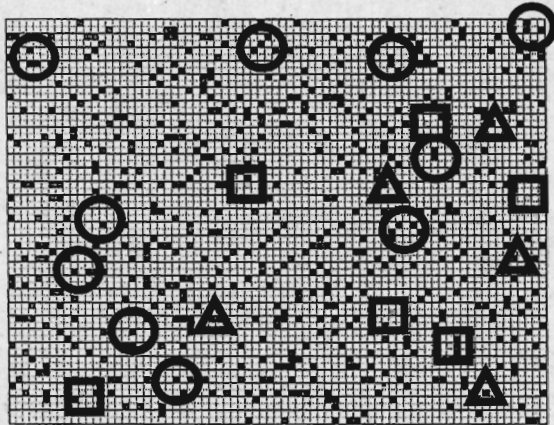


Fig.4 A sample output of Slot map window.

次に Fig. 5 に Navigation status window の表示例を示す。Navigation status window は、船舶の位置とスロットの使用状況、あるいは海域全体の通信状況との関係を把握する目的で開発したツールであり、これを利用すれば海域のどのような場所で、またどのような状況でメッセージの衝突が発生するのかを視覚的に把握することができる。

画面中央には、指定した海域上に船舶が航行の様子がアニメーションで表示される。指定された船舶は、海域上に赤いマークで表示されるとともに、画面左上に小画面でスロットの使用状況も表示される。

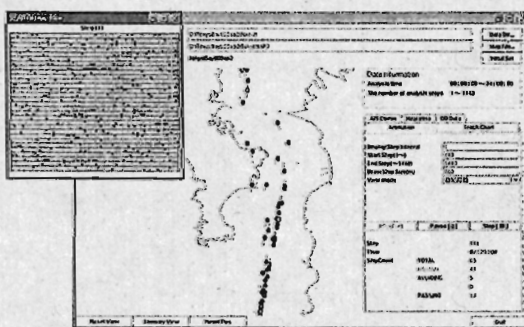


Fig.5 A sample output of Navigation status window.

Fig. 6 は、船舶の位置と通信状態の関係を評価する目的で Navigation status window を用いて、東京湾を航行する船舶のメッセージの衝突状況を色分けしてアニメーションで描画した様子をキャプチャしたものである。この例の場合、画面中央部 (Fig. 6 の太線内部) にメッセージの衝突頻度の高い船舶が集中していることがわかる。

このように時間の経過とともに航行する船舶とその位置におけるメッセージの衝突状況をアニメーションで確認す

ることができるので、海域全体の通信状態の変化を評価する際に有効である。

Fig. 7 は、海域とメッセージの衝突状況の関係を評価する目的でメッセージの衝突回数を海域ごとに累積したグラフである。

このように海域ごとに累積値を算出にすることで特定の海域における通信上の特徴を把握することができる。

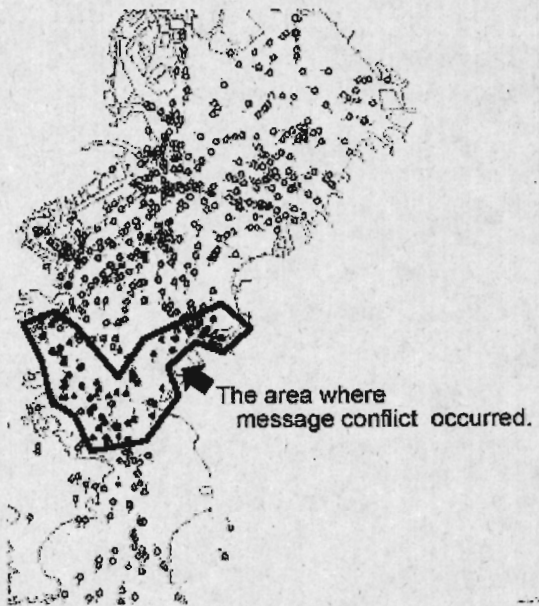


Fig.6 A sample which evaluated the conflict state of a message.

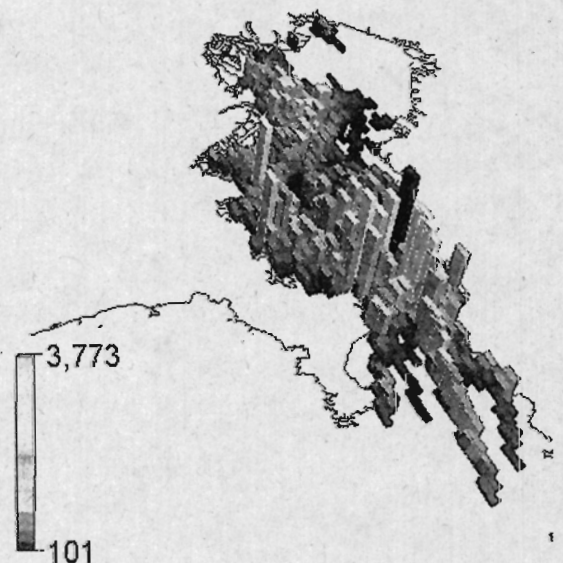


Fig.7 A sample output of cumulative distribution of conflict.

7. 結 言

本論文では、開発した AIS シミュレータの特徴と機能を紹介するとともに、その重要性和必要性を述べた。AIS シミュ

レータと輻輳海域シミュレータを組み合わせて活用することで容易に AIS の通信状況を高い精度で予測することが可能となり、VTS や AIS 陸上局の設置計画やペイエリア開発などに利用することができる。さらには、その応用として、海上交通の安全管理の研究などにも活用することができる⁸⁾。

本研究における結論を述べる。

- (1) 個々の船舶の運動状態ならびにスロット管理などの AIS の通信手順を実状に即した状態で再現できる AIS シミュレータを開発した。
- (2) AIS シミュレータは、AIS 通信容量の推定や AIS 通信の分析に有効であることを示した。

本研究の一部は「新任教員の教育研究推進支援経費」(長崎大学学長裁量経費)の支援を受けた。

参考文献

- 1) 鈴木浩之, 河野隆二: AIS ネットワークシミュレーションによる通信容量の評価, AIS セミナー, pp. 4. 1-4. 8, 2004
- 2) 長谷川和彦, 立川功二: 輻輳海域シミュレータと海の ITS, 計測自動制御学会関西支部シンポジウム「計測と制御に見る 21 世紀の幕開け」講演論文集, pp. 184-189, 2001
- 3) 畑耕治郎, 福戸 淳司, 長谷川和彦, 丹羽量久: AIS シミュレータを用いた AIS 通信の評価—Class B AIS 搭載要件の影響—, 日本航海学会論文集第 117 号, 2007
- 4) 畑耕治郎, 長谷川和彦, 丹羽量久: シミュレーションを活用した AIS の性能評価, 第 76 回マリンエンジニアリング学術講演会講演論文集, pp. 73-74, 2007
- 5) 戸出秀樹: ネットワーク技術の現状と今後, システム制御情報学会誌, pp. 2-9, 2007
- 6) Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band, ITU-R M.1371-1, ITU, 2001
- 7) Maritime navigation and radiocommunication equipment and systems - Class B shipborne equipment of the automatic identification system (AIS) - Part 1: Carrier-sense time division multiple access (CSTDMA) techniques, IEC 62287-1 Ed.1, IEC, 2006
- 8) K.Hasegawa, K.Hata, M.Shioji, K.Niwa, S.Mori, H.Fukuda: Simulation-based Master plan Design and ITS Safety Assessment For Congested Waterways Management, The 2nd International Conference on Design for Safety, Japan, pp.265-270, 2004

Appendix 1 用語

フレーム

フレームとは、2,250 個のタイムスロットの集まりのことである。1フレームは1分間に相当する長さである。

空きスロット

空きスロットとは、自船を含むいずれの船舶および陸上局からもスロットを使用することを宣言されていないスロットのことである。

タイムアウト値

タイムアウト値とは、同一船舶による同一スロットの占有時間を示す値のことである。反復性のあるメッセージを取り扱うスロットには、3~8分のランダムな値が割り当てられ、その値がタイムアウト値となる。タイムアウト値はそのスロットで送信が行われる度に1分ずつ減っていく。タイムアウト値が0分になったスロットは、次フレームでは使用できない。したがって、同一船舶による同一スロットの占有時間は最大でも8分となる。

Appendix 2 AIS シミュレータに実装した通信手順

以下に AIS シミュレータに実装した各通信手順を説明する。

RATDMA (Random access Time Division Multiple Access)

送信の試行を開始するスロットを NSS 、 NSS から数えて 150 スロット目までの間にある空きスロット数を $RTCSC$ 、候補スロット確率を $RTP1$ 、送信確率を $RTP2$ 、確率増加を $RTP1$ とする。

はじめに、送信の試みを開始するスロット NSS を 0 から 2,249 スロットの中から一様乱数で決める。次に NSS から数えて 150 スロット目までの間にある空きスロット数 $RTCSC$ を求める。RATDMA では、送信の試行は NSS から 150 スロット以内の空きスロットでのみ行われる。つまり、送信の試行をはじめて 4 秒以内 (26.7 ミリ秒 \times 150 スロット) に送信することになる。試行する空きスロットに到達するとまず、候補スロット確率 $RTP1$ を 0 から 100 の中から一様乱数で決め、次に送信確率 $RTP2$ を求める。このとき $RTP2$ は式 (A1) で求める。

$$RTP2 = 100 / RTCSC \quad (A1)$$

$$RTP1 \leq RTP2 \quad (A2)$$

ここで式 (A2) が真ならば、このスロットで送信する。偽なら

ば送信しないで確率増加 $RTP1$ を算出する。このとき $RTP1$ は式(A3)で求める。

$$RTP1 = (100 - RTP2) / (RTCSC - 1) \quad (A3)$$

求めた $RTP1$ を用いて $RTP2$ を再計算し、次の空きスロットまで待つ。このとき $RTP2$ の再計算は式(A4)で求める。

(ここで、+=はC言語で言う複合代入演算子であり、

$a += b$;

とは

a に b を加算して、再び、 a に代入することを意味する。)

$$RTP2 += RTP1 \quad (A4)$$

式(A2)で真を得られるまで式(A3)と(A4)の処理を繰り返す。送信の試行は送信されるまで同じチャンネル上で行う。

ITDMA (Incremental Access Time Division Multiple Access)

現在、AISは2つの周波数を使用しているので反復性のあるメッセージを送信する場合は、チャンネルA、チャンネルBを交互に使用して送信する。したがって、予約するスロットもチャンネルAとチャンネルBから交互に選択する。

1分間に通報しなければいけない位置通報回数を Rr 、動的情報の報告間隔を $Interval$ 、チャンネルA用の送信基準スロットを Nsa 、チャンネルB用の送信基準スロットを Nsb 、スロットの候補範囲の開始スロットを SI_{low} 、スロットの候補範囲の終了スロットを SI_{high} 、候補スロット範囲を SI 、チャンネルA用の予約スロットを $NTSa$ 、チャンネルB用の予約スロットを $NTSb$ とする。

まず、1分間に通報しなければいけない位置通報回数 Rr を Table 1 に示す動的情報の報告間隔 $Interval$ を参照し、式(A5)を用いて計算する。

$$Rr = 60 / Interval \quad (A5)$$

次に NSS と Rr を用いてチャンネルA用の送信基準スロット Nsa 、チャンネルB用の送信基準スロット Nsb を求める。このとき、チャンネルAを使用する場合は式(A6)を、チャンネルBを使用する場合は式(A7)を用いて計算する。

$$Nsa = NSS + (n \times 2 \times (2250 / Rr)) \quad (A6)$$

ただし、 $0 \leq n < (0.5 \times Rr)$

$$Nsb = NSS + 2250 / Rr + (n \times 2 \times (2250 / Rr)) \quad (A7)$$

ただし、 $0 \leq n < (0.5 \times Rr)$

続いて、スロットの候補範囲の開始スロット SI_{low} と終了スロット SI_{high} をチャンネルAの場合は式(A8)と(A9)を、チャンネルBの場合は式(A10)と(A11)を用いて計算する。

$$SI_{low} = Nsa - 0.1 \times 2250 / Rr \quad (A8)$$

$$SI_{high} = Nsa + 0.1 \times 2250 / Rr \quad (A9)$$

$$SI_{low} = Nsb - 0.1 \times 2250 / Rr \quad (A10)$$

$$SI_{high} = Nsb + 0.1 \times 2250 / Rr \quad (A11)$$

SI_{low} から SI_{high} の間のスロットが候補スロット範囲 SI となる。最後に SI にある空きスロットの中から一様乱数で1スロットを選択し、そのスロットをチャンネルAの場合は、予約スロット $NTSa$ 、チャンネルB用の場合は、予約スロット $NTSb$ として予約する。Fig. 8 に反復性のあるメッセージのスロット予約モデルを示す。

Table 1 Reporting interval of Class A AIS

Ship's dynamic conditions	Interval
Ship < 1 knots	3 min
Ship 1-14 knots	10 s
Ship 1-14 knots and changing course	3-1/3 s
Ship 14-23 knots	6 s
Ship 14-23 knots and changing course	2 s
Ship > 23 knots	2 s
Ship > 23 knots and changing course	2 s

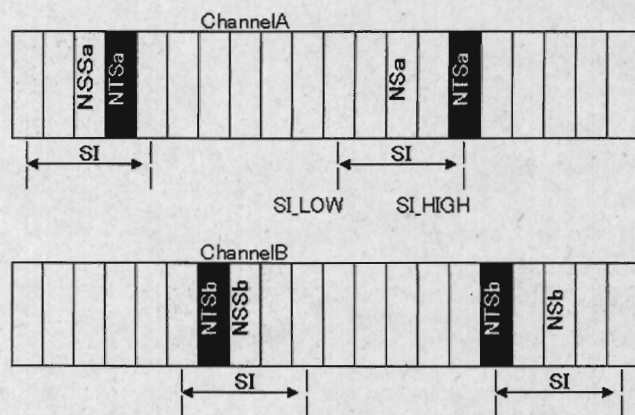


Fig.8 The slot reserve insured model of ITDAM and SOTDMA

SOTDMA (Self Organized Time Division Multiple Access)

SOTDMA は、予約スロットのタイムアウト値が0以外の場合には、新たなスロットの予約は行わない。タイムアウト値が0に達したスロットは、次フレームでは使用できないため、次フレームからの送信に使用するスロットを ITDMA で求め

候補スロット SI の中から新たに1スロットを予約しなければならない。スロットは ITDMA と同様、候補スロット SI にある空きスロットの中から一様乱数で1スロットを選択し、予約スロットとする。

FATDMA (Fixed Access Time Division Multiple Access)

FATDMA は、陸上局による Message4 Base station report の送信にのみ使用する。AIS シミュレータでは、陸上局ごとに Message4 の送信に使用するスロットをあらかじめ AIS シミュレータに登録しており、毎回決まったスロットを使用して送信する。なお、シミュレーション中は使用するスロットを変更しない。

CSTDMA (Career Sense Access Time Division Multiple Access)

CSTDMA は、Class B AIS 搭載船舶のみが使用する。Fig.9 に CSTDMA のスロット予約モデルを示す。

メッセージの送信間隔を RI 、 RI から算出される基準スロットを NTT 、スロット選択範囲を TI 、送信試行スロットを CP とする。 TI は、 RI の3分の1であり、最大でも375スロット[10秒に相当]である。

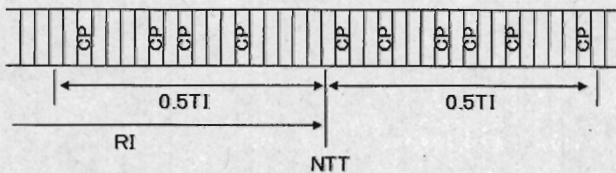


Fig.9 The slot reserve insured model of CSTDMA

CSTDMA では、まず、基準スロット NTT を中心とするスロット選択範囲 TI の中から10回分の送信試行スロット CP が任意に選択される。ただし、すでに予約済みのスロットは除かれる。次に、最初の送信試行スロット CP においてキャリアセンス方式を用いて周辺の Class A AIS 搭載船が送信していないかを調べ、送信していなければ、このスロットを使って送信する。もし、Class A AIS 搭載船が送信していれば、このスロットでの送信は行わず、次の送信試行スロット CP まで待機する。候補として選択した10回分の送信試行スロット CP すべてにおいて送信できなかった場合には、送信せずに処理を破棄する。