

一种基于公共无线移动 IP 网络的 新型船舶自动识别模型

胡 青, 张淑芳, 张晶泊, 王尔申
(大连海事大学信息科学技术学院, 辽宁大连 116026)

摘 要: 为解决内河及沿海非公约适用船舶的避碰和安全航行问题, 弥补基于 VHF 通信方式的 AIS 系统的不足, 提出了基于公共无线网络移动 IP 的船舶自动识别模型——MIP AIS. 在研究该模型基本工作原理和船舶自动识别搜索算法的基础上, 解决船舶在公共无线网络通信系统条件下, 发现“邻近”船舶, “识别”船舶之间的实时信息传输和网络通信压力最小化等问题; 分析了搜索算法的执行效率和系统数据传输的带宽需求等性能指标. 实验表明, MIP AIS 能够满足当前沿海和内河船舶的自动识别需求, 功能和性能均能满足国际标准要求.

关键词: 船舶自动识别系统(AIS); GPRS/CDMA; MIP AIS

中图分类号: TN967.7 **文献标识码:** A **文章编号:** 0372-2112(2009)06-1185-07

A New Automatic Identification System (AIS) Model—MIP-AIS

HU Qing, ZHANG Shurfang, ZHANG Jingbo, WANG Ershen

(Institute of Science and Technology Information, Dalian Maritime University, Dalian, Liaoning 116026, China)

Abstract: An automatic identification system based on the public wireless mobile IP network—MIP-AIS is put forward, to give a solution of the navigation and collisions of non-IMO Convention ships in the coastal and inland waterways, which will compensate the AIS based on VHF communications for the application limitations. Based on the research of the foundation principle and search algorithm in MIP-AIS, some key technologies are resolved about finding the “adjacent” ships by the public wireless communications, achieving the real time information transmission among the “adjacent” ships and minimizing the burdens on the wireless communications. The efficiency of the search algorithm and the bandwidth demand of data transmission are analyzed. The experiments show that the MIP-AIS is capable to realize the ship identification in coastal and inland waterways, the function and performance of MIP-AIS can satisfy the requirements of IMO international standards.

Key words: automatic identification system (AIS); GPRS/CDMA; mobile IP AIS (MIP-AIS)

1 引言

为保障船舶航行安全, 国际海事组织(IMO)第42次会议决定, 在全球范围内, 要求大于300总吨的国际航行船舶和大于500总吨的国内航行船舶强制装配船舶自动识别系统 AIS(Automatic Identification System) A类终端设备, 其他船舶推荐安装 B类 AIS 终端设备. 该系统在 VHF 通信信道采用自组织时分多址技术^[1~3](SOTDMA-Self Organized Time Division Multiple Access)进行相邻船舶之间信息数据的收发和自动识别. SOTDMA 技术是在 TDMA 基础上发展起来的一种通信技术. 在 SOTDMA 技术中, 信道时间被分为固定长度的时间间隔. 一帧包括一组时隙, 跨度为 1min, 所有数据链上的电台都在这

组时隙中进行数据的接收和发送^[1~3]. 信息报告可以根据传输情况在数据链上占有一个或更多的时隙. SOTDMA 技术可以使安装该设备的船舶在相互之间自组网络, 并可在船舶移动情况下进行动态时隙分配, 满足了海上和港口船舶的自动识别和避碰需求. 该系统已经在我国的水上交通安全管理和安全执法、交通流的分析和预测中发挥了重要作用, 并为国家的经济发展提供了重要的决策依据. 然而, 基于 VHF 信道和 SOTDMA 多址技术的 AIS 系统存在两个关键的缺陷: 一是系统容量的限制. 当多个船舶同时请求信息传输, 时隙分配不能满足需求时, 存在信息传输的冲突; 二是 VHF 通信系统的物理信道在我国很多内河流域难以实现. 所以该系统的容量、安全性和传输带宽都不适应未来船舶信息传输的发

收稿日期: 2008-02-22; 修回日期: 2008-12-16

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60572116); 交通部基础研究基金(No. 2006329225020); 交通运输部交通科技项目(No. 200632800069); 交通部伽利略专项基金(No. 200436422504)

展需求^[4,5],在内河船舶的安全避碰和搜救协调中很难发挥作用。

因此,基于无线公网 GPRS/CDMA 网络和 GPS 的船舶监控与管理系统近来在内河及沿海流域已经开始应用。其中,无线公网 GPRS/CDMA 网络目前已应用了移动 IP 技术。移动 IP 技术的工作原理和关键技术——代理发现和隧道技术^[6]可以保证船舶跨区域作业时仍能进行不间断的数据传输^[7]。

为此,在多年研究的基础上,本文提出了一种基于移动 IP 的新型船舶自动识别模型——MIP-AIS (Mobile IP Automatic Identification System)。该模型不仅解决了在 IP 网络中“邻近”船舶的识别,邻近船舶的船-船信息传输问题,而且解决了在公共无线网络中实现移动 IP (移动船舶)的自组织信息传输问题。该船舶自动识别模型还具有借助但不依赖于识别中心实现船舶的自动识别功能。

2 基于移动 IP 网络的自动识别模型

2.1 MIP-AIS 基本概念定义

本模型中的概念定义如下:

(1) 船舶识别节点 (SIN—Ship Identify Node): 在整个船舶自动识别网络系统中,每一条船舶可以看作一个船舶识别节点,用符号 S_i 表示,其中下标 i 表示第 i 个船舶识别节点。

(2) 识别节点距离 (IND—Identify Node Distance): 船舶识别节点 S_o 与任一待识别的船舶识别节点 S_i 之间的距离为识别节点距离,以符号 L_{o-i} 表示。

(3) 识别范围 IR (Identify Range): 识别范围 IR 是以船舶识别节点为中心,识别距离 r 为半径的圆形区域。为便于搜索,系统将识别范围简化为包含该圆形区域的正方形区域,如图 1 所示。公式为: $IR=4r^2$ 。

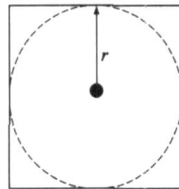


图1 识别范围IR(图中所示正方形区域)

2.2 MIP-AIS 模型工作原理

MIP-AIS 模型借助但不依赖系统识别中心进行船舶之间的自动识别。在 MIP-AIS 模型中,任一船舶识别节点既可以对其他船舶识别节点发起链接,也可以接受其他船舶识别节点的链接请求。首先,船舶识别节点登陆系统识别中心,并从系统识别中心获取当前周围船舶识别节点的网络链接信息(移动动态 IP 和链接端口号)、安全认证信息编码和自身安全认证信息编码。同时,系统识别中心将该船舶的安全认证信息编码发送给待识别的船舶识别节点,这样就可以确定“邻近”船舶。然后,该船舶识别节点链接周围船舶,在利用安全认证信息编码进行身份认证之后,互相播发船舶识

别信息(船舶动态信息和静态信息),从而实现相互之间的自动识别。这时,相互之间的信息播发已经不再依赖于系统识别中心。当船舶识别节点移动时,从其周围已链接的船舶识别节点中获取满足条件的其他节点链接信息,并断开远离本船的已链接的节点。

如上所述,在 MIP-AIS 模型中,船舶识别节点一旦与其他船舶识别节点进行了识别,就可以获取整个识别系统网络中的任一船舶识别节点信息,并可以与其进行信息交互,而不需要依赖于系统识别中心。同时,系统内船舶识别节点之间的相互识别需要在身份安全认证后自动进行,而且不同船舶识别节点有不同的移动 IP 地址和端口号,因此保证了船舶识别节点之间信息交互的安全性和准确性。另外,纳入识别系统的不同船舶识别节点之间是对等的(peer-peer),既没有识别中心也不需要中心算法,能够自动适应船舶识别节点数量的变化。最后,不同的船舶识别节点之间通过 TCP/IP 协议进行信息传输,保证了船舶识别信息交互的可靠性。

但是,由于 MIP-AIS 模型依赖于公共无线 IP 网络,当船舶识别节点关机重启后,原有的动态 IP 和船舶分布状况都会发生改变,因此,需要解决船舶识别节点重启后对周围船舶的自动识别问题。当船舶识别节点移动时,在不依靠系统识别中心的情况下获得“邻近”的周围船舶识别节点实时分布状况,以及对满足条件的周围船舶识别节点进行自动识别也是 MIP-AIS 模型的重要功能。因此,在 MIP-AIS 模型中,需要重点解决船舶识别节点对周围邻近船舶识别节点的自动识别搜索算法和船舶识别节点迁移过程中周围船舶改变时的自动识别搜索算法。

2.3 MIP-AIS 模型船舶识别搜索过程及算法

在 MIP-AIS 模型中,任一船舶识别节点对周围船舶识别节点进行识别时可以有两种搜索模式:一是在系统识别中心辅助下的周围船舶识别节点自动识别搜索;二是船舶识别节点重启且无法链接系统识别中心时,依靠自身保存的其他船舶识别节点信息,并借助网络在线船舶,搜索本节点周围的船舶识别节点。以下分别对这两种模式进行论述。

2.3.1 中心辅助的船舶自动识别搜索算法

系统识别中心辅助下的船舶识别节点自动识别搜索是依靠系统识别中心,按照船舶识别节点上传条件,搜索该节点周围满足条件的船舶识别节点链接信息,并将上述信息和安全认证信息编码发送给该船舶识别节点,同时将该节点安全认证信息编码发送给待识别的船舶识别节点。该船舶识别节点接收到链接信息后发起链接,通过双方认证后互相传输船舶识别信息进

行自动识别. 船舶识别信息主要包括船舶静态信息(船名、呼号、IMO 号或船舶登记号、船型、船长、船宽、天线位置等信息)、动态信息(经度、纬度、航向、航速等信息)和航次信息(目的地、到达时间等).

对船舶识别节点 S_o 而言, 满足自动识别条件 IR 的其他船舶识别节点需要通过搜索所有当前在线的船舶识别节点数据结构来获得. 对每一个满足条件的船舶识别节点 S_i , 搜索判决式如式(1)所示.

$$S_i = f(|Lat_{S_o} - Lat_{S_i}|, |Lon_{S_o} - Lon_{S_i}|) \quad (1)$$

式(1)说明, 满足条件的船舶识别节点 S_i 是由其所处纬度和经度与船舶识别节点 S_o 的相对位置所确定的区域函数决定的. 其中, $|Lat_{S_o} - Lat_{S_i}| \leq r, |Lon_{S_o} - Lon_{S_i}| \leq r$.

在系统识别中心辅助的船舶自动识别搜索过程中, 采用了区域搜索算法. 该算法是以当前船舶识别节点为中心, 按照纬度递增和递减顺序搜索当前船舶识别节点周围待识别的船舶识别节点. 相对于全局搜索, 该算法极大的提高了搜索速度(详见 3.1).

2.3.2 船舶自主搜索算法

当船舶识别节点运行期间, 无线移动 IP 技术可以保证船舶识别节点的网络链接信息(IP 地址和端口号)无缝迁移. 然而, 当船舶识别节点掉线或关机重启, 重新连接至无线移动 IP 网络时, 无线 IP 网络会分配新的 IP 地址给该船舶识别节点, 因此, 此时该节点需要重新搜索并获得周围其他船舶识别节点的网络参数以进行船舶的自动识别. 若船舶识别节点再次上线的时间间隔较长, 船舶识别节点分布拓扑结构将会发生变化. 船舶识别节点有两种方法进行周围船舶的重新识别, 一是按照与 2.3.1 节所述同样方式, 通过系统识别中心的辅助对周围船舶自动识别; 二是通过依靠自身存储的原有在线船舶识别节点的辅助, 搜索本节点周围的其他船舶识别节点. 本节重点讨论后者.

当船舶识别节点 S_A 掉线或关机重启, 重新连接无线移动 IP 网络时, S_A 保存有已识别的其他船舶识别节点链接信息. 当这些已识别的船舶识别节点中至少存在一个节点 S_B 一直保持在线时, S_A 可以通过 S_B 搜索附近其他船舶识别节点网络链接参数信息.

如图 2 所示, 当船舶识别节点 S_A 需要通过远距离船舶识别节点 S_B 搜索附近船舶识别节点时, 对节点 S_B 而言, 需要搜索到一过渡识别节点 S'_i , 使得 L_{A-i} 最小. 以此类推, 直到搜索到一识别节点 S''_i , 使得 L_{A-i} 小于节点 S_A 的识别半径. 再通过节点 S''_i 获取识别范围内的其他节点.

在识别路径中, 对任一过渡识别节点 S'_i , 其识别范围内的最优过渡船舶识别节点 S'_{Exp-i} 选择算法如下所

示,

$$L'_{A-i} = \sqrt{(Lat'_{S'_i} - Lat_{S_A})^2 + (Lon'_{S'_i} - Lon_{S_A})^2} \quad (2)$$

$$Exp(L'_{A-i}) = \text{Min}\{IND_{S'_1-S_A}, IND_{S'_2-S_A}, \dots, IND_{S'_i-S_A}\} \quad (3)$$

$$= \text{Min}\{IND_{S'_j-S_A}\}_{j=1}^i$$

由式(2)和(3)可以获得过渡节点 S'_i 识别范围内离识别节点 S_A 最近的一个船舶识别节点作为最优过渡识别节点. 该算法可以使节点 S_A 对周围船舶识别节点的自动识别搜索时间和搜索路径最短, 可有效提高船舶识别节点通过远端船舶识别节点对周围船舶自动识别搜索的效率.

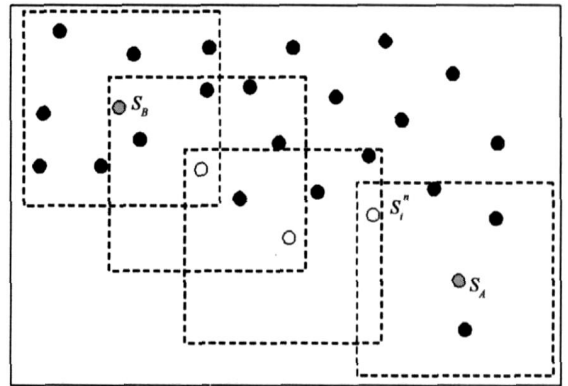


图2 节点 S_A 通过节点 S_B 搜索周围船舶路径示意图

在最优过渡节点搜索过程中, 当最优过渡节点 S'_{Exp-i} 在船舶识别节点 S_A 的识别范围 IR 内时, 则转发 S'_{Exp-i} 的船舶网络链接参数和身份安全认证信息至 S_A . 船舶识别节点 S_A 链接 S'_{Exp-i} , 并通过节点 S'_{Exp-i} 对当前识别范围内的所有其他船舶进行自动识别.

2.4 MIP-AIS 船舶迁移过程中的船舶自动识别

在 MIP-AIS 系统中, 每一条船舶识别节点都在动态改变当前位置, 整个系统拓扑结构也在时时变化, 因此, 船舶识别节点在迁移过程中对周围船舶识别节点的自动识别是识别网络中一个重要过程.

如图 3 所示, 当船舶识别节点 S_A 自 A' 点移动到 B' 点时, 船舶识别节点分布拓扑结构整体上会发生变化.

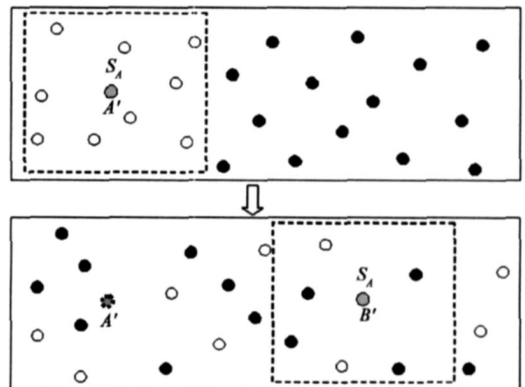


图3 船舶状态迁移分布拓扑图

因此,在船舶识别节点动态迁移过程中,需要实时计算和更新每个船舶识别节点的当前识别列表,以保证船舶自动识别的有效性.对任一船舶识别节点而言,在接收和相互转发识别信息的同时,还要辅助计算其他已识别的船舶识别节点之间是否满足自动识别条件.因此,当船舶识别节点 S_A 收到其他船舶识别节点 S_i 动态或静态信息数据时,不仅要计算该节点是否已超出自己的识别区域 IR ,还要计算 S_i 与其他识别船舶识别节点之间的相对位置关系.相对位置的计算同式(1).

船舶迁移过程中的船舶自动识别由各船舶之间相互辅助实现,不必依靠系统识别中心的辅助.

3 MIP-AIS 模型分析

在MIP-AIS系统模型中,为便于分析,假设 N 艘船舶识别节点均匀分布在一个矩形区域中,相互之间距离为 l ,任一船舶识别节点识别范围 IR 的半径为 $r = k \cdot l (k = 1, 2, 3, \dots, n)$,如图4所示.

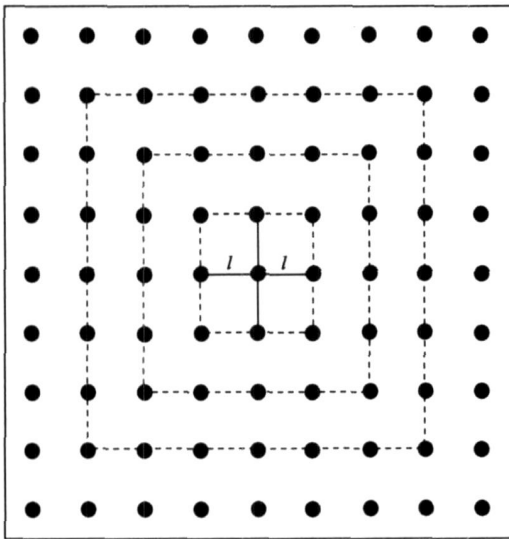


图4 MIP-AIS仿真模型船舶识别节点分布环境

定理 1 设 N 艘船舶识别节点均匀的分布在一平面区域内,对任一船舶识别节点,在 $r = k \cdot l (k = 1, 2, 3, \dots, n)$ 的识别范围内,其需要识别的其他船舶识别节点总数为:

$$N_r(k) = 4k(k + 1) \tag{4}$$

证明:

由图4可知,以任一船舶识别节点为中心, $k \times l$ 为 $1/2$ 边长的正方形边上,待识别的船舶节点数量为 $4 \times 2k$,则以 $k \times l$ 为 $1/2$ 边长的正方形区域内,待识别的船舶识别节点数量为 $\sum_{i=1}^k 4 \times 2i$,即:

$$N_r(k) = \sum_{i=1}^k 4 \times 2i = (4 \times 2k + 4 \times 2) k / 2$$

$$= 4k(k + 1)$$

本节对MIP-AIS系统模型的性能分析是以定理1为基础.按照定理1设定的模拟环境和船舶识别节点数量,对MIP-AIS系统模型在搜索阶段和迁移阶段中的性能技术指标进行分析仿真.主要从自动识别搜索算法执行效率,自动识别数据传输带宽需求和系统容量等方面对该模型在实际应用过程中的性能进行了分析.

3.1 MIP-AIS系统模型自动识别搜索算法执行效率

MIP-AIS系统模型自动识别搜索算法决定了该模型中不同船舶识别节点之间的执行效率.本节将对MIP-AIS系统模型中,中心辅助、自主搜索和迁移过程中三个不同的船舶识别算法的执行效率分别进行分析.

3.1.1 基于中心辅助搜索算法执行效率

在基于中心辅助的搜索算法中,系统识别中心对每一条船舶识别节点的识别请求需要在所有在线船舶中进行搜索.如果进行遍历搜索,当系统在线船舶数量较大时,搜索效率会成级数降低.因此,本文采用了面向区域分布数据搜索算法.该算法将系统在线船舶按照区域滑窗,划分为多个小型数据结构链表,并对每个滑窗区域内的数据结构链表按照经度和纬度顺序排序,使得系统可以快速定位请求船舶识别节点数据结构在系统链表中的位置,并以其为中心,在二维区域内进行快速搜索.

在定理1所假设的系统环境下, N 艘船舶均匀分布在边长为 $(j + 1) \cdot l (j = 1, 2, 3, \dots, n)$ 的 m 个小型正方形滑窗区域中,其中, $(j + 1)$ 表示滑窗区域边界在两相邻船舶识别节点中间, $m = \text{ceil}(\frac{\text{ceil}(\sqrt{N})}{j + 1})^2$.

根据定理1,则每个滑窗区域内船舶数据结构数量为:

$$N_m(j) \leq 1 + 4(j/2)(j/2 + 1) \leq (j + 1)^2 \tag{5}$$

根据船舶识别节点所提交的识别范围 $r = k \cdot l (k = 1, 2, 3, \dots, n)$ 和数据存储结构分布,则需要搜索滑窗区域数量为:

$$A_n = (\text{ceil}(\frac{2k \cdot l}{(j + 1) \cdot l}) + 1)^2 = (\text{ceil}(\frac{2k}{j + 1}) + 1)^2 \tag{6}$$

则系统搜索计算次数:

$$T_r \leq \text{ceil}(\frac{\text{ceil}(\sqrt{N})}{j + 1})^2 + [\text{ceil}(\frac{2k}{j + 1}) + 1]^2 \cdot (j + 1)^2 \tag{7}$$

当系统采用遍历搜索时,对任一船舶识别节点的识别请求,其搜索计算次数为 N .

在图5中,横坐标为系统搜索分区边长距离亦即分区数量;纵坐标是系统搜索次数.从图中可以看出,当船舶识别节点数量 $N = 10000$ 时,随着分区数量的增

加,对任意一次识别请求,最大搜索次数先是逐渐降低,后又增加至 N 。当边长 $(j+1) > 50$ 时,该分区算法将失去意义。当分区数量最佳时,分区搜索次数仅为遍历搜索次数的 $1/20$ 。在图 5 中,初期曲线的波动是由于分区中取整计算引起的。

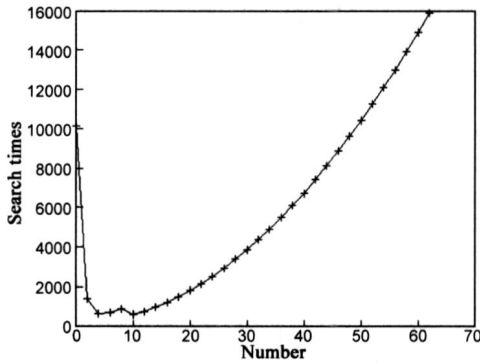


图5 基于中心分区搜索算法执行效率曲线图

3.1.2 船舶自主搜索算法执行效率

在基于终端设备自主搜索周围船舶识别节点进行船舶自动识别的方法中,首先是通过远程联网船舶识别节点获取识别范围 IR 内的任一船舶识别节点 S_A ,再通过该识别节点 S_A 对本船周围识别范围 IR 内的其他船舶进行确认,这两个过程决定了执行效率的高低。

在定理 1 所假设的系统环境下,共有 N 艘船舶。船舶识别节点 S_A 链接远程船舶识别节点 S_B 进行获取本节点周围任一船舶识别节点 S_C ,再通过 S_C 对识别范围内其他节点进行识别。其中 S_A 与 S_B 的距离为 $j \cdot l$ ($j = 1, 2, 3, \dots, n$), 设所有船舶识别节点的识别半径为 $r = k \cdot l$ ($k = 1, 2, 3, \dots, n$)。由定理 1 可知,系统搜索到 S_C 时,系统搜索计算次数为:

$$T_{r1} = \begin{cases} 0, & j \leq k \\ \leq \text{ceil}(\frac{j}{k}) \cdot 4k(k+1), & j > k \end{cases} \quad (8)$$

通过 S_C 点对 S_A 周围识别范围内船舶识别节点进行搜索时,搜索两次即可完成对周围所有船舶的识别,此时,搜索计算次数为:

$$T_{r2} = 2 \cdot 4k(k+1) \quad (9)$$

因此,基于船舶终端设备的船舶自动识别自主搜索算法,当完成对周围识别范围 IR 内全部船舶自动识别时,系统需要完成的搜索计算次数为:

$$T_r = \begin{cases} 2 \cdot 4k(k+1), & j \leq k \\ \leq \text{ceil}(\frac{j}{k}) \cdot 4k(k+1) + 2 \cdot 4k(k+1), & j > k \end{cases} \quad (10)$$

3.1.3 船舶识别节点迁移过程中船舶自动识别算法执行效率

船舶识别节点在迁移过程中需要不断处理周围船舶识别节点的动态信息和静态信息,信息收发间隔按照 IITU R. 1371 标准规定的 Class B 类 AIS 终端设备数据

传输频率进行互相识别。其中,静态信息数据每 6 分钟更新一次,动态信息数据每 30 秒更新一次^[1]。

船舶识别节点每收到一次其他船舶识别节点的动态信息数据后,需要计算并判断该节点是否已经超出本节点的识别范围,并判断该节点与其他节点是否满足互相识别的条件。

根据定理 1 条件和结论可知,在一个船舶识别动态信息更新周期(30s)内,船舶识别节点 S_A 收到任一船舶识别节点 S_i 动态信息时,需要计算比较 S_i 与其他节点的识别状态,但需要除去已经计算比较过的船舶识别节点。因此由定理 1 可知,在一个更新周期内, S_A 节点的总搜索计算次数如下式所示:

$$T_r = 4k(k+1) \cdot 4k(k+1) - \sum_{i=1}^{4k(k+1)} (i-1) \quad (11)$$

3.2 MIP-AIS 系统模型数据传输带宽需求

3.2.1 基于中心辅助搜索过程的数据传输带宽需求

在中心辅助搜索过程中,为了对该系统识别中心区域内所有船舶识别节点提供自动识别服务,需要传输船舶识别节点的认证信息、请求信息,假定每条信息平均 λ bit(包括 TCP/IP 协议帧头、自定义协议帧格式和数据内容信息)。

设单位时间有 M 条船舶识别节点在识别范围 $r = k \cdot l$ ($k = 1, 2, 3, \dots, n$) 内请求船舶自动识别服务,则识别中心上行带宽需求为 $\lambda \cdot M$ bps。由定理 1 可知,单位时间内该系统识别中心需要转发的识别信息帧为 $M \cdot 4k(k+1)$ 。因此,系统识别中心下行带宽需求为:

$$W_r = M \cdot 4k(k+1) \cdot \lambda \quad (12)$$

3.2.2 自主搜索过程中终端设备数据传输带宽需求

在终端设备自主搜索过程中,设船舶识别节点 S_A 在时间 t 内对识别范围 $r = k \cdot l$ 内的所有其他船舶识别节点进行自动识别。 S_A 向其他待识别的船舶识别节点上传本节点的请求信息、动态信息和静态信息,同时接收其他识别节点的动态信息、静态信息,其中每条信息平均 λ bit(包括 TCP/IP 协议帧头、自定义协议帧格式和数据内容信息)。在定理 1 规定的系统环境下,若请求信息、动态信息和静态信息各一条,则自主搜索的上行带宽需求为:

$$W_{up} = \lambda \cdot 4k(k+1) \cdot 3/t \quad (13)$$

下行数据主要包括认证信息、动态信息和静态信息,若认证信息、动态信息和静态信息各一条,则其带宽需求同上式。

3.2.3 船舶识别节点迁移过程中数据传输带宽需求

在船舶识别节点迁移过程中,主要完成下述数据的传输:上行数据,主要包括其他船舶之间的认证信息转发、对新船舶识别节点的连接请求、动态信息和静态

信息上传;下行信息,包括接收新船舶识别节点的认证信息、动态信息和静态信息.其中动态信息 30 秒更新一次,静态信息 6 分钟更新一次.

假设 S_A 按照 $\alpha \cdot l$ 的速度在定理 1 规定的系统环境中移动,则 S_A 对其他船舶识别节点的更新率为: $\frac{\alpha \cdot l}{k \cdot l}$.

$4k(k+1) = 4\alpha(k+1)$. S_A 上行数据带宽需求为:

$$W_{up} = [4\alpha(k+1) \cdot 4 + 4(k-\alpha)(k+1)(1/30 + 1/360)] \cdot \lambda \quad (14)$$

由于下行数据对任一更新的船舶识别节点少了一条认证信息的转发,因此下行带宽需求为:

$$W_{down} = [4\alpha(k+1) \cdot 3 + 4(k-\alpha)(k+1)(1/30 + 1/360)] \cdot \lambda \quad (15)$$

若一船舶识别节点识别范围为 $k = 10 \times l$ ($l = 0.5$ 海里),由定理 1 可知,共计可识别 440 艘其他船舶节点,该船舶识别节点以 14 节的速度在定理 1 所设环境中移动.图 6 是该节点从开机搜索至平稳识别周围所有船舶识别节点过程中,上下行链路传输平均流量的曲线图,在时间轴上每隔 10 秒计算一次该节点信息.

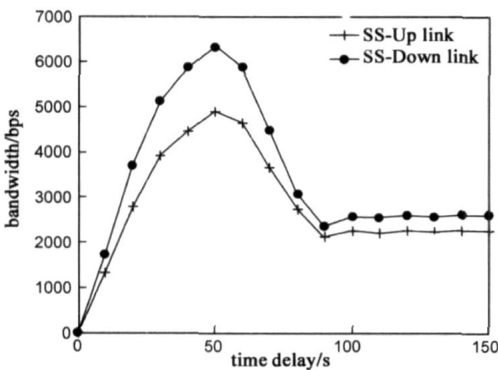


图 6 船舶迁移识别过程中对无线 IP 网络上下行通信链路带宽需求

系统仿真过程中,设船舶识别节点之间主要传输身份安全认证信息、连接请求信息、船舶动态信息和静态信息.为便于比较,设其中任一条信息长度平均值为 550bit.

图 6 显示了自主识别模式下船舶终端设备迁移过程中,从开机到平稳识别时上下行链路的带宽需求变化曲线.

从图 6 可以看出,船舶识别节点在前 1 分半钟的时间内完成了对所有周围船舶识别节点的识别.由 MIP-AIS 系统模型工作过程可知,初始识别后,需要双方立即互发动态数据和静态数据,并转发其他能够识别的船舶识别节点识别应答信息.因此,船舶识别节点在搜索识别阶段需要较多的上下行传输带宽,并随着时间推移,逐渐完成对所有识别范围内其他船舶识别节点相互识别.当船舶识别节点过渡到平稳迁移过程时,由于动态信息基本稳定,且船舶识别节点更新速率也

基本稳定,对网络环境上下行链路的带宽需求也趋于稳定.由于下行链路比上行链路通常多一条安全认证信息的传输,当系统平稳时,下行链路对通信环境带宽需求也稍稍多一点.

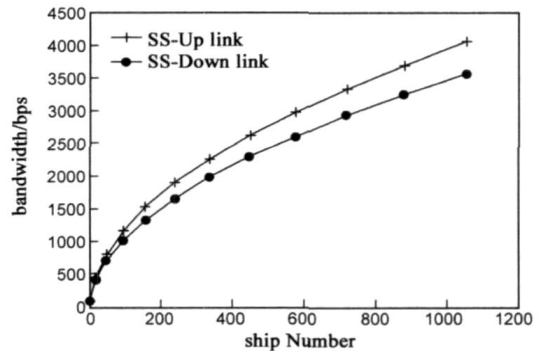


图 7 自主识别模式下识别节点数量变化时上下行链路网络带宽需求

图 7 显示了自主识别模式下,船舶终端设备在平稳识别迁移过程中,随着识别范围(船舶识别节点数量)的变化上下行链路带宽需求曲线图.

从图 7 可以看出,当 $l = 0.5$ 海里时,船舶识别节点随着识别船舶数量的增多(0~1100 艘),对上下行链路带宽需求按照抛物线的方式从 0 增加到 4kbps 左右,远远低于目前公网移动 IP 网络所提供的理论带宽(GPRS 网络的传输带宽可达 115.2kbps^[8,9],CDMA 网络的传输带宽可达 230.4kbps).因此,目前的公网移动 IP 网络很容易满足 MIP-AIS 系统模型的数据传输带宽需求.而 1100 艘的可识别船舶数量远远超过当前船舶自动识别的需求.

4 结论

本文提出了 MIP-AIS 的新方法和基于公共无线 IP 网络的船舶自动识别模型;构建了基于此模型的 MIP-AIS 系统;实现了在公共无线移动 IP 网络中识别“邻近”船舶,进行船-船的实时信息传输;重点研究了 MIP-AIS 系统模型基本工作原理、自动识别搜索算法;分别提出了基于中心辅助情况下船舶识别节点自主识别和船舶迁移状态下三种船舶自动识别搜索算法,并论证了这三种方法的性能;深入研究了 MIP-AIS 系统模型自动识别搜索算法的执行效率和不同情况下对无线移动 IP 网络的数据传输带宽需求.实验表明,基于中心辅助的船舶自动识别搜索算法中,采用分区搜索的识别算法可以大幅减少搜索次数,提高系统船舶之间自动识别的搜索效率.在系统数据传输带宽需求上,目前的 GPRS/CDMA 系统传输带宽远远超过正常情况下船舶自动识别所需要的带宽.因此, MIP-AIS 系统模型满足当前沿海和内河的船舶自动识别需求,与基于 VHF 通信系统的 AIS 相比,本系统对于内河的船舶自动识别和导航避

碰具有明显的应用优势, 是对内河船舶安全航行保障技术的一个重要贡献。

参考文献:

- [1] ITU—R Recommendation M. 137F-1, Technical Characteristics for a Universal Shipborne Automatic Identification System Using Time Division Multiple Access in the VHF Maritime Mobile Band[S] .
- [2] IALA Guidelines on the Universal Automatic Identification System (AIS) (Volume1, Part1) [EB/ OL] . <http://site.ialathree.org/pages/publications/docpdf/ais/AISGDLi.PDF>, 2002.
- [3] IALA Guidelines on the Universal Automatic Identification System (AIS) (Volume1, Part2) [EB/ OL] . <http://site.ialathree.org/pages/publications/docpdf/ais/AISGDLi.PDF>.
- [4] Danijela Pokrajac, Renato Filjar, Sasa Desic. Provision of general AIS functionalities in internet AIS[A] . Proceedings of the 8th International IEEE Conference on Intelligent Transportation Systems[C] . Vienna, Austria: IEEE, 2005. 846– 850.
- [5] 寇连坡. AIS 船位信息产生误差的原因与对策[J] . 世界海运, 2006, 29(6) : 8– 9.
KOU Lianpo. Reason and measure for error of the information about the positioning vessels from an AIS[J] . World Shipping, 2006, 29(6) : 8– 9. (in Chinese)
- [6] 王路, 尚程. 关于移动 IP 技术的研究[J] . 长春师范学院学报(自然科学版), 2007, 26(6) : 113– 115.
Wang Lu, Shang Cheng. Research on mobile IP technology[J] . Journal of Changchun Normal University (Natural Science), 2007, 26(6) : 113– 115. (in Chinese)
- [7] 余政, 宋健, 袁占亭, 等. 移动 IP 综述 [J] . 计算机工程, 2002, 28(7) : 5– 7.

Yu Zheng, Song Jian, Yuan Zhanting, etc. Mobile IP summarization[J] . Computer Engineering, 2002, 28 (7) : 5– 7. (in Chinese)

- [8] Xing Jianping, Zhang Jun etc. Vehicle GPS real time monitoring communication system based on GPRS/ CSD [A] . Proceedings of the 6th World Congress on Intelligent Control and Automation[C] . Dalian, China: IEEE, 2006. 8745– 8749.
- [9] Zhang Pengchao, Shi Zhongke, Xu Meng. Design and implementation of vehicle monitoring system based on GPRS [A] . Proceedings of the 4th International Conference on Machine Learning and Cybernetics[C] . Guangzhou: IEEE, 2005. 3574– 3578.

作者简介:



胡 青 男, 1978 年出生于山东省定陶县, 博士研究生, 讲师, 主要研究方向为水上智能交通系统技术、卫星导航理论与应用。

Email: hq0518@dlmu.edu.cn

张淑芳 女, 1955 年出生于辽宁省大连市, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向为卫星导航理论与应用技术、水上智能交通技术。

张晶泊 男, 1981 年出生于河南新乡市, 博士研究生, 助教, 主要研究方向为水上智能交通系统技术、卫星导航理论与应用。

王尔申 男, 1980 年出生于辽宁辽阳市, 博士研究生, 主要研究方向为水上智能交通系统技术、卫星导航理论与应用。