

文章编号:1001-893X(2010)03-0033-04

AIS 系统中 SOTDMA 协议仿真与分析*

刘 鹏¹, 谢永锋²

(1. 中国西南电子设备研究所, 成都 610036; 2. 中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘要:自组织时分多址(SOTDMA)协议是实现 AIS 系统的核心技术,该技术以自组织的方式工作,在交通繁忙区域,系统很有可能出现时隙冲突。针对这一情况,在 OPNET 环境下,对系统的报告率、时隙冲突率及系统容量等三方面进行了仿真,仿真结果对 AIS 系统的工程化具有非常重要的参考作用。

关键词:自动识别系统;自组织时分多址;OPNET 仿真;报告率;时隙冲突率;系统容量

中图分类号:U675.7;TP393 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-893x.2010.03.007

Simulation and Analysis of SOTDMA Protocol for Automatic Identification System(AIS)

LIU Peng¹, XIE Yong-feng²

(1. Southwest China Institute of Electronic Equipment, Chengdu 610036, China;
2. Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: Self-organized time division multiple access (SOTDMA) protocol is the key technology of Automatic Identification System(AIS), and it works in self-organized mode, in busy area, the selected slot would be collided. Based on OPNET, this paper mainly studies the relationship of the report rate, the probability of slot collision and the network capacity. The result is helpful for the engineering of AIS.

Key words: AIS; SOTDMA; OPNET simulation; report rate; probability of slot collision; network capacity

1 引言

自动识别系统(Automatic Identification System, AIS)是一种新型的助航系统及设备,是可以用于水上交通联络和指挥的岸-船、船-岸、船-船之间的通信、辅助导航系统。该系统为船舶航行安全和航行管理提供了一种新型而有效的手段,它基于无线电应答器的相关监测技术,可用于船舶等运载工具的精确跟踪,以弥补传统雷达监测在自动识别目标以及获取航行动向信息等方面的不足,对雷达监测起辅助或替代作用。由于 AIS 技术的先进性、使用的简易性和经济性, AIS 技术被采纳为国际标准(ITU-R M. 1371、IEC 61993-2)^[1], 国际海事

组织(IMO)将 AIS 作为海上航行船舶(≥ 300 t)强制性要求安装的安全设备,所以该系统有很广泛的市场应用前景。

AIS 系统是以自组织时分多址(SOTDMA)组网协议为核心技术,船舶间可以直接进行数据通信,无需类似管控中心等设备的支撑,这种组网通信方式不受不同海域的限制。但是,在交通比较繁忙的区域,由于各个船舶的超短波(VHF)信号覆盖范围相互重叠,这时往往可能会发生多个船舶同时预约同一个时隙的情况,这样就有可能发生时隙冲突,从而造成船舶之间互相看不见,进而使系统的识别率降低,给航行安全带来隐患^[2]。针对这一情况,分析 VHF 区域内能够容纳的船载应答机数量和信道时

* 收稿日期:2010-01-04;修回日期:2010-02-02

隙冲突率之间的关系具有十分重要的理论意义和应用价值。

目前,国内除了文献[2]对 AIS 系统的 SOTDMA 协议的链路特性有一定的研究外,对 AIS 系统的 SOTDMA 协议的报告率与时隙冲突率及系统容量等方面没有一个完备的仿真,国外也只做了静态仿真,因此对 SOTDMA 协议进行较完备的性能仿真可提供充足的性能仿真数据资料,以便在 AIS 系统的建设中起到重要的设计参考作用。进行该协议仿真主要的目的是为了验证 SOTDMA 协议的系统性能指标,验证 AIS 系统的各船台的报告率的分配的合理性,并在仿真中根据实际工程要求对 SOTDMA 协议进行合理改进。本文在 OPNET 环境下,建立仿真模型,在仿真结果的基础上,对 AIS 系统的报告率和时隙冲突率及系统容量的关系进行了深入分析,这对 AIS 系统的工程化具有非常重要的参考意义。

2 SOTDMA 协议

AIS 系统是以自组织时分多址(SOTDMA)组网协议为核心技术,该技术将时间分成若干超帧,每个超帧又分成若干时隙供船舶用户使用,每个用户周期地广播其当前的位置信息及对未来时隙的预约信息,以构成系统的时隙状态表,这个时隙状态表反映了所有参与船舶通信的用户对时隙动态使用的情况,依据该时隙动态表,各用户可以实现对信道时隙的自发管理。由于这些时隙资源是由用户自行管理,不需要基站的参与,所以被称为自组织时分多址。若因船舶用户的增加或需发送信息增多,AIS 系统超负荷时,SOTDMA 能自动减少 AIS 用户的数量,保证最近的船舶能够接收,以牺牲覆盖范围的方式保证通信的可靠性。

AIS 系统中定义 1 min 为一个超帧,每个超帧划分为 2 250 个时隙,每个时隙长 26.67 ms,可以由任意用户使用,AIS 通信应答机系统能提供在 1 min 之内发送至少 2 000 条船舶信息的报告。

3 AIS 系统 SOTDMA 协议的建模

OPNET Modeler 提供了三层建模机制^[3],最低层为进程(Process)模型,以有限状态机(FSM)模型来描述协议;其次为节点(Node)模型,由相应的协议模型构成,反映设备特性;最上层为网络模型,

反映网络拓扑结构。本文也按照相同的层次结构对 SOTDMA 协议的建模进行描述。

3.1 消息格式

消息是整个仿真系统信息传送的关键,仿真中用到的消息格式是将 AIS 中的消息格式做了一定的简化。系统中使用 2 种消息格式,一种用于船只之间发送和接收信息,帧长度为 256 比特/帧;一种用于各船只将每分钟使用的时隙状态表信息发送给统计器,帧长度为 256 比特/帧。消息格式如图 1 所示。

BYTE 3	1	≥21	2	1	3
24 位训练码	起始标志	有效数据包	CRC 校验	终止标志	缓冲部分

图 1 消息格式
Fig. 1 Message structure

3.2 信道模型

在 OPNET 中,无线信道建模的内容包括无线信道的频率、功率、视距以及干扰等。本仿真中信道的模型将参考 AIS 实际系统中使用的信道参数进行建模。其中,选择无线信道的发射频率为 161.975 MHz/162.025 MHz,接收机的频率是 161.975 MHz/162.025 MHz,信道带宽选择 25 kHz,码元速率为 9.6 kbit/s,发射机功率为 12.5 W,调制方式是 GMSK 调制,视距为 25 nmile。

3.3 进程模型

进程模型主要由 FSM 构成,以 FSM 模型来描述协议,AIS 船台和基站都使用该进程模型,下面详细说明一下 SOTDMA 协议的进程模型,如图 2 所示。

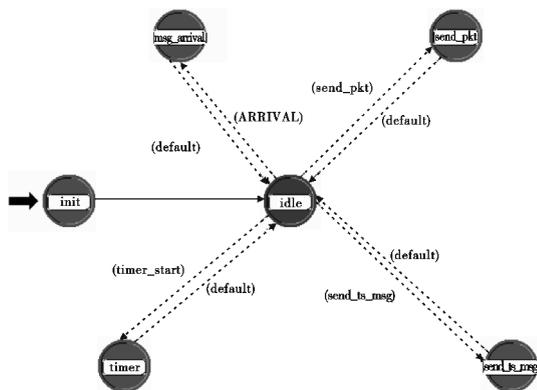


图 2 进程 FSM 模型
Fig. 2 Process FSM model

SOTDMA 协议进程响应的事件有:

- (1) Init: 空闲状态,状态属性为强迫式,由启动

仿真时仿真平台产生的启动事件触发,初始化相关变量;

(2)idle:空闲状态,状态属性为非强迫式,在此状态下等候下一个中断的产生;

(3)msg_arrival:状态属性为强迫式,由接收到新消息的事件触发进入该状态,主要用来解析消息获取相关时隙信息等;

(4)send_pkt:状态属性为强迫式,由 send_pkt 函数触发进入该状态,产生发送消息的中断。

(5)timer:状态属性为强迫式,由系统规划的定时器触发进入该状态,主要是用来产生时隙及计算时隙号;

(6)send_ts_msg:状态属性为强迫式,该状态主要用于发送时隙统计信息到时隙统计器,由 send_ts_msg 触发进入该状态。

3.4 节点模型

仿真系统中有船台、基站和统计器 3 种节点模型,其节点模型类似主要由天线、发射机、接收机及协议处理模块组成,图 3 为船台节点模型。

网络中的时隙冲突率。仿真中建立了多个场景,在每个场景中,基站和统计器各有一个,而有不同数目的船台,模拟不同用户数量的网络。图 4 是船台数为 100 的网络拓扑图。

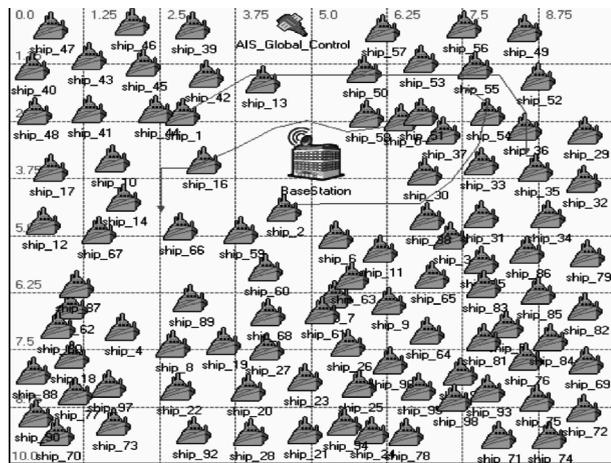


图 4 AIS 系统网络模型

Fig. 4 Network model of AIS

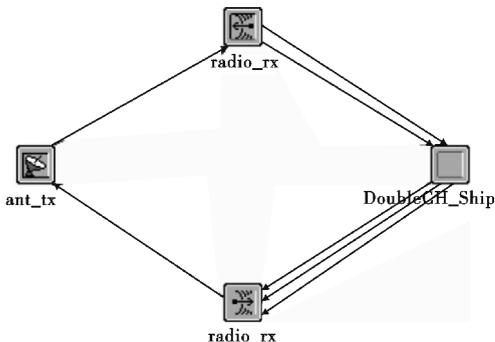


图 3 船台节点模型

Fig. 3 Ship node model

其中,天线收到无线信号后,送到接收机,接收机由两路接收信道组成,分别代表 161.975 MHz 和 162.025 MHz 两个频点,接收机接收到的消息送到协议处理模块,协议处理模块进行解析和分析。同时,协议处理模块根据状态机的变化和时隙算法的选择,将待发送的消息通过发射机再通过天线发射出去。发射机由三路信道组成,两路 AIS 发射信道和一路发送到统计器发射信道。

3.5 网络模型

网络域中有船台、基站和统计器 3 种节点类型,整个网络采用广播协议,其中统计器的作用是负责整个网络的时隙使用的动态统计,用来计算在整个

4 仿真结果分析

4.1 仿真统计指标

SOTDMA 网络通信系统最主要的性能指标是系统时隙冲突率和系统容量,其中,系统容量是指一定区域内系统所能容纳的船只总数,系统时隙冲突率是指在整个仿真时间内对所有冲突时隙的统计平均,这里定义的时隙冲突率是指每一分钟(帧)上的冲突时隙数与这一帧的总的时隙数的比值,统计计

算公式为系统时隙冲突率 $P_b = \frac{\sum_{i=0}^N M(i)}{N}$,其中 N 为总的仿真时间, $M(i)$ 为每分钟的时隙冲突率。本仿真重点考察了系统容量与系统时隙冲突率的关系。

4.2 仿真参数设置

仿真参数设置如下:

帧大小:1 min;

每帧时隙数:2 250 个;

报告率:5,6,10,15,20,30 次/分钟;

船只数目:由 20~200 递增;

基站预留时隙数:35 个时隙;

帧长度:256 bit;

基站数:1 个;

仿真时间:180 min。

4.3 仿真方法

仿真按照 SOTDMA 协议,通过改变系统中的两个重要参数来进行仿真:

- (1)保持系统的“船只数目”不变,改变报告率;
- (2)保持系统的“报告率”不变,改变船只数目。

4.4 仿真结果分析

仿真结果如图 5 所示,曲线为报告率、系统的时隙冲突率和网络容量三者的关系。

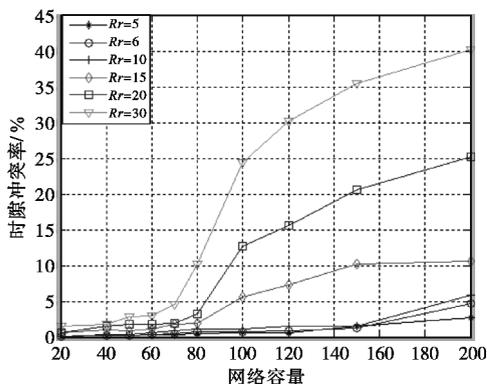


图 5 SOTDMA 协议仿真结果

Fig. 5 SOTDMA protocol simulation result

由图 5 可以看出,在报告率一定的条件下,随着系统中网络容量的增加,系统的时隙冲突率随之不断增加,并且,在网络容量相同的条件下,网络中船只的报告率增大也导致系统的时隙冲突率增加。当网络容量为 200、船只的报告率为 30 次/分钟时,系统的时隙冲突率达到 40.2% 左右,即有 1 800 个时隙发生冲突。同时从图中可以看出,当船只报告率小于等于 10 次/分钟、网络容量小于 150 时,系统的时隙冲突率很小,几乎为 0,当网络容量大于 150 时,冲突率为 5% 左右,这是因为系统规定船只初次入网的时隙必须在 150 个时隙内选择,当网络中有船只同时启动时,必然出现船只重复选用时隙,所以导致系统的时隙冲突率明显增加。根据 VTS(船舶交通管理系统)水域内船舶航行的实际情况,高速船只的数量不会很多,大多数应该为锚泊船和低速船,其报告率都小于等于每分钟 10 次。所以,当网络中主要是低速船只时,系统能达到高质量的通信性能。

因此,在交通繁忙的区域,网络容量大的时候,AIS 系统中各船台应自动将报告率降低,这样整个系统的时隙冲突率不会很高;当网络容量小的时候,可以将报告率增加,也不会产生大的时隙冲突率,这样不会影响整个 AIS 系统的性能。

5 结论

AIS 系统的市场应用前景非常广阔,SOTDMA 协议是 AIS 系统的核心协议,是实现 AIS 系统的关键,本文重点对 SOTDMA 网络通信系统的系统容量和时隙冲突率及报告率进行仿真研究,其结论对 AIS 系统的工程应用具有重要的参考价值。

参考文献:

- [1] Recommendation ITU-R M. 1371-1, Technical characteristics for a universal shipborne automatic identification system using time division multiple access in the VHF maritime mobile band[S].
- [2] 叶刚,刘振安,田钢. STDMA 系统数据链自组织特性的仿真研究[J]. 计算机仿真,2004,21(2):60-62.
YE Gang, LIU Zhen-an, TIAN Gang. Simulation of the Self-Organized Characteristics of the Data Link for STDMA[J]. Computer Simulation, 2004, 21(2): 60-62. (in Chinese)
- [3] OPNET modeler online document[Z]. 3rd ed. [S. l.]: OPNET Technologies Inc., 2000.
- [4] ITU Recommendation ITU-R M. 1371-1, IALA Technical clarification (Edition 1.4) [S].
- [5] 董泽刚,钟杰,等. SOTDMA 研究及仿真实现[J]. 电讯技术,2005,45(z1):30-33
DONG Ze-gang, ZHONG Jie, et al. the Study and Simulation of SOTDMA Protocol[J]. Telecommunication Engineering, 2005, 45(z1): 30-33. (in Chinese)
- [6] 刘人杰,刘畅,等. AIS 通信协议—SOTDMA 性能分析及仿真[J]. 电讯技术,2005,45(z1):50-54.
LIU Ren-jie, LIU Chuang, et al. AIS Communication Protocol-SOTDMA Performance Analysis and Simulation[J]. Telecommunication Engineering, 2005, 45(z1): 50-54. (in Chinese)

作者简介:

刘鹏(1976—),男,四川人,工程师,主要研究方向:嵌入式系统设计;

LIU Peng(male) was born in Sichuan Province, in 1976. He is now an engineer. His research direction is embedded system design.

谢永锋(1977—),女,江西人,工程师,主要研究方向:通信系统协议分析和应用。

XIE Yong-feng(female) was born in Jiangxi Province, in 1977. She is now an engineer. Her research direction is analysis and application of communication protocols.

Email: cathy_xyf@163. com

