

# AIS 系统 ITU-R M.1371 协议研究

巩海方

(交通运输部北海航海保障中心航标导航处 天津 300456)

**摘要:** 船舶自动识别系统 (AIS) 是工作在 VHF 海上频段的新兴的船舶和岸基广播系统。本文介绍了 AIS 相关国际标准体系,着重分析了 ITU 1371 协议的分类、演进、通信主题等,并进一步阐述了 AIS 技术应用及与北斗卫星导航系统融合的前景。

**关键词:** 协议 演进 帧格式 解析 编码

## 1 AIS 系统基本建设情况

中国海事局自 2000 年开始就“中国沿海船舶自动识别岸基系统”进行研究与开发,针对中国沿海的具体情况,经过选点、测试,会商和研讨与开发,自 2000 年开始,经过渤海湾、珠江口、长江口、琼州海峡 AIS 岸基系统工程和北方海区、东海海区、南海海区 AIS 一期、二期岸基网络系统工程和后期的补点建设,在全国沿海共建设完成 121 个 AIS 基站,一个国家 AIS 管理维护中心、3 个海区 AIS 管理维护中心,19 个辖区 AIS 管理维护中心,标志着全国沿海海区 AIS 岸基系统网络建成, AIS 信号基本覆盖全国海区沿海水域,重点港口、航道已实现多重覆盖。截至目前, AIS 岸基系统沿海覆盖率已达到 99.97% 以上,系统可用性达到 99.95% 以上。

为服务内河航运经济发展,支持内河高等级航道建设,部海事局自 2010 年开始建设内河 AIS 岸基网络系统,包括黑龙江和松花江水系、京杭运河与淮河水系、长江三角洲高等级航道网、长江水系以及珠江水系。截至目前共建成 4 个水系管理中心、13 个辖区中心和 143 座基站,并实现了内河 AIS 岸基网络系统与现有沿海 AIS 岸基网络系统互联互通。

## 2 国际组织对 AIS 协议的规定

### 2.1 与 AIS 相关的国际标准组织

与 AIS 相关的国际标准组织有国际海事组织 (IMO)、国际电信联盟 (ITU)、世界无线电通信大会 (WRC)、国际电工委员会 (IEC)、国际航协 (IALA)。对船舶使用 AIS 及 AIS 设备的要求做官方规定 IMO 是监管者。对 AIS 的通信性能标准定义并修正的 ITU 是定义者。对 AIS 通信设

备具体功能、性能制定标准的 IEC 是标准执行者。

### 2.2 国际电信联盟综合考虑以上建议

- (1) 国际海事组织 (IMO) 对通用船载 AIS 的要求;
- (2) 使用该 AIS 可以在船与船之间、船与岸上台之间,有效地交换导航数据,从而改进航行的安全性;
- (3) 这样的系统主要用于导航安全、船与船之间的监视、船舶的数据报告以及船舶交通服务 (VTS)。也可用于其他海上通信安全,假定不削弱其主要功能的话;
- (4) 使用 SOTDMA 的系统可以容纳所有的用户,并满足未来有效使用频谱的可能需求;
- (5) 该系统是自主的、自动的、连续的,主要的操作是广播,而且还可使用 TDMA 技术,运行在指配方式和询问方式;
- (6) 该系统能够扩展,以便在将来增加用户数量,并使应用多样化,包括没有按照 IMO 的要求来装备 AIS 的船只,辅助导航和搜救。
- (7) IALA 正在为 AIS 制造商和其他感兴趣的团体,维护和出版一种关于国际应用标识码分支和技术指南的记录。

## 3 AIS 协议分类

ITU-R M.1371 建议案中提出 AIS 技术特性标准,主要有: 将比特流传输到数据链的物理层; 特性参数; 带宽参数、发射媒体; 频带宽度; 收发特性; 调制方案; 数据发射速率; 同步序列; 数据编码; 前向纠错; 交错、比特倒频; 数据链读出; 发射机稳定时间; 发射功率; 关机程序。ITU 协议组规定了 AIS 系统的总体要求: ITU-R M 1371-1; ITU-R M 1371-2; ITU-R M 1371-3; ITU-R M 1371-4; ITU-R M 1371-5。五个协议的改进之处在于对协议报文种类的增加和一些细节上的完善,包含: (1) 该系统应向其他所有设备以自组织的方式自动广播船舶的动态信息和其他信息。(2) 该系统的设备应能接收和处理特殊的询问呼叫。(3) 该系统在接收到请求时,应能发送另外的安全信息。(4) 该系统的设备应能连续运行,当船舶在航行时和在停靠时。(5) 该系统应当使用同步到 UTC 的 TDMA 技术,如果 UTC 不可用,可以使用

其它同步源。(6)该系统应当具有3种操作方式:自主、指配和轮询。时分多址即在一个无线频道上,按时间分割为若干个时隙,每个信道占用一个时隙,在规定的时隙内收发信号。原理如下图:

AIS 所处电磁波段如下图:

#### 4 ITU-R M 1371 协议演进

### Time Division Multiple Access (TDMA)

#### Temporal Multiplexing -- Synchronous Telegraphy

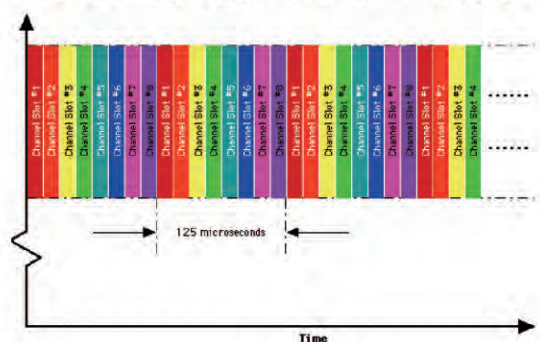


图 3-1 时分多址原理图

ITU-R M 1371-1 发展至 1371-5, 变化主要有:

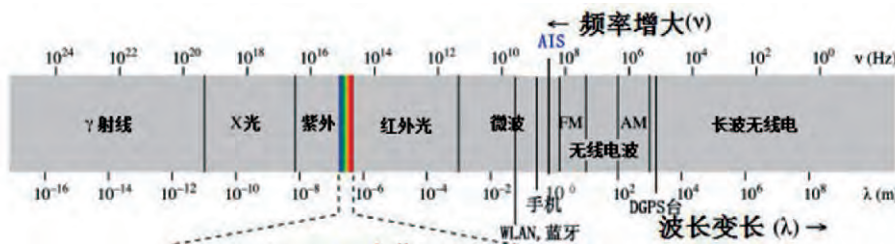


图 3-2 AIS 所处电磁波段示意图

(1) 在数据帧中加入包含同步状态和时隙相关信息的通信状态位。

(2) 针对报文反复转发造成的时隙利用效率低下,在报文中加入了转发计数位,初始状态位为1或2。当报文被转发站转发后,该位+1,当该位等于3时,报文将不再被转发。

(3) 为提高资源利用率,详细定义6号和8号报文的二进制信息。

(4) 增加报文7、报文13、报文17和报文22的描述。

(5) 增加了23号组指派命令报文、24号静态数据报文、25号单时隙二进制报文、26号

含通信状态的多时隙二进制报文、27号大量程AIS报文。

(6) 增加扩展的航标名称位至21号报文,AIS航标名称字符数由20个增加到最多34个。

### 5 AIS 通信技术特性

#### 5.1 AIS 通信模式

AIS 通信主体包括基站、船台、AIS 航标、AIS 搜救相关、AIS 转发台站。采取三种模式如下:

(1) 自主和连续模式:采用这种模式的台站应能自行确定其位置信息的发射时间安排,并自动解决与其他台站在发射时间安排上的冲突。

(2) 指定模式:采用管理部门的基地台或转发台所指定的发射时间表。包括报告速率的指定和发射时隙的指定。

(3) 轮询模式:自动回应船台或管理部门的询问。轮询模式的运行不应和其他两种模式的运行发生冲突,回应信息的发射在接收到的询问信息的频道上进行。

#### 5.2 AIS 台站分类

按照是否移动可分为移动和固定两类,移动台站包括A类船载移动台站、B类船载移动台站、机载AIS台站和助航台站。固定台站包括基站、单工转发器和双工转发器。按照

功能ITU定义可分为AIS船载台、助航AIS台、受限基站、搜救移动航空器设备及转发台。AIS种类有Class A(通用船载自动识别设备);Class B(适合小型船舶安装AIS设备);Class C(基站);Class S(搜救飞机及直升机用AIS设备);Class N(Aids to Navigation)航标AIS设备。A

类B类AIS设备物理参数对比如下表:

A类B类AIS设备在通信制式、静态报告、报告更新率、报文通信方面也不相同。

表 5-1 A 类 B 类 AIS 设备物理参数对比情况

船载 AIS 对比	A 类	B 类
发送功率	12.5W (缺省) / 2W (低功率)	2W
通信协议	SO-TDMA	CS-TDMA
频带	156.025162.025MHz@12/25KHz	161.500162.025MHz@25kHz
定位源和外部输入	外部 GPS	AIS 集成 GPS
显示和数字界面	用小键盘显示 (MKD), 多个输入输出口	可选
位置, 静态消息以及报告速率	位置信息由 AIS 消息 1, 2 或 3	位置信息通过 AIS18 号消息回报, 静态消息通过 24 号消息汇报
安全信息	发送和传输	发送可选
价格	\$2,800-4000	\$700-1,500

## 5.3 AIS 通信模型

包含开放式系统互联 (OSI) 模型的 1 ~ 4 层 (物理层、链路层、网络层和传输层)。国际标准化组织 (ISO) 根据网络通信的功能要求, 把通信过程分为七层, 分别为物理层、数据链路层、网络层、传输层、会话层、表示层和应用层, 每层都规定了完成的功能及相应的协议, 即 OSI-RM ISO/OSI Reference Model 模型

(1) 物理层主要负责将来自源的比特流输出到数据链, 对装配的发射用数据包进行 NRZI 编码, 把数字 NRZI 编码的



图 5-1 开放式系统互联 (OSI) 模型层级图

发射用数据包转换成模拟 GMSK 信号, 调制发射机。物理层参数如下:

AIS 可以同时两个频率上交替进行, 可以避免 RF 干扰和增加系统容量。此外, 主管部门还可以指定 AIS 的区域性

表 5-2 开放式系统互联 (OSI) 模型物理层参数说明

符号	参数名	最小值	最大值
PH.RFR	区域频率 MHz	156.025	162.025
PH.CHS	信道间隔 KHz	12.5	25
PH.AIS1	AIS 信道 1 (CH87B)	161.975	161.975
PH.AIS2	AIS 信道 2 (CH88B)	162.025	162.025
PH.TS	对准序列 bit	24	32
PH.TST	发射机稳定时间 ms		1.0
PH.TXP	发射输出功率 W	1	25

使用频率, 使 AIS 可工作于一组频率, 并具有频道选择和切换手段, 既可以工作于近程, 也可工作于远程。AIS 专用两个 VHF 频道: CH 87B  $f=161.975\text{MHz}$ ; CH 88B  $f=162.025\text{MHz}$ 。调制方案为最小移频键控 GMSK/FM, 信道编码采用不归零翻转、遇 0 电平变化方式, 数据速率为  $9.6\text{kbps} \pm 50\text{PPM}$ , 无前向纠错和交织, 无位扰。

GMSK 的编码如下: ① NRZI 的编码数据在对发射机调制之前应当进行 GMSK 编码; ②用作为数据发射的 GMSK 调制器的 BT 积, 运行在 25kHz 通道上, 应当为 0.4 运行在 12.5

kHz 通道上为 0.3; ③用作为数据接收的 GMSK 解调器的 BT 积, 运行在 25kHz 通道上, 应当为 0.5, 运行在 12.5 kHz 通道上, 为 0.3 或 0.5。

(2) 为了数据传输的检测和纠错, 链路层规定了数据的打包方法。链路层分成介质访问控制 (MAC)、数据链服务 (DLS)、链路管理实体 (LME) 3 个子层。MAC 子层使用公共时间基准的 TDMA 访问数据传输介质, 即 VHF 数据链。AIS 系统采用帧的概念, 一帧为 1 分钟, 分为 2 250 个时隙, 每个时隙为 26.67ms, 每一帧开始和结束都是以 UTC 分钟一致的。分隙的概念最早起源于夏威夷大学的 ALOHA 网络, 使用时隙可以提高信道利用率, 将数据传输的吞吐率提高一倍。根据 MAC 子层, DLS 将侦听、激活或释放数据链。自由时隙或外部分配时隙表示, 本台应当处于接收方式并收听其他数据链用户。对标记为可用和非由本台用于发射的时隙, 同样采取这种模式。

(3) 网络层负责建立和维护通道连接; 管理报文的优先级指定; 两个通道之间发射用数据包的分配; 数据链阻塞的解决。作用: ① 信道管理, 建立和保持信道连接。AIS 工作信道为 87B 和 88B, 只能在人工输入命令、基地台发来的 TDMA 命令、基地台发来的 DSC 命令等情况下转换到其他信道上工作。② 确定报告速率; ③ 解决信道阻塞问题。

(4) 传输层负责将数据转换到大小合适的发射用数据包; 将数据包排队; 将协议与较高若干层接口。传输层应当将来自表示层接口的数据转换成发射用数据包, 如果发射用数据包的长度要求在 5 个以上的时隙中才能发射完, 或者对 AIS 移动台, 如果报文 6、8、12、14 在这一帧中通过 RATDMA 协议发射的时隙总数超过 20, 则 AIS 不应当发射该数据, 而应当响应以一个负证实给表示层接口。

## 6 AIS 技术应用

## 6.1 优化船舶调度与提升航运效率

AIS 信息有利于调度人员全面了解和析海上船舶交通状况与各航线的船舶流量, 实现对船舶的科学、有效地调度, 提高船舶进出港效率, 创建一个高效和谐的海上交通环境。AIS 信息可与雷达信息相融合, 提供精确、全面的船舶实时的信息, 增强雷达的信息识别能力; AIS 可以扩展航海雷达系统的观测范围, 弥补雷达的观测盲区; AIS 还能够克服雨雪对雷达产生的干扰, 使船舶能够在暴雨、大雪等恶劣天气下安全的进出港口。

## 6.2 海上人命和安全救助

海上船舶发生事故后, 通过 AIS 数据可以准确定位查找



遇险船舶,掌握事发水域周围水域环境及通航状况,为及时开展海上搜救工作创造有利时机,缩短救助时间,提高搜救效率,最大限度的保护海上人命和财产安全。

### 6.3 提供助航服务,维护航行安全

利用 AIS 岸基网络系统可以及时对安装 AIS 船台的船舶播发航标动态、水文、气象、航行警告等信息,丰富了助航信息发布手段,为航海用户提供了更为优质的航海保障服务。

### 6.4 设置虚拟航标

虚拟航标是依据 ITU 1371-1 标准,通过 AIS 基站播发的一种助航标志。在遇到沉船等紧急情况以及在某些水域需要设标又不便于设标时,可以设立虚拟航标对船舶予以提示。航行在 AIS 覆盖范围内并安装有 AIS 设备的船舶,均可接收到该虚拟航标的位置、种类等信息,在船台显示器上予以显示,并且可以通过虚拟航标进行定位、导航或避开航行危险物。

## 7 AIS 与北斗卫星导航系统融合及应用前景

中国正在实施建设的北斗卫星导航系统包括 5 颗静止轨道卫星和 30 颗非静止轨道卫星,可满足中国及周边地区用户对卫星导航的需求,而且可以扩展为全球卫星导航系统,其覆盖范围大,没有通信盲区的特点,为船舶在远洋航行中的监控提供了思路。北斗与 AIS 系统融合能够很好地解决传统 AIS 系统可靠性不足且岸基系统维护成本过高、覆盖范围受限的缺点,两者整合的效益显著。

预计 VDES 可能分两部分实施,地面 VDES 和卫星 VDES。一些无线电设备制造商已经开始研发 VDE 收发机的样机,这种收发机具有 ITU-R M. 1842-1 规定的甚高频电子数据交换功能,样机于 2014 年进行测试。2015 年世界无线电

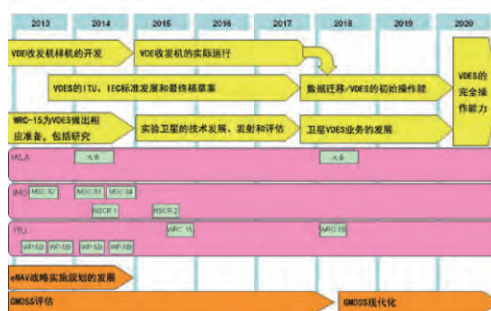


图 7-1 AIS 未来的发展方向——基于数字甚高频技术的 VDES

通信大会(WR-15)同意分配新的频率给 VDES,由于现有的技术条件的限制和 AIS 数字信道面临的压力,地面 VDES 可能被首先实施,甚至早于卫星设备资源获取之前。卫星业务与地面 VHF 业务之间的共享研究正在 ITU 无线电通信委员会进行。如果 ITU VDES 建议案能在 WRC-15 形成最终决定,将大大促进形成包括卫星元素在内的全功能的 VDES。

### 参考文献:

- [1] ITU, Recommendation ITU-R M.1371-4,2010.
- [2] IMO, NAV 58/14 report to the maritime safety committee, 2012.
- [3]IMO, MSC Resolution 191(79) performance standards for the presentation of navigation-related information on shipborne navigational displays, 2004.
- [4] 船载自动识别系统 (AIS) 技术要求 GB/T 20068-2006.

## 科伦坡港口引入新集装箱扫描仪系统

科伦坡港口引入新的集装箱扫描仪系统。根据最新计划,将由领头的全球安全检测供应商 Rapiscan Systems (Pvt) 有限公司安装 4 个 Eagle P60 型入口 (portals of Eagle P60), 其为最先扫描组件,具有完整交钥匙解决方案 (complete turnkey solution)。据了解,Rapiscan Systems (Pvt) 是有关投标的最低价投标人,依据海关当局权限其获得政府授予合同。

斯里兰卡海关总署署长 Choolananda Perera 称,每天约有 1 100 个集装箱抵达该国,同时另有 400 个集装箱从该国出运,但只有总数百分之五的箱子可使用十年以上老旧的

现有系统作扫描。按新计划将安装 4 台扫描设备,海关将用 Rapiscan 技术和设备昼夜不停运行货物扫描作业,其对作为私人公共合伙政府的成本影响最低。Perera 称,海关将能够在 6 个月内以其新系统全功能地运作,并可能扫描所有进出口集装箱。其称该新系统每小时能够扫描 100 个集装箱。然而 Daily Mirror 得悉,该 Eagle P60 型 X 射线想像系统 (X-ray imagine system) 能够将诸如爆炸物或麻醉品等低密度违禁品与例如钢铁等高密度材料区别开来。

(刘昭青 编译)