

# 基于 RFID 有源标签的内河船舶定位系统

陈 滢,高茂庭,吴爱华

(上海海事大学 信息工程学院,上海 201306)

**摘 要:**船舶定位在内河港口与航道管理及船舶运营管理中具有非常重要的作用,对于船公司、租家可监控船舶实时动态,便于管理,应对突发事件,对于港口机关,实现港区全部监控,安排作业计划提高工作效率,保证港区安全。文中利用主动式 RFID 技术结合相关 RFID 定位算法实现了内河船舶定位,并提出了一种基于 RFID 有源标签的内河船舶定位系统标签部署模型,分别讨论和分析了在考虑定位标签正常和具有一定容错能力情况下的标签部署方案和约束要求。结合标签部署模型和定位算法可满足内河船舶定位的基本要求并实现内河船舶的定位。

**关键词:**无线射频识别;定位算法;船舶定位;标签部署;容错问题分析

中图分类号:TP302.1

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2015)02-0169-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2015.02.039

## Inland River Ship Positioning System Based on Active RFID

CHEN Ying, GAO Mao-ting, WU Ai-hua

(College of Information Engineering, Shanghai Maritime University,  
Shanghai 201306, China)

**Abstract:** Ship positioning has a very important role for inland river port and channel management and ship operating management. For shipping companies and ship charterers, they can monitor ship real-time activities. It is convenient to manage ship and respond to emergencies. For port authorities, it can realize all areas monitoring. And it can promote the efficiency by reasonable arrangements and ensure harbor safety. An inland river ship positioning system model based on active RFID tag label is proposed by using active RFID technique, and label deployment scheme and constraint requirement for label in normal and fault tolerant status were discussed and analyzed respectively. It can satisfy basic requirement and can realize function of ship positioning by combining with tag label deployment model and position algorithm.

**Key words:** radio frequency identification; positioning algorithm; ship positioning; tag label deployment; fault tolerance analysis

## 0 引 言

无线射频识别(Radio Frequency Identification, RFID)技术,是利用无线射频通信实现的非接触式自动识别、分别技术,通过无线射频方式在阅读器和标签之间进行非接触双向数据传输,从而达到目标识别和数据交换的目的。无线射频识别技术具有非接触、作用距离远、精度高、适用于恶劣环境及可识别运动目标等一系列优点,基于物理世界的对象可以被跟踪,并映射到数字世界进行处理,在供应链、智能交通、人类活动跟踪和控制等众多领域 RFID 都得到了广泛的应用<sup>[1]</sup>。先进主动式 RFID 技术的有源标签<sup>[2]</sup>,即内设电源的电子标签,可设定频率发射信号,有更久的寿命和更远的距离,RFID 阅读器和 RFID 标签之间的工作

范围一般为 150 ~ 300 m(功率可调)<sup>[3]</sup>,最大可达 1 500 m。根据《内河航道技术等级划分及尺度》<sup>[4]</sup>可知,最宽航道为一级双线航道 245 m,在有源标签系统工作范围内,船只在内河航行都有其固定的航道。现有的船舶定位方法分为三类,即路标定位、无线电航海仪器定位和天文定位<sup>[5]</sup>,普遍利用了卫星和雷达等设施,由这些方法实现定位及信息互通远远不能满足管理需求,尤其船舶动态监管缺乏有效的信息采集手段,并且价格较昂贵;而 RFID 同现有定位技术相比,不仅具有成本上的优势,对环境的要求和受环境的影响都很小,而且定位精度较高,传输范围大,同时还能从定位目标中读取有关该目标的大量信息。随着 RFID 不断的发展,RFID 有源标签定位系统<sup>[6]</sup>在海事船舶定位

收稿日期:2014-03-14

修回日期:2014-06-19

网络出版时间:2014-12-27

基金项目:国家自然科学基金资助项目(61202022)

作者简介:陈 滢(1989-),女,硕士研究生,研究方向为数据仓库与数据挖掘。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20141227.1346.031.html>

应用<sup>[7]</sup>成为可能。文中根据 RFID 有源标签定位系统及各类定位算法,提出了一种船舶定位标签部署模型以及相关定位算法。

## 1 有源标签定位系统

RFID 有源标签,即内设电源的电子标签,由电池提供标签工作的能量,电池、内存与天线一起构成有源电子标签。不同于被动射频的激活方式,是一种主动识别技术,通过设定频段外发信息,目前有源 RFID 的主要工作频段为 433 MHz、900 MHz、2.45 GHz、5.8 GHz,分为低频、中频、高频和超高频四种类别。超高频有源 RFID 的通讯距离在百米以上,可以通过软硬件的调整在最远通讯范围内调节通讯的最远距离,因发射的频率不同导致通讯距离不同,在实际应用中可根据需要调整标签的发射功率即频段来控制通讯距离。而无源标签(被动标签)没有内装电池,识读距离普遍在十几米,或者更短,在阅读器的读取范围之外,电子标签处于无源状态,在阅读器的读取范围之内时,电子标签从阅读器发出的射频能量中提取其工作所需的电源。有源标签与无源标签相比,在识别距离上,有源电子标签比无源标签远得多;在识别稳定性上,有源电子标签比无源标签好;在读取速度上,有源标签同时读取电子标签的速度快;在标签寿命上,有源标签可以定期更换电池。

有源 RFID 通信系统<sup>[8]</sup>由阅读器、标签、通信网络和后台服务四个部分构成,如图 1 所示。由于 RFID 阅读器的成本远比标签高,故内河管理船舶定位的 RFID 定位系统可以采用 MR-FT 模型(移动阅读器固定标签),即船上移动阅读器和航道两侧固定标签,标签位置已知,当标签进入船上阅读器的读取区域,阅读器通过无线射频的方式发送给该区域的标签。标签与阅读器之间通过射频通信可以测量出无线电传输的伪距,并据此计算出船上阅读器的位置信息,通过通信网络则可以将阅读器收到的信息及计算出来的位置信息传输至后台服务器,同时后台服务器还可以通过网络控制各个船上阅读器。

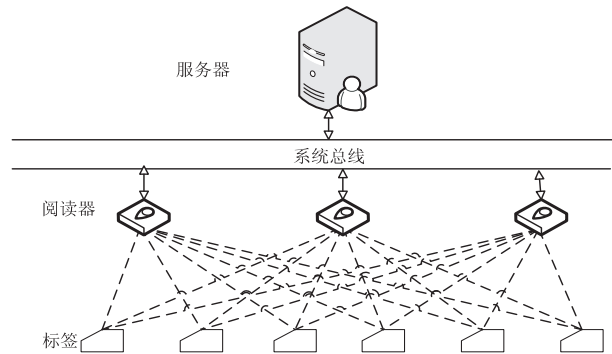


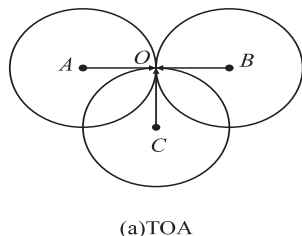
图1 系统构成

## 2 RFID 定位技术

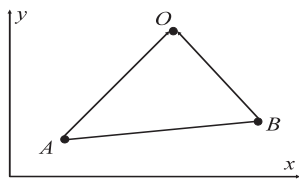
有源标签定位技术普遍分为测量信号从标签到达阅读器之间的时间、角度及信号强度三类,测时间和信号强度的方法最终都归结于计算目标对象和标签之前的距离。常见的主要有 4 种方法,TOA 到达时间定位法<sup>[9]</sup>、TDOA 到达时间差定位方法<sup>[10-11]</sup>、AOA 到达角度方法<sup>[12]</sup>和 RSSI 方法<sup>[13-14]</sup>,其中 TOA 和 TDOA 是通过信号传播时间得出距离的方法,AOA 方法是测信号角度的方法,而 RSSI 是一种测信号强度再由信号强度计算距离的方法。

### 2.1 TOA 到达时间法

TOA 到达时间定位法,是通过获得从阅读器发射的信号到达目标物体后再返回阅读器的时间,然后根据时间计算出距离的一种方式,从而可确定目标物体距离该阅读器的距离。计算公式采用经典速度位移公式: $S=VT$ ,对于某种信号, $V$  确定,故而可以得到相对位置,如图 2(a)所示。



(a)TOA



(b)AOA

图2 TOA 三角测距及 AOA 定位

利用物体到达三阅读器的时间共同确定目标物体的位置。在图 2(a)中,目标物体  $O$  与 3 个传感器  $A$ 、 $B$ 、 $C$ ,在这 3 个传感器上可获得与  $O$  的距离分别为  $a$ 、 $b$ 、 $c$ ,因此可得  $O$  点一定在以  $A$ 、 $B$ 、 $C$  为圆心,半径分别为  $a$ 、 $b$ 、 $c$  的圆上。假设  $A$ 、 $B$ 、 $C$  三点坐标分别为  $(x_1, y_1)$ 、 $(x_2, y_2)$  和  $(x_3, y_3)$ ,  $O$  点坐标  $(x, y)$ ,则有式(1),解这个二元二次方程组就确定了  $O$  点的二维坐标。

$$\begin{cases} (x - x_1)^2 + (y - y_1)^2 = a^2 \\ (x - x_2)^2 + (y - y_2)^2 = b^2 \\ (x - x_3)^2 + (y - y_3)^2 = c^2 \end{cases} \quad (1)$$

### 2.2 TDOA 到达时间差法

TDOA 到达时间差定位方法,其最早利用于雷达系统,在不同的测量点同步发射信号,计算从不同的节点到达目标物体的距离差来定位该目标。和 TOA 算法一样,它首先获得目标距离传感器点的距离,于是有

式(2):

$$\begin{aligned} a - c &= \sqrt{(x - x_1)^2 + (y - y_1)^2} - \\ &\quad \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \\ b - c &= \sqrt{(x - x_2)^2 + (y - y_2)^2} - \\ &\quad \sqrt{(x - x_3)^2 + (y - y_3)^2} \end{aligned} \quad (2)$$

其中,  $a-c$  即测量点  $A$ 、 $C$  之间到达目标的距离差, 记为  $r_1$ ,  $b-c$  即测量点  $B$ 、 $C$  之间到达目标的距离差, 记为  $r_2$ , 于是

$$a^2 = (r_1 + c)^2 \quad (3)$$

$$b^2 = (r_2 + c)^2$$

将式(3)展开得式(4):

$$\begin{aligned} r_1^2 + 2r_1c + c^2 &= x_1^2 + y_1^2 - 2x_1x - \\ &\quad 2y_1y + x^2 + y^2 \\ r_2^2 + 2r_2c + c^2 &= x_2^2 + y_2^2 - 2x_2x - \\ &\quad 2y_2y + x^2 + y^2 \end{aligned} \quad (4)$$

另外

$$c^2 = x_3^2 + y_3^2 - 2x_3x - 2y_3y + x^2 + y^2 \quad (5)$$

整理合并得式(6):

$$\begin{cases} 2((x_1 - x_3)x + 2(y_1 - y_3)y) = \\ \quad (x_1^2 + y_1^2) - (x_3^2 + y_3^2) - (r_1^2 + 2r_1c) \\ 2((x_2 - x_3)x + 2(y_2 - y_3)y) = \\ \quad (x_2^2 + y_2^2) - (x_3^2 + y_3^2) - (r_2^2 + 2r_2c) \end{cases} \quad (6)$$

其中,  $c$  是一个含有误差的距离, 解式(6)可得  $(x, y)$  坐标值。

### 2.3 AOA 到达角度法

AOA 到达角度方法, 是利用阵列天线实现的, 能够检测到信号是由哪个方向反射回来的, 那么这个信号就在这条线上, 当有两个基站的时候, 两条直线交于一点, 这交点就是目标位置。其中  $O$  为目标物体,  $A$ 、 $B$  为基站。由阵列天线可以测出基站  $A$ 、 $B$  信号分别沿着直线  $AC$ 、 $BC$  方向的交点  $O$  就是目标物体, 如图 2(b) 所示。

若  $A$ 、 $B$  坐标已知, 又经过测量可知  $AO$ 、 $BO$  的斜率分别为  $k_1$ 、 $k_2$ , 那么  $O$  的坐标可由式(7)方程组求得, 其中  $b_1$  和  $b_2$  可通过已知变量代入解得。

$$\begin{cases} y = k_1x + b_1 \\ y = k_2x + b_2 \end{cases} \quad (7)$$

### 2.4 RSSI 信号强度法

利用此方法无需额外硬件支持, 也不需要额外网络消耗, 几乎不需要任何成本; 因此, 对于 RFID 技术, 十分适用。通过标签到阅读器的功率损耗, 来确定它们之间的距离。无线信号的传播存在以下规律, 接收

方测得的信号强度越强, 则发送方就离接收方越近, 反之, 则越远。因此, 通过测量接收的信号强度就可以推算出移动终端到基站的距离。根据经典电磁理论, 在真空中, 标签以额定功率辐射, 可得到空间中任意一点的功率, 这个公式叫做弗里斯公式, 如式(8)所示。

$$P_{ii} = \frac{P_t * G_t * G_{ri} * \lambda^2}{4\pi * D_i^2} \quad (8)$$

式中,  $G_t$ 、 $G_{ri}$ 、 $\lambda$ 、 $\pi$  都是定值;  $P_{ii}$ 、 $P_t$  均可测得;  $D_i$  可根据公式算出。

如果有三个读写器读到  $P_{ii}$ , 则可算出标签到读写器的三个距离值  $D_i$ , 该标签的位置即为以 3 个读写器为圆心、 $D_i$  长度为半径的 3 个圆的交点上, 读写器位置已知, 则可根据三角测距法算出标签位置, 即被测物体的位置。

## 3 标签部署

根据上述算法, 可以看出, 除了 AOA 方法需两标签可定位船舶之外, 需要计算船只与标签距离的定位算法都需要满足一个条件, 即要定位一个船上阅读器位置, 必须满足任意时刻阅读器可读到三个或三个以上的标签。下面以三个标签定位方法来讨论内河航道船舶定位标签部署问题。

### 3.1 标签部署模型

内河航道是蜿蜒曲折的, 以一条直航道为例子讨论船舶定位标签部署问题, 船只携带阅读器, 标签部署在航道的两岸, 如图 3 所示。

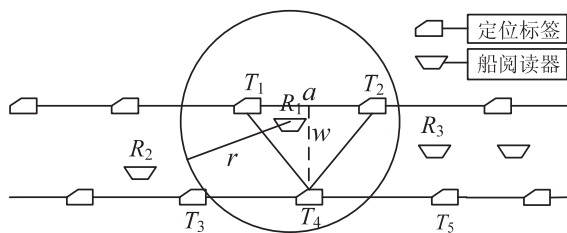


图3 标签部署示意图

图3中, RFID 阅读器分别记为  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$ , 其阅读半径为  $r$ , 内河航道宽度记为  $w$ , 航道两侧 RFID 标签分别记为  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$  等, 航道同侧相邻两个标签之间距离记为  $a$ , 为方便讨论, 不妨将图3中的 RFID 阅读器和标签都简化成一个点, 则标签部署问题可以简化表示成图4(a)的形式。

图4(a)中, 整个航道可以看成是由多个三角形区域构成的, 如三角形  $T_1T_3T_4$ , 三角形  $T_1T_2T_4$ , 三角形  $T_2T_4T_5$  等, 船上阅读器  $R_1$  的阅读范围为以  $R_1$  为圆心、半径为  $r$  的圆, 为保证正常情况下船上阅读器  $R_1$  在航道内任意位置都能检测到三个或三个以上标签, 只需要在阅读器处于某个三角形区域的任意位置时, 其阅读范围能完全覆盖这个三角形的三个顶点即可。以三角

形  $T_1T_2T_4$  为例,考虑边界情况,如图4(b)所示。

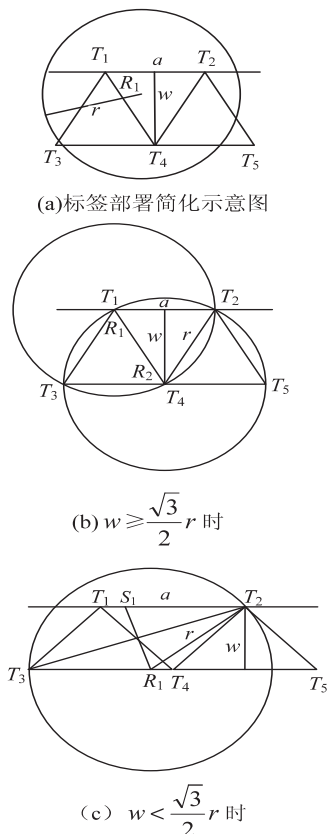


图4 标签部署位置关系图

图4(b)中,必有  $r \geq w$ ,即船上的阅读器的阅读半径必须大于等于航道的宽度,这是因为在船只沿航道的一侧航行时要读到对岸的定位标签。当  $R_1$  处于  $T_1$  位置时,应该能阅读到  $T_2$  和  $T_4$ ,当阅读器处于  $T_4$  位置时,应该能阅读到  $T_1$  和  $T_2$ ,从而,阅读器阅读半径为  $r$  应同时不小于  $T_1$  到  $T_2$ 、 $T_1$  到  $T_4$  的距离,如式(9)所示。

$$\begin{cases} r \geq a \\ r \geq \sqrt{w^2 + \left(\frac{a}{2}\right)^2} \end{cases} \quad (9)$$

解式(9)的不等式组得式(10):

$$a \leq \min(r, 2\sqrt{r^2 - w^2}) \quad (10)$$

这说明满足式(10)的要求部署定位标签必定满足总能读到三个标签的基本要求。若阅读半径  $r$  为定值,根据航道宽度  $w$  大小的不同,对于标签距离  $a$  的部署,会出现不同情况:航道越宽,标签距离  $a$  越小,即标签部署越密集;阅读半径  $r$  越大,标签距离  $a$  越大,即标签部署越稀疏。 $a$  的大小按式(10)由  $w$  和  $r$  共同决定,实际上,标签距离  $a$  的值可能取更大的值。

考虑式(10)小于等于等号右边  $r$  和  $2\sqrt{r^2 - w^2}$  的值的大小关系,解  $r = 2\sqrt{r^2 - w^2}$  可以得出  $w = \frac{\sqrt{3}}{2}r$ ,下面分两种情况进行讨论。

### 3.1.1 $\frac{\sqrt{3}}{2}r \leq w \leq r$ 的情况

图4(b)所示的情况,航道两侧定位标签三角形  $T_1T_2T_4$  构成腰不小于底的等腰三角形。按式(10)要求进行部署,即可保证任意时刻船上阅读器  $R_1$  都能读到三个或三个以上标签。若  $R_1$  在三角形  $T_1T_2T_4$  内,可以读到  $T_1T_2T_4$  三个标签,若恰巧在标签  $T_1$  和  $T_4$  的连线上,则可以读到  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$  四个标签,若恰巧在标签  $T_4$  的位置,则可以读到  $T_1$ 、 $T_2$ 、 $T_3$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  五个标签。

此类还有一种极限情况,即  $w = r$ ,使  $a = \frac{2}{3}r$  时,  $R_1$  任意时刻至少读到三个标签,极限情况为船只沿航道一侧航行,只能读到同侧航道的最近三个标签。

### 3.1.2 $w < \frac{\sqrt{3}}{2}r$ 的情况

当  $w < \frac{\sqrt{3}}{2}r$  时,两侧定位标签三角形  $T_1T_2T_4$ 、三角形  $T_1T_3T_4$ 、三角形  $T_2T_4T_5$  都是腰小于底的等腰三角形,如图4(c)所示。

图4(c)中,先在岸上确定一点作为标签  $T_3$  的位置,再在其同岸向右取距离  $T_3$  的距离为  $r$  处作为  $R_1$  点,以  $R_1$  为圆心、 $r$  为半径作圆交对岸线于  $T_2$  点,作  $T_2$  和  $T_3$  的垂直平分线并分别交两岸于  $R_1$  和  $S_1$  点,过  $T_2$  作岸边线垂线,垂足为  $S_2$ ,取  $S_2$  到  $T_3$  距离的  $2/3$  作为  $a$ ,再以  $a$  为标签距离分别在两岸部署标签  $T_1$ 、 $T_4$ 、 $T_5$  等。由于  $R_1$  到  $T_2$  和  $T_3$  的距离都是  $r$ ,  $T_3$  到  $T_4$  的距离为  $a$ ,  $T_4$  到  $S_2$  的距离为  $a/2$ ,所以有式(11):

$$a - r = \sqrt{r^2 - w^2} - \frac{a}{2} \quad (11)$$

解式(11)得式(12):

$$a = \frac{2}{3}(r + \sqrt{r^2 - w^2}) \quad (12)$$

考虑三角形  $T_1T_2T_4$  和三角形  $T_1T_3T_4$  的覆盖,当阅读器处于  $T_2$  时,可以覆盖梯形  $S_1T_2T_4R_1$  区域,而当阅读器处于  $T_3$  时,可以覆盖梯形  $T_1S_1R_1T_3$  区域。这说明,只要  $a \leq \frac{2}{3}(r + \sqrt{r^2 - w^2})$ ,就能使得标签部署满足总能读到三个标签的基本要求。

由于  $w < \frac{\sqrt{3}}{2}r$ ,得  $4w^2 < 3r^2$ ,即  $r^2 < 4(r^2 - w^2)$ 。

所以,  $r < 2\sqrt{r^2 - w^2}$ ,即  $3r < 2r + 2\sqrt{r^2 - w^2}$ ,亦即  $r < \frac{2}{3}(r + \sqrt{r^2 - w^2})$ 。

故取介于  $r$  和  $\frac{2}{3}(r + \sqrt{r^2 - w^2})$  之间的  $a$ ,使得:

$$\min(r, 2\sqrt{r^2 - w^2}) \leq r < a \leq \frac{2}{3}(r + \sqrt{r^2 - w^2}) \quad (13)$$



这说明,此时,标签距离  $a$  的值可以取比  $r$  更大的值,这可以从图 4(c) 中看出,  $a$  的值比  $r$  的值可以多出  $R_1$  到  $T_4$  的距离。

### 3.2 容错问题分析

上述部署模型是在假设所有的标签皆能正常工作的前提下考虑的,确保船上阅读器在任意位置能读到三个或三个以上标签。若考虑系统的容错性,即允许标签发生故障的情况,就要改变标签部署,使船只能读到四个或更多的标签,这样,即使有个别标签损坏,也可保证系统的正常运行。由于  $w, r$  是定值,故可以根据系统允许的容错程度减小  $a$  值大小来增加阅读器可读到的标签数量。

这里只讨论允许在阅读识别范围内只有一个标签出现故障的情况,有更多标签故障的情况可根据相同的思路进行推导。当有一个标签故障时,应保证在任意时刻,船上阅读器应从正常情况下能至少读到三个标签增加到至少能读到四个标签来保障系统正常运行。当船只沿着航道一侧行驶时,船上阅读器的覆盖能力最弱,其覆盖范围只有一半在航道内,另一半在岸上,它能读到的同侧标签数一定不少于对岸那一侧的标签数。此时,一种情况是两侧均可至少读到两个标签,一种情况是对岸侧航道可读到一个标签而同侧航道可读到三个标签。若能保障此时船上阅读器可读到至少四个标签,那么船只处于其他位置时,一定可以读到至少四个标签。

由于  $w, r, a$  关系的不同,阅读器能读到的标签数也不同,下面分情况讨论。

#### 3.2.1 $w < \frac{\sqrt{5}}{3}r$ 的情况

首先观察图 5(a), 船只沿下侧航道行驶,要使阅读器  $R_1$  能读到对岸侧两个标签,那么其阅读范围要能正好跨对岸侧三个标签,此时,  $R_1$  位于  $T_5$  和  $T_6$  的中点,能读到同岸侧至少两个标签。

图 5(a) 中,  $T_4$  和  $T_7$  在  $R_1$  阅读范围之外,即  $r < 1.5a$ , 在三角形  $R_1T_2T_3$  中,有  $a^2 \leq r^2 - w^2$ ,故可得

$$\left(\frac{2}{3}r\right)^2 < r^2 - w^2 \quad (14)$$

解式(14)得  $w < \frac{\sqrt{5}}{3}r$ , 这说明,当航道宽度相对

阅读器阅读半径较小,即  $w < \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时,要保证阅读器在任意位置至少读到四个标签,可以按式(15)对标签距离  $a$  的要求部署标签。

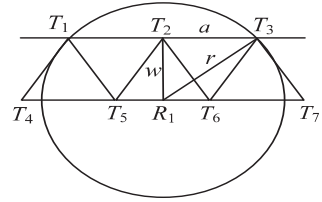
$$a \leq \sqrt{r^2 - w^2} \quad (15)$$

例如,  $R_1$  在图 5(a) 中所示位置可读到  $T_1$  到  $T_5$  五个标签,  $R_1$  向左水平移动不超过  $1.5a - r$  时,可读到

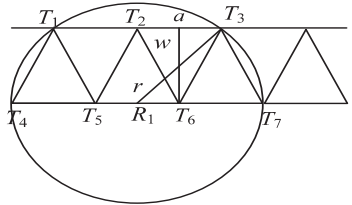
$T_1, T_2, T_5, T_6$  四个标签,向右水平移动不超过  $1.5a - r$  时,可读到  $T_2, T_3, T_5, T_6$  四个标签。

#### 3.2.2 $\frac{\sqrt{5}}{3}r \leq w \leq \frac{2\sqrt{2}}{3}r$ 的情况

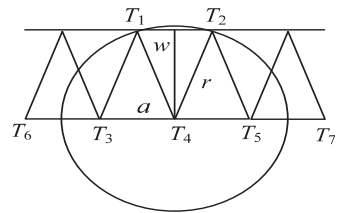
当  $w = \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时,如图 5(b) 所示,船只沿下侧航道行驶时,使阅读器  $R_1$  能至少读到对岸侧两个标签和同岸侧三个标签,取  $a \leq \frac{2}{3}r$  即可满足要求。



(a)  $w < \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时



(b)  $w = \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时



(c)  $w \geq \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时

图 5 容错部署图

当  $w \geq \frac{\sqrt{5}}{3}r$  时,船只沿下侧航道行驶时,使阅读器  $R_1$  能至少读到同岸侧三个标签,故只需要读到对岸侧至少一个标签就可以了,如图 5(c) 所示。此时,标签距离  $a$  必需满足  $a \leq \frac{2}{3}r$  和  $\left(\frac{a}{2}\right)^2 \leq r^2 - w^2$ ,解式(16)不等式组。

$$\begin{cases} a \leq \frac{2}{3}r \\ \left(\frac{a}{2}\right)^2 \leq r^2 - w^2 \end{cases} \quad (16)$$

可得,在  $\frac{\sqrt{5}}{3}r \leq w \leq \frac{2\sqrt{2}}{3}r$  时,取

$$a \leq \min\left(\frac{2}{3}r, 2\sqrt{r^2 - w^2}\right) \quad (17)$$

即可满足容错要求。

综上所述,定位系统可以通过选择不同的标签距离  $a$  来满足船舶定位系统的容错性需求。

#### 4 精度分析及系统流程图

船上阅读器读到的标签个数不同会产生不同的定位结果。若有阵列天线硬件支持,那么船上阅读器在读到一个标签时,可结合 TOA 和 AOA 两种方法,通过测得信号到达角度及到达时间计算距离可定位船只。当读到两个标签时,可用 AOA 方法定位船只。阵列天线比较昂贵,若考虑没有阵列天线的时候,根据实际需要选择算法,就要保证测到三个或三个以上标签应用其他 RFID 定位技术定位船只,当船上阅读器恰巧检测到三个标签时,可以直接利用第二部分介绍的算法选择适当的方法代入参数解方程求得较精确的位置。但值得注意的是,当船上阅读器检测到三个以上标签时,若任取三个标签计算位置,会产生数据不一致。由于系统定位标签的坐标是已知的,标签发射的电磁波到达阅读器的衰减有所不同,这造成接收信号的信噪比不同,最终导致信号的到达时间不同,又由于信号精度与接收信号的信噪比有关,而信噪比又与信号的传播距离有关,故找到与船只最近的三个标签,也就找到了精度最高的结果。

在整个系统中,标签首先发送信号,等待船上阅读器的响应,当船上阅读器收到三个或三个以上的标签的信号后,读写器开始对收到信号的标签进行测距,完成测距后根据标签的位置信息计算出船只自身的位置坐标并上传给服务器,并在移动中开始新一轮测距。其程序流程如图 6 所示。

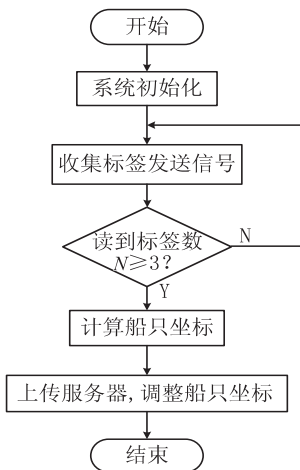


图 6 定位系统流程图

#### 5 结束语

文中介绍了基于 RFID 有源标签定位系统的船舶定位方法,提出了一种标签部署的方案,并考虑了阅读器阅读半径的基本要求和标签故障情况下标签距离的设置。

RFID 在航道、海事管理方面的应用空间十分广阔,随着研究的逐步深入将会有更加丰富的应用。

#### 参考文献:

- [1] 谷 峪,于 戈,张天成. RFID 复杂事件处理技术[J]. 计算机科学与探索,2007,1(3):255-267.
- [2] 包起帆,张文渊,徐 盛,等. 有源 RFID 的性能及其应用前景[J]. 微型电脑应用,2006,22(4):1-3.
- [3] 黄 健,孙 伟,陈 卓,等. 主动式 RFID 技术在内河船舶监控中的应用[R]. 出版地不详:出版者不详,2007.
- [4] 陈健强,李 霞,谢成鹏. 对国家内河航道等级划分的新思考[J]. 水运工程,2004(1):46-48.
- [5] 中国海事服务中心. 航海学[M]. 北京:人民交通出版社,2008.
- [6] 陈瑞鑫,邹传云. 有源 RFID 定位系统设计与实现[J]. 电子技术应用,2010,36(10):114-116.
- [7] 丁 肖. 基于 RFID 技术的内河船舶监管系统研究[D]. 武汉:武汉理工大学,2011.
- [8] Kawakita Y, Wakayama S, Hada H, et al. Rendezvous enhancement for conference support system based on RFID [C]//Proc of international symposium on applications and the Internet workshops. Tokyo:IEEE Computer Society,2004:280-288.
- [9] Cheung K W, So H C, Ma W K, et al. Least squares algorithms for time-of-arrival-based mobile location[J]. IEEE Trans on Signal Processing,2004,52(4):1121-1130.
- [10] Fujiwara R, Mizugaki K, Nakagawa T, et al. TOA/TDOA hybrid relative positioning system using UWB-IR [C]//Proc of IEEE radio and wireless symposium. [s. l.]:[s. n.],2009:679-682.
- [11] Xiong Jinyu, Wang Wei, Zhu Zhongliang. A new TDOA algorithm based on Taylor series expansion in cellular networks [J]. Journal of China Institute of Communications,2004,25(4):144-150.
- [12] 王 森. 用于 RFID 信号到达角度(AOA)定位系统中的 ADC 设计[D]. 天津:天津大学,2010.
- [13] 陈永光,李修和. 基于信号强度的室内定位技术[J]. 电子学报,2004,32(9):1456-1458.
- [14] Kim D S, Kim J, Kim S H, et al. A study on the patient location monitoring system based on RFID-RSSI [J]. Journal of Korean Society of Medical Informatics,2009,15(1):41-48.

# 基于RFID有源标签的内河船舶定位系统

作者：[陈滢](#)，[高茂庭](#)，[吴爱华](#)，[CHEN Ying](#)，[GAO Mao-ting](#)，[WU Ai-hua](#)

作者单位：[上海海事大学 信息工程学院, 上海, 201306](#)

刊名：[计算机技术与发展](#)

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年，卷(期)：2015 (2)

引用本文格式：[陈滢](#). [高茂庭](#). [吴爱华](#). [CHEN Ying](#). [GAO Mao-ting](#). [WU Ai-hua](#) [基于RFID有源标签的内河船舶定位系统](#)  
[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015 (2)