

通信系统的AIS与雷达信息融合技术研究

杨 阳*

中国北方车辆研究所, 北京 100072

摘要: 车辆使用雷达导航时, 会出现一些雷达无法探测到的盲区, 如水流弯曲的河流和障碍物后面的目标。此外, 雷达无法获得被检测目标的动态模型, 导致雷达检测精度下降。AIS车辆自动识别系统用于车辆无线电导航。它不仅获取被测目标的静态信息, 还可以通过无线电跟踪检测目标的动态信息, 从而弥补雷达的盲区。

关键词: 通信系统; AIS与雷达; 信息融合技术

一、车辆 AIS 的基本原理

AIS起源于20世纪90年代, 他集成通信、互联网、计算机等, 图1为AIS自动识别系统的基本原理图。

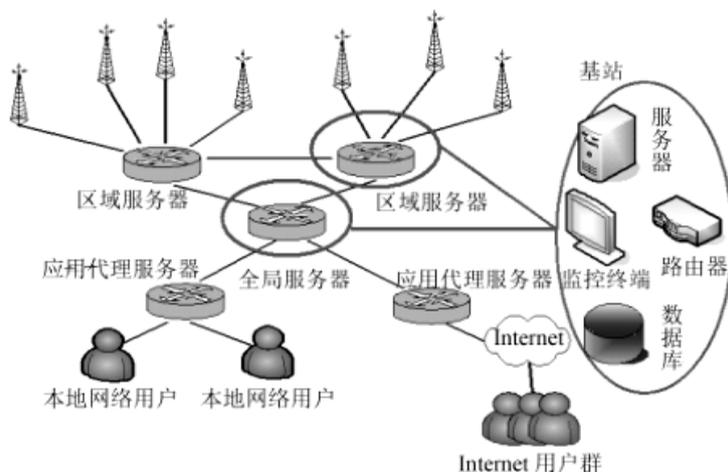


图1 AIS自动识别系统的基本原理图

AIS自动识别系统主要由基站、用户和服务器三个模块组成, 其中基站又包括监控终端, 数据库, 路由器; 服务器又包括全局服务器, 区域服务器, 应用代理服务器等。AIS自动识别系统的工作特点如下^[1]。

(一) AIS的用户设备具有自动化功能

在没有船员的操作下, AIS设备可以自动地向基站或其他车辆报告自己的运动状态和位置。同时, 也能自动地接收来自其他车辆和基站的信息。

(二) 系统有多种工作模式

模式的转换不仅可以通过车辆操纵人员控制, 也可以通过岸基的控制人员发送指令。

(三) 时效性

自动识别系统的信号发送时延小, 保障信息的时效性。

(四) 报文类型多样

AIS设备根据不同的应用场景, 可发送的数据报文类型多样, 可达22种, 多以短消息的形式。

(五) AIS自动识别系统的安全性高

系统的信号传输基于SOTDMA访问协议。数据的传输、修改等都需要安全机制协助, 防止AIS设备的数据被篡改。此外, AIS还具有数据恢复功能, 防止用户因为误操作导致的数据丢失^[2]。

二、通信系统的 AIS 与雷达信息融合技术研究

(一) 航迹信息融合处理的坐标转换技术研究

* 通讯作者: 杨阳, 1989年6月, 男, 汉族, 山西太原人, 就职于中国北方车辆研究所, 中级工程师, 硕士研究生。研究方向: 装甲车辆信息控制技术。

通信系统的雷达与AIS数据融合具有重要的意义，信息的互补有助于为决策者提供更加精确的参考信息，也有利于实现车辆通信系统的智能化。雷达与AIS数据融合的优势如下。

1. 有助于改善通信系统的可靠性

雷达系统和AIS系统可以实现信息的互补。当雷达系统传感器出现故障或受到干扰时，AIS系统的传感器可以弥补当前的数据信息，保障数据采集的连续性，为通信系统提供可靠的参考数据。

2. 有助于改善信息的精度

采用雷达系统和AIS系统的信号融合技术，能够有效提高车辆航行数据信息的精度^[3]。

3. 提高车辆导航的时间与空间范围

将车辆雷达与AIS系统的传感器信息融合，可以通过交叠覆盖的传感器获取信息，弥补单一目标探测系统的盲区。由于车辆雷达的观测信息通常是基于极坐标系的，而AIS车辆自动识别系统是采用经纬度来确定目标位置，要想实现雷达系统与AIS系统的信息融合，就必须要对探测目标进行坐标转换。雷达与AIS系统的位置坐标系如图2所示。

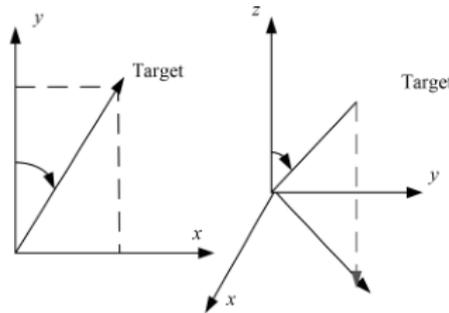


图2 雷达与AIS系统的位置坐标系

假定目标的方位角为 θ_t ，则目标在雷达坐标系中的位置为：

$$\begin{cases} x = \rho \sin \theta_t, \\ y = \rho \cos \theta_t. \end{cases}$$

在实际探测时，雷达易受气象条件的影响，导致精度下降，假定雷达探测的距离方差为 δ_1 ，角度方差为 δ_s ，则在上述坐标系下，雷达系统探测的误差为：

$$\begin{cases} \sigma_l = \sigma_0 \cos \theta_t + \rho \sin \theta_t, \\ \sigma_s = \sigma_0 \sin \theta_t + \rho \cos \theta_t. \end{cases}$$

目标的真实坐标为 (ρ, θ_t) ，距离方差为 δ_1 和角度方 δ_s 满足高斯分布。AIS系统的目标位置为 (x_o, y_o, z_o) ，建立AIS系统与雷达系统的目标坐标转换矩阵如下式：

$$(x_o, y_o, z_o)^T = \begin{bmatrix} \cos \theta_t \\ 1 \\ \sin \theta_t \end{bmatrix} \times (\rho, \theta_t)^T \times \begin{bmatrix} \sigma_l \\ \sigma_s \end{bmatrix}.$$

(二) AIS与雷达信息的时间关联

雷达信号与AIS信号的时间关联采用线性插值法，如下式：

$$\begin{cases} x(k) = x(t_i) + \sin(S(t_i) \cdot (k - t_i)) / 60, \\ y(k) = y(t_i) + \cos(S(t_i) \cdot (k - t_i)) / 60. \end{cases}$$

式中： $S(t_i)$ 为当前时刻的车辆航迹。

图3为采用线性插值法的信号关联曲线。

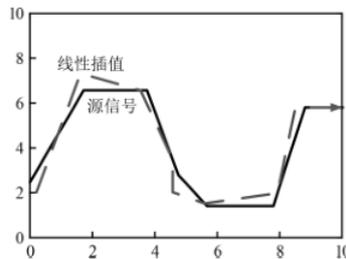


图3 采用线性插值法的信号关联曲线

(三) AIS与雷达信息的融合误差分析

雷达系统与AIS系统的信号融合过程不仅包括坐标转换和时间关联，在信号融合前还需要对信号进行滤波处理。本文针对AIS与雷达系统的融合过程，分析了融合误差^[4]。

首先建立融合信号状态方程如下式：

$$S(x+1) = \phi(x+1, x)S(x) + H(x),$$

式中， $\phi(x+1, x)$ 为融合信号的位置向量， $S(x)$ 为时间向量， $H(x)$ 为噪声。

信号滤波后的值为：

$$\widehat{S}(x/x-1) = \phi(x/x-1)\widehat{S}(x).$$

信号的误差方程为：

$$\eta(x/x) = [1 - S(x)C(x)P(x/x-1)]^{\frac{1}{2}}.$$

信号融合前后的车辆航迹特征对比曲线如图4所示。

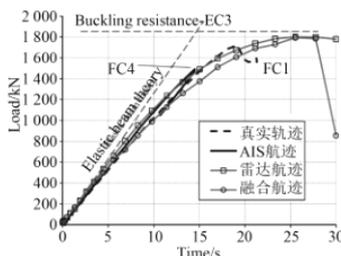


图4 信号融合前后的车辆航迹特征对比曲线

三、雷达技术在汽车防撞安全系统中的应用

(一) 毫米波雷达长距离测距

为了更好地适应道路交通状况，解决盲区视野问题，在日本和美国开展了大量的工作。如应用毫米波雷达CCD摄像检测交通状况，根据危险程度改变直观信号的音调、颜色和位置，并在显示器中显示。实现高度智能化，极大地改善车辆的安全性。雷达是利用目标对电磁波反射来发现目标并测定其位置的。汽车上应用的雷达采用的是30 GHz以上的毫米波雷达。毫米波频率高、波长短，一方面可缩小从天线辐射的电磁波射束角幅度，从而减少由于不需要的反射所引起的误动作和干扰，另一方面由于多普勒频移大，相对速度的测量精度高。在汽车上应用毫米波雷达测距，探测性能稳定，环境适应性好^[5]。

(二) 超声波距离测距

它利用超声探测原理，在司机倒车时，能正确的从数码显示器上了解汽车尾部与障碍物之间的距离。当测距显示小于报警距离时，还能准确报警，及时提醒司机刹车。超声波一般指频率在20 kHz以上的机械波，具有穿透性较强、衰减小、反射能力强等特点。超声波测距仪器一般由发射器、接收器和信号处理装置三部分组成。工作时，超声波发射器不断发出一系列连续的脉冲，并给测量逻辑电路提供一个短脉冲。超声波接收器则在接收到遇障碍物反射回来的反射波后，也向测量逻辑电路提供一个短脉冲。最后由信号处理装置对接收的信号依据时间差进行处理，自动计算出车与障碍物之间的距离。

超声波测距原理简单，成本低、制作方便，但其在高速行驶的汽车上的应用有一定局限性，这是因为超声波的传播速度受天气影响较大，不同的天气条件下传播速度不一样；另一方面是对于远距离的障碍物，由于反射波过于微弱，使得灵敏度下降。超声波测距一般应用在短距离测距，最佳距离为4~5米，一般应用在汽车倒车防撞系统上^[6]。

(三) 激光测距

激光测距装置是一种光子雷达系统，它具有测量时间短、量程大、精度高等优点，在许多领域得到了广泛应用。目前在汽车上应用较广的激光测距系统可分为非成像式激光雷达和成像式激光雷达。

自适应巡航控制(Adaptive Cruise Control)是通过装在汽车前方的雷达传感器，帮助司机保持适当车速并控制与前方车辆的距离。当需巡航控制时，可通过节气门的控制和有限制动来调节车速，保持车辆前后之间的距离，并可减少手动变速的动作。

(四) 防碰撞预警系统(Collision Warning Systems)

1. 防碰撞预警探测系统

该系统采用76GHz的微波雷达传感器，能探测距离车辆前方150 m以上的物体，不受车辆行驶速度的影响。它能

根据所测出的障碍物与本车辆的距离,给司机发出不同的警告,如司机对发出的视觉闪光警告未作出反应,能立即发出蜂鸣声或响铃报警。如车辆在行驶状态时,即能自动工作,可减少前面碰撞的危险。

2. 防侧面(左右两边)碰撞预警探测系统

该系统采用微波雷达探测行驶在盲区内的车辆及警告司机注意车道左右两旁的车辆和行人的距离等。当车辆在正常行驶状态时,该侧面探测预警系统会自动工作,它不会对雷达探测器及其他电子系统造成干扰^[1]。

3. 防后部碰撞预警探测系统

该系统采用微波雷达探测车辆后部司机看不到区域内障碍物(固定的或移动的),探测距离为5 m以内,当车辆正常行驶时也会自动工作,能测出后面跟随车辆的距离,提供警告预防后部车辆碰撞。它为倒车和停车泊位提供了帮助。

4. 碰撞干预预警系统(Collision Intervention Systems)

该系统通过微波雷达探测系统,向司机发出预警后,司机如未能及时采取措施,系统就能通过发动机的节气门控制和有限制动,使车辆自动减速,直至车辆停驶^[2]。

四、结束语

车辆AIS系统与雷达系统的信号融合有助于提高车辆通信系统的性能和目标检测的准确性。本文主要介绍了信号融合过程中的坐标变换和时间相关技术。仿真结果表明,本文提出的信号融合技术具有较低的误差。

参考文献:

- [1]张伟,汪洪源,王治乐,孙成明.空间目标可见光散射特性建模方法研究[J].光子学报,2008(12):100-105.
- [2]高军军,龙杰,刘琰,余跃,黄四牛.基于惯性导航+通信信号测角信息融合的车辆行进间高精度定位方法[J].指挥与控制学报,2015,1(4):72-75.
- [3]范琳琳.5G无线网络物理层关键技术分析[J].中国新通信,2019,21(23):15.
- [4]陈冠军.5G无线通信技术的键技术应用研究[J].数字通信世界,2019(12):53.
- [5]陈健.5G无线通信系统的键技术研究[J].中国新通信,2019,21(22):4.
- [6]文元桥,耿晓巧,吴定勇,周春辉,肖长诗,刘益,郑海涛.基于AIS信息的船舶废气排放测度模型[J].中国航海.2015(04).