

# 车载微波天线伺服跟踪系统的设计和实现

张殿富, 孙荣海, 李萍, 赵志远  
(武警工程学院 通信工程系, 陕西 西安 710086)

**摘要:**根据 GPS 和电子罗盘技术,设计车载伺服跟踪系统。提出了车载微波天线的定向算法,得到了陆地移动状态下车载天线的俯仰角和方位角的计算方法。利用以 PC 为核心的上位机系统和以  $\mu P$  为核心的下位机系统的基于线程的抢先式多任务处理功能,解决了适时数据采集和适时控制,实现了车载微波天线伺服跟踪系统。

**关键词:**微波天线;全球定位系统;电子罗盘;伺服跟踪

**中图分类号:**TN82   **文献标识码:**A   **文章编号:**1009-3516(2003)03-0047-03

在陆地移动通信系统中,载体天线是关键技术之一。陆地移动环境对天线的基本要求有:轮廓低,重量轻,机械强度高。因此,必须解决天线尺寸与其电性能指标的矛盾、天线结构强度与其重量的矛盾,对于定向天线,则还要解决载体的运动与天线跟踪通信目标的矛盾。本文针对某微波图像传输系统所采用的 L 波段螺旋天线,将 GPS 技术,电子罗盘技术用于车载微波天线的指向控制,设计和实现了车载微波天线伺服跟踪系统,使车辆行驶过程中,实时根据车体的姿态调整车载微波天线的指向,解决了移动通信对微波定向天线的指向控制。

## 1 设计要求

微波图像传输系统采用如图 1 所示的圆柱形螺旋天线,其部分参数如下:

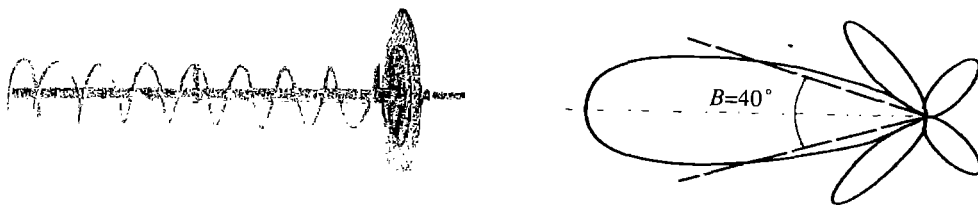


图 1 车载螺旋天线及其方向图

螺旋线直径  $d = 7.5 \text{ cm}$ , 绕距  $s = 5.2 \text{ cm}$ , 中心频率  $f = 1170 \text{ MHz}$ , 1 圈的长度  $l = \sqrt{(\pi d)^2 + s^2} = 24 \text{ cm}$ , 螺旋圈数  $n = 9$ 。该螺旋天线沿轴向具有最大辐射方向,辐射场是圆极化场,沿螺旋线传播的波是行波,输入阻抗接近纯电阻,频带较宽,其半功率波瓣宽度(HPBW)为<sup>[1]</sup>

$$B = \frac{52}{\frac{l}{\lambda} \sqrt{\frac{\pi s}{\lambda}}} = 40^\circ \quad (1)$$

对于天线的跟踪控制,一般要求跟踪精度能达到 1 dB 以内,即跟踪误差能保证天线在其波束覆盖范围增益下降在 1 dB 以内,此时角度精度大约是天线的半功率波瓣宽度(HPBW)的一半<sup>[2]</sup>。本系统所采用的螺

收稿日期:2002-09-09

基金项目:武警部队重点科研项目(WK9706)

作者简介:张殿富(1954-),男,吉林长春人,教授,主要从事数字移动通信、扩频通信的教学和科研工作。

旋天线其 HPBW 的一半为  $20^\circ$ , 故要求的跟踪精度优于  $10^\circ$  即可。

## 2 定向算法

设车载天线所处位置的经度、纬度、海拔高度分别为  $\phi_1, \theta_1, h_1$ , 目标天线所处位置的经度、纬度、海拔高度分别为  $\phi_2, \theta_2, h_2$ , 地球半径为  $R$ , 则当天线对准目标时, 其方位角  $\phi_A$ , 俯仰角  $\phi_E$  分别为<sup>[3]</sup>

$$\tan \phi_A = \frac{\sin \phi \cos \theta_2}{\cos \phi \cos \theta_2 \sin \theta_1 - \sin \theta_2 \cos \theta_1} \quad (2)$$

$$\tan \phi_E = \frac{\cos \theta_1 \cos \theta_2 \cos \phi + \sin \theta_1 \sin \theta_2 - \frac{R}{R+h_2-h_1}}{\sqrt{1 - (\cos \theta_1 \cos \theta_2 \cos \phi + \sin \theta_1 \sin \theta_2)^2}} \quad (3)$$

式中,  $\phi = \phi_2 - \phi_1$ 。当车体运动时, 设车体的磁航向角  $\psi$ , 俯仰角  $\omega$  和横滚角  $\delta$ , 利用坐标旋转变换, 可以得到天线在车顶坐标系中的方位角  $A$  和俯仰角  $E$  分别为<sup>[4]</sup>

$$A = \arctan \frac{y'}{x'} \quad (4)$$

$$E = \arcsin \frac{z'}{\sqrt{x'^2 + y'^2 + z'^2}} \quad (5)$$

式中:  $(x', y', z')$  为目标天线在车顶坐标系中的坐标;  $(x, y, z)$  为目标天线在地理坐标系中的相对坐标。

$$\begin{bmatrix} x' \\ y' \\ z' \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \omega \cos \psi & \cos \omega \sin \psi & -\sin \omega \\ \sin \omega \sin \delta \cos \psi - \cos \delta \sin \psi & \cos \delta \cos \psi + \sin \omega \sin \delta \sin \psi & \sin \omega \cos \delta \\ \sin \delta \sin \psi + \sin \omega \cos \delta \cos \psi & \sin \omega \cos \delta \sin \psi - \sin \delta \sin \psi & \cos \omega \cos \delta \end{bmatrix} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\begin{bmatrix} x \\ y \\ z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi_E \cos \phi_A \\ \cos \phi_E \sin \phi_A \\ \sin \phi_E \end{bmatrix} \quad (7)$$

由此计算出的方位角  $A$  的正负, 与目标天线和车载天线的经度差  $\phi$  的正负一致。由于我国处于北半球, 方位角以正南为基准, 故若  $A > 0$ , 则表示目标天线在车载天线南偏东  $A$  度; 若  $A < 0$ , 则表示目标天线在车载天线南偏西  $A$  度。

## 3 系统构成

车载天线伺服跟踪系统的构成分为数据采集处理和运动控制两部分, 分别由以 PC 机为核心的上位机系统和以单片机 AT8952 为核心的下位机系统构成。其原理框图见图 2。

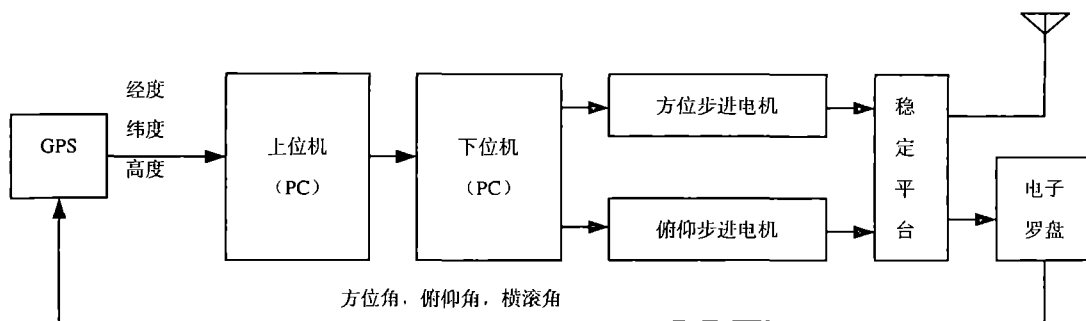


图2 车载天线伺服跟踪系统硬件原理图

数据采集处理部分由上位机 PC、GARMIN12XL GPS 接收机和 TCM2 电子罗盘模块等组成。通过 GPS 接收机实时采集车载天线的经度、纬度、高度等位置信息; 通过电子罗盘实时采集车载天线的方位角、俯仰角、横滚角等姿态信息。所采集的天线位置和姿态信息经 PC 处理计算后, 得到当前的控制数据, 实时发送给运

动控制部分。

运动控制部分由下位机  $\mu\text{P}$ 、90BC340CH 步进电机、SH3F090M 步进电机细分驱动器和机械稳定平台等组成。 $\mu\text{P}$  实时接收数据采集处理部分所发送的控制信号,产生方位角步进电机和俯仰角步进电机的控制脉冲,经细分驱动器驱动步进电机转动,控制机械稳定平台在方位和俯仰两个方向的运动。车载天线固定安装在稳定平台上,始终与平台保持相对静止,从而对机械稳定平台的控制即为对车载天线的控制,并且二者控制方式完全一致。

系统的工作过程是一个典型的反馈控制过程:由计算得到的车载天线的目标角位置,即天线的指向目标,与当前车载天线所处的实际角位置比较,得到当前的角度误差传递给控制系统,经控制系统产生控制信号,带动机械部分运动,从而改变车载天线的实际指向,直到天线的实际角度与目标角度一致为止。此时,角误差信号为零,表明车载天线对准了目标天线。

## 4 结束语

经测试,该方法应用于车载微波天线的伺服跟踪,跟踪精度为  $1^\circ$  左右,初次开机的捕捉时间小于 6 s,跟踪速度优于每秒  $40^\circ$ ,在误差范围内对车载微波天线的指向控制能够达到要求的精度,具有较好的应用前景。

### 参考文献:

- [1] 林昌禄,宋锡铭. 圆极化天线[M]. 北京:人民邮电出版社,1986.
- [2] 鄢泽洪. 车载移动卫星通信天线[D]. 西安:西北工业大学,2000.
- [3] 吕海寰,蔡剑铭. 卫星通信系统[M]. 北京:人民邮电出版社,1995.
- [4] 鄢泽洪. 一种车载卫星通信天线定向传感器系统[J]. 西安电子科技大学学报,1996,23(3):402-404.

(编辑:姚树峰)

## Design of Servo Tracking System of Microwave Vehicle Antenna

ZHANG Dian - fu, SUN Rong - hai, LI Ping, ZHAO Zhi - yuan

(Engineering Institute of the Chinese People Armed Police Force, Xi'an, Shaanxi 710086, China)

**Abstract:** According to the techniques of GPS and electrical compass, in this paper a servo tracking system is designed, a directional algorithm of microwave vehicle antenna is presented and the way to calculate the angle of pitch and the angle of location under the moving state system on land is obtained. The problem of real-time data collection and system control is solved and the servo tracking system of microwave vehicle antenna is realized by utilizing the line-based anticipated multitask managing function of the up state-machine system of PC core and the down state-machine system of  $\mu\text{P}$  core.

**Key words:** antenna; GPS; electrical compass; servo tracking system