

文章编号: 1672-2892(2010)01-0143-06

## 某型雷达模拟器操纵杆功能设计

毛德广<sup>1</sup>, 席泽敏<sup>1</sup>, 卞小林<sup>1</sup>, 谢永亮<sup>2</sup>

(1.92919 部队, 浙江 宁波 315021; 2.海军工程大学 电子工程学院, 湖北 武汉 430033)

**摘 要:** 以操纵杆控制雷达模拟器参数变化的需求为背景, 给出了硬件连接方法和软件实现方案, 验证了所编程序符合操纵杆功能需求, 能很好地实现操纵杆对模拟器参数变化的控制。该技术不局限于技术本身对输入数值变化的控制, 对虚拟现实条件下如何实现操纵杆对飞行器的灵活全方位控制也有很好的借鉴作用。

**关键词:** 操纵杆; 雷达模拟器; 数据输入; 虚拟现实; 触点; 坐标变换

**中图分类号:** TN957

**文献标识码:** A

## Design of joystick of a radar simulator

MAO De-guang<sup>1</sup>, XI Ze-min<sup>1</sup>, BIAN Xiao-lin<sup>1</sup>, XIE Yong-liang<sup>2</sup>

(1.Unit 92919, Ningbo Zhejiang 315021, China; 2.Electronic Engineering Institute,  
Naval University of Engineering, Wuhan Hubei 430033, China)

**Abstract:** Joystick is widely applied in the virtual reality technology and simulative equipments, but the related research is mainly limited on the game joystick and flying joystick without being broadened further. When the functional requirement is complex, joystick becomes impractical and failed to meet the equipment's demand. In order to control the change of parameters for the radar simulator by joystick, the projects of hardware connection and software connection were presented, which were proved to meet the functional requirements well. Therefore, the control on the change of simulator parameters by joystick was realized. It can also provide a reference for the flexible controlling on flying objects in all directions by joystick under the virtual reality environment.

**Key words:** joystick; radar simulator; data input; virtual reality; contactor; track association

虚拟现实技术已经被广泛应用于各个领域, 特别是军事上的突发性、不确定性事件领域<sup>[1-2]</sup>。传统的虚拟现实领域的输入设备是鼠标和键盘, 这种方案虽然技术成熟、简单易行, 但对于诸如飞行器等复杂的对象操纵起来难度大, 逼真度低。为了解决上述难题, 现在普遍借助于操纵杆设备来辅助模拟。但现行操纵杆技术的开发基本都是在市面上现有游戏摇杆或飞行摇杆的基础上改造而成, 尽管加入编程之后可以实现同一方向下手柄倾斜角度与输出的线性变化, 但最多只能满足 8 个方向上的运动要求, 功能相对有限, 无法满足更复杂的功能需求<sup>[3]</sup>。本文基于某型雷达模拟器的功能需求(其操纵杆要实现 16 个方向、24 个触点控制雷达相关输入参数), 开发了一种能实现操纵杆手柄在 360° 不同方位、不同力度作用下对装备进行实时控制的设备。

### 1 硬件方案设计

由于本文对操纵杆的功能需求较高, 普通的游戏摇杆和飞行摇杆无法满足功能需求, 相比较专业的霍尔型操纵杆成为首选。

霍尔型操纵杆利用磁场感应原理, 非接触检测操纵杆角度, 它的检测更可靠耐用。本文选用上海某公司设计制造的两轴型霍尔操纵杆, 其外形如图 1 所示。操纵杆共有 4 根线与外界相连, 其中红色接 5 V<sub>DC</sub>, 黑色接地, 黄色和绿色分别为 X,Y 的输出电压值。在编程支持下可实现 360° 全方向操作及同一方向上的多个有效触点。霍尔型采用无接触角度检测, 确保大于 1 000 万次的使用寿命。该操纵杆最大摇动角度为 20°, 输出为



Fig.1 Hall joystick  
图 1 霍尔操纵杆

收稿日期: 2009-10-09; 修回日期: 2009-11-08

基金项目: 海军工程大学自然科学基金资助项目(HGDJJ08692)

电压值，电压与手柄摇动角度的关系如图 2 所示。

手柄摇动的方向和角度不同，其 X,Y 输出的电压值也不相同，对 2 个电压值进行处理后，可转化为电脑能够识别的串口信号。由于 USB 技术的即插即用、高速灵活、独立供电、支持多媒体等特性，USB 端口输入获得广泛支持和快速普及。串口信号再加上一个转换芯片，即可实现操纵杆与电脑之间的 USB 通信，从而可以判断手柄的摇动位置。操纵杆与电脑通信电路芯片之间的连接关系如图 3 所示。

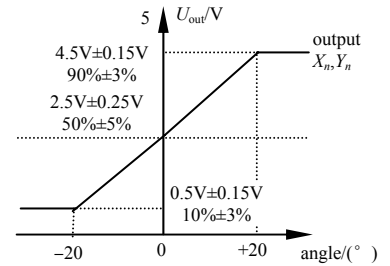


Fig.2 Relation between angle and voltage  
图 2 手柄摇动角度与电压值的关系

ATMEGA48V 微控制器与操纵杆直接相连，把操纵杆送来的模拟电压信号转换为电脑能够识别的数字信号，同时对 X,Y 电压并行信号进行归类整理，使之变为串口信号输出<sup>[4]</sup>。

RS232C 总线的逻辑电平与 TTL 和 CMOS 电平完全不同，必须进行电平转换后两者方可通信。

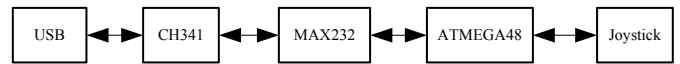


Fig.3 Hardware connect of joystick  
图 3 操纵杆硬件连接图

MAX232 是一个电平转换芯片，它可以把输入的 +5 V 电压变换成 RS232C 输出电平所需的正负 10 V 电压。

CH341 是一个 USB 总线转接芯片，本文是对它功能的反用。它与 MAX232 输出的串口信号相连，把信号转化为 USB 信号，从而实现操纵杆与电脑之间的 USB 通信<sup>[5]</sup>。

## 2 软件方案设计

### 2.1 软件功能分析

雷达实装上操纵杆主要用于数据输入，手柄较大的倾斜可保证在 16 个不同方向的跳跃型移动指点标，定义为全推状态；手柄较小的倾斜保证在 8 个方向上跳跃型移动指点标，定义为半推状态。手柄的移动控制着数值的大小变化，激活不同的触发按键，操纵杆手柄摇动所引起的数值改变也不相同，一般情况下，手柄向上数值增加，手柄向下数值减小。具体的变化关系如表 1 所示。

表 1 操纵杆手柄摇动数值变化表  
Table1 Numerical change relationship between key and handle shaking

key type	key label	key name	variation range	numerical changes based on joystick up and down		numerical changes based on joystick left and right		unit
				half push	push	half push	push	
H1	B1	the shortest distance	0-6.0	0.1	1.0	—	—	n mile
	B2	the shortest time	0-60.0	1/6	1.0	—	—	min
	B3	the time of extrapolation vector	0-60.0	—	1.0	—	—	min
	B4	input speed	0-30.0	0.1	1.0	—	—	n mile/h
	B5	motor speed	0-30.0	-0.1	-1.0	—	—	n mile/h
	B6	the amount ahead of motor	0-60.0	1/6	1.0	—	—	min
H2	B7	motor azimuth	0±90.0	0.1	1.0	1.6	16	(°)
	B8	input azimuth	0-359.9	0.1	1.0	1.6	16	(°)

从装备实现功能分析，操纵杆的有效作用触点共 24 个，触点的位置分布如图 4 所示。X,Y ≤ 1 的正方形区域定义为死区，手柄轻微的摇动，装备不做反应，以防止震动等引起的误操作。除去死区之外，X,Y ≤ 10 的区域定义为半推状态，X,Y > 10 的区域定义为全推状态。

操纵杆手柄摇动产生电压的变化，输出电压值。从软件模拟的角度看，就需要把这些电压信号与 24 个触点准确对应起来。手柄的每一次摇动，都能相应激活一个触点，从而达到控制数据输入的目的。

如何把每一个输出坐标点与 24 个触点对应起来，这就需要运用直角坐标加角度的方法综合判断。

设操纵杆经硬件数据处理之后送出的坐标值为(XX.XX,YY.YY)，其中(-20.00 ≤ X ≤ 20.00, -20.00 ≤ Y ≤ 20.00)。

设坐标点、原点连线与 X 轴的夹角为 φ (如图 5 所示)，则  $\tan \varphi = \frac{YY.YY}{XX.XX}$ 。

$$\varphi = \arctan \frac{YY.YY}{XX.XX} \quad (1)$$

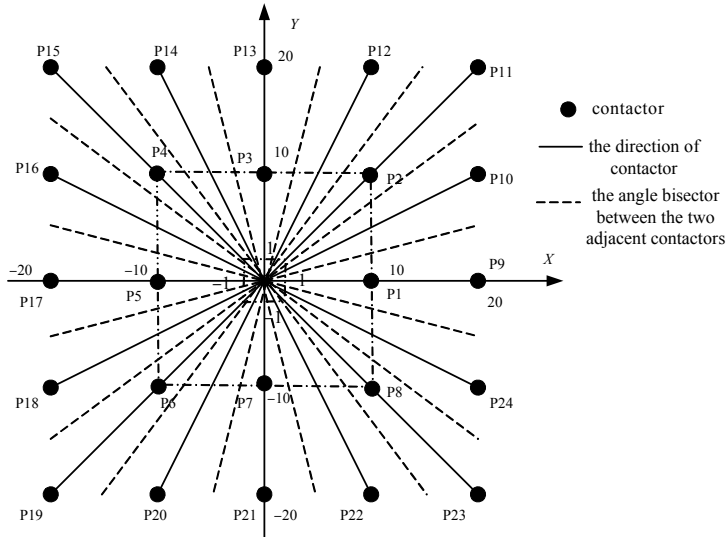


Fig.4 Contactors distribution as the joystick shaking  
图4 操纵杆手柄摇动时触点分布图

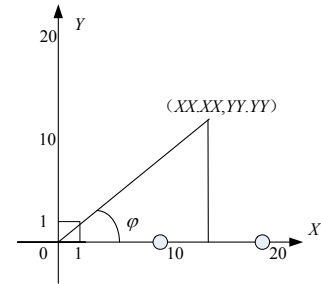


Fig.5 Calculation of angle and coordinate  
图5 坐标对应角度计算图

结合图4, 可以定义24个触点区域范围及编码(如表2所示)。区域范围划分之后就能把手柄摇动送来的任意坐标进行归类, 与24个触点之间形成严格的对应关系。

若手柄摇动之后送出任意一坐标值, 那么应该如何判断它属于哪一个触点区域呢? 首先, 判断坐标属于哪个区域, 若属于死区则不予反应, 若属于半推区则只能是 P1~P8 触点区域中的一个, 若属于全推区则只能是 P9~P24 触点区域中的一个; 其次, 根据式(1)可以计算出已知坐标与 X 轴正半轴的夹角  $\varphi$ ; 最后, 根据  $\varphi$  与坐标点的对应关系(见表 2)即可确定唯一一个触点 PX。

表2 触点区域划分及编码表  
Table2 Partition and coding of contactors area

contactor	coordinate range	angle range $\varphi$ (°)	status of joystick	coding
P1	$1 < X \leq 10$	$-22.5 < \varphi \leq 22.5$	half push	00001
P2	$1 < X \leq 10, 1 < Y \leq 10$	$22.5 < \varphi \leq 67.5$	half push	00010
P3	$1 < Y \leq 10$	$67.5 < \varphi \leq 112.5$	half push	00011
P4	$-10 < X \leq -1, 1 < Y \leq 10$	$112.5 < \varphi \leq 157.5$	half push	00100
P5	$-10 < X \leq -1$	$157.5 < \varphi \leq -157.5$	half push	00101
P6	$-10 < X \leq -1, -10 < Y \leq -1$	$-157.5 < \varphi \leq -112.5$	half push	00110
P7	$-10 < Y \leq -1$	$-112.5 < \varphi \leq -67.5$	half push	00111
P8	$1 < X \leq 10, -10 < Y \leq -1$	$-67.5 < \varphi \leq -22.5$	half push	01000
P9	$10 < X \leq 20$	$-11.25 < \varphi \leq 11.25$	push	01001
P10	$10 < X \leq 20$	$11.25 < \varphi \leq 33.75$	push	01010
P11	$10 < X \leq 20, 10 < Y \leq 20$	$33.75 < \varphi \leq 56.25$	push	01011
P12	$10 < Y \leq 20$	$56.25 < \varphi \leq 78.25$	push	01100
P13	$10 < Y \leq 20$	$78.25 < \varphi \leq 101.25$	push	01101
P14	$10 < Y \leq 20$	$101.25 < \varphi \leq 123.75$	push	01110
P15	$-20 < X \leq -10, 10 < Y \leq 20$	$123.75 < \varphi \leq 146.25$	push	01111
P16	$-20 < X \leq -10$	$146.25 < \varphi \leq 168.75$	push	10000
P17	$-20 < X \leq -10$	$168.75 < \varphi \leq -168.75$	push	10001
P18	$-20 < X \leq -10$	$-168.75 < \varphi \leq -146.25$	push	10010
P19	$-20 < X \leq -10, -20 < Y \leq -10$	$-146.25 < \varphi \leq -123.75$	push	10011
P20	$-20 < Y \leq -10$	$-123.75 < \varphi \leq -101.25$	push	10100
P21	$-20 < Y \leq -10$	$-101.25 < \varphi \leq -78.75$	push	10101
P22	$-20 < Y \leq -10$	$-78.75 < \varphi \leq -56.25$	push	10110
P23	$10 < X \leq 20, -20 < Y \leq -10$	$-56.25 < \varphi \leq -33.75$	push	10111
P24	$10 < X \leq 20$	$-33.75 < \varphi \leq 11.25$	push	11000

## 2.2 软件接口程序开发

模拟器面板的 8 个触发控制按键与操纵杆手柄联合使用, 实现数据参数输入的功能。8 个按键的触发情况控制着雷达的 8 个不同功能, 要从软件上实现控制功能, 就需要对不同功能的按键进行分类, 并准确掌握每个按键随手柄摇动的变化量及变化范围。触发按键与手柄摇动的数值变化关系见表 1。

在数据输入状态, 数据的变化只跟操纵杆的 4 个方向 8 个状态有关, 即上、下、左、右方向下的半推、全推状态。手柄摇动方向与触点区域之间的对应关系如表 3 所示。

表3 手柄摇动方向与触点区域对应关系

Table3 Relationship between handle orientation and contactors area

direction of joystick handle	contactors area in every direction	contactors area of half push in every direction	contactors area of push in every direction
up	P2-P4,P11-P15	P2-P4	P11-P15
down	P6-P8,P19-P23	P6-P8	P19-P23
left	P5,P16-P18	P5	P16-P18
right	P1,P9-P10,P24	P1	P9-P10,P24

通过功能分析可知，操纵杆控制数据输入程序可分为按键激活、获取坐标值、计算坐标所在触点区域与判断触点区域对应的数值变化等几个子模块。操纵杆控制数据输入程序的软件流程图如图6所示。在没有任何触发按键激活的情况下，操纵杆默认情况是控制光标的移动。所以，当触发按键未被激活(关闭)时，程序自动返回光标控制状态。

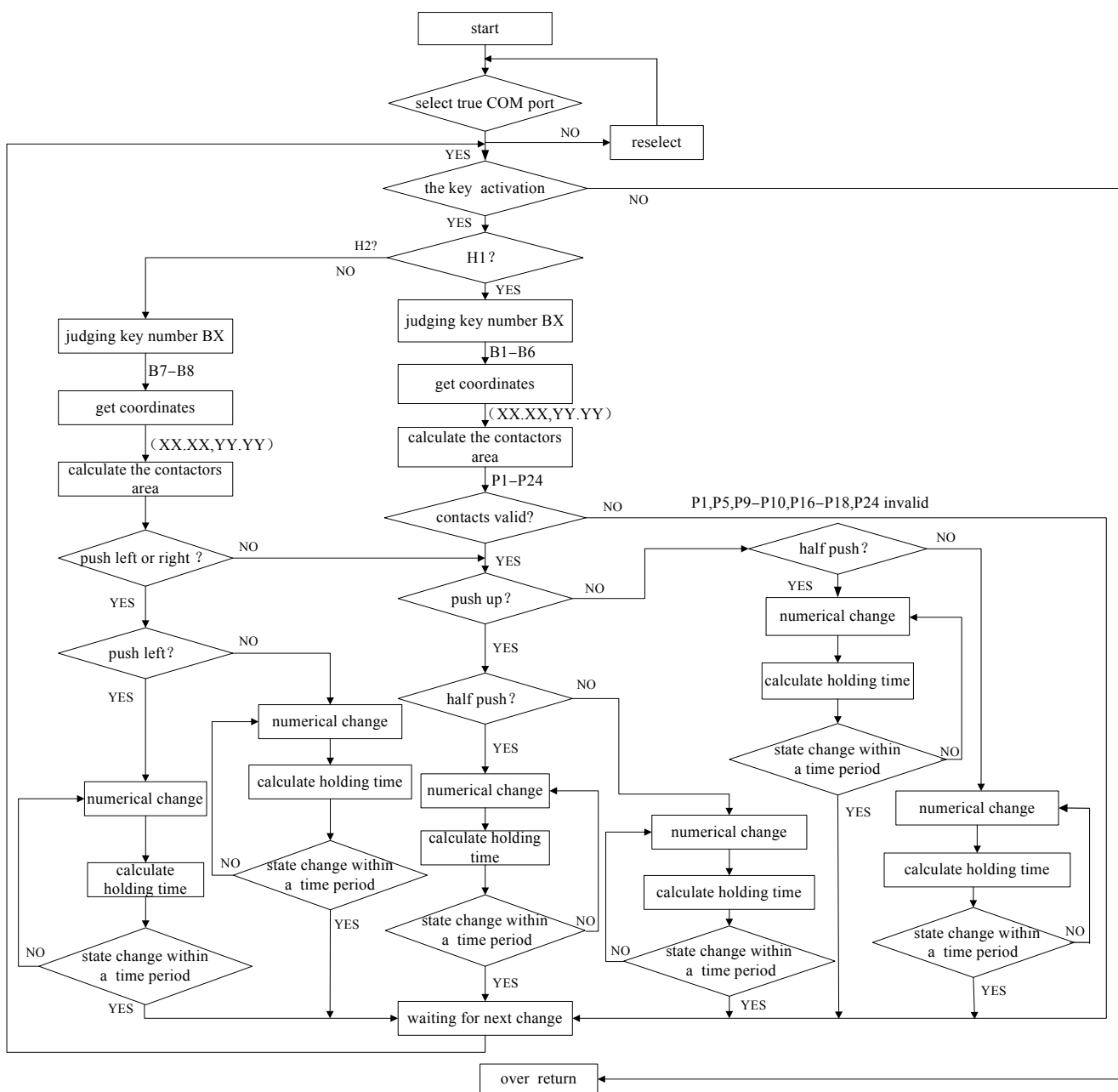


Fig.6 Programming of data input for joystick  
图6 操纵杆数据输入程序软件流程图

### 3 结果分析

运用 VC 编程语言,按照上述软件设计方案可以很方便地写出操纵杆控制软件<sup>[6-7]</sup>。运行软件后首先选择正确的 COM 口,之后即可进行模拟器操纵杆与 8 个触发控制按键的联合使用效果测试。

1) 随机点击一个按键“输入速度”激活该触发按键,操纵杆手柄轻轻向右上方推动一下,手柄摇动的坐标值在软件的左下方显示,手柄摇动前后数值的变化情况如图 7 所示。由图可知, X,Y 坐标变化为(5.00,8.50),结合表 2、表 3 可知,坐标对应于触点 P2,手柄进行了向上半推移动,输入速度数值由 00.00 变为 00.10,符合表 1 中“输入速度”向上半推时变化 0.1 的规律。

2) 点击按键“输入航向”激活该触发按键,操纵杆手柄向右推动一下,假设航向的初始数值为 02.70,手柄摇动的坐标值在软件的左下方显示,则输入航向数值变化情况如图 8 所示。由图可知, X,Y 坐标变化为(20.00,-1.90),结合表 2、表 3 可知,坐标对应于触点 P9,手柄进行了向右全推移动,输入速度数值由 02.70 变为 18.70,符合表 1 中“输入航向”向右全推时变化 16 的规律。

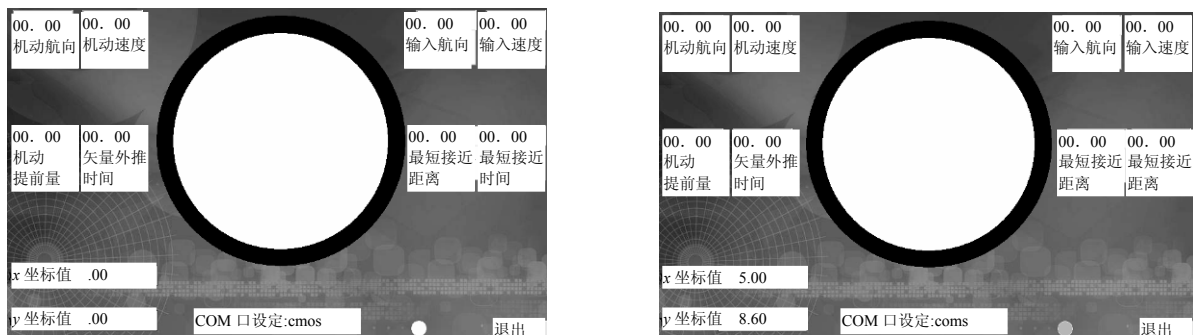


Fig.7 Numerical change as joystick handle shaking when“input speed” key is activated  
图 7 “输入速度”按键激活时操纵杆手柄摇动前后数值变化图

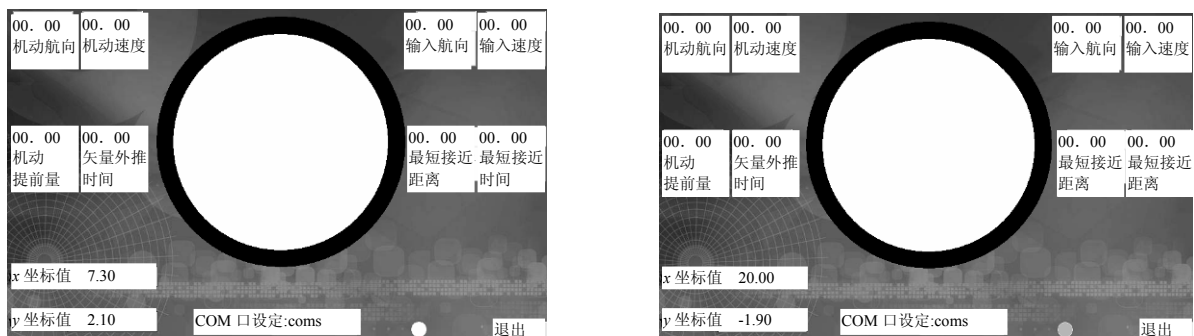


Fig.8 Numerical change as handle shaking when“input direction” key is activated  
图 8 激活“输入航向”按键时手柄摇动前后数值变化

### 4 结论

本文以实装雷达中操纵杆控制数值变化为研究对象,结合虚拟现实中对操纵杆应用的需求为背景,对现有的霍尔操纵杆分别进行了硬件、软件方案的设计,完全实现了实装中 16 个方向、24 个触点控制雷达相关输入参数的功能,很好地实现了用操纵杆对模拟器参数变化的控制。对虚拟现实条件下如何实现操纵杆对飞行器的灵活全方位控制具有很好的借鉴作用。

#### 参考文献:

- [ 1 ] Li WH,Liu B,Kosasih P B,et al. A 2-DOF MR actuator joystick for virtual reality applications[J]. Sensors and Actuators, 2007,32(2):308-320.
- [ 2 ] Gersner Roman,DAR Dalit E,SHABAT-SIMON,et al. Behavioral analysis during the forced swimming test using a joystick device[J]. Journal of Neuroscience Methods, 2005,143(2):117-121.
- [ 3 ] Katherine A. Joystick acquisition in tufted capuchins[J]. Animal Cognition, 2003,6(3):141-148.

- [4] 杜小伟,谢桂泉,周展怀. 基于 ATmega128 的 LED 屏图像数据解码设计[J]. 现代电子技术, 2009,32(2):192-194.
- [5] 李芙蓉,张瑾,闫跃升. 基于 CH341 的 USB-UART 的设计与实现[J]. 工矿自动化, 2007(3):121-122.
- [6] 刘瑜,王新民,李俨. USB 操纵杆在飞行视景仿真系统中的应用[J]. 测控技术, 2007,26(12):67-70.
- [7] 靳学胜. 利用 DirectX 实现对游戏操纵杆的编程[J]. 电脑编程技巧与维护, 2001(9):39-40.

#### 作者简介:



毛德广(1981-), 男, 河南西华人, 工程师, 主要研究方向为海军电子装备管理与使用. email:mdg2001@163.com.

席泽敏(1964-), 男, 河北赵县人, 副教授, 研究方向为雷达系统与信号处理、雷达装备综合保障.

卞小林(1975-), 男, 江苏东台人, 讲师, 研究方向为雷达信号处理.

谢永亮(1984-), 男, 湖南娄底人, 在读硕士研究生, 研究方向为海军电子战装备研究.

(上接第 142 页)

## 5 结论

本文针对三站三维时差定位系统, 分析了一种在非线性方程组精确求解方法的定位过程中可能出现的模糊及无解问题。找出了模糊及无解问题产生的原因及分布规律, 并提出了一些消除定位模糊及解决无解问题的方法。在空间三站时差定位系统的实际应用中, 应充分考虑模糊无解问题, 结合实际情况和目标点的先验信息, 用简单可行的方法解决模糊问题; 对于无解问题, 应结合无解与定位精度的分布情况, 合理布设测量站<sup>[7]</sup>, 使目标区域避开无解分布区。

#### 参考文献:

- [1] 孙仲康,周一宇,何黎星. 单多基地有源无源定位技术[M]. 北京:国防工业出版社, 1996.
- [2] 边少锋,李文魁. 卫星导航系统概论[M]. 北京:电子工业出版社, 2005.
- [3] 谢恺,钟丹星,邓新蒲,等. 一种空间时差定位的新算法[J]. 信号处理, 2006,22(2):129-135.
- [4] 钟丹星,邓新蒲,周一宇. 一种基于 WGS-84 地球面模型卫星测时差定位算法[J]. 宇航学报, 2003,24(6):569-573.
- [5] 邓勇,周一宇. 无源时差定位系统的模糊无解问题[J]. 国防科技大学学报, 1999,21(3):84-87.
- [6] 叶朝谋,俞志强. 三维时差定位系统的模糊及无解分析[J]. 现代电子技术, 2005,28(21):4-27.
- [7] 解楠. 多站时差定位精度分析[J]. 信息与电子工程, 2003,1(3):38-42.

#### 作者简介:



曾辉(1981-), 男, 河南省商丘市人, 在读硕士研究生, 主要研究方向为无源时差定位. email:zenghui0923@sina.com.

曾芳玲(1970-), 女, 四川省威远县人, 博士, 硕士生导师, 主要研究方向为无源定位、GPS全球定位系统等.