基于单片机89C52的小型飞行器测距误差修正方法

胡永红

（西北工业大学第365研究所，陕西 西安 710072）

摘要：介绍了小型飞行器距离测量的一般原理。以某小型飞行器为例，给出了距离测量的具体实现及误差分析，并利用89C52单片机实现距离测量的误差修正方法。飞行结果表明：使用该方法可提高测距精度，保证距离精度指标。

关键词：小型飞行器； 误差分析；89C52；误差修正

中图分类号 TP368.2　　文献标识码 B　　文章编号 1003-353X(2002)12-0061-03

1 引言

无线电距离定位是小型飞行器导航技术中必不可少的一部分。距离测量是引导小型飞行器安全飞行的定位指标之一。特别是对于被广泛应用于复杂多样的战场环境中的小型飞行器，要准确地控制其飞行姿态并获取准确战场信息，高精度的距离定位则具有不可估量的价值。

2 小型飞行器测距

2.1 测距原理

小型飞行器测距是利用无线电信道，从所传输的遥控遥测数据中提取测距信息而完成的。

如图1所示，被调制的遥控数据携带同步脉冲（基波），由地面站的遥控发射机发出，经一段时间后传到机载遥控接收机，解调并提取遥控同步脉冲，用此脉冲同步遥测数据，使遥控遥测同步信号

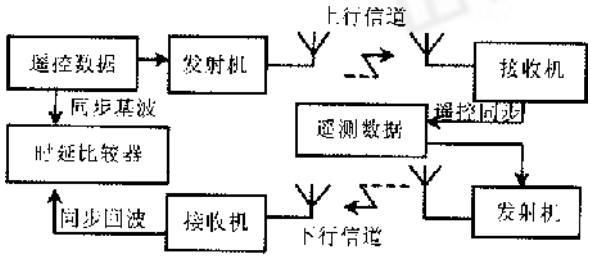

图1 小型飞行器测距原理

在时间上相关，被调制的遥测数据携带遥测同步信号，由遥测发射机发出，再经过一段时间传到地面站的遥测接收机，解调并提取出遥测同步脉冲（回波），由时延比较器比较出基波与回波的时间延迟 t（包括设备时延 t_0），根据脉冲测距方程可计算出目标的飞行距离为：

$$r=\frac{1}{2}c\ddot{A}(t-t_0) \tag{1}$$

式中：$c\approx 3\times 10^8$ m/s；

2.2 误差分析

对（1）式进行全微分可得测距误差方程为

$$\Delta r=\frac{1}{2}c\Delta t+\frac{1}{2}\Delta c(t-t_0) \tag{2}$$

（2）式表明，测距误差有电波传播速度误差和设备延时误差两种。

电波传播速度的昼夜变化约为10^{-4}，对于小型飞行器来说，因为其空中飞行在规定高度，留空时间一般在12小时内，因此可忽略不计。

设备延时误差包括系统误差和随机误差两类。系统误差是系统的各部分设备对信号的固定时延（一般在 d_s=15 m），可通过校准消除；随机误差主要集中在接收链路，包括测时计数脉冲的量化误差、提取测控同步信号的数字锁相环跟踪误差及热噪声引起的误差等。它只能采取措施进行减少，不

万方数据

可消除。

下面以测距精度 $\delta \leqslant 50$m的小型飞行器测距系统为例，对随机误差进行分析，并提出相应修正方法 。

2.2.1 计数脉冲的量化误差

系统计数脉冲频率为 f_{clk}=30MHz，最大量化误差为：

$$d_{R1}=\frac{1}{2}cd_T=\frac{1}{2}c\times\frac{1}{f_{clk}}=5\text{m}$$

2.2.2 数字锁相环的跟踪误差

测控数据码速率均为102.4KHz，提取同步的数字锁相环采用32倍时钟，则最大抖动量

$\delta_T=\frac{1}{2\times102.4\times32}$=0.15μs，由此引起的最大跟踪误差为：

$$d_{R2}=\frac{1}{2}cd_T=22.5\text{m}$$

2.2.3 热噪声引起的测距误差

主要体现在热噪声引起输入信号的随机起伏，造成整形电路时移。经分析，热噪声引起的误差可由下面公式近似：

$$d_T=T_C\frac{B_L}{2C/N_0}(1+\frac{2B_{IF}}{C/N_0})$$

式中：T_c 码元宽度；B_L 码同步环环路带宽；B_{IF} 中频带宽；C/N_0 输入载噪比。经计算平均误差为：

$$d_{R3}=\frac{1}{2\sqrt{6}}c\times d_T=22\text{m}$$

另外，多径效应及其它因素引起的测距误差一般为：d_{R3}=15m

综合以上各因素，可得距离均方根误差为：

$$d_R=\sqrt{d_s^2+d_{R1}^2+d_{R2}^2+d_{R3}^2+d_{R4}^2}=42.3\text{m}<50\text{m}$$

上述分析表明：测距精度已经接近临界值，很容易受到强噪声干扰而出现奇异值。

一般的解决措施是从硬件考虑，如在接收链路中尽量采用温度稳定性好的元器件，尽量采用数字化技术，减小滤波器个数，增大滤波器带宽，选择相位特性好的滤波器；或者在环路捕捉时间允许范围内，尽量提高数字锁相环精度等。这些措施可以使误差降低一些，但富裕度很小。另外，会使电路复杂而增加系统成本，降低系统可靠性。特别是无法消除强噪声干扰出现的奇异值。为此，有必要利用系统现有的资源，寻找提高测距精度的方法 。

3 测距误差修正方法

系统中的距离数据计算是用89C52单片机完成的，其片内有256字节的RAM，那么利用其片内资源，先将测到的距离数据存储，再按一定的统计规律进行平滑处理，可保证测距精度。

为了便于说明，图2给出了89C52距离测量的电路原理。

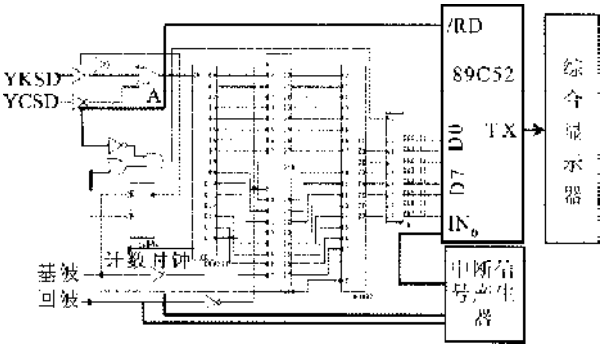

图2 距离测量的电路原理图

信道畅通情况下，R-S触发器比较出基波与回波的时延，输入到门A，由遥测的YCSD与遥控的YKSD信号控制，YCSD到来时计数器停止计数；YKSD到来时开启计数器计数，同时锁存数据并向89C52的CPU申请中断，以读取距离测量数据，计算后由串口输出到综合显示器。

3.1 误差修正方法

系统每秒可得到1000个距离数据，根据人视觉的反映速度，每隔100ms给综合显示器输出一次数据，这样，CPU有足够的时间对距离数据进行平滑处理。

100ms的间隔时间可读取100个距离数据，系统采用评分标准方法进行处理，其距离平均值 $\bar{r}$ 算法如下：

万方数据

$$\bar{r}=\frac{1}{N_2}\sum_{j}^{n}\left(\frac{1}{N_1}\sum_{i}^{n_1}r_i\right) \qquad (3)$$

式中 $n=1, 2, \cdots, N$；

选 $N_1=N_2=8$，对时间连续的100个数据分组处理。每10个数据为一组，共10组，去掉一个最大值和一个最小值后，其余8个数据加权平均，得10组结果。用同样的方法对这10组结果进行处理，即可得到最终的距离平均值 $\bar{r}$ 。

3.2 软件实现

软件是由汇编语言实现的，由（3）式可设计软件流程如图3所示。为了节约中断时间，图中的排序、平均及计算等程序放在主程序中完成。

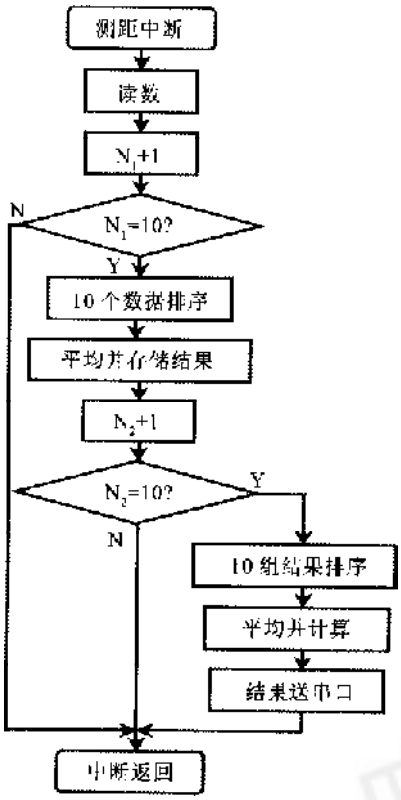

图3　测距中断数据处理流程框图

4 结果分析

通过这样的处理，距离均方根误差降低到原来的1/4（即10.5m），增加了指标富裕度，保证了50m的距离精度指标要求。

通过对飞行器飞行中某段时间距离数据的记录分析，得到了如图4所示的曲线。其中：单点划

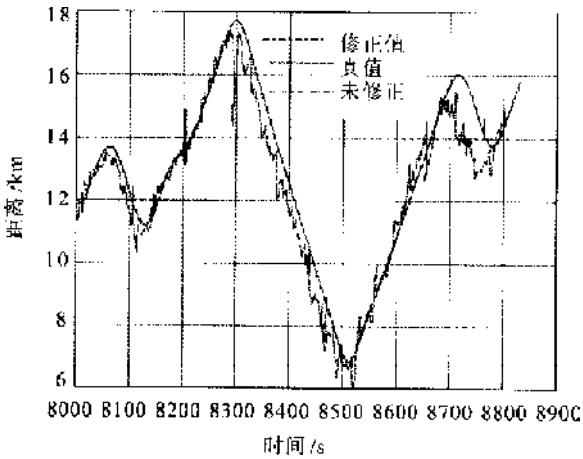

图4　修正、未修正距离与真值比较曲线

线为处理后距离数据（即修正后输出数据）曲线；双点划线为处理前数据（未修正）曲线；细实线为距离真值曲线。

显然，经过修正后的距离曲线比较光滑，且与距离真值拟和很好，而未处理的数据则有奇异值，且与距离真值误差较大。

5 结论

上述实例证明，充分利用单片机89C52内部资源对距离数据的处理，使系统不增加任何硬件设备，不仅降低了成本，而且提高了测距精度，保证了系统的完整性。是一种比较实用误差修正方法，可推广使用于其它电子测量系统中。

参考文献：

[1] 胡永红，史忠科.小型飞行器定位的数据融合误差修正方法[J]，西北工业大学学报，2001，19(2).279-283.
[2] 张阙盛，郑继禹，万心平.锁相技术[M]，西安电子科技大学出版社，2001，5.
[3] 干国强，邱致和.导航与定位[M]. 北京：国防工业出版社，2000.

编辑更正

11期《上海集成电路产业的现状与发展》中表1（第2页）应是“上海集成电路产业基本情况”。

万方数据