

提高某新型超短波定向机抗干扰性能的新方法

田孝华, 雷志雄, 赵修斌
(空军工程大学 电讯工程学院, 陕西 西安 710077)

摘要:针对某新型超短波定向机存在的一些问题,提出了一种增强抗干扰性能的新算法。该算法在有效截获目标载波的基础上对数据进行滤波处理,对信号处理的实时性、抗干扰性更强,显示的方位更稳定、更准确。

关键词:定向机;信号处理;算法

中图分类号:TP965.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1009-3516(2001)03-92-94

某新型超短波定向机是由一种导航装备,它既能确定飞机的方位,又能保持双向通信,采用准多卜勒测向原理和数字信号处理技术,利用数码管直接显示飞机的方位或航向,具有读数直观、体积小、操作方便的优点。但从实际使用情况来看还存在一些问题:显示的定向数据受干扰影响严重,定向员不易准确报出飞机方位;显示的方位数据变化速率太快,容易给定向员造成视觉疲劳,甚至产生误报;数据处理算法过于简单,未能充分利用软件对数据进行滤波;软件的校零模块具有不完善性,对键控信号不能作出正确响应。本文给出的是克服这些问题的一种方法。该方法对硬件不需做任何改动,只需用新软件代替原软件即可。新软件采用的是在有效截获目标载波的基础上利用新算法对数据进行滤波处理。实践证明新软件使系统对信号处理的实时性、抗干扰性更强,方位数据显示更稳定、更准确,便于定向员操作。

1 测向原理

某新型超短波定向机的定向天线采用的是圆阵天线,由一个直径为1.8 m的圆周上均匀分布的8根折合振子组成。天线选通电路输出的1.36 kHz时钟脉冲经8分频后,分8路输出依次接通每根天线振子。相邻振子接通间隔为一个时钟周期,天线振子接通一周的时间约为5.88 ms。圆阵天线输出的信号是由8根振子感应的信号依次接通时所形成的合成信号。可见,圆阵天线输出信号与一根振子在圆周上作步进旋转所接收的信号是等效的。对单根振子作圆周运动所接收信号进行分析就得到了圆阵天线所输出的信号^[1,5]。

设飞机方位角为 θ ,飞机电台发射的是由语音对载波进行调幅的调幅波信号,地面接收天线以 O 为圆心、 R 为半径、 Ω 角速度旋转。测向示意图如图1所示, ON 代表磁北方向,则以 O 点为参考点,圆周上任意 A 点接收的信号为:

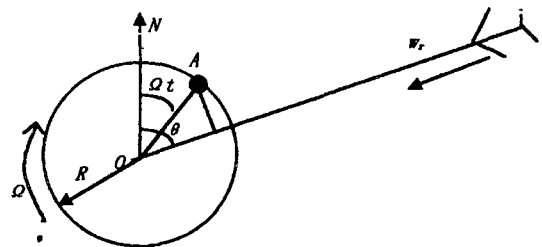


图1 测向原理示意图

$$e_a(t) = A(t) \sin[\omega t + 2\pi(R/\lambda) \cos(\Omega t - \theta) \pm (\omega_r/c)\omega t] \quad (1)$$

式中 $\omega/2\pi$ 为载频, $A(t)$ 为信号幅度, λ 为载波波长, ω_r 为飞机径向速度, c 为光速。忽略多普勒效应的影响

收稿日期:2000-09-21

基金项目:兰空科研基金资助(LK-98008)

作者简介:田孝华(1965),男,湖南石门人,讲师,博士生,主要从事非平稳信号处理、移动通信信号处理的研究。

时,输出信号可简化为:

$$e_A(t) = A(t) \sin[\omega t + 2\pi(R/\lambda) \cos(\Omega t - \theta)] \quad (2)$$

从上面的表达式可知,飞机方位信息包含在接收的调幅调相信号的低频相位中,与接收信号的幅度无关。因此对圆阵天线输出的信号进行鉴相,并与基准信号的相位进行比较,即可得飞机方位。

2 脉冲数与飞机方位的关系

某新型超短波定向机的测向过程是:利用解调器板首先将电台输出的中心频率为 455 kHz 的含有方位信息的调幅调相信号进行解调,输出含有方位信息的 170 Hz 正弦信号送至信号处理板,与基准信号进行相位比较后,得到门控方波。门控方波的宽度变化范围为 0 ~ 5.88 ms,门控方波的宽度由方位信号与基准信号的相位差决定。由于相位差与飞机方位一一对应,故门控方波的宽度也就由飞机方位决定。最后,脉冲计数电路在门控方波控制下完成对时钟脉冲的计数,软件对所计脉冲数进行滤波处理后转换成 BCD 码输出到数码显示电路,完成飞机方位的显示。

由测向过程可得到所计脉冲数与飞机方位的关系。设门控方波的宽度为 t_x ,飞机方位角为 θ , T 为方位信号周期, T_c 为计数电路时钟周期,其数值关系为:

$$t_x = (T \cdot \theta) / 360 \quad (3)$$

脉冲数 n 与门控方波宽度 t_x 数值关系为:

$$n = t_x / T_c \quad (4)$$

脉冲数 n 与飞机方位的数值关系为:

$$n = (T \cdot \theta) / (360 \cdot T_c) \quad (5)$$

脉冲计数电路的时钟频率为 612 kHz,则脉冲数与飞机方位的数值关系为:

$$n = 10 \cdot \theta \quad (6)$$

3 有效截获目标载波的抗干扰数字滤波算法

由文献[2]、[3]可知,定向机是在飞机与地面通话的过程中完成对飞机方位测量的。电台输出到定向机解调器板的信号是一个中心频率为 455 kHz 的调幅调相信号,方位信息在其相位之中,语音信号对其幅度进行调制。为了得到方位信息,解调器板对信号进行放大、限幅及鉴相等处理后,输出 170 Hz 的正弦波,方位信息包含在正弦波的初始相位中。数据采集与处理电路将含有方位信息的正弦波信号与基准信号进行比较,将方位信息转换为相应的脉冲数。每显示一次方位,原来的数据采集与处理模块是通过对信号连续进行 20 次采样、校零修正、排序、零点模糊处理,再对中间 14 组数据计算平均值,并将平均值转换成 BCD 码,最后送显示电路实现方位显示的。每次从接收信号到脉冲计数电路有稳定脉冲数输出不超过 5.88x2 ms,因此显示一次方位大约需 235 ms。从方位信息的获取过程可知,造成显示的定向数据受干扰影响严重、显示的方位数据变化速率太快的原因主要在以下几个方面:一是由于调幅调相信号的幅度是时变的,所以对调幅调相信号进行限幅处理后,会造成信号的相位抖动,从而鉴相器输出的与方位信息对应的正弦信号的初始相位就会出现误差;二是数据处理算法过于简单。不管是否收到信号,均将连续采样的 20 组数据进行简单处理后送显示电路显示。这样会使显示的数据变化速率太快,同时出现虚假的方位信息。

在硬件电路不做任何改动的前提下,采取以下措施会使显示的方位更加准确、抗干扰性更强。由于相位抖动是由信号幅度时变造成的,如果采用飞机发射的幅度不变的等幅载波信号来测向将是最准确的。实验表明发调幅波信号与发等幅波信号的定向误差在 0.5°左右。由于飞行员从手握话筒到说话前一般来讲至少有 500 ms 的间隔。而在这期间,飞机电台发射的信号就是等幅波信号。因此,我们可以利用这段时间来获取等幅波信号。这就是我们提出的有效截获目标载波的方法。为了提高数据的抗干扰性,根据在一段时间内干扰对应的脉冲数变化较大、信号对应的脉冲数变化较小的特点,运用从实际中得到的各种门限对接收的数据进行滤波处理,最大限度抑制虚假信息,使显示的目标方位更加准确^[4]。具体算法如下:

由于从给出启动转换信号到脉冲计数电路有稳定的脉冲数输出不超过 5.88x2 ms。这样,在飞机电台发等幅波的 500 ms 期间可得到 40 组以上数据。利用这 40 组数据就能准确测定飞机方位。为了充分利用这

40组数据以及最大限度抑制干扰,软件采用的滤波算法是:首先连续采样20组数据,对20组数据进行校零修正、冒泡排序、零点模糊处理后,利用中间14组数据计算平均值,并将平均值保存;然后再连续采样7组数据,并与上次采样的后13组数据一起,采用与上面相同的算法求出又一个平均值。采用相同的方法可得到第三个平均值;最后将三个平均值进行比较,如果三个平均值在有效范围内,则将三个平均值求平均,并将此平均值与上次显示方位所对应的数据进行比较。若差值超出有效门限,则将平均值转换成BCD码显示。否则不显示;如果三个平均值差值超过有效范围,则去掉第一个平均值,再采样7组数据,采用与上面相同方法得到另一平均值再进行比较、处理。这样,既保证了对载波的截获,又抑制了干扰的影响,同时只有在同一方位发射的信号持续时间超过一定值时,并且与原显示方位比较超过门限后才显示,大大降低了显示方位的变化速率,便于定向员准确播报。另外,若飞行员手握话筒时同时说话,采用这种算法也可以利用调幅波信号测向。因此,采用该算法的最坏结果也比原来算法好。相应流程框图如图2所示。

4 结论

实际应用表明:新软件代替原来的软件不仅具备原来的全部功能,而且克服了原来的不足之处,所显示的方位更准确、稳定,抗干扰更强,达到了预期目的。技术进步点表现在:1)通过采用首次提出的有效截获目标载波的数字滤波算法,大大降低了干扰的影响,克服了原设备显示方位易受干扰随机跳变的问题;2)通过运用从实际中得到的各种门限,使显示的目标方位更加准确;3)硬件不作任何改动,推广方便。

参考文献:

- [1] 田孝华,雷志雄,赵修斌. xxx型超短波定向机测向原理与硬件实现分析[J]. 管理与维修,1998(1):32-37.
- [2] 田孝华. xxx型超短波定向机静噪/记忆组合功能的实现[J]. 管理与维修,1998(2):34-37.
- [3] 雷志雄,田孝华. xxx型超短波定向机[M]. 西安:空军电讯工程学院,1998.
- [4] 杜武林. 干扰抵消技术及其应用[J]. 电信科学,1988,4(5):51-55.
- [5] 魏光顺. 无线电导航原理[M]. 南京:东南大学出版社,1989.

A New Method for Improving the Counter-jamming Performance of the new Ultrashort Waves Orientation Device

TIAN Xiao-hua, LEI Zhi-xiong, ZHAO Xiu-bin
(The Telecommunication Engineering Institute of the
Air Force Engineering University, Xi'an 710077, China)

Abstract: In this paper, some problems on the ultrashort waves orientation device are given, and a new algorithm is presented to improve counter-jamming performance. The algorithm based on carrier signal obtained processes data, and it is characterized by better real time responsibility and counter-jamming performance, and better stable and accurate orienting angle.

Key words: orientation device; signal processing, algorithm

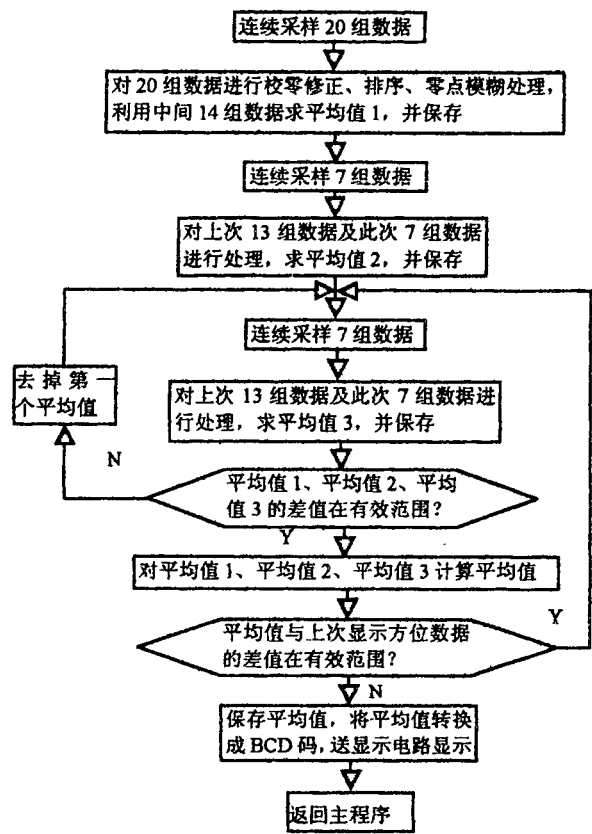


图2 数据采集与处理模块流程图