

doi:10.3969/j.issn.1001-893x.2014.09.005

引用格式:曹劲,彭笠.利用机体遮挡实现机载抗干扰通信[J].电讯技术,2014,54(9):1200-1203.[CAO Jin,PENG Li.Airborne Anti-jamming Communication by Airframe Antenna Shading[J].Telecommunication Engineering,2014,54(9):1200-1203.]

利用机体遮挡实现机载抗干扰通信*

曹劲**,彭笠

(中国西南电子技术研究所,成都 610036)

摘要:结合机载通信抗干扰设计的工程应用需求,分析了机体遮挡对机身前后左右典型安装位置VHF/UHF和L频段通信天线的影响程度,提出了一种当通信信号和干扰信号分别位于机身两侧时,应用机体遮挡对信号接收的抑制原理,通过选择指向通信信号一侧的左或右机翼天线实现抗干扰通信的方法。该方法仅需新增两副机翼天线和两个射频开关,具备较强的工程可实现性。仿真结果表明该方法能够有效抑制来自机身侧面干扰信号的接收,最大抑制达到35 dB,为机载通信抗干扰能力提升设计提供了新的技术途径和理论指导。

关键词:机载通信;天线遮挡;抗干扰通信

中图分类号:TN911.4 **文献标志码:**A **文章编号:**1001-893X(2014)09-1200-04

Airborne Anti-jamming Communication by Airframe Antenna Shading

CAO Jin, PENG Li

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: According to the engineering requirement of airborne anti-jamming communication design, the airframe shading effect on typical forward, rear, left and right distributed VHF/UHF and L-band antennas on the airplane is analyzed. Based on the principle of signal suppression by airframe shading, an anti-jamming communication method is proposed by smartly using the left or right wing mounted antenna which faces the communication signal when communication and interference signal comes from different sides of the airplane respectively. The method can be realized easily in engineering because it only needs two new installed wing mounted antennas and two RF switches. The simulation result shows that the method can effectively suppress the interference signal reception from the side of the airplane and the maximal suppression can reach 35 dB. The method provides a new technical solution and theoretical implemental guide for airborne anti-jamming communication design.

Key words: airborne communication; antenna shading; anti-jamming communication

1 引言

在军事无线通信领域,抗干扰是系统设计追求的永恒目标之一,提升抗干扰能力的技术手段非常多,例如:在时间上采取短触发通信手段;在空间上采用窄波束定向通信体制;在频率上采用跳频或扩频体制;在能量上提升发射功率或改善信号检测门限。随着技术的发展,认知无线电^[1]、智能调零天

线^[2]等技术也逐渐成为了抗干扰设计的热门话题。理论上,上述大多数技术均可应用到机载通信领域,但由于涉及到通信体制的升级,距离工程应用还有一定差距。

提高机载通信链路的抗干扰能力,实质是提高接收通道对干扰信号的抑制能力,可以采取定向通信原理,即利用天线的方向性来增强有用信号接收

* 收稿日期:2014-05-30;修回日期:2014-07-28 Received date:2014-05-30;Revised date:2014-07-28

** 通讯作者:caojin_cetc10@163.com Corresponding author:caojin_cetc10@163.com

同时抑制干扰信号。但是,对于机载通信系统最常用的 VHF/UHF 和 L 频段,要实现高增益定向波束,一般需要进行天线布阵^[3],而该频段的的天线阵规模通常较大,不利于机载平台的推广应用,在国外的飞机平台上也鲜有类似的设计。

机体遮挡通常是天线布局设计时需要规避的问题,但是在特定场景下,通过合理运用机体遮挡,可以使全向天线体现出定向特性,从而抑制某些方向的干扰信号接收,达到抗干扰通信的效果。在美军的 E-2 系列预警机中,其左右机翼下方就各自安装了一副抗干扰天线,该天线为低频段全向刀型天线,利用机体遮挡原理,实现 Link-16 数据链的抗干扰通信。该设计从 E-2C 一直沿用到最新的 E-2D,从超过 10 年的工程应用来看,确实达到了良好的抗干扰效果。

考虑到机载通信系统抗干扰能力提升需要满足各种工程应用需求,包括通信体制兼容性、设备加改装风险、投入成本等多种因素,本文对机体遮挡在机载抗干扰通信设计中的应用进行了研究,针对典型场景提出了利用机翼天线进行抗干扰通信的方法,同时给出了系统工程化加改装实施方案建议,最后通过计算机仿真对抗干扰性能进行了仿真分析。

2 天线安装位置分析

机载通信链路通常分为空地和空空两大类,当飞机高度在 10 km 左右且通信距离大于 100 km 时,无论空地还是空空通信,无线电信号的传输方向近似接近水平;同理,来自远方的干扰信号也呈现出近似水平的传播特性。因此,当利用机体遮挡来抑制全向天线对干扰信号的接收时,只能将天线安装在机体四周,即将机体“搁置”在干扰源和接收天线之间。

对于安装在机体四周不同位置的天线而言,机体遮挡效果是不一样的。通常机体遮挡会使天线的水平面方向图在某些方向上呈现出凹陷,而凹陷程度越深,就意味对来自该方向的干扰信号抑制越强,因此,为了达到最大的干扰抑制,就需要在机身四周选择“遮挡最严重”的位置来进行抗干扰天线安装。

以 E-2D 预警机为例进行建模,选择机身前后左右 4 个典型位置进行分析,分别为机头下方的上翘部分、机尾下方的上翘部分、左右机翼发动机(或外挂)外侧。将 VHF/UHF 和 L 频段两种全向天线模型分别放置于机体的上述 4 个位置进行分析,如图 1 所示。

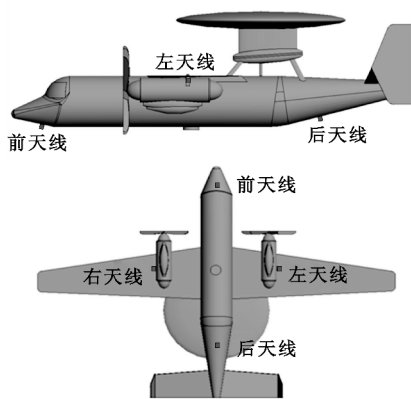


图 1 机上天线安装位置
Fig. 1 Antennas location on the plane

利用专业仿真软件对上述 4 个位置的天线方向图进行了仿真,从仿真结果来看,机体遮挡对前后天线的影响较小,仅在某些角度上产生小幅度的增益波动和凹陷;对于左右天线而言,机体遮挡的影响非常显著,可以看到方向图呈现出明显的不对称和凹陷特性,从干扰信号抑制的角度来看,更适合选择左右天线来实现抗干扰接收,因此本文提出一种利用左右机翼天线实现抗干扰通信的方案。

3 应用场景与系统方案设计

利用机翼天线实现抗干扰通信的基本原理是利用机体遮挡来抑制干扰信号的接收,因此仅适合通信信号和干扰信号分别位于机身左右两侧时的应用场景。在已知通信信号和干扰信号的方向后,可以通过合理规划航线,使通信信号和干扰信号分别位于机身两侧,采用指向通信信号一侧的机翼天线进行通信,典型应用场景如图 2 所示。

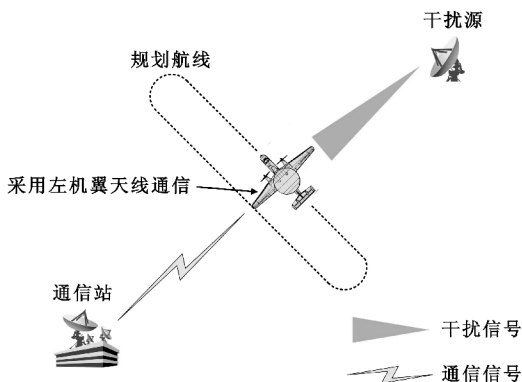


图 2 利用机翼天线进行通信的典型应用场景
Fig. 2 Typical communication scenario by using under-wing antenna

在飞机平台进行抗干扰天线加改装时,除了在左右机翼的适当位置安装天线外,对舱内设备的主要改动就是在通信电台的接收端口新增两个射频开关,同时在系统控制管理设备中增加对这两个开关的切换控制,总的来说设备加改装量较小,对原系统不会造成过多影响。典型系统组成如图 3 所示。

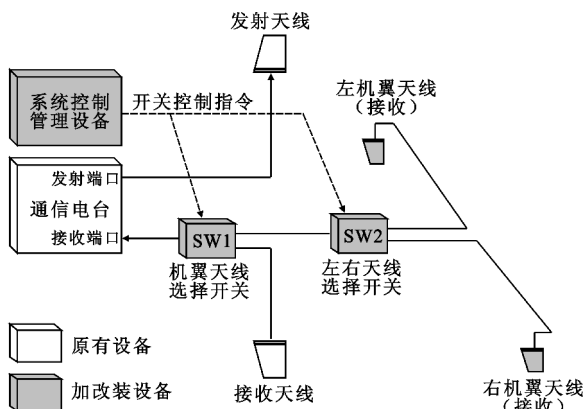


图 3 系统组成图
Fig. 3 System framework

如图 3 所示的系统组成原理图适用于 VHF/UHF 和 L 频段通信链路的加改装设计,其中,射频开关 SW1 和 SW2 分别完成机翼天线的选择切换以及左右机翼天线的选择切换功能,两个开关受系统控制管理设备的控制,难点在于开关的控制逻辑设计。一般来说,正常情况下通信电台仍使用原来的

收发天线进行通信,与传统使用方式相同,此时控制 SW1 连接到原接收天线;在干扰环境下,系统控制管理设备首先控制 SW1 连接到 SW2,即使用机翼天线模式,随后判断具体使用左天线还是右天线(控制 SW2)可以有以下两种方法,可根据具体平台特点进行选择。

(1)方法一:在一定时间内通过左右天线的交替切换使用,根据信号接收效果的好坏来判断最终选择哪副天线,该方法原理简单,但需要积累一定时间来对左右天线接收信号的质量进行统计对比。

(2)方法二:结合各种先验知识、机载传感器态势信息和惯导数据,在掌握了通信方向、干扰源方向、飞机航向信息后,根据机身遮挡原则,选择相应的左天线或右天线进行通信,该方法判断速度快,但原理相对复杂,需要平台其他系统的信息支持。

4 抗干扰效能分析

为了对机翼天线的抗干扰性能进行量化分析,本节结合图 1 所示的天线装机模型,利用全波电磁仿真分析软件 FEKO (V6.0) 对前、后、左机翼天线(右机翼天线仿真结果类似)在 UHF/VHF 和 L 频段范围内几个典型工作频点上的水平方向图进行仿真,在仿真中选用计算精度较高且内存使用较优化的多层快速多级子 (MLFMM) 算法^[4],方向图仿真结果如图 4 所示。

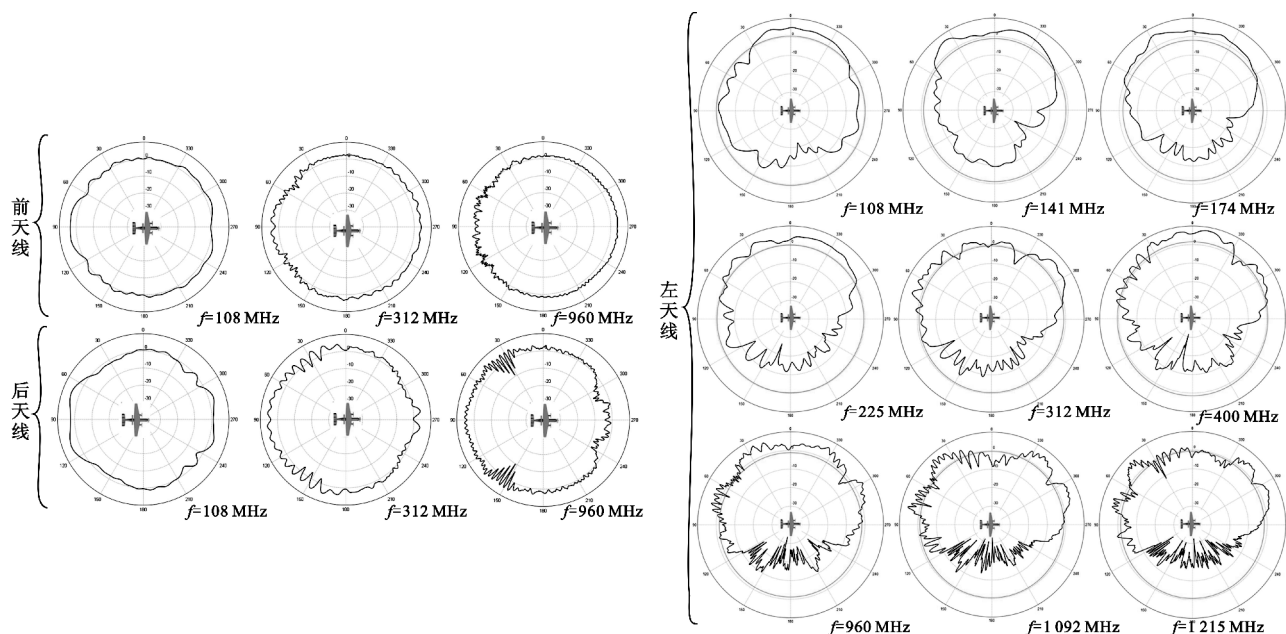


图 4 天线的水平面方向图

Fig. 4 Horizontal radiation patterns of antennas

在对仿真结果的分析中,重点关注机身遮挡引起左机翼天线增益下降的程度,这里用不同频率值的天线增益和对应的角度范围进行描述,如表1所示

示,其中满足增益要求的角度范围是离散分布的,表中给出的是角度范围总和。

表1 天线增益-角度范围对应关系
Table 1 Relation between antenna gain and angle range

增益/dBi	角度/(°)								
	108 MHz	141 MHz	174 MHz	225 MHz	312 MHz	400 MHz	960 MHz	1 092 MHz	1 215 MHz
<-10	60	70	150	160	130	160	130	130	140
<-15	30	35	70	60	40	30	80	90	90
<-20	-	15	-	-	-	-	30	30	30

从表1可以看出,在整个VHF/UHF和L频段,利用机身遮挡可以使机翼天线在较大角度范围内获得明显的增益下降,从而抑制来自该角度范围内干扰信号的接收。对仿真数据的总结如下:

(1)在108~141 MHz频率范围内,可在机身一侧大于60°范围内将干扰信号抑制10 dB以上;在约30°范围内将干扰信号抑制15 dB以上,最大干扰信号抑制可达到28 dB;

(2)在174~400 MHz频率范围内,可以在机身一侧大于120°区域范围内将干扰信号抑制10 dB以上;在大于30°范围内将干扰信号抑制15 dB以上,最大干扰信号抑制可达到35 dB;

(3)在960~1 215 MHz频率范围内,可以在机身一侧大于120°区域范围内将干扰信号抑制10 dB以上;在大于80°范围内将干扰信号抑制15 dB以上;在约30°角度范围内将干扰信号抑制20 dB以上,最大干扰信号抑制可达到34 dB。

5 结论

本文将机体遮挡原理应用到机载抗干扰通信设计中,提出了一种在特定场景下利用左右机翼天线实现抗干扰通信的方法,具备较强的工程可实现性,计算机仿真结果表明该方法可有效将干扰信号接收抑制10~35 dB。考虑到VHF/UHF~L频段的信号绕射能力较强,仅通过计算机仿真很难准确地进行模拟验证,因此下一步工作重点是将该技术具体应用到工程项目中,通过开展外场地面和飞行试验对天线切换效果和实际的抗干扰性能进行测试验证。

参考文献:

- [1] 顾庆峰,杨仕平. 基于认知无线电的多频段跳频通信系统[J]. 电讯技术,2012,52(7):1079-1081.
GU Qing-feng, YANG Shi-ping. A Multiband Frequency-hopping Communication System Based on Cognitive Ra-

dio[J]. Telecommunication Engineering, 2012, 52(7): 1079-1081. (in Chinese)

- [2] 张驿,张云,何海丹. 单脉冲阵列天线方向图调零技术[J]. 电讯技术,2009,49(3):82-86.

ZHANG Yi, ZHANG Yun, HE Hai-dan. Pattern Null-steering Technique for Monopulse Arrays Antenna[J]. Telecommunication Engineering, 2009, 49(3): 82-86. (in Chinese)

- [3] 刘强,吴炜霞,苏旸. 波束成形技术在超短波电台中的应用研究[J]. 中国电子科学研究院学报,2010,5(4):360-363.

LIU Qiang, WU Wei-xia, SU Yang. Research on Beam Forming Technique for VHF Radio Application[J]. Journal of China Academy of Electronics and Information Technology, 2010, 5(4): 360-363. (in Chinese)

- [4] Schober D T, Eibert T F. Fast wideband solution of finite element Boundary integral equation problems[C] // Proceedings of the 6th European Conference on Antennas and Propagation (EUCAP). Prague: IEEE, 2012: 203-206.

作者简介:



曹劲(1981—),男,四川成都人,2007年于电子科技大学获博士学位,现为高级工程师,主要研究方向为航空电子系统、通信系统等;

CAO Jin was born in Chengdu, Sichuan Province, in 1981. He received the Ph. D. degree from University of Electronics Science and Technology of China in 2007. He is now a senior engineer. His research concerns avionics system and communication system.

Email: caojin_cetc10@163.com

彭笠(1986—),男,四川雅安人,2012年于电子科技大学获硕士学位,现为工程师,主要研究方向为航空通信系统天线设计及电磁兼容等。

PENG Li was born in Ya'an, Sichuan Province, in 1986. He received the M. S. degree from University of Electronics Science and Technology of China in 2012. He is now an engineer. His research concerns antennas and EMC problems in avionic communication system technology.

Email: pengli_cetc10@163.com