

基于 ARINC-618 协议的地空数据链技术研究

徐见源¹ 邓雪云¹ 曹力²

(1. 上海飞机设计研究院综合航电系统设计研究部, 上海 200436;
2. 南京航空航天大学民航学院, 南京 210016)

Study on the Ground Air Data Link Technology Based on ARINC-618 Protocol

Xu Jianyuan¹ Deng Xueyun¹ Cao Li²

(1. Avionic System Department of SADRI, Shanghai 200436, China;

2. Nanjing University of Aeronautics and Astronautics, Nanjing 210016, China)

摘要:地空数据链作为大型民机的标准配置,在我国自主研制大型民用客机的过程中需要深入、全面地了解 and 掌握。鉴于当前地空数据链设备仅有国外个别厂商提供,国内相关领域的技术积累较少,针对地空数据链的基本问题,开展了以 ARINC-618 协议为核心的地空数据链的传输信号和译码等基础研究,并以过境飞机的 ACARS 信号为基础进行了技术分析。

关键词:ACARS;甚高频;信号分析

[Abstract] As the ground air data link system is the standard equipment of the commercial aircrafts, it should be deeply and thoroughly understood. Considering that there are only several corporations abroad who supply the ground air data link system and little internal relative technology is accumulated, a fundamental study on transmission signal and demodulating signal of the ground air data link system centering on the ARINC-618 protocol is done in this article. Moreover, some simulation equipments have been done on the basis of ACARS signal generated by the transient aircrafts.

[Key words] ACARS; Very High Frequency (VHF); Signal Analysis

0 引言

随着航空事业的飞速发展,现代航空运输飞机的数字化程度越来越高,大量的飞行数据和信息能够通过各种途径采集并记录下来。飞机在飞行过程中通过地空数据通信链路,可实现数据实时通信。如今,它不仅作为 FDR (Flight Data Recorder, 飞行记录器) 的必要补充和扩展系统,实时不间断地向地面传输飞机各种性能和导航数据,为飞机性能的远程监控提供支持;同时强大的地空双向通信能力也为航空公司的二次签派放行和起飞着陆的管制(停机位请求和指派等)提供有效的手段。目前,地空数据链系统作为大型民用飞机的标准配置,在飞行中使用的越来越普遍。中国民航从 2005 年起,就已要求 100 座以上的飞机强制安装并使用 ACARS 系统^[1]。因此,在我国自主研制大型民用客机的过程中必须要考虑地空数据通信系统。

ACARS 的出现,使得地空之间的通信方式由过去单纯依靠语音通信扩展为现阶段的语音和数据通信两种方式,实现了地空通信系统的重大变革,其价值也得到国际民航系统普遍认同^[2]。系统高达 99.999% 的有效性和方便的地空数据传输方式,是民航最值得信赖、最为可靠的地空通信系统^[3]。包括中国在内的世界主要民航国家和地区,均已在全境范围内建成,并使用这种地空数据链网络。

与此同时,地空数据链作为大型客机研制、使用

和维修过程中的重要环节,为飞机在研制阶段的地面功能试验、试飞和使用全寿命周期内的实时数据采集、监控和安全分析以及飞行管理提供实时通信手段。因此,ACARS 技术的研究可以直接应用于大型客机研制过程中地面功能试验和试飞阶段的数据分析,相关技术也为飞机状态的实时远程监控、维修保障以及飞行品质监控等提供支持,空客、波音等飞机制造商均向客户提供此类的有偿服务,这也成为厂商客服部门的重要经济增长点。鉴于此,我国民用飞机的研制需要研究和深入了解并掌握 ACARS 技术。

ACARS 技术可以根据航空公司的不同应用需求来实现其最优化的功能,比如可以识别异常的飞行状况,提供详细的发动机参数报告,提供完善的维护与修理计划,提供准确的气象报告^[4]。此外,远程实时监控是现代民航的发展方向,它可以提高机务维修效率,节约成本,也是保障飞机飞行安全的重要手段,还将给航空公司带来巨大的收益^[5]。而 ACARS 正是实现远程实时监控的重要基础。

以往飞机与地面之间的通信均采用语音通信方式。但是由于 HF 和 VHF 语音通信频道的拥挤,人为因素干扰等缺陷日益突出,直接影响到飞行安全和飞行效率。随着国际航空事业的迅猛发展,各国都在大力推行各种地空数据链在 ATS (空中交通服务) 中的应用。ICAO (国际民航组织) 于 1988 年正式提出了建立新的通信、导航、CNS (监视) 和 ATM

(空中交通管制)系统,以保证飞行安全,实现全球范围内的空中交通管理^[6]。从此,美国开始使用 ARINC 公司的 ACARS (飞机通信寻址与报告系统),利用地空数据链进行通信,这也是目前世界范围内使用最为普遍的地空数据链通信系统。

1 地空数据链通信技术的研究现状

ACARS 是由美国 ARINC 公司开发的基于 VHF (甚高频)的双向机载数据通信系统,具有传输速度快、抗干扰能力强、误码率低等优点^[7]。该系统包括机载设备子系统、数据链服务提供商和地面应用子系统,采用基于协议的 VHF Digital Link,VDL(甚高频数字链路)的面向字符的信息交互模式^[8],实现各种信息的交换。现阶段民航飞行中的大量数据通信,均是在地空数据链基础上实现的。在可寻址的地空数据通信网络和卫星通信的支持下,系统实现了空-天-地一体化数据实时传输,强有力地支持了飞行过程中的远程数据交互。

现阶段中国民航采用的地空数据链系统工作原理如图 1 所示。系统以数字电报形式与地面远程控制站进行信息的自动传输与交换。装有 ACARS 设备的飞机主要是通过甚高频与 RGS(地面远程控制站)进行通信,再通过 RGS 将报文汇集到 ADCC(民航数据中心)网控中心,ADCC 根据报文中的飞机属性,将报文分发至其所在航空公司。过程如图 2 所示,ADCC 的工作主要包括接收空中飞机所发射的 ACARS 信号,并转换为航空公司可识别的报文内容;转换航空公司的报文,并加载发射给指定飞机。ACARS 是整个空地数据通信网络的核心,而通信协议是其中的关键。

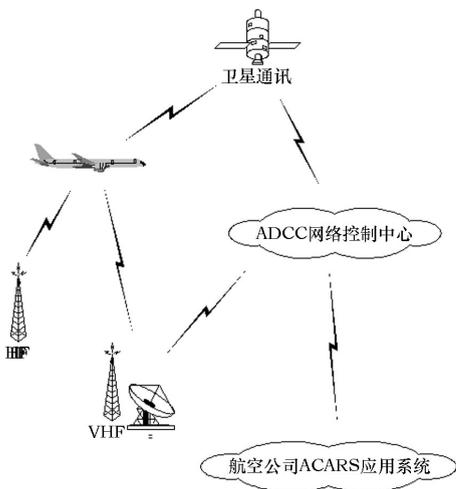


图 1 地空数据链工作原理

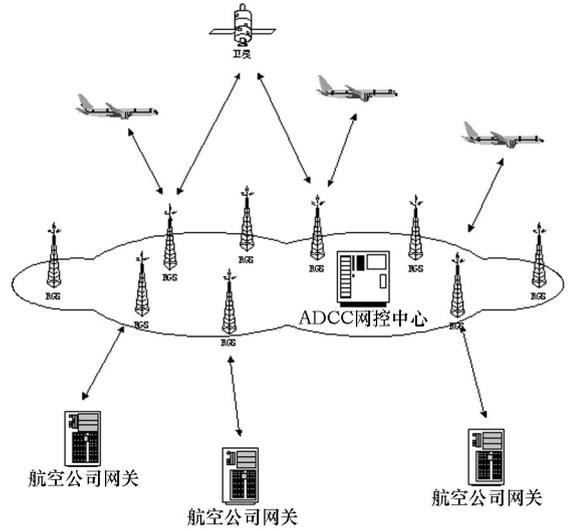


图 2 ACARS 通信网络示意图

目前 ICAO 已制定出 VDL-A、VDL-2、VDL-3 和 VDL-4 四种不同的地空数据链工作模式^[9]。其中基于 ACARS 的 VDL-A 模式仍被包括中国民航在内的大多数国家和地区使用,也是最基本的通信模式,是其它几种工作模式的基础。其余三种工作模式均是其在功能上的扩展和增强,主要体现在传输速率的提高以及使用频率、编码方式和通讯方式的不同^[10-12]。随着航班数量的增加以及民航对实时数据的需求不断提高,使用数据传输速率更大的地空数据链工作模式势在必行。鉴于在标准制定过程中存在巨大的争议,ICAO 的专家预计未来较长的一段时间内将出现多种工作模式并存的局面。因此,全面了解和掌握各种工作模式下的数据链技术是大型飞机制造商必须要面对和解决的问题。尽管四种模式在一些方面存在差异,但都是以 VDL-A 模式为基础。因此,深入了解 VDL-A 模式的工作原理是研究地空数据链技术过程中首先面对的问题。

VDL-A 模式下的空-地之间数据传输严格遵守 ARINC-618 协议,目前只有少数的几家公司提供相应系统。此类系统具有较好的译码稳定性,但数据处理过程是封闭的,其译码结果只能以固定形式呈现给客户,在工程应用上具有局限性,无法满足深层次分析工作的需要。而这些较深层次的原理技术,恰恰是在大型客机相关系统需求定制过程中必须掌握的重要内容。鉴于 ACARS 的基础作用和我国在该领域的研究现状,必须要从研究基于 ARINC-618 协议的 VDL-A 模式开始,全面深入地了解报文空-地间传输的基本规则。为此,本文从基础的信号分析入手,开展了 VDL-A 模式下的 ACARS 报文技术

研究。

2 信号的采集及分析

2.1 信号的采集

本文构建的 ACARS 信号采集平台如图 3 所示,主要是由 VHF 接收电台、信号采集卡与计算机搭建而成。平台中无线电台天线接收过境飞机发送的 ACARS 报文信号,经过滤波后通过信号采集卡,送至计算机保存,然后进行分析。其中,无线电台采用 ICOM 公司 IC-A24 接收机,信号采集卡采用计算机声卡。

2.2 信号的基本分析

2.2.1 基本信号波形识别

ACARS 信号采用 MSK 调制解调^[13],其采用的

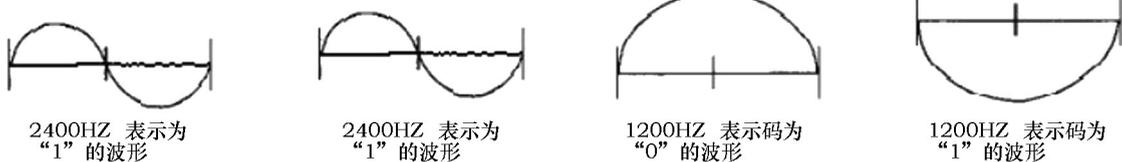


图 4 信号中基本波形与二进制位对应关系

根据上面所述的规则,波形译码如图 5 所示:

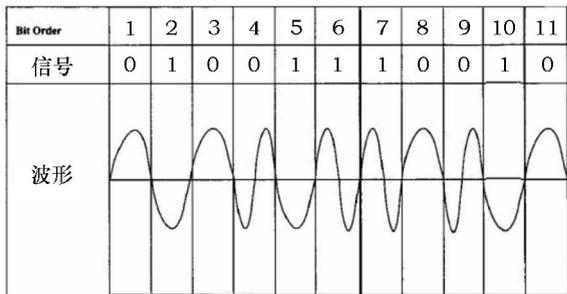


图 5 波形译码示意图

2.2.2 信号基本单元分析

与普通信号相同,MSK 信号在传输过程中自左向右依次发送。例如一串字符 MU5131,先发送 M 再发送 U,依次发送 5、1、3、1 直到结束。ACARS 信号采用 ISO-5 字符集。ARINC-618 协议规定编码方式共有 128 个字符,需要七位二进制数表示。

为了提高传输中的精度,在传输过程中增加了一位(即第八位),用以奇偶校验判断。在 ACARS 通讯中采用奇校验的方式,因而每个字符在信号传输过程中其二进制编码中有奇数个“1”。例如 M 在此字符中的编码为 1001101,为了保证奇偶校验的正确性,在报文发送时在第一位添加一个“1”,转变成“11001101”发送。

在发送每个字符时候,按次序从低位向高位依

频率分别是 2 400Hz 和 1 200Hz。通过两种频率的不同组合,构建出基本的 0 和 1 信号。当频率是 2 400Hz 的波形,一个周期的波形代表一个二进制位。当一个周期的波形结束,其波形走势为正斜率时,代表此波形为“1”;当一个周期的波形结束,其波形走势为负斜率时,代表此波形为“0”。当频率是 1 200Hz 的波形时,半个周期的波形表示一个二进制位。当半周期波形斜率为正时,代表此波形为“1”;当半周期波形斜率为负时,代表此波形为“0”,如图 4 所示。

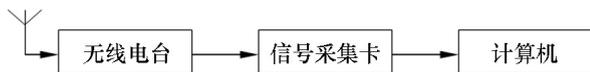


图 3 信号采集平台原理图

次发送,即从右向左发送。例如, M 字符发送过程中的编码为“11001101”,发送 M 信号的时候按自低位向高位顺序为“10110011”。

整个报文按照上述的方式发送,截取所分析信号实例,波形译码发送示意如图 6 所示。

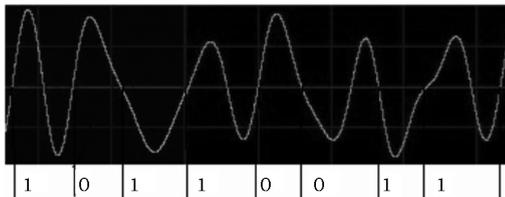


图 6 M 字符发送示意

3 问题和讨论

3.1 信号的不稳定性

在信号的波形研究过程中,信号的不稳定性使得信号分析与处理变得繁琐。通过采集卡的信号波形不够平滑,可能是由于信号较弱或受到干扰所致,其具体原因有待进一步的研究。相对稳定的信号,其波形比较平滑,如图 7 所示。

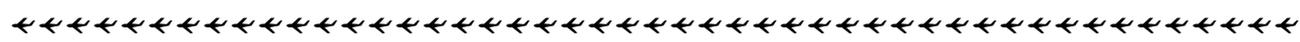


图 7 接收到的理想波形

2.2 中计算公式的取值为 $t = 10min$, $Q_i = 4.44L$, $A_i = 0.1467m^2$,则开孔面积为 $A_w = 0.000171m^2$,若开圆孔其直径为 $D_w = 5mm$ 。

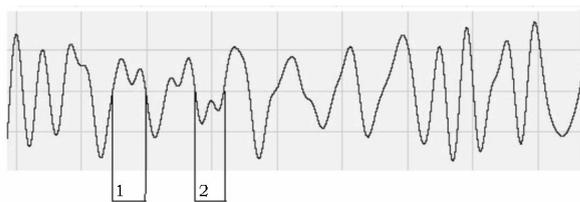
(2)若在 APU 舱门隔框内不能全部容纳所需排出的总液体体积 40L ,即隔框高度 $h_s < 30.3mm$ 时,则先计算液体排到隔框高度时所需的时间 t_c ,2.2 中计算公式的时间取值 $t = 10min - t_c$,其它与 1)相同。

由上述方法计算的隔框上开口较小,在实际开孔中需考虑所开孔能过冰或其他异物,这需要所开孔 $D > \frac{3}{8}in \sim \frac{1}{2}in$ 。



(上接第 15 页)

相对不稳定的信号,其波形不够平滑,如图 8 所示。



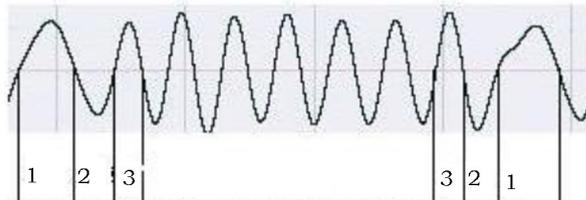
1 表示不平滑的波形 即一种双头峰形态 2 表示不平滑波形 即一种双底部形态

图 8 相对不平滑的波形

比照图 7 和图 8,可清楚发现二者之间的差异。信号不稳定其图形表现为不够平滑,经常出现双头峰和双底部现象。这样的差异给后续分析带来困难,如何克服有待进一步的研究。

3.2 异化波形的处理

在目前的研究过程中,发现信号有时不够标准,给信号的分析带来了困难。即便是相对标准的波形,也出现大量介于高频 1 200Hz 与 2 400Hz 之间的异化波形,如图 9 所示。



1 代表1200HZ波形,其直观感觉比较宽
2 代表异化的波形,介于1200HZ与2400HZ之间
3 代表2400HZ波形,直观感觉比较窄

图 9 异化波形的比较

异化波形介于 1 200Hz 和 2 400Hz 之间,将其确定为 1 200Hz 或者 2 400Hz 将是信号分析的一个难点。这样异化的波形,在信号波形分析过程中大

4 结论

根据上述计算方法得到的数据结果,可在满足适航要求的情况下初步确定 APU 舱底部开孔大小及舱门隔框开孔大小,可为大型客机的开孔大小的确定提供一定的借鉴。

参考文献:

[1] F. A. Tomkins. APU installation handbook. Second Edition 1983. The Garrett Corporation.
[2] Draft Advisory Circular AC No. 25.863-1.

量存在,后续将尝试采用统计的方法,将其准确的归类,其可靠性有待进一步验证。

参考文献:

[1] 张学军,马玉文. 甚高频空地数据链系统与 ARINC618 协议[J]. 航空工程与维修,2002(205):41-43.
[2] 毕心安. 论两种空地数据链的差别和系统过渡[J]. 民航经济与科技,1999,6:57-59.
[3] ARINC Specification 620-3[S]. Published: December 19,1997.
[4] 黄俊祥. 航空器通讯寻址报告系统数据处理技术研究[J]. 中国民航大学学报,2007,2:1-3.
[5] 徐春生. 远程实时监控技术在飞机维修中的应用研究[J]. 中国民航学院学报,2003,21:6-9.
[6] 郭旭周,黄圣国,孙健. VHF 地空数据链系统调制解调器的设计与实现[J]. 江苏航空,2007,4:7-8.
[7] 郭静. 中国民航地空数据链的建设发展和应用[J]. 中国民用航空,2006,3:64-66.
[8] 周建星,黄圣国,卿立勇. VHF 便携式 ACARS 实验站的应用[J]. 江苏航空,2006,2:13-14.
[9] 杨成雷,黄智刚,张军. 新航行系统中的 ATN 及 VDL2 技术[J]. 电讯技术,2003(3):87-91.
[10] 章卫民. VHF 数字链路通信技术分析[J]. 导航与雷达,2003(2):10-14.
[11] Pereira M. S. ,Investigation of the three competing VHF digital data link communications technology for commercial aviation[C], Digital Avionics Systems Conference, 2002. Proceedings. The 21st,2002,1:3C7/1-3C7/8.
[12] 李楠,陈颖,夏毅强. VDL-4: 一种新型航空 VHF 数据链[J]. 电讯技术,2003(6):90-94.
[13] ARINC Specification 618-5[S]. Published: August 31, 2000.