

ACARS 空地数据通信系统及报文解析

李书明¹, 吕文礼¹, 黄燕晓²

(1. 中国民航大学 航空工程学院, 天津 300300; 2. 中国民航大学 职业技术学院, 天津 300300)

摘要: 航空安全是民航运输界的永恒课题, 而飞行事故往往是由于发动机不能正常工作引起的, 因此对发动机运行状态进行实时监控显得格外重要, 而及时准确的信息来源是保障飞机状态监控可靠的前提。针对国内空地数据链通信应用现状, 以数据链信息传输通信协议为依据, 构建 ACARS 空地数据通信系统架构; 着重研究基于 VHF 空地数据链传输的空-地链和地-地链标准 ACARS 报文基本结构, 提出固定位置提取、模板解析和特征提取相结合的 ACARS 报文解析方法。研究结果为专业人员提高报文解析的准确性以及在国内广泛应用 ACARS 空地数据通信系统奠定坚实基础, 对提高飞行安全具有重要意义。

关键词: 航空运输; 报文解析; 通信协议; ACARS; 空地数据链

中图分类号: TN919

文献标识码: B

文章编号: 1672-545X(2014)02-0054-04

空地数据链系统作为大型民用飞机的标准配置, 极大地减少语音通信带来的语音歧义, 目前已在飞行中普遍使用^[1]。但是长期以来, 由于我国空地数据链技术相对滞后, 其核心技术被美欧等少数国家垄断, 相关设备主要依靠国外几家大型数据链服务商提供。同时, 设备终端数据处理过程封闭, 无法满足深层次分析工作的需要, 这也导致我国民航在空地数据链应用方面长期受制于国外^[2]。因此在我国自主研制大型民用客机的过程中很有必要对空地数据通信系统进行深入研究。

ACARS (飞机通信寻址与报告系统) 作为空地双向数据通信系统, 是利用飞机机载设备和空地数据服务商的通信网络, 通过 VHF/HF/SATCOM 传输媒介, 实现飞机与地面之间的实时信息传输。我国南方航空公司开发的 ACRDRTS 与 TMDS 系统, 国航开发的 ACMS 系统^[3]等都是基于 ACARS 空地数据通信系统的设备平台, 主要用于发动机性能监控、飞机故障监控和飞机的运行控制。而这些平台功能的实现都是以空地数据通信系统传输的 ACARS 报文信息为支撑的。因此, 对 ACARS 报文进行快速、准确解析就成了关键。

本文在研究相关通信协议基础上分析 ACARS 空地数据通信系统整体结构, 并对 ACARS 报文结构进行深入研究, 提出空-地链和地-地链标准 ACARS 报文的解析方法, 为在民航领域推广空地数据链系统奠定基础。

1 ACARS 空地数据通信系统架构

1.1 面向飞机维修的空地数据通信系统结构

ACARS 是由美国 ARINC 公司开发的, 具有传输速度快、抗干扰能力强、误码率低等优点^[4]。VHF 空地数据链系统从逻辑上分为空地数据链和地面网络系统, 系统以数字电报的形式与地面远程控制站进行信息的自动传输与交换。本文根据国内外空地数据链应用现状提出面向飞机维修的 ACARS 空地数据通信系统架构, 如图 1 所示。

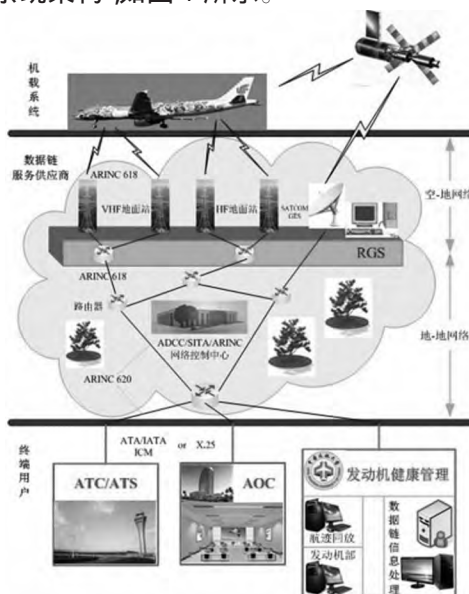


图 1 ACARS 空地数据链系统架构

收稿日期 2013-12-01

基金项目 2013 中央高校基本科研项目(编号 3122013SY46); 2012 中央高校基本科研项目(编号 ZXH2012p003)

作者简介 李书明(1964—) 男, 河北邢台人, 教授, 工学博士, 研究方向为航空发动机故障诊断与健康评估技术, 通信作者: 吕文礼, 硕士研究生, 研究方向为基于民航发动机健康管理的空地数据传输研究。

ACARS 空地数据通信系统架构主要包括 VHF 传输链路、HF 传输链路和 SATCOM 传输链路。每条链路都是由机载设备 (CMU/ACARS MU、VHF 收发机、多功能控制与显示组件、打印机等)、远端地面站 (RGS)、DSP 网络控制中心、终端用户和地面通信网组成,只是适用的覆盖范围不同而已,其中 SATCOM 数据链和 VH 数据链主要用于飞机飞行在海洋上空的空域时,VHF 数据链则普遍应用于布满基站的陆地上。由图 1 可知,VHF 空地数据链上传输的信息,不论是上传信息还是下传信息,都是由地 - 地段和地 - 空段组成。地 - 地段是地面用户和 DSP(数据链服务供应商)之间传输的报文,地 - 空段是在 DSP 和飞机机载设备之间传输的报文。地 - 地段和地 - 空段传输的报文都符合 ARINC620 规范^[5],信息流向如图 2 所示。终端用户通过相应的收发设备和配套处理系统对接收到的 ACARS 信息进行实时处理,便可实现对飞机发动机运行状态进行监控。而发动机潜在实时故障信息的获取正是提高机务维修效率,节约成本,保障飞机飞行安全的前提,故对下发 ACARS 报文信息快速准确解析,提高报文利用率成为各部门工作的重点。



图 2 ACARS 数据链信息传输路径

1.2 空地数据通信系统解析

通信协议是在信息传输过程中所有传输数据都必须遵守的公共规范。地面终端与机载设备之间的信息交换都必须按照通信协议,如 ARINC 618、620、622、623 等^[5-9]。要求进行封装才能传输,否则接收设备会因无法识别而导致传输失败。

飞机下发 ACARS 报文通过机载设备收发机选择合适链路(VHF/HF/SATCOM)下发,远端地面站(RGS)接收站将接收到的信号通过地面网络传输至 ADCC 地面网络控制中心处理(由 ARINC 618 格式报文转换成 ARINC 620 格式报文),形成符合地面终端用户识别的 ACARS 报文,网络控制中心根据民航系统的 X.25 分组交换网或 ATA/IATA ICM 选择合适的路由将报文发送至终端用户数据链信息处理中心进一步解析,实时处理的报文信息则通过局域网或广域网转发至发动机健康管理、发动机状态监控等部门,实现对飞机运行状态实时监控。上传请求报文则与下发报文相反。

2 ACARS 报文基本结构的解析

ACARS 报文的种类有 110 多种,分上行链路报文和下行链路报文^[6]。本文重点研究与飞机发动机运行状态相关的 ACARS 报文:故障报(CFD)和发动机报(DFD),其中 DFD 报文以起飞报、巡航报和爬升报三种报文最为重要^[9-10]。

2.1 空 - 地段报文解析

空地数据通信时,空 - 地段传输报文一般由报头、正文和 BCS 校验码三部分组成。其基本结构如表 1 和表 2 所示。

表 1 空 / 地下行报文格式

名称	SOH	Mode	Aircraft Registration Number	TAK	Label	DBI	STX	MSN	Flight ID	Application Text	Suffix	BCS	BCS Suffix
大小	1	1	7	1	2	1	1	4	6	0-210	1	2	1
例	<SOH>	2	.N123XX	<NAK>	5Z	2	<STX>	M01A	XX0000		<ETX> or <ETB>		

表 2 地 / 空上行报文格式

名称	SOH	Mode	Aircraft Registration Number	TAK	Label	UBI	STX	Application Text	Suffix	BCS	BCS Suffix
大小	1	1	7	1	2	1	1	0-210	1	2	1
例	<SOH>	2	.N123XX	<NAK>	10	A	<STX>		<ETX> or <ETB>		

在 ACARS 报文正文中所使用的字符不是任意的,必须限制在 ISO-5 字符集的非控制字符中,并且规定其长度不能大于 220 个字符,否则将被分成多块报(Multi-block Message)进行下传。对于单块报,报尾(Suffix)用控制字符 <ETX>(End of the Text)结束;对于多块报,除最后一块以控制字符 <ETX> 结束外,其余各块报文均用 <ETB>(End of Block)结束。

电报报头以起始标志符 <SOH> (Start of Heading)开始,标签(Label)只能使用 ARINC 620 中定义过的标签,用以表明电报的内容和类别;正文则以 <STX>(Start of Text)开始,块校验码(BCS)是利用循环冗余纠错原理形成的校验码,用以保证报文的准确性和完整性,BCS 校验的对象是从报头的 <SOH> 开始到报尾的 <ETX>/<ETB> 结束,但不包括 <SOH> 字符。按照表 1 形成的标准 ARINC 618 报文,通过 VHF 发射机发送至 RGS。

图 3 所示为 G-VMEG 于 15:49 从 VHHH 机场起飞,飞往 EGLL 目的地的空 - 地段标准起飞报文格式(注:飞机机轮离地时自动发出)。



图 3 起飞报

地面网络处理中心根据 ARINC 620 规范对图 3 中的信息重组形成地 - 地段报文格式如下。

```
QU XXXXXXXX
.DSPXXXX DDHHMM
DEP
FI VS0201/AN G-VMEG
DT DSP RGS DDHHMM M37A
- VHHHHEGLL15493210
```

值得注意的是：在报文信息开始传输之前，ACARS MU 还需在 <SOH> 前依次加上特殊控制字符 <+><*><SYN><SYN>，以表示信息开始传输，否则接收机将无法正常接收。同理，需在 后加上特殊控制字符 <DLE>，以表示信息传输结束。前面四个特殊控制字符用于接收机检测和同步 ACARS 信息。

2.2 地 - 地段报文解析

经 DSP 地面网络控制中心转换后的适合于地面终端用户处理的地 - 地段报文格式如表 3 和表 4 所示。ACARS 报文所用字符同样必须根据 ISO-5 字符集规定使用。

表 3 下传地 - 地段报文格式

行	内容	实例
1	优先级 / 目的地址	QU KAKUOHU XXXXXXXX
2	转发报文的地面站地址 / 转发时间	.BJSXCXA 261133
3	标准信息标示符 SMI	M14
4	文本元素	FI HU7920/AN B-2159/DA XXX/OF XXX/FB 0123/DS XXX
5	通信服务行	DT BJS HKG 261133 M67A
6-n	自由文本	- POSITION DMY 20JUN05,UTC 113327,FLT HU7920,LAT N24.013,LON E114.057,CAS 306,WD 5847,WS11,ALT 31500,FOB 190

下传地 - 地段报文标准格式说明

第 1 行：优先级 / 目的地址行

目前只有一个优先级在使用(QU)，优先级后是 7 个字符的目的地址，可以有多个地址，多个地址之间用一个空格隔开，最多可连续输入 16 个地址。

第 2 行：转发报文的地面站和报文转发时间

该行以 <. > 开始，紧接着是转发报文的地面站地址和转发时间，二者之间以空格隔开。

第 3 行：标准信息标示符(SMI)

标准信息标示符(SMI)是一个长度为三个字符的字符串，它和 label/sub-label 一起决定消息类型，如 SMI 为 ARR，label 为 QC，表示 ON(着陆)报。

第 4 行：文本元素行

该行由若干的文本元素(TE)组成。每一文本元素由三部分组成：文本元素标示符(TEI)、文本元素内容(长度取决于 TEI)、结束符(/)。其中，TEI 和文本元素内容之间用空格隔开。

第 5 行：通信服务行

该行以文本标示符 DT 开始，紧接着是四个字段：DSP 标示符如 BJS(中国)，接收上传信息的地面工作站地址，接收信息时间(UTC 时间 DDHHMM)，报文序列号。各字段之间用空格隔开。

第 6-n 行：自由文本

该部分内容是可选的，首行内容以短划线开头，然后是一个空格，接着是自由文本部分(注：自由文本和空格之间由另一空格隔开，即 <-spsp> 注 sp 表示空格)。

表 4 上传地 - 地段报文格式

行	内容	实例
1	优先级 / 目的地址	QU KAKUOHU XXXXXXXX
2	转发报文的地面站地址 / 转发时间	.BJSXCXA 261133
3	标准信息标示符 SMI	M14
4	文本元素	AN B-2159/MA 123C
5-n	自由文本	- POSITION DMY 20JUN05,UTC 113327,FLT HU7920,LAT N24.013,LON E114.057,CAS 306,WD 5847,WS11,ALT 31500,FOB 190

上传地 - 地段报文标准格式说明

第 1~3 行，以及自由文本行和下传地 - 地段报文相同；

第 4 行文本元素行，该行一般以文本元素：

AN：飞机注册号，来定位飞机；FI：航班号，用来定位飞机；MA：报文发送确认。

上传报文地址的定位，可以通过航班号或飞机注册号来进行。若是同时选择飞机注册号和航班号，如果二者之间存在冲突，不同的服务提供商会采用不同的处理方法：

SITA：拒绝发送，并反馈错误代码 240；

ARINC：选择 AN(注册号)定位；

AIR CANADA、AVICOM：拒绝发送。

2.3 报文解析方法

符合 ARINC 620 的终端用户解析报文通常采用报头解析和正文解析进行。由于 ACARS 报文报头参数位置相对固定，故选择采用固定位置参数提取法对报头进行解析。固定位置参数提取法是根据各参数内容位置和字长设定相应字段属性按位截取来实现报头解析的。

对于正文部分则采用模板解析和特征提取相结合的方法来进行。模板解析法是根据某些报文正文格式固定不变创建模板库，解析时调用相应模板，按照模板中已经设定好的字段属性指针报文正文按位截取解析。特征提取法则是针对正文中有些参数位置呈动态变化而提出的，它是利用专家知识建立的知识库，里面存放了反映报文种类的最有效特征及相关参数信息，是模板解析法的有效补充。用它动

态的对报文参数进行搜索截取,能有效保证报文解析的准确性。

2.4 报文解析案例验证

根据 ARINC 620 报文标准格式对下发的 ARINC 618 格式的标准报文进行转换后生成的符合终端用户解析的 ARINC 620 报文格式举例如下(注:飞机自动下发位置报文,每 30 分钟下发 1 次)。

QU CTUO3U /* 由 DSP 根据 ARINC 620 报文标准格式添加

.BJSXCXA 170004 /* 转发报文的地面站地址和转发时间

M14 /* 根据 Label 标签按照 ARINC 620 标准转换而来

FI 3U8706/AN B-6025

DT BJS CTU 170004 M06A /* 接收报文的地面站地址,接收时间,信息确认

- PRESENT POSITION REPORT /* 报文标题

DMY 16JAN07,UTC 124227,LAT N23.230,LON E113.575,CAS 313,

WD 23672,WS 69,ALT 19704,FOB 9800,ETA 2228

根据报文解析规则易知上述报文为当前位置报 3U8706 航班,机尾号 B-6025;日期 07 年 1 月 16 号,世界协调时间 12:42:27,北纬 23.230 度,东经 113.575 度,计算空速 313 节,风向 236.72 度,风速 69 节,高度 19704 英尺,机载油量 9.8 吨,预计时间 22 点 28。

3 结束语

本文通过对 ACARS 空地通信系统和 ACARS 报

文基本结构的研究分析,提出符合空地数据通信协议的面向飞机维修的 ACARS 空地数据通信系统架构;根据此架构给出 ACARS 报文信息传输规则,并以空-地段和地-地段标准报文为例进行详细解析。基于该系统架构的报文解析能为相关从业人员进一步准确研究和利用 ACARS 报文信息奠定基础。利用 ACARS 空地数据通信系统对运行飞机进行实时监控,能为各航空部门及时决策,提高服务质量提供准确可靠信息源。同时在我国自主研发大型民用客机配套通信设备中具有借鉴意义。

参考文献:

- [1] 毕心安. 论两种地空数据链的差别和系统过渡[J]. 中国民用航空, 1999(6):57-59.
- [2] 袁树德,曹力,邓雪云,等. 基于二码元长度的实时 ACARS 信号分析算法[J]. 信息技术, 2012(7): 6-10.
- [3] 袁树德. AFDX 航电测试中的地空数据传输研究[D]. 南京: 南京航空航天大学民航学院, 2012.
- [4] 郭静. 中国民航地空数据链的建设、发展与应用[J]. 中国民用航空, 2006, 63(3):64-66.
- [5] ARINC specification 620-6, Air/ground character-oriented protocol specification[S]. 2007, 11-39.
- [6] ARINC specification 618-6, Air/ground character-oriented protocol specification[S]. 2006, 7-17.
- [7] ARINC specification 622-4, Air/ground character-oriented protocol specification[S]. 2001, 4-7.
- [8] ARINC specification 623-3, Air/ground character-oriented protocol specification[S]. 2005, 12-26.
- [9] 邱腾渊. 飞行姿态再现及模拟平台研究[D]. 南京: 南京航空航天大学民航学院, 2008.
- [10] 耿宏,揭俊,徐文艳. ACARS 报文参数的辨识[J]. 航空电子技术, 2006, 37(4):6-11.

Air-ground Data Link Communication System based on ACARS and Message Parsing

LI Shu-ming¹, LV Wen-li¹, HUANG Yan-xiao²

(1. Civil Aviation University of China, College of Aeronautical Engineering, Tianjin 300300, China;

2. Civil Aviation University of China, Vocational Technical College, Tianjin 300300, China)

Abstract: Aviation safety is the eternal subject of civil aviation transport sector. It is particularly important that engines operating status are monitored because flight accidents by which engines are not working properly are often caused. Timely and accurate information source is the premise to guarantee the reliability of aircraft condition monitoring. The paper constructs the structure of air-ground data link communication system about ACARS on the basis of the research on communication protocol in view of the current application status of air-ground data link in the domestic. ACARS message structure is analyzed emphatically based on VHF air-ground data link transmission and the parsing method of the ACARS message is proposed by utilizing the method of fixed position extraction, template parsing and feature extraction combined. The results contribute to improve the message parsing accuracy for professionals and lay a solid foundation to promote the use of ACARS air-ground data communication system in domestic, which has a certain significance to improve aviation safety.

Key words: air transportation; message parsing; communication protocol; ACARS; air-ground data link