

# 航空器多链路通信故障中断点云检测系统设计

何小华

(烟台汽车工程职业学院, 山东 烟台 265500)

**摘要:** 为解决传统断点云检测系统中高频短消息传输精度较低、集成挖掘数据链长度受限等问题, 提出设计一种航空器多链路通信故障中断点云检测系统; 通过确定断点故障内点的方式, 达到对多链路通信信道进行鲁棒性优化的目的, 并根据待传输信息的总量限制条件, 更新云检测流程, 构建新型断点云检测模型; 利用多链路通信寻址报文数据译码结果作为航空器多链路通信故障中断点的识别参数校验基准, 并对上行报文进行显示识别处理, 完成通信故障中断点的报文参数识别; 将报文参数应用到新型断点云检测模型中, 完成航空器多链路通信故障中断点的云检测; 与传统检测系统段相比, 应用新型断点云检测模型后, 检测系统的高频短消息传输精度可以达到 95%, 集成挖掘数据链长度也得到大幅提升, 确保了断点的云检测准确性。

**关键词:** 航空器; 多链路; 通信故障; 断点; 云检测; 数据译码; 报文参数;

## Design of Cloud Detection System for Aircraft Multi-Link Communication Faults

He Xiaohua

(Yantai Automobile Engineering Vocational College, Yantai 265500, Shandong)

**Abstract:** In order to solve the problems of low transmission accuracy of high frequency short message and limited length of integrated mining data link in traditional breakpoint cloud detection system, a breakpoint cloud detection system for aircraft multi-link communication fault is proposed. In order to optimize the robustness of multi-link communication channel, the interior point of breakpoint fault is determined. According to the total amount of information to be transmitted, the cloud detection process is updated and a new breakpoint cloud detection model is constructed. The decoding result of multi-link communication addressing message data is used as the identification parameter verification benchmark of aircraft multi-link communication fault interruption point, and the up-link message is displayed and identified to complete the identification of communication fault interruption point message parameters. Packet parameters are applied to a new breakpoint cloud detection model to complete the cloud detection of breakpoints in aircraft multi-link communication. Compared with the traditional detection system segment, the accuracy of high frequency short message transmission can reach 95% after applying the new breakpoint cloud detection model, and the length of integrated mining data link has been greatly improved to ensure the accuracy of breakpoint cloud detection.

**Keywords:** aircraft; multi-link; communication fault; breakpoint; cloud detection; data decoding; message parameters

### 0 引言

多链路通信技术在航空器通信系统中被广泛应用, 然而由于航空信号的干扰等因素, 多链路通信信道易出现故障, 致使信道的鲁棒性降低<sup>[1]</sup>。为确保航空器的安全运行, 对航空器多链路通信中的故障进行检测与定位势在必行。现有的航空器多链路通信故障检测, 针对于故障区域大面积检测, 得到的检测结果精度不高, 为此相关专家学者发现, 要实现航空器多链路通信故障的高精度检测, 需对航空器多链路通信故障中的断点进行检测。在航空控制领域中, 传统技术手段通过加装 ACARS 数据链的方式, 获取通信系统的数据传输协议, 再利用 SWIPT 和 MIMO 模型对传输优化算子进行有效统计, 最后在 Matlab 平台上, 对所有数据算法进行整合处理, 达到断点检测的目

的<sup>[2]</sup>。但这种方法对于检测系统高频短消息传输的控制过于精密, 导致集成挖掘数据链长度过短等问题。为避免上述情况的发生, 结合云计算技术, 建立一种新型的断点云检测模型, 实现对航空器多链路通信故障中断点云检测系统的设计。

### 1 航空器多链路通信寻址报文数据的译码

航空器多链路通信中通信寻址系统会接收到多种 ACARS 数据报文, 且不同机型所采用的同类传输报文也会产生多种排列组合方式, 会变相降低系统高频短消息的传输精度。为解决此问题, 可以通过整理、合并报文参数的方式, 达到增强通信寻址报文数据可译码性的目的, 并从根本上提升译码后报文数据的扩展适应性。航空器多链路通信寻址的报文数据译码主要发生于正文头结点处, 且整个报头信息在报文数据中的位置始终不会发生改变<sup>[3]</sup>。已知 SOH 作为航空器多链路通信寻址报文数据的第一位正文节点, 代表译码指针; Mode 作为寻址报文数据的第二位正

收稿日期: 2018-12-22; 修回日期: 2019-01-09。

作者简介: 何小华(1981-), 女, 黑龙江宝清人, 烟台汽车工程职业学院讲师, 硕士, 主要从事计算机网络技术方向的研究。

文节点，代表译码起飞报的插入位置；Aircraft Registration Number 作为航空器多链路通信寻址报文数据的第三到第九位正文节点，代表平均译码正文；TAK 作为航空器多链路通信寻址报文数据的第十位正文节点，规定译码起飞报的基本位数信息。利用上述节点条件，可将航空器多链路通信寻址报文的数据译码结果表示为图 1。

报头	正文	
&F-GSPS\$10Q9-	SOH MAAF185VHHHLPQ15481826	} 多个起飞报
&F-2413\$10Q6-	Mode M109C882020CFPF432156811	
&F-2226\$10Q7-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-6007\$10Q7-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-GSPS\$10Q9-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-2413\$10Q6-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-2226\$10Q7-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-6007\$10Q3-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-4526\$10Q6-	Aircraft Registration Number ZGSD074566	
&F-8745\$10Q4-	TAK M865 VNNN 1541094710429471	

图 1 多链路通信寻址报文数据译码结果图

## 2 航空器多链路通信故障中断点的报文参数识别

### 2.1 通信故障断点的报文参数校验

航空器多链路通信故障中断点的识别参数校验以通信寻址报文数据译码结果作为提取准则，并通过浏览数据笺标签号的方式，判断与该参数保持对应关系的报文类型。一部分同类型的报文正文参数在整个寻址过程中会出现多个识别位置，进而导致参数校验的采样频率不能达到高效统一<sup>[4]</sup>。为避免上述情况的发生，一个报文中重复出现次数最多的频率参数被定义为采样频率  $f$ ，利用  $f$  可将待浏览数据笺的标签号表示为：

$$Z_{\delta} = v_{\delta} f + c \sum_{x=0}^{\varphi} b_{\delta} x + m_{\delta} \quad (1)$$

其中： $Z_{\delta}$  代表待浏览标签号， $\delta$  代表浏览时的数据笺识别参量， $v_{\delta}$  代表报文数据判别系数， $c$  代表固定寻址标量， $\varphi, \chi$  分别代表数据笺浏览积分的上、下线积分数值， $b_{\delta}$  代表报文数据译码准则条件， $x$  标准译码参量， $m_{\delta}$  代表报文译码的附加条件向量。在公式 (1) 的基础上，设  $\gamma$  代表多链路通信中寻址报文数据笺标签的识别权限系数，利用  $Z_{\delta}$  可将系统的识别参数校验结果表示为：

$$B_{\delta} = F(Z_{\delta}) - \gamma \sum_{\epsilon=1}^{\varphi} \ln(l_{\delta}(\delta)) \quad (2)$$

式中， $F(Z_{\delta})$  代表关于待浏览数据笺标签号  $Z_{\delta}$  的定义函数， $\varphi, \epsilon$  分别代表识别校验积分的上、下限权限数值， $l_{\delta}$  代表航空器多链路通信中寻址报文数据的向量条件。

### 2.2 上行报文的显示识别处理

上行报文是航空器多链路通信故障中断点参数识别的重要依附条件，可以在准确选择云检测请求报告的前提下，严格限制识别参数校验结果的物理应答周期。在航空器多链路通信系统中，所有待处理的上行报文都存储于核心知识库中，且相邻报文间始终按照有效特征及参数相关制约性的关系进行排列<sup>[5-6]</sup>。单一的数据笺标签并不能对报文进行具体的类型定义，所以为充分满足报文的显示要求，必

须要在知识库中建立起独特的特征组相匹配方式，并通过筛查匹配结果的方式，得到准确的上行报文显示识别处理结果。设  $k$  代表需要显示的上行报文参数， $\mu_k$  代表该参数译码后的属性报文，联立公式 (2) 可将上行报文的显示识别处理结果表示为：

$$H = \sqrt{\mu_k} d + \frac{n \cdot B_{\delta}}{\log_s s} \quad (3)$$

其中： $d$  代表属性报文的区间显示权限参量， $n$  代表航空器故障断点报文识别参数的校验次数， $s$  代表上行报文的门限显示阈值。整合上述所有理论依据，完成航空器多链路通信故障中断点报文参数识别操作。

## 3 基于报文参数识别的新型断点云检测模型构建

以系统报文参数识别结果作为物理基础，按照航空器多链路通信中断点故障内点确定、多链路通信信道鲁棒性优化、云检测流程优化的步骤，实现新型故障断点云检测模型的搭建。

### 3.1 航空器多链路通信断点故障内点的确定

借助 ARINC429 协议对寻址上行报文进行基础定义，并根据待识别断点报文中校验参数的具体含量，选择适宜的传输信道，对断点报文数据进行定向传送<sup>[7]</sup>。为保证航空器多链路通信中断点故障内点始终保持较为稳定的工作状态，多链路通信的内在传输信道与一个具备 FDIMU 微处理器的鲁棒控制设备直接相连，并通过收集离散数字识别参数的方式，对断点故障内点的边缘运动范围进行限定处理<sup>[8]</sup>。图 2 反应了航空器多链路通信系统中微处理器鲁棒控制设备的完整结构。

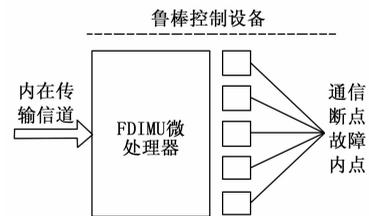


图 2 航空器多链路通信系统微处理器鲁棒控制结构图

随航空器航行时间的不断增加，待传输通信数据也随之大量累计，为保证航空器多链路通信系统始终维持较为稳定的工作状态，断点故障内点个数也始终保持变化状态。设  $j$  代表通信系统的鲁棒控制参数，联立公式 (3) 可将航空器多链路通信的断点故障内点确定公式表示为：

$$G = \log_{\eta} (j \cdot \chi \sum_{\lambda=1}^{\gamma} |h_{\eta}|^2) \quad (4)$$

其中： $\chi$  代表航空器多链路通信系统内在传输信道的鲁棒性维持参量， $\eta, \lambda$  分别代表通信积分的上、下限参数条件， $h_{\eta}$  代表上行报文显示为  $H$  时的干扰识别系数。

### 3.2 航空器多链路通信信道的鲁棒性优化

航空器多链路通信信道的鲁棒性优化是实现新型断点云检测模型的重要环节，可以利用航空器多链路通信断点故障内点对待检测断点报文数据进行高度的集中统一处理。

在对通信信道传输模型进行抽象分析后，可以对截取的鲁棒性干扰参量进行定点求解，并根据优化算法中规定的局部逼近条件，对所有待检测的航空器多链路通信故障中断点报文数据进行格式上的统一处理<sup>[9]</sup>。在保证航空器多链路通信信道具备高效传输能力的前提下，规定：

$$q(\omega x + \rho y) = \omega q(x) + \rho q(y) \quad (5)$$

其中： $q(x)$ 、 $q(y)$  代表两个不相关函数， $x$ 、 $y$  分别代表两个函数中的自变量， $\omega$ 、 $\rho$  代表与两个函数相关的优化参数。设  $q(x) = w_G$ 、 $q(y) = u_G$ ，则公式 (5) 可等价于：

$$q[G(\omega + \rho)] = \omega w_G + \rho u_G \quad (6)$$

以公式 (6) 作为被积分条件，设  $t$  代表航空器多链路通信信道的极限鲁棒数值。利用  $t$  可将信道的鲁棒性优化结果表示为：

$$Q_{q[G(\omega+\rho)]} = \prod_{\min} \int_{|\omega w_G + \rho u_G|} p(v^r + i^r) \quad (7)$$

式中， $p$  代表标准的鲁棒性优化参数， $v$ 、 $i$  代表两个不同的优化参数节点定量， $\tau$  代表参数节点的周期幂次项条件。

### 3.3 断点云检测流程的优化

云检测流程完善作为新型断点云检测模型搭建的末尾环节，可以在整合所有参数计算结果的基础上，对可屏蔽的断点报文数据信号进行综合物理判断。首先，云检测计算机根据系统接收到的待传输信息，判断通信故障断点报文数据译码结果是否满足故障断点的报文参数识别标准。再利用译码正文中的起飞报，对断点报文中重复出现的频率参数进行定义处理，根据上行报文的传输要求，对这些已完成定义的频率参数进行基本校验，再将运算结果作为报文显示识别的处理标准，完成最终的参数识别操作<sup>[10]</sup>。在通信信道优化中确定航空器多链路通信信道鲁棒控制结构的干扰屏蔽能力，再联合准确的通信断点故障内点数量体，对航空器的多链路通信信道进行综合鲁棒性优化处理。在整个运行过程中，若不相关函数  $q$  的定义结果不满足云检测流程优化标准，则要对所有需要定义的被积函数进行重新筛选；若不相关函数  $q$  的定义结果始终满足云检测流程的优化标准，则可以根据被积函数的物理运算过程，计算最终的优化结果。至此，实现一次完整的航空器多链路通信故障中断点的云检测，具体云检测流程如图 3 所示。

## 4 实验结果与分析

为验证航空器多链路通信故障中断点云检测方法的实际应用价值，设计如下对比实验。以两台航空器应用模拟计算机作为实验对象，其中一台计算机搭载新型断点云检测模型，作为实验组；另一台计算机搭载传统检测手段，作为对照组。令两台实验对象处于相同实验环境中，应用控制变量法严格限制实验时间等物理量，分别记录实验组、对照组相关实验数据的变化情况，并通过对比分析的方式，验证实验结果的准确性。

### 4.1 实验参数设定

为保证实验结果的真实性，在严格限制其它影响因素

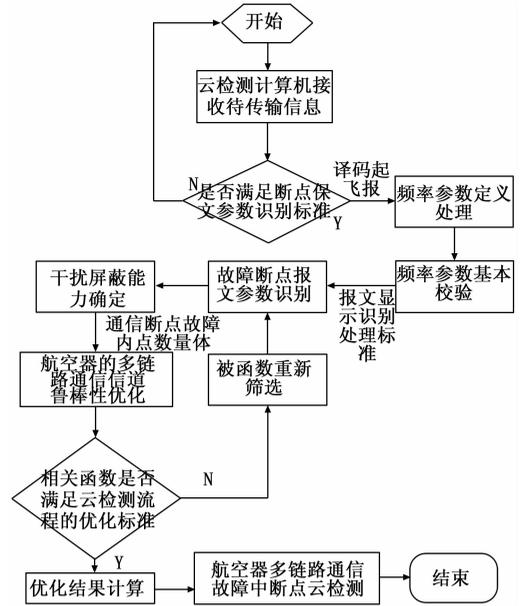


图 3 航空器多链路通信故障中断点云检测流程图

的条件下，按照下表对相关实验参数进行设置。

表 1 中 ETT 参数代表实验时间、ACC 参数代表航空器通信系数、LFT 参数代表高频短消息传输精度极限数值、RDC 参数代表信道鲁棒检测系数、LIM 参数代表集成挖掘数据链长度极限。为保证实验结果的绝对公平性，实验组、对照组实验参数始终保持一致。

表 1 实验参数设定表

参数名称	实验组	对照组
ETT/(min)	80	80
ACC	0.53(顺向)	0.53(顺向)
	0.64(逆向)	0.64(逆向)
LFT/(%)	93.14(顺向)	93.14(顺向)
	90.28(逆向)	90.28(逆向)
RDC	0.36(顺向)	0.36(顺向)
	0.72(逆向)	0.72(逆向)
LIM/( $\times 10^{-11}$ mm)	7.05(顺向)	7.05(顺向)
	8.81(逆向)	8.81(逆向)

### 4.2 高频短消息传输精度对比

为探求实验结果的一般性规律，本次实验分两部分进行。首先，在航空器多链路通信系统保持顺向运行、航空器多链路通信系数为 0.53 的条件下，以 80 min 作为实验时间，分别记录在该段时间内，应用实验组、对照组检测方法后，高频短消息传输精度的变化情况；其次，在航空器多链路通信系统保持逆向运行、航空器多链路通信系数为 0.64 的条件下，以 80 min 作为实验时间，分别记录在该段时间内，应用实验组、对照组检测方法后，高频短消息传输精度的变化情况；最后，对比实验结果求得实验规律。详细实验对比情况如表 2、表 3 所示。

表 2 高频短消息传输精度对比表(顺向)

实验组高频短消息传输精度/(%)	平均传输精度/(%)	实验时间/(min)	对照组高频短消息传输精度/(%)	平均传输精度/(%)
90.67	92.15	5	64.38	66.87
88.52		10	65.10	
93.04		15	65.57	
87.26		20	65.94	
96.71		25	66.22	
96.35		30	66.73	
95.82		35	66.89	
96.08		40	67.15	
88.34		45	68.49	
89.63		50	68.49	
93.18		55	68.49	
92.86		60	68.49	
93.42		65	67.04	
89.61		70	67.31	
89.70		75	66.93	
93.28		80	66.72	

表 3 高频短消息传输精度对比表(逆向)

实验组高频短消息传输精度/(%)	平均传输精度/(%)	实验时间/(min)	对照组高频短消息传输精度/(%)	平均传输精度/(%)
80.06	88.78	5	50.13	53.54
87.24		10	50.13	
83.57		15	50.13	
88.65		20	52.46	
89.41		25	53.62	
90.30		30	53.95	
91.19		35	54.20	
91.32		40	54.28	
91.48		45	55.71	
89.23		50	55.71	
89.70		55	55.71	
88.64		60	54.82	
90.25		65	54.69	
90.42		70	54.43	
89.50		75	53.35	
89.50		80	53.35	

对比表 1、表 2 可知，随着实验时间的增加，实验组、对照组高频短消息传输精度呈现完全不同的变化趋势。实验时间为 25 min 时，实验组高频短消息传输精度达到最大值 96.71%，高于理想极限值 93.14%，以该时间节点作为参考，向上、向下的高频短消息传输精度在短时间内，均呈现逐渐下降的变化趋势，实验时间为 20 min 时，实验组高频短消息传输精度达到最小值 87.26%，整个实验过程中的平均值达到 92.15%。实验时间处于 45~60 min 之间时，对照组高频短消息传输精度达到最大值 68.49%，远低于理

想极限值 93.14%，实验时间为 5 min 时，对照组高频短消息传输精度达到最小值 64.38%，二者间差值为 4.11%，整个实验过程中的平均值仅为 66.87%。综上可知，在航空器多链路通信系统保持顺向运行、航空器多链路通信系数为 0.53 的条件下，航空器多链路通信故障中断点云检测系统中，新型断点云检测模型可使高频短消息传输精度平均值提升 25.28%。

对比表 1、表 3 可知，随着实验时间的增加，实验组、对照组高频短消息传输精度呈现完全不同的变化趋势。实验时间为 45 min 时，实验组高频短消息传输精度达到最大值 91.48%，高于理想极限值 90.28%，以该时间节点作为参考，向上、向下的高频短消息传输精度均不呈现规律的变化趋势，实验时间为 5min 时，实验组高频短消息传输精度最小值 80.06%，整个实验过程中的平均值达到 88.78%。实验时间处于 45~55 min 之间时，对照组高频短消息传输精度达到最大值 55.71%，远低于理想极限值 90.28%，实验时间处于 5~15 min 之间时，对照组高频短消息传输精度达到最小值 50.13%，二者间差值为 5.58%，整个实验过程中的平均值仅为 53.54%。综上可知，在航空器多链路通信系统保持逆向运行、航空器多链路通信系数为 0.64 的条件下，航空器多链路通信故障中断点云检测方法可使高频短消息传输精度平均值提升 35.24%。

### 4.3 集成挖掘数据链长度对比

为探求实验结果的一般性规律，本次实验分两部分进行。首先，在航空器多链路通信系统保持顺向运行、信道鲁棒检测系数为 0.36 的条件下，以 80 min 作为实验时间，分别记录在该段时间内，应用实验组、对照组检测方法后，集成挖掘数据链长度的变化情况；其次，在航空器多链路通信系统保持逆向运行、信道鲁棒检测系数为 0.72 的条件下，以 80 min 作为实验时间，分别记录在该段时间内，应用实验组、对照组检测方法后，集成挖掘数据链长度的变化情况；最后，对比实验结果求得实验规律。详细实验对比情况如图 4~5 所示。

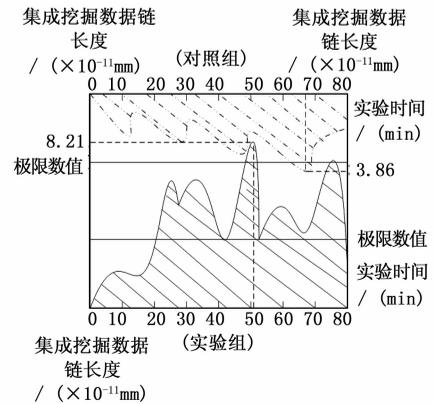


图 4 集成挖掘数据链长度对比图(顺向)