

文章编号: 1001-893X(2011)10-0132-05

Asterix Category 021 协议的应用与分析^{*}

杨 珊, 时宏伟

(四川大学 计算机科学学院, 成都 610065)

摘 要:介绍了 Asterix Category 021 协议的数据项内容、用户应用程序框架(UAP)的结构、报文数据块的布局,以及 ADS-B 系统应用该协议的方式,分析了该协议的实例应用和协议报文的解析,提出了处理报文的思路。研究与分析结果可为如何使用 Asterix Category 021 协议生成与解析报文提供参考。

关键词:空中交通管制;ADS-B;Asterix Category 021 协议;报文标准;协议应用

中图分类号:TN92;V19 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1001-893x.2011.10.027

Application and Analysis of Asterix Category 021 Protocol

YANG Shan, SHI Hong-wei

(School of Computer Science, Sichuan University, Chengdu 610065, China)

Abstract: The content of Data Items, composition of user application profile and layout of message data block included in Asterix Category 021 protocol are introduced, as well as how the ADS-B system complies with the protocol. The application of Asterix Category 021 and the way to decode the protocol message are analysed, a thought to dispose the message is presented. The research and analysis result provides a reference to apply this protocol.

Key words: air traffic control; ADS-B; Asterix Category 021 protocol; report standard; protocol application

1 引 言

现代空中交通管制系统要实现安全高效的指挥管理,需建立在先进可靠的监视基础之上。ADS-B(广播式自动相关监视系统)技术及其系统的推广应用对管制系统产生了深远的影响,极大地扩展了空管监视系统的时空覆盖范围,提高了监视精度和效果,从而提高了航空安全和飞行效率。ADS-B 系统作为常规空管监视雷达的补充,其获取的监视数据具有精度高、更新快、信息内容丰富等特点,已成为国际民航组织(ICAO)新航行系统中的一个重要组成部分。它还需与其它应用系统(如空管自动化系统、机场场面监视管理指挥系统等)进行互联、协同工作才能充分发挥其应有的效能,这就要求不同系统之间传输报文的格式要有一个解析统一标准,否则,传输报文格式及内容的不一致将给空管系统

的统一化管理造成极大的阻碍,传输报文的标准化成为其功能应用的首要前提。由欧管 EUROCONTROL 制定发布的 Asterix Category 021^[1]协议成为有关 ADS-B 报文传输标准及监视数据交换的标准协议。本文分别从 Asterix Category 021 协议的基本组成、框架、报文格式^[1],以及解析 ADS-B 应用系统的实例报文^[2]两大方面分析该协议。

2 两种监视数据——雷达数据与 ADS-B 数据的比较^[3,4]

目前,空中交通管制系统中的监视数据仍以雷达为主,雷达监视与新兴的 ADS-B 监视系统存有诸多差异。为了更好地分析了解 Asterix Category 021 协议内容及其相关应用,本文将雷达监视数据与 ADS-B 监视数据的特点进行了初步比较,见表 1。

^{*} 收稿日期:2011-06-03;修回日期:2011-09-02

表 1 ADS-B 数据与雷达数据的差异								
Table 1 The difference between ADS-B data and radar data								
数据	更新频率/s	定位方式	应答方式	ID(航迹号)	位置表示	SSR	高度	航班号
ADS-B	0.5~1	GPS定位	自主广播	全球唯一	经纬度	可选	气压+GPS	有
雷达	4~5	雷达波反射	询问、应答	每部雷达唯一	斜距、方位角	有	气压	无

3 Category 021 ADS-B 报文监视数据交换协议的体系架构

从 1999 年 12 月至 2010 年 12 月,Asterix Category 021 协议总共经过了 30 次版本修改。该标准协议属于欧管有关标准文件的一个组成部分,主要描述了 ADS-B 报文传输的架构,定义了 Asterix Category 021 数据的输出,同时也说明了该标准与其它协议标准(如 ICAO ANNEX 10, Vol. IV., RTCA 260/260A 等)的引用、参考关系。

3.1 Asterix Category 021 的基本构成

在 Asterix Category 021 协议里,最基本的构成是 Data Item(数据项),它也是数据类(如 Asterix Category 021)里最小的信息单位。ADS-B 系统所处理的报文,从内容上来讲,是按照一定的顺序排列起来的数据项,在形式上这样的排列被称为 UAP(用户应用程序框架)。每个数据项都有唯一的项标志号,有自己的编码规则及结构,使用数据项需遵从协议中数据项的编码规则。在 UAP 中,每个数据项有自己的 FRN 序号、长度、使用准则(也就是数据项的出现条件)。

下面以 Asterix Category 021 中几个重要的数据项为例,说明数据项在实际应用中构成的基本信息。

I021/020:产生 ADS-B 单位的属性,其中包含了 3 类信息:和飞行器重量有关的信息、和飞行器种类有关的信息、最后是障碍物的信息。

I021/010:对数据源的确认。数据源的确认包括 SAC(系统地区码)和 SIC(系统确认码),主要是为了对传送 ADS-B 信息的源头进行确认。

I021/030:被报告位置的当日时间。时间戳应该遵循标准 ICAO Annex 5^[5]。

I021/040:目标报告的描述符,则是对系统传输的数据和属性进行描述。其中也有同样的信息定义在最新版本的 Category 023^[6]协议之中。

I021/070:八进制形式的 3/A 模式码。每当有

更新的时候,只要 3/A 模式码可用,此数据项就会被发送。

I021/130:WGS-84 坐标系统位置,这在 ADS-B 报文中是非常重要的位置信息数据项,传递了目标的当前位置。

I021/145:飞行高度层,以 2 进制补码形式表示的气压层(非修正海平面气压)。

I021/090:性能指数,解析报文的系统将会根据这些指数来确定如何使用报文数据,具体含义如表 2 所示。

表 2 性能指数与含义	
Table 2 Performance indexes and their meanings	
指数名称	指数含义
AC	ACAS 是否可操作或指数所使用比特未知或无效
MN	多导航目标是否可操作或指数所使用比特未知或无效
DC	差分修正是否有效
PA	位置准确性

其中 PA 的编码称作 NUC(导航不确定性类别)^[7]。表 3 综合反映了 ADS-B 定位信息的精度和完好性,其中 RC 为完好性的限制半径,即实际位置落在以测量位置为圆心、RC 为半径的圆范围内的概率为 95%。

表 3 NUC 与完好性限制半径(RC)的对应关系	
Table 3 The relationship between NUC and RC	
NUC(导航不确定性类别)的值	含义
0	$RC \geq 37.04 \text{ km}$ (10.816 km)
1	$RC < 37.04 \text{ km}$ (10.816 km)
2	$RC < 14.816 \text{ km}$ (4.326 4 km)
3	$RC < 7.408 \text{ km}$ (2.163 2 km)
4	$RC < 3.704 \text{ km}$ (1.081 6 km)
5	$RC < 1\,852 \text{ m}$ (0.540 8 km)
6	$RC < 1\,111.2 \text{ m}$ (0.324 48 km)
7	$RC < 370.4 \text{ m}$ (0.108 16 km)
8	$RC < 185.2 \text{ m}$ (0.054 08 km)
9	NUC = 9 表示 $RC < 75 \text{ m}$

其它数据项还能传递如地面向量、链接技术、MOPS 版本等信息^[8-10]。

3.2 Asterix Category 021 的用户应用程序框架

用户应用程序框架(UAP),是 Asterix Category 021 协议中制定的,应用于应用程序系统的报文设计的数据项组成框架,包括数据项顺序、编码规则等。

无论是解析 ADS-B 报文格式还是生成 ADS-B 报文,都需要在系统设计的时候对用户程序框架

(UAP)进行设定。

- (1)确定 ADS - B 报文适用的版本协议中适合的数据项。可能应用程序并不完全需要 Category 021 协议里所有的数据项,协议里编码要求为必须出现的数据项是必须在设计中出现,应用程序需要确定的是其它可选数据项是否在此处系统通信报文中出现。数据项的格式、传输内容等必须严格按照协议内容执行。
- (2)确定 ADS - B 报文适用的版本协议中的

UAP。确定数据项在报文中的使用规则。确定原协议中未使用的数据项在 UAP 中空闲比特的位置。

- (3)其余设计内容应严格遵循协议规定。

表 4 所示为来自 Asterix Category 021 协议所制定的 UAP 的部分内容,以及应用程序对该 UAP 的框架所做出的设计更改。其中“…”代表该行内容无代表性,原 UAP 中有内容,但本文未在此表引用;“-”代表原 UAP 中此处为空闲比特,无信息、长度、编码规则等说明。

表 4 某系统使用的用户应用程序框架部分描述^[1]
Table 4 The description of part of UAP for a system

FRN	数据项	信息	长度	使用规则
1	I021/010	数据源标识符	2	每个 ADS - B 报告
2	I021/040	目标报告描述符	2	每个 ADS - B 报告(第 9 位总是设为 0)
3	I021/030	当日时间	3	每个 ADS - B 报告
4	I021/130	WGS - 84 坐标系统位置	8	每个 ADS - B 报告
5	I021/080	目标地址	3	每个 ADS - B 报告
6	I021/140	几何海拔高度	2	在海拔有效,以及海拔类型为几何的或气压的,以及气压海拔高度的变化幅度有效。几何海拔高度 = { 计算的海拔高度,海拔类型为几何的 计算的海拔高度 + 气压海拔高度的变化幅度,海拔类型为气压的
7	I021/090	性能指数	2	每个 ADS - B 报告
FX	-	域扩展指示符	-	-
8	I021/210	数据链路技术	1	每个 ADS - B 报告
9	-	空闲比特设置为 0	-	-
10	I021/145	2 进制表示的飞行高度	2	如果海拔高度有效以及海拔高度类型为气压的,就出现在每个 ADS - B 报告中。
...	...	...	...	...
26	-	空闲比特设置为 0	-	-
27	I021/070	8 进制表示的 3/A 模式码	2	收到 3/A 模式码的情况下,每个 ADS - B 报告
28	...	...	...	...
FX	-	-	-	-
...	...	...	...	...
34	RE	保留扩展域	-	-
35	SP	特殊用途域	-	-
FX	-	域扩展指示符	-	-

表 4 中的空闲比特有两种情况,一种是协议本身保留的最后 7 个数据项、原协议 UAP 中保留的空闲比特、以及保留扩展域,另外一种是该 ADS - B 系统接口设计时从原 UAP 中剔除的数据项,它们在此处都被设置为空闲位。其它所需要的数据项依旧按照原 FRN 顺序排列。

表 4 的最后一列是每个数据项的使用规则。在 Asterix Category 021 原协议 UAP 中,每个数据项的编码规则只有可选与必须出现两种情况,此处 UAP 给出了每个数据项必须出现或者可出现的条件,将原协议的可选情况细节化,灵活制定自己的系统规则。

3.3 Asterix Category 021 的报文模块

Asterix Category 021 协议对其标准报文格式如图 1 所示。其中,“数据类 = 21”代表这个数据块传输的是 ADS - B 报文,“长度”描述的是包括数据类以及长度在内的数据块的字节长度,“字段描述符”记录的是该报文所含有的数据项的个数,数据项出现的情况,“…”表示略去中间零个或多个记录。

数据类 = 21	长度	字段 描述 符	第一个 记录的 所有项	...	字段 描述 符	最后 一个记录 的所有项
-------------	----	---------------	-------------------	-----	---------------	--------------------

图 1 ADS - B 报文格式^[1]
Fig.1 Datagram format of ADS - B

在第 4 部分的实际系统应用中,将会介绍一段 ADS-B 报文实例的分析,其内容的解析就是根据该报文模块结构实现的。

4 Asterix Category 021 协议在某 ADS-B 监视系统中的应用

在国内某 ADS-B 监视系统中(图 2),我们按照 Asterix Category 021 协议标准实现了 ADS-B 数据接入 ATC 自动化系统^[11]等相关应用。该系统由几大模块组成^[2,12],下面分别描述。

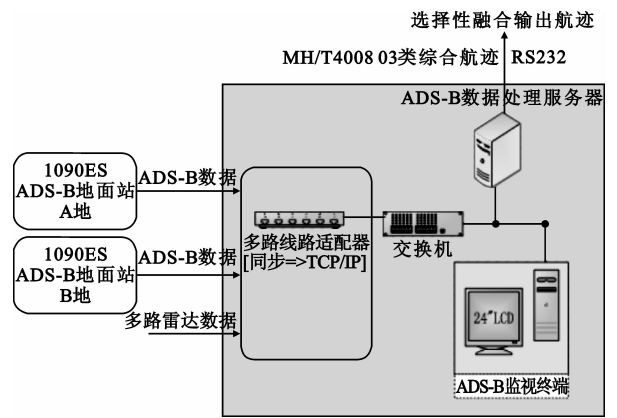


图 2 某 ADS-B 监视应用系统结构图^[2]
Fig.2 The structure of an ADS-B surveillance application system

- (1)ADS-B 数据接入设备
- ADS-B 数据接入设备-多路线路适配器、NPORT 可接收来至 ADS-B 系统的 HDLC 协议 ADS-B 数据,并转换为 TCP/IP 数据进入九寨 ADS-B 监视系统进行后续处理。
- (2)主从 ADS-B 数据处理服务器
- 主从 ADS-B 数据处理服务器上相同部署 ADS-B 前端处理模块、ADS-B 航迹处理模块、ABS-B 融合处理模块、多雷达数据融合模块、ADS-B 选择性融合处理模块、选择性融合航迹输出模块等,实现 ADS-B 数据的校验、解析、航迹管理(航迹的建立、更新、外推、清除)、多雷达数据融合、ADS-B 数据与多雷达融合航迹的选择性融合及输出等,并送 ADS-B 监视终端显示;主从 ADS-B 数据处理服务器有效保障系统此关键节点的可靠运行。
- (3)ADS-B 监视终端
- ADS-B 监视终端以 ADS-B 目标标牌样式显示 ADS-B 目标,以充分显示 ADS-B 目标信息,并可实现 ADS-B 目标、系统航迹的单独、叠加显示或选择性融合数据显示。

从图 2 中可以看到,ADS-B 地面站将接收到的 ADS-B 数据通过 ADS-B 数据接入设备(即图 2 中多路线路适配器、NPORT)接入该 ADS-B 监视应用系统,同时多路线路适配器还接受雷达数据,两种数据均在接入设备处被转换为 TCP/IP 数据并送入系统网络进行后续处理。ADS-B 数据服务器首先将收到的 Asterix Category 021 格式的 ADS-B 数据转换成内部格式,然后对 ADS-B 原始数据进行解码,提取和处理报文中的所有信息,经过一系列处理之后形成航迹,于显示终端上显示,或者生成其它系统所需要的综合航迹输出。

表 5 Category 021 协议数据解析示例
Table 5 The example for analyzing Category 021 protocol data

数据项	原始内容	解析结果
Asterix Cat	15	21
数据长度	002C FF A1 D8	44 byte
字段描述符	[1111 1111 1010 0001 1101 1000]	后跟 13 个数据字段
数据源标示	6F DE	SAC:111 SIC:222
目标报告描述符	04 28 [0000 0100 0010 1000] A756 F5	Equipment capable to provide selected altitude; 24 bit ICAO address;高度报告能力约 7.3 m
时间	[距离零点的 1/128 秒数] 00 57 71	23:47:58
位置	0D 01 24 62 48	304428N1024728E
目标地址	78 027A	24 bit 地址
GPS 高度	13 84	9517.38 m
性能指数 (figure of merit)	00 06	导航不确定性类别 - 位置 NUC - P (Navigational Uncertainty Categories - position, as described in the RTCA/DO-242A, ADS-B/TIS-B Minimum Operational Performance Standards):0~9 整数,小于 6 不处理
数据链路技术	08	MODE-S
气压高度	04 B4	9 174.48 m
测量爬升下降率	00 00	0 m/s
地速	06 5B CA 1E	658.5 km/h,284°
目标标示 (航班号)	0C 30 74 CB 8E 60	CCA4289
测量爬升下降率精确性	00	导航不确定性类别 - 速率 (NUC-V)
CRC 校验	C8 08	

表 5 描述了该系统接收到的一个内容为“15 00 2C FF A1 D8 6F DE 04 28 A7 56 F5 00 57 71 0D 01 24 62 48 78 02 7A 13 84 00 06 08 04 B4 00 00 06 5B CA 1E 0C 30 74 CB 8E 60 00 C8 08”的 ADS-B 报文实例,说明 ADS-B 数据服务器对此 Category 021 协议报文的内容的解析^[4,13]。

5 Category 021 应用的总结和展望

通过以上对 Category 021 协议内容及其在实例系统中应用的分析,可以了解该协议是如何包装各类 ADS-B 数据,以及系统如何解析该协议编码的数据包,体现其在 ADS-B 系统数据传输中的重要意义,从根本上了解 ADS-B 的优势,同时为 ADS-B 数据系统的设计和解析提供方法和参考。

Asterix Category 021 协议高效、安全的传输能力,为 ADS-B 监视数据逐渐取代雷达数据奠定了坚实的基础。为了配合目前仍广泛使用的雷达监视数据,促使监视技术的更新换代,Asterix Category 021 协议可根据其 NUC 指标来控制 ADS-B 与雷达数据融合的权重,建立以数据完好性 NUC 为基础的数据融合规则并融入协议之中,此类构想还需在未来逐渐实现。

参考文献:

[1] SUR. ET1. ST05. 2000 - STD - 12 - 01, Surveillance Data Exchange - Part 12: Category 021 Edition 0.26[S].

[2] 黄煜. ADS-B 应用监视系统技术手册[R/DK]. 中国:四川大智胜有限公司,(2008-06)[2011-05-22]. HUANG Yu. The technological notebook of ADS-B application surveillance system[R/DK]. China: Wisisoft Co., Ltd., (2008-06)[2011-05-22]. (in Chinese)

[3] 李耀. 基于模式 S 的 ADS-B 系统研究[D]. 成都:电子科技大学,2008. LI Yao. The research on ADS-B system based on Mode S [D]. Chengdu: University of Electronic Science and Technology of China, 2008. (in Chinese)

[4] 黄煜. ADS-B 简介及在 ATC 系统中的应用[R/DK]. 中国:四川大智胜有限公司,(2010-09)[2011-05-23]. Huang Yu. Introduce to ADS-B and The application in ATC

system[R/DK]. China: Wisisoft Co., Ltd., (2010-09)[2011-05-23]. (in Chinese)

[5] Annex 5, Units of Measurement to Be Used in Air and Ground Operations: Fourth Edition[S].

[6] SUR. ET1. ST05. 2000 - STD - 16 - 1, ASTERIX Category 023 CNS/ATM Ground Station Service Reports[S].

[7] RTCA/DO - 242A, Minimum Aviation System Performance Standards for ADS-B[S].

[8] ICAO SARPS for ACAS in ICAO Annex 10, Volume IV, Aeronautical Telecommunications; Volume IV Chapter 4[S]. 1998-09.

[9] RTCA DO - 260, Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Automatic Dependent Surveillance, Broadcast (ADS-B)[S].

[10] RTCA DO - 260A, Minimum Operational Performance Standards for 1090 MHz Automatic Dependent Surveillance, Broadcast (ADS-B) and Traffic Information Services Broadcast (TIS-B)[S].

[11] DOC4444 Rules of the air and traffic services: thirteenth edition[S/OL]. 1996 [2011-05-30]. <http://www.docin.com/p-200541741.html>.

[12] 黄晋. 广播式自动相关监视 ADS-B 在中国民航飞行学院的应用研究[D]. 成都:西南交通大学, 2008. HUANG Jin. The research on the application of ADS-B in China Civil Aviation Flight College [D]. Chengdu: Southwest Jiaotong University, 2008. (in Chinese)

[13] MH 4007 - 2006, 民用航空飞行动态固定电报格式[S]. MH4007 - 2006, Civil aviation flight activity fixed telegraph format[S]. (in Chinese)

[14] ISUR. ET3. ST06. 3220. 001, Automatic Dependent Surveillance Requirements, edition 0.8[S].

作者简介:

杨珊(1988—),女,四川人,硕士研究生,主要研究方向为计算机系统结构网络通信;

YANG Shan was born in Sichuan Province, in 1988. She is now a graduate student. Her research direction is network communication. Email:256657@qq.com

时宏伟(1963—),男,河南人,1990 获硕士学位,现为教授、博士生导师,主要研究方向为空管与雷达数据融合。

SHI Hong-wei was born in Henan Province, in 1963. He received the M.S. degree in 1990. He is now a professor and also the Ph.D. supervisor. His research concerns air traffic management and radar data fusion.