

文章编号:1674-8190(2019)06-867-06

基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法

李立

(中国航空无线电电子研究所 航空电子系统综合技术重点实验室,上海 200233)

摘要: 导航数据库可用于导航计算、导航台自动调谐管理等,是飞行管理系统所必须的数据源。为了能有效提高机载导航数据库的使用、更新及维护效率,减少相关工作人员的工作量,提出一种基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法。针对 ARINC424 协议中包含的大量数据对象进行建模,定义协议中各个对象之间的逻辑关系和约束关系;对数据结构进行优化,通过中间关系表确立各个数据之间的交叉引用关系,从而实现数据库的快速解析生成,并通过测试来验证该方法的有效性。结果表明:基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法能有效提高数据查询效率,降低数据解析和生成的时间消耗,减少数据冗余,使数据库性能更优异。

关键词: 机载导航数据库;中间关系表;数据建模;解析生成

中图分类号: V249.32

文献标识码: A

DOI: 10.16615/j.cnki.1674-8190.2019.06.018

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



The Fast Parsing and Generating Method of Airborne Navigation Database Based on Relation Model

Li Li

(Key Laboratory of Science and Technology on Avionics Integration Technologies, China National Aeronautical Radio Electronics Research Institute, Shanghai 200233, China)

Abstract: Navigation database can be used for navigation calculation and automatic tuning management of navigation platform, etc. It is the necessary data sources for flight management system. In order to effectively improve the efficiency of the using, updating and maintaining of the airborne navigation database, greatly reduce the workload of the relevant staff, the fast parsing and generating method of airborne navigation database based on relation model is proposed. Modeling a large number of data objects contained in the ARINC424 protocol to define logical relationships and constrains between objects in the protocol, and optimizing the data structure, establishing a cross-reference relationship between the data through the intermediate relationship table, thereby fast parsing and generating of the database is realizing. The effectiveness of the method is verified by test. The test results show that the method can effectively improve the efficiency of data query, reduce the time consumption of data parsing and generating, and make the database performance better.

Key words: airborne navigation database; intermediate relationship table; data modeling; parsing and generating

收稿日期:2019-10-18; 修回日期:2019-12-08

通信作者:李立, taixinglili@163.com

引用格式:李立. 基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法[J]. 航空工程进展, 2019, 10(6): 867-872.

Li Li. The fast parsing and generating method of airborne navigation database based on relation model[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2019, 10(6): 867-872. (in Chinese)

0 引言

机载导航数据库是民用飞机中飞行管理系统的重要组成部分,对飞行计划、导航引导、性能预测等众多功能的实现提供数据支持。因此,机载导航数据库对支持飞机正常飞行起着重要的保障作用。满足机载应用所需的导航数据库需包含导航设施、机场、跑道、航路、航路点、近进、进离场程序、等待程序、限制空域等对航行运行至关重要的核心数据^[1-3]。

机载导航数据库的内容必须严格符合 ARINC424 标准^[4-5],数据之间存在先后顺序、区域判断等约束关系。机载导航数据库的生成过程一般分为两步:首先,由具有 LOA-Type I 资格认证的导航数据库供应商收集各国官方出版的航行资料汇编等导航数据来源,将其制作成符合 ARINC424 规范格式要求的标准导航数据并对外发布;然后,经具有 LOA-Type II 资格认证的航电厂商打包处理,最终生成机载导航数据库文件,并被加载到飞行管理系统内,供系统的各功能模块使用。目前,美国的霍尼韦尔公司、GE 公司,法国的泰勒斯公司等经营着支线、干线及商务飞机的航电产品市场,掌握着机载导航数据库生成、打包等方面的相关技术。国外在机载导航数据库的生成、应用等方面也相对成熟,例如 Albert A. Herndon^[6]介绍了飞行管理计算机机载导航数据库性能的约束原因,并给出了降低机载导航数据库容量的方法。

国内在民用机载导航数据库应用研究领域尚处于起步阶段,并未达到工程化应用水平;军机的机载导航系统大多没有涉及机载导航数据库的应用,虽然有些飞机的综合显控系统存储有少量的航路点、航线等数据,但主要是用于地图显示引导,与飞行管理系统利用机载导航数据库实现的航线规划、导航计算还有一定差距。代表性的研究主要有:刘艳等^[7]和陈志勇^[8]分别介绍了机载导航数据库的现状、数据的更新流程及其未来的发展趋势;刘艳等^[9]、杨赛^[10]、宋柯^[11]、杜海波^[12]分别介绍了航空数据的应用,国内应用机载航空数据的现状并给出建议;王军等^[13]对国内民航导航数据更新技术进行了研究,介绍了一种国内导航数据的

ARINC424 编码与整合的方法;杨炽夫等^[14]介绍了采用 FlightGear 等模拟导航数据库建立飞行模拟器导航数据库的方法;叶琳瓚等^[15]采用一种改进的管道—过滤器模式,通过裁剪和筛选导航数据的方法,降低数据容量。

通常包含有全球范围的导航数据文件有百万行数据量,海量的数据处理过程包括数据格式检查、语法校验,查找和转换等,因此机载导航数据库格式化难点就是对海量的导航数据进行处理并保证数据的质量。基于上述分析,本文给出一种基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法,利用建模方法,定义 ARINC424 协议中包含的大量数据对象之间的逻辑关系和约束关系,并通过中间关系表确立各个数据之间的交叉引用关系,同时利用 Access 数据库作为中间数据库,建立不同类别的数据表,方便数据的查询,通过对比格式化后的数据和源数据来保证数据质量。

1 系统框架

本文设计的机载导航数据库解析生成系统根据功能需求以及 ARINC424 标准数据的特点划分为五大模块,分别为:ARINC424 源数据解析模块、ARINC424 源数据校验模块、ARINC424 源数据文件转换模块、ARINC424 源数据文件对比模块和 ARINC424 源数据展示模块。每个大模块下包含若干个小模块,具体的模块划分如图 1 所示。

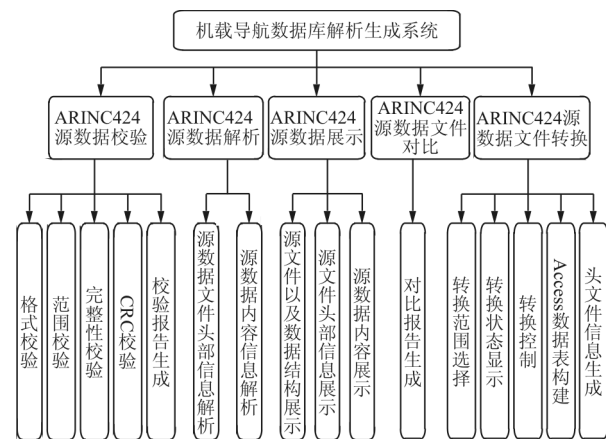


图 1 系统模块划分

Fig. 1 System module division

本文系统依托于关系型数据库,根据系统功能

的特性对业务逻辑和算法进行抽象和封装,并通过用户界面对系统的业务和算法进行整合,以便为最终用户提供功能完整、简单易用的系统平台。系统的总体架构如图 2 所示。

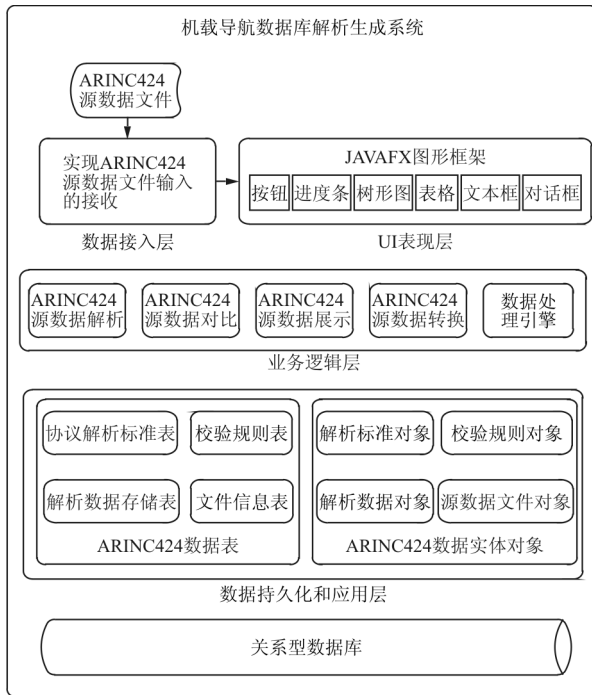


图 2 系统架构

Fig. 2 System structure

架构图(图 2)中各层的主要功能如下:

(1) 数据接入层。主要用于完成 ARINC424 源数据文件以及二进制机载导航数据库文件的内容解析、内部对象关系解析以及相关的校验,为数据存储层提供数据的输入。数据接入层是机载导航数据库地面站软件功能实现的基础。

(2) 数据持久化和应用层。系统依赖关系型数据库作为数据持久化存储的媒介,将数据接入层传入的各种对象数据存储在不同的数据库表中,同时通过数据库访问接口实现数据库数据的读写。应用层则在数据持久化的基础上,通过对数据存储层进行操作构建对象结构和关系并向业务逻辑层提供数据服务。

(3) 业务逻辑层。业务逻辑层负责系统领域业务的处理,负责逻辑性数据的生成、处理及转换。

针对具体问题的操作,由原始数据抽象出逻辑数据,将数据层的基础存储逻辑组合起来,形成一种业务规则。逻辑处理层的主要功能是获取并分析业务请求参数,调用相应的业务外观将结果返回表示层,并利用数据访问对象对持久化层进行操作。

(4) UI 表现层。通过对业务逻辑的封装向终端用户提供系统操作的接口,对于所有的终端用户,用户接口层是访问、修改系统数据的唯一入口。

2 关系型数据库

ARINC424 协议中包含了大量的对象类型(例如机场、跑道、航线等)和对象属性(例如经纬度、识别码、周期等),在建立关系型数据库之前,需要使用统一建模语言(UML)对所有数据对象进行建模,将数据对象的所有属性和内部标识等独有信息装成完整模型,从而可以更快更准确地定义出协议中各个对象之间的逻辑关系和约束关系,为后续原始数据的快速检索和解析奠定基础。同时以 UML 模型为基础,通过对模型不断地迭代和优化最终可获得一套有着良好适用性和扩展性的 ARINC424 协议描述核心代码。具体建模设计如图 3 所示。

在对所有数据对象建模的基础上,系统底层采用关系型数据实现数据的持久化存储,ARINC424 源数据在导入后将自动被存储到系统数据库中。用户在后续对文件内容的操作(包括数据查看、检索、Access 数据表的导出等)均无需依赖原始文件。

由于 ARINC424 数据结构种类繁多,各种不同数据种类之间可能存在引用关系并且考虑对于未来协议版本扩展性的支持,数据库在设计时对表结构进行了优化,通过中间关系表的应用确立各个数据之间的交叉引用关系(Cross Reference)。例如某个航线对象模型通过模型内部标识、索引号和数据对象的本身信息来链接到所有包含的航路点对象模型,构成一条完整的关系链路并加以存储,同时在尽可能提高数据存储和查询效率的前提下减少数据的冗余。数据库表设计示例如图 4 所示。

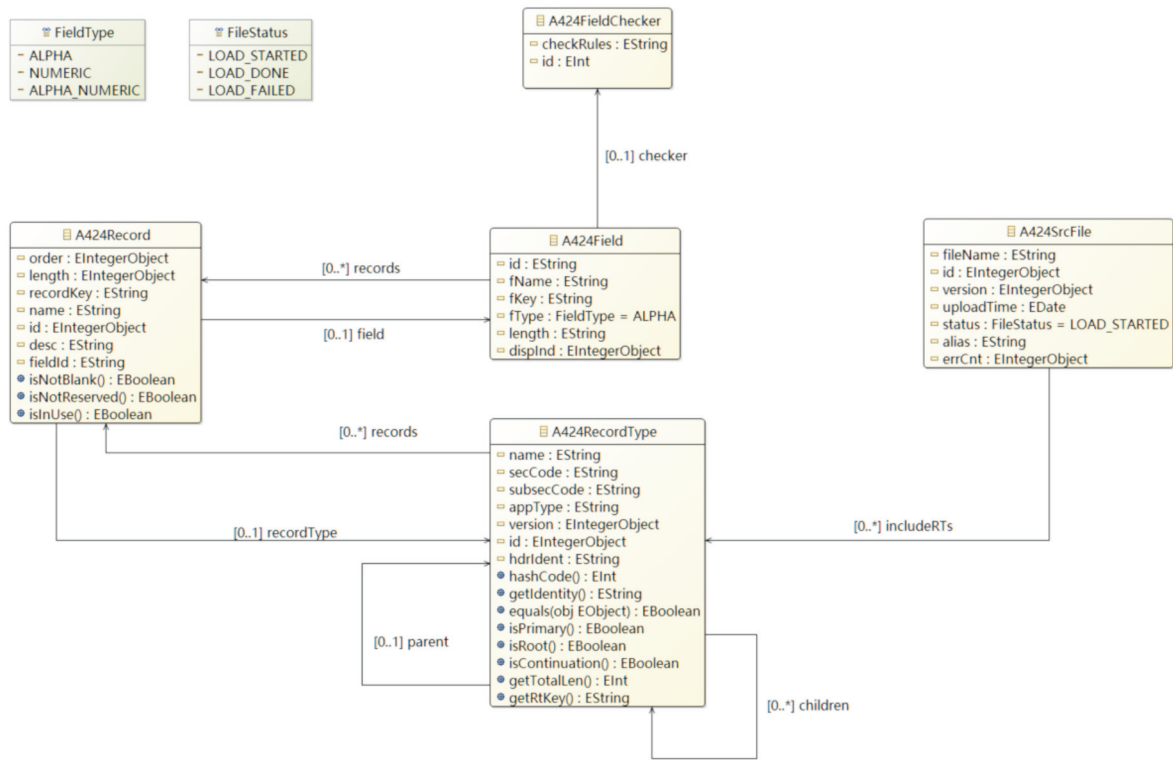


图 3 UML 设计图

Fig. 3 UML design diagram

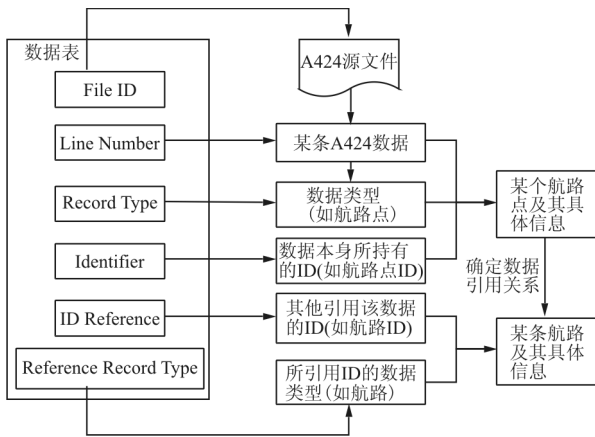


图 4 数据表设计样例

Fig. 4 Data sheet design example

本文方法的重点在于每一个数据对象的建模和对象模型之间的关系链路搭建,进而构成完整的关系数据表,利用各个数据对象之间的链路索引关系,实现整个数据源的快速解析、存储,并最终实现机载导航数据库的快速生成。

3 测试验证

机载导航数据库格式化输入数据是标准的 ARINC424 导航数据。杰普逊(Jeppesen)公司为国际公认的导航数据库主要供应商,故本文采用该公司 2017 年循环周期为 0910 的数据源,该数据源符合 ARINC424 最新标准。考虑到不同周期的数据源所含的数据项基本一致,仅由于数据内容的更新而存在细微差异,本文选择的数据源同样具有实际的验证效果。该数据源共包含 150 万行导航数据,通过该数据源进行筛选构建不同容量的样本即能可靠地验证本文方法的有效性。

选择相应的 ARINC424 导航数据源文件,并在文本框中设定该字段的解析条件,系统将自动解析 ARINC424 源数据文件头信息和 ARINC424 协议数据。同时,系统还能通过数据库中存储的 ARINC424 字段校验规则实现对各种类型的 ARINC424 源数据进行校验,校验的项目包括:数据的格式、完整性校验、范围校验以及 CRC 校验。

当系统完成源数据文件的导入和校验后,将利用树形结构对每个源数据文件以及文件中的各个数据类型进行分类,并利用表格视图对指定类型的数据详细内容进行展示,显示详情如图 5 所示。

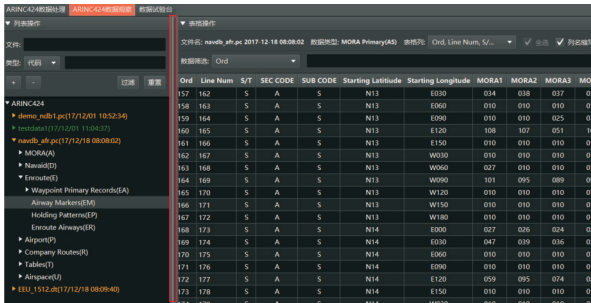


图 5 数据分类显示

Fig. 5 Data classification display

此外,系统还可根据输入的 ARINC424 源数据以及指定的数据转换范围将源数据转换为直观、方便查阅的数据格式。本文采用将 ARINC424 源数据持久化存储到软件内关系型数据库表结构中的形式,以实现源数据的转换。

通过对杰普逊(Jeppesen)公司提供的数据库根据不同条件筛选,形成多个测试数据样例,并进行大量试验,得到测试结果如表 1 所示。

表 1 机载导航数据库解析生成测试结果

Table 1 Test results of analysis and generation of airborne navigation database

测试内容	数据总量/万行	本文方法耗时	非关系模型方法耗时
ARINC424	10	44"	1'27"
	50	1'29"	4'12"
	150	4'45"	17'34"
Access	10	35"	1'04"
	50	1'38"	3'56"
	150	4'05"	12'13"

从表 1 可以看出:本文提出的基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法能快速解析、校验和生成机载导航数据库,当导航数据文件数据总量达到 10 万行时,能将消耗时间控制在 1 min 内;即使针对全球范围的百万行数据总量,仍然能将消耗时间控制在约 4 min,与采用非关系模型的方法相比,具有相当大的解析生成性能优势。

4 结 论

(1) 本文的方法定义了大量数据对象之间的逻辑关系和约束关系,并通过中间关系表确立各个数据之间的交叉引用关系,有效提高了各类数据项的查询和解析效率,从而有效降低运行时间消耗。

(2) 利用 Access 数据库作为中间数据库,建立不同类别的数据表,方便数据的查询。通过对比格式化后的数据和源数据,以保证数据质量,从而实现全球范围导航数据文件百万行数据总量的快速解析、校验和生成过程。表明本文提出的基于关系模型的机载导航数据库快速解析生成方法有效且性能优异。

参考文献

- [1] 范国良. 导航数据库及其管理工作[J]. 民航经济与技, 1994(5): 11-13.
Fan Guoliang. Navigation database and its management[J]. Civil Aviation Economy and Technology, 1994(5): 11-13. (in Chinese)
- [2] 潘启元, 韩忠华, 宋文萍. 基于 XML 语言和代理模型的翼型通用气动数据库技术[J]. 航空工程进展, 2013, 4(1): 97-105.
Pan Qiyuan, Han Zhonghua, Song Wenping. A universal aerodynamic database technique for airfoils baosed on XML data format and surrogate modeling[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2013, 4(1): 97-105. (in Chinese)
- [3] 钱向农, 杨丰辉, 阎良民. 飞行管理系统机载性能数据库应用技术研究[J]. 航空工程进展, 2014, 5(1): 116-123.
Qian Xiangnong, Yang Fenghui, Yan Liangmin. Study on the airborne performance database application of the flight management system[J]. Advances in Aeronautical Science and Engineering, 2014, 5(1): 116-123. (in Chinese)
- [4] AEEC. Navigation system data base: ARINC specification 424-21[S]. US: SAE ITC, 2016.
- [5] 黄晋, 张经纬. 新一代导航数据库规范[J]. 科技与产业, 2014, 14(1): 139-143.
Huang Jin, Zhang Jingwei. A new standard of navigation database[J]. Science Technology and Industry, 2014, 14(1): 139-143. (in Chinese)
- [6] Albert A Herndon. Flight management computer(FMC) navigation database capacity[C]// Integrated Communications Navigation and Surveillance(ICNS) Conference. [S. l.]: IEEE, 2012: 11-17.
- [7] 刘艳, 顾春艳, 邱恺. 机载导航数据库的发展[J]. 国际航空, 2010(4): 68-70.

- Liu Yan, Gu Chunyan, Qiu Kai. Developing airborne navigation database[J]. International Aviation, 2010(4): 68-70. (in Chinese)
- [8] 陈志勇. 飞行管理系统与基于性能的导航的历史与发展[J]. 中国民航飞行学院学报, 2010, 21(3): 14-18.
Chen Zhiyong. History and development of flight management system and performance-based navigation[J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2010, 21(3): 14-18. (in Chinese)
- [9] 刘艳, 顾春艳, 许明辉, 等. 航空数据在机载系统中的应用综述[C]//第五届中国航空学会青年科技论坛. 南昌: 中国航空学会, 2012.
Liu Yan, Gu Chunyan, Xu Minghui, et al. Application of airborne data in airborne system[C]//The Fifth Youth Science and Technology Forum of Aviation Society of China. Nanchang: Chinese Society of Aeronautics and Astronautics, 2012. (in Chinese)
- [10] 杨赛. 导航数据库编码的简化方法在浦东机场的应用研究[J]. 民航学报, 2018, 2(6): 60-62.
Yang Sai. The application research of navigation database simplified method in Pudong airport[J]. Journal of Civil Aviation, 2018, 2(6): 60-62. (in Chinese)
- [11] 宋柯. ARINC424 终端区程序编码解析与轨迹还原[J]. 空中交通管理, 2010(8): 50-53.
Song Ke. ARINC424 terminal area procedure data analyzing and path drawing[J]. Air Traffic Management, 2010(8): 50-53. (in Chinese)
- [12] 杜海波. 导航数据库中非精密进近程序的修改[J]. 中国民航飞行学院学报, 2003, 14(4): 33-34, 38.
Du Haibo. Modification of the non-precision approach procedure in the navigation database[J]. Journal of Civil Aviation Flight University of China, 2003, 14(4): 33-34, 38. (in Chinese)
- [13] 王军, 杨辉, 蒋志锋. 民航导航数据库国内数据更新技术研究[J]. 空中交通管理, 2009(5): 23-26.
Wang Jun, Yang Hui, Jiang Zhifeng. Studies on domestic data update technology for civil aviation database[J]. Air Traffic Management, 2009(5): 23-26. (in Chinese)
- [14] 杨炽夫, 郑淑涛, 姜洪洲, 等. 飞行模拟器原型系统导航数据库的构建[J]. 吉林大学学报(工学版), 2010, 40(3): 863-867.
Yang Chifu, Zheng Shutao, Jiang Hongzhou, et al. Construction of navigation database for the systems of flight simulator prototype[J]. Journal of Jilin University (Engineering and Technology Edition), 2010, 40(3): 863-867. (in Chinese)
- [15] 叶林瓚, 刘畅. 基于管道一过滤器模式的机载导航数据库格式化技术研究[J]. 航空电子技术, 2014, 45(3): 12-16, 32.
Ye Linzan, Liu Chang. Research on format technology of airborne navigation database based on pipe-filter model[J]. Avionics Technology, 2014, 45(3): 12-16, 32. (in Chinese)

作者简介:

李立(1990—),男,硕士,工程师。主要研究方向:飞行管理系统设计与开发,机载导航数据库编码与开发。

(编辑:马文静)