

基于 UML 和 XSD 的航班信息交换模型研究与实现

王忠波^{1,2}, 罗喜伶^{1,2}, 齐 鸣³, 张宝江³

(1. 北京航空航天大学 电子信息工程学院, 北京 100191;

2. 地球空间信息技术协同创新中心, 湖北 武汉 430079;

3. 中国民用航空局 空中交通管理局技术中心, 北京 100015)

摘 要:目前,民航运输业快速发展、航班数量迅猛增加带来了海量的航班信息和数据。为保障关键数据进行高效、安全、规范地传输和共享,需对航班信息的内容和格式进行标准化和规范化,以便未来在广域信息管理系统(System Wide Information Management, SWIM)中相互协作的民航业务系统间能够对整个生命周期中的航班状态有共同的态势感知。在介绍 SWIM 和航班信息交换模型(Flight Information Exchange Model, FIXM)的相关背景、数据字典以及逻辑模型和物理模型之间关系的基础上,系统研究了统一建模语言(UML)和 XML 模式定义(XSD)等关键技术。在此基础上,研究 FIXM 核心模型的整体架构,以及 ATS 报文与 FIXM 的映射关系。在实现方面,以领航计划报(FPL)为例对报文转换进行演示验证,使其具有灵活、扩展性强和易于传输等优势,有助于对航班信息格式标准化和未来 SWIM 系统部署。

关键词:民航广域信息管理;航班信息交换模型;统一建模语言;XML 模式定义

中图分类号:TP31

文献标识码:A

文章编号:1673-629X(2017)04-0139-06

doi:10.3969/j.issn.1673-629X.2017.04.031

Research and Implementation of Flight Information Exchange Model Based on UML and XSD

WANG Zhong-bo^{1,2}, LUO Xi-ling^{1,2}, QI Ming³, ZHANG Bao-jiang³

(1. School of Electronics and Information Engineering, Beihang University, Beijing 100191, China;

2. Collaborative Innovation Center of Geospatial Technology, Wuhan 430079, China;

3. Technical Centre of Air Traffic Management Bureau of CAAC, Beijing 100015, China)

Abstract: At present, massive flight information and data are led by the rapid development of civil aviation transport industry and the increase of the flight number. In order to ensure the efficient, safe and standardized transmission and sharing of the key data, the content and format of the flight information need to be standardized. With the state of flight within its whole lifecycle under the System Wide Information Management (SWIM) in the future, the common situational awareness is shared by civil aviation business systems. Firstly, the background of SWIM and Flight Information Exchange Model (FIXM) and the relationship among the data dictionary, the logical model and the physical model are introduced. Then the Unified Modeling Language (UML) and the XML Schema Definition (XSD) are described. And the framework of FIXM core model and the mapping relationship between ATS message and FIXM are searched. In the aspect of implementation, according to the mapping relationship, the message of flight plan as an example is converted to the FIXM format. Based on all that works, the representation of flight plan is more flexible, scalable and easy to transfer. And the foundation of the standardization of flight information and the implementation of SWIM deployment is laid.

Key words: SWIM; FIXM; UML; XSD

0 引 言

目前空中交通管理(Air Traffic Management, ATM)系统接口是根据具体需求和功能进行定制化设

计、开发、管理和维护,如机载系统和管制系统的功能接口,具有不同的传输协议和数据结构,造成接口维护成本高、安全管理难和信息交换不畅等缺陷。FAA 和

收稿日期:2016-05-10

修回日期:2016-09-08

网络出版时间:2017-03-07

基金项目:中国民用航空局科技项目(201511001600067x);北京市科技计划项目(D161100005816001)

作者简介:王忠波(1990-),男,研究生,CCF 会员(会员号:59743D),研究方向为民航广域信息管理;罗喜伶,博士,副教授,研究方向为现代空中交通管理、空管信息化、航空卫星通信导航和新航行系统理论与技术等。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20170307.0921.042.html>

Eurocontrol 将基于 SOA 的 SWIM 作为关键技术^[1-2],通过接口和数据标准化,以服务的方式实现 ATM 信息共享。针对当前空中交通管理和民航其他各业务系统内关键业务数据(如航班动态信息等)存在不完整、不系统、标准以及格式均不统一等问题,FAA 和 Eurocontrol 对航班信息进行标准化建模,即航班信息交换模型(FIXM)^[3],其为目前 SWIM 三大标准模型之一。FIXM 模型的开发和应用将促进实现实时、高效和安全的交换、共同的态势感知和协同决策等^[4],从而进一步提高航班运行效率。

近几年,国内民航运输业快速发展、航班数量迅猛增加,为了高效、安全、规范地传输和共享海量航班信息和数据,需要构建符合国内实际的 SWIM 系统。其中,也需要对航班信息的数据内容和格式进行标准化和规范化研究。以便未来在基于 SWIM 架构下相互协作的各民航航班业务信息系统间能够对航班信息和数据的特性和状态有相同的理解,对数据内容和格式有归一化的标准,从而实现对整个生命周期中的航班状态有共同的态势感知^[5]。

基于统一建模语言(UML)和 XML 结构定义(XSD)等技术,针对当前民航各业务信息系统中存在的航班数据信息格式和标准各异、定义方式和数据格式纷繁复杂、各自成规的瓶颈和障碍问题,开展符合未来基于广域信息管理系统的 FIXM 的研究、建模与实例实现。将现有的 ATS 报文表示的航班数据进行标准化、规范化改造和转换,消除数据格式不统一、接口不规范、内容不一致、信息扩展难等问题,满足未来民航运行对航班信息交互的独立性、协作性和互操作性等需求。

1 航班信息交换模型相关背景

1.1 民航广域信息管理背景

民航广域信息管理是一个国际通用概念,最初是从美国和欧洲发展起来的。20 世纪 90 年代,欧美民航高速发展,FAA 和欧控(Eurocontrol)意识到现存的民航信息系统将不能支持新的需求,有必要建立一个可促进信息共享和管理的现代民航信息系统,以提供高效、安全的信息服务。随后,该信息系统(即 SWIM)被美国和欧洲分别列入“下一代航空运输系统(Next-Gen)”和“单一欧洲天空实施计划(SESAR)”中,作为系统互联和信息共享基础。同时,国际民航组织(ICAO)也将 SWIM 列入航空系统组块升级(ASBU)规划,作为改进全球民航系统互联与数据共享的重要支撑^[6]。

目前,国际民航组织对 SWIM 的互操作框架定义如图 1 所示^[1],自下而上分别是:SWIM 支持的应用

层、信息交换服务层、信息交换模型层、SWIM 基础设施层和网络连接层,各层分别代表对应互操作机制和标准。

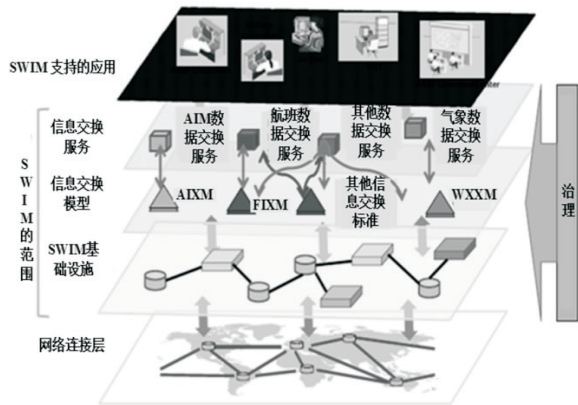


图 1 SWIM 互操作框架

目前,信息交换模型层主要包括航空信息交换模型(AIXM)、航班信息交换模型(FIXM)和气象信息交换模型(WXXM)三种数据模型^[6],它们已在欧美等国家的某些系统中进行了应用和实验。为了国内 SWIM 项目的推进, FIXM 的研究必不可少。

1.2 FIXM 概述

FIXM 是一个对整个航班生命周期中的信息进行共享的数据交换标准^[3]。通过在 ATM 系统、空域用户、交通运输部门、安全和防御部门、后勤和运输提供者等之间进行交互代理, FIXM 模型促进了所有空中交通利益相关者之间的互操作。图 2 展示了 FIXM 模型在不同的信息域提供数据层面的互操作。

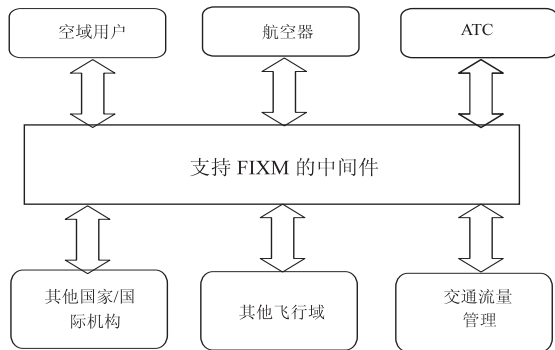


图 2 FIXM 促进不同域之间的数据交换

其实际应用主要集中在互操作架构的应用层面,用于联通协调作为数据发布者和作为数据订阅者的 ATM 系统。其中作为数据发布者的 ATM 系统包括 ATC 系统、交通流量管理系统和气象处理系统等,作为数据订阅者的 ATM 系统包括空域用户航班运行中心、机场和交通部门、军队命令和控制中心等。

航班信息交换模型主要目的是建立全球统一的航班信息交换的标准格式,在不同的信息域间起桥梁作用,促进民航各系统间对航班信息的共享。FIXM 模型能够进行长期拓展与丰富,取决于其适应新的技术和

业务变革的能力。FIXM 模型强调对数据元素以一种对所有利益相关者有意义并且易懂的方式进行文件编制、命名和表示,这种形式将促进利益相关者对数据的快速发现和使用。

FIXM 模型能够作为 SWIM 信息交换标准之一,其存在诸多优势,如简单的互操作、可伸缩的技术、通俗易懂、灵活和适配、促使利益相关者的采纳、增加信息的数量和质量、增加航班操作的动态和分布等。

FIXM 模型主要组成包括以下 3 部分^[8-9]:

(1) FIXM 概念模型(数据字典)。

在 FIXM 概念早期,存在概念模型,其主要用来描述 FIXM 运行环境中航班和流量信息交换方面的场景,以及各个实体以及它们之间的关系。随着 FIXM 版本的演进,逐渐增大数据字典的作用,数据字典中详细描述了每一个数据元素的概念定义、数据类型、范围约束等,其为构建 FIXM 逻辑模型的基础。

(2) FIXM 逻辑模型。

FIXM 逻辑模型采用统一建模语言实现对航班信息间关系更具体的描述,逻辑模型主要用来从技术层面描述航班信息在系统与系统之间的交换,包括空地之间的交换。该逻辑模型详细描述每个数据实体、数据实体的属性以及相互间关系,同时能够准确定位外界运行环境对各个数据实体的各种限制条件。在此基础上, FIXM 逻辑模型能够通过一种拓展机制将数据实体、数据实体属性及其相互关系提供给核心模型以外的环境。FIXM 逻辑模型由概念模型发展而来,在层级划分上高于物理模型。

(3) FIXM 物理模型。

FIXM 物理模型是 FIXM 的物理表述或物理模型实现,其形式采用 XSD 定义,是通过 XML 语言将 FIXM 逻辑模型中的结构体进行具体描述。物理模型最初主要用于解决地/地间航班信息的交换问题,成熟后也可应用于地/空间航班信息的交换,从而促进空天一体化进程。

FIXM 逻辑模型是 FIXM 概念模型(或者数据字典)和物理实现的中间模型,物理实现包括 XSD 文件和相关的文档等。逻辑模型描述信息的结构和实现,并以可视的 UML 类视图表示。UML 类视图是模式中立的格式,逻辑模型可以生成对应的 XSD 文件。

为了与 FIXM 数据字典保持一致, FIXM 逻辑模型中的元素分为三类:来源于 FIXM DD 的元素,逻辑模型中的类与一个或多个数据字典中的条目直接对应;合成对象,合成对象中的类由其他类共同组成,并不与数据字典直接对应;基本对象,表示基本数据类型,用于表述 FIXM 数据字典中的数据元素,并不与数据字典直接对应。

2 航班信息交换模型关键技术

2.1 统一建模语言

对于一个大型数据交换共享平台或软件系统的开发、部署和实际运行来说,业务数据的格式、标准、结构以及相应数据库的设计是否合理和成功是整体平台和信息系统成败的关键。

UML 是一种定义良好、易于表达、功能强大且普遍实用的建模语言^[10]。标准建模语言 UML 由用例图、静态图、行为图、交互图和实现图共五类图组成。

其中,静态图包括类图、对象图和包图。类图描述系统中类的静态结构,不仅定义系统中的类,表示类之间的联系,也包括类的内部结构,在系统的整个生命周期都是有效的。对象图是类图的实例,几乎使用与类图相同的标识。它们的不同点在于对象图显示类的多个对象实例。一个对象图是类图的一个实例,对象存在生命周期导致对象图只能在系统某一时间段存在。包图由包或类组成,表示包与包间的关系,用于描述系统的分层结构。

在 FIXM 模型建立与拓展中,主要采用此种静态图来描述数据元素之间的关系,根据航班信息主题的不同进行划分和包定义,并对数据元素的数据类型和取值进行了定义与限制。

2.2 XML 模式定义

XML 模式定义^[11]是由 W3C 推荐的通过在 XML 文档中对数据元素进行格式化描述,其中主要组成包括元素声明、属性声明,以及简单和复杂类型的定义等。

XSD 可以用来描述文档的内容、验证数据的正确性、定义数据约束、定义数据模型(或者数据格式),并使不同数据类型之间的转换变得容易。其具有灵活、可扩展、易交互和平台无关性等优点,比较适合描述 FIXM 物理模型,能够促进不同的空管系统之间进行数据交换,从而促进民航信息化。

3 FIXM 模型框架研究与开发

3.1 总体框架

FIXM 模型的整体架构如图 3 所示。该模型由 Foundation、Base 和 FlightObject 三部分组成。

其中 Foundation 主要包含定义 FIXM 核心模型中数据元素的基础类型,并与 AIXM 进行共享,其中有些元素是直接依赖于 AIXM 和 GML 中的数据元素。Foundation 主要包括 Address、Aerodrome、Aeronautical、Altitude、Location、Measures、Organization 和 Time 等主题。

Base 中的元素为 FIXM 模型低层次元素,除了 AIXM 和 GML 外,可被逻辑模型中其他包共享。其主

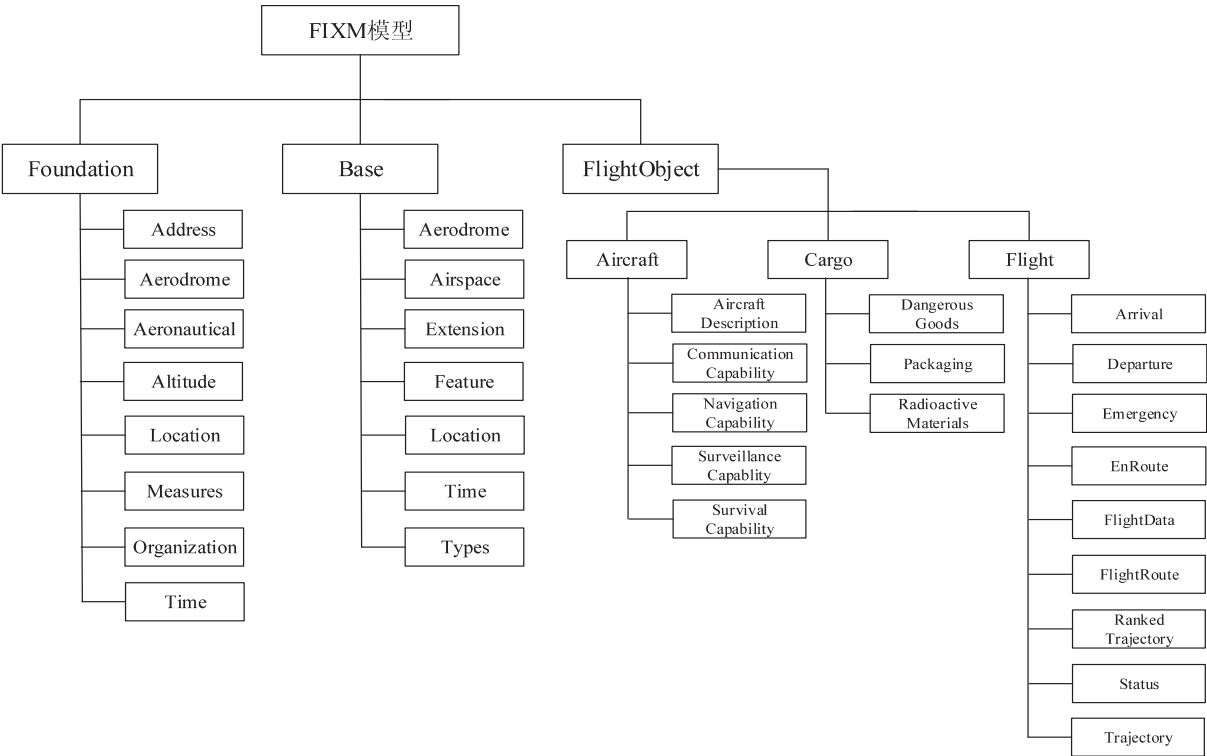


图 3 FIXM 模型的整体架构

要包括 Aerodrome、Airspace、Extension、Feature、Location、Time 和 Type 等主题。一般情况下，核心包（即 FlightObject 包）中元素优先引用和扩展 Base 中的类或元素，其次为 Foundation。Base 为核心包提供隔离层，以屏蔽 Foundation 中的变化。

FlightObject 主要用来描述与航班相关的重要信息，如航班状态、航空器状态和航班类型等，其由 Aircraft、Cargo 和 Flight 组成。其中，Aircraft 包含航空器描述、通信功能、导航功能、监视功能和危险应急功能等；Cargo 主要包含航运危险品描述信息；Flight 为 FIXM 模型的核心，用来描述航班生命周期中的核心信息，包括航班起飞信息、航路信息、航班状态信息、航迹信息和航班降落信息等。模型中的元素与数据字典中定义的元素相对应，并可以在其基础上添加一些必需的结构元素。

3.2 ATS 报文与 FIXM 模型的对应关系

航班计划高效、实时和安全的传输是协同环境下的航班与流量（FF-ICE）的目标之一，FIXM 交换格式将替换目前与 ATS 报文相关的航班计划，其被认为是 SWIM 的关键数据模型。在此过渡期间，有些利益相关者采用 FIXM 发送和接收航班计划信息，其他利益相关者依然使用 ATS 报文的格式。在此混合的环境中，需要实现 FIXM 格式和 ATS 报文格式之间的转换，但需要采用相关技术和机制避免丢失关键信息^[12]。

ATS 报文是一个为实现航班信息通信的消息传输格式，定义万方数据语法来表示特殊的含义，比如 DLA

表示航班起飞的延时。FIXM 是航班信息表示和交换的模型和格式，其仅仅对航班信息进行建模，并没有定义消息传输格式，其定义了报文可能出现的信息，而不是信息本身，即 FIXM 表示了航班信息的内容格式，而不像 ATS 表示信息本身。ATS 与 FIXM 的映射主要对 ATS 各编组进行。

以一个民用航空飞行动态固定电报格式（MH/T 4007-2012）^[13]中代表“紧急情况说明”的编组 5 来对 ATS 报文与 FIXM 模型的对应关系以及 FIXM 模型的相关应用进行实例说明。

在 ATS 报文中，编组 5 的格式如图 4 所示。

格式： — [A] / [B] / [C]

图 4 ATS 报文对应的编组 5

数据项 A：危险等级，如表 1 所示。

表 1 危险等级

名称	含义
INCERFA	表示不明阶段
ALERFA	表示告警阶段
DETRESFA	表示遇险阶段

数据项 B：电报签发者。用八个字母表示，前四个字母是国际民航组织分配的地名代码，后四个字母的前三个字母是发报的空中交通服务单位代码，最后一位为“X”或空中交通服务单位中的部门代码。

数据项 C：紧急情况的性质。根据需要加上明语短文，以便说明紧急情况的性质，各词之间用空格

隔开。

该编组 5 报文与 FIXM 模型的对应关系如表 2 所示。

表 2 编组 5 报文与 FIXM 模型的对应关系

ICAO 4444 编组	包	类	路径
5A	FlightObject. Flight. Emergency	Emergen- cyPhase	emergency. phase
5B	Foundation. Aero- nautical	AtcUnitName	emergency. origi- nator. unitIdenti- fier
5C	Base. Types	FreeText	emergency. emergencyDe- scription

从表 2 可知,编组 5 的数据项 A 对应 FIXM 模型中 FlightObject. Flight. Emergency 包下的 EmergencyPhase 类,该 Emergency 包的 UML 逻辑模型如图 5 所示。其他数据项的对应关系与此类似。

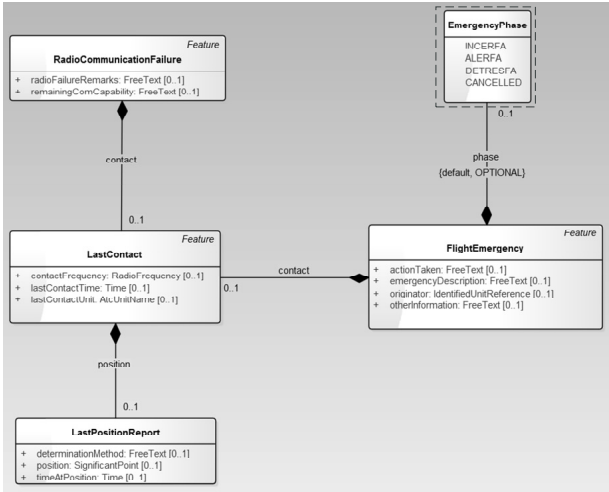


图 5 编组 5 数据项 A 与 FIXM 逻辑模型对应关系

4 FIXM 模型的实现实例

以领航计划报 (FPL) 为例,描述 ATS 报文向 FIXM 模型的转换。以下为 CSZ9739 航班的 FPL 报文,仪表飞行,正班。一架 A320 中型机,机上载有标准的通信/导航/监视设备且工作正常。起飞机场为西安咸阳国际机场,预计撤轮档时间为 23:40,第一段航路的巡航速度为 0.78MACH,请求的第一个飞行高度层为 8 900 m,经过 UGSUT 加入航路 H11,沿预定航路到达目的地。目的机场为景德镇罗家机场,预计飞行总时间为 92 min,备降机场为福州长乐国际机场。预计到达武汉飞行情报区需用 19 min,上海飞行情报区需用 53 min,航空器注册号为 B6567,选择呼号代码为 RSBD,机上载有 TCAS 空中防撞撞系统。

(FPL-CSZ9739-IS
-A320/M-SB22E3FGHIRWX/LB1

-ZLXY2340
-M078S0890 DCT UGSUT H11 SHX H14 LRU H103 KAMDA
W128 FYG B208 HFE H2 JDZ
-ZSJD0132 ZSFZ
- PBN/A1B1C1D1L1O1 NAV/ABAS REG/B6567 EET/ZH-
WH0019 ZSHA0053 SEL/RSBD
CODE/78056C PER/C RMK/TCAS)

通过编写程序将该 FPL 报文转换为 FIXM 格式的数据,并为该报文信息添加全球唯一航班标识符 (GUF1),图 6 只包含部分关键信息,包括 GUF1、航班号、航空器数量、尾流信息、航空器类型、航空器性能、机载设备 (通信、导航和监视)、注册号、起飞机场和预计撤轮档时间、降落机场、备降机场,以及航路等信息。

```
<fixm:FlightMessage>
<fx:flight>
  <fb:gufi> urn: uuid: 6d1e2395 - a262 - 4629 - a2df -
6bdf11330f02</fb:gufi>
  <fx:activeFlightPlan>
  <fx:flightIdentifier>
  <fb:flightIdentifier>CSZ9739</fb:flightIdentifier>
</fx:flightIdentifier>
  <fx:aircraftDescription>
  <fb:aircraftQuantity>1</fb:aircraftQuantity>
  <fx:wakeTurbulence>M</fx:wakeTurbulence>
  <fx:aircraftType>
  <fb:icaoModelIdentifier>A320</fb:icaoModelIdentifier>
</fx:aircraftType>
  <fx:aircraftPerformance>C</fx:aircraftPerformance>
  <fx:capabilities standard = "STANDARD">
  <fx:communication>
  .....
</fx:communication>
  <fx:navigation>
  .....
</fx:navigation>
  <fx:surveillance>
  .....
</fx:surveillance>
  <fx:capabilities>
  <fx:registration>B6567</fx:registration>
</fx:aircraftDescription>
  <fx:departure>
  <fx:departureAerodrome>
  <ff:code>ZLXY</ff:code>
</fx:departureAerodrome>
  <ff:estimatedDepartureTime>2016-03-03T23:40:00Z</ff:
estimatedDepartureTime>
  </fx:departure>
  <fx:arrival>
  <fx:arrivalAerodrome>
```

```
<ff:code>ZSJD</ff:code>
</fx:arrivalAerodrome>
<fx:alternateAerodrome>
<ff:code>ZSFZ</ff:code>
</fx:alternateAerodrome>
</fx:arrival>
<fx:enRoute>
.....
</fx:enRoute>
<fx:request>
.....
<fb:flightRules>IFR</fb:flightRules>
</fx:request>
<fx:route>
<fb:text>DCT UGSUT H11 SHX H14 LRU H103 KAMDA
W128 FYG B208 HFE H2 JDZ</fb:text>
<fx:segment>
<ff:airway nil="true"/>
<fx:point>
<ff:fix name="UGSUT"/>
</fx:point>
</fx:segment>
.....
<fx:segment>
<ff:airway>H2</ff:airway>
<fx:point>
<ff:fix name="JDZ"/>
</fx:point>
</fx:segment>
</fx:route>
<fb:interFacilityRemarks>TCAS</fb:interFacilityRemarks>
<fx:flightType>SCHEDULED</fx:flightType>
</fx:activeFlightPlan>
</fx:flight>
</fixm:FlightMessage>
```

图 6 报文程序

5 结束语

在当前民航大力推进 SWIM 系统研究和建设以实现空中交通高效安全运营的背景下,对 FIXM 模型进行研究,并介绍了该模型的组织架构。根据民航未来航班数据交换从 ATS 报文转为 FIXM 数据格式的设想,对两者之间的映射关系进行了详细研究。最终实

现了 ATS 报文向 FIXM 数据格式的转换,并以 FPL 报文的转换实现为例,对数据格式转换和实际使用等研究工作进行演示和实践。该研究工作将推动空管航班信息格式标准化,促进空管系统间航班信息的高效交换,并为实现空管系统高效运行和 SWIM 系统的部署实施奠定基础。

参考文献:

[1] Stephens B. System-wide information management (swim) demonstration security architecture[C]//25th digital avionics systems conference. [s. l.]:IEEE,2006:1-12.

[2] International Civil Aviation Organization. Manual on Flight and Flow-Information for a Collaborative Environment (FF-ICE) [M]. [s. l.]:International Civil Aviation Organization,2012.

[3] Liang D,Ngo T,Madera E C,et al. Information management-FIXM and mini global[C]//34th digital avionics systems conference. [s. l.]:IEEE,2015.

[4] Zhao Milong,Luo Xiling,Qi Ming,et al. The research synopsis about SWIM in China[C]//Proceedings of IEEE ISADS. [s. l.]:IEEE,2015:171-174.

[5] Wang Z,Luo X,Zhao M,et al. The research of system wide information management based on SOA[C]//6th IEEE international conference on software engineering and service science. [s. l.]:IEEE,2015:837-840.

[6] Wikipedia. System wide information management[EB/OL]. 2016. https://en.wikipedia.org/wiki/System_Wide_Information_Management.

[7] International Civil Aviation Organization (ICAO) Air Traffic Requirements and Performance Panel (ATMRPP). System Wide Information Management (SWIM) concept document [M]. [s. l.]:[s. n.],2009.

[8] FIXM Development Team. Flight information exchange model [EB/OL]. 2016. <https://www.fixm.aero/>.

[9] FIXM modeling best practices[M]. [s. l.]:FIXM CCB Membership,2014.

[10] Object Management Group (OMG). Unified modeling language[EB/OL]. 2016. <http://www.uml.org/>.

[11] Wikipedia. XML Schema (W3C) [EB/OL]. 2016. [https://en.wikipedia.org/wiki/XML_Schema_\(W3C\)](https://en.wikipedia.org/wiki/XML_Schema_(W3C)).

[12] ATS message content to FIXM logical model map[M]. [s. l.]:FIXM CCB Membership,2014.

[13] 民用航空飞行动态固定格式电报管理规定[S]. 出版地不详;出版者不详,2012.