

基于XML的无人机任务链模型

龙涛, 叶媛媛, 朱华勇, 沈林成

(国防科技大学机电工程与自动化学院, 长沙 410073)

摘要:对无人机系统地面任务控制站与飞行器通信协议中的任务链进行了研究。根据功能将任务链分为航路计划、传感器计划、通信计划和权限交接计划4个部分,建立了能够支持复杂任务的任务链模型。采用XML语言对任务链进行表达,增强了任务链的标准性和通用性。最后实现了任务控制站通过任务链控制多架无人机协同执行任务的仿真。

关键词:无人机;任务控制站;任务规划;任务链;仿真

XML-based Mission List Model for Unmanned Aerial Vehicles

LONG Tao, YE Yuanyuan, ZHU Huayong, SHEN Lincheng

(School of Mechatronics and Automation, National University of Defense Technology, Changsha 410073)

【Abstract】The communication protocols between ground mission control station (MCS) and airborne autonomous control system of unmanned aerial vehicles (UAV) system are discussed, and the research concentrates on the mission list. According to the function, mission list is divided into four plans: navigation plan, sensor plan, communication plan, transfer plan, therefore the model of mission list which can supports multiple complex tasks is established. Then the format of mission list based on XML is provided, the standard performance and versatility of mission list are enhanced. Lastly, the simulation scenario in which one MCS controls several UAVs is realized.

【Key words】Unmanned aerial vehicles; Mission control station; Mission planning; Mission list; Simulation

1 概述

随着无人机(Unmanned Aerial Vehicle, UAV)智能程度的不断提高,无人机的控制方式正从预编程序控制、遥控方式向半自主、自主方向发展,可承担的任务也在向综合化发展。然而,无人机执行任务离不开地面任务控制站的支持,任务执行过程中地面操作人员仍然拥有最高的决策权和最终的决定权。

任务控制站通过任务链对无人机进行指挥控制。任务链是地面控制系统的任务规划系统根据任务计划与指控人员的决策,进行任务/路径规划后生成的安全系数最大、任务执行效能最高的飞行航线,以及编排出的无人机在飞行过程中应执行的任务模式序列。由于环境状况复杂多变,并且无人机飞行器具备越来越高的智能化程度和自主控制能力,不可能也不需要再在无人机升空前设计出全面、详细的预编程序,而是在一定层次上设定关键任务点和航路点,规划出任务链。就此而言,任务控制站不是直接对无人机进行操控,而是在较粗粒度上规划任务链,然后由无人机进行自主控制。

目前国内外许多无人机系统的任务链都是针对无人机执行简单任务设计,主要集中在路径层次,这已难以满足无人机智能自主性不断提高,能够执行复杂多任务的需要。世界上不同类型、不同任务载荷的无人机很多,各种无人机的任务控制站对任务和路径的定义存在很大差异,没有统一的标准,当多架无人机协同执行任务时,将导致无法实现计划共享,难以协调各种型号无人机的飞行和任务执行。目前一些国家正在研制通用的任务规划系统,但这需要在系统中装载各种无人机的任务和路径定义标准,大大增加了系统的负担。因此,需要建立通用的任务链接口规范,实现任务控制站与

无人机飞行器之间,以及任务控制站与其它系统之间的互联互通。

美军在20世纪70年代制定了美国文电文本格式(United States Message Text Format, USMTF),作为军事系统间信息交换的规范,后来又开发了二进制的变量文电格式(Variable Message Format, VMF)^[1],用于战术环境中作战单元之间的信息交换。

为了给战术飞机任务规划系统(TAMPS)、便携式飞行规划软件(PFPS)、空军任务规划系统(AFMS)、联合任务规划系统(JMPS)等系统之间的数据交换提供通用的接口,美军制定了通用路径定义(Common Route Definition, CRD)^[2]。CRD采用领域内通用的信息规范和基于XML的表达方式,使得作战单元可以从以上各种任务规划系统导出航线直接使用,从不同基地或航空母舰上起飞的不同型号飞机上的飞行员能方便地交换路径信息,实现协同攻击。在国内方面,目前无人机系统的研究尚未对任务链的发展给予足够的关注与重视,国内文献未见相关研究的报道。

2 任务链模型

目前世界上先进的无人机系统能执行多种复杂的任务,任务规划一般都包括飞行航路规划、载荷规划和通信规划^[3]。为了实现对无人机执行复杂多任务的支持,本文的任务链模型将任务链的设计从路径层次扩展到任务层次,采用任务点来表示无人机的活动模式,包括航路计划点、传感器计划点、

作者简介:龙涛(1977—),男,博士生,主研方向:任务规划与任务控制,分布式协同控制;叶媛媛,博士生;朱华勇,副教授;沈林成,教授、博导

收稿日期:2005-11-14 **E-mail:** longtaonudt@163.com

通信计划点和控制权限交接计划点。其中，航路计划点顺序连接组成航路计划 (Navigation Plan)，传感器计划点组成传感器计划 (Sensor Plan)、通信计划点组成通信计划 (Communication Plan)，控制权限交接计划点组成控制权限交接计划 (Transfer Plan)，4 个计划既独立又相互关联，一起构成完整的任务链。当无人机自主控制系统收到任务控制站发送的任务链后，根据各类计划包含的信息对相应的机构和部件进行控制，如图 1 所示。

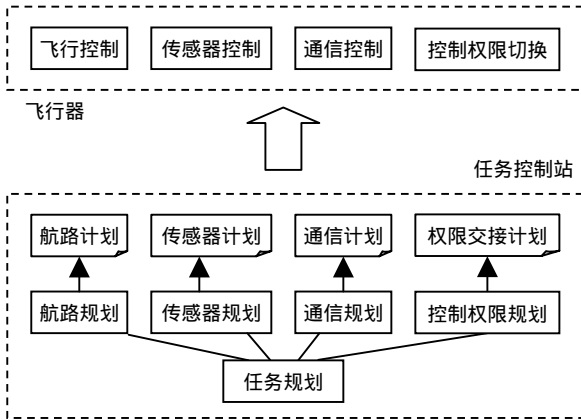


图 1 任务链基本组成示意图

无人机遂行特定任务过程中，各类型任务点的总数存在一定约束，需根据任务指标、无人机性能、任务载荷性能、任务环境，以及其它相关任务点数量确定。虽然不同层次的地面控制系统可以分别多编队、编队和单机层次上对无人机系统进行指挥，但最终均要具体落实到对每一架无人机的指挥控制上，因此对于每架无人机均需要为其设计专门的任任务链。

任务链包括预规划任务链和重规划任务链。在无人机起飞前，任务控制站将预规划任务链加载到无人机的机载计算机上，无人机起飞后依据任务链设定的顺序执行任务。在实际作战过程中，战场态势是时刻变化的，并且作战任务以及无人机自身系统的状态也可能发生变化，地面控制系统需要在预规划任务链的基础上进行一定范围内的重规划，并将重规划的结果以任务链的形式传送给无人机。重规划任务链可以构成预规划任务链的一个分支，如图 2(a)所示，也可以直接替代预规划任务链的整个后续部分，如图 2(b)所示，图中灰色圆点表示预规划任务链的任务节点，白色圆点表示重规划任务链的任务节点。

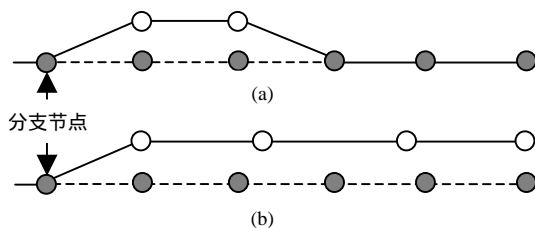


图 2 重规划任务链与预规划任务链关系示意图

2.1 帧头信息

任务链的帧头部分主要用以说明任务链的相关信息，如任务链的发送者、接收者、任务链发出的时间、有效时间以及优先级等。帧头信息还对本次任务的目标进行描述，包括目标编号、目标的优先级、对目标使用的设备、任务开始时间和持续时间，如表 1 所示。

表 1 任务链帧头信息中的目标描述示例

	TargetID	Priority	Equipment	StartTime	Duration
目标 1	001	1	1	1 500	60
目标 2	002	2	1	1 600	50
目标 3	004	3	2	1 700	30

2.2 航路计划

航路计划是任务链的主要内容，也是制定其它计划的基础。飞行器自主控制系统只有在得到航路计划，即任务规划系统规划出的飞行航线，以及在飞行过程中应采取的飞行模式后，才能在此基础上执行各种任务模式。

航路计划包括各个航路计划点的位置和时间信息，如经度、纬度、高度、最早到达时间、最晚到达时间等，飞行器自主控制系统在进行轨迹规划时以此作为优化约束，使无人机在指定的时间范围内到达航路计划点指定的位置。航路计划点还包括与之相关的飞行模式信息，如起飞模式、巡航模式、空中等待模式、编队汇合模式、侦察机动模式等。以编队汇合模式为例，除航路计划点中已包含的汇合区域中心坐标及汇合的起始时间和结束时间外，模式信息还专门指定了编队的队型、本机在编队中的角色和位置，以及汇合区域半径等内容。

2.3 传感器计划

传感器计划指定无人机在执行本次任务中相关的侦察和监视操作，包括机载传感器的工作时间以及工作模式等。在侦察过程中，需要无人机飞行器进行相应的机动飞行以配合传感器的工作，因此传感器计划还包含与各传感器计划点相关的航路计划点序号，该航路计划点的飞行模式信息指定了执行本次侦察任务的机动飞行模式与相关参数。

传感器计划点的执行有两种触发方式：除了第 1 种方式时间触发，即在指定的时刻触发传感器计划点外，第 2 种方式是航路点触发，在无人机到达特定航路点并进入预设的侦察机动模式时触发传感器计划点中设定的任务。

2.4 通信计划

在无人机执行任务的过程中，需要根据态势的变化和新的战术目标为无人机指定一些新的通信任务，取消一些不再需要的通信任务，或者改变无人机与任务控制站之间的通信方式，这都通过通信计划来实现。与传感器计划相似，通信计划也有两种触发方式，即时间触发和航路点触发。

2.5 控制权限交接计划

无人机能够执行长时间大纵深任务，随着续航能力的提高，无人机能跨越的空域范围越来越大，在这种情况下仅凭一个固定的地面任务控制站将难以有效地对其进行监视和控制，而是需要多个指挥控制监控站在不同的飞行阶段对其管理和监控，这些指挥控制站可以包括起飞机场、地面任务控制站、前方空中指挥平台或舰载指挥平台、降落机场等。

控制权限交接计划就是一系列控制权限交接点的集合，用于指定控制权限的交出方和接收方。一旦进行了控制权限的交接，无人机将接收新的控制权限拥有者的指挥控制，通信和通信链路也将随之发生变化。

3 基于 XML 的任务链表达

为了增强任务链的通用性，本文任务链的表达采用 XML 格式。XML 作为一种数据表达和交换的标准，具有以下主要优点：(1) 层次化的文本描述，既便于机器处理，也便于人工浏览；(2) 跨平台特性，能够实现不同数据源之间的数据交换；(3) 可扩展性强，在新版本中添加新信息不会影响以前版本的

使用；(4)输出能力强，借助专门的工具可方便地将XML文档转换成各种所需的格式。XML在世界各国的军事文电中已得到广泛的应用^[1,2]。本文基于XML的任务链组织形式如图3所示。

```

<TaskPlan>
<Head>
<Note>任务链头信息</Note>
</Head>
<Data>
<NavigationPlan>
<Note>航路计划</Note>
</NavigationPlan>
<SensorPlan>
<Note>传感器计划</Note>
</SensorPlan>
<CommunicationPlan>
<Note>通信计划</Note>
</CommunicationPlan>
<TransferPlan>
<Note>控制权限交接计划</Note>
</TransferPlan>
</Data>
</TaskPlan>

```

图3 基于XML的任务链组织形式

图4(a)为基于XML的航路计划的部分示例内容，给出了航路计划的第2个航路计划点（编队汇合）和第3个航路计划点（巡航）的信息。图4(b)为相同信息的文本描述。

<pre> <NavigationPlan> <NavPoint> <Number PrevNP="1" NP="2" NextNP="3" /> <position x="1260" y="8640" Z="5000" /> <Pass Model="3" /> <Erst Time="10" /> <Last Time="15" /> <FlightMode> <Mode ID="4" /> <Shape ID="1" /> <Team Role="1" /> <Mode Radius="50" /> </FlightMode> </NavPoint> <NavPoint> <Number PrevNP="2" NP="3" NextNP="4" /> <position x="1120" y="9530" Z="5000" /> <Pass Model="1" /> <Erst Time="20" /> <Last Time="40" /> <FlightMode> <Mode ID="2" /> <Cruise Mode="1" /> </FlightMode> </NavPoint> </NavigationPlan> </pre>	<pre> NavigationPlan NavPoint Number 1 2 3 Position 1260 8640 5000 PassModel 3 ErstTime 10 LastTime 15 FlightMode ModeID 4 ShapeID 1 TeamRole 1 Radius 50 FlightMode NavPoint NavPoint Number 2 3 4 Position 1120 9530 5000 PassModel 1 ErstTime 20 LastTime 40 FlightMode ModeID 2 CruiseMode 1 FlightMode NavPoint NavigationPlan </pre>
---	--

(a)

(b)

图4 基于XML的航路计划示例

XML要求信息以纯文字形式储存，存在处理速度慢和数据量大的不足，因此目前XML在军事文电中的应用主要集中在战略环境和非实时系统中。随着技术的不断发展，出现了两种解决以上问题的途径：(1)数据传送方在传输前进行压缩^[4]，接收方收到后再进行相应的解压缩，研究人员已开发出了专门针对XML的压缩工具Xmill；(2)将XML以文本格式描

述的内容改以二进制格式描述，形成二进制XML，从而在保留XML优点的同时提高处理速度，降低对带宽的要求。二进制XML的特点使其非常适用于通信带宽受约束条件下的军事环境，尤其是空中平台与地面终端之间的通信，美国空军正在进行相关的研究和实验^[5]，准备将二进制XML应用于战术环境和实时系统中。本文采用第1种方式，即数据压缩的方法来实现任务链的传输。

4 仿真实现

为了对设计的无人机任务链进行验证，结合军事领域的应用本文构建了如图5所示的仿真系统。任务规划系统根据作战任务进行任务规划，将规划出的任务链发送给无人机的任务控制站。任务控制站对规划的结果进行确认后，在将任务链上传给无人机飞行器的同时，也将规划的结果发送给其它的联合作战单元以实现信息共享。地面系统之间直接利用XML进行传输，而任务控制站与无人机飞行器之间采用压缩后的XML进行传输。

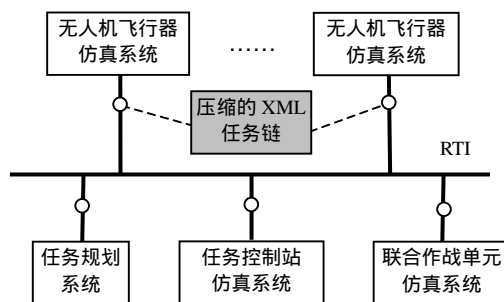


图5 仿真验证系统设计

仿真实现了任务控制站通过任务链对多架无人机的指挥控制。任务链采用XML格式进行表达，使得其可以方便地在不同作战系统之间传输，从而实现了多个系统的计划共享与协同作战。仿真过程中任务控制站界面与任务链见图6。

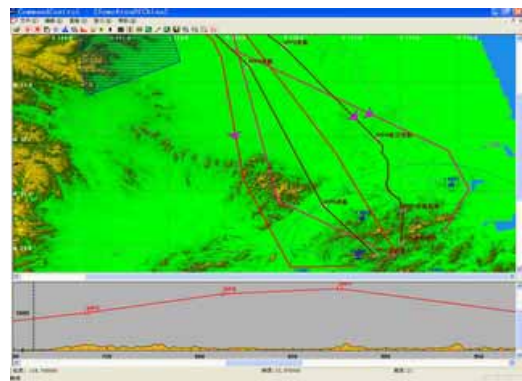


图6 仿真过程中任务链示意图

5 总结与展望

本文对无人机系统任务控制站和飞行器自主控制系统之间的任务链进行了研究，将任务链的设计由路径层次扩展到任务层次，并根据功能和执行机构的不同将其分成4个子计划，从而实现对无人机执行复杂任务的支持。任务链采用XML格式进行表达，能够满足与其它系统互联互通的需求。

本文的研究对制定和规范任务控制站与无人机飞行器自主控制系统之间的通信协议与接口规范进行了一定程度的探索和尝试，为进一步深入研究打下了基础。随着战略环境和战术环境的日益融合，基于二进制XML技术的军事文电和任务链表达规范是一个重要的研究方向。（下转第260页）