

MAS-Based 群件系统在航天测控领域的应用研究

郑文杰 孙永江 丁风海

(中国卫星海上测控部)

摘要 在分析研究 agent 及 cscw 技术的基础上, 提出 MAS-Based 群件系统的构架, 并针对其在航天测控领域的应用及若干关键技术作了初步探讨, 可为促进航天测控领域的复杂决策事件智能化协同控制提供参考。

关键词 航天测控系统 agent 技术 cscw 技术 MAS-Based 群件系统

分类号 V443.1 **文献标识码** A **文章编号** 1674-5825 (2009) 04-0056-07

1 引言

航天技术和航天活动的发展, 极大地扩展了人类活动的新领域, 世界各国航天新技术的飞速发展所得的一系列成就, 已经在政治、经济、军事等社会各个领域内越来越显示出巨大的作用。航天系统由航天飞行器系统、航天运输器系统、航天器发射场系统、航天测控系统、应用系统和其它的保障系统等组成, 这些系统合作与协同的程度, 直接关系到航天活动的成败。

航天测控系统就是一个综合各种航天测控资源, 统一指挥、联合行动, 完成航天器的发射及管理任务的大型分布式系统, 航天测控任务作为一种高技术的需要群体合作的工作, 各种测控资源之间必须有充分的合作与协同, 而传统的测控通信网络各单位之间一般是通过调度、电话、数据传输等单调的通信手段来共享一些信息, 受测控设备分散性以及测控系统复杂性的制约和限制, 系统对一些复杂测控事件无法作出高效快速的反应, 各部门之间低层次协作, 不能发挥整个测控系统决策群体的共同智慧。因此改进测控过程中的合作方式, 加强测控人员间的交流协作是十分必要的。

群件系统即用计算机支持的协同工作(CSCW)技术实现的应用系统, 提供了可以跨越时间、空间限制的计算机虚拟工作环境, 从而使人们可以更加自由的进行协同工作, 是大型分布式系统的理想解决方案, 本文针对航天测控领域的特点, 提出了基于多智能代理系统(MAS, Multi Agent System)的群件系统框架模型, 它不仅具备快速反应、智能化、网络化、可视化等特点, 符合航天测控系统先进、实用、稳定、高效的要求, 更兼有多 Agent 系统在智能性、可扩展性、鲁棒性、相容性以及能动性方面的优势, 为航天测控系统的进一步发展提供了有工程价值的参考方案。

2 基于 MAS 的 CSCW 系统框架

2.1 CSCW 基本理论

CSCW 是研究用计算机系统支持人们进行协同工作的科学, 也就是研究如何利用计算机技术、多媒体技术和网络通信技术, 支持工作群体成员在共享环境下的交互协商、分工合作, 共同完成某些任务。共同任务和共享环境是 CSCW 区别于其它多用户系统如多用户分时系统的关键。

CSCW 研究的目标之一是提高群体成员间的协

调配合和协同工作水平, 协同问题的本质是为群体完成共同的任务提供一套机制或者一个公共的平台, 使每个群体成员在它的协调下更有效地工作。CSCW 协作模型的中心是其控制机制, 一般来说, CSCW 系统的控制机制可分为隐式控制和显式控制。隐式控制中系统控制机制是不确定的, 只是在具体应用系统中才显示出其控制机制, 而在显式控制系统中, 用户不仅可以观察到群体的交互和协同, 而且还可以根据自己的需要进行控制和修改。在我们的航天测控应用中主要就是显式的控制。CSCW 系统设计开发体系结构如下图所示:



图 1 CSCW 体系结构

第 1 层也就是系统底层软硬件环境, 它为 CSCW 系统提供开放的通信支持环境, 保证协同工作过程中有效的信息交流。第 2 层解决协同工作所需的主要机制和工具。在我们的应用系统中, 主要的机制有信息共享、信息安全控制、协作用户管理机制等; 基本工具包括会议系统、讨论系统、智能决策系统等等。第 3 层所谓的三维接口包括协同工作应用编程接口 API、人-机接口 HCI、人际接口 HHI 或 IPI。第 4 层主要针对各种协同工作应用领域, 这里应该包括协同任务的确定、表示、分解与分配, 利用 CSCW 系统环境、平台、支持工具, 构造实际的应用系统。

2.2 Agent 及 MAS 基本理论

Agent(智能代理)理论与技术源于分布式人工智能 DAI, DAI 系统研究是以模拟人类社会各种组织及其协作关系为目标的。Agent 本质上就是一个计算机软件程序, 它运行于动态环境中并具有较高的自治能力, 它能够接受另外一个实体(如用户, 其它代理, 系统或机器等, 他们统一构成智能代理的生存环境)的委托并为之提供帮助和服务, 同时能够在该目标的驱动下主动采取包括社交、学习等手段在内的各种必要的行动, 以感知、适应动态环境的变化并

对之作出适当的反映, 它与其服务主体之间具有较为松散和相对独立的关系。

Agent 的基本结构从功能角度可分为反应式 Agent、认知式 Agent 以及混合式 Agent, 图 2 为我们用到的反应式 Agent 结构图:

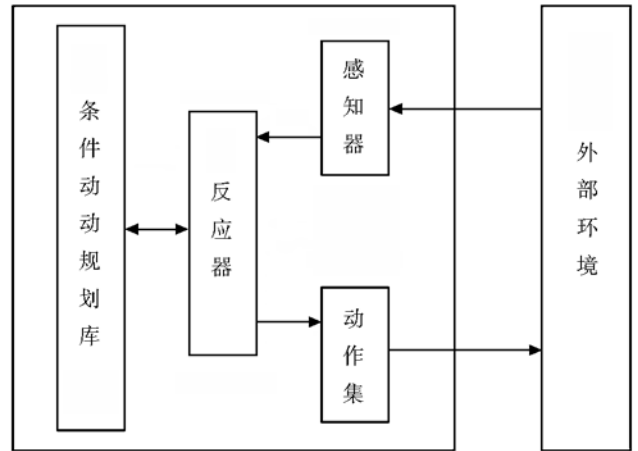


图 2 反应式 Agent 的结构框架

MAS 是指一些相互作用、相互联系的智能 Agent 通过协作完成某些任务或达到某些目标的智能分布式系统, 即 MAS 是多个 Agent 组成的集合。在 MAS 中 Agent 之间以及 Agent 与环境之间通过通信、协商和协作来共同完成单个 Agent 所不能解决的问题。MAS 的协作求解问题的能力超过单个 Agent, 这是 MAS 产生的最直接的原因。导致 MAS 研究逐渐兴起的其他原因还包括: 与已有系统或软件的互操作; 求解那些数据、能力和控制具有分布特性的问题以及提高系统的效率和鲁棒性等。

MAS 一般被定义为松耦合的问题求解器, 也可以定义为由多个具有自主或半自主行为的软件组件构成的系统, MAS 主要有三种典型的体系结构: 黑板结构、网络结构和联盟结构。体系结构的选择会影响到有多少协作智能存在于单 Agent 自身内部, 也会影响同异步、一致性、自主性和自适应性的程度, 它决定了信息的存储和共享方式, 同时也决定 Agent 之间的通信方式, 我们在航天测控领域的应用主要借鉴了联盟方式的体系结构。

联盟方式的体系结构中, 若干较近的 Agent 通过一个叫做协助者的 Agent 来进行交互, 而远程之间的交互和消息发送是由各局部 Agent 群体的协助者 Agent 协作完成的。这些协助者 Agent 可以完成多种消息发送协议, 可以灵活地实现请求/提供服务的

匹配,这种结构中的 Agent 不需要知道其它 Agent 的详细信息,系统的灵活性和高效性比较均衡。

2.3 MAS-Based 群件系统的框架结构

一个基于多 Agent 技术的群件系统就是一个具有协作关系的 Agent 集合。传统的构建方法如基于智能代理的软件工程 AOSE 首先要建模,定义一组 Agent,建立它们之间的联系,确定它们的共同目标的过程,在工程实践中是开销很大的,也是不经济的。所以我们用基于智能代理的软件工程 ABSE (Agent-Based Software Engineering) 的方法构建,通过对具有现实意义的“遗产”软件进行 Agent 特征封装及对大型分布式应用的有效集成,实现了最大限度的软件模块的可重用性,及各种应用的剪裁,集成,扩展。

图 3 就是我们提出的 MAS-Based 群件系统参考模型:

在图中 Facilitator 为全局控制通信服务器,系统将个性化的用户信息保存到全局用户信息数据库,方便用户从不同的终端登录,而且,虽然单个用户的行为具有个性,但是一定用户群体的行为却具有共性,所以图形用户接口 GUI 数据库能提高人机交互的智能性。在 Facilitator 上除了提供消息转发外,最

重要的是和其他 Agent 共同形成一个分布式的黑板结构,允许多个 Agent 之间通过在一个全局数据存储区读写元组进行通信。对客户端来讲,用户更多的是要求 CSCW 系统提供服务,操作共享的数据,因此可能产生意愿冲突,这就必须依靠客户端 Agent 之间的协调机制来解决。所以,感知环境、用户的状态变化是客户端 Agent 设计的重点,能够让用户尽早地觉察其他用户的意图,主动改变自己的策略来避免冲突。

3 MAS-Based 群件系统在航天测控中的应用

3.1 应用背景分析

测控网是航天系统的重要组成部分,我国现有的航天测控系统的基本框架如图 4 所示:

其中,航天器控制中心实施对航天器系统状态的决策与控制,中心计算机系统是整个测控系统的神经中枢系统,完成各个数据采集分系统的数据集中处理,各个地理上相对分散的数据采集分系统完成对航天器的数据采集和数据预处理功能,将经过预处理后的数据按照一定的远程网络信息约定传输到中心计算机系统。各个测控站包括:也是通信设备、测控设备、通信设备、站计算机等部分,共同组成各个数据采集分系统,在整个航天器的测控过程中,

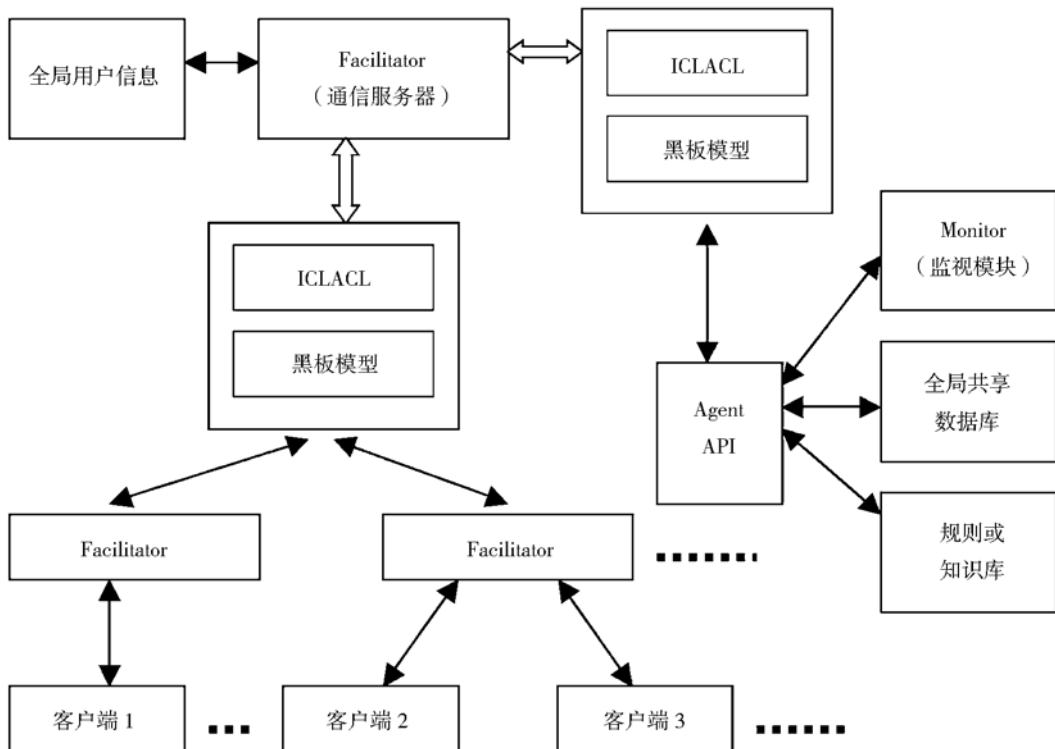


图 3 MAS-Based 群件系统参考模型

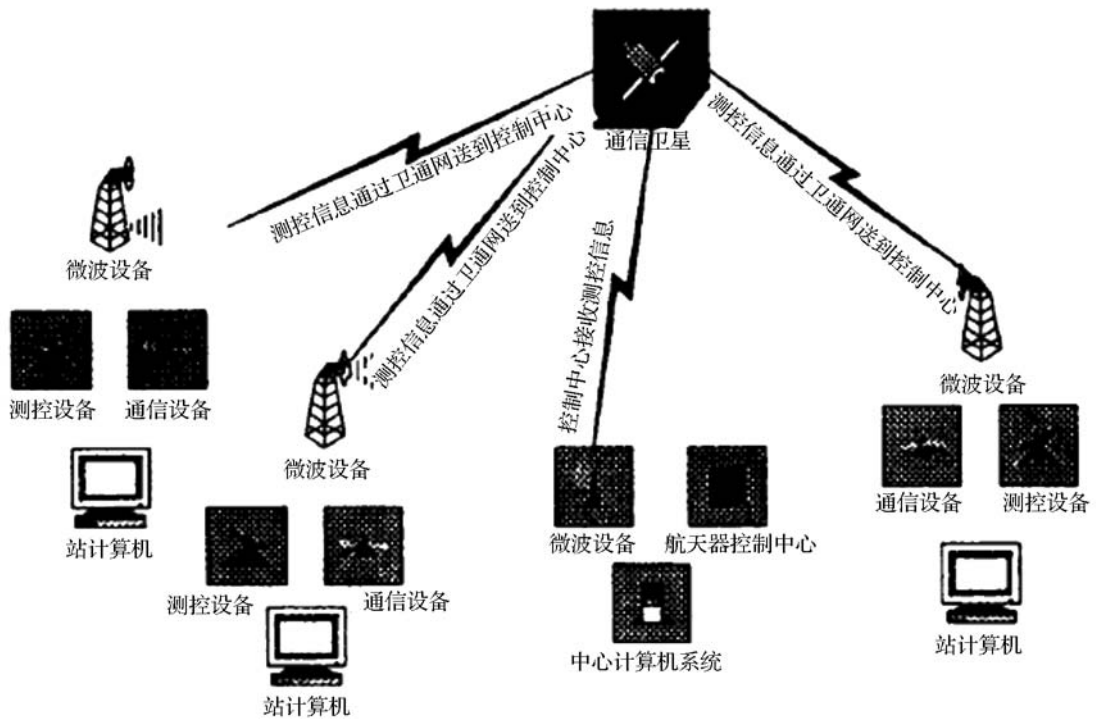


图 4 航天测控系统结构图

数据采集分系统直接关系到航天器状态判断的可靠与否,只有在准确判断航天器的最新状态的前提下才能够实施对航天器的有效控制。

在这种中心集中控制的单一网络模式中,各测控单位之间几乎是各自独立的封闭系统,系统各功能模块之间缺乏协调能力,相互间的交互只能通过预先严格确定的接口函数进行,不能适应新一代测控网以网络为中心的计算机环境中问题领域的广泛性、繁杂性和不可预测性,同时,系统缺乏灵活性与扩展能力,只能机械地执行所规定的动作,既不能满足复杂测控事件多态性服务的需求,也不能适应测控系统动态发展的需求,面对新型号任务系统的升级非常困难而且代价昂贵。

基于以上分析,我们提出的新构架在航天测控领域的应用探索主要着眼于以下几个方面:动态可扩充的构架方式;高效智能的决策方式;多权限的信息共享及多模态用户协同接口,即构建一个以 MAS-Based 群件系统为主体的测控指挥调度系统。

3.2 Agent 分解及概要设计

构建 MAS 系统首先必须解决的问题是如何选择 Agent 的粒化程度,即确定如何把任务模块分解为多个 Agent 的最佳法则,分解过程的成功与否取决于系统的全局目标能否实现。一般有以下三种 A-

gent 的分解模式:基于任务的分解,基于资源的分解和复合的分解。

我们用复合分解的模式将测控系统分解为如图 5 的多 Agent 系统模型:

该系统模型采用全局 Agent(全局用户信息管理 Agent、多模态用户接口管理 Agent 及通信管理 Agent),用户 Agent 的层次结构,通过结构化消息对系统协同行为进行控制,具体的协作功能则独立化为具有自治能力的各个功能 Agent,如图中的信息采集 Agent、信息处理 Agent、决策 Agent 等等,这些功能 Agent 通过用户 Agent,全局 Agent 的协调进行工作。

3.3 测控指挥调度系统的 MAS-Based 群件系统模型

根据测控系统的多 Agent 分解模型(图 5)和 MAS-Based 群件系统参考模型(图 3),我们设计了如图 6 所示的测控指挥调度系统 MAS-Based 群件系统模型:

全局管理 Agent 包括图 5 中描述的的全局用户信息管理 Agent、多模态用户接口管理 Agent、通信管理 Agent 等,下一级的 Agent 社团(AS)一般代表一个测控单位,如陆站、船站等等,功能 Agent 就是前面说的信息采集、信息处理等 Agent,也就是具体的测控事件流程,从协作的层次看,可分为全局的协作、测控站之间的协作以及测控站内部的协作。

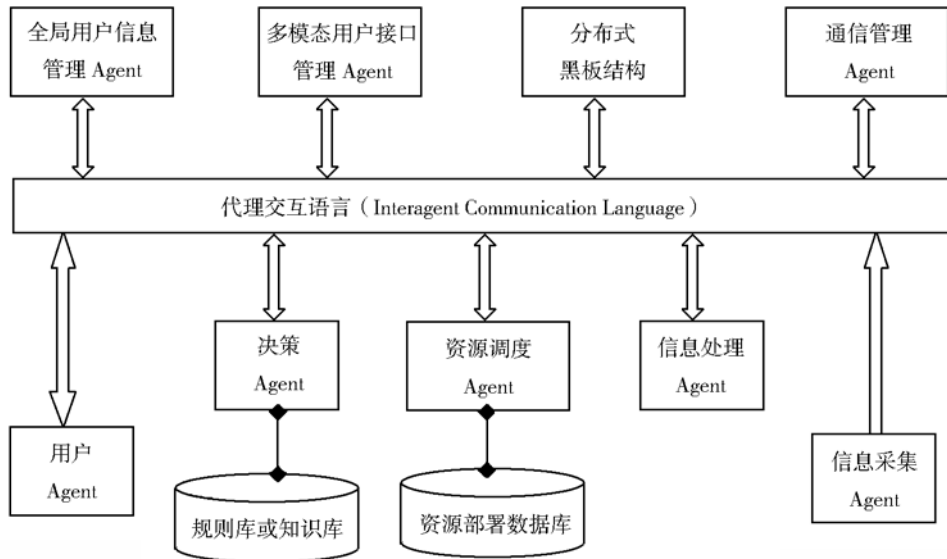


图 5 测控系统 MAS 模型

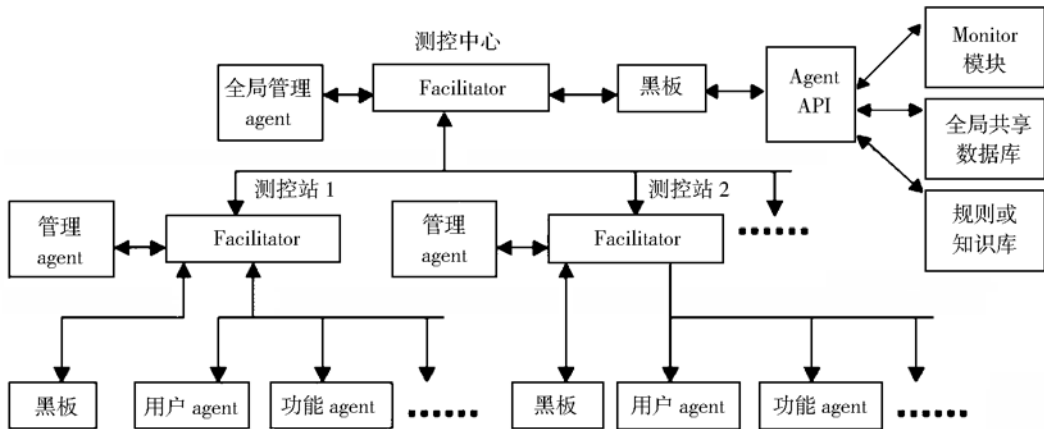


图 6 测控指挥调度系统 MAS-Based 群件系统模型

4 测控指挥调度系统的实现

测控指挥调度系统是一个结合软硬件的非常复杂的大型系统, 在这里简单介绍一下用 VC 和 OAA 框架开发软件系统的情况, 其中 OAA 是斯坦福大学的非商业研究机构 SRI 发布的 MAS 开发框架。

以下是这两类基本 Agent 的基类 ServiceAgent 和 RequestingAgent, 可以在其中定义 Agent 所具有的基本数据和行为并描述 Agent 的通信过程:

服务提供 Agent 基类:

```
class ServiceAgent //类名
{
public:
    CWnd *m_pOwerWnd; //窗口指针
    UINT m_nMsgHandle; //消息句柄
```

```
public:
    int Start(); //启动程序
    int InitOaa (CWnd *pOwerWnd, DWORD nMsgHandle); //注册界面
    int oaa_SetupCommunication(Char *Agentname); //连接 Facilitator
    int oaa_Register (char *ConnectionId, char *AgentName, ICLTerm *Solvables) //注册服务
    int oaa_RegisterCallback (char *callback_id, int (*callback_proc) (ICLTerm *, ICLTerm *, ICLTerm *)) //注册回调
public:
    CString m_strAgentname; // Agent 的名字
    CString m_strAgentAddr; // Agent 的地址
    ServiceAgent (); //构造函数
```

```

virtual ~ ServiceAgent (); //析构函数

private:
    ICLTerm* mySolvablesAsList; //声明服务内容变量
protected:
    static int SpecificService (ICLTerm *goal, I -
    CLTerm *params, ICLTerm *solutions);
        //具体的服务
void PostMsg(UINT nMsg); //消息发送
    static UINT OaaThreadProc(LPVOID pParam);
        //启动 OAA 线程
void SendMsg(UINT nMsg, CString &msg);
        //消息发送
};

服务请求 Agent 基类:
class Requesting Agent //类名
{
public:
    CWnd *m_pOwerWnd;
    UINT m_nMsgHandle;
public:
    int Start(); //启动程序
    int InitOaa (CWnd *pOwerWnd, DWORD nMs-
    gHandle); //注册界面
    int oaa_SetupCommunication(Char *Agentname);
        //连接 Facilitator
    {oaa_Solve (ICLTerm *goal, ICLTerm *ini-
    tial_params, ICLTerm **out_params, ICLTerm **so-
    lutions)}; //服务请求
    int oaa_RegisterCallback (char *callback_id, int
    (*callback_proc) (ICLTerm *, ICLTerm *, ICLTerm
    *)) //注册回调

public:
    CString m_strAgentname; // Agent 的名字
    CString m_strAgentAddr; // Agent 的地址
    Requesting Agent ();
    virtual ~ Requesting Agent ();
private:
    ICLTerm* mySolvablesAsList = NULL;
        //不提供服务
    {ICLTerm *goal //目标

```

```

ICLTerm *initial_params //内部参数
ICLTerm **out_params //外部参数
ICLTerm **solutions} //解决方案
protected:
    static int ServiceApplyDescribe (ICLTerm *goal,
    ICLTerm *params, ICLTerm *solutions);
        //申请服务的描述
void PostMsg(UINT nMsg); //消息发送
    static UINT OaaThreadProc(LPVOID pParam );
        //启动 OAA 线程
void SendMsg(UINT nMsg, CString &msg);
        //消息发送
};

```

5 结束语

本文融合 MAS 和 CSCW 两种新兴技术,提出了 MAS-Based 群件系统的框架模型,并针对其在航天器测控领域中的应用作了探索性的研究,在系统灵活性、开放性、智能性等方面都提供了良好的解决方案,为提高测控能力,尤其是针对复杂测控问题的协同决策能力提供了一条有效的技术途径,最后还为系统软件的工程开发做了有价值的尝试。随着人工智能和网络技术的不断发展,可以预见,MAS-Based 群件系统在航天测控及其它领域有着广泛的应用前景。

参 考 文 献

- [1] Tom Rodden.《A survey of CSCW systems》62. Interacting with Computers, 1991,3
- [2] 史美林 向勇 杨光信.计算机支持的协同工作理论与应用[M] 北京电子工业出版社
- [3] Intelligent Agent. Gerhard Weissed. MAS. Wooldridge, M. Massachusetts. The MIT Press, 1999
- [4] 史美林.《计算机支持的协同工作-理论与应用》,电子工业出版社出版,2001 年
- [5] 王树林,梅多轮.《黑板结构研究》.计算机研究与发展.1990 10: 1-6 页
- [6] 齐小刚 刘立芳.《CSCW 在航天测控领域的应用研究》.系统工程与电子技术, 2002.12
- [7] Katia, P. Sycara. MultiAgent System. AI Magazine Summer 1998, 7992.
- [8] Jennings N R, Wooldridge M. Agent-Oriented Software Engineering in Handbok of Agent Technology AAAI/MIT Press, 2000.

The Application of MAS-Based Group Ware System in the Space Tracking and Controlling Field

ZHENG Wenjie

(China Satellite Maritime Tracking and Controlling Department)

Abstract: A framework of MAS-Based groupware system is put forward based on the analysis of agent and CSCW technologies, and the application of this system in the field space of TT&C field is studied, then some key techniques is described, this paper provides a referential solution for the cooperative control of the complex decision-making in TT&C field.

Key words: Space TT&C system; Agent technology; CSCW technology; MAS-Based groupware system

(上接第 25 页)

A Review of Manipulator Systems On board Manned Spacecraft

ZHU Renzhang¹ WANG Hongfang² QUAN Haofang¹ WANG Xiaoguang¹

(1 Beijing University of Aeronautics and Astronautics, 2 China Academy of Space Technology)

Abstract: Space manipulator systems play an important role in the construction, maintenance and operations of space stations, and can be used to support extravehicular activities (EVAs) and scientific experiments and other operations in space. In this paper studies various manipulator systems on board manned spacecraft, including the Shuttle Remote Manipulator System (SRMS); the Space Station Mobile Servicing System (SSMSS); the Japanese Experiment Module Remote Manipulator System (JEMRMS); the European Robotic Arm (ERA); the Orbital Replacement Unit Transfer Device (OTD); the Strela cranes. and the Redocking Manipulator Arm Lyappa. The SRMS is used on space shuttle. The SSMSS, the JEMRMS, the ERA, the OTD and the improved Strela cranes are designed for the International Space Station (ISS). The Strela cranes and the Lyappa arm were used on the Russian Mir Space Station. Among these manipulators, the Strela cranes and the OTD are crew-operated arms, and other all manipulators are robotic arms. Each manipulator has a specific purpose and each has been designed to successfully complete its assigned mission.

Key words: Manipulator, Mechanical arm, Space Shuttle, International Space Station, Mir Space Station

(上接第 31 页)

Numerical Methods of Design Optimization for Manned Spacecraft Structures

CHEN Biaosong¹ ZHANG Hongwu¹ KANG Zhan¹ LIU Gang² CHEN Tongxiang² KANG Jian²

(1 Dalian University of Technology 2 China Academy of Space Technology)

Abstract: Structural design optimization method, which is based on the finite element methods and the theories of structural design optimization, is an efficient numerical simulation method for engineering structures. In this paper, some numerical methods on structural design optimization are discussed, including structural design sensitivity analysis of static response, natural frequency, buckling analysis, transient response and structural topology optimization, as well as the techniques of software implementation in JIFEX system. The main emphasizes are paid to the application of the method to important manned spacecraft structures.

Key words: Structural design optimization, Design sensitivity analysis, Manned spacecraft structures