

指控装备多 Agent 远程监测与诊断系统设计与实现

吕朋亮¹, 陈国顺²

(1. 中国人民解放军 63752 部队, 陕西 渭南 714011; 2. 军械技术研究所 电子室, 石家庄 050000)

摘要: 针对指挥控制系统日趋复杂, 装备测试诊断任务压力骤增的现状和装备智能化保障需要, 提出了一种基于多 Agent 分布式指控装备远程智能监测诊断系统, 结合某型军用指控系统, 将智能代理技术引入远程监测及诊断领域, 建立多 Agent 系统 (MAS) 的远程监测模型, 运用分布式人工智能理论设计组建各功能 Agent 子系统, 并分析了其通信机制及协调一致性等关键技术, 实现了对某型复杂指控装备的远程监控及故障诊断任务; 通过实验仿真运行, 验证了该系统能较好实现装备保障需求, 具有良好的时效性与可靠性。

关键词: 多 Agent; 分布式; 指挥控制装备; 远程监测; 故障诊断

Design and Implementation of Remote Monitoring and Fault Diagnosis System Based on Multi-agent for Equipment

Lü Pengliang¹, Chen Guoshun²

(1. 63752 Troops, Weinan 714011, China; 2. Institute of Ordnance Technology, Shijiazhuang 050000, China)

Abstract: For command and control systems become increasingly complex, the status quo of equipment test diagnosis task pressure surge and equipped with intelligent security needs, this paper puts forward a Multi-agent distributed equipment remote intelligent monitoring and diagnosis system, combined with a certain type of military charge system, the intelligent Agent technology introduction of remote monitoring and diagnosis field, establish a multi Agent system (MAS) remote monitor model, by using the theory of distributed artificial intelligence design each function Agent subsystem, and analyses the communication mechanism and key technology such as consistency, implements the allegations of a certain type of complex equipment remote monitoring and fault diagnosis of the task. Verified by experimental simulation run, the system can realize equipment safeguard demand, which has good timeliness and reliability.

Keywords: multi-agent, distributed; command and control equipments; remote monitoring; fault diagnosis

0 引言

随着高科技的发展及军事变革的深入, 指挥控制系统在未来军事斗争中的地位日益突出, 被誉为军事力量的“效能倍增器”。在指控装备结构日趋复杂及多样化的同时, 各类装备信息在时间、空间上的协调量急剧增大, 这对装备保障工作带来了极大的挑战, 传统“单车、单装”保障模式不仅需要大量设备, 耗时耗力, 且保障效能难以满足现代战争需求, 因而复杂系统的自主化, 智能化的监测诊断功能是装备保障工作的主要发展趋势。

近年来, 源于分布式人工智能的 Agent 及 MAS 技术的发展为复杂保障问题提供了有效理论支撑及解决方法, 多智能体以其分布式特点自主协商实现装备信息采集、监测、诊断及通信等各项功能, 已被广泛应用于军事装备保障领域^[1-3]。鉴于传统指挥控制系统保障模式的不足及智能体用于分布式指控装备在结构和功能上的独特优势, 本文结合某型军用指控系统, 提出一种基于多 Agent 分布式指控装备远程智能监测诊断模型, 充分利用智能代理技术优势完成指控装备的监测诊断任务。

收稿日期: 2014-08-20; 修回日期: 2014-10-10。

基金项目: 军内科研项目 (JN[2012]DZ02 号)。

作者简介: 吕朋亮 (1990-), 男, 硕士, 主要从事装备保障、远程监测及测试诊断方向的研究。

陈国顺 (1965-), 男, 博士, 研究员, 主要从事电子装备测试与诊断方向的研究。

1 多 Agent 远程监测诊断系统结构

1.1 指控系统的组网构成

由于指控装备在空间地域上多成分布式组成, 因而可将分布式 MAS 的自主性等优势得以充分发挥。本文以近年来装备部队的某型炮兵群 (团) 射击指挥系统为研究基础, 构建其多 Agent 远程智能监测诊断结构。该系统由各级指挥车, 维修保障方舱, 信息处理机和激光测距机等装备组成, 并配备各类先进的通信、定位、显示等电子设备。各级指挥舱内部设备基本相同, 一般由指挥终端、网络设备、通信控制机及各类军用电台组成, 其内部通信组网如图 1 所示。

1.2 多 Agent 远程监测诊断系统结构

各级指挥端通过有线或无线方式组成战互网。本文所提远程监测诊断系统的目的就是保障各级指控装备通信的互联互通, 为此首先需对通信网中的状态信息进行实时采集, 图中黑

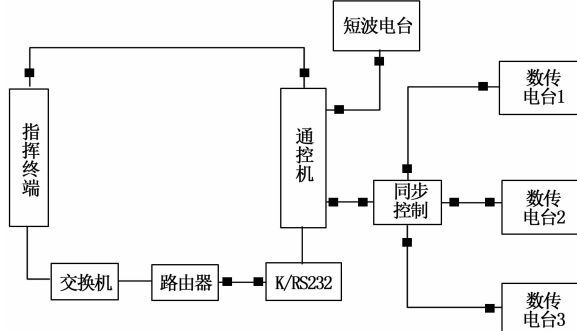


图 1 各级指挥车内部通信组网示意图

色圆点表示系统中的数据采集节点，在各节点利用专用数据采集器获取各类信息，而后基于此，根据 Agent 的功能划分及多 Agent 的结构特点，构建在战互网 LAN 环境下的基于多 Agent 远程监测诊断系统模型的分布式系统结构如图 2 所示。

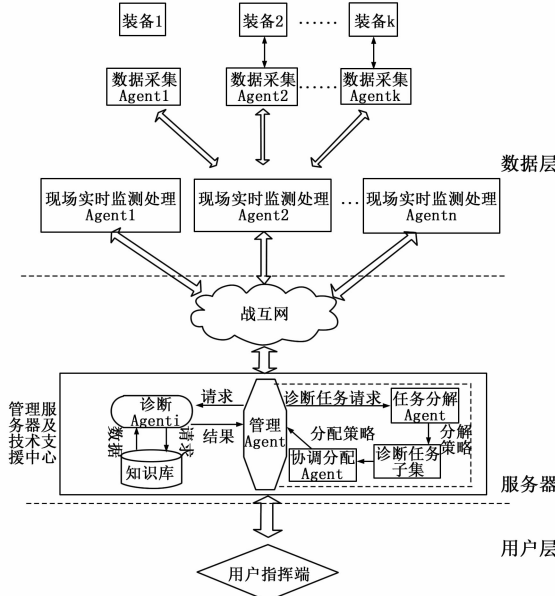


图 2 多 Agent 远程监测诊断系统结构

该系统由局域网设备、管理服务器、工控机、现场采集设备和有关软硬件系统组成，主要实现指挥层实时远程对各现场装备层的状态信息监测及分析诊断管理。其中数据层主要用于数据的采集，并以现场总线的方式组网，通过远传至上一层服务器中进行业务服务，即进行数据的监测管理等处理，若数据信息发生异常，通过战互网连接远程管理服务器，在其中进行故障任务的分解及自主协调各诊断 Agent 完成故障诊断等任务，并将处理结果呈现给指挥客户端层，组成分布式远程监测系统。而系统间各部分功能则通过分布式 MAS 模型技术得以实现。系统整体实现流程如图 3 所示。

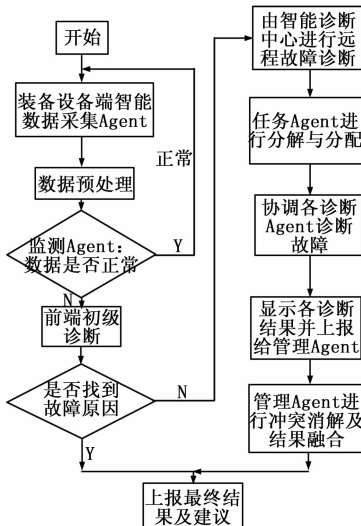


图 3 系统功能实现流程图

2 各功能 Agent 子系统设计

功能 Agent 子系统的设计是在多 Agent 远程监测诊断系统

的整体结构搭建基础上，对其中主要实现数据采集处理、实时监测、融合诊断、决策管理等功能的 Agent 子系统进行具体设计，为系统良好运行实现打下结构基础。

2.1 数据采集处理 Agent

该 Agent 子系统利用某型炮兵群（团）射击指挥控制系统专用数据采集器改进而成，其核心构件由电源模块、数字采集板、模拟采集板、6 个采集口、预处理模块、总线通信口以及包含于模拟板中的单片机中央处理模块等，基本结构功能如图 4 所示。

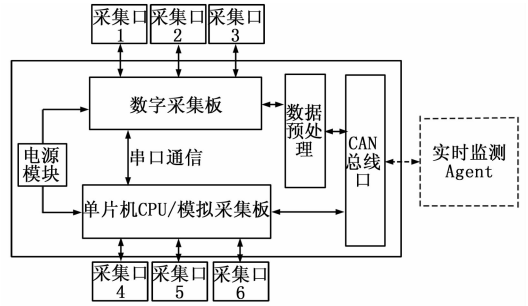


图 4 数据采集处理 Agent 功能结构

通过在其单片机 CPU 中烧入智能代理程序，使之自主控制完成信息的获取、处理与输出，必要时也可受上级管理 Agent 控制其工作的进行。数据采集处理 Agent 设计的主要思想是：模拟采集板利用单片机 CPU 控制其采集三路装备模拟信号，并可在其中对模拟信号进行解调，经过 A/D 转换器后通过单片机串口与数字采集板进行数据通信。对于装备中的数字信号可有 CPU 控制数字采集板的采集口直接采集获取。而后在预处理模块中对输出的数字数据进行处理，完成获取其特征信号，通过 CAN 总线组网通信，将数据传输给实时监测 Agent，最终实现该 Agent 子系统的信息采集、处理与通信功能。

2.2 实时监测 Agent

实时监测 Agent 通过对来自数据采集处理 Agent 的特征信号的处理从而实现装备状态的监控功能。其结构主要包括状态信息生成模块、储存模块、信息比对模块及通信模块组成。

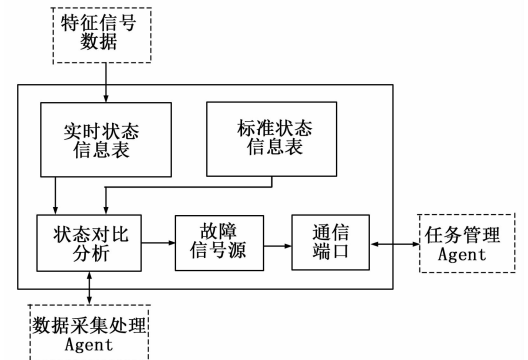


图 5 实时状态监测 Agent 功能结构

该系统核心功能在与通过将由特征信号数据生成的实时状态信息表与其原有储存的标准状态信息表进行比对，得出装备系统的实时状态。状态正常时控制数据采集端正常运行，当对比出现偏差，即发现故障信息时，若故障信息单一可直接确定为某节点设备故障时，上报结果至用户指挥端；若故障信息复杂多样不能判断时，将故障信息数据通过通信端口传输至远程服务中心的任务管理 Agent 中进行诊断支援，其通信由有线或

无线方式通过战互网连接。状态监测 Agent 实时性由所属系统的复杂程度决定, 本文为满足特定指控系统实时性, 设定更新周期 $t=10\text{ s}$ 。

2.3 故障诊断 Agent

故障诊断 Agent 以实现具体的融合诊断算法为其主要功能, 是整个诊断系统的核心 (具体的融合诊断算法在笔者所撰写的文章《基于改进 PSO 和 D-S 的融合方法及其在智能诊断上的应用》中有详细论述)。设计思想是: 每个故障诊断子 Agent 均是一个完整独立的诊断实体^[4], 它们依据所设定的融合诊断算法独立完成诊断任务或通过管理 Agent 的协调分配共同完成某项复杂诊断任务。该子系统由故障诊断模块、知识学习机、诊断知识库、通信模块等结构组成, 如图 6 所示。

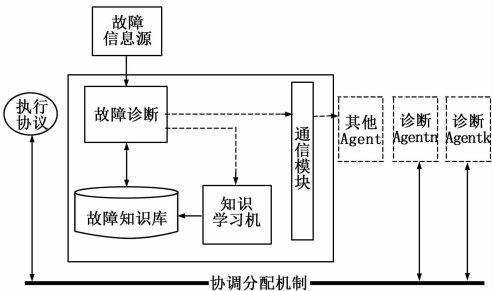


图 6 故障诊断 Agent 功能结构

各个诊断子 Agent 通过管理 Agent 依据协调分配机制生成的执行协议来判断领受诊断任务, 当接受任务后, 故障诊断模块利用自身诊断算法并调用本体知识库对读入的故障信息源进行诊断分析, 完成诊断任务并生成诊断结果通过通信模块与外界 Agent 进行通信。另外该诊断 Agent 子系统具有自主学习能力, 可将新得出的故障类型和诊断结果更新入本体知识库中, 通过不断扩充诊断数据库可有效提高故障诊断 Agent 的执行效力和智能化程度。

2.4 管理 Agent

管理 Agent 犹如“大脑”功能般存在于整个多 Agent 监测诊断系统中, 是系统诊断运行的基础。该子系统主要实现任务的分解、协调与执行控制等功能, 能体现出整体诊断系统运行的方式策略。

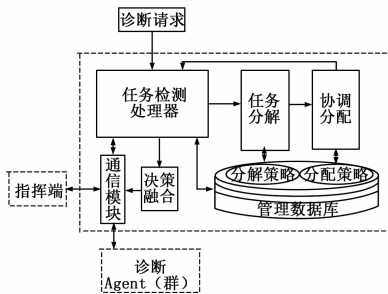


图 7 管理 Agent 功能结构

管理数据库存储着任务的分解与分配策略, 还有所有故障诊断子 Agent 的信息, 包括它们各自的诊断能力以及系统整体资源使用状况等。各子 Agent 的相关信息为相互对立的, 为方便管理 Agent 调用各自有不同的地址信息存在。

在智能诊断过程中, 当任务检测处理器受到诊断请求或接收到指挥端任务后, 检测判断任务类型, 通过调用管理数据库中的分解策略对所领诊断任务进行任务分解操作, 生成诊断任

务子集, 而后利用协调分配策略将这些子任务集分配给若干个适合的诊断 Agent 执行故障诊断工作, 将得出的诊断结果报回管理 Agent, 判断诊断结果是否有冲突, 若无冲突直接上报给指挥端; 若有则进行融合操作消除冲突生成最终诊断决策再报给指挥端。

3 关键技术研究

在多 Agent 系统整体框架和各 Agent 子系统功能结构设计基础上, 还需具体研究使系统实现的如任务协商分配策略、Agent 间的通信机制和相关代码实现等关键技术。

3.1 任务协商分配策略

本文采用基于优化的合同网协议 (CNP) 完成系统诊断任务的协商与分配^[5]。合同网协议是模拟市场行为中招标——投标——中标的一种面向谈判的分配合作机制, Agents 间的任务分配以其各自投标值作为依据, 通过具有相关能力的 Agent 相互协作和任务竞争来解决动态、分布、自适应的任务分配问题^[6]。

诊断任务分配过程分为 3 个阶段: 1) 诊断 Agent 将任务形成标书下达至调度协同 Agent; 2) 调度协同 Agent 根据资源管理 Agent 提供的能力信息进行投标; 3) 调度协同 Agent 根据总任务的内容和时间要求审核资源管理 Agent 的标书数据, 依据合同网协议确定中标者并进行授权。上述过程形成诊断任务驱动协商分配过程, 其中调度协同 Agent 和资源管理 Agent 均存在于系统管理 Agent 内运行。

诊断 Agent 自主性行为建模伪代码:

$$t_process_time(T_k, A_j) = PT(PT \cdot (T_k), Resources_R(T_k), Resources(A_j));$$

$$t_quality(T_k, A_j) = Q(Resources_R(T_k), Resources(A_j));$$

$$t_UWL(T_k, A_j) = UWL(Resources_R(T_k), Resources(A_j));$$

$$IWL(A_j, t) + t_UWL(T_k, A_j) < Max_UWL(A_j);$$

$$IWL(A_j, t) = IWL(A_j, t) + UWL(T_k, A_j), t' < t < t' + t_process_time(T_k, A_j)$$

保存记录 $\{ A_j, T_k, Start_Time, t_process_time, t_quality, t_UWL \}$ 。其中, T 为任务集合, $T_k \in T$, $Resources_R(T_k)$: T_k 所需资源, $PT(T_k)$: 在资源满足下, 执行 T_k 期望时间, $UWL(T_k)$: 执行 T_k 期望单位负载, $IWL(A_j, t)$: t 时刻 A_j 工作负载。该段代码执行目的是直到任务列表 $READY(A_j) = \phi$, 否则任何分配调度作业将导致 $IWL(A_j, t) > Max_UWL(A_j)$ 。

3.2 MAS 间通信机制

Agent 间的通信与交互机制是对 Agent 之间交互行为的内在因素的描述^[7], 也是整个 MAS 系统的核心问题, 起着“中枢神经”的重要作用。每两个 Agent 通信与交互以层次结构模型实现。其中, 处于底层的传输层即面向应用的计算机网络协议层, 它负责将中间通信协议层的信息通过某种具体的计算机网络协议来表达。其可以是 TCP/IP 或 HTTP, 主要由具体的 Agent 应用决定。

处于中间的通信协议层是主要用于保证 Agent 间能够相互交换和理解消息, 能够反映 Agent 作为一种意识系统的主观能动性。目前研究中通信协议层一般建立在言语行为理论 (Speech Act Theory, SAT) 基础上。本文 Agent 通信采用基于 FIPA-ACL^[8] 的 Agent 通信语言运行。处于上层的交互层应用的即上述基于合同网的协商交互协议。

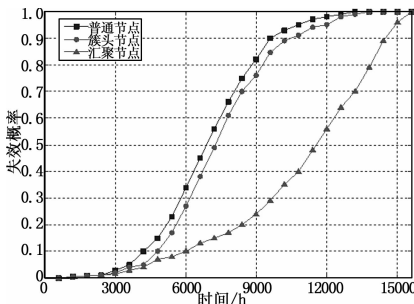


图 6 不同冗余节点的网络失效概率变化

何提高求解故障树最小割集的速度和准确性是无线传感器网络研究领域关注的焦点，为了对无线传感器网络的可靠性进行全面综合分析，提了一种二元决策图和故障树相融合的无线传感器网络可靠性分析方法。首先对无线传感器网络模型以及网络可靠性的相关定义进行分析，然后建立无线传感器网络的故障分析树模型，并先将故障树转化为二元决策图，并深度优先方式通过遍历二元决策图直接获取割集，从而得到无线传感器网络的可靠度，最后给出了特定环境下的无线传感器网络可靠性仿真实验。仿真结果表明，本文方法的分析结果有助于无线传感器网络的性能优化，提高无线传感器网络的可靠性，具有一定的实际应用价值。

参考文献:

[1] 邱丽娟, 姜 宇, 胡成全. 无线传感器网络可靠性研究进展[J].

(上接第 1601 页)

4 MAS 系统仿真实现

根据上述系统模型设计，利用基于 Java 的 Netbeans7.0 开发环境，搭建基于 JADE 平台的多 Agent 分布式远程监测系统体系结构，其创建各 Agent 类过程的关键代码 MainAgent.bat 如下：

```
Setclasspath=%classpath%;c:\jade\lib\jade.jar;c:\jade\lib\iiop.jar;c:\jade\lib\http.jar;.\bin\classes
Java jade.Boot-Container
mainFrame.edu.hust.flying.jade.agent.MainAgent
Agent:edu.hust.flying.jade.agent.* * * Agent()//创建各功能 Agent
sd.addLanguages(FIPANames.ContentLanguage.ACL);//使用 ACL 通信语言
Void CheckDate() extends Thread{//查询数据库
```

系统模拟自群团指挥端通过通信控制机经无线电台通信，并以相同路径至下级（群营）指端这一指挥通信链路。在整体装备运行正常，通控机异常状态下，群营端不能正常接收上级指令，遂对其通信链路进行故障部位诊断作业仿真，结果显示设备故障状况结果，具有良好实效性。

5 结论

基于多 Agent 技术设计构建了远程智能监测与故障诊断系统，并将其运用于指控装备系统保障工作中具有一定指导性意义，对于指控装备分布式的特点能充分发挥 MAS 的自主交互性等优势，实验仿真也证明该系统有可靠诊断效果，具有良好

传感器与微系统, 2011, 30 (10): 1-8.
 [2] 朱晓娟, 陆 阳, 邱述威, 等. 无线传感器网络数据传输可靠性研究综述 [J]. 计算机科学, 2013, 40 (9): 1-8.
 [3] Bartlett L M, Andrews J D. An ordering heuristic to develop the binary decision diagram based on structural importance [J]. Reliability Eng and Syst-Safety, 2001, 72: 31-38.
 [4] Ahn J, Hong S, Heidemann J. An adaptive FEC code control algorithm for mobile wireless sensor networks [J]. Journal of Communications and Networks, 2005, 7 (4): 489-499.
 [5] Felemban E, Lee C U, Ekici E. MMSPEED; multi-path multi-speed protocol for QoS guarantee of reliability and timeliness in wireless sensor networks [J]. IEEE Transactions on Mobile Computing, 2008, 5 (6): 738-76.
 [6] 何 明, 权冀川, 郑 翔, 等. 基于二元决策图的网络可靠性评估何明 [J]. 控制与决策, 2011, 26 (1): 32-36.
 [7] Chi K, Jiang X, Horiguchi S. Network coding-based reliable multicast in wireless networks [J]. Computer Networks, 2010, 11 (4): 1823-1836.
 [8] 张书奎, 樊建席, 崔志明. 无线传感器网络中可靠的数据协作传输机制 [J]. 通信学报, 2010, 31 (11): 30-40.
 [9] Yu R, Zhang Y, Song Z Y, et al. Joint optimization of power, packet forwarding and reliability in MIMO wireless sensor networks [J]. Mobile Networks and Applications, 2011, 16 (6): 1-11.
 [10] Courtade T, Wesel R. Optimal allocation of redundancy between packet level erasure coding and physical-layer channel coding in fading channels [J]. IEEE Transactions on Communications, 2011, 59 (8): 1-9

可行性，能智能完成装备监测诊断等保障任务。下一步将贴近实际，不断加强诊断数据库建立，并对系统冲突融合性加以完善，使诊断结果更具准确性和时效性。

参考文献:

[1] 刘 伟, 贾希胜, 王广彦, 等. 多 Agent 仿真的装备维修保障效能评估系统设计与实现 [J]. 火力与指挥控制, 2013, 38 (1): 50-53.
 [2] 王 宏, 杨建军, 郭蓬松. 基于 Agent 的虚拟抢修任务系统的设计与实现 [J]. 计算机工程与设计, 2009, 30 (22): 5147-5150.
 [3] 李 鸣, 魏震生. 多 Agent 的智能故障诊断系统 [J]. 火力与指挥控制, 2007, 32 (7): 83-86.
 [4] 崔 勇. 基于多 Agent 结构的远程协同故障诊断系统研究与设计 [D]. 洛阳: 信息工程大学, 2008.
 [5] Smith R G. High-level Communication and Control in a Distributed Problem Solve. The Contract Net protocol [J]. Computers, IEEE Transactions, 1980, C-29 (12): 1104-1113.
 [6] 张 洁. 基于 Agent 的制造系统调度与控制 [M]. 北京: 国防工业出版社, 2013.
 [7] Huhns M N, Stephens L M. Multiagent System and Society of Agents [M]. The MIT Press, 1999.
 [8] FIPA. Specification Part2-Agent Communication Language The Text Refers to the Specification [Z]. 1999.
 [9] 刘建辉, 张俊利, 王 爽. 基于 Agent 的远程协同故障诊断系统研究 [J]. 计算机测量与控制, 2006, 19 (1): 23-27.