

基于 multi-Agent 技术的海洋数据 智能采集与传输系统

胡涛¹, 丁永生^{1,2}, 曾献辉^{1,2}, 许武军^{1,2}, 郝矿荣^{1,2}

(1. 东华大学 信息科学与技术学院, 上海 201620; 2. 数字化纺织服装技术教育部 工程研究中心, 上海 201620)

摘要: 基于 multi-Agent 技术研究了海洋数据采集与传输系统的体系结构、协调机制等关键技术, 阐述了其中的 Agent 行为模型设计, 包括任务分解原则、通信机制及开发路线的选择等, 以解决多握手协议、多发送地址的复杂环境中数据传输问题. 系统采用分层设计思想和多线程技术, 实验结果显示了这种方法的可行性. 基于 multi-Agent 的智能数据采集与传输系统提高了系统的自组织、自适应能力, 具有较好的通用性和可扩展性.

关键词: multi-Agent; 海洋数据传输; 分层设计; 多线程

中图分类号: TP391 **文献标识码:** A **文章编号:** 1673-4785(2009)06-0508-05

Intelligent data acquisition and transmission system for oceanic data using a multi-Agent technique

HU Tao¹, DING Yong-sheng^{1,2}, ZENG Xian-hui^{1,2}, XU Wu-jun^{1,2}, HAO Kuang-rong^{1,2}

(1. College of Information Sciences and Technology, Donghua University, Shanghai 201620, China; 2. Engineering Research Center of Digitized Textile & Fashion Technology, Ministry of Education, Shanghai 201620, China)

Abstract: The authors analyzed the architecture and coordination mechanisms of an oceanic data acquisition and transmission system and developed a design scheme for Agent behavior in such a multi-Agent system. This included principles of task decomposition, communication mechanisms and choices of Agent design routes. As a result, the multi-Agent system can solve data transmission problems in a complex environment using a multi-handshake protocol and multi-send addresses. A multilayer design concept with multithreading was also introduced in the system.

Keywords: multi-Agent; oceanic data transmission; multilayer design; multithread

海洋综合观测与试验平台网络的一体化结构由3部分组成: 无线/卫星通讯网、试验平台系统、基站控制中心网. 基站控制中心不仅能通过无线/卫星等通信手段接收海洋综合观测与试验平台的信息, 还可以对其进行管理, 并根据预定程序发送控制指令, 对海洋综合观测与试验平台上的设备进行控制; 试验平台系统负责信息的电子化管理、接收基站控制中心的控制命令, 为相关设备动作提供依据, 进行实时数据的分析与处理等^[1].

海洋综合观测网络与试验平台网络是以海底水文、气象、温度、声学信号、沉积及泥沙等要素为研究

对象, 为此需要解决多种数据的采集、处理和高效动态传输等集成技术. 本文提出利用 multi-Agent 系统 (MAS) 技术, 对数据传输系统进行设计, 以解决多握手协议、多发送地址的复杂环境中数据传输问题^[2-6]. MAS 由多个自主或半自主的 Agent 组成, 每个 Agent 或者履行自己的职责, 或者与其他 Agent 通信获取信息并互相协作完成整个问题的求解. MAS 侧重研究一组 Agent 的行为如何协调, 各 Agent 如何进行通信和协调各自的知识、目标、策略和计划等. 各 Agent 在地理上可以是分散的, 这无疑对完成大规模和复杂的任务是富有吸引力的.

针对海洋数据采集与传输系统的体系结构、协调机制等关键技术^[7-8], 阐述了其中的 Agent 设计, 采用分层设计思想和多线程技术, 设计了一种较为高效、合理的智能数据采集与传输系统.

收稿日期: 2009-10-05.

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (60975059); 上海市科学技术委员会重大科技资助项目 (06dz12009-2-1); 上海市科学技术委员会重点基础研究资助项目 (08JC1400100); 上海市人才发展资金资助项目 (001).

通信作者: 丁永生. E-mail: ysding@dhru.edu.cn.

1 数据采集与传输系统的整体设计

海洋观测系统的数据采集中心由放置在浅海海底的采集设备负责采集各种海洋信息,然后由光电适配器转换成光信号,到达海岛后再由光电适配器转换成电信号.中间的数据传输中心将数据直接接

入 CDMA DTU 中,通过 CDMA 实时传送到电信基站,作为需要的实时数据.后端的基站控制中心将数据由基站传输给远程多台指定的服务器.

基于 multi-Agent 的数据采集与传输系统结构如图 1 所示,它是由多个接收/发送串口和存储设备组成,整个系统共有 8 个串口.

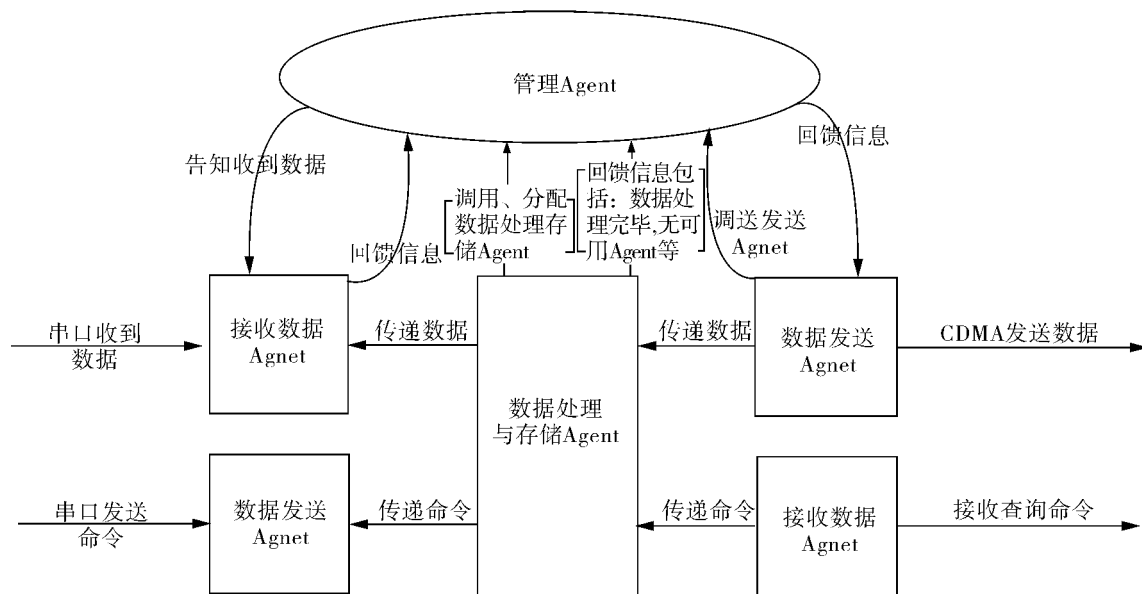


图1 基于 multi-Agent 的数据采集与传输系统结构

Fig. 1 The system structure of data acquisition and transmission based on multi-Agent

1.1 系统的体系结构

在进行 multi-Agent 系统设计时,首先应确定系统的体系结构^[4],定义整个系统内个体 Agent 的相互关系和功能分配,确定系统和各部分之间的信息流通关系及其逻辑上的拓扑结构,决定任务分解、分配、规划、决策及执行等过程的运行机制及系统各部分所担当的角色.系统的体系结构一般可分为集中控制方式、分布控制方式以及集中与分布相结合的混合控制方式 3 类.

海洋数据采集与传输系统主要用于多端口的数据接收和发送任务,需要处理各端口在接收/发送数据时的协调和分工、确定接收数据在各端口间的流向、发送任务的分解以及各端口间的信息交流;因此,端口的管理十分重要,工作量较大,需要设计专门的管理单元.为此,采用集中式体系结构,由专门的核心 Agent 负责各端口的管理,负责接收/发送任务的分配和调度,并协调各端口 Agent 之间的通信方式.但在设计时要保留扩展的接口,以便系统的接口扩充.

1.2 系统的通信与协作

在海洋数据采集与传输系统中,Agent 之间的通信行为大致可以分为 2 类^[5]:信息传递和服务请

求.信息传递是指发送 Agent 主动把有关信息传递给接受 Agent;服务请求是指发送 Agent 向接受 Agent 发出请求,要求接受 Agent 提供所需的服务,并将服务的结果返回给发送 Agent.

海洋数据采集与传输系统中,各 Agent 之间信息传递关系如图 2 所示.系统的功能就是在各个 Agent 不断地对其他 Agent 发送信息或服务请求,或者响应其他 Agent 的消息过程中得以实现的.图 2 描述了各 Agent 间存在的协作关系,此处仅对图 2 中协作关系“[2]”所代表的端口 Agent 与管理 Agent 之间存在的协作关系做如下解释说明.

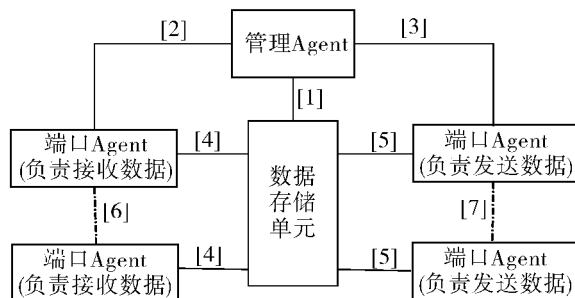


图2 数据采集与传输系统中 Agent 间的消息协作关系

Fig. 2 The communication and interaction among Agents

图2中“[2]”:所有端口 Agent(P)与管理 Agent(M)之间的信息交流.

M-P01:端口当前状况查询;

M-P02:激活端口线程;

M-P03:数据发送任务安排计划;

P-M03:数据接收.

为了解决 multi-Agent 之间的通信,本文采用 KQML 通讯语言.当数据存储单元内存有等待发送的数据时,管理 Agent(IDMA)依次会给所有端口 Agent(ID 为 PA)发送如下信息:

```
(ask_all
  :sender MA
  :receiver PA01
  :reply_with MAid3
  :language C
  :content[ InformationAbout(“空闲”) ])
```

如果有处于空闲端口 Agent 时,空闲端口 Agent 即可回应管理 Agent,并由管理 Agent 添加进入空闲端口队列.

```
(tell
  :sender PA02
  :receiver MA
  :in_reply_to MAid3
  :language C
  :content[ ... ])
```

1.3 任务的分配算法

系统采用基于环结构的并行调度算法,该算法能使每个节点的任务数达到较好的负载平衡,能减少各任务的迁移和通讯总量.在该算法中,根据系统的总任务数,主控节点计算出每个节点的平均任务数,每个节点就可获知是否超载;如果超载,则退出多余的任务数;如果少于平均数,则从主控节点处获得任务数.当任务不能平均分配时,则主控节点给开始的某几个节点分配“平均任务数+1”个任务,这样它们就比别的站点多一个任务.从而在系统调度阶段的最后时刻,每个节点有几乎相同数目的任务^[5].

2 数据采集与传输系统中 Agent 的行为模型

在系统中,设计了3种 Agent 单元:端口 Agent、管理 Agent 和存储 Agent.由于 Agent 的分工不同,且相互间的任务可以同步完成,所以为每个 Agent 创建单独的线程,执行各自的功能,各线程间的通信协调是本系统的关键所在,以下给出了各 Agent 的

主要功能及设计方案^[46].

2.1 端口 Agent

端口 Agent 是整个系统的主要功能单元,负责完成数据的接收/发送动作,每个 Agent 负责一个端口,使其能根据环境的变化选择合适的功能;端口 Agent 是对端口和其所处环境的整体建模,是对端口功能进一步地整合,使其模块化,操作更为简单、快捷.

端口 Agent 包含了接收、发送、与当前环境交流3部分内容,能根据当前环境的不同,灵活地选择接收或发送功能,使串口的利用率得到提高.端口 Agent 的设计如下:

1) 状态栏.串口的开闭状况、串口的工作状态、采集的信息类型以及当前所使用的功能等.

2) 规则库.

①接收数据.根据接收的信息类型分为少量信息传输和文件传输.对于少量信息传输,端口 Agent 的接收功能直接写入存储单元;当传输文件时,端口 Agent 将文件接收完成之后,调用文件处理模块,由文件处理模块对所接收的文件进行分块处理,最后再存入存储单元,以利于管理 Agent 的任务分配,预防文件过大,造成单个串口工作量过于繁忙.

②数据发送.同接收功能相似,端口 Agent 的发送功能也具有发送少量信息和文件2种功能.在文件发送中,由于文件较大,一般由多个串口协助发送,多个串口之间的协助关系由管理 Agent 分配协调.

③握手协议接收器.为了解决传输环境中协议过多问题,设置了握手协议接收器,通过接收 Agent 与传输环境的通信,使环境告知接收 Agent 新增的协议,增加接收 Agent 的处理能力.

④地址添加器.在传输环境中,由于地址是不固定的,需要及时更新发送的地址,所以在发送 Agent 中,设置与外界环境通信的模块,方便于接收环境信息,解决了环境中的多地址问题.

3) 通信.端口 Agent 主要有2种通信:写入存储单元和接收环境消息.前者是对存储信息的更新,后者是与当前环境进行交流.

4) 文件处理单元.为了缓解管理 Agent 任务过重的情况,设置了文件管理单元,并由接收 Agent 直接调用,文件管理单元的功能为将文件进行固定大小分块,将每一块作为一个消息存入存储队列,即将任务细化.

2.2 管理 Agent

管理 Agent 处于核心地位,负责系统各 Agent 的协调工作,是各个 Agent 的连接纽带.管理 Agent

有数据传输任务的分配、各指标的识别、对存储单元读写的控制等。管理 Agent 的设计是否合理,直接影响系统的整体性能,也是系统效率的瓶颈所在,故要采取合理的方式,缓解管理 Agent 的工作量。本系统中,专门设计了存储单元 Agent 和文件单元,专门负责信息存储与文件分块,以缓解管理 Agent 作为中间环节的工作量过重问题。

1) 状态栏。包括:串口注册表、接收/发送串口的工作状态、存储队列的信息数量;

2) 规则库。

①各串口注册,在系统初始化时,将各串口注册到管理 Agent 中,由管理 Agent 负责串口的通信。

②存储单元信息的读写控制。

③任务分配。这是管理 Agent 最主要的任务,通过基于环结构的并行调度算法,实现任务的分配,使各发送串口的任务均衡。

3) 通信。由于本系统的体系结构采用集中式体系结构,因此,管理 Agent 在通信中担当着主要角色,起协调连接作用。

2.3 存储 Agent

存储 Agent 是数据的存储单元,各 Agent 间的信息传递也可通过存储单元完成,即将信息在各 Agent 之间的转换独立出来,以细化管理 Agent 的工作。在本系统中,存储 Agent 只接受来自管理 Agent 的信息,根据管理 Agent 的指令,分配存储单元的信息,接收/发送 Agent 只有在获得存储 Agent 的许可,才能对存储单元进行读写访问。

1) 状态栏。主要为存储队列。

2) 规则库。包含队列控制单元,对存储队列进行管理,主要为读取队列,提交给发送 Agent。

3) 通信。存储单元模块只能与管理 Agent 进行通信,由管理 Agent 规划。

3 数据采集与传输系统的实现

3.1 软件的设计

在设计软件过程中,系统整体结构采用分层设计。最低层是串口处理层,负责串口事件,从串口读入或发送数据;其次是数据分离和数据处理层,负责从串口接收到的原始数据中解析出完整无差错的数据,并将其储存;第3层是数据实时显示层,这一层负责显示收到的数据及相关的系统消息,为用户决策提供实时信息。

由于数据传输的不确定性,为使各部分能实时处理,软件根据并行计算设计理念,采用多线程设计,为串口处理层中的每个串口设计了单独的线程,

尽可能提高资源的利用。

3.2 系统实现

海洋数据采集与传输系统提供了数据采集,历史数据存储及远程管理等功能,从而将观测数据采集、通讯传输等系统有效地集成在一起。该软件系统的界面主要包括3个子界面:实时监控、日志查询和自定义方案,如图3~5所示。

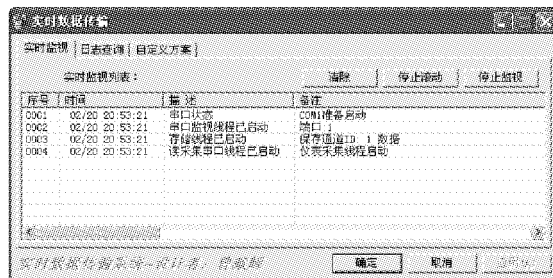


图3 实时监控界面

Fig. 3 Real-time monitoring interface

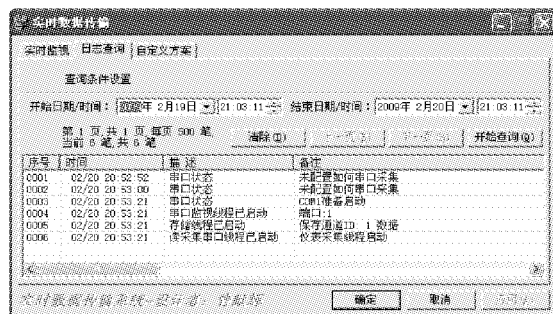


图4 日志查询界面

Fig. 4 Record query interface

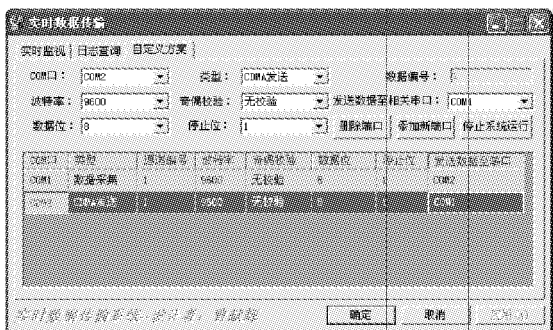


图5 自定义方案

Fig. 5 Custom scenarios

本系统每个端口 Agent 都设计有读写功能,使得数据传输的通道可以双向传输,与传统的传输系统相比,可以提高串口的利用率,减少对串口的需求。系统采用自行设计的硬盘文件管理技术,进行历史数据存储,提高存储的效率和系统的可靠性。同时利用实时数据发送与定时历史数据发送的双重机制,保证采集数据的完整性与实时性。该系统目前已成功应用在某海洋观测系统平台。

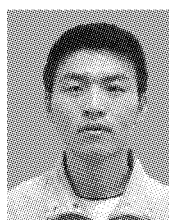
4 结束语

随着监控技术、传感器技术的快速发展和普及,数据采集与传输的研究也得到越来越广泛的关注,本文基于 multi-Agent 研究了传输系统的体系结构、协调机制等关键技术,设计了一种较为高效、合理的数据智能传输系统,具有较好的通用性.系统采用了分层设计,为扩展留下了接口,方便了今后的扩展.

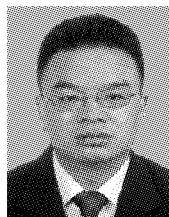
参考文献:

- [1] 杨士莪. 海洋环境及海洋资源调查、监测技术概述[J]. 舰船科学技术, 2008, 23(5): 17-19.
YANG Shie. Ocean expedition and ocean exploitation: a general review about techniques of ocean inspection and survey[J]. Ship Science and Technology, 2008, 23(5): 17-19.
- [2] PARK S, SUGUMARAN V. Designing multi-Agent systems: a framework and application[J]. Expert Systems with Applications, 2005, 28(2): 259-271.
- [3] MONTANO B R, YOON V. Agent learning in the multi-Agent contracting system[J]. Decision Support Systems, 2008, 45(1): 140-149.
- [4] 王俊松, 崔世钢. Multi-Agent 技术及应用[J]. 计算机工程与应用, 2003, 28: 61-63.
WANG Junsong, CUI Shigang. Multi-Agent technique and its application[J]. Computer Engineering and Applications, 2003, 28: 61-63.
- [5] 夏洪山, 许峰. 分布式实时系统中的多 Agent 调度[J]. 南京航空航天大学学报, 2004, 36(3): 302-307.
XIA Hongshan, XU Feng. Multi-Agent scheduling in distributed real-time systems[J]. Journal of Nangjing University of Aeronautics & Astronautics, 2004, 36(3): 302-307.
- [6] 张洁, 高亮, 李培根. 多 Agent 技术在先进制造中的应用[M]. 北京: 科学出版社, 2004: 280-287.
- [7] 宋鹏, 严峰斌. 基于 CDMA 的移动无线数据传输系统[J]. 单片机与嵌入式系统应用, 2005, 12(2): 37-39.
SONG Peng, YAN Fengbin. Mobile data transfer system based on CDMA[J]. Microcontrollers & Embedded Systems, 2005, 12(2): 37-39.
- [8] 王海涛, 段哲民. 多路数据采集与网络远程传输系统实现[J]. 计算机测量与控制, 2008, 10: 421-423.
WANG Haitao, DUAN Zhemian. Multi-channel data acquisition and long distance internet transmission system[J]. Computer Measurement & Control, 2008, 10: 421-423.

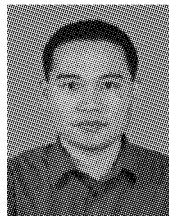
作者简介:



胡涛, 男, 1985 年生, 硕士研究生, 主要研究方向为智能系统等.



丁永生, 男, 1967 年生, 教授, 博士生导师, 博士, 主要研究方向为智能系统、网络智能、DNA 计算、人工免疫系统、生物网络结构、生物信息学、数字化纺织服装等研究.



曾献辉, 男, 1974 年生, 博士研究生, 副教授, 主要研究方向为智能控制、数字化纺织服装、智能决策与分析等.