



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 107276816 A  
(43)申请公布日 2017. 10. 20

(21)申请号 201710533956.1

(22)申请日 2017.07.03

(66)本国优先权数据

201621182335.0 2016.11.03 CN

(71)申请人 厦门嵘拓物联科技有限公司

地址 361000 福建省厦门市自由贸易试验区厦门片区翔云一路40号盛通

(72)发明人 王维龙 郑孟凯 谢少军 杨开益

(74)专利代理机构 厦门市新华专利商标代理有限公司 35203

代理人 朱凌

(51) Int. Cl.

H04L 12/24(2006.01)

H04L 12/26(2006.01)

H04L 29/08(2006.01)

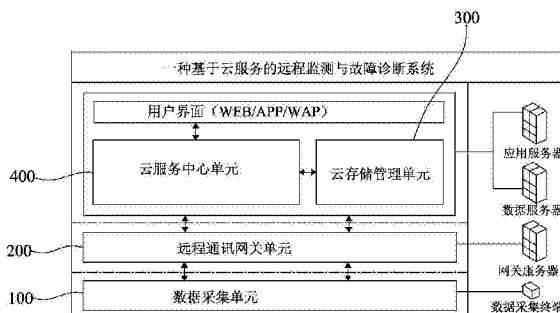
权利要求书3页 说明书7页 附图7页

(54)发明名称

一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统及故障诊断方法

(57)摘要

本发明公开了一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统及故障诊断方法,涉及智能制造和云诊断领域,包括数据采集单元、远程通讯网关单元、云存储管理单元、云服务中心单元。数据采集单元,部署在数据采集终端上;远程通讯网关单元,部署在云端前置网关服务器上;云存储管理单元,部署在云端数据服务器上;云服务中心单元,部署在云端应用服务器上。本发明创造性的将基于遗传算法优化的BP神经网络故障诊断方法应用在远程监测与故障诊断系统,能够便捷的提供适合跨地域环境下的远程监测与故障诊断服务;能够为设备制造商的技术人员提供机械设备远程在线工况监测,为生产企业使用的机械设备提供复杂故障的快速、准确、高效诊断。



1. 一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,其特征在于:包括数据采集单元、远程通讯网关单元、云存储管理单元、云服务中心单元;所述数据采集单元部署在机械设备的现场,数据采集单元与所述的远程通讯网关单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云存储管理单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云服务中心单元之间、所述的云存储管理单元与所述的云服务中心单元之间均采用网络进行连接;

所述的云服务中心单元,包括监测服务模块、诊断服务模块及预警服务模块,监测服务模块、诊断服务模块、预警服务模块分别部署在云端应用服务器上;

所述的监测服务模块,对机械设备提供实时可视化监控服务,以及指定时间段内的过程回溯服务;

所述的诊断服务模块为不同难度、不同层次的诊断需求提供专家诊断服务;

所述的预警服务模块提供对机械设备的故障预警服务,并将预警信息及时告知相关人员。

2. 根据权利要求1所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,其特征在于:

所述的数据采集单元与所述的远程通讯网关单元之间,采用4G网络进行连接;

所述的远程通讯网关单元与所述的云存储管理单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云服务中心单元之间、所述的云存储管理单元与所述的云服务中心单元之间,采用Internet/Intranet网络进行连接;

所述的云服务中心单元,采用Internet或4G网络,向用户提供WEB/APP/WAP界面的云服务。

3. 根据权利要求1所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,其特征在于,所述的数据采集单元包括:传感器模块、控制器模块及远程通讯模块,数据采集单元的各模块分别设置在数据采集终端上;

所述的传感器模块采集传感器所感知的工况信号数据传送给远程通讯模块;

所述的控制器模块接收远程通讯模块所传送的控制数据;

所述的远程通讯模块接收远程通讯网关单元的下行指令,发送控制数据给控制器模块;所述的远程通讯模块还接收传感器模块所传送的工况信号数据,并发送上行指令给远程通讯网关单元。

4. 根据权利要求1所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,其特征在于,所述的远程通讯网关单元包括:通讯服务模块、数据预处理服务模块、智能适配服务模块,远程通讯网关单元的各模块部署在云端前置网关服务器上;

所述的通讯服务模块接收数据采集单元的上行指令,发送工况信号数据给数据预处理服务模块,所述通讯服务模块还接收云服务中心单元所发送的控制数据,并发送下行指令给数据采集单元;

所述的数据预处理服务模块接收通讯服务模块所传送的工况信号数据,发送预处理后得到的特征向量数据给云存储管理单元;

所述的智能适配服务模块,提供适配器模式,为对应型号的机械设备,指定对应的远程通讯协议。

5. 根据权利要求1所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,其特征在于,所述的云存储管理单元包括:数据存储服务模块、数据检索服务模块及数据加密服务模块,云

存储管理单元的各模块部署在云端数据服务器上；

所述的数据存储服务模块接收远程通讯网关单元所发送的特征向量数据存储到相应的数据库中；

所述的数据检索服务模块接收云服务中心单元所发送的查询请求，从数据库中获取目标数据返回给云服务中心单元。

6. 根据权利要求1所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统，其特征在于，所述的云服务中心单元还包括会议服务模块、文库服务模块、培训服务模块，各模块部署在云端应用服务器上；

所述的会议服务模块，为设备制造商和生产企业提供等远程沟通和协作服务；

所述的文库服务模块，为设备制造商和生产企业的各级用户提供信息或文档上传、共享、查询服务；

所述的培训服务模块，方便在线示教，设备制造商为生产企业提供远程培训和互动教学服务。

7. 根据权利要求1至6中，任意一项所述的一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统的故障诊断方法，其特征在于，包括以下步骤：

步骤1：确定输入、输出向量：

根据布尔矩阵的构造原理，定义在故障诊断中，特征参数有 $m$ 个，即输入特征向量 $P = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ ，待识别的故障类型有 $n$ 个，即输出特征向量 $Q = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ ；根据模糊聚类分析， $r_j (j \in [1, n])$ 在 $(0, 1)$ 之间取值，判定 $r_j$ 中隶属度最大者为零部件故障发生的原因；

步骤2：选取网络层数：

采用三层BP神经网络，分别为输入层、隐含层、输出层。根据步骤1所述的输入特征向量、输出特征向量，确定输入层神经元个数为 $a$ ，其中 $a = m$ ，输出层神经元个数为 $b$ ，其中 $b = n$ ；

步骤3：计算隐含层神经元个数：

隐含层神经元个数由公式 $h = \sqrt{a + b} + x$ 确定， $x$ 是一个常数，取值在 $[1, 10]$ 之间；

步骤4：设定初始权值：

设定初始权值为 $[-1, 1]$ 之间的随机数值；

步骤5：设定学习速率：

设定学习速率为 $[0.01, 0.8]$ 之间的随机数值；

步骤6：采用遗传算法对BP神经网络的初始权值和学习速率进行优化，避免后续的网络学习陷入局部极小值，包括以下步骤：

步骤6.1：根据BP神经网络的输入层、隐含层和输出层神经元个数来确定遗传算法的编码长度 $L$

$$L = a * b + b * h + h * a;$$

步骤6.2：确定遗传算法的适应度函数；

步骤6.3：通过遗传算法的选择、交叉和变异操作产生新的种群个体；

步骤6.4：根据编码长度和适应度函数，计算种群个体的适应度值，若该适应度值满足最优适应度，则将步骤6.3得到种群个体作为最优的个体输出到BP神经网络作为初始权值和学习速率，进入步骤6.5，否则继续进行步骤6.3的操作；

步骤6.5:判断遗传算法是否达到了设定的最大进化代数,若达到则输出最优解作为BP神经网络的初始权值和学习速率,进入步骤7,否则转到步骤6.3;

步骤7:特征向量分组:

将输入特征向量P分为两组,一组作为学习样本数据进行网络学习,用 $X_P$ 表示,另一组作为诊断分析数据,用 $Y_P$ 表示;

步骤8:网络学习,包括以下步骤:

步骤8.1:将步骤6.4和步骤6.5得到的初始权值、学习速率和学习样本数据 $X_P$ 输入BP神经网络的输入层,计算隐含层、输出层各神经元的输出;

步骤8.2:计算输出层期望输出值与实际输出值的偏差 $E_P$ ;

步骤8.3:若 $E_P$ 满足训练误差条件,则网络学习结束,进入步骤9,反之,则调整输出层和隐含层的权值,返回步骤8.1继续学习,依此类推,直至偏差 $E_P$ 符合条件;

步骤8.4:将网络学习得出的最终权值作为后续诊断分析的对应权值,并得到诊断分析的算法模型;

步骤9:诊断分析:

将诊断分析数据 $Y_P$ 输入步骤8.3得出的算法模型,计算实际输出值即隶属度,若隶属度超过0.8即认为设备工况为故障存在,反之,则认为设备工况正常。

## 一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统及故障诊断方法

### 技术领域

[0001] 本发明涉及智能制造与云诊断领域,特别是指一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统及故障诊断方法。

### 背景技术

[0002] 随着计算机、数据采集、传感器和网络技术的快速发展和广泛应用,制造技术也向着网络化和智能化方向发展。机械设备不断采用现代先进工业技术,使得其复杂程度及维护难度不断加大,同时对数据采集和分析的实时性、可靠性、完整性等要求也越来越高,传统的基于单机和现场方式的设备监测及故障诊断系统已不能满足现代化的维护要求。如何减少技术人员、特别是高水平产品研发人员的出差,降低出厂产品的现场服务工作量;如何提高产品的远程维护响应速度,如何及时发现潜在问题,进而为产品的改造、设计提供一手的数据依据,是设备制造商面临的现实问题。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种可提高产品的维修、维护响应速度,及时发现设备潜在问题的基于云服务的远程监测与故障诊断系统及故障诊断方法。

[0004] 为了达成上述目的,本发明的解决方案是:

[0005] 一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,包括:数据采集单元、远程通讯网关单元、云存储管理单元及云服务中心单元;所述数据采集单元部署在机械设备的现场,数据采集单元与所述的远程通讯网关单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云存储管理单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云服务中心单元之间、所述的云存储管理单元与所述的云服务中心单元之间均采用网络进行连接。

[0006] 所述的数据采集单元与所述的远程通讯网关单元之间,采用4G 网络进行连接;

[0007] 所述的远程通讯网关单元与所述的云存储管理单元之间、所述的远程通讯网关单元与所述的云服务中心单元之间、所述的云存储管理单元与所述的云服务中心单元之间,采用Internet/Intranet网络进行连接;

[0008] 所述的云服务中心单元采用Internet或4G网络向用户提供 WEB/APP/WAP界面的云服务。

[0009] 所述的数据采集单元,包括传感器模块、控制器模块、远程通讯模块,部署在数据采集终端上;

[0010] 所述的传感器模块,按照预设的采集频率,实时采集工业生产现场各类传感器所感知的工况信号数据,传送给远程通讯模块;

[0011] 所述的控制器模块,实时接收远程通讯模块所传送的控制数据,根据控制数据对传感器模块的采集频率、远程通讯模块的上报频率等参数进行设置和修改;

[0012] 所述的远程通讯模块,一方面,实时接收远程通讯网关单元下发的下行指令,遵循远程通讯协议,解析指令数据,并将解析后得到的控制数据,传送给控制器模块,另一方面,

实时接收传感器模块所传送的工况信号数据,遵循远程通讯协议,封装工况信号数据,并将封装后得到的指令数据,按照预设的上报频率,发送上行指令,实时上报给远程通讯网关单元。

[0013] 所述的远程通讯网关单元包括通讯服务模块、数据预处理服务模块及智能适配服务模块,分别部署在云端前置网关服务器上;

[0014] 所述的通讯服务模块,一方面,实时接收数据采集单元上报的上行指令,遵循远程通讯协议,解析指令数据,并将解析后得到的工况信号数据,传送给数据预处理服务模块,另一方面,实时接收云服务中心单元所发送的控制数据,遵循远程通讯协议,封装控制数据,并将封装后得到的指令数据,发送下行指令,实时下发给数据采集单元;

[0015] 所述的数据预处理服务模块,实时接收通讯服务模块所传送的工况信号数据,进行数据预处理,并实时发送给云存储管理单元;

[0016] 所述的智能适配服务模块,提供适配器模式,为对应型号的机械设备指定对应的远程通讯协议。

[0017] 所述的云存储管理单元,包括数据存储服务模块、数据检索服务模块及数据加密服务模块,各模块部署在云端数据服务器上;

[0018] 所述的数据存储服务模块,实时接收远程通讯网关单元所发送的特征向量数据,存储到相应的数据库中;

[0019] 所述的数据检索服务模块,实时接收云服务中心单元所发送的查询请求,采用数据检索技术,从数据库中获取目标数据,并将目标数据返回给云服务中心单元;

[0020] 所述的数据加密服务模块,采用成熟的商密加密技术,为某些敏感或关键的特征向量数据的存储,提供可靠的加密、解密服务。

[0021] 所述的云服务中心单元,包括监测服务模块、诊断服务模块、预警服务模块、会议服务模块、文库服务模块、培训服务模块,部署在云端应用服务器上;

[0022] 所述的监测服务模块,可以对机械设备的运行状态、现场景象等,提供图形、图表、图像、视频等展现方式的实时可视化监控服务,以及指定时间段内的过程回溯服务;

[0023] 所述的诊断服务模块,通过内置知识库、模型库、状态库等,为不同难度、不同层次的诊断需求提供专家诊断服务;

[0024] 所述的专家诊断服务,采用基于遗传算法优化的BP神经网络故障诊断方法,其算法步骤如下:

[0025] 步骤1:确定输入、输出向量:

[0026] 根据布尔矩阵的构造原理,设在故障诊断中,特征参数有 $m$ 个,即输入特征向量 $P=(s_1, s_2, \dots, s_m)$ ,待识别的故障类型有 $n$ 个,即输出特征向量 $Q=(r_1, r_2, \dots, r_n)$ ;根据模糊聚类分析, $r_j (j \in [1, n])$ 在 $(0, 1)$ 之间取值,判定 $r_j$ 中隶属度最大者为零部件故障发生的原因;

[0027] 步骤2:选取网络层数:

[0028] 采用三层BP神经网络,分别为输入层、隐含层、输出层。根据步骤1所述的输入、输出向量,确定输入层神经元个数为 $a$ ,其中 $a=m$ ,输出层神经元个数为 $b$ ,其中 $b=n$ ;

[0029] 步骤3:计算隐含层神经元个数:

[0030] 隐含层神经元个数由公式 $h = \sqrt{a+b} + x$ 确定, $x$ 是一个常数,取值在 $[1, 10]$ 之间;

- [0031] 步骤4:设定初始权值:
- [0032] 设定初始权值为 $[-1, 1]$ 之间的随机数值;
- [0033] 步骤5:设定学习速率:
- [0034] 设定学习速率为 $[0.01, 0.8]$ 之间的随机数值;
- [0035] 步骤6:采用遗传算法对BP神经网络的初始权值和学习速率进行优化,避免后续的网络学习陷入局部极小值,包括以下步骤:
- [0036] 步骤6.1:根据BP神经网络的输入层、隐含层和输出层神经元个数来确定遗传算法的编码长度L
- [0037]  $L = a * b + b * h + h * a$ ;
- [0038] 步骤6.2:确定遗传算法的适应度函数;
- [0039] 步骤6.3:通过遗传算法的选择、交叉和变异操作产生新的种群个体;
- [0040] 步骤6.4:根据编码长度和适应度函数,计算种群个体的适应度值,若该适应度值满足最优适应度,则将步骤6.3得到种群个体作为最优的个体输出到BP神经网络作为初始权值和学习速率,进入步骤 6.5,否则继续进行步骤6.3的操作;
- [0041] 步骤6.5:判断遗传算法是否达到了设定的最大进化代数,若达到则输出最优解作为BP神经网络的初始权值和学习速率,进入步骤 7,否则转到步骤6.3;
- [0042] 步骤7:特征向量分组:
- [0043] 将输入向量P分为两组,一组作为学习样本数据进行网络学习,用 $X_P$ 表示,另一组作为诊断分析数据,用 $Y_P$ 表示;
- [0044] 步骤8:网络学习,包括以下步骤:
- [0045] 步骤8.1:将步骤6.4和步骤6.5得到的初始权值、学习速率和学习样本数据 $X_P$ 输入BP神经网络的输入层,计算隐含层、输出层各神经元的输出;
- [0046] 步骤8.2:计算输出层期望输出值与实际输出值的偏差 $E_P$ ;
- [0047] 步骤8.3:若 $E_P$ 满足训练误差条件,则网络学习结束,进入步骤 9,反之,则调整输出层和隐含层的权值,返回步骤8.1继续学习,依此类推,直至偏差 $E_P$ 符合条件;
- [0048] 步骤8.4:将网络学习得出的最终权值作为后续诊断分析的对应权值,并得到诊断分析的算法模型;
- [0049] 步骤9:诊断分析:
- [0050] 将诊断分析数据 $Y_P$ 输入步骤8.3得出的算法模型,计算实际输出值(隶属度),若隶属度超过0.8即认为设备工况为故障存在,反之,则认为设备工况正常。
- [0051] 所述的预警服务模块,通过早期微小故障检测、时间预测、定性分析等技术,提供对机械设备的故障预警服务,并可将预警信息通过声音告警、邮件通知、短信通知、自动语音电话等形式,及时告知相关人员;
- [0052] 所述的会议服务模块,为设备制造商和生产企业提供视频会议、语音会议、电子白板、文件共享、桌面共享、协同浏览、电子投票等远程沟通和协作服务;
- [0053] 所述的文库服务模块,为设备制造商和生产企业的各级用户提供方便快捷的信息或文档上传、共享、查询等服务;
- [0054] 所述的培训服务模块,方便在线示教,设备制造商可以为生产企业提供远程培训和互动教学服务。

[0055] 作为本发明的优化方案,所述的远程通讯网关单元,采用服务器集群和负载均衡技术部署,以支持高并发访问;

[0056] 作为本发明的优化方案,所述的云存储管理单元,采用分布式数据库、服务器集群和负载均衡技术部署,以支持海量特征向量数据管理和高并发访问;

[0057] 作为本发明的优化方案,所述的云服务中心单元,采用服务器集群和负载均衡技术部署,以支持高并发访问。

[0058] 本发明的优点及积极效果在于:

[0059] (1) 本发明基于松耦合的云服务构建方式,使得功能模块的可重用度更高,易于系统的扩展,实现了对分散、异构的资源进行有效的整合,能够便捷的提供适合跨地域环境下的远程监测与故障诊断服务;

[0060] (2) 本发明创造性地将基于遗传算法优化的BP神经网络故障诊断方法应用在机械设备故障诊断,有效地提高了诊断系统的诊断准确性。

[0061] (3) 本发明能够为设备制造商的技术人员提供机械设备远程在线工况监测,提高机械设备的远程故障诊断水平,减少技术人员的出差,降低现场服务工作量;能够为生产企业使用的机械设备提供复杂故障的快速、准确、高效诊断,缩短维护请求的响应时间,提高维护效率,降低因停机维护造成的损失;设备制造商通过远程网络为生产企业使用的机械设备完成定期维护、数据监测、系统升级、故障咨询、协调诊断与维修服务的,降低了产品维护费用,达到绿色制造、生产与维护的目标;

[0062] (4) 本发明能够实时监控设备状态和参数,即时发现问题,实现设备运转的透明化管理,拥有完整的设备历史数据,可追溯分析故障,通过实时监控生产设备的运转情况,不断优化工艺过程,从而提高产品质量,提高生产效率;通过远程监测及故障诊断的维护功能将设备的使用状况及发展趋势反馈给设计制造部门,能够不断完善和改进设备,有助于实现设备从设计、制造、安装、运行、淘汰的全生命周期管理。

## 附图说明

[0063] 图1为本发明的结构示意图;

[0064] 图2为本发明的数据采集单元结构图;

[0065] 图3为本发明的智能通讯网关单元结构图;

[0066] 图4为本发明的云存储管理单元结构图;

[0067] 图5为本发明的云服务中心单元结构图;

[0068] 图6为本发明的远程诊断数据流程图;

[0069] 图7为本发明的诊断算法流程图。

[0070] 以下结合附图和具体实施例对本发明作进一步详述。

## 具体实施方式

[0071] 本实施例以RT-RMDS远程监测与故障诊断系统为原型,详细描述本发明的实施方式。RT-RMDS远程监测与故障诊断系统,基于云服务架构,针对制造业中的大型、复杂、高技术设备的分布特点,通过数据采集、网络通讯及故障诊断,将分布独立的设备联系为相互协作的有机体,以实现状态监测和故障处置的及时响应,并具有资源共享、远程协作、数据



交换等功能。

[0072] 如图1所示,一种基于云服务的远程监测与故障诊断系统,包括数据采集单元100、远程通讯网关单元200、云存储管理单元300、云服务中心单元400;

[0073] 所述的数据采集单元100与所述的远程通讯网关单元200之间,采用4G网络进行连接;

[0074] 所述的远程通讯网关单元200与所述的云存储管理单元300之间、所述的远程通讯网关单元200与所述的云服务中心单元400之间、所述的云存储管理单元300与所述的云服务中心单元400之间,采用 Internet/Intranet网络进行连接;

[0075] 所述的云服务中心单元400,采用Internet/4G网络,向用户提供 WEB/APP/WAP界面的云服务;

[0076] 如图2所示,所述的数据采集单元100,包括传感器模块101、控制器模块102、远程通讯模块103,部署在数据采集终端上;

[0077] 所述的传感器模块101,按照预设的采集频率,实时采集工业生产现场各类传感器所感知的工况信号数据,传送给远程通讯模块103;

[0078] 所述的控制器模块102,实时接收远程通讯模块103所传送的控制数据,根据控制数据对传感器模块101的采集频率、远程通讯模块 103的上报频率等参数进行设置和修改;

[0079] 配合图6所示,所述的远程通讯模块103,一方面,实时接收远程通讯网关单元200下发的下行指令,遵循远程通讯协议,解析指令数据,并将解析后得到的控制数据,传送给控制器模块102,另一方面,实时接收传感器模块101所传送的工况信号数据,遵循远程通讯协议,封装工况信号数据,并将封装后得到的指令数据,按照预设的上报频率,发送上行指令,实时上报给远程通讯网关单元200;

[0080] 如图3所示,所述的远程通讯网关单元200,包括通讯服务模块 201、数据预处理服务模块202、智能适配服务模块203,部署在云端前置网关服务器上;

[0081] 配合图6所示,所述的通讯服务模块201,一方面,实时接收数据采集单元100上报的上行指令,遵循远程通讯协议,解析指令数据,并将解析后得到的工况信号数据,传送给数据预处理服务模块202,另一方面,实时接收云服务中心单元400所发送的控制数据,遵循远程通讯协议,封装控制数据,并将封装后得到的指令数据,发送下行指令,实时下发给数据采集单元100;

[0082] 所述的数据预处理服务模块202,实时接收通讯服务模块201所传送的工况信号数据,进行数据预处理,并实时发送给云存储管理单元300;

[0083] 所述的智能适配服务模块203,提供适配器模式,为不同型号的机械设备,指定不同的远程通讯协议;

[0084] 如图4所示,所述的云存储管理单元300,包括数据存储服务模块301、数据检索服务模块302、数据加密服务模块303,部署在云端数据服务器上;

[0085] 所述的数据存储服务模块301,实时接收远程通讯网关单元200 所发送的特征向量数据,存储到相应的数据库中;

[0086] 所述的数据检索服务模块302,实时接收云服务中心单元400所发送的查询请求,采用数据检索技术,从数据库中获取目标数据,并将目标数据返回给云服务中心单元400;

[0087] 所述的数据加密服务模块303,采用成熟的商密加密技术,为某些敏感或关键的特

征向量数据的存储,提供可靠的加密、解密服务;

[0088] 如图5所示,所述的云服务中心单元400,包括监测服务模块401、诊断服务模块402、预警服务模块403、会议服务模块404、文库服务模块405、培训服务模块406,部署在云端应用服务器上;

[0089] 所述的监测服务模块401,可以对机械设备的运行状态、现场景象等,提供图形、图表、图像、视频等展现方式的实时可视化监控服务,以及指定时间段内的过程回溯服务;

[0090] 所述的诊断服务模块402,通过内置知识库、模型库、状态库等,为不同难度、不同层次的诊断需求提供专家诊断服务;

[0091] 配合图7所示,所述的专家诊断服务,采用基于遗传算法优化的BP神经网络故障诊断方法,其算法步骤如下:

[0092] 步骤1:确定输入、输出向量:

[0093] 根据布尔矩阵的构造原理,设在故障诊断中,特征参数有 $m$ 个,即输入向量(特征向量) $P = (s_1, s_2, \dots, s_m)$ ,待识别的故障类型有 $n$ 个,即输出向量 $Q = (r_1, r_2, \dots, r_n)$ ;根据模糊聚类分析, $r_j (j \in [1, n])$ 在 $(0, 1)$ 之间取值,判定 $r_j$ 中隶属度最大者为零部件故障发生的原因;

[0094] 步骤2:选取网络层数:

[0095] 采用三层BP神经网络,分别为输入层、隐含层、输出层。根据步骤1所述的输入、输出向量,确定输入层神经元个数为 $a$ ,其中 $a = m$ ,输出层神经元个数为 $b$ ,其中 $b = n$ ;

[0096] 步骤3:计算隐含层神经元个数:

[0097] 隐含层神经元个数由公式 $h = \sqrt{a + b} + x$ 确定, $x$ 是一个常数,取值在 $[1, 10]$ 之间;

[0098] 步骤4:设定初始权值:

[0099] 设定初始权值为 $[-1, 1]$ 之间的随机数值;

[0100] 步骤5:设定学习速率:

[0101] 设定学习速率为 $[0.01, 0.8]$ 之间的随机数值;

[0102] 步骤6:采用遗传算法对BP神经网络的初始权值和学习速率进行优化,避免后续的网络学习陷入局部极小值,包括以下步骤:

[0103] 步骤6.1:根据BP神经网络的输入层、隐含层和输出层神经元个数来确定遗传算法的编码长度 $L$

[0104]  $L = a * b + b * h + h * a$ ;

[0105] 步骤6.2:确定遗传算法的适应度函数;

[0106] 步骤6.3:通过遗传算法的选择、交叉和变异操作产生新的种群个体;

[0107] 步骤6.4:根据编码长度和适应度函数,计算种群个体的适应度值,若该适应度值满足最优适应度,则将步骤6.3得到种群个体作为最优的个体输出到BP神经网络作为初始权值和学习速率,进入步骤6.5,否则继续进行步骤6.3的操作;

[0108] 步骤6.5:判断遗传算法是否达到了设定的最大进化代数,若达到则输出最优解作为BP神经网络的初始权值和学习速率,进入步骤7,否则转到步骤6.3;

[0109] 步骤7:特征向量分组:

[0110] 将输入向量 $P$ 分为两组,一组作为学习样本数据进行网络学习,用 $X_P$ 表示,另一组

作为诊断分析数据,用 $Y_P$ 表示;

[0111] 步骤8:网络学习,包括以下步骤:

[0112] 步骤8.1:将步骤6.4和步骤6.5得到的初始权值、学习速率和学习样本数据 $X_P$ 输入BP神经网络的输入层,计算隐含层、输出层各神经元的输出;

[0113] 步骤8.2:计算输出层期望输出值与实际输出值的偏差 $E_P$ ;

[0114] 步骤8.3:若 $E_P$ 满足训练误差条件,则网络学习结束,进入步骤9,反之,则调整输出层和隐含层的权值,返回步骤8.1继续学习,依此类推,直至偏差 $E_P$ 符合条件;

[0115] 步骤8.4:将网络学习得出的最终权值作为后续诊断分析的对应权值,并得到诊断分析的算法模型;

[0116] 步骤9:诊断分析:

[0117] 将诊断分析数据 $Y_P$ 输入步骤8.3得出的算法模型,计算实际输出值即隶属度,若隶属度超过0.8即认为设备工况为故障存在,反之,则认为设备工况正常。

[0118] 所述的预警服务模块403,通过早期微小故障检测、时间预测、定性分析等技术,提供对机械设备的故障预警服务,并可将预警信息通过声音告警、邮件通知、短信通知、自动语音电话等形式,及时告知相关人员;

[0119] 所述的会议服务模块404,为设备制造商和生产企业提供视频会议、语音会议、电子白板、文件共享、桌面共享、协同浏览、电子投票等远程沟通和协作服务;

[0120] 所述的文库服务模块405,为设备制造商和生产企业的各级用户提供方便快捷的信息或文档上传、共享、查询等服务;

[0121] 所述的培训服务模块406,方便在线示教,设备制造商可以为生产企业提供远程培训和互动教学服务。

[0122] 作为本发明的优化方案,所述的远程通讯网关单元200采用服务器集群和负载均衡技术部署,以支持高并发访问;

[0123] 作为本发明的优化方案,所述的云存储管理单元300,采用分布式数据库、服务器集群和负载均衡技术部署,以支持海量特征向量数据管理和高并发访问;

[0124] 作为本发明的优化方案,所述的云服务中心单元400,采用服务器集群和负载均衡技术部署,以支持高并发访问。

[0125] 以上仅为本发明较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明实施例揭露的技术范围内,可轻易想到的变化或替换,都应该涵盖在本发明的保护范围之内。

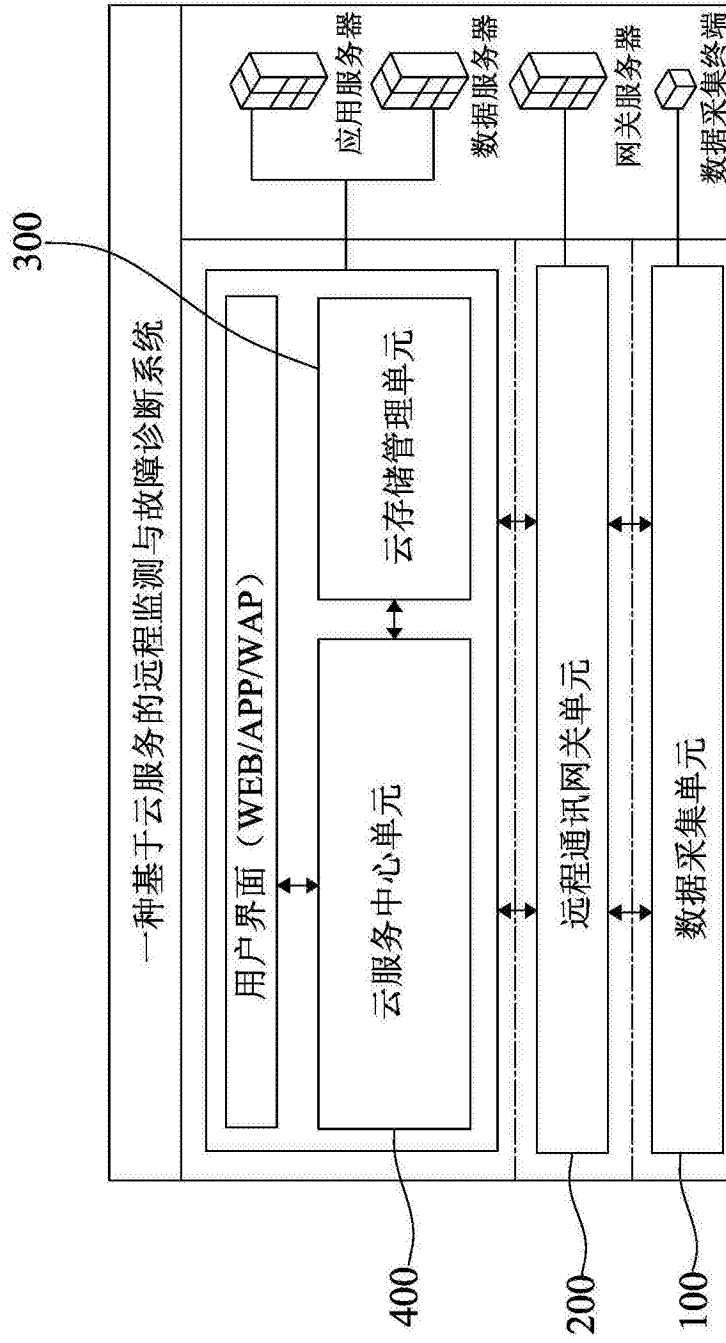


图 1

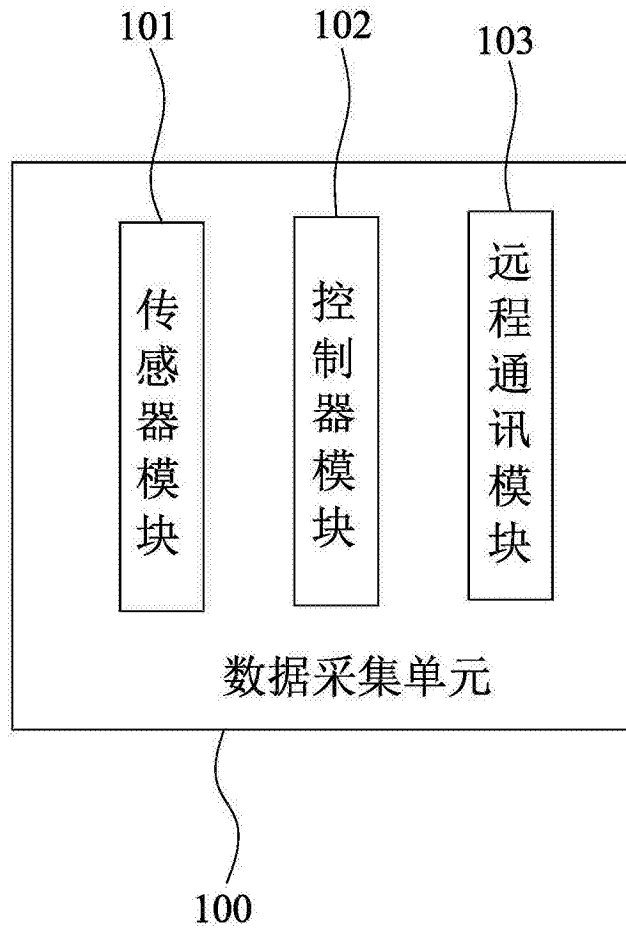


图 2

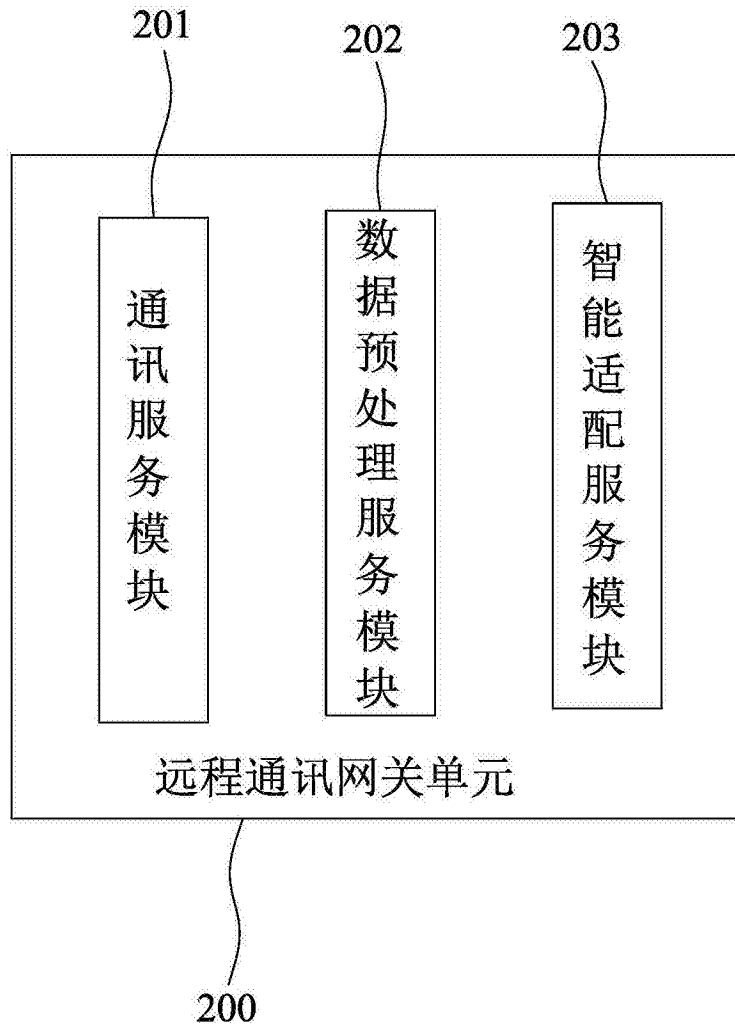


图 3

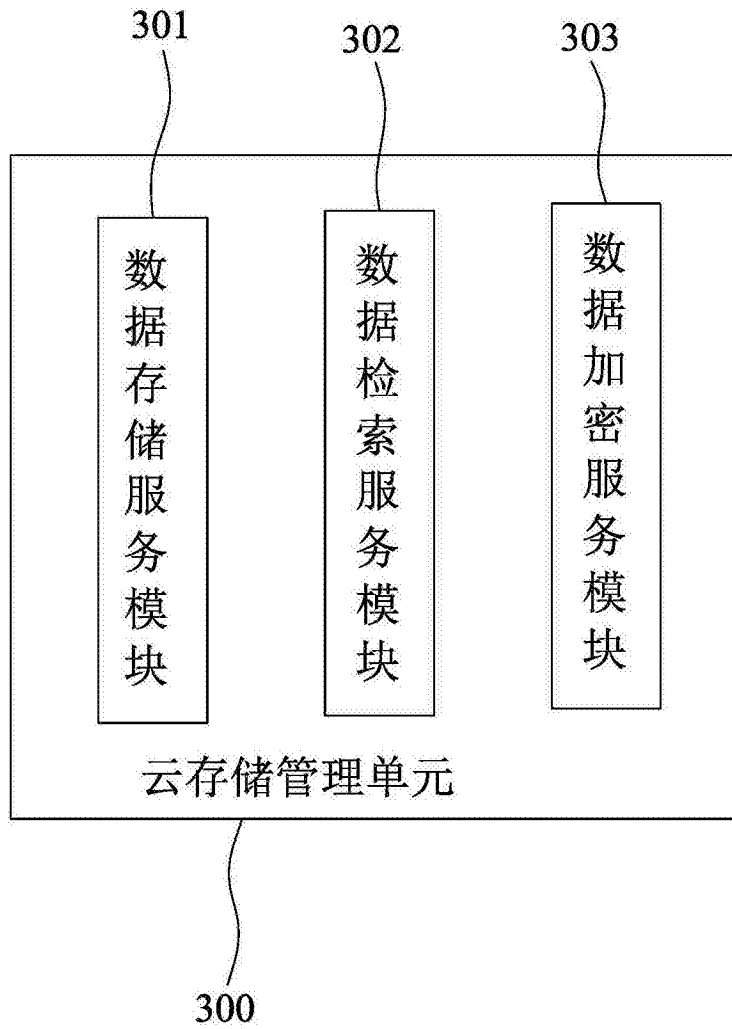


图 4

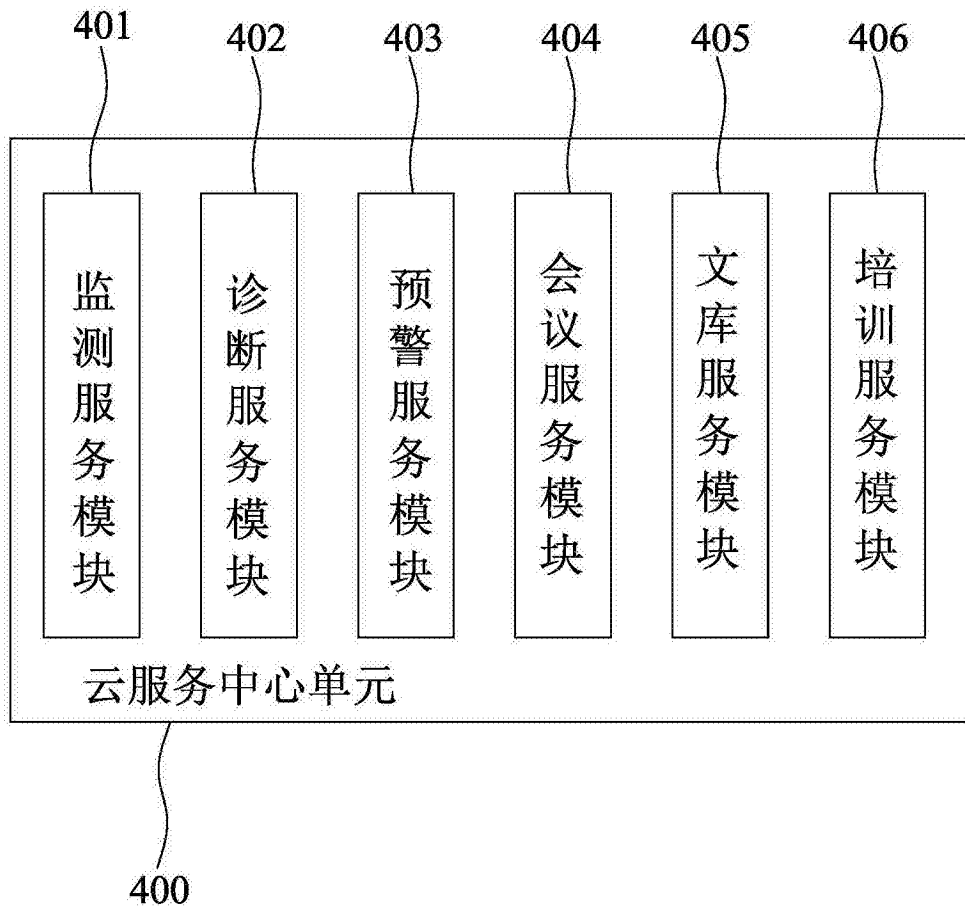


图 5



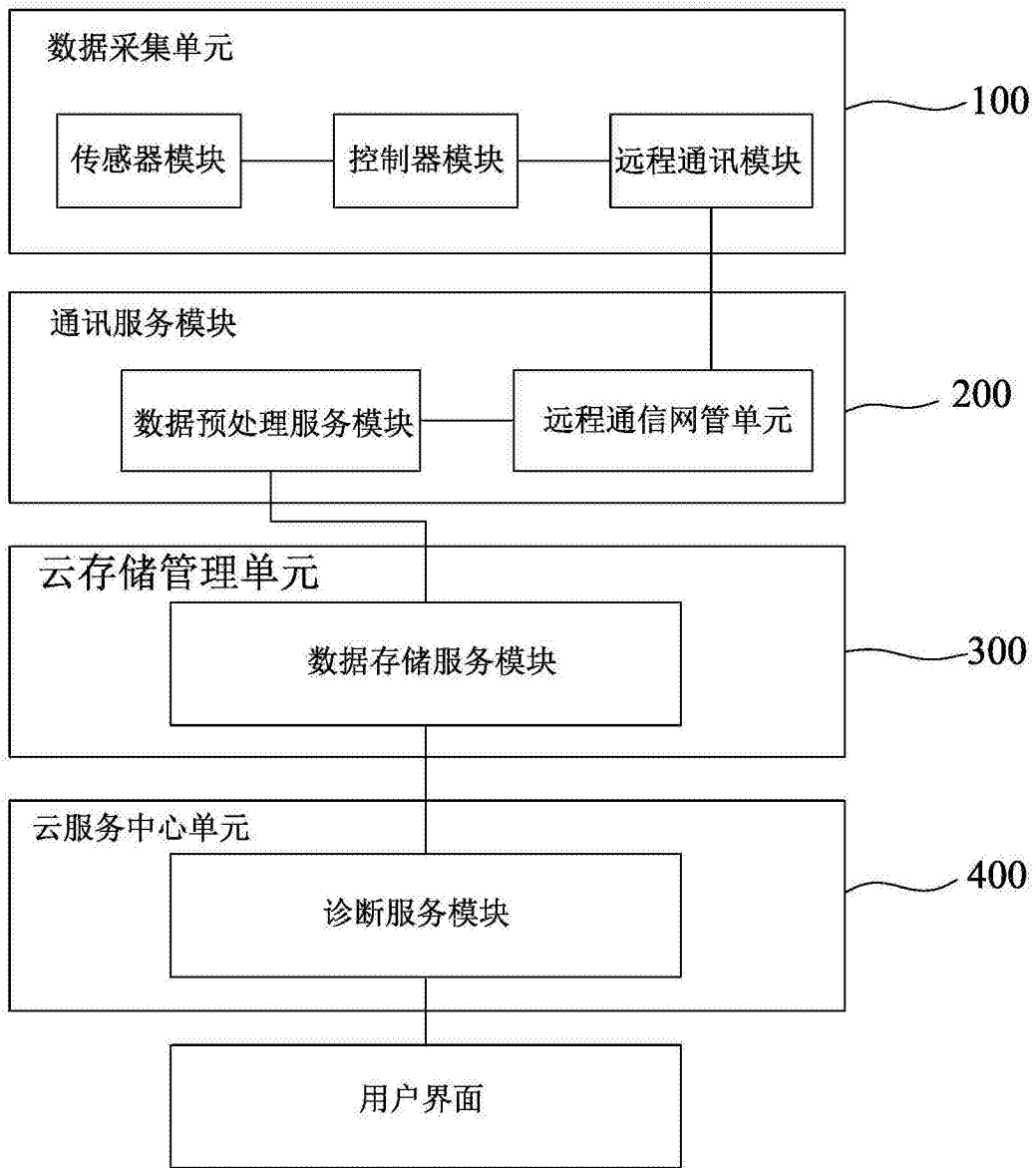


图 6

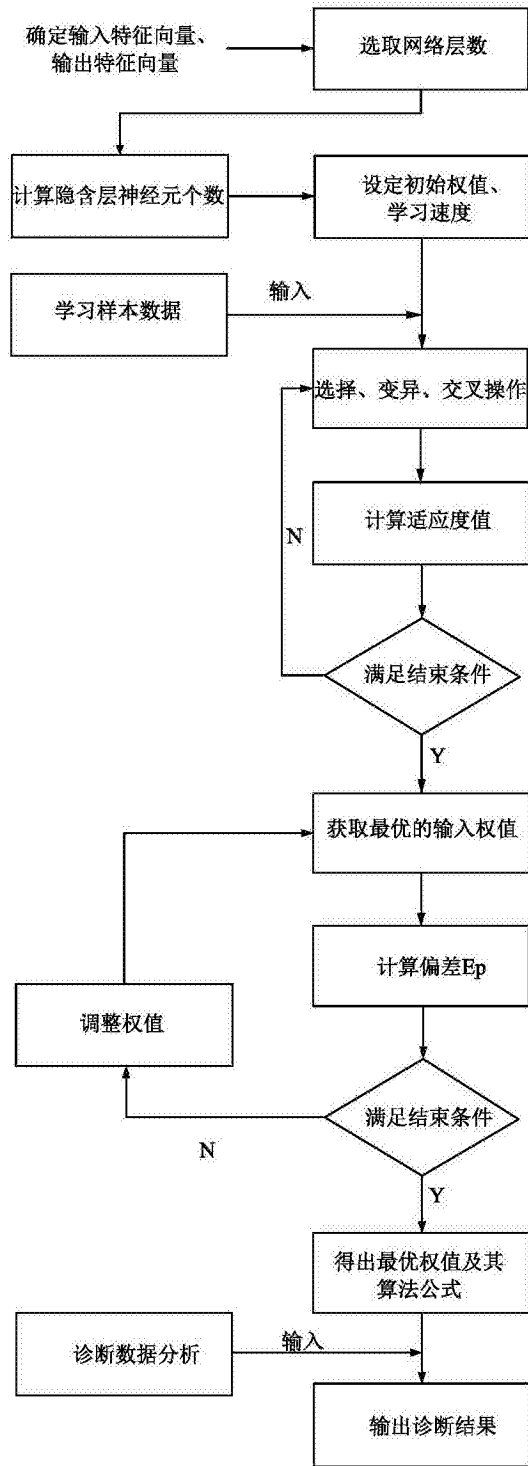


图 7