

吴玉娟,刘永华. 基于 Web 的嵌入式收获机械手故障诊断系统设计与实现[J]. 江苏农业科学,2015,43(12):488-490.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2015.12.149

基于 Web 的嵌入式收获机械手故障诊断系统设计与实现

吴玉娟, 刘永华

(江苏农林职业技术学院现代园艺工程技术中心,江苏句容 210031)

摘要:以农业收获机械手为研究对象,综合运用网络通信和嵌入式软件开发技术,在完成数据采集系统设计的基础上,系统研究了农业收获机械手故障诊断运行流程,构建了基于匹配机、推理知识与开放式的故障诊断算法模型,设计开发了 1 套集数据采集、故障诊断等功能于一体的便携式收获机械手故障诊断辅助决策系统,尤其是研究探索提出的利用专家知识库建立收获机械手新方法,能够满足不同类型农业收获机械手故障诊断需要,对于提升农业收获机械手维修保障能力具有重要意义。

关键词:收获机械;故障诊断;嵌入式;Web;系统开发;最近相邻算法

中图分类号: TP277.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2015)12-0488-03

随着机电一体化技术的飞速发展,收获机械已经成为推动农业机械自动化发展的重要领域,它在农业机械制造业中的地位越来越高,而故障诊断技术是保持收获机械正常运转的支撑技术,在农业机械制造中至关重要。目前,为满足机械制造多样化需求,近几年农业收获机械发展类型多、更新换代频繁,虽然每种农业收获机械都有自己的诊断系统,但只能提供部分诊断显示功能,不能覆盖所有的故障,这给收获机械使用者操作与使用带来了巨大困难。目前,受各种条件的制约,国内外对收获机械的研究并不是很多,除了生产厂家提供的诊断程序外,大部分集中在检测状态参数故障诊断领域,效费比低,能诊断的故障类型有限。本研究以实现高效智能检测效果为目标,采用 J2EE 语言开发平台,综合运用 Eclipse、Oracle 等跨平台开发工具,设计开发了 1 套集数据采集、故障诊断等多种功能于一体的计算机故障诊断辅助决策系统,研究探索了利用专家知识库建立故障诊断系统的新方法,研制开发的系统能够满足不同类型收获机械故障诊断需要,对于提升收获机械维修保障能力具有重要意义。

1 数据采集系统设计

1.1 传感器设计

传感器结构框图如图 1 所示,其中,传感器主要负责电、声音信号的采集、光电转换以及电信号的放大、保存和发送。

1.2 硬件电路结构

传感器的硬件电路主要由控制单元、信号处理单元以及电源管理单元 3 个部分组成。控制单元中采用英国 JENNIC 公司的 JN5139 无线模块作为主控芯片,该型芯片具有低功耗、低成本、完全兼容 IEEE 802.15.4 等特点,其中内置了 4 路 12 位 A/D 转换器,满足信号采集的要求;集成了 16 MHz 32 bit RISC MCU 内核、高性能的 2.4 GHz IEEE 802.15.4 收发器、192 kB ROM 和 96 kB RAM,为实现便携式故障诊断应用提供了通用的低成本技术解决方案。

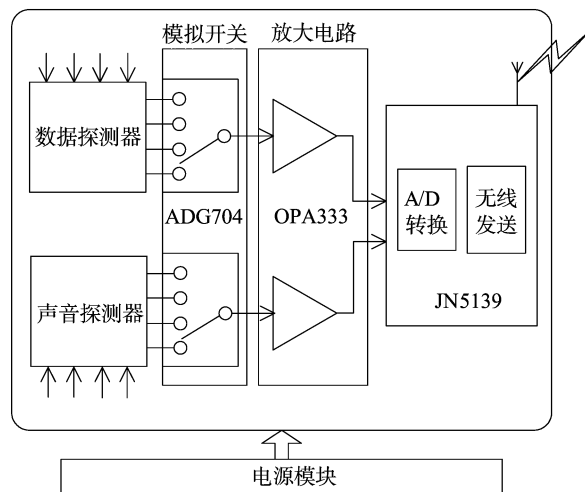


图1 声光电传感器结构

率、低成本、完全兼容 IEEE 802.15.4 等特点,其中内置了 4 路 12 位 A/D 转换器,满足信号采集的要求;集成了 16 MHz 32 bit RISC MCU 内核、高性能的 2.4 GHz IEEE 802.15.4 收发器、192 kB ROM 和 96 kB RAM,为实现便携式故障诊断应用提供了通用的低成本技术解决方案。

1.3 控制器设计

1.3.1 PDA 硬件改造设计 本装置采用 CS350 作为嵌入式控制器,并对其进行相应的嵌入式改造。PDA 作为装置的控制单元及无线网络的协调器,需要内嵌 1 个 JN5139 无线通信模块,以实现与声音、电流等传感器节点的无线组网。即 PDA 经过改造与 JN5139 无线通信模块通过 RS232 串口连接(图 2)。JN5139 无线模块接收传感器节点无线传输的数据,然后通过串口将数据传输到 PDA 处理器,从而在 PDA 上显示、存储和处理。

1.3.2 PDA 软件设计 PDA 运行平台是 Windows Mobile 6.0 操作系统。因此采用微软提供的工具 Visual Studio 2008, Windows Mobile 6.0 的 SDK 包等对智能设备进行开发设计。开发语言为 C#。软件设计主要包括界面设计及数据采集系统设计 2 个部分。图 3 为 PDA 的软件界面。

收稿日期:2015-09-14

基金项目:江苏省农业科技自主创新资金[编号:CX(14)2110];江苏农林职业技术学院智能农业装备创新团队项目(编号:2013td06)。作者简介:吴玉娟(1981—),女,江苏南京人,硕士,讲师,研究方向为机电装备的研究与开发。E-mail:623255445@qq.com。

通信作者:刘永华,博士,教授,研究方向为智能农业装备的研究与开发。E-mail:lyh167@sina.com。

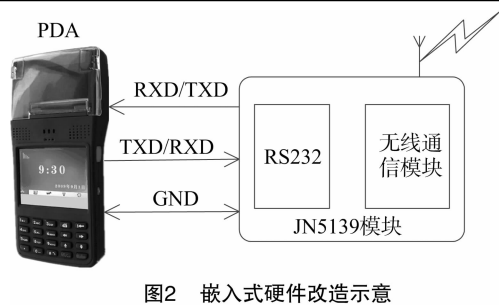


图2 嵌入式硬件改造示意



图3 PDA软件界面

控制器是无线通信网络中的协调器，负责组建整个网络。其工作流程如图 4 所示。控制器上电之后初始化，搜索信道。控制器自动接收传感器节点发送的数据，实时在 PDA 界面上滚动显示，并将采集数据保存在 PDA 自身的存储器中。

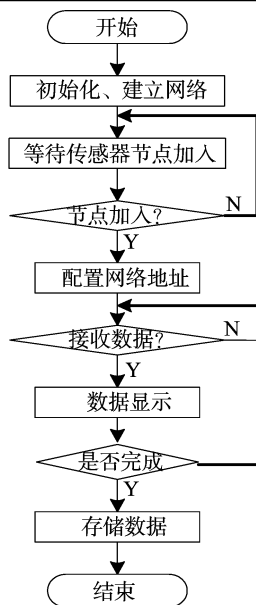


图4 无线控制器软件设计流程

2 故障诊断运行流程

2.1 模块数据运行流程

由 PDA 客户端发出请求指令，经过网络，传递给 Internet，再传递给 Web 服务器 Tomcat，再经 JDBC 传递给数据库服务器所示。通过对故障信息在数据库服务器内进行查询后，将数据经过 JDBC 传递给 Tomcat Web 服务器返回到客户端 PDA，为操作使用提供维修诊断指南，运行流程如图 5 所示。

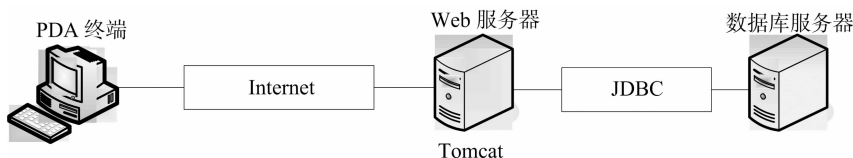


图5 数据运行流程

2.2 诊断模块内外部关系

诊断的组件包括有：匹配机、推理机、人机界面、用户、知识库、数据库、专家等。诊断程序模块之间关系如图 6 所示。

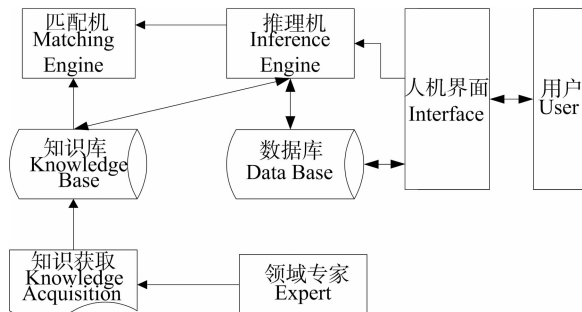


图6 收获机械故障诊断程序模块

3 主要算法模型设计

3.1 匹配机

本研究中的案例匹配，也就是基于案例推理（CASE - Based Reasoning），它源自于认知科学，是根据记忆在人类推理活动的作用而发展起来的一种方法。而本研究中提出基于案例推理故障诊断，根据之前建立的案例规则库，通过相邻算法完成未知案例的匹配检索，之后依据整体相似度降序排列结果，检索定位出源案例，也就是找到与该故障最相似的源案例，根据检索筛选得到的源案例排除故障。CBR 是人工智能领域中一种非常有效快速的推理方法，CBR 策略在通用问题求解、故障诊断等领域中得到广泛的应用，证明了它的有效性与实用性。

在案例检索匹配实施过程中，核心是相似度计算，为此，在设计开发农业收获机械故障诊断系统中，确立了计算结果临界值。如果相似度大于 75%，就认为匹配成功，具体来说，通过比较案例特征属性的函数关系值，得出 2 个案例的相似程度，下面，结合未知案例 X 与源案例 I 的相似度判断，提出一种改进的最近相邻算法。

常用最近相邻算法：

$$sim(I,X)=\frac{\sum_{i=1}^mW_i^*sim(I_r,X_r)}{\sum_{r=1}^nW_r}。$$
 (1)

在(1)式中: n 是案例特征属性并集,大小用 $B_{I\cap X}=B_I\cap B_X$ 表示; m 是案例特征属性交集; W_i^* 为源案例 I 中第 i 个特征属性的权值; W_r 为源案例中第 r 个特征属性的权值;我们用 $sim(I_r,X_r)$ 表征案例第 r 个特征属性局部相似度。

优化完善最近相邻算法:

$$sim(I,M)=u+\frac{\eta\prod_{i=1,i_1,m_1=1}^{i=i_1,m=m_1}v_iw_m}{2}。$$
 (2)

设定 M 中包含 m 个故障号, I 包含 i 个故障号, M 与 I 中相同的故障号集合为 S ,其中 s 为 S 中的故障号数目。 M 中包含而 I 中不包含的故障号集合为 M_1 , m_1 为故障 M_1 中的故障号数目。 I 中包含而 M 中不包含的故障号集合为 I_1 ,而 i_1 是 I_1 中故障号数目。而 $u、v、w$ 为设定的权重值。 u 为 S 的比例权重系数, v 为 M_1 中元素的比例权重系数, w 为 I_1 中元素的比例权重系数, $u、v、w$ 三者值之和等于 1,而 η 表征综合相似系数,确定相似度大于 75% 则认为匹配成功。

下面规范 η 值的确定方法:首先建立故障号数据库文件 F , F 中应包含主要故障号,由此便可以迅速定位查找故障原因,假设 $f\in F$,如果 s 中有 F 对应的故障号,则设为 2.3;如果 s 中没有包含而 m_1 或者 i_1 中包含了, η 值为 0;如果 s 中包含了 F 中故障号,但同时 m_1 或者 i_1 也有故障, η 值为 0,如果 s 中有 F 中故障号,且同时 m_1 或者 i_1 中含有, η 值为 1.3, Situation 与 η 值的对应关系如表 1 所示。

表 1 Situation 与 η 值的对应关系

Situation	η 值
$f\in S,f\notin M_1$ 且 $f\notin I_1$	2.3
$f\notin S,f\in M_1$ 且 $f\in I_1$	0
$f\in S,f\in M_1$ 且 $f\in I_1$	1.3

3.2 推理知识

知识库中由规则和案例 2 个部分组成,如果案例匹配采纳,即可将故障信息自动导入到推理系统,而推理实施过程中,通常采用 Jess 内置的正向推理与反向推理,神经网络通过多重案例训练 BP 权值来进行。

3.2.1 单故障推理 单故障推理依据查询规则库数据进行实施。

3.2.2 多故障推理 多故障推理通过转化为单故障推理来进行。

多故障诊断过程工作流程见图 7。现假定 A、B、C、... 是某一故障号,而 a1、a2、...、b1、b2、...、c1、c2、... 是故障对应的原因集合。一般情况下,多故障诊断结果得出的故障原因是某一种原因,即设为 x 。

计算出 a1、a2、...、b1、b2、...、c1、c2、... 等数据后,开展公共元素的计算提取,假定提取到的公共元素为 $n1、n2、n3、...$,那么接下来进行 $n1、n2、n3、...$ 的逐一故障排查,直到最终确定 x 为止。

3.3 开放式

通过系统梳理故障诊断规则及其相关数据,充实完善数据库规则内容,构建与对应各种案例的相似度计算模型,相似度计算一般采用 TC 相似模型,现假设有案例 I 与 J ,2 个案例

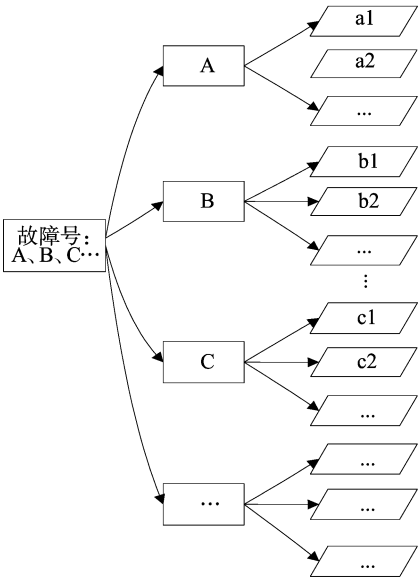


图7 多故障诊断过程流程

特征属性并集 $B_{I\cap J}$ 中含 k 个特征属性, $w_i、w_j$ 分别表示 $B_{I\cap J}$ 中第 r 个特征属性在案例 I 和 J 中的权值,若案例不含有该特征属性,它的值为 0; $i_r、j_r$ 表征特征属性取值。

$$sim(I,X)=\frac{\sum_{r=1}^k W_i^* W_j^* sim(i_r,j_r)}{\sqrt{\sum_{r=1}^k (W_r)^2} \sqrt{\sum_{r=1}^k (W_r')^2}}。$$
 (3)

在式(3)中: $sim(i_r,j_r)$ 表示 2 个案例间第 r 个特征属性的局部相似度,其中 $i、j$ 代表待检验的案例。若 2 个案例相似度计算结果大于 0.75,即可放入同一个组中,反之,认为 2 个案例不相似。

4 结束语

收获机械故障诊断是当前农业机械制造领域研究的一个热门课题,但本研究从数据采集与故障诊断出发,综合运用网络通信技术与嵌入式软硬件开发技术,设计开发了便携式远程故障诊断系统,对于提升农业机械维修保障能力具有重要意义。

参考文献:

[1] Schank R, Abelson R R. Goals and understanding[M]. Erlbanum: Eksevier Science,1997:165-176.
[2] 孙立宁,谢小辉,杜志江,等. 基于 Internet 的机器人实时双向遥控操作[J]. 西安电子科技大学学报:自然科学版,2005(1):146-150,164.
[3] 徐宗本. 计算智能中的仿生学:理论与算法[M]. 北京:科学出版社,2003.
[4] 蔡自兴. 机器人学[M]. 北京:清华大学出版社,2000.
[5] 王彦集,张瑞瑞,陈立平,等. 农田环境信息远程采集和 Web 发布系统的实现[J]. 农业工程学报,2008,24(2):279-282.
[6] 汪明磊,陈无畏,王檀彬,等. 基于分层传感器信息融合的智能车辆导航[J]. 农业机械学报,2009,40(11):165-170.
[7] 张云洲,吴成东,薛定宇,等. 自主移动机器人嵌入式控制系统研究[J]. 东北大学学报:自然科学版,2008,29(1):29-32.
[8] 王兆耀,马永芳,凌志浩. 嵌入式系统故障的灰关联分析及其诊断平台[J]. 自动化仪表,2010(8):14-17,22.