

宣告或以查找与响应的方式实现设备和服务的相互发现。但是由于两种协议对于构建的广播消息、查找请求消息和响应消息的格式有所差别,所以要实现 IGRS 设备与 UPnP 设备的相互发现,需要一个中间部分实现两者消息格式的解析与转换。

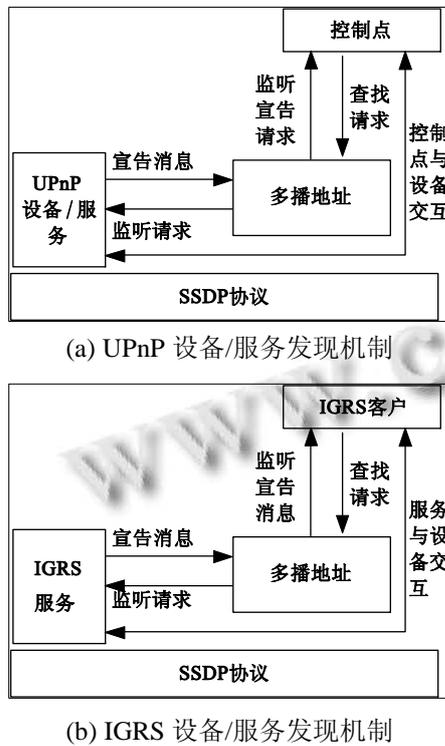


图 2 UPnP 与 IGRS 设备/服务发现机制

1.3 设备和服务描述

UPnP 对设备采用 XML 模板描述,并且遵循由 UPnP 工作委员会生成的设备描述模版。UPnP 服务描述包括一系列命令或者动作,服务响应和动作的参数。服务的描述也包含一系列变量,这些变量描述了服务运行时刻的状态,这包括数据类型、取值范围和对事件特性的描述。IGRS 设备通过 WSDL(Web Services Description Language, 是一个用来描述服务和说明如何与服务通信的 XML 语言)作为描述模板来描述设备的名称、服务列表等相关信息^[3]。IGRS 客户可通过发送获取设备详细描述文档请求来获得某个设备的相关描述信息。

从上面分析可以发现,IGRS 和 UPnP 协议都采用 XML 模版定义设备描述模版。IGRS 采用 WSDL 作为服务描述模版。UPnP 则使用其自定义的 UPnP Template Language for services 作为服务描述模版,这

两种模版格式存在较大差异。如果要使两者达到兼容,那么需要对两个设备模版的解析做出相应的策略。IGRS 的服务描述中可以加入相应的 UPnP 描述扩展,从而使得 UPnP 设备可以识别 IGRS 服务;IGRS 设备也可以通过引入 UPnP 服务描述文档解析引擎来实现对 UPnP 设备的识别。

1.4 服务控制和调用机制

IGRS/UPnP 客户可以依靠与目标服务间建立的会话对目标服务进行“请求/响应”模式的功能控制和调用。在 UPnP 中,当控制点获取到设备/服务描述之后,控制点可以向设备/服务发出动作,也可以轮询服务的状态变量值。UPnP 的服务调用机制采用 SOAP(简单对象访问协议)协议实现^[4]。IGRS 客户与 IGRS 服务建立会话后,会根据 IGRS 服务在服务描述文档中描述的各种接口,通过规定的服务调用机制实现对 IGRS 服务的调用。IGRS 定义了基于会话的服务调用机制,同时支持基于非安全管道的客户/服务间交互作为扩展接口。IGRS 对于服务的控制和调用,采用了与 UPnP 相似的过程。

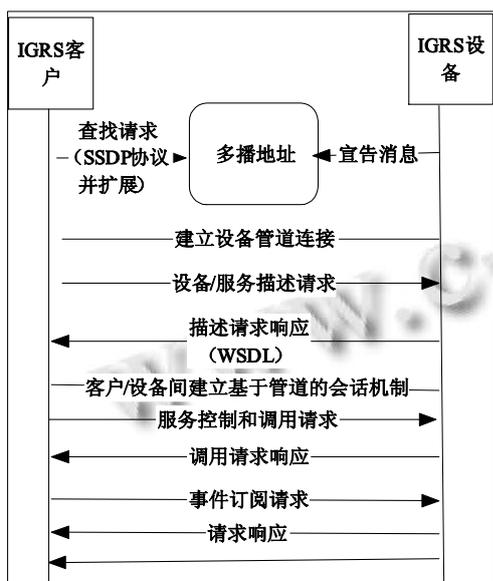
从上面的分析中可以发现,UPnP 协议和 IGRS 协议的服务控制和调用过程相似。IGRS 得到 UPnP 设备的描述文件,获得服务文件描述地址和服务的控制入口地址,然后 IGRS 可以根据 UPnP 的接口标准,构造 UPnP 格式的 SOAP 请求消息,发送到目标 UPnP 设备的服务控制入口地址,对服务进行控制。相反,UPnP 设备对 IGRS 服务的调用过程与之相似。

1.5 IGRS 与 UPnP 服务事件与通知机制

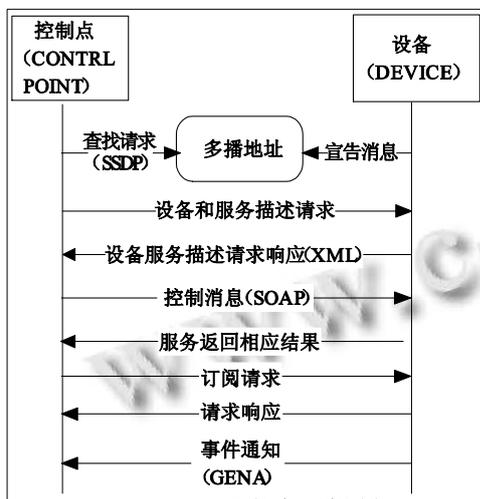
接受事件订阅请求的设备在检测到有符合订阅条件的事件发生时,应向客户或控制点发送通知消息,在通知消息中描述事件内容。UPnP 采用 GENA(普通事件通知体系 Generic Event Notification Architecture)机制实现服务事件与通知机制。在服务进行过程中只要服务变量值或模式状态发生变化,就会产生一个事件,则控制点就会收到事件通知。IGRS 服务事件与通知机制采用基于管道的机制实现。两个 IGRS 设备建立管道后,任何一个 IGRS 设备上的 IGRS 客户可以向对方发起事件订阅请求以订阅各种指定事件。服务者可决定是否接受订阅并将结果通过事件订阅响应返回给订阅者^[5]。

从上述分析中可以发现,UPnP 采用 GENA 机制实现服务事件与通知机制。IGRS 采用基于管道的机制

实现, 通过非安全管道机制, IGRS 服务可以向 UPnP 客户暴露事件访问接口, 实现与 UPnP 客户间的事件交互、事件订阅并接收相应的事件通知. UPnP 事件订阅是对整个服务进行订阅, 当服务中任何能够触发事件的状态发生变化后都会触发整个服务事件, 而 IGRS 可以对具体的某个状态事件进行订阅, 图 3(a)为 IGRS 设备交互机制, 图 3(b)为 UPnP 设备交互机制.



(a) IGRS 设备交互机制



(b) UPnP 设备交互机制

图 3 UPnP、IGRS 设备交互机制

2 IGRS与UPnP设备互联解决方案

为了实现 IGRS 与 UPnP 设备的互联及互操作, 须从以下几个方面进行解决:

① 设备发现: IGRS 与 UPnP 协议的消息接口为

239.255.255.250:1900. IGRS 和 UPnP 设备均可以通过监听该地址来获取设备或服务的在线宣告, 当然也可以向该地址发送设备或服务查询消息, 等待符合条件的设备或服务的响应. 若设备离线, 其可向 239.255.255.250:1900 发送离线宣告消息, 网络中的其他设备通过侦听该地址来获取设备离线消息.

② 设备/服务描述获取及解析: 当设备发现设备/服务在线宣告消息后, IGRS 设备可以通过非安全管道向消息中的相关字段所指向的 URL 地址发送获取设备描述的 HTTP 请求, 在获取设备描述文档之后, 可以根据 UPnP 设备/服务描述文档格式定义解析 UPnP 设备/服务描述信息. 通过对描述文档的解析可以获得 UPnP 的服务描述文件获取地址和服务控制入口地址等^[6]. 通过向 UPnP 服务的描述文件获取 URL 地址发送请求即可获得该服务的描述文档, 通过对服务描述文档的解析可知该服务所支持的详细信息. UPnP 设备也可以获取并解析 IGRS 的设备描述文档, 因为 IGRS 设备描述模板支持 IGRS 设备在 IGRS 设备描述中加入 UPnP 所定义的各种用于描述 UPnP 设备和设备的内容, 以实现同一个描述文档.

③ 服务控制和事件机制: IGRS 设备发现并获取了 UPnP 服务的设备描述、服务访问控制入口地址和服务事件订阅入口地址后, 可根据 UPnP 服务访问机制向 UPnP 服务访问控制入口地址发送 SOAP 调用请求, 以实现 UPnP 服务的调用; 再通过向服务事件订阅入口发送事件订阅请求, 即可实现对 UPnP 服务的事件订阅. UPnP 设备可以获得 IGRS 服务, 通过 IGRS 设备描述文档中发布的服务访问控制接口及事件订阅接口, 这些接口地址所包含的 IP 地址和端口信息应该包含在 IGRS 设备在线宣告消息当中. 这样, UPnP 客户可以通过非安全管道实现与 IGRS 服务的控制和事件订阅, 图 5 为 IGRS 设备与 UPnP 设备交互示意图.

4 结论

在本论文中通过 IGRS 和 UPnP 的协议转换引擎的实现验证了互联互通解决方案的可行性. 实验设备是硬件平台基于 Amlogic 8726 芯片, 软件平台基于 Android4.0 的并装有 IGRS 协议栈的液晶电视以及装有 UPnP 协议栈的手机. 手机和电视通过 Wi-Fi 进行连接, 如图 4.



图 4 实验设备及结果

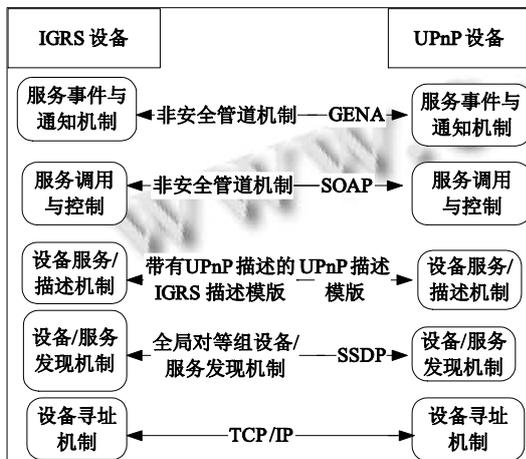


图 5 为 IGRS 与 UPnP 设备交互示意图

本文对 IGRS 和 UPnP 协议的工作机制做了深入分析, 并且对 IGRS 和 UPnP 的工作机制异同做了比较, 由此提出 IGRS 和 UPnP 协议的互联的可能性, 最后提出了两个协议互联的具体解决方案. 从理论上可以得出基于两种协议的设备互联可以实现, 但是在实现细节上还有有待研究的问题.

参考文献

- 1 信息设备资源共享协同服务(IGRS)基础协议印刷稿(第一部分).2005:4-9.
- 2 徐练.IGRS 中的智能互联基础寻址协议.计算机工程与应用,2004,33.
- 3 樊金涛.数字家庭网络中 IGRS 和 UPnP 双协议栈研究与实现[硕士学位论文].济南:山东大学,2008.
- 4 谢侃.基于 IGRS 闪联协议的智能组网方法研究及应用[硕士学位论文].广州:华南理工大学,2009.
- 5 徐刚,邓中亮,杨军.IGRS 和 UPnP 协议互联机制分析.电子设计应用,2006,1.
- 6 胡艳萍,杨威,陈援非,张全,朱珍民.IGRS 和 UPnP 协议转换引擎的设计方法.计算机工程,2011,11:28-29.

(上接第 13 页)

器信息融合的目标识别发展;(2)从一维点、线目标的识别向二维图像的解译和面目标的识别发展;(3)从提取完整信息目标的识别向遮挡、隐藏和残缺目标的识别发展;(4)从院校单一的目标识别算法研究向院所结合进行目标识别体系研究发展.

参考文献

- 1 王元斌,夏学知.多传感器综合目标识别技术研究.舰船电子工程,2004,142(4):9-12.
- 2 陈志杰,朱晓辉,朱永文.多传感器目标识别融合模型研究.现代防御技术,2008,36(5):85-87.
- 3 徐小琴.多传感器数据融合目标识别算法综述.红外与激光工程,2006,35:323-324.
- 4 孙慧影,张彦军,崔平远.用 D-S 证据理论方法实现多传感器

数据融合.青岛科技大学学报,2003,24(5):463-465.

- 5 兰旭辉,熊家军,陈劲松.基于证据可信度的综合基于证据可信度的综合目标识别方法.传感器与微系统,2010,(9).
- 6 王晓东.数据融合中基于神经网络的目标识别方法研究.西北工业大学,2006.
- 7 刘永祥,黎湘,庄钊文.基于 Choquet 模糊积分的决策层信息融合目标识别.电子与信息学报,2003,25(5):695-699.
- 8 范晓静,胡玉兰.基于神经网络与 D-S 证据理论的目标识别.沈阳理工大学学报,2007,(5).
- 9 孙宝琛,时银水,朱岩.基于模糊神经网络的目标识别.光电与控制,2005(03):50-54.
- 10 沈文,李彦鹏,王宏强.基于模糊隶属度及证据理论的空中目标识别.科技信息,2008,35:248-249.

性能测试专家分析系统^①

张永祥, 路红英, 肖俊

(北京交通大学 计算机科学与技术学院, 北京 100044)

摘要: 为了降低性能测试结果分析的难度, 提高性能测试结果分析的准确性, 提出了针对性能测试结果分析过程的专家系统. 首先对性能分析的对象及方法进行了归纳总结, 通过进一步研究人工分析过程以及分析知识结构提出了对结果数据以及分析知识的结构化表示方法, 并依此简要讨论了测试结果分析专家系统的结构.

关键词: 性能测试; 测试结果分析; 专家系统; 测试工具; 知识表示

Expert Analysis System for Performance Test

ZHANG Yong-Xiang, LU Hong-Ying, XIAO Jun

(School of Computer Science and Technology, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044, China)

Abstract: To reduce difficulties of performance analysis and improve performance test quality, the expert analysis system for performance test is researched. The performance analysis objects and methods are first summarized. By the analysis of manual method and knowledge prototype, a structured representation method is studied. Based on these studies, the structure of expert analysis system is simply designed.

Key words: performance test; test results analysis; expert system; test tools; knowledge representation

性能测试属于软件测试中的系统级测试, 它针对软件在继承系统中运行的性能指标进行测试, 旨在及早确定和消除软件中的性能瓶颈^[1]. 相对功能测试性能测试具有更高的专业性和复杂度, 这一点尤其体现在测试结果分析过程中. 性能测试结果的数据分析要求测试人员具备丰富的专业知识以及敏锐的洞察力. 只有专业的测试人员才能通过测试数据分析快速准确的发现系统性能缺陷并对系统进行正确的评价. 性能测试的分析包括了操作系统、数据库、应用软件等不同方面的内容, 由于对知识储备以及工作经验的需求, 性能测试的结果分析往往成为测试实施过程的瓶颈. 测试人员往往以小组讨论的形式进行数据分析, 而缺乏丰富经验的测试人员通常无法有效的发现系统缺陷甚至可能对系统做出错误的判断. 如何有效的降低结果分析的难度成为了性能测试执行过程的一个重要问题.

分析型专家系统是一种在特定领域内具有专家水平解决问题能力的程序系统. 专家系统将应用专家知识通过模拟测试专家的推理过程对测试结果进行分析.

在性能测试的分析阶段, 分析型专家系统能够扮演指导者以及辅助者的角色. 测试人员通过应用分析专家系统对数据进行初步分析并对分析结果进行筛选, 从而得出对于系统的综合评价. 因此测试结果分析专家系统将有效的降低性能测试的执行难度并提高测试质量以及测试效率.

1 分析模型

性能测试分析围绕着系统软件、硬件两方面进行. 测试人员在测试执行过程中监控并记录系统各项指标参数. 测试执行后通过分析不同执行场景下的软硬件参数信息对系统进行综合分析及评价. 而对于不同指标测试人员有着不同的评定方式.

例如:应用 LoadRunner 执行测试场景并针对 LoadRunner 获得的内存参数对系统进行分析, 测试人员会考查其记录的以下各项参数:

- ① Memory/Available Mbytes 系统可用内存数量.
- ② Memory/Page Reads/sec 内存中读操作数量,

^① 收稿时间:2012-09-28;收到修改稿时间:2012-11-11

不包含读操作的页面数.

③ Memory/Pool NonPaged 非换页池中的字节数, 非换页池是指系统内存中可供对象使用的一个区域.

④ Memory/Cache Bytes 静态文件缓存大小.

⑤ Memory/Cache Faults/sec 系统在文件系统缓存中查找数据失败的次数.

⑥ Server/Pool Nonpaged Failures 从未分页池中分配内存是出错的次数.

⑦ Memory/Pages/sec 页面读取或者写入磁盘以解决硬页面错误的比率.

测试人员将分别考察不同参数的值从而确定是否存在内存问题. 而这个过程是测试人员有针对性的提出问题并根据记录数据回答问题的过程. 例如:

① 提问: Memory/Available Mbytes 少于 20%吗?

回答:少于. 推论: 测试过程系统内存不足.

② 提问: Memory/Page Reads/sec 很高吗?

回答: 高数值. 推论: 表明存在内存瓶颈.

回答: 底数值. 推论: 进一步提问, Physical Disk/%Disk Time 和 Physical Disk/Avg.Disk Queue Length 很高吗?

回答: 很高. 推论: 应该是硬盘瓶颈.

③ 提问: Server/Pool Nonpaged Failures 是非 0 正值吗?

回答: 是. 推论: 则表示存在内存瓶颈有可能是内存泄露引起的.

④ 提问: Memory/Pool NonPaged 比系统启动时增加了 10%以上吗?

回答: 是. 推论: 则存在很严重的内存泄露.

综上所述可以看出测试人员对于数据的分析过程也就是针对所收集数据提问和回答的过程. 而如何针对参数内容提出问题并能够给问题以正确的回答和推论是测试人员将要面对的主要困难. 提出问题以及回答问题的能力则来源于测试人员的经验以及知识积累. 测试人员提出以及解决问题的方式可以表示为如图 1 所示的树形结构.

2 专家系统模块结构

由于应用的复杂程度和功能的不同, 专家系统在设计过程中结构往往有着一定的差异. 但从概念出发大部分专家系统具有相似的体系结构. 根据测试分析专家系统的信息输入、信息的处理过程, 测试结果分析型专家系统的可以根据处理对象划分为三大模块,

这三个模块分别为:

测试数据数据输入及存储模块. 这个模块主要为专家系统的分析对象即测试数据提供输入、处理和存储功能.

专家知识获取及存储模块. 这个模块主要为专家系统的专家知识提供输入和存储功能.

分析专家系统综合处理模块(推理机和解释器). 这个模块是专家系统的工作核心, 主要完成推理和解释工作.

测试分析专家系统的结构为图 2 所示.

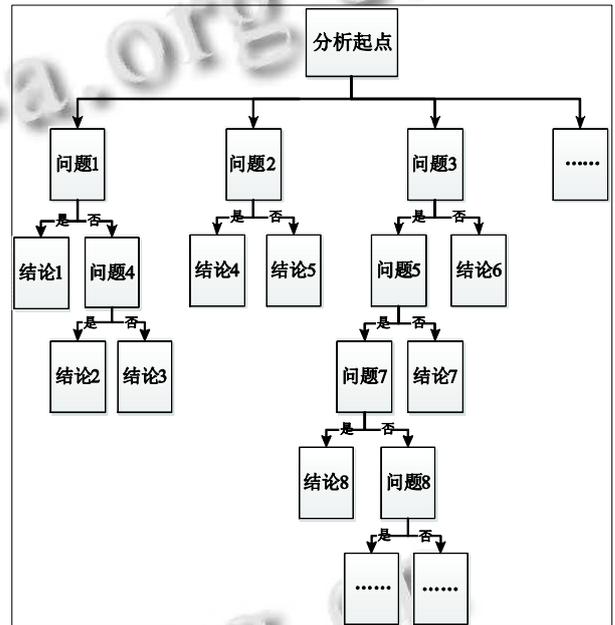


图 1 人工分析模型

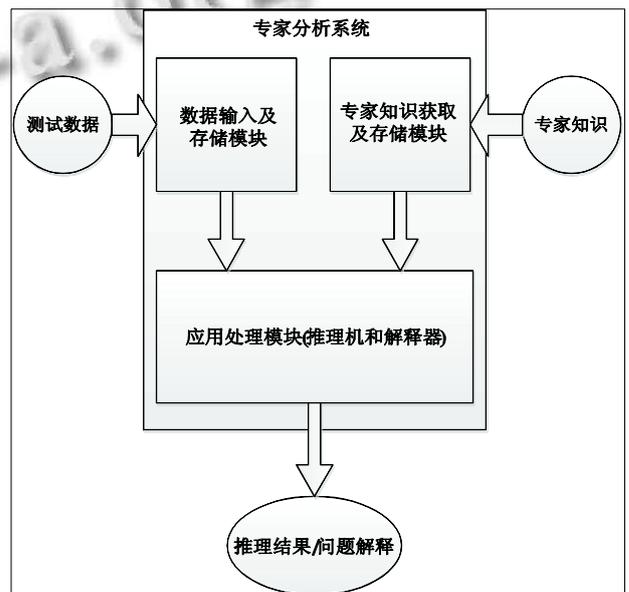


图 2 专家分析系统功能结构

3 测试场景的对象表示

测试执行过程中所获得参数(测试数据)是专家系统的分析对象,也就是专家系统的输入信息.在 CPU、内存、IO 的分析过程中往往会应用到许多不同的分析参数.这些参数在每一次测试执行过程都会予以记录和分析.如何有效存储和组织这些参数直接关系到专家系统的实现.

测试场景是性能测试的基本执行单位,场景设计信息中包含大量测试基本信息.例如:系统配置、负载压力、执行时间等.以测试场景为对象,将测试数据组织到场景对象中会对数据进行有效的分类管理.我们以 XML 形式对测试场景进行存储.其基本结构如图 3 所示.

Scenario 节点代表了一个测试场景,每个测试场景的属性都以 param 节点进行存储,同时参数内容也以 param 节点信息存储到测试场景中.在对场景执行情况进行记录的过程中,测试人员可根据不同的内容定义自己的 param 节点.系统将以节点的 name 属性对其进行区分.

```
<scenario>
  <param name=" 场景名称 " >xxx压力测试</param>
  <param name=" 版本编号 " >v1.0</param>
  <param name=" 场景编号 " >xxx-xxx</param>
  <param name=" 使用到脚本编号 " >01</param>
  <param name=" 测试目的 " >... ..</param>
  <param name=" Memory/Available Mbytes " >15%</param>
  <param name=" Memory/Page Reads/sec " >... ..</param>
  <param name=" Memory/Pool NonPaged " >... ..</param>
  ... ..
</scenario>
```

图 3 场景信息 XML 结构

4 知识表示方法

结果分析专家系统由测试知识驱动,知识的表述过程是一个提问与回答的过程,因此针对部分内存分析问题我们提出了如图 4 形式的 XML 知识表示形式.

在 XML 文件中, knowledge 节点代表分析知识.其 id 属性代表了知识类型,例如,对于 CPU,内存,以及 IO 的分析性知识.每条知识节点中包含了若干的分析规则,即对应的 rule 节点.分析规则包含了相应的评测方法,即专家系统要执行的分析动作 action,分析动作可以为系统提供的方法或者人工驱动, input 以及 result 子节点表示方法的输入以及结果,结果动作可以得出得出结论信息或者执行下一个分析规则 rule.

根据 XML 的结构推理机调用知识内容进行推理时,将依照如下的步骤执行.

① 执行规则 1. 调用方法 below 进行检查. below 的输入参数为场景的 Memory/Available Mbytes 及 0.2, 并判断第一个参数是否小于第二个参数.如果 below 返回为 true 则推理机产生消息“系统执行过程中内存不足”.

② 顺序执行规则 2. 规则将调用方法 over 方法进行检查. over 的传入对象为场景的 Memory/Page Reads/sec, 200, 并判断第一个数是否大于第二个数. over 返回结果为 true 则产生消息“存在内存瓶颈”,若返回 false 继续调用规则,同时检查 Physical Disk/%Disk Time 及 Physical Disk/Avg.Disk Queue Length, 返回为 true 则产生消息“存在内存瓶颈”.

```
<knowledge id = "memory">
  <rule name="check Memory/Available Mbytes">
    <action>below</action>
    <input> Memory/Available Mbytes , 20%</input>
    <result type=" true " >message(系统内存不足)</result>
  </rule>
  <rule name="check Memory/Page Reads/sec">
    <action>over</action>
    <input>Memory/Page Reads/sec,200</input>
    <result type=" true " >message(存在内存瓶颈)</result>
    <result type=" false " >
      <rule>
        <action>over</action>
        <input>Physical Disk/%Disk Time,50 </input>
        <input>Physical Disk/Avg.Disk Queue Length,15 </input>
        <result type = " true " >message(存在硬盘瓶颈)</result>
      </rule>
    </result>
  </rule>
  .....
</knowledge>
```

图 4 知识 XML 表述形式

5 推理机工作机制

作为专家系统核心部件,推理机负责完成专家系统的推理工作.在上一章中我们讨论了知识的表示方法以及解析方法.推理机主要完成的工作也就是通过知识的结构驱动完成推理.其基本结构如图 5 所示.

① 获取场景信息并保存. 场景信息中包含了性能测试的分析对象,场景信息经过处理后以 XML 形式存储于专家分析系统的综合数据库中.推理机逐个抽取每个场景的对象信息,并解析 XML 文件,最终将其实例化到内存中.

② 获取分析知识. 分析知识信息包含于专家系统给的知识库中,并以 XML 形式存储.推理机在获取场景信息同时,也将逐条抽取知识信息,并解析相应的知识信息,将其实例化到内存之中.

③ 调用方法表中的方法并依据知识结构进行推理. 方法可以分为两种类型, 即“机器提问人为回答”方式或“机器提问机器回答”方式. 推理机根据通过解析的知识结构信息查找并调用“方法表”中定义的方法. 进而根据方法返回参数进行推理. 推理机针对场景内容引用知识库中的知识进行推理. 直到知识扫描完毕.

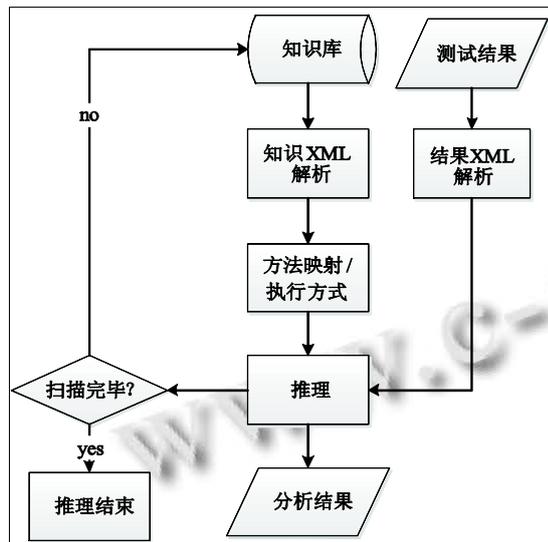


图5 推理机结构

6 专家系统要面对的问题

在专家系统的建立及应用过程中主要面对的问题有以下几点:

① 知识储备

知识是专家系统运行的基础, 知识储备量决定了专家系统的分析能力. 如何有效的扩充分析专家系统

的知识量, 以及确保专家系统的知识质量是专家系统在日常应用中要面对的重要问题.

② 分析方法的扩充

分析方法是值推理机在工作工程中应用到的推理动作. 每项知识内容都需要应用相应的推理方法. 对于新知识可能要应用到新的推理方法. 所以专家系统需要开发人员进行维护, 以确保能够适应提交的知识内容.

7 结论

本文提出了针对性能测试数据分析过程的专家系统. 并分别从数据表示方法、知识表示方法、推理机结构三方面简单的讨论了一种性能测试结果分析专家系统的构建和实现方式. 最后依据构建方式进一步讨论了专家系统的特性以及面临的问题.

参考文献

- 李怡,周国祥.基于 Load Runner 的一种性能测试流程方案研究与设计.计算机应用研究,2009,26(11):4143-4145.
- IEEE Standards Board. IEEE Standard for Software Unit Testing: An American National Standard, ANSI/IEEE Std 1008-1987. IEEE Standards: Software Engineering, Volume Two: Process Standards, 1999 Edition.
- Leszak M, Perry DE, Stoll D. A case study in root cause defect analysis. Proc. of the 22nd International Conference on Software Engineering (ICSE'00). 2000: 428-437.
- 620734263.hadoop 和 hbase 分布式配置及整合 eclipse 开发. [2011-07-20].http://wenku.baidu.com/view/8712a661caaed3383c4d392.html
- White T. Hadoop: The Definitive Guide: O'Reilly Media, 2009.
- George L. HBase: The Definitive Guide: O'Reilly Media, 2011.
- 项斌.网络舆情检测系统设计与实现.成都:电子科技大学, 2010.
- 陈旭.基于社会网络的 WEB 舆情系统的研究与实现.成都: 电子科技大学,2010.
- 何忠育.分布式社会网络分析支撑系统研究与应用.广州: 广东工业大学,2011.

(上接第 22 页)

报,2011,51(10).

6 梁斌.走进搜索引擎.北京:电子工业出版社,2007.

7 McCallum A, Nigam K, Lyle H. Ungar: efficient clustering of high-dimensional data sets with application to reference matching. Proc. of the 6th ACM SIGKDD. 2000. 169-178.

8 McQueen J. Some methods for classification and analysis of multivariate observations. Proc. of the 5th Berkeley Symp. on Math. Stat. and Prob. 1967,1:281-296.

9 周涛,柏文洁,汪秉宏,等.复杂网络研究概述.物理,2005, 34(1):31-36.

10 陈旭.基于用户行为及关系的社交网络节点影响力评价——以微博研究为例.北京:北京邮电大学,2011.

目标识别中多传感器信息融合算法比较^①

蒋晓瑜, 梁浩聪, 王 加, 张旭帆

(装甲兵工程学院 控制工程系, 北京 100072)

摘 要: 近年来多传感器信息融合技术在目标识别领域得到了大量研究和快速发展. 介绍了多传感器信息融合目标识别的基本原理及其系统结构, 重点阐述了目标识别中的多传感器信息融合算法, 并对识别效果进行比较, 最后指出了该领域今后的发展趋势.

关键词: 多传感器; 信息融合; 目标识别; 融合算法

Comparison of Multi-Sensor Information Fusion Algorithms Based on Target Recognition

JIANG Xiao-Yu, LIANG Hao-Cong, WANG Jia, ZHANG Xu-Fan

(Department of Control Engineering, Academy of Armored Force Engineering, Beijing 100072, China)

Abstract: In recent years, the technology of multi-sensor information fusion obtains amounts of researches and rapid development in the realm of target recognition. The basic theory and its systematic structure are introduced. The multi-sensor information fusion algorithms of target recognition are expounded and compared thoroughly in this paper. Finally the trend in this field are given.

Key words: multi-sensor; information fusion; target recognition; fusion algorithm

目标识别是现代防空作战的热点研究内容. 在空战复杂的电磁环境下, 依靠单个传感器不可能提高目标识别能力, 而利用多传感器进行目标识别具有以下四个优点: 1. 可以拓展识别系统的时间与空间覆盖范围; 2. 可以发挥各传感器的优势, 取长补短以提高空中目标识别率; 3. 多传感器抗干扰的性能大大优于单个传感器; 4. 改进了系统工作的可靠性、准确性和容错性.

目前的研究中, 在目标识别领域里提出了多种多传感器的信息融合算法, 本文通过对各种算法之间进行比较和选择, 最终达到了提高空中目标识别率的目的.

1 多传感器目标识别

1.1 多传感器信息融合目标识别原理和结构

基于信息融合技术的多传感器目标识别过程, 主要由多传感信号检测、数据信号预处理、特征提取、融合计算和目标识别结果等环节构成. 其中, 特征提取和融合计算作为中心环节, 作用尤为关键. 特征提取, 就是从原始数据中提取对分类识别有用的目标信

息; 融合计算, 就是对提取的目标信息作适当处理, 完成特征信号与目标参数间的相关、估计和识别.

对于目标识别的多传感器信息融合, 根据信息处理过程和抽象程度差异, 可以划分为三种结构级别^[1]: 数据级融合, 特征级融合和决策级融合.

由于特征级的信息融合过程体现了数据级融合及决策级融合的优点, 所以实际应用范围更广. 多传感器信息融合特征级的目标识别系统结构如图 1 所示:

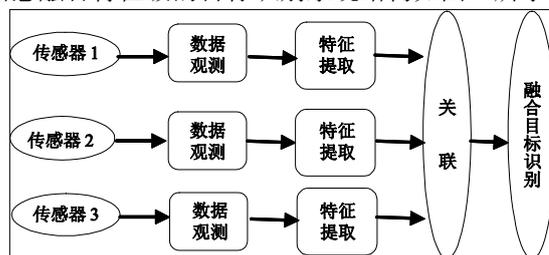


图 1 特征级融合

对信息融合目标识别系统来说, 由于总体结构上的差异, 会使得融合目标识别结果的准确性也不同. 一

^① 收稿时间:2012-09-16;收到修改稿时间:2012-11-23

一般而言,信息融合的系统结构可以划分为四种^[2]:集中式融合系统、无反馈的分布式融合系统、有反馈的分布式融合系统和有反馈的全并行融合系统.

其中集中式融合目标识别系统虽然计算量大,但能够保持大部分的数据,信息损失量小且系统结构简单.图 2 是决策级的集中式融合目标识别系统结构.

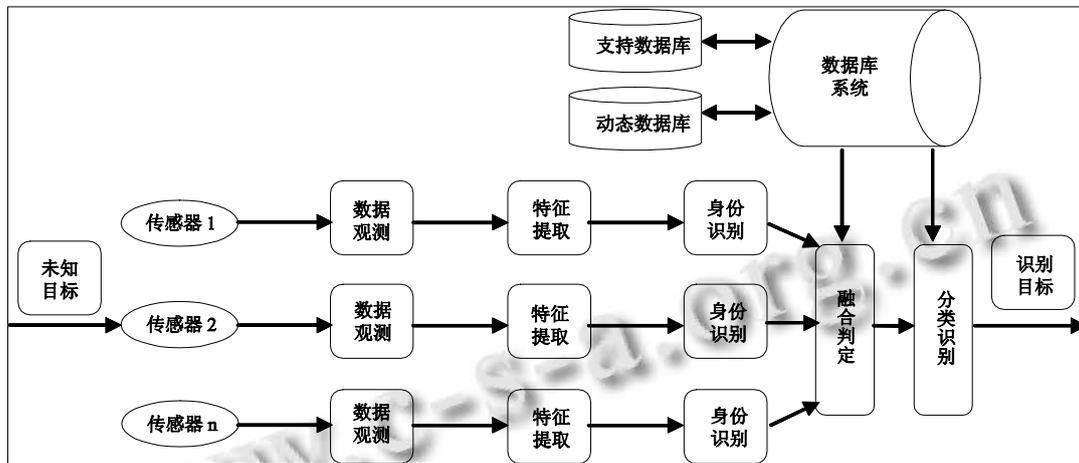


图 2 决策级的集中式融合目标识别系统结构

1.2 多传感器空中目标识别算法存在的问题

目前,虽然已有许多应用于空中目标识别的多传感器融合算法,但在实际应用中,仍普遍存在以下几点问题:

- (1) 如何获得可靠的隶属度、基本概率赋值等;
- (2) 如何在战场存在多个空中目标和多条件相关事件环境下,通过选用合适的算法来克服计算量大的问题;
- (3) 如何解决多传感器空中目标识别中不同等级信息源数据的融合问题,并最终提高目标识别的准确性;

在研究过程中,根据空中目标识别的模型,选择合适的融合算法,并通过多种算法的综合应用,从而解决了存在的问题并达到更好的识别效果.

2 多传感器空中目标识别融合算法比较

按概念分类^[3],目标识别的融合算法主要有:(1)物理模型算法;(2)参数分类;(3)基于认识模型的算法;(4)综合识别算法.如图 3 所示.

2.1 物理模型算法

基于物理模型的目标识别技术试图准确地建立可观测数据或可计算数据的模型,这类方法中包括卡尔曼滤波、最大似然估计、最小二乘法等.尽管实际中已经很少使用,但在基础研究工作中却使用这种方法.

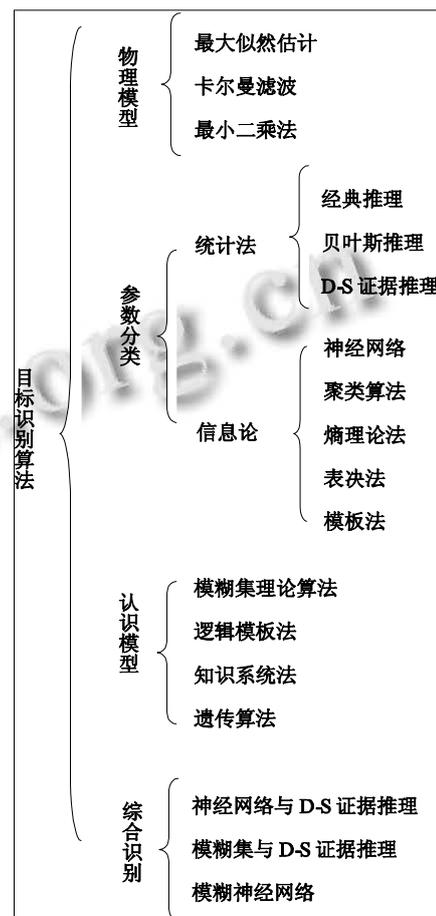


图 3 目标识别融合算法概念的分类

2.2 参数分类算法

基于参数分类的目标识别算法是目前应用最广泛的一类算法。该算法不采用物理模型,而是直接在参数化的数据和身份报告之间进行映射。参数分类算法可进一步分为基于统计的算法和基于信息论技术的算法。

2.2.1 基于统计的算法

经典推理法描述在给出目标存在的假设条件下,所观测到的数据与标识相关的概率。经典推理法虽然能提供判定误差概率的一个度量值,但存在着用于目标分类的变量的密度函数获取困难等突出缺点。贝叶斯推理算法需要先验概率,而在目标识别中这种先验信息难以获得或不够精确,同时当存在多个假设目标和多条件相关事件时,计算复杂性迅速增加。可见,经典推理法和贝叶斯算法在目标识别的实际应用中具有很大的局限性。

D-S 证据理论是 Bayes 推理的推广,证据理论可处理由不知道所引起的不确定性,采用信任函数而不是概率作为度量,通过对事件概率加以约束以建立信任函数而不必说明难以获得的概率^[4]。由于直观性强、易于描述等优点,目前在目标识别领域中被广泛应用于多传感器数据融合处理。文献[5]在研究 D-S 证据理论的基础上,引入证据可信度矩阵,从而解决多传感器综合目标识别中不同等级数据的融合问题,最终提高了目标识别的准确性和有效性。

2.2.2 基于信息论的算法

在不同的情况下,多传感器数据融合目标识别并不需要用统计的方法直接模拟观测数据的随机形式,而是依赖于观测参数与目标身份之间的映射关系来对目标进行识别。这类方法称为基于信息论的融合识别算法,这类算法包括神经网络法、熵理论法、表决法和聚类算法等。

人工神经网络是利用神经网络具有学习能力强的特点,将多个分类器的输出结果进行融合,根据融合分类的结果与正确分类结果的差值,对分类器的加权进行调整,网络收敛后就可以实现多分类器的融合。神经网络目标识别算法中前向多层神经网络及其逆推学习(BP)算法应用广泛。文献[6]在特征量测向量已知的条件下,应用神经网络对目标进行识别,并针对目标样本重叠时新算法的误识率较大的缺点,进一步采用 LVQ 网络与新算法相结合的方法对目标进行识别。

聚类分析是利用生物科学和社会科学中众所周知

的启发式算法,根据预先指定的相似标准把观测分为一些自然组或聚集,再把自然组与目标预测类型相关。这种方法是属性说明和分析观测数据的有效方法,通信情报和电子情报站的分析中常使用这种方法。

模板法通过对观测数据与先验模板匹配处理,来确定观测数据是否支持由模板所表征的假设。

熵法把多个传感器的观测数据组合成特征来说明,适用于实时性要求很强的系统,是用目标识别中的一种新算法。

2.3 认识模型算法

基于认识模型的目标识别算法,是模仿人类处理信息的方法得出分类结果。这类技术包括模糊集理论算法、逻辑模板法、知识系统法和遗传算法等。

模糊集理论算法不仅有丰富的融合算子和决策规则,还考虑了信源的重要程度,因此在融合识别中相对于 D-S 证据理论更具有优势。文献[7]在多传感器数据融合的目标识别应用中,引入了模糊测度和模糊积分,并给出了模糊积分应用于决策层数据融合目标识别的通用技术路线,最终为信源重要程度提供了度量方法。

遗传算法是一个群体的优化过程,它是由一组初始值出发进行优化,优化过程就是这个群体不断繁衍、竞争和遗传、变异的过程。因此遗传算法过程主要是一个进行自动的特征优化选择的过程。

逻辑模板法实质是一种模式识别的基本技术,可以对逻辑关系进行处理。主要用于事件探测或态势估计所进行的多传感器信息融合,也用于单个目标特征估计。

知识系统法依赖于专家知识的表示,要通过数字符号特点或基于推理的特点来表示对象的特征。主要用于实现较高水平的推理,如目标识别、态势评定、威胁估计等。

2.4 综合识别算法

目前应用于目标识别的多传感器的信息融合技术,往往单个算法已经不能满足实际应用要求,为了提高目标识别率,提出了结合多算法进行综合的研究。应用比较广泛的包括:神经网络与 D-S 证据理论推理、模糊集与 D-S 证据理论推理以及模糊神经网络等。

D-S 理论与神经网络结合的目标识别系统,就充分利用了 D-S 理论处理不确定问题的优势和神经网络强大的非线性处理能力,利用神经网络的自学习能力,解决了 D-S 理论中基本概率赋值难以获取的问题。

随着目标识别技术的日益成熟,生成一个主要的研究方向是将模糊推理和神经网络适当地结合起来,吸取两者的优点,可组成比单独的神经网络或单独的模糊系统性能更好的系统.基于 D-S 理论和模糊神经网络目标识别方法的系统,通过神经网络来增强模糊推理过程后,可以有效地获取规则和调整隶属度函数,最终使得 D-S 理论得到更加准确的基本概率赋值,从而提高了目标识别效果.

文献[8]针对目标识别中基本可信度分配需要专家知识在实际中难以实现的问题,提出一种基于神经网络和 D-S 证据理论相结合的多传感器数据融合的方法.该方法利用 D-S 理论来表示和处理不精确的、模糊的信息,发挥神经网络的自学习、自适应和容错能力,提高了系统的目标识别率.文献[9]结合模糊推理和神经网络两种方法的优点,从网络的结构、工作过程、学习算法等方面,探讨了一种基于模糊神经网络(FNN)的目标识别方法.文献[10]针对复杂环境下侦察设备获得的空中目标信息具有模糊性和不完整性的特点,采用模糊理论和证据推理相结合的方法,利用多部雷达获得的多元信息对空中目标进行识别.

3 实验仿真

在仿真实验中,先构造识别框架, $U=\{A, B, C, D\}$,其中 A 为轰炸机, B 为运输机, C 为直升机, D 为地空导弹,因为 A、B 具有相似的飞行特征,所以在识别过程中常常难以识别,本实验中以 A 为假定的识别目标.并选用 Ladar、ESM、IR 三种类型的传感器,分别用 m_1 、 m_2 、 m_3 表示.

首先,利用 D-S 证据算法与 Bayes 推理算法分别进行目标识别的融合,识别结果比较如表 1 所示.

表 1 两种方法的比较

	A	B	C	D
Bayes 推理算法	0.3165	0.2975	0.2226	0.1634
D-S 证据算法	0.3536	0.3152	0.2064	0.1248

上述例子验证了 D-S 证据推理算法在目标识别的应用比 Bayes 推理更有效.

接着,通过实验来比较 D-S 理论分别与 BP 神经网络和模糊神经网络结合后的目标识别效果.

通过 MATLAB 中的神经网络工具箱,首先利用数

据库中雷达传感器的 100 个探测结果中的前一半作为训练样本,分别对雷达的 BP 神经网络和模糊神经网络进行训练,同理 IR 和 ESM 也是如此.通过样本训练后,将后 50 个数据输入已训练好的网络,得到的结果即为三个传感器对目标的基本概率赋值.

表 2 经 BP 神经网络输出的基本概率赋值

	A	B	C	D
m_1	0.3727	0.3468	0.1723	0.1082
m_2	0.3689	0.2745	0.2089	0.1477
m_3	0.3149	0.3803	0.1224	0.1824

表 3 经模糊神经网络输出的基本概率赋值

	A	B	C	D
m_1	0.4379	0.3581	0.1063	0.0977
m_2	0.4118	0.3819	0.1065	0.0998
m_3	0.3801	0.3519	0.1403	0.1277

再根据 D-S 证据理论,对三个传感器的基本概率赋值进行融合计算,最终可得 D-S 与 BP 神经网络以及 D-S 与模糊神经网络两种方法的目标识别效果.两种方法比较如表 4.

表 4 两种方法比较

	A	B	C	D
D-S 与 BP 神经网络	0.4974	0.4159	0.0533	0.0334
D-S 与模糊神经网络结合	0.5736	0.4027	0.0134	0.0103

结果表明,将模糊神经网络与 D-S 结合不仅能够提高目标 A 和目标 B 的区分程度,还弥补了 BP 神经网络与 D-S 理论结合方法的不足.可见,模糊神经网络与 D-S 理论结合的方法具有十分广阔的发展前景.

4 展望

战场上的目标识别是一个综合多学科的复杂领域.目前国外已经研制出一批具有代表性的系统,例如英国的飞机敌我识别系统(ZFFF)、美国装备宙斯盾巡洋舰的协同作战能力(CEC)系统、欧洲的 BETA 系统(战场维护与目标探测系统)等.国内虽也有不少高校与科研院所从事多传感器目标识别方面的理论研究,但目前还缺乏成型的产品.

在今后的战场中,目标识别系统的发展趋势主要有以下几个方面特点:(1)从单传感器目标识别向多传感

(下转第 5 页)

LLE方法的分类与研究^①

屈治礼

(江苏科技大学 计算机科学与工程学院, 镇江 212003)

摘要: 对于低维数据的分类很常见, 但是对于高维数据的分类却不多, 主要是因为维度太高. 尤其对于分布不均匀的样本集, 传统的局部线性嵌入算法易受到近邻点个数的影响, 为了克服这一问题, 提出改进距离的局部线性嵌入算法. 通过实验表明, 改进距离的局部线性嵌入算法能使原来的样本集尽可能的分布均匀, 从而降低近邻点个数的取值对局部线性嵌入的影响, 在保证分类准确的前提下, 达到了有效缩短时间的目的.

关键词: 局部线性嵌入; 高维数据; 分类

Classification and Research of LLE Method

QU Zhi-Li

(School of Computer Science and Engineering, Jiangsu University of Science and Technology, Zhenjiang 212003, China)

Abstract: For classification of low-dimensional data is very common, but not for the classification of high-dimensional data, mainly because of too high dimension. In particular, for the uneven distribution of the sample set, the traditional locally linear embedding(LLE) algorithm is vulnerable to the impact of the number of nearest neighbor points, In order to overcome this problem, this paper improves locally linear embedding algorithm by changing the distance. Through the experiments indicates that the improved distance locally linear embedding algorithm can make the original sample set distribute evenly as far as possible, thereby reducing the influence of selection of the number of nearest neighbor points on locally linear embedding, on the premise of ensuring accurate classification, to achieve the purpose of effectively shorten the time.

Key words: locally linear embedding; high-dimensional data; classification

目前, 常用的降维算法^[1-4]有很多, 例如主成分分析(Principal Component Analysis, 简称 PCA)、线性判别分析(Linear Discriminant Analysis, 简称 LDA)、多维尺度变换(Multi-Dimensional Scaling, 简称 MDS)、等距特征映射(Isomapetric Mapping, 简称 Isomap)、拉普拉斯特征映射(Laplacian Eigenmaps, 简称 LE)等, 还有相对较新的局部线性嵌入(Locally Linear Embedding, 简称 LLE)^[5]. LLE 算法是针对非线性高维数据的一种降维方法, 处理后的低维数据能够保持原有的拓扑关系. 它广泛应用于文本分析、高维数据的可视化以及生物信息学等众多领域中. LLE 算法具有几何意义直观、有解析的整体最优解且不需迭代、待定参数少、容易执行等很多优势, 因而它的研究和应用价值不言而喻.

在这里, 将作为非线性降维方法代表的 LLE 与常见的线性降维方法进行比较, 对比分类精度; 对于分布不均匀的样本集, 近邻点个数 K 的选取对 LLE 的分类结果影响较大, 采用改进距离的 LLE 算法, 可以有效地解决这一问题.

1 LLE原理

LLE 算法是 Roweis 和 Saul 于 2000 年在 Science 上提出的一种非线性降维方法, 基于使在高维空间中相邻的或相关的两个点映射到低维空间中也同样地相邻或相关的几何思想^[6-9], 其核心是保存原流行中的局部几何特征, 以达到高维数据映射到低维全局坐标系中的目的, 主要是将流行上的近邻点映射到低维空间

^① 收稿时间:2012-09-19;收到修改稿时间:2012-10-13

的近邻点. LLE 是一种依赖于局部线性的算法, 它认为在局部意义下, 数据的结构是线性的, 或者说局部意义下的点在一个超平面上.

在 LLE 算法中有两个参数需要设置, 近邻点的个数 k 和降维后输出维数 m , 即对观测数据集进行建模所需的最少独立变量的个数, 通常称之为最优嵌入维数, 也称为本征维数^[5,10]. k 的选取在算法中是一个关键因素: 如果 k 的取值过大, LLE 就不能体现其局部特性, 这样会导致 LLE 算法趋向于 PCA 算法; 反之取值过小, LLE 就很难保证样本点在低维空间的拓扑结构. 另外, m 的选取也是一个重要因素, m 取值过大将会使降维结果中含有过多噪声; m 取值太小, 致使本来不同的点在低维空间可能会彼此交叠. 具体算法流程可以归结为以下三步:

Step1 计算出每个样本点的 k 个近邻点. 把相对于所求样本点的欧氏距离最近 k 个样本点规定为所求样本点的 k 个近邻点, k 是预先设定的值;

Step2 计算出样本点的局部重建权值矩阵. 这里定义一个成本函数, 其函数形式如下所示:

$$\min \varepsilon(W) = \sum_{i=1}^N \left| x_i - \sum_{j=1}^k w_j^i x_{ij} \right|^2 \quad (1)$$

其中, $x_{ij} (j=1,2,\dots,k)$ 为 x_i 的 k 个邻近点, w_j^i 是 x_i 与 x_{ij} 之间的权值, 并且需要满足下式: $\sum_{j=1}^k w_j^i = 1$.

在计算局部重建权值矩阵 W 的同时应该保证误差函数值取到最小值, 也就是说由样本点的近邻点, 构造出最优 W 矩阵使误差函数值达到最小;

Step3 将所有的样本点映射到低维空间中. 为了使输出数据在低维空间中保持原有的拓扑结构, 这里构造一个损失函数, 映射过程中必须使损失函数值达到最小. 该函数形式如下所示:

$$\min \varepsilon(W) = \sum_{i=1}^N \left| y_i - \sum_{j=1}^k w_j^i y_{ij} \right|^2 \quad (2)$$

其中, y_i 是 x_i 的输出向量, $y_{ij} (j=1,2,\dots,k)$ 是 y_i 的 k 个近邻点, 并且要满足如下式(3)和式(4):

$$\sum_{i=1}^N y_i = 0 \quad (3)$$

$$\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N y_i y_i^T = I \quad (4)$$

其中, I 是 $m \times m$ 的单位矩阵, 然后求取的最优解 y_i 应使损失函数值达到最小. $w_j^i (j=1,2,\dots,N)$ 可以存储在 $N \times N$ 的系数矩阵 W 中, 当 x_j 是 x_i 的近邻点时, $W_{i,j} = w_j^i$, 否则 $W_{i,j} = 0$. 则损失函数可重定义为下式:

$$\min \varepsilon(Y) = \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^N M_{i,j} y_i^T y_j \quad (5)$$

其中, M 是 $N \times N$ 的对称矩阵, 其表达式为 $M = (1-W)^T (1-W)$, 由式(5)可知, 要使损失函数值达到最小, 则取 Y 为 M 的最小非零 m 个特征值所对应的特征向量. 在处理过程中, 将 M 的特征值降序排列, 最后一个特征值几乎接近于零, 那么舍去最后一个特征值. 通常取 $1 \sim m$ 之间的特征值所对应的特征向量作为最终的输出结果.

以手旋杯原始数据集作为观测数据, 它是由一个视频序列在相等时间间隔中采样得到的, 部分图像如(1)所示. 采用 LLE 算法对 460 幅图像降到 3 维, 如下图(2)所示, 容易发现其本质为嵌入在三维空间中的一维曲线, 水平旋转度是其本征维数, 每个手旋杯的变化则是通过内在一维属性的插值和重构一维模型来完成的.

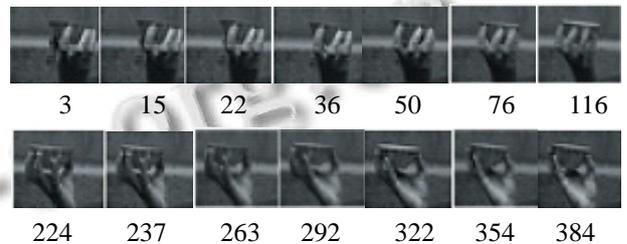


图 1 手旋杯部分图像示例

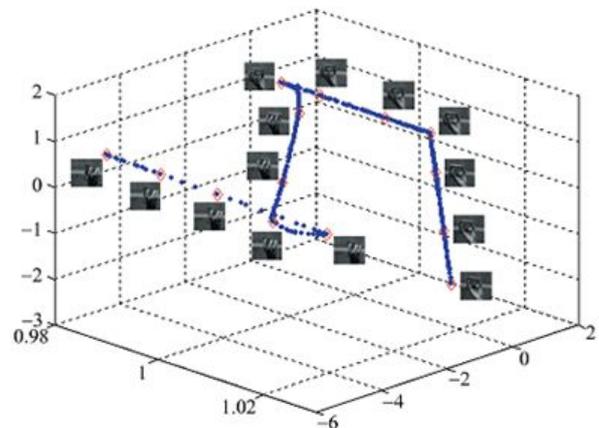


图 2 本征一维曲线

2 LLE与线性降维方法分类精度比较

在测试分类效果的方法上, 这里我们采用支持向量机(Support Vector Machine, 简称 SVM), 算法实现使用 LIBSVM. 以下的模型选择和参数设置如下: 采用高斯核函数(Radial Basis Function, 简称 RBF), 即:

$$T(x_i, x_j) = \exp\left(-\frac{\|x_i - x_j\|^2}{g}\right),$$

利用参数 g 和惩罚

系数 C 共同寻优, 并采用 10 折交叉确认方法, g 的搜索范围 $\{2^{-8}, 2^{-7}, \dots, 2^7, 2^8\}$, C 的搜索范围 $\{2^{-5}, 2^{-4}, \dots, 2^9, 2^{10}\}$, 如果是多分类的问题, 则 LIBSVM 采用的是成对训练方法. 下面选用 Swiss roll 数据集的测试结果如下图所示:

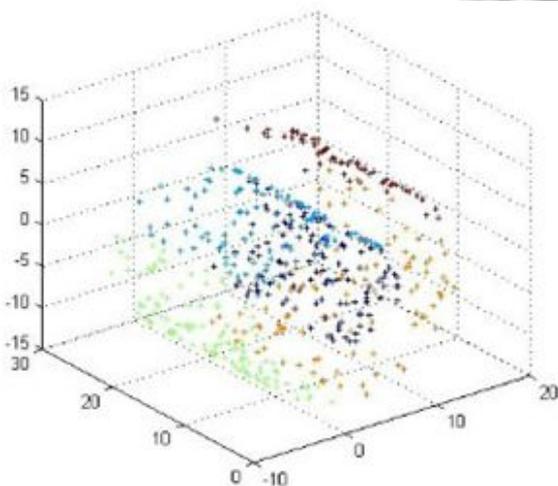


图 3 Swiss roll 数据集

这里 Swiss roll 数据集采集 500 个样本, 维数为 3, 分类数目为 5. 原始数据在 SVM 分类器上的精度是 99.6%, 如下表所示:

表 1 分类精度比较

精度	PCA	LDA	LLE
1 维	66%	71.6%	26.8%
2 维	98.2%	99.8%	27.4%
3 维	99.6%	99.6%	-
...

由上表分析可知, LLE 降维处理之后 SVM 分类器的性能大幅下降, 这应该是 LLE 方法本身的问题, 可能是距离度量不适合, 局部线性嵌入采用的是欧氏距离, 或许采用测地线距离能提高分类效果; 也有可能是邻域选择问题, 尝试不同的 K 值或许可以改善分类器的分类效果.

3 改进距离度量的局部线性嵌入算法

由于分布不均匀的样本集, 会导致近邻点个数 K 的选取对 LLE 的分类结果影响较大, 所需分类时间也相应较长; 改进的 LLE 的思想, 就是在保证分类正确的前提下, 减少近邻点个数 K 的选取, 进而减少分类时间. 在这里, 我们不妨引入 Conformal-Isomap^[11,12] 中的一种度量距离的方法:

$$d_{ij} = \|x_i - x_j\| / \sqrt{T(i)T(j)} \quad (6)$$

其中, $\|x_i - x_j\|$ 表示 x_i 和 x_j 之间的欧式距离, $T(i)$, $T(j)$ 分别表示 x_i 到它的 K 个近邻之间的距离的平均值和 x_j 到它的 K 个近邻之间的距离的平均值. 我们采用这个新的距离来寻找样本集中的每个样本 x_i 的 K 个近邻, 然后按照经典的 LLE 算法计算权重和嵌入空间中的样本.

这种新的距离使得处于样本分布较密集区域的样本之间的距离增大, 而使得处于样本分布较稀疏的区域的样本之间的距离缩小, 这样的话使样本集的整体分布趋于均匀化, 从而降低 K 的取值对 LLE 的实验结果的影响. 那么改进后的 LLE 算法可归纳如下:

步骤 1. 计算出每个样本点的 K 个近邻点, 把相对于所求样本点的式(6)距离最近 K 个样本点规定为所求样本点的 K 个近邻点;

步骤 2. 计算出该样本点的局部重建权值矩阵;

步骤 3. 由该样本点的局部重建权值矩阵和其近邻点计算出该样本点的输出值.

4 实验应用与分析

根据上述对 LLE 算法中的距离改进, 现将其中的关键部分程序列出如下:

```
//对矩阵中的每列进行求和运算
Y = sum(X.^2, 1);
//计算空间中的任两点距离
distance_graph= repmat(Y, N, 1)+repmat(Y, 1, N)-2*X'*X;
//对计算的距离进行排序
[sorted_distance, index] = sort(distance_graph);
//查找 K 个近邻点
temp = sorted_distance (2:(1+K), :);
vec = sum(temp, 1);
vec_mat = vec*vec';
```

```

vec_mat = vec_mat';
vec_mat = sqrtm(vec_mat);
//对改进的距离进行计算
distance_graph = sorted./vec_mat;
[sorted_distance, index] = sort(distance_graph);
//求出最后的 K 个近邻点
neighborhoods = index(2:(1+K), :);

```

以手写体数字图像分类分析为例, 采用 USPS 数据集^[13], 数字(“0”到“9”)的图像经预处理后变成分辨率 16×16 ($D=256$), 并把灰度值量化为 256 阶. 预处理后的图像作为改进的 LLE 的输入数据, 经改进的 LLE 降维后在前两维坐标中显示如图 4.

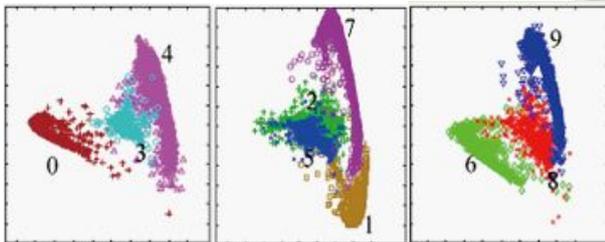


图 4 改进的 LLE 将手写体数字图像降到二维的效果

实验过程中采用 6000 个样本作为训练数据, 2000 个样本作为测试数据, 在改变 K 的情况下, 比较改进 LLE 算法与传统 LLE 算法的分类所需时间. 以不同的近邻数 K 为基础, 对比效果如下表所示:

表 2 传统 LLE 与改进 LLE 分类时间对比

分类所需时间	传统 LLE	改进 LLE
近邻数 $K=60$	4000s	1600s
近邻数 $K=65$	4400s	1650s
近邻数 $K=70$	5000s	1700s
近邻数 $K=80$	7600s	2000s
近邻数 $K=85$	8400s	2200s
近邻数 $K=90$	9600s	2600s
近邻数 $K=100$	11160s	2800s
...

另外, 改进距离的 LLE 算法在 $K=50$ 时可以进行运算, 并且保持大约 96% 的准确率; 而传统的 LLE 算法在此情况下却无法进行运算. 在保证准确率的前提下, 可以适当通过减小 K 来降低分类时间, 这样有利于进一步接近实时性的需求.

5 结束语与展望

“局部线性, 全局非线性”是 LLE 最为显著的特点, 而“全局非线性”是 LLE 之所以被看作是非线性降维方法的最主要原因. 改进的 LLE 使样本尽可能的均匀化, 在一定程度上确实有效的缩短了分类时间, 有一定的实用性. LLE 假设中要求流行上的点分布均匀且稠密采样, 所学习的流行只能是非闭合的, 算法使用欧氏距离在高维空间中构造的局部邻域未必能够真实地反映流行的内在结构, 当两个卷曲状曲面间距离比较小时, 重构过程可能导致不同曲面的点进入同一个局部邻域, 造成流行结构在重构过程的扭曲^[5]. 利用某些线性降维方法可剔除一些没用的噪声^[14], 但是对于维数越大的数据, 它所需的开销就越大, 花费的时间也就越长. 基于此, 下一步将研究线性降维方法和非线性降维方法的结合以达到效率的提高和一定程度上消除噪声的目的.

参考文献

- Hotelling H. Analysis of a complex statistical variable into principal components. *Journal of Educational Psychology*, 1933,24:417-441.
- Tenenbaum JB, Silva V, Landford JC. A global geometric framework for nonlinear dimensionality reduction. *Science*, 2000,290(22):2319-2323.
- Scholkopf B, Smola AJ, Muller KR. Nonlinear component analysis as a kernel eigenvalue problem. *Neural Computation*, 1998,10(5):1299-1319.
- Zhang ZY, Zha HY. Principal manifolds and nonlinear dimensionality reduction via local tangent space alignment. *SIAM Journal of Scientific Computing*, 2004,26(1):313-338.
- Roweis ST, Saul LK. Nonlinear dimensionality reduction by locally linear embedding. *Science*, 2000,290(5500):2323-2326.
- Ropetevao K, Okuno P. Incremental locally linear embedding. *Pattern Recognition*, 2005,38(10):1764-1767.
- 罗四维, 赵连伟. 基于谱图理论的流行学习算法. *计算机研究与发展*, 2006,43(7):1173-1179.
- Saul L, Roweis S. Think Globally, Fit locally: unsupervised learning of low dimensional manifolds. *Journal of Machine Learning Research*, 2003,2:119-155.
- He X, Niyogip. Locality preserving projections. *Address in Neural information Processing Systems*. Cambridge: MIT

(下转第 50 页)

基于 Hadoop 的微博舆情监控系统^①

陈彦舟, 曹金璇

(中国人民公安大学 信息安全工程系, 北京 102600)

摘要: 随着在线社会网络如社交网站、微博、在线社区等的快速发展, 一个真正的双向传播和新媒体时代逐步形成。在线社会网络让每个用户都能创造自己的内容, 并且快速传播出去。据不完全统计, 新浪微博平均每秒有超过 1000 条的新微博产生, 日增量数据为 5TB, 因此海量数据给舆情监控带来了严峻的挑战。将介绍一种基于 Hadoop 的微博舆情监控系统, 能够对大规模采集数据进行挖掘、分析, 实现对舆情热点话题的发现及追踪、对微博的社会网络分析, 分析结果可视化呈现, 为党政机关、大型企业等单位和组织及时发现敏感信息、掌握舆情热点、把握舆情趋势、应对舆论危机提供自动化、系统化、科学化的信息支持。

关键词: 舆情监控; Hadoop; HBase; MapReduce; 在线社会网络; 云计算

Public Sentiment Monitoring System for Microblog Based on Hadoop

CHEN Yan-Zhou, CAO Jin-Xuan

(Department of Information Security Engineering, Chinese People's Public Security University, Beijing 102600, China)

Abstract: With the rapid development of online social networks, such as social networking services, microblog, online community, etc., a real two-way communication and new media age has been gradually forming. Everyone can create their own content and spread out quickly through online social networks. According to incomplete statistics, Sina microblog generates over 1000 new microblogs per second and the daily incremental size of data is 5TB. Thus, massive data has brought severe challenge to public opinion monitoring. This article will introduce a microblog public opinion monitoring system based on the Hadoop. It can mine and analyze large scale collected data, realize detection and tracking of hot topics, perform social network analysis on the microblog and visualize the analysis result. The proposed system will provide automated, systematic, and scientific information support for party and government organizations, enterprises and other units and organizations to detect sensitive information timely, grasp the hot points and the trend of public opinion and deal with the crisis of public opinion.

Key words: monitoring public opinion; Hadoop; HBase; MapReduce; online social networks (OSN); cloud computing

舆情^[1]是指在一定的社会空间内, 围绕中介性社会事件的发生、发展和变化, 它是较多群众关于社会中各种现象、问题所表达的信念、态度、意见和情绪等等表现的总和。互联网开放、虚拟的特性让言论达到了前所未有的活跃程度。对于公众关注的事件很快就会形成网上舆论, 个别人在其中煽风点火, 极易造成网络非理性情绪蔓延, 并产生严重的不良影响, 对

相关部门造成巨大的舆论压力。

随着互联网的快速发展, 世界范围内的互联网用户也在急剧膨胀, 同时出现了一批优秀的在线社会网络, 而其中最为活跃的是社交网站和微博领域, 比如: 美国的 FaceBook、Twitter; 俄罗斯的 Odnoklassniki、Vkontakte; 越南的 Zing; 中国的校内网、Qzone、腾讯微博以及新浪微博等等。据不完全统计, 腾讯微博目前

^① 基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金(YX11133)

收稿时间: 2012-09-21; 收到修改稿时间: 2012-11-07

注册用户达 4.25 亿, 平均每秒产生 50 条新消息, 人均好友量 120 个, 每月产生 19 亿消息量. 新浪微博在不到三年的时间已积累了近 3 亿用户, 平均每秒有超过 1000 条的新微博产生^[2], 日增量数据为 5TB. 随着海量的微博消息不断地被创造出来, 如何从这些海量的数据中进行挖掘、分析, 实现对敏感信息及舆情热点话题的持续追踪及传播趋势研判成为一个重要研究方向以及挑战.

传统的舆情监控系统都是基于昂贵的工作站或服务器集群, 在面对海量数据时往往表现为成本高昂、可扩展性差、单点通信故障等等, 再加上传统数据库难以管理和批量处理上亿数据记录, 因此我们开发了一个基于 Hadoop 的微博舆情监控系统, 能够对大规模采集数据进行挖掘、分析, 实现对舆情热点话题的发现及追踪、对微博的社会网络分析, 分析结果可视化呈现, 为党政机关、大型企业等单位和组织及时发现敏感信息、掌握舆情热点、把握舆情趋势、应对舆论危机提供自动化、系统化、科学化的信息支持.

本文主要介绍以下方面的内容: 第一部分介绍微博舆情监控系统框架. 第二部分介绍微博舆情监控系统结构. 第三部分介绍系统实现.

1 系统框架

Hadoop^[3]是 Apache 开源分布式系统基础架构, 因其优良的特性而被大量运用于企业和机构的研究, 以及被用来搭建自己的云计算平台. Hadoop 主要是由 HDFS(Google File System(GFS)的开源实现)、MapReduce^[4](Google MapReduce 的开源实现)和 HBase^[13](Google BigTable 的开源实现)组成. 微博舆情监控系统基于 Hadoop, 以 HBase 做为海量采集数据存储数据库, 实现微博信息采集、微博舆情监控以及用户交互三层. 如图 1 所示为微博舆情监控系统的系统架构, 其中微博信息采集和清洗过滤层完成对微博数据的采集和清洗, 分布式计算层完成热点话题和社交网络分析, 分布式存储层用于存储采集的数据以及分析结果.

2 微博舆情监控系统结构

2.1 微博舆情监控系统总体结构

微博舆情监控系统由微博信息采集模块、微博信息分析模块、索引存储模块、舆情监控分析模块、交互模块组成. 每个部分的功能如下:

- (1) 微博信息采集模块: 采集微博博主信息和微博内容;
 - (2) 微博信息分析模块: 信息抽取、网页消重、文本切词;
 - (3) 索引存储模块: 提供对 Hadoop 分布式数据(索引库、HBase 库、分析库)的操作接口;
 - (4) 舆情监控分析模块: 文本表示、对索引库和 HBase 库里的数据进行聚类分析、社会网络分析等, 结果输出到分析库;
 - (5) 交互模块: 基于 J2EE 架构实现用户交互功能.
- 如图 2 所示为微博舆情监控系统结构与功能.

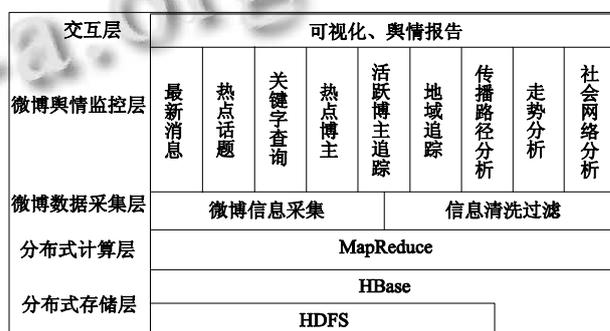


图 1 微博舆情监控系统架构

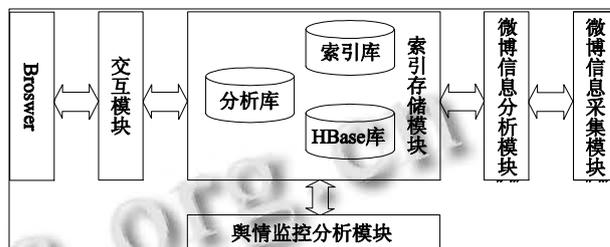


图 2 微博舆情监控系统结构与功能

2.2 微博信息采集及分析

微博信息采集采用文献[5]提出的基于 API 与网页解析方案相结合的方法. Open API 是指一种微博服务商将自己提供的服务封装成一系列 API 接口, 通过调用这些数据接口可以获取微博内容、评论、用户、关系等信息. 其中新浪和腾讯提供的 API 最为丰富, 而且新浪微博是国内最大的在线社会网络, 因此本文信息采集的来源定为新浪微博. 为了均衡服务器的负载, 微博服务商对不同用户设置了不同的 API 接口调用频率与查询范围. 新浪微博不仅限制了一次请求最多只能返回 5000 个结果和普通授权用户每小时接口最多只能使用 1000 次, 而且拒绝短时间内高频率的 API 接

口调用. 因此在采集微博信息中我们采用了基于 API 与网页解析方案相结合的方法, 如图 3 所示.

(1) 获取器: 通过调用 API 接口返回 JSON 格式文件方式收集博主信息;

(2) 爬虫器: 通过分布式爬虫方法抓取微博内容, 并利用 Dom 解析 html 和抽取信息.

其中 n 个获取器和爬虫器分别运行在 n 个 slaver 机器上, 调度器运行在 master 机器上.

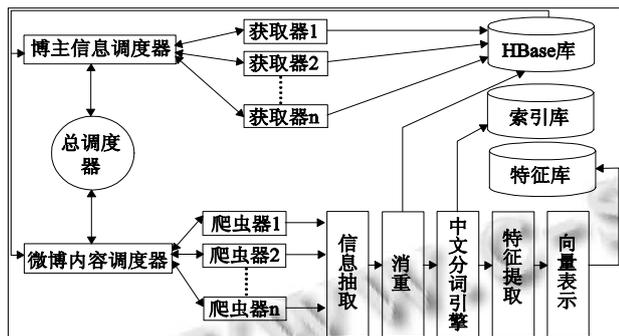


图 3 微博信息采集及分析模块结构

本系统利用词频-逆向文本频率 TFIDF 向量表示方法来表示微博内容的特征向量. 在不考虑词间次序和文本结构的前提下, 这种表示方法针对微博内容中的所有词(在文本切词阶段对去除@微博用户和短链接的微博内容, 通过庖丁解牛分词处理取得词语), 所以本质上讲它也是一种微博内容的词集表示法. 类似于结构化数据库的一条记录, 一条微博内容的 TFIDF 特征向量某种程度上反映了该微博的内容特征. 以一个矩阵来表示所有微博内容集合文本信息, 矩阵中的列集为特征集, 行集为所有已爬取的微博内容集合. 如图 3 所示, 微博内容写入 HBase 库, 微博索引写入索引库, 特征矩阵写入特征库.

2.3 舆情监控分析

舆情监控分析作为系统的主要模块, 它包含了最新消息、热点话题、热点博主、活跃博主追踪、地域追踪、传播路径分析、走势分析、社会网络分析. 限于篇幅, 以下我们仅对主要功能展开具体的阐述.

2.3.1 热点话题

热点话题是在上述构造出的特征矩阵基础上做聚类分析, 整个并行计算流程如图 4 所示读取特征库中的特征向量, 利用 Canopy 算法^[7]对 K-Means 聚类算法^[8]优化的方法计算出相似内容, 最后把各中心点以及包含的子项写入分析库供前台查询. 工作流程如下:

- (1) 读取特征库中的特征矩阵;
- (2) 通过基于 MapReduce 的 Canopy 算法取得中心;
- (3) 通过基于 MapReduce 的 K-Means 算法计算数据对象与聚类中心间距离;
- (4) 把聚类结果中各中心点以及包含的子项写入分析库供前台查询.

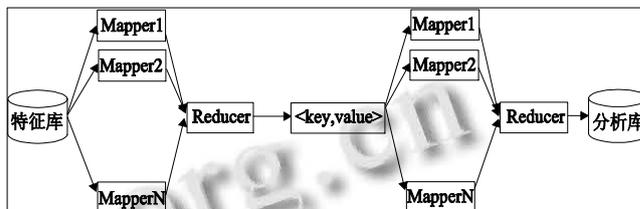


图 4 热点话题发现模块结构

2.3.2 社会网络分析

复杂网络^[9]是近几年在计算机处理和运算能力飞速发展基础上被人们发现的真实网络. 它具有很多与规则网络和随机网络不同的统计特征, 其中最重要三个特性就是小世界特性、无标度特性以及高聚类系数. 社会网络的概念与复杂网络相比, 二者之间有很多共同的地方, 首先二者都是通过网络(G=(V,E))的概念来描述被研究的对象及对象之间的关系, 其次研究复杂网络的主要方法中包括社会网络分析方法. 社会网络和复杂网络之间的关系是被包容与包容的关系, 社会网络是复杂网络的一种, 是复杂网络研究领域一种特殊的网络^[10]. 本文通过节点度分布和聚类系数来分析微博网络无标度性和小世界特性.

在微博网络中每个节点表示一个博主. 对于一个博主, 与其有连接的其它博主的个数称为该博主的度. 一个博主的入度指的是其粉丝总和, 其出度指的是关注总和. 在某种意义上, 节点的度数越高, 说明该博主越重要. 因此, 研究分析整个社会网络中的节点度分布的情况, 可以帮助了解社会网络的结构.

聚类系数是社会网络分析中的一个重要的指标, 它是指社会网络中实际存在的边数和可能有的边数之比. 聚类系数反应了网络的集团化程度, 这是一种网络内聚的反映, 对于社会网络而言, 集团化形态是一个重要特征, 集团表示网络中的朋友圈或熟人圈的凝聚力的程度, 集团中的成员往往相互熟悉, 聚类系数就是刻画这种群集现象的集团化属性^[10].

本系统所采用的社交网络分析法是计算博主信息中的粉丝数以及关注数的出入度和聚类系数, 分别采

用 n 个 Map 阶段和一个 Reduce 阶段, 计算结果存储在分析库, 供前台可视化交互调用。

3 系统实现

3.1 集群系统结构

由连接在千兆以太网交换机上的 1 个 Master (ubmaster)及 3 个 Slaves(ubslave1、ubslave2、ubslave3)构成, IP 分别为 192.168.102.230~192.168.102.233, 其中 Master 运行 NameNode 和 JobTracker, 子节点运行 DataNode 及 TaskTracker, 所有机器均为方正台式机, 每台内存 2G, 空间 250G, 软件环境详细信息如表 1 所示, 节点拓扑结构图如图 5 所示。

表 1 各节点硬件及软件配置

硬件		软件		
CPU	Intel(R)Core(TM)2 E8400 3.00GHz×2	操作系统	Ubuntu 10.04 LTS	
内存	4GB	其他	Master	Slaves
硬盘	498GB WD5000AAKS 7200RPM	Java JDK7	✓	✓
以太网卡	RTL8168D(P)/8111D(P) PCI-E Gigabit Ethernet	SSH	✓	✓
交换机	1000Mbps	Hadoop-0.20.2	✓	✓
		HBase-0.90.4	✓	✓
		Eclipse3.7.1	✓	
		Hive-0.8.1	✓	
		Tomcat-7.0.22	✓	
		Lucene-3.0.3	✓	

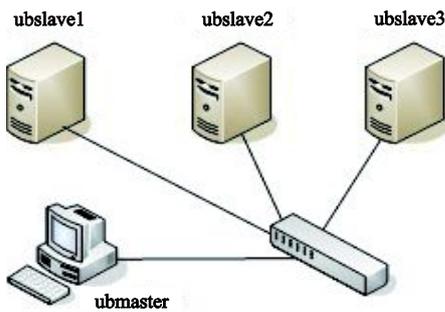


图 5 节点拓扑结构图

3.2 环境配置

3.2.1 SSH 配置

- ① 在 ubmaster 机器上建立 SSH Key: ssh-keygen -t rsa -P ""
- ② 启动 SSH Key: cat ~/.ssh/id_rsa.pub >> ~/.ssh/authorized_keys sudo /etc/init.d/ssh reload
- ③ 在 ubmaster 机器上向 3 个 slave 机器上的

/home/hadoop/.ssh/文件夹里发放公钥 authorized_keys

- ④ 测试无密码连接: ssh ubslave1、ssh ubslave2、ssh ubslave3

3.2.2 Hadoop、HBase、Hive 环境配置

在启动 Hadoop、HBase、Hive 环境前需要配置 Hadoop 基本环境配置文件 hadoop-env.sh、core-site.xml、mapred-site.xml、hdfs-site.xml、hbase-env.sh、regionservers、hbase-site.xml、hive-env.sh、hive-site.xml, 有关这些文件的配置参数, 见文献[11], 这里不再赘述。

3.3 HBase 数据库设计

HBase 数据库存储采集的博主信息、微博内容以及关注信息, 如表 2 所示。

表 2 微博舆情监控系统数据库设计

Rowkey	TimeStamp	Column Family	Column Keys
id	timestamp	user	id,sex,brithday,address,gzNum,fansNum,wbNum,edu,work,summary,blog,renZh
		weibo	id.person_id,article,discuss,transmit,origin,time
		userR	idA, idB

其中 user 列簇存储博主信息, weibo 列簇存储微博内容, userR 存储博主关系(博主 idA 关注博主 idB)。

3.4 系统实现

限于篇幅, 下面我们仅对主要实现功能展开具体的阐述。

3.4.1 微博信息采集

在系统实现阶段, 我们总共采集了将近 100 万博主信息和 22 万微博内容。图 6 所示为采集进 HBase 库中的局部微博内容, 其中 article 字段是中文以十六进制存储。

```

10469 259470 column=weibo:transmit, timestamp=1337630620484, value=0
10469 259471 column=weibo:article, timestamp=1337630620542, value=8\xE6\x9C\x8B11\xE0\x97\xA5\xEF\xBC\x8C\xE4\xB8\xA0\xE5\x9B\xBD\xE5\x85\xA
\xE5\x8F\x88\xE6\x99\xE4\xE9\x80\x9A\xE5\x91\x98\xE5\xB7\xA5\xE
\x89\x80\xE8\x83\x8D\xE4\xBA\xA8\xE5\x8F\x97\xE7\x9A\x84\xE6\xE
\x80\xE9\xA8\xE5\xA5\x96\xE5\x8A\xB1\xE6\x98\xA8\xE6\x97\xA
\xE8\xA2\xA8\xE5\x88\xB7\xE6\x96\x80\xE3\x80\x82\xE6\x9C\x8B16
\xE6\x97\xA5\xE6\x99\x9A\xEF\xBC\x8C\xE7\x99\xBE\xE5\xBA\xA6\xCE0
E6\x9D\x8E\xE5\x8D\xA6\xE5\xAE\x8F\xE9\xA2\x81\xE5\x87\xBA\xE7
99\xBE\xE5\xA6\xE6\x9C\x80\xE9\xA8\x98\xE5\xA5\x96\xEF\xBC
8C10\xE5\x90\x8D\xE5\x8F\xBA\xE5\x81\xE2\xE5\x91\x98\xE5\x87\xA
\xE7\x8A\x84\xE5\x80\x8F\xE5\x98\xA2\xE9\x98\x8F\xE8\x8E\xB7\xE
\xBE\x97\xE4\xBA\x86\xE9\xA8\x98\xE8\xBE\xE5\x8E\xE4\x88\x87\xE
\xE\xE9\x87\x91\xE5\xA5\x96\xE5\x8A\xB1\xE3\x80\x82
column=weibo:discuss, timestamp=1337630620542, value=0
column=weibo:id, timestamp=1337630620542, value=259471
column=weibo:origin, timestamp=1337630620542, value=\xE6\x96\x96\xE
\xE6\xB5\xAA\xE5\xBE\xAE\xE5\x8D\x9A
column=weibo:person_id, timestamp=1337630620542, value=10469
column=weibo:time, timestamp=1337630620542, value=2011/8/11 13:
6:15
10469 259471 column=weibo:transmit, timestamp=1337630620542, value=0
10469 259472 column=weibo:article, timestamp=1337630620571, value=\xE5\x93\x8
8\xE5\x93\x88\xEF\xBC\x8C\xE6\x88\x91\xE7\x8E\x80\xE5\x9C\xA8\
6\x98\xAF\xE4\x88\x80\xE5\x90\x8D\xE5\x8B\x82\xE9\x95\x8F\xE4\
A\x86\xE5\x8C\xE5\xBC\x80\xE5\xA7\x8B\xE5\x8B\x8A\xE5\x80\x9
0\xE4\x80\x80\xE5\x8A\x7E\x80\xE5\x8B\xE5\x87\xE4\xA6\xA6\
6\x83\xB3\xE7\x9A\x84\xE5\x9F\x8E\xE5\x8B\x82\xE3\x80\x82 \xE5\
BC\xA0\xE6\xB7\xBC\xA5\xE7\x8E\x80\xE5\x9C\xA8\xE6\x80\x90\xE
\x8B\xBA\xE4\xBA\x86\xE4\x88\x80\xE5\x90\x8D\xE5\x8B\x82\xE9\xE
\xBF\xEF\xBC\x81\xE5\xA5\x89\xE6\xAD\xA3\xE5\x9C\xA8\xE5\x8B\xE
\xE9\x80\xA9\xE4\x8B\x80\xE5\x8A\x7A\xE5\x81\x9E\xA1\xBA\x8E\xE
\xA5\xB9\xE8\x87\xAA\xE5\xB7\xB1\xE7\x9A\x84\xE5\x9F\x8E\xE5\xE
\x82\xE3\x80\x82\xE5\xBC\x80\xE5\xA7\x8B\xE6\x80\x8B\xE6\x88\xE
http://t.cn/R1229k

```

图 6 微博采集图

3.4.2 热点话题发现及可视化

用户通过交互模块读取分析库中的聚类中心以及其包含的子项, 然后使用力导向算法和 JavaScript 进行可视化, 如图 7 所示: 中心点为当日的话题, 其周围的小点代表参与此话题的博主。



图 7 热点话题可视化图

3.4.3 社会网络分析

复杂网络最重要三个特性就是小世界特性、无标度特性以及高聚类系数, 本系统通过节点度分布和聚类系数来分析微博网络无标度性和小世界特性. 通过对博主信息中的关注和粉丝关系进行 MapReduce 计算后, 结果如图 8 所示, 其中上图为节点出度分布图、下图为节点入度分布图. 其中由图 8 中上图可知在出度为 160 左右会出现一个尖峰, 由统计数据可知出度在 150 到 160 之间的用户为 92 人. 由下图可知有 200 以上人的跟随者大于 1000 人, 其中有 62 人发表的微博在 100 条以上, 所以这部分用户是活跃用户, 他们不但拥有数量众多的好友, 而且也有不少跟随者, 并且经常发表微博, 这些用户是网络中活动较强的群体。

4 结语

本文主要对分布式系统关键技术进行了研究, 并把 Hadoop 分布式存储和 MapReduce 并行计算模型运用于海量微博数据处理当中, 对微博进行了舆情监控分析. 本文主要完成了以下工作:

(1) 利用基于 API 与网页解析方案相结合的方法从微博获取博主信息和爬取微博内容;

(2) 结合 HBase 的架构特点和 MapReduce 并行计算方法对舆情监控研究分析, 并设计构建出基于 HBase 的微博信息存储系统, 基于 MapReduce 的分布式热点话题算法;

(3) 通过多种可视化方法有效展示了舆情监控分析结果。

通过实践证明, 基于 Hadoop 的微博舆情监控系统可以有效的对大规模微博数据进行舆情监控分析, 下一步我们的主要工作:

(1) 使用 CTM 模型改进话题聚类算法;

(2) 尝试基于模型的多维聚类算法, 提高获取热点话题的准确度;

(3) 进一步结合社会网络分析理论, 增强舆情监控准确度。

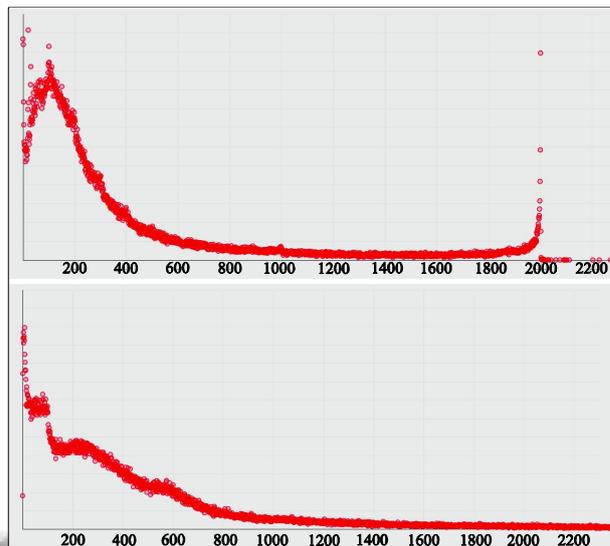


图 8 社会网络分析可视化图

参考文献

- 1 刘毅. 略论网络舆情的概念、特点、表达与传播. 前沿论坛, 2007,(1):11-12.
- 2 Zheng J. “社交网络世界地图”最新版发布. [2012-06-11]. <http://www.36kr.com/p/117083.html>.
- 3 Apache Hadoop. Hadoop. [2011202215] <http://hadoop.apache.org/>
- 4 Dean J, Ghemawat S. MapReduce: Simplified data processing on large clusters. Operating Systems Design and Implementation, 2004. 137-149.
- 5 廉捷, 周欣, 曹伟, 刘云. 新浪微博数据挖掘方案. 清华大学学

(下转第 9 页)

带电作业机器人控制系统^①

吕 骁, 鲁守银, 曹端江

(山东建筑大学 信息与电气工程学院, 济南 250101)

摘 要: 带电作业机器人是针对配电线路带电作业而研制开发的一种安全、可靠的带电作业设备。介绍了带电作业机器人系统组成, 运动控制系统的软硬件实现, 最后详细介绍了系统的位置伺服和力/位置混合控制, 并且通过 MATLAB 仿真对两种控制方法进行了位置跟踪比较, 仿真曲线证明带有力反馈的控制效果更佳。

关键词: 带电作业; 机器人; 位置跟踪; MATLAB 仿真

Live-line Work Robot Control System

LV Xiao, LU Shou-Yin, CAO Duan-Jiang

(School of Information and Electrical Engineering, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: The Hot-line Work Robot is a safe, reliable, live working equipment developed for distribution live line work. System compositions of Robot and hardware and software implementation of the motion control system are introduced in detail. Finally, the paper introduces the system's position servo control and force position control in particular, and compares two control methods of position tracking through the MATLAB simulation. Simulation curve proves that hybrid control method of force and position is better than position control.

Key words: hot-line work; robot; position tracking; MATLAB simulation

配电带电作业技术是保证供电设备安全可靠运行、提高电网经济效益和服务质量的一个重要检修手段。目前, 我国的带电作业方式仍是人工带电作业, 操作人员作业时处于高电压、高空环境中, 作业条件恶劣, 容易引发人身伤亡事故。因此, 研制一种适用于 10 kV 高压线路带电作业的机器人具有重要意义。

带电作业机器人是集高压绝缘、机械、液压、控制与计算机技术等学科于一体的高技术产品。国外在该领域的研究起步较早, 日本是研究成果和使用化程度都比较好的国家之一。日本于 1984 年开始高压带电作业机器人的研究, 仅九州地区已有 100 多台带电作业机器人在现场工作, 目前, 日本带电作业机器人研究已经进入第 3 代^[1]。西班牙、美国、加拿大也在 20 世纪 80 年代中期开展了这方面的研究。

在我国, 由于对配电可靠性的要求越来越高, 对带电作业机器人的需求也越来越强烈。山东电力科学

研究院于 2002 年 11 月研发出第一台实验室样机, 2003 年开始产品化样机的研究, 2005 年完成产品化样机的研究。2011 年 6 月完成山西长治 10KV 带电作业机器人实用化研究^[1,2]。

1 带电作业机器人系统组成

高压带电作业机器人主要由力反馈主手、控制单元、液压和伺服驱动模块、从手(机械臂)等构成, 主从手采用完全相同的拓扑结构, 只是在几何尺寸上有差别。这样设计使得主从手运动学模型一致, 主手的位姿即从手的位姿, 便于操作, 有利于控制和生产。操作者操纵主手提供角位移信号, 控制单元以此控制从手移动相应的位移^[3]。从手各关节都带有力传感器, 执行控制命令时, 能实时地将从手与目标物体接触的力信号反馈给控制单元, 并控制主手产生相应的反馈力, 使操作者在操作主手的过程中具有力觉临场感。图 1 为高压带电作业机器人系统示意图。

^① 基金项目: 国家高技术发展计划(863)(2012AA041506)

收稿时间: 2012-09-17; 收到修改稿时间: 2012-11-03

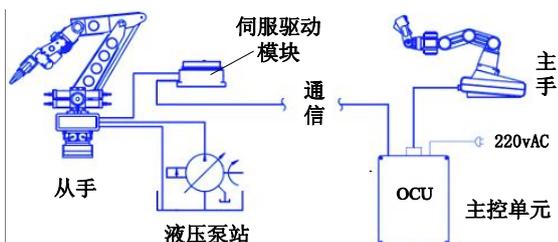


图1 高压带电作业机器人系统构成

2 运动控制系统的实现

运动控制系统结构图如图 2 所示，操作者操纵主手，主手各关节上的电位计检测移动位移，输出 8 路模拟量信号，经 A/D 转换后，输出给主控制器，主从控制器之间经过光纤进行通信。将主控制器发出的控制信号进行 D/A 转换，驱动各关节伺服阀，控制油缸移动相应的位移。同时，从手各关节传感器也会将信息反馈给从控制器，并上传至主控单元。

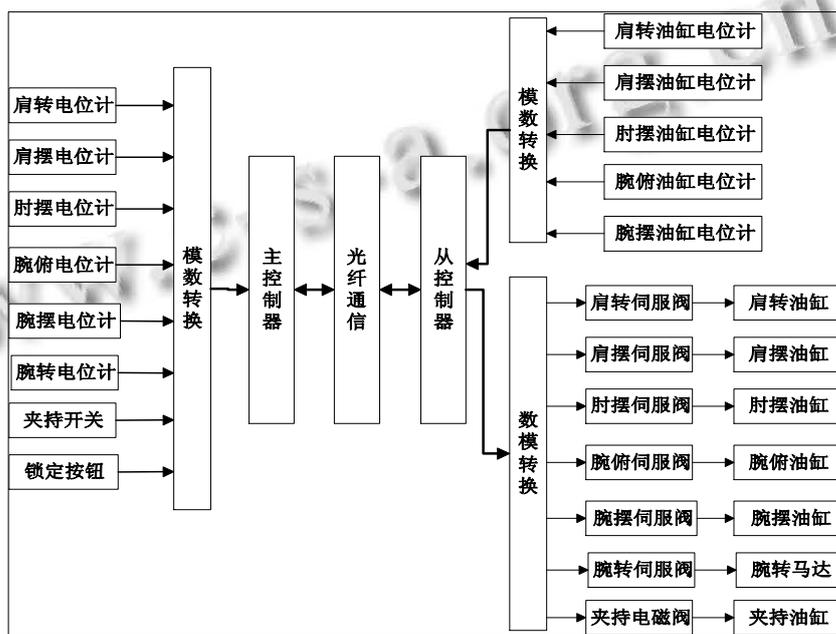


图 2 控制系统结构图

2.1 硬件实现

运动控制器通过光纤与主控单元连接，接收并解析主控系统下发的运动指令序列，控制伺服阀驱动油缸和马达运动，同时，通过角位移传感器、压力传感器等实时采集油缸和液压马达的相关运动参数，并上传至主控系统^[7]，系统结构图如图 3 所示。选用 TRIO Euro209 控制器，它是针对运动控制领域独立开发出来的基于微处理技术的高精密数字运动控制器；液压

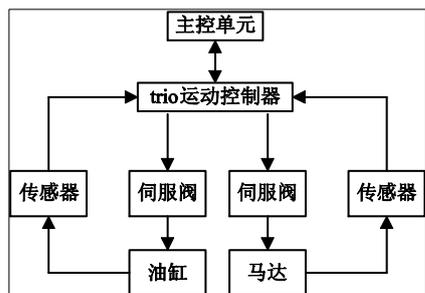


图 3 系统结构图

马达输出旋转运动，能够将液压泵提供的液压能转变为机械能^[4]，应选择体积小、重量轻、结构简单、对油液的污染不敏感的马达；电位计要求体积小、比例系数高、精度±0.25%以上；伺服阀与比例阀相比，控制精度高、响应速度快，它能够将输入的微小电气信号转换为大功率的液压信号(流量与压力)输出。

2.2 软件实现

上电以后，首先对系统初始化，之后，系统进入自检状态，自检通过后，询问是否进行示教，若示教则运行示教子程序；若不示教，则判断主手是否移动，运行位置子程序。主程序流程图如图 4 所示。

位置伺服控制会实时检测主手各关节的运动状态，从而执行从手相应关节运动，并将位移信号反馈回来，做差比较，继而使从手跟踪主手位移^[5,6]。流程图如 5 所示。

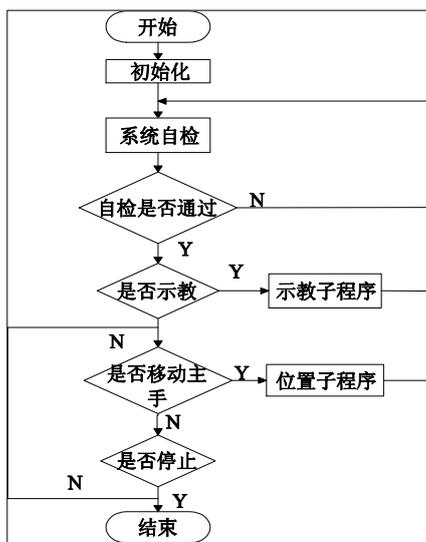


图 4 主程序流程图

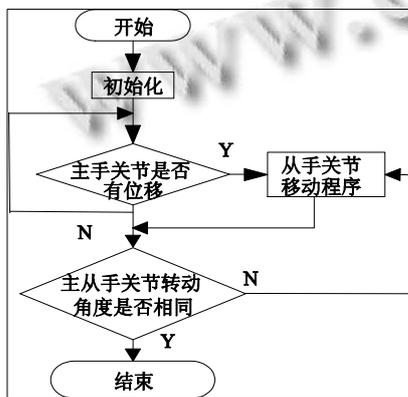


图 5 关节移动程序流程图

3 控制策略的研究

位置伺服控制是以移动部件位移为控制量的自动控制系统,如图 6 所示,它由位置检测、位置控制、伺服驱动、执行器几部分组成,其中位置控制是核心。对电液伺服控制系统来说,位置指令一般来自外部给定,即操作者移动的位移,执行器为伺服阀、伺服油缸和伺服马达^[7]。

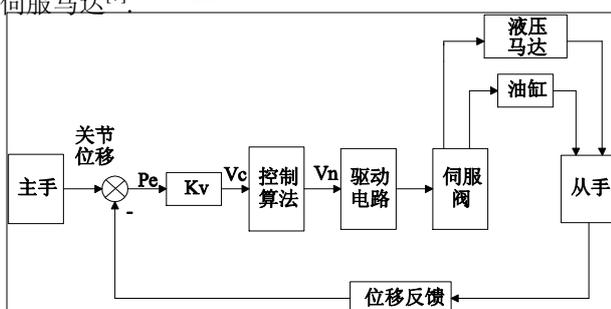


图 6 位置伺服控制框图

操作者操纵主手产生关节位移,作为控制指令输入给位置伺服控制器,同时从手的关节位移通过角位移传感器反馈给位置伺服控制器,两者比较作差产生位置偏差信号 P_e ,将位置偏差信号与位置增益 K_v 相乘产生位移指令 V_c ,然后通过控制算法(一般采用 PI 运算)将位移指令转化为电压信号 V_n 输出,经过驱动电路驱动伺服阀,通过流经阀的流量控制液压执行器(液压马达、液压油缸)的位移,实现对机械臂从手的位置伺服控制^[8]。

力反馈控制方法一直是国内外学者专家研究的热点,控制方法的不同主要在于主从手两侧位置(或者速度)和力信息的不同组合,构成不同的控制算法,实现力觉反馈。本文采用邓乐等专家提出的一种新型控制方法,如图 7 所示,这种方法的特征是主手由主从手之间的力偏差和位置偏差混合控制,从手由二者的位置偏差控制^[10]。

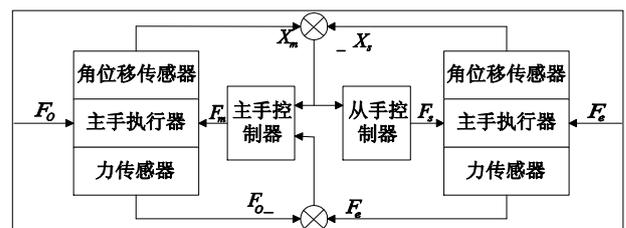


图 7 力/位置混合控制

图中 F_o ——操作者施加给主手的操纵力

F_m ——驱动主手的反馈力

F_s ——驱动从手的力

F_e ——从手与环境之间的作用力

X_m ——主手操作位移

X_s ——从手动作位移

设位移增益系数为 K_β 、力反馈增益为 K_α 、主手的阻尼系数为 B 、主手的转动惯量为 J_m ,由阻力=速度×阻尼系数;力=加速度×转动惯量;两个关系式以及图 7 可以写出力反馈主手和从手之间的位移方程和驱动力方程^[9]:

$$\begin{bmatrix} X_s \\ F_m \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} K_\beta & 0 & 0 & 0 \\ 0 & B & J_m & K_\alpha \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} X_m \\ \dot{X}_m \\ \ddot{X}_m \\ F_s \end{bmatrix} \quad (1)$$

由式(1)可知控制量 X_s 和 F_m 是相互独立的. 这种控制方式既保证从手的控制精度, 又提高了操作系统的安全性. 可以有效地抑制系统内的动力学干扰, 实现较为理想的力觉临场感.

4 试验

位置跟踪试验的目的是检验单纯的位置伺服控制和具有力反馈的力/位置混合控制两种方法对给定信号的跟踪情况, 进而选择较好的控制策略. 为方便起见, 选择正弦信号为给定信号^[11], 如图8所示.

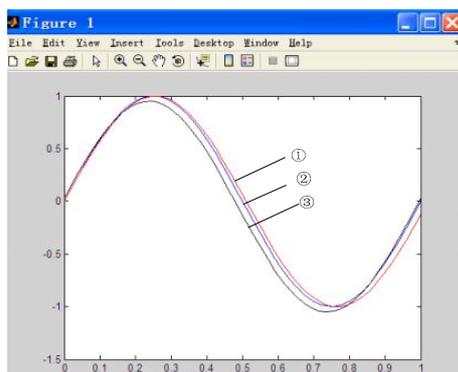


图8 位置跟踪曲线

图中, ①表示位置伺服控制下的跟踪曲线, ②为给定正弦信号, ③表示力位置混合控制跟踪曲线.

由图可知, 在 $[0, \pi/2]$ 内, 两条曲线的跟踪效果都非常好, 跟踪误差接近于零; 在 $[\pi/2, 3\pi/2]$ 内, ①比②跟踪效果好; 在 $[3\pi/2, 2\pi]$, ②的跟踪效果比①好. 总之, ①线, 即力/位置混合控制方法能更好的完成跟踪试验.

5 总结

随着信息技术的发展和自动化水平的提高, 利用遥操作机器人代替人类完成危险场合的作业任务已经变得非常普遍, 技术也逐渐趋于成熟, 但是一些控制方式还处于摸索阶段. 本文采用力位置混合控制策略, 既保留

了位置伺服控制的优点, 又使系统具有力觉临场感. 并由 MATLAB 仿真曲线证明了此控制方式跟踪效果较好.

参考文献

- 1 韩江义, 游有鹏, 王化明. 夹钳式力反馈遥微操作系统的设计与试验. 机器人, 2010, 32(2): 184-188.
- 2 鲁守银. 高压带电作业机器人的研究. 上海: 上海交通大学, 2003, 11.
- 3 鲁守银, 马培荪. 高压带电作业机器人的研制. 电力系统自动化, 2003, 27(17): 56-58.
- 4 杨申申, 汤国伟, 王璇. 深海液压主从式机械手控制器. 海洋技术, 2009, 28(1): 4-7.
- 5 Wu GP, Xiao XH, Xiao H, Dai JC, Bao WJ, Hu J. Development of a mobile inspection robot for high voltage power transmission line. Automation of Electric Power Systems, 2006, 13.
- 6 Imaida T, Yokokohji Y, Doi T, Oda M, Yoshikawa T. Ground-space bilateral teleoperation of ets-vii robot arm by direct bilateral coupling under 7-s time delay condition. IEEE Trans. Robotics Automat, 2010, 20: 499-511.
- 7 Zhou FY, Wu AG, Li YB. An inspection robot running on 110kV power transmission line. Electric Power; 2008-03.
- 8 邓乐, 李新, 赵丁选. 新的遥操作工程机器人系统的双向控制策略研究. 工程机械, 2005, (7): 47-49.
- 9 邓乐. 电液力反馈操纵杆及其双向伺服控制技术. 长春: 吉林大学, 2007.
- 10 Kudom iS, Yamada H, Muto T. Development of a hydraulic master slave system for tele-robotics haptic display device for usage of a hydraulic servo system. Proc. of 1st FPNI --PhD Symp, Hamburg, 2000: 467-474.
- 11 Yang Y, Gao HL, Meng SM, Luo C, Ma XQ. Structural design of overhead line deicing robot. Electric Power Construction, 2009.