

中医按摩机器人专家控制系统的研究

刘玲云, 鲁守银, 张 营, 李 臣, 王升军

(山东建筑大学 机器人技术与智能系统研究院, 济南 250101)

摘要: 针对中医按摩过程的复杂性问题, 根据中医按摩专家经验和智能控制理论, 提出了一种基于产生式规则的中医按摩机器人专家控制系统; 给出了该专家控制系统的基本结构, 并介绍了基于产生式规则的专家控制系统的设计思路; 通过对专家控制系统的知识库、推理机的设计, 同时利用 C# 开发语言, 实现了具有良好人机交互的专家控制系统; 实验结果验证了该控制系统的实时性和有效性。

关键词: 中医按摩机器人; 专家控制系统; 知识库; 推理机

Research on Expert Control System of Chinese Medicine Massage Robot

Liu Lingyun, Lu Shouyin, Zhang Ying, Li Chen, Wang Shengjun

(Research Institute of Robotics Technology and Intelligent System, Shandong Jianzhu University, Jinan 250101, China)

Abstract: In view of the complexity of traditional Chinese medicine massage process, according to the experience and intelligent control theory of Chinese medicine massage, a expert control system based on generative rule is proposed. The basic structure of the expert control system is presented. The design idea of the expert control system based on generative rules is also introduced. Through the design of the knowledge base and the inference engine of the expert control system, the expert control system with good human-computer interaction is realized by using c#. The validity of the control system has been verified.

Keywords: traditional Chinese medicine massage robot; expert control system; knowledge base; inference engine

0 引言

近年来, 专家系统在人工智能应用领域取得了令人瞩目的成就, 它实现了人工智能从理论研究走向实际应用、从一般推理策略探讨转向运用专门知识的重大突破^[1]。建造专家系统的过程可以称为一个“知识工程”, 它可以利用人类专家提供的专门知识, 模拟人类专家的思维方式, 解决对人类专家都相对困难的问题。近几年, 随着机器人技术以及人工智能技术的发展, 专家系统在这一领域的应用研究也已成为热点^[2]。

中医按摩在我国有着悠久的历史, 但是目前各大医院仍由经验丰富的按摩师人工进行临床治疗, 推拿按摩的疗效与按摩师的水平经验密切相关, 施力的大小、方向、位置、穴位、频率等都对治疗效果有一定的影响。因此这不仅是一项复杂繁重的工作, 并且人力资源的耗费也是非常巨大的^[3-4]。本文介绍的中医按摩机器人, 结合专家系统知识与控制理论知识, 根据中医按摩知识以及中医按摩领域的专家经验, 设计了一种基于规则的专家控制系统, 能够实时准确的提出有效的治疗方案并执行, 这不仅减少了人力资源的浪费, 也为中医按摩机器人的智能化提供了一种更有效的方式。

1 中医按摩机器人系统结构

中医按摩机器人是一种康复型服务机器人, 可针对老年人

收稿日期: 2015-10-28; 修回日期: 2015-12-18。

基金项目: 国家 836 项目(2010AA040201); 山东省 2014 年科学技术发展计划项目(2014GGX103002)。

作者简介: 刘玲云(1991-), 女, 山东乳山人, 硕士研究生, 主要从事智能机器人系统方向的研究。

鲁守银(1968-), 男, 山东济南人, 教授, 博士生导师, 主要从事电力控制系统、机器人系统、鲁棒控制、复杂控制系统方向的研究。

的各种退行性疾病进行腰椎部位和背部的按摩, 通过掌按、掌揉、掌推、指按、指揉、捏拿、叩击等多种按摩手法以达到按摩治疗的目的^[2,5]。本文介绍的中医按摩机器人为龙门式结构^[6], 主要由五大部分组成: 床体部分、机械臂、仿人机械手、运动控制柜、操作台部分。该机器人主要是进行背部按摩, 所以床体上设置了脸孔, 这样就基本上确定了人体位置, 方便按摩时的穴位定位。床体底部设有脚轮, 方便床体移动。机械臂可以实现沿着床体长、宽、高方向运动, 并能实现机械手的旋转。仿人机械手可以实现腕部转动, 并且结合拇指开合实现掌指的转换, 进而实现各按摩手法。运动控制柜安放在床体底部, 为机械臂和机械手的运动提供动力和信号传递。操作台为全触摸式结构, 操作者可以在面板上实现对被按摩者的信息录入、穴位数据采集、生理指标数据显示以及数据的存储等, 方便对按摩机器人进行控制。

根据该机器的系统功能, 中医按摩机器人主要由主控系统、人体穴位检测及定位系统、按摩机器人本体机构、按摩机构、基于生理指标参数和中医按摩知识的按摩专家系统、人机交互模块、安全保障模块等部分组成^[5,7]。图 1 为系统结构框图。

2 中医按摩机器人专家控制系统

中医按摩机器人专家控制系统主要是根据患者提供的基本信息, 通过适当的推理规则, 决策出适合该患者的治疗方案, 同时结合传感器信息以及上位机输入指令对按摩推拿过程进行实时控制。本专家控制系统主要由专家知识库、动态数据库、实时推理机、人机交互、信息获取、执行机构等部分组成^[2,8], 系统结构如图 2 所示。

2.1 知识库的建立

中医按摩机器人专家系统中, 知识库主要包括事实库即综

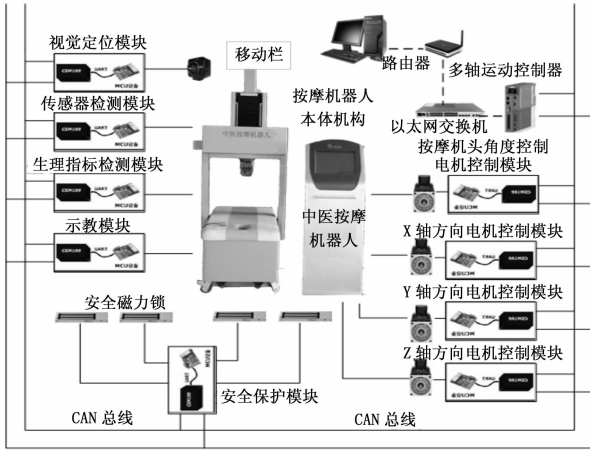


图 1 系统结构框图

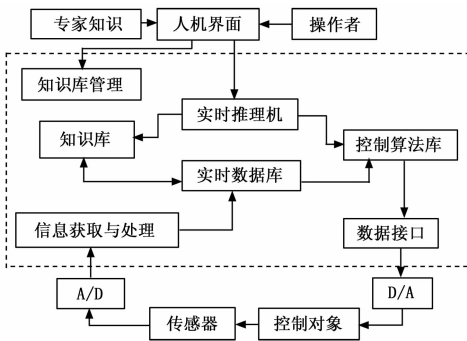


图 2 专家控制系统结构图

合数据库、诊断规则库和治疗方案库。事实库中存储患者的基本信息，包括身高、体重、症状等输入信息。治疗方案库中存放着诊断完成之后推荐的各种具体治疗方案。诊断规则库是系统的核心数据库，主要存放与腰间盘突出等病症有关的原理知识和中医按摩的专家经验，为推理过程提供所需要的知识。诊断规则库中的规则表示采用产生式规则表示，基本形式是 IF ... THEN^[9-11]，下面是该系统中的部分规则：

- R1: IF 体重指数 < 18 (可信度 = 0.8)
THEN 体重偏瘦 (可信度 = 0.7)
- R2: IF 压痛点位于腰 4~5 椎旁 1 cm 处 (可信度 = 0.8)
THEN 出现坐骨神经痛 (可信度 = 0.7)
- R3: IF 腰椎凸 (可信度 = 0.7) OR 跛行步态 (可信度 = 0.6) OR 腰部活动受限 (可信度 = 0.6)
THEN 症状明显 (可信度 = 0.7)
- R4: IF 下腰部疼痛 (可信度 = 0.8) OR 下肢疼痛、麻木 (可信度 = 0.7) OR 下肢肌肉萎缩 (可信度 = 0.6)
THEN 症状明显 (可信度 = 0.8)
- R5: IF 体重偏瘦 (可信度 = 0.7) AND 血压偏高 (可信度 = 0.9)
THEN 耐受力弱 (可信度 = 0.7)
- Rn-1: IF 出现坐骨神经痛 (可信度 = 0.6) AND 症状明显 (可信度 = 0.8)
THEN 确诊为腰间盘突出 (可信度 = 0.8)
- Rn: IF 确诊为腰间盘突出 (可信度 = 0.8) AND 耐受力弱 (可信度 = 0.7) AND 脉率正常 (可信度 = 0.7)
THEN 采用治疗方案一 (可信度 = 0.9)

2.2 推理机的建立

由于本文研究的是实时专家控制系统，要求根据患者的生理指标参数变化，实时改变治疗方案并实行，所以采用正向推理。因为正向推理也称数据驱动控制^[12]，是基于已有的数据信息，正向使用规则，使规则的前提与数据库中的记录相匹配，从而得出推断结果。推理流程图如图 3 所示。

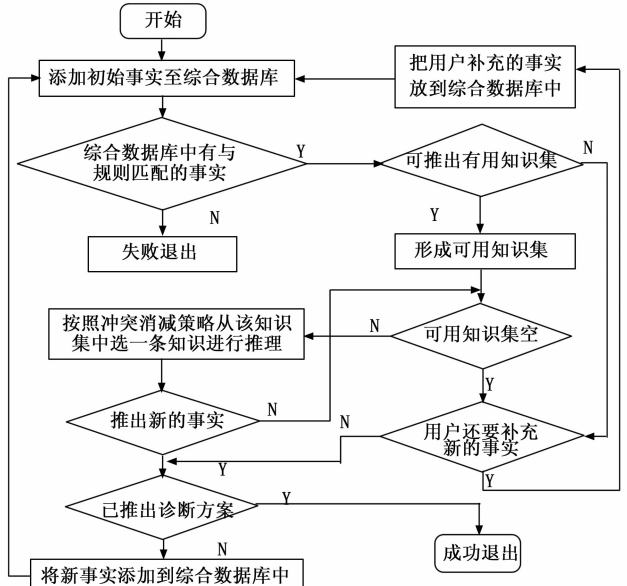


图 3 推理流程图

3 专家控制系统的实现

中医按摩机器人专家控制系统依据治疗方案生成专家系统推理结果，根据患者实时生理指标，调整动作序列执行按摩推拿过程。治疗方案生成专家系统是应用人工智能，模拟人类专家的求解思维来实现治疗方案生成的一种智能化方法，专家系统的基本结构由人机交互界面、知识库、推理机等部分组成。治疗方案生成专家系统原理图如图 4 所示。

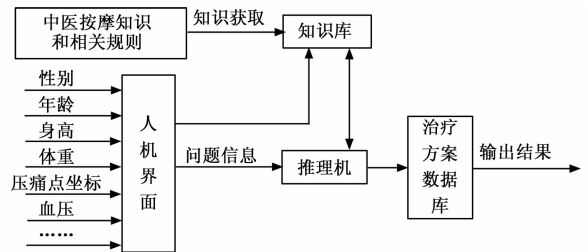


图 4 专家系统原理图

其中知识的获取是将知识存入知识库，并保证其一致性和完整性。本文知识获取方式采用半自动获取，通过自然语言交互与中医按摩领域专家直接对话，获取知识，形成规则构成知识库，为防止输入的信息的无关性、随意性，采用二级存储方式，只有当新的信息通过试运行被证实可靠时，才能存入知识库，从而保证了知识的一致性和完整性，使系统的知识能够得到正确的补充和完善。知识的表示采用产生式规则法，推理方法采用正向推理。

当专家控制系统工作时，首先通过治疗方案生成专家系

统,产生相应的方案,控制系统将该治疗方案以控制命令的方式通过 TCP/IP 协议发送到多轴运动控制器。运动控制器接受该控制指令,解析得到穴位坐标以及相应的按摩手法等信息,驱动机械臂各轴运动到坐标位置,调整机械手到相应的按摩姿态后,开始执行按摩手法。同时生理指标模块实时获取患者的血压、脉搏等生理参数,上传至控制系统,实时对治疗方案进行调整,并重新下发控制指令。在整个按摩过程中,保护模块也同时运行,当出现急停命令、力度过大、Z轴方向限位等异常情况时,系统马上停止当前的操作,控制机械臂上移,直到控制系统下发新的控制命令。整个控制流程具有实时、高效、安全、可靠等工作特点,验证了专家系统在中医按摩机器人控制系统上应用的可行性。

中医按摩机器人专家控制系统需要用户向控制系统提供基本信息,系统向用户提供治疗方案,同时系统接收检测到的用户的生理指标参数,实时改变操作指令,以提高专家控制系统的智能化。因此,系统需要良好的人机界面,以使用户操作。本系统采用 Visual Studio 开发工具,以 Access 数据库为平台,设计了上位机界面。图 5 为系统界面图。



图5 系统界面图

4 实验分析

针对中医按摩机器人专家控制系统的实时性和安全性进行实验室验证。专家控制系统的实时性是指系统能根据患者当前的生理指标参数来实时改变治疗方案,根据这一功能进行实验。

首先将生理指标模块改为由上位机直接输入的模式,然后输入患者的基本信息及主要症状,其中血压、心率为正常,生成治疗方案并执行。在按摩过程中,在上位机中输入新的血压、心率值为血压升高、心率过快,点击确定按钮,治疗方案改为暂停执行,按摩手动作停止,机械臂上移,按摩过程终止。实验界面如图 6 所示。

实验结果表明,本专家控制系统能够实时调整治疗方案,实现对下位机的实时控制,同时也证明该专家控制系统在遇到患者生理指标参数异常时能够进行紧急停止,证明了该专家控制系统的安全性和可靠性。

5 结论

本文提出了一种基于产生式规则的中医按摩机器人专家控



图6 实验操作界面图

制系统,研究了专家控制系统的基本结构,对专家控制系统的知识库、推理机进行了设计,并采用 VC# 开发工具,开发良好的人机交互界面。实验结果证明了专家控制系统的可行性和可靠性。为了更好的提高中医按摩机器人的智能化程度,下一步可以扩充专家控制系统的知识库容量,设计更高效的推理算法,以提高系统性能。

参考文献:

- [1] 涂序彦. 人工智能及其应用 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1994.
- [2] 蔡自兴. 智能控制 [M]. 北京: 电子工业出版社, 1990.
- [3] Lu S Y, Tan L. Application of expert system in Chinese massage robot [A]. 2011 International Con. on Electric Information and Control Engineering (ICEICE) [C]. IEEE, 2011: 3013-3016.
- [4] Minyong P, Miyoshi T, Terashima K, et al. Expert massage motion control by multi-fingered robot hand [A]. Proceedings. 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2003. (IROS 2003) [C]. IEEE. 2003: 3035-3040.
- [5] 高焕兵, 鲁守银, 王涛, 等. 中医按摩机器人研制与开发 [J]. 机器人, 2011, 33 (5): 553-562.
- [6] 杜光月. 仿人机械手中医按摩手法的建模与柔顺控制 [D]. 济南: 山东建筑大学, 2012.
- [7] 马履中, 陈扼西, 郭宗和. 新型串并联中医推拿机器人研究 [J]. 中国机械工程, 2005: 1773-1778.
- [8] 贺晓巧, 王建民, 赵晔. 磨机负荷专家控制系统设计及仿真研究 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (1): 120-122.
- [9] 唐栋, 房立金, 王洪光, 等. 基于分布式专家系统的超高压输电线路巡检机器人控制系统的研究 [J]. 机器人, 2004, 26 (3): 267-271.
- [10] 苏伟, 王吉岱, 孙爱芹, 等. 高压输电线路巡检机器人的专家控制系统 [J]. 计算机工程, 2012, 38 (15): 166-168.
- [11] 张华, 王崇骏, 叶玉坤, 等. SARSSES: SARS 医疗辅助诊断专家系统的设计和实现 [J]. 计算机工程与应用, 2004 (40): 217-220.
- [12] 巩文科, 李心广, 赵洁. 基于 BP 神经网络与专家系统的故障诊断系统 [J]. 计算机工程, 2007, 33 (08): 199-200.
- [13] 朱新宇, 沈颂华. 飞机电源系统故障诊断专家系统 [J]. 北京航空航天大学学报, 2001 (27): 706-708.