

· 生物电子学 ·

ADHD远程反馈治疗系统的研究

李 科

(电子科技大学生命科学与技术学院 成都 610054)

【摘要】利用脑电反馈治疗技术让注意力缺陷伴多动症(ADHD)患者在家里接受远程的评估和治疗是一种全新的远程医疗模式。该文提出了一种基于Multi-Agent的远程医疗系统的结构与协作模型,设计和实现了针对ADHD的远程评估和反馈治疗系统,建立基于多Agent协同的多参数评估决策体系,将层次分析法用于协同医疗决策和对ADHD的评估。系统结合评估结果指导脑电反馈仪对患者进行治疗,达到远程治疗ADHD的目的。

关键词 注意力缺陷伴多动症; 脑电反馈治疗; Multi-Agents; 远程医疗

中图分类号 TP39

文献标识码 A

doi:10.3969/j.issn.1001-0548.2011.03.026

Study on Telemedicine System of ADHD Biofeedback Therapy

LI Ke

(School of Life Science and Technology, University of Electronic Science and Technology of China Chengdu 610054)

Abstract Attention deficit hyperactivity disorder (ADHD) is one of the most common mental disorders that develop in children. In this paper, a telemedicine system for ADHD based on multi-agent has been designed and implemented. A framework and collaborative model of multi-agent for telemedicine has been proposed. An evaluation system of multi-parameters based on multi-agent has been developed. Analytic hierarchy process is used for the decision-making of cooperative medicine and for the evaluation of ADHD. The ADHD patients were treated using an EEG biofeedback instrument at their home. The efficiency of the evaluation and therapy of ADHD is improved by using the telemedicine system.

Key words attention deficit hyperactivity disorder; EEG biofeedback therapy; multi-agents; telemedicine

面向家庭的远程医疗是一种医疗服务的新模式,通过配备合适的医疗设备,实现医疗进入家庭,病人可在家中实施监护、诊断、治疗、康复和保健,形成多位一体的新的远程医疗模式^[1]。还可以利用家庭给一些特殊的心理和认知疾病的患者创造更加平和舒适的环境,有利于监测其相关生理指标和对其治疗。

Agent技术是一种软件技术,模拟人类社会的组织形式、协作关系、进化机制以及认知、思维和解决问题的方式。Agent具备感知能力、主动性和协作性,具有更强的问题求解能力和自治能力。多Agent系统是由多个可以相互交互的Agent所组成的系统,共同合作完成某个复杂任务^[2]。疾病诊断和治疗是一个复杂过程,有些病症单靠一个生理参数或一位只具有某方面特长的医学专家难以诊治,需要结合

多个医疗参数或多个专家的交互与协作,共同完成对复杂病症的诊断和治疗,因此,多Agent系统的结构比较适用于医疗协同诊断治疗。

注意力缺陷障碍伴多动症(attention deficit hyperactivity disorder, ADHD)是一种伴随注意力不集中、多动和冲动的青少年认知障碍疾病,不及早治疗将出现学习障碍和多种行为问题。脑电图(electroencephalogram, EEG)作为一种无创的、定量的客观检测手段,对ADHD提供了很好的诊断和评估手段,经常被用作ADHD患者干预治疗后疗效的监控和神经生物反馈治疗^[3]。

本文设计一种面向远程医疗的多Agent系统结构与协作模型,并用于ADHD的远程医疗评估和反馈治疗系统。系统针对ADHD的评估和反馈治疗要求,将层次分析法用于多Agent之间的协同医疗决策

收稿日期: 2009-02-20; 修回日期: 2010-12-05

基金项目: 四川省应用基础研究计划(05JY029-067-1); 四川省科技支撑计划(20100820062); 广东省教育部产学研结合项目(2009B090300362)

作者简介: 李科(1970-), 男, 博士, 副教授, 主要从事医学信息学和医学图像处理方面的研究。

算法,其结果用于指导脑电反馈仪在家中治疗ADHD患者,可实现患者在家中利用远程医疗技术有效地评估和反馈治疗ADHD疾病的目标。

本文介绍基于Multi-Agents的远程医疗系统设计,包括系统框架、Agent的结构和基于层次分析法的协同医疗行为的决策算法;介绍用于ADHD评估和反馈治疗的远程医疗系统的实现。

1 远程反馈治疗系统设计

1.1 系统框架

疾病诊断和评估必须依据疾病相关的多项检查指标进行,有时还必须结合多个医生的会诊结果,才能得到相应的医疗决策。本文设计用于远程诊疗的多Agent系统时,需要与医疗诊治相关的各个Agent之间相互协同和服务,共同完成单个Agent无法胜任的远程协同诊疗任务。

该多Agent系统结构是基于任务分解和协同合作策略设计的^[4]。通过分析系统中各任务的信息资源和角色定位的特点,对Agent进行任务分配,每个Agent都执行一个特定任务,承担一个固定的职责。特定任务是一个简单任务,不需要承担复杂的计算任务,但通过并行的多个Agent之间的任务合作,知识分享,多个Agent集合在一起就可完成疾病诊断或评估的复杂任务^[5]。

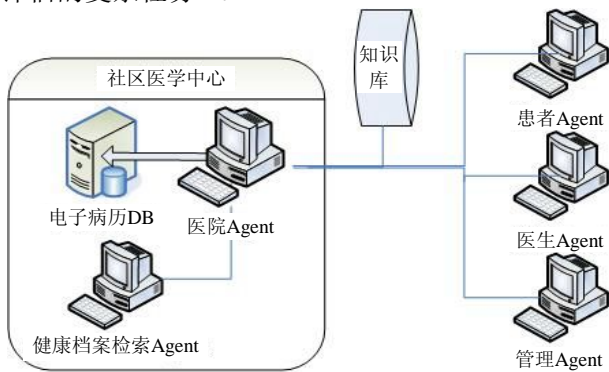


图1 基于Multi-Agent的系统结构图

本文设计的Multi-Agent远程医疗系统按照Agent的角色定位,Agent可分为患者、医生、医院、数据库、检索和监控6种,如图1所示。在整个家庭远程疾病监控服务体系中,有社区医学中心计算机系统,其中包括医院Agent、电子病历数据库,同时还有为其服务的健康档案检索Agent。患者家庭终端、医生终端和管理终端上都有一个Agent平台,提供一个合适的Agent执行环境。在Agent结构中提供环境感知、智能推理和任务分解的技术,利用Agent的智能性和协同性,解决原远程医疗系统在参数协

同和综合决策方面的不足。

1.2 Agent多层结构

Agent必须具备感知能力、主动性和协作性,具有更强的问题求解能力和自治能力。所以,每个Agent的功能结构可分为控制层、推理层和领域层3层,体系中还具有通讯、人机界面和环境感知能力^[6]。Agent的智能行为通过对计划选择、任务分解和合作的功能完成,其反应能力通过感知新数据、新环境、任务状态及对新任务的理解完成,如图2所示。

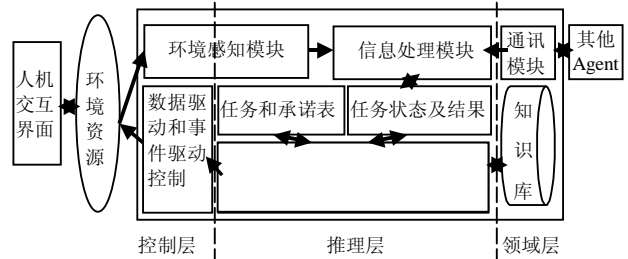


图2 Agent功能结构

在该Agent结构中,Agent的领域层主要是知识库,包括对特定领域的医疗行为的规则和标准。推理层主要通过对知识库的信息、现有患者信息、既往疾病信息、既往系统反应、新环境参数等的综合,再根据一定的规则和算法进行计算,得到医疗决策,并将其分解为新的相关联的任务和新的数据,从而在控制层根据数据驱动和事件驱动技术,控制系统的智能反应和执行。

环境感知模块主要用于接收从相关人机交互接收来的原始数据,通过加工形成疾病诊断需要的参数。另外通过与其他Agent的通讯联系,得到来自其他Agent收集的环境信息,特别是通过健康档案检索Agent,在社区医院健康档案数据库中完成对患者既往病历数据的收集,综合产生用于任务决策的状态信息。之后,再结合原来规划的任务和承诺表,通过来自知识库的的规则和决策算法,推理得到相应的医疗决策,用以驱动系统行为。

1.3 基于层次分析法的协同决策算法

多个Agent完成医疗决策和评估是建立在对多个客观参数指标的感知基础上,通过对多个参数综合评价得出的。本文采用层次分析法(analytic hierarchy process)对于多参数多目标的任务进行评估。文献[7]提出的层次分析法是一种十分有效的定性分析与定量分析有机结合的方法,其基本思路是决策者通过将复杂问题分解为若干层次和若干要素在各要素间简单地进行比较、判断和计算,以获得待选方案的权重,为选择最优方案提供决策依据。

该算法通过构建层次分析模型和构造成对比较矩阵完成,在模型中确定目标层、指标层和方案层,如图3所示。构造成对比较矩阵是通过对上下层间影响程度排序、比较和计算,得出相对重要程度建立判断矩阵,最终得到方案层优劣排序,从而智能化地为系统行为提供科学决策的依据。

2 ADHD远程评估和反馈治疗系统

本文将以上设计的基于Multi-Agent的远程医疗系统模型用于针对儿童注意力缺陷伴多动症(ADHD)的评估和治疗。

2.1 ADHD评估与脑电反馈治疗

评估ADHD儿童时,最重要的3种方法为会谈、量表评估和客观指标检测。本文对3种医学参数进行分析,即会谈结论、量表评估结果和脑电信息进行分析成为针对ADHD评估的主要参数。

与医师的会谈一般在医院进行,为了分辨儿童是否患有ADHD,需了解有关儿童的一般事项、学校生活,以及有关父母与家庭环境的内容、父母子女间互动情形等多项资料,会谈结论及医学性评估结果将记录在电子病历数据库中。

本文设计出通过网络在家里对患者进行相关的量表及问卷调查的客观的行为评估。使用儿童行为检核表(child behavior checklist, CBCL)、柯能氏行为量表短版(conner's parent rating scale-revised, Short Form)及美国简化康奈尔儿童行为量表(简称康氏表)^[8]。这些量表除了可协助诊断,也可作为治疗效果的评估依据,这些工作在家庭熟悉的环境中完成,可减少外界因素对于评估结果的干扰。

另外,脑电图(EEG)的波形、幅值、频率的周期性和节律性以及空间域特殊定位等,为ADHD的生物反馈提供了丰富的信息。通过一个便携式家用脑电采集设备,获取实时的脑电信息,并作为ADHD程度评估的参数。

本文使用的与ADHD生物反馈相关的脑波是4~8 Hz的 θ 波和16~21 Hz的 β 波。通过增强 β 波,抑制 θ 波,观察 θ/β 比值的变化来反馈调节患者注视屏幕动画的变化;通过训练选择性强化某一频率的脑波达到预期的目的^[8];通过患者注视动画的程度决定对其的奖罚,从而达到治疗的目的。

2.2 ADHD评估与脑电反馈治疗系统

整个系统结构如图1所示。在患者家庭系统中增加了一个脑电反馈系统,包括一套脑电采集仪和控

制软件。在系统中还设计开发了针对ADHD反馈治疗的儿童乐于接受的游戏,在游戏中设计的通关过程配合医生制定的治疗方案和疗程安排,还在游戏中设计奖罚规则,患者在接受长时间治疗训练时,容易保持注意力集中,因而效果也比其他方法好,从而达到训练集中注意力的目的。

训练过程中将脑电模式反馈与训练任务配合,可以通过一段时间训练中掌握的自身调节改变脑电波形,从而达到调节大脑状态的目的。ADHD的评估使用CBCL量表评分、Conners量表评分、康氏表评分及脑电功率 θ/β 比值4个参数作为层次分析法中指标层评估指标,权重设计可根据人群和个体由医生进行设置,如图3所示。

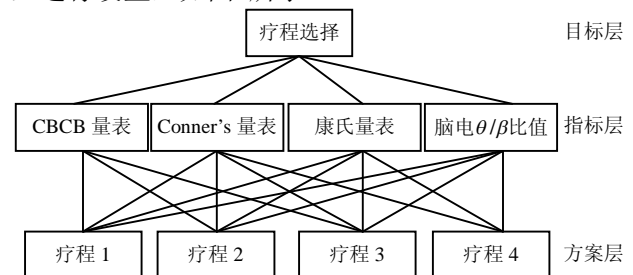


图3 用于ADHD评估的层次分析模型

治疗方案分为4个疗程进行,每周可进行5~7次,部分患儿每天2次,每次可进行30 min^[9-10]。每个疗程的场景、游戏进度和任务都不同,分别适合病情不同患者的状态。而评估进入哪个疗程是采用层次分析法,根据3个量表的评分结果和脑电功率 θ/β 比值4个关键指标的综合计算,对预选方案排序得到。每个疗程内,是在一个可变范围内根据脑电功率 θ/β 比值动态调节游戏内主角的动作,实时产生奖励和惩罚而运行的。

2.3 评估与治疗中Agent之间协同过程

系统功能中,医生可根据病人情况或人群年龄等,通过系统参数的设置个性化地设计患者个人治疗计划。

系统运行时,患者在家中启动患者Agent中的登录功能,系统同时通知医生Agent、管理Agent及医院Agent,管理Agent确认登录,医生Agent确认患者,医院Agent通过健康档案检索Agent查找患者健康档案信息并自动向医生Agent、患者Agent及管理Agent传输存储在社区医院数据库中的患者健康信息。医生Agent向患者Agent发送量表及治疗计划。患者及家长完成相关量表,系统自动评分,并存储在社区医院中心数据库。患者Agent申请反馈治疗,医生Agent根据患者评分情况和历史健康记录,查找知识

库中的推理规则,参照美国精神病学会出版的《精神障碍诊断统计手册》第4版(DSM-IV)关于ADHD的诊断标准项目指标,如对CBCL、Conner's量表评分超过15分,康氏评分超过10分者^[10-11],再进行脑电分析,决定是否同意患者Agent启动基于游戏的反馈系统,并开始实时采集脑电数据,计算脑电功率 θ/β 比值。量表评分结果和 θ/β 比值作为指标层参数参与计算,通过层次分析法选择疗程,进入相应的治疗阶段^[12]。治疗完成后,患者Agent将自动记录整个行为过程,并通知医生Agent、管理Agent和医院Agent结束整个治疗过程。

2.4 系统实现

本文选择Java Agent Development Framework (JADE)作为Agent构建和执行的开发框架。JADE是一个软件开发框架,用于开发多Agent系统和符合Foundation for Intelligent Physical Agent (FIPA)标准的智能Agent应用程序。远程医疗系统内不同Agent通信是由JADE支持的Internet inter-ORB Protocol (IIOP)协议完成的。系统的游戏和脑电采集仪均为自己开发完成。

3 结论

本文研究基于Multi-Agents的远程医疗系统模型和医疗协同决策算法,不同Agent承担简单任务,共同完成医疗决策的复杂任务。项目针对ADHD的要求,实现基于层次分析决策算法的ADHD的远程评估体系,并可指导基于游戏的远程脑电反馈治疗系统的运行。系统的进一步开发可根据ADHD评估的结果和患者的实际情况,加入相应的医学知识的教育功能,全面实现一体化家庭医疗的新模式。

参 考 文 献

- [1] 张全海,叶晨洲,施鹏飞. 基于Multi-Agents分布式医学诊断系统研究[J]. 信息与控制, 2003, 23(1): 23-27.
ZHANG Quan-hai, YE Chen-zhou, SHI Peng-fei. Study of multi-Agents distributed medical diagnosis system[J]. Information and Control, 2003, 23(1): 23-27.
- [2] CAMARINHA-MATOS L M, AFSARMANESH H. Infrastructures for collaborative networks: An application in elderly care[C]//Proceedings of the 2005 Symposium on Applications and the Internet (SAINT'05). [S.l.]: INSPEC, 2005.
- [3] 钱秋谨,杨莉,王玉凤. 儿童注意缺陷多动障碍的研究进展[J]. 北京大学学报(医学版), 2007, 39(3):323-328.
QIAN Qiu-jin, YANG Li, WANG Yu-feng. Advances on comprehensive research on attention deficit hyperactivity disorder [J]. Journal of Peking University (Health Science), 2007, 39(3): 323-328.
- [4] 韩江洪,江波,杜诗研,等. 一种基于多Agent系统的智能家庭网络研究[J]. 电子科技大学学报, 2005, 34(2): 233-235.
HAN Jiang-hong, JIANG Bo, DU Shi-yan. Research on an MAS-based intelligent home network[J]. Journal of University of Electronic Science and Technology of China, 2005, 34(2): 233-235.
- [5] VASSILIS G K, IOANNA C, NICOS M. A multiagent systemenhancing home-care health services for chronic disease management[J]. IEEE Trans-Information Technology in Biomedicine, 2005, 9(4): 528-537.
- [6] HUANG J, JENNINGS N R, FOX J. Intelligent agents for distributed patient care[J]. IEE Colloquium on Artificial Intelligence in Medicine, 1996, 2: 1-4.
- [7] 吴松华. 基于多Agent的医疗急救系统的研究与设计[D]. 大连: 大连理工大学, 2006.
WU Song-hua. Research and design of medical emergency system based on multi-agent[D]. Dalian: Dalian University of Technology, 2006.
- [8] 刘光陵,伏浩,夏正坤,等. 脑电生物反馈治疗小儿注意力缺陷伴多动障碍的疗效及合适疗程探讨[J]. 中国全科医学, 2006, 9(22): 1853-1855.
LIU Guang-ling, FU Jie, XIA Zheng-kun, et al. Effects of EEG biofeedback in the treatment of children attention deficit hyperactivity disorder[J]. Chinese General Practitioner, 2006, 9(22): 1853-1855.
- [9] FEDOTCHEV A I, KIM E V. Correction of functional disturbances during pregnancy by the method of adaptive EEG biofeedback training[J]. Human Physiology, 2006, 32(6): 65-70.
- [10] 翟杰,省金岭,仇新华. 脑电反馈治疗对共患ADHD和学习障碍患儿注意、智力影响[J]. 中国儿童保健杂志, 2008, 4: 407-409
ZHAI Jie, SHENG Jin-ling, QIU Xin-hua, et al. Effect of electroencephalogram biofeedback on intelligence and attention of children with comorbidity of ADHD and learning disorder[J]. Chinese Journal of Child Health Care, 2008, 4: 407-409.
- [11] KOUTKIAS V G, CHOUVARDA I, MAGLAVERAS N. Multi-agent system architecture for heart failure management in a home care environment[J]. Computers in Cardiology, 2003, 30: 383-386.
- [12] 伏浩,刘光陵,夏正坤,等. 脑电波 θ/β 比值对不同年龄段儿童注意缺陷多动障碍的诊断价值[J]. 中国全科医学, 2008,11(14): 1242-1244.
FU Jie, LIU Guang-ling, XIA Zheng-kun. Value of θ/β brain wave in diagnosis of attention deficit hyperactivity disorder in children of different age groups[J]. Chinese General Practitioner, 2008, 11(14): 1242-1244.