

文章编号 :1001-2486(2007)01-0096-04

## 基于 Multi-agent 临床诊断支持系统的设计\*

陈先来<sup>1,2</sup>, 邓让钰<sup>3</sup>, 杨路明<sup>1</sup>(1. 中南大学 信息科学与工程学院, 湖南 长沙 410083; 2. 中南大学 湘雅医学院, 湖南 长沙 410013;  
3. 国防科技大学 计算机学院, 湖南 长沙 410073)

**摘要** 根据临床诊断支持信息环境的特点, 结合 Agent 技术, 设计了一套基于 Multi-agent 的临床诊断支持系统(CDSS)。该系统具有异构性、分布性、并行性和可扩展性, 能适应 CDSS 的要求, 有效地提高 CDSS 的性能。

**关键词** multi-agent; 数据挖掘; 临床诊断支持系统

**中图分类号** TP18 **文献标识码** B

## The Design of a Multi-agent-based Clinical Diagnosis Support System

CHEN Xian-lai<sup>1,2</sup>, DENG Rang-yu<sup>3</sup>, YANG Lu-ming<sup>1</sup>(1. College of Information Science and Engineering, Central South Univ., Changsha 410083, China;  
2. XiangYa School of Medicine, Central South Univ., Changsha 410013, China;  
3. College of Computer, National Univ. of Defense Technology, Changsha 410073, China)

**Abstract** Based on the features of the information environment supporting clinical diagnosis, a multi-agent-based clinical diagnosis support system(CDSS) was designed by combining agent technology. This system possesses such characteristics as isomerism, distributing, parallelism and expansibility. It can adapt to the requirement of CDSS and efficiently improve performance of CDSS.

**Key words** multi-agent; data mining; clinical diagnosis support system

临床诊疗实质是决策过程, 需要大量信息支持, 其中主要包括电子病案( computer-based patient record, CPR)及其他相关医学信息。CPR 数据量大, 格式多种多样, 可以包括文本、表格、图形、声音、影像、动态录像和信号等格式<sup>[1]</sup>, 不同医疗机构之间产生的数据异构性、分布性强。因此, 临床诊断支持信息具有以下几个显著特点<sup>[2-3]</sup> (1)数量海量性 (2)存储分布性<sup>[4]</sup> (3)格式多态性 (4)信息不完整性及模糊性<sup>[2]</sup> (5)时间性 (6)冗余性 (7)数据间关系复杂性。对如此复杂的数据进行挖掘必然存在许多困难<sup>[5]</sup>, 如: 异地异构数据的处理、网络阻塞控制、协作挖掘处理等问题<sup>[2]</sup>。针对这些问题, 本文结合 multi-agent 的自治性、自主性、协作性和交互性等特点<sup>[6]</sup>, 设计了一个基于 multi-agent 临床诊断支持系统原型, 将医学信息有机地集成在一起, 以解决临床诊断支撑信息分布性、异构性强、数据量大等所带来的问题。

## 1 临床诊断支持原型系统总体结构与工作原理

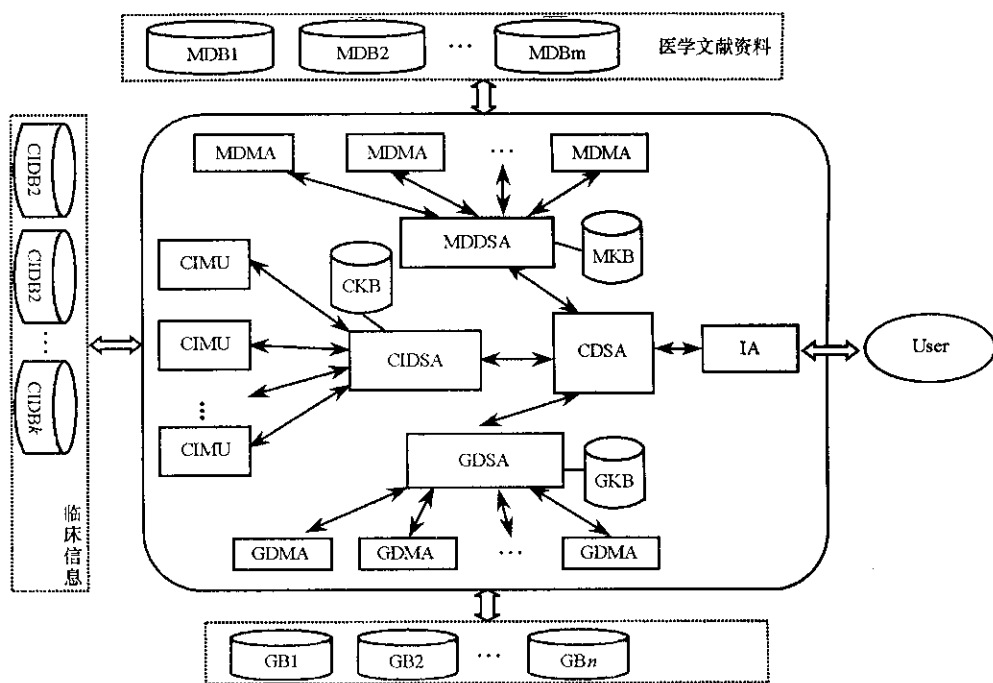
## 1.1 系统总体结构

临床诊断支持信息包括病人临床表现及各项检查结果、病案、基因库、医学文献资料等。这些信息数据类型各不相同, 存储上分布性强。在设计系统时, 考虑使用分布式分层结构, 不同数据类型采用不同的 agent 处理, 最后由总控诊断支持 agent 汇总, 由接口 agent( IA)与用户进行交互, 系统的整体结构如图 1 所示。

\* 收稿日期: 2006-05-15

基金项目: 国家自然科学基金重大研究计划资助项目(9020711), 湖南省自然科学基金项目(01jjy2083), 中南大学文理研究基金项目(0601021)

作者简介: 陈先来(1970—), 男, 副教授, 博士生。



IA——接口 agent	GDSA——遗传学诊断支持 agent
CDSA——总控诊断支持 agent	GDMA——遗传学数据挖掘 agent
CIDSA——临床信息诊断支持 agent	CIDB——临床信息数据库
CIMU——临床信息挖掘单元	MDB——医学文献数据库
MDDSA——医学文献诊断支持 agent	GB——基因库
MDMA——医学文献挖掘 agent	User——用户
MKB——基于医学文献的知识库	CKB——基于临床信息的知识库
GKBB——基于基因信息的知识库	

图 1 临床诊断支持系统总体结构

Fig.1 The framework of a clinical diagnosis support system

系统主要包括三个层次的 agent :

(1)接口 agent( IA ):提供用户与系统交互的接口。

(2)诊断支持 agent( DSA ):它是系统的核心,包含一个总控诊断支持 agent( CDSA )及三个诊断支持子 agent:临床信息诊断支持 agent( CIDSA ),医学文献诊断支持 agent( MDDSA ),遗传学诊断支持 agent( GDSA )。以病人临床表现及检查结果为事实,各 agent 根据自己所拥有的知识库( CKB, MKB, GKB )进行诊断。同时,这些 DSA 也起管理和协调作用。

(3)数据挖掘 agent:它是系统的主要部件之一,包括三类挖掘 agent:医学文献挖掘 agent( MDMA ),临床信息挖掘单元( CIMU )遗传学数据挖掘 agent( GDMA ),负责对不同类型的数据进行挖掘,分别产生不同类型的临床诊断知识。

### 1.2 系统工作原理

激活系统的事件主要包括两种类型:诊断支持请求或系统维护请求、数据库数据变化。前者由用户发出,引发系统执行诊断支持或配置系统参数的任务,后者引发相应的数据挖掘行动,进行知识库更新。

诊断支持时,整个系统首先由用户(如医生)通过 IA 提出诊断支持请求,给出病人信息(如临床表现、检查数据等),由 IA 接收后传递 CDSA, CDSA 分别将信息传递给 MDDSA、CIDSA、GDSA,这三个 agent 根据自身的知识库和病人信息做出诊断建议,并将诊断建议返回给 CDSA, CDSA 根据三种诊断建议进行加权汇总,做出系统的最终诊断建议,返回给 IA,由 IA 做出解释。

当系统外部环境变化(如数据库新增病案、医学文献等)到一定程度时,负责该库挖掘的 agent 能够自动感知并执行挖掘任务,如果得到新规则,将其返回给相应的 DSA,相应的 DSA 则将规则传递给其下

同类挖掘 agent 进行结果评价 相应的 DSA 根据评价结果修改自身的知识库(CKB、GKB、MKB)。

## 2 系统的设计

### 2.1 agent 的类型与功能

#### 2.1.1 接口 agent(IA)

通过 IA 用户将自己的请求以系统便于理解的方式发送给系统,包括设定数据源及其应用范围、评判标准、使用算法等,便于系统采取适当的操作完成请求任务。同时,将系统做出的诊断建议以简单明了的方式提交给用户,便于用户理解和应用。这就是 IA 的主要功能。

#### 2.1.2 临床信息挖掘单元(CIMU)

CIMU 的主要功能是从病案中挖掘诊断知识,每个 CIMU 负责一个医疗机构范围内的医疗数据挖掘。每个 CIMU 由 1 个临床信息挖掘 agent(CIMA)和 4 个数据处理 agent(TextProcA、ImageProcA、SignalProcA、LabTestProcA)组成(如图 2 所示)。TextProcA 负责文本数据挖掘,如医嘱等。ImageProcA 负责对图像数据的挖掘,如 CT、MRI、X 片等。SignalProcA 负责对信号数据的挖掘,如心电图、脑电图等。LabTestProcA 则对实验检查结果进行挖掘。4 个 agent 的挖掘结果发送到 CIMA,由 CIMA 进行综合分析,抽取诊断规则,抽取的规则传递给上层的 CDSA。另外,CIMA 可接收上层 CDSA 发来的规则评价请求,用自身数据源数据对规则进行验证,并将验证结果回传 CDSA。

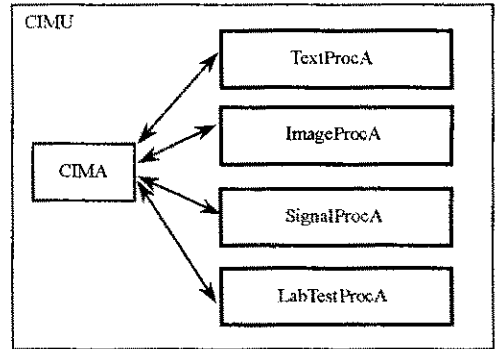


图 2 CIMU 结构

Fig. 2 The structure of CIMU

#### 2.1.3 临床诊断支持 agent(CDSA)

CDSA 的主要功能包括:管理和维护临床数据挖掘得到的知识库,接收 CDSA 转发的诊断请求,运用自身知识库,对病人做出诊断,协调所有 CIMU 的活动,负责对知识库中知识的综合评价与审核。

#### 2.1.4 医学文献挖掘 agent(MDMA)

医学文献数据库(如 MEDLINE、CBMDisc 等)中的医学文献包含了许多诊疗知识,将这些知识挖掘出来,是 MDMA 的主要功能。每个 MDMA 负责一个医学文献数据库的挖掘,这一挖掘可以统一医学语言系统叙词表(UMLS metathesaurus)为基础,建立医学文献主题矢量模型,从中提取诊断规则,提取的规则提交给 MDDSA 进行评价。另外,MDMA 可接收 MDDSA 发来的规则评价请求,对其他 MDMA 挖掘的规则进行验证,并将结果返回给 MDDSA。

#### 2.1.5 医学文献诊断支持 agent(MDDSA)

MDDSA 的功能包括两个方面:维护临床诊断医学文献支持知识库 MKB,对 MDMA 所挖掘规则的审核、录用以及协调各 MDMA 的行动,接收 CDSA 传递过来的用户请求,根据自身知识库对病人做出诊断建议。

#### 2.1.6 遗传学数据挖掘 agent(GDMA)

诊断遗传相关疾病需要基因库支持,基因库分布存放在全球各地,尤其是疾病基因库。GDMA 的功能就是以这些基因库中的遗传信息为数据源,挖掘出疾病与基因序列之间的相关性,产生遗传诊断知识,它挖掘所获取的知识传递给 GDSA。

#### 2.1.7 遗传诊断支持 agent(GDSA)

GDSA 负责遗传诊断知识库的维护,接收 CDSA 传递过来的用户请求,对疾病进行遗传学诊断,将诊断结果传递给 CDSA。同时 GDSA 还负责协调各 GDMA 之间的行为。

#### 2.1.8 总控诊断支持 agent(CDSA)

CDSA 负责接收从 IA 传递过来的用户请求,将请求信息进行预处理后,发送给 CDSA、MDDSA 和

GDSA 要求这些 agent 做出诊断,根据三个 DSA 的响应结果对疾病做出诊断建议,将结果发送给 IA。

## 2.2 agent 间的协调与通信

系统采用基于集中规划的协调方式,由一个总控诊断支持 agent、三个诊断支持 agent 及一定数量的挖掘 agent 组成,总控诊断支持 agent 负责分解系统目标,对任务进行规划,协调三个诊断支持 agent 执行相关任务,三个诊断 agent 根据自身的目标和任务,协调其挖掘 agent 的任务,并对自身知识库进行管理和维护,响应用户的诊断支持请求。系统主要功能为诊断支持和数据挖掘,agent 间的协调与通信体现在这两个方面。

### 2.2.1 数据挖掘的协调与通信

数据挖掘 agent 可感知数据库变化,当数据库中数据变化到一定程度或一定时间后,挖掘 agent 会自动启动挖掘功能进行挖掘。

临床病案数据库中新增病案到一定数量后,事件可被 CIMA 所捕获,CIMA 启动其下的四个数据处理 agent (TextProcA、ImageProcA、SignalProcA、LabTestProcA)进行挖掘,挖掘结果回传给 CIMA,由 CIMA 综合提取规则。提取的规则发送 CIDSA,CIDSA 查询知识库 CKB,如 CIDSA 发现该规则不存在或与已有规则冲突,则将规则发送其他 CIMA 请求验证,其他 CIMA 接收验证请求后,根据自身数据源数据进行验证,并将结果回传给 CIDSA,CIDSA 根据各 CIMA 验证结果进行分析评价,更新知识库 CKB。

当医学文献数据库变化到一定程度后,被 MDMA 所感知,MDMA 启动挖掘任务,并将挖掘传递给 MDDSA,MDDSA 查询知识库 MKB,如 MDDSA 发现该规则不存在或与已有规则冲突,则 MDDSA 接收到挖掘结果后发起规则评价行动,将挖掘结果发送给其下的其他 MDMA,其他 MDMA 对规则进行验证后将结果回传给 MDDSA,MDDSA 根据各 MDMA 验证结果对规则进行分析评价,更新知识库 MKB。

同样,基因库中疾病遗传信息的不断加入被 GDMA 所感知,GDMA 启动挖掘任务进行挖掘,挖掘结果传送给 GDSA,GDSA 查询知识库 GKB,如规则不存在或冲突,则将挖掘结果发送给其他 GDMA,请求对规则进行验证,其他 GDMA 接收规则验证请求后,对规则进行验证,将验证结果回传给 GDSA,GDSA 根据验证结果对规则进行分析评价,并更新知识库 GKB。

### 2.2.2 诊断支持的协调与通信

诊断支持任务由用户请求启动。IA 负责与用户交互,接受用户的诊断请求信息及待诊断病人的相关信息(如症状、体征和各项检查结果),对信息进行预处理,转发给 CDSA,CDSA 接受到这些信息后,将用户请求信息和病人信息转换成三个 DSA 可以接受和处理的格式,将诊断支持任务分解给其下的三个 DSA。三个 DSA 接受到 CDSA 发来任务,根据自身知识库知识对疾病进行诊断,诊断结果返回 CDSA,CDSA 根据三个 DSA 的诊断结果,对病人做出诊断,将诊断结果回传给 IA,由 IA 对诊断结果进行表达和解释。

整个系统的协调控制主要由请求/响应信息来实现,在数据挖掘时,主要由三个 DSA 来协调 agent 间的行为,在诊断支持时,主要通过 CDSA 来协调 agent 间的行为。

## 3 分析与讨论

临床诊断所依赖的信息数据量大、分布性强、数据间关系复杂,要求医务人员完全掌握是非常困难的,甚至是不可能的。设计本系统,目的在于通过计算机手段,将所有与临床诊断相关的支撑信息集成起来,尽最大可能地为医务人员的诊断决策提供信息支撑。采用 agent 技术,可以更加有效地管理分布的、异构的集成环境并提高系统的速度<sup>[7]</sup>。本研究设计的临床诊断支持系统,采用分布式 multi-agent 结构,有助于解决临床诊断支持信息中存在的分布、异构等问题,具有以下几个主要特点:

(1) 分布性:主要体现在知识库分布、信息分布、诊断决策行为分布,即各 DSA 根据自身知识库分别做诊断建议;

(2) 环境异构性:系统所处的环境数据异构性强,数据类型包括文本、图像、信号以及基因序列等,操作环境也存在很强的异构性;

模块接口相关度,将能力不足的模块替换为能力满足工艺能力需求且与机床已有模块相关度最大的模块。

### 3.7 能力验证

将最后重构好的机床能力与工艺需求能力进行比较,如果满足需求,则重构完毕,否则,返回到3.5节进行新一轮的重构,直至结果满足工艺能力需求。

## 4 结论

上述面向工序能力的制造装备选择、配置与重构算法已在装备模块化设计与制造原型系统中得到了实现,并初步应用于面向快速响应制造车间的加工中心的选择、配置与重构,应用证明,该算法是可行和有效的,较好地解决了工件工序能力需求实现的问题。

针对个性化、多样化产品快速响应制造的需求,基于机床的模块化设计,给出了制造机床重构的算法过程,为基于制造机床工序能力的模块配置与重构初步提供了理论支持和量化依据,支持提高可重构制造系统对多样化产品、制造环境的响应能力,缩短生产准备时间,合理利用资源,减少系统建造的投资,降低生产成本。

## 参考文献:

- [1] 李国喜, 慈元卓, 龚京忠, 等. 面向产品配置的模块求解策略研究[J]. 国防科技大学学报, 2004, 26(5): 86-89.
- [2] 贾延林. 模块化设计[M]. 北京: 机械工业出版社, 1993.
- [3] 许虹, 唐任仲, 程耀东. 可重组机床控制的模块化设计方法[J]. 浙江大学学报(工学版), 2004(1): 5-10.
- [4] 游有鹏, 张晓峰, 王珉, 等. 可重组机床的模块化设计[J]. 机械科学与技术, 2001(6): 815-818.
- [5] 盛伯浩, 罗振璧等. 快速重组制造系统(RRMS)——新一代制造系统的原理及应用[J]. 制造技术与机床, 2001(8): 37-44.

(上接第99页)

(3)可扩展性:系统具有良好的可扩展性,通过增加相应的诊断 agent、挖掘 agent 和连接相应数据库即可将系统进一步扩展;

(4)并行性:系统中各挖掘 agent 各负其责,分别对不同数据进行挖掘,各诊断支持 agent 根据各自知识做出诊断建议,具有很好的并行性。

综上所述,基于 multi-agent 的临床诊断支持系统采用分布式分层结构,解决了数据和环境异构问题,每个数据库使用一个 agent 在本地进行挖掘,不需要进行数据的大量传送,只将挖掘结果进行传递,节省了网络开销,提高了挖掘效率。同时,由于各 agent 可异构执行,因此系统具有很强的并行性。在数据源扩展时,可以很方便地加入 agent,系统具有良好的可扩展性。

## 参考文献:

- [1] Kun L G. Telehealth and the Global Health Network in the 21<sup>st</sup> Century from Homecare to Public Health Informatics[J]. Computer Methods and Programms in Biomedicine, 2001, 64: 155-167.
- [2] Qu J H, Liao Q M, Xu W Z, et al. The Construction of Medical Database and Data Mining[J]. Journal of the Fourth Military Medical University, 2001; 22(1): 88.
- [3] Moreno A, Nealon L, et al. Applications of Software Agent Technology in the Health Care Domain[M]. New York: Springer Verlag, 2004: 3-17.
- [4] Marinagi C C, Spyropoulos C D, Papatheodorou C, et al. Continual Planning and Scheduling for Managing Patient Tests in Hospital Laboratories[J]. AIM, 2000: 139-154.
- [5] 马廷, 张海盛. 分布式数据挖掘的集成体系结构研究[J]. 计算机应用研究, 2003, (11): 126-128.
- [6] 蒙祖强, 蔡自兴. 基于 Multi Agent 技术的个性化数据挖掘系统[J]. 中南大学学报(自然科学版), 2003, 34(3): 290-293.
- [7] 李琦, 陈国强, 华祖跃. 基于 Agent 的数据传输管理系统[J]. 国防科技大学学报, 2002, 24(1): 85-88.

