

基于 Cyber – Integrator 语义平台的临床路径 workflow 管理方法研究^{*}

俞思伟

姜 赢 董 慧

(武汉大学中南医院 武汉 430071)

(武汉大学信息资源研究中心 武汉 430072)

〔摘要〕 介绍一种基于 Cyber – Integrator (CI) 语义平台的临床路径 (CP) workflow 管理方法。阐明国内外语义技术在临床路径应用的成功案例, 指出 CP 语义描述的可行性与不足, 深入探讨如何利用 CI 语义平台来对 CP workflow 进行管理, 包括描述、执行和控制等, 说明此方法局限性并提出进一步研究方向。

〔关键词〕 临床路径; 语义技术; Cyber – Integrator; RDF; OWL

Research on Clinical Pathway Workflow Management Method Based on Semantic Platform of Cyber – Integrator YU Si – wei, Zhongnan Hospital of Wuhan University, Wuhan 430071, China; JIANG Ying, DONG Hui, the Center for Studies of Information Resources of Wuhan University, Wuhan 430071, China

〔Abstract〕 The paper introduces a method for clinical pathway (CP) workflow management based on semantic platform of Cyber – Integrator. It expounds successful examples of semantic technology based application of CP modeling in China and abroad, feasibilities and shortcomings are pointed out. Then it detailed discusses how to use CI semantic platform to make CP workflow management, including description, execution, control and so on, the limitations of this method are presented and the future work is proposed.

〔Keywords〕 Clinical pathway (CP); Semantic technology; Cyber – Integrator (CI); RDF; OWL

1 概述

1.1 临床路径的含义与作用

临床路径 (Clinical Pathway, CP) 是相对于传

统路径而实施的, 传统路径也即是每位医师的个人路径, 不同地区、不同医院、不同的治疗组或者不同医师个人针对某一疾病可能采用的不同治疗方案。采用临床路径后, 可以避免传统路径使同一疾病出现不同的治疗方案, 避免了其随意性, 提高了费用、预后等等的可评估性。临床路径通过设立并制订针对某个可预测治疗结果病人群体或某项临床症状的特殊的文件、教育方案、患者调查、焦点问题探讨、独立观察、标准化规范等, 规范医疗行为, 提高医疗执行效率, 降低成本, 提高质量。

依据循证医学发展而来的疾病临床路径管理, 是由组织内成员根据某种疾病或某种手术方法制定的一种治疗模式, 让患者由住院到出院都以此模式接受治疗。路径完成后, 组织内成员再根据临床路

〔收稿日期〕 2010 – 08 – 31

〔作者简介〕 俞思伟, 博士, 研究员, 副教授, 主要研究方向为医院信息系统、区域卫生信息化、知识管理, 发表论文 30 余篇; 姜赢, 博士, 发表论文 10 余篇; 董慧, 博士生导师, 教授, 发表论文 50 余篇, 主编专著 3 部。

〔基金项目〕 国家自然科学基金“基于数字图书馆的个体演化与知识管理研究”(项目编号:70773087)。

径的结果分析和评价每一例患者的差异,以避免下一例患者住院时发生同样的差异或错误,以此方式来控制整个医疗成本并维持或改进医疗质量。

1.2 传统临床路径的局限性

然而 CP 工作流的管理问题非常复杂,涉及到医护流程的方方面面。传统系统所使用的纸质媒体的大小严重限制了病人的可记录信息管理的数量。而且,这种媒体的二维的静态的属性无法描述为了建立 CP 所使用的图标中的有益数据之间的连接。它仅仅只是预先定义好的结果和操作的列表,没有明确的表达出诊疗活动和诊疗路径之间的依赖关系。传统 CP 系统受时间和空间的限制,医疗团队无法实时监控诊疗路径的处理流程,也无法灵活控制工作流的每一个步骤,无法保证临床路径实施的效果。

1.3 基于 Cyber - Integrator 平台构建临床路径工作流的意义

Cyber - Integrator (CI)^[1] 是美国伊利诺伊大学超级计算中心研发的工作流管理语义平台。它将语义技术引入科学研究工作流管理,达到工作流描述、执行、监控、控制的自动化^[2]。它所使用的语义技术 (Semantic Technology) 是一种综合的知识建模技术^[3]。语义技术最早来源于 20 世纪末所提出的语义网 (Semantic Web)^[4]。语义网这个概念自 2005 年以来由 W3C 联盟推动,并制定了一系列语义网知识描述语言标准: RDF^[5]、OWL^[6],以及语义 Web Service^[7] 描述语言标准: OWL - S、WS-MO。语义技术特别适合于领域知识中,知识分类知识关系复杂的领域,特别是医疗、军事、电子商务等等。

本文提出使用 CI 平台来构建 CP 工作流,充分发挥了语义技术的优势,能够帮助对 CP 工作流进行自动化管理与控制。将首先介绍基于 OWL 的 CP 知识库设计,然后阐述基于 OWL - S 的 CP 工作流建模设计。最后就个体化差异与 CP 变异处理进行分析和总结。

2 国内外相关研究

2.1 相关研究基础

工作流的语义模型相关研究一般基于 OWL - S 开展, OWL - S 是一种基于 RDF/OWL 语言描述的 Web 服务本体,是 W3C 组织所推荐的标准描述语言之一,其目的是在语义 Web 服务描述中增加足够的语义信息,由 ServiceProfile、ProcessProfile 和 GroundProfile 3 个部分构成。其中 ServiceProfile 提供了更高层次的功能描述,包括输入、输出等功能属性信息的描述; ProcessProfile 通过使用流程组合来刻画服务本身行为,描述服务是如何工作的,提供对顺序、分支、汇合、递归和循环等复合流程的描述; GroundProfile 通过指定通信协议和消息格式描述服务访问和交互方式^[8]。

2.2 相关研究现状

目前国内外将语义技术应用于 CP 工作流建模的案例有不少,特别是使用 OWL - S 作为 CP 工作流语义服务模型^[9]。比较典型的有加拿大 Dalhousie University 建立的前列腺疾病临床路径模型^[10];解放军总医院和北京理工大学使用语义分析技术 (Semantic Analysis),将 CP 中的知识分类、知识点与知识关系利用 OWL 进行清晰的描述^[11];上海普陀区中心医院与上海交通大学合作,他们建立的 CP 知识库模型以 Clinical_ Pathway (临床路径) 这个 Class 为核心^[12]。

综上所述,对于 CP 工作流的语义模型相关研究目前还停留在语义描述阶段。主要是使用 OWL - S 对 CP 工作流进行描述,但是并未涉及到工作流执行、监控、控制等其他方面。本文针对这个问题,提出使用 CI 平台来构建 CP 工作流,以期解决这个问题。

3 基于 CI 平台的 CP 工作流管理架构

基于 CI 平台的 CP 工作流管理架构,整体框架设计分为 3 个层次,见图 1。位于上层的是 CP 临床

路径平台，它通过标准的工作流模型建立 CP 诊疗路径体系。这个体系由中层的 CP 知识库所支撑。CP 知识库本质上表现为一个基于 RDF 的 CP 本体库，它包含医疗领域知识库和语义服务建模知识库。通过这两种知识库（图中虚线表示的知识库）的整合，可以建立一个 CP 工作流模型。

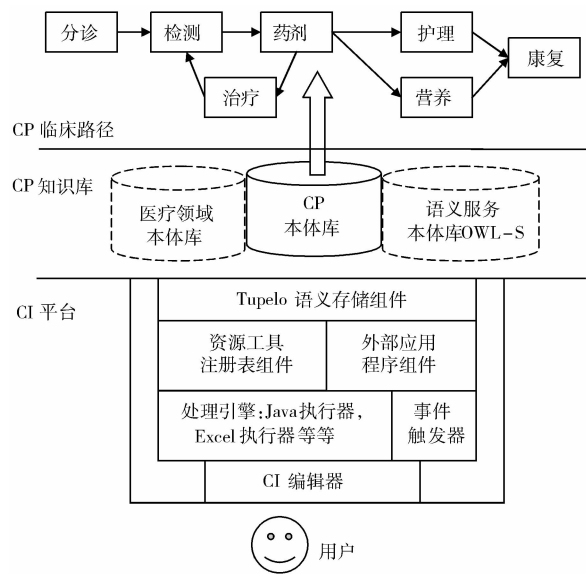


图 1 总体框架设计

从图 1 中可见，CI 语义平台是整个架构的基础：它首先通过 Tupelo 组件解决 CP 知识库的语义描述和存储问题；对于 CP 执行，使用注册表和应用程序组件来搜集执行数据和环境；对于 CP 工作流的控制，采取事件触发组件来管理。

4 基于 Tupelo 组件的 CP 工作流描述

4.1 利用 RDF 对临床路径工作流的知识库进行语义描述

RDF 是经过万维网联盟认可，在语义网络中用于描述编纂本体的一系列语言家族。其功能在于为知识库中固有的类以及其间的逻辑关系提供精确的描述。在 CI 平台中，CP 工作流的知识库统一使用 RDF 来语义描述，并统一使用 Tupelo 组件来存储 RDF 数据。使用 RDF 进行描述的原因在于，希望将 CP 建立成为机器可以理解的、可以自动生成和管理的标准通用工作流模型。

4.2 建立统一的工作流模型

由于疾病和诊疗流程的复杂性和多样性，预定义的 CP 一般涉及不同病人的条件和结果、医护人员的医疗操作，以及它们之间复杂的逻辑、时序关系。因此，系统需要一个统一的工作流模型来描述所有的 CP。传统的工作流包括一个工作活动网络和它们之间的依存关系，然后工作流执行系统能够解释这个模型，并分发工作活动以不同的工作代理（可以是人、机器或系统），最终与病人进行互动。但是，除了临床诊疗活动和它们之间的依存关系之外，CP 需要清晰的描述诊疗结果、资源、个体差异以及时间方面，从而决定、监控和评价临床诊疗活动的质量。除此之外，CP 的有效实现需要工作流中不同活动对象的紧密合作，包括医护人员、病人及家属，这不仅需要它们之间持续不断地对 CP 中所涉及的知识进行交换和共享，而且需要明确地理解 CP 中所涉及的各种知识点和知识点之间的关联。最后，对 CP 中所涉及知识的精确描述，有助于 Web 信息系统与由医疗机构独立开发的其他异构系统之间的交互。基于以上原因，清晰描述 CP 工作流中所包含的语义信息的方法。

4.3 临床路径工作流可以利用 OWL - S 进行语义描述

正如“国内外相关研究”章节中所介绍，CP 工作流可以使用 OWL - S 来进行语义描述。在 OWL - S 中，一个流程活动被视为一个服务，并且定义了一组丰富的词表用以描述控制流和数据流。一个 CP 工作流包含输入、输出、预定义条件和结果。输入和输出分别表示 CP 流程活动所需要和生成的信息。预定义条件必须满足才能成功初始化 CP 流程活动。结果表示一组产生的输出和效果，以及对客观世界状态的改变。OWL - S 可以定义描述 3 种类型的 CP 流程：简单流程、原子流程和组合流程。

5 可扩展的 CP 工作流语义执行环境

5.1 简述

仅仅对 CP 工作流进行语义描述是远远不够的。

还希望在 CI 平台上,对于描述之后的 CP workflow 进行执行。例如,针对某个临床病人的诊断结果,需要“用药”、“复检”、“护理”等流程。这些执行的步骤,涉及到各种资源与角色,形成一个语义执行环境,CI 平台能够管理执行环境。

5.2 数据

数据包括有病人的基本社会属性信息、临床症状信息、生命体征数据、专科检查信息、实验室检验数据、辅助医技科室检查数据、疾病诊断、治疗方案信息、临床护理数据、用药信息、费用数据以及各个专科及专病的特色医疗数据。这些数据都通过 RDF 进行语义描述并在资源注册表中记录,具有灵活的可扩展性,既不局限于某种数据模式,也不

依赖于某种特定的数据库。异构数据可以通过 RDF 数据模型很好地将语义信息和数据关联进行描述。扩展数据结构和内容成为非常容易的事情。

5.3 应用程序

被执行的工作流步骤也需要特定应用程序或工具进行处理。例如,对于“诊断”步骤,需要使用医疗系统中的症状分析和相关诊断系统,如 CT 磁共振等等。这些系统也可以类似的方式注册到 CI 平台中去。在注册的过程中,需要提供 XML 的格式定义的相关注册信息。例如,应用程序的输入输出参数、运行环境条件、系统变量等等。如图 2 所示,此 XML 片段定义了一个简单 notepad 桌面应用的注册信息。

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<registry>
  <tool name="notepad">
    <input name="Original Text" id="0">
      <type>text/plain</type>
    </input>
    <output name="Modified Text" id="0">
      <type>text/plain</type>
    </output>
    <executor>
      <external>
        <executable>notepad</executable>
        <option>
          <data input="0" output="0"/>
        </option>
      </external>
    </executor>
    <help><![CDATA[MS Windows text editor for editing the text that is passed in as input.]]></help>
  </tool>
</registry>
```

图 2 应用程序注册信息 XML

每种应用程序的功能可能非常丰富,它可以再被划分成若干个工具模块 (Tool), 负责运行不同的工作流步骤。例如,一个复杂的挂号系统,可能包括“分诊”、“挂号”、“收费”等等若干功能。一个应用程序被注册进入 CI 之后,处理引擎将会针对不同的功能和执行环境分发执行任务到不同的应用程序,这个过程是完全自动的。

6 CP 工作流的灵活控制

6.1 监控

对于 CP 工作流的监控包括以下几个方面。首

先,工作流步骤所涉及的数据和应用系统都注册到 CI 中,用户可以随时进行数据校验和应用系统状态等监控工作。其次,工作流步骤运行过程中,通过事件触发机制,将所有的运行状态和结果通过 RDF 语义进行自动记录,用户可以随时查阅运行过程中各种状态结果,寻找异常处理的原因。另外,无论是远程数据,还是远程应用程序,CI 对于它们监控能做到和本地资源一样,对于用户来说是透明的,非常方便。如图 3 所示,CI 系统右上部分通过可视化的方式显示了一个数据资源的语义信息和关联。

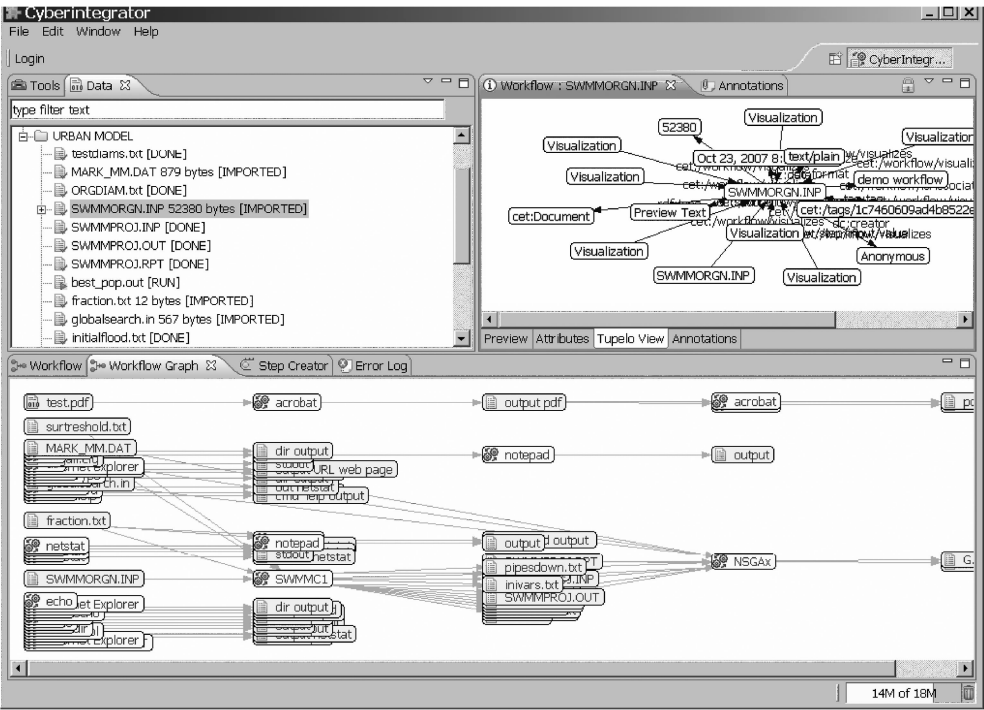


图 3 工作流可视化控制

6.2 流程控制

一个 CP 工作流能够顺利地从头运行到结尾是最理想的状态。但是事实上，由于 CP 的复杂性，往往很难做到毫无差错地顺利执行。对于工作流的控制，至少要能够有回退、重复、跳转、微调、提示等等基本功能。（1）重复与微调：医生对于病人病情随着时间的变化，“诊断”步骤往往需要多次执行，而每次执行的侧重点可能有所不同。（2）回退：有些“诊断”结果也有可能导致误诊情况发生，那么需要回退到“诊断”最初阶段重新进行处理。（3）提示：还有一些智能的诊断系统，可以为医生提供下一步流程的提示和建议。

CI 系统能够很好地解决以上问题。如图 3 所示，CI 系统的下方通过可视化的方式对工作流进行显示和控制。每一个工作流步骤显示为一个圆角矩形，不同的颜色和图标表示不同的步骤类型。步骤之间的单向箭头表示工作流的执行方向。用户在这个界面中，可以对任何一个流程步骤执行重复、回退和提示等操作。

7 局限性与未来研究方向

CI 语义平台所采纳的是 RDF 语义描述标准，它能够有效地对 CP 工作流语义描述和执行等方面发挥基础性支撑作用。但是，RDF 毕竟只是一种浅层语义描述技术，它在描述能力和推理能力方面都有一定局限性。例如，目前无法做到像 OWL 那样对 CP 工作流和步骤进行语义分类，也无法更精确地描述工作流语义属性和步骤之间的语义关系。

由于 CI 语义平台是基于 Eclipse 的 RCP 框架开发的，因此可以很容易地通过插件的方式对 CI 语义平台进行扩展，从而解决上述局限性问题。未来的研究方向包括：（1）CI 语义平台中 Tupelo 组件对于 OWL 描述语言的支持与扩展，从而能够更精确地描述工作流语义属性和步骤之间的语义关系。（2）引入语义推理技术，研发基于 CI 语义平台的 CP 工作流智能推理引擎，实现相当程度的自动化 CP 流程管理。

本文介绍了一种基于 Cyber - Integrator (CI)

语义平台的临床路径 (CP) workflow 管理方法。此方法通过 RDF 技术对 CP workflow 进行语义描述, 并依托 CI 平台来管理 CP workflow, 包括监控、执行和控制等等。此方法特点在于充分发挥了语义技术的优势, 对于管理 CP 这样的复杂知识关系领域十分适用。

参考文献

- 1 Bajesy P. , Rob K. , Luigi M. , et al. A Meta - Workflow Cyberinfrastructure System Designed for Environmental Observatories [EB/OL]. [2010 - 04 - 30]. <http://isda.ncsa.uiuc.edu/peter/publications/techreports/2005/meta-workflow-approaches.pdf>.
- 2 Kooper, Robl, Marini, et al. Cyber - integrator: a highly interactive scientific process management environment to support earth observatories [C]. Geoinformatics 2007 Conference.
- 3 A. Kiryakov, B. Popov, D. Ognyanoff, et al. Semantic Annotation, Indexing, and Retrieval [C]. In Proc. of the 2nd Intl. Semantic Web Conference, 2003.
- 4 Grigoris Antoniou, Frank van Harmelen. A Semantic Web Primer [M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2004.
- 5 Sean Bechhofer, Frank van Harmelen, Jim Hedler. Resource Description Framework (RDF) [EB/OL]. [2009 - 02 - 10]. <http://www.w3.org/RDF/>. 2001.
- 6 Ian Horrocks, Deborah L. McGuinness, Peter F. Patel - Schneider, Lynn Andrea Stein, Franklin W. Olin. OWL Web Ontology Language Reference [EB/OL]. [2009 - 02 - 10]. <http://www.w3.org/2004/owl/>. 2004.
- 7 Francisco Curbera, Matthew Duftler, Rania Khalaf, et al. Unraveling the Web Services Web: an introduction to SOAP, WSDL, and UDDI [J]. IEEE Internet Computing, 2002, 6 (2): 86 - 93.
- 8 Katrina F Hurley, Syed Sibte Raza Abidi. Ontology Engineering to Model Clinical Pathways: towards the computerization and execution of clinical pathways [C]. Proc. Twentieth IEEE International Symp, Computer - Based Medical Systems (CBMS07), 2007, 536 - 541.
- 9 Yan Ye, Zhibin Jiang, Xiaodi Diao, et al. An Ontology - based Hierarchical Semantic Modeling Approach to Clinical Pathway Workflows [J]. Computers in Biology and Medicine, 2009, 39 (8): 722 - 732.
- 10 Weizi Li, Kecheng Liu, Shuzhang Li, et al. A Semiotic Multi - agent Modeling Approach for Clinical Pathway Management [J]. Journal of Computers, 2010, 5 (2): 266 - 273.
- 11 Ali Daniyal, Syed Sibte Raza Abidi. Semantic Web - based Modeling of Clinical Pathways Using the UML Activity Diagrams and OWL - S [C]. Lecture Notes in Computer Science, 2010: 1206 - 1212.
- 12 Weizi Li, Kecheng Liu, Shuzhang Li, et al. Normative Modeling for Personalized Clinical Pathway Using Organizational Semiotics Methods [C]. Proceedings of the 2008 International Symposium on Computer Science and Computational Technology, 2008.

敬告作者

《医学信息学杂志》网站现已开通, 投稿作者请登录期刊网站: <http://www.yxxxx.ac.cn>, 在线注册登录并投稿。

《医学信息学杂志》编辑部