

多媒体任务管理中的过程模型及其形式化描述

阮峰¹ 董彪² 陈金辉¹

(南京信息工程大学信息与控制学院 南京 210044)¹

(南京理工大学计算机科学与技术学院 南京 210094)²

摘要 多媒体任务管理(称为 MTM)是一个多媒体业务过程的全部或部分自动执行。为了实现多媒体任务管理,必须将多媒体业务过程从现实世界中抽象出来,并用一种形式化方法对其进行描述,其结果称为多媒体任务的过程模型。提出了一种面向图的多媒体任务过程模型(称为 GOMM)。GOMM 由多媒体内容所涉及的不可分割的、自包含的媒体、语义、功能 3 方面特征及版本信息组成。提供了把本体知识集成进 GOMM 的方法,并对 GOMM 进行了形式化描述。

关键词 多媒体任务管理,面向图的建模,过程模型

中图分类号 TP391 **文献标识码** A

Process Model for Multimedia Task Management and its Formal Descriptions

RUAN Feng¹ DONG Biao² CHEN Jin-hui¹

(School of Information & Control, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044, China)¹

(School of Computer Science & Technology, Nanjing University of Science & Technology, Nanjing 210094, China)²

Abstract Multimedia task management(MTM) is the automation of a business process for supporting multimedia content in whole or part. To achieve the function of MTM, the multimedia business process must be abstracted from the real world and described by a kind of formal method. The result is process model. This paper presented a novel approach, called GOMM, for modeling and implementing the process model using a graph-oriented multimedia model(GOMM). The GOMM constitutes a self-contained piece of multimedia content that indivisibly unites three of the content's aspects, namely the media aspect, the semantic aspect, and the functional aspect, as well as the versioning information. The model provides means for the integration of ontological knowledge within a GOMM's graph structure. A formal definition was proposed for GOMM graphs.

Keywords Multimedia task management, Graph-oriented modeling, Process model

1 引言

多媒体任务管理(multimedia task management, 简称 MTM)是一种重要的协同工作机制,目的是实现整个或部分业务过程的自动化描述和运行。MTM 的过程建模就是将现实世界中的多媒体业务过程抽象出来,并用一种形式化的、计算机可处理的方式来表示。新型 MTM 系统,结构复杂,开发代价高昂。基于 MTM 的应用需求常常变化,用户的使用偏好各异,有效地共享、协同的 MTM 的过程模型始终是一个开放性问题^[1-4]。

RDF, TopicMaps^[5,6]等提出了多媒体内容的语义模型,这些方法把多媒体内容所涉及到的媒体、语义和功能等特征相分离,不能实现 MTM 要求的互换、共享、协同。HTML, XHTML + SMIL, HyTime, MHEG-5, MPEG-4 BIFS 和 XMT, SMIL, SVG 等^[7-10]是多媒体文档模型的标准,按照时间、空间和交互关系安排基本媒体对象来建模,主要解决了

MTM 的媒体特征。这些模型没有按照语义特征关联多媒体内容,也不具有功能特征,完全依赖于外部的应用,如通过表示引擎进行内容处理,不能实现 MTM 中的提取、重用、自动合成等要求和技术框架。NMM^[11]是一个专门的多媒体中间件,使用对象来表示一个分布式多媒体框架中的组件,如流服务器,但不能通过对象表现 MTMS 中的多媒体内容。RDFS, DAML+OIL 和 OWL 等^[12-14]是描述本体的 Web 标准, RDFS 缺少版本支持和对于本体实例的标识, DAML+OIL 没有唯一命名,并且仅仅提供对推理的部分支持, OWL 通过加入建模原语,提供满足需求的表达能力,但缺乏必要的推理支持。它们仅仅在一定程度上适合 MTM。

与上述系统相比,本文面向图创建了一个过程模型(称为 GOMM)来统一多媒体内容的媒体、语义和功能 3 个特征和版本信息,为 MTM 提供共享、协同框架,其有以下特点:

(1) GOMM 表达媒体特征。GOMM 在逻辑层次上描述物理媒体数据,在发布多媒体数据时,可以采用直接嵌入、引

到稿日期:2009-04-10 返修日期:2009-06-25 本文受国家自然科学基金(60874110, 70671035)资助。

阮峰(1976—),男,硕士,讲师,主要研究方向为系统分析与集成;董彪(1969—),男,博士生,副教授,主要研究方向为中间件技术;陈金辉(1970—),女,副教授,硕士生导师,主要研究方向为数据管理及系统集成。

用媒体数据两种方式,满足 MTM 对存贮容量、CPU 等的较高要求。

(2)GOMM 表达语义特征。GOMM 基于实体建立一个语义网,支持在 GOMM 之间建立联系,为发布者提供创建复杂、上下文敏感和个性化的发布环境。

(3)GOMM 表达功能特征。用户在应用环境中可以使用发布者提供的操作来处理多媒体内容。

(4) GOMM 表达版本信息,并且版本能被序列化。GOMM 可以通过不同的发布者发布,开辟了分布式 MTM 应用架构技术。

2 过程模型

2.1 基本概念

一个业务过程由一个或多个任务组成,这些任务之间存在着某种约束关系。业务过程处理实际上是其中的任务按照这种约束关系而先后执行。任务是构成业务过程的基本单位,任务之间由于约束关系和抽象层次而形成比较复杂的结构特性。为了更加清楚地阐述本文内容,首先定义一些与过程模型相关的基本概念。

定义 1 过程是对现实世界一个业务过程结构的抽象描述,属性包括名称、时限、活动列表、开始活动、结束活动、优先级和外部应用等。

定义 2 任务是对业务过程中一个执行步骤的描述,直接被 MTM 系统调度执行,属性包括名称、时限、描述、角色、开始条件、结束条件、输入数据、输出数据和表单名称等。

定义 3 子过程是对另一过程模型的引用,属性包括名称、描述、开始条件、结束条件、输入数据、输出数据和过程模型名称等。

引入子过程是过程建模的需要,优化了过程模型的结构,提高了过程模型的重用性,便于过程模型的分析 and 多媒体任务管理的分布执行。

定义 4 外部应用是指在过程执行中所调用的应用系统,属性包括应用名称、位置、输入参数和输出参数等。

定义 5 本体对象描述概念与概念之间的关系。

定义 6 联系表示过程之间、任务之间和过程、任务之间存在的约束关系,该关系由本体对象具体化。

定义 7 版本管理是在过程模型中实现的,对容纳的多种协同 MTM 系统进行统一的版本管理,使业务过程的运行在应用层次上保持一致。

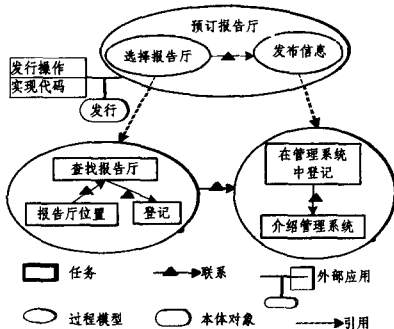


图 1 层次结构的过程模型树

如果一个过程模型中包含某个子过程,这个子过程引用另一个过程模型,则称前者为后者的父过程模型,而称后者为

前者的子过程模型。父过程模型和子过程模型是相对的,一个过程模型可以有多个子过程模型,而一个子过程模型只能有唯一的父过程模型。因此,所有具有这种关系的过程模型构成一个具有层次的树状结构,图 1 的例子是一个关于某大学“预定报告厅”的层次结构的过程模型描述。

“预定报告厅”和“选择报告厅”、“发布信息”组成父子过程模型。“选择报告厅”过程由“查找报告厅”、“报告厅位置”和“登记”3个任务组成,“发布信息”过程由“在管理信息中登记”和“介绍管理系统”两个任务组成。

2.2 过程模型 GOMM

GOMM 由图上的一组相互协作、自包含的成分组成,通过实体、操作、属性、特性和连接子等来表示 MTM 中多媒体的媒体、语义和功能 3 个特征。实体包括逻辑媒体、本体对象、联系和容器。GOMM 中的逻辑媒体、连接子和属性等描述多媒体内容的组成,建立过程模型中的任务;本体对象和联系等描述实体的语义特征,在任务、过程模型之间建立语义联系;操作提供了任意定义的、与领域有关的、能被用户调用的操作,用来建立过程模型中的外部应用;容器描述过程模型中的父子过程模型。在 MTM 中,过程模型中的过程、任务和外部应用等聚集成一个容器,该容器能被序列化或可发布、可交换的格式。图 2 的例子是“预定报告厅”过程的 GOMM 描述。

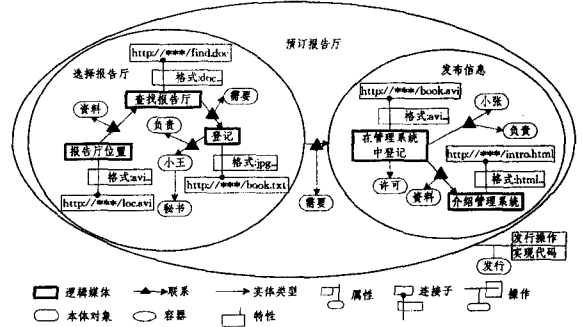


图 2 “预定报告厅”的 GOMM(G_{res})

GOMM 通过原始媒体文件的嵌入或者链接,说明所包含的媒体对象,如 loc. avi 链接到报告厅位置。GOMM 通过一个和概念图类似的基于图的模型进一步封装了它所包含的媒体对象的语义联系,并且可以具体化联系,如小王负责登记任务。GOMM 提供一组操作用于处理多媒体内容,该操作集能被用户调用,如发行操作。

(1) G_{res} 表达媒体特征。 G_{res} 中把原子任务建模成逻辑媒体,通过视频文件等向用户说明如何执行任务。

(2) G_{res} 表达语义特征。GOMM 使用本体来描述任务和任务间的相互关系,支持嵌套和在不同的上下文中重用,GOMM 提供构造复杂任务的手段。复杂任务是由于任务构成的任务,这些子任务能通过相应的 GOMM 表示。 G_{res} 中包含“选择报告厅”和“发布信息”两个子任务。

(3) G_{res} 表达功能特征。GOMM 的功能特性允许实现任务的上下文依赖的、个性化的发布。例如:在秘书生病时,某学者需要自己预定报告厅,由于该学者不了解报告厅的位置或者不熟悉信息发布平台,他可以通过发行操作得到有关的描述材料。

GOMM 通过版本管理,支持表达类似的任务,如一个大学里不同院系对“预定报告厅”过程具有不同的处理。图 3 的

例子是某一任务的不同版本。

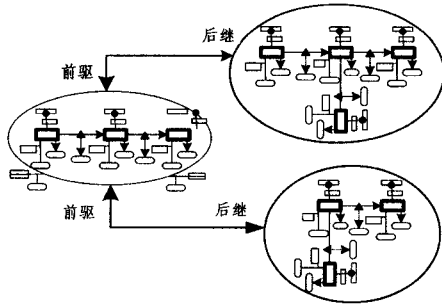


图3 某一过程模型的不同版本

2.3 本体集成

对相关领域的概念及其内涵进行梳理和界定是本体建模的一项重要工作。按概念的粒度和适用的范围划分,本体可以分为上位本体和领域本体。上位本体是一类抽象层次较高的通用本体,它描述了现实世界最基本的概念及概念之间的关系,是一种领域无关的、基础性的概念模型和知识结构,这使它具有广泛的通用性和较强的表达能力。领域本体是面向特定领域、用于描述领域知识的概念模型,目标是捕获相关领域的知识,确定该领域内共同认可的词汇,并对这些词汇术语和词汇间的相互关系形式化地描述,以支持对该领域知识的共同理解。

GOMM 建立了一个协同分布式的 MTM 过程模型,能被广泛应用于知识发布、电子学习等各种应用领域。对于本体集成问题,GOMM 通过 3 方面满足各种应用要求:

- (1) 提供建模原语来描述类和类的层次结构,类能被实例化。在说明类和关系时,可以使用限制条件。允许对关系属性赋值,如可逆、对称或传递关系。支持公理。
- (2) 形式化定义了语义,提供唯一标识符系统,支持版本信息,最大限度地与现存标准兼容。
- (3) 本体被作为资源对待,拥有标识符。

GOMM 使用一些预定义的元本体对象与典型的本体结构,如子概念、关系概念、逆概念和领域等,这些元本体对象被再用来分类其他本体对象。图 4 的例子阐述了这种面向图的本体的 GOMM 表示。

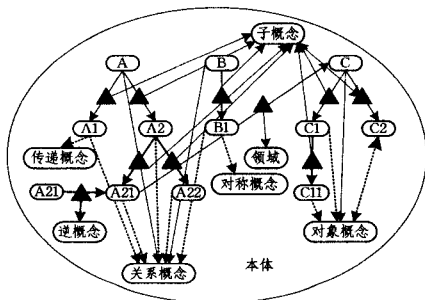


图4 某一项目中本体的 GOMM 表示(G_{ontology})

G_{ontology} 中本体对象 A1 被“传递概念”和“关系概念”两个元本体对象类型化,表示 A1 是一个传递的关系概念。在本体对象 C 和 C1 之间建立一个类型为“子概念”的联系,表示 C 是 C1 子概念。在本体对象 A21 和 C 之间建立一个类型为“领域”的联系,表示 A21 关系仅仅允许类型为 C 的实体作为它的源实体。

3 形式化描述

GOMM 为 MTM 的发布、管理提供了应用架构,构建了一个可交换的、富含知识的、支持多媒体任务的容器。形式化描述 GOMM 所对应的“图类型”有助于提高过程模型描述的精确性,支持对系统行为进行推理,也是可视化构造等工具的基础。

本文中,Γ,Θ,Λ 和 Σ 分别是所有逻辑媒体、本体对象、联系和容器的集合,Ω=Γ∪Θ∪Λ∪Σ 是所有实体的集合,VAL 是所有无类型数的集合,UUID⊂VAL 是全局唯一标识符的集合,STR⊂VAL 是所有字符串的集合,URI⊂STR 是所有统一资源描述符的集合,RMD 是所有原始媒体数据的集合,FUN 是所有函数的集合,MS 是所有媒体选择子的集合,MP 是所有媒体简介的集合,OP 是所有操作的集合。

$ms=(k_{ms}, P_{ms}) \in MS$ 是媒体选择子,由类型 $k_{ms} \in \{“spatial”, “textual”, “temporal”, “full”\}$ 和参数 $P_{ms} \subseteq STR \times VAL$ 刻画。使用媒体选择子可以对物理媒体数据进行部分选择,如使用视频编辑工具,把一部电影的介绍部分放入到一个分离的文件中。

$mp=(i_{mp}, M_{mp}) \in MP$ 是一个媒体简介,由对应的媒体实例 $i_{mp} \in URI \cup RMD$ 和元数据 $M_{mp} \subseteq STR \times VAL$ 构成。一个媒体简介构成了存储点,包括各种底层元数据,如存储格式和文件大小。

$op=(d_{op}, i_{op}) \in OP$ 是一个操作,由指定者 $d_{op} \in \Theta$ 和实现 $i_{op} \in FUN$ 描述。

定义 8 实体 $w \in \Omega$ 是一个 13 元组, $w=(o_w, n_w, k_w, s_w, t_w, T_w, A_w, C_w, N_w, P_w, S_w, F_w, O_w)$, 其中, $o_w \in UUID$ 是 w 的唯一对象描述符, $n_w \in STR$ 是 w 的名字, $k_w \in \{“lmp”, “ont”, “asso”, “omm”\}$ 表示 w 的类型, $s_w \in \Omega \cup \{\epsilon\}$, $t_w \in \Omega \cup \{\epsilon\}$ 分别是 w 的源和目标实体, $T_w \subseteq \Theta$ 是类型, $A_w \subseteq \Theta \times VAL$ 是属性, $C_w \subseteq MS \times MP$ 是连接子, $N_w \in \Omega$ 是结点, $P_w \subseteq \Omega$ 是前驱, $S_w \subseteq \Omega$ 是后继, $F_w \subseteq STR \times VAL$ 是特性, $O_w \subseteq OP$ 是操作,并且满足以下两个条件:

- (1) $\forall w1, w2 \in \Omega: o_{w1} = o_{w2} \rightarrow w1 = w2$
- (2) $\forall w, v \in \Omega: v \in P_w \vee v \in S_w \rightarrow k_w = k_v$

实体是 GOMM“图类型”形式化的基础,通过 13 个属性刻画。 w 有一个全局的唯一的对象描述符 o_w 和一个名字 n_w ; k_w 标识 w 的 $lmp, ont, asso, omm$ 等 4 种不同的类型,即逻辑媒体、本体对象、联系和 GOMM 容器。 w 被一组类型的集合 T_w 描述,例如本体对象的集合; w 拥有一个具有任意个元素、依赖于应用的属性集 A_w ,属性是(属性名,值)对,属性名是一个领域本体概念。通过前驱版本 P_w 和后继版本 S_w ,提供版本支持。 w 被一组特性 F_w 描述,特性是(特性名,值)对,特性名不是一个本体对象,仅仅是一个字符串,如时间戳或状态信息等, F_w 实现了对低层数据的支持。通过源和目标实体 s_w, t_w ,在这些实体之间建立了联系。连接子 C_w 建立了逻辑媒体到物理媒体的连接。一个 GOMM 容器由结点的集合 N_w 标识。GOMM 提供了一组操作 O_w ,能被 MTM 应用调用。条件(1)限制每一个实体有一个唯一标识,条件(2)确保 w 的每一个版本与 w 具有同样的 k_w 。

定义 9 逻辑媒体 $l \in \Gamma$ 是一个实体,并且 $k_l = “lmp” \wedge s_l =$
(下转第 186 页)

new developments[J]. IET Comm., 2007, 1(2): 137-156

[2] 曹谢东. 模糊信息处理及应用[M]. 北京: 科学出版社, 2003

[3] Azzouz E E, Nandi A K. Automatic modulation recognition-I [J]. Journal of Franklin Institute, 1997, 334B(2): 241-273

[4] Azzouz E E, Nandi A K. Automatic modulation recognition-II [J]. Journal of Franklin Institute, 1997, 334(2): 275-305

[5] Wei W, Mendel J M. A fuzzy logic method for modulation classi-

fication in nonideal environments [J]. IEEE Transactions on Fuzzy Systems, 1999, 7(6): 333-334

[6] Lopatka J, Pedzis M. Automatic modulation classification using statistical moments and a fuzzy classifier [J]. Proceedings of IEEE ICSP, 2000, 3(8): 1500-1505

[7] Zadeh L A. Fuzzy Logic Toolbox User's Guide Version 2. 1. 1 [M]. Berkeley, CA: MathWorks Inc, 2001

(上接第 163 页)

$$t_i = \varepsilon \wedge N_i = O_i = \Phi.$$

逻辑媒体定义了 GOMM 的媒体特征, 实现了与物理媒体的去耦。通过连接器 C_w , 逻辑媒体不仅仅在逻辑层次上建模媒体对象, 同时也维持了与相应物理媒体的连接。

定义 10 本体对象 $o \in \Theta$ 是一个实体, 并且 $k_o = \text{"ont"} \wedge s_o = t_o = \varepsilon \wedge C_o = N_o = O_o = \Phi$ 。

本体对象是代表本体概念的实体, 定义了 GOMM 的语义特征。本体对象的类型可以是一个非空集合。由于能再一次被其他本体对象分类, 因此, 支持在 GOMM 内表达本体结构。

定义 11 联系 $a \in \Lambda$ 是一个实体, 并且 $k_a = \text{"asso"} \wedge s_a \neq \varepsilon \wedge t_a \neq \varepsilon \wedge C_a = N_a = O_a = \Phi \wedge |T_a| = 1$ 。

联系描述了实体间的二元有向语义关系, 联系的类型通过一个本体对象表现。不同于其它实体, 一个联系只能与一种类型相关, 联系能被具体化。

定义 12 GOMM 容器 $e \in \Sigma$ 是一个实体, 并且 $k_e = \text{"omm"} \wedge s_e = t_e = \varepsilon \wedge C_e = \Phi$, 满足 $\forall x \in N_e: k_x = \text{"asso"} \rightarrow \{s_x, t_x\} \subseteq N_e$ 。

GOMM 把多个实体组合成一个容器。不被其它容器封装的容器称为根容器, 被其它容器封装的容器称为子容器。在多媒体内容发布时, 容器构成了 MTM 系统中多媒体元对象模型的核心, 表达了多媒体内容的 3 个特征及版本信息。

定义 13 本体是一个三元组 $O = \langle \Theta, H^o, A^o \rangle$, $H^o \subseteq \Theta \times \Theta$, 表示本体对象之间具有子类关系, A^o 表示本体公理的集合。

在 GOMM 中, 本体由本体对象表现, 分为对象概念和关系概念。GOMM 图中的结点、边分别标记对象概念、关系概念。本体的公理集说明了概念的属性、限制以及概念之间的关系。可以通过元本体对象来描述 GOMM 中的关系。

本体与 GOMM 集成有两种方法: (1) 按照本体公理, 扩展 GOMM 图。(2) 使用本体知识压缩 GOMM 图, 即从 GOMM 中删除任何能被推导的冗余的联系。在 MTM 系统中, 方法(1)提供了有效的 MTM 应用构架, 方法(2)能有效地发布 GOMM。选择哪一种方法依赖于如应用场景、本体、GOMM 的大小以及响应时间、设备的存取空间、带宽等因素。

结束语 本文从多媒体内容的媒体、语义和功能 3 个特征及对版本的支持出发, 提出一种面向图的多媒体内容、本体知识的描述和实现技术来支持多媒体任务管理的过程模型 GOMM。形式化描述 GOMM 所对应的“图类型”, 提高了过程模型 GOMM 的精确性。

参考文献

[1] Cai M, Frank M, Yan B, et al. A subscribable peer-to-peer RDF

repository for distributed metadata management [J]. Journal of Web Semantics, 2004, 2(2): 109-130

[2] Castano S, Ferrara A, Montanelli S. Ontology-based interoperability services for semantic collaboration in open networked systems [A] // Proceedings of the First International Conference on Interoperability of Enterprise Software and Applications (INTEROP-ESA) [C]. Geneva, Switzerland: Springer-Verlag, 2005: 135-146

[3] Benattallah B, Hacid M-S, Paik H, et al. Towards semantic-driven, flexible and scalable framework for peering and querying e-Catalog communities [J]. Information Systems, 2006, 31(4): 266-294

[4] Brenna L, Johansen D. Engineering push-based web services [J]. International Journal of Web Services Practices (IJWSP), 2006, 1(1): 89-100

[5] Beckett D. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax Specification [EB/OL]. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/REC-rdf-syntax/>, February 2004

[6] Information Technology - SGML Applications - Topic Maps [S]. ISO/IEC International Standard 13250. 2000

[7] Newman D, Patterson A, Schmitz P. XHTML + SMIL Profile [EB/OL]. W3C Note. <http://www.w3.org/TR/XHTML-plusSMIL/>, January 2002

[8] Pereira F, Ebrahimi T. The MPEG-4 Book [M]. California: Prentice Hall, 2002

[9] Ayars J. Synchronized Multimedia Integration Language (SMIL 2.0) [EB/OL]. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/SMIL20/>, August 2001

[10] Ferraiolo J, Jun F, Jackson D. Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 [EB/OL]. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/SVG11/>, January 2003

[11] Motama Gmb H. NMM homepage [EB/OL]. <http://www.motama.com/nmm.html>

[12] Brickely D, Guha R V. RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema [EB/OL]. W3C Working Draft. <http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>, February 2004

[13] Connolly D. DAML+OIL (March 2001) Reference [EB/OL]. W3C Note. <http://www.w3.org/TR/daml+oil-reference>, December 2001

[14] Schneider P, Hayes P, Horrocks I. OWL Web Ontology Language Semantics and Abstract Syntax [EB/OL]. W3C Recommendation. <http://www.w3.org/TR/owl-semantics/>, February 2004

[15] 孙亮, 任小康. 基于本体的图像语义检索模型 [J]. 重庆工学院学报: 自然科学版, 2009, 23(1): 127-131