

业务流程网建模技术及应用研究^①

万 猛^{1,2}, 赵锡斌¹, 胡飞虎³

(1. 武汉大学经济与管理学院, 武汉 430072; 2. 教育部科技发展中心, 北京 100080;

3. 西安交通大学电气工程学院, 西安 710049)

摘要: 提出了业务流程管理的业务流程网建模技术, 探讨了业务流程网的路由与多任务调度等技术问题, 通过采用 J2EE 技术开发了业务流程网软件, 并进行了实证研究. 业务流程网的相关理论与技术为企业建模、有效管理业务流程提供了依据和参考.

关键词: 业务流程网; 企业建模; J2EE

中图分类号: TP 317.1; C 931.6 **文献标识码:** A **文章编号:** 1007-9807(2007)06-0041-08

0 引言

业务流程无处不在, 业务流程管理能力和处理能力的提高, 对于政府提高工作效率和企业改善经营业绩具有非常重要的意义. 信息技术的发展, 为业务流程管理能力和处理能力的大幅提升创造了技术基础^[1]. 在信息化大潮下的今天, 很多企业包括政府部门都进行了信息化建设, 然而这些系统的开发模式通常是将业务流程编码到应用系统的整体结构中, 每次业务流程的变更都可能引起程序结构的大幅变动, 从而导致系统的可用性变差, 甚至被弃之不用, 使得用户的投资效果不佳, 更使得软件开发商陷入到系统开发和维护的泥沼中^[2]. 业务流程管理系统 (business process management system) 可避免把工作流程固化在定制的程序中, 支持从程序设计到应用组装的转变, 支持面向流程、流程再设计 (process redesign) 以及组织增长 (organic growth)^[3]. 为此, 人们开始站在业务流程层面上寻找解决方案.

在业务流程的分析与建模技术上, 国外比较著名的研究成果主要有流程图 (flow charts) 法^[4]、IDEF 方法^[5]、GRAI/GM 方法^[6]、CMOSA 方

法^[7,8]、IFIP 方法^[9]、ARIS 体系结构^[10]、PERA 方法^[11]、SIPOC 法^[12]、TOVE 方法^[13]、KADS 方法^[14]、价值链法^[15]、工作流 (Workflow)^[16]技术和面向对象的建模方法^[17]等, 国内也取得了一些研究成果^[18,19]. 这些方法从不同的角度和出发点提出了对企业这个复杂系统的理解.

本文提出了一种新的业务流程建模方法——业务流程网 (business process net BPN) 建模技术, 给出了业务流程网概念, 图形化表示方法、路由模式和同步规则, 探讨了业务流程网中的多任务调度算法, 进行了实证研究.

1 业务流程网基本理论

1.1 业务流程网的概念

定义 1 (业务流程网 BPN)

4元组 $N = (R, T; W, D)$ 是业务流程网的充分必要条件是:

- (1) $R \neq \emptyset$;
- (2) $T \neq \emptyset$;
- (3) $R \cap T = \emptyset$;
- (4) $W \subseteq R \times T$;

① 收稿日期: 2007-04-30; 修订日期: 2007-07-02

基金项目: 高等学校博士学科点专项科研基金资助项目 (20060698056)

作者简介: 万 猛 (1975—), 男, 江苏泰兴人, 博士生. Email: wanneng@cutech.edu.cn

(5) $D \subseteq T \times R$;

(6) $dom(W) \cup cod(W) = R \cup T$.

其中,

$dom(W) = \{x \mid \exists y: (x, y) \in W\}$,

$cod(W) = \{y \mid \exists x (x, y) \in W\}$

在业务流程网(以下简称 BPN)的定义中, R 和 T 是基本成分, 称为节点 (node); W 和 D 是由 R 和 T 构造出来的有向弧, 称为连接 (connection). 在定义中将 R, T 和 W, D 用分号“;”隔开以示区别. R 和 T 是两不同的概念, 分别指角色 (role, R) 和任务 (task, T), 所以 $R \cap T = \emptyset, R \neq \emptyset$ 和 $T \neq \emptyset$ 表示在业务流程网中至少要分别有 1 个角色和 1 个任务.

W 指工作 (work), 是角色 R 和任务 T 之间的联系, 即角色在一个任务中承担的工作. D 指转发 (deliver), 是任务 T 和角色 R 之间的联系, 表示任务完成后业务流程的流转方向.

$dom(W) \cup cod(W) = R \cup T$ 表示在业务流程网中不能有孤立的 R 或孤立的 T .

定义 2 (子网 child-net, 父网 parent-net)

$N_1 = (R_1, T_1; W_1, D_1)$ 和 $N_2 = (R_2, T_2; W_2, D_2)$ 是两个业务流程网, N_1 是 N_2 的子网的充分必要条件是:

- (1) $R_1 \subseteq R_2$;
- (2) $T_1 \subseteq T_2$;
- (3) $W_1 = W_2 \cap (R_1 \times T_1)$;
- (4) $D_1 = D_2 \cap (T_1 \times R_1)$.

N_1 是 N_2 的子网, 也可称 N_2 是 N_1 的父网.

子网具有传递性, 即如果 N_2 是 N_1 的子网, N_3 是 N_2 的子网, 那么 N_3 也是 N_1 的子网.

定义 3 (业务流程网系统 business process net system, BPN S)

BPN S 是对 BPN 的具体化, 它是一个 8 元组

$\Sigma = (R, T; W, D; W_0, C_D, G, L)$, 是按照如下条件构造的:

(1) $N = (R, T; W, D)$ 是业务流程网;

(2) $W_0 \subseteq W$, 是起始工作的集合. 起始工作是指不依赖于任何转发的结果就可以开始运行的工作;

(3) C_D 是定义在 D 上的转发条件的集合. 转发条件是指转发所依赖的条件;

(4) G 是定义在 N 上的分组的集合. 如果角色即将办理的工作和已完成任务之间存在依赖关系, 则需要将这些工作和传递这些任务的转发划分成一组, 称为分组;

(5) $L \subseteq W \cup D$, 是循环的集合. 循环指可被反复执行的, 并只保留最后一圈的执行信息的环形路径.

BPN S 比 BPN 的定义增加了起始工作、转发条件、分组和循环, 能更好地描述真实系统. 在不特殊说明的情况下, 本文所说的 BPN 就是指 BPN S

1.2 BPN 的图形表示方法

BPN 可以用图形表示, 称为 BPN 的图 (图 1). 在 BPN 的图中, 角色、任务及子网分别用圆圈、矩形、云状图表示, 工作、转发及网间转发都用带有箭头的直线表示, 起始工作与条件转发用空心箭头表示, 循环路由中的工作和转发用直线起始端的小圆圈表示 (仅循环用为空心)、分组用标在直线上的靠近角色端的数字表示. 其中, 在工作、转发和网间转发中, 已经执行完毕的用实线表示, 正在执行和尚未执行的用虚线表示. 根据需要, 不同状态的工作、转发和网间转发还可用不同的颜色来区分以便于理解.

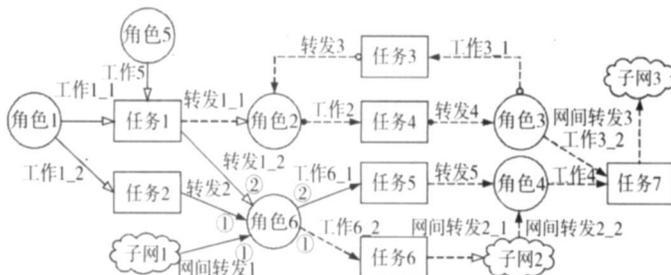


图 1 业务流程网的图例

Fig 1 Graph sample of BPN

2 BPN 的路由研究

在 BPN 中, 任务的执行是可选的, 即任务可能不被执行、或被执行 1 次、或被执行多次。通过路由研究, 能确定哪些任务需要被执行, 以及按照什么顺序执行。

2.1 BPN 的基本路由

BPN 中的基本路由包括顺利路由 (串行路由)、并行路由、选择路由和循环路由。

如果案例中的任务一个接一个地执行, 则称为顺序路由, 也称为串行路由。如果案例中的任务

可以同时执行或以任意次序执行, 则称为并行路由。任务的输出转发可以有条件, 满足条件的转发才能被选择执行, 如果案例中的任务是选择执行的, 则称为选择路由。在转发线的箭头端用空心箭头表示有条件的转发, 实心箭头则表示无条件的转发。任务可以被反复执行、并只保存最后一圈执行信息的环形路径, 则称为循环路由。

以循环路由为例, 在循环的定义中只需说明包含的工作和转发即可, 因为角色和任务信息本身已经在工作和转发之中, 图 2 是一个包含循环路由的案例。

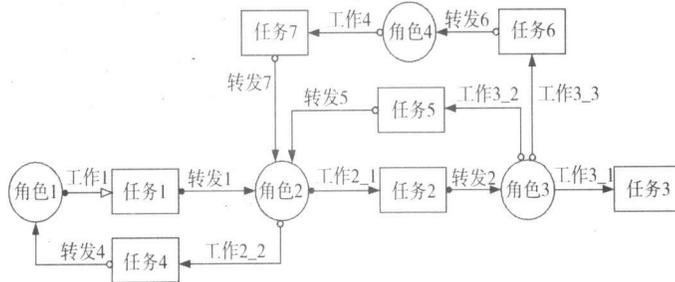


图 2 循环路由案例

Fig 2 Case of loop route

2.2 BPN 路由的同步

业务流程网中路由的执行并不是随意的, 路由中多个同时执行的路径避免不了相互依赖或作用。业务流程网中的路由同步是指合作完成同一个任务的多个路由, 在执行时间或次序上必须遵循相互协调的依赖关系。业务流程网中的路由同步规则主要分为基于任务的、基于角色的和基于操作的 3 大类同步规则。

2.2.1 基于任务的同步规则

任务的关联工作和关联转发是同步的。

任务是业务流程网中的基本逻辑工作单元, 它不可分割且必须完整执行。也就是说, 任务必须在所有的关联工作全部处于完成或否定状态后, 才能执行转发。

从微观上看, 软件在执行上述过程时是顺序进行的, 但由于计算机的执行速度足够快, 所以从宏观上看, 仍可以认为这个过程是同步完成的。

2.2.2 基于角色的同步规则

以不含分组的多输入多输出同步关联路由为

例 (如图 3)。

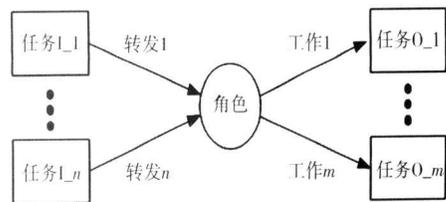


图 3 不含分组的多输入多输出同步关联

Fig 3 Synchronous relation of multiple input and output without group

在角色签收所有的输入转发之前, 所有的输出工作只能处于就绪状态。当所有的输入工作被签收并处于完成状态后, 系统自动将所有的输出工作转变为在办状态。可以看出, 在这种不含分组的多输入、多输出情况下, 工作 1 ~ 工作 m 的在办状态是和转发 1 ~ 转发 n 的完成状态同步的。

2.2.3 基于操作的同步规则

角色签收、退签、办结和重办的操作是同步的。角色的签收、退签、办结和重办操作必须按相

关操作定义的规则进行同步.

3 BPN 多任务调度研究

BPN 中的多任务调度的基本步骤包括以下 4 个方面:

- (1) 构建 BPN;
- (2) 构建 BPNS;
- (3) 设计用于调度的状态集合;
- (4) 设计用于调度的方法.

其中 BPN 与 BPNS 的构建根据定义的充要条件构造, 调度的状态集合主要包括 BPN 中各要素的状态, 如典型的任务状态集合为 $St = \{St_r, St_w, St_h, St_t\}$. 其中: St_r 就绪状态, 任务等待角色办理的状态; St_w 在办状态, 任务正在被角色办理的状态; St_h 否定状态, 任务因条件不满足不能被角色办理的状态; St_t 完成状态, 任务结束的状态.

在多任务调度之前, 案例和所有的工作、任务、转发、循环都被初始化为就绪状态. 启动案例是第一个应该被执行调度, 角色签办任务、角色退回任务、任务办理、任务重办、启动循环和终止循环等调度算法, 是根据 BPN 的流向由角色进行调度的. 终止案例的调度是根据工作和转发的状态由系统自动调度的.

为方便描述, 这里先定义几个函数, 下面的多任务调度方法中将用到它们.

$SetStatus(x)$ 表示设置对象 x 的状态, x 为案例、任务、工作、转发或循环;

$GetStatus(x)$ 表示获得对象 x 的状态, x 为案例、任务、工作、转发或循环;

$SetClient(x)$ 表示设置对象所属角色, x 为工作或转发;

$GetClient(x)$ 表示获得对象所属角色, x 为工作或转发;

$PreCondition(x)$ 表示条件计算, 结果为 True 或 False x 为转发;

$Count(x)$ 表示集合中对象的数目, x 为一个集合.

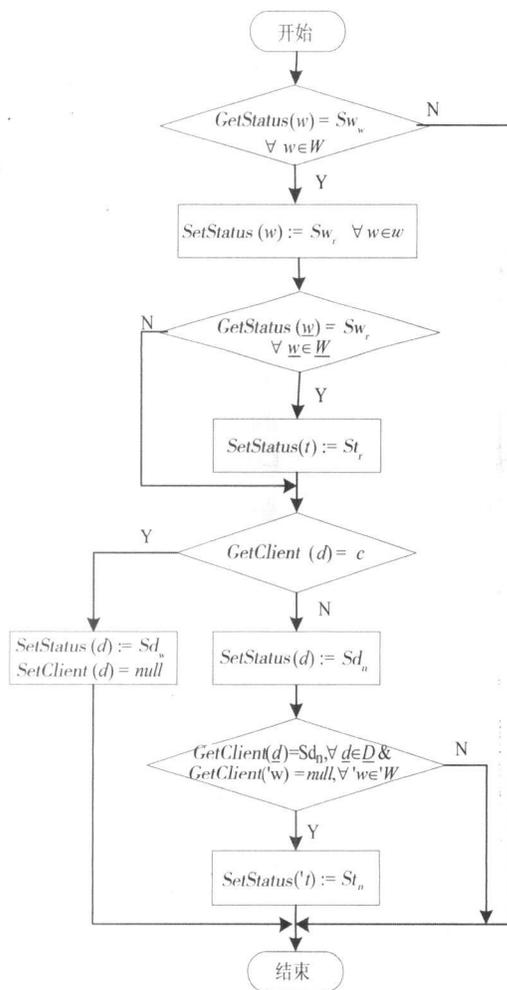


图 4 角色 c 退回的调度方法

Fig 4 Schedule algorithm of return task

以角色 c 退回的调度方法 (如图 4) 为例作说明.

第 1 步 若 g_c 中的每一个工作 w 都处于在办状态, $GetStatus(w) = Sw_w$, 则转第 2 步, 否则结束.

第 2 步 将 g_c 中的每一个工作 w 都设置为就绪状态, $SetStatus(w) := Sw_r$. 对于 g_c 中的每一个工作 w , 若 w 所属任务 t 的每一个工作 w 都处于就绪状态, $GetStatus(w) = Sw_r$, 则将任务 t 设置为就绪状态, $SetStatus(t) := St_r$, 之后转第 3 步, 否则仍转第 3 步.

第 3 步 对于 g_c 中的任一个 d , 若其角色为 c , $GetClient(d) = c$, 则将 d 的角色设置为 null, 并将 d 设置为待签状态,

$SetClient(d) := null, SetStatus(d) := Sd_w$, 之后转第 5 步, 否则将 d 设置为否定状态, $SetStatus(d) := Sd_n$, 之后转第 4 步.

第 4 步 若 d 所属任务 t 的每一个转发 d 都处于否定状态, $GetStatus(d) = Sd_n$, 并且任务 t 的每一个工作 w 的角色都为空值 $null, GetClient(w) = null$, 则将任务 t 设置为否定状态, $SetStatus(t) := S_t_n$, 结束; 否则结束.

4 BPN 软件的实现及实证研究

4.1 BPN 软件的构架

随着信息技术的飞速发展, 特别是因特网应用的日益普及, 企业的信息资源越来越依赖于网

络环境的支持, 信息系统的分布性、异构性和自治性的特征越来越显著, 这些特征使得企业对日常业务活动详细信息的需求日益提高. 在这种情况下, 要求建立的业务流程网软件系统的结构必须具有很好的开放性、互操作性和柔性. 为了实现上述目标, 系统采用如图 5 所示的体系结构.

J2EE(Java 2 platform enterprise edition) 的设计目标是为基于组件的应用模型而设计的分布式应用, 提供简单而统一的标准. J2EE 技术的核心是 EJB(enterprise Java bean) 组件, EJB 支持大规模异构分布式信息处理与应用, 利用分布对象技术和框架技术可以构建开放的、具有伸缩性的应用集成和运行环境, 并可用因特网技术实现企业内和企业间的信息集成和应用协作.

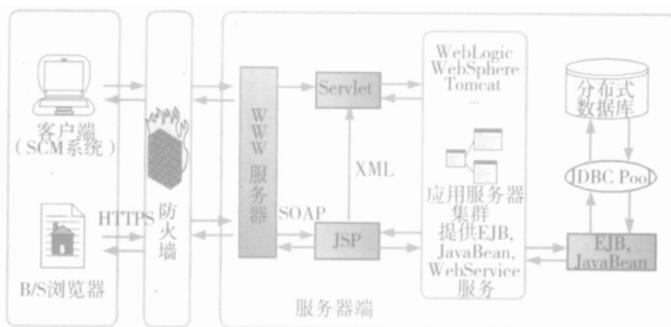


图 5 软件系统体系结构图

Fig 5 Graph of software architecture

由于采用 J2EE 平台, 因此本系统具有很好的独立性, 不依赖于操作系统、数据库系统及应用服务器. 本系统可以基于多种操作系统, 如 Windows, Unix/Linux 等; 可以与多种数据库系统进行连接, 如 Oracle, SQL Server, DB2 等; 系统使用的应用服务器可以是 WebSphere, Weblogic, JBoss 等.

本系统在开发过程中采用了 MVC(模型 - 视图 - 控制器, model-view-controller) 设计模式. 该设计模式适用于那些多用户的、可扩展的、可维护的、交互性高的系统, 它可以很好地表达用户的交互和系统模式, 很方便地用多个视图来显示多套数据, 使得系统很方便地支持其它新的客户端类型, 并且使得代码的重复率最低.

本系统包括客户端层、JSP/SERVLET 构成的 WEB 层、EJB 构成的业务服务层、以及数据库服

务层设计在内网中, 处于外网危险地带 DMZ(demilitarized zone) 的只有 WWW 服务. 应用服务器和数据库服务器都处于内网中, 从而很好地保障了系统的安全性.

4.2 BPN 的实证研究

某电力公司的业扩变更管理主要负责所辖供电营业区的报装业务统一受理, 实行“申请用电一个口, 报装接电一条龙”的管理体系. 报装业务的工作范围是办理新装和增容用电, 办理减容、暂停、恢复、换表、销户、用户申请校表等变更用电业务.

该电力公司的业扩变更管理大体分为 3 级报装, 即营业站、供电分局、供电局, 其中营业站设立报装岗位, 供电分局设立客户服务中心, 供电局设立报装专责. 图 6 是该电力公司居民用电新增、增容流程.

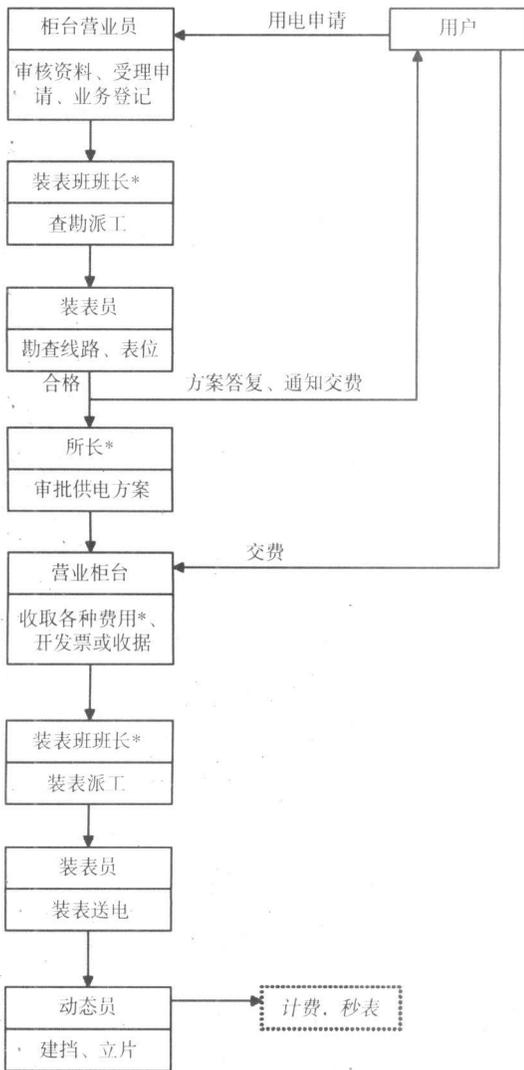


图 6 居民用电新增、增容流程

Fig 6 Flow of new power use or add capability

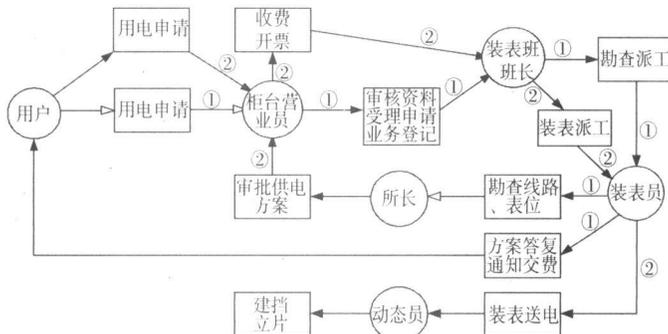


图 7 居民用电新增、增容流程 BPN 模型

Fig 7 BPN model of new power use or add capability flow

通过深入分析业务流程,采用 BPN 技术进行了企业流程建模与优化.图 7是居民用电新增、增容流程对应的 BPN 模型.

在实施了基于论文提出的 BPN 软件系统后,

经调研分析,整理了该公司业扩变更业务存在的主要问题,提出了建设业扩变更业务的统一管理,通过统一公司的管理模式和工作标准,设计与开发业扩变更管理的软件系统,实施业务流程的自动化管理,以达到提高用户服务能力、提高优质服务水平和提高市场竞争力的效果.和本论文有关的系统建设目标包括以下几点:

- (1) 新系统要求尽量实现无纸化工作,减少工作单的传递,提高工作效率;
- (2) 系统能够对业务流程进行自定义,以适应以后工作流程调整的需求;
- (3) 业务流程在执行过程中应能进行动态的调整,必须考虑各业务项的交叉、并行的情况,如新装或临时的紧急用电申请时相关部门同时进行的特殊情况;
- (4) 系统应能对业扩变更业务各个环节的执行时间进行设置和控制,在时间超时的时候应能自动提示以便进行人工干预;
- (5) 系统的业务流程应根据业务信息的不同,根据预先定义的条件和规则进行流转,即系统应能对条件和规则进行处理;
- (6) 系统应能在业务项出错时,实现业务流程的逆向流动,以重新办理该业务项.

该电力公司完全实现了每日繁杂的工作流程的计算机自动化处理,从而不仅大大提高了员工的工作效率和质量,在提高了该电力公司的经济效益的同时,还大幅提高了客户服务的质量,取得人员

大幅度减少了 31%、工作效率大幅度提高了 600%、业务单据的复杂程度大大减小、业务信息随时可得等非常满意的效果。

5 结束语

论文提出的 BPN 业务流程建模方法为企业的流程表示与建模提供了理论、方法及工具。在基

于 J2EE 技术开发的 BPN 软件基础上, 我们采用 BPN 技术对某电力公司的业扩变更业务进行了统一管理, 并对企业业务流程实施了再造与优化, 取得了非常满意的效果。实证结果表明, 本文提出的 BPN 理论、设计的路由技术以及开发的多任务调度算法具有很好的适用性, 具有较高的研究和实用价值。

参考文献:

- [1] Hammer M, James C. Reengineering the Corporation: A Manifesto for Business Revolution[M]. New York: HarperCollins Publishers Inc., 1993.
- [2] 曹海强. 提速企业流程 [N]. 中国计算机报, 2003, 96: 56—57.
Cao Haiqiang. Accelerate enterprise flow [N]. China Information World, 2003, 96: 56—57. (in Chinese)
- [3] Van der Aalst W M P, Ter Hofstede A H M, Weske M. Business Process Management A Survey [C]. Proceedings of the International Conference on Business Process Management Berlin: Springer Verlag, 2003: 1—12.
- [4] Smith H, Neal D, Ferrara L, et al. The Emergence of Business Process Management [R]. January 2002 version 1.0. CSC & Research Services, 2002.
- [5] Kin Cheo Han, Hodgson A, Weston R H. The complementary use of DEF and UML modeling approaches [J]. Computers in Industry, 2003 (50): 35—56.
- [6] Doumeings G, Chen D, Vallespir B, et al. GM and Its Evolutions—A Methodology to Design and Specify Advanced Manufacturing Systems [C]. in Yoshikawa H, Goossenaerts J (Eds), Proceedings of the JSPE/IFIP TC5/WG5.3 Workshop on the Design of Information Infrastructure Systems for Manufacturing DISM'93, Tokyo, Japan 1993: 101—117.
- [7] Vemadat F B. CMOSA: Enterprise Modeling and Enterprise Integration Using a Process-based Approach [C]. 1993. IFIP/JSPE Transactions. Information Infrastructure Systems for Manufacturing: 65—79. Elsevier Science B V, North Holland.
- [8] CMOSA, CM Open System Architecture [EB/OL]. <http://cmosa.cnt.pl>
- [9] Bemus P. Architectures for Enterprise Integration [M]. London: Chapman and Hall, 1996.
- [10] Vemadat F B. Enterprise Modeling and Integration: Principles and Applications [M]. London: Chapman and Hall, 1996.
- [11] William S T J. The Purdue Enterprise Reference Architecture [C]. Computers in Industry, Special issue on CM architectures, 1994, 24: 141—158.
- [12] Carey B, De Layne J S. SPOC Leads to Process Mapping and Project Selection [EB/OL], <http://finance.sixsigna.com/library/content/c060322a.asp>
- [13] Fox M S. The TOVE Project Towards a Common Sense Model of the Enterprise [C]. Proceedings of the 5th international conference on Industrial and engineering applications of artificial intelligence and expert systems EA/AIE'92: 25—34.
- [14] Schreiber A Th, Wielinga B J, Breuker J A, et al. KADS: A Principled Approach to Knowledge Based System Development [C]. volume 11 of Knowledge Based Systems Book Series. Academic Press, London, 1993: 247—264.
- [15] Recklies D. The Value Chain [EB/OL]. <http://www.themanager.org/models/ValueChain.htm>.
- [16] Fischer L. 2007 BPM & Workflow Handbook [EB/OL], 2007. <http://www.wfnic.org>
- [17] Object Management Group (OMG). UML Profile for Enterprise Distributed Object Computing [EB/OL], <http://www.omg.org/technology/documents/formal/edoc.htm>, 2005.
- [18] 盛昭瀚, 张传芹, 赵佳宝. 基于工作流的企业业务过程集成建模方法 [J]. 管理科学学报, 2003, (2): 35—40.

- Sheng Zhaohan, Zhang Chuanqin, Zhao Jiabao. Research of integrated modeling method of business process based on workflow [J]. Journal of Management Sciences in China, 2003 (2): 35—40. (in Chinese)
- [19] 唐加福, Yung Kai leung, 刘士新. 单产品物流网络系统的联合决策模型 [J]. 管理科学学报, 2005 (2): 54—60.
- Tang Jiāfú, Yung Kai leung, Liu Shìxīn. Joint decision model for logistic network systems with single product [J]. Journal of Management Sciences in China, 2005 (2): 54—60. (in Chinese)

Research on business process net modeling technology and application

WAN Meng^{1, 2}, ZHAO Xi-bin¹, HU Fei-hu³

1. Economics and Management School of Wuhan University, Wuhan 430072, China

2. Center for Science and Technology Development, Ministry of Education, Beijing 100080, China

3. Electrical Engineering School of Xi'an Jiaotong University, Xi'an 710049, China

Abstract Business process management is very important for enterprise. A new business process modeling method—Business Process Net (BPN) is proposed. The theoretical model, routing technologies and algorithms of scheduling for multitask are discussed. The BPN software implementation based on J2EE technology are discussed. A successful case is given and it shows that the principles, technologies of BPN are reliable theoretical bases and efficient technical guarantee.

Key words business process net, enterprise modeling, J2EE