

# 基于遗传算法的 WSMO 服务组合模型研究

杨玉梅<sup>1</sup>, 黎仁国<sup>2</sup>, 符红霞<sup>3</sup>

(1. 川北医学院 图书馆, 四川 南充 637000;

2. 西华师范大学 数学与信息学院, 四川 南充 637000;

3. 阿坝师范高等专科学校 计算机科学系, 四川 汶川 623002)

**摘要:**面向服务计算已在各类电子商务、B2B、旅游等领域得到了应用。它通常通过一个标准化的 Web 服务模型去快速设计、实现、部署和发送各类应用功能,但实现业务的功能最终是体现在服务组合上。因此,针对在服务组合过程中所出现的语义识别、信息抽取方面的问题,文中提出一种基于遗传算法的 WSMO 服务组合方法。该方法通过使用基于 Ontology 的 WSMO 进行服务的语义性描述,采用服务组合过程的语法检测和语义验证来实现模型;在语法检测中,是通过定义语法依赖对齐来完成,而在语义验证中,是通过各种衔接模式来实现的;并通过带有精英策略的小生境遗传算法进行求解最优的服务组合去满足业务逻辑需求。最后通过应用表明:服务组合效率比传统方法更优越,完成的业务功能更精确。

**关键词:**语义服务组合;遗传算法;WSMO;本体

**中图分类号:**TP31

**文献标识码:**A

**文章编号:**1673-629X(2012)07-0116-05

## WSMO Service Composition Model Based on Genetic Algorithm

YANG Yu-mei<sup>1</sup>, LI Ren-guo<sup>2</sup>, FU Hong-xia<sup>3</sup>

(1. Library of North Sichuan Medical College, Nanchong 637000, China;

2. School of Mathematics and Information of China West Normal University, Nanchong 637000, China;

3. Department of Computer Science of Aba Teachers College, Wenchuan 623002, China)

**Abstract:** People are able to design, implement, deploy and deliver all kinds of application functionalities using a standardized Web services model, and those functionalities are implementing with composition services. But, aiming at the problems of semantic recognition and information extraction in the service composition, advance a method of service composition based on genetic algorithm. Firstly, adopt WSMO to describe semantic service. Second, adopt grammar detecting and semantic verifying to implement the model in service composition process, and genetic algorithm of master grandfinals and econiche compute optimum service composition to meet requirement of business logic. Finally, application and analysis indicates that it is better than tradition method.

**Key words:** semantics service component; genetic algorithm; WSMO; ontology

## 0 引言

传统的服务组合是通过 WSDL 来实现业务逻辑功能描述,然而 WSDL 缺乏深层次的语义识别能力,就直接给服务组合间的信息抽取带来极大的困难。同时,基于 XML 解决了服务组合间语法方面的相关问题,基于 Ontology 能有效解决服务组合语义方面的问题,因此语义服务组合成为了目前研究热点<sup>[1-4]</sup>,但在语义描述方面大多采用基于 Ontology 的 OWL-S 去解决 WSDL 语义方面的问题<sup>[4,5]</sup>。而文中采用 WS-

MO (Web Service Modeling Ontology)<sup>[6]</sup>来进行服务组合的语义方面描述,但基于 WSMO 服务组合基础还是通过传统的 Web 服务进行逻辑功能描述的,但增加了基于本体的描述语义的能力,使用中介器来协调本体与服务间的协作与结合,使用目标来定位服务。其基础是从服务接口 (Service Interfaces)、编列 (Choreography) 和编排 (Orchestration) 三个角度的语法和语义来实现,其中编列是提供 Web 服务的消费接口,编排是指其它 Web 服务的控制结构和交互功能集合;并使用精英策略的小生境遗传算法进行求解最优的服务组合,最后通过应用分析验证该方法的有效性和可用性。

## 1 相关基础知识

面向 WSMO 的语义服务组合描述主要贡献之一是中介器<sup>[7]</sup>,如图 1 所示。它是通过对服务接口描述

收稿日期:2011-06-11;修回日期:2011-10-14

基金项目:四川省科技计划项目(2010JY0J41);四川省教育自然科学基金(09ZC002)

作者简介:杨玉梅(1978-),女,硕士,讲师,主要从事信息与服务研究。

去实现服务组合的,以及通过本体实例去完成所有数据交换。

定义1 本体由概念、属性、关系、功能、实例、推理(公理)六个元素描述,它们之间的关系定义为  $\text{Ontology} = \langle C, P, R, H^C, \text{rel}, A^O \rangle$ : 其中概念层次  $H^C \subseteq C \times C$  是一个有关向关系,  $H^C(C_1, C_2)$  表示  $C_1$  是  $C_2$  的子概念,关系函数  $\text{rel}: R \rightarrow C \times C$ ,公理集  $A^O$  是本体中的概念  $C$  和  $R$  必须满足的约束。则一个本体关系是一个三元组:  $\text{Ont} = \langle \text{Ontology}, \xi, \psi \rangle$ , 其中  $\xi$  是一个本体逻辑语言,  $\psi$  是本体的词典结构。

定义2 服务是一个五元组:

$\text{WS} = \langle \text{ID}, \text{SP}(\text{Ont}), \text{SQ}(\text{Ont}), \text{UDDI}(R, L), \text{Detect}(\text{grammar}), \text{Verify}(\text{semantics}) \rangle$ , ID 表示服务 ID 号,  $\text{SP}(\text{Ont}), \text{SQ}(\text{Ont})$  分别表示请求服务本体, 响应服务本体;  $\text{UDDI}(R, L)$  表示注册中心服务注册与识别;  $\text{Detect}(\text{grammar}), \text{Verify}(\text{semantics})$  分别表示服务本体的语法检测和语义验证<sup>[8,9]</sup>。

定义3 Web 服务本体是一个二元组  $\text{WSO} = \langle \text{Ont}(\text{WS}), \langle, \rangle$ , 其中  $\langle$  表示偏序关系, 这时服务本体的一个实例描述为:

$C: \forall \text{WS}, \exists (\text{Ont} \rightarrow \text{WSO}) \rightarrow \text{BusLogic}(\text{WS})$

其中  $\text{BusLogic}$  表示业务逻辑。

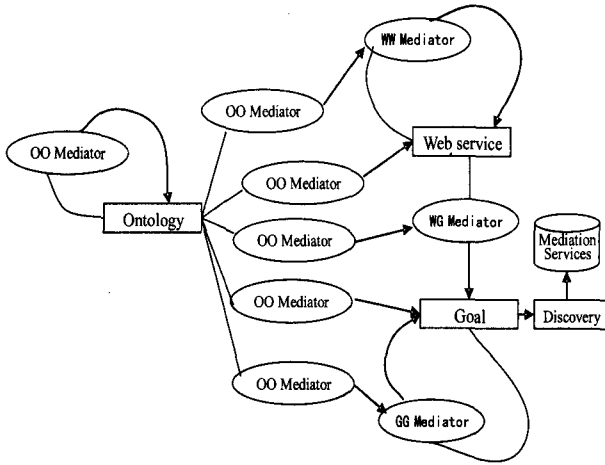


图1 WSMO 中介器结构图

## 2 面向 WSMO 的服务组合模型

传统的服务组合是通过基于 XML 的 UDDI、SOAP 和 WSDL 来实现的,但这种方式很难满足日益变化的服务分布自治、异构多样和动态变化的信息资源,因此文中结合 WSMO 建立一种服务组合模型,通过在服务组合过程中的动态编排和编列的语法检测和语义验证建立模型,并规定服务编列是检测语法,服务编排是验证语义。

定义4 服务接口是一个三元组  $\text{SI} = \langle \text{si}_i, \text{detec}$

$\text{tor}, \text{inductor} \rangle$ , 分别表示服务接口, 探测器和感应器, 且  $\text{SI} \in \text{Ontology}$ , 满足映射:  $\text{WS}: f(\text{si}_i) \rightarrow \text{SI}$ 。

定义5 语法检测树结构用一个二元组来描述  $\text{DT} = \langle \text{Root}(\text{Suc}), k_i(\text{Pre}, \text{Suc}) \rangle (1 \leq i \leq n, k_i \in \text{element-type})$ , 其中  $\text{Root}(\text{Suc})$  表示根结点仅有且只有后继,  $k_i(\text{Pre}, \text{Suc})$  表示元素类型中的各结点前驱和后继,  $n$  表示结点, 且  $T_{ij}: \text{DT}^k \rightarrow \{0, 1\}$ 。

则按如下方法实现服务消费接口编列:

定义服务消费接口的依赖关系如下: 设服务  $\text{WS}$  直接前驱  $\text{Pr}_i = \text{Prec}(\text{SI} \rightarrow \text{WS}(\text{ID}))$ , 直接后继  $\text{Ps}_j = \text{Suc}(\text{SI} \rightarrow \text{WS}(\text{ID}))$  (令  $Q = (\text{SI} \rightarrow \text{WS}(\text{ID}))$ )。

若满足  $\text{Pr}_i \leftrightarrow \text{Ps}_j$ , 则依赖集合  $\text{Depon}(\text{depid}) = \{\text{Event}, \text{Context}, \text{Task}, \text{Content}\}$ , 其中  $\text{depid} = \{\alpha, \beta, \gamma, \eta\}$ , 它们实现关系:

$\forall \text{WS}, \exists \text{SI} \rightarrow \text{SI} \in \text{WS}$ ,

if  $\text{WS}(\text{Detect}(\text{grammar})) \rightarrow \text{SI}$ , then make(DT) and matrix ( $T_{ij}$ )。

$$\text{其中令 } T_{ij} = \begin{bmatrix} t_{11} & t_{12} & \cdots & t_{1n} \\ t_{21} & t_{22} & \cdots & t_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ t_{m1} & t_{m2} & \cdots & t_{mn} \end{bmatrix}, m, n \text{ 由服务数}$$

确定, 是一个 0, 1 矩阵。

(1) 事件依赖:

$\text{Event: precursor}(Q_i) \leftrightarrow^a \text{succeed}(Q_j)$

(2) 上下文依赖:

$\text{Context: precursor}(Q_i) \leftrightarrow^b \text{succeed}(Q_j)$

(3) 任务依赖:

$\text{Task: precursor}(Q_i) \leftrightarrow^c \text{succeed}(Q_j)$

(4) 内容依赖:

$\text{Content: precursor}(Q_i) \leftrightarrow^d \text{succeed}(Q_j)$

服务编列(CG)的实现采用如下方法, 因此当  $\text{Depon}(\text{depid}) \rightarrow \text{WS}$  有

if  $\text{SI} \in \text{WS}$  and  $\text{SI} \rightarrow \text{WS}(\text{SP}(\text{Ont}))$  then

switch(Mark)

case: Mark = left, 则左对齐(LeftAlign);

case: Mark = right, 则右对齐(RightAlign);

case: Mark = mid, 则中间对齐(MidAlign);

case: Mark = bothsides, 则两边对齐(BothSide-align);

$\text{SI}(\text{si}_i) \rightarrow \text{CG}(\text{WSO})$ 。

定义6 语义验证图结构由  $N = \{N_1, N_2, \dots, N_n\}$  个结点组成, 有向图  $G = (N, E)$  表示各服务之间的联结, 一个联结  $x_{ij}: N^k \rightarrow \{0, 1\}, \forall (i, j) \in E$  由有限集  $N$  组成,  $E$  由两个服务按编排联结。

且  $\forall (i, j) \in \{0, 1, \dots, n-1\}, n = |N(G)|$ 。易知若  $G \neq \emptyset$ , 则  $G$  至少有一棵生成树  $\text{MakeTree}(G)$ , 并按语义

验证实现服务编排。其中令

$$X_{ij} = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \cdots & x_{1q} \\ x_{21} & x_{22} & \cdots & x_{2q} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ x_{p1} & x_{p2} & \cdots & x_{pq} \end{bmatrix}, p, q \text{ 由参与编列的服务}$$

数确定,是一个 0, 1 矩阵。

则按如下方法实现服务控制与功能交互:

if  $\exists SI, CG \rightarrow G$  then

(1) 接口自动连接方式 (AL):  $WSO_i \xrightarrow{SI(i,j)} WSO_j$ , 其中  $\infty$  表示连接方式。

(2) 函数转移方式 (FL):  $WSO_i \xrightarrow{f(x)} WSO_j$ , 其中  $f(x)$  表示在转移函数  $f$  下, 服务编列从  $i$  到  $j$  编排的过程, 即  $f: CG(SI \in WS) \rightarrow \cup WSO$ 。

(3) 投影方式 (PL):  $WSO_i \sigma(SI_{i \rightarrow j}) WSO_j$ , 其中  $\sigma$  表示从编列  $i$  向编列  $j$  投影。

(4) 选择方式 (SL):  $WSO_i \omega_{SI \rightarrow SI_j}^{(mark)} WSO_j$ , 其中  $\omega$  (mark) 表示服务编列选择标记。

若服务编排 (OS) 实现方法集合  $OS = \{AL, FL, PL, SL\}$ , 则运行机制应满足:

$\forall (WS \rightarrow Ont), \exists (SI \rightarrow Ont) \rightarrow WSO$ :

$WS(Verify( semantics ))$ , if  $DT \rightarrow CG$  then

(1) 消息衔接:  $adapter_1 \rightarrow OS: \langle WSO, \alpha \rangle$

(2) 任务衔接:  $adapter_2 \rightarrow OS: \langle WSO, \beta \rangle$

(3) 事件衔接:  $adapter_3 \rightarrow OS: \langle WSO, \gamma \rangle$

$\langle adapter_1, adapter_2, adapter_3 \rangle \rightarrow MakeTree(G)$ 。

其中  $adapter$  表示适配器,  $\alpha, \beta, \gamma$  分别表示不同的衔接方式的计算方法

定义 7 语义服务组合是一个八元组:

$WSC = \langle CID, WSO, WSM(CG, OS), QoS(T, C, A, R), CM, IM, SR, Fun, ReturnMark \rangle$ , 其中:

(1) CID 是服务组合编号。

(2)  $QoS(T, C, A, R)$  表示服务质量 (QoS), 各项分别表示服务组合时间, 代价, 可靠性和信任度。

(3) CM 表示服务组合流程方式, 一般有并行、串行、顺序、选择等。

(4) IM 表示服务组合实现方式。

(5) SR 表示服务关系, 一般有继承、从属关系等。

(6) Fun 表示服务组合执行的业务功能。

(7) ReturnMark 表示服务组合返回标记。

在语义服务组合过程中, 语法检测和语义验证是影响服务组合效率的直接因素, 当然以非功能描述的服务质量 (QoS) 也已引入服务组合中来衡量服务组合效率的好坏。而文中根据建立面向 WSMO 的服务组合质量来建立一种以语法检测和语义验证的服务组合效率模型。以语法检测 ( $Tr_1$ ) 和语义验证 ( $Tr_2$ ) 完整

性、一致性好, 所得到的 QoS 最优的角度建立如下模型: 而服务语法检测是由所生成的语法检测树决定的, 语义验证是由语义验证图的生成树确定的。QoS 是以服务组合总时间  $T$  最短, 所花费代价  $C$  最小, 可靠性  $R$  和信任性  $CD$  好来描述。

$$WSM = \max(T(x) + R(x) + CD(x)) + \min(C(x))$$

其中  $T, C, R, CD$  是与  $x$  相关的 0, 1 矩阵。

约束条件:

$CG(Tr_1) \rightarrow T_{ij}$ ,

$OS(Tr_2) \rightarrow X_{ij}$ ,

$x = Tr_1 + Tr_2$ ,

$$wl(ws_i, ws_j) = \sqrt{\sum (ws_i - ws_j)^2}。$$

### 3 基于遗传算法的求解

遗传算法是解决并行运算和全局优化的多目标优化的有效机制<sup>[10]</sup>, 但往往会遇到指定共享半径困难、收敛性不好、进化个体局部堆积严重等问题, 因此文中结合快速分类、约束支配、精英策略和小生境概念等来改进一种新遗传算法。

因此按如下步骤实现改进:

染色体编码: 用  $E_i = (e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in})$  表示服务染色体个体, 用  $F_j = (f_{j1}, f_{j2}, \dots, f_{jm})$  表示服务组合服务本体染色体个体, 其中,  $e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}$  为优化变量,  $f_{j1}, f_{j2}, \dots, f_{jm}$  为决策变量,  $e_{in}, f_{jm} \in \{0, 1\}$ ;  $e_{ik}$  表示第  $i$  个个体的第  $k$  个基因取值,  $f_{jl}$  表示第  $j$  个个体的第  $l$  个基因取值, 因此一对个体  $P: (E_i, F_j)$ 。

适应度计算: 根据服务组合以及服务组合执行任务的染色体编码方案, 计算每一对染色体的适应值: WSM。

基于 NSGA-II 的个体分层: 采用 NSGA-II 进行分层, 即根据适应值计算每一对染色体的支配解数量和它所支配的个体集合, 然后通过贪婪分类 (每选择排序分类一次赋予一个等级 1, for  $\delta = 1$  to  $z$ ) 得到一组满足约束条件下的非劣解集。

小生境计算: 小生境对求解多峰值函数优化是一种有效的算法, 它既保留了适应度大的个体, 又使个体间有较大距离, 也保持了个体的多样性, 因此可以找到全部的局部和全局最优解。假设一个问题有  $t$  个目标 (文中  $t = 2$ ),  $f_{rl\max}$  和  $f_{rld\max}$  为第  $r$  个目标函数在第  $l$  代的最优值和最优决策值, 则对应的小行境在第  $r$  个目标上两两个体  $X_i, X_j$  的距离定义为

$$d = \frac{|f_{rl\max} - f_{rld\max}|}{\sqrt{P}} \sum_{k=1}^n |x_{ik} - x_{jk}|$$

其中  $P$  为初始种群数量级。

快速分类:采用二分查找进行逻辑推理的快速分类,并使用竞赛选择获得等级较高层数。若服务组合与服务组合执行任务一一对应,则取离小生境距离最近的个体,做为杂交、变异、繁衍下一代值。

贪心变换:采用贪心变换主要是提高解的质量和求解的速度,也就是说,对于任意一个个体经过多次变换,可得到一组符合罚函数的指标体系,一般对任意个体对  $p$ ,未必有  $p \in \Omega$ ,于是:  $G: \{0,1\}^n \rightarrow \Omega$ ,  $G(p) = T = (t_1, t_2, \dots, t_n)$ ,若  $X \in \Omega$ ,则  $G(p) = p$ ;  $X \notin \Omega$ ,一直贪心到满足罚函数要求。

精英策略:就是在选择操作前或后保留父代优良个体,使当代适应度最好的个体尽可能地被保留到下一代群体中,用  $F(g)$  表示遗传代数,通过遗传代数  $g$  合并每一代的非劣解集,也就是说使其收敛以获得最优解。

## 4 应用分析

### 4.1 应用说明

文中以一个网上购书系统 (Large-BOOK-GBSS) 中的购书过程来进行应用举例,目前实现 WSMO 的环境是 WSMX<sup>[11]</sup>,因此,多用户通过登陆 Large-BOOK-GBSS 订购图书时,登陆时可能会来自不同的安全服务、登陆日志服务、信誉等级服务、检查信用卡帐户余额服务等;接着通过合适的、最优的服务组合去执行登陆任务后,这时不同的用户可能同时需要电子商铺请求订购不同的图书,比如他们可能同时需要买图书 A、图书 B 和图书 C,如图 2 所示,基本信息描述如程序列表 1,服务编排如程序列表 2<sup>[11,12]</sup>。

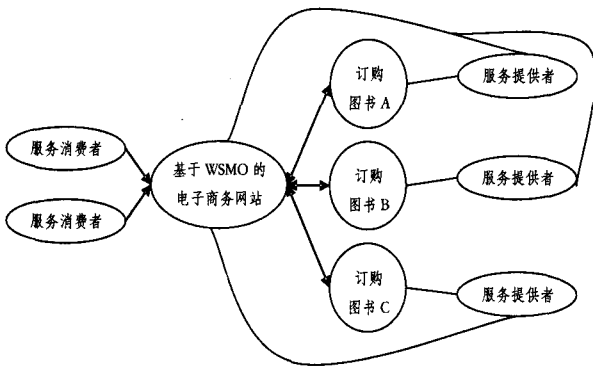


图2 用户购书表示图

程序列表 1:

```
capability BuyEBCapability
sharedVariables { ? creditCard, ? initialBalance, ? item, ?
user }
precondition
...
detect( BuyEBCapability )
...
```

```
definedBy
? reservationRequest[
    reservationItemhasValue ? item,
    userhasValue ? user,
    paymenthasValue ? creditCard,
]memberOf gds#bookRequest and
(( ? item memberOf gds# BookA) or ( ? item memberOf
gds# BookB)) or ( ? item memberOf gds# BookC)) and
? creditCard[ balance hasValue ? initialBalance ] mem-
berOf po#creditCard
Assumption
definedBy
po#validCreditCard( ? creditCard) and
( ? creditCard[ typehasValue po#visa ] or ? creditCard[ type
hasValue po#mastercard ] )
```

程序列表 2:

```
choreography Large-EBIESBehaviorInterface
importsOntology { _ " http://Hostlocal/ontologies/Large -
BOOKSOntology", ... }
vocabularyIn { reservationRequest, ... }
vocabularyOut { reservation, ... }
guardedTransitions Large - BOOKBehaviorInterfaceTransition
Rules
...
verify( BuyEBCapability )
...
if ( ... )
...
then
...
...
```

### 4.2 数据分析

在进行数据分析时,以 50 个服务进行测试,对比传统服务组合与文中的 WSMO 的服务组合,如图 3 所示;比较传统遗传算法与文中改进遗传算法求解服务组合效率,如图 4 所示。因此,设迭代次数为 2000 次,个体数 (NIND=2000),二进制编码位数 PRECI=30,代沟数 GGAP=0.9,遗传算法编码按实数编码进行。

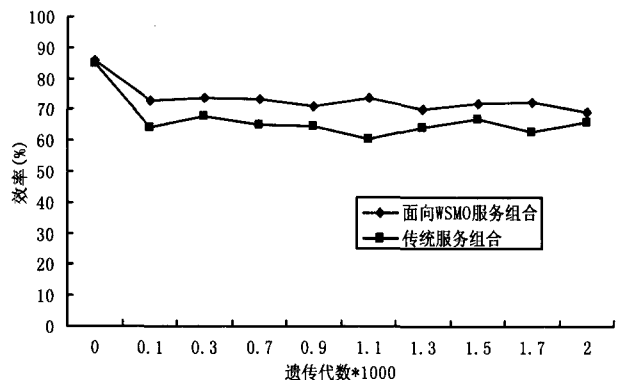


图3 传统服务组合与面向 WSMO 的服务组合比较图

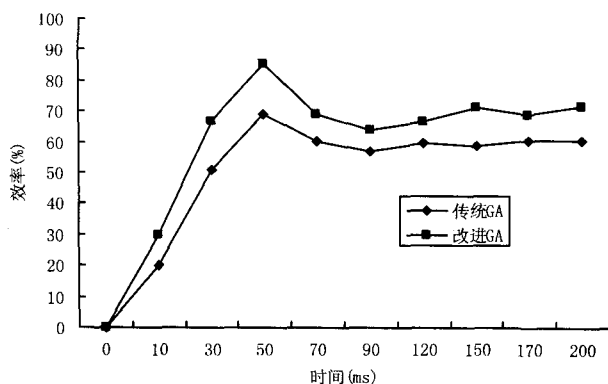


图 4 传统 GA 与改进 GA 比较图

## 5 结束语

文中通过采用 WSMO 描述服务组合,定义了面向 WSMO 服务组合的编列与编排的方法,采用语法检测与语义验证两个方面在编列和编排中实现服务语义识别。建立一种面向 WSMO 的服务组合模型,并通过非功能描述的服务质量建立一种服务组合最优模型,最后通过改进性遗传算法进行求解最优的服务组合来实现业务功能,并通过一个例子说明了该方法的可行性和优越性。

### 参考文献:

- [1] 刘书雷,刘云翔,张帆,等.一种服务聚合中 QoS 全局最优服务动态选择算法[J].软件学报,2007,18(3):646-656.
- [2] 代钰,杨雷,张斌,等.支持组合服务选取的 QoS 模型及优化求解[J].计算机学报,2006,29(7):1167-1178.

- [3] 刘伟,鱼滨.基于 QoS 的动态服务组合研究[J].计算机技术与发展,2007,17(5):140-143.
- [4] Baader F, McGuinness D L, Nardi D, et al. The Description Logic Handbook: Theory, Implementation and Applications [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2003.
- [5] 徐萌,陈俊亮,彭泳,等.基于服务关系本体的服务生成[J].软件学报,2008,19(3):545-556.
- [6] Peristeras V, Mocan A, Vitvar T, et al. Towards semantic web services for public administration based on the web service modeling ontology (WSMO) and the governance enterprise architecture (GEA) [C]//Proceedings of the DEXA. Krakow, Poland: [s. n.], 2006.
- [7] Position paper at the W3C Workshop on Frameworks for Semantics in Web Services [EB/OL]. 2005-06. [http://www.w3.org/2005/04/F5WS/Submissions/1/wsmo\\_position\\_paper.html](http://www.w3.org/2005/04/F5WS/Submissions/1/wsmo_position_paper.html).
- [8] 周相兵,马洪江,常桂娟.基于 Topic Maps 的语义 Web 服务组合引擎研究[J].计算机应用,2010,30(1):162-167.
- [9] 吴玲娟,胡文江,高永兵,等.基于 OWL-S 和 HTN 的 Web 服务组合原型系统的研究[J].计算机技术与发展,2011,21(1):53-57.
- [10] 张文修,梁怡.遗传算法的数学基础[M].第2版.西安:西安交通大学出版社,2003.
- [11] Stollberg M, Haller A. DERI-Digital Enterprise Research Institute (Semantic Web Services Tutorial) [C]//3rd International Conference on Web Services (ICWS 2005). Orlando, Florida: [s. n.], 2005.
- [12] 周相兵.面向 Ontology 的 WSMO 应用研究[J].西南民族大学学报(自然科学版),2009,34(1):187-192.

(上接第 115 页)

### 参考文献:

- [1] Akyildiz L F. Wireless sensor networks: a survey[J]. Computer Networks, 2002, 38(4): 393-422.
- [2] 游战清,李苏健.无线射频识别技术(RFID)理论与应用[M].北京:电子工业出版社,2004.
- [3] 欧广宁,刘辉.RFID 技术及其在物流企业的应用[J].计算机技术与发展,2008,18(6):164-166.
- [4] Stankovic J A. Real-time communication and coordination in embedded sensor networks [J]. Proceedings of the IEEE, 2003, 91(7): 1002-1022.
- [5] Adaikkalavan R, Chakravarthy S. SnoopIB: interval-based event specification and detection for active databases [C]//ADBIS. Dresden, German: [s. n.], 2003.
- [6] 杨清,徐建良,高德欣.基于复杂事件处理技术的 RFID 系统数据分析[J].微计算机信息,2006,22(26):21-26.
- [7] 刘家红,吴泉源.一个基于事件驱动的面向服务计算平台[J].计算机学报,2008,31(4):588-599.
- [8] 石为人,袁久银,雷璐宁.无线传感器网络覆盖控制算法研究[J].自动化学报,2009,35(5):541-545.
- [9] 张捍东,朱林.物联网中的 RFID 技术及物联网的构建[J].计算机技术与发展,2011,21(5):56-59.
- [10] Hwang J H, Balazinska M, Rasin A, et al. High-availability algorithms for distributed stream processing [C]//ICDE. Tokyo, Japan: [s. n.], 2005.
- [11] Wu E, Diao Y, Rizvi S. High-performance Complex Event Processing over Streams [C]//Proc. of SIGMOD. [s. l.]: [s. n.], 2006: 407-418.
- [12] Wang F, Liu S, Liu P, et al. Bridging physical and virtual worlds: complex event processing for RFID data streams [C]//LNCS 3896: the 10th International Conference on EDBT' 2006. [s. l.]: [s. n.], 2006: 588-607.