

支持 Agent 社交活动的方法体系 SASA5

高 济 袁成祥 王 进

(浙江大学人工智能研究所 杭州 310027)

摘 要 传统软件 Agent 技术在开发基于 Web 的社交智能中应用潜力严重受阻,原因在于该技术只适用于封闭的小规模系统,难以适应将出现于 Web 的 Agent 社会所面临的由大量异质 Agents 参与的、开放的、动态变化的并充满不确定因素的因特网环境.该文提出支持 Agent 社交活动的方法体系 SASA5,旨在以社区/联邦式的政策导向型社会体制为主线,从 5 维(信息建模、中介服务、理性协商、法制管理和用户调控)去建设开放式、多方位、系统化、安全的且易于人透明调控的社交活动基础结构,以支持 Agent 社交智能的有效开发.

关键词 软件 Agent;社交智能;社交活动;基础结构;政策导向

中图法分类号 TP311

SASA5: A Method System for Supporting Agent Social Activities

GAO Ji YUAN Cheng-Xiang WANG Jing

(Institute of Artificial Intelligence, Zhejiang University, Hangzhou 310027)

Abstract The potential for using the traditional technology of software agents to exploit the web-based social intelligence is obstructed, because this technology is only suited to closed and small systems, and difficult to adapt to the Internet environment which the agent society emerging on Web is faced with. This environment will be participated in by a large number of heterogeneous agents, hence will be open, dynamically changing, and full of non-determining factors. This paper proposes a method system for supporting agent social activities, called SASA5, which aims at adopting the policy-driven social institution in the form of social-sector/federation as main line, and from five dimensions: information modeling, mediate service, rational negotiation, legality management, and user adjustment, creating an open, multi-dimensional, systematic, secure, and easy-to-transparently-adjust infrastructure for social activities, in order to support the effective development of social intelligence for agents.

Keywords software agent; social intelligence; social activity; infrastructure; policy-driven

1 引 言

新一代因特网正向着语义化和网格化方向变革,以提供普适、便捷、安全、可靠和智能的基础结构去支持全社会的信息、知识和服务(从电子和真实世界提供的各种服务)的联网和共享.鉴于软件 Agent 技术具有自治性、反应性、社交性、主动性和智能性

等特点^[1,2],它和 Multi-Agent 技术必将在这场变革中起到举足轻重的作用.尤其是可以期望在语义 Web 的顶层出现一个网格化 Agent 社会,软件 Agent 将作为人和组织(企事业)经由 Web 提供和获取服务(以下将经由 Web 提供的信息、知识和服务统称提供 Web 服务)以及协同工作的代理,以大幅度强化和延伸人类的社交智能^[3,4].

不过,传统软件 Agent 技术在 Web 中的应用潜

力严重受阻,原因在于该技术只适用于封闭的小规模系统,难以适应将出现于 Web 的 Agent 社会所面临的由大量异质 Agent 参与的、开放的、动态变化的并充满不确定因素的因特网环境。

为此,本文提出支持 Agent 社交活动的方法体系 SASA5(a method system for Supporting Agent Social Activities from 5 dimensions),旨在以社区/联邦式的政策导向型社会体制为主线,从 5 维(信息建模、中介服务、理性协商、法制管理和用户调控)去建设开放式、多方位、系统化、安全的且易于人透明调控的社交活动基础结构。

本文接下去首先讨论 Agent 社交活动对基础结构的需求,然后提出社区/联邦式的政策导向型 Agent 社会体制,并阐述方法体系 SASA5 的逻辑构架和相关的基本要素,在介绍实现技术和应用分析后给出评价和结论。

2 Agent 社交活动对基础结构的需求

传统的网络基础结构未给 Agent 开展社交活动提供良好的社交环境和操作平台,主要体现在以下 5 个方面:

- (1) 缺乏有效的手段去支持 Agent 与其它 Agent、网络资源和人(用户)的语义互操作;
- (2) 不存在面向 Agent 的辅助服务体系, Agent 易于陷入无助、危险、甚至失败的境地;
- (3) 缺乏理性和灵活的协商机制,难以支持 Agent 间合作的动态形成和随机协调;
- (4) 不存在法制体系去规范 Agent 的社交行为,使 Agent 间的协作缺乏安全和信用保障;
- (5) 缺乏便捷、透明的手段供用户按个性调控 Agent 的社交行为。

语义 Web 技术的兴起,为 Agent 理解信息内容和实现语义互操作扫清了障碍,进而给异质 Agent 在 Web 上的大规模应用开拓了契机^[5,6]。美国 DARPA 和西欧 ESPRIT 都已不失时机地启动了这方面的密集研究工作^{①②③}。然而,支持 Agent 社交活动的基础结构研究尚处于初级的探索阶段,且大多数研究项目仅聚焦于特定方面或局部问题,缺乏健全的理论和方法体系去指导基础结构的系统化开发。

我们认为,支持 Agent 社交活动的健全理论应由以下 5 维要素构成:

- (1) 信息建模——语义清晰的信息交互是 Agent 展开和协调社交活动的必要基础;建立基于共享本

体论的信息模型,使得 Agent 能以赞同一致的方式和语义清晰的术语传递需交换的信息内容,有助于实现 Agent 间的语义互操作。

- (2) 中介服务——辅助服务是 Agent 展开和协调社交活动的催化剂;为使 Agent 能够及时、准确和便捷地寻找到协作伙伴和获得所需的 Web 服务,建立中介服务体系是强化 Agent 社交活动成效的重要环节。

- (3) 理性协商——通过协商建立优化的协作关系和妥善处理协作过程出现的异常情况是 Agent 展开和协调社交活动的有效手段;基于内容建模的理性化协商机制依赖灵活的协商协议和基于通信内容的推理技术,使 Agent 在社交活动中具有较高的协商智能。

- (4) 法制管理——社交活动需要安全、公正和可控的法制屏障;只有建立基于政策的法制化管理体系去规范和约束 Agent 的社交行为,人类才有理由信任 Agent 社交活动能代表和保护 Agent 主人的利益。

- (5) 用户调控——只有在人能以便捷、透明的手段去按个性调控 Agent 的社交行为时,才会有大量用户愿意将 Agent 作为其在网络虚拟世界的代理;让用户按商务逻辑给 Agent 指派行为政策,并建立用户习性(profile)模型,有助于实现人机间的无缝连接。

这 5 维反映了对于 Agent 社交活动作全方位支持的基本要素,相辅相成,不可或缺,成为方法体系 SASA5 的设计基础。SASA5 要求基础结构不仅提供满足 5 维目标的社交环境,还需给 Agent 提供相应的个体操作平台。

当然,基础结构的建设必须与社会体制相适应。考虑到 Agent 社会只能作为人类社会的附属和延伸而存在,本文提议采用社区/联邦式的政策导向型 Agent 社会体制,使人和组织只需通过制定政策就可调控 Agent、Agent 联邦和 Agent 社区的行为。

3 社区/联邦式的政策导向型 Agent 社会体制

方法体系 SASA5 将社区/联邦式的社会体制

① BAA 00-07 PROPOSER INFORMATION PAMPHLET: Agent based computing. <http://www.darpa.mil>, 2000
 ② Project presentation on-to-knowledge: Content-driven knowledge-management tools through evolving ontologies. <http://www.ontoknowledge.org>, 2000
 ③ Ankolekar A. et al.. DAML-S: Web service description for the semantic Web. <http://www.damlsmm.ri.cmu.edu/website>, 2001

作为组织 Agent 社交活动的总体框架,而给社交活动制定的政策则作为引导和协调 Agent 社交行为的准则.

3.1 Agent 社交活动的组织框架

为使 Agent 社会接受人类社会的监控和调节,每个 Agent 都将其身份认证(基于 CA 的数字签名机制)与主人的身份认证绑定在一起,以便通过人类社会的担保去促进 Agent 社交行为的规范化. Agent 社会(AS)建设为 Agent 社区的集合:

$$AS = \{ASS_i\},$$

$$ASS_i = \{a:AGENT | \exists p:PERSON \cdot (a,p) \in BINDING_i\}.$$

其中, ASS_i 指示第 i 个 Agent 社区, $AGENT$ 和 $PERSON$ 分别指示 Agent 集合和人集合, $BINDING_i$ 指示注册于第 i 个 Agent 社区中的 Agent 与其主人的绑定关系. 注册过的 Agent 可以在遵从相应社交政策的前提下,发起或参加社区内、或跨社区的 Agent 联邦.

SASA5 将 Agent 联邦作为人或组织在 Web 的代理,其设计成通过协作提供 Web 服务的基本组织形式(图 1). 联邦由称为 MA 的管理 Agent 和成员 Agent(m_i) 构成,并可动态吸收熟人 Agent(a_j) 参加. 联邦设置某个 m_i (如 m_1) 作为与人交互的接口 Agent,熟人 Agent 则选自中介 Agent(MEA) 推荐来分担操作活动的陌生 Agent(u_k). Agent 协作由 MA 集中管理,MA 自身又可代表联邦参加上层联邦(作为其成员或熟人),从而形成嵌套的 Agent 联邦.

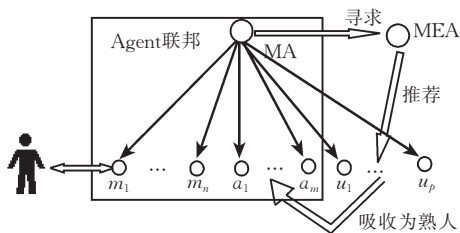


图 1 Agent 联邦的构成和动态扩展(m_i, a_j, u_k 分别指示成员、熟人和陌生 Agent, MA, MEA 分别指示联邦管理和中介服务 Agent)

MA 采用称为 ABFSC 的社交型 Agent 体系结构框架,设计为双层次(Agent 协作层、技能合成层)包容体系结构^[7],并通过技能合成将基于中间件(J2EE, CORBA, .NET)技术建立的应用域组件(和基于 WSDL^①的常规 Web 服务)封装为 Agent 引擎集中调控的 Agent 技能.

MA 以面向活动分担的联合意向(ASOJI)为主线^[8],管理 Agent 协作的全过程,包括协作的规划、建立、展开、监控和异常处理(这里的活动意指由

MA 启动的提供 Web 服务的操作过程,不同于泛指交往的社交活动). ASOJI 表示为以下 3 元组:

$$ASOJI = (ACTIVITY, AGENT, Joint-Intention),$$

$$Joint-Intention: (ACTIVITY \rightarrow PACTIVITY) \rightarrow PAGENT.$$

其中,联合意向将每个复合活动分解为若干子活动,再将这些子活动派遣给有能力承担的 Agent(\rightarrow 和 P 是 Z 语言符号,分别指示偏函数和幂集). 不再分解的基本子活动通过调用相应的 Agent 技能加以执行.

联邦 MA 通过复合活动的分解处方(Recipe)控制联合意向的工作,以对操作活动的分担进行集中管理和调度. Recipe 可视为静态(应用系统设计时)制定的调度计划,预先设定了可能的计划、计划步和计划步中包括的子活动,以 BNF 形式表示如下:

$$\langle Scheduling-Plan \rangle := \{ \langle Plan-Steps \rangle | (Loop \langle Plan-Steps \rangle) \}^+,$$

$$\langle Plan-Steps \rangle := \{ (\leftarrow Return \langle Condition \rangle) | (\leftarrow \langle Activity-Set \rangle [\langle Condition \rangle]) | (or \{ (\leftarrow \langle Activity-Set \rangle [\langle Condition \rangle] \}^+) \}^+,$$

$$\langle Activity-Set \rangle := \langle Activity \rangle | (\{ Sequence | concurrence \} \{ (\leftarrow \langle Activity \rangle [\langle Condition \rangle] \}^+) \},$$

$$\langle Condition \rangle := \langle Condition-Expression \rangle.$$

正是出现于 recipe 的条件表达式,使得 MA 能按当前环境动态规划子活动的派遣方案. 依据方案, MA 从 $\{m_i\} \cup \{a_j\} \cup \{u_k\}$ 选择(依赖协商、拍卖或其它手段)子活动的承担者,通过签订合同建立协作关系,并按合同条款监控协作的执行情况.

3.2 政策导向的 Agent 社会

给 Agent 参与的各种社交活动制定约束政策,可以实现政策导向的 Agent 社会,也成为人类宏观和透明地调控 Agent 行为的有效手段. 图 2 给出政策导向的 Agent 社会示意图,只涉及 4 个 Agent 联

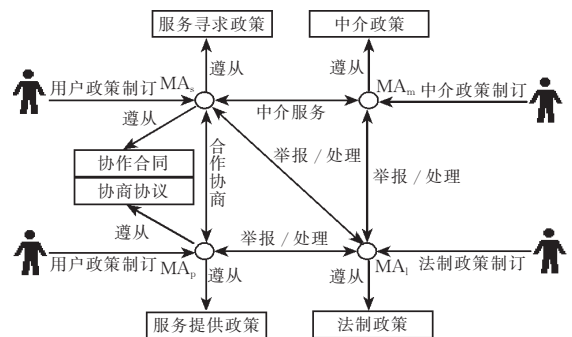


图 2 政策导向的 Agent 社会

① Web Services Description Language (WSDL) 1. 1. <http://www.w3.org/TR/2001/NOTE-wsdl-20010315>, 2001

邦的 MA_s, MA_p, MA_m, MA_i , 分别指示 Web 服务寻求者、Web 服务提供者、中介服务提供者和法制服务提供者. 这些联邦的所有者(主人)分别制定了服务寻求、服务提供、中介和法制政策; Web 服务的供、需方(MA_p 和 MA_s)动态选择适当的协商协议, 并经协商达成协作合同(作为协作政策). 合同成为 MA_p 和 MA_s 协作时调控彼此协作行为的准则, 一旦出现违约行为, 可以经协商解决或依据法制政策向 MA_i 举报. 中介和法制政策则作为 MA_m, MA_i 提供中介服务和法制服务的准则.

4 方法体系 SASA5

遵循社区/联邦式的政策导向型 Agent 社会体制提供的开放、安全和灵活的总体框架, SASA5 从 5 维(信息建模、中介服务、理性协商、法制管理和用户调控)提供逻辑构架和相关的基本要素, 去建设支持 Agent 社交活动的基础结构.

4.1 信息建模——信息内容语义的清晰化

建立共享本体论是清晰化信息内容语义, 并由此支持 Agent 间语义互操作的理想方式. SASA5 将 Web 服务作为 Agent 社交活动的焦点, 从而应用域共享本体论构建面向 Web 服务的寻求、提供和由此形成的协作关系. 信息内容语义的清晰化(CSE)建模为 5 元组:

$$CSE = (OKRL, OML, Mapping, ICMT, OAFM),$$

$$OKRL = (WSL, DCL, CPL),$$

Mapping: $OKRL \rightarrow OML; // \rightarrow$ 是 Z 语言符号, 指示全内射函数,

OKRL——作为 Agent 内部使用的基于本体论的知识表示语言;

OML——基于本体论的标记语言, 作为 Agent 间的通信语言;

Mapping——OKRL 和 OML 间的一对一映射机制;

ICMT——信息内容建模工具集, 支持对信息内容作概念化描述;

OAFM——基础本体论自动形成机制, 支持应用域术语集和术语分类体系的建立.

CSE 建模的工作原理如图 3 所示. OKRL(Ontology Based Knowledge Representation Language)从 3 个方面: Web 服务、应用域本体论、Agent 社交政策(分别应用子语言 WSL, DCL, CPL), 表示

Agent 在开展社交活动时需交换和共享的知识. 其中, WSL 给寻求或提供的 Web 服务规定通用的描述格式; DCL 用于定义对应用域的概念化描述, 包括概念(对象类)、关系、特性和推理规则, 并支持应用域术语(概念、关系、特性名)集和术语分类体系的建立, 使 Agent 间交换的信息具有清晰的语义; CPL 则给 Agent 社交活动的约束政策制定以 DCL 表示的描述格式. OML(Ontology Based Markup Language)设计为受限的 XML 去确定性表示“类<概念>-特性-值”语义, 并包容 OKRL 表示能力. 如此, 只要将 OKRL 定义转变为 OML(XML)形式发送给 Agent 社区或中介 Agent, 并限定通信内容必须是已定义本体论中的概念、Web 服务和约束政策的实例(转变为 OML 形式), 就可使通信内容为第三方开发的 Agent 理解和使用, 以有效实现异质 Agent 间的语义互操作.

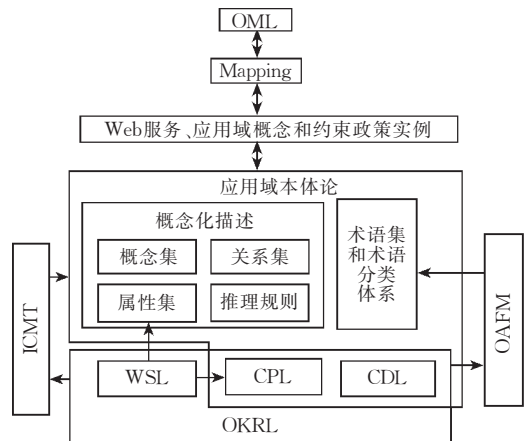


图 3 IMCSBA 中信息内容语义的建模框架

WSL 以 BNF 形式表示如下:

```

Web-Service <Service-Name><General-Information>
              <Application-Constraints>,
<General-Information> := [<Description>]
                        [<General-Classification>][<Domain-Classification>],
<Application-Constraints> := [<Constraint-Pars>]
                             [<Constraints>].
  
```

其中, 应用约束说明 Web 服务提供或寻求时需满足的约束条件和涉及的约束参数, 作为寻求 Web 服务时匹配检查的依据.

DCL 以 BNF 形式表示如下:

```

Ontology <Ontology-Name> [<Version-declaration>]
           [<Ontology-Citation>][<Synonymous-Concepts>]
           [<Synonymous-Properties>][<Property-Definitions>]
           [<Concept-Definitions>][<Type-Definitions>],
           <Concept-Definitions> :=
           {Concept <Concept-Name> [Super: {<超类名>}]+}
  
```

```
{<Slot-Name> : {<Aspect-Name>
<Aspect-Content>, } * ; } *
[Constraint: <Condition-Expression>]]} * ,
<Aspect-Name> := val | type | mode | number |
derive | restriction | unit | inverse | superslot.
```

本体论的主体是概念集,概念的 Super 槽用于建立概念间的包含关系(槽值是单一超类名)和对于概念的复合定义(槽值是多个并列的超类名),进而支持概念分类体系的建立;所有其它槽的定义则联合构成概念的约束性定义.通过将槽值的类型定义为另一概念,可以建立概念间的任意自定义关联.

4.2 中介服务——Agent 中介服务的体系化

自主寻求协作是用户期望 Agent 具备的基本能力. SASA5 将协作视为动态集成 Web 服务的过程,使得为 Web 服务的供、需方提供高效和健全的中介服务成为支持 Agent 社交活动的重要环节.中介服务的体系化(MSS)建模为 4 元组:

```
MSS = (QWS, MEAS, MSPC, MACM),
QWS —— 寻求的 Web 服务;
MEAS —— 中介 Agent (MEAs) 的集合, MEA
建模为 3 元组:
MEA = (WSAR, CMM, MSM)
WSAR —— Web 服务广告库,
CMM —— QWS 和 WSAR 间的相容匹配机制,
MSM —— 中介服务机制;
MSPC —— 中介服务的公告中心;
MACM —— 中介 Agent 通过互为代理形成的
协作机制.
```

这里,中介 Agent 收集 Web 服务提供能力的广告(注册)信息,并分类存放于本地 WSAR. 需求 Web 服务的 Agent 依据 MSPC 提供的中介能力信息,发送 QWS 给适当的中介 Agent;再由后者启动 CMM,从 WSAR 中搜索满足 QWS 描述的 Web 服务广告,以提供代理和推荐服务. MSM 是事件驱动型的,通过 Web 服务的注册、寻求、更新、注销等事

件触发相应的中介服务. 中介 Agent 的网格状分布、MSPC 以及 MACM 联合构成 Agent 中介服务体系;中介 Agent 各自的 WSAR 则联合形成服务体系的虚拟广告库.

设计高性能 CMM 是实现中介服务的关键,其包括 3 个相继执行的步骤:服务分类、参数类型和约束条件的相容匹配,并面临着两个主要的障碍:供、需方对于 Web 服务的描述可能会使用不同的表示语言和参照不同的应用域本体论. SASA5 将 OML 定义为类<概念>-特性-值形式的受限 XML,所以只要供、需方都将 Web 服务的描述转变为 OML 形式再发布于 Web,就可以消除前一障碍. 后一障碍影响服务分类和参数类型的相容匹配,可通过不同应用域本体论间的映射机制加以处理(已超出本文研究的范围,不作讨论).

约束条件的相容匹配面向已通过前两个步骤筛选的 Web 服务,成功的相容匹配要求供、需方 Web 服务的约束条件通过检测. 令 CONs 和 CONp 分别指示寻求和提供的 Web 服务约束条件槽中的条件表达式,则相容匹配取决于 CONs 对于约束参数的约束比 CONp 更宽松.“更宽松”涉及对概念(视为复合参数)槽取值约束的包容性检查(关于包容算法,另文阐述).

图 4 给出一个需求方描述的 Web 服务:寻求宾馆接待服务,其约束参数的类型是 DCL 概念 C_Hotel_Requirement. 应遵从的约束条件有:宾馆处于杭州,高于 3 星级,结算货币为 ¥;定 10 个上等客房,自 11/19/2002 起住 5 天,日房价低于 300 元;定 2 个豪华客房,自 11/19/2002 起住 5 天,日房价低于 1000 元. 若宾馆服务提供者在其广告中将 Web 服务的约束参数也定义为概念 C_Hotel_Requirement(或与该概念相容),且对于约束参数的约束更宽松(如:处于杭州,4 星级;上等客房 50 个,日房价低于 280 元;豪华客房 10 个,日房价低于 800 元;),则供、需方关于 Web 服务的约束条件相容匹配.

```
Web-Service WS_Hotel_Reception
  General_Information
  ...
  Applicaion_Constraints
  Constraint-Pars: C_Hotel_Requirement p_Hotel_Requirement;
  Constraints:
    (@C_Hotel_Requirement Location: "杭州市" Star_Level: 3 Rooms: 3
    Currency_in_Price: "¥") //符号@指示概念实例模式
    (> 3 3) //符号指示关系表达式或函数调用式
    (@ 3(1) Room_Level: "上等" Room_Number: 10 Day_Number: 5 Initial_Day: 11/19/2002 Unit_Price: 3p1)
    //变量 r 取值为概念 C_Hotel-Room 实例的列表, r(1) 指示实例 1
    (<= 3p1 300)
    (@ 3(2) Room_Level: "豪华" Room_Number: 2 Day_Number: 5 Initial_Day: 11/19/2002 Unit_Price: 3p2)
    (<= 3p2 1000)
End WS_Hotel_Reception
```

图 4 寻求的 Web 服务“宾馆接待”

4.3 理性协商——Agent 协商过程的理性化

SASA5 将协商的目标聚焦于建立优化的协作关系和妥善处理协作过程出现的异常情况, 以求维护和优化 Agent 主人的利益. Agent 协商智能可通过协商过程的理性化来实现, 关键在于使 Agent 能基于其心理模型、协商内容的表示和协商协议, 理性和灵活地推进协商过程, 以实现合作伙伴的优化选择和协作异常的优化处理. 协商有多种方式, 如协作的建立协商就可以是一对一、一对多或 Web 服务拍卖. 鉴于一对多协商可视为并发进行的多个一对一协商, 拍卖则视为特殊的一对多协商, SASA5 将协商聚焦到一对一方式. 协商过程的理性化(NPR)建模为 5 元组:

NPR = (NP, NE, RNC, MMA, IE),

NP——协商双方都接受的协商协议, 可视为双方必须遵守的对话政策;

NE——协商引擎, 其依据协商协议推进协商过程;

RNC——协商内容的表示, 就采用 DCL 定义内容的表示格式;

MMA——Agent 心理模型, 用于描述 Agent 社交信念、领域知识、协商状态信息以及关于协商行为和内容的推理知识;

IE——推理引擎, 分三个层次: 评价、战略和战术, 决策 Agent 的协商行为和内容.

协商协议的表示格式定义为协商参与者共享的本体论, 其顶层 DCL 概念如下:

```
Concept C_One_to_One_Negotiation_Protocol
Name: type string; //协议名
Formulating_Time: type date; //制订时间
Action_Set: type list_of C_Negotiation_Action_Name;
//协商动作名列表
State_set: type list_of C_Negotiation_State;
//协商状态列表
Initial_State: type Negotiation_State_Name;
//初始状态名
End C_One_to_One_Negotiation_Protocol
```

协商动作和协商状态也定义为 DCL 概念. 协商动作的定义包括指出动作名、动作的启动者、对应的协商协议名、协商的合同类型以及需协商的合同细节. 频繁使用的动作有 propose, counterpropose, accept, reject. 协商状态的定义包括状态名和从该状态转变到(通过选用协商动作)下一状态的规则.

协商引擎设计成遵从具体协商协议的增强型有

限状态自动机(图 5). 状态节点间的连接弧指示状态转变, 协商动作名作为弧上的标签, 用于指示状态转变的动因. 增强型体现在状态节点从仅仅指示特定状态的标记增强到包容关于协商行为和内容的推理引擎.

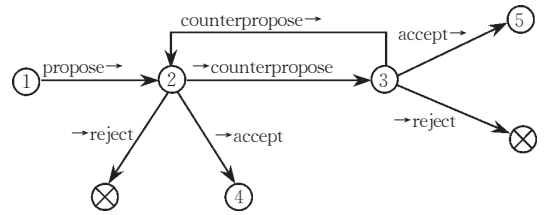


图 5 面向协作建立协商的有限状态自动机

协作合同是协作建立的凭证和处理协作异常的依据. 对于面向 Web 服务的协作, 提供 Web 服务时供、需方各自需遵从的约束成为合同的主要内容, 并视为约束双方的特定政策. 每一类协作合同定义为一个本体论, 其包括一个主概念(作一般性描述)和若干子概念. 下面以 BNF 形式给出面向服务提供的协作合同, 包括主概念和合同细节子概念:

```

<Service_Provided_Contract> :=
  <Description><Contract_ID><Web_Service_Name>
  <Requiring_Agent><Providing_Agent>
  <Signature_Date><Expiration_Date>
  <Contract_Detail>,
  <Contract_Detail> := <Forced_Constraints>
  <Agreed_Items_in_Web_Servise>
  <Contract_Plan><Agreed_Items_in_Contract_Plan>,
  <Contract_Plan> := <Service_Fee>
  <Fee_Unit><Performance_Plan>
  <Payment_Plan><Punishment>.
  
```

典型的协商过程由 Web 服务的需求方启动: 提出关于协作合同内容的初始建议. 该建议将提供 Web 服务时需满足的约束区分为两个部分: 须强制性满足和经协商确定(允许反建议)的内容; 后者表示为 Web 服务和合同计划中的协商条款(Agreed_Items).

以图 4 所示的 Web 服务为例, 需求方在初始建议中提出, 提供 Web 服务的其余约束都必须强制性满足, 只有变量 u_{p1} 和 u_{p2} 的取值需协商. 为此, 关系表达式($\leq u_{p1} 300$)和($\leq u_{p2} 1000$)取消, 代之以在合同细节的 Agreed_Items_in_Web_Servise 槽设置 2 个协商条款:

```

(@ u_{p1}(1) Item_Name: u_{p1} Proposed_Value:
  280 Counterproposed_Value:200),
(@ u_{p2}(2) Item_Name: u_{p1} Proposed_Value:
  
```

800 Counterproposed_Value;500).

其中, $\alpha_{iws}(1)$ 和 $\alpha_{iws}(2)$ 指示概念 C_Agreed_Items_in_Web_Servise 的 2 个实例, 服务提供者广告中设置的相应值(上等、豪华客房单价分别为 280 和 800)填入 Proposed_Value 槽, 而服务需求者首次提出的建议值(200 和 500)则填入 Counterproposed_Value 槽.

心理模型使 Agent 能理性决策应采取的协商行为和内容, 表示为 4 元组:

$MMA = (SB, DK, NS, CK)$,

SB——社交信念, 包括行为约束政策(参见 4.5 节)和对于社交环境的信念(熟人和中介 Agent 的能力及信誉);

DK——领域知识, 描述该 Agent 拟开展的操作活动以及需求或向外提供的 Web 服务;

NS——协商状况, 记载协商过程的动态信息, 包括合同内容, 提供 Web 服务的候选 Agent 个数、这些 Agent 当前的协商态势(快速、平稳、冷淡或不肯让步)、协商的发展趋势(快速收敛或僵持不前)和协商的进展状态(开始、进行、成功或失败);

CK——关于协商行为和内容的推理知识, 旨在应用社交信念、领域知识和协商状况信息, 去决策 Agent 应采用的协商态势和协作合同条款的内容取值.

推理知识又划分为 3 个层次: 评价、战略和战术, 支持推理引擎的工作. 评价知识表示为评价函数和加权表, 战略和战术知识表示为条件-结论型规则组. 由于协商往往是反复的“讨价还价”过程, 这些知识主要用以确定关于协作合同内容的建议或反建议.

4.4 法制管理——Agent 行为规范的法制化

Agent 行为规范的法制化(BRL)旨在对 Agent 社交行为实行基于政策的监控, 以维持 Agent 社会的安全和稳定, 使 Agent 及其主人的合法权益受到保护. BRL 定义为 3 元组:

$BRL = (PS, PCM, LMS)$,

PS——政策集, $PS = SPS \cup LPS$;

PCM——政策遵从机制;

LMS——法制管理体系.

政策是法制的依据, 可划分为两大类: 面向社交活动的政策(SPS)和面向法制管理的政策(LPS), 分别支持 PCM 和 LMS 的运作. 可以制定多种政策

(参见图 2), 每种定义为以 DCL 表示的本体论, 包括两个方面的内容: 一般性描述和行为约束. 例如 4.3 节制定的协作合同 Service_Provided_Contract 就是一种社交政策, 其以主概念表示一般性描述; 合同细节子概念则描述 Web 服务的供、需双方应遵从的行为约束.

PCM 和 LMS 相辅相成. PCM 构成法制管理的基础, 旨在让 Agent 通过遵从社交政策, 自行约束社交行为; LMS 则作为 PCM 的后盾, 在 PCM 失败时由法制机构通过强制手段处理 Agent 的不轨行为. PCM 建模为以下 8 元组:

$PCM = (SPS, SAS, AS, RS, PCOS, Binding,$
Assigning, Corresponding),

Binding: $SAS \rightarrow PPS$,

Assigning: $SAS \times AS \rightarrow PRS$,

Corresponding: $SPS \times RS \rightarrow PPCOS$,

SPS——社交政策集;

SAS——Agent 社交活动集;

AS——Agent 集;

RS——社交活动中 Agent 可扮演的角色集;

PCOS——政策遵从操作集;

Binding——给社交活动制定政策;

Assigning——给 Agent 分配社交活动的角色;

Corresponding——按角色设置 Agent 需执行的政策遵从操作.

社交政策按角色(所起的作用)指定应遵从的约束和规则. 例如, 协作合同就区分两个角色: Web 服务的供方和需方, 并分别规定各方须遵从的约束和规则(如供方的执行计划和需方的支付计划). 不同角色的义务和权利间往往存在对偶关系. 例如, 供方有义务遵从服务提供的质量、数量和期限等约束, 需方则遵从按期付款的约束; 同时, 双方都有权利要求对方履行义务, 并检查履行情况.

政策遵从机制建立在“个体政策遵从”和“集体政策遵从”的概念基础上. 前者意指 Agent 主动遵从政策, 并在不得已违反政策的情况下权衡利弊(因为将受惩罚); 后者意指无论是自己违反或发现其它 Agent 违反政策, 都要通报协作方, 并附带违反理由或违反情况的陈述, 以便其它 Agent 能及时了解和采取相应的措施. 政策遵从操作监控政策的内容是否得到遵从(如产品是否按合同约定的时间提交), 并在发现违约时决策政策的维护, 包括作弥补性处理(如推迟产品提交时间)、通报违约情况、发起对合

同作修补的协商等。

LMS 表示为 4 元组:

$LMS = (ARM, SCM, LPS, LEM)$,

ARM——Agent 注册模型;

SCM——Agent 社交的安全和信用模型;

LPS——面向法制管理的政策集;

LEM——面向法制管理的执行机制。

其中, ARM 及 SCM 为 Agent 从事社交活动提供身份认证方法、通信渠道安全机制和 Agent 行为的担保机制。将对于 Agent 不轨行为的处罚与 Agent 的所有者挂钩是关键, 以使邪恶 Agent 的制造者望而却步。面向法制管理的执行机制由多级 Agent 联邦构成, 其以 LPS(包括注册政策、举报政策、处罚政策等)作为实施法制管理的依据。

4.5 用户调控——Agent 行为调控的个性化

Agent 必须让其行为(尤其是社交行为)完全接受用户(主人)的调控, 才能获得用户的信赖。为用户能以便捷、透明的手段去按个性调控 Agent 行为, SASA5 将调控的个性化意愿表示为用户给 Agent 制定的行为约束政策(简称用户政策), 重点约束面向 Web 服务的寻求、协商和执行行为。Agent 行为调控的个性化(BAI)建模为以下 5 元组:

$BAI = (TS, PS, IE, PT, Formulating)$,

Formulating; $TS \rightarrow PPS$

TS——用户启动的任务集;

PS——用户制定的政策集;

IE——Agent 推理引擎;

PT——Agent 行为的追踪机制;

Formulating——为用户启动的任务制定政策。

用户从屏幕派遣需 Agent 完成的任务时, 对于完成任务所需寻求的每个 Web 服务, 均可制定相应的寻求政策, 并将其定义为 DCL 概念, BNF 格式如下:

```

<Service-Search-Policy> := <Policy_ID>
<Web_Service_Name><Search_Method>
<Constraints><Formulating-Time>
<Activated-condition>,
<Constraints> := <Forced_Constraints>
<Constraint_Items_in_Web_Servise><Contract_Plan>
<Constraint_Items_in_Contract_Plan>
<Matcher_Number><Activity_Executer_Number>
<Used_Protocol><Negotiation_Attitude>,
<Constraint_Items_in_Web_Servise> :=
<Item_Name><Concept_Slot>
<Extreme_Value_in_Search>
<Affordable_Extreme_Value><Desired_Value>

```

```

<Initial_Value_in_Negotiation><Item_Weight>,

```

```

<Constraint_Items_in_Contract_Plan> :=

```

```

<Constraint_Items_in_Web_Servise>.

```

依据这种表示格式, 制定一个具体的用户政策包括两个方面的内容: 一般性描述和行为约束。后者制定提供服务时应满足的约束, 由 3 部分组成: 须强制性满足的约束条件(Web 服务和合同计划中的必须满足的约束条款), 可通过协商确定的约束条款(Web 服务和合同计划中可协商确定约束条款), 其它约束要求(期望的满足 Web 服务寻求条件的匹配者个数, 协商后需保留的候选者个数, 应采用的协商协议和协商态势)。

作为可通过协商确定的约束条款例, 再观察图 4 所示的 Web 服务; 为其制定的用户政策可给变量 u_{p1} 的取值设置如下约束条款:

```

(@ ?iws(1) Item_Name; up1 Concept_Slot:
Unit_Price Extreme_Value_in_Search:300
Affordable_Extreme_Value:260 Desired_Value:240
Initial_Value_in_Negotiation:200
Item_Weight:0.6),

```

其中, $?iws(1)$ 指示这是概念 $Constraint_Items_in_Web_Servise$ 的 1 个实例, 300, 260, 240, 200 分别指定上等客房单价的寻求时最高价、可承受最高价、期望的优惠价和启动协商时的初始建议价, 且该约束条款的权重为 0.6。

用户政策将作为 Agent 推理引擎 IE(参见 4.3 节)工作的依据, 使 Agent 在寻找协作对象、建立协作关系、监控协作过程和处理异常问题(如违约)时能够遵从用户的个性化意愿。PT 则追踪 Agent 行为, 使用户能随时查验 Agent 开展的活动是否遵从用户政策。

5 实现技术和应用分析

遵循社区/联邦式的政策导向型社会体制, 方法体系 SASA5 将支持 Agent 社交活动的基础结构划分为两个部分: 社交环境和个体操作平台。前者为 Agent 群体创造安全、有序的协同工作环境, 后者则给 Agent 个体提供参与社交活动的强有力操作手段。

社交环境设计为分布于 Web 的 Agent 联邦的集合。Agent 联邦划分为三种主要的类型: 协作、中介和法制。协作型 Agent 联邦作为普通用户在 Web 的代理, 旨在组织和管理 Agent 协作, 并由此完成用户派遣的任务; 中介型 Agent 联邦为 Web 服务的供、需方提供中介服务, 这些联邦互为代理, 形成

Agent 中介服务体系;法制型 Agent 联邦则作为人类社会法制机构在 Web 的代理,强制性规范 Agent 的社交行为,并可兼作 Agent 社区的管理者。

Agent 联邦并非计算实体,MA 才是联邦的化身,联邦的所有组织和管理信息都记载于 MA,联邦的事务也由 MA 集中管理. Agent(包括 MA)的建模和运作实现于我们先前开发的 Agent 体系结构框架 ABFSC(参见 3.1 节).为强化 Agent 参与社交活动的操作能力,ABFSC 遵照 SASA5,已从 5 维作了全面的扩展和提升,包括使用 OKRL 定义 Web 服务、应用域本体论和社交政策,应用 OML 作为通信语言,依赖中介服务寻求和提供 Web 服务,通过理性的协商选择合作伙伴,内嵌政策遵从机制(目前仅面向合同遵从)和向法制型 Agent 联邦报警的操作,支持用户给 Agent 制定社交政策并在协商过程

中贯彻体现于政策的用户意愿,使 ABFSC 进化为支持 Agent 社交活动的个体操作平台。

提升后的 ABFSC 体系结构从整体上分为两部分:开发环境和运行环境(图 6). 开发环境提供图表化人机界面去指导和辅助 Agent 模型(描述活动、意向、复合活动的调度计划等)和多种信息模型(包括 Web 服务、行为约束政策以及领域本体论)的编制,支持应用开发人员设计用于不同目的、用途和领域的各种 Agent,以满足组织和个人用户的需求. 运行环境则提供 Agent 引擎,依据 Agent 模型和信息模型去展开和协调社交活动,包括请求中介服务,通过理性协商建立优化的协作关系和妥善处理协作过程出现的异常情况,使自身行为遵从约束政策(如协作合同),并依据用户制定的个性化政策调控自身的社交行为(例如,在定客房时改变可承受的最高价)。

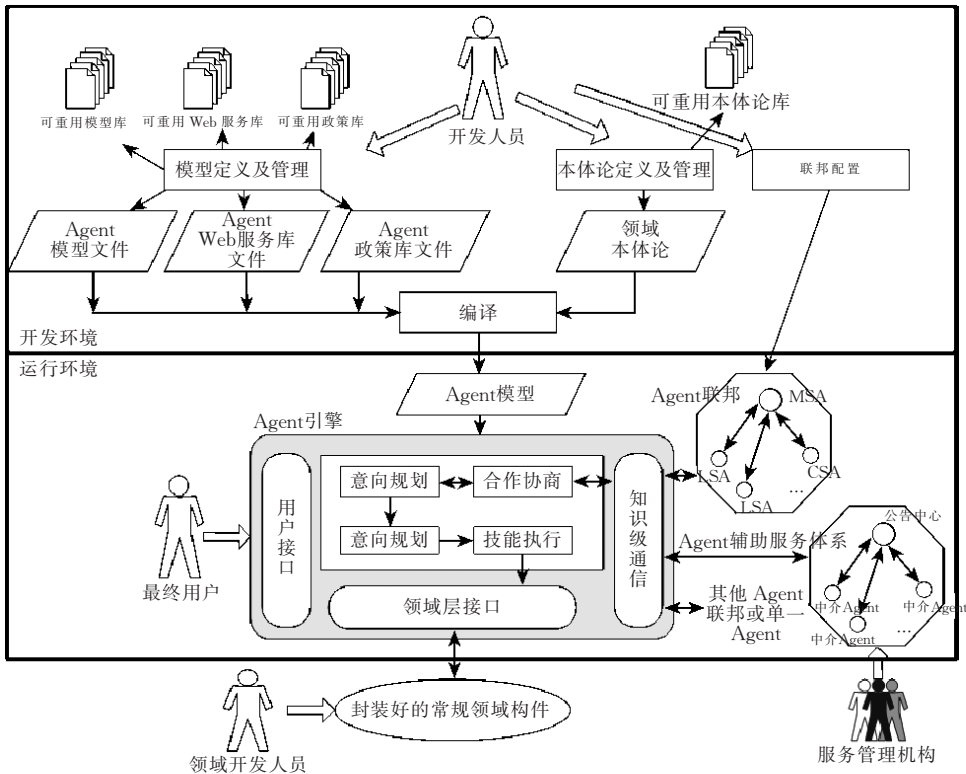


图 6 提升后的 ABFSC 体系结构

中介型和法制型 Agent 联邦的 MA(即中介 Agent 和法制 Agent)也采用提升后的 ABFSC 作为个体操作平台,只是提供的中介和法制服务都由 SASA5 内置的 Agent 技能来实现. 鉴于技能由应用域组件合成,有利于开放性提高和扩展中介和法制服务的能力。

作为测试例,我们在基于 ABFSC 的操作平台上模拟实现了多 Agent 协同完成任务“小型会议安

排”的社交活动. 社交活动起始于用户向其 Agent 联邦(图 7)派遣该任务,由此激活联邦 MA 的同名操作活动,其执行又涉及多个子活动:宾馆接待,承办招待酒会,承办纪念品,承办旅游,承办返程票和显示安排结果. 除最后一个子活动由 MA 自行完成外,其余都依赖于中介 Agent 推荐来的 Agent 提供的 Web 服务. 该任务启动时,联邦的接口 Agent 通过屏幕指导用户制定获取 Web 服务时应遵从的政

策,包括 Web 服务寻求条件,可通过协商确定的约束条款(如客房单价),提供 Web 服务的候选者个数,应采用的协商协议和协商态势.然后,应 MA 的请求,中介 Agent 应用相容匹配策略精确地推荐能提供所需 Web 服务的 Agent.接下来 MA 与提供不同 Web 服务的 Agent 分别进行合作协商,基于心理模型推理和决策应采用的协商动作和需协商的合同条款及其内容,并与选定的协作者(图 7 中的熟人: a_1, a_2, a_3 和陌生 Agent: u_1, u_2)签订合同.在协作的执行过程中,MA 依据联合意向,按 Recipe 规定的顺序和条件通知协作者提供所需的 Web 服务,并启动政策遵从机制监控合同的履行.这里的协作涉及嵌套的 Agent 联邦,例如, a_3 为执行活动“承办纪念品”提供 Web 服务,本身又是另一 Agent 联邦的 MA,负责组织和管理纪念品的生产. a_3 将纪念品的部件交由其熟人 a_4, a_5 生产,自己则承担从部件装配纪念品的工作.部件分两次交货,其中 a_4 发现遵从合同规定的第一次交货期限有困难,要求推迟, a_3 同意了请求,并修改了合同.

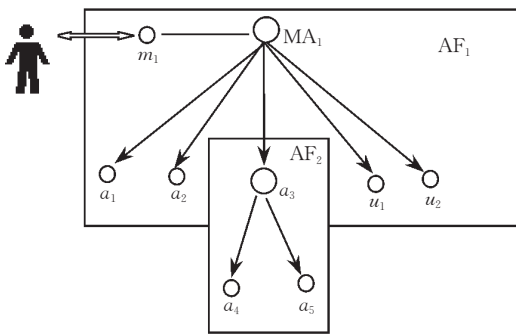


图 7 面向任务“小型会议安排”的嵌套 Agent 联邦(上、下层联邦 AF_1 、 AF_2 分别给活动“小型会议安排”、“承办纪念品”提供 Web 服务)

从该例可见,遵从 SASA5 的操作平台较好地支持了 Agent 社交活动的开展.显然,支持 Agent 社交活动的 5 维相辅相成,任何 1 维的缺损都会影响 Agent 社交活动开展的有效性.首先,缺少基于 XML 和共享本体论的信息建模,就无法为 Agent 提供共同语言和共同的语义理解基础,进而阻碍了其它 4 维要素的实施.基于相容匹配的中介服务是 Web 服务的寻求方发现最适合提供方的主要沟通渠道,这一渠道的缺少必将损害服务供、需方合作的有效性,而且服务供、需方适配的缺乏也使理性协商的意义大打折扣.理性的合作协商优化了合作的组织和合同的内容,用户制定的服务寻求或提供政策成为 Agent 展开协商的依据,而达成的合同则作为政策遵从机制工作的依据.正是法制管理的政策遵

从机制,使得 Agent 将监视、发现、通报和联合处理协作的异常作为应尽的职责;而法制管理体系则成为规范 Agent 社交行为的威慑力量.正是允许用户制定个性化商务政策去调控 Agent 行为,才可使 Agent 在寻求 Web 服务、理性协商和协作监控中能够遵从用户的意愿,促进了人机间的无缝协作.

6 评价和结论

本文提出了一种支持 Agent 社交活动的方法体系 SASA5,其以社区/联邦方式的政策导向型 Agent 社会体制为主线,从 5 维系统化支持 Agent 社交智能的开发.与同类的研究: ADEPT^[9,10]、基于 DAML-S^[9] 的社交机制相比较, SASA5 的优势归纳为以下三点:

(1) 强调社会体制对于基础结构的约束和指导作用,使得基础结构能在社区/联邦方式的政策导向型 Agent 社会体制的框架内紧凑、有效、高效地开发和运作.

(2) 强调对 Agent 社交活动的支持必须是全方位的,并提出从 5 维(信息建模、中介服务、理性协商、法制管理和用户调控)全面推动社交活动基础结构的建设.

(3) 强调政策导向在开发 Agent 社交智能及其基础结构中的重要作用,并通过制定用户政策,使人能按意愿调控 Agent 的社交活动.

作为对照,尽管基于 DAML-S 的社交机制应用 DAML(一种基于 RDF 和 OIL 的 Agent 标记语言)作为表示语言,使 Agent 能以语义清晰的方式描述需求或提供的 Web 服务;但不支持 Agent 间的合作协商和对于合作异常的协调处理. ADEPT 建立了面向服务提供的 Agent 协商模型,并支持对于合作异常的协调处理;但不支持基于 XML 和共享本体论的信息建模,无法支持异构 Agent 间的语义互操作.尤其是这两种社交机制都未提供透明的人机交互手段,去让用户按个性化的商务政策调控 Agent 的社交行为,更未将政策导向机制引入 Agent 社交活动,从而难以支持 Agent 作为人的网络代理去自主开展有效的社交活动.

正是采用了社区/联邦式的政策导向型社会体制,并全方位(5 维)推动社交活动基础结构的建设,方法体系 SASA5 避免了只考虑 Agent 社交活动的部分要素而导致的的一致和不协调问题,大幅度提高了 Agent 作为人的网络代理去延伸人类社交智能的可行性和有效性.鉴于法制管理对于 Agent 社

会能否为人类最终接受和广泛应用至关重要,进一步的研究工作将集中在建立健全的法制管理体系和法制管理中的政策导向机制。

参 考 文 献

- 1 Wooldridge M., Jennings N. R.. Intelligent agents: Theory and practice. *The Knowledge Engineering Review*, 1995, 10(2): 115~152
- 2 Nwana H. S.. Software agents: An overview. *Knowledge Engineering Review*, 1996, 11(3): 205~244
- 3 Bradshaw J. M. *et al.*. Terraforming cyberspace. *IEEE Computer*, 2001, 34(7): 48~56
- 4 Nishida T.. Social intelligence design for the Web. *IEEE Computer*, 2002, 35(11): 37~40
- 5 Hendler J.. Agents and the semantic Web. *IEEE Intelligent Systems*, 2001, (March/April): 30~37
- 6 McIlraith S. A. *et al.*. Semantic Web services. *IEEE Intelligent Systems*, 2001, (March/April): 46~53
- 7 Gao Ji, Wang Jin. Abfsc: An Agents-Based Framework for Software Composition. *Chinese Journal of Computers*, 1999, 22(10): 1050~1058(in Chinese)
(高 济, 王 进. 基于 Agents 的软件合成框架 ABFSC. *计算机学报*, 1999, 22(10): 1050~1058)
- 8 Gao Ji, Lin Dong-Hao. Agent cooperation based control integration by activity-sharing and joint intention. *Journal of Computer Science and Technology*, 2002, 17(3): 331~340
- 9 Jennings N. R. *et al.*. Autonomous agents for business process management. *Journal of Applied Artificial Intelligence*, 2000, 14(2): 145~189
- 10 Sierra C., Faratin P., Jennings N. R.. A service-oriented negotiation model between autonomous agents. In: *Proceedings of the 8th European Workshop on Modeling Autonomous Agents in a Multi-Agent World (MAAMAW-97)*, Ronneby, 1997, 17~35



GAO Ji, born in 1946, professor and Ph.D. supervisor. His research work focuses on artificial intelligence, network computing, software engineering, and information intelligence.

YUAN Cheng-Xian, born in 1973, Ph. D., lecturer. His research interests include artificial intelligence and information intelligence.

WANG Jing, born in 1972, Ph. D. candidate. His research interests include artificial intelligence and information intelligence.

Background

This research is supported by the National Natural Science Foundation of China under grant No. 69773019. The research project is "The Foundation Research for Agent-Based Software Engineering", which aimed at creating the advanced theory, methodology, and implementation framework for Agent-Based Software Engineering. The harvested research production included: (1) a template for cooperation planning in which the activity-sharing oriented joint intention acts as the main line, (2) a description language for the mental model of agents, (3) the developing environment for agents and agent systems, (4) an ontology representation language for supporting semantic interoperation between agents and the ontology-based modeling mechanism of information content, (5) the agent-based prototype oriented to technique and business quoting of large complex products.

The following research work "The Infrastructure for Managing and Controlling Agent Social Behavior" expanded

the research production to create infrastructure for managing and controlling agent social behavior under Internet environment. The developed techniques included: (1) the policy-driven agent social institution in community/federation style, (2) the supports to agent social activity from five dimensions; information modeling, mediate service, rational negotiation, legality management, and user adjustment, (3) the systemization of agent mediate service and the compatible matching mechanism for supporting service lookup, (4) the rational negotiation based on agent mental model, negotiation goals, and negotiation protocols, (5) individualized domination to agent social behavior by formulating user business policy.

The above work has become the foundation of authors' recent research project "Semantic Grid", which is supported by the Developing Plan of National Emphasis Foundation Research (973 Plan) of China under grant No. 2003cb317000.