

生物多智能体

自主服务计算 及其应用

◇ 孙宏彬 著 ◇



NLIC2970903718



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

生物多智能体

自主服务计算 及其应用

◇ 孙宏彬 著 ◇



NLIC2970903718

人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

生物多智能体自主服务计算及其应用 / 孙宏彬著

— 北京: 人民邮电出版社, 2013. 7

ISBN 978-7-115-31227-3

I. ①生… II. ①孙… III. ①智能控制—研究 IV.
①TP273

中国版本图书馆CIP数据核字(2013)第108993号

内 容 提 要

生物启发的多智能体自主服务计算是一个新的研究领域。面向服务的计算正逐渐成为新的开发模式, 分布式服务资源的动态管理是非常复杂的, 服务数量的增加、大量的异构服务更新、移动服务、普适计算服务的应用、服务的动态变化使集中管理变得非常困难, 有效实时分布系统是十分重要的。多智能体虽然成功用于服务发现、组合, 但服务管理过程如何利用自主性形成自动服务, 以及数量巨大的多智能体的产生、消亡、迁移、稳定、通信还没有成熟的管理方法。复杂的网络环境对智能服务等提出更高要求, 特别是服务的可进化性、动态自适应性、故障的自恢复性、主动性和安全可靠性等需求成为关键问题。

本书针对以上问题, 在生物网络智能平台的基础上, 通过生物突现的独特机理, 提出自主服务的设计方法, 探索基于生物系统的模型和满足服务计算应用, 如Web服务组合、普适服务管理、配电网重构、自愈计算和服务工作流的构建, 同时对下一代网络计算要求的自适应、可进化性等问题作了相关的探索。

-
- ◆ 著 孙宏彬
 - 责任编辑 王亚娜
 - 执行编辑 王志广
 - 责任印制 张佳莹 杨林杰
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街14号
邮编 100061 电子邮件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京天宇星印刷厂印刷
 - ◆ 开本: 787 × 1092 1/16
印张: 11 2013年7月第1版
字数: 198千字 2013年7月北京第1次印刷

定价: 48.00元

读者服务热线: (010) 67170985 印装质量热线: (010) 67129223
反盗版热线: (010) 67171154

前言

面向服务的计算正逐渐成为新的开发模式，分布式的服务资源可以实现企业间相互协同，满足复杂要求，真正服务应用的潜力在于服务的组合。语义，特别是本体的提出，为服务的自动发现、组合提供了一种新的思想，可以由智能体来自动组合服务，开发一个智能体系统实现自动发现、协商的高效分布计算平台是非常重要的。

服务的动态管理是非常复杂的，服务数量的增加、大量的异构服务更新、移动服务、普适计算服务的应用、服务的动态变化使集中管理变得非常困难，有效实时分布系统是十分重要的。智能体用于服务发现、组合，但服务管理过程如何利用智能体自主性形成自动服务，以及数量巨大的智能体的产生、消亡、迁移、稳定、通信还没有成熟的管理方法。复杂的网络环境对智能体的智能服务等提出更高要求。特别是服务的可进化性、动态自适应性、故障的自恢复性、主动性和安全可靠性等需求成为关键问题。

本书针对以上问题，在生物网络智能平台的基础上，通过生物实现的独特机理，提出自主服务的设计方法，探索基于生物系统模型的满足服务计算的应用，如 Web 服务组合、普适服务管理和服务工作流的构建，解决了下一代 Internet 计算要求的自适应、可进化性等问题。同时，在配电网重构、自愈计算方法上作了相关的探索，指出研究工作中下一步的研究方向。

首先，提出了未来网络服务计算需求，并对面向服务的计算和管理模式简要综述，指出了目前发展存在的问题以及将来的发展方向，

并介绍了生物智能的突现机制对服务智能管理的启发，为服务网络设计模型及应用的研究奠定了理论基础和技术支撑。

其次，在生物启发基础上，提出了面向服务的智能模型的总体设计。从理论上描述了服务进化（米兰机）模型，并对生物实体的结构和消息模式给出详细说明，同时介绍了面向服务突现的整体智能模型的模块结构设计。

再次，针对自主服务突现的通信问题，设计了生物实体的分布式突现组通信协议，协议可以满足迁移的变化和服务失效的要求。设计主要包括：数据结构，基于令牌的信息算法，令牌基础的恢复协议和失效检测算法，仿真实验显示这种设计提高了平台的通信效率。

接着，根据能量调度的特点，给出了基于能量调度的全局进化稳定性研究。在分析面向自主服务的整体智能模型突现设计的能量调度方法的基础上，提出了能量熵的定义，进行基于能量熵的纳什平衡模式的稳定策略设计，通过稳定策略的全局优化算法设计，完成了系统的稳定性的评估和分析。

紧接着，应用自主服务设计，提出了 Web 服务方法用于解决 Web 服务组合的动态自匹配问题。生物实体代理 Web 服务，通过生物实体对于 Web 服务的协商，结合 Linear Logic 协作推演研究，以满足下一代服务计算提出的要求，尤其是服务的动态自适应性、可靠性等要求。

再接着，根据生物免疫应答的机理，在普适服务的组合中提出亲和力的定义，亲和力主要由 3 个因素决定：实体匹配强度、代理服务的相对质量和信任。基于生物实体亲和力的关系构建的普适服务组合，提出了一种基于亲和力的自进化的突现，用于解决普适服务的动态环境自组织和适应的问题。

然后，应用自主服务的智能模型，实现了 E-Workflow 组合，采用

生物实体消息匹配的方法，完成服务之间关系的确定，建立 workflow 组合的全局结构，将 E-Workflow 的 QoS 全局优化转化为一个多目标的优化问题，通过基于快速排序算法改进的 NSGA-II 算法进行求解。该设计满足用户的个性需求，实现了分布自组织和全局适应性的功能。

应用生物多智能体自主服务计算，从配电网的实际网络特点出发，提出了自学习多智能体免疫群体协同进化的研究，用以求解配电网自主重构的问题，通过自主计算，从解集中求解构成动态重构解集，改进次优解，使约束条件得以满足，基于协同进化算子设计，通过自主计算找到动态重构的最优解。

最后，对全文研究内容进行了总结，指出研究工作中存在的不足，明确了下一步的研究方向。

本书是吉林省科技发展计划重点项目“孤立电力系统中风/光/柴/储能互补的微网集成系统研究(20120332)”，吉林省科技厅科技发展计划项目“热电联供和可再生能源互补微网系统研究(20100565)”，吉林省教育厅“分布风光发电混合微网控制关键技术研究(20120268)”资助。本书出版得到了长春工程学院科技处的大力支持。

孙宏彬

2013年1月于长春工程学院

关键词：Agent，突现，生物网络，自主计算，稳定性，普适服务，workflow，配网重构，自愈

目录

第 1 章	面向服务的自主计算模式综述	1
1.1	引言.....	2
1.2	互联服务计算模式提出.....	4
1.2.1	IBM 公司自主计算.....	4
1.2.2	网构中间件.....	9
1.2.3	P2P 计算模式.....	11
1.2.4	SOA 与 Web 服务.....	12
1.2.5	语义 Web 服务.....	15
1.2.6	Web 服务组合.....	17
1.2.7	自愈计算服务.....	18
1.3	生物突现计算对自主服务模式的启发.....	18
1.4	小结.....	22
第 2 章	多智能体自主网络模型总体设计	23
2.1	引言.....	24
2.2	生物实体突现的演化模型.....	25
2.2.1	服务的米兰机模型.....	25
2.2.2	基于生物实体的演化突现理论分析.....	26
2.3	生物实体和消息模式设计.....	29
2.3.1	生物实体的设计.....	29
2.3.2	生物实体消息模式.....	30
2.4	基于生物网络的自主服务的平台和设计.....	32
2.5	小结.....	37
第 3 章	突现分布式组通信机制的研究	38
3.1	引言.....	39
3.2	生物网络的通信基础.....	41
3.3	面向服务突现的组通信协议和算法设计.....	42
3.3.1	数据结构.....	43
3.3.2	面向自主服务突现的组通信协议和算法.....	44

3.3.3	分布失败检测协议	47
3.4	突现通信的仿真和分析	50
3.5	小结	53
第 4 章	基于能量调度的生物实体自主全局进化稳定性研究	54
4.1	引言	55
4.2	面向服务突现生物网络的能量设计	56
4.3	能量驱动方式下的稳定性分析	58
4.3.1	能量熵的定义	58
4.3.2	基于能量熵的最优稳定性策略调节	61
4.3.3	基于能量策略平衡的算法	63
4.4	仿真和分析	65
4.4.1	仿真模型及行为策略及能量参数设定	65
4.4.2	能量机制下的仿真结果分析	65
4.5	小结	70
第 5 章	基于生物实体分布自协商 Web 服务突现研究	71
5.1	引言	72
5.2	面向 Web 服务突现的扩展模块设计和实现	73
5.3	基于生物实体协商的 Web 服务突现设计	76
5.4	仿真结果及性能分析	81
5.5	小结	83
第 6 章	基于亲和力的自进化普适服务突现计算方法	84
6.1	引言	85
6.2	基于亲和力匹配的普适服务进化突现方法	87
6.2.1	生物实体的匹配强度	88
6.2.2	生物实体的服务质量	89
6.2.3	生物实体的信任值	90
6.2.4	生物实体的亲和力计算	91
6.3	仿真结果及性能分析	92
6.3.1	仿真设计和参数设定	92

6.3.2	仿真结果和分析	93
6.4	小结	97
第 7 章	基于 QoS 全局最优的自组织 workflow 组合设计	98
7.1	引言	99
7.2	E-Workflow 组合抽象模型	100
7.3	基于消息匹配的 E-Workflow 中的服务发现	102
7.4	基于 QoS 的 E-Workflow 组合自组织的问题描述	105
7.5	基于 QoS 的 E-Service 工作流突现的算法	107
7.6	仿真和分析	110
7.7	小结	116
第 8 章	基于自学习智能体协同的配电网自愈重构优化系统研究	117
8.1	概述	118
8.2	研究背景	119
8.3	配电网自愈重构优化模型	122
8.4	自学习多智能体系统设计	124
8.5	自学习多智能体免疫群体协同进化的算法设计	126
8.5.1	自学习多智能体免疫群体协同进化	126
8.5.2	多智能体免疫群体协同进化的算法设计	128
8.5.3	数值计算	131
8.6	小结	133
第 9 章	结论和展望	134
9.1	结论	135
9.2	展望	136
索引		138
参考文献		141

第 1 章

面向服务的自主计算模式综述

1.1 引言

面向服务的计算正逐渐成为新的模式。服务作为对信息内容、处理能力进行封装的一种大粒度的构件，具有动态、开放的特点，是快速构建“松耦合”系统的基础。通过组合服务为业务用户构造一个完整的、相对固定的应用系统。服务的动态管理变得非常复杂，服务数量的增加、大量的异构服务更新、移动服务、普适计算服务的应用、服务的动态变化对下一代分布式管理平台提出更高的要求。面对业务需求的快速变化，智能体被认为是最适合解决这些问题的技术，但目前还没有成熟的方法^[1-14]。有必要通过智能体技术、本体、语义、Web 服务组合、逻辑推演及复杂系统等理论，建立新的网络服务计算模型。为了适应这种变化，一种新的开发方法应运而生，即未来服务计算模式，实现服务的突现性、多样性、可扩展性、动态自适应性、体系的自主性、故障的自恢复性、主动性和安全可靠性等需求。

自古以来，人们从生物系统的结构功能及其调节机制中获得灵感。从 20 世纪中叶开始，研究热点围绕着生物系统、人类自身功能及结构的模仿。在生物世界中，大规模系统都是由分散的、自治的个体组成，个体的行为和生存不依赖于某个中心个体。然而，这些大规模的系统已形成许多机理使它能够通过调整自己，适应外界环境的变化，并在环境中生存。对生物世界中大规模系统的研究能带给工程领域很多富有成效的智能技术和方法。在大规模的生物系统中有一些关键概念：①突现行为和特征；②生命周期；③演化；④个体的局部相互作用；⑤自我保护等。在生物世界中，像免疫系统 and 人类社会等生物结构，都是由一组展示突现行为的自治个体通过局

部相互作用组成。每个个体遵循一组简单的行为规则，而一群个体则展示复杂的突现行为（如自适应性、进化、安全性和自救性等）^[15, 16]。

自然免疫系统是一个复杂的自适应系统，可保护人体不受外部病原体侵害，并把体内所有的细胞和分子分成或者属于自己的种类，或者属于外部来源的非己分子种类。免疫系统不依靠任何中心控制，具有分布式任务处理能力，具有在局部采取行动的智能，也通过起交流作用的化学信息构成网络，进而形成全局观念。生物免疫系统多种多样，具有独特性。随着免疫学的发展，人们对免疫系统的功能特性和生理机制有了更深入的了解。对于神经免疫内分泌对免疫功能的调控，广义上讲，所有的内分泌功能均受神经系统的直接或间接支配，故神经和内分泌系统可用神经内分泌表示。神经内分泌对免疫系统的影响是由激素、神经肽、神经递质的作用所实现，神经内分泌系统对靶器官的调节作用，往往是通过它们释放的介导物质，即神经递质和内分泌激素。这些介导物质必须和相应的受体相结合才能实现其调节作用。免疫细胞上这些受体就成为神经内分泌系统作用于免疫细胞的物质基础。神经内分泌免疫系统为信息处理领域提供了一些重要的计算能力：突现行为及其特性、双向调节稳定性、自治性、进化性和自适应性。显然，这些特性正是下一代服务计算所要求的。

网络的下一代服务要求：访问控制的分布性，不需要全局控制中心；自动的合成策略，高度可用的参与模式；共享的资源有着高度异构性；具有高度的“自动化”的需求。这些特征正是生物组织系统通过突现可以完成的，服务的变化自适应、自扩展及对服务的组合自调整是生物组织系统生理的自然反应，所有问题从宏观上看，复杂的服务组合和管理就等同于生物系统的突现管理工作^[17-26]。

通过以上分析，可以借用突现计算的研究方法，建立服务突现计算模型，从而在此基础上采用巨量并行、广域存储、智能处理等方式来处

理网络服务计算，达到服务管理系统自治控制、自适应、自组织和进化的功能。

在生物网络结构^[27, 28]基础上，尤其是生物神经内分泌免疫网络抽象出一种新颖的网络结构模型，研究突现行为，同时兼顾其他生物机理，结合服务管理的特点，构建和提出了服务突现计算^[29]，探索网络服务利用生物组织的相关原理和机理（如突现行为、自适应性、自组织和进化机理），研究其框架和应用范畴，并较好地应用于服务组合和管理的应用。本研究是计算机科学、智能科学、生物神经内分泌免疫学等多学科领域的交叉研究，其现实意义和应用前景如下。

（1）为设计新一代的网络服务组合提供一条很好的途径，有助于带动各种新型智能网络的研究和关键技术的突破。

（2）探索实现未来服务计算要求，尤其是服务的突现性、多样性、可扩展性、动态自适应性、体系的自主性、故障的自恢复性、主动性和安全可靠性等关键需求。

（3）开发应用复杂系统的生物智能管理平台，使之应用于信息处理系统的研究中，完成更高层次和更为完善的系统结构和计算模型。

（4）通过服务突现模型在 Web 服务、普适服务和 workflow、配电网自愈和自主计算的应用，提供能满足用户需求的网络服务和应用。

1.2 互联服务计算模式提出

1.2.1 IBM 公司自主计算

自主计算^[30]的灵感来自人体复杂的自主神经系统，它以同样的方式

预测系统的需求和清除故障——在无须人工干预的情况下聪明地运行。所要解决的是日益复杂的计算环境中所面临的管理与成本问题。自主计算系统与人体的自主神经系统的重要差异在于，人体做出的很多自主决定是不自觉的，而计算机系统的自主计算组件则遵循人所下达的命令。

对于一个自主计算系统来说，组成一个系统的某一层或某个组件的小的系统，其自身也是自治的。这样一个高层的系统必须具备如下的 8 个关键的特性。

(1) 自主计算系统能“感知自己”。由于“系统”可以存在于很多层次上，一个自主计算系统就需要具有组件的当前状态、最终目的以及所有和其他系统的联系的详细说明。它必须知道它拥有的资源的范围，包括它能借到或借出的，以及那些共享到的资源。对于那些很小的系统来说，这样的系统定义是非常简单易懂的。但是当把成千上万的机器通过 Internet 连接起来后，“系统”的概念就变得模糊了。因为这些机器互相独立，共享处理周期、存储设备和其他的资源，所以很难定义一个单一的“系统”。为了让计算系统能自治，嵌入在适当的软件代理中的策略要能管理它自己的系统定义，并且能和它周围的 IT 系统联系。这些系统还要具备自动和其他系统结合以形成新的系统的能力。

(2) 自主计算系统能够进行配置和重新配置。系统的配置或“安装”必须是自动进行的，而且系统必须能动态地调整配置以最好的状态应付变化的环境。对复杂系统中的变化来说，配置是困难的。为了实现自主配置的能力，一个系统可能需要创建主要软件（如操作系统）的映像，并且根据需要重新分配它的资源（如内存、存储器、通信带宽等）。如果是一个广泛的分布式系统，那么网络的某些部分，它需要利用这些映像和备份从错误中恢复。运行在这样的系统上的算法可以学习最好配置方法，以达到需要的性能标准。

(3) 自主计算系统能寻求优化。自主计算系统将监控它的重要部分、调整工作量以达到预定的系统目标。这种对自己不断优化的努力，是计算系统对付复杂性和商务、客户、供应者在需求上的冲突的唯一方法。而且由于驱动这些需求的优先权是不断改变的，只有不断地进行自我优化才能满足它们。自我优化也是实现普遍存在的 e-sourcing 的有效性，分配计算资源的关键。因为对于计算服务的提供者来说，要达到预期的服务质量不仅需要那些先前安排好的工作和系统资源，还需要考虑额外的外部资源。为了实现自我优化，一个系统需要高级的反馈控制机制来监控它的状态，并且采取适当的行为。反馈控制是一个很老的技术，我们需要新的方法来把它应用到计算系统中。我们要回答系统采取控制行为的频率是多少，一个行为和它的结果之间的延迟是多少，以及它们如何影响整个系统的稳定性等问题。把控制理论运用到计算，这样的改革要和整个系统体系结构的新方法相联系。采用控制决策的算法一定能访问内部信息。更重要的，一个自治系统的所有的组件，不管它们是多么的不同，都必须以统一的方式被控制（即它们是可控制的，且以统一的方式）。

(4) 自主计算系统能够从故障事件中恢复。它必须能够发现已出现的问题或潜在的问题，然后通过使用资源或重新配置系统来维持系统功能的正确性。在一个计算系统中进行恢复意味着触发那些多余的或未被充分使用的组件，让它们进行替代。当然，某些“恢复”技术早就是计算系统的一部分了。例如，错误检测和修正技术能够保证通过 Internet 传播的数据的正确性。但是，今天日益复杂的 IT 环境使得它越来越难确定某个故障的真正起因了。起初，自主系统的恢复反应要遵循人类专家提出的规则。但是随着我们把越来越多的智能技术运用到计算系统中，它们将开始自己发现新的规则并且达到原来的目的，即用户定义的目标。

(5) 自主计算系统是一个自我保护的专家。自主计算系统必须能探测和确认各种攻击，并且能保护它自己免受各种类型的攻击，以保持整个系统的安全和完整性。在出现 Internet 之前，计算机都是互相独立地进行操作。那时候，很容易保护计算机系统免受病毒的攻击。因为用来共享程序和文件的软盘需要物理的邮寄送到另一个使用者，这样一个病毒想要传播就需要几个星期或几个月。网络世界改变了这一切。现在，攻击可以来自任何地方，而且病毒传播的速度非常快，而且很广泛，因为它们自动地传播到其他用户的。因此，不仅要对组件的失败（错误）做出反应或运行周期性的检查，一个自主系统还需要能报告、预见威胁，并且能采取必要的行动。现在在这方面的研究有“数字免疫系统”、“入侵系统”等。通过模仿人体免疫系统，一个“数字免疫系统”可以检测错误，自动地把它发送到一个中央分析中心，然后向计算机系统发布一个治疗方法。而且在整个过程发生的时候，用户根本不知道这样的保护正在进行。为了处理黑客的攻击，入侵系统必须自动地检测和改变系统的管理。现在，计算机安全专家必须确定问题、分析问题，然后修复系统。随着计算机网络及系统的不断扩展，我们需要系统能更自动地执行这些行为。

(6) 自主计算系统知道它周围的环境和上下文，并且以此行动。一个自主计算系统能发现、产生规则，以更好地和周围的系统相互作用。它将利用可以得到的资源，甚至使用其他系统中的未充分利用的组件，在这个过程中改变它自己和它周围的环境，即做出适应。这样，自主计算系统就能在预期的环境中保持可靠性。但更重要的是，它将使得系统能够提供有用的信息，而不是互相冲突的数据。自主计算系统需要能够描述它们自己以及它们能利用的其他系统的资源，而且它们还需要能够自动地发现环境中的其他设备。现在，对“网格”共享超大型计算机资源

的努力，毫无疑问将对自主计算的自我优化起到推动作用。当然还需要进一步的研究，使得系统能够知道用户的行为。

(7) 自主计算系统不能存在于孤立的环境中。一个自主计算系统必须能在异构的环境中运行，并且能实现开放的标准，换句话说，自主计算系统不能是私有的。事实上，所有的有机体都必须是共存的，互相依赖才能生存。在今天快速发展的计算环境中，这样的共存和互相依赖必然是很重要的。现在，为了创建新的开放标准而进行的协作使得新类型的共享成为可能。这些都加快了向新的开发标准发展的步伐。自主计算系统的发展需要这样的开放标准为基础，需要开发新的系统辨认、通信、谈判的标准方法。

(8) 自主计算系统将能够预见最优的资源。自主计算也不同于人工智能，虽然后者在某些方面对其有借鉴意义。自主计算并不将模仿人类思维作为主要目标而是具有适应动态变化环境自我管理的能力。自主计算使计算机系统具有自我管理的能力，包括以下4个部分。

① 自配置：系统根据组件的增减或流量的变化动态地自我重新配置，以使架构始终保持强健和高效。

② 自恢复：系统能够侦测到运行中的错误，并且在不妨碍系统正常工作的前提下自动修正错误，这对提高系统的可用性有很大帮助。

③ 自优化：系统根据用户在不同时刻的不同需求或流量重新调配资源，以保证最佳的服务质量(QoS)。

④ 自保护：确保当未授权的入侵、病毒攻击等具有敌意的行为或系统过载发生时，系统能够及时发现并实施保护。

2001年IBM正式宣布进行自主计算的研究，目前自主计算的研究主要集中在IBM, Kephart等在文献^[30, 31]中讲述了什么是自主计算、自主计算系统具有什么功能以及在设计自主计算系统和理解自主计算系