

Client/Server 模式的智能语言集成框架*

王怀民 高洪奎 唐新怀 贾 焰

(国防科技大学计算机系 长沙 410073)

摘 要 将 AI 技术集成到主流信息技术之中是提高信息系统智能化水平的一项十分重要的基础性工作。本文讨论一种 Client/Server 计算环境(简称 CSE), 它将 Prolog 系统和 Clips 系统作为两种特殊的数据服务系统集成其中。CSE 支持客户应用使用确定的 API, 以规范的 Prolog 语言(或 Clips 语言)形式请求 Prolog 服务器(或 Clips 服务器)提供问题求解服务。文章阐述了这一设计的合理性, 讨论了 CSE 的体系结构和实现技术, 说明了与特殊数据服务无关的通信机制、AI 语言服务器的挂接技术以及 CSE 应用。

关键词 Client/Server 计算, 集成环境, AI 语言

分类号 TP387

进入 90 年代, 越来越多的 AI 技术应用到能力更强的软件产品之中, 甚至有文章说大多数最好的软件中都可以发现 AI 技术的存在^[1]。但是, 这类软件大多采用常规工具(如 C 语言)开发, 许多 AI 工具被冷落一边。这是为什么呢? 分析这类软件的特点和 AI 工具的局部性, 不难发现问题所在。首先这类能力更强的软件通常是在原有版本的基础上加入“智能化”的成分。也就是说, AI 技术渗透在原有常规技术之中。例如, 字处理(word processing)技术已有二十多年的历史。90 年代, Microsoft 的字处理产品 MS Word 将自然语言翻译技术中成熟的文法分析技术加入其中, 用户可以通过使用 MS Word 的文法检查功能体会到这类字处理产品的智能化水平。显然, 软件开发更加愿意用常规工具开发这类高水平的软件, 尽管用它们实现 AI 技术不及 AI 工具方便快捷。早期的 AI 工具缺少对主流技术(如用户界面, 网络通信, 数据库)的支持, 当然不适合上述的软件开发。即使近年来许多集成化的 AI 工具提供了与主流技术的接口, 但由于其中以 AI 技术为中心的集成模式, 这些集成工具既不能满足软件开发对主流技术的自如运用, 又淹没了 AI 工具的应用特色。

结论是明显的, “智能化”的软件开发需要以主流技术为主导、溶合 AI 技术的软件开发环境。基于以上认识, 我们建立了一种 Client/Server 模式的 AI 语言集成环境 CSE。

在局域网环境下开发的 CSE 可以满足部门级“智能化”的信息系统对 AI 技术的应用

* 国家“863”高技术项目资助课题
1994 年 10 月 15 日收稿

需求。在 CSE 中，我们对 AI 语言的角色做了根本性的调整，即由“前台的主角”变为“后台的服务者”。以 Prolog 语言为例，80 年代，Prolog 被选为日本五代机的核心语言，其计算性质被突出，与系统相关联的操作被称为“系统谓词”，尽管这些“谓词”已经失去了逻辑中“谓词”的一般意义。在 CSE 中，Prolog 的角色是 AI 技术服务者。具体讲它提供基于逻辑的知识信息处理服务，其知识库的性质被突出，Prolog 语言仅作为一个应用请求 Prolog 系统服务的语言，其作用与关系数据库中的 SQL 相似。

以上关于 AI 语言的角色调整不仅明确了 AI 语言在 CSE 中的合理位置，而且为基于 CSE 的应用开发奠定了如何应用 AI 技术的方法学基础。本文以下内容首先介绍 CSE 的设计模型与实现技术；然后结合三个实例说明 CSE 的应用；最后简要说明我们在 CSE 的基础上将进一步开展的工作。

1 CSE 的体系结构

从技术上讲，CSE 的基本目标是在网络计算环境上建立 Client/Server 模式的集成环境，其中应集成多种 AI 语言和工具服务器，以及关系数据库、图形用户界面和多媒体等主流技术。用户在其应用中以统一的形式寻求各类服务器（包括 AI 语言服务器）提供服务（包括 AI 技术的服务）。CSE 的体系结构如图 1 所示。

CSE 由服务环境和客户环境两部分组成。在服务环境中，一个服务器可以为多个客户提供共享服务。客户环境定义了统一的 API，它与主流编程工具结合，可以方便地用于开发完整的 Client/Server 模式的分布合作的计算系统。服务环境和客户环境又被分解为特殊数据源无关与有关两个部分。CSE 建立了适合于一般服务器构造的统一框架，用于完成接受客户各种服务请求的通信管理。这是服务环境中与特殊数据源处理无关的部分。响应待定服务请求，并提供具体服务的方法是 CSE 服务环境中与特殊数据源有关的部分。相应地，在 CSE 的客户环境中，CSE 定义了向服务器提交服务请求的通信接口，这是与特殊数据源无关的部分。与应用相关的特殊服务请求是客户环境中与特殊数据源有关的部分。

以 Prolog 服务环境和客户环境为例。在服务环境方面，处理具体询问的 Prolog 程序是与特殊数据源（这里是 Horn 子句数据源）有关的部分。在客户环境方面，生成与应用参数有关的事实，规则或询问的部分是与特殊数据源有关的部分。

因此，CSE 又可以视为由特殊数据源有关与无关两个部分组成。这是 CSE 的技术特色之一。如此划分的合理性不难从人类交互活动中得到证实。人类通过自然语言交谈的交互活动有一独立于语种、语句含义和语言处理者的层次——语音在物理介质中传输的层次。容易类比，在 CSE 中，字符流在网络上的传输应该、也可以从具体应用中独立出来。实际上，计算机网络通信技术早已这样做了。

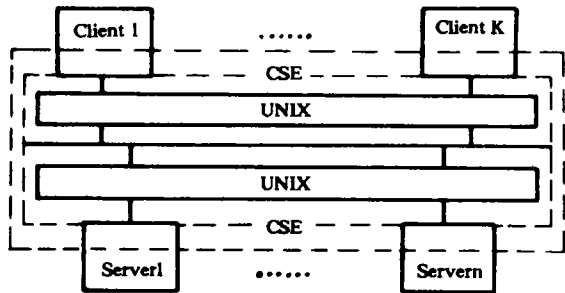


图 1 CSE 的体系结构

将客户方与服务器方之间的通信机制独立出来，可以比较容易地在 CSE 中集成必要的数据处理服务：只需将新的数据服务请求的合成方法和处理方法，与 CSE 的通信机制挂接在一起即可。

不难看出实现 CSE 的关键技术是建立适合于各类数据源服务的通信机制，以及特殊数据源服务的挂接技术。

2 CSE 的设计与实现

我们在 Unix 网络计算环境中，以 C 语言为编程语言实现了 CSE。CSE 实现平台的选择，反映了我们在引言中阐述的在主流技术上集成 AI 技术的指导思想。Unix 中进程通信机制和 TCP/IP 通信协议^[2]成为影响 CSE 详细设计和具体实现的重要因素，有关这方面的知识本节不再说明。

2.1 客户环境的设计与实现

实现 CSE 客户环境的关键技术是提供一组概念清晰、使用方便的应用程序设计界面 (API)，并自然地实现特殊数据源相关部分与通用通信机制部分的挂接。客户方的应用可以使用 API 请求指定服务器提供服务 (其中包括 AI 语言服务器提供的 AI 技术服务)。开发客户方应用的基本程序设计语言是 C 语言；CSE 客户环境提供帮助客户应用请求服务器服务的库函数 (我们称之为 CS-Library/C)；API 是这个库函数的 C 风格的调用界面；CSE 客户环境的设计即为 CS-Library/C 的功能划分和调用界面的设计；其实现即为 CS-Library/C 的实现。

CS-Library/C 的设计需要考虑的第一个问题是如何划分和有效实现特殊数据源无关的通信机制部分。这里特别要处理好网络上的传输开销问题。显然尽可能少的网络传输是提高 CS-Library/C 性能的关键。为此我们采用了“惰性通信 (Lazy Communication)”技术，其核心思想是尽可能推迟通信的时机，直到非通信不可的时候方才上网络传输信息。为此，在 CS-Library/C 实现中引入了用于本地信息缓冲的结构 CS-Structure，用于存放客户向服务器登录的信息或服务请求的信息。相应地，CS-Library/C 的 API 分为两组：网上传输信息的本地加注和启动网络传输两部分。前者用于接受应用中希望传输给服务器的信息 (用字符串表示)，将其记录在 CS-Structure 之中；后者用于将 CS-Structure 中的信息以字符流的形式通过网络传递给服务器。

实现 CS-Library/C 的第二个问题是如何将本地信息加注的 API 中特殊数据源相关的部分与无关部分挂接在一起。以 Horn 子句类型的数据源为例。假设某客户应用需要将一询问“ $?-p(x,y).$ ”值。提交 Prolog 服务器处理，其中的 x, y 取应用的上下文中同名 C 变量的当前值，显然，这里需要将 C 变量 x, y 的值填入“ $?-p(x,y).$ ”后再注入到 CS-Structure 之中。为此 CS-Library/C 提供了一组实现 Prolog 变量与 C 变量联编的 API。在 CS-Library/C 中，特殊数据源相关部分与无关部分挂接的信息接口是 CS-Structure。

2.2 服务环境的设计与实现

实现 CSE 服务环境的关键技术是建立高效统一的服务器通信管理框架，提供与特殊数据服务方挂接的接口。为此，CSE 服务环境引入了三类并发进程：Daemon 进程 (DP)，通信管理进程 (Comp) 和特殊数据服务进程 (Serp)。

Daemon 过程：

- (1) 在一个为所有客户程序所知的公共端口上倾听客户方的通信请求。
- (2) 一旦出现客户的通信请求，则生成专门为该客户服务的通信管理进程 Comp。然后转 (1)。

(a) Daemon 算法描述

Comp 过程：

- (1) 实现与客户的通信连接；
- (2) 读入客户的登录信息，并检查登录合法性。若合法则继续执行，否则终止执行；
- (3) 建立 SVC-Structure，用以实现服务器方网络信息传输的缓冲；
- (4) 检查本组服务器当前的客户数目。如果为 0，则建立消息队列，启动 Serp；
- (5) 当前的客户数目加 1；
- (6) 将客户方的服务请求（关闭请求除外）写入消息队列，或从消息队列中取出处理结果送客户进程；
- (7) 如果收到客户方的关闭请求，则释放与客户之间的网络通信资源；将本组的当前客户数目减 1。如果客户数目为 0，则终止本组的 Serp；终止执行。

(b) Comp 的算法描述

Serp 过程：

- (1) 从消息队列中取出服务请求
- (2) 处理服务请求（这是与特殊数据流处理相关的部分）
- (3) 将处理结果放回消息队列。转 (1)

(c) Serp 的算法描述

图 2 CSE 中三类进程的功能描述

CSE 服务环境一旦启动便有唯一的 DP 存在，它是 CSE 服务环境的总控成份，为每一个请求服务器服务的客户进程建造一个 Comp，用于管理与客户的通信。包括将客户的请求放入消息队列，或从消息队列中取出处理结果传送给客户进程。Serp 由 Comp 启动，它从消息队列中取出客户请求处理，并将处理结果放回消息队列。三类进程的功能描述见图 2。DP 与 Comp 构成了 CSE 服务环境统一的通信管理框架。Comp 与 Serp 之间的消息队列，将二者挂接在一起。从概念上讲，CSE 服务环境中的一个 Server 为 Comp+Serp。同在一组的客户进程共享同一个服务器实质上是共享同一个 Serp，CSE 服务环境为每一个客户进程建立与共享

Serp 通信的独立 Comp。

这种实现机制使每一个客户进程对服务器的服务请求能够得到及时提交，从而实现客户进程与服务器之间的异步通信。图 3 显示了 CSE 中某一时刻，三个客户进程 Clip1、Clip2、Clip3 与

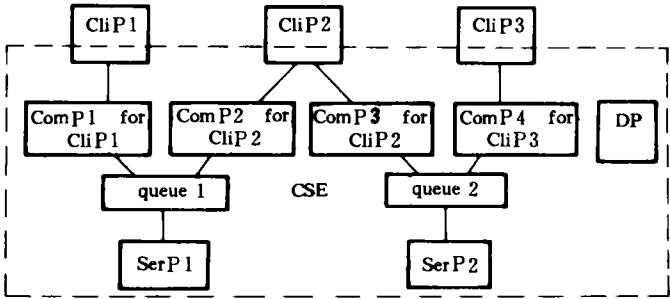


图 3 DP、Comp 和 Serp 的关系

CSE 服务环境中三类进程之间的对应关系。其中 Serp1, Serp2 同为 Clip2 服务, Clip1 与 Clip2 同在一组共享 Serp1, Clip2 和 Clip3 同在一组共享 Serp2。

目前 CSE 的服务环境中已经挂接了 Prolog 服务器和 Clips 服务器, 这两类 AI 语言服务器可以提供逻辑风格的数据处理服务和产生式风格的数据处理服务。

3 CSE 的应用

从应用的角度讲, 建立 CSE 的最终目的是满足在局域网环境下开发部门级“智能化”的信息系统对 AI 技术的应用需求。依据引言所述的 AI 语言的角色变迁, 我们将 Prolog、Clips 等有影响的 AI 语言系统作为服务器集成在 CSE。Prolog 服务器和 Clips 服务器以类似 SQL 服务器的地位和作用为客户应用提供特殊数据源的服务。例如客户应用在必要时可以使用 CSE 提供的 API 获得在 Horn 子句类型的数据源上的演绎信息提取服务, 或产生式规则类型的数据源上进行正向链问题求解服务。以下我们通过三个简单的例子说明 CSE 在资源共享, 信息共享和合作计算等方面已得到应用, 由此可以说明 Client/Server 模式的 AI 语言集成环境的作用。

3.1 资源共享

Prolog 系统的运行开销很大, 以至 PC 机难以支持 Prolog 的有效使用。为此, 我们使用 CSE 的 CS-Library/C 的 API 设计了一个模拟 Prolog 使用的客户程序。在装有 CSE 的计算机网中, 我们只要在其中的客户机中装上这个客户程序, 用户便可透明地使用 Prolog。

3.2 信息共享

该应用以炼钢质量控制问题为背景。在该原型系统中, Prolog 服务器上运行一个如何处理炉前问题的专家系统。在 SQL 服务器中记录所有炼钢物料的各种技术指标。物资供应部门的客户进程将调进物料的技术指标加入数据库。炼钢炉前的每一个客户进程共享 Prolog 服务器上的专家系统和 SQL 服务器上的各种技术数据, 这些客户进程完成与炉前操作人员的交互, 必要时请求 SQL 服务器提供技术数据、或请求 Prolog 服务器提供诊断服务。该系统涉及的问题正是目前企业计算关注的问题。

3.3 合作计算

在 CSE 中, 我们开发了合作型教师一周工作安排系统 Schedule。其中每个客户进程是一个教师的一周工作安排助手, 它主要处理与教师在工作安排上的 I/O: 接受教师最初的工作安排计划, 要求教师调整某日工作安排; 报告一周的工作安排等等, 在 Clips 服务器上有一个 Schedule 专家系统, 它可以根据校系室三级的公共活动和教师的个人工作安排, 为每一位教师提供一个没有冲突的一周工作安排建议。每一个客户进程在进行工作安排时, 可请求该专家系统的服务。由于 Schedule 为每一客户进程提供的建议均是在综合其它客户提交的信息 (如校系公共活动安排信息和合作伙伴工作安排信息) 的基础上形成的, 因此该系统实际构成了合作计算系统。该系统在实现办公自动化方面是很有应用价值的

4 结论

90 年代, 提高信息系统的智能化水平是建立更高性能信息系统的明显趋势^[1]。为此, 将 AI 技术集成到主流信息技术之中显然是一项十分重要的基础性工作。问题的关键是在什么样的技术立足点上实现 AI 技术的集成。我们注意到将传统的商用信息处理问题分解为表现处理逻辑、商务处理逻辑和数据库处理逻辑, 使得 Client/Server 体系结构在信息系统中找到了恰当的位置^[3]。SQL 服务器产品的广泛应用确立了 Client/Server 体系结构在信息系统中的特殊地位。这一过程给了我们启发。我们认为一项 AI 技术在信息处理问题的三个组成部分中所起的作用应是集成此项 AI 技术的根本依据。

基于上述思想方法, 我们采用建立 Prolog 服务器和 Clips 服务器的方法将流行的 AI 语言集成到 CSE 之中, 因为我们注意到两个基本事实:

(1) 未来智能化的信息系统设计不仅需要元组类型的数据处理服务, 而且需要诸如逻辑公式, 产生规则等承诺更多知识信息的数据处理服务。后者是当今成熟的 AI 技术之所长。

(2) 以主流技术为主导的智能化信息系统几乎不大可能用 Prolog、Clips 等 AI 语言作为基本工具开发。而将其作为客户请求相关服务器服务的语言则是非常受人欢迎的。

CSE 的开发和应用已经初步证明了上述 AI 语言集成模式的合理性和实用性。由于我们在 CSE 中将特殊数据源服务相关部分与无关部分分开, 并提供了两个部分挂接的简洁办法, 因此我们还可以在 CSE 中集成其它有用的 AI 技术, 以提供新的数据源处理服务。

但是 Client/Server 模式的局限性也限制了 CSE 中 Prolog 服务器和 Clips 服务器的服务能力。以 3.3 节中的 Schedule 为例, 当一个权限高的工作安排提交给 Schedule 导致某教师的工作日程需要修改时, 最好该 Schedule 能即时通告该教师。但基于客户请求的 Client/Server 模式不支持这种行为。用面向 agent 的模式^[4]建立 Prolog-agent 或 Clip-sagent 可以十分方便地处理上述问题。这正是我们继 CSE 之后开展的 DzCE/AOP 所关注的研究^[5]。

致谢: 感谢王朴教授对本项研究的大力支持。曾荣仁, 李晓东, 程子进, 龚尧堯, 李强等同学在 CSE 的实现和初步使用中做了许多具体工作。在此一并致谢。

参 考 文 献

- 1 Paul Harmon. Why can't AI Make It. Intelligent Software Strategies, 1993, 4 (2)
- 2 W R Stevens. UNIX Network Programming. Perntice Hall Software Series, 1990
- 3 Alex Berson. Client/Server Architecture. McGraw-Hill, Inc. 1992
- 4 王怀民, 陈火旺, 高洪奎. 面向智能主体的程序设计. 计算机学报. 1994, 17 (5)
- 5 H W Wang, P Wang, H K Gao. Decentralized Computing Environment for Agent-Oriented Programming, IFIP Computer Congress'94, August, 1994

CSE: A Client/Server Computing Environment for Integration of AI Languages

Wang Huaimin Gao Hongkui Tang Xinhuai Jia Yan
(Department of Computer Science and Technology)

Abstract

This paper introduces a Client/Server Computing Environment (CSE), in which prolog and Clips are integrated as two type servers, providing services of Logic deduction on Horn clauses and problem solving on production rules, respectively. Client applications can request the services, using API of CSE with Prolog language and Clips Language. The paper describes the motivation for the design of CSE, and discusses the implementation techniques of CSE, especially, the technique of separating general communication framework with data-dependence services. The paper also shows the applications of CSE.

Key words Client/Server Computing, Integrated Environment, AI Language