

智能操作系统 KZ3*

谢立 杜兴 郑宇华 朱根江 孙钟秀

(南京大学计算机科学与技术系 南京 210093)

摘要 本文简要介绍了智能操作系统 KZ3,其主要功能包括大规模并行处理系统中资源管理、友善人机接口、支持知识处理和并行处理能力等.通过一实例,讨论了 KZ3 的实现.

关键词 操作系统,智能.

中图分类号 TP316

智能操作系统是一个新的研究领域.随着大规模并行处理(MPP)及工作站机群(NOW)的发展,传统的操作系统越来越不能适应新的挑战.这种不适应性主要表现在:人机接口不尽友善;资源管理在处理器数目庞大及各种资源数量巨大情况下不能高效工作;系统缺乏对知识处理和并行处理的支持等方面.

为解决上述问题,人们提出了许多新型操作系统.例如:Fleisch^[1]和 Blair^[2]等分别提出了“智能操作系统”和“基于知识的操作系统”,日本的五代机计划则为 PIM 开发了 PIMOS 等,但所有这些系统都是针对某一特定应用领域以解决某一特定的问题,因此缺乏一般性及通用性.

本文提出了一个智能操作系统 KZ3.它是一个提供资源有效管理、良好人机接口和支持知识处理和并行处理的新型操作系统,其功能主要表现在:(1)KZ3 支持知识处理,特别是不确定知识的有效管理;(2)KZ3 可通过其自身学习功能以增强系统能力及改善系统性能.

在智能操作系统 KZ3 的研究中,我们侧重进行了以下几个方面的研究:(1)操作系统知识表示;(2)支持大规模并行处理的基本机制;(3)基于知识的资源管理方法;(4)并行程序设计环境;(5)操作系统对多媒体应用的支持等.

1 系统结构

KZ3 运行于一个基于客户/服务器模型的分布并行处理环境.该环境由智能工作站

* 作者谢立,1942年生,教授,博士生导师,主要研究领域为分布计算,并行处理,先进操作系统.杜兴,1964年生,博士,副教授,主要研究领域为分布式系统,人机交互.郑宇华,女,1967年生,博士,主要研究领域为分布计算,并行处理.朱根江,1960年生,博士,主要研究领域为分布计算,并行处理,自动并行编译.孙钟秀,1936年生,教授,博士生导师,中国科学院院士,主要研究领域为分布计算,先进操作系统.

本文通讯联系人:谢立,南京 210093,南京大学计算机科学与技术系

本文 1996-04-08 收到修改稿

(IW)及智能服务器(IS)通过通信系统互连而组成(图 1)。IW 为系统中基本处理单元,IS 是一组用于复合推理、复杂计算或图象识别等特殊目的的专用并行处理服务器。该环境是一个无共享内存的异构型分布/并行处理系统。它提供 2 层并行性。首先,多个任务可分布于不同的 IW 上并行执行,其次,某些常用的特殊功能可在具有多个处理器的 IS 上并行实现。

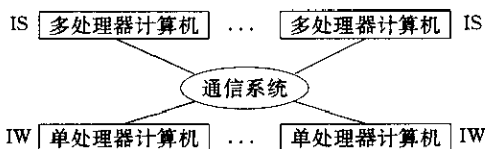


图1

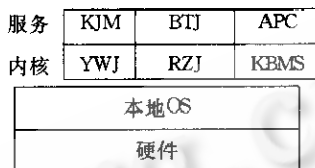


图2

KZ3 主要包括一个有效的处理器调度器;一个易于使用的用户接口系统;一个支持 Prolog 程序并行执行的并行推理机制和一个 C++ 自动并行编译器。调度器和用户接口均是以知识处理及推理为基础,为提高其性能,我们设计了并行推理机制,它可自动开发知识处理和推理中的并行性并支持其并行执行。该机制不仅可服务于 KZ3 内部需求,同时亦可满足用户应用系统有关要求。通信系统主要提供不同计算机或处理器之间通信的一个统一的一致通信接口。

从软件结构角度而言,KZ3 采用微内核结构(图 2)。它由一个内核及一组用户态的服务(utilities)组成。内核和服务都是基于知识处理。目前,KZ3 的内核主要包含以下功能及服务:

- 异构的网络通信功能 YWJ
- 知识库管理系统 KBMS
- 基于 Prolog 的并行推理机制 BTJ
- 智能的实时分布式任务调度 RZJ
- 用户接口 KJM
- C++ 自动并行编译系统 NUAPC

这些操作系统的服务可与用户应用系统的组成部分任意组合连接,从而可使应用系统与操作系统紧密集成以达到充分发挥操作系统能力的目的。另外,服务系统亦是可扩充的,新的服务,例如,多媒体处理服务,可以在需要时方便地加入。KZ3 的核心之一为知识,目前,在 KZ3 中我们实现了一个简单的知识管理系统 KBMS。

2 系统概述

KZ3 主要由一个接口系统、一个任务调度器、一个并行推理机制和一个自动并行编译器组成。下面,我们简要介绍一下这几部分。

2.1 开放模型人机接口 KJM

人机接口是智能操作系统的一个重要组成部分。在 KZ3 接口的研究设计过程中,我们针对人机交互的一般特点,提出了一个人机接口开放模型^[3],并以此为基础,实现了 KZ3 的人机接口部分 KJM。

开放模型首先根据人的表达习惯,将人机接口软件划分为 5 层:输入介质层、概念层、语法/语义层、领域层和方式/风格层。其中输入介质层负责管理各种输入设备,并接收用户在这些设备上的动作;概念层将用户动作抽象成一组表达其含义的概念;语法/语义层则粗略分析理解这组概念的含义;在应用领域有关知识的帮助下,领域层实现对含义的精确理解;在此基础上,方式/风格层据应用的要求,最后提交应用执行。

在接口分层的基础上,开放模型采用知识作为描述各层功能的手段,各层的功能由其对应的知识表示,知识的修改即意味着接口的变化.知识作为接口开发和维护的基础,从而大大方便了接口的开发.采用分层及知识表示的开放模型接口,较好地将各种现有交互方式,如命令语言、菜单、直接操纵、自然语言等有机地结合在一起,极大地方便了用户的使用.KJM 即具有将上述几种交互方式混用的功能.知识表示方法又使接口的开发较好地与应用本身分离,增加了接口系统的可重用性,提高了开发效率.

2.2 智能实时分布式任务调度系统 RZJ

任务调度是操作系统的核心之一.传统的分布式系统任务调度,已不能适应大规模并行处理的需要,其原因主要在于:系统信息不能及时获得;调度系统不能得到所有有关调度的全局状态信息;调度算法的性能取决于任务通信结构与硬件配置的是否一致等.为解决上述问题,我们在 KZ3 中,采用一种基于知识的方法构造了一个智能的分布式系统任务调度系统 RZJ.它利用不确定的全局系统状态,不完全的任务知识等不确定信息,产生一组可用调度,并对之进行评价优选,最后实施.系统中的状态信息主要通过观察及推理学习得到,并在确保具有一定可信度后由调度系统使用.

RZJ 中有 2 类知识:对象知识和调度规则.系统中每一组成部分均有一对象知识加以刻画.它由不变和可变 2 部分知识组成.对象之间关系由一系统信度网络描述.

调度规则是基于现有的操作系统有关调度的知识设计者的有关经验常识等.它以

$$C \rightarrow A(B)$$

形式出现,其中 C 表示条件,A 为动作或结论,B 是 A 与条件 C 之间的最大成立可信度.

RZJ 中所有知识均是由一种类似规则的、基于 Dempster-Shafer 证据理论^[4]的语言加以表示.

RZJ 由全局状态管理器、全局调度器、局部调度器及知识库几部分组成.全局状态管理器观察系统的行为,形成关于系统的假设,最后求精确认假设为有关知识,在此基础上,全局调度器和局部调度器产生、评估、优化,最后得到一个可接收的调度方法.如该方法与其它调度器产生的方法相矛盾,则它们之间通过协商加以解决.在优化时,RZJ 采用了一种缆车爬山法,大大提高了系统的性能.

2.3 并行推理机制 BTJ

传统的逻辑程序并行方法主要侧重研究“或”并行和独立“与”并行^[5,6],而相关“与”并行的开发显得十分困难,因此是一个难点.KZ3 中的并行推理机制 BTJ 不仅支持“或”并行、独立“与”并行,同时也支持相关“与”并行的开发,并提供环境以支持其动态执行.

在分解控制中,BTJ 采用执行图表达式 EGE 和并行执行树 PET2 种方法和一种基于生产者—消费者问题的同步机制实现共享变量和联结(binding),从而避免产生不一致的结果.

BTJ 由预编译器、粒度控制器、分解器、接收器和调度器几部分组成.在 BTJ 中,一逻辑程序首先在编译时刻由预编译器将它转换为 EGE 形式.分解器负责将目标分解为若干子目标并形成 PET.粒度控制器分析每一子目标的粒度,若粒度较大,则通知分解器进一步对此目标进行分解,反之则通知分解器停止分解.调度器将各子目标分配到相应处理器上并行执行,子目标结果由接收器加以收集并复合形成总的结果返回用户.

2.4 自动并行编译器 NUAPC

自动并行编译,即将串行程序自动编译为可并行执行的代码,是一项十分有意义的研究工作.目前,这方面研究成果主要集中在数据并行性,如循环并行等较小粒度并行性分析方面. APC 的目标在于实现一个串行 C++ 程序的自动并行编译器,以达到识别对象间和对象内并行性;提供并行执行运行时刻支撑;研究新型数据依赖分析方法等目的.从而开发 C++ 程序中中、大粒度并行性.

APC 在传统的区域依赖分析法 DAD^[7] 的基础上,提出了一种非正规区域(NRS)分析法.它较好地将数组引用中区域表示精确表示和目前区域分析技术的高效依赖检测结合在一起,并避免了 DAD 等方法中在并行性检测过程中偏于保守的问题.

在运行时刻支撑研究中,我们发现 Rollback 是一种较常用于分布式离散事件模拟的方法.它虽然十分有用,但在冲突发生时回退代价太高. APC 运行时模型设计充分利用编译时刻及运行时刻获得的各种信息,努力将回退减为量少.

3 实例研究

在如图 3 所示的实验平台上,我们实现了 KZ3 的原型系统.在实验平台中, IW 可以是 SUN 工作站或 486 机,一台 PC 机作为 IS,其上安插了一具有 9 个 transputer 的并行处理模块,用以提高并行处理能力. SunNet 网、以太网、transputer net 网互连形成一个异构型网络系统以提供 IS 和 IW 之间的通信支持.

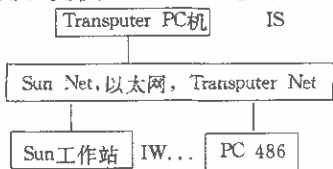


图3

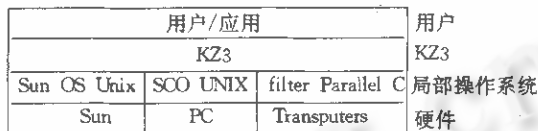


图4

KJM 是一用户接口,通过这一接口,用户可用命令语言、菜单、直接操纵或简单的中文直接向系统发布命令,当用户提交他的一个应用系统以执行时, KJM 直接将其交给调度器 RZJ, RZJ 将它分配到合适的 IW 上. 应用系统中用 Prolog 书写的部分可由 RZJ 自动送到并行推理机制 BTJ 所在的 IS,并在 BTJ 支持下自动并行执行.若系统使用 C++ 编程,则 APC 首先工作以自动开发其中的并行性.网络系统 YWJ 支持系统中的点点通信并提供网络文件共享服务.系统实现的软件环境如图 4 所示, SUN 工作站上运行的局部操作系统为 Sun OS 3.5, 4.01 和 4.11. 在 PC 机上, SCO UNIX 为其操作系统. transputer 系统上无操作系统,只有一程序设计语言环境 Parallel C 和一输入/出管理者 filter. KZ3 在此基础上实现以补充原有的局部操作系统来提供用户更方便的服务.

为评估 KZ3 的功能及可用性,我们在 KZ3 支持下,开发并运行了一个多边形识别系统.这是一个基于知识的分布式应用系统.它具有以下功能:从图象中识别多边形;重画识别出的多边形;对多边形进行如移动、旋转等操作;多边形分类(长方形、菱形、正方形等).

整个应用系统由如下部分组成:

- (1) 一个用 C++ 书写的多边形识别任务
- (2) 一个用 C++ 书写的多边形重画任务

(3) 一个用 C++ 书写的多边形操作任务

(4) 一个用 Prolog 书写的多边形分类任务

当上述应用系统提交给 KZ3 后,在发现应用的一部分是由 C++ 编程时,APC 被激活以自动开发在这些 C++ 程序中的并行性.在此基础上,RZJ 进行任务调度,并将(4)分配到 transputer 所在的 PC 机,由 BTJ 支持其并行执行.KJM 可使用户用命令、菜单、直接操纵或简单中文来操作多边形.

4 结 论

本文简要地介绍了智能操作系统 KZ3 的设计和实现.研究智能操作系统的目的之一在于在操作系统的资源管理、用户接口、作业控制等方面使用人工智能技术以解决由于超大规模并行处理等而引发的新的问题,KZ3 试图从智能人机交互、智能任务调度、并行推理和并行编译等几个方面解决问题,并取得了一定的进展.目前,我们正在开发一个基于分布共享内存的智能存储管理器,它将作为 KZ3 内核的一部分提供内存管理服务.另外,一个多媒体处理子服务正在开发之中.

参考文献

- 1 Fleisch B D. Operating systems: a perspective on future trends. *ACM Operating System Review*, April 1983, 17 (2): 14~17.
- 2 Blair G S. A knowledge-based operating system. *Computer Journal*, 1987, 30(3): 193~200.
- 3 杜兴,谢立,孙钟秀.基于知识的人机接口开放模型. *中国科学(A 辑)*, 1993.
- 4 Shafer G A. *Mathematical theory of evidence*. Princeton University Press, 1976.
- 5 Hermenegildo M V, Greene K J. Prolog and its performance: exploiting independent and parallelism. In *Proceedings of the 7th International Conference on Logic Programming*, 1990. 263~268.
- 6 Khayri A, Ali M, Karlsson R. The muse OR-parallel prolog model and its performance. In *Proceedings of the North American Conference on Logical Programming*, MIT Press, Oct. 1990. 757~776.
- 7 Banerjee U. *Dependence analysis for supercomputing*. Kluwer Academic Publishers, Boston, Ma, 1988.

INTELLIGENT OPERATING SYSTEM KZ3

XIE Li DU Xing ZHENG Yuhua ZHU Genjiang SUN Zhongxiu

(Department of Computer Science and Technology Nanjing University Nanjing 210093)

Abstract This paper proposes an intelligent operating system, KZ3. The main functions of the system are to manage the resources of massively parallel computing systems, to provide a friendly human computer interface, and control the execution of programs based on knowledge processing and parallel processing. A knowledge based demonstrative example is also described in the paper to show how KZ3 works.

Key words Operating system, intelligence.

Class number TP316