



JavaPIE: 在Internet上延伸并行编程交互环境研究

俞一峻 王琦 施武 臧斌宇 朱传琪

摘要 JavaPIE是并行程序设计交互环境在Internet上的延伸,其设计目标是借助并行程序设计交互环境ParaPIE和自动并行化编译工具AFT的底层支持,通过Java实现的交互工具达到更理想的移植性、开放性和及时共享性.它将并行化编译方法、程序语义分析技术、交互信息可视化工具、实验分析脚本文档有机地结合在一起,并在Internet上延伸出来,为蓬勃地开展并行程序设计交互环境的国际化合作研究开辟了广阔的前景.文中介绍了JavaPIE系统的实现原理和应用原型,希望对从事程序设计环境研究的同仁有所借鉴.

关键词 Internet, Java, 并行编程交互环境

中图法分类号 TP393

JAVAPIE: AN INTERNET RESEARCH EXTENSION OF PARAPIE

YU Yi-Jun, WANG Qi, SHI Wu, ZANG Bin-Yu, and ZHU Chuan-Qi

(Institute of Parallel Processing, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract JavaPIE extends the research on parallel programming environment through Internet, aiming to become more portable, open and sharable. Supported by the functions of parallel programming environment (ParaPIE, PEFPT, etc.) and automatic parallelizing compilers (AFT, Agassiz, etc.), the interactive tools implemented in Java integrate the parallelizing compiling methods, program semantics analytic techniques, interactive information visualizing tools, and testing scenario documents into a coherent webinfo site accessible in the Internet. The perspective of internationally cooperative research is coming closer to us. Here discussed are the implementation and application of the JavaPIE prototypes.

Key words Internet, Java, parallel programming environment

1 背景

通过对串行源程序进行各种分析,并行化编译能利用存在于这些程序中的潜在并行性,把串行程序自动转换成对应的并行形式,使在并行机上继承已有串行程序成为可能.作为连接并行计算机与应用程序之间的桥梁,并行化编译必然成为并行计算机上不可缺少的系统软件.目前国际上技术领先的自动并行化系统SUIF^[1], FPT^[2]和复旦大学开发的AFT^[3]等对部分Fortran程序的并行化已经取得了一定效果.基于AFT的成功经验,我们同明尼苏达大学^①合作正在建设的并行程序编译研究平台Agassiz更注重对C和Fortran的各种并行化和优化技术开展国际合作研究.

自动并行化编译技术尽管对于许多情形都很有效,但是如果不能证明其并行执行能导致与串行执行相同的结果,编译器就只能产生串行代码,所以仍然存在许多场合不能运用自动并行化编译技术,这时就需要借助程序员交互干预.由于并行化编译器对绝大多数较简单的情况自动利用并行性,节省了程序员大量时间,程序员反过来只要集中注意那些更复杂的情况来进一步提高目标程序的性能.为此,国际上开展了对并行编程交互环境和交互编程工具的研究,如ParaScope^[4],我们与Gent大学^②合作开发的PEFPT^[5~8]和复旦大学独立开发的ParaPIE等等^[9, 10].

序分析环境, ParaPIE/PEFPT的实践活动取得了很好的应用效果,例如对于3个被公认为难以并行化的SPEC95测试程序,通过ParaPIE/PEFPT交互分析找出了影响并行化的症结,取得了一定的并行化结

果 [10, 11]. 但是同理想中的实用并行化编译技术研究开放平台相比, PEFPT/ParaPIE在以下几个方面尚存在一定的差距:

- (1) 缺乏充分的软件移植性、伸缩性和开放性;
- (2) 信息文档组织欠缺与松散;
- (3) 不能及时更新以满足需求变化, 跟不上合作研究共享技术的需要.

为了达到更理想的移植性、开放性、及时共享性, 我们在Internet上设计了一个编程环境

JavaPIE(Java parallel programming Internet environment), 利用Internet上的Java语言 [12] 实现部分交互功能, 并将这些功能有机地延伸出来, 为蓬勃地开展并行编程交互环境国际化合作研究开辟广阔的前景. 本文介绍正在开发中的JavaPIE系统的实现原理和应用原型, 希望对从事编程环境研究的同仁有所借鉴.

2 JavaPIE实现原理

JavaPIE的目标是利用Internet更好地开展并行编程交互环境的国际合作研究, 因此如何将Internet的网络资源同ParaPIE的交互功能相结合, 对不同层次和耦合度的合作研究项目组提供安全可靠而又及时的信息交流, 是设计JavaPIE时必须考虑的决定性因素.

从JavaPIE的系统结构(图1)可以看到JavaPIE与ParaPIE的继承调用关系. 由于JavaPIE克服了依赖程序内部表示的固有缺陷, 所以能够方便地融合不同并行化编译工具和并行编程环境的功能, 并且通过HTML有效地组织文档描述实验过程和结果, 为同行交流程序并行化研究的心得提供了共同的平台. JavaGraph, JavaChart, JavaTable, JavaIter3D, JavaTransformer等工具都使用Java Applet实现并嵌入到HTML页中. 统计图、扩展表格、以及菜单式交互程序设计可以借鉴比较一般的Java应用接口工具包awt加以实现, 这里不加赘述. 对于JavaGraph, 由于过程调用图、语句相关图、数据相关图等是程序语义信息的可视化图形显示的重要功能, 所以必须设计一个能够清楚显示带圈有向图的图形布局算法, 并允许用户交互拖曳调整图形布局, 以达到直观、直接显示程序语义信息的目标, 而JavaIter3D的实现需要定义更多的Java用户类, 详细实现参见文献 [10].

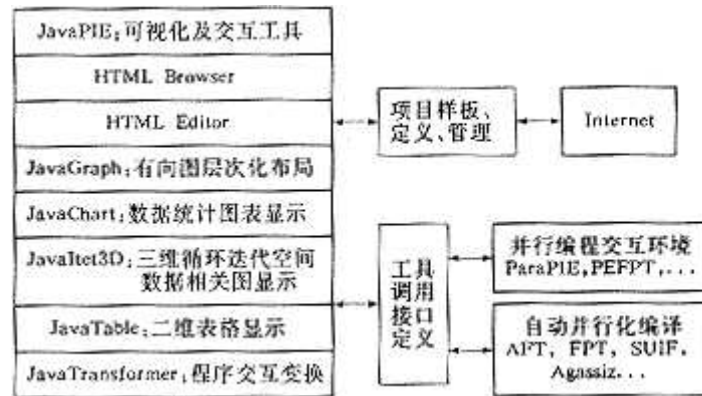
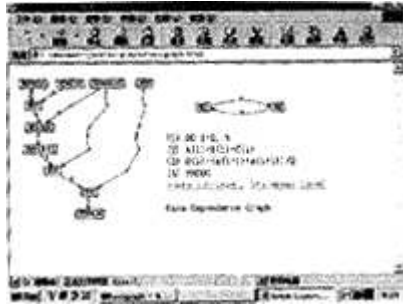


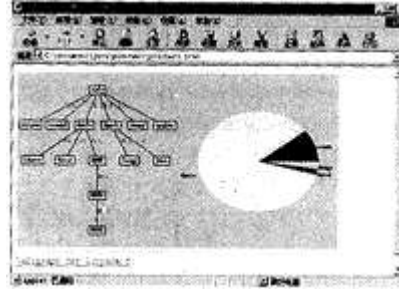
图1 JavaPIE的系统结构

3 JavaPIE应用原型

下面介绍JavaPIE应用的3个原型, 一个是结合程序过程及循环计算量分析的过程调用\|循环嵌套图显示JavaProfile (JavaGraph+JavaChart) (图2(a)), 一个是操作级和语句级数据相关图显示JavaSCLayout (JavaGraph+JavaGraph) (图2(b)), 最后一个是三维循环迭代空间数据相关图显示JavaIter3D (图3).

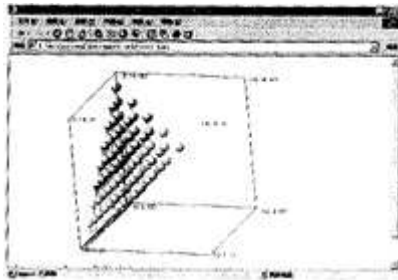


(a) JavaProfil

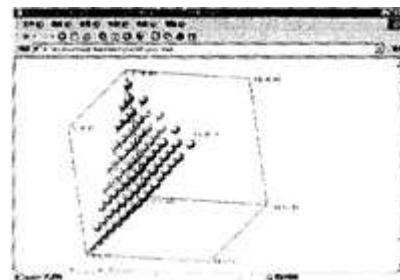


(b) JavaSCCLayout

图2 JavaPIE的工具原型



(a) 首次调度



(b) 下一次调度

图3 JavaIter 3D工具的应用

(1) 从Linpack.f测试程序得到的程序计算量数据反映在JavaGraph过程调用图的调用边上,表示子过程或嵌套子循环执行时间占上一级过程或循环执行时间的百分比,通过单击分层调用图的不同结点,在JavaChart中立即刷新统计饼图以反映新的整体\|局部调用关系.此外,由于JavaGraph支持对强连通图的处理(强连通分支结点布局在同一水平层中),所以不仅可以显示Fortran77的非递归过程调用图,也可以显示C或Fortran90的递归过程调用图.

(2) 再看下面例子:

- ① DO I=2, N
- ② A(i)=B(i)+C(i)
- ③ D(i)=(A(i-1)+A(i+1))/2
- ④ ENDDO

如果分析语句级数据相关图,则会显示流相关 $S_2^f \rightarrow S_3$ 和反相关 $S_2^a \rightarrow S_3$ 构成一个圈,而通过观察操作级数据相关图,则发现反相关 $S_2^a \rightarrow S_3$ 并不引起相关圈.

(3) JavaIter3D显示下列3重循环程序的三维循环迭代空间数据相关图:

```

DO 10 i1=1, 100
  DO 10 i2=i1, 100
    DO 10 i3=i1+i2, 200
      10 a(i1+1, i2+3, i3+2)=a(i1, i2+1, i3+5)+a(i1+1, i2, i3)
    
```

选取 $\langle i1, i2, i3 \rangle$ 的子空间 $\langle 1:10, 1:10, 1:10 \rangle$ 加以观察,圆球表示观察范围内的循环迭代点,黑球(cold)表示迭代空间中尚未执行的迭代,红球(hot)表示迭代空间中当前调度可并行执行的迭代点.存在跨循环相关边的两个循环迭代显然不能在同一次调度下并行执行,如图3(a)和3(b).通过实现模拟并行调度,我们发现有一些循环迭代可以并行执行.我们进一步通过JavaIter3D显示么模变换后循环的迭代相关图,验证了么模并行化变换的正确性,这种对多重循环么模并行化的方法参见文献 [10].

在过去短短的几年中,我们同国际合作伙伴的信息交流已经从代价高昂的人员互访,软盘或磁

带携带数据的脱机方式改变成通过Email交流信息、通过FTP传递数据、通过HTTP建立交互媒介的联机方式.与此同时, ParaPIE系统也日见成熟,通过Java在Internet上的扩展,我们已经同国内外的研究伙伴建立了更为密切的联系.

- ① 美国明尼苏达大学计算机系主页: <http://www.cs.umn.edu>
- ② 比利时皇家根特大学的电子工程系主页: <http://www.elis.rug.ac.be>作为有效的并行程

原稿收到日期: 1998-03-17; 修改稿收到日期: 1998-08-15. 本课题部分得到国家自然科学基金(项目编号 69633030)、国家“八六三”高技术计划(项目编号 863-306-01-01-1)、欧盟ITDC-164合作项目、上海市重点学科基金及学科带头人基金和博士点基金资助. 俞一峻, 男, 1972年生, 博士, 主要研究方向是并行程序设计环境和并行化编译. 王琦, 男, 1969年生, 讲师, 主要研究方向是并行程序设计环境. 施武, 男, 1971年生, 助教, 硕士, 主要研究方向是并行程序设计环境. 臧斌宇, 1965年生, 副教授, 硕士, 主要研究方向是并行化编译. 朱传琪, 男, 1942年生, 教授, 博士生导师, 复旦大学并行处理研究所所长, 上海市十大科技精英, 学科带头人, 主要研究方向是并行处理.

作者单位: 复旦大学并行处理研究所 上海 200433

参考文献

- [1] Stanford Compiler Group. The SUIF parallelizing compiler guide. <http://suif.stanford.edu>, 1993
- [2] Zhang F B. The FPT programming environment [Ph D dissertation]. University of Gent, Bel, 1996
- [3] 朱传琪, 臧斌宇, 陈彤. 自动并行化工具AFT. 软件学报, 1996, 7(3):180~186
(Zhu Chuanqi, Zang Binyu, Chen Tong. AFT: An automatic parallelizer. Journal of Software(in Chinese), 1996, 7(3):180~186)
- [4] Cooper K et al. The ParaScope parallel programming environment. Proc of the IEEE, 1993, 81(2):244~263
- [5] D Hollander E H. Partitioning and labeling of loops by unimodular transformations. IEEE Trans on Parallel and Distributed Systems, 1992, 3(4):465~476
- [6] Yu Y, Wang Q, Zhu C Q. The design of a parallel programming environment for FPT, In: D Hollander ed. Proc of Topic in Knowledge and Information Technology. Gent, Belgium, 1996. 69~80
- [7] Wang Q, Yu Y, D Hollander E H. Interactive programming using PEFPT. In: Proc of Seminar Parallel Computing: Software, Architecture and Operating Systems. Delft, Holland, 1996. 123~129
- [8] Wang Q, Yu Y, D'Hollander E H. Visualizing the iteration space in PEFPT. In: Proc of High Performance Computing and Network Int'l Conf and Exhibition. Viena, Austria, 1997. 908~915
- [9] 施武, 朱传琪. 程序最大潜在并行性分析的实现. 计算机工程, 1996, 18(2):9~15
(Shi Wu, Zhu Chuanqi. An implementation of program maximum potential parallelism analyzer. Journal of Computer Engineering(in Chinese), 1996, 18(2): 9~15)
- [10] 俞一峻. 并行程序设计交互环境 [博士论文]. 复旦大学并行处理研究所, 上海, 1998
(Yu Yijun. The parallel programming interactive environment [Ph D dissertation] (in Chinese). The Institute of Parallel Processing, Fudan University, Shanghai, 1998)
- [11] Reilly J. A brief introduction to the SPEC cpu95 benchmarks. <http://www.specbench.org>, 1995
- [12] SUN Microsystem Corp. Java API Document. <http://www.sun.com/java>, 1996