第30卷 第23期 计 算 机 工 程 2004年12月
Vol.30 №23 Computer Engineering December 2004

·安全技术· 文章编号：1000—3428(2004)23 —0093—03 文献标识码：A 中图分类号：TP 393

超线程及其实现技术分析

金惠芳
（华东政法学院信息技术中心，上海 200042）

摘 要：介绍了进程、线程和多线程的基本概念，详细分析了超线程的工作原理以及实现超线程所需的条件，分析了超线程技术的优缺点，给出了一个超线程技术的应用实例。

关键词：进程；线程；多线程；超线程

Analysis of Hyper-threading and Its Implementation Technology

JIN Huifang
(Center of Information Technology, East China University of Politics and Law, Shanghai 200042)

【Abstract】Firstly, the basic concepts of process, thread and multithread are presented. Secondly, the work principle of hyper-threading and the condition of implementing hyper-threading are analyzed detailedly. Then, the advantage and disadvantage of hyper-threading technology are analyzed. Finally, an application example of hyper-threading technology is presented.

【Key words】Process；Thread；Multithread；Hyper-threading

1 进程、线程和多线程

进程由进程控制块 (Process Control Block，PCB)、程序、数据集合组成，它是一个内核级的实体。在OS中，进程的引入改善了资源利用率，提高了系统的吞吐量。但在进一步提高进程的并发性时，人们发现进程切换开销占的比重越来越大，同时进程间通信的效率也受到限制。引入线程正是为了简化进程间的通信，以小的开销来提高进程内的并发度。线程是比进程更小的执行单位。线程是一个动态的对象，它是处理器调度的基本单位，表示进程中的一个控制点，执行一系列的指令。线程是一个进程在其执行的过程中，可以产生多个线程，形成多条执行线索，这些线索就称为线程。每个线程有它的产生、存在和消亡过程，这些是线程的动态概念。众所周知，每个进程都有一块专用的内存区域。线程则不同，线程间可以共享同一内存单元，并利用其共享单元实现数据的交换、实时通信和必要的同步操作。进程与线程的关系如图1所示。

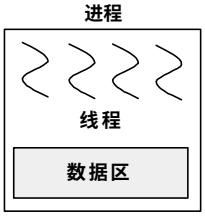

图1 进程与线程关系图

由于进程和线程密切相关，因此有必要比较一下进程与线程的差异(见图2)。可从以下3个角度来比较进程和线程的不同。(1)地址空间资源：不同进程的地址空间是相互独立的，而同一进程的各线程共享同一地址空间。一个进程中的线程在另一个进程中是不可见的。(2)通信关系：进程间通信必须使用操作系统提供的进程间通信机制，而同一进程中的各线程间可以通过直接读写进程数据段(如全局变量)来进行通信。当然同一进程中各线程间的通信也需要同步和互斥手段的辅助，以保证数据的一致性。(3)调度切换：同一进程中的线程上下文切换比进程上下文切换要快得多。

在单线程的应用程序中。进程中的所有资源都由一个线程来使用。而在多线程的应用程序中，进程中的多个线程共同存在于进程的虚拟地址空间中，它们共享进程的所有资源。多线程是指操作系统支持一个进程中执行多个线程的能力。采用多线程一般主要有两个主要目的：一是为了应付各种并发性问题，二是为了加快任务处理的速度。二者从表面上是类似的，但实际上前者是被动的，后者是主动的。一个多线程的进程可以利用线程来管理相互独立的工作，包括用户界面、执行大量运算等。

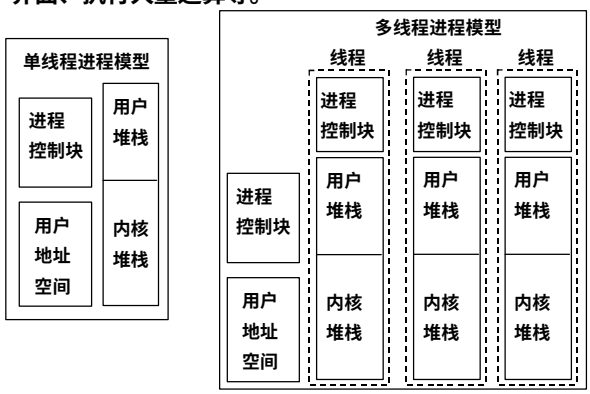

图2 进程与线程的比较

当今的处理器发展普遍向着提高处理器指令平铺速率的方向迈进，但由于所使用的处理器资源会有冲突，因此性能提升的效果并不理想。而通过超线程(Hyper-threading，HT)技术，在一枚处理器上整合两个逻辑处理器(注：是处理器而不是运算单元)单元，使得具有这种技术的新型CPU具有能同时执行多个线程的能力，而这是现有其它微处理器都不能做到的。

2 超线程技术

CPU性能的提升，可以有多种不同的方法。其中受到广泛认可的方法就是通过加快时钟速率来提升性能。更高的时钟频率可以使处理器每秒执行更多指令，从而增强性能。但提高时钟速率只是提升性能的众多方法之一。另一种方法是充分利用处理器资源，使其能够在每个时钟周期内完成更多工作。为了提高性能，微体系结构采用了超级流水线、分支

作者简介：金惠芳(1950－)，女，讲师，主研方向：网络应用，Linux
收稿日期：2004-03-04 E-mail: jinhuifang@ecupl.edu.cn

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

预测和超标量执行技术。同样，容量更大的高速缓存通过提供对常用数据或指令更快的访问并保持处理器内核高效工作，从而提高了性能。超线程技术与第2种方法非常类似。它专门针对现代企业的运营流程和应用与操作系统的编写方式量身定做，可显著提高性能，从而成了英特尔处理器技术设计历程中的重要里程碑。

2.1 超线程工作原理

超线程技术是一种同步多线程(Simultaneous Multi-threading, SMT)技术，它的原理很简单，就是把一颗处理器当成两颗来用，将一颗具有超线程功能的“实体”处理器变成两个“逻辑”处理器，而逻辑处理器对于操作系统来说跟实体处理器并没什么两样，因此操作系统会把工作分派给这“两颗”处理器去执行，让多种应用程序或单一应用程序的多个线程，能够同时在同一颗处理器上执行。简而言之，实质上就是榨取CPU的潜能，过去在CPU的运行周期里常常有很多空闲的时间片段，通过优化可以大大提高这些空闲时间的利用率，让CPU在单个时钟周期里执行更多的指令。超线程技术的核心理念是“并行度(Parallelism)”，也就是提高命令执行的并行度、提高每个时钟的效率。

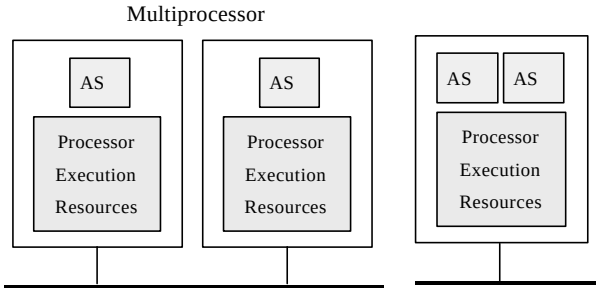

图3　超线程技术示意图

超线程是如何工作的呢？超线程的做法是复制一颗处理器的架构指挥中心(Architectural State)变成两个，使得Windows操作系统认为是在与两颗处理器沟通，但这两个架构指挥中心共享该处理器的工作资源(Execution Resources)。架构指挥中心追踪每个程序或线程的执行状况；工作资源指的则是“处理器用来进行加、乘、加载等工作的单元(Execution Unit)”。如此一来，操作系统把工作线程安排好以后，就分派给这两个逻辑上的处理器执行，而这颗CPU的每个执行单元等于在同样的时间内要服务两个“指令处理中心”，当然它的效率就高多了，操作系统就把一颗实体的处理器认定为两个逻辑处理器作工作指派，当然整体工作效能就比没有具备Hyper-threading的处理器高出许多，性价比自然高出许多。

图3中，左边的组态代表具有两个分离的实体处理器的传统多重处理器系统。每个处理器都有一组属于自己的处理器执行资源以及结构状态。右边的组态表示使用Intel Xeon处理器家族的多重处理器系统，每个服务器都具有超线程(Hyper-threading)技术。如图3所示，各处理器的结构状态将被复制，但每个结构状态仍拥有一组执行资源。在排定线程处理顺序时，操作系统会将两个不同的结构状态视为两个分离的“逻辑”处理器。

具有多重处理器功能的软件应用程序不需要经过修改，就可以使用两倍的逻辑处理器。每个逻辑处理器都可独立响应中断。第1个逻辑处理器可追踪一个软件线程、而同时第2个处理器也可追踪另一个软件线程。由于两个线程共享同一组执行资源，因此若一个线程正在执行中，第2个线程将会暂时闲置。这种方式的结果是每个实体处理器中的执行资源使用率将会提升。

超线程技术增强了Intel NetBurst微体系结构，允许在一个含超线程技术的Intel P4处理器中独立和并行运行两个线程。支持超线程技术的操作系统(如Microsoft Windows XP Professional)可将一个物理P4处理器“视作”两个虚拟或逻辑处理器，并为每个虚拟处理器分配一个线程进行处理。该处理器在两个逻辑处理器间分配执行资源，包括高速缓存、执行单元和总线等。通过充分利用那些闲置资源，含超线程技术的P4处理器显著提高了总体系统性能。

2.2 超线程与多线程

事实上，所有现代的操作系统(如Microsoft Windows和Linux)将它们的运算处理任务分为进程和线程，这些进程和线程可被独立地调度和分派给CPU进行运算处理。许多高性能应用诸如数据库处理引擎、科学计算程序、工程工作站工具、多媒体应用和大型图像处理、网络游戏中的部分运算处理过程，使用CPU内的同一部分运算资源进行运算处理。为了提高CPU的运算处理性能，软件开发者将这些程序设计成可以在双CPU(dual-processor, DP)或多CPU(multiprocessor, MP)环境下运行。进程和线程可以在好几个物理CPU中被调度和分派。超线程技术实质上是一种同步多线程技术。对于多线程应用，来源于几个不同线程的指令可被几个CPU同时处理。而对于拥有超线程技术的CPU，一个CPU可以同时执行处理两个线程。超线程技术通过无序调度让CPU中的那些运算功能单元在每个一个运行周期中尽可能多地处于工作状态。过去，一个处理器(CPU)每次只能处理一个线程，因此许多高级的服务器使用了双处理器的设计来同时处理多个线程，从而提升系统的整体性能。

2.3 实现超线程功能的必要条件

实际上，并不是采用了超线程技术，就一定能使得系统效能大幅提升。要实现超线程并不是那么简单的事情，需要以下5个方面的支持才行。

(1)CPU支持：目前正式支持超线程技术的CPU有Pentium4 3.06 GHz、2.40C、2.60C、2.80C、3.0 GHz、3.2 GHz以及Prescott (Pentium5)处理器，还有部分型号的Xeon。

(2)主板芯片组支持：正式支持超线程技术的主板芯片组的主要型号包括Intel的875P，E7205，850E，865PE/G/P，845PE/GE/GV，845G(B-stepping)，845E。875P，E7205，865PE/G/P，845PE/GE/GV芯片组均可正常支持超线程技术的使用，而早先的845E以及850E芯片组只要升级BIOS就可以解决支持的问题。SIS方面有SiS645DX(B版)、SiS648(B版)、SIS655、SIS658、SIS648FX。VIA方面有P4X400A、PT800。

(3)主板BIOS支持：主板厂商必须在BIOS中开放这项功能才行。含超线程技术的P4处理器系统改变了平台BIOS，从而使系统可以识别出逻辑处理器。在系统启动过程中，BIOS会统计和记录系统中可用逻辑处理器的数量，并将这一信息记录在P4处理器的高级配置与电源接口 (ACPI)表中。操作系统随之即可按照该表为逻辑处理器调度线程。

(4)操作系统支持：Microsoft Windows XP Professional和特定版本的Linux针对超线程(HT)技术进行了专门优化。Intel建议不要在其它操作系统中使用超线程技术。在Windows XP Professional中，操作系统使用CPUID指令机制来识别支持超线程技术的微处理器。Windows XP Professional授权模型可支持超线程技术，准许用于两个物理处理器或总共4个(物理和逻辑)处理器。Intel建议客户为

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Microsoft Windows XP Professional选择服务包1。特定版本的Linux操作系统针对超线程技术进行了优化，如RedHat* Linux 9 (Professional和Personal版本)、RedFlag* Linux Desktop 4.0和SuSe* Linux 8.2(Professional和Personal 版本)。

(5)应用软件支持：就目前的软件现状来说，支持双处理器技术的软件毕竟还在少数。对于大多数软件来说，目前由于设计的原理不同，还并不能从超线程技术上得到直接的好处。在多线程环境中，超线程技术无须修改代码即可大幅度提高当前软件性能。一般来说，支持多线程的软件也就支持超线程，但是实际上这样的软件并不多，而且偏向于图形(如著名的图形处理软件3Dmax、Maya)、视频处理等专业软件方面，游戏软件极少有支持的。应用软件有Office 2000、Office XP等。另Linux kernel 2.4.x以后的版本也支持超线程技术。

2.4 超线程技术的优点与缺点

(1) 超线程技术的优点

1)超线程在Web服务、SQL数据库等很多服务器领域的应用中表现优异；

2)主流的桌面芯片组基本都已可以支持超线程，无须额外的花费；

3)Windows XP已经针对其作出优化，在运行多个不支持多线程的程序时，性能也可能会获得提高。即便带来损失，也会显得比较轻微；

4)在某些支持多线程的软件应用上能够得到30%左右的性能提升，如3Dsmax、Maya、Office、Photoshop等。Intel甚至在一项测试中取得了90%的提高；

5)通过扩大应对高峰负载的性能空间为用户带来增值 优势；

6)为IT部门提供灵活性，使其能够在更加安全、可靠和可管理的计算基础设施上运行重要的后台应用，同时不会影响用户的使用或工作效率。

(2) 超线程技术的缺点

1)较受欢迎的Windows 2000并不支持超线程技术，必须安装也许您并不满意的Windows XP；

2)打开超线程后处理单线程应用，处理器性能有时会 降低；

3)缺乏针对超线程优化的各种普通应用软件，性能因此得不到充分体现。

总的来说，通过以上优缺点的比较可知，超线程技术的确能够在处理多任务的时候，给系统性能带来一定的提升。而在运行单任务处理的时候，多线程的优势是无法表现出来的，而且一旦打开超线程，处理器内部缓存就会被划分成几个区域，互相共享内部资源，从而造成单个的子系统性能下降。一般情况下，用户在进行单任务操作时候，没有必要打开超线程，只有多任务操作时候可以适时打开超线程，享受超线程技术带来的好处。

2.5 超线程技术应用实例

这里以超线程技术在2D图像处理和3D渲染中的应用来说明超线程技术所能为用户带来的好处。应用时所使用的软、硬件环境见表1。Photoshop 7.0和3D Studio Max 5分别可以代表2D图像处理和3D动画处理，通过这两个软件下的表现，可以判断超线程技术在图形、动画处理上的作用。具体应用结果见图4。

由于Photoshop 7.0支持多处理器和超线程技术，因此，其可以轻松利用这一优点，在多线程技术的帮助下，得到约10%的性能提升。这里是在Photoshop下进行Despeckle操作时，在开启与关闭HT之后的耗时比较。开启HT之后，仅耗时6.8s，而关闭HT之后，则几乎慢了整整1s。由此可以推断，如果一个操作以前需要耗时1小时，那么打开HT之后，则可以节约7～8min了。3D Studio Max系列是3D图形领域里最流行的3D建模软件，在场景的最终渲染过程中，处理器被满负载使用，能充分考察出CPU的运算能力，3D Studio Max 5已经对Pentium 4提供了极大的优化，可以大幅提高渲染性能。3D Studio Max系列也能很好地支持多线程操作，以尽量利用多处理器的优势来减少渲染时间，多处理器系统总能获得极大的性能优势。不过，由于3D Studio Max在渲染过程中，过分依赖的是浮点单元，因此多线程技术对其帮助不大，这个时候，处理器的其它单元，无法帮上忙。因为CPU的所有浮点单元，都全线上阵了，而其它单元则无法“插上一脚”。

表1 软、硬件环境列表

硬件平台	
CPU	Pentium4 3.06GHz(具备HT技术，533MHz FSB)
主板	Intel D850EMVR主板(850E芯片组)
内存	256M 三星PC1066 RDRAM×2
硬盘	Seagate Barracuda ATA“酷鱼”IV 40GB 7200rpm
显示卡	ATi Radeon 9700 Pro
软件环境	
操作系统	中文Windows XP专业版
主板驱动	Intel 芯片组驱动4.20.1006版
显卡驱动	ATi 公版“催化剂”驱动2.3版For Win XP

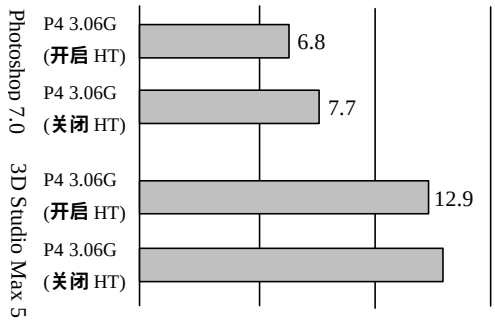

图4 超线程技术在2D图像处理和3D渲染中的应用实例

3 结束语

从目前的现状看来，超线程技术在桌面处理器上使普通用户得到直接好处的时机还不够成熟，但并不是超线程技术在桌面处理领域没有用武之地，Intel推出这款处理器本来就是面向高端桌面处理领域的，相当大一部分的专业用户将从超线程技术中得到最为直接的好处。首先，超线程技术在桌面应用中的确有着与在服务器领域不同的特性表现；其次，在适当的桌面应用模式中，超线程技术会带来有意义的性能提升，但绝非所有的并行多任务工作都能从中受益；再次，对于今后超线程应用程序的优化问题，也将与单处理器或真正的多处理器技术有所不同；最后，随着包括超线程技术在内的多处理技术的普及，系统平台的瓶颈问题也必须得到人们进一步的关注。关于超线程技术的应用，可以探讨的地方还有很多，特别是在日后Intel下一代超线程技术发布之后，我们也将随之对它有更深层次的了解，相信届时还会有更多、更丰富的应用与大家分享。

参考文献

1 汤子瀛, 哲凤屏, 汤小舟. 计算机操作系统. 西安: 西安电子科技大学出版社, 1999

2 尤晋元, 史美林. Windows操作系统原理. 北京: 机械工业出版社, 2001

3 带你认识超线程技术. http://scsi.com.cn/scs, 2004-01-04

4 Hyper-threading Technology. http://www.intel.com/labs/htt, 2004-01-04

?1994-2016 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net