

School of Computer Science & Technology Harbin Institute of Technology

第十章代码优化

重点: 代码优化的任务,局部优化、循环优化、 全局优化的基本方法。



第10章 代码优化

- 10.1 优化的种类
- 10.2 控制流分析
- 10.3 数据流分析
- 10.4 局部优化
- 10.5 循环优化
- 10.6 全局优化
- 10.7 本章小结



- 代码优化就是为了提高目标程序的效率, 对程序进行等价变换,在保持功能不变 的前提下,对源程序进行合理的变换, 使得目标代码具有更高的时间效率和/或 空间效率。
- 空间效率和时间效率有时是矛盾的,有时不能兼顾。



10.1 优化的种类

- 机器相关性
 - 机器相关优化:寄存器优化,多处理器优化,特殊指令优化,无用指令消除等。
 - ■机器无关优化



10.1 优化的种类

- 优化范围
 - 局部优化:单个基本块范围内的优化,常量合并优化,公共子表达式删除,计算强度削弱和无用代码删除。
 - 全局优化:主要是基于循环的优化,循环 不变优化,归纳变量删除,计算强度削减。



10.1 优化的种类

- 优化语言级
 - 针对中间代码
 - 针对机器语言。

10.1.1 公共子表达式删除

- 如果表达式E在某次出现之前已经被计算过, 并且E中变量的值从那次计算到本次出现之间 未被改变过,则E的本次出现称为公共子表达 式
- 用先前的计算结果替换公共子表达式的本次 出现称为公共子表达式删除



10.1.2 复制传播

- 形如f := g的赋值语句叫做复制语句
- 优化过程中会大量引入复制
- 复制传播变换的思想是在复制语句f := g之后 尽可能用g代替f
- 复制传播变换本身并不是优化,但它给其它 优化带来机会



10.1.3 无用代码删除

- 无用代码是指计算结果以后不被引用的语句
- 一些优化变换可能会引入无用代码

10.1.3 无用代码删除

- 无用代码的危害
 - 事件: 2012年8月1日纽约股票交易所, Knight Capital Group最新的高速算法在45分钟内自动完成了数百万次未授权股票交易,导致股市发生剧烈震荡
 - 原因:公司在服务器上部署更新,工程师手工更新了服务器,其中一次部署失败使旧版本保留运行,重用一个旧标识,但是该停用标识已更改了用途,用于表示另一个意义
 - 虽然该标识在过去的八年中都没有被使用,旧版本代码依然依赖于这个旧标,直到无用状态的代码由于标

10.1.4 代码外提

- 结果独立于循环执行次数的表达式称为循环 不变计算。
- 如果将循环不变计算从循环中移出到循环的前面,将会减少循环执行的代码总数,大大提高代码的执行效率。这种与循环有关的优化方法称为代码外提。

10.1.5 强度削弱

- 实现同样的运算可以有多种方式。用计算 较快的运算代替较慢的运算。

 \mathbf{x}^2

变成

 X^*X_{\bullet}

■ 2*x或2.0*x 变成

 $\mathbf{x} + \mathbf{x}$

 $\mathbf{x}/2$

变成

x*0.5

 $a_n x^{n+} a_{n-1} x^{n-1} + ... + a_1 x + a_0$ 变成 $((...(a_nx+a_{n-1})x+a_{n-2})...)x+a_1)x+a_0$



- 为了对程序进行优化,尤其是对循环进行优化, 必须首先分析程序中的控制流程,以便找出程 序中的循环结构,这是控制流分析的主要任务。
- 为此,首先需要将程序划分为基本块集合并转换成流图,然后再从流图中找出循环。



基本块(basic block)是一个连续的语句序列,
控制流从它的开始进入,并从它的末尾离开,
中间不存在中断或分支(末尾除外),如下所示。

t1 := a*a

t2 := a*b

t3 := 2*t2

t4 := t1+t3

■ t5 := b*b

t6 := t4+t5

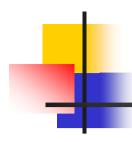
10.2.2 流图

- 程序的控制流信息可以用流图表示,流图是一个节点为基本块的有向图,以程序的第一个语句作为入口语句的节点称为初始节点。
- 如果在某个执行序列中 B_2 跟随在 B_1 之后,则从 B_1 到 B_2 有一条有向边。
- 如果从B₁的最后一条语句有条件或无条件转移 到B₂的第一个语句;或者按程序正文的次序B₂ 紧跟在B₁之后,并且B₁不是结束于无条件转移,
 - $_{20}$ 则称 B_1 是 B_2 的前驱,而 B_2 是 B_1 的后继。



10.4 局部优化

- 基本块的功能实际上就是计算一组表达式,这 些表达式是在基本块出口活跃的变量的值。如 果两个基本块计算一组同样的表达式,则称它 们是等价的。
- 可以对基本块应用很多变换而不改变它所计算的表达式集合,许多这样的变换对改进最终由某基本块生成的代码的质量很有用。
- 利用基本块的dag表示可以实现一些常用的对 基本块的变换。



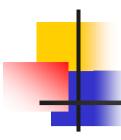
利用dag进行的基本块变换

- (1) 局部公共子表达式删除。
- (2) 无用代码删除。
- (3) 交换两个独立的相邻语句的次序,以便减少某个临时值需要保存在寄存器中的时间。
- (4) 使用代数规则重新排列三地址码的运算对象的顺序,以便简化计算过程。



10.5 循环优化

- ■循环不变计算的检测
- 代码外提
- 归纳变量删除和强度削弱



10.6 全局优化

- 全局公共子表达式的删除
- ■复制传播

本章小结

- 代码优化就是对程序进行等价变换,提高目标程序的效率,通常只对中间代码进行优化。
- 以程序的基本块为基础,基本块内的优化叫局部优化,跨基本块的优化为全局优化,循环优化是针对循环进行的优化,是全局优化一部分。
- 公共子表达式删除、复制传播、无用代码删除、 代码外提、强度削弱和归纳变量删除等都是一 些常用的针对局部或者全局的代码优化方法。