

文章编号: 1671-5896 (2002) 02-0054-05

编译原理多媒体辅助教学软件的设计与实现

刘 磊, 金 英, 王胜军, 刘欣欣, 苏晨阳
(吉林大学 计算机科学与技术学院, 吉林 长春 130012)

摘要: 设计开发了编译原理多媒体 CAI 课件 PCM CAI (Principle of Compile Multimedia CAI)。PCM CAI 采用多媒体技术、程序组装技术和软件自动生成技术设计, 在把抽象的概念和算法生动形象地演示的同时, 提供了编译程序各个阶段 (词法分析, 语法分析, 语义分析, 中间代码生成和优化, 目标代码生成) 的自动生成及把各个部分组装成完整的编译程序的功能。该系统在教学过程中作为一种辅助教学手段, 不仅方便教师在上课时使用该课件来演示部分关键算法和难点, 提高了教学效果, 而且也使学生从实践中进一步理解基本原理和实现算法, 提高了大型软件开发能力。

关键词: 计算机辅助教学 (CAI); 多媒体; 编译原理; 程序设计
中图分类号: TP311 文献标识码: A

引 言

随着计算机科学技术以及多媒体技术的迅猛发展, 计算机辅助教学 (CAI) 作为一种新颖的教学方式, 正逐步进入我国教育领域的各类学校的各个学科, 引起教学模式, 教学方法, 以及教材的观点与形式乃至教学思想与教学理论都发生了重大的变化^[1]。多媒体软件和硬件技术的发展更是为 CAI 注入了新的活力。

在高等院校中许多课程很适合于利用多媒体技术来制做 CAI 课件, 以便进行计算机辅助教学, 如电路设计等课程^[2]; 但同时也有许多课程理论性较强, 学生理解起来比较困难, 且不容易形象地把教学内容表示出来, 编译原理就是典型的这类课程。编译原理课程是计算机专业的重要的骨干课之一, 编译程序是一个大的复杂的系统软件, 其内容比较抽象, 学生理解上存在一定的困难^[3]。根据多年的教学经验, 采用多媒体技术程序组装技术和软件自动生成技术设计并开发了编译原理课程教学软件 PCM CAI (Principle of Compile Multimedia CAI)。

1 PCM CAI 的总体结构及其功能

1.1 PCM CAI 的总体结构

PCM CAI 采用了多媒体技术, 在把抽象的概念和算法生动形象地演示的同时, 还提供了编译程序各个阶段 (词法分析, 语法分析, 语义分析, 中间代码生成和优化, 目标代码生成) 的自动生成功能, 学生不仅可以针对每个阶段分别进行细致的分析和学习, 而且还可以把各个部分组装起来形成完整的编译程序。因此, 是教师教学和学生良好的辅助工具。其总体结构如图 1 所示。

1.2 PCM CAI 的功能

PCM CAI 是针对编译原理教学的多媒体计算机辅助教学软件。它充分的利用了 Windows 的多媒体功能和 VisualBasic 的底层控制能力, 为编译原理课程提供了良好的多媒体辅助教学工具, 具有很强

* 收稿日期: 2002-02-04
作者简介: 刘磊 (1960—), 男, 辽宁辽阳人, 吉林大学教授, 博士生导师, 主要从事程序理论、软件自动化、编译原理研究, Email: cstrijdh@mail.jlu.edu.cn

的辅助教学功能。既可以作为教师课堂上教学演示使用,也可以作为配套工具用于学生课后练习和试验使用。

本系统包含教学内容、动态演示和文本编辑器 3 大部分。其中教学内容部分是参照金成植教授编著的面向 21 世纪教材《编译程序构造原理与实现技术》,采用 Windows 帮助系统的形式给出的速查手册,以备学生在软件的使用过程中,对一些概念和公式的回顾和速查。文本编辑器是 PCMCAI 附带的一个文本编辑工具,用它可以在很方便的建立和编辑本软件所需的文本文件。动态演示部分不仅是一个完整的演示系统,而且还包含一套简单的开发工具,让学生和教师编写自己的演示内容。教学内容涵盖了编译程序中的各个阶段,分以下 6 个具体功能模块

1) 词法分析演示模块

词法分析模块主要进行词法分析部分功能的演示以及手动练习(见图 2)。

这一部分配备的工具除了用来编写源文件、保留字文件、词法分析对应的正则表达式文件的文本编辑器以外,还给出了一个用来建立正则表达式所对应的状态转换图的可视化工具,通过简单的拖放操作,即可建立一个完整的状态转换图,用于教师和学生建立自己的演示项目。

2) 语法分析模块

语法分析模块主要是针对语法分析部分功能的演示及手动练习。通过给出不同的文法,建立相应的语法分析器,进行一个 Token 序列的语法分析。

本模块包含两个小模块,分别对应于递归下降法和 LR(1) (Left Right) 方法,代表了自顶向下和自底向上两类方法。

① 递归下降法模块 递归下降法(见图 3),是语法分析所有方法中最易于理解,也最便于直观演示的方法。本模块主要是通过学生输入产生式以及待分析 Token 序列,演示自顶向下的分析过程(语法树的生长过程)。

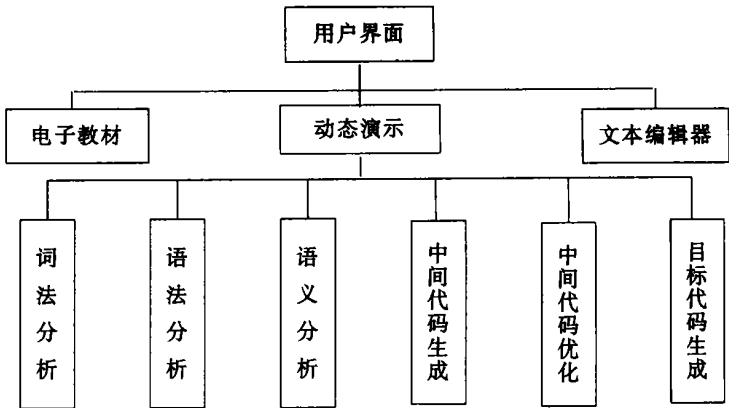


图1 PCMCAI 的总体结构

Fig. 1 The overview of the PCMCAI

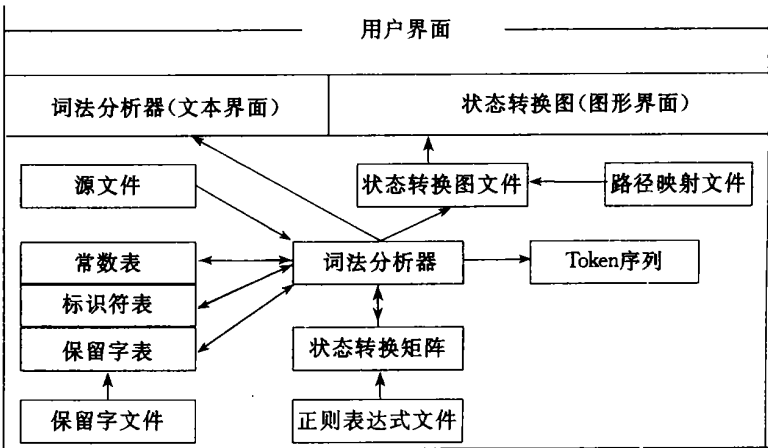


图2 词法分析器演示模块功能示意图

Fig. 2 The function sketch map of lexical analysis module

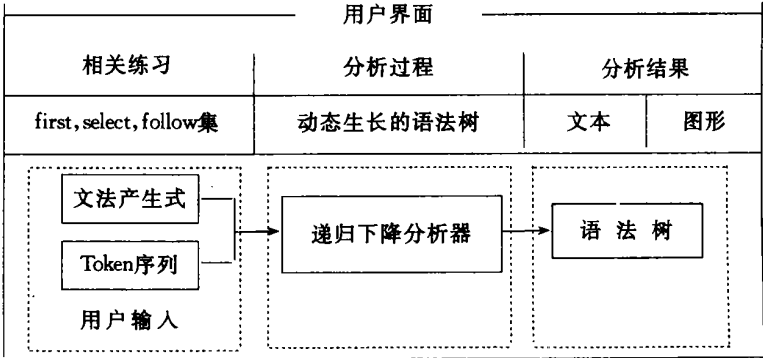


图3 递归下降分析模块功能示意图

Fig. 3 The punction sketch map of recursive-descent parsing module

② LR(1) 方法模块 LR(1) 方法模块 (见图 4) 主要针对语法分析中自底向上方法类中的 LR(1) 方法的演示。相对于其他方法来说, LR 方法包含的内容比较多, 也比较难于理解。PCMCAI 的做法是尽量屏蔽掉那些繁琐的细节, 建立直观的演示模型。

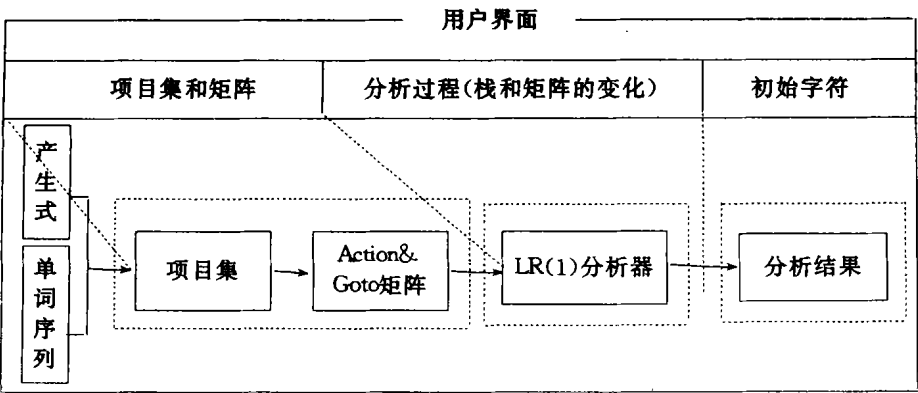


图4 LR(1)分析模块功能示意图

Fig. 4 The function sketch map of LR(1) parsing module

操作时, 首先打开教师作为范例分发或由学生自己编制的产生式文件, 然后, 使用命令, 建立相应的项目集, 再由项目集建立 Action 矩阵和 Goto 矩阵, 最后, 输入待分析的字符串流 (Token 序列) 按照单步的形式, 一步步进行分析, 同时可以观察 Action 矩阵, Goto 矩阵以及分析栈、输入流、状态栈的变化

3) 语义分析模块

语义分析的功能包括: ① 建立相应标识符的内部表示, 并形成符号表; ② 输入任意一个标识符, 可以对符号表进行查询, 返回相应的属性。

具体实现是通过引导式的输入, 给出相应的源程序, 然后通过语义分析, 得到相应的符号表, 如果出错, 则给出错误。显示界面可以使输入部分和符号表对应, 同时如果存在对应标识符, 也可以应用查询功能把对应标识符标记出来

4) 中间代码生成模块

本部分分为 3 部分: ① 表达式的中间代码生成; ② 变量的中间代码生成; ③ 语句的中间代码生成。

本模块同样采用引导式的方式来输入源程序, 这样可以保证给定无语法错误的源程序, 然后再针对该源程序自动生成出对应的中间代码, 并且把中间生成的过程演示出来

5) 运行时存储空间模块

本模块仅仅针对栈式存储结构, 根据如图 5 所示的输入形式 (说明部分仅包含过程、函数、变量和形参说明, 程序体只包含过程、函数调用), 演示进行如下的处理过程: a 遇到过程声明部分, 对应每个过程记录如过程名, 所有形参, 所有变量名, 层数等信息。b 动态显示: 从主程序的程序体开始, 每当遇到过程调用, 则生成对应过程的 AR。每当一个过程结束时, 删除相应的 AR。

```
Main()
  变量说明部分: (变量名序列)
  过程说明部分: (过程说明1: 过程名(形参名序列)
                  变量说明部分: (变量序列)
                  过程说明部分: (过程说明1:))
  ...
BEGN
过程调用语句序列(P(1);Q(2);...)
END
```

图5 运行存储分析模块的输入形式

Fig. 5 The input of runtime memory analysis module

6) 目标代码生成模块

本模块只针对单寄存器, 采用静态链方式的目标代码生成。

2 实现的关键技术

在 CAI理论中，根据计算机与学生的交互方式，MCAI程序被划分为若干基本教学模式^[4]。考虑到本课程的特点，PCMCAI采用了其中的模拟（Simulations）方式

模拟方式指的是由计算机提供的交互式的某种“现实”的模型，在这个CAI模型中包含了所模拟事件的所有基本要素，它给学习者提供机会操纵某些变量，这些变量能够影响所模拟的事件的结果和过程。它能够锻炼学生应用、分析、综合的水平和动手能力，扩展和增强学生学习经验的种类^[4]。

以下是系统实现过程的一些关键技术。

2.1 自动生成技术

PCMCAI是关于编译原理的模拟演示程序，在实现过程中使用了编译原理中的一些算法。但是，PCMCAI要实现的不是针对某个特定例子的算法功能，而是要实现针对不同输入的通用过程，因此，采用了自动生成技术。针对编译程序中词法分析、语法分析、语义分析、中间代码生成和优化以及目标代码生成各个阶段，给出这些部分的自动生成模块。应用这些模块，用户给出不同的输入，就可生动地看到相应阶段的实现过程和原理介绍。而且，还针对栈式存储空间结构，动态演示了程序在运行过程中栈的变化，以及过程活动记录的形式和内容的填写情况。

此外，为了同时满足动态演示和组装的功能，该软件支持两种接口。

1) 针对用户的源程序输入接口。为了用户方便地把当前的演示过程和源程序联系起来（用户给出的输入都是源程序），同时，为了防止用户输入错误，在语义分析、中间代码和目标代码阶段，PCMCAI采用引导式的输入方法，促使用户输入语法正确的源程序，因此，保证了演示的正确性；

2) 各个阶段之间内部的输入接口。为了提供组装功能，定义了内部的数据结构形式，这样词法分析阶段的输出即为语法分析的输入，语法分析的输出为语义分析的输入，以此类推，提供了一系列函数，用户通过组装这些函数即可得到一个完整的编译程序。

2.2 循环动态字幕的实现

在一些文本类型教学内容的显示时，考虑到在屏幕较小的条件下，同时又要让内容富于动感和专业化，决定对所要显示的文本图形采用类似电影字幕，从下到上不断翻滚的形式。经过一段摸索后，决定采用PaintPicture方法来完成这种字幕效果。实现后，字幕滚动平滑流畅，没有闪烁感，还可以任意的放大、缩小或翻转。

2.3 帮助小精灵（HelpSprite）的实现要点

PCMCAI中使用的HelpSprite不仅使整个程序生动活泼、富有情趣，还能够引导用户完成不同工作，随时针对用户的操作给出建议和提示。单纯使用VB提供的函数很难实现这种效果，好在VB对Windows API函数的调用提供了良好的支持，通过一些API函数能够方便的实现这一功能。

本动画的实现与其他动画显著的区别就是：小精灵是在背景上运动的，而精灵本身是完全不规则的图形，所以简单的把精灵的动画图片（矩形）拷贝到屏幕上是不可行的。所以必须采用新的技术，下面简述其原理。

① 做一些准备工作。把所要显示的动画精灵的动作的分解成连续的动画图片，除了要显示的部分外，其余部分全部涂成黑色。同时对应每一幅图片建立其相应的“底片”（动画图形本身涂黑，其余都涂成白色）。

② 开始一次完整的动画显示过程。首先，保存将要显示动画区域的背景图像。其次，在相应的位置，用某一动作相应的“底片”与背景位图做And运算并显示，这样在背景上会出现一个将要显示动作图形的影子。也就是说除了将要显示动画部分全部为黑外，其余保持背景图像不变。再次，用动画动作的“原片”再在相应的位置与背景图像做Xor运算并显示。结果是把动画动作和背景融合在一起。最后，在稍候片刻（视动画动作的速度而定）后，把原先保存的背景图像拷贝回原位置，恢复到最初的状态，完成一个动画动作的显示；再用同样的方法顺序显示其余的动画动作，循环往复，完成整套动作。

在具体实现中,可以加上声音、移动等多种功能,不再赘述。

3 结 论

本文实现的系统 PCM CAI具有以下特点

- 1) 动态演示功能 运用文字、图形、图像、音频和视频等多种媒体,把抽象的教学内容形象、直观、准确生动地显示出来,演示手法多样。
 - 2) 自动生成功能 提供了编译程序各个阶段(词法分析、语法分析、语义分析、中间代码生成和优化、目标代码生成)的自动生成功能,学生可以针对每个阶段分别进行细致的分析和学习。
 - 3) 组装功能 可以把各个部分组装起来形成完整的编译程序。
 - 4) 坚持实用,开放的原则 对于有特殊需要的学生,引入图文打印功能,并可以将分析结果保存成文件。各模块相对独立又紧密联系,今后可以添加新的模块,与已完成的其他模块配合使用。易于维护和扩充功能。
 - 5) 用户界面友好 操作简单易学,帮助系统完善。除采用 Windows 标准帮助系统外,还配有实时帮助小精灵。操作过程生动活泼,妙趣横生。
- 该系统在教学过程中作为一种辅助教学手段,效果很好。教师在上课时使用该课件来演示部分关键算法和难点,提高了教学效果,学生在课下利用该课件自动生成各个分析程序,进一步理解基本原理和实现算法,不仅从理论上加深理解,还从实践中提高认识,达到理论和实践相结合的教学目的^[5]。进一步工作是要把该课件做成网络课件。

参考文献:

- [1] 陈琦,刘儒德.信息技术教育应用 [M]. 北京:人民邮电出版社,1997.
- [2] 薛理银,黄荣怀.教学软件的设计与开发 [M]. 北京:人民邮电出版社,1997.
- [3] 金城植.编译程序构造原理和实现技术 [M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [4] 朱爱光,涂从润.多媒体 CAI软件系统的设计与制作 [M]. 北京:电子工业出版社,1997.
- [5] 刘儒德.教学软件的选用与评价 [M]. 北京:人民邮电出版社,1997.

Designing and implementation of multi-media CAI courseware for principle of compiler

LIU Lei, JIN Ying, WANG Sheng-jun, LIU Xin-xin, SU Chen-yang

(College of Computer Science and Technology, Jilin University, Changchun, 130012 China)

Abstract PCM CAI (Principle of Compile Multimedia CAI)—a CAI courseware for compiler course is implemented by using multi-media techniques and software automatic generation in order to facilitate teaching and studying. PCM CAI can display abstract concepts and algorithms vividly, and generate each phrases of compiler as well as the whole compiler automatically. As an assistant tool for teaching, PCM CAI provides teachers the way to show some key algorithms and the whole process in compiler, which improve the teaching efficiency, and gives students the opportunities to further understanding basic principle and implementation techniques in compiler and helps them improve the ability to develop large-scale software.

Key words Computer-aided instruction; Multimedia; Principle of compiler; Programming