

文章编号: 1000-5862(2018)03-0291-07

# 基于 Web Service 和多媒体数据库技术的 PAR 方法 在线自学系统的设计与实现

熊小舟<sup>1</sup>, 薛锦云<sup>2\*</sup>

(1. 江西师范大学计算机信息工程学院, 江西 南昌 330022; 2. 江西师范大学国家网络化支撑软件国际科技合作基地, 江西 南昌 330022)

**摘要:** 设计并实现了一个 PAR 方法的在线自学系统. 利用 Web 服务(Web Service)和多媒体数据库技术, 将使用 PAR 方法开发算法程序设计的基本概念、算法设计语言 Radl、抽象程序设计语言 Apla 以及设计和推导算法程序的方法学形象生动地呈现给学习者. 最后介绍了利用算法程序设计支撑平台生成可执行算法程序的过程, 以及该算法程序运行产生的结果.

**关键词:** PAR 方法; PAR 平台; Web 服务; 多媒体数据库技术

**中图分类号:** TP 311 **文献标志码:** A **DOI:** 10.16357/j.cnki.issn1000-5862.2018.03.12

## 0 引言

随着软件开发行业的高速发展, 如何高效、便捷地进行软件开发与算法程序设计成为计算机行业关注的焦点. 算法程序设计的在线教学也逐渐成为广大用户关注的热点. 但是笔者发现, 目前绝大多数程序设计方法教科书和在线编程教学系统, 在编程教学过程中, 常常无法给出令人信服的解题流程和算法的设计过程. 通常在给出算法问题之后, 就给出了问题答案. 这导致很多用户学习之后只知其然不知其所以然, 只会解决例题而不会解决今后会碰到的编程问题. 这并不符合编程教学目标, 极大影响了教学的质量.

针对上述情况, 笔者及其团队经过长期的研究, 已经研发出一套原创的快速程序设计与软件开发方法与系统, 即便捷算法程序开发方法——PAR 方法<sup>[1-3]</sup>和算法程序和软件自动生成平台——PAR 平台<sup>[4]</sup>. 本文结合多项科研成果与 Web Service<sup>[5]</sup>和多媒体数据库技术<sup>[6]</sup>来构建 PAR 方法在线自学系统, 利用 Web Service 技术将算法程序和软件开发平台部署成 Web 服务, 使得在教学过程中的 Apla 程序

实例能够转换为可执行语言程序, 并能够直接运行转换后的可执行程序得到相应结果. 同时, 该系统结合视频、音频、图像、文字、动画等手段, 利用多媒体数据库技术, 形成丰富多彩、生动活泼的编程和教学环境.

## 1 PAR 方法与 PAR 平台

PAR 方法是笔者及其团队在多项国家重大自然科学基金课题的基础上原创的一种算法程序设计方法. 该方法的核心思想是分划(partition)和递推(recursion). PAR 方法给出了算法和程序的设计过程, 能清晰地描述算法、程序的由来, 适用于初、中、高各类人员学习掌握算法程序设计过程. 如今 PAR 方法与 PAR 平台在 10 多项国家级课题连续资助下, 不断得到扩充和完善, 已在原有顺序计算基础上实现了泛型程序设计、服务计算、云计算、多媒体计算和事务处理, 展现了广阔的发展和应用前景.

Radl 语言是一种基于递推关系的算法程序设计语言, Radl 语言主要用来描述问题的规约、规约的变换规则和算法, 因此 Radl 语言包括算法程序的描述语言和算法程序的规约语言<sup>[7]</sup>. Radl 中的符号

收稿日期: 2017-11-13

基金项目: 国家自然科学基金面上项目(61272075, 61472167), 国家自然科学基金重大国家(地区)合作交流项目(61020106009), 国家自然科学基金地区科学基金项目(61462041, 61662036)和江西省教育厅科学技术研究(160329)资助项目.

通信作者: 薛锦云(1947-), 男, 江苏海门人, 教授, 博士生导师, 主要从事软件形式化与自动化研究. E-mail: jinyun@vip.sina.com

表达式支持自定义简单类型、标准数据类型、预定义 ADT 以及自定义 ADT 机制. 这些特点使得 Radl 语言可以提高算法和程序的开发效率、安全性和可靠性, 使它们更容易理解和验证.

Apla 语言是为了实现 PAR 方法而定义的一种抽象程序设计语言. Apla 语言是 Radl→Apla 程序转换器的目标语言, 同时又是 Apla 到 VB、C#、C++、Java 等可执行语言程序转换器的源语言. 设计 Apla 语言的主要宗旨是充分体现数据抽象、功能抽象、分布式处理机制、泛型机制、事务处理等现代程序设计思想<sup>[8]</sup>, 便于程序开发和验证, 而且也使之更加容易地转换成可执行语言程序.

算法程序和软件自动生成平台简称 PAR 平台, PAR 平台包括: (i) Radl 程序到 Apla 程序自动转换系统; (ii) Apla 程序到 C++ 程序自动转换系统; (iii) Apla 程序到 Java 程序自动转换系统; (iv) Apla 程序到 C# 程序自动转换系统; (v) Apla 程序到 VB.net 程序自动转换系统. 用 Apla 语言编写的程序更加简单易懂, 更易形式化推导与证明, 但因它所描述的程序是不可执行的, PAR 平台便成为 Apla 程序自动转换为可执行程序的中桥梁, 也是支持 PAR 方法开发可执行程序的必要支撑工具<sup>[9-10]</sup>. 直接用手工编写的 Apla 程序或凭借 PAR 方法直接推导而来的 Apla 语言描述的抽象程序通过 PAR 平台转换系统可以直接生成可执行程序, 并且能直接运行得到相应的结果, 从而实现了软件的形式化与自动化开发, 提高了软件开发的可靠性、安全性和开发效率.

## 2 Web Service 和多媒体数据库技术

### 2.1 Web Service 概述

Web Service 是由一个电子设备经由互联网提供给另一电子设备的服务, 在早期的 Web Service 中, Web 技术(如 HTTP)设计用于人与机器的通信, 用于传送机器可读文件格式, 如 XML 和 JSON. 实际上, Web Service 通常为数据库服务器提供基于 Web 的面向对象的接口, 如由一个 Web 服务器或由移动应用程序为终端用户提供用户接口. W3C 将 Web 服务定义为: Web 服务是一种软件系统, 旨在通过网络支持可互操作的机器与机器之间的交互<sup>[11]</sup>.

从技术角度来说, 服务可以指代任何的软件功能, 如提供文件的访问、执行一些通用的功能(如身份验证或日志记录)等. Web Service 为集成不同系

统提供了方法, 并且通过 HTTP 协议来输出可重用的 Web 服务, 可以简单地调用存储在互联网上的资源和软件功能.

### 2.2 Oracle 多媒体数据库技术

多媒体数据库(Multimedia Database)指的是在数据库中的数据不仅涉及各种字符、数字等结构化数据, 而且还应该包括音频、视频、图像和图形等非结构化数据<sup>[12]</sup>. 在 PAR 方法在线自学系统中使用多媒体数据库技术丰富了 PAR 方法学习的课程内容, 有助于提高学生学习的积极性.

Oracle 数据库在存储多媒体数据处理上, 使用 LOB 类型存储多媒体数据, 并提供了存储与管理操作的方法. 在 Oracle 数据库中, 存储大型对象的数据类型有以下几种: (i) CLOB 数据类型, 内部字符大对象数据类型; (ii) NCLOB 数据类型, 内部可变长度大对象数据类型; (iii) BLOB 数据类型, 二进制大对象数据类型. interMedia 是 Oracle 推出的对多媒体功能进行扩充的组件, interMedia 提供了预定义数据类型来描述这些多媒体数据, 如描述音频数据的采样率(getSamplingRate)、设置对象更新时间(setUpdateTime)等<sup>[13]</sup>.

## 3 PAR 方法在线自学系统架构和实现

### 3.1 PAR 方法在线自学系统的功能

PAR 方法在线自学系统旨在系统地介绍 PAR 方法, 基于以上目标构建 PAR 方法在线自学系统架构图如图 1 所示. PAR 方法在线自学系统架构分为 3 层: 用户层、功能层和组件层. 用户层指的是用户 PC 终端, 用来显示 PAR 方法在线教学内容的最终交互结果; 功能层负责系统在线自学的实现, 功能层与用户层通过 HTTP 协议通信, 根据职责的不同将功能层分为如下模块: 基本概念的学习、预备知识的学习、Radl 语言的学习、Apla 语言的学习、使用 PAR 方法进行算法程序设计的学习和编程实践; 组件层包括算法程序和软件自动生成平台和 Oracle 多媒体数据库, 主要负责与功能层进行数据的交互, 其中算法程序和软件自动生成平台与 PAR 方法在线自学系统通过 SOAP 进行通信, 同时系统利用多媒体数据库技术将系统中的视频、音频、文档等多媒体数据以 LOB 类型存储在组件层的 Oracle 多媒体数据库中, 并通过二进制流的形式操作多媒体数据.

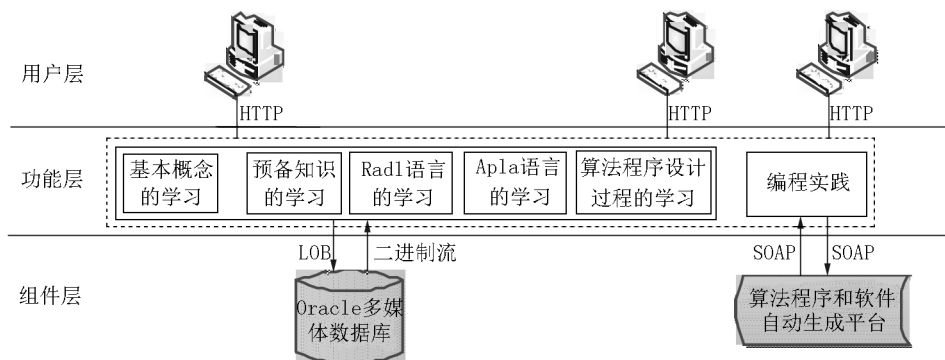


图1 PAR方法在线自学系统架构

用户进入系统可依次完成各模块的学习,其中基本概念的学习、预备知识的学习、Radl 语言的学习、Apla 语言的学习模块为自学模块,算法程序设计过程的学习模块为在线学习模块.当用户完成各模块的学习,可以通过编程实践模块将 Apla 程序实例转换成可执行程序,然后通过平台的运行系统得到程序的运行结果.下面对各模块作详细的介绍.

**基本概念学习.** 用户通过此模块能够自学算法程序设计的基本概念,如程序设计方法学的发展历史、程序测试的作用和局限、复合程序的概念等基础理论知识.此模块内容的学习为用户学习 Radl 语言、Apla 语言打下基础.

系统使用多媒体数据库技术将本模块的课程通过视频、文档、音频等形式呈现给用户,用户通过点击相关知识点的关键字即可进入至本模块各知识点的自学课堂.基本概念学习模块的各子模块以及各子模块的功能说明和授课方式如表 1 所示.

表1 基本概念学习的子模块说明

子模块	功能说明	授课方式
程序设计方法学	程序设计方法学基本概念	PPT、文本文档、视频、自学
程序规约	程序执行的状态和程序规约的概念	PPT、文本文档、视频、自学
结构程序设计	结构化程序的由来和发展	PPT、文本文档、视频、自学
结构化程序	结构化程序特点和结构化定理	PPT、文本文档、视频、自学
自顶向下程序设计方法	自顶向下程序设计方法	PPT、文本文档、视频、自学
自低向上程序设计方法	自底向上程序设计方法	PPT、文本文档、视频、自学

**预备知识学习.** 用户通过此模块能够自学算法程序设计的预备知识,如程序正确性概述、选择语句和循环语句的语义、基于 ADT 的程序设计等.预备知识的学习,可为用户使用 Radl 语言和 Apla 语言编写算法程序做准备.

系统使用多媒体数据库技术将预备知识学习模块课程通过 PPT、文本文档、视频形式呈现给用户,用户通过点击相关知识点的关键字可进入本模块各知识点的自学课堂.基本概念学习模块的各子模块以及各子模块的功能说明和授课方式如表 2 所示.

表2 预备知识模块各子模块说明

子模块	功能说明	授课方式
程序规约构造技术	集合、序列、逻辑运算符、量词、数组等基本概念	PPT、文本文档、视频、自学
程序正确性概述	Floyd 的归纳断言法、Hoare 公理方法、Dijkstra 最弱前置谓词方法	PPT、文本文档、视频、自学
简单程序的形式推导方法	赋值、选择、循环语句的形式推导和传统的循环不变式开发策略	PPT、文本文档、视频、自学
抽象数据类型	数据类型的产生和演变、抽象数据类型的表示	PPT、文本文档、视频、自学
面向对象程序设计	基于对象的程序设计和面向对象程序设计	PPT、文本文档、视频、自学

**Radl 语言学习.** 用户通过此模块能够自学 Radl 语言,Radl 十分的精简,同时 Radl 语言中的符号表达方式尽量考虑通用性和习惯性,这使得传统的数学符号和数学表达式进入了算法程序设计和程序设计语言.这些特性可以大幅度简化算法设计过程,缩短算法和程序的长度.因此通过 Radl 语言模块的学习可以准确地描述程序规约、精确描述算法的功能和算法本身.

系统使用多媒体数据库技术将 Radl 语言学习模块的课程以 PPT、文本文档、视频形式呈现给用户,用户通过点击相关知识点的关键字即可进入 Radl 语言学习模块各知识点的自学课堂.Radl 语言学习模块的各子模块以及各子模块的功能说明和授

课方式如表 3 所示.

表 3 Radl 语言模块各子模块说明

子模块	功能说明	授课方式
标准数据类型	整型、实型、布尔型、字符型、通用关系运算符	PPT、文本文档、视频、自学
自定义简单类型	记录类型、数组类型	PPT、文本文档、视频、自学
自定义 ADT 类型	自定义 ADT 类型概述	PPT、文本文档、视频、自学
类型参数化	类型参数化的表示	PPT、文本文档、视频、自学
预定义 ADT 类型	集合、表、数、带权有向图类型	PPT、文本文档、视频、自学

Apla 语言学习. 用户通过此模块能够学习 Apla 语言的内容和 Apla 语言的相关特性. Apla 语言中的标识符、关键字、标准过程和函数、类型系统和符号表达式与 Radl 语言完全一致. 和 Radl 语言相比 Apla 语言主要增加了程序结构、语句、过程、定义过程和函数方面的内容.

Apla 语言充分体现了功能抽象、数据抽象等现代程序设计思想, 简单实用, 便于程序开发, 使得构成的程序易于阅读理解和验证, 且易于转换成各种可执行程序设计语言程序. 因此 Apla 语言模块的学习有利于培养用户程序设计的能力, 也为后期学习 PAR 方法进行算法程序开发打下基础.

系统使用多媒体数据库技术将 Apla 语言中 Radl 语言不具备的内容以视频、文档、PPT 形式呈现给用户, 用户通过点击相关知识点的关键字即可进入本知识点的自学课堂.

算法程序设计过程的学习. 系统为算法程序设计过程的学习模块提供视频直播授课或屏幕演示互动和视频授课, 学生通过视频或语音可直接远程与老师进行互动讨论实现在线学习. 同时该模块还支持课堂录制, 当用户临时缺课或用户忘记了课堂上的内容, 可直接将课堂录制下来, 后续直接回看.

使用 PAR 方法进行算法程序设计可以使很多创造性劳动变成机械劳动, 引导算法设计者遵循一条有效的途径去寻找高效算法. 例如在没有介绍 PAR 方法之前, 用户解决计算数组段的最小和问题的明显算法是穷举数组中所相邻元素的和段, 然后从中选取最小者, 显然这一的算法的计算复杂性为  $O(n^3)$ , 而使用 PAR 方法计算数组段的最小和复杂性仅为  $O(n)$ . 使用 PAR 方法进行算法程序开发可

以分成以下 6 步<sup>[14]</sup>:

(i) 将需要求解的问题用 Radl 语言精确而规范地描述出来, 描述分为形式化描述和非形式化描述, 根据不同的需求选择不同的描述方式.

(ii) 将需要求解的问题划分为多个规模更小的子问题, 以此类推, 直至问题可以直接求解为止.

(iii) 由问题求解序列推导出它的递推关系, 同时将递推关系中的变量和函数初始化, 再将递推关系与问题求解序列的初始化条件合并为一个相关的算法.

(iv) 基于循环不变式开发新策略, 开发出循环不变式, 即基于问题求解序列的递推关系, 确定程序中需要的所有变量, 描述每一个变量的变化规律或者功能.

(v) 基于所得的算法和循环不变式开发出 Apla 算法程序.

(vi) 利用 PAR 平台的转换系统, 将 Apla 语言程序转换成相应的可执行语言程序.

编程实践. 用户通过编程实践模块能够将系统中已有的 Apla 程序实例和自己手动编写的 Apla 程序转换成可执行语言 (Java、C++、C# 和 VB) 程序, 并且能够得到相应的运行结果. 系统利用 Web Service 将算法程序和软件自动生成平台部署成服务, 并调用部署的服务, 能够在 PAR 方法在线自学系统中实现 Apla 程序执行时的报错、转换和运行功能. 通过 Apla 程序实例的转换与运行能够准确地演示出算法的设计和推导过程, 使用户更加直观地了解程序设计的原理即程序产生的过程.

### 3.2 PAR 方法在线自学系统实现

3.2.1 编程实践的实现 本文以 Apla→C++ 转换系统为例分析如何在 PAR 方法在线自学系统中实现编程实践模块. 当 PAR 方法在线自学系统中的 Apla 程序发出转换或者运行的服务请求, Apla→C++ 转换系统的 Web Service 客户端接收请求之后通过 SOAP 消息将查询条件打包发送给服务注册中心<sup>[15]</sup>, 服务注册中心处理查询条件得到查询结果, 并将查询结果返回给 Apla→C++ 转换系统的 Web Service 服务器端, 服务器端得到请求后调用服务器端的 Web Service 实现类与 Apla→C++ 转换系统通信, 得到转换后的 C++ 程序或者运行结果, 并将结果返回系统.

Apla→C++ 转换系统的 Web Service 服务器端

主要的实现原理如下:

(i) 编写 Aplatrans() 方法部署 Apla 程序到 C++ 程序的转换服务,在方法头部必须写上 [WebMethod] 标签. 部分代码如下:

```
[WebMethod]
getApla( [MarshalAs ( UnmanagedType. LPStr ) ]
string s ,ref int tag );
public int Aplatrans( string apla ,ref string str ) {
...
int tag = 1 ;
IntPtr ptr = getApla( apla ,ref tag );
str = Marshal. PtrToStringUni( ptr );
//从而得到转换后的 C++ 代码
Marshal. FreeBSTR( ptr );
return tag ;
...
}
```

(ii) 编写 Aplarun() 方法部署运行转换后 C++ 程序的服务,在方法头部必须写上 [WebMethod] 标签,部分代码如下:

```
[WebMethod]
public string Aplarun( string apla ,ref string str )
//参数 Apla 接收从 PAR 方法在线自学系统中的
//Apla 代码
//参数 str 接收程序运行结果
while( this. myStreamReader. Peek ( ) > = 0 &&
i < 1 000 )
{
...
str4 = str4 + ( ( char ) this. myStreamReader.
Read ( ) );
i = i + + ;
}
this. myString = this. myString + str4 ;
this. TextBox1. Text = this. TextBox1. Text + this.
myString + " \nPar > " ;
this. Session [ " myStreamWriter " ] = this. myStre-
amWriter ;
this. Session [ " myStreamReader " ] = this. myStre-
amReader ;
his. Session [ " myProcess " ] = this. myProcess ;
str = this. myString ;
...
```

```
}
return this. myString ;
}
```

本文使用 JAVA 中的 Web Service 规范——JAX-WS<sup>[16-18]</sup>,实现 Apla→C++ 转换系统的 Web Service 客户端,主要的实现原理如下所示:

(i) 编写 aplaTrans() 方法用于调用转换服务用于将 PAR 方法在线自学系统中的 Apla 程序转换成 C++ 程序. 部分代码如下:

```
public static String aplaTrans( String aplaCode ) {
private static WebService1 mWebService = new
WebService1 ( ) ;
WebService1Soap mService1Soap = mWebSer-
vice. getWebService1Soap ( ) ;
Holder < Integer > isAplaCode = new Holder < In-
teger > ( ) ;
//得到判断给定的字符串是否为 apla 代码
Holder < String > aplaTransCodeResult = new
Holder < String > ( ) ;
//得到转换后的 C++ 代码
mService1Soap. aplatrans( aplaCode ,aplaTransCo-
deResult ,isAplaCode ) ;
if( isAplaCode. value == 0 ) {
return null ;
} else {
return aplaTransCodeResult. value ;
} }
}
```

(ii) 编写 cppRunResult() 方法用于调用运行服务用于执行转换后的 C++ 程序,并将结果返回给用户. 部分代码如下:

```
public static String cppRunResult ( String cpp-
Code ) {
private static WebService1 mWebService = new
WebService1 ( ) ;
WebService1Soap mService1Soap = mWebSer-
vice. getWebService1Soap ( ) ;
Holder < String > aplatransCppCode = new Holder
< String > ( ) ;
mService1Soap. aplarun ( cppCode ,aplatransCpp-
Code ,aplatransCppCode ) ;
return aplatransCppCode. value ;
}
}
```

3.2.2 视频在线交互与播放的实现 PAR 方法在

线自学系统的多媒体数据库的体系结构由 PAR 方法学习的客户端,即浏览器、对应用户操作多媒体数据的 JSP、javabeen 和 Oracle 多媒体数据库 3 部分构成。以视频保存至数据库为例分析,首先在数据库中新建 Video 表,随后保存数据时获取网页提交的 adVideo 对象,并以此作为实参,传递给 saveVideo() 方法,再通过 SQL 语句将多媒体数据以 LOB 类型对象保存至 Oracle 数据库中。本文以视频的播放为例分析 PAR 方法在线自学系统如何使用多媒体数据库技术实现多媒体教学的工作。通过在多媒体数据库中上传一个多媒体文件的唯一编号 id,然后在数据库表中查找到该 id 所指向的那个 BLOB 类型的多媒体文件,将该多媒体文件的内容及相关信息获取出来保存到多媒体对象 video 中,随后将 video 中该多媒体文件的内容取出来,并得到该多媒体文件的内容的二进制流,最后把该二进制流中的数据以二进制流的形式返回给 PAR 方法在线自学系统,系统得到这个二进制流之后就播放该多媒体文件了,部分代码如下所示:

```
private void playVideo ( HttpServletRequest request ,
    HttpServletResponse response ) throws Exception
{
    conn = JdbcUtil. getConnection ( ) ;
    stmt = conn. createStatement ( ) ;
    //数据库连接
    rs = stmt. executeQuery ( " select * from videos
where id = " + id ) ;
    Video video = new Video ( ) ; response. setHeader
( " Pragma " , " No-cache " ) ;
    response. setHeader ( " Cache-Control " , " No-
cache " ) ;
    response. setDateHeader ( " Expires " 0 ) ;
    //告知浏览器 返回的是二进制流
    response. setContentType ( " application/octet -
stream " ) ;
    OutputStream out = response. getOutputStream ( ) ;
    InputStream in = video. getVideoFile ( ). getBina-
ryStream ( ) ;
    int len = - 1 ;
    byte b [ ] = new byte [ 4096 ] ;
    while ( ( len = in. read ( b ) ) ! = - 1 ) {
        out. write ( b 0 , len ) ;
```

```
}
...
}
```

## 4 结束语

本文利用 Web 服务和多媒体数据库技术构建了 PAR 方法在线自学系统。该系统具有以下特色:

1) 首次将基于 PAR 方法的便捷算法程序设计方法及相关新型算法设计和描述方法以在线教学的方式呈现给学习者,使学习者可以学习掌握最先进的算法程序设计方法。

2) 使用多媒体数据库技术使得在线教学系统生动、直观、便于理解,有效提高了学生学习掌握程序设计课程的兴趣和积极性。

3) PAR 方法在线自学系统利用 Web 服务技术将已经部署在云端的算法程序和软件自动生成平台应用于在线自学系统,使得该系统在介绍系统设计例题时可以在算法程序和软件开发平台中将例题程序转换成可执行语言 (Java、C++、C#和 VB) 程序,然后通过平台的运行系统查看例题程序的运行结果。

## 5 参考文献

- [1] Xue Jinyun. Formal derivation of graph algorithmic programs using partition-and-recur [J]. Journal of Computer Science and Technology ,1998 (6) :553-561.
- [2] Xue Jinyun. A unified approach for developing efficient algorithmic programs [J]. Journal of Computer Science and Technology ,1997 (4) :314-329.
- [3] Xue Jinyun. Two new strategies for developing loop invariants and their applications [J]. Journal of Computer Science and Technology ,1993 (2) :147-154.
- [4] Xue Jinyun. PAR method and its supporting platform [EB/OL]. [2017-05-11]. ftp. iist. unu. edu/pub/techreports/report348. rar.
- [5] Joe Tekli ,Ernesto Damiani ,Richard Chbeir. Using XML-based multicasting to improve web service scalability [J]. International Journal of Web Services Research ,2012 ,9 (1) :1-29.
- [6] 张莉. 多媒体数据库技术的分析与研究 [J]. 现代计算机:专业版 ,2012 (1) :56-58 ,61.
- [7] 谢武平 ,薛锦云. Radl 算法到 Apla 程序的生成系统

- [J]. 计算机研究与发展 2014(4):856-864.
- [8] Xue Jinyun. Developing the generic path algorithmic program and its instantiations using PAR method [C]//Proceedings of The second Asia Workshop On Programming Languages and Systems Korea 2001.
- [9] 朱小征,薛锦云,徐华珍. Transaction 在 PAR 平台中的实现方法及应用研究 [J]. 计算机与数字工程, 2015(10):1884-1890.
- [10] 薛锦云. 在线便捷编程教学和服务平台 [Z]. 第六届中国服务贸易年会 2016-12-17.
- [11] W3C. Web Services Glossary [EB/OL]. [2017-05-12]. <https://www.w3.org/TR/2004/NOTE-ws-gloss-20040211>.
- [12] 岳根霞. 多媒体数据库的数据模型研究 [J]. 电脑编程技巧与维护 2012(14):50-51.
- [13] Oracle Inc. Oracle9i interMedia user's guide and reference release 9.0.1 [EB/OL]. [2017-09-13]. <http://www.oracle.com/technetwork/documentation/oracle9i-arch-901-096298.html>.
- [14] 石海鹤,薛锦云. 基于 PAR 的算法形式化开发 [J]. 计算机学报 2009, 32(5):982-991.
- [15] 沈伯青,杨宗凯. Web 服务的基石:UDDI 技术 [J]. 计算机工程与应用 2003, 39(3):147-150, 183.
- [16] 彭邦伦. 利用 JAX-WS 开发 Web Service [J]. 电脑编程技巧与维护 2008(12):21-23, 30.
- [17] Zheng Yujun, Xue Jinyun. A problem reduction based approach to discrete optimization algorithm design [J]. Computing 2010, 88(1):31-54.
- [18] Zheng Yujun, Shi Haihe, Xue Jinyun. A knowledge-driven approach to web-based learning for formal algorithm development [C]//New Horizons in Web-Based Learning-IC-WL 2010 Workshops. Springer Berlin/Heidelberg, 2011: 237-245.

## The Design and Implementation of PAR Method Online Self-Study System Based on Web Service and Multimedia Database Technology

XIONG Xiaozhou<sup>1</sup>, XUE Jinyun<sup>2\*</sup>

(1. School of Computer Information Engineering, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China; 2. The State Base of Networked Supporting Software of International S/T Cooperation, Jiangxi Normal University, Nanchang Jiangxi 330022, China)

**Abstract:** The purpose of the paper is to design and implement a system to introduce the online self-learning system of PAR method. The system use Web Service and multimedia database technology to develop the basic concept of algorithmic programming using PAR method, algorithmic design language Radl, the abstract programming language Apla and the methodological image of the design and derivation algorithm program are vividly presented to the learner. Finally, this paper introduces the process of generating the executable algorithm program by using the algorithmic programming platform and the result of the operation of the algorithm.

**Key words:** PAR method; PAR platform; Web Service; multimedia database technology

(责任编辑:冉小晓)