

# 泛在学习资源在移动终端上的 自适应呈现模型设计\*

高辉<sup>1</sup> 程昱<sup>2</sup> 余胜泉<sup>3</sup> 杨现民<sup>3</sup>

(1.江苏师范大学 信息传播学院,江苏 徐州 221009;

2.中央广播电视大学 教育学院,北京 100031; 3.北京师范大学 现代教育技术研究所,北京 100875)

**摘要** Web 2.0时代“群建共享”的理念促进了学习资源的快速增长,移动终端设备迅速普及,成为访问互联网的重要工具。目前常用的移动终端包括智能手机、PDA、平板电脑等,这些产品又包括不同的品牌和型号,因此,现有移动终端不论在外观还是功能结构上都存在着较大差别。而如何在计算能力、屏幕大小等性能差异较大的移动终端适应性展现资源,成为影响泛在学习的重要因素。本文分析了现有资源自适应呈现研究的成果和不足,重点对资源尺寸与大小的自适应处理、多元格式的自适应匹配、对完整学习流程的支持等方面进行了针对性的设计,并在北京师范大学现代教育技术所研发的泛在学习系统——学习元平台的基础上,设计了“学习元”的自适应呈现模型,并基于该模型在Android操作系统上初步开发了“学习元”平台移动学习客户端。

**关键词** 泛在学习 移动学习资源 自适应呈现 学习元

**中图分类号** G434 **文献标识码** A

## 一、引言

技术的发展推动了学习方式的变革,随着计算机技术与无线技术的融合、终端设备计算性能与存储性能的增强和普及率的上升,泛在学习得到了快速发展。泛在学习强调的是学习中的去“工具化”,把学习工具“自然化”,即学习者获取知识时不会有意识地注意到自己使用了什么学习工具。

随着互联网的开放与“群建共享”理念的深入人心,学习资源在以惊人的速度持续增长,资源的数量已经不是制约人们学习的主要因素。不同的移动终端物理特性差异较大,“计算方式和网络条件的多样性造成动态异构性和移动性可能导致执行环境的复杂性和各计算协议的不可兼容性。”<sup>[1]</sup>而使人们感到困惑的正是如何将现有的网络资源以适当的形式展现在不同的移动终端上。如果实现这一目标,将可以大大降低泛在学习中因资源呈现受到的学习干扰;此外,移动终端还能共享Web资源,在一定程度上避免了泛在学习资源的低级重复设计与开发。

本文在现有资源自适应呈现研究的基础之上,设计了一种移动终端上的资源自适应呈现模型。本模型可根据终端设备特性与网络状况,将学习者请

求的资源以合适的格式发送至移动终端,屏蔽终端设备特性的差异与环境的复杂性,减少外部因素对泛在学习造成的干扰。自适应一般有两种理解:(1)可以根据物理终端种类和特性动态调整文件格式来适应终端设备的呈现,这种自适应又称设备无关性,从广义上讲指操作系统把所有外部设备统一当作文件来看待,只要安装了相应的驱动程序,任何用户都可以像使用文件一样操纵使用这些设备,而不必知道它们的具体存在形式<sup>[2]</sup>;(2)可根据情境感知功能和用户的学习风格特点,将符合学习者学习环境与认知特点的资源适应性地推送给学习者。本文探讨的自适应为前者。

## 二、资源自适应呈现的研究现状及问题

### (一)现状

目前有不少国内外学者在探讨关于自适应的问题,解决网络内容在小屏幕终端的显示问题主要有四种方法:针对特定设备设计内容(Device-specific Authoring)、针对多种设备设定内容(Multi-device Authoring)、智能布局(Automatic Re-authoring)、客户端导航(Client-side Navigation)。前两种方法能得到比较好的效果,但因耗费过大,需针对每种设备进行

\* 本文系国家自然科学基金项目“泛在学习的资源组织模型及其关键技术研究”(项目批准号:61073100)和北京市教育科学规划课题“基于‘学习元’的远程教育泛在学习资源共建共享和应用研究”(课题编号:CJA10244)成果。

资源、界面等设计而没有得到广泛推广。智能布局和客户端导航使用方便,有着比较广泛的用途<sup>[3]</sup>。所谓智能布局就是对页面进行调整和重新组织,例如通过缩小图片、字体以及删除空白等技术将网页调整为手持设备屏幕的宽度,这样可以有效避免使用水平滚动条。经过自动调整,整个 Web 页面的内容和功能都保留下来,只有布局发生了变化<sup>[4]</sup>。Power Browser 采用了移除空白和图片的智能布局方式<sup>[5]</sup>,WEST browser 采用缩放的形式将页面分割为适应屏幕大小的模块进行展示<sup>[6]</sup>。

此外,部分研究者也对其它形式的自适应技术进行了探索。Alexander Blekas、John Garofalakis 等人提出了基于 RSS 内容的自适应策略。但其主要目的是强调尽可能把网站内容友好地呈现给学习者,不考虑复杂的操作功能,因此移除了表单、JavaScript 脚本、图片、视频等多媒体信息。在显示内容方面,利用 RSS 的即时更新性,将最新信息呈现给学习者(需经过学习者同意)。UIML (User Interface Markup Language)<sup>[7]</sup> 是一种基于 XML 标准的用户界面描述语言,它以设备无关的方式描述用户界面,实现了跨设备、跨平台的用户界面开发。UIML 最重要特点就是内容、架构和样式的分离,并通过继承其它 UIML 用户界面组件中的类库实现代码的重用<sup>[8]</sup>。韩壮志、陈鹏等人提出了基于界面调整的自适应模型<sup>[9]</sup>,其基本思想是通过显示程序获取终端设备的基本物理信息,根据获取到的分辨率参数进一步判断屏幕类型(横屏、竖屏)。然后通过屏幕分辨率确定缩放比例,调整控件大小,最后对文字、控件按照这个比例进行缩放以实现在终端设备的自适应显示。沈秋、李厚强等人提出了基于运动信息描述的视频编码格式自适应框架<sup>[10]</sup>。中国科学技术大学的范欣博士把图像视觉注意力模型和视频转码技术结合起来,只对用户输出感兴趣的区域<sup>[11]</sup>,在此基础上提出了基于注意力模型的图像自适应显示。其思想是提取出一幅图的感兴趣区域、注意力关注值(吸引用户注意力的程度)和最小可视面积(保留被关注对象的全部信息时所允许的最小空间面积),通过一些阈值的设定把图像中吸引注意力的部分呈现给用户,同时又可以

根据屏幕大小对裁剪后的图片在屏幕上缩放显示,视频的处理采用类似的方法。哈尔滨师范大学计算机科学与信息工程学院的李晶和王建华提出了将 Agent 技术引入学习系统中来实现系统的智能性和适应性。Agent 是指模拟人类行为与关系、具有一定智能并能够自主运行和提供相应服务的程序<sup>[12]</sup>。此后,李晶提出了设备自适应模型与设备识别 Agent 结构<sup>[13]</sup>。该模型主要原理是通过学生 Agent 获取到用

户的基本信息和终端信息,然后将信息传送给设备识别 Agent,设备识别 Agent 将收集到的信息与设备信息库进行匹配、分类,再将信息发送至资源选择 Agent,资源选择 Agent 获取到分类信息后在 XML/XSTL 库中检索匹配的课程信息描述及 XSLT 样式单,获得课程资源转换的支持信息,并提供给资源处理 Agent,最后由资源处理 Agent 根据 XML 描述信息和转换清单,转换为终端设备所支持的信息。一些商用网站采取了比较简单的自适应处理方案,即:针对不同的设备分别设计不同的方案 S<sub>0</sub>、S<sub>1</sub>、S<sub>2</sub>、…、S<sub>n</sub>,每个方案使用不同的 URI 发布,当用户使用不同的设备时访问不同的网络地址<sup>[14]</sup>。

## (二) 主要问题

综上所述,泛在学习资源的自适应展现研究已经取得了一定的进展,但仍存在以下不足:

### 1. 对泛在学习的整个流程考虑不全面

泛在学习的过程是一个复杂的过程。学习的发生不仅需要学习内容,还需要提供评价、练习、过程性信息的记录等活动。学习活动不仅可以促进学习者认知水平的发展而且能增强其对内容的意义建构,是学习过程中不可或缺的重要环节。某些学习活动(如画概念图)计算量大,操作复杂,而移动终端处理能力有限,缺少键盘鼠标等辅助操作工具,这些特点决定了移动终端无法将学习平台中的活动原样地“移植”过来。因此,如何在性能有限的移动终端中呈现学习活动是必须解决的一个问题。

### 2. 对网络传输缺少必要的考虑

无线网络速度慢,稳定性差,传输较大数据时容易造成学习的中断,影响学习的效果和效率。一般来说,在学习者看来,忍受等待时间是有一定限度的,如果等待时间较长,那么学习用户可能会放弃学习,或者学习的情绪受到干扰<sup>[15]</sup>。基于 RSS 内容自适应的模型虽然考虑到了这点,但却是以牺牲掉音频、视频、动画等多媒体元素为代价的,而这些元素对泛在学习具有较好的调节作用,可使学习者保持注意力,长时间地沉浸在学习之中。

### 3. 资源无法统一管理

一些平台针对不同设备设计了不同的展现方案,每个方案使用不同的 URI,这使得整个系统不像一个完整的、统一的整体。每个模块独立负责某一设备的展现,因此各模块之间的信息无法共享,资源也无法统一管理。

## 三、学习元平台中的资源自适应呈现模型设计

选取较为合适的学习资源是保证泛在学习效果的重要环节,学习元的小粒度、智能性等特点符合泛

在学习资源的要求,因此本文以北京师范大学现代教育技术研究所研发的学习元平台作为研究对象,在此平台之上实现资源的自适应呈现。

### (一) 学习元平台简介

学习元是适合泛在学习环境与非正式学习的一种新型学习资源组织方式,是对未来泛在学习环境中下一代学习技术规范初步探索。学习元具有生成性、开放性、连通性、可进化发展、智能性、内聚性、自跟踪、微型化等基本特征,可以实现学习者群体智慧的共享和学习工具的共享,是泛在学习实现的基石之一<sup>[16]</sup>。

为了使学习元中的内容自动适应多种终端设备的呈现特点,该平台中提出了“格式信息”的概念。“格式信息”是指学习元在不同终端设备上如何展现的设计信息,学习元制作者可以遵循开放格式规范设计在多个终端上播放学习元的配置文件,终端通过解析不同的配置文件适应性地呈现学习元内容<sup>[17]</sup>。格式信息是学习元内部要素的一部分,每个学习元都要至少附带一种格式信息方可呈现给用户,默认的为面向 PC 机的网页呈现格式<sup>[18]</sup>。

由于学习元内容要适应多种设备的呈现特点,其格式信息必然要多元化,即多元格式信息。多元格式信息定义了学习元在不同终端的展现方式,主要从操作系统、屏幕大小、内存大小等几个方面对学习元的各个要素的呈现做出限定。为了方便学习元的创建者设置格式信息,系统中内置了一些模板供创建者调用,如果不对格式信息进行任何设置,系统默认为网页显示模板。

除了默认的网页版的格式信息外,其他多元格式信息的建立主要由学习元平台自动完成。当终端设备访问学习元平台时,平台会收集客户端的相关信息,然后将收集到的信息与设备信息库中的设备信息做匹配后即能查出该终端适合显示的媒体格式、图片大小(视频、动画、图片的尺寸是经过测试后由人工设置的阈值)等。如果内容中存在终端不支持的格式,系统会调用后台转换工具将其转换成适合该终端播放的文件。至此,某种设备显示学习元内容时要求的媒体尺寸和格式等其他信息已经形成,最后由系统将这些信息存入多元格式信息库中。随着访问终端的增加,格式信息库的内容也就越来越丰富。

### (二) 自适应模型设计

本研究所涉及的软件系统涉及服务器端和客户端两部分。其中服务

器端采用 J2EE 的技术路线,在已有的“学习元”平台做后续开发,主要是针对移动终端开发资源适应性传送和呈现的功能,并为客户端系统提供相应的应用程序接口。客户端根据自身平台特性适应性地做出呈现以及活动的交互。

本研究的自适应目标是在以下几个方面实现自适应:

(1)媒体尺寸和文件大小的自适应:终端屏幕大小不同,获得的媒体尺寸和大小也会有所不同。例如用手机请求到的图片尺寸为 25 \* 25 (单位为像素,下同),而用平板电脑发送同样的请求时获得的图片尺寸可能是 120 \* 120。

(2)学习元布局的自适应:布局主要由两方面决定,即屏幕大小和分辨率。不同尺寸的屏幕上看到相同的资源时布局方式会有所差异。

(3)交互学习活动的自适应:根据终端的运算能力与操作的便捷性,适应性地呈现学习活动。

(4)网络的自适应:在网络状况良好的状态下,终端发送请求时会通过网络发送到服务器,然后接收服务器返回的数据;在网络状况不好或连接不到网络的状态下,终端发送请求时,系统则会在本地数据库中寻找连网状态时自动保存的资源。

(5)地理位置的自适应:根据学习者地理位置的不同,系统可自动感知附近的学习者,如发现有的学伴在学习同一学习元则会给出提示,提供学习者在实际场景中交流的机会。

学习元平台中的资源自适应模型主要由三部分组成:移动终端、无线网络、Web 服务器,其中 Web 服务器除了常规的运算之外还要负责运行自适应处理程序。学习者利用手中的移动终端通过无线网络访问 Web 服务器,服务器获取客户端的物理特性与请求并做出处理,将合适的资源通过无线网络发送至用户的设备之中。学习元平台中的资源自适应模型见图 1。

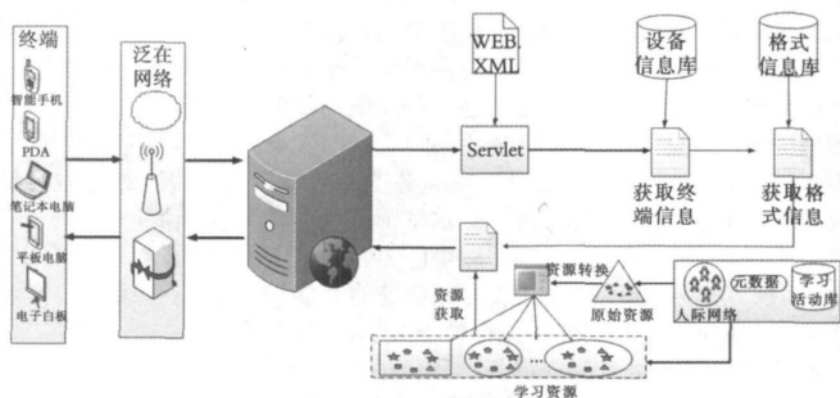


图 1 学习元平台中的资源自适应模型

### 1. 移动终端与互联网络

学习者通过手中的移动终端接入互联网,向服务器发送请求;服务器将终端请求发送至控制转发器,控制转发器根据相关配置文件将请求发送到不同的业务逻辑中进行运算,最后返回运算结果。

为了给移动终端返回合适的的数据,服务器必须接收到终端设备的物理特性信息,因此当使用移动终端发送请求的时候必须将相关信息一并发送至服务器。不同操作系统均有获取自身信息的相关函数,当学习者登录时,这些信息会和登录数据一起发送到服务器端,服务器将这些信息与设备信息库中的信息匹配,查出该设备的详细信息。设备的详细信息决定了服务器应查找何种格式的文件。

如图 2 所示,移动终端发送请求时,客户端软件会自动提取该设备的操作系统、系统版本等四种基本信息,服务器将这四种信息与设备信息库中的信息相匹配,可查出该设备的具体参数。其中,屏幕尺寸与屏幕分辨率用来确定图片、视频文件在终端显示时的尺寸;支持媒体格式和支持图片格式用来确定返回终端的文件格式类型。如设备同时支持 3gp 和 mp4 格式的视频,CPU 处理能力和内存大小也作为返回文件格式类型的重要参数。

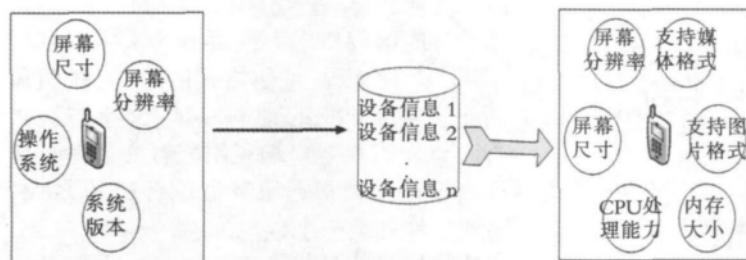


图 2 终端特征信息的提取与匹配

### 2. 服务器

服务器主要功能是转换文件格式和提供 API 开放接口。

#### (1) 格式转换代理

格式转换代理主要用来对学习元平台中的内容进行转换,并将转换结果保存到格式信息库中。格式转换代理的运行取决于两个方面:终端设备和资源库。

初步收集到的设备信息并不一定十分全面,还要进一步与设备信息库中的信息进行匹配,匹配之后可得到终端更详细的信息。设备信息库的作用是用来记录多种操作系统以及多种款式设备的功能、支持媒体格式等详细信息。资源库中保存的是学习元平台中的内容,包括文字、图片、视频等。假如经过信息匹配后,查出终端设备支持 mp4 格式的视频,

但是该终端请求的内容中包含的视频文件的格式为 avi,这时就会启动格式转换代理,对视频进行转换,并返回转换后的内容(流程如图 3 所示)。

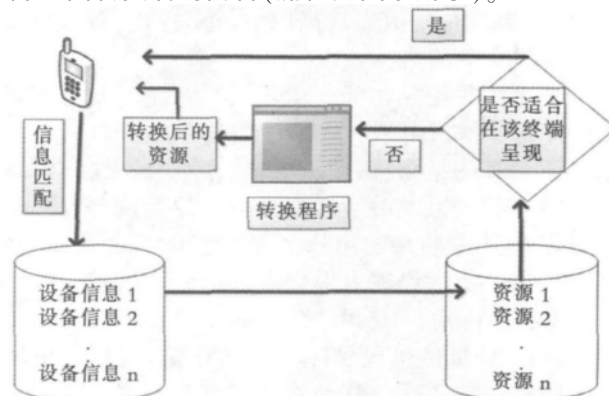


图 3 格式转换代理的运行流程

格式转换的核心问题是文件的编码与解码。以二进制流的方式读取需要转换格式的文件,再以不同的编码方式将文件输出即可实现文件的格式转换。在编码与解码的过程中主要调用 Java 中的工具包。

为了提升访问速度,本研究将转换后的内容存储在数据库中,当有相同终端访问该内容时,服务器无需任何转换和调整就可以直接从数据库中提取信息发送到移动终端。

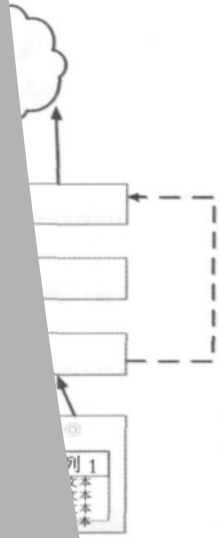
上文中提到,许多平台中对转换格式后的资源无法统一管理,容易造成信息的混乱,特别是学习元平台是一个基于协同编辑的多版本资源平台,同一个学习内容可能会因为多次编辑而形成不同的版本,因此需要相应的机制对多版本的资源进行统一管理。

本研究采取的方法是在系统中专门建一张数据表来存储转换后的内容,这张表仅存放转换内容和学习元 ID 以及当前内容的版本号,生成性信息仍旧存储在原来的数据表中,这既能有效控制系统的冗余信息,又能保证对生成性信息进行统一管理。学习元平台强调生成性信息也是非常重要的学习资源,因此,保持生成性信息的有序性、统一性既丰富了学习资源,又保证了平台中信息的持续性发展,同时还有利于我们对学习元过程性信息的收集与统计,并将其可视化,使学习者清晰地看到某学习元的发展与进化轨迹。

#### (2) 开放 API

“学习元”的开放性特点要求服务器要能为外界的调用提供一个开放接口,并且要能根据终端的不同动态地改变所发送的数据。当终端发送请求时,服务器根据请求类别选择相应的 API,API 接收终端

示。例如 TextView、Im-  
用来显示文字、图片与视  
了多种布局方式（线性布  
格布局、标签布局等），各  
嵌套，布局方式既可在文  
加，可灵活方便地展现布



分为文字、视频、  
式的附件，排版风  
排、文字与视频  
配置文件对界面  
端传送的 JSON

可以在服务器  
，仅将它们的  
果对内容感  
信模块再次

端都可获  
差异，文  
研究采取  
ndent  
中有

幕  
的

文件,应用程序运行时会根据终端屏幕的大小自动加载合适的布局文件。

### 3. 学习活动的自适应呈现

目前学习元平台中的主要活动包括:讨论交流、上传作品、投票调查、提问答疑、在线交流、练习测验、在线批注、画概念图等。每一种学习活动在 JSON 数据中对应一个数值,客户端根据解析到的数据调用相应组件完成对活动的支持。比如关于 JSON 数据的部分代码为:{"activityList":["type":"1","input":"true"]},假设 1 代表讨论交流。代码中的“input":"true"表示在此活动中需要输入信息,并将信息提交到服务器中。当客户端解析到这段代码时,我们可通过程序控制客户端生成可输入文字信息的控件,并同时生成提交按钮,将信息同步到服务器。在 Android 客户端,可实现这项功能的控件是 EditText,其功能是添加、编辑文字信息。另外比如投票功能,服务器端生成代码类似于 {"activityList":["type":"2","radiobutton":"true"]},同理,客户端解析到这段代码时会生成单选按钮,点击按钮可将投票信息更新到服务器。活动的自适应呈现最重要的是信息协商,即服务器生成的 JSON 语句中各字段以及字段值的含义必须告知客户端,客户端了解相关信息后可对数据进行解析。

### 4. 移动终端特色功能的开发

考虑到移动终端计算能力差,缺少辅助操作工具(鼠标、键盘等),因此在客户端去除在线批注与画概念图两个操作复杂的学习活动。同时,我们根据移动终端的特性添加了一些活动,例如利用摄像头拍摄作品制作学习元、通过地理位置信息为学习者发现学伴等。

本研究将拍摄图片、视频的功能做成一个单独的模块,在客户端的开发中任何一个模块都可以对其进行调用,这不仅丰富了学习元的创建方式,还对其它模块进行了很好的补充,例如,Web 版的评论、回复、答疑中多采用文本方式交互,而客户端设计中则可将拍照、录音等作为交互方式。这种在现实环境中采集到的信息更加真实,更具情境性,也更具说服力。

### 5. 客户端功能效果图

下列各图是目前该系统实现的主要功能效果图,包括学习元与知识群的查询、显示、下载、对学习活动的交互支持、拍照方式创建学习元等。输入用户名与密码后则可正式进入学习元平台,如右侧图 5 所示。

为了最大限度地利用终端屏幕,故将多个页面聚合在一起,以标签的形式展现,如图中的“首页”

“创建的”“协作的”“订阅的”。但终端并不会因多个页面的聚合而产生反应慢的现象,因为默认只显示第一个标签(首页)中的内容,如果不点击其余标签,终端则不与服务器通信。首页展示学习元与知识群的个数,点击学习元(或知识群)会进入学习元(知识群)列表。页面上方提供检索学习(知识群)的功能,选择查询类别,输入关键字后点击查询图标可得到查询结果。

点击“创建的”按钮会出现一个二级选项卡,这两个按钮分别代表“我创建的知识群”“我创建的学习元”,如图 6 所示。“协作的”与“订阅的”页面布局类似。

点击列表中的学习元,可进入学习元内容页面,如图 7 所示。图 8 为学习元的评价列表。如果学习元内容中还有其它活动,点击“活动”按钮就会呈现活动列表,图 9 为进入某个学习活动后的具体页面。图 10 为利用手机的拍照功能创建学习元的界面。

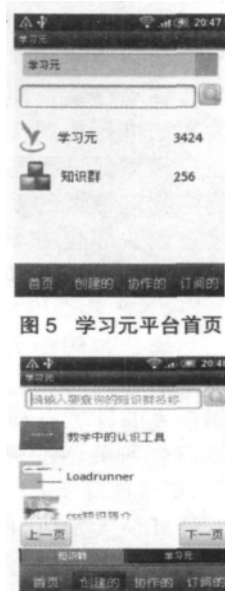


图 5 学习元平台首页

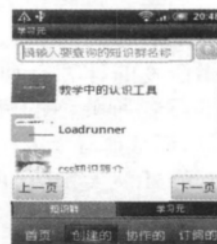


图 6 知识群列表

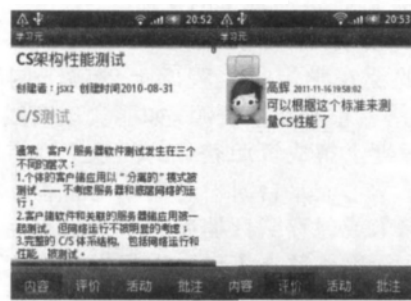


图 7 学习元内容显示

图 8 学习元评价

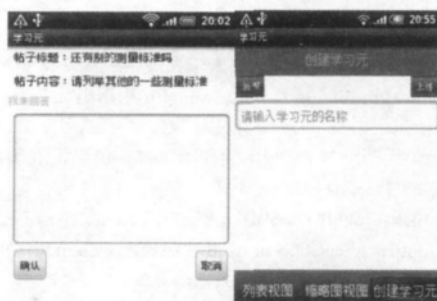


图 9 学习活动

图 10 创建学习元

以上为终端对学习元内容以及活动的自适应呈现,另外结合移动终端的特性实现了一些特色功能。可以安装部署在基于 Android 操作系统的手机、平板电脑上,在不同的屏幕尺寸、计算性能、网络环境

下都可以顺畅的使用学习元平台的核心功能,基本实现了“学习元”的资源与活动在多种终端上的自适应呈现和交互支持。

## 五、结束语

本文在 Android 系统中针对学习元平台的资源自适应呈现做了初步的研究与尝试,提出了学习元平台自适应模型。此模型不仅能将资源适应性地呈现在移动终端,而且结合学习元的格式信息对终端的布局进行控制,以合适的形式展现合适的资源。自适应模型促进了网络资源的可重用性,降低了移动终端物理特性的差异对资源呈现的限制,在一定程度上解决了泛在学习中的资源的自适应呈现问题,接下来的研究主要包括以下两个方面:

### (一) 共享位置信息

学习过程中人际网络也是重要的学习资源,这也是学习元的理念。人际网络的实现可以通过兴趣相似度的计算自动为学习者建立联系,兴趣相似的学习者所关注的资源、话题、信息可以互相推荐、收藏,形成基于兴趣的学习圈子。但是使用移动终端还有另外一大特色,即共享自己的位置信息,通过这个功能学习者可以查看一定范围内与自己学习的内容相同或相似的学习者,经过同意两者可以实现由线上到线下,从虚拟走向现实的交流。

### (二) 离线学习

现在的泛在学习很大程度上依赖于网络的支持,没有网络就很难获取资源。如能实现离线学习就能在一定程度上解决资源获取的问题。在有网络的状态下登录学习元平台时,可启动后台程序将资源下载到存储卡或保存到数据库之中。如无需获取最新资源,在无网络状态下仍可以根据数据库中记录查看学习资源。

## 参考文献:

- [1] 杨刚,徐晓东.学习交互的现状与未来发展——从课堂学习到 e-Learning,m-Learning 再到 u-Learning[J].中国电化教育,2010,(7):52-58.
- [2] 刘富逵,杨改学.基于 WAP 技术的移动学习系统应用[J].现代远程教育研究,2009,(5):62-66.
- [3] Alexander Blekas,John D. Garofalakis,Vasilios Stefanis.Use of RSS feeds for Content Adaptation in Mobile Web Browsing[DB/OL].http://www.w4a.info/2006/prog/11-blekas.pdf,2012-2-17.
- [4] 黄文蓓.基于网页分割和摘要的小屏幕设备网页自适应研究与实现[D].上海:华东师范大学,2008.
- [5] Buyukkokten, O., Gracia-Molina, H., Paepcke, and Winograd, T. Power Browser: Efficient Web Browsing for PDAs[DB/OL].http://wenku.baidu.com/view/dcf6163243323968011c9209.html,2012-2-17.
- [6] Bjork, S., Bretan, I., Danielsson, R., and Karlgren, J. WEST: A Web

- Browser for Small Terminals[DB/OL].http://wenku.baidu.com/view/df532803a6c30c2259019e56.html,2012-02-17.
- [7] User Interface Markup Language (UIML) v3.1 Draft Specification [EB/OL].http://www.uiml.org,2012-2-17.
- [8] Göbel, S., Buchholz, S., Ziegert, T., Schill, A. Device Independent Representation of Web-based Dialogs and Contents[DB/OL].http://wenku.baidu.com/view/ed167f4d767f5acf1c7cd01.html,2012-2-17.
- [9] 韩壮志,陈鹏,何强等.嵌入式系统显示界面的自适应显示方法[J].液晶与显示,2010,(2):283-286.
- [10] 沈秋,李厚强,王毅等.一种基于运动信息描述的视频格式自适应方案[J].计算机学报,2009,(6):1162-1171.
- [11] 范欣.针对移动终端的跨媒体网络信息检索及自适应信息显示研究[D].合肥:中国科学技术大学,2007.
- [12] 黄鹏宇,杨家玮.基于移动 Agent 技术的网络管理框架结构[J].计算机仿真,2005,(4):138-141.
- [13] 李晶.基于 Agent 的移动学习设备自适应模型的研究[J].中国远程教育,2008,(10):71-72.
- [14] 崔光佐,陈飞,陈虎等.移动教育的理念与关键技术研究[J].中国远程教育,2005,(9):42-45.
- [15] 李树波.基于云计算的移动学习网络平台构建研究[J].软件导刊,2010,(12):115-117.
- [16] 余胜泉,杨现民,程罡.泛在学习环境中的学习资源设计与共享——“学习元”的理念与结构[J].开放教育研究,2009,(1):47-53.
- [17][18] 杨现民,余胜泉.泛在学习环境下的学习资源信息模型构建[J].中国电化教育,2010,(9):72-78.

## 作者简介:

高辉:在读硕士,研究方向为网络教学平台开发、移动学习(jsgaohui@163.com)。

程罡:讲师,博士,研究方向为泛在学习环境与资源、远程教育技术(chenggangouc@163.com)。

收稿日期:2011年12月27日  
责任编辑:冯小强