

下一代的 Web 技术

Technologies for the Web Next Generation

姚绍文¹ 周明天² 龙 华¹ 曾家智²

(昆明理工大学通信与电子工程系 昆明650051)¹

(电子科技大学计算机学院 成都610054)²

Abstract The successful development of Web has made most of applications to be transited to Web computing environment. The XML specification, which is leading the evolution of the Web next generation, pushes the Web to a new era. After briefly discussing the markup and XML, this paper presents the model and mechanism of Web-based distributed object-oriented computing, shows the structure of the XML-centric Web next generation as well as meta-data representation. This paper gives the introduction of the transition of the Web computing to mobile computing, and the structure of HTTP-NG as a long-term goal of the Web evolution as well. We believe that the future Web will be a distributed object-oriented computing environment with openness, mobile computing support, and scalable coupling between the object states and behaviors.

Keywords Web, Markup language, XML, Distributed object-oriented computing, Wireless Application Protocols, HTTP-NG

一、概述

在 Internet 中 Web 已经占据了主导地位, Web 技术的发展变化完全引导着 Internet 的发展变化。Web 技术的体系结构主要是基于 HTML 和 HTTP 协议, 这两个核心协议的设计所面向的最基础的应用也只是从文档的传输与表示。随着 Web 迅速地普及, 基于 Web 的应用逐步延伸到一些复杂的应用和计算, 一些传统的分布式计算和面向对象技术也试图迁移到 Web 技术上来, Web 技术已成为软件工程开发、网络分布式计算和处理的核心^[5,6]。新的应用不断加入到 Web 应用中, 导致了基于 Web 的应用标准不兼容、语义定义不严格、有效性和结构化缺乏等大量问题。HTTP 协议同样随着 Web 应用的延伸变得越来越臃肿庞大, 原本简洁的 HTTP 协议也变得效率低下^[10]。

Web 的发明者 Tim Berners-Lee 在 MIT 成立了 W3C (World-Wide-Web Consortium), W3C 成为了专门研究 Web 技术发展的核心组织。同时 W3C 制定并维护着 Web 技术的官方标准、推荐新的标准, W3C 的研究组围绕 HTML、HTTP 以及 Web 中的链接定位 (URL、URI 等) 等核心技术开展了大量的研究, 提出了各种草案标准。1998 年发布的 XML (可扩展的标记语言)^[11] 架起了 SGML 和 HTML 之间的桥梁。作为一种元语言, XML 为下一代的 Web 发展打开了大门, 在 XML 基础上可以定义、扩展新的标记语言和功能。

W3C 通过与 WAP (Wireless Application Protocol) 论坛合作^[21], 基于 Web 和现有的无线通信平台的移动计算已显端倪。W3C 提出的 HTTP-NG (下一代 HTTP)^[4] 更为 Web 发展描绘了更加美好的未来——具有 Web 开放性和传统分布式对象计算功能的基于 Web 的分布式对象计算环境。我们认为, 下一代的 Web 将是一个开放、支持移动计算、对象的状态与行为可伸缩耦合的分布式对象计算环境。

本文在系统介绍了标记语言和 XML 的基础上, 分析了基于 XML 的对象计算模型和下一代 Web 结构, 并介绍了几个主要的 XML 应用, 然后介绍了 WAP 的体系结构和关键技术, 最后介绍了 HTTP-NG 的构成和设想。

二、标记语言与 XML

早在 HTML 之前, SGML (标准通用标记语言) 作为文档描述和输出的标记语言存在多年。SGML 是一种功能强大的语言, 同时又是一种复杂、实现和维护费用昂贵的语言, 因此并不适合于描述简单的文档。标记语言用于产生各种文档, 文档中标记的作用和语义通过程序进行解释。标记用文本方式以标志的格式附加在文档中对其所描述的内容进行标识, 有些资料将标记及其内容又称为元素或实体。

在以 SGML 为代表的标记语言中, 文档所使用的标记是通过 DTD (文档类型定义) 定义用到的标记的

语义和功能,并且标记语言通过 DTD 定义的标记主要是用来描述文档的内容,解释标记语义的应用程序可以把文档解释成具有结构的数据。当然任何文档都要通过显示或打印表现到最终用户面前,同时文档的格式和显示方式也可以通过标记进行描述,这样标记语言分成了以描述文档数据内容语义结构为中心的标记语言和以描述文档显示打印效果式样为中心的标记语言,SGML 的复杂性是因为它主要以描述内容结构为主,而面向 Web 的文档都是一些简单的文档并主要以最终的显示结果为目的。

作为 SGML 的一种简单实现,HTML 的设计目的就是使事情简单化和直观化。在 HTML 中可以很简单地实现丰富的显示效果和链接,并且可以很容易地插入图片,这样导致了 HTML 的快速发展。但是也正是因为 HTML 的这种简单性,使得 HTML 难以描述复杂的文档。为了适应不断涌现的新要求,HTML 只好不断扩充标记、增加功能、更新版本,这样使得原本简单的 HTML 在短短几年内发展成为为了臃肿的标记语言。

在 HTML 的发展过程中,也曾试图将结构和显示分开,定义了一种称为 CSS(层叠样式表)的独立的 Web 样式机制,但由于 HTML 从根本上缺乏对结构化标记的表现能力,难以描述高级、复杂的文档,同时也难以满足一些开发者的特殊要求,在这种情况下,XML 作为一种元标记语言被设计出来,从根本上解决了 Web 文档和其他资源描述所面临的问题^[2,3]。元标记语言就是用来创建标记语言的语言,这样通过 XML 可以定制针对不同应用环境和要求的标记,因此 XML 又被誉为推动 Web-NG(下一代 Web)发展的引擎。

XML 文档应满足 XML 应用的结构性和有效性要求^[4-6]。文档的有效性是指文档必须符合 XML 语法规则要求,而结构性是指文档在内容结构上必须满足 DTD 所制定的标记规则,如元素名称匹配、元素的顺序及嵌套规则等。DTD 与 XML 文档的关系就如数据库与其数据模式之间的关系一样,因此开发 XML 文档的核心就是制定文档相应的 DTD。XML 允许开发者编写自己的 DTD 以创建所需的任何标记。使用 XML 名字空间(Namespace)机制^[7],可以防止不同开发者定义的具有相同标记名称引起的冲突。

三、分布式计算、面向对象技术与 Web 技术

1. 面向对象计算与分布式计算的结合

在面向对象的计算中,通过对象模型来考虑问题及其可能的解决方案,对象模型以对象为基础,而对象是现实世界具有特定行为和属性的实体,对象提供了

把行为和属性结合成一个单独实体的方法和手段。在面向对象设计中,通过把系统分解成多组对象进行抽象形成类,提取出各组对象上的共同的特性。具体的对象实现细节被封装隐藏到对象之中,为其他对象提供服务,不同的对象之间通过发送消息来进行通信实现对象的服务,这样不同对象协同构成的系统结构清楚,对象实现的变化不影响其客户对象利用该对象的服务,利用面向对象技术来构造和集成应用程序模型,可以在分析、设计和实现中得到可扩展的、可重用的软件,而且其开发和维护的成本比面向过程的软件要低。传统的对象模型如图1所示,对象的状态由数据或状态变量集组成,同对象的状态联系在一起的是对象所包含的方法。图中的思想代表了许多对象模型实现的对象的物理结构,如 Smalltalk 和 C++。

分布式计算在通过网络连接起来的分布式环境中运行软件、共享信息,同时分布式计算环境为应用提供了透明的运行环境实现资源共享和负载平衡。绝大多数分布式计算是基于 C/S(客户机/服务器)模型。在 C/S 模型中,客户机是提出信息和服务请求的软件实体,而服务器则代表了提供信息或服务的软件实体。

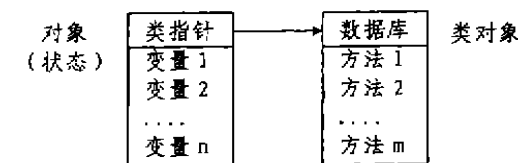


图1 传统对象模型实现的物理结构

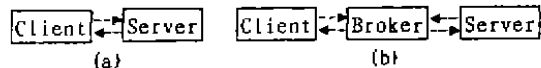


图2 分布式对象计算结构

将分布式计算与面向对象计算结合形成分布式对象计算,可以实现分布式环境下的软件复用。分布式计算环境(DCE)通常存在异构的软硬件计算平台,利用分布式对象计算可以加强异构的 DCE 的透明性。如图2所示,在结构上分布式对象计算有两种形式,一种是传统的 C/S 结构的分布式对象计算,另一种是利用代理器(Borker)的多级 C/S 结构的分布式对象计算。以下三种分布式计算解决方案通过不同的方式提供对象计算功能:

• CORBA: CORBA(公共对象请求代理结构)^[12]是由 OMG(对象管理组)在 OMA(对象管理体系)中定义用于解决异构系统互操作的中间件标准^[1],中间件是处于应用程序及其所在系统的内部工作方式之间的软件。CORBA 利用 ORB(对象请求代理器)作为中间件,实现了客户机与服务器分离。CORBA 作为异构环境下的通信中间件,实现了应用程序和通信核心的

细节与复杂性的分离,所以又被称之为软件总线。

在 CORBA 中,接口就是传统的面向对象的类。CORBA 使用 OMG 的 IDL (接口定义语言) 定义接口,以实现对象的特性和行为的定义。IDL 只有定义语言而不是编程语言,只用于定义对象之间通信的接口和对象的数据结构。有关 CORBA 和 IDL 的详细资料请参阅文献。

·RPC:RPC (远程过程调用) 本身没有固有的对象模型,是面向过程的分布式模型。通常通过在 RPC 技术的基础上增加一些结构和规则,可以实现面向对象的功能。

·API:API (应用程序接口) 通过提供网络 API,支持 API 之间的同步通信和异步通信,但通常要求创建和使用额外的软件,不能实现应用程序和通信核心的细节与复杂性的分离,并且还需要处理不同平台上数据表示的差异。

2. 面向对象计算与 Web 的结合

Web 本身就是一个分布式环境,随着 Web 应用范围的扩大和应用的深入,在规划设计分布式计算环境时,Web 技术日益成为一个需要考虑的重要因素。但由于 Web 主要面向文档的发布与表示等简单应用,因此不适合于一些传统的分布式计算和对象计算所面向的复杂的企业应用。在保持 Web 的开放性基础上,如何扩展 Web 的功能并支持对象结构的复杂性应用成为 Web 技术发展的热点之一,同时实现 Web 技术与面向对象计算结合可以发展新一代的基于 Web 的分布式对象计算。

当 Web 的各种文档页面或更小的 Web 数据单元被看作对象时,Web 就可以看作一个简单的分布式对象系统,Web 技术中已经有一些机制可以用来将 Web 页面和代码(行为)集成在一起^[9,10]。在 Web 对象模型中,对象的方法通过程序代码实现,对象方法与对象状态的关联可以通过将方法嵌入到 Web 页面中或使用方法的 URL 作为引用方法的指针实现。通过 URL 标识,Web 对象的方法(或程序)可以在物理上嵌入 Web 对象中,也可以引用对象方法的指针,所引用的对象方法指针指向其它用 URL 标识的对象,甚至还可以通过其它的方式同 Web 页面进行关联。Web 对象的方法通常用 JAVA 或脚本编程(如 JAVA Script 或 VB Script)实现。在 Web 中对象的状态与方法是松耦合,Web 的对象模型如图3所示。

将 Web 中对象的状态与方法耦合在一起有多种机制。这些机制中有的已成为 W3C 的标准,有的还只是 W3C 的草案。下面是一些主要的关联 Web 对象和行为的机制:

·DOM:DOM (文档对象模型) 通常指文档的脚本

编程接口^[11]。W3C 的 DOM 工作组开发的 DOM Level 1 是一个与语言及平台无关的、到 HTML 和 XML 文档的标准的 API,因此 DOM 提供了一种机制把 Web 中对象的状态和相关的代码集成在一起。

·嵌入的行为:Web 技术提供了更加直接的方法将 Web 对象的状态和行为关联起来,如使用 ActiveX 控件,JAVA 小程序以及用不同脚本编程语言编制的脚本程序。

·WIDL 和 XML-RPC:WIDL (Web 接口定义语言)^[12]就象中间件使用 IDL 一样,使得 XML 文档与应用系统之间、符合不同的 DTD 的 XML 文档之间架起了一座桥梁,实现了透明的映射^[9,10]。

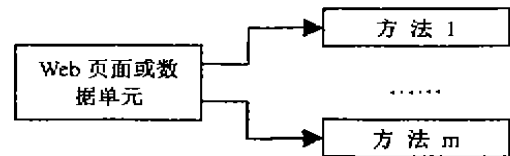


图3 Web 对象模型

WIDL 定义了接口 DTD,编制符合 WIDL 的 DTD 模式的 XML 文档就象在 CORBA 中间件系统中编制 IDL 对象接口一样,从而实现了 Web 对象之间的接口描述。一个 WIDL 元素包含了一个或多个 RECORD 或 METHOD 元素,METHOD 元素指定了客户端可以调用的一个方法或服务。WIDL 提供了应用系统通信所需的信息,应用之间的服务调用通过 RPC 进行,而 RPC 的消息用 XML 表示,这样就可以将传统的 RPC 和 IDL 机制迁移到以 XML 为中心的 Web 上来。

四、其他基于 XML 的标准和草案——XML 应用

1. 基于 XML 的 Web 结构

XML 通过 DTD 定义的标记语言通常称为 XML 词汇或应用。自从 XML 出现以后,W3C 的一些研究小组和分支机构已经定义了大量的 XML 应用,其中一些具有通用性的词汇已提交给 W3C,有的已被 W3C 批准成为 W3C 的标准建议(如数学标记语言 MathML),有的向 W3C 提交了草案并希望成为 W3C 的规范标准。这些在 XML 基础上的应用已经显露出下一代 Web 的框架,如图4所示。

在图4中还给出了 HTML 与 SGML 之间的关系,HTML 只是 SGML 的一个简单实现。图中所列的 XML 应用也只是冰山一角,新的应用亦在不断发展之中。上一节中简单介绍了 DOM、WIDL,下面只是对进行资源描述的 RDF^[13]进行简单介绍,其它的 XML 应用请参阅 W3C 网址、相关网址或资料。

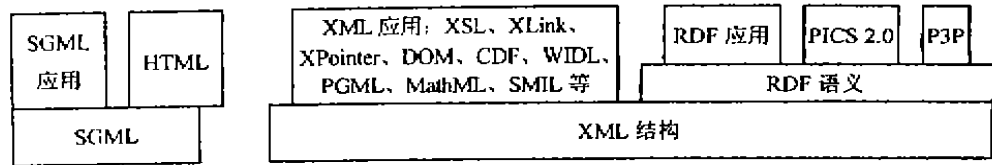


图4 W3C 数据格式规范结构

2. RDF

RDF 是用于描述和交换元数据的框架^{[15][16]}。由于有些应用需要在 Web 上互相交换机器可理解的信息,因此 RDF 为这些应用提供相互之间的互操作性。在不同的应用之间有效地利用元数据需要关于语义、句法和结构具有通用的约定,而 RDF 满足元数据互操作机制设计,因此 RDF 将构成在 XML 基础上的结构化元数据编码、交换及重用的基础。

RDF 数据模型提供一个抽象、概念化的定义和使用元数据的框架,RDF 使用 XML 语法作为 RDF 交换的语法,因此按 RDF 规范进行资源描述的数据用 XML 编码表示以后就是一个特定的 XML 应用文档。在 RDF 中资源定义为通过 URI 唯一确定的对象,在此基础上 RDF 提供了一个描述资源的模型。同资源相关联的属性用属性类型确定,而每个属性类型具有相应的值,指向同一个资源的属性的集合被称为该资源的一个描述。

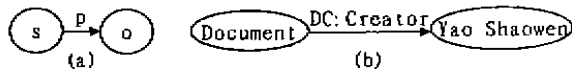


图5 命题的模式及实例的图形模式

类似于知识表示中的语义网络表示法,一个通用的 RDF 描述命题可以用图形模型表示,还可以用三元组模型、一阶谓词逻辑、XML 文本描述进行表示,并且这四种描述是等价的。以一个命题“o 是 s 的属性 p 的值”为模式,以命题“Yao Shaowen is the Creator of Document”为具体实例,我们可以得到关于该模式及命题的四种等价的描述:

- 三元组模型:命题模式与命题实例的三元组模型分别为(p,s,o)和(Creator,Document,Yao Shaowen)
- 谓词逻辑描述:定义谓词 p(x,y)语义为 x 的属性 p 的值为 y,则上面的三元组模型可以转化为 p(s,o)和 Creator(Document,Yao Shaowen)。
- 图型模型:命题的模式以及具体实例的图形模式如图5所示。
- 具体实例的 XML 描述如图6所示。图中“RDF”“DC”为 XML 的名字空间。

`<?xml:namespace ns="http://www.w3.org/RDF/RDF/"`

```

prefix="RDF"?>
(?xml namespace ns="http://purl.oclc.org/DC/"prefix="
"DC"?>
(RDF,RDF)
(RDF,Description RDF:HERF="http://uri-of-Doc-
ument")
(DC:Creator)Yao Shaowen(/DC:Creator)
(/RDF:Description)
(/RDF:RDF)
    
```

图6 实例的 XML 描述

五、无线应用协议(WAP)

为了将 Internet 的接入从固定的终端延伸到移动领域,以移动通信厂商为主成立了 WAP 论坛,并制定了针对移动通信环境下的协议标准和建议^[20]。WAP1.0于1998年4月完成,1999年6月颁布 WAP1.1规范,WAP1.2也于1999年12月发布。基于 WAP 的移动终端主要是手持的设备(如移动电话,个人数字助理 PDA 等),这些设备利用现有的无线通信信道(如 CDMA,GSM 等)。考虑到无线数字网络的带宽和传输的可靠性,以及移动设备计算能力的不足,WAP 规范的制定以 Internet 协议标准为基础,利用一些现有的 Internet 标准并创建一些新的协议标准,形成了专门适应无线应用环境的协议集,WAP 的协议栈体系结构如图7所示。

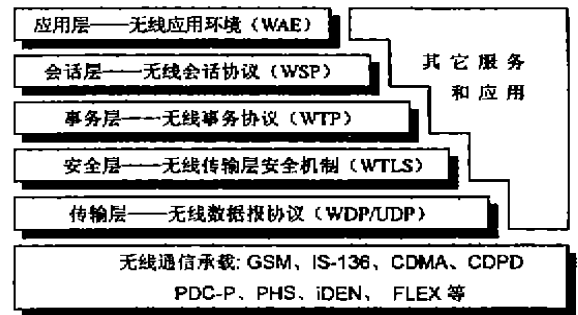


图7 WAP 协议结构

在 WAP 无线应用环境中,定义了 WML(无线标记语言)及其它一些面向应用的相关协议,其中 WML 是一种 XML 的特殊应用,它不象 HTML 等标记语言面向字符,而是对标记等采用面向比特位的编码方式以减少编码开销,提高无线信道的传输效率。WMLScript 类似于传统 Internet 的 Script,可以灵活

地与 WML 综合形成 WAP 应用。WAP 的通信协议主要包括了无线会话协议、无线事务协议、无线传输层安全机制以及类似于 UDP 的无线数据报协议等，共同为高层的应用提供面向数据报、面向事务处理、面向连接、安全可靠等多种服务。其中无线会话协议(WSP)是基于 HTTP1.1,采用请求/应答机制,并对报头和内容进行二进制压缩编码以提高无线带宽的利用率。

在 WAP 的应用结构中,客户机使用微浏览器浏览网络中的信息。由于面向 WAP 的协议及信息与标

准的 Internet 环境有所不同,因此微浏览器只能接入 WAP 应用服务器或通过 WAP 网关代理器接入标准的 Internet,如图8(a)、(b)所示。此外在 WAP1.2中还定义了基于 HTTP1.1的 Cache 功能和 WAP 环境中配合标准的 Internet 实现 PUSH 功能。在 WAP 中的安全层协议 WTLS(无线传输层安全)是基于 Internet 的 SSL(安全接口层),以保证在无线环境下数据的完整性、认证及保护,WTLS 是可选的。

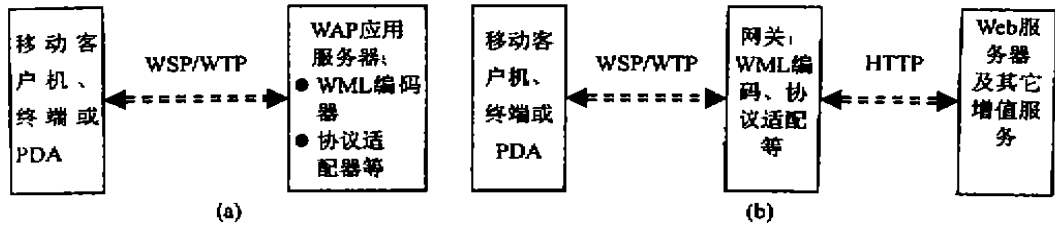


图8 WAP 用户接入方式

六、HTTP-NG

W3C 的 HTTP-NG 项目旨在把当前的 Web 转换成一个具有传统功能的分布式对象系统。不是在 Web 之上(即在 HTTP 或 HTML 与 XML 之上)建立一个分布式对象系统,而是在 Web 之下(即只在 TCP 或 UDP 等传输层之上)建立一个分布式对象系统。如果将 Web 的应用置于 HTTP 协议之上,易于导致不必要的性能损失、功能弱且缺乏通用性,而 HTTP-NG 作为分布式 Web 应用更长远的解决方法,直接建立在传输层之上,这样可以满足企业复杂的分布式对象计算。

HTTP-NG 将现有的 Web 技术中 HTTP 及之上的 Web 数据表示和 Web 应用分为三层。HTTP-NG 结构的协议栈模型如图9所示。图中 WebMUX 与现有的传输层结合在一起构成 HTTP-NG 传输层,WebMUX 对低层传输连接进行复用,建立会话连接,为上层提供面向消息的传输服务。HTTP-NG 消息层支持高层的对象接口,实现具有面向对象功能的传统的 C/S 模式下的“请求/应答”技术。HTTP-NG 应用层在 HTTP-NG 最高层定义了各种应用,不仅这些应用可以共存,而且可以很容易加进新的应用进行扩展。HTTP-NG 根据一组用 IDL 定义的对象接口描述其应用接口,传统的 Web 应用在 HTTP-NG 中称之为 TCWA(The Classic Web Application)。此外 HTTP-

NG 应用层还提供了用于定义方法和类型的系统机制,这样不仅其它应用可以使用定义的方法,而且还把诸如 Java RMI、CORBA 及 DCOM 的类型系统结合并统一起来,直接将它们的 API 映射到 HTTP-NG 套件中。

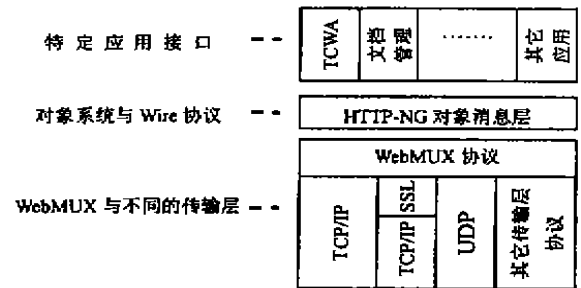


图9 HTTP-NG 三层结构模型

如果 HTTP-NG 实现其目标,就意味着将对象技术置入了 Web 系统的核心,这样就不仅可以更高效地支持类似 RPC 的对象应用,而且实现了 Web 和对象技术更高层的集成。

结束语 随着 XML 应用的不断发展,Web 技术与分布式对象技术结合的日益紧密以及 Web 应用延伸到无线移动环境,Web 将提供任何时间、任何地点、任何类型的信息服务。未来的 Web 将是一个开放、支持移动计算、对象的状态与行为可伸缩耦合的分布式对象计算环境,本文介绍了标记语言和 XML,描述了

Web 分布式对象计算模型,基于 XML 和 XML 应用的下一代 Web 结构,然后介绍了 WAP 的体系结构和关键技术,最后介绍了 HTTP-NG 的构成和设想。

参考文献

- 1 Object Management Group. A Discussion of the Object Management Architecture. June 1997. Available online at <http://www.omg.org/library/omaindx.html>
- 2 Khare R, Tifkin A. XML: A Door to Automated Web Applications. *IEEE Internet Computing*, 1997, 1(4): 78~87
- 3 Goldfarb C F, Prescod P. *The XML Handbook*. Prentice Hall PTR, 1998
- 4 Wales M G. WIDL: Interface Definition for the Web. *IEEE Internet Computing*, 1999, 3(1)
- 5 Gellersen H W, Gaedke M. Object-oriented Web Applications Development. *IEEE Internet Computing*, 1999, 3(1): 60~68
- 6 William C, Janssen JR. A Next Generation Architecture for HTTP. *IEEE Internet Computing*, 1999, 3(1): 69~73
- 7 Wood L. Programming the Web: The W3C DOM Specification. *IEEE Internet Computing*, 1999, 3(1): 48~54
- 8 Manola F. Technologies for a Web Object Model *IEEE Internet Computing*, 1999, 3(1): 38~47
- 9 Manola F. Towards a Web Object Model. [tech. report]. Object Services and Consulting Inc., 1998. Available online at <http://www.objs.com/OSA/wom.htm>
- 10 Manola F. Some Web Object Model Construction Technologies. [tech. report]. Object Services and Consulting Inc., 1998. Available online at <http://www.objs.com/OSA/wom-1.htm>
- 11 Bray T, et al. Extensible Markup Language (XML) 1.0. W3C Recommendation, World Wide Web Consortium, 1998. Available online at <http://www.w3c.org/TR/REC-xml>
- 12 Bray T, et al. Namespaces in XML. W3C Working Draft, World Wide Web Consortium, 1998. Available online at <http://www.w3c.org/TR/WD-xml-names>
- 13 Otte R, Patrick P, Roy M. *Understanding CORBA*. Prentice Hall PTR, 1998
- 14 Simon St. Laurent. *XML: A Primer*, 2nd Edition, IDG Books, Foster City, Calif., 2000
- 15 Lassila O, Swick R R, et al. Resource Description Framework (RDF) Model and Syntax. W3C Working Draft, World Wide Web Consortium, 1998. Available online at <http://www.w3c.org/TR/WD-rdf-syntax>
- 16 Berners-Lee T. Metadata Architecture. 1997. Available online at <http://www.w3c.org/DesignIssues/REC-xml>
- 17 Merrick R, Allen C. Web Interface Definition Language (WIDL). W3C Note, World Wide Web Consortium, 1997. Available online at <http://www.w3c.org/TR/NOTE-widl>
- 18 Pitts N. *XML: In Record Time*. SYBEX Inc., Alameda, CA 94501, 1999
- 19 Nielsen H F, et al. HTTP-NG Overview Problem Statement, Requirements, and Solution Outline. IETF Internet Draft, 1998. Available online at <http://www.w3.org/Protocols/HTTP-NG/1998/11/draft-frystyk-httpng-overview-00>. This is work in progress.
- 20 WAP Forum, the WAP 1.2 Specification Suite. WAP Forum, 1999. Available online at <http://www.wap-forum.org/what/technical.htm>
- 21 Hjelm J, Martin B, King P. WAP Forum-W3C Cooperation White Paper W3C Note. [tech. report]. W3C, 1998. Available online at <http://www.w3.org/TR/NOTE-WAP>

(上接第60页)

服务,都需要实时的支持,当前人们对开放和实时相结合的研究尚处于起步阶段。本文通过对实时系统的特征和开放系统环境的特点的分析,指出一个全局实时的开放系统包含两个方面:通信的实时性和端系统的实时性,并提出通过实时域的划分来对系统进行“分而治之”的方法。文中最后给出了开放实时系统的设计原则和实现模型。利用中间件来实现支持实时的开放系统是当前分布式和实时领域共同关注的问题。CORBA 3.0规范中增加了实时规范^[8],这一举措有力地推动了开放系统中实时性的实现。

参考文献

- 1 刘锦德. 对开放系统内涵的澄清. *计算机应用*, 1997, 17(6): 1~4
- 2 Furht B, Halang W A. A Survey of Real-Time Computing Systems. *International Journal of Mini and Microcomputers*, 1994, 16(3): 1~16
- 3 Gill C D, Kuhns F, Schmidt D C. Applying Adaptive Real-Time Middleware to Address Grand Challenges of COTS-based Mission-Critical Real-Time Systems. In: *Proceedings of the 1th IEEE International Workshop on Real-Time Mission-Critical Systems*. Nov. 1999
- 4 ISO/IEC and ITU. Reference Model of ODP. Part 1 Overview. May 1995
- 5 Schmidt D C, Harrison T H, Mungee S. the Design and Performance of Real-Time Object Request Brokers. *Computer Communication*, 1998, 21(4): 294~324
- 6 Mehra A, Indiresan A, Shin K G. Structuring Communication Software for Quality-of-Service Guarantees. *IEEE Trans. On Software Eng.*, 1997, 23(10): 616~634
- 7 Stankovic J A. Misconceptions About Real-Time Computing. *IEEE Computer*, 1988, 21(10): 10~19
- 8 Object Management Group. Realtime CORBA Joint Revised Submission, OMG Document orbos/99-02-12 ed., March 1999