# 面向区域医疗协同的可扩展远程医学教育系统设计与实现*

翟运开

（郑州大学第一附属医院 郑州 450052）

〔摘要〕 在分析远程医学教育系统需求的基础上，提出构建可扩展远程医学教育系统和具体的系统架构；详细分析系统在前端、应用层、数据库层的可扩展性；以分层方式分析系统的部署模型；解释课件点播和实时交互两种培训模式的网络选型。最后说明可扩展远程医学教育系统的使用情况及社会效益。

〔关键词〕 远程医学教育；可扩展性；基层医务人员

〔中图分类号〕R-056 〔文献标识码〕A 〔DOI〕10.3969/j.issn.1673-6036.2016.04.021

**Design and Implementation of the Extensible Telemedicine Education System for Regional Medical Cooperation** *ZHAI Yun-kai, The First Affliated Hospital of Zhengzhou University, Zhengzhou 450052, China*

〔**Abstract**〕 Based on the requirement analysis of a telemedicine education system, the paper proposes the construction of the extensible telemedicine education system and the specific system architecture, makes a detailed analysis of the system's extendibility on the front end, application layer and database layer, analyzes the system's deployment model in the layered method, and explains the network selection of two training patterns (courseware on demand and real-time interaction). In the end, it states the use and social benefits of the extensible telemedicine education system.

〔**Keywords**〕 Telemedicine education; Scalability; Grass-roots medical workers

〔修回日期〕 2015-12-18

〔作者简介〕 翟运开，博士，副教授，硕士生导师，河南省数字医疗工程技术研究中心副主任，数字化远程医疗服务河南省工程实验室副主任，郑州大学新兴产业发展研究中心主任，中国卫生信息学会远程医疗信息化专业委员会常委、秘书长。

〔基金项目〕 国家科技惠民计划专项（项目编号：2013GS410101）；河南省重大科技专项（项目编号：121100111100）；河南省高校科技创新团队支持计划（项目编号：15IRTSTHN023）；河南省高校科技创新人才支持计划（项目编号：15HASTIT010）；河南省科技创新杰出青年支持计划（项目编号：144100510017）。

## 1 引言

基层医疗卫生人员和医疗机构技术水平有限是造成群众看病难的原因之一。通过构建远程医学教育系统，为基层医务人员提供医学知识再教育平台，提高基层医务人员医疗知识水平，是达到“调整医疗资源分布失衡、加快基层医疗卫生服务体系建设、推进城乡医疗卫生服务均等化”目标的重要手段之一。远程医学教育是基于现代信息技术发展而产生的一种新型教育方式，是知识经济时代人们终身学习的主要手段之一[1]。飞速发展的先进信息

技术，使远程医学教育的技术模式多样化发展[2]。在区域医疗协同平台上开展远程医学继续教育，建设面向群众需求的农村远程医疗服务系统对于开展远程医疗教育、进行远程手术直播培训、推动农村基层医疗机构技术培训等具有重要的作用，不仅是提高在职医务人员素质和技术水平，建立终身教育体制的重要途径，也是当前提高我省农村基础医疗机构和人员技术水平的有效途径。远程医疗技术的广泛应用将使群众得益，使医生得益，使各级医院得益，使医疗卫生事业的发展得益。

## 2 可扩展远程医学教育系统建设需求分析

### 2.1 概述

基于河南省已有的医疗资源分布情况，更好地为基层医务人员提供优质、便捷的医疗教育资源，河南省远程医学中心所构建的远程医学教育平台具有实时交互教育和课件点播两种培训模式。

### 2.2 实时交互教育

实时交互教育方式支持授课专家音视频与课件播放同步；支持培训参与方实时交互；支持培训过程录像，支持保存为通用文件格式存储在远程数据中心，且支持流媒件的制作、整理和归类。可扩展远程医学教育系统的实时交互教育功能，不仅支持远程专题讲座、远程学术研讨等基于课件的交互式远程培训，还支持远程教学查房、病案讨论、手术示教、护理示教等基于临床实际案例的实时交互式远程培训，还可结合远程会诊的实际案例，在潜移默化中实现针对性施教，使医护人员不用离开工作岗位就能接受优质的培训。

### 2.3 课件点播式远程培训

课件点播式远程培训支持视频在线点播服务，实现文字、幻灯、视频等课件网上在线点播学习，具备新增、删除、上传、查询等课件管理功能。可扩展远程医学教学系统课件点播式远程培训功能，可以方便基层医护人员充分利用闲暇时间进行网络在线学习，及时解决临床中出现的新问题和新情况，达到释疑解惑的目的，确保基层医护人员获得优质继续教育的可及性，实现低成本、大规模、高效能的远程医疗继续教育。

## 3 可扩展远程医学教育系统架构

### 3.1 概述

采用单一的部署模式，即便通过集群部署，如果同时在线用户较多，系统仍达不到期盼的高并发能力。为使系统在高并发访问情况下，仍能正常运转，对系统的拆分就不可避免，通过拆分把负载分布在各个节点。系统的拆分包括架构拆分和数据库拆分。架构拆分后需要考虑层次和模块的划分、部署和调用模式及事务处理问题；数据库拆分后需要考虑采取哪种模式及如何保证数据的一致性。在可扩展系统中着重考虑整体性能的伸缩性，所谓伸缩性就是在系统负荷大的时候，能够通过增加服务器/虚拟机来缓解压力；当不需要多台机器的时候，可以减少服务器的数量。这些改变，最终用户是透明的。系统的伸缩性需要在前端、应用层及数据端都加以考虑。可扩展远程教育系统整体架构，见图 1。

### 3.2 前端扩展

采用 Nginx + keepalived[3] 模式可以很好地实现高可用、可扩展以及负载均衡的要求。Nginx 提供负载均衡的能力，keepalived 提供健康检查、故障转移，提高系统的可用性。采用这样的架构很容易对现有系统进行扩展，只要在后端添加或者减少真实服务器及更改配置文件，系统就能实现无缝配置变更。可扩展远程医学教育系统采用由 Nginx 充当负载均衡器[4]职责，keepalived 实现 Nginx 的 HA[5] 架构模式，通过暴露虚拟 IP（配置 DNS 绑定域名）的形式对系统进行访问。在 session 管理[6]方面，可根据服务器数目的多少，分别采取不同的管理方式：在集群服务器不多（小于 4 台）时，可使用 session 复制的水平扩展方式，因为广播式复制到其他服务器有一定延时，会带来一定的网络开销；在服务器数据较多、追求稳定与可控的情况下，则采

用集中式 session 管理的水平扩展方式。

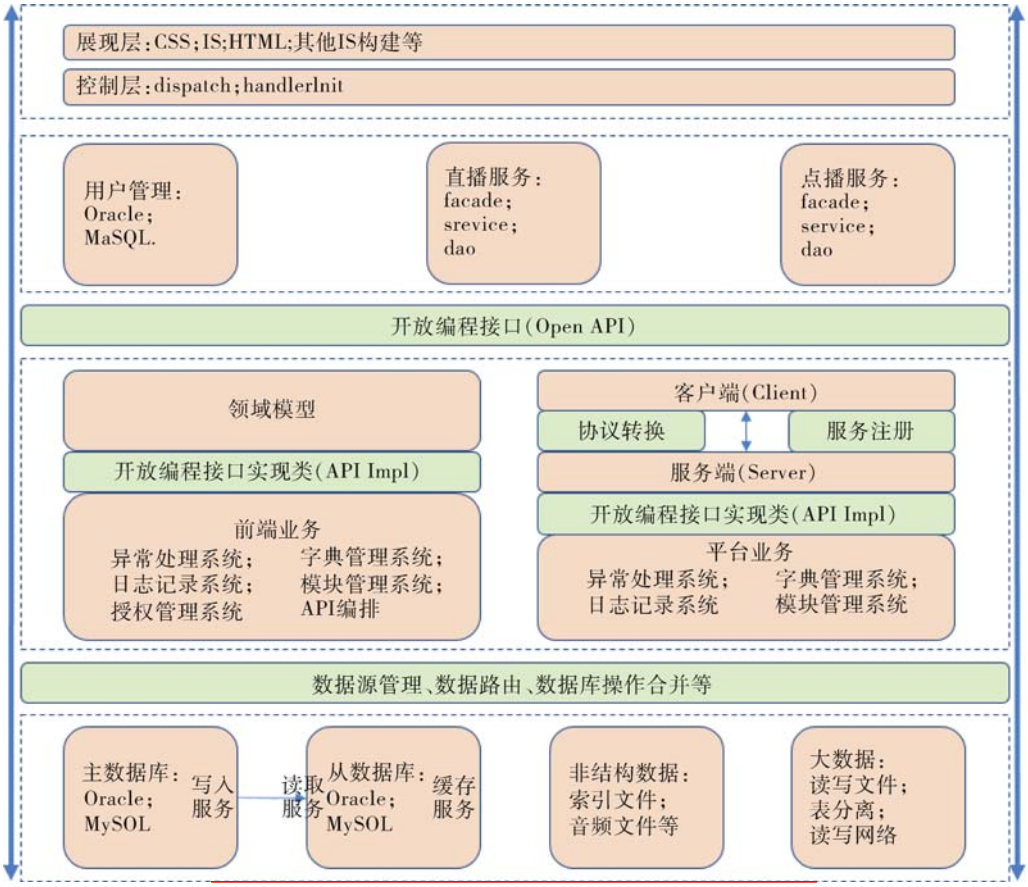


**图 1 可扩展远程医学教育系统架构**

### 3.3 应用层扩展

3.3.1 *分布式部署方式* 应用层采用无状态分布式模式，将应用层分解为多个模块，通过封装 nio 模式把调用分解到各个服务器上，从而分解前端的调用压力。前端通过配置管理模块感知后端服务器数目，见图 2，图 2 展现的是一种前后端分离的部署模式，前端包含多个 Web，后端是后台应用，通过服务框架封装对外提供统一的 api，有两个重要的组件：

3.3.2 *服务框架* 包括服务提供者、服务消费者、注册服务器组件[7]。服务框架是一个面向服务的体系结构。(1) 服务提供者 (Provider)，暴露服务方称之为“服务提供者”（图 3 中服务框架——提供者)，是一个服务实现的实体，它接受和执行来自服务消费者的请求。它将自己的服务和接口描叙注册到服务注册中心，以便服务使用者可以发现

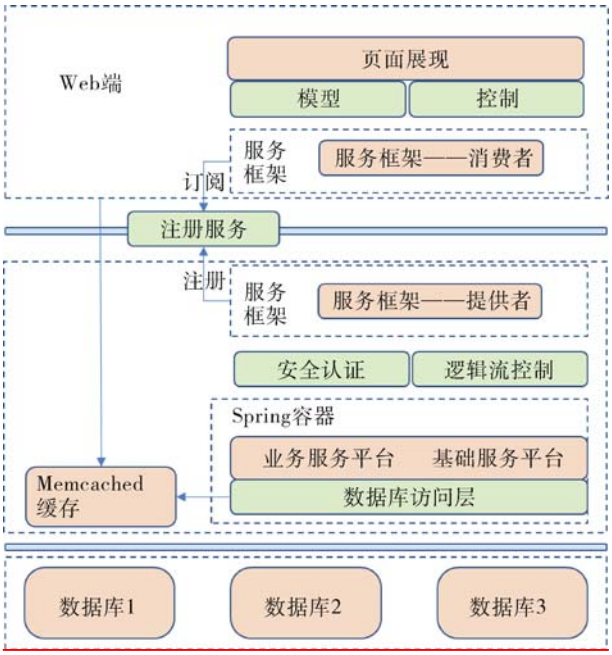


**图 2 分布式部署方式（前后端分离）**

和访问该服务。（2）服务消费者（Consumer），调用远程服务方称之为“服务消费者”（图 3 中为服务框架——消费者），它发起对服务注册中心的服务订阅，通过传输绑定服务，并且执行服务功能。服务使用者根据接口契约来执行服务。（3）注册服务器（Registry），服务注册与发现的中心目录服务称之为“服务注册中心”（图 3 中注册服务），是“服务提供者”，“服务消费者”的支持者。它包含一个可用服务的存储库，保存“服务提供者”的服务注册信息，允许感兴趣的“服务消费者”对服务进行订阅。由于注册服务器对外提供服务，因此注册中心实际也扮演了服务提供者的角色。

3.3.3 *缓存服务* 这里缓存存放的是根据业务查询出来的数据副本，在整个应用里面还可以作为 session 集中缓存的地方，也可以作为热点资源的缓存（图片、流媒体、文字等）。通过缓存极大地提升系统的响应速度，减少后端服务器的配备[8]。

### 3.4 数据库层扩展

数据库的伸缩有多种方式。在可扩展远程医学教育系统中，采用“读写分离”模式，“读写分离”实际上是利用 MySQL 的主从复制（master-slave）功能。所谓“读写分离”就是把应用中“非只读”或者事务性、实时性要求高的操作定位到 master 上去，其他的“只读”操作则定位到多台 slave 上，多台 slave 之间也可以实现负载均衡机制保障。为保证 master 的可靠性，对 master 数据库服务器做 HA。

## 4 可扩展远程医学教育系统部署（图 3）

4.1.3 *后端业务* 基础能力的提供，以 api 的方式提供前端调用。

4.1.4 *数据库* 提供业务系统的持久保留。

### 4.2 总体系统组成分为 5 个部分

4.2.1 *Web 展现系统* 基于 Ngnix 的 Web 展现，提供对静态资源的读取及对后端资源的轮询调用。

4.2.2 *前端业务系统* 基于 Tomcat 应用服务器，采用轻量级 Web 框架，提供动态资源的展现，实现对后端系统的调用。在可扩展远程医学教育系统中，根据功能的划分，定为 4 个层次：（1）动态页面展现。（2）业务功能模块：基于 Web 框架开发的业务功能，采用 mvc+service+dao+orm 的类库分类方式[9]。（3）通用业务支撑：对业务系统的通用支撑的功能统称，提供包括图 4 展示的“xml 处理”、“规则处理”、“流程处理”、“缓存”等在内的基础业务功能。（4）后端业务调用：包括两种能力，数据的持久保存（不限定类型，数据库、文件系统、网络系统均可）及分布式系统的远程调用。

4.2.3 *前端保障系统* 属于前端业务系统，提供前端业务系统需要的常备功能，如定时调度、ftp、文件系统等。

4.2.4 *基础平台系统* 提供直播服务、点播服务的基础平台。

### 4.1 总体系统分层

4.1.1 *Web 展现层* 提供远程医学教育系统 Web 展现，包括静态 html 和图片等，充分利用静态化、页面缓存、反向代理等技术加快静态资源的读取和后端系统的轮询调用。

4.1.2 *前端业务* Web 动态资源的调用。

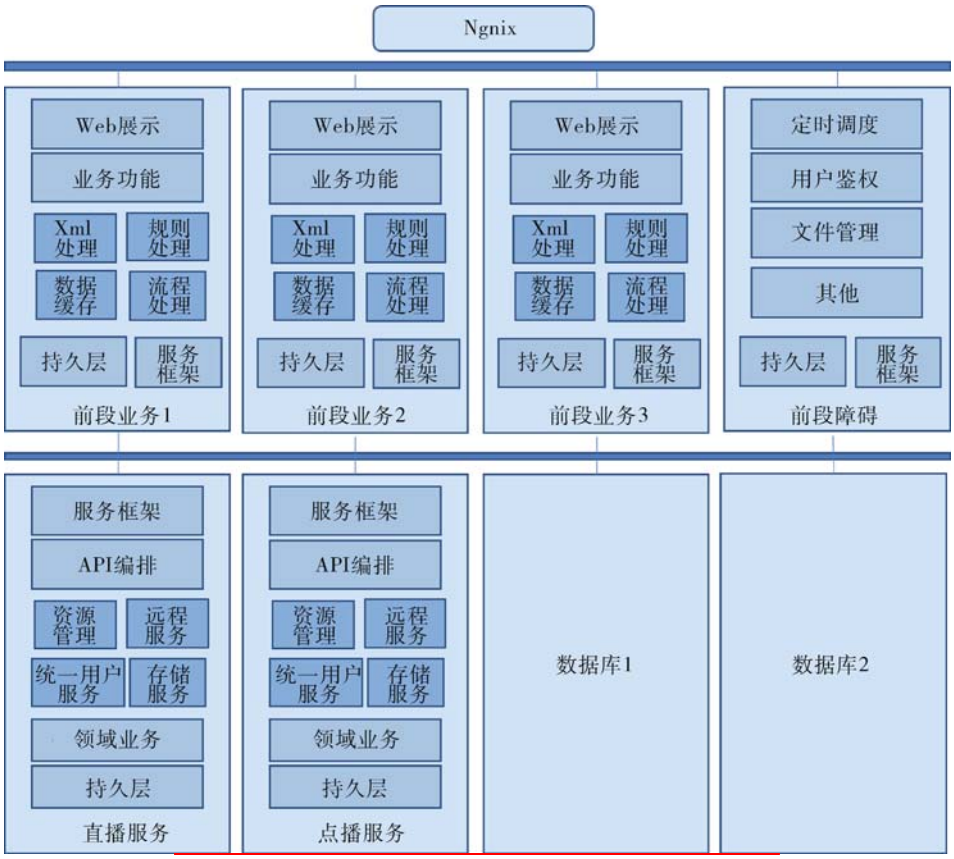


图 3 可扩展远程医学教育系统部署

4.2.5 数据库系统 作为可扩展远程医学教育系统的持久设施，相对独立。本系统采用 MySQL 数据库服务，分库处理、读写分离。

## 5 网络选型

### 5.1 课件点播式远程培训

为了便于基层医护人员利用闲暇时间开展在线学习，远程医学教育系统提供类视频网站的点播式远程培训。课件点播式远程培训采用基于宽带互联网的访问模式，以达到随时获取知识资源的目的。

### 5.2 实时交互教育

河南省远程医学中心针对协作医院开展基于专网的高质量实时交互教育，见图 4。专网搭建采用 MPLS-VPN 方案[10]。该方案具有以下特点：费用相对较低、易扩展、安全、方便维护、独享接入段运营商资源、共享骨干段运营商资源、低负荷网络稳定性高[11]。

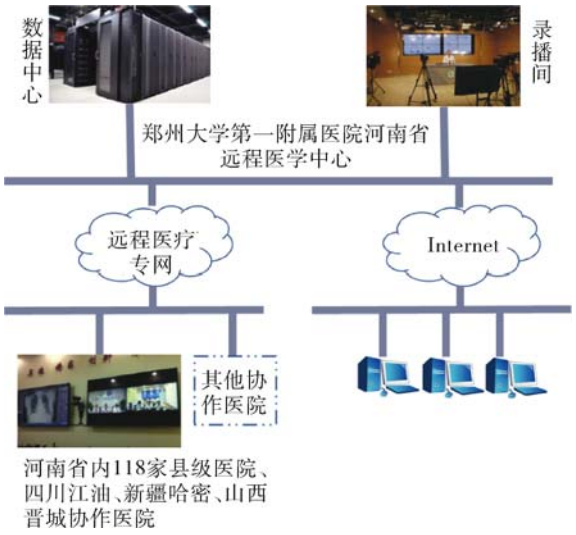

图 4 远程医学教育系统接入方式

## 6 社会效益

随着远程医学教育技术不断进步（远程教育传播途径多样化、软件资源丰富化等），依托于郑州大学第一附属医院优质医疗、教育资源，将两者完整的融合，构建河南省远程医学中心远程医学教育平台，对所有区域医疗协同医院的医务人员进行远程教育培训，使区域医疗协同医院的医务人员不出医院，就能享受高水平的医疗技术培训。该平台持续化、规范化运营形成广泛的社会效益。2014 年至今，河南省远程医学中心依托郑州大学第一附属医院，通过远程医学教育平台，每周进行至少 4 次全省范围内的远程授课，每两周开展 1 次疑难病例讨论、手术直播。

表 1 2014 年河南省远程医学中心远程医学继续教育授课

| 授课领域 | 授课次数 | 基层听课人数 | 互联网听课人数 |
|---|---|---|---|
| 内科 | 62 | 29 956 | 5 600 |
| 外科 | 41 | 22 187 | 3 500 |
| ICU | 22 | 14 653 | 1 200 |
| 医技 | 60 | 27 560 | 4 200 |
| 急诊 | 2 | 3 685 | 2 300 |
| 护理 | 11 | 13 086 | 3 200 |
| 合计 | 198 | 111 127 | 20 000 |

## 7 结语

远程医学教育将是一个重要的发展方向，是医学教育中非常重要的辅助手段，是采用先进信息技术、网络技术，使广大在职卫生技术人员不受时间、地点限制，获得知识的一种全新教育手段，在岗位培训、乡村医生教育、毕业后医学教育、全科医师培训和继续医学教育等方面均可发挥重要的作用，具备空间便利性、时间灵活性、大众普及性、学习终身性、内容实用性等特点，可以说远程医学教育是一种发展趋势[12]。然而医学教育是一门实践性、操作性很强的专业学科，尽管远程教育可以整合更多资源等诸多优势，但仍然存在一些缺陷。某些医学学科，如卫生事业管理，完全可以利用远程教育平台；而那些实践性很强的专业，如一些实验课、临床诊治等操作性很强的内容，远程教育可以是一种重要的辅助手段，但不能代替传统的面对面的教育。

河南省远程医学中心通过整合优质医疗资源，搭建一个高水平、高质量的远程医学教育平台，使信息化教育能更广泛地应用于我国医疗卫生事业，使医务人员特别是基层在职医务人员能够足不出户享受高质量的医学教育。远程医学教育是继续医学教育未来的发展趋势，应该抓住第 3 代远程教育带来的发展契机[12]，使优质医疗资源惠及更多基层医务人员，提升基层医务人员的医疗水平，进而改善农村医疗条件，提升广大人民群众的健康水平。

## 参考文献


1 孟群，姒健敏，董德刚，等. 远程医学教育和远程医疗在美国大学中的发展状况［J］. 中华医学教育杂志，2007，27（4）：1-4.

2 郭常平，茅晓延. 我国远程医学教育的实践与思考［J］. 中国高等医学教育，2006，(1)：27-28，73.

3 汪海洋，凌永兴，包丽红，等. 基于 keepalived 的高可用性应用研究［J］. 电子技术，2014，(7)：21-24.

4 Teo Y M，Ayani R. Comparison of Load Balancing Strategies on Cluster-based Web Server［A］. Proceedings of IEEE INFOCOM'01，2001.

5 Kristain. 集群（cluster）和高可用性（HA）的概念［EB/OL］.［2015-12-01］. http：//www. cnblogs. com/kristain/articles/2038318. html.

6 Panni-007. 你必须了解的 Session 的本质［EB/OL］.［2015-12-01］. http：//netsecurity. 51cto. com/art/201402/428721. htm.

7 aiai373824745. 设计模式-静态工厂之服务提供者框架［EB/OL］.［2015-12-01］. http：//blog. csdn. net/aiai373824745/article/details/8124964.

8 郭栋，王伟，曾国荪. 基于 Memcached 的缓存资源集中管理方法［J］. 计算机技术与发展，2013，23（12）：62-65.

9 陆荣幸，郁洲，阮永良，等. J2EE 平台上 MVC 设计模式的研究与实现［J］. 计算机应用研究，2003，20（3）：144-146.

10 林华生，王文东，林宇，等. 一个在 MPLS VPN 中提供 QoS 等级的方案［J］. 北京邮电大学学报，2004，27（1）：98-102.

11 陈雪非，黄河，李蓬. MPLS VPN 关键技术研究［J］. 计算机工程与设计，2007，28（13）：3138-3150.

12 景汇泉，孟群. 国内外远程医学教育的发展与思考［J］. 中华医学教育杂志，2009，28（2）：154-156.