

# 质子重离子放射治疗管理系统的设计应用

钱海新,李杰,Michael F. Moyers,沈庄明,陈宏亮,林子楠

(上海市质子重离子医院放射物理科/上海市放射肿瘤学重点实验室(20dz2261000)/

上海质子重离子放射治疗工程技术研究中心,上海 201315)

**摘要:**目前,治疗恶性肿瘤主要依赖于手术、化疗、放疗等手段,但放射治疗设备及其配套系统在标准化与个性化方面仍存在一定问题,导致其在国内的应用普及受到一定影响。本文针对我院引进的放疗设备,设计开发了质子重离子放射治疗流程管理系统,阐述了系统开发的目的、硬件和软件平台以及主要功能,总结了系统应用的优势,以期国内医院放疗设备应用系统的普及提供参考。

**关键词:**质子;重离子;放射治疗;管理系统

**中图分类号:**R197

**文献标识码:**B

**DOI:**10.3969/j.issn.1006-1959.2021.20.008

**文章编号:**1006-1959(2021)20-0032-05

## Design and Application of Proton Heavy Ion Radiotherapy Management System

QIAN Hai-xin, LI Jie, Michael F. Moyers, SHEN Zhuang-ming, CHEN Hong-liang, LIN Zi-nan

(Department of Medical Physics, Shanghai Proton and Heavy Ion Center/

Shanghai Key Laboratory of Radiation Oncology(20dz2261000)/

Shanghai Engineering Research Center of Proton and Heavy Ion Radiation Therapy, Shanghai 201315, China)

**Abstract:** At present, the treatment of malignant tumors mainly relies on surgery, chemotherapy, radiotherapy and other methods, but there are still some problems in the standardization and individualization of radiotherapy equipment and its supporting system, which affects its application and popularization in China. In this paper, a proton heavy ion radiotherapy process management system is designed and developed for the radiotherapy equipment introduced in our hospital. The purpose, hardware and software platform and main functions of the system development are described, and the advantages and characteristics of the system application are summarized, in order to provide reference for the popularization of radiotherapy equipment application system in domestic hospitals.

**Key words:** Protons; Heavy Ion; Radiotherapy; Treatment management system

目前,治疗恶性肿瘤主要依赖于三大手段:手术、化疗和放射治疗。放射治疗(radiotherapy)已经有一百多年的历史,传统的光子(gamma and X-Ray)及其调强放射治疗(intensity-modulated radiation therapy, IMRT)已经进入瓶颈期。质子和重离子放疗改进了光子放疗的缺点,使得现代放疗技术跃上新的台阶。质子和重离子束治疗肿瘤是当今国际社会公认的最尖端的放疗技术之一<sup>[1]</sup>。质子和重离子束治疗肿瘤需要放疗设备、配套的放疗计划系统以及管理信息系统。目前,我国肿瘤放疗计划系统主要分为国外和本土厂商。国外厂商放疗设备供应商均提供配套放疗计划系统,而国内厂商熟悉国内放疗科的实际情况,可定制符合本土实际情况的放疗计划系统和管理信息系统。两者在系统的设计上都比较完善,但是对于个性化和标准化之间的平衡上,仍存在一定差异。且当前行业内普遍单一售卖系统的模式是信息系统无法快速落地多家医院的重要原因<sup>[2]</sup>。我院从德国西门子引进的放疗设备没有与西门子电子连接的系统,也没有可供购买的排队管理系统,无法跟踪/管理患者从入院到出院整个放射治疗过程。为此,本文设计开发了质子重离子的治疗流程管理

系统,旨在对医院现存的放射治疗流程管理提供一种更为先进的技术解决方案。

### 1 系统总体设计

在金融、电信和互联网行业的实际应用案例表明,融合架构云服务器功耗降低超过15%,总体拥有成本降低近15%,为云计算、大数据等应用提供了更具性能功耗比优势的IT基础设施设计方案<sup>[3]</sup>。因此,本系统架构设计之初,从服务器配置的安全性、拓展性、易用性等多方面考虑,没有采用传统的实体物理机架构,而是采用较为灵活的云服务器架构。结合云计算、大数据等应用对异构资源管理和聚合的需求,提出了一种融合架构云服务器体系结构及其关键支撑技术。融合架构云服务器利用硬件资源池化技术,实现计算、存储、网络、供电、制冷和管理模块的解耦与融合重构,具有高密度、低功耗、易扩展、易管理和易维护等特点,兼具横向扩展和纵向扩展优势,可优化系统部署、运维和能耗成本,显著降低总体拥有成本。

### 2 系统开发

**2.1 硬件和软件平台** 目前,企业购买越来越多的服务器用于支持本单位的生产活动,因此通常存在资源浪费现象。因物理服务器不能共享CPU、RAM和网络等资源,这将导致企业为实现一套新系统,通常会购买一批新服务器,原有服务器的冗余资源不能共享。因此,我院先测试并分析了物理服务器与虚拟

**作者简介:**钱海新(1973.10-),男,上海人,硕士,助理工程师,主要从事质子重离子信息系统TIMPS集成研究

**通讯作者:**李杰(1976.5-),男,上海人,本科,助理工程师,主要从事质子重离子信息系统TIMPS接口开发

服务器的各项性能,经过几轮测试之后,最终发现在打开、重启和关闭服务器的测试中,虚拟服务器的性能比物理服务器更好。虽然在 CPU、RAM 和网络的性能方面,物理服务器和虚拟服务器并没有显著的差异,但虚拟服务器可以实现资源共享<sup>[4]</sup>。基于上述测试数据,本次设计出治疗信息管理计划系统(Treatment Information Management Planning System, TIMPS)的硬件平台,将 3 台物理服务器通过 2 台交换机 H3C 互联互通,搭建出总的虚拟机平台,根据需要,创建不同的虚拟服务器,硬件配置根据后期发展需要,随时调整每台虚拟服务器的硬件配置(CPU、RAM 和网络)<sup>[5]</sup>。虚拟机配置情况见图 1。

我院采用 3 台惠普 HPE DL380 Gen9 8SFF CTO Server 搭建云服务器平台,采用 2 台 H3C S6520 交换机对 3 台物理服务器建立互连互通,客

户端采用 10 台 DELL Precision Tower 7810。软件平台主要采用 ESXi6.5<sup>[6]</sup>、Linux7.2 和 Windows Server 2012R2 等操作系统,数据库采用 MySQL 数据库系统。传统的 vSphere 数据中心主要采用共享存储,当数据中心的规模随着主机的增加而变大时,对共享存储的要求会变得越来越高的,这将导致数据中心的高性能、大容量存储成本上升。而 VMware 推出的 vSAN 可以很好地解决这个问题。vSAN 利用普通的 X86 服务器,使用服务器本地硬盘组成基于网络的分布式存储,可以为 vSphere 虚拟化环境提供共享存储。vSAN 是作为 ESXi 管理程序的一部分本机运行的分布式软件<sup>[7]</sup>,该套云端服务器具备较好的搭建灵活性,随着后期业务的发展,可以灵活的修改服务器配置和硬件架构。云端服务器架构见图 2。



图 1 虚拟机配置

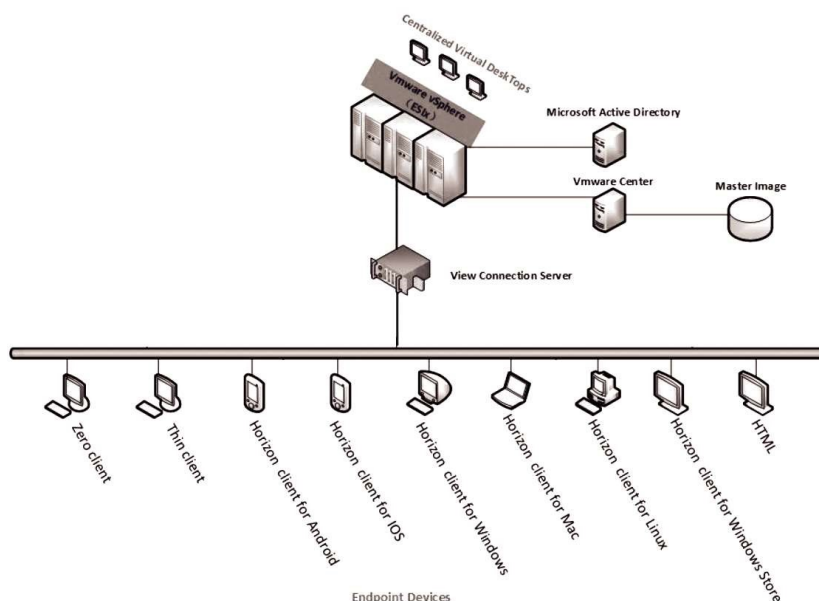


图 2 云端服务器架构示意图

2.2 系统管理功能 登陆 TIMPS 系统后,在主界面可以看到患者的基本信息,如病种、医生、制作计划的物理师、负责检查该计划的物理师、治疗阶段、患者基本信息来源等。系统主界面见图 3。输入需要查询的患者姓名或者病历号(也可只输入关键字,实现模糊查询),即可进入各个功能模块:患者信息、计划处方、治疗时间进度表、查看/新建射束集、暂停治疗、继续治疗、重新安排计划物理师、打开计划与质量保证计划等。该菜单根据使用者的角色不同(IT 管理员、医生、物理师、治疗师)显示对应的菜单,见图 4。TIMPS 系统流程管理模块主要包括:患者信息管理、治疗进度表、治疗排程管理、管理白板、电子处方、工作日历等多项流程管理功能。

2.2.1 患者治疗进度表 患者治疗进度表可显示该患者在治疗过程中的不同阶段、医生、物理师、治疗师等。在整个使用过程中,可掌握每个患者的进度,对护理人员具有较好的指导作用。如出现特殊情况,可以在进度条中暂停,并标注暂停原因,供其他岗位人员参考。除了上述功能,还具有以下作用:①便于管理层进行进度控制,发现工作中的瓶颈,对关键问题进行优化,提高生产效率;②按月度、季度、年度统

计每个阶段的治疗患者数量、病种等;③便于统计员工和团队的月度、季度、年度绩效考核。患者的各治疗阶段的进度见图 5。

2.2.2 队列管理 进度管理是针对每位患者的全治疗阶段的追踪。而为了对各病种患者在整个治疗过程从总体上进行实时监控,避免治疗过程中出现瓶颈,本系统还创建了队列管理,见图 6。在整个治疗过程中,患者经历的每个治疗环节均可显示;同时可以查看处于不同治疗阶段的患者,通过双击患者姓名,就可以查看患者的具体信息,包括主治医生、计划者、检查计划者、注意事项等。通过下拉菜单选择不同医生组(病种)的患者,也可以将治疗活动下没有患者的活动过滤掉,便于医护人员查看本组信息。医护人员通过选择对应的治疗科室,可过滤出本组的患者,对每个阶段的患者进行实时监控,有效掌握每个治疗阶段中本组患者的数量,从而有效避免患者聚集在某些工作岗位,导致出现瓶颈问题。同时,管理层为了提高就诊的接待效率,管理就医秩序,采用了数字化的技术手段,有效控制入院患者数量,有效提高医院的服务水平<sup>[8]</sup>。

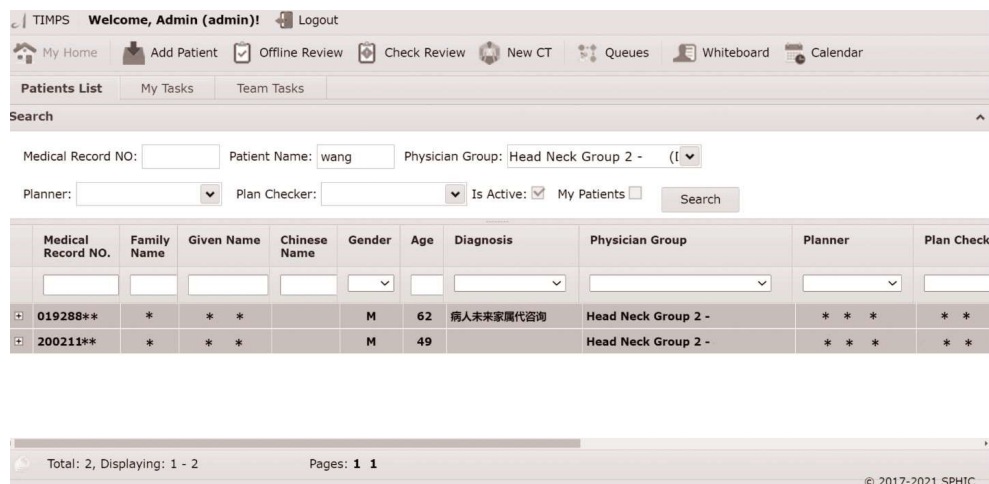


图3 TIMPS 系统主界面

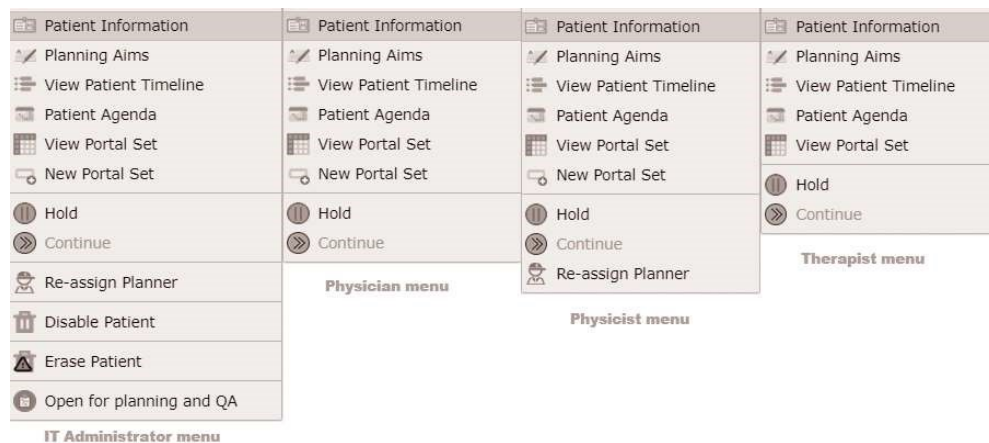


图4 管理菜单

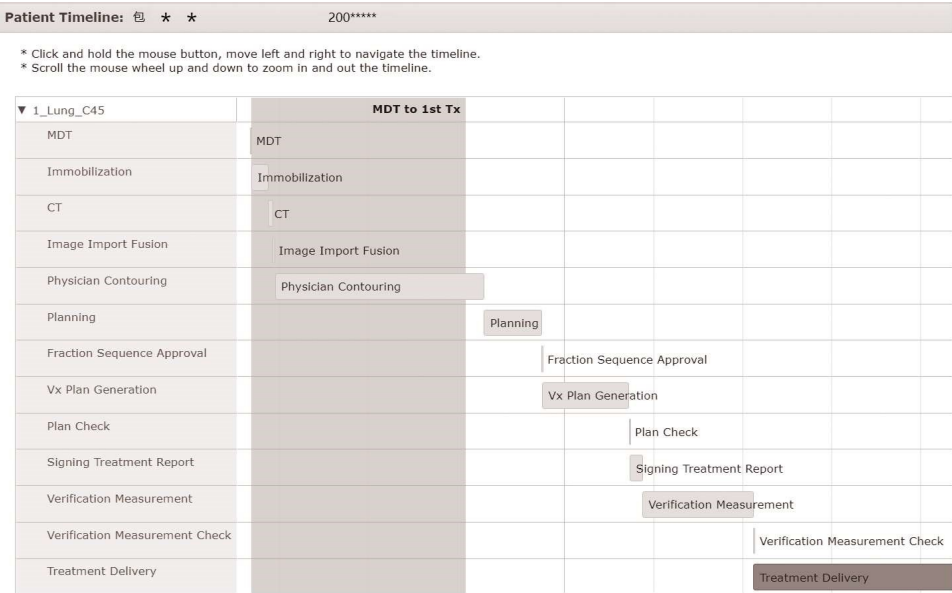


图 5 患者各治疗阶段的进度

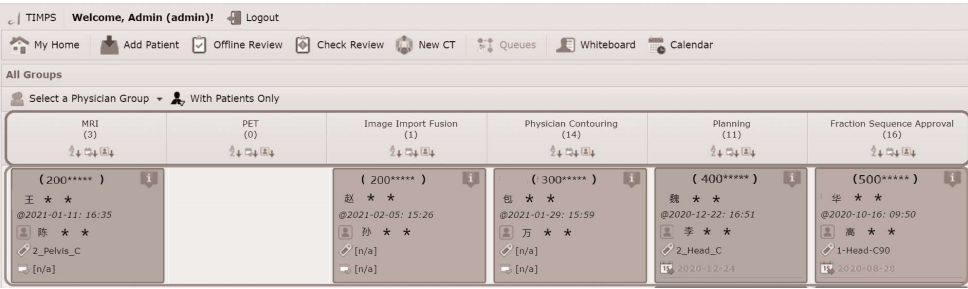


图 6 队列管理

2.2.3 工作日历 工作日历表见图 7。通过工作日历，可根据患者的实际情况、病种的需要及设备运行的状态，安排患者在合适的时间，合适的治疗室进行放射治疗。一般护士和治疗师使用该功能的频率较高，护士可根据该排程表，安排患者在规定时间内服药、饮水，测量膀胱充盈量，呼吸训练等术前准备工作；治疗师可根据该表提前做好相应的放疗辅助器械；治疗协调员根据设备运营状态，随时调整当天及后期的治疗排程，含 CT 检查，制模，光子放疗安排，质子或重离子放疗的时间，房间安排等。对于工作

日历表上的任务和事件，可使用不同颜色来标示，使得医务人员一目了然，简洁实用。对于任务和事件可以定义其优先级，开始日期，结束日期，医嘱（操作指导），循环频率：按周，按月循环。定义具体任务事件内容见图 8。

3 总结

TIMPS 系统的开发与应用，帮助医院建立了患者治疗流程管理自动化，实现了整个治疗过程跟踪管理。改变了原有的工作方式，提高了工作效率，实现了多种功能，包括：医生处方电子化、患者治疗进

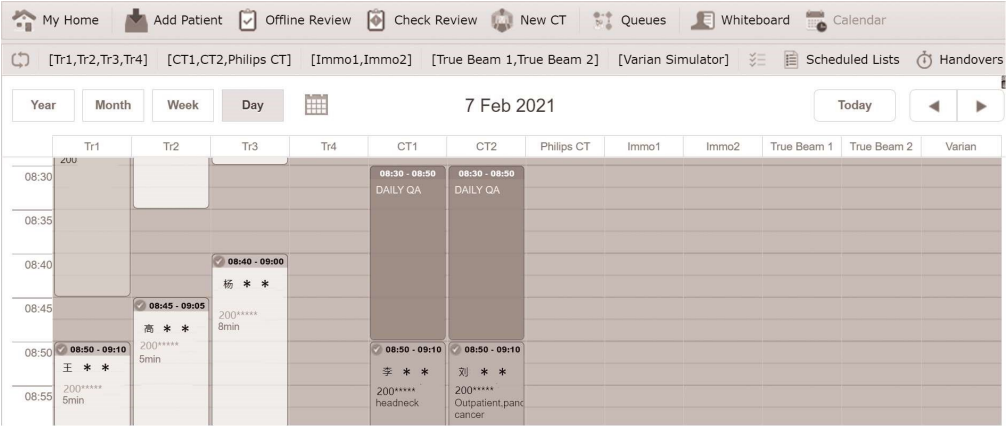


图 7 工作日历表



包 \* \* 200\*\*\*\*\* 08:50 - 09:10

**Facility Room**

☐ Tr1 ☐ Tr2 ☐ Tr3 ☒ Tr4 ☐ CT1 ☐ CT2 ☐ Philips CT ☐ Immo1 ☐ Immo2 ☐ True Beam 1 ☐ True Beam 2 ☐

Varian Simulator

**Search Patients**

**Patient**

Specified Patient:  Specified Portal Set:

Energy Layers:  Raster Points:

**Priority**

☐ High ☒ Normal ☐ Low

**Color Schema**

**Instructions**

headneck

**Time period**

-

图8 定义具体任务事件

度安排表(可以在设备、时间、患者自由拖动与调换)工作报表、管理队列、管理白板、工作日历等。该系统的优势是可对每个阶段的所有患者进行实时监控,使工作人员有效掌握每个治疗阶段患者的治疗情况。同时系统采用了医生处方电子化,内含标准模板(个人/团队),可降低医生的重复手工劳动量。基于大量原始数据,本系统可以生成各种报表,包括医生、物理师、治疗师的工作量和绩效,每日第一次治疗患者列表,每日最后一次治疗患者列表,日/月/季度/年度的治疗患者次数等。这些报表可以为收治患者决策提供数据支撑,也可用于考核员工、团队的绩效。

另外,在实际使用过程中,发现工作流程中某些流程需要优化,功能模块的细节需要改进等。如需要把“签署治疗报告”步骤简化,将其合并到“计划检查”步骤中。“计划检查”步骤需要新增加“计划复杂天数补贴、实际完成天数”等。

本系统数据安全可靠,系统运行稳定,使用、维护简单方便。系统投入使用后,优化了我院放疗流程,缩小了数据统计误差,降低了人为操作的失误,缩短了工作人员的工作时间,在医院的信息化建设中取得了良好的效果。

#### 4 展望

随着社会的进步,人民生活水平不断提高,健康生活的概念变得越来越流行,建设数字现代的医疗系统是未来医疗工作领域的发展趋势。质子重离子放疗技术应用的是专用设备、服务理念、医疗制度和社会保障的协调支撑,目前这些方面是我国医疗的薄弱环节。因此,我国可立足已经具备条件的消费市场,重视质子重离子尖端诊疗模式在国内的发展,

以需求为导向,以技术为突破,促进医疗服务升级。开发放射治疗信息管理计划系统,优化放射治疗流程,量化放疗过程中的相关信息,实现放疗的信息化和智能化,最终实现放疗科和放射物理科的信息采集、信息传递等操作全网络运作。通过系统的应用,提高各级医疗机构信息化管理水平,提高信息管理的效率和准确率,确保医院高效有序的运行,同时为利用大数据技术进行同质化放疗奠定基础。

#### 参考文献:

- [1]杨小龙,陈惠贤,陈继朋,等.医用质子重离子加速器应用现状及发展趋势[J].中国医疗器械杂志,2019,43(1):37-42.
- [2]申渤,李沙沙,占微,等.放疗信息系统现状及常见系统[J].中国医疗器械信息,2017,23(19):49-50.
- [3]黄家明,李冠广,乔英良,等.融合架构云服务器体系结构和关键技术[J].计算机工程与应用,2018,54(14):65-70.
- [4] Kurniawan DE, Nashrullah M, Kurniasih N, et al. Performance analysis virtual server VMware Vsphere 5.5 with physical enterprise server[J]. IOP Conference Series Materials Science and Engineering, 2018, 420(1): 012107.
- [5] Brandon B. VMware embraces containers with latest vSphere, Virtual SAN updates [EB/OL]. [2016-10-18]. <https://www.net-world.com/article/3132014/vmware-embraces-containers-with-latest-vsphere-virtual-san-updates.html>.
- [6]曾梓博,李秋莹,王作桓.基于ESXi构建的虚拟化解决方案[J].智能计算机与应用,2019,9(5):302-303,306.
- [7]王春海,樊玉芳.用VMware Workstation构建vSAN应用环境[J].网络安全和信息,2018(2):33-45.
- [8]王栋.门诊电子排队管理系统的设计[J].信息通信,2018(12):117-118.

收稿日期:2020-05-25;修回日期:2021-02-09

编辑/成森