

- 及服务意愿探析[J]. 卫生经济研究, 2024, 41(2): 71-75.
- [14] 张佳燕, 赵纁. 上海市医院护士开展“互联网+护理服务”现状调查[J]. 护理研究, 2022, 36(19): 3508-3512.
- [15] 史淑芬, 吴丹华, 季林玲. 医共体模式下基层医院护士开

展“互联网+护理服务”的体验[J]. 护理学杂志, 2024, 39(3): 100-107.

(收稿日期: 2024-07-05 修回日期: 2024-12-02)

## • 卫生管理 •

# 触发式文件同步技术在血站数据备份中的应用\*

赵小洪, 余正东, 唐 东, 李顺平, 田耘博<sup>△</sup>

(重庆市血液中心, 重庆 400052)

**[摘要]** 目的 在血站数据备份中探索应用触发式文件同步技术, 减少数据备份和传输整体时长。方法 对 linux 平台上的超大文件采用 sersync, 对 windows 平台上的大量通用文件采用 syncthing 对文件系统进行监测, 当监测到文件变化时, 针对变化的文件进行增量传输, 实现触发式文件同步。结果 应用触发式文件同步技术后, windows 系统下文件数量多、单个文件较小的数据, 备份和传输时间缩短超过 98%; linux 系统下文件数量少, 单个文件较大的 oracle 数据库 rman 备份文件, 备份完成后的传输时间缩短近 60%。结论 复杂业务环境下血站数据备份, 根据文件系统的不同情况, 采用触发式文件同步技术的相应类型, 可显著提高备份数据的同步效率。

**[关键词]** 血站信息系统; 数据备份; 触发式同步; 国产自研系统

DOI: 10.3969/j.issn.1009-5519.2025.01.059

文章编号: 1009-5519(2025)01-0266-03

中图法分类号: R197.6; R331.1

文献标识码: C

随着无偿献血事业的发展, 血站建设了各类信息系统以满足血站业务开展和内部管理的需要。采供血相关数据作为血站运行的重要支撑, 是献血历史记录查询、电子无偿献血证展示、无偿献血表彰申报等的重要依据。为确保数据安全, 各系统定期进行数据备份, 并将备份文件传输至备份服务器进行存储, 以确保数据安全<sup>[1]</sup>。数据备份及传输的实质是大量文件读写操作, 对服务器、网络性能均有较大影响。若数据传输长时间占用网络带宽和磁盘 I/O 资源, 将导致网络及服务器性能降低, 各系统使用出现卡顿, 给血站的整体运行带来不利影响。通过对备份策略的调整, 作者所在血站将运行在 linux 系统中的血液管理信息系统(BMIS)数据库备份方式由传统数据泵方式(expdp)的每天完全数据备份调整为 oracle rman 备份, 数据传输方式也从 FTP 传输调整为备份完成后进行 rsync 增量数据传输<sup>[2]</sup>。采用 rsync 进行远程文件同步效率较高, 但其无法实时监控文件系统的更新变化, 只能通过守护进程或手动进行指定文件同步。Rsync 判断文件是否更新时, 需对源文件和目标文件进行对比, 需传输额外的校验数据, 占用网络带宽, 降低了服务器的整体性能。

作者所在血站日常办公使用的办公自动化系统(OA)采用传统 FTP 方式每天对各流程附件进行全量传输, 每天备份和传输大量重复文件, 耗时较长, 占

用较多网络资源, 备份效率较低, 且备份过程中对服务器性能影响较大。

各服务器系统资源长时间占用导致信息系统运行卡顿, 导致血站工作效率降低、差错率增加等, 严重影响血液数据安全。在降本增效的大环境下, 如何以最小的代价对血液各信息系统进行性能优化调整, 以确保血站各系统运行稳定<sup>[3]</sup>, 是血站管理重点关注的内容。

## 1 材料与方法

触发式文件同步。通过对文件系统的创建、修改或删除等操作进行实时监测, 当事件发生时, 通过获取发生变化的文件名、文件路径及对应的事件等相关信息, 并自动触发文件的同步操作, 最终实现文件的触发式同步<sup>[4]</sup>。

**1.1 Linux 系统实现触发式文件同步** BMIS 运行在 linux 系统下, 其数据备份目录结构简单, 单个文件较大。通过 linux 系统自带的 inotify 对文件系统的变化进行实时监测, 当有文件发生变化时立即触发监控事件, 获取事件所对应的文件路径和文件名, 通过调用 rsync 对发生变化的文件进行传输, 从而实现 BMIS 数据备份和传输的性能优化。

基础运行环境。Inotify 是 linux 系统提供了一种文件系统事件通知机制, 其允许应用程序监视文件系统上的包括文件或目录的创建、删除、修改、移动等事

\* 基金项目: 重庆市血液中心苗圃计划项目(2023MPJH07); 重庆市九龙坡区 2023 年度技术预见与制度创新科技计划项目(2023-03-017-Y)。

<sup>△</sup> 通信作者, E-mail: microtian@126.com。

件,并在文件或目录发生变化时接收通知。内核版本在 2.6.13 之后的 linux 系统可安装 inotify-tools 软件包实现对 inotify 功能的支持, inotify-tools 提供的 inotifywait 命令,可用于监测需要进行实时同步目录中的事件变化。Linux 操作系统默认提供 rsync 工具,无需单独安装。为了避免每次输入密码,需要配置 rsync 的守护模式(daemon),以实现 rsync 自动进行文件同步。

Sersync 实现触发式文件同步。Sersync 是基于 linux/unix 系统和 rsync 开发的开源文件同步工具,其配置灵活、可实现增量同步,广泛用于服务器备份、数据同步、数据迁移等场景。Inotify 和 rsync 的基本环境配置是使用 sersync 进行触发式文件同步的前提。采用 sersync 对 rman 备份生成的 BMIS 备份文件所在目录进行监测,当监测到文件写入完成时立即将该文件通过 rsync 传输至备份服务器,实现对文件夹的触发式文件同步。

**1.2 Windows 平台实现触发式文件同步** OA 系统运行在 windows 系统下,其附件目录结构复杂,文件数量较多,单个文件较小。通过基于 windows 函数接口 readDirectoryChangesW 实现对文件系统包括文件和子目录的创建、删除、修改、重命名等操作进行监视和同步,实现对运行在 windows 下的 OA 系统附件文件备份的优化。

Syncthing 实现触发式文件同步。Windows 系统下触发式文件同步的实现。Syncthing 是去中心化、跨平台的通用文件同步开源项目, syncthing 可在 windows 和 linux 系统上实现免安装运行。Syncthing 定位为通用文件同步工具,对目录结构复杂,文件数量较多,单个文件较小的文件系统进行监测和同步效果较好。通过在数据源和备份设备上分别对 syncthing 安装和设备添加,并配置同步目录及相应权限, syncthing 便会在设备之间建立点对点的加密连接,并在设备之间传输文件以保持其同步,即文件变化事件触发文件同步,实现去中心化的触发式文件同步。Syncthing 对血站 OA 附件所在目录进行监测,在出现文件变化时,将变化的文件传输至备份服务器。采用 syncthing 后,OA 备份策略也由每日完全备份调整为触发式文件同步。

## 2 结 果

**2.1 Linux 下的优化结果** 直接使用 inotify 和 rsync。可以通过编写 shell 脚本的方式,调用 inotify 和 rsync 实现对文件系统进行监测。但此种方式需要处理 inotify 的各类监测事件,在获取相应的监测事件和文件相关信息后,再调用 rsync 针对相应事件进行处理。此外,直接调用 inotify 和 rsync 的方式实现多线程同步较为复杂,故不建议采用直接调用的方式使用 inotify 和 rsync 实现触发式文件同步。

Linux 下使用 sersync。在 linux 系统下使用 ser-

sync 实现 BMIS 备份文件的触发式同步,如表 1 所示,触发式文件同步实施前后耗时对比,每周进行 1 次完全备份,其余时间每天进行 1 次增量备份的情况下,一个备份周期内,完全备份时可节省传输时长 54 min,一个备份周期内,节省备份完成后数据传输时长 65 min,备份完成后数据传输耗时缩短 59%;一个备份周期内,备份和传输耗时减少 59 min。

表 1 BMIS 备份完成后进行传输与采用触发式文件传输实施前后耗时对比(min)

项目	数据备份	文件传输	实施后数据备份	实施后文件传输
完全备份	387	98	390	44
增量备份	349	2	349	<0.1
周耗时	2 481	110	2 484	<45

**2.2 Windows 下的优化结果** 通过 cygwin 无法在 windows 上运行 inotify。为在不同服务器系统下使用相同工具对系统进行备份优化,作者尝试通过 cygwin 在 windows 运行 inotify 和 rsync 实现触发式文件同步。虽然 cygwin 可以在 windows 操作系统上提供一个类 UNIX 的环境兼容层,允许在 windows 上运行可移植操作系统接口(POSIX)兼容的软件,包括 shell 脚本、编译器、工具和应用程序,可在 windows 上使用类 UNIX 运行环境的同时,利用 windows 可视化操作的优势<sup>[5]</sup>,且 rsync 工具也可以在 cygwin 中正常使用,但 cygwin 只是一个在 windows 平台上提供类 UNIX 环境的工具集<sup>[6]</sup>,不具备完整的 linux 内核,无法提供由 linux 内核提供的 inotify 文件通知机制,也无法在 windows 系统中采用模拟 UNIX 环境的 cygwin 来运行 linux 下 inotify-tools 实现文件监测,即在 windows 下无法使用 inotify 对文件系统的变化进行实时监测。

Windows 下使用 syncthing。在 windows 下使用 syncthing 实现 OA 系统附件的触发式同步,如表 2 所示,对比采用 syncthing 进行文件同步前后,获取服务器中 OA 附件完全备份至备份服务器所需时间从 62 min,缩短至 10 s 以内,耗时缩短超过 98%,针对办公自动化系统附件而言,故障恢复目标(RPO)从 62 min 缩短至 1 min 以内。

表 2 OA 系统采用传统 FTP 备份与触发式文件备份耗时对比(min)

项目	传统 FTP 备份	触发式文件备份
获取完整附件备份	62	<1
周耗时	434	<7

## 3 讨 论

**3.1 灵活运用新技术,优化效果良好** 各信息系统部署服务器环境不同,其备份文件目录结构和文件特点也不尽相同,为解决各信息系统备份文件传输时间

较长的问题,灵活采用 sersync 和 syncthing 两个开源文件同步工具,分别对 linux 下的 BMIS 和 windows 下的 OA 系统进行监测,并对文件传输机制进行优化调整<sup>[7]</sup>,当文件系统发生改变时,立即对变化的文件进行传输,实现触发式文件同步。通过优化调整,减少了 BMIS 系统备份和传输的整体时长,压缩了 OA 系统每日备份数据量,优化了 OA 系统 RPO,缩短因备份和数据传输对系统使用的影响时长,提高血站工作效率,应用效果良好,具体情况如下。

**3.1.1** 在 linux 系统下采用 sersync 对文件同步进行优化后具有如下优点:(1)传输时长缩短。统计数据表明,一个备份周期内备份和传输时长缩短 59 min;数据备份完成后的传输时长减少 65 min,耗时缩短 59%,数据备份和备份数据传输整体时长缩短;(2)服务器性能改善。优化后,减少了备份和传输所占用的 CPU 时间片,数据安全性和服务器性能得到改善,避免了系统卡顿,提高了献血者献血间隔期和经血传播疾病联网筛查的效率,为作者所在血站构建成渝双城采供血融合发展及长江经济带采供血工作的高质量发展提供数据安全保障;(3)资源占用时间减少。完全备份后的传输时间明显缩短,备份和数据传输对网络及服务器的占用时间减少。

**3.1.2** 在 windows 系统下采用 syncthing 对文件同步进行优化后具有如下优点:(1)数据安全性提升。统计数据表明,重庆市血液中心办公自动化系统附件更新后,到获取服务器中的完整数据所需时间从 62 min,缩短至 10 s 以内,耗时缩短超过 98%,数据安全性显著提升。(2)RPO 减少。优化后,可将数据恢复至 10 s 甚至几秒之前,即系统故障时可将丢失的数据缩短至故障发生前的 10 s 之内,故障恢复目标缩短明显。(3)网络性能提升。从传统每次进行全量文件传输模式优化为文件变化的增量传输模式,在网络中传输的备份数据量减少,网络性能提升明显。

本研究提出根据服务器系统、目录结构和备份文件特征的不同,采用不同的技术,针对性地对数据同步时机和方式进行优化调整。在 linux 下采用 inotify 通知机制高效、灵活,帮助应用程序实现对文件系统上事件的实时监控和处理,比 cron 任务更加高效<sup>[8]</sup>;在 windows 下采用基于 readDirectoryChangesW 函数接口实现对文件系统包括文件和子目录的创建、删除、修改、重命名等操作进行监视和同步<sup>[9]</sup>,其每次只传输有变化的文件,改变了每次备份所有文件的机制,提高了血站数据的备份效率。上述技术和策略在与作者所在血站类似的其他场景中也具有较好的实用价值。

**3.2** 顺应时代发展,为信息安全保驾护航 随着信

息技术的发展,国产自研系统日趋成熟,即将开始大量落地应用,基于开源 linux 分支的国产自研系统使用量正逐步增加<sup>[10-11]</sup>。各血站在信息化建设过程中,应密切跟踪国产自研软硬件相关技术的发展,根据数据自身特点、服务器系统特性的不同情况,灵活地将新技术应用到各类数据备份的过程中,不仅能提升血站自身信息水平及周边地区血液安全水平,还能加快国产自研系统在血站行业的落地应用,让国产信创技术为血站信息基础设施提供安全保障,为采供血及医疗卫生事业做好信息支撑。

**3.3** 具体问题具体分析,持续进行性能优化 本研究仅在作者所在血站进行了初步探索,全国各家血站的信息系统及其运行环境不尽相同,对服务器进行性能优化的方式也不是绝对的、一成不变的,而是一项动态的持续的工作,需要根据服务器系统特性和备份文件不同的特点,具体情况具体分析,才能找出在特定网络及软硬件环境下的最佳备份优化方案,以解决特定网络环境下因数据备份导致的业务使用卡顿等影响业务正常开展的问题。

## 参考文献

- [1] 赵小洪,田耘博,欧阳熊妍,等.血站信息安全问题分析及应对策略[J].中国卫生质量管理,2021,28(8):77-79.
- [2] 赵小洪,田耘博,余正东,等.基于云环境的血液管理信息系统数据备份优化策略[J].中国卫生质量管理,2023,30(6):87-89.
- [3] 吴敏,崔志洁,胡洪亮,等.组合质量管理工具构建医院质量管理体系的实践与思考[J].中国医院管理,2018,38(11):70-71.
- [4] 刘京义.实例详析 Linux 文件同步机制[J].网络安全和信息化,2021(2):110-113.
- [5] 应毅,任凯,刘亚军.基于 Cygwin 和虚拟机技术的大数据实验室建设研究[J].实验室科学,2019,22(4):174-178.
- [6] Cygwin. Cygwin FAQ[EB/OL].(2024-12-09)[2024-01-05].<http://www.cygwin.com>.
- [7] 方片.满足复杂要求下的文件夹同步[J].电脑爱好者,2022(11):000.
- [8] 魏李方.数据同步技术在高校数据中心的应用[J].电脑知识与技术(学术版),2020,16(10):3.
- [9] FISHER C. Linux filesystem events with inotify[J].Linux,2017(280):2.
- [10] 贾雲博.开源 Linux 自研操作系统在信创产业中的应用研究[J].产业创新研究,2023(20):93-95.
- [11] 李继勇,周迎辉,陈明祖.国产操作系统应用软件集中安全管理分发技术研究[J].网络安全技术与应用,2021(12):1-3.

(收稿日期:2024-06-18 修回日期:2024-11-13)