

医学影像分布式存储 解决方案及案例

目 现状与挑战

随着医疗影像设备的广泛使用、拍片设备单次拍片量的增加，以及分辨率的不断提高，医疗 PACS 数据量预计每年至少增长 15%。特别是三甲综合性医院或三甲专科医院（胸科、肺科、骨科等），一年的新增拍片量在 50TB ~ 80TB。且根据国家电子病历保存相关规定，医疗机构保管医疗影像数据时间要求不少于 15 年。无论从业务发展还是合规要求来看，医疗影像数据都对存储系统提出了更多挑战。

容量扩展困难：医院 PACS 数据影像增长快，文件数量多，容量大。

- 多卷映射，单卷容量有限，多个命名空间；应对 PB 级容量扩展能力不足。
- 机头中转数据，存在单节点故障。
- 旧存储停产无法扩容，只能新购，多套设备架构复杂。

成本居高不下：医疗影像数据文件小，数量多，整体投入成本高。

- 容量增长快，扩容空间大，采购中高端存储成本居高不下。
- 专用硬件更新换代快，新旧替换时需要数据迁移，迁移效率慢工作量大，投入与维保成本高。
- 小文件多，存储空间占用放大 40~50%，导致存储空间浪费。

阅片慢、体验差：以 CT 检查为例，单次检查的数量增加至到几千张，容量升级到几 GB，而关键的存储系统却没有升级。

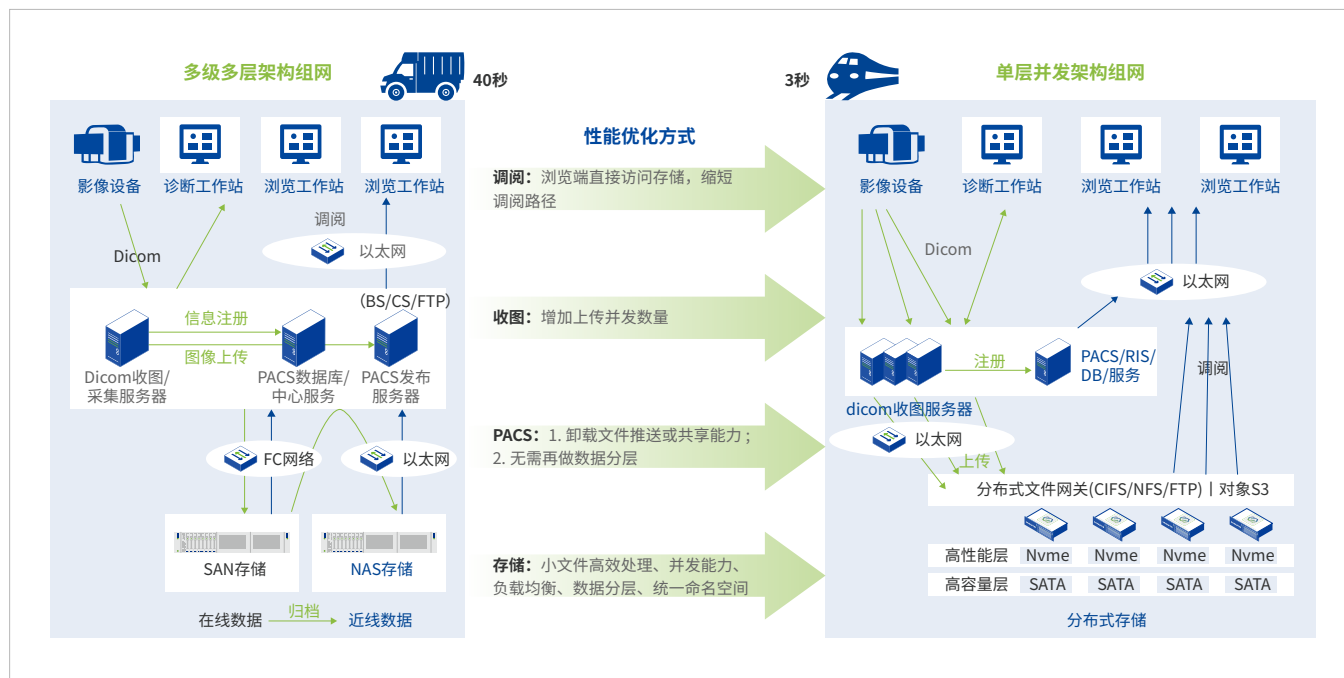
- 调阅图片数量多，等待时间长，业务卡顿是常态。
- 传统存储面对海量小文件读写性能低。
- 业务高峰期，数百位门诊、临床医生同时高并发阅片访问时，阅片等待时间更长。

海量数据安全难保障：网络环境日益复杂，病毒、误删除、软硬件故障等风险多。

- 医院新增数据多，双活技术、传输占用网络资源多，投入成本高。
- 常规备份软件、海量文件备份一次时间长，对文件系统性能影响大，严重影响生产，备份时间窗口间隔长，无法满足更高的 SLA 需求。

深信服解决方案

基于 PACS 业务文件小、需要长期保存的特性，深信服 EDS 为 PACS 系统 提供一套“高性能 + 大容量 + 低成本”的文件共享存储方案。



终端调阅层：

浏览端直接访问存储，缩短调阅路径，通过 PACS 业务系统现场测试调阅 517K 的 CT 图像文件每秒可达 600 幅，57KB 的 MR 图像文件每秒可达 1200 幅，翻阅不同图像序列，无卡顿性能提升超过 4 倍。



收图网关：

经实测在百兆网情况下，传统架构单并发上传速率 8 张 / 秒，通过方案架构优化，深信服 EDS 能实现终端上传并发达到 58 张 / 秒的效果。



PACS 服务器层：

1. 卸载文件推送或共享能力；2. 无需再做数据分层。



底层存储能力：

小文件高效处理、并发能力、负载均衡、数据分层、统一命名空间、数据安全机制。



方案亮点

巨量元数据可提升小文件元数据处理性能，减少上传调阅时间，提高阅片体验

EDS 从根本上彻底解决元数据带来的消耗，大大缩短元数据运算时间，通过实现简洁高效的分布式 PhxKV 承载元数据，具备如下技术优势：

- **轻量化**：精简数据库事务逻辑，元数据读写性能较开源通用 KV 数据库（MongoDB 等）提升 50% 以上。
- **大规模**：提高内存可存储元数据规模，4GB 内存可缓存 700 万文件的元数据，比 Ceph 系高 7 倍。
- **低时延**：独立的 NVME SSD/SCM，利用 LSM 存储引擎充分发挥介质性能。

通过目录分片和多活 MDS，轻松应对高峰期高并发 PACS 工作负载

为了解决大目录文件过多的性能问题，EDS 采用了基于目录分片的分布式打散策略，达到负载均衡的目的。

- 内置 DNS 服务器，保证业务终端连接负载均衡。
- 全局均衡无热点，保障每路 IO 最佳性能。
- 独立的分布式集群，元数据处理能力横向扩展。

全局 IO 动态整合技术，既提速，又节约成本

PACS 业务数据特征：以 CT/MR 为主，单个 CT 大约 500KB，MR 大约 200KB，单个病人病历周期数据大约 10GB，单病人的文件数量达到 2W 张。传统存储写放大问题会造成严重空间浪费，小文件碎片多读写性差，而普通的小文件聚合功能，未做文件排序就整合会有弊端，一旦超过 80% 时 GC 垃圾回收挤占导致性能下降非常严重，这时持续高速写入数据，会造成业务数据丢失的风险。

深信服的小文件聚合 + 智能排序整理，再聚合成大文件后回刷 HDD，既解决了空间 0 放大的问题，也解决了快速回收 GC 垃圾空间的问题，且保障性能不下降：

- 性能层更大，小文件持续写性能层击不穿。
- 写 IO 在高性能层进行智能排序整理再聚合后追加写入容量层，减少文件碎片，优化读性能。
- 通过数据聚合后追加写，解决小文件写放大空间浪费，利用机械盘顺序写性能优点，提升回写速度。



精选案例——上海市肺科医院



医院简介

上海市肺科医院，创建于 1933 年，是一家集医疗、教学与科研于一体的现代化三级甲等专科教学医院。连年跻身复旦医院管理研究所全国医院排行榜与中国医院科技量值排行榜双百强。开放床位数 1000 张，12 个临床科室，11 个医技科室和多个研究机构，拥有国家临床重点专科 3 个，上海市“重中之重”临床重点学科 2 个。

业务需求

提升资源利用率

孤岛式建设导致整体资源利用率低，各套存储的专有硬件封闭，传统存储更新换代快，传统存储厂商逐渐减少老型号的硬盘备件等各种情况，导致后续可能面临维保不可持续等问题。

数据需持续在线

随着医院医生日常科研需求，新业务系统调取分析，近 5 年内的数据时常需要高效调取，因此必须保持大量数据持续在线。

新资源无法挂载

医院在线数据用全 SAN 存储方案，采购了很多阵列存储和划分了很多 LUN，26 个盘符都已用完，但新资源也挂载不上。

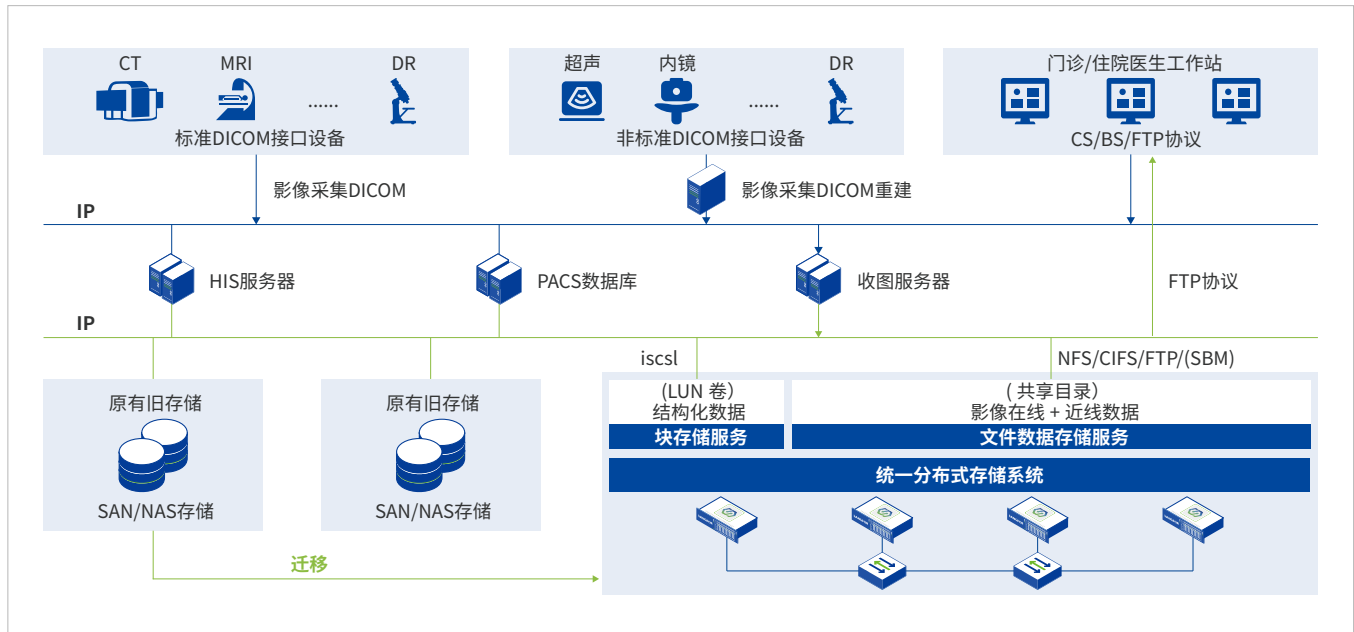
安全风险大

病毒防御和处置方案欠缺，存在感染勒索病毒等巨大的安全风险。另外，一般的杀毒处理手段有将病毒和数据一同删除的风险，难以处置。



深信服解决方案

深信服提供了多台 EDS，组成两个分布式存储集群，存储裸容量最多可达 300TB，通过统一授权，采用 FTP 存储接口对接，实现对医院 PACS 系统存储的承载。此外，深信服通过配置 EDR 终端监测相应平台，在分布式存储中内置病毒防御及查杀机制，实现对 PACS 系统的全面安全防护。



用户收益

对比项	建设前	建设后	对比结果
影像调阅	CT 影像上传每分钟 125 张 CT 影像下载每分钟 137 张	CT 影像上传每分钟 287 张 CT 影像下载每分钟 512 张	开启智能预取功能患者影像资料的时间相降低 60%
调阅时延	CT 影像首次加载等待时间超 1 分钟	CT 影像首次加载等待时间 20 秒	加载时延降低 80%
可用性	磁盘故障：性能下降 20% 恢复时间 10h 以上 磁盘柜故障：该磁盘柜所有数据均不可访问 控制器故障：性能下降 50% 可靠性下降 50%	磁盘故障：性能不下降 恢复时间 30 分钟 服务器故障：性能下降低于 30%	恢复速度缩短 95%
扩展性	机头存在性能瓶颈，硬盘太多后性能会衰减 纵向扩展，只能扩容量	分布式节点架构，节点越多性能线性增长 横向扩展，容量性能双增	能力双增
数据安全	病毒防御和处置方案欠缺	具有严密的可靠性设计和丰富的网络安全防护手段	全面安全
存储维护	故障容忍度和故障处理自动化程度低	智能化、自动化的存储健康和故障管理系统	运维检测时间降低 50%

龙岩医疗影像云



项目背景

龙岩市卫健委为积极响应和落实国家、省政府、龙岩市政府政策，改善龙岩市整体医疗资源分配，提高医学影像诊断服务能力，推进分级诊疗建设，在全市范围内建设医学影像云平台，形成区域影像云中心，实现全市各医疗机构影像信息共享，实现医疗卫生机构影像数据的互联互通、云影像存储及共享应用；实现远程影像诊断、疑难病会诊，进一步优化医疗资源的配置，降低患者就医成本，降低全市医疗机构相关建设成本，提升基层诊疗水平，为分级诊疗奠定基础。

建设挑战

龙岩市医学影像专业技术人员缺乏，县级医院诊疗技术水平参差不齐，基层医疗卫生机构拍片和诊疗技术水平较低，影响和制约着全市医疗机构整体服务能力和技术水平进一步提高，主要存在问题如下：

存储投入和维护成本高

医院 PACS 存储容量不断增加，存储设备投入大，基本年年都需要扩容，而且扩容的成本越来越高，实现异地备份则成本更高，由此产生高昂的维护成本。

采购程序复杂

医院采购需要经过单独申报、立项、组织招标、合同签署、执行等过程，涉及存储、备份、安全、平台等多个类别，项目类别多，程序复杂，周期长，耗时耗力。

传统胶片耗占比高

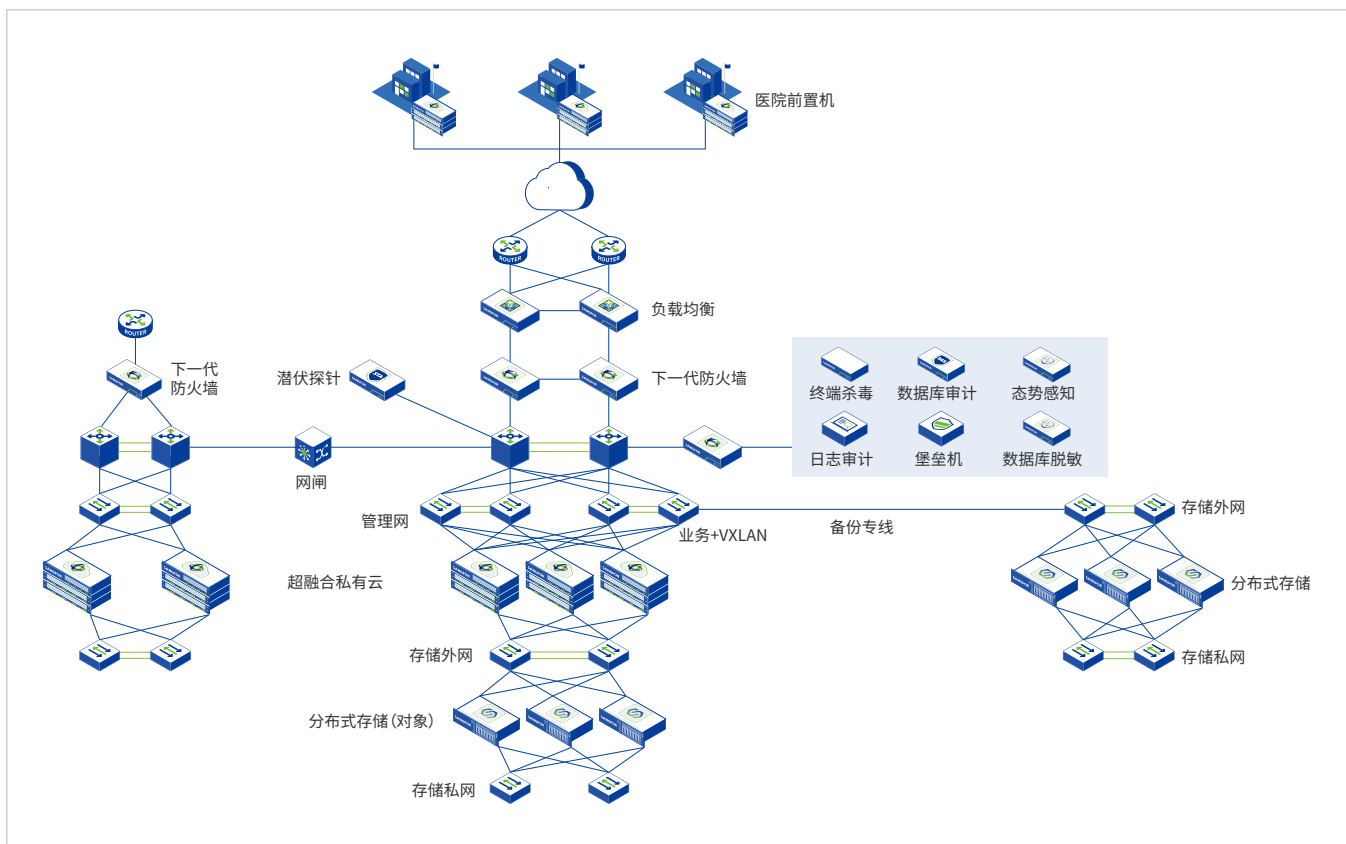
影像数据量成倍增长，传统胶片临床价值削弱；同时医院影像采用单次收取固定检查费用模式，传统胶片打印从第二张开始为医院实际成本支出，胶片耗占比高。



深信服解决方案

深信服方案规划 10 台 EDS 1.7B 分布式存储应用于影像数据归档存储、冷数据压缩备份场景。采用对象存储协议对接影像软件厂商，基于“8+2”纠删码技术、智能分层算法技术等，保障存储稳定性，提高固态缓存盘命中率，实现快速读写。

基于深信服分布式存储的影像云平台建设，充分利用龙岩市重点医院的资源，使患者在本地就能享受到大医院资深专家的诊疗，解决了患者远道求医难的问题。影像云存储通过纠删码、智能分层等技术，在保证存储性能的前提下，能够有效降低数据存储成本、云胶片服务节约耗材成本，从而降低医保支出，减少医院影像归档投入、设备采购、软件授权、人员成本等费用支出。



方案价值



低投入高性能

针对影像数据实现冷热分层和数据无损压缩，让存储集群发挥最大性能和成本优势，实现低配置下性能不打折扣，保证在海量影像数据存储的情况下，用最低成本来提供高速读写能力。



智能故障修复

任意一块硬盘故障不影响集群可靠性和稳定性，提供硬盘故障自动恢复机制，可实现数据快速修复 15min/TB；并且可提供智能限速，智能化感知业务 IO，保证重建不会影响正在使用的磁盘的性能。



智能健康检测

提供精确到每一块磁盘的智能故障诊断能力，能对其进行智能亚健康检测，确保整体存储集群的健康稳定。同时对存储集群的配置进行检测，确保存储网口的连接正常，保证整个存储集群正常通信并且可以稳定提供存储服务。

更多案例



用户名称		用户名称		用户名称	
广西	钦州市第一人民医院	内蒙	内蒙古自治区中医医院	湖北	襄阳市第一人民医院 (PB级)
	广西科技大学第一附属医院		呼和浩特市第二医院		宜昌市第二人民医院
	玉林市中西医结合骨科医院		鄂尔多斯市中心医院		仙桃市第一人民医院
	梧州市妇幼保健院	福建	福建省人民医院 (PB级)		襄阳市中心医院 (PB级)
云南	云南省滇南中心医院 (PB级)		福建省南平市人民医院	浙江	温州医科大学附属第一医院 (PB级)
	云南省第二人民医院 (PB级)		福建医科大学附属口腔医院		浙江大学医学院杭州市第七人民医院
贵州	红河哈尼族彝族自治州妇幼保健院	广东	龙岩市卫生健康委员会 (PB级)		浙江省肿瘤医院 (PB级)
	贵州省第三人民医院		广东省妇幼保健院		浙江中医药大学附属杭州第二医院
	贵州中医药大学第二附属医院		佛山市南海区人民医院		浙江大学医学院附属杭州市第一人民医院
	贵州省骨科医院	上海	珠海市人民医院	上海	上海交通大学仁济医院
	铜仁市人民医院		佛山市南海区人民医院		上海肺科医院
山东	淄博市第一医院		深圳大学总医院		上海市第一妇婴保健院
	滨州市中心医院		佛山复星禅城医院		上海市中医医院
	济南市章丘区中医医院	河北	石家庄市第四医院	江苏	南京大学医学院附属南京国际医院
	滨州医学院烟台附属医院		冀中能源邢台矿业集团总医院		南京医科大学附属逸夫医院
	山东省眼科医院		河北工程大学附属医院		常州西太湖医院有限公司
	东营胜利医院 (PB级)	河南	南阳南石医院 (单台)		泰州市第三人民医院
重庆	重庆医科大学附属第二医院		河南中医药大学第三附属医院	安徽	安徽省妇幼保健院
	重庆大学附属三峡医院		焦作市中医院		安徽中医药大学第二附属医院
四川	眉山市中医医院 (PB级)	江西	南昌大学第一附属医院	湖南	株洲市人民医院
	四川省人民医院金牛医院		赣州市第五人民医院	海南	海南省肿瘤医院
	四川省肿瘤医院		赣州市第五人民医院	山西	朔州市大医院
	成都市第五人民医院 (PB级)	青海	西宁市第二人民医院 (PB级)		山西阳煤集团总医院
	宜宾市第二人民医院 (PB级)			陕西	陕西省第五人民医院

