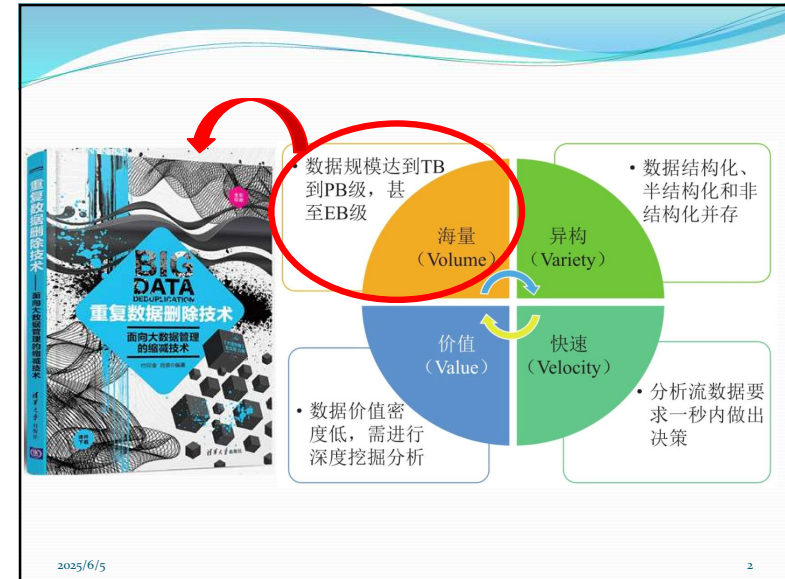


## 《大数据处理》专题一

### 重复数据删除技术

毛波

厦门大学信息学院



## 什么是备份？

- 狭义的备份是指除了生产站点以外，用户另外建立的冗余站点，当灾难发生、生产站点受到破坏时，冗余站点可以接管用户正常的业务，达到业务不间断的目的。为了达到更高可用性，许多用户甚至建立多个冗余站点。
- 衡量容灾备份系统有两个主要指标：
  - **RPO (Recovery Point Object)**，代表了当灾难发生时允许丢失的数据量
  - **RTO (Recovery Time Object)**，代表了系统恢复的时间。

2025/6/5

3

## 备份与其他应用的区别

- **备份与复制：**
  - 复制只是将数据另存了一份，而备份所要做的不单是复制文件的内容还有文件的权限。
- **备份与存档：**
  - 存档的目的是将需要长期备查或转移到异地保存/恢复的数据存放到可移动存储介质上。存档的目的不是为了保障数据安全，而只是为了实现数据仓储。
- **备份与容灾：**
  - 数据存储备份措施需要与一定的硬件容灾措施配合起来进行，但硬件容灾措施不能代替数据存储备份措施。

2025/6/5

4

## 要备份的数据类型

- 对于单机来说，最需要备份的数据莫过于系统环境，以便在系统瘫痪后可以第一时间恢复，其次需要备份的数据就是系统状态、邮件、日程、人物、文档等。
- 对于网络来说，如果整个网络的系统架构中存在域、网络查杀病毒、邮件系统、文件服务器等的话，还要考虑域状态、域帐户、共享数据、日志等数据的备份。
- 对于企业来说，需要备份的是比较重要的资料，如公司的相关信息、用户的资料、案例资料等。

2025/6/5

5

## 为什么要云备份？

### 事件

System stolen  
System damaged  
Accidental File Deletion  
Accidental File Overwrite  
Accidental Directory Deletion  
Hacker Intrusion  
Magnetic Disk Failure  
CPU/Motherboard Failure  
Network/Interface Failure  
Application Halt or Crash  
Operating System Halt or Crash

### 结果

User Data and System Loss  
User Data and System Loss/Downtime  
File Loss  
File Loss  
Directory and/or File Loss  
Corrupt or Lost Data  
Corrupt or Lost Data  
Corrupt or Lost Data and Downtime  
Corrupt or Lost Data/Loss of Connectivity  
Corrupt or Lost Data  
Corrupt or Lost Data

2025/6/5

6

## 为什么要云备份？

### 灾难

Flood  
Extreme Weather Event  
Seismic Event  
Aviation Accident  
Terrorism  
Emergency Evacuation



### 后果

Site Loss - Complete or Partial  
Site Loss - Complete or Partial  
Site Loss - Complete or Partial  
Site Loss - Complete or Partial  
Site Loss - Complete or Partial  
Loss of Access to Site

2025/6/5

7

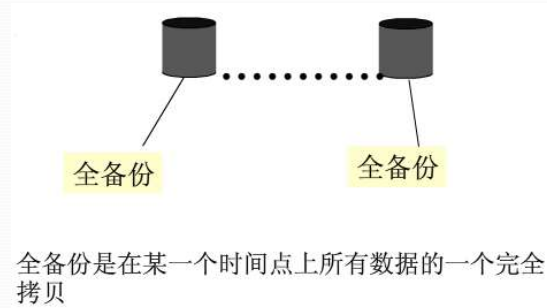
## 云备份的分类

- 完全备份：
  - 定期用磁带对整个系统进行完全备份，包括数据和系统。优点是当数据丢失时，有机会恢复最近的所有数据；缺点是备份数据中有大量重复数据，占用了大量空间，并且所需备份时间较长。
- 增量备份：
  - 每次备份的数据只是相对于上一次备份后新增加的和修改过的数据。这种备份的优点是没有重复的备份数据。缺点是当发生灾难时，恢复数据比较麻烦，任何一环出问题都会导致整个恢复失败。
- 差分备份：
  - 每次备份的数据是相对于上一次完全备份之后增加的和修改过的数据。在避免了前两种策略的缺陷的同时，又可使备份时间变短，磁盘空间变少，灾难恢复变方便，只需要最近一次完全备份和最近一次差异备份的数据即可。

2025/6/5

8

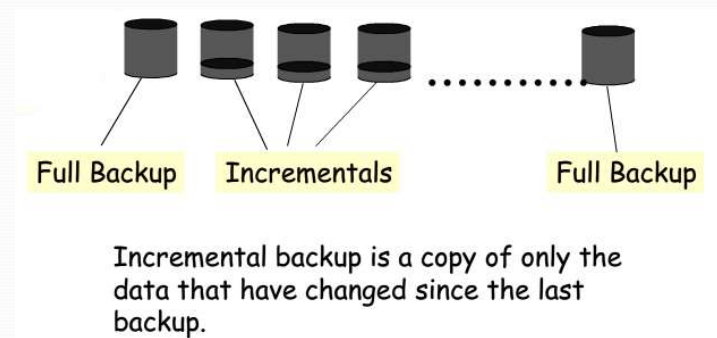
## 完全云备份 (Full Cloud Backup)



2025/6/5

9

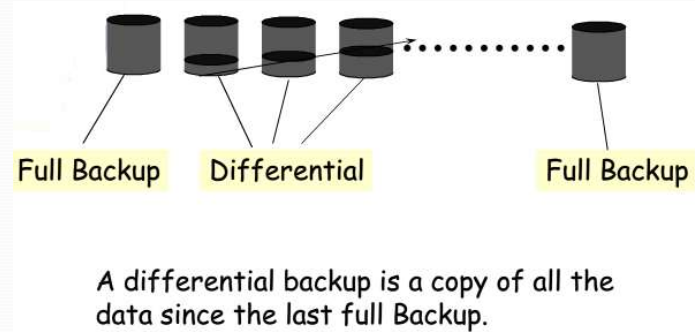
## 增量备份 (Incremental Cloud Backup)



2025/6/5

10

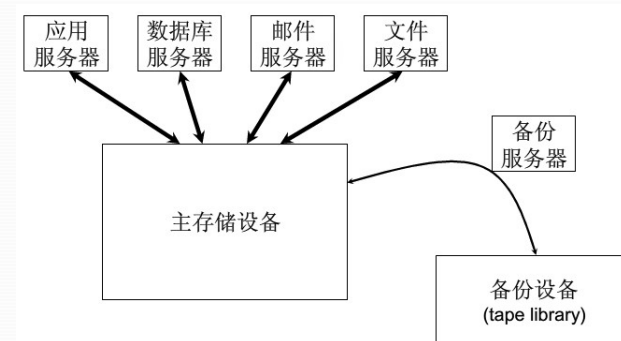
## 差分备份 (Differential Cloud Backup)



2025/6/5

11

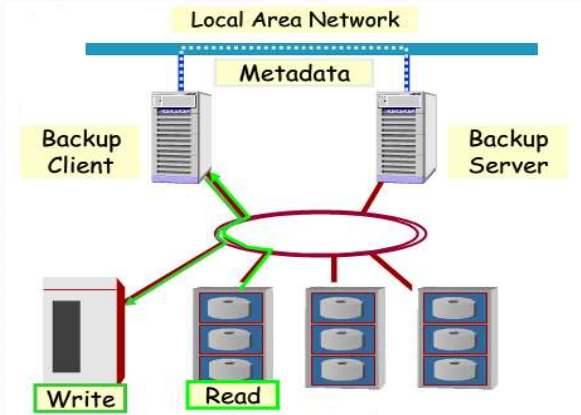
## 云备份存储系统的通用架构



2025/6/5

12

## 数据备份



2025/6/5

13

## 数据恢复



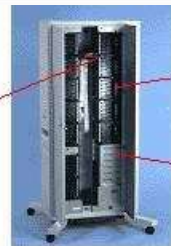
备份记录了文件的目录结构, 权限等, 备份在具体的某盘磁带, 磁带在磁带库中具体的槽位等  
这些信息存储在备份软件的数据库中  
通常被称为元数据

2025/6/5

14

## 备份介质

- 所谓“备份介质”指用于存储数据副本（即备份数据）的存储设备。
- 常见备份介质：
  - （1）磁带
  - （2）光盘
  - （3）硬盘
  - （4）光盘库：是一种可存放几十张或几百张光盘并带有机械臂和一个光驱的光盘柜。



光盘架

CD-ROM驱动器

的  
盘  
数  
要  
。

2025/6/5

15

## 应用趋势



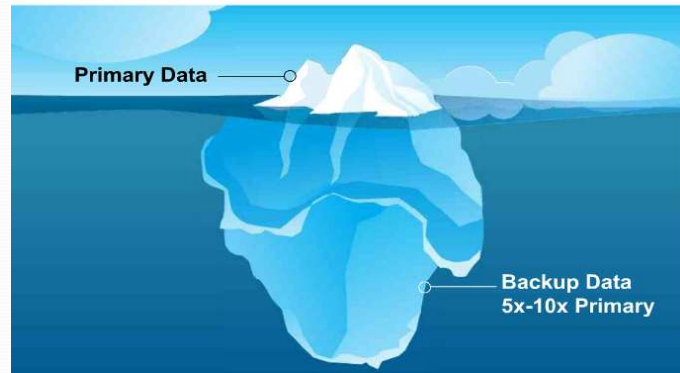
2025/6/5

16



## 数据量

既然如此，为什么磁带依然存在？



2025/6/5

17

## 磁盘备份系统的挑战

用磁盘做备份介质所面临的挑战



2025/6/5

18

## 不同应用场景下的数据冗余率

### 微软Windows Server的数据\*:

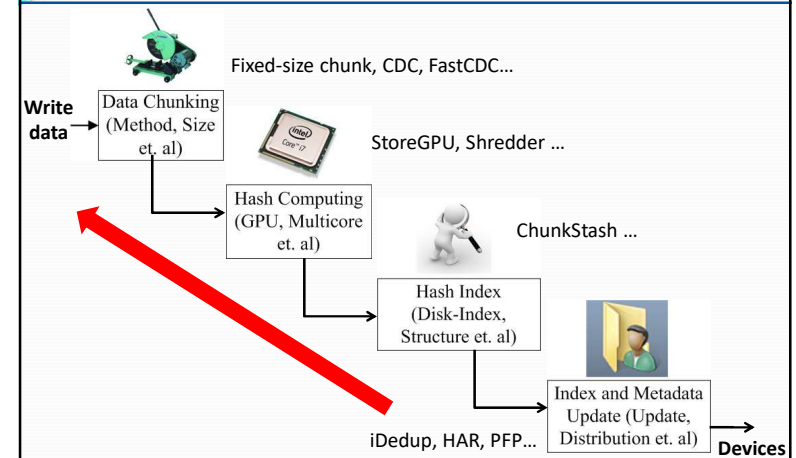
Scenario	Content	Typical space savings
User documents	Office documents, photos, music, videos, etc.	30-50%
Deployment shares	Software binaries, cab files, symbols, etc.	70-80%
Virtualization libraries	ISOs, virtual hard disk files, etc.	80-95%
General file share	All the above	50-60%

### 企业级和高性能计算存储系统:

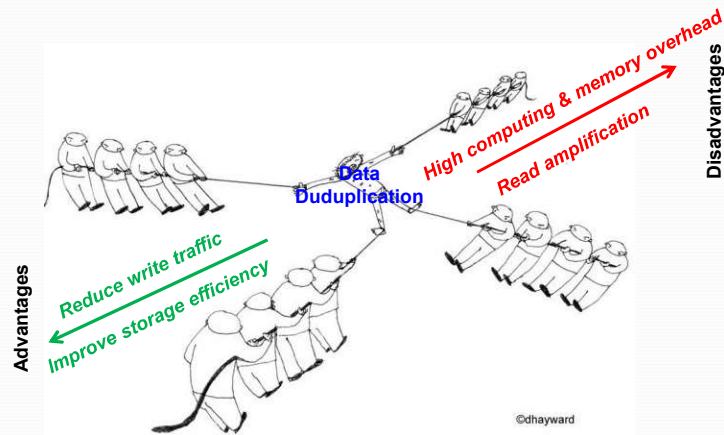
Institutes	Workloads	Size	Redundant Data Reduction Schemes	Reduction Ratio
EMC	Over 10,000 production backup systems [7]	700 TB	Chunk-level deduplication (8KB)	69~93%
			Chunk-level deduplication (8KB)	85~97%
	6 large backup datasets [8]	33 TB	Deduplication + delta compression	66~82%
			Deduplication + delta compression + GZIP compression	74~87%
Mainz Univ.	Four HPC data centers [70]	1212 TB	File-level deduplication	5~10%
			Chunk-level deduplication (8KB)	20~30%

\* <https://docs.microsoft.com/en-us/windows-server/storage/data-deduplication/overview>

## 重复数据删除技术简介



## 重复数据删除技术 一双刃剑



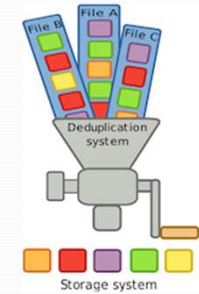
## 重复数据删除技术简介

### 背景介绍:

- ✓ 广泛应用于备份和归档应用中;
- ✓ 提高存储效率和网络带宽利用率。

### 主存储系统中的应用:

- ✓ 基于闪存存储的性能和可靠性优化;
- ✓ 基于虚拟机的内存和存储系统;
- ✓ ... ..



Characteristics	Backup	Primary storage
访问规律	可预测	不可预测
数据冗余率	90%+	40%左右
读请求	稀少	常见
目标	RTO & RPO &	Performance, Reliability & Cost

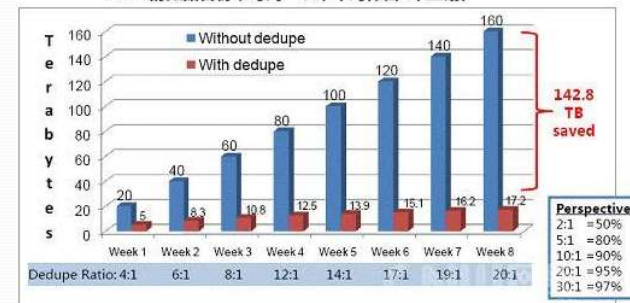
## 重删技术的应用领域

- 数据备份系统: 大量重复备份的数据
- 归档存储系统: 类似于云备份
- 虚拟机存储服务器: 各个虚拟机之间的系统冗余数据
- 邮件服务器存储系统: 群发邮件 (附件)

## 重复数据删除可以省多少?

样本案例:

20TB的数据备份, 每周一次; 平均保留8个星期。



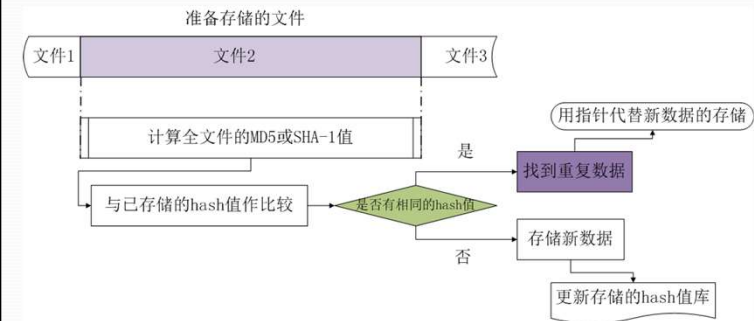
## 基于去重粒度的分类

- 全文件层次的重复数据删除：以整个文件为单位来检测和删除重复数据，计算整个文件的哈希值，然后根据文件哈希值查找存储系统中是否存在相同的文件。这种方法的好处是在普通硬件条件下计算速度非常快；这种方法的缺点是即使不同文件存在很多相同的数据，也无法删除文件中的重复数据。
- 文件块级的重复数据删除：将一个文件按不同的方式划分成数据块，以数据块为单位进行检测。该方法的优点是计算速度快、对数据变化较敏感。
- 字节级的重复数据删除：从字节层次查找和删除重复的内容，一般通过差异压缩策略生成差异部分内容。优点是去重率比较高，缺点就是去重速度比较慢。

2025/6/5

25

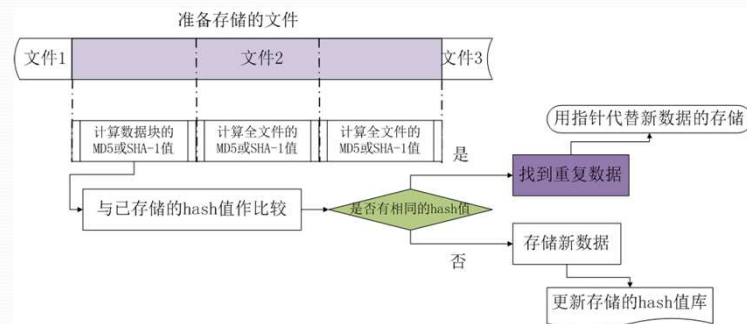
## 文件级重复数据删除



2025/6/5

26

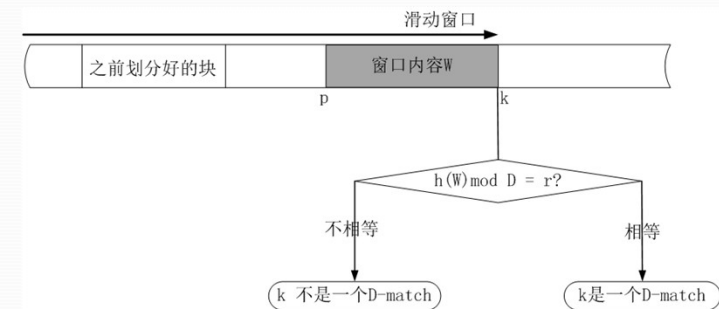
## 定长块级重复数据删除



2025/6/5

27

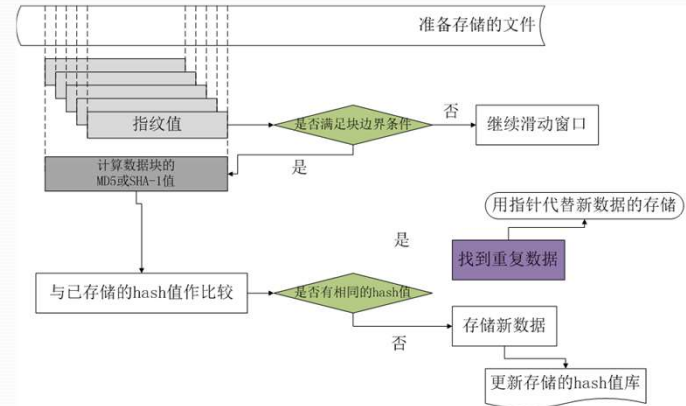
## 变长块级重复数据删除



2025/6/5

28

## 变长块级重复数据删除



2025/6/5

29

## Hash冲突

- 重复删除技术通常采用MD-5（128字节的散列）或SHA-1（160字节的散列）算法。生成相同的MD5散列的两个随机数据块的可能性大约是1/1037。如果一个PB的数据采用MD-5算法，以平均大小为4KB的数据块进行“重复删除”处理，两个块生成相同MD-5散列的可能性大约是1/1020。
- 如果重复删除系统错误地把两个数据块识别成含有相同数据的块，当它们不被存储时，系统会继续执行操作。当存储数据时，数据被错误识别的这个文件会被破坏。所有其它的数据会被正确地恢复。但是，发生散列冲突的概率应该小于行星碰撞或黄石公园大火山喷发的概率。

2025/6/5

30

## 重复数据删除分类

- 根据处理位置：
  - 源级重复数据删除
  - 目标端重复数据删除
- 根据处理时间：
  - 在线重复数据删除
  - 离线重复数据删除
- 根据处理方式：
  - 基于软件的重复数据删除
  - 基于硬件的重复数据删除

2025/6/5

31

## 源级/目标端重复数据删除

- 基于重复数据删除技术处理的位置来划分为源端（数据发出端）或者目标端（数据接受端）重复数据删除技术。区别在于所针对的备份环境是基于客户端/服务器模式（也有称之为发送端/接收端模式）。
- 源端重复数据删除实现方式是在备份客户端上安装软件，客户端和备份服务器都必须支持重复数据删除。这意味着在现有的备份环境中可能需要进行修改。与之对应，目标端重复数据删除通常不需要更改环境，支持重复数据删除的目标设备会被备份服务器认为另一台磁盘阵列或虚拟磁带库。
- 源端重复数据删除适用于降低所要通过网络传输的数据，如远程办公环境中备份至中心节点。权衡选择两种方式在于源端重复数据删除会影响客户端的性能，并从而波及到整个备份环境，并且重复数据删除仅限于客户端级别的数据，而不会考虑多个备份客户端可能有相同的数据。

2025/6/5

32



## 在线重复数据删除

- 在线处理的重复数据删除是指在数据写入磁盘之前执行重复数据删除。
- 其最大的优点是经济高效，可以降低对存储容量的需求，并且不需要用于保存还未进行重复数据删除的数据集。
- 在线处理的重复数据删除减少了数据量，但同时也存在一个问题，处理本身会减慢数据吞吐速度。
- 正是因为重复数据删除是在写入到磁盘之前进行的，因此重复数据删除处理本身就是一个单点故障。

2025/6/5

33

## 离线重复数据删除

- 后处理的重复数据删除，也被称为离线重复数据删除，是在数据写到磁盘后再执行重复数据删除。数据先被写入到临时的磁盘空间，之后再开始重复数据删除，最后将经过重复数据删除的数据拷贝到末端磁盘。
- 由于重复数据删除是数据写入磁盘后再在单独的存储设备上执行的，因此不会对正常业务处理造成影响。管理员可以随意制订重复数据删除的进程。通常先将备份数据保留在磁盘上再进行重复数据删除，企业在需要时可以更快速地访问最近存储的文件和数据。
- 后处理方式的最大问题在于它需要额外的磁盘空间来保存全部还未删除的重复数据集。

2025/6/5

34

## 基于软件的重复数据删除

- 在软件层次，重复数据删除可以有两种集成方式：
  - 将软件产品安装在专用的服务器上实现；
  - 将重复数据删除技术集成到备份/归档软件中。
- 优点：部署成本比较低；
- 缺点：在安装中容易中断运行，维护也更加困难。
- 基于软件的重复数据删除产品有EMC公司的Avamar软件产品、Symantec公司的Veritas NetBackup产品以及Sepaton公司的DeltaStor存储软件等。

2025/6/5

35

## 基于硬件的重复数据删除

- 基于硬件的重复数据删除主要由存储系统自己完成数据的删减，例如：在虚拟磁带库系统、备份平台或者网络附加存储（NAS）等一般目的的存储系统中融入重复数据删除机制，由这些系统自身完成重复数据删除功能。
- 优点：高性能、可扩展性和相对无中断部署，并且重复数据删除操作对上层应用都是透明的。
- 缺点：部署成本比较高，要高于基于软件的重复数据删除。

2025/6/5

36

## 基于硬件的重复数据删除

- 目前基于硬件的重复数据删除系统主要包括VTL和NAS备份产品两大类，例如：Data Domain公司的DD410系列产品、Diligent Technologies公司的ProtecTier VTL、昆腾公司的DXi3500和DXi5500系列产品、飞康的VTL产品、ExaGrid Systems公司的NAS备份产品以及NetApp的NearStore R200和FAS存储系统。

2025/6/5

37

## 重复数据删除的优势

- 提高存储设备的利用率；
- 提高了网络带宽的利用率；
- 减少了存储设备，进而降低了能耗和成本；
- 减少了备份窗口，提高了备份的可靠性。

2025/6/5

38

## 重复数据删除的劣势

- 降低了数据恢复的性能；
- 增加了数据恢复过程的能耗；
- 降低了存储数据的可靠性；
- 增加了系统的内存开销和计算开销。

2025/6/5

39

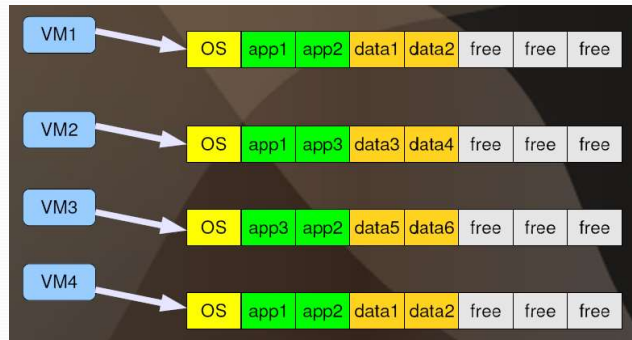
## 劣势分析（指纹开销）

- 对于每一个特定的数据块，都需要有一个指纹对应该数据块，这样方便以后的冗余块的消除。
- 每个指纹所需要的内存空间为20字节左右。
- 举例说，对于一个1TB的存储空间和4KB的分块大小而言，需要的内存空间为 $(1\text{TB}/4\text{KB}) * 20 \text{ byte} = 8\text{GB}$ 。
- 现在的存储设备有可能更高，因此内存并不能保存所有的指纹，必须将其存放在磁盘中，进而降低性能。

2025/6/5

40

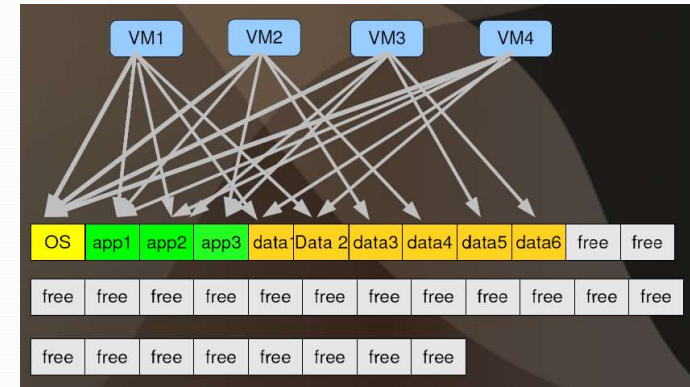
## 重删技术在虚拟机中的应用



2025/6/5

41

## 重删技术在虚拟机中的应用

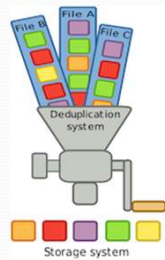


2025/6/5

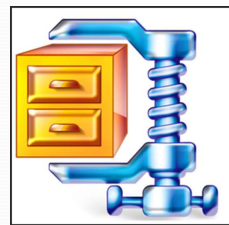
42

## 课堂讨论

- 重复数据删除技术与数据压缩技术tar/zip等之间有什么区别？



VS.



2025/6/5

43