课前准备：登录集群

集群软硬件及运维基础

ZJUSCT 运维团队
@bowling233(朱宝林)
2024/07/04

到目前为止学了什么？

- Day1 大杂烩、网络
- Day2 速通计算机系统
- Day3 HPC 理论和技能导引
- Lab0 Linux 基础
- Lab1 集群基础

内容多且杂

及时总结回顾

多多应用起来

本节课的内容

- （实践）Linux 知识
- （实践）HPC 中的软件
- HPC 中的硬件
- 功耗控制简介
- 运维

0、登录集群

@bowling233

2024/07/04

配置 SSH

- ssh-keygen
- cat .ssh/id_rsa.pub > .ssh/authorized_keys
- ssh m600

我们允许 VSCode 远程

- VSCode Remote Server 占用内存和 CPU 资源较大，在很多集群是不被允许的
- 如果你打算暂时结束手头的工作，请使用 /river/scripts/kill_vscode.sh 杀掉

一、Linux 实践

@bowling233

2024/07/04

1.1 基础部分

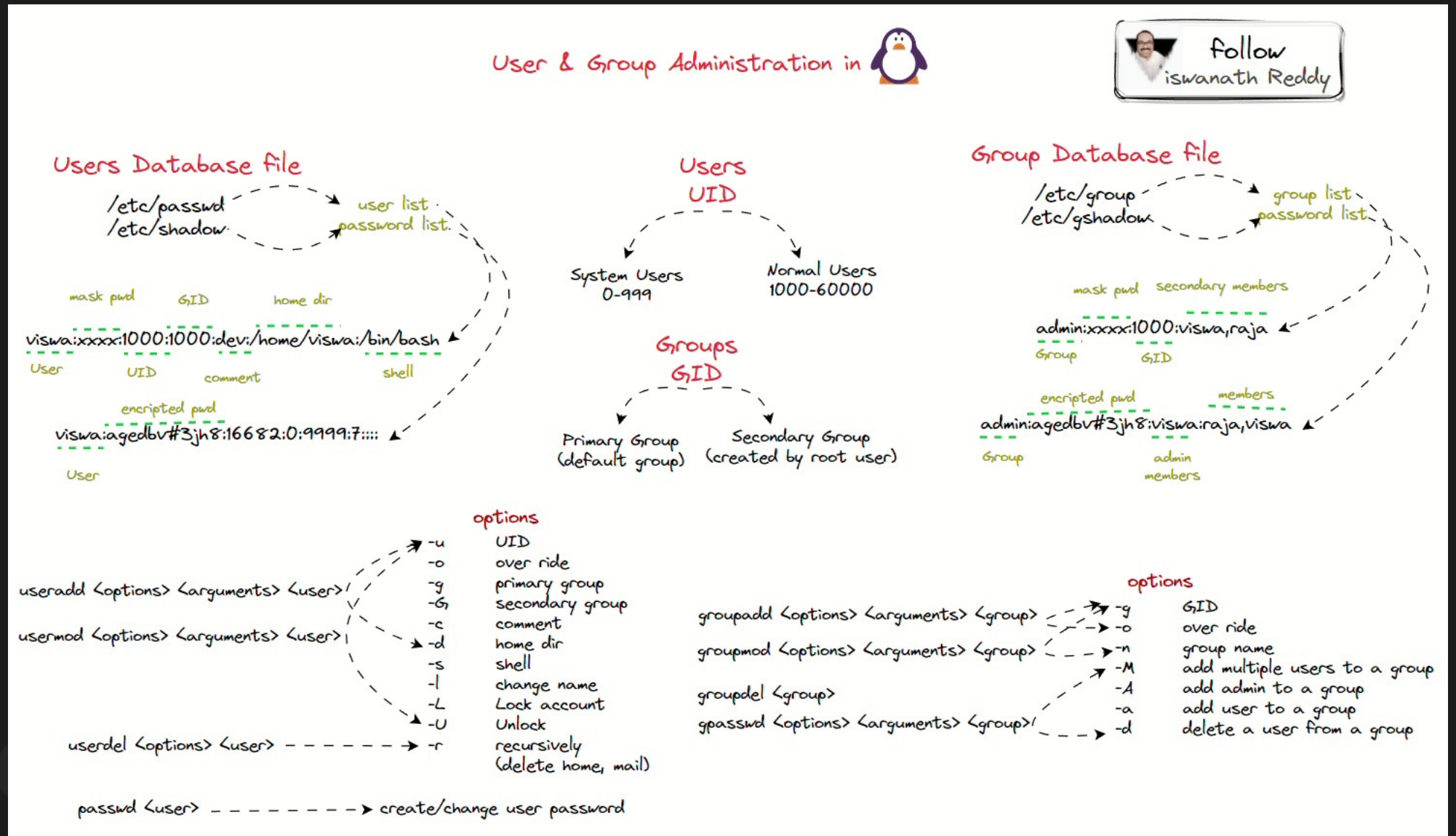
获取帮助

- man: what can I say?
- tldr: too long, didn`t read
- cht.sh: unified cheat sheet

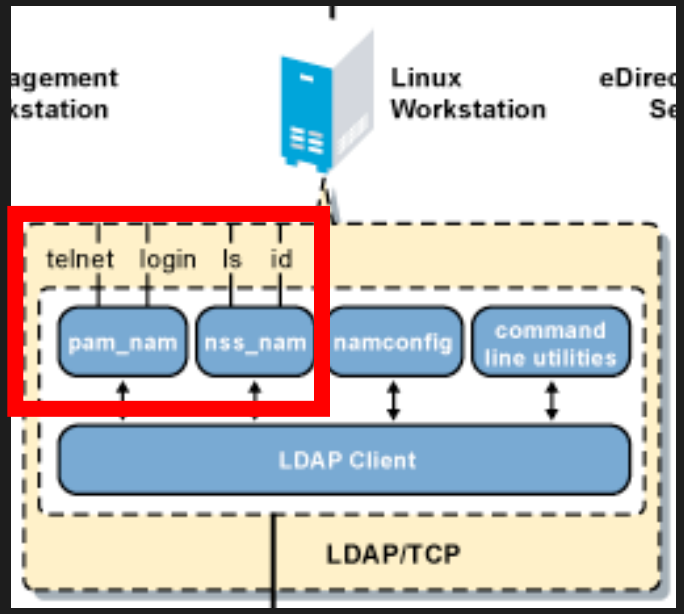
使用集群代理

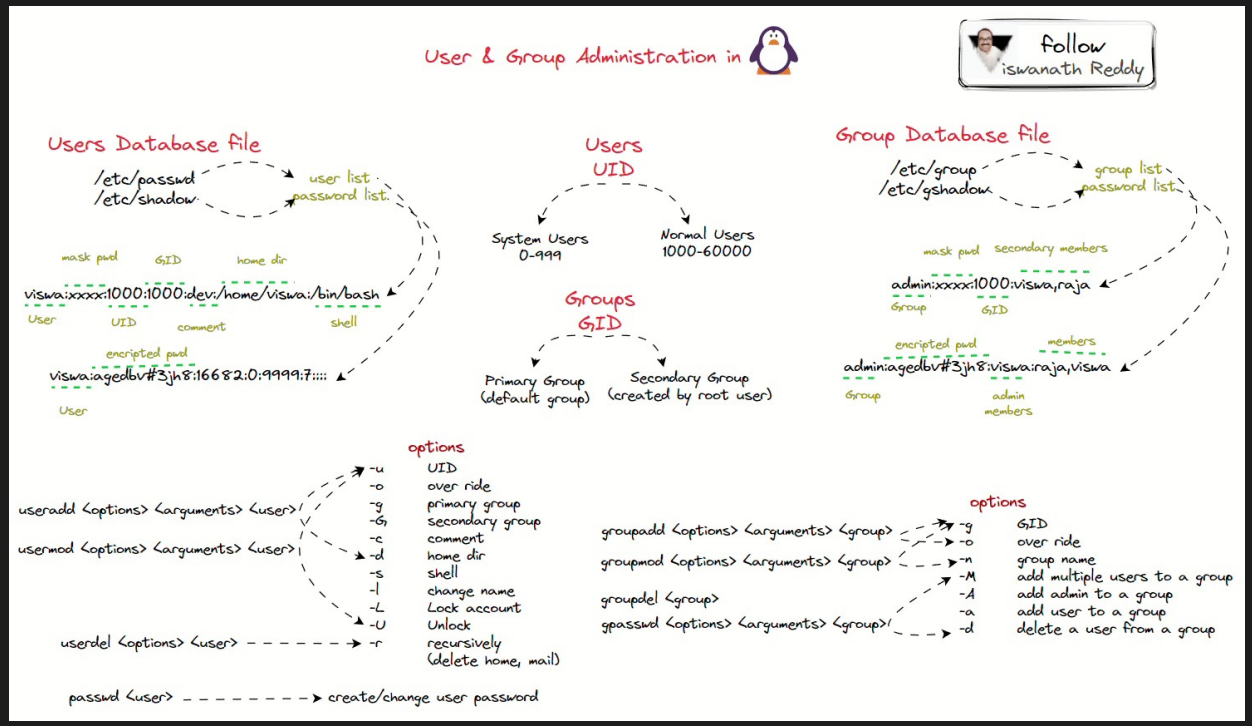
- proxychains4:
  - hooks network-related libc functions
  - redirects the connections through SOCKS4a/5 or HTTP proxies
  - supports TCP only (no UDP/ICMP etc)
  - quiet mode: -q

Linux 用户和用户组



Linux 用户和用户组





集群使用中心化的用户认证：NIS、LDAP

root

- Debian：如果在安装时给 root 设置了密码，那么第一个用户不会自动进 sudo 用户组，也就不能使用 sudo 命令
- 为什么加了 sudo 还是不能用！➡️RTFM

Problems and tips

Sorry, user jdoe is not allowed to execute ...

A typical session goes like this:

```
$ sudo test

We trust you have received the usual lecture from the local System
Administrator. It usually boils down to these three things:

    #1) Respect the privacy of others.
    #2) Think before you type.
    #3) With great power comes great responsibility.

[sudo] password for jdoe:
Sorry, user jdoe is not allowed to execute '/usr/bin/test' as root on loca
```

This message means what it says: the user you're running as isn't allowed to execute the given command on the given machine. One confusing possible reason for this is that the administrator has just added user jdoe to a privileged group - but you're still using the old login, which doesn't have that new group information, and therefore has no new sudo-ing rights. People in this situation are usually advised to log out completely and back in again, though you can sometimes get away with just performing a "re-login on the spot" with `su - $USER` or changing group with `newgrp sudo`.

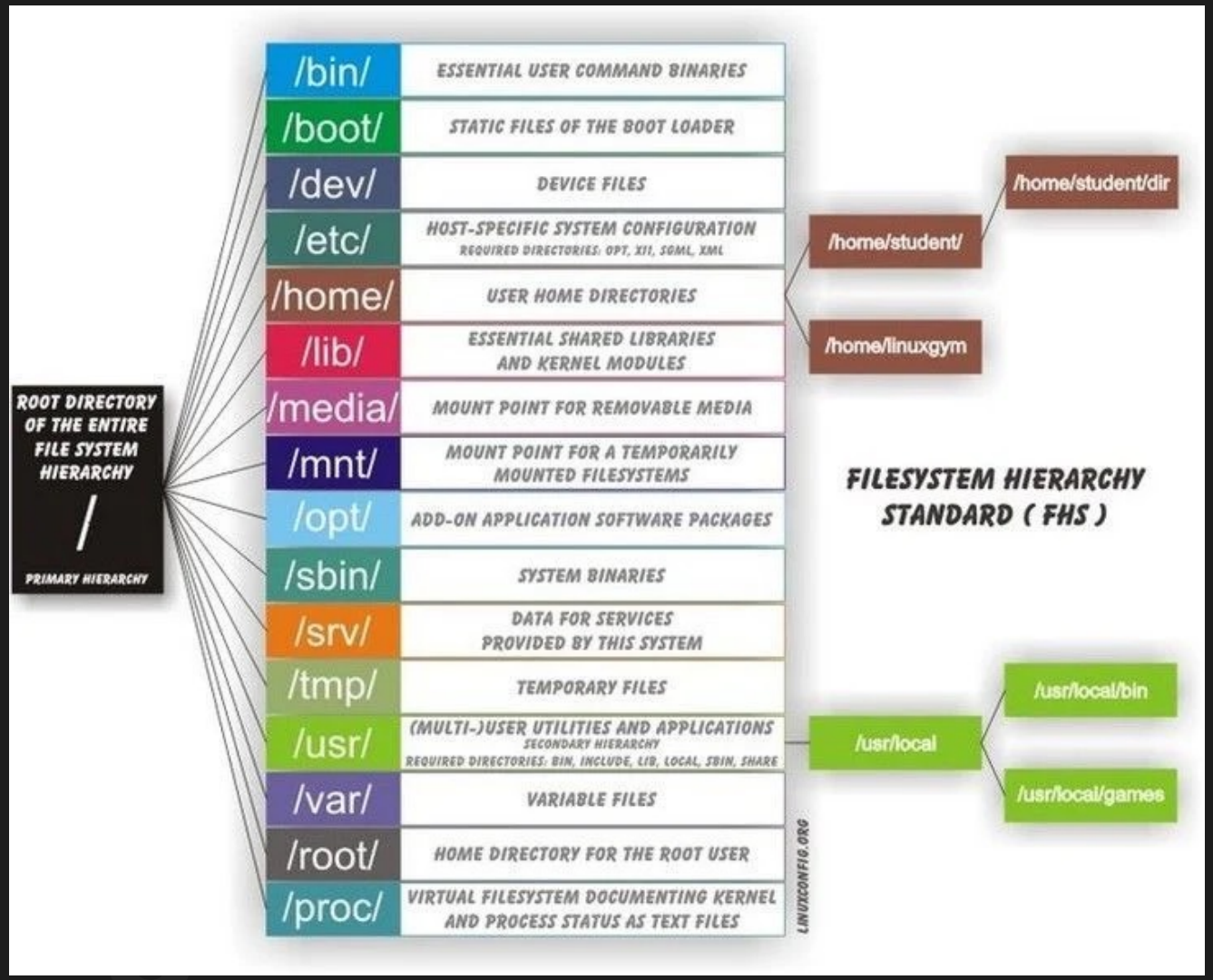
root

- 不要滥用 root 账户：It defeats the security model that's been in place for years.
- sudo 不是 Permission Denied 的免死金牌
  - 绝大部分情况是打开方式不对

Everything is a file

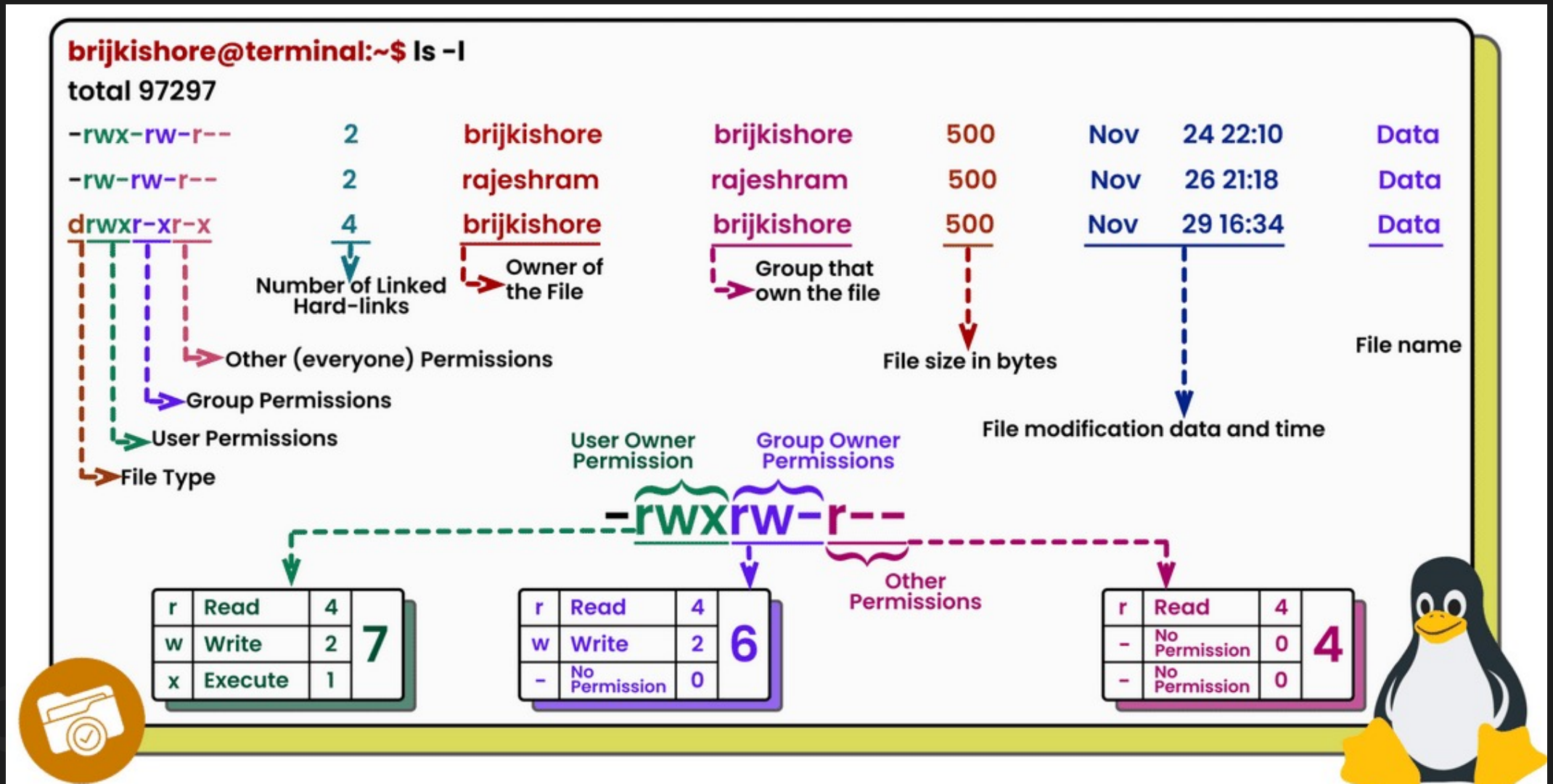
- 文件 file
- 目录 directory
- 设备 device
- 管道 pipe
- 套接字 socket
- 符号链接 symbolic link
- ……

Linux 文件系统层次

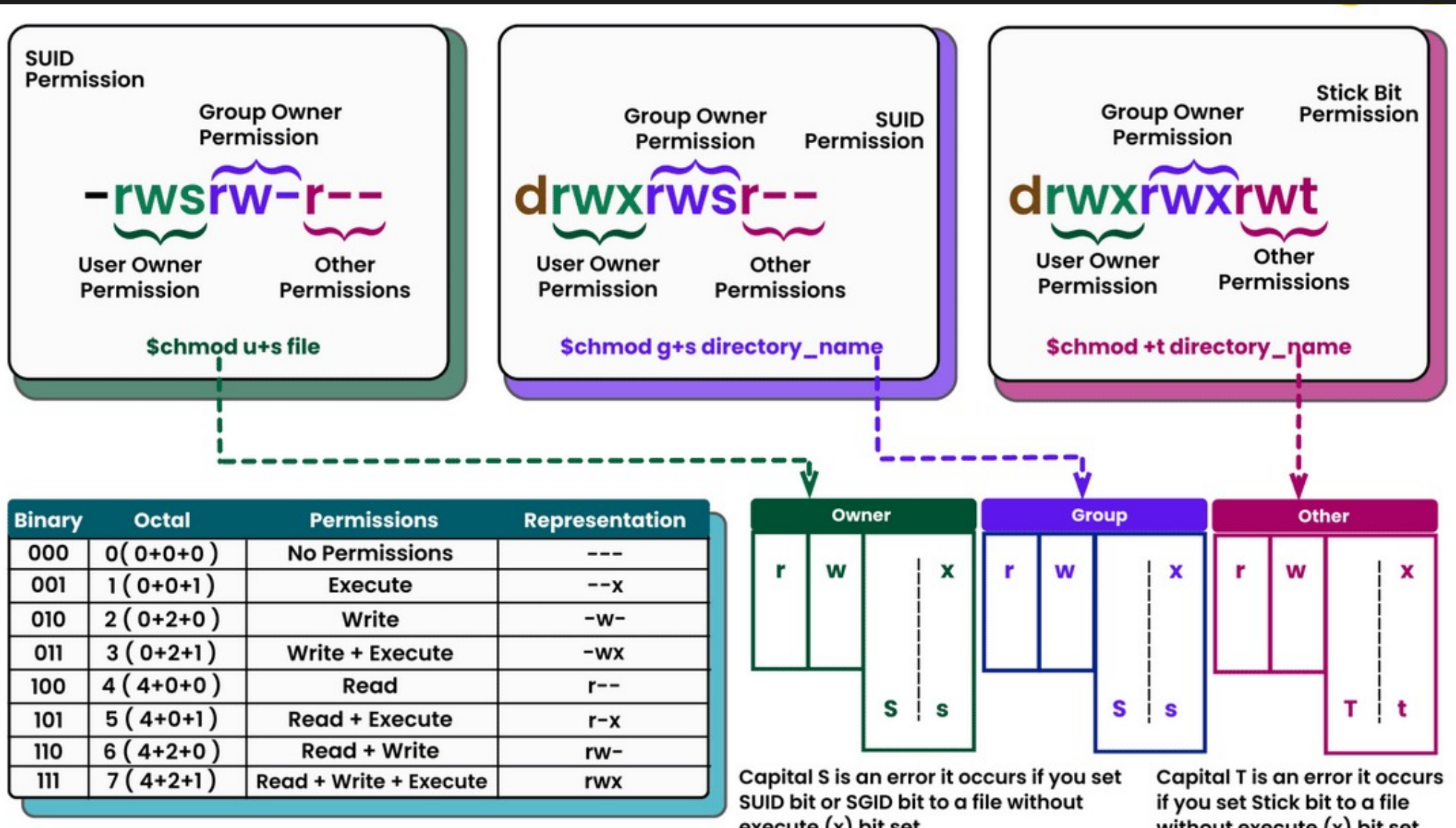


Linux 文件权限

Linux 文件权限


brijkishore@terminal:~$ ls -l
total 97297
-rwx-rw-r-- 2 brijkishore brijkishore 500 Nov 24 22:10 Data
-rw-rw-r-- 2 rajeshram rajeshram 500 Nov 26 21:18 Data
drwxr-xr-x 4 brijkishore brijkishore 500 Nov 29 16:34 Data
Number of Linked Hard-links
Owner of the File
Group that own the file
File size in bytes
File modification data and time
File name
Other (everyone) Permissions
Group Permissions
User Permissions
File Type
User Owner Permission
Group Owner Permissions
-rwxrw-r--
Other Permissions
r Read 4
w Write 2
x Execute 1
7
r Read 4
w Write 2
- No Permission 0
6
r Read 4
- No Permission 0
- No Permission 0
4

Linux 文件权限



Binary	Octal	Permissions	Representation
000	0(0+0+0)	No Permissions	---
001	1 (0+0+1)	Execute	--x
010	2 (0+2+0)	Write	-w-
011	3 (0+2+1)	Write + Execute	-wx
100	4 (4+0+0)	Read	r--
101	5 (4+0+1)	Read + Execute	r-x
110	6 (4+2+0)	Read + Write	rw-
111	7 (4+2+1)	Read + Write + Execute	rwx

Linux 文件权限

高级话题:

- File attribute: chattr / lsattr
- Access Control Lists: setfacl / getfacl

涉及安全的程序对权限问题非常敏感：SSH

1.2 命令大杂烩

常用命令

- echo
- date / timedatectl
- reboot / poweroff
- wget /curl
- ps / pstree / top / htop / btop / nice / pidof / kill / killall

系统状态

- ifconfig / ping / traceroute / netstat
- uname / uptime / free
- who / last
- history (ctrl + r)

文件

- pwd / cd / ls
- find / locate / whereis / which
- cat / more / head / tail / tr / wc / stat / grep / cut / diff / sort
- touch / mkdir / cp / mv / rm / dd / file / tar

磁盘和文件系统管理

- mount / unmount
- lsblk
- df
- parted
- fdisk

源代码管理和构建工具

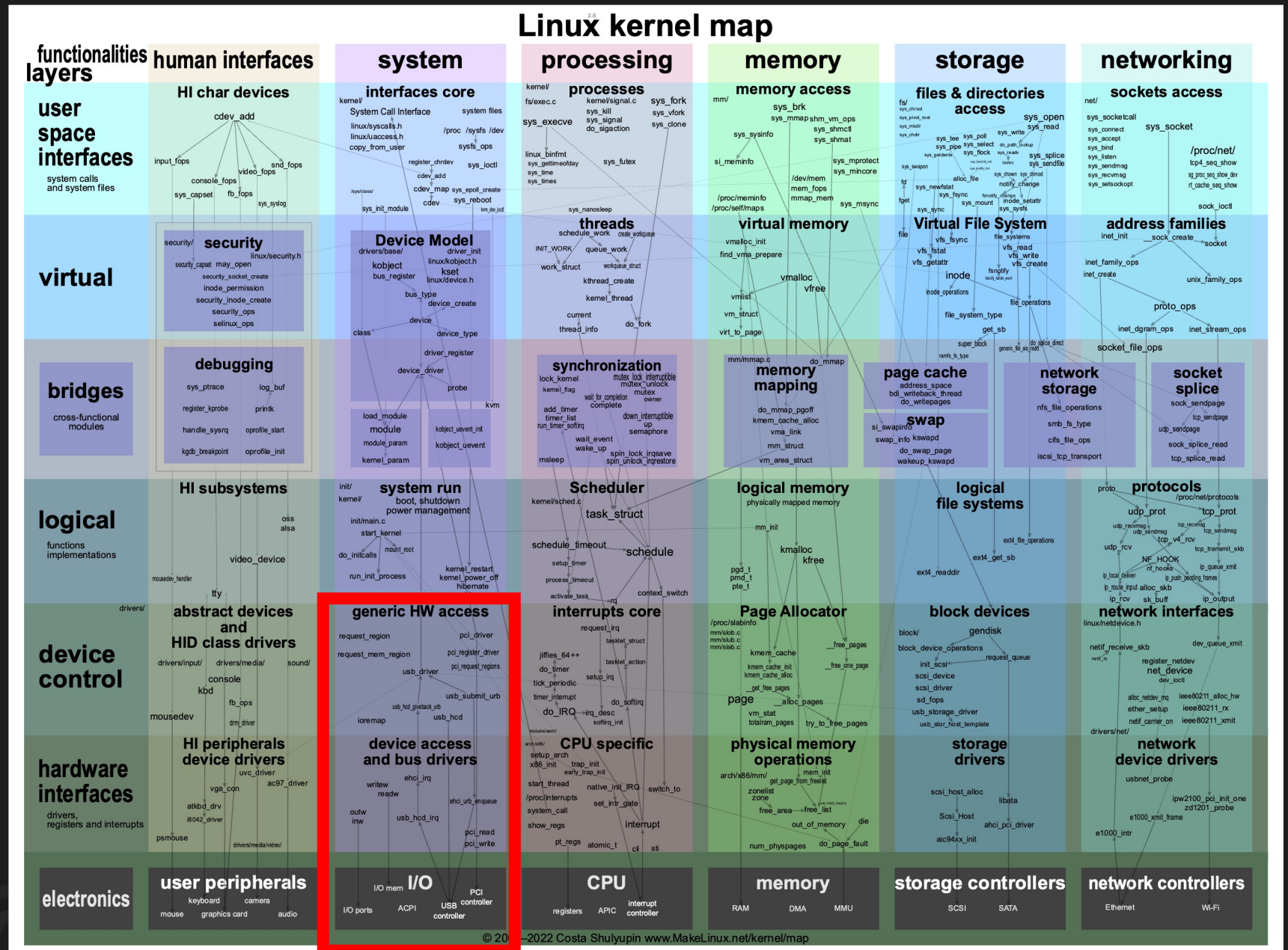
- GNU Compiler Collection
- LLVM Compiler Infrastructure
- Git
- Make
- CMake

管道与重定向

- | > <
- >>
- 2&>1
- tee

Tip：记录自己的操作和 log

1.3 Linux 内核知识

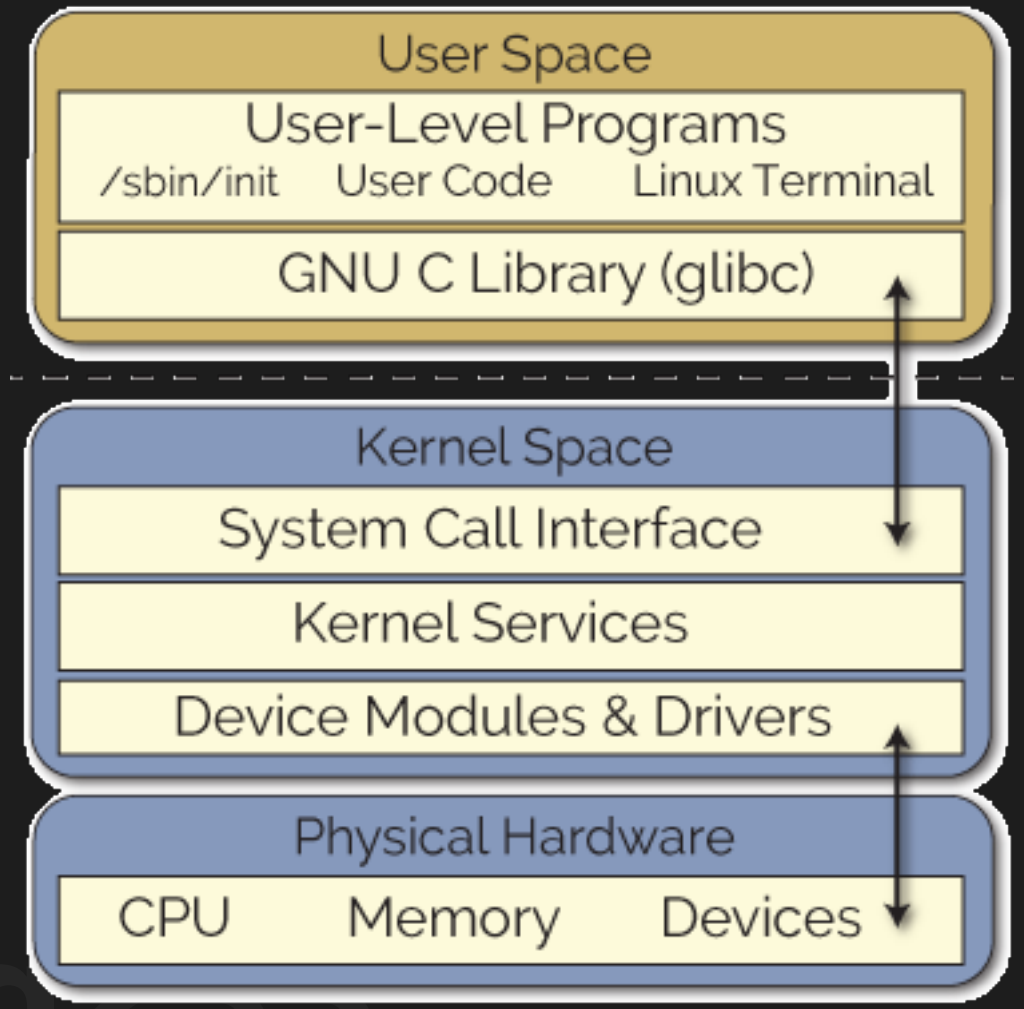


ZJUSCT

一个宏大的话题

https://makelinux.github.io/kernel/map/intro

内核的角色和作用

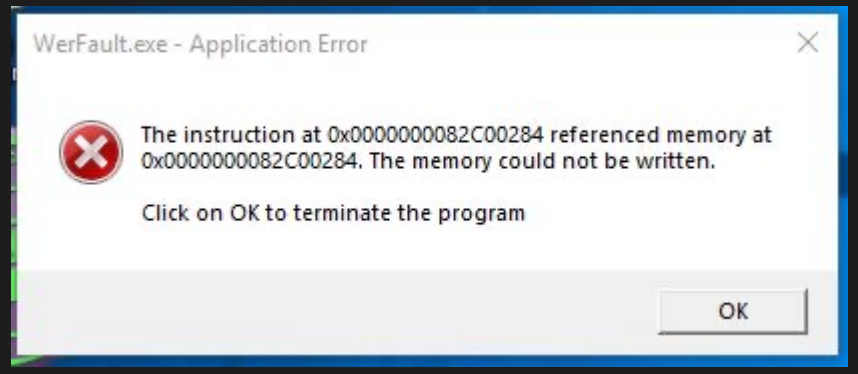


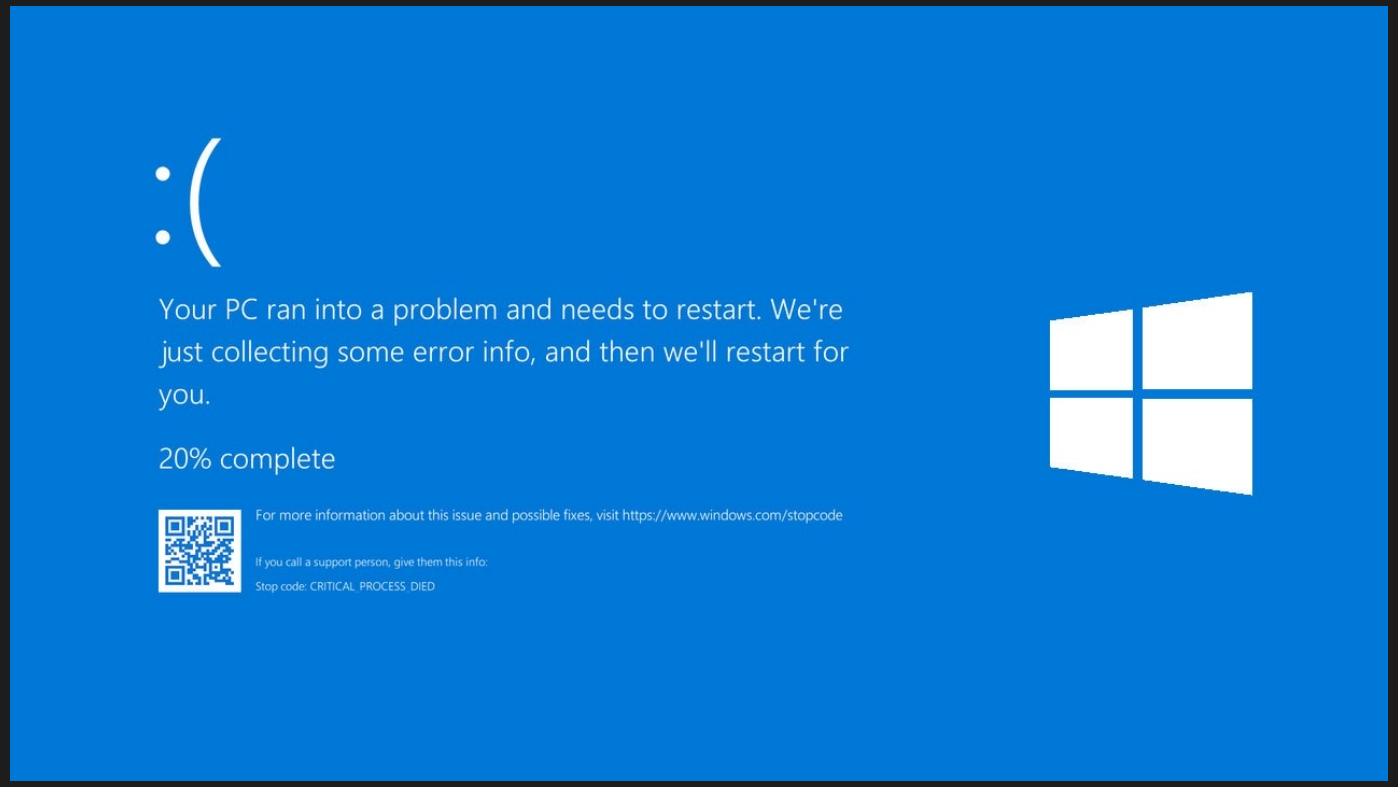
https://xdecroc.wordpress.com/2016/03/04/an-introduction-to-linux-loadable-kernel-modules/

现代操作系统：用户空间与内核空间

- Why?
  - 硬件层面上 CPU 指令分级（特权与非特权），危险指令只有操作系统能够执行
  - 提高操作系统的稳定性
- 用户态下执行的命令受到诸多检查
- 需要访问系统资源时，执行系统调用，切换到内核态

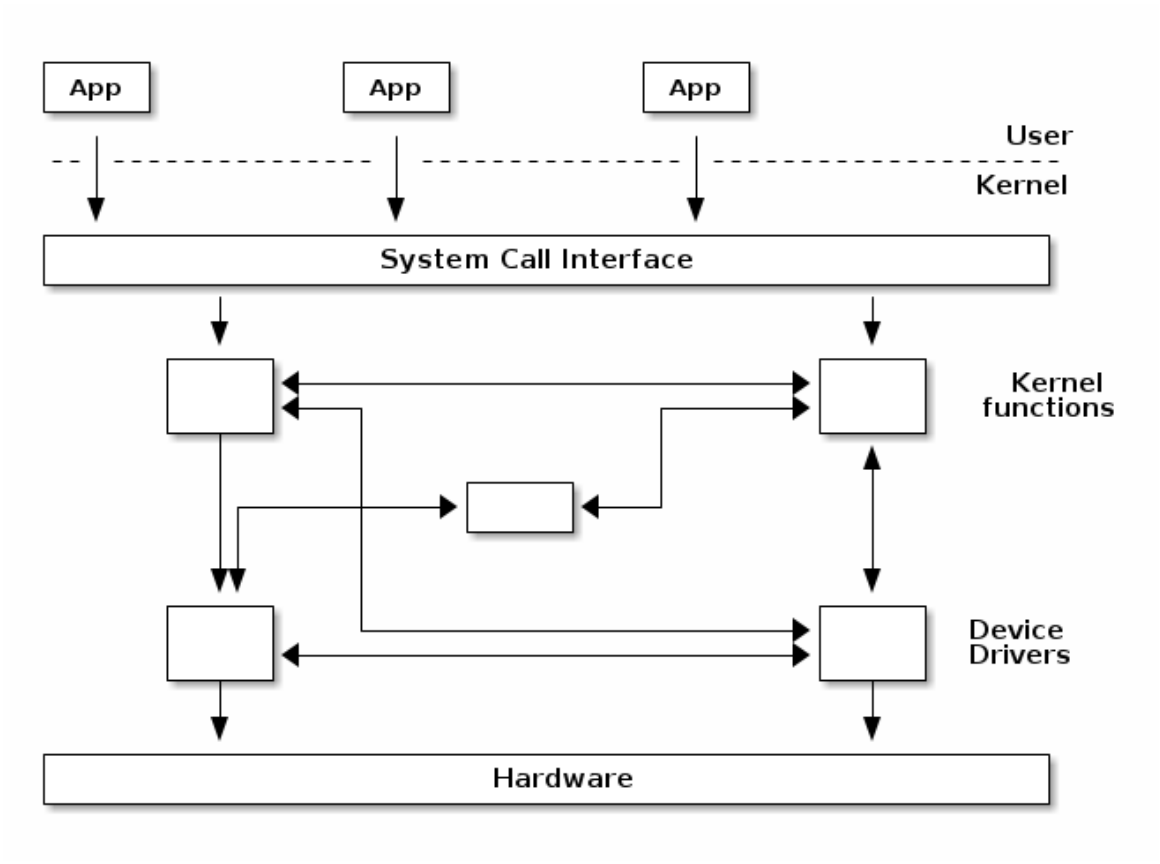
写系统的人需要考虑的就很多了

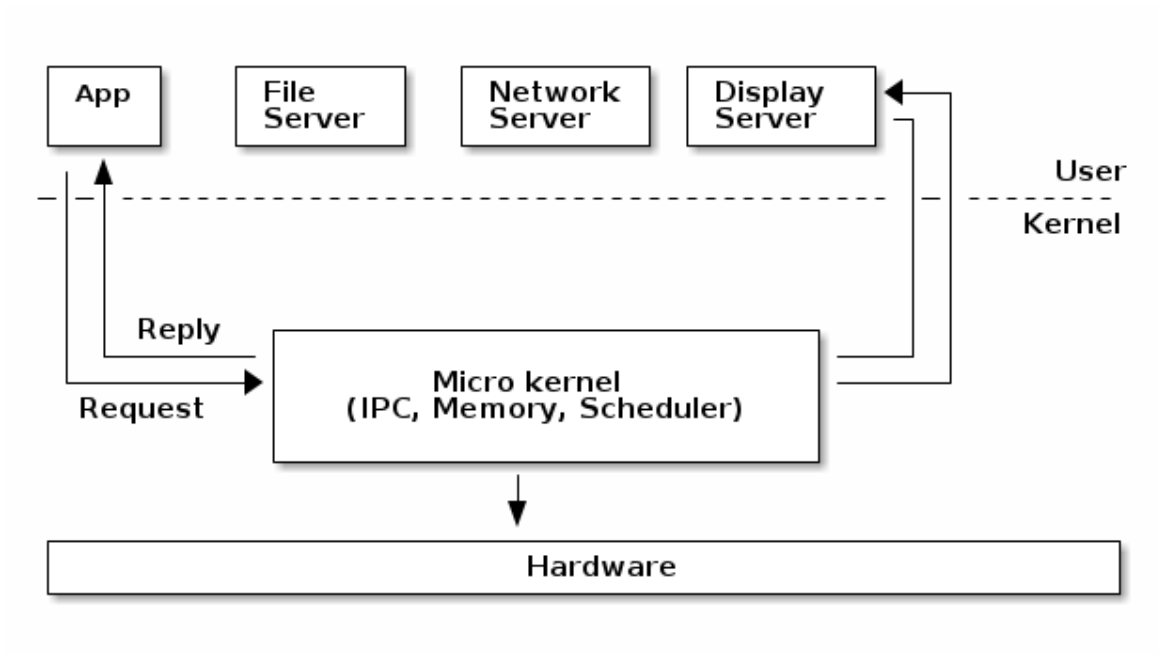




段错误是操作系统在保护你！否则→

宏内核与微内核：优缺点





两种内核架构之争一直在持续

https://linux-kernel-labs.github.io/refs/heads/master/lectures/intro.html

Linux 内核模块

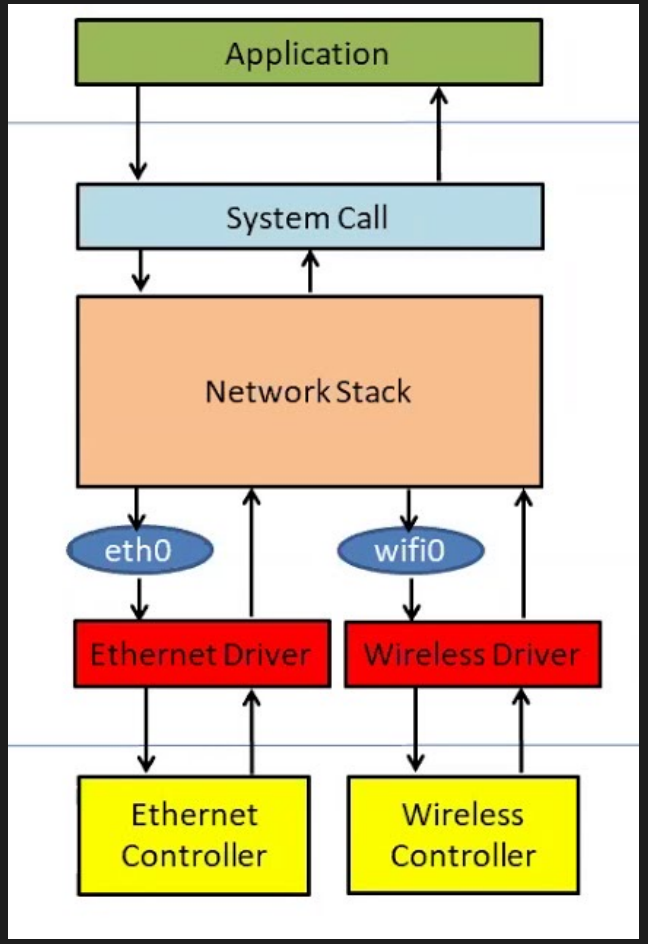
宏内核怎么扩展功能？如何实现设备热插拔（Hotplug）？

- 内核代码树（source tree）拥有所有可用的东西
  - 事实上 Linux 内核源码大部分都是硬件驱动了
- 但不可能在内核启动时加载所有
  关代码）
- **更何况还有厂商的闭源驱动（NV**
- 运行时动态加载模块（.ko 文件

驱动是一种内核模块

驱动知道怎么和硬件交互：

- 特殊的指令
- 内存空间映射：分配一块内存空间给硬件，对这些地址进行读取和写入操作就能和硬件通信
- 中断：硬件中断 CPU 执行，使其执行中断处理程序



https://www.youtube.com/watch?v=aq0TLYXGQCA

使用内核模块

两个路径:

- /sys
- /usr/lib/modules/{kernel version}

一些命令:

- lsmod / modinfo / modprobe
- sysctl

闭源驱动相关的问题

闭源内核驱动：也是一件精细活

众所周知

Linux 内核不维护内核内部 API 的稳定性。
内核会检查 .ko 文件中的版本信息及其暴露的 API，并会拒绝不与当前内核匹配的 .ko 文件。

发行闭源驱动的方式：

- 直接丢 .ko 出去——被三体人锁死到对应的内核二进制，需要发行版内核的源码，并与发行版发布内核的过程同步
- 将重要文件编译成 .o 发布——由于内核 API 不稳定，这些文件中对内核 API 的调用依然不保证跨内核版本可用
- 同上，但精心设计 .o 的导入/导出接口——这种情况能够构造出可以跨内核版本的闭源驱动

闭源内核驱动：观赏厂商的表演

为了绕过 Linux 内核所做的限制，各种闭源 GPU 驱动厂商采用了一些计策，常见的有如：

计无付之 基于内核允许闭源模块调用的接口苦苦编写驱动

掩耳盗铃 在内核模块元数据中声明许可证为 GPL，即便给出的驱动包含闭源部分

画地为牢 将闭源部分作为一个单独的模块，编写额外的声明为 GPL 的内核模块作为包装，这一包装模块通过同时引用闭源模块和仅 GPL 符号完成驱动的工作

闭源驱动相关的问题

内核驱动：开源与闭源的微妙平衡

嵌入式 GPU

嵌入式 GPU 的通常做法是将需要保密的逻辑编写为用户空间驱动，同时编写开源（并在芯片 BSP 中附带）的内核驱动配合闭源的用户空间驱动的工作。
ARM Mali GPU 同时在他们的开发者网站上公开提供未适配特定 SoC 的内核驱动以作为参考。

NVIDIA 的 open-gpu-kernel-modules

自 Turing (GeForce 系列对应 RTX20/GTX16) 起，NVIDIA 在 GPU 中嵌入了 GSP 处理器，从而能够将需要保密的逻辑移动到 GSP 固件中，而内核驱动本身则不必闭源。

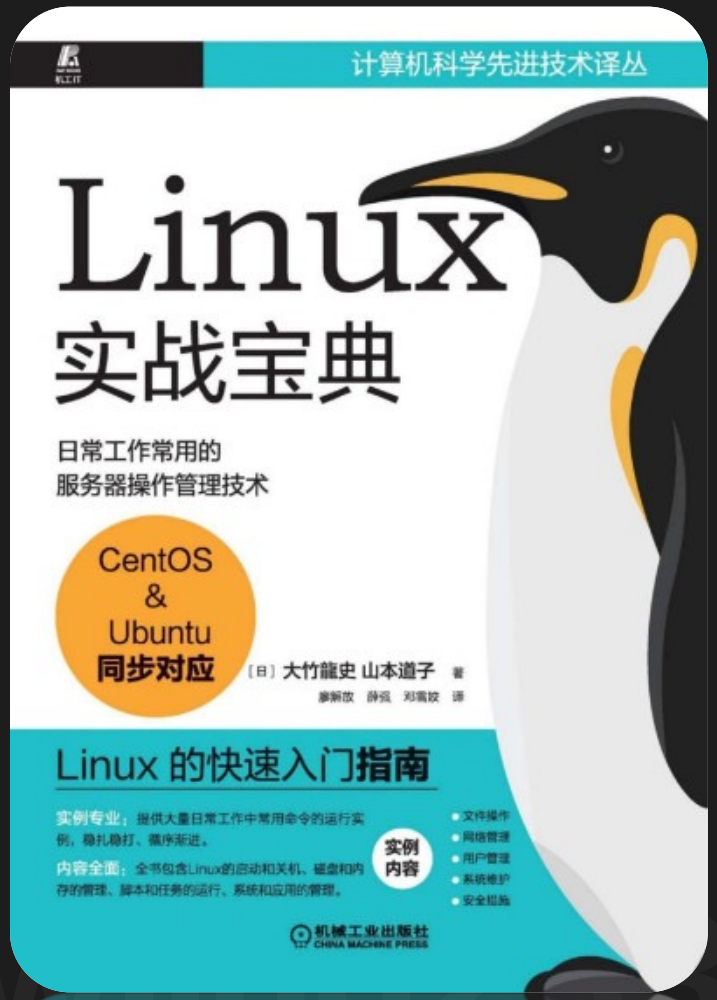
API 实现库：李代桃僵

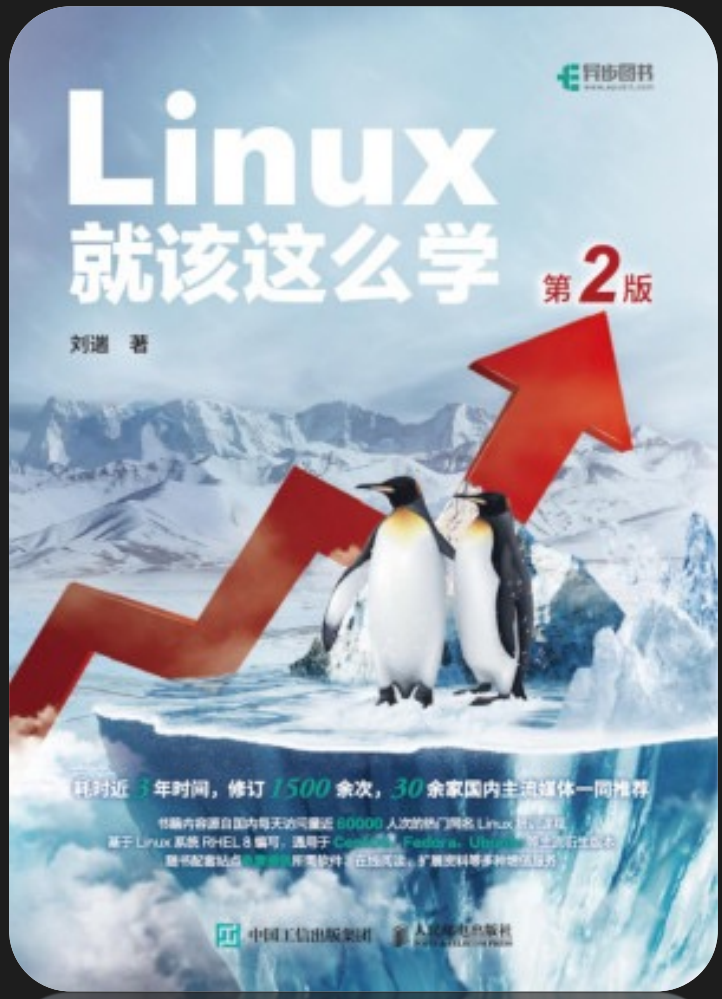
部分厂商驱动直接提供了 lib{GL,EGL,GLESv2,gbm}.so 用于替换系统原有的 Mesa 库文件；例如 NVIDIA 的 340.xx 旧卡驱动。
这种替换系统库文件的厂商驱动危害如下：

污染包管理器	若不通过包管理器安装，则有驱动被覆盖之虞；若通过包管理安装，则需要在打包时引入替换机制。
污染二进制文件	由于系统原有的动态库被覆盖，在链接可执行文件时，可能污染可执行文件的 ABI 。
无法共存	由于替换了库文件，多个这类驱动显然无法共存。

1.4 推荐一些资源

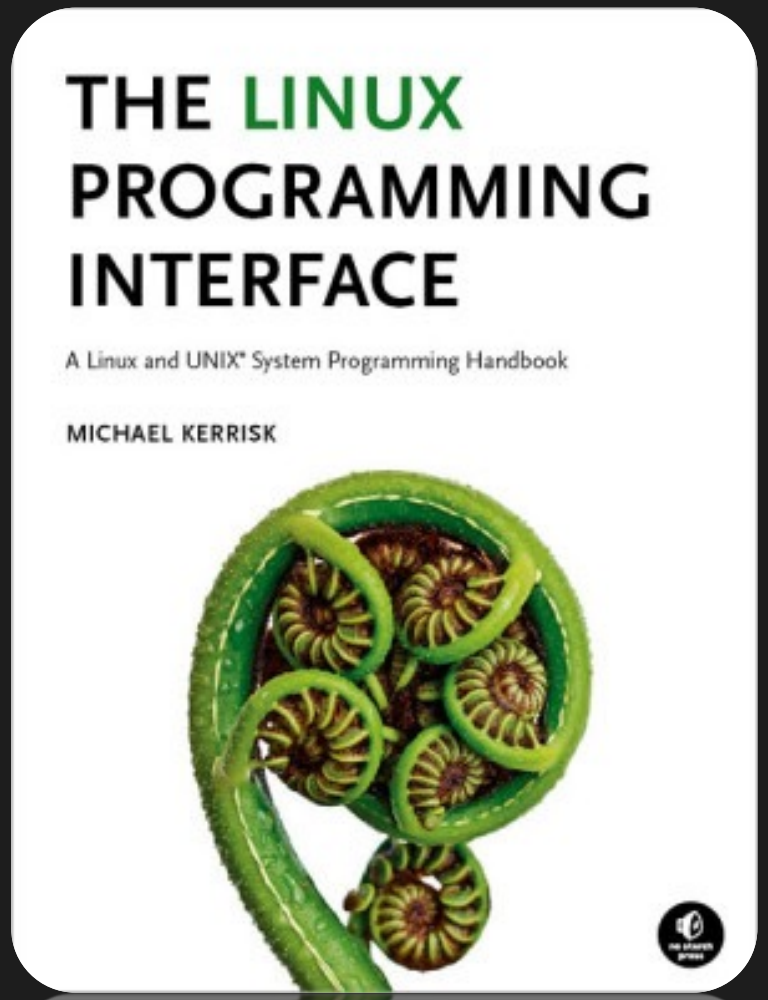
入门


计算机科学先进技术译丛
Linux
实战宝典
日常工作常用的
服务器操作管理技术
CentOS
&
Ubuntu
同步对应
[日] 大竹龍史 山本道子 著
Linux 的快速入门指南
实例专业：提供大量日常工作中常用命令的运行实例，稳扎稳打、循序渐进。
内容全面：全书包含Linux的启动和关机、磁盘和内存的管理、脚本和任务的运行、系统和应用的管理。
实例内容
文件操作
网络管理
用户管理
系统维护
安全加固
机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS


Linux
就该这么学
第2版
刘遄 著
中国工信出版集团

深入


THE DEBIAN
ADMINISTRATOR'S HANDBOOK
Raphaël Hertzog
Roland Mas

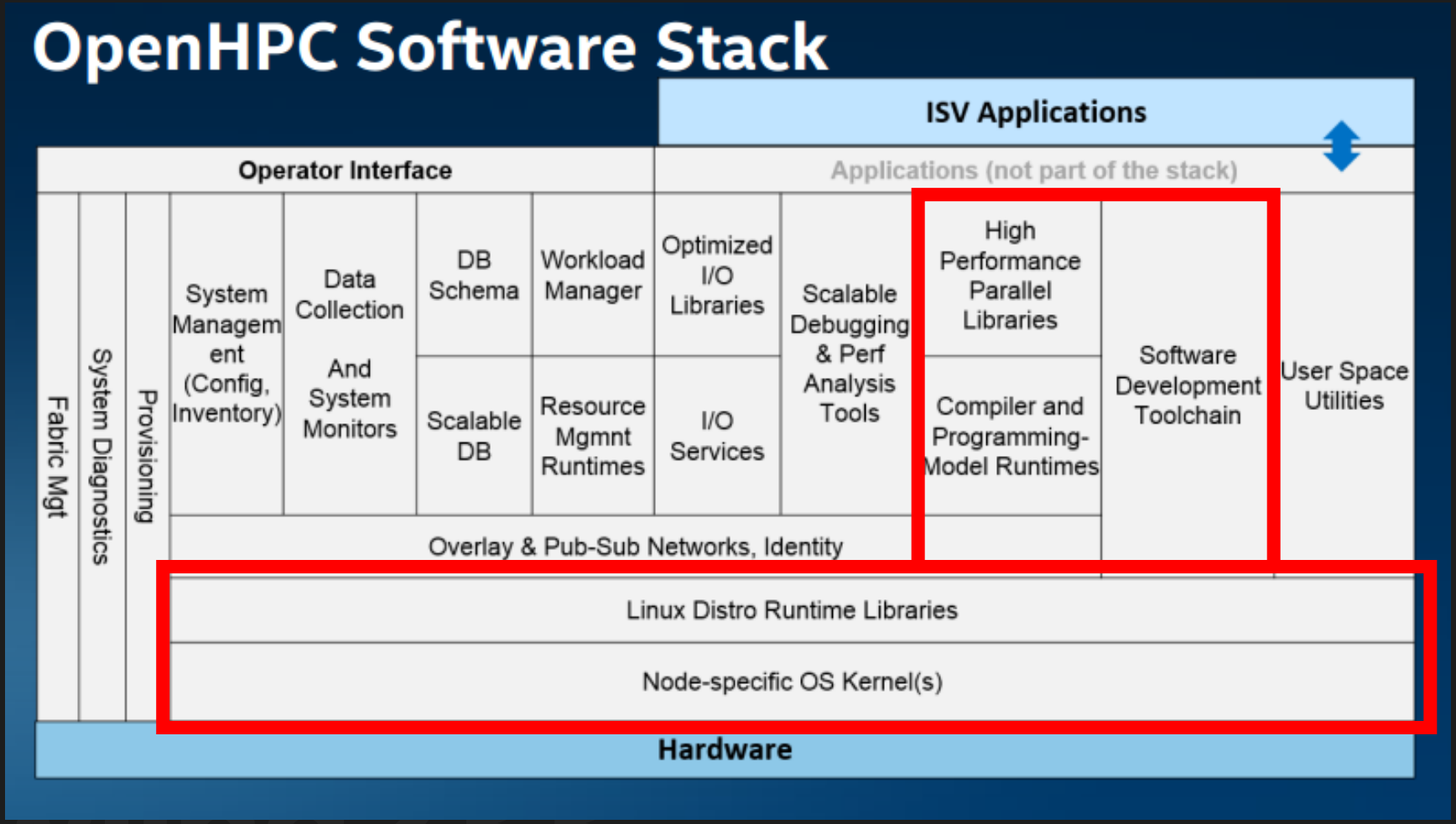

THE LINUX
PROGRAMMING
INTERFACE
A Linux and UNIX® System Programming Handbook
MICHAEL KERRISK

二、HPC 中的软件

@bowling233

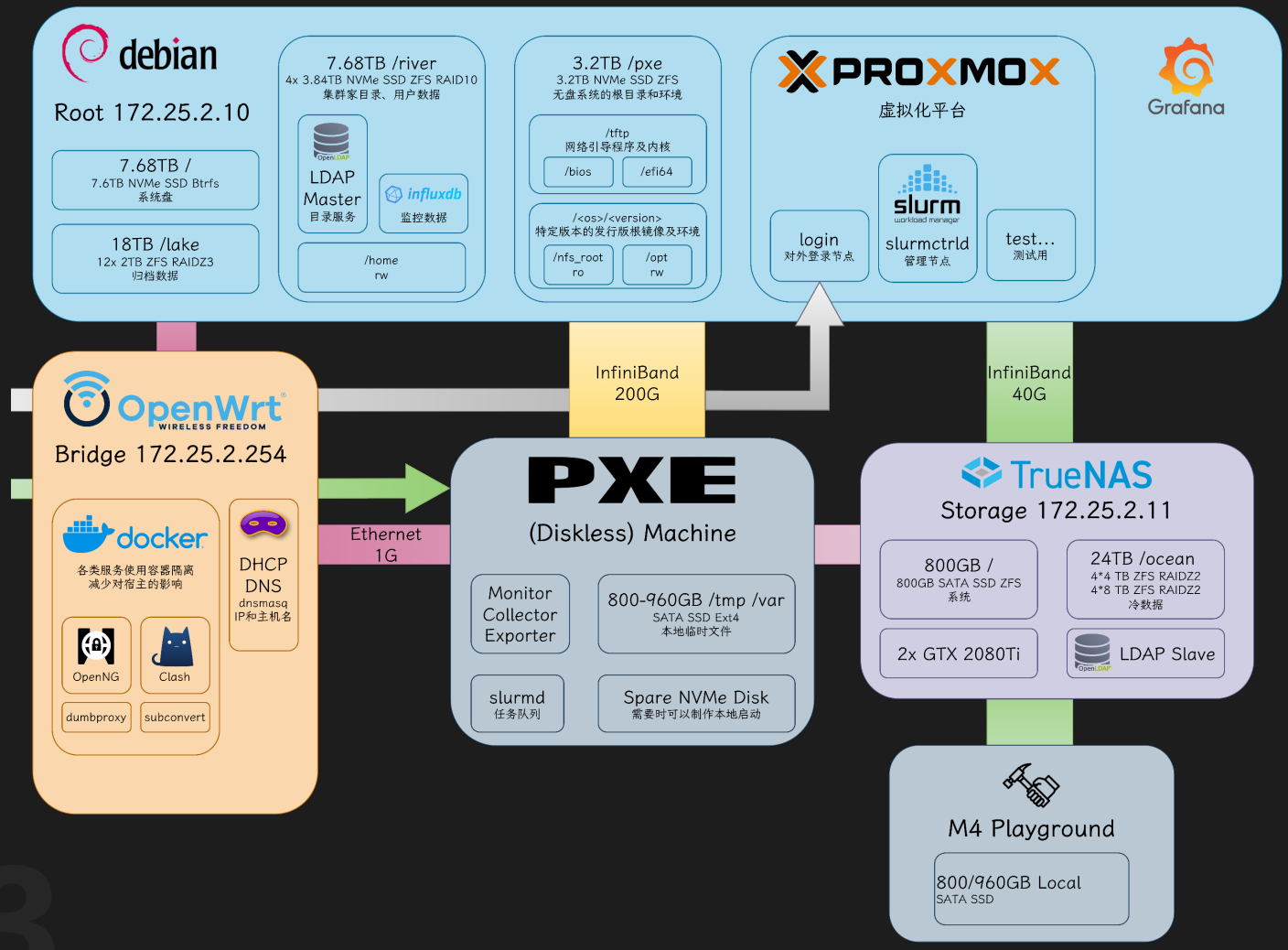
2024/07/04

HPC 软件栈



集群概况：NFSRoot

保证节点间环境配置统一



集群管理的其他办法

- 大型集群往往不会选择 NFSRoot（网络负担太重）
- RAM Disk 和镜像部署是比较常见的选择
- NFS 挂载家目录和软件

- http://moo.nac.uci.edu/~hjm/Perceus-Report.html
- https://www.admin-magazine.com/HPC/Articles/Managing-Cluster-Software-Packages

环境管理

- Lmod
- 包管理器 Spack
- Conda
- 参考集群使用文档

MPI（明天的学习内容）

多种实现:

- OpenMPI
- MPICH
- Intel MPI
- NVIDIA HPC-X MPI

CUDA（后天的学习内容）

- 去年上课是用 Jupyter Notebook，不用担心环境问题
- 回到集群做 Lab 则可能会遇到环境问题 NVCC

Rootless 容器：不用配环境了

- 用过 Docker 的同学一定知道 Docker 有多爽
- 在集群中一般不会对用户开放 Root 权限，以维持系统安全和环境稳定
- 性能损失？

方案	原因
Docker	主流
Podman	Docker 的 rootless 替代品
上面两个都遵守 OCI（Open Container Image）格式，下面两个能够将 OCI 格式转换为自己的 SIF 格式。	
Singularity	Docker 在 HPC 中的替代品，一般认为 Singularity 运行 MPI 等 HPC 应用性能比 Docker/Podman 好
Apptainer	Singularity 的后继者，就目前使用来说和 Singularity 几乎没啥不同

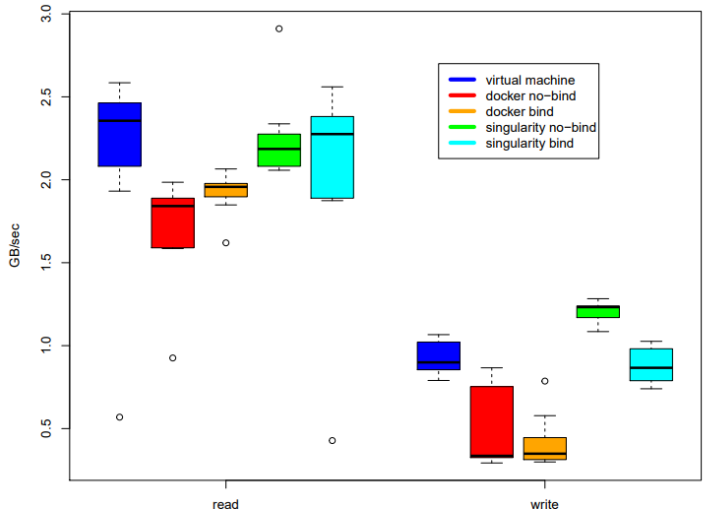


Figure 4: *The 'IOzone' results for sequential 'read' and 'write' operations. Here, 'write' creates a new file. Experiments were run using the container internal file system (no-bind) and by attaching the container to the external file system (bind). Write operations are in general slower as they include creation of meta data.*

三、HPC 中的硬件

@bowling233

2024/07/04

ZJUSCT

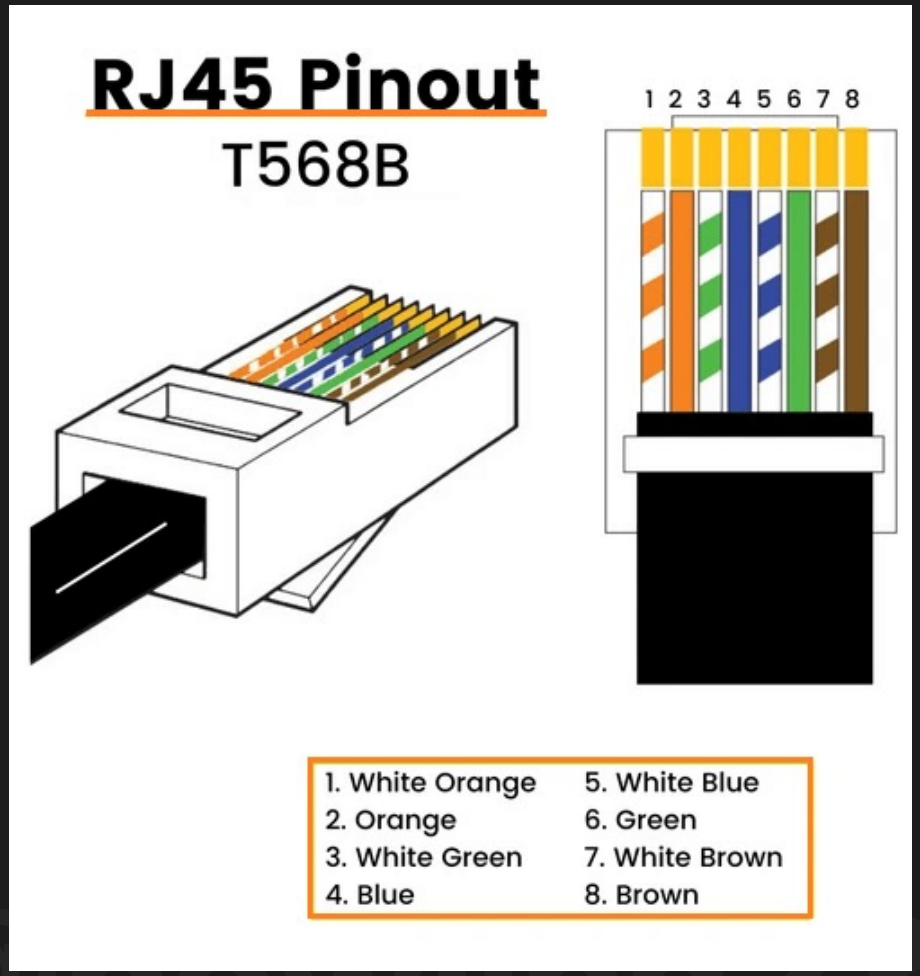
在硬件这一块
喜欢动手是最好的

ZJUSCT

让我们先把服务器拆开看看

https://www.bilibili.com/video/BV1ax4y1q7vh/

DIY：打水晶头



感兴趣的同学可以来打一个

看看能不能 ping 通

或许是你人生中唯一一次打水晶头（x

我们的机房（东四-510）

军火展示（x

HPC集群

Node:

1.Entry and Management node
2. CPU node
3. GPU node

Network:

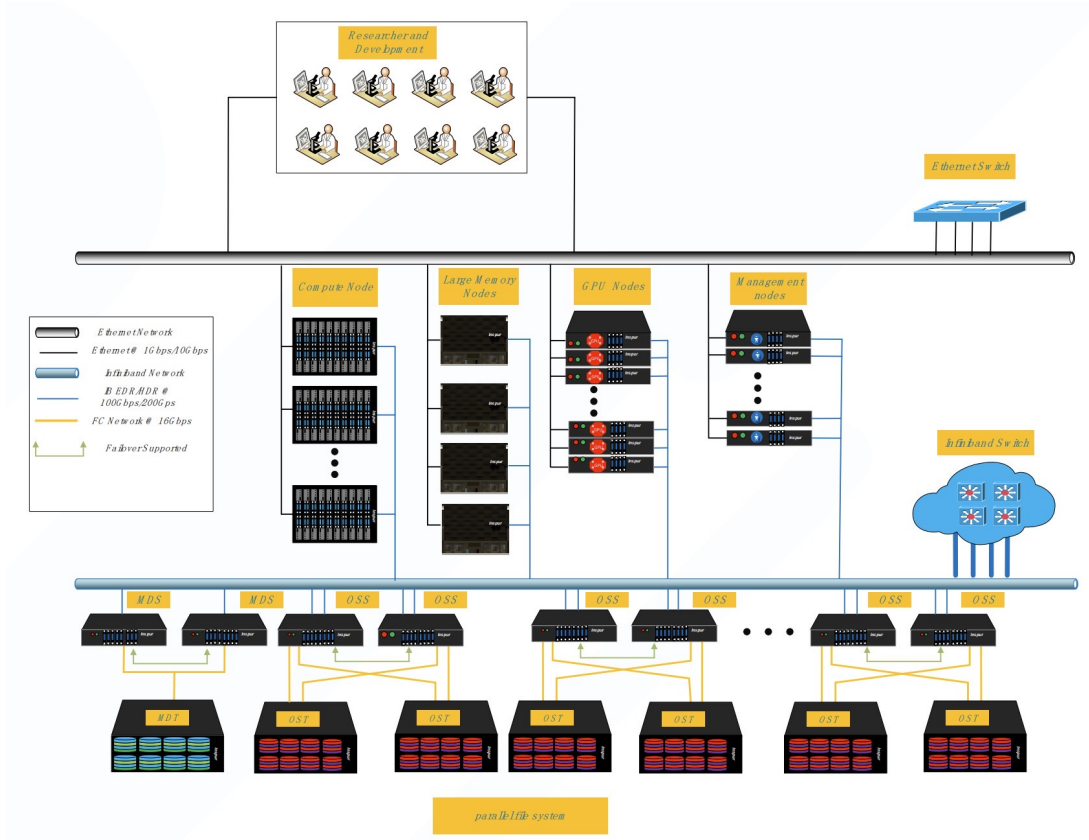
1.IPMI management network
2. Compute network
3. Storage network

Storage

1.local le system
2. network le system(NFS)
3. parallel le system

Software

1.OS
2. Intel Parallel Studio XE
3. Driver
4. parallel le system version



HPC系统

服务器

主流高性能 NVLink AI服务器


NF5468M5
8*SXM2 GPU


NF5488M5-D
8*SXM4 A100 GPU


NF5488A5
8*SXM4 A100 GPU


NF5488M6
8*SXM4 A100 GPU


NF5688M6
8*SXM4 A100 GPU

开放加速生态 OAM AI服务器


MX1
8*OAM


NF5498A5
8*OAM

高适应性 PCIe AI服务器


NF5280M6-GPU
4*PCIe GPU


NF5468M6-T
4*PCIe GPU


NF5468A5
8*PCIe GPU


NF5468M6-P
8*PCIe GPU


NF5280M6
8*单宽 PCIe GPU


NF5468M6-V
16*单宽PCIe GPU


NF5280M5-GPU
4*PCIe GPU


NF5280M5
8*单宽PCIe GPU


NF5468M5
8*PCIe GPU


NF5468M5-V
16*单宽PCIe GPU

CPU——Platinum 8358

以计算Intel Xeon Platinum 8358 Processor双精度浮点数为例

Instruction Set Extensions	Intel® SSE4.2, Intel® AVX, Intel® AVX2, Intel® AVX-512
# of AVX-512 FMA Units	2

GFlops=(CPU freq) x (FP ops) x (core number) x (CPU number)

- AVX 512: 512 / 64 * 2(FMA has two operations) * 2(FMA Units Number) = 32 DP oating point operations per second
- Such as 8358，2.6 x 32 x 32 = 2662GFlops = 2.7TFlops

Essentials

Export specifications

Product Collection	3rd Generation Intel® Xeon® Scalable Processors
Code Name	Products formerly Ice Lake
Vertical Segment	Server
Processor Number	8358
Status	Launched
Launch Date	Q2'21
Lithography	10 nm
Recommended Customer Price	$4227.00

CPU Specifications

Total Cores	32
Total Threads	64
Max Turbo Frequency	3.40 GHz
Processor Base Frequency	2.60 GHz
Cache	48 MB
Intel® UPI Speed	11.2 GT/s
Max # of UPI Links	3
TDP	250 W

Intel Xeon Platinum 8358 Processor

PCIe

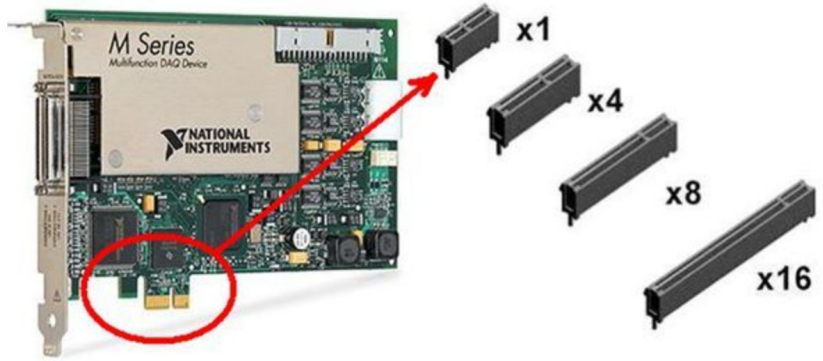
PCIe（Peripheral Component Interconnect Express）是一种高速串行计算机扩展总线标准，用于连接计算机主板和外部设备。

PCIe设备可以是各种类型，包括但不限于以下几种：

. 显卡（GPU）： 显卡可能是最为人熟知的使用PCIe插槽的设备，它提供了计算机图形处理的功能。

. 存储设备： 一些高速固态硬盘（SSD），特别是那些使用NVMe协议的硬盘。

. 网卡（NIC）： 网络接口卡用于将计算机连接到网络，很多高速NIC，比如10GbE卡，40GbE卡，或者 In niBand卡，都使用了PCIe接口。



PCI Express 汇流排效能[2][3]

PCI Express 版本	推出	Line 编码	原始传输率[i]	频宽（每个方向）[i]				
				×1	×2	×4	×8	×16
1.0	2003	8b/10b	2.5 GT/s	250 MB/s	0.50 GB/s	1.0 GB/s	2.0 GB/s	4.0 GB/s
2.0	2007	8b/10b	5.0 GT/s	500 MB/s	1.0 GB/s	2.0 GB/s	4.0 GB/s	8.0 GB/s
3.0	2010	128b/130b	8.0 GT/s	984.6 MB/s	1.97 GB/s	3.94 GB/s	7.88 GB/s	15.8 GB/s
4.0	2017	128b/130b	16.0 GT/s	1969 MB/s	3.94 GB/s	7.88 GB/s	15.75 GB/s	31.5 GB/s
5.0[5][6]	2019[7][8]	NRZ 128b/130b	32.0 GT/s[ii]	3938 MB/s	7.88 GB/s	15.75 GB/s	31.51 GB/s	63.0 GB/s
6.0	2021	PAM4 & FEC FLIT 1b/1b	64.0 GT/s	7877 MB/s	15.75 GB/s	31.51 GB/s	63.02 GB/s	126.03 GB/s

i. ^ 1.0 1.1 每条通道（lane）都是全双工通道。

ii. ^ 出于技术可行性，最初也考虑过25.0 GT/s

以PCIe 2.0为例，每秒5GT（Gigatransfer）原始数据传输率，编码方式为8b/10b（每10个位元只有8个有效数据），即有效频宽为4Gb/s = 500MByte/s。

GPU——NVIDIA A100 80GB PCIe

A100 FP64 Tensor Core高达19.5TFLOPS

远大于CPU（Platinum 8358 2.7TFlops）的FLOPS

Clock Speeds	
Base Clock:	1065 MHz
Boost Clock:	1410 MHz
Memory Clock:	1512 MHz 3 Gbps effective

Memory	
Memory Size:	80 GB
Memory Type:	HBM2e
Memory Bus:	5120 bit
Bandwidth:	1,935 GB/s

Board Design	
Slot Width:	Dual-slot
Length:	267 mm 10.5 inches
Width:	111 mm 4.4 inches
TDP:	300 W
Suggested PSU:	700 W
Outputs:	No outputs
Power Connectors:	8-pin EPS
Board Number:	P1001 SKU 200

Render Config	
Shading Units:	6912
TMUs:	432
ROPs:	160
SM Count:	108
Tensor Cores:	432
L1 Cache:	192 KB (per SM)
L2 Cache:	80 MB

GFlops=(boost clock) x (core number)

	A100 80GB PCIe	A100 80GB SXM
FP64	9.7 TFLOPS	
FP64 Tensor Core	19.5 TFLOPS	
FP32	19.5 TFLOPS	
Tensor Float 32 (TF32)	156 TFLOPS | 312 TFLOPS*	
BFLOAT16 Tensor Core	312 TFLOPS | 624 TFLOPS*	
FP16 Tensor Core	312 TFLOPS | 624 TFLOPS*	
INT8 Tensor Core	624 TOPS | 1248 TOPS*	
GPU Memory	80GB HBM2e	80GB HBM2e
GPU Memory Bandwidth	1,935GB/s	2,039GB/s
Max Thermal Design Power (TDP)	300W	400W***
Multi-Instance GPU	Up to 7 MIGs @ 10GB	Up to 7 MIGs @ 10GB
Form Factor	PCIe dual-slot air cooled or single-slot liquid cooled	SXM
Interconnect	NVIDIA® NVLink® Bridge for 2 GPUs: 600GB/s ** PCIe Gen4: 64GB/s	NVLink: 600GB/s PCIe Gen4: 64GB/s
Server Options	Partner and NVIDIA-Certified Systems™ with 1-8 GPUs	NVIDIA HGX™ A100-Partner and NVIDIA-Certified Systems with 4,8, or 16 GPUs NVIDIA DGX™ A100 with 8 GPUs

* With sparsity

** SXM4 GPUs via HGX A100 server boards; PCIe GPUs via NVLink Bridge for up to two GPUs

*** 400W TDP for standard configuration. HGX A100-80GB CTS (Custom Thermal Solution) SKU can support TDPs up to 500W

NVIDIA A100 TENSOR CORE GPU SPECIFICATIONS (SXM4 AND PCIE FORM FACTORS)

存储设备

协议

. SATA（Serial ATA）：SATA是一种常见的硬盘接口协议，用于连接主板和硬盘。SATA用于传统的硬盘驱动器（HDD）和固态驱动器（SSD）

. NVMe（Non-Volatile Memory Express）：NVMe是一种针对固态驱动器（SSD）的接口协议，它使用PCIe总线来连接设备。NVMe提供了极高的数据传输速度，远高于SATA。

接口

. SATA也是一种接口。

. M.2，它可以使用SATA或者NVMe协议。M.2接口的设备通常比较小，可以直接插入主板上的M.2插槽，多用于家用电脑。

硬盘

. HDD（Hard Disk Drive）：机械硬盘，使用机械部件来存储数据，速度较慢，但是容量较大，价格较 低。主要接口是SATA。

. SSD（Solid State Drive）：固态硬盘，使用NAND闪存来存储数据，速度较快，但是容量较小，价格较高。主要接口是SATA、M.2、U.2。

SSD	SATA SSD	M.2 SSD			
Bus Standard	SATA Revision 3	SATA Revision 3	PCI-E 3.0X2		PCI-E 3.0X4
Transfer Protocol	AHCI	AHCI	AHCI	NVMe	NVMe
Bandwidth	6 Gbps	6 Gbps	6 Gbps	16 Gbps	32 Gbps
Transfer Rate	600 MB/s	600 MB/s	600 MB/s	2 GB/s	4 GB/s

网络设备

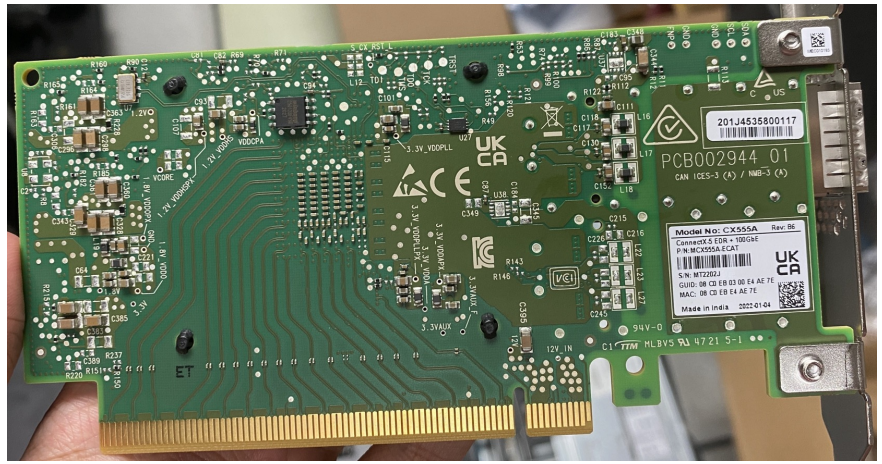
以太网

GbE switch 千兆电口交换机 + 千兆电口网卡：1000Mb/s

10GbE switch 万兆电口交换机 + 万兆电口网卡：10Gb/s

InfiniBand

极高的吞吐量和极低的延迟: 100Gb/s



InfiniBand Switch

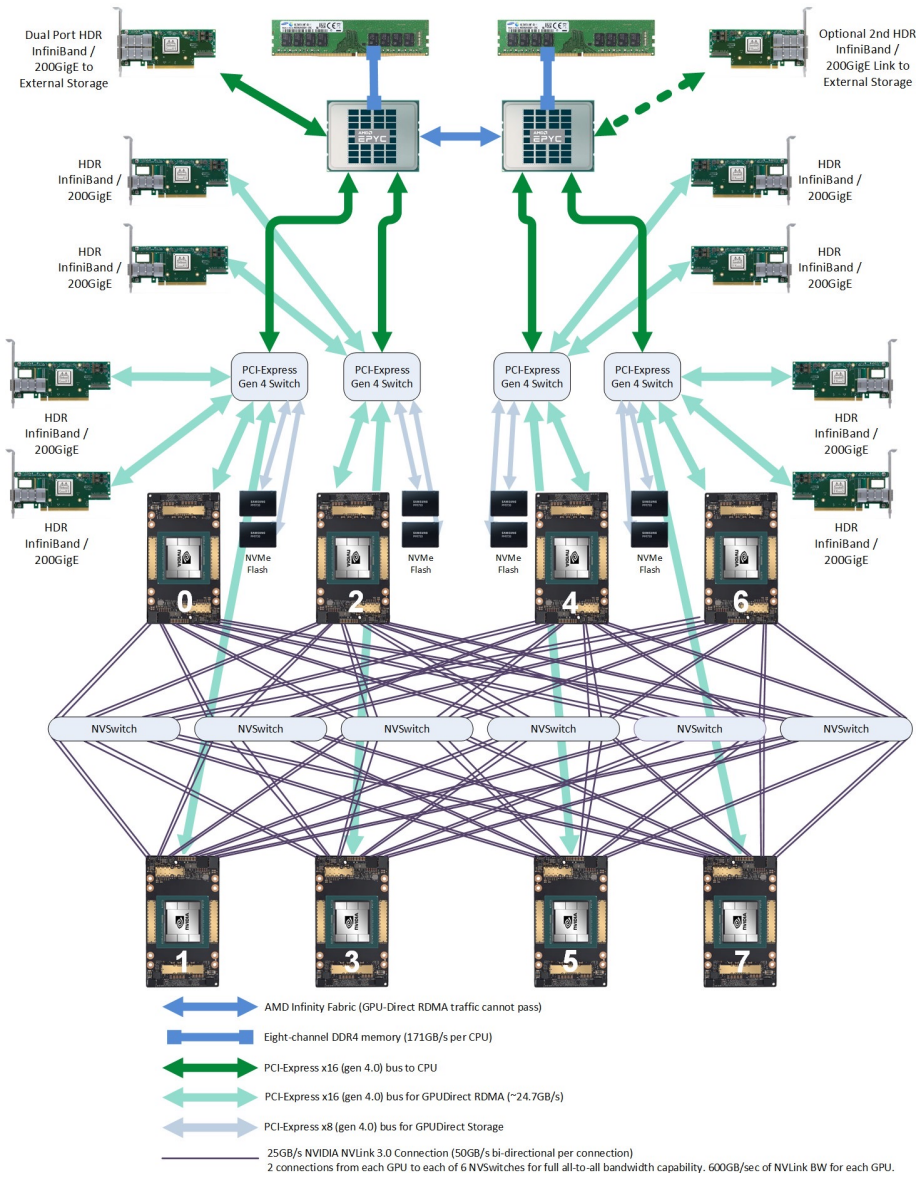
NVLink服务器——NVIDIA DGX A100

SYSTEM SPECIFICATIONS

	NVIDIA DGX A100 640GB	
GPUs	8x NVIDIA A100 80GB Tensor Core GPUs	
GPU Memory	640GB total	
Performance	5 petaFLOPS AI 10 petaOPS INT8	
NVIDIA NVSwitches	6	
System Power Usage	6.5 kW max	
CPU	Dual AMD Rome 7742, 128 cores total, 2.25 GHz (base), 3.4 GHz (max boost)	
System Memory	2TB	
Networking	Up to 8x Single-Port NVIDIA ConnectX-7 200 Gb/s InfiniBand Up to 2x Dual-Port NVIDIA ConnectX-7 VPI 10/25/50/100/200 Gb/s Ethernet	Up to 8x Single-Port NVIDIA ConnectX-6 VPI 200 Gb/s InfiniBand Up to 2x Dual-Port NVIDIA ConnectX-6 VPI 10/25/50/100/200 Gb/s Ethernet
Storage	OS: 2x 1.92TB M.2 NVME drives Internal Storage: 30TB (8x 3.84 TB) U.2 NVMe drives	
Software	DGX OS / Ubuntu / Red Hat Enterprise Linux / Rocky – Operating System NVIDIA Base Command – Orchestration, scheduling, and cluster management NVIDIA AI Enterprise – Optimized AI software	

[user guide]

Server Block Diagram
NVIDIA DGX A100 System



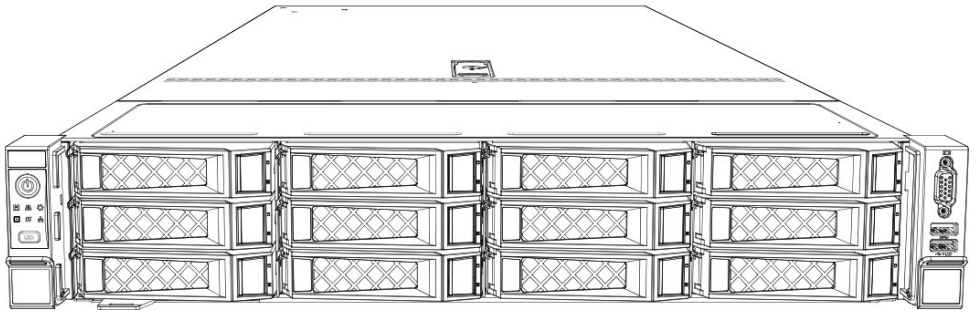
PCIe服务器——Inspur NF5280M6

浪潮 NF5280M6 技术白皮书

双路机架式服务器

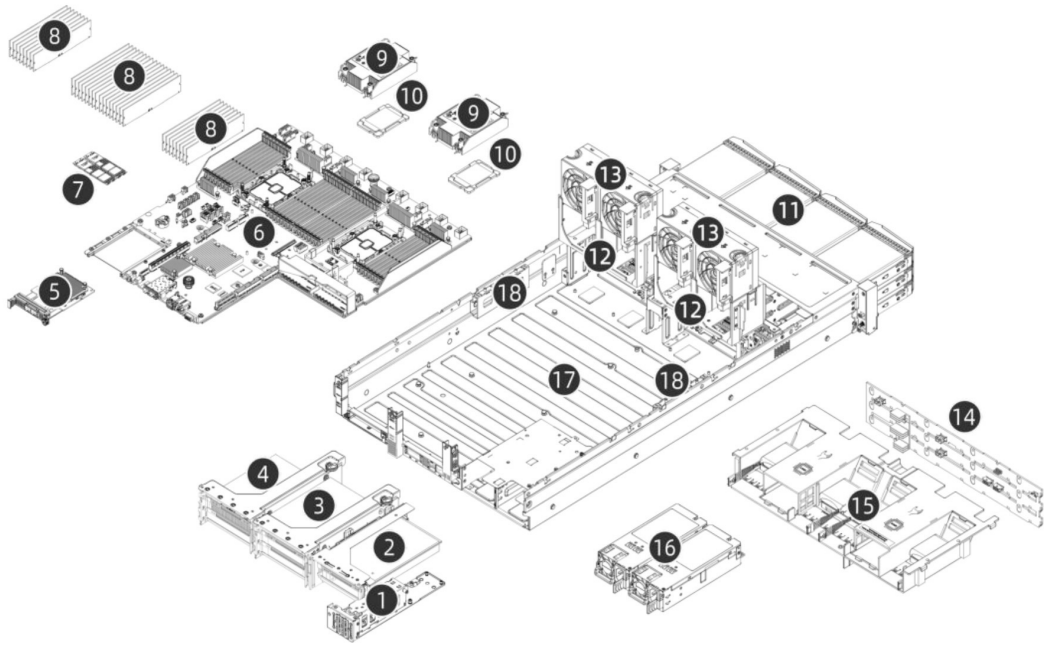
- 支持第三代英特尔®至强®可扩展处理器（Ice Lake），通过高达 40 核处理器提供卓越的系统性能，最大支持 TDP （Thermal Design Power） 270W CPU、最大睿频频率 3.6GHz、60MB L3 缓存和最多 3 组 11.2GT/s UPI 互连链路，使服务器拥有最高的处理性能。
- 支持最大 32 条 3200MT/s DDR4 ECC 内存。
- 最高支持 11个标准 PCIe 槽位，1 个 OCP 3.0 槽位和 1个 RAID 扣卡槽位。
- 提供 550W~2000W 功率的 80 PLUS 铂金电源模块，50%负载下电源模块效率高达 94%。

图 1-1 NF5280M6-12 × 3.5 英寸硬盘配置



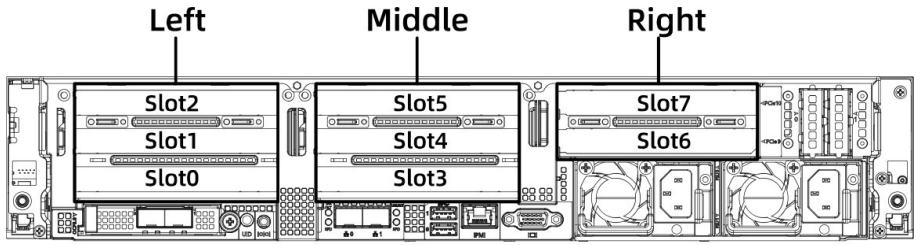
Inspur NF5280M6 整体物理结构

图 3-1 NF5280M6 物理结构（12 × 3.5 英寸硬盘配置）



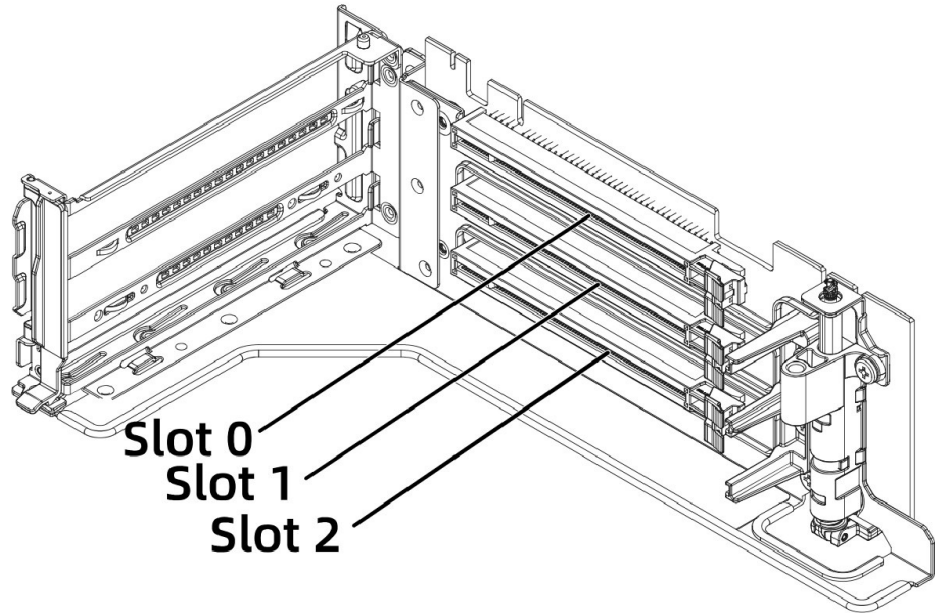
序号	名称	序号	名称
1	M.2模组	2	PCIe Riser模组0
3	PCIe Riser模组1	4	PCIe Riser模组2
5	OCP模块	6	主板
7	内置M.2模组	8	内存
9	处理器散热器	10	处理器
11	前置硬盘	12	风扇框
13	风扇	14	硬盘背板
15	导风罩	16	电源
17	机箱	18	理线盒

PCIe插槽物理结构



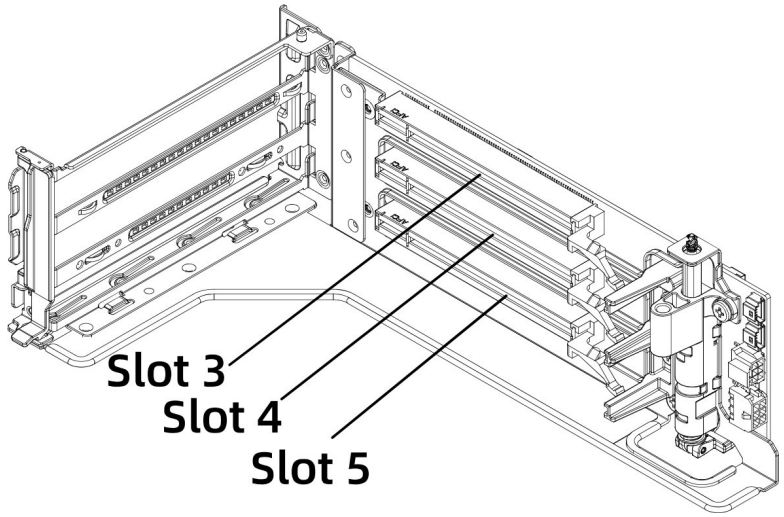
- 左侧 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot2、Slot1、Slot0。
- 中间 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot5、Slot4、Slot3。
- 右侧 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot7、Slot6。

图 5-32 左侧 PCIe Riser 模组



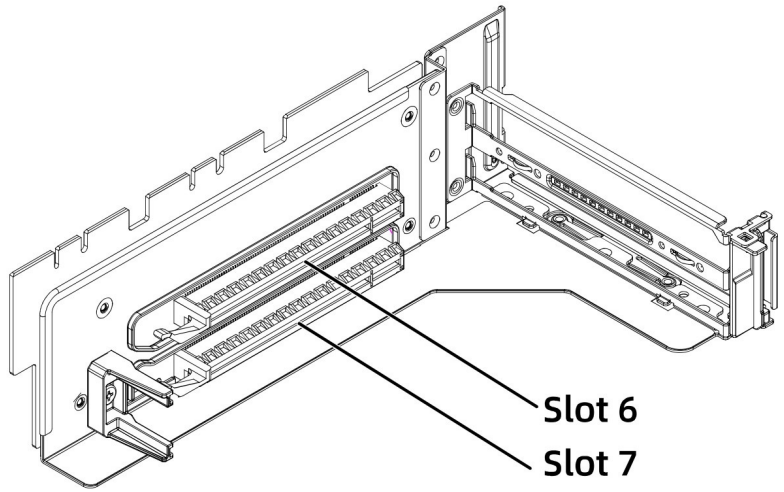
- 安装在中间 PCIe Riser 模组，提供 PCIe 槽位为 Slot5、Slot4、Slot3。

图 5-34 PCIe Riser 模组 3

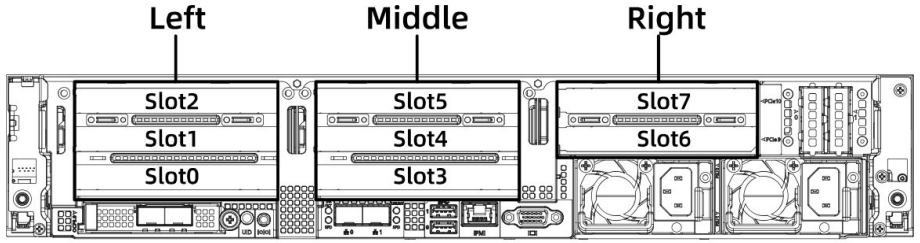


- 右侧 PCIe Riser 模组 4--可以提供 2 个 PCIe Slot 槽位。
  - 安装在右侧 PCIe Riser 模组，提供 PCIe 槽位为 Slot7、Slot6。

图 5-35 PCIe Riser 模组 4



PCIe插槽物理带宽



- 左侧 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot2、Slot1、Slot0。
- 中间 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot5、Slot4、Slot3。
- 右侧 PCIe Riser 模组提供的槽位为 Slot7、Slot6。

PCIe插槽	从属CPU	PCIe标准	连接器带宽	总线带宽	端口号	Root Port（B/D/F）	槽位大小
Slot0	CPU1	PCIe 3.0/PCIe 4.0	x16	x8	PE2	C9:02.00	全高半长
Slot1	CPU1	PCIe 3.0/PCIe 4.0	x16	x16	PE1	b0:02.00	全高半长
Slot2	CPU1	PCIe 3.0/PCIe 4.0	x16	x8	PE2	c9:04.00	全高半长
Slot3	CPU1	PCIe 4.0	x16	x8	PE3	e2:02.00	全高半长
Slot4	CPU0 CPU1	PCIe 4.0	x16	x16	PE3	64:02.00	全高半长
Slot5	CPU0	PCIe 4.0	x16	x8	PE3	e2:04.00	全高半长
Slot6	CPU0	PCIe 4.0	x16	x16	PE1	30:02.00	全高半长
Slot7	CPU0	PCIe 4.0	x16	x16	PE2	4a:02.00	全高半长
OCP 3.0插槽	CPU0,1	PCIe 4.0	x16	x16	PE0	97:02.00	标准OCP 3.0

- 表格中的B/D/F（Bus/Device/Function Number）数据是PCIe卡满配时的默认取值，PCIe卡不满配或配置带PCI bridge的PCIe卡时，B/D/F可能会改变。
- OCP 3.0 X16 PCIE链路可支持分别来自CPU0 X8+CPU1 X8,实现网卡Multi-host功能，避免NUMA链路多跳.降低响应时延，提高网卡性能.
- Root Port（B/D/F）：处理器内部PCIe根节点的B/D/F。
- Device（B/D/F）：在操作系统下查看的板载或扩展PCIe设备的B/D/F（即Bus总线地址）。
- 总线带宽为PCIe x16的插槽兼容PCIe x16、PCIe x8、PCIe x4、PCIe x1的PCIe卡。向上则不兼容，即PCIe插槽的带宽不能小于插入的PCIe卡的带宽。
- 每个PCIe槽位最大供电能力均为75W。

IPMI

IPMI(IntelligentPlatform Management Interface)即智能平台管理接口，是使硬件管理具备智能化的新一代通用接口标准。用户可以利用IPMI监控服务器的物理特征，比如温度、电压、风扇工作状态等。IPMI的最大优势在于它是独立于BIOS和OS的，所以用户无论在开机还是在关机的状态下，只要接通电源就可以实现对服务器的监控。

IPMI是一种规范的标准，其中最重要的物理部件就是BMC（Baseboard Management Controller），一种嵌入式管理微控制器，它相当于整个平台管理的“大脑”，通过它IPMI可以监控各个传感器的数据并记录各种事件的日志。通过和BMC的交互，本机系统可以直接读取BMC收集到的硬件信息，并使用其管理功能。远程主机可以通过串口或网口于BMC进行通讯。

- 应用类型: 1.自动安装OS 2. 监控管理 3. 故障监控
- 使用方式

. IPMITOOL

例如`ipmitool -I lanplus -H <BMC_IP> -U <BMC_USER> -P <BMC_PASSWORD> mc info`命令可以获取关于管理控制器的信息

. 浏览器http方式登录到BMC

BMC管理平台

BMC可以通过网络接口执行多种任务，包括：

- 监控服务器的温度、风扇速度、电压等硬件参数。
- 记录硬件错误日志。
- 提供“远程KVM”（键盘、视频和鼠标）功能，允许管理员远程查看和操作服务器的显示输出。
- 通过网络接口远程控制服务器电源，包括开机、关机和重启。
- 在服务器启动过程中修改BIOS设置。

BMC（Baseboard Management Controller）是由服务器硬件制造商实现和集成到他们的硬件产品中的。不同的硬件制造商可能会提供不同的BMC实现，并且他们的BMC功能和性能也可能会有所不同。

例如，Inspur提供了自己的iBMC（Inspur Baseboard Management Controller），Dell有自己的iDRAC（Integrated Dell Remote Access Controller），HPE（Hewlett Packard Enterprise）有iLO（Integrated Lights-Out），IBM有IMM（Integrated Management Module）。这些都是各个制造商为其服务器硬件提供的BMC实现。

浪潮BMC管理平台用户手册

四、功耗控制

@bowling233

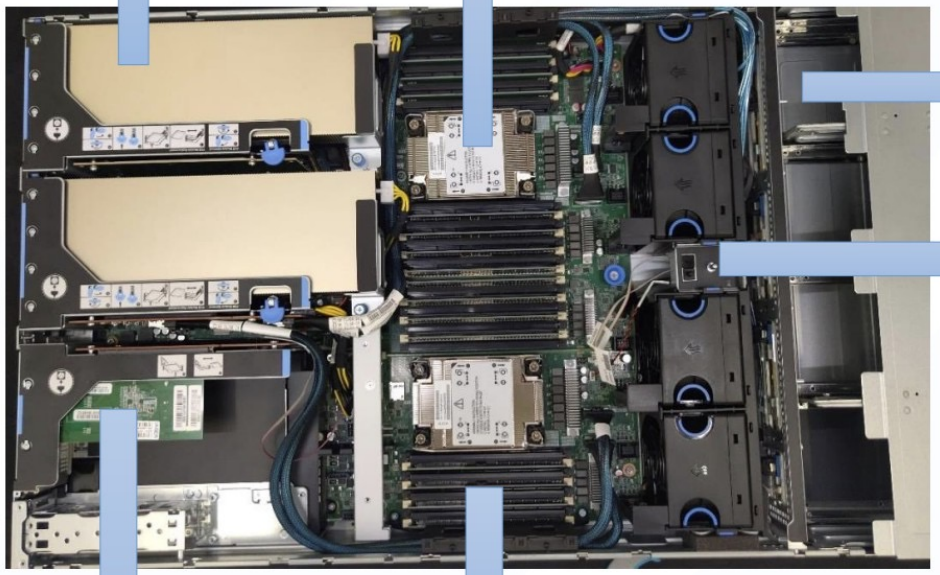
2024/07/04

任务：在功耗限制下达到最高性能

功耗

NVIDIA A100 300W ✕ 2 = 600W

Intel Ice Lake 8358 2.6GHz 32cores 250W ✕ 2 = 500W



SATA SSD, 960GB 4.5W

Inspur NF5280M6 Server Chassis & Motherboard 170W

Mellanox Quantum (TM) HDR InfiniBand Switch, 40 QSFP56 ports
300W~750W

32GB Memory stick 16 7W ✕ 16 = 112W

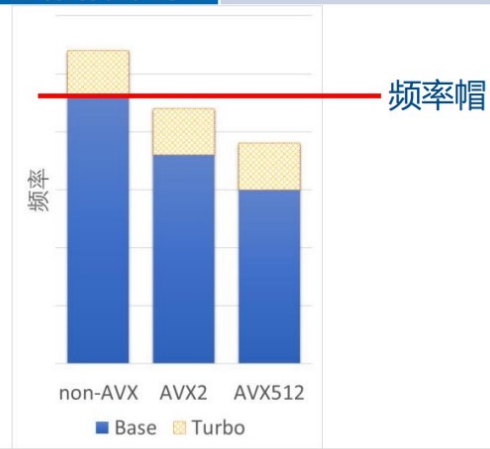
InfiniBand Mellanox ConnectX®-6 HDR 25W

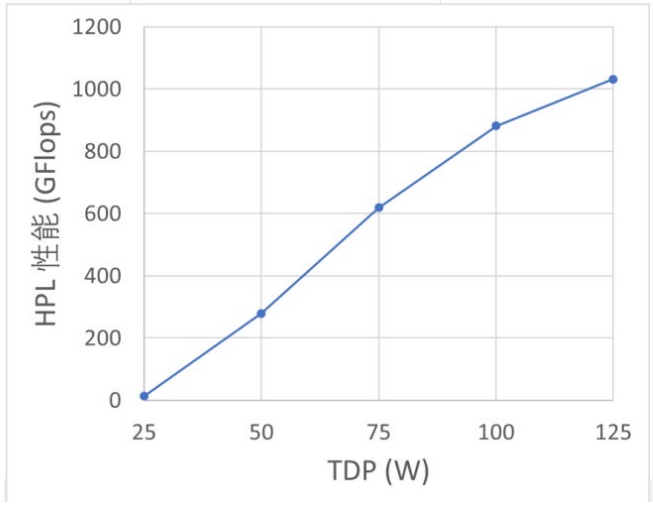
600+500+4.5+170+112+25+300=?W

限制CPU的功耗

- 可以用哪些方法降低 CPU 功耗
  - 间接的方法：
    - 限制频率：BIOS中禁止睿频、cpupower
    - 减少使用的核心数：BIOS中设置核数、numactl
  - 直接的方法
    - Intel DCM
    - Powercap

2x 8160F/24C 2.1GHz/TDP 160W		
	turbostat -show PkgWatt	HPL
Default	319W	2.14TFlops
cpupower frequency-set -u 1GHz	278W	1.45TFlops
Active Processor Cores=12	319W	1.6TFlops
12 cores and 1GHz	183W	733GFlops





五、算力发展与运维的演进

@bowling233

2024/07/04

ZJUSCT

Past
通信时代
基础算力
通信网络
互联化

Now
云计算时代
超级计算机
数据中心
平台化
信息化

Future
智算时代
模型与数据
AI 算力
智能化
定制化

Past **Ops**

保障各类设备、系统、网络正常运行和可用

Now **DevOps**

在应用程序的整个生命周期中工作，发展多项技能

Engineers work across the entire application lifecycle, from development and [illegible] develop a range of skills not limited to a single function.

——Amazon Web Services

Future **AIOps**

利用人工智能自动化关键的 IT 运维任务，提供积极主动、个性化和实时的运维洞察

IT operations teams to respond more [illegible] to [illegible] issues, with speed, scale and agility and context.

——IBM

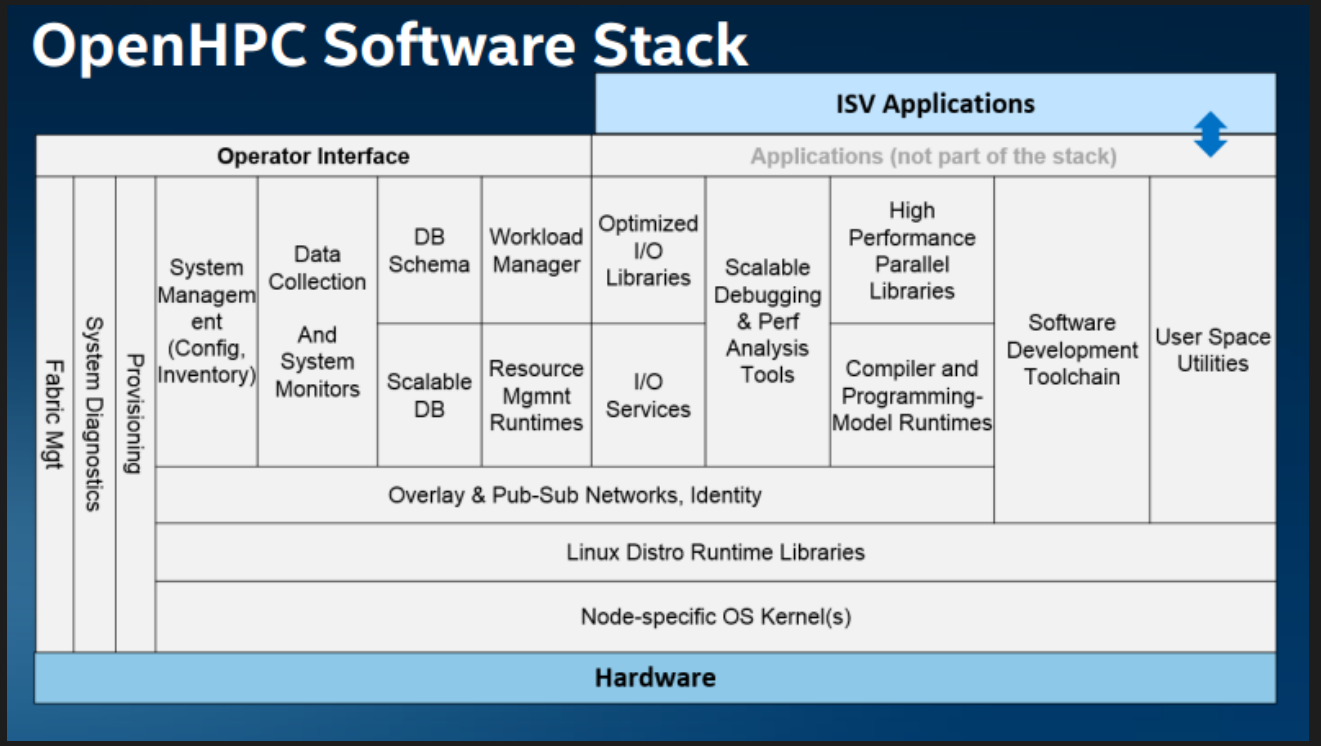
紧跟时代发展的运维技术

工业界

学术界

智算时代的运维

要求运维掌握
越来越多综合
的知识与技能
积累更多经验



一个并行应用程序背后的软件栈

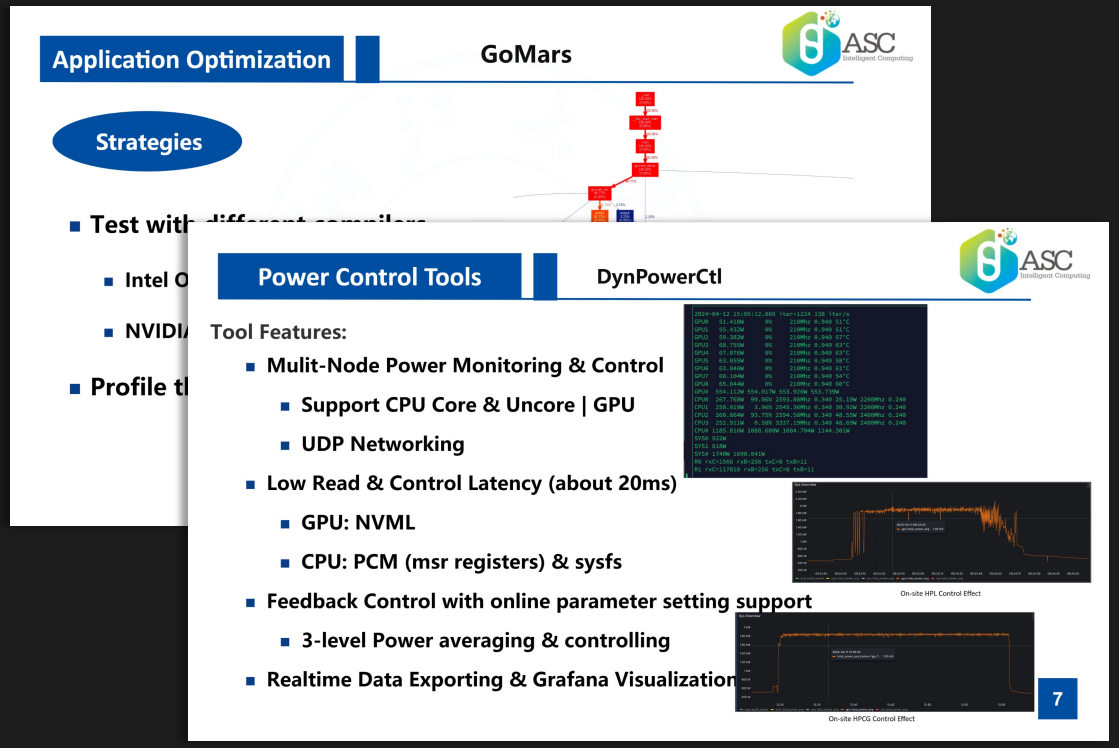
运维 @SCT

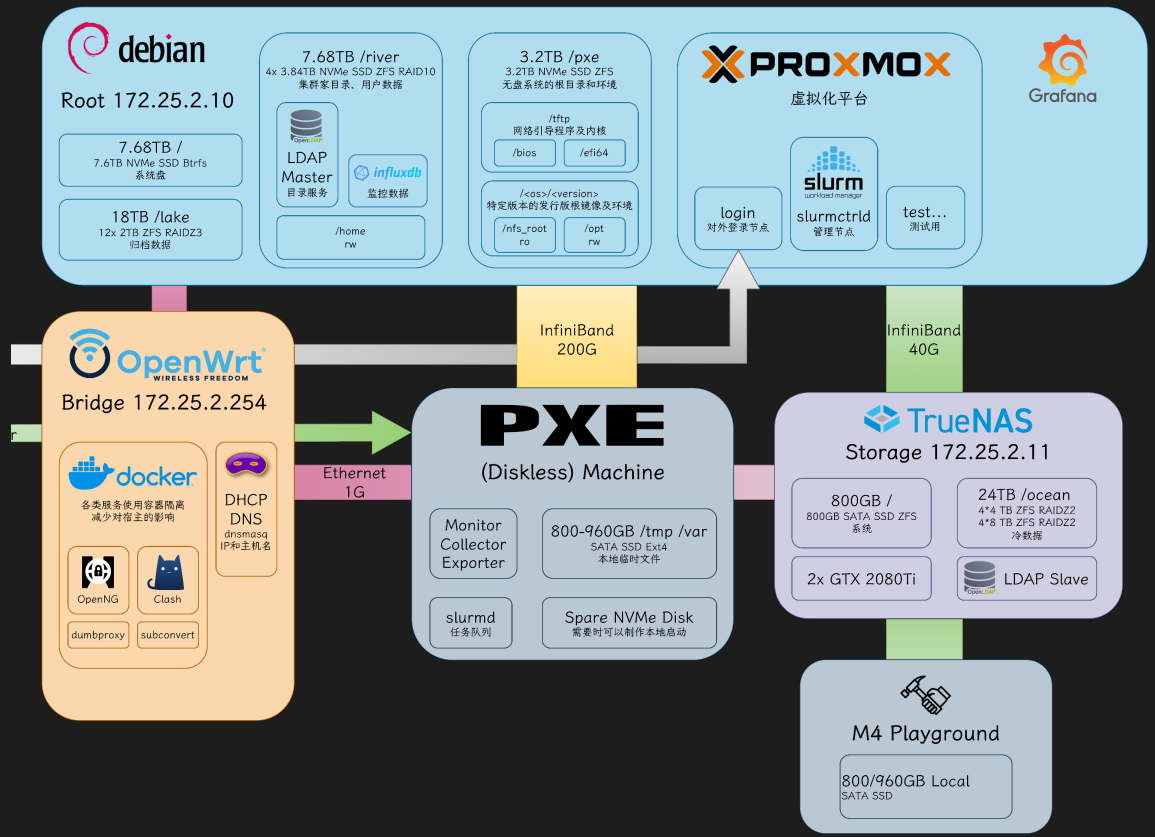
2024/07/04

Full-stack Engineering

文能调代码

ZJUSCT



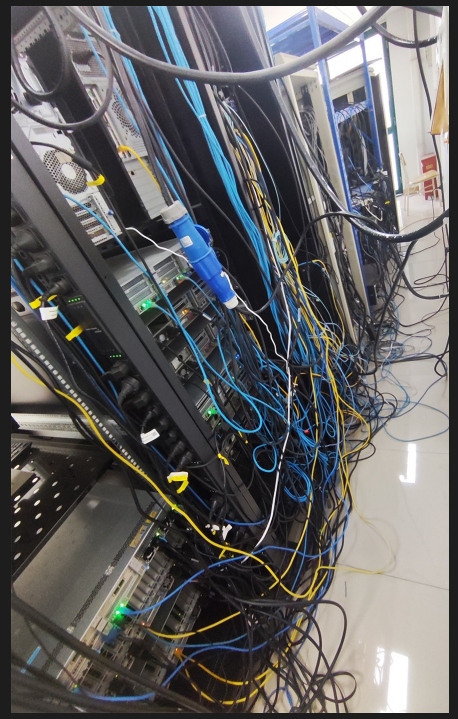


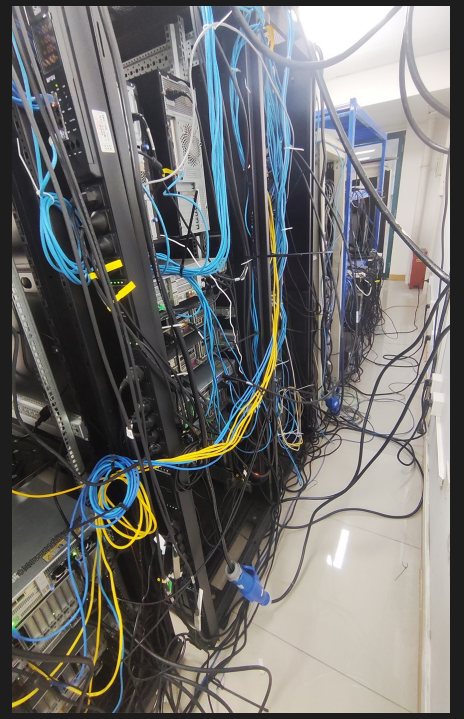
性能分析与功耗控制

集群架构设计与优化

武能进机房

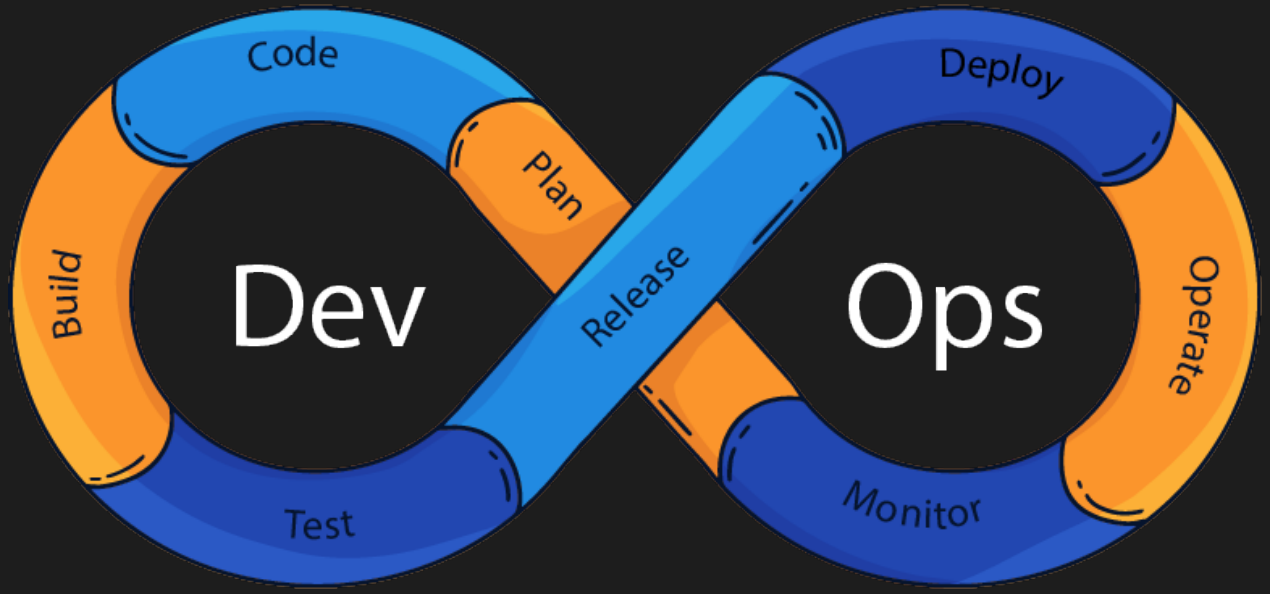
日常维护





基础设施改造

自动化运维建设



加速开发、测试和分析流程，专注于程序开发和性能优化。

从大量重复的人肉操作中解放出来，专注于运维服务质量的提升。

Full-stack Engineering

技能树

ZJUSCT

硬件了解底层原理，系统各组件间的交互协作

后端数据采集与清洗，作业调度

AI识别和预测系统状态，减少人工成本

软件熟悉并行编程范式，指导性能分析优化

前端运维可视化，智能分析与交互

安全保护网络和系统免受恶意攻击和数据泄露

谢谢大家!

ZJUSCT 运维团队
@bowling233（朱宝林）
2024/07/04