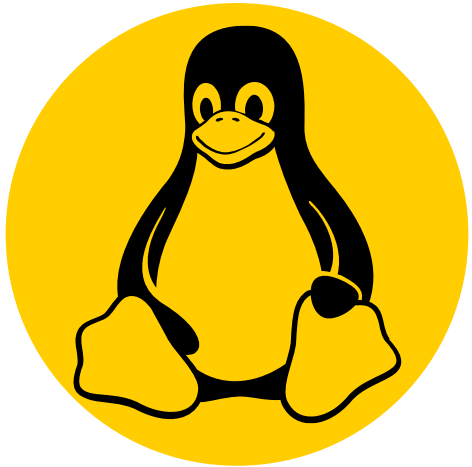
容器和虚拟网络

齐划一
qi@huayi.email
山东大学

内容提要

- 容器的应用场景
- 常见的容器技术
- IPv4 网络
- IPv6 网络

1 容器的应用场景



Linux 能干什么？

Linux 能干什么?

- 作为生产环境，运行各种 Server;
- 作为开发环境，尽可能贴近生产环境，进行编程;
- 科研计算;
- 通过编写脚本，完成各种自动工作;
- ……

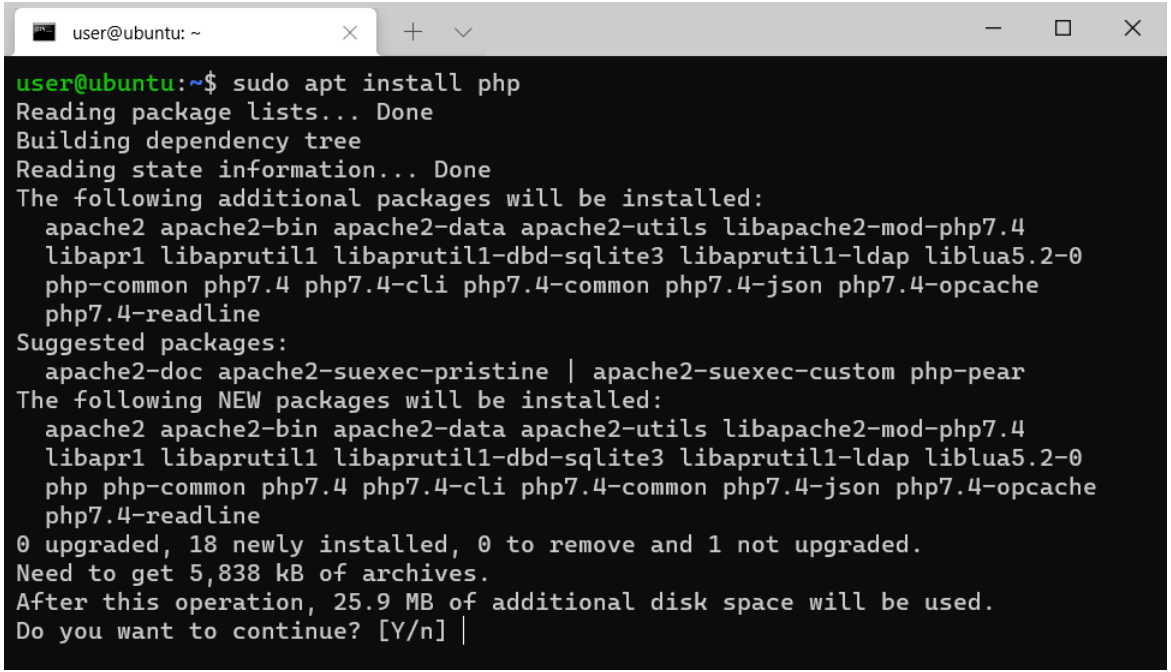
生产环境

- **包管理器**

依赖项多，版本易冲突，软件过新或过旧，多个程序可能要求不同的库版本……

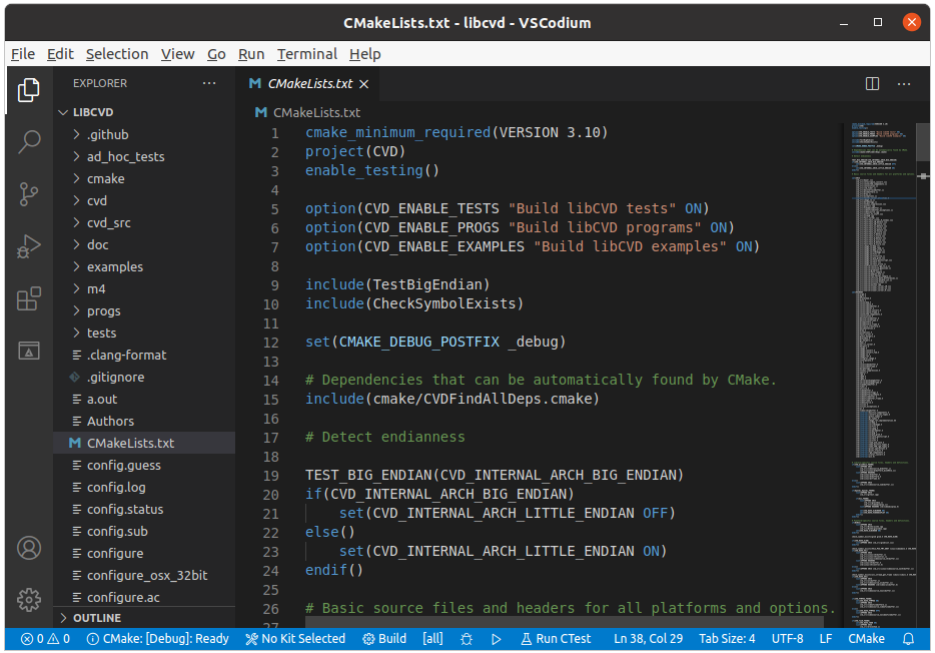
- **编译安装**

编译困难，安装后极难清除，软件几乎不能升级，编译环境依然依赖包管理器……



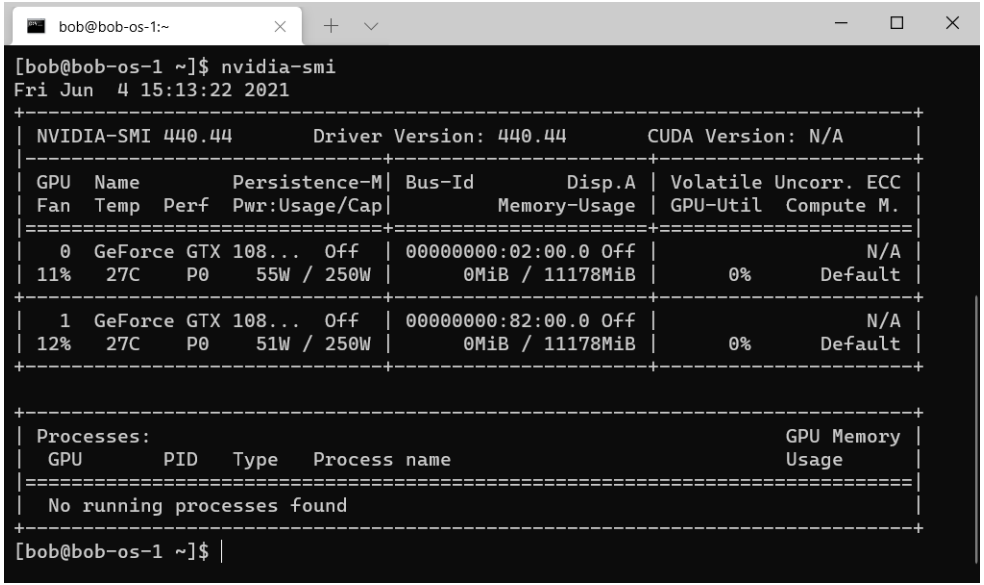
开发环境

- 编程工具链版本号要求，尽可能与生产环境保持一致；
- 同时开发多个项目时的版本号冲突；
- C/C++ 库管理通过系统的包管理器完成，难以控制版本；
- PHP 等语言依赖项过多过杂；
- MongoDB 等软件对开源极不友好，不包含在系统源中；
- ……



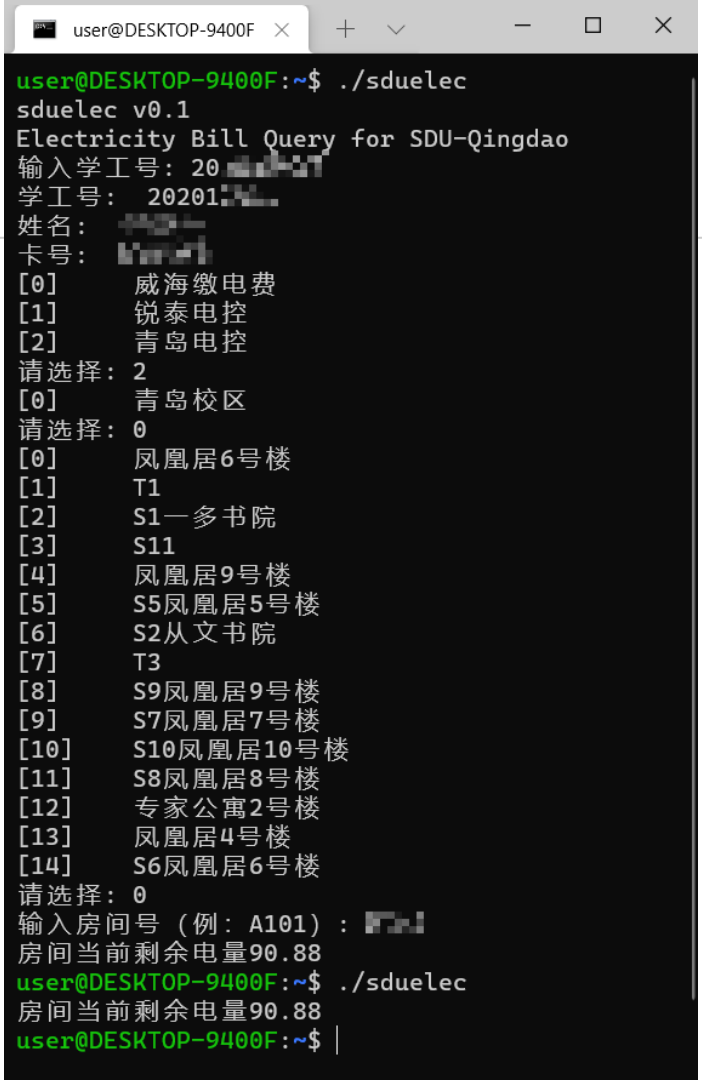
科研计算

- 需要在多个服务器部署相同的程序；
- 往往和其他人分时共享服务器；按需使用，时而占用大量资源，时而空闲；
- 每个程序的环境要求不同；
- 每隔一段时间，论文实验部分又要返工重做；
- ……



脚本

- 往往会对各种程序的命令行输出进行解析处理，对版本号要求极高，便携性差；
- 脚本依赖各种程序，系统很可能没有安装这些程序；
- DevOps 下的自动构建、持续交付等功能需要程序员提供稳定的编译环境；
- 脚本编写出错时可能会导致极度危险的行为；
- ……



虚拟机

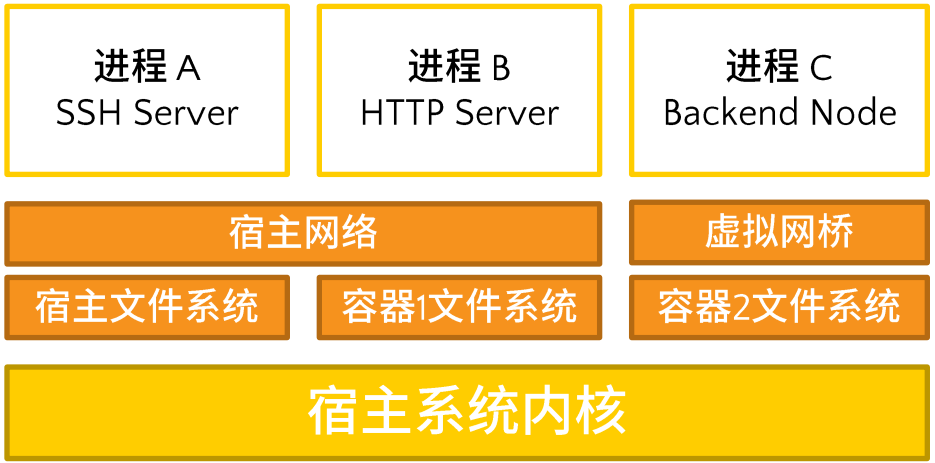
隔离性好
通用性强
易于管理

容器

有点像虚拟机
无性能损失
部署迅速

容器

示例


进程 A
SSH Server
进程 B
HTTP Server
进程 C
Backend Node
宿主网络
虚拟网桥
宿主文件系统
容器1文件系统
容器2文件系统
宿主系统内核

2 常见的容器技术

常见的容器技术

- Docker / Podman

应用最广泛的容器产品，每个容器仅运行一种应用，容器镜像便于制作、传输，易部署。运维神器。Podman 是更好的 Docker 替代品，为 Kubernetes 而生。

- LXC

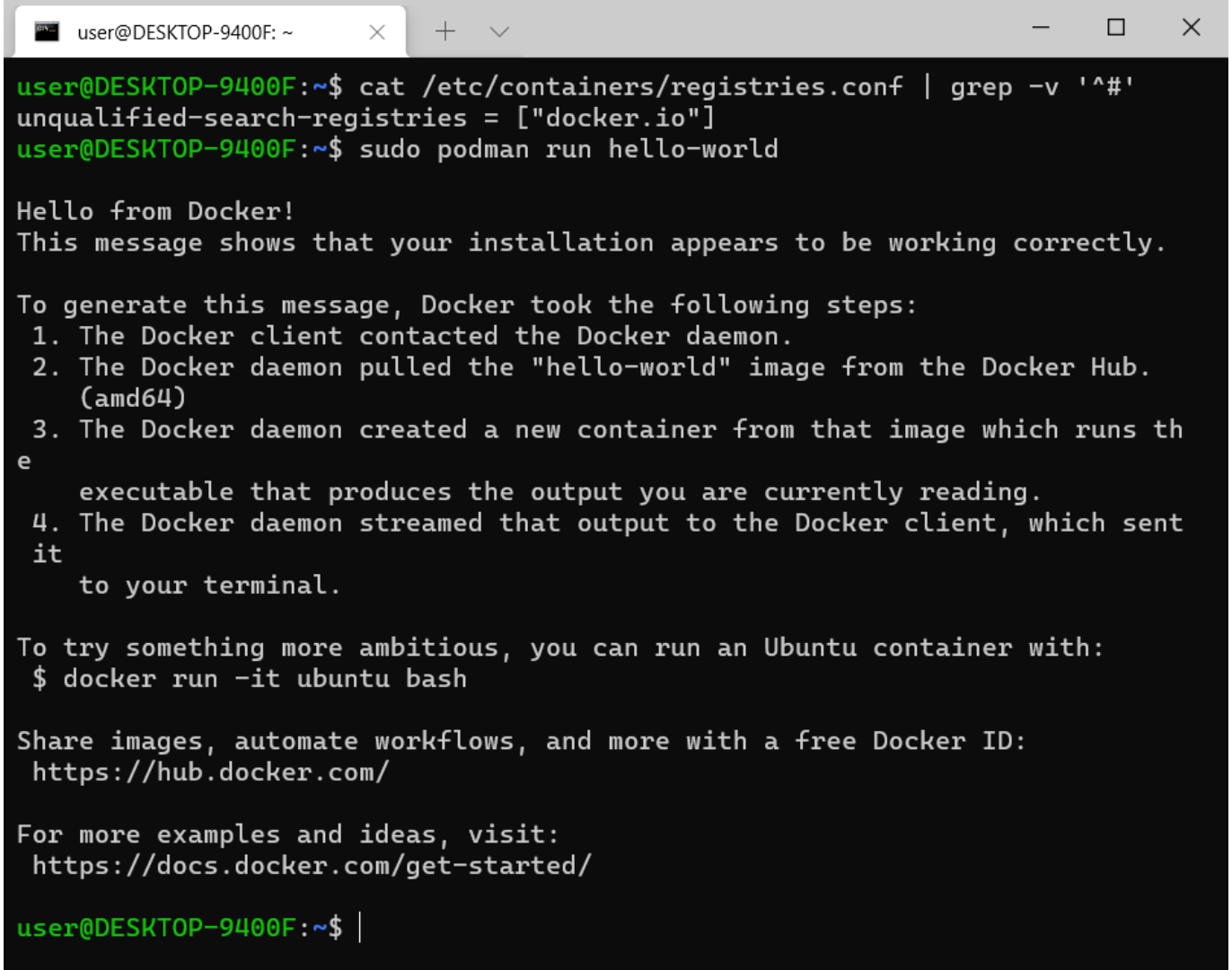
最像传统的虚拟机，每个容器运行一个较为完整的 Linux 发行版。

- systemd-nspawn

和 LXC 类似，但也像一个大号的 chroot。

- Jail

谁说只有 Linux 才有容器？这是 FreeBSD 下的容器，像沙箱一样，侧重于安全。


user@DESKTOP-9400F: ~
user@DESKTOP-9400F:~$ cat /etc/containers/registries.conf | grep -v '^#'
unqualified-search-registries = ["docker.io"]
user@DESKTOP-9400F:~$ sudo podman run hello-world
Hello from Docker!
This message shows that your installation appears to be working correctly.
To generate this message, Docker took the following steps:
1. The Docker client contacted the Docker daemon.
2. The Docker daemon pulled the "hello-world" image from the Docker Hub.
(amd64)
3. The Docker daemon created a new container from that image which runs th
e
executable that produces the output you are currently reading.
4. The Docker daemon streamed that output to the Docker client, which sent
it
to your terminal.
To try something more ambitious, you can run an Ubuntu container with:
$ docker run -it ubuntu bash
Share images, automate workflows, and more with a free Docker ID:
https://hub.docker.com/
For more examples and ideas, visit:
https://docs.docker.com/get-started/
user@DESKTOP-9400F:~$

3 IPv4 网络

IPv4 网络

- 每个容器要么直接使用宿主机的网络，要么需要连接到虚拟网络。Docker、KVM 等方案提供了零配置的 IPv4 内网方案，开箱即用。
- 需要自定义虚拟网络的场景：
  - 需要 IPv6
  - 自动配置的 IPv4 网段不合适
  - 需要更复杂的 IP 分配、端口转发规则、UPnP 等特性
  - 通过隧道技术为多个物理机的容器提供统一的内网

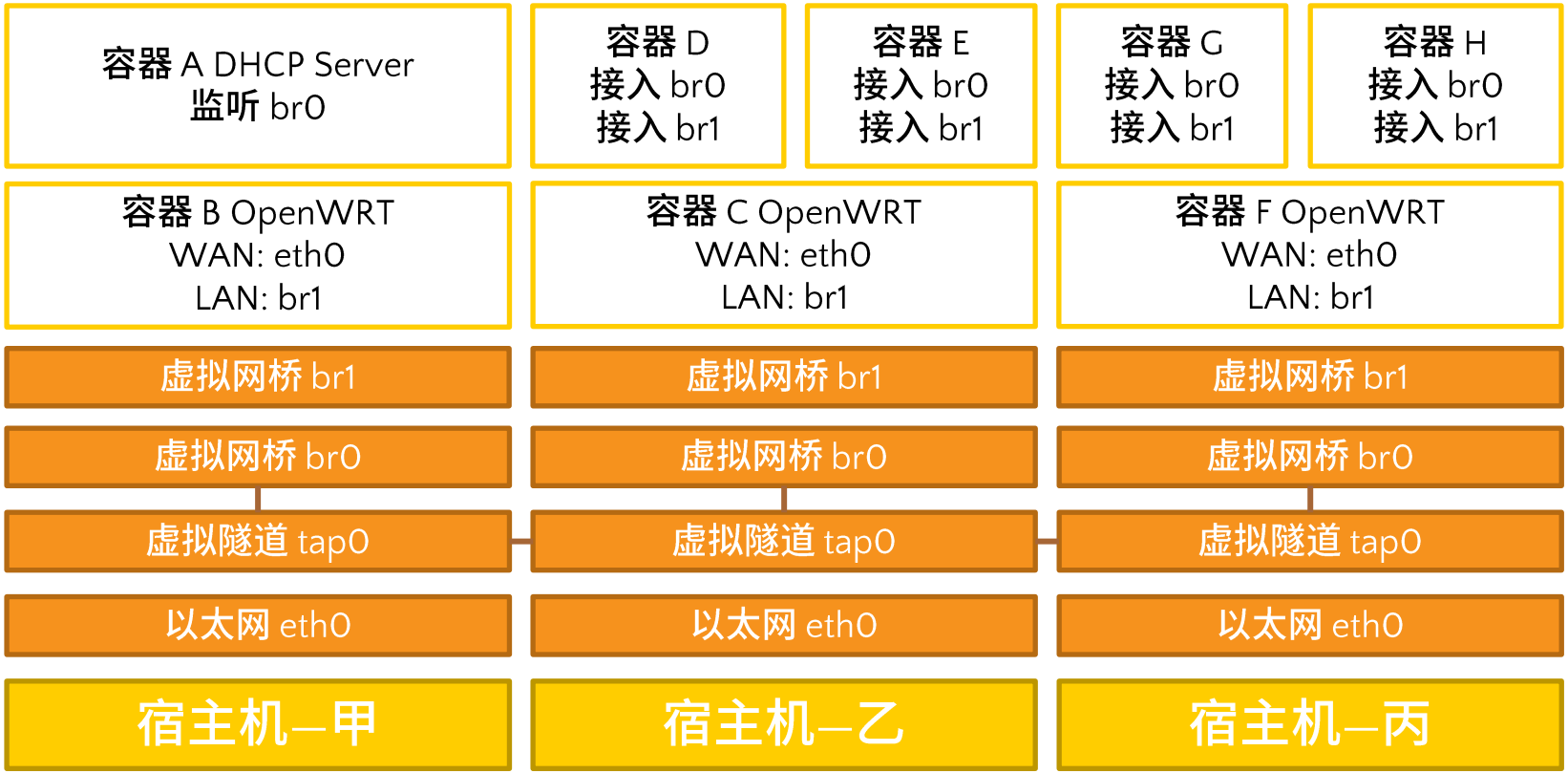
IPv4 网络

- 家用路由器通过 NAT 技术为下级设备提供网络，通过 DHCPv4 协议分配 IPv4 地址、DNS地址、网关地址。

WAN ——某个网段	WAN ——某个网段
正常的转发模块	地址转换模块 (aka. NAT)
LAN——WAN网段下，更小网段的路由器或单个地址的客户端	LAN——另一网段下的路由器或单个地址的客户端
IPv4 运营商的路由器 IPv6 运营商的路由器 IPv6 用户的路由器	IPv4 用户的路由器 极个别 IPv6 用户的路由器

例：打通多物理机容器内网

例：打通多物理机容器内网


容器 A DHCP Server
监听 br0
容器 D
接入 br0
接入 br1
容器 E
接入 br0
接入 br1
容器 G
接入 br0
接入 br1
容器 H
接入 br0
接入 br1
容器 B OpenWRT
WAN: eth0
LAN: br1
容器 C OpenWRT
WAN: eth0
LAN: br1
容器 F OpenWRT
WAN: eth0
LAN: br1
虚拟网桥 br1
虚拟网桥 br1
虚拟网桥 br1
虚拟网桥 br0
虚拟网桥 br0
虚拟网桥 br0
虚拟隧道 tap0
虚拟隧道 tap0
虚拟隧道 tap0
以太网 eth0
以太网 eth0
以太网 eth0
宿主机—甲
宿主机—乙
宿主机—丙

4 IPv6 网络

IPv6 网络

- IPv6 的特点：让几乎所有设备地址达到全球可访问的目的。极其适合 P2P 应用。

- 路由器通过 DHCPv6-PD 协议向上获得 IPv6 网段；
- 通过 RA 协议通告下级网关地址等信息；
- 通过 SLAAC 算法 和/或 DHCPv6 协议让下级设备获得 IPv6 地址；
- 通过 RA 协议 和/或 DHCPv6 协议让下级设备获得 DNS 地址。

IPv6 自动配置

- ICMPv6: Router Advertisement （获得网关地址的唯一方式），aka. RA

RA 包含 IPv6 前缀、网关地址（可选）、DNS地址（可选）等，必须设置过期时间

- **不考虑 DHCPv6-PD，IPv6 地址共有四套分配方式：**
- (分配方式一) SLAAC

通过 IPv6 前缀和本机 MAC 地址计算出 IPv6 地址，aka. SLAAC

DNS地址等需要通过解析 RA 的 RDNSS 选项获得
（Windows 10 1703 之前的版本（不含）不支持从 RA 中获得 DNS 地址）

- (分配方式二) DHCPv6 (stateful)

DHCPv6 负责分配 IPv6，并告知 DNS 地址、NTP 地址等（不包含网关地址）

Android 坚决不支持 DHCPv6，下同

- (分配方式三) DHCPv6 (stateless) + SLAAC

通过 SLAAC 计算出 IPv6 地址，DHCPv6 仅负责告知 DNS 地址、 NTP 地址等

- (分配方式四) DHCPv6 (stateful) + SLAAC

SLAAC 和 DHCPv6 (stateful) 的结合，客户端有两套 IPv6 地址，爱用哪个用哪个

DHCPv6-PD

- **普通的 IPv6 客户端：**
- 1. RA 广播表示支持 SLAAC

——客户端：我自己算出一个 IPv6 地址

- 2. RA 广播表示支持 DHCPv6 (stateful)，前缀长度是 /64

——客户端：你好，DHCPv6 服务器，请给我一个 IPv6 地址

——DHCPv6 服务器：OK，地址是 2001:dead:beef::100/128

DHCPv6-PD

- **普通的 IPv6 路由器：**
  - RA 广播表示支持 DHCPv6 (stateful)，前缀长度是 /64

——子 IPv6 路由器：你好，DHCPv6 服务器，请给我一个 /80 的子网

——DHCPv6 服务器：OK，前缀是2001:dead:beef:babe:100::/80

——IPv6 路由器：设置路由表，若目标地址的前缀为该前缀，则转发给该子路由器

然而，

- **另一种情况：**
- RA 广播表示支持 DHCPv6 (stateful)，前缀长度是 /64

——子 IPv6 路由器：你好，DHCPv6 服务器，请给我一个 /80 的子网

——DHCPv6 服务器：滚

多出现于：学校网络、路由模式下的光猫、家用路由器嵌套场景等

解决方案 (Solution)

- 让上级路由器支持 DHCPv6-PD。
- 没有了。

宽带运营商给的光猫不好用？
只能用路由模式，不给分配 DHCPv6-PD？
记好网络参数，去闲鱼再买个光猫！

校园网不给分配 DHCPv6-PD？
一[redacted]二[redacted]三[redacted]，发[redacted]，不行再[redacted]，去[redacted]前面[redacted]，最后[redacted]！

妥协方案 (Workaround)

- 非官方的 NAT6 方案。
- 6to4 隧道技术。
- 对于服务器：使用 socat 等进行端口转发。

非官方的 NAT6 方案

思路：

LAN 网段不再是 WAN 的一个子网，手动划出一个网段，如 IPv6 的未定义网段。
不使用 IPv6 内网网段 （fc 开头或 fd 开头），否则设备可能认为无 IPv6 互联网。
dd 开头即为一段未定义网段，可使用它。

配置 ip6tables 以便启用非官方的 IPv6 地址转换，aka. NAT6。
OpenWRT 的 UPnP 协议已经支持 NAT6，因此仍然可使用 BT 等 P2P 工具。
理论上，依赖 IPv6 地址全球可访问的应用将无法正常使用，但目前还没有出现。

https://www.right.com.cn/forum/thread-2661027-1-1.html

socat 端口转发

应用场景：

山东大学镜像站，仅分配了一个 IPv6 地址，未分配网段，因此容器要么使用非官方的 NAT6 技术，要么通过端口转发的方式向外界提供服务，但容器不能直接连接到 IPv6 网络。目前使用后者，即容器只使用 IPv4 内网地址，配置端口转发。

使用 socat 程序将 IPv4 的 443 端口转发到本机 IPv6 地址的 443 端口：

```
/usr/bin/socat tcp6-listen:443,fork,reuseaddr,su=nobody TCP4:192.168.0.2:443
```

socat 这种用户态的端口转发对性能有一定的影响。但 Linux 内核不支持直接跨 IPv4/IPv6 协议转发，目前只能使用这种方式。

Thanks!

Any questions ?

齐划一
qi@huayi.email
山东大学