网络通信

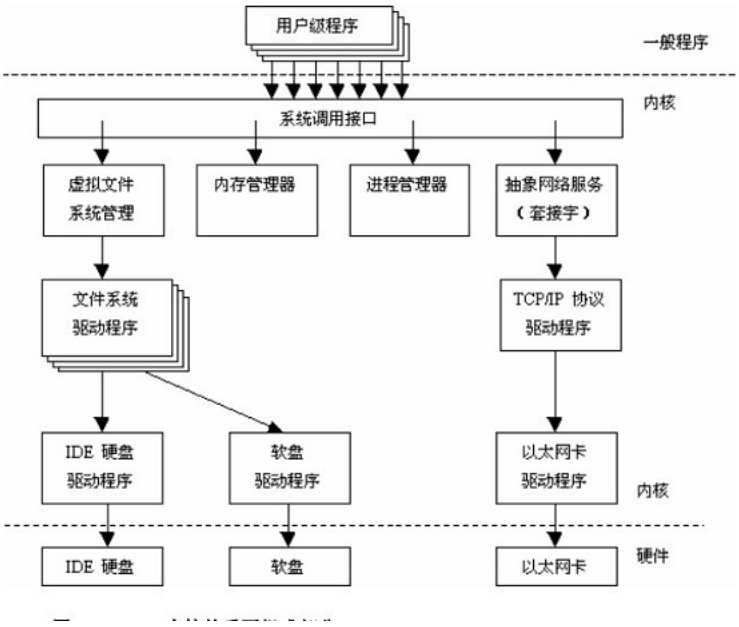
2022 年 3 月 7 日

1 Linux 基础知识

1.1 linux 内核

内核是操作系统的核心，具有很多最基本功能，它负责管理系统的进程、内存、设备驱动程序、文件和网络系统，决定着系统的性能和稳定性。

Linux 内核由如下几部分组成：内存管理、进程管理、设备驱动程序、文件系统和网络管理等。如图所示：



其中系统调用接口：SCI 层提供了某些机制执行从用户空间到内核的函数调用。

1.2 Linux 远程登录

Linux 系统中是通过 ssh 服务实现的远程登录功能，默认 ssh 服务端口号为 22。

安装 ssh：yum install ssh

启动 ssh：service sshd start

登录远程服务器：ssh -p 50022 my@127.0.0.1

输入密码：my@127.0.0.1: (-p 后面是端口，my 是服务器用户名，127.0.0.1 是服务器 ip）

回车输入密码即可登录。

1.3 Linux 进程

在 Linux 系统中，能够同时运行多个进程，Linux 通过在短的时间间隔内轮流运行这些进程而实现“多任务”。这一短的时间间隔称为“时间片”，让进程轮流运行的方法称为“进程调度”，完成调度的程序称为调度程序。

Linux 中常见的进程间通讯机制有信号、管道、共享内存、信号量和套接字等。

1.3.1 相关命令

可以使用 $ps 命令来查询正在运行的进程，比如 $ps -e、-o pid,-o comm,-o cmd，

其中-e 表示列出全部进程，-o pid,-o comm,-o cmd 分别表示需要 PID，COMMAND，CMD 信息。

三个信息的意义依次为：PID(process IDentity) 是每一个进程的身份(唯一)，是一个整数，进程也可以根据 PID 来识别其他的进程；COMMAND 是这个进程的简称；CMD 是进程所对应的程序以及运行时所带的参数。

1.3.2 Linux 进程的产生

当计算机开机的时候，内核 (kernel) 只建立了一个 init 进程。Linux 内核并不提供直接建立新进程的系统调用。其他所有进程都是 init 进程通过

fork 机制建立的。

fork 表示：新的进程要通过老的进程复制自身得到，它是一个系统调用。进程存活于内存中。每个进程都在内存中分配有属于自己的一片空间 (address space)。当进程 fork 的时候，Linux 在内存中开辟出一片新的内存空间给新的进程，并将老的进程空间中的内容复制到新的空间中，此后两个进程同时运行。

老进程成为新进程的父进程 (parent process)，而相应的，新进程就是老的进程的子进程 (child process)。一个进程除了有一个 PID 之外，还会有一个 PPID(parent PID) 来存储的父进程 PID。如果我们循着 PPID 不断向上追溯的话，总会发现其源头是 init 进程。所以说，所有的进程也构成一个以 init 为根的树状结构。

1.3.3 Linux 进程的消失

当子进程终结时，它会通知父进程，并清空自己所占据的内存，并在内核里留下自己的退出信息 (exit code，如果顺利运行，为 0；如果有错误或异常状况，为 >0 的整数)。在这个信息里，会解释该进程为什么退出。

父进程在得知子进程终结时，有责任对该子进程使用 wait 系统调用。这个 wait 函数能从内核中取出子进程的退出信息，并清空该信息在内核中所占据的空间。

但是，如果父进程早于子进程终结，子进程就会成为一个孤儿 (orphand) 进程。孤儿进程会被过继给 init 进程，init 进程也就成了该进程的父进程。init 进程负责该子进程终结时调用 wait 函数。

注意：在 Linux 中，线程只是一种特殊的进程。多个线程之间可以共享内存空间和 IO 接口。所以，进程是 Linux 程序的唯一的实现方式。

1.4 Linux 内存管理

了让有限的物理内存满足应用程序对内存的大需求量，Linux 采用了称为“虚拟内存”的内存管理方式。Linux 将内存划分为容易处理的“内存页”（对于大部分体系结构来说都是 4KB）。Linux 包括了管理可用内存的方式，以及物理和虚拟映射所使用的硬件机制。

1.5 Linux 文件系统

Linux 系统能支持多种目前流行的文件系统，如 EXT2、EXT3、FAT、FAT32、VFAT 和 ISO9660。

Linux 下面的文件类型主要有：

1) 普通文件：C 语言元代码、SHELL 脚本、二进制的可执行文件等。分为纯文本和二进制；

2) 目录文件：目录，存储文件的唯一地方；

3) 链接文件：指向同一个文件或目录的的文件；

4) 设备文件：与系统外设相关的，通常在/dev 下面。分为块设备和字符设备；

5）管道 (FIFO) 文件: 提供进程之间通信的一种方式；

6）套接字 (socket) 文件：该文件类型与网络通信有关；

可参考：https://www.linuxprobe.com/linux-system-structure.html

1.6 Linux 防火墙

1.6.1 常用命令

- 启动：systemctl start firewalld
- 重启：systemctl restart firewalld
- 停止：systemctl stop firewalld
- 重新加载：firewall-cmd –reload
- 查看 firewalld 的运行状态：

  firewall-cmd –state
- 取消开放 https 服务，即禁止 https 服务：

  firewall-cmd –zone=drop –remove-service=https
- 开放 22 端口：

  firewall-cmd –zone=drop –add-port=22/tcp
- 取消开放 22 端口：

  firewall-cmd –zone=drop –remove-port=22/tcp

- 开放两个端口：

  firewall-cmd –zone=drop –add-port=8080-8081/tcp

- 查询 drop 区域开放了哪些端口：

  firewall-cmd –zone=drop –list-ports

- 其他常用命令：

  允许 icmp 协议流量，即允许 ping：

  firewall-cmd –zone=drop –add-protocol=icmp

  取消允许 icmp 协议的流量，即禁 ping：

  firewall-cmd –zone=drop –remove-protocol=icmp

  查询 drop 区域开放了哪些协议：

  firewall-cmd –zone=drop –list-protocols

  将原本访问本机 888 端口的流量转发到本机 22 端口：

  firewall-cmd –zone=drop –add-forward-port =port=888:proto=tcp:toport=22

2 socket 基础

2.1 socket 通信的概念

套接字，运行在计算机中的两个程序通过 socket 建立起一个通道，数据在通道中传输。套接字可以看成是两个网络应用程序进行通信时，各自通信连接中的端点，这是一个逻辑上的概念。它是网络环境中进程间通信的 API(应用程序编程接口)（是 IP 地址和端口结合）。

socket 把复杂的 TCP/IP 协议族隐藏了起来，只要用好 socket 相关的函数，就可以完成网络通信。

2.2 socket 的分类

socket 提供了流（stream）和数据报（datagram）两种通信机制，即流 socket 和数据报 socket。

流 socket 基于 TCP 协议，是一个有序、可靠、双向字节流的通道，传输数据不会丢失、不会重复、顺序也不会错乱。类似于打电话。

数据报 socket 基于 UDP 协议，不需要建立和维持连接，可能会丢失或错乱。UDP 不是一个可靠的协议，对数据的长度有限制，但是它的速度比较高。类似于短信。

在实际开发中，数据报 socket 的应用场景极少。

2.3 socket 通信的过程

2.3.1 服务端

- 创建服务端的 socket。socket()
- 把服务端指定的用于通信的 ip 地址和端口绑定到 socket 上。bind()
- 把 socket 设置为监听模式，以监听用户请求。listen()
- 接受客户端的连接。accept()
- 与客户端通信,接收客户端发过来的报文后,回复处理结果。send()/recv()
- 不断的重复上一步步，直到客户端断开连接。
- 关闭 socket，释放资源。close()

2.3.2 客户端

- 创建客户端的 socket。socket()
- 向服务器发起连接请求。connect()
- 与服务端通信,发送一个报文后等待回复,然后再发下一个报文。send()/recv()
- 不断的重复上一步，直到全部的数据被发送完。
- 关闭 socket，释放资源。close()

2.4 Socket 文件描述符

在 Linux 系统中，一切输入输出设备皆文件。而 socket 本质上可以视为一种特殊的文件，即通信的实现，因此 socket 的通信过程也可以理解为通过 “打开 open –> 读写 write/read –> 关闭 close” 模式的操作过程。

2.5 客户端服务端主要参数及结构体

2.5.1 socket() 返回的值

返回值称为 socket 描述符（socket descriptor），其本质是一个文件描述符，是一个整数。把它作为参数，通过它来进行一些读写操作。

2.5.2 struct hostent* h

域名和网络地址结构体：

struct hostent

{

char *h_name; //主机名，即官方域名

char **h_aliases; //主机所有别名构成的字符串数组，同一 IP 可绑定多个域名

int h_addrtype; //主机 IP 地址的类型，例如 IPV4（AF_INET）还是 IPV6

int h_length; //主机 IP 地址长度，IPV4 地址为 4，IPV6 地址则为 16

char **h_addr_list; //主机的 ip 地址，以网络字节序存储。若要打印出这个 IP，需要调用 inet_ntoa()。

};

2.5.3 struct sockaddr_in servaddr

表示地址信息的数据结构（体），存放了目标地址和端口。与结构体 sockaddr 把目标地址和端口信息混在一起了不同，其把 port 和 addr 分开储存在两个变量中。

struct sockaddr_in

{

sa_family_t servaddr.sin_family; //协议族，在 socket 编程中只能是 AF_INET。

unit16_t servaddr.sin_addr.port; //16 位的 TCP/UDP 端口号。

In_addr_t servaddr.sin_addr.s_addr; //32 位 IP v4 地址。(其中 sin_addr 是一个结构体类型变量，表示 32 位 IP 地址，内仅包含 s_addr 一个变量)

char sin_zero[8]; //不使用。
}

操作函数

- 绑定 IP 地址：

  servaddr.sin_addr.s_addr = inet_addr("192.168.149.129"); // 指定 ip 地址

  servaddr.sin_addr.s_addr = htonl(INADDR_ANY); // 本主机的任意 ip 地址

- 绑定的通信端口：

  m_servaddr.sin_port = htons(5000); // 通信端口

-

2.6 客户端服务端函数

以下为几种常用的接口函数：

2.6.1 socket() 函数

功能：用于创建一个新的 socket。对应于普通文件的打开操作。

返回值：成功则返回一个 socket 描述符，失败返回-1，错误原因存于 errno 中。

使用范围：客户端、服务端。

函数声明

int socket (int domain, int type, int protocol);

- domain：协议域，又称协议族（family）。协议族决定了 socket 的地址类型，在通信中必须采用对应的地址。

  AF_INET：决定了要用 ipv4 地址（32 位的）与端口号（16 位的）的组合；

  AF_UNIX：决定了要用一个绝对路径名作为地址。

- type：指定 socket 类型。

  流式 socket（SOCK_STREAM）是一种面向连接的 socket，针对于面向连接的 TCP 服务应用。数据报式 socket（SOCK_DGRAM）是一种无连接的 socket，对应于无连接的 UDP 服务应用。

- protocol：指定协议。

  常用协议有 IPPROTO_TCP、IPPROTO_UDP、IPPROTO_STCP、IPPROTO_TIPC 等，分别对应 TCP 传输协议、UDP 传输协议、STCP 传输协议、TIPC 传输协议。

  注意为 0 则与 type 相匹配，与 type 不能随意匹配。

- 正常情况，第一个参数只能填 AF_INET，第二个参数只能填 SOCK_STREAM，第三个参数只能填 0。

使用：int sockfd = socket(AF_NET,SOCK_STREAM,0))

2.6.2 gethostbyname() 函数

功能：把 ip 地址或域名转换为 hostent 结构体表达的地址。
返回值：如果成功，返回一个 hostent 结构指针，失败返回 NULL。
适用范围：客户端。
注意：只要地址格式没错，一般不会返回错误。失败时不会设置 errno 的值。

函数声明

struct hostent *gethostbyname(const char *name);
name：域名或者主机名，例如”192.168.1.3”、”www.freecplus.net” 等。
使用：struct hostent *h = gethostbyname(argv[1])

2.6.3 附注：memset() 函数

void *memset(void *str, int c, size_t n)
str – 指向要填充的内存块。
c – 要被设置的值。该值以 int 形式传递，但是函数在填充内存块时是使用该值的无符号字符形式。默认 0。
n – 大小，sizeof(str)。

2.6.4 connect() 函数

功能：客户端通过调用 connect 函数来建立客户端 socket 与服务器的连接。

返回值：成功则返回 0，失败返回-1，错误原因存于 errno 中。

适用范围：客户端。

注意：如果服务端的地址错了，或端口错了，或服务端没有启动，connect 一定会失败。

函数声明

int connect(int sockfd, const struct sockaddr *addr, socklen_t addrlen);

sockfd：客户端的 socket 描述字。

*addr：服务端的 socket 地址。

addrlen：为服务端 socket 地址的长度（addr 结构体的大小）。

使用：connect(sockfd, (struct sockaddr *)&servaddr,sizeof(servaddr))

2.6.5 bind() 函数

功能：服务端把自身用于通信的地址和端口绑定到 socket 上。

返回值：成功则返回 0，失败返回-1，错误原因存于 errno 中。

适用范围：服务端。

注意：如果绑定的地址错误，或端口已被占用，bind 函数一定会报错，否则一般不会返回错误。

函数声明

int bind(int sockfd, const struct sockaddr *addr, socklen_t addrlen);

sockfd：服务端 socket 描述字。

*addr：表示服务端的 socket 地址。一个 const struct sockaddr * 指针，指向要绑定给 sockfd 的协议地址。addr。

addrlen：表示服务端 addr 结构体的大小。

使用：bind(listenfd,(struct sockaddr *)&servaddr,sizeof(servaddr));

int socket (int _domain, int _type, int _protocol) _THROW ;

-
-

•