第5章
防火墙技术

中国科学技术大学
曾凡平
billzeng@ustc.edu.cn

主要内容

5.1 防火墙概述

5.2 防火墙的功能和分类

- 5.2.1 防火墙的功能　5.2.2 防火墙的分类

5.3 包过滤防火墙

- 5.3.1 静态包过滤防火墙　5.3.2 动态包过滤防火墙

5.4 应用级网关防火墙

5.5 防火墙的典型部署

5.6 Linux防火墙的配置

5.7 Linux中的iptables防火墙

5.8 用iptables实现基于连接跟踪的状态防火墙

5.9 防火墙发展动态和趋势

5.10 绕过防火墙的方法（new）

5.1 防火墙概述

- **防火墙的定义：**防火墙是位于两个(或多个)网络之间**执行访问控制**的软件和硬件系统，它根据**访问控制规则**对进出网络的数据流进行过滤。

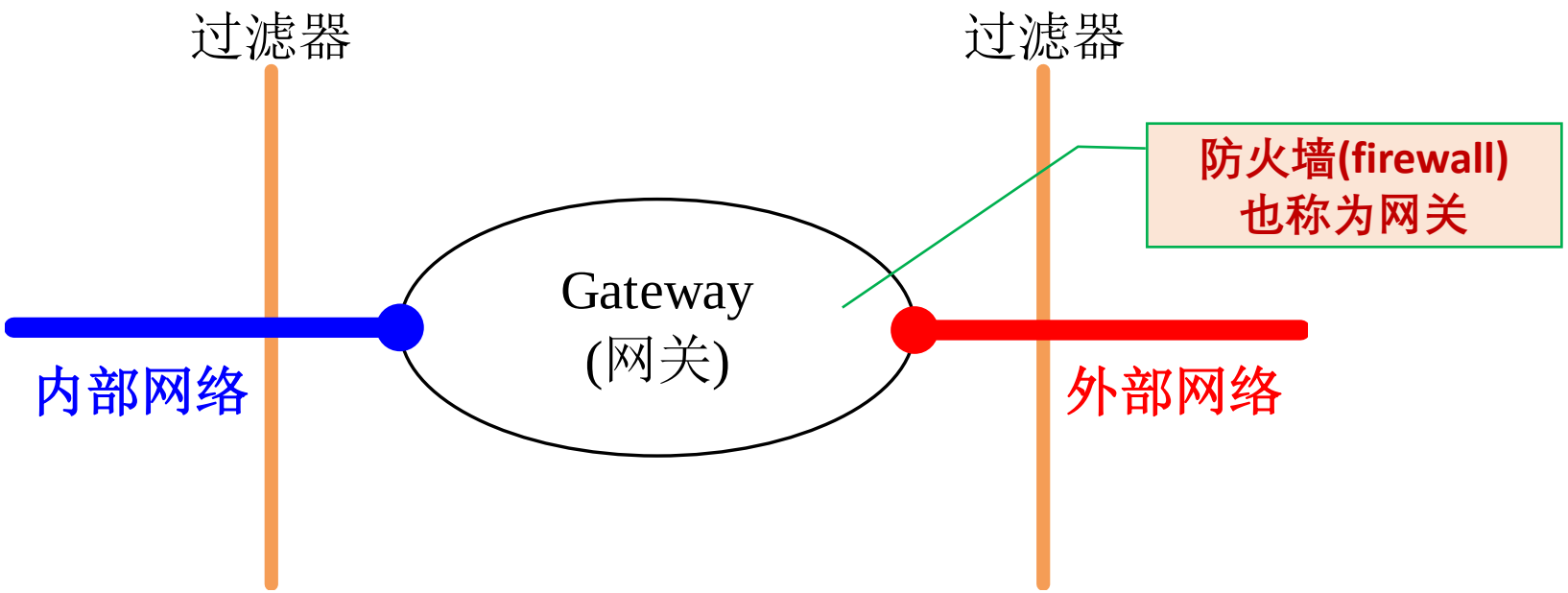
- 防火墙的概念起源于中世纪的城堡防卫系统，那时人们为了保护城堡的安全，在城堡的周围挖一条护城河，每一个进入城堡的人都要经过吊桥，并且还要接受城门守卫的检查。人们借鉴了这种防护思想，设计了一种**网络安全防护系统**，这种系统被称为**防火墙(FireWall)**。

Internet的普及和发展促使了防火墙技术的出现和发展

- 在Internet并不流行的1980年代，企业网络大多是封闭的局域网，与外部网络在物理上是隔开的，网络上的计算机均由内部员工使用，内部网络被认为是安全的和可信的。
- 到了Internet逐步普及的时候，为了提高资源共享的效率和更好地获取信息，企业网络就通过路由器连接到了Internet。Internet中存在各种各样的恶意用户（比如黑客），是不可信的、不安全的。
- 为了抵挡内部和外部网络的各种风险，可以在内部网络与外部网络之间设置一道屏障，用于**过滤和监视内外网络之间的数据流**，这种屏障**就是防火墙**。
- **防火墙用于实现企业的网络安全策略，实施网络访问控制规则。**

所有数据流都要经过防火墙

- 防火墙位于不同网络或网络安全域之间，从一个网络到另一个网络的所有数据流都要经过防火墙。
- 如果我们根据企业的安全策略设置合适的访问控制规则，就可以**允许、拒绝或丢弃**数据流，从而可以在一定程度上保护内部网络的安全。

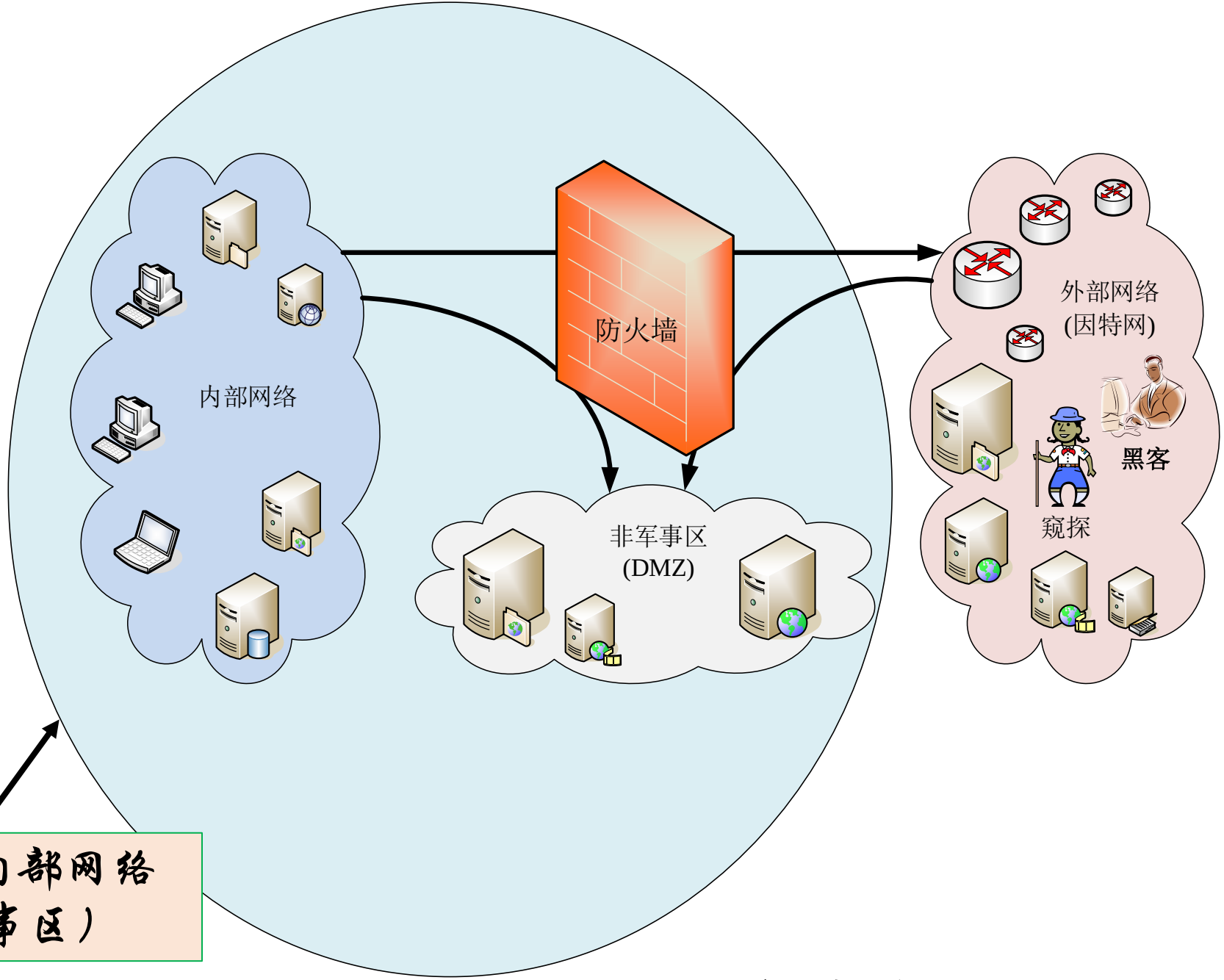


对数据流的处理方式：允许、拒绝和丢弃

- 根据安全策略，防火墙对数据流的处理方式有三种：
  ①**允许**数据流通过（accepted）；
  ②**拒绝**数据流通过（rejected）：通知发送方；
  ③将这些数据流**丢弃**（denied）：不通知发送方。

- 当数据流被**拒绝**时，防火墙要向发送者回复一条消息，用ICMP包告知数据源数据包被拒绝的原因，提示发送者该数据流已被拒绝。

- 当数据流被**丢弃**时，防火墙不会对这些数据包进行任何处理，也不会向发送者发送任何提示信息。丢弃数据包的做法加长了网络扫描所花费的时间，发送者只能等待回应直至通信超时。



企业网络包括内部网络和DMZ（非军事区）

图5-1 防火墙示意图

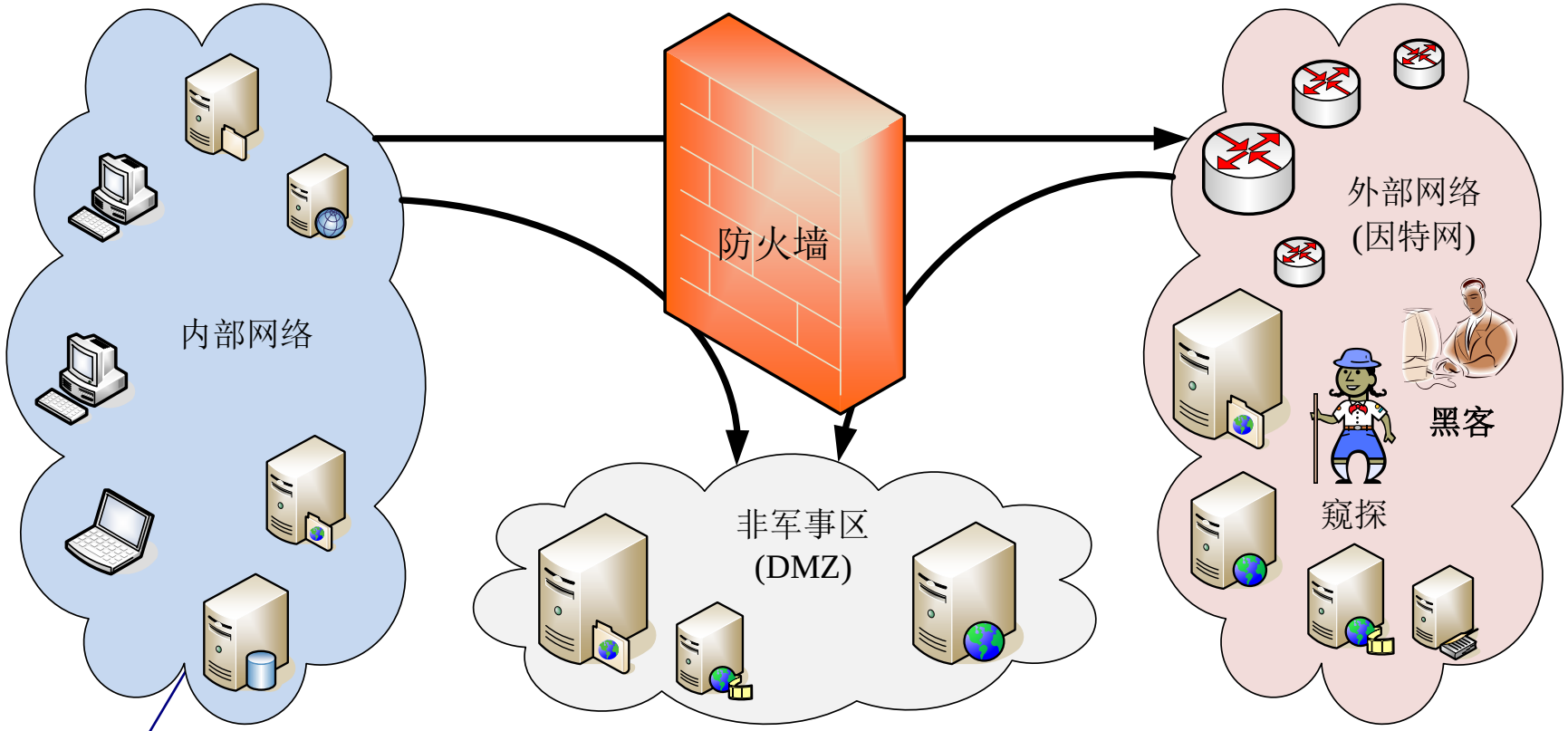
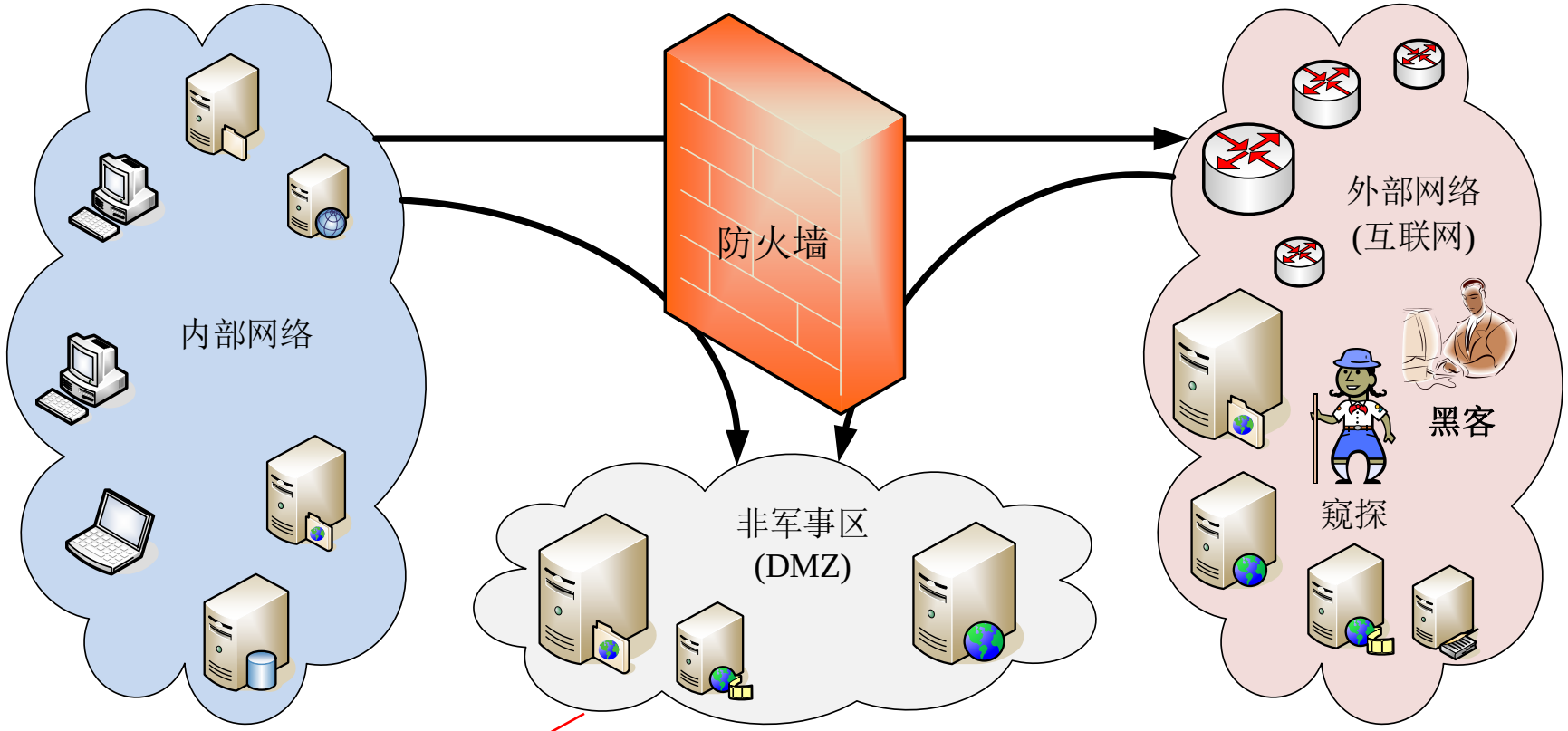


图5-1 防火墙示意图

内部网络一般是企业内部的局域网，其安全性是致关重要的，必须禁止外部网络的访问，同时只开放有限的对外部网络的访问权。



为了配置和管理方便，通常将内部网中需要向外部提供服务的服务器设置在单独的网段，这个网段被称为**非军事区(DMZ)**。

防火墙：限制网络访问的设备或软件

- **防火墙本质上就是一种能够限制网络访问的设备或软件**。

- 它可以是一个硬件的“盒子”，也可以是计算机和网络设备中的一个“软件”模块。许多网络设备均含有简单的防火墙功能，如路由器、调制解调器、无线基站、IP交换机等。

- 现代操作系统中默认安装了软件防火墙：
  - Windows 系统和Linux系统均自带了软件防火墙，可以通过**策略(或规则)**定制相关的功能。

防火墙技术已经非常成熟

- 防火墙是最早出现的Internet安全防护产品，其技术已经非常成熟，有众多的厂商生产和销售专业的防火墙。目前，市场上销售的防火墙的质量都非常高，其区别主要在于防火墙的吞吐量以及售后服务的保障。
- 对个人用户而言，一般用**操作系统自带的防火墙**或启用杀毒软件中的防火墙（如腾讯电脑管家、金山毒霸、360安全软件等均提供了个人防火墙功能）。
- 对于企业用户而言，购买专业的防火墙是比较好的选择。购买专业防火墙会有很多好处：

  第一，防火墙厂商提供的接口会更多、更全；

  第二，过滤深度可以定制，甚至可以达到应用级的深度过滤；

  第三，可以获得厂商提供的技术支持服务。

5.2.1 防火墙的功能

- 防火墙是执行访问控制策略的系统，它通过监测和控制网络之间的信息交换和访问行为来实现对网络安全的有效管理。

- 防火墙遵循的是一种允许或禁止业务来往的网络通信安全机制，也就是提供可控的过滤网络通信，**只允许授权的通信**。因此，**对数据和访问的控制、对网络活动的记录，是防火墙的基本功能**。

(1) 访问控制功能

- 这是**防火墙最基本和最重要的功能，通过禁止或允许特定用户访问特定资源，保护内部网络的资源和数据**。

- 防火墙配置在企业网络与Internet的连接处，是任何信息进出网络的必经之处，它保护的是整个企业网络，因此可以集中执行强制性的信息安全策略，可以根据安全策略的要求对网络数据进行不同深度的监测，允许或禁止数据的出入。这种**集中的强制访问控制简化了管理，提高了效率**。

(2) 内容控制功能

- 防火墙可以防止非法用户进入内部网络，也能禁止内网用户访问外网的不安全服务（比如恶意网站），这样就能有效地防止邮件炸弹、蠕虫病毒、宏病毒等攻击。
- 如果发现某个服务存在安全漏洞，则可以用防火墙关闭相应的服务端口号，从而禁用了不安全的服务。
- 如果在应用层进行过滤，还可以过滤不良信息传入内网。比如，过滤色情、暴力信息的传播。

(3) 日志功能

- 记录通过防火墙的信息内容和活动。

- 防火墙系统能够对所有的访问进行日志记录。日志是对一些可能的攻击进行分析和防范的十分重要的信息。
- 另外，防火墙系统也能够对正常的网络使用情况做出统计。通过对统计结果的分析，可以使网络资源得到更好的使用。

告警和集中管理功能

(4) 对网络攻击的检测和告警

- 当发生可疑动作时，防火墙能进行适当的报警，并提供网络是否受到监测和攻击的详细信息。

(5) 集中管理功能

- 针对不同的网络情况和安全需要，指定不同的安全策略，在防火墙上集中实施，使用中还可能根据情况改变安全策略。
- 防火墙应该是易于集中管理的，便于管理员方便地实施安全策略。

其他功能

- 此外，防火墙还可能具有流量控制、网络地址转换(NAT)、虚拟专用网(VPN)等功能。
- 防火墙已经成为控制对网络系统访问的非常流行的方法。
- **任何关键性的服务器，都建议放在防火墙之后**。

5.2.2 防火墙的分类

(1) 按防火墙的使用范围分类

- 可分为**个人防火墙**和**网络防火墙**

① 个人防火墙保护一台计算机，一般提供简单的**包过滤**功能，通常内置在操作系统或随杀毒软件提供。

② 网络防火墙保护一个网络中的所有主机，布置在内网与外网的连接处，通常由路由器提供或使用专业的防火墙。

(2) 根据防火墙在网络协议栈中的过滤层次分类

- 根据防火墙在网络协议栈中的过滤层次不同，可以把防火墙分为三类：
  - 包过滤防火墙
  - 电路级网关防火墙
  - 应用级网关防火墙(代理防火墙)

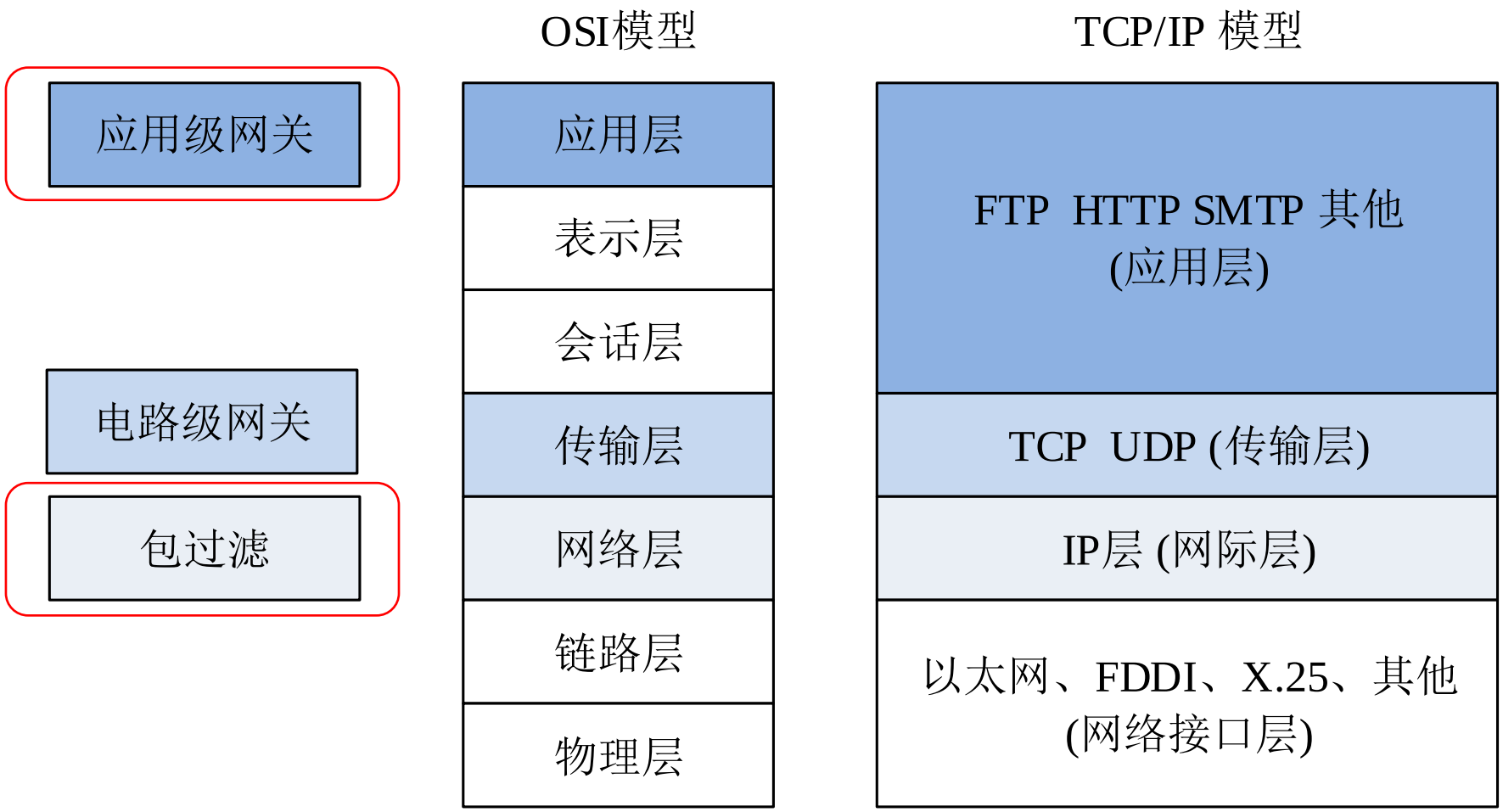

OSI模型
TCP/IP 模型
应用级网关
电路级网关
包过滤
应用层
表示层
会话层
传输层
网络层
链路层
物理层
FTP HTTP SMTP 其他
(应用层)
TCP UDP (传输层)
IP层 (网际层)
以太网、FDDI、X.25、其他
(网络接口层)

图5 - 2 防火墙示意图

按协议过滤层次分类

- **包过滤防火墙**主要根据网络层的信息进行控制，**电路级网关防火墙**主要根据传输层的协议信息进行过滤，**应用级网关防火墙**主要根据应用层协议的信息进行过滤。

- 一般而言，防火墙的工作层次越高，则其能获得的信息就越丰富，提供的安全保护等级也就越高，但是由于其需要分析更多的内容，其速度也就越慢。

- 由于电路级网关防火墙很少单独存在，一般作为代理防火墙的一个模块存在，因此我们只介绍包过滤防火墙和代理防火墙。

(3) 按防火墙的发展沿革(历史)分类

- 第一代防火墙
- 第二代防火墙
- 第三代防火墙
- 第四代防火墙
- 第五代防火墙

第一、二代防火墙

第一代防火墙

- **第一代防火墙始于1985年前后**，它几乎与路由器同时出现，由Cisco的IOS软件公司研制。这一代防火墙称为**包过滤防火墙**。
- 直到1988年，DEC公司的Jeff Mogul根据自己的研究，才发表了第一篇描述有关包过滤防火墙过滤过程的文章。

第二代防火墙

- **在1989—1990年前后**，AT&T贝尔实验室的Dave Presotto和Howard Tfickey率先提出了**基于电路中继的第二代防火墙**结构，此类防火墙被称为**电路级网关防火墙**。但是，他们既没有发表描述这一结构的任何文章，也没有发布基于这一结构的任何产品。

第三代防火墙

- **第三代防火墙结构是在20世纪80年代末和20世纪90年代初**由Purdue University的Gene Spafford，AT&T贝尔实验室的Bill Cheswick和Marcus Ranum分别研究和开发。这一代防火墙被称为**应用级网关防火墙**。

- 在1991年，Ranum的文章引起了人们的广泛关注。此类防火墙采用了**在堡垒主机运行代理服务**的结构。根据这一研究成果，DEC公司推出了第一个商用产品SEAL。

第四代防火墙

- 大约在1991年，Bill Cheswick和Steve Bellovin开始了对**动态包过滤防火墙**的研究。
- 1992年，在USC信息科学学院工作的Bob Braden和Annette DeSchon开始研究用于“Visas”系统的动态包过滤防火墙，后来它演变为目前的**状态检测防火墙**。
- **1994年**，以色列的Check Point Software公司推出了基于**第四代结构**的第一个商用产品。

第五代防火墙

- 关于第五代防火墙，目前尚未有统一的说法，关键在于目前还没有出现获得广泛认可的新技术。

① 一种观点认为，在1996年由Global Internet Software Group公司的首席科学家Scott Wiegel开始启动的**内核代理结构**(Kernel Proxy Architecture)研究计划**属于第五代防火墙**；

② 还有一种观点认为，在1998年由NAI公司推出的**自适应代理**(Adaptive Proxy)技术给代理类型的防火墙赋予了全新的意义，可以称之为**第五代防火墙**。

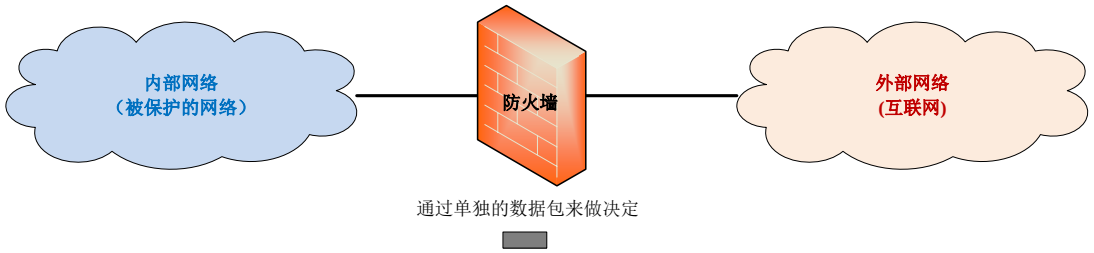
- 现在的防火墙属于第5代，向高速度、多功能融合方向发展。

5.3 包过滤防火墙

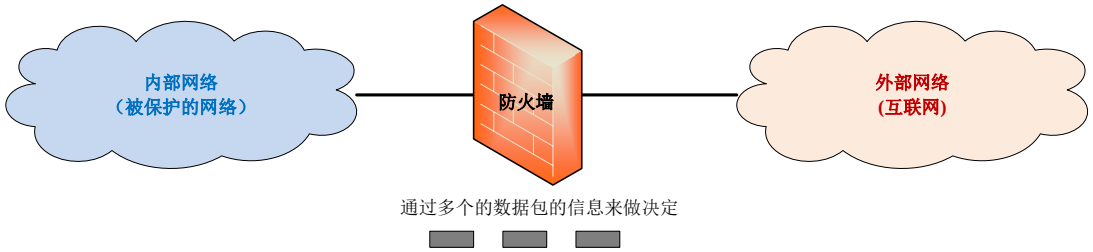
- 包过滤防火墙也称为**分组过滤**防火墙，是最早出现的防火墙，几乎与路由器同时出现，最初是作为路由器的一个过滤模块来实现的。
- 目前的路由器均集成了简单的包过滤功能。由于可以直接使用路由器软件的过滤功能，无须购买专门的设备，因此可以减少投资。
- 包过滤**工作在IP层（网络层）**，也用到了传输层的协议端口号等信息。根据访问控制策略的实现机制的不同，又可以分为**静态包过滤**和**动态包过滤**。
- 注：
  - 静态包过滤防火墙也称为**数据包过滤器（防火墙）**
  - 动态包过滤防火墙也称为**状态（检测）防火墙**

数据包过滤器与状态防火墙

- 数据包过滤器**通过数据包的头部信息来判断是接受还是拒绝数据包**，它并不查看数据包载荷中的应用数据。这种防火墙检查流经它的每个数据包，根据数据包本身所带的信息决定它的去留，而不用参考其他数据包的内容。
- 状态防火墙会**通过对流经的数据包的分析查找通信中的数据流，根据数据流的信息来帮助判断是否让数据包通行**。数据流提供了数据包的上下文。状态防火墙有时还会检测一些常用协议的应用数据（虽然可以检测的数据量是有限的），通过这些数据来识别和跟踪相关的数据流。



(a) 数据包过滤器



(b) 状态防火墙

包过滤防火墙

- 网络管理员首先根据企业的**安全策略**定义一组*访问控制规则*，然后防火墙在内存中建立一张与访问控制规则对应的*访问控制列表*。
- 对于每个数据包，如果在访问控制列表中有对应的项，则防火墙按规则的要求允许或拒绝数据包的通过，否则应用**“默认规则”**。
- “默认规则”有两种，即**“默认丢弃”**或**“默认允许”**。
  - “默认丢弃”是指如果没有对应的规则，则丢弃数据包；
  - “默认允许”是指如果没有对应的规则，则允许数据包通过。
  - 显然，“默认丢弃”更有利于企业网的安全防护。

5.3.1 静态包过滤防火墙

- 静态包过滤防火墙的**访问控制列表**在运行过程中是**不会动态变化**的，其过滤规则只利用了IP与TCP/UDP报头中的几个字段，只适合一些对安全要求不高的场合，其访问控制规则的配置比较复杂，**对于某些需要打开动态端口的应用，很难定义合适的规则**。
- 对数据包的处理过程：

  (1)接收每个到达的数据包。

  (2)对数据包**按序匹配过滤规则**，对数据包的IP头和传输字段内容进行检查。如果数据包的头信息与一组规则匹配，则根据该规则确定是转发还是丢弃该数据包。

  (3)如果没有规则与数据包头信息匹配，则对数据包施加默认规则。

静态包过滤防火墙的优点

- 静态包过滤防火墙仅检查当前的数据包，是否允许通过的**判决仅依赖于当前数据包**的内容，检查的内容包括如下几部分：**①源IP地址；②目的IP地址；③应用或协议号；④源端口号；⑤目的端口号**。因此，对数据包的检测是**孤立的、无状态**的。
- 静态包过滤防火墙的优点如下：
  (1)对网络性能的影响较小；
  (2)成本较低；
  (3)对用户透明。

静态包过滤防火墙的缺点

- **(1) 安全性较低**
- **(2) 缺少状态感知能力**
- **(3) 容易遭受IP欺骗攻击**
- **(4) 创建访问控制规则比较困难**
  - 需要认真地分析和研究一个组织机构的安全策略;
  - 必须严格区分访问控制规则的先后次序。

5.3.2 动态包过滤防火墙

- 由于静态包过滤防火墙的访问控制表是固定的，这就很难应用于需要打开动态端口的一些网络服务，比如ftp协议。由于事先不知道需要打开哪些端口，这种情况下如果必须采用原始的静态包过滤技术的话就要将所有可能用到的端口都打开，即只能过滤IP地址，无法限制端口，这就带来了风险。
- 解决这一问题的方法是使用动态包过滤技术，它可以根据网络当前的状态检查数据包，即根据当前所交换的信息动态调整过滤规则表。
- 动态包过滤技术能够通过检查**应用程序信息**以及**连接信息**，来判断某个端口是否需要临时打开。当传输结束时，端口又可以马上恢复为关闭状态。

动态包过滤防火墙的工作原理

1. 首先检测每一个**有效连接的状态**，并根据这些信息决定网络的数据包是否能够通过防火墙。
2. 然后通过从协议栈低层截取数据包，并将当前数据包及其状态信息和其前一时刻的数据包及其状态信息进行比较，从而得到该数据包的控制信息。
3. 接下来，**动态包过滤**模块就开始截获、分析并处理所有试图通过防火墙的数据包，以保证网络的高度安全和数据完整。
   - 由于网络和各种应用的通信状态可以被动态存储到动态状态表中，结合预定义好的规则，动态包过滤模块就可以识别出不同应用的服务类型，同时还可以通过以前的通信及其他应用程序分析出目前这个连接的状态信息。

动态包过滤防火墙的工作原理

4. 再接下来检验IP 地址、端口以及其他需要的信息以便决定该通信包是否满足安全策略。
5. 最后它还把会相关的状态和状态之间的关联信息存储到动态连接表中以随时更新其中的数据。通过这些数据，动态包过滤模块就可以观测到后继的通信信息。

- 由于动态包过滤技术对应用程序透明，不需要针对每个服务设置单独的代理，从而使其具有更高的安全性和更好的伸缩性及扩展性。

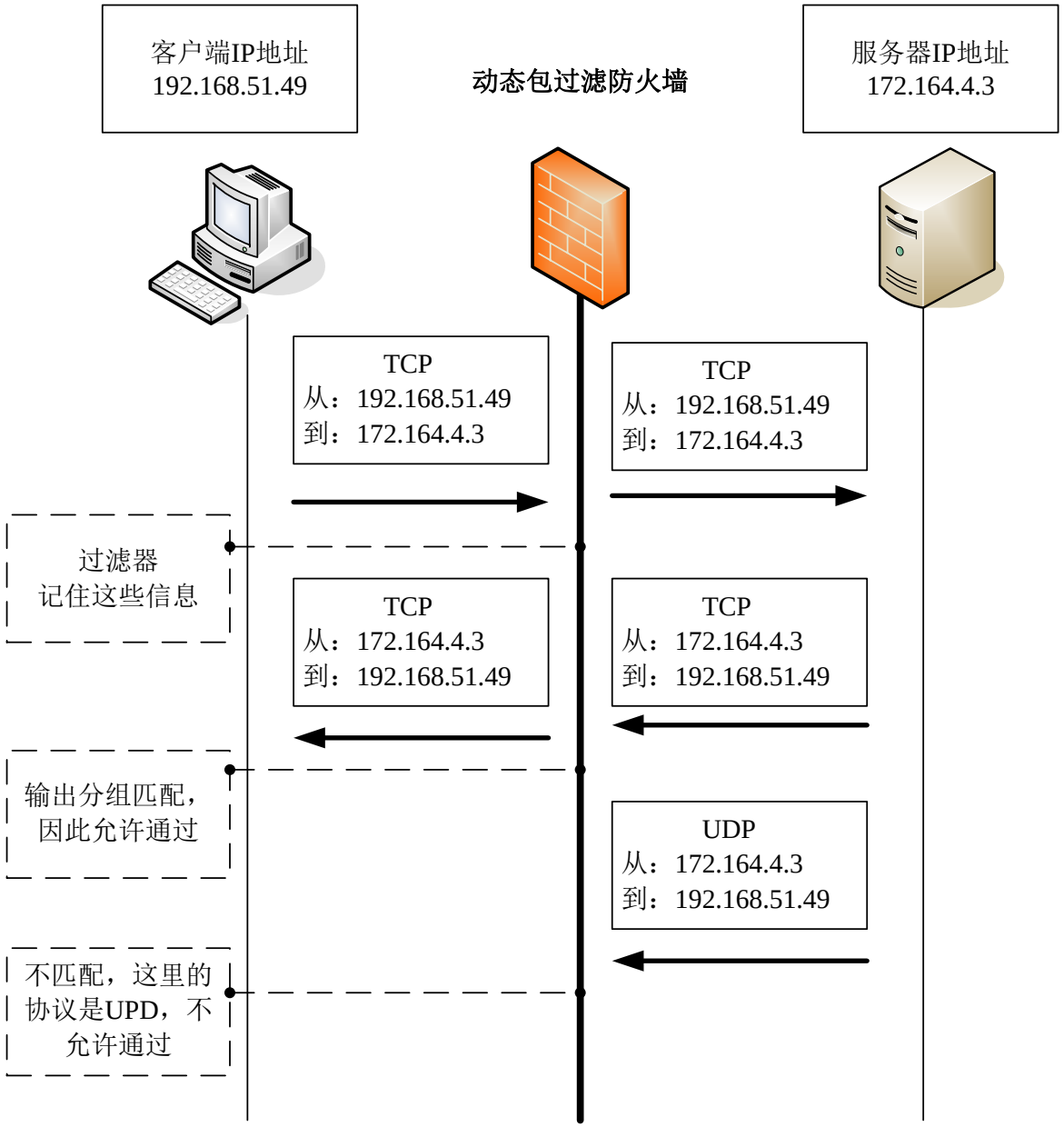
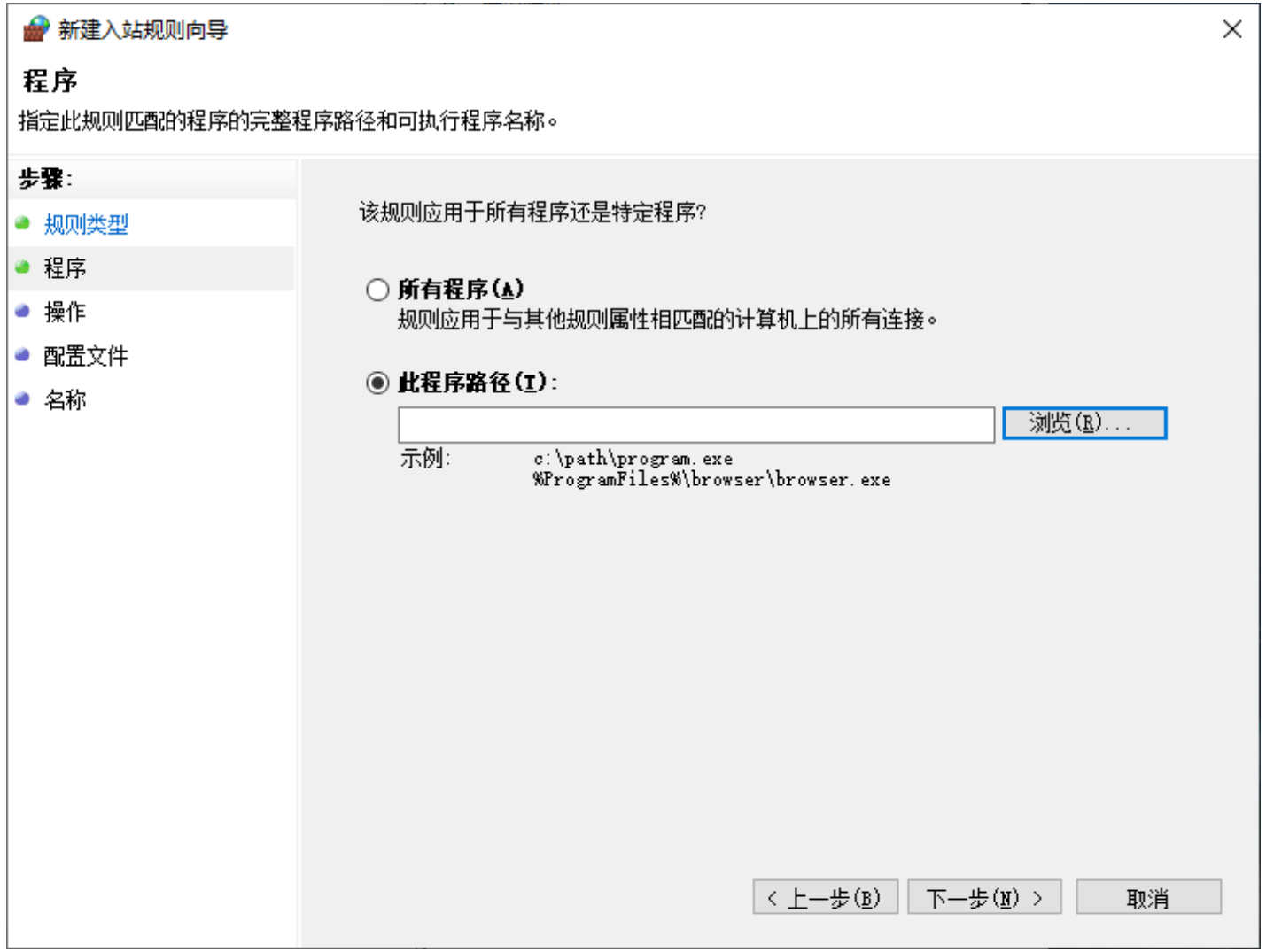
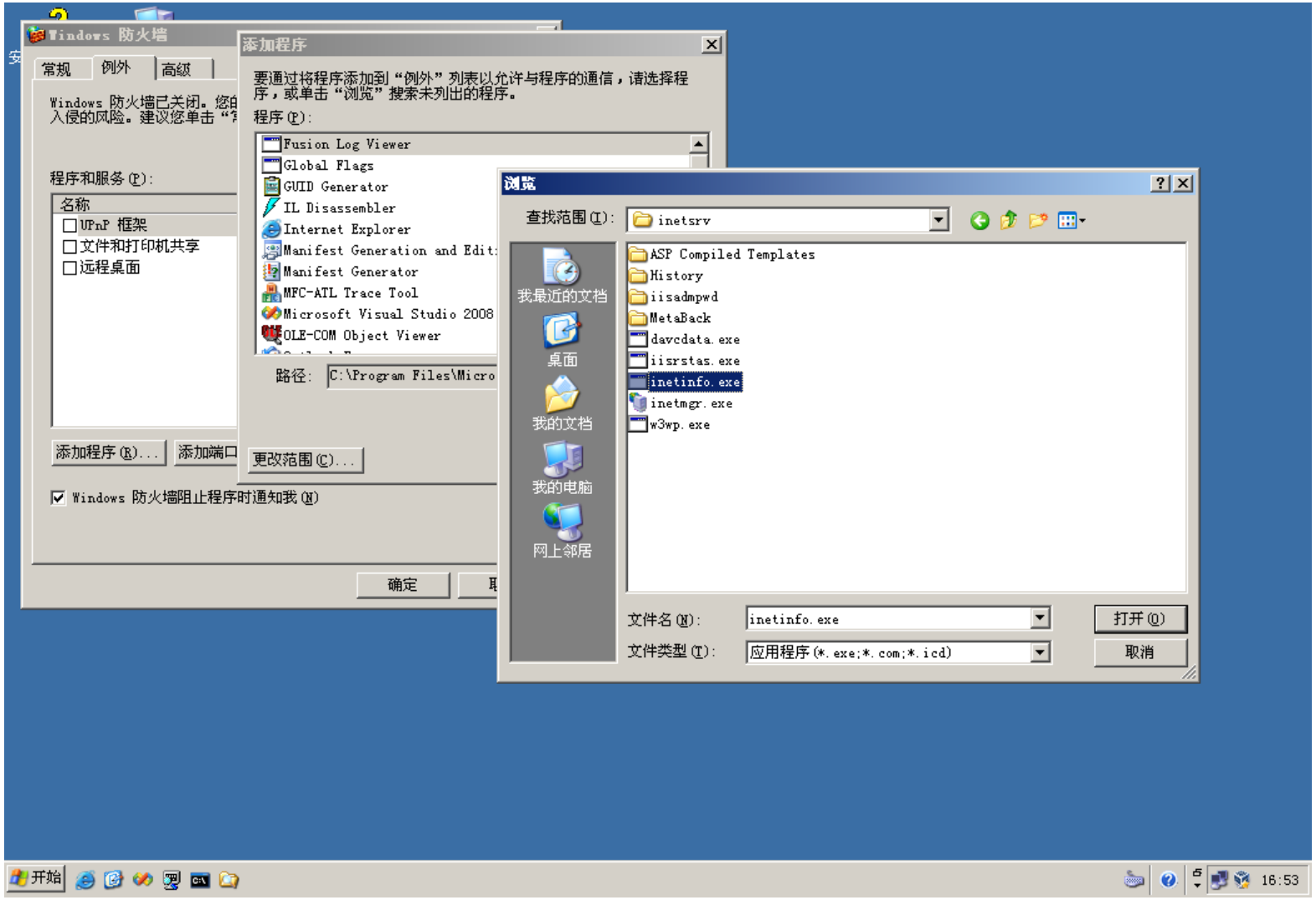


图5 - 4 动态包过滤的工作过程

动态包过滤：Windows10基于程序的过滤



动态包过滤： Windows 2003基于程序的过滤



动态包过滤防火墙的优点

(1) 高安全性

- 动态包过滤防火墙的安全性优于静态包过滤防火墙。
- 由于具有“状态感知”能力，所以防火墙可以区分连接的发起方与接收方，也可以通过检查数据包的状态阻断一些攻击行为。
- 与此同时，对于不确定端口的协议数据包，防火墙也可以通过分析打开相应的端口。防火墙所具备的这些能力使其安全性有了很大的提升。

(2) 高性能

- 动态包过滤防火墙的“状态感知”能力也使其性能得到了显著提高。
- 由于防火墙在连接建立后保存了连接状态，当后续数据包通过防火墙时，不再需要烦琐的规则匹配过程，这就减少了访问控制规则数量增加对防火墙性能造成的影响，因此其性能比静态包过滤防火墙好很多。

(3) 伸缩性和易扩展性

- 动态包过滤防火墙不像代理防火墙那样，每一个应用对应一个服务程序，这样所能提供的服务是有限的，而且当增加一个新的服务时，必须为新的服务开发相应的服务程序，这样系统的可伸缩性和可扩展性降低。

- 动态包过滤防火墙不区分每个具体的应用，只是根据从数据包中提取的信息、对应的安全策略及过滤规则处理数据包，当有一个新的应用时，它能动态产生新的应用的规则，而不用另外写代码，因此，具有很好的伸缩性和扩展性。

(4) 针对性

- 它能对特定类型的数据包中的数据进行检测。
- 由于在常用协议中存在着大量众所周知的漏洞，其中一部分漏洞来源于一些可知的命令和请求等，因而利用状态包检查防火墙的检测特性使得它能够通过检测数据包中的数据来判断是否是非法访问命令。

(5) 应用范围广

- 动态包过滤防火墙不仅支持基于TCP的应用，而且支持基于无连接协议的应用，如RPC和基于UDP的应用（DNS、WAIS和NFS等）。对于无连接的协议，**静态包过滤**防火墙和**应用代理**对此类应用要么不支持，要么开放一个大范围的UDP端口，这样暴露了内部网，降低了安全性。

- 动态包过滤防火墙对基于UDP应用安全的实现是通过在UDP通信之上保持一个虚拟连接来实现的。防火墙保存通过网关的每一个连接的状态信息，允许穿过防火墙的UDP请求包被记录，当UDP包在相反方向上通过时，依据连接状态表确定该UDP包是否是被授权的，若已被授权，则通过，否则拒绝。

动态包过滤防火墙的缺点

(1)由于没有对数据包的**净荷**部分进行过滤，因此仍然**只具有较低的安全性**。

(2)容易遭受IP地址欺骗攻击。

(3)难于创建规则，管理员创建规则时必须要考虑规则的先后次序。

(4)如果动态包过滤防火墙在连接建立时没有遵循RFC建议的三步握手协议，就会引入额外的风险：如果防火墙在连接建立时仅使用两次握手，很可能导致防火墙在DoS/DDoS攻击时因耗尽所有资源而停止响应。

5.4 应用级网关防火墙

- 应用级网关防火墙也称为代理防火墙，是实现内容过滤的主要技术之一。
- 应用级网关防火墙针对每一种应用软件，均由对应的代理软件对其网络载荷进行分析和过滤。因此，**代理是特定于应用的**。
- 目前常用的有http代理、ftp代理、email代理等。
- 应用代理包括客户代理和服务器代理，如图5-5所示。

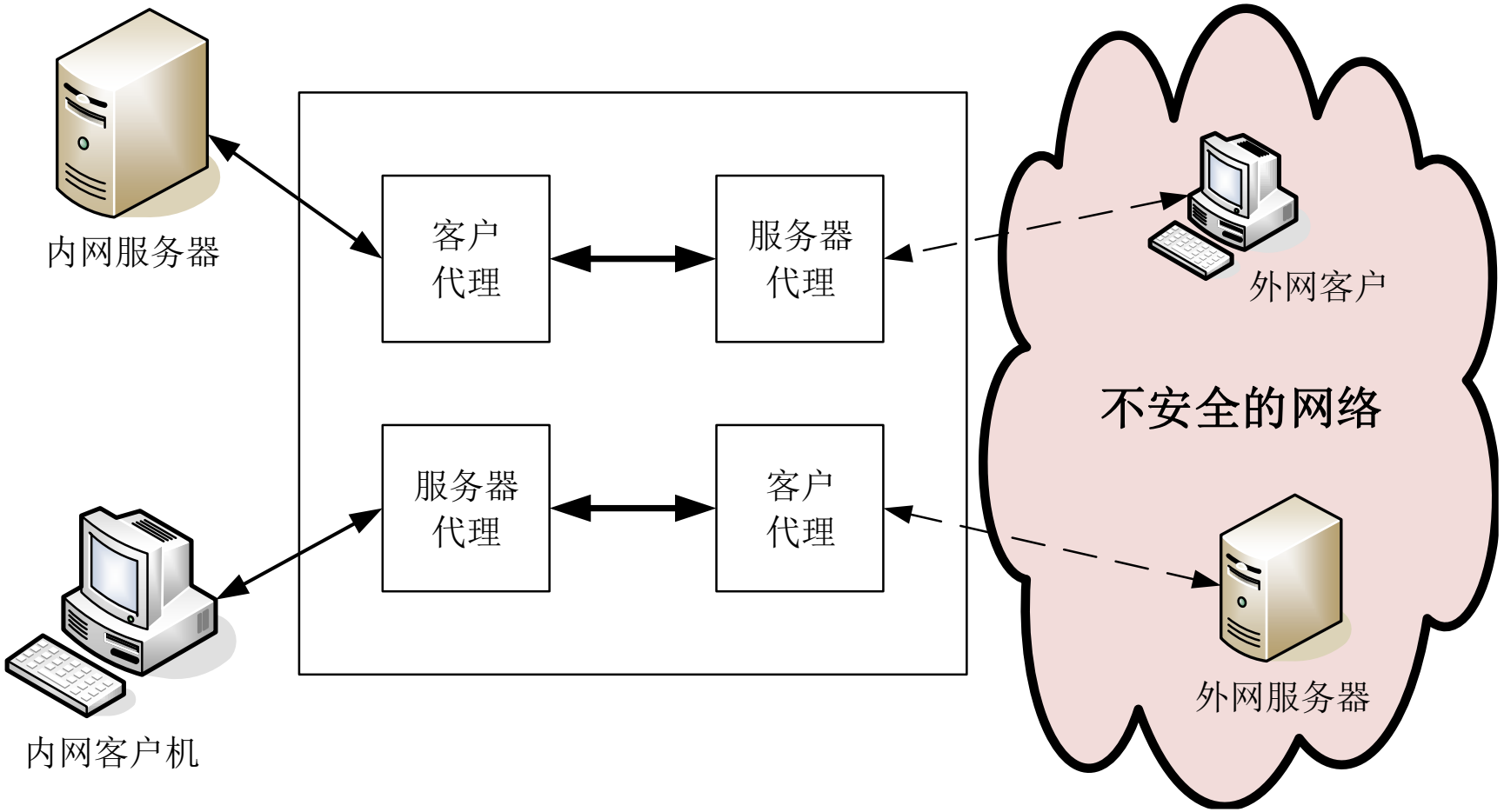


图5 - 5 代理防火墙的逻辑结构

应用级网关

- 应用级网关截获进出网络的数据包，对数据包的内容进行检查，如果符合所制定的安全规则，则允许数据通过；否则根据安全策略的要求进行处理。比如：可以直接丢弃数据包，也可以删除数据包的不良内容，将改变的数据包传递到通信的另一端。
- **由于应用代理避免了服务器和客户机之间的直接连接，其安全性是最高的。**
- 虽然应用级网关防火墙具有很高的安全性，但是它有一个固有的缺点，那就是**缺乏透明性，即你所看到的未必是原来的信息**。
- 此外，缺乏对新应用、新协议的支持也成了制约应用级网关发展的主要障碍。由于各种应用软件的升级很快，应用代理要跟上应用软件的升级速度是很难的，这就制约了代理防火墙的广泛使用。

应用级网关的主要优点

(1) 在已有的安全模型中安全性较高。

- 由于工作于应用层，因此应用级网关防火墙的安全性取决于厂商的设计方案。应用级网关防火墙完全可以对服务(如HTTP、FTP等)的命令字过滤，也可以实现内容过滤，甚至可以进行病毒的过滤。

(2) 具有强大的认证功能。

- 由于应用级网关在应用层实现认证，因此它可以实现的认证方式比电路级网关要丰富得多。

应用级网关的主要优点

(3) 具有超强的日志功能。

- 包过滤防火墙的日志仅能记录时间、地址、协议、端口，而应用级网关的日志要明确得多。例如，应用级网关可以记录用户通过HTTP访问了哪些网站页面、通过FTP上传或下载了什么文件、通过SMTP给谁发送了邮件，甚至邮件的主题、附件等信息，都可以作为日志的内容。

(4) 应用级网关防火墙的规则配置比较简单。

- 由于应用代理必须针对不同的协议实现过滤，所以管理员在配置应用级网关时关注的重点就是应用服务，而不必像配置包过滤防火墙一样还要考虑规则顺序的问题。

应用级网关的主要缺点

(1) 灵活性很差。

- 对每一种应用都需要设置一个代理。
- 在实际工作中，应用级网关防火墙中集成了电路级网关或包过滤防火墙，以满足人们对灵活性的需求。

(2) 配置烦琐，增加了管理员的工作量。

- 各种应用代理的设置方法不同。
- 当网络规模达到一定程度的时候，其工作量很大。

(3) 性能不高，有可能成为网络的瓶颈。

- 目前，应用级网关的性能依然远远无法满足大型网络的需求，一旦超负荷，就有可能发生停机，从而导致整个网络中断。

5.5 防火墙的典型部署

- 防火墙有三种典型的部署模式：屏蔽主机模式、双宿/多宿主机模式和屏蔽子网模式。在这些部署中，堡垒主机都承担了重要的作用。

- **堡垒主机(Bastion Host)**是一种配置了较为全面的安全防范措施的网络上的计算机，它为网络间的通信提供了一个阻塞点。

- 通常堡垒主机可以用作**应用级和电路级网关**的平台，是一个组织机构**网络安全的中心主机**。

堡垒主机(Bastion Host)的特征

- (1)堡垒主机硬件平台运行较为安全的操作系统，成为可信任的系统。
- (2)只有网络管理员认为必要的服务(代理和用户认证等)才会安装在堡垒主机上。
- (3)当允许一个用户访问代理服务时，堡垒主机可能会要求进行额外认证。另外，每一个代理服务都可能需要相应的鉴别机制(Authentication)。
- (4)每一个代理都只能支持标准应用服务命令集中的一个子集。
- (5)每一个代理只允许访问指定主机的通信，支持对通信进行详细的审计。

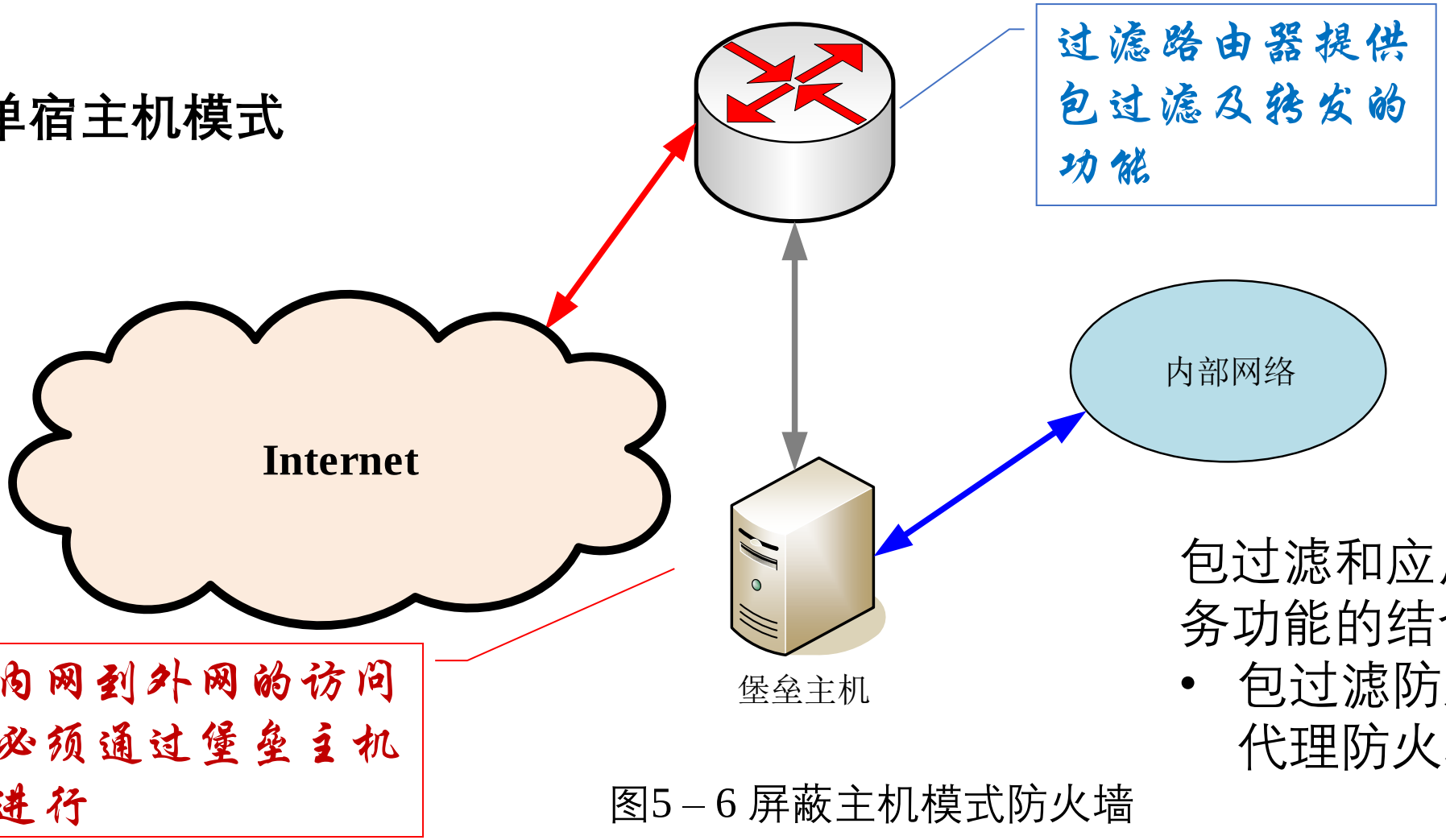
堡垒主机(Bastion Host)的特征

- (6)每一个代理模块都是一个为网络安全设计的一个很小的软件包。
- (7)代理之间相互独立。
- (8)代理通常无需进行磁盘访问，不需要读取初始配置文件。这使得入侵者很难在主机上安装Trojan horse、sniffers或其他危险的文件。
- (9)堡垒主机是一个组织机构网络安全的中心主机。

- 因为堡垒主机对网络安全至关重要，对它必须进行完善的防御。这就是说，堡垒主机是由网络管理员严密监视的。
- 堡垒主机软件和系统的安全情况应该定期地进行审查。对访问记录应进行查看，以防潜在的安全漏洞和对堡垒主机的试探性攻击。

5.5.1 屏蔽主机模式防火墙

也称为**单宿主机模式**



包过滤和应用代理服务功能的结合。

- 包过滤防火墙+应用代理防火墙

图5 – 6 屏蔽主机模式防火墙

屏蔽主机模式防火墙

- 堡垒主机担任了身份鉴别和代理服务的功能。这样的配置比单独使用包过滤防火墙或应用层防火墙更加安全。

➢首先，这种配置能够实现数据包级过滤和应用级过滤，在定义安全策略时有相当的灵活性。

➢其次，在入侵者威胁到内部网络的安全以前，必须能够“穿透”两个独立的系统（包过滤路由器和堡垒主机）。同时，这种配置在对Internet进行直接访问时，有更大的灵活性。例如，内部网络中有一个公共信息服务器，如Web服务器（在高级别的安全中是不需要的），这时，可以配置路由器允许网络流量在信息服务器和Internet之间传输。

➢单宿主机模式存在一个缺陷：一旦过滤路由器遭到破坏，堡垒主机就可能被越过，使得内部网络完全暴露。

5.5.2 双宿/多宿主机模式防火墙

- 双宿/多宿主机模式防火墙(Dual-homed/Multi-Homed Firewall)，又称为双宿／多宿网关防火墙。它是一种拥有两个或多个连接到不同网络上的网络接口的防火墙。通常用一台装有两块或多块网卡的堡垒主机作为防火墙，每块网卡各自与受保护网络和外部网连接。
- 其体系结构如图5-7所示。

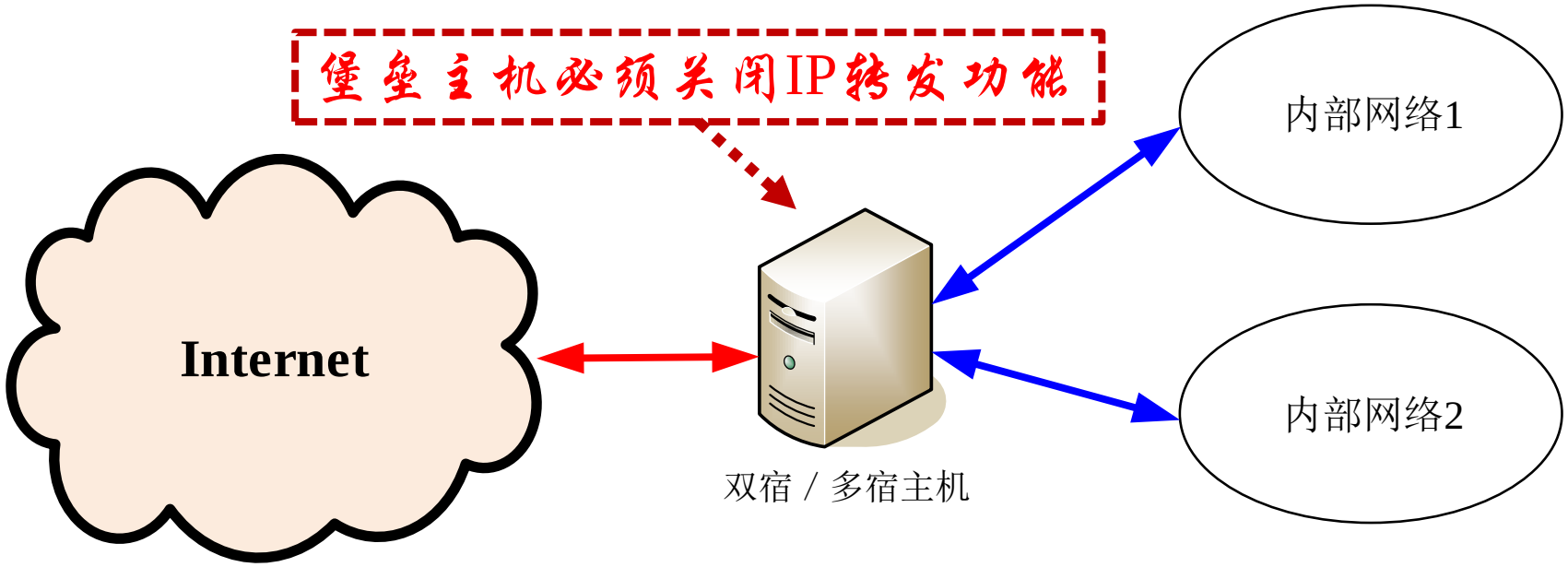


图5 - 7 双宿/多宿主机模式防火墙

双宿/多宿主机模式防火墙

- 该模式下，**堡垒主机必须关闭IP转发功能**，其网关功能是通过提供代理服务而不是通过IP转发来实现的。显然只有特定类型的协议请求才能被代理服务处理。于是，网关采用了“缺省拒绝”策略以得到很高的安全性。
- 这种体系结构的防火墙简单明了，易于实现，成本低，能够为内外网提供检测、认证、日志等功能。
- 但是这种结构也存在弱点，**一旦黑客侵入了堡垒主机并打开其IP转发功能，则任何网上用户均可随意访问内部网络。**因此，双宿/多宿网关防火墙对不可信任的外部主机的访问必须进行严格的身份验证。

5.5.3 屏蔽子网模式防火墙

- 与前面几种配置模式相比，屏蔽子网模式防火墙(Screened Subnet Mode Firewall)是最为安全的一种配置模式。
- 它采用了两个包过滤路由器：一个位于堡垒主机和外部网络(Internet)之间；另一个位于堡垒主机和内部网络之间。
- 该配置模式在内部网与外部网络之间建立了一个**被隔离的子网**，其体系结构如图5-8所示。

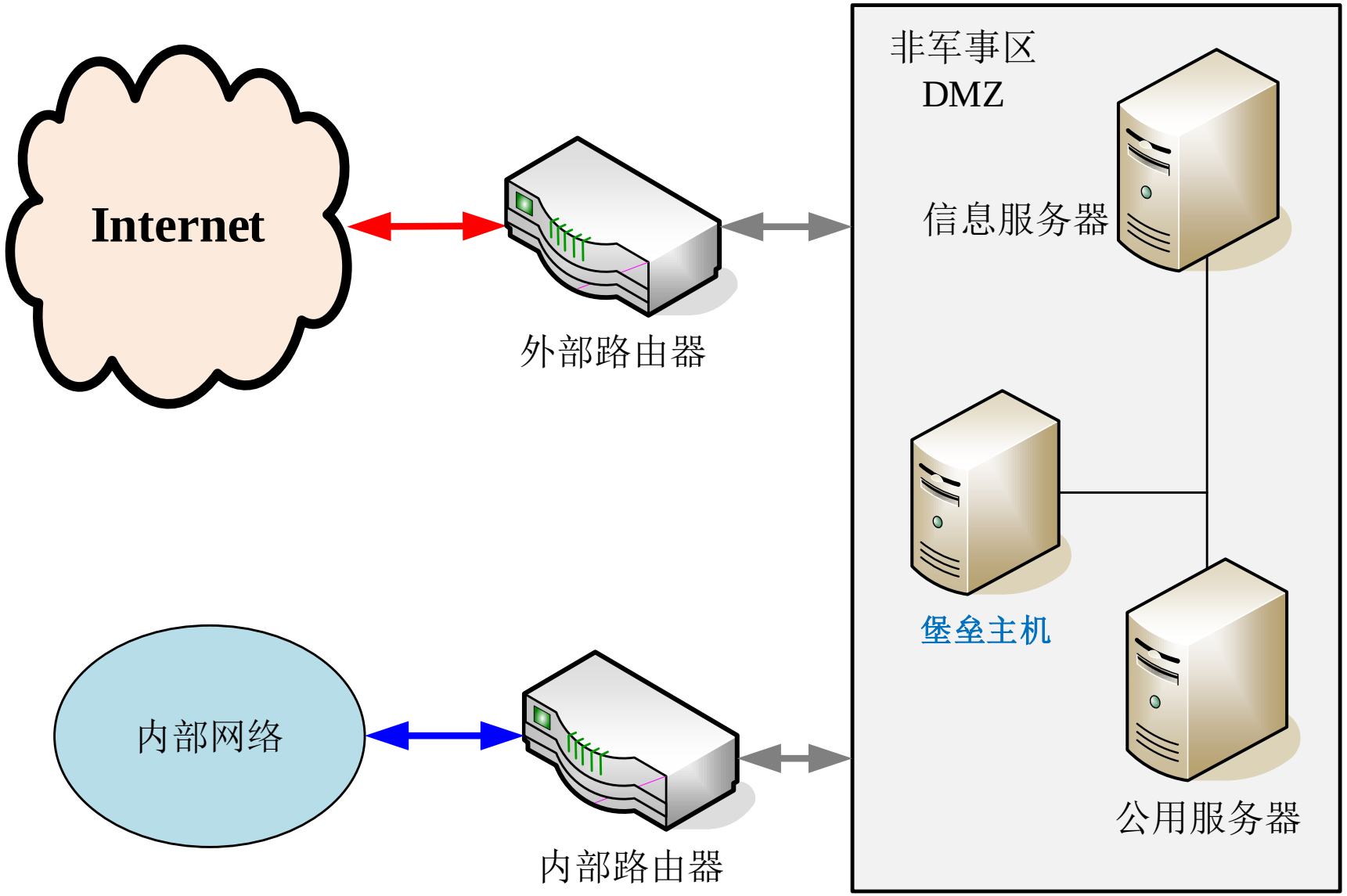


图5 - 8 屏蔽子网模式防火墙

屏蔽子网模式防火墙

- 周边防御网络是位于内部网络与外部网络之间的一个安全子网，分别和内外两个路由器相连。这个子网被定义为**“非军事区”(demilitarized zone)**网络，这一网络所受到的威胁不会影响到内部网络，网络管理员可以将堡垒主机、Web服务器、E-mail服务器等公用服务器放在非军事区网络中，将重要的数据放在内部网服务器上。
- 内部网络和外部网络均可访问屏蔽子网，但禁止它们穿过屏蔽子网通信。在这一配置中，内网增加了一台内部包过滤路由器，该路由器与外部路由器的过滤规则完全不同，它只允许源于堡垒主机的数据包进入。
- 这种防火墙安全性好，但成本高。即使外部路由器和堡垒主机被入侵者控制，内部网络仍受到内部包过滤路由器的保护。

5.6 防火墙的配置

- Linux系统免费且源代码开源，在构建企业级的信息系统中得到了极为广泛的应用，尤其是服务器大多使用Linux系统。

- Linux系统下的防火墙最初用**iptables**进行配置，比较复杂，对管理员的要求较高。iptables在5.7节进行简要介绍。
- 为了提高防火墙的易用性，使之适合普通用户，近年来Linux系统的各个发行版均提供了优秀的配置工具，以简化防火墙的配置。

- 本节以Fedora linux和Ubuntu linux为例进行简要说明。

Fedora Linux系统提供了图形界面下的配置软件。

在终端下输入**firewall-config**则将打开配置界面。对于要开放的端口或服务标记“√”，如图5-9所示：

2020年新版本的Fedora 33系统提供了firewall-cmd命令管理防火墙。详见： https://firewalld.org/

图5 - 9 Fedora Linux防火墙配置工具

Ubuntu linux系统的防火墙

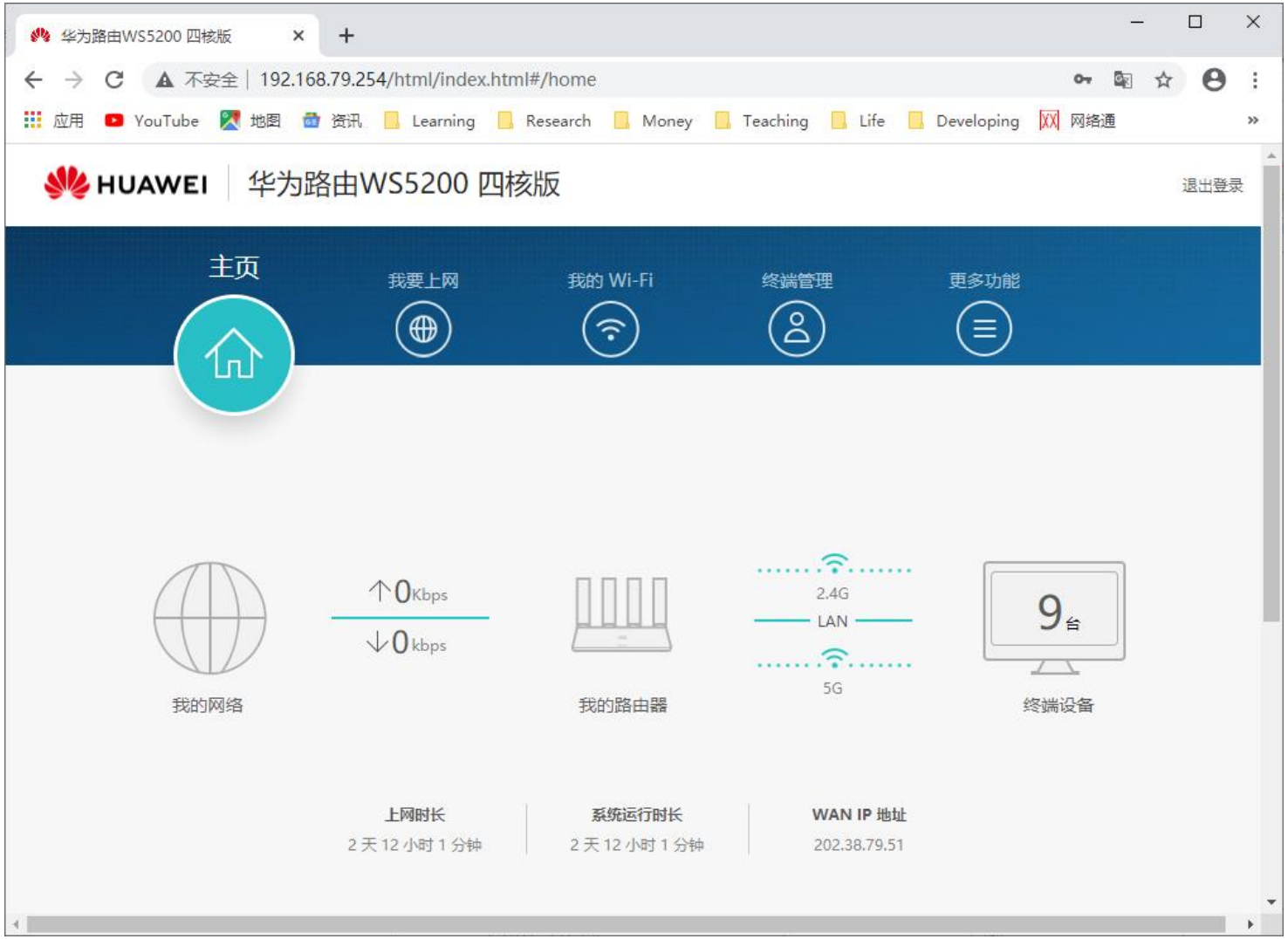
以管理员权限(**sudo**)用**ufw**命令配置防火墙

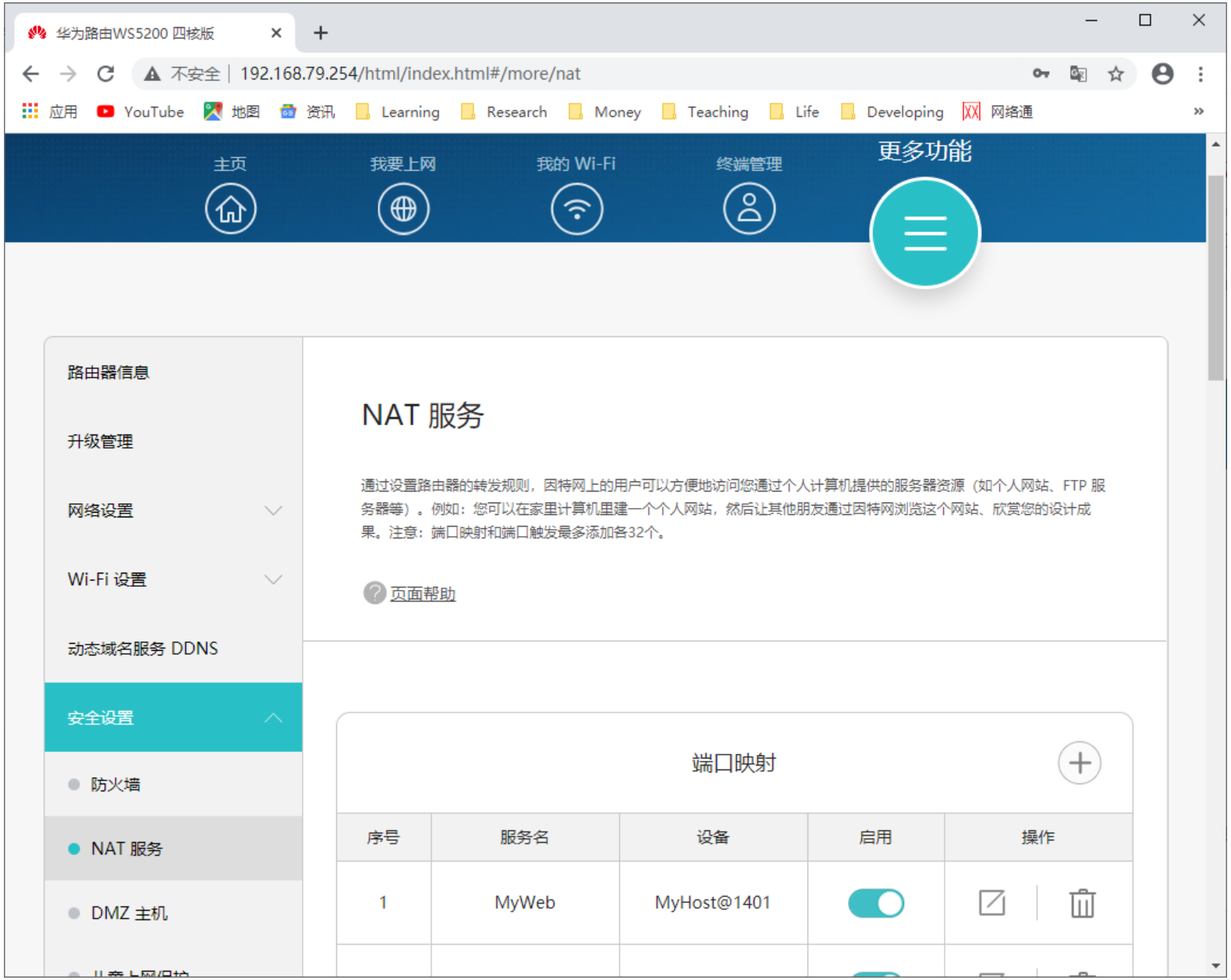
- 查看帮助： ufw -?
- 启动|关闭防火墙： ufw enable | disable
- 开放(关闭)某个端口： ufw allow (deny) port
- 开放(关闭)某个端口： ufw allow (deny) 50050
- 开放(关闭)某服务： ufw allow (deny) service
- 开放(关闭)某个端口： ufw allow (deny) ssh

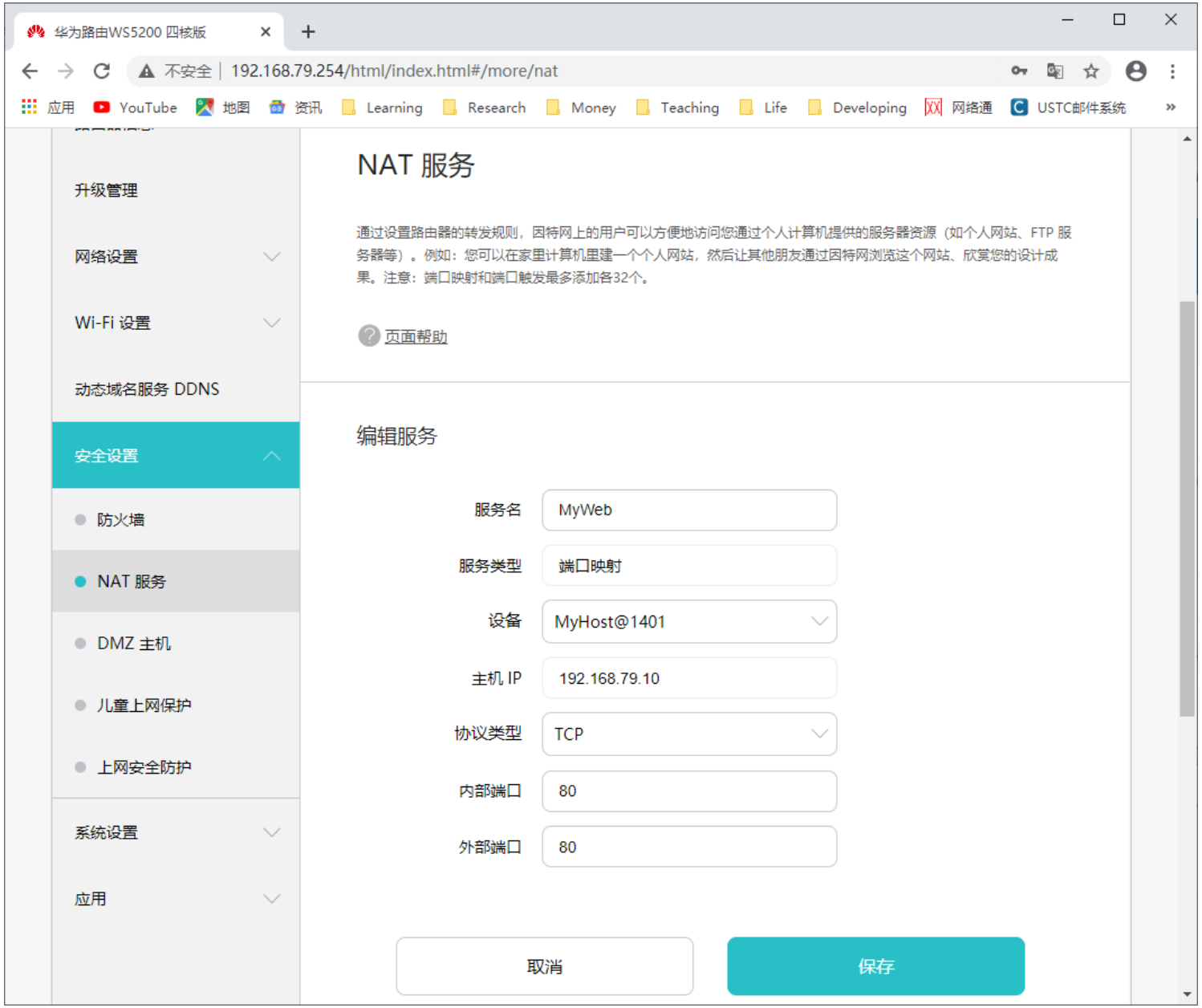
实例： ubuntu20.04的防火墙

Windows系统的防火墙(Windows安全中心)

无线路由器的防火墙(华为路由WS5200 四核版)




华为路由WS5200 四核版
不安全 | 192.168.79.254/html/index.html#/more/nat
应用 YouTube 地图 资讯 Learning Research Money Teaching Life Developing 网络通
主页
我要上网
我的 Wi-Fi
终端管理
更多功能
路由器信息
升级管理
网络设置
Wi-Fi 设置
动态域名服务 DDNS
安全设置
防火墙
NAT 服务
DMZ 主机
NAT 服务
通过设置路由器的转发规则，因特网上的用户可以方便地访问您通过个人计算机提供的服务器资源（如个人网站、FTP 服务器等）。例如：您可以在家里计算机里建一个个人网站，然后让其他朋友通过因特网浏览这个网站、欣赏您的设计成果。注意：端口映射和端口触发最多添加各32个。
页面帮助
端口映射
序号
服务名
设备
启用
操作
1
MyWeb
MyHost@1401


华为路由WS5200 四核版
不安全 | 192.168.79.254/html/index.html#/more/nat
应用 YouTube 地图 资讯 Learning Research Money Teaching Life Developing 网络通 USTC邮件系统
升级管理
网络设置
Wi-Fi 设置
动态域名服务 DDNS
安全设置
防火墙
NAT 服务
DMZ 主机
儿童上网保护
上网安全防护
系统设置
应用
NAT 服务
通过设置路由器的转发规则，因特网上的用户可以方便地访问您通过个人计算机提供的服务器资源（如个人网站、FTP 服务器等）。例如：您可以在家里计算机里建一个个人网站，然后让其他朋友通过因特网浏览这个网站、欣赏您的设计成果。注意：端口映射和端口触发最多添加各32个。
页面帮助
编辑服务
服务名 MyWeb
服务类型 端口映射
设备 MyHost@1401
主机 IP 192.168.79.10
协议类型 TCP
内部端口 80
外部端口 80
取消
保存

5.7 Linux中的iptables防火墙

- Linux自带有一个功能很强大的防火墙，基于Netfilter，这个防火墙叫作iptables。
- 严格来说，该防火墙在内核中的部分叫作xtables，而iptables是用户空间用来设置防火墙的程序。然而，iptables经常作为内核部分和用户空间部分两者的统称。

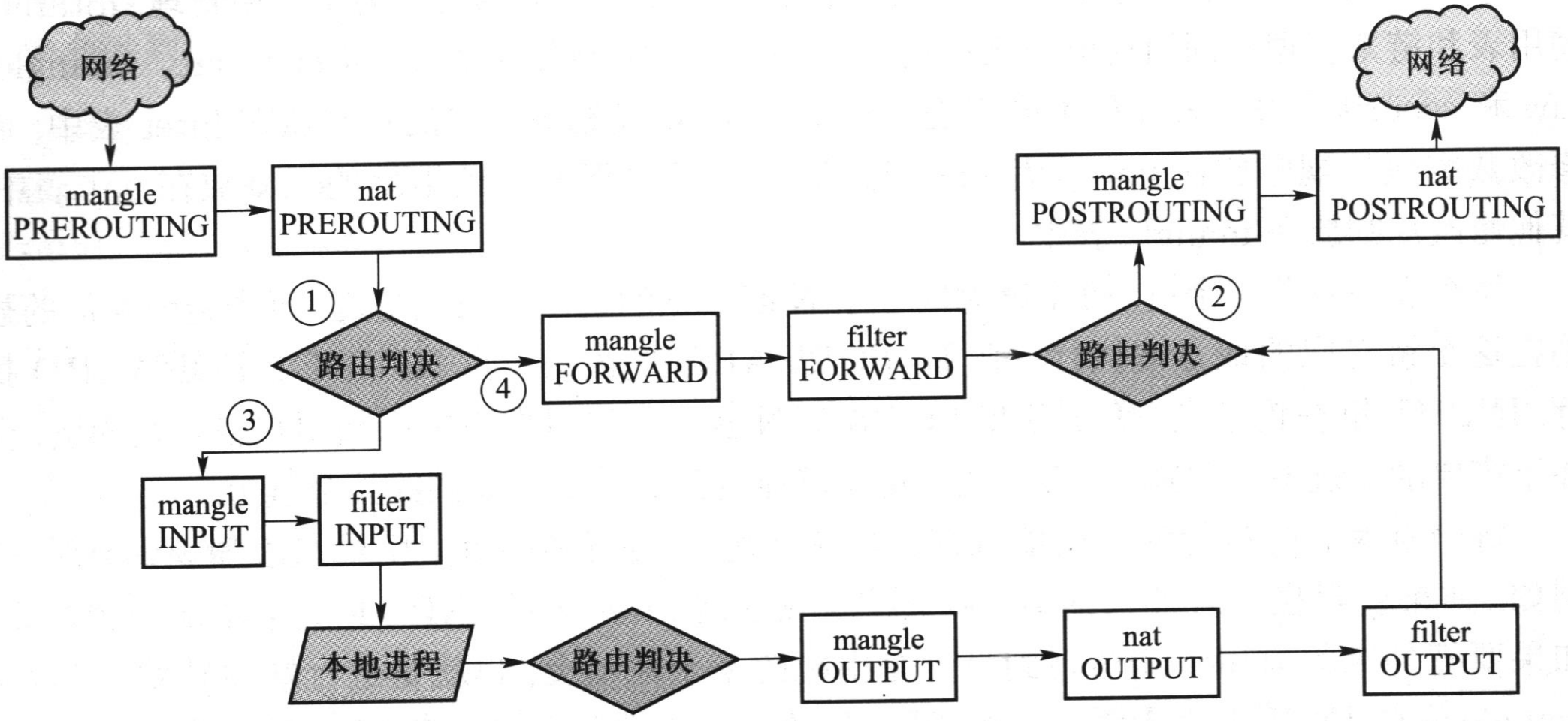
- 注：5.7和5.8内容来自于《计算机安全导论》，杜文亮著，2020年4月第1版，高等教育出版社。

iptables防火墙的结构

- iptables防火墙不仅可以用来过滤数据包，还可以修改数据包。
- 为了方便管理，iptables使用**表和链**来管理不同用途的防火墙规则。
- iptables主要有5个表：**filter**、**nat**、**mangle**、**raw和security**，每个表存放不同用途的规则。
  - 例如，过滤数据包的规则放在filter表中，而修改数据包的规则放在nat或者mangle表中；只修改源和目的地址的规则放在nat表中，其他修改规则放在mangle表中。
- 每个表中有若干个链，每个链对应一个Netfilter的钩子，每个链保存待执行的防火墙规则。

表	链	用途
filter	INPUT FORWARD OUTPUT	数据包过滤
nat	PREROUTING INPUT OUTPUT POSTROUTING	修改数据包的源和目标地址
mangle	PREROUTING INPUT FORWARD OUTPUT POSTROUTING	修改数据包的内容

遍历链和规则匹配


网络
mangle PREROUTING
nat PREROUTING
1
路由判决
4
mangle FORWARD
filter FORWARD
路由判决
2
mangle POSTROUTING
nat POSTROUTING
网络
3
mangle INPUT
filter INPUT
本地进程
路由判决
mangle OUTPUT
nat OUTPUT
filter OUTPUT

一个例子

- 假设要使所有数据包的生存时间(time to live，TTL)增大5，因为需要改变数据包，选择向mangle表中添加一条规则。这个表有Netfilter提供的所有链，这里选择POSTROUTING链，以使所有发出去的数据包都能得到改变。完整的iptables命令如下：

```
// -t mangle : 加到mangle表中
// -A POSTROUTING : 附加到POSTROUTING链上
sudo iptables -t mangle -A POSTROUTING -j TTL --ttl-inc 5
```

- 用Wireshark观察可以看到，添加规则前后，从本机发出的数据包的TTL域的值相差5。

iptables的扩展组件

- iptables可以通过增加模块来扩展功能。很多模块并没有预先安装在标准的Linux内核中，这些iptables模块也叫作扩展组件。
- 例如，iptables本身不能设置基于连接的规则，但 conntrack模块使其成为可能。
  - 实际上，conntrack是一个很重要的模块，它可用于搭建状态防火墙，设置基于连接的防火墙规则，而不仅仅基于单个数据包。讨论状态防火墙时将介绍conntrack模块。
- 另一个例子是owner模块。标准iptables无法设置基于用户id的规则。
  - 比如，如果只想阻止用户Alice发送telnet数据包，使用标准iptables是做不到的。为了做到这一点，对于本地产生的每个数据包，都需要找到产生它的进程的用户id。
  - iptables的扩展模块owner可以提供这个功能，也就是能够找到数据包是由哪个用户或者用户组生成的。

扩展模块owner

- 这个功能只限于OUTPUT链，在其他链（如INPUT链）上很难做到，因为无法判断传入的数据包是哪个用户生成的。有时，即使在OUTPUT链中也难以做到这一点，因为有些数据包（如ICMP应答包）是由内核产生的，而不是由任何用户进程产生的，因此不存在所有者。
- 下面的规则使id为1000的用户产生的数据包全部被防火墙丢弃。

  // -A OUTPUT : 附加到OUTPUT链上

  // -m owner： 使用owner模块

  // --uid-owner 1000 ：来自id为1000的用户的数据包（也可以使用用户名的登录名）

  // -j DROP : 抛弃满足这条规则的包

  sudo iptables -A OUTPUT -m owner --uid-owner 1000 -j DROP

注：有些Linux发行版本owner模块可能不完善，使用的时候要实证。

搭建一个简单的防火墙

- 下面用iptables搭建一个简单的防火墙。这里只使用filter表。iptables命令中如果没有用“-t”选项选择一个具体的表，则默认选择的是filter表。
- 在开始设置防火墙之前，应该清除所有已经存在的防火墙设置，因为任何残存的设置都可能破坏防火墙策略。如果在一台远程计算机中实验，需要在清除规则之前确保默认策略是 ACCEPT，否则到远程计算机的访问将会因为默认策略而被阻拦。命令如下：

```
// 默认规则是接受（ACCEPT）所有数据包
sudo iptables -P INPUT ACCEPT
sudo iptables -P OUTPUT ACCEPT
sudo iptables -P FORWARD ACCEPT
// 清空filter表中的所有链
sudo iptables -F
sudo iptables -t mangle -F // 清空mangle表中的所有链
```

- 从INPUT链开始，打开端口号22和80以提供SSH和Web服务。命令如下：

```
// 打开端口号22和80
// -A INPUT : 把规则附加到INPUT链上
// -p tcp : 该规则只用于TCP数据包
// --dport nn : 目标端口号
sudo iptables -A INPUT -p tcp --dport 22 -j ACCEPT
sudo iptables -A INPUT -p tcp --dport 80 -j ACCEPT
```

- 为了让SSH和HTTP服务能发送响应消息给客户端，需要允许对外发送TCP数据包。命令如下：

```
// 允许对外发送TCP数据包
// -A OUTPUT : 把规则附加到OUTPUT链上
// -p tcp : 该规则只用于TCP数据包
// -j ACCEPT : 接受满足此规则的包
sudo iptables -A OUTPUT -p tcp -j ACCEPT
```

- 这里还需要增加一条规则，以确保系统可以正确运行。同一个系统中的不同程序间往往也使用数据包来通信。它们利用一个称为loopback的虚拟接口，该接口对应多个IP地址，如127.0.0.1、127.0.1.1和0.0.0.0。这个接口把信息导回自己，而不是导向其他计算机。

```
// -I INPUT 1 : 把规则加到INPUT链的第一个位置上
// -i lo : 选择发往loopback（lo）接口的数据包
// -j ACCEPT : 接受满足此规则的包
sudo iptables -I INPUT 1 -i lo -j ACCEPT
```

- 最后，需要允许DNS的查询和回复。DNS使用的是UDP端口53。

```
// 允许DNS请求和答复包通过
sudo iptables -A OUTPUT -p udp --dport 53 -j ACCEPT
sudo iptables -A INPUT -p udp --sport 53 -j ACCEPT
sudo iptables -A OUTPUT -p udp --sport 53 -j ACCEPT
sudo iptables -A INPUT -p udp --dport 53 -j ACCEPT
```

搭建一个简单的防火墙

- 上述所有设置构成一个搭建在Netfilter上的简单防火墙。使用iptables命令可以列出所有设置。

```
sudo iptables -L
```

- 设置完成后，应当把默认策略修改回DROP，这样一来，只有满足规则的数据包才能够进入这台计算机，其他的都会被丢弃。命令如下：

```
// Setting default filter policy to DROP
sudo iptables -P INPUT DROP
sudo iptables -P OUTPUT DROP
sudo iptables -P FORWARD DROP
```

- 设置防火墙规则的命令可以保存在一个shell脚本中，这个脚本需要用sudo命令运行。

5.8 用iptables实现基于连接跟踪的状态防火墙

- 一个状态防火墙会监视在一段时间内进出网络的数据包，通过它们之间的关系，把已经存在的网络连接找出来。有了这些连接的信息，防火墙就能设置基于这些连接的规则。这里“连接”的含义是一个广义的概念，它不同于TCP的连接，实际上指的是数据流。因此这个概念不仅仅适用于面向连接的协议(如TCP)，也适用于无连接协议(如UDP和ICMP)。一个典型的状态防火墙跟踪如下类型的连接。

  (1)TCP连接。

  (2)UDP连接。当一个UDP客户端和服务器开始交换数据包时，状态防火墙就认为连接已经建立了。

  (3)ICMP连接。ICMP同样不建立连接。然而，一些类型的ICMP消息有请求和应答模式。一对请求与应答被视为一个连接。

  (4)复杂协议的连接。一些防火墙在传输层和网络层之上跟踪连接。例如，HTTP、 FTP和IRC连接就是应用层协议，但由于它们被广泛使用，很多防火墙也提供对这些连接的跟踪。

Linux的连接跟踪框架

- Linux内核提供了一个连接跟踪框架nf_conntrack（Ayuso，2006)。该框架和iptables一样，建立在Netfilter上。这个框架保存连接状态的信息。每个进入nf_conntrack的数据包都会被标上一个连接状态，以便之后的钩子处理数据包。下面列出连接的几种状态。
  (1) NEW：连接刚开始，该数据包用于建立连接。
  (2) ESTABLISHED：连接已建立，双方开始通信。
  (3) RELATED：这个状态专门用来建立不同连接之间的联系，例如FTP。
  (4) INVALID:这个状态用于标记不符合连接行为的数据包。
- nf_conntrack仅仅跟踪连接数据，它本身并不是一个防火墙。然而，使用这个连接跟踪系统所提供的信息，可以搭建状态检测防火墙。iptables防火墙主要使用nf_conntrack来进行与状态有关的工作。

搭建一个状态防火墙

- 仔细研究5.7中搭建的防火墙，可以看到这个防火墙允许所有对外发送的TCP数据包。
- 这么做的原因是需要允许SSH和HTTP服务器对外发送数据包，但没有简便的途径来限制只允许这些服务器发送数据，因此只能允许所有发出的TCP数据包。
- 如果一个网络系统设置了这个防火墙，已经攻陷内部主机的攻击者就能通过TCP发出数据。
- 应当注意的是，攻击者不能与外部服务器建立连接，因为防火墙会阻拦进入的非通往SSH或HTTP服务器的TCP数据，因此攻击者不能通过FTP或者telnet连接到外部服务器，但在当前的防火墙设置下他们可以发送TCP数据包，尽管无法收到回复，但这已足够让他们窃取数据。

- 为了避免这种行为，需要改进防火墙。连接跟踪机制可以被用于加强防火墙策略。为此需要建立一个防火墙规则，只允许发送属于一个已有连接的TCP数据包。因为仅希望允许SSH和HTTP连接，因此要阻拦所有发出的不属于SSH或HTTP连接的TCP数据包。这里将删除5.7中允许所有发出的TCP数据包的防火墙规则（**sudo iptables -A OUTPUT -p tcp -j ACCEPT**），而用下面的一个基于连接状态的规则来取代它。

  // -m conntrack：使用conntrack模块中的规则

  // --ctstate ESTABLISHED,RELATED：具备ESTABLISHED或RELATED状态的包

  sudo iptables -A OUTPUT -p tcp -m conntrack --ctstate ESTABLISHED,RELATED -j ACCEPT

- 有了上述配置，如果使用telnet连接防火墙保护的计算机或者外部网络，同时使用 Wireshark监视防火墙的输出，会看到并没有关于telnet的TCP数据包，它们全被防火墙阻拦了。

5.9 防火墙发展动态和趋势

尽管防火墙有许多防护功能，但由于互连网的开放性，它也有一些力不能及的地方，表现在：

① 防火墙不能防范不经由防火墙的攻击，有多种方法可以绕过防火墙，比如：内网用户vpn到外网。

② 防火墙目前还不能防止感染了病毒的软件或文件的传输。

③ 防火墙不能防止数据驱动式攻击，比如：缓冲区溢出攻击。

④ 防火墙还存在着安装、管理、配置复杂的缺点，在高流量的网络中，防火墙还容易成为网络的瓶颈。

(1) 优良的性能

- 新一代防火墙系统不仅应该能更好地保护防火墙后面内部网络的安全，而且应该具有更为优良的整体性能。
- 传统的代理型防火墙虽然可以提供较高级别的安全保护，但是同时它也成为限制网络带宽的瓶颈，这极大地制约了在网络中的实际应用。
- 数据通过率是表示防火墙性能的核心参数，数据通过率越高，防火墙性能越好。
- 现在大多数的防火墙产品都支持NAT功能，但启用NAT后，势必会对防火墙系统性能有所影响。
- 另外防火墙系统中集成的VPN解决方案必须是真正的线速运行，否则将成为网络通信的瓶颈。
- 总之，未来的防火墙系统将会把高速的性能和最大限度的安全性有机结合在一起，有效地消除制约传统防火墙的性能瓶颈。

(2)可扩展的结构和功能

- 对于一个好的防火墙系统而言，它的**规模和功能应该能适应内部网络的规模和安全策略的变化**。选择哪种防火墙，除了应考虑它基本性能外，毫无疑问，还应考虑用户的实际需求与未来网络的升级。
- 因此，防火墙除了具有保护网络安全的基本功能外，还提供对VPN的支持，同时还应该具有可扩展的内驻应用层代理。除了支持常见的网络服务以外，还应该能够按照用户的需求提供相应的代理服务，例如，如果用户需要NNTP（网络消息传输协议）、X-Window、HTTP和Gopher等服务，防火墙就应该包含相应的代理服务程序。
- 未来的防火墙系统应是一个可随意伸缩的模块化解决方案，从最为基本的包过滤器到带加密功能的VPN型包过滤器，直至一个独立的应用网关，使用户有充分的余地构建自己所需要的防火墙体系。

(3) 简化的安装与管理

- 防火墙的确可以帮助管理员加强内部网的安全性。**一个不具体实施任何安全策略的防火墙无异于高级摆设**。
- 防火墙产品配置和管理的难易程度是防火墙能否达到目的的主要考虑因素之一。实践证明，许多防火墙产品并未起到预期作用的一个不容忽视的原因在于配置和实现上的错误。同时，若防火墙的管理过于困难，则可能会造成设置上的错误，反而不能达到其功能。
- 因此**未来的防火墙将具有非常易于进行配置的图形用户界面**，NT防火墙市场的发展证明了这种趋势。Windows NT提供了一种易于安装和易于管理的基础。尽管基于NT的防火墙通常落后于基于Unix的防火墙，但NT平台的简单性以及它方便的可用性大大推动了基于NT的防火墙的销售。同时，像DNS这类一直难于与防火墙恰当使用的关键应用程序正引起有意简化操作的厂商越来越多的关注。

(4) 主动过滤

- 在Web数据流进入他们的网络之前需要在数据流上完成更多的事务，这是网络管理员的重要需求。
- 防火墙开发商通过建立功能更强大的Web代理对这种需要做出了回应。例如，许多防火墙具有内置病毒和内容扫描功能或允许用户将病毒与内容扫描程序进行集成。
- 今天，许多防火墙都包括对过滤产品的支持，并可以与第三方过滤服务连接，这些服务提供了不受欢迎的Internet站点的分类清单。
- 防火墙还在它们的Web代理中包括时间限制功能，允许非工作时间的冲浪和登录，并提供冲浪活动的报告。

(5) 防病毒与防黑客

- 尽管防火墙在防止**不良分子**进入上发挥了很好的作用，但TCP / IP 协议套件中存在的脆弱性使Internet对拒绝服务攻击敞开了大门。
- 在拒绝服务攻击中，攻击者试图使企业Internet服务器饱和或使与它连接的系统崩溃，使Internet无法供企业使用。
- 虽然没有防火墙可以防止所有的拒绝服务攻击，但防火墙厂商一直在尽其可能阻止拒绝服务攻击。像对付序列号预测和IP欺骗这类简单攻击，这些年来已经成为了防火墙工具箱的一部分。像“SYN泛滥”这类更复杂的拒绝服务攻击需要厂商部署更先进的检测和避免方案来对付。

(6) 发展联动技术

- **联动即通过一种组合的方式，将不同的技术与防火墙技术进行整合**，在提高防火墙自身功能和性能的同时，由其他技术完成防火墙所缺乏的功能，以适应网络安全整体化、立体化的要求。
- 防火墙与防病毒产品联动，可以在网关处查杀病毒，将病毒的发作限制在最小的可能。
- 防火墙与认证系统联动，可以在制定安全策略时使用强度更大、安全性更高的认证体系。
- 防火墙与入侵检测系统联动，可以对网络进行动静结合的保护 。
- 防火墙与日志分析系统联动。

防火墙的发展趋势总结

- 综上所述，未来防火墙技术会全面考虑网络的安全、操作系统的安全、应用程序的安全、用户的安全、数据的安全，五者综合应用。
- 此外，网络的防火墙产品还将把网络前沿技术，如Web页面超高速缓存、虚拟网络和带宽管理、与其它安全技术联动等与其自身结合起来。

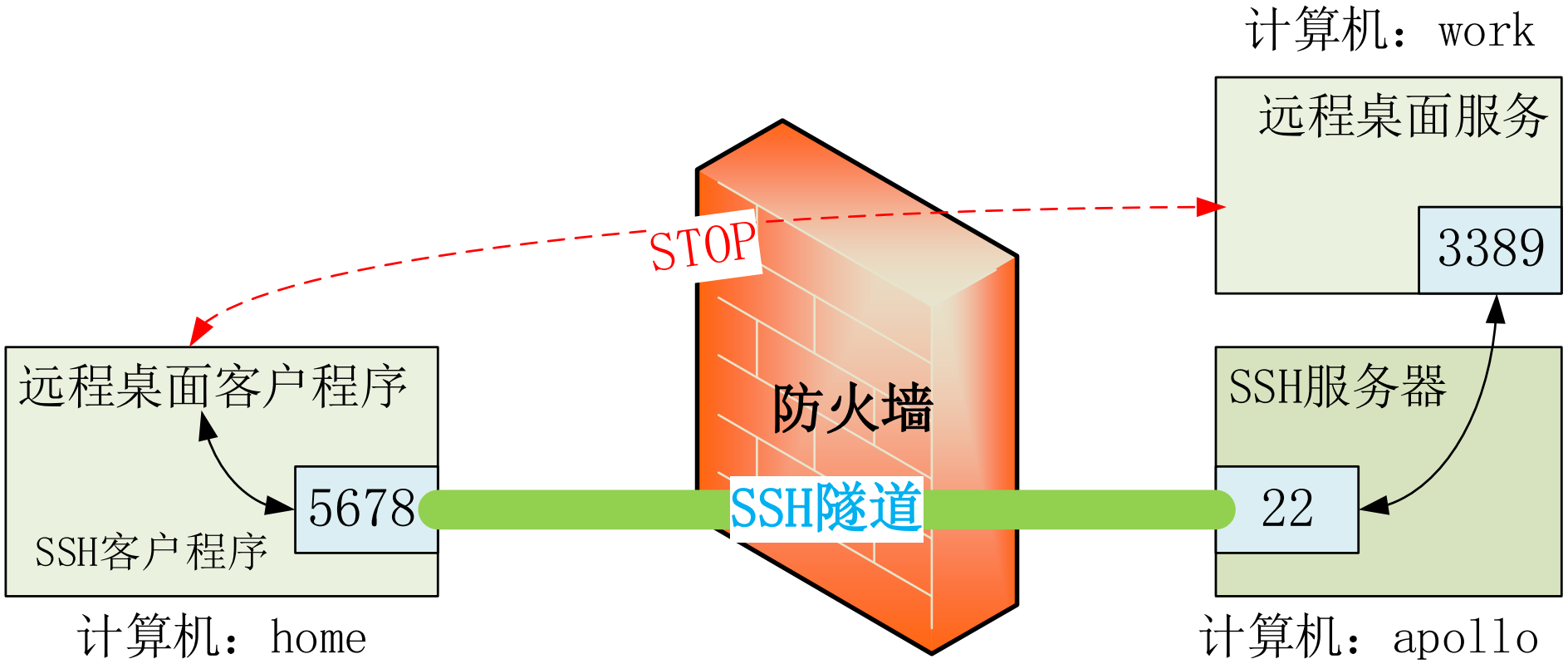
5.10 绕过防火墙的方法（new）

- 如果防火墙的规则太过苛刻，将给用户带来许多不便。例如，企业网络只开放了少量的端口供外部访问等，要想访问企业内部网络，就必须绕过防火墙。
- 有很多绕过防火墙的方法，最典型和有效的方法是隧道技术，它能够隐藏数据的真实意图。
- 搭建隧道的方式有很多种，其中虚拟专用网络(virtual private network，VPN)在IP层搭建隧道，它被广泛用来绕过防火墙。另一种常用的方式是使用SSH隧道绕过防火墙，以访问内部主机的某个端口。
- 本节以访问校园网某实验室内部网络的主机远程桌面为例，说明通过SSH隧道绕过防火墙的方法。

使用SSH隧道绕过防火墙

- 某实验室的路由器通过一个互联网IP地址（假定为202.38.79.51）连接到校园网，实验室内部网络通过路由器可以访问外部网络。
- 在家里有必要从叫作home的计算机通过远程桌面（TCP 3389）连接到实验室的work计算机，然而，防火墙只开放了SSH端口（TCP 22），使得无法从外网通过远程桌面连接到work计算机。
- 防火墙允许用SSH登录到内部一台叫作apollo的计算机，下面用这台计算机来绕过防火墙。
- 可以在home和apollo之间建立一条SSH隧道。 SSH隧道的工作原理如图所示。

SSH隧道的工作原理



- 隧道在home的一端将接收从远程桌面客户程序发来的TCP数据包，SSH会把这些包中的TCP数据通过隧道传输到apollo端。
- 在apollo上运行的SSH会把数据放入另一个新创建的TCP数据包并发往work。
- 防火墙只能检测到home发往apollo的SSH数据，而检测不到apollo发往work的远程桌面数据包。并且，SSH数据是加密的，因此防火墙无法得知其中的内容。

演示SSH隧道

- 在home的命令行窗口上运行以下命令，可以在home的5678号端口到apollo的SSH端口间建立一条SSH隧道。这条隧道将把home的5678号端口上接收到的所有TCP数据转发到work的3389号端口(远程桌面端口)。

ssh -L 5678:work:3389 apollo

- 建立上述隧道之后，并不需要直接在home到work间建立远程桌面连接（会被防火墙屏蔽），而是通过远程桌面连接到本地主机的5678号端口，由隧道把远程桌面数据传输到apollo，并由apollo转给work。apollo会把work的回复数据通过隧道发回给本地主机的SSH，然后由SSH交给远程桌面客户程序。
- 在home的另一个命令行窗口运行以下命令，输入正确的用户名/口令，可以连接到work。

mstsc /v:localhost:5678

谢谢！

作业和上机实践（第5章 防火墙）

✓作业

1. 简述防火墙的定义
2. 防火墙对数据流的拒绝和丢弃有何区别?
3. 简述数据包过滤器和状态防火墙。
4. 与包过滤防火墙相比，应用代理防火墙有哪些特点？
5. 在防火墙的典型部署中，堡垒主机是一个组织机构网络安全的中心主机，它应该具备哪些主要特征？

➢上机实践(自己练习，不考核)

① 用Windows2003实现数据包过滤器。

② 用Ubuntu Linux的iptables实现防火墙，只允许**mysql**和**ssh的TCP数据包**进出网络。

③ 用SSH隧道技术，访问你实验室内部网络的SSH端口（**new**）。