计算机网络安全

华中科技大学

第二部分 网络安全技术与应用

第4讲 防火墙技术

第4讲 防火墙技术

一 防火墙概述

二 包过滤防火墙

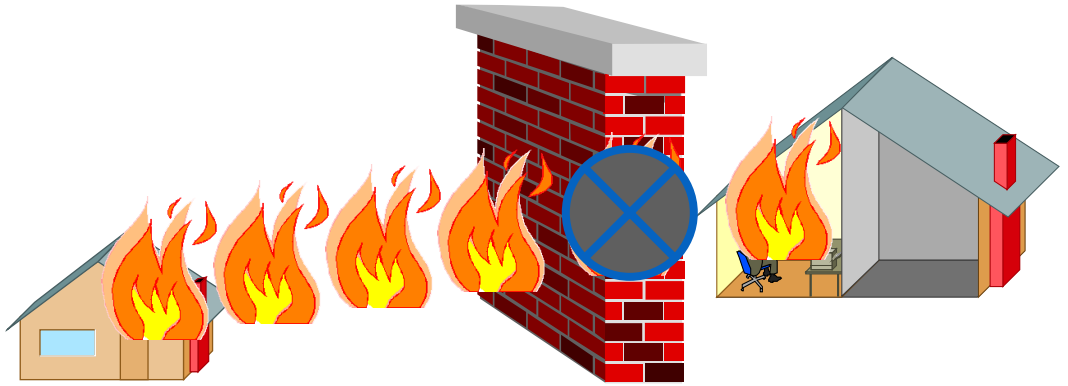
三 状态检测防火墙

四 应用代理防火墙

五 防火墙技术发展

1.1 防火墙的概念

- 原义
  - 建筑设计领域
  - 建筑中防止火灾蔓延至相邻区域的不燃性墙体
  - 目的：隔离火灾风险



1.1 防火墙的概念

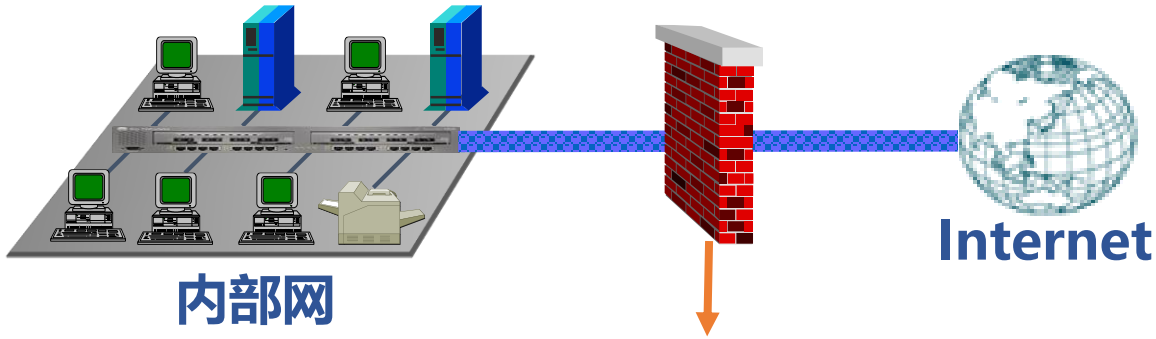
1.1 防火墙的概念

➢ 引申

- 网络安全领域，Firewall
- 内外网络边界上的过滤控制机制
  - ✓ 内部网络：安全、可信赖
  - ✓ 外部网络：安全性未知
- 功能：检查进出边界的数据流，防止未授权通信威胁内部网络安全

两个安全域之间通信流的唯一通道，

内外网之间的所有数据流都要流经防火墙



根据访问控制规则决定进出网络的行为

1.2 防火墙的基本要求

- 必经之路
- 授权放行
- 入侵免疫

1.3 防火墙的动作

- 允许（ACCEPT）
- 拒绝（REJECT）：有反馈
- 丢弃（DROP）：无反馈（发送者需等待超时）

1.4 防火墙的默认策略

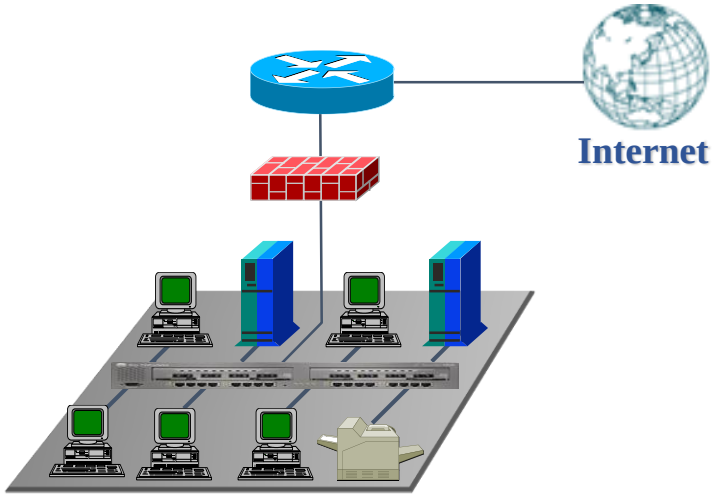
- 默认允许
- 默认拒绝/丢弃：更安全

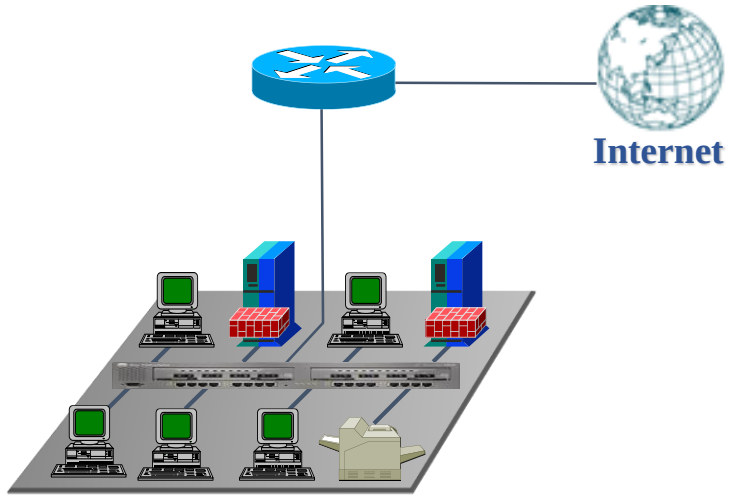
1.5 防火墙的分类

- 按形态分类
  - 硬件防火墙
  - 软件防火墙

1.5 防火墙的分类

- 按保护对象分类
  - 网络防火墙——保护整个网络
  - 个人防火墙——保护单台主机





1.6 防火墙的性能指标

- 吞吐量——带宽
  - 防火墙在不丢失数据包的情况下能达到的最大的转发数据包的速率
- 时延——快慢
  - 从防火墙接收接口上输入帧的最后一个比特到达，到发送接口上输出帧的第一个比特发出所用的时间间隔
- 丢包率——稳定性
  - 防火墙在不同负载情况下，由于资源不足应转发但丢弃的数据包比例
- 并发连接数——容量
  - 防火墙能同时处理的，内外网主机通过防火墙通信的数据连接的最大数量

1.7 防火墙的作用

- 网络安全的中心“扼制点”
- 集中强化安全策略
- 监视网络安全性
- 网络通信审计监控

1.8 防火墙的局限性

- 不能防范不经过它的攻击
- 不能防范来自内部网络的攻击
- 不能防范策略配置不当引起的威胁
- 不能防范物理接触破坏
- 不能防范对自身漏洞的攻击

1.9 防火墙安全区域

- 防火墙使用安全区域来区分一个网络是否安全
- 4个默认安全区域
  - Local——防火墙自身
    - ✓ 凡是防火墙主动发出的报文，均可认为从Local区域发出
  - Trust——受信任的区域
    - ✓ 位于防火墙之内的可信网络，是防火墙要保护的目标
    - ✓ 主要用于连接局域网内部网络。比如企业网络中，通常员工网络设置为Trust区域
  - DMZ——非军事化区域
    - ✓ 作为非信任区域与信任区域之间的缓冲区
    - ✓ 一般用于防止企业内部服务器，如：OA服务器、邮件服务器等等

1.9 防火墙安全区域

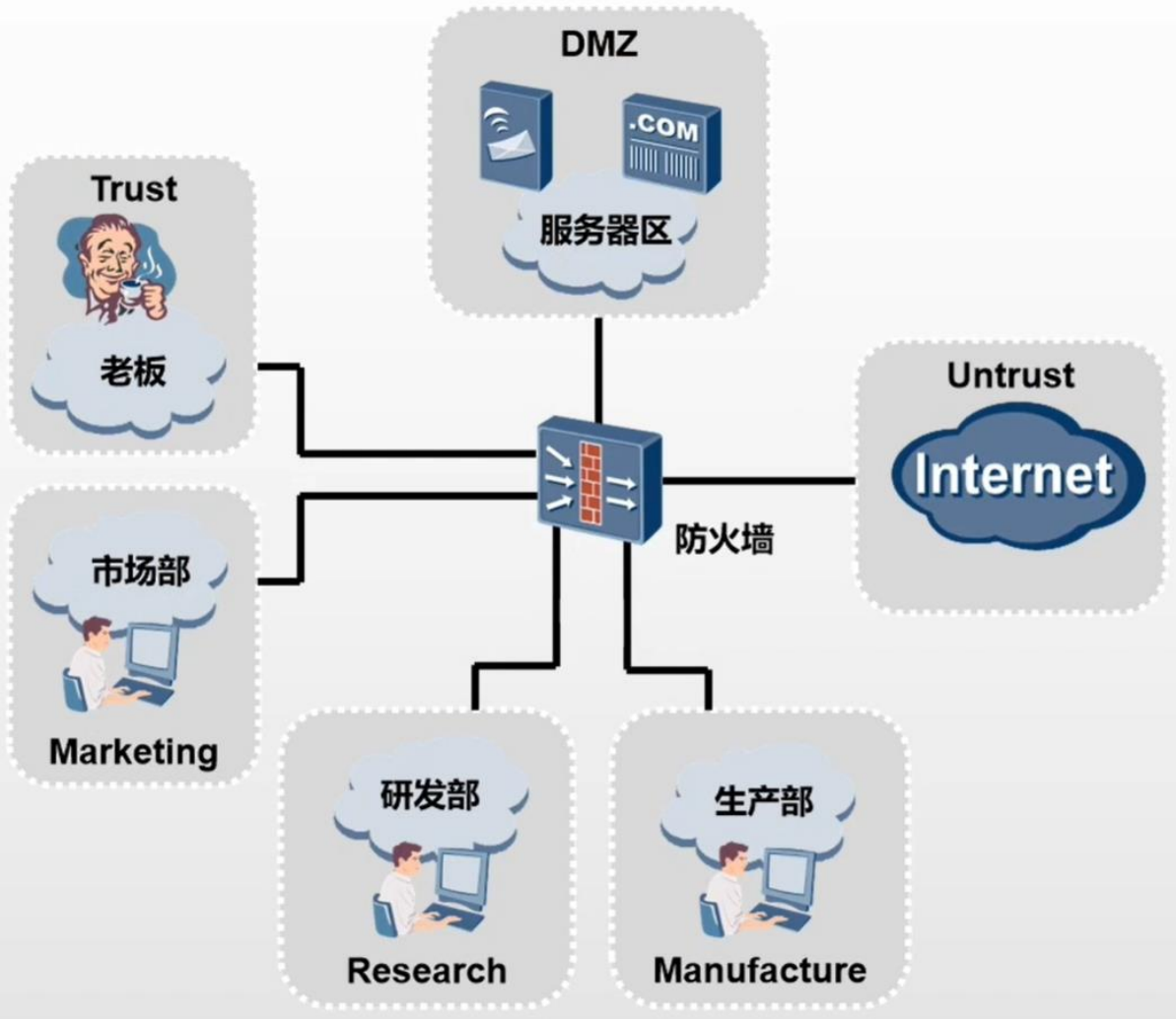
- Untrust——不受信任的区域
  - ✓ 处于防火墙之外的公开开放网络，由于Internet非常不安全，所以一般把连接Internet的接口划分到Untrust区域，主要用于连接互联网
  - ✓ 大部分情况下，非信任区域无法主动访问可信任区域

➢ 每个安全区域都会有一个安全级别，默认级别从高到低

- Local>Trust>DMZ>Untrust

➢ 区域的指定方法

- 网口
- 网段


DMZ
.COM
服务器区
Trust
老板
Untrust
Internet
防火墙
市场部
Marketing
研发部
Research
生产部
Manufacture

1.10 防火墙工作模式

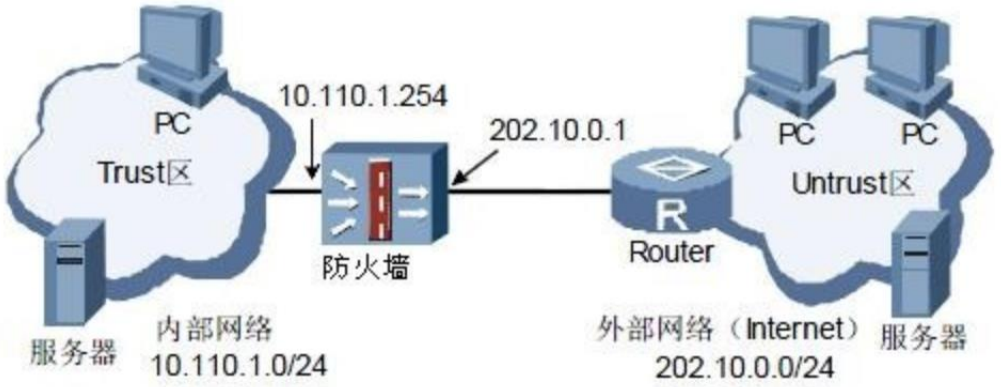
➢ 三种工作模式

- 路由模式（网关模式）
  - ✓ 如果防火墙以第三层对外连接（接口具有IP 地址），则防火墙工作在路由模式下；
- 透明模式（桥模式）
  - ✓ 若防火墙通过第二层对外连接（接口无IP 地址），则防火墙工作在透明模式下；
- 混合模式
  - ✓ 若防火墙同时具有工作在路由模式和透明模式的接口（某些接口具有IP 地址，某些接口无IP 地址），则防火墙工作在混合模式下。

1.10 防火墙工作模式

➢ 路由模式

- 当防火墙位于内部网络和外部网络之间时，需要将防火墙与内部网络、外部网络以及DMZ三个区域相连的接口分别配置成不同网段的IP地址，重新规划原有的网络拓扑，此时**相当于一台路由器**
- 路由模式下可以完成ACL包过滤、ASPF动态过滤、NAT转换等
- 路由模式需要对网络拓扑进行修改（内部网络用户需要更改网关、路由器需要更改路由配置等），相当费事，使用需权衡利弊。



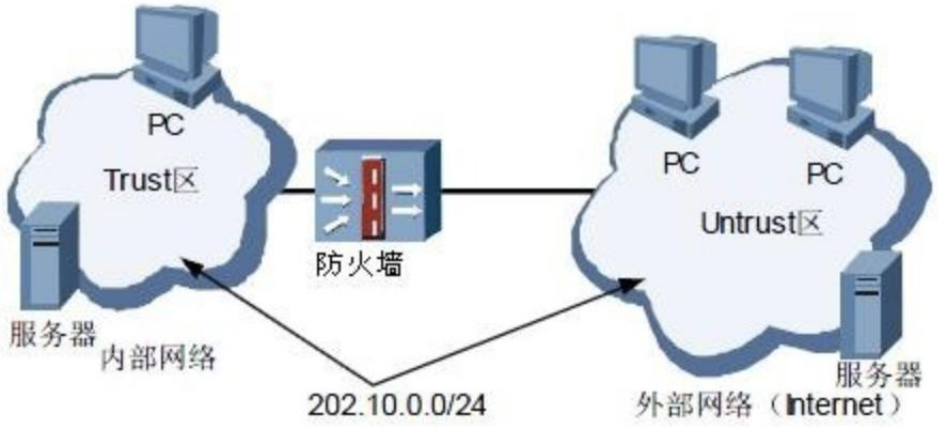
1.10 防火墙工作模式

- 路由模式工作机制
  - ✓ 所有接口都配置IP 地址，各接口所在的安全区域是三层区域，不同三层区域相关的接口连接的外部用户属于不同的子网。当报文在三层区域的接口间进行转发时，根据报文的IP 地址来查找路由表，此时防火墙表现为一个路由器。
  - ✓ 防火墙与路由器存在不同， 防火墙中IP报文还需要送到上层进行相关过滤等处理，通过检查会话表或访问控制列表（ACL）规则以确定是否允许该报文通过。此外，还要完成其它防攻击检查。路由模式的防火墙支持ACL规则检查、ASPF状态过滤、防攻击检查、流量监控等功能。

1.10 防火墙工作模式

➢ 透明模式

- 透明模式可以避免改变拓扑结构造成的麻烦，此时防火墙对于子网用户和路由器来说是完全透明的。也就是说，用户完全感觉不到防火墙的存在
- 采用透明模式时，只需在网络中像放置**网桥（bridge，或者说交换机）**一样插入该防火墙设备即可，无需修改任何已有的配置。
- 与路由模式相同，IP报文同样经过相关的过滤检查（但是IP报文中的源或目的地址不会改变），内部网络用户依旧受到防火墙的保护



1.10 防火墙工作模式

- 透明模式工作机制
  - ✓ 透明模式（也可以称为桥模式）下所有接口都不配置IP 地址，接口所在的安全区域是二层区域，和二层区域相关接口连接的外部用户同属一个子网。当报文在二层区域的接口间进行转发时，需要根据报文的MAC 地址来寻找出接口，此时防火墙表现为一个透明网桥（交换机）
  - ✓ 防火墙与网桥存在不同，防火墙中IP报文还需要送到上层进行相关过滤等处理，通过检查会话表或访问控制列表(ACL) 规则以确定是否允许该报文通过
  - ✓ 透明模式的防火墙支持ACL规则检查、ASPF状态过滤、防攻击检查、流量监控等功能。工作在透明模式下的 防火墙在数据链路层连接局域网（LAN），网络终端用户无需为连接网络而对设备进行特别配置，就像LAN Switch进行网络连接

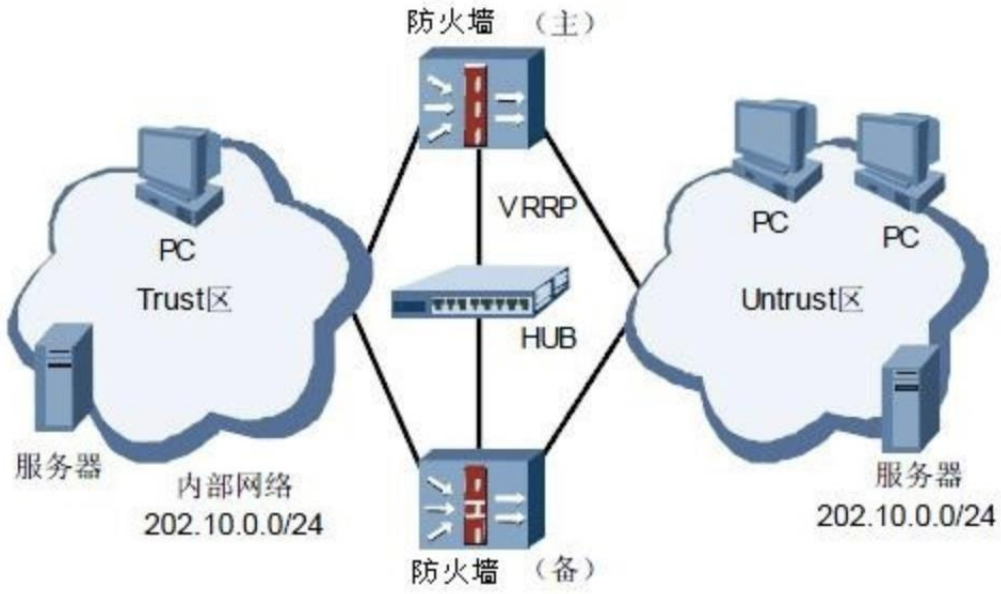
1.10 防火墙工作模式

- 路由模式与透明模式对比
  - 路由模式
    - ✓ 优点：功能相对全面
    - ✓ 缺点：需要对现有网络进行一定调整
  - 透明模式
    - ✓ 优点：不用重新进行IP划分
    - ✓ 缺点：损失一些功能，如路由、VPN及nat等。
  - 一般来说，如果是能用路由模式建议还是用路由模式

1.10 防火墙工作模式

➢ 混合模式

- 如果防火墙既存在工作在路由模式的接口（接口具有IP 地址），又存在工作在透明模式的接口（接口无IP 地址），则防火墙工作在混合模式下
- 例如：混合模式可用于透明模式作双机备份的情况，此时启动VRRP（Virtual Router Redundancy Protocol，虚拟路由冗余协议）功能的接口需要配置IP 地址，其它接口不配置IP地址



1.10 防火墙工作模式

- 混合模式工作机制
  - ✓ 防火墙工作在混合透明模式下，此时部分接口配置IP 地址，部分接口不配置IP 地址。
  - ✓ 配置IP 地址的接口所在的安全区域是三层区域，接口上启动VRRP功能，用于双机热备份；
  - ✓ 未配置IP地址的接口所在的安全区域是二层区域，和二层区域相关接口连接的外部用户同属一个子网
  - ✓ 当报文在二层区域的接口间进行转发时，转发过程与透明模式的工作过程完全相同

第4讲 防火墙技术

一 防火墙概述

二 包过滤防火墙

三 状态检测防火墙

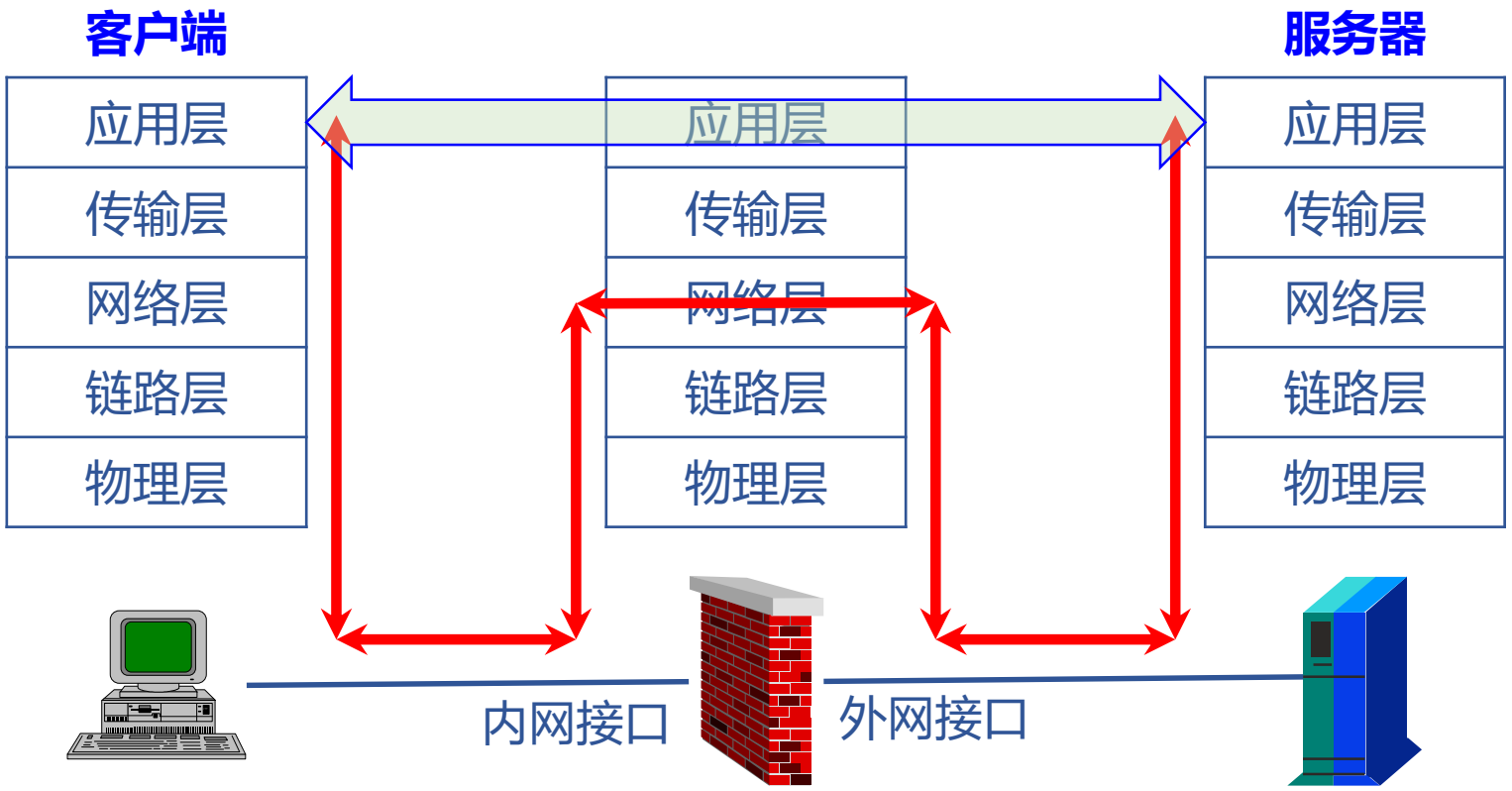
四 应用代理防火墙

五 防火墙技术发展

2.1 基本概念

- 包过滤——Packet Filtering
- 处理对象——数据包
- 最基础的防火墙技术

2.2 包过滤工作机制


客户端
服务器
应用层
传输层
网络层
链路层
物理层
应用层
传输层
网络层
链路层
物理层
应用层
传输层
网络层
链路层
物理层
内网接口
外网接口

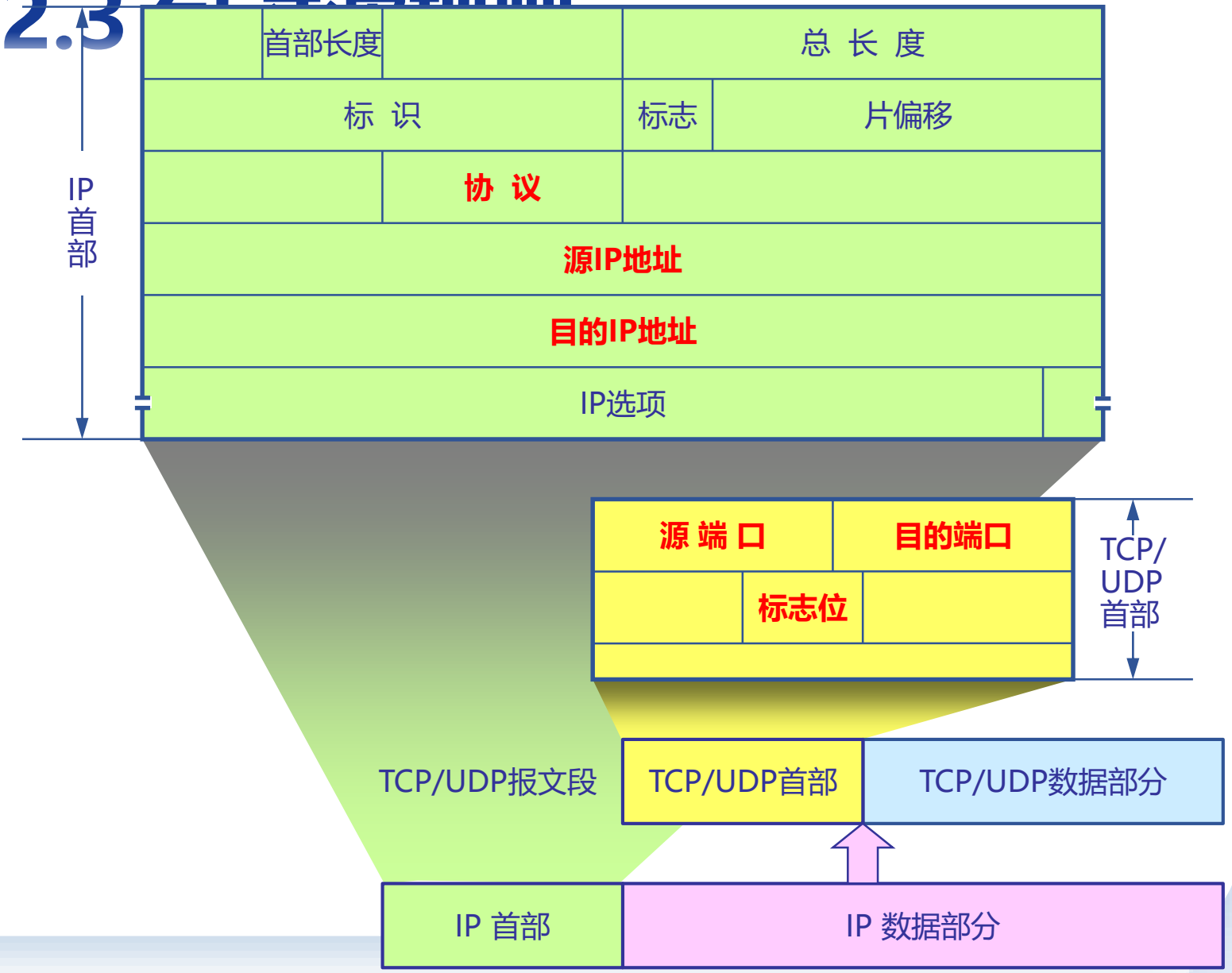
2.3 包过滤规则

- 组成
  - 条件
  - 动作
- 检查原则
  - 顺序逐条检查
  - 首条命中
  - 每个数据包单独检查

动　作	源	端　口	目　的	端　口	标　志	解　释
allow	secondary	*	our-dns	53	TCP	allow secondary nameserver access
block	*	*	*	53	TCP	no other DNS zone transfers
allow	*	*	*	53	UDP	permit UDP DNS queries
allow	ntp.outside	123	ntp.inside	123	UDP	ntp time access
block	*	*	*	69	UDP	no access to our tftpd
block	*	*	*	87	TCP	the link service is often misused
block	*	*	*	111	TCP	no TCP RPC and ...
block	*	*	*	111	UDP	no UDP RPC and no ...
block	*	*	*	2049	UDP	NFS. This is hardly a guarantee
block	*	*	*	2049	TCP	TCP NFS is coming: exclude it
block	*	*	*	512	TCP	no incoming “r” commands...
block	*	*	*	513	TCP	...
block	*	*	*	514	TCP	...
block	*	*	*	515	TCP	no external lpr
block	*	*	*	540	TCP	uucpd
block	*	*	*	6000-6100	TCP	no incoming X
allow	*	*	adminnet	443	TCP	encrypted access to transcript mgr
block	pclab-net	*	adminnet	*	TCP	nothing else
block	pclab-net	*	*	*	TCP	anon. students in pclab can’t go outside
block	*	*	*	*	UDP	... not even with TFTP and the like!
allow	*	*	*		TCP	all other TCP is OK
block		*	*		UDP	suppress other UDP for now

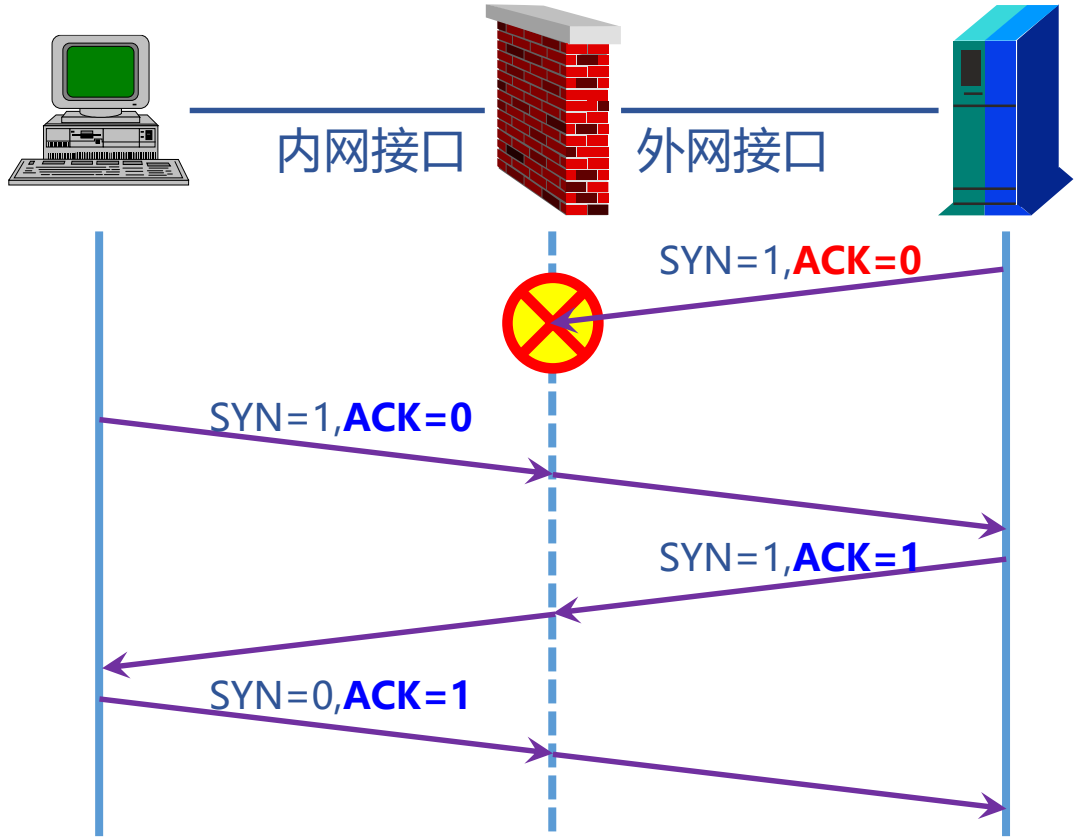
2.3 包过滤规则

- 检查对象
  - 源IP地址
  - 目的IP地址
  - 传输层协议
  - 源端口
  - 目的端口
  - TCP ACK标志
- 关于IP分片的检查



2.3 包过滤规则

- TCP ACK控制连接方向
  - 外网→内网
    - ✓ ACK=0，禁止
    - ✓ ACK=1，允许
  - 内网→外网
    - ✓ ACK=0或1，允许
  - 效果：外网向内网的连接企图被阻止



2.3 包过滤规则

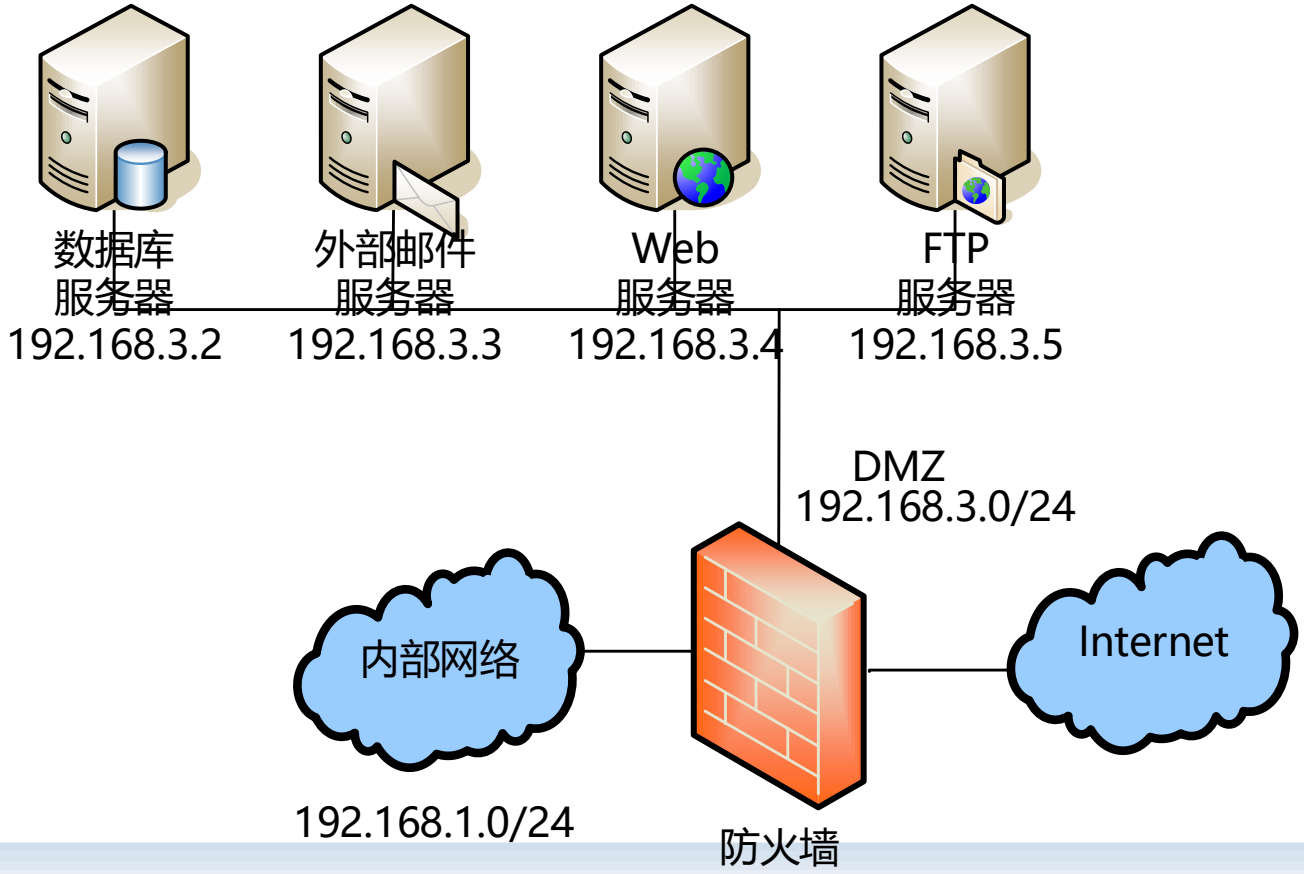
- 规则制定的策略
  - 按地址过滤：源IP、目的IP
  - 按服务过滤：协议、源端口、目的端口
  - 按连接方向过滤：ACK位
  - 按时间、用户等过滤
  - 对数据包做日志记录

2.3 包过滤规则

- 设置规则的步骤
  - 建立安全策略（分析并列出所有允许的和禁止的任务）。
  - 将安全策略转化为分组字段的逻辑表达式。
  - 用防火墙提供的过滤规则句法重写逻辑表达式并设置。

2.4 包过滤配置实例

- 网络拓扑



2.4 包过滤配置实例

- 安全策略
  - 任何时间，内网 → 邮件服务器：允许
  - 任何时间，内网 → web服务器：允许
  - 上班时间，内网 → Internet：允许
  - 任何时间，Internet → 内网：禁止
  - 任何时间，Internet → 邮件服务器：允许
  - 任何时间，Internet → web服务器：允许
  - 任何时间，Internet → 数据库服务器：禁止
  - 其它：禁止

2.4 包过滤配置实例

- 逻辑表达式
  - Sip=192.168.1.0/24 and dip=192.168.3.3 and (dport=25 or dport=110) , action=permit
  - Sip=any and dip=192.168.1.0/24, action=reject
  - Sip=any and dip=192.168.3.4 and dport=80, action=permit
  - Sip=any and dip=192.168.3.2 and dport=1358, action=reject
  - ……
  - Default=reject

2.4 包过滤配置实例

- 规则列表

源地址	源端口	协议	目的地址	目的端口	时间	动作
ANY	ANY	TCP	192.168.3.3	25,110	ANY	Permit
ANY	ANY	ANY	192.168.1.0/24	ANY	ANY	Reject
ANY	ANY	TCP	192.168.3.2	1358	ANY	Reject
ANY	ANY	TCP	192.168.3.4	80	ANY	Permit
192.168.1.0/24	ANY	ANY	ANY	ANY	WORK	Permit
ANY	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**Reject**

2.4 包过滤配置实例

- 新的需求
  - 上班时间，内网 → 数据库服务器：允许

源地址	源端口	协议	目的地址	目的端口	时间	动作
ANY	ANY	TCP	192.168.3.3	25,110	ANY	Permit
ANY	ANY	ANY	192.168.1.0/24	ANY	ANY	Reject
ANY	ANY	TCP	192.168.3.2	1358	ANY	Reject
ANY	ANY	TCP	192.168.3.4	80	ANY	Permit
192.168.1.0/24	ANY	ANY	ANY	ANY	WORK	Permit
ANY	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**ANY**	**Reject**

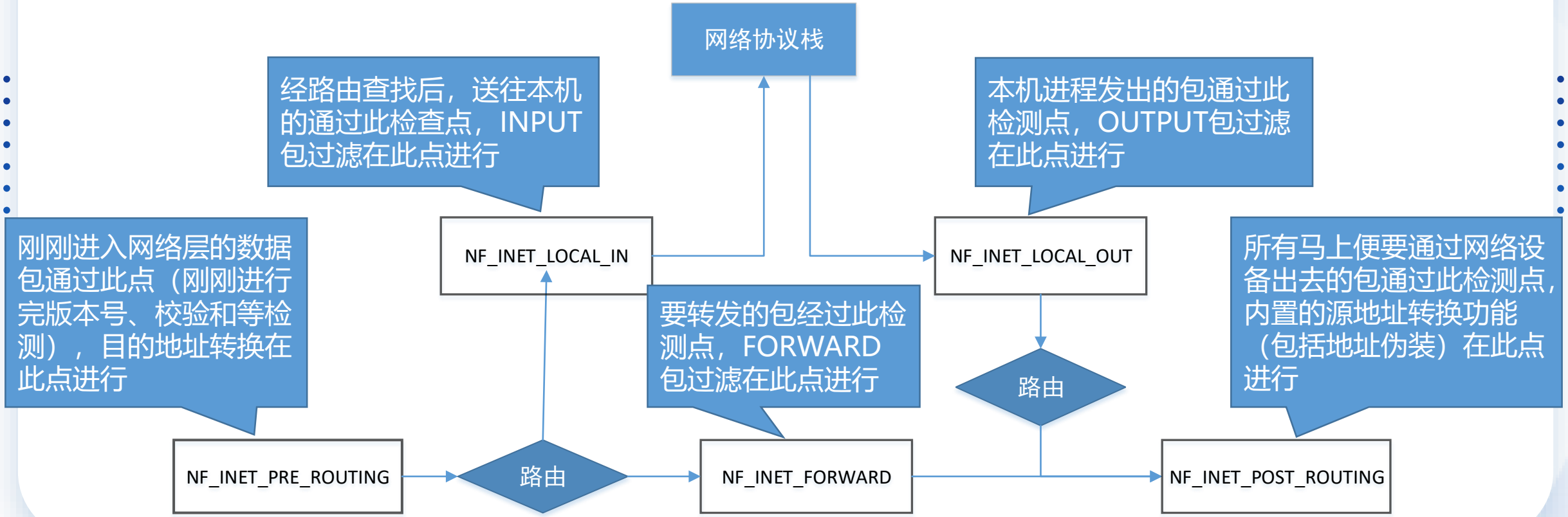
192.168.1.0/24	ANY	TCP	192.168.3.2	1358	WORK	Permit

2.5 包过滤的优缺点

- 优点
  - 对网络性能影响较小
  - 成本较低
  - 对用户透明
- 缺点
  - 访问控制规则配置较复杂
  - 易受IP欺骗攻击
  - 缺乏状态感知能力

2.6 Linux Netfilter架构

- Netfilter框架



2.6 Linux Netfilter架构

- Netfilter hook 点

Hook点	调用的时机
NF_INET_PRE_ROUTING	刚刚进入网络层的数据包通过此点（刚刚进行完版本号、校验和等检测），目的地址转换在此点进行。
NF_INET_LOCAL_IN	经路由查找后，送往本机的通过此检查点，INPUT包过滤在此点进行
NF_INET_FORWARD	要转发的包经过此检测点，FORWARD包过滤在此点进行
NF_INET_LOCAL_OUT	本机进程发出的包通过此检测点，OUTPUT包过滤在此点进行
NF_INET_POST_ROUTING	所有马上便要通过网络设备出去的包通过此检测点，内置的源地址转换功能（包括地址伪装）在此点进行

2.6 Linux Netfilter架构

- Hook函数返回值：在hook函数完成了对数据包的操作之后，必须返回一个预定义的Netfilter返回值

返回值	含义
NF_DROP	丢弃该数据包
NF_ACCEPT	保留该数据包
NF_STOLEN	告知netfilter忽略该数据包
NF_QUEUE	将该数据包插入到用户空间
NF_REPEAT	请求netfilter再次调用该HOOK函数

第4讲 防火墙技术

一 防火墙概述

二 包过滤防火墙

三 状态检测防火墙

四 应用代理防火墙

五 防火墙技术发展

3.1 包过滤的问题

- 效率低
  - 规则列表顺序匹配
  - 一个数据流的每个数据包特征相同重复检查
- 易用性
  - 一个数据流的正反方向要配一对规则
  - 协商端口的动态数据流没法预先配规则，若放开所有端口安全性下降
    - ✓ FTP数据连接
    - ✓ 流媒体协议H.323、SIP
    - ✓ 数据库协议SQLNET
- 安全性低
  - 只检查数据包首部，不检查数据

3.2 解决思路——状态检测

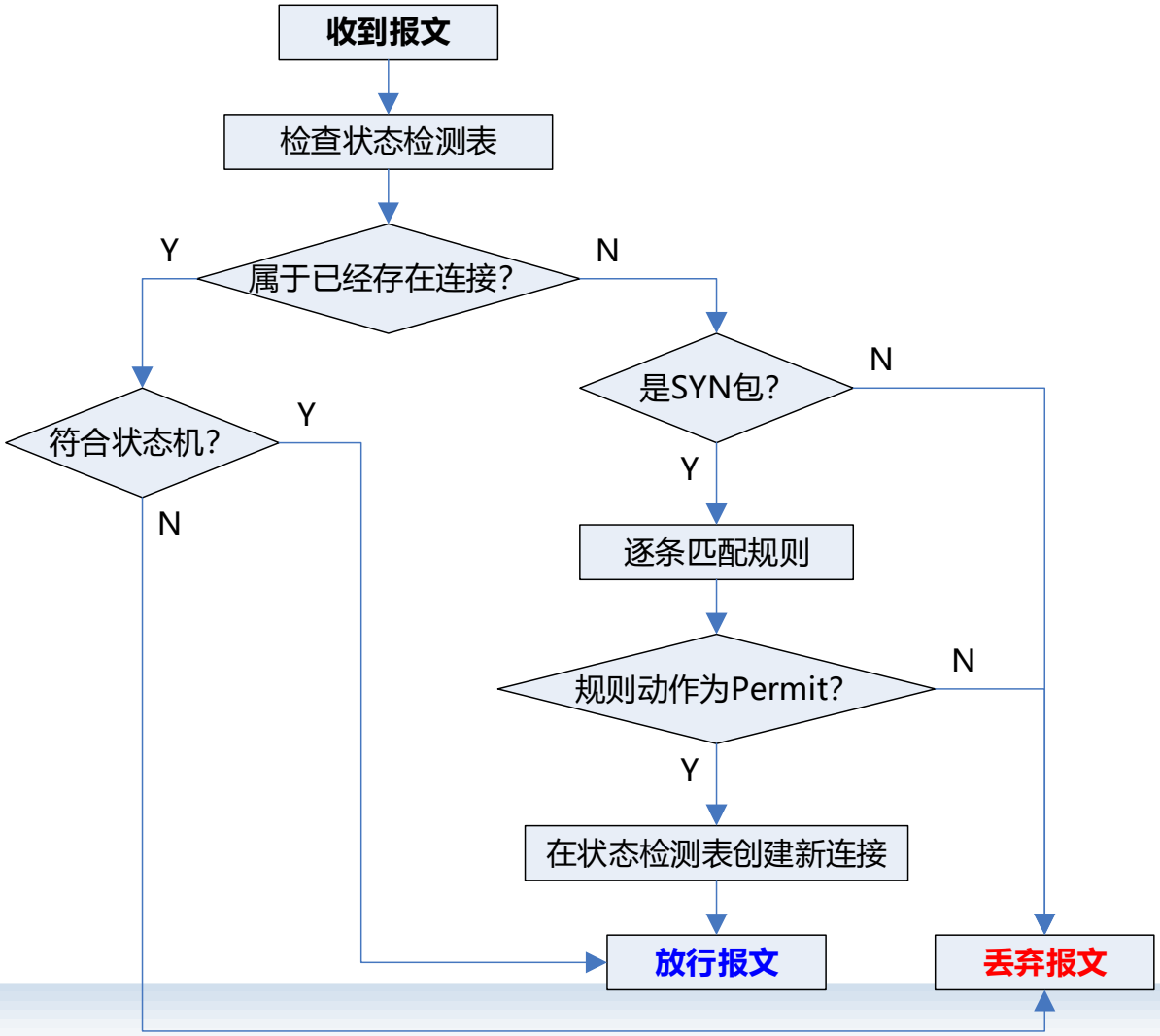
- 一个数据流的所有数据包有内在联系→连接→状态表
- 效率
  - 数据流的第一个数据包，检查规则表，新建连接
  - 后续数据包，检查状态表
- 易用性
  - 单向配置规则，双向检查状态表
  - 配置主连接规则，追踪分析数据流，为动态端口自动创建连接
- 安全性
  - 追踪连接数据流，可对数据检查

3.3 状态检测表（连接表）

- 状态检测表包括所有通过防火墙的连接
- 连接的信息（状态）
  - 源、目的IP地址
  - 协议类型
  - 传输层信息：TCP/UDP端口、ICMP ID号
  - 连接状态：TCP连接状态
  - 超时时间

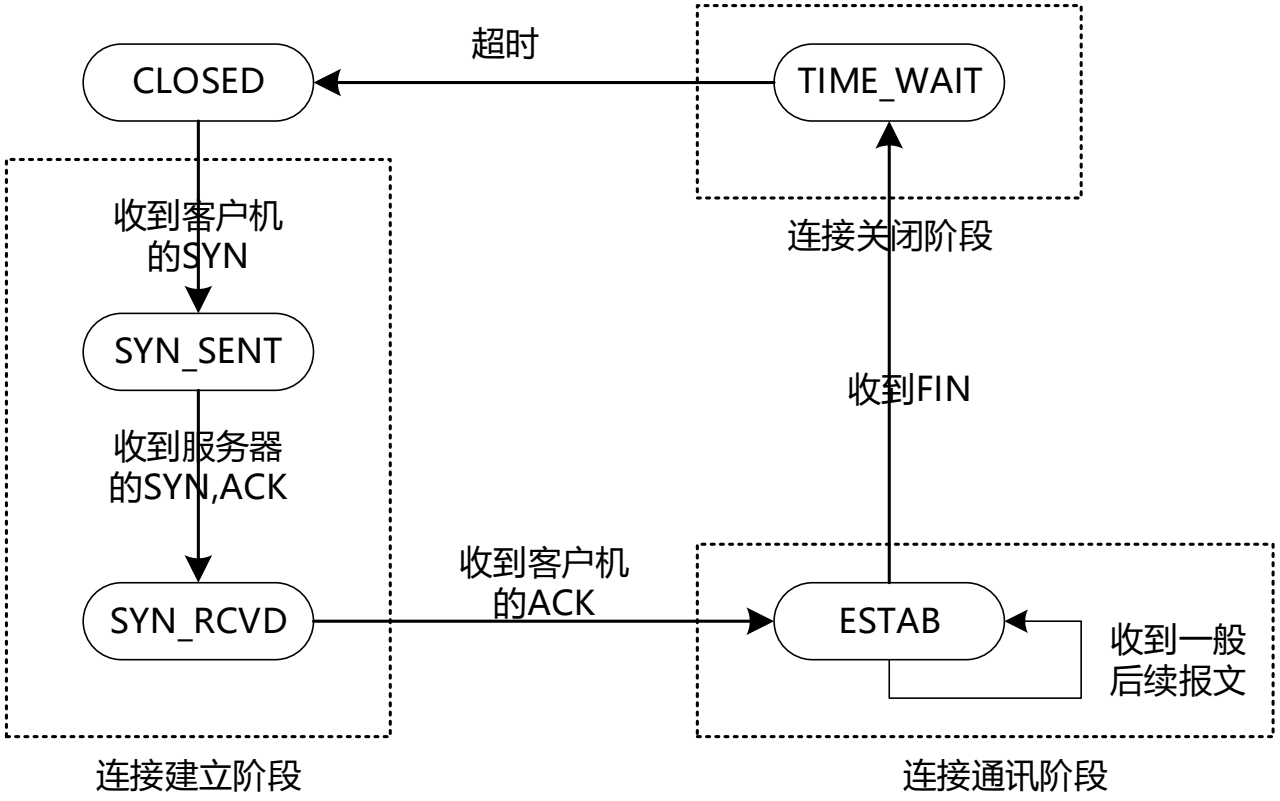
3.4 TCP状态检测

基本流程



3.4 TCP状态检测

- 简化的TCP状态机

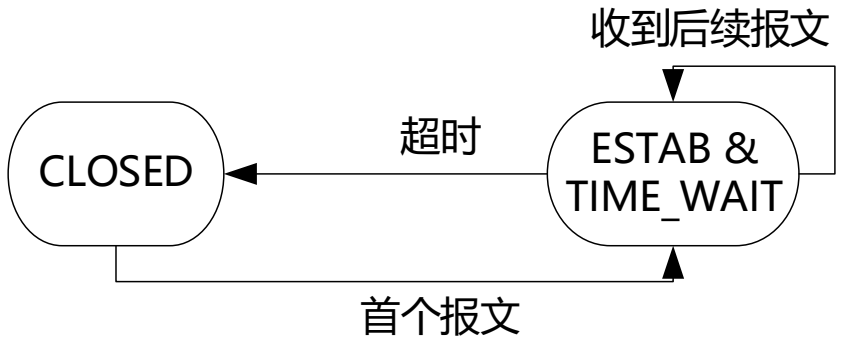


3.5 非TCP状态检测

- 防火墙建立虚拟连接
  - UDP
    - ✓ 一方发出UDP包，如DNS请求，建立连接
    - ✓ UDP应答的源和目的反向匹配连接，允许通过
  - ICMP
    - ✓ 信息查询报文，如ping（echo request）包，建立连接
    - ✓ 源和目的IP反向匹配的echo reply包，允许通过
- 这些状态的超时时间比较短

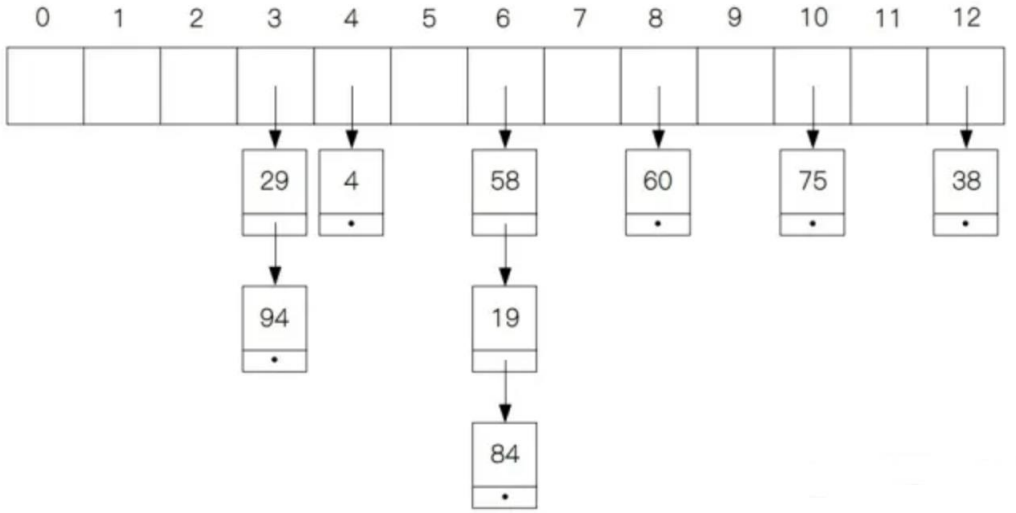
3.5 非TCP状态检测

- 虚拟UDP状态机



3.6 连接表的组织

- 非线性数据结构——hash表
- 快速匹配
- 可用硬件加速进一步加快



3.7 连接的老化和长连接

- 连接消耗系统资源，不能永远保持，需要老化删除
- 老化时机
  - TCP：正常——四次挥手；异常——较长的超时时间
  - UDP、ICMP：一段时间无通信，较短的超时间
- 特殊情况
  - FTP传输大文件，控制连接长时间没有报文通信
  - 有些数据库连接，查询操作的间隔非常长
  - 解决办法——长连接（超长的超时时间或者不超时），或者连接关联

3.8 多通道协议支持

- FTP为例
  - 监视控制连接数据流
    - ✓ port a1,a2,a3,a4,a5,a6
    - ✓ 227 Entering Passive Mode (a1,a2,a3,a4,a5,a6)
  - 自动创建一个预连接
    - ✓ 服务器IP:* → a1.a2.a3.a4:(a5×256+a6)
    - ✓ 客户机IP:* → a1.a2.a3.a4:(a5×256+a6)
  - 数据连接发起时，匹配到预连接，补充信息转为连接，放行，不需要规则放行

3.9 状态检测防火墙优缺点

- 优点
  - 速度更快，性能更强
  - 安全性提升
  - 配置更简单
  - 对用户透明
- 缺点
  - 主要在协议栈中工作，对病毒等威胁防护不足
  - 用户的C/S连接得到保持，存在内网信息泄露风险

第4讲 防火墙技术

一 防火墙概述

二 包过滤防火墙

三 状态检测防火墙

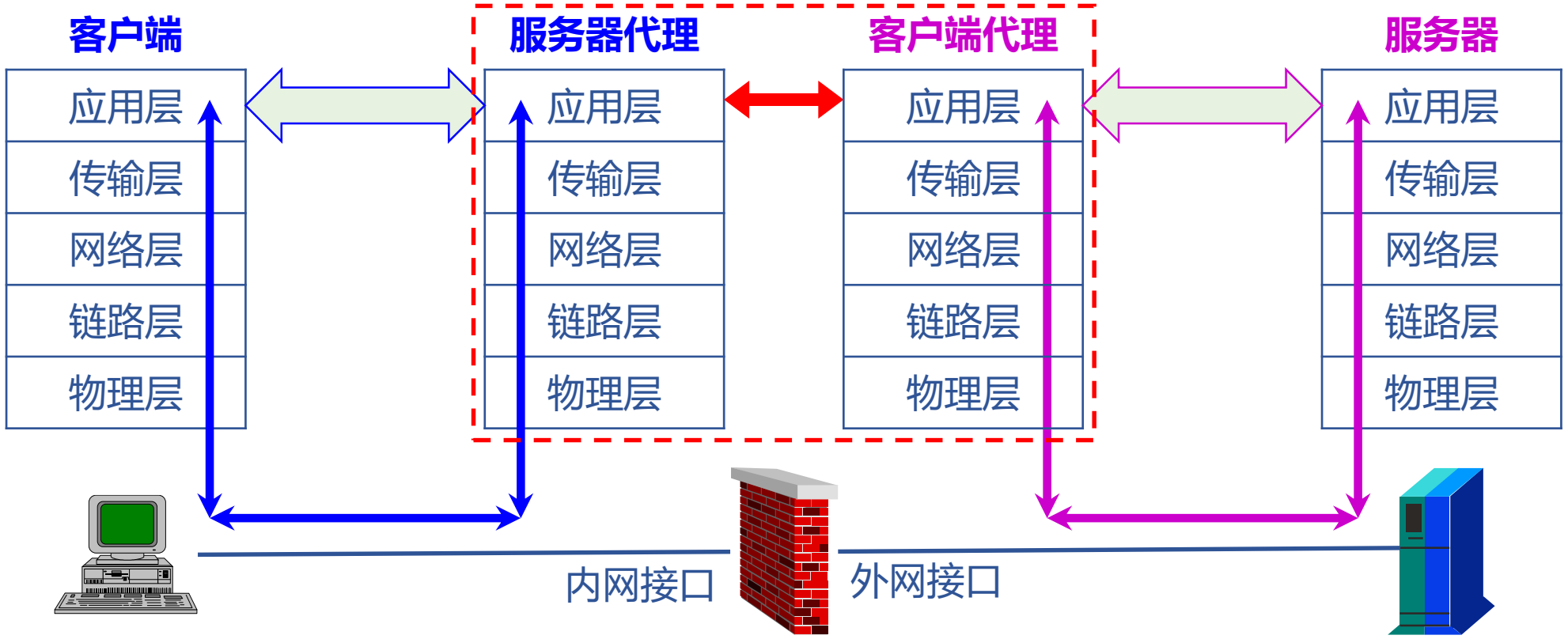
四 应用代理防火墙

五 防火墙技术发展

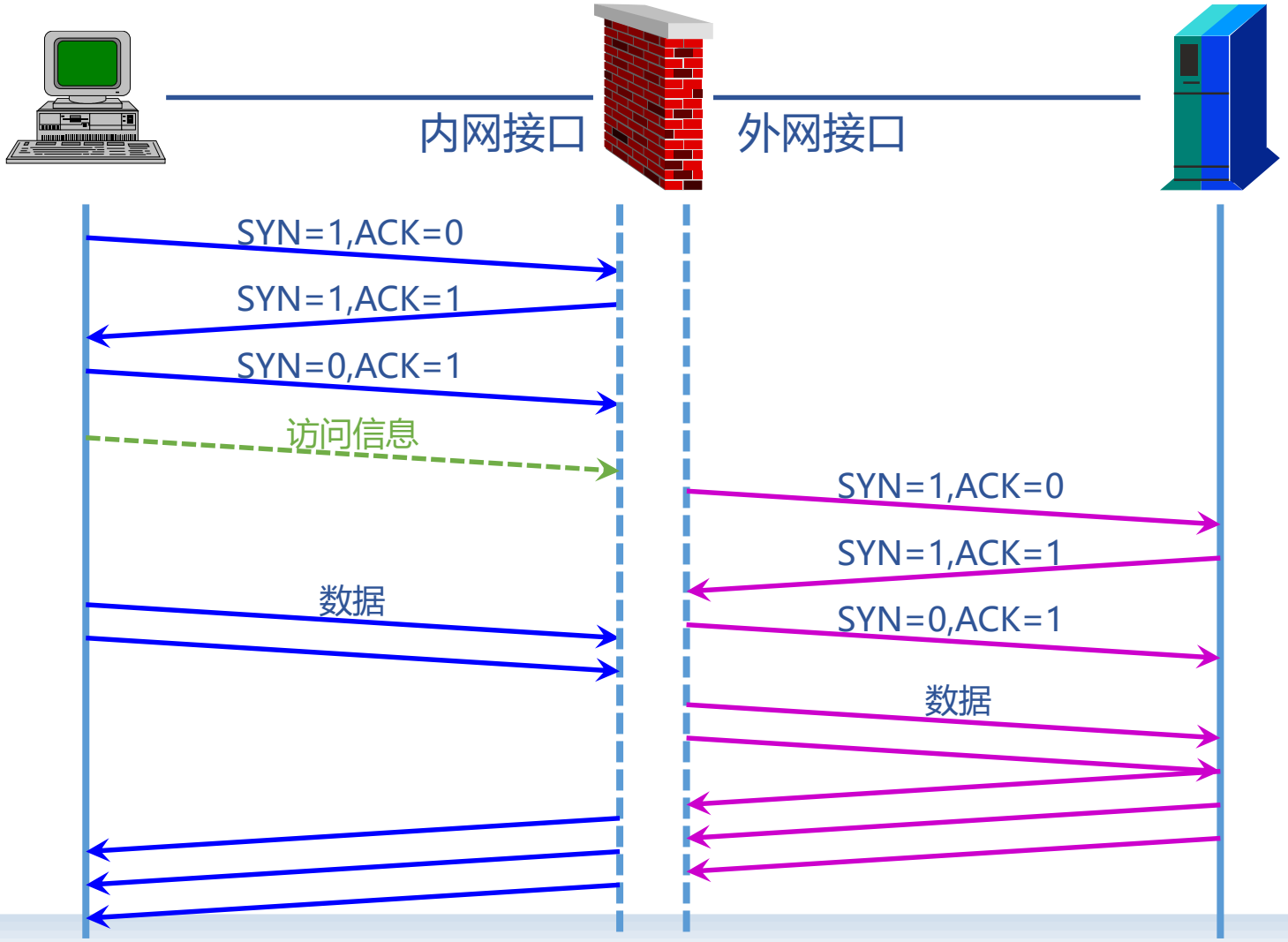
4.1 应用代理的提出

- 面向数据包的技术不足
  - 内核协议栈实现，功能受限
  - 数据在客户端和服务器之间直传，存在风险
- 解决思路
  - 数据过滤提升到应用层实现
  - 断开客户端和服务器的直接连接
- 应用代理防火墙（应用级网关）

4.2 应用代理工作机制

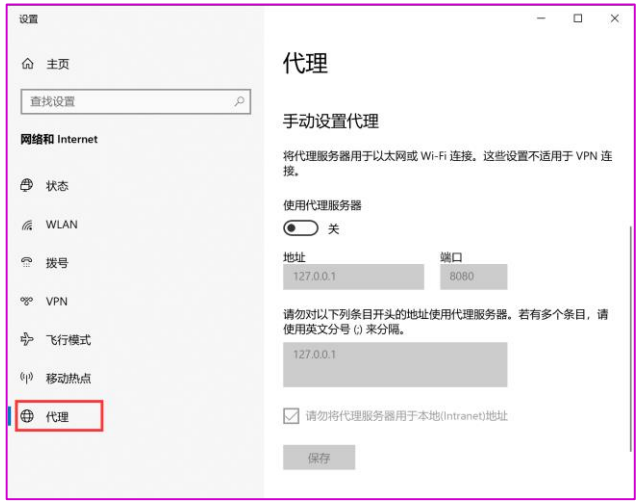


4.2 应用代理工作机制


内网接口
外网接口
SYN=1,ACK=0
SYN=1,ACK=1
SYN=0,ACK=1
访问信息
SYN=1,ACK=0
SYN=1,ACK=1
SYN=0,ACK=1
数据
数据

4.3 透明代理

- 普通代理
  - 客户端专门设置
  - 客户端专门功能
- 透明代理
  - 客户端无感知
  - 协议栈包过滤配合实现
    - ✓ 记录客户端消息的真实服务器地址，通知代理程序
    - ✓ 修改消息的目的地址为代理程序的监听地址
    - ✓ 服务器代理的应答消息，源地址改回真实服务器地址



4.4 应用代理的功能

- 基本访问控制
  - 源是否允许访问
  - 目的是否允许被访问
  - …
- 应用数据检查
  - 检查通信是否符合协议
  - 检查应用级的用户合法性
  - 深度检查和审计传输的数据内容
  - 数据对象缓存传输

4.5 应用代理的优缺点

- 优点
  - 按协议进行内容过滤
  - 可以调用其他安全功能
  - 屏蔽保护内网信息
- 缺点
  - 只支持特定服务，可扩展性不高
  - 性能较低

第4讲 防火墙技术

一 防火墙概述

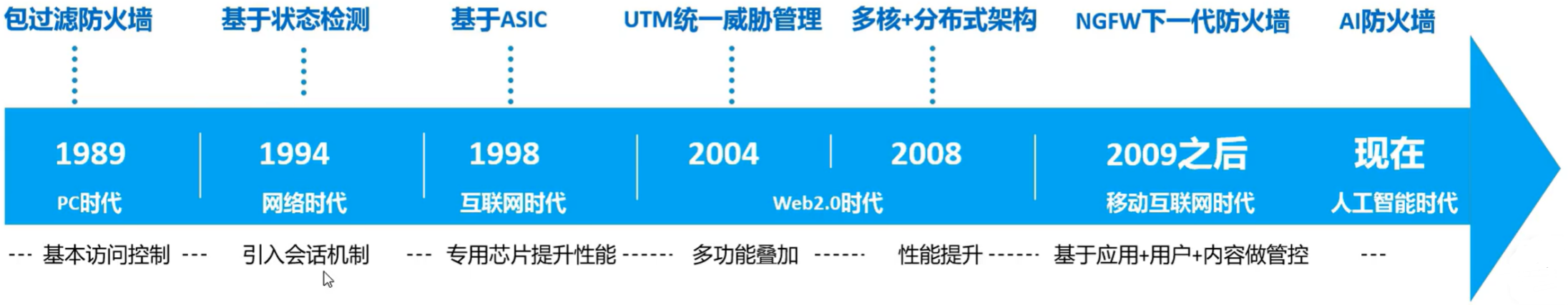
二 包过滤防火墙

三 状态检测防火墙

四 应用代理防火墙

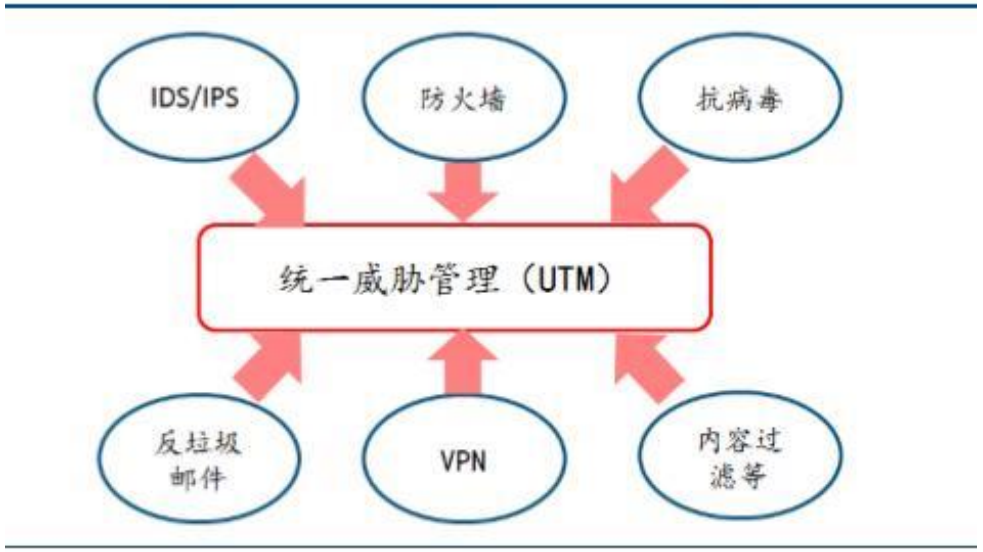
五 防火墙技术发展

5.1 防火墙技术发展历程



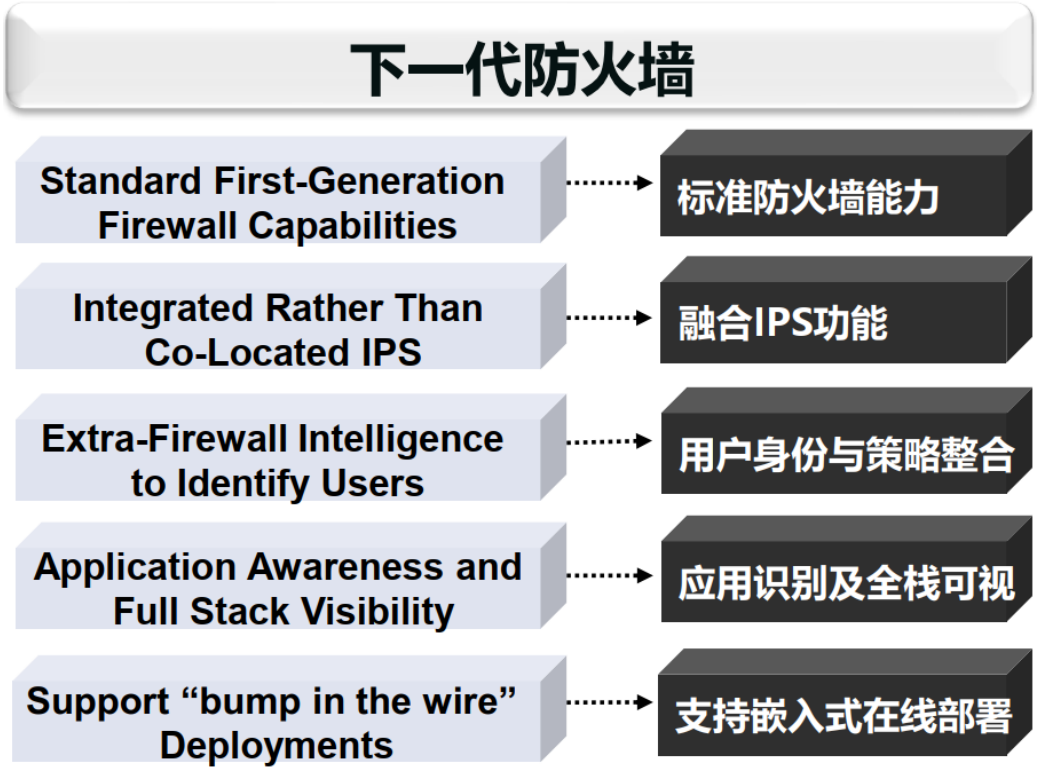
5.2 统一威胁管理UTM

- 定义
  - 由IDC提出的UTM是指由硬件、软件和网络技术组成的具有专门用途的设备，将多种安全功能和特性集成于一个硬设备里，构成一个标准的统一管理平台
- 功能
  - FW、IDS、IPS、AV等**串行连接**
- 特点
  - 把应用网关和IPS等设备在状态检测防火墙的基础上进行整合和统一
- 优点
  - 整合所带来的成本降低、降低信息安全工作强度、降低技术复杂度
- 缺点
  - 模块串联检测效率低，性能消耗大



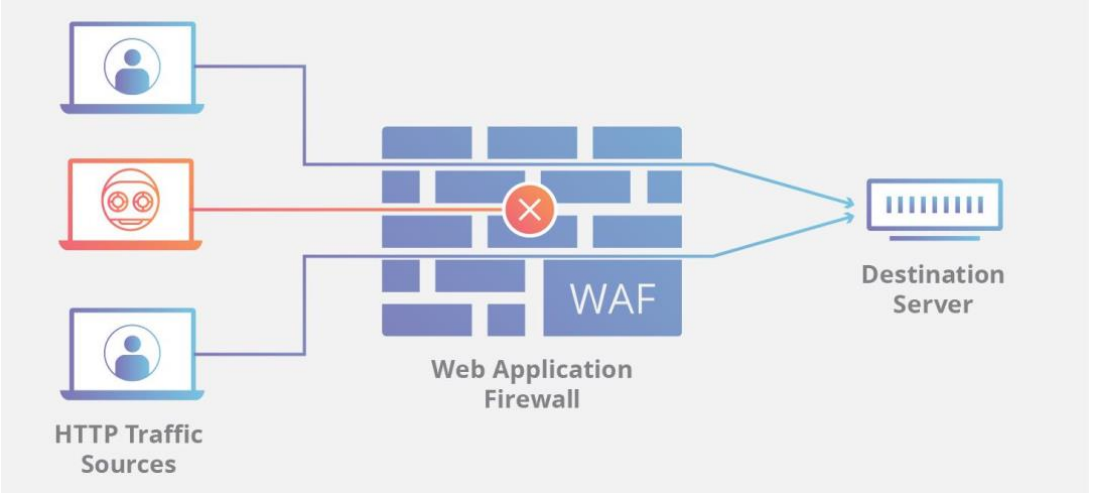
5.3 下一代防火墙 NG Firewall

- Next Generation Firewall，简称NG Firewall，全面应对**应用层威胁**的高性能防火墙
- 工作范围：2-7层
- 核心处理
  - 会话管理、**应用识别**、内容检测
- 功能
  - FW、IDS、IPS、AV、WAF
- 优点
  - 与UTM相比增加的web应用防护功能，功能更全
  - UTM是串行处理机制，NGFW是**并行处理**机制，效率更高
  - NGFW的性能更强，管理更高效



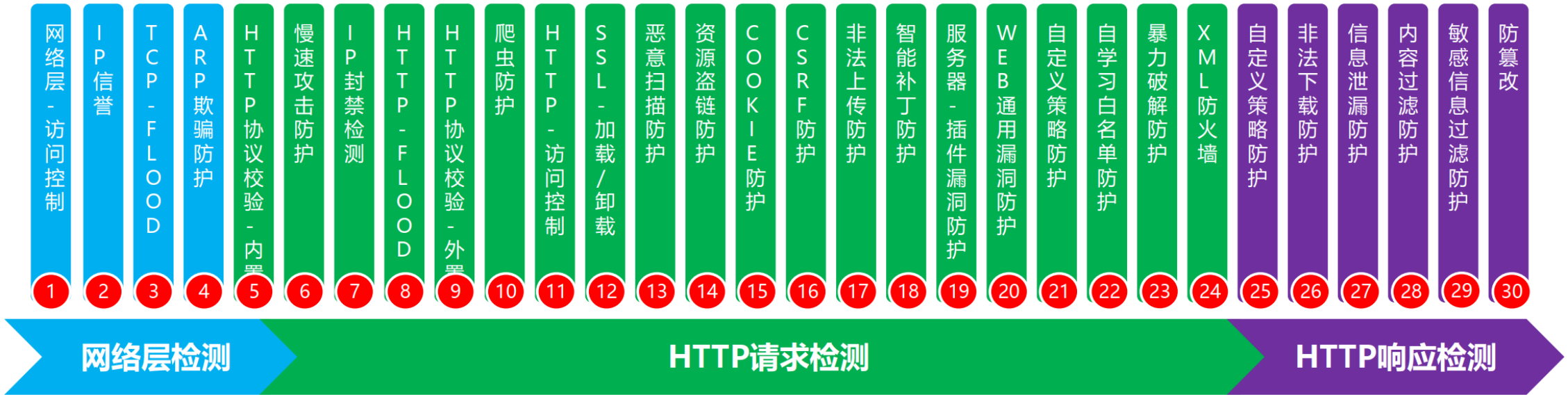
5.4 WEB应用防火墙WAF

- 工作范围：应用层（7层）
- 目的：防止基于应用层的攻击影响**Web应用**系统
- 主要技术原理：
  - 判断信息：HTTP协议数据的request和response
  - 代理服务：会话双向代理，用户与服务器不产生直接链接，对于DDOS攻击可以抑制
  - 特征识别：通过正则表达式的特征库进行特征识别
  - 算法识别：针对攻击方式进行模式化识别，如SQL注入、DDOS、XSS等



5.4 WEB应用防火墙WAF

➢ WAF常见功能



BUSINESS PLAN

谢谢观看