Firewall

Laboratorio di Amministrazione di Sistemi T

Marco Prandini

Credits

- Materiale in parte tratto da presentazioni di
  - Henric Johnson
    Blekinge Institute of Technology, Svezia
    http://www.its.bth.se/staff/hjo/
  - Angelo Neri
    CINECA, Italia
  - Fabio Bucciarelli
    ex-DEIS, Università di Bologna, Italia

Firewall = difesa perimetrale

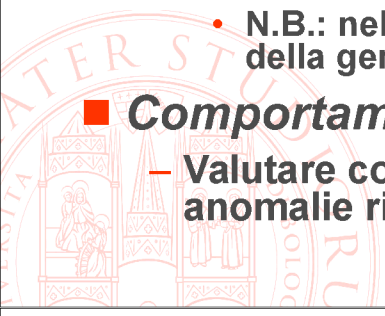
- Dall'inglese "muro tagliafuoco"
  - Un dispositivo per *limitare* la propagazione di un fenomeno indesiderato
- Immagine migliore: una cinta muraria con una porta
  - Divide il "dentro" dal "fuori"
    - Quel che avviene "dentro" non è visibile né controllabile
  - Si passa solo dalla porta
    - Politiche centralizzate di controllo dell'accesso
    - Funzionalità sofisticate implementate in un punto unico → non è necessario implementarle in tutti i sistemi
  - La porta serve per entrare, ma anche per uscire
    - *INGRESS* filtering, più intuitivo per impedire l'accesso a malintenzionati
    - *EGRESS* filtering, altrettanto importante, per impedire l'esfiltrazione di dati riservati e per evitare che i propri sistemi siano usati come base per attaccarne altri

Principi di base

- Firewall = *architettura*
  - Uno o più componenti
  - Hardware o software
- Punto di passaggio obbligato
  - Efficace solo se non ci sono altre strade per accedere alla rete da proteggere
- Default deny
  - Passa solo quel che è esplicitamente autorizzato
- Robustezza
  - Dev'essere immune agli attacchi → sistema dedicato, in cui sia possibile rinunciare a flessibilità e praticità in favore della riduzione delle vulnerabilità

Tecniche di controllo

- *Traffico*
  - Esaminare indirizzi, porte, e altri indicatori del tipo di servizio che si vuol rendere accessibile
- *Direzione*
  - Discriminare a parità di servizio le richieste entranti verso la rete interna da quelle originate da essa
    - N.B.: il traffico è sempre composto da uno scambio bidirezionale di pacchetti, la direzione *logica* di una connessione è definita da chi prende l'iniziativa
- *Utenti*
  - Differenziare l'accesso ai servizi sulla base di chi lo richiede
    - N.B.: nel protocollo TCP/IP non c'è traccia dell'utente responsabile della generazione di un pacchetto!
- *Comportamento*
  - Valutare come sono usati i servizi ammessi, per identificare anomalie rispetto a parametri di "normalità"

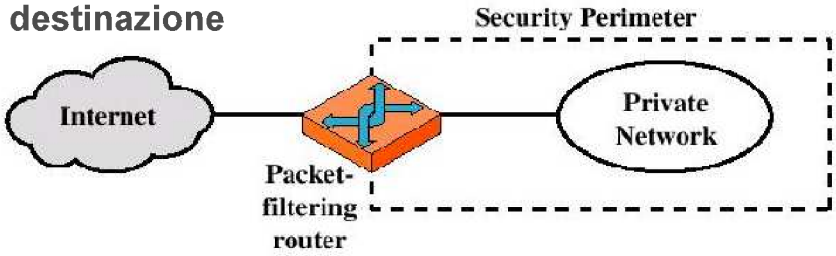


Tipi di firewall

- Tre tipi fondamentali
  - Packet filter
  - Application-level gateway
  - Circuit-level gateway
- Due collocazioni particolari
  - Bastion host
  - Personal firewall

Tipi di firewall: packet filter (PF)

- Esamina unicamente l'header del pacchetto, es.:
  - Link layer:
    - Interfaccia fisica di ingresso o uscita
    - MAC address sorgente / destinazione
  - IP layer:
    - Indirizzi sorgente / destinazione
    - Protocollo trasportato (ICMP, TCP, UDP, AH, ESP, …)
    - Opzioni IP (ECN, TOS, …)
  - Transport layer:
    - TCP flags (SYN, ACK, FIN, RST, …)
    - Porte sorgente / destinazione



Tipi di firewall: PF

- Applica in serie un elenco di regole del tipo "se *condizione* allora *azione*"
  - Normalmente la prima trovata in cui il pacchetto soddisfa la condizione determina il destino del pacchetto e interrompe la scansione dell'elenco
  - Le azioni di base sono scartare o inoltrare il pacchetto
  - Altre comunemente implementate:
    - Loggare i dettagli del pacchetto
    - Modificare in qualche modo il pacchetto
  - Se nessuna regola viene attivata, si applica una politica di default (scartare o inoltrare il pacchetto)
- Normalmente le regole sono raccolte in più liste separate, corrispondenti a punti di controllo diversi
  - es. per i pacchetti in ingresso al firewall e quelli in uscita

Tipi di firewall: PF

- Vantaggi
  - Semplice e veloce
    - Implementato tipicamente in tutti i router
  - Trasparente agli utenti
    - Se il firewall coincide col default gateway di una subnet, per farlo attraversare non si deve riconfigurare nessun sistema
    - Nell'implementazione locale a un sistema, può intercettare il traffico locale e reindirizzarlo a componenti user-space arbitrari
- Svantaggi
  - Regole di basso livello
    - Comportamenti sofisticati richiedono set di regole molto complessi
  - Mancanza di supporto alla gestione utenti
    - Negli header non compaiono elementi identificativi
- La configurazione è importante
  - RFC2827, RFC3704

Tipi di firewall: PF

- Vulnerabilità e contromisure (parziali)
  - Frammentazione

- Frammenti successivi al primo non possono attivare condizioni che menzionano parametri dell'header di trasporto → evasione
- Molti altri attacchi basati su vulnerabilità dei riassemblatori
- Soluzione drastica: scartare i pacchetti frammentati
- Soluzione costosa: riassemblare sul firewall (non implementabile su packet filter puro)

Tipi di firewall: PF

- Vulnerabilità e contromisure (parziali)
  - Spoofing (falsificazione degli indirizzi del mittente)
    - Controllo di coerenza tra subnet e interfacce/configurazione
      - Multicast (224.0.0.0/4) se non utilizzato
      - Provenienti da "fuori" con IP sorgente della rete "dentro" e v.v.
        - Impossibile su router infrastrutturali
    - Controllo su indirizzi sorgente "alieni"
      - illegali (es. 0.0.0.0/8)
      - di broadcast (p.e. 255.255.255.255/32)
      - riservati; almeno quelli della rfc1918:
        - 10.0.0.0/8
        - 172.16.0.0/12
        - 192.168.0.0/16
      - di loopback: 127.0.0.0/8
  - Source routing (instradamento determinato dal mittente)
    - Ormai ignorato da tutti i router

Tipi di firewall: PF

- Limitazioni
  - Se non si introduce un livello di vera e propria analisi del protocollo applicativo, il filtraggio *stateful* non può gestire protocolli che negoziano dinamicamente le connessioni
  - Es. FTP:
    - TCP open (C,>1023) → (S,21) *Control Channel*

      Sul control channel si scambiano i comandi: es GET filename

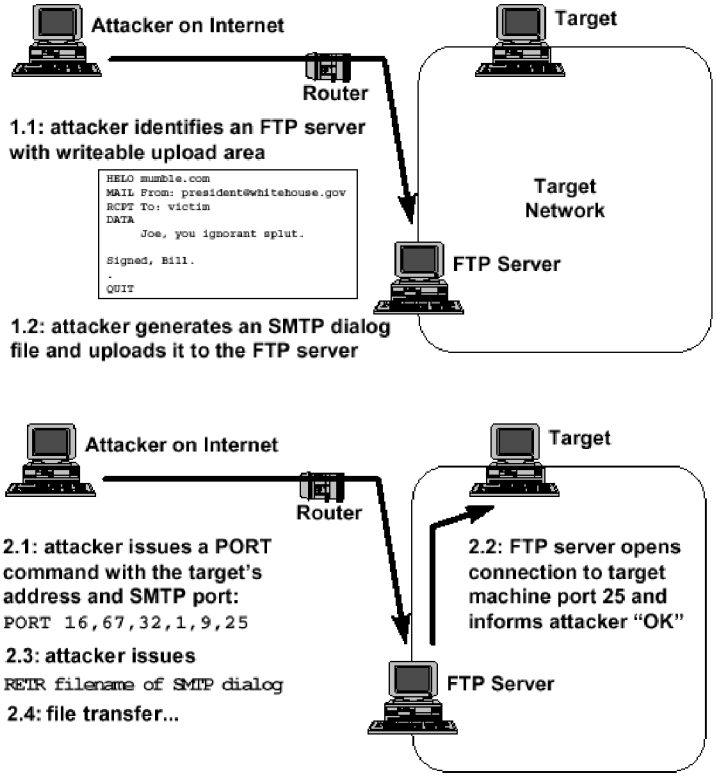
      Il trasferimento avviene sul Data Channel

      Il Client sceglie una porta alta sulla quale si mette in ascolto e la comunica al server con il comando "PORT" es: PORT 1234
    - TCP open (S,20) → (C,1234) *Data Channel*

      Su questo canale il file viene effettivamente trasferito
    - La porta di destinazione del Data Channel non è nota a priori
      - Non esiste una regola del PF per ammetterla
    - … e viaggia nel *payload* del pacchetto
      - Il PF non la può vedere, non è nell'header
  - Altri casi molto comuni: streaming protocols per multimedia

Tipi di firewall: PF

- Limitazioni
  - Protezione assente contro attacchi data-driven (nel payload)
  - Es. FTP bouncing

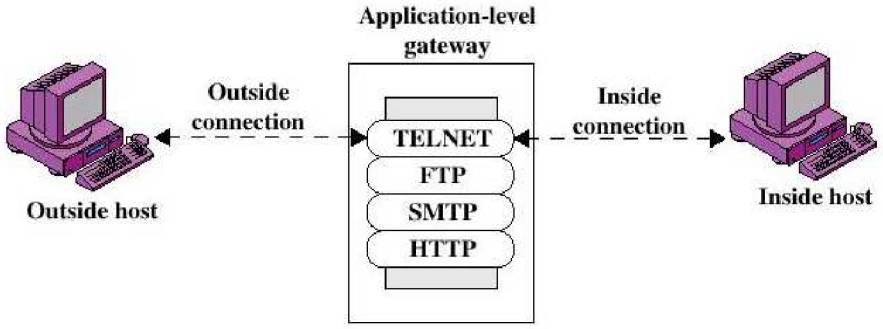


Tipi di firewall: PF

- Formalmente un PF è *stateless*
  - Non ha memoria del traffico passato
  - Decide su ogni pacchetto solo sulla base delle regole
- Evoluzione: PF *stateful*
  - Ha memoria di qualche aspetto del traffico che vede passare
  - Può decidere su di un pacchetto riconoscendolo parte di un flusso di traffico già instaurato
    - Implementazione specifica del tipo di PF
    - Utile soprattutto per protocolli senza connessione
- Evoluzione: Multilayer protocol inspection firewall
  - Tiene traccia dell'intera storia della connessione per verificare la coerenza del protocollo
  - In alcuni casi anche oltre il livello di trasporto

Tipi di firewall: Application-Level Gateway

- Anche chiamato *proxy server*
  - In questo ruolo può svolgere anche altre funzioni, es. caching
- Un ALG è un "man in the middle buono" che agisce da server nei confronti del client, e propaga la richiesta agendo da client nei confronti del server effettivo

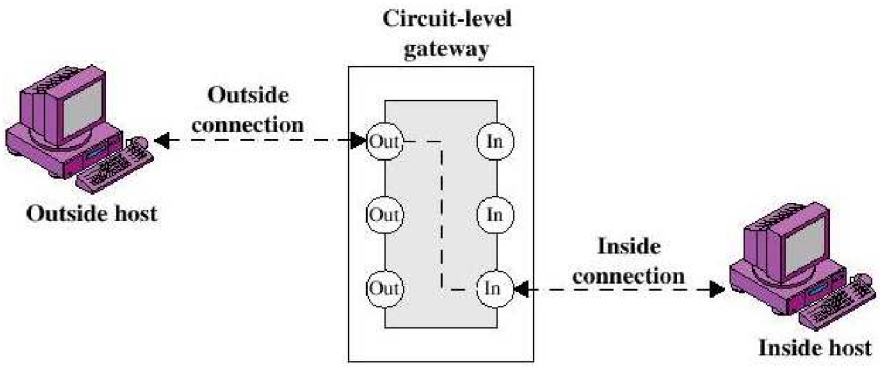


Tipi di firewall: ALG

- Vantaggi
  - Comprende il protocollo applicativo, quindi permette filtraggi avanzati come
    - Permettere/negare specifici comandi
    - Esaminare la correttezza degli scambi protocollari
    - Attivare dinamicamente regole sulla base della negoziazione C/S
  - Sono integrabili con processi esterni per l'esame approfondito del payload, es:
    - Antispam/antivirus per la posta
    - Antimalware/antiphishing per il web
  - Permette di tenere log molto dettagliati delle connessioni
    - Privacy permettendo!
- Svantaggi
  - Molto più pesante di un PF
  - Specifico di un singolo protocollo applicativo
  - Non sempre trasparente, può richiedere configurazione del client

Tipi di firewall: Circuit-level gateway (CLG)

- Spezzano la connessione a livello di trasporto
  - Diventano endpoint del traffico, non intermediari
  - Inoltrano i payload senza esaminarli

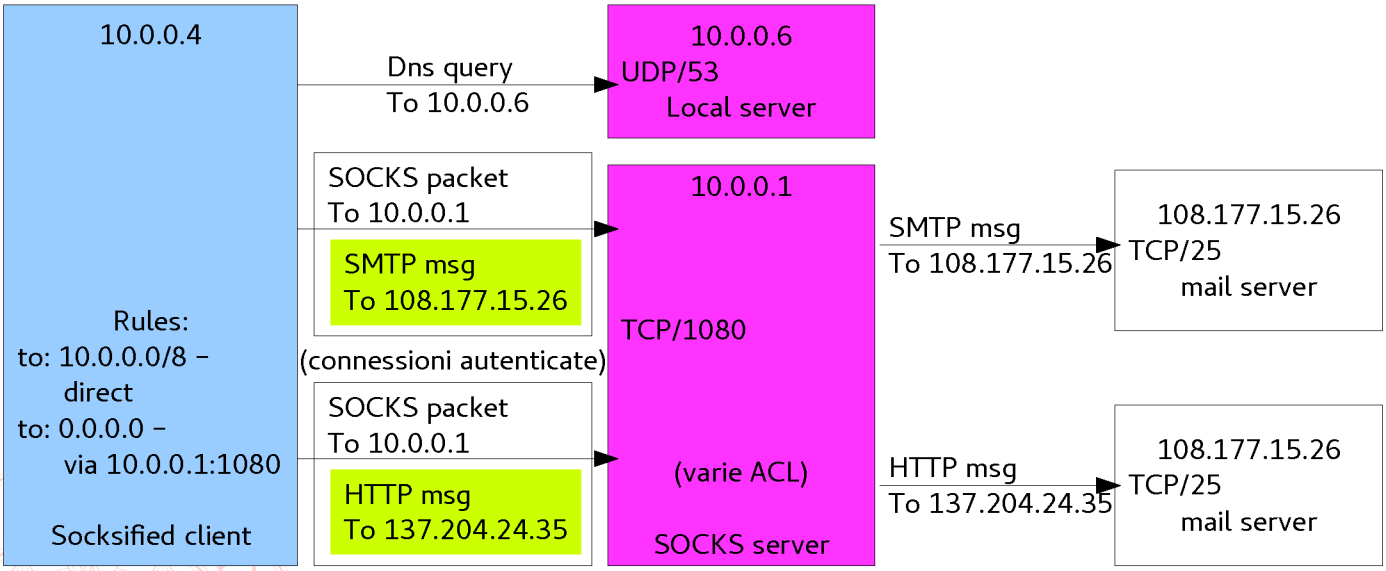


Tipi di firewall: CLG

- Utilizzo tipico
  - Determinare quali connessioni sono ammissibili dall'interno verso l'esterno
- Vantaggi
  - Può essere configurato trasparentemente agli utenti per autorizzare le connessioni da determinati host considerati fidati
  - Può agire da intermediario generico, senza bisogno di predefinire quali protocolli applicativi gestire
  - Può essere usato in combinazione con le applicazioni per differenziare le politiche sulla base degli utenti
- Svantaggi
  - Le regole di filtraggio sono limitate a indirizzi, porte, utenti
    - Si può combianare con un PF per gestire più dettagli di basso livello, con un ALG per gestire più dettagli applicativi
  - Richiede la modifica dello stack dei client
    - O la consapevole configurazione delle applicazioni

Tipi di firewall: CLG

- Socket Secure (SOCKS) – RFC 1928



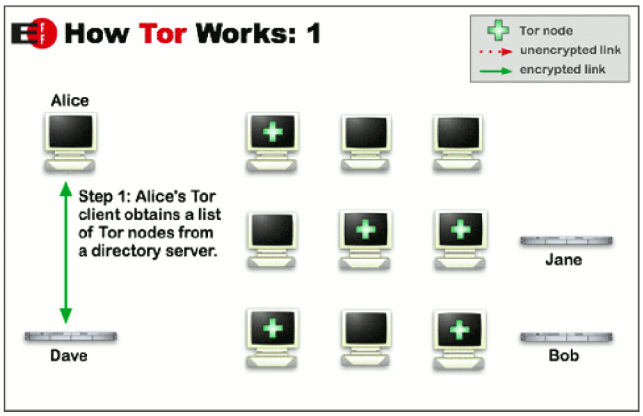
Tipi di firewall: CLG

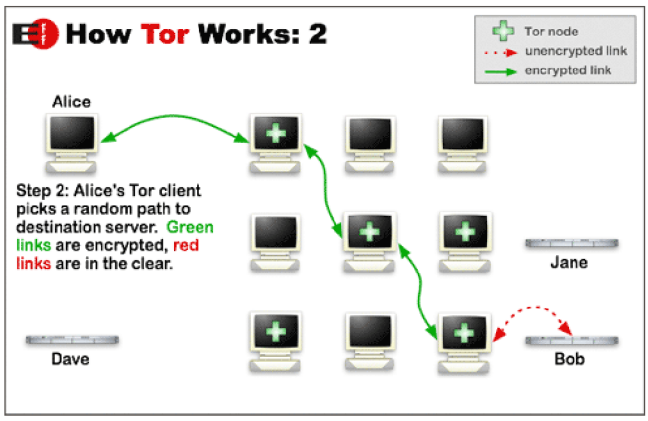
- SOCKS non nasce per cifrare le connessioni, ma
  - Può essere incanalato in connessioni sicure, es. una VPN, un tunnel SSH, una connessione TLS, ecc.
  - Prevede nativamente la possibilità di impostare *proxy chaining*, cioè l'inoltro di una connessione dal proxy scelto dal client a un altro proxy e così via prima di raggiungere il server
- Questi principi portano alla realizzazione "semplice" del concetto di *overlay network* e *onion routing*
  - Un sistema di instradamento del traffico che possa incapsulare payload generici, scegliendo la rotta a livello applicativo
  - Utilizzabile (nel bene e nel male) per anonimizzare la provenienza delle connessioni

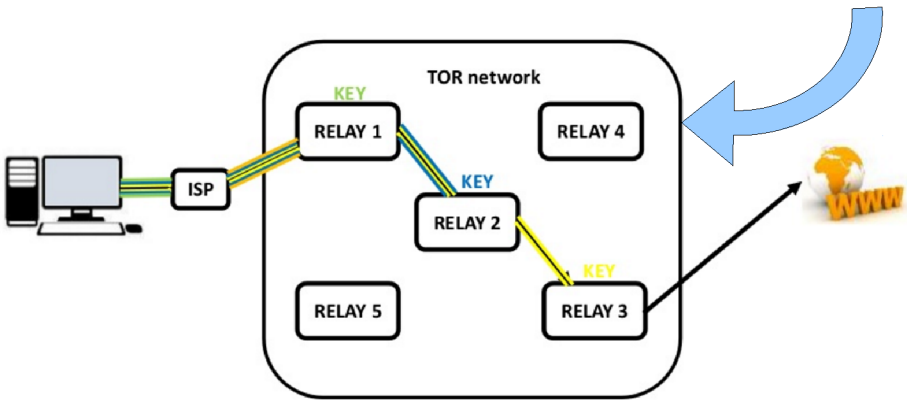
Interludio: Tor

- L'implementazione più nota è Tor (dal nome originale: The Onion Router)
  - Progetto open source avviato dalla Electronic Frontier Foundation (EFF)
  - Sponsorizzato tra gli altri da Google, Mozilla, SRI, NSF via diverse università USA, ...
    - e migliaia di utenti che forniscono supporto infrastrutturale
- Il protocollo di Tor permette di realizzare connessioni cifrate in cui il legame tra chi effettua richieste e il contenuto delle stesse è profondamente oscurato
- Esistono applicazioni "local proxy" che espongono un'interfaccia SOCKSv5 a qualsiasi client locale per farlo accedere a TOR

Interludio: Tor







- Il setup del percorso restituisce al client un set di chiavi AES condivise con ognuno dei relay attraversati
- Il messaggio è cifrato "a cipolla"
- Ogni relay conosce solo i suoi due vicini di percorso

https://www.torproject.org/about/overview

Interludio: Tor

- Debolezze
  - Entry ed exit node nello stesso AS → correlazione
  - Exit node vede traffico in chiaro (ma non IP sorgente)
    - Nel payload potrebbero esserci dati ben più identificativi!
  - Bad apple → un'applicazione insicura (IP leak) porta al tracciamento anche di quelle sicure dello stesso utente
  - Uso di Tor = aumento del sospetto da parte di autorità
- Contromisure intrinseche
  - La scelta random di un percorso per ogni connessione minimizza il rischio di attraversare nodi compromessi
- Ulteriori accorgimenti
  - L'uso di cifratura applicativa oscura il contenuto anche dell'ultimo hop https://www.eff.org/it/pages/tor-and-https
  - *Bridges* = entry nodes non elencati nella directory Tor, per non mostrare all'ISP che si usa Tor (o per aggirare il suo blocco) https://bridges.torproject.org/

Collocazioni dei firewall

- Bastion Host (BH)
  - Un sistema dedicato a far girare un software firewall, tipicamente per realizzare un ALG o un CLG
  - Può servire anche per un PF, ma tipicamente questo è integrato nei router che servono la rete
- Personal Firewall
  - Costituiscono un'eccezione al principio del controllo alla frontiera, essendo installati sulle singole macchine da proteggere
  - Vantaggi
    - Correlazione fra applicazione sorgente/destinazione e pacchetto → altissima precisione nel controllo di cosa è lecito vs. anomalo
  - Svantaggi
    - Perdita della centralizzazione della configurazione (o necessità di utilizzare sistemi di deploy piuttosto invasivi)
    - Spesso configurati "learning by doing" → molti alert → ignorati

Topologie di filtraggio

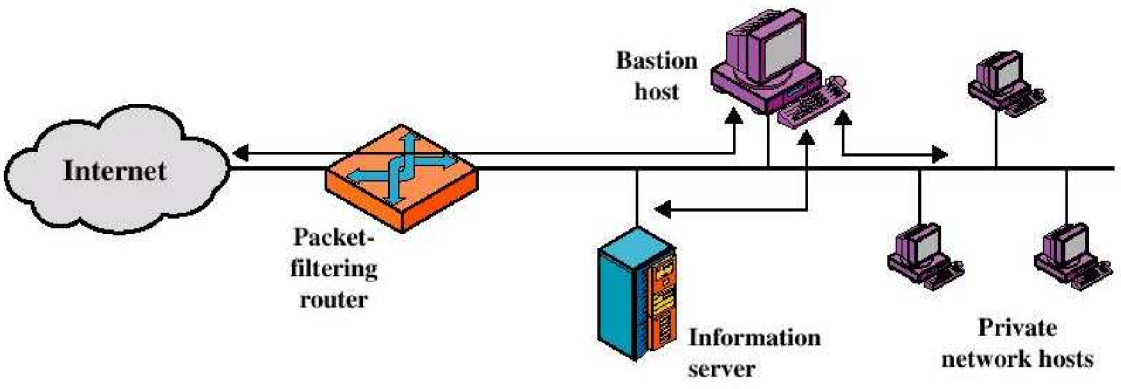
- La situazione più semplice è quella

  (rete esterna) --- (firewall) --- (rete interna)

- Non è adatta a reti in cui siano presenti contemporaneamente
  - Client
    - generano traffico uscente
    - devono essere totalmente schermati dagli attacchi esterni
  - Server
    - devono ricevere selettivamente traffico dall'esterno
    - possono essere più facilmente compromessi e non devono poter essere usati per attaccare i client
- Utilizzo di molteplici dispositivi per generare reti con zone differenziate

Topologie – screened single-homed BH

- Un PF garantisce che solo un BH possa comunicare con l'esterno
- Il BH implementa un ALG (eventualmente con autenticazione)

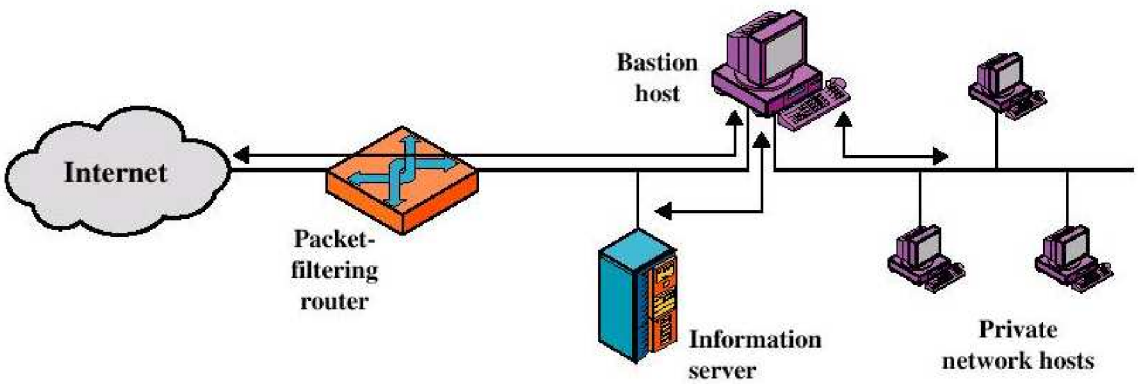


Topologie – screened single-homed BH

- Doppio filtraggio
  - a livello header (PF)
  - e applicativo (BH)
- Per prendere il controllo completo della rete interna, due sistemi da compromettere
  - Ma per un accesso significativo è sufficiente compromettere il PF (per contro, questo è tipicamente un sistema embedded o che comunque offre una superficie di attacco ridottissima)
- Semplice fornire accesso diretto a server totalmente pubblici

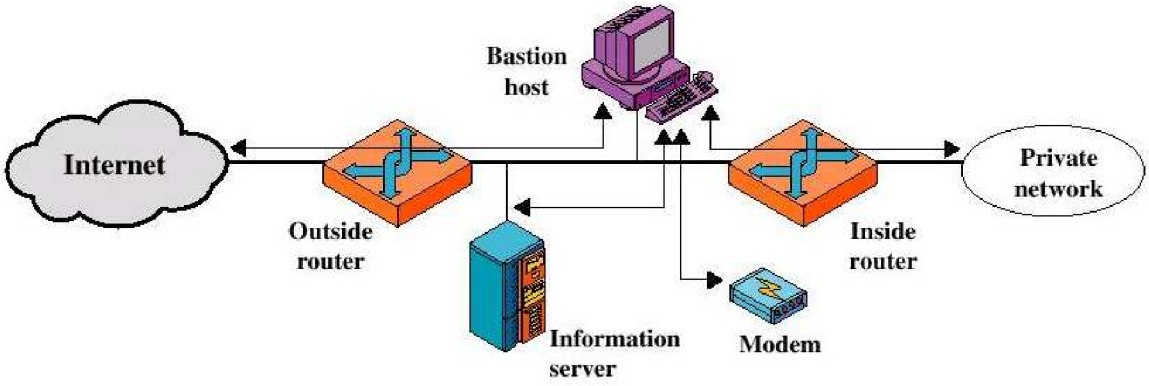
Topologie – screened dual-homed BH

- Come prima, ma il BH separa fisicamente due segmenti di rete
  - La compromissione del PF non dà accesso alla rete interna
  - Si crea una zona intermedia detta "demilitarizzata" (DMZ)
    - I server sono collocati qui
- Svantaggio: tutto il traffico dai client *deve* fluire attraverso il BH, anche quello del tutto innocuo



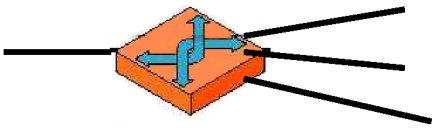
Topologie – screened subnet

- L'uso di due PF router
  - Rafforza la separazione tra esterno e interno
  - Nasconde completamente all'esterno l'esistenza della subnet privata, ostacolando l'enumerazione da parte degli attaccanti
  - Nasconde l'esistenza di Internet alla rete privata, ma consente ai router di inoltrare il traffico "banale" senza passare dal BH



Topologie – variazioni sul tema

- Sacrificando il doppio livello di protezione, se si dispone di un PF molto affidabile o di poco budget
  - Si possono unificare le funzioni di R1 e R2 della topologia screened subnet
  - con >3 interfacce si possono realizzare diverse DMZ



- Al contrario, se si deve gestire con elevata sicurezza una topologia di rete caratterizzata da molte zone con esigenze di protezione via via più elevate, si possono concatenare in serie DMZ con vari PF