Sicurezza dei sistemi e delle reti[1]

Mattia Monga

Dip. di Informatica
Università degli Studi di Milano, Italia
mattia.monga@unimi.it

a.a. 2014/15

[1] 🅭🅯🅭 2011–15 M. Monga. Creative Commons Attribuzione — Condividi allo stesso modo 4.0 Internazionale. http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/deed.it. Derivato con permesso da © 2010 M. Cremonini.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Lezione IV: Dal livello link a quello di trasporto

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

ARP

In una rete locale, il numero IP è *superfluo:* è sufficiente (e necessario) il numero MAC.

- ARP (Address Resolution Protocol): numero MAC da un numero IP

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Come funziona

- Ogni nodo mantiene una tabella (ARP cache) in cui ci sono le associazioni già note
- altrimenti si chiede a tutti i nodi della rete locale **chi** ha un certo numero IP

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

ARP cache poisoning

L'assunzione di **trust** nella LAN...

1. Chi ha il numero IP 192.168.0.2?
2. Sono io: 00:23:a2:d6:f2:15
3. Le comunicazioni dirette a 192.168.0.2 vanno a chi riceve i frame destinati a 00:23:a2:d6:f2:15

In realtà funziona con arp reply (o anche request!) anche non sollecitate.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Che fare?

Una possibile difesa è l'uso di tabelle ARP statiche.

Attenzione: l'ARP poisoning ha anche usi perfettamente legittimi: p.es. per ridondanza o per fare convergere il primo collegamento verso un server di autenticazione.

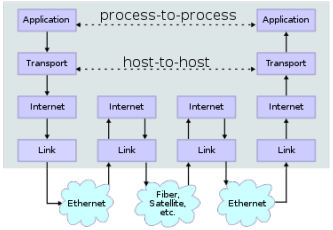
Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Riassumendo

- Le reti locali assumono che i nodi collegati condividano una relazione di fiducia
- ARP poisoning: permette di *impersonare* uno o piú nodi della LAN

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Il livello di trasporto



Poiché a livello applicativo la comunicazione avviene fra **processi**, a livello trasposto occorre identificare **nodi** e **processi.**

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Porte

Un segmento di scambio fra due processi necessita di **4** numeri (*socket pair*)

$$\langle ip_1, n_1 : ip_2, n_2 \rangle$$

Port

Port

n_1, n_2 (0–65536) si dicono porte: quelle lato server devono essere note al client e rappresentano quindi il punto *d'accoglienza*.

Nota: il client è il nodo che **inizia** la connessione con il server.

Porte ben note

da http://www.iana.org/assignments/port-numbers

```
discard 9/tcp sink null
discard 9/udp sink null
ftp-data 20/tcp
ftp 21/tcp
ssh 22/tcp # SSH Remote Login Protocol
ssh 22/udp
telnet 23/tcp
smtp 25/tcp mail
domain 53/tcp # name-domain server
domain 53/udp
finger 79/tcp
www 80/tcp http # WorldWideWeb HTTP
pop3 110/tcp pop-3 # POP version 3
nntp 119/tcp readnews untp # USENET News Transfer Protocol
ntp 123/udp # Network Time Protocol
irc 194/tcp # Internet Relay Chat
https 443/tcp # http protocol over TLS/SSL
printer 515/tcp spooler # line printer spooler
# ...
```


Porte ben note

```
# Non fissate da IANA
socks 1080/tcp # socks proxy server
openvpn 1194/tcp
openvpn 1194/udp
rmiregistry 1099/tcp # Java RMI Registry
# ...
```

Porte convenzionali

Ricordare sempre che le porte sono numeri **convenzionali** (concordate con IANA per i numeri ≤ 1024)

- in generale **non** identificano un servizio, ma la possibilità di stabilire una connessione.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Uso delle porte a scopi di sicurezza

- vietare l'uso della porta destinazione 22 **non** significa vietare SSH, ma impedire che client e server possano accordarsi sull'uso di tale porta.
- il divieto può funzionare solo se l'amministratore controlla il server: se gestisce solo la rete il divieto è aggirabile.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Riassumendo

- Una connessione è identificata da 4 numeri $\langle ip_1, n_1 : ip_2, n_2 \rangle$
- Le porte sono semplicemente una convenzione stabilita fra client e server.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

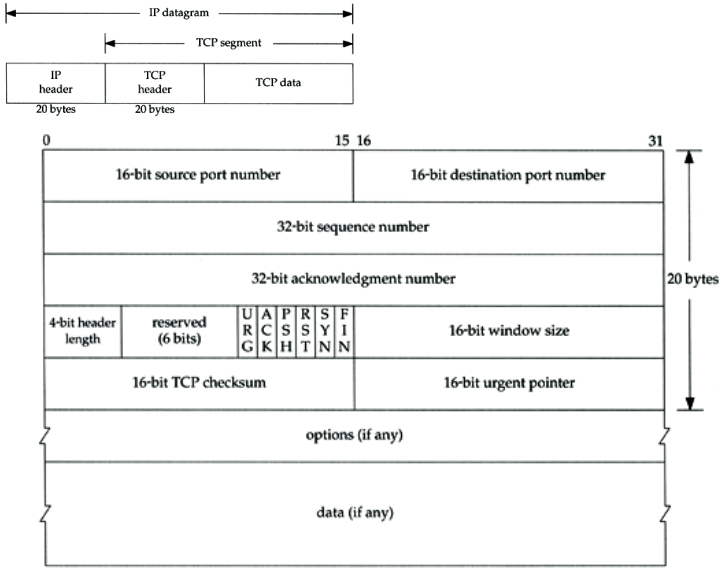
TCP

Transmission Control Protocol

- **connection-oriented:** è necessario uno handshake preliminare
- **full-duplex**
- lo "stato" è conservato interamente nei nodi (+ timer)

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

TCP segment



Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Flag

SYN richiesta di connessione, sempre il primo pacchetto di una comunicazione

FIN indica l'intenzione del mittente di terminare la sessione in maniera concordata

ACK conferma del pacchetto precedente, sia esso dati, SYN o FIN

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Flag

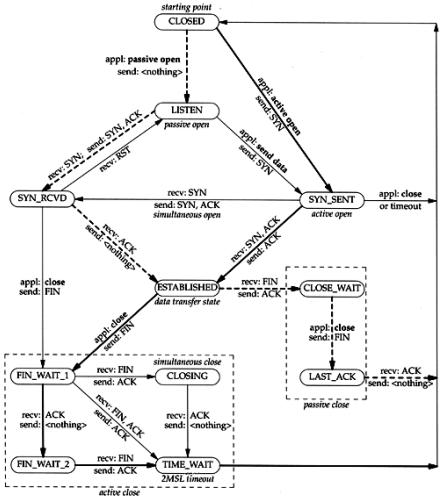
RST reset della sessione

PSH operazione di push, i dati che vengono inviati al destinatario non dovrebbero essere bufferizzati

URG dati urgenti (es. CTRL+C) vengono inviati con precedenza sugli altri

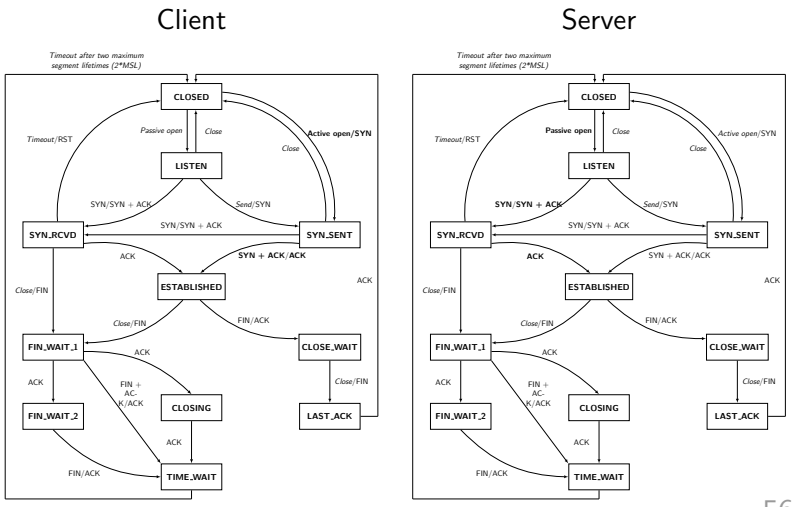
Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

State diagram

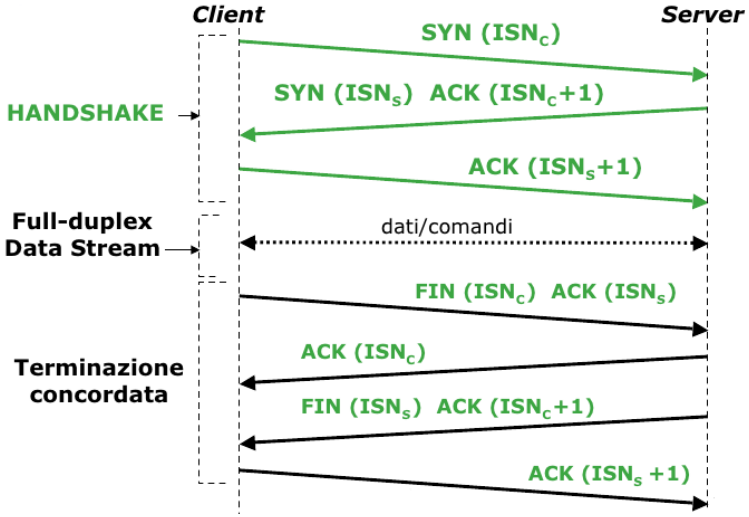


Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

TCP state diagram



Sequence diagram

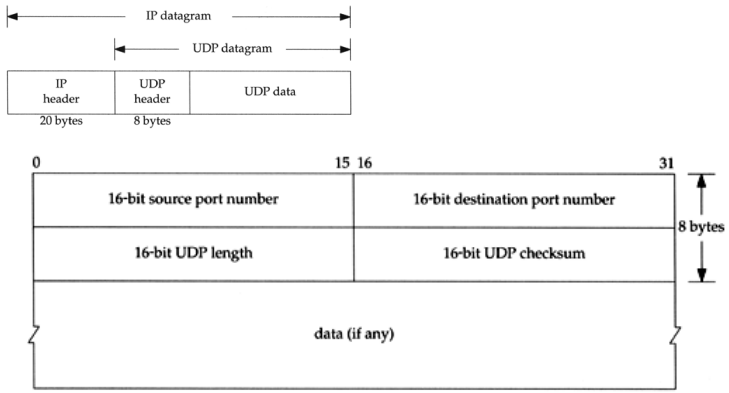


UDP

User Datagram Protocol

- Protocollo di trasporto “minimo”, senza connessione, senza stato
- minimo overhead (TCP: +20B, UDP: +8B)

UDP segment



Checksum

Sia TCP che UDP portano nei segmenti un checksum.
Attenzione: ha lo scopo di proteggere solo dagli **errori di trasmissione**, non dalle alterazioni maligne!

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Riassumendo

- TCP: connessione tramite 3-way handshake, stato mantenuto dai nodi
- UDP: minimo overhead rispetto a IP, nessuno stato
- Protocolli senza particolari caratteristiche di sicurezza (confidenzialità o integrità)

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Problemi intrinseci in TCP/IP

- Non c'è **autenticazione** fra le parti
- I controlli d'**integrità** sono banali
- Si difende la **disponibilità** della rete dalla congestione, ma non la possibilità di connettersi ad un determinato nodo

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

IP spoofing

Il campo `SRC` dello header IP è falsificabile senza particolari difficoltà.

- Le autenticazioni basate su indirizzi IP sono insicure, soprattutto all'interno di una rete locale.
- Fra l'altro la presenza di numeri IP duplicati può causare *denial of service*

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Dal punto di vista dell'attaccante

Se l'IP sorgente è falso

- le risposte andranno al vero nodo titolare
- "spoofare" l'IP non è sufficiente per inserirsi in una connessione TCP

Spoofing in connessioni TCP

Per una connessione serve lo handshaking

1. $C \rightarrow S : SYN, ISN_C$
2. $S \rightarrow C : SYN, ISN_S, ACK(ISN_C)$
3. $C \rightarrow S : ACK(ISN_S)$

Se ISN_S è imprevedibile è difficile (2^{-32}) per X farsi passare per C (e se C è *up*, manderà un RST).

Initial sequence number

RFC793: ISN va incrementato circa 1 volta ogni 4 microsecondi per evitare confusioni con connessioni duplicate. Alcune implementazioni ancora piú prevedibili (famose le kick-off war con IRC e stack vulnerabili come quelli di alcune versioni di Windows)

ISN sicuri

Non può essere completamente casuale. RFC1948 (ora RFC6528) propone:

$$ISN = M + F_S(localhost, localport, remotehost, remoteport)$$

con F_S funzione hash crittografica, non prevedibile da un attaccante e M un contatore incrementato ogni 4 microsecondi.

Riassumendo

- I campi dei pacchetti sono facilmente falsificabili
- Il numero di sequenza è un parametro particolarmente delicato

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Frammentazione

I segmenti TCP sono spesso **frammentati** e riassemblati dal destinatario.
Un *man-in-the-middle* può alterare i frammenti: in questo caso non serve indovinare i sequence number. I checksum sono facili da *aggiustare* perché semplici controlli d'errore di trasmissione.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

SYN flooding

Quando un host S riceve una richiesta SYN, tiene traccia per un certo tempo (spesso 75s) della connessione in una coda.

- La coda ha lunghezza finita: talvolta addirittura 5
- SYN cui non segue un ACK possono portare a DoS

I SYN-cookie (D. J. Bernstein) usano gli ISN per evitare il flooding.

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Fingerprinting

Dall'esame (non intrusivo) dei pacchetti di rete è possibile identificare molti dettagli utili negli attacchi...

- p.es. `p0f` è in grado di riconoscere molte implementazioni di stack TCP/IP

Sicurezza delle reti
Monga
ARP
ARP cache poisoning
Il livello di trasporto
TCP & UDP
TCP
UDP
Problemi di sicurezza intrinseci
Autenticazione
Integrità
DoS
Fingerprinting

Topologia della rete

È possibile studiare la topologia della rete esaminando il TTL

- p.es. Windows TTL=128, Linux TTL=64
- TTL==80 $\Rightarrow$ Windows, e il nodo è distante 48 hop

Letture obbligatorie

- Steven M. Bellovin. *A Look Back at "Security Problems in the TCP/IP Protocol Suite"*. In Proceedings of the 20th Annual Computer Security Applications Conference (ACSAC '04). 229-249.
- Steven M. Bellovin, *Defending Against Sequence Number Attacks*, February 2012, RFC6528

Riassumendo

- Il controllo d'integrità è lasco
- Il DoS può essere ottenuto abbastanza facilmente
- Gli header dei pacchetti rivelano molte informazioni ai potenziali attaccanti