Università di Verona, Facoltà di Scienze MM.FF.NN.

Insegnamento di Architetture HW di laboratorio

Strumenti e protocolli di rete all'opera

Davide Quaglia

Scopo di questa esercitazione è:
1) impostare ed ottenere informazioni sulla configurazione di rete di un elaboratore;
2) imparare ad utilizzare un analizzatore di rete;
3) verificare il comportamento di alcuni protocolli di livello applicativo.

1 Analisi ed impostazione della configurazione di rete

Per visualizzare le impostazioni di rete del proprio PC con Linux occorre dare il comando

```
$ /sbin/ifconfig -a
```

che visualizza la lista delle interfacce di rete e, per ognuna, le impostazioni MAC e IP. L'interfaccia ethernet viene indicata con `eth0` e si può osservare l'indirizzo MAC (6 byte esadecimali), l'indirizzo IPv4 (nel formato *dotted*) e la netmask (nel formato *dotted*).

Per visualizzare l'indirizzo del default gateway occorre usare il comando

```
$ /sbin/route
```

che stampa a video una routing table che, nel caso di un PC con una sola interfaccia IP, è ridotta a due sole righe:
- quella delle destinazioni raggiungibili direttamente (stessa rete)
- tutte le altre, raggiungibili tramite appunto il default gateway.

ESERCIZIO

Si possono usare gli stessi programmi per configurare l'indirizzo IP e la netmask in relazione ad una interfaccia di rete, e il default gateway. Ad esempio queste operazioni sono necessarie per dare operatività di rete alla macchine virtuali VMWare.

```
$ /sbin/ifconfig eth0 X.Y.Z.W netmask 255.255.255.0 up
$ /sbin/route add default gw X.Y.Z.1
```

NOTA: chiedere al docente i valori di X.Y.Z.W

1.1 Internet Control Message Protocol (ICMP)

Il protocollo Internet Control Message Protocol (ICMP) è stato progettato per riportare anomalie che accadono nel routing di pacchetti IP e verificare lo stato della rete. ICMP è specificato nel RFC 792. La tabella seguente riporta i tipi di pacchetti ICMP. I messaggi ICMP sono imbustati nel pacchetto IP il cui campo Protocol riporta il codice 0x01. I messaggi ICMP hanno un campo *Type* che ne indica il tipo.

I messaggi che riportano anomalie sono, ad esempio, *destination unreachable*, *time exceeded for a datagram* e *parameter problem on a datagram*. I messaggi di verifica della raggiungibilità di un nodo sono *echo request* e *echo reply* . Il messaggio *redirect* indica una condizione di stimolo ad un routing migliore, in quanto un router è stato attraversato inutilmente (ha dovuto ritrasmettere il messaggio sulla

stessa rete da cui lo ha ricevuto). Quando un host riceve un pacchetto di *routing redirect* tratta l'informazione in esso contenuta in modo simile a quella specificata da un comando di `route add` ed associa quindi un router diverso da quello di default a quella destinazione.
Gli ultimi messaggi ad essere stati introdotti nel protocollo ICMP sono *address mask request* e *address mask reply*, per permettere ad una interfaccia di scoprire automaticamente la netmask usata in quella rete.

Il tool *ping* utilizza ICMP per verificare la raggiungibilità di un'interfaccia IP (di un host o di un router). Il programma viene lanciato da shell con il comando:

```
$ ping indirizzo_IP
```

Il programma invia un messaggio ICMP *Echo request* all'indirizzo IP specificato che dovrebbe rispondere con un messaggio ICMP *Echo reply*.

Esempio:

```
$ ping 157.27.10.10
```

Il programma invia più messaggi e calcola anche il round trip time a seguito della risposta.

NOTA: purtroppo presso gli amministratori di rete si sta diffondendo la consuetudine di bloccare i messaggi ICMP sul primo router attraversato nella propria rete.

1.2 Address Resolution Protocol (ARP)

Il protocollo ARP permette di conoscere l'indirizzo MAC associato ad un indirizzo IP sulla stessa rete di livello 2. Le associazioni sono mantenute in una cache temporanea da cui vengono cancellate dopo un certo tempo. Per visualizzare il contenuto della cache ARP del proprio PC occorre usare il comando

```
$ arp -a
```

1.3 Domain Name Service (DNS)

Domain Name Service (DNS) è un servizio utilizzato per la risoluzione di nomi di host in indirizzi IP. Il servizio permette così di utilizzare i nomi e le parole di uso comune per fare riferimento ad host su cui risiedono delle applicazioni, ad esempio un sito Internet. In pratica un nome di un host viene associato al suo indirizzo IP. Ad esempio il sito di Novell www.novell.com in realtà è solo un modo facile per identificare l'host residente all'indirizzo 130.57.5.25. La possibilità di attribuire nomi simbolici agli indirizzi IP degli host è essenziale per l'usabilità di Internet, perché gli esseri umani trovano più facile ricordare nomi testuali, mentre gli host ed i router sono raggiungibili solo utilizzando gli indirizzi IP numerici.
Il servizio di associazione nomi/IP è realizzato tramite un database distribuito, costituito dai server DNS.
Un nome è costituito da una serie di stringhe separate da punti, ad esempio `it.wikipedia.org`. La stringa più a destra è detta *dominio di primo livello* (o TLD, Top Level Domain), per esempio .org o .it. Un dominio di secondo livello consiste in due parti, per esempio `wikipedia.org`, e così via. Ogni ulteriore stringa a sinistra specifica un'ulteriore suddivisione. Quando un dominio di secondo livello viene registrato all'assegnatario, questo è autorizzato a usare i nomi di dominio relativi ai successivi livelli come `it.wikipedia.org` (dominio di terzo livello) e altri come `some.other.stuff.wikipedia.org` (dominio di quinto livello) e così via; questo meccanismo garantisce l'unicità dei nomi.
Ogni volta che si fa accesso ad un host su Internet specificandone il nome (ad es. un sito web o un

server di posta) il nostro PC chiede ad un server DNS l'indirizzo IP corrispondente che sarà poi usato per spedirgli i pacchetti.

La lista con il o i server DNS da contattare deve essere impostata dall'amministratore di rete per ogni host. Su Linux tale lista è contenuta nel file /etc/resolv.conf che può essere visualizzato nel modo seguente:

```
$ cat /etc/resolv.conf
```

In laboratorio tale file dovrebbe essere impostato come segue:

```
$ vi /etc/resolv.conf

search sci.univr.it
nameserver 157.27.10.10
```

La direttiva *search* indica quale dominio usare quando nelle richieste viene indicato solo il nome dell'host (dominio sottointeso). La direttiva *nameserver* invece indica l'indirizzo IP del server DNS.
Un programma per shell che risolve i nomi in indirizzi IP è `dig` che invoca un server DNS e stampa a video la risposta.

Esempio:

```
$ dig www.univr.it
```

mostra l'IP del server web di Ateneo cioè 157.27.6.235

Esercizi

1: lanciare ping indicando rispettivamente l'indirizzo di loopback, il proprio IP e quello del vicino e verificare il round trip time nei tre casi. Cambia nel tempo anche per lo stesso IP ? Qual è il minore ?

2: visualizzare il contenuto della cache ARP prima e dopo aver lanciato il comando ping su un host della stessa rete e verificare cosa cambia.

2 Introduzione agli analizzatori di rete

Esistono strumenti SW che consentono di analizzare tutti i pacchetti che arrivano alla propria interfaccia di rete:

- **tcpdump (**http://www.tcpdump.org/tcpdump_man.html) storico tool in linea di comando per Linux
- **wireshark** (http://www.wireshark.org/docs/) nuovo tool con interfaccia grafica disponibile per Linux, Windows e Mac
- **thethereal (**http://www.ethereal.com/docs/man-pages/tethereal.1.html) versione in linea di comando di Wireshark
- **analyzer** (**http://analyzer.polito.it/**) sviluppato al Politecnico di Torino per Windows
- **windump** (**http://www.winpcap.org/windump**) per Windows.

Questi tool di analisi si basano tutti sulla libreria C chiamata ***libpcap***, reperibile al sito http://www.tcpdump.org (tcpdump è lo sniffer per eccellenza che sfrutta la libpcap).
Le principali funzioni di questa libreria sono la possibilità di cercare e trovare interfacce di rete, gestire potenti filtri di cattura, analizzare ciascun pacchetto, gestire errori e statistiche di cattura.

2.1 Scaricamento e installazione

I tool si possono scaricare liberamente dalle rispettive pagine web o probabilmente sono presenti già nell'installazione della propria distribuzione Linux.

ATTENZIONE: per poter utilizzare le funzionalità di cattura di questi tool in ambiente Linux bisogna essere autenticati come utente *root* o aver installato il tool con *setuid* a root. In ogni caso questi tool possono essere utilizzati per analizzare catture precedentemente effettuate da utente root e salvate su file.

2.2 Alcuni concetti sullo *sniffing*

Sniffing in **reti ethernet non-switched**: In questo tipo di reti ethernet il mezzo trasmissivo è condiviso tramite un *hub* centrale, quindi tutte le schede di rete dei computer nella rete locale ricevono tutti i pacchetti, anche quelli destinati ad altri, selezionando i propri a seconda dell'indirizzo ***MAC*** (indirizzo hardware specifico della scheda di rete). Lo sniffing in questo caso consiste nell'impostare sull'interfaccia di rete la cosiddetta **modalità promiscua**, che disattiva il "filtro hardware" basato sul MAC permettendo al sistema l'ascolto di tutto il traffico passante sul cavo.

Sniffing in **reti ethernet switched**: In questo caso l'apparato centrale della rete, definito switch, si preoccupa, dopo un breve transitorio, di inoltrare su ciascuna porta solo il traffico destinato al dispositivo collegato a quella porta; ciascuna interfaccia di rete riceve, quindi solo i pacchetti destinati al proprio indirizzo, i pacchetti multicast e quelli broadcast. L'impostazione della modalità promiscua è quindi insufficiente per poter intercettare il traffico in una rete gestita da switch. Un metodo per poter ricevere tutto il traffico dallo switch da una porta qualunque è il **MAC flooding**. Tale tecnica consiste nell'inviare ad uno switch pacchetti appositamente costruiti per riempire la *CAM table* dello switch di indirizzi MAC fittizi. Questo attacco costringe lo switch ad entrare in una condizione detta di *fail open* che lo fa comportare come un hub, inviando così gli stessi dati a tutti gli apparati ad esso collegati.

2.3 Utilizzo di *tcpdump*

Questo applicativo è un tool di cattura, attraverso il quale è possibile monitorare il traffico in una rete. Il tool permette, tra l'altro, di limitare la cattura dei pacchetti impostando dei filtri basati, ad esempio, sull'interfaccia di ascolto, sul protocollo o sulla porta utilizzata. Sono inoltre disponibili una serie di opzioni, in particolare vi è la possibilità di limitare il numero di pacchetti catturati o quanti byte acquisire per ciascun pacchetto. Inoltre è possibile salvare su file i pacchetti catturati per leggerli con lo stesso programma in un secondo tempo.

Si riportano alcuni esempi di utilizzo; si noti che per catturare pacchetti occorre lanciare il programma dall'utente root mentre per analizzare file di catture precedenti si può essere utenti non privilegiati.

Utilizzo con le impostazioni di default e senza salvare i pacchetti catturati (vengono solo visualizzati):

```
$ /usr/sbin/tcpdump
```

Analizziamo il comando con le varie opzioni utilizzate:

```
$ /usr/sbin/tcpdump -i eth0 -w eth0.log -s 0 tcp port 80
```

-i eth0 : rappresenta l'interfaccia dalla quale si intende catturare

-w eth0.log : rappresenta il nome del file in cui verranno messi i pacchetti catturati

-s 0 : la flag *-s* permette di specificare quanti byte acquisire da ogni singolo pacchetto (default 68); con *-s0* si richiede di acquisire l'intero pacchetto

tcp : le catture da effettuarsi saranno relative a questo protocollo

port 80 : questo campo limita le catture ai soli pacchetti che utilizzano come source o destination port la porta 80, che, nel caso TCP, è la porta utilizzata dal protocollo *HTTP* (*Hyper Text Transport Protocol*) che realizza il servizio Web.

Per interrompere il monitoraggio occorre utilizzare la combinazione *CTRL + C*.

Altri esempi di utilizzo di tcpdump:

1) viene selezionata l'interfaccia *eth0* e catturato il flusso da e verso *edalab-srv01.sci.univr.it*, scrivendo sul file *eth0.log*

```
$ /usr/sbin/tcpdump -i eth0 -w eth0.log host edalab-srv01.sci.univr.it
```

2) come il precedente esempio ma in questo caso vengono letti solo i pacchetti IP contenenti TCP.

```
$ /usr/sbin/tcpdump -i eth0 -w eth0.log \
  ip proto tcp host edalab-srv01.sci.univr.it
```

3) come il precedente ma in questo caso vengono letti solo i pacchetti da e verso la porta 80 (http).

```
$ /usr/sbin/tcpdump -i eth0 -w eth0.log \
  ip proto tcp host edalab-srv01.sci.univr.it \
  and port 23
```

4) come il precedente esempio ma in questo caso vengono letti solo i pacchetti verso l'host *edalab-srv01.sci.univr.it (dst* sta per *destination* mentre *src* è *source)*

```
$ /usr/sbin/tcpdump -i eth0 -w eth0.log \
  ip proto tcp \
  dst host edalab-srv01.sci.univr.it \
  and port 80
```

5) come il precedente esempio ma in questo caso vengono visualizzati i pacchetti precedentemente salvati nel file eth0.log; anche in questo caso si può applicare un filtro che permette di visualizzare solo i pacchetti di interesse

```
$ /usr/sbin/tcpdump -r eth0.log host edalab-srv01.sci.univr.it
```

Si ricorda che non serve essere root quando TCPDUMP legge un file precedentemente catturato.

Le capacità di analisi e filtraggio vanno ben oltre questi esempi introduttivi, si consiglia di far riferimento alle pagine del manuale per verificarne le potenzialità.

2.4 Utilizzo di *wireshark*

Alcune caratteristiche:

- i dati possono essere acquisiti “from the wire” (direttamente dal cavo) oppure possono essere letti su un file di cattura precedente
- i dati possono essere catturati dal vivo da reti Ethernet, IEEE 802.11, Token Ring, ecc.
- i dati di rete catturati possono essere esplorati tramite un'interfaccia grafica

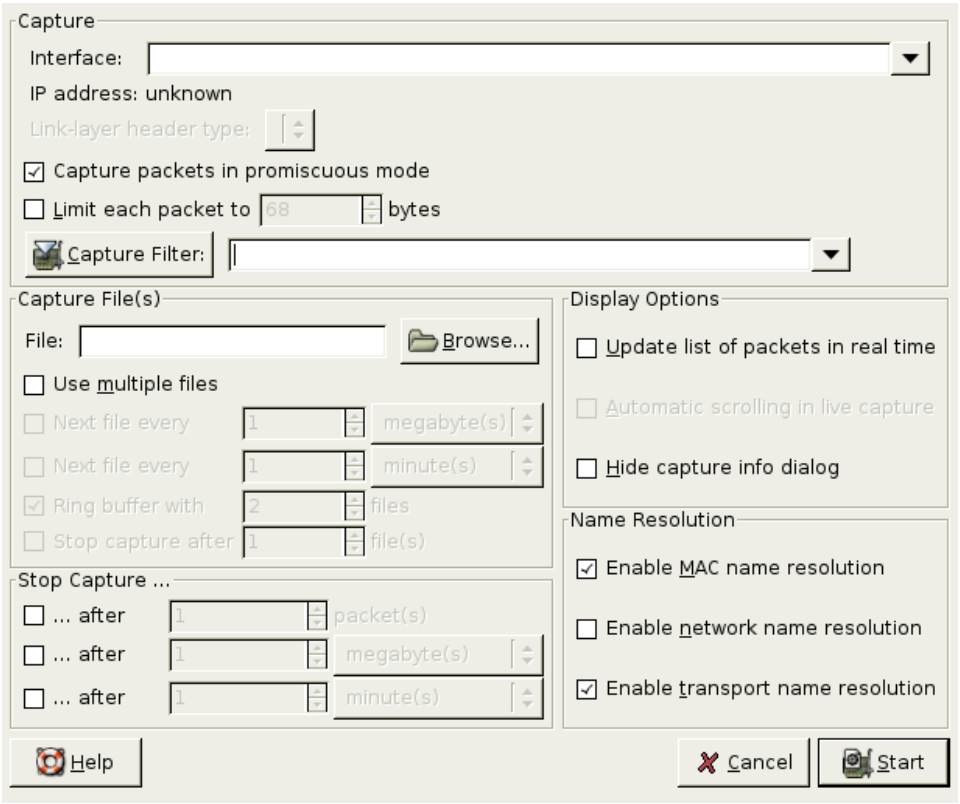
- i filtri di visualizzazione possono essere usati per colorare o visualizzare selettivamente le informazioni sommarie sui pacchetti
- i protocolli di comunicazione possono essere scomposti, in quanto wireshark riesce a "comprendere" la struttura dei diversi protocolli di rete, quindi è in grado di visualizzare incapsulamenti e campi singoli, ed di interpretare il loro significato
- è possibile studiare le statistiche di una connessione TCP e di estrarne il contenuto.

Per lanciare l'applicazione:

```
$ wireshark
```

si ricordi che è necessario essere l'utente *root* se si intende fare una cattura diretta dalle interfacce di rete.

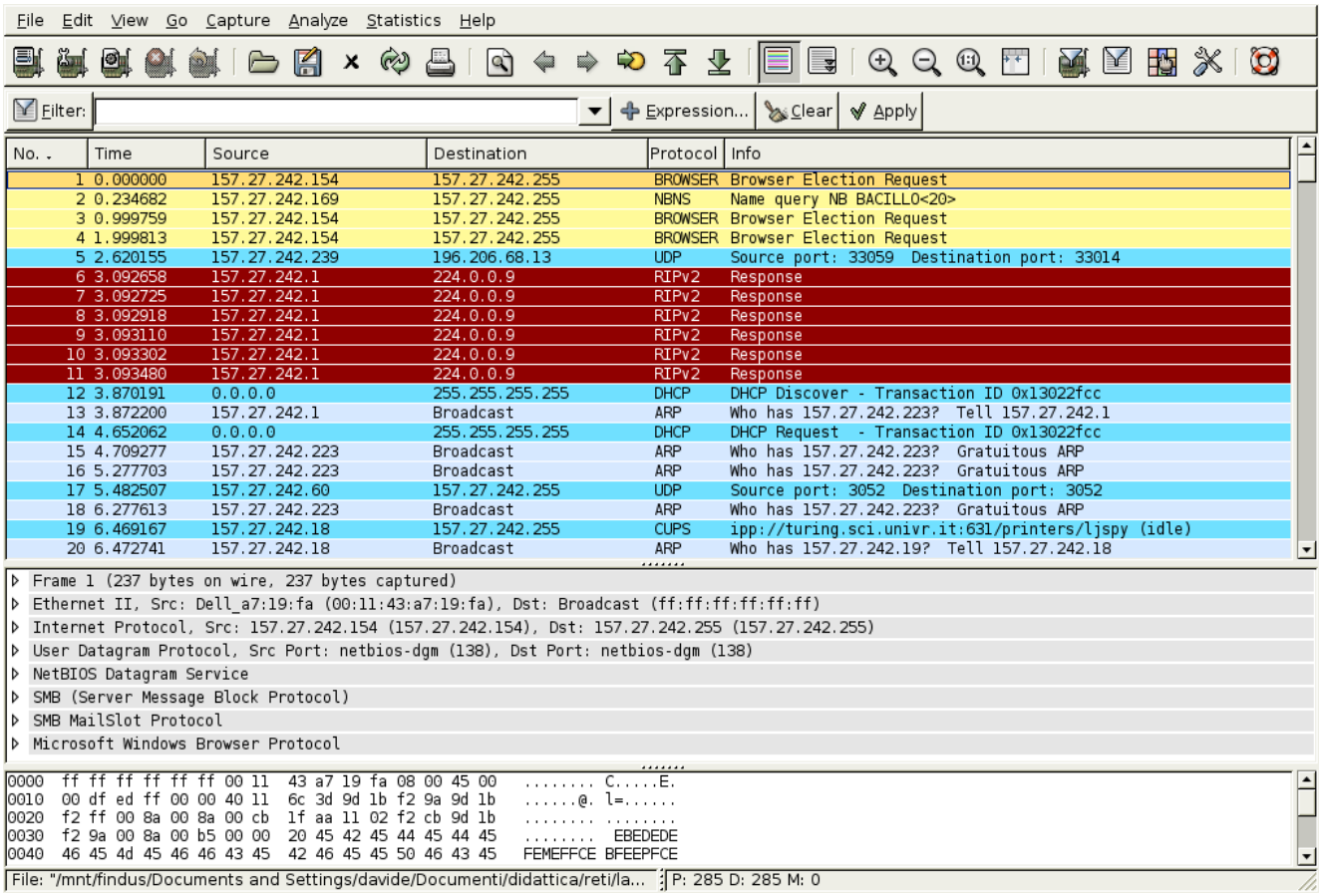
Per avviare la cattura di pacchetti occorre prima di tutto aprire il menu `Capture/Start`.



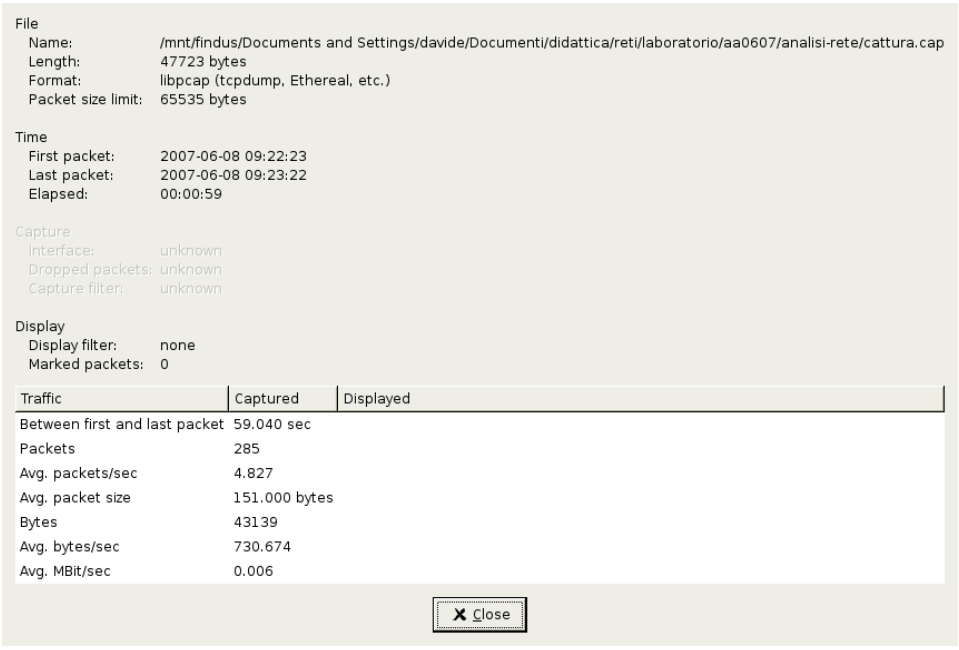
Premendo `Start` si avvia la cattura e viene visualizzata una finestre che mostra le statistiche di cattura. Per terminare la cattura (se non si è impostato un limite in pacchetti, secondi o byte) si preme il Stop in basso a tale finestra.

Dopo il termine della cattura la finestra principale di wireshark mostra i dati catturati. Tale finestra è divisa in tre parti:

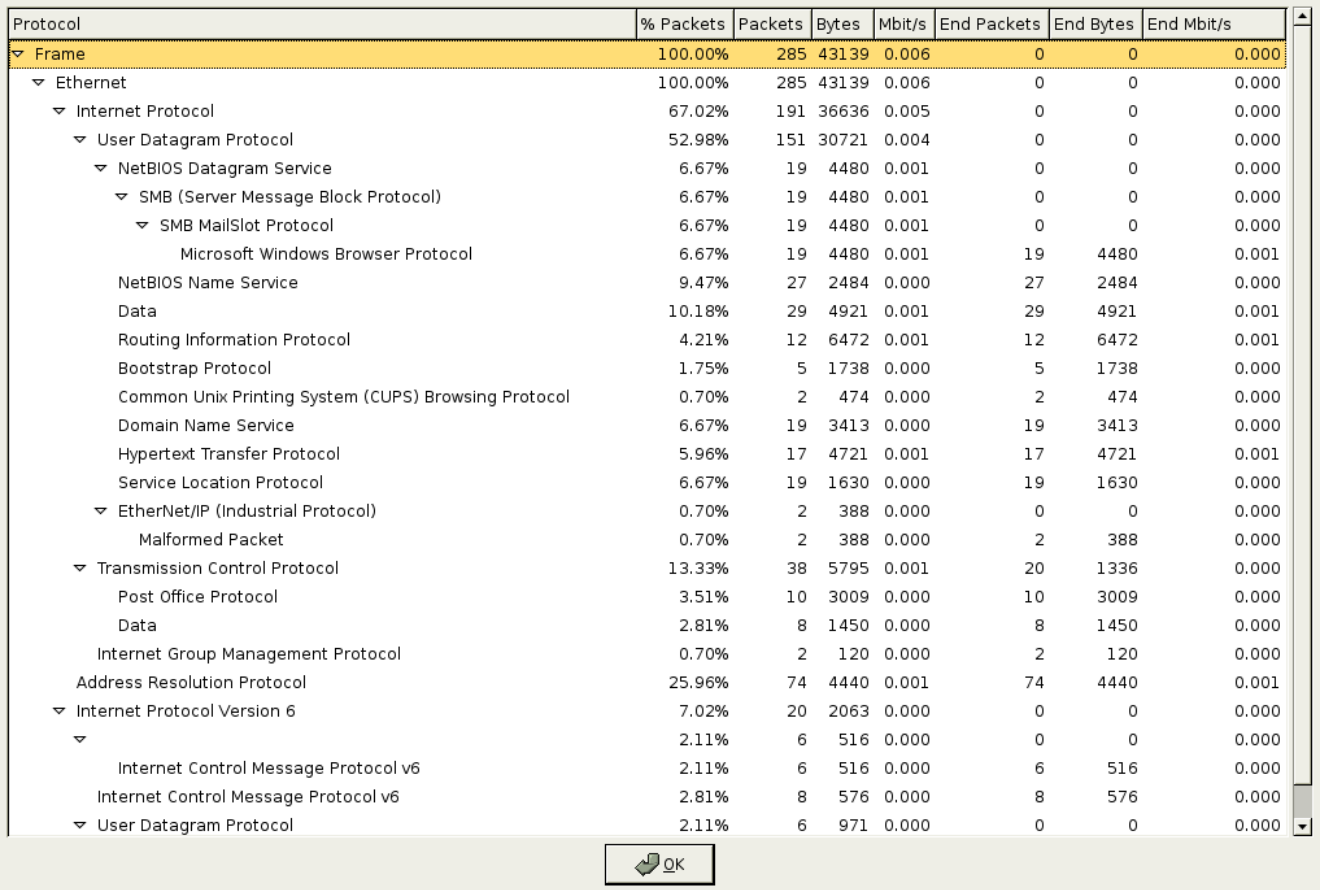
- tabella dei pacchetti catturati
- vista sull'imbustamento dei protocolli all'interno del pacchetto selezionato nella tabella
- vista sui dati grezzi del pacchetto selezionato nella tabella



E' possibile vedere un sommario sulle statistiche scegliendo il menu `Statistics/Summary`.

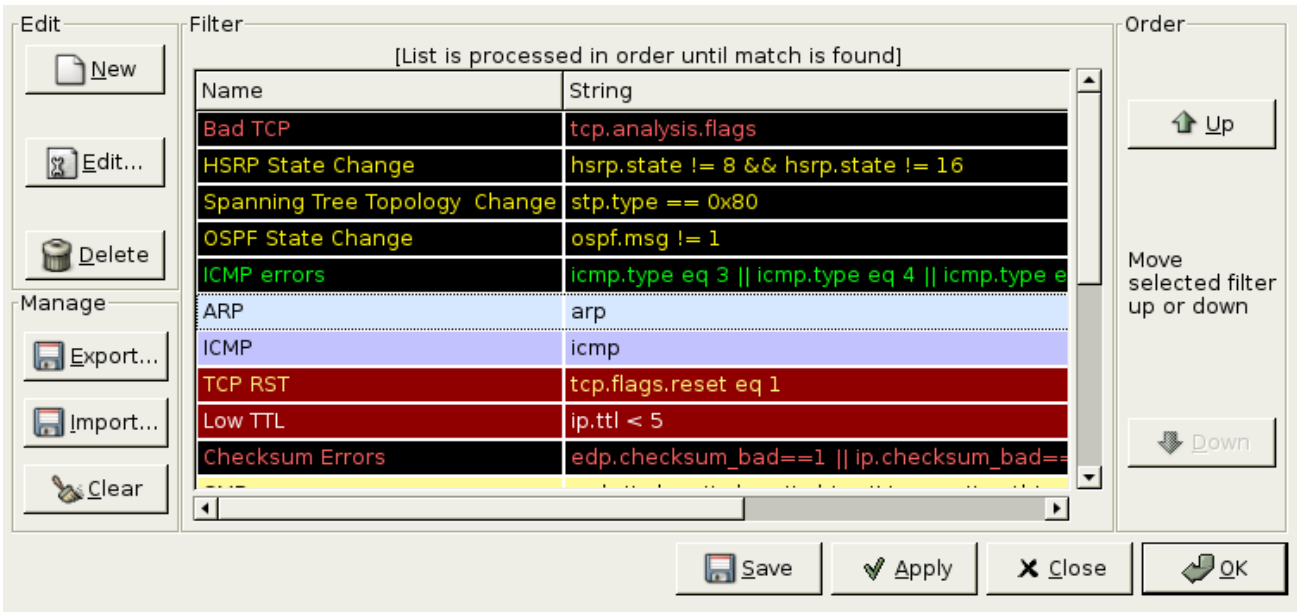


E' possibile anche visualizzare un sommario sui pacchetti catturati con le informazioni ordinate per protocolli e visualizzate nell'ordine in cui i protocolli sono incapsulati. Le colonne la cui etichetta inizia con “End” indicano le informazioni quando i corrispondenti protocolli sono nell'imbustamento più interno del pacchetto.

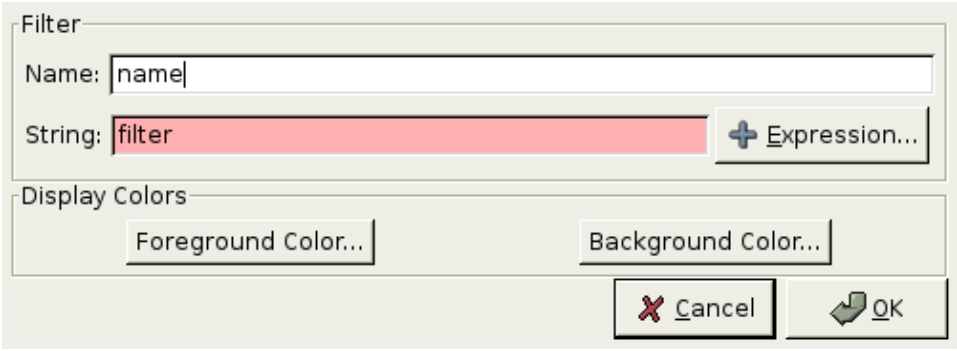


E' possibile limitare la cattura ai soli pacchetti che rispettano certi requisiti impostando un filtro di cattura nel menu `Capture/Options`. Nella sezione apposita è possibile scrivere l'espressione del filtro usando il linguaggio riportato in Appendice oppure selezionare un filtro pre-esistente cliccando sull'apposito bottone. I filtri di cattura si usano quando la quantità di pacchetti che passano sul tratto di rete è tale da mettere in crisi le prestazioni della macchina.

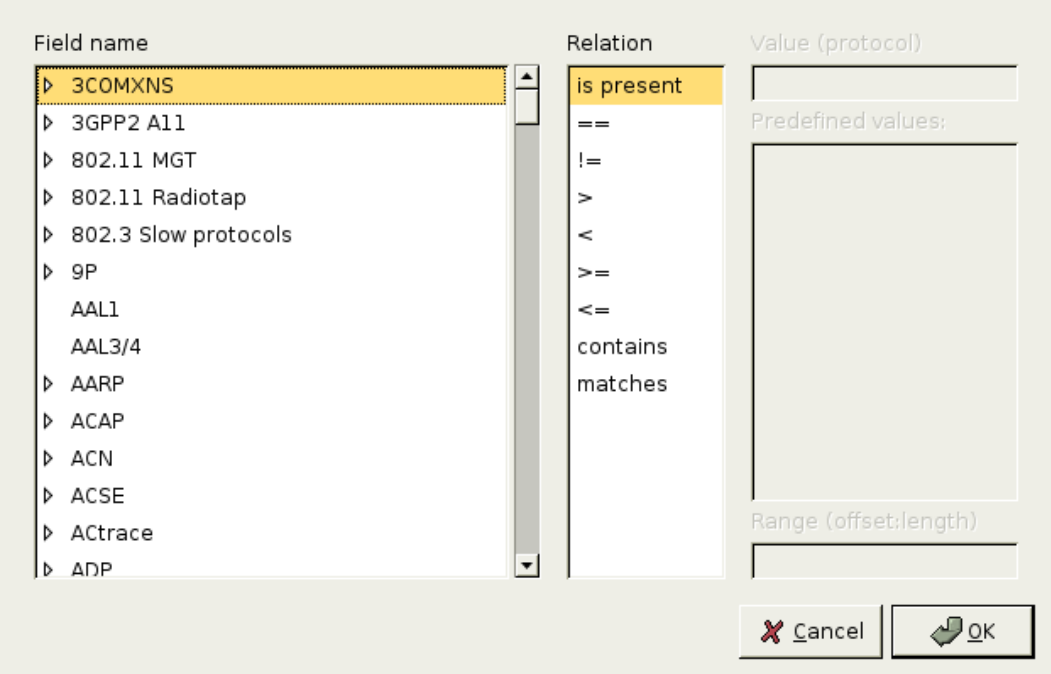
E' possibile migliorare la visualizzazione dei vari pacchetti nella tabella principale colorando le righe in base al tipo di protocolli o indirizzi coinvolti. I filtri di coloramento si possono impostare nel menu `View/Colouring rules`.



E' possibile creare nuovi filtri con il bottone New che apre una finestra in cui si può impostare nome, regole e colori. Le regole si impostano con un linguaggio diverso da quello dei filtri di cattura (si noti il pulsante Expression che semplifica la scrittura delle regole combinando campi dei pacchetti, valori e operatori logici).



E' possibile anche visualizzare solo le righe della tabella principale che rispettano certe regole inserite in una apposita riga Filter. Anche in questo caso le regole seguono una sintassi diversa da quella dei filtri di cattura ma il pulsante Expression semplifica la loro scrittura perché apre una finestra dove è possibile legare campi dei pacchetti, valori e operatori logici. Cliccando sul bottone Filter: è possibile invece selezionare un filtro predefinito.



Per quanto riguarda TCP, selezionando un pacchetto TCP nella finestra principale, è possibile seguire l'intero flusso di dati di quella "conversazione" mediante la voce `Analyze/Follow TCP Stream` e studiare l'andamento di alcuni parametri del protocollo mediante la voce `Statistics/TCP stream graph`.

Esercizio

Provare a catturare i pacchetti nelle seguenti condizioni:

1. nessuna attività volontaria sul proprio PC; confrontare cattura in modalità promiscua e non.
2. ping a 127.0.0.1 e al proprio IP: cosa cambia ?

3. ping alla macchina del vicino
4. accesso a http://www.google.it. Visualizzare tutti i pacchetti cercando di dedurre la dinamica del protocollo e ricavare il contenuto di dati applicativi che passano nella connessione.
5. applicazione di posta. “sniffare” la password dell'utente *reti* che si connette all'host del docente tramite un client di posta.

Si raccomanda di usare dei filtri di visualizzazione per isolare il traffico a cui si è interessati.

3 Analisi di alcuni protocolli di livello applicazione

I protocolli di livello applicazione dell'architettura TCP/IP possono imbustare i dati in pacchetti TCP oppure UDP. Le applicazioni che richiedono una trasmissione affidabile (ad es. WEB e posta elettronica) utilizzano TCP che permette di vedere il collegamento tra due host come un “tubo” virtuale in cui i byte sono trasferiti in maniera ordinata ed affidabile. In tale caso i protocolli di livello applicazione dell'architettura TCP/IP sono realizzati mediante scambio di messaggi testuali in modalita' client/server; un programma client (ad esempio il browser Web oppure il programma per leggere la posta) apre una connessione TCP verso il server (Web o di posta) e invia richieste in formato testuale ricevendo le corrispondenti risposte.

Scopo dell’esercizio è sperimentare l’uso del tool `telnet` per interagire con programmi server che utilizzino connessioni di tipo STREAM character oriented.
Il tool `telnet` è un semplice client che apre una connessione TCP con il server e permette all’utente che voglia fare il debug di colloquiare con il server tramite un’interfaccia a caratteri.
Per aprire una connessione con un server in attesa sulla porta N ad un host di nome hostname è sufficiente dare il comando:

```
$ telnet hostname N
```

A questo punto, ammesso che il tentativo di connessione sia andato a buon fine, si interagisce direttamente con il server tramite il videoterminale.

3.1 Il protocollo Hyper Text Transfer Protocol (HTTP)

HTTP è l'acronimo di Hyper Text Transfer Protocol (protocollo di trasferimento di un ipertesto). Usato come principale sistema per la trasmissione di informazioni sul web. Le specifiche del protocollo sono attualmente in carica al W3C (World Wide Web Consortium). La prima versione, la 0.9, dell'HTTP risale alla fine degli anni '80 del XX secolo e costituiva, insieme con l'HTML e gli URL, il nucleo base della "World-Wide Web WWW global information initiative" portata avanti da Tim Berners-Lee al CERN di Ginevra per la condivisione delle informazioni tra la comunità dei fisici delle alte energie. La prima versione effettivamente disponibile del protocollo, la HTTP/1.0, venne implementata dallo stesso Berners-Lee nel 1991 e proposta come RFC 1945 all'ente normatore IETF nel 1996. Con la diffusione di NCSA Mosaic, un browser grafico di facile uso, il WWW conobbe un successo crescente e divennero evidenti alcuni limiti della versione 1.0 del protocollo, in particolare:

- l'impossibilità di ospitare più siti www sullo stesso server (virtual host)
- il mancato riuso delle connessioni disponibili
- l'insufficienza dei meccanismi di sicurezza

Il protocollo venne quindi esteso nella versione HTTP/1.1, presentato come RFC 2068 nel 1997 e successivamente aggiornato nel 1999 come descritto dal RFC 2616

L'HTTP funziona su un meccanismo richiesta/risposta (client/server): il client esegue una richiesta ed il server restituisce la risposta. Nell'uso comune il client corrisponde al browser ed il server al sito web. Vi sono quindi due tipi di messaggi HTTP: messaggi richiesta e messaggi risposta.

Il messaggio richiesta è composto di tre parti:

- Riga di richiesta (request line)
- Sezione Header (informazioni aggiuntive)
- Body (corpo del messaggio)

La riga di richiesta è composta dal
- metodo,
- URI
- versione del protocollo.

Il metodo di richiesta, per la versione 1.1, può essere uno dei seguenti:

- GET
- POST
- HEAD
- PUT
- DELETE
- TRACE
- OPTIONS

l'URI sta per *Uniform Resource Identifier* ed indica l'oggetto della richiesta (ad esempio la pagina web che si intende ottenere).

I metodi HTTP più comuni sono GET, HEAD e POST. Il metodo GET è usato per ottenere il contenuto della risorsa indicata come URI (come può essere il contenuto di una pagina HTML). HEAD è analogo a GET, ma restituisce solo i campi dell'header, ad esempio per verificare la data di modifica del file. Una richiesta con metodo HEAD non prevede l'uso del body.

Il metodo POST è usato di norma per inviare informazioni al server (ad esempio i dati di un form). In questo caso l'URI indica che cosa si sta inviando e il body ne indica il contenuto.

Gli header di richiesta più comuni sono:

Host: Nome del server a cui si riferisce l'URI. È obbligatorio nelle richieste conformi HTTP/1.1 perché permette l'uso dei virtual host basati sui nomi.

User-Agent: Identificazione del tipo di client: tipo browser, produttore, versione...

Il messaggio di risposta è composto dalle seguenti tre parti:

- Riga di stato (status-line)
- Sezione header
- Body (contenuto della risposta)

La riga di stato riporta un codice a tre cifre catalogato nel seguente modo:

- 1xx: Informational (messaggi informativi)
- 2xx: Success (la richiesta è stata soddisfatta)

- 3xx: Redirection (non c'è risposta immediata, ma la richiesta è sensata e viene detto come ottenere la risposta)
- 4xx: Client error (la richiesta non può essere soddisfatta perché sbagliata)
- 5xx: Server error (la richiesta non può essere soddisfatta per un problema interno del server)

Nel caso più comune il server risponde con un codice 200 (OK) e fornisce il contenuto nella sezione body. Altri casi comuni sono:

- *301 Moved Permanently*. La risorsa che abbiamo richiesto non è raggiungibile perché è stata spostata in modo permanente.
- *302 Found*. La risorsa è raggiungibile con un altro URI indicato nel header Location. Di norma i browser eseguono la richiesta all'URI indicato in modo automatico senza interazione dell'utente.
- *400 Bad Request*. La risorsa richiesta non è comprensibile al server.
- *404 Not Found*. La risorsa richiesta non è stata trovata e non se ne conosce l'ubicazione. Di solito avviene quando l'URI è stato indicato in modo incorretto, oppure è stato rimosso il contenuto dal server.
- *500 Internal Server Error*. Il server non è in grado di rispondere alla richiesta per un suo problema interno.
- *505 HTTP Version Not Supported*. La versione di http non è supportata.

Gli header della risposta più comuni sono:

- *Server*. Indica il tipo e la versione del server. Può essere visto come l'equivalente dell'header di richiesta User-Agent
- *Content-Type*. Indica il tipo di contenuto restituito. La codifica di tali tipi (detti Media type) è registrata presso lo IANA (Internet Assigned Number Authority); essi sono detti tipi MIME (Multimedia Internet Message Extensions), la cui codifica è descritta nel documento RFC 1521. Alcuni tipi usuali di tipi MIME incontrati in una risposta HTML sono:
    - text/html. Documento HTML
    - text/plain. Documento di testo non formattato
    - image/jpeg. Immagine di formato JPEG

Quando un client (ad es. un web browser) richiede una pagina ad un server web, apre la connessione TCP sull'IP del server (eventualmente ottenuto tramite il nome) sulla porta 80. A questo punto scrive nella connessione TCP (esattamente come fosse un file) la riga di richiesta e la sezione header seguita da una riga vuota (carattere di *new_line* ottenibile da tastiera premendo INVIO).

Ad esempio, se si vuole emulare il comportamento di un browser nell'interrogare il server Web di `it.wikipedia.org` occorre scrivere:

```
$ telnet 192.168.1.1 80
```

```
GET / HTTP/1.1
Host: 192.168.1.1
[INVIO]
```

A questo punto il server risponde scrivendo nella connessione TCP in caratteri testuali l'header della risposta e la pagina web richiesta (in formato Hyper Text Markup Language – HTML).

Il prededente esempio funziona nelle reti in cui non è obbligatorio l'uso di un proxy web per navigare in Internet. Siccome nei laboratori di Facoltà tutte le richieste web devono passare attraverso il proxy `nomeproxy.sci.univr.it` allora il precedente esempio deve essere trasformato.

Prima occorre collegarsi al proxy della Facoltà

```
$ telnet ns.sci.univr.it 8080
```

```
CONNECT it.wikipedia.org:80 HTTP/1.1
[INVIO]
```

a questo punto il proxy effettua la connessione per noi e ci manda il messaggio

```
HTTP/1.0 200 Connection established
```

a questo punto è possibile richiedere la pagina nel modo consueto (ma tramite il proxy)

```
GET /wiki/Pagina_principale HTTP/1.1
User-Agent: Mozilla/5.0 (compatible; Konqueror/3.2; Linux) (KHTML, like Gecko)
Accept: text/html
Accept-Charset: iso-8859-1, utf-8;q=0.5, *;q=0.5
Accept-Language: en
Host: it.wikipedia.org
[INVIO]
```

3.2 Il Simple Mail Transfer Protocol (SMTP)

Il Simple Mail Transfer Protocol (SMTP) è il protocollo standard per la trasmissione di e-mail via Internet. È un protocollo relativamente semplice, testuale, nel quale vengono specificati uno o più destinatari di un messaggio, verificata la loro esistenza, il messaggio viene trasferito. È abbastanza facile verificare come funziona un server SMTP mediante un client telnet che simula il funzionamento di un client di posta come Mozilla-Thunderbird. L'SMTP usa il protocollo di trasmissione TCP e, per accedervi, la porta 25. Per associare il server SMTP a un dato nome di dominio (DNS) si usa un record denominato MX (Mail eXchange).

L'SMTP iniziò a diffondersi nei primi anni '80. A quel tempo era un'alternativa all'UUCP, che era più adatto a gestire il trasferimento di e-mail fra computer la cui connessione era intermittente. L'SMTP, d'altra parte, funziona meglio se i computer sono sempre collegati alla rete.

Sendmail fu uno dei primi (se non proprio il primo) programma ad implementare il protocollo SMTP. Fino al 2001 sono stati scritti almeno 50 programmi che implementano il protocollo SMTP come client (mittente dei messaggi) o server (destinatario del messaggio). Altri server molto diffusi sono *Exim* di Philip Hazel, *Postfix* di Wietse Venema, *qmail* di D. J. Bernstein, *Courier* di Sam Varshavchik e *Microsoft Exchange Server*.

Poiché SMTP è un protocollo testuale basato sulla codifica ASCII, non è permesso trasmettere direttamente testo composto con un diverso set di caratteri e tantomeno file binari. Lo standard MIME permette di estendere il formato dei messaggi mantenendo la compatibilità col software esistente. Per esempio, al giorno d'oggi molti server SMTP supportano l'estensione 8BITMIME, la quale permette un trasferimento di un testo che contiene caratteri accentati (non-ASCII) senza bisogno di trascodificarlo. Altri limiti di SMTP, quale la lunghezza massima di una riga, impediscono la spedizione di file binari senza trascodifica. (Nota che per i file binari inviati con HTTP si utilizza il formato MIME senza bisogno di una trascodifica.)

L'SMTP è un protocollo che permette soltanto di inviare messaggi di posta, ma non di richiederli ad un server: per fare questo il client di posta deve usare altri protocolli, quali il POP3 (Post Office Protocol) e l'IMAP (Internet Message Access Protocol).

Quella che segue è una transazione SMTP valida. Le righe inviate dal client sono precedute da "C:", mentre quelle inviate dal server da "S:". Su molti computer si può stabilire una connessione mediante il

comando telnet:

```
telnet X.Y.Z.W 25
```

Questo comando apre una connessione a X.Y.Z.W sulla porta SMTP.

```
S: 220 localhost.localdomain ESMTP Postfix (Debian/GNU)
C: HELO localhost.localdomain
S: 250 localhost.localdomain
C: MAIL FROM: <mionome@miodominio.it>
S: 250 Ok
C: RCPT TO: <reti@localhost.localdomain>
S: 250 Ok
C: DATA
S: 354 End data with <CR><LF>.<CR><LF>
C: Subject: messaggio di prova
C: From: mionome@miodominio.it
C: To: reti@localhost.localdomain
C:
C: Questa e' una prova
C: .
S: 250 Ok: queued as 12345
C: QUIT
S: 221 Bye
```

Notare che posso usare come mittente l'indirizzo che voglio e questa è una grave vulnerabilità del protocollo SMTP. Per ovviare si usa Secure SMTP che oltre a cifrare la connessione permette anche di autenticare il client.

3.3 Il Post Office Protocol (POP)

Il Post Office Protocol (detto anche POP) è un protocollo che ha il compito di permettere, mediante autenticazione, l'accesso ad un account di posta elettronica presente su di un host per scaricare le e-mail del relativo account. Il demone pop (nella versione 3) rimane in attesa sulla porta 110 dell'host (di default, ma può anche essere diversa) per una connessione TCP da parte di un client. I messaggi di posta elettronica, per essere letti, devono essere scaricati sul computer (questa è una notevole differenza rispetto all'IMAP), anche se è possibile lasciarne una copia sull'host. Il protocollo POP3 non prevede alcun tipo di cifratura, quindi le password utilizzate per l'autenticazione fra server e client passano in chiaro. Per risolvere questo possibile problema è stato sviluppata l'estensione APOP che utilizza MD5.

Esercizio: si simuli il comportamento di un client di posta utilizzando il programma telnet e aprendo una connessione verso X.Y.Z.W sulla porta 110. Non appena il server risponde dare i seguenti comandi attendendo per ognuno la risposta del server.

```
USER reti
PASS segreta
LIST
RETR 1
QUIT
```

2.3.1 Analisi di una connessione al server di posta

Mentre `wireshark` stava catturando è stato svolto l'esercizio della Sezione 2.3 (accesso al server di posta POP). Come si può notare, il file contiene un sacco di pacchetti che spesso non fanno riferimento all'host da cui si è effettuata la lettura della posta.

Un modo per diminuire il volume di pacchetti visualizzati è impostare un filtro di lettura sul MAC del

mio host nel modo seguente

```
eth.addr == mioMAC
```

in questo modo è possibile notare uno scambio preliminare di messaggi ARP.

Se invece voglio isolare solo i pacchetti scambiati con il server di posta (`192.168.1.1`) allora occorre usare un filtro con l'IP di tale host (se si conosce solo il nome si può ricavare l'IP con il comando `dig`)

```
ip.addr == 192.168.1.1
```

è possibile esaminare anche il contenuto dei pacchetti (si noti la password dell'account di posta ben visibile a occhi indiscreti).

APPENDICE A. Sintassi dei filtri di cattura

La descrizione della sintassi è presa dalla man page di tcpdump.

An expression selects which packets will be dumped. If no *expression* is given, all packets on the net will be dumped. Otherwise, only packets for which *expression* is `true' will be dumped.

The expression consists of one or more primitives. Primitives usually consist of an id (name or number) preceded by one or more qualifiers. There are three different kinds of qualifier:

type qualifiers say what kind of thing the id name or number refers to. Possible types are **host**, **net** and **port**. E.g., `host foo', `net 128.3', `port 20'. If there is no type qualifier, **host** is assumed.

dir qualifiers specify a particular transfer direction to and/or from *id*. Possible directions are **src**, **dst**, **src or dst** and **src and dst**. E.g., `src foo', `dst net 128.3', `src or dst port ftp-data'. If there is no dir qualifier, **src or dst** is assumed. For `null' link layers (i.e. point to point protocols such as slip) the **inbound** and **outbound** qualifiers can be used to specify a desired direction.

proto qualifiers restrict the match to a particular protocol. Possible protos are: **ether**, **fddi**, **tr**, **ip**, **ip6**, **arp**, **rarp**, **decnet**, **tcp** and **udp**. E.g., `ether src foo', `arp net 128.3', `tcp port 21'. If there is no proto qualifier, all protocols consistent with the type are assumed. E.g., `src foo' means `(ip or arp or rarp) src foo' (except the latter is not legal syntax), `net bar' means `(ip or arp or rarp) net bar' and `port 53' means `(tcp or udp) port 53'.

[`fddi' is actually an alias for `ether'; the parser treats them identically as meaning ``the data link level used on the specified network interface.'' FDDI headers contain Ethernet-like source and destination addresses, and often contain Ethernet-like packet types, so you can filter on these FDDI fields just as with the analogous Ethernet fields. FDDI headers also contain other fields, but you cannot name them explicitly in a filter expression.

Similarly, `tr' is an alias for `ether'; the previous paragraph's statements about FDDI headers also apply to Token Ring headers.]

In addition to the above, there are some special `primitive' keywords that don't follow the pattern: **gateway**, **broadcast**, **less**, **greater** and arithmetic expressions. All of these are described below.

tives. E.g., `host foo and not port ftp and not port ftp-data'. To save typing, identical qualifier lists can be omitted. E.g., `tcp dst port ftp or ftp-data or domain' is exactly the same as `tcp dst port ftp or tcp dst port ftp-data or tcp dst port domain'.

Allowable primitives are:

dst host *host*
True if the IPv4/v6 destination field of the packet is *host*, which may be either an address or a name.

src host *host*
True if the IPv4/v6 source field of the packet is *host*.

host *host*
True if either the IPv4/v6 source or destination of the packet is *host*. Any of the above host expressions can be prepended with the keywords, **ip**, **arp**, **rarp**, or **ip6** as in:
ip host *host*
which is equivalent to:
ether proto *ip* **and host** *host*
If *host* is a name with multiple IP addresses, each address will be checked for a match.

ether dst *ehost*
True if the ethernet destination address is *ehost*. *Ehost* may be either a name from /etc/ethers or a number (see **ethers(3N)** for numeric format).

ether src *ehost*
True if the ethernet source address is *ehost*.

ether host *ehost*
True if either the ethernet source or destination address is *ehost*.

gateway *host*
True if the packet used *host* as a gateway. I.e., the ethernet source or destination address was *host* but neither the IP source nor the IP destination was *host*. *Host* must be a name and must be found both by the machine's host-name-to-IP-address resolution mechanisms (host name file, DNS, NIS, etc.) etc.). (An equivalent expression is
ether host *ehost* **and not host** *host*
which can be used with either names or numbers for *host / ehost*.) This syntax does not work in IPv6-enabled configuration at this moment.

dst net *net*
True if the IPv4/v6 destination address of the packet has a network number of *net*. *Net* may be either a name from /etc/networks or a network number (see *networks(4)* for details).

src net *net*
True if the IPv4/v6 source address of the packet has a network number of *net*.

net *net*
True if either the IPv4/v6 source or destination address of the packet has a network number of *net*.

net *net* **mask** *netmask*
True if the IP address matches *net* with the specific *netmask*. May be qualified with **src** or **dst**. Note that this syntax is not valid for IPv6 *net*.

net *net*/*len*
True if the IPv4/v6 address matches *net* with a netmask *len* bits wide. May be qualified with **src** or **dst**.

dst port *port*
True if the packet is ip/tcp, ip/udp, ip6/tcp or ip6/udp and has a destination port value of *port*. The *port* can be a number or a name used in /etc/services (see

tcp(4P) and **udp(4P)**). If a name is used, both the port number and protocol are checked. If a number or ambiguous name is used, only the port number is checked (e.g., **dst port 513** will print both tcp/login traffic and udp/who traffic, and **port domain** will print both tcp/domain and udp/domain traffic).

src port *port*
True if the packet has a source port value of *port*.

True if either the source or destination port of the packet is *port*. Any of the above port expressions can be prepended with the keywords, **tcp** or **udp**, as in:
tcp src port *port*
which matches only tcp packets whose source port is *port*.

less *length*
True if the packet has a length less than or equal to *length*. This is equivalent to:
len <= *length*.

greater *length*
True if the packet has a length greater than or equal to *length*. This is equivalent to:
len >= *length*.

ip proto *protocol*
True if the packet is an IP packet (see **ip(4P)**) of protocol type *protocol*. *Protocol* can be a number or one of the names *icmp*, *icmp6*, *igmp*, *igrp*, *pim*, *ah*, *esp*, *vrrp*, *udp*, or *tcp*. Note that the identifiers *tcp*, *udp*, and *icmp* are also keywords and must be escaped via backslash (\), which is \\ in the C-shell. Note that this primitive does not chase the protocol header chain.

ip6 proto *protocol*
True if the packet is an IPv6 packet of protocol type *protocol*. Note that this primitive does not chase the protocol header chain.

ip6 protochain *protocol*
True if the packet is IPv6 packet, and contains protocol header with type *protocol* in its protocol header chain. For example,
ip6 protochain 6
matches any IPv6 packet with TCP protocol header in the protocol header chain. The packet may contain, for example, authentication header, routing header, or hop-by-hop option header, between IPv6 header and TCP header. The BPF code emitted by this primitive is complex and cannot be optimized by BPF optimizer code in *tcpdump*, so this can be somewhat slow.

ip protochain *protocol*
Equivalent to **ip6 protochain** *protocol*, but
True if the packet is an ethernet broadcast packet. The *ether* keyword is optional.

ip broadcast
True if the packet is an IP broadcast packet. It checks for both the all-zeroes and all-ones broadcast conventions, and looks up the local subnet mask.

ether multicast
True if the packet is an ethernet multicast packet. The *ether* keyword is optional. This is shorthand for `**ether[0] & 1 != 0**'.

ip multicast
True if the packet is an IP multicast packet.

ip6 multicast
True if the packet is an IPv6 multicast packet.

ether proto *protocol*
True if the packet is of ether type *protocol*. *Protocol* can be a number or one of the names *ip*, *ip6*, *arp*, *rarp*, *atalk*, *aarp*, *decnet*, *sca*, *lat*, *mopdl*, *moprc*, *iso*, *stp*, *ipx*, or *netbeui*. Note these identifiers are also keywords and must be escaped via backslash (\).

[In the case of FDDI (e.g., `**fddi protocol arp**') and Token Ring (e.g., `**tr protocol arp**'), for most of those protocols, the protocol identification comes from the 802.2 Logical Link Control (LLC) header, which is usually layered on top of the FDDI or Token Ring header.

When filtering for most protocol identifiers on FDDI or Token Ring, *tcpdump* checks only the protocol ID field of an LLC header in so-called SNAP format with an Organizational Unit Identifier (OUI) of 0x000000, for encapsulated Ethernet; it doesn't check whether the packet is in SNAP format with an OUI of 0x000000.

The exceptions are *iso*, for which it checks the DSAP (Destination Service Access Point) and SSAP (Source Service Access Point) fields of the LLC header, *stp* and *netbeui*, packet with an OUI of 0x080007 and the Appletalk etype.

In the case of Ethernet, *tcpdump* checks the Ethernet type field for most of those protocols; the exceptions are *iso*, *sap*, and *netbeui*, for which it checks for an 802.3 frame and then checks the LLC header as it does for FDDI and Token Ring, *atalk*, where it checks both for the Appletalk etype in an Ethernet frame and for a SNAP-format packet as it does for FDDI and Token Ring, *aarp*, where it checks for the Appletalk ARP etype in either an Ethernet frame or an 802.2 SNAP frame with an OUI of 0x000000, and *ipx*, where it checks for the IPX etype in an Ethernet frame, the IPX DSAP in the LLC header, the 802.3 with no LLC header encapsulation of IPX, and the IPX etype in a SNAP frame.]

decnet src *host*
True if the DECNET source address is *host*, which may be an address of the form ``10.123'', or a DECNET host name. [DECNET host name support is only available on Ultrix systems that are configured to run DECNET.]

decnet dst *host*
True if the DECNET destination address is *host*.

decnet host *host*
True if either the DECNET source or destination address is *host*.

ip, **ip6**, **arp**, **rarp**, **atalk**, **aarp**, **decnet**, **iso**, **stp**, **ipx**, *netbeui*
Abbreviations for:

ether proto *p*

where *p* is one of the above protocols.

lat, moprc, mopdl

Abbreviations for:

ether proto *p*

where *p* is one of the above protocols. Note that *tcpdump* does not currently know how to parse these protocols.

vlan *[vlan_id]*

True if the packet is an IEEE 802.1Q VLAN packet. If *[vlan_id]* is specified, only encountered in *expression* changes the decoding offsets for the remainder of *expression* on the assumption that the packet is a VLAN packet.

tcp, udp, icmp

Abbreviations for:

ip proto *p* **or ip6 proto** *p*

where *p* is one of the above protocols.

iso proto *protocol*

True if the packet is an OSI packet of protocol type *protocol*. *Protocol* can be a number or one of the names *clnp*, *esis*, or *isis*.

clnp, esis, isis

Abbreviations for:

iso proto *p*

where *p* is one of the above protocols. Note that *tcpdump* does an incomplete job of parsing these protocols.

expr relop expr

True if the relation holds, where *relop* is one of >, <, >=, <=, =, !=, and *expr* is an arithmetic expression composed of integer constants (expressed in standard C syntax), the normal binary operators [+, -, *, /, &, |], a length operator, and special packet data accessors. To access data inside the packet, use the following syntax:

proto **[** *expr* **:** *size* **]**

Proto is one of **ether**, **fddi**, **tr**, **ip**, **arp**, **rarp**, **tcp**, **udp**, **icmp** or **ip6**, and indicates the protocol layer for the index operation. Note that *tcp*, *udp* and other upper-layer protocol types only apply to IPv4, not IPv6 (this will be fixed in the future). The byte offset, relative to the indicated protocol layer, is given by *expr*. *Size* is optional and indicates the number of bytes in the field of interest; it can be either one, two, or four, and defaults to one. The length operator, indicated by the keyword **len**, gives the length of the packet.

For example, `**ether[0] & 1 != 0**' catches all multicast traffic. The expression `**ip[0] & 0xf != 5**' catches all IP packets with options. The expression `**ip[6:2] & 0x1fff = 0**' catches only unfragmented datagrams and frag zero of fragmented datagrams. This always means the first byte of the TCP *header*, and never means the first byte of an intervening fragment.

Some offsets and field values may be expressed as names rather than as numeric values. The following protocol header field offsets are available: **icmptype** (ICMP type field), **icmpcode** (ICMP code field), and **tcpflags** (TCP flags field).

The following ICMP type field values are available: **icmp-echoreply**, **icmp-unreach**,

icmp-sourcequench, **icmp-redirect**, **icmp-echo**, **icmp-routeradvert**, **icmp-routersolicit**, **icmp-timxceed**, **icmp-paramprob**, **icmp-tstamp**, **icmp-tstampreply**, **icmp-ireq**, **icmp-ireqreply**, **icmp-maskreq**, **icmp-maskreply**.

The following TCP flags field values are available: **tcp-fin**, **tcp-syn**, **tcp-rst**, **tcp-push**, **tcp-push**, **tcp-ack**, **tcp-urg**.

Primitives may be combined using:

A parenthesized group of primitives and operators (parentheses are special to the Shell and must be escaped).

Negation (`**!**' or `**not**').

Concatenation (`**&&**' or `**and**').

Alternation (`**||**' or `**or**').

Negation has highest precedence. Alternation and concatenation have equal precedence and associate left to right. Note that explicit **and** tokens, not juxtaposition, are now required for concatenation.

If an identifier is given without a keyword, the most recent keyword is assumed. For example,

not host vs and ace

is short for

not host vs and host ace

which should not be confused with

not (host vs or ace)

Expression arguments can be passed to *tcpdump* as either a single argument or as multiple arguments, whichever is more convenient. Generally, if the expression contains Shell metacharacters, it is before being parsed.

EXAMPLES

To print all packets arriving at or departing from *sundown*:

tcpdump host sundown

To print traffic between *helios* and either *hot* or *ace*:

tcpdump host helios and \(hot or ace \)

To print all IP packets between *ace* and any host except *helios*:

tcpdump ip host ace and not helios

To print all traffic between local hosts and hosts at Berkeley:

tcpdump net ucb-ether

To print all ftp traffic through internet gateway *snup*: (note that the expression is quoted to prevent the shell from (mis-)interpreting the parentheses):

tcpdump 'gateway snup and (port ftp or ftp-data)'

To print traffic neither sourced from nor destined for local hosts (if you gateway to one other net, this stuff should never make it onto your local net).

tcpdump ip and not net *localnet*

To print the start and end packets (the SYN and FIN packets) of each TCP conversation that involves a non-local host.

tcpdump 'tcp[tcpflags] & (tcp-syn|tcp-fin) != 0 and not src and dst net *localnet*'

To print IP packets longer than 576 bytes sent through gateway *snup*:

tcpdump 'gateway snup and ip[2:2] > 576'

To print IP broadcast or multicast packets that were *not*

sent via ethernet broadcast or multicast:

```
tcpdump 'ether[0] & 1 = 0 and ip[16] >= 224'
```

To print all ICMP packets that are not echo requests/replies (i.e., not ping packets):

```
tcpdump 'icmp[icmptype] != icmp-echo and icmp[icmptype] != icmp-echoreply'
```