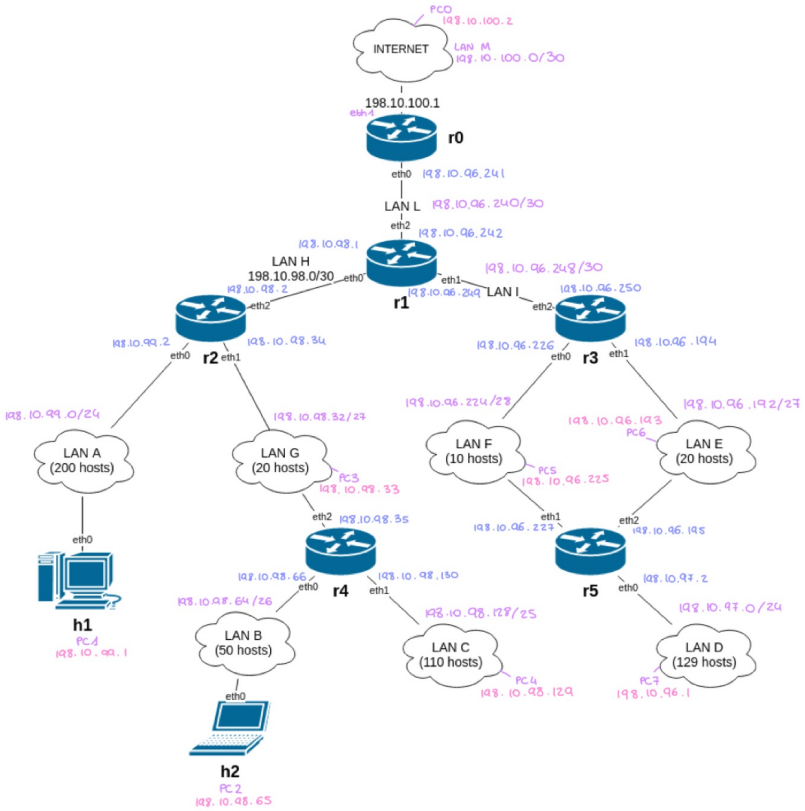
Telecomunicazioni – A.A. 2021/22
Ing. Informatica e Automatica
Homework 1 (29/10/2021)
Gruppo: Iaconis, Lapi, Zingaretti

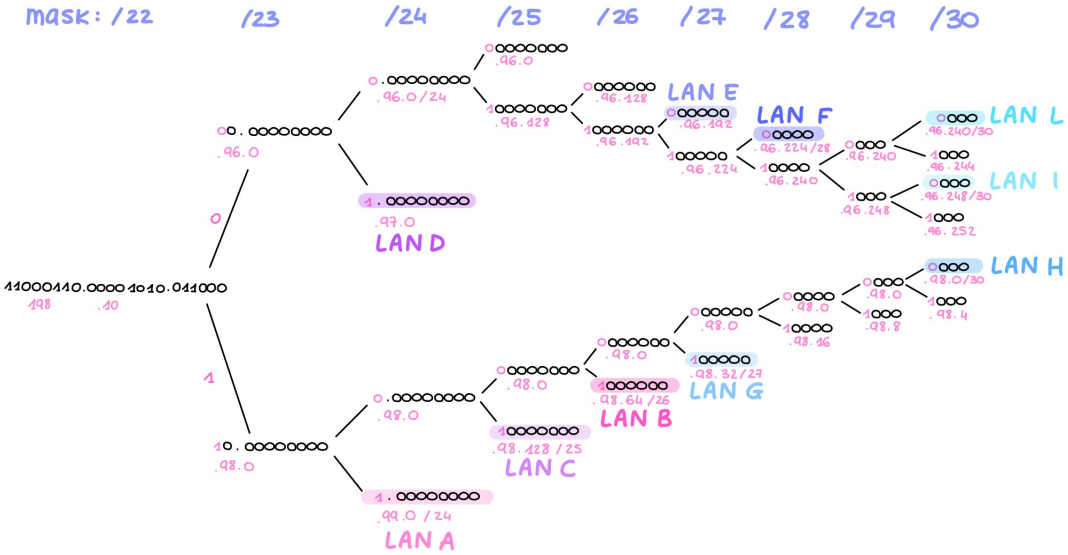


1. Si dispone di un insieme di indirizzi con netmask a 22 bit; sapendo che un blocco di indirizzi di classe C ha netmask a 24 bit abbiamo impiegato i due bit rimanenti (bit di supernetting) per individuare i 4 blocchi di indirizzi di classe C corrispondenti [198.10.96.X/24 , 198.10.97.X/24 , 198.10.98.X/24 , 198.10.99.X/24], ottenuti rispettivamente impostando i penultimi due bit del 3° ottetto con le configurazioni [00 , 01, 10 , 11]. Con l'idea di effettuare SuperNetting su questi blocchi abbiamo realizzato l'assegnazione dei prefissi alle varie LAN applicando la tecnica di subnetting. Il conteggio degli indirizzi non utilizzati non comprende gli indirizzi broadcast e il prefisso di rete.

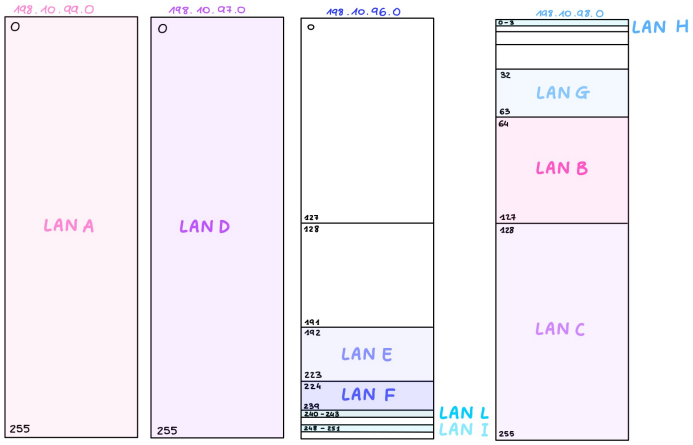
LAN	Prefix	NetMask	BroadCast Address	#Indirizzi Non utilizzati
LAN A	198.10.99.0	255.255.255.0	198.10.99.255	54
LAN B	198.10.98.64	255.255.255.192	198.10.98.128	11
LAN C	198.10.98.128	255.255.255.128	198.10.98.255	15
LAN D	198.10.97.0	255.255.255.0	198.10.96.255	124
LAN E	198.10.96.192	255.255.255.224	198.10.97.224	9
LAN F	198.10.96.224	255.255.255.240	198.10.97.240	3
LAN G	198.10.98.32	255.255.255.224	198.10.98.64	9
LAN H	198.10.98.0	255.255.255.252	198.10.98.3	0
LAN I	198.10.96.248	255.255.255.252	198.10.97.252	0
LAN L	198.10.96.240	255.255.255.252	198.10.97.244	0
LAN M (Emula Internet)	198.10.100.0	255.255.255.252	198.10.100.4	0

Per minimizzare il numero di regole di instradamento nel router r1 abbiamo impiegato i blocchi .99 e .98 sul branch di sinistra (da r2 a seguire) in quanto condividono il 23° bit a 1 e ciò consente di ridurre di uno il numero di regole di instradamento su r1, scrivendo una sola regola con netmask di destinazione a 23 bit. La stessa logica è stata applicata sul branch di destra (da r3 a seguire) in quanto i blocchi .96 e .97 condividono il 23° bit a 0. Inoltre abbiamo effettuato un'assegnazione di indirizzi contigui alle varie LAN in modo da poter, nei limiti del possibile, riutilizzare o rendere disponibili gli indirizzi al variare della configurazione proposta. Avendo seguito questa strategia di indirizzamento statico, le regole risultanti su r1 sono le seguenti:

```
route add default gw 198.10.96.241
route add -net 198.10.98.0 netmask 255.255.254.0 gw 198.10.98.2 dev eth0
route add -net 198.10.96.0 netmask 255.255.254.0 gw 198.10.96.250 dev eth1
```



Visualizzazione grafica dei blocchi di classe C di indirizzi impiegati:



2. Otteniamo le seguenti tabelle eseguendo in ogni router il comando:

```
$ route -n
```

Tabella di routing di r0:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
198.10.96.0     198.10.96.242   255.255.254.0   UG    0      0        0 eth0
198.10.96.240   0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth0
198.10.98.0     198.10.96.242   255.255.254.0   UG    0      0        0 eth0
198.10.100.0    0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth1
```

Tabella di routing di r1:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         198.10.96.241   0.0.0.0         UG    0      0        0 eth2
198.10.96.0     198.10.96.250   255.255.254.0   UG    0      0        0 eth1
198.10.96.240   0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth2
198.10.96.248   0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth1
198.10.98.0     0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth0
198.10.98.0     198.10.98.2     255.255.254.0   UG    0      0        0 eth0
```

Tabella di routing di r2:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         198.10.98.1     0.0.0.0         UG    0      0        0 eth2
198.10.98.0     0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth2
198.10.98.32    0.0.0.0         255.255.255.224 U     0      0        0 eth1
198.10.98.64    198.10.98.35    255.255.255.192 UG    0      0        0 eth1
198.10.98.128   198.10.98.35    255.255.255.128 UG    0      0        0 eth1
198.10.99.0     0.0.0.0         255.255.255.0   U     0      0        0 eth0
```

Tabella di routing di r3:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         198.10.96.249   0.0.0.0         UG    0      0        0 eth2
198.10.96.192   0.0.0.0         255.255.255.224 U     0      0        0 eth1
198.10.96.224   0.0.0.0         255.255.255.240 U     0      0        0 eth0
198.10.96.248   0.0.0.0         255.255.255.252 U     0      0        0 eth2
198.10.97.0     198.10.96.227   255.255.255.0   UG    0      0        0 eth0
```

Tabella di routing di r4:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         198.10.98.34    0.0.0.0         UG    0      0        0 eth2
198.10.98.32    0.0.0.0         255.255.255.224 U     0      0        0 eth2
198.10.98.64    0.0.0.0         255.255.255.192 U     0      0        0 eth0
198.10.98.128   0.0.0.0         255.255.255.128 U     0      0        0 eth1
```

Tabella di routing di r5:

```
Kernel IP routing table
Destination     Gateway         Genmask         Flags Metric Ref    Use Iface
0.0.0.0         198.10.96.194   0.0.0.0         UG    0      0        0 eth2
198.10.96.192   0.0.0.0         255.255.255.224 U     0      0        0 eth2
198.10.96.224   0.0.0.0         255.255.255.240 U     0      0        0 eth1
198.10.97.0     0.0.0.0         255.255.255.0   U     0      0        0 eth0
```

3. Output del traceroute eseguito dal router r5 ad un host della LAN M (che emula Internet), ottenuto dall'esecuzione del seguente comando:

```
$ traceroute 198.10.100.2
```

```
traceroute to 198.10.100.2 (198.10.100.2), 64 hops max
  1   198.10.96.194  0.041ms  0.040ms  0.040ms
  2   198.10.96.249  0.069ms  0.034ms  0.041ms
  3   198.10.96.241  0.034ms  0.062ms  0.044ms
  4   198.10.100.2  0.035ms  0.036ms  0.039ms
```

La regola di instradamento inserita nel router r5 è una regola di default che vincola il traffico diretto verso la LAN M a passare per l'interfaccia eth1 del router r3.

```
route add default gw 198.10.96.194 dev eth2 #for external  ip's and internet
```

4. Consideriamo la seguente configurazione di rete di h1 e r2 ottenuta tramite il comando:

```
$ ifconfig
```

Per h1 (omessa Loopback interface):

```
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 198.10.99.1  netmask 255.255.255.0  broadcast 198.10.99.255
        ether ba:58:9d:46:10:0a  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 18  bytes 1436 (1.4 KiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

E per r2 (omessa interfaccia eth2 e lo) :

```
eth0: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 198.10.99.2  netmask 255.255.255.0  broadcast 198.10.99.255
        ether 1a:10:8e:a7:04:2d  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 18  bytes 1436 (1.4 KiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0

eth1: flags=4163<UP,BROADCAST,RUNNING,MULTICAST>  mtu 1500
        inet 198.10.98.34  netmask 255.255.255.224  broadcast 198.10.98.63
        ether 66:5b:55:7f:06:99  txqueuelen 1000  (Ethernet)
        RX packets 18  bytes 1436 (1.4 KiB)
        RX errors 0  dropped 0  overruns 0  frame 0
        TX packets 0  bytes 0 (0.0 B)
        TX errors 0  dropped 0 overruns 0  carrier 0  collisions 0
```

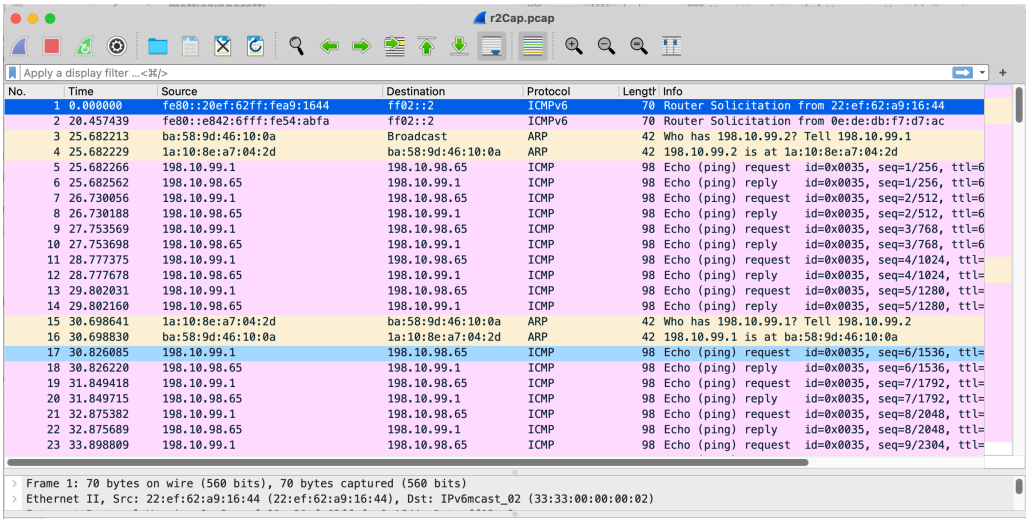
Effettuiamo poi un ping tra h1 e h2 attraverso il comando (eseguito su h1). :

```
$ ping 198.10.98.65
```

Osservando che le tabelle arp di h1 e r2 sono inizialmente vuote, catturiamo poi il traffico in r2 attraverso il comando:

```
$ tcpdump -i eth0 -w r2Cap.pcap
```

Riportiamo quindi i pacchetti catturati da Wireshark:



In seguito alla comunicazione le ARP table di h1 e r2 risultano così configurate:

ARP table h1:

```
Address                  HWtype  HWaddress           Flags Mask            Iface
198.10.99.2              ether   1a:10:8e:a7:04:2d   C                     eth0
```

ARP table r2:

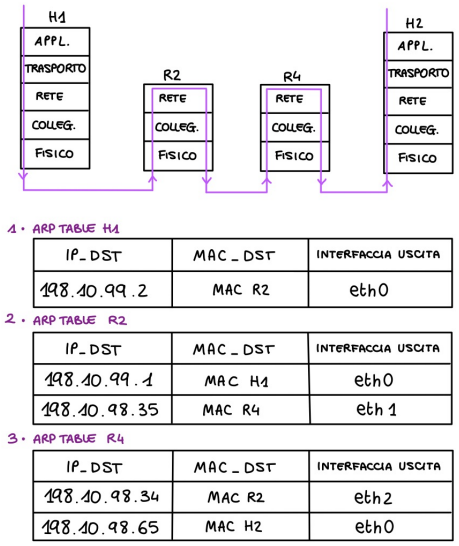
```
Address                  HWtype  HWaddress           Flags Mask            Iface
198.10.99.1              ether   ba:58:9d:46:10:0a   C                     eth0
198.10.98.35             ether   c2:2d:3b:3b:da:2a   C                     eth1
```

Come si può osservare dal frame numero 3 della cattura di Wireshark, l'host h1 (con indirizzo MAC aa:bb:cc:dd:ee:0a) invia in broadcast, a livello 2, una ARP request per ottenere l'indirizzo MAC del suo gateway (r2), il quale risponde in unicast con una ARP reply (frame numero 4 sulla cattura di Wireshark) contenente il suo indirizzo MAC (aa:bb:cc:dd:ee:2d). Una volta terminata la procedura, la ARP table di h1 conterrà un nuovo record con l'IP di r2 sull'interfaccia eth0 e l'indirizzo MAC di r2. In questo modo r2 potrà indirizzare correttamente l'Echo request seguendo le sue regole di instradamento e consegnare l'unità dati ad h2 che risponderà con una Echo reply dopo aver terminato, se necessario, la sua procedura ARP.

5. Gestione indirizzi MAC all'interno della stessa LAN: Dal momento che la LAN A (come altre reti locali sul path h1-h2) contiene più di 2 host, si presuppone la presenza di uno o più switch i quali effettuano store and forward degli Ethernet frames nelle varie comunicazioni di rete. Per fare questo ciascuno switch effettua MAC learning e nella propria switch table salva dei record del tipo: [MAC address , interfaccia uscita , TTL]. Appena un frame arriva allo switch per la prima volta l'indirizzo MAC sorgente viene salvato nella switch table e l'indirizzo MAC di destinazione viene valutato: se è già presente nella tabella si effettua forwarding sull'interfaccia specificata, altrimenti si esegue flooding (il frame viene inoltrato a tutte le interfacce d'uscita tranne quella sorgente).

   Gestione indirizzi MAC durante comunicazione LAN to LAN (attraverso procedura ARP) :

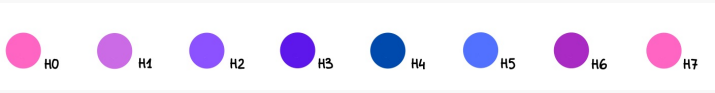
   1. Nella configurazione iniziale del percorso di rete le ARP table di tutti i dispositivi sono vuote. Al momento dell'invio di un pacchetto dall'host h1 ad h2, h1 riconosce, dal prefisso dell'IP di destinazione, che questo appartiene ad un host al di fuori della sua LAN. Quindi invia in broadcast una ARP Request basandosi sull'IP che ottiene dalla regola di instradamento del suo default gateway. Il router r2 riconosce il suo IP nella ARP Request e risponde con il suo MAC address, che una volta ricevuto da h1 viene aggiunto alla ARP table di quest'ultimo. A questo punto avviene la trasmissione del pacchetto tramite l'interfaccia di uscita di h1 (definita nella sua Routing Table ma aggiunta anche in ARP Table) e la propagazione ad r2.
   2. Nel momento in cui r2 riceve la ARP request da h1 aggiunge alla sua ARP table l'IP e il MAC address di quest'ultimo per avere una corrispondenza tra gli indirizzi e l'interfaccia di uscita appropriata. Lo scambio di ARP Request e ARP Reply viene ripetuto dai router r2 (che invia una ARP Request) e r4 (che invia una ARP Reply in unicast). r2 aggiorna la sua ARP table e la completa con l'interfaccia di uscita corrispondente al risultato del processo di Longest Prefix Matching tra l'IP di destinazione e i prefissi possibili presenti nella sua Routing Table. Il pacchetto viene propagato da r2 a r4.
   3. La procedura di ARP viene ripetuta dal router r4 e dall'host h2. r4 aggiorna la sua ARP table e la completa con l'interfaccia di uscita corrispondente al risultato del processo di Longest Prefix Matching. Il pacchetto viene propagato da r4 a h2.



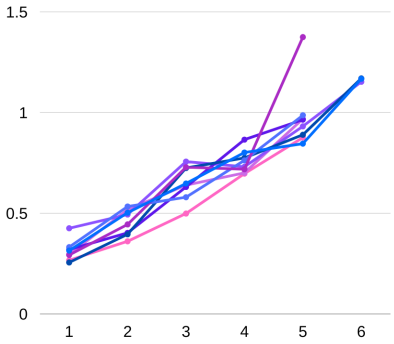
(Nelle tabelle in figura gli indirizzi MAC non sono specificati in quanto variano ad ogni riavvio del laboratorio Kathará.)

6. Il legame tra RTT e lunghezza del percorso è espresso dai seguenti grafici (Ascissa: numero di link attraversati; Ordinata: RTT in millisecondi).

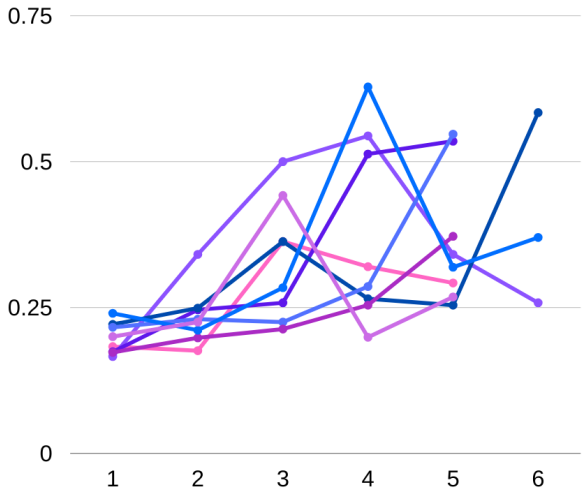
Legenda:



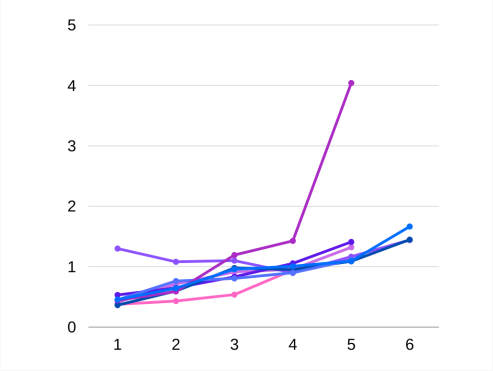
RTT medio su ping di 10 pacchetti:



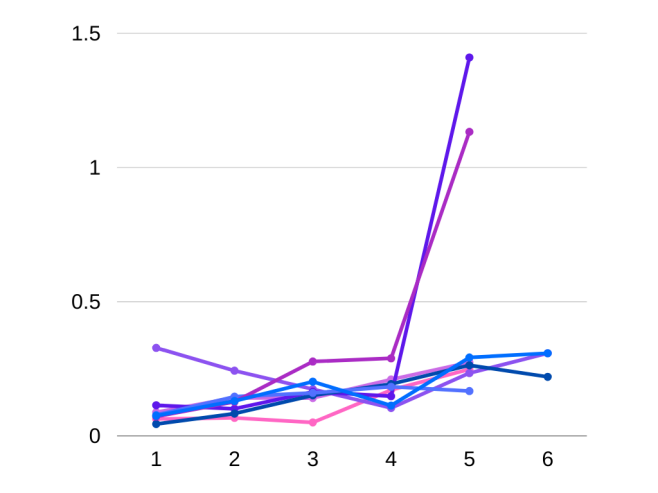
RTT minimo su ping di 10 pacchetti:



RTT massimo su ping di 10 pacchetti:



Stima della Deviazione Standard dell'RTT su ping di 10 pacchetti:



Come extra alleghiamo una descrizione delle attività svolte finora dal nostro gruppo. I task relativi all'Homework figurano come svolti collettivamente in quanto abbiamo avuto la possibilità di lavorare fisicamente insieme per un totale di 25 ore.

✅

Tasks

Activity	Status	Due Date	Assigned To
Installed Kathara + Docker	Completed	@28/09/2021	Mattia Zingaretti
Installed Kathara + Docker	Completed	@30/09/2021	Sofia Lapi
Installed Kathara + Docker	Completed	@04/10/2021	Francesca Iaconis
Kathara Lab00	Completed	@04/10/2021	Mattia Zingaretti
Configured Github Repository for Kathara Lab files.	Completed	@04/10/2021	Mattia Zingaretti
Github Repository configured, updated	Completed	@06/10/2021	Sofia Lapi
Lab00 completed	Completed	@06/10/2021	Sofia Lapi
Lab00 finished	Completed	@06/10/2021	Francesca Iaconis
Started Lab02	Completed	@11/10/2021	Mattia Zingaretti
Lab02 completed, uploaded on Git	Completed	@11/10/2021	Sofia Lapi
Done Lab03 (ARP Poisoning + Exercise)	Completed	@19/10/2021	Mattia Zingaretti

Activity	Status	Due Date	Assigned To
Lab03 completed	Completed	@20/10/2021	Francesca Iaconis
Lab02 completed	Completed	@21/10/2021	Francesca Iaconis
Lab03 completed	Completed	@22/10/2021	Sofia Lapi
Schema di indirizzamento (pt.1)	Completed	@30/10/2021	Francesca Iaconis Mattia Zingaretti Sofia Lapi
Inizio stesura del report con descrizione della logica (pt. 1)	Completed	@30/10/2021	Francesca Iaconis Mattia Zingaretti Sofia Lapi
Tabella richiesta al pt. 1	Completed	@30/10/2021	Francesca Iaconis Mattia Zingaretti Sofia Lapi
Configurazione del laboratorio, regole e tabella di instradamento (pt.2 e pt.3)	Completed	@30/10/2021	Francesca Iaconis Mattia Zingaretti Sofia Lapi
Cattura dello scambio ARP tra h1 e il suo gw (pt.4)	Completed	@01/11/2021	Mattia Zingaretti Francesca Iaconis Sofia Lapi
Commento e Analisi delle ARP table (pt.5)	Completed	@01/11/2021	Sofia Lapi Mattia Zingaretti Francesca Iaconis
Grafici RTT-lunghezza percorso (pt.6)	Completed	@01/11/2021	Sofia Lapi Mattia Zingaretti Francesca Iaconis