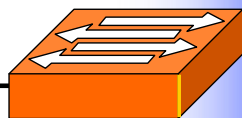


**Marco Paganini**  
con le illustrazioni di **Lupo**



**La rete va...**



***che è una favola!***



WIDUPEN.IT **WP**

**Storia pretestuosa**  
**sul funzionamento delle reti**

 **eForHum**

**Marco Paganini**  
*con le illustrazioni di Lupo*

# La rete va... *che è una favola!*

**Storia pretestuosa**  
**sul funzionamento delle reti**

PRO MANUSCRIPTO

*eForHum*

Copyright © 2011

**eForHum** – Via Valassina, 24 – 20159 Milano

Tel. 02-36572920

e-mail: [ciscoacademy@eforhum.it](mailto:ciscoacademy@eforhum.it)

internet: [www.eforhum.it](http://www.eforhum.it)

# INDICE

INTRODUZIONE .....	5
<i>Per chi parte da zero</i> .....	7
<i>eForHum, Cisco e gli Autori</i> .....	7
IL MITTENTE .....	11
<i>Lavorava tranquillo</i> .....	11
La svolta .....	12
<i>La prima grossa offerta</i> .....	14
<i>La morale</i> .....	15
Vedere per credere .....	16
IL QUARTO PIANO .....	19
<i>Quale tipo di comunicazione?</i> .....	20
Il Servizio FTP .....	21
Il Servizio DNS .....	22
Gli altri Servizi del livello Application .....	23
<i>Il pasticcio dei piani e dei livelli</i> .....	25
Il livello 7 .....	25
I livelli 5 e 6.....	26
<i>La morale</i> .....	28
Vedere per credere .....	30
IL TERZO PIANO .....	35
<i>I Servizi del livello di Trasporto</i> .....	36
TCP, il Servizio principale.....	37
UDP, l'altro Servizio .....	42
<i>La morale</i> .....	44
Vedere per credere .....	46
IL SECONDO PIANO .....	49
<i>Il ruolo chiave dell'IP</i> .....	50
Il Pacchetto IP.....	51
Gli indirizzi IP e i corrieri .....	53
<i>Altri personaggi del livello 3</i> .....	56
Il Servizio DHCP .....	56

Il Servizio ICMP.....	57
Il Servizio ARP.....	57
Il Servizio NAT .....	58
I protocolli di routing.....	59
<i>La morale</i> .....	61
Vedere per credere .....	64
<b>IL PRIMO PIANO</b> .....	69
<i>Il ruolo del livello Data Link</i> .....	72
Il sottolivello alto LLC.....	73
Il sottolivello basso MAC delle reti locali .....	74
Il sottolivello basso MAC delle reti geografiche .....	75
<i>La morale</i> .....	76
Vedere per credere .....	78
<b>IL PIANO TERRA</b> .....	81
<i>I livelli fisici delle LAN</i> .....	82
Ethernet in rame.....	83
Il ruolo di switch, bridge e hub .....	84
Ethernet in fibra .....	86
La rete senza tubi.....	87
<i>La morale</i> .....	89
Vedere per credere .....	92
<b>LA CONSEGNA E LA RISPOSTA</b> .....	97
<i>Il fantastico lavoro dei corrieri</i> .....	98
Il lavoro dello sportello DG .....	98
Il lavoro dei corrieri esterni.....	102
<i>I livelli fisici delle WAN</i> .....	103
WAN a corto raggio.....	103
WAN a medio e largo raggio .....	105
<i>La morale</i> .....	106
Vedere per credere .....	109
<b>LA MORALE DELLE MORALI</b> .....	113
<i>Conclusione</i> .....	117

# INTRODUZIONE

Questo breve racconto divulgativo “techno-fantasy” vuole aiutare a comprendere, con un linguaggio figurato, come operano le reti dati con cui tutti, ormai, ci scambiamo quotidianamente mail, consultiamo siti web, ci scambiamo documenti o, addirittura, ci parliamo.

A chi può servire o interessare una simile storia?

Ci pare che essa possa tornare utile innanzitutto agli studenti delle Scuole Superiori ad orientamento tecnico (ITIS, ecc.), a chi frequenta corsi di networking (magari i famosi CCNA di Cisco) e perfino ai tecnici informatici, che possono cominciare a vedere in un modo nuovo e, forse, più divertente e incisivo, la materia del loro studio e del loro lavoro.

Ma anche il profano curioso, con qualche rudimento più o meno solido di tecnologia, può cominciare ad inquadrare nella loro giusta collocazione tanti elementi di cui ha certamente sentito parlare, ma che non gli sono mai stati molto chiari.

I personaggi della storia sono tanti e diversi tra loro.

Ci sono innanzitutto gli autori e i fruitori di vari documenti, inviati da una parte all'altra, che sono i veri protagonisti della comunicazione. Quindi entrano in gioco i vari tipi di messaggi che circolano sulle reti (files, flussi audio e video, Segmenti, Pacchetti, Trame, bit...) nei quali i documenti originali vengono via via scomposti e ricomposti; e i protocolli, che con questi messaggi giocano, creandoli, trasmettendoli, ricevendoli, controllandoli, ecc. Poi ci sono gli apparati, che sono le macchine in cui operano i protocolli (computer, hub, switch, access point, router, firewall, gateway...); e, infine, le linee di comunicazione: in rame (cavi di rete, doppiini telefonici, ecc.), in fibra ottica e in

“aria”, dato che le reti senza fili (WiFi) e quelle mobili dei nostri telefonini operano via radio, nell’atmosfera.

Insomma, un guazzabuglio di elementi che nella storia, dichiaratamente *pretestuosa*, vengono impersonati da varie controfigure e diversi luoghi, che li fanno apparire nel loro ruolo tipico.

I nomi e le sigle dei protocolli e degli apparati, mantenuti per un doveroso rispetto (almeno iniziale...) vengono però tradotti nella storia in modo *fantasioso*, che potrà divertire o irritare a seconda della serietà e della competenza del lettore. Vabbè: pretesto per pretesto, vi beccate anche questa!

Dato il carattere divulgativo della nostra vicenda, ogni episodio viene concluso da una breve spiegazione, in un Capitolo a parte detto (come nelle favole di una volta) “La morale”, in cui, al pretesto, segue un testo di spiegazione, e il discorso traslato è riportato alla terminologia e alla realtà delle reti informatiche. La morale è un po’ come un brusco risveglio dal bel sogno che si stava facendo, ritrovando cose concrete: cuscino, comodino, sveglia... per poi girarsi dall’altra parte e riprendere a sognare.

A sua volta, “La morale” comprende, in coda, un paragrafo “Vedere per credere”, in cui al lettore sono suggeriti alcuni semplici esercizi da svolgere sul proprio PC, per toccare con mano qualche elemento trattato nell’episodio. Come se, oltre a svegliarlo, al povero lettore fosse proposto di alzarsi, accendere il PC e fare qualche prova per verificare se il sogno aveva dei fondamenti nella realtà: un incubo!

Speriamo, comunque, che il nostro racconto sia abbastanza avvincente da farvi arrivare in fondo, grazie anche alle immagini che lo illustrano, traendone le informazioni che contiene. In mezzo a tante favole che ci raccontano la politica e i mass-media, almeno questa storia vi racconta cose vere e, per alcuni, perfino utili.

## ***Per chi parte da zero***

Il libro vuole essere il più possibile divertente, ma crediamo che la parodia che contiene risulterà simpatica soprattutto per chi sa, almeno, di cosa si sta parlando. In questo caso, anche le spiegazioni tecniche che si trovano nella “morale” dei vari capitoli suoneranno familiari, e aiuteranno a consolidare concetti noti.

Per chi invece non ha (molta) idea di come funzionino le reti e i sistemi di comunicazione, e specialmente Internet, tutta la vicenda può risultare un po’ troppo complicata, e quindi arrivare ad un certo punto a perdere senso. A questo lettore consigliamo di andare a leggersi per prima la Morale delle morali, ossia l’ultimo Capitolo del libro, che riassume in modo molto sintetico tutto quanto viene prima raccontato a mo’ di favola. Questo tipo di approccio farà perdere un po’ di “suspense”, ma offrirà almeno un quadro di riferimento in cui collocare tutta la storia.

## ***eForHum, Cisco e gli Autori***

La Società di formazione eForHum di Milano, fondata nel 2000, è particolarmente nota per il suo ruolo di Cisco Regional Academy, ossia un centro di formazione autorizzato da Cisco, con incarico di promuovere altre Academies sul territorio.



Ha formato in 10 anni centinaia di tecnici di rete, tra i giovani neodiplomati e universitari, tra i docenti delle migliori Scuole superiori lombarde (ITIS, Licei, ecc.) e tra i professionisti in cerca di nuove competenze o di una qualifica in più, prima fra tutte la famosissima certificazione CCNA-Cisco Certified Network Associate, necessaria per il loro lavoro.



Cisco è il leader mondiale nella tecnologia informatica delle reti e di Internet; ha realizzato, a fine anni '80, i primi router, e oggi produce circa l'80% degli apparati di rete di fascia alta per i Carriers, i Providers e molte grandi aziende internazionali.



Con i percorsi CNA-Cisco Networking Academy, ha formato in 12 anni vari milioni di tecnici; oggi le Cisco Academies sono circa 10.000 in 165 Paesi, con 1.000.000 di studenti iscritti (vedi: <http://www.cisco.com/web/learning/netacad/academy/index.html>).

Gli Autori del libro sono:

- per i testi, l'ing. Marco Paganini, che è il responsabile dell'Academy eForHum, e docente certificato Cisco dei principali Corsi offerti. Ha scritto anche l'unico testo in italiano per la Certificazione CCNA v4 (#640-802): "640 Domande e 802 Risposte sulle reti LAN e WAN" e il libro per le Scuole "Tecnico dei PC e delle reti". È stato nominato da Cisco "Best Networking Academy Instructor" italiano del 2009.
- per le illustrazioni, suo fratello Giancarlo, grafico, illustratore e vignettista, con 30 anni di esperienza nel settore. Oltre alle sue attività più serie di Art-Director e Responsabile R&D dell'azienda di infografica in cui opera, Lupo (pseudonimo affibiatogli dal fratello) gestisce il sito [www.wildpen.it](http://www.wildpen.it), ove mette a disposizione di clienti e appassionati una serie sempre fresca di vignette su personaggi e situazioni di attualità. Non c'entra direttamente con eForHum e con l'informatica, di cui parliamo nel libro, ma... è pur sempre il fratello di Marco!







# IL MITTENTE

Un bell'ufficio al quinto piano, l'ultimo. Palazzina moderna in zona direzionale; dalle finestre, una vista invidiabile sia a Nord, verso le montagne, sia a Sud, verso i nuovi grattacieli della città.

Quasi non ci poteva credere: i megaboss del Quartier Generale della SanFran S.p.A. l'avevano appena promosso Dirigente, nonostante i "chiari di luna" che, nel mercato del lavoro, stavano piuttosto facendo traballare le sedie e, talvolta, saltare le teste!

## ***Lavorava tranquillo***

Lui, Mark Sender, un buon ingegnere di stampo tecnico, aveva sempre fatto il suo lavoro nello stabilimento alla periferia della città, dando un notevole contributo allo sviluppo di nuovi prodotti, trasformandosi nel tempo da puro progettista a gestore di risorse e, con gli anni, a Capo del settore Ricerca e Sviluppo.

Era abituato a un rapporto molto franco e diretto con tutti i suoi collaboratori: non gli piaceva la burocrazia, e stava sempre in reparto, a contatto con le persone e coi problemi, che la sua affabilità e la sua competenza contribuivano a risolvere con idee semplici, a volte con un pizzico di genialità. Era raro che i suoi colleghi si sentissero stressati o incompresi, dato che Sender sapeva valorizzarli, ed era lui in prima persona che si prendeva le responsabilità del reparto, durante le riunioni della Direzione.

Se doveva scrivere ed inviare a qualcuno una specifica tecnica, un rapporto, un documento per una gara, lo scriveva sul PC del suo ufficio, lo stampava sulla sua stampante laser collegata in locale, e lo portava personalmente al destinatario, in modo da poterlo esaminare assieme, commentandone i punti critici. Aveva

scelto, fin quando non fosse stato indispensabile, di non avere la connessione alla rete locale dello stabilimento, allacciata a sua volta a internet, per evitare ogni rischio di contagio informatico.

I virus li evitava soprattutto così, ma non era uno sprovveduto e aveva installato, perciò, un buon antivirus per controllare che i floppy che gli davano i suoi colleghi non fossero infetti. Sapeva abbastanza di sicurezza ICT da essersi anche fatto collegare al PC una piccola unità disco esterna, sulla quale faceva (quasi) ogni sera un back-up di tutti i documenti nuovi, prodotti da lui o ricevuti dai colleghi nella giornata.

## La svolta

Adesso, con la promozione meritata (a detta di tutti), cominciava un modo nuovo di prestare i suoi servizi alla Società.

Era il nuovo Direttore Commerciale Italia, e già sapeva che anche il suo modo di comunicare con gli altri sarebbe radicalmente cambiato, almeno dal punto di vista degli strumenti da utilizzare. Non più solo il suo mitico PC con stampante laser, e documenti portati in qualche stanza vicina, o inviati alle altre sedi della Società via posta o tramite qualche collega che si spostava più di lui, ma un Sistema integrato e standardizzato di messaggistica che poteva raggiungere ogni angolo del mondo. Ne aveva già sentito parlare e lo aveva anche visto all'opera, ma lui ne doveva ancora scoprire tutti i dettagli e le potenzialità.

Al quinto piano, ovviamente, c'erano gli altri Dirigenti della Società e le rispettive segretarie. Già, adesso disponeva anche di una segretaria, l'efficientissima Mary Word, che scriveva per lui, sul suo computer rigorosamente connesso in rete, tutti i documenti di cui c'era bisogno. Mark poteva quindi permettersi di buttarne giù una bozza a mano, o addirittura di spiegarle la sostanza della comunicazione o dell'offerta che doveva redigere, e

lei gli produceva i documenti, che poi rivedevano assieme dopo la battitura; qualche volta c'erano da fare dei ritocchi sul modo di esprimersi, ma il formato era sempre impeccabile: Mary era davvero mitica!

Mark aveva comunque ottenuto di portare con sé il suo vecchio PC, e qualche volta, per tenersi in allenamento (la sua anima tecnica lo esigeva) batteva da solo i suoi testi, che poi Mary pazientemente risistemava secondo gli standard aziendali. Doveva però passarglieli sul floppy, e lui capiva che questa storia doveva prima o poi finire, dato che sui floppy ci stanno solo documenti piuttosto piccoli: per i suoi scarni testi andavano benissimo, ma se un domani avesse dovuto aggiungere qualche foto, tabella o schema? Inoltre Mary, ogni volta, guardava il floppy con aria di commiserazione, e Mark capiva che lei era tanto gentile da imputare al povero dischetto quelli che, in realtà, erano i limiti del suo capo! Certo, ormai esistevano le chiavette USB, ma il suo PC (sigh!) aveva Windows NT, che non gestisce tali porte.

Va anche detto che Mary, a dispetto del suo cognome Word (nomen, omen, woman... com'era quella citazione?), era anche esperta nell'uso di altri programmi, come il foglio elettronico, o quello per fare le presentazioni aziendali, o il famoso gestore di database: insomma, un supporto... eccellente, che sapeva mettere in risalto i punti di forza (powerpoint) dell'azienda, e dava accesso (access) a tutto l'immenso archivio tecnico e commerciale. Perfetta, quindi, per la gestione complessiva dell'intero... office!

Come ogni segretaria che si rispetti, Mary era anche il filtro di ricezione di tutta la corrispondenza di lavoro destinata a Mark. Quando la posta arrivava, lei dava un'occhiata per capire se si trattava di cose urgenti – aveva ormai una certa esperienza – e gli passava tempestivamente le carte più importanti. Poi gli metteva nella vaschetta della posta in arrivo anche il resto, che lui sapeva di poter sfogliare con calma, prima di sera.

## ***La prima grossa offerta***

Dopo meno di una settimana dall'insediamento al quinto piano, per Mark già si presenta la necessità di preparare un'offerta molto importante per un nuovo "prospect" romano, la ACME.

Il commerciale che ha procurato il contatto e ha spiegato al cliente i benefici della soluzione proposta dalla nostra Società, un venditore esperto e ben inserito sul territorio, deve passare la mano al Direttore Commerciale, perché l'importo della fornitura eccede di molto i limiti imposti dalle procedure interne per le offerte fatte in autonomia dalle varie sedi commerciali periferiche. Il venditore continua a restare in stretto contatto telefonico con Mark per tutti i necessari dettagli tecnici e di contesto, e avrà comunque la sua cospicua provvigione, ma la responsabilità finale dell'offerta deve essere del Direttore.



Nel giro di tre giorni l'offerta prende corpo e, nelle mani di Mary, si trasforma in un piccolo capolavoro, anche dal punto di vista dell'impatto visivo. Stampata a colori sulla superstampante laser del quinto piano, presenta il logo della Società e una bella foto della palazzina aziendale in copertina (che fa molto stile americano); le pagine interne sono curate e complete, con le foto del prodotto tratte dal catalogo generale. La parte economica è formulata in forma tabellare, molto chiara.

In totale, l'offerta consta di 15 pagine e, per evitare che il cliente ne perda il migliore aspetto estetico, stampandola in qualche modo, si decide di inviarla in originale, usando il famoso Sistema integrato di messaggistica di cui, finalmente, Mark vuole cominciare a conoscere ogni risvolto tecnico. Lui pensa che l'offerta finirà semplicemente in una busta e verrà spedita al cliente destinatario, ma si sbaglia.

È giunto per lui il momento di scoprire che il sistema a cui si affida è molto più complesso di quanto possa immaginare. All'inizio ciò lo lascerà molto perplesso, ma poi si convincerà che è un sistema geniale, dato che non solo funziona, e bene, ma che è stato adottato da quasi tutte le aziende del mondo, il che le rende "interoperabili", come si dice, ossia capaci di scambiare messaggi di ogni tipo tra qualunque coppia di interlocutori. Non solo, ma lo stanno adottando sempre di più anche i privati, e quindi esso si sta imponendo come l'unico vero standard di comunicazione mondiale.

Le sorprese cominciano subito oltre Mary: a chi consegnerà la preziosa offerta la sua bravissima segretaria?

## **La morale**

*Cominciamo dalla **SanFran S.p.A.**, che ha un nome strano, ma vagamente familiare... A parte una lontana parentela grafica con eForHum, con quella F maiuscola un po' spaesata in mezzo ad altre sorelline minuscole, verrebbe quasi da completarlo, quel nome, in San Francisco. Vuoi dire che...? Esatto! Come si vede anche dal suo logo nella vignetta, l'azienda di fantasia della nostra storia è l'altra metà della famosissima e onnipresente Cisco, che alla vicenda ha fornito tutto il background tecnico.*

*Mark Sender, come abbiamo visto, è il mittente, che era abituato a portare da solo i suoi documenti a destinazione. I primi computer non disponevano di una connessione di rete, e l'unico modo per scambiarsi i files era quello di metterli su un supporto magnetico, come un floppy, e portare tale supporto fisicamente al destinatario, fosse esso locale (ad es. nello stesso palazzo) o remoto (in un'altra città). Se il documento non doveva essere modificato, invece del file originale se ne poteva portare una semplice stampa. Queste "reti", basate sulle scarpe del mittente,*



sono infatti dette in letteratura “snicker networks”, ossia “reti scarpa da ginnastica” (così vai più veloce e non scivoli).

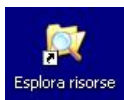
Mary Word, la nuova segretaria, rappresenta la “suite” di programmi che usiamo su PC per scrivere e comunicare. Se vogliamo, più che il vero e proprio “Office” (che genera files, ma non ha in sé le funzioni per inviarli o riceverli all’esterno), tali programmi sono le varie “applicazioni” fatte apposta per la rete: il “browser” per navigare su Internet, un client di posta elettronica, un programma per fare trasferimento file con FTP, gli applicativi “transazionali” bancari per gestire i versamenti o i prelievi dei clienti e la compra-vendita di titoli, ecc.

In realtà, anche il semplice Office può sfruttare la rete di comunicazione, ad esempio quando salviamo il nostro file non sul disco C: locale, ma su un File Server esterno. In tal caso, infatti, il PC usa un Servizio di rete (NetBIOS o Redirect) che è in grado di inviare il file ad un’altra macchina, sia essa posta nella stanza accanto o... all’altro capo del mondo.

E il quinto piano? Nulla è casuale: a parte il fatto che l’Autore ed eForHum stanno a questo piano, nella nuova sede a Nord Milano, con vista sulla Grigna e sui grattacieli di Porta Garibaldi, vedremo che sotto Mark e Mary ci sono quattro piani di addetti alla comunicazione! Come volevasi dimostrare...

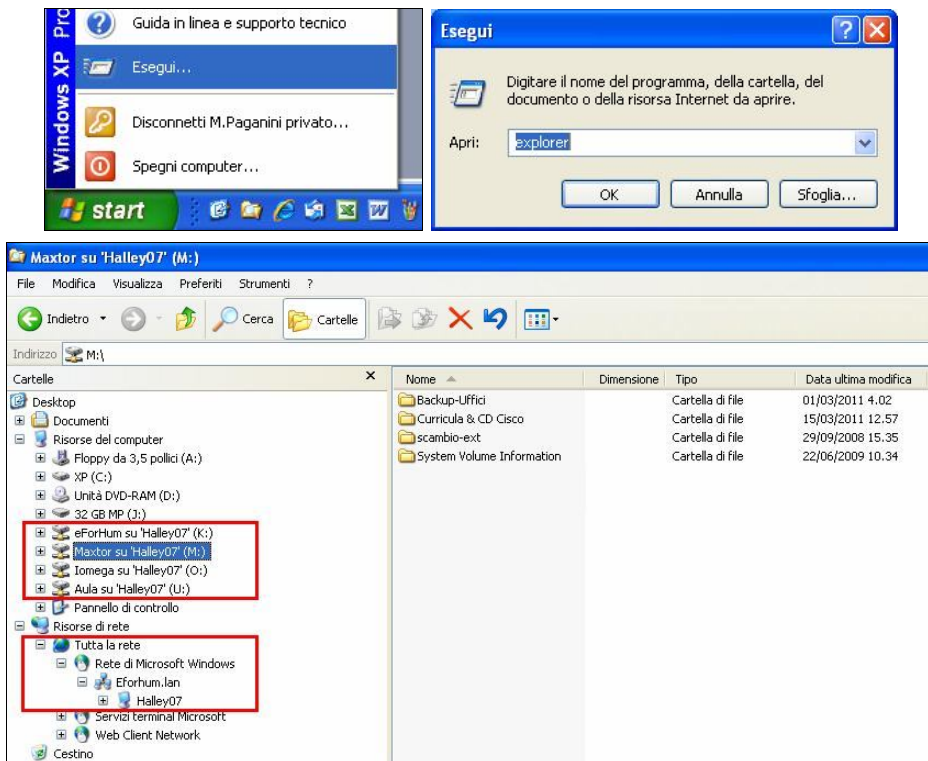
In realtà, scopriremo strada facendo che, essendo il palazzo in cui Mark e Mary lavorano la rappresentazione fantastica di un PC, per passare dal secondo al primo piano, le cose si complischeranno un po’. Ma giusto un po’...

## Vedere per credere



Se il lettore ha accesso a un PC Windows in rete, può provare a vedere quali sono gli eventuali dischi esterni a cui ha accesso, lanciando **Esplora risorse**

(vedi icona) o scrivendo “**explorer**” nella casella **Apri:** della funzione **Esegui**, attivata dal pulsante **Start** di Windows:



Nell'esempio qui sopra si vede che i dischi K:, M:, O: e U: stanno sul File Server esterno Halley07, che si trova nella LAN Eforhum.lan gestita da Microsoft Windows. Leggendo e scrivendo files su tali dischi, si usa la rete locale per accedere al Server, con i Servizi spiegati più sopra.

Una cosa analoga può essere vista cliccando sull'icona **Risorse del computer**, sul Desktop:



Sistema integrato  
di messaggistica

### Livelli 5-6-7: Application

## ACCETTAZIONE

MONTACARICHI



## IL QUARTO PIANO

Chi produce e riceve documenti importanti, nella nostra Società, sta dunque al quinto piano: Mark e Mary non si occupano di sistemi di comunicazione, ma li usano, e per farlo si rivolgono agli addetti del quarto piano, dove c'è l'accettazione del Sistema integrato di messaggistica, a cui si è già fatto cenno.

Siccome sono degli specialisti, si comportano come tali e fanno un sacco di domande sul tipo di comunicazione che si desidera utilizzare, compilano gli opportuni moduli, ecc. Se non fosse che era l'espertissima Mary a gestire il rapporto con loro, Mark li avrebbe mandati rapidamente tutti a quel paese, con le loro mille pretese... senza sapere che cosa si sarebbe perso! Per non dire di quello che ha pensato quando, uscito dall'ascensore, ha visto la targa del piano.

**Sistema integrato  
di messaggistica**

**Livelli 5-6-7:  
Application**

“Ma qui sono tutti matti? Se siamo al quarto!”

Ma stava imparando, e ha avuto la pazienza di trattenersi, sapendo che poteva contare sulla sua preziosa Mary per chiarirsi le idee. Prima di arrivare al bancone degli addetti, con la sua bella offerta da spedire, Mark però non resiste e le chiede:

“Scusa, Mary, ma al quinto ci siamo noi, lo sanno tutti; che cosa diavolo hanno scritto su quella targa? Questo è il quarto piano, indiscutibilmente il quarto! Abbiamo sentito entrambi che l'ascensore è sceso...”

Mary non si scompone e, per non addentrarsi subito in un ginepraio, gli risponde:

“Aspetta, Mark: una cosa è il piano, un'altra cosa sono i livelli. Questo, in pratica, è il posto dove ci danno accesso al Sistema di messaggistica, e per loro il Servizio offerto è detto Application: questa è la cosa importante. Che sia il quarto piano, in realtà, o il livello multiplo 5-6-7, non conta niente: conta invece quello che qui sanno fare, e che tra breve vedrai. Poi magari, se vuoi, ti spiego meglio questa faccenda dei piani e dei livelli.”

“Va bene. Allora... sbrighiamoci a consegnare questa offerta.”

E i due si avvicinano al bancone Application.

## ***Quale tipo di comunicazione?***

L'addetto all'accettazione delle spedizioni saluta Mary, che gli presenta Mark; poi prende la busta con l'offerta, la soppesa con aria esperta e, con un sorriso, le chiede:

“Che tipo di spedizione vuoi, Mary: il solito **FTP-Favorite Trasporto Pacco**, o questa volta preferisci un servizio di posta, o che invece mettiamo il documento sul nostro Portale, per farlo scaricare in modo protetto al destinatario, o... qualcos'altro?”

“No, no, va bene il vostro Servizio FTP, che ho già provato altre volte: è veloce e affidabile, lo so, e non costa tanto.”

“Bene, allora: compiliamo subito il modulo di richiesta, così me lo firmi e il vostro documento è accettato. Dunque, abbiamo detto FTP; quindi lasciamo stare TFTP, SMTP, HTTP e gli altri Servizi, specie quelli in tempo reale. Il destinatario vedo che è Mr. Jo F. Reader della ACME S.p.A., bene: poi troviamo noi l'indirizzo esatto, sulla guida DNS. Sai che, per usare FTP, dobbiamo registrarci e autenticarci presso il destinatario, inviandogli le nostre credenziali. Vuoi che anche noi autenticiamo lui?”

“Non occorre, grazie: so che non consegnerete al primo che passa; perderemmo anche un po’ di tempo e poi, per dirla tutta, questa... non è una dichiarazione di guerra! Basta, come dicevi, che gli sia comunicato con certezza il nome del mittente...”

“Chiaro! Allora siamo a posto: adesso contattiamo i colleghi del piano di sotto per rintracciare l’indirizzo della ACME tramite il DNS, e poi per la segmentazione e l’invio del documento”.

“Bene, buon lavoro. Speriamo che ci arrivi presto una risposta positiva, ci vorrebbe proprio”.

Mark, che ha assistito ammirato alla sciolta conversazione tra Mary e l’addetto del livello Application, vuole ovviamente cercare anche di capire che cosa siano l’FTP, il DNS e gli altri Servizi, alternativi a quello scelto da Mary. Mentre tornano verso l’ascensore, le chiede:

“Mary, mi spieghi meglio perché hai scelto il Servizio FTP-Favorite Trasporto Pacco e non gli altri, di cui parlava il tipo? Che caratteristiche hanno questi Servizi?”

## Il Servizio FTP

Mary offre a Mark un piccolo show di competenze relative al Sistema integrato di messaggistica e, mentre si fermano al distributore di bevande del quarto piano, gli spiega:

“Vedi, Mark, il Servizio FTP permette di trasferire documenti di ogni tipo, in maniera veloce e affidabile, con la garanzia che siano stati ricevuti e, come minimo, inviando al destinatario le nostre credenziali di autenticazione. Il servizio aggiuntivo di autenticare il destinatario non ci serve, e forse sarebbe stato un po’ complicato, perché è la prima volta che lo contattiamo, e non abbiamo le sue credenziali di autenticazione da confrontare. Eventualmente, se questo lavoro andrà in porto e il cliente diventerà

importante per la nostra Azienda, ci scambieremo questi dati per scambiare con lui, in modo ancora più sicuro, documenti futuri. Fidati, vedrai che con FTP tutto fila liscio.”

“Ne sono certo, Mary. E gli altri Servizi?”

## Il Servizio DNS

“Allora, andiamo per ordine, e ti spiego prima il DNS, che viene usato per trovare l’indirizzo esatto del destinatario. Gli altri Servizi che non usiamo, te li racconto dopo, se vuoi.”

“Certo che voglio; ma partiamo pure dal DNS, come dici.”

“Bene. Come ricordi, sulla busta noi abbiamo scritto solo: «Mr. Jo F. Reader – ACME S.p.A.» perché il Sistema integrato trova lui, di solito, l’indirizzo esatto di spedizione. L’importante, ovviamente, è che l’indicazione del destinatario fornita sia univoca e chiara, ossia che indichi un nominativo noto e catalogato nella mega-rubrica mondiale di tutti i possibili destinatari.

Questa guida globale di tutti gli utenti del Sistema integrato di messaggistica è detta **DNS-Dove i Noti Stanno**, e riporta, per ogni destinatario, l’indirizzo preciso di spedizione, detto indirizzo IP (di Invio Postale, cioè) utilizzato da quelli dei piani inferiori, e anche da tutti i corrieri che si occuperanno di portare la nostra offerta a destinazione.

Inoltre, per permettere il ritorno della risposta dalla ACME S.p.A. – speriamo che sia positiva, eh? – anche noi della SanFran abbiamo un indirizzo IP pubblico, presente nella guida DNS. A loro, però, non servirà consultarla per mandarci la loro risposta, perché il nostro IP lo inseriremo già, per facilitarli, nella corrispondenza che inviamo loro.”

“Comoda – commenta Mark – questa faccenda della guida DNS: se sei registrato, il sistema di messaggistica trova il tuo in-

dirizzo esatto in modo automatico. Ma... che cosa succede se una Società cambia sede?”

“Semplice: appena finito il trasloco, bisogna subito notificare al DNS il nuovo indirizzo IP, e si resta sempre raggiungibili. Ti assicuro che, di solito, nessuno si dimentica di questa importante operazione! E, se si dimentica, peggio per lui!”

## Gli altri Servizi del livello Application

“Chiaro, Mary! E... gli altri Servizi di questo piano?”

“Beh, sarebbero centinaia, ma l’addetto ha parlato di TFTP, SMTP, HTTP e altri Servizi in tempo reale, giusto?”

Il **TFTP** è molto simile all’FTP, un po’ più semplice (la T iniziale sta per «Trivial» che, come ben sai, non vuol dire triviale o volgare, ma banale). Di solito viene usato per trasferimenti interni tra i vari uffici, essendo un po’ più veloce; è però anonimo, cioè non dice il nome del mittente, e quindi per l’esterno è meglio usare l’FTP canonico; almeno, così mi hanno insegnato. Per dirtela tutta, Mark, finora non ho mai provato ad usare il TFTP: magari capiterà... Se vuoi, una volta lo proviamo su una spedizione meno importante, così vediamo come si comporta!

L’**SMTP**, invece, serve per inviare messaggi di posta elettronica. Permette di aggiungere al messaggio qualunque documento, ma solo come allegato. È anche questo un Servizio molto usato, e forse potevamo sceglierlo, ma ho preferito di no per un paio di problemini. Innanzitutto non permette di sapere con certezza se la controparte ha ricevuto il tutto, dato che c’è la possibilità che l’invio si perda, o che loro si rifiutino di inviarci una ricevuta. Inoltre, non è detto che il messaggio e i suoi allegati vengano consegnati subito ai destinatari: il Servizio prevede solo il loro deposito in una casella postale (da noi sarebbe il «fermo posta», mentre i cugini inglesi la chiamano «mailbox»), e da lì il destina-



tario li preleva quando vuole e ha tempo. Ma potrebbero restare nella casella per giorni, senza che nessuno lo sappia: mi sembra che non sia questo il trattamento che dovrebbe meritare la nostra preziosa offerta, no?

Poi c'era l'**HTTP**, no? Adesso non ricordo che cosa significhi esattamente la sigla (questi signori se ne inventano troppe), ma so per certo che funziona così: il documento viene messo in una specie di catalogo semipubblico (lo chiamano Sito o Portale) dei documenti della nostra Società e, se qualcuno avvisa il destinatario, lui può accedere a tale archivio dall'esterno e, con certe credenziali di accesso (ad esempio un'opportuna coppia username-password), prelevare il suo documento. Ti è certamente chiaro che, non avendo mai avuto contatti precedenti col nostro contatto di Roma, lui non ha ancora alcuna credenziale di accesso al nostro Portale, e quindi questo sistema non funzionerebbe.

Infine, l'addetto ha parlato dei loro **Servizi «real time»**, che sono previsti per lo scambio di comunicazioni tipicamente bidirezionali (ma non solo) in modalità istantanea: una specie di telefono dei dati, in cui le due segretarie si scambiano dei flussi di informazioni brevi e continue come, guarda caso, proprio una telefonata digitalizzata, o delle immagini riprese da apposite telecamere di tipo «webcam» (questi tipi di dati si chiamano «streaming» audio e video), oppure una fitta serie di messaggi di testo del tipo botta-e-risposta (che chiamano «chat») ecc. In ogni caso, quanto di meno adatto si possa immaginare per inviare la nostra offerta, no?

“Chiarissimo, Mary: sei forte! Ma quante ne sai?”

“Giusto per completezza, Mark, qui al livello Application si occupano anche di altri servizi interni per la manutenzione e il controllo del Sistema integrato di messaggistica, come il DHCP, il Telnet, l'SSH, l'SNMP... ma non credo che valga la pena di parlarne ora.”

## ***Il pasticcio dei piani e dei livelli***

“Va bene, ma... ti vada di spiegarmi meglio, invece, la faccenda dei piani e dei livelli?”

Mary lo guarda con aria perplessa e gli dice:

“Sei sicuro di volerti scioppiare un pasticcio come questo? Guarda che la cosa è un po' complicata...”

### **Il livello 7**

Mark, da tecnico curioso, insiste garbatamente; allora Mary, terminando il suo cappuccino ormai freddo, gli spiega:

“Vedi, Mark, i capi di questi signori sono stati, tempo fa, ad una serie di corsi sulle telecomunicazioni, tenuti da un certo Ing. Gesualdo Le Moli, una vera autorità in materia. Dicono che lui abbia loro spiegato come il sistema di messaggistica in uso, pur andando benissimo, può essere generalizzato, per tener conto di altre possibili sofisticazioni e funzionalità. In sostanza, secondo il relatore, voi Dirigenti e tutti noi della segreteria, che produciamo e riceviamo i documenti, dovremmo stare ad un ipotetico ottavo livello, o almeno fingere di starci, in modo da prevedere sotto di noi un livello 7, che dovrebbe chiamarsi **Application...**”

“Ah – interviene Mark – quello che c'è scritto sulla targa! E che cosa c'entrano allora questi benedetti livelli 5 e 6?”

“Calma. La domanda è più che lecita, ma ti manca ancora il quadro completo. Siamo solo all'inizio, e tu già pretendi di capire come funziona questa cosa. Ti assicuro che avrai molte altre sorprese, ma devi avere pazienza, e vedrai che alla fine torna tutto. E inoltre, siccome funziona a meraviglia, anche la tua sacrosanta curiosità tecnica verrà soddisfatta con ottimi argomenti!”

“Sei mitica, Mary. Continua. Allora, i livelli 5 e 6?”

“Aspetta. Sul livello Application, va ancora detto che qui, a onor del vero, pare che gli «scienziati» dei famosi corsi abbiano vinto la loro battaglia, ed effettivamente tutti quelli che conosco in questo campo, se devono associare un numero al livello Application, dicono che è il 7. Almeno su questo c'è un accordo.

Aggiungo anche, caro Mark, per complicare un po' le cose, che lo stesso nome di Application molti lo usano per indicare, in realtà, il lavoro che facciamo noi della segreteria, al piano di sopra: Word (modestamente), Excel, il Browser usato per navigare, il programma per gestire la posta, non sono forse noti come “applicazioni”? Per me non è un problema, perché mi è chiaro che ci possono essere applicazioni informatiche, come quelle che usiamo noi della segreteria, e applicazioni di comunicazione, come quelle che usano su questo piano. Ma per tanti ciò può essere fonte di confusione. Per te, Mark, che sei un tecnico, sarà facile tenere distinte le due cose, no?”

“Certo... Per dirla tutta, sarebbe stato più semplice inventare due nomi diversi, ma ormai, in questa Babele, sto capendo che devo rassegnarmi a prendere le cose come vengono. Vai avanti, per favore. Adesso mi spieghi questi benedetti livelli 5 e 6?”

## I livelli 5 e 6

“Ok. I livelli 5 e 6, Mark, sono più che altro un'invenzione bella e buona dei famosi scienziati, che li hanno chiamati rispettivamente **Session** e **Presentation**.

Il secondo, il livello 6 (così andiamo per ordine, scendendo dal livello 7), dovrebbe occuparsi del formato dei documenti – ma per questo bastiamo noi segretarie, non ti pare? – o di altre funzioni strane, come il fatto di comprimere i documenti o di cifrarli, se devono restare segreti. Fatto sta che, in giro, pochi richie-

dono questi Servizi e quindi, che io sappia, quasi nessuno ha davvero un piano 6 che si occupi di Presentation. Siccome anche qui da noi non serve, per non lasciare un buco nella numerazione, d'accordo con la Direzione Generale, il 6 se lo sono preso loro sulla targa di questo piano.

“E il 5, il livello Session?”

“In sostanza, è quasi la stessa storia del 6. Il piano 5 dovrebbe occuparsi di organizzare ogni specifica fase dello scambio dei documenti con il suo corrispondente livello dell'ufficio ricevente – li chiamano dialoghi o, appunto, sessioni – ma la funzione, in sé, si confonde parecchio con quelle del piano di sotto, che qualche volta andremo a vedere. Solo che, invece di chiamare 4-5 il livello inferiore, la Direzione ha deciso, in modo forse un po' arbitrario, di affibbiare anche il 5 a questo piano; e ormai nessuno vuole affrontare la grana di rimettere in discussione una simile questione formale. Ripeto, poco importa cosa c'è scritto sulle targhe dei piani: conta quello che fanno!”

“Mi piace la tua vena pratica, Mary: continua, ti prego.”

“Quindi, ti dicevo: la gestione di queste benedette sessioni è formalmente finita nel piano dove ci troviamo, ma pochi hanno davvero capito che cosa dovrebbero essere, neanche tra i capi di questi piani. C'è chi sostiene che gestire un servizio di comunicazione che comprenda una parte in chiaro e una cifrata sia un buon esempio di una comunicazione unica, divisa in varie «sessioni». Siccome di cifratura, sia pur raramente, se ne occupano su questo piano, come ti dicevo, alcuni di quelli del piano di sotto hanno preferito lasciar perdere, ben contenti di togliersi dai piedi queste misteriose sessioni, e di tenersi una targa più semplice e un ruolo più chiaro. Altri dello stesso piano, invece (specialmente quelli che si occupano del Servizio principale, il TCP) non erano troppo convinti di essersi lasciati scippare il livello 5, e continuano a parlare in giro di “sessioni TCP”, per ribadire una

sorta di controllo, almeno verbale, su tale livello. Insomma, la faccenda è ancora dibattuta, una «vexata quaestio» dicevano gli antichi, anche se a me sembra un problema di lana caprina, perché i livelli 5 e 6 sono quasi inutili... Mi segui, Mark?”

“Per ora mi sembra tutto un gran guazzabuglio, e mi chiedo come faccia a funzionare; ma le tue spiegazioni non fanno una grinza. Tu non sei una segretaria, sei una vera enciclopedia! Una Wikipedia vivente...”

Mary preferisce prendere come un complimento l’ultimo apprezzamento di Mark: che cosa vuoi aspettarti da un ingegnere?

“Ok. Senti, intanto che torniamo su – dice Mark alzandosi dal tavolino e avviandosi all’ascensore – dimmi che ho capito male, quando il tizio concludeva che al piano sotto «segmenteranno» la nostra offerta. La spediscono così com’è, no?”

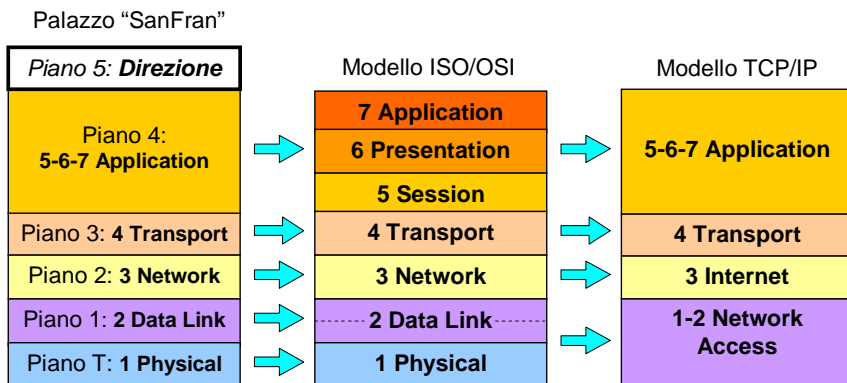
## **La morale**

*Il lavoro svolto dal livello Application è abbastanza ben descritto nella sua realtà, anche se raccontato a mo’ di favola.*

*Ovviamente FTP sta per File Transfer Protocol e non per Favorite Trasporto Pacco; DNS è il Domain Name System per la risoluzione degli URL-Uniform Resource Locators di internet (vedi sotto) in indirizzi IP-Internet Protocol; SMTP è Simple Mail Transfer Protocol per l’invio dei messaggi di posta elettronica, e HTTP è il notissimo HyperText Transfer Protocol, usato dai Browser per scaricare dai vari siti web le pagine (scritte con linguaggi come l’HTML, ecc.) e visualizzarle sullo schermo.*

*Parlando di URL, due noti esempi sono il nome di un sito web, ad esempio [www.eforhum.it](http://www.eforhum.it), o la parte che segue la “@” in un indirizzo mail, ad esempio: [marco.paganini@eforhum.it](mailto:marco.paganini@eforhum.it).*

*Per capire meglio il pasticcio dei piani e dei livelli, invece, può essere utile la seguente figura, che mostra i 5 piani del palazzo, i 7 livelli del modello teorico, o pila “ISO/OSI” (quella degli scienziati), e i corrispondenti 4 livelli della pila “TCP/IP”, che è quella davvero usata nei computer e nelle reti.*



*Il quinto piano di Mark e Mary sta, come si vede, sopra a tutte le “pile” protocollari, ed è quello che “produce” e “utilizza” i dati, che il sistema di comunicazione sottostante trasporta poi da una parte all’altra.*

*Scendendo lungo i vari livelli, vedremo anche, alla fine, che dovremo tener conto dell’esistenza, ovvia ma non evidente a prima vista, anche di un Piano Terra; questo, in realtà, ci verrà a pennello per impersonare il cosiddetto livello fisico (ISO/OSI 1) che altrimenti, per lo standard TCP/IP, dovrebbe stare in coabitazione col livello 2 del primo piano.*

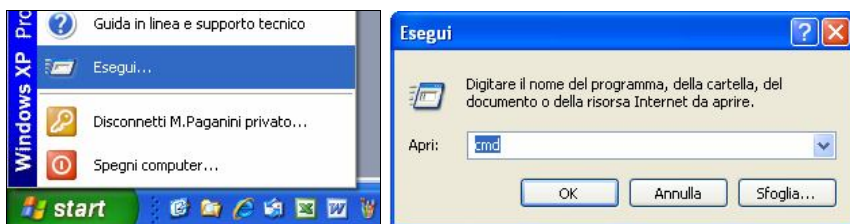
*Invece, è meglio distinguerli e studiarli separatamente, per comprenderne meglio le funzioni e le peculiarità; tanto più che, lì sotto, si effettua il vero e proprio trasferimento dei dati tra i vari apparati delle reti!*

*Il livello ISO/OSI 2 è solitamente diviso in due sottolivelli, come indica la linea tratteggiata, ma... non anticipiamo troppo!*

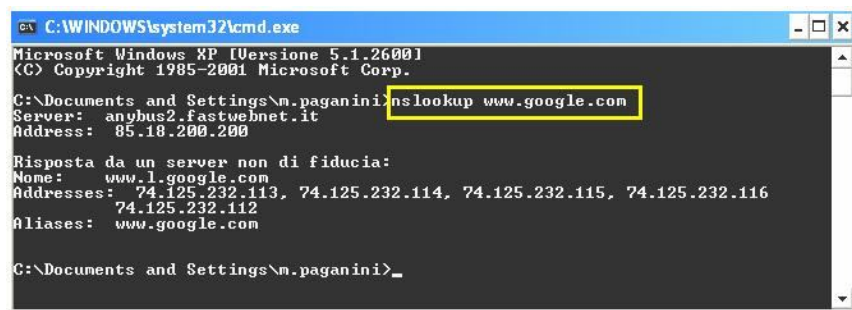
*Gli scienziati, a capo dei quali abbiamo citato lo stimato Prof. Gesualdo Le Moli, autore di un famoso libro sull'argomento, sono gli inventori dello stack OSI-Open System Interconnection.*

## Vedere per credere

*Dal solito Esegui... già visto negli esercizi precedenti:*



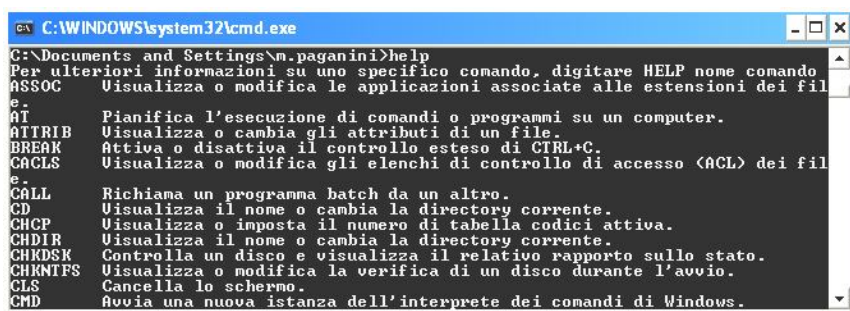
*è possibile lanciare, col comando “cmd” (vedi), la cosiddetta “Finestra DOS”, che gli esperti chiamano “Shell”, per dialogare col computer tramite la “linea di comando”, invece che cliccando qua e là sulle icone dello schermo. Si presenta così:*



*Dopo il simbolo di “>” che segue il nome dell’utente collegato al PC, è possibile digitare vari comandi, la cui lista si ottiene con “>help” seguito da Invio: vedi poi. L’invito a scrivere (nella forma “Disco:\cartella\utente>”) si chiama “Prompt” (cioè “Sono pronto”), e viene riproposto dopo l’esecuzione di ogni comando, come si vede alla fine dei messaggi mostrati.*

*In questo caso abbiamo dato al PC il comando “>**nslookup** **www.google.com**” per chiedere al Servizio **DNS** quale IP ci dà per il nome del sito web del famoso motore di ricerca. La risposta è che ci sono ben 5 indirizzi che possono essere usati a scelta, tutti che iniziano con 74.125.232... Al lettore provare a scoprire altri indirizzi IP che gli interessano.*

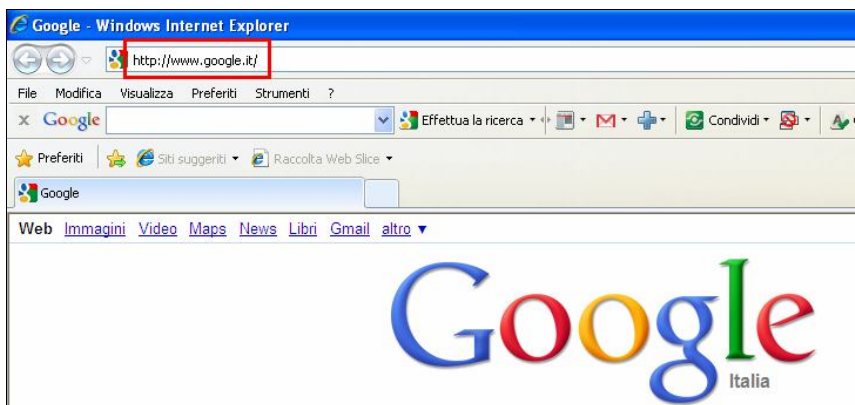
*Questo invece è l'inizio della **lista dei comandi** che, nel DOS incluso in Windows XP, ne comprende circa 65:*



```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\n.paganini>help
Per ulteriori informazioni su uno specifico comando, digitare HELP nome comando
ASSOC Visualizza o modifica le applicazioni associate alle estensioni dei file
E-
AI Pianifica l'esecuzione di comandi o programmi su un computer.
ATTRIB Visualizza o cambia gli attributi di un file.
BREAK Attiva o disattiva il controllo esteso di CTRL+C.
CACLS Visualizza o modifica gli elenchi di controllo di accesso (ACL) dei file
E-
CALL Richiama un programma batch da un altro.
CD Visualizza il nome o cambia la directory corrente.
CHCP Visualizza o imposta il numero di tabella codici attiva.
CHDIR Visualizza il nome o cambia la directory corrente.
CHKDSK Controlla un disco e visualizza il relativo rapporto sullo stato.
CHKNTFS Visualizza o modifica la verifica di un disco durante l'avvio.
CLS Cancella lo schermo.
CMD Avvia una nuova istanza dell'interprete dei comandi di Windows.
  
```

*Lanciando un “browser” come Internet Explorer o Mozilla (ma ce ne sono vari altri), è possibile accedere a un sito Web, il cui nome è preceduto (vedi) da **http:** che è appunto il protocollo per scaricare da Internet pagine Web; se compare invece **https:** stiamo accedendo al sito in modo sicuro e cifrato.*

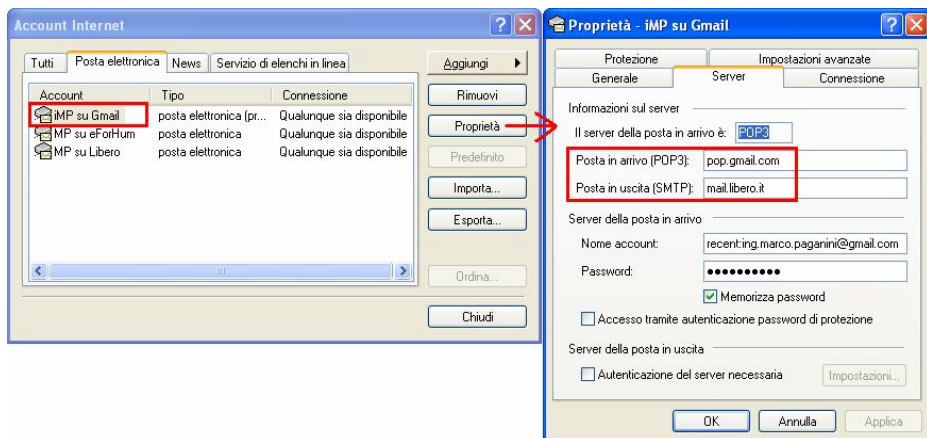
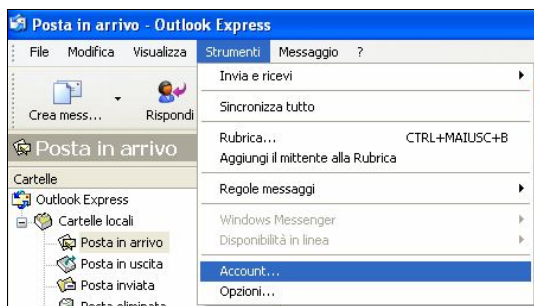




Per poter “vedere” il Servizio **FTP**-File Transfer Protocol, o suo fratello **TFTP**, occorre indicare tali protocolli nella finestra di ricerca del “browser” al posto di http:, o avere un programma specifico per il trasferimento di file, come Filezilla, ecc...

Il Servizio **SMTP** usato per inviare la **posta elettronica** si può trovare nelle finestre di configurazione dei propri Account, come si vede nella prossima sequenza di immagini, tratta da Outlook Express (Strumenti → Account → Proprietà → Server). Gli stessi dati si trovano negli Account di altri “Client” di posta, come Outlook (senza Express), Thunderbird, Windows Live Mail, ecc.

I protocolli **POP3** o **IMAP4**, finora non citati, servono invece per leggere le mail, dalla casella sul Server al proprio PC.





Sistema integrato  
di messaggistica

**Livello 4:**  
**Transport**

MONTACARICHI



# IL TERZO PIANO

“Ehm... No, Mark. Il sistema prevede effettivamente lo smembramento della nostra offerta, e il suo invio a destinazione una pagina alla volta, in buste separate...”

“Come?!?!”

E istintivamente, una volta in ascensore, il dito di Mark preme il tasto “3”, per scendere al piano di sotto.

“Cara Mary, ammetterai che questa cosa è molto strana! Adesso vieni con me da questi signori, e voglio proprio vedere come mi spiegano una simile assurdità.”

“Andiamo pure, Mark. Te l’avevo detto che avresti avuto altre sorprese, ma mi sembra che segui ancora un tuo schema mentale. Ti capisco, ma qui sei tu, lasciatelo dire, che devi capire. Vedrai che, se ci fanno parlare con qualcuno, riusciranno a convincerti che fanno bene.”

“Ah, voglio proprio vedere!”.

La porta dell’ascensore si apre e, come previsto, la targa dice:

Sistema integrato  
di messaggistica

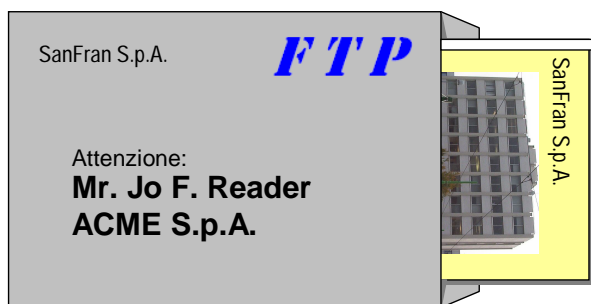
**Livello 4:**  
**Transport**

Pur essendo al terzo piano, a Mark basta questa piccola conferma sulla dicitura della targa, quasi annunciata da Mary nella conversazione di poco prima, per cominciare a calmarsì e a mettersi in atteggiamento più aperto. In fondo, è pur sempre un ingegnere a cui interessa scoprire come funzionano le cose, no?

## ***I Servizi del livello di Trasporto***

Mark e Mary arrivano al punto di consegna della corrispondenza dal 4° al 3° piano, proprio mentre l'addetto sta prelevando la loro busta, prontamente inviata dal piano superiore nell'apposito montacarichi "Messaggi in uscita" che collega i due piani. Al suo fianco, un altro montacarichi "Messaggi in arrivo" è pronto, ipotizza giustamente Mark, per mandare di sopra la posta in ingresso. A portata di mano, si vedono altri due montacarichi che, a quanto pare, collegano il terzo piano col secondo.

Al terzo piano il servizio è autonomo, non prevede alcun rapporto diretto con estranei e, quindi, non ha alcun bancone per il pubblico. Perciò i due si preparano ad accontentarsi di guardare e commentare la scena senza interferire: a chi potrebbero chiedere spiegazioni, senza disturbare?



Innanzitutto, notano che, sulla loro busta, è comparso un bel timbro blu con la scritta "FTP" (il Servizio di invio prescelto), il che sembra loro molto logico. L'addetto apre la busta, ne estrae l'offerta, e con cura ne sfilta la rilegatura, appoggiando poi il plico di fogli sul suo tavolo. Notando la presenza dei due osservatori, ed essendo in vena di chiacchiere (questi addetti sono molto riservati e, come detto, non hanno di solito occasioni di relazioni esterne) l'impiegato del livello Transport chiede:

“Buongiorno, sono Tiziano. Qualche curiosità?”

## TCP, il Servizio principale

Mary e Mark non aspettavano altro e si avvicinano sorridendo. Mary prende in pugno la situazione e, sapendo esattamente che cosa interessa a Mark, presenta il suo capo e risponde:

“Certo, grazie: potresti spiegarci come mai hai dovuto aprire la busta e separare in singoli fogli il nostro documento?”

“Sì. Vedete, il nostro Sistema integrato di messaggistica prevede l’invio a destinazione di unità di messaggio elementari, della dimensione di un singolo foglio: quella che, in «burocratese», si chiamava «una cartella», di circa un migliaio e mezzo di caratteri (le classiche 50 battute su 30 righe, per capirci). Noi non possiamo spedire elementi più grandi. Credo che il motivo sia la maggiore velocità che si ha poi, in caso di necessità, nel ritrasmettere le eventuali parti non pervenute al destinatario, visto che noi possiamo garantire l’arrivo dell’intero documento: più piccole – ragionevolmente – sono le singole unità, più rapido è il loro invio a seguito di richiesta delle parti mancanti.”

“Caspita! Che cautele prendete...”

“Inoltre – prosegue l’impiegato – ho visto che la busta portava il timbro del Servizio FTP, e quindi era proprio destinata a questo tipo di trattamento con consegna garantita, di cui mi occupo: noi lo chiamiamo **TCP-Trasmissione con Conteggio Pagine**.”

“Certo, a noi va bene, vero Mark? È un’offerta: ci mancherebbe che arrivasse a destinazione incompleta!”

“Se la busta scesa dal livello Application avesse recato un altro timbro, ad esempio TFTP, invece, l’avrei passata al mio collega che vedete lì, che lavora per il Servizio UDP. Poi, se volete, vi ci

faccio parlare: anche lui non chiacchiera mai con nessuno, sono certo che gli farà piacere spiegarvi qualcosa del suo lavoro.”

“Volentieri. Ma adesso, tu, che cosa fai coi nostri fogli?”


“Beh, ho un protocollo molto preciso da seguire.

Innanzitutto devo contattare il mio omologo, il livello Transport del destinatario, all’Indirizzo Postale fornito dal DNS, per concordare con lui una serie di numeri, miei e suoi, che useremo durante l’invio del documento. Da noi questa fase preliminare si chiama Stretta di mano, mentre gli anglosassoni la chiamano Handshake, anzi Three Way Handshake, dato che richiede lo scambio di tre messaggi.

Fatto questo, ogni pagina, che noi chiamiamo un Segmento del messaggio, finirà in una busta come questa, su cui devo riportare un po’ di informazioni. Nella prima busta metto anche una nota col nome e le credenziali del mittente, che non sono previsti all’esterno delle buste, per l’autenticazione di cui vi hanno detto.

Ma adesso lasciatemi contattare la controparte, così posso procedere rapidamente.”

Protocollo TCP	
Porta mittente:	<u>1055</u>
Porta destinataria:	<u>20-21</u>
N. di segmento:	_____
N. di conferma:	_____
Syn: __ Ack: __ Altro:	_____
Finestra fogli:	_____
Codice di controllo:	_____



SanFran S.p.A.

L’addetto compila un modulo, da inviare al piano inferiore, in cui chiede di contattare il livello Transport della ACME S.p.A. e in cui dice che i suoi Segmenti saranno numerati a partire da 101 (numero fornito dal computer del piano, successivo a quello

dell'ultimo invio effettuato). Carica il messaggio sul montacarichi di discesa al secondo piano e lo spedisce. Poi si volge ai due ospiti e sorride.

Mary e Mark ricambiano il sorriso, poi si guardano tra loro:


“Che dici, Mary: qui la cosa si fa lunga; torniamo dopo?”

Prima che Mary risponda, un cicalino attrae la loro attenzione. L'addetto sorride di nuovo e apre, senza guardarlo, lo sportello del montacarichi di salita dal secondo piano:

“Ecco la risposta – dice – questo sistema è molto rapido, e non sbaglia un colpo!”

Davanti agli occhi esterrefatti di Mark, l'impiegato passa rapidamente a completare l'intestazione sulla busta del Segmento:

Protocollo TCP	
Porta mittente:	<u>1055</u>
Porta destinataria:	<u>20-21</u>
N. di segmento:	<u>102</u>
N. di conferma:	<u>456</u>
Syn: <input type="checkbox"/> Ack: <input checked="" type="checkbox"/> Altro: <input type="checkbox"/>	
Finestra fogli:	<u>10</u>
Codice di controllo:	<u>2074</u>



“Mi hanno risposto che loro numereranno i Segmenti a partire dal 455; anzi, hanno usato questo numero sulla loro risposta. Quindi la nostra busta, come vedete, deve recare il numero 102 in andata (anch'io ho già usato il Segmento 101 per la richiesta) e confermare che attendiamo da loro un eventuale prossimo Segmento numerato 456.

Per quanto riguarda gli altri campi, il primo (Porta mittente: 1055) sta ad indicare chi è il mittente del messaggio, cioè questa particolare istanza del Servizio FTP richiesta da voi. Sapete, noi del TCP gestiamo migliaia di richieste al giorno, e associamo



ogni scambio ad un numero univoco, che ci dà il computer, così possiamo rintracciare subito i destinatari delle singole risposte. Anche al piano di sopra sanno che questo FTP è per voi, e non manderanno la ricevuta dell'offerta ad un altro ufficio della Direzione, che non ne saprebbe niente: la precisione innanzitutto!

Poi c'è il campo Porta destinataria: 20-21. Questo è un codice convenzionale che usano tutti i livelli Transport ed Application per identificare il Servizio FTP, quando richiesto dall'esterno. Queste Porte sono notissime per tutti, e perciò gli inglesi le chiamano Well-known Ports. In questo caso il codice è doppio, 20-21, per una peculiarità del Servizio FTP, che ha bisogno di due porte per operare: una per i comandi e una per i dati. Ma di solito la Porta del Servizio richiesto è una sola, con numero quasi sempre inferiore a 1023, anche se i soliti... casinisti hanno definito alcune porte Porte Well-known anche oltre tale valore ufficiale. Ma... vi sto annoiando?"

"No, no, continua pure: hai quasi finito, e poi così il discorso è più chiaro e completo. Bravo: sei un professionista!"

"Grazie. Allora, la crocetta sulla casella Ack serve per confermare che, sulla riga precedente, ho usato il numero di Segmento indicato dalla ACME: è il terzo messaggio della Stretta di mano!

Gli ultimi due campi sono, come vedete, la Finestra fogli: 10 e il Codice di controllo. Col primo dico, al mio partner del livello Transport presso il cliente, quante pagine o Segmenti gli manderò prima di attendere una sua conferma. Anche lui mi ha mandato, nel suo messaggio sulla numerazione dei Segmenti, un analogo valore, che guarda caso era 10 anche da parte sua, ma poteva scegliere un valore fino a oltre 40. Di solito partiamo tutti un po' conservativi, e se poi vediamo che le cose vanno bene ci accorriamo su valori un po' più grandi, in modo da non perdere troppo tempo per le conferme... che comunque sono rapide: avete visto quanto ci abbiamo messo a contattarli?

Può anche succedere, invece, che le cose vadano male, perché ci sono ingorghi sulle strade e nei sistemi di trasporto, e allora il 10 lo riduciamo. Infatti, ogni volta che una conferma dice che si è perso qualcosa, siamo tenuti a rimandare tutto, a partire dalla prima pagina persa, e allora conviene che i fogli siano pochi. Solo dopo che tutti i Segmenti di una data Finestra sono stati confermati, possiamo liberarci dalle copie di sicurezza che ne facciamo, per poterle ritrasmettere in caso di necessità.

Infine, il campo Codice di controllo è un valore che mi calcola il computer, sulla base di tutti i campi precedenti, e serve perché il mio partner possa verificare che non ci siano stati problemi nella trascrizione dei loro valori, ossia che l'etichetta della busta sia arrivata leggibile e senza errori: una checksum, insomma.”

“Caspira: una macchina da guerra, questo sistema – commenta a caldo Mark, ormai conquistato dall'ingegnosità di quanto ha sentito, e lontano mille miglia dalla «vis polemica» con cui era sceso al terzo piano. – A questo punto ti lasciamo lavorare per spedire l'offerta che, essendo di 15 pagine, richiederà solo due conferme, giusto?”

“Giusto. Sentite, visto che ormai siamo in confidenza, permettetemi di porvi una domanda un po'... curiosa. Non vi sembra che, sulla busta, manchi un dato importante?”

“Dunque... Già! Il destinatario e il suo Indirizzo Postale!” esclama Mark, fiero di aver preceduto Mary nella risposta (che lo sapeva, ma era fiera di aver lasciato rispondere Mark).

“Esatto! Lei è molto attento e rapido ma, vede, è giusto che quel dato non ci sia! Noi del quarto piano ci occupiamo solo di verificare il Servizio di trasmissione richiesto dal livello Application e io, che sono del TCP, anche la completezza della spedizione. Degli indirizzi IP se ne occupano al piano di sopra, per richiederli col Servizio DNS, e al piano di sotto, per l'effettivo invio della corrispondenza. Inoltre, se ben ricorda, ho già chiesto

di contattare la ACME S.p.A. per scambiare, col mio pari livello, i numeri da usare sulle buste TCP; quindi sotto sono già al corrente di tutto, e useranno gli indirizzi IP, il nostro e quello della ACME, su una loro busta, nella quale infileranno la mia. Bene, allora procedo con la spedizione delle varie pagine.”

“Ah, verrà usata un'altra busta? Ottimo, allora poi scendiamo al piano di sotto per vedere come funziona anche là, vero Mary? Tanto oggi è la giornata del Sistema integrato di messaggistica: approfittiamone per vederlo fino in fondo! Nel frattempo, magari, ci fai fare due parole anche col tuo collega dell'UDP?”

“Certo, venite. Pablo, hai un minuto per i signori?”

## UDP, l'altro Servizio

Pablo, un simpatico sudamericano con la scritta UDP sulla sua fiammante T-shirt aziendale, un cappellino da “rapper” e due belle scarpe da ginnastica nuove e coloratissime, si alza di scatto e viene incontro ai due ospiti.

“Buenas dias, señores. Scusatemi se hablo ancora poco la vostra lengua. En qué puedo aiutarvi?”

“Ciao, Pablo. Volevamo capire, se puoi, come funziona il tuo Servizio e in che cosa è diverso da quello del TCP. Innanzitutto sarebbe utile che ci dicessi che cosa significa la sigla UDP.”

“Cierto. Vedete, noi di questo Servizio siamo famosi por ser muy rapidos nel portare a destinazione singole buste o pacchi: noi non numeriamo i fogli o Segmenti, e non contattiamo mai prima il nostro partner destinatario. Perciò il nostro motto è: **UDP-Utente, Dammi Pacco.** Punto. Nada mas.”

“Interessante! Voi spedite delle specie di telegrammi, magari saranno anche molto brevi e staranno di solito su un solo foglio. E che buste usate per questo Servizio?”

“Eccola, señores. Como vedete, è più semplice di quella del collega, perché es bastante indicare la Porta del mittente e quella del Servizio destinatario.

The diagram shows a 3D representation of a packet. The top face is labeled "Protocollo UDP". The front face contains a white rectangular area with three lines of text, each followed by a horizontal line for input:

- Porta mittente: \_\_\_\_\_
- Porta destinataria: \_\_\_\_\_
- Codice di controllo: \_\_\_\_\_

I Servizi del livello Application che usano l'UDP sono tanti, sabeis? Ad esempio, il TFTP, il DNS, l'SNMP e tutti i Servizi in tempo reale, come le telefonate e le trasmissioni video.

Ah, ancora una precisazione su quelli che voi chiamate telegrammi: la idea es correcta, ma noi li chiamiamo datagrammi.”

“Molto bene, Pablo: anche tu sei un professionista serio, come il tuo collega, e vi siete spartiti molto bene i compiti. Bravi!”

L'addetto TCP, che nel frattempo sta imbustando l'ultimo foglio dell'offerta, chiede agli ospiti:

“Volete che aspetti ad inviarlo al terzo piano, così avete tempo di scendere e vedere come operano?”

“Ottima idea, Tiziano. Grazie ancora, allora andiamo.”

Mark, cercando di non far trasparire troppo una strana eccitazione, torna con Mary rapidamente all'ascensore e, appena questo arriva, entra con lei e preme il tasto “2”.

“La faccenda si fa interessante, Mary, anche se mi sembra tutto molto complicato: mi sa che ci metterò un po' a ricordare ed assimilare tutto questo putiferio di sigle e funzioni...”

“Non credere, Mark. Sono certa che, toccando tutto con mano come stiamo facendo, ti sarà più facile di quanto pensi”.

## **La morale**

*I protocolli del livello 4, detto “Transport” sia nella pila ISO/OSI, sia in quella TCP/IP, sono fondamentalmente i due citati, che nelle reti vere si chiamano: **TCP-Transmission Control Protocol** e **UDP-User Datagram Protocol**.*

*Il primo si occupa di una trasmissione detta “connection oriented”, dato che, prima di inviare dati, crea una connessione verso il partner su cui scambia i numeri di Segmento e altri dettagli, come la dimensione della Finestra fogli (detta in realtà Window Size). Sia i numeri di Segmento e di Conferma, sia la Finestra fogli, in realtà, contano i singoli caratteri trasmessi e non interi fogli, ma è abituale nei testi sulle reti semplificare le cose (o confonderle?... beh, ci adeguiamo!) facendo contare al TCP i Segmenti, e mostrando quindi numeri più piccoli e facilmente comprensibili.*

*UDP, invece, è un protocollo “connectionless” (privo di connessione) perché invia i dati direttamente, senza aprire alcun canale, né concordare alcunché col partner. Data la sua velocità, è molto usato soprattutto per lo “streaming” in tempo reale, dato anche che le Applicazioni non avrebbero il tempo di farsi rimandare eventuali Segmenti persi. Quando, raramente, si usa UDP e occorre garantire l’arrivo di tutti i Segmenti (come nel caso del TFTP), è l’Applicazione stessa che conta i blocchi di dati inviati/ricevuti e, se serve, ne chiede la ritrasmissione.*

*Sia TCP, sia UDP estraggono dai dati dell’Applicazione un blocco elementare, detto appunto Segmento, grande al massimo 1460 bytes o caratteri; come vedremo questo permette, aggiunte le buste o testate dei livelli 4 e 3, di ottenere un Pacchetto IP (lo*

troveremo al secondo piano) di 1500 bytes massimi: questa dimensione è detta **MTU-Maximum Transmission Unit**, ed è una caratteristica importante e tipica delle reti IP.

Un altro numero emerso nel racconto è stato il 1055 della Porta Mittente. Questo serve, su ogni computer “Client” che inizia uno scambio dati verso un “Server”, di tenere traccia della Applicazione che ha richiesto quello specifico scambio, dato che ogni “Client” può attivare diversi scambi dati contemporanei. Così, quando arrivano i dati richiesti, il sistema è in grado di inviarli all’Applicazione che li sta aspettando. Il numero 1055 è un esempio tipico di numero di Porta dinamica scelta dai Sistemi Operativi Windows XP e precedenti, che usano numeri appena sopra il 1024 (numeri un po’... abusivi); mentre, sotto Windows Vista e Windows 7, le Porte dinamiche assegnate sono superiori a 49152, che è dove dovrebbero stare secondo gli standard.

La Porta destinataria, invece, è quella del “Server” raggiunto dalla richiesta, ed è di solito una Porta fissa e standard, detta per questo “**Well-known Port**”, inferiore a 1023. Esempi tipici delle Porte di alcuni dei Servizi citati e di altri molto usati, sono: FTP=20-21; SSH=22; Telnet=23; SMTP=25; DNS=53; DHCP=67-68; TFTP=69; HTTP=80; POP3=110; NetBIOS=139 o 445; IMAP4=143; SNMP=161; HTTPS=443...

E perché la Window Size può essere al massimo di circa 40 Segmenti? Perché, nella realtà, il campo della testata TCP che ne trasporta il valore ha 16 bit, ed è quindi capace di numeri da 0 a 65535. Quest’ultimo valore, diviso 1500, fa poco più di 43, che è vicino al valore limite usato nel racconto.

Nella testata TCP si trovano anche 6 valori di controllo dello scambio, detti Code Bits: Urg, Ack, Psh, Rst, Syn e Fin.

Concludiamo questa morale tecnica con le testate dei segmenti TCP e UDP, come sono di solito presentate nei libri sulle reti.

### Testata TCP:

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4	
Source Port				Destination Port			
Sequence Number							
Acknowledgement Number							
H. Len.	Reserved	Code Bits		Window Size			
Checksum				Urgent			
Options						(Padding)	
Data / Payload							
...							

### Testata UDP:

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4	
Source Port				Destination Port			
Length				Checksum			
Data / Payload							
...							

*Si vergogni, infine, chi non sapesse ancora che un Byte è un gruppo di 8 bit (es. 0011 0100), detto anche Carattere perché serve spesso per rappresentare i simboli ottenibili da una tastiera (lettere, numeri e punteggiatura) secondo la codifica standard ASCII. Gli inglesi, raramente, lo chiamano anche Octet (ottetto). Eccone alcuni esempi, col relativo “carattere ASCII”:*

Valore Byte	Simbolo o “carattere”	Valore Byte	Simbolo o “carattere”
0000 0000 = 0	Car. vuoto (NUL)	0011 1010 = 58	“.”
0000 1100 = 12	Avanti pagina (FF)	0100 0000 = 64	“@”
0000 1101 = 13	A capo (CR)	0100 0001 = 65	“A”
0001 1011 = 27	Interrompi (ESC)	0101 1010 = 90	“Z”
0010 0000 = 32	spazio (“ ”)	0110 0001 = 93	“a”
0010 0001 = 33	“!”	0111 1010 = 122	“z”
0011 0000 = 48	“0”	0111 1111 = 127	Cancella (DEL)
0011 1001 = 57	“9”	1xxx xxxx >= 128	Altri caratteri speciali

## Vedere per credere

*I Protocolli di livello 4 e le Porte mittente e destinataria usate dal proprio PC sono quelle visualizzate col comando DOS:*

*Esegui → cmd → C:\...>netstat -n*

```

C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versione 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\m.paganini>netstat -n

Connessioni attive

Proto  Indirizzo locale          Indirizzo esterno        Stato
TCP    10.200.2.26:1025          10.200.0.100:445         ESTABLISHED
TCP    10.200.2.26:1720         74.125.77.102:80         CLOSE_WAIT
TCP    10.200.2.26:2008         89.31.72.14:110         TIME_WAIT
TCP    10.200.2.26:2009         74.125.79.109:995        TIME_WAIT
TCP    10.200.2.26:2011         89.31.72.14:110         TIME_WAIT
TCP    127.0.0.1:5152           127.0.0.1:1940          CLOSE_WAIT

C:\Documents and Settings\m.paganini>

```

dove si vede:

- in prima colonna, che sono attive delle connessioni TCP
- gli indirizzi IP locali, ossia del mittente (che vedremo meglio scendendo al piano 2, ossia al livello 3) 10.200.2.26 seguiti, dopo il “:”, dal numero di Porta mittente (1025, 1720...)
- gli indirizzi IP esterni, ossia del destinatario, seguiti dalle Porte “Well known” dei Server raggiunti (445, 80, 110...)
- uno stato della connessione, che è un po’ difficile da spiegare in questa sede (Established, Close\_wait, Time\_wait...).

Un altro utile esercizio è quello di vedere “dal vero” il formato di un Segmento TCP con il fantastico programma Wireshark (lo squalo del filo) che però... non è alla portata di tutti.

Wireshark packet capture showing a TCP SYN-ACK segment. The packet list shows a SYN-ACK from 10.200.2.26 to 10.200.2.26. The packet details pane shows the TCP header with flags SYN and ACK, sequence number 0, and acknowledgment number 1. The packet bytes pane shows the raw data in hexadecimal and ASCII.

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
10	0.000137	10.200.2.26	212.4.152.236	TCP	Invokator > http [Seq=1] Seq=0 Win=0 MSS=1460
11	0.045337	212.4.152.236	10.200.2.26	TCP	http > Invokator [SYN, ACK, Seq=0, Ack=1, Win=1460, Len=0, MSS=1460]
12	0.049558	10.200.2.26	212.4.152.236	TCP	Invokator > http [ACK, Seq=1, Ack=0, Win=0, Len=0, MSS=1460]
13	0.049505	10.200.2.26	212.4.152.236	HTTP	POST / HTTP/1.1 (application/x-www-form-urlencoded)
14	0.706814	212.4.152.236	10.200.2.26	HTTP/XML	HTTP/1.1 200 OK

Frame 11 (62 bytes on wire (62 bytes captured))

- Ethernet II, Src: Netgear-bc:71:69 (00:1b:2f:bc:71:69), Dst: Asustekc\_34:4d:28 (00:1d:60:34:4d:28)
- Internet Protocol, Src: 212.4.152.236 (212.4.152.236), Dst: 10.200.2.26 (10.200.2.26)
- Transmission Control Protocol, Src Port: http (80), Dst Port: Invokator (2006), Seq: 0, Ack: 1, Len: 0
  - Source port: http (80)
  - Destination port: Invokator (2006)
  - Sequence number: 0 (relative sequence number)
  - Acknowledgement number: 1 (relative ack number)
  - Header length: 28 bytes
  - Flags: 0x12 (SYN, ACK)
  - Window size: 4176
  - Checksum: 0x8b49 [correct]
  - Options: (8 bytes)
  - [SEQ/ACK analysis]

0000 00 1d 60 34 4d 28 00 1b 2f bc 71 69 08 00 45 00 ... 4M( ... /ql..E.

0010 00 30 e8 09 40 00 ef 06 29 cb 64 04 98 cd 03 c5 ... 0..0... 0.....

0020 02 1a 00 50 07 de 10 bd 9b 0d ef 11 cb e6 70 12 ... P.P... ..P.P.

0030 10 50 8b 48 00 00 02 04 05 70 04 02 00 00 ... P.H... ..P.P.



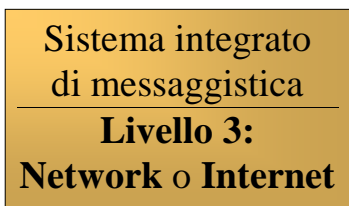


WP WILDPEN.IT



## IL SECONDO PIANO

Appena l'ascensore li lascia uscire, davanti ai loro occhi appare la classica targa del piano:



“Mary, perché ha due nomi, questo livello? Ovviamente non ti chiedo perché il livello 3 stia al secondo piano: questo ormai l’ho capito, dato che stiamo arrivando dal livello 4 del terzo piano!”

“Questa volta le cose sono semplici, Mark. Il nome Network, o Rete, è quello assegnato a questo livello dagli scienziati; mentre il nome Internet è quello che si era dato, originalmente, il Sistema integrato di messaggistica. Risulta evidente che questi signori non vogliono smentire né la scienza, né le loro radici! In ogni caso, come ti ho detto più volte, conta solo quello che fanno, e in questo caso gli scienziati non si sono inventati quasi nulla.”

“Ottimo, Mary. Anche qui, immagino, non ci sarà un bancone per il pubblico... Speriamo di essere fortunati come al livello 4, e di trovare qualcuno che ha voglia di chiacchierare. Andiamo a vedere se è già arrivata l’ultima busta TCP, spedita da sopra.”

Arrivati in vista dei montacarichi, Mary e Mark vedono l’addetto che sta già compilando l’etichetta di una grande busta gialla, mentre la busta verde del TCP sta lì accanto. Un grande poster ricopre quasi tutta la parete che hanno di fronte; rappresenta la Terra con mille buste che sfrecciano sulla sua superficie, da una parte all’altra, e la scritta: «WE ARE THE INTERNET».

Ma, nonostante questo piano sia il vero cuore di tutto il Sistema integrato di messaggistica, mantiene un basso profilo, definendo la sua funzione semplicemente **IP-Invio Postale**.

## ***Il ruolo chiave dell'IP***

Sono fortunati (*anche perché altrimenti in nostro racconto avrebbe un buco*): l'addetto del livello 3 non solo ha voglia di parlare, ma è un fenomeno di competenza e di simpatia.

“Venite! Piacere, io sono Pat Finder, detto Path. Qui non si vede mai anima viva, e a noi, che «Siamo Internet» come dice il nostro poster, non ci fila mai nessuno. Che cosa vi interessa?”

I due si avvicinano e Mary gli risponde:

“Piacere nostro, Path. Che bella accoglienza! Grazie. Senti, Mark è un nuovo utente del Sistema integrato di messaggistica. Penso che ti sarebbe grato se gli raccontassi, sinteticamente, che tipo di lavoro fate a questo livello.”

“Certo, ci mancherebbe. Allora, procediamo con ordine.

Innanzitutto penso che abbiate già visto cosa fanno ai piani superiori. Noi però siamo i veri postini del Sistema, quelli che trovano la via per raggiungere i vari destinatari globali. Non da soli, ovviamente, ma anche per mezzo di un efficientissimo ed affidabile gruppo di corrieri che lavorano per noi.

Per svolgere il nostro lavoro, il livello Application ci deve passare l'indirizzo esatto del destinatario, mentre quello del mittente lo sappiamo da soli, è evidente. Loro si procurano l'indirizzo, come forse sapete, cercandolo nella guida DNS-Dove i Noti Stanno, e di solito passano da noi per consultarla su Internet, o su una copia locale in azienda. Noi abbiamo già l'indirizzo dove si può consultare il DNS (anzi, per sicurezza ne

abbiamo due), e quindi possiamo inviare la richiesta al volo, e ottenere qualunque indirizzo in pochi istanti...”

“Sì – dice Mary – sopra abbiamo visto che questo non è stato un problema. Ma se vi passano il nome di qualcuno che manca nella guida DNS?”

“Beh, in tal caso il DNS restituisce un messaggio di Utente Sconosciuto, e il Sistema si rifiuta di proseguire nella comunicazione, segnalando il problema all’interessato. Non vi sto a dettagliare l’esistenza di una gerarchia di guide DNS sempre più complete, sopra a quelle cui abbiamo accesso noi: in cima ci sono le guide DNS «autoritative», e sono loro a dare il verdetto finale se un nome sia davvero Noto o no. D’altra parte, lo sanno tutti che le cose funzionano bene se ognuno fa bene la sua parte. Se già l’utente finale del Sistema fornisce dati non corretti o se li inventa, noi che cosa ci possiamo fare?”

## Il Pacchetto IP

“Chiaro, Path. Prosegui, ti prego.”

“Allora, vi dicevo che il Servizio IP di cui mi occupo (IP lo usiamo, con flessibilità, per indicare sia il Servizio di Invio Postale, sia i relativi indirizzi) compila questa busta, con i dati necessari alla spedizione che, trascurando alcuni dettagli, sono:

Protocollo IP	
Totale Tempo Limite:	<u>128</u>
Protocollo L4:	<u>TCP</u>
Codice di controllo:	<u>7832</u>
IP mittente:	<u>Direzione Com.</u>
	<u>SanFran SpA, V. Valassina 24</u>
	<u>20159 Milano Italia Europa</u>
IP destinatario:	<u>Ufficio Acquisti</u>
	<u>ACME SpA, V. Ambaradam 1</u>
	<u>00184 Roma Italia Europa</u>

collo TCP	
	<u>21</u>
	<u>74</u>

- il valore TTL-Totale Tempo Limite, che dice ai corrieri di non tenere in circolazione questa busta, che noi chiamiamo più propriamente Pacchetto, più di un certo numero di ore; dopo tale limite essa verrà buttata, ritenendo che si sia persa nel Sistema. Siccome i corrieri non sono in grado di calcolare le ore trascorse dalla spedizione, si è convenuto, tutti d'accordo, di decrementare di 1 questo valore ad ogni passaggio di mano tra i vari corrieri. Loro correggono il campo sulla busta, e poi ricalcolano il terzo campo, che è il solito Codice di controllo – la checksum – per verificare l'integrità della testata del Pacchetto: questa modifica continua dell'etichetta non è il massimo, lo so, ma... funziona!

- il secondo campo, Protocollo L4, dice al mio partner presso il destinatario che tipo di contenuto trova nella busta, per aiutarlo a distinguere ad esempio le buste TCP da quelle UDP (ma possiamo trasportare anche altre cose). È vero che basterebbe guardare il tipo di busta contenuta, ma così siamo più sicuri.

- il Codice di controllo verifica l'integrità dell'etichetta.

- il campo IP mittente riporta, come vedete, l'Indirizzo Postale di chi spedisce il Pacchetto, in questo caso il nostro, e serve per due scopi. Il primo, quello principale ed evidente, è di permettere al destinatario di rispondere, e di farlo anche con grande facilità. Siccome poi segue il suo IP, infatti, gli basterà invertire i due indirizzi e la busta del Pacchetto di ritorno è quasi pronta. Inoltre, nei rarissimi casi in cui il campo TTL arriva a zero, il corriere che cestina il Pacchetto può mandare un avviso al mittente che, se vuole, può tenerne conto in qualche modo.

- infine, come si vede, c'è il campo più importante, l'Indirizzo Postale del destinatario, che è quello usato da noi e da tutti i corrieri per portare il Pacchetto a destinazione.”

## Gli indirizzi IP e i corrieri

“Ottimo, Path. Ma come sono fatti questi indirizzi IP?”

“Lo vedete: devono ovviamente contenere il nome dell’ufficio interessato, la via o piazza con il numero civico, il CAP, la Città, la Nazione e il Continente. È un po’ lungo, lo so, mettere tutti questi dati, ma il Sistema integrato ha copertura mondiale, e quindi è meglio non dare niente per scontato. In compenso, mancano i nomi del mittente e del destinatario (le persone, intendo) perché questo dato non interessa il nostro Sistema integrato. Se è importante sapere i nomi e i cognomi l’uno dell’altro, ci deve pensare il livello Application a prevedere uno scambio previo di autenticazione mutua, ad esempio con Username e Password, come avreste potuto fare con il Servizio FTP.

Il nostro ufficio, sulla base dell’indirizzo IP, fa poi un lavoro molto semplice per decidere come inoltrare ogni Pacchetto. Se vede che il destinatario è all’interno di questo palazzo della San-Fran S.p.A. – anche la posta interna passa da noi, sapete? – lo affida al sistema locale per la consegna diretta al giusto ufficio. Se invece vede che il destinatario è esterno, chiede al sistema locale di portare il Pacchetto allo sportello interno del nostro corriere di fiducia (che è il noto **ISP-Inviama Subito Pacchetti**), che pensa poi lui, tramite una rete di altri efficientissimi corrieri con cui collabora, a far arrivare la posta a destinazione, in ogni angolo del mondo. Lo sportello di cui parlo viene detto generalmente, mi pare logico, sportello **DG-Destinazioni Globali**.

I vari corrieri, a partire dal nostro ISP, svolgono il ruolo di «intradatori» del Pacchetto, e per questo nel mondo anglosassone sono detti «router». Gli addetti degli sportelli DG, in genere, danno un’occhiata alle buste in transito, ma non devono decidere gran ché. La posta loro consegnata dall’interno la fanno rapidamente arrivare al proprio centro di smistamento in città, mentre

quella in ingresso alle aziende la affidano al sistema interno, per la consegna al giusto ufficio.

Un compito un po' più complesso ce l'hanno gli altri corrieri lungo il percorso, a cominciare in verità già dal centro di smistamento dell'ISP. Tutti i corrieri, infatti, devono leggere gli indirizzi IP al contrario, a partire dal Continente, per sapere in quale direzione far proseguire il Pacchetto. Ovunque sia la destinazione, occorre trovare il miglior corriere specializzato per quella zona, a cui affidare il Pacchetto; ma un grosso corriere come la ISP può avere collaborazioni aperte con decine di partner, e la decisione spesso non è affatto facile. Comunque, consultata la sua preziosa Tabella di Instradamento, sempre aggiornata, ogni corriere giunge in fretta ad una conclusione: o scopre di avere una rotta valida verso quella destinazione, tramite altri centri di smistamento propri o quelli di altri corrieri, o è costretto a buttare il Pacchetto. La posta non ristagna: o viaggia, o si butta!"

"Caspita, Path – fa Mary, con finta sorpresa – è un sistema un po' draconiano! Ma quanta posta si perde, così?"

"Molto poca, signora. Come avete sperimentato personalmente, il Sistema integrato funziona bene, anche se il livello di rete, o livello 3, non garantisce l'arrivo della corrispondenza al 100%. Il Servizio fornito, comunque, fa del suo meglio (come dicono gli americani, è Best Effort) e risulta così abbastanza affidabile; in compenso è velocissimo."

"In fondo – interviene Mark – il Sistema ha già chi si occupa di ritrasmissione di messaggi persi: il TCP del piano di sopra! Mi sembra logico che gli altri elementi della catena non debbano preoccuparsi anche loro di questo aspetto..."

Mary cominciava ad esser fiera di avere un capo tanto sveglio.

"Bravissimo – prosegue Path – è proprio così! Aggiungo che, per quanto riguarda la ricerca della rotta verso le varie destinazioni, i vari corrieri usano spesso una tattica un po' furbetta, ma

efficace: se non hanno un'indicazione specifica verso una certa meta (magari una Nazione o una Città un po' remote o poco famose), inoltrano il Pacchetto verso qualche centro di smistamento più grande, proprio o di un altro corriere, che si trova presumibilmente in zona, o che comunque può disporre di una Tabella di Instradamento più completa. Di fatto il Pacchetto, in questo modo, viene scartato solo nei grandissimi centri internazionali, dove possono essere certi che quella località o quell'indirizzo proprio non esistono, o sono stati appena cancellati dal Sistema integrato mentre, ad esempio, il DNS li dava ancora presenti.”

“Ma, se la situazione fosse corretta e stabile, come farebbe un Indirizzo Postale a non esistere?” chiede Mary.

“Beh, non è un caso normale. Ma può succedere che qualcuno si diverta ad affidare ai corrieri Pacchetti con indirizzi inventati, per errore o per cercare di provocare apposta dei guai nel sistema. Se sapeste che gente c'è in giro!”

“Capisco! Bene, allora tu adesso invierai la tua busta gialla, che è l'ultima della nostra offerta, al nostro sportello DG, giusto?”

“Sì, e per questo uso il sistema locale di consegna, che la infilerà in una sua busta ulteriore, per portarla allo sportello.”

“Un'altra busta?? – dice Mark, che sta cominciando a perderne il numero – e su questa cosa c'è ancora da scrivere?”

“Gentile signore, se vuole può fare un salto al piano di sotto e chiederlo a loro, dato che è il loro mestiere. Aspetto a mandare giù questo Pacchetto, così avete tempo di scendere, come mi pare che hanno fatto dal livello 4 verso di noi.

Però, intanto che siete qui, se volete vi racconto di altre cose che facciamo a questo piano.”

“Certo, dicci brevemente.”



## ***Altri personaggi del livello 3***

“Vedete, questo livello è così nevralgico nel sistema, che ci tocca svolgere molti compiti, per lo più nascosti, per farlo funzionare a dovere, senza darci troppe arie. Noi siamo fatti così.”

### **Il Servizio DHCP**

“Ad esempio – prosegue Path – un Servizio molto usato è detto simpaticamente **DHCP-Dove Hai Cacciato i Parametri** (*lo sapevate che il racconto era pretestuoso: dai, non fate così!*), che permette di fornire ogni mattina, ai vari uffici, i dati necessari per comunicare col Sistema integrato di messaggistica. Sembra incredibile, ma è possibile rinnovare ogni giorno, se un ufficio vuole, il proprio Indirizzo Postale interno, cioè il codice IP delle comunicazioni dell’ufficio stesso.

Questo permette una grande flessibilità negli spostamenti dei dipendenti nel palazzo, per formare nuovi gruppi di lavoro secondo le esigenze del business, che cambiano di continuo; e anche per accogliere collaboratori esterni, che devono lavorare da noi per un certo periodo. Ad ogni ufficio che ne faccia richiesta viene concesso, di solito per la durata di una giornata, un IP temporaneo e anche altri dati essenziali, come l’IP dello sportello DG e quello delle guide DNS.”

“Scusa, Path – lo interrompe Mark, che seguiva attentissimo – ma c’è qualcosa che non mi torna. Mi pare che il DHCP sia un Servizio del livello Application: non dicevi così, Mary?”

“Confermo, Mark; e opera su due Porte, come l’FTP, ma non dalla stessa parte: qui sono la 67 lato Sistema, che fornisce il Servizio, e la 68 lato uffici, che lo richiedono.”

“Sei magica come al solito, Mary. Come la mettiamo, Path?”

“Caspita, come siete attenti! Ebbene sì, avete ragione. Il DHCP è un’applicazione che usa il protocollo UDP al livello 4. Ve ne ho parlato come di un nostro Servizio perché, di fatto, serve quasi esclusivamente per fornire i parametri di rete al livello 3, e quindi lo sentiamo molto «nostro». Mi scuso, comunque...”

## Il Servizio ICMP

“Un altro Servizio di cui noi ci occupiamo è quello detto **ICMP-Indicare i Casini ai Mittenti dei Pacchetti**, che serve per segnalare eventuali errori o disfunzioni del sistema, sia ai capi del Sistema integrato, sia agli utenti finali come voi, come nel caso di perdita di Pacchetti in rete...”

“Ah – dice Mark – l’avviso che i corrieri mandano al mittente in caso di Pacchetto scartato per TTL giunto a zero.”

“Esatto, ma quello non è che un esempio. ICMP prevede vari tipi di messaggi, tra cui ce ne sono due molto usati, che servono solo per verificare se un destinatario è contattabile. Si chiamano Richiesta e Risposta di Eco (Echo Request ed Echo Reply), e vengono offerti anche direttamente al pubblico, sotto il nome di Comando PING. È diventato anche un modo di dire abbastanza comune; per capire se qualcuno è presente e attento, talvolta si dice: «prova a pingarlo». Vi è mai capitato?”

“Che fai, Path? Ci stai... pingando? Eh eh!”

## Il Servizio ARP

“Poi, tanto per dirne un terzo, c’è l’indispensabile Servizio **ARP-Aiuto per Raggiungere una Postazione**, che coinvolge sia noi del livello 3, sia i colleghi del piano di sotto, e serve solo per la consegna locale dei Pacchetti ai vari uffici, o allo sportello

DG. Qua dentro siamo talmente abituati a lavorare con numeri e codici, che non ci basta sapere che una busta è diretta a un certo Indirizzo Postale, sia pur interno. Per recapitarla, il sistema locale di consegna ha bisogno di sapere esattamente il piano e la stanza dove esso si trova: è un altro indirizzo, se vogliamo, detto in gergo **MAC-Mica Andiamo a Caso** (*sic!*).

Il modo per procurarsi per la prima volta questa informazione è una richiesta a tutti gli uffici, con l'interfono aziendale (non è stato trovato di meglio), chiedendo che l'ufficio Tal dei Tali ci comunichi appunto dove si trova. Poi, per vostra fortuna, la coppia IP-MAC viene conservata in una Tabella di questo piano (la Tabella ARP, appunto) per usi futuri. Tuttavia può accadere che una coppia manchi, o che, se è un bel po' che non la si usa, venga scartata come troppo vecchia; in tal caso si deve fare un altro annuncio. Lo sappiamo che è un po' seccante, ma cerchiamo di ridurre al minimo questo fastidio e, a quanto ci risulta, dopo un po' gli uffici ci fanno l'abitudine. Proseguo?"

"Ma quante cose fate, qui?"

"Beh, potrei andare avanti per un'ora... ma vedo che avete giustamente altro da fare. Va bene se vi parlo solo di un paio di altri Servizi essenziali del livello 3?"

"Affare fatto, Path. Poi scendiamo al primo piano, però, altrimenti l'ultima pagina della nostra offerta si ferma sul tuo tavolo, e alla ACME cominciano a pensare che si è perso un pezzo".

## Il Servizio NAT

"Sarò telegrafico. Allora, un altro Servizio importante è stato battezzato **NAT-Non Allargarsi Troppo**: storia curiosa, che deriva dal titolo di una comunicazione della Direzione, che recava esattamente quel titolo. Siccome gli IP pubblici (quelli assegnati ai Noti e registrati nella guida DNS) hanno un certo costo, la Di-

rezione chiese giustamente agli uffici, tempo fa, di non procurarsene uno a testa, ma di usare un solo IP pubblico per l'intera sede, allo scopo, indispensabile, di rendersi reperibili dall'esterno. All'interno della sede indicò di usare degli IP convenzionali, o privati, per tutte le comunicazioni locali. Capite chiaramente che qualcuno deve sostituire questi IP privati, usati come mittente, con quello pubblico, solo quando si spedisce posta verso l'esterno; e quale sarà il posto più adatto per fare questa sostituzione, o traduzione?"

“Dunque – Mark ragiona ad alta voce – potrebbe essere qui da voi... dato che gli indirizzi IP sono il vostro pane quotidiano. Ma siccome prima ci dicevi che voi inoltrate anche la posta per l'interno, dovrete ogni volta controllare se il destinatario è dentro o fuori dall'azienda. Forse il posto giusto potrebbe essere... ci sono: lo sportello DG!”

“Bravissimo!!! Complimenti!!! È un piacere ragionare con persone così perspicaci. Lei ha proprio ragione, e le dico un motivo in più, per cui non siamo noi a occuparci della sostituzione. Se ci pensate bene, lo sportello DG non è diverso dagli altri uffici della sede, ma è anch'esso un ufficio interno. Quindi, noi trattiamo tutta la posta allo stesso modo, occupandoci solo di IP privati: in mezzo a tante complicazioni, ecco finalmente una bella semplificazione!”

## I protocolli di routing

“Infine, concludiamo con una serie di Servizi tutti simili tra loro, che sono però usati soprattutto dai corrieri esterni, più che da noi. Sono complessivamente detti «protocolli di routing» (qui il povero Path aveva finito la fantasia sulle sigle strane), e comprendono Servizi come il RIP, l'OSPF, l'EIGRP... Servono ai vari corrieri per rimanere costantemente aggiornati sulle rotte

migliori per raggiungere le varie destinazioni mondiali, cosa che normalmente avviene in due modi.

Il primo è il modo detto statico, in cui alcuni incaricati scrivono manualmente delle rotte fisse nel database da cui è tratta la Tabella di Instradamento di ogni centro di smistamento. Questo metodo è adatto specialmente per memorizzare le rotte che portano a destinazioni a cui si può arrivare per una sola via, come ad esempio quella che porta nei paesi di una valle chiusa, a partire dalla località che sta al suo ingresso. Queste rotte non possono mai cambiare, e l'unica informazione dinamica che le riguarda è se siano o meno praticabili in un dato momento. Quando la strada di accesso alla valle è chiusa per qualche motivo, la rotta viene marcata momentaneamente come inagibile nel database, e ciò la toglie dalla Tabella di instradamento usata dai corrieri.

L'altro modo per aggiornare il database delle rotte è quello dinamico, a cui provvedono i protocolli di routing, appunto. Questi sono, di fatto, una serie di possibili linguaggi comuni tra tutti i centri di smistamento dei corrieri, che si scambiano, ogni volta che sia necessario, le informazioni sulle località raggiungibili e sulle migliori rotte di cui sono a conoscenza. Tali dati, che comprendono anche le località più remote a cui almeno un corriere possa arrivare, si propagano – sia pur lentamente – tra tutti i corrieri del Sistema integrato, e fanno sì che tutte le possibili destinazioni mondiali restino raggiungibili, se agibili. Questo, anche grazie al fatto che le principali rotte nazionali e internazionali sono magliate, come si dice, e i centri di smistamento più grandi sono raggiungibili attraverso varie strade possibili.

Come curiosità terminologica, questo modo di fare «instradamento per sentito dire» da parte dei vari centri di smistamento viene proprio detto dagli inglesi, giornalmisticamente, «routing by rumor». Ci mancava che lo chiamassero «routing by gossip», ed eravamo al ridicolo!”

“Eccellente spiegazione, Path. Grazie, grazie mille; e buon lavoro. Allora, noi scendiamo al piano di sotto. Se vuoi, tra un minuto puoi caricare la tua ultima busta sul montacarichi. Ciao.”

“Sarà fatto. Buona prosecuzione anche a voi, grazie dell’interessante chiacchierata e... della pazienza!”

Mark e Mary si avviano all’ascensore e premono il bottone “1”, pensando di arrivare al servizio di messaggistica del piano inferiore, come al solito, in pochi secondi...

## **La morale**

*L’impiegato del livello 3, Path Finder, è il «trova-percorsi», nome altamente evocativo del ruolo di tale livello, anche se le rotte, come abbiamo sentito, le devono trovare soprattutto i corrieri esterni. Il livello di rete, nel suo complesso, cerca il miglior percorso tra due interlocutori, ovunque posizionati in Internet; grazie all’aggiornamento costante delle Tabelle di routing, di solito trova una rotta affidabile, e la usa per far arrivare i Pacchetti da un capo all’altro. Path Finder, in realtà, non ha in questo caso alcuna possibilità di scelta: tutta la posta verso l’esterno va portata allo sportello DG, mentre quella entrante va consegnata al giusto ufficio interno. Lo stesso sportello DG, come abbiamo letto, ha dietro di sé un solo canale esterno: quello col suo centro di smistamento, sul quale transita tutta la posta entrante o uscente. Entrambi gli impiegati hanno quindi un compito di ricerca delle rotte molto semplificato, con una sola possibilità. Non così i corrieri all’esterno (che sono i router), come abbiamo intravisto, e come avremo modo di approfondire.*

*Il primo campo scritto sulla busta del Pacchetto IP è il **TTL-Time To Live**, espresso in secondi, ma (anche nella realtà) decrementato di 1 ad ogni passaggio tra un router e l’altro.*

*Per completezza riportiamo qui l'intera testata del Pacchetto IP, come è di solito presentata nei libri sulle reti.*

*Testata IP:*

Byte 1		Byte 2		Byte 3		Byte 4	
Vers = 4	IHL = 5	Type of Service		Packet Length			
Identification				Flags	Fragment Offset		
TTL-Time To Live		Protocol		Header Checksum			
Source Address							
Destination Address							
Options						Padding...	
Data / Payload (L4 Segment)							
...							

*L'ISP è il nostro **Internet Service Provider**, o Fornitore del Servizio Internet, quello che ci dà connettività a casa o in ufficio.*

*Le consegne interne agli uffici nello stesso stabile sono quelle che avvengono ai computer della rete locale, o LAN-Local Area Network; le vedremo meglio nei prossimi Capitoli. Uno speciale apparato della LAN è lo sportello DG, il Default Gateway della rete, costituito dall'interfaccia LAN del router che ci collega ai servizi dell'ISP, dove transita tutta la posta da e verso l'esterno.*

*La tattica "furbetta" dei corrieri è molto usata nella realtà: in caso di mancanza di una rotta specifica verso una destinazione, di solito i router di Internet inviano i Pacchetti ad altri router più grandi, corrispondenti alla zona in cui ritengono si trovi la destinazione stessa (queste sono le cosiddette rotte di Supernet) o verso un certo router, ritenuto genericamente superiore, a cui "scaricano" il Pacchetto con meta sconosciuta. Questa rotta è detta Default Route (rotta di default) verso il Gateway of Last Resort (la direzione da usare come ultima risorsa). Solo certi grandi centri di smistamento (i router centrali di Internet) non hanno una Default Route, e quindi scartano i Pacchetti per cui non esiste una rotta, dato che non ci sono ulteriori router a cui chiederla.*

*Tra gli altri servizi descritti al livello 3, cominciamo col **DHCP-Dynamic Host Configuration Protocol**, che ogni mattina può dare al nostro PC, quando lo accendiamo, i parametri per usare la rete. Essi comprendono, come minimo: l'indirizzo IP (es. 192.168.0.9) con la sua Subnet Mask (non descritta nella storia, es. 255.255.255.0), l'indirizzo del Default Gateway per poter comunicare con l'esterno (es. 192.168.0.254), e gli indirizzi di un paio di Server DNS-Domain Name Service per la traduzione degli URL (o dei Nomi di Dominio) in indirizzi IP.*

*Poi c'era l'**ICMP-Internet Control Message Protocol**, che può svolgere una ventina di funzioni, le più note delle quali sono appunto la Echo Request e la Echo Reply, usate dal PING. Un'altra funzione fondamentale dell'ICMP è quella di notificare ai mittenti dei Pacchetti la causa di una loro eventuale perdita in rete: per mancanza del destinatario, per scadenza del TTL, ecc.*

*L'**ARP-Address Resolution Protocol** è la funzione usata nelle reti locali (LAN) per spedire un Pacchetto al giusto destinatario. Come vedremo meglio nel prossimo Capitolo, le reti usano anche una busta di livello 2 su cui devono scrivere l'esatto indirizzo fisico del destinatario: nelle reti Ethernet, l'indirizzo di livello 2 è detto MAC-Media Access Control. Per procurarsi l'indirizzo MAC corrispondente a un certo IP, i computer emettono un messaggio rivolto a tutta la LAN (l'interfono simula perfettamente un messaggio "broadcast") chiedendo a chi abbia l'IP in questione di rispondere col proprio MAC. Questo viene poi memorizzato nella ARP-Table del mittente per usi futuri, ma se non è più usato per 5' viene scartato, e deve essere richiesto ancora all'occorrenza.*

*La funzione NAT è in realtà la **Network Address Translation**, e fa più o meno quanto raccontato nella storia. Essa può tradurre IP privati in IP pubblici con una corrispondenza uno-a-uno o, come qui abbiamo descritto, uno-a-molti (un IP pubblico viene*



usato per tradurre molti IP privati). Prescindiamo, a questo livello di approfondimento, dallo spiegare come è possibile, sul traffico di ritorno, individuare il giusto destinatario delle risposte (=mittente delle richieste) e ridare al Pacchetto l'IP privato di destinazione corretto. Diciamo solo che ciò è possibile, e che in tal caso il NAT è usato nella sua variante detta “overload” e viene detto più precisamente **PAT-Port Address Translation**.

Restano infine da spiegare i **protocolli di routing**, usati dai router per scambiarsi le rotte per raggiungere le varie possibili destinazioni. I nomi usati da Path sono corretti: **RIP** ad esempio è il **Routing Information Protocol**, un capostipite di questi protocolli, che esiste in due varianti; **RIPv1** e **RIPv2**. L'**OSPF** è invece l'**Open Shortest Path First**, che non vuol dire esattamente “apri per prima la via più breve”, come spesso si traduce, ma “versione Open – quindi standard – dell’algoritmo SFP”, ideato dal matematico E. W. Dijkstra. Infine, l'**EIGRP** è un protocollo proprietario Cisco, e l’acronimo sta per **Enhanced Internal Gateway Routing Protocol**. Questi protocolli, e vari altri, sono abbastanza diversi tra loro, nonostante il comune scopo di aggiornare la Tabella di instradamento. Alcuni sono di tipo Distance Vector, altri di tipo Link State... ma questa faccenda è un po’ troppo complicata, per essere spiegata in questo racconto.

Vediamo quindi come continua l’avventura di Mark e Mary.

## Vedere per credere

Molti comandi sul PC aiutano a vedere dati di livello 3.

Quello fondamentale, sempre da Finestra DOS, è: **ipconfig**, che mostra il proprio indirizzo IP, la Subnet Mask e il Default Gateway; nella forma più completa: **ipconfig /all** si vedono anche gli indirizzi dei Server DNS, il proprio MAC e altro:

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Version 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\n.paganini>ipconfig

Configurazione IP di Windows

Scheda Ethernet Connessione alla rete locale (LAN):

    Suffisso DNS specifico per connessione:
    Indirizzo IP. . . . . : 10.200.2.26
    Subnet mask . . . . . : 255.0.0.0
    Gateway predefinito . . . . . : 10.200.0.234

C:\Documents and Settings\n.paganini>ipconfig /all

Configurazione IP di Windows

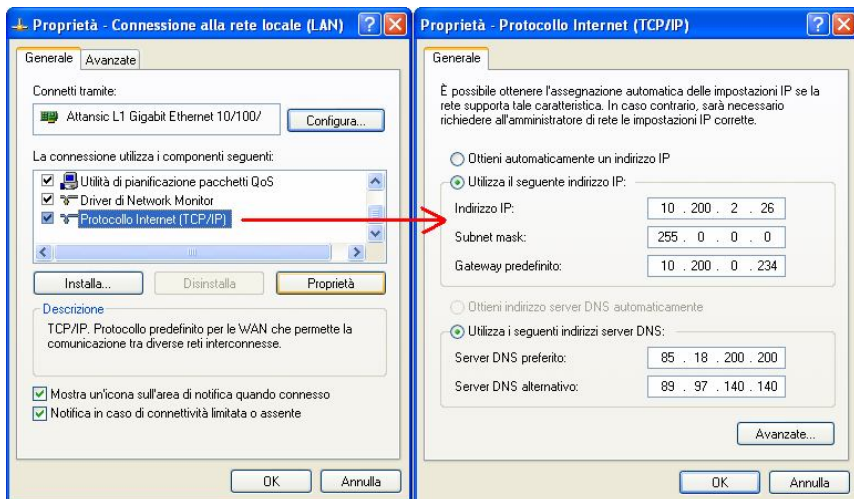
    Nome host . . . . . : sat31-MP
    Suffisso DNS primario . . . . . :
    Tipo nodo . . . . . : Sconosciuto
    Routing IP abilitato . . . . . : No
    Proxy WINS abilitato . . . . . : No

Scheda Ethernet Connessione alla rete locale (LAN):

    Suffisso DNS specifico per connessione:
    Descrizione . . . . . : Attansic L1 Gigabit Ethernet 10/
100/1000Base-T Controller
    Indirizzo fisico. . . . . : 00-1D-60-34-4D-28
    DHCP abilitato. . . . . : No
    Indirizzo IP. . . . . : 10.200.2.26
    Subnet mask . . . . . : 255.0.0.0
    Gateway predefinito . . . . . : 10.200.0.234
    Server DNS . . . . . : 85.18.200.200
    . . . . . : 89.97.140.140

C:\Documents and Settings\n.paganini>
```

*Questa è invece la finestra sulle Proprietà del protocollo IP:*



*Il ping si lancia anch'esso dal "prompt" di DOS, così:*

```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
Microsoft Windows XP [Versione 5.1.2600]
(C) Copyright 1985-2001 Microsoft Corp.

C:\Documents and Settings\m.paganini>ping www.google.it

Esecuzione di Ping www.l.google.com [74.125.232.114] con 32 byte di dati:

Risposta da 74.125.232.114: byte=32 durata=6ms TTL=53
Risposta da 74.125.232.114: byte=32 durata=63ms TTL=53
Risposta da 74.125.232.114: byte=32 durata=143ms TTL=53
Risposta da 74.125.232.114: byte=32 durata=6ms TTL=53

Statistiche Ping per 74.125.232.114:
    Pacchetti: Trasmessi = 4, Ricevuti = 4, Persi = 0 (0% persi),
    Tempo approssimativo percorsi andata/ritorno in millisecondi:
        Minimo = 6ms, Massimo = 143ms, Medio = 54ms

C:\Documents and Settings\m.paganini>
```

*Con: **arp -a**, invece, si vede la Tabella delle coppie IP-MAC:*

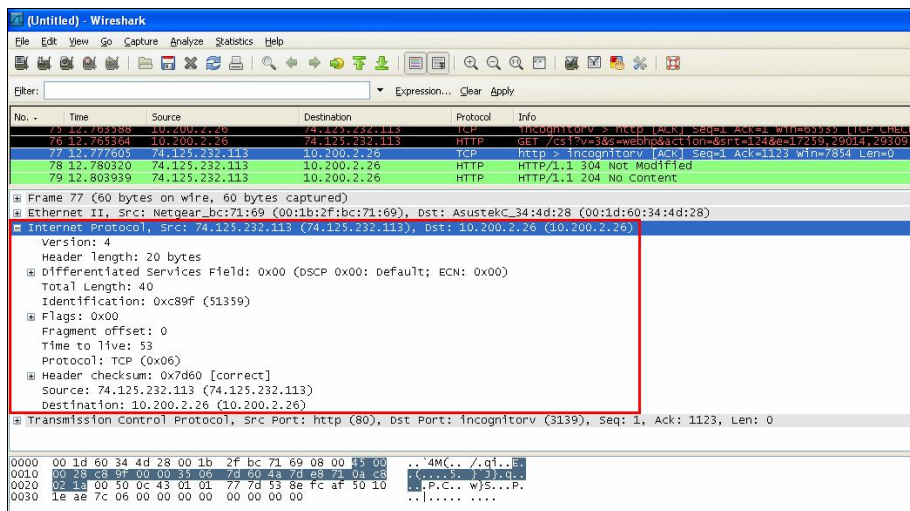
```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe

C:\Documents and Settings\m.paganini>arp -a

Interfaccia: 10.200.2.26 --- 0x2
Indirizzo Internet      Indirizzo fisico      Tipo
10.200.0.78             00-00-aa-5b-45-81    dinamico
10.200.0.100            00-1a-4b-4d-6a-3d    dinamico
10.200.0.234            00-1b-2f-bc-71-69    dinamico

C:\Documents and Settings\m.paganini>
```

*L'interno di un Pacchetto IP, si vede col solito Wireshark:*

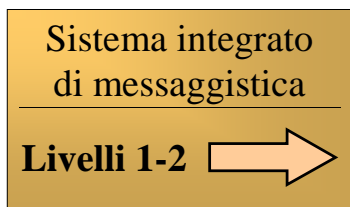






## IL PRIMO PIANO

Quando i due giungono al primo piano, trovano una sorpresa. La targa davanti alla porta dell'ascensore non è del solito tipo, ma è fatta così:



Sulla destra, dove indicato dalla freccia, vedono una porta tagliafuoco, verso cui Mary si dirige con decisione; aprendola, i due accedono a un angusto corridoio. L'illuminazione non è abbondante e Mark, entrando dietro a Mary, esclama in dialetto milanese (cosa che gli accade solo quando è piuttosto a disagio): “Ma quest chi l’è un bus! (Ma questo è un buco!)”

Mary si ferma a metà corridoio, lo guarda con occhi stupiti e gli chiede:

“E tu come fai a saperlo?”

“A sapere cosa, Mary?”

“Che questo passaggio è il «bus» di comunicazione tra il corpo del palazzo dove si svolgono le funzioni principali dell'azienda e le ali periferiche dedicate ai Servizi di livello inferiore. Vedi, Mark, la struttura dell'edificio prevede che molti Servizi aggiuntivi che utilizziamo non siano ubicati all'interno del corpo principale, la cosiddetta «pianta-madre», ma in piccole costruzioni separate, che così sono più facili da adattare e ristrutturare secondo le necessità dei vari Servizi. Accidenti, non solo sei molto attento, preparato e curioso: sei anche un indovino!”

“Beh, non esageriamo, Mary: diciamo che ho azzeccato una delle 1000 sigle, per puro caso. Quindi adesso ci stiamo spostando nella zona dei Servizi di base della comunicazione, affidati a un gruppo di specialisti della cosa?”

“Esatto: li chiamano **NIC-Nucleo Interno di Comunicazione**, e stanno in quel corpo di edificio su due livelli che vedi sulla destra, quando entri in auto nel parcheggio dirigenti...”

“Ah, quello col grande passo carraio dove si vedono entrare e uscire mezzi in continuazione!”

“Sì, ma con una precisazione. Il passo carraio che dici è usato solo da quelli dello sportello DG per trasferire la posta da e verso il proprio centro di smistamento cittadino: loro sono gli unici a comunicare con l'esterno, come hai già sentito. Il nostro Servizio interno di livello 2, invece (che troviamo alla fine del corridoio), pur occupando parte della stessa zona, si occupa solo di definire esattamente, tramite l'indirizzo MAC, dove stia l'ufficio interno – interno, ripeto – a cui va consegnata ogni busta, e a portargliela. I nostri Servizi interni dell'azienda non usano mai, per definizione, il passo carraio.”

“Ah, allora questa è la zona di quello che prima chiamavamo il «sistema locale di consegna», giusto?”

“Ok, adesso ci siamo! Infatti, quello che hai detto è un altro modo, più informale, per chiamare il NIC. E tra i vari uffici interni, come ricordi, c'è anche lo sportello DG che permette di scambiare posta con l'esterno. Ma... vogliamo restare in questo corridoio stretto tutto il pomeriggio?”

“No, no; andiamo a vedere se la nostra ultima busta del livello 3 è già arrivata quaggiù.”

Mary apre la porta alla fine del corridoio, entrano nel locale e Mark nota la targa (quella canonica, finalmente) del piano, che però è più complessa del solito, divisa in due sezioni:

Sistema integrato di messaggistica	
<b>Livelli 1-2: Network Access</b>	<b>Livello 2: Data Link</b>

Mentre aspettano di poter parlare con qualcuno, Mary prende l'iniziativa e precede un'ineluttabile domanda:

“Rispondo ai tuoi dubbi prima che me lo chiedi, Mark. Vedi, la targa è doppia perché, qui, ricomincia un po' il pasticcio dei piani e dei livelli, che ci aveva lasciati tranquilli ultimamente.

Per gli inventori del Sistema integrato, infatti, tutto questo edificio separato si chiama Network Access, in quanto dà accesso genericamente ad una rete, sia essa quella interna o una di quelle esterne. A loro non interessavano i dettagli su come funziona internamente questo Servizio (basta che porti a destinazione i Pacchetti IP), e perciò gli hanno dato un nome unico. Un po' come facevano i cartografi di un tempo che, quando disegnavano territori sconosciuti, ci scrivevano sopra: «Hic sunt leones»...

Per gli scienziati, invece (qui devo dire che secondo me hanno ragione loro, e alla fine vedrai che sarai d'accordo anche tu) le funzioni degli specialisti NIC sono da dividere con chiarezza in almeno due livelli: il Data Link, dove ci troviamo, e un livello 1, che sta al piano terra...”

“Uh, è vero! Qui siamo al primo piano, ma questo non è il piano più basso: sotto al primo c'è anche un piano terra!”

“Ma come, Mark: non mi dire che non ci avevi pensato. Uno attento come te!”

“Ehm, beh... Certo che ci avevo pensato – chiaramente mentiva – l'è da stamattina che ghe pensi – e si notava benissimo! Già... Prosegui Mary, per favore.”



## ***Il ruolo del livello Data Link***

“Dunque, ti dicevo: questo è il livello che si occupa di ricevere i Pacchetti IP dal piano di sopra dell’edificio centrale (avranno un montacarichi speciale che passa nel corridoio), e di trovare la posizione dell’ufficio destinatario, ossia il suo indirizzo **MAC**. Path lo chiamava con humour: «Mica Andiamo a Caso», ma altri danno alla sigla il significato più specialistico di «**Matricola Assegnata per le Comunicazioni**». Ci hanno già detto, al piano di sopra, che il MAC dei vari uffici si ottiene con le fastidiose – ma indispensabili – richieste ARP, fatte tramite interfono.



Una volta ottenuto il MAC del destinatario, gli incaricati di questo livello lo scrivono su un’ultima busta in cui inseriscono il Pacchetto IP, insieme al MAC dell’ufficio mittente, più che altro per completezza.

Ah, ecco che stanno prelevando il nostro Pacchetto! Scusa! Buongiorno, siamo Mark Sender e Mary Word, del quinto piano. Ci potresti per cortesia mostrare la busta che stai preparando, e spiegare come la compili?”

L’addetto del Data Link del NIC, a differenza del suo collega del secondo piano, è molto più ermetico, ma non vuole essere scortese:

“Beh, guardate, la busta è molto semplice: io uso il protocollo detto **Ethernet**. Ho già rilevato, dalla mia Tabella ARP, che l’indirizzo IP del vostro ufficio mittente corrisponde ad un particolare reparto NIC qui al primo piano, quello della stanza 12; siccome poi il Pacchetto è da spedire all’esterno, lo invio senz’altro allo sportello DG, che sta qui vicino, sempre al primo piano, nella stanza DG.

Questa che vedete è la busta Ethernet già compilata.

Protocollo Ethernet	
MAC Mittente: <u>Piano 1, stanza 12</u>	collo IP 8 _____ _____ _____ Com. a 24 pa cquisti adan 1 a
	
MAC Destin.: <u>Piano 1, stanza DG</u>	
	
Protocollo L3: <u>Pacchetto IP</u>	
Codice di controllo: <u>7AD9</u>	

Scusate, ma non posso dedicarvi molto tempo. Se volete, potete dare un'occhiata a questo fascicolo che spiega un po' meglio quello che facciamo noi del NIC. Arrivederci.”

“Grazie mille lo stesso, sei molto gentile. Sì, diamo una scorsa al tuo libretto, così capiamo meglio un po' di cose.”

## Il sottolivello alto LLC

Mary e Mark cominciano a sfogliare l'opuscolo, e notano subito, fin dall'indice, che le funzioni del livello Data Link sono divise in due parti. Vi si parla di un sottolivello superiore, detto: **LLC-Leva Le Castagne**, e di uno inferiore, detto: **MAC-Mica Andiamo a Caso**, proprio come l'indirizzo di livello 2.

Viene spiegato che il sottolivello alto è quello che rimane a diretto contatto col livello 3, ed è altamente standardizzato, per poter gestire senza incertezze la prima parte dell'imbustamento dei Pacchetti (in inglese “encapsulation”): preparare la busta e scrivere il tipo di contenuto, in questo caso un Pacchetto IP.

Già, perché il Servizio del Nucleo Interno di Comunicazione è capace di spedire, tramite i suoi sistemi di trasporto fisico, anche altri tipi di Pacchetto (ad esempio i rari IPX o AppleTalk); come

tra i livelli 3 e 4, questa informazione serve più che altro per facilitare le operazioni di arrivo della posta, individuando il contenuto della busta in modo più sicuro.

Infatti, il vero motivo per cui il sottolivello si chiama LLC, è che “leva le castagne” dal fuoco soprattutto in ricezione. È importante che, in caso di trasporto di Pacchetti di tipo diverso, il contenuto estratto sia consegnato al corretto livello 3, perché gli addetti del protocollo IP non sanno gestire Pacchetti IPX, ecc.

Infine, viene specificato che la busta di livello 2 viene più propriamente chiamata Trama o, in inglese, Frame.

## Il sottolivello basso MAC delle reti locali

Per quanto riguarda il sottolivello inferiore, il fascicolo usa lo stesso nome dell'indirizzo di livello 2, e ne spiega il motivo: è proprio questa sezione del Servizio che si procura i MAC, li mantiene nella Tabella ARP, li scrive sulle buste, ecc.

Viene anche spiegato che, a differenza del sottolivello LLC, il MAC può essere meno standardizzato, almeno in linea di principio, permettendo di realizzare più facilmente reti basate su tecnologie innovative, e con prestazioni sempre crescenti. Ovviamente, si fa notare, ciò non significa che le varie tecnologie di rete non siano standardizzate, cosa che condannerebbe i vari NIC delle aziende a non poter comunicare nemmeno tra loro. La possibilità di cambiare in un'azienda il sottolivello MAC (con il livello fisico sottostante) permette solo di mantenere immutati i livelli da 3 a 7, aggiornando completamente la soluzione di livello 1-2, quando ciò sia ritenuto utile o necessario: per la compatibilità verso i livelli superiori basta, infatti, che la nuova soluzione abbia un LLC standard. Questo è anche il motivo, a cui accennava Mary, per cui questi Servizi sono spesso mantenuti in un'ala separata dell'edificio, più facilmente ristrutturabile.

Il sottolivello MAC dovrebbe quindi, in definitiva, gestire la scrittura e la lettura degli indirizzi omonimi sulle buste (con un codice a barre che viene utilizzato dal livello 1), calcolare e verificare il Codice di controllo scritto sulle buste stesse, e tenere i rapporti col livello 1, che è quello che fisicamente consegna le Trame a destinazione. Si ricorda anche che, in SanFran, è stata adottata la soluzione di livello 1-2 più diffusa, detta “Ethernet”.

“Che ne dici, Mark? Mi sembra abbastanza chiaro, no? Certo, resta da capire meglio lo scopo dei codici a barre ma, se poi scendiamo al piano terra, magari troviamo la spiegazione...”

“Sì, ma leggi anche l’ultimo capitoletto sul livello Data Link nelle reti geografiche, o WAN. Che cosa dice?”

## Il sottolivello basso MAC delle reti geografiche

Il fascicolo, infatti, si concludeva con una paginetta sui Servizi di comunicazione su grandi distanze, che risultano essere ben diversi da quelli delle LAN, gestiti col protocollo Ethernet.

Nelle WAN, i collegamenti sono spesso di tipo punto-punto: su ogni tratta, cioè, il mezzo di trasporto collega solo due corrieri tra loro. In questi casi, il Servizio Data Link ha un compito semplificato, perché non serve alcun indirizzo di livello 2 per indicare dove si trova il destinatario della Trama, che è unico. Questo vale, ad esempio, per le soluzioni WAN di tipo **HDLC-Ho Davanti un Lungo Circuito** o **PPP-Percorso Punto-Punto**.

Il fascicolo accennava anche all’esistenza, nel mondo delle WAN, di soluzioni sostanzialmente diverse, dette a Commutazione di Circuito o a Commutazione di Pacchetto (citando ad esempio le reti **Frame Relay**, ossia Trasmetti la Trama... che fantasia!), ma per altri dettagli su questi argomenti rimandava a una breve bibliografia.

Un ultimo paragrafo metteva in guardia sul fatto che, se il Codice di controllo in ricezione non torna, la Trama con tutto il suo contenuto viene scartata dal livello 2 (come avviene anche a tutti gli altri livelli), e il Sistema integrato fa conto, in questo caso, sull'eventuale capacità di recupero dei dati persi presente nel protocollo TCP. Se, invece, a livello 4 l'applicazione usa UDP, i dati persi non vengono recuperati in alcun modo, e si presume che l'applicazione possa funzionare in qualche modo, anche in presenza di un certo tasso di dati mancanti.

“Beh, anche questo sembra chiaro, almeno in linea di massima – commenta Mark – e quindi direi di concludere il nostro giro al piano terra, per vedere qualcosa anche dell'ultimo livello. Dobbiamo tornare al nostro ascensore?”

“Non credo, Mark: quello mi sembra un altro ascensore di quest'ala dello stabile, e il montacarichi dove l'incaricato ha messo la nostra Trama pare che scenda direttamente qua sotto. Scusa – dice rivolta all'addetto – di qui si scende al piano terra?”

“Certo, signora. State attenti, che sotto c'è un gran traffico!”

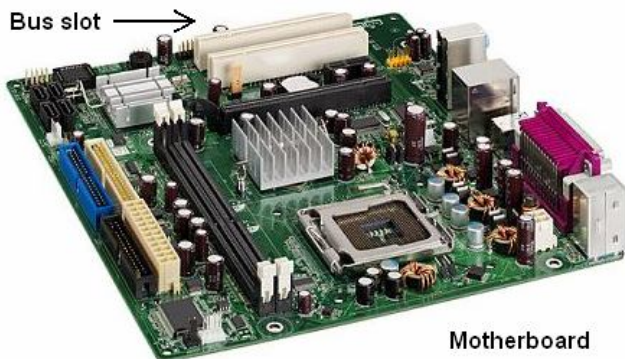
Mary e Mark entrano nell'ascensore del NIC e premono “0”.

## **La morale**

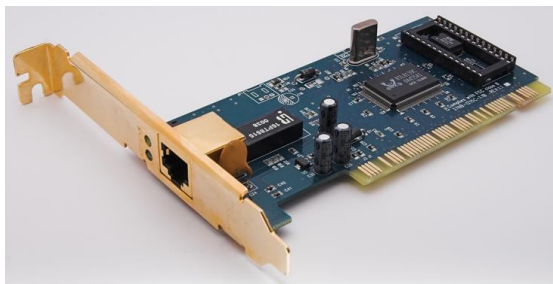
*Il livello Data Link non presenta problemi particolari, se non la suddivisione in due sottolivelli, come spiegato.*

*È interessante notare che questo livello e quello inferiore sono spesso realizzati, nei computer, da speciali schede di rete, collegate su una serie di connettori della “piastra madre” (motherboard) detti “connettori di bus” (bus slot); ce ne sono vari tipi: ISA, EISA, PCI, AGP, ecc. Non è sempre così: in molti casi la scheda di rete è integrata nella motherboard, ma per il nostro racconto abbiamo preferito descrivere la soluzione che*

*costringe i dati ad attraversare i “bus slot”, rappresentati dal corridoio che collega la “pianta madre” (cioè... la piastra madre!) con il NIC.*



*Il NIC, ovviamente, non è un Nucleo di alcun genere, ma la **NIC-Network Interface Card**, cioè la citata scheda di rete, che presenta verso l'esterno il connettore per collegarsi fisicamente all'infrastruttura di rete, di cui parleremo meglio.*



*Il sottolivello **LLC-Logical Link Control** leva le castagne dal fuoco per collegare la NIC verso il livello 3, esattamente come descritto nel racconto.*

*Anche il sottolivello **MAC-Media Access Control** ha proprio i compiti che la nostra storia ci ha portato a dettagliare.*

*Il protocollo **HDLC-High level Data Link Control** è il capostipite di una lunga serie di protocolli per linee seriali (quelle*

che collegano direttamente due utenti); è un po' superato, per vari motivi, ma ancora molto usato nei casi più semplici.

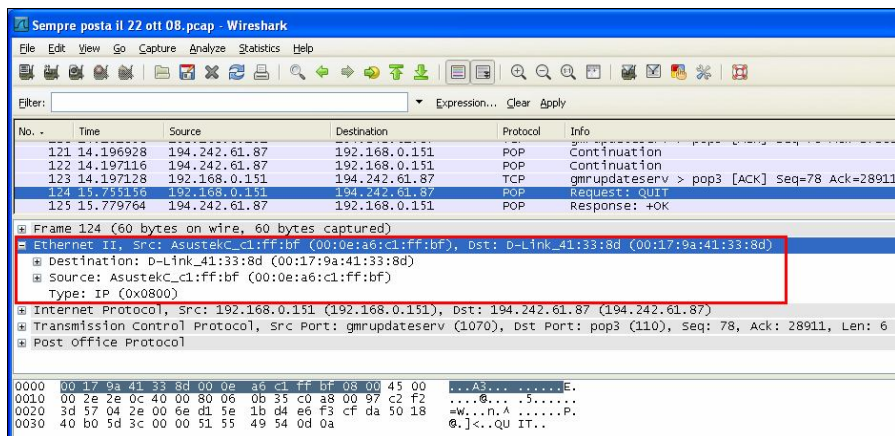
Infine, il protocollo **PPP-Point to Point Protocol** è una variante dell'HDLC, e permette di scambiare dati su circuiti dedicati o commutati con due soli interlocutori agli estremi, come il nome suggerisce, e anche di autenticarli mutuamente a livello 2.

## Vedere per credere

Il livello 2 è un po' nascosto nelle schede di rete, e quindi non risulta molto visibile. Tuttavia, col comando DOS: **ipconfig /all**, già visto, è possibile conoscere il MAC del proprio PC, che ha la forma "hh:hh:hh:hh:hh:hh" ("h" è una cifra esadecimale 0-F).

Anche il comando: **arp -a** ci aveva mostrato le coppie IP-MAC degli altri computer della nostra rete, recentemente contattati dal nostro PC: si torni a vederli.

Ricorriamo ancora, per una visione più dettagliata della testa di una **Trama Ethernet**, al solito potentissimo WireShark:



Sempre posta il 22 ott 08.pcap - Wireshark

File Edit View Go Capture Analyze Statistics Help

Filter: Expression... Clear Apply

No.	Time	Source	Destination	Protocol	Info
121	14.196928	194.242.61.87	192.168.0.151	POP	Continuation
122	14.197116	194.242.61.87	192.168.0.151	POP	Continuation
123	14.197128	192.168.0.151	194.242.61.87	TCP	gmupdateserv > pop3 [ACK] Seq=78 Ack=28911
124	15.779764	192.168.0.151	194.242.61.87	POP	Response: +OK

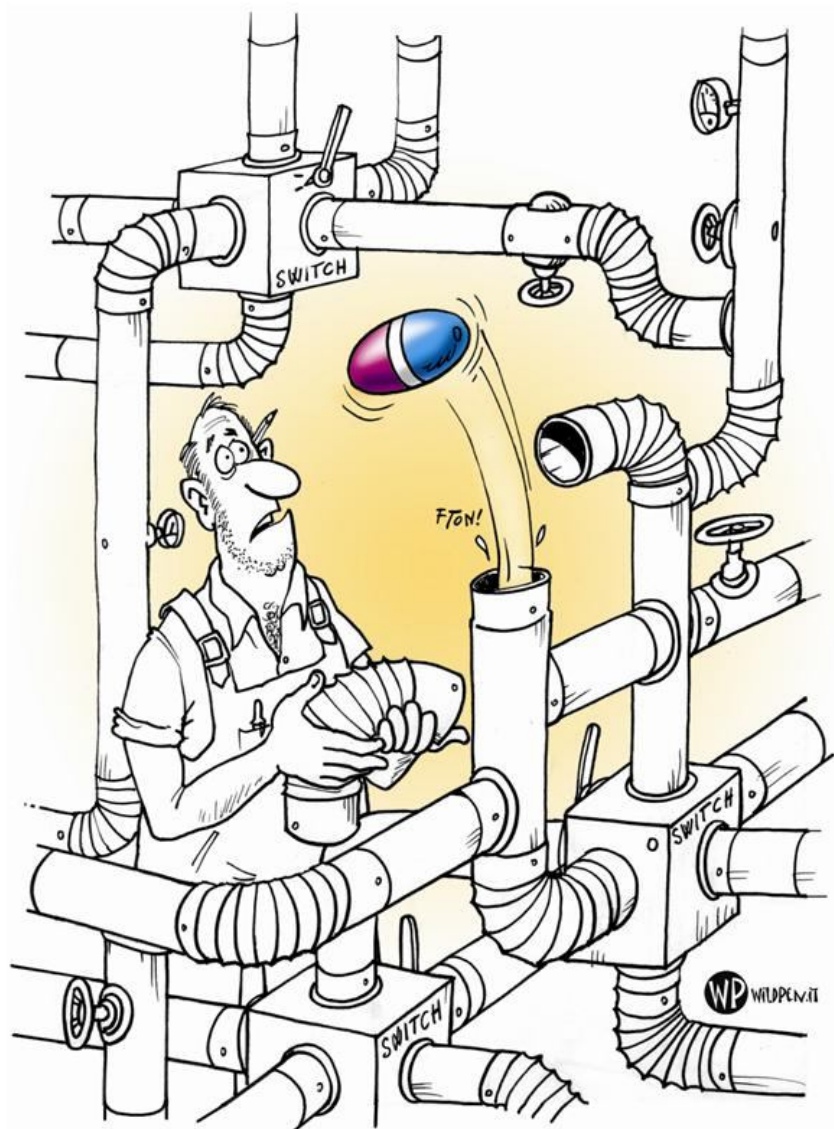
Frame 124 (60 bytes on wire, 60 bytes captured)

- Ethernet II, Src: AsustekC\_l:ff:bf (00:0e:a6:c1:ff:bf), Dst: D-Link\_41:33:8d (00:17:9a:41:33:8d)
  - Destination: D-Link\_41:33:8d (00:17:9a:41:33:8d)
  - Source: AsustekC\_l:ff:bf (00:0e:a6:c1:ff:bf)
  - Type: IP (0x0800)
- Internet Protocol, Src: 192.168.0.151 (192.168.0.151), Dst: 194.242.61.87 (194.242.61.87)
- Transmission Control Protocol, Src Port: gmupdateserv (1070), Dst Port: pop3 (110), Seq: 78, Ack: 28911, Len: 6
- Post office Protocol

0000 00 17 9a 41 33 8d 00 0e a6 c1 ff bf 08 00 45 00 ...A3...5.....E.  
0010 00 2e 2e 0c 40 00 80 06 0b 35 c0 a8 00 97 c2 f2 ....n.A.....P.  
0020 3d 57 04 2e 00 6e d1 5e 1b d4 e6 f3 cf da 50 18 =W...n.A.....P.  
0030 40 b0 5d 3c 00 00 51 55 49 54 0d 0a @.]<..QU IT..







# IL PIANO TERRA

Appena accedono al piano terra, Mary e Mark sentono un gran brusìo, e vedono la targa doppia del piano, analoga a quella del piano di sopra:

Sistema integrato di messaggistica	
<b>Livelli 1-2: Network Access</b>	<b>Livello 1: Physical</b>

“Immagino che ti sia chiaro, Mark – attacca Mary – che la parte di sinistra della targa è quella con la nomenclatura degli inventori del sistema integrato, mentre la parte di destra è quella degli scienziati. Almeno in questo le sorprese sono finite, per fortuna.

Come al solito, l'importante è ciò che qua sotto sanno fare: ed ecco, finalmente, chi si occupa di portare «fisicamente» a destinazione la posta, negli uffici interni indicati sulla busta del primo piano, nel campo «MAC Destinatario».

Siccome siamo passati dai piani superiori, occupati dagli addetti ai vari protocolli (che producono, intestano e interpretano buste su buste, come hai visto) alla parte che trasmette le buste da una parte all'altra, qui l'uomo è molto supportato da sistemi meccanici e di automazione. Passiamo, come direbbero gli informatici, dal software all'hardware: per questo si sente tutto questo rumore di fondo.”

“Accidenti, Mary: lo sai che sono un uomo pratico, e vengo dalla progettazione e dalla produzione. Mi interessa questo piano. Certo che, questo Sistema integrato, sembra impersonare la storiella della squadra di lavori pubblici: quattro o cinque perso-

ne che dirigono e coordinano, e un poveraccio, sotto, che fatica per fare concretamente quello che serve. Ma sto cominciando a capire che, per la sua generalità, il Sistema non poteva fare a meno di tutti i livelli superiori.

Sai anche come funzionano i meccanismi di consegna locale?”

## ***I livelli fisici delle LAN***

Mary porta il suo capo a fare un giro al piano terra, per fargli vedere i vari macchinari che permettono la consegna delle buste. Dal montacarichi collegato al primo piano, la busta con gli indirizzi MAC viene prelevata da un braccio meccanico, sotto lo sguardo attento di un addetto che, semplicemente, supervisiona che tutto vada bene e non ci siano inceppamenti.

La busta viene passata davanti a un lettore di codici a barre (ah, ecco a cosa servivano!) che col suo laser rileva i due indirizzi MAC. Poi il braccio, rapidamente, infila la busta in una specie di cono, che l'arrotola su se stessa e la infila in una strana capsula a forma di ogiva.

L'addetto guarda i due ospiti e chiede:

“Volete sapere come funzionano i nostri sistemi di consegna?”

“Magari! – fa Mark – Saresti così gentile da spiegarcelo?”

“Finché tutto fila liscio, non ho problemi a dedicarvi un po' di tempo. Ma non mi devo distrarre troppo.

Allora, l'ogiva in cui è stata infilata la busta della Trama è l'elemento mobile del sistema Ethernet di posta pneumatica, che porta la posta nei vari uffici destinatari. Il sistema è molto automatizzato, per cui l'indirizzo viene rilevato con uno scanner dal codice a barre riportato sulla busta, prima di arrotolarla.

Il sistema di posta pneumatica è piuttosto complesso, e prevede tre tipi di mezzi fisici per l'invio delle ogive: Ethernet in rame, Ethernet in fibra e Rete senza tubi."

"Ce li spieghi uno per uno?"

## Ethernet in rame

"Dunque: il primo mezzo è costituito da una rete di tubi di rame, che raggiungono solo i reparti NIC dotati di questo tipo di connessione. I tubi costituiscono una struttura ad albero, con alcuni nodi di smistamento o «commutazione» del percorso richiesto alle ogive, detti «switch». In base al codice MAC Destinazione, rilevato dal sistema, i nodi faranno arrivare l'ogiva esattamente nel reparto indicato.

Vi faccio notare che tutti i destinatari diretti sono al piano 1, dato che l'indirizzo MAC è definito su quel piano, cioè a livello 2, o Data Link. Sarà poi il livello 2 di ogni specifico ufficio della direzione a portargli su la posta in arrivo; mi pare di aver visto che è il vostro MAC è il numero 12, vi risulta?"

"Mah, non so: noi stiamo al quinto piano. Che cosa significa che noi abbiamo un indirizzo MAC? Vuoi dire che ogni ufficio della direzione ha una struttura di comunicazione dedicata?"

"Certo... come ogni computer ha la sua scheda di rete!"

"Ma è straordinario! Non ci eravamo accorti finora di aver percorso, in discesa, un servizio che si occupava solo di noi... Vuoi dire che per questo erano tanto gentili?"

"Non credo, signora: noi del Sistema integrato siamo gentili per natura! E poi, mentre trattiamo un documento della direzione, siamo dedicati solo a quel particolare ufficio... Comunque, la vostra ultima busta è indirizzata al livello 2 dello sportello DG, come è giusto che sia, dato che deve andare all'esterno."

## Il ruolo di switch, bridge e hub

L'addetto riprende quindi il discorso sugli **switch**.

“Questi nodi di smistamento delle ogive di cui ora disponiamo sono l'ultima generazione di una serie di apparati per far funzionare il livello fisico di posta pneumatica. Fino a qualche anno fa c'erano apparati simili, detti «**bridge**», che facevano sostanzialmente la stessa cosa, ma erano più lenti, perché la decisione sulla giusta direzione da dare all'ogiva la prendevano decodificando gli indirizzi MAC con un sistema superato. Oggi gli switch, grazie ai codici a barre, sono dei fulmini, e la scelta del percorso viene presa ed attuata meccanicamente in un istante o, come dicono i tecnici, a livello hardware.”

“Ma perché servono entrambi gli indirizzi MAC?” dice Mary.

“Bella domanda, signora! Vede, lo scopo del MAC di destinazione è evidente: serve per inviare l'ogiva al giusto reparto NIC. Il MAC mittente, invece, è utile per una sorta di autoistruzione dei nodi switch. I nodi sono così intelligenti che imparano da soli dove sono i vari reparti NIC, prendendo nota, ogni volta, del tubo da cui arrivano le ogive e dei relativi MAC mittenti. Memorizzano quindi in una Tabella MAC gli abbinamenti tubo-MAC, e usano poi questa informazione, quando ricevono ogive destinate a MAC già registrati, per scegliere il tubo giusto verso cui farla proseguire.

Ovviamente vi chiederete che cosa succede se uno switch vede passare un'ogiva destinata a un MAC inesistente, o sconosciuto al momento. Ebbene, questo fatterete a crederlo, ma è proprio così: pur di non scartare la Trama contenuta, i nodi generano un messaggio audio all'interfono aziendale, in cui «leggono» per tutti il contenuto del messaggio... e chi deve capire, capisce! Da noi questo sistema si chiama inondazione, o «flooding», ed è lo

stesso che si usa, sapete, per diffondere ad esempio i messaggi «broadcast» delle richieste ARP, e mille altre richieste analoghe.

“Alla faccia della privacy, direi! – fa Mark – E questo metodo viene accettato da tutti senza lamentele?”

“Beh, gli switch non hanno molte altre possibilità, e in fondo i vostri altoparlanti diffondono in continuazione molti messaggi necessari per tutti, o almeno per certi gruppi, e spesso anche per singoli uffici, in azienda: l’interfono è stato progettato per questo, no? L’alternativa, per uno switch, sarebbe quella di avere la Tabella MAC compilata a mano da qualcuno (ma nessuno vuole fare questo penosissimo lavoro), o l’eliminazione delle ogive indirizzate a destinatari ignoti...”

“Capisco, ma continuo a pensare che la lettura per tutti sia un metodo piuttosto grezzo.”

“Non posso che convenire con lei, ma questa è la situazione. D’altra parte pensi che, ancora prima dei bridge di cui parlavamo poco fa, il sistema di distribuzione pneumatica della posta non esisteva, e tutti i messaggi per i destinatari interni venivano letti all’interfono da un sistema centralizzato, detto concentratore, o «**hub**»: allora sì che era un inferno!”

“Mamma mia – fa Mary – si vede che non ero ancora in azienda, perché non mi ricordo un simile putiferio di comunicazioni!”

“È molto probabile: il sistema è stato cambiato già nei primi anni ’80 e lei 30 anni fa, direi, non era ancora nata!”

“Eggià!” fa Mary, compiaciuta... dall’alto dei suoi 37.

“Il nuovo sistema basato sugli switch pneumatici, tra l’altro, qui da noi è stato realizzato nella sua versione più evoluta, che comprende anche la presenza di tubi di scorta, per supplire ai casi di guasto degli switch, o di ostruzione/rottura dei tubi principali. Questi tubi aggiuntivi vengono di solito tenuti chiusi da un

sottosistema automatico, che controlla la buona funzionalità dell'intero sistema di consegna locale. In caso di problemi, il sottosistema di controllo apre i tubi di scorta, creando percorsi alternativi per inviare a destinazione le ogive.”

“E come si chiama – dice Mark – questo sottosistema di gestione automatica dei tubi ridondanti?”

“Wow, «ridondanti», il termine è perfetto! Secondo me lei è un ingegnere. Guardi, credo che sia l'**STP**, ma non ricordo bene che cosa significhi la sigla. Facciamo che voglia dire: **Sembra Troppo Parlarne**... così soprassediamo, se non vi spiace.”

“Elegante modo per trarsi d'impiccio, caro. M'immagino che tu lo faccia per non annoiare troppo i lettori della favola, vero?”

“Esatto! Ma... volete che vi dica anche degli altri mezzi usati dal sistema di consegna locale?”

## Ethernet in fibra

“Sì, grazie.”

“Bene, allora. Oltre al sistema basato sui tubi in rame, ce n'è uno basato su tubi trasparenti, in fibra di vetro. Questo mezzo è più recente dell'altro, e molto, molto veloce. Dicono, per capirci, che le ogive girino, al suo interno, alla velocità della luce!

Le ogive, poi, sono le stesse utilizzate dalla rete in rame, e questo permette di mettere in comunicazione i due sistemi, ove occorra: i due tipi di mezzi sono compatibili. Ci sono, infatti, certi switch, nella zona più complessa del sistema pneumatico, che scambiano le ogive tra i tubi in rame e quelli in fibra di vetro, senza alcun problema. Chiaramente, abbiamo anche switch molto veloci per commutare Trame tra soli tubi in fibra, nel cuore del sistema, che è dove si concentra il maggior traffico.

Anche i sistemi in fibra e i relativi Switch fanno parte della tecnologia Ethernet, come quelli in rame. È un sistema fenomenale, sapete, ed è ormai praticamente senza concorrenti!”

## La rete senza tubi

“Resta, infine, da raccontare il sistema più innovativo e recente di consegna, quello senza tubi. Usa un metodo di consegna analogo a quello degli hub, che manda i messaggi a tutti con l’interfono aziendale, ma funziona diversamente.

Quando un reparto NIC si dota di questo tipo di connessione (chiamiamola così, per capirci: ma non c’è nessun collegamento fisico, come vedrete) le ogive a lui destinate vengono portate, dal sistema coi tubi in rame, in uno stanzino di distribuzione. Nello stesso locale vengono depositate, da quei reparti, le Trame in partenza, per essere inserite nel sistema tradizionale basato sui tubi. Questo locale, per sicurezza, è dotato di grate alle finestre e di porta blindata, e perciò viene detto «**cella**».

Al suo centro sta l’apparato che estrae ed immette le ogive dal tubo in rame che collega la cella al resto. Le Trame in arrivo vengono estratte dalle ogive e la busta di livello 2 viene leggermente modificata, appendendola poi a una bacheca, a destra della porta dove hanno accesso i reparti: quella con scritto «Trame in arrivo». L’apparato che fa questo lavoro è detto Punto di Accesso alla rete, «**Access Point**», o più in breve AP. Il fatto che le buste restino lì appese, spiega come mai alcuni chiamino questo sistema di consegna «rete in aria».

Quando il messaggio in arrivo è stato appeso, l’AP chiama per interfono il destinatario, perché lo venga a ritirare. L’interfono non è quello che conoscete, che copre tutta l’azienda, ma uno locale del NIC, che raggiunge solo i reparti serviti da quella cella. Analogamente i reparti, quando vogliono inviare una Trama,



vengono e la appendono alla bacheca di sinistra, quella con scritto «Trame in uscita», per la loro immissione delle ogive Ethernet e, quindi, nel tubo di rame.

Tra i reparti serviti e l'AP c'è anche un'altra convenzione da rispettare; scusate se è un po' complicato, ma può aiutare a capire meglio come funziona la rete senza tubi. Per esperienza, si era notato che davanti alle bacheche si creava sempre un po' di confusione, se non veri e propri litigi per banali motivi di collisione. Allora l'AP ha stabilito che nessuno deve presentarsi alla porta della cella, se non dopo aver svolto queste operazioni:

- quando lui avvisa qualcuno per ritirare una Trama, questo deve prima chiamarlo al telefono, per verificare che ci sia subito via libera: questa chiamata è stata detta **RTS-Richiesta per Turno di Servizio**. L'AP risponde all'interfono con una risposta **CTS-Chi Tocca, Sotto**, che conferma al reparto interessato che può venire a prendere la sua busta, e nel contempo chiede a tutti gli altri di aspettare (il CTS ha sempre anche questo scopo);

- quando invece è il reparto a dover inviare una Trama, deve chiamare prima l'AP al telefono col solito messaggio RTS; l'AP gli risponde all'interfono, col CTS, se può venire subito a portarla o se deve attendere perché la cella è occupata.

Infine, un ultimo aspetto interessante del sistema è che, se un reparto trasloca, ne deve informare sia la cella di appartenenza, sia quella sotto cui va ad essere servito (questo è detto «passaggio di mano» o «handover») e il sistema continua a gestirlo.”

“Bellissimo, grazie. Caspita, complimenti! Allora, se non hai altro da raccontarci, ti ringraziamo tanto e torniamo su in ufficio. Mark, tu volevi sapere altre cose?”

“No, direi che per oggi... basta così. Solo una conferma, per non perdere di vista il mio nuovo ruolo: tu mi confermi che la nostra offerta è stata spedita al destinatario a Roma?”

“Guardi, non ho visibilità su questa informazione: io vedo solo che di qui sono transitate molte buste destinate allo sportello DG, ma non ho idea né del loro contenuto, né del loro destinatario finale. Sapete, io sono del livello fisico Ethernet e, mi spiace, ma certe cose proprio non mi competono.”

“Bene, allora torniamo di sopra. Grazie ancora e buon lavoro.”

Mentre Mary e Mark tornano all’ascensore dell’ala NIC per fare, a ritroso, il lungo percorso che li ha condotti fin lì, alla fedele segretaria torna improvvisamente alla memoria un fatto:

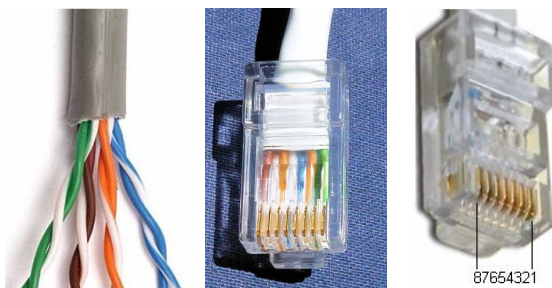
“Mark, io forse non ti ho mai detto una cosa interessante!”

## **La morale**

*Le ogive, immaginate come mezzo di trasporto delle Trame sul mezzo fisico, sono comparse nel racconto solo per giustificare il paragone tra le LAN e il sistema di posta pneumatica. In realtà, sui mezzi fisici delle reti circolano semplicemente i **bit** che compongono le Trame, prodotte dal livello Data Link. In alcuni tipi di rete, più complesse delle Ethernet, piccoli insiemi di bit (2, 3, 4... fino a 8) sono raggruppati in **simboli**, che lo specifico mezzo trasmissivo sa trasportare bene, e che ne aumentano la velocità.*

*Giusto per non perdere i conti, una Trama può essere costituita, al massimo, da poco più di 1500 bytes, e siccome ogni byte è fatto da 8 bit, come sappiamo, il livello fisico spedisce e riceve sulle reti dei “treni” da 12.000 bit massimi.*

*La rete **Ethernet in rame** è quella più comune, basata sui cavi a coppie intrecciate senza schermo, o UTP-Unshielded Twisted Pair. Usa connettori di tipo RJ-45, sia lato PC, sia lato Switch, nei quali i fili devono essere “crimpati” secondo un ben preciso codice colore (T568-A o -B), che può essere trovato su Internet o in qualunque libro per tecnici di rete. Eccone alcune figure:*



*“...ogni computer ha la sua scheda di rete”: significa che i vari livelli di protocollo, dal 7 all’1, sono presenti su ogni PC. L’addetto non poteva essere più chiaro di così!*

*Gli **switch** funzionano esattamente come descritto (compreso l’apprendimento automatico degli abbinamenti porta-MAC), e i tubi tra cui scambiano le ogive sono, in realtà, le loro porte dove smistano le Trame. Gli switch fanno una lettura “ad hardware” della Tabella MAC, cosa che li rende molto veloci. Anche quando fanno “flooding”, non ripetono mai la Trama in arrivo sulla stessa porta da cui l’hanno ricevuta, perché sarebbe inutile.*



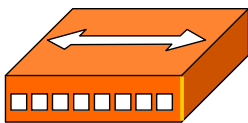
**Switch:**



*I **bridge** erano più lenti perché leggevano la Tabella MAC “a software”, con un algoritmo di ricerca del MAC in transito, per stabilire la porta su cui ripetere la Trama.*

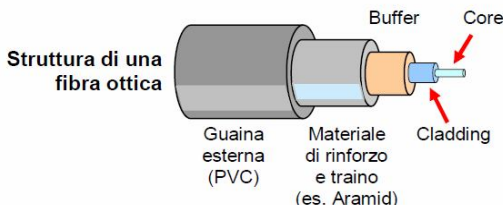
*Gli **hub** operano a livello 1, e non sanno perciò interpretare i MAC; ripetono allora la Trama su tutte le loro porte, compresa quella di arrivo (cosa che consente al mittente di rilevare eventuali collisioni... ma questo non emerge dalla nostra storia!).*

**Hub:**



Le reti locali con cavi ridondanti, oggi, sono spesso gestite dal protocollo **STP-Spanning Tree Protocol**, che ha proprio la funzione di gestire con intelligenza le ridondanze, in modo da evitare che si creino percorsi circolari (switching loop) nella rete, che sarebbero molto deleteri (soprattutto per la circolazione infinita delle Trame broadcast), sfruttando in caso di guasto, però, l'esistenza di percorsi alternativi momentaneamente bloccati.

Le reti **Ethernet in fibra** sono, chiaramente, quelle che usano le fibre ottiche. Queste fibre trasmettono i bit con segnali ottici, che vanno quindi effettivamente alla velocità della luce.



Core e Cladding, del diametro di un capello ( $125\ \mu\text{m}$ ), sono entrambi in silicio purissimo, cioè in vetro, ma con un “indice di rifrazione” diverso, in modo che i raggi luminosi che entrano nel Core non ne possano uscire, perché il Cladding li riflette. Sono classificate in due categorie, in base al metodo costruttivo e alle prestazioni:

- multimodali: sono le meno pregiate, con un Core di diametro pari a circa la metà del Cladding; possono raggiungere 2-3 Km
- monomodali: sono le più pregiate, con un Core sottilissimo, pari a meno di un decimo del Cladding (da  $8$  a  $10\ \mu\text{m}$ ); possono raggiungere decine di Km.

*Le reti senza tubi sono una chiara similitudine delle reti senza fili o wireless, dette anche 802.11 o Wi-Fi.*



*La cella si chiama proprio così, ed è l'area coperta dal segnale radio emesso da un Access Point (a lato, l'immagine di un modello Linksys); le richieste e gli OK alla trasmissione sono il **RTS-Request To Send** e il **CTS-Clear To Send**.*

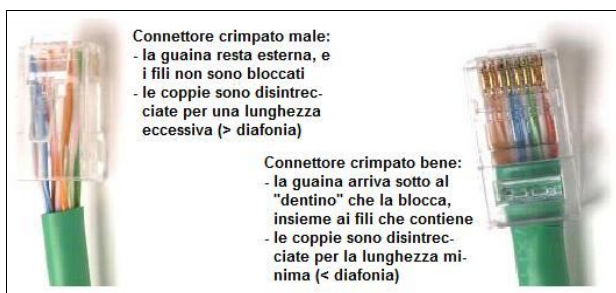


*Sono senza fili (giusto per ricordarcelo) anche le reti mobili usate dai nostri telefonini e molte altre, anche se non ne abbiamo trattato in questo Capitolo.*

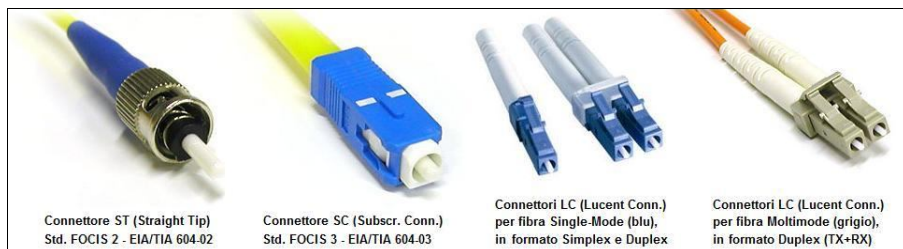
## Vedere per credere

*Al livello fisico, si possono vedere e toccare un sacco di cose, ad esempio un cavo UTP, una fibra ottica, le rispettive porte sulle schede di rete del PC e degli apparati di rete (soprattutto gli switch: i bridge e gli hub ormai sono merce rara), ecc.*

*Un tecnico di rete deve saper realizzare, ad esempio, un **cavo Ethernet UTP**: spelare la guaina, raddrizzare gli 8 conduttori, metterli uno a fianco all'altro con la giusta sequenza di colori, rifilarli e infilarli nel connettore RJ-45, che va poi "crimpato" con un'apposita pinza. A seconda dei colori usati, il cavo può essere diritto (patch) o incrociato (cross): coi cavi diritti (stessi colori ai due lati) si collegano gli switch ai PC o ai router; coi cross (colori diversi) si collegano tra loro due apparati uguali.*

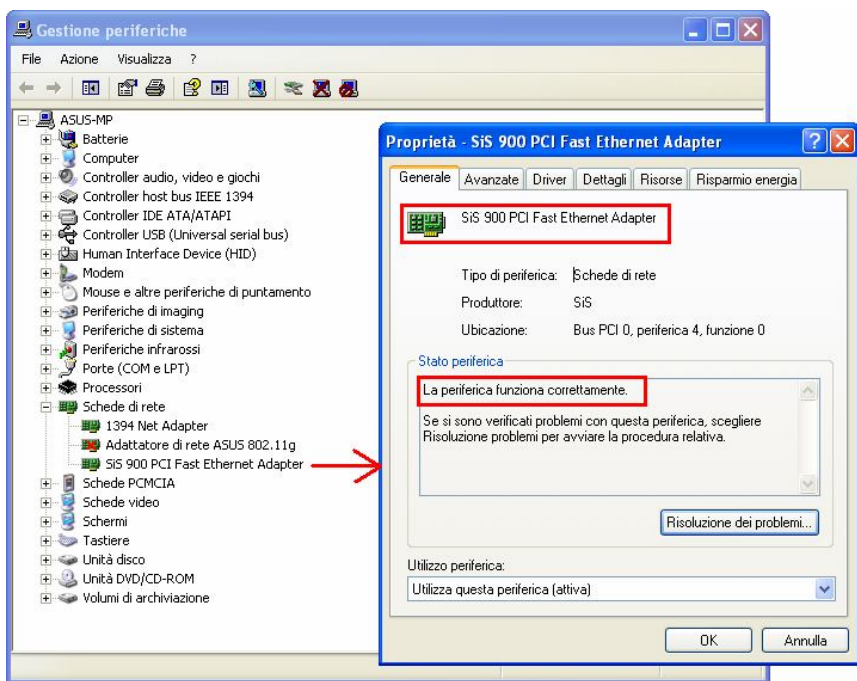


*Le **fibre ottiche**, invece, sono un po' più difficili da maneggiare e intestare con gli appositi connettori: solo personale ben addestrato può fare con successo un simile lavoro. I collegamenti locali tra gli apparati, in uno stesso armadio o in una stanza, lunghi solo qualche metro, si chiamano "bretelle" (bleah!) e conviene di solito comprarli già fatti, o "pre-intestati".*



*I collegamenti **wireless**, invece, non si vedono né si toccano, ma l'Access Point è ormai merce di tutti i giorni; anche le schede **NIC** per rame, fibra e WiFi, bisogna saperle verificare.*

*Ad esempio, per vedere se la scheda di rete di un PC risulta funzionante, occorre accedere alla **Gestione Periferiche** del PC, e vederne le proprietà. Sotto Windows XP, ci si arriva dal solito Esegui → cmd → **devmgmt.msc**, oppure da: Start → Impostazioni → Pannello di Controllo → Sistema → scheda Hardware → Gestione Periferiche, o infine facendo click col tasto destro su Risorse del Computer → scheda Hardware... Si apre la seguente finestra, nella quale si può scegliere la periferica "Scheda di rete" desiderata, e vederne lo stato.*









## LA CONSEGNA E LA RISPOSTA

Mentre risalgono al quinto piano, attraverso il NIC prima, poi facendo a ritroso il noto corridoio “bus”, e infine riprendendo l’ascensore della “pianta madre”, Mary racconta a Mark ciò che le è tornato in mente poco prima.

“Nei giorni scorsi non c’era motivo di parlarne, e oggi, nella concitazione della giornata, mi sono completamente dimenticata di dirti che mio nipote Road lavora presso il nostro ISP, ormai da un paio d’anni. Lui è giovane, ha 22 anni, ed è il figlio di mia sorella maggiore, che ha sposato il noto avvocato Phil Runner.”

“Ah, interessante... Certo, Road Runner non poteva che finire a lavorare da un corriere... L’importante è che non faccia lo struzzo, come il suo omonimo dei cartoni animati, ma che tenga gli occhi ben aperti. Sia per evitare incidenti, dato che sarà sempre in giro, sia per imparare bene come funziona il suo mestiere. Che cosa dici, Mary: è sveglio, tuo nipote?”



“Ci puoi contare, Mark. Ci vediamo spesso da mia sorella, o da me, e molte cose che ti ho raccontato oggi me le ha spiegate lui, sai? Quel ragazzo è una spugna: non gli sfugge nulla!”

“Bene, Mary. Allora, visto che oggi la mattinata è andata e che siamo caldi sull’argomento, che ne dici di chiamarlo al telefono, così ci facciamo una bella chiacchierata, magari in viva-voce dal mio ufficio, e ci racconta qualcosa di più del lavoro che fanno là fuori, prima di andare a pranzo?”

Mary non si sognava neanche di fare obiezioni ad una simile proposta: sentire Road le faceva solo piacere, e poi il suo capo, oggi, si era meritato tutta la sua stima; stima di cui già godeva ampiamente, del resto... a parte la sua mania per i floppy!

## ***Il fantastico lavoro dei corrieri***

“Pronto, Road? Ciao, sono Mary, come stai? Senti, ti becco in giro – chiaramente l’aveva cercato sul «cellu» – o sei in ufficio? Ah, sei al tuo posto... Senti, hai tempo per parlare un momento con il mio nuovo capo, l’ing. Mark Sender? Oggi abbiamo fatto un giro in tutto il Sistema integrato di messaggistica, qui alla SanFran, sono tre ore che siamo in giro, e adesso lui voleva capire meglio come funziona il vostro mondo dei corrieri. Ok? Allora, senti, ti metto in viva-voce.”

“Buongiorno, Road, sono Mark. Come stai? Scusa se passo subito al tu, ma essendo il nipote di Mary, mi permetto... Piacere di fare la tua conoscenza, anche se solo al telefono per ora; spero di conoscerti presto di persona. Senti, quale è il lavoro preciso che fate voi corrieri? Dimmi pure in sintesi; se non ti segue bene, scusa, ti chiedo chiarimenti...”

### **Il lavoro dello sportello DG**

“Buongiorno a lei, Ing. Sender: piacere mio. Sì, mi interrompa quando crede. Mary mi ha parlato già di lei, e credo che mi potrà capire bene, perché so che è un tecnico appassionato.

Allora, se avete visitato tutto il Sistema integrato, sarete arrivati anche allo sportello DG della SanFran, o almeno ne avrete sentito parlare. Lì c’è la mia collega Patty, che fa la spola tra la vostra sede e il nostro centro di smistamento in città, dove mi trovo io in questo momento. In effetti, come potete immaginare, pur essendo un corriere, Patty non fa altro che portare avanti e indietro posta tra due luoghi fissi, e quindi non vive il lavoro tipico dei corrieri, che è soprattutto quello di scegliere la via migliore tra un mucchio di rotte possibili.

Patty fa però due attività molto utili: una che deriva dal suo specifico ruolo di DG, ossia gestore interno delle Destinazioni Globali, e l'altra tipica di tutti i corrieri. Ve le spiego brevemente, dato che sono comunque attività in carico a un mio collega.

La prima attività è la traduzione degli indirizzi IP che usate all'interno in indirizzi IP pubblici, perché i vostri Pacchetti possano uscire dall'azienda..."

"Ah, certo – esclama Mark – il NAT!"

"Esatto: lo vede che ci capiamo al volo? Tutte le aziende lo chiamano così: la vostra Direzione ha proprio fatto scuola, con quella famosa comunicazione! Comunque, se già lo conosce, non insisto. In proposito, forse vale la pena di notare che, nei messaggi che inviamo verso di voi, che sono di solito risposte a vostre richieste, Patty trova sulla busta dei Pacchetti, come destinatario, il vostro IP pubblico. In base alle note che ha preso sul suo registro NAT prima di portare all'esterno le richieste, lei è in grado di sostituire sulla busta tale IP con quello interno del mittente originale. Poi, ovviamente, gli manda il documento passandolo al suo livello 2, al primo piano, per l'effettiva consegna."

"Vuoi dire che Patty lavora a un secondo piano, al livello 3?"

"Certo, ingegnere: ogni corriere opera sui livelli 1, 2 e 3:

- il livello più basso gli serve, ovviamente, per poter ricevere e trasmettere fisicamente le Trame sui sistemi locali e remoti di consegna, ad esempio sul vostro sistema pneumatico, o i nostri sistemi esterni di trasporto
- il livello 2 è quello che lo identifica per il livello 1 con un certo MAC o con altri tipi di indirizzi, e tiene, tramite il sottolivello LLC, i rapporti col proprio livello superiore
- il livello 3, infine, svolge la funzione principale dei corrieri, come le dicevo: scegliere le rotte. Inoltre può svolgere altre funzioni relative agli indirizzi IP, come il NAT di cui abbiamo appena parlato."

“È vero – dice Mark – ti ricordi, Mary, che ce lo diceva anche Path al secondo piano qua sotto? Bene, Road, finora è tutto chiaro. E la seconda attività di Patty?”

“L’altra attività, comune a tutti i corrieri, è quella di eliminare le buste di Trama del livello 2 che trova in arrivo, sia da dentro che da fuori, per poter esaminare i Pacchetti e, tra l’altro, decrementare il campo TTL, che forse avrete visto nella vostra perlustrazione di stamane. Una volta deciso dove instradare il Pacchetto (per Patty questo, come abbiamo già detto, è banale) il corriere crea una nuova busta di livello 2, una nuova Trama, e la spedisce sul mezzo di consegna disponibile per raggiungere la destinazione prescelta. Nel caso di posta uscente dalla SanFran, ad esempio, Patty usa per la consegna al nostro centro di smistamento una speciale busta stagna del protocollo PPP-Percorso Punto-Punto, piuttosto diversa da quella Ethernet in arrivo. Provi a vedere, su Google Immagini, se riesce a trovarla, dovrebbe bastare la ricerca di «Trama PPP»; vedrà che è molto più semplice dell’altra, se l’avete vista. La busta è stagna perché deve viaggiare all’aperto e, ovviamente, potrebbe bagnarsi.”

Mary si è già fiondata sul proprio PC (quello di Mark non è in rete... ma la cosa durerà poco, ormai si capisce); trova e stampa al volo l’immagine di una busta PPP.

The diagram shows a 3D representation of a light blue rectangular envelope. The top face of the envelope is labeled "Protocollo PPP". On the front face, there is a white rectangular label with three lines of text, each followed by a horizontal line for a value:

- Destinatario: **n.a.** \_\_\_\_\_
- Protocollo L3: \_\_\_\_\_
- Codice di controllo: \_\_\_\_\_

“L’abbiamo trovata, Road: è davvero semplice. Ma che cosa significa che il Destinatario è Non Applicabile (n.a.)?”

“Beh, sapete, se un mezzo è fatto per collegare solo due punti, come il Protocollo PPP, è inutile indicare sulla busta a chi è destinata: è sempre per l’altro estremo del collegamento!

Invece, come vedete, ci sono i campi per indicare il contenuto della busta e per aggiungere l’indispensabile Codice di controllo, che conferma la corretta leggibilità dell’etichetta. Saprete già che questo campo è chiamato di solito **FCS-Fai Controllo Scritte**. Nei protocolli dei collegamenti geografici, come PPP, è solo di due cifre, mentre Ethernet, l’avrete visto, ce l’ha di quattro.

Per la posta entrante, Patty fa il lavoro opposto: scarta la busta PPP stagna e, modificato l’indirizzo IP come vi dicevo prima (noi diciamo che lo «de-natta»), infila il Pacchetto IP in una nuova busta Ethernet. Sulla busta indica i due MAC: quello dello sportello DG, come mittente, e quello dell’ufficio indicato dall’IP «de-nattato», come destinatario; quest’ultimo MAC lo trova nella sua Tabella ARP, se l’ha già usato recentemente, o lo chiede al volo con l’interfono.

Se invece, dall’esterno, giungono a Patty delle buste che non sono risposte a vostre richieste, ma ad esempio interrogazioni spontanee al Portale informativo e di e-commerce della SanFran, l’IP di destinazione indicato sul Pacchetto è già quello pubblico del vostro ufficio interno che si occupa del Portale. In tal caso Patty non lo modifica, dato che si tratta di un IP pubblico diverso da quello usato per il NAT, e come tale non risulta nelle note da lei prese sui Pacchetti in uscita.”

“Ottima spiegazione, Road. Credo che adesso ci dirai qualcosa di più su quello che fate al centro di smistamento della ISP, e sul lavoro degli altri corrieri come voi, no?”

## Il lavoro dei corrieri esterni

“Certo, ingegnere. Il nostro compito, che è come quello di tutti i corrieri con cui collaboriamo, è diviso in due attività principali.

Da una parte abbiamo degli specialisti che, in continuazione, lavorano per mantenere aggiornate le nostre Tabelle di instradamento; usano i “protocolli di routing” interni o nazionali, come RIP, OSPF, EIGRP e altri protocolli esterni, come BGP, utili per raggiungere le destinazioni più lontane. Noi, al centro dove opero e negli altri nostri centri italiani, usiamo soprattutto EIGRP, ad esempio, perché questa è stata la scelta strategica della ISP, quando si è costituita.”

“Sì, abbiamo già sentito accennare ai «protocolli di routing» al livello 3 del nostro palazzo, anche se l’argomento è stato solo sfiorato, dato che qui in azienda non sono usati.”

“Infatti: Patty usa due rotte fisse, da e verso il nostro centro di smistamento, come vi dicevo... Poi c’è il mio lavoro, invece, che è quello di far viaggiare rapidamente i Pacchetti verso le loro destinazioni. È simile a quello di Patty, ma più completo:

- leviamo le buste delle Trame in ingresso
- esaminiamo i Pacchetti IP per capire, in base alle Tabelle, dove instradarli; se troviamo una rotta valida per l’IP destinazione
- decrementiamo il TTL e ricalcoliamo il Codice di controllo
- infine, inseriamo il Pacchetto in una nuova Trama, adatta al mezzo di trasporto indicato dalla rotta stessa, e la spediamo.

La prima e l’ultima fase, come saprete, sono tipiche del livello 2, dato che riguardano le Trame, mentre le due fasi centrali sono di livello 3: sono quelle che ci qualificano come corrieri, specie quanto ci sono un’infinità di rotte da gestire!

Ah, se la rotta non viene trovata in Tabella, purtroppo il Pacchetto deve essere cestinato, ma in tal caso emettiamo un avviso

ICMP per il mittente. Infine, noi non tocchiamo quasi mai gli indirizzi IP, che restano immutati dall'inizio alla fine del viaggio: il NAT è una faccenda solo per i nostri colleghi che operano negli sportelli DG delle aziende.”

“Bravissimo, Road – fa Mark – sei preciso e sintetico, e vai fiero del tuo lavoro. Senti, avrai appetito anche tu, come noi. Se ci dici ancora, in due parole, quali mezzi di trasporto usate là fuori, poi ce ne andiamo tutti a pranzo.”

Mary gongolava: che nipote... e che capo! (E che fame!)

## ***I livelli fisici delle WAN***

*Le reti geografiche o WAN-Wide Area Networks usano dei mezzi fisici di trasmissione che, di solito, devono essere piuttosto diversi da quelli delle reti locali, o LAN-Local Area Networks.*

*In realtà, le fibre ottiche sono molto usate proprio nelle WAN ma, nella nostra storia, immaginare dei tubi di vetro che fanno decine, centinaia o migliaia di chilometri avrebbe poco senso. Passiamo perciò ad altri paragoni più plausibili...*

## **WAN a corto raggio**

“Senz’altro, ingegnere – riprende Road – allora comincerei dai mezzi più usati per le consegne su percorsi brevi, qui in città e in provincia.

Per portare le buste PPP dalla vostra sede al nostro centro di smistamento e viceversa, Patty usa il suo agile e robusto scooter aziendale: è il modello «**Doppino**», della Telecom Cycles, con la sua bella carena color rame. Non è un bolide, ma è stato ampiamente rivisitato e potenziato negli anni, per fargli trasportare facilmente anche carichi notevoli. Certo, parliamo al massimo di



una decina di Mega, ma per il viaggio abituale di Patty sono più che sufficienti.”

“Che cosa sono i Mega, Road?” chiede Mark.

“Ah, scusi: sono le nostre unità di conto del traffico postale, equivalenti ciascuna a circa 80 buste di Trama. Patty può quindi portare fino a 800 buste per viaggio: sono un bel po’, credetemi.

Il suo scooter, in questa elaborazione ad alte prestazioni, si chiama più precisamente «**Doppino ADSL-Andrai Dovunque Senza Lentezze**». Nonostante il suo notevole carico, Patty dice, infatti, che ci mette solo un secondo per fare il tragitto da noi a voi o viceversa, pensate!

Poi, in città ci sono piccole aziende, e anche vari privati che si servono da noi, che usano invece, poveretti, il minimo livello di servizio che possiamo offrire: la bici. Il nostro addetto riesce solo a trasportare 3-5 buste per volta, e quindi il sistema di posta verso l'esterno risulta quasi 200 o 300 volte più lento che da voi.

Questo servizio al rallentatore si chiama «analogico»: io non ho fatto il Liceo Classico, ma il mio collega dice che il termine viene dal greco, e la radice «anal» indica che fa cagare. Non so se è vero, però, perché quando me l'ha detto, ridacchiava...

Altri corrieri cittadini e provinciali usano invece l'auto, o i mezzi pubblici. Il mezzo più curioso l'ho letto su una rivista che parlava delle reti cinesi: diceva che la consegna più lenta delle Trame, a Pechino, viene fatta col riscìò!

Ovviamente, in città e provincia non ci sono solo i percorsi fatti dai colleghi che trasportano posta da e per i vari sportelli DG, ma anche quelli per collegare i vari centri di smistamento tra loro: i primi hanno preso il nome convenzionale di **Ultimo Miglio** (in inglese Last Mile, o Local Loop) e costituiscono la nostra **rete di accesso**; mentre gli altri sono percorsi anche più lunghi del convenzionale chilometro o miglio, e sono detti **di dorsale**.

Le strade della città e dei dintorni sono tante, per fortuna, e per portare la posta da un centro all'altro, i corrieri cercano e usano sempre la via più breve o quella più libera (è lasciato un po' al gusto di ciascuno), evitando comunque ingorghi e lavori.”

## WAN a medio e largo raggio

“E per portare o ricevere la posta nazionale ed estera, che cosa usate?”

“Beh, ovviamente si usano mezzi adatti ai lunghi percorsi, e con grande capacità di carico.

Per la media distanza, sulla terra ferma, possono andar bene i camion o i treni, che trasportano migliaia e migliaia di messaggi per volta, e sono abbastanza veloci. Chiaramente, loro operano solo tra i grandi centri di smistamento nazionali e internazionali, e i messaggi provengono o sono destinati a varie sedi, disperse nella regione di partenza o di arrivo. I centri collegati sono quindi sia di smistamento, sia di raccolta per l'intera regione.

I percorsi per raggiungerli sono tanti, anche se ovviamente ci sono quelli preferenziali e più veloci, che si usano abitualmente. La rete stradale e ferroviaria è «magliata», come si dice, come quella cittadina e provinciale di cui parlavamo prima, e offre quindi sempre delle alternative se le vie normali sono interrotte per incidenti o lavori, oppure se risultano intasate da un traffico eccessivo. I corrieri fanno molta attenzione a queste cose, per cercare di non cominciare viaggi destinati a fallire, o ad essere molto rallentati. Di solito questa informazione viene usata già in partenza dal centro di smistamento, e quindi le strade impraticabili sono evitate all'origine. Se però un camion o un treno sono già partiti su una tratta che risultava libera, e poi succede qualcosa, capita che i messaggi si perdano o che arrivino molto in ritardo; ma su questo c'è poco da fare.

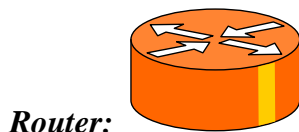
Per le tratte più lunghe, quelle intercontinentali, in cui bisogna attraversare gli oceani, chiaramente non ci sono altri mezzi che la nave o l'aereo. Anche qui, i criteri di selezione del mezzo e del percorso sono sempre gli stessi: usiamo mezzi capaci, veloci, con costi comunque compatibili con il «business», e scegliamo i percorsi più brevi o più liberi, a seconda delle preferenze del corriere o dei contratti che lui ha con i suoi clienti.

Questi percorsi più lunghi, nazionali, internazionali e intercontinentali, sono detti **dorsali di tronco**, o «trunk».”

“Ottimo, Road: mi sembra perfetto. Se non hai altro da dirci ti ringraziamo, ti salutiamo e ti auguriamo buon appetito. Ciao!”.

## La morale

*I corrieri e i centri di smistamento di cui parliamo in questo Capitolo sono i **router**, gli instradatori, che fanno funzionare Internet e le reti policentriche delle grandi aziende.*



*Questi apparati svolgono esattamente le operazioni descritte da Road: in “background”, mantengono aggiornate le Tabelle di routing; in “foreground”, inoltrano i Pacchetti mediante l’apertura delle Trame in ingresso, la ricerca della rotta migliore verso cui instradarli, e la creazione di nuove Trame in uscita.*

*Il campo di controllo delle Trame, sia di tipo LAN/Ethernet, sia di tipo WAN (ad es. HDLC o PPP) è davvero detto **FCS**-*

**Frame Check Sequence**, ossia Sequenza di controllo della Trama, e permette di verificarne l'integrità.

L'unità di misura del traffico postale inventata da Road, il **Mega**, fa ovviamente il verso ai **Mbps-Megabit per second**, ossia ai milioni di bit al secondo. Vale circa 80 buste, perché già sappiamo che una Trama piena vale circa 12000 bit, e quindi 80 Trame totalizzano circa un milione di bit. Se a questo aggiungiamo che Patty sostiene di fare il tragitto cittadino in un solo secondo, ecco il Megabit/sec. 10 Mega sono ormai una velocità ritenuta normale sulle reti di accesso, sia in rame, sia in fibra.

Viceversa, le 3-5 buste per volta trasportate sulla bici ricordano i **33 kbps-kilobit per second**, disponibili di solito sulla rete telefonica in "upload", cioè dall'utente alla centrale (circa 3 buste), mentre in download, verso l'utente, si può arrivare con i modem V.90 a 57 kbps (circa 5 buste).

La rete telefonica tradizionale è detta anche in italiano RTG-Rete Telefonica Generale, e in inglese PSTN-Public Switched Telephone Network; i telefoni che si usano su questa rete sono detti POTS-Plain Old Telephone Systems, ma questo termine è spesso usato come sinonimo di PSTN.

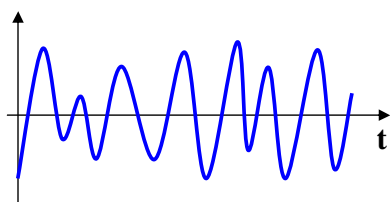
Questa rete è **analogica**, ossia invia sul **doppino** telefonico che esce dalle nostre case (quello con due fili, uno bianco e uno rosso intrecciati, avvolti in un sottile tubetto grigio di PVC), dei segnali elettrici di tipo, appunto, analogico. Questo significa che l'informazione, che di solito è la nostra voce, è affidata al valore del segnale elettrico nel tempo, ossia alla sua "forma", se lo vediamo su un oscilloscopio. Se si trasmettono dati su queste reti, i bit vanno codificati con dei "fischi" di particolari frequenze, e la trasmissione è comunque molto lenta, come abbiamo detto.

Tra le altre cose, apprendiamo così che il doppino non è un modello di scooter... ma forse questo si era già capito.

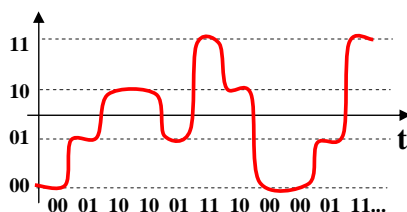
Sullo stesso doppino, la tecnologia ha messo a disposizione, negli scorsi decenni, altri tipi di trasmissione, non analogica, ma **digitale**. Un tipo, che ha già 30-40 anni, è quello dei collegamenti **ISDN-Integrated Services Digital Network**, di cui non abbiamo trattato nel racconto. Altro metodo, più recente, è quello delle reti di accesso **ADSL-Asymmetric Digital Subscriber Line**, la “linea asimmetrica digitale di abbonato”. Su ADSL, usando frequenze molto più elevate di quelle della voce, si riescono a raggiungere vari Mbps di velocità per i dati (data rate).

Ma se, sul doppino, si inviano sempre segnali elettrici che variano con diverse frequenze, in che cosa la tecnologia digitale differisce da quella analogica? La differenza è che, col digitale, il contenuto informativo non sta nella “forma” del segnale, ma nel generare e riconoscere delle ben precise frequenze (col metodo FSK-Frequency Shift Keying; e non solo, ma anche fasi col PSK e/o ampiezze con l’ASK) che rappresentano i vari bit. In altri termini, nell’analogico il segnale varia con continuità, mentre nel digitale salta sempre tra gli stessi “stati” discreti.

Le seguenti figure possono dare una vaga idea dell’andamento tipico dei due tipi di segnali:



**Segnale analogico**



**Segnale digitale ASK**

Infine, ci sembra utile commentare il paragone della **nave** e dell’**aereo**, che – non a caso – vogliono richiamare alla mente: - le fibre ottiche transoceaniche, che però attraversano il mare non stando a galla, ma posate sul fondo

- i ponti radio, che attraversano lunghe distanze “per aria” non volando, ma trasportando i bit con opportune “modulazioni” sulle onde elettromagnetiche, usate come “portanti”.

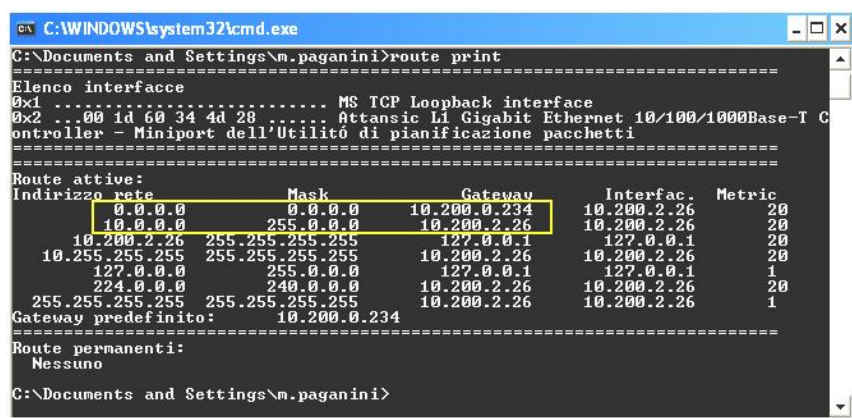
## Vedere per credere

Per vedere qualcosa del lavoro dei corrieri nelle reti reali, si possono usare alcuni comandi DOS come il ping, l'ipconfig, il route print e soprattutto il tracert.

Col **ping** verifichiamo soltanto che im determinato indirizzo IP sia raggiungibile, ossia risponda ad una richiesta di “eco”. La relativa schermata è già stata mostrata in precedenza.

Con **ipconfig**, come abbiamo già visto nella morale del secondo piano, è invece possibile rilevare l'indirizzo IP del proprio Default Gateway o Gateway predefinito (... lo sportello DG).

Il comando **route print**, dato al solito prompt del DOS, permette di vedere le rotte che il nostro PC ha appreso per instradare i Pacchetti che lui stesso genera.

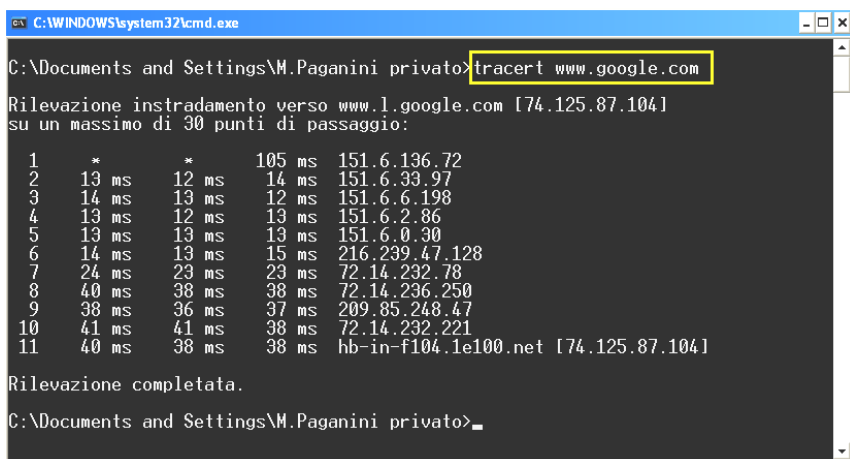


```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\m.paganini>route print
=====
Elenco interfacce
0x1 ..... MS TCP Loopback interface
0x2 ...00 id 60 34 4d 28 ..... Attansic LI Gigabit Ethernet 10/100/1000Base-T C
ontroller - Miniport dell'Utilità di pianificazione pacchetti
=====
Route attive:
Indirizzo rete          Mask          Gateway          Interfac.      Metric
0.0.0.0                 0.0.0.0       10.200.0.234     10.200.2.26    20
10.0.0.0                255.0.0.0     10.200.2.26     10.200.2.26    20
10.200.2.26             255.255.255.255 127.0.0.1       127.0.0.1      20
10.255.255.255          255.255.255.255 10.200.2.26     10.200.2.26    20
127.0.0.0               255.0.0.0     127.0.0.1       127.0.0.1      1
224.0.0.0               240.0.0.0     10.200.2.26     10.200.2.26    20
255.255.255.255         255.255.255.255 10.200.2.26     10.200.2.26    1
Gateway predefinito:    10.200.0.234
=====
Route permanenti:
Nessuno
C:\Documents and Settings\m.paganini>
```

La figura mostra che il risultato è alquanto complesso (Microsoft non si lascia sfuggire occasione per complicare le

cose semplici), ma le due rotte importanti sono evidenziate. La prima è quella che dice di mandare al DG (10.200.0.234) i Pacchetti per l'esterno (0.0.0.0); la seconda dice invece di mandare direttamente al destinatario i Pacchetti per altri computer della stessa rete (10.0.0.0) del nostro PC.

Il comando DOS **tracert** (che in altri Sistemi Operativi si chiama invece **traceroute**), fa un lavoro molto interessante per esaminare il lavoro dei corrieri e dei loro centri di smistamento. Traccia infatti tutti i passaggi di mano del nostro Pacchetto tra un router e l'altro, fino alla sua destinazione, indicandoci i tempi richiesti per ogni passaggio e l'IP o il nome dei router attraversati (in questo caso sono 11; in alcuni casi i router sono configurati per non rispondere al tracert, e la riga è sostituita da una serie di “\*”).



```
C:\WINDOWS\system32\cmd.exe
C:\Documents and Settings\M.Paganini privato>tracert www.google.com
Rilevazione instradamento verso www.l.google.com [74.125.87.104]
su un massimo di 30 punti di passaggio:
 1  *          *          105 ms  151.6.136.72
 2  13 ms      12 ms      14 ms  151.6.33.97
 3  14 ms      13 ms      12 ms  151.6.6.198
 4  13 ms      12 ms      13 ms  151.6.2.86
 5  13 ms      13 ms      13 ms  151.6.0.30
 6  14 ms      13 ms      15 ms  216.239.47.128
 7  24 ms      23 ms      23 ms  72.14.232.78
 8  40 ms      38 ms      38 ms  72.14.236.250
 9  38 ms      36 ms      37 ms  209.85.248.47
10  41 ms      41 ms      38 ms  72.14.232.221
11  40 ms      38 ms      38 ms  hb-in-f104.1e100.net [74.125.87.104]

Rilevazione completata.
C:\Documents and Settings\M.Paganini privato>_
```

Infine, se davvero si vogliono vedere rotte usate dai corrieri, e non solo da un PC (che è mittente o destinatario finale) occorre consultare la **tabella di instradamento** (routing table) di un vero router, cosa non accessibile a tutti i mortali. L'abbiamo fatto per voi, e quella seguente è una piccola “routing table” di esempio tratta da un router Cisco, che mostra vari tipi di rotte:

- C=direttamente connesse,
- S=statiche (date dall'amministratore)
- D=apprese da EIGRP/Dual, alcune delle quali EX=External.

Il "Gateway of last resort" (nella riga isolata) è dove viene inviato tutto il traffico verso destinazioni ignote (0.0.0.0/0). Esso non è stato configurato staticamente, ma è stato appreso da EIGRP, come si vede verso la fine della tabella, dove c'è la rotta D\*EX 0.0.0.0/0...: il segno aggiuntivo "\*" indica che la rotta è una "candidate default", ed essendo l'unica, diventa infatti il Gateway of last resort.

Nelle ultime righe si vedono anche tre rotte che inviano il traffico sull'interfaccia Null0, ossia che lo scartano (10.0.0.0/8, 172.16.0.0/12 e 192.168.0.0/16). Queste rotte realizzano il filtro che i Provider devono mettere in atto per bloccare il traffico verso gli indirizzi IP privati, che sono proprio quelli indicati.

```
Router9>show ip route
Codes: C - connected, S - static, R - RIP, M - mobile, B - BGP
       D - EIGRP, EX - EIGRP external, O - OSPF, IA - OSPF inter area
       N1 - OSPF NSSA external type 1, N2 - OSPF NSSA external type 2
       E1 - OSPF external type 1, E2 - OSPF external type 2
       i - IS-IS, su - IS-IS summary, L1 - IS-IS level-1, L2 - IS-IS level-2
       ia - IS-IS inter area, * - candidate default, U - per-user static route
       o - ODR, P - periodic downloaded static route

Gateway of last resort is 212.45.131.5 to network 0.0.0.0

D      212.45.144.0/24 [90/160512] via 212.45.131.56, 2d08h, FastEthernet0/0
D EX   212.45.146.0/24 [170/393472] via 212.45.131.56, 2d08h, FastEthernet0/0
C      212.45.131.0/24 is directly connected, FastEthernet0/0
C      212.45.130.0/26 is subnetted, 2 subnets
D      212.45.130.0 [90/28416] via 212.45.131.247, 2d08h, FastEthernet0/0
D EX   212.45.130.128 [170/28416] via 212.45.131.247, 2w0d, FastEthernet0/0
S      192.168.234.0/24 [1/0] via 193.43.96.242
C      10.0.0.0/8 is variably subnetted, 3 subnets, 3 masks
C      10.10.10.12/30 is directly connected, Tunnel4
D      10.50.49.0/24 [90/13122560] via 10.50.33.250, 7w0d, FastEthernet0/1.3
S      10.0.0.0/8 is directly connected, Null0
D*EX 0.0.0.0/0 [170/28672] via 212.45.131.5, 2d08h, FastEthernet0/0
S      172.16.0.0/12 is directly connected, Null0
S      192.168.0.0/16 is directly connected, Null0
Router9>
```



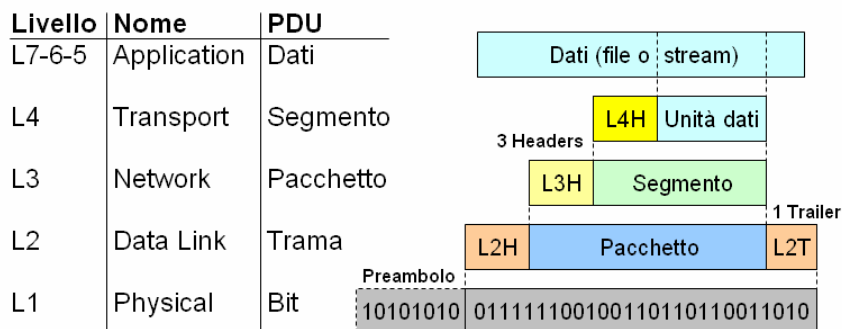


# LA MORALE DELLE MORALI

Questo capitolo finale riassume il comportamento delle reti TCP/IP che fanno funzionare il nostro PC di casa, la rete dell'ufficio e tutta Internet.

I dati prodotti da qualche programma (un file di testo, un foglio elettronico, un file musicale MP3 o WAV, un'immagine JPEG, un filmato MPEG, lo "streaming" prodotto da una webcam, ecc.) non possono essere inviati sulla rete in blocco. Le reti dividono i dati originali in unità da circa 1460 caratteri (o bytes) massimi, che spediscono singolarmente a destinazione.

Prima di inviarle, il mittente deve però "incapsulare" (o imbu-stare) tali unità, in un processo a più livelli qui schematizzato:



Aggiunge innanzitutto (a livello 4, si dice) una prima Testata o Header, che trasforma la singola unità di dati in un Segmento. In questa Testata sono indicati, tramite dei "numeri di porta", soprattutto i programmi (o "applicazioni") mittente e destinatario dei dati sui due computer, anche remoti l'uno all'altro (ad es. il mio Browser e un Server Web), che stanno comunicando. Sui computer moderni, infatti, possono "girare" molte applicazioni in contemporanea, e bisogna specificare a chi ci si rivolge.

Poi il Segmento passa al livello 3, che aggiunge un'ulteriore Testata di 20 bytes (L3H) che lo trasforma in un Pacchetto, di 1500 bytes massimi. Nella nuova Testata sono contenuti soprattutto gli indirizzi IP-Internet Protocol dei computer mittente e destinatario, che li rendono reperibili su Internet.

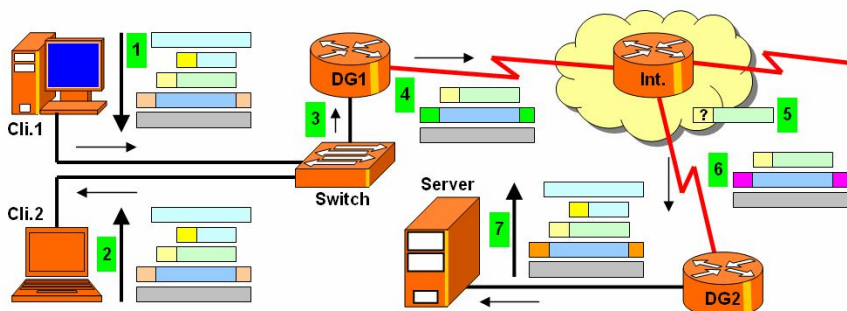
Il Pacchetto passa poi al livello 2, dove è aggiunta un'ultima busta che lo trasforma in una Trama (o Frame); questa busta ha, oltre alla Testata, una coda o Trailer, che serve per verificare l'integrità della Trama stessa quando viene ricevuta. Nella Testata della Trama è spesso presente un altro indirizzo di livello 2, che indica solo chi sia il prossimo destinatario immediato della Trama stessa, nel suo cammino verso la destinazione finale. I destinatari intermedi sono di solito gli "instradatori" (o router).

La Trama, finalmente, arriva al livello 1, dove la circuiteria della rete la porta dal mittente al successivo destinatario verso la sua meta... che può essere anche quello finale, se i due stanno sulla stessa rete!

Ovviamente, una volta arrivato a destinazione, il Pacchetto viene aperto, se ne estrae il Segmento e quindi i dati, con un processo di "decapsulamento" opposto a quello del mittente.

La seguente figura mostra il percorso dei Pacchetti dal mittente Cli.1 a due destinatari, uno locale (Cli.2) e uno remoto (Server).

#### Un esempio completo di LAN e di WAN, con Internet



In 1, il mittente incapsula i suoi dati come fin qui descritto.

Se i dati sono rivolti al Cli.2, che sta sulla stessa rete di Cli.1 (in mezzo c'è solo uno switch, che però non spezza le reti, operando a livello 2), allora Cli.1 indirizza la Trama, come posta interna, direttamente a Cli.2; qui essa viene decapsulata (2) estrandone i dati. Nessuno modifica la Trama creata dal mittente.

Se invece i dati sono rivolti a un Server remoto, Cli.1 li invia al suo router DG1, il Default Gateway verso l'esterno (3).

Questo router, come si vede, ha un ruolo molto semplice: ciò che arriva dall'interno viene instradato al router più vicino su Internet, che di solito è unico (4); e ciò che arriverà dall'esterno verrà consegnato al destinatario finale interno.

Il router Int. rappresenta tutti i router che il Pacchetto deve attraversare su Internet. Presso ogni router, il Pacchetto viene estratto dalla Trama di arrivo, e se ne esamina l'IP destinazione, in figura rappresentato da “?” (5). In base a tale IP, e alle rotte presenti nella Tabella di routing, Int. sceglie su quale interfaccia di uscita inoltrare il Pacchetto, e lo imbusta in una nuova Trama adatta al protocollo di livello 2 di tale interfaccia.

Così facendo, prima o poi il Pacchetto arriva (6) al router con ruolo di DG della rete dove si trova il destinatario.

Questo router è simile a DG1, e “butta dentro” tutto ciò che arriva da fuori. Scopre però, a differenza dei router precedenti, che anche lui ha un'interfaccia sulla stessa rete del destinatario (la rete indicata nel Pacchetto è a lui “direttamente connessa”) e che può quindi fargli la consegna finale.

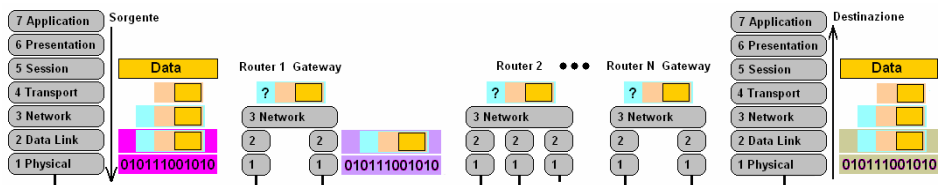
Il Pacchetto, giunto così al Server destinatario, può finalmente essere aperto (decapsulation) per estrarne i dati (7), che vengono man mano ricomposti fino a riprodurre il file originale.

Questa storia finisce di solito con una risposta del Server a Cli.1, in Pacchetti con gli IP mittente e destinatario scambiati.

Un'altra figura, che ci sembra molto utile, illustra lo stesso processo solo dal punto di vista dei livelli protocollari coinvolti nelle varie macchine.

Presso il mittente e il destinatario, la pila protocollare agisce in tutti i suoi 7 livelli, per incapsulare e decapsulare i dati.

Internet, invece, è popolata da router, che hanno solo 3 livelli<sup>o</sup>: L1 ed L2 sono specifici di ogni interfaccia, e gestiscono la trasmissione dei bit sul mezzo a loro collegato, e le Trame dello specifico protocollo di livello 2 configurato su ognuna. A livello 3, invece, si gioca la funzione più nobile dei router, quella che dà loro il nome: instradare i Pacchetti verso la rete dove si trova l'IP destinatario. Alcuni router, come i due Gateway in figura, hanno vita facile; ma i router centrali di internet (es. 2) devono prendere delle decisioni vere sulla via migliore da dare ai Pacchetti!



<sup>o</sup> Nota Bene: se i router hanno solo 3 livelli, come è possibile che, ad esempio, rispondano al Telnet, che è un protocollo di livello 7?

La risposta è che 3 sono i livelli su cui l'apparato principalmente opera, per fare da instradatore. Ma per facilitarne la gestione, specie da remoto, molti apparati moderni hanno anche l'intero stack protocollare, per poter rispondere ai protocolli, come il Telnet appunto, usati per controllarli. Ciò non modifica però le funzioni native di un router, che resta "di livello 3".

Analogamente, anche gli Switch, che operano solo ai livelli 1 e 2 per inoltrare le Trame da una porta Ethernet ad un'altra, restando all'interno della stessa rete, possono avere un IP di gestione e un'intera pila protocollare per far funzionare il Telnet, come qualunque computer.

Anche un moderno "freezer domotico", che risponde al Telnet, resta però inesorabilmente, per il suo compito, di livello... sotto zero!

## Conclusione

La nostra rocambolesca storia è giunta alla fine, perché molti altri sviluppi possono essere lasciati alla fantasia del lettore. Diamo solo alcuni spunti per rovinargli definitivamente il sogno.

L'offerta arriva, bella precisa e puntuale, a Mr. Jo F. Reader, che la trova concorrenziale, e risponde chiedendo alcuni chiarimenti e, ovviamente, uno sconto. Queste risposte inviate dalla ACME alla SanFran hanno semplicemente gli IP scambiati, come diceva Path, e come abbiamo ribadito in questo Capitolo.

Mark, consultata la direzione, tratta a sua volta, concede metà dello sconto richiesto e ottiene l'agognato ordine. Da quel punto in poi i rapporti tra le due società si infittiscono, e i successivi scambi tecnici e commerciali avvengono in regime di mutua autenticazione, trattandosi ormai di materia strategica.

Ma la vita va avanti anche su altri fronti.

Road ad esempio, il nipote di Mary, vedendo spesso la collega Patty per motivi di lavoro, comincia a trovarla simpatica, oltre che appassionata per le moto, e l'anno dopo i due si sposano. Il primo figlio, un bel bambino paffuto, si chiamerà Francisco.

Mary Word, invece, sempre brava e precisa, ma un po' sulle sue, resta zitella, e i colleghi negli ultimi anni se la filano sempre meno, specie da quando produce file .docx!

Inoltre, il PC di Mark entra in rete, come c'era da aspettarsi, e le relazioni con Mary diventano meno frequenti. Lui ormai scrive direttamente quasi tutti i suoi documenti, e gli piace così tanto che pare stia diventando uno scrittore...

Il sistema integrato di messaggistica andava come una favola. E scrissero tutti felici e contenti!





**Io scrivo,  
tu formatti,  
egli segmenta,  
noi impacchettiamo,  
voi imbustate,  
essi trasmettono...**

Questa breve storia “techno-fantasy” racconta, per lettori con un minimo di conoscenze di informatica e telecomunicazioni, come funzionano davvero le reti dati che tutti ormai usiamo per comunicare in vario modo: con le mail, con le chat, con i blog, tramite i vari social networks e perfino chiamandoci via voce o in video.

Assegnando a vari personaggi (Mark, Mary, Tiziano, Pablo...) i ruoli svolti dai diversi programmi e protocolli, e a vari luoghi fisici le parti dei diversi apparati e sistemi, la storia ci conduce per mano nell'avventura di un prezioso messaggio che deve essere trasmesso da un mittente a un destinatario.

Un modo romanzesco, divertente, alternativo, per spiegare argomenti “pesanti” come gli “stack” protocollari ISO/OSI e TCP/IP, o le mille funzionalità offerte dalle reti locali, da quelle geografiche e da Internet.

---

**Marco Paganini** è ingegnere elettronico e docente di networking in eForHum, la principale Cisco Regional Academy di Milano, di cui è cofondatore. Ha pubblicato anche libri seri:

- “640 Domande e 802 Risposte sulle reti LAN e WAN” per la preparazione alla Certificazione Cisco CCNA #640-802, e
- “Tecnico dei PC e delle reti”, per i corsi Cisco IT Essentials.

Giancarlo Paganini, fratello di Marco, è un grafico, umorista e vignettista, e si è occupato delle illustrazioni. È più noto con lo pseudonimo di **Lupo** e gestisce il sito [www.wildpen.it](http://www.wildpen.it).

**PRO MANUSCRIPTO**