



Marco Ajmone Marsan, Franco Guadagni,
Luciano Lenzini
Le reti a pacchetto

E
S
T
R
A
T
T
O
D
A

STORIA DELLE TELECOMUNICAZIONI

a cura di
Virginio Cantoni
Gabriele Falciasecca
Giuseppe Pelosi

La rivoluzione dei pacchetti (a cura di MARCO AJMONE MARSAN)

In principio...

Molte delle storie che narrano gli albori di Internet iniziano con la data del 4 ottobre 1957, giorno del lancio dello *СПУТНИК-1* (Sputnik-1 in caratteri latini, o Satellite-1 in italiano). Questo capitolo è dedicato al racconto dei primi passi e degli sviluppi della tecnologia delle reti a pacchetto in Italia, ma non può prescindere dalla nascita di questo tipo di reti negli Stati Uniti, quindi da ARPANET e da Internet.

Partiamo allora anche noi da quel giorno di inizio ottobre 1957, in cui l'Unione Sovietica diede dimostrazione delle proprie capacità tecnologiche, lanciando dal cosmodromo di Baikonur su un'orbita ellittica bassa una sfera di alluminio di circa 58 cm di diametro e 80 chili di peso, con 4 lunghe antenne, che per quasi 2 mesi continuò a orbitare, passando sopra le nostre teste ogni circa 90 minuti, trasmettendo a terra segnali di telemetria, che venivano ricevuti da tutti gli osservatori astronomici del mondo e da molti radioamatori (in Italia divennero famosi i fratelli Judica-Cordiglia).

L'entusiasmo che il lancio del primo satellite artificiale della storia produsse nel grande pubblico fu enorme, accreditando l'esplorazione spaziale come una delle grandi sfide tecnologiche dell'umanità per gli anni successivi. Di fondamentale importanza a livello politico fu anche l'affermazione sui media internazionali della supremazia tecnologica dell'Unione Sovietica rispetto agli Stati Uniti. Questo fatto ebbe un impatto particolarmente profondo negli USA, dove vennero immediatamente stanziati ingenti finanziamenti per il sistema pubblico dell'istruzione superiore e della ricerca, con l'obiettivo di ristabilire rapidamente il primato scientifico e tecnologico statunitense.

Tre le numerose iniziative volte a rivitalizzare il sistema della ricerca americano, particolare importanza per la nostra storia ha la costituzione della Advanced Research Projects Agency (ARPA), nel febbraio 1958, in seno al Dipartimento della Difesa (DoD) degli Stati Uniti. I progetti dell'ARPA inizialmente riguardarono soprattutto il settore delle tecnologie spaziali, ma poi furono estesi anche ad altri ambiti. Il primo grande progetto ARPA nel settore dell'informazione fu il famoso *Project MAC*, mediante il quale, nei laboratori del MIT, con il supporto di General Electric e dei Bell Labs, vennero sviluppati i fondamenti

dei sistemi di elaborazione *timesharing*. Il secondo grande progetto nel settore dell'informazione riguardò la sperimentazione di una rete di calcolatori, che dall'agenzia finanziatrice prese il nome: ARPANET.

Pacchetti

Già prima del lancio dello Sputnik-1, alcuni ricercatori statunitensi e inglesi avevano iniziato a riflettere sulla possibilità di collegare più calcolatori in rete, in modo da facilitare lo scambio di dati tra utenti e l'accesso remoto ad elaboratori di grandi capacità. Non è facile identificare tutte le persone che hanno avuto un ruolo pionieristico nel campo delle reti di calcolatori, anche perché lo straordinario successo di Internet ha portato a molte rivendicazioni di paternità (si dice che le sconfitte sono orfane, mentre le vittorie hanno mille padri; Internet è un magnifico esempio del secondo caso). Ci accolleremo comunque i rischi di citare alcune tra le figure più importanti, chiedendo scusa a coloro che non troveranno spazio in queste poche pagine.

Quattro sono le figure principali a cui si può far risalire l'intuizione che il collegamento di calcolatori potesse avvenire più efficacemente mediante una modalità di comunicazione differente da quella in uso nei sistemi telefonici: Leonard Kleinrock, Paul Baran, Joseph Licklider, e Donald Davies.

Leonard Kleinrock, con la propria tesi di dottorato intitolata "Message Delay in Communication Nets with Storage"¹ su cui lavorò al MIT negli anni 1961-62 pose le basi teoriche della commutazione di pacchetto.

Paul Baran, ricercatore presso la RAND Corporation, ebbe l'incarico di studiare sistemi di comunicazione militari in grado di resistere ad attacchi nucleari. Nel suo rapporto "On Distributed Communications"² del 1964 propose e simulò una rete di calcolatori a commutazione di pacchetto, arrivando anche a una definizione preliminare di alcuni protocolli di comunicazione.

Joseph Licklider nell'estate del 1962 alla BBN (Bolt Beranek and Newman) scrisse una serie di documenti sul tema di una "Intergalactic Computer Network"³ che contenevano molti dei concetti che guidarono la realizzazione delle reti a pacchetto; nel mese di ottobre dello stesso anno fu nominato direttore del nuovo *Information Processing Techniques Office* dell'ARPA.

Donald Davies, ricercatore presso il National Physical Laboratory di Teddington, vicino a Londra (lo stesso dove Alan Turing progettò la ACE – Automatic Computing Engine) nel 1965 propose una rete a pacchetto per coprire tutto il territorio nazionale. A lui si deve anche il termine *packet switching* ovvero "commutazione di pacchetto".

L'intuizione che accomuna questi quattro ricercatori sta nel fatto che un nuovo paradigma di comunicazione diventa necessario quando ad interagire non sono esseri umani, come nel caso dei telefoni, ma calcolatori elettronici.

¹ Kleinrock 1961-62.

² Baran 1964.

³ Licklider 1962.

Infatti, mentre le persone comunicano con continuità, i calcolatori elettronici scambiano informazioni in modo intermittente, così che è allo stesso tempo inutile e costoso stabilire un collegamento continuo tra due calcolatori. Meglio è utilizzare un meccanismo analogo al sistema postale, in grado di trasferire da un calcolatore ad un altro un messaggio, anche detto pacchetto di dati, o solo pacchetto, o ancora *datagram*, in analogia al telegramma. Quindi, mentre nel caso del telefono un utente chiede alla rete di essere collegato all'interlocutore prescelto e la rete stabilisce un collegamento continuo tra i due, che rimane in vita per tutto il tempo della conversazione, anche se questa viene interrotta per esempio per cercare una matita per prendere un appunto, nel caso dei calcolatori non servono collegamenti continui. I calcolatori preparano pacchetti dati, che da una parte contengono l'indirizzo del destinatario e dall'altra l'informazione da trasferire, come nel sistema postale la busta contiene l'indirizzo del destinatario e la lettera contiene l'informazione. I pacchetti viaggiano dal calcolatore sorgente, che li ha generati, al calcolatore destinazione, che deve ricevere i dati, attraversando una serie di elementi intermedi, chiamati commutatori, o *router* nel gergo di Internet, il cui ruolo è analogo a quello degli uffici postali, che smistano le lettere verso la destinazione corretta.

I vantaggi che si ottengono con questa nuova tecnica sono molti. Anzitutto, la fase preliminare di apertura del collegamento viene eliminata. Nel caso di una telefonata, questa fase preliminare consiste nella composizione del numero dell'interlocutore e nell'attesa della sua risposta e ha una durata normalmente trascurabile rispetto alla conversazione. Nel caso di una comunicazione tra calcolatori, la fase di trasferimento dati è spesso molto breve; quindi il peso relativo della fase iniziale risulterebbe molto elevato (come per una conversazione telefonica che durasse pochi millisecondi). In secondo luogo, l'eliminazione di un collegamento diretto tra sorgente e destinazione permette di disaccoppiare le caratteristiche dei due interlocutori, creando le possibilità per collegare calcolatori con caratteristiche differenti. La commutazione di pacchetto offre poi tutta una serie di altri vantaggi di tipo troppo tecnico per essere discussi in queste poche pagine, ma comporta anche alcuni innegabili svantaggi, primo tra tutti l'impossibilità di fornire garanzie sulle prestazioni della rete. Gli svantaggi non hanno però ostacolato finora la diffusione di questa tecnologia a molti settori applicativi inimmaginabili un tempo (per esempio lo *streaming* voce e video).

ARPANET

Robert Taylor, successore di Licklider nella posizione di direttore dell'*Information Processing Techniques Office* dell'ARPA ricevette dal direttore dell'agenzia la promessa di un finanziamento pari a un milione di dollari, se fosse riuscito ad organizzare un progetto per sperimentare una rete di calcolatori a pacchetto. Taylor convinse Larry Roberts, che lavorava al Lincoln Lab del MIT, a preparare un progetto, che fu approvato nel mese di giugno del 1968. Il 7 aprile 1969 il contratto per la realizzazione di ARPANET fu affidato a BBN, che sviluppò gli apparati per la prima sperimentazione (gli IMP – Interface Message Processors



29 Oct 1969	2:00	LOADED CP. PROGRAM (SK FOR SEN BARBER BBV)	
	27:30	Talked to SRI Host to Host	CSK
		Left top imp program (SK) running after sending a host send message to imp.	

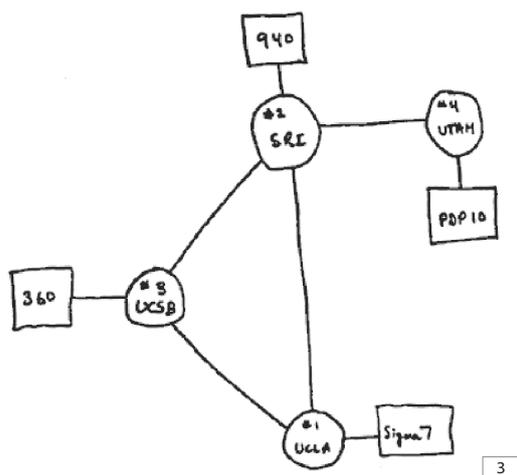


Figura 1. Leonard Kleinrock con il primo IMP.
Figura 2. Il resoconto del primo esperimento di ARPANET del 29 ottobre 1969.
Figura 3. La mappa di ARPANET a fine 1969.

(Fig. 1) – che furono gli antenati dei router odierni), che ebbe inizio lo stesso anno. Il primo trasferimento di dati su ARPANET ebbe luogo il 29 ottobre 1969 (Fig. 2), tramite il collegamento tra un computer del laboratorio di Kleinrock a Los Angeles presso la UCLA e un computer collocato allo Stanford Research Institute (SRI) di Palo Alto, nella zona di San Francisco. Il primo messaggio che fu spedito doveva essere un accesso remoto al computer di SRI e quindi iniziava con la parola “login” ma dopo le prime due lettere il sistema andò in crash. Il problema fu prontamente risolto e il collegamento tra UCLA e SRI divenne operativo pochi giorni dopo.

Può essere interessante osservare come prosegue la correlazione tra la storia delle reti a pacchetto e quella delle esplorazioni spaziali. Se il lancio dello Sputnik-1 fu in qualche modo la causa del finanziamento di ARPA, ed ARPANET diventò operativa nel 1969, il 21 luglio dello stesso 1969 Neil Armstrong fu il primo uomo a posare il piede sulla luna. Mentre però tutto il mondo seguì in mondovisione lo sbarco sulla luna, nessuno era al corrente dei primi esperimenti della rete che sarebbe poi diventata Internet. L’attenzione del mondo era tutta concentrata sulla tecnologia spaziale, che, almeno finora, ha avuto un impatto

molto limitato sulle nostre vite, mentre la nascita della tecnologia che forse ha maggiormente modificato il nostro modo di vivere e lavorare passò sotto silenzio. D’altra parte, se ricordiamo uno dei più famosi film di fantascienza di quegli anni: *2001 Odissea nello Spazio* di Stanley Kubrick, del 1968, possiamo osservare come la vera tecnologia fantascientifica della storia sia quella dell’astronave. Il computer di bordo è un *mainframe*, non un sistema distribuito o una rete, anche se le reti in quegli anni erano una tecnologia molto meno futuribile delle astronavi interplanetarie.

La crescita di ARPANET fu rapida. Dai due nodi del primo esperimento si passò subito a 4, aggiungendo le Università di Santa Barbara e dello Utah che furono collegate a fine 1969 (Fig. 3).

Nel mese di marzo del 1970 fu collegato un IMP presso la sede di BBN, così che la rete raggiunse la costa atlantica degli Stati Uniti. A fine 1970 gli IMP erano 13 (Fig. 4). A metà del 1974 arrivarono a 46. Nel 1978 furono aggiunti 2 canali via satellite per raggiungere le Hawaii attraverso l'oceano Pacifico e l'Europa attraverso l'oceano Atlantico. Nel 1981 si arrivò a 213 IMP (Fig. 5).

L'importanza di ARPANET era ormai evidente ai ricercatori del mondo delle telecomunicazioni e dell'informatica e i paesi più avanzati iniziarono a sviluppare progetti nazionali per sperimentare questa nuova tecnologia e per collegarsi alla grande rete.

Prima di affrontare il caso specifico della tecnologia delle reti a pacchetto in Italia è però necessario un approfondimento tecnologico sul versante dei protocolli e dei servizi di rete.

Protocolli e servizi

Il funzionamento di una rete di calcolatori è governato da un insieme di regole che definiscono la sintassi e la semantica dei messaggi, come pure la temporizzazione che lo scambio di informazioni deve rispettare. Queste regole danno origine ad algoritmi, che sono implementati mediante apposite procedure software, chiamate protocolli di comunicazione. I protocolli hanno l'obiettivo di produrre un corretto funzionamento della rete, al fine di garantire i servizi di trasferimento dati con le prestazioni desiderate dal progettista e dagli utenti.

I protocolli di comunicazione di ARPANET prima, e di Internet poi, hanno subito una significativa evoluzione negli oltre 40 anni di vita della rete.

Il primo protocollo di ARPANET fu definito nel rapporto BBN 1882 e prese quindi il nome di *protocollo 1882*. Con esso i computer potevano inviare

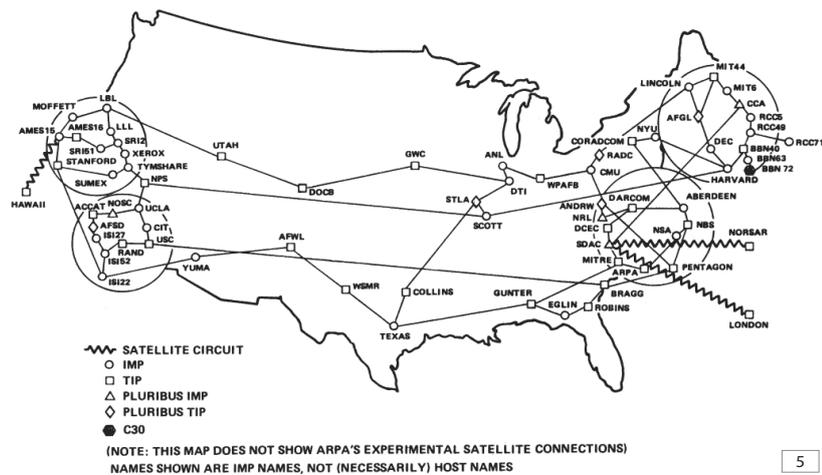
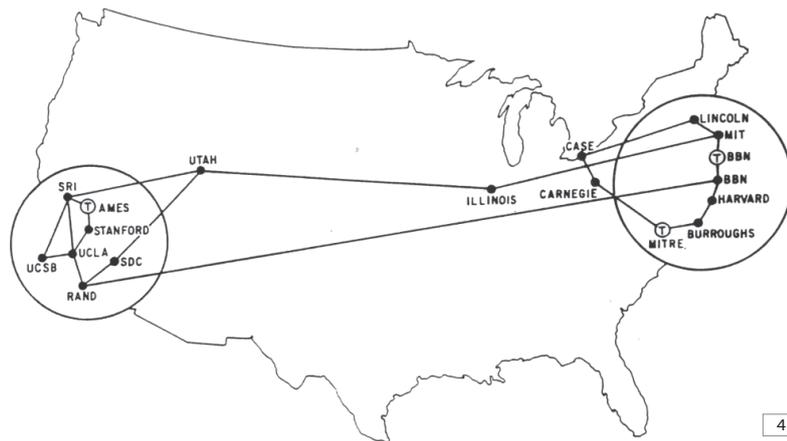


Figura 4. La mappa di ARPANET nel 1971.

Figura 5. La mappa di ARPANET nel 1981.

al proprio interlocutore pacchetti di dimensione massima pari a 8159 bit, il cui formato prevedeva un campo di tipo, un campo di indirizzo e un campo per i dati. Quando il pacchetto veniva consegnato alla destinazione, questa inviava un messaggio di conferma di ricezione alla sorgente, denominato RFNM (Ready For Next Message). Il protocollo 1822 copriva quelli che oggi chiameremmo livelli fisico, collegamento e rete.

La generazione successiva dei protocolli ARPANET è rappresentata da NCP (Network Control Program), sviluppato da Vinton Cerf, che permise la comunicazione tra processi attivi sui calcolatori della rete, aprendo la strada alla implementazione di applicazioni distribuite. NCP rappresenta un antesignano degli odierni protocolli di trasporto e comprendeva due protocolli: *ARPANET Host-to-Host Protocol* (AHHP) e *Initial Connection Protocol* (ICP). AHHP definiva le regole per la trasmissione unidirezionale di dati tra due processi attivi su due calcolatori collegati alla rete e ICP definiva le regole per l'apertura di due flussi unidirezionali tra gli stessi processi. I protocolli applicativi che implementavano ad esempio i servizi di posta elettronica e di trasferimento di file si interfacciavano con NCP e ne utilizzavano il servizio.

La prima specifica del protocollo di trasferimento di file su ARPANET (FTP – File Transfer Protocol) risale al 16 aprile 1971, con la RFC 114 (si chiamano RFC – Request For Comments – i documenti che definiscono gli standard di Internet), mentre il primo protocollo per la posta elettronica in rete (la posta elettronica era un servizio comune già sui calcolatori timesharing) fu realizzato da Ray Tomlinson di BBN nel 1971, proponendo l'uso del carattere @ negli indirizzi. Il protocollo standard per la posta elettronica, SMTP (Simple Mail Transfer Protocol) fu definito nella RFC 821, di John Postel, del 1982.

Nel 1973 Vinton Cerf e Robert Kahn, con il contributo di altri ricercatori del settore delle reti di calcolatori, svilupparono i protocolli TCP (Transmission Control Protocol) e IP (Internet Protocol), definiti nelle RFC 675 di dicembre 1974, 760 e 761 di gennaio 1980, che sostituirono NCP in tutti i calcolatori di ARPANET a partire dal 1 gennaio 1983.

La posta elettronica e il trasferimento di file rimasero per molti anni le principali applicazioni delle reti a pacchetto, dal momento che i meccanismi di ricerca delle informazioni disponibili sui calcolatori collegati in rete erano estremamente limitati, essendo basati su liste di menu testuali. Con l'applicazione ai meccanismi di ricerca dei concetti relativi agli ipertesti, effettuata da parte di Tim Berners-Lee del CERN, la possibilità di reperire informazioni nella rete ebbe un immediato successo, anche grazie alla implementazione del primo browser grafico (Mosaic, che sarebbe diventato poi Netscape, Mozilla e oggi Firefox) da parte di Marc Andresseen dell'Università dell'Illinois a Urbana-Champaign. L'era del web era iniziata e con lei il grande successo di Internet, che prosegue oggi con gli applicativi di *streaming*, i sistemi *peer-to-peer* e le *social network*.

Molte reti

La prima dimostrazione pubblica di ARPANET all'International Conference on Computer Communications (ICCC) di Washington del 1972 fu un enorme

successo, al punto di stimolare la realizzazione di reti a pacchetto commerciali, la prima delle quali fu Telenet, che iniziò ad operare nel 1974, offrendo il proprio servizio in sette tra le principali città degli Stati Uniti. Molte altre reti a pacchetto per centri di ricerca, università o servizi commerciali vennero in seguito realizzate, spesso con hardware e software incompatibili tra loro. Per questo motivo, nel 1977 l'ISO (International Organization for Standardization) iniziò ad elaborare una serie di standard per i protocolli di reti di calcolatori eterogenee, cioè realizzate con calcolatori di costruttori diversi e quindi basati su hardware e software diversi, a cui fu dato il nome OSI (Open Systems Interconnection). Mentre però gli standard OSI venivano laboriosamente elaborati sulla carta, i protocolli di Internet diventavano uno standard di fatto e conquistavano il mercato.

La definitiva apertura di Internet ad un insieme di reti interconnesse avvenne con l'abbandono del protocollo di instradamento centralizzato EGP (Exterior Gateway Protocol), originariamente sviluppato nel 1982 dalla BBN, con BGP (Border Gateway Protocol), un protocollo di routing distribuito inizialmente definito nel 1989 con la RFC 1105, la cui versione 4 è in uso dal 1994.

I finanziamenti del governo statunitense alla sperimentazione pubblica delle reti a pacchetto continuarono fino al 1995. Quando si stava avvicinando la scadenza, furono molti a prevedere la fine del mondo delle reti a pacchetto, ma la fine del mondo non ci fu (come sempre accade). Anzi, la combinazione delle reti della ricerca con le reti commerciali produsse una ulteriore accelerazione della diffusione delle tecnologie a pacchetto, alla quale stiamo assistendo ancora oggi e probabilmente assisteremo per un po' di tempo ancora.

I primi passi in Italia (a cura di LUCIANO LENZINI)

I primi esperimenti: Rpcnet (1970-1982)

In ambito scientifico pisano la rete ARPANET cominciò a destare un fortissimo interesse già a partire dal 1970, quando un gruppo di giovani ricercatori (età media 25 anni) del Centro Nazionale Universitario di Calcolo Elettronico (CNUCE) dell'Università di Pisa – fondato pochi anni prima dal Rettore Sandro Faedo e diretto da Guido Torrigiani – intravide nelle reti di calcolatori un'opportunità straordinaria non solo per svolgere studi e ricerche in un settore scientifico allora di frontiera, ma anche per valutare l'impatto che tale tecnologia avrebbe avuto nel modo di erogare servizio da parte dei centri di calcolo scientifico nazionali.

Per i più giovani è forse utile ricordare che in quel periodo non esistevano né le LAN né i personal computer: il calcolo scientifico veniva erogato da un elevato numero di centri di calcolo dislocati sul territorio Italiano, dotati di grossi elaboratori (i *mainframe*) ai quali il ricercatore si collegava con terminali simili a telescriventi mediante linee commutate prelevate di solito dall'infrastruttura telefonica classica.

L'intuizione di Faedo e Torrigiani, che a distanza di anni risultò vincente, fu proprio quella di avviare al CNUCE un'attività di ricerca sulle reti di calcolatori

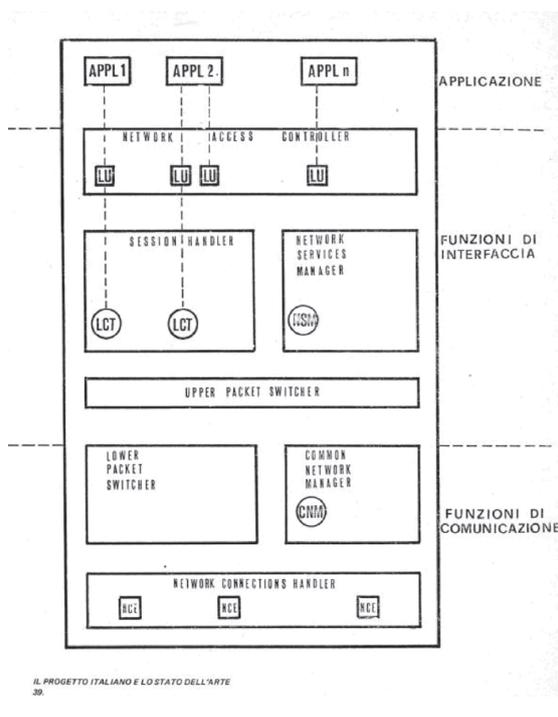


Figura 6. L'architettura di Rpcnet.

e contestualmente di promuovere la collaborazione tra i centri di calcolo, integrando, nel quadro di una rete a commutazione di pacchetto, i servizi da essi individualmente offerti senza però interferire con la normale attività dei singoli centri e, allo stesso tempo, minimizzando le risorse aggiuntive da dedicare al *networking*.

Per poter concretizzare queste intuizioni, in prima istanza il CNUCE avviò una collaborazione con il Centro Scientifico IBM di Pisa diretto da Renzo Marconi. Quattro ricercatori pisani, due del CNUCE (Luciano Lenzini e Renato Matteucci) e due del Centro Scientifico IBM di Pisa (Paolo Franchi e Alessandro Fusi), si trasferirono dal '73 al '74 al Centro Scientifico IBM di Cambridge (Massachusetts,

USA) con l'obiettivo di effettuare studi e ricerche sul computer *networking*. Qui poterono contare sulla collaborazione non solo dell'ambiente scientifico IBM di Cambridge, ma anche di altre istituzioni di ricerca statunitensi. Ricordo in particolare gli scambi di idee del gruppo italiano con i progettisti dell'IBM Watson Research Center di Yorktown Heights che lavoravano all'architettura proprietaria IBM denominata Systems Network Architecture (SNA), con alcuni sviluppatori dell'azienda BBN di Cambridge (Massachusetts, USA) impegnati nella realizzazione dei primi IMP di ARPANET, oltre che con i progettisti della rete Merit sviluppata all'Università del Michigan.

Nel mese di giugno 1974, fu formalizzato l'avvio del progetto REEL (Rete di Elaboratori) fra CNEN (Divisione Gestione Sistema Informativo, Bologna), CNR (Istituto CNUCE⁴, Pisa), CSATA (Centro Studi Applicazioni Tecnologie Avanzate, Bari), Centro Scientifico IBM di Pisa, e i centri di calcolo delle Università di Padova e di Torino per la progettazione e la realizzazione di una rete di calcolatori a commutazione di pacchetto tra i vari centri di calcolo delle suddette istituzioni: nasceva Rpcnet (REEL Project Computer NETwork). La descrizione dell'architettura Rpcnet che ne derivò è riportata in Lenzini e Sommi⁵.

In termini molto generali, possiamo dire che l'architettura di Rpcnet, illustrata in Figura 6, è strutturata in due livelli funzionali: il primo, partendo dal basso, comprende le funzioni di comunicazione, mentre il secondo include le funzioni di interfaccia.

⁴ Nato come centro di calcolo dell'Università di Pisa, nel 1974 il CNUCE si trasformò in un Istituto del CNR.

⁵ Lenzini e Sommi 1976.

Tra le funzioni di comunicazione meritano di essere menzionate la gestione dei canali fisici tra nodi adiacenti, il forward dei pacchetti e il protocollo di routing, tramite il quale vengono popolate le tabelle di routing e viene gestita la riconfigurazione della rete nel caso di cadute/attivazioni di componenti hardware/software.

Applicazioni residenti su elaboratori diversi scambiano dati attraverso i canali logici resi disponibili dalle funzioni di interfaccia⁶, tra le quali ricordiamo il controllo di flusso, la segmentazione ed il riassettaggio dei blocchi di dati scambiati, il recupero da situazioni di errore ed il controllo del dialogo (half-duplex/full-duplex). Da notare che, dopo alcuni anni, ritroveremo quest'ultima caratteristica nel livello di sessione del modello OSI. Un'altra caratteristica importante delle funzioni di interfaccia è la gestione di un servizio *connectionless* a livello applicativo (quello che ritroveremo dopo alcuni anni come servizio UDP in Internet) sul quale veniva "mappato" il servizio di messaggistica tra utenti, ovvero quello che oggi viene chiamato servizio di posta elettronica.

Per rendere il progetto REEL visibile a livello nazionale, il 21 ottobre del 1976, CNUCE e Centro Scientifico IBM di Pisa tennero una conferenza stampa a Milano per i giornalisti scientifici italiani; il giorno successivo, a Venezia, si svolse una giornata di studio dedicata alla presentazione dell'architettura e dei protocolli di Rpcnet (Fig. 7): vi presero parte, davanti a un folto pubblico, i principali rappresentanti della comunità scientifica nazionale e delle aziende che in quel periodo operavano nel settore ICT. Per la prima volta veniva presentata una rete nazionale a commutazione di pacchetto interamente progettata ed implementata in Italia.

Alla fine del 1976, il software Rpcnet era già funzionante sui sistemi operativi VM/370 e OS/VS installati sugli elaboratori IBM System/370 di cui erano dotati i partner del progetto REEL. Il minicalcolatore IBM System/7 (con il ruolo di *front end processor*), disponibile presso alcuni centri di calcolo, svolgeva anche il ruolo di concentratore di terminali⁷. Tra il 1976 e il 1978 il software Rpcnet fu reso più affidabile e arricchito di strumenti sia per la misura del traffico tra i nodi della rete sia per la raccolta di altri dati statistici. Nel 1978 la Commissione Generale per l'Informatica del CNR, presieduta da Giuseppe Biorci, decise di sperimentare Rpcnet tra i centri di calcolo dello stesso Consiglio Nazionale

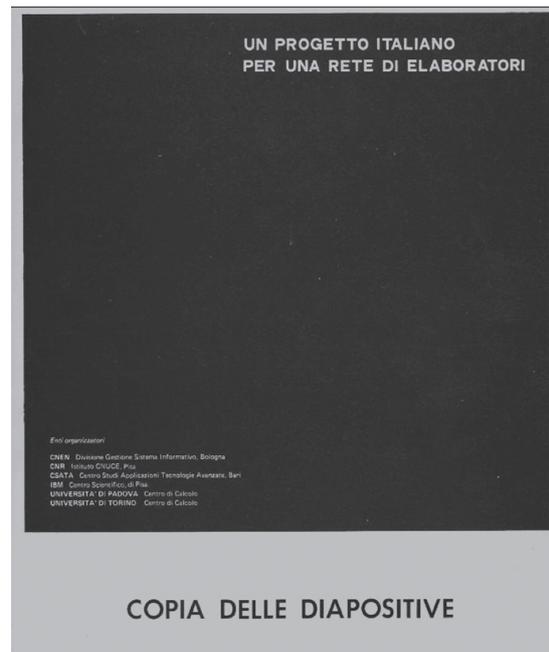


Figura 7. La copertina della cartella che fu distribuita ai partecipanti durante la giornata di studio di Venezia.

⁶ Franchi e Fusi 1975.

⁷ Lazzeri et al. 1978.

delle Ricerche per attuare la propria politica nazionale di calcolo. Rpcnet contribuì indubbiamente a creare una cultura di *networking* tra i gestori del calcolo in ambito CNR e Universitario e quindi a preparare il terreno che avrebbe, a distanza di qualche anno, facilitato il passaggio alla rete Internet.

L'esperimento, terminato nel dicembre 1982, dimostrò come, grazie a Rpcnet, fosse possibile non solo integrare le risorse hardware e software dei centri di calcolo partecipanti, ma anche, e soprattutto, trasferire preziose conoscenze culturali e professionali dai centri di calcolo più avanzati a quelli di nuova istituzione.

Le applicazioni di file transfer, accesso remoto dei terminali interattivi e di messaggistica, furono usate in misura sempre più elevata dagli utenti Rpcnet come evidenziarono le misure di traffico raccolte in quel periodo. Dovette invece passare molto tempo prima che gli utenti cominciassero ad apprezzare i vantaggi di avere un *mainframe* di media potenza locale, con il quale soddisfare particolari esigenze (editing, messa a punto di programmi, ecc.), oltre alla possibilità di richiedere, tramite Rpcnet, servizi residenti su *mainframe* remoti.

Altri obiettivi di primaria importanza raggiunti nel corso dell'esperimento furono, ad esempio, il test di certe strutture organizzative e la razionalizzazione della distribuzione del software applicativo nei vari centri di calcolo di Rpcnet.

Anche in casa IBM le competenze maturate con la progettazione e lo sviluppo della rete Rpcnet ebbero ricadute interessanti con il progetto PISA (Prototype for Interconnection of Series/1 Applications) fra il Centro Scientifico IBM di Pisa e il Laboratorio di Sviluppo della IBM di Boca Raton (Florida). Il risultato fu la progettazione e lo sviluppo di un prototipo di rete di elaboratori basato su sistemi mini IBM Serie/1, automaticamente riconfigurabile e con ottime prestazioni. I risultati di tale progetto furono presentati in una dimostrazione con un gruppo di 10 sistemi Serie/1 interconnessi fra loro e 20 utenti che lavoravano a terminale e si scambiavano dati e archivi. Le connessioni fra i sistemi venivano cambiate in modo casuale mentre la rete era operativa ma gli operatori continuavano a lavorare senza alcun inconveniente. Nonostante le caratteristiche più che interessanti il prototipo rimase tale data la strategia diversa adottata nel *networking* dalla IBM, nota come Systems Network Architecture o SNA.

Lo standard OSI: OSIRIDE (1976-1985)

Rpcnet assurse al ruolo di elemento caratterizzante del sistema di calcolo CNR, anche se la rete evidenziò presto grossi limiti, sostanzialmente insuperabili se non ricorrendo a un approccio radicalmente diverso. In primis, Rpcnet era realizzato solamente sui sistemi operativi IBM per cui di fatto escludeva dall'inserimento in rete qualunque calcolatore che non fosse prodotto da *Big Blue*. I protocolli di Rpcnet, inoltre, non erano conformi agli standard internazionali OSI (Open Systems Interconnection) dell'ISO (International Standards Organization): standard ormai consolidati e sui quali pesavano il consenso pressoché unanime a livello internazionale da parte dei costruttori di *mainframe* e le concrete aspettative degli utenti. Rpcnet, in particolare, non supportava i protocolli di interfaccia X-25 che, oltre ad essere stati inglobati nell'OSI, erano implementati dalla rete a pacchetto nazionale (ITAPAC) gestita dalla SIP.

Per risolvere questi problemi, il CNUCE, diretto in quel periodo da Gianfranco Capriz, propose al CNR il varo del progetto OSIRIDE (OSI su Rete Italiana Dati Eterogenea) adottando l'architettura e i protocolli dell'OSI per interconnettere i centri di calcolo CNR e Universitari italiani.

Siamo nel 1982. È bene sottolineare che già dal 1976 (anno in cui terminò la realizzazione di Rpcnet) un folto gruppo di ricercatori del CNUCE (con il cappello dell'UNIPREA) collaborava attivamente a livello internazionale alla definizione dell'architettura e dei protocolli dell'OSI. OSI sembrò pertanto la decisione più ovvia, in linea con le scelte che molte altre nazioni europee ed extraeuropee avevano fatto o si apprestavano a fare.

In base alle esigenze degli utenti del mondo scientifico italiano (ben note a seguito dell'esperienza Rpcnet) e dopo aver contattato le manifatturiere di elaboratori installati nel CNR per accertare la disponibilità di prodotti OSI, il team OSIRIDE selezionò, per ogni livello dell'architettura, i protocolli ritenuti utili per la comunità scientifica nazionale. Per i primi tre livelli in particolare fu, ovviamente, scelta l'X.25 di ITAPAC in modo da consentire ai vari centri di calcolo di comunicare tra loro attraverso i circuiti virtuali X.25 mentre per il livello applicativo furono scelti i protocolli di file transfer o FTAM e di posta elettronica o X.400. I dettagli delle scelte effettuate in quel periodo sono descritti in Caneschi et al.⁸.

Dopo alcuni test preliminari, il team di OSIRIDE si accorse ben presto che elaboratori di costruttori diversi non riuscivano a dialogare tra loro nonostante i rispettivi costruttori avessero dichiarato la conformità dei prodotti alle specifiche dei protocolli OSI. Ciascuna azienda, interpellata, finì per scaricare sulle imprese concorrenti ogni responsabilità. Per superare questa situazione di stallo fu attivata, nell'ambito del progetto OSIRIDE, l'iniziativa OSIRIDE-Intertest, con l'obiettivo di valutare la interoperabilità dei prodotti OSI forniti da sei costruttori (Bull, Digital, Hewlett-Packard, IBM, Olivetti, Unisys) i cui elaboratori erano presenti nei centri di calcolo CNR e universitari. Oltre ai sei costruttori, aderirono all'iniziativa anche la società Tecsiel del gruppo IRI-Finsiel (diretta in quel periodo da Gianfranco Capriz, ex direttore del CNUCE) e la SIP. TECSIEL, presente a Pisa con una filiale di 150 dipendenti (prevalentemente laureati), era specializzata nello sviluppo di protocolli di rete mentre la SIP aveva la responsabilità di gestire ITAPAC.

Questo approccio dava per scontato che ciascun partner di OSIRIDE avesse verificato la conformità dei propri prodotti all'OSI tramite, ad esempio, un centro di test. In alternativa, in OSIRIDE-Intertest fu effettuata la progettazione e l'implementazione di una architettura e di una metodologia di intertest tramite le quali il software OSI fornito dai costruttori, installato presso i centri di calcolo, potesse essere sollecitato con decine di migliaia di sequenze predefinite di servizi OSI (ad esempio, apertura di una connessione, invio dati, chiusura della connessione) o scenari di test. Da notare che tali scenari, definiti dai progettisti, potevano essere sia corretti (conformi cioè all'OSI) che errati: in quest'ultimo caso, il software OSI

⁸ Caneschi et al. 1986.

doveva ovviamente segnalare un errore. Il log dei test effettuati sul software OSI dei costruttori veniva poi confrontato automaticamente (utilizzando strumenti software) con i risultati previsti dall'OSI. Ogni qual volta si presentava un *mismatch*, i team locali dei costruttori intervenivano per cercare di risolvere il problema, spesso legato a un'interpretazione errata dello standard. Di frequente, durante la fase di *debug*, venivano coinvolti anche i laboratori di sviluppo del software OSI dei costruttori, localizzati in tutto il mondo. In alcuni casi furono invece scoperti degli errori negli standard per cui il CNUCE segnalò i medesimi ai comitati di standardizzazione dell'OSI affinché apportassero le modifiche necessarie. I dettagli di OSIRIDE-Intertest sono descritti in Lenzini e Zoccolini⁹.

Fu davvero sorprendente registrare come OSIRIDE-Intertest contribuì a rilevare centinaia di bug nei prodotti OSI rilasciati dai costruttori. Le aziende, prima dell'attivazione del progetto, erano convinte che il loro software fosse perfettamente conforme agli standard OSI, in quanto validato nei propri centri di test: nessuno dei costruttori volle mai rendere pubblico il documento che descriveva i bug scoperti e il CNUCE, che gestiva il documento, rispettò rigorosamente tale decisione.

A prescindere dai risultati, l'esperienza di OSIRIDE-Intertest si rivelò comunque preziosissima per me e per i miei colleghi del CNUCE. L'ambiente squisitamente tecnico, l'atmosfera socievole e collaborativa rendevano straordinaria ogni riunione con i tecnici delle aziende costruttrici e proficui i tentativi di risolvere i problemi localmente man mano che si presentavano.

In particolare, la relazione tra il laboratorio Tecsiel a Pisa ed il gruppo OSIRIDE del CNUCE è stata una delle più efficaci, esemplare per la stretta collaborazione (facilitata anche dalla vicinanza delle sedi, ma principalmente dovuta alla comunanza di interessi), pur nella accurata separazione dei compiti; compiti di suggeritori tecnico-scientifici e di controllori, svolti pubblicamente entro il CNUCE e di realizzatori di prodotti a fronte di commesse (richiedenti spesso riservatezza, talvolta molto stretta) svolti presso il laboratorio Tecsiel. Per qualche anno le commesse (affidate da molti costruttori mondiali di sistemi di elaborazione) hanno fornito una porzione cospicua del fatturato Tecsiel. Inoltre la collaborazione ha consentito la formazione rapida di una schiera di esperti assunti tra neolaurati di Ingegneria e Scienze dell'Università di Pisa.

La *Cooperation for Open Systems International*, la più grande organizzazione mondiale OSI costituita da tutti i costruttori di elaboratori, inserì OSIRIDE nel novero dei sei progetti OSI più interessanti a livello mondiale.

Nel 1986, dopo che il software OSI fu accuratamente testato nell'ambito di OSIRIDE-Intertest, si diede inizio alla pianificazione delle installazioni nei vari centri di calcolo coinvolti. Ma due eventi cruciali, avvenuti in quel periodo, decretarono la fine prematura del progetto: da una parte, l'insorgere di una crisi economica a livello mondiale, indusse i costruttori a non investire ulteriormente sui prodotti OSI; dall'altra, la scintilla di Internet e dei suoi servizi di telnet, file transfer e posta elettronica, fino a quel momento confinata negli ambienti

⁹ Lenzini e Zoccolini 1986.

scientifici e militari, scoccò e quindi pervase rapidamente la società civile. Ciò indusse il CNUCE (e quindi il CNR) a rivedere la propria politica di *networking*: scartando la scelta OSI a favore del TCP/IP.

La rete via satellite: STELLA (1978-1983)

In Europa la progettazione, realizzazione e sperimentazione della prima rete a pacchetto via satellite, denominata STELLA (Satellite Transmission Experiment Linking Laboratories), iniziò nel 1978 su richiesta e con il finanziamento dei fisici delle alte energie che in quel periodo effettuavano esperimenti sulle particelle elementari al CERN di Ginevra.

Le motivazioni che favorirono la nascita e lo sviluppo di STELLA vanno ricercate nella natura stessa degli esperimenti svolti dai fisici con l'acceleratore di particelle del CERN. Tali esperimenti di norma comportano la raccolta di enormi quantità di dati generati al CERN durante l'esecuzione degli esperimenti ed elaborati da gruppi di fisici dislocati in varie nazioni europee; l'assenza di un servizio di trasmissione dati ad altissima velocità tra il CERN e tali laboratori complicava notevolmente l'elaborazione dei dati sperimentali. Allora, infatti, i dati prodotti al CERN venivano memorizzati su nastri magnetici e successivamente trasportati nei singoli laboratori nazionali utilizzando metodi di trasporto convenzionali (macchina, treno, aereo, ecc.). Tale organizzazione del lavoro innescava l'ennuplicazione dei dati e dei programmi di elaborazione e un numero elevatissimo di trasferte dei gruppi di ricerca, con il risultato di precludere ai fisici non presenti al CERN la possibilità di seguire l'evoluzione temporale degli esperimenti e, quindi, il periodo più stimolante dell'esperimento. Per questi motivi il CERN mostrò un grande interesse alla proposta dell'ESA di utilizzare l'Orbital Test Satellite (OTS) per implementare un servizio dati ad alta velocità (2 Mbps) tra il CERN ed i laboratori di cinque istituzioni di ricerca: l'INFN (Pisa e Frascati) in Italia; il laboratorio di Rutherford (RL) in Inghilterra; il laboratorio di Desy, in Germania; l'University College (UC) of Dublin, EIRE; la Technical University (TU) of Graz, in Austria.

Nel 1978, tali istituzioni formalizzarono, assieme al CERN e l'ESA, la loro adesione al progetto STELLA nell'ambito del quale si formarono tre gruppi distinti ma in costante collaborazione: ESA, UC Dublin e TU Graz focalizzarono la loro attività di ricerca sui sistemi di antenna e di radio-frequenza oltre che sui sistemi di misura del canale satellitare; CERN, CNUCE e RL si dedicarono alla progettazione e allo sviluppo dell'architettura, dei protocolli e dell'hardware della rete packet switching via satellite OTS; infine, i fisici delle alte energie giocarono ovviamente il ruolo di utilizzatori dei servizi resi disponibili dal progetto. Da notare che l'INFN, non avendo esperienza nel settore del *networking*, coinvolse nello STELLA l'Istituto CNUCE del CNR il quale assunse la leadership nella progettazione e sviluppo della parte relativa al *networking*.

Ciascun partner del progetto si equipaggiò con un minicalcolatore PDP/11, denominato LDC (Link Data Computer) al quale si collegavano in sequenza il CIM (Communications Interface Module) che implementava il protocollo MAC di accesso al satellite (progettato dal CNUCE), il *modem* e un'antenna

satellitare del diametro di 5 metri. In Italia, l'antenna fu installata nel cortile del CNUCE, a Pisa. L'hardware del CIM fu progettato e realizzato dal CERN mentre il *modem* fu realizzato da Marconi e GTE su specifiche fornite dall'ESA. In ciascun laboratorio, l'LDC era collegato ad (almeno) una Local Area Network alla quale si collegavano inoltre uno o più *mainframes*.

In Italia il progetto fu possibile grazie al finanziamento dell'INFN, e alla sua capacità di persuadere Telespazio a installare l'antenna OTS al CNUCE dove venne effettuato lo sviluppo del software per l'intero progetto e la sperimentazione dei fisici italiani.

La prima fase del progetto STELLA, che da ora in avanti indicheremo con STELLA/I, si concluse all'inizio del 1981. L'architettura di STELLA/I era simile a quella di Satnet, ma con un protocollo MAC per l'accesso delle stazioni al canale via satellite molto più semplice. In particolare, il MAC apparteneva alla classe dei protocolli TDMA con trama dove, una piccola porzione della trama medesima veniva utilizzata in contesa (S-ALOHA) dalle varie stazioni per effettuare richieste di banda. Il servizio offerto da STELLA/I ai fisici fu il trasferimento di file tramite il quale archivi di grossa dimensione residenti su dischi o su nastri potevano essere trasmessi alla velocità di 1 Mbps tra i laboratori europei dei vari partner del progetto. I dati da trasferire dovevano però risiedere sui mini elaboratori (LDC) dislocati presso le stazioni di terra. In attesa che il satellite OTS fosse operativo per la sperimentazione, il software e l'hardware di STELLA/I vennero affinati (*debugged*) dal gruppo del CNUCE utilizzando il (glorioso) satellite Italiano SIRIO con apparecchiature messe a disposizione della Telespazio presso le stazioni del Fucino e di Gera Lario.

La seconda fase del progetto o STELLA/II, che ebbe inizio subito dopo la conclusione di STELLA/I e si concluse nel 1983, costituì l'evoluzione di STELLA/I in due direzioni. Da una parte, la progettazione e la realizzazione dell'applicazione di "Remote Control Room" tramite la quale fu dimostrato che i ricercatori dei laboratori remoti potevano seguire l'evoluzione dell'esperimento effettuato presso l'acceleratore di particelle al pari dei loro colleghi presenti al CERN. Dall'altra, l'interconnessione di STELLA/I con reti locali e reti a copertura geografica estesa in modo da rendere fruibile il servizio della "Remote Control Room" e degli altri servizi da parte di istituzioni distanti rispetto alle stazioni di terra. A tale scopo il gruppo del CNUCE progettò e implementò un protocollo di interconnessione funzionalmente equivalente al protocollo IP che in quel periodo era in fase di sperimentazione negli USA.

Nell'ambito del progetto STELLA/II furono interconnesse tre reti: CER-NET (installata al CERN e in Italia fra il CNUCE e la sede INFN di Pisa), Cambridge Ring (installata al CERN e al CNUCE) ed EURONET di tipo X.25 (fra il CNUCE, il CCR di Ispra e UCD). I dettagli sul progetto sono descritti in Celandroni et al.¹⁰.

Il progetto STELLA/II fu ufficialmente presentato alla comunità scientifica europea con una dimostrazione tenutasi al CNUCE nell'ottobre del 1983,

¹⁰ Celandroni et al. 1983.

presenti i rappresentanti dei principali centri di ricerca europei. Fu davvero emozionante assistere “in diretta” a Pisa allo svolgimento di un esperimento di fisica delle alte energie in corso al CERN, ad oltre cinquecento chilometri di distanza. I partecipanti alla dimostrazione potevano osservare gli stessi grafici e dati che venivano osservati dai ricercatori presenti al CERN.

Internet in Italia

Il progetto STELLA consentì al gruppo del CNUCE di stabilire una fitta rete di contatti con lo University College of London (che in quel periodo lavorava ad un progetto britannico simile a STELLA/II, denominato Universe) e con i ricercatori impegnati in un esperimento simile nell’ambito del dipartimento della Difesa degli USA: Satnet. In tale terreno così fertile per quanto riguarda il *networking* si inserì in modo del tutto naturale l’esperienza Internet.

La svolta giunge alla fine degli anni ’70 e porta il nome di Robert Kahn e Vinton Cerf, i padri del protocollo TCP/IP, insigniti per questo nel 2004 del Turing Award (equivalente al premio Nobel per l’informatica). Bob Kahn, dopo aver sperimentato i protocolli TCP/IP nelle varie istituzioni statunitensi già collegate dalla rete ARPANET, decise di estenderne la sperimentazione anche ad alcuni istituti di ricerca europei con significativa esperienza nel settore del *networking*. In Italia la scelta cadde proprio sul CNUCE, in virtù del ruolo pionieristico svolto dai suoi ricercatori nel campo delle reti a pacchetto, per l’assoluta rilevanza del progetto STELLA e per la visibilità internazionale dell’istituto. Dopo lo University College of London e il centro di ricerca norvegese NTE, anche il CNUCE entrò dunque nel progetto nello stesso periodo in cui entrò il DFVLR (Agenzia spaziale della Germania Ovest). Attraverso un collegamento USA/Italia via satellite sul Fucino, a sua volta collegato con una linea velocissima (64 kbps) su Pisa, fu di fatto realizzato il primo nodo Internet d’Italia. Proprio a Pisa.

In realtà il percorso non è stato così lineare. Un episodio, in particolare, può aiutare a comprendere le difficoltà che abbiamo incontrato nel nostro cammino di ricerca. Bob Kahn venne a Pisa per tracciare con me la configurazione del primo nodo Internet italiano. Concordata la piattaforma hardware e software, inviai l’ordine al CNR. Dopo un anno giunse la risposta positiva per l’acquisto: ma, praticamente in contemporanea, il Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti ci segnalò che software e hardware erano da considerarsi ormai obsoleti per il salto tecnologico che aveva già investito il settore. In particolare si rendeva necessario implementare un nuovo *router* di concezione innovativa, l’ormai celebre butterfly gateway, i cui costi erano ovviamente elevati. La sostituzione dell’hardware era da considerarsi obbligatoria. A distanza di alcuni giorni partecipai a Washington D.C. all’International Cooperation Board (ICB), il gruppo di lavoro che allora guidava l’evoluzione internazionale di Internet. In quell’occasione annunciavo pubblicamente che non eravamo in grado di far fronte alla sostituzione dell’hardware – l’approvazione del nuovo ordine avrebbe forse richiesto un altro anno, con il rischio concreto di subire un nuovo salto tecnologico – e che, di conseguenza, ci saremmo ritirati dal progetto. Bob Kahn, membro del comitato, chiese l’interruzione immediata dei lavori; durante il coffee-break lo vidi con-

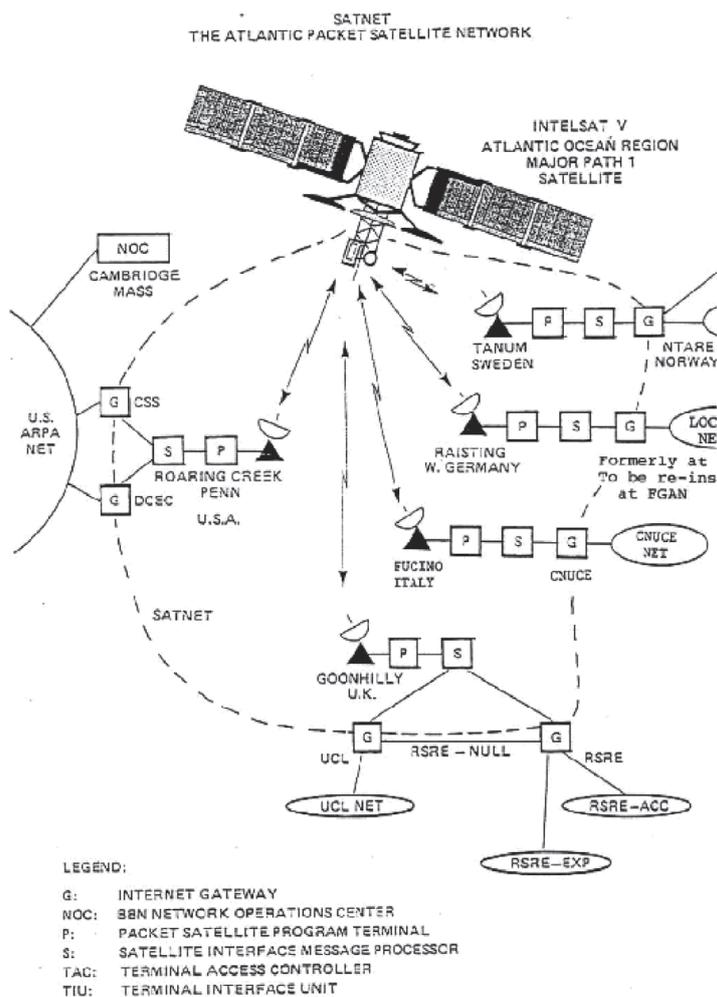


Figura 8. La connettività Satnet tra Europa e USA.

fabulare febbrilmente con gli altri membri del board, tra i quali lo stesso Vint Cerf. Alla ripresa dei lavori, Bob prese la parola e mi disse: “Luciano, il butterfly gateway sarà finanziato dal Dipartimento della Difesa degli Stati Uniti”. Fu un gesto importantissimo, senza il quale la sperimentazione non sarebbe nemmeno potuta iniziare (Fig. 8).

Il collegamento del primo nodo Italiano ad Internet costituì indubbiamente un evento importante per i ricercatori del CNUCE. Primo perché consentì loro di partecipare alle riunioni di organismi internazionali quali l’ICB precedentemente nominato nel quale si pianificava lo sviluppo di Internet. Secondo

perché i ricercatori pisani entrarono in contatto con i colleghi statunitensi e britannici che partecipavano alla sperimentazione dei protocolli TCP/IP con i quali si svilupparono proficue collaborazioni.

Per dovere di cronaca bisogna però dire che in quel periodo Internet era nota soltanto agli addetti ai lavori. Infatti, c’era tantissimo da fare sul fronte della divulgazione e della “sensibilizzazione”, anche negli ambienti di ricerca. Ricordo ad esempio che – alcuni anni dopo il meeting di Washington D.C., e quindi con il CNUCE già attivo in Internet – incrociai durante una conferenza l’allora presidente del CNR. “Lenzini – mi disse – sono appena stato negli Usa. Hanno una rete splendida: anche il CNR deve assolutamente farne parte”. Non potei che rispondere: “Presidente, veramente è da un anno e mezzo che siamo collegati a Internet”. Sorrise, piacevolmente colpito da questa notizia (Fig. 9).

Proprio a seguito della proficua collaborazione che si instaurò tra i ricercatori pisani, Robert Kahn e Vinton Cerf, nel maggio del 2006 i due scienziati furono insigniti dal Rettore dell’Università di Pisa della Laurea Honoris Causa in Ingegneria Informatica (http://www.unipi.it/ateneo/comunica/cerimonie/honoris/laureahc.htm_cvt.htm).

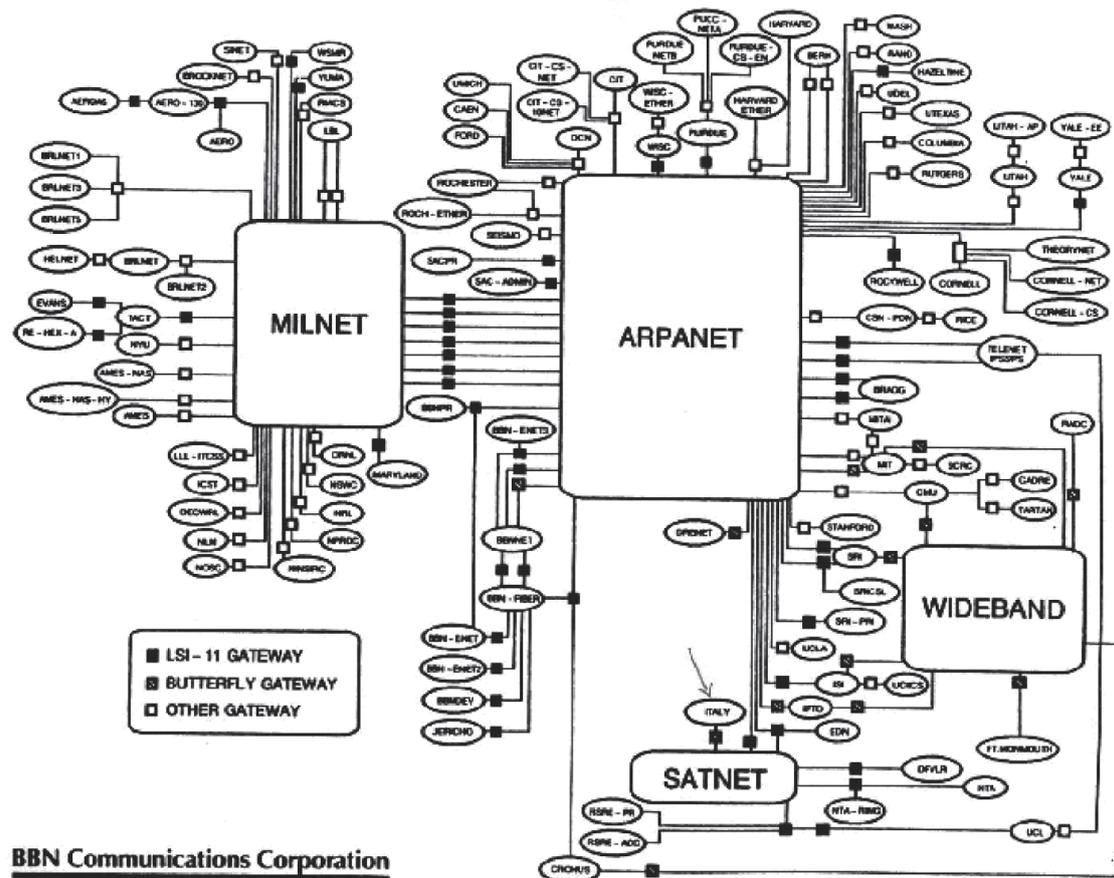


Figura 9. Mappa di Internet del 1987.

Le reti commerciali in Italia (a cura di FRANCO GUADAGNI)

Reti dati e rete telefonica

Negli anni '70, la possibilità di utilizzare la già estesa, capillare e matura infrastruttura della rete telefonica per trasportare bit tra sistemi distanti tra loro fu naturalmente ben presto intuata sia dal nascente mondo dell'informatica sia da quello della telefonia. Fu subito evidente tuttavia, come già accennato, che la modalità telefonica di comunicazione, la quale comportava una connessione permanente tra due punti per tutto il tempo necessario al trasferimento dei dati, sarebbe stata molto antieconomica tenuto conto delle esigenze specifiche della comunicazione tra computer. Per comprendere l'evoluzione delle reti dati commerciali degli anni '80-'90, soprattutto in Europa ed in Italia ove il mondo informatico non era così avanzato come negli Stati Uniti, è utile fare qualche premessa di carattere sia teorico-tecnico che economico-culturale.

Qualche considerazione di carattere tecnico: telefono o posta?

Dal punto di vista teorico c'è da dire che, per quanto tutti abbiano subito abbracciato le teorie della trasmissione a pacchetto per ottimizzare l'utilizzo delle

linee in presenza di trasmissioni discontinue (in inglese *bursty*), la diatriba se queste trasmissioni dovessero essere più simili alle telefonate (*connection oriented*) o agli scambi via posta (*connectionless*) si trascinò per lungo tempo. Ancora ai giorni nostri essa non è completamente sedata (anche se a livello pratico IP, il protocollo *connectionless* su cui si basa Internet, si è ormai definitivamente imposto). Infatti i protocolli *connection oriented* sarebbero teoricamente migliori proprio per applicazioni quali la visualizzazione di *streaming* video/audio, la televisione interattiva, il download di grandi masse di dati, applicazioni che hanno visto recentemente una esplosione di utilizzo.

Nelle reti a pacchetto, pur essendo la trasmissione dei dati affidata comunque a pacchetti di *byte* che attraversano la rete in maniera discontinua, le modalità di indirizzamento e commutazione possono essere molto diverse.

Nel caso di reti *connectionless*, come quelle basate su protocollo IP, ogni pacchetto dati contiene le informazioni necessarie al suo instradamento (*routing*), rendendolo indipendente da ogni altro pacchetto, anche da quelli appartenenti alla stessa sessione logica (ad esempio la trasmissione dello stesso *file*). Nel caso simile alle telefonate, invece, solo per il primo pacchetto da trasmettere i nodi della rete lavorano per trovare l'istradamento corretto sulla base dell'indirizzo destinatario. I pacchetti successivi appartenenti alla stessa connessione logica "seguono la scia" lasciata dal primo pacchetto in rete, rendendo molto più semplici, e quindi più rapide, le operazioni di commutazione nei nodi intermedi.

Senza entrare nel merito tecnico, c'è consenso sul fatto che il primo tipo di trasmissione sia più adatto a comunicazioni dati tra computer, e ad alcuni servizi applicativi tipo posta elettronica o navigazione sul Web, e che il secondo abbia migliori prestazioni per gli scambi di grossi volumi di dati che vanno tutti da un punto ad un altro della rete (es. trasferimento di *file* molto grandi o trasmissione in tempo reale di audio o video). Quale che sia la risposta teoricamente corretta, ammesso che esista, ai fini di questa breve narrazione vale la pena sottolineare un paio di fatti che spiegano quanto poi è accaduto nel mondo delle reti commerciali:

- Per ragioni sia teoriche che di requisiti di base, ARPANET e la sua evoluzione verso Internet (che, non è da dimenticare, fu sovvenzionata sin dalla nascita e, in maniera parziale se pur sostanziosa, fino al 1995, dal dipartimento della difesa americano) sono state basate su protocolli *connectionless*. Come già ricordato infatti uno dei requisiti base per una rete che avrebbe dovuto servire anche scopi militari era la *resilience* della rete, cioè la sua resistenza ad eventi traumatici. I protocolli *connectionless* ben si adattano a questo requisito, vista la rapida riconfigurazione della rete e la limitata conseguenza su connessioni in atto in caso di catastrofi. Nel caso di una rete *connection oriented* **tutte le comunicazioni** in atto sono infatti coinvolte nell'evento, e devono essere abbattute e ristabilite, mentre se i pacchetti di dati sono indipendenti solo i **pacchetti** in viaggio al momento del trauma possono subire danni, ma le comunicazioni *end-to-end* rimangono attive. Per questo i protocolli ARPA e l'ormai inossidabile Internet Protocol (IP), da essi derivato erano e rimangono *connectionless*.

- Per ragioni sia teoriche che culturali, il mondo della telefonia alla fine degli anni '70 fece una scelta diversa. In quel tempo (si tratta pur sempre del secolo scorso) le società telefoniche, rigorosamente statali, usavano riunirsi in un consesso internazionale chiamato CCITT (*Comité Consultatif International Téléphonique et Télégraphique*) che, parallelamente al già citato ISO, standardizzava tutto ciò che riguardava il mondo dei telefoni, dalla numerazione fino alle interfacce ed ai protocolli di comunicazione. Qui, in parziale collaborazione con lo stesso ISO veniva standardizzato il modello OSI (*Open Systems Interconnection*) per le comunicazioni tra calcolatori, ma nel CCITT era già stata fatta una scelta di campo netta per iniziare a costruire le reti di trasmissione dati, optando per un protocollo chiamato X.25 che, pur essendo a pacchetto (con pacchetti in verità molto piccolini!) abbracciava una filosofia di instradamento *connection oriented*, in tipico stile telefonico!

Qualche considerazione di carattere economico: i circuiti dalle uova d'oro

Uno sguardo alle prime architetture di ARPANET, riportate nelle pagine precedenti, ci suggerisce un'altra considerazione: quelle reti magliate a livello continentale non sono state costruite ad hoc, ma hanno sfruttato una infrastruttura esistente per i *link* a lunga distanza, mettendo poi i nodi di commutazione (*router*) nelle sedi, ed a spese degli utilizzatori: i centri di calcolo interconnessi. I collegamenti a lunga distanza in realtà non erano che segmenti di rete telefonica affittati da AT&T, la compagnia telefonica statunitense.

Qui si intravede quello che costituirà per oltre vent'anni il dubbio amletico delle compagnie di telecomunicazioni, anche dette *Telco*: meglio costruire reti dati o affittare collegamenti diretti?

In fondo, se c'era un mercato per le reti di calcolatori, soprattutto nell'epoca in cui i personal computer erano di là da venire, questo poteva solo essere costituito da grandi aziende (o equivalenti quali università o centri di ricerca) che avevano la necessità di interconnettere i propri centri di calcolo. La compagnia telefonica poteva dunque affittare a caro prezzo i collegamenti a lunga distanza (poco interessava se sfruttati in maniera intelligente o meno, anzi), e lasciare agli utilizzatori gli investimenti ulteriori necessari (concentratori, *routers* ed apparati terminali).

Per oltre due decenni questo modo di ragionare, per quanto miope, risultò vantaggioso: alle aziende interessava soprattutto avere collegamenti affidabili e fissi tra le varie sedi, piuttosto che interfacciarsi ad una rete dati pubblica che, a fronte di maggiori rischi (ad esempio intercettazione dei dati), non forniva valore aggiunto poiché le comunicazioni dati tra aziende diverse erano ancora in gran parte solo una prospettiva teorica futura. Ancora oggi il mercato delle cosiddette Intranet, le reti che collegano sedi della stessa azienda, è ben consistente e remunerativo se paragonato a quello delle connessioni dati "aperte" verso Internet che consentono, tra l'altro, la comunicazione tra aziende diverse.

Per i *Telco* perciò la prima parte della storia delle reti dati è anche la storia di questo dilemma: sfruttare la gallina dalle uova d'oro dei collegamenti diretti o offrire una rete pubblica di commutazione dati che con i meccanismi del pac-

chetto ottimizzasse le trasmissioni, e quindi diminuisse i costi e parallelamente i prezzi verso gli utenti, di fatto uccidendo la gallina? I *Telco* inizialmente non ebbero dubbi: resistere, resistere, resistere! La diffusione delle reti pubbliche a pacchetto è perciò stata rallentata anche da questo iniziale scarso interesse economico da parte dei gestori delle infrastrutture di telecomunicazione.

X.25 E ITAPAC

Riprendiamo il filo del CCITT, del protocollo OSI X.25 e delle reti pubbliche a pacchetto, ricordando che esse furono concepite nella seconda metà degli anni '70 e vennero alla luce circa 4-5 anni più tardi. Lo scenario dell'informatica era allora ben diverso da quello attuale, così come la tecnologia e le esigenze da soddisfare nel campo della comunicazione dati.

Mainframes, videotermini e personal computer

Fino ai primi anni '80, quando debuttarono sul mercato i personal computer di IBM ed Apple insieme ai PC per intrattenimento stile Commodore 64 e Amiga, il mondo dell'informatica era sostanzialmente costituito dai cosiddetti *mainframes*, macchine che occupavano intere sale calcolo, costruiti dal colosso di Cupertino e da pochi altri, tra cui Digital Equipment Corporation (DEC), HP, Sperry-Univac. Questi cominciarono ad essere affiancati, proprio alla fine degli anni '70, dai più snelli *minicomputer*, dalle più modeste dimensioni di un armadietto.

I calcolatori venivano utilizzati da operatori attestati a videotermini con ridottissima capacità elaborativa, che servivano essenzialmente per l'*input* dei dati e la visualizzazione dei risultati. I terminali interagivano con i calcolatori attraverso protocolli di comunicazione molto semplici, in generale trasmettendo un carattere verso il computer ogni volta che veniva premuto un tasto sulla tastiera. La stessa apparizione del carattere a video era in realtà il carattere che il calcolatore rimandava verso il terminale, confermando la corretta ricezione del carattere stesso (funzionalità di *eco*).

I calcolatori potevano comunicare anche tra di loro per condividere *file* di dati e applicazioni, ma per lo più la comunicazione era ammessa solo tra calcolatori dello stesso costruttore, per incompatibilità dei sistemi operativi, differenti tra le varie marche. Le esigenze di comunicazione erano pertanto due: la connessione tra terminali e calcolatori, e la connessione di calcolatori tra loro. Questo scenario spiega l'architettura delle prime reti a pacchetto X.25 che entrarono in funzione nella prima metà degli anni '80, e che vedremo poco più oltre.

La tecnologia: modem telefonici e CDN

Alla fine degli anni '70 la tecnologia di trasmissione dati su rete telefonica, consentiva di raggiungere la ragguardevole velocità di 600 bit/s contemporaneamente per ognuno dei due sensi di trasmissione (in gergo, *full duplex*), un notevole passo avanti se confrontati con i 50 bit/s consentiti dalla rete Telex delle telescriventi!

A proposito di velocità di trasmissione dati su rete telefonica, è opportuno fare una piccola digressione tecnica allo scopo di comprendere l'evoluzione delle reti dati fino ai giorni nostri. Gli esperti mi perdoneranno le necessarie approssimazioni.

La rete telefonica è costituita da una rete di accesso, che include tutti i fili di rame (i cosiddetti doppini) che connettono fisicamente gli apparecchi telefonici alla centrale locale, e da una rete di trasporto che convoglia le telefonate tra le centrali.

La rete è stata studiata per ottimizzare il trasporto delle telefonate, perciò il segnale telefonico che attraverso il filo del telefono arriva alla centrale pressoché immutato, viene "ritagliato" dalla centrale locale (per gli esperti di audio: vengono conservate le frequenze tra 300 e 3400 Hz, le altre vengono scartate) in maniera tale da mantenerlo intelligibile e gradevole ma ottimizzando le risorse trasmissive. Questa ottimizzazione è da intendersi in rapporto alla qualità che ci si aspetta per la voce: se provate ad ascoltare musica classica trasmessa da un telefono capirete che la rete non è ottimizzata per un segnale musicale!

Ne consegue che, mentre la qualità massima ottenibile per una trasmissione sul doppino d'utente varia notevolmente da caso a caso (per esempio in dipendenza della distanza del telefono dalla centrale), la qualità del segnale che viaggia *dentro* la rete è per tutte le telefonate la stessa, ed è la minima indispensabile, per ragioni di ottimizzazione. Lo avevano ben capito gli inventori della Filodiffusione, un sistema che i più anziani ricorderanno ancora, e che trasmetteva musica a buona fedeltà sul filo del telefono sfruttando appunto il fatto di essere trasmessa non attraverso la rete, ma solo dalla centrale locale agli utenti direttamente attraverso il filo (di qui il suo nome).

Questo spiega la differenza tra le limitazioni cui sono soggetti i *modem*, che trasmettono dati *attraverso* la rete telefonica, e le possibilità molto maggiori delle tecniche ADSL, che invece sfruttano tutta la banda messa a disposizione dal filo del telefono, poiché i dati sono intercettati in centrale ed inviati su reti specializzate, anziché transitare nella rete telefonica. Questo spiega anche la limitazione delle velocità dei *modem* (La velocità massima ottenibile al giorno d'oggi sulle linee telefoniche classiche è di 56 kbit/s in un senso e 48 kbit/s nel senso opposto) e l'estensione e variabilità delle velocità ottenibili con le tecniche ADSL (i più fortunati, che vivono vicino alla centrale telefonica, raggiungono velocità molto più elevate di coloro che sono più distanti, e la gamma di velocità ottenibili è amplissima se il collegamento utente-centrale è molto corto).

A questo punto mi si perdonerà un piccolo atto di orgoglio nazionale. Questa caratteristica fu sfruttata, e portò anche a sperimentazioni di successo, nel centro di ricerca dell'allora SIP, sotto il nome di "Filoinformazione". Si riuscivano a raggiungere, a cavallo tra gli anni '70 e '80, le folli velocità di 64 kbit/s per utente, a fronte dei citati 600 bit/s ottenibili con un *modem*. Purtroppo il sistema non vide mai la luce commerciale per mancanza di applicazioni.

Quanto detto per i *modem* e la comunicazione attraverso la rete telefonica non valeva tuttavia per i collegamenti diretti che si potevano stabilire tra sedi interessate allo scambio dati. Collegare direttamente due punti significava infatti stabilire una connessione fisica tra i due, equivalente a stendere un cavo diretto,

e quindi consentiva l'uso di apparati di trasmissione molto più veloci dei *modem*. Un collegamento diretto tra calcolatori annulla le ragioni della trasmissione a pacchetto, infatti implica l'impegno permanente di tutte le risorse trasmissive anche in assenza di dati da trasmettere.

D'altra parte, finché non si fosse predisposta una rete dati pubblica, questo era l'unico modo di scambiare dati a velocità sostenuta (si parla pur sempre, per l'epoca, di 9600 bit/s al posto dei 600 bit/s consentiti dai collegamenti su rete commutata). Questi collegamenti erano utilizzati perciò sia da aziende che necessitavano il collegamento diretto tra i CED delle proprie sedi, sia dalle università. Chi ne aveva bisogno, insomma, sullo stile di ARPANET si faceva da sé la rete a pacchetto, acquistando in proprio i *router* ed affittando a caro prezzo circuiti telefonici diretti (in inglese *leased lines*) dalle compagnie di telecomunicazioni.

Il protocollo X.25

Torniamo ora sul protocollo scelto dal CCITT e quindi dall'industria delle telecomunicazioni per costruire le prime reti pubbliche per dati. Si tratta di un protocollo a pacchetto orientato alla connessione. Quando si stabilisce una connessione virtuale tra due punti (ad esempio per trasferire un file) viene costruito un pacchetto di *call request* (letteralmente: richiesta di chiamata). Il pacchetto, che contiene gli indirizzi del chiamante e del chiamato insieme ad altre informazioni di servizio, viene instradato dai nodi di commutazione della rete, i quali mantengono memoria del percorso seguito marcandolo in una memoria temporanea.

I pacchetti successivi al primo contengono solo un riferimento alla connessione cui appartengono, e vengono indirizzati dai nodi sulla stessa direttrice da cui è passato il primo pacchetto della connessione. Alla fine viene inviato un pacchetto di chiusura comunicazione (*clear*) che cancella la memoria della comunicazione nei nodi e libera le risorse per un'altra comunicazione.

Il protocollo è caratterizzato da una notevole robustezza resa possibile dalla correzione degli errori effettuato tratta per tratta, e da una buona resistenza a condizioni di congestione ottenuta mediante un meccanismo di controllo di flusso (rallentamento delle trasmissioni in condizioni di sovraccarico). Il prezzo da pagare per queste qualità intrinseche, necessarie nelle prime reti dati vista la scarsa affidabilità dei collegamenti, era la notevole complicazione del protocollo, che rallentava le operazioni e limitava la portata della rete (*throughput*) a causa del sovraccarico computazionale imposto ai nodi di commutazione.

Un'altra caratteristica del protocollo era quella di avere pacchetti dati di lunghezza variabile ma limitata a 255 *byte*, decisamente ridotti se confrontati con quelli di uso corrente sulle reti IP attuali, ma comunque maggiore dei pacchetti ATM (53 *byte*) che incontreremo più in là.

Sia concesso riportare qui una curiosità storica che rischia l'oblio ma che ben rappresenta il modo farraginoso di lavorare dei comitati di standardizzazione. Tali comitati sono consessi tanto politici quanto tecnici, e tendono ad originare specifiche complesse e ridondanti spesso per la necessità di accontentare le disparate esigenze ed opinioni in essi rappresentate. Pochi sanno che il protocollo X.25 prevedeva anche una modalità di lavoro *connectionless*, un compromesso

per non scontentare i sostenitori della superiorità di tale modalità di lavoro. Una opzione chiamata *Fast Select* consentiva al pacchetto di richiesta chiamata di portare con sé dei dati, trasformandolo così in un datagramma. Questo pacchetto solitario attraversava la rete, contemporaneamente aprendo e chiudendo il circuito virtuale in ogni nodo, e comportandosi perciò come un pacchetto IP. Non risulta a chi scrive che questa opzione (essendo di implementazione facoltativa) sia mai stata realizzata in qualche rete reale. Essa infatti è stata in seguito eliminata dallo standard X.25 nella sua revisione del 1984.

X.25 in Italia: la rete ITAPAC

ITAPAC, la prima rete dati pubblica italiana, apriva ufficialmente il servizio nel 1986. La sua architettura, riportata in Figura 10, riflette quanto detto sulle esigenze dell'informatica dell'epoca. Essa prevedeva infatti una zona di accesso costituita dagli ACP (Adattatori Concentratori di Pacchetto), ed una zona centrale di commutazione, costituita dagli NCP (Nodi a Commutazione di Pacchetto).

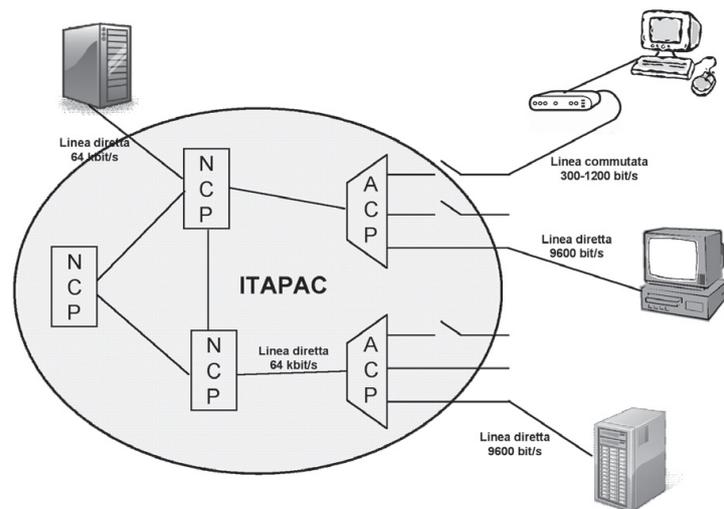


Figura 10. La rete ITAPAC.

I terminali remoti si collegavano agli ACP tramite un protocollo asincrono. Il più usato tra essi era chiamato X.28 e consentiva l'invio di un carattere alla volta. L'ACP aveva la possibilità di rispondere con una funzione di eco per simulare il calcolatore centrale. L'ACP in realtà non inviava al calcolatore i singoli caratteri, ma li assemblava in pacchetti e li spediva quando l'utente digitava il *Carriage Return* (*Enter* nelle tastiere odierne, *Invio* in quelle italiane), oppure quando essi raggiungevano il numero massimo consentito per un pacchetto X.25.

L'accesso agli ACP poteva essere sia commutato (cioè via *modem* a 300-1200 bit/s), che diretto (mediante circuito dedicato, con velocità fino a 9600 bit/s). Gli ACP di accesso si connettevano alla zona di commutazione costituita dagli NCP mediante collegamenti diretti a 9600 o 64000 bit/s. Gli NCP gestivano ingressi solo in protocollo X.25 da parte degli ACP o direttamente dei *mainframes* collegati alla rete. I nodi NCP erano (in realtà sono: la rete ITAPAC è ancora viva!) collegati tra loro con link a 64 kbit/s.

A quei tempi lo schema dei prezzi vigenti per le comunicazioni telefoniche era fortemente dipendente da due parametri: la durata della conversazione e la distanza tra i punti collegati. Per questo, la novità forse più eclatante apportata da ITAPAC fu la tariffazione "a peso", indipendente da durata e distanza, ma

dipendente solo dal numero di *byte* spediti in una comunicazione. È anche curioso notare come tale tariffazione fosse dettagliata: contare i *byte* in transito era troppo oneroso, ma contare i pacchetti non sembrava sufficiente, si inventò perciò una tariffazione *a segmenti*: se il pacchetto conteneva un numero inferiore a 128 *byte* contava 1 segmento, se era più grosso ne contava due. Per confronto, nelle poche offerte odierne in cui le tariffe sono basate sul volume dei dati trasmessi l'unità di misura minima è il Gigabyte.

ITAPAC dunque fu la prima rete dati pubblica in Italia. Venne adottata da un discreto numero di aziende, soprattutto banche che in questo modo collegarono i loro POS (i *Point Of Sale*, in pratica i Bancomat) remoti in maniera affidabile e sicura. Per una decina d'anni, fino alla nascita di Interbusiness, ITAPAC rimarrà l'unica vera rete dati commerciale pubblica in Italia, ma la sua longevità può stupire: si pensi che essa è ancora oggi (nel 2010) attiva per un numero esiguo di collegamenti che, per l'impossibilità di cambiare apparati trasmissivi, continuano ad utilizzarla. Lo "spegnimento" di ITAPAC è operazione programmata da lungo tempo, e pare che finalmente entro il 2011 anche questo pezzo di storia delle comunicazioni in Italia verrà messo definitivamente fuori servizio.

Altre reti: BBS e Videotel

Negli stessi anni in cui in Italia veniva costruita ed aperta al pubblico ITAPAC, cominciarono a diffondersi i primi personal computer. Macchine che, nella loro versione di maggiore efficienza computazionale ed utilità tecnica (IBM, Apple) erano riservate ad una ristretta elite, ma che in versioni più domestiche, dedicate all'intrattenimento, ebbero grande diffusione (si pensi al successo mondiale del Commodore 64, ancora oggi vero oggetto di culto).

Sulla scia di quello che avveniva in America, ci si rese conto che queste macchine potevano servire non solo per lavorare o per giocare, ma anche per comunicare. Un *modem* consentiva di trasformare i primi personal computer in terminali remoti di computer più grandi, i quali ospitavano programmi che oggi si chiamerebbero di *social networking*, ma che allora più semplicemente si chiamavano *Bulletin Board Systems* (BBS).

Applicazioni molto semplici di scambio messaggi sia asincroni (e-mail) sia "quasi sincroni", sullo stile delle successive *chat lines*, fecero in pochi anni esplodere il fenomeno su scala mondiale, ed anche in Italia intorno alla metà degli anni '80 il loro uso cominciò a diffondersi tra i primi appassionati dell'informatica.

Il movimento nacque spontaneamente grazie ad operatori di computer (principalmente del mondo universitario e della ricerca) che mettevano a disposizione il proprio sistema ed il proprio tempo per consentire a chi lo volesse di collegarsi da casa per scambiarsi messaggi e per accedere ad applicazioni sulla rete Internet, che già cominciava a raggiungere dimensioni importanti in America. I gestori di questi sistemi si consorziarono in reti di BBS che ebbero un successo fulminante (la più famosa e longeva, Fidonet, fondata nel giugno 1984, all'inizio del 1985 contava già 160 computer consorziati, ed al suo apice, intorno al 1991, oltre 10000).

Spesso le reti di BBS, come già detto, fungevano anche da ponte verso Internet, che, oltre al servizio di posta elettronica, consentiva l'accesso ad un enorme

numero di forum tematici (le *Usenet News*) e ad applicazioni specifiche, come quella dello IATA (International Air Transport Association) che permetteva, gratuitamente senza aggiunta di pubblicità, di trovare la miglior combinazione di voli (orari e tariffe) su una certa rotta. Chi scrive ha più volte usato, per programmare viaggi di lavoro, quel sistema, e può assicurare che oltre 20 anni più tardi, nonostante il Web, fare la stessa cosa è molto più difficile!

Sicuramente le reti di BBS diedero un impulso formidabile alla “voglia di connessione” delle persone, che si trovarono immerse improvvisamente, grazie a questi sistemi, in un mondo di incredibile ampiezza e ricchezza di relazioni e di informazioni, contribuendo in maniera essenziale allo sviluppo delle reti dati.

Torniamo per un attimo a parlare della rete ITAPAC, con una curiosità che riguarda proprio il suo uso non sempre canonico. I sistemi che ospitavano BBS non erano molti, ed erano naturalmente situati in grandi città o centri universitari; gli stessi sistemi erano inoltre spesso collegati alla rete ITAPAC. Solo i pochi fortunati che abitavano nella città della BBS riuscivano a raggiungere i sistemi BBS via *modem* al costo di una telefonata locale, chi viveva in provincia doveva invece pagare le salate tariffe di lunga distanza.

In questa occasione ITAPAC giocò un importante ruolo nella diffusione della cultura telematica *consumer* (cioè domestica, in contrapposizione all’uso aziendale della rete). L’accesso agli ACP via *modem* era infatti agevolato, dal momento che la connessione via *modem* era spesso a tariffa locale, essendo gli ACP distribuiti in maniera piuttosto capillare sul territorio nazionale.

Questa agevolazione tariffaria fu un elemento molto importante per la diffusione delle BBS. Ma se la tariffa di accesso, essendo legata alla linea fisica utilizzata, non poteva essere elusa, rimaneva il problema di pagare la tariffa ITAPAC, cosa che i primi *hacker* non vedevano certo di buon occhio. Per ovviare a questo piccolo inconveniente bisognava procurarsi una password per identificarsi con la rete ITAPAC come cliente autorizzato, ed avere libero accesso alla rete, lasciando l’onere della bolletta al legittimo proprietario della password stessa.

L’uso di parole chiave appartenenti ad aziende o istituzioni era però scomodo (la truffa veniva scoperta abbastanza in fretta e l’accesso disabilitato) e pericoloso, per il rischio di querele. Il metodo più diffuso era perciò l’utilizzo di password “di servizio” degli operatori Telecom o Italcable che spesso partecipavano a fiere e dimostrazioni per diffondere l’uso della rete dati. Le password “prese a prestito” in queste occasioni venivano poi diffuse tra gli *hacker* che le utilizzavano per i propri scopi.

Stranamente (?) questo tipo di abuso non era perseguito con durezza (le password avrebbero potuto essere facilmente disabilitate). Incontrollate voci di corridoio dicono che Telecom (allora SIP/STET/Italcable) non avesse grande interesse a reprimere questo tipo di truffa, poiché poco dannoso (la rete ITAPAC era comunque piuttosto scarica) e perché pare che chi gestiva a livello commerciale la rete ITAPAC non fosse incentivato in maniera proporzionale ai ricavi generati dalla stessa, ma al traffico che la attraversava (grandezza probabilmente più facile da misurare). Naturalmente chi scrive ritiene questa una fantasiosa leggenda metropolitana destituita di qualsiasi fondamento.



Figura 11. Terminale per l'utilizzo del servizio Minitel.

Prima di tornare alle reti dati a pacchetto è opportuno ricordare un sistema anche più importante delle stesse BBS per la crescita della cultura telematica di carattere popolare. Nei tumultuosi e vulcanici (dal nostro punto di vista) anni '80 vide la luce infatti un altro standard tecnologico che sfociò, nelle varie declinazioni nazionali, in servizi dal successo variegato. Lo standard internazionale si chiamava Videotex ed era studiato per trasmettere pagine dal contenuto testuale verso gli utilizzatori.

Pensato per servizi stile *Web d'antan* (accesso a pagine informative) esso ebbe in realtà un successo molto maggiore

come sistema di messaggistica interpersonale. Oltre all'importanza sociale, vale la pena ricordare il Videotex per essere stato il primo sistema di comunicazione dati asimmetrico, costituendo così un precedente (una sorta di peccato originale) da cui ancora oggi non riusciamo ad affrancarci (vedi ADSL, *Asymmetric Digital Subscriber Loop/Line*). Partendo da un presupposto aprioristico, e cioè che gli utenti avrebbero usato il Videotex per richiedere informazioni, e volendo in periodi di scarsità di banda (ma quando mai è stata abbondante?) ottimizzare la fruizione del servizio, il Videotex si basava su un *modem* dalle caratteristiche asimmetriche: si sfruttava in pieno il canale di ritorno (*downstream*) alla folle velocità di 1200 bit/s, lasciando per l'*upstream* (utilizzato solo per informazioni di servizio) miseri 75 bit/s.

L'esperienza dimostrò presto che in realtà l'utilizzo del sistema aveva un bilanciamento molto maggiore, poiché la comunicazione interpersonale ha caratteristiche più simmetriche che non la richiesta di pagine informative, ma ormai il danno era fatto. Tale danno si sarebbe ripetuto, in proporzioni ancora più gravi, per l'ADSL, pensato inizialmente per trasmettere la televisione sulla linea telefonica... ma questa è storia di almeno dieci anni più tardi.

Da un punto di vista culturale il Videotex è importante anche perché è il primo esempio di sistema di servizi telematici *walled garden*, vale a dire chiuso verso l'esterno, tentazione ricorrente nel mondo delle *Telco* perché ritenuto (e possiamo a posteriori ben dire a torto) un sistema con modello di ricavi più semplice, affidabile e redditizio. Proprio per le diverse scelte commerciali effettuate nei vari paesi il Videotex, nonostante fosse basato sulla stessa tecnologia, ebbe esiti di diffusione diversissimi tra loro.

Il maggior successo lo ottenne in Francia, sotto il nome commerciale di *Minitel*, dove ancora oggi è utilizzato da un numero consistente di utenti. In Francia il terminale (vedi Figura 11) per l'utilizzo del servizio, essendo sovvenzionato dallo stato era gratuito, mentre i costi di accesso erano piuttosto limitati e tariffati direttamente sulla bolletta telefonica. Buon successo il sistema ebbe anche in Gran Bretagna (*Prestel*) ed in Germania (*Bildschirmtext*).

In Italia, dove fu lanciato nel 1985 col nome di Videotel, il servizio stentò a raggiungere un numero importante di utenti, probabilmente per il costo del terminale (affittato a 7000 lire al bimestre, quando il canone ne costava 11240!) e per le numerose truffe che coinvolsero i fornitori di informazione, che gonfiavano artificiosamente i consumi per aumentare i propri introiti. In Italia il Videotel non durò più di una decina d'anni.

Le reti Frame Relay

Torniamo alle reti pubbliche per dati a pacchetto. Naturalmente, una volta messe in funzione reti che seguivano gli standard X.25, ci si rese conto dei loro problemi, essenzialmente di due tipi:

- Il protocollo era troppo complesso. X.25 era stato pensato per gestire all'interno della rete tutti i possibili servizi necessari al trasporto dei dati, dall'indirizzamento aperto e universale al controllo e correzione di errori, dal controllo del flusso dati (per evitare congestioni), alla sua integrità (evitare perdite di pacchetti o consegna fuori sequenza). Questo risultò in reti molto lente, con ritardi tra gli apparati terminali dell'ordine del secondo, e con *throughput* (la quantità di pacchetti al secondo trasportata dalla rete) fortemente limitato dalla difficoltà computazionale che i nodi dovevano affrontare.
- Come accennato più sopra, il mondo aziendale aveva a quel tempo scarsa necessità di reti aperte, in cui ogni punto possa contattare ogni altro: la vera urgenza era connettere in maniera economica (evitando quindi l'uso dei costosi Circuiti Diretti Numerici) e permanente sedi geograficamente remote.

La soluzione di entrambi i problemi comportava una drastica semplificazione delle operazioni a carico della rete. Sulla base di queste considerazioni, sul finire degli anni '80 venne definito un protocollo di commutazione di pacchetto che prendeva le mosse dall'X.25, semplificandolo molto col fine di renderlo più snello e veloce. Si cominciò a parlare di *Fast Packet Switching*, ed il protocollo che emerse in ambito CCITT prese il nome di *Frame Relay* (F.R.).

Il *Frame Relay* delega il controllo di flusso ai punti terminali di una connessione virtuale, realizza solo la rivelazione degli errori ma non la loro correzione (quando rileva un pacchetto corrotto lo scarta), non numera i pacchetti e quindi non si preoccupa della loro consegna ordinata né della loro perdita eventuale. Tutte queste operazioni vengono svolte dai punti terminali della connessione o, come si dice in gergo OSI, ad un livello di protocollo superiore. Secondo il modello OSI, infatti, le reti *Frame Relay* sono reti di livello 2 poiché non si occupano dell'istadamento (*routing*) dei pacchetti: la rete non deve occuparsi di trovare la strada ad ogni pacchetto verso la sua destinazione in quanto le rotte sono predefinite.

Inoltre, considerando la notevole mole di lavoro necessaria alla gestione di tanti pacchetti piccoli, *Frame Relay* prevede la possibilità di trattare pacchetti di dimensioni maggiori (fino a 8192 *byte*). Con così poche cose da fare la rete può permettersi di essere molto veloce (i ritardi di propagazione end-to-end

si mantengono dell'ordine delle decine di millisecondi) e di trattare moltissimi pacchetti, tra l'altro di dimensione maggiore (aumentando così il *throughput*).

Un ultimo (non per importanza) commento sulle reti *Frame Relay*: esse consentono la garanzia di banda da punto a punto. Questo aspetto è stato e continua ad essere cruciale per fornire servizi ad aziende che, in condizioni di scarsità di banda, non possono affidarsi ad un protocollo che non gestisce la qualità del servizio.

Il protocollo IP è spesso classificato come *best effort*: la rete fa tutto il possibile per garantire la consegna dei pacchetti, ma in condizioni di congestione non è in grado di gestire priorità o garanzie verso nessuno, e tratta tutti i pacchetti allo stesso modo. Le reti *Frame Relay* (e successivamente quelle ATM) fanno di questa gestione un punto di forza: esse forniscono una banda minima garantita (il CIR, *Committed Information Rate*), consentendo di avere la certezza che il servizio non scenderà mai sotto una soglia definita contrattualmente, ma danno la possibilità di avere a disposizione una banda maggiore quando il carico della rete lo consente. Questa è sicuramente una caratteristica molto apprezzata dalle aziende che basano il proprio business anche sul buon funzionamento della rete dati.

Il protocollo *Frame Relay* fu il primo raffinamento dell'X.25 offerto dai gestori di telecomunicazione nelle loro reti. Mentre quelle X.25 non ebbero mai un successo commerciale di rilievo, risultando probabilmente in un investimento non produttivo da parte dei *Telco*, il *Frame Relay* effettivamente dava un servizio all'altezza delle aspettative e, proprio grazie alle sue caratteristiche di banda elevata e ritardi di pacchetto ridotti, fu molto apprezzato dal mercato ed ebbe un buon successo commerciale.

Gli accessi alla rete ad alta velocità (da 64 kbit/s a 2 Mbit/s) ed i limitati ritardi da punto a punto consentirono tra l'altro alle aziende di usare i collegamenti *Frame Relay* in un modo che inizialmente non era stato previsto dai *Telco*: trasportare, oltre ai dati, anche la voce!

Alcuni esperimenti effettuati su X.25 per trasportare la voce a pacchetto si erano rivelati deludenti proprio per le caratteristiche di queste reti. Si era però visto che, contenendo il ritardo ed aumentando la velocità delle reti, la voce avrebbe potuto ben presto viaggiare all'interno dei pacchetti dati. Si può ben immaginare che una tale fuga in avanti (!) non fosse ben vista dai gestori di telecomunicazione, che fondavano ancora sul trasporto della voce la parte di gran lunga più rilevante del loro *business*.

Ancora una volta messi di fronte al dilemma della cannibalizzazione di servizi più lucrosi i *Telco* non poterono tuttavia fermare l'affinamento delle tecnologie. Con la possibilità di inviare le telefonate sulle reti dati, fu ben presto possibile per le aziende costruire reti private virtuali che trasportavano tutto il traffico intra-aziendale, sia dati che voce, sulle reti dati commerciali, consentendo di contenere i costi. I bit della voce venivano così infatti fatti pagare alla stessa tariffa di quelli dati, con una notevole economia.

Frame Relay in Italia: la rete CLAN

Il servizio *Frame Relay* venne introdotto come offerta commerciale da Telecom Italia nel 1992. La rete, denominata CLAN (*Connection of Local Area*

Networks) forniva circuiti privati virtuali per connettere, come la sigla suggerisce, reti locali tra di loro. Spesso gli apparati interconnessi usavano TCP/IP come protocolli di livello superiore. Gli accessi potevano variare da una velocità di 64 kbit/s a 2 Mbit/s. Il servizio ebbe un buon successo commerciale e fu, come si vedrà più avanti, la base su cui venne costruita l'infrastruttura di Interbusiness.

La rete CLAN riflette perfettamente ciò che Telecom (allora SIP) pensava di Internet a quel tempo (e per molto tempo ancora): essa era vista come un fenomeno passeggero, che sarebbe stato sopraffatto dall'avvento delle reti basate su protocolli standard OSI. TCP/IP era considerato un protocollo con qualche successo in ambito aziendale, ma non meritevole di investimenti specifici in rete. Veniva perciò offerto alle aziende un modo per interconnettere le loro LAN basate su questi protocolli, senza mettere in rete apparati (*router*) basati sui protocolli Internet. Telecom perseguiva ancora la sua "filosofia" dei CDN.

Da ISDN e Frame Relay a B-ISDN e ATM: un cenno veloce

Per comprendere la successiva evoluzione delle reti dati occorre fare un passo indietro ed un excursus veloce sul parallelo evolversi della rete telefonica. I destini dei due tipi di reti sono stati infatti legati indissolubilmente, ed ancora lo sono, fino a quando in un futuro non lontano non saranno definitivamente più distinguibili.

I vantaggi della trasmissione digitale rispetto a quella analogica sono stati ben compresi da lungo tempo. Quando si cominciava a parlare di trasmissione dati, l'opera di digitalizzazione della rete telefonica perciò era già iniziata. Coinvolgendo inizialmente i collegamenti a lunga distanza, che convogliavano decine di migliaia di conversazioni telefoniche, e diffondendosi poi verso la periferia della rete, la modulazione analogica cedette pian piano il passo a quella numerica, a partire dai primi anni '70.

La digitalizzazione della parte trasmissiva della rete fu solo il primo passo di un processo che, vista l'evoluzione tumultuosa delle tecniche di elaborazione digitale, doveva pian piano coinvolgere anche gli altri aspetti della rete, a cominciare dalla commutazione. L'idea di cambiare la tecnica telefonica classica delle centrali elettromeccaniche, mettendo al loro posto dei veri e propri computer (commutazione numerica), fu teorizzata e sperimentata durante gli anni '70 e codificata e standardizzata nelle raccomandazioni della serie I del CCITT nel 1984, l'anno della nascita della Integrated Services Digital Network, ISDN. La rete ISDN si proponeva già a quell'epoca di riunire voce e dati, trasmettendoli e trattandoli con le stesse tecniche.

Fiumi di danaro sono stati spesi, e fiumi di inchiostro sono stati scritti, per cercare di costruire il successo delle reti ISDN. Certamente, per quanto esse rappresentassero un passo in avanti notevole sulla via della convergenza voce/dati, non ebbero mai (in generale) quel successo commerciale che i *Telcos* avevano preconizzato ed avrebbero desiderato. Un ruolo non indifferente per lo scarso successo della rete digitale integrata fu giocato anche dai progressi delle tecniche trasmissive dei *modem*, che riuscirono rapidamente a raggiungere velocità paragonabili a quelle ISDN (48/64 kbit/s). Questa ed altre evenienze fecero sì che con

poche eccezioni (ad esempio la Germania, dove gli investimenti statali furono più ingenti che altrove) le reti ISDN si affiancarono, a cavallo degli anni '90, alla rete telefonica generale (RTG) senza mai prendere veramente il sopravvento, anzi restando in molti casi una parte molto minoritaria della rete di telecomunicazioni.

L'idea di continuare a giocare un ruolo di guida dell'evoluzione delle reti dati era però ben solida nelle teste degli ingegneri telecomunicazionisti di tutto il mondo, che, incuranti dell'incertezza sul successo della ISDN, e prima ancora che questa desse i suoi frutti commerciali, nel 1988 si misero a ragionare sulla rete definitiva del futuro: una super-ISDN che senza grande fantasia battezzarono B-ISDN (dove B sta per *broadband*, a larga banda).

Qui ci ricollegiamo alla storia precedente. I protocolli scelti per la realizzazione della profetizzata B-ISDN sono infatti i figli del *Frame Relay* (e pertanto nipoti dell'X.25): una esasperazione della commutazione veloce di pacchetto con paradigma *connection-oriented*: L'ATM (Asynchronous Transfer Mode). Secondo alcuni il protocollo più intelligente e dalle prestazioni più elevate mai concepito, secondo altri il più grande spreco di energie e investimenti fatto dai *Telco* nella loro storia. Probabilmente, come al solito, la verità sta magari non proprio nel mezzo ma sicuramente tra i due estremi.

Torneremo su questo tema, ma intanto vediamo cosa succedeva nel frattempo nell'universo parallelo (quello di Internet).

Intanto Internet...

La nascita delle reti X.25 era avvenuta quando ormai i protocolli Internet si erano assestati sia a livello di commutazione con l'adozione del protocollo IP versione 4, che a livello di servizi per gli utilizzatori. La posta elettronica basata su SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*), lo scambio di *file* attraverso il protocollo FTP (*File Transfer Protocol*), i forum di discussione di Usenet basati su NNTP (*Network News Transfer Protocol*), l'accesso remoto in emulazione di terminale a computer via *Telnet* consentivano agli utenti di Internet di usare la rete per fare cose utili in maniera semplice.

Nel mondo CCITT ed ISO invece la standardizzazione dei protocolli di posta elettronica, di trasferimento *files*, di accesso a servizi di *Directory* si trascinava lentamente e, una volta definiti e ratificati gli standard, non c'era chi li realizzasse vista la difficoltà di scrivere il software relativo e l'incertezza commerciale di riuscire poi a venderlo.

Al contrario, i protocolli e servizi su cui si basava Internet erano realizzati dalla comunità accademica delle università americane, basandosi su documenti in continua evoluzione (gli RFC, *Request For Comments*, gli standard-non-standard della comunità Internet). La loro realizzazione era attuata usando il metodo *trial and error* che consentiva un rilascio in tempi brevi dei pacchetti software (anche se non completamente messi a punto) demandando poi il raffinamento degli stessi a rilasci successivi. Inoltre, fatto di non poco conto, questi programmi erano distribuiti gratuitamente su Internet stessa, che agiva così come strumento di autopromozione.

Lo stesso software di base che realizzava l'interconnessione tramite Internet, la pila (*stack*) TCP/IP (*Transmission Control Protocol / Internet Protocol*) era distribuito

gratuitamente insieme al sistema operativo Unix, che conquistava lentamente posizioni sul mercato anche grazie alla capacità innata di potersi connettere in rete (oggi sembra naturale avere il software di comunicazione compreso nel sistema operativo, allora non lo era!).

Negli anni '80 la presenza di Internet sul territorio americano si consolida, e la rete, che ospitava inizialmente i computer del mondo accademico ed era perciò pagata da sovvenzioni statali, cominciò a trasportare anche traffico commerciale pagante. Le aziende, avendo bisogno di interconnettere i loro computer e non potendo o non volendo aspettare le reti standard X.25, usavano ciò che era attivo e sembrava funzionare bene. Nasce in quegli anni anche il mercato dei *router*, i nodi di commutazione di Internet, e con il mercato nascono aziende che diventeranno i giganti delle telecomunicazioni degli anni 2000, prima fra tutte Cisco Systems, fondata nel 1984.

TCP/IP – OSI: lo scontro finale

Nei due-tre anni a cavallo tra gli '80 e i '90 la situazione era paradossale.

Tutti i principali attori in gioco nell'arena delle comunicazioni dati (grandi aziende informatiche, il mondo delle telecomunicazioni, ma anche i maggiori potenziali utenti: le pubbliche amministrazioni e molte grandissime aziende) facevano ferme dichiarazioni di principio di adesione agli standard ufficiali di comunicazione aperta dell'OSI.

Per quanto strano possa sembrare a posteriori, proprio il Governo degli Stati Uniti, che aveva finanziato pesantemente la nascita e la crescita di Internet, nel 1990 sposò (almeno in teoria) la causa OSI, emettendo il *Government Open Systems Interconnection Profile* (GOSIP), una raccomandazione rivolta a tutte le pubbliche amministrazioni che imponeva di usare, per l'interconnessione dei sistemi informatici, reti X.25 ed applicazioni OSI. A ruota seguì la Comunità Europea che, sulla scia di quanto fatto in America, nel 1993 stilò un documento simile chiamato EPHOS (*European Procurement Handbook for Open Systems*).

In realtà le reti X.25 vedevano scarso traffico, le applicazioni di posta elettronica, di trasferimento *files* aderenti agli standard OSI avevano rarissime realizzazioni software, molto costose e che spesso non parlavano tra di loro (ebbene sì, gli standard erano troppo complessi e ridondanti, e questo era il paradossale risultato: i sistemi teoricamente aperti dell'acronimo OSI risultavano in realtà chiusi!). Il mondo OSI, insomma, muoveva i suoi primi passi zoppicando vistosamente.

Il dilemma OSI contro TCP-IP (o Internet contro X.25) era ampliato dalla esistenza, in America, di una vastissima rete che funzionava perfettamente basandosi sulla pila di protocolli TCP/IP e, sebbene lo stato spronasse anche le aziende ad adottare le reti OSI ad essa alternative, chi doveva investire somme ingenti di danaro per effettuare il cambiamento preferiva seguire, col pragmatismo tipicamente americano, il detto "If it ain't broke, don't fix it" e continuò ad usare Internet finché questa funzionava.

Il problema venne definitivamente seppellito 5 anni più tardi quando nel 1995 l'amministrazione Clinton emise la seconda edizione del GOSIP in cui si consentiva l'uso degli standard OSI ma anche di quelli IETF (*Internet Enginee-*

ring Task Force, l'organismo che emette e manutiene gli RFC), 'sdoganando' per la prima volta in maniera ufficiale Internet, i suoi protocolli ed i suoi servizi. Muoiono virtualmente in quel momento il modello OSI, le applicazioni e le reti su di esso basate.

Insieme a questa apertura, che di fatto diede impulso fondamentale alla diffusione nel mondo di Internet (e della tecnologia americana che vi stava alla base), il governo USA fece però un atto di coraggio apparentemente di segno opposto, visto allora da molti dei detrattori di Internet come il suo possibile affossamento.

A fine Aprile 1995 venne definitivamente chiusa NSFNet, la rete della *National Science Foundation* che aveva funzionato fino ad allora da *backbone* (spina dorsale) di Internet in America. Si dicono in gergo reti *backbone* (o reti di transito) le super-reti che agiscono da infrastruttura principale che interconnette altre reti di rango inferiore tra di loro. La chiusura di NSFNet decretava la fine alle sovvenzioni statali USA verso Internet, sovvenzioni che, a detta di molti (soprattutto nel mondo *Telco*), costituivano un supporto essenziale per la sopravvivenza della rete. Quanto questi 'esperti' delle reti dati abbiano avuto ragione è stato dimostrato dalla storia degli anni seguenti.

Ancora una premessa di carattere culturale, utile a comprendere l'avversione delle compagnie di Telecomunicazione verso Internet che ne ha frenato per qualche tempo la diffusione, prima di proseguire. Uno dei patrimoni immateriali più importanti posseduto dal mondo *Telco* era il controllo della numerazione. Nessuno in quell'ambiente poteva neanche ipotizzare che l'individuazione del punto di connessione di una qualsiasi rete fosse diverso da un numero telefonico (o qualcosa da esso derivato).

L'indirizzamento telefonico, basato su criteri di suddivisione geografico/amministrativa dei numeri, era ritenuto senza dubbio il più adatto dal punto di vista tecnico per fornire informazioni sull'instradamento delle chiamate o dei pacchetti dati. Cosa altrettanto importante, era ed è gestito al livello mondiale da un'assemblea di enti (allora CCITT, oggi chiamata ITU *International Telecommunications Union*) che rappresentano in una specie di democrazia tecnologica tutti gli interessi legati al mondo delle telecomunicazioni.

L'equivalente dei numeri telefonici in Internet sono gli indirizzi IP, ma la loro gestione era ed è radicalmente diversa proprio nei due punti sopra esposti. Gli indirizzi IP infatti non hanno nessuna connotazione geografica nè amministrativa, inoltre venivano gestiti da un ente statunitense emanazione del mondo accademico, lo IANA (Internet Assigned Numbers Authority). CCITT prima ed ITU poi hanno proseguito parallelamente a sviluppare un proprio schema di numerazione (evoluzione dei numeri telefonici) valido sia per reti telefoniche che dati, chiamato E.164.

Oggi anche gli indirizzi di Internet vengono gestiti a livello mondiale da una associazione tra tutti i diversi interessati al mondo delle reti, chiamata ICANN (*Internet Corporation for Assigned Names and Numbers*), costituito formalmente come ente internazionale no-profit solo nel 1998. Pur essendo ICANN formalmente indipendente e sovranazionale, l'influenza esercitata su di essa dall'amministrazione Statunitense è indubbiamente elevata, ma finora questo non ha portato scompensi di sorta all'operatività della rete.

Internet in Italia: la nascita degli ISP

L'argomento delle reti universitarie è trattato più ampiamente in un'altra sezione, si vuol solo qui ricordare che anche in Italia, come in altri paesi europei, l'ingresso di Internet fu opera dei centri di calcolo delle università.

Il primo *dominio* Internet italiano, *cnr.it* fu assegnato al Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1986. Il CNR avrebbe avuto in seguito per molti anni un ruolo fondamentale di amministrazione di Internet in Italia, gestendo la distribuzione dei nomi del dominio .IT. Nel 1989 nasce la rete GARR (Gruppo di Armonizzazione delle Reti della Ricerca) tra le università italiane. Sebbene sulla rete GARR fossero usati anche altri protocolli, l'IP prese rapidamente il sopravvento e già nel 1990 esso era il più usato su questa rete.

Nei primi anni '90 anche diverse aziende sono collegate con gli Stati Uniti ed Internet attraverso IUNet, una rete commerciale che offriva supporto ad aziende ed enti no-profit che necessitavano di connettività IP aperta verso l'esterno.

Negli anni seguenti il mercato dell'interconnessione ad Internet crebbe rapidamente. All'epoca però pochissimi erano i clienti che si collegavano via *modem* ad IUNet (forse l'unica rete che offriva questo tipo di accesso) per entrare in Internet. Due degli eventi più importanti per lo sviluppo dell'accesso ad Internet da parte dei privati si verificarono quasi contemporaneamente:

- nel 1993 cominciò a diffondersi tra gli utenti Internet *Mosaic*, il primo *browser Web*, predecessore di *Netscape Navigator*, *Internet Explorer*, *Firefox* e tutti gli altri;
- sempre nel 1993 per la prima volta il software TCP/IP venne incluso in un sistema operativo *Microsoft Windows*. La versione era *Windows for Workgroups 3.11*.

Proprio in quell'anno infatti nacque *Video On Line (VOL)*, la prima rete di dimensioni nazionali pensata esplicitamente per l'accesso ad Internet degli utenti domestici. Con VOL il termine di *Internet Service Provider (ISP)* diventò di uso comune ed Internet conquistò la ribalta della stampa non specializzata. Il primo ISP italiano fece molto parlare di sé per le iniziative all'epoca inusuali (l'accesso ad Internet era offerto gratuitamente, anche se per avere il servizio gratuito gli utenti dovevano fornire molti dati personali, cosa che venne fortemente criticata). La forte spinta di marketing (i CD per l'accesso alla rete erano allegati a riviste e periodici a fumetti) e la gratuità del servizio fecero in breve di Video On Line il più grande ISP italiano, con oltre 15000 utenti nel 1995. La sua storia fu molto brillante ma anche molto breve, come vedremo sotto.

Altro importante ISP nato in quegli anni (1994) fu *Italia On Line* (la fantasia nei nomi commerciali non abbondava), che a differenza della precedente era destinata a vita più lunga.

Nel 1996 anche Telecom Italia entrò in punta di piedi nel mercato degli ISP con *Telecom Online* (l'originalità del nome stavolta è evidente!). TOL inizialmente occupò una nicchia tecnologica, l'accesso era infatti offerto solo agli utenti ISDN, una porzione nettamente minoritaria degli utenti telefonici. Il servizio ebbe un discreto successo, anche per la velocità di accesso a 64 o 128 kbit/s,

ben superiore a quella ottenibile con i *modem* per la normale rete commutata allora disponibili.

Tornando per un attimo a Video On Line, fu presto chiaro che lo spregiudicato modello commerciale adottato dall'ISP non poteva reggersi a lungo. L'infrastruttura di VOL era infatti basata sui circuiti Telecom che, come detto in precedenza, non erano certamente gratuiti. Nella impossibilità di garantirsi sufficienti ricavi per coprire le spese, VOL vendette la sua infrastruttura a Telecom Italia nel 1996. L'offerta VOL venne allora accorpata con quella di Telecom Online creando Telecom Italia Net (TIN).

A parte i colossi di cui sopra, in quegli anni fiorì una serie di ISP locali, piccoli e piccolissimi, che oltre all'accesso ad Internet alla clientela domestica cominciarono a fornire servizi alle aziende (consulenza telematica, scrittura e *hosting* di siti *Web*) creando un nuovo importante mercato per l'economia nazionale.

ATM e IP: Atmosfera e Interbusiness

Riassumendo, gli anni '80 hanno visto la nascita e l'infanzia delle reti dati, un periodo preparatorio fatto di sperimentazioni ma anche di grandi realizzazioni come le reti X.25 in Europa e la rete IP in America. L'evoluzione tecnologica è stata tumultuosa, sviluppandosi su due filosofie portanti che abbiamo visto delinearci nei capitoli precedenti.

Da un lato, il mondo giovane ma ormai adulto dell'informatica sponsorizzava apertamente il paradigma di una rete estremamente semplice, senza preoccupazioni di garanzie di banda o di servizio. Le basi teoriche che stanno dietro questo approccio dicono che le esigenze di banda non si soddisfano distribuendola in maniera controllata, ma facendo crescere a dismisura la capacità trasmissiva (lo stesso approccio di origine informatico, si noti, sta dietro alla crescita delle memorie di archiviazione sui PC!). Quanto alle garanzie di servizio, si preferisce far affidamento sulle funzionalità offerte ai bordi della rete piuttosto che su quelle offerte da chi vende l'accesso alla rete stessa. Il protocollo IP è sufficientemente buono per queste esigenze.

Dall'altro, il mondo ben più maturo, (qualche maligno direbbe con i primi sintomi di senescenza) delle telecomunicazioni doveva invece far profitto dalla vendita degli accessi alle reti facendo leva su servizi di pregio da fatturare al di sopra della pura connettività. I Telco perciò puntavano sulle esigenze di chi teoricamente non poteva permettersi un servizio dati *best effort* (banche, grandi aziende che basano il proprio *business* anche su una buona connettività dati). Per queste esigenze IP non bastava, ed infatti la ricerca e la realizzazione di reti basate su protocolli più sofisticati, che consentivano l'offerta di un servizio di rete più pregiato proseguì, e dall'X.25 nacquero prima il *Frame Relay* e poi l'ATM.

Gli anni '90 vedono poi il dispiegamento reale, in proporzioni significative, di tutta la tecnologia maturata sui due filoni: da un lato *router* IP sempre più veloci e capaci di 'macinare' quantità impressionanti di pacchetti, dall'altro i commutatori (*switch*) ATM riescono già a trasportare in maniera impeccabile sia i dati generati dai primi utenti Web sia la telefonia e servizi video in tempo

reale (cosa che ad onor del vero IP riuscirà a fare solo molto più tardi), gestendo la banda in maniera puntuale ed offrendo garanzie di servizio.

Come fatto per gli altri protocolli, vediamo rapidamente di che cosa parliamo quando diciamo ATM.

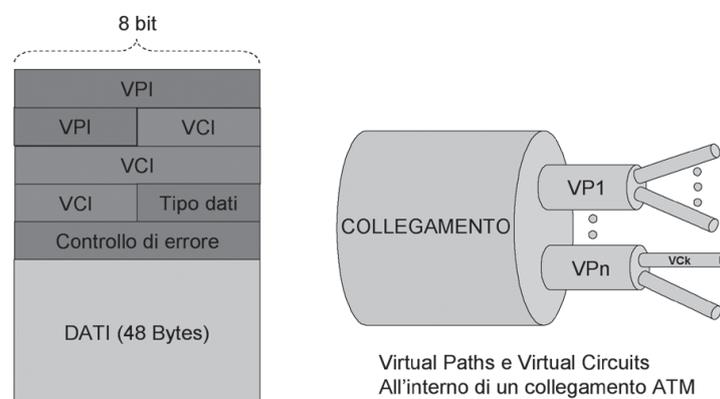
L'Asynchronous Transfer Mode (ATM) in pillole

ATM è un protocollo a pacchetto, è *connection oriented* ed ha pacchetti di lunghezza fissa e di dimensione molto limitata (53 *byte*). La caratteristica di essere orientato alla connessione è legata alla possibilità, in questo modo, di gestire accuratamente la banda assegnata ad ogni connessione. Vediamo perché.

Quando la connessione viene stabilita, e fino alla sua chiusura, i commutatori della rete le riservano risorse specifiche per poter gestire le sue esigenze. Una connessione video, ad esempio, ha bisogno di 1,5 Mbit/s con continuità, e di ritardi molto piccoli dei pacchetti. Nel caso non si riesca a garantire queste caratteristiche, la qualità video finale sarà inaccettabile. Se una delle macchine di rete attraversate dalla richiesta di trasmissione video scopre di non avere sufficienti risorse per trasportarla, la connessione verrà rifiutata. I nodi IP invece non sono in grado di rifiutare pacchetti, ma li devono gestire tutti, facendo del loro meglio (*best effort*, appunto). Le reti IP svilupperanno solo molto più tardi (anni 2000) tecniche specifiche per far fronte a questo tipo di esigenze.

Per quanto riguarda i pacchetti di lunghezza fissa, questi sono gestibili dalle macchine di commutazione in maniera molto più snella e veloce poiché consentono una gestione semplice della memoria dinamica. Sulla lunghezza (o meglio, sulla *cortezza* dei singoli pacchetti) molto si è detto a suo tempo, sia sul serio che sul faceto. Il numero magico di 48+5 *byte* era il risultato di una mediazione in sede di comitati di standardizzazione: per poter trasportare agevolmente e con ritardi minimi trasmissioni sincrone come la voce era infatti necessario usare pacchetti molto brevi, tra i 32 e i 64 *byte* di lunghezza, ed il 48 sembrava una buona realizzazione del famoso detto sulla posizione mediana delle virtù. La decisione diede in seguito origine a sfottò da parte dei teorici della parte avversa, che alle riunioni della IETF indossavano magliette marcate "53 *byte*? No, grazie".

Nella Figura 12 sono rappresentati a sinistra la struttura di un pacchetto ATM, in gergo "cell" mentre a destra viene mostrato come un canale che trasporta celle ATM sia suddiviso in *Virtual Paths* (VP) e *Virtual Circuits* (VC). Per comprendere il si-



Formato della Cella ATM:
VPI = Identificatore di Virtual Path
VCI = Identificatore di Virtual Circuit

Figura 12. Il protocollo ATM.

gnificato, si pensi ad un'azienda che voglia costruire una rete tra sedi remote. Essa avrà bisogno dell'equivalente di quelli che pochi anni prima sarebbero stati dei circuiti diretti tra le sedi principali, che trasporteranno molto traffico (incluso quello telefonico). L'equivalente di questi collegamenti sono i *Virtual Paths*, per i quali l'azienda può negoziare con il *Network Provider* una banda garantita, in modo da assicurarsi una buona qualità di servizio anche nei momenti di punta del traffico. All'interno di questi VP vengono poi stabiliti i singoli VC per le singole comunicazioni, che a loro volta possono richiedere o meno garanzie di servizio quali banda minima garantita o banda costante.

Le reti ATM, nate per trasportare anche comunicazioni che hanno bisogno di banda garantita, offrono una serie di servizi che sono acquistabili per contratto o su richiesta per singola connessione, a seconda del bisogno. Per dare un'idea della varietà dei servizi di trasporto dati, le reti ATM possono offrire cinque diverse classi di servizio: *Constant Bit Rate (CBR)*, *Variable Bit Rate Real Time (VBR-RT)*, *Variable Bit Rate Non Real Time (VBR-NRT)*, *Available Bit Rate (ABR)* ed infine *Unspecified Bit Rate (UBR)*. Senza entrare nei dettagli del significato di ognuna delle classi di servizio, sia sufficiente citare il fatto che quella di minor pregio (e quindi anche la più economica), l'UBR, era ed è quella in generale utilizzata per trasportare il traffico IP, cioè la quasi totalità dei pacchetti che transitano nella rete.

ATM in Italia: la rete Atmosfera

L'entusiasmo per la nuova tecnologia ATM coinvolse gli operatori Europei, che nel 1994 si consorziarono per mettere in piedi una rete di prova: la "European ATM Pilot Network" che connetteva con la nuova tecnica quattro nazioni (Francia, Germania, Svizzera ed Italia). Telecom Italia partecipò con tre nodi di commutazione ATM di due diversi costruttori, con un nodo a Milano, uno a Roma ed un terzo ad Acilia. È vero che tre nodi possono sembrare pochi per chiamarla una rete, ma come vedremo più oltre per l'IP, quando si vuole sperimentare una soluzione tecnologica nuova non si può esagerare.

L'esperimento ATM italiano proseguì per tutto il 1995. A dicembre di quell'anno vennero acquistate ed installate le vere centrali di commutazione ATM e la rete avviò il servizio nei primi mesi dell'anno successivo, con il nome commerciale di Atmosfera.

Atmosfera attrasse diversi clienti nella fascia alta del settore *business* (banche, assicurazioni, grandi aziende manifatturiere) proprio per la possibilità di ottenere garanzie di banda. Quasi sempre, comunque, il protocollo trasportato era già allora IP, dando luogo ad una stortura destinata a durare oltre quindici anni. L'ATM infatti era pensato per consentire applicazioni *end-to-end* tra terminali in grado di 'parlare' ATM, e quindi per trasportare solo se stesso e non il protocollo IP!

Il mondo Telco si diede molto da fare per sponsorizzare la nascita di apparati in grado di trattare nativamente l'ATM, in modo da favorire la nascita della *Broadband-ISDN*, ma senza successo. Le schede ATM per computer esistevano, ma erano molto costose, così come il software per poterle pilotare (si ricordi la vicenda X.25: evidentemente gli errori non insegnano). Nel frattempo, invece,

il software TCP/IP aveva già sfondato nel mondo Unix e Windows, divenendo disponibile gratuitamente a chiunque avesse a disposizione uno dei due sistemi operativi.

A quel tempo (1995-96) si favoleggiava addirittura di portare l'ATM su ogni singolo PC, per gestire direttamente comunicazioni sincrone (ad esempio chiamate video ed audio), ma questo evento si rivelò ben presto solo una chimera. Oggi sembra naturale avere un PC con un attacco di rete Ethernet disponibile dalla fabbrica, ma allora le schede bisognava acquistarle e montarle, e perché non pensare di comprare una scheda ATM invece di una Ethernet? Il fatto è che, mentre le schede ATM erano di là da venire, quelle Ethernet cominciarono ad essere disponibili a prezzi relativamente modesti (intorno ai 50 \$), ed i PC, oltre ad avere il software TCP/IP nativo cominciarono di lì a breve ad essere equipaggiati nativamente anche di una scheda di rete Ethernet.

Dopo pochi anni fu chiaro che ATM era destinato a rimanere un prodotto di fascia molto alta, adatto all'interconnessione di grandi aziende ed a costituire un solido *backbone* per le reti IP, ma che non sarebbe mai atterrato sulle apparecchiature di fascia *consumer*, così come il sogno della B-ISDN avrebbe voluto.

ATM e/o IP

Si è parlato prima di *stortura* citando il fatto che il protocollo IP viaggiava sopra le reti ATM, vediamo brevemente perché. Dal punto di vista teorico i due protocolli adempiono agli stessi compiti, tra cui quello principale è di fare in modo che i pacchetti raggiungano la corretta destinazione quando attraversano la rete. L'indirizzamento, con l'identificazione dei punti finali (*endpoints*) delle comunicazioni è una funzione fondamentale per entrambi, ma gli indirizzi IP sono diversi da quelli ATM.

Un pacchetto IP che viene trasportato in celle ATM perciò viene instradato due volte, dai *router* IP e dai nodi ATM, con evidente spreco di risorse. Lo spreco non è solo quello di potenza elaborativa sulle apparecchiature di commutazione dei due differenti livelli di rete, vi è infatti uno spreco (in inglese *overhead*) di banda, dovuto al fatto che sia IP che ATM aggiungono *byte* di controllo ai *byte* che effettivamente devono essere trasportati, e che gli inglesi pragmaticamente chiamano il carico pagante (*payload*). Tenendo conto che ogni cella ATM inserisce, come abbiamo visto, 5 *byte* di controllo su 53, questa aggiunta comporta una maggior richiesta di banda di almeno il 10% rispetto a trasmettere solo i pacchetti IP.

Ci sono anche altri inconvenienti che sarebbe tedioso elencare, ma già nel 1996 era sufficientemente chiaro quello che stava succedendo: i Telco avevano tutte le informazioni per fare una scelta precisa ed a prova di futuro ma non la fecero, preferendo imitare animali che usano nascondere la testa sotto la sabbia per non vedere i problemi ed in questo modo cercare di scongiurarli (anche se raramente la tecnica si rivela efficace). Una notizia per i curiosi e gli appassionati archeologi delle reti nell'ottobre 1996 si tenne a Torino, nel centro di ricerca Telecom Italia, un dibattito interno, molto partecipato anche a livello emozionale, intitolato "ATM versus IP: Alternativa o Integrazione?". Di questo evento è reperibile ampia documentazione che bene illustra le tensioni di quegli anni.

Naturalmente all'interno di Telecom Italia vinse l'approccio tradizionale, e nelle sue reti il protocollo IP subì l'abbraccio delle celle ATM. Le conseguenze di questa scelta trascinano i loro effetti fino ai giorni nostri, e nonostante i costruttori abbiano annunciato nel 2009 (!) la cessazione della produzione di apparati ATM, ancora nel 2010 gran parte della rete metro di Telecom Italia (quella compresa tra la rete di accesso dei DSLAM e la rete *backbone* ormai totalmente IP-izzata) è realizzata con questa tecnica. Si può ben dire perciò che gran parte del traffico IP in Italia è ancora oggi trasportato su rete ATM!

Vendita IP all'ingrosso: la rete Interbusiness

Un piccolo passo indietro: nonostante nel 1994 il pensiero dominante in Telecom Italia fosse radicalmente contrario al ritenere Internet una rete degna di qualche attenzione, l'evidenza della sempre maggiore diffusione del TCP/IP come protocollo di interesse per le aziende non poteva essere negata. Quando fu chiaro che gli accessi IP erano richiesti non solo per costruire reti private virtuali all'interno delle aziende (per questa esigenza, ricordiamo, l'offerta *Frame Relay* di CLAN costituiva una risposta adeguata), ma anche per poter comunicare con aziende esterne (l'interesse principale era allora per il servizio di posta elettronica, che si era ormai imposto come l'unico standard internazionale) qualcuno in Telecom dovette fare i conti con la *Big Internet*, e offrire tra i servizi dati anche quello di interconnessione alla rete Internet mondiale.

Inoltre, anche in Italia stava nascendo e crescendo in fretta il mercato degli ISP come abbiamo visto sopra, aziende che facevano della connessione ad Internet di utenti privati il loro *business* primario. Un ISP si faceva carico di mettere in piedi le batterie di *modem* necessarie alla connessione degli utenti, ma aveva poi bisogno di connettere tra di loro i cosiddetti *Point of Presence* (POP), cioè le località in cui questi *modem* erano posizionati, e da questa rete di POP raggiungere infine la *Big Internet*.

Così, dopo una gestazione piuttosto breve, vista anche la disponibilità della rete CLAN che fungeva da buona infrastruttura portante, si concepì nel 1994 e nacque a marzo 1995 Interbusiness, l'offerta di servizi Telecom Italia di accesso ad Internet per le aziende. Come il nome dell'offerta sottolinea, infatti, essa non era pensata per far concorrenza agli ISP per utenti domestici, ma anzi per costituire un *backbone* che potesse servire, tra gli altri, gli stessi ISP nel loro compito di rivendita al dettaglio di accessi ad Internet.

Interbusiness era inizialmente in realtà una rete totalmente basata su *Frame Relay*, con un accesso alla *Big Internet* attraverso E-Bone, un *backbone* Internet Europeo collegato ai grandi *backbone* americani. Inizialmente Interbusiness aveva un numero molto limitato di nodi (*router* IP Cisco) ed era quindi una rete relativamente semplice, ma lo sforzo richiesto all'azienda per offrire servizi completamente al di fuori del proprio orizzonte culturale (quali posta elettronica e *Domain Name Server*) non fu indifferente.

L'offerta commerciale consisteva in servizi dal nome di pietre preziose o semipreziose (giada, zaffiro, rubino, diamante) a seconda del tipo di accesso (dall'offerta "giada" di circuiti diretti a 9600 bit/s agli accessi "zaffiro" ISDN a

64 kbit/s fino a “diamante” con accessi a 2Mbit/s). Accessi commutati alla rete (via *modem*) erano inizialmente possibili solo tramite collegamenti X.28 offerti da ITAPAC e convertiti da un server centrale in protocollo IP (!).

Visto che, come ricordato, l’offerta era indirizzata fundamentalmente a due tipi di utenti (le aziende con necessità di connessione alla Big Internet e gli *Internet Service Provider*) con l’acquisizione di VOL, avvenuta poco dopo la nascita di Interbusiness, Telecom diventò concorrente di se stessa, offrendo connettività IP sia al proprio ISP (Telecom Italia Net, TIN) che agli altri.

Vale la pena ricordare un fatto curioso a questo proposito. Uno dei costi maggiori che Interbusiness doveva coprire era quello della connettività verso Internet, poiché i costi dei link intercontinentali erano notevoli. Molto del traffico aziendale sulla rete, d’altra parte, si richiudeva all’interno della rete stessa per le ragioni già viste in precedenza. Lo stesso non valeva per gli ISP, i cui utenti generavano un grande traffico verso gli snodi intercontinentali. Per questo l’offerta “diamante” di accesso a 2 Mbit/s in realtà aveva prezzi diversi per le aziende e per gli ISP (nel secondo caso si chiamava “diamante plus”), pur essendo identica dal punto di vista tecnico. Ma secondo il ben noto principio del “fatta la legge trovato l’inganno”, visto che non esiste alcuna definizione formale di “azienda ISP”, alcuni ISP di dimensioni medio-piccole si costituirono come associazioni che offrivano ai propri membri, a fronte del pagamento della quota associativa, un accesso ad Internet “gratuito”. Non essendo formalmente ISP ma libere associazioni culturali esse potevano perciò pagare un servizio “diamante semplice” anziché “plus”!

Il progetto SOCRATE e la nascita dell’ADSL

A conferma della grande fioritura di tecnologie che si concretizzarono in quegli anni, anche l’*Asymmetric Digital Subscriber Loop* (ADSL) viene pensato e sviluppato negli anni ’90. Abbiamo accennato in precedenza al funzionamento di questa tecnica, in grado di portare sul filo del telefono grandi quantità di dati. Studiate per trasportare il segnale televisivo secondo lo standard MPEG-1, le prime realizzazioni ADSL avevano una velocità di 1,5 Mbit/s verso l’utente ma solo di 64 kbit/s verso la rete (questo canale dati verso la rete veniva infatti pensato solo per trasportare i segnali di controllo dei canali TV, il telecomando insomma).

Mentre in America si cominciava a parlare di ADSL e di servizi a larga banda nelle case, nel 1995, anche in virtù della grande liquidità finanziaria di cui l’azienda godeva in quel momento, Telecom Italia lanciò il progetto SOCRATE (Sviluppo Ottico Coassiale Rete di Accesso Telecom), che mirava a cablare le principali città italiane, portando poi a casa degli utenti (su cavo coassiale, ed in alcuni casi direttamente in fibra) molteplici nuovi servizi ad alta velocità, a partire proprio dalla televisione e dal *Video on Demand*.

Il progetto fu lanciato ed il cablaggio andò avanti per un paio di anni, ma nel 1997 venne interrotto per una serie di concause tra cui la privatizzazione di Telecom con il conseguente cambio di responsabilità al vertice aziendale. Fu importante per l’arresto del progetto anche la considerazione che la maturità delle

tecnologie ADSL avrebbe reso possibile portare gli stessi servizi a larga banda a casa degli utenti senza bisogno di posare nuovi cavi (in fibra o in coassiale) nel cosiddetto *ultimo miglio*, cioè il collegamento tra l'appartamento e la centrale telefonica locale. Il seme del nuovo corso nacque proprio all'interno della stessa Telecom, che con suoi centri di ricerca di Torino lanciò la prima applicazione di tecnologie ADSL con il progetto **Torino 2000**. Nel periodo tra il 1998 e il 2000 a Torino venne avviata una sperimentazione su larga scala dell'ADSL, collegando in rete con questa tecnologia un numero importante di scuole, ospedali, studi professionali e sperimentatori privati. Il successo del progetto costituì il trampolino di lancio per l'offerta commerciale ADSL in Italia, che con il servizio *BroadBandBox* di Telecom Italia Net arrivò sul mercato agli inizi del 2000.

Le reti dati del nuovo millennio

Abbiamo brevemente raccontato le vicende che in due decenni videro nascere e svilupparsi le prime reti dati, in un fiorire ed appassire di iniziative, tecnologie, protocolli e reti, nel mondo e più in particolare nel nostro paese. Verso la fine degli anni '90 un altro evento di grande portata, stavolta politico-economica e non tecnologica, sconvolse il mondo delle telecomunicazioni italiane: la privatizzazione di Telecom Italia e la liberalizzazione dei servizi di Telecomunicazione, con l'avvento di nuove società a portare servizi per la voce fissa e mobile e per le reti dati ed i servizi multimediali.

La liberalizzazione ha notevolmente vivacizzato il panorama dell'offerta di servizi ai cittadini, basti ricordare l'esempio di Fastweb. Nata nel 1999, questa società ha realizzato in maniera molto pragmatica ed economicamente produttiva (anche se con uno spettro di azione piuttosto limitato) quello che era stato solo pochi anni prima il sogno di Telecom Italia con SOCRATE. Essa infatti ha portato la banda larga ed i suoi servizi, ad un numero importante di cittadini in zone in cui la tecnologia era economicamente conveniente vista la elevata concentrazione urbana.

Dal punto di vista dell'evoluzione architettonica e tecnologica delle reti dati però il nuovo millennio non ha portato dirompenti novità, e gli anni recenti hanno visto una razionalizzazione ed una crescita di questo settore più quantitativa che qualitativa o innovativa. Da ormai dieci anni le reti dati "parlano" quasi solamente IP, anche perché nuove tecniche su cui non ci dilungheremo (es. MPLS, uno standard codificato nel 2001) hanno contribuito a migliorare il servizio, riuscendo in qualche modo a superare il paradigma *best effort* che caratterizzava le reti IP.

Anche i più incalliti critici e detrattori del modello Internet/IP ormai hanno accettato (con rassegnazione?) la situazione di fatto. Nonostante i problemi che IP continua ad avere, e che erano già noti 15 anni fa (il più importante è forse quello della scarsità degli indirizzi di rete) nessuno mette più in dubbio la rilevanza della rivoluzione che la rete delle reti ha portato nel mondo a tutti i livelli, da quello culturale a quello economico-industriale. Con l'ATM sarebbe stato lo stesso? O forse meglio? Magari peggio... Non è semplice dirlo, ma non è nemmeno importante, in fondo, in quanto non è più un problema.

Segno dei tempi: l'onda lunga ha pian piano trascinato anche le aziende identificate da molti come i dinosauri delle telecomunicazioni. La resa in Italia inizia proprio nel 2001, con la migrazione di tutta la parte centrale (il *backbone*) della rete telefonica Telecom sul protocollo IP. Da allora la conquista del protocollo a pacchetto sulla rete telefonica ha marciato dal centro verso la periferia, arrivando recentemente a conquistare con i servizi VoIP (*Voice over IP*) anche parte dell'ultimo miglio. Altro segno importante: nel 2010 è arrivata infine la decisione del *phase out* (la rimozione graduale) della tecnologia ATM dalla rete Telecom, ponendo fine anche in Italia ad un'epoca che i pochi appassionati del tema delle comunicazioni dati ricorderanno come eroica e pionieristica.

Bibliografia

- Baran Paul, 1964, rapporto: "On Distributed Communications", RAND Corporation.
- Caneschi F., Gregori E., Lenzini Luciano, 1986, "OSIRIDE: State of the Art and Future Developments", *ICCC*, pp. 84-88.
- Celandroni N., Ferro E., Lenzini Luciano, Segal B.M., Olofsson K.S., 1983, *STELLA – Satellite Interconnection of Local Area Networks: Architecture and Protocols*, Proceedings of the International Symposium, Versailles, France, April 27-29, 1983, pp. 25-40.
- Franchi P., Fusi A., 1975, "Communication System and Access Method in RPCNET", Proceedings of IFIP-IIASA Workshop on Computer Networks, Vienna, September 1975.
- Kleinrock Leonard, tesi di dottorato: *Message Delay in Communication Nets with Storage*, MIT, 1961-62.
- Lazzeri L., Lenzini Luciano, Springer A., 1978, "The Implementation of Rpcnet on a Minicomputer", *ACM Computer Communication Review, SIGCOM*, vol. 8, n. 1, pp. 4-14.
- Lenzini Luciano, Sommi G., 1976, *Architecture and Implementation of Rpcnet*, Proceedings of the Third International Conference on Computer Communication, Toronto, 3-6 August 1976, pp. 606-611.
- Lenzini Luciano, Zoccolini F., 1992, "Interoperability Tests on OSI Products in the Framework of the OSIRIDE-Intertest Initiative", *Computer Networks*, vol. 24, n. 1, *ICCC* 1986, pp. 65-80.
- Licklider Joseph, 1962, "Intergalactic Computer Network", BBN (Bolt Beranek and Newman).

Virginio Cantoni, Gabriele Falciasecca, Giuseppe Pelosi (a cura di),
Storia delle telecomunicazioni

ISBN 978-88-6453-243-1 (print),

ISBN 978-88-6453-245-5 (online)

© Firenze University Press 2011

APPENDICE: Documenti relativi al primo collegamento Internet dall'Italia (gentile concessione del Prof. Luciano Lenzini)

- All. 1. Lettera con cui Luciano Lenzini comunica a Robert Kahn di ARPA che il CNUCE era pronto ad entrare nel progetto della sperimentazione di Internet in Italia (12 febbraio 1980).
- All. 2. Lettera con cui Luciano Lenzini informa il presidente del CNR Luigi Rossi Bernardi che l'Italia era connessa a Internet (12 maggio 1986).
- All. 3. Configurazione Nodo Italiano di Internet deciso da Bob Kahn e Luciano Lenzini (1980)
- All. 4. Configurazione dell'Internet gateway presso il CNUCE (30 aprile 1986)
- All. 5. Laurea Honoris Causa conferita dall'Università di Pisa ai due illustri scienziati. Da sinistra Robert Kahn e Vinton Cerf, Marco Pasquali (Rettore), Luciano Lenzini (Laudatio).
- All. 6. Da sinistra Robert Kahn, Luciano Lenzini, Vinton Cerf, davanti al Rettorato dell'Università di Pisa

IAT SEGRETERIA DIREZ

CNUCEPisa, 12 February 1980
Prot.n.36935 LL/sb**ISTITUTO DEL CONSIGLIO NAZIONALE DELLE RICERCHE**

• Dr. Robert Kahn
Advanced Research
Projects Agency
1400 Wilson Blvd.
Arlington, VA 22209

c.c. • Prof. Gianfranco Capriz
Dept. of Mechanics
Whiting School of Engineering,
The Johns Hopkins University
Baltimore
Maryland 21218
USA

Dear Dr.Kahn,

I have been informed by Prof. M. Gerla (UCLA) that the SATNET experiment is to be further extended in Europe. This information has also been recently confirmed by J.L. Grangé (IRIA) and H. Lang (DFVLR).

As Prof. L. Fratta wrote to you, the Italian National Research Council (CNR), and, in particular the CNUCE Institute of CNR (located in Pisa), would be extremely interested in hosting a SATNET node to be used for research purposes.

CNUCE has been working in the computer networking field since 1973 and has been responsible, working together with other research institutions, for the design and implementation of a packet switching distributed control network known as RPCNET (REEL Project Computer Network).

This network has been well documented in international conference proceedings (ICCC76, ICC78, etc.) and is now being used by computing centers of CNR and Italian Universities to facilitate the research work of the Italian Scientific and Technical Community by providing cheap and effective computing services.

For the last eighteen months, CNUCE has had the responsibility for directing the Italian side of the

international project STELLA (Satellite Transmission Experiment Linking Laboratories) collaborating with TELESPAZIO (Italian PTT branch for satellite data trasmission) and INFN (Nuclear Energy Physics Organization). The objective of this project is to design and implement a fast communications system to transfer large amounts of high energy physics data from CERN (Geneva) to other centers in Europe.

The OTS (Orbital Test Satellite) satellite, owned by ESA (European Space Agency), succesfully launched in May 1978, will be used by STELLA. The speed of the OTS communication channel is 2 Mbps. A ground terminal of 3 meters diameter is now being installed at CNUCE and this experiment should be completed within a few mounths.

The European Economic Communities has recently commissioned CNUCE to design an extension to this experiment which include CCITT protocols, mainly X25.

A few months ago, the Italian government approved a program to design and implement a Telecommunications Satellite, ITALSAT, and CNUCE is represented in a national group which will propose data transmission experiments using this satellite.

This is a brief outline of same of the activities at CNUCE (we have a staff of about 100). I think that a meeting could be useful to give you further information on these activities and on the role played by CNUCE in the Italian informatics research world.

As the Director of CNUCE, is visiting the John Hopkins University, Baltimore, until the end of March, it should be possible to arrange a first, preliminary meeting between you and Prof. Capriz in the US. If necessary, we could then arrange a further technical discussion between us.

Looking forward to hearing from you,

yours sincerely,

Dr. L. Lenzini
Head of Distributed
Systems Division

P.S. I will try to contact you by telephone on February 20th or 21st at about 10 a.m. your time.

Consiglio Nazionale delle Ricerche
Istituto CNUCE

Pisa 12/5/86

Prot. n. 1922

Prof. L. Rossi Bernardi
Presidente del CNR

Prof. G. Biorci
Presidente CGI

Ing. S. Trumpy
Direttore CNUCE

Oggetto: Collegamento del CNUCE ad ARPANET.

Dal 30 Aprile scorso, il sistema di calcolo dell'Istituto CNUCE è stato collegato alla rete di elaboratori USA denominata ARPANET (Advanced Research Projects Agency NETWORK). Tale rete, sponsorizzata dal Dipartimento della Difesa USA, collega ormai parecchie migliaia di elaboratori eterogenei per dimensione e per costruttore, operanti presso i più prestigiosi Centri di Ricerca, Università ed Istituzioni Militari prevalentemente USA.

Dopo la Norvegia, la Gran Bretagna e la Germania Ovest, l'Italia è la quarta nazione europea dotata di accesso ad ARPANET tramite la sottorete via satellite SATNET (SATellite NETWORK) (Allegato 1).

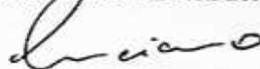
A livello italiano tale collegamento è il risultato di una cooperazione tra CNR, TELESPAZIO ed ITALCABLE; cooperazione sancita dalla stipula di un comune contratto triennale che scadrà nell'Agosto del 1987.

Voluta dalla CGI per attuare la politica del calcolo scientifico dell'Ente, ARPANET consente adesso all'utente scientifico italiano collegato al CNUCE di accedere ai servizi disponibili presso gli altri elaboratori della rete e viceversa.

Data la riservatezza dei dati residenti presso gli elaboratori che operano soprattutto in ambito militare, e in conformità alle norme del suddetto contratto, l'accesso dell'utente CNUCE dovrà essere autorizzato, oltre che dal CNR, anche da TELESPAZIO, ITALCABLE e della DARPA (Defence Advanced Research Projects Agency).

Cordiali Saluti

Luciano Lenzini



PS: Allego copia della bozza del comunicato stampa il cui contenuto deve essere concordato con TELESPAZIO ed ITALCABLE.

CNUCE

36 VIA S. MARIA - 56100 - PISA
Tel. (050) 593111 Telex 500371-CNUCE
Telegrammi CNUCE - PISA

