

Applicazioni delle reti a larga banda

Introduzione

La presente nota intende analizzare il mondo delle reti (a larga banda) in modo sintetico al fine di fornire un'immagine della loro evoluzione e delle loro potenzialità applicative soprattutto come conseguenza dell'impiego di tecnologie multimediali interattive.

Modi di vedere le reti



La visione fisica

La varietà degli elementi che costituiscono il mondo delle reti ne rende improponibile in una breve nota una visione sistematica. Certo è che le reti viste fisicamente sono nodi interconnessi fra di loro. Ai nodi pervengono elementi di interconnessione ed eventualmente altre reti, utenti, etc. Gli elementi di interconnessione sono elementi scelti fra varie tecnologie: connessioni acustiche, connessioni ad infrarossi, connessioni laser, ponti radio, doppiini telefonici, cavi telefonici, fibre ottiche, satelliti artificiali. I nodi a loro volta sono apparati che hanno vari compiti legati alla natura delle interconnessioni che ad essi accedono ed al modo con cui la rete opera. Nodi, interconnessioni ed utenti in un'assegnata rete sono sottoposti ad una continua evoluzione. Nuovi nodi vengono aggiunti, le interconnessioni vengono modificate, nuovi utenti accedono

alla rete, altri utenti sospendono i loro accessi, l'interconnessione fra reti si estende, etc.

Questa semplice immagine fisica del processo di crescita delle reti fa capire che, accanto alla nascita di nuove reti, lentamente tutte le reti si conetteranno fra di loro per costituire un enorme sistema. Questo è posseduto da varie entità (individui, aziende, pubbliche amministrazioni, Stati), permettendo così di suddividere la rete in sottoreti individuate dal loro possessore. Ciò fa ritenere che i problemi su una sottorete particolare siano affrontabili separatamente. Ciò è certamente vero se ci si attiene all'immagine fisica. Non è più vero allorché la rete nell'esercizio delle sue funzioni attivamente dialoga con altre reti legate a proprietà differenti.

La visione interna

Le reti nel loro operare utilizzano segnali che vengono variamente forzati a rappresentare informazioni discrete o analogiche. Le informazioni discrete (numeriche) possono avere rilevanza per le operazioni di rete o per gli utenti, così l'utente avrà modalità sia di trasferire messaggi che di influire sulle operazioni di rete. Quest'ultima opportunità è legata ad un'infinità di ragioni che possono essere a loro volta legate a costi, affidabilità, sicurezza, o anche all'esigenza dell'utente di adattare la rete ai propri scopi. Così l'utente, ad esempio, potrà inviare lo stesso messaggio a tempi diversi a vari destinatari (utenti) seguendo una disciplina che gli minimizza i costi. L'immagine interna delle reti fornisce dunque informazioni sulla struttura dei messaggi, sulla modalità di trasmissione, sui percorsi dei messaggi e su una serie d'informazioni accessorie atte a stabilire azioni da effettuare in presenza di anomalie prevedibili o comunque osservabili dai nodi a cui fosse eventualmente demandata la supervisione del processo. L'affidabilità della rete e la sua sicurezza rispetto ad intrusioni dipenderanno fortemente dagli elementi che caratterizzano la struttura interna della rete e le procedure che vengono attivate per ottenere affidabilità e sicurezza.

La natura distribuita delle reti pone importanti e difficili problemi poiché le varie parti operano concorrentemente e non è possibile far dialogare le parti se non attraverso connessioni in rete, che a loro volta sono gli elementi che debbono essere osservati. Fra le operazioni interne che la rete effettua non mancheranno le interazioni con gli utenti che permettono non solo di adattare la rete alle loro esigenze, ma anche di fornire agli utenti stessi quelle informazioni sulle operazioni di rete che permettono, ad esempio, di migliorarne le prestazioni o di conoscerne l'evoluzione.

I costi delle tecnologie non permettono di realizzare tutti gli obiettivi delle operazioni interne che sono immaginabili. Nel caso peggiore l'utente, ad esempio, davanti alle reti si trova come di fronte ad un misterioso buco nero in cui egli invia messaggi, che qualche volta arrivano a destinazione. E, anche quando conosce il fallimento di un'operazione, non sempre ha la consapevolezza delle complesse cause che possono averlo determinato.

Va anche ricordato che spesso le reti sono sorvegliate da operatori umani attraverso connessioni ai nodi. Ne risulta che le reti, anche nella loro visione

interna, non sono quelle entità passive che spesso s'immagina, ma piuttosto sono complessi sistemi sociotecnici in cui la presenza umana ha un'importanza notevole, soprattutto nelle situazioni in cui i nodi della rete o gli utenti debbono mutare comportamento, come nelle situazioni di crisi dovute ad intrusioni o a sovraccarichi o ad eventi imprevisi. Ne segue che la gestione di reti di una certa dimensione e di una certa complessità richiede inevitabilmente tecnici pazienti e molto preparati ad operare non solo tecnicamente ma anche sul piano umano.

Le visioni degli utenti

Il singolo utente impiega la rete per accedere ad altri utenti. Egli avrà della rete varie visioni: la visione a connessioni (con i relativi problemi di autorizzazione, affidabilità, sicurezza) e la visione a servizi. L'utente saprà comunicare messaggi (ad esempio, impiegando servizi di posta elettronica), saprà accedere a dati e trasferire dati, saprà impiegare risorse di rete remote, ovvero accederà (laddove è consentito) direttamente alle risorse degli utenti. L'utente effettuerà le sue attività dialogando con elementi remoti attraverso un sistema informatico che è connesso con un nodo di rete. Al sistema informatico d'utente sono connessi eventualmente più utenti (umani).

Il nodo informatico d'utente sarà parte di un'organizzazione ed a sua volta realizzerà funzioni di comunicazione all'interno dell'organizzazione a cui è dedicato.

La comunità degli utenti umani di una rete crescerà con il crescere della rete e, viceversa, man mano che la comunità degli utenti cresce la rete dovrà adattarsi alle mutate esigenze crescendo a sua volta. La dimensione di una rete potrà essere valutata in termini di utenti umani od in termini di sistemi di utente connessi ai nodi di rete. Entrambe le valutazioni sono incerte: gli utenti non sono sempre connessi; i sistemi d'utente vanno da piccoli sistemi d'uso personale a complessi sistemi di elaborazione che, a loro volta, sono reti non sempre accessibili come tali dalla comunità degli utenti di rete, ma solo eventualmente dall'organizzazione in cui sono inseriti.

Il singolo utente ha una visibilità spesso inevitabilmente limitata della rete e delle sue operazioni, dei servizi di rete, dei sistemi di utente e della comunità degli utenti, dei servizi che gli utenti mettono a disposizione. La cultura dell'utente e dell'organizzazione a cui fa riferimento, il ruolo della rete per la sua attività influenzano questa visibilità. La dimensione che le reti raggiungono e l'interesse che l'utente ha a conoscere ed impiegare ciò che la rete può fornire stanno facendo nascere nuovi strumenti di rete e nuovi servizi che le reti talvolta mettono a disposizione. Tali strumenti sono orientati ad adattare la dimensione umana con la dimensione sovrumana della rete.

Ciò avviene soprattutto nel caso delle reti pubbliche di ricerca, ovvero in quelle reti in cui la comunità di utenti può interagire liberamente. La presenza di quelle reti in laboratori universitari, e soprattutto laddove sono presenti studenti di dottorato di ricerca che studiano i problemi di rete, sta facendo nascere una notevole massa di nuove astrazioni di comunicazione che arricchiscono le possibilità della comunicazione umana. La comunicazione con sistemi

d'elaborazione, con grandi banche dati, la ricerca di archivi (ed in essi di informazioni) o di risorse di interesse, l'individuazione di un utente dotato di certe competenze sono il frutto di molte attenzioni. Poiché inoltre le reti pubbliche di ricerca hanno un tasso di crescita spesso notevole, ad esempio INTERNET cresce con un tasso del 15% al mese, sulle reti pubbliche si possono di fatto già verificare quindi i problemi che dovranno venir affrontati su scala molto maggiore, allorché le reti verranno capite per quello che possono essere: il tessuto connettivo umano in una società. Le implicazioni pratiche della realizzazione di reti e di comunità analoghe a quelle che operano nelle reti di ricerca sono enormi. Ad esempio, si può quasi scommettere che, se viene proposto un prodotto sw innovativo, in rete esso si trovi già realizzato in forma prototipale e disponibile liberamente. Ciò è la conseguenza della presenza di un forte atteggiamento innovativo fra gli utenti di reti di ricerca, che trasformano di fatto le reti in una sorta di mondo delle idee in cui il mettere in comune pubblicamente è una forma sistematica di atteggiamento sociale che forse trova la sua forza di sopravvivenza nella possibilità di impiegare le conseguenze di informazioni pubbliche su circuiti privati.

Dunque, lentamente reti private (ovvero con accesso ristretto agli autorizzati da chi possiede la rete) e reti pubbliche (di ricerca) diventano una delle tante realizzazioni del rapporto pubblico-privato come si attua ad esempio in una città. Ci sono vie e piazze pubbliche. Ci sono luoghi pubblici. Ci sono luoghi privati. I sistemi informatici d'utente in questa metafora realizzano il passaggio fra il pubblico ed il privato. Naturalmente, fra le informazioni pubbliche saranno disponibili informazioni su prodotti che potranno venir acquisiti trasferendo informazioni su un conto corrente.

Emergenza della virtualità

Il mondo dell'informatica ha reso disponibili molte realizzazioni e molte idee grazie alla possibilità di realizzare fisicamente, in termini operativi su circuiti, puri atti di pensiero.

Inutile segnalare l'immensa quantità di affascinanti realizzazioni sviluppate in pochissimi anni. Una, tuttavia, non può essere trascurata. La realizzazione fisica di entità virtuali. La storia della virtualità è assai lunga, ed esula da questa nota la segnalazione puntuale degli eventi che hanno caratterizzato la storia delle realizzazioni virtuali.

Canali virtuali, memorie virtuali, terminali virtuali, elaboratori virtuali, percorsi virtuali in una rete, reti virtuali,... , sono termini che nel passato hanno fatto capire alcune delle conseguenze della programmabilità degli elaboratori elettronici. Ad esempio, un percorso virtuale in una rete è un percorso diretto fra due nodi. Fisicamente tale percorso diretto potrà anche non esistere, ma essere simulato con un percorso composto che connette i due nodi, e non necessariamente in un solo modo. Analogamente, le reti virtuali avranno una immagine che favorirà ad esempio una classe di utenti o taluni aspetti d'uso.

In tempi recenti, grazie alla riduzione dei costi delle computazioni, determinati dall'aumentata potenza di elaborazione di microprocessori, la grafica ha pervaso il mondo dell'informatica, non solo per effettuare disegni ma anche per

rappresentare elementi di interesse a scopo comunicativo. Si disegna la scrivania sul video e si trasforma quindi il video stesso in una sorta di tavolo di lavoro virtuale, si disegnano edifici, vie e piazze e non solo per rappresentare tali vie e tali piazze, ma piuttosto per trasformare vie, piazze, porte..., in strutture metaforiche che convogliano molti elementi cognitivi verso l'utente. L'utente sa che una porta si può aprire o chiudere, che una via si percorre e che in una piazza ci si incontra. Disegnate queste entità sul video, per mezzo di tecniche di programmazione ad oggetti, si possono realizzare sistemi con cui l'utente può operare come se quelle entità ci fossero, grazie ad un opportuno indicatore (ad esempio l'identificatore del mouse) gestito dall'utente. L'indicatore diventa così un alias dell'utente ed opera direttamente nel modello di mondo realizzato sul video. La coincidenza fra l'alias e l'utente, poi, viene addirittura proposta laddove si dà all'utente una visione stereografica delle entità rappresentate sul video e con opportuni accorgimenti si rende possibile la percezione ad immersione pressoché totale dell'utente stesso nel mondo rappresentato.

L'interesse prodotto dall'emergenza di quest'ultima forma di virtualità, che è stata indicata con il termine di realtà virtuale, è notevole ed ha probabilmente accelerata l'evoluzione delle tecnologie dell'informazione secondo varie linee di influenza, che avranno anche conseguenze sul mondo delle reti. In effetti, la nozione di virtualità permette di reinterpretare il ruolo delle reti, indipendentemente dalla nozione di realtà virtuale ad immersione totale. Già una connessione telefonica realizza una forma di virtualità parziale. Gli interlocutori sono a contatto acustico senza essere vicini. Un videotelefono avvicina anche le immagini. Un telemanipolatore avvicina anche gesti. Nelle realtà virtuali, dunque, si potranno incontrare persone con varie modalità di interazione. Ad esempio, potranno disporre di uno spazio dei suoni in cui entrambi percepiscono l'esistenza, uno spazio di movimenti e di immagini, degli oggetti (il termine oggetti qui va interpretato sia dal punto di vista fisico che dal punto di vista informatico) con cui potranno avere interazioni, potranno perfino scambiarsi gesti, fisicamente percepibili. Il tutto, infine, potrà verificarsi in un contesto ripreso ma reale. E le loro interazioni potranno essere rivolte ad interfacce di sistemi reali riprodotti virtualmente nello spazio comune considerato.

Così, ad esempio, più interlocutori potrebbero trovarsi in uno spazio in cui ispezionano apparecchiature complesse che percepiscono come presenti sia che siano simulate sia che siano interconnesse attraverso opportune interfacce.

Virtualità e reti: collaborare

L'idea di virtualità in tutte le sue forme, delineate brevemente nel paragrafo precedente, può essere variamente impiegata nelle reti per la trasmissione dei dati. Non sarà necessario, e spesso neppure opportuno, far ricorso a sistemi ad immersione percettiva più o meno totale, basterà impiegare la visione binoculare ottenuta con occhiali a cristalli liquidi o semplici visioni monoculari con prospettive che rappresentano immagini a tre dimensioni, ove opportuno. Una prima classe di impiego riguarda la telepresenza di interlocutori in uno stesso spazio. Questo può essere una semplice tabella letta e scritta dagli interlocutori o uno spazio virtuale assai sofisticato realizzato grazie alla disponibilità di

tecnologie grafiche e multimediali. Il lavoro diventa dunque interagire in uno spazio virtuale. Qualora la tecnologia lo permetta, in questo spazio di lavoro saranno presenti testi, figure, modelli di oggetti prodotti con sistemi CAD (Computer Aided Design) o scene animate riprese da telecamere e opportunamente digitalizzate. Il lavoro cooperativo sarà interattivo e potrà svolgersi a tempo differito o in tempo reale. Va da sé che le possibilità indicate saranno molto legate alle tecnologie disponibili. Gli interlocutori percepiranno lo spazio di lavoro comune e le modalità di intervento in una forma che dipenderà fortemente dalle tecnologie disponibili e dalle scelte di interfaccia con gli oggetti modellati. In presenza di interfacce virtuali ad immersione totale, cioè laddove si ha la sensazione di essere nello spazio virtuale, gli interlocutori agiranno come se fossero in quello spazio grazie alla somiglianza fisica degli oggetti presenti. Così, ad esempio, un gruppo di progettisti di un grande impianto potrà tranquillamente incontrarsi nell'edificio e decidere varianti sullo stesso e realizzarle in breve tempo, anche durante un incontro in tempo reale o differito. L'aspetto del mondo rappresentato sarà computato e presentato sullo schermo di ciascun interlocutore in modo da tener conto delle informazioni complessive. Le bande passanti possono essere relativamente modeste qualora ogni utente veda ciò che il suo elaboratore gli computa localmente. I dati strutturali che saranno trasformati in disegni riguarderanno solo parametri e non potranno esserci poi tantissimi cambiamenti per unità di tempo, almeno laddove gli interlocutori hanno un alias remoto realizzato con sintesi grafica. Laddove invece l'alias sia una vera e propria immagine digitalizzata, o si fa ricorso a tecniche di compressione o è difficile realizzare quella proposta senza bande elevatissime dipendenti dal numero di interlocutori che si intende far incontrare.

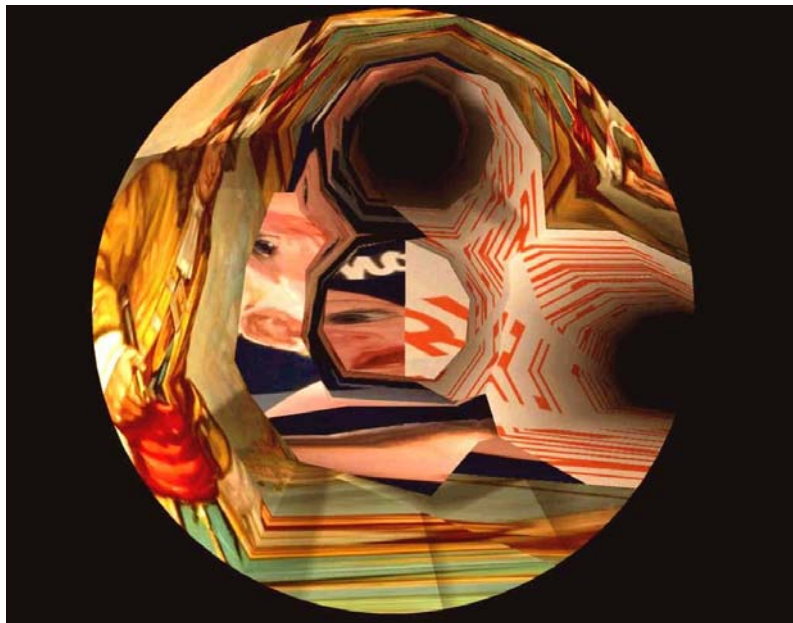
Va da sé che la progettazione di complessi sistemi elettronici e di grandi impianti industriali in ambiti geograficamente distribuiti si gioverebbe alquanto di queste tecnologie in termini economici e di produttività. Inoltre, verosimilmente sarebbe assai facile per chiunque, utenti del progetto, cittadini, amministratori, politici, dirigenti, seguire l'evoluzione dei lavori. La motivazione di tutti i partecipanti crescerebbe alquanto con conseguenze inevitabilmente positive sull'andamento di tutto il progetto. I viaggi di discussione si ridurrebbero alquanto. L'ambiente ne guadagnerebbe. I consumi energetici non aumenterebbero, almeno per i trasporti. Non è tutto. Il progetto diventerebbe alla fine il contesto in cui vengono integrate informazioni variabili durante tutto il ciclo di vita del sistema progettato, già a partire dalla sua realizzazione. La visibilità del lavoro di progettazione e dei risultati crescerebbe molto rispetto agli attuali costumi con conseguenze enormi sulla gestione del progetto. Sarebbe estremamente facile integrare immagini reali (ad esempio ciò che si vede da una finestra via telecamera) con elementi del progetto. Sarebbe altrettanto facile introdurre impianti, organizzazione, interventi manutentori, procedure di manutenzione, eccetera. Alla fine del progetto, su ogni stazione lavoro di ogni impiegato, tecnico od operaio potrebbe ritrovarsi una copia, su supporto ottico affidabilissimo, dell'intero progetto. Questo diventerebbe di fatto una sorta di DNA del sistema, presente proprio in ogni cellula (posto di lavoro).

La localizzazione del progetto in memorie locali ridurrà il consumo di banda. Ma solo in apparenza: durante il progetto gli interlocutori sono pochi e richiedono molta banda. Dopo il progetto, gli interlocutori sono molti, con poca banda per addetto. La banda complessiva necessaria inevitabilmente crescerà con la

gradualità della crescita degli addetti. Chi obiettasse alle proposte e le ritenesse irrealistiche, dovrà faticare alquanto a trovare serie obiezioni economiche. Troverà certo obiezioni di costume. Ma quelle obiezioni non possono essere più, oggi, un alibi per progetti ed impianti di scarsa significatività e costo elevatissimo. Lo stato di crisi in cui ci troviamo è legato un po' anche a queste considerazioni. E lavorare per il dopo crisi forse significa anche scegliere adesso le strade indicate. In ogni caso, con un minimo di attenzione si scoprirà che, seppure inconsapevolmente, il modello tracciato è almeno in grado di descrivere l'attuale direzione delle tecnologie. Non si può inoltre trascurare il fatto che alcuni Paesi di fatto stanno marciando nella direzione indicata con evidenti possibili conseguenze sul piano delle possibilità di espansione economiche e culturali.

L'esempio riportato può facilmente essere esteso a molte entità: aule virtuali, scuole virtuali, laboratori virtuali, sale chirurgiche virtuali, luoghi di incontro, luoghi di decisione, spazi che rappresentano geometricamente concetti, modelli di strutture microfisiche, ovvero in tutti i casi in cui è possibile costruire modelli di enti che debbano interagire con una pluralità di utenti.

E' importante osservare che la progettazione di sistemi con la possibilità di interazioni virtuali ha anche conseguenze sulla formazione del personale e sulla sicurezza di quei sistemi. Il docente dovrà effettuare percorsi virtuali con gli allievi. Lascerà loro effettuare sperimentazioni su impianti simulati ed anche esercitazioni dirette su impianti reali.



Virtualità ed infrastrutture di reti

Abbiamo analizzato in un paragrafo precedente assai sinteticamente una immagine interna della rete. Tale immagine è disponibile di solito ai gestori della rete. La crescita delle reti e l'opportunità che l'immagine della rete sia disponibile nei suoi aspetti di servizi, di affidabilità e di prestazioni, anche agli

assai più numerosi utenti, attualmente viene risolta con l'emissione di note informative assai poco lette dai destinatari, che non di rado preferiscono adagiarsi sulle poche nozioni che conoscono.

La disponibilità di interfacce grafiche interattive ha già suggerito immagini più o meno metaforiche delle reti la cui osservazione corrisponde alla osservazione della rete nei suoi aspetti rappresentati.

Grazie a rappresentazioni grafiche, diventa possibile distribuire consapevolezza sulla rete anche ad utenti con interessi distanti dai problemi di rete. Con una buona conoscenza della rete, d'altra parte, diventa possibile navigare più efficacemente alla ricerca di ciò che si intende trovare. Ad esempio, navigando in una rete, si potranno vedere una serie di sale cinematografiche virtuali e di biblioteche virtuali, in cui diventa possibile anche l'incontro casuale che tanta importanza ha nella nostra vita e che in fondo è un elemento di creatività e di libertà.

Dunque la rete potrà essere percorsa, la pubblicità incontrata durante la navigazione potrà indicare e suggerire percorsi da adottare. Vie e piazze potranno corrispondere a luoghi in cui, rispettivamente, s'incontra chi cerca o chi discute. Tutto ciò è già ben presente nelle più importanti reti pubbliche, se si esclude la percezione metaforica e diretta. I vari BBS (Bulletin Boards) le varie NEWS che stanno ormai invadendo la nostra vita sono i prodromi di ciò che l'utente non tecnico incontrerà.

C'è un importante valore aggiunto nella rappresentazione grafica intuitiva degli elementi di rete: la possibilità di dare una visibilità costante del contesto in cui si svolgono le attività. Così come normalmente abbiamo la consapevolezza dell'ambiente in cui lavoriamo, nonostante questo sia solo sfondo, analogamente la consapevolezza dello stato della rete potrà essere ben disponibile agli utenti. Ne deriva che gli utenti potrebbero costantemente osservare, senza dedicare a ciò troppa attenzione, l'evolvere della rete e potrebbero essere anche attenti ad atti d'intrusione che, impiegando modalità non previste, potrebbero rompere l'armonia della rappresentazione metaforica.

Tecnologie e linguaggio

La presente nota ha cercato di mantenere un linguaggio vicino al senso comune, facendo ricorso ad un minimo di nozioni certamente conosciute anche nei loro aspetti tecnici ai lettori della presente nota. Si è evitato di analizzare in dettaglio aspetti limitati. Il mondo delle reti è così vasto e complesso che ogni dettaglio richiede notevoli sforzi espositivi. D'altra parte, il mondo delle reti non potrà non affrontare il mondo degli utenti. Questi non potranno accettare facilmente la loro integrazione con complesse tecnologie, se queste non adotteranno una visione cognitiva a cui ogni utente potenziale può essere avvicinato senza difficoltà. Le reti diventeranno luoghi per acquisti, per progettare, studiare, lavorare, curare la salute, divertirsi. Tutto ciò impone l'impiego di tecnologie appropriate che stanno facendo la loro comparsa. La specificazione accurata di aspetti quantitativi può essere fatta solo in relazione ad ipotesi assai accurate, ipotesi che vengono facilmente smentite dagli sviluppi tecnologici in pochi anni. Ogni utente ha ormai capito che deve adottare ciò che è disponibile, non si

spaventa ormai più delle evoluzioni. Ma deve saper inquadrare la propria strategia in quella dell'evoluzione tecnologica. L'evoluzione delle tecnologie non dovrà essere percepita come una forma di captivity da cui l'utente deve cercare di divincolarsi. Se non riesce a comprendere il processo evolutivo, l'utente non accetterà le proposte di crescita. La resistenza al cambiamento farà inevitabilmente la sua comparsa (come peraltro si è già percepito nel passato). L'utente, insomma, dovrà imparare lentamente dall'esperienza. Non può diventare un esperto, anche se dovrà gestire reti molto complesse. Un linguaggio d'interfaccia fra utenti e costruttori di infrastrutture di reti si dovrà sviluppare. Uno degli obiettivi della presente nota è il tentativo di fornire un semplice esempio di questo linguaggio, assieme a visioni che possono facilmente essere adottate da progettisti ed utenti per introdurre innovazione, seppure nel rispetto di una continuità con il passato, anche a livello tecnologico modesto. Va anche osservato che le reti si sviluppano con gradualità e con forti sovrapposizioni tecnologiche. Ciò implica che un comune linguaggio dovrà coprire reti molto sofisticate e reti di più antica data. L'atteggiamento che abbiamo proposto per la virtualità è coerente con la continuità desiderata.

Equilibri

Le reti ed il loro modo di essere sono soggetti ad equilibri influenzati dalla tecnologia e dai rapporti sociali.

Si consideri un primo equilibrio di tipo tecnologico: quello relativo al numero degli utenti e alla quantità di dati impiegata dall'utente per unità di tempo. Se cresce questa ultima, necessariamente il numero degli utenti decresce. Se cresce la banda passante l'equilibrio viene spostato. Naturalmente, ciò varrà solo per le tratte di rete in cui tale spostamento di equilibrio si verifica. E' da notare che lo stesso risultato potrà ottenersi introducendo tecniche di compressione dei dati.

La banda influenza anche il tratto sistema interattivo/utente. Una elevata banda passante su quel tratto (che comprende la comunicazione del video verso l'utente) rende possibili comportamenti reattivi dinamici sia dell'utente che del sistema. I tempi di risposta dovranno naturalmente essere contenuti anche in proporzione alla banda passante. Ciò limita fortemente l'interattività con sistemi non locali. Infatti, se i problemi di banda sono solubili con tratte ad esempio a fibre ottiche, i tempi di risposta rimangono comunque limitati dalla velocità finita di propagazione dei segnali. La possibilità di suddividere il dialogo uomo/sistema in attività che vengono svolte dalla stazione lavoro e dal sistema remoto è uno dei tanti equilibri di rete. Su tale equilibrio giocano moltissimi elementi tecnologici, di costo, di costume. Sono questi elementi che determinano i modelli evolutivi delle tecnologie dell'informazione.

Il modello attualmente emergente sembra essere relativo alla condivisione di risorse. Ovvero, le reti diventano il canale in cui gli utenti condividono risorse possedute in modo controllato. La presenza di competitori nelle reti ha inevitabili conseguenze sui modelli: infatti, nessuno informa completamente l'avversario delle proprie tecnologie e modalità operative. Dunque vorrà possedere direttamente una parte delle informazioni, ben disponibile a metterle

a disposizione qualora giovi all'atteggiamento di sinergia che inevitabilmente è presente anche nelle situazioni competitive. La necessità di affidabilità fa il resto. Più sistemi sono più affidabili di un solo sistema, soprattutto se tali sistemi hanno una qualche forma di intercambiabilità operativa. Ecco che la divisione del lavoro fra utente e stazione remota individua di conseguenza l'equilibrio lavoro locale/lavoro remoto, non solo in termini tecnologici ma anche in termini di lavoro umano.

Ma altri equilibri vengono influenzati dalla presenza di reti e, viceversa, altri equilibri determinano l'attuale sviluppo delle reti. Fra i più importanti vi è certamente l'equilibrio fra carta stampata, supporti elettronici, reti.

La stessa informazione potrà essere trovata nelle tre forme indicate. I supporti elettronici avranno opportuni lettori non necessariamente connessi in rete. Questo ultimo equilibrio è certamente influenzato dalle tecnologie delle reti e dalla banda passante in tutti quei settori di comunicazione d'informazioni in cui aspetti legislativi e di proprietà scoraggiano l'utilizzazione in reti o su supporti elettronici facilmente duplicabili. Questi ultimi aspetti, tuttavia, giocano un ruolo importante ed hanno finora parzialmente limitato le reali potenzialità delle reti. Ma l'aumento delle prestazioni delle reti e della banda passante potrà influenzare fortemente il rapporto fra tempo dedicato dagli utenti alla interazione con informazioni non interattive ed informazioni interattive. Le conseguenze non sono certo di facile previsione data la complessità degli elementi in gioco. L'attuale atteggiamento politico, sociale e produttivo di non analizzare seriamente le possibilità dell'interazione diretta in rete, ad esempio con l'informazione scientifica, è destinato a determinare una forte deregolamentazione di fatto in cui molti saranno coinvolti. Potrà anche avvenire che le sorgenti formali d'informazione vengano delegittimate o rimangano unicamente per la gestione di rapporti di forza, come avviene attualmente nei concorsi universitari.

Con l'estendersi delle reti, anche quest'ultimo atteggiamento è destinato a modificarsi. In molti settori scientifici la comunicazione personale è diventata la via principale della comunicazione scientifica. La presenza delle reti supporterà fortemente la comunicazione personale e gruppi di interesse avranno la capacità di proporre scelte attraverso comunicazioni private su reti pubbliche. E ciò non potrà non influenzare i molti equilibri in cui le reti giocano già oggi un peso decisivo.