



**POLITECNICO
DI TORINO**



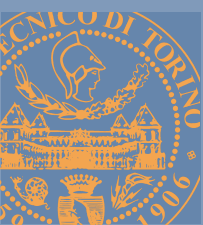
Inaugurazione Anno Accademico

2010/2011

28 marzo 2011

Prolusione del Prof. Sergio Benedetto

“Passato e futuro della rivoluzione ICT”



Come la storia in generale, anche il progresso scientifico e tecnologico è soggetto ad una evoluzione continua (“natura non facit saltum”, citazione da Darwin), e non è facilmente riconducibile ad una somma di contributi discreti di alcuni giganti del pensiero. Peraltro, è certamente vero che la velocità di crescita non è uniforme, e si giova dell’accelerazione impressa da alcuni risultati puntuali ottenuti da ricercatori eccezionali.

Non potendo addentrarmi per ovvi motivi di tempo nel “continuum” della storia dell’ICT, ho scelto la strada di identificare alcune pietre miliari con la persona/evento che meglio le rappresenta, esponendomi al rischio di dimenticare qualcuno. Se avete assistito a presentazioni divulgative dedicate ad un argomento scientifico, vi sarete accorti che spesso l’obiettivo principale dell’oratore è quello di ispirare sorpresa, meraviglia, stupore, a volte anche shock nell’uditorio, invece di limitarsi al tentativo di trasferire conoscenza.

Conscio di tali rischi, non Vi presenterò cifre roboanti, previsioni azzardate e giudizi estremi, ma, piuttosto, tenterò di accompagnarVi in un breve viaggio conoscitivo di fenomeni che ho avuto il privilegio di vivere dall’interno e, talvolta, di contribuire a sviluppare, fenomeni che a buon diritto si possono fregiare del titolo di “rivoluzionari” per l’impatto prodotto sul nostro modo di vivere e per la velocità impressa al cambiamento, a volte eccessiva per la nostra pur ammirevole capacità di adattamento.

La storia della tecnologia dell’informazione non ha un punto di partenza ben individuato, e chi ne parla può identificarlo in un passato più o meno prossimo a seconda delle proprie inclinazioni, formazione personale e, soprattutto, tempo a disposizione.

Sorvolerò dunque sui segnali di fumo degli indiani d’America e degli aborigeni Australiani, esempi primitivi di comunicazione discreta a distanza, così come darò per scontate le scoperte di Faraday, Galvani, Volta, Ampère e Ohm e, successivamente, di Pacinotti, del nostro Galileo Ferraris e di Tesla che hanno consentito la comprensione dei fenomeni elettrici e magnetici e la generazione e utilizzo dell’energia elettrica.

Il primo fondamentale contributo che vorrei citare è quello teorico di Maxwell, che nel 1873 pubblica “*A Treatise on Electricity and Magnetism*”, una sintesi delle leggi di Gauss e di Ampère che unifica il concetto di campo elettrico e campo magnetico all’interno del più ampio campo elettromagnetico; egli afferma: ““Abbiamo forti ragioni per concludere che la stessa luce...sia un fenomeno elettromagnetico in forma di onde che si propagano ...in accordo con le leggi dell’elettromagnetismo”. Successivamente, Hertz convalidò sperimentalmente la teoria di Maxwell. Le equazioni di Maxwell, una delle più brillanti sintesi delle leggi naturali nella fisica classica, giganteggiano nel panorama scientifico al pari delle leggi di Newton, e aprono la via alla trasmissione dell’informazione a distanza mediante la propagazione di onde elettromagnetiche.

La paternità della prima trasmissione radio per telecomunicazioni a distanza è contesa tra Marconi e il russo Popov, e qui non interessa indagare sui primati, anche se sembra consolidata (ma non in Russia) l’idea che l’invenzione della “radio” sia storicamente attribuibile a Marconi. Sta di fatto che alla fine del 1895 Marconi dimostrò la possibilità di trasmettere informazione a distanza utilizzando onde elettromagnetiche.

Seguirono una serie di esperimenti e perfezionamenti della tecnica, quali l’invenzione della modulazione di ampiezza e la prima trasmissione della voce (Fessenden, Maryland, 1900), e l’invenzione della modulazione di frequenza e dei ricevitori a supereterodina (Armstrong, 1914), che costituiscono la base sperimentale per la diffusione delle trasmissioni radio e televisive in forma analogica.

Nel dicembre del 1947 Ring e Young, due ingegneri della Bell, proposero per la prima volta l’idea delle comunicazioni cellulari: una rete di piccole aree geografiche chiamate celle, con un trasmettitore a bassa potenza localizzato nel centro di ciascuna, e il riuso delle stesse frequenze da parte di altre celle a distanza sufficiente da non risentire delle interferenze isofrequenziali.

E visto che li abbiamo incontrati nella nostra breve storia, sembra opportuna una digressione, dedicata ai Laboratori Bell. Costituiti come entità separata dalla casa madre AT&T insieme alla Western Electric nel 1925, iniziarono presto ad attrarre ricercatori liberi di svolgere ricerca di base, che svilupparono un’ampia gamma di teorie e tecnologie rivoluzionarie, dalla radioastronomia all’elettronica, alla teoria dell’informazione, ai sistemi operativi (UNIX) e ai linguaggi (C++), divenendo una fucina di premi Nobel per la fisica (7 dal 1937 al 2009).

Il nostro interesse riguarda due scoperte fondamentali per lo sviluppo delle tecnologie ICT avvenute nei laboratori Bell. La prima è la pubblicazione, nel 1948, dell’articolo “*A mathematical theory of Communications*” da parte di Claude



Shannon, che a buon diritto può essere considerato il padre fondatore delle telecomunicazioni in forma digitale. Con una tesi di Master presentata a 21 anni presso il MIT, considerata da molti la più importante tesi di Master del secolo, Shannon dimostrò che l'applicazione elettrica dell'algebra di Boole poteva rappresentare e risolvere ogni tipo di relazione logica o numerica. Durante la seconda guerra mondiale, Shannon lavorò intensamente a problemi di crittografia, collaborando anche con Alan Turing, con l'obiettivo di decifrare le trasmissioni codificate utilizzate dai sottomarini tedeschi. Motivato dal lavoro di ricerca sulla crittografia e codifica del segnale vocale, pubblica sulla rivista Bell System Technical Journal nel 1948 un lungo articolo intitolato "*A mathematical theory of communications*".

In tale articolo Shannon introdusse il concetto di misura dell'informazione, di codifica di sorgente, di capacità dei canali di comunicazione, e, soprattutto, nel suo famosissimo teorema, dimostrò la possibilità di trasmettere su qualunque canale con probabilità di errore nulla utilizzando la codificazione dell'informazione da trasmettere. Il teorema di Shannon è un teorema di esistenza, che dimostra un risultato senza chiarire come fare per ottenerlo; esso aprì un settore di ricerca vastissimo e tuttora molto vivace, noto come Teoria dell'Informazione. Un anno dopo, Shannon pubblicò "*Communication Theory of Secrecy Systems*", nel quale pose le basi della moderna crittografia.

Nei suoi lavori rivoluzionari, Shannon dimostrò che in un sistema di telecomunicazioni la potenza del trasmettitore e la larghezza di banda del canale potevano essere sostituiti, al fine di migliorare la qualità del servizio, da un terzo elemento, la complessità del ricevitore. In quegli anni non esistevano ancora gli strumenti tecnologici per affrontare e risolvere il problema della complessità, mentre la potenza e la banda disponibili erano relativamente ampie e a buon mercato.

Tuttavia, in quegli anni e in quelli seguenti, una serie di scoperte fondamentali, e l'esigenza di trasmettere volumi sempre maggiori di dati, trasformarono le anticipazioni di Shannon nello strumento fondamentale per fronteggiare le sopravvenute necessità.

E ritorniamo dunque ai laboratori Bell, dove, nel 1947, John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley, Jr., inventarono il transistor, il componente attivo fondamentale di tutta l'elettronica moderna, e forse l'invenzione più straordinaria del ventesimo secolo. Il transistor è costituito da un materiale semiconduttore al quale sono applicati tre terminali che lo collegano al circuito esterno. L'applicazione di una tensione elettrica o di una corrente a uno dei terminali permette di regolare il flusso di corrente che attraversa il dispositivo, e questo consente di amplificare il segnale in ingresso. Il transistor è l'elemento costitutivo fondamentale dei moderni dispositivi elettronici, e permea di sé tutti i sistemi elettronici di oggi. Per la scoperta del transistor, i tre ricevettero il premio Nobel per la fisica nel 1956.

Successivamente, nel 1958, Jack Kilby, un ingegnere della Texas Instruments, costruì il primo circuito integrato funzionante, descrivendolo come "Un corpo di materiale semiconduttore... nel quale le componenti del circuito elettronico sono completamente integrate". Anch'egli ricevette il premio Nobel per la fisica nel 2000. Nei mesi che seguirono, i principali problemi pratici per rendere l'invenzione pienamente utilizzabile vennero risolti da Robert Noyce, della Fairchild Semiconductor.

Oggi, il numero di transistori integrati in un singolo "chip" può raggiungere svariati miliardi.

Nel 1975 fu completato da Michael Wise lo sviluppo di quello che si può definire il primo personal computer, lo Sphere I, che comprendeva una CPU, una ROM, un monitor, una tastiera alfanumerica e un Floppy Disk, acquistabile sul mercato per la modica cifra di 8.000 dollari!

Abbiamo dunque: una teoria per trasmettere in maniera affidabile su ogni canale, pur di disporre di circuiti sufficientemente complessi, la disponibilità di circuiti sempre più sofisticati, e il loro utilizzo in una macchina calcolatrice di uso personale che costituisce uno strumento potentissimo per elaborare l'informazione.

Gli ingredienti per la rivoluzione digitale ci sono dunque tutti. Il suo fulcro è la trasformazione dell'informazione in formato digitale quale che sia la sua provenienza: voce, musica, immagini fisse e in movimento. Ciò avviene mediante le tre operazioni di campionamento (teorema di Nyquist, 1924), quantizzazione e codifica digitale.

La convergenza al formato digitale rende possibile una integrazione stretta di segnali anche diversissimi nella loro origine e significato, e i canali di comunicazione vengono attraversati da serie ininterrotte di zeri e di uni.

Nel campo delle comunicazioni cellulari, si passa dalla prima generazione dedicata alla trasmissione della voce, alla seconda, che consente di trasmettere dati sia a commutazione di circuito che di pacchetto, e che vede lo straordinario



successo mondiale del GSM (standardizzato nel 1991), forse l'esempio più convincente di come la cooperazione transnazionale fra le industrie Europee possa vincere nel mercato globale.

Intanto, nei decenni che vanno dal 1950 al 1990, vengono poste le premesse dello straordinario successo planetario di Internet.

Un pioniere dell'esigenza di una rete globale fu J. Licklider, che, in un articolo del 1952, prevede: "Una rete di calcolatori, connessi l'un l'altro mediante linee di comunicazione a larga banda che consentono di svolgere funzioni di librerie insieme con funzionalità di immagazzinamento e ricerca dell'informazione".

Inizialmente, le risorse di un computer centrale (mainframe) venivano utilizzate collegando l'unità centrale con i terminali remoti in un collegamento a stella. Con l'evoluzione della tecnologia, aumentarono la lunghezza dei collegamenti e la velocità di trasmissione dei dati (negli anni 60, una decina di Kbit/s su linee telefoniche tradizionali commutate).

Tuttavia, il modello di comunicazione punto-punto a stella era limitato, non consentendo una comunicazione diretta tra due punti qualunque della rete privi di un collegamento fisico precostituito. Era inoltre intrinsecamente poco sicuro per usi strategici e militari, per la mancanza di percorsi alternativi in caso di un attacco distruttivo.

Principalmente per fornire una risposta americana alla sfida sovietica del lancio dello Sputnik nel 1957, venne istituita nel 1958 negli Stati Uniti l' Agenzia per i Progetti di Ricerca Avanzati (ARPA) del Dipartimento della Difesa, con la missione di promuovere la leadership della tecnologia (militare) americana.

Nel 1968, Robert Taylor, il successore di Licklider a capo dell'ufficio per l'elaborazione dell'informazione alla DARPA, invia a 140 università e centri di ricerca la richiesta di partecipare ad una gara per il progetto della rete di calcolatori dell'agenzia, l' ARPANET.

Nonostante sia diffusa l'opinione che il fine principale di ARPANET fosse quello di costruire una rete in grado di resistere ad un attacco nucleare, ARPANET nasce (cito qui Charles Herzfeld, direttore di ARPA) "dalla frustrazione di avere solo un limitato numero di grandi, potenti calcolatori disponibili per il calcolo scientifico, di difficile accesso da parte dei ricercatori che avrebbero dovuto utilizzarli, in quanto geograficamente separati dai centri di calcolo."

Dei 140 centri di ricerca e università che ricevettero la richiesta di partecipare ad una gara per lo sviluppo di ARPANET, soltanto 12 risposero con una proposta, e 4 vennero finanziate. Il cuore del problema consisteva nel connettere reti separate fondendole in una unica rete virtuale, nella quale non fossero necessarie singole connessioni punto-punto. Alla commutazione di circuito fino ad allora utilizzata, nella quale si richiede un collegamento fisico prefissato tra sorgente e destinatario dell'informazione, viene sostituita la commutazione di pacchetto, termine coniato da Donald Davies, del National Physical Laboratory inglese, mediante la quale il messaggio viene suddiviso in un numero arbitrario di "pacchetti", ciascuno dei quali contiene l'informazione di instradamento nella rete per farlo giungere a destinazione attraverso il percorso più efficiente.

Leonard Kleinrock, tra l'altro laureato ad honorem dal nostro Politecnico, sviluppò al Massachusetts Institute of Technology la teoria matematica di sostegno alla tecnologia della commutazione di pacchetto, e, trasferitosi all'Università di California di Los Angeles, fu uno dei partecipanti della prima ora al progetto ARPANET. Il primo collegamento di ARPANET venne stabilito tra l'Università di California di Los Angeles e lo Stanford Research Institute alle 22.30 del 29 ottobre 1969.

A dicembre 1969 4 università sono connesse alla rete, e il numero cresce molto rapidamente, salendo a 213 nel 1981. Basato sui risultati di ricerca di ARPANET, l'ITU (Unione Internazionale per le Telecomunicazioni) approva lo standard X.25 nel 1976. Benché basato sulla commutazione di pacchetto, X.25 è ancora incentrato sul concetto di circuito virtuale, emulando le connessioni telefoniche tradizionali. Nel 1979 CompuServe è la prima azienda ad offrire un servizio



di posta elettronica a pagamento basato su X.25.

Il numero delle tecniche di connessione delle reti cresce, e con esse la necessità di trovare una soluzione unificante. Insieme, Robert Kahn e Vinton Cerf lavorano in ARPANET alla soluzione del problema, pervenendo nel 1973 alla formulazione di un internetwork protocol che “nasconde” le differenze tra i vari protocolli. Nel documento che descrive il nuovo protocollo, Specification of Internet Transmission Control Program (TCP), viene usato per la prima volta il termine “internet” come abbreviazione per internetworking. L'ARPA finanzia lo sviluppo software del nuovo protocollo, e nel 1977 si ha la prima dimostrazione di collegamento fra tre reti diverse. Nel 1978 il TCP/IP si consolida nella sua forma finale. DARPA sponsorizza lo sviluppo di TCP/IP all'interno di vari sistemi operativi, e questi diviene l'unico protocollo ufficiale di ARPANET, rimpiazzando il precedente protocollo NCP.

Le reti basate su ARPANET erano finanziate da soldi pubblici, e quindi erano utilizzabili soltanto per ricerca da parte di università e centri militari. Per questo altre agenzie governative, la NASA, il Dipartimento dell'Energia e l'NSF svilupparono reti proprie basate su TCP/IP, connettendole nella prima Wide Area Network basata su TCP/IP. La NASA Science Internet nel 1989 fornisce connettività a 20.000 scienziati sparso in tutto il mondo.

Inizialmente utilizzato come abbreviazione per internetworking, il termine Internet passa da aggettivo a nome proprio, acquisendo una propria autonomia come nome della rete stessa, e per Internet si comincia ad intendere una rete TCP/IP diffusa e globale.

L'approccio indipendente dalla rete di TCP/IP lo rendeva di facile applicazione per ogni rete già esistente. E ora passiamo dagli USA all'Europa.

Negli anni tra il 1984 e il 1988 il CERN di Ginevra utilizza il protocollo TCP/IP per connettere i propri computers, PCs, workstation e il sistema di controllo dell'acceleratore di particelle. Per la resistenza dell'Europa, dove era ancora diffuso il protocollo X.25, ad una utilizzazione massiccia di TCP/IP, il CERN si limitò ad un uso interno, e soltanto nel 1989 poté collegarsi alla rete Internet.

Al crescere della rete Internet negli anni 80 e inizio 90, si cominciò a sentire la necessità di trovare e organizzare files e informazioni di vario tipo e formato. Progetti di vario tipo crearono tecniche diverse per l'organizzazione di dati distribuiti, senza però riuscire a includere le varie tipologie di dati. Forse il paradigma più promettente di interfaccia utente fu l'ipertesto, utilizzato da Gopher come la prima interfaccia ipertestuale di Internet. L'ipertesto è un testo sottolineato mostrato sullo schermo di un PC che, se evidenziato con un mouse, consente tramite un ipercollegamento di accedere ad un altro testo o immagine.

Negli anni 1989-1990, lavorando al CERN, Tim Berners-Lee realizzò per la prima volta una comunicazione tra il protocollo di trasferimento dell'ipertesto (HTTP) e un server via Internet. L'HTTP è un protocollo di rete per sistemi distribuiti di informazione multimediale.

Nasce così il World-Wide Web (WWW), un sistema di documenti ipertestuali accessibili via Internet mediante un navigatore di rete (browser). Consentendone un uso pubblico, Berners-Lee ne assicurò la più ampia diffusione. Con l'introduzione nel 1992 del primo browser basato su WWW per navigare nella rete, il Mosaic, un browser grafico sviluppato presso l'Università di Urbana, Illinois, da un gruppo di ricercatori guidato da Marc Andreessen, il WWW divenne l'interfaccia preferita per accedere a Internet.

Dunque, il WWW fu un effetto collaterale di 40 anni di esperimenti di fisica delle particelle. È accaduto molte volte nella storia del pensiero scientifico che i risultati più importanti all'interno di imprese scientifiche di larga scala si concretizzassero in direzioni molto distanti, se non divergenti, dalla direzione principale iniziale.

Quando la concentrazione di talenti umani raggiunse al CERN la massa critica, causò una esplosione intellettuale, il Web, un risultato di cui non siamo riusciti e ancora non riusciamo a prevedere la portata effettiva, perché non vi è stato



mai, nella storia dell'umanità, un processo a crescita così tumultuosa e con effetti così profondi in tutte le dimensioni sociali ed economiche.

Si sviluppò così l'Internet backbone, che denota le principali arterie di collegamento tra grandi reti interconnesse e routers (intradatori). Queste arterie sono ospitate e mantenute da centri di rete pubblici e privati, che consentono l'interscambio del traffico di Internet tra nazioni e continenti via cavi sottomarini e satelliti.

Internet non dipende da un controllo centralizzato, e non utilizza politiche di rete globali. L'affidabilità di Internet è il risultato delle sue scelte architettoniche, che affida ai terminali di comunicazione le tecniche che assicurano l'integrità, l'affidabilità e l'autenticazione dei dati, invece che disporli nella rete stessa. Oggi, poi, l'elevatissimo grado di ridondanza dei collegamenti e i sofisticati protocolli di instradamento in tempo reale forniscono cammini alternativi per bilanciare il carico della rete ed evitare congestioni.

La possibilità di utilizzare Internet per usi commerciali divenne presto un tema di dibattito acceso. I primi Service Providers di Internet vennero costituiti alla fine degli anni 80. Nel 1992, il congresso degli USA consentì, con una decisione fortemente osteggiata dalle università, che la rete NSFNet venisse utilizzata per fini commerciali. Successivamente, le basse tariffe dei Service Providers fecero giustizia delle resistenze, e consentirono al "pubblico" di accedere alla rete.

La diffusione capillare di Internet, e la conseguente movimentazione di una enorme massa di dati, richiedeva la disponibilità di una eccezionale capacità di trasporto, per evitare colli di bottiglia nei quali il traffico si ingolfasse provocando il black-out di Internet. Un fenomeno simile alla necessità di autostrade con un crescente numero di corsie per smaltire il traffico automobilistico in costante aumento, ma con ordini di grandezza infinitamente superiori.

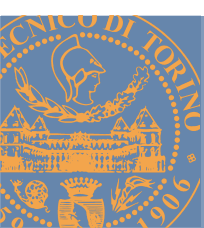
La soluzione al problema del trasporto del traffico di Internet fu la scoperta delle fibre ottiche per telecomunicazioni. Una fibra ottica è un filo sottilissimo (il nucleo centrale di una fibra a singolo modo è dell'ordine dei 10 micrometri, un centesimo di millimetro), trasparente e flessibile che cattura la luce al suo ingresso e la fa viaggiare al suo interno per lunghissime distanze. Le fibre consentono elevatissime velocità di trasporto dei dati, con attenuazione minore rispetto ai cavi tradizionali e con totale immunità ai disturbi di natura elettromagnetica.

L'utilizzo delle proprietà delle fibre ottiche per telecomunicazioni fu proposto da Jun-ichi Nishizawa della Tokoku University nel 1963. Charles Kao, insieme con George Hockam, fu il primo a promuovere l'idea che l'attenuazione delle fibre ottiche potesse essere ridotta al di sotto di 20 decibel per chilometro utilizzando il materiale più adatto, vale a dire vetro di silicio di elevata purezza. Oggi, l'attenuazione può essere ridotta fino a pochi decimi di decibel al chilometro (il che significa che il segnale può viaggiare nella fibra per decine di chilometri prima di perdere metà della sua potenza). Per la sua attività di pioniere, Kao ricevette il Premio Nobel per la fisica nel 2009.

Una singola fibra può trasmettere informazione alla velocità di svariati Terabit (1000 miliardi di bit) al secondo, pari ad esempio al contenuto di informazione di milioni di libri. Le coste dei continenti e gli oceani che li separano sono solcati da cavi in fibra ottica che forniscono una capacità incommensurabile, che alcuni anni or sono sembrava molto al di sopra delle reali necessità; oggi, con l'enorme sviluppo delle applicazioni di Internet ad alta intensità di banda, quali il video, e gli sviluppi futuri verso l'alta definizione e il 3D, lasciano intravedere una saturazione dei cavi transoceanici intorno al 2014.

Finora abbiamo parlato delle scoperte teoriche e tecnologiche che hanno consentito la rivoluzione digitale. Ho dedicato poco tempo alle applicazioni perché sono sotto gli occhi di tutti noi. Vi siete mai chiesti quante delle vostre azioni quotidiane, delle decisioni che prendete, del vostro tempo, dipendono dalla Rete? Provate a farlo, e il risultato vi sorprenderà.

La rete ha rivoluzionato il nostro modo di lavorare, ha influenzato profondamente le nostre attività nel tempo libero, è



diventato un fenomeno che oltrepassa l'ambito scientifico e tecnologico per diventare argomento di ricerca per sociologi. Noi tutti ci chiediamo se questa rivoluzione sia da valutare positivamente oppure no. Certo, l'uso delle tecnologie dell'informazione e delle telecomunicazioni hanno un impatto significativo sul nostro pianeta. Si stima che esse contribuiscano all'emissione globale di CO2 per il 2%, all'incirca la stessa incidenza dell'aviazione, e assorbano circa il 3% dell'energia elettrica prodotta.

Peraltro, l'ICT contribuisce anche, con le sue applicazioni, ad una riduzione diretta o indiretta delle emissioni, con il telelavoro e la teleconferenza, che riducono la necessità dello spostamento fisico, con i lettori digitali, che potrebbero avere un forte impatto sulla sostenibilità ambientale dell'industria della carta stampata, uno dei settori che più pesantemente contribuiscono alla inquinazione mondiale. Nel solo 2008, le industrie librerie e giornalistiche combinate hanno richiesto il taglio di 125 milioni di alberi, senza citare il consumo di acqua e la produzione di CO2. Uno studio recente concludeva che l'acquisto di 3 libri in formato digitale al mese per 4 anni produce meno di un quinto della CO2 generata dallo stesso numero di libri in versione cartacea. Oggi, il fatturato dei libri in formato elettronico vale circa il 10% di quelli stampati, ma la percentuale cresce molto più che linearmente.

La rete, come ci hanno insegnato gli avvenimenti recenti nei paesi nordafricani, è un potente strumento di democrazia diretta. Le reti sociali, che denotano un complesso insieme di relazioni tra membri di sistemi sociali a ogni livello di scala, dall'interpersonale all'internazionale, si contano a decine di migliaia, e 13 di esse hanno più di 100 milioni di utenti attivi.

E in futuro? Difficile a dirsi, ma facciamo un tentativo. Applicazioni che cominciano ora a diffondersi, come i lettori digitali, le applicazioni video che inevitabilmente convergeranno verso l'alta definizione, con un uso sempre più massiccio della capacità della rete, la possibilità di rivolgersi a banda larga alla rete dovunque uno si trovi, diventeranno di uso comune.

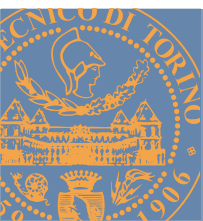
Un'applicazione che richiederà massicci investimenti nella rete per l'elevatissima mole di dati che mobilita sarà la diffusione della computer graphics tridimensionale per usi professionali e commerciali (videogiochi). Essa sarà lo strumento principale della Augmented Reality, una tecnica interattiva che combina elementi di realtà con frammenti virtuali e opera in 3D.

Tramite le reti cellulari e gli "smart phones" saremo localizzati dalla rete, e riceveremo informazioni (anche pubblicitarie) personalizzate e mirate ai nostri gusti e a ciò che si trova nelle vicinanze.

L'enfasi si sposterà dal possesso di personal computer sempre più potenti in termini di capacità di calcolo e memoria, all'uso di strumenti più leggeri, agili e portabili, sviluppati per fornire una interfaccia verso la rete di facile utilizzazione, quali l'iPad e i suoi succedanei. Questo avverrà con lo sviluppo del "cloud computing" (la nuvola che calcola), che metterà a disposizione servizi di SW, accesso alle basi dati, servizi di immagazzinamento personale in maniera trasparente per l'utente, che non conosce né la localizzazione fisica né la configurazione del sistema che gli fornisce il servizio. Il funzionamento è strettamente analogo a quello della rete elettrica, da cui noi assorbiamo energia in modalità trasparente.

In una visione pessimistica il risultato sarà che il singolo individuo e il suo mondo vicino saranno sempre più "poveri" di risorse, e dipenderanno sempre di più dalla rete, dalla quale tutti succhieremo dati, memoria, risorse di calcolo, varie forme di intrattenimento, quali musica, film, videogiochi, insomma, delle appendici della Rete prive di capacità nostre di pensiero e di decisione.

Ma potrà anche succedere, e ce lo auguriamo tutti, che il nostro uso della rete si faccia sempre più consapevole e intelligente, e che impariamo a distinguere il grano dal loglio che essa offre, visitandola quando ci serve e per il tempo stret-



trasparente per l'utente, che non conosce né la localizzazione fisica né la configurazione del sistema che gli fornisce il servizio. Il funzionamento è strettamente analogo a quello della rete elettrica, da cui noi assorbiamo energia in modalità trasparente.

In una visione pessimistica il risultato sarà che il singolo individuo e il suo mondo vicino saranno sempre più "poveri" di risorse, e dipenderanno sempre di più dalla rete, dalla quale tutti succhieremo dati, memoria, risorse di calcolo, varie forme di intrattenimento, quali musica, film, videogiochi, insomma, delle appendici della Rete prive di capacità nostre di pensiero e di decisione.

Ma potrà anche succedere, e ce lo auguriamo tutti, che il nostro uso della rete si faccia sempre più consapevole e intelligente, e che impariamo a distinguere il grano dal loglio che essa offre, visitandola quando ci serve e per il tempo strettamente necessario, così come andavamo un tempo a consultare libri o riviste nelle biblioteche comunali o di quartiere.

Non è questa la sede per affrontare il discorso sulla presunta neutralità della scienza e del metodo scientifico. Mi sento però di affermare che il fine ultimo e la qualità etica degli strumenti che la scienza e la tecnologia ci offrono sono raramente intrinseci e connaturati allo strumento in sé, ma dipendono strettamente dall'uso che noi decidiamo di farne.

Quale che sia la nostra opinione in proposito, la progressione della scienza (non lo chiamo progresso per non rendere esplicito un giudizio di valore) continuerà inesorabile e inarrestabile, perché la nostra curiosità di esseri umani, forse una traccia del peccato originale, ce lo impone. Nessuno l'ha detto meglio di Dante...

