
JULIUS.CAESAR@INTERRETE.SPQR: UN INSOLITO VIAGGIO NEL TEMPO ALLA SCOPERTA DELLE TECNOLOGIE PER LE TELECOMUNICAZIONI¹

FILIPPO GIANNETTI

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università di Pisa

1. Introduzione

I sistemi di telecomunicazione ed i sistemi per la trasmissione di segnali sono presenti in ogni momento della nostra vita. Per esempio, senza rendercene conto, noi utilizziamo un sistema di comunicazione quando, con il nostro smartphone, consultiamo i social network, inviamo messaggi, guardiamo video e visitiamo siti internet, oppure quando guardiamo i programmi televisivi diffusi dalla rete di ripetitori terrestri o dai satelliti per telecomunicazioni in orbita intorno alla Terra. E potremmo continuare con tanti altri esempi ancora. Ma le cose non sono state sempre così. In epoche passate, e fino a periodi relativamente recenti, i sistemi di comunicazione erano rudimentali e la trasmissione delle informazioni risultava lenta e difficile. Questo contributo intende quindi far acquistare al lettore la consapevolezza del fatto che per giungere alle odierne meraviglie delle tecnologie dell'informazione, che diamo per scontate e che utilizziamo quotidianamente con tanta naturalezza, sono serviti gli sforzi, le intuizioni ed i colpi di genio di molte persone nel corso dei secoli. Per questo scopo faremo un viaggio nel tempo, durante il quale rivivremo importanti episodi ed incontreremo personaggi di fondamentale importanza nello sviluppo delle tecnologie delle comunicazioni, concedendoci qua e là anche qualche licenza di contaminare il passato con il nostro presente. A questo punto non ci resta che entrare nella nostra macchina del tempo, sederci ai comandi e partire per la prima destinazione. Lontano nel passato ...

2. L'Epoca Classica

Piana di Maratona, 12 Settembre 490 a.C. - Le truppe della polis di Atene ed i loro alleati affrontano e sconfiggono un'imponente armata persiana sbarcata per conquistare la Grecia. Secondo la tradizione, conclusa la battaglia, un messaggero di nome Fidippide viene inviato di corsa ad Atene dove fa appena in tempo ad annunciare la vittoria con le parole "χαίρετε, νικῶμεν" ("gioite, abbiamo vinto") prima di morire, esausto per la fatica. Questo noto episodio, seppur leggendario, è una emblematica rappresentazione delle limitate capacità di comunicazione del mondo antico. Ma come sarebbero

¹ Lezione tenuta lunedì 9 dicembre 2013, ore 11 - IIS P. Rossi - sede Rossi, Via Democrazia n. 26, Massa; venerdì 21 febbraio 2014, ore 11 - Liceo Scientifico Francesco Redi Arezzo, Via L. Leoni n. 38, Arezzo.

andate le cose se gli antichi Greci avessero avuto a disposizione le moderne tecnologie di comunicazione? Molto semplicemente, sarebbe bastato digitare sulla tastiera di un dispositivo connesso in rete (come ad esempio un computer o uno smartphone o un tablet) il messaggio in questione, che è composto da una parola di 7 lettere ($\chi\alpha\iota\rho\epsilon\tau\epsilon$), una virgola, uno spazio ed un'altra parola di 7 lettere ($\nu\iota\kappa\tilde{\omega}\mu\epsilon\nu$), per un totale di 16 caratteri (risparmiando, tra l'altro, l'estremo sacrificio del povero Fidippide). Osserviamo adesso che nei moderni dispositivi digitali di comunicazione ogni carattere che viene inserito tramite una tastiera (sia esso alfabetico maiuscolo o minuscolo, cifra numerica o simbolo di punteggiatura) viene trasformato in un gruppo di "bit", cioè di cifre che assumono solo due valori, "0" oppure "1", secondo una opportuna tabella detta "codifica". Volendo dunque rappresentare i caratteri dell'alfabeto Greco, oltre che di quello Latino, possiamo ad esempio utilizzare la codifica Unicode che associa un gruppo di 16 bit ad ogni carattere della tastiera. Ne consegue che il numero di bit che servono per rappresentare il messaggio trasportato da Fidippide è dato dalla seguente formula

$$\begin{aligned} \text{Numero di bit del messaggio} &= \text{Numero di caratteri del messaggio} \times \text{Numero di bit di ciascun carattere} \\ &= 16 \text{ caratteri} \times 16 \text{ bit/carattere} = 256 \text{ bit} \end{aligned}$$

Non sappiamo quanto tempo abbia impiegato lo sventurato messaggero a percorrere i circa 40 km che separano la piana di Maratona dalla città di Atene. Però nel 2004, proprio su quello stesso percorso, l'atleta italiano Stefano Baldini ha vinto la gara della maratona olimpica con un tempo di 2 ore, 10 minuti e 55 secondi, equivalente a 7855 secondi. Assumendo (in verità molto ottimisticamente!) che Fidippide abbia impiegato lo stesso tempo di Baldini, possiamo dunque calcolare la velocità con cui fu effettuata la trasmissione del messaggio

$$\begin{aligned} \text{Velocità di trasmissione} &= \text{Numero di bit del messaggio} / \text{Tempo impiegato a trasportare il messaggio} \\ &= 256 \text{ bit} / 7855 \text{ s} = 0.0326 \text{ bit/s} \end{aligned}$$

Quindi, possiamo concludere che, dal punto di vista puramente "tecnico", il messaggero di Maratona fu l'equivalente di una connessione alla infima velocità di 0.0326 bit al secondo, che è ben poca cosa se confrontata alle attuali connessioni internet. Per esempio, una connessione "20 Mega", che corrisponde a circa 20 milioni di bit al secondo, equivale ad oltre 600 milioni di messaggeri! Per molti secoli a venire le comunicazioni avrebbero continuato ad essere basate principalmente su messaggeri a piedi o a cavallo, oltre che su varie tecniche di segnalazione acustica tramite corni e tamburi, o visiva tramite bandiere, segnali di fumo, specchi e torce. La più estesa infrastruttura di comunicazione dell'antichità fu la capillare rete viaria dell'Impero Romano. A questa, si aggiungeva una rete di torri dispiegata lungo le coste del Mediterraneo dalla cui sommità venivano effettuate segnalazioni tramite torce, secondo un sistema ideato da Polibio nel 150 a.C.. Con un piccolo sforzo di fantasia, possiamo vedere nella rete viaria dell'Impero Romano una sorta di internet ante litteram. E dato che la parola "internet" è la contrazione dell'Inglese "interconnected networks", cioè reti interconnesse, se gli anti-

chi Romani avessero avuto una visione “moderna” delle telecomunicazioni avrebbero potuto utilizzare il termine Latino “interrete” e magari definire anche degli indirizzi per individuare gli utenti di questa vastissima rete, cosicché un messaggio destinato a Giulio Cesare sarebbe stato indirizzato a `Julius.Caesar@interrete.spqr`. Ma, nonostante le limitazioni delle telecomunicazioni in epoca antica, una cosa fu ben chiara fin dall’inizio: l’esigenza di proteggere da intercettazioni non autorizzate il contenuto dei messaggi trasmessi. Ed in questo campo, si distinse proprio il grande Cesare che mise a punto uno dei primi algoritmi crittografici (cioè procedimenti per cifrare un messaggio in modo tale che lo possa decifrare e leggere solo il destinatario (n.d.r.) della storia. Si trattava di un cifrario a sostituzione monoalfabetica in cui ogni lettera del messaggio da trasmettere (detto “testo in chiaro”) veniva sostituita dalla lettera che si trova un certo numero di posizioni dopo nell’alfabeto, producendo così il testo da trasmettere (detto “testo cifrato”) che risultava incomprensibile a chi non conosceva l’algoritmo di sostituzione adottato. A buon diritto, anche Giulio Cesare può quindi essere annoverato fra i pionieri delle tecnologie delle comunicazioni.

3. Una Rivoluzione nella Rivoluzione

Varennes, 21 Giugno 1791 – Il re di Francia Luigi XVI e la famiglia reale mettono in pratica un maldestro piano per fuggire all’estero, ma vengono bloccati ed arrestati a Varennes, a pochi chilometri dal confine. La clamorosa notizia viene subito diffusa in tutta la Francia da messaggeri che impiegano fino a sei giorni per raggiungere le località più remote del regno. È questo l’ultimo grande avvenimento storico di cui viene data notizia con i metodi antichi. Infatti, appena due anni dopo, nel 1793, un inventore francese di nome Claude Chappe (1763-1805) inventa il “telegrafo ottico” (Fig. 1a). Si tratta di un sistema di comunicazione costituito da torri distanziate di alcune decine di chilometri e sormontate da un sistema di bracci meccanici manovrabili da parte di un operatore, con i quali è possibile comporre dei segni convenzionalmente associati a lettere dell’alfabeto (Fig. 1b). Si realizza una infrastruttura appositamente dedicata alla trasmissione di segnalazioni e nascono così le telecomunicazioni moderne: una rivoluzione tecnologica nel mezzo di una rivoluzione politica. L’invenzione di Chappe riscuote ben presto un grande successo ed una rete costituita da centinaia di torri ripetitrici dei segnali telegrafici viene dispiegata in tutta la Francia. Anche Napoleone, che come Cesare aveva ben chiara l’importanza delle comunicazioni in ambito militare, fece ricorso al telegrafo ottico sui campi di battaglia (Fig. 1c). Questo innovativo mezzo di comunicazione fu così efficace da essere addirittura definito “l’arma segreta di Napoleone”. Il telegrafo Chappe è anche protagonista di un episodio del romanzo di Alexandre Dumas “Il Conte di Montecristo” (capitoli LX e LXI.) in cui il Conte corrompe l’operatore di una stazione telegrafica ed invia un falso messaggio alla Borsa di Parigi, provocando un tracollo finanziario che causa la rovina del suo nemico Danglars. E rileggendo ancora una volta eventi e tecnologie del passato in chiave moderna, possiamo concludere che il Conte di Montecristo, inserendosi in maniera illegale in una

rete di comunicazioni per alterarne il contenuto dei messaggi, si è comportato proprio come un “hacker”, cioè un pirata informatico dei nostri giorni.

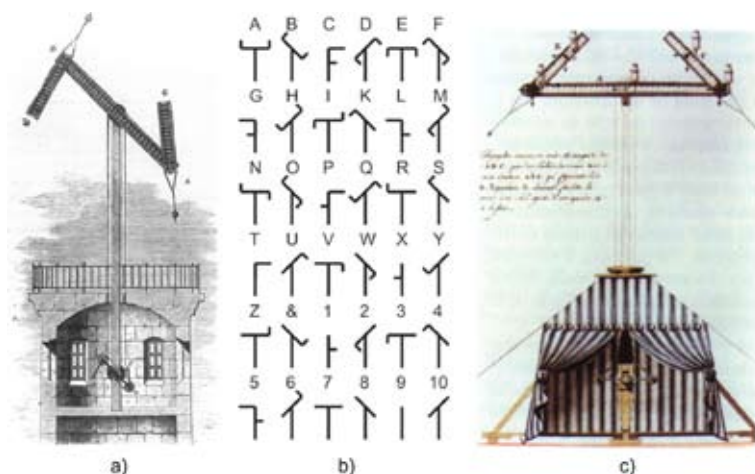


Figura 1. Telegrafo ottico di Chappe: a) torre di segnalazione con il meccanismo di manovra dei bracci; b) simboli dell'alfabeto del telegrafo Chappe ed i corrispondenti caratteri alfanumerici; c) torre telegrafica mobile per uso militare, del tipo impiegato da Napoleone per la campagna di Russia.

4. Bang! Bang! Bang!

Ford's Theatre, Washington, 14 Aprile 1865 – La guerra di Secessione è da poco conclusa ed il presidente Abramo Lincoln è tranquillamente seduto nel suo palco a teatro quando un fanatico sudista sbuca all'improvviso alle sue spalle e ... Bang! ... fa fuoco con una pistola, uccidendolo. Un giornalista che ha assistito al delitto si imbarca subito sulla prima nave in partenza per la Gran Bretagna e dopo 12 giorni di navigazione, come un moderno Fidippide transoceanico, porta in Europa la notizia dell'assassinio del presidente degli Stati Uniti.

Villa Griffone, Pontecchio, Bologna, 1895 – Un giovane sperimentatore di nome Guglielmo Marconi (1874-1937), con apparecchiature di sua costruzione, invia dalla propria casa un segnale radio e ... Bang! ... lo sparo di un fucile lo informa che il segnale è stato captato dietro una collina a circa due chilometri di distanza: nascono le radiocomunicazioni. Nel giro di pochi anni, per l'esattezza nel 1901, Marconi riesce ad effettuare la trasmissione di un segnale radio da Poldhu (Cornovaglia) fino a Terranova (Canada) a 3200 km di distanza, dimostrando che è possibile comunicare tra le due sponde dell'Oceano Atlantico senza bisogno di navi, né di cavi sottomarini: il mondo è improvvisamente diventato piccolo piccolo.

Dallas, 22 Novembre 1963 – Il presidente John Kennedy passa in mezzo alla folla su di un'auto scoperta quando ... Bang! ... si accascia colpito a morte da uno sparo di fucile. Un secolo dopo Lincoln, un altro presidente degli Stati Uniti viene assassinato, ma questa volta ci sono i moderni mezzi di comunicazione. Così la notizia viene immediatamente diffusa da radio e televisioni, e nel giro di poche ore le drammatiche immagini dell'assassinio, riprese da una videocamera amatoriale, fanno il giro del mondo.

5. La II Guerra Mondiale ed i geni delle tecnologie dell'informazione

Come abbiamo già avuto modo di osservare, molto spesso le innovazioni tecnologiche nascono sotto l'impulso di esigenze militari o in periodi drammatici della storia. Ed anche l'evento più tragico del XX secolo, la II Guerra Mondiale, si è rivelato estremamente prolifico da questo punto di vista, producendo grandi sviluppi nel campo delle tecnologie dell'informazione. Come primo esempio consideriamo il matematico inglese Alan Turing (1912-1954) che durante il conflitto lavorò alla decodifica dei codici creati dai Tedeschi mediante la macchina Enigma (basata su un cifrario a sostituzione polialfabetica, in pratica, una versione evoluta del codificatore di Cesare) ed in seguito si dedicò allo studio delle tecniche di calcolo artificiale gettando le basi per l'informatica e la realizzazione dei moderni computer. Una curiosità che ci ricollega all'inizio di questo viaggio nel tempo: Alan Turing fu anche un buon maratoneta. Tra i geni delle tecnologie dell'informazione che furono attivi durante la II Guerra Mondiale è doveroso ricordare la bellissima diva del cinema Hedy Lamarr (1914-2000), che nel 1942 inventò e brevettò, non senza incontrare un forte scetticismo, un ingegnoso sistema di radiocomunicazione, detto "Frequency-Hopping Spread-Spectrum", i cui segnali risultano particolarmente robusti ai tentativi di disturbo da parte del nemico e difficilmente intercettabili. Potrà essere sorprendente sapere che si tratta della stessa tecnologia che viene tutt'oggi impiegata dai dispositivi Bluetooth. Nello stesso periodo, Ugo Tiberio (1904-1980), docente presso l'Accademia Navale di Livorno, condusse studi pionieristici riguardanti la tecnologia dei radar ed installò i primi apparati sulle navi della Marina Militare. Erano i precursori dei moderni radar che oggi garantiscono la sicurezza del traffico aereo e marittimo in ogni condizione di visibilità. Infine, nell'ottobre del 1945, quando la guerra era terminata da pochi mesi e l'Europa era ancora un cumulo di macerie, lo scrittore di fantascienza Arthur Clarke (1917-2008), che aveva lavorato per la Royal Air Force come esperto di radar, ipotizzò la realizzazione di stazioni ricetrasmittenti poste in orbita intorno alla Terra: nasceva l'idea dei satelliti artificiali per telecomunicazioni, che poi diventeranno una realtà commerciale alla fine degli anni '60. E così, se oggi possiamo seguire in diretta televisiva importanti eventi, come ad esempio le olimpiadi o i campionati mondiali di calcio, ovunque essi si svolgano, lo dobbiamo alla geniale intuizione di uno scrittore di fantascienza.

6. Le telecomunicazioni nel XXI secolo ed oltre

Il nostro viaggio nel tempo è finito. Siamo ritornati nel XXI secolo ed intorno a noi troviamo un mondo pervaso da sistemi di comunicazione (internet, reti telefoniche, televisione digitale, ecc.) che utilizziamo quotidianamente ed ovunque, mentre 1.8 miliardi di chilometri di cavi in fibra ottica (fonte Corning) attraversano continenti ed oceani trasportando quantità inimmaginabili di dati. Per renderci pienamente conto della immensa quantità di informazioni che fluiscono attraverso queste straordinarie infrastrutture di telecomunicazioni possiamo dare un'occhiata ai dati riportati in Fig. 2 che ci mostrano che cosa accade in internet durante un solo minuto (fonte Intel).



Figura 2. Che cosa accade in un minuto su internet (GB, leggasi "Gigabyte", corrisponde a circa 8 miliardi di bit.)

E se pensiamo che internet è divenuta un fenomeno di massa solo alla fine degli anni '90 del XX secolo, non possiamo che rimanere sbalorditi dall'impressionante progresso compiuto dai sistemi di comunicazione in appena una ventina di anni. E che cosa ci riserverà allora il futuro? Per scoprirlo, non ci resta che entrare nuovamente nella nostra macchina del tempo e ripartire per una nuova destinazione. Stavolta, nel futuro...