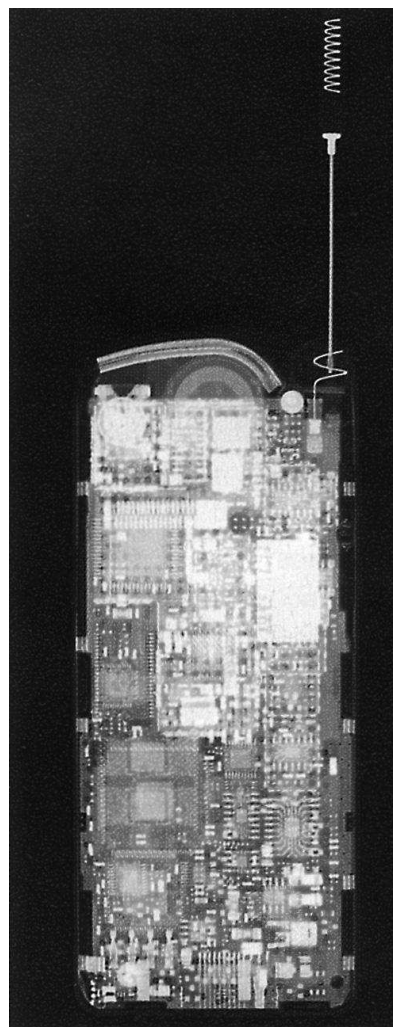


I segreti del telefono cellulare

Daniel Krob

Il telefono cellulare è attualmente un oggetto abbastanza ordinario. Chi non ha mai visto un telefono cellulare o non ne ha mai usato uno? Tuttavia sono pochi quelli che hanno pensato alla scienza ed alla tecnologia che vi stanno sotto.

Il telefono cellulare è oggi usato correntemente in molti paesi. Tempo fa non era così, la situazione era ben diversa. Nel 1985, esisteva un gran numero di sistemi di telefonia senza fili, concepiti, sviluppati e commercializzati dai grandi operatori nazionali, ma erano incompatibili fra loro. Differenti per le loro caratteristiche tecniche, questi sistemi non permettevano di comunicare da una rete telefonica all'altra. Per renderli compatibili, occorreva dunque mettersi d'accordo su tutto un insieme di specifiche tecniche, stabilire cioè una norma comune. Questo è successo nel corso dei cinque anni successivi, quando è emersa in Europa la norma GSM (Global System for Mobile communication), a seguito di un'iniziativa di France Télécom e di Deutch Telekom, i due operatori telefonici francese e tedesco del periodo. I primi sistemi commerciali fondati su questa norma sono nati all'inizio degli anni '90. Tuttavia non è che verso la metà, in verità quasi alla fine, di quello stesso decennio, che il GSM si è veramente im-



Una radiografia di un cellulare. L'elettronica di questo apparecchio sembra complicata e non lascia comunque intravedere i lavori di natura matematica necessari per mettere a punto il cellulare. (Foto (negativo) Stock)

posto come il solo vero standard internazionale di telefonia mobile. Lo sviluppo attuale delle reti mobili di terza generazione è del resto una eccellente prova della importanza ottenuta dal GSM; la norma soggiacente questa terza generazione l'UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), costituisce infatti una estensione naturale della norma GSM.

La norma GSM racchiude una grande complessità scientifica e tecnologica.

L'utente ha raramente coscienza del fatto che dietro le reti radio-mobili si cela una grande complessità scientifica e tec-

nologica. Per esempio, la norma GSM consta di più di 5000 pagine di specifiche tecniche, difficili da leggere anche per lo specialista! E il GSM è ben lontano dall'essere completato: enormi sforzi nella ricerca e nello sviluppo tecnologico sono stati avviati, sia dalle grandi società di ingegneria radio-telefonica che dai laboratori universitari, per migliorare senza sosta la qualità e l'efficacia delle reti di telefonia mobile.

La norma GSM si basa su un insieme di tecniche provenienti sia dalla telecomunicazione classica che dall'informatica, dalla matematica e dal trattamento del segnale. In particolare, la matematica e l'algoritmica giocano un ruolo fondamentale nella concezione e nel buon funzionamento dei meccanismi interni di reti



Un'antenna per la telefonia mobile GSM in campagna. Da una iconografia campestre. (Nefativo REA)

radio-mobili. La matematica fornisce il substrato teorico su cui si appoggiano quasi tutte le fasi fondamentali del trattamento dell'informazione che sono necessarie alla gestione di una comunicazione telefonica da un telefono cellulare. L'algoritmica invece permette di trasformare questi risultati fondamentali in protocolli effettivi ed efficaci, che possono cioè essere realizzati concretamente ed attivati in una rete radio-mobile.

Algoritmi per numerare l'informazione, dividerla in pacchetti, criptarla, ecc.

Per illustrare quale sia l'impatto di queste due discipline in telefonia mobile, guardiamo un po' più in dettaglio il modo in cui una comunicazione telefonica si sviluppa quando un utente compone un numero sul suo apparecchio. Innanzitutto tutti i dati trasmessi all'interno di una rete radio-mobile sono unicamente numerici: essi infatti sono costituiti da "pacchetti" o, meglio, stringhe di 0 e 1 di lunghezza fissata emesse ogni quarto di secondo che contengono l'insieme delle informazioni (parole, identificazione del cellulare, qualità di ricezione, ecc) legati alla determinata comunicazione telefonica. Oltre a permettere la mobilità degli utenti, la grande differenza tra la telefonia mobile e la telefonia fissa classica consiste nel fatto che le informazioni sono trasmesse da onde hertziane e non da cavi; questo ha reso necessaria la messa a punto di un insieme di tecniche algoritmiche e matematiche molto specifiche.

Queste fanno intervenire l'algoritmica ripartita, l'ottimizzazione combinatoria, il trattamento numerico del segnale, la geometria algoritmica e la codifica della correzione degli errori, per citare solo qualche area, ma ve ne sono molte altre coinvolte.

I pacchetti di informazioni, in effetti, non sono trasmessi così come sono. Per assicurare la discrezione nelle comunicazioni, ogni pacchetto è criptato con l'aiuto di un protocollo crittografico specificato dalla norma e utilizzando delle chiavi segrete specifiche per ogni operatore (e va detto che i metodi crittografici si poggiano su tecniche e concetti algebrici e geometrici spesso molto elaborati). La gestione della trasmissione hertziana vera e propria necessita di un trattamento preliminare di ogni pacchetto di informazione. Il canale hertziano è di fatto sottoposto a vari tipi di perturbazioni che confondono i segnali emessi da un telefono cellulare. Per esempio l'assorbimento e la riflessione delle onde hertziane dagli edifici genera una attenuazione ed uno sfasamento di ogni segnale emesso da un telefono cellulare. Inoltre ogni segnale genera numerosi echi di cui bisogna tenere conto. Così, una parte di ogni pacchetto di informazione è specificatamente destinata al recupero del segnale originario all'interno del mare di echi in cui è sommersa.

Naturalmente questi problemi sono stati studiati già da molto tempo, sia a livello teorico che pratico. Tuttavia le richieste specifiche delle reti radio-mobili all'ingegneria industriale necessitano di un ulteriore sviluppo ed adattamento

delle tecniche e teorie matematiche classicamente utilizzate in questo contesto.

La teoria dei grafi per assegnare convenientemente le frequenze

L'apporto della algoritmica e della matematica non si limita al processo di elaborazione delle informazioni numeriche che stiamo (molto rapidamente) trattando. Le tecniche algoritmiche sono fondamentali per gestire efficientemente le frequenze radio di cui dispone ogni operatore. Gli enti pubblici affittano a ciascun operatore – a prezzo relativamente caro – la banda di frequenza che può utilizzare; tuttavia solo un piccolo numero di frequenze, dell'ordine di 300, è realmente utilizzabile all'interno di questa banda. Due comunicazioni svolte nello stesso momento da due diversi telefoni portatili, anche se geograficamente vicine, non possono essere inviate su frequenze attigue a causa delle interferenze che danneggiano la qualità della trasmissione. È quindi necessario saper ripartire in modo ottimale le frequenze disponibili per tutti gli utenti che sono ben più numerosi delle frequenze. Si può dimostrare che un essere umano non è in grado di risolvere questo tipo di problema in tempi ragionevoli. I metodi algoritmici, basati su dei modelli matematici proposti dalla teoria dei grafi, sono stati determinanti per poter realizzare delle logiche di pianificazione che permettano di risolvere efficientemente questi problemi di assegnazione di frequenze. Tutti questi problemi hanno

grande importanza dal punto di vista industriale e sono ancora oggetto di ricerche molto attive.

Daniel Kroh
Direttore di ricerca al CNRS e direttore del
LIAFA (Laboratorio di Informatica
Algoritmica: Fondamenti ed Applicazioni).
Università Parigi 7 e CNRS.

Alcuni riferimenti bibliografici:

- D. Kroh e E. A. Vassilieva, *Performance evaluation of demodulation methods: a combinatorial approach*, Proceedings of DM-CCG, Discrete Mathematics and Theoretical Computer Science, pp. 203-214 (2001) (disponibile in rete: <http://dmtcs.loria.fr>)
- X. Lagrange, P. Godlewski, S. Tabbane, *Réseaux GSM-DCS* (Hermès, 1997).
- J. G. Proakis, *Digital Communications* (McGraw-Hill, III edizione, 1995).
- C. Servin, *Télécoms: de la transmission à l'architecture de réseaux* (Masson, 1998).