

# La trasmissione dei dati

Siamo nell'era dei « dati ». I dati, è vero, esistono da tanto tempo, però la veste con cui, sino a poco tempo fa, giungevano alla elaborazione, non era quella che ora permette l'impiego ed i vantaggi della tecnica digitale.

Per noi italiani è storia recentissima, ma sembra già appartenere ad un passato remoto, tanto è entrata nelle nostre consuetudini: oggi è, a dir poco, noioso mettersi a raccontare, per l'ennesima volta, il processo di raccolta, di codificazione e di elaborazione che subisce l'oceano di informazioni atte a consentire la gestione di una società civile. Il calcolatore elettronico domina e la sua potenzialità di giorno in giorno si accresce talmente, che anche i grandi complessi si stanno preparando a controllare le proprie attività con gestioni centralizzate: il centro dominerà tutto, sino alla più lontana periferia. Però...

Però, un controllo immediato di tutto e l'invio di tempestive decisioni ad un qualsiasi punto della periferia, come si potranno ottenere con i mezzi per ora a disposizione? Ed in caso di gestioni non centralizzate, come potranno lavorare in parallelo, scambiandosi all'istante informazioni, gli elaboratori distanti fra loro?

Il cervello elettronico, come si vede, deve essere appoggiato da una tecnica che gli recapiti i dati, nei momenti opportuni, dai luoghi ove questi nascono, e che si faccia, verso questi luoghi, sua messaggera.

Alla sorella maggiore « elaborazione dei dati », si affianca così la « trasmissione dei dati ».

Proprio in questo periodo noi italiani stiamo vivendo i primi istanti di questa nuova conquista.

Si potrebbe obiettare che da decine di anni, ormai, si trasmette in tutto il mondo: la telegrafia, la telefonia, la radio, la televisione ne fanno fede. Però si può rispondere che la novità c'è: si deve far giungere da lontano un linguaggio comprensibile ai calcolatori ed esente da interferenze e, quel che più conta, si deve trovare una tecnica, economicamente competitiva con i sistemi precedenti, che permetta di usufruire dell'unica via che, distribuita capillarmente nei luoghi abitati, consente all'uomo della strada comunicazioni imme-

diante a distanza con i suoi simili: la rete telefonica.

Il problema è arduo, perché la rete telefonica presenta caratteristiche particolari: è stata concepita per trasmettere una certa banda di frequenza, per far correre, da uno ad un altro qualunque dei suoi punti, la voce dell'uomo e non un'arida successione di sì e di no.

Prima di parlare a fondo della rete telefonica, vediamo a chi serve, dato che nei paesi economicamente più progrediti è in funzione regolarmente, e a chi servirà la trasmissione dei dati, e cerchiamo di giustificare la necessità.

L'esempio più immediato, anche se in questo caso particolare la rete telefonica non viene quasi mai interessata, è quello della guida di un razzo in volo. Il missile comunica le proprie coordinate a terra e un calcolatore le confronta con quelle della traiettoria prestabilita: se non c'è coincidenza, il calcolatore fornisce le correzioni da apportare alla rotta, ed al razzo vengono inviati comandi in tale senso. Date le grandi velocità a cui viaggiano gli oggetti teleguidati, si comprende quanto siano necessarie, specie se è in gioco la vita di uomini, e quanto rapide debbano essere le operazioni che vanno dal rilievo di una traiettoria alla sua eventuale correzione.

E' notissimo, poi, il caso di trasmissioni provenienti da satelliti che, non potendo tornare indenni sulla terra, trasmettono, alle stazioni di ascolto del globo, i dati relativi ai rilievi compiuti nello spazio.

Per passare a cose più semplici, ma altrettanto importanti, facciamo altri esempi.

Una compagnia di navigazione aerea, con agenzie sparse in vari paesi del mondo, può risolvere il problema delle prenotazioni collegando all'istante le varie sedi, in cui si presentano tali richieste, con un elaboratore centrale atto a tenere una simile contabilità. In pochi istanti si conoscerà la situazione del volo richiesto in corso (per gli scali che ancora rimangono) o da effettuarsi entro un lasso di tempo stabilito: in tal modo il cliente saprà subito se la sua richiesta è stata accolta e registrata, oppure no.

Complessi industriali, con sedi sparse ovunque, possono gestirle a distanza, rice-

vedo i dati relativi alla produzione ed inviando gli ordini del caso.

Al centro di elaborazione possono collegarsi, a sera, le agenzie di un istituto bancario, per comunicare le operazioni svolte nella giornata. Inoltre, in ogni momento, dagli sportelli periferici, si può interrogare il cervello elettronico sulla situazione attuale di un qualsiasi cliente.

Proseguendo, l'amministrazione statale, le polizie, l'esercito, gli enti più disparati, possono valersi della D.T. (questa è la sigla della « Data Transmission ») per bilanci, ricerche, controlli, calcoli, ecc.

Fra coloro che si serviranno di questa nuova tecnica, ci saranno pure le Società Telefoniche: sono allo studio, infatti, fra l'altro, gestioni centralizzate di magazzino, trasmissione di dati relativi al traffico, problemi di tariffazione automatica con invio degli estremi, precedentemente registrati, delle comunicazioni, dai luoghi di origine ai centri elettronici di fatturazione. Nelle ore notturne, in un futuro che non si conosce con esattezza, ma che certamente verrà, le linee che attualmente si godono un meritato riposo, dopo il furibondo traffico giornaliero, collegheranno la periferia con il centro di calcolo.

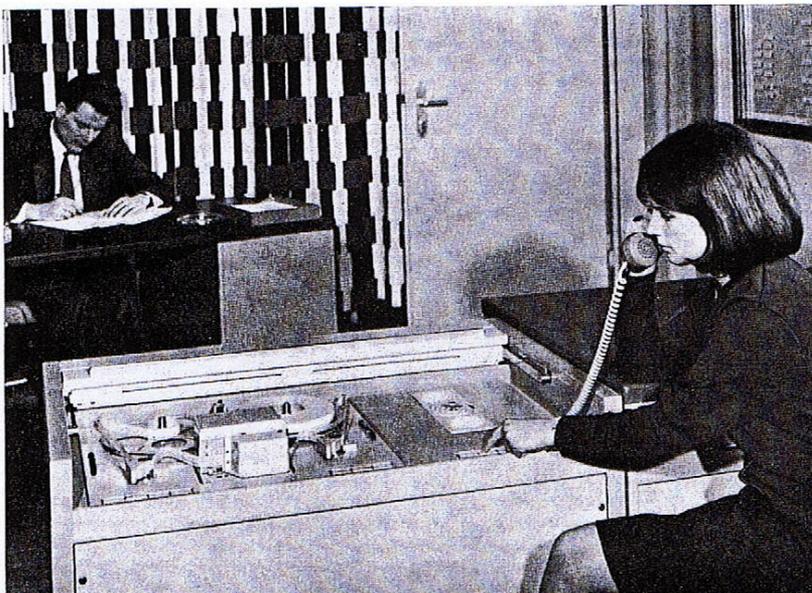
Analizziamo ora la rete telefonica che vedrà accresciuto l'ineguagliabile pregio di essere una via di immediata comunicazione a distanza accessibile a tutti, quando un numero telefonico qualsiasi potrà collegarsi direttamente con tutti gli altri numeri siti sul territorio nazionale, mediante la selezione di utente.

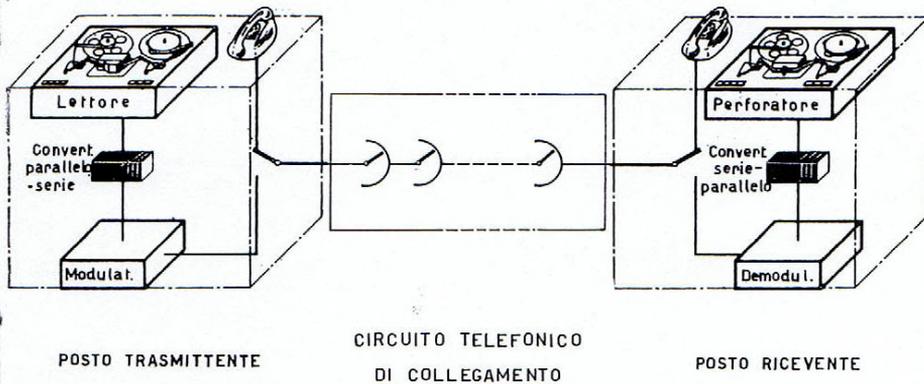
A parte il pregio della capillarità, la rete telefonica costringe ad adattarsi alle sue caratteristiche le apparecchiature ed i tipi di trasmissione che le si appoggiano: un « collo di bottiglia » che presenta è la banda di trasmissione che va dai 300 ai 3600 ÷ 4000 Hz per i circuiti migliori. Entro tale banda occorre allocare almeno quelle righe dello spettro (ottenuto modulando una frequenza portante coll'informazione digitale che si vuole trasmettere), che saranno indispensabili e sufficienti per ricostruire, all'arrivo, il segnale trasmesso.

L'informazione modulante, costituita da una successione di sì e di no, è un'onda rettangolare con fronti di salita e di discesa che si seguono ad intervalli di tempo multipli interi di un tempo elementare, e con questo, al limite inferiore, coincidenti. L'inverso di tale tempo elementare espresso in secondi, quando si trasmetta una simile onda, misura in baud la velocità massima di trasmissione. La frequenza fondamentale (o prima armonica) dell'onda rettangolare, misurata in corrispondenza di un segnale della durata di un tempo elementare, vale la metà del numero di baud.

Di qui si comincia a vedere come la velocità di trasmissione, legata alle distanze delle righe spettrali rispetto alla portante, non possa essere scelta indipendentemente dall'ampiezza del canale che ospita la trasmissione. Se oltre alla fondamentale si dovesse trasmettere il corredo di armoniche dispari che costituiscono un'onda rettangolare, si dovrebbe rinunciare, per trasmettere i dati, ai circuiti telefonici. Per fortuna, per poter ricostruire in ricezione da una sinusoide, pura o distorta, l'onda rettangolare di partenza, basta trasmettere in modulazione di ampiezza (ora abbandonata anche in telegrafia perché non offre protezione contro i disturbi e contro le fluttuazioni di livello), oltre alla portante, le due righe spettrali rispettivamente

Stazione di un sistema di trasmissione rapida di dati di costruzione Siemens.





a destra ed a sinistra della portante stessa, generate dalla prima armonica, e, in modulazione di frequenza, la coppia di righe, tra le coppie generate dalla prima armonica, più prossima alla portante.

E' evidente che, scelta una velocità massima di trasmissione, le cose migliorano quando si scende a velocità istantanee inferiori.

A 600 baud si ha una fondamentale di 300 Hz ed armoniche: terza di 900 Hz, quinta di 1500 Hz, ecc. A 1200 baud abbiamo, rispettivamente: 600, 1800, 3000 Hz; a 1800 baud: 900, 2700, 4500 Hz.

Una analisi di quanto detto ci mostra i primi limiti imposti alla velocità di trasmissione, limiti che si riflettono direttamente sul tempo e sul costo di occupazione di un circuito per trasmettere una determinata quantità di informazione.

Un altro limite alla velocità di trasmissione è imposto dalle distorsioni di fase o ritardi, rispettivamente diversi fra loro, che la linea impone alle varie frequenze trasmesse, e che si possono ricavare dalle curve ritardo di gruppo-frequenza. In conseguenza di ciò, velocità istantanee di trasmissione, molto diverse in valore ed adiacenti nel tempo, possono provocare, lungo la linea ed in ricezione, la sovrapposizione di segnali distinti in partenza.

Per evitare di eseguire una modulazione fra onde aventi all'incirca la stessa frequenza, operazione che darebbe uno spettro sbilanciato, con conseguenti difficoltà di demodulazione all'arrivo, si modula, col segnale digitale, una frequenza al di fuori della banda telefonica (ad esempio intorno ai 10 KHz), e poi si fanno «battere», in un mescolatore, le righe dello spettro di modulazione, con un'onda sinusoidale di frequenza abbastanza prossima a quella della portante (ad es. intorno agli 8 ÷ 8,5 KHz), in modo da traslarle, spostandole verso sinistra sull'asse delle frequenze, nella banda telefonica.

Non soltanto i fattori esposti pongono limiti alla velocità di trasmissione: il tempo elementare, cui si riferiscono i baud, deve essere così lungo da non permettere al ricevitore di sentire almeno una buona percentuale delle microinterruzioni (dell'ordine del «ms» e molto meno) introdotte principalmente dalle giunzioni a freddo e dai selettori (contatti non perfetti tra i braccetti mobili e le pagliette dei banchi). I moderni selettori a contatti in metallo nobile ed i sistemi del tipo pentaconta, che poco per volta stanno sostituendo le vecchie apparecchiature di centrale, diminuiranno le cause di errore di tale natura.

Interruzioni che, invece, introdurranno errori, sono quelle, per fortuna poco frequenti, dovute agli scambi nei ponti radio: la loro durata è di 3 ÷ 4 ms.

Gli autocorrettori (come del resto gli amplificatori, ed in breve tutto il circuito telefonico) sono sorgenti di rumore, ad esempio di carattere impulsivo (movimento

dei selettori, dei relé), che, se nella maggior parte dei casi, non può recare danni ad una normale conversazione telefonica, a causa della forte ridondanza del linguaggio umano, provoca invece errori, aggiungendo o sottraendo «bit», in quei messaggi che viene a danneggiare inevitabilmente con i suoi picchi maggiori, più o meno lunghi. Di tali messaggi deve essere eseguita la ripetizione: infatti ciò che si vuole trasmettere è accompagnato da una ridondanza che permette di rivelare soltanto gli errori, ma non di correggerli, per l'evidente aumento di costo delle apparecchiature e per il maggior impegno temporale delle linee che l'autocorrezione richiederebbe.

Altre cause di errore sono le diafonie e gli affievolimenti che si verificano lungo le tratte in ponte radio al mutare delle condizioni atmosferiche.

In trasmissione si incontra pure il rumore moltiplicativo (rumori di modulazione, improvvisi cambiamenti di livello della portante, slittamenti di frequenza, distorsioni di fase).

In recenti prove si è potuta constatare l'importanza della necessità di addestrare il personale di centrale e le operatrici, a riconoscere il fischio modulato che, in molti futuri collegamenti, sostituirà il dialogo umano. Un contributo decisivo alla regolarità delle trasmissioni, in questo senso, sarà portato dalla teleselezione estesa a tutto il territorio nazionale.

Come si vede, la strada che si percorre alla ricerca di una nuova vittoria, presenta le sue insidie, e queste sono non soltanto tecniche ma anche economiche, poiché i metodi e le apparecchiature, che si stanno studiando, devono fornire un servizio competitivo, sul piano economico, con i sistemi precedenti.

Accenniamo ora, brevemente, ai primi ed ancora recenti esperimenti cui la Stet e le Concessionarie Telefoniche hanno partecipato nel settore della D.T.

Con prototipi sperimentali si sono fatte, a partire dal '61, prove di trasmissione in modulazione di frequenza e di fase, alle velocità prima indicate. La modulazione di frequenza sembra, per ora, aver avuto partita vinta (Ginevra, C.C.I.T.T.-1963), poiché a minor prezzo dà, nei riguardi delle fluttuazioni di livello, le stesse garanzie di sicurezza offerte dalla modulazione di fase. Circa la protezione contro i rumori, la modulazione di frequenza e la modulazione di fase non migliorano sostanzialmente le prestazioni della modulazione di ampiezza, dato il basso indice di modulazione impiegato.

Sono stati rilevati i tassi di errore medi relativi a tutti i tipi di circuiti telefonici: i risultati sembrano incoraggiare un futuro esercizio.

Si è trasmesso a vari livelli, prendendo come maggiore il livello zero. Si sono inoltre fatti rilievi di rumorosità delle linee, in modo da poter scegliere per i segnali,

oltre alla velocità di trasmissione, un livello tale da consentire un soddisfacente rapporto segnale-disturbo, e tale da non interferire, per diafonia, con le trasmissioni in corso sui circuiti adiacenti. Pare che, per trasmissione contemporanea nei due sensi, si stia, sotto allo zero, di 10 db. Di conseguenza, per ogni senso di trasmissione, si dovrà trasmettere a -13 dbm.

Le apparecchiature hanno dimostrato di poter ricevere perfettamente livelli che, in arrivo, si avvicinavano ai -40 dbm.

Vediamo ora come si può stabilire un collegamento in D.T.

Due utenti, abilitati a tale servizio, si pongono in contatto telefonico e, dopo essersi accordati verbalmente, inseriscono le apparecchiature sulla linea agendo su di un congegno di scambio a contatti trascinati. Alla fine di questa operazione i telefoni risultano disinseriti.

A questo punto si è pronti per la D.T.

I dati giungono, al lettore di «input», registrati su schede, nastri di carta, nastri magnetici. Per ora il nastro perforato di carta si è rivelato come il supporto più economico: i caratteri possono essere perforati in codice a 5, 6, 7, 8 canali.

Il lettore di nastro perforato è generalmente ottico.

I bit (chiamiamoli così, anche se ciò non è esatto) costituenti un carattere, sono letti in parallelo, ma, per poterli spedire in fila sul circuito di trasmissione, occorre serializzarli: ed a ciò pensa un organo particolare, indicato in figura.

Un gruppo di bit, corredati di altri bit costituenti la ridondanza (il tutto costituisce un messaggio di lunghezza fissa, da non confondersi coi messaggi perforati sul nastro e colle loro rispettive lunghezze), viene mandato a modulare l'onda portante, ma ne viene tenuta memoria, nell'apparato di partenza, per poterlo ritrasmettere qualora dal posto di ricezione, a demodulazione avvenuta, giungesse una richiesta di ripetizione per ricezione affetta da errore.

La richiesta di ripetizione di un messaggio è inoltrata ad un ricevitore situato nel posto di partenza, da un trasmettitore posto nella base di arrivo, o tramite lo stesso circuito adibito alla trasmissione dei dati, trasmettendo a ritroso a fine ricezione di un blocco errato (sistema semi-duplex), oppure sfruttando una banda stretta sita generalmente nella parte bassa del canale telefonico (banda laterale di controllo), oppure adoperando un circuito distinto da quello che serve all'invio dei dati (trasmissione a quattro fili). Questi due ultimi sistemi, che consentono lo scambio contemporaneo di informazioni nei due sensi, vanno sotto il nome di duplex. I segnali di ricezione esatta del messaggio (O.K.) o di richiesta di ripetizione (No O.K.), possono essere forniti rispettivamente inviando, a ritroso, due distinte frequenze.

I bit memorizzati in partenza, e poi trasmessi, vengono cancellati dalla memoria non appena giunge l'O.K. All'O.K. parte il messaggio successivo.

I messaggi ricevuti esatti vengono inviati in un organo che parallelizza i bit, carattere per carattere.

Un perforatore di nastro di carta, nel caso che si sia scelto tale mezzo per memorizzare l'«output», registra l'informazione ricevuta che, in un tempo successivo, verrà fornita ai sistemi atti ad elaborarla.

Quanto si è detto circa l'apparecchiatura descritta, non riveste valore di generalità, non essendo che la rapidissima sintesi di uno dei tanti metodi studiati e proposti per realizzare la trasmissione dei dati su linee telefoniche; tuttavia, potendo fornire una traccia sull'organizzazione di massima di tali sistemi, può stare a chiusura di un articolo che vuole dare un quadro generale su nuove prospettive che si aprono all'uomo.

Ing. Franco Zanetti