



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BERGAMO

Anno Accademico 2005-'06

STORIA DELLA TECNICA I/II

Prof. Emilio Chirone

"La Storia della Commutazione Telefonica"

Prof. Claudio Cancelli





SCOPO

Il presente documento si propone di documentare gli eventi di rilievo che hanno caratterizzato da fine '800 alla fine del '900 uno degli scenari tecnologici più affascinanti al mondo: la Commutazione Telefonica. Affascinante anche perché meno invadente e meno appariscente rispetto ai risultati più visibili di altre tecniche. La commutazione telefonica ha sempre rappresentato l'eccellenza dei risultati scientifici e tecnologici, perché su di essa è sempre confluita la convergenza di tecnologie di differente natura (meccanica, telecomunicazioni, elettronica, ...), consentendo anche la creazione di "saperi" un po' più integrati ed universali.

INDICE

1. INTRODUZIONE	PAG. 5
2. LA COMMUTAZIONE MANUALE	PAG. 11
3. LA COMMUTAZIONE AUTOMATICA	PAG. 17
4. IL SELETTORE STROWGER E LE CENTRALI ELETTROMECCANICHE	PAG. 23
5. EVENTI SCIENTIFICI E TECNOLOGICI SIGNIFICATIVI DAL 1900 AL 1970	PAG. 28
6. LE CENTRALI NUMERICHE	PAG. 31



INDICE delle FIGURE

Figura 1 - Il telefono di Meucci	Pag.5
Figura 2 - Bell's Sketch of Telephone	Pag.5
Figura 3 - Bell - Patente No. 174,465 del 7 Marzo 1876	Pag.6
Figura 4 - Modello del 1880	Pag.7
Figura 5 - Modello del 1890	Pag.7
Figura 6 - Microfono a carbone con tromba diritta (fine 800)	Pag.7
Figura 7 - Schema di telefono con leva di sgancio automatica e generatore per suoneria (1885)	Pag.8
Figura 8 - Modello Ericcson - 1890	Pag.8
Figura 9 - Modelli di telefoni del 1915	Pag.9
Figura 10 - Connessioni Punto-Punto	Pag.11
Figura 11 - Connessione Manuale	Pag.11
Figura 12 - Prima connessione telefonica a Milano (1877)	Pag.12
Figura 13 - La signorina telefonista	Pag.12
Figura 14 - Centrale di Commutazione	Pag.12
Figura 15 - La nonna al lavoro	Pag.13
Figura 16 - Posa dei cavi sotterranei	Pag.13
Figura 17 - Posa di cavi Pirelli in collina	Pag.14
Figura 18 - Atlanta: Elenco telefonico del 1881	Pag.14
Figura 19 - Produzione cavi nel 1898	Pag.15
Figura 20 - La canalizzazione dei cavi sulle navi (1850)	Pag.15
Figura 21 - La Great Eastern per la posa dei cavi telegrafici sull'oceano atlantico (1866)	Pag.15
Figura 22 - Impianto per l'iniezione dei pali secondo il sistema Boucherie	Pag.16
Figura 23 - La nave "Città di Milano" per la posa di cavi sottomarini (1890)	Pag.16
Figura 24 - Congestione telefonica	Pag.17
Figura 25 - Fasi di una connessione telefonica	Pag.17
Figura 26 - Sistema telegrafico di Froment - 1851	Pag.18
Figura 27 - Patente rilasciata a Connolly-McTighe 1879	Pag.18



Figura 28 - Centrale telefonica di Boston nel 1881	Pag.18
Figura 29 - Centrale automatica	Pag.19
Figura 30 - Interconnessioni tra centrali	Pag.19
Figura 31 - New York invasa dai fili del telefono verso la fine del 1800	Pag.19
Figura 32 - Telefono con leve	Pag.20
Figura 33 - Selezionatore decadici	Pag.20
Figura 34 - Istruzioni per l'uso dei telefoni (1925)	Pag.20
Figura 35 - Pubblicità del 1925	Pag.21
Figura 36 - Misura delle frecce	Pag.21
Figura 37 - Palo di linea con armamento in ferro	Pag.21
Figura 38 - Selettore mono-asse	Pag.23
Figura 39 - Selettore bi-asse (sollevamento e rotazione)	Pag.23
Figura 40 - Funzionamento del selettore	Pag.23
Figura 41 - Schema funzionale	Pag.23
Figura 42 - Selettore rotativo	Pag.24
Figura 43 - Il modello di Strowger del 1891 ed il modello di Keith e Erickson del 1899 dopo l'introduzione del disco combinatore sul telefono decadici	Pag.24
Figura 44 - Selettore del 1895 per centrale da 1000 utenti	Pag.25
Figura 45 - Operatrici nel 1952	Pag.25
Figura 46 - Selettori Strowger	Pag.25
Figura 47 - Architettura Crossbar	Pag.26
Figura 48 - Una centrale elettromeccanica degli anni '70	Pag.27
Figura 49 - Il primo prototipo di centrale elettronica in Italia a Mestre - CSELT 1971	Pag.31
Figura 50 - Prototipo della prima centrale numerica in esercizio in Italia (1984)	Pag.31

1 INTRODUZIONE

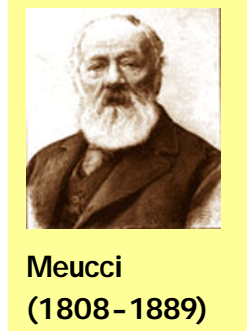
TELEFONO (dal greco lontano + suono) - Il telefono è un apparecchio acustico in grado di trasformare le onde sonore in segnali elettrici, trasmetterli su un mezzo di trasmissione e riconvertirli in onde sonore all'estremità ricevente. L'**italiano Antonio**



Figura 1 - Il telefono di Meucci



Meucci risultò il vero ideatore, nel **1871**, del telefono; il non ottenimento del brevetto fu solo una questione di tasse non pagate per scarse condizioni economiche e l'ambita paternità gli fu attribuita dalla corte suprema degli U.S.A. dopo lunga vertenza giudiziaria. Ma è già nel **1865** che egli ottenne (sue parole) "un eccellente risultato della trasmissione completa della parola."



Meucci
(1808-1889)

La letteratura documenta che l'idea di trasmettere suoni per mezzo dell'elettricità risale al **1873** per merito dell'**americano Page**, e che nel **1876**, nello stesso giorno, il 7 di marzo, lo **scozzese Bell** e l'**americano Gray** presentano la richiesta di brevetto di un apparecchio costituito da un microfono e un auricolare elettrodinamici non ancora denominato "telefono" capace di "migliorare la telegrafia". Bell avrebbe rimarcato (fig. 3): "... tutti gli altri apparecchi

telegrafici producono segnali che richiedono di essere tradotti da esperti, e tali strumenti sono perciò estremamente limitati nelle loro applicazioni, ma il telefono parla, e per questa ragione può essere utilizzato per quasi ogni compito nel quale si usi il linguaggio".

Bell utilizza un imbuto che termina su un diaframma che inizia a vibrare con la voce. Al diaframma è solidamente collegato uno stelo di acciaio il quale, muovendosi linearmente in una coppa riempita d'acido, fa variare la resistenza elettrica vista da una batteria collegata ai due conduttori esterni. Ne consegue una variazione di corrente elettrica nel circuito in grado di mettere

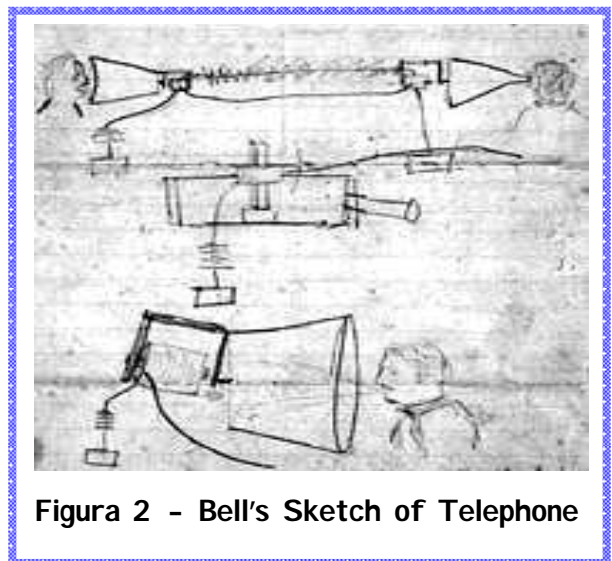


Figura 2 - Bell's Sketch of Telephone

in movimento una membrana presente al ricevitore per riprodurre in tal modo la voce destinata al destinatario. In seguito, Bell cerca di migliorare il suo telefono utilizzando un trasmettitore elettromagnetico costituito da un diaframma metallico in grado di muoversi in un campo magnetico creato da un magnete permanente. Questo sistema, tra l'altro, non aveva bisogno di batteria esterna poichè l'induzione elettromagnetica era utilizzata per generare tensione e corrente.

Ma bisogna anche ricordare l'invenzione di **Philippe Reis, tedesco**, presentata a Francoforte nel **1861** e di **Charsel Boursel, francese**, che relaziona i suoi studi all'Accademia di Parigi nel **1854**. La base comune di conoscenza consisteva nel fatto, ormai accertata, che i suoni potevano generare vibrazioni elettromagnetiche, che queste potessero essere trasportate da un filo conduttore ed infine riconvertite in suoni udibili. Da notare che Gray e Boursel erano esperti di telegrafia mentre Bell e Reis presero le mosse dalle ricerche sulla fisiologia e patologia dell'orecchio.

I primi apparecchi concepiti da Meucci e da Bell erano degli strumenti per convertire i suoni in elettricità, e viceversa. Essi erano **alternativamente usati come trasmettitore e**

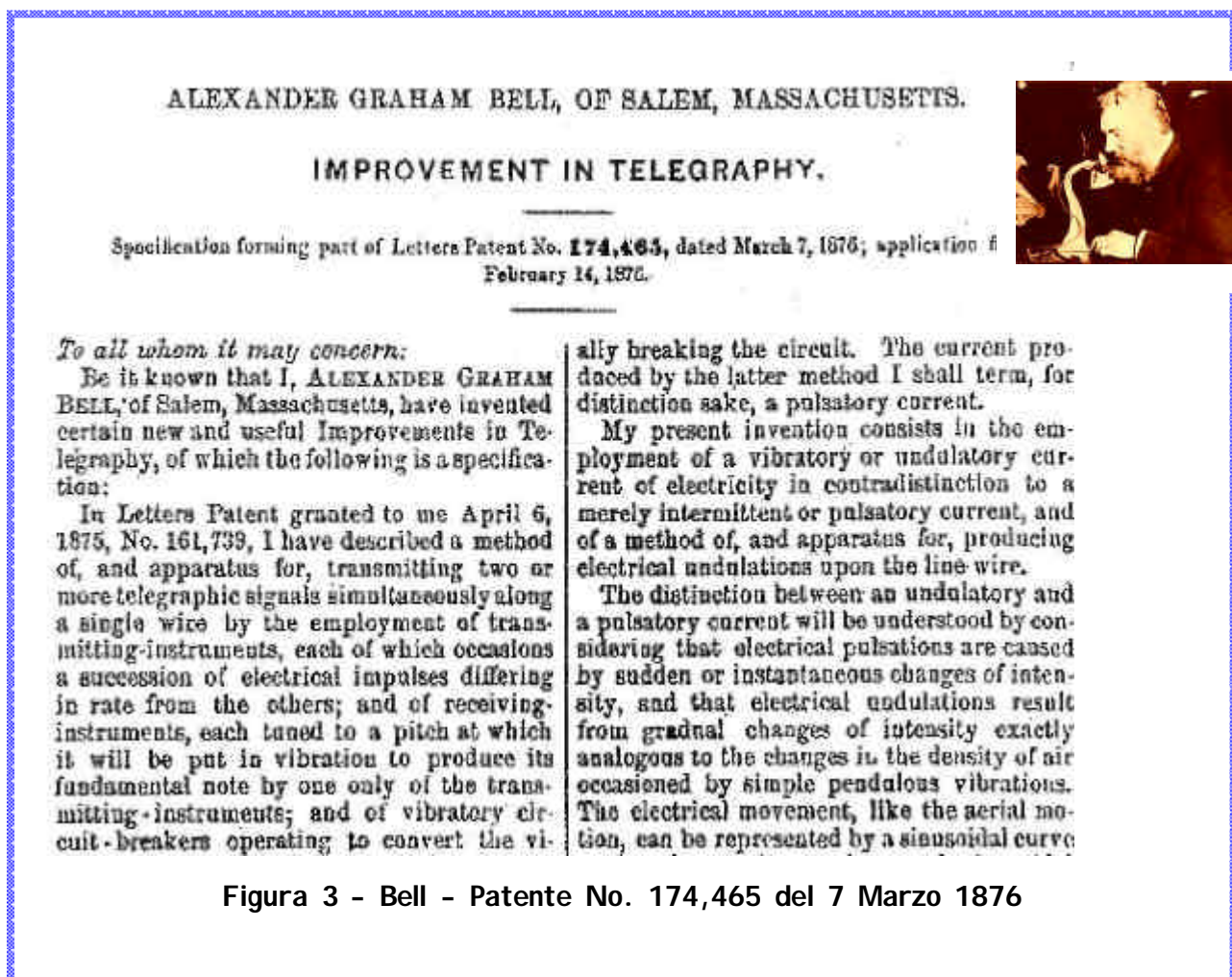


Figura 3 - Bell - Patente No. 174,465 del 7 Marzo 1876

come ricevitore. Questi dispositivi però, adatti a fungere da ricevitori, svolgevano male la funzione di trasmettitori, in quanto le deboli correnti elettriche che essi generavano, a seguito della pressione della voce che faceva vibrare una membrana collegata ad un filo sottile immerso nel campo magnetico prodotto da una calamita, non potevano percorrere distanze troppo elevate.



Figura 4 - Modello del 1880

Subito molti inventori si preoccuparono di tale problema, e **Hughes** nel **1877** ebbe l'idea di impiegare tre cilindretti di carbone per modulare la corrente sulla base della pressione sonora, notando appunto una maggiore energia disponibile sui fili. Il **27 aprile 1877 Thomas Edison** deposita il brevetto concernente il primo telefono basato sulla variazione della resistenza elettrica al variare della pressione dell'aria che sfruttava la variazione della conduttanza elettrica del carbone, composto di granuli interi, al variare della pressione.



Figura 5 - Modello del 1890

Prima degli americani **Hunnings** (anche lui dovette cedere a Bell la sua idea per 1000 \$) e **White**, a cui viene da alcuni storici attribuita l'invenzione della capsula di carbone costituita da microgranuli che migliorano notevolmente l'efficacia della trasmissione, il professore

italiano Augusto Righi nel **1878**, (poco fortunato anche lui) aveva presentato all'Accademia delle Scienze di Bologna un **microfono a polvere di carbone** e d'argento che aveva consentito delle ottime trasmissioni fino a **50 Km di distanza**. Il dispositivo non fu però brevettato; evidentemente non solo i poveri emigranti, come Meucci, ma neanche gli accademici italiani avevano un grande senso degli affari! Il fenomeno passò inosservato.

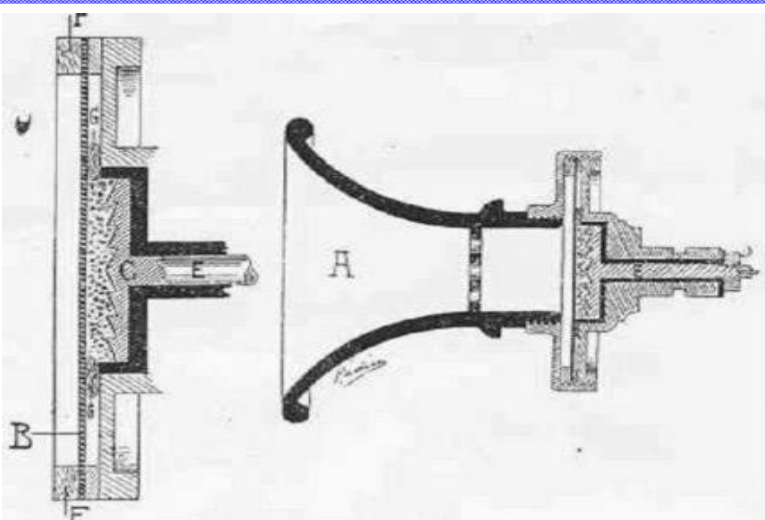


Figura 6 - Microfono a carbone con tromba dritta (fine 800)

Furono inoltre realizzati dei **dispositivi accessori** per poter attuare la chiamata, avvertendo il corrispondente dell'intenzione di voler comunicare.

L' **1 agosto 1878 Thomas Watson**, assistente di Bell, deposita il brevetto di un telefono con suoneria. Il dispositivo era dotato di un martelletto che, azionato da un elettromagnete, era in grado di colpire due campane poste sul telaio del telefono. Il chiamante, ruotando una manovella sul proprio dispositivo, era in grado di immettere una corrente variabile nella linea telefonica in modo da eccitare l'elettromagnete presente nel dispositivo chiamato.

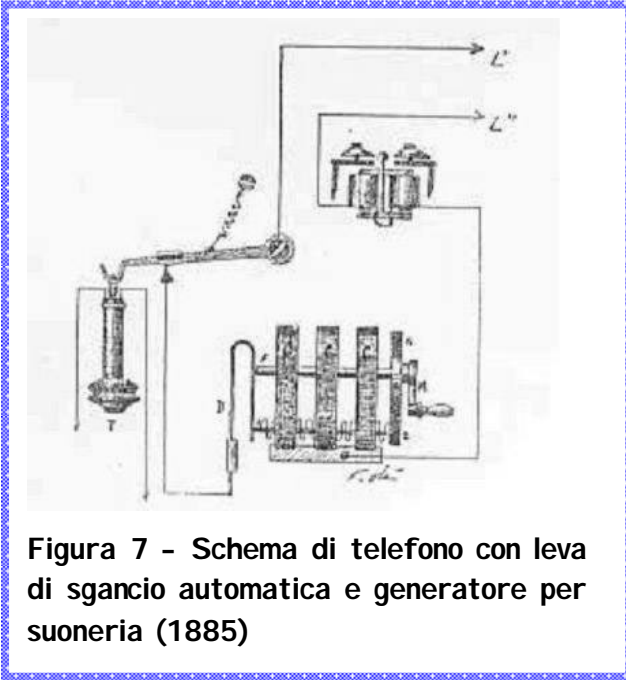


Figura 7 - Schema di telefono con leva di sgancio automatica e generatore per suoneria (1885)

Inizialmente si trattava di suonerie azionate dalle stesse pile che alimentavano il telefono, ma presto si passò alle suonerie "polarizzate" funzionanti con la corrente alternata prodotta da un piccolo generatore mosso da una manovella. Altri componenti, come i ganci di commutazione, furono presto introdotti per facilitare l'uso dell'apparecchio. Quando si appendeva la cornetta al gancio i fili della linea erano commutati sulla suoneria, che era così pronta ad avvisare di una

chiamata. Appena si rispondeva, alzando la cornetta, i fili erano commutati al circuito microfonico.

Nella maggior parte degli apparecchi telefonici in uso fin verso la fine del 1800, il microfono ed il ricevitore erano separati, ma già verso il 1890 cominciarono ad apparire telefoni dotati di una cornetta impugnando la quale si portava all'orecchio il ricevitore e contemporaneamente ci si trovava il microfono davanti alla bocca.

Dato che il segnale fonico è di natura analogica e continua, i problemi del rumore e dell'attenuazione hanno un peso molto maggiore che non nella telegrafia in cui la trasmissione è di tipo impulsivo. Per questi motivi la telefonia s'impose prima di tutto sulle brevi distanze all'interno degli agglomerati urbani; prima con rudimentali collegamenti punto a punto ad uso privato e subito dopo con la tecnica dei centralini a commutazione manuale.

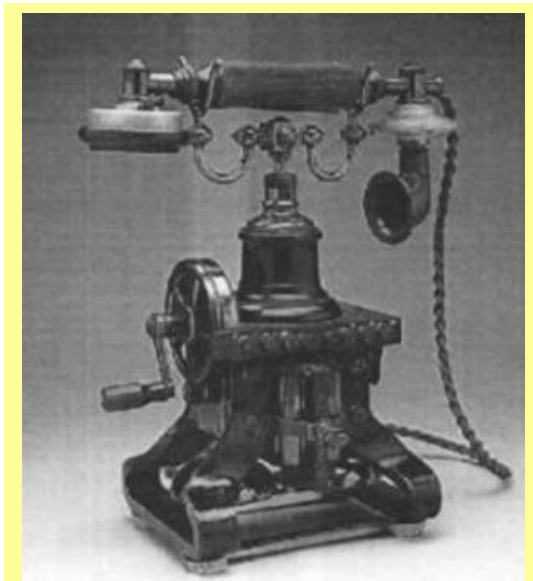


Figura 8 - Modello Ericson - 1890

In un primo tempo la telefonia non fu quindi considerata come un potenziale concorrente della telegrafia e fu utilizzata prevalentemente in ambito urbano dal mondo della finanza e dell'industria. Anche se il traffico delle conversazioni "familiari" doveva ancora esplodere, l'intrico delle reti urbane raggiunse una tale densità che si dovette passare dai fili aerei ai cavi interrati a doppio filo, a circuito perciò completamente metallico, senza il ritorno di terra. Come già per il telegrafo, le linee a canalizzazione sotterranea migliorarono la trasmissione e la resero immune dagli agenti atmosferici.

Nel **1882** con l'introduzione del trasmettitore di **Blake**, ceduto a Bell per 2000 \$, inizia l'utilizzo di linee telefoniche alimentate a distanza. Il circuito di batteria locale utilizzava una batteria per alimentare il telefono e la linea telefonica fino al locale centralino.

Le **batterie per l'alimentazione** elettrica erano dapprima installate presso i singoli apparecchi d'abbonato e in seguito, per igiene e sicurezza, furono ubicate in centrale (**1893**), mentre l'apparato d'utente veniva dotato di un generatore a manovella che serviva solo per inviare al centralino il segnale di richiesta di chiamata. La maggiore distanza tra batteria e apparecchio telefonico da alimentare comportò l'impiego di tensioni maggiori di 1,5-4,5 volt, ed alla fine del 1800 i **48 volt** divennero lo standard.

La prima connessione fonica effettuata **senza organi intermedi** risale pertanto al **1876**, e il **19 luglio 1881 Bell** brevetta un sistema di collegamento telefonico a **due fili** risolvendo i precedenti problemi di comunicazione rumorosa. Fino a quel momento i telefoni erano collegati attraverso una singola linea seguendo la filosofia utilizzata per il telegrafo. La conversazione avveniva lungo un unico cavo conduttore in ferro utilizzando l'impianto di terra come percorso di ritorno del segnale. Ma le case limitrofe, le fattorie ed i sistemi telegrafici utilizzavano la stessa terra: attraverso questo percorso elettrico entrava nell'impianto telefonico un pesante rumore rendendo la comunicazione molto disturbata. Bell introduce un sistema di collegamento a due fili non più utilizzando la terra come percorso di ritorno: viene, così, migliorata la qualità della conversazione. Tale tecnica non è immediatamente utilizzata poichè le compagnie non erano intenzionate ad accollarsi gli elevati costi di intervento sulle proprie linee. Trascorreranno ancora 10 anni prima di vedere i primi lavori di raddoppio dei fili.



Figura 9 - Modelli di telefoni del 1915

Verso la **fine del secolo**, solo a **Berlino**, dopo 15 anni dall'avvento della prima rete telefonica, sono installati più di **16.300 apparecchi telefonici** mentre negli **Stati Uniti** nel **1890**, dopo 23 anni dall'invenzione dell'apparecchio telefonico, funzionano più di **200.000 apparecchi telefonici**.



Il telefono si diffonde negli **Stati Uniti**, nei primi 10 anni del **1900**, con un picco del parco installato pari a circa 7 milioni di apparecchi telefonici (**1 ogni 12 abitanti**). La diffusione del telefono, nonostante le notevoli migliorie tecniche, subisce una battuta d'arresto fra il 1915 e il 1920 a causa degli eventi bellici dovuti alla prima guerra mondiale; in **Italia** gli utenti sono **77.000** nel **1911** e **100.000** nel **1915**.

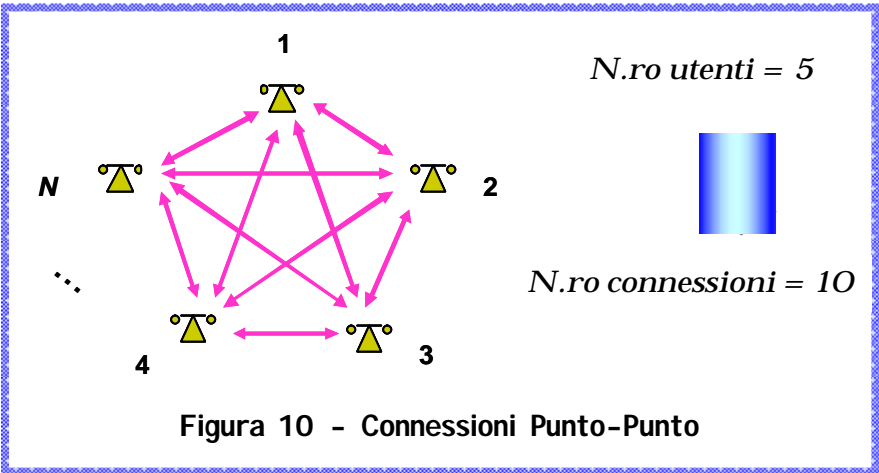
Nel **1940** nel mondo sono installati **50 milioni di apparecchi**, di cui poco meno del 50% negli USA, dove si ha già **un apparecchio ogni 6 abitanti**.

Nel 1995 in Italia gli apparecchi telefonici installati erano circa uno ogni 23 abitanti, nel 1994 gli apparecchi installati erano oltre 18 milioni.

Verso la fine del XX secolo, la rete telefonica americana, vanta oltre 124 milioni di apparecchi installati, uno ogni 2 abitanti. **Una curiosità:** $10^{43.700.000}$ sono le possibili combinazioni a carico di ciascun apparecchio telefonico, considerando anche lo stato di libero od occupato; il nostro cervello, (e chi lo metteva in dubbio?), è molto, ma molto più efficiente, potendo arrivare addirittura a $10^{956.300.000}$ volte di combinazioni/per neurone.

2 LA COMMUTAZIONE MANUALE

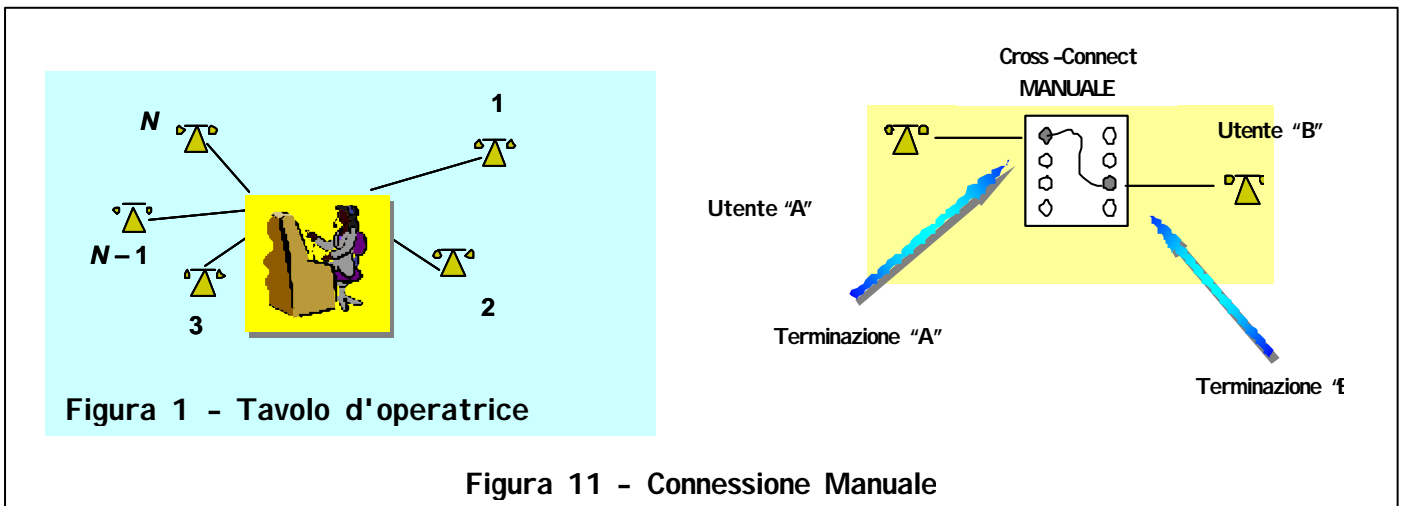
Lo schema di riferimento per consentire ad N utenti di comunicare è riportato in figura 10.



E' evidente che la necessità di gestire **gli N-Utenti**, tramite l'attuazione di **$N(N-1)/2$** connessioni, è praticabile per pochi utenti ma diventa ingestibile al crescere del numero degli apparecchi telefonici (per $N=100$, da ogni telefono devono partire 99 cavi verso gli altri 99 telefoni, per un totale di 4950 cavi).

E' interessante ricordare due vicende che avvennero pochi mesi dopo la data di deposito del brevetto di Bell. Prima di tutto la Western Union, potentissima società telegrafica statunitense, non intuendo o temendo le potenzialità dell'invenzione, si rifiutò di acquistare questo brevetto, che Bell avrebbe ceduto volentieri per una cifra in fondo modesta, pari a 100.000 \$. Bell e i suoi finanziatori, fra cui suo suocero, decisero allora di fare da soli: iniziarono a costruire qualche modesto impianto di **collegamento punto a punto** (in pratica dei citofoni) e fondarono quella che sarebbe stata la capostipite di un colosso delle telecomunicazioni, la **Bell Telephone Company**. La nuova società decise di non vendere gli apparecchi telefonici, ma di noleggiarli, iniziando una procedura che venne in seguito adottata da tutte le società telefoniche e che è stata a lungo l'unica accettabile per uno sviluppo uniforme delle apparecchiature e dell'utenza.

La soluzione alternativa e più efficiente si attuò nel **1877** con l'invenzione del tavolo di



operatore. Il grosso vantaggio di utilizzare un numero di cavi pari al numero di apparecchi telefonici arrecò molti vantaggi (in riferimento all'esempio di fig. 10, risultano 5 doppioli telefonici connessi al tavolo d'operatrice in alternativa alle 10 connessioni).

Le modalità consistevano nel chiamare l'operatrice telefonica alla quale veniva comunicato

l'utente con cui si desiderava parlare. L'operatrice provvedeva quindi ad individuare l'utente chiamato ed inviare un segnale di chiamata: sulla risposta provvedeva con uno jack ad instaurare fisicamente la connessione tra le due terminazioni. Nel **1877** l'officina dei fratelli Gerosa di Milano, su licenza Bell, produce i primi apparecchi telefonici italiani su brevetto di Bell; risulterà il nucleo di quella che diventerà la Face Standard (oggi Alcatel).



Figura 12 - Prima connessione telefonica a Milano (1877)

Il **30 dicembre 1877** i fratelli Gerosa effettuarono il primo collegamento telefonico sperimentale in Italia, a **Milano**, tra la caserma centrale dei pompieri di Palazzo Marino e la stazione degli omnibus di Porta Venezia.

Qualche giorno dopo (**3-4 gennaio 1878**), sul giornale "Il Sole", compariva questo



Figura 13 - La signorina telefonista

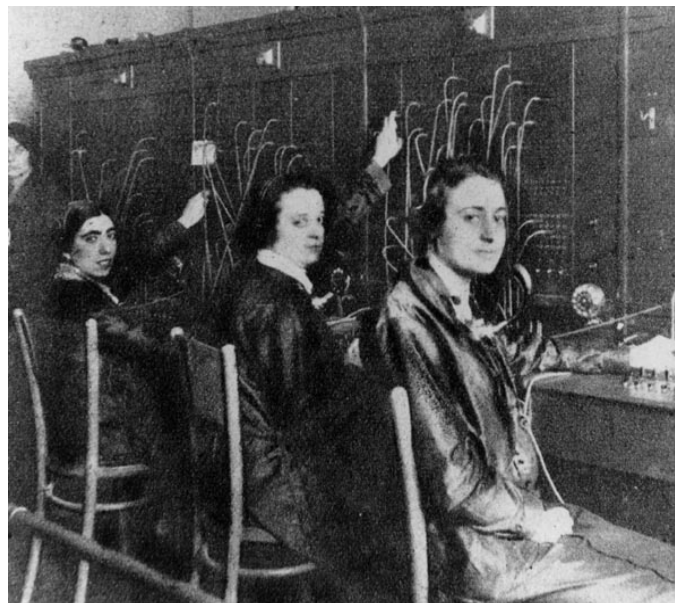


Figura 14 - Centrale di Commutazione

annuncio commerciale con una sintetica descrizione di come funzionavano questi primi apparecchi e che sembrava fare la pubblicità di un prodotto tedesco: *"Il Telefono di recentissima invenzione è un apparecchio col quale si può comunicare a voce per lunghissime distanze, e può così sostituire il telegrafo; il suo maneggio è assai semplice. Un apparecchio doppio e completo consistendo in due Telefoni, serve per parlare e per ricevere le risposte,*

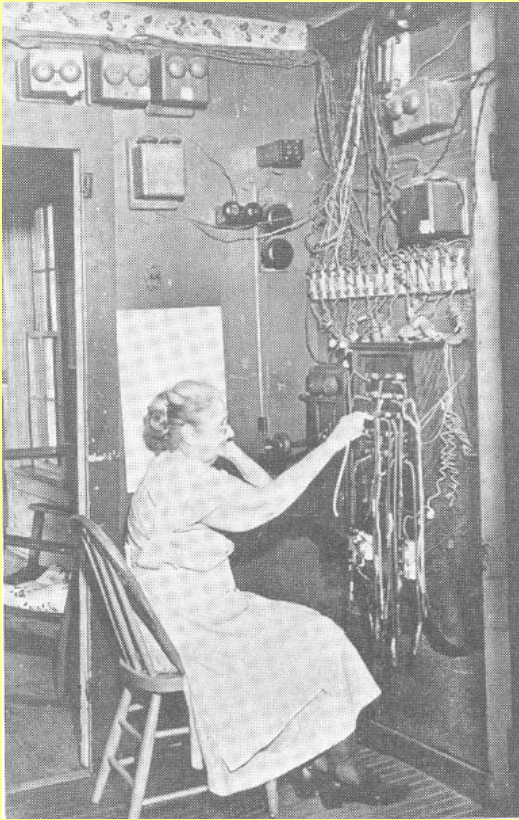


Figura 15 - La nonna al lavoro

senza bisogno di pila, l'elettricità essendo sviluppata per induzione. Ogni apparecchio, costruito dalla stessa fabbrica che li fornisce alla Direzione Telegrafi dell'Impero Tedesco, costa con 20 metri di filo doppio, Lire 32. Ogni metro di filo in più costa Cent. 30. Unico deposito in Milano presso la succursale dell'EMPORIO FRANCO-ITALIANO, C. Finzi e C., in via S. Margherita 15, Casa Gonzales. Contro vaglia postale di L. 32 si spedisce dappertutto bene imballato e con relative istruzioni (porto a carico del committente)."

In ogni caso l'inaugurazione ufficiale della **prima centrale di commutazione telefonica manuale**, con l'impiego di operatrici, **risale al gennaio del 1878**, ed è realizzata a **New Haven nel Connecticut** con un centralino che interfaccia 21 telefoni. Nel 1878 viene fondata a Milano la **Pirelli** che divenne subito leader nel campo dei cavi telegrafici ed elettrici. **E' nel 1881** l'attivazione della prima centrale in Europa, a

Berlino, con 48 utenti, alla quale segue quella di **Francoforte** con 50 utenti. Bisognerà attendere il **1884** per l'attivazione da parte della compagnia **Bell** del **primo collegamento interurbano** fra **Boston e New York**.

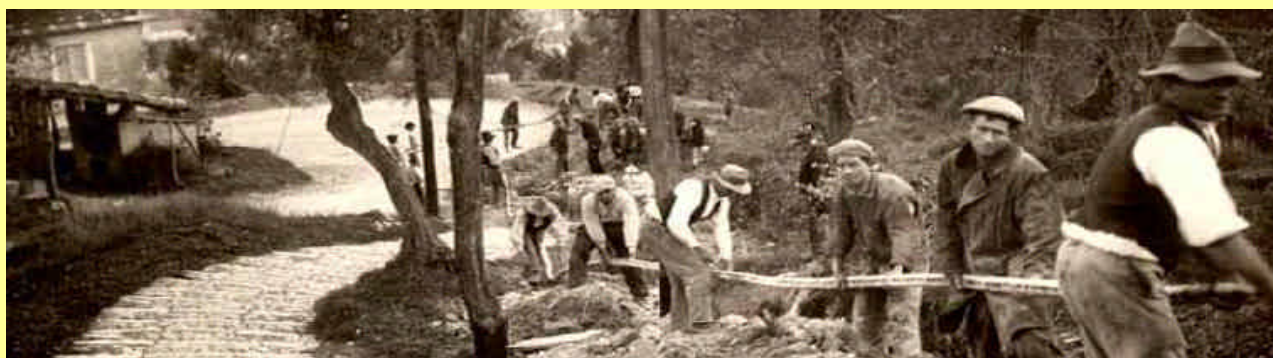


Figura 16 - Posa dei cavi sotterranei

Nel 1881 a Milano si istituiscono tre società per il servizio pubblico dei telefoni: L' "Italo-Americana", la "Florio" e l' "Itala Telefoni". Nel 1883 le tre società vengono fuse in una sola, la Società Telefonica Lombarda. Dopo

un anno gli abbonamenti sono 1277; la media delle comunicazioni giornaliere passa dalle 6.000 del

gennaio 1882 alle 11.333 del gennaio 1884. Nel maggio 1884 venne attivato il servizio **telefonico pubblico fra Milano e Monza** (distanza circa 20 Km), che costituiva la prima vera linea interurbana italiana. I cavi seguivano il percorso della tramvia Milano-Monza. La tariffa per la conversazione era di 50 centesimi ogni cinque minuti.



Figura 17 - Posa di cavi Pirelli in collina



Figura 18 - Atlanta: Elenco telefonico del 1881

Dal 1850 la produzione dei cavi e la loro posa, sotterranea e sottomarina, divenne incessante e sostenuta. Risale al 1866 l'entrata in funzione del primo cavo sottomarino tra Europa e America, che consentiva 36 comunicazioni telefoniche intercontinentali contemporanee.

Per un significativo sviluppo delle **linee interurbane** bisogna comunque attendere l'introduzione di perfezionamenti tecnici che superassero il problema della notevole attenuazione dei segnali con la distanza. La "**pupinizzazione**" inventata da Pupin nel 1898, consisteva nella introduzione di bobine di induzione a

volte rispetto alla precedente lunghezza; la **“kraruppizzazione”** inventata verso il **1902**, consisteva nell’aumentare in modo graduale l’induttanza della linea. Con le **valvole termoioniche** (l’invenzione del diodo è del 1904 e quella del triodo del 1906), l’utilizzo degli amplificatori elettronici permise il passaggio alla trasmissione con cavi interrati multicoppia, i quali, in poco spazio, potevano contenere un gran numero di linee.

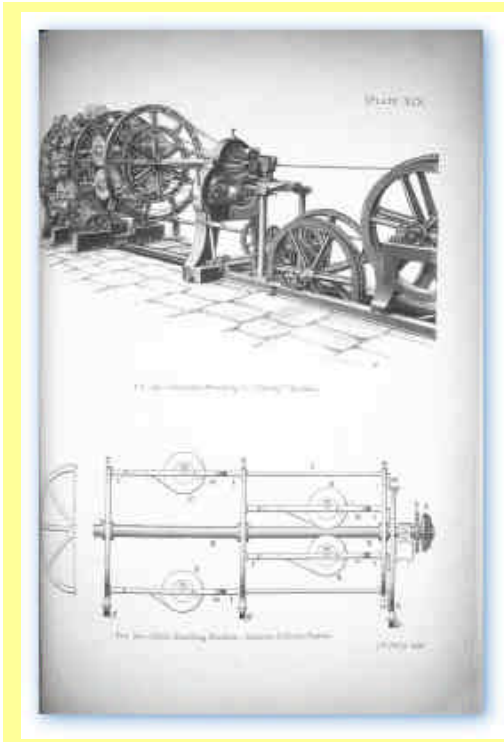


Figura 19 - Produzione cavi nel 1898

(Sistema Boucherie) eliminava la linfa facendo filtrare per gravità lungo gli stessi canali linfatici del palo, una soluzione di solfato di rame introdotto alla pressione di 1-2 atmosfere. Successivamente vennero usate soluzioni a base di cloruro di zinco o di fluoruro di arsenico. Per i pali iniettati con tale sistema, in Italia, era ammesso l’abbattimento delle piante anche nei mesi estivi e ciò perché l’iniezione veniva eseguito a piè di bosco, sul palo freschissimo, appena tagliato e ancora provvisto della corteccia.

Particolare attenzione veniva posta alle **caratteristiche dei cavi interurbani** per ridurre la diafonia e l’attenuazione. Le macchine preposte all’isolamento dei conduttori ed alla formazione delle bicoppie si sviluppano a

Per le tratte interurbane si faceva uso dei **pali di legno** per le linee aeree, perché di costo limitato, sufficiente durata (15-20 anni), facile trasporto e posa in opera, facile fissaggio degli armamenti e dei rinforzi. I pali prima di essere protetti superficialmente venivano sterilizzati. Uno dei primi metodi

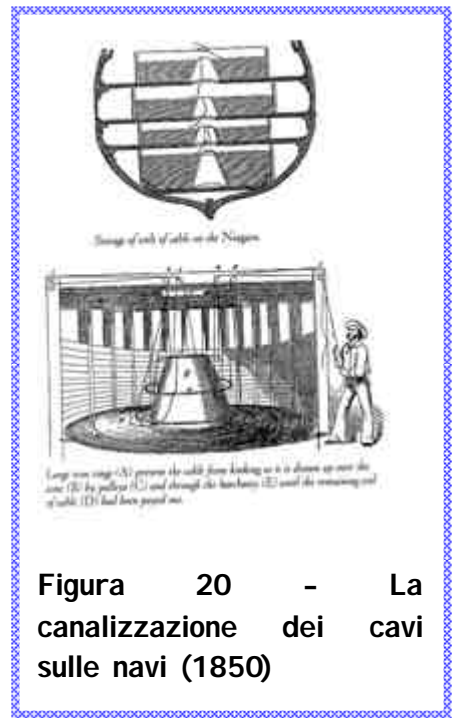


Figura 20 - La canalizzazione dei cavi sulle navi (1850)

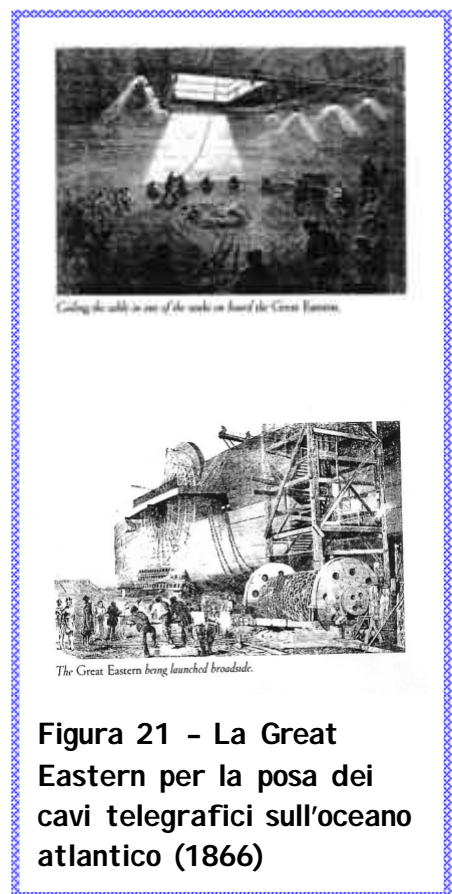


Figura 21 - La Great Eastern per la posa dei cavi telegrafici sull’oceano atlantico (1866)

partire dal 1980 e nel 1950 assumono definitivamente ogni accuratezza.

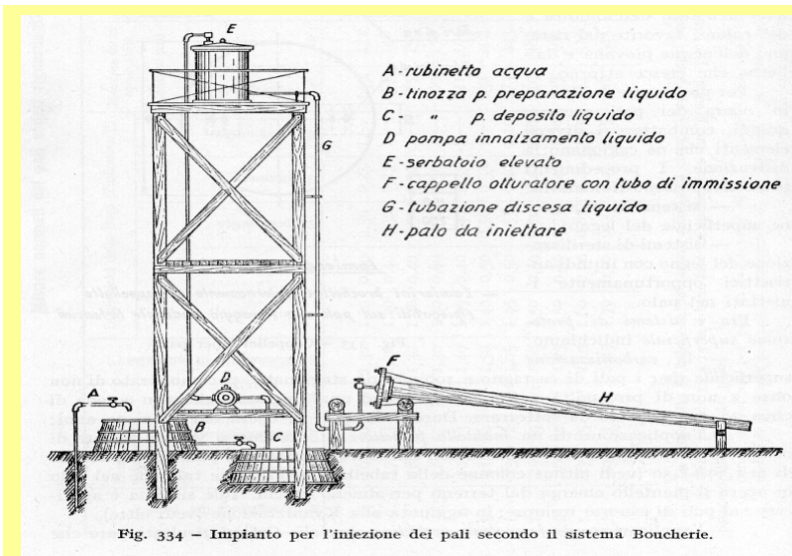


Figura 22 - Impianto per l'iniezione dei pali secondo il sistema Boucherie

oni di manutenzione. Bisogna attendere il **1923** per giungere ad un riassetto del comparto telefonico nazionale che portò ad una parziale riprivatizzazione del servizio, con lo Stato che mantenne la gestione del traffico internazionale tramite l'Azienda di Stato per i Servizi Telefonici, lasciando ai privati la gestione delle reti urbane ed a media distanza. Con la nascita dell'azienda statale ASST, ci fu anche una completa riorganizzazione del comparto privato: scomparvero le 64 piccole società telefoniche preesistenti e dal 1 luglio 1925 entrarono in funzione cinque sole società pluri-regionali.

Il concetto di **"manutenzione preventiva e correttiva"** per prevenire i guasti e procedurizzare interventi che mirano ad introdurre il concetto di disservizio a livello di rete e a livello di utenza diventa interessante quando lo Stato rileva gli impianti dai privati e sostiene le attività con un numero di tecnici che crescerà fino agli anni '80.

Nel **1887** entra in servizio la nave posacavi italiana "Città di Milano" e la Pirelli si afferma ulteriormente con la produzione di cavi sottomarini.

Dopo il 1900, in Italia, dopo la politica delle concessioni, lo Stato subentrò ai privati con un programma nel 1907 gestiva 173 linee interurbane contro le 81 ancora in mano ai privati. La gestione statale si dimostrò purtroppo onerosa e poco efficiente, per aver rilevato impianti mal realizzati e in cattive condi



Figura 23 - La nave "Città di Milano" per la posa di cavi sottomarini (1890)

3 LA COMMUTAZIONE AUTOMATICA

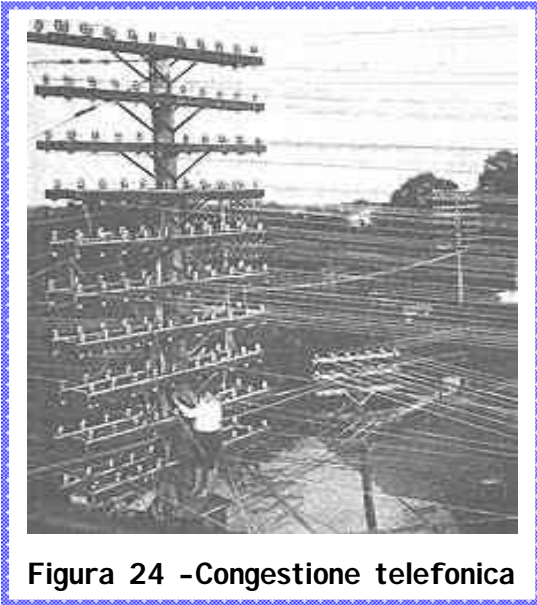


Figura 24 -Congestione telefonica

Alla fine del 1800 il telefono diventò il simbolo di una nuova tecnologia suscitando "meraviglia" e "ammirazione", ma anche "insoddisfazione" e "nervosismo" per le fragili strutture delle tecniche e degli apparati di gestione. Le prime reti telefoniche consentivano a due utenti di comunicare solo attraverso centraliniste che operavano sulle centrali di commutazione, e connettevano manualmente le linee. In questo modo, le centraliniste potevano ascoltare le conversazioni e



venire a conoscenza di informazioni preziose. Il rapido incremento degli utenti (che avvenne soprattutto negli Stati Uniti) pose presto dei grossi problemi nelle centrali di commutazione, che fin verso la fine dell'800 erano quasi tutte

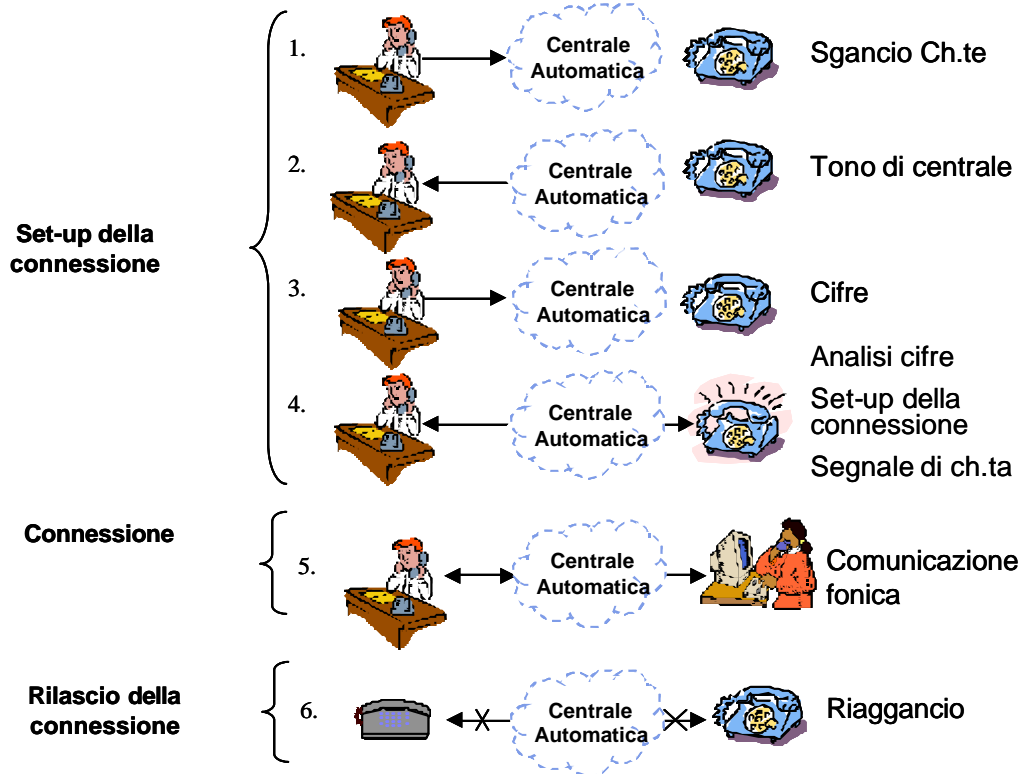


Figura 25 - Fasi di una connessione telefonica

manuali, e richiedevano l'impiego di un gran numero di centraliniste.

Si avvertì quindi subito la necessità della commutazione effettuata in modo automatico senza la necessità delle operatrici per l'altissimo volume di traffico a cui in particolare erano soggette alcune zone. Il principio che consiste nel fare svolgere a dispositivi esterni le attività di incrocio delle connessioni sulla base degli input ricevuti dalla sorgente: principio che ha avuto sviluppi incessanti fino ai nostri giorni.

L'idea di pilotare un dispositivo sulla base degli impulsi emessi dalla sorgente trasmittente

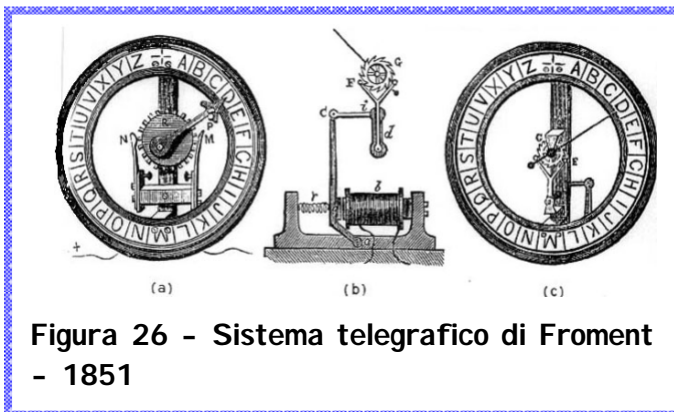


Figura 26 - Sistema telegrafico di Froment - 1851

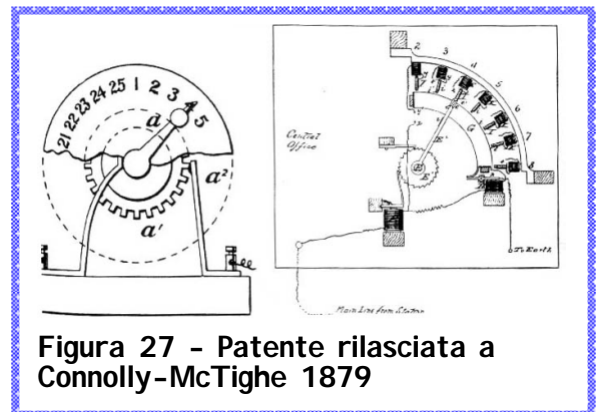


Figura 27 - Patente rilasciata a Connolly-McTighe 1879

per aprire e chiudere un circuito ed attivare gli organi remoti è nata molto prima dell'invenzione del selettore Strowger. Già nel **1851 il telegrafo di Froment** era in grado di trasmettere e ricevere impulsi per trasmettere l'alfabeto.

Fu nel **1879** che M. D. Connolly, di Philadelphia; T. A. Connolly, di Washington; T. J. McTighe, di Pittsburgh con la patente No. 222.458 **brevettarono la prima centrale telefonica automatica**. Il sistema limitato a pochi utenti si basava su un albero che aveva

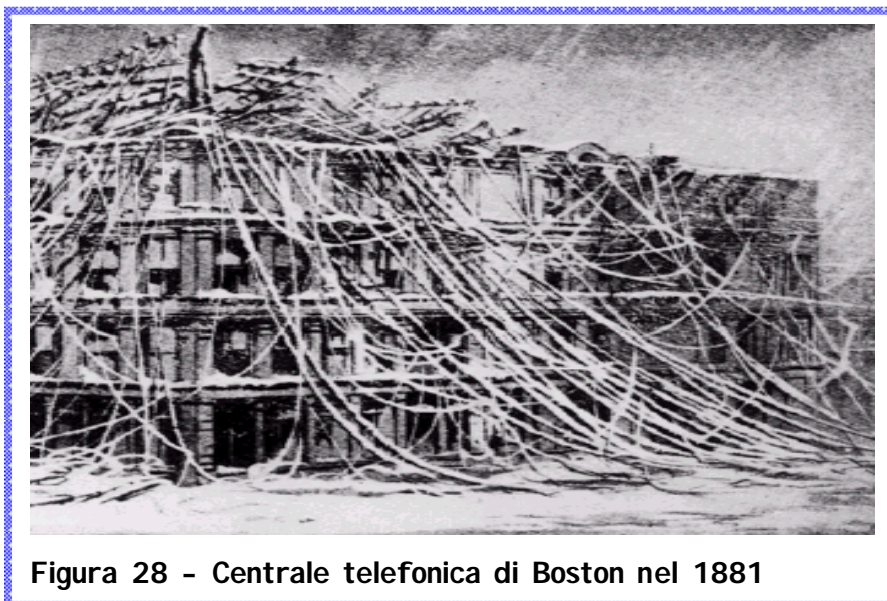


Figura 28 - Centrale telefonica di Boston nel 1881

dei bracci pilotati da un elettromagnete.

Almond B. Strowger, un impresario di pompe funebri di Kansas City, si accorse che, da quando la moglie di un suo concorrente era diventata telefonista del centralino della città, gli 'affari' erano calati. La telefonista, infatti, ascoltando le conversazioni, passava al

marito informazioni sui recenti 'trapassi'.

Strowger fu quindi spinto a trovare una soluzione e brevettò (1889) un sistema di tipo elettromeccanico composto da un **selettore rotativo** a 100 passi, che l'utente poteva attivare mediante un pulsante posto sul suo telefono, **in grado quindi di stabilire automaticamente i collegamenti telefonici senza passare dal centralino.**

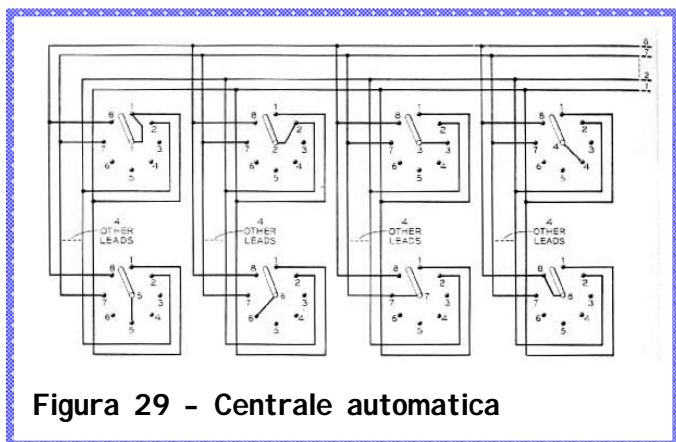


Figura 29 - Centrale automatica

prima centrale automatica che serviva 75 utenti. Da quel momento il commutatore automatico di Strowger diventò la soluzione corrente nel mondo per le centrali delle reti telefoniche, **fino a circa il 1970** quando apparvero le prime centrali di tipo elettronico. Strowger diede così il nome al più famoso sistema di commutazione nel mondo ma anche ad un gruppo di compagnie, di cui la **GTE Automatic Electric** la più famosa.

Le **prime grandi centrali automatiche**, come quella di Berlino che usava il sistema Siemens-Strowger, cominciarono ad entrare in servizio verso il **1900**.

Il telefono dotato di un disco per la formazione del numero, che ci è stato familiare fino a pochi anni fa, venne introdotto molto gradualmente a partire dal **1896**, dopo l'invenzione del disco combinatore decimale, da parte di **Keith e Erickson**.

Tra il **1879** ed il **1900** moltissimi brevetti vennero rilasciati sulle tecniche più

Con questo sistema fu messa in servizio a **La Porte - Indiana nel 1892** la

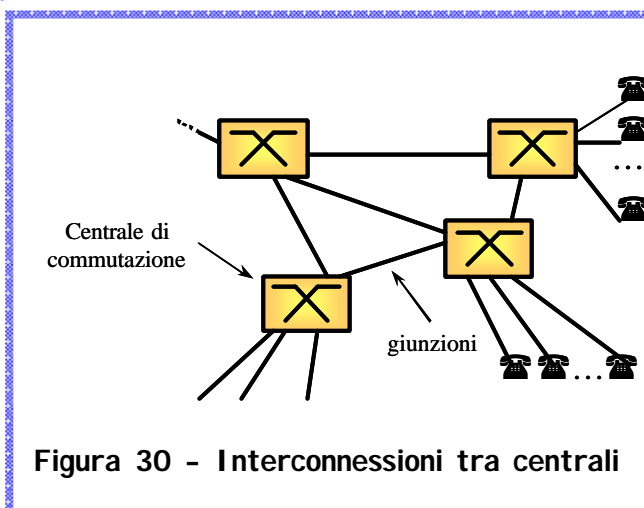


Figura 30 - Interconnessioni tra centrali



Figura 31 - New York invasa dai fili del telefono verso la fine del 1800

adeguate per creare degli organi elettromeccanici con efficaci meccanismi di sincronizzazione, ma nessuno ebbe i risvolti commerciale del selettore Strowger.

I primi apparecchi automatici d'utente che interfacciano il sistema strowger fanno uso di leve a 10 posizioni e nel **1896** divengono operativi nuovi modelli di telefoni: sono A. Keith, J. Erickson e C.J. Erickson ad inventare il selettore a rotazione.



Figura 32 - Telefono con leve

La **prima centrale telefonica automatica in Italia** venne realizzata nel **1913** a Roma (centrale di Prati di Castello). Milano fu invece interessata dalla costruzione della prima centrale automatica urbana, a Porta Romana, nel 1923 dalla Siemens Italiana (utilizzando il sistema Strowger-Siemens), e poi la posa del cavo sotterraneo Torino-Milano-Laghi che collegava i più importanti centri del Piemonte e della Lombardia, allacciandosi nel contempo alla rete telefonica nazionale. Con l'avvento delle centrali automatiche, gli utenti dovettero abituarsi ben presto a fare a meno delle telefoniste solo per le chiamate urbane, e diventare "telefonisti di se stessi", imparando a

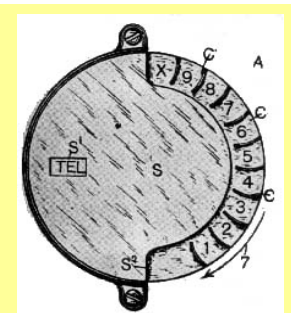


Figura 33 - Selettore decadico

comporre il numero richiesto con il disco combinatore ed a riconoscere i segnali di libero e occupato.

Le prime nozioni di tecnica delle telecomunicazioni vennero date nel **Politecnico Milanese** (allora chiamato Istituto Tecnico Superiore) dal 1868 sino a circa la fine del secolo nel corso di Fisica tecnologica di Ferrini, insieme alle conoscenze di base sull'elettricità, calore e termodinamica. In tale insegnamento venivano dati cenni di telegrafia e telefonia in forma solo descrittiva, e in tale forma rimasero, per molti anni.

Il concetto della commutazione automatica venne applicato alle centrali automatiche per le quali tutti gli utenti erano collegati direttamente. Quando le connessioni iniziarono a diventare rilevanti, si comprese la necessità di creare tra le diverse centrali delle connessioni di collegamento denominate "**giunzioni**" (**trunk**). Intanto, gli enormi progressi compiuti nelle comunicazioni a lunga distanza ponevano il problema



Figura 34 - Istruzioni per l'uso dei telefoni (1925)

della creazione di una rete telefonica nazionale e interurbana, che agli inizi venne risolto con l'attuazione di collegamenti tra le città delle varie province.

La tecnologia nelle centrali di commutazione resta ancora ancorata alla funzionalità "step-by-step" introdotta da Strowger fino al 1948, quando viene introdotta la tecnologia "crossbar".

Nella **prima metà del '900** viene posta quindi particolare attenzione:

- alla costituzione delle reti;
- ai cavi urbani, alla posa dei cavi sotterranei;
- alla costruzione delle linee aeree;
- alla posa dei cavi aerei e della loro giunzione;
- alle terminazioni delle linee aeree e delle loro protezioni;
- alla manutenzione delle reti urbane;
- alla fabbricazione, posa e giunzione dei cavi interurbani;
- all'utilizzo di amplificatori telefonici ed uso delle apparecchiature di trasmissione per i collegamenti analogici tra centrali urbane ed interurbane.



Figura 35 - Pubblicità del 1925

Quando il concetto di rete inizia ad essere rilevante per la portata e l'importanza della comunicazioni i concetti legati alle prove di collaudo, alla messa in servizio, alla manutenzione ordinaria delle linee e degli organi di commutazione, alla riparazione dei guasti, alla manutenzione preventiva ed alla manutenzione straordinaria diventano sempre

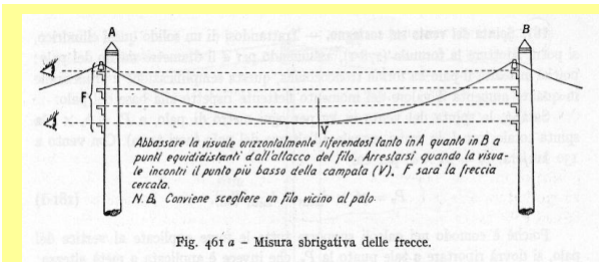


Figura 36 - Misura delle frecce

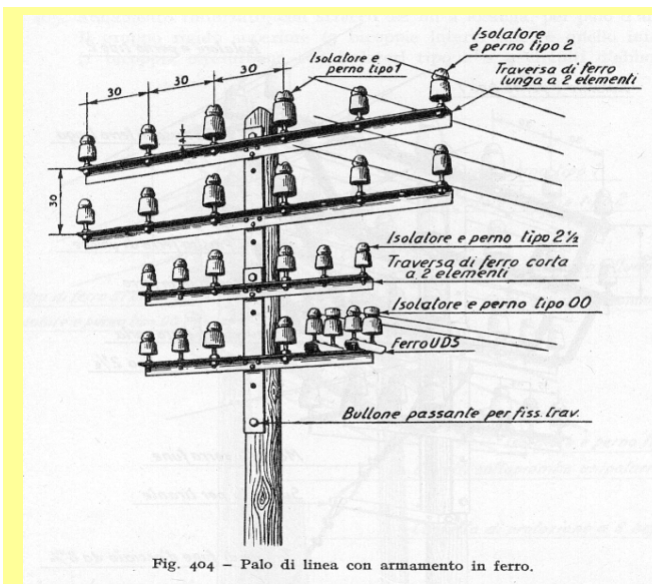


Fig. 404 - Palo di linea con armamento in ferro



più strategici per le società che operano sul territorio per la gestione del servizio telefonico. Prove empiriche diventano sempre più analitiche e formali.

Agli **autocommutatori a comando diretto**, per i quali il selettore è pilotato direttamente dagli impulsi di selezione ricevuti, fanno seguito gli **autocommutatori a comando indiretto o a registro**. Per le centrali a comando indiretto gli impulsi di selezione pilotano indirettamente le operazioni di collegamento tramite un organo chiamato "Registro". Il registro è utilizzato per immagazzinare gli impulsi di selezione dell'utente e successivamente provvede a comandare i selettori.

4 IL SELETTORE STROWGER E LE CENTRALI ELETTROMECCANICHE

Il principio secondo cui gli impulsi pilotano la selezione dei percorsi d'uscita venne attuata con il **selettore mono-asse**. Gli impulsi generati dall'apparecchio telefonico del chiamante facevano avanzare il rotore di un relè di una posizione ad ogni impulso ricevuto, così che ai dieci contatti del relè si potevano collegare dieci telefoni. Un abbonato sulla base delle dieci cifre effettuate poteva così essere collegato a dieci linee telefoniche. Un sistema di questo tipo poteva essere



Figura 38 - Selettore mono-asse

espanso collegando su ogni contatto del primo relè altri dieci relè in cascata, così che dopo la pausa seguente la prima cifra, entrava in gioco il relè sulla seconda cifra che selezionava uno di dieci utenti ad esso connessi: in totale con undici relè si potevano collegare fino a cento utenti. Aumentando il numero di cifre aumenta in modo enorme il numero di relè necessari ad attuare tutte le combinazioni: si rilevò un grosso inconveniente.



Figura 39 - Selettore bi-asse (sollevamento e rotazione)

Con il **selettore bi-asse (Strowger)** i movimenti possono avvenire lungo l'asse verticale e lungo l'asse orizzontale. Il numero 58, ad esempio, è raggiungibile tramite il sollevamento di cinque posizioni e la rotazione di otto. Un unico relè con tre elettromagneti è utilizzato per attuare quindi le funzioni di sollevamento e di rotazione ed individuare l'utente chiamato: gli undici relay vengono quindi sostituiti da un

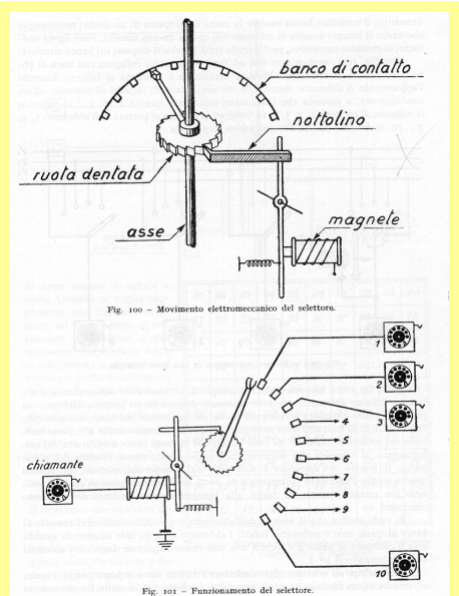


Figura 40 - Funzionamento del selettore

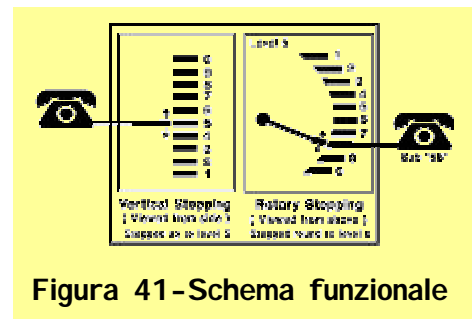


Figura 41 - Schema funzionale

unico selettore Strowger.

Verso il 1900 le varie soluzioni associarono ad ogni abbonato in modo rigido un selettore, ma quando gli utenti aumentarono notevolmente si associò al primo selettore il concetto di "cercatore". Allo sgancio del chiamante veniva così attivato il selettore che si metteva subito alla ricerca di un primo selettore di gruppo libero. Una volta individuato, veniva inviato all'utente il tono di libero. Sull'invio della prima cifra il primo selettore si sollevava di tante posizioni quanti sono gli impulsi che componevano la prima cifra e poi si metteva a ruotare in senso orizzontale fino a quando non trovava un secondo selettore di gruppo libero. Su questo agiva la seconda cifra che faceva sollevare il selettore ancora sulla base del numero degli impulsi. Se il numero era composto da quattro cifre le ultime due venivano utilizzate

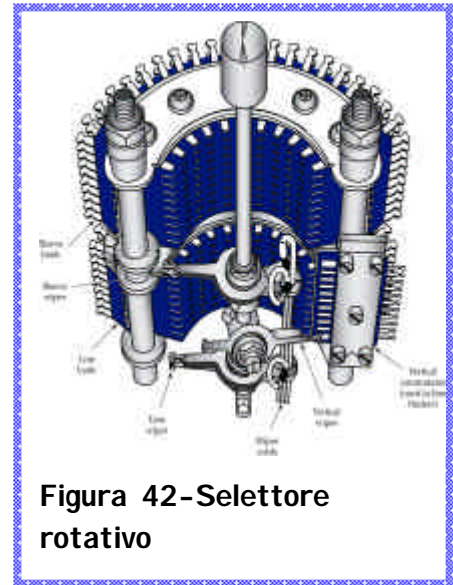


Figura 42-Selettore rotativo

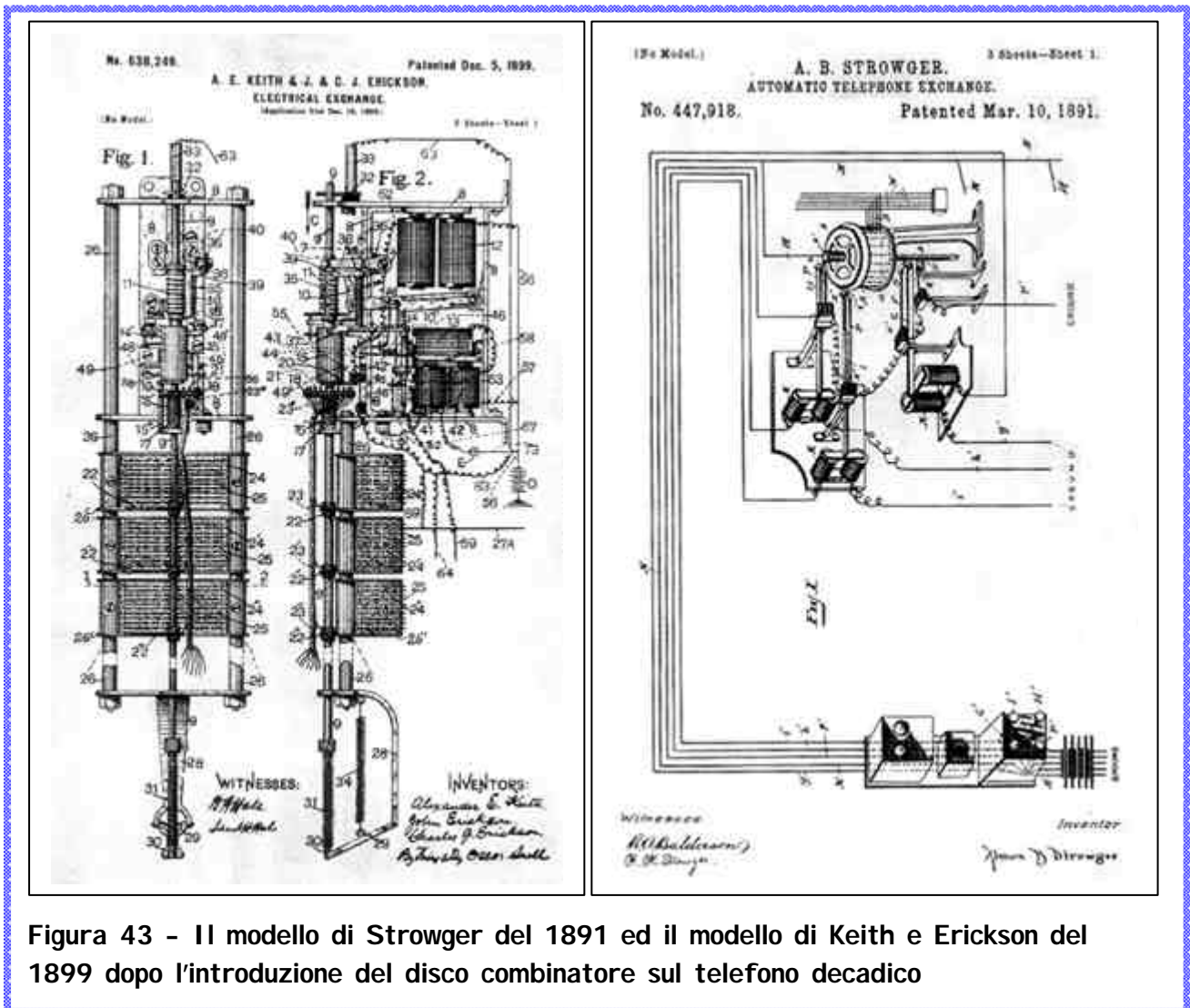


Figura 43 - Il modello di Strowger del 1891 ed il modello di Keith e Erickson del 1899 dopo l'introduzione del disco combinatorio sul telefono decadico

dall'ultimo selettore, per sollevarsi sulla base degli impulsi della terza cifra e ruotare sulla base degli impulsi della quarta cifra, ed individuare così l'utente chiamato. Anche se funzionalmente semplici i selettori migliorano progressivamente nella raffinatezza diventando **veri gioielli di ingegneria meccanica**.



Figura 44 - Selettore del 1895 per centrale da 1000 utenti

Per tutta **la metà del IX secolo** le chiamate locali vennero eseguite con centrali automatiche mentre le **chiamate a lunga distanza richiedevano l'uso delle operatrici**. In molti casi la cifra "0" veniva riconosciuta dal primo selettore per instradare le chiamate verso il tavolo d'operatrice che stabiliva il percorso della chiamata. Per le **chiamate continentali**, facendo uso del prefisso senza l'intervento dell'operatrice bisogna attendere gli **anni '60** e per le **chiamate intercontinentali**, nota meglio come **Teleselezione**, gli **anni '70**.

Dall'**inizio del '900** la commutazione telefonica attraversa un **periodo di relativa pausa**

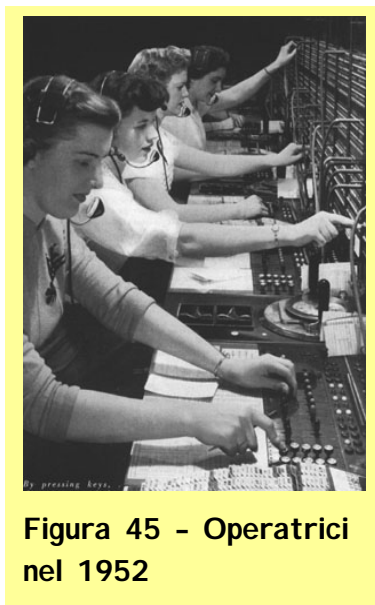


Figura 45 - Operatrici nel 1952

fino al **1948** quando la Bell System introduce un nuovo dispositivo per l'instradamento automatico delle chiamate: il sistema "**crossbar**". I limiti legati alle basse velocità nelle operazioni di commutazione, per la presenza di molti relè lungo la tratta che impegna molte centrali, vengono superati con l'introduzione di matrici di contatti (*punti di crosspoint*) che impiegano dispositivi di commutazione molto veloci. Il collegamento della linea di ingresso con la linea di uscita è garantito



Figura 46 - Selettori Strowger

attraverso uno spostamento di una serie di barre metalliche libere di muoversi lungo direzioni verticali ed orizzontali. Così facendo si determinava la chiusura dei contatti necessari a stabilire il collegamento ingresso-uscita.

Successivamente i **Crossbar elettronici** impiegano per i punti di incrocio diodi semiconduttori che permettono di eliminare tutte le parti in movimento e di aumentare in modo considerevole la velocità di commutazione. Il componente base dei Crossbar elettronici è stato il DIODO SCR, per il quale esiste il concetto di abilitazione e di tenuta.

Il **decennio 1940-50** vede la grande diffusione delle centrali automatiche di commutazione telefonica con tecnologia Crossbar.

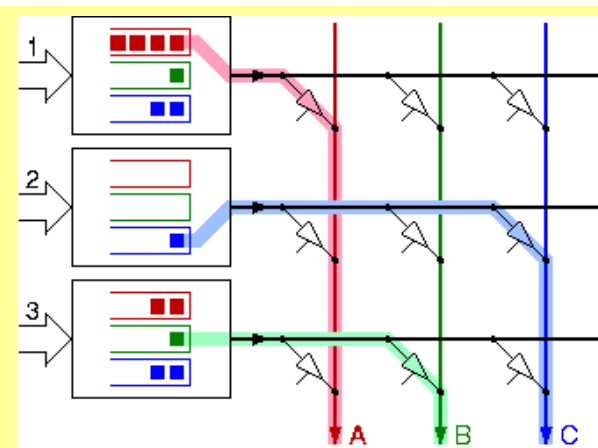


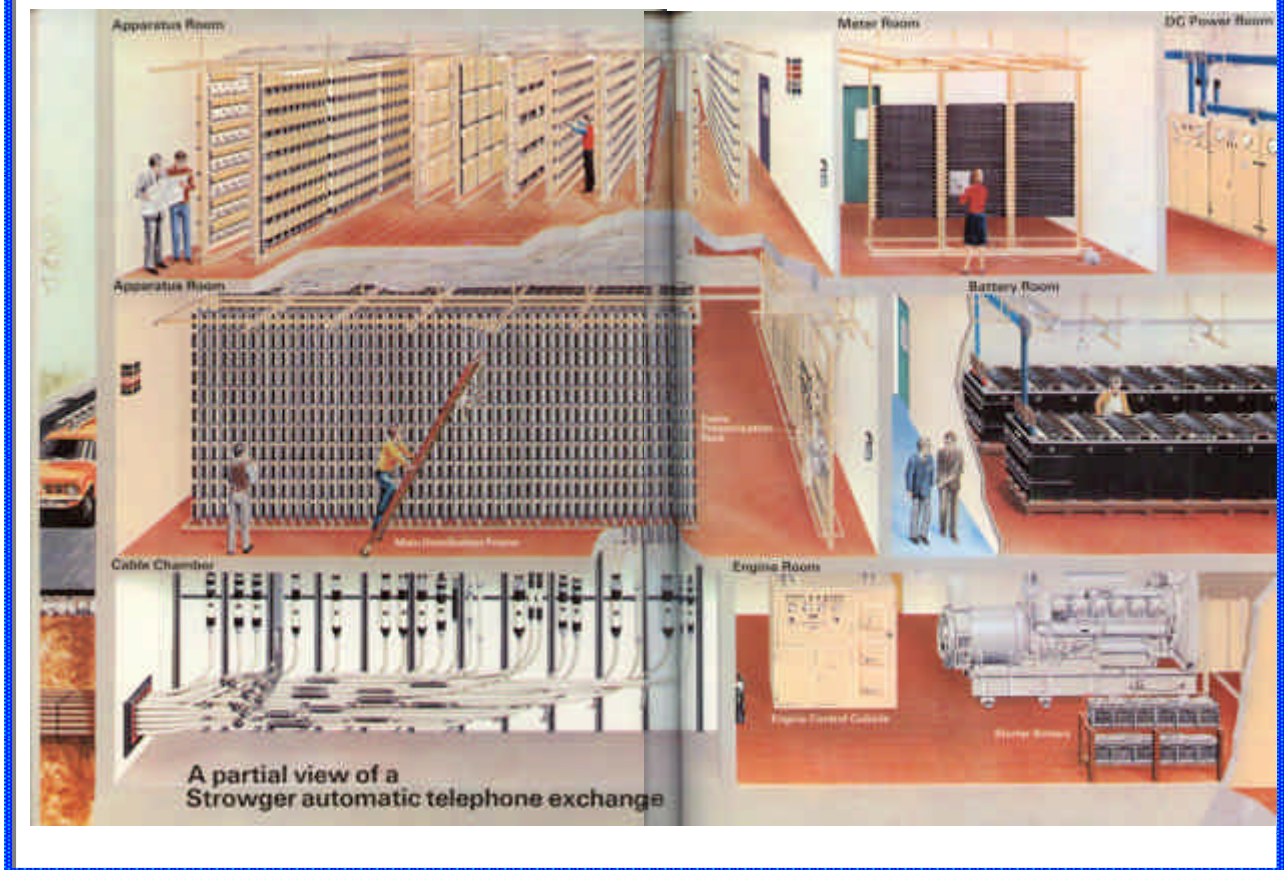
Figura 47 - Architettura Crossbar

E si arriva così al **1975**, quando negli USA inizia l'avvento dei sistemi di commutazione digitale. In realtà dagli inizi del '900 fino a tale data non ci furono grossissime evoluzioni scientifiche nel settore della commutazione, ma ci fu in compenso la diffusione in tutto il mondo delle centrali elettromeccaniche.

E' inevitabile non ricordare gli eventi scientifici che hanno dato contributi fondamentali a quello che **sarebbe diventato il sistema digitale più complesso al mondo: il sistema delle centrali di commutazione numerica** (dopo i software di controllo delle navicelle spaziali da parte della NASA). Eventi legati alla trasmissione dei segnali fonici, dati e video, alla radionavigazione, ai mezzi di trasmissione, etc. hanno sempre anticipato le tecniche di commutazione che per la loro complessità hanno sempre avuto bisogno di prerequisiti tecnologici di elevato spessore.



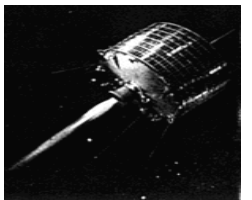



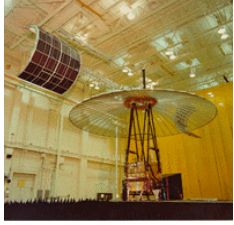
Figura 48 - Una centrale elettromeccanica degli anni '70



5 | Eventi scientifici e tecnologici significativi dal 1900 al 1970

1901	Guglielmo Marconi fra l'isola di Wight e Capo Lizard (Cornovaglia), distanti circa 300 km, dimostra che la curvatura della superficie terrestre non è una barriera insormontabile per le trasmissioni radiotelegrafiche.
1904:1906	Invenzione dei tubi elettronici: diode e triodo .
1909	Erlang introduce la teoria del traffico.
1910	George Owen Squier, statunitense, realizza un sistema telefonico sperimentale in grado di trasmettere, in parallelo, due o più segnali telefonici sullo stesso mezzo trasmissivo (sistema telefonico multiplex)
1918	La Bell installa il primo sistema telefonico multiplex commerciale , fra il Maryland e la Pennsylvania. Esso è denominato Sistema A ed usa la modulazione d'ampiezza, su una singola linea aerea, di quattro canali bidirezionali che usano la stessa frequenza portante e separati da una forchetta telefonica. Nel 1920 viene prodotto il Sistema B (tre canali bidirezionali, con frequenze portanti diverse per ogni verso di trasmissione, separati fra loro da appositi filtri). Nel 1925 il Sistema C ottimizza i precedenti.
1927	Primo collegamento radiotelefonico fra gli USA e l'Inghilterra.
1933	Edwin Armstrong presenta una dimostrazione di trasmissione a modulazione di frequenza
1936	Negli USA vengono utilizzati i primi cavi coassiali che consentono un migliaio di conversazioni contemporanee.
1938	Entra in funzione la prima calcolatrice realizzata da Zuse, nella quale l'unico componente elettronico è il generatore di clock che fornisce la frequenza di 1 Hz.
1939	Alla Iowa State University, John V. Atanasoff e Clifford Berry danno inizio allo sviluppo del primo computer digitale elettronico , denominato ABC (Atanasoff Berry Computer) e progettato per la soluzione di sistemi di equazioni differenziali.
1940-50	Si diffondono in tutto il mondo le centrali telefoniche crossbar .
1941	Zuse e Schreyer progettano e realizzano la macchina Z3, il primo computer elettromeccanico digitale controllato da programma (il programma viene letto da un nastro perforato). La macchina utilizza 600 relé nell'unità di calcolo e 1400 relé nella memoria di lavoro, e può eseguire da tre a quattro addizioni al secondo; per fare una moltiplicazione occorrono alcuni secondi. La Z3 sarà distrutta dai bombardamenti della seconda guerra mondiale.
1943	Il matematico John von Neumann è coinvolto nel progetto riguardante il primo computer a tubi elettronici e teorizza nel 1945 il funzionamento dei computer in base ai programmi immessi nella memoria centrale assieme ai dati da elaborare
1946	AT&T introduce il primo servizio di telefonia mobile con trasmettitori di notevole potenza; viene impegnata una banda di 120 kHz.
1947	Presso i Bell Laboratories, John Bardeen, Walter Brattain e William Shockley inventano il transistore . Nel giro di un decennio i transistori sostituiranno quasi tutti i tipi di tubi elettronici.
1948	Presso l'università di Manchester, Williams e Kilburn progettano il primo computer digitale a programma memorizzato .
1948	Shannon propone un modello di comunicazione, riferito alla trasmissione della voce lungo

	una linea telefonica, che è alla base della telefonia e di tutti i meccanismi di comunicazione.	
1950	John Bardeen , Walter Brattain e William Shockley (USA) inventano il transistore presso i Bell Labs. In meno di quindici anni, i transistori sostituiranno quasi tutti i tipi di tubi elettronici.	
1956	Presso i Bell Labs viene sottoposto a test il primo videotelefono , il Picturephone. L'apparecchio è in grado di trasmettere un'immagine ogni due secondi. Non ha successo commerciale.	
1958	Viene annunciato il servizio fonìa-dati del Bell System che permette la trasmissione di dati ad alta velocità su normali circuiti telefonici.	
1960	Viene lanciato in orbita bassa (quota di 300 km) il satellite artificiale passivo per telecomunicazioni Echo. Il satellite funziona da ripetitore passivo e consiste in un pallone di plastica (mylar) ricoperto da una pellicola di alluminio; il diametro è di una trentina di metri. Il satellite permette di stabilire collegamenti vocali a due vie "di buona qualità" fra i Laboratori Bell a Holmdel (New Jersey) e la stazione NASA di Goldstone (California). Frequenze utilizzate: 960 e 2390 MHz.	
1962	Viene lanciato in orbita Telstar 1, primo satellite per telecomunicazioni attivo . Ricevitore e trasmettitore utilizzano complessivamente oltre 1000 transistori e sono alimentati da accumulatori al nichel-cadmio, ricaricati da 3600 celle solari. Il satellite è usato soprattutto per trasmettere televisione dal vivo fra Nord America ed Europa. Il servizio è limitato all'intervallo di tempo in cui il satellite è visibile dalle stazioni terminali interessate (una ventina di minuti). Partecipano all'iniziativa, con le loro stazioni terrene, anche Francia, Inghilterra, Germania, Giappone e Italia.	
1963	Viene lanciato Syncom 2, primo satellite per telecomunicazioni di tipo sincrono . Esso ruota attorno alla Terra in orbita equatoriale, con un periodo di 24 ore (alla quota di circa 36 000 km). Il satellite, che appare fisso sopra la superficie terrestre, è detto "geostazionario". Il satellite esegue esperimenti di trasmissione di segnali telefonici, dati, fax e segnali video.	
1965	Viene introdotta nel Regno Unito la commutazione di pacchetto .	
1965	Viene lanciato il primo satellite geostazionario commerciale di telecomunicazioni denominato Intelsat I . È posto in orbita sull'Oceano Atlantico e permette l'attuazione di 240 circuiti telefonici fra il Nord America e l'Europa, con una capacità di trasmissione totale equivalente a quella di tutti i cavi sottomarini posati precedentemente. Il satellite, con massa di 38 kg e potenza di 40 W, porta due trasponditori (con banda attiva di 50 MHz) funzionanti, rispettivamente a 4 e a 6 GHz. Esso permette anche la trasmissione di programmi TV (irrealizzabile con i cavi coassiali dell'epoca)	
1971	Intel realizza il primo microprocessore (4004). Si tratta del primo circuito integrato che in una piastrina di silicio di quattro per tre centimetri può condensare, grazie a 2250 transistor, una completa unità logica di un computer. È in pratica un computer realizzato in quello che viene definito "chip".	
1972	Realizzazione di fibre multimodo in quarzo , con attenuazione di 4 dB/km, diametro esterno del mantello di 125 µm, e diametro del nucleo di 50 µm	

1974	La NASA lancia in orbita il satellite sperimentale geostazionario ATS-6 con la strumentazione per 19 esperimenti di comunicazioni spaziali. In particolare sarà usata un'antenna del diametro di 10 m per provare la fattibilità di collegamenti con stazioni terrene, dotate di antenne piccole ed economiche.	
1974	Lo CSELT di Torino esegue la prima dimostrazione (in laboratorio) di trasmissione su fibra ottica di un segnale televisivo a standard pieno (5,5 MHz a norma CCIR) sulla distanza di 2 km.	
1976	Viene introdotto il concetto di sistema cellulare con l'installazione a Chicago del sistema cellulare AMPS. Ogni cella è servita da una stazione ricetrasmittente.	
1977	Gli AT&T Bell Labs realizzano un prototipo di sistema telefonico cellulare .	

6 LE CENTRALI NUMERICHE

Negli **anni '60** è la **tecnica PCM** che si sviluppa con gli apparati di **trasmissione** e di **commutazione** (Pulse Code Modulation). Sempre negli anni '60 vengono introdotti gli elaboratori elettronici per il controllo delle centrali numeriche e nel **1965** nasce la **prima centrale elettronica urbana** (Saccasunna - New-Jersey - ESS1) **dopo 20 anni di ricerca e sviluppo nei laboratori Bell.**

Negli **anni '70** si diffondono le reti PCM e nel 1975 a Chicago viene installata la **prima centrale interamente numerica** (ESS4). Le

centrali numeriche risultavano molto delicate durante le attività di esercizio e manutenzione degli apparati al punto che, scherzando ma non troppo, si diceva che mentre per le centrali elettromeccaniche erano necessarie squadre di operai presenti 24 ore al giorno, per le nuove centrali occorreva un uomo e un cane. L'uomo serviva a dar da mangiare al cane mentre il cane era necessario per impedire all'uomo

di avvicinarsi troppo alla centrale e fare danni.

Negli **anni '80** si diffondono le reti

ISDN

(Integrated Services Digital Networks) e le **reti cellulari analogiche.**

Negli **anni '90** assistiamo alle **reti dati ATM** e alla diffusione delle **reti cellulari digitali.**

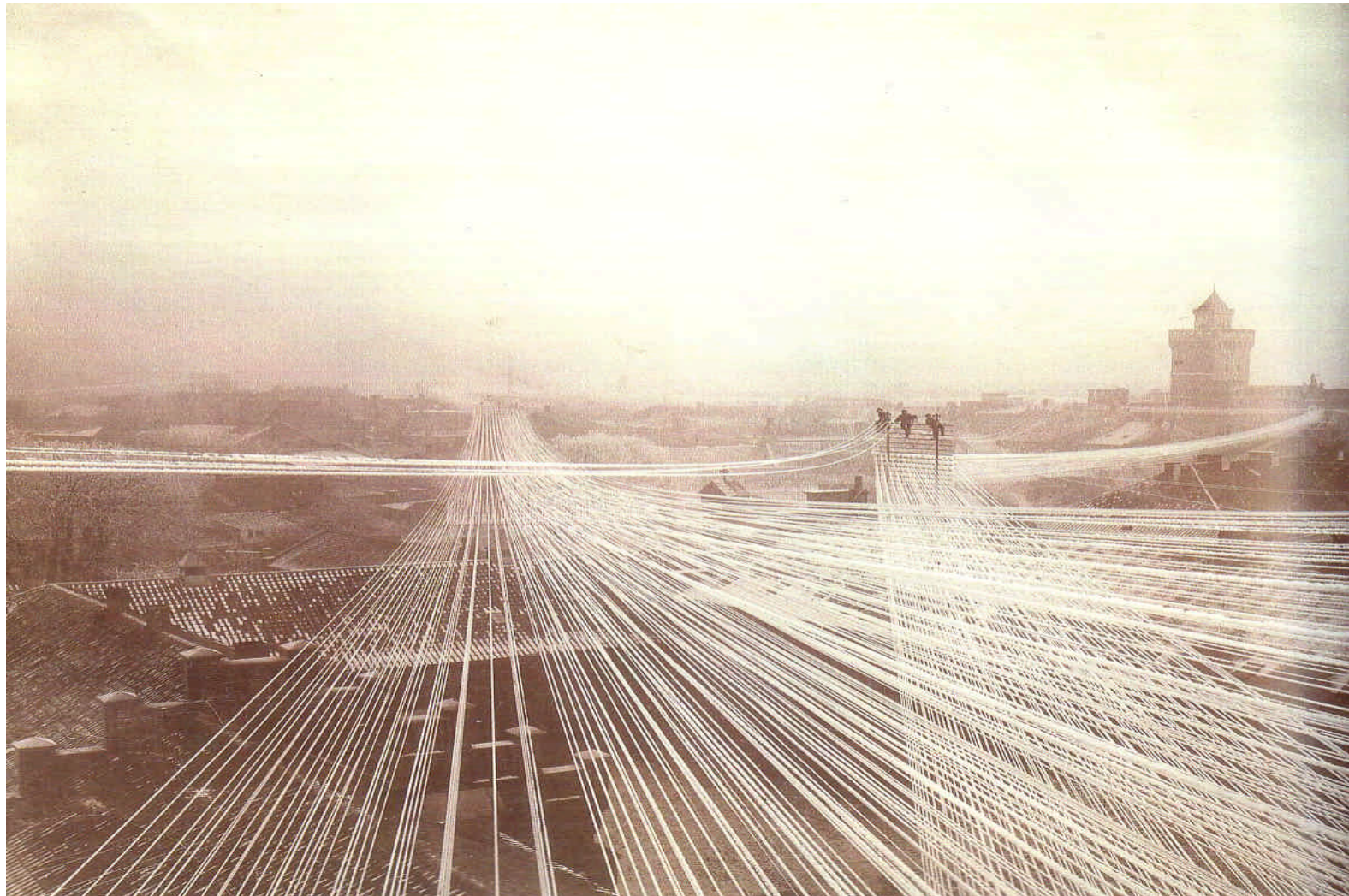
E arriviamo così ai nostri giorni per assistere alla diffusione della **telefonia su IP**. Telefonia per la quale il concetto di cifre selezionate dall'utente necessarie a pilotare organi elettromeccanici prima e software in tempo reale poi, decade per lasciare spazio ad una nuova epoca.



Figura 50 - Prototipo della prima centrale numerica in esercizio in Italia (1984)



Figura 49 - Il primo prototipo di centrale elettronica in Italia a Mestre - CSELT 1971



IERI - IL VISIBILE E L'UDIBILE



OGGI - INTERNET



RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI E SITI WEB

- G. Foddis - Corso teorico pratico di TELEFONIA - Hoepli (Ristampa Ed.ne 1946)
- Labò - Barbieri - Centrali telefoniche automatiche Sistema Siemens - Paravia (1952)
- Switches - By Roger G. Clery CST331 - Roosevelt University
- Chi ha inventato il telefono? di Gian Luca Lapini
- <http://www.storiadimilano.it>
- <http://www.radiomarconi.com/marconi/meucci.html>
- <http://italiaaltelefono.virgilio.it/index.html>
- http://www.aei.it/ita/museo/mp5_inde.htm
- <http://www.bell-labs.com/>
- <http://home.speedfactory.net/cardwell/>
- <http://www.seg.co.uk/telecomm/index.htm>
- <http://www.privateline.com/Switching/EarlyWork.html>
- <http://www.technology.niagarac.on.ca/people/mcsele/TelephoneSwitch.html>
- <http://www.ikn.tuwien.ac.at/>
- <http://www.sil.si.edu/Exhibitions/Underwater-Web/>
- http://www.sigtel.com/tel_tech_sxs.html
- <http://www.thg.org.uk/pwalker/xbar/>
- <http://www.portcities.org.uk/london/server/show/ConNarrative.62/>
- <http://www.ercim.org/>
- <http://bnrg.eecs.berkeley.edu/~randy/>
- <http://www.comlab.hut.fi/opetus/423/>