

O Sistema Telefônico

- Quando dois computadores localizados próximos uns aos outros necessitam se comunicar, a solução natural é estender um cabo entre eles.
- LANs são constituídas desta forma.
- Entretanto, quando as distâncias são grandes, quando há muitos computadores ou quando os cabos devem passar por vias públicas, os custos se tornam proibitivos.
- Por esta razão, redes de computadores em extensas áreas geográficas utilizam a estrutura física de sistemas telefônicos pré-existentes.
- Tais estruturas, denominadas PSTN (*Public Switched Telephone Network*), foram projetadas muitos anos atrás, com um objetivo completamente diferente: transmitir voz humana de forma reconhecível.
- Por esta razão, até a introdução de fibras óticas e tecnologia digital, o desempenho das redes para comunicação entre computadores era apenas marginal.
- Apenas com a introdução das Redes Digitais de Serviços Integrados – RDSI (*Integrated Services Digital Network – ISDN*) foi possível o suporte a serviços digitais para usuários individuais, tanto para voz quanto para dados, de qualidade adequada.
- Uma conexão computador-computador via cabo dedicado local pode transferir dados em velocidades da ordem de 10 a 100 Mbps, com taxa de erro da ordem de 1 por cada 10^{12} a 10^{13} bits transmitidos.
- Uma conexão computador-computador via linha discada de telefonia (*dial-up*) para transmissão de dados pode atingir uma taxa máxima de transmissão de dados da ordem de 56 kbps (1.5 Mbps se for ADSL), com taxa de erro da ordem de 1 por cada 10^5 bits transmitidos (de acordo com a idade dos equipamentos de comutação telefônica envolvidos).

A Estrutura Hierárquica dos Sistemas Telefônicos

Durante um período de aproximadamente 100 anos as redes telefônicas eram redes analógicas.

Neste período, apesar da grande diversidade de equipamentos desenvolvidos e utilizados em conjunto, uma boa qualidade de interconexão era possível, devido à utilização de **interfaces padronizadas** e a uma **hierarquia funcional bem definida**.

Apenas nos USA, em 1980, havia 181 milhões de telefones operando adequadamente.

À medida que novos equipamentos digitais eram instalados a redes inerentemente analógicas, estes equipamentos iam aderindo às práticas padronizadas das redes analógicas.

Seu emprego era transparente ao resto da rede.

Quando Alexander Graham Bell patenteou o telefone, em 1876, houve uma enorme demanda pelo invento.

Os telefones eram inicialmente vendidos em pares, e o proprietário ficava com o encargo de estender um fio entre ambos.

Se o proprietário de um telefone desejasse "falar" com n outros proprietários de telefones, fios separados deveriam ser estendidos entre as n casas.

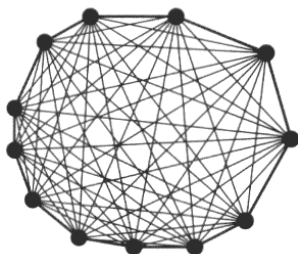


Figura 3.1 (a):
Rede completamente conectada.

Em um ano, as cidades estavam cobertas com fios passando sobre casas e árvores, de uma forma completamente desorganizada, tornando-se óbvio que o modelo de conexão de cada telefone a cada telefone, conforme mostrado na Figura 3.1 (a) não seria viável.

A. G. Bell, então, formou a *Bell Telephone Company*, a qual inaugurou a primeira central de comutação telefônica em New Haven, Connecticut, em 1878.

- A companhia era responsável por levar um fio a cada casa ou escritório cliente.
- Para fazer uma ligação, o usuário acionava uma manivela para produzir um som de campainha no escritório da companhia telefônica para atrair a atenção de um operador.
- O operador, então, manualmente, conectava o destinatário da chamada ao solicitante através de um cabo *jumper*.

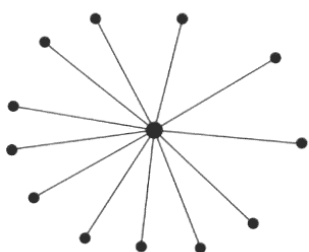


Figura 3.1 (b):

Comutação centralizada.

- Estes escritórios, por serem localizados em pontos centrais de áreas atendidas pelo serviço de telefonia, logo passaram a ser chamados centrais de comutação telefônica.
- O modelo de uma central de comutação telefônica é ilustrado na Figura 3.1 (b).

Em pouco tempo existiam centrais de comutação telefônica da *Bell Systems* em vários locais. Além disto, os usuários desejavam fazer chamadas de longa distância entre cidades, o que levou a companhia a conectar as centrais telefônicas, através de *trunks* (linhas de conexão entre centrais).

Em 1890, os três maiores segmentos do sistema telefônico estavam implantados:

- (1) as centrais de comutação (ou chaveamento),
- (2) as linhas entre os clientes e as centrais de comutação e
- (3) as conexões de longa distância entre as centrais de comutação.

Embora muitas melhorias tenham sido adotadas em todos os três segmentos, o modelo básico da *Bell Systems* permaneceu essencialmente intacto por mais de 100 anos.

- Conectar cada central telefônica a cada outra central telefônica por meio de um fio rapidamente se tornou impraticável, o que levou ao surgimento de um segundo nível de centrais de comutação.

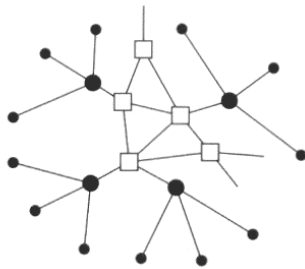


Figura 3.1 (c):

Hierarquia de dois níveis.

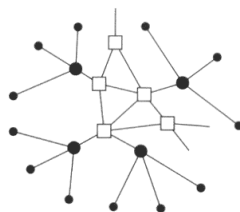
Desta forma, a rede pública de telefonia analógica nos USA evoluiu para um total de cinco classes, denominados:

1. *Regional Center (Switch Class 1)*
 2. *Sectional Center (Switch Class 2)*
 3. *Primary Center (Switch Class 3)*
 4. *Toll Center (Switch Class 4)*
 5. *End Office (Switch Class 5)*.
- No nível inferior da rede estavam as centrais de chaveamento de classe 5.
 - O próximo nível da rede era composto de centrais *toll* classe 4.
 - A rede *toll* da *Bell Systems* continha mais três níveis de comutação: centrais primárias, centrais seccionais e centrais regionais.

- Presentemente, o sistema telefônico é organizado na forma de uma hierarquia multiníveis, altamente redundante.
- Saem de cada telefone dois fios de cobre que vão diretamente ao mais próximo *end office* da companhia telefônica (central local).
- A distância é tipicamente de 1 a 10 km (menor em regiões urbanas do que rurais).
- A concatenação do código de área e os 1^{os} dígitos do n^o do telefone especificam univocamente uma central local.
- As conexões de dois fios entre cada assinante e a central local são conhecidas como *local loop*.
- *Local loops* no mundo = 2000 x distância da Terra à Lua.
- 80% do capital da AT&T = cobre dos *loops* locais.

- Se um assinante pertencente a uma dada central local chama outro assinante pertencente à mesma central local, o mecanismo de comutação dentro da central estabelece uma conexão elétrica entre os dois *loops* locais.
- Esta conexão permanece intacta durante a duração da chamada.

- Se o telefone chamado pertence à outra central local, um procedimento diferente é usado.
- Cada central local tem um nº de linhas de saída para um ou mais centros de comutação próximos, chamados centrais *toll* (ou, se estão dentro da mesma área local, centrais *tandem*).
 - Se ambas as centrais locais dos assinantes tiverem uma linha de conexão (estas linhas são chamadas *toll connecting trunks*) à mesma central *toll*, a conexão pode ser estabelecida dentro da própria central *toll*.
 - A rede de telefonia mostrada na Figura 3.1(c) contém telefones (pontos pequenos), centrais locais (pontos grandes) e centrais *toll* (quadrados).



- Se ambos os assinantes não tiverem uma central *toll* comum, o caminho terá que ser estabelecido em algum nível mais alto de hierarquia (mais próximo da Classe 1).
- Há centrais primárias, seccionais e regionais que formam uma rede através da qual as centrais *toll* são conectadas.
- A comunicação entre as centrais *toll*, as primárias, as seccionais e as regionais é realizada por meio de *trunks* intercentrais.

- O número de diferentes tipos hierarquias de centrais de comutação varia de região para região, dependendo da densidade de telefones existente.
- A Figura 3.2 mostra como uma conexão de distância média pode ser roteada.

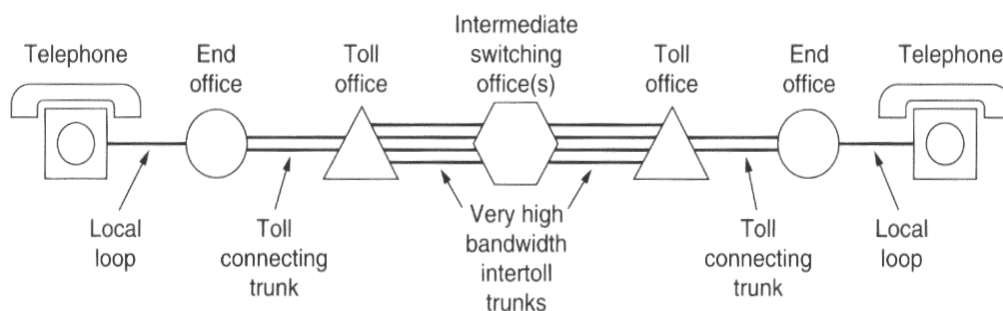


Figura 3.2: Típico circuito de roteamento para uma chamada de distância média.

- Diferentes meios físicos podem ser utilizados para a transmissão.
- Os *loops* locais podem ser *wired* (pares trançados) ou *wireless*. Entre as centrais de comutação são amplamente utilizados cabos coaxiais, microondas e fibras ópticas.

Para ilustrar a estrutura e a motivação **para redes hierárquicas**, um exemplo é mostrado na Figura 3.3.

Em contraste, a Figura 3.4 apresenta uma diferente estrutura de rede para interconectar todas as centrais de comutação de nível 1 (Centrais Locais - Classe 5), que é **uma estrutura em malha, completamente conectada**.

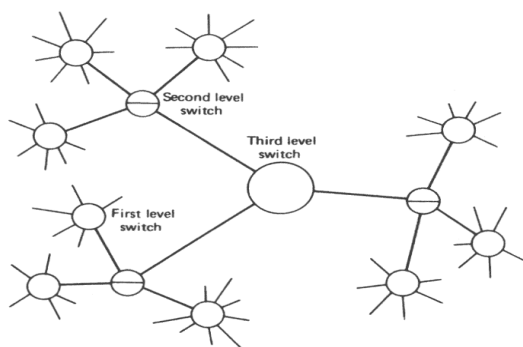


Figura 3.3:
Hierarquia de comutação
em três níveis.

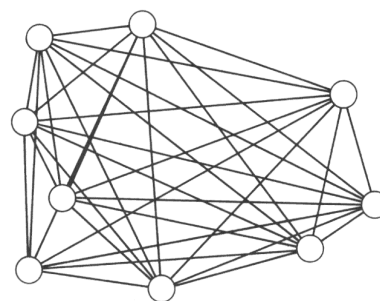


Figura 3.4:
Rede conectada
em malha.

Obviamente, a rede hierárquica requer mais nós de comutação (ou chaveamento), mas permite economizar no número de *trunks*, que são os *links* de transmissão entre centrais comutadas.

A determinação do nº total de circuitos *trunk* em qualquer uma das redes é necessariamente uma função do tráfego entre cada par de nós de comutação.

O nº de circuitos *trunk* necessários em uma rede do tipo malha pode ser determinado como o nº total de conexões N_c entre as centrais de comutação,

$$N_c = \frac{1}{2} N(N - 1) \quad (3.1)$$

onde N é o número de nós.

De acordo com a Equação (3.1), a rede malha da Figura 3.4 tem **36** conexões, em comparação às **12** conexões presentes na rede da Figura 3.3.

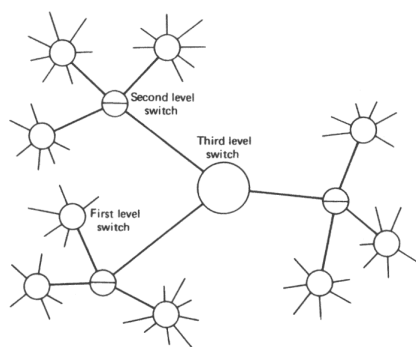


Figura 3.3:
Hierarquia de comutação
em três níveis (12 conexões).

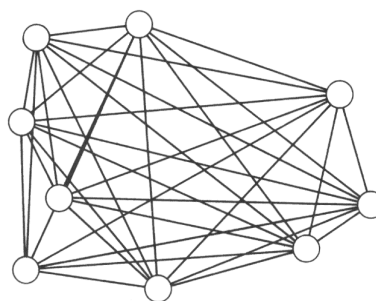
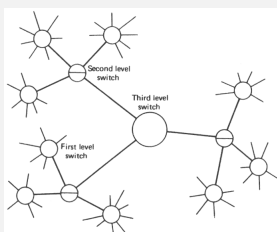


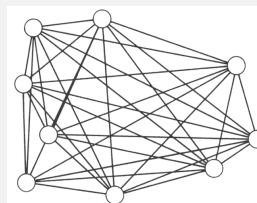
Figura 3.4:
Rede conectada
em malha (36 conexões).

Outra diferença entre as redes mostradas nas Figuras 3.3 e 3.4 envolve o método de estabelecer conexões entre duas centrais:



Na rede hierárquica há uma e apenas uma rota entre quaisquer dois nós de comutação.

Na rede malha a maior parte das conexões pode ser estabelecida sobre a rota direta entre as duas centrais.

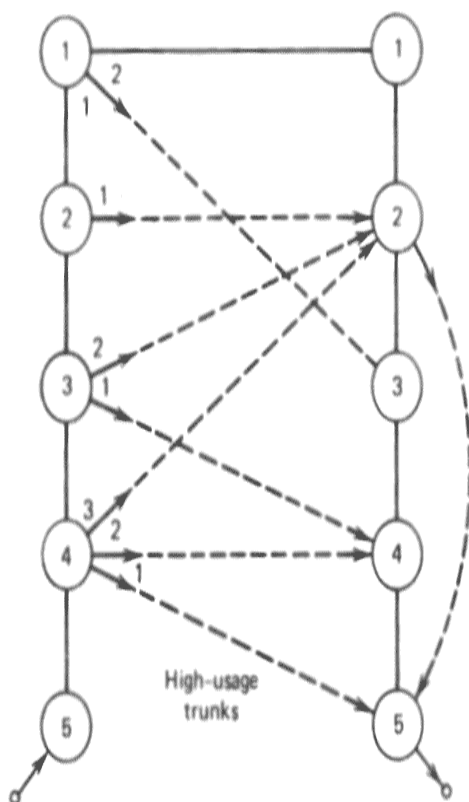


No entanto, se uma rota direta não está disponível (por congestionamento de tráfego ou falha em algum equipamento) e as centrais de comutação de nível 1 têm condições de prover conexões via *trunks* alternativos (chamadas funções de comutação *tandem*), para esta situação a rede malha provê muitas alternativas para estabelecer conexões entre dois nós quaisquer.

Assim, a confiabilidade de uma arquitetura de rede deve ser considerada, em adição a considerações de custo.

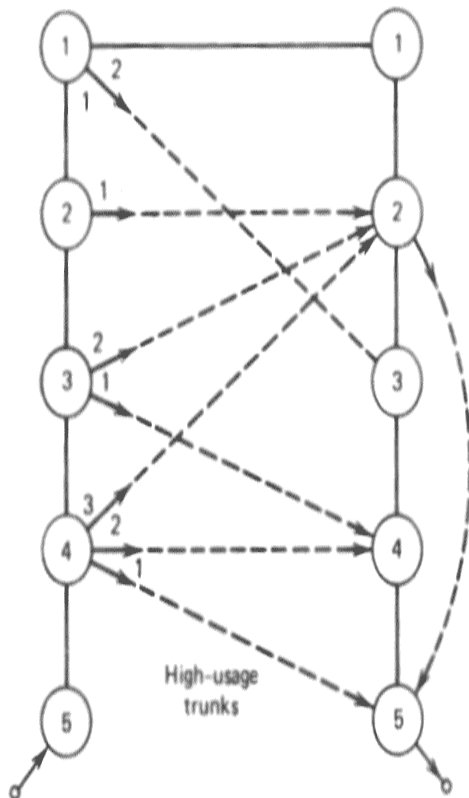
Em geral é aconselhável uma rede telefônica não completamente hierárquica nem completamente em malha.

A Figura 3.5 apresenta um tipo de roteamento alternativo utilizado no antigo *Bell System*.



- Como indicado, a rede básica hierárquica (o *backbone*) foi ampliada pela adição de *trunks*.
- Estes *trunks* (de alta utilização) são usados para conexões diretas entre centrais comutadas que apresentam alto volume de tráfego entre si.
- Normalmente o tráfego entre centrais com tais características é roteado através de *trunks* diretos.
- Se os *trunks* diretos estão ocupados (o que acontece freqüentemente se são altamente utilizados), a rede *backbone* hierárquica ainda está disponível para roteamento alternativo.

Figura 3.5: Roteamento alternativo que foi utilizado na rede da *Bell Systems* Americana. Os *trunks* diretos entre centrais são representados por linhas tracejadas, enquanto que o *backbone* da rede hierárquica é mostrado em linhas sólidas.



- No antigo *Bell System*, o tráfego sempre era roteado pelo nível hierárquico mais baixo disponível, na rede.
 - Este procedimento não apenas permitia ocupar menos a rede, como também implicava na maior qualidade dos circuitos devido a caminhos mais curtos e a menor número de pontos de comutação.
 - A Figura 3.5 mostra a ordem básica de seleção para rotas alternativas.
-
- Em adição aos *trunks* de alta utilização, a rede *backbone* também foi ampliada com recursos adicionais de comutação chamados comutadores *tandem* (ver Figura 3.6).
 - Estes comutadores eram empregados nos níveis mais inferiores da rede e proviam chaveamento entre as centrais locais (*end offices*).

- Comutadores *tandem* não faziam parte da rede *toll*, como mostrado na Figura 3.6, mas eram (e são) parte de uma área chamada área de troca (*Exchange Area*).
- De forma geral, uma área de troca é uma área dentro da qual todas as chamadas são consideradas locais (sem tarifação adicional - *toll free*).

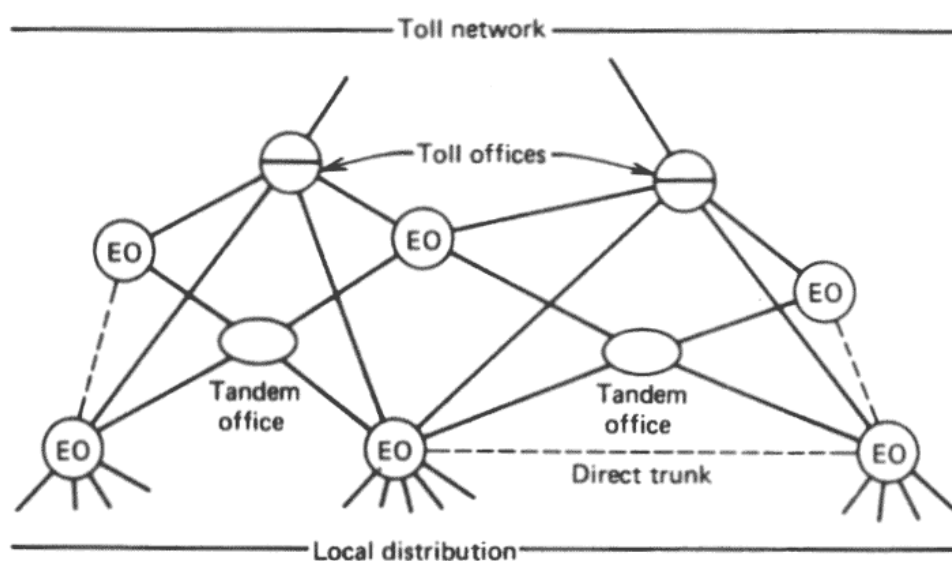


Figura 3.6: Rede *Exchange Area* (área de troca).

- Em termos gerais, qualquer equipamento de comutação em um caminho entre duas centrais locais provê uma função de comutação *tandem*.
- Então, comutadores *toll* também provêm funções de chaveamento *tandem*.
- Dentro da rede de telefonia pública, entretanto, o termo *tandem* refere-se especificamente à comutação intermediária dentro da área de troca (entre centrais locais).
- A função básica de uma central *tandem* é interconectar aquelas centrais dentro de uma área de troca que possuem volume de tráfego insuficiente entre centrais para justificar *trunks* diretos.

- Centrais *tandem* também provêm rotas alternativas para chamadas na área de troca que sejam bloqueadas nas rotas diretas entre as centrais locais.
- Embora a Figura 3.6 mostre centrais *tandem* como sendo fisicamente distintas das centrais locais e centrais *toll*, os comutadores *tandem* são freqüentemente colocados em qualquer uma das centrais ou em ambas.
- Operacionalmente, a comutação na área de troca e a comutação na rede *toll* no *Bell System* eram sempre separadas.
- A razão primária para a separação era simplificar a comutação *tandem* evitando tarifação e roteamento.
- Um comutador *toll* tem que medir a duração de uma chamada para que possa ser tarifada, mas um comutador *tandem* não e, anteriormente à introdução da comutação controlada por computador, as funções de tarifação eram um fator significativo a ser considerado.
- A separação operacional também implicava que grupos de *trunks* que conectassem centrais *toll* fossem separados de circuitos *trunk* que conectassem centrais *tandem*.
- A flexibilidade da comutação controlada por computadores eliminou a necessidade da separação.
- A separação de recursos da área de troca dos recursos de centrais *toll* teve um efeito importante nos equipamentos de transmissão e chaveamento utilizados nas respectivas aplicações.
- Conexões de área de troca eram usualmente curtas e somente envolviam poucas centrais de comutação.
- Conexões *toll*, por outro lado, podiam envolver numerosas centrais de comutação com relativamente longos *links* de conexão entre elas.
- Assim, para qualidade fim a fim comparável, equipamentos analógicos individuais para área de troca não precisavam prover tanta qualidade quanto os equipamentos usados em redes *toll*.

- Durante os últimos 100 anos, a transmissão analógica tem dominado as comunicações.
- Os sistemas telefônicos foram originalmente baseados inteiramente em sinalização analógica.
- Na década de 80 (inicialmente nos USA), a estrutura da rede pública de telefonia comutada sofreu alterações significativas, como resultado de transformações tecnológicas e regulamentares.
- As mudanças principais incluíram:
 - o emprego extensivo de dispositivos de comutação digital,
 - a adaptação de comutadores controlados por computadores para prover funções de comutação múltipla (integração de centrais de comutação locais, *tandem* e *toll*) e
 - o emprego de sistemas de transmissão por fibra óptica, que podem arcar com grande volume de tráfego.
- Decorrente destas transformações, os circuitos *trunk* de longa distância são agora largamente digitais, enquanto que os *loops* locais são ainda analógicos e devem permanecer assim por, pelo menos, uma década, devido aos enormes custos associados à conversão (exceção feita aos *loops* locais *wireless*).

- Dentro de um cenário em que os circuitos de longa distância são digitais e os *loops* locais são, ainda, analógicos, quando um computador deseja enviar dados digitais sobre uma linha telefônica discada, os dados devem ser:
 1. Convertidos para a forma analógica por meio de um modem para transmissão sobre o *loop* local;
 2. Convertidos à forma digital para transmissão sobre os circuitos *trunks* de longa distância;
 3. Convertidos de volta à forma analógica sobre o *loop* local na recepção;
 4. Convertidos de volta à forma digital por meio de outro modem para armazenamento no computador de destino.

Esta operação é mostrada na Figura 3.7.

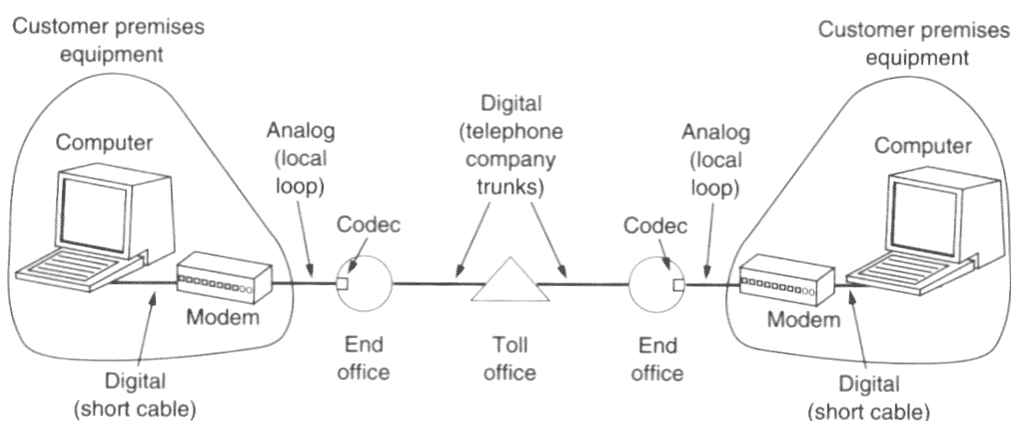


Figura 3.7: Uso de transmissão analógica e digital para uma conexão computador a computador.
A conversão é realizada por modems e codecs.

- A transmissão digital sobre todo o percurso entre o transmissor e o receptor é possível para linhas privadas, onde se pode arcar com custo elevado.

Sistemas de Comutação

1. Comutação Manual

- O primeiro equipamento para chaveamento telefônico utilizava operadores e painéis para comutação manual.
- Os operadores solicitavam um atendente na unidade do assinante e, então, estabeleciam a ligação conectando um *plug* a um soquete do painel de comutação.
- Embora os painéis não mais sejam utilizados, os termos *tip* e *ring* foram herdados desta tecnologia.
- Como mostrado na Figura 3.8, um fio do par era conectado ao *tip* de um *plug* conector e o outro fio era conectado ao *ring*.
- Desde então, um fio do par é comumente referido como *tip* e o outro como *ring*, mesmo em pares digitais, os quais nunca usaram *plugs* em painéis de comutação.
- Em alguns painéis de comutação originais, uma terceira conexão era provida pelo conector *sleeve*, conforme também mostra a Figura 3.8.

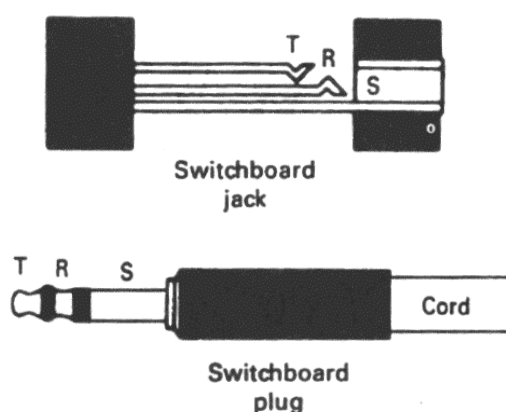


Figura 3.8: *Plug* e *jack* utilizados em painéis de comutação manual.

2. Comutação Automática

- Equipamentos para comutação devem prover as funções de sinalização, controle e comutação (ou chaveamento).
- A função básica de um equipamento de sinalização é monitorar a atividade das linhas que chegam e encaminhar a informação de controle ou *status* para o elemento de controle da chave (ou comutador).
- Equipamentos para sinalização são também usados para colocar sinais de controle em linhas de saída sob comando do elemento de controle da chave.
- O elemento de controle processa a informação dos sinais que chegam e estabelece conexões.
- A função de comutação, propriamente dita é provida por uma matriz de comutação ou chaveamento: uma matriz de seleção de pontos de cruzamento (*crosspoints*) usada para completar conexões entre linhas de entrada e de saída.
- A Figura 3.9 apresenta os constituintes básicos de um sistema de comutação.

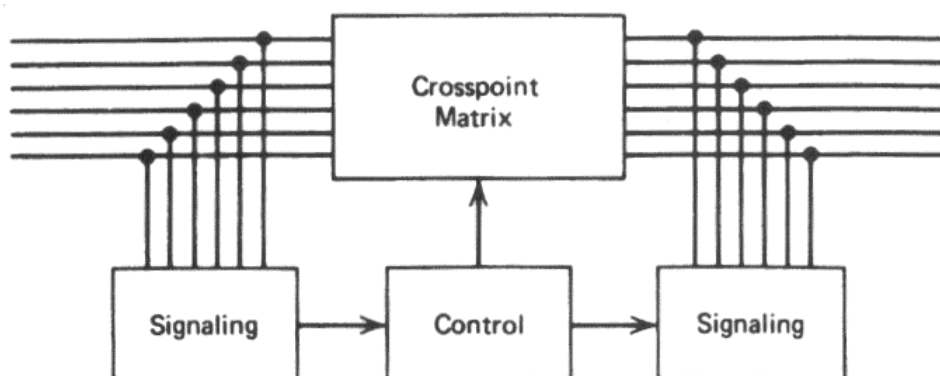


Figura 3.9: Componentes de um sistema de comutação.

A **Comutação Automática** pode ser efetuada por:

- Chaveamento Eletromecânico
- Controle através de *Software*
(*Stored Program Control*)

Comutação Automática por Chaveamento Eletromecânico

Antes da introdução das máquinas de comutação eletrônicas digitais, nos anos 70, as centrais de comutação utilizavam dois tipos básicos de chaves de comutação eletromecânica:

- as chaves de comutação *step-by-step* (chave Strowger) e
- as chaves de comutação *crossbar*.

- De acordo com a Figura 3.10, os *crosspoints* são estabelecidos em uma chave *step-by-step* através do deslizar do contacto *wiper* que se move sobre o banco de contactos, em resposta direta a pulsos discados.

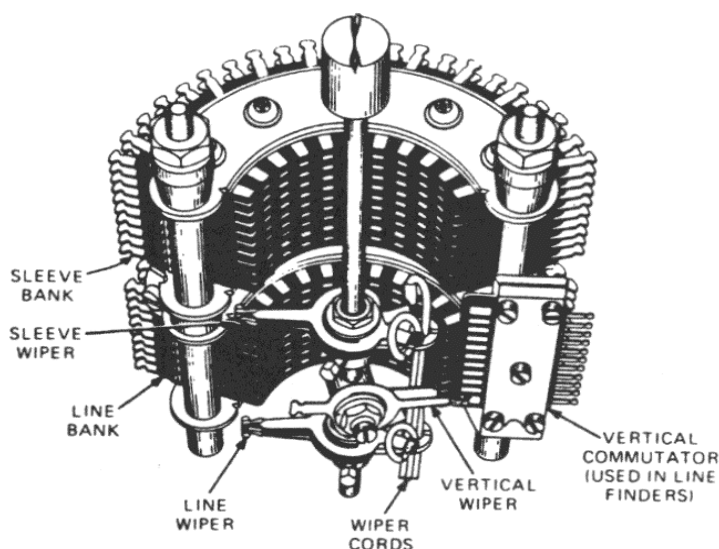


Figura 3.10:

Elemento de comutação *step-by-step*.

- À medida que os pulsos do 1º dígito entram na chave, o wiper move-se verticalmente até parar em uma linha horizontal do banco de contactos que corresponde ao 1º dígito (dezenas, por exemplo).
- Após parar na linha horizontal apropriada, o wiper é rotacionado por sobre a linha horizontal do banco de contactos até que uma linha desocupada para o próximo estágio de comutação (unidades, por exemplo) seja localizada.
- O próximo conjunto de pulsos discados, representando o 2º dígito, então passa para o 2º estágio, de forma semelhante.
- O processo continua através de quantos estágios forem necessários para um particular tamanho de comutador.

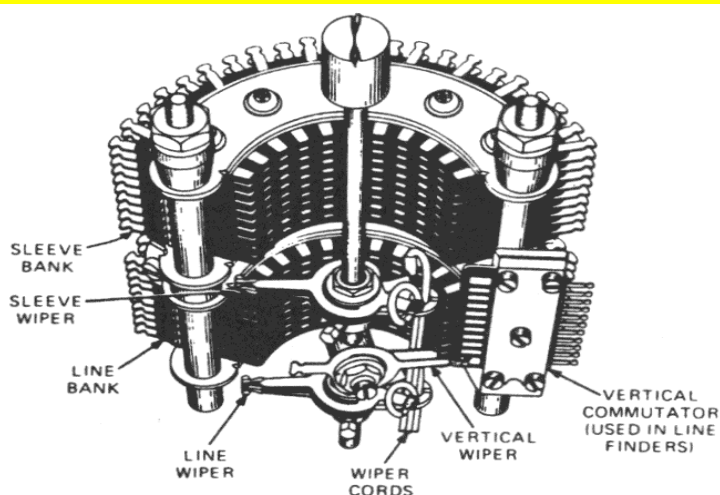


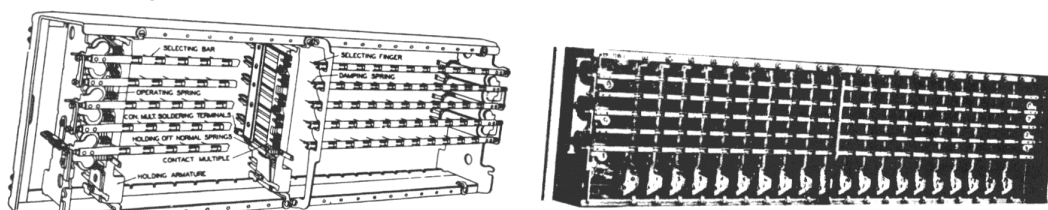
Figura 3.10:

Elemento de comutação *step-by-step*.

- Como o nome implica, uma chave *step-by-step* usa controle progressivo direto: segmentos sucessivos de um caminho através da chave comutadora são estabelecidos à medida que cada dígito é discado.
- Com o controle progressivo, os elementos de controle da chave comutadora são integrados em uma matriz de chaveamento.
- Esta característica é muito útil para a implementação de diversos tamanhos de chaves comutadoras e permite expansões relativamente simples.
- Uma chave de controle progressivo, entretanto, tem limitações significativas:
 1. Uma chamada pode ser bloqueada mesmo que um caminho apropriado através das chaves comutadoras exista, mas não seja tentado porque um caminho foi selecionado erroneamente (por defeito) em um estágio anterior.
 2. Um roteamento alternativo para *trunks* de saída não é possível. Ou seja, a linha de saída é diretamente selecionada pelos pulsos discados que chegam e não pode ser substituída.
 3. Esquemas de sinalização que não sejam pulsos digitais (sinalização por tons) não são diretamente utilizáveis.

- Em contraste com uma chave *step-by-step*, uma chave **crossbar** utiliza controle centralizado para selecionar o caminho a ser comutado.
- À medida que dígitos são discados, os elementos de controle da chave recebem o endereço inteiro antes de processá-lo.
- Quando um caminho apropriado através da chave comutadora foi determinado, o elemento de controle transfere a informação necessária na forma de sinais de controle para a matriz de chaveamento para estabelecer a conexão.
- Os *crosspoints* de uma chave comutadora são contactos mecânicos com magnetos para estabelecer e manter uma conexão.

Figura 3.11: Elemento de chaveamento *crossbar*.



- O termo *crossbar* surge do uso de barras horizontais e verticais cruzadas para inicialmente selecionar os contactos.
- Uma vez estabelecidos, os contactos de chaveamento são mantidos por eletromagnetos energizados com corrente direta passando através do circuito estabelecido. Quando o circuito é aberto, a perda de corrente causa a liberação automática dos *crosspoints*.

Devido às limitações operacionais do controle progressivo, chaves comutadoras *step-by-step* foram usadas primeiramente em centrais de comutação de classe 5 (inferior).

Já as chaves **crossbar** foram usadas predominantemente em áreas metropolitanas e dentro da rede *toll*.

Comutação Automática por Software (Stored Program Control)

- Sistemas de chaveamento *step-by-step* e *crossbar* usam componentes eletromecânicos tanto para a matriz de chaveamento quanto para os elementos de controle.
- Em alguns casos, os elementos de controle eletromecânicos nestas chaves representam formas rudimentares de computadores digitais para propósitos específicos, cuja lógica tem capacidade limitada e virtualmente impossível de modificar.
- Em 1965 a *Bell Systems* instalou seu 1º sistema de chaveamento controlado por computador, denominado *Nº 1 Electronic Switching System (ESS)*.
- Estes sistemas de chaveamento utilizam um computador digital com um programa armazenado para executar suas funções de controle.
- O *Stored Program Control (SPC)* do *Nº 1 ESS* permitiu a introdução de novas características, tais como abreviar a discagem, propagar chamadas, colocar chamadas em espera, etc.

A introdução do SPC não apenas proveu vantagens significativas para os usuários finais, como também simplificou muitas tarefas administrativas e de manutenção para as companhias operadoras. Por exemplo:

1. Modificações manuais das conexões cruzadas se transformaram em simples mudanças nas tabelas de dados dos comutadores.
2. Possibilidade de gravações automatizadas.
3. Probabilidades de bloqueio menores.
4. Geração de estatísticas de tráfego.
5. Rastreamento automatizado de chamadas.

Private Branch Exchanges (PBX)

- O termo *Private Branch Exchanges* (PBX) se refere genericamente a qualquer sistema de comutação utilizado por uma empresa ou organização para prover tanto funções de comutação internas quanto acesso à rede pública.
- Um sistema PBX pode usar controle manual ou automático.
- O termo PABX é utilizado para se referir especificamente a PBXs controlados automaticamente.
- O desenvolvimento histórico dos sistemas PBX tem seguido de perto o desenvolvimento dos comutadores na rede pública.
- PBXs com controle computadorizado se tornaram disponíveis em 1963 (antes do N° 1 ESS) quando o N° 101 ESS da AT&T foi instalado pela primeira vez.
- Desde então, um grande número de fabricantes têm desenvolvido sistemas de PBXs controlados por computadores.
- O mercado para PBX têm sido um dos mercados mais competitivos em equipamentos de telecomunicações.

O uso de controle por computador em PBXs introduziu várias novas características desejáveis para o serviço ao usuário. Algumas das características mais úteis providas por sistemas PABX são:

1. Facilidade para gerenciamento de custos (permitem obter sumários contábeis).
2. Múltiplas classes de serviços com prioridades e restrições de acesso a códigos de área.
3. Roteamento pelo menor custo para selecionar linhas para conexão automaticamente (por exemplo, para DDD).
4. Tentativa automática de estabelecer uma chamada após uma tentativa frustrada.
5. Monitoramento de tráfego e análise para determinar a utilização de circuitos existentes ou investigar as probabilidades de bloqueio e eficácia de custo da rede.

Sistemas Centrex

- Muitas das características providas pelos PBXs são também oferecidas por companhias que operam sistemas *Centrex*.
- Como mostra a Figura 3.12, *Centrex* é um serviço oferecido ao consumidor através do suporte a equipamentos de chaveamento na central telefônica.

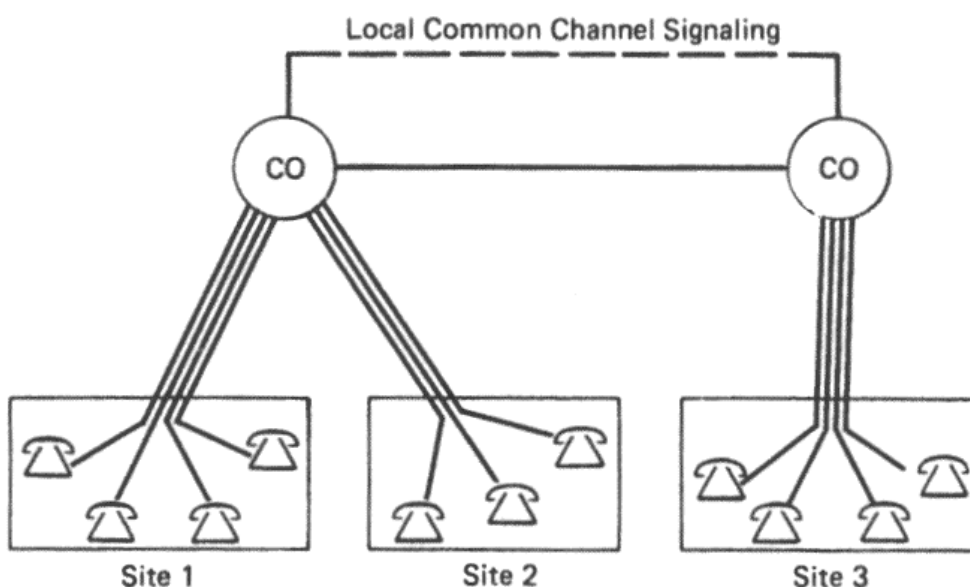


Figura 3.12: Serviço *Centrex* para múltiplos sites.

- Cada telefone ou serviço de dados no consumidor prevê a existência de um canal dedicado para o comutador na central telefônica.
- Originalmente, cada canal implicava em um par de fios dedicado.
- Atualmente são utilizadas técnicas de multiplexação para reduzir os custos de transmissão.
- Todavia, do ponto de vista da central telefônica, cada extensão *Centrex* representa um nº de telefone público único disponível.

- Uma partição de *software* na central telefônica trata as linhas *Centrex* como um grupo de usuários fechado, o que permite prover as seguintes características básicas de serviço, aos usuários:
1. Discagem direta para extensões *Centrex* a partir da rede pública.
 2. Chamada estação-a-estação usando números de extensão ao invés de n^{os} públicos completos de 8 dígitos, por exemplo.
 3. Serviços comum para aplicações de voz, tais como: encaminhamento de chamadas, transferência de chamadas, colocar chamadas em espera, transferir chamadas, etc.
 4. Com a utilização de sistemas *Centrex* em cidades, os *sites* podem ser suportados por múltiplas centrais interconectadas.