

# Capítulo 1

## Redes de Comunicação

### 1.1 Redes de Comunicação

De uma maneira bastante geral, pode-se dividir as redes de comunicação em três tipos: difusão, pessoa a pessoa e máquina a máquina.

Os exemplos representativos da comunicação tipo difusão são a rádio e a televisão. Nas comunicações de rádio e de televisão existem estações transmissoras e os receptores que ficam espalhados em regiões circunvizinhas ou bastante distantes, como mostra a Fig. 1.1.

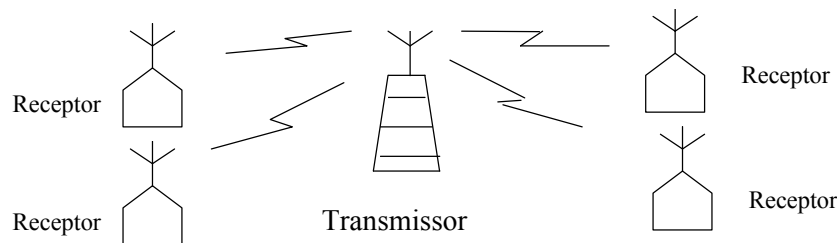


Figura 1.1 Rede comunicação do tipo difusão.

Uma característica marcante da comunicação do tipo difusão é que um mesmo programa transmitido por uma emissora será recebido por todos os receptores. No caso de várias emissoras transmitindo diferentes programas, a seleção de programas é feita pelos usuários.

Do ponto de vista técnico, a rede de comunicação do tipo difusão é bastante simples de implementar, pois, necessita-se de um transmissor, as estações repetidoras e os receptores. Quem providencia e faz a manutenção do receptor é o próprio usuário. Uma emissora deve preparar a sua programação e fazer a sua difusão. A sua qualidade e a sua capacidade de entretenimento são os principais fatores que influenciam na escolha dos programas pelos usuários. Deve-se salientar que neste tipo de comunicação, o conteúdo da programação é da responsabilidade do proprietário da emissora que tem o poder inclusive de censurar qualquer informação a transmitir. Além disso, como uma emissora no Brasil, é uma concessão do governo federal, deve também ser regida pelas leis federais.

Uma rede de comunicação do tipo difusão não utiliza somente a irradiação para transmitir os sinais como é caso das TVs comuns comerciais. Uma outra forma, atualmente bastante utilizada como meio físico de transmissão é o cabo coaxial ou fibra óptica. Um exemplo é a TV a cabo, cujos componentes são mostrados na Fig. 1.2. O objetivo da TV a cabo é levar, aos usuários, imagens limpas de alta qualidade que não sejam afetadas por intempéries, como ocorre no caso das TVs comerciais. Como se observa pela Fig. 1.2, existe um centro de distribuição aonde os sinais vindos exclusivamente do satélite e das TV comerciais são captados, modulados, multiplexados e transmitidos através dos cabos coaxiais ou fibras ópticas. Os sinais, de trecho em trecho, são amplificados e podem passar por pontes (bridger) para separar os sinais em diversas rotas. São utilizados também separadores mais simples como o “splitter” que tem a

função de separar os sinais em vários caminhos nos pontos terminais onde se localizam os usuários. Embora a qualidade das imagens seja melhor em TV a cabo, o sistema de comunicação continua sendo do tipo difusão, com todos os usuários recebendo a mesma programação.

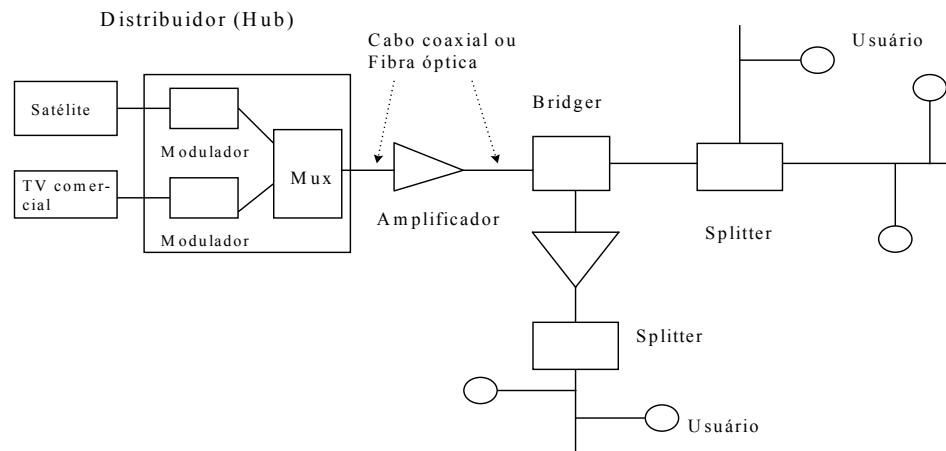


Figura 1.2 Estrutura da TV a cabo.

Em oposição à comunicação do tipo difusão, a comunicação do tipo pessoa a pessoa é individualizada, tendo cada comunicação um fluxo diferente de informações.

O principal exemplo de uma rede de comunicação do tipo pessoa a pessoa é a rede telefônica. A rede telefônica é muito mais complexa que a rede comunicação por difusão, pois precisa selecionar duas pessoas dentre centenas de milhões de pessoas (ou aparelhos) espalhadas dentro de um município, de um estado, de um país ou do mundo todo.

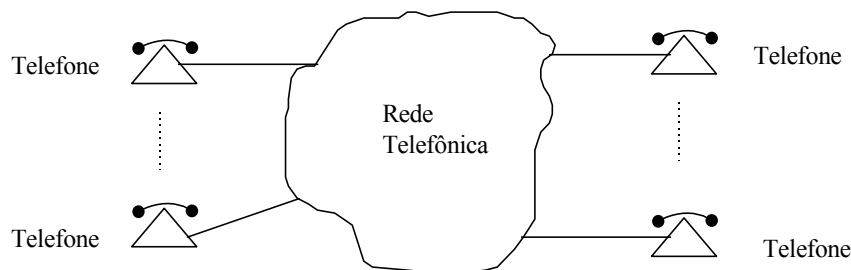


Figura 1.3 Rede Telefônica.

Em uma rede telefônica, como mostrada na Fig. 1.3, cada aparelho telefônico possui um código (número). A rede telefônica faz automaticamente a seleção dos aparelhos que se querem comunicar, e não está interessada no conteúdo da informação. Pela constituição do Brasil, os usuários têm direitos às privacidades, e não são permitidos às operadoras de rede telefônica, quaisquer tipos de acesso às informações transmitidas pela rede. Em casos excepcionais previstas na constituição, é possível o acesso às informações através das escutas telefônicas.

De uma maneira geral, a rede telefônica pode ser dividida em fixa e móvel. A rede telefônica fixa é a mais antiga e a maior rede existente no mundo.

Os principais elementos da rede telefônica fixa são mostrados na Fig. 1.4.

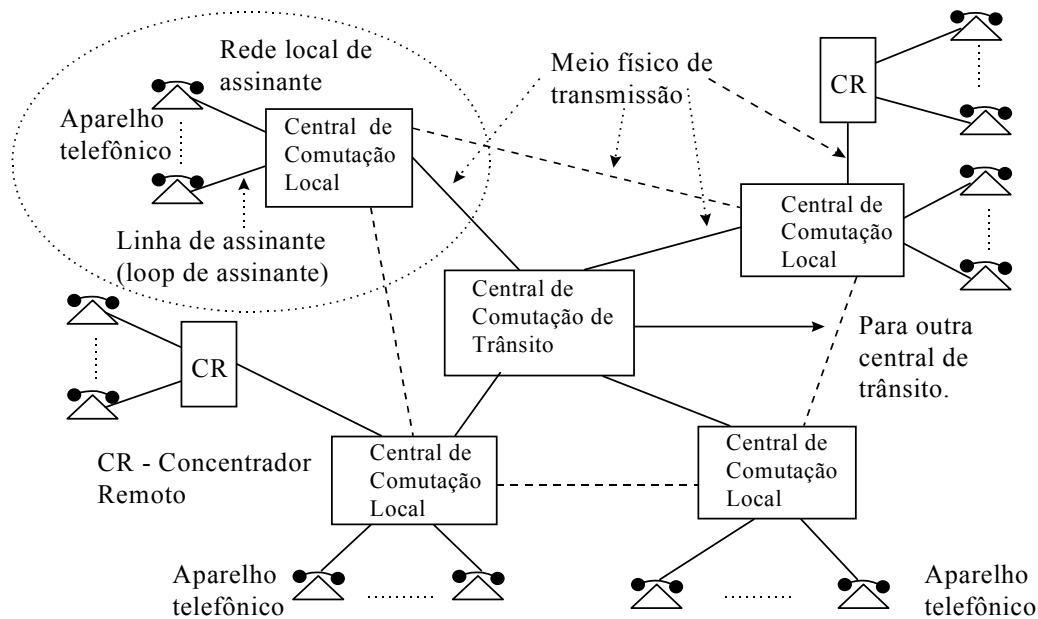


Figura 1.4 Elementos da rede telefônica.

Uma rede telefônica é constituída de aparelhos telefônicos, centrais de comutação, concentradores remotos e os meios físicos de transmissão. As centrais de comutação que são as partes mais importantes da rede podem ser do tipo local ou de trânsito. Uma das principais funções das centrais de comutação local (abreviadamente centrais locais) que são colocadas em pontos estratégicos de uma cidade é concentrar os aparelhos telefônicos. Outras funções são interligar, para chamadas direcionadas para a própria central, os aparelhos telefônicos conectados na central e encaminhar as chamadas para outras centrais convenientes.

Os meios de transmissão que interligam centrais locais e que estão em pontilhados na Fig. 1.4, nem sempre estão disponíveis. As suas existências dependem muito do tráfego existente entre as duas centrais. Entretanto, existe pelo menos uma rota através da central de comutação de trânsito (abreviadamente central de trânsito) que possibilita uma central comunicar com qualquer outra central. Os meios de transmissão que interligam duas centrais são também chamados de troncos. Portanto, a função principal da central de trânsito é concentrar as centrais locais. Tem a função também, de encaminhar chamadas para outras centrais de trânsito.

Em certas localidades, pode haver um conjunto de telefones que estão razoavelmente afastados da central local, e são localidades que têm poucas potencialidades de crescimento futuro. Nestas localidades são utilizados os concentradores remotos (CR).

O concentrador remoto, em geral, não tem a função de comutação; concentra os aparelhos telefônicos, e utilizando um meio de transmissão de alta velocidade comunica com a central local em que fica conectado e a comutação é feita nessa central. Assim, pode-se dizer que um concentrador é uma parte da central local ligada através de um cordão umbilical.

O conjunto formado por central local, aparelhos telefônicos e linhas de assinantes, é denominado de rede local de assinantes.

Na rede telefônica móvel, os aparelhos telefônicos não possuem linhas físicas de assinantes. Toda comunicação entre o aparelho e a central telefônica é feita via rádio. A Fig. 1.5 mostra os elementos de uma rede telefônica móvel.

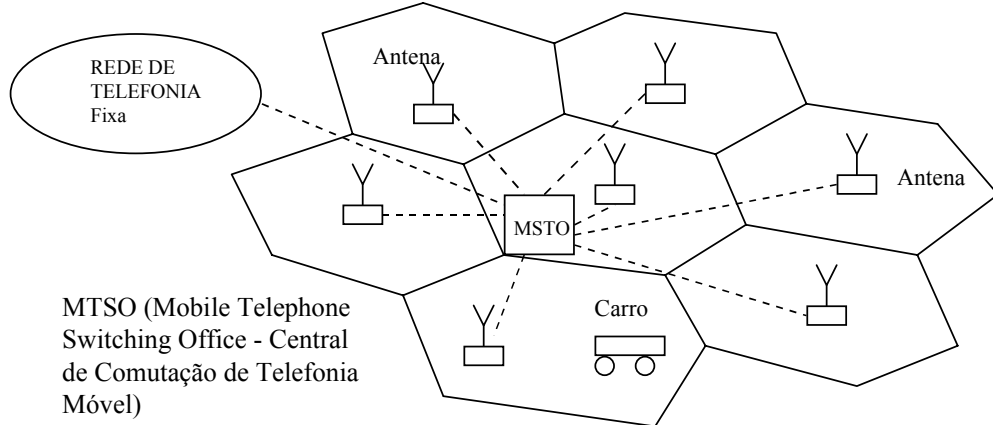


Figura 1.5 Rede telefônica móvel.

Uma região, normalmente uma cidade, é dividida em subáreas com formatos hexagonais e cada uma dessas subáreas hexagonais possui uma antena que capta os sinais de rádio enviados por um aparelho telefônico móvel.

Cada antena é conectada a uma central de comutação de telefonia móvel - MSTO (Mobile Telephone Switching Office) através de cabos. A MSTO faz todo o gerenciamento das comunicações, fazendo a comutação entre os assinantes de aparelhos móveis, ou no caso em que é um aparelho fixo, envia ou recebe a chamada para a rede telefônica fixa.

Quando o aparelho móvel se movimentava de uma subárea para outra, o sinal que era recebido de uma antena será recebido da antena da subárea onde o aparelho se locomoveu, em um processo denominado "handoff".

Existem outros tipos de comunicação como comunicação por satélite. Mas, a comunicação por satélite, pode-se considerar como uma parte do sistema de transmissão. A comunicação por satélite tradicional pode ser considerada como um sistema de rádio microondas com apenas um repetidor. A Fig. 1.6 mostra um esquema de comunicação por satélite. As estações terrenas se comunicam transmitindo sinais ao satélite e o satélite retransmite para as estações.

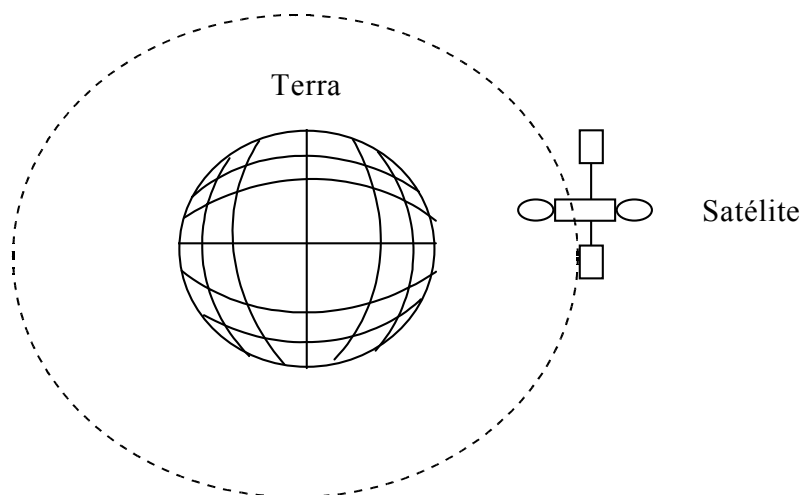


Figura 1.6 Comunicação por satélite.

Na rede de telefonia tanto fixa como móvel, existe uma fase inicial denominada de sinalização em que as centrais de comutação trocam uma grande quantidade de informações para estabelecer a conexão desejada. Após, estabelecida a conexão, as centrais só gerenciam a conexão para detectar o término da conexão para liberar os recursos da rede para uma outra conexão. A troca de informações, após a conexão, é da responsabilidade total dos usuários que estão conversando. Se a qualidade da conexão não estiver boa, os próprios usuários tomam providências, por exemplo, solicitando para repetir a parte que não entendeu, ou desfaz a conexão para refazer uma nova conexão. Assim, pode-se dividir uma comunicação do tipo pessoa a pessoa em duas fases: uma fase que a rede será responsável pela conexão e liberação das chamadas e uma outra fase em que os usuários trocam informações (conversa).

No tipo de comunicação máquina a máquina, as duas fases acima mencionadas são da responsabilidade da rede. Um sistema de comunicação do tipo máquina a máquina é bastante complexo. O exemplo mais representativo do tipo de comunicação máquina a máquina é a rede de computadores. A rede de computadores pode ser classificada de acordo com o alcance da rede. Para uma distância abrangendo poucos metros, a rede é denominada rede local (LAN - local Area Network, em inglês). Para distâncias atingindo regiões que cobrem uma cidade, é denominada de rede metropolitana (MAN - Metropolitan Area Network, em inglês). E, para distâncias atingindo um país e conexões para outros países, é denominada de rede de longa distância (WAN - Wide Area Network, em inglês). A Fig. 1.7 mostra a configuração geral de uma rede de computadores.

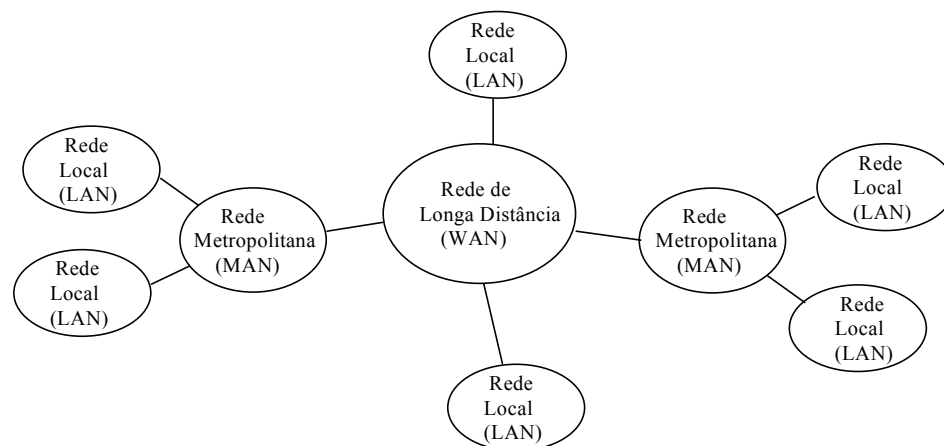


Figura 1.7 Configuração geral de uma rede de computadores.

A técnica de comutação utilizada em redes de computadores é diferente daquela utilizada em rede telefônica. É uma técnica conhecida como comutação por pacotes. Nesta técnica as informações podem ser segmentadas em várias partes, cada uma denominada de pacote. O pacote é armazenado em cada nó de comutação e após a análise do cabeçalho do pacote é encaminhado para um enlace conveniente. Esse processo de armazenamento permite uma utilização eficiente do meio de comunicação.

Em geral, os nós de comutação em redes de longa distância estão conectados dois a dois, para permitir maiores alternativas de caminhos para encaminhar as mensagens.

Na troca de informações entre duas máquinas é necessário estabelecer regras e convenções em todos os níveis de conversação para que haja uma correta troca de informações. Essas regras e convenções são denominadas, de modo geral, de protocolos de comunicação. O meio físico de transmissão em redes de computadores é denominado de circuito ou canal. Um

exemplo de rede computadores mais conhecido atualmente é a Internet, uma rede que interliga computadores do mundo todo.

As redes de computadores são mais recentes do que as redes de telefonia. Assim, utilizam técnica de comutação, que é mais eficiente e mais flexível do que utilizada em redes telefônicas, técnica denominada de comutação por circuito. A comutação por circuito é uma técnica que aloca um canal ou circuito por todo o período que durar uma conversação. Nas redes mais modernas em operação ou atualmente em concepção, a técnica de comutação por pacote está sendo introduzida em menor ou em maior quantidade. Pode-se citar, por exemplo, a Rede Digital de Serviços Integrados - RDSI (ou ISDN - Integrated Services Digital Networks).

A RDSI é uma rede digital unificada de terminal-a-terminal, com o objetivo de proporcionar uma variedade de serviços, como telefonia, dados, e imagens.

A RDSI pode ser dividida em RDSI de faixa estreita e faixa larga. No caso da rede digital de serviços integrados de faixa estreita, RDSI-FE, há uma mistura de técnicas de comutação. Para o transporte de informações é utilizada a comutação por circuito, para aproveitar melhor a infra-estrutura de telefonia existente. Mas, para a troca de informações de sinalização, é utilizada a comutação por pacote.

A RDSI-FE embora sendo uma rede unificada, é limitada, pois, a taxa de informações transportadas é até 2 Mbps (Mega bits por segundo). Para taxas superiores, utiliza-se a rede digital de serviços integrados de faixa larga, RDSI-FL, com a adoção integral da técnica de comutação por pacote.

## **1.2 Evolução da Telefonia**

### **Aparelho Telefônico**

O marco inicial da história da telefonia pode ser colocado em 1876 quando Alexander Graham Bell inventou o aparelho telefônico. Não houve uma significativa evolução nos aparelhos telefônicos por muito tempo. Os principais princípios utilizados por Bell no seu aparelho telefônico continuam sendo ainda utilizados nos dias de hoje em uma boa parte dos aparelhos telefônicos analógicos. Esses aparelhos utilizam os componentes passivos, e se destacam pela robustez e uma relativa qualidade. A evolução espetacular dos circuitos integrados (CI), e seu baixo custo, demandaram a utilização desses componentes em aparelhos telefônicos. A incorporação dos componentes eletrônicos nos aparelhos telefônicos possibilitou aumentar significativamente a funcionalidade e a qualidade da audição. Entretanto, não houve nenhuma evolução sob o ponto de vista dos princípios utilizados.

Embora a digitalização da rede telefônica tenha sido iniciada no final década de 60, no segmento da transmissão, e os princípios e a tecnologia para o aparelho telefônico digital tenham ficado disponíveis na década de 70, devido ao seu elevado custo, a sua difusão começou somente na década de 90.

Os princípios utilizados nos aparelhos telefônicos digitais são bastante diferentes daqueles dos aparelhos analógicos e, pode-se dizer que, neste caso, houve realmente uma evolução tecnológica. A digitalização do sinal de voz permitiu total compatibilidade com os microprocessadores, possibilitando aumento de funcionalidade, qualidade, confiabilidade e principalmente a integração com outros serviços como dados e vídeo em uma única rede.

O estágio atual de evolução que estamos observando, é um aparelho único totalmente integrado em que um usuário poderá ter acesso a vários tipos de serviços como telefonia, dados e vídeo, através de uma única rede.

### **Comutação Telefônica**

Logo após a invenção do telefone por Bell em 1876, surgiu a necessidade de comutação pela constatação de que interligar aparelhos dois a dois seria simplesmente impraticável, como pode ser observado pela Fig. 1.8.

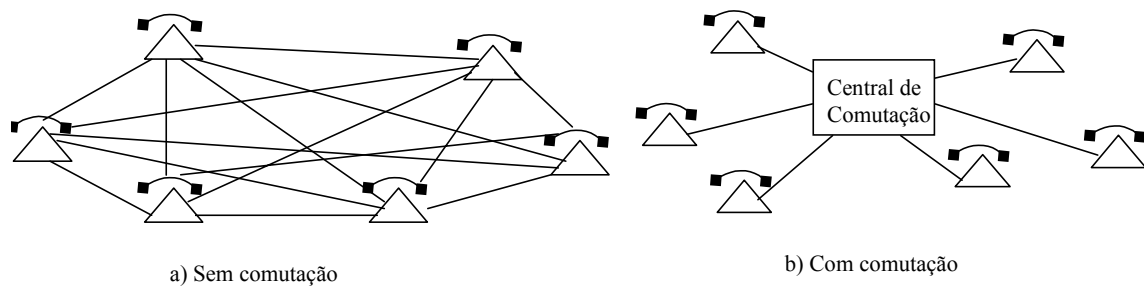


Figura 1.8 Necessidade de comutação.

Na Fig. 1.8 a), se  $N$  é o número de aparelhos telefônicos, é necessário um total de  $\frac{N!}{(N-2)!2}$  pares de fios para interconectar aparelhos dois a dois. Por exemplo, para  $N = 10\,000$ , necessita-se de 49,9 milhões de pares de fios, sem levar em conta a distância que separa os aparelhos. Na Fig. 1.8 b), mostra-se a situação em que a introdução de uma central de comutação, necessitaria somente de  $N$  pares de fios.

A primeira central de comutação a ser utilizada, denominada de central manual, foi um painel com pontos de conexão horizontais e verticais, operado em geral por uma telefonista. A telefonista percebia que um usuário queria fazer uma chamada através de um sinal luminoso que acendia no painel. Após a conversação com o usuário, a telefonista ficava sabendo com quem queria se comunicar e, ela procurava no painel o outro usuário e fazia a conexão da chamada.

O surgimento de uma central totalmente automática foi relativamente rápido. Em 1889, Almond B. Strowger inventou a central eletromecânica automática, denominada de central passo a passo (step by step). Na central passo a passo cada dígito discado pelo usuário que faz a chamada (chamador) ocasiona movimentos verticais e horizontais, até encontrar um caminho para conectar com telefone chamado. Conceitualmente a central passo a passo opera como mostrado na Fig. 1.9.

Uma central passo a passo é constituída de três estágios. O primeiro estágio é denominado de procurador de linha, o segundo pode constituir de um ou de vários seletores e o último é conhecido como conector. No estágio procurador de linha, quando o usuário que inicia a chamada (chamador) retira o fone da posição de repouso, a linha ativa do usuário é identificada. Procura-se automaticamente o 1º seletor vazio e o tom de discar é enviado. Quando o usuário discar o primeiro dígito, isso ocasiona a geração de pulsos elétricos que movimentam verticalmente o 1º seletor e depois faz um movimento automático no sentido horizontal encontrando um 2º seletor vazio. Os mesmos movimentos são repetidos no 2º seletor com a recepção do 2º dígito, até encontrar um conector vazio. No exemplo da Fig. 1.9 é considerada uma central de quatro dígitos. Para centrais de mais dígitos, o número de seletores será maior. No estágio conector, são sempre utilizados dois dígitos finais, o 3º dígito ocasiona um movimento vertical e o 4º dígito procura horizontalmente o usuário chamado e envia o tom de campainha.

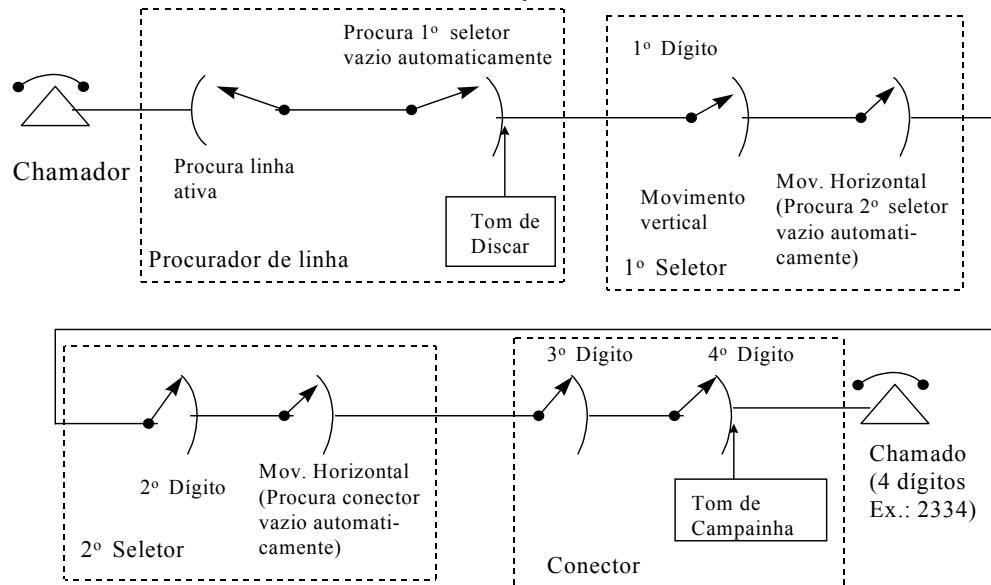


Figura 1.9 Conceito de comutação passo a passo.

Assim, a cada dígito recebido a central vai passo a passo procurando um caminho até encontrar o usuário desejado.

A Fig. 1.10 mostra como são feitos os movimentos vertical e horizontal.

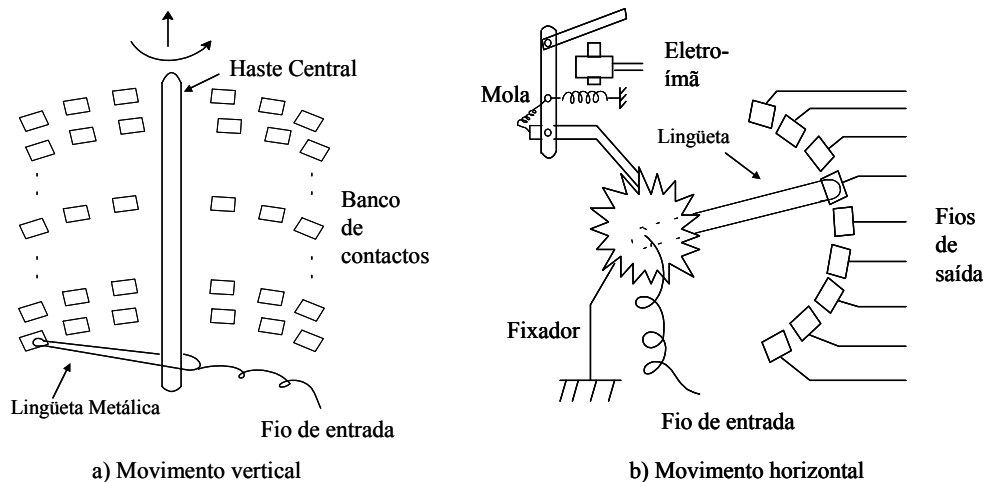


Figura 1.10 Movimentos vertical e horizontal.

Pela Fig. 1.10 a), observa-se que existe um banco de contatos empilhados em níveis. Cada pulso elétrico ocasiona um movimento vertical na lingüeta metálica atingindo um nível acima. Na realidade, a haste central em que a lingüeta se movimenta verticalmente é dotada de mecanismos para prender a lingüeta na posição atingida pela discagem de um dígito.

No movimento horizontal, existe uma roda dentada que é impulsinada cada vez que o eletroímã é energizado por um pulso elétrico. O eletroímã atrai um pequeno braço metálico solidário a uma haste que se inclina impulsinando a roda dentada. A haste fica presa a uma mola que quando cessa o pulso elétrico volta a posição inicial. O fixador permite prender a roda dentada na posição desejada.



A Fig. 1.11 mostra o esquema de uma central passo a passo de 100 assinantes, e com um banco de 20 conectores.

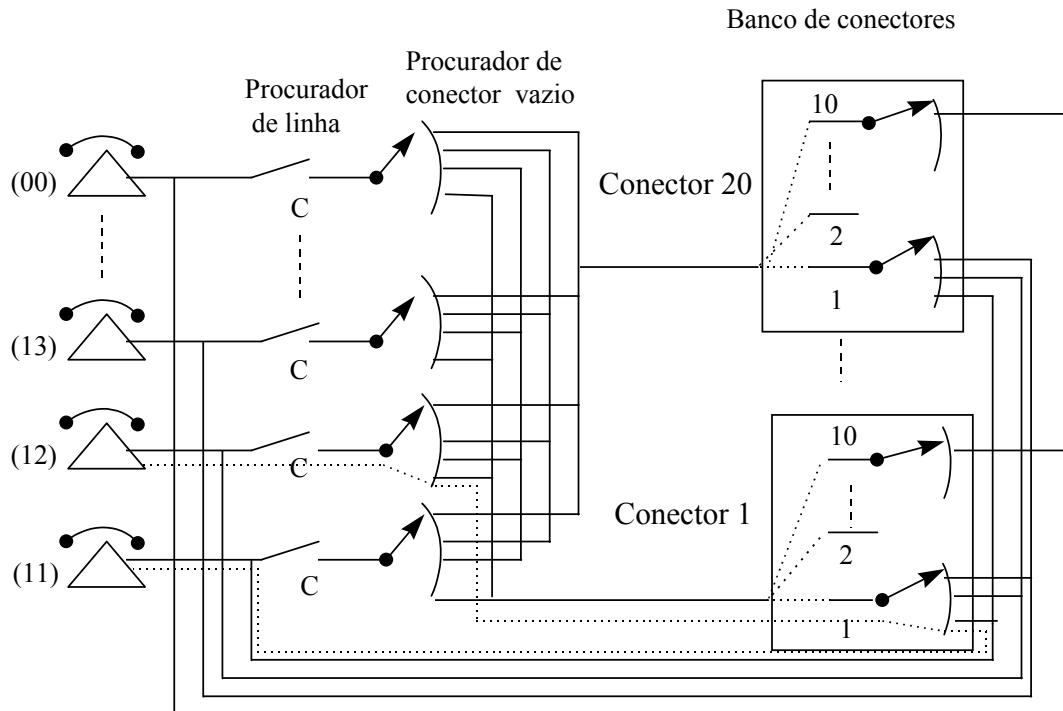


Figura 1.11 Central passo a passo de 100 assinantes.

Os aparelhos telefônicos são numerados de baixo para cima. O telefone de número 11 é o número mais baixo e o de 00 é o mais alto, correspondente ao centésimo telefone. Cada assinante tem um procurador de linha (um relé) e um procurador de conector vazio. Se o número de assinantes for maior que 100, haveria a necessidade de seletores. Os procuradores de conector vazio são todos interconectados com os 20 conectores, permitindo ter até 20 chamadas simultâneas. Cada conector está dividido em 10 níveis no sentido vertical e em cada nível temos 10 assinantes, totalizando 100 assinantes.

Seja um exemplo para estabelecer um caminho entre o assinante chamador (12) e o assinante chamado (11). A seqüência de operação é a seguinte:

- 1 - Quando o assinante (12) tira o fone do gancho o relé C fecha.
- 2 - O procurador de linha procura automaticamente um conector vazio (por ex., o conector número 1).
- 3 - O 1º dígito (1) ocasiona um movimento vertical e dá um passo no sentido vertical e estaciona no 1º nível.
- 4 - O 2º dígito (1) ocasiona um movimento horizontal e caminha um passo, selecionando o assinante chamado (11).

O caminho em pontilhado mostra a conexão entre os assinantes (12) e (11).

A central passo a passo rapidamente substituiu a central manual e esteve presente na maioria dos países até a década de 70. No Brasil, a sua presença foi mais além, e até recentemente em muitas localidades a central passo a passo esteve em operação.

A grande desvantagem da central passo a passo era a dificuldade de alterar a numeração, uma vez que havia um relacionamento direto entre o número do assinante e o caminho físico na central. Assim, uma alteração na numeração exigia uma reconfiguração física da central. Sob o

ponto de vista de controle, pode-se dizer que a central passo a passo foi uma central completamente descentralizada em que cada chamada é tratada independentemente.

Em 1938, foi instalada a 1ª central denominada de N° 1 Crossbar System, em que o caminho físico da central era separado da parte de controle de estabelecimento de caminhos. A Fig. 1.12a) mostra que a central foi dividida em duas partes: uma parte chamada matriz de comutação e a outra parte denominada de controle comum.

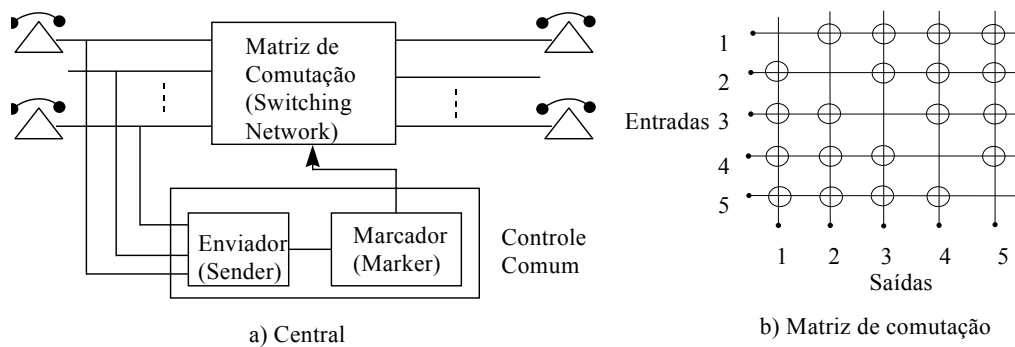


Figura 1.12 Central de comutação com controle comum.

A matriz de comutação pode ter uma estrutura bastante complexa, mas a sua forma mais simples é mostrada na Fig. 12 b). Quando, por exemplo, um assinante no enlace de número 1 quer comunicar com enlace de número 2, os pontos de cruzamentos 1 e 2, e 2 e 1 são conectados, possibilitando a conversação entre os assinantes. As conexões dos pontos de cruzamentos são controladas por controle comum. O bloco envidor do controle comum armazena os dígitos que o assinante chamador envia e o bloco marcador seleciona os caminhos na matriz de comutação e envia comandos para o fechamento dos pontos de cruzamentos. O controle separado trouxe uma vantagem em relação a central passo a passo, pois permitiu encontrar caminhos alternativos na matriz de comutação se falhasse na primeira tentativa, o que não era possível na central passo a passo.

A central N° 1 Crossbar System estabeleceu o conceito de controle comum em comutação telefônica que foi utilizado em centrais de comutação eletrônicas que se seguiram. Houve inicialmente a substituição dos relés por componentes eletrônicos no controle comum, mas a grande evolução foi introduzir um computador para gerenciar toda parte de controle. Assim, na década de 1960 surgiu a central com controle por programa armazenado - CPA ( SPC - stored program control, em inglês). Na central CPA, o controle dos caminhos da matriz de comutação e todo o gerenciamento são feitos através de um computador utilizando programas (softwares), que possibilitam flexibilidade e facilidade nas alterações, por exemplo, da numeração dos usuários. Na realidade, os números dos usuários nas centrais CPAs, são números lógicos que não tem relação direta com os caminhos físicos na matriz de comutação.

As principais partes de uma central de comutação com controle por programa armazenado são mostradas na Fig. 1.13.

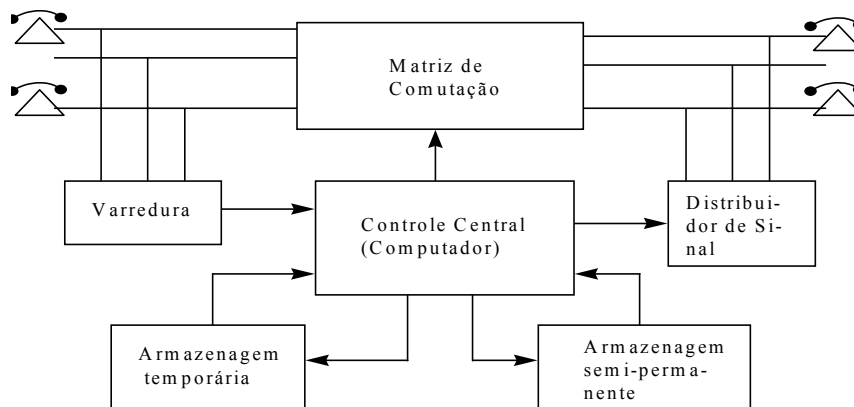


Figura 1.13 Central de comutação com controle por programa armazenado.

A matriz de comutação pode ter a mesma estrutura mostrada na Fig. 1.12 b). As linhas de assinantes e troncos recebem a varredura periódica para detectar se um assinante retirou o fone da posição de repouso. Quando detecta que o fone está fora de gancho, aquela linha recebe uma varredura com período menor para detectar os dígitos enviados. Os dígitos são enviados ao controle central, e são traduzidos baseados nas informações de usuários contidas na armazenagem semipermanente. Essas informações são referentes às localizações físicas dos usuários, se é um assinante normal ou assinante de categoria especial, etc. Tendo as informações dos dois assinantes que se querem comunicar, procura-se um caminho na matriz de comutação para estabelecer a conexão. Todos os sinais audíveis de sinalização como tom de discar, tons de campainha (para o assinante que está fazendo a chamada como para o assinante que receberá a chamada), tons de ocupados, são enviados pelo distribuidor de sinais.

Uma central de comutação com controle por programa armazenado pode ser interpretada como um computador de aplicação específica e que tem uma interface de entrada e de saída bastante complexa denominada de matriz de comutação.

A central de comutação com controle por programa armazenado acima descrito, embora tenha a parte de controle totalmente digital pelo uso do computador, é conhecida como analógica, CPA-A, pois os sinais tratados na matriz de comutação são analógicos.

Quando os sinais tratados na matriz de comutação são digitais, a central de comutação é conhecida como CPA-T, ou controle por programa armazenado temporal, e foi desenvolvida na década de 1970. As CPA-T são centrais de comutação totalmente digitais como mostrado na Fig. 1.14. Os enlaces que chegam ou saem da matriz de comutação são enlaces digitais, em geral multiplexados pela técnica denominada multiplexação por código de pulsos, MCP, ou PCM (Pulse Code Multiplexing), em inglês.

A evolução para central totalmente digital trouxe à central flexibilidade, confiabilidade, diminuição de tamanho, economia no consumo de potência e facilidade na incorporação de novos serviços. Tornou possível a integração entre a transmissão digital e a comutação digital, e a rede operando com essa característica ficou conhecida como rede digital integrada, RDI (IDN - Integrated Digital Network). Na realidade, essa integração foi um grande passo para evoluir na direção da rede digital de serviços integrados, RDSI (ISDN - Integrated Services Digital Network). O objetivo dessa rede é integrar vários tipos de serviços como voz e dados em uma única rede para melhor aproveitar os recursos operacionais da rede, isto é, não haveria, por exemplo, uma central de comutação para voz e uma outra para dados; um meio de transmissão para voz e um outro para dados; haveria somente uma única infra-estrutura para fornecer diversos tipos de serviços.

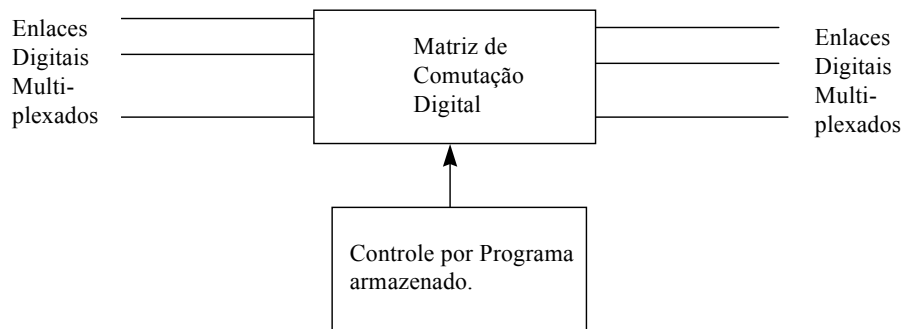


Figura 1.14 Central de comutação digital com controle por programa armazenado.

Muitas arquiteturas de comutadores digitais foram propostas e implementadas. Iniciando com um controle utilizando um computador de grande porte que operava, na realidade, com dois computadores executando as mesmas operações, para aumentar a confiabilidade do sistema, as centrais digitais, com o advento dos microprocessadores, evoluíram para controle descentralizado e distribuído. Existem arquiteturas de centrais digitais com controle em que o computador de grande porte foi substituído por vários processadores interligados em rede, cada processador executando um conjunto de funções para processar chamadas, estabelecer conexões na matriz de comutação, tarifar as chamadas e gerenciar a central como um todo. Existem também, centrais em que o controle é descentralizado e distribuído em várias partes da central. Por exemplo, uma parte do processamento de uma chamada, como enviar o tom de discar e receber os dígitos enviados pelos usuários, fica distribuída em vários processadores na periferia da central e a outra parte que necessita informações mais gerais dos usuários, é processada por outros processadores dispostos na parte central do comutador.

Atualmente há um grande esforço no sentido de incorporar na rede telefônica a técnica de comutação utilizada na rede de dados, denominada de comutação por pacotes. Esta técnica apareceu no final da década de 60 e, foi desenvolvida para aplicação específica em interligar computadores dissimilares, formando uma rede de computadores. É uma técnica bastante eficiente que permite uma troca confiável e segura de informações, portanto muito conveniente para utilizar na troca de informações dos usuários, entre centrais de comutação.

No momento, observa-se o desenvolvimento de centrais de altíssima capacidade que permitem tratamento de qualquer tipo de sinal, tanto na matriz de comutação como na parte de controle, e que serão utilizadas em rede digital de serviços integrados de faixa larga, RDSI-FL.

Por último, deve ser salientado que a rede telefônica não teria a evolução que esta se observando hoje, se não houvesse o progresso na tecnologia do meio de transmissão. Começando com pares metálicos em que os sinais eram transmitidos diretamente sem modulação, a tecnologia do meio de transmissão evoluiu para cabos coaxiais e finalmente para fibras ópticas. O uso da técnica de modulação e a inclusão de repetidores tornaram possíveis as transmissões a longas distâncias. Os cabos coaxiais trouxeram maior imunidade a ruídos e através do uso da transmissão digital, o alcance dos enlaces atingiu distâncias bastante longas. Entretanto, o uso das fibras ópticas na rede telefônica foi um passo definitivo para se ter uma alta qualidade de transmissão aliada à imunidade ao ruído. Essas características da fibra óptica permitiram o desenvolvimento das técnicas de comutação para centrais de altíssima capacidade utilizadas em RDSI-FL.

## EXERCÍCIOS

**1.1** Os tipos de sinais de informação que são transmitidos em redes de comunicação podem ser voz, vídeo, imagem, dados e fax. Esses sinais em suas formas originais podem ser analógicos ou digitais. Quais sinais são analógicos e quais são digitais?

**1.2** O acesso à rede mundial internet de uma residência é feito através da rede telefônica. Qual é o nome do dispositivo que permite aos computadores o acesso à rede telefônica? Descreva a função principal desse dispositivo.

**1.3** A rede telefônica pode ser utilizada para transmitir os sinais de TV a cabo? Porque? Quais modificações são necessárias? (Discuta sob os aspectos de transmissão e de comutação).

**1.4** Desenhe em detalhes uma central passo a passo de 1000 assinantes. Considere um banco de 10 seletores e um banco de 10 conectores para cada grupo de 100 assinantes. Mostre o caminho para a ligação entre o assinante 112 e 111.