

# REDES DE COMPUTADORES

## INTRODUÇÃO

### 1 - OQUE SÃO REDES DE COMPUTADORES?

- Uma rede de computadores é um conjunto de dispositivos interconectados com finalidade de trocar informação e compartilhar recursos
- Temos dois grupos de dispositivos, sendo que um se subdivide em outros dois, conforme agrupamento:
  - Dispositivos de rede;
  - Dispositivos End Device;
    - Disponibiliza serviços na rede;
    - Consome serviços da rede;
- São estruturas **Físicas(equipamentos)** e **Lógicas(programas/protocolos)** que permitem que varios dispositivos possam compartilhar informações entre si
- A internet é uma rede de redes, uma enorme rede que interconecta redes menores
- Os dispositivos podem se comunicar por meios cabeados ou por alguns tipos de ondas eletromagnéticas

### 2 – USO DAS REDES DE COMPUTADORES

- Acesso à informação
- Uso empresarial (Uso corporativo no geral)
- Comunicação entre pessoas
- Comércio eletrônico
- Entretenimento
- Usuários móveis e IoT

#### - APLICAÇÕES COMERCIAIS (usuário de uma rede comercial)

- Acesso a área remota de trabalho
- troca de arquivos por FTP ou SSH
- Uso de painéis WEB
- Armazenamento e Office online
- Troca de mensagens online
- Troca de mensagens offline
- Mensagens online e video-conferência
- VPN (Virtual Private Network)

## - APLICAÇÕES DOMÉSTICAS(usuário de uma rede doméstica)

- artes
- negócios
- culinária
- governo
- saúde
- história
- passatempos
- recreação
- viagens
- esportes
- ciência

- Grande parte dessas informações são acessadas por meio do modelo cliente-servidor, mas existe um modelo diferente para acessar informação, que se chama peer-to-peer(ou não hierárquica), ambas serão discutidas mais a frente

## - COMÉRCIO ELETRÔNICO

Abreviação	Nome completo	Exemplo
B2C	Business-to-consumer	Pedidos de livros on-line
B2B	Business-to-business	Fabricante de automóveis solicitando pneus a um fornecedor
G2C	Government-to-consumer	Governo distribuindo eletronicamente formulários de impostos
C2C	Consumer-to-consumer	Leilões on-line de produtos usados
P2P	Peer-to-peer	Compartilhamento de música

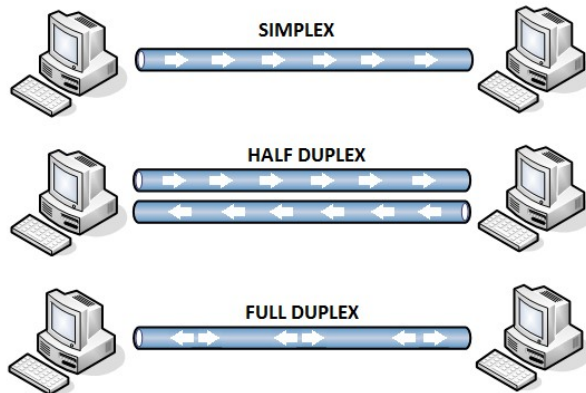
## - USUÁRIOS MÓVEIS

- Computadores móveis, como notebooks e computadores portáteis, constituem um dos segmentos de mais rápido crescimento no setor de informática
- Suas vendas já superaram as de computadores desktop. Por que alguém desejaria um?
- A conectividade à internet habilita muitos desses usos móveis
- Smartphones combinam aspectos de telefones e computadores móveis
- As redes celulares(3G, 4G e 5G) às quais eles se conectam podem oferecer serviços de dados rápidos para usar a internet, bem como lidar com ligações telefônicas
- Como os telefones móveis têm conhecimento de suas localizações, normalmente porque são equipados com receptores de GPS (Global Positioning System), alguns serviços são intencionalmente dependentes do local
- Características:
  - Sempre estão ligados
  - Ter acesso fácil às redes móveis
  - Baixo consumo de energia
  - Ser seguro em todos os aspectos

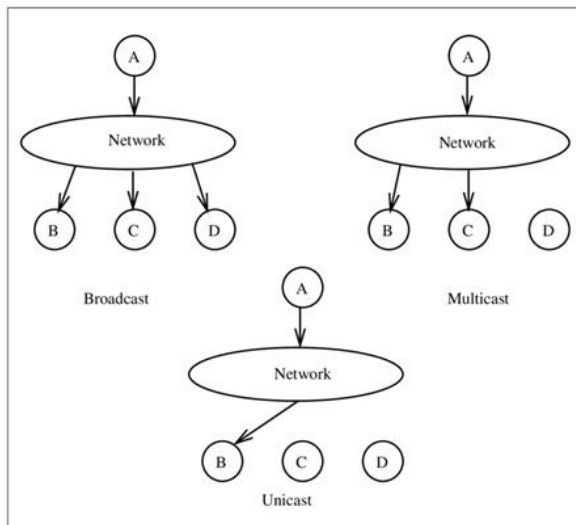
### 3 – HARDWARE DE REDES

- Em termos gerais, há dois tipos de tecnologias de transmissão em uso disseminado nos dias de hoje :
  - enlaces de broadcast
  - enlaces ponto a ponto
- De forma simples, um enlace seria o escopo da rede, até onde a rede vai

#### – TIPOS DE TRANSMISSÃO DE DADOS



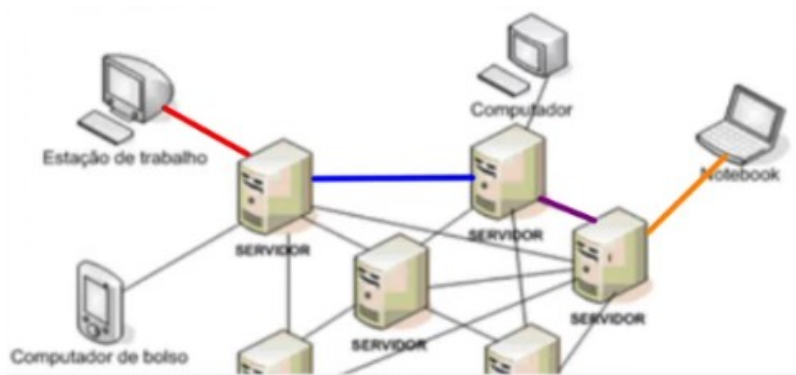
- **SIMPLEX** : os dados são enviados em apenas uma direção, do transmissor para o receptor, sem a possibilidade de retorno de dados
- **HALF DUPLEX** : os dados podem ser transmitidos em ambas as direções, mas não simultaneamente
- **FULL DUPLEX** : os dados podem ser transmitidos em ambas as direções simultaneamente



- **UNICAST** : os dados são enviados de um único emissor para um único receptor
- **MULTICAST** : Os dados são enviados de um único emissor para vários receptores
- **BROADCAST** : Os dados são enviados de um único emissor para todos os dispositivos na rede

#### - ENLACES PONTO A PONTO

- Os enlaces ponto a ponto conectam pares de máquinas individuais. Para ir da origem ao destino em uma rede composta de enlaces ponto a ponto, mensagens curtas, chamadas pacotes em certos contextos, talvez tenham de visitar primeiro um ou mais máquinas intermediárias



- A transmissão ponto a ponto com exatamente um transmissor e exatamente um receptor às vezes é chamada de unicasting

## - ENLACES DE BROADCAST

- As redes de broadcast tem apenas um canal de comunicação, compartilhado por todas as máquinas da rede
- Os pacotes enviados por qualquer máquina são recebidos por todas as outras
- Um campo de endereço dentro do pacote especifica o destinatário pretendido
- Uma rede sem fio é um exemplo comum de um enlace de broadcast, com a comunicação compartilhada por uma região de cobertura que depende do canal sem fios e da máquina transmissora
- Os sistemas de broadcast normalmente também oferecem a possibilidade de endereçamento de um pacote a todos os destinos usando um código especial no campo de endereço
- Quando um pacote com esse código é transmitido, ele é recebido e processado por cada máquina na rede
- Não é a toa que esse modo de operação é chamado broadcasting
- Alguns sistemas de broadcasting também admitem a transmissão para um subconjunto de máquinas, o que se conhece como multicasting

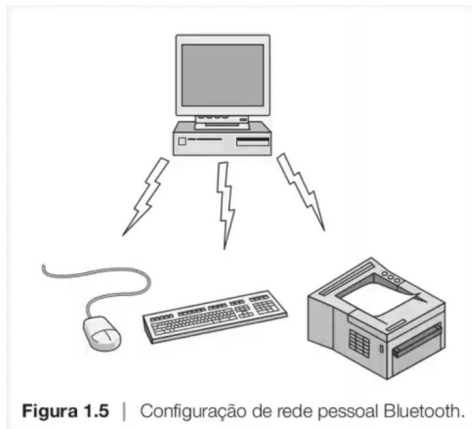
## 4 – CLASSIFICANDO REDES POR TAMANHO

Distância do interprocessador	Processadores localizados no mesmo	Exemplo
1 m	Metro quadrado	Área pessoal
10 m	Cômodo	Rede local
100 m	Prédio	
1 km	Campus	
10 km	Cidade	Rede metropolitana
100 km	País	Rede a longas distâncias
1.000 km	Continente	
10.000 km	Planeta	A Internet

**Figura 1.4** | Classificação de processadores interconectados por escala.

- **PAN**(Personal Area Network)
- **LAN**(Local Area Network)
- **MAN**(Metropolitan Area Network)
- **WAN** (Wide Area Network)

## - REDES PESSOAIS



- As redes pessoais, ou PANs, permitem que dispositivos se comuniquem pelo alcance de uma pessoa. Um exemplo comum é uma rede sem fio que conecta um computador com seus periféricos
- Na forma mais simples, as redes Bluetooth usam um paradigma mestre-escravo

## - REDES LOCAIS

- Uma LAN é uma rede particular que opera dentro e próximo de um único prédio, como uma residência, um escritório ou uma fábrica
- As LANs são muito usadas para conectar computadores pessoais e aparelhos eletrônicos, para permitir que compartilhem recursos (como impressoras) e troquem informações
- As LANs são restritas em tamanho, o que significa que o tempo de transmissão, no pior caso, é limitado e conhecido com antecedência
- Conhecer esses limites ajuda na tarefa de projetar protocolos de rede
- Normalmente, as LANs com fios trabalham em velocidades de 100 Mbps a 1 Gbps, tem baixo atraso de transporte de dados (microsegundos ou nanossegundos) e com elas ocorrem poucos erros
- As LANs mais recentes podem operar em até 10 Gbps
- A topologia de muitas LANs com fios é embutida a partir de enlaces ponto a ponto. O IEEE 802.3, popularmente chamado Ethernet, é de longe o tipo mais comum de LAN com fios. A figura mostra uma topologia de exemplo da Ethernet comutada
- Cada computador troca informações usando o protocolo Ethernet e se conecta a um dispositivo de rede chamado switch, com um enlace ponto a ponto

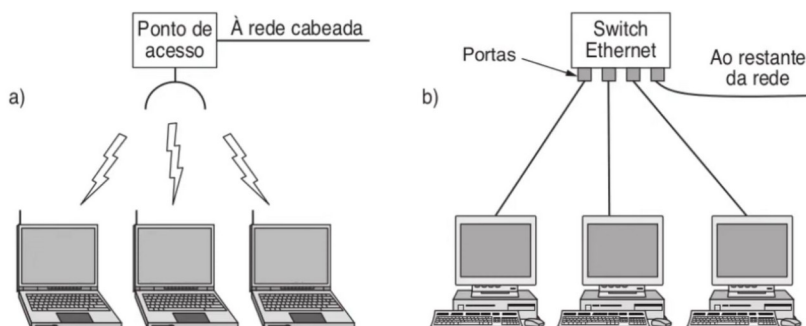


Figura 1.6 | LANs sem fios e cabeadas. (a) 802.11. (b) Ethernet comutada.

## - REDES LOCAIS (com WiFi)

- Existe um padrão para as LANs sem fios, chamado IEEE 802.11, popularmente conhecido como WiFi, que se tornou muito conhecido

Padrão IEEE 802.11				
Padrão IEEE	Ano	Frequência	Taxa	Considerações
802.11	1997	2.4 GHz	2 Mbps	-
802.11a	1999	5 GHz	54 Mbps	OFDM
802.11b	1999	2.4 GHz	11 Mbps	DSSS
802.11g	2003	2.4 GHz	54 Mbps	OFDM e DSSS
802.11n	2009	2.4/5 GHz	600 Mbps	SU-MIMO
802.11ac	2014	5 GHz	3.6 Gbps	MU-MIMO (Down)
802.11ax	2019	2.4/5 GHz	10 Gbps	MU-MIMO (Down/Up)

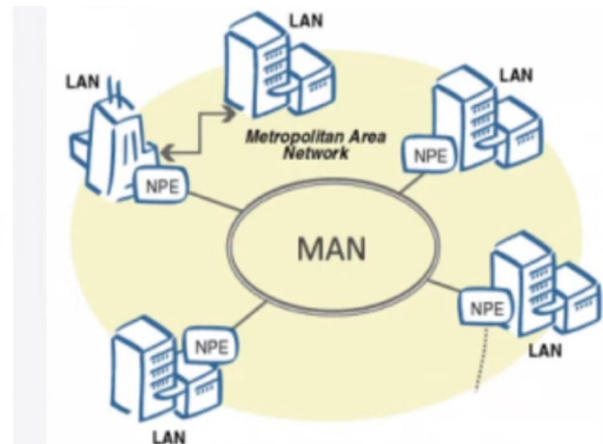
- Nem todos os dispositivos são compatíveis com esses padrões

- Também é possível dividir uma LAN física grande em duas LANs lógicas menores, mas por que isso seria útil? :

- Segurança
- Segregar usuarios
- Reduzir ruído
- Caso o layout do equipamento de rede não corresponde à estrutura da organização

## - REDES METROPOLITANAS

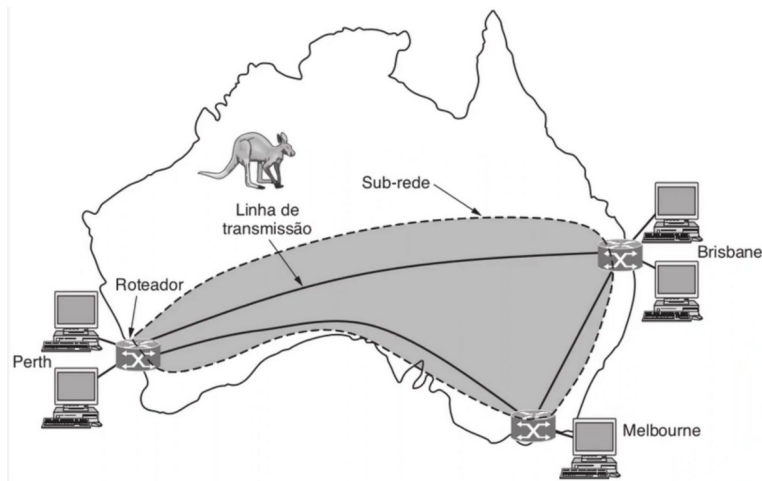
- Uma rede metropolitana, ou MAN, abrange uma cidade. O exemplo mais conhecido de MANs é a rede de televisão a cabo disponível em muitas cidades



- Existem redes metropolitanas sem fio ou WMAN são utilizadas para a transmissão em banda larga dentro do perímetro urbano, principalmente para conexão com a internet
- O principal padrão nessa área é o IEEE 802.16, e os produtos que seguem esse padrão são chamados genericamente de WiMAX

## - REDES A LONGAS DISTÂNCIAS

- Uma rede a longa distância, ou WAN, abrange uma grande área geográfica, com frequência um país ou continente
- Na maioria das WANs, a sub-rede consiste em dois componentes distintos : linhas de transmissão e elementos de comutação
- As linhas de transmissão transportam bits entre as máquinas. Elas podem ser formadas por fios de cobre, fibra óptica, ou mesmo enlaces de radiodifusão
- Os elementos de comutação, ou apenas comutadores, são computadores especializados que conectam três ou mais linhas de transmissão
- Quando os dados chegam a uma interface de entrada, o elemento de comutação deve escolher uma interface de saída para encaminhá-los
- Esses computadores de comutação receberam diversos nomes no passado; o nome roteador é, agora, o mais comumente usado



- Nem sempre a rota mais curta é a melhor rota

## - REDES INTERLIGADAS (INTERNETS)

- Existem muitas redes no mundo, frequentemente apresentando diferentes tipos de hardware e software
- Normalmente, as pessoas conectadas a redes distintas precisam se comunicar entre si
- Um conjunto de redes interconectadas forma uma rede interligada ou internet
- Esses termos serão usados em um sentido genérico, em contraste com a internet mundial (uma rede interligada em nível mundial), que sempre será representada com inicial maiúscula
- A Internet usa redes ISP para conectar redes empresariais, domésticas e muitas outras redes

## 5 – SOFTWARE DE REDE

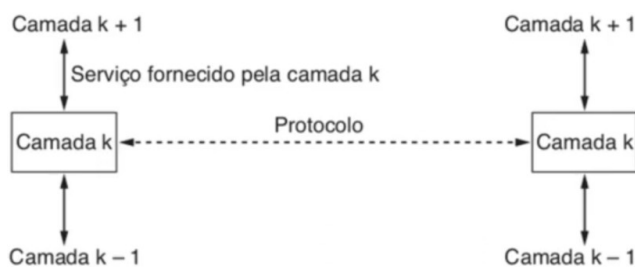
- Inicialmente as redes eram projetadas e pensadas somente em uma perspectiva de hardware

## - COMO UMA REDE SE COMUNICA?

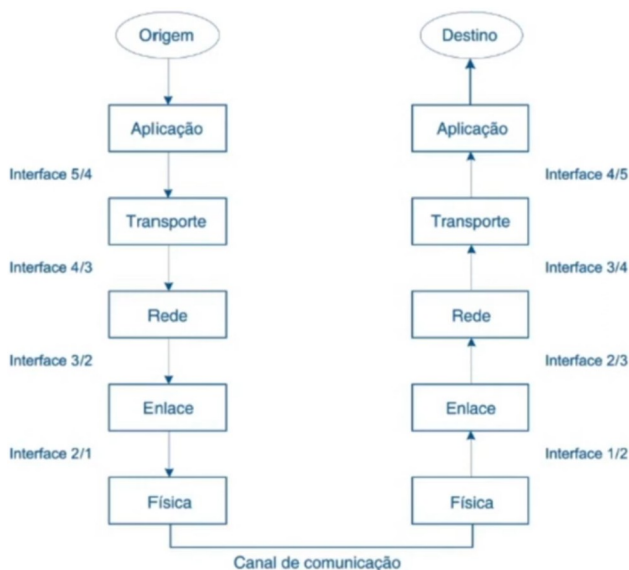
- Através de um meio de transmissão e de um conjunto de regras para organizar a comunicação ou protocolos
- Um arranjo topológico descreve como é o layout da rede por meio do qual trafegam informações, e também como os dispositivos estão conectados a ela
- Protocolo é um padrão que controla e possibilita uma conexão, comunicação ou transferência de dados entre dois sistemas computacionais

## - HIERARQUIA DE PROTOCOLOS

- Para reduzir a complexidade de seu projeto, a maioria das redes é organizada como uma pilha de camadas (ou níveis), colocadas umas sobre as outras
- Todas as redes o objetivo de cada camada é oferecer determinados serviços às camadas superiores, isolando essas camadas dos detalhes de implementação real desses recursos
- Em certo sentido, cada camada é uma espécie de ABSTRAÇÃO, oferecendo determinados serviços à camada situada acima dela



- A camada k oferece serviço à camada k+1
- A camada k consome o serviço da camada k-1
- A camada k esconde toda a sua complexidade para que a camada k+1 não tenha dessa complexidade
- A camada k não conhece toda a complexidade da camada k-1

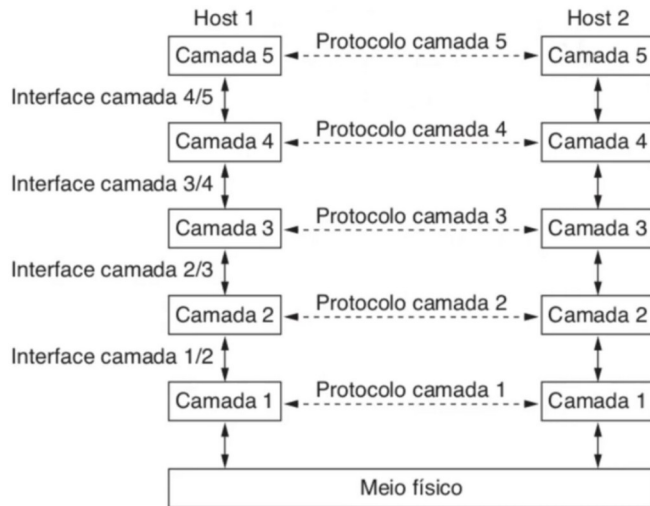


- Comunicação horizontal
- Esses serviços estão implementados em interfaces
- As interfaces são conjuntos de primitivas que tem assinaturas de métodos bem definidos
- não importa se os dados estão indo ou vindo, a camada superior sempre consome serviços da camada inferior, por meio dessas interfaces programadas

- Quando a camada n de uma máquina se comunica com a camada n de outra máquina, coletivamente, as regras e convenções usadas nesse diálogo são conhecidas como o protocolo da camada n
- Basicamente, um protocolo é um acordo entre as partes que se comunicam, estabelecendo como se dará a comunicação

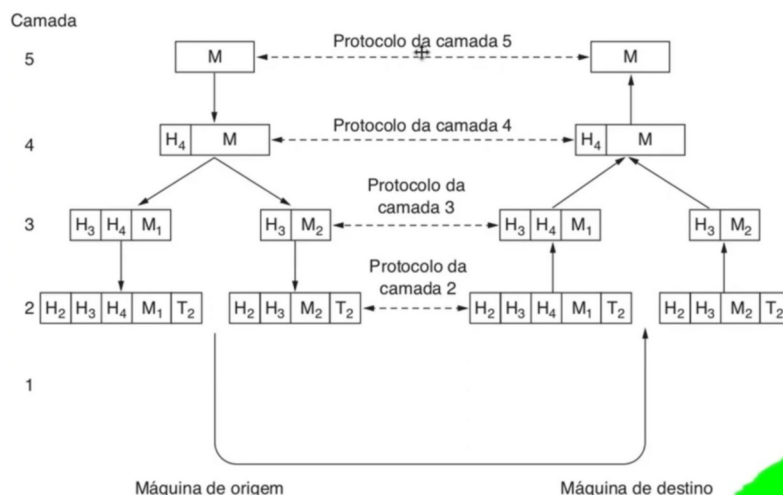


- Na realidade, os dados não são transferidos diretamente da camada n de uma máquina para a camada n em outra máquina
- Em vez disso, cada camada transfere os dados e as informações de controle para a camada imediatamente abaixo dela, até a camada mais baixa ser alcançada
- Abaixo da camada 1 encontra-se o meio físico por meio do qual se dá a comunicação propriamente dita



- A comunicação entre camadas não ocorre de forma direta

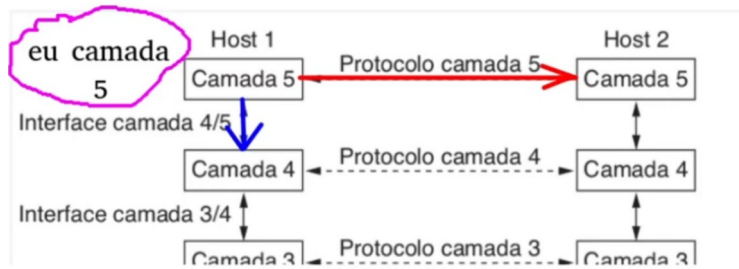
- Entre cada par de camadas adjacentes existe uma interface. Esta define as operações e os serviços que a camada inferior tem a oferecer à camada que se encontra acima dela
- Um conjunto de camadas e protocolos é chamado de arquitetura de rede. A especificação de uma arquitetura deve conter informações suficientes para permitir que um implementador desenvolva o programa ou construa o hardware
- Uma lista de protocolos usados por um determinado sistema, um protocolo por camada, é chamada pilha de protocolos
- Arquitetura de rede, pilhas de protocolos e os próprios protocolos são os principais assuntos deste livro



- A mensagem vai sendo quebrada em pedaços, devido a necessidade

- Para os processos pares na camada 4, sua comunicação é 'horizontal', utilizando o protocolo da camada 4
- O procedimento de cada um deles tem um nome semelhante a `EnviaParaOutroLado` e `ReceberDoOutroLado`, muito embora esses procedimentos na realidade se comuniquem com camadas inferiores através da interface 3/4, e não com o outro lado

VERMELHO: Como eu vejo



AZUL: Como acontece

- São pontos de um projeto de camadas de rede :
  - Detecção de erros
  - Correção de erros
  - Roteamento
  - Camadas de protocolos
  - Endereçamento ou nomeação
  - Interligação de redes
  - Escaláveis
  - Multiplexação
  - Controle de fluxo
  - Congestionamento
  - Qualidade de serviço

## 6 – SERVIÇOS ORIENTADOS E NÃO ORIENTADOS A CONEXÕES

- As camadas podem oferecer dois tipos de serviços às camadas situadas acima delas : orientados a conexões e não orientados a conexões

### - SERVIÇOS ORIENTADOS A CONEXÕES

- Uma conexão é estabelecida entre os dispositivos de comunicação antes que os dados sejam transferidos. Isso normalmente envolve uma fase de configuração em que ocorre uma troca de informações para estabelecer a conexão
- Durante a transferência de dados, é mantido um estado de conexão entre os dispositivos, o que significa que há um monitoramento contínuo da comunicação para garantir que os dados sejam entregues corretamente e de forma confiável
- O TCP é um protocolo orientado a conexão

### - SERVIÇOS NÃO ORIENTADOS A CONEXÕES

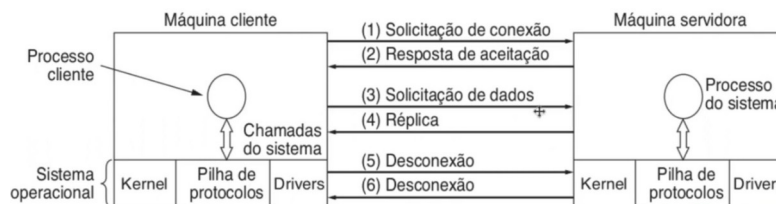
- Os dados são simplesmente enviados para o destino sem a necessidade de estabelecer ou manter um estado de conexão
- Como não há fase de configuração, os serviços não orientados a conexão são geralmente mais rápidos e menos complexos do que os serviços orientados a conexão. No entanto, eles podem ser menos confiáveis, já que não há garantia de entrega ou de que os dados chegarão na ordem correta
- IP e UDP são protocolos não orientados a conexões

## 7 – PRIMITIVAS DE SERVIÇO

- Um serviço é especificado formalmente por um conjunto de primitivas (operações) disponíveis para que os processos do usuário acessem o serviço
- Essas primitivas informam ao serviço que ele deve executar alguma ação ou relatar uma ação executada por uma entidade par
- As primitivas para um serviço orientado a conexões são diferentes das oferecidas em um serviço não orientado a conexão
- Como um exemplo mínimo das primitivas de serviço que poderiam ser fornecidas para implementar um fluxo de bytes confiável, considere as primitivas listadas na tabela

Primitiva	Significado
LISTEN	Bloco que espera por uma conexão de entrada
CONNECT	Estabelecer uma conexão com um par que está à espera
ACCEPT	Aceitar uma conexão de entrada de um par
RECEIVE	Bloco que espera por uma mensagem de entrada
SEND	Enviar uma mensagem ao par
DISCONNECT	Encerrar uma conexão

- Exemplo em modelo cliente – servidor :



## 8 – COMO FUNCIONA UMA REDE DE COMPUTADORES?

- Os elementos básicos para o funcionamento de uma rede são NÓS, LINKS e **protocolos de rede**

### - NÓS:

- Os NÓS são os dispositivos individuais que fazem parte de uma rede. Cada nó é responsável pela execução de tarefas específicas, como o armazenamento e processamento de dados, execução de aplicativos, ou fornecimento de serviços na rede
- Os NÓS podem ser divididos em duas categorias:
  - **Equipamento de Comunicação de Dados (DCE):** são dispositivos que proporcionam as funções de comunicação na rede, por exemplo, modems, roteadores, hubs e switches
  - **Equipamentos Terminais de Dados (DTE) :** são dispositivos que originam, terminam ou manipulam os dados em uma rede, como computadores e impressoras
- Juntos os DCEs e DTEs formam um conjunto funcional que possibilita a comunicação de dados de forma eficiente em uma rede

## - LINKS(conexões):

- São as **conexões físicas ou lógicas entre os nós de uma rede**. É por meio deles que ocorre a troca de informações entre os nós, formando a infraestrutura de comunicação da rede
- Os links podem ser conexões físicas que fazem uso de **cabos**, como cabos de par trançado, fibra óptica ou cabos coaxiais. Ou **redes sem fio**, que fazem uso de alguns tipos de ondas eletromagnéticas para a transmissão de dados

## - PROTOCOLOS DE REDE:

- Eles definem o conjunto de regras e convenções que estabelece a maneira como os dispositivos da rede se comunicam entre si
- Essas regras trazem especificações sobre a transmissão dos dados recebidos e processados
- Cada camada possui um papel bem definido no processo de comunicação, atuando em conjunto para garantir a transmissão bem-sucedida dos dados de um ponto a outro na rede
- A padronização do processo de comunicação por meio dos protocolos assegura que os dados serão transmitidos de forma consistente e compreensível entre diferentes dispositivos e aplicações, independentemente de suas especificações individuais

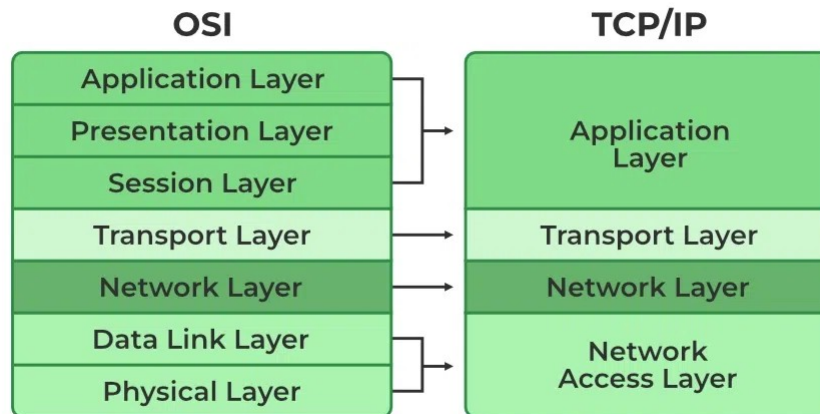
## - MODELO TCP/IP

- É o mais utilizado nas implementações práticas e modernas de redes
- possibilita a comunicação entre computadores e servidores, formando a Internet
- É formado por quatro camadas

## - E COMO OCORRE A COMUNICAÇÃO?

- Acontece por meio de interfaces bem definidas.
- Cada camada recebe serviços da camada imediatamente acima dela e fornece serviços à camada imediatamente abaixo
- O **encapsulamento** é um conceito essencial, no qual os dados são empacotados na camada que os transmite e desempacotados na recepção
- Esse processo de envio de dados em uma rede acontece de maneira silenciosa e quase instantânea
- Processo:
  1. Os dados são passados para a camada de aplicação, que encapsula em um formato específico e os envia para a camada de Transporte
  2. A camada de transporte recebe esses dados, os desempacota e adiciona informações de controle, como portas de origem e destino. Esses dados são encapsulados novamente antes de serem passados para a camada de Rede
  3. Esse processo continua até que os dados cheguem na camada de enlace, que os transmite fisicamente
  4. Na extremidade receptora dos dados, o processo é invertido, com cada camada desempacotando e passando os dados para a camada superior

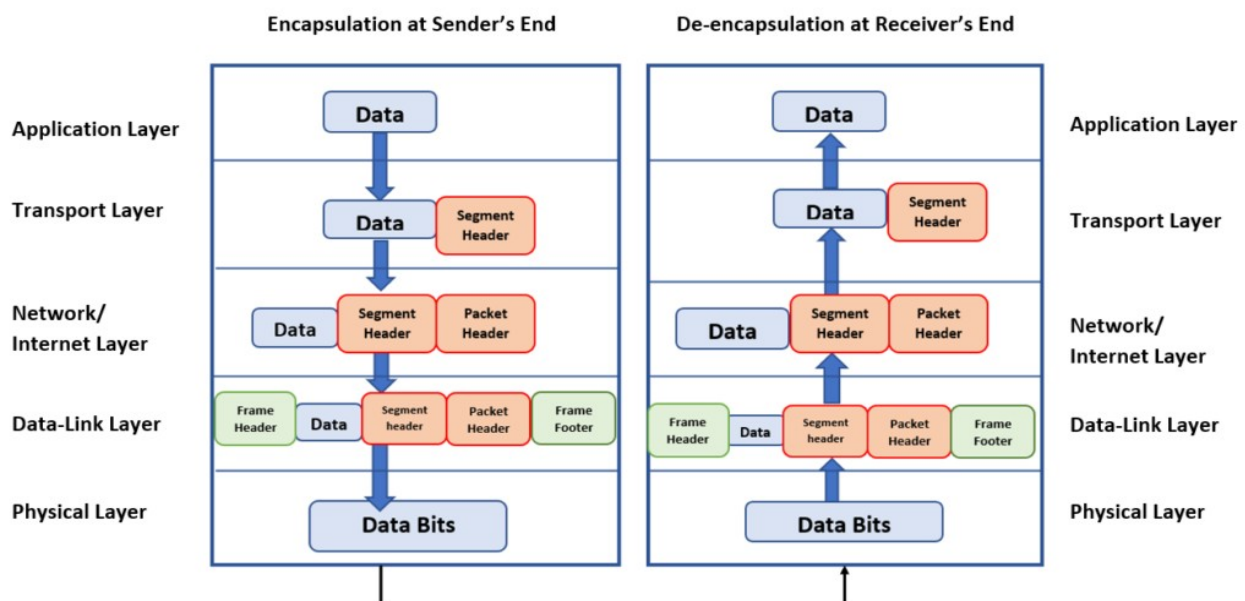
## - MODELO HIBRIDO



- Foi criado um modelo híbrido entre o modelo TCP/IP e o modelo OSI
- Foi criado, pois facilita o entendimento das camadas
- A camada híbrida adiciona-se a camada física para facilitar o entendimento da modulação dos dados e sua transmissão pelo meio físico
- A camada física descreve em como os bits são transmitidos pelo meio físico

- **1 – CAMADA FÍSICA (descreve em como os bits são transmitidos pelo meio físico)**
  - A camada física trata da transmissão de bits normais por um canal de comunicação
  - O projeto da rede deve garantir que, quando um lado enviar um bit 1, o outro lado receberá como um bit 1, não como um bit 0
  - As questões mais comuns aqui são quais os sinais elétricos que devem ser usados para representar um bit 1 e um bit 0, tempo de propagação, qualidade do meio
  - Quais as características do mundo físico vou utilizar para transmitir os bits?
  - Sinais elétricos? Ondas eletromagnéticas?
- **2 – CAMADA DE ENLACE DE DADOS**
  - A principal tarefa da camada de enlace de dados é transformar um canal de transmissão normal em uma linha que pareça livre de erros de transmissão
  - Isso é executado fazendo com que o transmissor divida os dados de entrada em quadros de dados e transmita os quadros sequencialmente
  - Se o serviço for confiável, o receptor confirmará a recepção correta de cada quadro, enviando de volta um quadro de confirmação
  - Cuidando de aspectos como endereçamento físico, controle de acesso ao meio e detecção de erros a nível de enlace
  - exemplos de protocolos : DSL, SONET, 802.11, Ethernet, etc
- **3 – CAMADA DE REDE**
  - Também é chamado como camada de internet
  - Faz roteamento de pacotes
  - Uma questão fundamental de projeto é determinar a maneira como os pacotes são roteados da origem até o destino

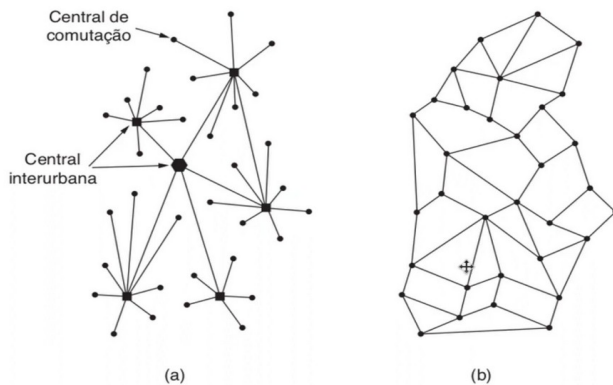
- Sua tarefa é permitir que os hosts injetem pacotes em qualquer rede e garantir que eles trafegarão independentemente até o destino
  - Alguns protocolos da camada : IP, ICMP, IGMP, etc
- **4 – CAMADA DE TRANSPORTE**
    - Estabelece como os dados serão transmitidos na rede, levando em consideração o uso, prioridade e criticidade do conteúdo trafegado
    - Nessa camada são estabelecidos canais de comunicação de transferência de dados, que são independentes dos hosts e asseguram a transmissão de forma íntegra de todos os bytes desses dados.
    - Os dados são separados em pacotes e numerados, A garantia de que o processo será bem sucedido ocorre por meio da verificação da sequência lógica criada
    - Também é responsável por definir para onde os dados devem ser enviados e qual a taxa de transferência para isso
    - São utilizadas portas para a realização desse processo. As portas especificam de forma numérica quais são os pontos de uma transferência de dados
    - Elas são identificadas usando um padrão de 16 bits, assim as portas têm uma faixa que vai do 0 a 65535.
    - Outra característica das portas é o seu uso em conjunto com um endereço de rede
    - Existe a padronização de algumas portas que são amplamente reconhecidas e adotadas universalmente para processos específicos
    - Alguns protocolos da camada: TCP, UDP, etc
  - **5 – CAMADA DE APLICAÇÃO**
    - É responsável pelos programas e protocolos que possibilitam o TCP/IP dar início a transmissão de dados
    - Essa camada serve para que o TCP/IP determine qual a finalidade específica da transmissão de dados
    - Após a definição do tipo de transmissão, o processo é enviado para as próximas camadas alguns protocolos da camada : DNS, HTTP, FTP, SMTP, IMAP, etc



## 9 – EXEMPLOS DE REDE

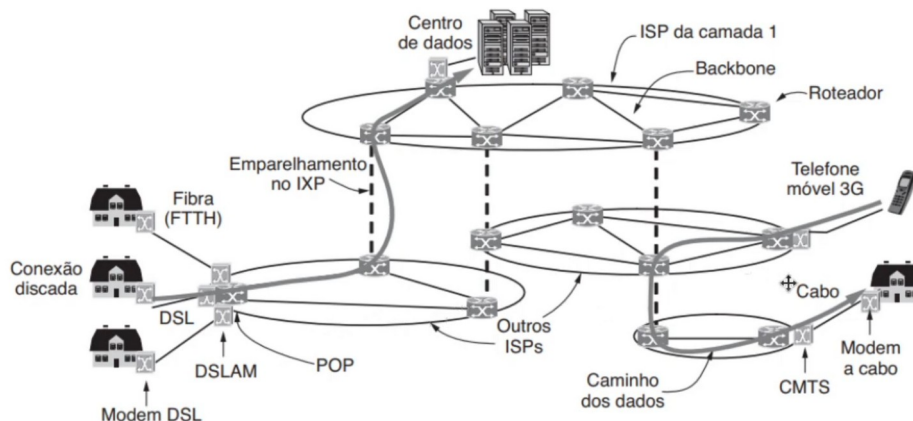
### - A INTERNET

- A Internet não é de como algum uma rede, mas sim um vasto conjunto de redes diferentes que utilizam certos protocolos comuns e fornecem determinados serviços comuns
- A história começa no final da década de 1950. No auge da Guerra Fria, o departamento de defesa dos estado uniso queria uma rede de controle e comando capaz de sobreviver a uma guerra nuclear
- Em resposta imediata aos avanços soviéticos sobre o espaço, foi criado uma organização centralizada de pesquisa de defesa, a ARPA, ou Advanced Research Projects Agency
- A ARPA não tinha cientista em laboratórios; de fato, ela não tinha nada além de um escritório e um pequeno orçamento
- O departamento se deparou com projetos de “REDES” que consistiria em minicomputadores chamados processadores de mensagens de interface ou IMPs (Interface Message Processor), conectados por linhas de transmissão de 56 kpbs
- Cada nó de rede deveria ter um IMP e um host na mesma sala, conectados por um fio curto
- Um host poderia enviar mensagens de até 8.063 bits para seu IMP que, em seguida, dividiria essas mensagens em pacotes de no máximo 1.008 bits e os encaminharia de forma independente até o destino
- Para estimular a adoção desses novos protocolos, a ARPA ofereceu diversos contratos para implementar o TCP/IP em diferentes plataformas de computação, incluindo sistemas IBM, DEC e HP, bem como o UNIX de Berkeley



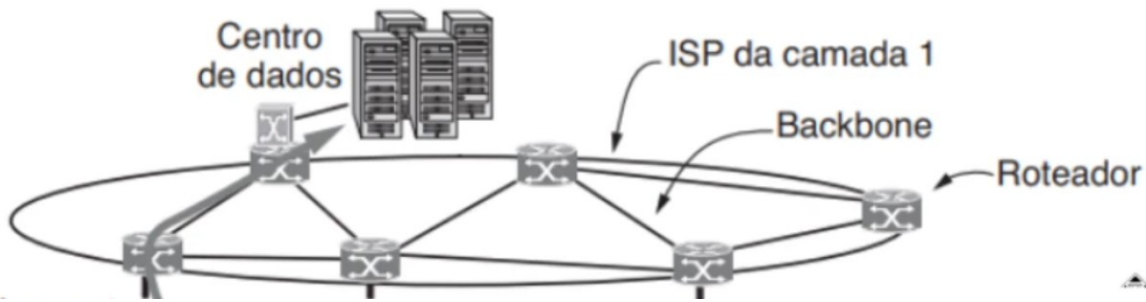
(a) Estrutura do sistema de telefonia. (b) Sistema distribuído de comutação proposto por Baran.

### - VISÃO GERAL DA ARQUITETURA DA INTERNET MODERNA





- Empresas que fornecem muito conteúdo, como Google e Yahoo, localizam seus computadores em centros de dados que estão bem conectados com o restante da Internet



## - REDES DE TELEFONIA MÓVEL

- O sistema avançado de telefonia móvel, ou AMPS (Advanced Mobile Phone System, implantado nos EUA em 1982, era um sistema de primeira geração)
- Um exemplo de sistema 2G é o sistema global para comunicações móveis, ou GSM (Global System for Mobile communications), que foi implantado a partir de 1991 e tornou-se o sistema de telefonia móvel mais usado no mundo
- O UMTS (Universal Mobile Telecommunications System), também chamado WCDMA (WideBand Code Division Multiple System), é o principal sistema 3G. Ele pode oferecer até Mbps no downlink e quase 6Mbps no uplink

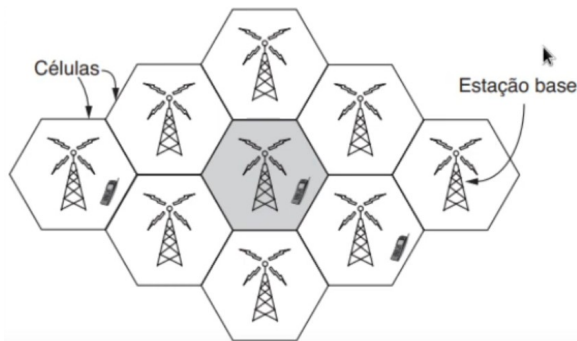


Figura 1.27 | Projeto celular de redes de telefonia móvel.

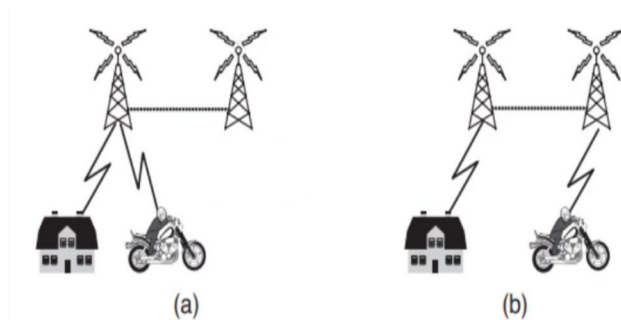
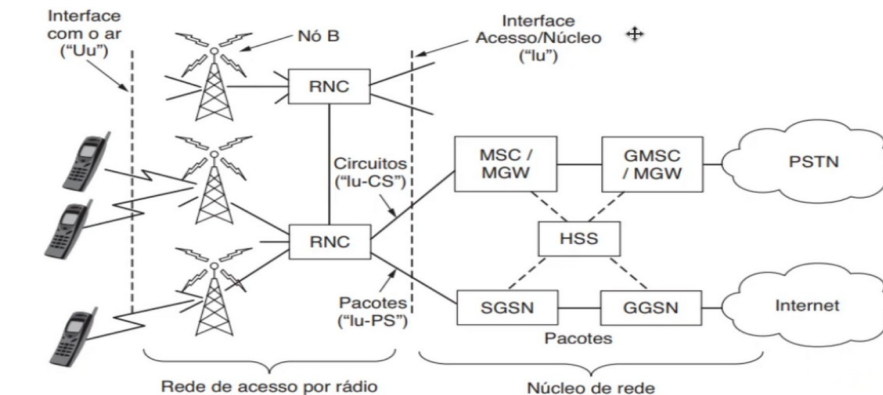


Figura 1.29 | Handover de telefone móvel (a) antes, (b) depois.

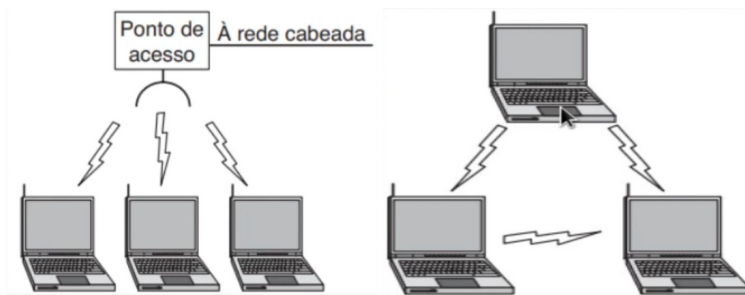


| Arquitetura da rede de telefonia móvel 3G UMTS.



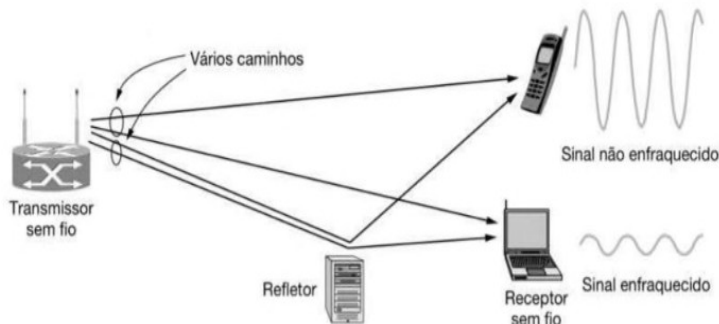
## - LANs SEM FIOS : 802.11

- O primeiro problema foi descobrir uma banda de frequência adequada que estivesse disponível, de preferência em todo o mundo
- A técnica empregada foi o oposto da que nas redes de telefonia móvel
- Ao invés do caro espectro licenciado, os sistemas 802.11 operam nas bandas não licenciadas, como as bandas ISM (Industrial, Scientific, and Medical) definidas pela ITU-R (por exemplo, 902-928 MHz, 2,4-2,5 GHz, 5,725-5,825GHz)



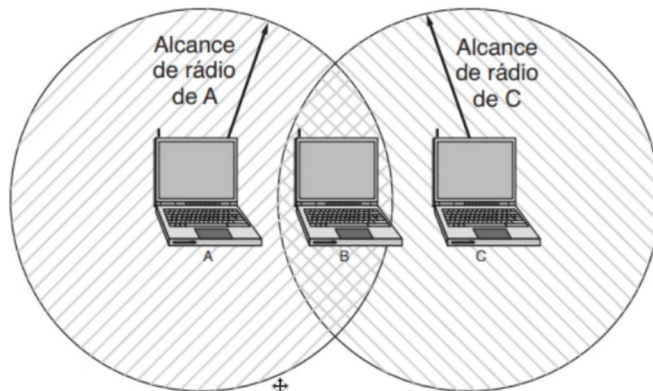
- As redes 802.11 são compostas de clientes, como notebooks e telefones móveis, e infraestrutura chamada pontos de acesso, ou APs (Access Points), que são instalados nos prédios
- Os pontos de acesso também são chamados de estações-base

- Também é possível que os clientes no alcance do rádio falem diretamente, como dois computadores em um escritório sem um ponto de acesso. Esse arranjo é chamado de rede ocasional (ou rede ad hoc)
- Ele é usado com muito menos frequência do que o modo de ponto de acesso



- o sinal pode ser influenciado pelo meio por diversos motivos

- como as transmissões sem fio são feitas por radiodifusão, é fácil que computadores vizinhos recebam pacotes de informações que não foram solicitados por eles

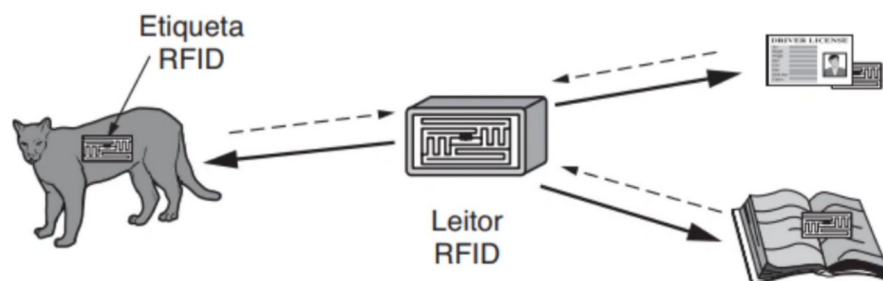


**Figura 1.32** | O alcance de um único rádio pode não abranger o sistema inteiro.

- Para evitar isso, o padrão 802.11 incluiu um esquema de encriptação conhecido como WEP (Wired Equivalent Privacy)
- A ideia foi tornar a segurança da rede sem fio semelhante à segurança da rede cabeada, Mas o esquema tinha falhas e logo foi quebrado
- Desde então, ele foi substituído por esquemas mais recentes, que possuem diferentes detalhes criptográficos no padrão 802.11i, também chamado WiFi Protected Access, inicialmente WPA e depois substituído pelo WPA2

## - RFID E REDES DE SENSORES

- Com a identificação por radiofrequência, ou RFID (Radio Frequency Identification), os objetos do cotidiano também podem fazer parte de uma rede de computadores
- Essa tecnologia é chamada RFID passiva, para distingui-la da RFID ativa (menos comum), em que existe uma fonte de energia na etiqueta



## 10 – PADRONIZAÇÃO DE REDES

Número	Assunto
802.1	Avaliação e arquitetura de LANs
802.2	Controle de enlace lógico
802.3 *	Ethernet
802.4 †	Token bus (barramento de tokens; foi usado por algum tempo em unidades industriais)
802.5 †	Token ring (anel de tokens; a entrada da IBM no mundo das LANs)
802.6 †	Fila dual barramento dual (primeira rede metropolitana)
802.7 †	Grupo técnico consultivo sobre tecnologias de banda larga
802.8 †	Grupo técnico consultivo sobre tecnologias de fibra óptica
802.9 †	LANs isócronas (para aplicações em tempo real)
802.10 †	LANs virtuais e segurança
802.11 *	LANs sem fio (WiFi)
802.12 †	Prioridade de demanda (AnyLAN da Hewlett-Packard)
802.13	Número relacionado à má sorte. Ninguém o quis
802.14 †	Modems a cabo (extinto: um consórcio industrial conseguiu chegar primeiro)
802.15 *	Redes pessoais (Bluetooth, Zigbee)
802.16 †	Banda larga sem fio (WiMAX)
802.17 †	Anel de pacote resiliente
802.18	Grupo técnico consultivo sobre questões de regulamentação de rádio
802.19	Grupo técnico consultivo sobre coexistência de todos esses padrões
802.20	Banda larga móvel sem fio (semelhante ao 802.16e)
802.21	Transferência independente do meio (para tecnologias de roaming)
802.22	Rede regional sem fio

**Figura 1.37** Os grupos de trabalho 802. Os grupos importantes estão marcados com \*. Aqueles marcados com † desistiram e foram dissolvidos.

- Existem muitos fabricantes e fornecedores de redes, cada qual com suas próprias ideias sobre como as coisas devem ser feitas. Sem coordenação, haveria um caos completo, e os usuários nada conseguiriam
- A única opção de que a indústria dispõe é a criação de alguns padrões de rede
- Os padrões definem o que é necessário para interoperabilidade: nem mais, nem menos
- Isso permite o surgimento de um mercado maior e também que as empresas disputem com base na qualidade de seus produtos
- Em 1865, representantes de diversos governos europeus se reuniram para formar a predecessora da atual ITU (International Telecommunication Union)

- A missão da ITU era padronizar as telecomunicações internacionais, até então dominadas pelo telégrafo

- Já naquela época estava calor que, se metade dos países utilizasse código morse e a outra metade usasse algum outro código, haveria problemas de comunicação

- Quando o telefone passou a ser um serviço internacional, a ITU também se encarregou de padronizar a telefonia

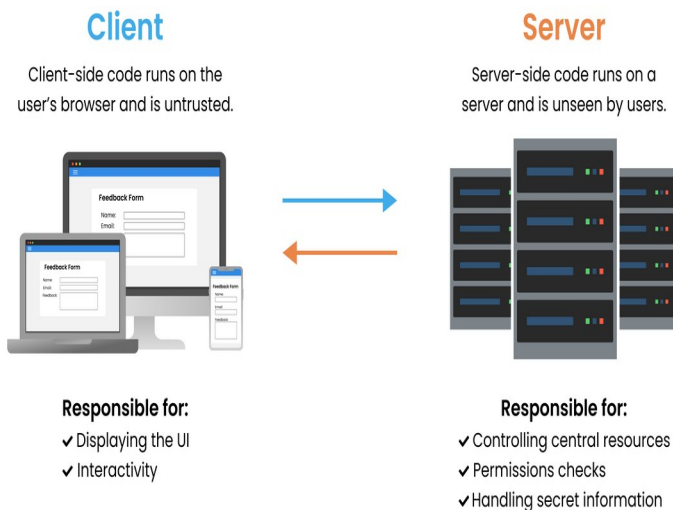
- O NIST (National Institute of Standards and Technology) é um órgão do departamento de comércio dos EUA, emite padrões do departamento de defesa, que tem seus próprios padrões
- Outro participante essencial no mundo dos padrões é o IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers), a maior organização profissional do mundo
- Para os padrões da Web, o World Wide Web Consortium (W3C) desenvolve protocolos e diretrizes para facilitar o crescimento da Web a longo prazo
- Esse é um consórcio industrial liderado por Tim Berners-Lee e estabelecido em 1994, quando a Web realmente começou a ganhar força

## 11 – MODELOS DE REDE

- A estrutura organizacional dos dispositivos e protocolos de uma rede
- Existem vários modelos, mas os mais comuns são : CLIENTE-SERVIDOR e PEER TO PEER

### - CLIENTE-SERVIDOR

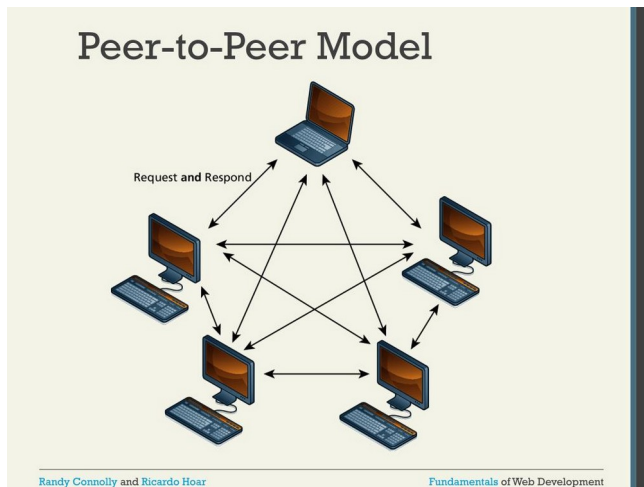
- Os dispositivos que compõem a rede são divididos em duas categorias principais: clientes e servidores



- Os clientes são as máquinas que solicitam serviços ou recursos de um servidor
- Geralmente os clientes são máquinas ou usuários finais, que dependem dos serviços disponibilizados pelo servidor
- Os servidores são os dispositivos da rede que fornecem recursos, serviços ou dados aos clientes
- Os servidores aguardam as solicitações dos clientes e dão as respostas conforme solicitado.

- É dito como modelo hierárquico pois, um servidor será o servidor e um cliente será o cliente

## - PEER TO PEER (P2P)

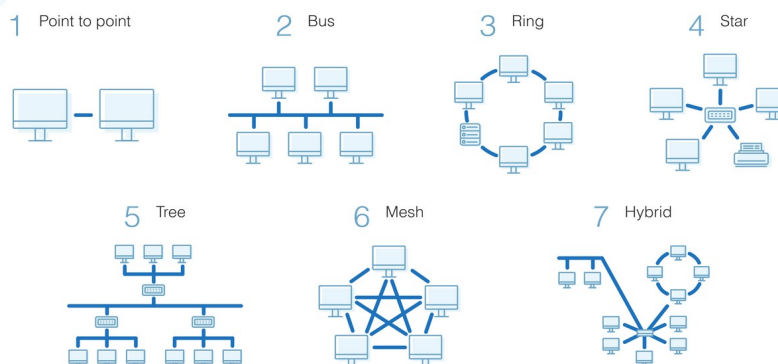


- Todos os dispositivos da rede têm a mesma capacidade de fornecer e solicitar serviços ou recursos
- Todas as máquinas podem agir como clientes e servidores ao mesmo tempo, por isso são ditas como um modelo não hierárquico

## 12 – TOPOLOGIAS DE REDE

- É a maneira como os dispositivos de uma rede estão fisicamente ou logicamente conectados entre si
- Ela é a estrutura básica da rede, que estabelece a forma como os dados serão transmitidos entre os dispositivos que a compõem

### Network Topology Types



## **13 - REDES PUBLICAS E PRIVADAS**

- Diferem em termos de acessibilidade e controle de acesso

### **- REDES PÚBLICAS :**

- É acessível ao público em geral ou a uma ampla gama de usuários, muitas vezes sem restrições significativas de acesso
- A internet é uma rede publica
- Fornecem serviços e recursos compartilhados disponíveis para uso por qualquer pessoa que possa acessá-los. Isso pode incluir serviços como e-mail, navegadores da web, mídia social, serviços de streaming, entre outros
- Implementam medidas de segurança para proteger a integridade da rede e a privacidade dos usuários. No entanto, essas medidas podem não ser tão rigorosas quanto as encontradas em redes privadas
- Um endereço IP publico é usado para identificar dispositivos diretamente conectados a internet
- Esse IP publico pode ser acessado por outros dispositivos e servidores

### **- REDES PRIVADAS**

- É configurada para ser acessível apenas a um grupo específico de usuários ou dispositivos e normalmente é mantida e operada por uma única organização
- Ela pode ser usada internamente dentro de uma empresa, organização governamental ou instituição educacional, por exemplo
- São projetadas para fornecer controle sobre quem pode acessar a rede e seus recursos. Isso geralmente é feito através de autenticação, autorização e medidas de segurança, como firewalls, VPNs (Virtual Private Networks), e sistemas de detecção e prevenção de intrusões
- Oferecem mais controle sobre a segurança e o acesso aos recursos da rede, tornando-as mais adequadas para situações em que a confidencialidade, integridade e disponibilidade dos dados são importantes
- Um endereço IP privado é usado dentro de uma rede local
- Estes endereços são reservados para uso em redes privadas e não podem ser acessados diretamente pela Internet
- Dispositivos em uma rede local se comunicam usando endereços privados
- Isso permite que varios dispositivos em uma rede compartilhem o mesmo endereço publico ao acessar a internet

velocidades múltiplas de Mbps e, naturalmente, também realiza chamadas de voz. As LANs sem fio baseadas no padrão IEEE 802.11 são implantadas em muitas casas, hotéis, aeroportos e restaurantes, e podem oferecer conectividade em velocidades de 1 Gbps ou mais. As redes sem fio também estão vendo um elemento de convergência, conforme evidenciado em propostas como LTE-U, que permitiriam aos protocolos de rede operar no espectro não licenciado, ao lado do 802.11.

Fazer vários computadores se comunicarem exige uma extensa padronização, tanto de hardware quanto de software. Organizações como ITU-T, ISO, IEEE e IAB administram partes diferentes do processo de padronização.

## PROBLEMAS

1. Você estabelece um canal de comunicação entre dois castelos medievais, permitindo que um corvo treinado carregue repetidamente um pergaminho do castelo que o enviou ao castelo que o recebe, a 160 km de distância. O corvo voa a uma velocidade média de 40 km/h e carrega um pergaminho de cada vez. Cada pergaminho contém 1,8 terabytes de dados. Calcule a taxa de dados deste canal ao enviar (i) 1,8 terabytes de dados; (ii) 3,6 terabytes de dados; (iii) um fluxo infinito de dados.
2. Como parte da Internet das Coisas, os dispositivos do dia a dia estão cada vez mais conectados a redes de computadores. A IoT facilita às pessoas, entre outras coisas, monitorar seus pertences e o uso dos aparelhos. Mas qualquer tecnologia pode ser usada tanto para o bem quanto para o mal. Discuta algumas desvantagens dessa tecnologia.
3. As redes sem fio ultrapassaram as redes com fio em popularidade, embora normalmente forneçam menos largura de banda. Indique duas razões pelas quais isso aconteceu.
4. Em vez de comprar seu próprio hardware, pequenas empresas costumam hospedar suas aplicações em centros de dados. Discuta as vantagens e desvantagens dessa técnica, tanto do ponto de vista da empresa quanto de seus usuários.
5. Uma alternativa para uma LAN é simplesmente instalar um grande sistema de tempo compartilhado (timesharing) com terminais para todos os usuários. Apresente duas vantagens de um sistema cliente-servidor que utilize uma LAN.
6. O desempenho de um sistema cliente-servidor é influenciado por dois fatores de rede: a largura de banda da rede (quantos bits/s ela pode transportar) e a latência (quantos segundos o primeiro bit leva para ir do cliente até o servidor). Dê um exemplo de uma rede que exibe alta largura de banda e alta latência. Depois, dê um exemplo de rede com baixa largura de banda e baixa latência.
7. Um fator que influencia no atraso de um sistema de comutação de pacotes store-and-forward é qual o tempo necessário para armazenar e encaminhar um pacote por um switch. Se o tempo de comutação é 20  $\mu$ s, é provável que esse seja um fator importante na resposta de um sistema cliente-servidor quando o cliente está em Nova Iorque e o servidor está na Califórnia? Suponha que a velocidade de propagação em cobre e fibra seja igual a 2/3 da velocidade da luz no vácuo.
8. Um servidor envia pacotes a um cliente via satélite. Os pacotes devem atravessar um ou vários satélites antes de chegarem ao seu destino. Os satélites usam comutação de pacotes store-and-forward, com um tempo de comutação de 100  $\mu$ seg. Se os pacotes percorrerem uma distância total de 29.700 km, por quantos satélites os pacotes terão que passar se 1% do atraso for causado pela comutação de pacotes?
9. Um sistema cliente-servidor usa uma rede de satélite, com o satélite a uma altura de 40.000 km. Qual é o maior atraso em resposta a uma solicitação?
10. Um sinal viaja a 2/3 da velocidade da luz e leva 100 milissegundos para chegar ao seu destino. Que distância o sinal percorreu?
11. Agora que quase todo mundo tem um computador doméstico ou dispositivo móvel conectado a uma rede de computadores, será possível realizar referendos públicos instantâneos sobre legislações importantes pendentes. Em última análise, as legislaturas existentes poderiam ser eliminadas, para permitir que a vontade do povo fosse expressa diretamente. Os aspectos positivos de tal democracia direta são bastante óbvios; discuta alguns dos aspectos negativos.
12. Um conjunto de cinco roteadores deve ser conectado a uma sub-rede ponto a ponto. Entre cada par de roteadores, os projetistas podem colocar uma linha de alta velocidade, uma linha de média velocidade, uma linha de baixa velocidade ou nenhuma linha. Se forem necessários 50 ms do tempo do computador para gerar e inspecionar cada topologia, quanto tempo será necessário para inspecionar todas elas?
13. Um grupo de  $2^n - 1$  roteadores está interconectado em uma árvore binária centralizada, com um roteador em cada nó da árvore. O roteador  $i$  se comunica com o roteador  $j$  enviando uma mensagem para a raiz da árvore. A raiz, então, envia a mensagem de volta para  $j$ . Derive uma expressão aproximada para o número médio de saltos por mensagem para um número  $n$  grande, supondo que todos os pares de roteadores são igualmente prováveis.
14. Uma desvantagem de uma sub-rede de broadcast é a capacidade desperdiçada quando há vários hosts tentando acessar o canal ao mesmo tempo. Como um exemplo simples, suponha que o tempo esteja dividido em slots discretos, com cada um dos  $n$  hosts tentando usar o canal com probabilidade  $p$  durante cada slot. Que fração dos slots é desperdiçada em consequência das colisões?
15. Em redes de computadores e outros sistemas complexos, o grande número de interações entre seus componentes muitas vezes torna impossível prever com muita confiança se e quando coisas ruins acontecerão. Como os objetivos de projeto das redes de computadores levam isso em consideração?
16. Explique por que a camada de enlace, a camada de rede e a camada de transporte precisam adicionar informações de origem e destino à carga útil (payload).



17. Combine as camadas – enlace, rede e transporte – com as garantias que cada uma pode fornecer às camadas superiores.

Garantia	Camada
Entrega pelo melhor esforço	Rede
Entrega confiável	Transporte
Entrega em ordem	Transporte
Abstração de fluxo de bytes	Transporte
Abstração de enlace ponto a ponto	Enlace de dados

18. Cada camada de rede interage com a camada abaixo dela usando sua interface. Para cada uma das funções a seguir, indique a qual interface ela pertence.

Função	Interface
enviar_bits_por_enlace(bits)	
enviar_bytes_para_processo(dest, orig, bytes)	
enviar_bytes_por_enlace(dest, orig, bytes)	
enviar_bytes_para_máquina(dest, orig, bytes)	

19. Suponha que dois terminais de rede tenham um tempo de ida e volta de 100 milissegundos e que o remetente transmita cinco pacotes a cada viagem de ida e volta. Qual será a taxa de transmissão do remetente para este tempo de ida e volta, assumindo pacotes de 1500 bytes? Dê sua resposta em bytes por segundo.
20. O presidente da Specialty Paint Corp. resolve trabalhar com uma cervejaria local com a finalidade de produzir uma lata de cerveja invisível (como uma medida para evitar acúmulo de lixo). Ele pede que o departamento jurídico analise a questão e este, por sua vez, entra em contato com a empresa de engenharia. Como resultado, o engenheiro-chefe entra em contato com o funcionário de cargo equivalente na cervejaria para discutir os aspectos técnicos do projeto. Em seguida, os engenheiros enviam um relatório a seus respectivos departamentos jurídicos, que então discutem por telefone os aspectos legais. Por fim, os presidentes das duas empresas discutem as questões financeiras do negócio. Que princípio de um protocolo multicamadas (com base no modelo OSI) esse mecanismo de comunicação infringe?
21. Duas redes podem oferecer um serviço orientado a conexões bastante confiável. Uma delas oferece um fluxo de bytes confiável e a outra, um fluxo de mensagens confiável. Elas são idênticas? Se forem, por que se faz essa distinção? Se não, dê um exemplo de como elas diferem.
22. O que significa “negociação” em uma discussão sobre protocolos de rede? Dê um exemplo.
23. Na Figura 1.31, é mostrado um serviço. Há outros serviços implícitos nessa figura? Em caso afirmativo, onde? Caso contrário, por que não?

24. Em algumas redes, a camada de enlace de dados trata os erros de transmissão solicitando a retransmissão de quadros danificados. Se a probabilidade de um quadro estar danificado é  $p$ , qual é o número médio de transmissões necessárias para enviar um quadro? Suponha que as confirmações nunca sejam perdidas.
25. Quais das camadas OSI e TCP/IP tratam de cada um dos seguintes:
- Dividir o fluxo de bits transmitido em quadros.
  - Determinar qual rota deve ser usada através da sub-rede.
26. Se a unidade trocada no nível do enlace de dados é chamada de quadro e a unidade trocada no nível da rede é chamada de pacote, os quadros encapsulam os pacotes ou os pacotes encapsulam os quadros? Explique sua resposta.
27. Considere uma hierarquia de protocolos de seis camadas em que a camada 1 é a mais baixa e a camada 6 é a mais alta. Uma aplicação envia uma mensagem  $M$ , passando-a para a camada 6. Todas as camadas pares anexam um término à carga útil (payload) e todas as camadas ímpares anexam um cabeçalho à carga útil. Desenhe os cabeçalhos, termos e a mensagem original  $M$  na ordem em que são enviados pela rede.
28. Um sistema tem uma hierarquia de protocolos com  $n$  camadas. As aplicações geram mensagens com  $M$  bytes de comprimento. Em cada uma das camadas é acrescentado um cabeçalho com  $h$  bytes. Que fração da largura de banda da rede é preenchida pelos cabeçalhos?
29. Dê cinco exemplos de um dispositivo conectado a duas redes ao mesmo tempo e explique por que isso é útil.
30. A sub-rede da Figura 1.12(b) foi projetada para resistir a uma guerra nuclear. Quantas bombas seriam necessárias para particionar os nós em dois conjuntos desconectados? Suponha que qualquer bomba destrua um nó e todos os links conectados a ele.
31. A cada 18 meses, a Internet praticamente dobra de tamanho. Embora ninguém possa dizer com certeza, estima-se que havia 1 bilhão de hosts em 2018. Utilize esses dados para calcular o número previsto de hosts da Internet em 2027. Você acredita nisso? Explique por que sim ou por que não.
32. Quando um arquivo é transferido entre dois computadores, duas estratégias de confirmação são possíveis. Na primeira, o arquivo é dividido em pacotes, os quais são confirmados individualmente pelo receptor, mas a transferência do arquivo como um todo não é confirmada. Na segunda, os pacotes não são confirmados individualmente, mas, ao chegar a seu destino, o arquivo inteiro é confirmado. Analise essas duas abordagens.
33. As operadoras da rede de telefonia móvel precisam saber onde estão localizados os smartphones de seus assinantes (logo, seus usuários). Explique por que isso é ruim para os usuários. Agora, dê motivos pelos quais isso é bom para eles.
34. Qual era o comprimento de um bit, em metros, no padrão 802.3 original? Utilize uma velocidade de transmissão de 10 Mbps e suponha que a velocidade de propagação no cabo coaxial seja igual a  $2/3$  da velocidade da luz no vácuo.

35. Uma imagem tem  $3840 \times 2160$  pixels com 3 bytes/pixel. Suponha que a imagem seja descompactada. Quanto tempo é necessário para transmiti-la por um canal de modem de 56 kbps? E por um modem a cabo de 1 Mbps? E por uma rede Ethernet de 10 Mbps? E pela rede Ethernet de 100 Mbps? E pela gigabit Ethernet?
36. A Ethernet e as redes sem fio apresentam algumas semelhanças e algumas diferenças. Uma propriedade da Ethernet é de que apenas um quadro pode ser transmitido de cada vez em uma rede desse tipo. A rede 802.11 compartilha essa propriedade com a Ethernet? Analise sua resposta.
37. As redes sem fio são fáceis de instalar, o que as torna baratas, já que os custos de instalação geralmente superam os custos do equipamento. No entanto, elas também têm algumas desvantagens. Cite duas delas.
38. Liste duas vantagens e duas desvantagens da existência de padrões internacionais para protocolos de redes.
39. Quando um sistema tem uma parte permanente e uma parte removível (como uma unidade de CD-ROM e o CD-ROM), é importante que o sistema seja padronizado, de modo que empresas diferentes possam produzir as partes permanentes e as removíveis, para que sejam compatíveis entre si. Cite três exemplos fora da indústria de informática em que esses padrões internacionais estão presentes. Agora, cite três áreas fora da indústria de informática em que eles não estão presentes.
40. A Figura 1.34 mostra vários protocolos diferentes na pilha de rede TCP/IP. Explique por que pode ser útil ter vários protocolos em uma única camada. Dê um exemplo.
41. Suponha que os algoritmos usados para implementar as operações na camada  $k$  sejam mudados. Como isso afeta as operações nas camadas  $k-1$  e  $k+1$ ?
42. Suponha que haja uma mudança no serviço (conjunto de operações) fornecido pela camada  $k$ . Como isso afeta os serviços nas camadas  $k-1$  e  $k+1$ ?
43. Descubra como abrir o monitor de rede embutido em seu navegador. Abra-o e navegue até uma página web (p. ex., <https://www.cs.vu.nl/~ast/>). Quantas solicitações seu navegador (cliente) envia ao servidor? Que tipos de solicitação ele envia? Por que essas solicitações são feitas separadamente e não como uma única solicitação grande?
44. Faça uma lista de atividades que você pratica todo dia em que são utilizadas redes de computadores.
45. O programa *ping* lhe permite enviar um pacote de teste a um dado local e verificar quanto tempo ele demora para ir e voltar. Tente usar *ping* para ver quanto tempo ele demora para trafegar do local em que você está até vários locais conhecidos. A partir desses dados, represente o tempo em trânsito de mão única pela Internet como uma função de distância. É melhor usar universidades, uma vez que a localização de seus servidores é conhecida com grande precisão. Por exemplo, *berkeley.edu* está em Berkeley, Califórnia; *mit.edu* está em Cambridge, Massachusetts; *vu.nl* está em Amsterdã, Holanda; *www.usyd.edu.au* está em Sydney, Austrália; e *www.uct.ac.za* está em Cidade do Cabo, África do Sul.
46. Vá ao website da IETF, [www.ietf.org](http://www.ietf.org), para ver o que eles estão fazendo. Escolha um projeto de que você goste e escreva um relatório de meia página sobre o problema e a solução proposta.
47. A padronização é muito importante no mundo das redes. ITU e ISO são as principais organizações oficiais de padronização. Acesse seus respectivos sites, [www.itu.org](http://www.itu.org) e [www.iso.org](http://www.iso.org), e descubra sobre seu trabalho de padronização. Escreva um breve relatório sobre os tipos de coisas que eles padronizaram.
48. A Internet é composta por um grande número de redes. Sua organização determina a topologia da Internet. Uma quantidade considerável de informações sobre a topologia da Internet está disponível on-line. Use um mecanismo de busca para descobrir mais sobre a topologia da Internet e escreva um breve relatório resumindo suas descobertas.
49. Pesquise na Internet para descobrir alguns dos pontos de emparelhamento (peering points) importantes, usados atualmente para o roteamento de pacotes na Internet.
50. Escreva um programa que implemente o fluxo de mensagens da camada superior até a camada inferior do modelo de protocolo de sete camadas. Seu programa deverá incluir uma função de protocolo separada para cada camada. Os cabeçalhos de protocolo são sequências de até 64 caracteres. Cada função do protocolo tem dois parâmetros: uma mensagem passada do protocolo da camada mais alta (um buffer de caracteres) e o tamanho da mensagem. Essa função conecta seu cabeçalho na frente da mensagem, imprime a nova mensagem na saída padrão e depois chama a função do protocolo da camada inferior. A entrada do programa é uma mensagem vinda da aplicação.



