

# Redes de Computadores

Modelos de Referência  
Kalinka Regina Lucas Jaquie Castelo Branco

1

## Objetivo

- Mostrar as diversas arquiteturas de redes de computadores focando no modelo de referência OSI, Internet TCP/IP e IEEE 802;
- Visão geral e introdutória dos diversos níveis do modelo de referência OSI da ISO; Analogia com outros modelos.

2

## Principais Entidades de Padronização

3

## Principais entidades Padronizadoras

- ISO – International Standard Organization
- IEEE – Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ANSI – American National Standard Institute
- CCTI – Consultative Committee International Telegraph and Telephone

4

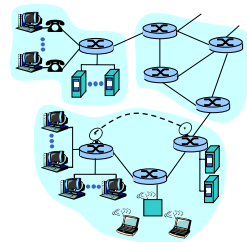
## Suas Criações

- IEEE – 802.x
- CCITT – X.25
- ISO – Model ISO, OSI Routing, OSI Transport, CMPI / CMOT
- ANSI – Fiber Distributed Data Interface – FDDI
- EIA – 232 – D, 449, 530 entre outras
- DoD – TCP/IP, GOISP, SNMP

5

## Uma olhada mais de perto na estrutura da rede:

- **Borda da rede:** aplicações e hospedeiros (*hosts*)
- **núcleo da rede:**
  - roteadores
  - rede de redes
- **redes de acesso, meio físico:** enlaces de comunicação



6

## A borda da rede:

### Sistemas finais (hosts):

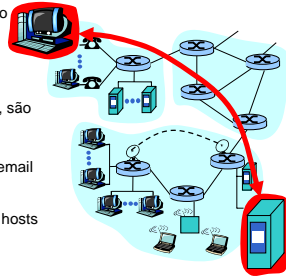
- rodam programs de aplicação
- ex., WWW, email
- na "borda da rede"

### modelo cliente/servidor

- o host cliente faz os pedidos, são atendidos pelos servidores
- ex., cliente WWW (browser)/servidor; cliente/servidor de email

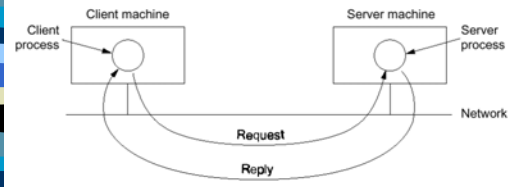
### modelo peer-peer :

- interação simétrica entre os hosts
- ex.: Gnutella, KaZaA



7

## Modelo Cliente-Servidor



8

## Cliente-Servidor

### Vantagens

- Recursos compartilháveis
- Segurança
- Controle central de arquivos
- Servidores dedicados e otimizados
- Os usuários não se preocupam com a administração

### Desvantagens

- Custo
  - Hardware
  - Software
- É necessário um administrador

9

## Peer-to-Peer

### Vantagens

- recursos compartilháveis
- O setup é simples
- Sem investimento extra com servidores
- Sem administrador
- Baixo custo para pequenas redes

### Desvantagens

- Sem organização central
  - Difícil localização de arquivos
  - Duplicações desnecessárias
- Os usuários são os administradores
- Sem segurança

10

## Borda da rede: serviço orientado a conexões

### serviço TCP [RFC 793]

**Objetivo:** transferência de dados entre sistemas finais.

### handshaking:

inicialização (prepara para) a transf. de dados

- Alô, alô protocolo humano
- **inicializa o "estado"** em dois hosts que desejam se comunicar

### TCP - Transmission Control Protocol

– serviço orientado a conexão da Internet

■ transferência de dados através de um fluxo de bytes **ordenados e confiável**

- perda: reconhecimentos e retransmissões

### ■ controle de fluxo :

- transmissor não inundará o receptor

### ■ controle de congestionamento :

- transmissor "diminui a taxa de transmissão" quando a rede está congestionada.

11

## Borda da rede: serviço sem conexão

**Objetivo:** transferência de dados entre sistemas finais

- mesmo que antes!

■ **UDP - User Datagram Protocol** [RFC 768]: serviço sem conexão da Internet

- transferência de dados não confiável
- não controla o fluxo
- nem congestionamento

### Aplicações que usam TCP:

■ HTTP (WWW), FTP (transferência de arquivo), Telnet (login remoto), SMTP (email)

### Aplicações que usam UDP:

■ streaming media, teleconferência, telefonia Internet

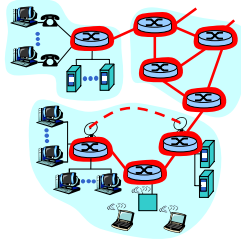
12

## O Núcleo da Rede

- Malha de roteadores interconectados

a pergunta fundamental:  
como os dados são transferidos através da rede?

- **comutação de circuitos:**  
circuito dedicado por chamada: rede telefônica
- **comutação de pacotes:**  
os dados são enviados através da rede em pedaços discretos.



13

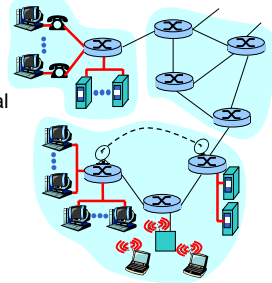
## Redes de acesso e meios físicos

**P:** Como conectar os sistemas finais aos roteadores de borda?

- redes de acesso residencial
- redes de acesso institucional (escola, empresa)
- redes de acesso móvel

**Considere:**

- largura de banda (bits por segundo) da rede de acesso?
- compartilhada ou dedicada?



14

## Meios Físicos

- **enlace físico:** bit de dados transmitido se propaga através do enlace
- **meios guiados:**
  - os sinais se propagam em meios sólidos: cobre, fibra
- **meios não guiados:**
  - os sinais se propagam livremente, ex. rádio

15

## “Camadas” de Protocolos

As redes são complexas!

- muitos “pedaços”:

- hosts
- roteadores
- enlaces de diversos meios
- aplicações
- protocolos
- hardware, software

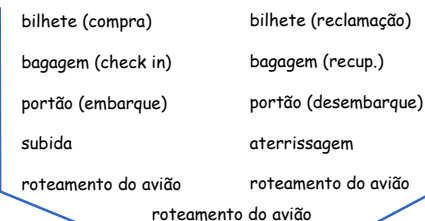
**Pergunta:**

Há alguma esperança em conseguirmos *organizar* a estrutura da rede?

Ou pelo menos a nossa discussão sobre redes?

16

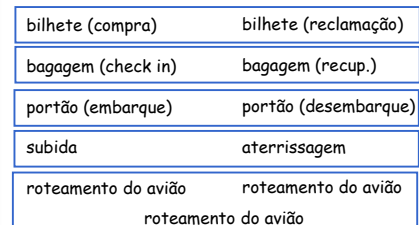
## Organização de uma viagem aérea



- uma série de etapas

17

## Organização de uma viagem aérea: uma visão diferente



**Camadas:** cada camada implementa um serviço

- através de ações internas à camada
- depende dos serviços providos pela camada inferior

18

## Viagem aérea em camadas: serviços

Transporte balcão a balcão de pessoas+bagagens  
transporte de bagagens  
transferência de pessoas: entre portões  
transporte do avião de pista a pista  
roteamento do avião da origem ao destino

19

## Implementação **distribuída** da funcionalidade das camadas

bilhete (compra) bilhete (reclamação)  
bagagem (check in) bagagem (recup.)  
portão (embarque) portão (desembarque)  
subida aterrissagem  
roteamento do avião roteamento do avião

localidades intermediárias de tráfego aéreo

roteam. aviões roteam. aviões  
roteam. aviões

aeroporto de saída  
aeroporto de chegada

20

## Por que dividir em camadas?

Lidar com sistemas complexos:

- estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
  - **modelo de referência** em camadas para discussão
- modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
  - mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema
  - ex., mudança no procedimento no portão não afeta o resto do sistema
- divisão em camadas é considerada prejudicial?

21

## O Modelo OSI

22

## Modelo de Referência OSI/ISO

- ISO - *International Standards Organization*
- RM-OSI/ISO - *Reference Model for Open Systems Interconnection*
  - Não explicita a dispersão geográfica (redes locais e de longa distância).
  - Aplicável a “qualquer” qualidade de comunicação/nível de serviço.
  - Se propõe a tratar todos os aspectos do problema de sistemas abertos.
  - Um sistema aberto é aquele que está aberto à comunicação com outro sistema.

23

## Modelo de Referência OSI/ISO

- ◆ A idéia **NÃO** é:
  - Servir como especificação de implementação
  - Ser base para conformar implementações já existentes
  - Fornecer níveis de detalhes suficiente para a definição precisa dos serviços e protocolos da arquitetura proposta
- ◆ A idéia **é**:
  - Esquema conceitual que permita o trabalho de forma produtiva e independente no desenvolvimento de padrões => **SÓ DIZ O QUE FAZER E NÃO COMO FAZER**

24

## As 7 Camadas do RM-OSI/ISO

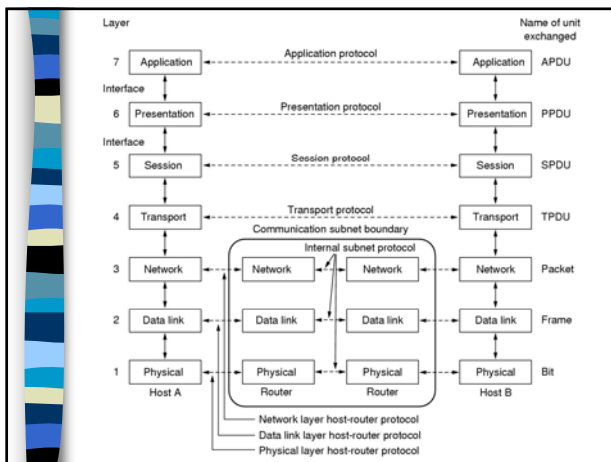
APLICAÇÃO
APRESENTAÇÃO
SESSÃO
TRANSPORTE
REDE
ENLACE
FÍSICA

25

## Visão Simplificada do RM-OSI/ISO

APLICAÇÃO		APLICAÇÕES
APRESENTAÇÃO		
SESSÃO		
TRANSPORTE		TRANSPORTE
REDE		
ENLACE		
FÍSICA		MEDIA

26

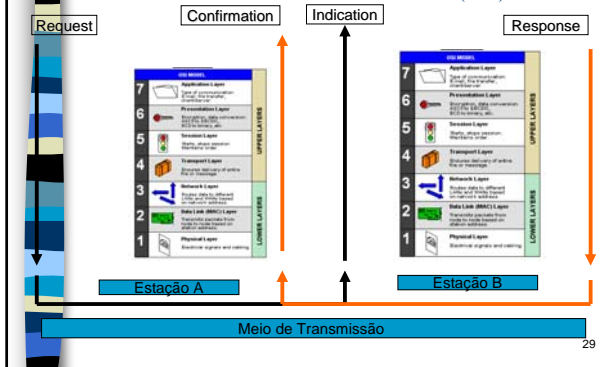


28

## As Camadas do Modelo

- O modelo separa as funcionalidades e as capacidades de arquitetura de rede em *camadas*. Define também os termos e objetos que são palavras reservadas no mundo das redes.
- As camadas definem desde aspectos físicos até aspectos abstratos da aplicação.
- O modelo OSI é constituído de sete camadas: *Aplicação, Apresentação, Sessão, Transporte, Rede, Enlace e Física*.

## As Camadas do Modelo (cont.)



29

## As Camadas do Modelo

(cont.)

- Camadas superiores
  - Prestam serviços relacionados com a natureza da aplicação. Tratam de aspectos de *interoperação de aplicações*. 5, 6 e 7
- Camadas inferiores
  - Possibilitam a interconexão de sistemas ou equipamentos individuais. Estão relacionadas a aspectos de *transmissão e interconexão*. 1, 2 e 3
- Camada de transporte - 4
  - Provê *comunicação fim-a-fim* entre aplicações.
- Interface entre as camadas de transporte e sessão
  - Independe do tipo de sub-rede a ser utilizada e do tipo de aplicação a ser suportada.

30

## Princípios do Modelo OSI

- Não criar um número muito grande de camadas para não fazer com que a tarefa de descrever e integrar as camadas fique mais complexa do que o necessário.
- Criar uma fronteira num ponto onde a descrição dos serviços possa ser pequena e o número de interações através da fronteira seja minimizado (isto é, as fronteiras entre as camadas devem ser escolhidas de forma a minimizar o fluxo de informações através das interfaces).
- Criar camadas separadas para manipular funções que são manifestamente diferentes no processo ou na tecnologia envolvida.

31

## Princípios do Modelo OSI

(cont.)

- Agrupar funções similares em uma mesma camada (cada camada deve desempenhar uma função bem definida);
- Criar uma fronteira onde a experiência do passado tem demonstrado ser necessária essa separação.
- Criar uma camada com funções facilmente localizadas de modo que a camada possa ser totalmente redesenhada e seus protocolos alterados drasticamente para tirar vantagem dos novos avanços em arquitetura, hardware, ou tecnologia de software, sem alterar os serviços providos para (esperados das) camadas adjacentes.

32

## Princípios do Modelo OSI

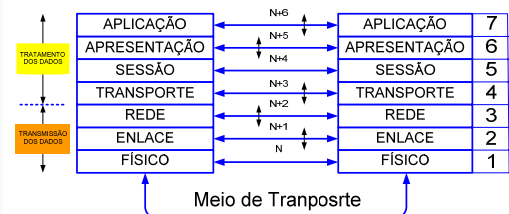
(cont.)

- Criar uma fronteira onde possa ser útil em algum momento do futuro se ter a interface correspondente padronizada.
- Criar uma camada onde seja necessário um nível de abstração diferente na manipulação dos dados.
- Permitir alterações de funções ou protocolos dentro de uma camada sem afetar as outras.
- Criar, para cada camada, fronteiras somente com a sua camada superior e inferior.

33

## Entidades da Camada

- No OSI as camadas parceiras se comunicam através de um objeto chamado *entidade da camada*.
- As entidades podem ser elementos de *software* ou de *hardware*.
- Entidade é um termo que significa uma capacidade de comunicação (por exemplo, protocolo IP, protocolo TCP, um elemento roteador, etc).



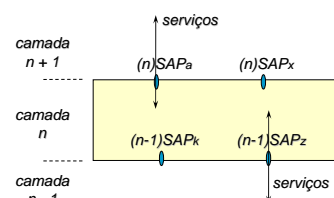
34

## Serviços

- A comunicação entre camadas é feita através da requisição de (e da resposta a) *serviços*. Cada camada é responsável por um conjunto de serviços (serviço = o que).
- Serviços são solicitados (respondidos) através de pontos específicos localizados nas interfaces entre as camadas, denominados de *Pontos de Acesso a Serviços* (SAP's - *Service Access Points*).
- A prestação de serviços é o que justifica a existência de uma camada.
- Uma camada (N) fornece serviços a uma camada (N+1) através da invocação de *primitivas de serviço* (ex: *connect, abort, data*).

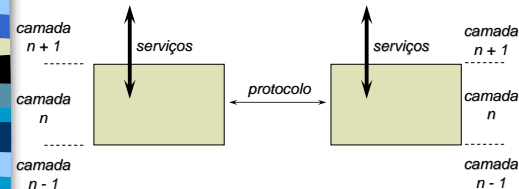
35

## Comunicação entre Camadas



36

## Comunicação entre Camadas Parceiras



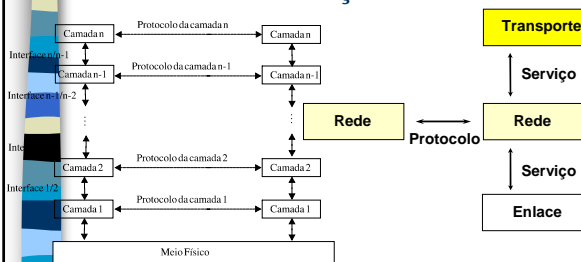
37

## Protocolos

- A comunicação entre camadas de mesmo número em nós distintos é feita através de *protocolos*.
- Protocolos são um conjunto de regras que governa a interação em sistemas distribuídos.
- Os protocolos existem como forma de viabilizar a prestação de serviços pelas camadas (protocolo = como).
- Para que dois parceiros se comuniquem eles devem especificar o mesmo protocolo.
- Serviços têm caráter "vertical", enquanto os protocolos têm caráter "horizontal".
- Os protocolos adicionam informações às primitivas gerando primitivas maiores.

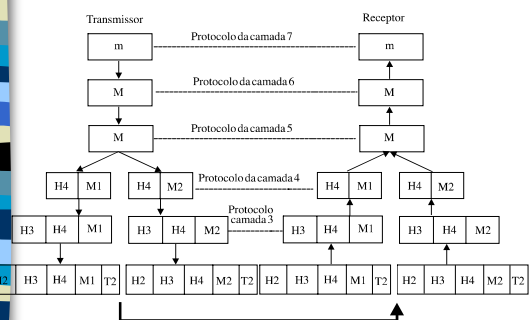
38

## Camadas Pares (Peer-to-Peer) Protocolos x Serviços



39

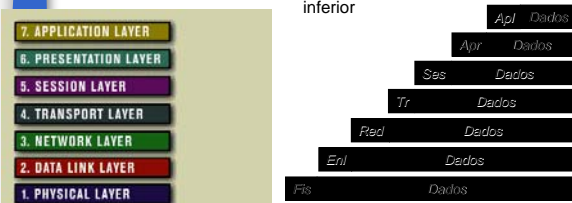
## Funcionamento



40

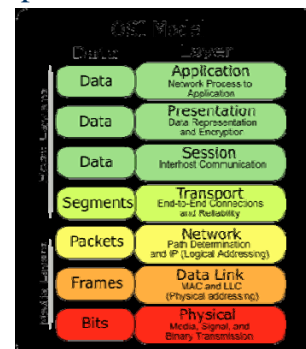
## Encapsulamento dos Dados

- Os serviços de uma camada recebem o respectivo protocolo e são passados, através do SAP, à camada inferior



41

## Encapsulamento dos Dados (cont.)



42

## Elementos de um Protocolo

### Sintaxe:

- Inclui aspectos como formato dos dados e níveis de sinal.

### Semântica:

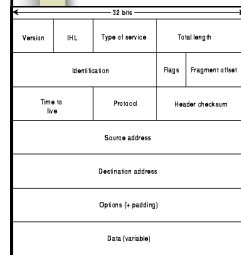
- Inclui informação de controle para coordenação e manipulação de erros.

### Temporização:

- Inclui aspectos temporais envolvidos na troca de dados entre transmissor e receptor.

43

## Exemplo – Protocolo IP



- Version – Versão do IP Utilizado – 4 bits
- IHL – Tamanho do cabeçalho IP – 4 bits
- Type of Service – Tipo do serviço – 8 bits
- Total Length – Tamanho total do pacote IP – 16 bits
- Identification – Número que identifica o Datagrama – 16 bits
- Flags e Fragment Offset – Indicador de fragmentação ou não da mensagem 3 ou 13 bits
- Time to Live – Estipula o tempo máximo que um pacote tem para encontrar o seu destino na rede – 8 bits
- Protocol – Especifica o protocolo do nível superior como o TCP ou UDP – 8 bits
- Header Checksum – Faz o controle de erros apenas do header (Cabeçalho) do pacote IP – 16 bits
- Source e Destination Address – Endereços de Origem e Destino do pacote IP – 32 bits cada
- Data – Dados efetivamente transportados – 1500 bytes para redes Ethernet

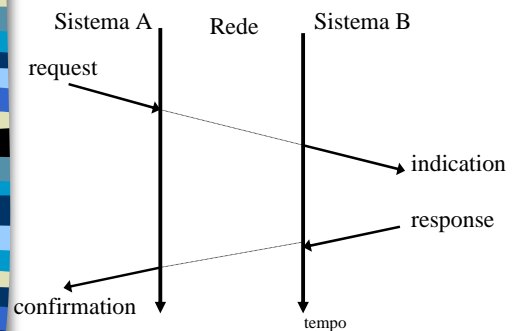
44

## Primitivas de Serviço

- Do ponto de vista abstrato, as primitivas, podem ser:
  - *Requisição*: quando um serviço é requisitado para ser desempenhado no parceiro.
  - *Resposta*: quando, uma vez desempenhado pelo parceiro, é gerada uma resposta ao serviço requisitado.
- As primitivas podem conter duas situações possíveis:
  - Primitivas de Requisição:
    - No instante em que é enviada para a rede: "*request*".
    - No instante que a requisição chega no parceiro: "*indication*".
  - Primitivas de Resposta:
    - No instante em que é enviada: "*response*".
    - No instante que chega no requisitante: "*confirmation*".

45

## Representação das Primitivas



46

## Grupos de Serviços

- Serviços confirmados:
  - São serviços que contêm as quatro fases da primitiva (*request*, *indication*, *response*, *confirmation*).
- Serviços não-confirmados:
  - São serviços que especificam apenas as fases de *request* e *indication*.

47

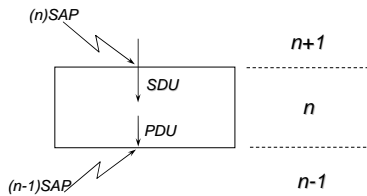
## PDU e SDU

- Quando uma camada (N+1) requisita um serviço à camada (N), neste instante ela está enviando um conjunto de *bytes* que pode ser dividido em:
  - Cabeçalho: a parte do protocolo da camada (N+1);
  - Conteúdo: a parte de dados da camada (N+1).
- PDU (*Protocol Data Unit*) = cabeçalho + conteúdo.
- A PDU da camada (N+1) se encaixa na parte de dados da camada (N).
- Assim que a PDU ultrapassa a fronteira entre as camadas (N+1) e (N) ela recebe um novo nome na camada (N): SDU (*Service Data Unit*)<sup>8</sup>



## PDU e SDU

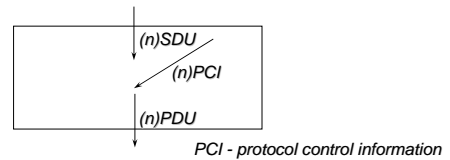
### Transformação da primitiva:



49

## PDU e SDU

$$(n)PDU = (n)SDU + (n)protocolo$$



50

## PDU e SDU

- Considerações arquiteturais
  - Uma SDU pode gerar várias PDUs
  - As camadas inferiores, devido às limitações dos meios de transmissão, são ricas em protocolo, mas pobres em serviço
    - Ex: O serviço disponível na camada física é suficiente para enviar bits
  - As camadas herdam facilidades das camadas inferiores

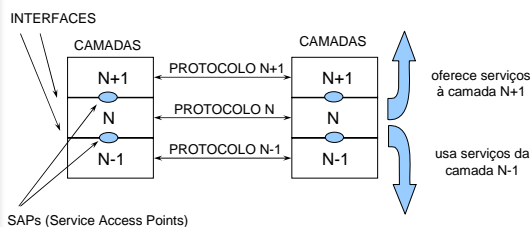
51

## Hierarquias de Protocolos

- Visa reduzir a complexidade do projeto, organizando a rede em uma série de níveis (camadas).
- O propósito de cada camada é oferecer serviços à camada imediatamente superior.

52

## Hierarquias de Protocolos



53

## Hierarquias de Protocolos

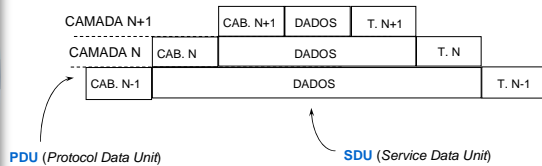
- A adoção de níveis simplifica a substituição de uma camadas por uma implementação completamente diferente.

54

## Princípios Básicos

### ◆ Envolvimento/Encapsulamento

- cabeçalhos
- mensagem



55

## Serviços x Protocolos

### ■ Relação entre Serviço e Protocolo ao longo do modelo



56

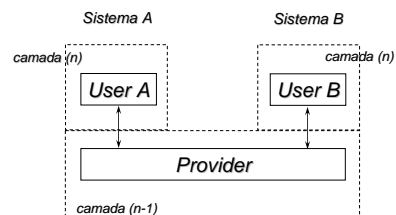
## Camadas User e Provider

- A camada (N) requisita serviços somente da camada imediatamente inferior (N-1); por essa razão, ela é dita usuária (*user*) dessa camada.
- Uma camada abstrai a existência das camadas mais inferiores, oferecendo a somatória das funcionalidades de todas as camadas inferiores.
- Por essa abstração, a camada (N) é dita provedora (*provider*) de serviços para a camada superior (N+1).
- O provimento de serviços abstrai, inclusive, o aspecto da comunicação com a camada parceira.
- Portanto, o *provider* oferece os *serviços* e a *conexão* da camada (N-1), a um usuário da camada (N).

57

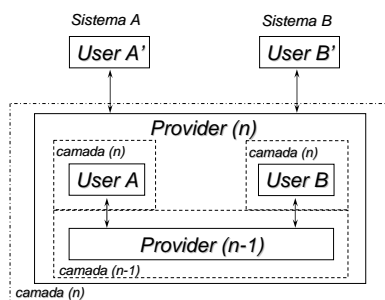
## Camadas User e Provider

(cont.)



58

## Visão Geral



59

## Camada ISO/OSI

Funcionalidade por Camada

60

## Camada Física - 1

- É a camada onde existe a Transmissão e Recepção do Sinal através dos diversos meios Físicos;
- Nesta camada é estabelecida a conexão física entre 02 máquinas ligadas em rede;
- Existem diversos padrões de camada física componentes e protocolos associados, ex.:
  - Placas de Rede;
  - Modems;
  - Protocolos RS 232 – C, Ethernet, Token Ring, FDDI, entre outros

61

## Camada de Enlace - 2

- Responsável pelo controle de transmissão de dados de ou para a Rede;
  - Avisa o micro emitente para retardar ou aumentar o número de pacotes, adequando o tráfego da rede.
  - Controla a integridade dos pacotes
- Endereça fisicamente os pacotes para as estações;
- Controle Ponto-Ponto com protocolos e interfaces:
  - HDLC;
  - Frame Relay;
  - PPP;
  - FDDI
  - 802.xx
  - ATM
- Decompõem o pacote em pacotes menores, variando de acordo com o tipo de rede ou protocolo adotado, ex, rede Ethernet obedece o 802.3;
- Especifica os tipos de protocolo que está transportando:
  - IP;
  - IPX e outros
- Envia os pacotes para a Camada Física – 1

62

## Camada Rede - 3

- Responsável pelo Endereçamento Lógico e estabelecimento de rotas;
  - TCP / IP
  - Empacota os dados;
  - Controle do Fluxo e Erros;
  - Controle de Retransmissões;

63

## Camada Transporte - 4

- Responsável pelo controle dos pacotes conferindo se todos os pacotes chegaram e remontando-os na mensagem original;
  - Identifica o tipo do pacote e onde deve ser enviado, chamado de Multiplexação
    - FTP - FTP
    - CHAT - CHAT
    - HTTP - HTTP
- Abertura e fechamento das Sessões entre usuários;
- Controla o fluxo entre Transmissor e Receptor
- Controla a retransmissão de mensagens não confirmadas nesta camada

64

## Camada de Sessão - 5

- Camada responsável pelo controle e estabelecimento da comunicação entre 02 máquinas;
  - Controle de Autenticação do Usuário (Logon)
  - Controle e Inicialização e Finalização de transações entre aplicativos
    - SQL
    - NFS
    - NetBios
  - Acesso as aplicações
- Associação de nomes lógicos aos endereços de hardware
- São funções desta camada:
  - Interprocess Dialog Control – Controle do Dialogo entre Processos – Defini com as 02 máquinas irão se comunicar
    - Full Duplex
    - Half Duplex
    - Simplex
  - Interprocess Recovery – Recuperação da Sessão – Controla o tráfego permitindo que na ocorrência de uma queda da rede, a Sessão seja reiniciada a partir do ponto onde houve a queda, economizando tempo na transmissão da nova informação
- Autenticação do Usuário

65

## Camada Apresentação - 6

- Responsável pela formatação dos dados, adequando-os aos vários tipos de máquinas e plataformas existentes.
  - Compressão e Descompressão de dados;
  - Conversão de Códigos
    - ASCII x EBCDIC
- Criptografia dos dados;
- Emulação de Terminais

66

## Camada de Aplicação - 7

- Responsável pela interface dos usuários:
  - Programas e Aplicativos;
    - Sistema Operacional
  - Transações que rodam no terminal do usuário
  - Banco de Dados
  - Aplicativos de redes:
    - Planilhas
    - Processadores de Texto
    - E-mail

67

## Nível Aplicação

- É a interface entre os processos usuários finais à rede, fornecendo serviços tais como correio eletrônico, bancos de dados distribuídos, transferência de arquivos e estabelecimento de sessões entre usuários.

68

## Nível Apresentação

- Provê a compatibilidade entre dois equipamentos, fazendo a conversão de códigos ou caracteres e a reformatação dos dados. É o “tradutor” da rede, garantindo que o computador está “falando” a linguagem correta (compressão, criptografia, conversão de padrões) para a rede em questão.

69

## Nível de Sessão

- Decide pela conexão entre dois processos, coordenando a sua interação. Trata de programas que rodam em máquinas isoladas para estabelecer a conversação entre elas. Estrutura os circuitos oferecidos pelo nível de transporte e realiza o controle do diálogo

70

## Nível de Transporte

- Divide os dados em pacotes e assegura que serão transmitidos com sucesso entre dois computadores, proporcionando uma comunicação fim-a-fim confiável. Se, por exemplo, os dados são enviados de maneira incorreta, esta camada tem a responsabilidade de pedir a sua retransmissão.

71

## Nível de Rede

- Estabelece, mantém e termina conexões lógicas, é responsável pela tradução de endereços lógicos ou nomes em endereços físicos (roteamento).

72

## Nível Enlace de Dados

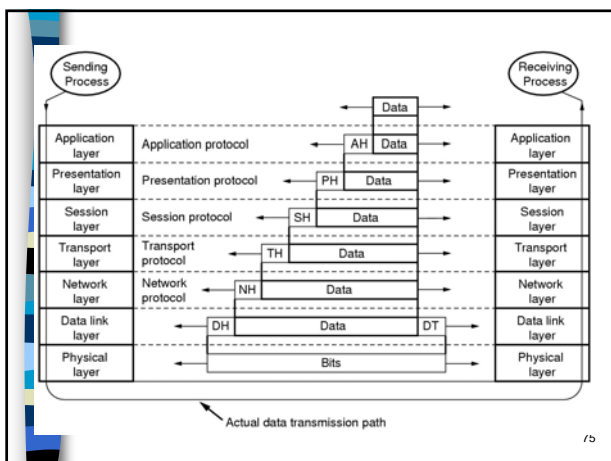
- Gerencia a transmissão, detectando e corrigindo erros na camada física, buscando obter um canal confiável (mais confiável do que ele já é).
- Separa as mensagens em quadros (*frames*), inserindo aspectos como sincronização, controle de erro e controle de fluxo.

73

## Nível Físico

- Descreve os procedimentos e características mecânicas, elétricas e funcionais. É responsável pela **transmissão de bits** de um ponto a outro.

74



75

## Redes de Computadores

### Arquitetura IEEE 802

76

## Arquitetura IEEE 802

- ◆ Arquitetura IEEE 802 é resultado da tentativa de estabelecer uma arquitetura padrão, nos moldes do RM-OSI/ISO, orientada para redes locais.
- ◆ Define somente padrões para os equivalentes níveis físico e de enlace do RM-OSI

77

## Arquitetura IEEE 802

- IEEE 802:
  - Conjunto de normas para LANs e MANs
  - Padrão adotado pelas seguintes organizações:
    - ANSI, NIST e ISO
  - é dividido em partes que são publicados como livros separadamente
- IEEE 802.1
  - Apresenta uma introdução ao conjunto de padrões e primitivas de interface

78

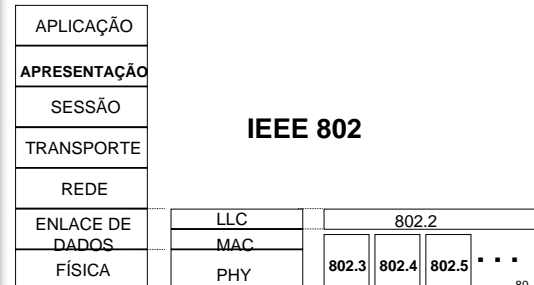
## Arquitetura IEEE 802

- IEEE 802.2: Logical Link Control
  - Descreve a parte superior da camada de interface e primitivas de interface
- Três padrões importantes para redes locais:
  - IEEE 802.3: CSMA/CD
  - IEEE 802.4: Rede em barramento
  - IEEE 802.5: Rede em anel

79

## Arquitetura IEEE 802

### RM-OSI/ISO



80

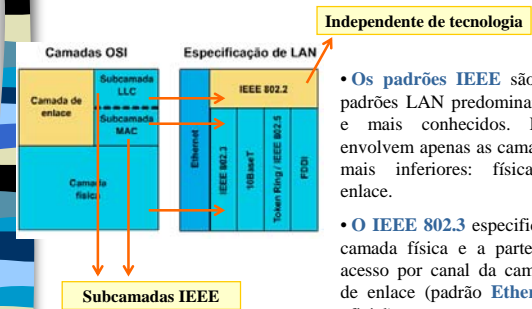
### Padrões de LAN

A **camada 1** executa um **papel-chave na comunicação** entre computadores, mas os seus esforços, sozinhos, não são suficientes. Cada uma de suas funções tem suas limitações. A **camada 2** trata dessas limitações.

Camada 1	Camada 2
não pode se comunicar com as camadas de nível superior	Logical Link Control (LLC)
não pode nomear ou identificar computadores	usa um processo de endereçamento
descreve apenas os fluxos de bits	usa o enquadramento para organizar ou agrupar os bits
não pode decidir que computador irá transmitir os dados binários de um grupo onde todos tentam transmitir ao mesmo tempo	Media Access Control (MAC)

81

### Padrões de LAN



- Os **padrões IEEE** são os padrões LAN predominantes e mais conhecidos. Eles envolvem apenas as camadas mais inferiores: física e enlace.
- O **IEEE 802.3** especifica a camada física e a parte do acesso por canal da camada de enlace (padrão **Ethernet** oficial).

82

### Padrões de LAN

- O **padrão IEEE** parece, à primeira vista, violar o modelo OSI.
- O **modelo OSI** é uma orientação geral amplamente aceita; o **IEEE** surgiu posteriormente para resolver os problemas surgidos após as redes terem sido criadas.
- **Padrão IEEE** : subcamadas LLC e MAC.
- O **padrão LLC do IEEE é independente do padrão LAN Ethernet 802.3**, e não mudará – não importa qual sistema de LAN seja utilizado. Os campos de controle do LLC servem para uso em todos os sistemas de LAN, e não apenas Ethernet, motivo pelo qual a subcamada LLC formalmente não faz parte das especificações do sistema IEEE 802.3.
- Todas as camadas abaixo da **subcamada LLC** são específicas da tecnologia de LAN individual em questão.

83

### Padrões de LAN

- O **IEEE criou a subcamada de enlace lógica** para permitir que a camada de enlace funcione independente das tecnologias existentes. A subcamada LLC da camada de enlace gerencia a comunicação entre os dispositivos em um único link de uma rede.
- O **LLC é definido na especificação IEEE 802.2** e suporta tanto **serviços sem conexão quanto serviços orientados por conexão**, usados por protocolos de camadas superiores.
- A **subcamada Media Access Control (MAC)** trata dos protocolos que um host segue para acessar os meios físicos

84

## IEEE 802.2 - LLC

- Logical Link Control
  - Padrões 802.{3,4,5,6} não oferecem uma comunicação confiável
  - Para alguns protocolos (e.g., IP) este tipo de serviço é suficiente

85

## IEEE 802.2 - LLC

- Padrão IEEE 802.2:
  - Provê um serviço de enlace com controle de erro e controle de fluxo
  - Esconde as diferenças entre os diversos protocolos definidos pelos padrões 802
  - Oferece um único formato e interface para a camada de rede

86

## IEEE 802.2 - LLC

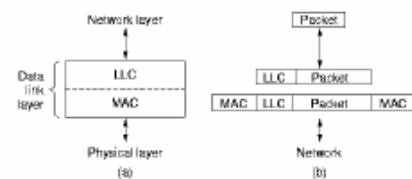


Fig. 4-33. (a) Position of LLC. (b) Protocol formats.

87

## IEEE 802.2 - LLC

- Provê três tipos de serviços:
  - Datagrama não confiável
  - Datagrama confirmado
  - Orientado a conexão confiável
  - Cabeçalho do LLC é baseado no HDLC
  - Diferentes formatos de quadros de dados e controle são usados dependendo do tipo de serviço usado

88

## Padrões de LAN

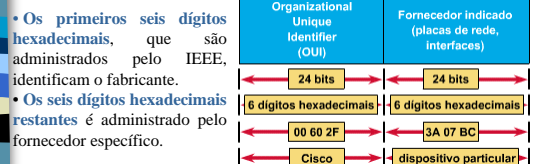
Resumindo, a **camada 2**

- se comunica com as camadas de nível superior através do **Logical Link Control (LLC)**.
- usa uma convenção de **endereçamento** simples.
- usa o **enquadramento** para organizar ou agrupar os dados.
- usa o **Media Access Control (MAC)** para escolher que computador transmitirá os dados binários, em um grupo onde todos os computadores estejam tentando transmitir ao mesmo tempo.

89

## Endereçamento MAC

- Os **endereços MAC** (ou físico) têm 48 bits de comprimento e são expressos com doze dígitos hexadecimais.



- Os **endereços MAC** são algumas vezes chamados de **burned-in addresses (BIAs)** porque eles são gravados na memória de apenas leitura (**ROM**) e são copiados na memória de acesso aleatório (**RAM**) quando a placa de rede é inicializada.

- Use o comando **ipconfig -all** para ver o endereço MAC da placa do seu computador. Exemplo: 00-0B-DB-E0-5A-F5.

90

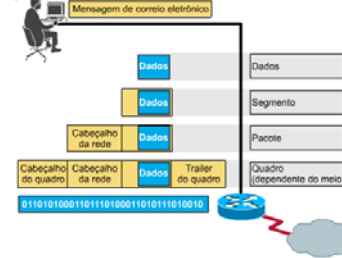
## Endereçamento MAC



- Antes de sair da fábrica, o fabricante do hardware atribui um endereço físico a cada placa de rede. **Esse endereço é programado em um chip na placa de rede.** Como o endereço MAC está localizado na placa de rede, se a placa de rede fosse trocada em um computador, o endereço físico da estação mudaria para o novo endereço MAC.
- **Em uma rede Ethernet**, quando um dispositivo quer enviar dados para outro dispositivo, ele pode abrir um caminho de comunicação com o outro dispositivo usando o seu endereço MAC. **Quando uma origem envia dados em uma rede**, os dados carregam o endereço MAC do destino pretendido. **Como esses dados trafegam pelos meios da rede**, a placa de rede em cada dispositivo na rede verifica se o seu endereço MAC corresponde ao endereço de destino físico carregado pelo pacote de dados.

91

## Endereçamento MAC

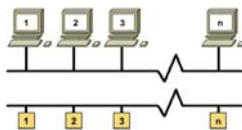


Uma parte importante do **encapsulamento** e do **desencapsulamento** é a adição de endereços MAC de origem e de destino. As informações não podem ser enviadas ou entregues corretamente em uma rede sem esses endereços.

92

## Endereçamento MAC

**Endereços MAC: Um esquema de endereçamento sem hierarquia**



**Os endereços MAC têm uma desvantagem:** não têm estrutura e são considerados espaços de endereço contínuos.

93

## Enquadramento

O **enquadramento** ajuda a obter as informações essenciais que não poderiam, de outra forma, ser obtidas apenas com fluxos de bit codificados. **Exemplos dessas informações são:**

- que computadores estão se comunicando entre si
- quando a comunicação entre computadores individuais começa e quando termina
- um registro dos erros que ocorreram durante a comunicação
- de quem é a vez de "falar" em uma "conversa" entre computadores

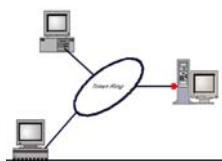
Tamanho dos campos, em bytes					
A	B	C	D	E	F
Campo Iniciar quadro	Campo Endereço	Campo Tipo/Tamanho	Campo Dados	Campo FCS	Campo Parar quadro

**Formato Genérico**

94

## MAC (Media Access Control)

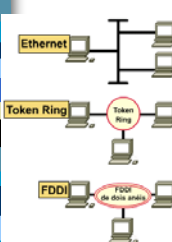
- O Media Access Control (MAC) refere-se a protocolos que determinam que computador em um ambiente de meios compartilhados (domínio de colisão) tem permissão para transmitir dados.
- **Há duas grandes categorias de Media Access Control:** determinística (revezamento) e não determinística (primeiro a chegar, primeiro a ser servido).
- Exemplo de protocolo determinístico: token ring.
- Exemplo de protocolo não determinístico: Aloha  $\Rightarrow$  CSMA/CD (Detecção de Portadora Para Múltiplo Acesso com Detecção de Colisão).



95

## Tecnologias da camada 2

### Tecnologias comuns da camada 2

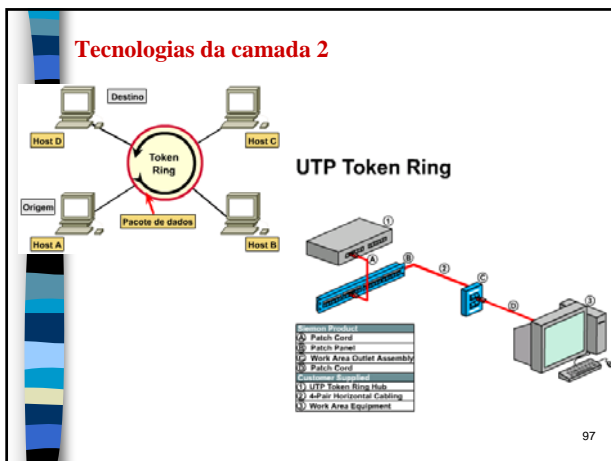


- **Ethernet** - topologia de barramento lógico (o fluxo de informações acontece em um barramento linear) e estrela física ou estrela estendida (cabeada como uma estrela)
- **Token Ring** - topologia em anel lógica (ou seja, o fluxo de informações é controlado em um anel) e uma topologia em estrela física (ou seja, é cabeada como uma estrela)
- **FDDI** - topologia em anel lógica (o fluxo de informações é controlado em um anel) e topologia em anel duplo (cabeada como um anel duplo)

96

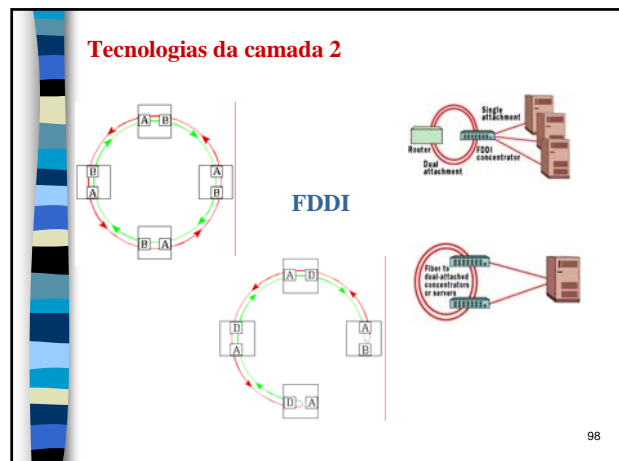


## Tecnologias da camada 2



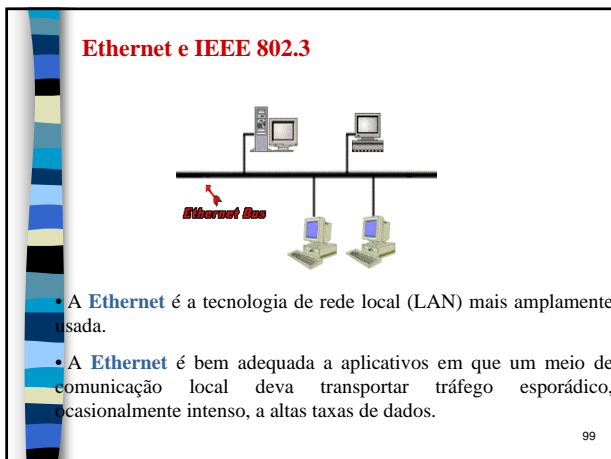
97

## Tecnologias da camada 2



98

## Ethernet e IEEE 802.3



- A **Ethernet** é a tecnologia de rede local (LAN) mais amplamente usada.
- A **Ethernet** é bem adequada a aplicativos em que um meio de comunicação local deva transportar tráfego esporádico, ocasionalmente intenso, a altas taxas de dados.

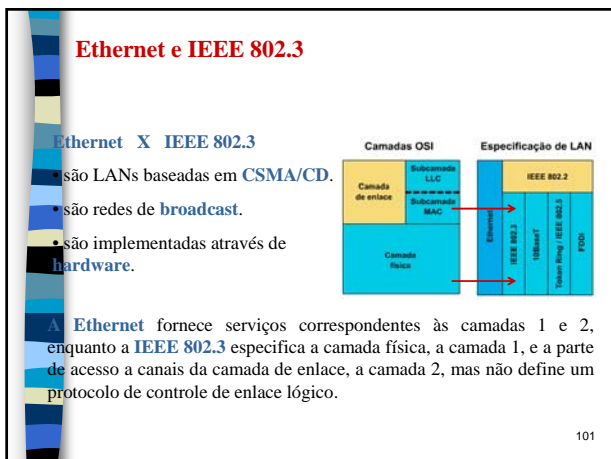
99

## Ethernet e IEEE 802.3

- O nome **Ethernet** descreve um recurso essencial do sistema: o meio físico, da mesma forma que o antigo conceito de que "espaço luminoso" (**ether**) propagava ondas eletromagnéticas pelo espaço.
- O **Palo Alto Research Center (PARC)**, da **Xerox Corporation**, desenvolveu o primeiro sistema **Ethernet** experimental no início dos anos 70. Isso foi usado como base para a especificação 802.3 do IEEE, lançada em 1980. Logo após a especificação 802.3 de 1980 da IEEE, a **Digital Equipment Corporation**, a **Intel Corporation** e a **Xerox Corporation** desenvolveram conjuntamente e lançaram uma especificação **Ethernet**, versão 2.0, que foi **substancialmente compatível** com a **IEEE 802.3**. Juntas, a Ethernet e a IEEE 802.3 detêm atualmente a maior fatia de mercado de todos os protocolos LAN.
- Hoje, o termo **Ethernet** é frequentemente usado para se referir a todas as LANs baseadas em **CSMA/CD** (**Carrier sense multiple access/collision detect**) que normalmente estão em **conformidade com as especificações Ethernet**, incluindo a especificação **IEEE 802.3**.

100

## Ethernet e IEEE 802.3



101

## Ethernet e IEEE 802.3

### Árvore da família Ethernet

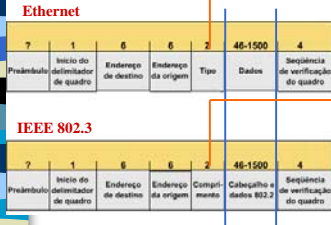
Tipo	Médio	Bandwidth máxima	Comprimento máximo do segmento	Topologia física	Topologia lógica
10Base5	Coaxial grosso	10 Mbps	500 m	Barramento	Barramento
10Base-T	Cat 5 UTP	10 Mbps	100 m	Estrela; estrela estendida	Barramento
10Base-FL	Fibra óptica multimodo	10 Mbps	2000 m	Estrela	Barramento
100Base-TX	UTP Cat 5	100 Mbps	100 m	Estrela	Barramento
100Base-FX	Fibra óptica multimodo	100 Mbps	2000 m	Estrela	Barramento
1000Base-T	UTP Cat 5	1000 Mbps	100 m	Estrela	Barramento

Existem pelo menos 18 variedades de **Ethernet** especificadas ou em processo de especificação.

102

## Ethernet e IEEE 802.3

### Formatos de quadro Ethernet e IEEE 802.3



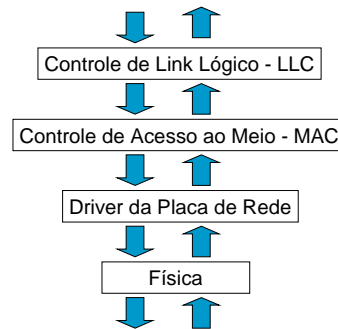
especifica o protocolo da camada superior

indica o número de bytes de dados que vêm depois desse campo

Os cabeçalhos das duas versões possuem o mesmo tamanho

103

## Representação Real



Cabo 104

## Arquitetura IEEE 802

- **Padrão 802.1:** introduz o conjunto de padrões e define as primitivas de interface.
- **Padrão 802.2:** descreve a parte superior da camada de enlace, que usa o protocolo LLC (*Logical Link Control*).
- **Os padrões 802.3 até 802.5** definem padrões para LANs.

105

## 802.2 - LLC

- Controla erros e fluxo a nível de enlace.
- Fornece uma interface comum que esconde as diferenças entre as diferentes redes 802:
  - 802.3 - Ethernet
  - 802.4 - Token Bus
  - 802.5 - Token Ring
  - 802.6 - Distributed Queue Dual Bus - DQDB

106

## LLC - Controle de Link Lógico

- Permite que mais de um protocolo seja usado acima dela (nível de rede).
- Adiciona ao dado recebido, informações de quem o enviou (protocolo), para que no receptor, a camada LLC, consiga entregar ao seu protocolo de destino.

107

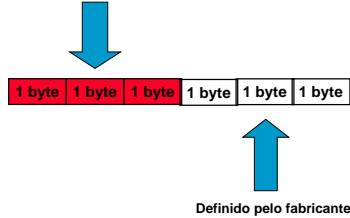
## MAC - Controle de Acesso ao Meio

- Define o uso de um endereço MAC em cada placa de rede (*hardware*).
- Endereço único, representado por números em hexadecimal.
- No quadro enviado a rede, a MAC, inclui o endereço de origem e destino.

108

## Endereço MAC

Código OUI - *Organizationally Unique Identifier*  
(indica quem é o fabricante)



109

## Controle de Acesso ao Meio

- Outra função é controlar o uso do cabo.
- Utiliza um *driver* para acessar a camada física (*driver* da placa).

110

## Padrões IEEE 802

	TOPOLOGIA		MÉTODO DE
	FÍSICA	LÓGICA	ACESSO
802.3	BUS/ESTRELA	BUS	CSMA/CD
802.4	BUS	ANEL	TOKEN PASS.
802.5	ANEL/ESTRELA	ANEL	TOKEN PASS.
802.6	ESTRELA/BUS	BUS	DQDB
...			

111

## Redes de Computadores

### Modelo TCP/IP

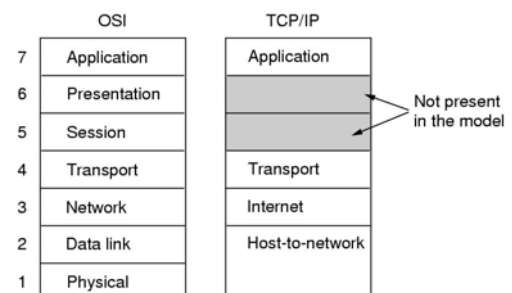
112

## Arquitetura Internet TCP/IP

- ◆ DARPA - *Defense Advanced Research Projects*
- ◆ TCP/IP (*Transmission Control Protocol/Internet Protocol*)
  - Objetivo: interconexão e coexistência de redes (LANs, MANs e WANs heterogêneas)
  - Baseado no RM-OSI/ISO
  - cobre níveis mais altos que a arquitetura IEEE 802
  - Não se trata de um órgão de padronização
  - Padrão “de mercado” para interconectividade

113

## Modelo TCP/IP



## Redes de Computadores

### A Camada Física Transmissão de Sinal

115

## Base Teórica da Comunicação

- Informações – Podem ser transmitidas em fios, variando-se propriedades físicas como voltagem e corrente.
  - Por exemplo: se representamos uma voltagem como uma função do tempo  $f(t)$  é possível definir um modelo para o comportamento do sinal e analisá-lo matematicamente.

116

## Análise de Fourier (1904)

- Qualquer função  $g(t)$  periódica com o período  $T$  pode ser escrita como uma soma de senos e cossenos.
  - Isso significa que qualquer função periódica pode ser decomposta em uma soma de funções senoidais e co-senoidais, mais simples:

117

## Análise de Fourier (1904)

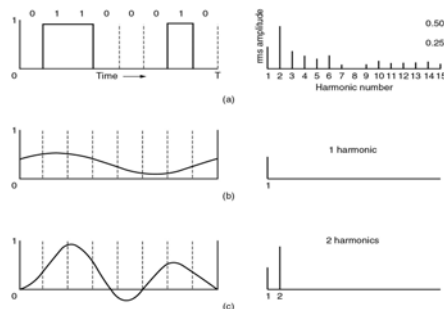
$$g(t) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=1}^{\infty} a_n \sin(2\pi nft) + \sum_{n=1}^{\infty} b_n \cos(2\pi nft), \text{ onde}$$

$f = 1/T$  (frequência fundamental)

$a_n, b_n$  são as amplitudes dos senos e co-senos da  $n$ -ésima harmônica.

Para qualquer  $g(t)$ ,  $a$ ,  $b$  e  $c$  podem ser calculados → "Termos de Fourier"

118



2-1 A binary signal and its root-mean-square Fourier amplitudes.  
(b) – (c) Successive approximations to the original signal.

119

## Transmissão de Sinal

A propagação de ondas através de um meio físico (ar, fios metálicos, fibra de vidro) que podem ter suas características (amplitude, frequência, fase) alteradas no tempo para refletir a codificação da informação transmitida.

120

A informação está associada, em geral, às idéias ou dados manipulados pelos agentes que as criam, manipulam e processam.

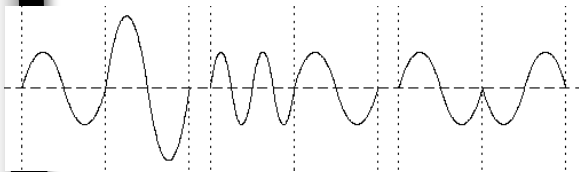
Sinais correspondem à materialização específica dessas informações, utilizada no momento da transmissão.

121



Sinal Analógico

122



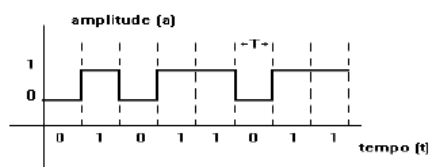
Modulação em Amplitude, Frequência, Fase

123

## Sinal Digital

A sequência de pulsos com amplitude fixa (em valores discretos), na qual o sinal é construído através de uma sequência de intervalos de tamanho fixo iguais a  $T$  segundos, chamados intervalos de sinalização.

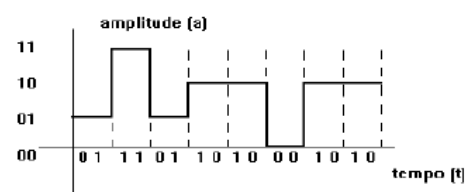
124



Sinal Digital

125

Em um intervalo de sinalização ( $T$ ) um ou mais bits podem ser transmitidos



Sinal Digital - Dibit

126

## Banda Passante de um Sinal

Intervalo de frequências que compõe o sinal.

127

## Largura de Banda

Tamanho da banda passante (diferença entre a MAIOR e a MENOR frequência da banda passante).

128

## Largura de Banda

- A transmissão ocasiona perda de energia no processo. As perdas ocorrem de maneira diferente para diferentes harmônicas, o que insere distorção.
- Normalmente, as frequências são transmitidas sem alterações até uma determinada frequência **fc**.
- O limite **fc**, muitas vezes é devido à propriedades físicas do meio.
- No caso de linhas telefonicas comuns, **fc=3KHz**
- "BAUD" é o número de vezes que um sinal pode mudar por segundo em uma linha de comunicação.

129

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Meios de transmissão – perda de sinal durante o processo de transmissão:
  - A atenuação não é a mesma para todas as frequências.
  - Coeficientes da série de Fourier **não** são igualmente reduzidos.
  - Causa distorção no sinal.

130

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Normalmente – Existe transmissão desde 0 até uma frequência **fc** (frequência de corte), sendo que todas as frequências acima desta são atenuadas (propriedades físicas ou filtros atenuadores que limitem a largura de banda)

131

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- O tempo **T** necessário à transmissão do caractere depende do método de codificação e da velocidade de amostragem – número de vezes por segundo que o sinal muda seu valor (tem uma variação na voltagem)
- Esse número de mudanças é o **baud rate**.

132

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Uma linha de **b** bauds **não** transmite necessariamente **b** bits/seg – cada sinal pode transmitir diversos bits – depende da codificação.
- Exemplo: se voltagens compreendidas entre 0 e 7 volts forem usadas, cada valor do sinal poderia ser usado para transportar 3 bits e, desta forma a taxa de bits seria 3 vezes maior que a taxa de bauds.

133

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- No nosso caso – usamos somente 0's e 1's (volts), então a taxa de bits é igual a taxa de baud.
- Se a taxa é de **b** bits/s – então o **tempo** de envio de 8 bits é de  $(8/b)$  seg = T (período)
- Frequência da Primeira Harmônica é de  $b/8\text{Hz}$  ( $f=1/T$  Hz)

134

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Linha telefonica comum (voz) – **fc** artificialmente introduzida de aproximadamente 3.000 Hz (em geral os telefones transmitem frequências entre 400 e 3.400 Hz)
- Número de harmônica mais alta transmitida é de  $3.000/b/8 = 24.000/b$  onde **b** é a taxa em bits/s  
isto significa que este é o maior número possível de harmônicas

135

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Para transmitir 9600bps, a harmônica mais alta será:  $24000/9600 = 2,5$  aproximadamente 2 harmônicas.
- Para transmitir a 28800 bps –  $24000/28800 = 0,83$  aproximadamente 0 harmônicas. **(não é possível transmitir – inviabiliza a transmissão)**

136

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Relação entre taxa de dados e harmônicas

Bps	T (msec)	First harmonic (Hz)	# Harmonics sent
300	26.67	37.5	80
600	13.33	75	40
1200	6.67	150	20
2400	3.33	300	10
4800	1.67	600	5
9600	0.83	1200	2
19200	0.42	2400	1
38400	0.21	4800	0

137

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Quando se tenta fazer a transmissão a 9600 bps através de uma linha de voz, o modelo sugerido na Fig 2.1 (a) assume a forma do 2.1(c) – **dificulta ou impossibilita a recepção do fluxo original de bits.**

138

## Sinais Limitados pela Largura de Banda

- Para taxas mais altas – não há possibilidade de que todos os sinais sejam binários, mesmo sem ruídos na linha.
- Em resumo: limitando-se a *Largura de Banda*, limita-se a taxa de dados, mesmo nos canais sem ruídos.
- Entretanto – sofisticados esquemas de codificação que usam diversos níveis de voltagem possibilitam a existência e a utilização de taxas de dados mais altas (visto mais adiante)

139

**baud:** número de intervalos de sinalização por segundo.

Se

- 1 bit em 1 T  $\Rightarrow 2^1$  níveis de sinalização;
- 2 bits em 1 T  $\Rightarrow 2^2$  níveis de sinalização (dibit);
- 3 bits em 1 T  $\Rightarrow 2^3$  níveis de sinalização (tribit);
- ...
- n bits em 1 T  $\Rightarrow 2^n$  níveis de sinalização;

Então

$L$  níveis de sinalização  $\Rightarrow \log_2(L)$  bits / nível de sinalização

140

Assim,

$1 \text{ baud} = \log_2(L) \text{ bits por segundo}$

141

## Teorema de Nyquist

Taxa de transmissão máxima de um canal sem ruído.

Em 1924 H. Nyquist provou que se um sinal arbitrário é transmitido por um canal de largura de banda de  $W$  Hz, o sinal resultante da transmissão pode ser totalmente reconstituído no receptor através da amostragem do sinal transmitido a uma frequência mínima de  $2 W$  Hz (que também é a máxima recomendada).

142

Para transmissão digital isso implica que o nível de sinalização (mudanças de amplitude do sinal) não pode ser maior que  $2 W$  Hz.

Ou seja, em um canal digital de  $W$  Hz de banda, transmite-se no máximo  $2 W$  bauds.

143

Como

$1 \text{ baud} = \log_2(L) \text{ bps}$

Então a capacidade máxima de um canal digital (na ausência de ruído) é:

$C = 2 W \log_2(L) \text{ bps}$

144



## Ruído

Em qualquer transmissão, o sinal recebido é sempre igual ao sinal transmitido modificado por distorções impostas pelos meios físicos e por distorções inseridas através de interferências indesejáveis ou ruídos (maior limitação no desempenho dos sistemas de comunicação).

145

## Ruído

O ruído é medido pela razão entre a potência do sinal (S) e a potência do ruído (N), chamada de razão (ou relação) sinal/ruído (S/N).

Em geral se usa o valor que se denomina decibel (dB).

$$10 \log_{10} (S/N)$$

146

## Ruído pode ser:

**Térmico:** causado pela agitação dos elétrons nos condutores, presente em todos os dispositivos eletrônicos e meios de transmissão, sendo uniformemente distribuído em todas as frequências do espectro (ruído branco) com quantidade definida em função da temperatura.

**Intermodular:** causado pelo compartilhamento de um mesmo meio físico (através de multiplexação de frequência) por sinais de diferentes frequências. Ocorre em geral devido a defeitos de equipamento ou na presença de sinais de potência muito alta.

147

## Ruído pode ser:

**Crosstalk:** causado pela interferência indesejável entre condutores muito próximos que induzem sinais entre si, por exemplo: linhas telefônicas cruzadas, cabos de pares trançados em redes Ethernet.

**Impulsivo:** pulsos irregulares de grande amplitude, não contínuos e de difícil prevenção. Tem origem em várias fontes: distúrbios elétricos externos, falha de equipamento, entre outros. Na transmissão analógica, sendo de curta duração, não causam danos. Na transmissão digital são a maior causa de erros.

148

## Lei de Shannon

Taxa de transmissão máxima de um canal com ruído térmico.

Em 1948, Claude Shannon provou que a taxa de transmissão máxima de um canal, na presença de ruído térmico é:

$$C = W \log_2 (1 + S/N) \text{ bps}$$

onde W é a largura de banda e S/N a relação sinal ruído.

149

## Outros Parâmetros

**Atenuação:** queda de potência de um sinal em função da distância de transmissão e do meio físico.

**Eco:** reflexão de sinal quando há mudança da impedância (resistência à passagem de um sinal alternado) do meio de transmissão.

150