

# Redes de Computadores

## Introdução

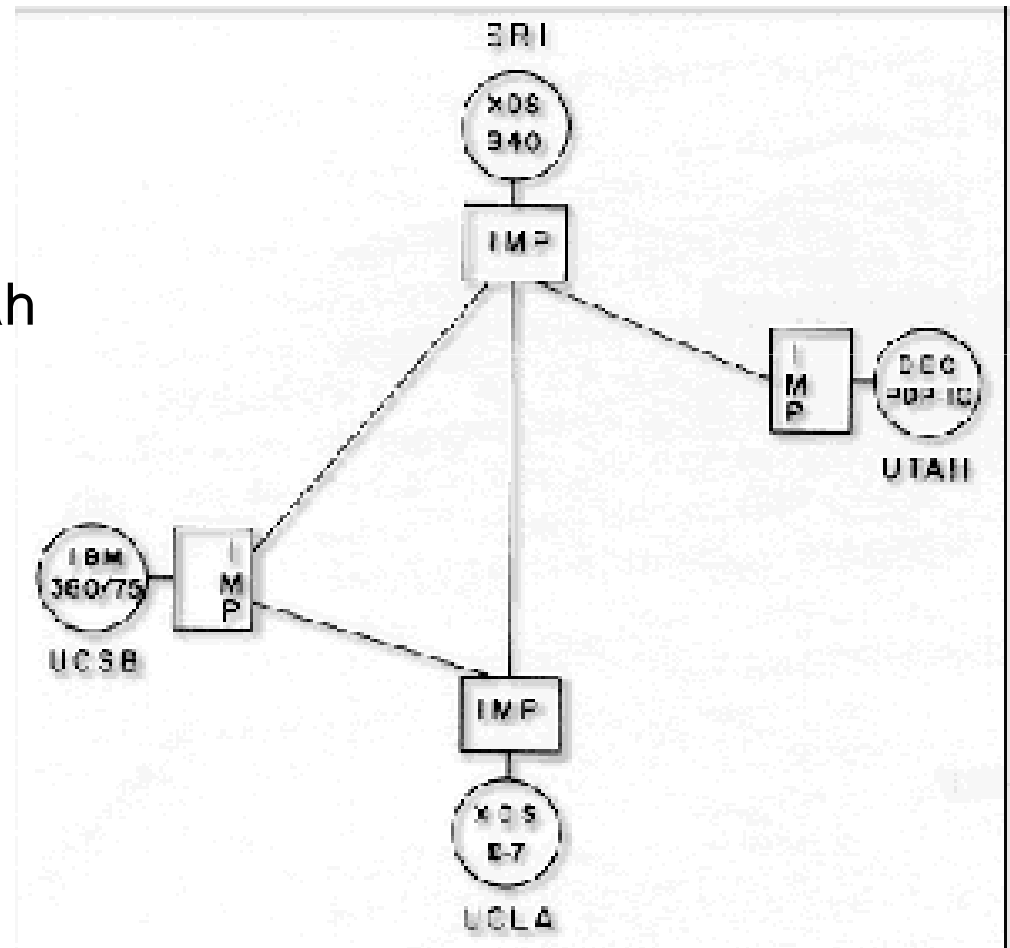
Luiz Filipe Menezes Vieira  
lfvieira@dcc.ufmg.br

Departamento de Ciência da Computação  
Universidade Federal de Minas Gerais



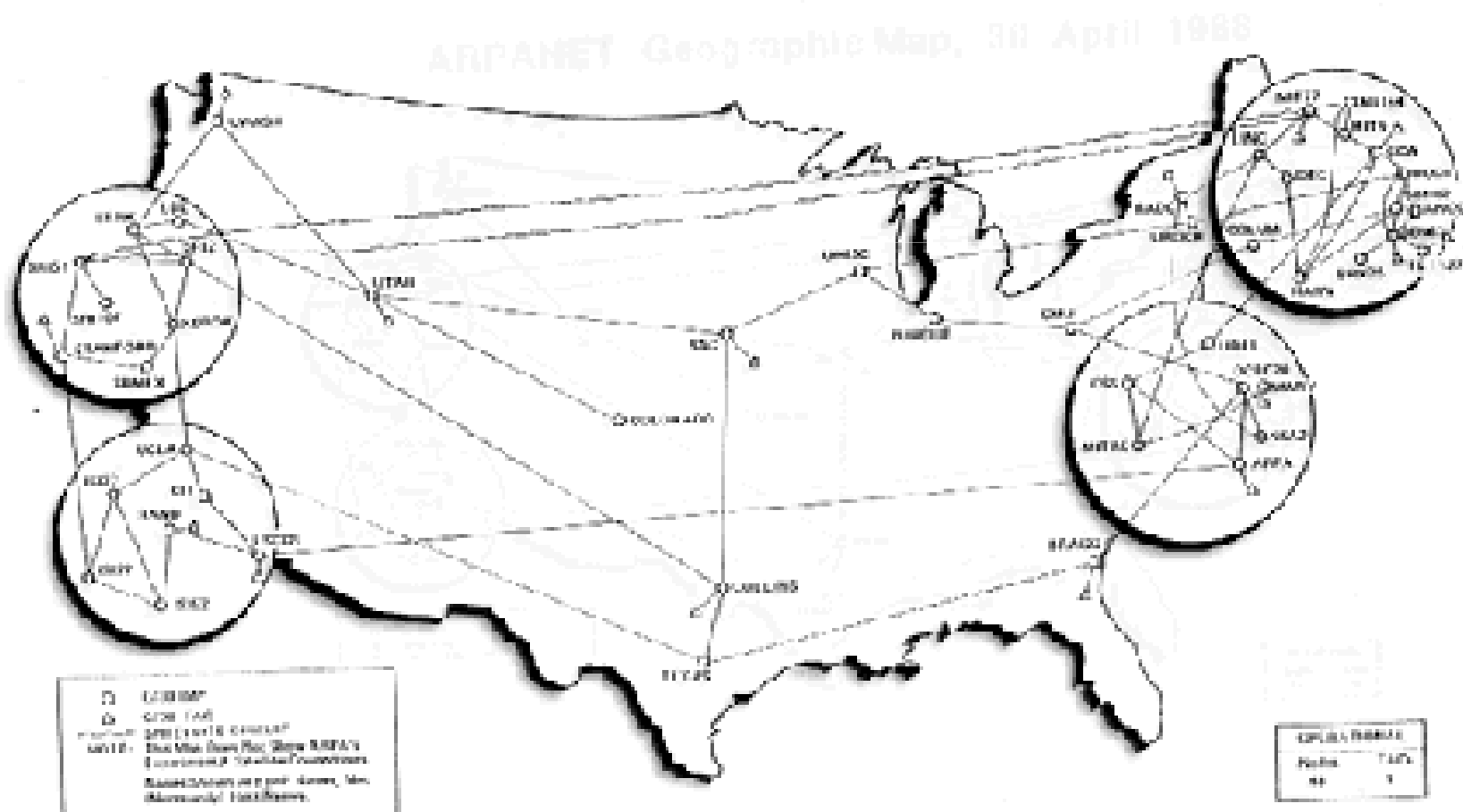
# Evolução da Arpanet (1969)

Os quatro primeiros nós instalados nas seguintes instituições: UCLA (1/9/1969), SRI, UC Santa Barbara e University of Utah

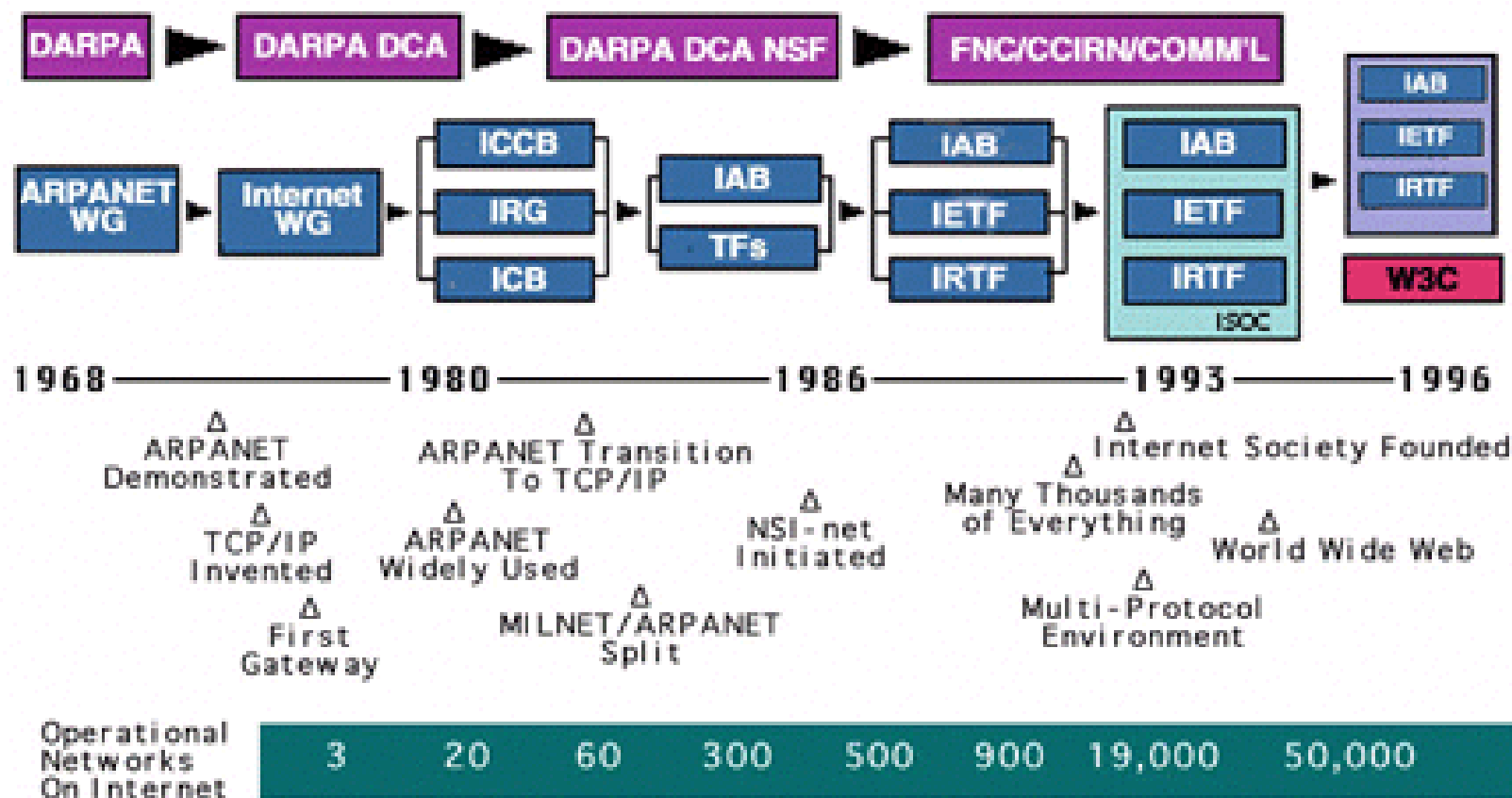


# Evolução da Arpanet (1987)

ARPANET Geographic Map, 31 October 1987



# Evolução da Internet



A Brief History of the Internet

<http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>

# Alguns fatos sobre a Internet

- O que é:
  - ◆ Uma rede de redes. Tipicamente redes locais ligadas a uma sub-rede de comunicação ponto-a-ponto
  - ◆ *The Federal Networking Council (FNC) agrees that the following language reflects our definition of the term "Internet". "Internet" refers to the global information system that -- (i) is logically linked together by a globally unique address space based on the Internet Protocol (IP) or its subsequent extensions/follow-ons; (ii) is able to support communications using the Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP/IP) suite or its subsequent extensions/follow-ons, and/or other IP-compatible protocols; and (iii) provides, uses or makes accessible, either publicly or privately, high level services layered on the communications and related infrastructure described herein.*  
Fonte: <http://www.isoc.org/internet/history/brief.shtml>
- Distribuição geográfica:
  - ◆ Está presente em todos os continentes

# Alguns fatos sobre a Internet

## ■ Coordenação:

- ◆ Internet Society (<http://www.isoc.org>)
- ◆ Cada país/organização é responsável por sua própria rede



## ■ Padrões (publicados como RFCs):

- ◆ Internet Engineering Task Force (<http://www.ietf.org>)
- ◆ Aplicações: Web Consortium (<http://www.w3.org/>)



# Alguns fatos sobre a Internet



- ICANN (Internet Corporation for Assigned Names and Numbers)
  - ◆ *ICANN is responsible for the global coordination of the Internet's system of unique identifiers. These include domain names (like .org, .museum and country codes like .UK), as well as the addresses used in a variety of Internet protocols. Computers use these identifiers to reach each other over the Internet. Careful management of these resources is vital to the Internet's operation, so ICANN's global stakeholders meet regularly to develop policies that ensure the Internet's ongoing security and stability.*

# Alguns fatos sobre a Internet



## ■ IANA (Internet Assigned Numbers Authority) Generic Top-Level Domains

- The [.aero domain](#) is reserved for members of the air-transport industry and is sponsored by [Société Internationale de Télécommunications Aéronautiques \(SITA\)](#).
- The [.asia domain](#) is restricted to the Pan-Asia and Asia Pacific community and is operated by [DotAsia Organisation](#).
- The [.biz domain](#) is restricted to businesses and is operated by [NeuLevel, Inc.](#)
- The [.cat domain](#) is reserved for the Catalan linguistic and cultural community and is sponsored by [Fundació puntCat](#)
- The [.com domain](#) is operated by [VeriSign Global Registry Services](#).
- The [.coop domain](#) is reserved for cooperative associations and is sponsored by [Dot Cooperation LLC](#).
- The [.info domain](#) is operated by [Afilias Limited](#).
- The [.jobs domain](#) is reserved for human resource managers and is sponsored by [Employ Media LLC](#).
- The [.mobi domain](#) is reserved for consumers and providers of mobile products and services and is sponsored by [mTLD Top Level Domain, Ltd.](#)
- The [.museum domain](#) is reserved for museums and is sponsored by the [Museum Domain Management Association](#).
- The [.name domain](#) is reserved for individuals and is operated by [Global Name Registry](#).
- The [.net domain](#) is operated by [VeriSign Global Registry Services](#).
- The [.org domain](#) is operated by [Public Interest Registry](#). It is intended to serve the noncommercial community, but all are eligible to register within .org.
- The [.pro domain](#) is restricted to credentialed professionals and related entities and is operated by [RegistryPro](#).
- The [.tel domain](#) is reserved for businesses and individuals to publish their contact data and is sponsored by [Telnic Ltd.](#)
- The [.travel domain](#) is reserved for entities whose primary area of activity is in the travel industry and is sponsored by [Tralliance Corporation](#).

Registrations in the domains listed above may be made through dozens of competitive registrars. For a list of the currently operating accredited registrars, go to the [InterNIC site](#). Information about becoming an accredited registrar is available on the [ICANN site](#).

- The [.gov domain](#) is reserved exclusively for the United States Government. It is operated by the [US General Services Administration](#).
- The [.edu domain](#) is reserved for postsecondary institutions accredited by an agency on the U.S. Department of Education's list of Nationally Recognized Accrediting Agencies and is registered only through [Educause](#).
- The [.mil domain](#) is reserved exclusively for the United States Military. It is operated by the [US DoD Network Information Center](#).
- The [.int domain](#) is used only for registering organizations established by international treaties between governments. It is operated by the [IANA .int Domain Registry](#).

<http://www.iana.org/gtld/gtld.htm>



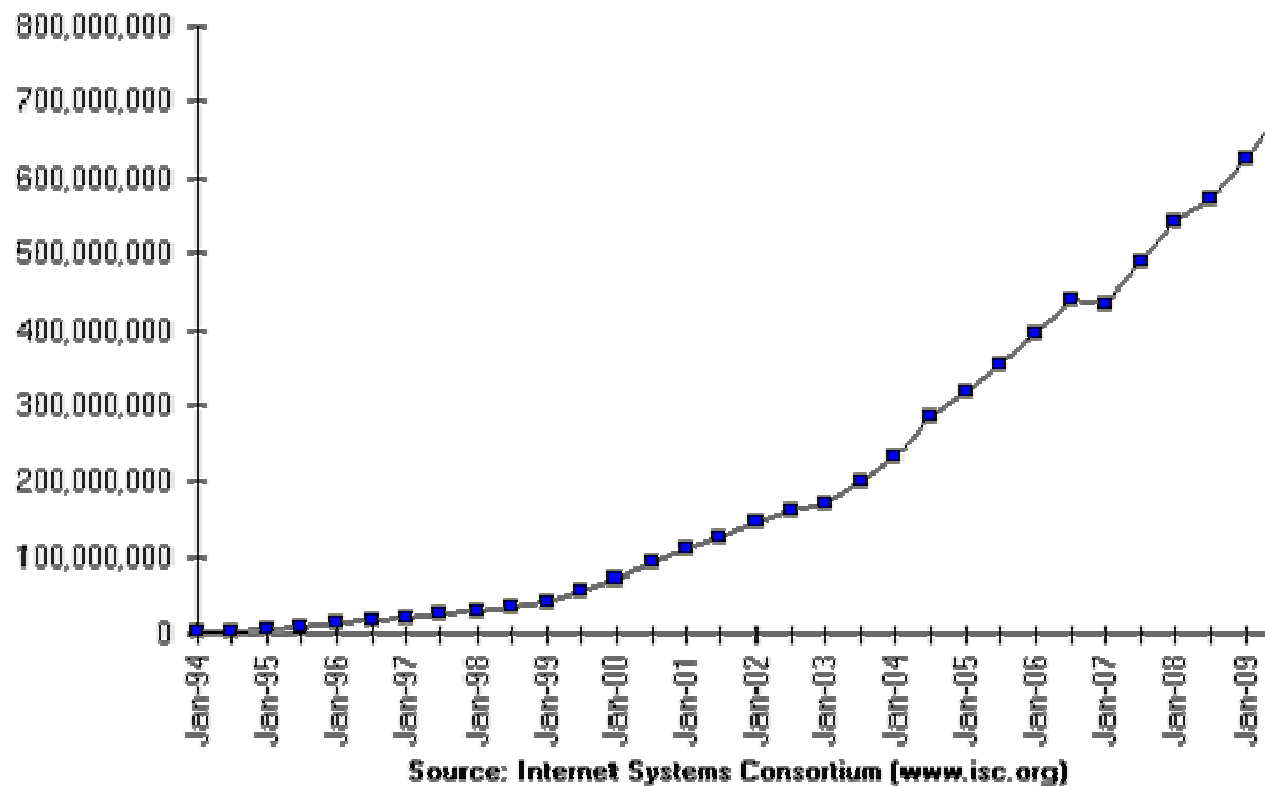


# Alguns fatos sobre a Internet

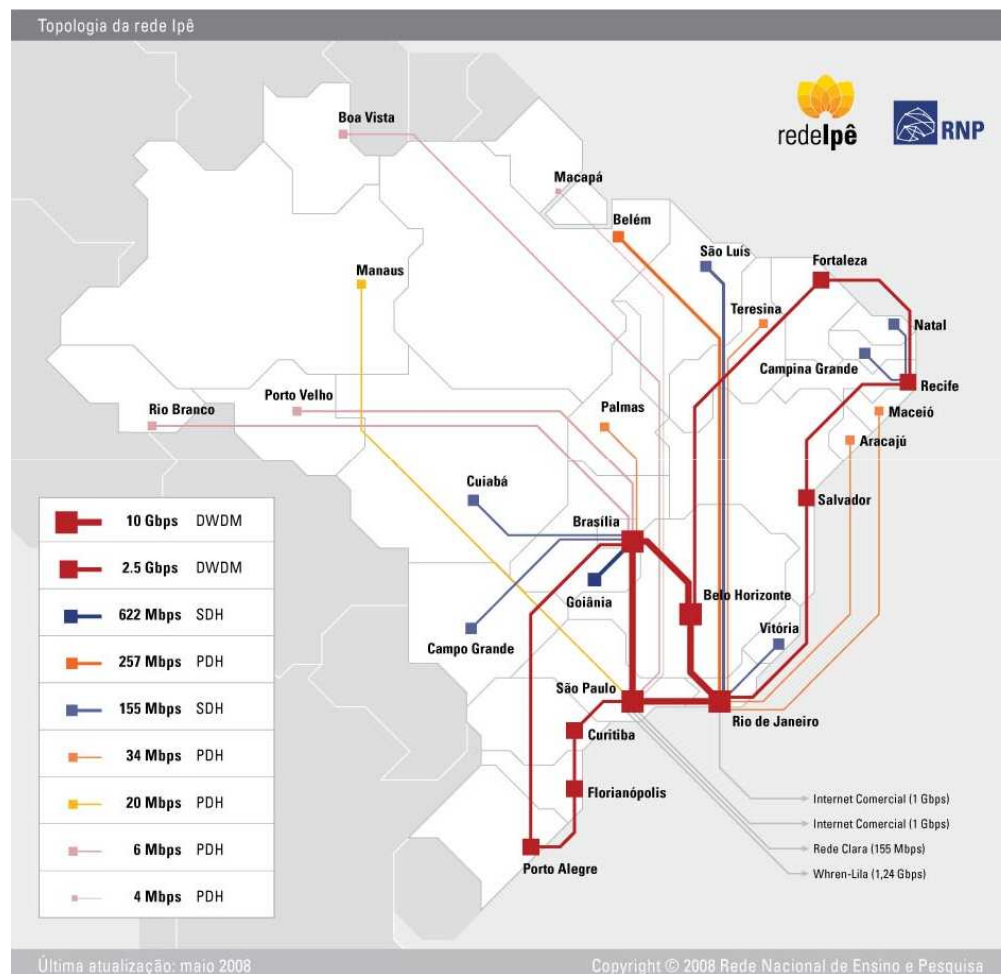
- Comunicação entre computadores:
  - ◆ É feita usando um endereçamento – *IP address*, que é hierárquico (versão 4 ou IPv4)
  - ◆ Existem duas formas: nome e número (equivalentes)
  - ◆ IPv6 possui estrutura diferente

# Evolução e tendência de crescimento da Internet

Internet Domain Survey Host Count



# Backbone rede Ipê (RNP)



Maio 2008

O backbone da rede Ipê foi projetado para atender a certos requisitos técnicos, garantindo a largura de banda necessária ao tráfego Internet de produção (navegação Web, correio eletrônico, transferência de arquivos); ao uso de serviços e aplicações avançadas; e à experimentação.

Há 27 pontos de presença (PoPs) instalados em todas as capitais do país, interligando mais de 300 instituições de ensino e pesquisa e algumas iniciativas de redes regionais – principalmente redes estaduais e redes metropolitanas de ensino e pesquisa.

Em 2005, a capacidade de comunicação entre os PoPs começou a ser ampliada com o uso de tecnologia óptica (WDM) em alguns enlaces, o que elevou a capacidades destes a 10 Gbps.

A RNP possui conectividade internacional própria. Um canal de 655 Mbps e um de 1 Gbps são usados para tráfego Internet de produção. Uma outra conexão, de 155 Mbps, está ligada à Rede Clara, rede avançada da América Latina. Através da Clara, a RNP está conectada a outras redes avançadas no mundo, como a européia Géant e a norte-americana Internet2.



# Backbone RedClara

(Junho 2008)



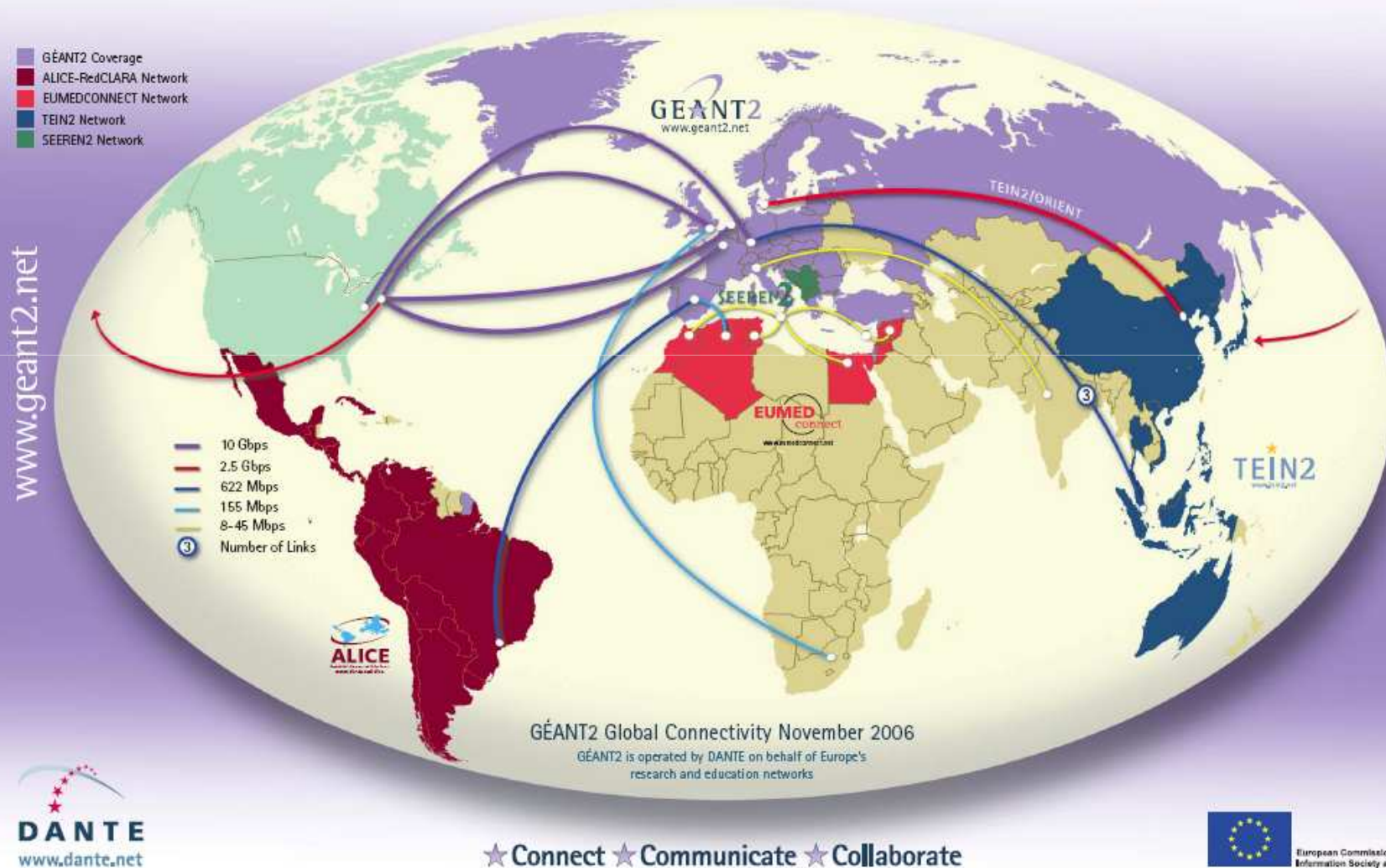
O backbone da RedeCLARA conta com seis roteadores principais, conectados em uma topologia linear (ponto a ponto). Cada nó principal (IP) representa um ponto de presença (PoP) para a rede. Cinco deles estão localizados em países da América Latina: São Paulo (SAO - Brasil), Buenos Aires (BUE - Argentina), Santiago (SCL - Chile), Panamá (PTY - Panamá) e Tijuana (TIJ - México), e o sexto, em Miami (MIA - EUA).

Todas as conexões das redes nacionais latino-americanas (NRENs) à RedeCLARA utilizam um destes seis nós. A conexão oferece às redes e a seus membros (clientes) acesso aos pontos de intercâmbio com as demais redes que integram a iniciativa. O backbone da RedeCLARA conecta-se também com a rede pan-europeia GÉANT2, por meio do ponto de acesso do PoP São Paulo a Madri. Esta conexão possibilita o projeto ALICE.

<http://www.redclara.net>

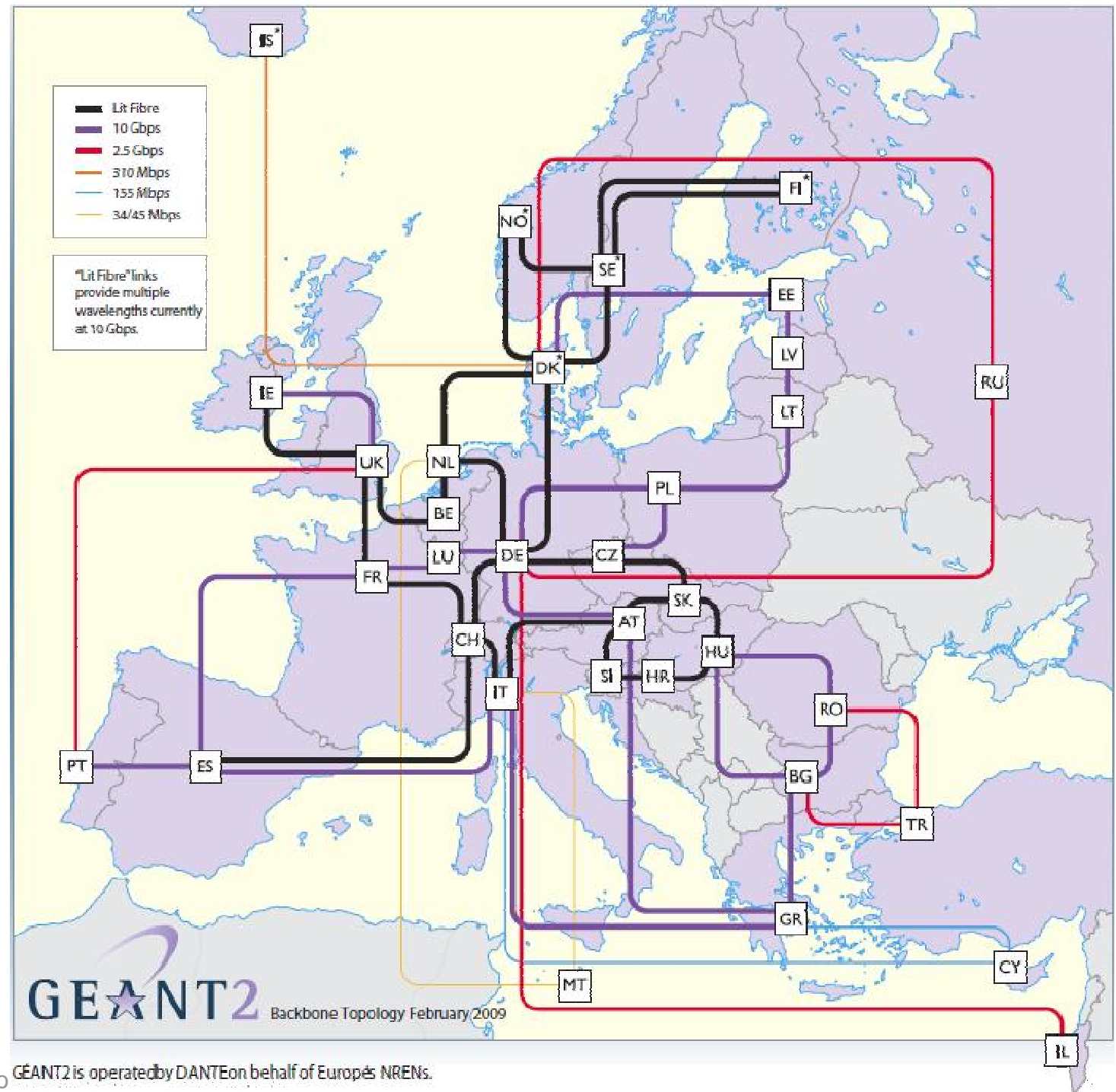
# Rede GÉANT2 (Fevereiro 2009)

## GEANT2 At the Heart of Global Research Networking





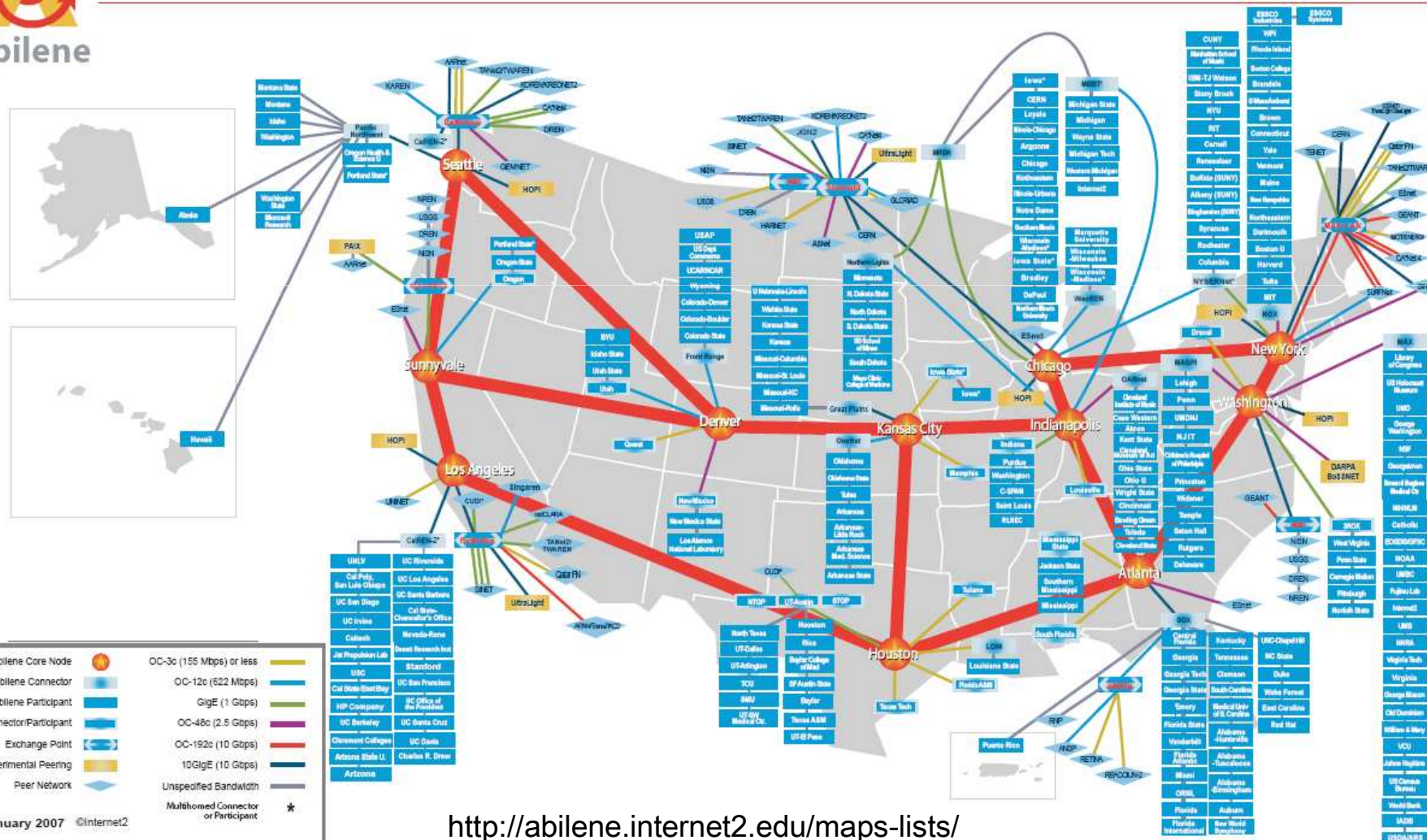
# Rede GÉANT2 (Fevereiro 2009)



# Backbone Internet2 (Janeiro 2007)



Internet2 Backbone Network



<http://abilene.internet2.edu/maps-lists/>

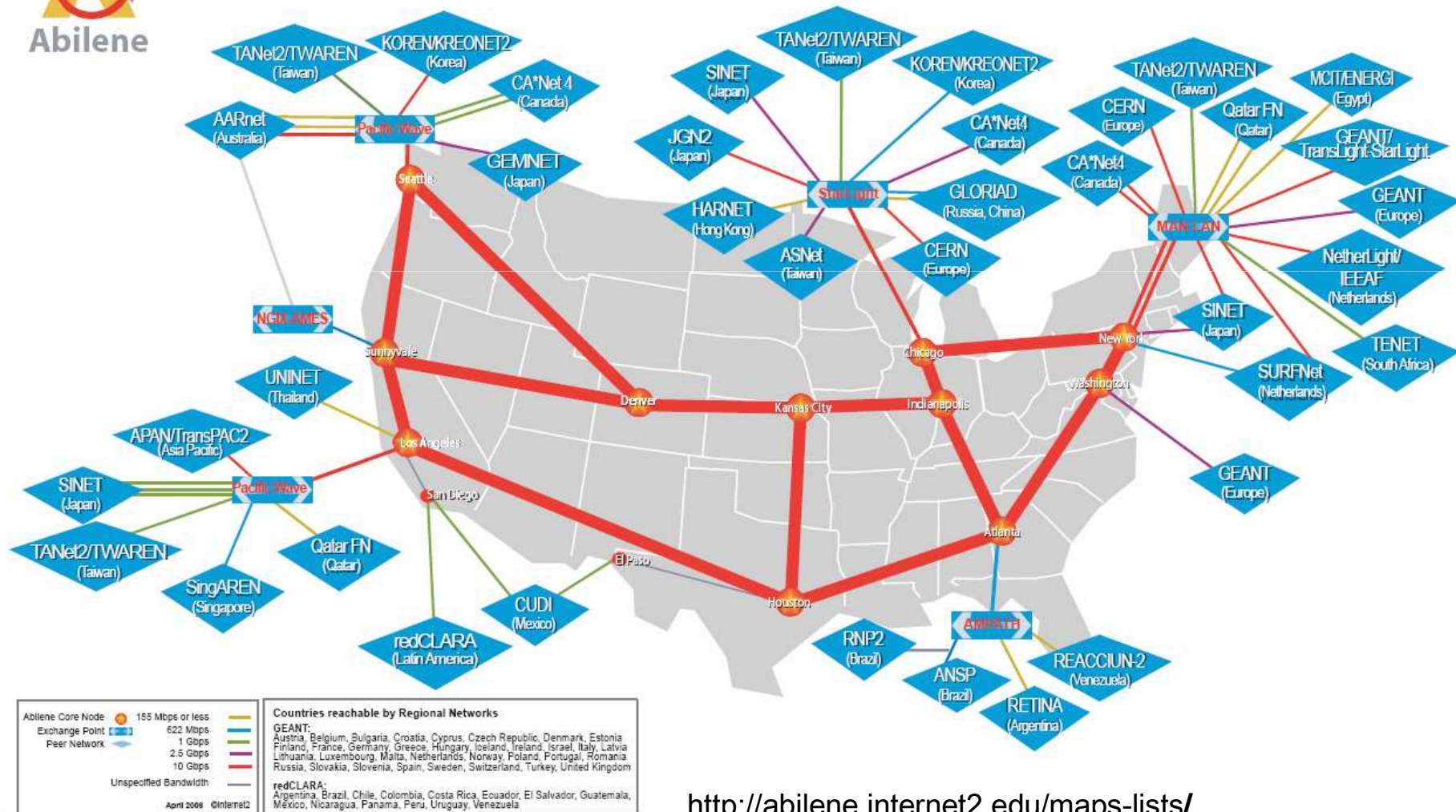




# Backbone – *Peering* internacional (Janeiro 2007)



## Abilene International Peering



<http://abilene.internet2.edu/maps-lists/>





# Internet no Brasil



- Comitê Gestor da Internet no Brasil (CGI.br)
  - ◆ Criado pela Portaria Interministerial nº 147, de 31 de maio de 1995 e alterada pelo Decreto Presidencial nº 4.829, de 3 de setembro de 2003, para coordenar e integrar todas as iniciativas de serviços Internet no país, promovendo a qualidade técnica, a inovação e a disseminação dos serviços ofertados

# Questão

- No futuro, quando todos tiverem um terminal em casa conectado a uma rede de computadores, será possível fazer referendos sobre novas legislações através de consulta as pessoas. Eventualmente, ate o congresso ou assembléias poderiam ser eliminadas, e o povo poderia expressar sua vontade diretamente. Existem aspectos positivos e negativos com esse tipo de sistema democrático. Discuta esses aspectos.
- Fonte: Computer Networks, Andrew S. Tanenbaum

# Serviços e aplicações disponíveis na Internet

- 1ª geração:
  - ◆ email (correio eletrônico)
  - ◆ telnet (terminal virtual)
  - ◆ ftp (transferência de arquivos)

# Serviços e aplicações disponíveis na Internet

- 2ª geração:
  - ◆ Archie: desenvolvido pela University of McGill
    - ▶ Diretório de áreas de ftp anônimo
  - ◆ Gopher: desenvolvido pela University of Minnesota
    - ▶ Sistema de informações baseado em menus
  - ◆ Netfind: desenvolvido pela University of Colorado
    - ▶ Descoberta de endereços eletrônicos

# Serviços e aplicações disponíveis na Internet

- 2ª geração (continuação):
  - ◆ Usenet: começou como um enlace entre CUNY e Purdue
    - ▶ Grupos de discussão
  - ◆ WAIS: desenvolvido pela Thinking Machines, Apple Computer, Dow Jones, e KPMG Peat Marwick
    - ▶ Base de dados de documentos relacionados

# Serviços e aplicações disponíveis na Internet

- 3ª geração:
  - ◆ WWW ou Web: desenvolvido pelo European Laboratory for Particle Physics (<http://www.cern.ch>)
    - ▶ Documentos hipertexto/hipermídia
  - ◆ Robôs
    - ▶ Busca de informações
  - ◆ Jogos interativos
    - ▶ Entretenimento
  - ◆ VRML (Virtual Reality Markup Language)
    - ▶ Navegação em cenários 3D

# Motivações para uso de redes

## Organizações, pessoas

- Compartilhamento de recursos:
  - ◆ Significa a disponibilidade de recursos como programas, dados, dispositivos físicos, independente de sua localização geográfica
- Extensibilidade:
  - ◆ Também chamado de crescimento incremental. É a capacidade de sistemas serem facilmente adaptados a novos ambientes e necessidades, e terem o porte alterado sem interrupção do seu funcionamento

# Motivações para uso de redes

## Organizações, pessoas

- Meio de comunicação:
    - ◆ Usado no lugar de telefonemas, cartas, etc
  - Custo do hardware:
    - ◆ Estações de trabalho, PCs versus Mainframes
    - ◆ Desempenho: definido mais frequentemente em termos de vazão e tempo de resposta
  - Treinamento à distância
  - Entretenimento interativo
    - ◆ Vídeo sob demanda, televisão interativa, jogos
- ➔ Motivações econômicas e tecnológicas



# Questões sociais no uso de redes de computadores

- Problemas sociais, éticos e políticos
- Disponibilização de material ofensivo:
  - ◆ Como tratar?
- Responsabilidades das operadoras:
  - ◆ Quais são?
- Direitos de empregado e empregador:
  - ◆ Até onde vai o limite?
- Uso em corte de informação enviada/recebida através da rede

# Hardware de rede

- Classificação das redes:
  - ◆ Não existe uma taxonomia na qual todas as redes se encaixam
  
- No entanto, existem dois pontos importantes:
  - ◆ Tecnologia de transmissão
  - ◆ Escala

# Tecnologias de transmissão

- Basicamente dois grandes grupos:
  - ◆ Redes difusão (*broadcasting*)
  - ◆ Redes ponto-a-ponto (*point-to-point*)

# Redes difusão

- Canal de comunicação é compartilhado entre os computadores da rede
- Em geral, mensagens são curtas
- Mensagens são enviadas por uma das máquinas e recebidas por todas as outras
- É necessário um algoritmo para controlar o acesso ao meio
- Toda mensagem possui um campo de endereço

# Redes difusão

## Formas de alocação do canal

- Alocação estática:
  - ◆ Tempo dividido em intervalos (*slots*)
  - ◆ É executado um algoritmo “ciranda” (*round robin*) onde cada máquina transmite somente no seu *slot*
  - ◆ Canal fica ocioso se estação não tem nada a transmitir
- Alocação dinâmica:
  - ◆ Centralizada
    - ▶ Uma entidade decide qual é a próxima estação a ter acesso ao meio
  - ◆ Descentralizada:
    - ▶ Cada máquina decide se transmite num determinado momento ou não

# Redes ponto-a-ponto

- Conexões são entre pares de computadores
- Pacotes são enviados na modalidade *store-and-forward*
- Algoritmos de roteamento são muito importantes

# Redes difusão x Redes ponto-a-ponto

Em geral,

Difusão	Ponto-a-ponto
Redes menores	Redes maiores
Localizadas geograficamente	Espalhadas

# Escala

Classificação de processadores interconectados em função da distância entre eles:

Interprocessor distance	Processors located in same	Example
0.1 m	Circuit board	Data flow machine
1 m	System	Multicomputer
10 m	Room	Local area network
100 m	Building	
1 km	Campus	
10 km	City	Metropolitan area network
100 km	Country	Wide area network
1,000 km	Continent	
10,000 km	Planet	The internet

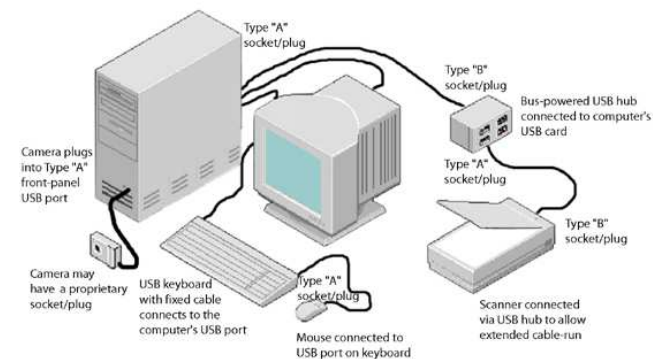
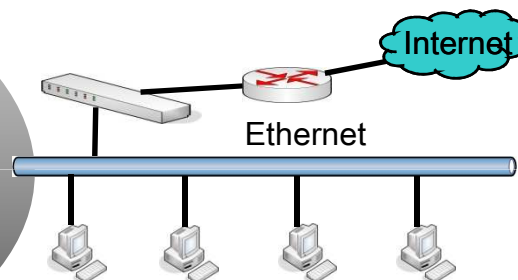
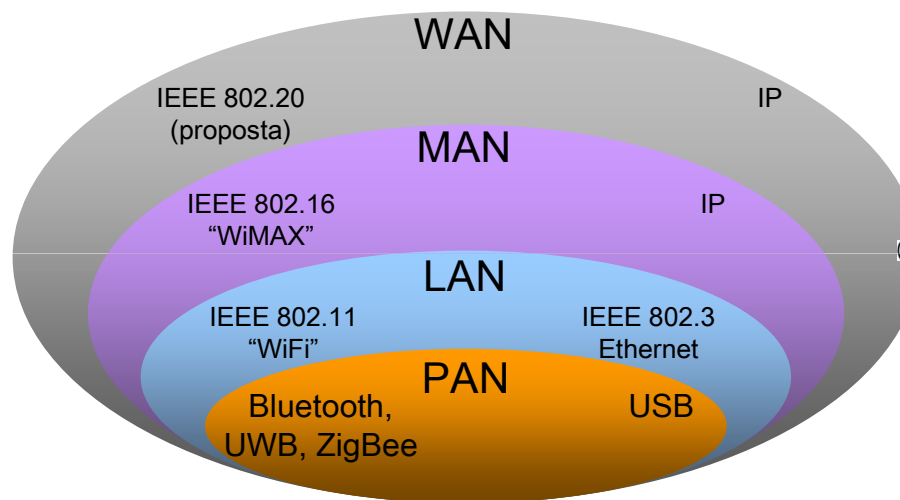
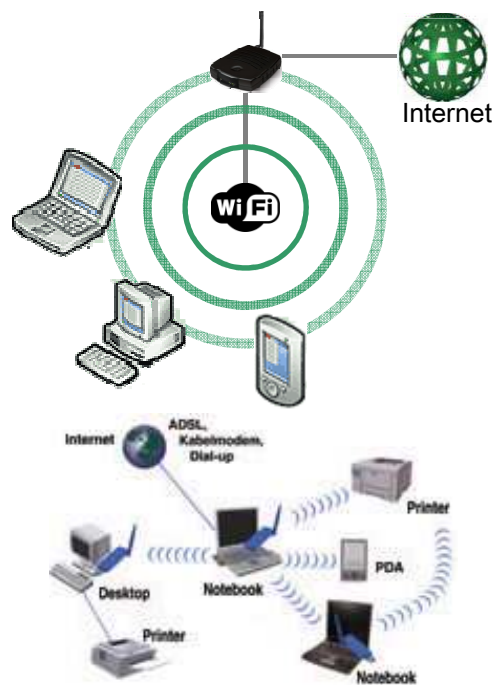
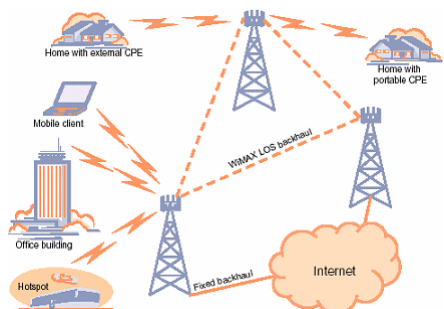
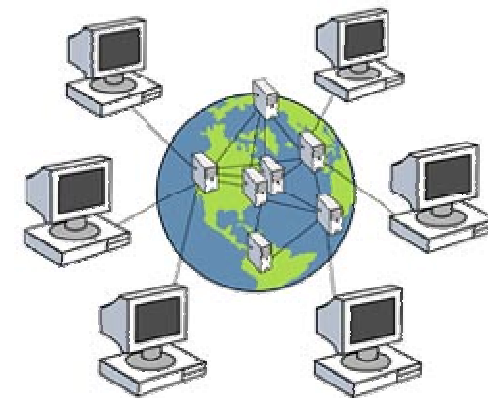
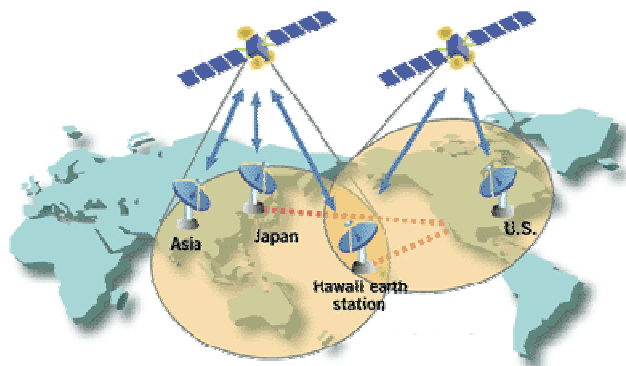
Fig. 1-2. Classification of interconnected processors by scale.



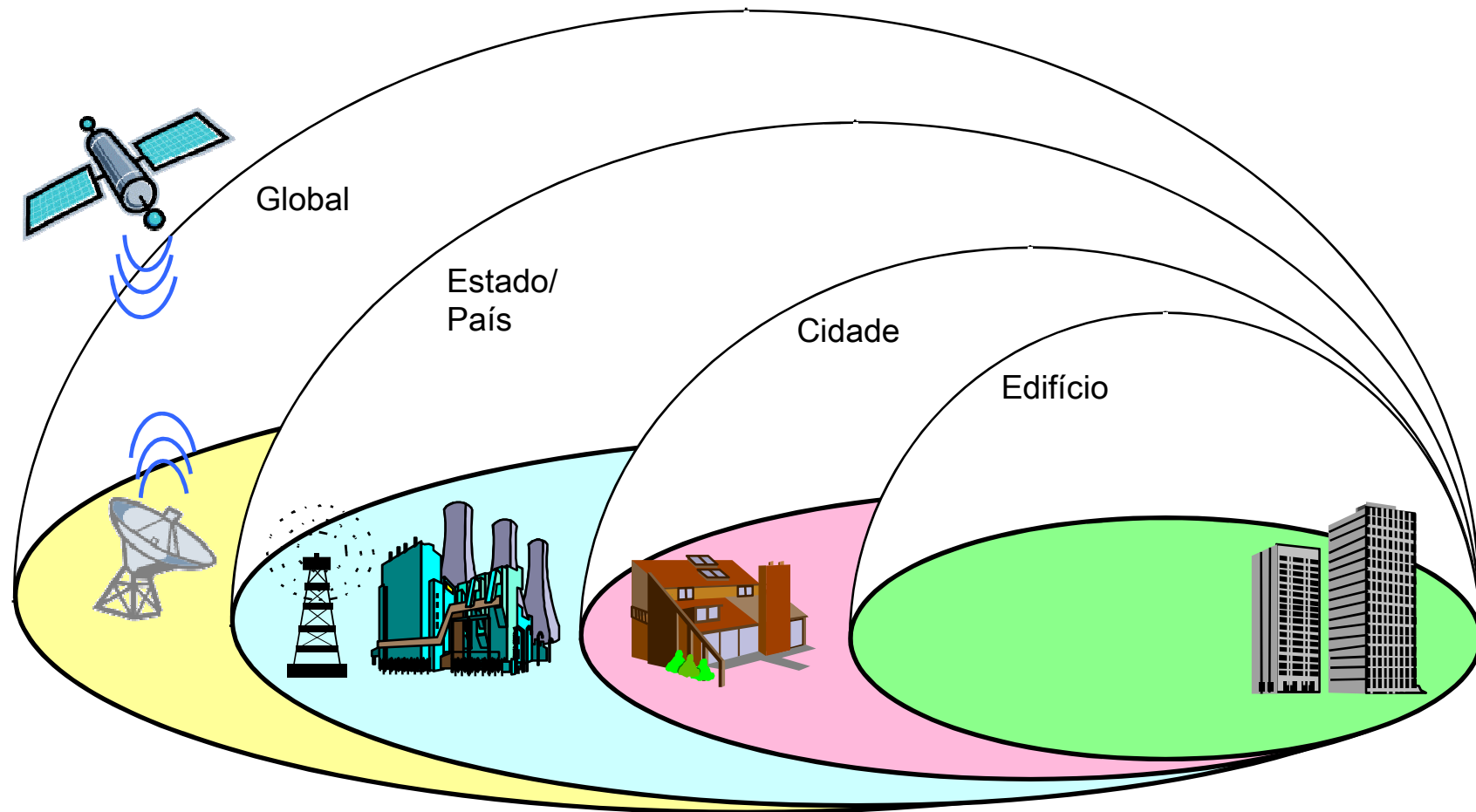
# Algumas redes importantes

- Redes locais
- Redes metropolitanas
- Redes de longa distância
- Redes sem fio
- Interconexões de redes ou internets

# Alguns tipos de redes



# Sobreposições de redes sem fio



# Rede local (LAN)

## Características

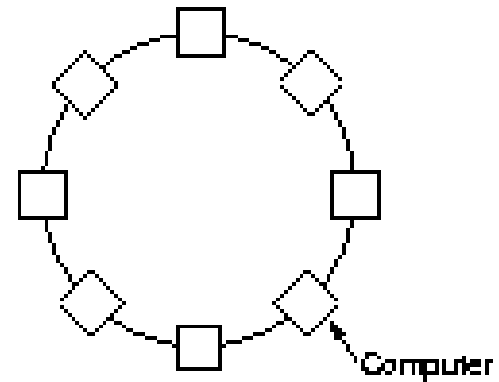
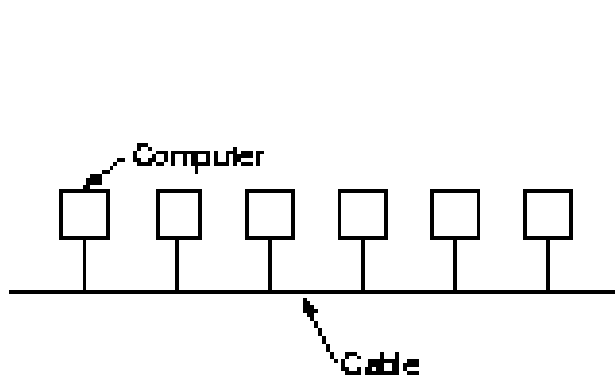
- Redes privadas:
  - ◆ usadas para conectar PCs e estações em escritórios, fábricas, escolas, etc, e
  - ◆ compartilhar recursos
- Alguns kms em tamanho:
  - ◆ tempo de TX no pior caso é conhecido
  - ◆ permite o uso em certos tipos de aplicações (e.g., tempo real)
- Gerência da rede mais simplificada

# Rede local

- Tecnologia de transmissão:
  - ◆ geralmente um único cabo que liga todas as máquinas
  
- Velocidades:
  - ◆ 10, 100, 1000, 10000 Mbps ou mais
  - ◆ pequeno atraso (dezenas de ms)
  
- Poucos erros de transmissão

# Rede local

Diferentes topologias, mas duas comuns são barramento e anel:



# Rede local

## IEEE 802.3 ou Ethernet

- Rede difusão – usa um barramento (*bus*)
- Controle descentralizado
- Velocidades de 10, 100, 1000, 10000 Mbps
- Acesso ao meio e detecção de mensagens

# Rede metropolitana

- Cobre um grupo de prédios, organizações, ou uma cidade
- Pode ser pública ou privada
- Pode trafegar dados e voz



# Rede de longa distância (WAN)

- Cobre uma área geográfica maior como um país ou continente
- Possui um conjunto de hospedeiros (*hosts* ou *end systems*) que executam programas de usuários
- Hospedeiros estão conectados entre si por uma sub-rede de comunicação

# Rede de longa distância

- Projeto da rede é dividido em:
  - ◆ Sub-rede (aspectos de comunicação)
  - ◆ hospedeiros (aplicações)
  
- Sub-rede de comunicação:
  - ◆ linhas de transmissão (circuitos, canais ou troncos – outros nomes genéricos)
  - ◆ elementos de comutação (nodos de comutação de pacotes, sistemas intermediários, ou roteadores – outros nomes genéricos)

# Rede de longa distância

- Linhas de transmissão de dados
- Elementos de comutação:
  - ◆ Computadores especializados
  - ◆ Mensagens chegam por linhas de entrada e são enviadas por linhas de saída de acordo com um algoritmo
- Tipicamente um *host* é conectado a uma LAN com um roteador

# Rede de longa distância

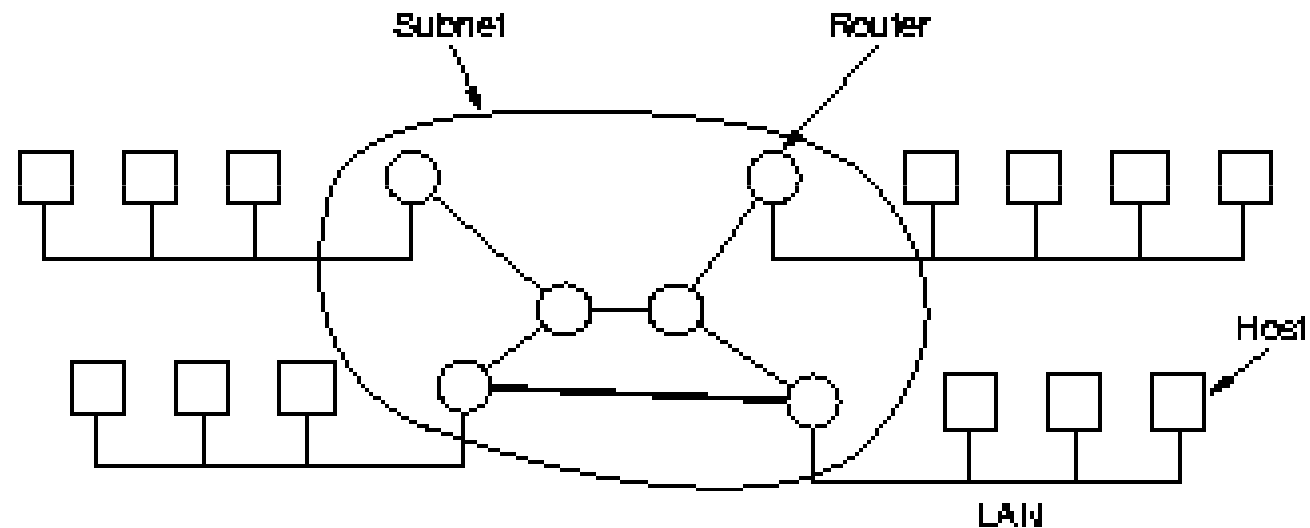


Fig. 1-5. Relation between hosts and the subnet.

# Rede de longa distância

- Modalidade de transmissão de pacotes: *store-and-forward*
- Todas as WANs (exceto as de satélites) funcionam desta forma
- Pacotes de mesmo tamanho são chamados de células (*cells*)
- Questão importante de projeto numa WAN: topologia da sub-rede de comunicação

# Rede sem fio (*Wireless Network*)

- Novos elementos que caracterizam essa rede:
  - ◆ Laptops, palmtops
  - ◆ *Personal Digital Assistants* (PDAs)
  - ◆ Dispositivos móveis – segmento que mais cresce da indústria de computação
  - ◆ Está criado um novo paradigma computacional chamado de computação móvel – o paradigma do futuro

# Rede sem fio

- Motivações:
  - ◆ Tecnologia disponível
  - ◆ Custo
  - ◆ Mobilidade das pessoas cada vez maior o que faz com que precisem de redes sem fio
  
- Não é uma idéia nova

# Rede sem fio

- Aplicações:
  - ◆ Escritório móvel
  - ◆ Pessoas que trabalham em ambientes tipicamente móveis (e.g., frotas de veículos)
  - ◆ Ambiente onde não exista infra-estrutura adequada
  - ◆ Militar



# Rede sem fio

- São fáceis de instalar
- Diversas formas de instalação:
  - ◆ Acesso via computador (e.g., LAN num campus)
  - ◆ Acesso via telefone celular (2.5G, 3G)
- Capacidade de 1, 2, 10, 55, +110 Mbps
- Taxas de erro mais altas
- Transmissões simultâneas podem causar interferências

# Software de rede

- Redes são organizadas em
  - ◆ Camadas (*layers*), ou
  - ◆ Níveis (*levels*)
- Número de camadas, nomes, conteúdo e funcionalidades de cada camada depende de cada rede
- Funcionalidade geral de cada camada:
  - ◆ Oferecer serviços para as camadas superiores
  - ◆ “Esconder” como os serviços são implementados

# Software de rede

Conversação é feita entre entidades-pares (*peer entities*) que estão na mesma camada usando o protocolo dessa camada

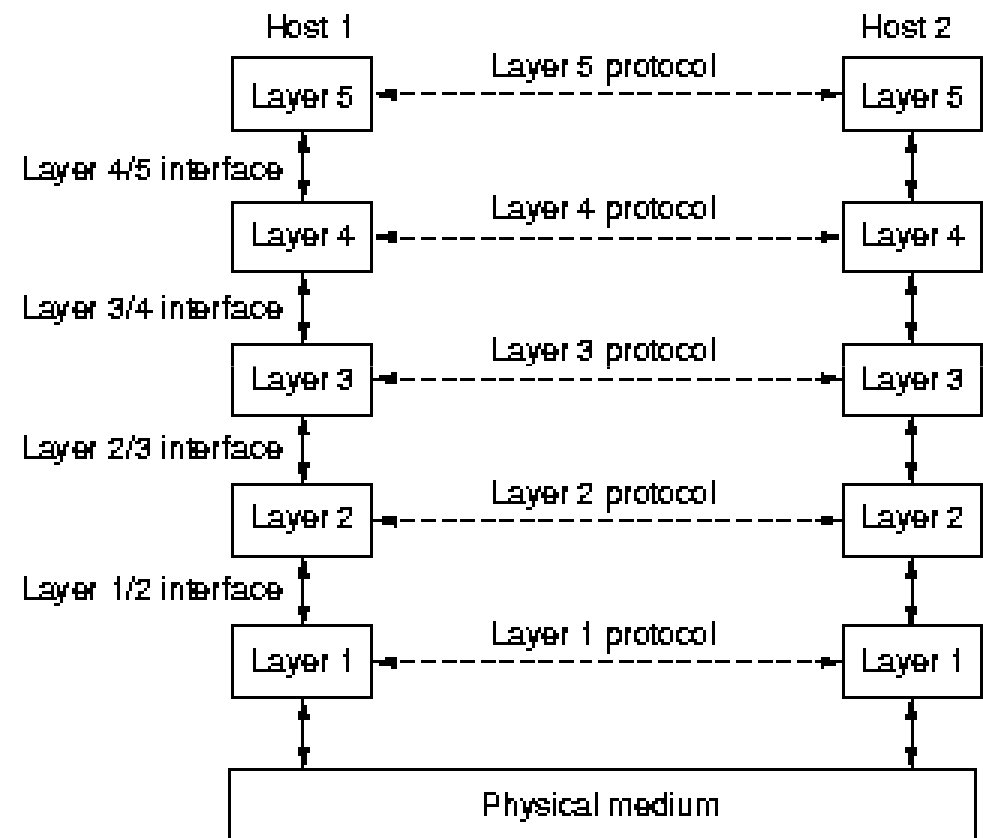


Fig. 1-9. Layers, protocols, and interfaces.

# Software de rede

- Entidades: elementos ativos em cada camada
  - ◆ Podem ser implementados em hardware e/ou software
- Entidades-pares: entidades na mesma camada mas em máquinas diferentes

# Software de rede

- Comunicação direta (horizontal) entre entidades pares é virtual e executada através do protocolo da camada  $n$
- Comunicação real (vertical) é feita entre entidades na mesma hierarquia
- Comunicação entre máquinas ocorre efetivamente na camada mais baixa através de um meio físico

# Arquitetura de rede

- Definição: conjunto de camadas e seus protocolos
- Detalhes de implementação e especificação de interfaces não fazem parte da arquitetura
  - ◆ Nota: não confundir interface com serviços
- Pilha de protocolos (*protocol stack*): protocolos usados em cada camada (um por camada) em um sistema

# Exemplo de comunicação multi-nível

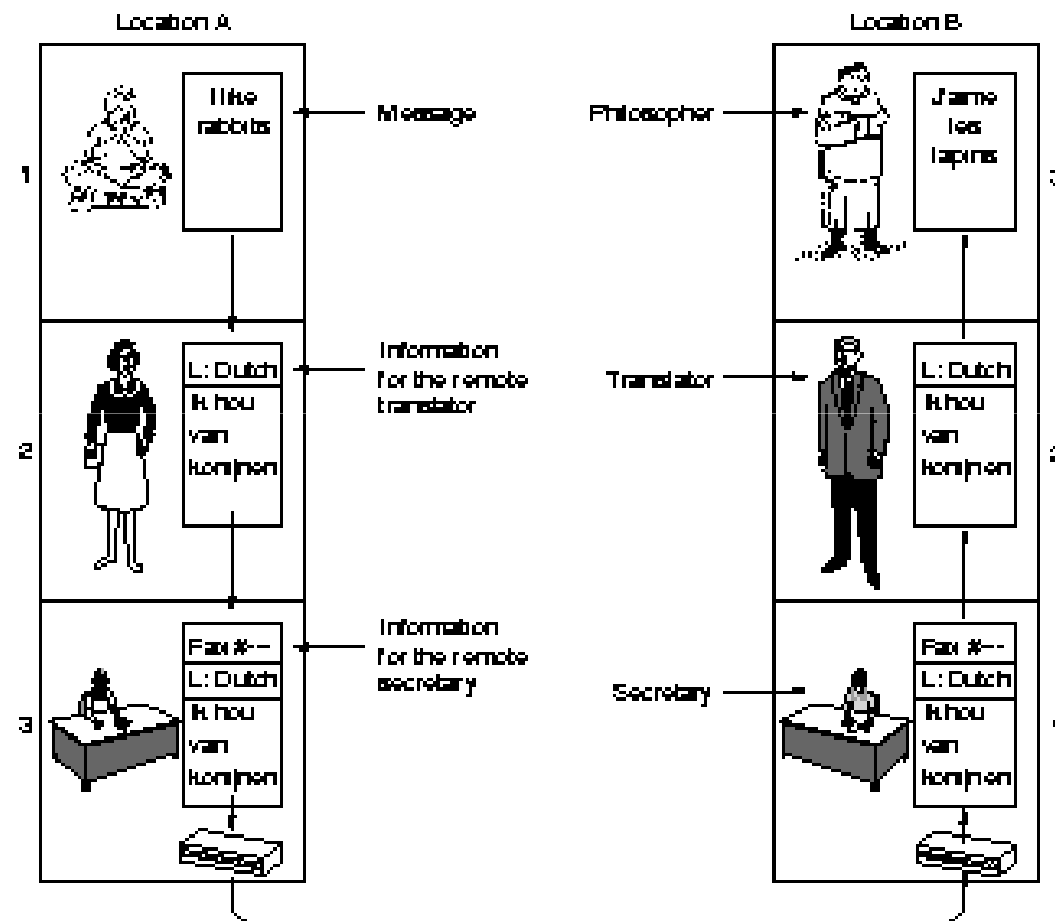


Fig. 1-10. The philosopher-translator-secretary architecture.

# Exemplo de comunicação multi-nível

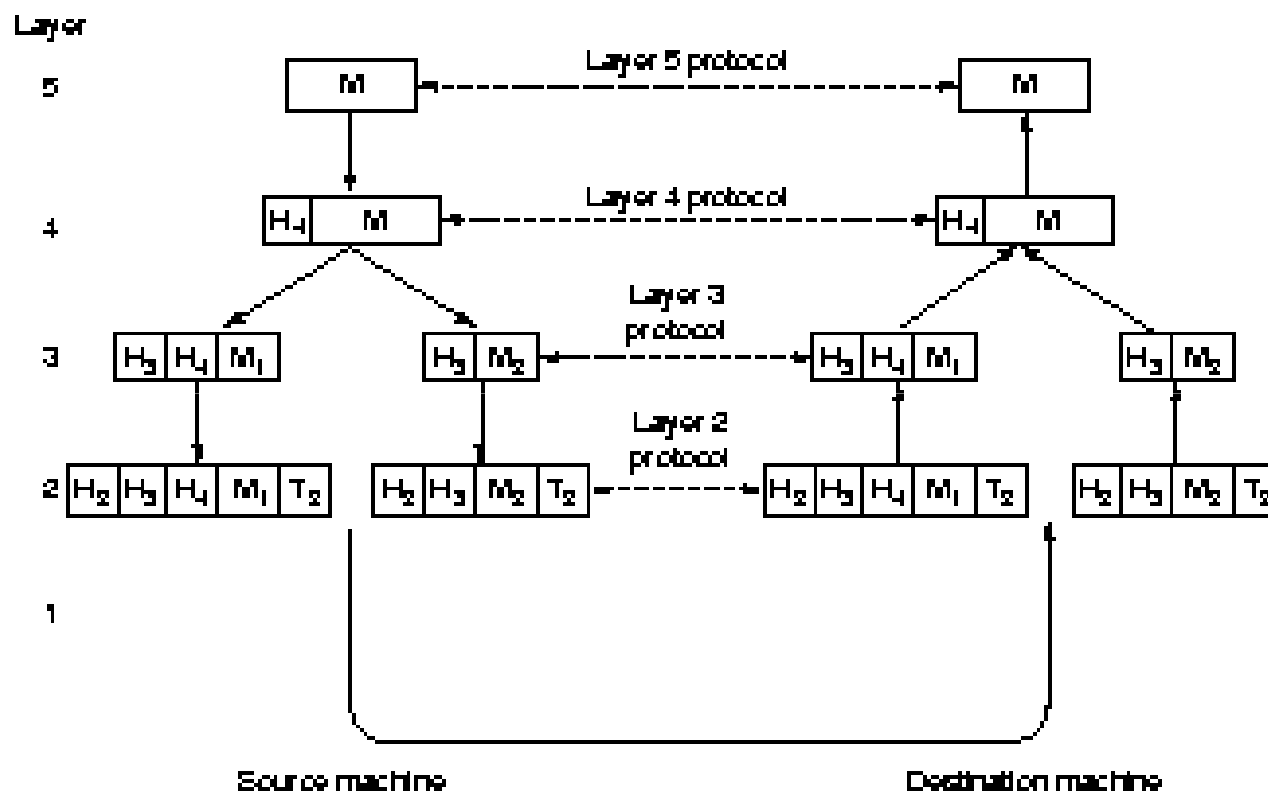


Fig. 1-11. Example information flow supporting virtual communication in layer 5.



# Interfaces e serviços

- Camada provedora de serviço (*service provider*):
  - ◆ Provê um serviço para a camada superior
  - ◆ Normalmente chamada de camada  $n$
- Camada usuária de serviço (*service user*):
  - ◆ Usa um serviço da camada inferior
  - ◆ Normalmente chamada de camada  $n+1$
- Observações:
  - ◆ É comum a camada  $n$  usar os serviços da camada  $n-1$  para prover seu serviço
  - ◆ Uma camada pode oferecer diferentes tipos de serviço

# Interfaces e serviços SAPs

- Serviços são acessados nos SAPs (*Service Access Points*)
- SAPs são identificados unicamente por endereços
- Exemplos:
  - ◆ Sistema telefônico:
    - ▶ O SAP é a tomada onde o telefone é conectado
    - ▶ O endereço é o número do telefone
  - ◆ Sistema postal:
    - ▶ O SAP é a agência ou a caixa dos correios
    - ▶ O endereço é o endereço do destinatário

# Modelos de referência

- O que são?
  - ◆ Propostas concretas de arquiteturas de rede
- Existem várias propostas:
  - ◆ Modelo de referência OSI/ISO
  - ◆ Arquitetura TCP/IP
  - ◆ IEEE 802
  - ◆ Padrão ATM
  - ◆ WAP
  - ◆ Bluetooth
  - ◆ ...
- Na prática, existe uma tendência de haver uma combinação do uso desses modelos

# Modelos de referência

- Duas arquiteturas de rede importantes:
  - ◆ Modelo OSI—*Open Systems Interconnection* da ISO
    - ▶ Modelo OSI não é uma arquitetura em si porque não especifica serviços e protocolos em cada nível
    - ▶ ISO especificou separadamente padrões de protocolos para cada nível
  - ◆ TCP/IP (Transmission Control Protocol/Internet Protocol)

# O modelo de referência OSI

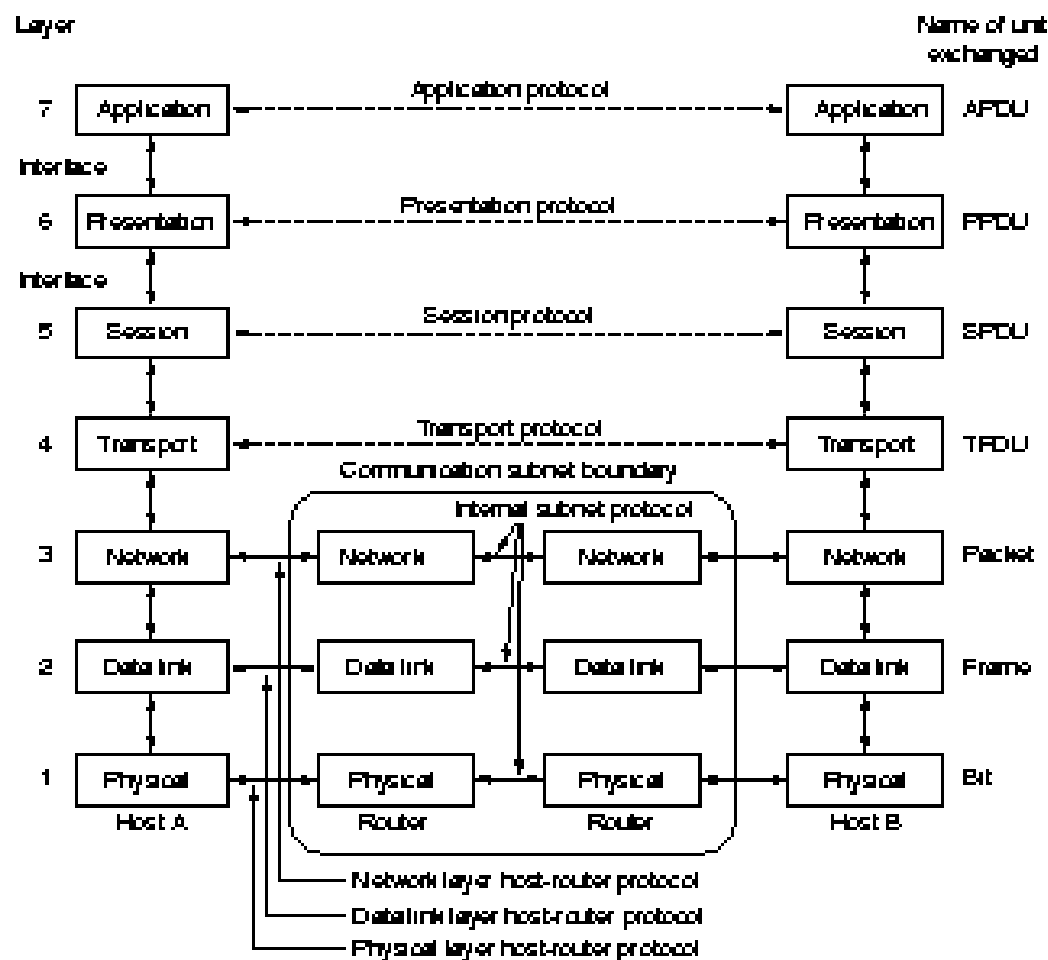


Fig. 1-16. The OSI reference model.

# O modelo de referência OSI

- Trata da interconexão de sistemas abertos
- Aberto no sentido que qualquer sistema que seguir os padrões será capaz de se interconectar

# O modelo de referência OSI:

## Camada física

- Responsável pela transmissão física de bits no canal de comunicação
- Questões:
  - ◆ Tensão para representar 1's e 0's
  - ◆ “Tempo de duração” de um bit
  - ◆ Regras para transferência de dados
  - ◆ Regras para estabelecer e terminar uma conexão
  - ◆ Padrões mecânicos, elétricos e procedimentais da parte física

# O modelo de referência OSI:

## Camada de enlace

- Unidade de informação é chamada de quadro (frame)
- Responsável por prover uma linha de transmissão sem erros para a camada de rede
- Logo, trata de quadros recebidos incorretamente, perdidos ou duplicados
- Usa quadros de confirmação (positiva e negativa) para indicar recebimento correto ou não de quadros de dados



# O modelo de referência OSI:

## Camada de enlace

- Alguns protocolos usam um mecanismo chamado de *piggybacking* para confirmação
- Diferentes tipos de serviços podem ser oferecidos
- Normalmente o mecanismo de controle de fluxo é integrado com o controle de erro
- Redes tipo difusão devem implementar um mecanismo de controle de acesso ao meio

# O modelo de referência OSI:

## Camada de rede

- Responsável pela operação da sub-rede de comunicação
- Questão importante desta camada:
  - ◆ Roteamento
- Outras funções:
  - ◆ Contabilidade
  - ◆ Interconexão entre redes diferentes

# O modelo de referência OSI:

## Camada de transporte

- Responsável pelo transporte fim-a-fim dos dados entre origem e destino
- Oferece diferentes tipos de serviço para a camada de sessão:
  - ◆ Conexão ponto-a-ponto confiável que garante a ordem de transmissão das mensagens
  - ◆ Difusão de mensagens
- Outras funções:
  - ◆ Mecanismo de identificação de mensagens
  - ◆ Controle de fluxo

# O modelo de referência OSI:

## Camada de sessão

- Responsável por estabelecer sessões entre usuários em máquinas diferentes
- Outras funções:
  - ◆ Controle de diálogo
  - ◆ Gerenciamento de *tokens*
  - ◆ Sincronização

# O modelo de referência OSI:

## Camada de apresentação

- Trata da sintaxe e semântica da informação transmitida
  - ◆ Por exemplo, codificação dos dados
  - ◆ Notação ASN-1 (*Abstract Syntax Notation*)

# O modelo de referência OSI:

## Camada de aplicação

- Contém vários protocolos comumente usados por usuários
  - ◆ Por exemplo, protocolos da 1ª geração: ftp, telnet, email

# Transmissão de dados no modelo OSI

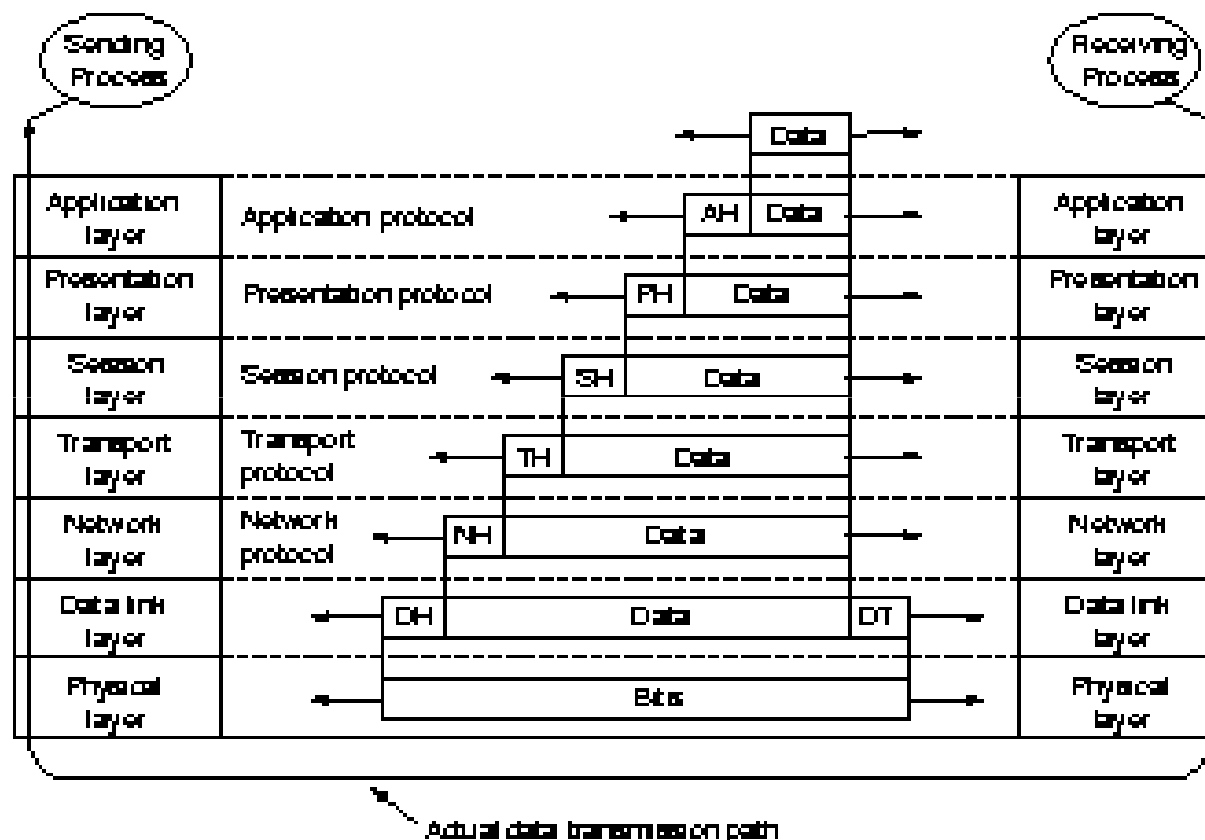


Fig. 1-17. An example of how the OSI model is used. Some of the headers may be null. (Source: H.C. Folts. Used with permission.)

# O modelo de referência TCP/IP

- Surgiu como um conjunto de protocolos que deveriam ter certas características para uso militar
- Os protocolos propostos precisavam ser flexíveis para suportar diferentes aplicações
- O modelo surge “oficialmente” com o re-projeto dos protocolos TCP/IP no início da década de 80



# O modelo de referência TCP/IP

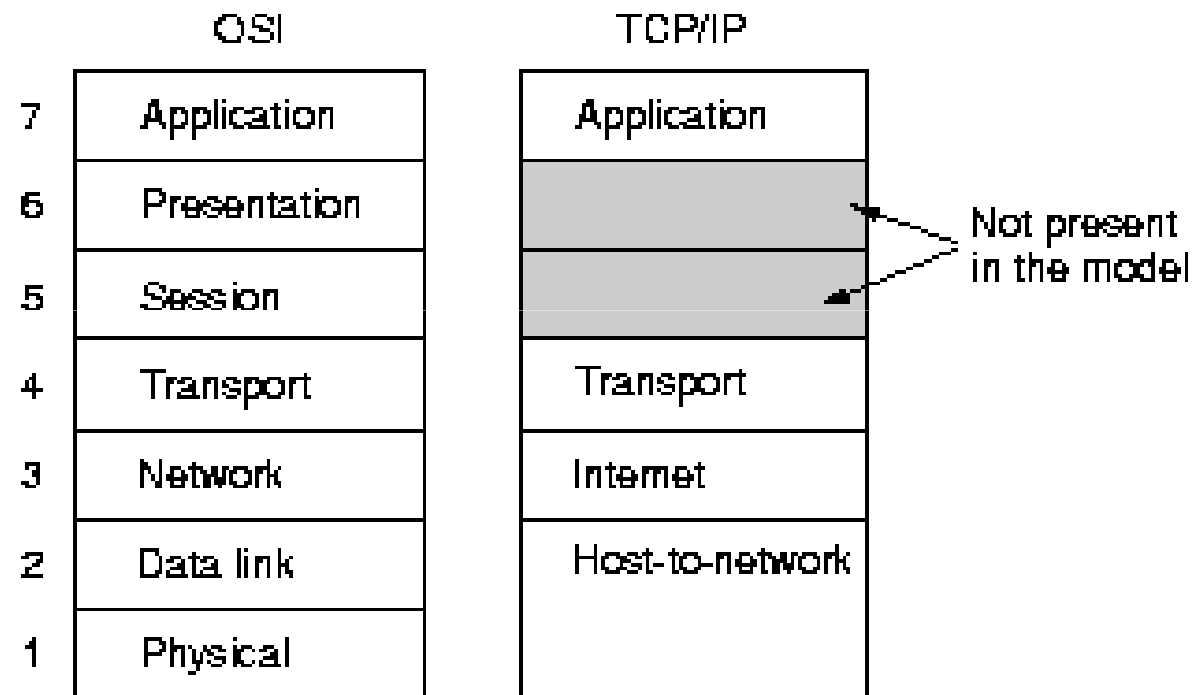


Fig. 1-18. The TCP/IP reference model.

# O modelo de referência TCP/IP: Camada hospedeiro-rede

- Protocolo não definido pelo modelo TCP/IP
- Responsável por transmitir os pacotes IPs
- Protocolo varia em função do hospedeiro e rede

# O modelo de referência TCP/IP: Camada Internet

- Por um abuso de linguagem chamada de “camada de rede”
- Baseada numa rede comutada por pacotes sem conexão
- Ponto fundamental de toda a arquitetura

# O modelo de referência TCP/IP: Camada Internet

- Define o protocolo IP—Internet Protocol
  - ◆ “Cola” da Internet
- Roteamento de pacotes e controle de congestionamento são as duas maiores questões
- Similar à camada de rede do modelo OSI

# O modelo de referência TCP/IP: Camada de transporte

- Nome dado atualmente a camada acima do nível IP
- Mesmo objetivo do protocolo de transporte no modelo OSI: comunicação fim-a-fim
- Dois dos protocolos mais usados são:
  - ◆ TCP—Transmission Control Protocol
  - ◆ UDP—User Datagram Protocol

# O modelo de referência TCP/IP: Camada de transporte

## ■ Protocolo TCP

- ◆ Protocolo orientado à conexão confiável
- ◆ Usa *byte stream*
- ◆ Normalmente fragmenta um *byte stream* já que o pacote IP tem um tamanho máximo
- ◆ Hospedeiro destinatário faz o processo contrário
- ◆ Faz controle de fluxo

# O modelo de referência TCP/IP: Camada de transporte

## ■ Protocolo UDP

- ◆ Protocolo não orientado à conexão e não confiável
- ◆ É usado normalmente em aplicações que somente interagem uma única vez com outra aplicação (*one-shot*)
- ◆ Exemplo, *request-reply* no paradigma cliente-servidor

# O modelo de referência TCP/IP: Camada de aplicação

- Protocolos: telnet, ftp, email, etc.

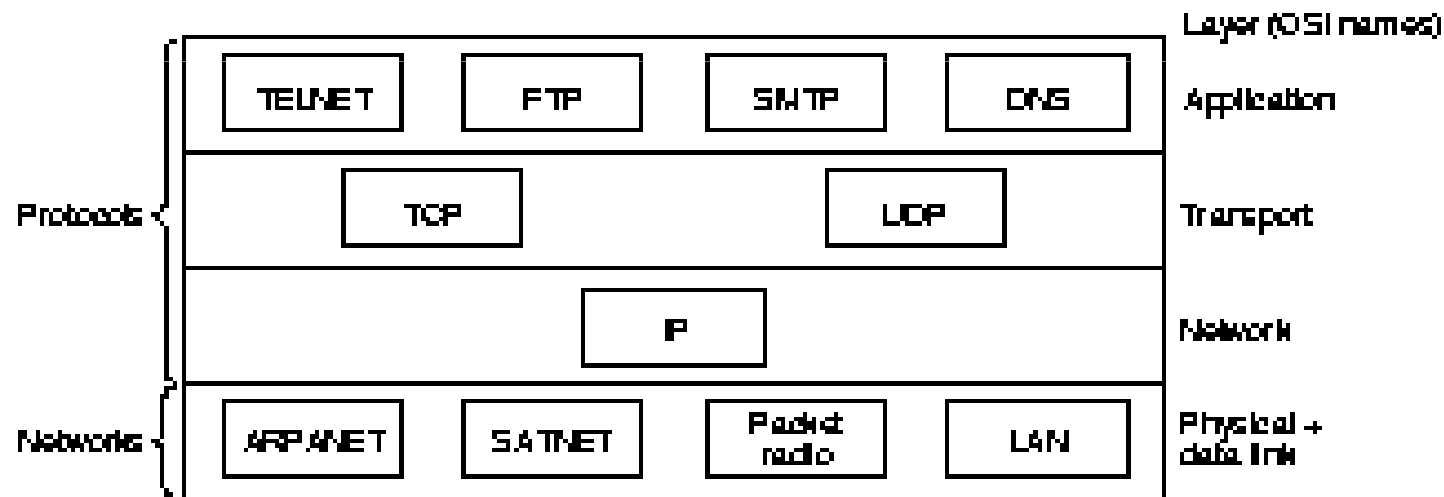


Fig. 1-19. Protocols and networks in the TCP/IP model initially.

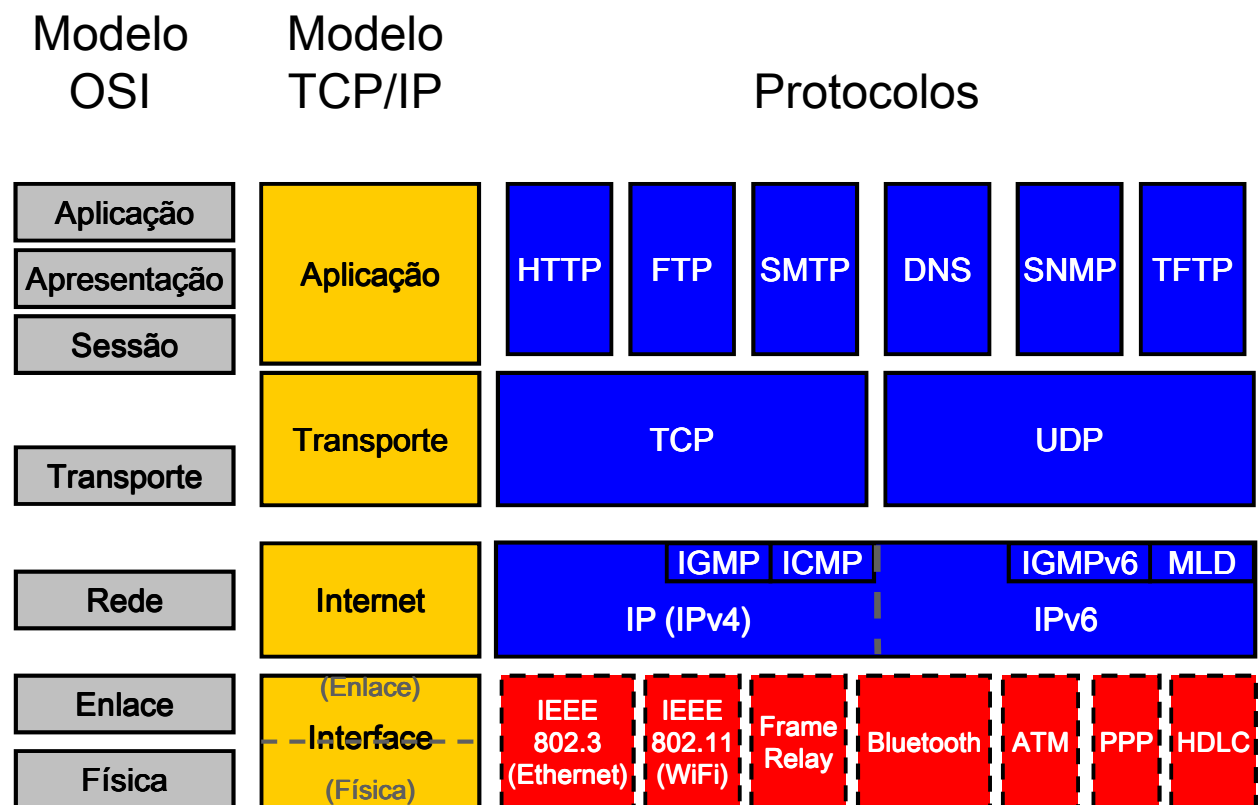


# O modelo de referência TCP/IP:

## Camada de aplicação

- É importante diferenciar protocolos da camada de aplicação de aplicações que executam num ambiente de rede
- Exemplo:
  - ◆ Web é uma aplicação disponível na Internet que pode usar diferentes protocolos da camada de aplicação, como o http

# O modelo de referência TCP/IP



- ➔ Na prática, podemos ter o protocolo IP sendo executado sobre diferentes protocolos:
- ◆ IEEE 802.x (3, 11, 15, 16), Frame Relay, Bluetooth, WAP, ATM, PPP, HDLC, ...

# O modelo de referência TCP/IP na prática

Modelo  
TCP/IP

Aplicação

Transporte

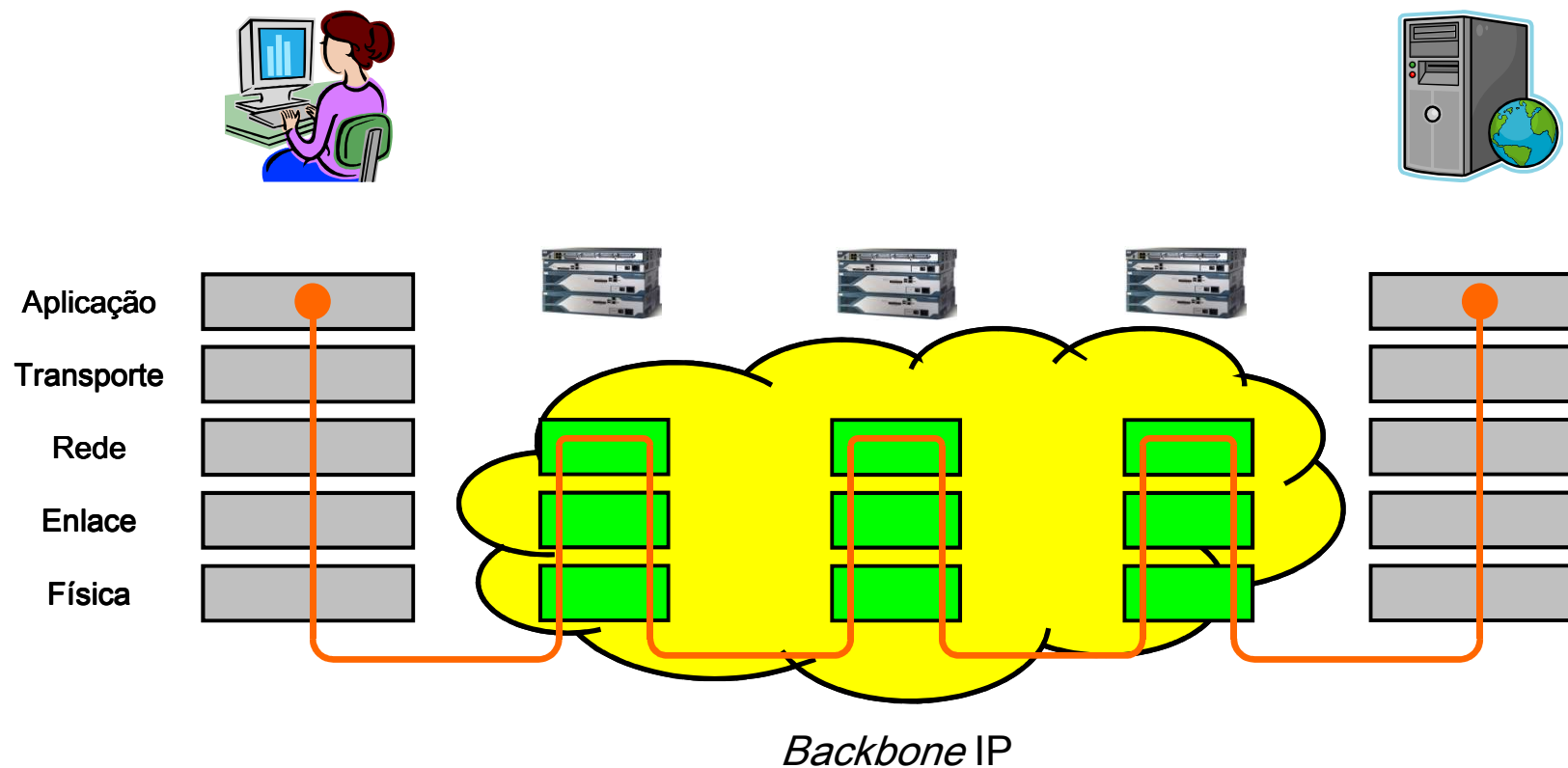
Rede

Enlace

Física

} Camada Interface  
substituída pelas  
camadas de enlace  
e física

# Uma perspectiva da rede do ponto de vista da arquitetura



# Comparação dos modelos de referência OSI e TCP/IP

- Características similares:
  - ◆ Baseados no conceito de uma pilha de protocolos
  - ◆ Semelhança na funcionalidade das camadas
  - ◆ Possuem um provedor de transporte:
    - ▶ Camadas até o nível de transporte responsáveis pelo serviço de transporte fim-a-fim independente da camada de rede
  - ◆ Camadas superiores são orientadas à conexão e usam o serviço de transporte

# Modelo de referência OSI:

## Conceitos fundamentais

- Conceitos de serviço, interface e protocolo:
  - ◆ Conceitos fundamentais no modelo OSI e, talvez, a maior contribuição deste modelo
- Serviços:
  - ◆ Especifica o que a camada faz
  - ◆ Não define como as entidades superiores acessam os serviços ou como a camada funciona
- Interfaces:
  - ◆ Especifica como as entidades superiores podem acessar os serviços, os parâmetros a serem passados e os resultados esperados
  - ◆ Não define como a camada funciona

# Modelo de referência OSI:

## Conceitos fundamentais

- Conceitos similares a programação orientada a objetos:
  - ◆ Objeto ➡ Camada:
    - ▶ Possui um conjunto de métodos (operações) que podem ser chamados
  - ◆ Semântica dos métodos ➡ serviços:
    - ▶ Conjunto de serviços oferecidos
  - ◆ Parâmetros e resultados dos métodos ➡ Parâmetros e resultados dos serviços:
    - ▶ Interface
  - ◆ Código interno aos objetos ➡ Protocolos:
    - ▶ Não é visível fora da camada

# Modelo de referência TCP/IP

- Não difere os conceitos de serviço, interface e protocolo
- Os protocolos da arquitetura foram propostos antes do modelo
  - ◆ Mais tarde, revisados para adequar a novas situações



# Comparação dos modelos de referência OSI e TCP/IP: Diferenças

- OSI:

- ◆ Protocolos (procedimentos) podem ser encapsulados e atualizados mais facilmente

- TCP/IP:

- ◆ Não possui tal facilidade

# Comparação dos modelos de referência OSI e TCP/IP: Diferenças

- OSI: Modelo foi proposto antes dos protocolos serem especificados
  - + Modelo não foi dirigido para um conjunto específico de protocolos
  - Difícil antecipar que funcionalidade cada camada devia ter
  - ➔ Exemplo: camada de enlace foi projetada somente para redes ponto-a-ponto. Mais tarde, o modelo teve que ser adaptado para redes difusão

# Comparação dos modelos de referência OSI e TCP/IP: Diferenças

- TCP/IP: Protocolos vieram antes e o modelo foi concebido para se adaptar a esses protocolos
  - + Modelo não se adapta a outra pilha de protocolos
  - Não é útil para descrever redes não TCP/IP

# Comparação dos modelos de referência OSI e TCP/IP: Diferenças

- Número de camadas:
  - ◆ OSI (7) x TCP/IP (4)
  
- Camadas em comum:
  - ◆ Rede (interconexão)
  - ◆ Transporte
  - ◆ Aplicação

# Exercícios do livro Computer Networks, 4th edition

1. (Tanenbaum, Cap1, #1). Imagine that you have trained your St. Bernard, Bernie, to carry a box of three 8mm tapes instead of a flask of brandy. (When your disk fills up, you consider that an emergency.) These tapes each contain 7 gigabytes. The dog can travel to your side, wherever you may be, at 18 km/hour. For what range of distances does Bernie have a higher data rate than a transmission line whose data rate (excluding overhead) is 150 Mbps?
2. (Tanenbaum, Cap1, #4). Besides bandwidth and latency, what other parameters are needed to give a good characterization of the quality of service offered by a network used for digitized voice traffic?
3. (Tanenbaum, Cap1, #5). A factor in the delay of a store-and-forward packet-switching system is how long it takes to store and forward a packet through a switch. If switching time is 10  $\mu$ sec, is this likely to be a major factor in the response of a client-server system where the client is in New York and the server is in California? Assume the propagation speed in copper and fiber to be 2/3 the speed of light in vacuum.
4. (Tanenbaum, Cap1, #8). A collection of five routers is to be connected in a point-to-point subnet. Between each pair of routers, the designers may put a high-speed line, a medium-speed line, a low-speed line, or no line. If it takes 100 ms of computer time to generate and inspect each topology, how long will it take to inspect all of them?

# Exercícios do livro Computer Networks, 4th edition

5. (Tanenbaum, Cap1, #20). A system has an  $n$ -layer protocol hierarchy. Applications generate messages of length  $M$  bytes. At each of the layers, an  $h$ -byte header is added. What fraction of the network bandwidth is filled with headers?
6. (Tanenbaum, Cap1, #24). The Internet is roughly doubling in size every 18 months. Although no one really knows for sure, one estimate put the number of hosts on it at 100 million in 2001. Use these data to compute the expected number of Internet hosts in the year 2010. Do you believe this? Explain why or why not.
7. (Tanenbaum, Cap1, #25). When a file is transferred between two computers, two acknowledgement strategies are possible. In the first one, the file is chopped up into packets, which are individually acknowledged by the receiver, but the file transfer as a whole is not acknowledged. In the second one, the packets are not acknowledged individually, but the entire file is acknowledged when it arrives. Discuss these two approaches.
8. (Tanenbaum, Cap1, #27). How long was a bit on the original 802.3 standard in meters? Use a transmission speed of 10 Mbps and assume the propagation speed in coax is  $2/3$  the speed of light in vacuum.

# Exercícios do livro Computer Networks, 4th edition

9. (Tanenbaum, Cap1, #28). An image is 1024 x 768 pixels with 3 bytes/pixel. Assume the image is uncompressed. How long does it take to transmit it over a 56-kbps modem channel? Over a 1-Mbps cable modem? Over a 10-Mbps Ethernet? Over 100-Mbps Ethernet?
10. (Tanenbaum, Cap1, #35). The ping program allows you to send a test packet to a given location and see how long it takes to get there and back. Try using ping to see how long it takes to get from your location to several known locations. From these data, plot the one-way transit time over the Internet as a function of distance, for the following universities (the location of their servers is known very accurately): berkeley.edu in Berkeley, California, mit.edu in Cambridge, Massachusetts, vu.nl in Amsterdam, The Netherlands, www.usyd.edu.au in Sydney, Australia, and www.uct.ac.za in Cape Town, South Africa.