

Redes de Computadores 1

Prof. Miguel Elias Mitre Campista

<http://www.gta.ufrj.br/~miguel>

Parte II

Princípios Básicos de Comunicação em Redes

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem?



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem?
 - Um canal de comunicação entre elas

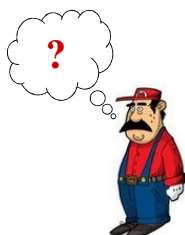


EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem?
 - Um canal de comunicação entre elas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem e se entenderem?



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem e se entenderem?
 - Uma linguagem comum entre as duas partes



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem e se entenderem?
 - Uma linguagem comum entre as duas partes



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Princípios da Comunicação

- O que é necessário para duas pessoas se comunicarem e se entenderem?
 - Uma linguagem comum entre as duas partes



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Conjunto de regras e procedimentos que definem a comunicação entre duas ou mais entidades
- Definem
 - As ações tomadas durante a recepção e/ou transmissão de mensagens
 - As ações tomadas caso outros eventos ocorram
 - Ex.: Desaparecimento de um vizinho
 - O formato e a ordem das mensagens trocadas entre duas ou mais entidades

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

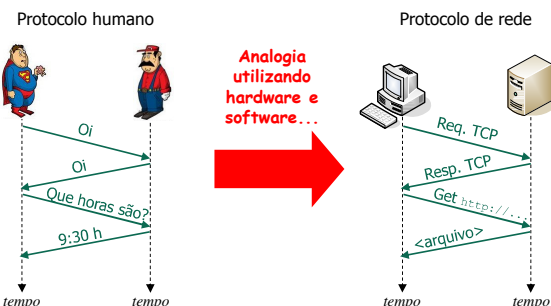
Protocolos de Comunicação

- Na Internet...
 - Todas as atividades que envolvem duas ou mais entidades comunicantes são governadas por um protocolo

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade, segura, em grupo, etc.

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas

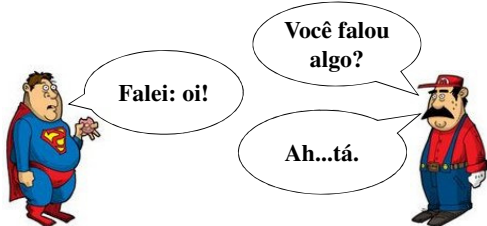


EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade, segura,



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade, segura, em grupo, etc.



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade, segura, em grupo, etc.



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Protocolos de Comunicação

- Mas se as entidades não quiserem "apenas" se comunicarem
 - Comunicação confiável e sem falhas, com qualidade, segura, em grupo, etc.

Ao aumentar os requisitos...



Maior é a complexidade do protocolo de comunicação usado nas redes de computadores

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

O que são as Rede de Computadores?

- Definições
 - Conjunto de computadores autônomos interconectados por uma única tecnologia
 - A Internet é uma "rede de redes"!
 - Sistema de comunicação que visa a interconexão entre computadores, terminais e periféricos
- Usos de redes de computadores
 - Aplicações comerciais
 - Compartilhamento de recursos físicos e informações
 - Comunicação entre usuários
 - Comércio eletrônico

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

O que são as Redes de Computadores?

- Usos de redes de computadores (cont.)
 - Aplicações domésticas
 - Compartilhamento de recursos físicos e informações
 - Comunicação entre usuários
 - Comércio eletrônico
 - Entretenimento
 - Usuários móveis
 - Escritório portátil
 - Aplicações militares

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

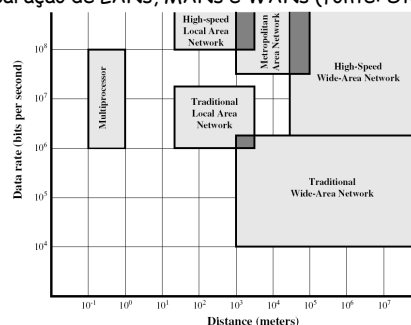
- Segundo a extensão geográfica...
 - Redes pessoais (Personal Area Networks - PANS)
 - Redes locais (Local Area Networks - LANS)
 - Redes metropolitanas (Metropolitan Area Networks - MANS)
 - Redes de longa distância (Wide Area Networks - WANS)

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

Comparação de LANS, MANS e WANS (fonte: Stallings)



Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- **Redes Pessoais (PAN)**
 - Cobrem distâncias muito pequenas
 - **Destinadas a uma única pessoa**
 - Ex.: Bluetooth, ZigBee, NFC, etc.



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- **Redes Locais (LAN)**
 - Cobrem pequenas distâncias
 - **Um prédio ou um conjunto de prédios**
 - Geralmente pertencentes a uma mesma organização
 - Taxa de transmissão da ordem de Mb/s
 - Pequenos atrasos de propagação
- Ex.: Ethernet, WiFi, etc.

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- **Redes Metropolitanas (MAN)**
 - Cobrem grandes distâncias
 - **Uma cidade**
 - Ex.: rede baseada na TV a cabo

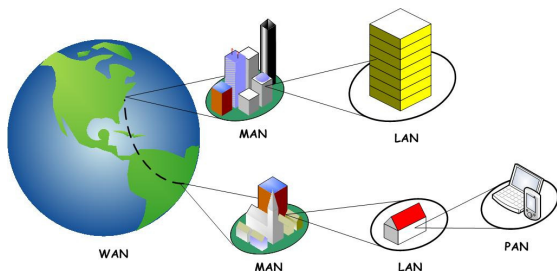
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- **Redes de Longa Distância (WAN)**
 - Cobrem distâncias muito grandes
 - **Um país, um continente**
 - Transmissão através de comutadores de pacotes interligados por enlaces dedicados
 - De um modo geral possuem taxas de transmissão menores que as das LANs
 - Atraso de propagação maiores do que das LANs
- Ex.: ATM

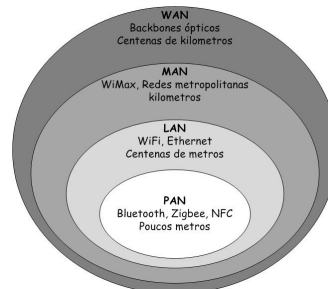
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Segundo a topologia...
 - Estruturas físicas de interligação dos equipamentos da rede
 - Cada uma apresenta características próprias, com diferentes implicações quanto a...
 - **Custo, Confiabilidade, Alcance**
 - Tipos mais comuns
 - **Malha, Estrela, Anel, Barramento, Híbridas**

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

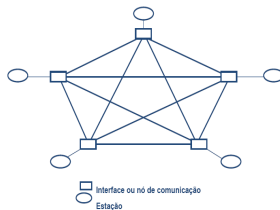
- Malha
 - Usada principalmente em redes de longa distância
 - Em geral as redes locais não usam a topologia em malha
 - **Custo associado aos meios físicos é pequeno em redes locais**
 - **Complexidade da decisão de por onde enviar a mensagem aumenta o custo**
 - **Armazenamento e processamento de cada mensagem a cada nó intermediário aumenta o atraso e diminui a vazão**
 - Pode ser completa ou irregular

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Malha Completa
 - Cada estação é conectada a todas as outras estações da rede



Exemplo de malha completa

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Malha Completa
 - Vantagens
 - **Não há compartilhamento do meio físico**
 - **Não há necessidade de decisões de por onde encaminhar a mensagem (roteamento)**
 - Desvantagem
 - **Grande quantidade de ligações**
 - **Custo**

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Malha Irregular
 - Topologia mais geral possível
 - Cada estação pode ser conectada diretamente a um número variável de estações

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Malha Irregular
 - Vantagem
 - **Arranjo de interconexões pode ser feito de acordo com o tráfego**
 - **Pode escolher por onde enviar a mensagem**
 - **Para evitar congestionamento**
 - Desvantagem
 - **Necessita de decisão de encaminhamento**

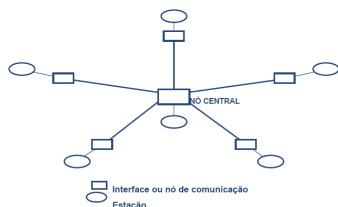
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Estrela

- Decisões de encaminhamento centralizadas em um nó
- Cada estação é conectada a esse nó central



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Estrela

- Vantagem
 - Boa para situações onde o fluxo de informações é centralizado
- Desvantagem
 - Dependência de um nó centralizado pode ser uma desvantagem quando o fluxo não é centralizado
 - Problema de confiabilidade no nó central
- Usada principalmente em redes locais

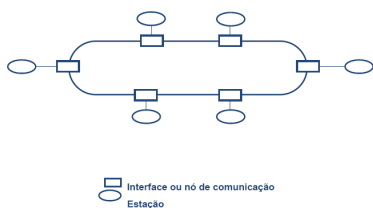
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Anel

- Mensagens circulam nó-a-nó até o destino
 - Tem de reconhecer o próprio nome (endereço) nas mensagens e copiar as que lhe são destinadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Anel

- Vantagens
 - Boa para situações onde o fluxo de informações não é centralizado
 - Não há necessidade de decisões de encaminhamento
 - Como não há armazenamento intermediário, pode-se obter um melhor desempenho de atraso e vazão
- Desvantagens
 - Necessita de mecanismos de acesso ao meio compartilhado
 - Confiabilidade da rede depende da confiabilidade individual dos nós intermediários
- Usada principalmente em redes locais

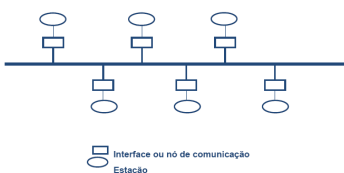
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Barramento

- Mensagens transferidas sem a participação dos nós intermediários
- Todas as estações "escutam" as mensagens
 - Necessidade de reconhecer o próprio nome (endereço)



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

• Barramento

- Vantagens
 - Não há necessidade de decisões de encaminhamento
 - Como não há armazenamento intermediário, pode-se obter um melhor desempenho em termos de atraso e vazão
- Desvantagem
 - Necessita de mecanismos de acesso ao meio compartilhado
- Usada principalmente em redes locais

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como as Redes de Computadores podem ser classificadas?

- Topologias híbridas
 - Existem ainda as configurações híbridas
 - Anel-estrela
 - Barramento-estrela
 - Estrela-anel
 - Árvore de barramentos



E a Internet, como poderia ser classificada?

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

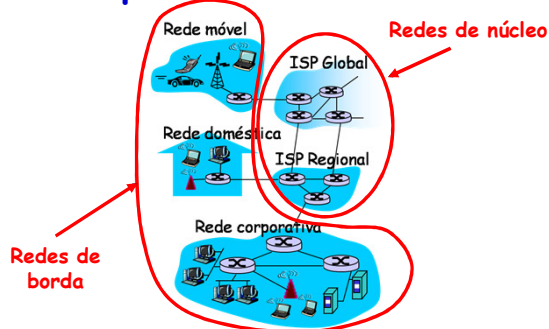
Como a Internet pode ser classificada?

- Rede complexa que combina outras redes:
 - Com diferentes extensões geográficas
 - Com diferentes topologias
- Muitas vezes, as redes são classificadas conforme o seu papel funcional
 - Redes de borda (ou redes periféricas)
 - Sistemas finais e redes de acesso
 - Redes de núcleo (ou redes de provedores de serviço)
 - Roteadores e redes dorsais (*backbones*)

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

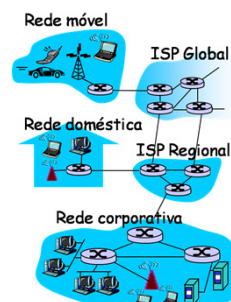
Componentes da Internet



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Componentes da Internet



A Internet é uma "rede de redes" com extensões geográficas, topologias e papéis diferentes

Serviços da Internet

- A Internet é uma infraestrutura de comunicação que provê serviços para aplicações
 - Basta que a aplicação siga um conjunto de regras
- Aplicações distribuídas
 - Web, e-mail, jogos, mensagens instantâneas, voz sobre IP (VoIP), compartilhamento de arquivos, etc.
- Serviços de comunicação de dados disponibilizados
 - Transferência confiável da origem até o destino
 - Transferência "melhor esforço" (não confiável)

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Borda

Estações finais e redes de acesso

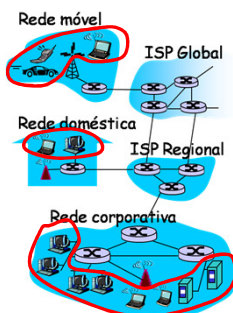
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Borda

- Estações hospedeiras (hosts) ou sistemas finais

- Sistemas finais: Encontram-se na borda da rede
 - Podem ser tanto clientes quanto servidores
- Hospedeiros: Executam os programas de aplicação
 - ex., WWW, email



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Borda

- Modelo de comunicação entre estações finais:

- Modelo cliente/servidor
 - Cliente faz pedidos que são atendidos pelos servidores
 - Ex.: cliente Web (browser)/servidor e cliente/servidor de e-mail
- Modelo par-a-par (P2P)
 - Uso mínimo (ou nenhum) de servidores dedicados
 - Ex.: Skype, BitTorrent



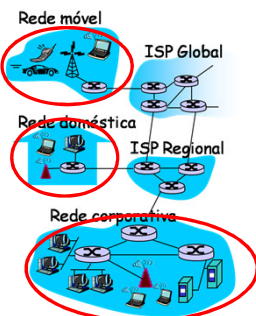
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Borda

- Redes de acesso

- Conectam um sistema final ao primeiro roteador (roteador de borda)
 - Redes domiciliares
 - Redes de acesso corporativo
 - Redes de ensino e pesquisa
 - Redes de universidades
 - Etc.



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Acesso Ponto-a-Ponto

- Acesso discado via modem (dialup)

- Acesso ao roteador do provedor de serviço em até 56 kb/s
- Não é possível acessar a Internet e telefonar ao mesmo tempo

- DSL (Digital Subscriber Line)

- Banda de até algumas dezenas de MHz
- Algumas tecnologias possibilitam o uso da linha telefônica em paralelo
- Taxas de até dezenas de Mb/s

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem-Fio

- Tecnologia muito popular
 - Facilidade de instalação
 - Baixo custo
- Mobilidade
- Problema de segurança

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem-Fio

- Propagação do sinal pelo ar

- Atenuação significativa
- Características do canal podem variar
 - Condições do tempo
 - Número de obstáculos entre o emissor e o receptor
- Múltiplos caminhos
- Ambiente hostil
 - Taxa de erro binária bem maior do que em uma rede Ethernet

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Sem-Fio

- Ethernet
 - Colisões detectadas
- Redes sem-fio
 - Não usam detecção de colisão como no CSMA/CD
 - Grande diferença da potência entre o sinal transmitido e o sinal recebido
 - Difícil separação de sinal e ruído
 - Difícil separação do que é transmissão e o que é recepção no transmissor
 - Nem todas as estações escutam as outras
 - Atenuação grande e variável
 - Terminal escondido

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes Domiciliares

- Definição
 - "Sistema de comunicação que visa a interconexão de dispositivos encontrados em residências e que tem como objetivo a comunicação, o conforto, a economia de energia, a segurança, a assistência e o lazer"
- Duas correntes representadas por
 - Nova revolução através da automação residencial
 - Ex.: Casa inteligente (Jetsons)
 - Robôs, dispositivos ativados por comandos de voz etc.
 - Benefícios mais imediatos e práticos
 - Ex.: Compartilhamento de arquivos, recursos etc.

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Dispositivos Conectados

- Atualmente...
 - Computadores pessoais e seus periféricos
 - Televisores, vídeo-cassetes, aparelhos de DVD, telefones e outros eletrodomésticos
 - Sensores e câmeras
- No futuro
 - Inteligência embarcada para compartilhamento de dados a alta velocidade
 - Cidades Inteligentes e Internet das Coisas

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Aplicações de Redes Domiciliares

- Monitoramento, automação e controle
- Compartilhamento de equipamentos, recursos e acesso à Internet
- Comunicação
- Entretenimento

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Tecnologias de Redes Domiciliares

- Diversos produtos e tecnologias ofertados para oferecer recursos de rede e acesso à Internet
 - Diferentes requisitos de aplicações de redes domiciliares
 - Difícil prever qual solução melhor se adapta às redes domiciliares
- Três tipos de redes
 - Com fio
 - Sem fio
 - Sem novos fios

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Tecnologias de Redes Domiciliares

- Com fio
 - Ethernet é a solução convencional
 - Maioria das casas não possui o cabeamento necessário
 - Custo de instalação do cabeamento é alto
- Sem fio
 - Enorme sucesso comercial
 - Problemas de desempenho, cobertura, garantia de qualidade de serviço e segurança

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Tecnologias de Redes Domiciliares

- Sem novos fios
 - Uso de uma infraestrutura já existente
 - TV a cabo
 - Home Cable Network Alliance criada em 2001
 - Falta de previsão para a criação de um padrão para redes domiciliares
 - Telefônica
 - Home Phonenumber Alliance criada em 1998
 - Padrão HomePNA
 - Elétrica
 - HomePlug Powerline Alliance criada em 2000
 - Padrão HomePlug

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Redes de Núcleo

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Sistema Autônomos (ASes)

- Conjunto de redes e roteadores administrados por um grupo ou uma instituição comum
 - Cada instituição escolhe o seu próprio protocolo de roteamento interno
 - Protocolo intradomínio
 - Todas as instituições executam o mesmo protocolo de roteamento externo
 - Protocolo interdomínio



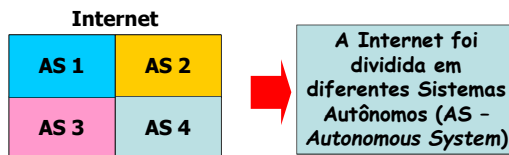
O uso de um protocolo interdomínio comum é um requisito para que todos os Sistemas Autônomos mantenham conectividade

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Crescimento da Internet

- A Internet cresceu aceleradamente
 - Maior complexidade de gerenciamento e administração
 - Atualizações de topologia se tornaram mais frequentes



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

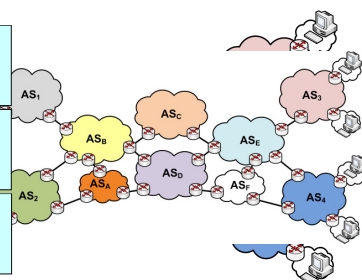
Internet: "Rede de Redes"

- Composta por diferentes redes interconectadas
 - Protocolo de interconexão: IP

Redes administradas pela mesma instituição formam um AS

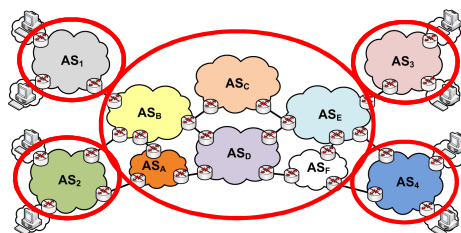
Cada AS tem o seu próprio protocolo intradomínio

Todos os ASes executam o mesmo protocolo interdomínio



Classificação dos ASes

- Feita a partir da posição na topologia da Internet



ASes ASes que não estão conectados a usuários → ASes de trânsito isso

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Transferência de Dados

- Núcleo da rede
 - Malha de roteadores interconectados
- Como os dados são transferidos através da rede?
 - Comutação de circuitos
 - **Circuito de comutação**
 - Comutação de pacotes
 - **Dados são enviados através da rede em pedaços discretos**

A Internet é uma rede de comutação de pacotes



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Métricas

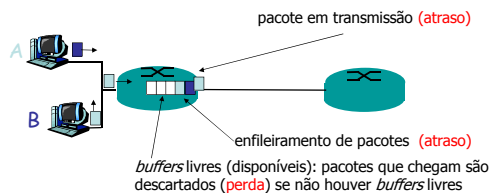
Avaliação do desempenho de uma rede

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Como Ocorrem as Perdas e os Atrasos?

- Pacotes são enfileirados nos *buffers* do roteador
 - Taxa de chegada de pacotes ao nó excede a capacidade do enlace de saída
 - Pacotes são enfileirados, esperam pela vez

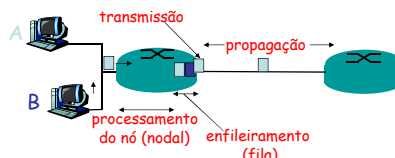


EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 1. Processamento do nó
 - Verificação de bits errados
 - Identificação do enlace de saída
- 2. Enfileiramento
 - Tempo de espera no enlace de saída até a transmissão
 - Depende do nível de congestionamento do roteador



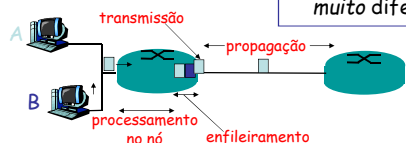
EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Quatro Fontes de Atraso de Pacotes

- 3. Atraso de transmissão
 - R = largura de banda do enlace (bits/s)
 - L = compr. do pacote (bits)
 - tempo para enviar os bits no enlace = L/R
- 4. Atraso de propagação
 - d = compr. do enlace
 - s = velocidade de propagação no meio ($\sim 2 \times 10^8$ m/s)
 - atraso de propagação = d/s

Nota: s e R são valores muito diferentes!



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Atraso por Nó

$$d_{\text{nó}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{fila}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

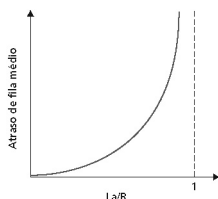
- d_{proc} = atraso de processamento
 - tipicamente de poucos microsseg ou menos
- d_{fila} = atraso de enfileiramento
 - depende do congestionamento
- d_{trans} = atraso de transmissão
 - = L/R , significativo para canais de baixa velocidade
- d_{prop} = atraso de propagação
 - poucos microsseg a centenas de mseg

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Atraso de Enfileiramento

- R =largura de banda do enlace (bits/s)
- L =compr. do pacote (bits)
- a =taxa média de chegada de pacotes



Intensidade de tráfego = La/R

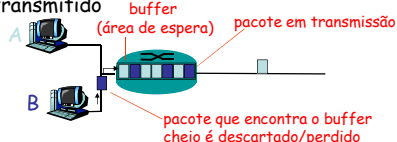
- $La/R \sim 0$: pequeno atraso de enfileiramento
- $La/R \rightarrow 1$: grande atraso
- $La/R > 1$: chega mais "trabalho" do que a capacidade de atendimento, atraso médio infinito!

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Perda de pacotes

- Fila (buffer) anterior a um enlace possui capacidade finita
- Quando um pacote chega numa fila cheia, o pacote é descartado (perdido)
- O pacote perdido pode ser retransmitido pelo nó anterior, pelo sistema origem, ou não ser retransmitido

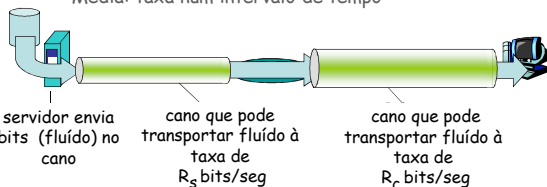


EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Vazão (Throughput)

- Taxa na qual os bits são transferidos entre o transmissor e o receptor
 - Dada em bits/unidade de tempo
 - Instantânea: taxa num certo instante de tempo
 - Média: taxa num intervalo de tempo

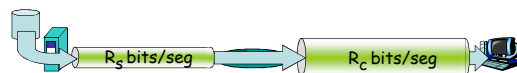


EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

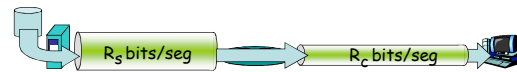
Professor Miguel Campista

Vazão

- $R_s < R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?



- $R_s > R_c$ Qual é a vazão média fim-a-fim?



Gargalo
link no caminho fim-a-fim que restringe a vazão fim-a-fim

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Traceroute/Tracert

- Fornece medições de atraso da fonte até cada um dos roteadores ao longo do caminho até o destino
 - Envia três pacotes que alcançarão o roteador i no caminho até o destino
 - O roteador i devolverá um pacote de erro até o transmissor
 - O transmissor calcula o intervalo de tempo decorrido entre a transmissão e a chegada da resposta



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Traceroute/Tracert

```

stau@ ~$ traceroute www.google.com.br
traceroute to www.google.com.br (74.125.234.55), 30 hops max, 60 byte packets
 1: 192.168.1.1 [192.168.1.1] 0.305 ms 0.309 ms 0.417 ms
 2: angra.gta.ufrj.br [146.164.63.120] 0.934 ms 1.006 ms 1.012 ms
 3: 146.164.6.103 [146.164.6.103] 1.009 ms 1.576 ms 1.579 ms
 4: rtsufrj.ufrj.br [146.164.1.133] 2.035 ms 2.026 ms 2.096 ms
 5: giga-bgp-chf-federzo.br [200.20.34.58] 9.453 ms 9.456 ms 9.643 ms
 6: net-3-16-16-001.gblx.net [4.214.42.200] 9.963 ms 7.544 ms 7.659 ms
 7: po5.asr1.001.gblx.net [67.16.139.58] 16.185 ms po5.asr1.001.gblx.net [67.16.139.166] 16.182 ms po5.asr1.001.gblx.net [67.16.139.58] 15.969 ms
 8: google-1-ar5.gblx.net [64.200.110.102] 16.448 ms 16.022 ms 16.507 ms
 9: 209.85.243.209 [209.85.243.209] 16.923 ms 15.771 ms 16.596 ms
10: 209.85.251.39 [209.85.251.39] 16.693 ms 14.413 ms 13.900 ms
11: googlefin-z33-16100.net [74.125.234.55] 14.410 ms 10.263 ms 19.811 ms
stau@ ~$
    
```

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Camadas de Protocolos e Modelos de Serviços

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Arquitetura em Camadas

- Reduzir a complexidade do projeto de uma rede de comunicação
 - Cada camada
 - Provê um **serviço** para as camadas superiores
 - "Esconde" das camadas superiores como o serviço é implementado
 - Criar um pilha de camadas
 - Número de camadas
 - Nome de cada camada
 - Função de cada camada
- Podem ser diferentes para cada rede**

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

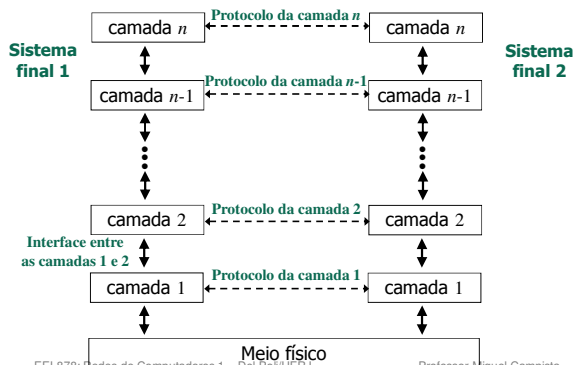
Por Que Dividir em Camadas?

- Lidar com sistemas complexos
 - Estrutura explícita permite a identificação e relacionamento entre as partes do sistema complexo
 - Modularização facilita a manutenção e atualização do sistema
 - Mudança na implementação do serviço da camada é transparente para o resto do sistema

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

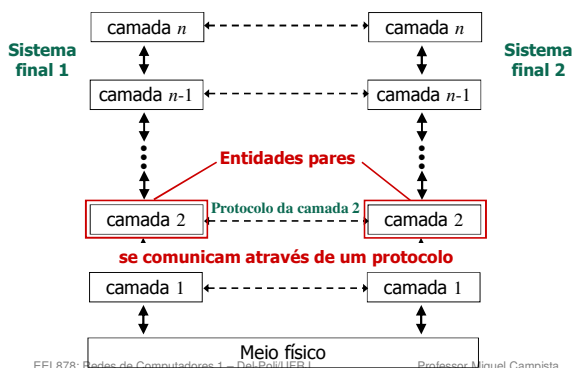
Arquitetura em Camadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

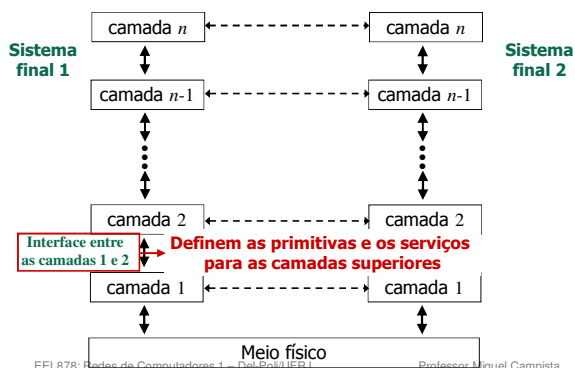
Arquitetura em Camadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Arquitetura em Camadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

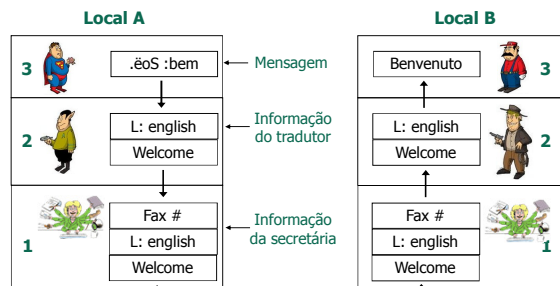
Mais Conceitos

- **Arquitetura de rede**
 - Conjunto de protocolos e camadas
- **Pilha de protocolos**
 - Lista de protocolos usados por um sistema

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

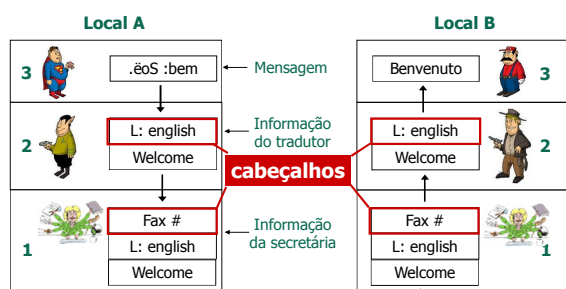
Comunicação Multicamadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Comunicação Multicamadas



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Arquiteturas de Rede

- Duas mais importantes
 - Modelo de referência OSI
 - Modelo TCP/IP

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

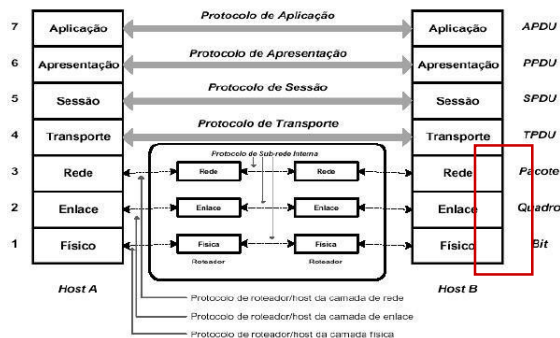
Modelo OSI

- **OSI: Open Systems Interconnection**
- **Proposto pela ISO (International Standards Organization)**
 - Década de 70
- **Sete camadas**
 1. Física
 2. Enlace
 3. Rede
 4. Transporte
 5. Sessão
 6. Apresentação
 7. Aplicação

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Modelo OSI



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Modelo OSI

- **Prós:** bastante geral e continua válido até hoje
- **Contras:** protocolos associados ao modelo OSI são raramente usados
- **Críticas**
 - Complexidade
 - Cada camada deve desempenhar a sua função antes de encaminhar os dados para a camada seguinte
 - Rigidez de modelagem
 - Camadas diferentes não devem compartilhar informações
 - Mesmos serviços implementados por diferentes camadas
 - Ex.: correção de erros

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

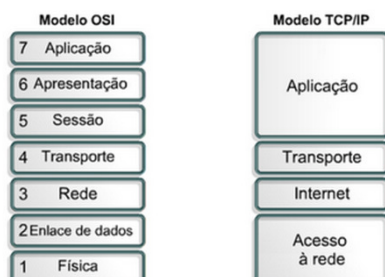
Modelo TCP/IP

- Década de 80
- **Cinco/Quatro camadas**
 1. Física
 2. Enlace
 3. Rede
 4. Transporte
 5. Aplicação

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Modelo TCP/IP



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Modelo TCP/IP

- **Prós:** protocolos associados ao modelo TCP/IP são amplamente usados
- **Contras:** camadas mais "restritas" do que no OSI
- O modelo OSI é apenas um modelo de referência
- O modelo TCP/IP define os protocolos para cada camada

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Camadas do Modelo TCP/IP

- **Aplicação**
 - Suporte para aplicações de rede
 - **Mensagens**
 - Exs.: HTTP, SMTP, FTP, etc.
- **Transporte**
 - Comunicação **fim-a-fim**
 - Transferência de dados entre sistemas finais
 - **Segmentos**
 - Exs.: TCP, UDP

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Camadas do Modelo TCP/IP

- **Rede**
 - Encaminhamento e roteamento*
 - **Datagramas**
 - Ex.: IP
- **Enlace**
 - Comunicação **salto-a-salto**
 - Transferência de dados entre elementos de rede vizinhos
 - **Quadros**
 - Exs.: Ethernet, PPP, WiFi, etc.

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

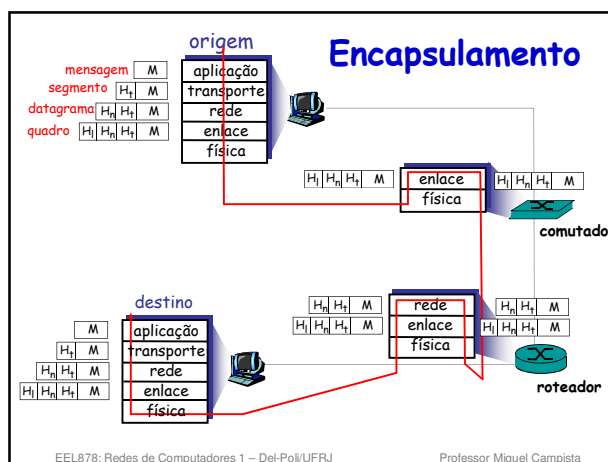
Professor Miguel Campista

Camadas do Modelo TCP/IP

- Física
 - Transmissão dos bits "no fio"
 - Modulação e codificação

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista



EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Material Utilizado

- Notas de aula do Prof. Igor Monteiro Moraes, disponíveis em <http://www2.ic.uff.br/~igor/cursos/redespg>

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista

Leitura Recomendada

- Capítulo 1 do Livro "Computer Networking: A Top Down Approach", 5a. Ed., Jim Kurose and Keith Ross, Editora Pearson, 2010
- Capítulo 1 e 2 do Livro "Computer Networks", Andrew S. Tanenbaum e David J. Wetherall, 5a. Edição, Editora Pearson, 2011
- Campista, M. E. M., Ferraz, L. H. G., Moraes, I. M., Lanza, M. L. D., Costa, L. H. M. K., and Duarte, O. C. M. B. - "Interconexão de Redes na Internet do Futuro: Desafios e Soluções", em Minicursos do Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores - SBRC' 2010, pp. 47-101, Gramado, RS, Brazil, Maio de 2010.

EEL878: Redes de Computadores 1 – Del-Poli/UFRJ

Professor Miguel Campista