



UNITINS
UNIVERSIDADE ESTADUAL DO TOCANTINS

TOCANTINS
GOVERNO DO ESTADO



ZAIRO LINS RIBEIRO CUNHA

REDES DE COMPUTADORES E A INTERNET

Resumo – Capítulo 1

PALMAS-TO
2025

Redes de Computadores e a Internet

A Internet é o maior sistema de engenharia já criado, conectando milhões de computadores e dispositivos, como sensores e máquinas domésticas. Apesar de sua complexidade, é possível compreendê-la por meio de princípios estruturais e de funcionamento.

O capítulo introdutório aborda um panorama geral das redes de computadores, explorando seus componentes e funcionamento. Primeiramente, são apresentados os conceitos fundamentais, seguidos da análise do hardware e software envolvidos. São examinados os sistemas finais e as aplicações de rede, bem como os serviços de transporte disponíveis.

Em seguida, o texto aborda o núcleo da rede, analisando os enlaces, comutadores e os meios físicos que conectam os dispositivos. A Internet é descrita como uma "rede de redes", destacando suas interconexões.

A segunda parte do capítulo discute aspectos como atraso, perda e vazão de dados, fornecendo modelos quantitativos para análise do desempenho da rede. Também são abordados princípios de arquitetura, como protocolos em camadas e modelos de serviço. Além disso, são analisadas vulnerabilidades e ameaças às redes de computadores, bem como formas de aumentar a segurança. O capítulo se encerra com um breve histórico da computação em rede.

Aqui está um resumo do texto com os detalhes mais importantes, conforme sua preferência:

O que é a Internet?

A Internet é uma rede de computadores que conecta milhões de dispositivos no mundo, incluindo PCs, servidores, smartphones, TVs, sensores e outros equipamentos. Esses dispositivos, chamados de **hospedeiros** ou **sistemas finais**, comunicam-se por meio de enlaces de comunicação e comutadores de pacotes, como **roteadores e switches**.

Cada sistema final acessa a Internet por meio de **Provedores de Serviços de Internet (ISPs)**, que interconectam diferentes redes globais. O tráfego de dados ocorre por meio de pacotes, que percorrem rotas compostas por enlaces e comutadores. A Internet funciona como uma infraestrutura que fornece serviços para aplicações distribuídas, como **e-mails, redes sociais, VoIP, jogos online e streaming de vídeo**.

Os sistemas finais utilizam **protocolos de comunicação**, sendo os principais o **TCP/IP**, que determinam como os pacotes são enviados e recebidos. Esses protocolos seguem padrões definidos pela **IETF (Internet Engineering Task Force)**, documentados nos **RFCs (Requests for Comments)**.

Além da conexão física, a Internet também é descrita como uma **plataforma para aplicações**, onde programas executados em diferentes sistemas finais trocam informações. Para isso, os sistemas finais oferecem uma **API (Interface de Programação de Aplicação)** que permite a comunicação entre aplicações via infraestrutura da Internet.

A Periferia da Internet

Nesta seção, vamos explorar com mais detalhes os componentes periféricos das redes de computadores, especialmente os dispositivos com os quais estamos mais familiarizados, como computadores e smartphones. A partir deste ponto, faremos uma transição para o estudo do núcleo da rede, incluindo comutação e roteamento.

Os dispositivos conectados à Internet, conhecidos como *sistemas finais*, são descritos como estando na periferia da rede, conforme ilustrado na Figura 1.3. Eles incluem uma variedade de equipamentos, como:

- **Computadores de mesa** (PCs, Macs e Linux);
- **Servidores** (como servidores web e de e-mail);
- **Computadores móveis** (notebooks, smartphones e tablets).

Além disso, a diversidade de dispositivos conectados à Internet tem aumentado, com aparelhos alternativos também se tornando sistemas finais. Exemplos incluem consoles de videogame, televisores com Internet, máquinas de lavar, refrigeradores, e até uma torradeira conectada à rede, capaz de baixar informações meteorológicas e imprimi-las na torrada. Dispositivos móveis, como telefones celulares com GPS, também fazem parte desta expansão, proporcionando serviços baseados em localização.

Histórico do Caso: Expansão dos Sistemas Finais na Internet

Antigamente, os sistemas finais conectados à Internet eram predominantemente computadores tradicionais, como desktops e servidores. No entanto, desde o final dos anos 1990, a Internet tem sido cada vez mais usada para conectar uma variedade impressionante de dispositivos. A padronização dos protocolos de rede e a disponibilidade de hardware apropriado facilitaram essa expansão.

Além dos dispositivos de consumo, como telefones e videogames, a Internet está também conectando sensores em redes que monitoram o ambiente físico, como prédios, pontes, atividades sísmicas e habitats naturais. Há também o conceito emergente da **Internet das Coisas (IoT)**, onde os dispositivos se conectam para realizar funções inteligentes, criando uma rede de objetos interconectados que interagem entre si e com servidores.

Sistemas Finais: Clientes e Servidores

Dentro do universo dos sistemas finais, muitas vezes eles são divididos em duas categorias: **clientes** e **servidores**. Clientes são geralmente dispositivos como PCs de mesa, portáteis e smartphones, enquanto servidores são máquinas mais robustas, projetadas para armazenar e distribuir dados, como páginas web, vídeos ou e-mails. A maior parte dos servidores modernos reside em datacenters de grandes empresas como o Google, que possui entre 30 a 50 datacenters ao redor do mundo, com muitos datacenters possuindo mais de cem mil servidores.

Esse contexto destaca a complexidade e a diversidade da Internet, que vai muito além de computadores tradicionais, conectando uma gama crescente de dispositivos e criando um ambiente dinâmico e interconectado.

Resumo de Redes de Acesso:

As redes de acesso são a infraestrutura física que conecta sistemas finais à Internet, interligando esses sistemas ao primeiro roteador de um caminho de dados. Elas se dividem em diferentes tipos, com destaque para as redes de acesso doméstico, corporativo e móvel.

1. Acesso Doméstico:

- **DSL (Linha Digital de Assinante):** Acesso comum em residências, utilizando a infraestrutura telefônica existente. O sinal DSL transmite dados e voz simultaneamente, dividindo a linha telefônica em diferentes canais de frequência (downstream, upstream e telefone).
- **Acesso a Cabo:** Utiliza a infraestrutura de TV a cabo, com modems especiais e fibra ótica conectando terminais de distribuição às residências. A rede híbrida fibra-coaxial (HFC) é característica dessa tecnologia.
- **FTTH (Fiber to the Home):** A fibra ótica vai diretamente até a residência, permitindo altíssimas taxas de transmissão, na casa de gigabits por segundo. Essa tecnologia usa redes óticas passivas (PON) e oferece velocidades muito superiores às anteriores.

2. Acesso Corporativo e Residencial:

- **Ethernet:** Em empresas e residências, a Ethernet é a tecnologia predominante para conexão via cabo, proporcionando acessos de até 1 Gbit/s.
- **Wi-Fi:** Acesso sem fio cada vez mais comum em dispositivos móveis, com tecnologia IEEE 802.11 (Wi-Fi), que oferece velocidades compartilhadas de até 54 Mbits/s.

3. Tecnologias Alternativas:

- **Acesso Satelital:** Usado em áreas rurais, com velocidades mais baixas (até 1 Mbit/s).
- **Acesso Discado:** Utiliza modems tradicionais, com velocidades muito lentas (56 kbits/s).

Essa variedade de tecnologias visa atender a diferentes necessidades de conectividade, desde residências até grandes corporações, oferecendo soluções variadas conforme as condições de infraestrutura e a demanda por velocidade.

Meios Físicos

Nesta subseção, é apresentada uma visão geral dos meios físicos utilizados para a transmissão de dados na Internet, abordando suas características e custos.

Definição de Meio Físico

Um meio físico refere-se ao caminho por onde os bits transitam, desde o sistema final de origem até o destino, passando por uma série de pares transmissor-receptor, que podem usar ondas eletromagnéticas ou pulsos ópticos. Os meios físicos se classificam em **guiados** (como cabos) e **não guiados** (como canais de rádio).

Custos dos Meios Físicos

O custo real dos meios físicos, como fios de cobre ou cabos de fibra ótica, costuma ser baixo em comparação com outros custos associados, especialmente o custo de instalação. Por isso, muitas vezes, os construtores instalam diversos tipos de cabos, como o par trançado e a fibra ótica, em prédios, antecipando possíveis necessidades futuras.

Tipos de Meios Físicos

- **Par de fios de cobre trançado:** Este é o meio de transmissão mais barato e amplamente utilizado, especialmente em redes de telefonia. Consiste em dois fios de cobre isolados e trançados, que ajudam a reduzir a interferência. As taxas de transmissão podem variar entre 10 Mbits/s e 10 Gbits/s, dependendo da bitola do fio e da distância. O par trançado é utilizado em LANs e também em acesso residencial à Internet através de tecnologias como o DSL.
- **Cabo coaxial:** Consiste em dois condutores de cobre concêntricos, que são mais eficientes que os paralelos. É comum em sistemas de televisão a cabo e acesso à Internet via cabo. O cabo coaxial pode ser utilizado como meio compartilhado, onde múltiplos sistemas finais se conectam ao cabo e recebem os sinais transmitidos.
- **Fibra ótica:** A fibra ótica é um meio que transmite pulsos de luz, representando bits. Ela permite taxas de transmissão elevadíssimas, de até centenas de Gbps, e é imune a interferências eletromagnéticas. A fibra ótica é especialmente usada para grandes distâncias, como em cabos submarinos e backbones da Internet, mas seu alto custo ainda limita seu uso em redes de curto alcance, como LANs ou conexões residenciais.
- **Canais de rádio terrestres:** Usam o espectro eletromagnético para transmitir sinais sem a necessidade de cabos físicos, podendo atravessar paredes e oferecer conectividade para usuários móveis. Dependendo da distância e do ambiente, esses canais podem ser classificados em curta, média ou longa distância. São usados em dispositivos pessoais, LANs sem fio e telefonia móvel.
- **Canais de rádio por satélite:** Satélites de comunicação conectam transmissores e receptores terrestres, transmitindo sinais por micro-ondas. Existem dois tipos de satélites usados para comunicações: os geoestacionários (que ficam fixos em um ponto sobre a Terra) e os de órbita baixa (LEO), que são mais próximos e se movem ao redor da Terra. Os satélites de órbita baixa, em particular, têm o potencial de fornecer acesso à Internet no futuro.

Esses meios físicos são essenciais para a infraestrutura da Internet, cada um com suas vantagens, limitações e aplicações específicas, dependendo do tipo de rede e do alcance necessário.

O NÚCLEO DA REDE

A seção descreve a infraestrutura central da Internet, focando no papel da rede de comutadores de pacotes e enlaces que conectam os sistemas finais da rede. A comutação de pacotes é um processo crucial em que as mensagens são fragmentadas em pacotes, que viajam por diversos enlaces de comunicação e comutadores (roteadores). O roteador processa o pacote usando a técnica de **transmissão armazena-e-reenvia**, o que significa que o pacote inteiro precisa ser recebido antes de ser transmitido para o próximo enlace.

Transmissão Armazena-e-Reenvia: Este método implica que o roteador armazene completamente um pacote antes de enviá-lo adiante, o que introduz um atraso de transmissão maior. No exemplo dado, o pacote leva o tempo de $2L/R$ para percorrer um enlace. Quando múltiplos pacotes são enviados, o tempo aumenta com o número de pacotes.

Atrasos e Congestionamento: Quando os pacotes chegam a um roteador, eles podem ser colocados em uma fila de saída se o enlace estiver ocupado. Isso pode causar **atrasos de fila** e, se a fila estiver cheia, pode ocorrer **perda de pacotes**. O congestionamento pode ocorrer quando a taxa de chegada de pacotes excede a capacidade do enlace.

Roteamento e Tabelas de Encaminhamento: Cada roteador possui uma **tabela de encaminhamento** que mapeia endereços IP para enlaces de saída. Quando um pacote chega ao roteador, o endereço de destino é examinado, e o roteador determina o enlace adequado para encaminhar o pacote. Isso é feito automaticamente por protocolos de roteamento, que configuram as tabelas nos roteadores de maneira dinâmica. Esses protocolos determinam o caminho mais eficiente para os pacotes, como exemplificado na analogia de um motorista pedindo direções em diferentes pontos da viagem.

Ferramenta Traceroute: O programa **Traceroute** pode ser utilizado para observar o caminho que os pacotes percorrem na Internet. Ele mostra como os pacotes viajam por diferentes roteadores e enlaces até o destino final.

Aqui está o resumo do texto enviado, com os principais detalhes destacados, conforme as normas da ABNT:

Comutação de Circuitos e Pacotes

Existem duas abordagens principais para a locomoção de dados através de redes: comutação de circuitos e comutação de pacotes.

Comutação de Circuitos

Nas redes de comutação de circuitos, os recursos necessários ao longo de um caminho são reservados para a comunicação entre sistemas finais durante toda a sessão. A comunicação só ocorre após o estabelecimento de um "circuito", onde comutadores reservam capacidade de transmissão nos enlaces. A analogia é feita com restaurantes, onde uma reserva é feita para garantir a disponibilidade de mesa e, durante a refeição, não é necessário esperar.

Exemplo clássico de rede de comutação de circuitos: a telefonia tradicional. Para enviar uma informação, um circuito é estabelecido entre o remetente e o destinatário, e recursos de largura de banda são reservados durante toda a comunicação.

Multiplexação em Redes de Comutação de Circuitos:

- **FDM (Multiplexação por Divisão de Frequência):** O espectro de frequência do enlace é dividido entre várias conexões. Cada conexão ocupa uma faixa específica durante a comunicação.
- **TDM (Multiplexação por Divisão de Tempo):** O tempo de comunicação é dividido em quadros e compartimentos de tempo, alocando um compartimento para cada conexão durante cada ciclo.

Comparação com Comutação de Pacotes

Nas redes de comutação de pacotes, os recursos não são reservados. Em vez disso, os pacotes de dados são enviados "sob demanda", podendo enfrentar atrasos em caso de congestionamento da rede.

Vantagens da Comutação de Pacotes:

- Melhora o compartilhamento da largura de banda.
- A implementação é mais simples e barata em comparação com a comutação de circuitos.
- Durante períodos de inatividade de uma conexão, os recursos podem ser utilizados por outras conexões, evitando o desperdício de recursos.

Exemplos Numéricos

Considerando o envio de um arquivo de 640 kbits por uma rede de comutação de circuitos, onde cada enlace usa TDM com 24 compartimentos e taxa de 1,536 Mbits/s, o tempo total para transmitir o arquivo é de 10,5 segundos, incluindo o tempo de ativação do circuito.

Eficiência da Comutação de Pacotes

Com a comutação de pacotes, se múltiplos usuários compartilharem um enlace de 1 Mbit/s e cada um for ativo apenas 10% do tempo, a probabilidade de congestionamento do enlace é mínima, permitindo que mais de três vezes o número de usuários sejam atendidos em comparação à comutação de circuitos.

Cenário de 10 usuários: Um usuário ativo transmitindo dados enquanto os outros 9 permanecem inativos não resulta em desperdício de recursos, ao contrário da comutação de circuitos, que deixaria os compartimentos ociosos.

Resumo: Uma Rede de Redes

A Internet é uma complexa rede de redes, onde sistemas finais, como PCs e servidores, se conectam a um provedor de acesso (ISP) que pode fornecer conectividade com ou sem fio. Esses ISPs interconectam-se de formas diversas, formando uma rede de redes que permite a comunicação global entre os sistemas finais. O objetivo principal é interligar os ISPs para que todos os sistemas finais possam enviar pacotes de dados entre si.

A evolução dessa rede de redes foi guiada pela política econômica e pela demanda de conectividade, e não apenas por questões de desempenho. Inicialmente, um ISP global centralizava a conectividade de todos os ISPs de acesso. No entanto, com o tempo, surgiram múltiplos ISPs de trânsito global, permitindo que os ISPs de acesso escolhessem entre diferentes provedores com base em preços e serviços.

A estrutura de rede evolui para uma hierarquia multinível, onde ISPs de acesso se conectam a ISPs regionais, que por sua vez se conectam a ISPs de nível 1. Esses ISPs de nível 1 formam a espinha dorsal da Internet e não pagam a nenhum outro ISP, sendo os principais provedores. Além disso, para otimizar os custos de tráfego, alguns ISPs se conectam diretamente em pontos de troca da Internet (IXPs) ou fazem emparelhamento, permitindo a troca de tráfego sem custos adicionais.

Na estrutura mais recente (Estrutura de Rede 5), os provedores de conteúdo, como o Google, criam suas próprias redes privadas para interligar seus centros de dados e reduzir custos com ISPs de nível 1, ao mesmo tempo que aumentam o controle sobre a entrega de seus serviços.

Essa rede é formada por ISPs de diferentes níveis, pontos de presença (PoPs), multi-homing, emparelhamento e IXPs, todos trabalhando em conjunto para garantir a conectividade global de sistemas finais e provedores de conteúdo.

Estruturas de Rede:

1. **Estrutura de Rede 1:** Um ISP de trânsito global conecta todos os ISPs de acesso.
2. **Estrutura de Rede 2:** Múltiplos ISPs de trânsito global interconectados entre si, com ISPs de acesso escolhendo seu provedor.
3. **Estrutura de Rede 3:** Hierarquia multinível, com ISPs regionais conectando-se a ISPs de nível 1.
4. **Estrutura de Rede 4:** Adição de PoPs, multi-homing, emparelhamento e IXPs à hierarquia.
5. **Estrutura de Rede 5:** Redes privadas de provedores de conteúdo, como o Google, para reduzir custos com ISPs de nível 1.

Essas camadas e conexões formam a complexa topologia da Internet moderna, com ISPs de diferentes níveis interconectados para garantir a comunicação global.

Atraso, Perda e Vazão em Redes de Comutação de Pacotes

A Internet, em sua essência, é uma infraestrutura que fornece serviços para aplicações distribuídas em sistemas finais. No entanto, ela não consegue fornecer dados de forma instantânea e sem perdas devido às restrições físicas das redes de comunicação. As redes de computadores, portanto, apresentam limitações em termos de vazão, atrasos e perda de pacotes. O estudo dessas limitações é fundamental para entender o desempenho das redes e as soluções para otimizar os processos de transmissão de dados.

Tipos de Atraso em Redes de Comutação de Pacotes

O atraso total que um pacote sofre ao atravessar a rede pode ser dividido em vários tipos de atrasos, que ocorrem em cada nó (roteador ou sistema final) da rede:

1. **Atraso de Processamento:** Refere-se ao tempo que o roteador leva para examinar o cabeçalho do pacote e determinar para onde enviá-lo, além de verificar erros. Esse tipo de atraso geralmente é muito curto (microsegundos).
2. **Atraso de Fila:** O tempo em que o pacote fica na fila aguardando para ser transmitido pelo enlace. Esse atraso depende da quantidade de pacotes na fila. Quando o tráfego na rede está alto, esse atraso pode ser significativo.
3. **Atraso de Transmissão:** Relacionado ao tempo necessário para enviar todos os bits do pacote para o enlace. Depende do tamanho do pacote (L bits) e da taxa de transmissão do enlace (R bits/s). Este atraso é calculado por L/R .
4. **Atraso de Propagação:** O tempo necessário para um bit viajar pela linha de comunicação, desde a origem até o destino. Esse atraso depende da distância entre os nós e da velocidade de propagação do meio de comunicação (como fibra ótica ou cabo de cobre).

Comparação entre Atrasos de Transmissão e Propagação

A diferença entre os atrasos de transmissão e de propagação pode ser ilustrada por uma analogia com uma rodovia. Na analogia, os carros representam os bits do pacote, os postos de pedágio são os roteadores, e os trechos de estrada entre os pedágios são os enlaces da rede. O **atraso de transmissão** é o tempo necessário para liberar um carro (ou bit) em cada pedágio (ou roteador), enquanto o **atraso de propagação** é o tempo que o carro leva para percorrer a distância entre dois postos de pedágio.

Se o tempo de transmissão for maior que o tempo de propagação, os primeiros carros (bits) podem chegar ao próximo pedágio (roteador) antes que os últimos carros saiam do primeiro, o que pode causar congestionamento e aumentar o atraso total.

Fórmula para Atraso Nodal Total

O **atraso nodal total** é a soma dos atrasos de processamento, fila, transmissão e propagação:

$$\text{Atraso Nodal Total} = d_{\text{proc}} + d_{\text{fila}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Cada um desses atrasos pode variar em função das condições da rede. O atraso de **processamento** geralmente é muito pequeno, mas é essencial para a produtividade do roteador. Já o **atraso de propagação** pode ser muito pequeno em redes locais (LANs), mas se torna significativo em conexões de longa distância, como em enlaces via satélite.

Este entendimento dos atrasos é crucial para a otimização do desempenho das redes de computadores e para o planejamento de infraestrutura adequada que minimize esses efeitos.

Atraso de Fila e Perda de Pacote

O atraso de fila é um dos componentes mais complexos e importantes no estudo de redes de computadores. Ele pode variar de pacote a pacote, dependendo de fatores como a taxa de chegada dos pacotes e a capacidade de transmissão da rede. Se a intensidade do tráfego (a razão entre a taxa de chegada dos pacotes e a taxa de transmissão) for maior do que 1, a fila tenderá a crescer indefinidamente e o atraso de fila aumentará de forma significativa.

Atraso de Fila

- **Causa:** O atraso de fila ocorre quando pacotes ficam aguardando na fila de um roteador para serem processados e transmitidos.
- **Fatores que influenciam:** A velocidade de transmissão do enlace, a taxa com que os pacotes chegam à fila e a natureza do tráfego (intermitente ou em rajadas).
- **Medição:** O atraso de fila é tipicamente medido de forma estatística, usando a média do atraso, a variância e a probabilidade de que o atraso exceda um valor especificado.
- **Importância:** A intensidade do tráfego desempenha um papel crucial no comportamento da fila. Quando a intensidade de tráfego se aproxima de 1, pequenos aumentos podem levar a grandes aumentos no atraso de fila, o que pode resultar em congestionamentos.

Perda de Pacote

Quando a fila de um roteador está cheia, um pacote pode ser descartado, resultando em uma perda de pacote. Isso ocorre porque a fila tem uma capacidade finita e, quando não há mais espaço para novos pacotes, eles são descartados. Esse cenário ocorre frequentemente quando a intensidade do tráfego excede 1, resultando em congestionamento e perda de pacotes.

Atraso Fim a Fim

O **atraso fim a fim** é o tempo total que um pacote leva para ir da origem até o destino, passando por múltiplos roteadores. Esse atraso é a soma dos atrasos de processamento, transmissão e propagação em cada roteador e na máquina de origem.

Traceroute

O **Traceroute** é uma ferramenta útil para entender o atraso de rede. Ele envia pacotes especiais para o destino e registra o tempo que os pacotes levam para chegar a cada roteador intermediário, permitindo a visualização do caminho seguido pelos pacotes e a medição dos atrasos de cada salto. O comando gera uma tabela com informações sobre cada roteador no caminho, como o nome, o endereço IP e os tempos de ida e volta para cada tentativa de envio.

CAMADAS DE PROTOCOLO E SEUS MODELOS DE SERVIÇO

A Internet é um sistema complexo, com diversos componentes como aplicações, protocolos, sistemas finais e conexões. Para organizar esse sistema, é comum adotar uma arquitetura em camadas, que facilita a compreensão e a organização da comunicação na rede.

Arquitetura de camadas

Uma analogia útil para entender a arquitetura de camadas é compará-la a uma viagem de avião. Em uma viagem, diversas ações são realizadas em etapas ou "camadas": a compra da passagem, o despacho da bagagem, o embarque no portão, a decolagem, o voo, o roteamento do avião e a aterrissagem. Cada uma dessas etapas tem sua função específica, mas depende da anterior para ser executada corretamente.

Da mesma forma, na arquitetura de redes, cada camada executa uma função específica e depende da camada inferior para fornecer os serviços necessários para a camada superior. Por exemplo, a camada de transporte garante a entrega confiável de dados, enquanto a camada de aplicação lida com as interações de rede para usuários finais.

A divisão em camadas oferece vantagens como modularidade, o que facilita a modificação ou atualização de partes do sistema sem afetar as demais. Modificar a implementação de um serviço em uma camada não afeta as outras, desde que a interface de serviço permaneça a mesma.

Camadas de protocolo

Para organizar o projeto de redes, os protocolos são distribuídos em camadas, com cada uma oferecendo serviços à camada acima e utilizando os serviços da camada abaixo. A pilha de protocolos da Internet possui cinco camadas: física, de enlace, de rede, de transporte e de aplicação. Cada camada tem sua própria função e a implementação pode ser realizada em hardware, software ou uma combinação de ambos.

A arquitetura em camadas tem vantagens estruturais, como modularidade e facilitação de atualizações. No entanto, existem críticas, como a duplicação de funcionalidades entre camadas e a interdependência de informações entre elas.

As cinco camadas da pilha de protocolos da Internet

1. **Camada de Aplicação:** Onde residem as aplicações de rede e seus protocolos, como HTTP, SMTP e FTP. Ela lida com a comunicação entre sistemas finais e a troca de pacotes de informação.

2. **Camada de Transporte:** Responsável por carregar mensagens da camada de aplicação entre clientes e servidores, utilizando protocolos como TCP e UDP. O TCP oferece serviços confiáveis, como controle de fluxo e de congestionamento, enquanto o UDP é mais econômico, mas não garante entrega confiável.
3. **Camada de Rede:** Responsável pela movimentação de pacotes entre sistemas finais. O protocolo IP é fundamental nesta camada, e inclui também protocolos de roteamento que determinam as rotas dos pacotes.
4. **Camada de Enlace:** Encarregada de transmitir pacotes pela rede, manipulando os dados no nível físico e garantindo que os pacotes cheguem aos roteadores e, eventualmente, ao destino.

Cada camada da pilha de protocolos oferece um serviço e utiliza os serviços das camadas abaixo dela, garantindo que os dados sejam transmitidos de forma eficiente e estruturada pela rede.

Encapsulamento

A Figura 1.24 ilustra o caminho físico dos dados em uma rede. Eles seguem da pilha de protocolos do sistema final emissor, passam pelas pilhas de protocolos de comutadores e roteadores de camada de enlace, e finalmente chegam ao sistema final receptor.

Roteadores e comutadores de camada de enlace organizam seu hardware e software de rede em camadas, mas diferem nas camadas que implementam. Comutadores de camada de enlace operam nas camadas 1 e 2, enquanto roteadores operam nas camadas 1, 2 e 3, o que permite que eles executem o protocolo IP, por exemplo. Comutadores de camada de enlace, no entanto, operam com endereços de camada 2, como os da Ethernet. Já os hospedeiros implementam todas as cinco camadas, refletindo a complexidade concentrada na periferia da rede.

O conceito de **encapsulamento** é fundamental para o entendimento do funcionamento das redes. Quando a mensagem da camada de aplicação é transmitida, ela é passada para a camada de transporte, que a encapsula com informações de cabeçalho, criando um segmento de camada de transporte. Esse segmento é então encaminhado para a camada de rede, que adiciona um cabeçalho de camada de rede, formando o datagrama. Esse processo continua, com cada camada adicionando suas informações de cabeçalho, até que, na camada de enlace, o pacote se transforma em um quadro. A carga útil de cada pacote geralmente consiste no pacote da camada imediatamente superior.

Uma analogia útil para entender o processo de encapsulamento é imaginar o envio de um memorando de Alice para Bob. Alice coloca o memorando em um envelope com as informações de Bob (representando o segmento de camada de transporte). O envelope é então colocado em outro envelope adequado para envio postal, com os endereços de origem e destino (representando o datagrama de camada de rede). Quando o correio chega à central de correspondência do destinatário, o processo de desencapsulamento começa, e o memorando é finalmente entregue a Bob.

O processo de encapsulamento pode ser mais complexo quando a mensagem é grande, sendo dividida em vários segmentos de camada de transporte e datagramas de camada de rede. No receptor, cada segmento é reconstruído a partir dos datagramas correspondentes.

Redes sob ameaças

O trecho aborda as ameaças à segurança nas redes de computadores, detalhando como a Internet, que se tornou fundamental para atividades profissionais, sociais e pessoais, também apresenta riscos. As ameaças podem comprometer a privacidade e a funcionalidade dos serviços online, destacando a importância de estudar a segurança nas redes.

Principais ameaças descritas:

1. **Malware:** Softwares maliciosos, como vírus e worms, podem infectar dispositivos. Vírus dependem de interação do usuário para se propagar, enquanto worms se espalham automaticamente, explorando vulnerabilidades na rede. Malwares podem roubar dados pessoais, como senhas e informações de cartão de crédito, e até transformar dispositivos em "zumbis" para ataques distribuídos.
2. **Ataques de Denial-of-Service (DoS):** Esses ataques tornam sistemas ou redes inacessíveis para usuários legítimos. Podem envolver vulnerabilidades em sistemas, sobrecarga de largura de banda ou conexões excessivas, o que impede o funcionamento adequado dos serviços. Em um ataque distribuído (DDoS), múltiplos dispositivos são usados para aumentar o impacto.
3. **Analísadores de pacotes (Packet Sniffers):** Dispositivos que capturam pacotes de dados na rede, podendo acessar informações confidenciais. Isso é especialmente problemático em conexões sem fio e pode ser mitigado com criptografia.
4. **IP Spoofing:** O atacante falsifica o endereço IP de origem para se passar por outra pessoa ou sistema, enganando os receptores para que aceitem pacotes maliciosos. A solução para isso envolve autenticação de ponta a ponta para verificar a origem das mensagens.

O texto também destaca que a Internet foi inicialmente projetada com a suposição de um "grupo de usuários de confiança mútua", mas, à medida que a rede cresceu, se tornou mais vulnerável a ataques. A segurança nas redes é essencial para proteger contra essas ameaças, e o livro pretende explorar formas de proteção contra esses riscos, como criptografia, autenticação e novas arquiteturas de rede.

Conclusão: A segurança na Internet é um campo em constante evolução, com novos desafios e ameaças surgindo o tempo todo. A compreensão das ameaças e a implementação de medidas de defesa são cruciais para garantir a segurança das redes de computadores.

HISTÓRIA DAS REDES DE COMPUTADORES E DA INTERNET

Este trecho aborda a evolução das redes de computadores e da Internet desde seus primórdios até a década de 1990. Vamos destacar os pontos mais importantes:

Desenvolvimento da comutação de pacotes: 1961-1972

- Durante os anos 1960, a comutação de circuitos era predominante nas redes de comunicação, especialmente na telefonia. No entanto, com a ascensão dos computadores e a necessidade de conectá-los, surgiram novas abordagens.
- Três grupos de pesquisa, sem comunicação entre si, desenvolveram a comutação de pacotes, uma técnica eficiente para o tráfego de dados intermitentes. Leonard Kleinrock foi o pioneiro em teorias de comutação de pacotes, e Paul Baran, Donald Davies, entre outros, também contribuíram significativamente.
- Em 1969, a ARPAnet foi criada, a primeira rede a usar comutação de pacotes, que mais tarde evoluiria para a Internet moderna. Em 1972, a ARPAnet tinha cerca de 15 nós e foi publicamente apresentada por Robert Kahn, com o desenvolvimento do primeiro protocolo de controle de rede (NCP) e o primeiro programa de e-mail por Ray Tomlinson.

Redes proprietárias e trabalho em rede: 1972-1980

- A ARPAnet inicialmente era uma rede isolada, mas outras redes começaram a surgir, como ALOHAnet e Telenet.
- O trabalho de Vinton Cerf e Robert Kahn foi crucial para interconectar essas redes, criando os primeiros conceitos de interligação de redes, conhecidos como "internetting".
- Durante a década de 1970, foram desenvolvidos os protocolos TCP e IP, fundamentais para a arquitetura da Internet de hoje. Além disso, surgiram protocolos como o Ethernet e ALOHA, que influenciaram redes locais e comunicação sem fio.

Proliferação de redes: 1980-1990

- No final da década de 1970, a ARPAnet conectava cerca de 200 máquinas. Até o final da década de 1980, a Internet contava com aproximadamente 100 mil máquinas conectadas.
- A criação de redes como a BITNET e CSNET, além da NSFNET, ajudou a expandir a Internet. O protocolo TCP/IP foi adotado oficialmente pela ARPAnet em 1983, substituindo o NCP, e a década de 1980 foi marcada pela criação do DNS (Sistema de Nomes de Domínios).
- O Minitel, na França, foi um grande sucesso no início da década de 1980, oferecendo uma rede pública de comutação de pacotes para diversos serviços, como home banking.

A explosão da Internet: a década de 1990

- Na década de 1990, a ARPAnet foi extinta, e a Internet começou a ser comercializada, com a NSFNET removendo restrições comerciais em 1991.
- O grande marco foi o surgimento da World Wide Web (WWW), criada por Tim Berners-Lee no CERN, que transformou a Internet, facilitando o acesso a serviços, como busca, comércio eletrônico e redes sociais.
- A popularização da WWW levou à criação de navegadores gráficos, como o Mosaic, desenvolvido por Marc Andreessen, que facilitou o uso da Internet.

Esses marcos são fundamentais para entender a evolução das redes e da Internet como conhecemos hoje. Se precisar de mais detalhes ou algum ponto específico, estou à disposição!