

Unidade 1

Introdução à Redes de Computadores



Abertura

Introdução

Esta unidade apresenta de maneira resumida um breve histórico das redes de computadores até os dias de hoje, bem como as classificações, tipos de redes, topologias e outros objetos de estudo da disciplina.

Aprenderemos também, os modelos e padrões que consistem numa parte fundamental da disciplina, formalizando determinados tópicos para que as redes funcionem como a vemos e usamos. Com isto, faremos um breve passeio pelas camadas dos modelos, e a proposta de cada uma.

Ainda nesta unidade, destaco a importância de compreendê-los e através de um exemplo de uma requisição que fazemos nos nossos navegadores, algo rotineiro e que muitas vezes nos esquecemos da complexidade por trás, dado a transparência e facilidade do ato.

Objetivos

- Conhecer os objetos de estudo de Redes de Computadores;
- Entender as formas de classificação das redes;
- Compreender a divisão entre camadas e as responsabilidades de cada camada.

Conteúdo programático

Aula 01 – Introdução às Redes de Computadores

Aula 02 – A base teórica da comunicação de dados



Videoaula Apresentação da Disciplina

Utilize o QR Code para assistir!

Assista!





Videoaula Minicurrículo

Utilize o QR Code para assistir!

Assista!



Introdução às Redes de Computadores

Bem-vindos à disciplina de Redes de Computadores. Discutiremos aqui, os conceitos básicos do funcionamento de algo que se tornou essencial no nosso cotidiano, as redes e, por conseguinte, a Internet. Com certeza, em algum momento do dia, vocês utilizam alguma forma de rede, rede sem fio ou rede cabeada. Se você usa o telefone da sua casa para ligar para alguém, está utilizando uma rede. Se você utiliza o seu celular para ligar ou verificar as atualizações do seu Facebook, está utilizando uma rede. Na verdade, uma não, está utilizando diversas redes.

A primeira coisa que devemos esclarecer aqui, é que para termos a comunicação, temos que ter alguém disposto a enviar (origem) e outro alguém disposto a receber (destino). Depois disto, eles devem ter um meio de comunicação em comum que interliga, e a informação muitas vezes estará "codificada" de uma forma que ambos possam entender.

Utilizando uma analogia, lembrem-se da sala de aula. Eu quero enviar uma informação para vocês, no caso, o conteúdo da aula. E vocês, a maioria, estão dispostos a receber. Já temos as duas pontas da comunicação e da informação. Mas, e o canal de comunicação?

No caso da sala de aula, o canal de comunicação é o ar, pois utilizamos a voz para nos comunicarmos, e esta por sua vez se propaga através de ondas sonoras. A informação também está codificada na língua portuguesa. Ou seja, eu envio a informação para vocês através da minha voz que se propaga no ar e como falamos a mesma língua, vocês conseguem entender. Se tivermos um aluno estrangeiro em sala, que não entende ou entende muito pouco o português, teremos dificuldade na comunicação.

Hoje, com a expansão e popularização da Internet, temos as mais diversas aplicações possíveis, ainda trocamos e-mails (que é uma aplicação que existe desde o começo da Internet) até assistir ao homem quebrar a barreira do som em uma transmissão ao vivo em 2014. A Internet é uma entidade tão presente no nosso cotidiano quanto beber água. Na verdade, é possível que existam pessoas que utilizam mais a Internet que pessoas com acesso à água potável e saneamento básico.

Mas o que é a Internet? De acordo com Tanenbaum, *et al.* (p.34) "A Internet não é de modo algum uma rede, mas sim **um vasto conjunto de redes diferentes** que utilizam certos **protocolos comuns** e **fornecem determinados serviços comuns**. É um sistema incomum no sentido de não ter sido planejado nem ser controlado por ninguém."

Desta definição, destacamos os seguintes termos: **um vasto conjunto de redes diferentes**, **protocolos comuns** e **fornecem determinados serviços comuns**. E o que são redes? Ainda, de acordo com Tanenbaum, "são computadores autônomos interconectados por uma tecnologia", e para estarem interconectados, basta que eles consigam **trocar informações** para compartilharem um recurso (ou **serviço comum**). Um recurso pode ser um arquivo, uma pasta, uma impressora e/ou outras coisas. Para que a troca de informações ocorra, é necessário que os dispositivos estabeleçam uma forma para que a comunicação seja efetuada, ou seja, tenham **protocolos**.

Ou seja, a Internet é formada por diversas redes, e as redes são formadas por dispositivos conectados por uma tecnologia para trocarem informações. Unindo diversas redes, de diversos tamanhos, todas interconectadas mundialmente, temos a Internet!

Já vimos que uma rede de computadores é formada por dois ou mais dispositivos interconectados através de uma tecnologia e conseguem trocar/compartilhar informações e/ou recursos. Isto é importante, pois é a definição de uma rede de computadores. Através da união de muitas e muitas redes, nós construímos o que chamamos de Internet - a rede mundial de computadores. Em redes de computadores, chamamos os dispositivos interconectados de **nós** (em inglês, *nodes*).

Aqui vale apresentar a distinção entre **internet** e **Internet**. **Internet** é a entidade que representa essa interconexão mundial de diversas redes de computadores, já a **internet** é simplesmente a interconexão de computadores. Basicamente a escala da rede é o grande diferencial. Quando estamos nos referindo a esta entidade, onde simplesmente podemos digitar alguma coisa em um navegador e ele retorna o resultado que possivelmente está em outro continente, e para chegar até a minha máquina, passou por diversas redes em diferentes países, esta é a Internet. Agora, eu abri um arquivo do meu computador e mandei imprimir na minha impressora *wireless*, esta é a internet.

Com advento das redes de computadores foi possível introduzir diversas aplicações: compartilhamento de recursos (*peer-to-peer*), e-mail, mensagens instantâneas (*mIRC*, *icq*, *messenger*), *Voice over IP (VOIP)*, e-commerce, redes sociais (Myspace, Orkut, Facebook, Instagram), IPTV e muitas outras. O uso de redes de computadores tem hoje aplicações comerciais e domésticas; que muitas vezes se intersectam. Do lado das aplicações comerciais, existem negócios construídos tendo a Internet como base. Isto implica o negócio em diversas formas, positiva e negativamente. Do lado positivo temos a facilidade, o alcance que o seu negócio pode ter, sem barreiras físicas. O lado negativo é que se as interconexões falham, as perdas também podem ser grandes.

Atualmente existe uma categorização para o tamanho das redes baseado na distância entre os nós:

- **Rede de Área Pessoal (*Personal Area Network - PAN*):** são redes pessoais, ou seja, é a conexão entre dispositivos que estão em uma distância muito pequena, um ou dois metros. Se for uma rede PAN sem fio, temos uma WPAN (*Wireless PAN*). Encontramos nesta categoria os dispositivos com a tecnologia bluetooth®, infravermelho, e outros. É por exemplo, o mouse sem fio conectado no computador, ou quando conectamos nosso celular ao celular de outra pessoa usando bluetooth para compartilhar um arquivo ou mesmo acesso ao 3/4G.
- **Rede de Área Local (*Local Area Network - LAN*):** está entre 10m e 1 km, ou seja, ela pode estar dentro de um cômodo ou uma casa, um escritório, uma empresa ou um campus universitário. Esta é mais fácil de entendermos, pois a utilizamos no nosso dia a dia. Na sua casa, possivelmente você tem um roteador wi-fi criando uma pequena LAN. No seu estágio ou trabalho, quando você chega, também deve ter uma LAN interconectando as máquinas. E na própria universidade, que tem uma extensão maior, também é considerada uma LAN. Também temos uma nomenclatura especial, quando ela utiliza a

tecnologia wireless, WLAN (Wireless LAN). Encontramos habitualmente os cabos par trançados e a tecnologia wi-fi.

- **Rede Metropolitana (*Metropolitan Area Network - MAN*):** a cobertura de uma rede de área metropolitana, como o nome diz, é uma cidade. Em uma MAN, temos a interconexão de diversas LANs através de uma "espinha dorsal" ou *backbone*. Geralmente, a velocidade dos *backbones* é muito alta.
- **Rede Geograficamente Distribuídas (*Wide Area Network - WAN*):** a rede de maior área que interliga LANs e MANs, ultrapassando limites geográficos, abrangendo um país ou continente.

Ainda, recentemente, devido ao avanço tecnológico, alguns novos grupos são encontrados na literatura também. Devido aos dispositivos *e-healthy*, smartphones *wearables*, *gadgets* e *smartwatches*, temos as *Body Area Network* ou *Body Sensor Network*. Quando utilizamos tecnologia wireless, temos as WBAN (*Wireless BAN*). Trata-se de uma rede pessoal reduzida aos dispositivos que se encontram no nosso corpo.

E, por fim, devido aos avanços dos eletrônicos das casas como *smart TVs*, geladeiras, *home centers* e outros, encontramos o termo *Home Area Network (HAN)*. Trata-se de uma rede local doméstica, mas devido ao crescente número de dispositivos ligados à rede local e com acesso à própria Internet.

Figura 1: Classificação das redes de computadores baseado na área de abrangência.

1 m	Metro quadrado	}	Área pessoal
10 m	Cômodo		
100 m	Prédio	}	Rede local
1 km	Campus		
10 km	Cidade	}	Rede metropolitana
100 km	País		
1.000 km	Continente	}	Rede a longas distâncias
10.000 km	Planeta		Internet

Fonte: adaptado de TANENBAUM, 2011 - p. 11.

Além da classificação através da área, podemos classificar as redes de acordo com a maneira como transmitem a informação. Existem dois tipos de tecnologias de transmissão de dados predominante:

Redes de difusão (*broadcast/multicast*): Neste caso, o meio é compartilhado entre todos os pontos da rede, desta forma, assim que uma mensagem é enviada, todos recebem. Existe um campo no cabeçalho, informando para quem é a mensagem, e somente esta pessoa consegue acessar a informação, as outras simplesmente ignoram a informação. Também temos a possibilidade de enviar para todos, através de uma informação especial no cabeçalho. O termo *Broadcast* é quando a transmissão é para todos, por exemplo, rede de televisão de canal aberto ou rádio. Agora o termo *Multicast* é seletivo, ele envia para um grupo da rede, portanto, nem todos receberão, apenas alguns.

Redes ponto a ponto (unicast): Nas redes ponto a ponto, como o próprio nome diz, é uma conexão entre pares individuais. Para ir de uma origem a um destino, neste tipo de rede é necessário passar por diversos pares de conexão.



Videoaula 1

Utilize o QR Code para assistir!

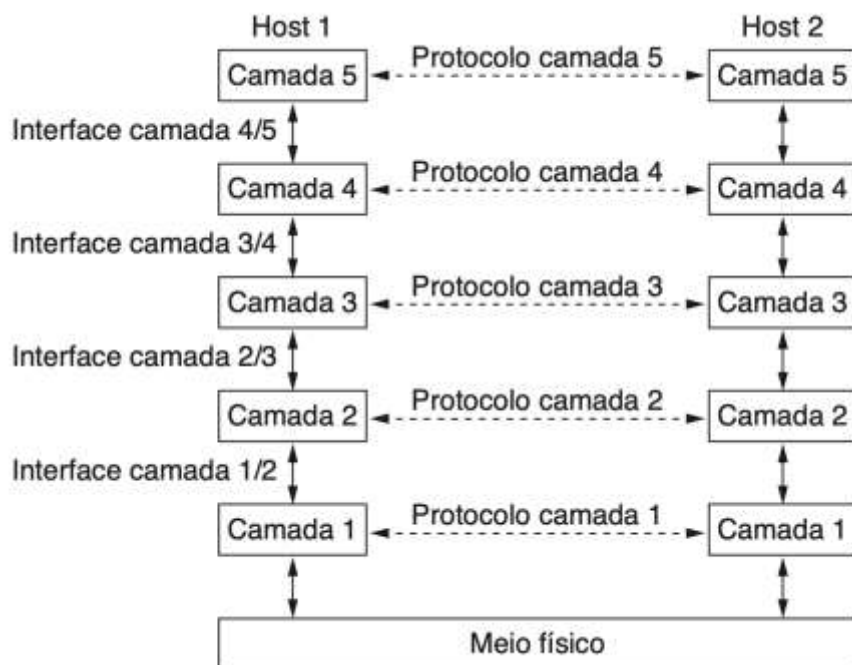
Agora, assista à videoaula



Modelo em camadas

Para reduzir a complexidade do projeto de uma rede, na maioria dos casos, ela é organizada como uma pilha. Assim, cada nível da pilha tem uma função ou mais funções bem definidas, e conversa com a camada acima através de uma interface para prover seus serviços para as camadas superiores. Cada camada define um ou mais protocolos para que a comunicação possa funcionar. A figura abaixo, ilustra essa ideia.

Figura 2: Camadas, protocolos e interfaces.



Fonte: TANENBAUM, 2011 - pág. 18.

O conjunto de camadas e protocolos é uma **arquitetura**. Comumente, uma arquitetura é definida por um conjunto de empresas e universidades, pois são padronizados e definidos os

hardwares e softwares. A **pilha de protocolos** nada mais são que os protocolos de cada camada adotado pela arquitetura.

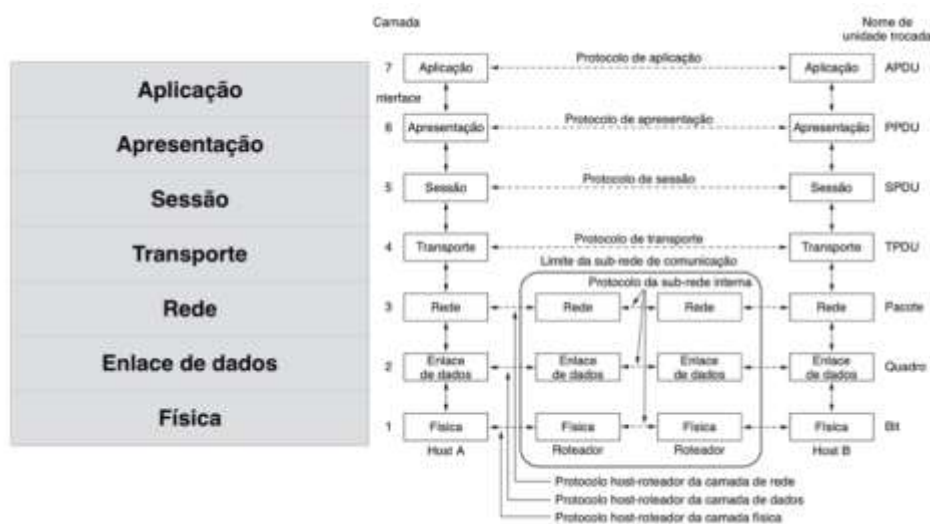
Em um projeto de uma arquitetura de redes, existem questões importantes para tratar, como a forma de endereçamento para que uma mensagem saia de um ponto de origem e chegue a um ponto de destino. Antes disto, como os sinais serão codificados para enviar *bits* de um lado para outro. O controle de erros é outra questão essencial, pois sabemos que pode haver interferências no canal de comunicação. Além disso, quem pode enviar o quê e em qual momento, ou seja, o tratamento do controle de fluxo. Estas e outras questões estão relacionadas aos projetos de uma arquitetura de redes. E tudo isto, no final, é transparente ao usuário final.

Resumindo, o modelo em camadas é importante pois permite a visualização das funções de rede que acontecem em cada camada, decompondo as comunicações de rede em partes menores e mais simples. Assim, padronizar os componentes de rede, permitindo o desenvolvimento e o suporte por parte de vários fabricantes.

OSI x TCP/IP

Existe um modelo de referência proposto pela ISO - *International Organization for Standardization*, chamado de *Open System Interconnection* (OSI). Este modelo possui sete camadas que definem como os sistemas abertos podem ser interconectados pela rede. Sendo um modelo de referência, ele é uma especificação que orienta como implementar, ou seja, são as instruções para implementar, como se fosse um projeto arquitetônico de uma casa.

Figura 3: O modelo de referência OSI.



Fonte: Adaptado de TANENBAUM, 2011 - pág. 18.

Uma padronização é benéfica, pois reduz o custo, devido à padronização de produtos e ainda permite independência no desenvolvimento de software e hardware. Agiliza a adoção de novas tecnologias, facilita a detecção e correção de problemas na rede e é utilizado como referência para as diversas arquiteturas de rede. Como observamos na figura acima, o modelo OSI é formada pelas seguintes camadas:

Física: São as conexões elétricas formadas pelos modems, linhas físicas, conectores, cabos e interfaces de hardware de comunicação dos equipamentos. Nesse nível temos:

- As definições dos sinais elétricos;
- Transmissão de bits;
- Interface mecânica, elétrica e de sincronização.

Enlace: Nesta camada, a principal função é permitir uma comunicação entre nós adjacentes, transformando um canal de transmissão normal em uma linha que pareça livre de erros de transmissão; controlar o fluxo de quadros; controlar o acesso ao meio, onde as redes de broadcast devem controlar o acesso ao canal compartilhado.

Rede: Uma vez que a comunicação entre nós adjacentes seja possível, esta camada se preocupa com a transmissão entre um emissor e receptor, e os nós intermediários. É realizado o controle de todo o tráfego dentro da rede externa, como o roteamento dos dados entre os nós da rede para atingir o endereço final. Os pacotes de dados são encaminhados entre os nós da rede até atingirem o seu destino. A qualidade do serviço (QoS) como atraso, tempo em trânsito, instabilidades, falhas e outros são tratados aqui. Permitir que redes diversificadas sejam interconectadas.

Transporte: Sua função é aceitar dados da camada acima dela, dividi-los em unidades menores (se necessário) e repassar para a camada de redes, garantindo que todos os fragmentos chegarão corretamente à outra extremidade. Aqui temos uma verdadeira camada fim a fim, que liga a origem ao destino. Além disso, esta camada determina que tipo de serviço é fornecido à camada de sessão.

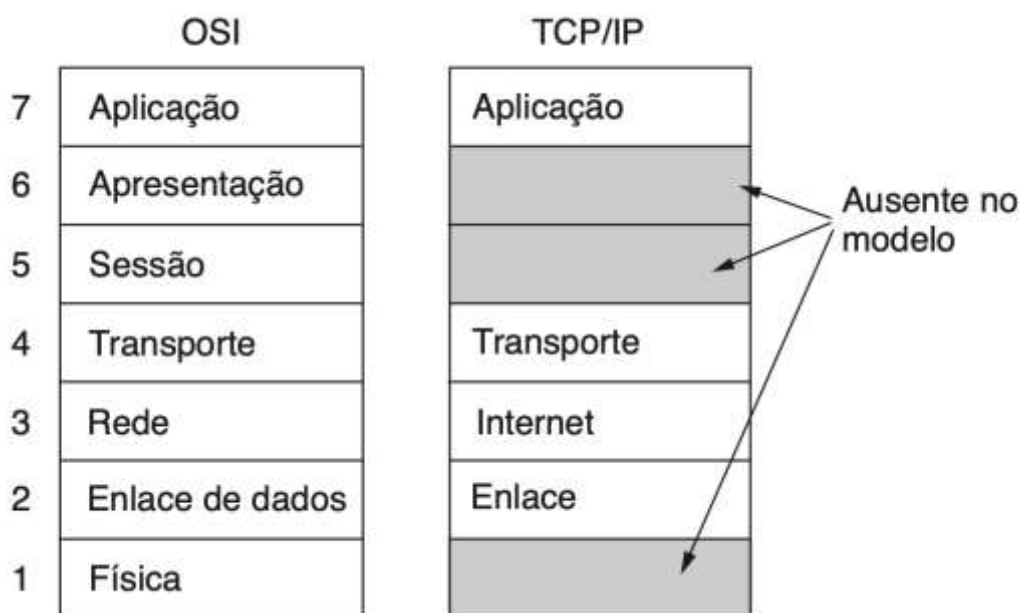
Sessão: Esta camada permite que se estabeleçam sessões de comunicações em diferentes máquinas, controlando quem deve transmitir e em qual momento fazendo assim o gerenciamento de tokens e controle de diálogo e sincronização.

Apresentação: Esta camada está preocupada com as estruturas de dados e outras maneiras de abstração que podem ser definidas para a troca de estruturas de dados de níveis mais altos.

Aplicação: Contém uma série de protocolos e padrões que são utilizados pela aplicação final. Por exemplo, o protocolo mais famoso é o HTTP (*HyperText Transfer Protocol*), que é utilizado pelos navegadores para apresentar conteúdo ao usuário.

O outro modelo que temos é o modelo TCP/IP, mas antes, abaixo uma ilustração utilizando as sete pilhas do OSI, mas apresentando as camadas do TCP/IP.

Figura 4: Modelo de referência TCP/IP ao lado das pilhas do modelo OSI.



Fonte: TANENBAUM, 2011 - p 28.

O modelo TCP/IP, como o próprio nome carrega, é fundamentado em dois protocolos: *Transport Control Protocol* - TCP e *Internet Protocol* - IP. Robert Kahn e Vint Cerf desenvolveram e publicaram o artigo intitulado: *A Protocol for Packet Network Intercommunication*, além disto, Robert Kahn em outubro de 1972 na *International Computer Communication Conference*, apresentou pela primeira vez uma demonstração do ARPANET conectando 40 computadores.

A ARPANET, tida como "avó" da Internet e de todas as redes de computadores geograficamente distribuídas era uma rede patrocinada pelo DARPA/ARPA (*Defense / Advanced Research Project Agency*). No início participavam universidades e departamentos do governo americano. O departamento de defesa tinha a grande preocupação que com a destruição de um dos *hosts* intermediários, a rede perdesse conexão. Ou seja, a rede deveria manter-se funcionando desde que a origem e o destino estivessem funcionando, mesmo que algumas máquinas intermediárias tivessem problemas. Outro requisito era de uma rede flexível, sendo capaz de transmitir arquivos e dados de voz em tempo real.

Indicação de Leitura

É possível encontrar mais informações sobre o nascimento da Internet no website "*The Living Internet*" que é um compilado de diversos materiais, inclusive com auxílio das pessoas que fizeram parte da história na evolução da grande rede mundial de computadores.

Disponível em: <http://www.livinginternet.com>. Acesso em: 20 abr. 2022.

As camadas do modelo TCP/IP são:

Host/rede: Não existem muitas informações sobre os protocolos deste nível, apenas que os hosts precisam se conectar à rede de alguma forma para enviar pacotes IP.

Inter-redes: Semelhante a camada de redes do modelo OSI, esta camada é responsável por endereçar os *hosts* da rede e garantir que os pacotes saiam de uma origem e cheguem ao destino, mesmo passando por redes diferentes. Seu protocolo fundamental é o *Internet Protocol* (IP) que possibilita o endereçamento, e roteamento e demais

Transporte: Assim como a camada de transporte do modelo OSI, o importante aqui é estabelecer uma comunicação fim a fim. No modelo TCP/IP foram definidos dois protocolos que cumprem esse papel: TCP e UDP. Trataremos das diferenças deles, quando discutirmos a camada de transporte.

Aplicação: Não se viu a necessidade das camadas de sessão e apresentação, pois do ponto de vista prático, eram pouco utilizadas. Nesta camada, encontram-se os protocolos de nível mais alto. FTP, Telnet, SSH, SMTP, HTTP, e muitos outros que veremos mais adiante.

Em cada camada, tanto no modelo OSI quanto no modelo TCP/IP, eles trabalham com *Protocol Data Unit (PDU)* ou Unidade de Dado do Protocolo. A Figura 5 ilustra os protocolos, bem como os pacotes são encapsulados em cada camada.



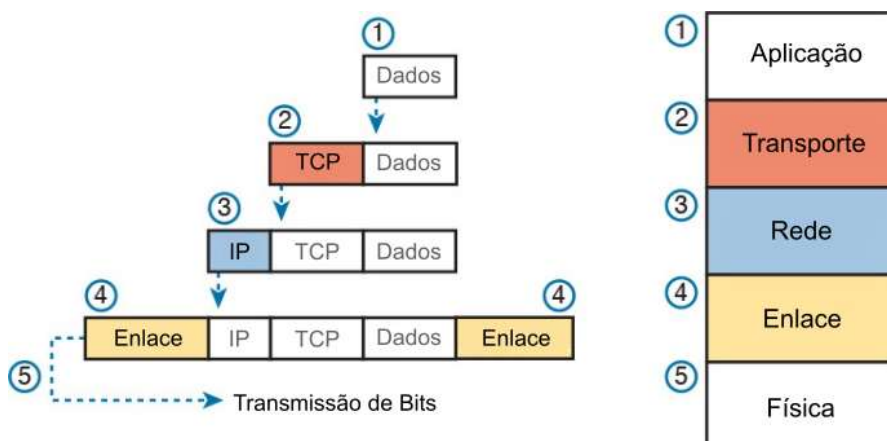
Videoaula 2

Utilize o QR Code para assistir!

Agora, assista ao vídeo em que é explicado com mais detalhes as camadas do modelo TCP/IP.



Figura 5: Encapsulamento dos dados nas camadas.



Fonte: https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Encapsulamento_TCP.svg. Acesso em: 11 de abr. 2022. Esta imagem está sob a licença *Creative Commons Attribution-Share Alike 4.0 International*.

No curso, nós abordaremos as seguintes camadas: Física, Enlace de Dados, Rede, Transporte e Aplicação.

Mas quem padroniza essa bagunça?

Como redes de computadores têm a intersecção entre telecomunicações e computação, temos alguns órgãos que padronizam tanto a parte de hardware como a parte de protocolos necessários para os softwares conversarem.

Da parte de engenharia de telecomunicações, a *International Telecommunication Union* ([ITU](#)) é quem tem a missão de padronizar as telecomunicações internacionais. Eles padronizam as comunicações desde os tempos dos telégrafos, padronizando o Código Morse. Após a 2ª Grande Guerra, o ITU tornou-se um órgão das Nações Unidas. A padronização de modems de 56 kbps V.90 é uma recomendação do ITU.

Outro órgão que está sempre presente quando falamos de padronização é o *International Standard Organization* ([ISO](#)). É uma organização voluntária independente, e seus membros são as organizações nacionais de padrões. A representante do Brasil é a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT). A ISO faz parte do ITU-T, grupo do ITU relacionado à discussão de tecnologias, para evitar padrões oficiais internacionais e incompatíveis.

Outro importante órgão na padronização é o *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE), além de publicar diversos periódicos e promover conferências, o IEEE mantém um grupo de padronização nas áreas de engenharia e computação. Os padrões 802.3 (Ethernet) e 802.11 (LANs sem fio) saíram dos grupos de discussão do IEEE, e tiveram um impacto enorme.

Temos ainda o *Internet Engineering Task Force* ([IETF](#)) que é um grupo internacional aberto, composto de técnicos, agências, fabricantes, fornecedores, pesquisadores que buscam o desenvolvimento, promoção e adoção dos padrões para a Internet. Trabalham em conjunto com os outros órgãos de padronização também, e apresenta suas recomendações através de *Request For Comments* (RFCs). Qualquer pessoa interessada pode acessar os padrões. O próprio IETF é descrito em uma RFC.

A *Internet Society* é outra organização neste ecossistema, é uma organização sem fins lucrativos que facilita e sustenta a evolução técnica da Internet e promove o desenvolvimento de novas aplicações do sistema. No mesmo passo, temos a *Association for Computing Machinery* ([ACM](#)) que também é um órgão de classe, interessada no desenvolvimento e promoção de padrões e avanços para a Internet.

Podemos dizer que os órgãos de classe são mais práticos e estão interessados nos aspectos técnicos das tecnologias adotadas na Internet, enquanto que os órgãos de padronização possuem uma visão mais mercadológica.



Videoaula 3

Utilize o QR Code para assistir!

Assista ao vídeo que explica como funciona a organização da padronização dos protocolos e tecnologias relacionadas às redes de computadores.



Indicação de Vídeo

Neste vídeo, vocês aprenderão como a Internet foi criada, quem criou e como ela funciona, através de entrevistas com pessoas que fizeram parte dessa história.

Internet History, Technology, and Security - Full Course from Dr. Chuck. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=47NRaBVxgVM>. Acesso em: 20 abr. 2022.

A base teórica da comunicação de dados

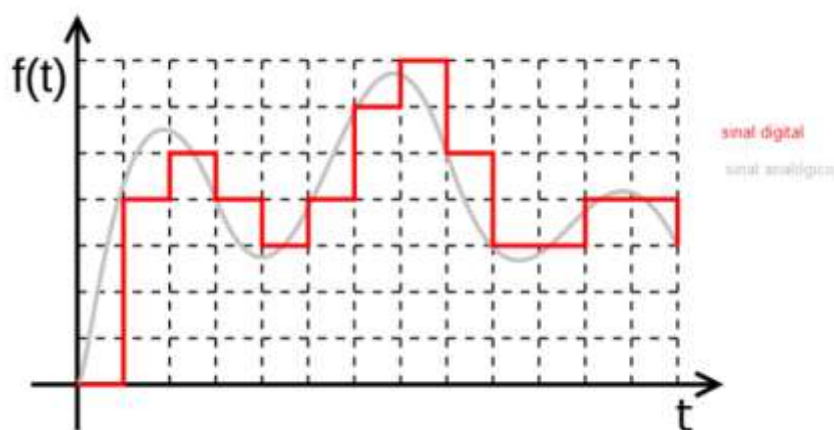
Nesta aula trataremos da base de toda rede de computadores, os aspectos de mais baixo nível. Discutiremos aqui, alguns conceitos de como é possível levar bits de um lado para o outro. Vamos explorar um pouco a camada física, que é a mais baixa da hierarquia no modelo de protocolo que estudaremos. Ela define interfaces elétricas, de sincronização e outras pelas quais os bits são enviados como sinais pelos canais; ou seja, é o alicerce. Diferentes tipos de canais físicos determinam: *throughput*, latência, taxa de erros, etc.

Processo de Transmissão

Quando tratamos a camada física, estamos falando de telecomunicações e o processo de transmissão envolve o tratamento de dados e sinais. Os sinais podem ser classificados como analógicos ou digitais. O termo analógico está associado à ideia de valores que variam continuamente no tempo dentro de um conjunto infinito de valores. Já o termo digital está associado à ideia de valores que variam de forma discreta em função do tempo dentro de um conjunto finito de valores.

Um dado é uma informação armazenada no dispositivo de origem que se deseja transmitir para o dispositivo de destino. Para ser transmitido, o dado precisa ser codificado em um sinal que percorrerá o canal de comunicação até chegar ao destino, onde será decodificado. Em redes de computadores, os dados estão sempre no formato digital (0 e 1), porém esses dados, para serem transmitidos, devem ser codificados em sinais analógicos ou digitais, dependendo do meio de transmissão.

Figura 6: Sinal amostrado e quantizado.

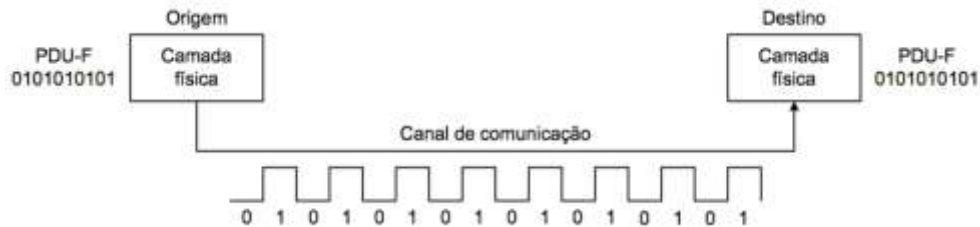


Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Sinal_digital. Acesso em: 19 abr. 2022.

A camada física tem como principal função a transmissão efetiva dos dados, representados por uma sequência de bits (*streams*) que formam o PDU (*Protocol Data Unit*) da camada física (PDU-F). A sequência de bits deve ser codificada em sinais na origem e transmitida pelo canal

de comunicação. Os sinais recebidos no destino são decodificados, formando novamente a sequência de bits transmitida.

Figura 7: Envio de informação através de um canal de comunicação.



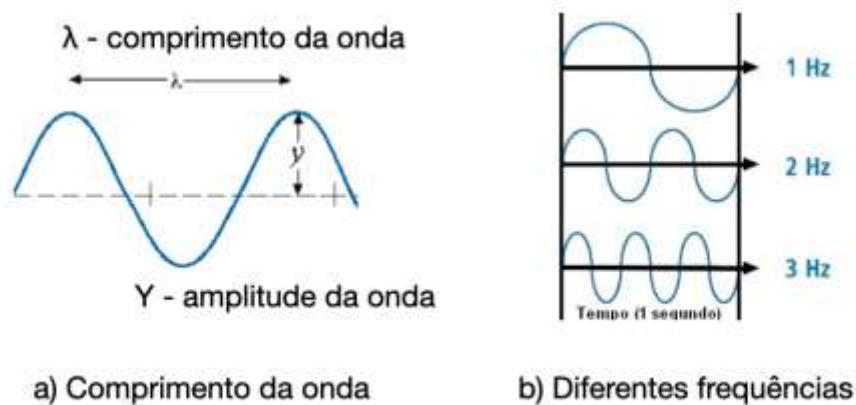
Fonte: TANENBAUM, 2009

Característica do sinal

As informações podem ser transmitidas fazendo-se variar alguma propriedade física como voltagem ou corrente, sabemos que elas são representadas em função do tempo $f(x)$ por uma onda senoidal. Um sinal é periódico quando suas características se repetem em função do tempo. Ela é caracterizada por três parâmetros: amplitude, frequência e fase.

- A **Amplitude** de um sinal está relacionada à sua potência, e geralmente é medida em volts, é o valor máximo ou pico do sinal no tempo. A grande diferença entre os sinais analógico e digital é como a amplitude varia em função do tempo.
- **Frequência** de um sinal é o número de vezes que o ciclo se repete no intervalo de 1 segundo. A frequência é medida em ciclos por segundo ou em Hertz (Hz).
- **Fase** é definida como a posição relativa no tempo que o sinal é gerado.

Figura 8: Ilustração dos conceitos de frequência, comprimento e amplitude de onda.

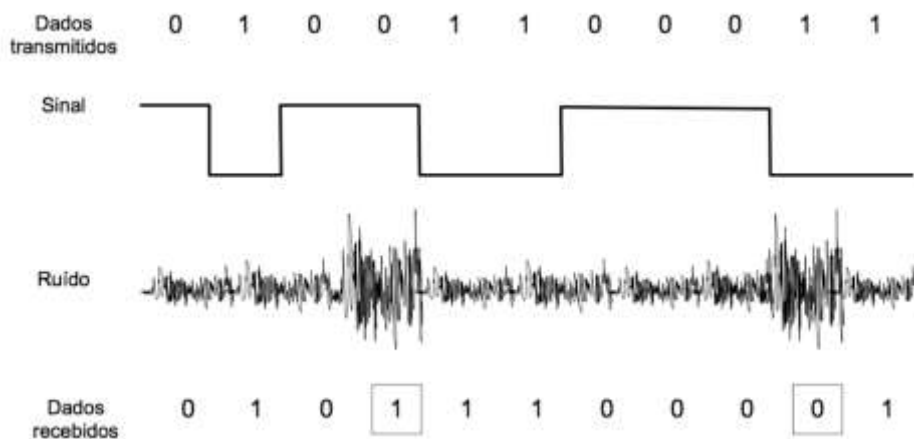


Fonte: Adaptado de: <https://www.electronica-pt.com/frecuencia-comprimento-onda>. Acesso em: 19 abr. 2022.

Problemas na transmissão

O projeto de um sistema de comunicação deve levar em consideração os diversos tipos de problemas na transmissão, tentando evitá-los ou minimizá-los, para que se possa aumentar a confiabilidade do sistema.

Figura 9: Exemplo de envio de dados sendo transmitidos, o sinal, o ruído e como é recebido do outro lado.



Fonte: TANENBAUM, 2009

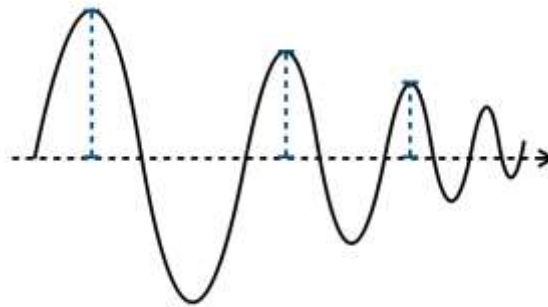
O problema do ruído é consequência de interferências eletromagnéticas indesejadas que provocam distorções nos sinais transmitidos e alteram o seu significado. O nível de ruído em uma transmissão é medido como uma relação entre a potência do sinal e a potência do ruído, chamada de Relação Sinal-Ruído (SNR - *Signal-to-noise ratio*). Quanto maior a SNR, melhor a qualidade do sinal.

O problema da atenuação é consequência da perda de potência do sinal transmitido, na medida em que o sinal percorre o canal de comunicação até atingir o destino. Nesse caso, o meio de transmissão funciona como um filtro, reduzindo a amplitude do sinal e impedindo que o receptor decodifique corretamente o sinal recebido. O nível de atenuação depende do meio de transmissão utilizado. O efeito da atenuação limita diretamente o comprimento máximo de cabos e a distância máxima entre antenas.

A atenuação em sinais analógicos apresenta dois problemas adicionais que devem ser considerados:

- quanto mais altas as frequências, maiores os efeitos da atenuação;
- juntamente com a recuperação do sinal, ocorre a amplificação do ruído, o que pode comprometer a decodificação do sinal.

Figura 10: A "força" do sinal ficando menor com o propagação do sinal



Fonte: o autor.

Problemas de atenuação podem ser resolvidos utilizando-se equipamentos especiais que recuperam a potência original do sinal. No caso de sinais analógicos, utilizam-se amplificadores para recuperar o sinal, enquanto em sinais digitais utilizam-se regeneradores ou repetidores.

Distorções: são modificações deterministas e sistemáticas causadas pela imperfeição do canal, podem ser compensadas através de circuitos de equalização. As distorções são características e sistemáticas, inerentes a cada canal de transmissão. Elas podem ser determinadas e previstas.

Ruídos: Eco, Ruído impulsivo (devido aos fortes efeitos de indução eletromagnética), *cross-talk* (é a interferência indesejada que um canal de transmissão causa em outro).



Videoaula 1

Utilize o QR Code para assistir!

Agora, assista ao vídeo em que é abordado o processo de transmissão e os problemas que podem ocorrer.

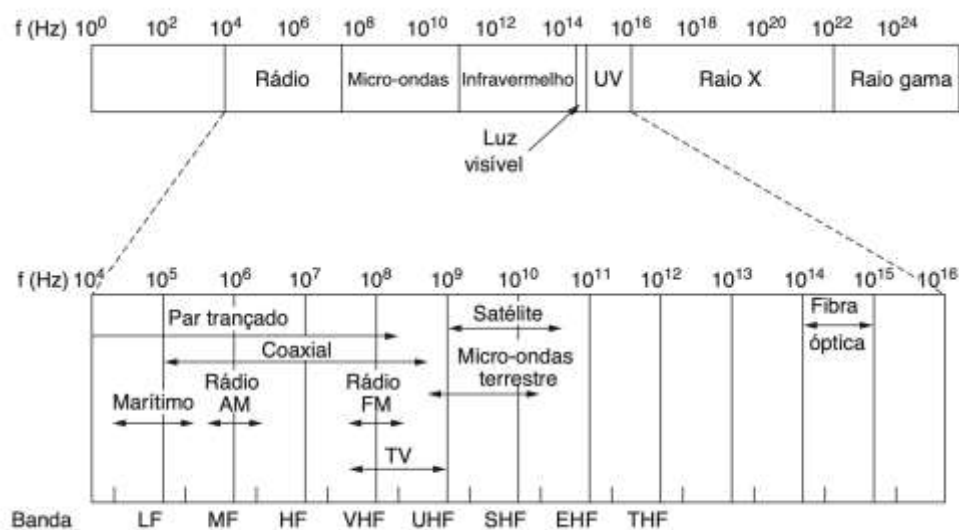


Largura de banda e Capacidade de transmissão

O espectro de frequências é especialmente importante em transmissões sem fio, pois quanto mais baixa a frequência, mais fácil para o sinal ultrapassar barreiras físicas, como paredes e montanhas. Além disso, são menos susceptíveis ao problema de atenuação do sinal. Porém, possuem menor alcance e menor direcionalidade.

Por outro lado, as frequências mais altas precisam de antenas menores e o sinal possui maior alcance e direcionalidade. Entretanto, a imunidade à obstáculos é menor.

Figura 11: O espectro eletromagnético e a maneira como ele é usado na comunicação



Fonte: TANENBAUM, 2011. p. 66.

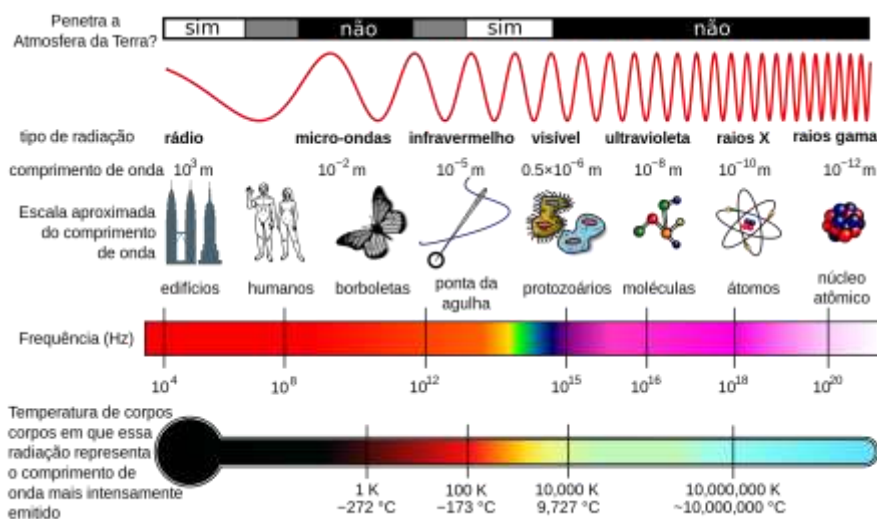
Existe uma classificação de acordo com a frequência. Abaixo a listagem das classificações:

- TLF - *Tremendously Low Frequency*
- ELF - *Extremely Low Frequency*
- VF - *Voice Frequency*

- VLF - *Very Low Frequency*
- LF - *Low Frequency*
- MF - *Medium Frequency*
- HF - *High Frequency*
- VHF - *Very High Frequency*
- UHF - *Ultra High Frequency*
- SHF - *Super High Frequency*
- EHF - *Extremely High Frequency*

Abaixo, uma ilustração com o tamanho aproximado das ondas, sua frequência, o comprimento e a temperatura dos corpos emitindo dado comprimento de onda.

Figura 12: Espectro eletromagnético



Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Espectro_eletromagn%C3%A9tico. Acesso em: 19 abr. 2022.

No Brasil, o órgão responsável pela distribuição, normatização e utilização das faixas de frequências é a Agência Nacional de Telecomunicações (Anatel). Abaixo, um gráfico com a alocação de utilização das frequências.

Indicação de Leitura

Nos links a seguir é possível vermos a atribuição de faixas de frequências no Brasil, bem como a última resolução da ANATEL tratando o destino das radiofrequências em VHF e UHF. Acessem para terem maiores informações.

RESOLUÇÃO ANATEL Nº 747, de 5 de outubro de 2021. Disponível em:

<https://www.in.gov.br/en/web/dou/-/resolucao-anatel-n-747-de-5-de-outubro-de-2021->

[350609897#:~:text=Atribui%20e%20destina%20faixas%20de,por%20Dispositivos%20de%20Espectro%20Ocioso](#). Acesso em: 20 abr. 2022.

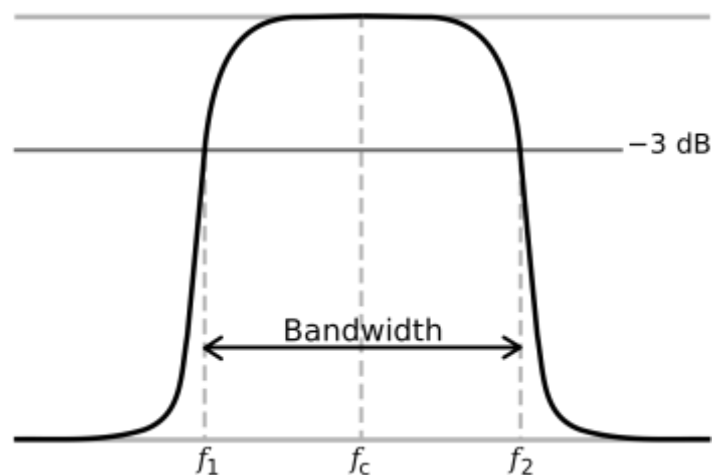
Atribuição de Faixas de Frequências no Brasil (2018). Disponível em:

<https://espectro.org.br/sites/default/files/downloads-legislacao/anatel%20-%20mapa%20de%20atribuicao%20de%20faixas%20-%20maio%20de%202018.pdf>. Acesso em: 20 abr. 2022.

Largura de banda

Aqui cabe um pequeno esclarecimento em relação ao termo largura de banda. Na computação adotamos o termo como a taxa de dados máxima de um canal, já o pessoal das engenharias adota como a faixa de frequências utilizadas para a comunicação. A banda possui uma frequência central usada para a transmissão, que denominamos de banda passante. É a faixa de frequência que permanece praticamente preservada pelo meio. Trata-se de uma característica do meio de transmissão.

Figura 13: Banda passante (f_c) está no intervalo entre f_1 e f_2



Fonte: Disponível em: https://pt.wikipedia.org/wiki/Filtro_passa-faixa. Acesso em: 25 abr. 2022.

A largura de banda é uma propriedade física do meio de transmissão, que depende, por exemplo, da construção da espessura e do comprimento do meio (fio ou fibra). Em geral, para um fio, as amplitudes são transmitidas sem redução, de 0 até alguma frequência f_c . É medida pelo número máximo de ciclos por segundo que o meio aceita. Os filtros geralmente limitam ainda mais o volume de largura da banda, mas permitem que mais sinais compartilhem determinada região do espectro, melhorando a eficiência geral do sistema. Por exemplo, no 802.11 (20 MHz) e nos canais de TV analógicos (6 MHz).

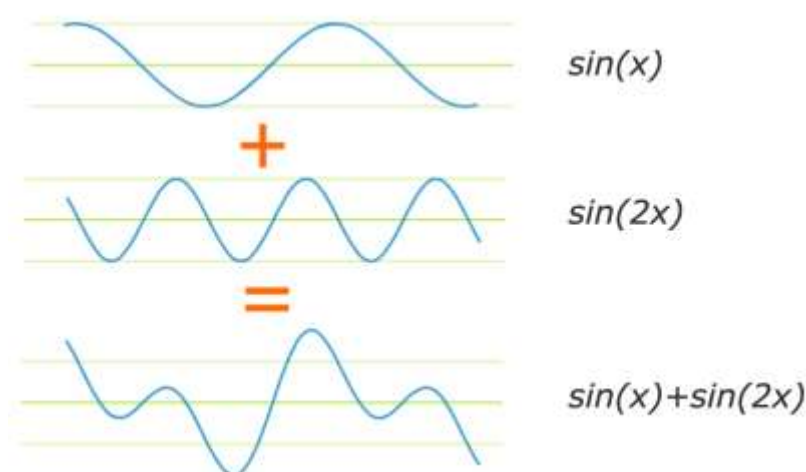
Fourier

Jean Baptiste Fourier foi um matemático francês que provou que qualquer função periódica razoavelmente estável pode ser construída como a soma de **senos** e **cossenos**.

$$f(x) = \frac{1}{2}c + \sum_{n=0}^{\infty} a_n \sin\left(\frac{\pi x n}{T}\right) + \sum_{n=0}^{\infty} b_n \cos\left(\frac{\pi x n}{T}\right)$$

Segundo Fourier, qualquer função periódica, por mais complicada que seja, pode ser representada como a soma de várias funções seno e cosseno com amplitudes, fases e períodos escolhidos convenientemente.

Figura 14: As ondas dos senos $\sin(x)$ e $\sin(2x)$, e a resultando da soma dos senos.



Fonte: Adaptado de: <https://www.mathsisfun.com/calculus/fourier-series.html>. Acesso em: 25 abr. 2022.

Qualquer função $f(x)$ pode, segundo Fourier, ser escrita na forma da soma de uma série de funções seno e cosseno da seguinte forma geral.

Indicação de Vídeos

Abaixo, deixo uma série de vídeos sobre como calcular e descobrir os termos de uma série de Fourier, como este assunto foge do escopo da disciplina e do material.

Me salva! COM 03 - Séries de Fourier - Equações Diferenciais. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=3RJC8C3y0v0>. Acesso em: 25 abr. 2022.

Fourier Series Part. 1. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=x04dnqg-iPw>. Acesso em: 25 abr. 2022.

Fourier Series Part. 2. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=B9l1fZLLW1E>. Acesso em: 25 abr. 2022.

Isto é importante e serve para demonstrar para vocês a importância das disciplinas básicas como Cálculo no curso, em uma aplicação real. Além disso, podemos encontrar as séries de Fourier na compactação de áudio e vídeo. Se as perdas de energia fossem iguais em todas as componentes de frequência o resultado seria o mesmo sinal, porém com uma menor amplitude.

Taxa máxima de dados de um canal

Em 1924, Henry Nyquist, percebeu que até um canal perfeito tem uma taxa de capacidade finita. Ele provou que era desnecessário utilizar amostragem maiores que duas vezes a frequência de corte, pois os componentes de frequências mais altas já teriam sido filtrados. O teorema de Nyquist:

$$C = 2 \times B \times \log_2 V \text{ bits/s}$$

- C : capacidade máxima do canal
- B : largura de banda medida em Hertz
- V : níveis discretos, número de níveis do sinal.

Assim, não é possível para um canal de 3 kHz transmitir sinais binários a uma taxa superior a 6.000 bps ($C = 2 \times 3 \times 10^3 \times \log_2 2 = 6000 \text{ bits/s}$). Não considerando o ruído, que pode deteriorar o canal e diminuir a taxa máxima de dados.

Em 1948, Claude Shannon, estendeu o trabalho de Nyquist, provando matematicamente que um canal tem capacidade limitada na presença de ruído. O teorema de Shannon diz:

$$C = B \times \log_2 (1 + S/N)$$

- C : capacidade máxima do canal
- B : largura de banda medida em Hertz
- S/N : *Signal-to-noise ratio* (SNR), nível de ruído em uma transmissão é medido como uma relação entre a potência do sinal e a potência do ruído. O volume de ruído térmico presente é medido pela relação entre a potência do sinal e a do ruído. Em geral, não se faz referência a relação propriamente dita, mas a quantidade, medida em dB . Ou seja, se ela possui uma relação de 1 para 1, então tem 0 dB , a relação for de 10 para 1, temos 10 dB e o contrário de 1 para 10, temos -10 dB .

Tomando aquele mesmo canal de 3kHz utilizado anteriormente com uma relação de sinal ruído de 30dB, temos que a taxa máxima do canal é 300bps, independentemente da quantidade de níveis de sinal utilizados e da frequência com que as amostras são obtidas. 30 dB é uma SNR típica da parte analógica de sistemas telefônicos.

Outros exemplos para a capacidade máxima de transmissão de um canal com largura de banda de 4 KHz, utilizando uma codificação de 2 bits?

$$\begin{aligned} C &= 2 \times B \times \log_2 V \text{ bits/s} \\ &= 2 \times 4000 \times \log_2 2 \rightarrow 8000 \times \log_2 2 \rightarrow 8000 \text{ bps} \end{aligned}$$

Qual a capacidade máxima de transmissão de um canal com largura de banda de 4KHz e uma relação sinal ruído de 30dB?

$$\begin{aligned}C &= B \times \log_2 (1 + S/N) \\&= 4000 \times \log_2 (1 + 30 \text{ dB}) \rightarrow 4000 \times \log_2(1 + 10^3) \rightarrow 4000 \times \log_2(1001) \\&= 4000 \times 0.10032 \approx 400 \text{ bps}\end{aligned}$$

Para termos uma ideia mais clara da relação que a SNR aplica ao canal, para o mesmo canal de 4KHz, teríamos os seguintes valores de transmissão para as SNRs:

- 20 dB \Rightarrow 600 bps
- 10 dB \Rightarrow 1156 bps
- 6 dB \Rightarrow 1722 bps

Apenas para relembrar, *dB* é uma unidade logarítmica utilizada em telecomunicações, representando relações entre grandezas de potências, tensões e outras. Por definição, uma quantidade *Q* em dB é igual a 10 vezes o logaritmo decimal da relação de duas potências, ou seja: $Q(\text{dB}) = 10 \times \log_{10}(\frac{P_1}{P_2})$.

Mas além disso, nós temos técnicas de multiplexação, codificação, correção de erros e outras técnicas, onde tentamos "driblar" a natureza do ruído e atenuação do sinal e aumentar a capacidade de transmissão, assim, buscando sempre algo muito próximo do ideal teórico. Veremos ainda uma certa redundância entre as camadas também para assegurar a comunicação, sempre preocupada com detecção e correção de erros.



Videoaula 2

Utilize o QR Code para assistir!

Agora, assista ao vídeo em que é abordado um pouco dessa teoria de informação e como isso afeta as Redes de Computadores.



Além desta parte teórica que cuida de como enviar um sinal de um lado para o outro, e como codificar as informações em um sinal, temos por fim, e não menos importante, temos os tipos de serviços encontrados nas redes: orientados a conexões e não orientados a conexão. Uma analogia que podemos usar é a seguinte, imagine que você vai sair de sua casa para ir à universidade. Você é o "**pacote**" ou "**payload**", e o caminho a percorrer é a rede. Se você pegar o ônibus, este sempre fará o mesmo trajeto, você sabe exatamente os pontos de parada, as ruas e até um tempo estimado que levará para chegar, como se uma conexão estivesse estabelecida. Por outro lado, se você decidir ir de carro, não necessariamente fará o mesmo

caminho que o ônibus, eventualmente você pega trajetos diferentes dependendo do horário, do fluxo e até do seu humor que no final, te levará ao mesmo ponto final.

Quando falamos de serviços orientados a conexões ou não em redes de computadores, e de um modo geral, nas telecomunicações a ideia principal é a mesma. Em um serviço orientado é estabelecido um **canal**, assim, procura-se garantir a integridade, a sequência em que as mensagens foram enviadas, a qualidade do serviço, o tamanho do pacote e outras informações que são negociadas entre o **transmissor** e o **receptor** no momento de **estabelecer a conexão**.

Além disso, a conexão é confiável no sentido de em nenhum momento perder as mensagens, entretanto, isto adiciona um **overhead** e atrasos. De maneira concisa, um transmissor envia e aguarda uma confirmação do receptor a cada mensagem enviada. Acredito que isso já deixa claro o motivo pelo qual são introduzidos um pequeno atraso e um overhead. Mas onde encontramos isso, por exemplo? Na transferência de arquivos. Ninguém gosta de baixar arquivos corrompidos, para isto, faz-se necessário a confirmação dos pacotes enviados.

Já em um serviço não orientado a conexão, não existe um canal único onde os pacotes possam trafegar, sendo assim, o **transmissor** simplesmente envia as mensagens e torce para que cheguem no **receptor**. As mensagens podem passar por caminhos completamente diferentes, inclusive, chegar em tempos diferentes e com isso, talvez alterar a sequência das mensagens. Também é possível pedir um serviço confiável, onde o transmissor também espera receber uma mensagem do receptor avisando que a mensagem foi entregue.

Tecnicamente falando, quando usamos um serviço orientado à conexão, no momento de estabelecer a conexão, quando estamos construindo a rota, é montado uma tabela que facilita o **lookup** depois. Com isto, todo pacote que chega já sabe por onde entra e por onde sair durante o trajeto, economizando tempo. Já quando usamos um serviço não orientado a conexão, ele possui o endereçamento completo no cabeçalho, e a cada nó da rede que ele passa, ele precisa descobrir por onde sair para chegar ao destino final. Este processo leva tempo, e por isto, como este processo ocorre para todo pacote em cada nó, isso leva aos pacotes talvez chegarem em ordem distinta.

Não se iludam ou se confundam quando falamos de comunicação não confiável, pois aqui a confiabilidade está no entendimento de receber a confirmação da mensagem ou não, independentemente de ser orientado ou não a conexão. Mas quando usamos uma ou outra? Nas aplicações atuais, geralmente usamos as duas em combinações. Por exemplo, quando você acessa um serviço de streaming, acessar o serviço, o seu perfil, o catálogo e etc., possivelmente é um serviço orientado à conexão com confiabilidade. Já, ao acessar o conteúdo em si, e começar a assistir ou escutar, estaremos talvez usando um serviço não orientado à conexão com confiabilidade também. Mas ao entrarmos em uma videochamada, podemos estar diante de um serviço orientado à conexão sem confiabilidade. Reforçando, atualmente, fazemos uso de todos os tipos em uma aplicação.



Videoaula 3

Utilize o QR Code para assistir!

Agora, assista ao vídeo em que é abordado um pouco dessa teoria de informação e como isso afeta as Redes de Computadores.



Encerramento da Unidade

Nesta unidade você aprendeu quais são os objetos de estudo da disciplina: o sistema e sua interface, o usuário e seu perfil, a atividade de interação entre eles, e o contexto de uso. Fiz meu melhor para exemplificar com situações concretas e objetivas. Abordei a modelagem PACT, técnica que nos será útil para o restante do curso, e para aqueles que decidirem seguir caminho atuando como designer de interatividade. Por fim, iniciamos nosso estudo teórico de IHC com os conceitos de usabilidade, experiência de uso, *affordance* e acessibilidade.

Com isso, espero ter sido capaz de desfazer preconceitos equivocados acerca da disciplina, em especial o de que se trata de algo como um curso de design gráfico com programação de interfaces gráficas. Nosso escopo é bem maior!

Bom trabalho!

Referências

COMER, Douglas E. **Redes de computadores e internet**: abrange transmissão de dados, ligações inter-redes, web e aplicações. 4. ed. Porto Alegre, RS: Bookman, 2008. 632 p.

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a internet**: uma abordagem top-down. 3. ed. São Paulo: Addison-Wesley, 2006. 634 p.

TANENBAUM, Andrew S.; WHETERALL, David J. **Redes de Computadores**. Pearson Prentice Hall, 2011. p. 582.



UNIFIL.BR