



REDES DE LONGA DISTÂNCIA

REDES WAN

Autor: Esp. Clóvis Tristão

Revisor: Rogério de Campos

INICIAR



introdução

Introdução

A rede de longa distância ou WAN (*Wide Area Network*) é uma rede de computadores que se espalha geograficamente, abrange países ou até continentes, bem diferente dos outros tipos de rede. Na verdade, uma WAN é uma sucessão de redes LAN interconectadas.

Por analogia, uma rede WAN pode ser comparada à Internet como a conhecemos, a WWW, que é a rede das redes, abrange o globo terrestre e interliga diversos continentes, independentemente do tipo de conexão (cabo, fibra ou rede móvel).

Nesta unidade, iremos estudar a fundo o assunto e tentar elucidar algumas questões a respeito da WAN. Boa leitura e bons estudos!

História da rede WAN

Desde 1965, quando Lawrence Roberts e Thomas Merrill resolveram conectar dois computadores, um no MIT, em Massachusetts, e outro na Universidade da Califórnia, essa conexão foi realizada por meio de uma linha telefônica, dando início à primeira interligação de rede de longa distância.

Nos dias atuais, as redes passam por constantes mudanças, mas as características básicas, que deram origem ao que conhecemos hoje, ainda se mantêm intactas, sendo realizadas apenas melhorias e desenvolvidas novas formas de interação, que agilizam e automatizam o uso da rede.

Dentro desse contexto, as redes de computadores têm um papel fundamental para o crescimento tecnológico. De certa forma, elas têm reduzido os custos, tornando a vida das pessoas mais flexíveis e muito mais conectadas.

As redes WANs, por serem distribuídas geograficamente, possuem um número infinito de servidores, que formam redes menores, ou sub-redes (LANs). Essas LANs têm o objetivo de transferir os dados entre os computadores e as LANs.

Grosso modo, as redes podem ser divididas em LANs, MANs, WANs e inter-redes, cada qual com suas próprias características, tecnologias, velocidades e nichos de mercado. As LANs abrangem um edifício e operam em altas velocidades. As MANs abrangem uma cidade, por exemplo, o sistema de televisão a cabo, que é utilizado hoje por muitas pessoas para acessar a Internet. As WANs abrangem 138 países ou um continente. LANs e MANs são redes não comutadas (ou seja, não têm roteadores); as WANs são comutadas. As redes sem fios estão se tornando extremamente populares, em especial as LANs sem fios. As redes podem ser interconectadas para formar inter-redes (TANENBAUM, 2003, p. 75).

Dentro desse panorama e no contexto atual, as redes WANs estão interligadas e formam um ambiente computacional para troca de informações, estando em constante desenvolvimento tecnológico. Na próxima seção, iremos entender os fundamentos da comunicação dos dados.

praticar

Vamos Praticar

Uma rede de longa distância é formada por diversas sub-redes ou pequenas ou médias LANs. Olhando para além do *firewall* que protege a LAN, pense qual é o equipamento que interliga todas as redes, bem como a borda da rede, e promove a comunicação e transferência dos pacotes, sabendo a origem e o próximo destino. Assinale a alternativa correta.

- ☐ a) Hub .
- ☐ b) Switch .
- ☐ c) Repetidor.

- ☐ **d)** Roteador.
 - ☐ **e)** Conversor TP-FO.
-

Fundamentos da Comunicação de Dados

A comunicação dos dados cuida da transmissão dos dados entre os sistemas computacionais e os equipamentos, independente do meio de tráfego dos dados. A comunicação dos dados se dá com os meios físicos de comunicação, tais como *switches*, roteadores, conversores de sinal, placas de rede, cabos de transmissão e computadores. Todo esse cenário compõe uma rede de dados.

Quando falamos em comunicação de dados, podemos pensar em eficiência na comunicação dos dados, item primordial que possui três características básicas. São elas: serviço de entrega dos dados, confiabilidade dos dados e atraso.



Entrega dos dados

**Confiabilidade****Atraso**

Para que a comunicação dos dados seja completa, é preciso cumprir um processo básico. A seguir, além da explicação, podemos visualizar a figura 1.1, que apresenta o sentido do dado.

- **Mensagem** : é o dado/mensagem que deve ser transmitida. Pode ser um arquivo, uma planilha de dados, uma figura, um vídeo, um aplicativo, enfim, qualquer informação que possa ser transmitida.
- **Transmissor** : é o dispositivo ou o computador que realiza a transmissão do dado. Essa transmissão pode partir de qualquer dispositivo conectado à rede.
- **Meio de comunicação** : corresponde ao meio físico onde caminha o sinal que transporta os dados. Esse meio pode ser um cabo de rede, uma fibra ótica ou um meio sem fio.
- **Receptor** : é o dispositivo que recebe o dado do transmissor. Pode ser um computador, um *smartphone* ou um dispositivo conectado à rede de dados.
- **Protocolo** : é a linguagem que é “falada” entre os dispositivos e computadores. Resume-se a um conjunto de regras que todos os dispositivos entendem e comunicam. Por exemplo, na Internet a linguagem “falada” é o TCP/IP.

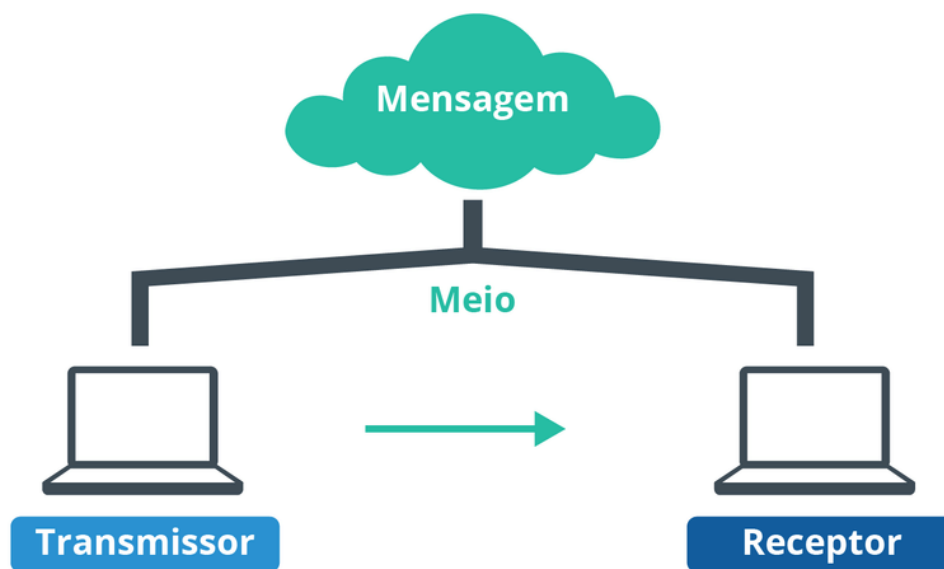


Figura 1.1 - Sentido de envio da mensagem

Fonte: Elaborada pelo autor.

A transmissão de dados explora técnicas que utilizam comunicação em algumas vias e sentidos pelos quais o dado caminha. Dentre elas, temos os sentidos *simplex*, *half-duplex* e *full-duplex*. Além dos sentidos, o sinal pode ser sincronizado ou não sincronizado. Na Figura 1.2, podemos ver os sentidos da comunicação.

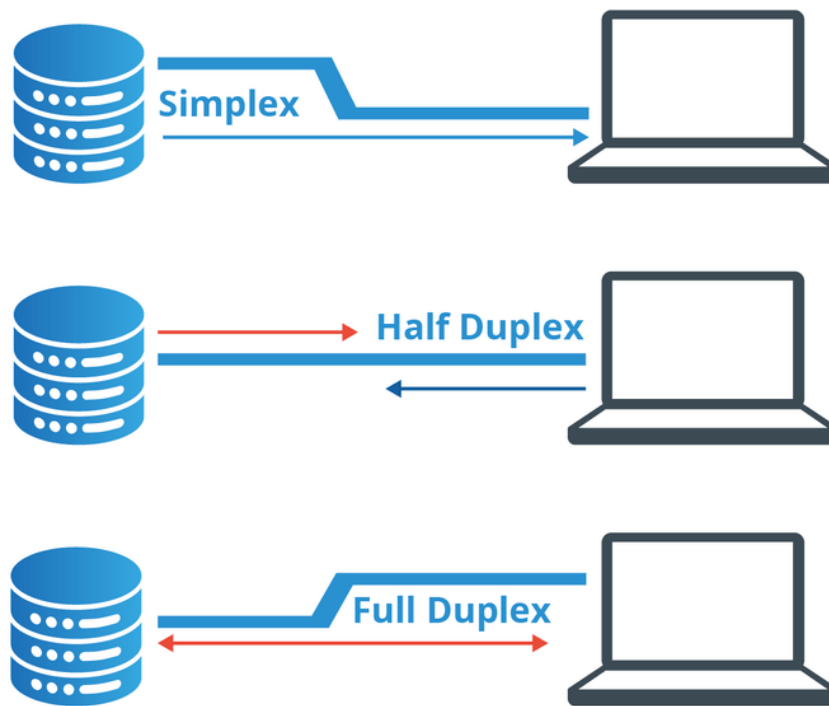


Figura 1.2 - Simplex, half-duplex e full-duplex

Fonte: Elaborada pelo autor.

O sentido da transmissão **simplex** funciona do transmissor para o receptor. O dado ocupa o meio em um único sentido (unidirecional). Por exemplo, a transmissão de um sinal de TV e da emissora para a televisão do cliente.

O sentido da transmissão **half-duplex** funciona do transmissor para o receptor. O dado ocupa o meio e pode ser transmitido e/ou recebido, mas nunca ao mesmo tempo. Por exemplo, em um radioamador apenas um fala no canal por vez, mas todos podem transmitir.

O sentido da transmissão **full-duplex** funciona do transmissor para o receptor e do receptor para o transmissor, tudo ao mesmo tempo. O canal pode ser ocupado por emissor e receptor ao mesmo tempo. Por exemplo, em uma conversa de *smartphone* todos os envolvidos podem falar ao mesmo tempo.

Além da transmissão, precisamos sincronizar essa informação, pois temos um único meio de comunicação. Para tanto, temos o modo de transmissão síncrono e o assíncrono.

No modo **assíncrono**, os dados são enviados um a um, sem controle de tempo. As características desse modo são:

- fácil de implementar
- baixa velocidade;
- rendimento nas transmissões.

No modo **síncrono** , os dados são encaminhados em blocos e com tempo de ocupação do canal. Para isso, há sincronização tanto do emissor quanto do receptor. Suas características são:

- boa qualidade na transmissão;
- custo alto de transmissão;
- transmissão com maior confiabilidade;
- método adequado para uso em transmissões multimídia.

Como vimos acima, qualquer equipamento conectado à rede de dados pode transmitir uma informação de um ponto A para um ponto B usando um meio de comunicação para esse procedimento, que pode ser um meio físico ou um meio sem fio ou satélite. E para que essa comunicação seja efetiva, precisamos de regras de comunicação entre os pares, o que no meio digital é chamado de protocolo, linguagem que governa o meio de comunicação de dados.

Esse processo de comunicação tem suas origens em dois modelos de comunicação clássicos: a comunicação por circuito e a comunicação por pacote.

Comunicação por Circuito

Acontecia quando nossa comunicação era limitada a apenas uma ligação telefônica, e essa ligação era intermediada por uma terceira pessoa, a telefonista, que fazia as conexões entre os interlocutores. Esse processo era conhecido por comutar a comunicação entre as pessoas.

O processo de comutação é um serviço que acessa recursos de uma rede, liberando ou reservando para quem fez a solicitação. A comutação de circuito era amplamente usada na telefonia para tráfego de voz pelo meio de

comunicação. No entanto, com o desenvolvimento da tecnologia de redes, hoje temos tráfego de voz circulando pela Internet através do VoIP, que é a voz sobre IP que usa outro método para comutar os dados pelo meio de comunicação.

De acordo com Tanenbaum (2003, p. 124), por cerca de 100 anos o equipamento de comutação de circuitos usado em todo o mundo foi conhecido como engrenagem de Strowger.

A comutação de circuitos ocorre em três fases: reserva do recurso, troca de informação entre telefone A e telefone B e liberação do recurso.

- **Reserva de recurso** : é o estabelecimento da comunicação em que o recurso é solicitado, é reservado o canal de transmissão e a largura de banda necessária é definida.
- **Troca de informações** : telefone A e telefone B iniciam a troca de informações, sendo que o dado usado nessa transmissão é a voz humana.
- **Liberação do recurso** : ocorre quando os dois terminam a troca de informações e o recurso é liberado para que outros telefones possam usar o canal.

Na figura 1.3 é apresentada a comutação de circuitos de forma didática, seguindo todo o processo de troca de informações entre os aparelhos telefônicos.

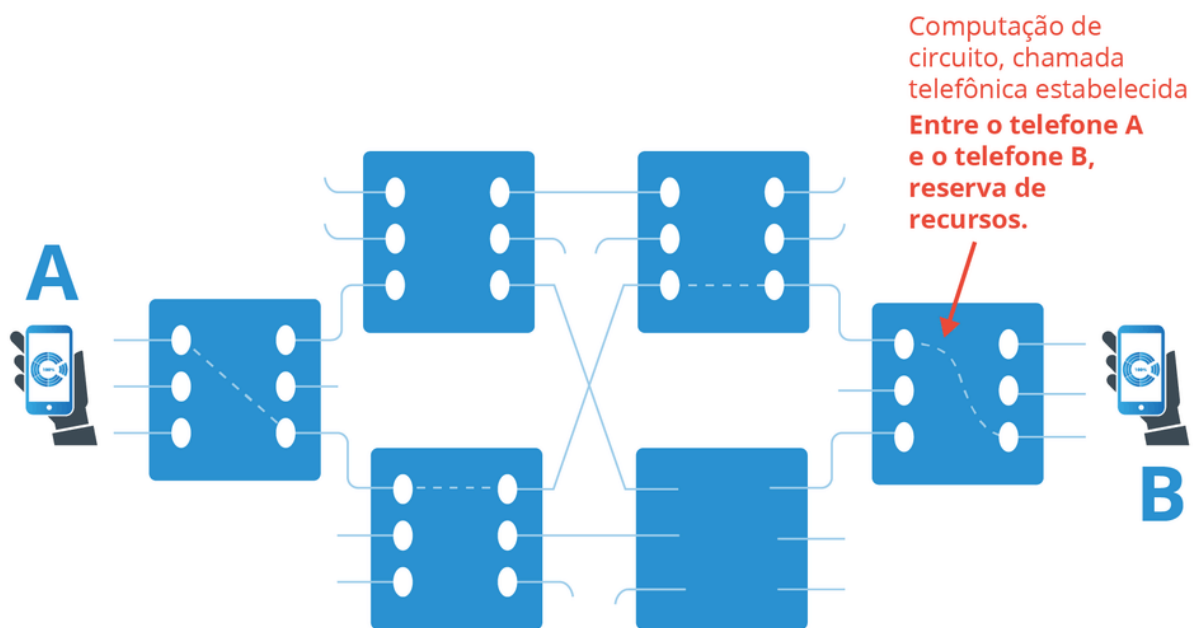


Figura 1.3 - Comutação de circuitos

Fonte: Tanenbaum (2003, p. 124).

O processo usado na comutação de circuitos é bem simples. Atualmente a figura da telefonista não é mais necessária, pois existem centrais automáticas que fazem o estabelecimento da conexão, sendo uma de suas propriedades procurar um caminho entre as centrais comutadoras para estabelecer a conexão do telefone A com o telefone B. Outra característica é a reserva de banda para que a voz seja claramente entendida entre as partes. O circuito fica reservado pelo tempo da chamada, ou seja, mesmo que o outro lado fique mudo, a banda é reservada, não podendo ser utilizada por nenhum outro usuário.

Com isso, recursos valiosos são desperdiçados nessa comunicação, pois até que quem originou a chamada decida encerrar a conexão, a mesma fica ativa e sem poder ser utilizada por outro usuário do sistema. Essa é uma desvantagem desse sistema, visto que trava a conexão ou o meio de comunicação até que a origem libere a conexão.

Na próxima seção, iremos estudar a comutação por pacotes e veremos o quão dinâmica e econômica é essa transmissão, amplamente usada nas redes de dados até os dias de hoje.

Comunicação por Pacote

Segundo Tanenbaum (2003), a comutação de pacotes é bem mais tolerante na transmissão dos dados, mediante os meios de comunicação, pois não há nenhuma reserva de recurso, a comunicação é feita por blocos de dados.

A comutação por pacotes envia uma mensagem dividida em pequenos blocos de dados, que são chamados de pacotes de dados. Não é exigido o estabelecimento de um caminho por onde os dados irão trafegar, visto que o gerenciamento desses caminhos é realizado por um equipamento chamado comutador, o qual conhecemos como roteador de dados.

reflita

Reflita

Redes de longa distância, como sabemos, interligam múltiplas redes pelo planeta, e a comutação de dados é necessária. Hoje, a comutação acontece por *hardware*, dentro do comutador, mas há a tendência de realizar essa comutação por *software*, chamado de SD-WAN (*Software Side Wide Area Network*), que é a tendência de mercado. Pesquise e reflita sobre o que essa nova tecnologia traz para a transferência do volume de dados dentro de uma rede WAN.

<https://www.youtube.com/watch?v=1Xh1zxL4PJQ>

Fonte: Silva (2016, p. 31).

Dessa forma, o dado pode seguir por diferentes vias de comunicação, chegando ao destino em tempos diferentes e totalmente fora de ordem. Essa técnica é tolerante a falhas, pois no meio do caminho um pacote pode se perder e não chegar ao seu destino. O emissor identifica isso e retransmite um novo pacote. Se uma rota ou caminho estiver com problemas, o roteador pode desviar o pacote para um caminho mais adequado, assim, o pacote segue o seu destino.

Na Figura 1.4, podemos visualizar um comutador de pacotes. Perceba que os

dados chegam de forma aleatória ao computador B, que faz o ordenamento e a sequência dos dados. Caso algo aconteça com um dos pacotes, o destino avisa à origem, que faz a retransmissão do pacote.

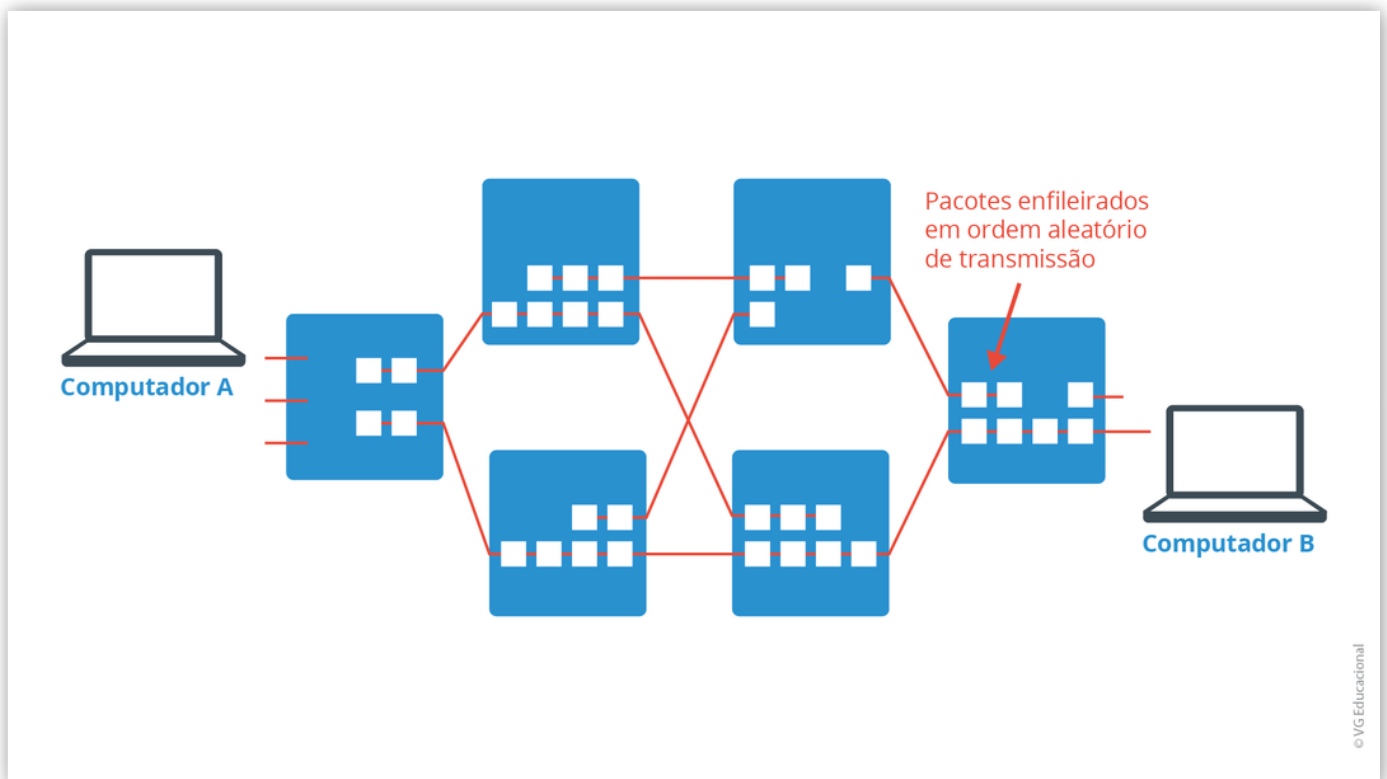


Figura 1.4 - Comutação de pacotes

Fonte: Tanenbaum (2003, p. 124).

Como podemos verificar, o comutador de pacotes não realiza reserva prévia de banda de comunicação. Com isso, não existe desperdício de recurso, pois todos podem transmitir ao mesmo tempo. O roteador recebe o pacote e o armazena para transmitir para o próximo segmento de rede até a chegada ao destino. Assim, o roteador sabe o endereço de origem de cada pacote e seu endereço de destino, sabendo o caminho correto do pacote. No entanto, esse caminho não é linear, pode tomar vários rumos ao longo da transmissão. Por exemplo, você pode transmitir um *e-mail* para o seu colega do computador do seu lado, mas o pacote de dados que sai do seu computador pode chegar até o Japão e depois ser entregue ao seu colega.

Na Figura 1.5, podemos ver um exemplo de uma captura de transmissão de pacotes usando a ferramenta Traceroute do *site* DNS Tools.

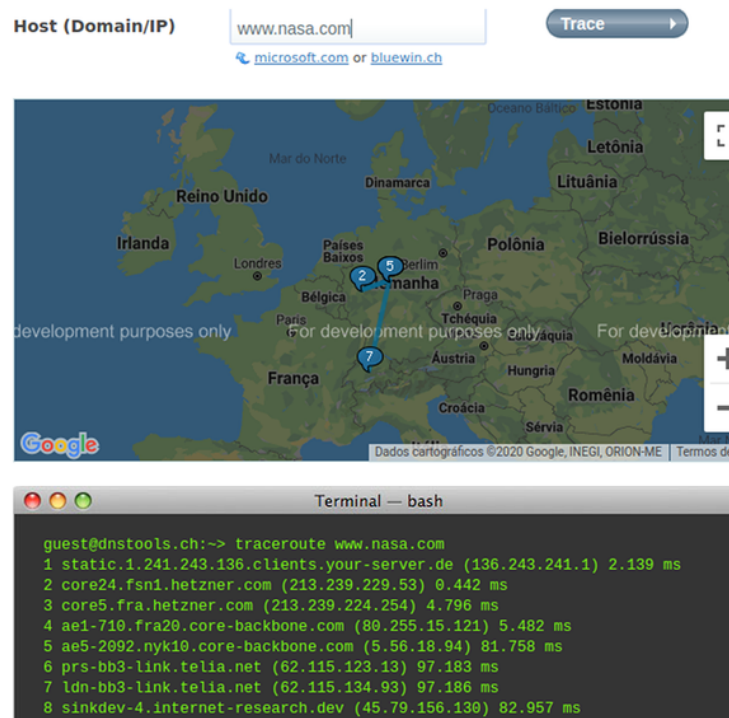


Figura 1.5 - Rota do pacote de dados do ponto 1 ao ponto 8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Podemos observar que o pacote sai de um roteador localizado no ponto 1 e percorre sete roteadores até encontrar o seu destino, que está localizado no roteador 8, chegando, assim, ao servidor de destino. Se fizermos a mesma pesquisa, outra rota será apresentada para o mesmo servidor, conforme Figura 1.6 a seguir.

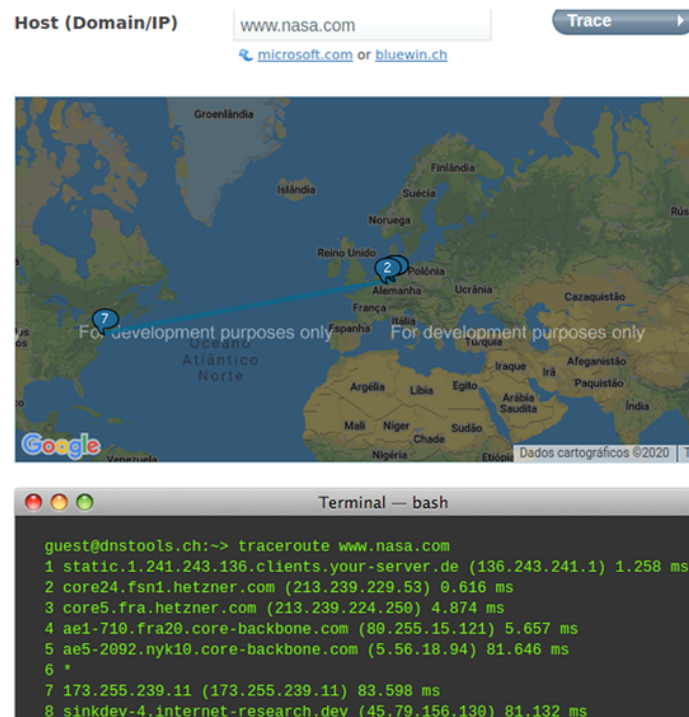


Figura 1.6 - Comutação de pacotes, do ponto 1 ao ponto 8

Fonte: Elaborada pelo autor.

Podemos perceber, na prática, que a comutação de pacotes para o ambiente de rede de dados é mais eficiente e dinâmica, pois permite um maior desempenho e uso da rede, sem ter perda de recursos, com economia de tempo nas transmissões, além de podermos enviar grandes volumes de dados pelo meio de comunicação.

Na próxima seção, vamos tratar de um assunto relacionado ao protocolo de roteamento, o qual possui regras que auxiliam na criação das tabelas de roteamento, mapeamento dos roteadores na rede, para definição do menor caminho.

Protocolos de Roteamento Dinâmico

A Internet que conhecemos é formada por um conjunto de Sistemas Autônomos (SA) que conversam entre si, estabelecem rotas e utilizam protocolos de roteamento, que são chamados de protocolo de *gateway* exterior. Para esses roteadores, existe um protocolo específico: para o estabelecimento de regras para rotas externas, é usado o BGP (*Border*

Gateway Protocol); e para o roteamento interno, usamos o OSPF (*Open Shortest Path First*). Na Figura 1.7, podemos ter uma noção da relação entre o BGP e o OSPF.

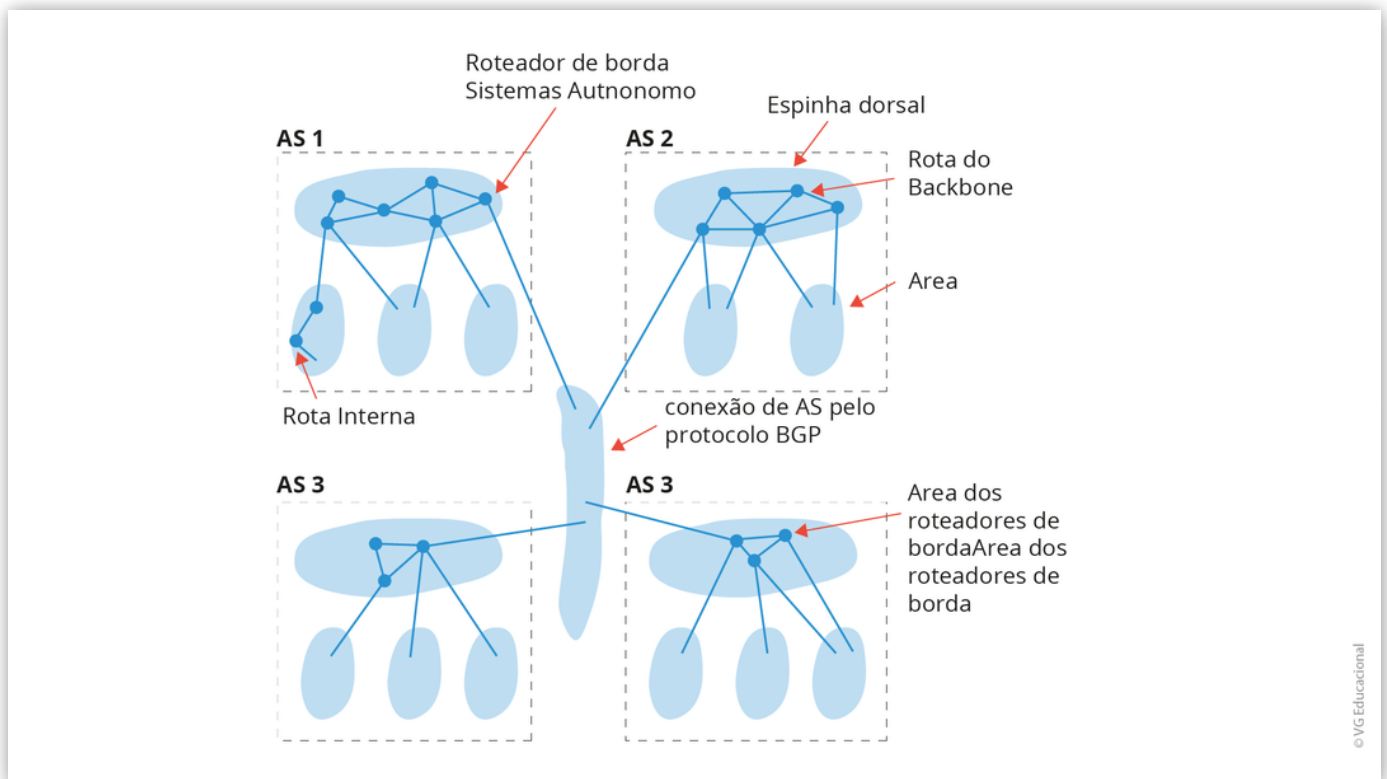


Figura 1.7 - Relação entre Sistemas Autônomos, BGP e OSPF

Fonte: Tanenbaum (2003, p. 352).

O roteamento em si é a forma mais importante usada na Internet para entrega de pacotes entre os dispositivos de rede. A função de um roteador é estabelecer caminhos entre os equipamentos fim a fim, portanto podemos descrever a Internet como uma rede de pesca, onde a junção dos nós representa os roteadores de uma determinada rede, sendo que essa rede de pesca está espalhada pelo planeta.

O roteamento dinâmico utiliza mais de uma rota para um mesmo caminho. Com isso, uma tabela é montada dinamicamente. A cada troca de informações entre os roteadores, os protocolos de roteamento são utilizados para colocar ordem e resolver casos complexos, como a perda de um pacote e seu reenvio, ou a queda de um roteador e rearranjo da rota. Eles são bem ágeis nessas soluções, pois a rede de dados não pode parar de transmitir.

Todos os protocolos de roteamento realizam as mesmas funções, que são a

determinação da melhor rota para o pacote de dados. As decisões das melhores rotas são tomadas pelos roteadores internos e externos. Dessa forma, é construída uma estrada de vários caminhos por onde o pacote pode circular, saindo de um ponto e chegando a outro em questão de segundos.

A borda da malha de roteadores é conectada às redes LANs e WANs, onde se encontram os servidores de conteúdo web, as aplicações e os computadores pelos quais nós acessamos as informações. Na próxima seção, iremos discutir sobre protocolos de comunicação de enlace e rede.

praticar

Vamos Praticar

Usando uma ferramenta de diagnóstico de rota, o Traceroute, disponível no Windows e no GNU/Linux, faça uma pesquisa pelo nome do site Gmail e veja a quantidade de saltos e rotas pelas quais o pacote trafega, de sua origem (seu computador) até o destino. Use o comando umas 03 vezes. Perceba que a cada execução o pacote toma um destino diferente.

Protocolo de Comunicação de Enlace e Rede

Em uma rede de computadores, a camada de ligação de dados, mais conhecida como camada de enlace de dados, é uma das camadas que pertence à arquitetura de protocolos TCP/IP. A função dessa camada é sentir o meio físico e corrigir possíveis erros que venham da camada física.

É a camada responsável pela transmissão e recepção dos pacotes e do controle de fluxo dos dados. Ela constata com qual velocidade os dados estão chegando e faz os ajustes para poder recebê-los de acordo com as regras estabelecidas. Além disso, essa camada responde pelos protocolos de comunicação.

A camada de enlace não segue os padrões das camadas superiores da arquitetura TCP/IP, pois essa camada está mais próxima do meio físico. As camadas superiores têm padrões definidos pela ANSI, IEEE e pelas RFCs. Já a camada de enlace possui um padrão conforme a tecnologia e o meio físico, que utiliza múltiplos padrões e protocolos, usados para ligar a camada de enlace à camada física.

Existem dois tipos de acesso ao meio através da camada de enlace: o acesso ponto a ponto e o acesso tipo broadcast.

- **Acesso ponto a ponto** : mesmo existindo uma conexão com vários visitantes, a conexão se dará com um de cada vez. Os protocolos utilizados são o PPP e o HDLC.
- **Acesso *broadcast*** : vários visitantes ou computadores e servidores estão conectados em um único meio de transmissão. Portanto, a transmissão acontece por difusão, todos se comunicam ao mesmo tempo.

As redes possuem protocolos e regras, como vimos anteriormente, e no caso da camada de enlace são conhecidos como protocolos de acesso múltiplo ao meio. Eles são divididos em categorias, tais como Protocolo de Divisão do Canal, Protocolo de Acesso Aleatório e Protocolo de Revezamento.

- **Protocolos de Divisão do Canal** : TDMA, FDMA, CDMA.
- **Protocolos de Acesso Aleatório** : Slotted ALOHA, ALOHA, CSMA/CD.
- **Protocolos de Revezamento** : Pooling e Token.

Como vimos, são diversas as formas de acesso ao meio, usando sempre a camada de enlace de dados. Na próxima seção, iremos tratar do assunto Redes Convergentes.

praticar

Vamos Praticar

Possuímos diversos protocolos na arquitetura TCP/IP e um deles é responsável pela regra de multiplexar o canal de dados para que os pacotes sejam transmitidos de forma compactada e simultânea, sem a necessidade de travar o canal. Estamos nos

referindo a qual protocolo?

- ☐ **a)** TDMA.
- ☐ **b)** ALOHA.
- ☐ **c)** CSMA/CD.
- ☐ **d)** Token.
- ☐ **e)** Pooling.

Redes Convergentes

A comunicação tem evoluído a cada segundo e de forma muito rápida. Devido a isso, é necessário interligar todos os meios, tais como telefone, internet, televisão e multimídia. É nesse meio que entram as redes convergentes, sendo um elo entre todas as ferramentas de interação.

No mercado, existem diversas ferramentas que promovem essa ligação, tornando o processo ágil e rápido, facilitando o dia a dia das organizações e dos usuários, tornando-os mais conectados. A rede convergente veio para unir todas essas mídias em uma única rede digital, de forma integrada e facilitada.

Saiba mais

Veja um apanhado sobre as redes WANs, que são emergentes e focam em novas tecnologias e práticas de rede. Aprenda também os conceitos e técnicas básicas sobre o assunto redes de computadores. Para isso, acesse o *site* a seguir.

Fonte: Fey (2018, p. 250).

ASSISTIR

O administrador da rede ou gerente de TI define a melhor forma de convergir as mídias e qual a melhor ferramenta que irá ser utilizada para esse fim. Com isso, o controle das atividades é bem mais centralizado, reduzindo custos e permitindo a definição de políticas de uso dos recursos. Dessa forma, pode-se ter um melhor controle, monitoramento e qualidade das tarefas a serem realizadas pela organização e sua equipe de profissionais.

Em redes convergentes, você pode atender à demanda de uma única organização local, mas também pode se expandir para outros ambientes computacionais fora da organização, interligando todas as informações e mídias em um único ambiente. Assim, amplia-se o leque de comunicação com os fornecedores e clientes.

Segundo Fajardo (2004), um exemplo clássico de redes convergentes é o sistema de telefonia, que foi todo migrado para dentro da tecnologia IP, sendo o que chamamos VoIP, ou seja, Voz sobre IP. Para trafegar a voz, é utilizada toda a malha TCP/IP. Isso traz uma economia enorme para as empresas, pois não precisam arcar com os custos de manutenção de aparelho telefônico atrelado a uma linha telefônica, o que gera custos mensais.

Redes convergentes abrem o leque de possibilidades de crescimento tanto vertical como horizontal de uma organização, permitindo a expansão e também a convergência em um único canal digital de interação e integração de informações. Esse é o futuro das redes de computadores, com a possibilidade de redução de custos para as organizações.

praticar

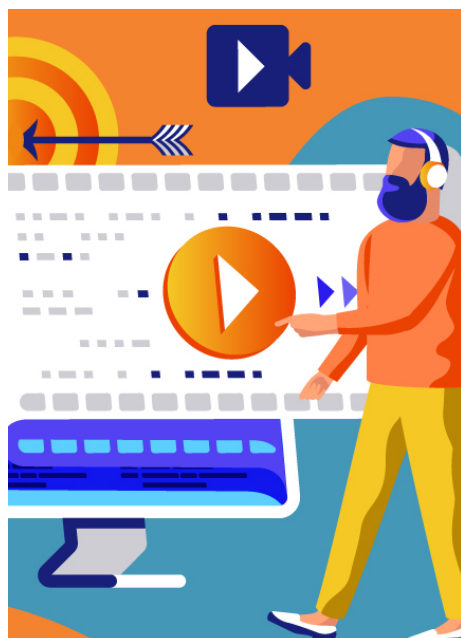
Vamos Praticar

Vivemos num mundo de alta tecnologia. Hoje, tudo pode ser convergido e transmitido por um único canal. Com isso, ficou mais fácil manter a infraestrutura de redes de computadores coesa e única, bem como sua manutenção e possível escalabilidade. Com base em seus conhecimentos sobre redes convergentes, assinale a alternativa que indica qual foi a primeira tecnologia a se transformar em rede convergente.

- ☐ a) Telefonia.
- ☒ b) Multimídia.
- ☐ c) VoIP.
- ☐ d) Videochamada.
- ☐ e) Redes sociais.

indicações

Material Complementar



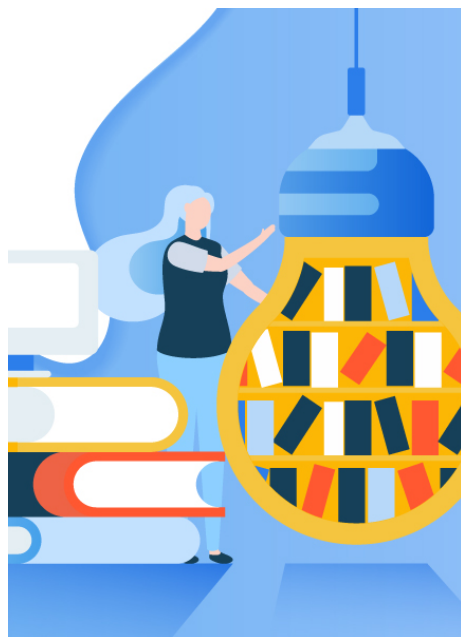
FILME

Como é criada uma rede WAN?

Ano : 2019

Comentário : Neste vídeo, é apresentado como se cria, praticamente do zero, uma rede WAN. É um material que aborda os conceitos, os padrões, os equipamentos e os dispositivos que serão utilizados nessa criação. Para conhecer mais, assista ao vídeo a seguir.

TRAILER



LIVRO

Redes de Computadores de Longa Distância (WAN)

Editora : ITIT

Autor : Ademar Felipe Fey

ISBN : 978-85-922651-5-1

Comentário : As Redes de Computadores de Longa Distância (WAN) surgiram inicialmente da necessidade de interligar as controladoras de terminais remotos aos computadores centrais na década de 1970.

Posteriormente, houve a necessidade de interligar as redes locais de computadores entre si, na década de 1980. Atualmente, a internet é a rede WAN mais utilizada. No entanto, as redes WAN pioneiras nessa área (E1, X.25, Frame Relay, etc.) ainda são utilizadas ao redor do mundo. Esse livro tem por objetivo realizar uma introdução ao estudo das redes WAN, citando os conceitos e as características técnicas básicas dessas redes utilizadas para formação de redes empresariais de longa distância. A obra aborda, também, as novas tecnologias emergentes no âmbito das WANs. No último capítulo, o livro trata de um estudo de caso prático para desenvolver os conceitos teóricos estudados.

conclusão

Conclusão

Nos dias de hoje, o tráfego na rede possui um intenso volume e, por isso, investir em sistemas de roteamento que tragam alta performance é algo extremamente necessário.

Os grandes Provedores de Internet investem para que a rede permaneça sempre moderna e atualizada com a mais nova tecnologia existente, podendo, assim, garantir um desempenho avançado. Os protocolos de roteamento, por sua vez, são constantemente modernizados para garantir a alta performance no tráfego de dados, eliminando, dessa forma, possíveis gargalos.

Nesse sentido, as grandes organizações têm utilizado plataformas de roteamento inteligentes, que realizam todo o roteamento e o rearranjo de rotas de uma forma automatizada, deixando, assim, a comunicação e as rotas entre as redes bem mais dinâmicas e ágeis.

referências

Referências Bibliográficas

FAJARDO, A. M. M. Redes convergentes. **Ciencia e Ingeniería Neogranadina** ,

n. 14, p. 64-74, 2004. Disponível em: <https://doi.org/10.18359/rcin.1269> . Acesso em: 10 abr. 2020.

FEY, A. F. **Redes de Computadores de Longa Distância (WAN)** . São Paulo: Editora ITI, 2018.

SILVA, G. H. **Redes definidas por *software*** : aplicações práticas. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. Disponível em: http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/9458/1/CT_COTEL_2016_1_03.pdf . Acesso em: 23 abr. 2020.

TANENBAUM, A. S. **Redes de computadores** . Rio de Janeiro: Editora Elsevier, 2003.