Unidade 2 - Webaula 7 - Camada de Rede - Roteamento

Olá! Tudo bem? Seja bem-vindo(a) à Webaula 7 de Redes de Computadores. INTRODUÇÃO Introdução à Webaula 7 **TÓPICO 1** Roteamento Atividade de Passagem **TÓPICO 2** Algoritmos de Roteamento Atividade de Passagem **TÓPICO 3** Multidifusão na Internet **RESUMO**

=	Resumo da Webaula 7
=	Conclusão da Unidade
REFER	RÊNCIAS
=	Referências
=	Créditos

Introdução à Webaula 7

Olá!

Agora que já conhecemos os protocolos utilizados para transportar os dados que são utilizados nessa camada, nesta aula veremos como ocorre a decisão de qual o melhor caminho a ser percorrido ao longo da rede para que esses dados consigam chegar ao seu destino.

As funcionalidades de busca do melhor caminho que a camada de rede executa ao enviar e receber pacotes entre os equipamentos da rede são (KUROSE; ROSS, 2013):

- roteamento: calcula, através de algoritmos de roteamento, a melhor rota ou caminho (conjunto de enlaces de rede) em que os pacotes seguirão, desde o equipamento emissor até o equipamento receptor;
- comutação: define por qual das interfaces de saída de um router deve seguir um pacote
 que passa por ele com base em informações obtidas de sua tabela de roteamento.

O objetivo principal desta aula é explicar como funciona e o que está envolvido no processo de roteamento em uma rede de computadores para que você entenda como se encontra o melhor caminho para trafegar dados ao longo de uma rede como a internet.

E então, vamos começar?

Roteamento

A principal função da camada de rede é rotear pacotes de um equipamento de origem até um equipamento de destino. Mas como é que a camada de rede sabe para onde deve encaminhar um pacote para assim chegar até seu destino? Pois saiba que na maioria das redes os pacotes necessitam passar por vários nós para cumprir esse trajeto, e esta funcionalidade de encaminhamento destes pacotes está presente em um tipo especial de equipamento de rede denominado *router*.

No encaminhamento de pacotes ao longo de uma rede através de um *router*, este é tratado como um equipamento e torna-se responsável por repassar pacotes pelo melhor caminho até o destino, caminho este que foi obtido através dos algoritmos de roteamento daquela rede.

A conexão de um *router* com uma rede é chamada de interface. Para que seja possível o roteamento, cada interface deve ter obrigatoriamente um endereço de rede (ou de sub-rede) distinto.

A decisão sobre a interface de saída a ser usada na transmissão de um pacote de entrada é obtida de uma tabela interna, presente nos *routers* e denominada **tabela de roteamento**, criada e mantida pela implementação de um **algoritmo de roteamento** da camada de rede. Os algoritmos de roteamento podem ser agrupados em duas classes principais: **adaptativos** e **não adaptativos** (**estáticos**). Os algoritmos não adaptativos não baseiam suas decisões de roteamento em medidas ou estimativas do tráfego e da topologia, enquanto os algoritmos adaptativos mudam suas decisões de roteamento para refletir mudanças na topologia e, normalmente, também no tráfego (KUROSE; ROSS, 2013).

O algoritmo de roteamento adaptativo deve ser capaz de aceitar eventuais alterações na topologia ou no tráfego sem que as tarefas de todos os equipamentos sejam interrompidas e que a rede seja reinicializada.

As tabelas de roteamento armazenam as informações sobre possíveis destinos e a forma de alcançar cada um deles, bastando armazenar apenas o número de rede dos endereços lógicos de destino para o roteamento, o que mantém as tabelas pequenas e eficientes.

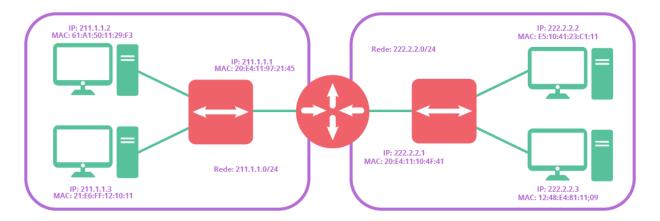
1 Mecanismo de Encaminhamento de Quadros

Como vimos no estudo da camada de rede, especificamente no caso da internet, há um endereço lógico de rede para cada equipamento conectado a ela, chamado endereço IP (*Internet Protocol*), cuja distribuição geográfica é hierárquica para facilitar a localização dos equipamentos pertencentes à rede.

Porém observe que uma placa de rede de um equipamento de rede não reconhece endereços IP, portanto para que dois equipamentos de rede possam trocar quadros da camada de enlace entre suas interfaces é preciso que a interface de origem conheça, além do seu próprio endereço MAC (*Media Access Control*), o endereço MAC do equipamento a que se destina o quadro. Este endereço é obtido através de uma requisição do protocolo da camada de rede chamado ARP (*Address Resolution Protocol*), definido no padrão RFC 826 (KUROSE; ROSS, 2013).

Um exemplo ilustrativo de endereçamento das interfaces de equipamentos constituintes de duas redes interconectadas por um *router* está representado na Figura 1.

Figura 1 - Endereçamento de Equipamentos de Rede



Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB (2023).

Cada interface dos equipamentos de uma rede é identificada por seu endereço lógico IP e pelo seu correspondente endereço MAC da interface física de equipamento, e ainda possui um módulo ARP embutido.

O objetivo do módulo ARP é obter o endereço MAC de interface de um equipamento de destino dentro de uma rede a partir do seu correspondente endereço lógico IP. Para isso, cada módulo ARP contém uma tabela ARP, mantida dinamicamente durante a utilização da LAN, com o mapeamento entre os endereços IP da rede e os endereços MAC de seus respectivos equipamentos.

Quando um endereço MAC não estiver resolvido na tabela ARP, uma mensagem de difusão de consulta do protocolo ARP é enviada pela rede. Todos os nós da rede recebem a consulta e somente aquele cujo endereço IP coincidir com o endereço IP consultado responde ao nó de origem indicando o seu endereço MAC. Assim, se o endereço MAC de destino é encontrado, a tabela ARP é atualizada.

É interessante observar que as entradas das tabelas ARP são mantidas dinamicamente à medida que forem sendo necessárias, que as entradas expiram e são removidas depois de um tempo, e que não é preciso nenhum tipo de configuração por parte de um administrador de rede.

Quando uma mensagem é enviada de uma rede para outra através de um *router* (o do exemplo da Figura 1 contém duas interfaces de rede), o quadro é primeiro enviado para o endereço MAC da

interface do *router* com a qual está diretamente conectada, já que o endereço IP da rede de destino é diferente do endereço da rede em que se encontra o equipamento de origem.

Este endereço MAC é obtido através de uma requisição ARP para resolver o endereço IP do gateway padrão configurado nos equipamentos de rede, ou seja, o quadro não é enviado para o endereço MAC do equipamento de destino, mas sim para o endereço MAC do seu gateway padrão, que é o endereço de uma interface do *router* e que representa o endereço de saída da rede.

Na outra interface do *router* do exemplo da Figura 1, o endereço MAC de destino passa a ser o endereço MAC do equipamento de destino (obtido da tabela ARP daquela interface). Com este novo endereço de destino, um novo quadro é então passado adiante.

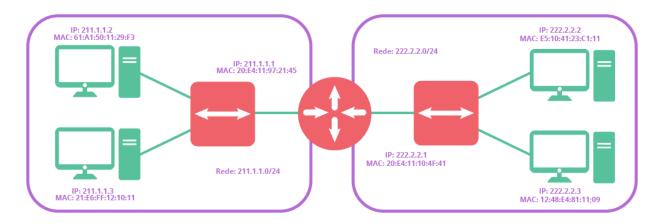
2

Mecanismo de Roteamento

Cada pacote IP tem um campo com o endereço IP do equipamento de origem e outro com o do equipamento de destino, os quais são preenchidos pelo equipamento que deseja enviar o pacote (KUROSE; ROSS, 2013).

A forma como a camada de rede transmite o pacote até o seu destino varia sensivelmente dependendo de o equipamento de destino estar na mesma rede (por exemplo, na Figura 2, 220.1.1.1 enviando um pacote para 220.1.1.2) ou em redes diferentes (por exemplo, na mesma Figura 2, 220.1.1.1 enviando um pacote para 220.1.2.2).

Figura 2 - Roteamento de Pacotes Através de um Router



Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB (2023).

Primeiramente, seja o exemplo do computador 220.1.1.1 da Figura 2 enviando um pacote para 220.1.1.2, ambos pertencentes à rede 220.1.1.0/24. Para isso, o computador de origem consulta sua tabela interna de roteamento (apresentada na Tabela 1) e verifica que a rede do computador de destino está a um salto de distância (no caso de o cálculo de distância se basear na métrica de número de saltos), ou seja, está na mesma rede do computador de origem. Desta forma, o computador de origem sabe que pode enviar o pacote para a camada de enlace (placa de rede) para que este seja enviado ao computador de destino sem que o pacote precise ser enviado através um *router* intermediário.

Tabela 1 - Exemplo de Tabela de Roteamento de Equipamento

Tabela de Roteamento do Equipamento 220.1.1.1		
Rede de destino	Router	Distância
220.1.1.0/24	-	1

Tabela de Roteamento do Equipamento 220.1.1.1		nento 220.1.1.1
0.0.0.0	220.1.1.3	-

Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB (2023).

Seja o outro exemplo, em que o computador 220.1.1.1 da Figura 2 deseja enviar um pacote para 220.1.2.2. Como o endereço da rede de destino (220.1.2.0/24) é diferente do endereço da rede de origem (220.1.1.0/24), o computador de origem consulta sua tabela interna de roteamento (apresentada na tabela acima) e verifica que para atingir a rede de destino é preciso encaminhar o pacote para o *router* A conectado a sua rede (seu gateway padrão), e então este tratará de encontrar o computador de destino. Neste caso, a tabela interna de roteamento indica ainda que o endereço do *router* A a ser utilizado (seu gateway padrão) é o 220.1.1.3.

Desta forma, o computador de origem envia o pacote, preenchido com o endereço IP de origem 220.1.1.1 e o de destino 220.1.2.2, para a camada de enlace indicando a ela que o destino a ser encaminhado o pacote é 220.1.1.3, de forma que este seja enviado ao *router* A intermediário.

Ao chegar o pacote no *router* A, este consulta a sua tabela interna de roteamento (apresentada na Tabela 2) e verifica que a rede 220.1.2.0/24 do computador de destino está a um salto de distância dele (no caso de o cálculo de distância se basear na métrica de número de saltos) através da interface 220.1.2.9. Como a distância é de 1 salto, o *router* sabe que pode enviar o pacote para a camada de enlace através da interface 220.1.2.9 para que este seja enviado ao computador de destino sem que o pacote precise ser enviado a um novo *router* intermediário.

Tabela 2 - Exemplo de Tabela de Roteamento de Equipamento

Tabela de Roteamento do <i>Router</i> A			
Rede de destino	Próximo <i>Router</i>	Distância	Interface
220.1.1.0/24	-	1	220.1.1.3
220.1.2.0/24	-	1	220.1.2.9
220.1.3.0/24	-	1	220.1.3.2
220.1.4.0/24	220.1.3.20	2	220.1.3.2

Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB (2023).

Você percebeu como os routers encaminham os pacotes em direção a um destino através da consulta da sua tabela de roteamento, mas como é que estas tabelas são criadas e mantidas atualizadas? Pois estas tabelas de roteamento presentes nos routers são mantidas por algoritmos de roteamento implementados na camada de rede.



Saiba Mais

Escolha um site que você conhece, coloque na ferramenta online <u>AllNetTools</u> e então observe o caminho de routers que os pacotes seguem até chegar a ele.

Atividade de Passagem

(ENADE) No encaminhamento de pacotes na Internet, cabe a cada nó determinar se é possível entregar um pacote diretamente ao destino ou se é preciso encaminhá-lo a um nó intermediário. Para tanto, usa-se uma tabela de rotas. Um exemplo de tabela de rotas simplificada é apresentado a seguir e pertence a um computador com endereço IP 192.0.2.100 e máscara de rede 255.255.255.0.

Rede	Máscara	Gateway	Custo
127.0.0.0	255.0.0.0	127.0.0.1	0
192.0.2.0	255.255.255.0	192.0.2.100	0
172.16.0.0	255.255.0.0	192.0.2.254	0
0.0.0.0	0.0.0.0	192.0.2.1	1

Na situação em que o referido computador precise enviar pacotes para os endereços 192.0.2.50 e 192.168.0.100, de acordo com a tabela de rotas

resenta	da, como ocorrerá a entrega desses pacotes?
	Diretamente para 192.0.2.50 e diretamente para 192.168.0.100, respectivamente
	Diretamente para 192.0.2.50 e encaminhando para 192.0.2.254, respectivamente
\bigcirc	Diretamente para 192.0.2.50 e encaminhando para 192.0.2.1, respectivamente
\bigcirc	Encaminhando para 192.0.2.50 e encaminhando para 192.0.2.50, respectivamente
\bigcirc	Encaminhado para 192.0.2.254 e diretamente para 192.168.0.100, respectivamente
	SUBMIT

Algoritmos de Roteamento

Entre os vários tipos de algoritmos de roteamento, dois deles, ambos adaptativos, são utilizados na prática na internet: o roteamento por **vetor de distância** e o roteamento por **estado de enlace** (KUROSE; ROSS, 2013).

O algoritmo de **roteamento por vetor de distância** opera fazendo com que cada *router* mantenha uma tabela que fornece a menor distância conhecida, medida de acordo com uma métrica (menor número de saltos, menor distância, menor preço, menor taxa de erros, maior taxa de transmissão), a cada uma das redes de destino e determina qual interface do *router* deve ser utilizada para se chegar lá. Essas tabelas são atualizadas através da troca de informações de roteamento entre *routers* vizinhos.

A principal estrutura de dados deste algoritmo é a tabela de distâncias, mantida pelo *router*, cujo destino representa o endereço de rede conectado àquele *router*. Cada entrada desta tabela de roteamento contém a distância até cada uma das redes de destino indicando a interface que deve ser utilizada.

Cada *router* distribui a sua tabela de distâncias para seus vizinhos de forma que estes possam recalcular as suas tabelas em função de novos valores de distâncias mínimas. Este processo é repetido até que todos os *routers* convirjam para tabelas cujo conteúdo não se altera mais.

Como o algoritmo de roteamento por vetor de distância calcula o caminho de menor distância a todas as redes de destino de modo interativo e distribuído, diz-se que este algoritmo é um algoritmo de roteamento descentralizado. Isso significa que, apesar de a consulta à tabela de distâncias ser muito eficiente em cada *router* da rede, o tempo de convergência para que as tabelas de distâncias de todos os *routers* da rede se estabilizem pode ser muito grande.

Por outro lado, o algoritmo de **roteamento por estado de enlace** considera como dados de cálculo a conectividade entre todos os *routers* da rede e cada uma das distâncias dos enlaces entre eles.

Primeiramente cada *router* descobre seus vizinhos imediatos e então mede o retardo ou a distância, de acordo com alguma métrica, para cada um deles.

A principal estrutura de dados deste algoritmo é a tabela de enlaces, mantida pelo *router*, que representa o endereço de rede utilizado naquele enlace conectado àqueles *routers*. Cada entrada desta tabela de roteamento contém o retardo ou a distância de todos os enlaces da rede. Cada *router* distribui a sua tabela de enlaces para todos os *routers* da rede para compartilhar o seu conhecimento da topologia da rede. Este processo ocorre sempre que a tabela sofrer alguma alteração em alguma de suas entradas.

Desta forma, a topologia completa (todos os enlaces da rede) e todos os retardos são experimentalmente medidos e distribuídos para cada *router* e armazenados localmente, e assim o algoritmo de roteamento é usado por cada um dos *routers* da rede para encontrar o caminho mais curto para as redes de destino a partir dos dados da sua tabela de roteamento.

Como o algoritmo de roteamento por estado de enlace calcula o caminho de menor distância até uma rede de destino usando o conhecimento completo e global da rede, diz-se que este algoritmo é um algoritmo de roteamento global. Isso significa que, apesar da distribuição das tabelas de enlace entre os *routers* da rede ser muito eficiente, o tempo para calcular o caminho de menor distância até um destino pode ser significativo.



Roteamento Hierárquico

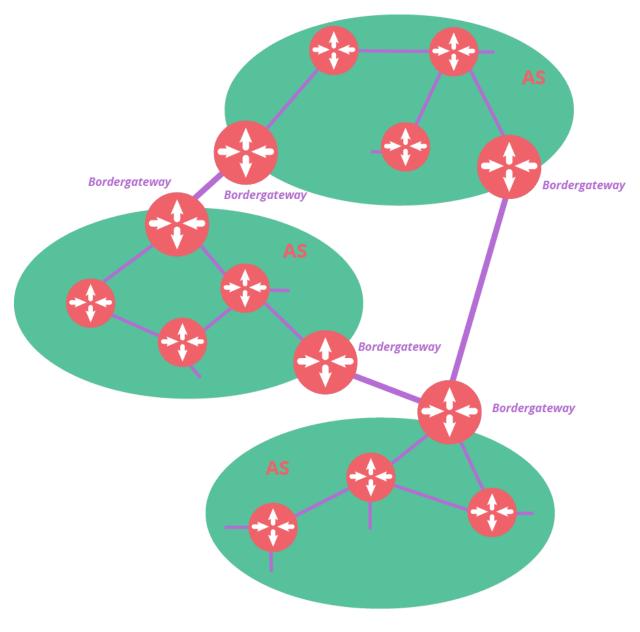
Para resolver problemas relativos à escala das redes (à medida que aumenta o número de *routers*, a sobrecarga relativa ao cálculo, ao armazenamento e à comunicação de informações para a tabela de roteamento se torna proibitiva) e à sua autonomia administrativa (cada organização deseja administrar sua rede de forma autônoma, mantendo a capacidade de conectá-la a outras redes externas), criou-se um conceito que possibilita o agrupamento de *routers* sob um mesmo controle administrativo, ao que se chamou de AS (*Autonomous System*).

Todos os *routers* dentro de um mesmo AS utilizam o mesmo algoritmo de roteamento e compartilham informações de roteamento entre eles. O algoritmo de roteamento que roda dentro de uma AS é denominado protocolo de roteamento intra-AS.

Como é necessário interconectar as ASs, um ou mais *routers* em cada AS tem a tarefa adicional de transmitir pacotes a destinos externos à AS: esses *routers* chamam-se *border gateways* (Figura 3).

Os *border gateways* têm a função de obter informações sobre as condições de alcance de ASs vizinhas e de propagar essas informações a todos os outros *routers* da AS a que pertencem, o que é feito pela implementação de um algoritmo de roteamento denominado protocolo de roteamento inter-AS.

Figura 3 - Interconexão de ASs Através de *Border Gateways*



Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB (2023).

Protocolos de Roteamento

O primeiro protocolo de roteamento usado para resolver as tabelas de roteamento intra-AS é denominado RIP (*Routing Information Protocol*), definido na RFC 1723, ou RIPng (*Routing Information Protocol next generation*) para suportar IPv6, definido na RFC 2080 (MENDES, 2010). Trata-se de um

protocolo baseado no algoritmo de vetor de distância de fácil implementação, que usa a contagem de saltos como métrica de distância (cada enlace tem custo 1), e que funciona bem para ASs pequenas (ISPs pequenas e redes corporativas).

Usando o RIP, se existirem vários caminhos para um destino, o *router* selecionará o caminho com o menor número de saltos. Entretanto, como o contador de saltos é a única medida de roteamento usada pelo RIP para determinar o melhor caminho, ele não é necessariamente o caminho mais rápido.

Os routers que utilizam o RIP trocam informações de roteamento a cada 30 segundos. Se um *router* não ouvir nada de seu vizinho ao menos uma vez a cada 180 segundos, esse vizinho será considerado inalcançável. Quando isso acontece, o RIP modifica a tabela de roteamento local e propaga essa informação para os demais vizinhos.

Uma limitação do RIP é que o número máximo de saltos pelos quais os dados podem trafegar é de quinze e, por isso, se a rede de destino estiver a mais de quinze *routers* de distância, será considerada inalcançável. Além disso, o protocolo RIP possui uma convergência muito lenta.

Outro protocolo intra-AS alternativo ao RIP denomina-se **OSPF** (Open Shortest Path First), definido na RFC 2178 e RFC 2740 com suporte ao IPv6, o qual se baseia no algoritmo de roteamento de estado de enlace (MENDES, 2010). O OSPF funciona transformando o conjunto de redes, *routers* e linhas reais em um grafo direcionado da AS no qual a cada enlace é atribuído um custo (distância, largura de banda, retardo, congestionamento, custo). Em seguida, o OSPF calcula o caminho mais curto com base nos pesos dos enlaces determinados pelo administrador da rede.

Com o OSPF, um *router* transmite informações de roteamento a todos os demais *routers* da AS sempre que houver uma mudança no estado de um enlace. Em função disso, o conteúdo das tabelas de roteamento mantidas pelo OSPF converge muito rapidamente, independentemente do tamanho da rede.

O protocolo OSPF suporta também caminhos múltiplos, pois, em diversos casos, a opção por um caminho mais longo, porém menos congestionado, é fundamental para preservar o bom funcionamento da rede. Desta forma, nem sempre o caminho mais curto é o que representa o caminho mais rápido.

Um AS baseado no OSPF pode ser configurado em áreas, sendo que cada router em uma área transmite sua tabela de estados de enlace a todos os demais routers daquela área. Assim, os detalhes internos de uma área permanecem invisíveis para todos os outros routers externos a ela, ou seja, o roteamento interno a uma área envolve apenas os routers que estão na mesma área. Este mecanismo de divisão de uma AS em áreas permite ao OSPF estruturar hierarquicamente uma AS.

Para o roteamento inter-AS há um protocolo específico denominado BGP4 (Border Gateway Protocol version 4), definido na RFC 1771, baseado no algoritmo de vetor de distância, utilizado para encontrar as rotas entre as ASs, considerando não somente os caminhos com menores distâncias, mas também condições de contorno, tais como não permitir que determinados routers pertençam a um determinado caminho (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).



(i) Leitura Complementar

Clique <u>aqui</u> e veja uma comparação entre as funcionalidades desses protocolos de roteamento.

Atividade de Passagem

(ENADE) No projeto da camada de rede, os algoritmos de roteamento são responsáveis pela decisão sobre qual interface de saída deve ser utilizada no encaminhamento de pacotes. Esses algoritmos são divididos em estáticos e dinâmicos. Em geral, os algoritmos de roteamento dinâmico são preferidos, pois computadores respondem a falhas mais rapidamente que humanos e são menos propensos a erros. Suponha dois sistemas autônomos interligados por roteadores da Internet, onde cada sistema autônomo é responsável pela definição de rotas e configuração de seus roteadores. Em relação aos algoritmos de roteamento dinâmico RIP (Routing Information Protocol), OSPF (Open Shortest Path First) e BGP (Border Gateway Protocol) em sistemas autônomos (SA), analise as afirmações que se seguem.

- I. Um roteamento entre o SA 1 e o SA 2 utiliza dois algoritmos diferentes: RIP nos roteadores internos do SA e BGP entre os SAs.
- II. O algoritmo BGP implementado no SA 1 utiliza tanto vetor de distância quanto estado de enlace para anunciar informações de rotas.
- III. O OSPF implementado no SA 2 utiliza o endereço de destino do cabeçalho IP para tomada de decisão e escolha da melhor rota.

	I.	
	II.	
	l e III.	
\supset	II e IV.	
	III e IV.	
	SUBMIT	

(ENADE) A Internet se encontra organizada em Sistemas Autônomos (SA), que são administrados autonomamente por uma entidade ou organização. Para que uma comunicação ocorra com sucesso entre hospedeiros situados em SAs diferentes, é necessário que pacotes sejam eficientemente transportados do SA origem ao SA destino. Protocolos de roteamento são

\bigcirc	Border Gateway Protocol (BGP)
	Open Shortest Path First (OSPF)
	Routing Information Protocol (RIP)
\bigcirc	Interior Gateway Routing Protocol (IGRP)
	Intermediate System To Intermediate System (IS-IS)
	SUBMIT

(ENADE) O funcionamento da internet está baseado no roteamento de pacotes do tipo IP (Internet Protocol). Com relação a este protocolo e aos equipamentos utilizados para roteá-lo, avalie as afirmações a seguir.

I. Um pacote IPv4 pode ficar em loop indefinidamente, caso haja erros nas tabelas de roteamentos dos roteadores.

II. Em uma intranet com mais de um roteador, o sequenciamento de pacotes		
IPv4 é garantido por meio do campo TTL.		
	e IPv4 pode ser fragmentado por qualquer dispositivo na rede, se	
·	náximo de MTU da rede onde os pacotes vão transitar for menor	
que o tamanl	ho do pacote a ser transmitido.	
IV. Ao enviar	um pacote IPv4, a máscara de sub-rede é utilizada pelo	
computador	ou roteador para identificar se o computador de destino	
pertence a es	sta mesma sub-rede.	
	l e II.	
	1 - 10	
	l e III.	
	III e IV.	
	I, II e IV.	
	II, III e IV.	
	·	
	SUBMIT	

(ENADE) Suponha que sua faculdade tendo, em sua rede de computadores, máquinas que compartilham arquivos e serviços, contratou você para uma consultoria de TI. Atualmente, na sala dos professores, existem 3 máquinas ligadas à rede, com as configurações conforme a imagem a seguir. Porém, a estação de trabalho "PROFESSORES01" não consegue enviar documentos para impressão em uma impressora, corretamente instalada e compartilhada na estação de trabalho "PROFESSORES03".

Computador	Endereço IP	Máscara de sub- rede	Gateway
PROFESSORES01	175.16.10.200	255.255.255.0	175.16.1.1
PROFESSORES02	175.16.20.200	255.255.0.0	175.16.1.1
PROFESSORES03	175.16.30.200	255.255.0.0	175.16.1.1

Nesse caso, que alteração deve ser realizada para que o problema seja resolvido?

- Alterar o gateway da estação PROFESSORES03 para 175.16.10.200.
- Alterar o endereço de IP da estação PROFESSORES01 para 175.16.30.200.

Alterar a máscara de sub-rede da estação PROFESSORES01 para 255.255.0.0.
Alterar a máscara de sub-rede da estação PROFESSORES03 para 255.255.255.0.
Alterar o gateway da estação PROFESSORES01 para o endereço de IP
SUBMIT

Multidifusão na Internet

Normalmente, as comunicações IP são feitas entre um equipamento transmissor e um receptor. Entretanto, para algumas aplicações, é interessante que um processo seja capaz de transmitir dados para um grande número de receptores simultaneamente.

O protocolo IP aceita **multidifusão**. Para identificar um grupo de equipamentos, o IPv4 usa endereços classe D: como estão disponíveis 28 bits para identificar grupos, pode haver mais de 250 milhões de grupos ao mesmo tempo. Já o IPv6 usa endereços FF00::0/8, disponibilizando 120 bits para identificação de grupos (KUROSE; ROSS, 2013).

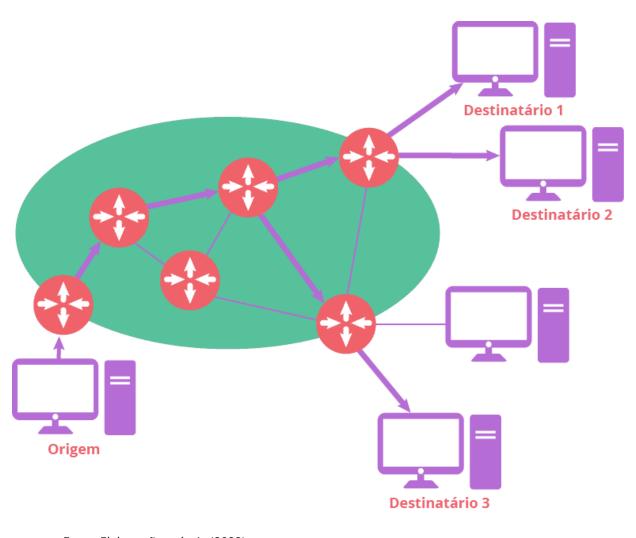
Os protocolos de controle para multidifusão proveem os meios para um equipamento informar ao *router* conectado a ele que uma aplicação que está rodando no equipamento quer se juntar a um grupo de multidifusão específico.

Dado que o escopo desta interação é limitado ao equipamento e seu *router* que o conecta à internet, um outro protocolo é necessário para coordenar os *routers* de multidifusão por toda a internet, de modo que os pacotes de multidifusão sejam roteados a seus destinos finais. Essa funcionalidade é realizada por protocolos de roteamento de multidifusão.

A Figura 4 representa uma topologia de rede onde há um encaminhamento de pacotes de multidifusão. Primeiramente, um equipamento que queira encaminhar um conteúdo utilizando a multidifusão deve criar um grupo de multidifusão associando-o a um endereço de multidifusão específico (por exemplo, o endereço IPv4 classe D 225.10.20.30) e anunciando a existência do grupo ao *router* que o interconecta à internet através do protocolo de controle de multidifusão.

De forma equivalente, todos os equipamentos que queiram receber o conteúdo de multidifusão (da origem 225.10.20.30 neste exemplo) devem anunciar aos seus *routers* de interconexão com a internet, através do protocolo de controle, que querem participar deste grupo de multidifusão. Através de protocolos específicos de roteamento de multidifusão, os *routers* da rede determinam qual o melhor caminho a ser seguido pelos pacotes e quais os nós que devem encaminhar pacotes através de mais de uma interface para atingir todos os destinatários participantes do grupo de multidifusão.

Figura 4 - Exemplo de Encaminhamento de Pacotes de Multidifusão



Fonte: Elaboração própria (2022). Arte/Diagramação: DME/FURB 2023). A multidifusão é implementada por routers de multidifusão, os quais podem ou não ser implementados nos routers IP da rede. Cada router de multidifusão envia um pacote de controle de multidifusão para os equipamentos da LAN solicitando que eles informem os grupos de multidifusão aos quais pertencem (TANENBAUM; WETHERALL, 2011).



(i) Leitura Complementar

Para complementar o entendimento sobre a multidifusão na internet e compreender a sua complexidade, leia esse documento online.

No IPv4, esses pacotes de consulta e resposta utilizam o protocolo denominado IGMP (Internet Group Management Protocol), definido na RFC 3376, transportado no seu campo de dados. No IPv6, esses pacotes de consulta e resposta utilizam alguns tipos de mensagens do protocolo ICMPv6 (Internet Control Message Protocol version 6), definido na RFC 2463, transportado no seu campo de dados.

Resumo da Webaula 7

Nessa aula você viu que o processo de encontrar o melhor caminho para trafegar com os dados ao longo de uma rede como a internet é bastante elaborado e requer que os seus vários nós conversem entre si através de protocolos específicos para que as informações da localização das redes sejam compartilhadas por eles.

Além disso, vimos o que é e como funciona a multidifusão na internet, funcionalidade essa cada vez mais importante nas redes em função da quantidade de conteúdo em tempo real que está sendo disponibilizada na internet atualmente.

Conclusão da Unidade

Nesta Unidade iniciamos o estudo das camadas de mais baixo nível do modelo TCP/IP: a camada física, a camada de enlace e a camada de rede.

Na camada física vimos quais os principais meios guiados e irradiados utilizados nas nossas redes locais, onde destacamos algumas características físicas destes meios e como eles são utilizados para interconectar equipamentos de rede.

Na camada de enlace, aprofundamos esse estudo apresentando as duas principais tecnologias de transmissão utilizadas nas placas de rede dos nossos equipamentos de redes: a Ethernet e o WiFi.

Por fim, estudamos detalhadamente a camada mais importante do modelo TCP/IP: a camada de rede. Nesta camada foram apresentados os protocolos IPv4 e IPv6, e como eles são utilizados em relação aos seus endereçamentos. Além disso, estudamos os algoritmos de roteamento utilizados na internet, seus protocolos e as tabelas de roteamento presentes nos *routers*.

Referências

O estudo das camadas do modelo de referência TCP/IP abordadas nesta parte do livro pode ser encontrado em:

KUROSE, James F.; ROSS, Keith W. **Redes de computadores e a internet:** uma abordagem top-down. 6. ed. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2013.

MENDES, Douglas R. **Redes de computadores:** teoria e prática. São Paulo: Novatec, 2010.

TANENBAUM, Andrew S.; WETHERALL, David. **Redes de computadores**. 5. ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

As normas referenciadas nessa unidade podem ser obtidas diretamente da página da internet dos respectivos organismos de padronização:

- IANA: www.iana.org
- ICANN: www.icann.org
- IEEE: <u>ieeexplore.ieee.org/Xplore/guesthome.jsp</u>
- IETF: <u>www.rfc-editor.org/rfc-index.html</u>
- ISO: <u>www.iso.org/standards-catalogue/browse-by-ics.html</u>

Créditos

Reitora

Prof^a. Ma. Marcia Cristina Sardá Espindola

Vice-Reitor

Prof. Dr. Marcus Vinicius Marques de Moraes

Pró-Reitor de Ensino de Graduação, Ensino Médio e Profissionalizante

Prof. Dr. Romeu Hausmann

Pró-Reitor de Administração

Prof. Me. Jamis Antônio Piazza

Pró-Reitora de Pesquisa, Pós-Graduação, Extensão e Cultura

Profa. Dra. Michele Debiasi Alberton

Divisão de Modalidades de Ensino Chefia da Divisão

Profa. Dra. Clarissa Josgrilberg Pereira

Professores Autores

Prof. Me. Francisco Adell Péricas

Design Instrucional

Profa. Dra. Clarissa Josgrilberg Pereira

Prof. Dr. Maiko Rafael Spiess

Prof. Me. Francisco Adell Péricas

Marcia Luci da Costa

Me. Wilson Guilherme Lobe Junior

Revisão Textual

Me. Wilson Guilherme Lobe Junior

Laura Cristina Zorzo

Roteirização

Laura Cristina Zorzo

Produção de Mídia

Gerson Luís de Souza

Gustavo Bruch Féo

Equipe de Design Gráfico

Amanda Kannenberg

Camylle Sophia Teske

Laura Cristina Zorzo

Nicolle Sassella

Renan Diogo Depiné Fiamoncini

Diagramado por Amanda Kannenberg em 08 de Fevereiro de 2023