

N_COM_DAD_A7 - Texto de apoio

Site: [EAD Mackenzie](#)

Tema: COMUNICAÇÃO DE DADOS {TURMA 03B} 2023/1

Livro: N_COM_DAD_A7 - Texto de apoio

Impresso por: FELIPE BALDIM GUERRA .

Data: terça, 2 mai 2023, 12:35

Índice

1. CAMADA DE ENLACE

- 1.1. Introdução
- 1.2. Contextualização e serviços
- 1.3. Protocolo de acesso múltiplo
- 1.4. Protocolo Ethernet
- 1.5. Estrutura do quadro Ethernet
- 1.6. Endereço MAC
- 1.7. Acesso à rede
- 1.8. Protocolo ARP
- 1.9. Dispositivos de redes

2. REFERÊNCIAS

1. CAMADA DE ENLACE

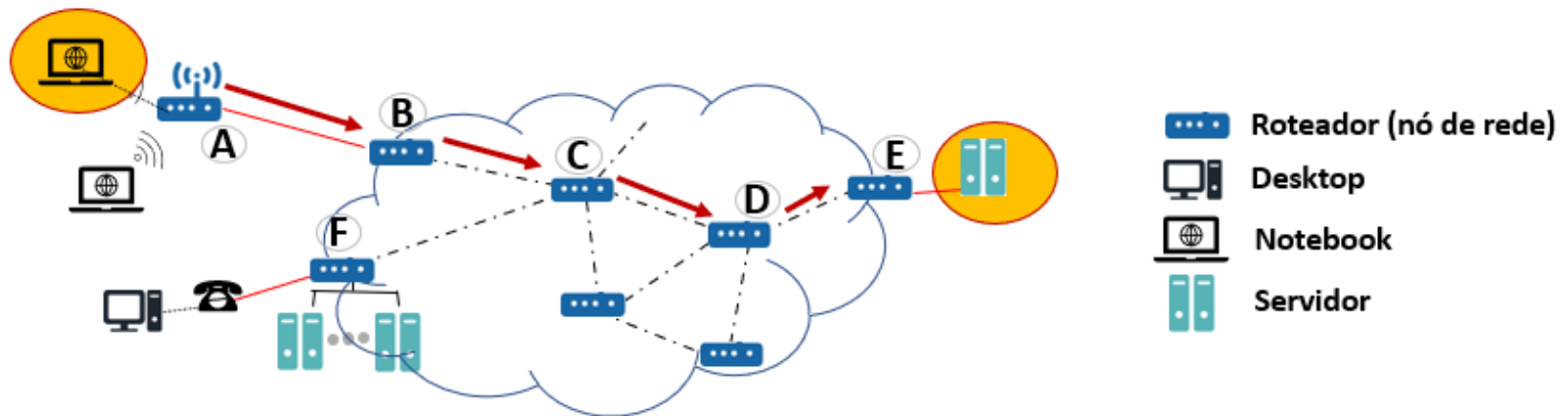
a

1.1. Introdução

Nesta Aula 7, finalizaremos nosso estudo sobre a arquitetura de redes tratando da camada de Enlace. Vimos, nas aulas 5 e 6, que a camada de rede é responsável por encapsular as informações oriundas das camadas superiores em datagrama e prover a conexão entre dois dispositivos por meio de uma rede de computadores ou da Internet.

Para enviar uma mensagem para um computador pela Internet, os datagramas serão encaminhados por diferentes redes, passando por diversos nós intermediários conectados fisicamente por um meio de transmissão, conforme apresentado na Figura 1. A camada de enlace é a responsável por controlar como o(s) meio(s) de transmissão é(são) usado(s) de maneira a garantir uma comunicação eficiente e confiável entre os nós adjacentes, independentemente do meio físico utilizado entre os nós.

Figura 1 – Representação de dois sistemas finais que estão se comunicação por uma internet



Fonte: Elaborada pelo autor.

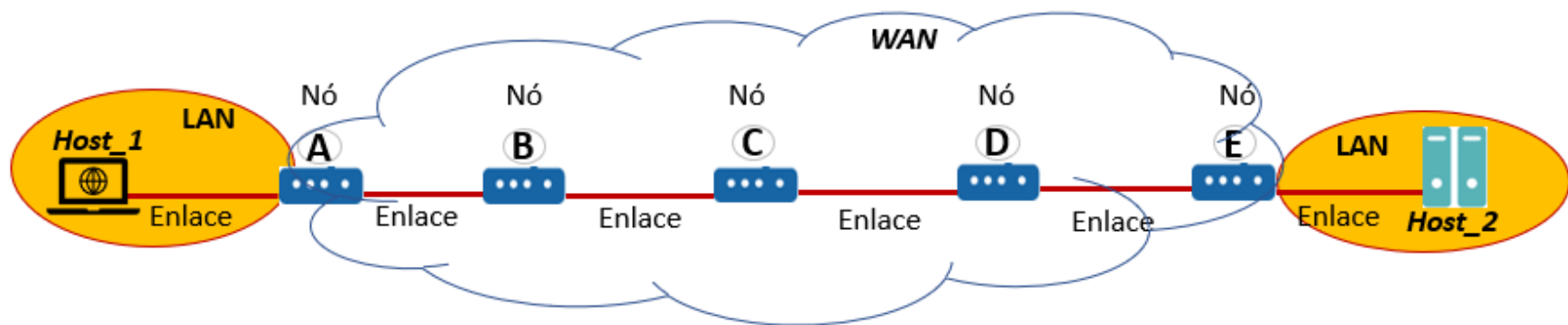
Para auxiliar você a descobrir as particularidades dessa camada, iniciaremos nosso estudo com uma introdução à camada de enlace, bem como aos serviços oferecidos por ela. Trabalharemos também, nesta aula, os chamados protocolos de acesso múltiplo, o Ethernet, padrão predominante usado em LANs, o protocolo ARP e finalizaremos com uma discussão a respeito de dispositivos de redes.

1.2. Contextualização e serviços

O protocolo da camada de enlace é usado para transportar um datagrama por um meio físico (também chamado de enlace) individual. Segundo Kurose (2013), o protocolo da camada de enlace define o formato dos pacotes trocados entre os nós na extremidade do enlace, assim como as ações realizadas por esses nós ao enviar e receber tais pacotes.

A principal característica da camada de enlace é transportar o datagrama do nó de origem ao nó adjacente por um enlace. Na Figura 1, foi apresentada uma visão de uma eventual rota utilizada por datagramas sendo transmitidos entre dois hosts pela Internet. Para discutir a função da camada de enlace na comunicação de dados, observe, na Figura 2, a simplificação da Figura 1, na qual destacamos os nós de rede e os enlaces entre cada nó de rede.

Figura 2 – Representação de nós e enlaces de redes usadas para conectar dois hosts



Fonte: Elaborada pelo autor.

Na Figura 2, temos uma representação simples dos enlaces e nós envolvidos na transmissão de uma unidade de dados entre o Host_1 e o Host_2. Uma das características da camada de enlace é que os datagramas podem ser transportados por diferentes tipos de enlaces, bem como podem usar diferentes protocolos para executar essa tarefa, por exemplo, na Figura 2, o datagrama será transmitido do Host_1 para o nó A usando o protocolo Ethernet através de um cabo par trançado, no núcleo da rede, por sua vez, podemos usar um protocolo WAN, como o protocolo PPP (Point-to-Point Protocol) ou uma combinação de diferentes protocolos (Kurose, 2013). Assim como podemos usar uma combinação de diferentes protocolos para conectar dois nós, os pacotes de origem no Host_1 podem usar diferentes enlaces para chegar ao Host_2.

Devido aos diferentes protocolos usados pela camada de enlace, diferentes serviços podem ou não ser oferecidos por essa camada. Dentre os principais serviços que a camada de enlace pode oferecer, temos:

Enquadramento de dados – Para desempenhar sua função no modelo TCP/IP, a camada de enlace transmitirá uma unidade de dados chamada de quadro (ou frame). Os quadros são unidades de dados formadas pelos datagramas enviados pela camada de Internet e pelas informações referentes aos protocolos da camada de enlace.

Acesso ao enlace – Enlaces de rede podem ser divididos em duas categorias: os que utilizam conexões ponto a ponto e os que utilizam canais de broadcast (Tanenbaum, 2010). É função da camada de enlace controlar como será o acesso ao meio de transmissão, independentemente do uso de conexões ponto a ponto ou canais de broadcast.

Deteção e correção de erros – Ao longo da transmissão de dados entre dois enlaces, fatores como atenuação de sinal e interferências podem resultar no corrompimento das mensagens transmitidas. A deteção e correção de erros permitem ao receptor detectar eventuais quadros problemáticos.

Controle de Fluxo – Assim como a camada de transporte estudada na Aula 4 realiza o controle de fluxo entre dois sistemas finais, a camada de enlace desempenha essa função entre os nós adjacentes, evitando que o nó emissor sobrecarregue o nó receptor.

Notamos que a camada de enlace, além de enquadrar as informações oriundas das camadas superiores, também é responsável por adaptar a transmissão para os diferentes meios físicos usados na camada física. Para melhor compreender o funcionamento da camada de enlace, podemos dividir seus serviços em duas subcamadas: Controle de Enlace de Dados (DLC – Data Link Control) e Controle de Acesso ao Meio (MAC – Media Access Control) (Forouzan, 2010).

A subcamada de DLC é responsável pelo enquadramento do datagrama em que informações como controle de fluxo e de erros e deteção de erros são adicionadas ao quadro.

A subcamada MAC, por sua vez, tem como objetivo fornecer o endereçamento de camada de enlace de dados e definir os processos de acesso ao meio físico realizados pela interface de rede (NIC – Network Interface Card).

A separação da camada de enlace de dados em subcamadas permite que um quadro definido pela camada DLC acesse diferentes tipos de meio físico definidos pela camada MAC.

Como já mencionado, não há um único protocolo de camada de enlace usado em todas as situações, segundo Forouzan (2010), a pilha de protocolos TCP/IP aceita quaisquer protocolos na camada de enlace e na camada física que sejam capazes de fornecer serviços para a camada de rede. Diversas tecnologias foram propostas para conectar redes (locais e pessoais) como o padrão 802.11, usado em redes LAN sem fios, e o

Bluetooth, usado nas redes do tipo PAN (padrão 802.15). No entanto, em nossa disciplina só trabalharemos com o padrão 802.3, adotado por LAN cabeadas, também conhecido como padrão Ethernet.

1.3. Protocolo de acesso múltiplo

Como já mencionado, os enlaces de rede podem ser divididos em duas categorias: os que utilizam conexões ponto a ponto e os que utilizam canais de broadcast. Quando usamos canais de broadcast, assumimos que diferentes hosts podem utilizar um meio de transmissão compartilhado.

O uso de meios de transmissão compartilhado implica que todos os nós de rede podem transmitir ao mesmo tempo, o que pode ocasionar redes de colisão. A colisão entre diferentes quadros enviados por meio de um canal compartilhado não é desejada, pois as informações contidas nos quadros que colidiram se misturam, tornando as informações em ambos os quadros indecifráveis (Kurose, 2013).

Para controlar o acesso ao meio, de maneira a minimizar as colisões e aumentar a eficiência do canal compartilhado, diversos protocolos de acesso múltiplo foram concebidos e classificados em:

- Protocolos de divisão de canal.
- Protocolos de acesso aleatório.
- Protocolos de revezamento.

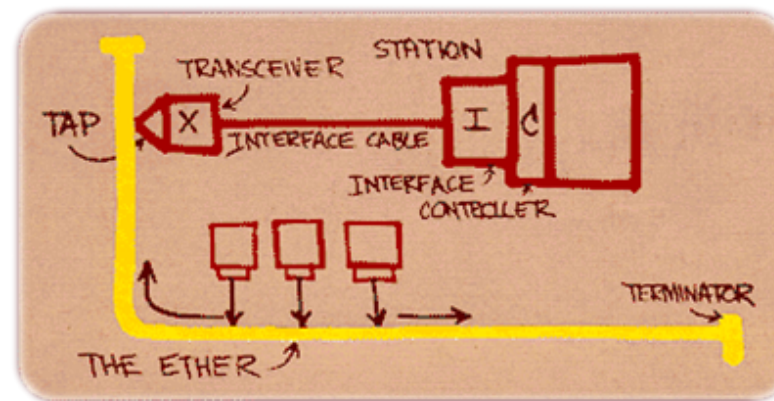
As particularidades dos protocolos citados acima serão discutidas posteriormente.

1.4. Protocolo Ethernet

Desenvolvida em 1970 por Robert Metcalfe e David Boggs, o Ethernet é o protocolo utilizado para interconexão para redes locais (LAN) cabeadas. Apesar dos diversos protocolos desenvolvidos ao longo dos anos para as diferentes topologias LAN, a tecnologia Ethernet foi capaz de se atualizar para atender às necessidades de cada época, tornando-se, atualmente, o protocolo de rede mais utilizada do mundo (Tanenbaum, 2010).

Em sua concepção, o padrão Ethernet conectava hosts, por meio de uma interface, a um barramento que usava um cabo coaxial como canal de broadcast chamado por Metcalfe de “Ether”. Nesta topologia, um pacote transmitido para o “Ether” poderia ser “ouvido” por todas as estações, e copiado do “Ether” por seus destinos (Metcalfe, 1976). Na Figura 3, temos um desenho esquemático criado por Metcalfe na concepção do Ethernet.

Figura 3 – Projeto original de Metcalfe que levou ao padrão Ethernet



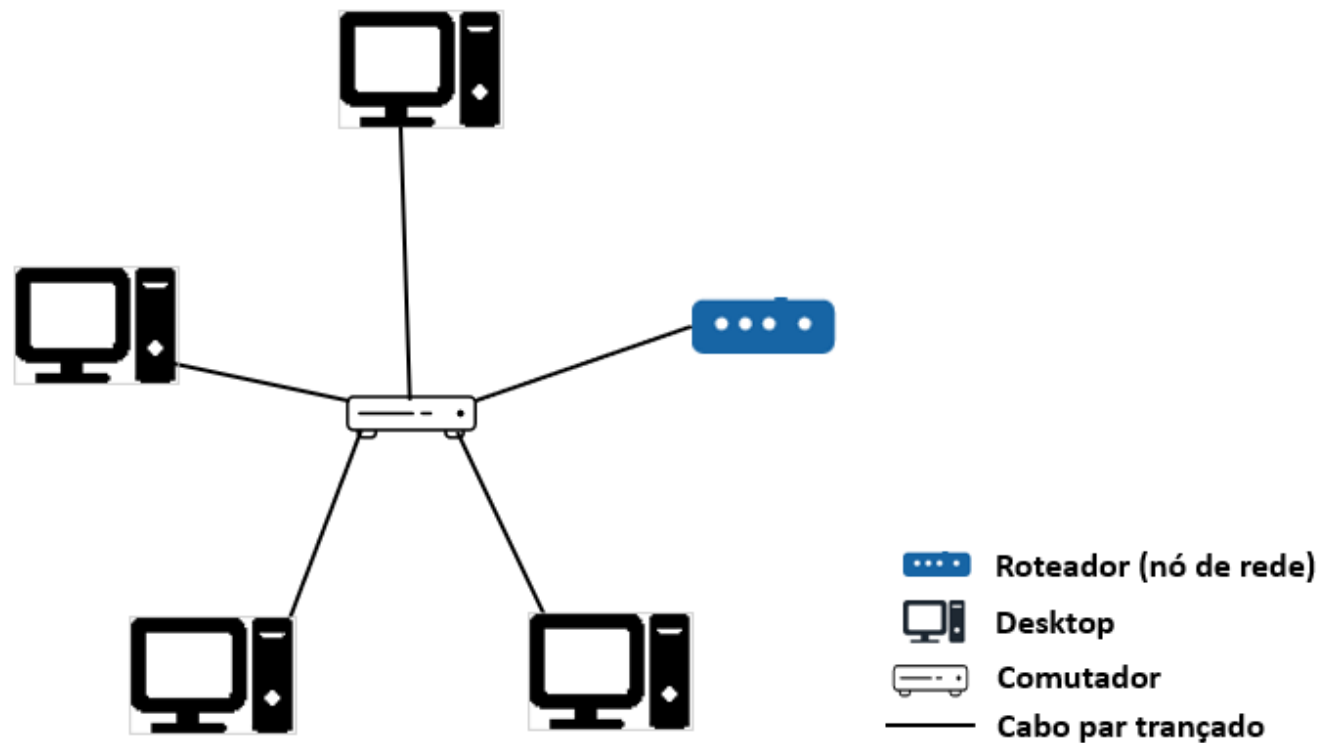
Fonte: Kurose (2013).

Essa primeira versão do protocolo Ethernet ficou conhecida como Ethernet clássica (Tanenbaum, 2010), ou padrão DIX; ela foi adotada como padrão de interconexão para redes locais (LAN) por empresas como Xerox, DEC e Intel. A adoção do protocolo Ethernet por grandes empresas contribuiu para a popularização do padrão e, conseqüentemente, para sua hegemonia na interconexão de dispositivos em LANs.

Com a popularização das LANs e com o aumento dos hosts conectados a essas redes, as redes do tipo barramento começaram a apresentar problemas. O uso de uma rede barramento significava que a largura de banda (bandwidth) era compartilhada pelos usuários da rede, logo, quanto mais hosts estivessem conectados ao barramento, maior seria o tráfego de informações na rede e, conseqüentemente, haveria uma maior lentidão no tráfego de informações. Além da lentidão que limitava a escalabilidade das LANs, qualquer problema no barramento causaria interrupção nos serviços da rede.

A partir desses problemas, surgiu a chamada Ethernet comutada, nas quais as LANs de topologias de barramento foram substituídas por LANs de topologia estrela. Como já estudado no início do curso, nessa topologia de rede foi adotado o uso de hubs e, posteriormente, switches (comutadores), nos quais os hosts se conectavam através de um cabo par trançado ao comutador de rede, que era responsável por encaminhar o pacote para o destino. Na Figura 4, temos um exemplo de uma rede em topologia estrela na qual o comutador de rede é responsável por interconectar os hosts de rede.

Figura 4 – Topologia estrela



Fonte: Elaborada pelo autor.

Além da evolução do Ethernet clássica para a Ethernet comutada, a tecnologia de LAN desenvolvida por Metcalfe e Boggs também precisou evoluir na questão de velocidade, dando origem a quatro gerações do padrão Ethernet: Ethernet Padrão (10 Mbps), Fast Ethernet (100 Mbps), Ethernet Gigabit (1 Gbps) e 10 Gigabit Ethernet (10 Gbps).

Independentemente da geração, o Ethernet é um protocolo simples e tem como características o uso de serviços não orientados à conexão e não confiáveis. O serviço da camada de enlace não orientado à conexão implica que um host remetente de um quadro não precisa estabelecer conexão com o host adjacente para realizar uma transmissão. O uso de um serviço não confiável, por sua vez, tem como consequência o descarte de qualquer quadro que chegue ao destino com erros, sem que o remetente seja notificado por isso.

1.5. Estrutura do quadro Ethernet

O Ethernet tem a função receber os dados entregues pelos protocolos da camada superior e inseri-los dentro de quadros que serão enviados pelo meio físico. Na Figura 5, temos um quadro Ethernet (mostraremos o padrão DIX, pois, ao longo dos anos, não houve grandes modificações no quadro).

Figura 5 – Estrutura do quadro Ethernet



Fonte: Elaborada pelo autor.

O quadro Ethernet possui um tamanho que pode variar de 64 bytes a 1518 bytes; os principais campos desse quadro serão apresentados na sequência:

Preâmbulo: Campo de 7 bytes em que bits “0” e “1” são enviados de maneira alternada para sinalizar ao sistema receptor a respeito da chegada de um quadro e para permitir a sincronização entre os dispositivos de envio e recebimento.

Endereço de destino: Campo de 6 bytes, contém o endereço da camada de enlace da estação de destino que receberá o pacote.

Endereço de origem: Campo de 6 bytes, contém o endereço da camada de enlace da estação remetente do pacote. Detalhes sobre os endereços de enlace serão discutidos mais adiante.

Tipo: Campo que define o protocolo da camada superior cujo pacote está encapsulado no quadro. Esse protocolo pode ser IP, ARP, OSPF e assim por diante.

Campo Dados: esse campo (46 a 1500 bytes) contém os dados encapsulados de um nível superior, por exemplo, um datagrama IPv4.

Campo Sequência de verificação de quadro (FCS): esse campo de 4 bytes é usado para detectar erros em um quadro. Utilizando o algoritmo de verificação de redundância cíclica (CRC), o dispositivo emissor inclui os resultados de uma CRC no campo FCS do quadro. Quando o dispositivo receptor recebe o quadro, ele gerará uma CRC com os dados recebidos e comparará o CRC com o campo FCS. Se os valores forem correspondentes, isso significa que não houve erro na transmissão do quadro e a camada de enlace pode encaminhar a PDU para a camada superior; caso contrário, o quadro será descartado.

1.6. Endereço MAC

Para se conectar a uma rede Ethernet, todos os hosts (por exemplo, um PC, um roteador, um televisor ou uma impressora) devem possuir uma Placa de Interface de Rede (NIC – Network Interface Card) instalada e devidamente configurada. A NIC que está inserida no host fornece a ele um endereço da camada de enlace, conhecido como endereço físico ou endereço MAC (Media Access Control).

Usado para endereçar um quadro Ethernet, o MAC é um endereço de 6 bytes (48 bits) que vem gravado de fábrica em uma memória da NIC do host. Representado em hexadecimal, o endereço MAC é dividido em octetos separados por dois pontos ":" conforme exemplo:

64:1C:67:21:10:1A

Os endereços MAC podem ser divididos em três categorias:

Unicast: endereço exclusivo associado a um determinado host, é usado quando um quadro é enviado para um único dispositivo destino.

Multicast: o uso de endereço MAC multicast permite que um dispositivo origem envie um pacote a um grupo de dispositivos.

Broadcast: representado pelo último endereço disponível (FF:FF:FF:FF:FF:FF), o endereço de broadcast é usado quando se deseja que um quadro Ethernet chegue a todos os dispositivos conectados à rede. Esse tipo de endereço é usado pelo protocolo ARP (que será comentado mais adiante).

1.7. Acesso à rede

Com base na evolução do padrão Ethernet, podemos notar que ele é responsável por definir tanto o protocolo da camada de enlace como as tecnologias da camada física. Assim como ocorre em todos os padrões IEEE 802, a Ethernet se baseia em duas subcamadas separadas: o Controle lógico de link (LLC) e as subcamadas MAC.

A subcamada LLC Ethernet trata da comunicação entre as camadas superiores e as camadas inferiores, ou seja, a subcamada LLC recebe os dados da camada superior (camada de rede) e adiciona informações de controle para ajudar a entregar o pacote ao nó destino.

As subcamadas MAC, por sua vez, têm como responsabilidade fornecer o controle de acesso ao meio físico. Como o protocolo Ethernet foi desenvolvido para redes de broadcast, o Ethernet Padrão usou o protocolo de acesso múltiplo, o CSMA/CD, que se manteve até as versões mais atuais do protocolo.

1.8. Protocolo ARP

Conforme observado na Figura 5, todo quadro Ethernet necessita conhecer o endereço MAC do destino do quadro para conseguir transmitir datagramas por meio de um enlace. Apesar dessa obrigatoriedade, muitas vezes, o remetente não conhece o endereço MAC do destino. Para resolver esse problema, foi criado o protocolo ARP (Address Resolution Protocol).

O ARP é um protocolo usado para descobrir o endereço de hardware (MAC) de um dispositivo a partir de seu endereço IP. Para executar essa função, o dispositivo remetente envia uma mensagem de solicitação ARP, contendo o endereço IP do dispositivo de destino encapsulado por um quadro cujo endereço MAC de destino é um broadcast. Por se tratar de um quadro broadcast, todos os dispositivos conectados à LAN recebem a mensagem, mas apenas o dispositivo que possui o endereço IP da solicitação responde ao remetente da mensagem, enviando seu endereço MAC. O dispositivo que fez a solicitação ARP agora tem informações suficientes para enviar mensagens ao destinatário desejado.

1.9. Dispositivos de redes

Como já apresentado anteriormente, atualmente, as LANs Ethernet utilizam a topologia estrela, na qual cada host de rede está conectado a uma porta de um comutador central. Inicialmente, as topologias estrela utilizavam hubs como dispositivo central de rede. Com a adoção de hub nas LANs, a inclusão ou remoção de novos hosts foi simplificada e qualquer problema entre as máquinas e o Hub foi facilmente detectado e solucionado. Essas características contribuíram para a adoção da topologia estrela no padrão Ethernet (Tanenbaum, 2010).

Apesar das vantagens, internamente, o hub interconectava fisicamente todos os hosts que chegavam a suas Interfaces por meio de um único barramento, ou seja, quando um quadro é enviado para o hub, o dispositivo encaminhava o quadro para todos os hosts da rede. Apesar da facilidade para adicionar e remover máquinas na rede, o uso do hub não solucionou o problema de disputa pelo uso do canal, o que limitava a escalabilidade das redes.

A solução desenvolvida para aumentar a performance da rede foi o desenvolvimento dos Switches de rede. Ao contrário do hub, o switch possui a capacidade de filtragem/ análise de quadros. O processo de filtragem determina se um quadro deve ser repassado para uma interface de saída ou descartado pelo dispositivo. O repasse, por sua vez, é a capacidade do dispositivo em determinar para qual interface de saída o quadro será encaminhado, evitando, assim, que os quadros sejam transmitidos para todos os hosts da rede.

Para executar o repasse, o switch (também é chamado de dispositivo de camada 2) usa como base uma tabela de comutação na qual cada interface do dispositivo é associada ao endereço MAC do host a que ela está conectada. Dessa maneira, quando um switch recebe um quadro por uma de suas interfaces, ele analisará o endereço MAC de destino e, com base nas informações contidas na tabela de comutação, encaminhará o quadro para a interface em que o host destinatário está conectado.

2. REFERÊNCIAS

FOROUZAN, B. A. Comunicação de dados e Redes de computadores. 3. ed. Porto Alegre: Bookman, 2010.

KUROSE, J. F.; ROSS, K. W. Redes de computadores e a internet: uma abordagem top-down. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2013.

METCALFE, R. M.; BOGGS, D. R. Ethernet: distributed packet switching for local computer networks. Communications of the ACM, v. 19, n. 7, 1º jul. 1976, p. 395-404. Disponível em: <<https://doi.org/10.1145/360248.360253>>. Acesso em: 14 jul. 2021.

TANENBAUM, A. Redes de computadores. 5. ed. São Paulo: Pearson, 2010.