



Fundamentos de Redes de Computadores

Prof.: MSc. Alex Junior Nunes

alex.nunes@unicesumar.edu.br

Estrutura e Topologia de Redes

Estrutura e Topologia de Redes

- A estrutura básica de uma rede é formada por linhas de comunicação e nós, que têm como função interconectar as estações à rede e rotear os quadros com as informações
- Numa rede local, como a Ethernet, um dos nós é a Placa de rede, responsável pela conexão da estação ao cabo de rede e pelo envio e recebimento dos quadros da estação pelo cabo
- Em redes, há dois tipos de canais: os canais ponto a ponto e os canais multiponto, também chamados de canais por difusão
- Os canais ponto a ponto, como o nome mesmo diz, realizam a comunicação de dados diretamente de um nó para outro, sem a necessidade de nós intermediários

Estrutura e Topologia de Redes

- Os canais multiponto, por outro lado, através de um canal único de comunicação, realizam a comunicação de dados de um nó para vários outros ao mesmo tempo
- Todos os nós recebem o quadro, mas só o nó de destino, cujo endereço é igual àquele contido no campo de endereço do quadro, o seleciona
- Como só há um único canal de comunicação, aparecem conflitos no acesso ao canal
- Portanto, há necessidade de se definir uma arbitragem, uma regra de acesso, para se disciplinar a comunicação no meio

Estrutura e Topologia de Redes

- Existem dois tipos de topologias, física e lógica
- A topologia física representa a disposição física dos componentes da rede de computadores e seus meios de comunicação
- A topologia lógica compreende na descrição da comunicação dos nós da rede por meio dos meios de comunicação, ou seja, descreve principalmente no fluxo dos dados

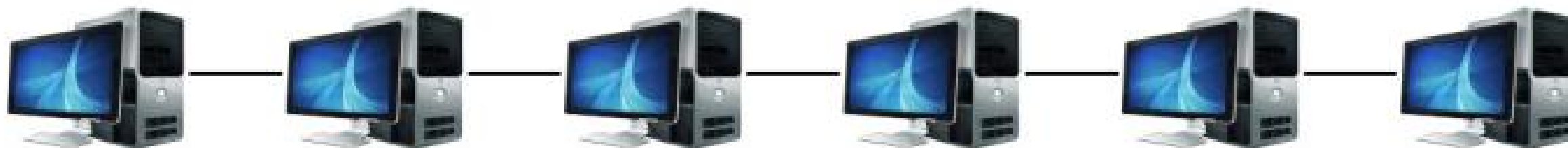
Estrutura e Topologia de Redes

- Existem oito principais tipos de topologias utilizadas nas redes de computadores, sendo elas:
 - ponto a ponto
 - barramento
 - anel
 - estrela
 - malha
 - árvore
 - híbrida
- Vamos então conhecer cada um desses tipos

Topologia Ponto a Ponto

- A topologia ponto a ponto consiste na forma mais básica de interconexões de computadores, onde um par de computadores são interligados diretamente através de um meio de transmissão
- A figura a seguir ilustra a topologia ponto a ponto
- Essa figura apresenta três pares de computadores interconectados diretamente

Topologia Ponto a Ponto



Topologia Ponto a Ponto

- A topologia ponto a ponto pode ser empregada apenas para prover a conectividade entre dois dispositivos ou em redes de comunicação par a par
- Em algumas situações, pode ser interessante interligar dois dispositivos diretamente para trocar dados
- Por exemplo, o sistema multimídia do seu carro poderia se conectar via Bluetooth com seu smartphone para permitir a execução de uma música em formato MP3 no sistema de som do carro
- Além disso, essa topologia também pode ser usada para permitir a troca de dados entre pares de computadores não conectados à Internet por meio de um cabo ***crossover***

Topologia Ponto a Ponto

- Nessa configuração, são usados cabos de rede do tipo Cat5 ou Cat6 e a ligação dos pares internos do cabo par trançado são invertidos
- Tanto no caso da conexão Bluetooth, quanto nas ligações com cabos crossover, a topologia ponto a ponto é empregada de forma física
- Conexões lógicas da topologia ponto a ponto também podem ser muito úteis em redes de comunicação par a par
- Este tipo de rede, também conhecidas como Peer-to-Peer (P2P), exploram a topologia lógica ponto a ponto para eliminar a estrutura centralizada do modelo cliente-servidor
- A principal característica do modelo cliente-servidor compreende na existência de um computador com alto poder de processamento responsável por disponibilizar um serviço na rede para um conjunto de clientes

Topologia Ponto a Ponto

- Este modelo assume a disponibilidade do servidor e a inexistência de ataques cibernéticos ou falhas de operação contra este componente
- No entanto, as ameaças cibernéticas são um problema real e podem existir falhas no servidor em decorrência da falta de energia ou avarias de componentes internos
- As redes P2P objetivam contornar este problema ao interconectar logicamente os pares
- Seguindo neste modelo, cada nó da rede pode atuar como cliente ou servidor, ou seja, pode compartilhar ou adquirir conteúdo ao mesmo tempo

Topologia Ponto a Ponto

- Nesse caso, mesmo que existam conexões físicas com topologias diferentes de ponto a ponto, a forma como os dados são trocados obedecem a topologia ponto a ponto

Topologia Barramento

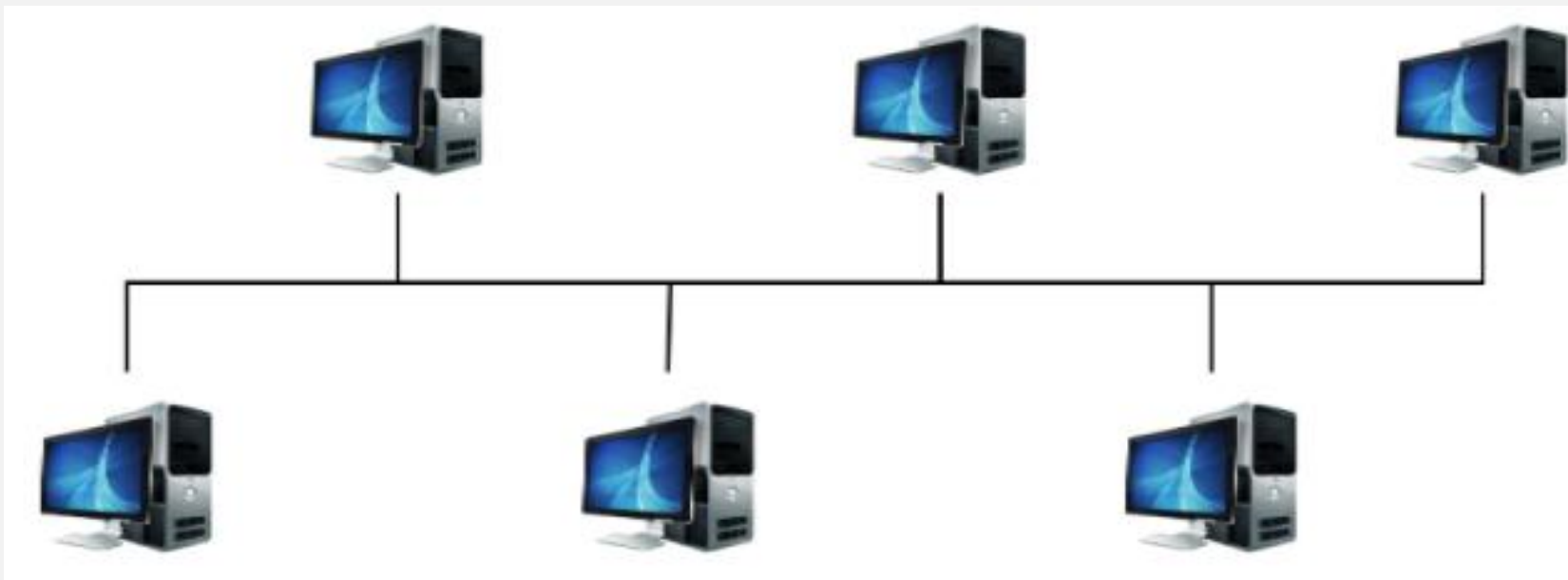
- Nesta topologia existe um barramento físico de dados, no qual todos os computadores precisam se conectar para se comunicar
- A figura a seguir ilustra a topologia barramento, na qual a linha central, onde todos os computadores estão conectados, representa o barramento
- Esta topologia consiste em uma das mais utilizadas
- Uma característica importante das redes que utilizam fisicamente esta topologia consiste na forma como os nós da rede recebem e enviam informações

Topologia Barramento

- Para enviar dados, primeiramente um computador precisa averiguar se o barramento está disponível, pois apenas uma mensagem pode ser transportada por vez
- Quando esse nó consegue enviar uma mensagem, a mesma poderá ser escutada por todos os nós da rede, mesmo sendo endereçada a apenas um computador
- Devido a esta característica, quando um computador recebe uma mensagem, a primeira operação executada consiste em verificar o endereço de entrega

Topologia Barramento

- Se a mensagem se destina a ele a mensagem é processada
- Caso contrário, a mensagem é descartada, pois não existe a necessidade de encaminhamento para outros nós



Topologia Barramento

- Devido às propriedades específicas de recebimento e envio de mensagens, as redes organizadas fisicamente em topologia barramento necessitam de mecanismos de controle de acesso ao meio e técnicas para evitar colisões de pacotes na rede
- Esses mecanismos podem ser classificados em três grupos, acesso particionado, acesso aleatório e acesso ordenado
- Os protocolos de acesso particionado empregam técnicas para permitir que mais de uma mensagem sejam enviadas ao mesmo tempo no barramento ao variar a frequência, tempo ou empregando codificações

Topologia Barramento

- Exemplos de protocolos que implementam o acesso particionado consistem no **FDMA** (Frequency Division Multiple Access), **TDMA** (Time Division Multiple Access) e **CDMA** (Code Division Multiple Access)
- Uma limitação dos mecanismos de acesso particionado é a subutilização do barramento quando uma das partes envolvidas não possui dados para enviar
- Os protocolos de acesso aleatório contornam esse problema permitindo que um computador transmita dados sempre que necessário
- Dentre estes protocolos pode-se citar o protocolo ALOHA e CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Topologia Barramento

- Todavia, utilizando esses protocolos, surge o risco de colisões de pacotes
- Esse evento ocorre sempre que dois ou mais computadores verificam ao mesmo tempo que o barramento está livre e enviam os dados simultaneamente
- Nessa situação, os sinais elétricos que representam os dados se chocam no meio físico, impossibilitando sua transmissão
- Visando superar a colisão de pacotes, surgiram os protocolos de acesso ordenado
- Nesse caso, definem uma ordem que os computadores devem utilizar o barramento

Topologia Barramento

- Exemplos de protocolo de acesso ordenado consistem no Polling e Token
- Apesar de contornar o problema de conflito de pacotes no barramento, os protocolos de acesso ordenado também ocasionam a subutilização do barramento sempre que um componente responsável por transmitir não possui dados para enviar, assim como ocorre com os protocolos de acesso particionado
- As principais aplicações da topologia física de barramento consistem nas redes com cabos coaxiais, redes sem fio e redes de fibra óptica
- As redes com cabos coaxiais eram vastamente usadas nos primórdios das redes de computadores e possuíam um cabo único que percorria toda a extensão física da rede, representando o barramento

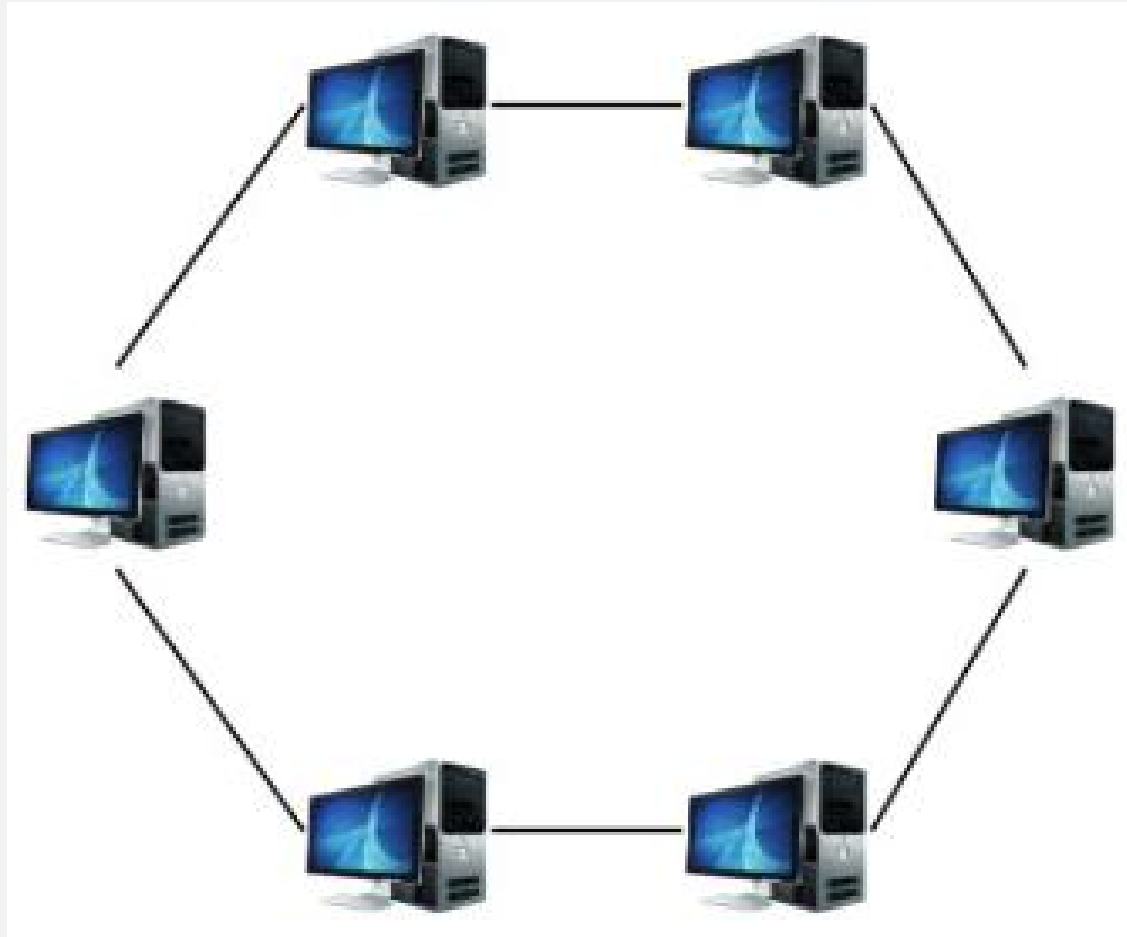
Topologia Barramento

- Sempre que havia a necessidade de inserir um novo computador na rede, esse cabo era cortado e um conector em formato de “T” era usado para conectar as pontas do cabo original com o novo computador
- No caso das redes sem fio, o barramento consiste no ar
- Em algumas configurações, as redes de fibra óptica também utilizam a topologia de barramento

Topologia Anel

- Na topologia física anel, os computadores estão organizados em série, formando um circuito fechado
- A figura a seguir ilustra seis computadores dispostos nesta topologia
- Uma observação importante sobre a topologia anel, é que os computadores não estão necessariamente diretamente conectados, mas normalmente existem **repetidores** ligados por um meio físico, nos quais os computadores estão de fato conectados
- Quando uma mensagem é enviada na topologia anel, a mensagem circula na rede até chegar ao destino ou até voltar ao seu emissor
- Devido a esta característica, uma vantagem da topologia anel consiste na facilidade de uma mensagem ser entregue a todos os demais computadores de uma rede

Topologia Anel



Topologia Anel

- Todavia, a topologia em anel também apresenta desvantagens em relação às falhas e ao atraso no processamento de dados
- Os enlaces que interligam os dispositivos e os próprios dispositivos da rede não são imunes a falhas
- Nessas situações, o funcionamento da topologia se torna comprometido, pois deixa de existir o circuito que interliga os computadores
- Uma forma de contornar este problema consiste em utilizar um computador com a responsabilidade de monitorar os demais dispositivos da rede e gerar eventos sempre que eles deixarem de operar corretamente

Topologia Anel

- Para implementar o monitoramento, este computador normalmente envia pacotes de teste para realizar tarefas de diagnóstico e tarefas de manutenção
- A topologia em anel também apresenta limitações quanto ao atraso no processamento de dados
- A razão deste atraso surge em virtude das características do protocolo de controle de acesso ao meio utilizado em redes organizadas nesta topologia, o protocolo Token Ring
- Assim, como ocorre na topologia em barramento, o controle de acesso ao meio se torna muito importante na topologia em anel para determinar qual estação pode transmitir em um dado instante para evitar a colisão de dados na rede

Topologia Anel

- Para resolver este problema, a ideia básica do protocolo Token Ring consiste em utilizar um token que deve ser repassado sequencialmente entre os computadores da rede
- Todavia, caso exista um grande número de computadores na rede, o tempo de repassar o *token* na rede ocasiona um atraso nas estações que possuem dados a transmitir e precisam aguardar o recebimento do *token*
- Apesar dessas limitações, a topologia em anel atualmente é empregada em algumas configurações das redes de fibra óptica
- Devido às suas propriedades físicas, as redes de fibra óptica possibilitam taxas de transferências muito mais altas do que os demais meios físicos

Topologia Anel

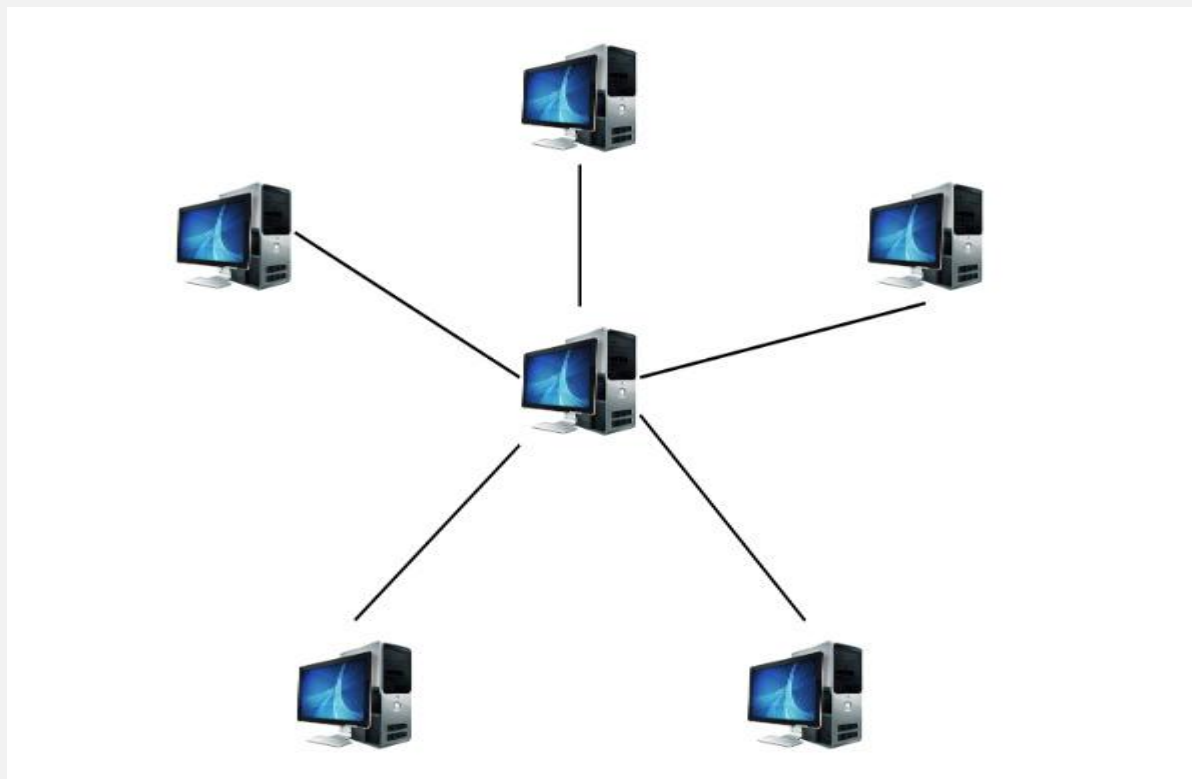
- Inclusive, atualmente se desconhece a capacidade máxima obtida por meio deste meio de transmissão
- Devido a esta característica, o emprego da topologia em anel em algumas situações compensa os atrasos de processamento do token ao reduzir o tempo de transmissão das mensagens no meio físico
- No entanto, como a implantação de uma rede de fibra óptica implica em um alto custo financeiro, o emprego desse meio de transmissão ocorre somente em situações onde existe a necessidade de alto desempenho

Topologia Estrela

- Em uma rede de computadores organizada por meio de uma topologia estrela, toda a informação gerada pelas estações de trabalho deve passar por um nó central
- O nó central se diferencia dos demais por possuir a inteligência para distribuir o tráfego de rede para os demais computadores da rede
- Esse nó central se conecta com os demais computadores da rede por meio de uma conexão ponto a ponto
- A figura a seguir ilustra seis computadores em rede organizados em uma topologia estrela
- Nesta topologia, sempre que um computador deseja enviar pacotes para um determinado destino, esses dados deverão obrigatoriamente passar pelo nó central

Topologia Estrela

- Na sequência, o nó central possui informações como repassar as informações para os demais computadores da rede



Topologia Estrela

- A topologia em estrela consiste em uma das topologias mais utilizadas atualmente
- A maioria das redes LANs, seja de um escritório, uma casa ou uma universidade, possuem um conjunto de computadores que estão diretamente conectados a um roteador, switch ou hub para trocar dados
- A diferença entre um roteador, switch e um hub consiste nas suas funcionalidades
- Usando um switch, o pacote é recebido por uma porta e é encaminhado apenas para a porta em que se encontra o computador de destino

Topologia Estrela

- Enquanto que a função de um roteador consiste em processar o pacote e determinar sua rota, sempre que necessário
- Além disso, muitos roteadores oferecem funcionalidades complementares, tais como o gerenciamento dos dispositivos das redes e da criação de redes virtuais
- Apesar dessas diferenças, os hubs, switches e roteadores operam de maneira similar em uma topologia em estrela, interligando os dispositivos da rede e encaminhando o tráfego de uma origem para um destino
- No caso das LANs, normalmente os roteadores, switches ou hubs também são conectados com um provedor de serviços de Internet, permitindo que os computadores da LAN possam acessar serviços disponibilizados na Internet

Topologia Estrela

- Existem vantagens e desvantagens de empregar a topologia estrela
- As principais vantagens consistem na facilidade de adicionar novos computadores, centralização do gerenciamento e a falha de um computador das bordas não afeta os demais computadores na rede
- Como todos os computadores estão conectados no ponto central, a adição de um novo computador demanda apenas uma nova conexão ponto a ponto entre o novo computador e o dispositivo central
- Como as tarefas de encaminhamento de pacotes são delegadas ao componente central, podemos dizer que estas tarefas estão centralizadas neste dispositivo e sempre houver a necessidade de executar algum procedimento de alteração, adição ou exclusão de regras de encaminhamento, basta apenas acessar o dispositivo central, não necessitando modificações em outros componentes da rede

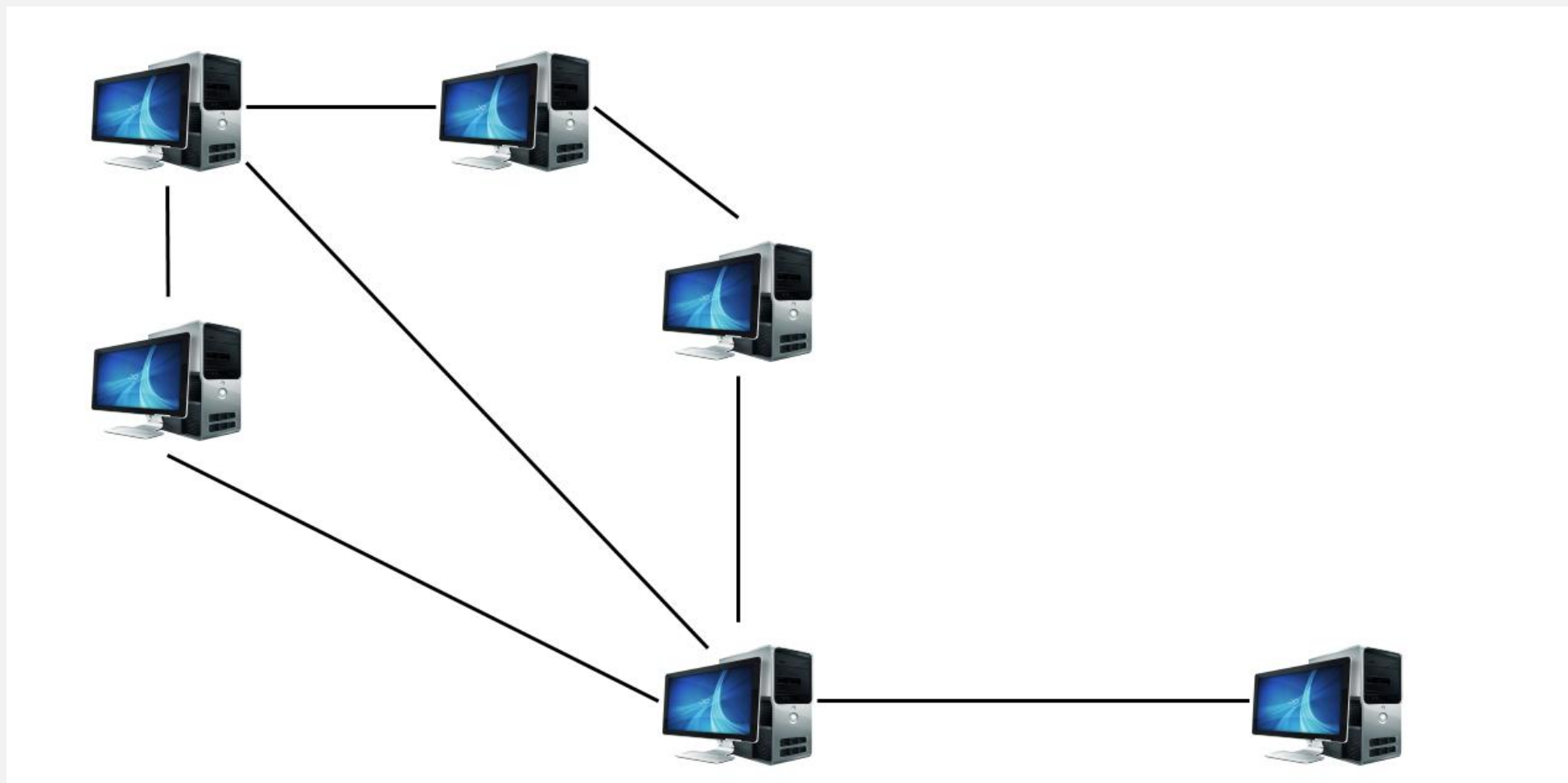
Topologia Estrela

- Além disso, como todos os computadores posicionados nas extremidades da topologia apenas enviam e recebem os pacotes, caso ocorra uma falha nestes dispositivos, a rede continuará a operar sem problemas
- Todavia, a desvantagem de organizar a rede por meio desta topologia consiste na possibilidade de falha do ponto central

Topologia Malha

- Uma rede de computadores organizada em topologia em malha possui duas propriedades principais, os dispositivos podem se comunicar entre si, desde que ambos estejam ao alcance um do outro
- Usando essa organização, um dispositivo normalmente possui vários caminhos para acessar os demais dispositivos da rede, gerando assim maior resiliência da rede em nível de falhas de enlaces. A figura a seguir ilustra uma rede de computadores organizada em malha

Topologia Malha



Topologia Malha

- Devido às características da topologia em malha, diz-se que a mesma consiste em uma rede ad-hoc, sendo normalmente empregada em redes sem fio
- Em uma rede ad-hoc, cada nó opera como um roteador, recebendo um pacote e encontrando o melhor caminho dentro da rede para alcançar o destino
- Como consequência desta propriedade, as redes ad-hoc possuem a habilidade de se auto-organizar, ou seja, caso aconteça uma falha em um dos nós da rede, a mesma continuará operando ao encontrar uma nova configuração para manter sua operacionalidade

Topologia Malha

- A principal aplicação da organização física de computadores em malha, ocorre com em redes sem fio
- Uma rede sem fio tradicional, normalmente possui um ponto de acesso central, onde todos os demais dispositivos se conectam para acessar a Internet, compreendendo em uma topologia em estrela
- Como vimos anteriormente, essa forma de organização torna-se propensa a falhas no ponto de acesso central, prejudicando o funcionamento da rede
- A razão do interesse em empregar a topologia em malha nas redes sem fio ocorre em razão da sua descentralização

Topologia Malha

- Como a rede de computadores organizada em malha possibilita que todos os computadores da rede executem o procedimento de roteamento, o ponto de acesso central é eliminado, removendo também a existência de um ponto único de falhas
- Apesar da existência dos pontos fortes da topologia em malha, também existem problemas relacionados com esta forma de organização
- Como consequência, a rede como um todo apresenta uma degradação de desempenho, podendo prejudicar a qualidade dos serviços oferecidos por meio dela
- Outro problema com a utilização desta topologia consiste na perda de desempenho em função do número de saltos na rede

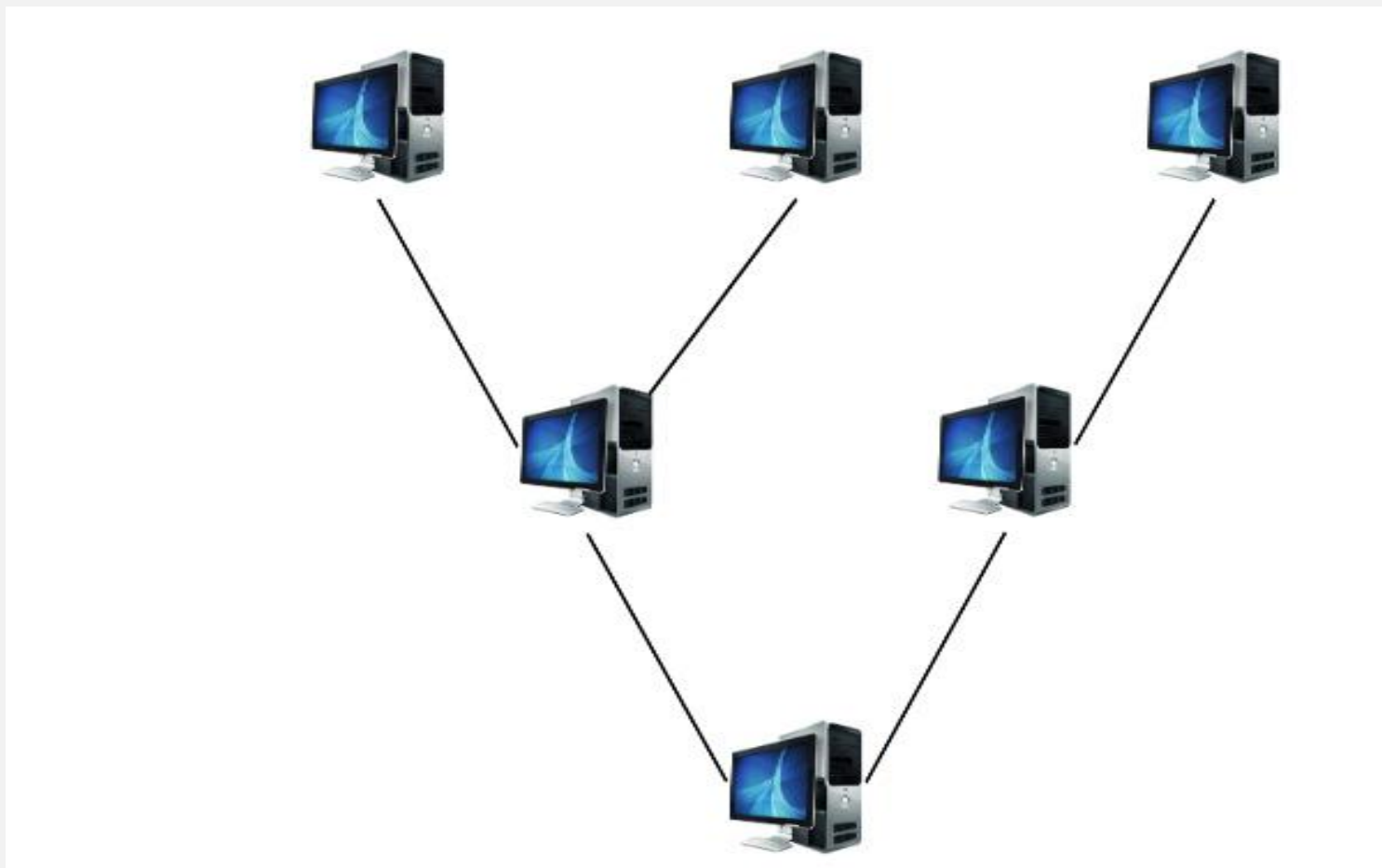
Topologia Malha

- O termo salto aqui é utilizado para descrever a situação onde um determinado emissor não consegue acessar diretamente o receptor e necessita do repasse das informações por nós intermediários
- Um salto, neste contexto, consiste no evento que representa o repasse dos pacotes entre dois nós para alcançar o receptor
- A realização de um salto na rede implica em um custo computacional e quanto mais saltos forem necessários, maior será o custo total da comunicação

Topologia Árvore

- Uma rede de computadores organizada fisicamente por meio da topologia em árvore possui uma estação central, onde todas as demais estações se conectam
- Diferentemente da topologia estrela, que prevê a interligação apenas com um dispositivo centralizado, a topologia em árvore permite que as estações conectadas à estação central também se conectem com outras estações
- Todavia, diferentemente da topologia em malha, a topologia em árvore não permite a existência de conexões fechando circuitos, ou seja, não existe a possibilidade de um pacote percorrer pelo menos três estações, de modo que o primeiro e o último computador sejam os mesmos
- A figura a seguir ilustra uma topologia em árvore

Topologia Árvore



Topologia Árvore

- No caso da figura acima, o elemento central da árvore encontra-se na parte inferior
- Este elemento geralmente é referenciado como raiz, ou primeiro da árvore
- Logo após a raiz, encontram-se dois computadores, representando os ramos derivados da raiz, ou o segundo nível da árvore
- Em seguida, os computadores posicionados nas extremidades da árvore consistem nas folhas, ou terceiro nível da árvore
- Essa topologia apresenta pontos positivos e negativos
- Como por definição, esta representação não permite a existência de ciclos, elimina-se a possibilidade de um pacote permanecer em loop na rede, ocupando desnecessariamente os recursos de banda

Topologia Árvore

- Por outro lado, essa topologia apresenta uma fragilidade inerente a sua estrutura organizacional, no sentido que uma falha em algum enlace ou computador da rede ocasiona a fragmentação da rede, ou seja, existirão dois grupos de computadores isolados que não poderão se comunicar
- Devido a esta limitação, a organização física de computadores em uma rede normalmente não emprega a topologia em árvore
- Uma das aplicações mais importantes da topologia em árvore consiste na representação lógica da rede de computadores para tomada de decisões de roteamento
- Um dos algoritmos mais famosos que utilizam este conceito consiste no algoritmo de Dijkstra

Topologia Árvore

- Abordaremos superficialmente este algoritmo brevemente para exemplificar a importância da topologia em árvore
- No algoritmo de Dijkstra, a rede de computadores é abstraída para uma estrutura denominada grafo
- Por meio de um grafo, os vértices representam os computadores da rede e as arestas consistem nos enlaces que interligam os computadores
- Além disso, o algoritmo atribui um valor inteiro em cada aresta para representar o custo da comunicação entre os nós que as interligam
- Esse custo pode ser, por exemplo, a latência, a taxa de perda de pacotes ou a intensidade do sinal

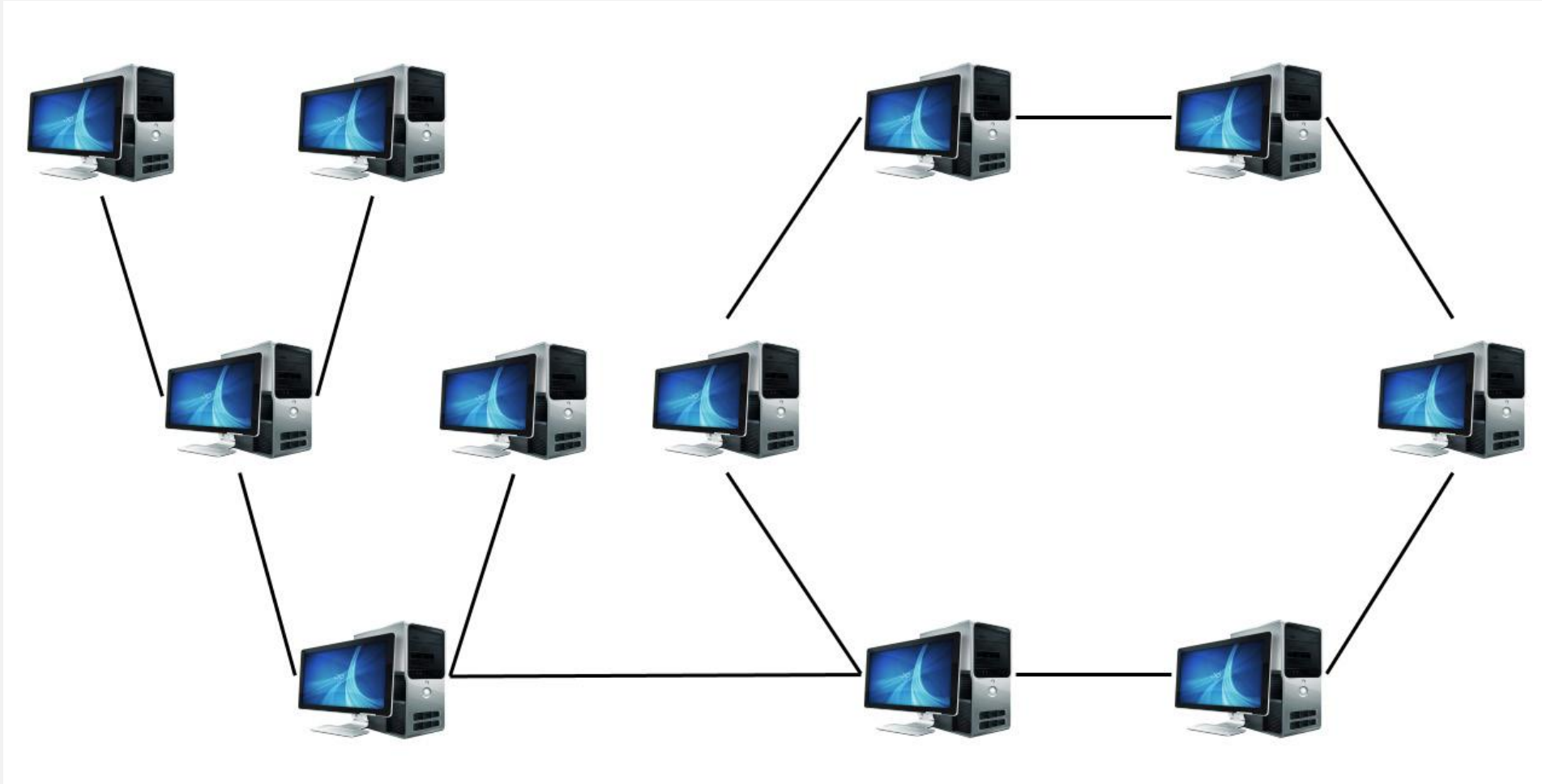
Topologia Árvore

- Com base nessa estrutura, o algoritmo de Dijkstra realiza uma série de procedimentos para encontrar uma representação da rede em forma de árvore, capaz de mostrar o menor custo para conectar qualquer par de nós da rede de computadores
- Essa representação comumente é empregada nas decisões de roteamento
- Analisando este algoritmo, pode-se dizer que ele usa a topologia em árvore em uma representação lógica da rede, pois fisicamente os nós podem estar organizados em qualquer uma das topologias já estudadas até aqui

Topologia Híbrida

- A topologia híbrida em uma rede de computadores combina aspectos de duas ou mais topologias estudadas até o momento
- Por exemplo, podemos ter uma topologia híbrida combinando a topologia anel com a topologia em árvore
- A figura a seguir ilustra esse exemplo, onde no lado esquerdo temos computadores organizados em forma de árvore e no lado direito os computadores estão organizados em topologia anel
- Entre essas topologias existe um enlace ligando ambas as topologias

Topologia Híbrida



Topologia Híbrida

- A topologia híbrida consiste na mais utilizada em grandes redes de computadores
- Esse fato ocorre em função da interconexão das redes existentes para formação de redes de larga escala
- A Internet consiste em um exemplo de uma rede de larga escala, pois como vimos na aula anterior, essa rede surgiu por meio da agregação de vários tipos de redes
- Devido a essa propriedade, cada rede interconectada possui suas próprias necessidades de interconexão, políticas de segurança e serviços oferecidos, ocasionando consequentemente em tipos de topologias específicas para atender essas necessidades
- Logo, devido a estas características, existiam diferentes topologias interconectadas para formar a Internet