
Media Access

Ligações ponto a ponto, Topologias de rede, *Shared media*, *Token Ring*, Evolução da *Ethernet*, *Fast Ethernet* e *Gigabit Ethernet*

PEDRO MARTINS

April 11, 2018

Contents

1	Redes de Comunicação	4
1.1	Ligações ponto a ponto	4
1.2	Network topologies	4
1.2.1	Mesh	6
1.2.2	Bus	6
1.2.3	Ring	8
1.2.4	Star network	10
1.2.5	Tree networks	10
2	Shared Media	12
2.1	ALOHA	13
2.1.1	Performance	14
2.2	CSMA (Carrier Sense Multiple Access)	15
2.2.1	Collision Detection	15
2.2.2	Performance	18
2.3	Ethernet	18
2.3.1	Binary Exponential Backoff Algorithm	19
3	Token Ring	21
3.1	Token-Ring vs Ethernet	23
3.1.1	Desvantagens do <i>Token-Ring</i>	23
3.1.2	Vantagens do <i>Token-Ring</i>	23
4	Ethernet Evolution	23
4.1	10Base5	24
4.1.1	Limitações	24
4.2	10Base2	25
4.3	10BaseT	26
4.3.1	Hub operation	26
4.3.2	Conectores RJ-45	28
	Terminal Equipment	28
	Network Equipment	28
4.3.3	Cabos UTP	28
	Categorias UTP: Unshielded Twisted Pair	29
	Direto vs Cruzado	30
4.4	Categorias da Ethernet tradicional	31
4.5	Cascata	31
4.6	Estrela	32
4.7	Conexões entre hubs - porta de uplink	32
5	Fast Ethernet e Gigabit Ethernet	33
5.1	Implementações de Fast Ethernet	33
5.2	Implementações de Gigabit Ethernet	33

5.3	MAC	35
5.4	LLC	35

1 Redes de Comunicação

São formadas principalmente por:

- Nós de switching
- Ligações ponto a ponto
- Equipamentos terminais
- Ligações partilhadas

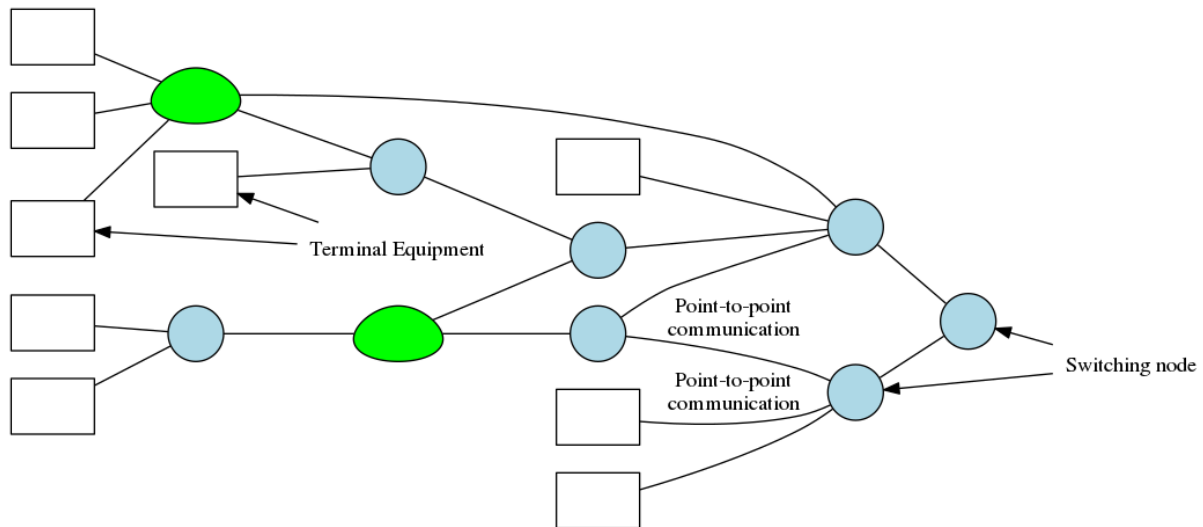


Figure 1: Rede de Telecomunicações. Os switches estão representados a azul e as conexões partilhadas a verde. Os nós terminais são identificados a branco

1.1 Ligações ponto a ponto

As ligações ponto a ponto representam uma **ligação física** entre dois dispositivos.

As ligações ponto a ponto trazem a vantagem de permitirem a otimização de cada conexão para cada estação específica. NO entanto, à medida que o número de estações envolvidas aumenta, o número de ligações físicas necessárias aumenta de forma exponencial

Se tivermos N nós, iremos precisar de $\frac{N^2 - N}{2}$ conexões, o que para valores de N elevados, se torna impossível.

- Cada estação que é adicionada implica estabelecer mais $N - 1$ ligações novas, ou seja, todas as existentes.
- Cada conexão necessita de um cabo e de $N - 1$ interfaces.
- **Não é escalável**

1.2 Network topologies

As topologias da rede podem ser **lógicas** ou **físicas**, podendo coexistir em diferentes níveis, ou estarem misturadas no mesmo nível.

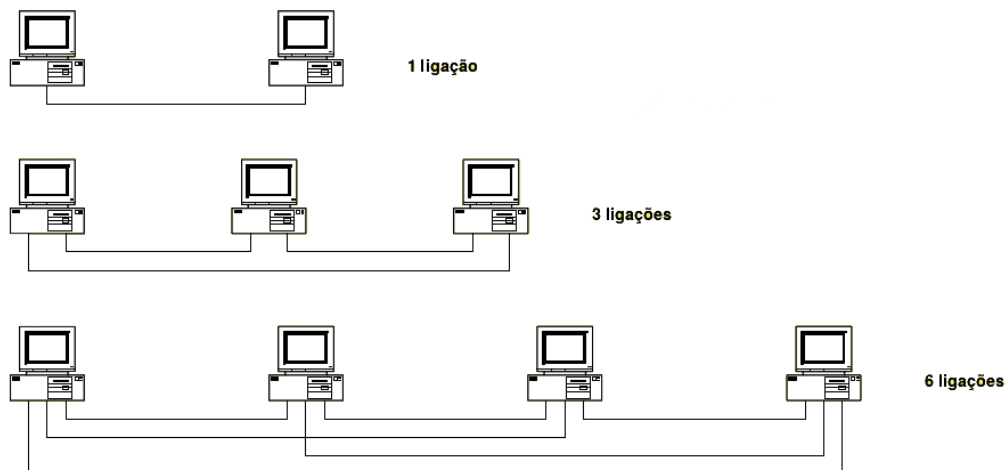


Figure 2: Exemplo de ligação ponto a ponto

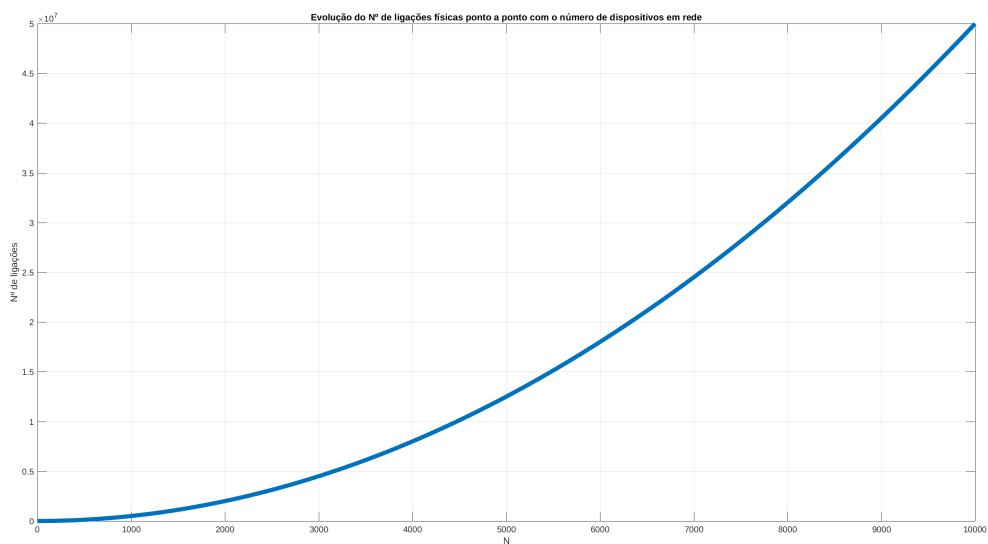


Figure 3: Evolução do número de ligações ponto a ponto necessárias em função do número de dispositivos

- A topologia pode referir-se aos cabos e interfaces ou como estão organizadas as entidades logicamente
- Em certas tipologias físicas, existe um melhor mapeamento da organização lógica com a física

Diferentes tipologias representam diferentes formas de **distribuir e partilhar recursos**. Existem 4:

1. *mesh*
2. *bus*
3. *anel(ring)*
4. *estrela(star)*

1.2.1 Mesh

Todos os nós estão ligados a todos os outros. Só é usada em redes de pequena dimensão, em que o número de nodos é reduzido.

Pela natureza do meio de comunicação, a rede wireless é *mesh*

Em ligações físicas por cabo/fibra, é usada redes com 4 a 6 nós, principalmente, redes com alto débito, por exemplo, links de fibra ótica com 10 Gbit por segundo, que interligam vários operadores.

Vantagens:

- Existem vários recursos disponíveis

Desvantagens:

- Rede complexa
- Rede difícil de gerir

1.2.2 Bus

- A ligação física é um **único cabo, partilhado entre todos**
 - significa que se o cabo se estragar, a rede é destruída
- Qualquer terminal do cabo que não esteja ligado a nenhuma interface precisa de ser terminado propriamente.
 - Senão ocorrem reflexões
 - Removendo um nó da rede, é muito provável que a rede deixe de funcionar
- A rede pode ser aberta para inserir mais um nó, mas até o nó ser inserido fica inoperacional
- Exemplo:
 - Ethernet através de um cabo coaxial

Vantagens:

- Apenas usa um único cabo, o que facilita as ligações à rede

Desvantagens:

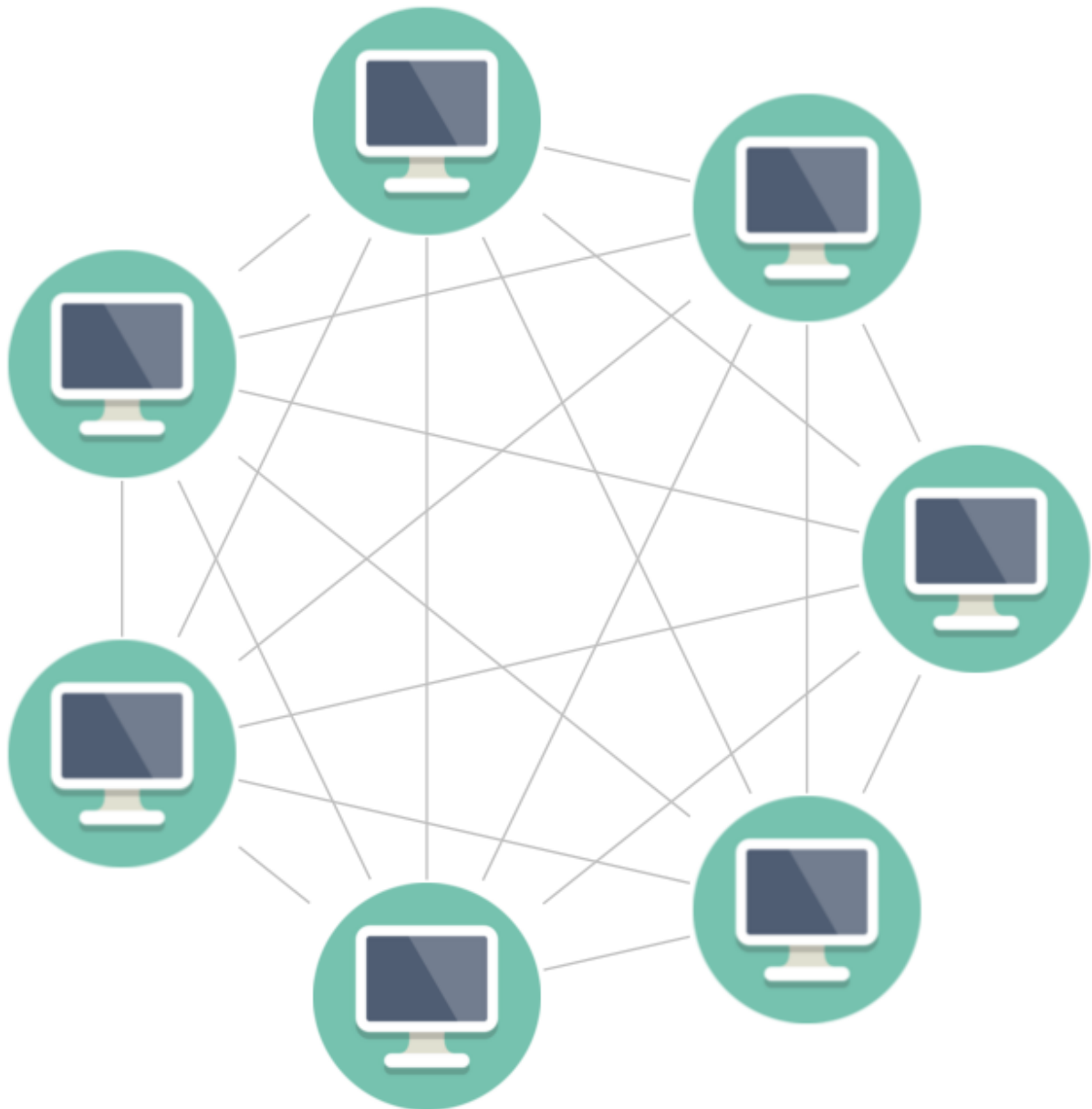


Figure 4: Diagrama de uma rede em *mesh*

- Debug **muito difícil**
 - Partindo da extremidade da rede
 - * Terminamos a rede da primeira interface
 - * vemos se funciona
 - Vamos de computador em computador, terminal em terminal até descobrir o problema
 - * não posso usar divisão binária

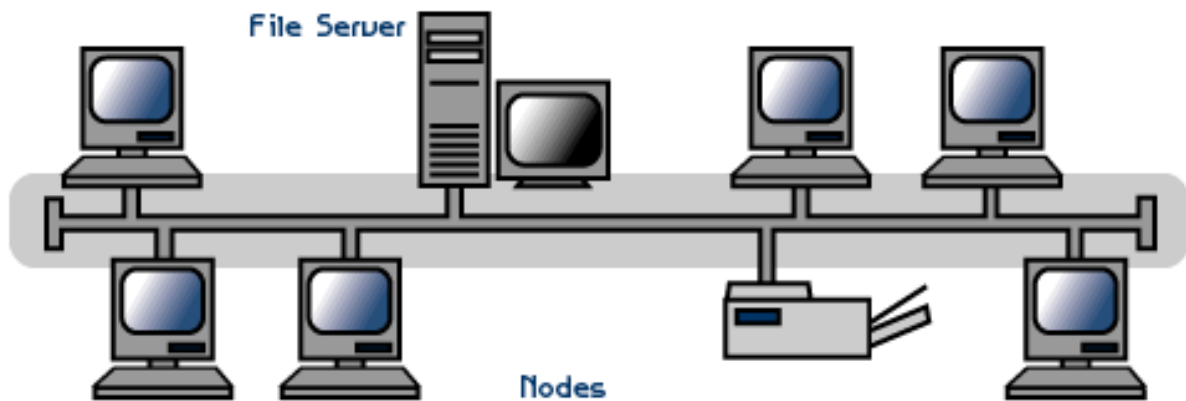


Figure 5: Diagrama de uma rede do tipo *bus*

1.2.3 Ring

- Todas as máquinas são conectadas em anel

Vantagens:

- O tempo de serviço e de resposta é determinístico
 - é possível determinar quanto tempo um pacote demora até ser recebido
- A rede é fácil de controlar
- O mecanismo de acesso ao meio é especificado e pode ser escolhido

Desvantagens:

- Se o cabo é cortado/desconectado, a rede morre
- Requer o uso de mecanismos de *failsafe*
 - Tipicamente são usados dois cabos, para o caso de um estar danificado
- Gestão da rede pode ser complexa
- Requer que o 1º nó da rede esteja ligado ao último

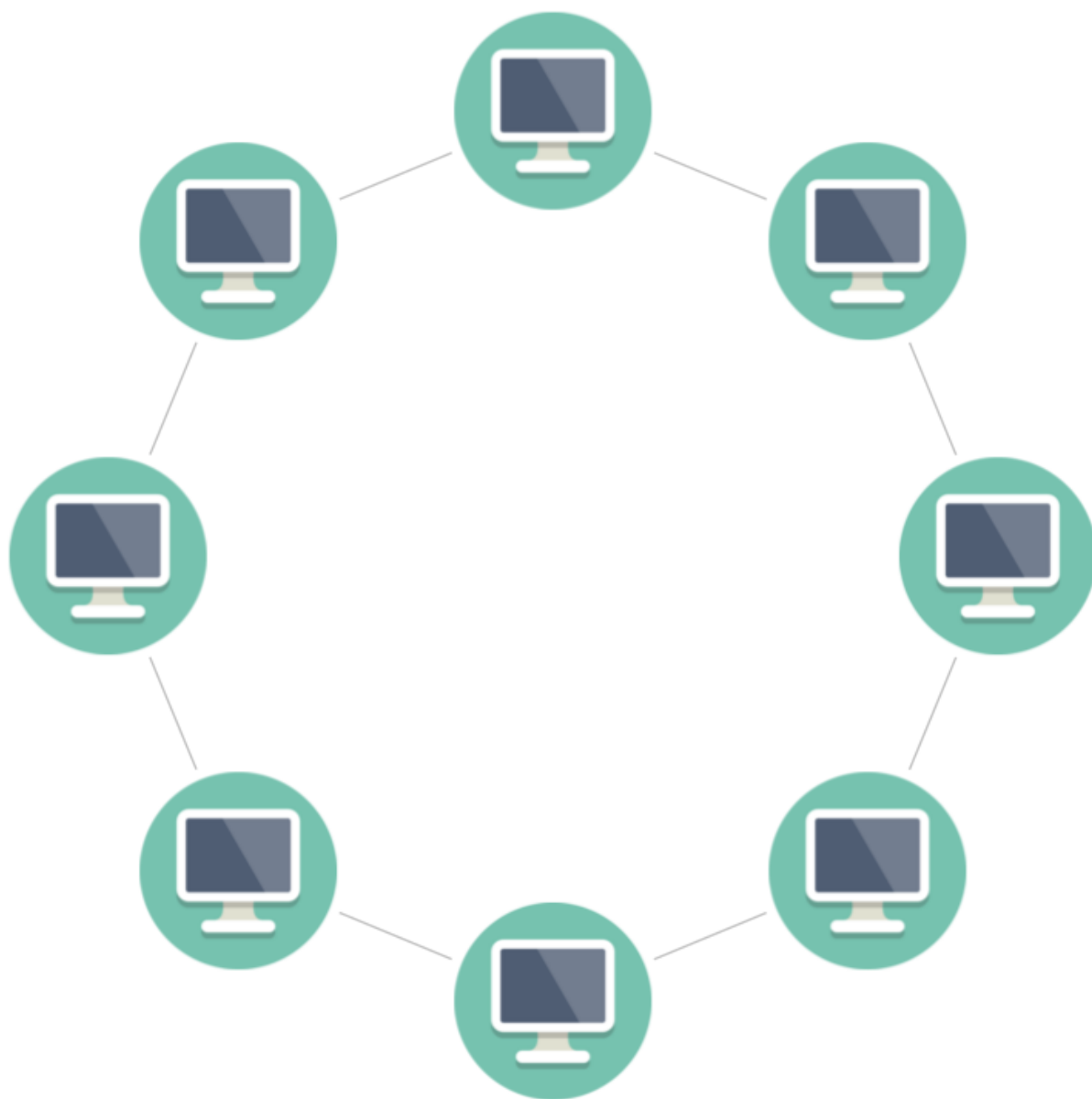


Figure 6: Diagrama de uma rede do tipo Ring

1.2.4 Star network

- Todas as conexões são de 1 para 1, ou seja, ponto a ponto
- Qualquer problema que ocorra na rede é sempre local
 - Excluindo os problemas que afetem o hub
 - Se o hub morre, a rede morre
 - Se um cabo tiver problemas, só o cliente desse cabo é que sofre
- Implica usar um cabo por máquina, N
 - Mais cabos que para o bus (1)
 - Menos cabos que para a mesh (N^2)
 - Representa um **compromisso**
- As redes de um hoje são +- assim
- **Fisicamente**, as redes implementadas hoje em dia são redes em estrelas
- Exemplo: Ethernet UTP

Vantagens:

- Fácil Instalação
- Não existem falhas na rede sempre que um dos terminais é desconectado
- Fácil identificar falhas
 - Fácil remover elementos com falhas da rede
- Melhor performance que um bus

Desvantagens:

- Utiliza um elemento central para controlar a rede (**hub** ou **switch**)
 - *single point of failure*: se o **hub/switch** falha, a rede toda falha
- Mais cabos e maior custo que um bus

1.2.5 Tree networks

- Estrutura em árvore
 - folhas representam os nós da rede
 - tronco representam a linha de comunicação principal de alto débito: **backbone cable**. Pode ser implementado com: **-ring** de fibra ótica **-high speed concentrator-bus**
 - em cada ramo existe uma rede em estrela
 - * cada nó está ligado a uma rede em estrela localmente
- Atualmente, os ramos são redes em estrela inserido em redes em estrela
- O maior problema quando falamos desta redes são o cabo e os conectores

Vantagens:

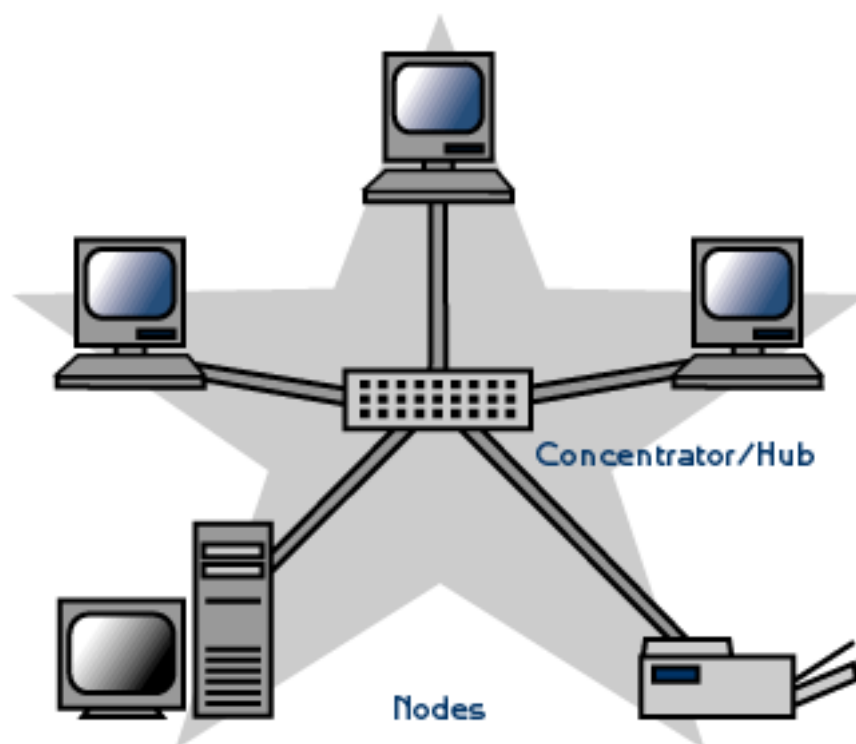


Figure 7: Diagrama de uma rede do tipo Star

- Conexão ponto a ponto nos segmentos individuais
- Se o hub morrer, a rede está segura
- Muito fácil de gerir

Desvantagens:

- O tamanho de cada segmento está limitado pelo tipo de cabo a usar
- Se o cabo principal ou o **concentrator** falhar, a area local falha
- Difícil configuração
- Difícil implementação física

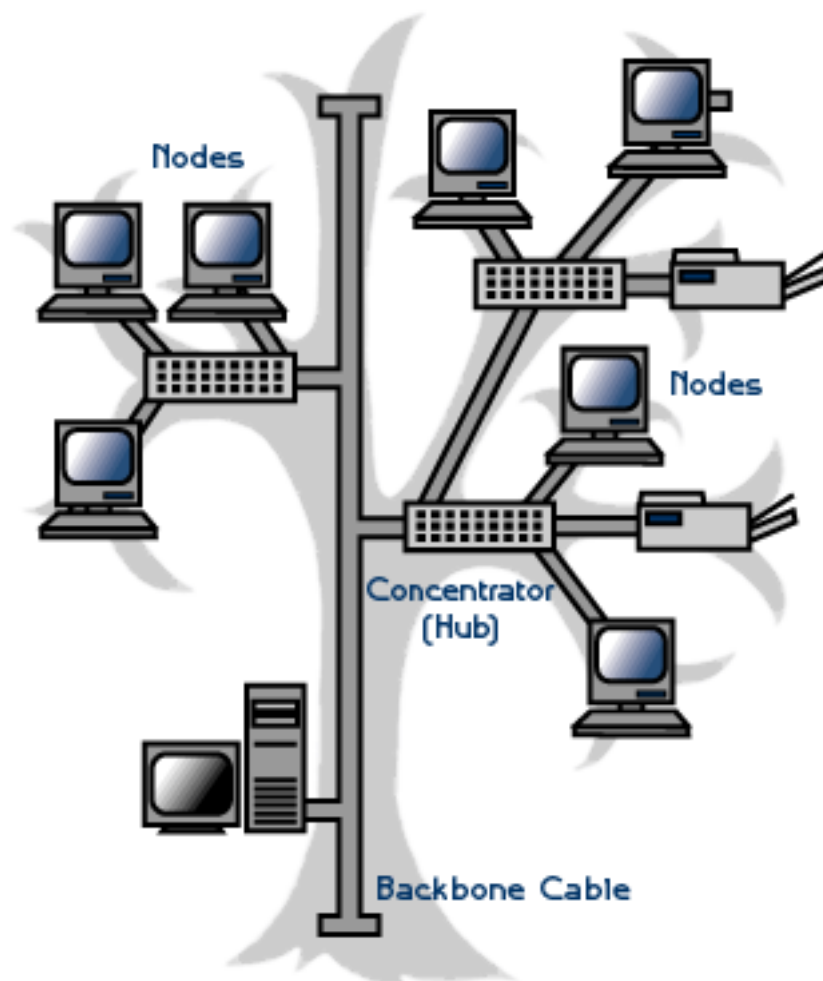


Figure 8: Diagrama de uma rede do tipo Tree

2 Shared Media

- Múltiplos emissores e receptores partilham o mesmo canal de transmissão

- Existe **competição** pelo acesso ao meio
 - Não podem ser transmitidos no mesmo cabo dois pacotes ao mesmo tempo
 - É necessário existir coordenação entre os vários nós (tanto emissores como receptores)
- Requer mecanismos de **acesso múltiplo**
- classrooms:
 - a student raised the arm
 - the teacher decides
 - central control mechanisms

2.1 ALOHA ¹

- Sistema de transmissão de pacotes de rádio
- Cada estação transmite e recebe em diferentes frequências
- As estações transmitem **assim que possuam um pacote para enviar, independentemente do estado do canal**
 - Ocorrem colisões quando duas ou mais estações transmitem ao mesmo tempo

Mecanismo de detecção e correção de colisões

1. O emissor coloca a mensagem no meio partilhado
2. Se o receptor receber a mensagem corretamente, envia um **ACK**, indicando ao emissor que a mensagem foi corretamente recebida
3. Se após o intervalo de tempo o emissor não receber o **ACK** do receptor (**timeout**), o emissor repete a transmissão do pacote
 - O **timeout** deve ser maior que o dobro do tempo de propagação (**round-trip delay**), para garantir que o pacote tem tempo para chegar ao receptor e o emissor tem tempo de receber o **ACK**
4. A retransmissão é efetuada após o emissor esperar um tempo aleatório, depois de ocorrer o **timeout**,
 - Ao usar um tempo aleatório, a probabilidade de ocorrerem colisões repetidas é diminuída

O tempo de **timeout** tem de ser cuidadosamente escolhido:

- Demasiado lento: podem ocorrer situações em que o meio esteja sem uso, criando *delays*
- Demasiado rápido: o receptor pode não ter tempo para receber e enviar um **ACK**

A política de resolução das colisões é a **retransmissão**. Numa rede com taxas de ocupação elevadas, a performance deteriora-se, limitando a comunicação a um máximo de $\approx 20\%$, devido aos mecanismos de colisão e retransmissão

¹Desenvolvido na Universidade do Hawaii, para comunicar entre as ilhas

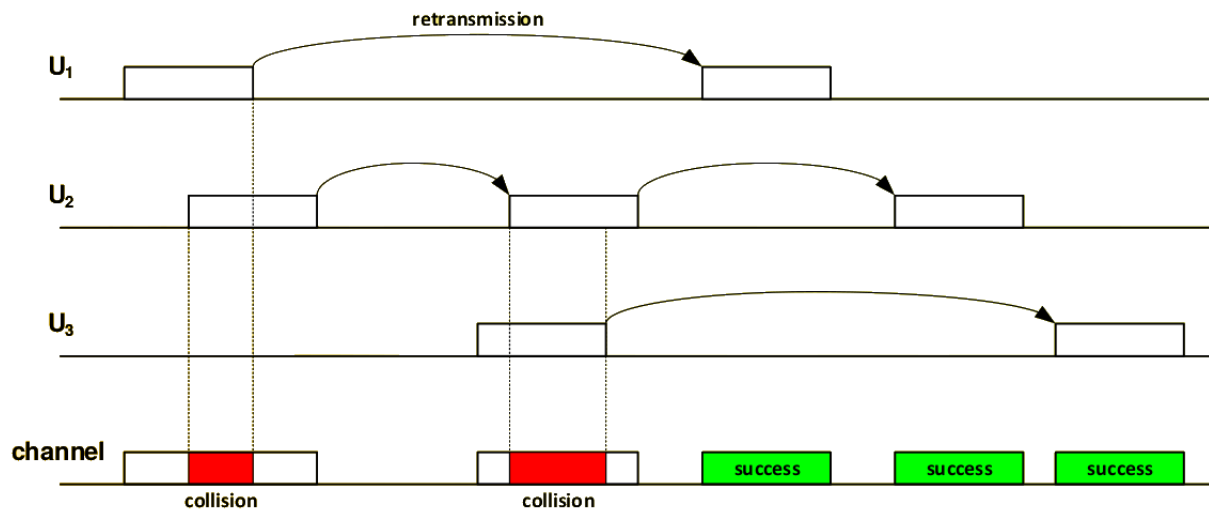


Figure 9: Exemplo de transmissão com colisão usando ALOHA

2.1.1 Performance

Se considerarmos g a taxa máxima de transmissão de pacotes que o canal consegue suportar, então temos de garantir que $g > \lambda$, onde λ é o número total de pacotes a transmitir. Esta condição garante que é possível retransmitir pacotes, devido às colisões ocorridas.

Considerando que um pacote, qualquer que seja, novo ou repetido, dura **T segundos** e chega ao destino no instante Γ :

- Para a **transmissão ser bem sucedida**, não pode existir nenhum outro pacote a usar o meio no intervalo de tempo

$$[t - T, t + T]$$

Este período de $2T$ corresponder ao tempo durante o qual o canal está vulnerável

- O **throughput**, i.e., a percentagem de tempo durante a qual o canal está a ser usado para comunicações bem sucedidas é:

$$S = g \cdot T \cdot e^{-2gT} = G \cdot e^{-2G} \wedge G = g \cdot T$$

onde G representam o tráfego máximo no canal normalizado, ou seja, o número médio de pacotes oferecidos pelo período de transmissão.

- O melhor valor de **throughput** ocorre quando $G = 0.5$, ou seja, metade do tráfego possível e vale:

$$S_{max} = \frac{1}{2} \cdot e^{-1} \approx 0.184$$

2.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

Ao contrário do ALOHA, as estações **recebem e enviam pacotes no mesmo canal**. No entanto, **todas as estações** escutam o canal **antes de transmitir**.

Uma estação só começa a transmitir se detetar que o meio está livre. O objetivo é tentar impedir que existam duas comunicações simultâneas que irão colidir. Isto permite minimizar o número de colisões.

As colisões não são impedidas porque as estações estão separadas uma das outras, e portanto no mesmo instante duas estações podem começar a transmitir, se ambas virem o canal como desocupado.

O tempo de propagação entre as estações faz com que estas não saibam se já existe outra ou não a transmitir/iniciar a transmissão. Assim, quando uma estação deteta que o meio está livre apenas deteta que não existe nenhuma mensagem a chegar/passar por si.

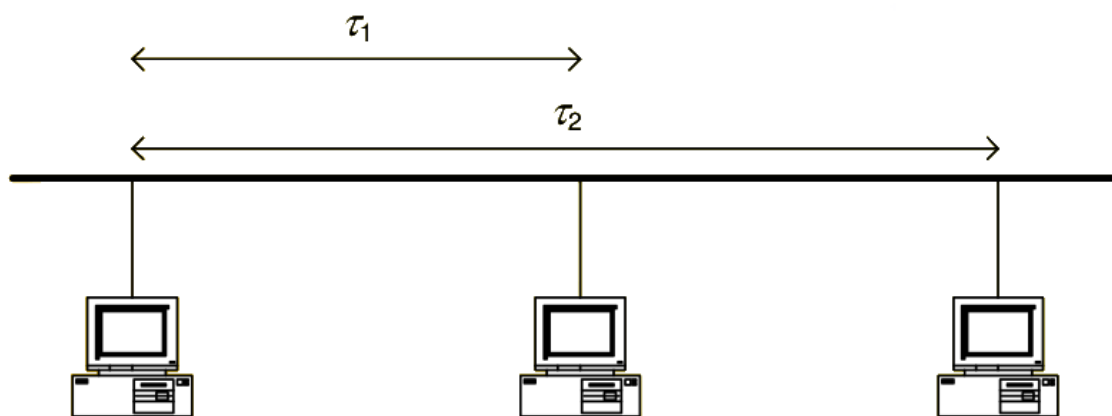


Figure 10: Diagrama de uma rede CSMA. A distância entre as várias estações impõe um tempo de propagação entre elas, que pode resultar em colisões. Na figura, quando a estação 1 começa a transmitir, são necessários τ_1 segundos até que essa transmissão seja detetada pela segunda estação, que também começou a transmitir nesse intervalo de tempo.

2.2.1 Collision Detection

A detecção de colisões permite que, mal seja detetada uma colisão, o emissor que a detetou para imediatamente a transmissão, para se poder retomar a transmissão de um pacote de cada vez

1. A estação A deteta que o meio está livre e começa a transmitir;
2. A estação B (quer transmitir), deteta que o meio está ocupado, e por isso não inicia a sua transmissão. A estação C, que não recebeu ainda o sinal do emissor A, quer transmitir e como deteta o meio como livre, inicia a transmissão;

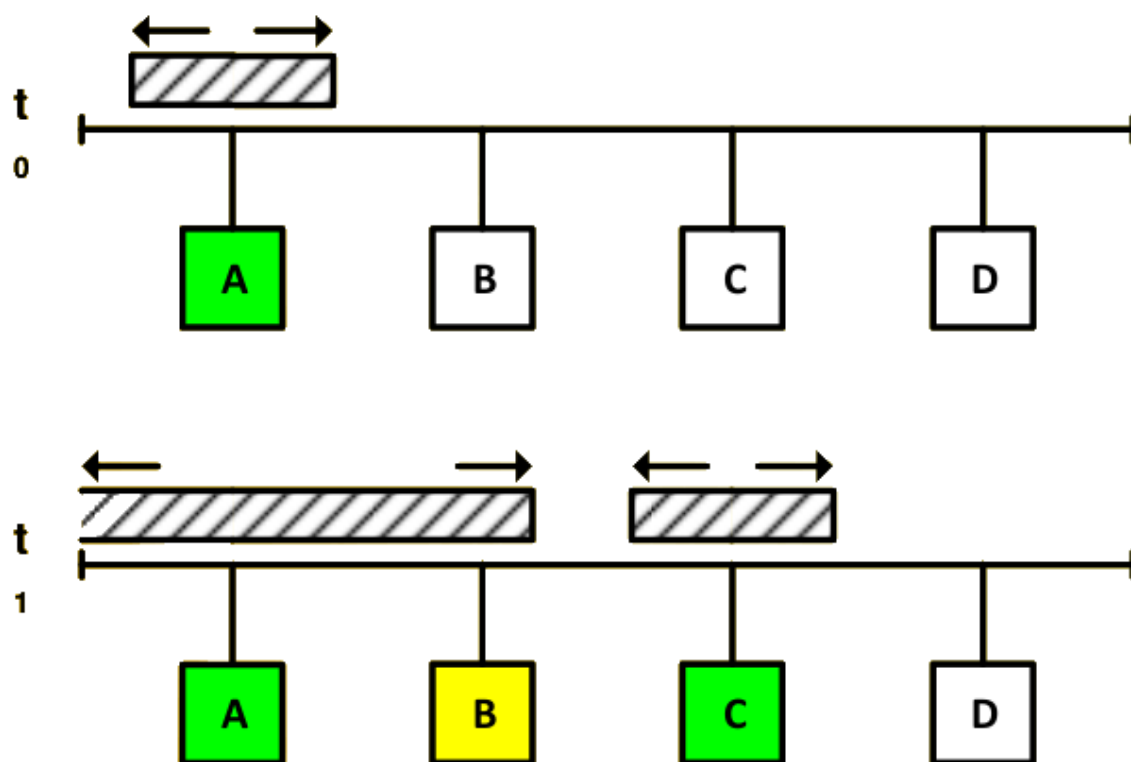


Figure 11: Diagrama da linha numa transmissão - pt1

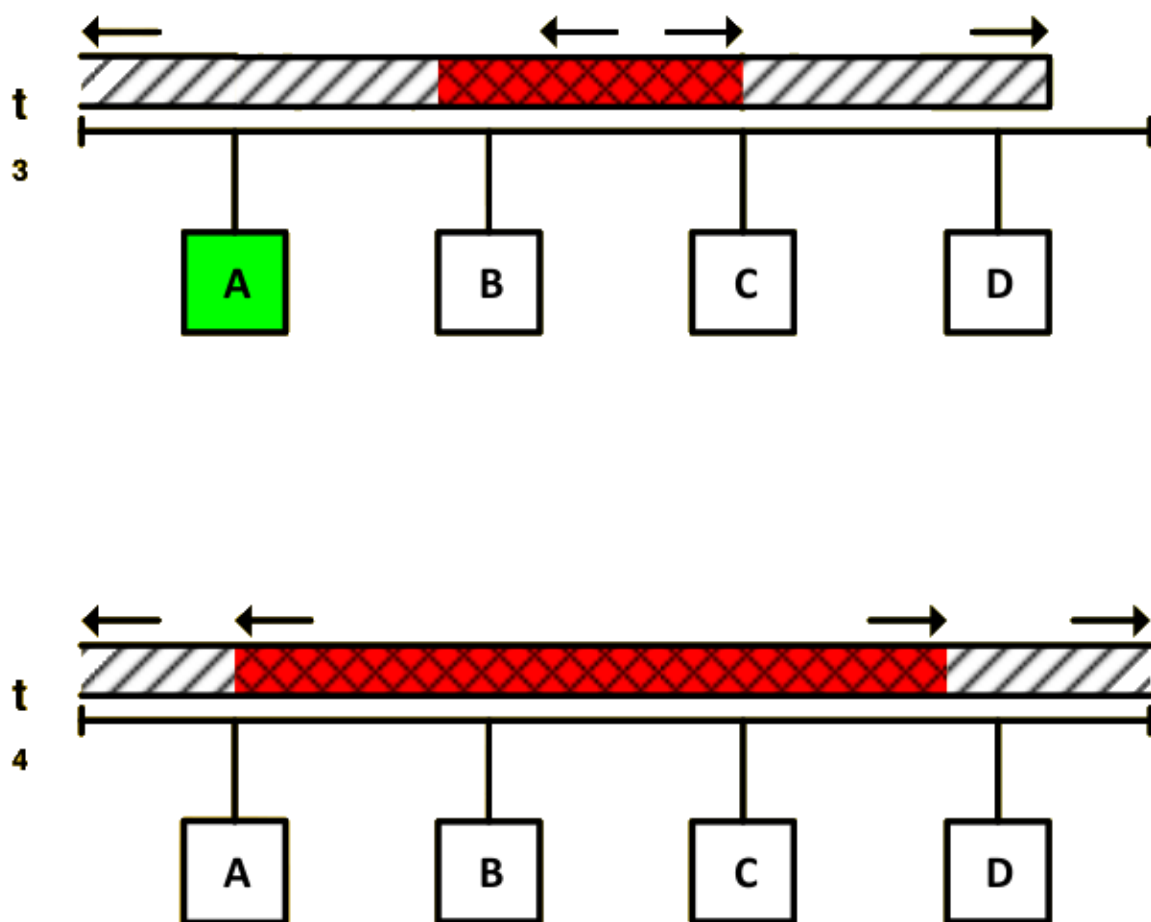


Figure 12: Diagrama da linha numa transmissão - pt2

3. Como estão dois sinais a ser transmitidos, irá ocorrer uma colisão. Primeiramente, o C deteta a colisão e retira-se da linha, deixando de transmitir. O B também deteta a colisão, mas como não está a transmitir, não faz nada;
 4. Finalmente o sinal do emissor C é recebido pela estação A, que interrompe a sua transmissão.
- Devido a **round-trip delay**, para ser possível detetar uma colisão é necessário que a estação ainda esteja a transmitir após

$$t_{min_{TX}} = 2 \times \text{round trip delay}$$

- É preciso que o emissor ainda esteja a emitir $2 \times \text{round trip delay}$. Assim, a informação mínima que têm de ser enviada para poder ser detetada uma colisão tem de representar 2τ .
- O tempo máximo de propagação é entre os dois extremos da rede

2.2.2 Performance

À medida que o tráfego aumenta, o número de colisões também deverá aumentar.

A performance da CSMA/CD é dada por:

$$S \xrightarrow{N \rightarrow \infty} \frac{1}{1 + 3.44 \cdot a}$$

onde $a = \frac{\tau}{T}$ e T representa o tempo de transmissão de um pacote. Sabemos ainda que $a < 1$

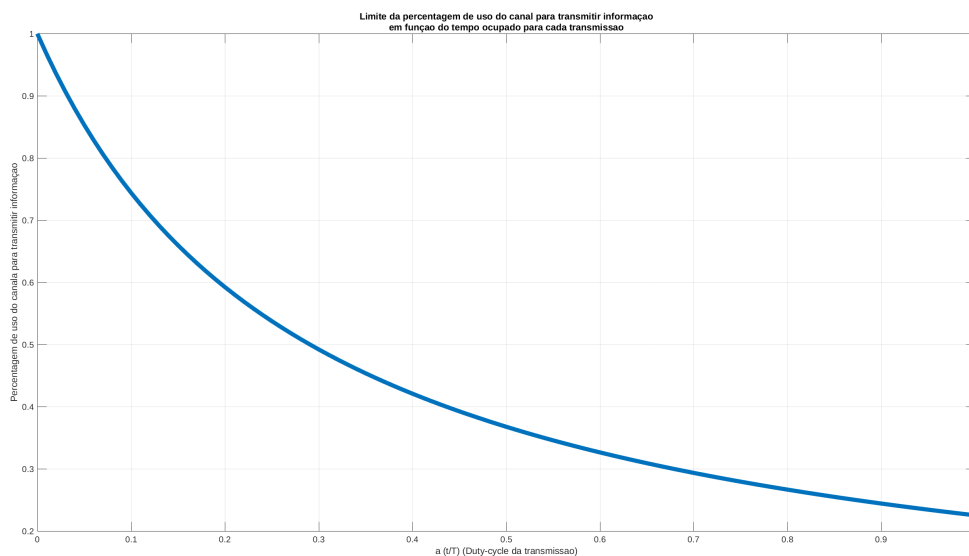


Figure 13: Performance do CSMA com Collision Detection

2.3 Ethernet

- A Ethernet usa CSMA/CD

- Inicialmente era um único cabo
 - cria problemas de acesso ao meio
- Tamanho mínimo do pacote: 64 bytes
 - depende da distância máxima entre duas estações, de modo a garantir que são detetadas colisões
- Tempo de espera estipulado
 - intervalo de tempo entre o fim de uma transmissão e o início da próxima
 - * IFS - *Inter Frame Spacing*
 - Garante que as estações têm tempo de receber os dados e transitar para um estado estável
- Se o meio for detetado como ocupado, as estações ficam à escuta até que este esteja livre
 - Assim que estiver livre, enviam o seu pacote (isto após a inter frame spacing)
 - Protocolo: **1-persistent**
- Após detetar uma colisão, as estações aguardam um tempo aleatório até voltarem a retransmitir.
 - A taxa de transmissão mínima é 10 Mbit/s
 - O comprimento máximo de uma rede Ethernet é 2.5 km
- A janela não cresce acima de 2^{10} , tentamos 6 vezes. Depois, envia uma mensagem de erro indicando que `Media Not Available`

2.3.1 Binary Exponential Backoff Algorithm

- Algoritmo para tratar das colisões
- Usa `time-slots` como referência
 1. Gera uma *pool* contendo um número de `time-slots` reduzido
 2. Gera um valor aleatório dentro da *pool* de `time-slots`
 3. Multiplica por $51.2\mu s$ o valor obtido aleatoriamente da *pool*
 4. Obtém o delay a esperar em segundos
 5. Espero o delay e de seguida envio
 - Se tiver uma colisão, duplico a minha *pool* de números de `time-slots`
 - Se tiver uma transmissão bem sucedida, reduzo para metade a *pool* de números de `time-slots`
 6. Volto a repetir o número 1, com as novas especificações para o tamanho da *pool*
- O número de `slots` de espera para a N-énésima tentativa é dado por uma variável aleatória distribuída uniformemente na gama de valores:

$$0 \leq r < 2^k, k = \min(N, 10)$$

- onde `N` é o número de tentativas e `k` é o número de tempos de espera para transmitir

- A duração de cada slot é $\frac{64 \text{ Bytes}}{10 \text{ Mbps}} = 51.2\mu s$
- O número máximo de tentativas é 16

- Ou seja, posso tentar reenviar 16 vezes o mesmo slot
- Quando existe pouco tráfego, as janelas são pequenas
- Quando há muito tráfego e muitas colisões, as janelas são grandes
- Poucas colisões: janela diminui e mantém-se reduzida
- Não existe sincronismo na janela

Problema:

- Cria uma política LIFO
 - Last In, First Out
 - A estação que tenta transmitir mais, possui um número de tentativas maior, N , com um um número de espera maior, k tem uma delay maior na próxima tentativa
 - Isto implica que demore mais tempo a ter acesso à rede
- Ou seja, não existe justiça no acesso ao meio

Vantagem:

- É eficiente para grandes variações de carga

A probabilidade de um emissor receber um **back-off** quando acede à rede é:

k : Tamanho da janela	Probabilidade
$2^1 = 2$	50%
$2^2 = 4$	75%
$2^3 = 8$	87.5%
$2^4 = 16$	93.75%
$2^5 = 32$	96.88%
$2^6 = 64$	98.44%
$2^7 = 128$	99.22%
$2^8 = 256$	99.61%
$2^9 = 512$	99.80%
$2^{10} = 1024$	99.90%
$2^{10} = 1024$	99.90%
$2^{10} = 1024$	99.90%
$2^{10} = 1024$	99.90%
$2^{10} = 1024$	99.90%
$2^{10} = 1024$	99.90%

O atraso no acesso à rede depende da carga da rede: - Até cerca de 1/3 de carga, a rede apresenta um

throughput elevado - Entre um terço a dois terços, a rede começa a ter problemas em resposta, como janelas progressivamente maiores e muitos **backoffs** - Para uma carga superior a 2/3 da capacidade máxima da rede, a eficiência é demasiado baixo, existindo uma sobrecarga

3 Token Ring

O mecanismo utilizado é diferente da CSMA/CD

A rede é vista como um **anel de estações** e o **acesso ao meio** é baseado num **token**.

- Só quem tem o **token** é que pode enviar o pacote
- Se uma máquina/**node** receber o **token** e não quiser enviar nada, passa o **token** à seguinte
- Se nenhuma máquina/estação/nó quiser enviar dados, o **token** circula entre elas até que uma delas tenha algo para enviar

Quando uma estação possui um pacote pronto a transmitir, **espera** pela **recepção do token**. De seguida:

- Remove o **token** da rede
- Envia o pacote que pretende transmitir
 - Uma vez que o **token** já não circula e uma estação só pode enviar pacotes na presença do **token**, não vão ocorrer colisões
- O pacote circula a rede
 - É lido pelo destinatário
 - O destinatário indica, usando um bit de flag, que a mensagem foi lida
 - Volta ao emissor, que o remove da rede
- Após o pacote circular, o **token** é enviado, permitindo a outras estações transmitir
- Não existe *acknowledge*

Uma rede **token ring** possui um tempo de espera determinístico. No máximo, o tempo de espera será

$$N \times (\text{tempo máximo da mensagem} + \text{tempo de passagem do token})$$

onde N são o número de estações existentes

Existe uma estação responsável por **monitorizar** a rede **active monitor**. As suas principais funcionalidades são:

- Impedir pacotes de circular pela rede infinitamente
 - Ao passar pela **estação monitora**, esta transmite o pacote a jusante de si com o bit M a 1
 - Se um pacote passar pela estação monitora com o bit M a 1, é removido do **ring**
 - Pode ocorrer se o emissor enviar um pacote e em seguida “desaparecer” da rede
- Detetar ausência de **token** na rede
 - A **estação monitora** mantém um **timer**

- Sempre que o **token** passa pela estação, o **timer** sofre um reset
- Se o **timer** esgotar o seu intervalo de contagem, um novo **token** é introduzido no anel
- Detetar se existe algum monitor no **ring**:
 - envia periodicamente uma **frame: active-monitor-present**
 - Cada estação mantém um **timer**
 - * atualizado/reset cada vez que um **frame** é recebido
 - O monitor pode ser qualquer uma das estações
 - Quando o **timer** expira, ocorre processo para eleger um novo monitor
 - * É escolhida a estação com maior endereço

No **Token Ring**, tudo é baseado em **timers**

- Se este tipo de sinalização não aparecer, alguma estação toma a iniciativa
- É escolhido com base no endereço da máquina

Podem existir endereços **multicast** numa rede **Token Ring**. Basta que pacotes IP **multicast** sejam enviados por uma rede em **Token Ring**. Apenas é necessário que exist algo que efetue o mapeamento dos endereços IP **multicast** no endereço MAC na rede **token-ring**

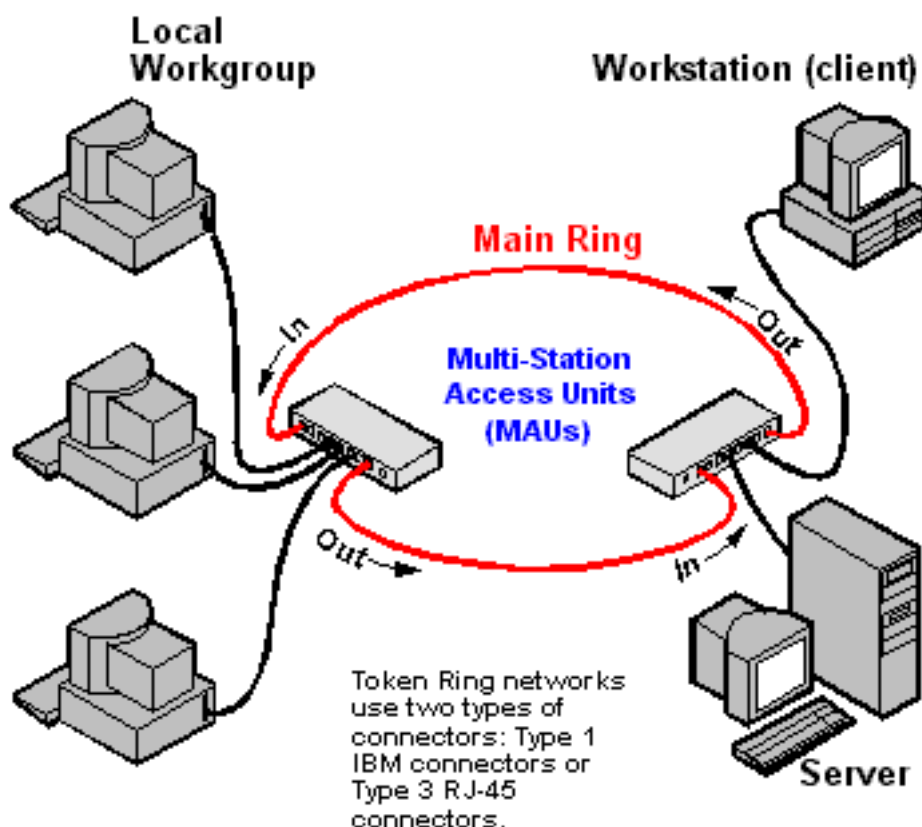


Figure 14: Exemplo de rede **Token-Ring** onde podem ser enviados endereços IP **multicast**

Vantagens:

- A rede opera à sua máxima capacidade
- Não existem colisões
- O tempo de um serviço (emissão, receção) é **determinístico**

Protocolo Ethernet IEEE 802.3

3.1 Token-Ring vs Ethernet

3.1.1 Desvantagens do Token-Ring

1. É preciso garantir que o **token** é mantido na rede
 - Implica nomear uma estação, que:
 - assegure que existe **apenas 1 token**
 - substitua o **token-ring**, se necessário
2. Se o tráfego na rede for reduzido, as estações são **obrigadas a esperar pelo token**
 - Numa rede Ethernet, com baixa carga, as transmissões podem ser **imediatamente**

3.1.2 Vantagens do Token-Ring

1. Se a rede estiver com bastante ocupada, o **token** introduz na rede uma política de acesso **round-robin**
 - Garante eficiência e justiça no acesso ao meio
 - Na Ethernet, com demasiada carga na rede, a utilização e acesso ao meio pelas estações é ineficiente devido ao elevado número de colisões entre pacotes

4 Ethernet Evolution

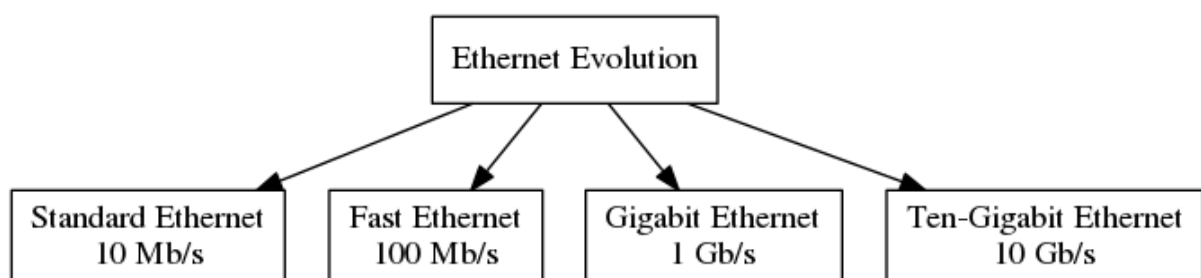


Figure 15: Diagrama dos vários estágios da evolução da Ethernet

4.1 10Base5

- Primeira tecnologia Ethernet
- Taxa de transmissão: 10 Mb/s
- Cabo coaxial grosso, 75Ω (*thick Ethernet*)
 - geralmente amarelo
- Comprimento máximo do cabo = 500 m
- As estações conectavam-se à rede através de um *transceiver*
- A interface entre as estações e o respetivo *transceiver* é efetuada usando uma *AUI*
 - *AUI*: Attachment Unit Interface
 - Um cabo *AUI* podia ter no máximo um comprimento de 50 m
 - A distância entre estações devia ser um múltiplo de 2.5m, para **evitar reflexões**
- O número máximo de estações permitidas são 100

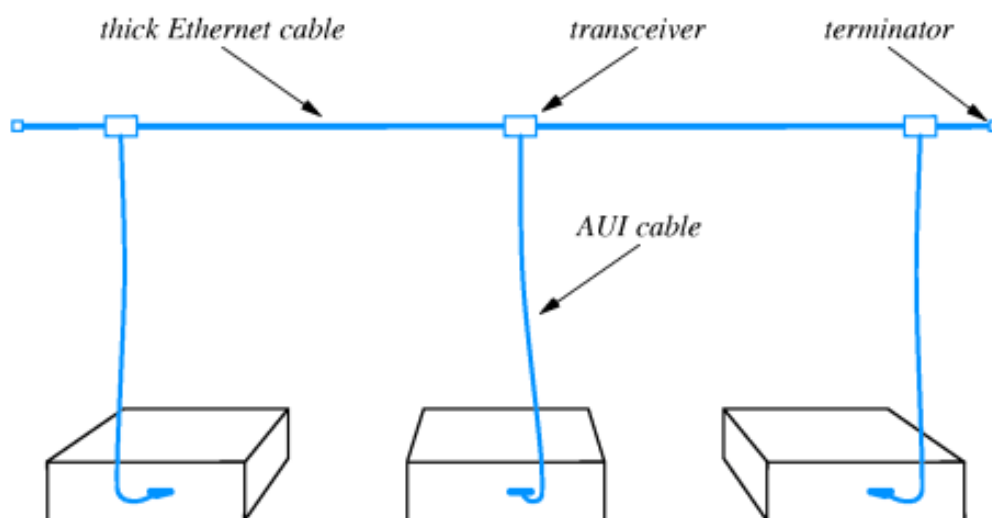


Figure 16: Diagrama de uma rede Ethernet 10Base5

4.1.1 Limitações

Através da imagem, temos de garantir que todos os transmissores conseguem detetar colisões entre dois ou mais pacotes na rede. Isto impõe um **tamanho mínimo ao pacote**.

Para a configuração máxima, apresentada na figura, usando cabos com o comprimento máximo de 50 m, e tendo em conta que o *round-trip delay* é de $52\mu s$, podemos concluir que:

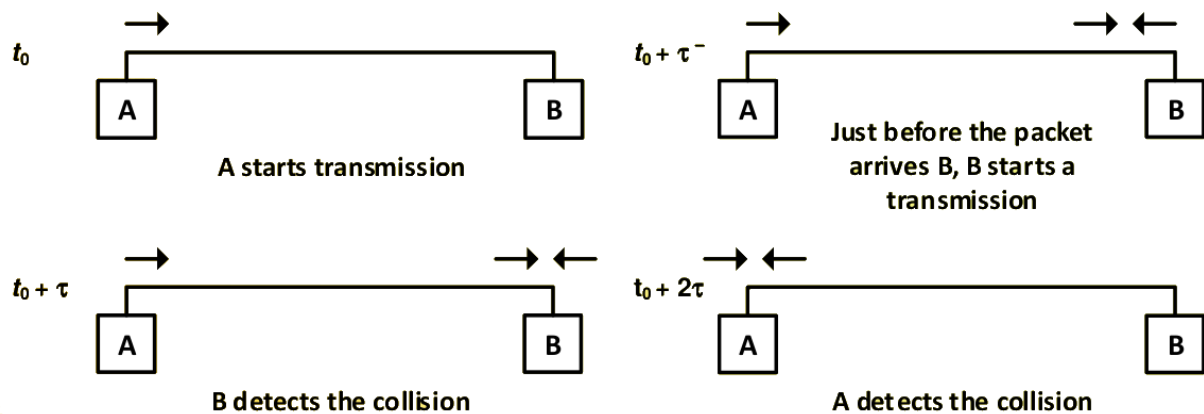


Figure 17: Diagrama temporal de uma transmissão

- o tamanho mínimo do pacote a ser transmitido possui 64 bytes
 - se o pacote possui menos dados \Rightarrow padding com "0"
- Os sinais/pacotes não podem ultrapassar mais do que:
 - **5 segmentos de cabo**
 - **4 repetidores**

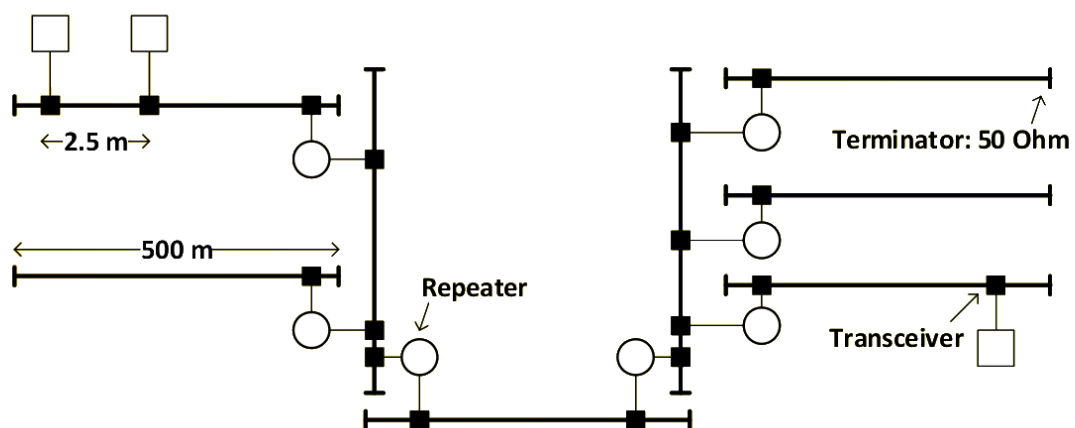


Figure 18: Diagrama de uma rede Ethernet 10Base5, para uma rede com a dimensão máxima

4.2 10Base2

- Taxa de transmissão: 10 Mb/s
- Cabo coaxial fino, 50Ω (*thin Ethernet*)

- Comprimento máximo do cabo = 185 m
- As estações conectavam-se á rede/cabo através de um conector BNC
 - A distância mínima entre devia ser 0.5m, para **evitar reflexões**
- O número máximo de estações permitidas por segmento são 30
- Os segmentos tinham de ser interligados por um repetidor

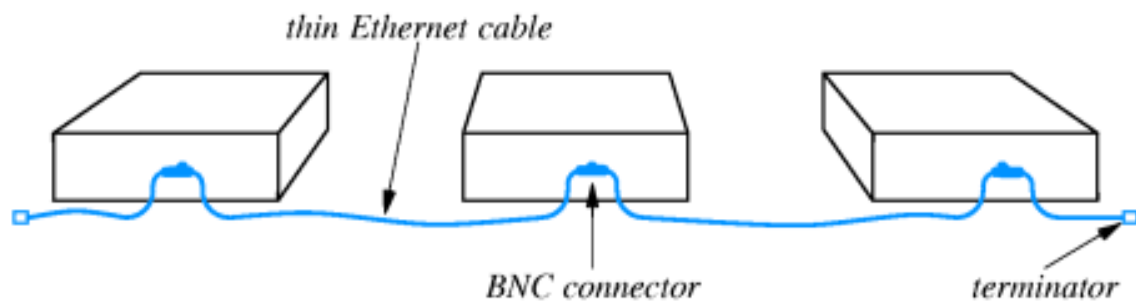


Figure 19: Diagrama de uma rede Ethernet 10Base2

4.3 10BaseT

- Primeiro protocolo estruturado
- Taxa de transmissão: 10 Mb/s
- Twisted Pair Winding (Cabo entrançado)
 - Pode ser UTP ou STP
 - * UTP: Unshielded Twisted Pair
 - * STP: Shielded Twisted Pair
- Comprimento máximo do cabo UTP = 100 m
- As estações conectava-se diretamente a um repetidor (**hub**), através de um cabo UTP
 - Conectores RJ-45
 - O cabo podia ter no máximo um comprimento de 100 m
- A rede física consistia num conjunto de cabos partilhados, onde todos os utilizadores partilha o mesmo meio físico
- Logicamente, a implementação é uma **star network**
 - **Mas não Fisicamente!**

4.3.1 Hub operation

- Um hub é um repetidor que opera na camada física, efetuando o **broadcast** da informação de todas as portas para todas as portas

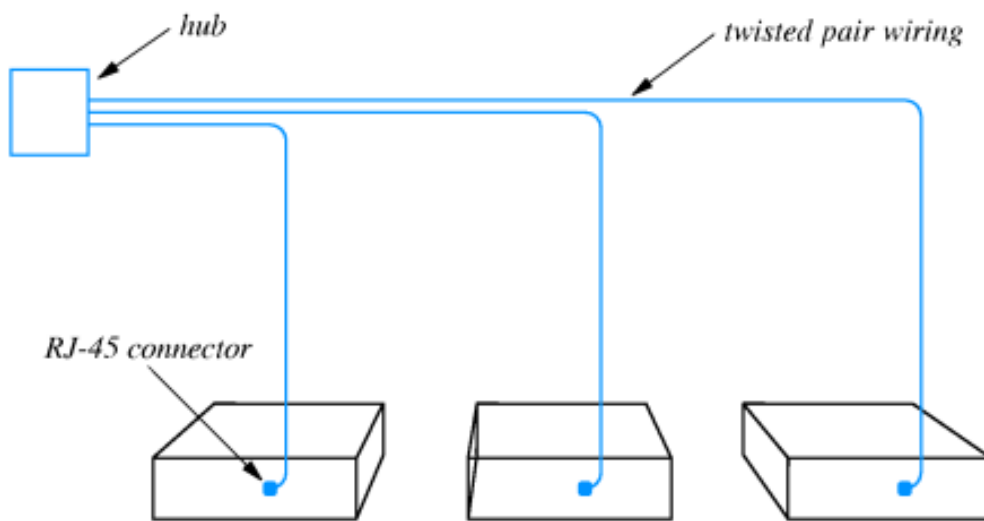


Figure 20: Diagrama de uma rede Ethernet 10BaseT

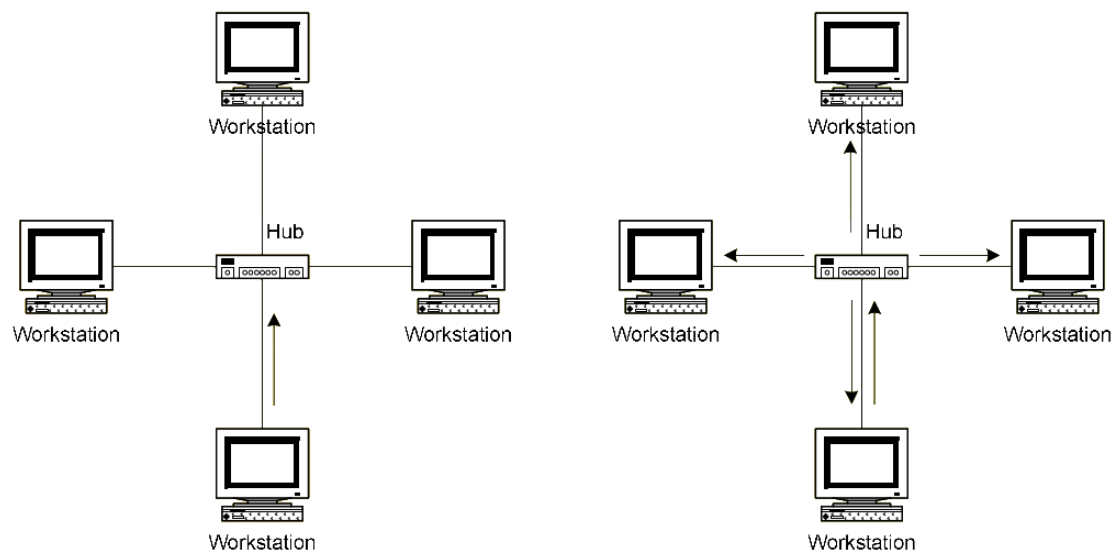


Figure 21: Exemplo da operação de broadcast de um hub

4.3.2 Conectores RJ-45

Terminal Equipment

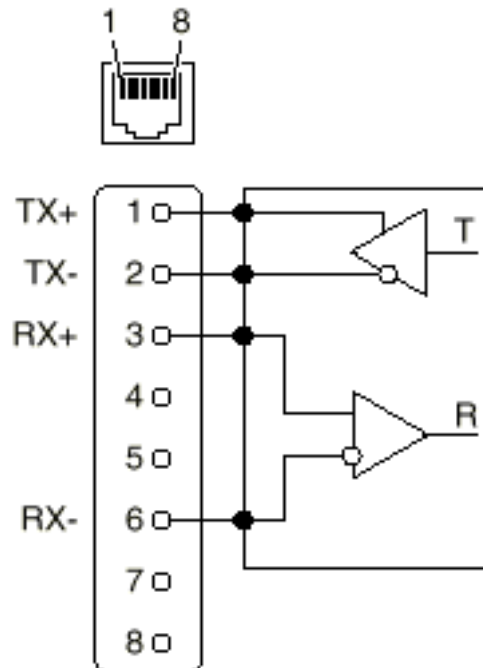


Figure 22: Conector RJ-45, usado para ligar equipamento terminal

- Equipamento terminal são PCs ou routers
- **Pinos transmissão:** 1 e 2
- **Pinos recepção:** 3 e 6

Network Equipment

- Equipamento da rede são hubs e switches
- **Pinos transmissão:** 3 e 6
- **Pinos recepção:** 1 e 2

4.3.3 Cabos UTP

- Definição da Norma EIA/TIA-568B RJ-45:
 - **Par #1:** Branco/Azul + Azul
 - **Par #2:** Branco/Laranja + Laranja
 - **Par #3:** Branco/Verde + Verde
 - **Par #4:** Branco/ Castanho + Castanho
- 10BaseT apenas usa os **pares 2 e 3 (laranja e verde)**

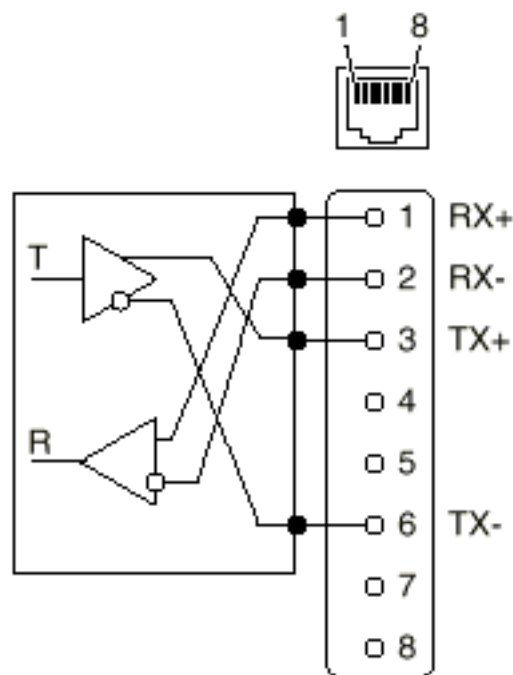


Figure 23: Conector R-45, usado para ligar equipamento da rede

- **Par #2** é ligado aos pinos **1 e 2**
 - * Pino 1: Branco/Laranja
 - * Pino 2: Laranja
- **Par #3** é ligado aos pinos **3 e 6**
 - * Pino 3: Branco/Verde
 - * Pino 6: Verde
- Restantes pares:
 - Par #1
 - * Pino 4: Azul
 - * Pino 5: Branco/Azul
 - Par #4
 - * Pino 7: Branco/Castanho
 - * Pino 8: Castanho

Categorias UTP: Unshielded Twisted Pair

Categoria	Descrição
1	Apenas voz (cabo telefónico)
2	Dados até 4 Mb/s (Local Talk)

Categoria	Descrição
3	Dados até 10 Mb/s (Ethernet)
4	Dados até 20 Mb/s (16 Mbps Token Ring)
5 (a/e)	Dados até 100 Mb/s (Fast Ethernet)
6 (a)	Dados até 1Gb/s (ou 10Gb/s) (Gigabit Ethernet)

Direto vs Cruzado

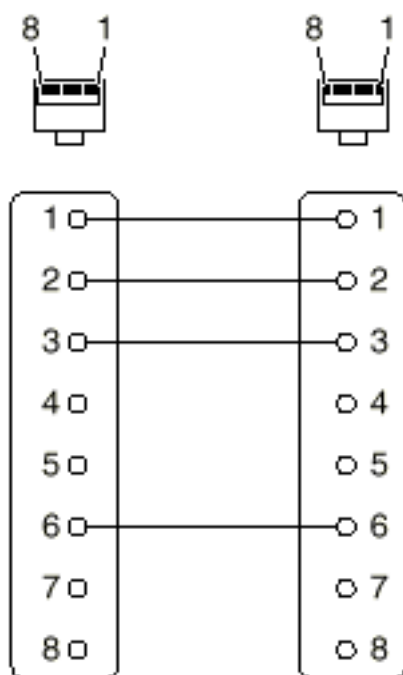


Figure 24: Um cabo direto é utilizado para ligar equipamento de diferentes tipologias, ou seja, equipamento terminal a equipamento de rede e vice-versa

Ao usar um cabo cruzado, o *pinout* deve mudar em **apenas uma das portas**

- Par #2 é ligado aos pinos 1 e 2:
 - Pino 1: Branco/Verde
 - Pino 2: Verde
- Par #3 é ligado aos pinos 3 e 6:
 - Pino 3: Branco/Laranja
 - Pino 6: Laranja

Atualmente os dispositivos conseguem fazer o switch interno e perceber se foram ligados com um cabo direto ou cruzado.

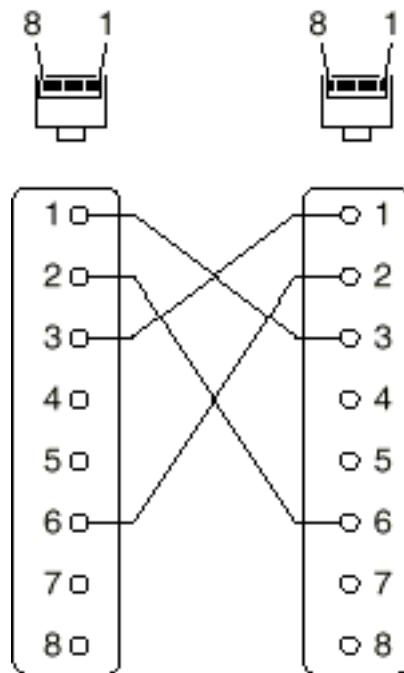
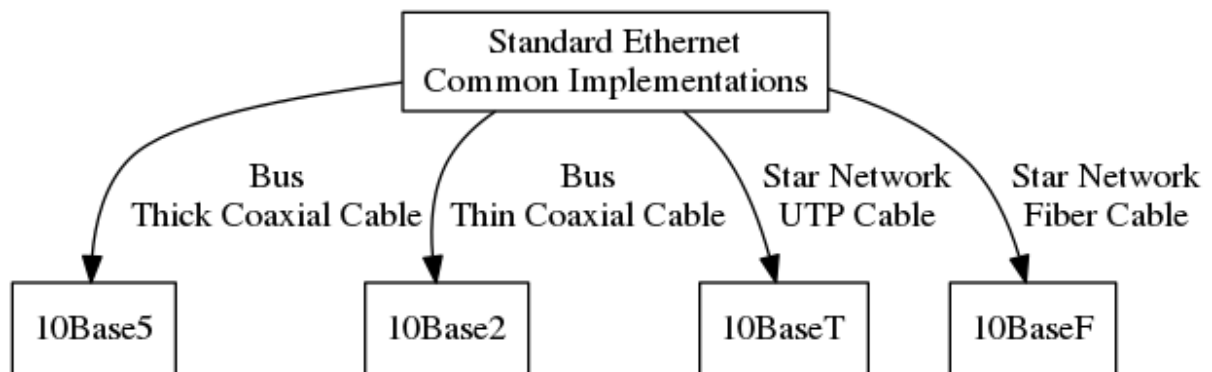


Figure 25: Um cabo cruzado é utilizado para ligar equipamento da mesma tipologia, ou seja, equipamento terminal a equipamento de terminal ou equipamento de rede a equipamento de rede

4.4 Categorias da Ethernet tradicional

Em resumo:



Conexões entre hubs

4.5 Cascata

- Permite a extensão da rede
 - apenas até 4 hubs

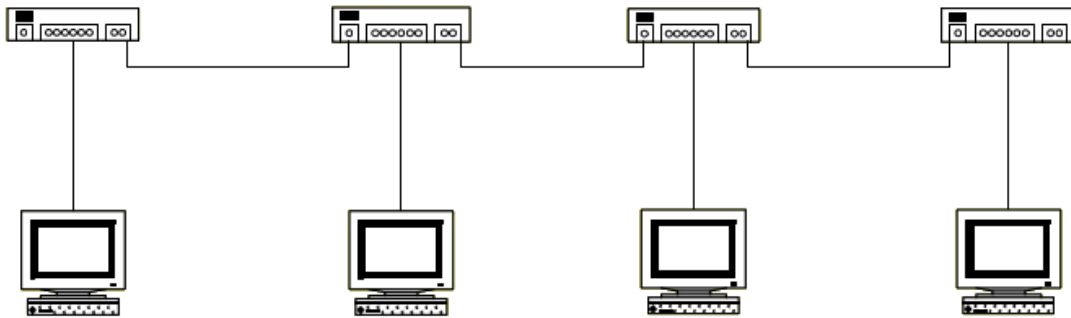


Figure 26: Diagrama de ligação de hubs em cascata

4.6 Estrela

- Cada Hub conecta-se a um **hub** central
- Permite a criação de redes em estrela de redes em estrela

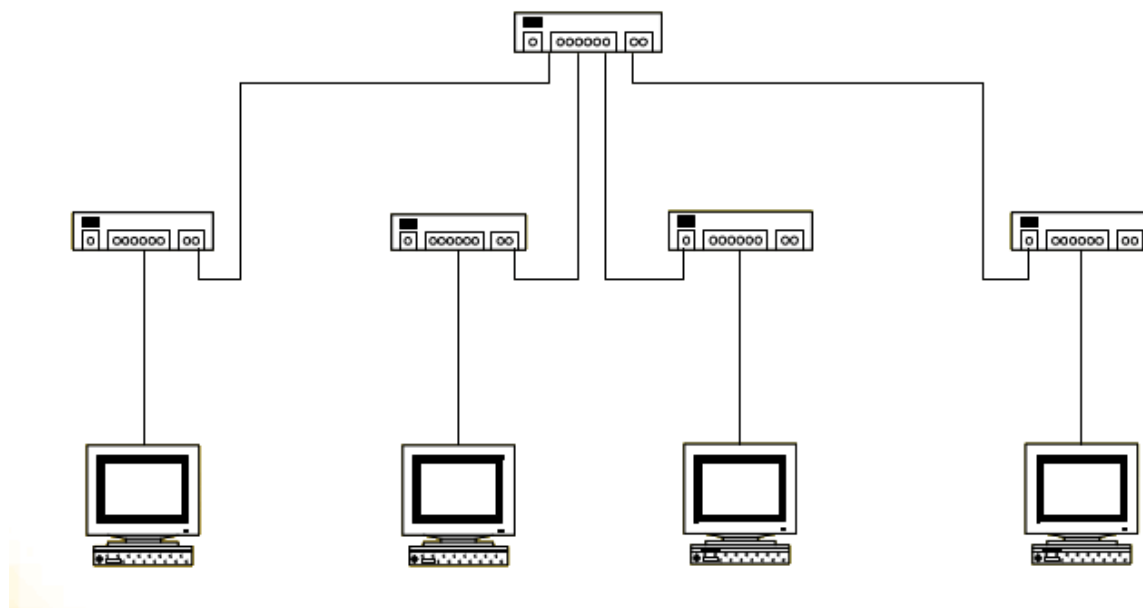


Figure 27: Diagrama de ligação de hubs em estrela

4.7 Conexões entre hubs - porta de uplink

A conexão entre **hubs** é efetuada usando uma porta especial: a porta de **uplink**. A porta de **uplink** serve apenas para ligar diretamente hubs, usando um **cabo direto**

A porta de uplink está configurada para receber nos pinos 1 e 2 e transmitir nos pinos 3 e 6. Útil uma vez que os vários pinos do [hub](#) podem funcionar a diferentes frequências

5 Fast Ethernet e Gigabit Ethernet

Como tornar a Ethernet 10x mais rápida? $10Mb/s \rightarrow 100Mb/s$

Continuamos a ter o problema do [round-trip delay](#)

Soluções:

1. Aumentar 10x o tamanho mínimo do pacote
2. Diminuir 10x o tamanho mínimo da rede
3. Combinação dos pontos (1) e (2)
4. Permitir que ocorram colisões sem serem detetadas

Fast Ethernet (100 Mb/s) \rightarrow reduzir o tamanho da rede Gigabit Ethernet (10 Gb/s) \rightarrow reduzir o tamanho da rede e aumentar o tamanho mínimo do pacote para 512 bytes.

- Limitou-se o comprimento máximo do cabo a 10 m
- Os octetos nos campos protocolo deixaram de ser apenas octetos (mais bits)
- Os pacotes mais pequenos sofrem extensão da [carrier](#)
- Quando vários pacotes pequenos precisam de ser transmitidos, podem ser transmitidos [back-to-back](#)
 - O primeiro pacote tem de ser estendido para ocupar 512 bytes

5.1 Implementações de Fast Ethernet

- **100Base-Tx:** 2 cabos UTP - categoria 5
- **100Base-Fx:** 2 cabos de fibra ótica
- **100base-T4:** 4 cabos UTP - categoria 3

5.2 Implementações de Gigabit Ethernet

- **1000Base-SX:** 2 cabos fibra ótica - *short wavelength*
- **1000Base-LX:** 2 cabos fibra ótica - *long wavelength*
- **1000Base-CX:** 2 cabos STP
- **1000Base-T:** 4 cabos UTP

O cabo é cerca de 2/3 mais lento que a fibra ótica # LLC: Logical Link Control

No IEEE 802, a camada de ligação lógica (nível 2) está dividida em 2 camadas

1. MAC - Medium Access Control
2. LLC

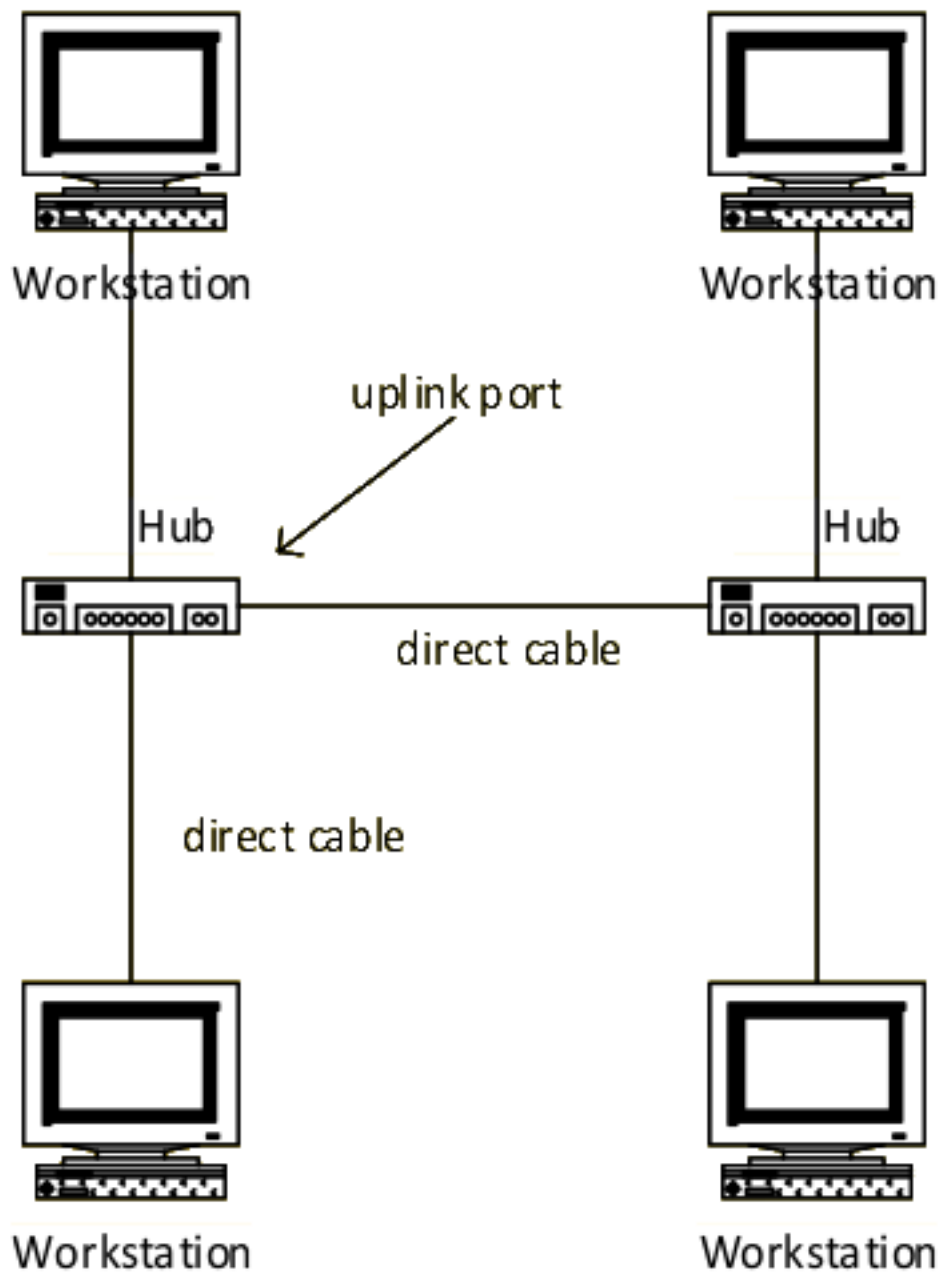


Figure 28: Exemplo de conexões entre hubs usando a porta de [uplink](#). A conexão apenas pode ser efetuada usando um cabo direto

5.3 MAC

- Responsável pela formação das tramas
 - Endereço de origem
 - Endereço de destino
 - Detecção de erros
- Detecção e Receção das tramas
- Controlo de acesso ao meio
 - protocolo CSMA/CD

5.4 LLC

- multiplexagem de fluxos de diferentes serviços da camada protocolar superior
- Contém os campos:
 - **DSAP**: *Destination Service Access Point*
 - * Identifica o serviço na estação de destino a que se destina a trama
 - **SSAP**: *Source Service Access Point*
 - * identifica o serviço na estação origem que enviou a trama
 - **CTL**: Byte de controlo
 - * entre outras coisas, pode ser usado para numerar as tramas