

---

## 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

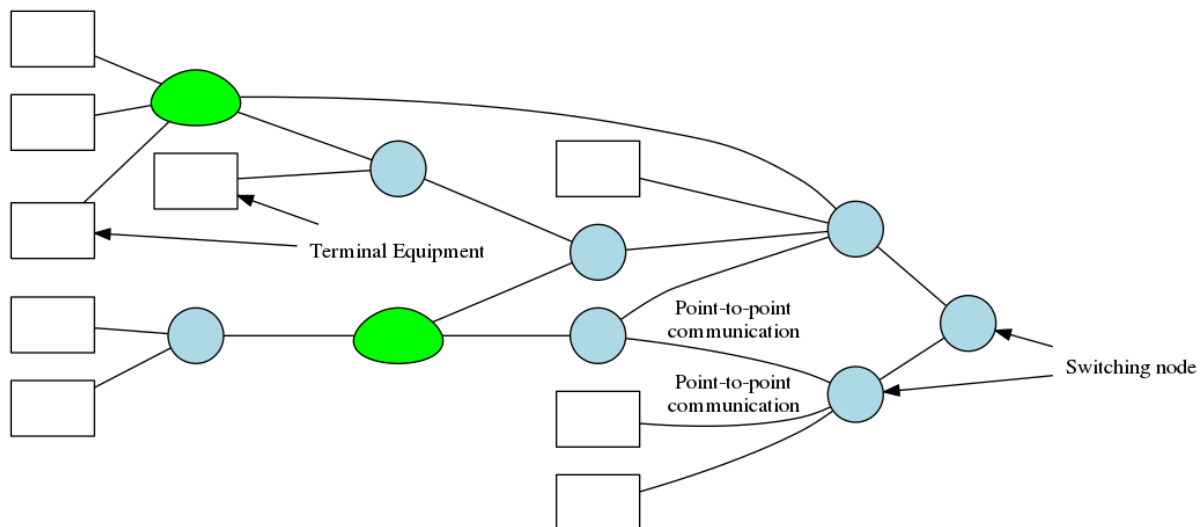
<b>1</b>	<b>Redes de Comunicação</b>	<b>4</b>
1.1	Ligações ponto a ponto . . . . .	4
1.2	Network topologies . . . . .	6
1.2.1	Mesh . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Bus</b>	<b>6</b>
2.0.1	Ring . . . . .	8
<b>3</b>	<b>Star network</b>	<b>10</b>
<b>4</b>	<b>Tree networks</b>	<b>10</b>
<b>5</b>	<b>Shared Media</b>	<b>13</b>
5.1	ALOHA . . . . .	13
5.1.1	Performance . . . . .	14
5.2	CSMA (Carrier Sense Multiple Access) . . . . .	15
5.2.1	Collision Detection . . . . .	15
5.2.2	Performance . . . . .	18
5.3	Ethernet . . . . .	18
5.3.1	Binary Exponential Backoff Algorithm . . . . .	19
<b>6</b>	<b>Token Ring</b>	<b>21</b>
6.1	Token-Ring vs Ethernet . . . . .	23
6.1.1	Desvantagens do <i>Token-Ring</i> . . . . .	23
6.1.2	Vantagens do <i>Token-Ring</i> . . . . .	23
<b>7</b>	<b>Ethernet Evolution</b>	<b>23</b>
7.1	10Base5 . . . . .	24
7.1.1	Limitações . . . . .	24
7.2	10Base2 . . . . .	25
7.3	10BaseT . . . . .	26
7.3.1	Hub operation . . . . .	26
7.3.2	Conectores RJ-45 . . . . .	28
	Terminal Equipment . . . . .	28
	Network Equipment . . . . .	28
7.3.3	Cabos UTP . . . . .	28
	Categorias UTP: Unshielded Twisted Pair . . . . .	29
	Direto vs Cruzado . . . . .	30
7.4	Categorias da Ethernet tradicional . . . . .	31
7.5	Cascata . . . . .	31
7.6	Estrela . . . . .	32
7.7	Conexões entre hubs - porta de uplink . . . . .	32

<b>8</b>	<b>Fast Ethernet e Gigabit Ethernet</b>	<b>33</b>
8.1	Implementações de Fast Ethernet . . . . .	33
8.2	Implementações de Gigabit Ethernet . . . . .	33
8.3	MAC . . . . .	35
8.4	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

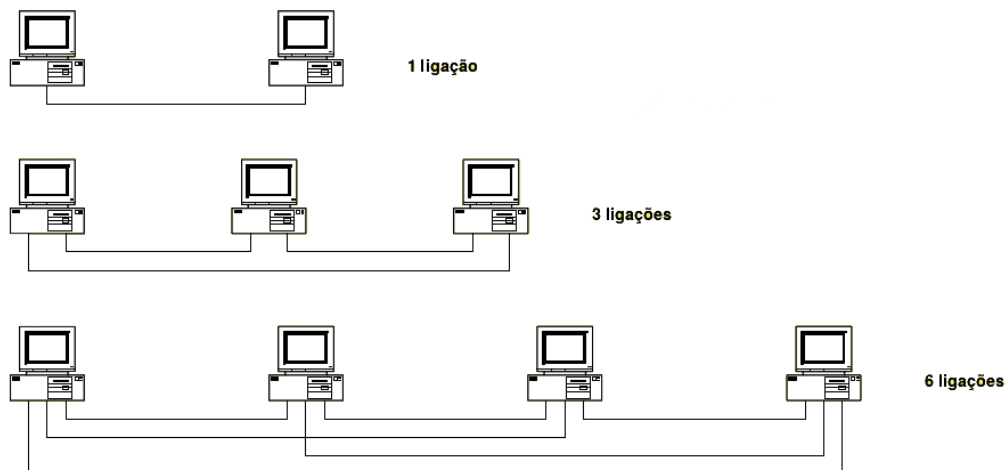
As ligações ponto a ponto representam uma **ligação física** entre dois dispositivos.

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

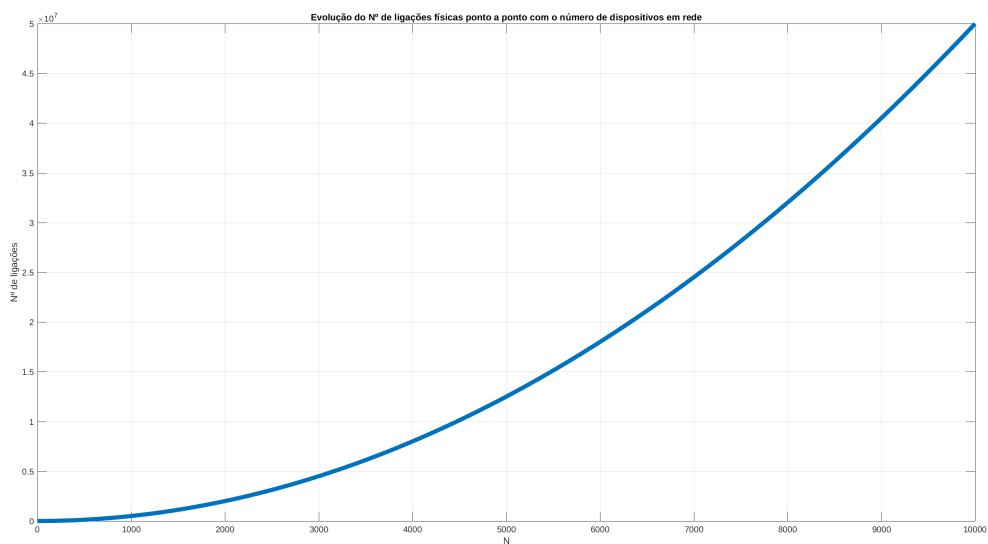
Se tivermos  $N$  nós, iremos precisar de  $\frac{N^2 - N}{2}$  conexões, o que para valores de  $N$  elevados, se torna impossível.

- 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**

**AQUI**



**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

## 1.2 Network topologies

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

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

Diferentes topologias representam diferentes formas de **distribuir** e **partilhar recursos**. Existem 4: - **bus** - **estrela**(*star*) - **mesh** - **anel**(*ring*)

### 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:

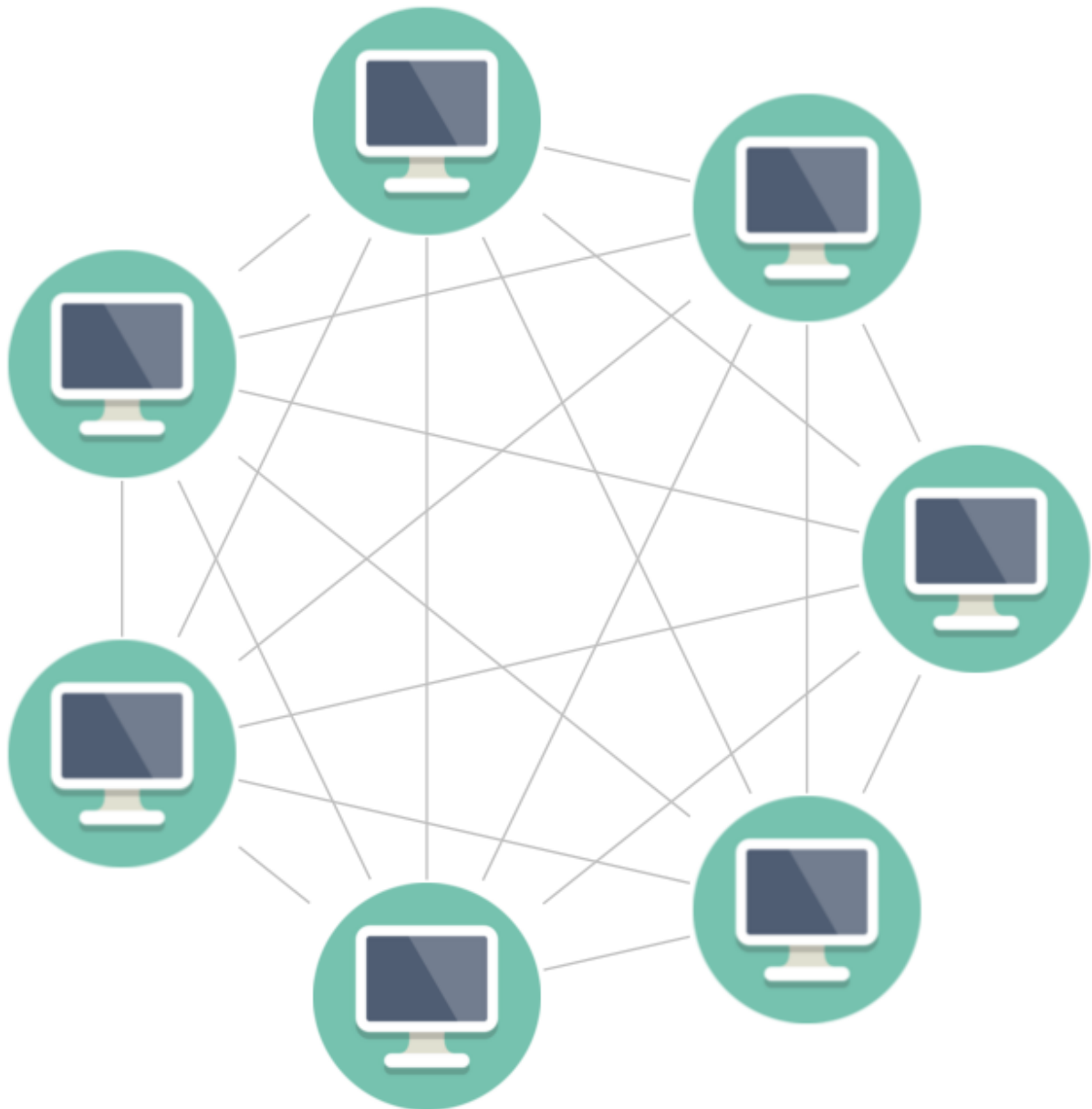
- Rede complexa
- Rede difícil de gerir

## 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:

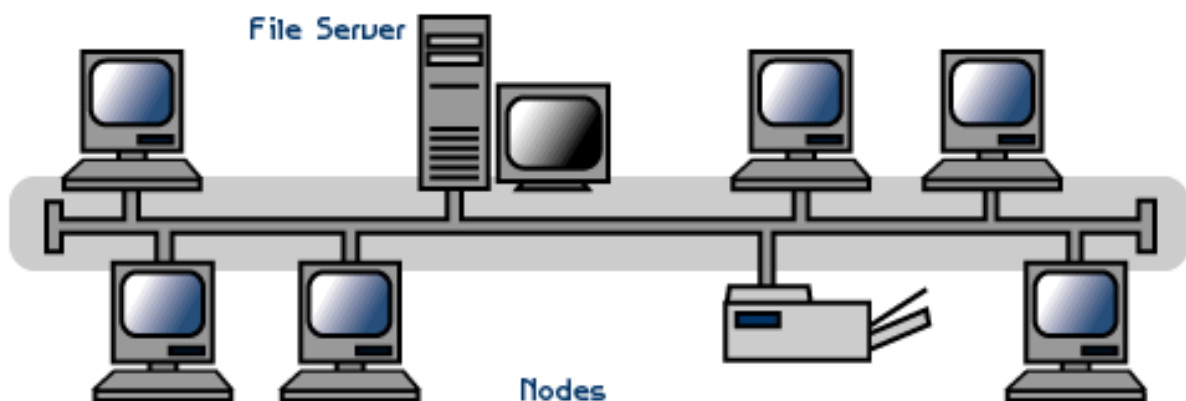
- Apenas usa um único cabo, o que facilita as ligações à rede



**Figure 4:** Diagrama de uma rede em *mesh*

**Desvantagens:**

- 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 dividão binária



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

**2.0.1 Ring**

- Todas as máquinas são conectadas em anel

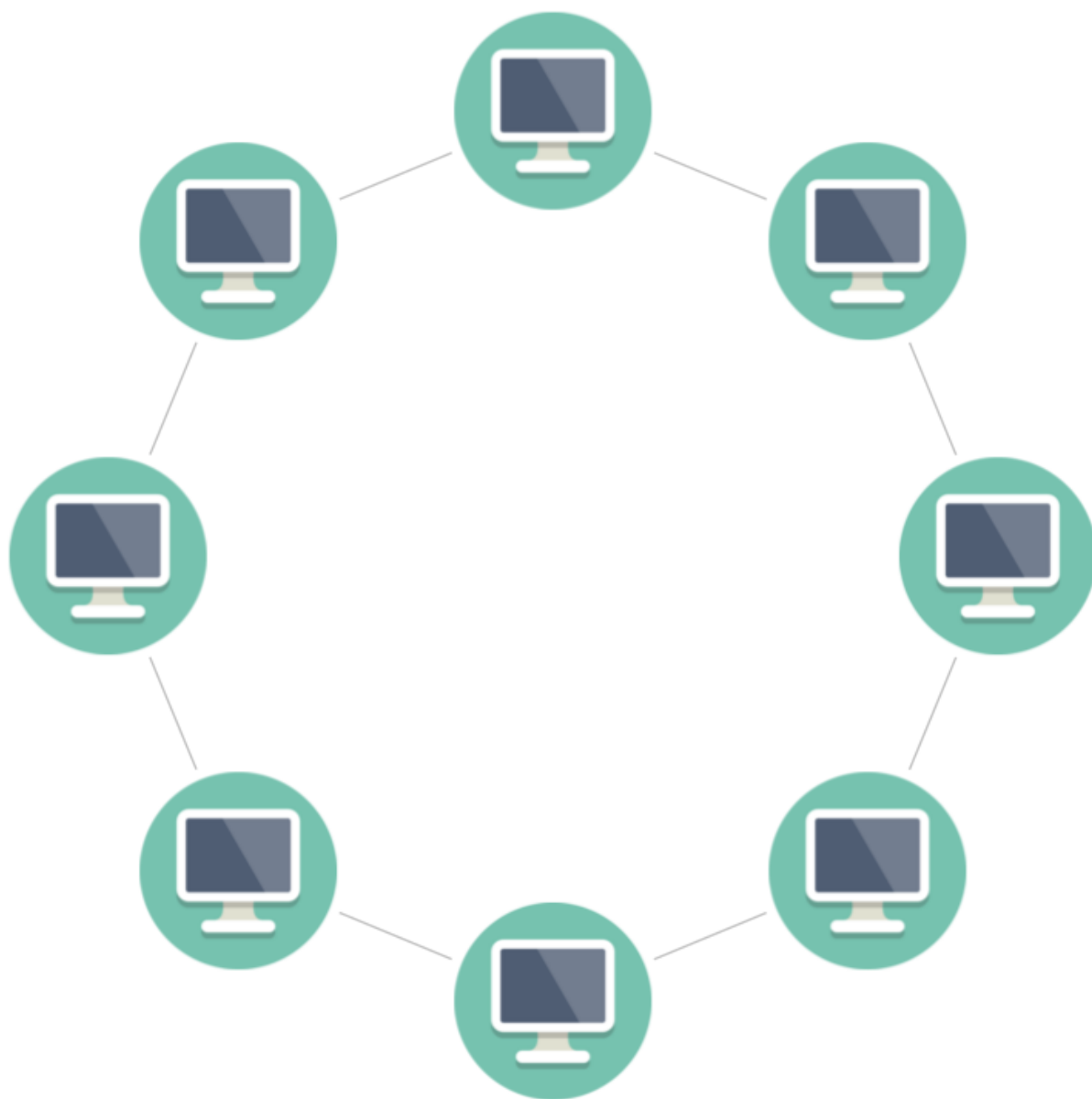
**Vantagens:**

- 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

### 3 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:

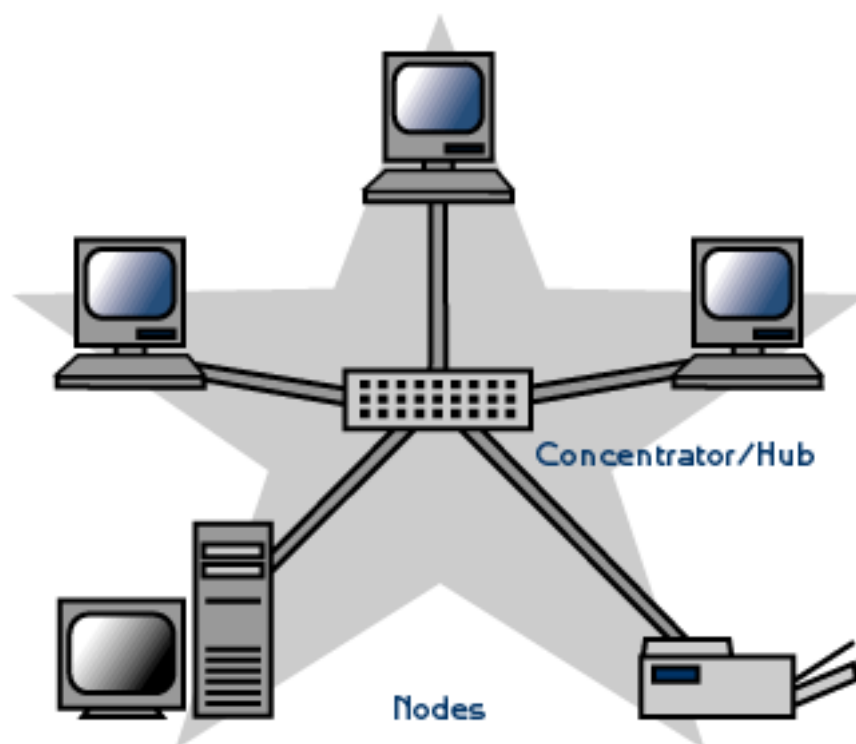
- Fácil Instalação
- Não existem falhas na rede sempre que um dos terminais é desconectado
- Fácil identificar falhas
  - Fácil remover elementos com falhas da rede
- Melhor performance que um bus

#### 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

### 4 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 rede são o cabo e os conectores



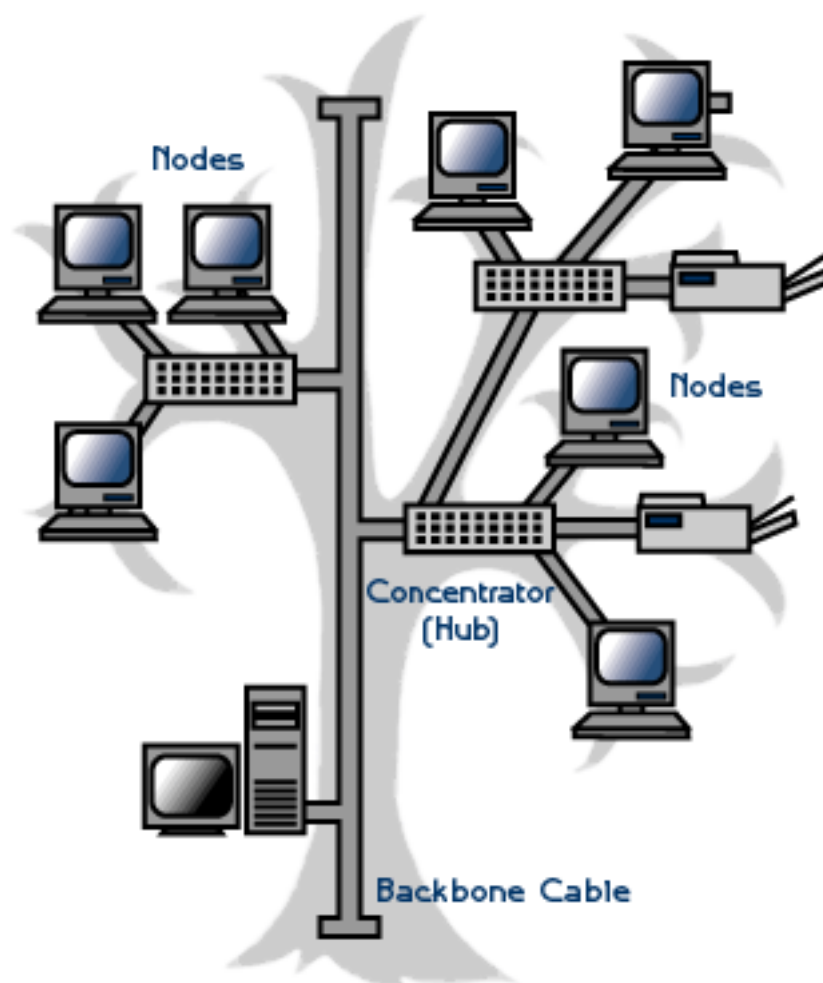
**Figure 7:** Diagrama de uma rede do tipo Star

**Vantagens:**

- 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 área local falha
- Difícil configuração
- Difícil implementação física



**Figure 8:** Diagrama de uma rede do tipo Tree

## 5 Shared Media

- Múltiplos emissores e recetores 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 recetores)
- Requer mecanismos de **acesso múltiplo**
- classrooms:
  - a student raised the arm
  - the teacher decides
  - central control mechanis,

### 5.1 ALOHA <sup>1</sup>

- 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 deteção e correção de colisões

1. O emissor coloca a mensagem no meio partilhado
2. Se o recetor 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 recetor (**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 recetor 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

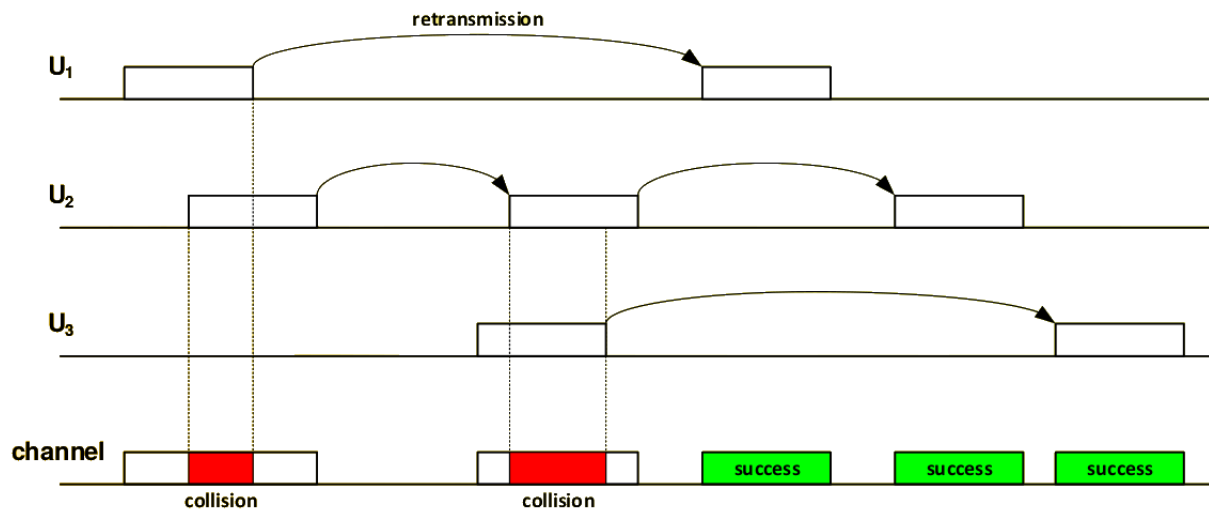
O tempo de **timeout** tem de ser cuidadosamente escolhido:

- Demasiado lento: podem ocorrer situações em que o meio esteja sem uso, criando *delays*
- Demasiado rápido: o recetor 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

---

<sup>1</sup>Desenvolvido na Universidade do Hawaii, para comunicar entre as ilhas



**Figure 9:** Exemplo de transmissão com colisão usando ALOHA

### 5.1.1 Performance

Se considerarmos  $g$  a taxa máxima de transmissão de pacotes que o canal consegue suportar, então temos de garantir que  $g > \lambda$ , onde  $\lambda$  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  $\Gamma$ :

- 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:

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

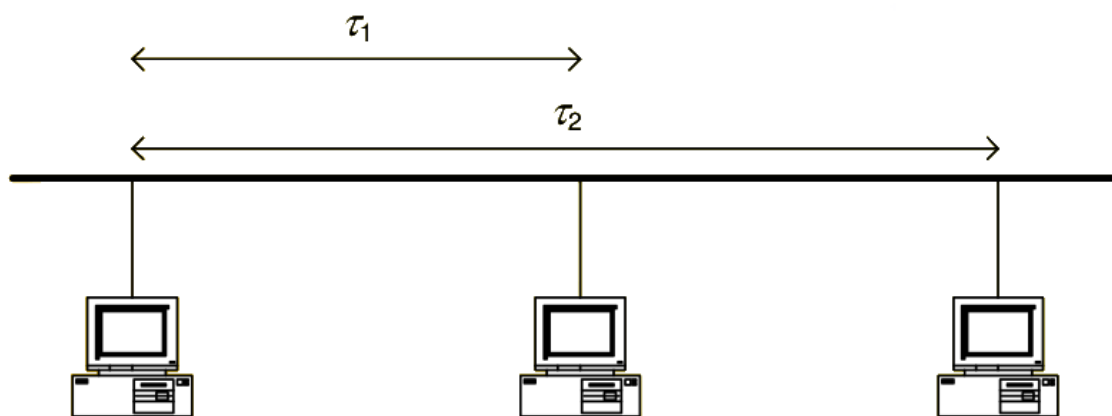
## 5.2 CSMA (Carrier Sense Multiple Access)

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.

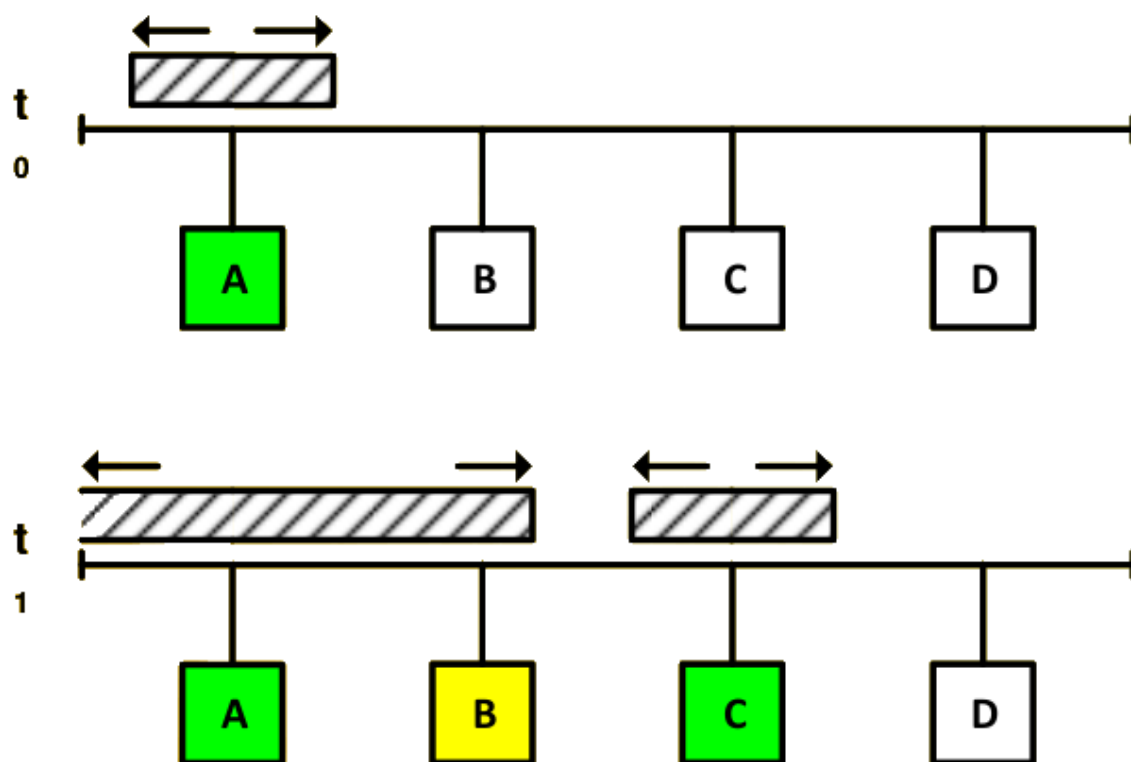


**Figure 10:** Diagrama de uma rede CSMA. A distância entre as várias estações impõe um tempo de propagação entre elas, que pode resultar em colisões. Na figura, quando a estação 1 começa a transmitir, são necessários  $\tau_1$  segundos até que essa transmissão seja detetada pela segunda estação, que também começou a transmitir nesse intervalo de tempo.

### 5.2.1 Collision Detection

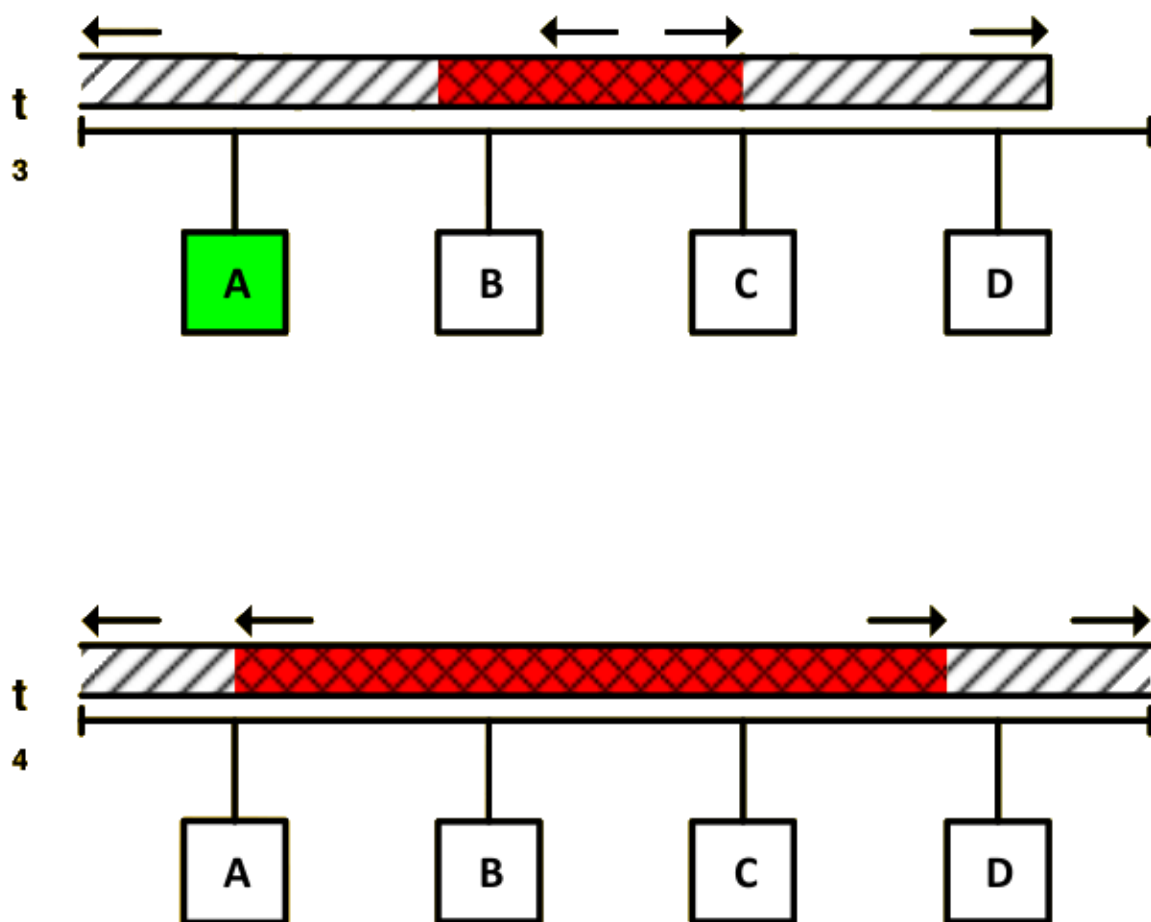
A deteção de colisões permite que, mal seja detetada uma colisão, o emissor que a detetou para imediatamente a transmissão, para se poder retomar a transmissão de um pacote de cada vez

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  $2\tau$ .
- O tempo máximo de propagação é entre os dois extremos da rede

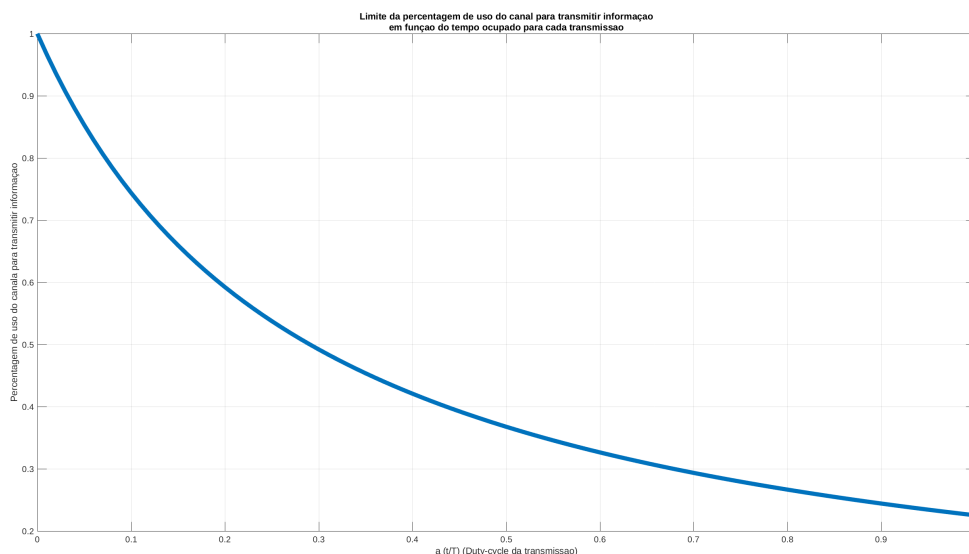
### 5.2.2 Performance

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

## 5.3 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`

### 5.3.1 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

## 6 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:

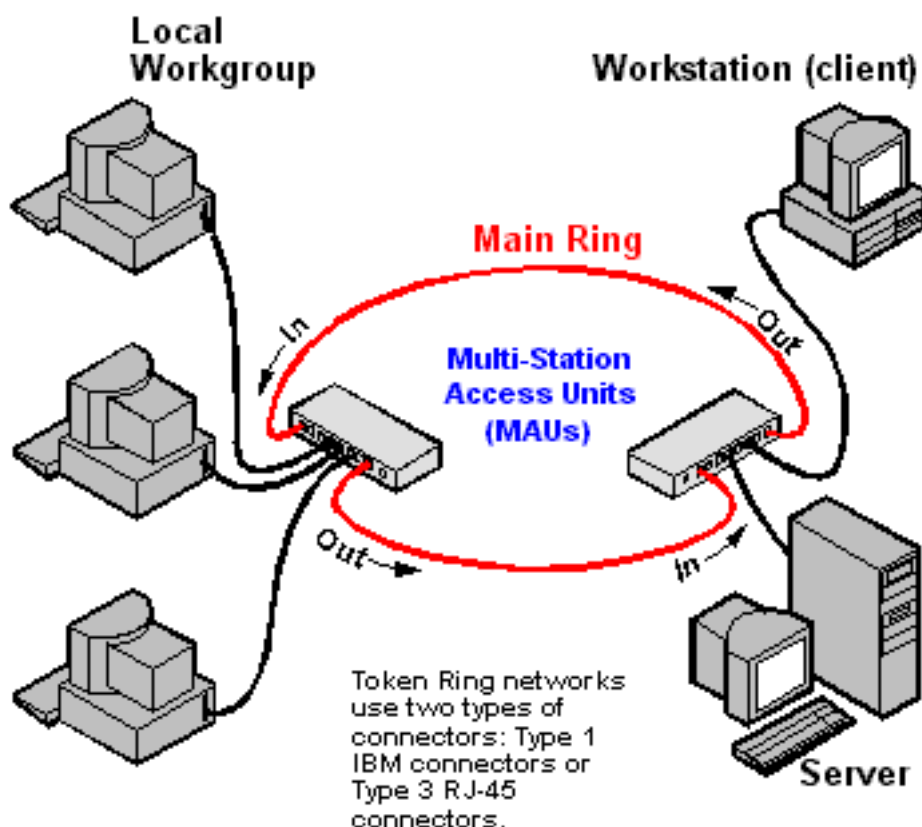
- Impedir pacotes de circular pela rede infinitamente
  - Ao passar pela **estação monitora**, esta transmite o pacote a jusante de si com o bit M a 1
  - Se um pacote passar pela estação monitora com o bit M a 1, é removido do **ring**
  - Pode ocorrer se o emissor enviar um pacote e em seguida “desaparecer”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

## 6.1 Token-Ring vs Ethernet

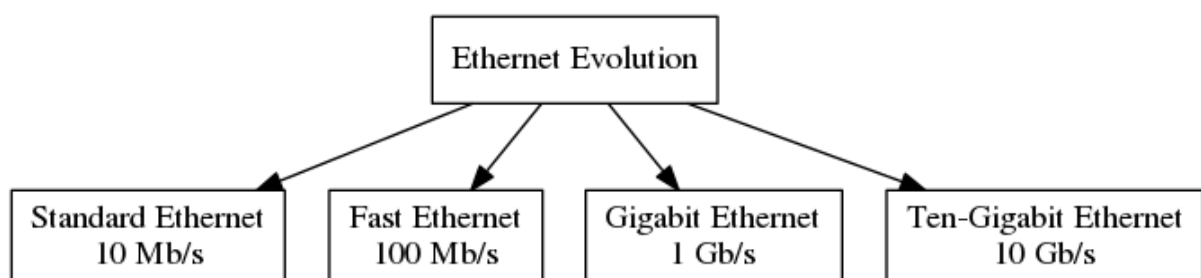
### 6.1.1 Desvantagens do Token-Ring

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**

### 6.1.2 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 netre pacotes

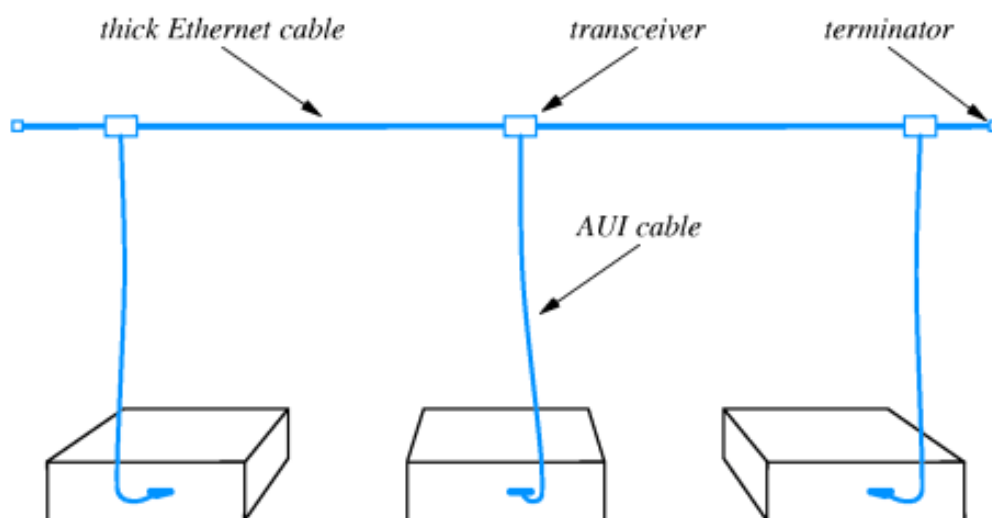
## 7 Ethernet Evolution



**Figure 15:** Diagrama dos vários estágios da evolução da Ethernet

## 7.1 10Base5

- Primeira tecnologia Ethernet
- Taxa de transmissão: 10 Mb/s
- Cabo coaxial grosso,  $75\Omega$  (*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



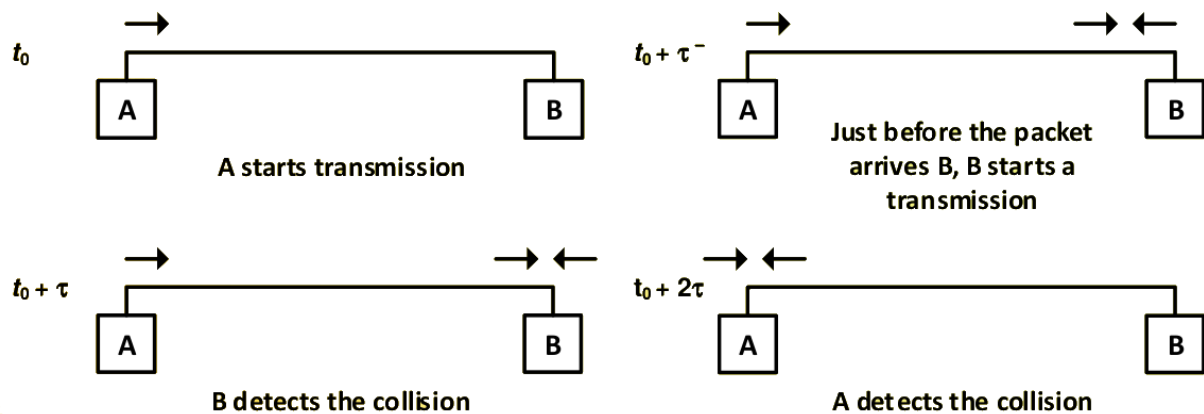
**Figure 16:** Diagrama de uma rede Ethernet 10Base5

### 7.1.1 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**.

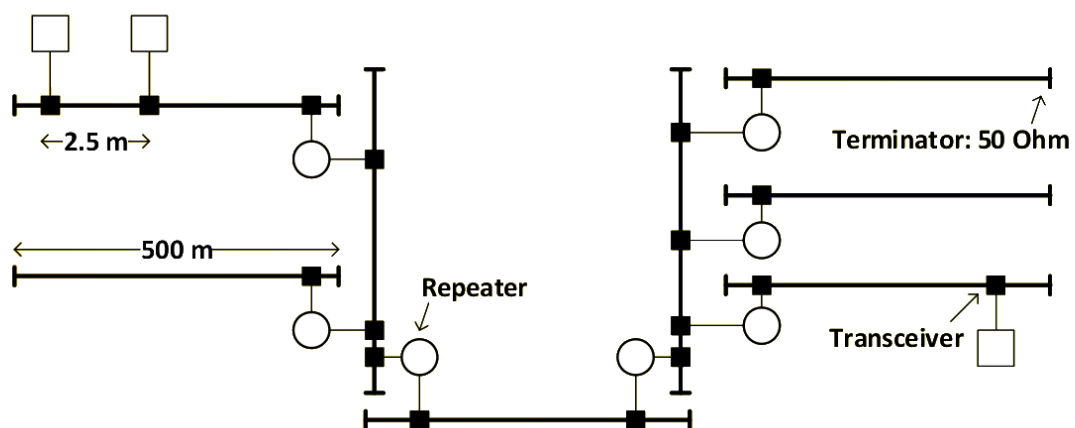
Para a configuração máxima, apresentada na figura, usando cabos com o comprimento máximo de 50 m, e tendo em conta que o *round-trip delay* é de  $52\mu s$ , podemos concluir que:





**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

## 7.2 10Base2

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

- Comprimento máximo do cabo = 185 m
- As estações conectavam-se à 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

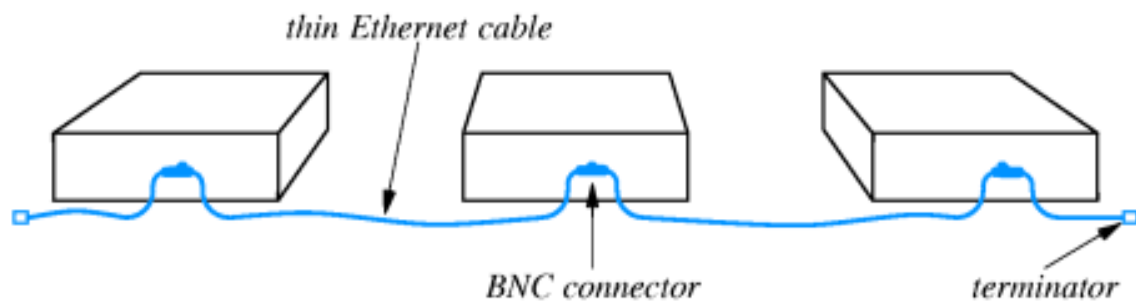


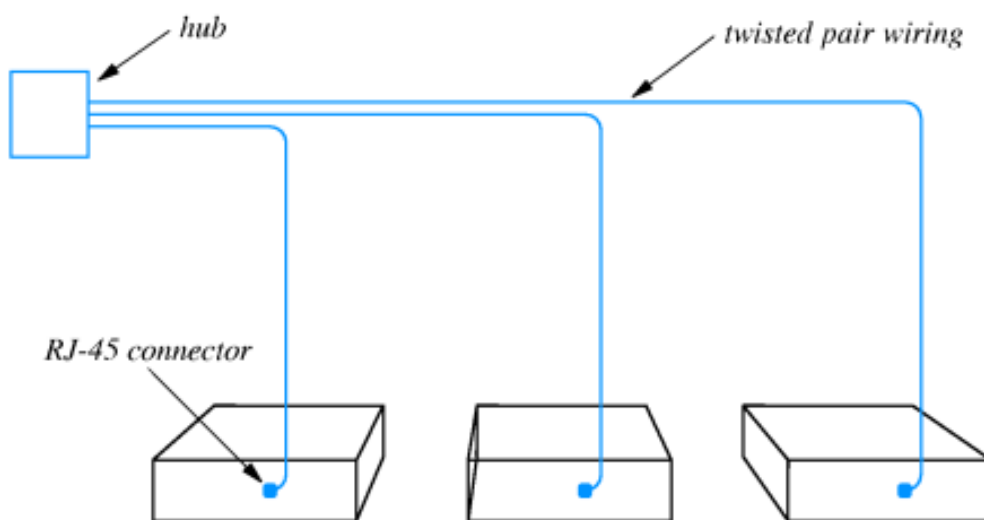
Figure 19: Diagrama de uma rede Ethernet 10Base2

### 7.3 10BaseT

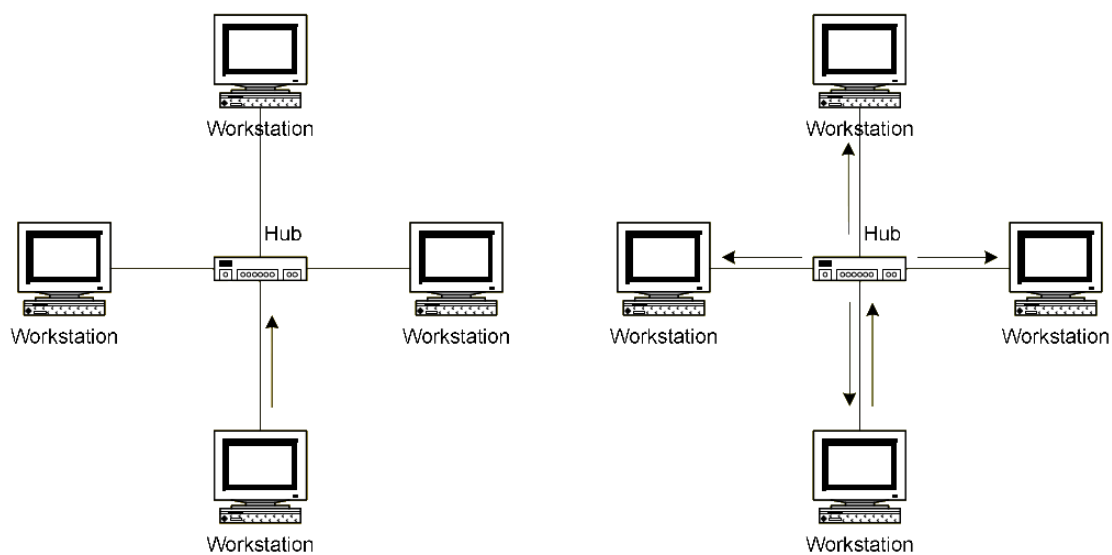
- Primeiro protocolo estruturado
- Taxa de transmissão: 10 Mb/s
- Twisted Pair Winding (Cabo entrelaçado)
  - Pode ser UTP ou STP
    - \* UTP: Unshielded Twisted Pair
    - \* STP: Shielded Twisted Pair
- Comprimento máximo do cabo UTP = 100 m
- As estações conectavam-se diretamente a um repetidor (**hub**), 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!**

#### 7.3.1 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



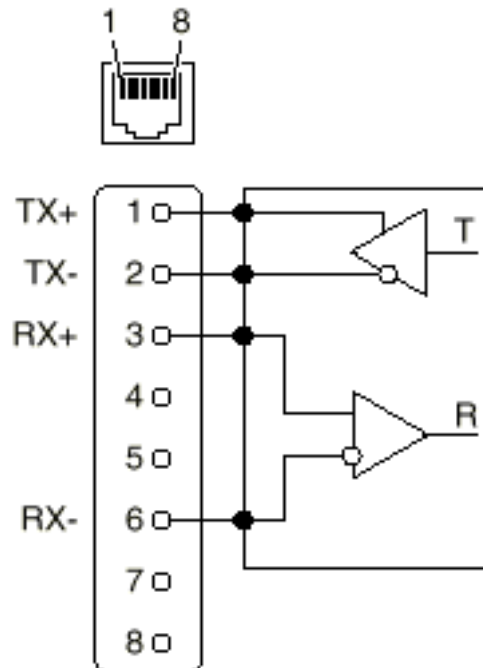
**Figure 20:** Diagrama de uma rede Ethernet 10BaseT



**Figure 21:** Exemplo da operação de broadcast de um hub

### 7.3.2 Conectores RJ-45

#### Terminal Equipment



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

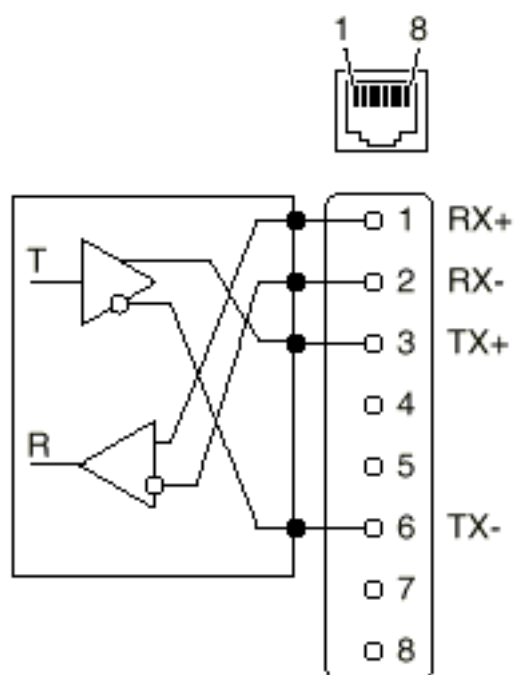
- Equipamento terminal são pcs ou routers
- **Pinos transmissão:** 1 e 2
- **Pinos receção:** 3 e 6

#### Network Equipment

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

### 7.3.3 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

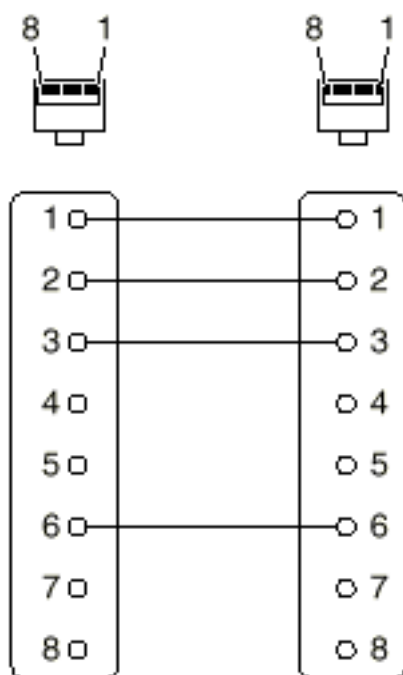
- **Par #2** é ligado aos pinos **1 e 2**
  - \* Pino 1: Branco/Laranja
  - \* Pino 2: Laranja
- **Par #3** é ligado aos pinos **3 e 6**
  - \* Pino 3: Branco/Verde
  - \* Pino 6: Verde
- Restantes pares:
  - Par #1
    - \* Pino 4: Azul
    - \* Pino 5: Branco/Azul
  - Par #4
    - \* Pino 7: Branco/Castanho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

### Categorias UTP: Unshielded Twisted Pair

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

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) (GigabitEthernet)

### Direto vs Cruzado

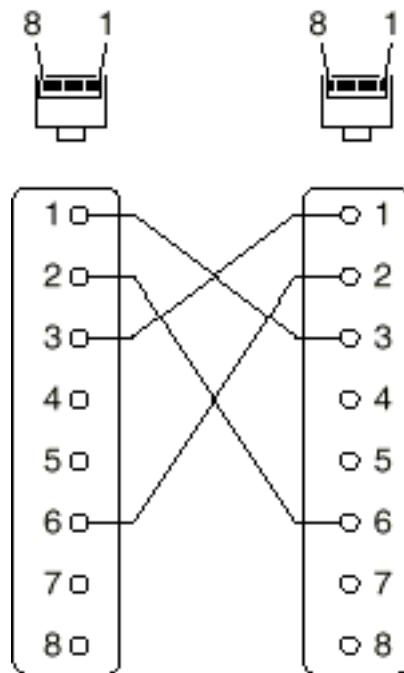


**Figure 24:** Um cabo direto é utilizado para ligar equipamento de diferentes tipologias, ou seja, equipamento terminal a equipamento de rede e vice-versa

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

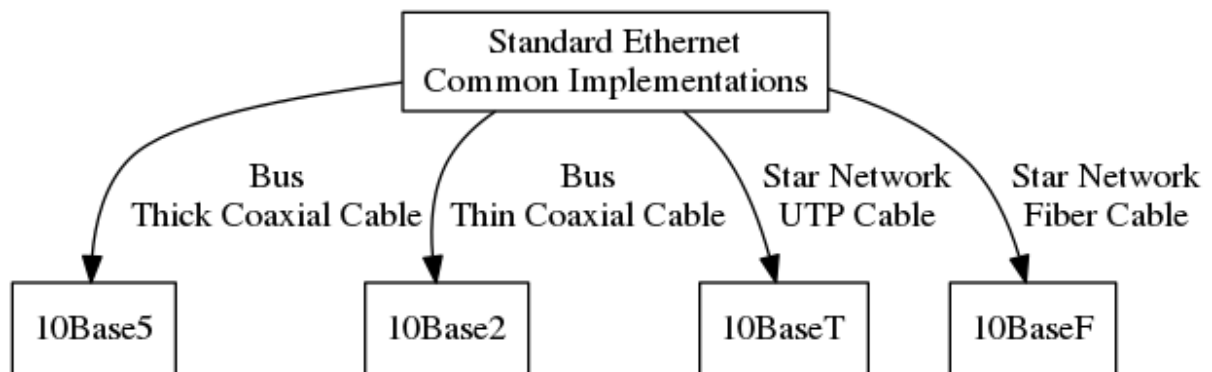
Atualmente os dispositivos conseguem fazer o switch interno e perceber se foram ligados com um cabo direto ou cruzado.



**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

## 7.4 Categorias da Ethernet tradicional

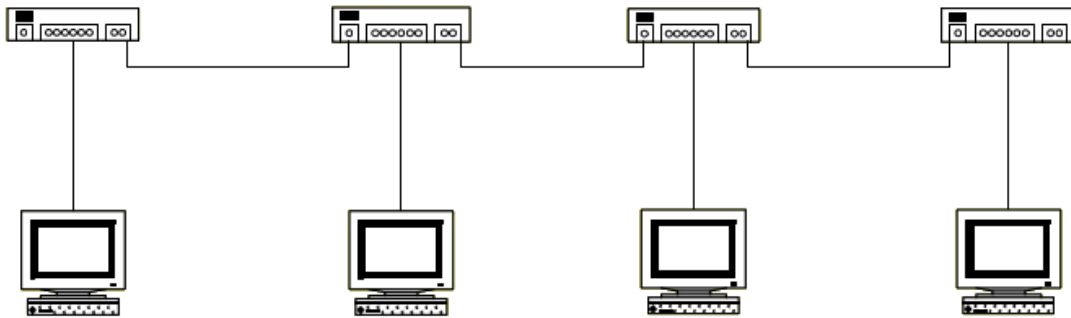
Em resumo:



# Conexões entre hubs

## 7.5 Cascata

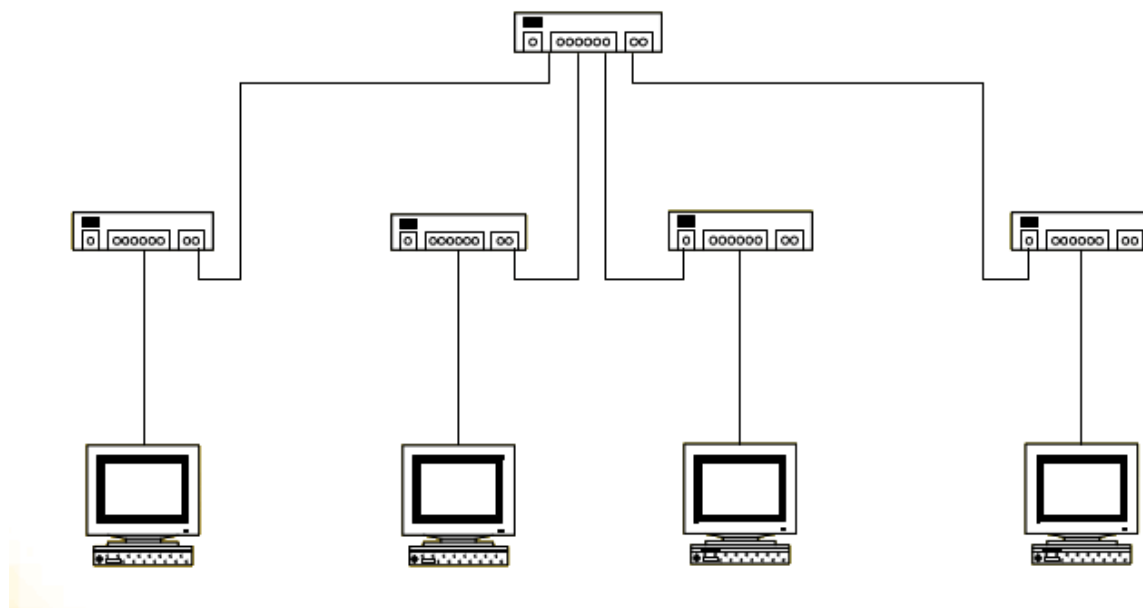
- Permite a extensão da rede
  - apenas até 4 hubs



**Figure 26:** Diagrama de ligação de hubs em cascata

## 7.6 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

## 7.7 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

## 8 Fast Ethernet e Gigabit Ethernet

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

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) → reduzir o tamanho da rede  
Gigabit Ethernet (10 Gb/s) → 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 extendido para ocupar 512 bytes

### 8.1 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

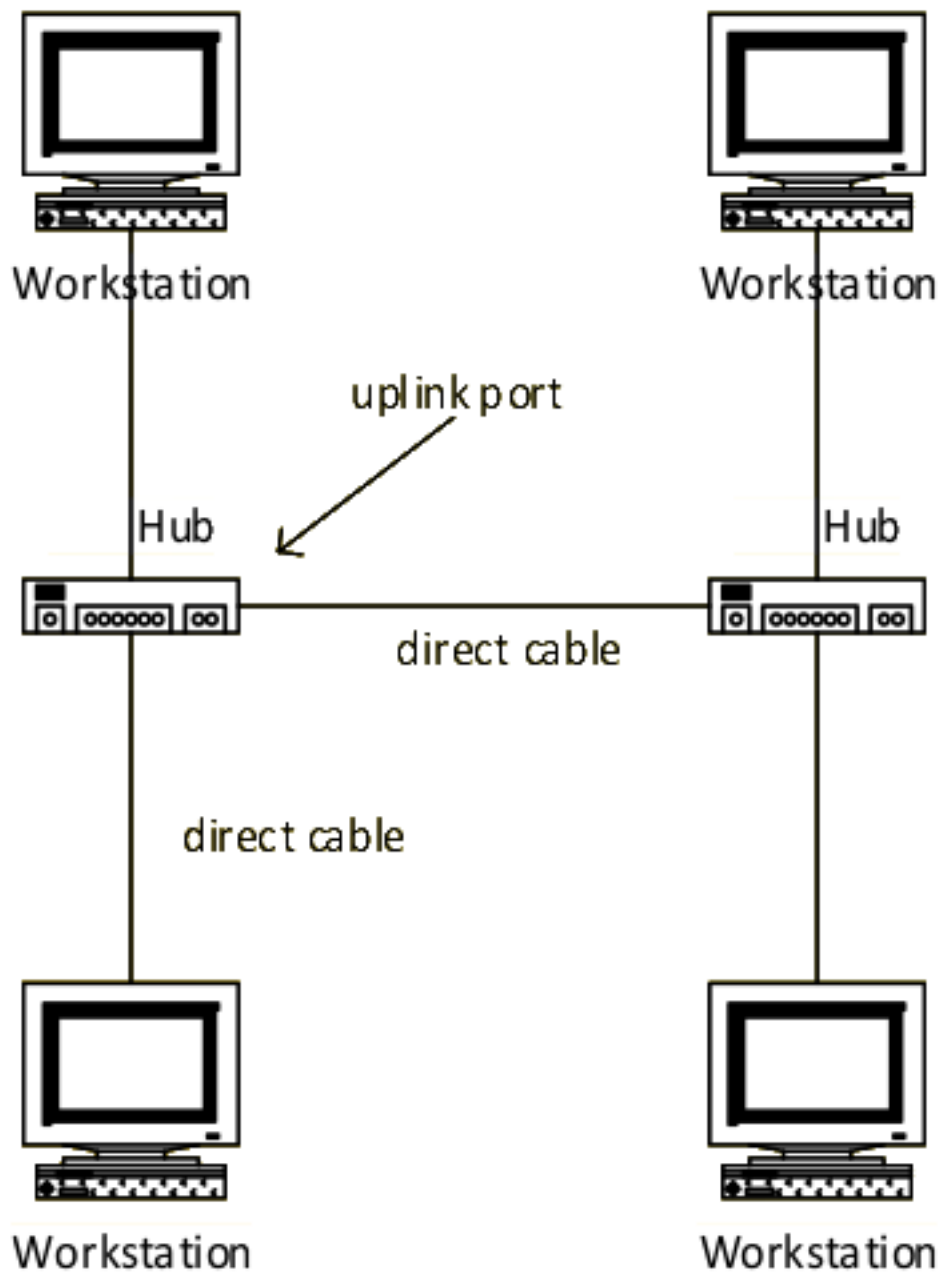
### 8.2 Implementações de Gigabit Ethernet

- **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

### 8.3 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

### 8.4 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