

---

# **IP Networks**

Breve História da Internet

PEDRO MARTINS

March 11, 2018

## Contents

<b>1</b>	<b>IP Networks</b>	<b>4</b>
1.1	Breve História da Internet . . . . .	4
1.1.1	The Internet Society . . . . .	4
1.1.2	Evolução da Internet . . . . .	5
	1990: Internet Crisis . . . . .	5
1.2	O que é a Internet? . . . . .	5
1.3	Glossário: . . . . .	6
1.4	Comunicação . . . . .	6
<b>2</b>	<b>Typical Service Mix</b>	<b>7</b>
2.1	INternet . . . . .	7
2.2	Protocolos . . . . .	8
2.3	Pacotes . . . . .	8
2.4	Intenet Structure Internet Service Provider . . . . .	9
<b>3</b>	<b>Calssification Styles</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>Methods for inforamtion forwarding in networks</b>	<b>10</b>
4.1	Circuit Swtiching . . . . .	10
4.2	Packet swihcong . . . . .	10
4.3	Message swithcing . . . . .	11
<b>5</b>	<b>Transport relationship</b>	<b>12</b>
5.1	Connectionless . . . . .	12
5.2	Connection- oriented . . . . .	12
<b>6</b>	<b>Relações Hierárquicas/Relações de Importância</b>	<b>13</b>
6.1	Modelo Cliente - Servidor . . . . .	13
6.1.1	Cookies . . . . .	13
6.1.2	Cache . . . . .	14
<b>7</b>	<b>Peer to perr comuncation</b>	<b>15</b>
<b>8</b>	<b>Logical Deployment</b>	<b>15</b>
<b>9</b>	<b>Network Structure</b>	<b>19</b>
9.1	Network peryphery (borders) . . . . .	19
9.2	Access Networks . . . . .	20
<b>10</b>	<b>Contention rate</b>	<b>20</b>
<b>11</b>	<b>Latency</b>	<b>20</b>
11.0.1	Acesso Residencial: point-to-point . . . . .	21
11.0.2	Acesso Residencial: cable modems . . . . .	21

11.0.3	Acesso Institucional: local area networks . . . . .	21
<b>12</b>	<b>Wireless Access Networks</b>	<b>22</b>
<b>13</b>	<b>Residential Networks</b>	<b>22</b>

# 1 IP Networks

## 1.1 Breve História da Internet

- Começou por ser uma experiência no meio académico no final da década de 60
- Inicialmente ARPANET, depois NSFnet e agora, “ANYBODYSNET”
  - Não é proprietária
- Não é detida por uma única entidade
  - Existem vários serviços a providenciar:
    - \* acesso
    - \* alojamento
  - Diferentes entidades a criar e partilhar conteúdo
- O organismo máximo que regula a Internet é a *Internet Society*

A origem da Internet remota ao período da Guerra Fria nos Estados Unidos, quando o mecanismo primário de comunicação era a rede telefónica. O principal problema desta rede é que os **switchs** são ligados de forma estruturada. Isto implica que se um dos **switches** for destruído ou sabotado <sup>1</sup>, o sistema de comunicação do país ficava **inoperacional**

A solução encontrada foi utilizar um sistema distribuído.

- Ocorre a remoção do **single point of failure**
- A rede torna-se mais robusta e fiável
  - Passam a existir múltiplos links de ligação entre os dispositivos
  - o **routing** passa a ser distribuído.

Se um nó da rede for removido abruptamente, a rede possui a capacidade de continuar a transmitir informação:

- Atualmente, com **switching** ótico, a rede precisa de apenas 200 \$\$\$\$ para recuperar e restabelecer a comunicação
- Antigamente, se um router fosse eliminado, eram precisos entre 5 a 10 min para restabelecer a comunicação

A UUNET já não existe

Problem: Resiliency of our infrastructure

### 1.1.1 The Internet Society

RFC - Request For Comments

A Internet funciona com base em **consensos** (protocolos) e **código funcional** (implementação dos protocolos)

.

---

<sup>1</sup>Há uns anos atrás era **peer-to-peer**

Os protocolos só são validados se diferentes equipas conseguirem implementar o protocolo e testar a sua funcionalidade independentemente e uns com os outros. Não basta uma equipa desenvolver um protocolo, implementá-lo e testá-lo. É preciso os resultados puderem ser verificados por outros grupos de investigadores.

É dividida em 9 diferentes áreas/*development topics*. Dentro de cada área existem diferentes *working groups*

IESG:

- Usa os resultados dos outros grupos

IAB IANA (Internet Assigned Number Authority)

- Como são geridos os DNS
- Como são geridos os domínios

TLD: top level domains

As conexões entre a Internet Tree não é hierárquica

### 1.1.2 Evolução da Internet

- Pode ser dividida em 3 grandes fases
- **Startup:** Académica & Investigação (DARPA)
- **Scaling:** Redes Empresariais
  - Rede aberta, disponível para todos
  - Foi criada a NSF(National Science Foundation) para gerir a rede
- **Universal:** A rede passou a ser pública, acessível por todos

### 1990: Internet Crisis

- A tecnologia foi toda paga pelo Governo Americano
- Questões que se colocam:
  - Quem é o dono da Internet?
  - Quem é o responsável pela sua gestão?
- Solução:
  - Criação de um órgão de gestão: [The Internet Society](#)
- Todos o material público na Internet pertencem à [Internet Society](#)

## 1.2 O que é a Internet?

Conjunto de dispositivos ligados entre si, que podem ser:

- ```
1 - 'hosts'
2 - 'terminal systems'
```

São exemplo de dispositivos computadores, telemóveis, sensores, *smart tvs*, etc. Cada dispositivos executa uma **aplicações distribuídas**, ou seja:

- O dispositivo que executa a aplicação é diferente
- Vários dispositivos na rede a correrem a mesma aplicação
- A rede que interliga todos os dispositivos é a mesma

Estes dispositivos estão ligados através de **links**. Estes links normalmente são de fibra ótica.

A Internet é uma “**rede de redes**”, permitindo a ligação entre diferentes redes, que podem conter características muito diferentes. É aproximadamente hierárquica

Pode definição, uma rede privada de Internet não faz parte da Internet. A esta rede chamou Intranet.

Para ter uma rede privada de Internet apenas preciso de correr o protocolo TCP-IP

É uma rede com bastantes protocolos:

- TCP-IP
- IP
- HTTP
- FTP
- PPP

Os standards da Internet Society definem dois documentos:

- RFC: Request for comments
  - onde são sugeridos e aprovados novos protocolos
- IETF: Internet Engineering Task Force

Ninguém sabe ao certo qual é o tamanho da internet. O número de routers que se tem de passar para chegar de um ponto ao outro da Internet é **muito variável**.

É possível chegar à China em 30 routers. Estima-se que o maior trajeto entre dois pontos seja um número entre 130 e 140 routers

### 1.3 Glossário:

- **Routers:** dispositivos que transportam pacotes entre conexões físicas a redes diferente
- **network:** sistema usado para conectar computadores que usa apenas uma tecnologia única de transmissão

### 1.4 Comunicação

Internet é um sistema escalável e capaz de se dividida em sub-redes, que utilizam os mesmo protocolos. A comunicação é feita entre diferentes dispositivos:

- **servers:**

- dispositivos que armazenam a maior percentagem de informação da rede.
- atuam como dispositivos de armazenamento de informação
- podem ser vistos como “produtores”, numa lógica produtor-consumidor

- **hosts:**

- dispositivos que pedem informação aos servidores
- podem ser vistos como “clientes” da informação armazenada nos servidores, seguindo uma lógica produtor-consumidor.

Internet como uma entidade requer:

- elementos de comutação
- elementos terminais

As conexões físicas são asseguradas através de cabos e **routers**.

```
1 # Para visualizar a IP routing table
2 $ route
```

## 2 Typical Service Mix

- A largura de banda dedicada para streaming de videos está a aumentar.
- As redes sociais têm causado um aumento no upload de vídeos

### 2.1 INternet

Melhor do que a rede telefónica, a internet permite ganhos de multiplexagem:

É um recurso flexível:

- Na maioria dos tempos, quando preciso de um gigabit, tenho um gigabit
- Mas como na maioria dos tempos não preciso, a rede é sub dimensionada
  - Os utilizadores recebem menos que um gigabit, apesar de lhes ser dito que a rede fornece um gigabit

**Congestão da rede:** Todos os os utilizadores precisam de 1 Gigabit

- A Internet nunca garante serviços de emergência, ao contrário de uma rede telefónica
- É uma rede **best effort**: a rede faz o melhor que pode, com os recursos que têm. Se o melhor que puder fazer não chega, a qualidade do serviço é diminuída

A camada física é muito melhor do que era anteriormente.

## 2.2 Protocolos

Os protocolos criam uma conexão lógica sobre a conexão física que interliga dois ou mais dispositivos.

Definem os:

- *standards*
- procedimentos
- interpretação da informação a ser transmitida

Um protocolo é um procedimento formal entre duas entidades que:

- especifica que mensagens são enviadas
- define o formato e a ordem das mensagens a serem enviadas e recebidas entre as entidades da rede
- especifica que ações são executadas quando as mensagens são recebidas

Diferentes pedidos têm obviamente diferentes formatos e diferentes ações que devem ser tomadas

## 2.3 Pacotes

- A informação é partida em pacotes
- Os pacotes são transferidos, numa filosofia *best effort*
  - se forem perdidos ou chegarem fora de ordem não interessa
- Existem protocolos que possuem a responsabilidade de:
  - detetar pacotes em falta
  - detetar e ordenar pacotes fora de ordem.

Os protocolos funcionam nos extremos da rede e não no seu intermédio/caminhos da rede.

Os seres humanos utilizam um protocolo a comunicar com os outros

- gestos
- frases
- postura

Em qualquer tipo de comunicação (humano-humano, humano-máquina, máquina-máquina), tem de ser acordado um protocolo de comunicação:

- Tensão
- Número de cabos a utilizar
- Como se caracteriza o nível lógico “0”?
- Como se caracteriza o nível lógico “1”?
- Como é efetuada a transmissão?
  - bit?
  - byte?

Um protocolo é um **acordo entre duas entidades**



## 2.4 Internet Structure Internet Service Provider

- A Internet está organizada em **Tiers**.
- Cada **tier** representa uma área de prestação de serviços

A estrutura da Internet (i.e., os **tiers**) estão organizados de forma aproximadamente hierárquica.

Normalmente, cada **tier** representa um **ISP**: Internet Service Provider. Por isso se diz que a Internet é basicamente hierárquica

Os **ISPs** podem ser classificados em:

1. ISPs de nível 1: Cobertura Nacional ou Internacional, e.g, Sprint e AT&T
2. ISPs de nível 2: Cobertura Regional
3. ISPs de nível 3/IPs locais: **Access Networks**

Devido a esta forma de ligar as redes, um pacote **atravessa várias redes entre dois endpoints**

A esta forma de **routing** chamamos **valley-free routing**, porque se organizarmos hierarquicamente a estrutura de routing:

1. Primeiro o pacote sobe a hierarquia até atingir os ISPs de nível 1
2. Depois transita para o ISPs de nível 1 de destino
3. De seguida desce na hierarquia, até chegar novamente ao endpoint

O tráfego segue estas rotas **apenas de forma aproximada**. Isto não é verdade em 90% dos casos

**WireShark**: Permite enviar pacotes para a rede e estudar o comportamento da mesma

## 3 Classification Styles

Numa rede de comunicações precisamos de saber: - Quantas pessoas/dispositivos estão conectados num mesmo instante de tempo - Se os dispositivos estão a falar diretamente entre eles ou com uma entidade hierarquicamente acima deles na rede - missing one! - Como é que a informação é enviada. O que torna: - um email num email - uma mensagem numa mensagem - um ficheiro num ficheiro - etc. - Que tipo de formalidades estamos a usar na comunicação

As comunicações entre as diferentes entidades da rede podem ser classificadas dependendo de:

- tipologia do mecanismo de **routing/forwarding** utilizado para ou o formato da transmissão
- A relação que as entidades possuem na camada de transporte
- A relação/importância hierárquica que possuem
- As relações que cada uma das entidades estabelece com outras entidades
- Número de entidades envolvidas

## 4 Methods for information forwarding in networks

### 4.1 Circuit Switching

- São reservados recursos entre os *end-points* para a conexão durante todo o tempo em que a mesma dure
- Podem ser necessários processos auxiliares para iniciar e finalizar a conexão
  - Estes processos são **externos** ao sistema de conexão, tendo de existir antes de uma chamada ser efetuada e depois de a chamada terminar
- Todo o processo de conexão é feito offline

Antigamente todos os métodos de routing eram por *circuit switching*: correspondiam a alguém conectar fisicamente dois cabos, que efetuada uma ligação entre o destinatário da chamada e quem a iniciou. Mais tarde passou a ser um processo eletromecânico.

Cada pessoa tinha um cabo reservado para si e após a conexão ser estabelecida, a linha que será usada para a chamada é uma diferente da que foi usada para a iniciar

Impõe delays e *jitter*<sup>2</sup>, que para além de conhecidos e fixos, são normalmente baixos.

A implementação física da rede tem de conseguir garantir que podem ser reservados uma quantidade de recursos conhecida, sem comprometer as outras chamadas que possam estar a decorrer.

A estratégia mais comum para implementar este mecanismo é implementar TDM (Time Division Multiplexing)

Isto implica que:

- Mesmo quando não existem comunicações (silêncio), os recursos estão permanentemente ocupados
- Quando ocorre uma congestão da rede e não são possíveis reservar mais circuitos, os recursos existentes mantêm as suas propriedades
  - $\Rightarrow$  **call rejection**
  - *Call Admission Control* (CAC)
  - Uma comunicação é bloqueada se a rede não possui capacidade de resposta
  - Mantém a largura de banda

Hoje em dia as tecnologias que estabelecemos implementam *circuit switching* de forma digital. Na prática não interessa se esse sistema está implementado em *hardware* ou em *software*, mas apenas que é um sistema multiplexado

### 4.2 Packet switching

- Não existe nenhuma conexão estabelecida antes de a informação ser enviada
- A informação é dividida em *packets* (pacotes)
  - cada pacote é uma pequena fração da informação que se pretende enviar

---

<sup>2</sup>*jitter*: variação do delay

- cada pacote é enviado **individualmente** e **independentemente** do anterior
- não existe qualquer relação **para a rede** entre os pacotes enviados (obviamente, que para o recetor e emissor possuem)
- Não existem quaisquer garantias que sigam todos o mesmo percurso entre o emissor e o recetor
- Não existe a necessidade de estabelecer um circuito de ligação, quer físico quer lógico
- Cada nó usa uma política de *immediate forwarding*

Uma rede que utilize *packet switching*:

- é boa para comunicações em *burst*
  - Os recursos são partilhados entre todos, i.e., multiplexados
  - Não é requerido qualquer **overhead** inicial e final para estabelecer/terminar a ligação
- **congestão causa perdas e atrasos no envio da informação**
  - São precisos protocolos e mecanismos extra para efetuar uma transmissão com segurança
- Não providencia um serviço de *circuit switching*
  - para comunicações *multimedia* é necessário que sejam garantidos valores mínimos e máximos de:
    - \* Largura de banda
    - \* Atrasos
    - \* *jitter*
  - O problema é parcialmente resolvido por um sistema de *packet switching*
- A resposta, no geral, é mais rápida que a um rede que opere em *circuit swithcing*
- É possível congestionar a rede ao ponto de não poder ser utilizável  $\Rightarrow$  *over-congestioning*
- A diferença entre *circuit/cell switching* e *packet switching* é que é os pacotes têm um tamanho fixo no *packet switching*
- Se existir demasiado tráfego na rede, pode ocorrer a perda de pacotes

Uma visão fundamentalista indica que uma rede de *packet swithcing* não se comporta como uma rede de circuitos. Uma visão prática diz que sim, visto que em 99% dos caso uma rede de pacotes comporta-se com uma rede de circuitos

Em termos práticos é melhor para o tipo de tráfego que fazemos hoje em dia. Para ser 100% seria necessário muito dinheiro.

### 4.3 Message swithcing

- Cada mensagem segue um caminho independente
- Cada mensagem pode ser armazenada em cada nó pelo tempo necssário
  - p.e, email

Um pacote (*package*) é visto como:

- um “pedaço” de informação que **não contém relevância per se**

- A **perda de um pacote** pode afetar **outros pacotes**

Já uma mensagem é:

- possui **informação per se**
- Se perder outras mensagens, posso continuar a perceber esta
- Cada mensagem, **ao contrário de um pacote é totalmente contida em si mesmo**
- Cada pedaço da informação enviada, i.e., cada mensagem, **tem significado**

## 5 Transport relationship

As relações entre as redes de transporte de informação podem ser:

- Connectionless
- Connection oriented

### 5.1 Connectionless

A informação que foi enviada **não possui relação nenhuma entre si**:

Tudo é independente de tudo o resto

- A relação entre o emissor, o recetor e a rede não é orientada para a conexão
- A informação é enviada para a rede
- Não é estabelecida nenhuma sessão ou conexão entre o emissor e o recetor

### 5.2 Connection- oriented

- É necessário estabelecer uma conexão entre o emissor e o recetor antes de enviar a informação para a rede
  - Normalmente esta conexão implica o alocamento de recursos
  - A conexão pode ser física ou virtual
    - \* Se for virtual, é conhecida como **virtual circuits**
  -
- **Circuit Switching** é por natureza **connection-oriented**
  - a comutação dos circuitos é uma conexão
  - é preciso criar o circuito de ligação  $\Rightarrow$  alocar recursos
- Redes com entradas e saídas bem definidas
- Nem sempre implica que seja necessário **reservar recursos** para a conexão
- Mantém a ordem (na maior parte das vezes)
  - O envio de informação para a rede é feita por ordem

- A saída é feita pela mesma ordem do envio
- FIFO
- Exemplos:
  - vpn
  - rede `peer-to-peer`
    - \* torrents
    - \* ligação entre duas entidades me geral)
  - modelo client-servidor
    - \* request http: ir a um website web

## 6 Relações Hierárquicas/Relações de Importância

### 6.1 Modelo Cliente - Servidor

- Modelo **mais utilizado na Internet** <sup>3</sup>
- Os clientes comunicam com uma **entidade hierarquicamente** acima deles
  - O servidor não inicia conexões
  - As conexões são sempre iniciadas pelos clientes, pedindo informação
  - o cliente é o suplicante
  - A maior percentagem do tráfego da rede é entre o servidor e os clientes
- O servidor controla a comunicação
  - É mais fácil garantir quer a segurança quer a qualidade da comunicação
  - A informação está contida no servidor

#### WCP: Weel Known Ports (TCP/UDP)

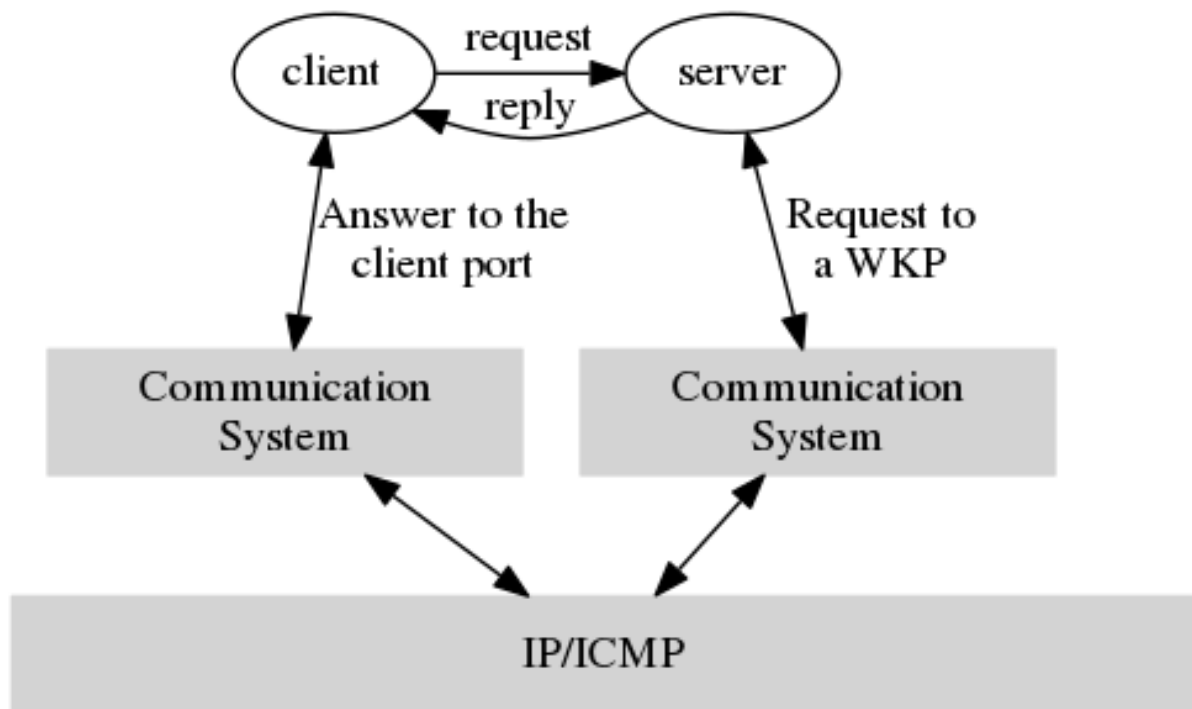
- HTTP: 80
- FTP: 20 e 21
- telnet: 23

#### 6.1.1 Cookies

- 1 - a informação reside no lado **do** cliente
- 2 - Os cookies existem porque cada pedido é individualmente tratado
- 3 - Se o pedido **for** feito neste instante ou daqui a 5 minutos, a resposta por parte **do** servidor é a mesma `$\implies$` **\*\*Servidor não possui histórico nem estados\*\***

---

<sup>3</sup>Há uns anos atrás era `peer-to-peer`



**Figure 1:** Modelo Cliente-Servidor

- 4 - Problema: E se eu quiser mudar uma página para Português, supondo que tenho um servidor com capacidade multi-língua, como mantenho todas as outras páginas que abrir depois dessa em Português?
- 5 - Uso cookies: Se selecionar português, guardo um cookie que me indica que todas as páginas daquele servidor devem ser vistas em português.
- 6 - Quando abro outra página/link daquele servidor, envio a informação contida no cookie no pedido, e recebo a página em português
- 7 > This is how we design a state awareness system in a stateless web engine

### 6.1.2 Cache

- 1 - É informação que já foi pedida ao servidor e foi armazenada temporariamente
- 2 - O cliente informa o servidor que já possui informação, indicando a timestamp.
- 3 - Se o servidor tiver informação mais recente, envia e o cliente descarta a informação que tem
- 4 - Se o servidor não possui informação mais recente, o cliente usa a informação que tem, resultante de um pedido anterior ao servidor

## 7 Peer to peer communication

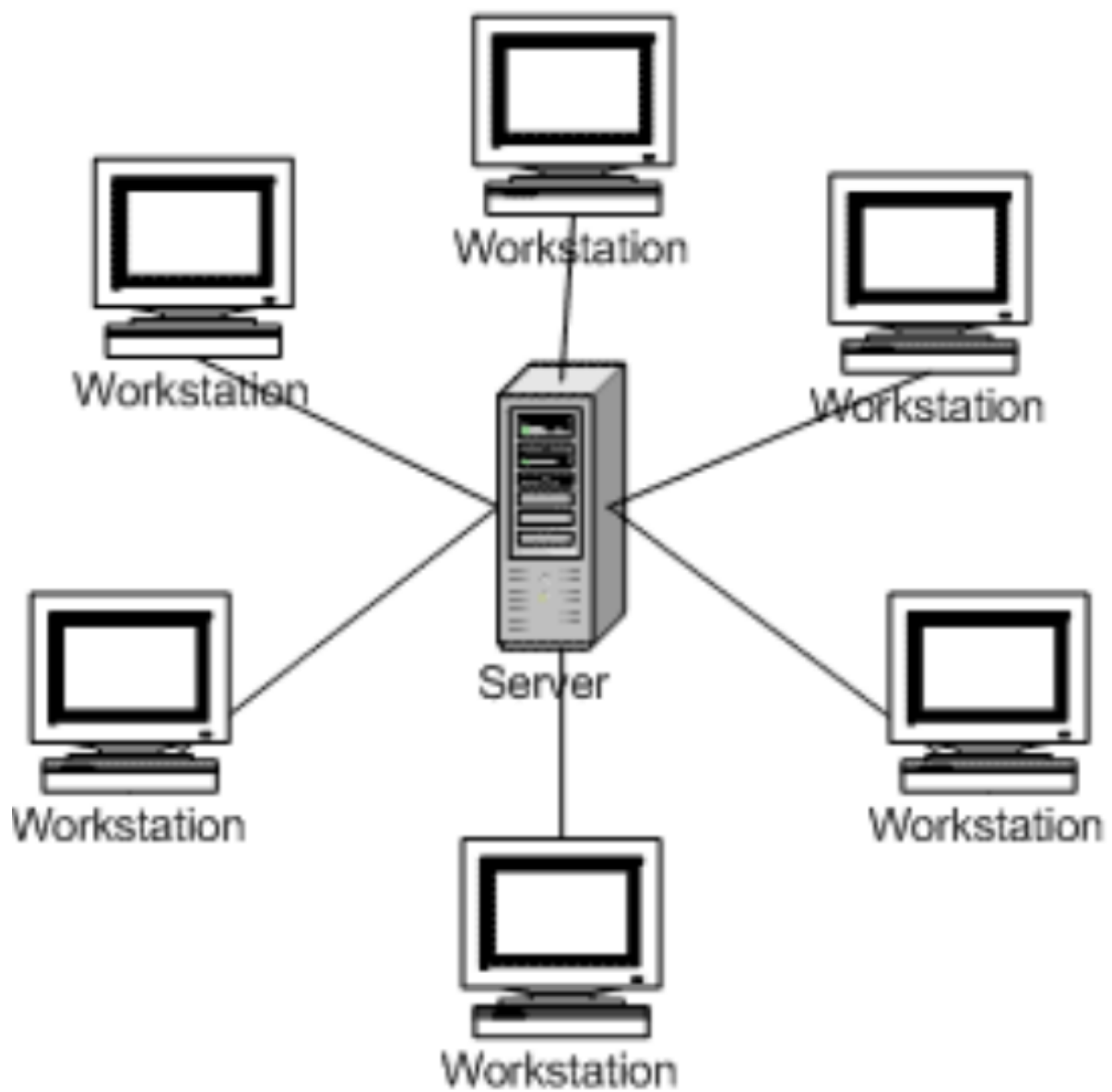
- Todas as entidades são iguais:
  - a comunicação é efetuada entre entidades semelhantes.
  - Estas entidades podem:
    - \* estabelecer conexões entre entidades
    - \* fazer pedidos a outras entidades
    - \* responder a pedidos de outras entidades
  - todas podem funcionar como clientes ou como servidores
  - Todas as máquinas são igualmente confiáveis
- Os **peers** são:
  - identificáveis
  - contactáveis
  - capazes de estabelecer as comunicações necessárias, como efetuar pedidos e responder a pedidos
- Modelo útil para a partilha de conteúdo
- As entidades em comunicação acedem e partilham recursos de forma global
  - Pode ser implementado se existirem recursos suficientes na rede e os atrasos forem pequenos
  - Para redes de grandes dimensões e maior complexidade, que recebem demasiada carga, não providencia a mesma *performance*
- Exemplos:
  - Jogos online
  - VOIP

Comparação com o modelo cliente-sevidor:

- Se a rede for muito grande, é mau porque uma rede peer-to-peer não tem nenhum servidor estável
- A probabilidade de existir um problema na rede aumenta
- Num serviço http, a ligação entre o cliente e o servidor é muito mais estável;
- Exemplos:
  - torrent
    - \* download efetuada entre múltiplos utilizadores
  - http:
    - \* apenas uma **source** (servidor)

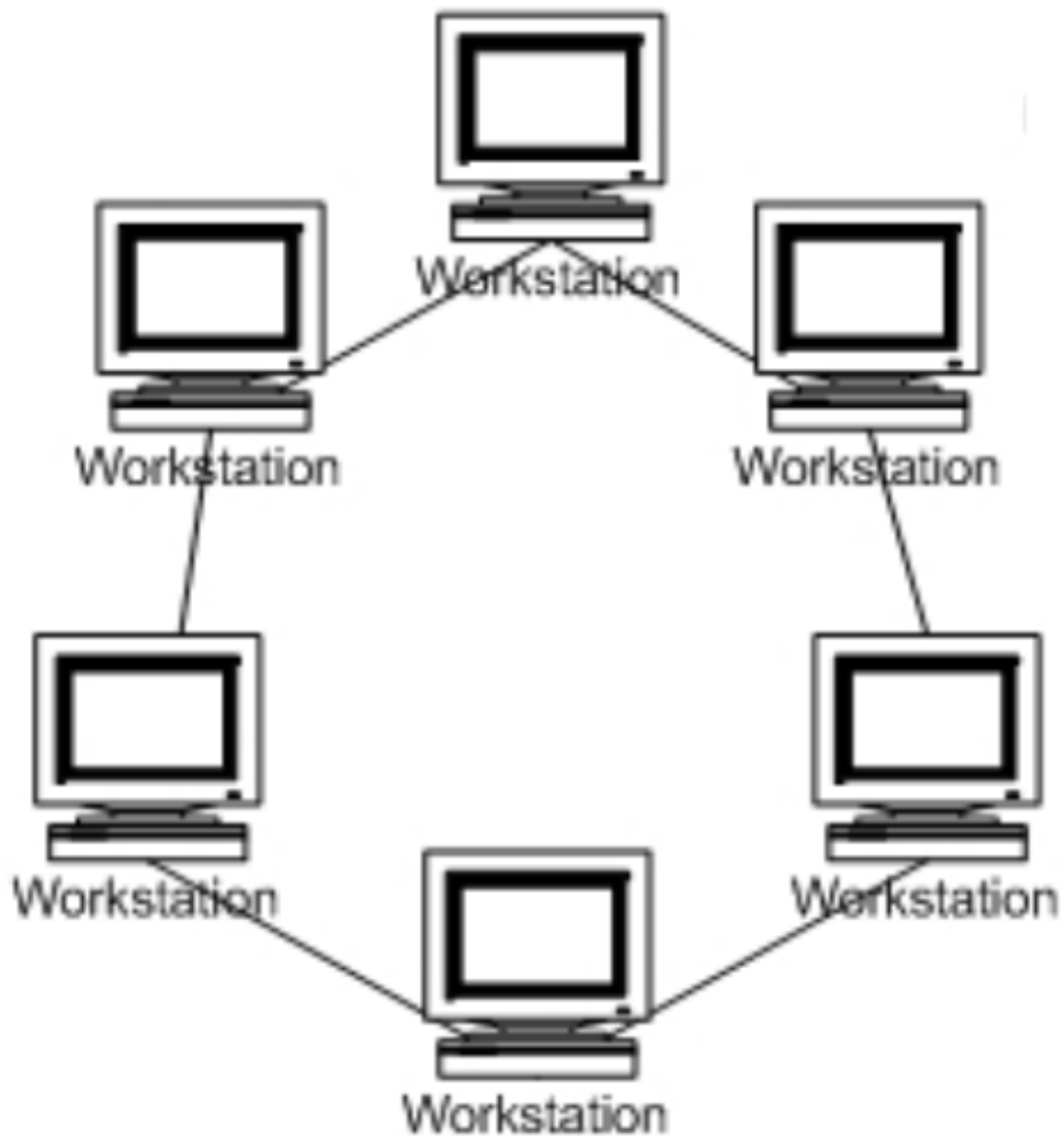
## 8 Logical Deployment

- Topologia da rede
- A implementação física da rede não tem de possuir nenhuma relação com a implementação lógica da mesma



**Figure 2:** Modelo lógico de uma rede Cliente-Servidor





**Figure 3:** Modelo lógico de uma rede Peer-to-peer

- A implementação física são apenas cabos

A relação lógica pode ser:

- **unicast**
  - de um para um
  - uni/bidirecional
  - Ex: conversa telefónica
- **multicast**
  - Tipicamente, de um para muitos
  - uma entidade envia para várias entidades que recebem
  - unidirecional
  - caso particular: **bicast** (1 para 2)
  - Exemplo: transmissão de vários eventos numa rede Internet multicast (Mbone)
- **broadcast**
  - um para todos
  - a camada física das redes é sempre broadcast (ou quase sempre)
  - o que quer dizer que não possa haver broadcast acima disso
  - unidirecional
  - televisão na internet
  - Broadcast na **camada física**
    - \* “Olá” -> todos ouvem
    - \* “Olá João” -> todos ouvem, mas a mensagem é para o João

Outros tipos de classificações da relação lógica entre entidades pode ser:

- **Com/Sem requisitos temporais fixos**
  - Comunicações em tempo real, como:
    - \* videoconferências (atrasos e *jitter*)
    - \* *Video on Demand* (*jitter*)
  - Requerem que seja definido o atraso temporal de uma comunicação
    - \* fácil numa rede ponto a ponto
    - \* muito difícil numa rede onde a implementação física e a lógica não são diretamente relacionadas
- **Symetrical/Assymetrical**

A maior parte das comunicações hoje em dia são assimétricas

- Em conexões bidirecionais, os recursos disponíveis em diferentes direções podem ser diferentes
- As conexões têm se vindo a tornar mais simétricas desde que a quantidade de conexões **peer to peer** aumentou
- Tipicamente, existe mais informação a circular de um lado para o outro do que ao contrário
  - O tráfego de download é superior ao de upload

- Daí que as velocidades de downlink e uplink sejam diferentes
- Conexões assimétricas: `client-server model`
- Conexões simétricas: `peer-to-peer model`
  - Exemplos: chamadas
- Os valores de simetria de entre a `client-server` e `peer-to-peer` situa-se entre 1:5 e 1:10

## 9 Network Structure

- **Network borders**
  - Estações
  - Exemplo: a *network* que temos em casa
- **Network nucleus**
  - malhas de routers interligados
    - \* normalmente, por fibra ótica
  - cria uma *network* de *networks*
  - MPLS (Multi protocol label switching - circuitos virtuais sobre a uma camada física de links óticos)
- **Access Networks**
  - Interliga diferentes áreas
  - É o que o *network provider* nos vende
  - Ligação residencial/comercial
    - \* ADSL fiber
  - É o que bloqueia o acesso à Internet
  - O acesso é partilhado entre todos
    - \* Vários telefones partilham a mesma torre de telemóvel

### 9.1 Network peryphery (borders)

- Estações (`hosts`)
  - Executam aplicações
    - \* email
    - \* web

Num modelo **cliente-servidor**:

- A `client station` efetua um pedido a um serviço e recebe do servidor.
  - o servidor está sempre à escuta
  - Exemplo de serviços: browser/webserver e client/server email

Num modelo **peer-to-peer**

- Pequena utilização
- Nenhum ou poucos servidores dedicados.

## 9.2 Access Networks

- Como são efetuadas as conexões entre os núcleos
  - Redes de acesso residenciais;
  - Redes de acesso institucional (escolas, empresas);
  - Redes de Acesso móvel.
- Questões que se colocam:
  - Qual é a bitrate da rede de acesso?
  - A rede de acesso é partilhada ou dedicada?
  - Existe alguma *contention rate*?
  - Qual é a latência?

## 10 Contention rate

A taxa de contenção da rede é a

$$\text{contention rate} = \frac{\text{quantidade total de BW que estou a vender}}{N \text{ de clientes a que estou a vender}}$$

Pode facilmente variar entre 1 e 5. A largura de banda que é vendida a cada utilizador não é a largura de banda real que esse utilizador tem direito em todas as condições. O que acontece é uma partilha de recursos entre os vários clientes, uma vez que a probabilidade de os utilizadores todos precisarem da largura de banda máxima ao mesmo tempo é muito baixa, o dimensionamento do sistema para este caso é demasiado caro e conduz ao desperdício de recursos

A Internet funciona com base nos ganhos de multiplexagem. Leva à aplicação de *fare usage policies*, na qual a percentagem de tempo que um utilizador pode estar a utilizar a largura de banda máxima, i.e., em *peak-rate*, é cerca de 25%

## 11 Latency

Not the bitrate you have, but how long it takes you to have it

- Representa o tempo que um pacote demora a atravessar a rede através dos vários nós até atingir o nó de destino
- O tempo de acesso ao uplink depende da camada física
  - fibra melhor que ADSL

### 11.0.1 Acesso Residencial: point-to-point

- Router em casa:
  - access point: Wifi
  - \* switch de 4 portas
  - ONT: Optical Network Termination
- Usava-se um modem de telefone para se fazer uma ligação direta à camada física:
  - a rede de transporte de informação era a rede telefónica
  - Não era possível utilizar a Internet e telefone ao mesmo tempo
  - $\approx 2\text{Mb/s}$
  - 0 KHz - 4 kHz
  - Obsoleto
- ADSL: Asymmetric Digital subscriber
  - **upstream**: 4Mb/s
  - **downstream**: 30Mb/s
  - FDM: 50 kHz - 1 MHz para **downstream**
    - \* 4 kHz - 50 kHz para **upstream**
- Cable TV
- HFC: Hybrid Fiber COax
  - tv cabo
  - também é possível transmitir dados pela rede
- Wireless access networks

### 11.0.2 Acesso Residencial: cable modems

- HFC: Hybrid Fiber Coax
  - Assymetric:
    - \* 100 Mb/s **downstream**
    - \* 30 Mb/s **upstream**
- Uma rede de cabos e fibras conecta as casas ao router ISP

### 11.0.3 Acesso Institucional: local area networks

- local area network (LAN)
- efetua a ligação entre estações e routers
- Ethernet:
  - Conexão dedicada ou partilhada entre as estações e o router
  - 10 Mb/s, 100 Mb/s ou Gigabit Ethernet

## 12 Wireless Access Networks

- Acesso partilhado entre as estações e o router, usando um `access point`
- `Wireless LAN`: 802.11b (WI-FI):
  - $\approx 600MB/s_{max}, 50 - 100Mb/styp$
- `Wide Area Wireless Acces`
  - Provided by a telecommunications operator
  - 3G  $\Rightarrow \approx 10 MB/s$
  - UMTS (LTE)  $\approx 52 Mb/s$

## 13 Residential Networks

- Componentes Típicos
  - ADSL/cable model
  - router/firewall/NAT
  - Ethernet
  - Wireless Access Point