
IP Networks

Breve História da Internet

PEDRO MARTINS

April 1, 2018

Contents

1	IP Networks	4
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
2	Typical Service Mix	7
2.1	Internet	7
2.2	Protocolos	8
2.3	Pacotes	8
2.4	Internet Structure Internet Service Provider	9
3	Classification Styles	9
4	Methods for information forwarding in networks	10
4.1	Circuit Switching	10
4.2	Packet switching	10
4.3	Message switching	11
5	Transport relationship	12
5.1	Connectionless	12
5.2	Connection- oriented	12
6	Relações Hierárquicas/Relações de Importância	13
6.1	Modelo Cliente - Servidor	13
6.1.1	Cookies	13
6.1.2	Cache	14
7	Peer to peer communication	14
8	Logical Deployment	15
9	Network Structure	19
9.1	Network periphery (borders)	19
9.2	Access Networks	20
10	Contention rate	20
11	Latency	20
11.0.1	Acesso Residencial: point to point	20
11.0.2	Acesso Residencial: cable modems	21

11.0.3	Acesso Institucional: local area networks	21
12	Wireless Access Networks	22
13	Residential Networks	22
14	Modelos OSI	22
14.1	Physical Layer	24
14.2	Logical Layer	24
14.3	Network Layer	24
14.4	Transport Layer	24
14.5	Outras Camadas	25
14.6	Comunicação Interlayer	25
14.6.1	PDU's, SDUs e SAPs	25
14.7	Comunicação Peer-to-peer	26
14.8	Sistema Intermédio	26
14.9	A falta de sucesso do modelo OSI	26
15	TCP-IP vs OSI	27
16	Princípios dos Modelos da Internet	29

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 ¹, 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)

.

¹Há 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 *endpoints* 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
  - Mantêm a largura de banda

Hoje em dia as tecnologias que estabelecemos implementam *circuit switchig* 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
  - cada pacote é enviado **individualmente** e **independentemente** do anterior

---

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

- 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 switching*
- 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 switching* 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 switching

- Cada mensagem segue um caminho independente
- Cada mensagem pode ser armazenada em cada nó pelo tempo necessário
  - 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 cliente 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)

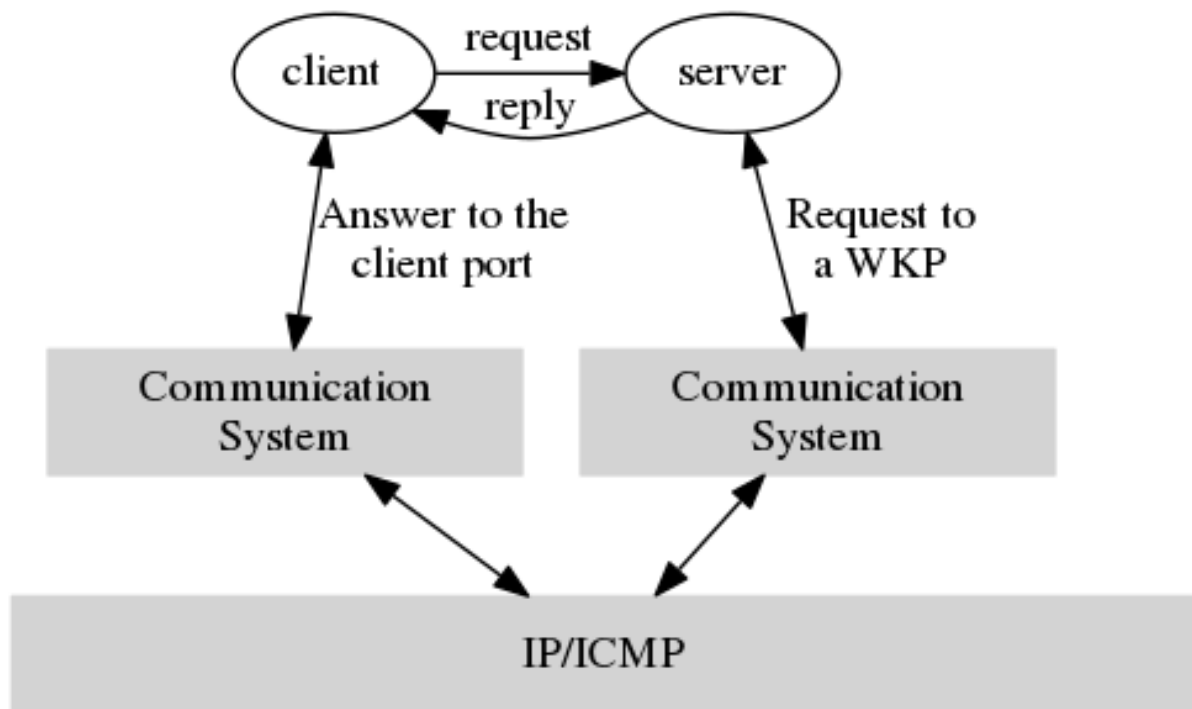
- HTTP: 80
- FTP: 20 e 21
- telnet: 23

#### 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\*\***
- 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?

---

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



**Figure 1:** Modelo Cliente Servidor

- 5 - Uso cookies: Se seleccionar 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 time stamp.
- 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 servidor:

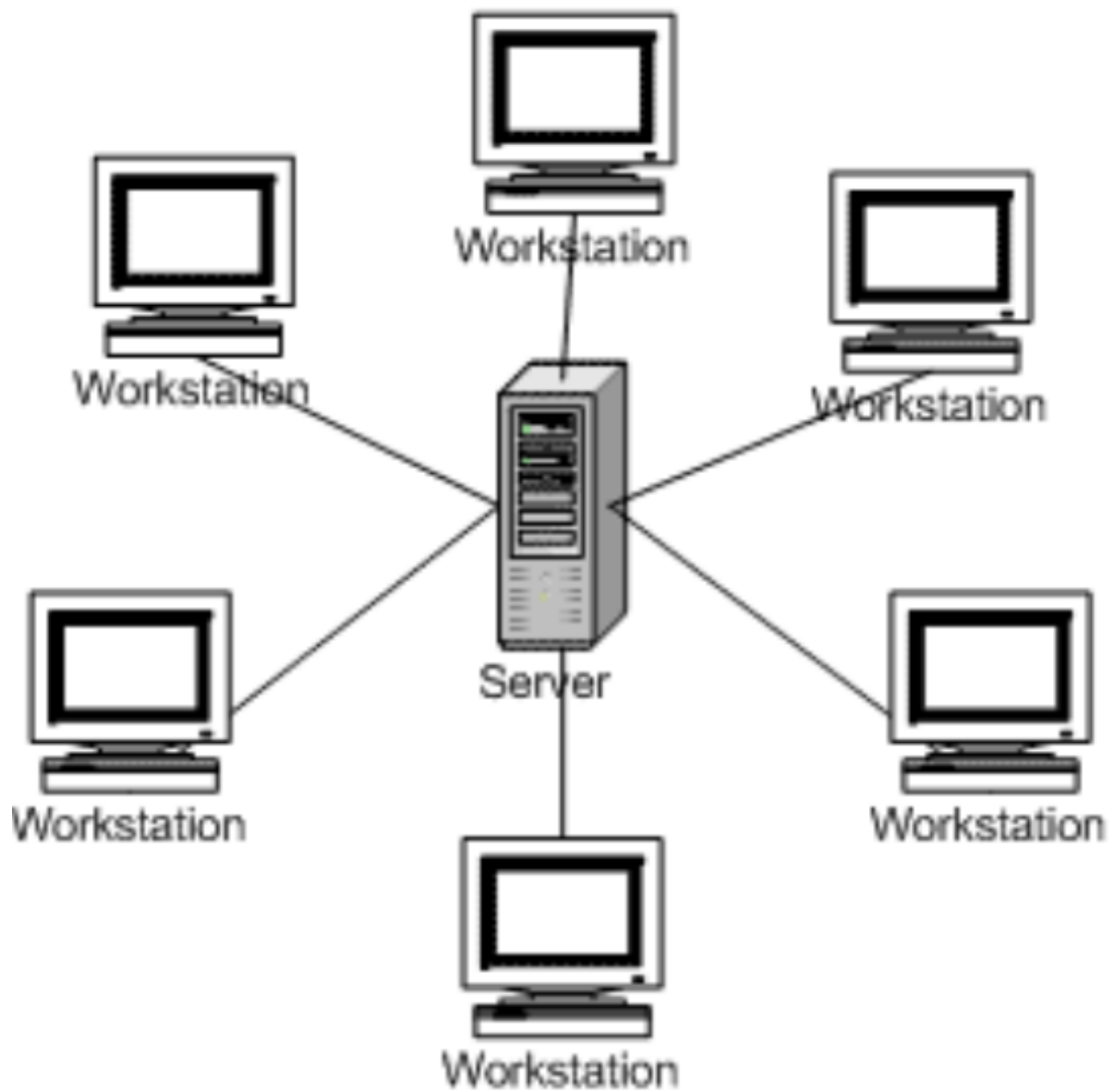
- Se a rede for muito grande, é mau porque uma rede peer-to-peer não tem nenhum servidor estável
- A probabilidade de existir um problema na rede aumenta
- Num serviço http, a ligação entre o cliente e o servidor é muito mais estável;
- Exemplos:
  - torrent
    - \* download efetuada entre múltiplos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

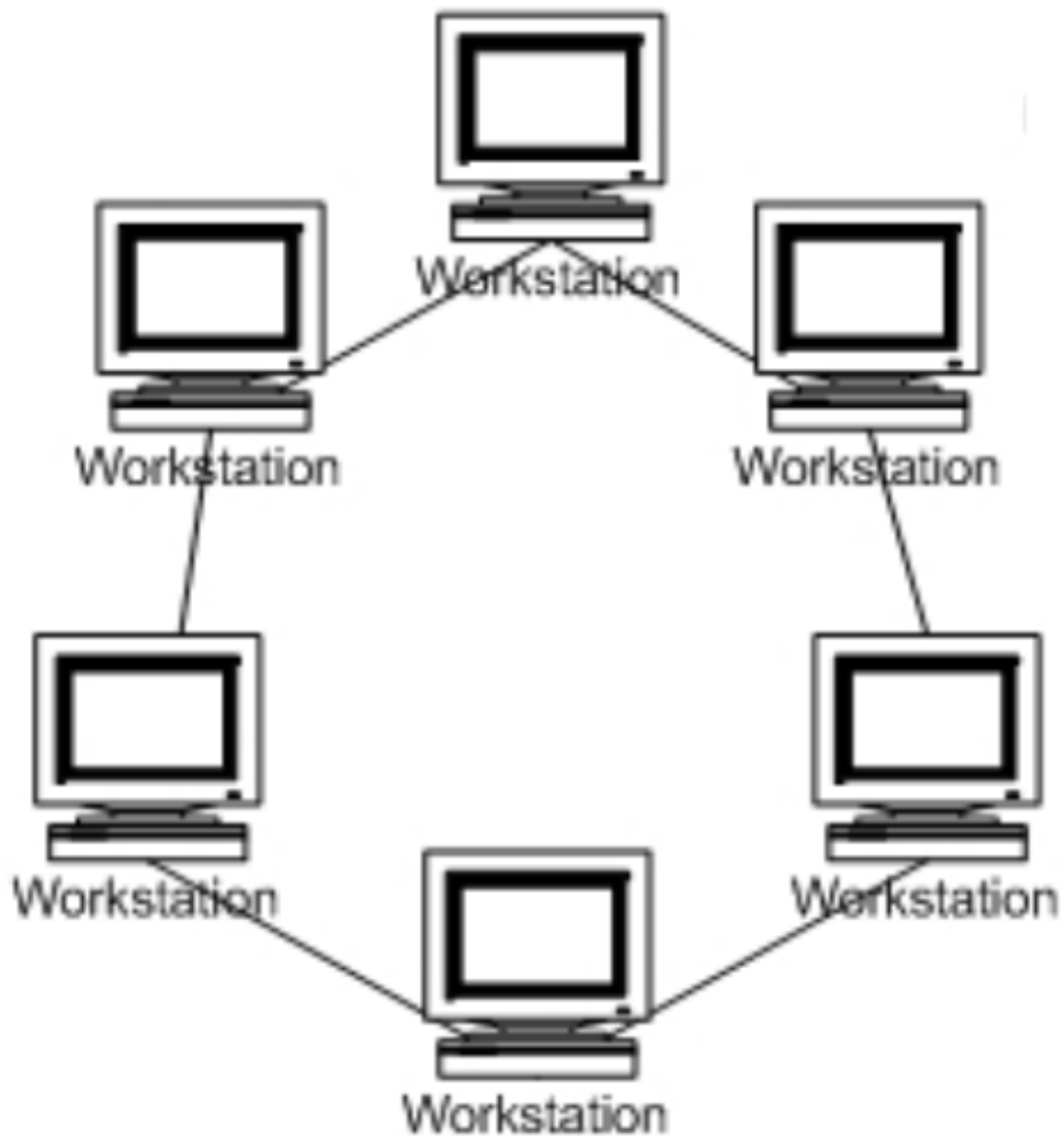
A relação lógica pode ser:

- **unicast**



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





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

- 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
  - unidirectional
  - 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
- **Symmetrical/Asymmetrical**

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 periphery (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/web server 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
  - Asymmetric:
    - \* 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):
  - $\approx 600MB/s_{max}, 50 - 100Mb/s_{typ}$
- `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

## 14 Modelos OSI

- A comunicação entre duas entidades distintas exige que:
  - as entidades aceitem regras e protocolos de comunicação
  - Existam regras que sejam *standard*
  - Todas as entidades reconheçam e apliquem estas regras
- A comunicação deve respeitar algumas funcionalidades:
  - Controlar acessos e a utilização do meio
  - Identificação correta do emissor e do recetor
  - `Routing` adequado da informação
  - Garantias que a informação é entregue ao destinatário
  - Detecção de erros

|   |              |
|---|--------------|
| 7 | Application  |
| 6 | Presentation |
| 5 | Session      |
| 4 | Transport    |
| 3 | Network      |
| 2 | Logical      |
| 1 | Physical     |

**Figure 4:** OSI Model

- **OSI:** Open Systems Interconnect
- **ISO:** International Standards Organization

Um sistema possui as seguintes camadas, organizada por funções:

- Transporte de informação através da rede:
  - Transporte
  - Network
  - Logical
  - Physical
- Interação entre as diferentes funcionalidades da rede
  - Application
  - Presentation
  - Session

Vantagens:

- Modular
- Flexível
- Bem estruturada

Desvantagens

- Complexa
- Demasiado overhead causado pelo elevado número de camadas
- Falta de aplicabilidade prática

## 14.1 Physical Layer

- Transdutor elétrico: transforma os bits em sinais físicos (elétricos, óticos ou ondas rádio)
  - Colocar os sinais físicos no respetivo meio de transmissão
  - Recebe os sinais elétricos do meio de transmissão e
- Sincroniza a informação recebida
  - Independentemente do que está a ser transmitido, recebemos sempre “alguma coisa”
  - É preciso detetar se esse sinal corresponde a ruído ou informação
- Define o tamanho máximo dos pacotes e os conectores
- Impõe as restrições físicas ao sistema
- Em larga escala, é o fator mais importante do custo

Bitrate do Wifi:

- Depende da norma (wifi standards)
- da potência do sinal
- Usa OFDM
- Usa bits de controlo para identificar o início e o fim das mensagens
- RS232 é banda base
- SFD: Start Frame Delimiter
- Preamble: Saber a que velocidade estou:
  - Envio uma sequência de relógio e usando uma PLL faço a extração do relógio e sincronizo

## 14.2 Logical Layer

- Assegura que existe uma partilha justa dos recursos pelas diferentes estações
- Identifica as entidades envolvidas
- Direciona a informação entre as máquinas da rede
- Serve de interface com a Network Layer

## 14.3 Network Layer

- **Network identification:** Permite identificar diferentes máquinas em diferentes domínios lógicos
- Especifica como é que as máquinas dentro desses domínios comunicam
- Interliga diferentes redes
- Define caminhos de interligação entre diferentes redes
- Reencaminha pacotes entre diferentes redes

## 14.4 Transport Layer

- Assegura a ligação entre dois pontos da rede



- Pode ser usada para estabelecer uma conexão
- É nesta camada que são efetuadas as ligações ponto a ponto
- Garante certas funcionalidades da conexão
  - e.g.: *packet reordering*
- Controla o uso da rede de forma eficiente e.g.: previne a congestão da rede

## 14.5 Outras Camadas

- Sessions
  - Estabelece a relação de sessões entre conexões partilhadas pela mesma funcionalidade
- Presentation
  - Encriptação
  - Segurança
  - Confidencialidade
- Application
  - A Aplicação/funcionalidade que requer a comunicação

## 14.6 Comunicação Interlayer

- Cada camada adiciona um header
- Cada header é adicionada a uma camada específica no transmissor e decodificado pela mesma layer no recetor

Note-se ainda que:

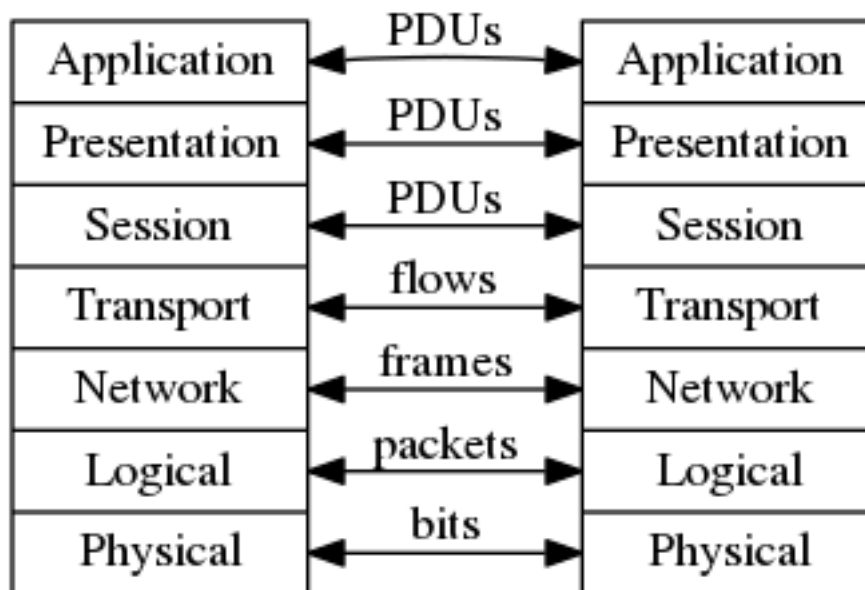
- O que se passa dentro dos computadores não faz parte da rede
- A camada lógica está dividida em duas camadas
  - lógica
  - DLC

### 14.6.1 PDUs, SDUs e SAPs

- Cada camada funciona adicionando um header à mensagem
  - Causa grande overhead
- Cada camada transporta um pacote de dados da camada acima e usa os recursos de comunicação da camada abaixo
- Cada camada comunica logicamente com a mesma layer no recetor
- **PDUs:** Protocol Data Unit

- **SDU:** Service Data Unit
- **SAP:** Service Access Point

### 14.7 Comunicação Peer-to-peer

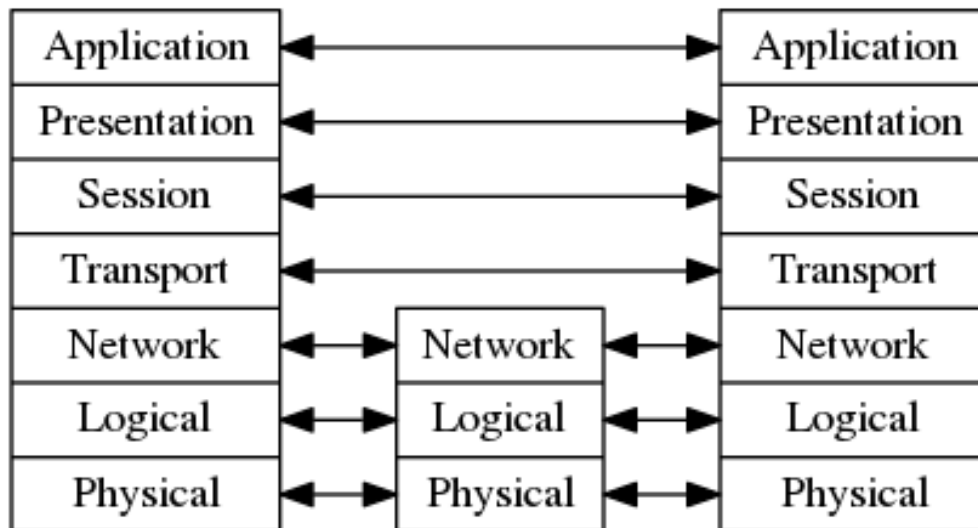


**Figure 5:** Comunicação lógica entre camadas

### 14.8 Sistema Intermédio

### 14.9 A falta de sucesso do modelo OSI

- Os protocolos demoraram demasiado tempo para serem concluídos
- Foi difícil obter uma cópia dos documentos que descrevem os protocolos
- Protocolos difíceis de implementar
  - X.400
  - X.500
  - FTAM
  - CLNP



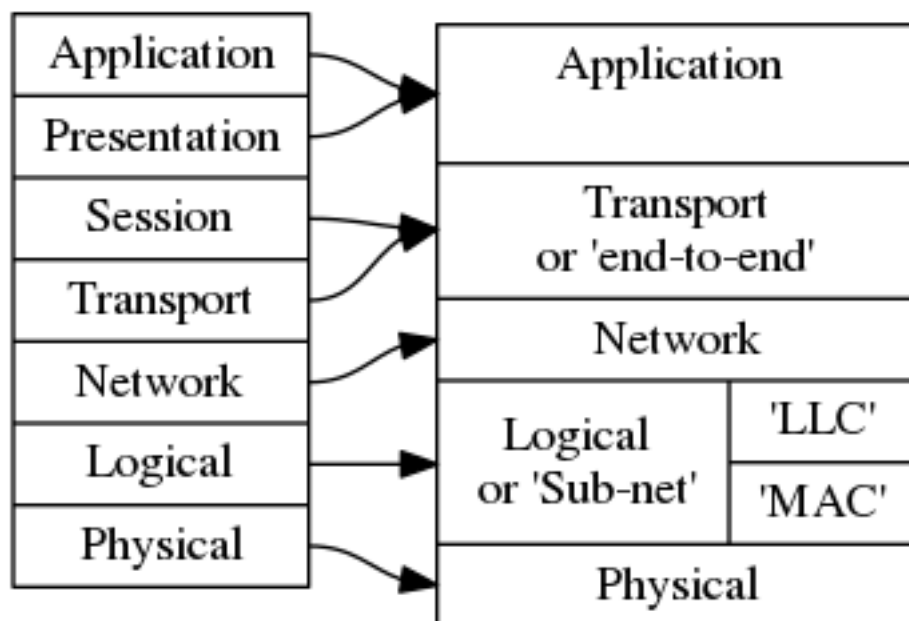
**Figure 6:** Sistema Intermédio

- X.25
- CMIP
- ES-IS
- IS-IS
- Estrutura demasiado complexa para o equipamento da altura

## 15 TCP-IP vs OSI

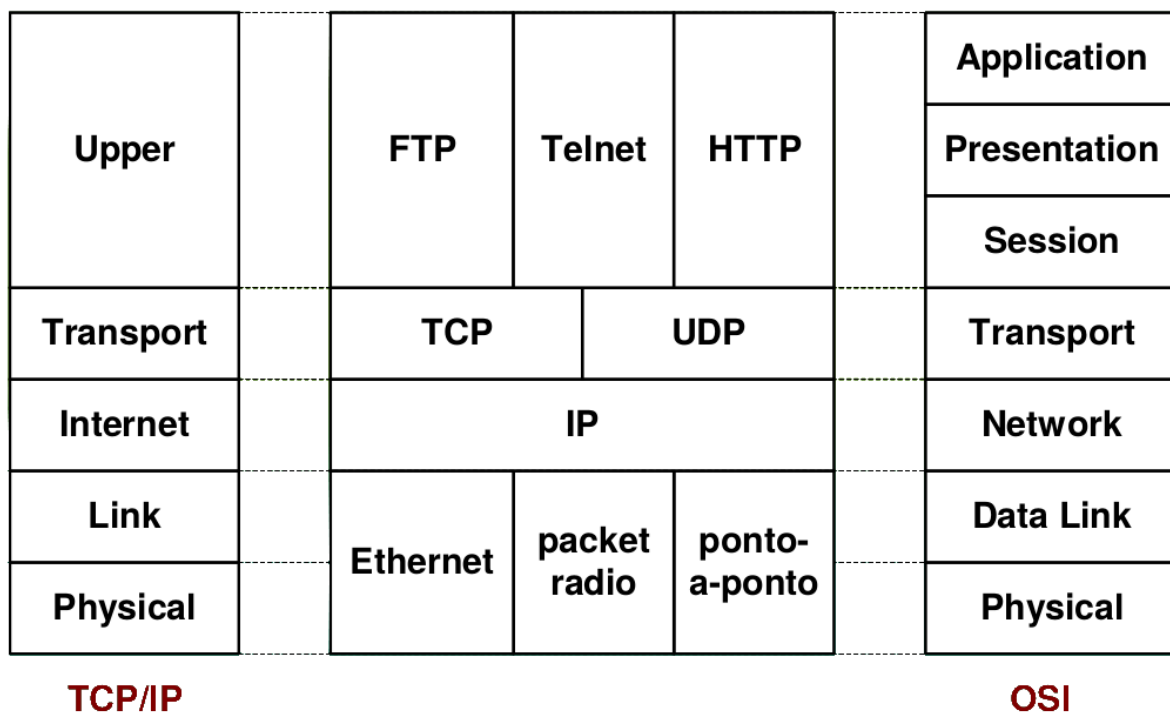
O modelo TCP-IP substituiu o modelo OSI, por ser **mais simples, menos complexo e mais abstracto**.

- Vantagens:
  - **Menos Níveis:**
    - \* A *Presentation Layer* está incluída na *Application Layer*
    - \* A *Session Layer* e a *Transport Layer* estão fundidas numa única, representando *End-to-End*
  - Um único nível de Internet (i.e., de redes interconectadas), que é orientado ao *connectionless*
    - \* Simples e mais eficiente
  - O nível *sub-network* é deixado indefinido de forma propositada. Pode ser:



**Figure 7:** Comparação das camadas do Modelo TCP-IP com as camadas do modelo OSI

- \* Uma conexão **point-to-point**
- \* Uma rede complexa com **internal switching**
- \* Na prática é considerado que é uma rede que usa a tecnologia IEEE 802.x
- Focado numa perspectiva **end-to-end**
  - \* A estrutura interna da rede é **muito mais simples**

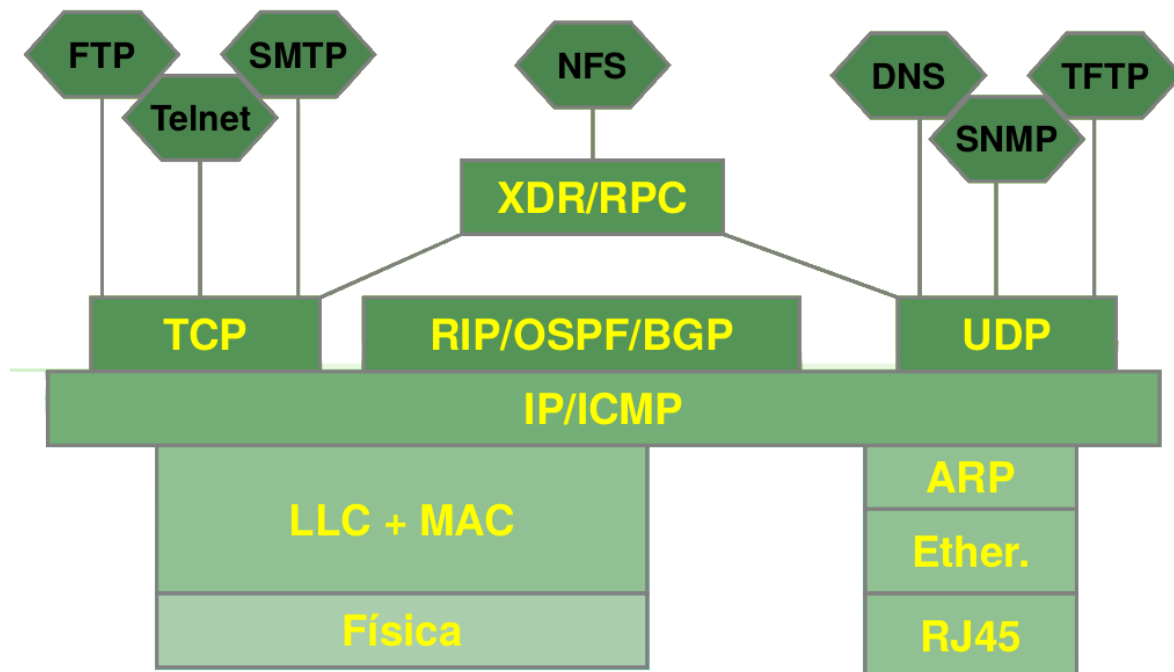


**Figure 8:** Comparação entre o modelo TCP/IP e o modelo OSI

Quando discutimos redes, costumamos usar o modelo OSI, excluindo a camada MAC e DLC, mesmo que a implementação dessas redes não siga o modelo OSI.

## 16 Princípios dos Modelos da Internet

- End-to-end
  - Remove a complexidade das camadas inferiores da rede para as camadas superiores da rede
  - Os nós intermédios da rede ficam mais simples
  - A rede é connectionless
  - Não existe a noção de estado ou memória
- Simplificação
  - Apenas 5 níveis
  - Os problemas das camadas superiores são apenas problemas de protocolo



**Figure 9:** Stack TCP/IP

- Connectionless network level
  - Cada pacote possui informação da origem e destino
  - Fácil de implementar sobre o meio físico
  - Cada pacote transporta toda a informação necessária para circular na rede
- Protocolos flexíveis na camada de transporte
  - TCP
  - UDP
  - cumpriam tudo o que era necessário na altura
- *Interlayer Communication*
  - São adicionados *headers* em cada camada
  - Cada *header* é adicionado numa camada do TX e removido na mesma camada do RX
- A *sub-network* é deixada indefinida de forma propositada
  - Permite utilizar diferentes tipos de implementações com a mesma interface
  - Normalmente é utilizada uma das normas IEEE que normaliza a camada física
  - O protocolo Internet simplesmente assume que a rede é uma rede IEEE
  - O Modelo da Internet não se preocupa com a camada física

Na prática, a rede não funciona a 100% assim, sendo mais complexa do que o enunciado.