
IP Networks

Breve História da Internet, O que é a Internet, Comunicação, Estilos de Classificação, *Forwarding* de Informação, Camada Lógica, Estrutura da Rede, Relações da Camada de Transporte, Relações Hierárquicas e Modelo OSI

PEDRO MARTINS

April 11, 2018

Contents

| | | |
|----------|---|-----------|
| 1 | Breve História da Internet | 4 |
| 1.1 | Motivação | 4 |
| 1.1.1 | 1990: Internet Crisis | 4 |
| 1.2 | The Internet Society | 5 |
| 1.2.1 | Organização e Estrutura | 5 |
| 1.3 | Evolução da Internet | 5 |
| 2 | O que é a Internet? | 6 |
| 2.1 | Protocolos | 6 |
| 3 | Comunicação - Protocolos e Estrutura | 7 |
| 3.1 | Typical Service Mix | 7 |
| 3.2 | Protocolos | 8 |
| 3.2.1 | Pacotes | 9 |
| 3.3 | Valley-free Routing | 9 |
| 4 | Classification Styles | 10 |
| 5 | Methods for information forwarding in networks | 10 |
| 5.1 | Circuit Switching | 10 |
| 5.2 | Packet switching | 11 |
| 5.3 | Message switching | 12 |
| 6 | Logical Deployment | 13 |
| 7 | Network Structure | 16 |
| 7.1 | Network periphery (borders) | 16 |
| 7.2 | Access Networks | 17 |
| 7.2.1 | Contention rate | 17 |
| 7.2.2 | Latency | 17 |
| 7.2.3 | Residential Networks | 18 |
| | Acesso Residencial: point to point | 18 |
| | Acesso Residencial: cable modems | 18 |
| 7.2.4 | Acesso Institucional: local area networks | 19 |
| 7.3 | Wireless Access Networks | 19 |
| 8 | Transport relationship | 19 |
| 8.1 | Connectionless | 19 |
| 8.2 | Connection- oriented | 19 |
| 9 | Relações Hierárquicas/Relações de Importância | 20 |
| 9.1 | Modelo Cliente - Servidor | 20 |
| 9.1.1 | WCP: Well Known Ports (TCP/UDP) | 21 |
| 9.1.2 | Cookies | 21 |

| | | |
|-----------|---|-----------|
| 9.1.3 | Cache | 21 |
| 9.2 | Peer to peer communication | 22 |
| 9.2.1 | Comparação com o modelo cliente servidor: | 22 |
| 10 | Modelos OSI | 23 |
| 10.1 | Physical Layer | 24 |
| 10.2 | Logical Layer | 24 |
| 10.3 | Network Layer | 25 |
| 10.4 | Transport Layer | 25 |
| 10.5 | Outras Camadas | 25 |
| 10.6 | Comunicação Interlayer | 25 |
| 10.6.1 | PDU's, SDUs e SAPs | 26 |
| 10.7 | Comunicação Peer-to-peer | 26 |
| 10.8 | Sistema Intermédio | 27 |
| 10.9 | A falta de sucesso do modelo OSI | 27 |
| 10.9.1 | TCP-IP vs OSI | 27 |
| 10.10 | Princípios dos Modelos da Internet | 29 |

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*

1.1 Motivação

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 sabotado¹, o sistema de comunicação do país ficava **inoperacional**

A solução encontrada foi utilizar um **sistema distribuído**.

- Remove-se o **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 1990: Internet Crisis

- A tecnologia foi toda paga pelo Governo Americano
- Questões que se colocam:

¹Há uns anos atrás era *peer-to-peer*

- Quem é o dono da Internet?
- Quem é o responsável pela sua gestão?
- Solução:
 - Criação de um órgão de gestão: [The Internet Society](#)
- Todo o material público na Internet pertencem à [Internet Society](#)

1.2 The Internet Society

A Internet funciona com base em:

- **consensos:** protocolos
- **código funcional:** implementação dos protocolos

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.

Funciona com base em [RFC](#) - Request For Comments. Sempre que se quer acrescentar algo novo ou ratificar protocolos existentes, são efetuados [RFC](#)

1.2.1 Organização e Estrutura

- 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*)
 - * Responsável pela gestão dos:
 - DNS
 - domínios TLD (Top Level Domains)

As conexões entre a Internet Tree não é hierárquica

1.3 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

2 O que é a Internet?

A Internet é uma rede **aproximadamente hierárquica**. Pode ser vista como uma “**rede de redes**”, que permite a ligação entre várias redes, que podem conter características muito diferentes.

É constituída por um conjunto de dispositivos ligados entre si, que hierarquicamente podem ser:

- `hosts`
- `terminal systems`

Exemplos de dispositivos:

- computadores
- telemóveis
- sensores
- *smart TVs*
- etc.

Estes dispositivos estão ligados através de `links`. Os links que permitem a conectividade entre a Internet normalmente são de fibra ótica.

Cada dispositivos executa uma **aplicações distribuídas**, ou seja:

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

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 hop. Estima-se que o maior trajeto entre dois pontos seja um número entre 130 e 140 hops.

2.1 Protocolos

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

Por definição, uma rede privada na Internet não faz parte da Internet. A esta rede chamo de Intranet. Existem várias diferenças, mas uma das principais é a nível protocolar, uma vez que para ter uma rede privada de Internet apenas preciso de correr o protocolo TCP-IP

3 Comunicação - Protocolos e Estrutura

A Internet é um sistema escalável e capaz de se dividir em sub-redes, que utilizam os mesmos 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.

A Internet, para funcionar como uma entidade, requer:

- elementos de comutação
- elementos terminais

As conexões físicas são asseguradas através de cabos e **routers**. **Routers:** são dispositivos que transportam pacotes entre conexões físicas de redes diferentes. Uma rede é um sistema usado para conectar dispositivos que usa apenas uma tecnologia única de transmissão.

```
1 # Para visualizar a IP routing table de um PC Linux
2 $ route
```

3.1 Typical Service Mix

É um recurso flexível, que ao contrário da rede telefónica, permite ganhos de multiplexagem. Isto significa que posso **subdimensionar** a rede, criando uma rede que não tem condições de suportar as condições máximas de uso de todos os seus utilizadores, mas na **maior percentagem de tempo**, sim.

Exemplo: rede de 1 gigabit dividida por vários utilizadores

- Tenho 100 utilizadores
- Na maioria dos tempos, quando um utilizador precisa de um gigabit, tem um gigabit
- Mas como na maioria do tempo os utilizadores não precisam de 1 gigabit, escuso de ter uma rede de 100 gigabit
 - Sub dimensiono a rede

- Os utilizadores recebem menos que um gigabit, apesar de lhes ser dito que a rede fornece um gigabit
- Ocorre a **congestão da rede** quando todos os utilizadores precisam de 1 Gigabit

Por isso se diz que a Internet 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 Internet nunca garante serviços de emergência, ao contrário de uma rede telefónica

Desde que este método foi implementado, algumas das características do consumo de Internet tem tido algumas consequências na 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
- A camada física é muito melhor do que era anteriormente.

3.2 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

Especifica ainda detalhes de implementação, como:

- 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?

É importante referir que:

- Diferentes pedidos têm obviamente diferentes formatos e diferentes ações que devem ser tomadas
- Os protocolos funcionam nos extremos da rede e não no seu intermédio/caminhos da rede.
- Os seres humanos também 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. Um protocolo nada mais é do que um **acordo entre duas entidades**

3.2.1 Pacotes

- A informação é separada 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.

3.3 Valley-free Routing

- 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 pode **atravessar 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 e pode ser verificado usando o **WireShark**, que permite, entre outras coisas, enviar pacotes para a rede e estudar o comportamento dos pacotes na mesma, bem como o funcionamento da rede

4 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
- Como é que a informação é enviada, i.e., 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

5 Methods for information forwarding in networks

5.1 Circuit Switching

Caracteriza-se por:

- Reservar recursos entre os *endpoints* para a conexão
 - Os recursos são alocados e permanecem ativo enquanto a conexão durar
- Podem ser necessários processos auxiliares para iniciar e finalizar a conexão
 - Estes processos são **externos** ao sistema de conexão,
 - * Existem 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 implementados com recurso a *circuit switching*:

- correspondiam a alguém conectar **fisicamente** dois cabos,
- Efetuava 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*², 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
 - As comunicações que já foram aceites persistem até serem terminadas

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

5.2 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
 - não existe qualquer relação **para a rede** entre os pacotes enviados
 - * obviamente, que para o recetor e emissor possuem
 - Não existem quaisquer garantias que os pacotes:
 - * sigam todos o mesmo percurso entre o emissor e o recetor
 - * cheguem por ordem
 - * Cheguem ao destino
- 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

²*jitter*: variação do delay

- Não é requerido qualquer **overhead** inicial e final para estabelecer/terminar a ligação
- **congestão causa perdas e atrasos no envio da informação**
 - Se existir demasiado tráfego na rede, pode ocorrer a perda de pacotes
 - 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 os pacotes têm um tamanho fixo no *packet switching*

Uma visão fundamentalista indica que uma rede de *packet switching* não se comporta como uma rede de circuitos (*circuit switching*) Uma visão prática diz que sim, visto que em 99% dos casos uma rede de pacotes comporta-se com uma rede de circuitos Para ser 100% seria necessário muito dinheiro, o que inviabiliza o projeto do ponto de vista economicamente.

Em termos práticos, *packet switching* é melhor para o tipo de tráfego que fazemos hoje em dia.

5.3 Message switching

- Cada mensagem segue um caminho independente
- Cada mensagem pode ser armazenada em cada nó pelo tempo necessário
 - e.g., 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 as outras \Rightarrow **independência entre mensagens**
- Cada mensagem, **ao contrário de um pacote é totalmente contida em si mesma**
- Cada pedaço da informação enviada, i.e., cada mensagem, **tem significado sozinha**

6 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

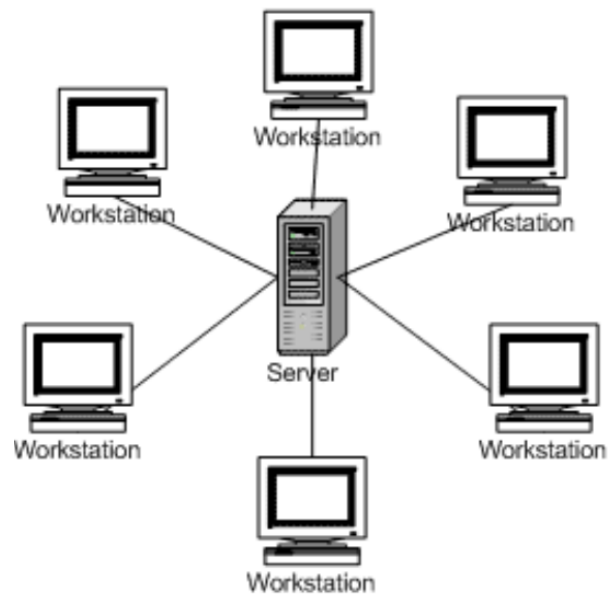


Figure 1: Modelo lógico de uma rede Cliente Servidor

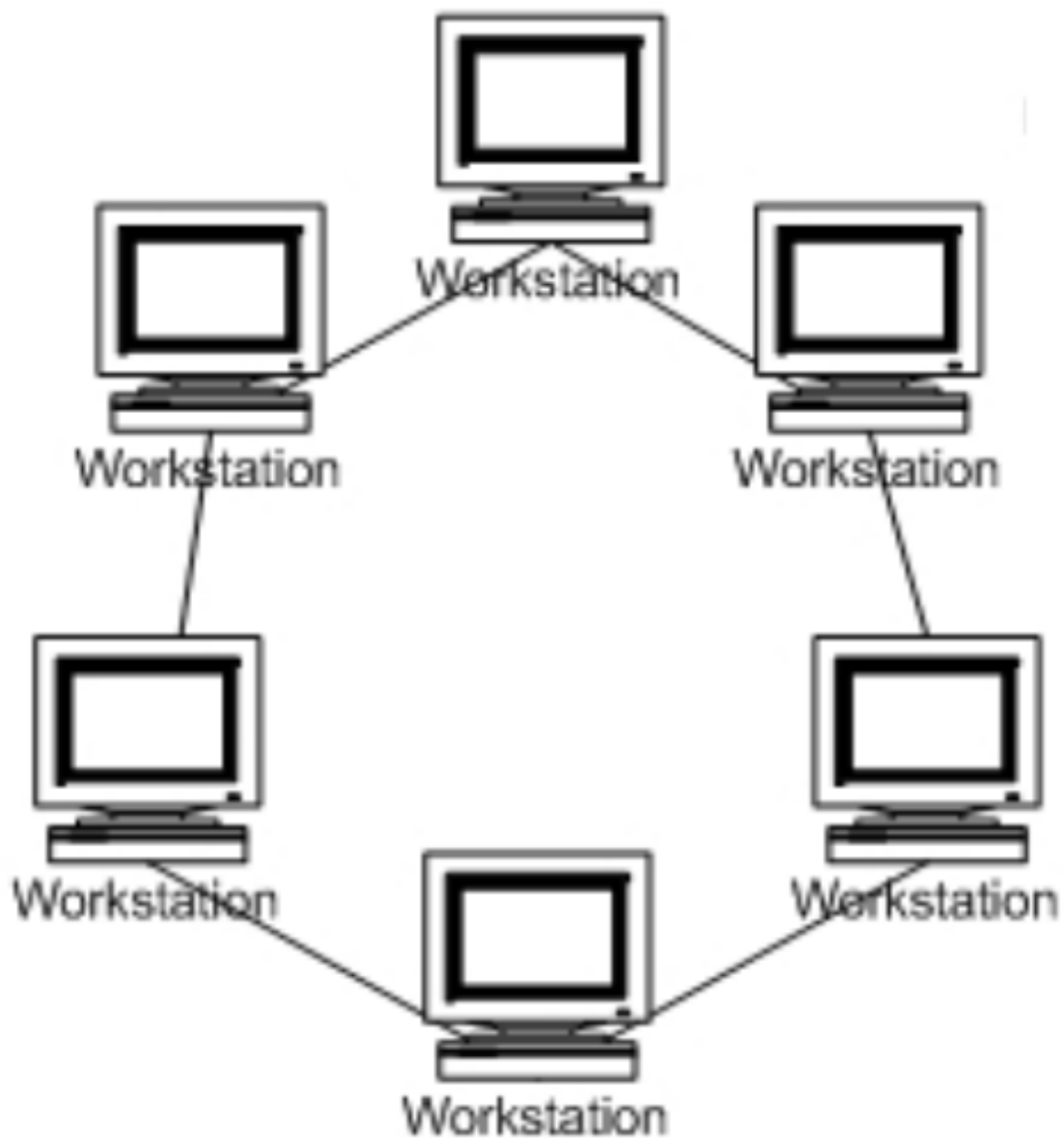


Figure 2: Modelo lógico de uma rede Peer-to-peer

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)
 - não 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
- **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** situam-se entre 1:5 e 1:10

7 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

7.1 Network periphery (borders)

- Estações (*hosts*)

- Executam aplicações
 - * email
 - * web

Num modelo **cliente servidor**:

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

Num modelo **peer-to-peer**

- Pequena utilização
- Nenhum ou poucos servidores dedicados

7.2 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?

7.2.1 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 todos os utilizadores 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.

Assim, é optado por subdimensionar a rede, numa proporção de 5 a 10 vezes. A rede é *best effort* e em situações de **congestionamento** a qualidade de serviço deteriora-se

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%

7.2.2 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

7.2.3 Residential Networks

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

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

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 (Internet Service Provider)

7.2.4 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

7.3 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
 - $3G \implies \approx 10 MB/s$
 - UMTS (LTE) $\approx 52 Mb/s$

8 Transport relationship

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

- `Connectionless`
- `Connection oriented`

8.1 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 receptor 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 receptor

8.2 Connection- oriented

- É necessário estabelecer uma conexão entre o emissor e o receptor 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 da informação (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
 - Política FIFO
- Exemplos:
 - vpn
 - rede `peer-to-peer`
 - * torrents
 - * ligação entre duas entidades, no geral
 - modelo cliente-servidor
 - * *request HTTP*: aceder a um website

9 Relações Hierárquicas/Relações de Importância

9.1 Modelo Cliente - Servidor

- Modelo **mais utilizado na Internet** ³
- Os clientes comunicam com uma **entidade hierarquicamente** superior a eles
 - 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

³Há uns anos atrás era `peer-to-peer`

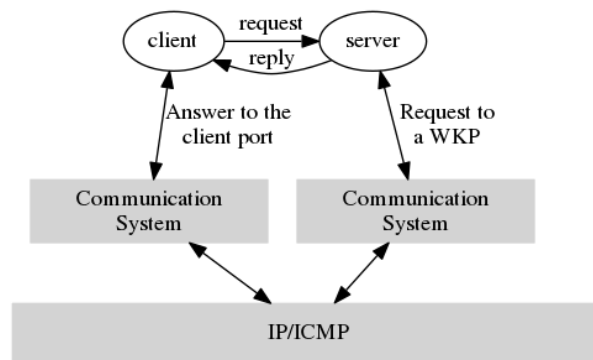


Figure 3: Modelo Cliente Servidor

9.1.1 WCP: Well Known Ports (TCP/UDP)

Portos mais conhecidos e tabelados internacionalmente.

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

9.1.2 Cookies

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

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?

- Uso cookies: Se seleccionar português, guardo um cookie que me indica que todas as páginas daquele servidor devem ser vistas em português.
- Quando abro outra página/link daquele servidor, envio a informação contida no cookie no pedido, e recebo a página em português

This is how we design a state awareness system in a stateless web engine

9.1.3 Cache

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

9.2 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
 - * efetuar pedidos
 - * responder a pedidos
 - * etc.
- 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

9.2.1 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)

10 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

10.1 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

10.2 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

10.3 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

10.4 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

10.5 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

10.6 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

10.6.1 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

10.7 Comunicação Peer-to-peer

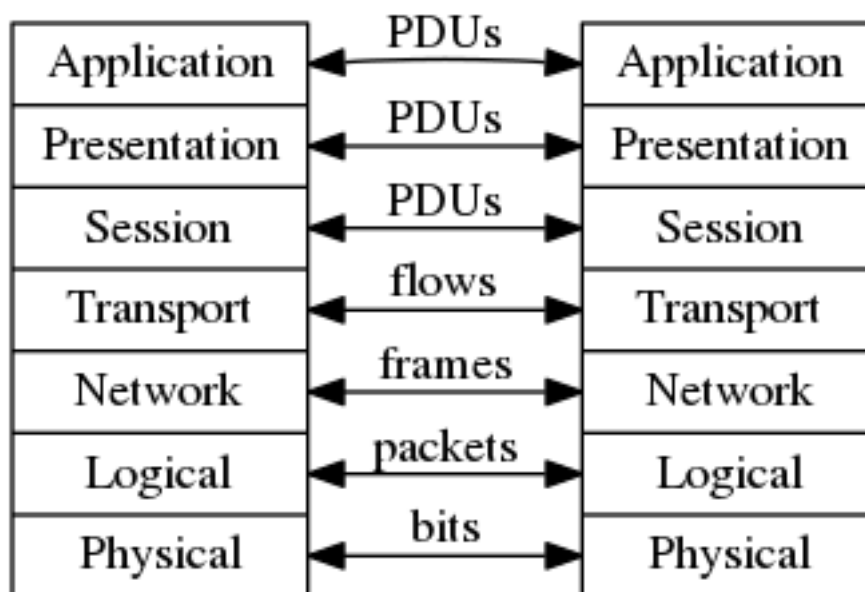


Figure 5: Comunicação lógica entre camadas

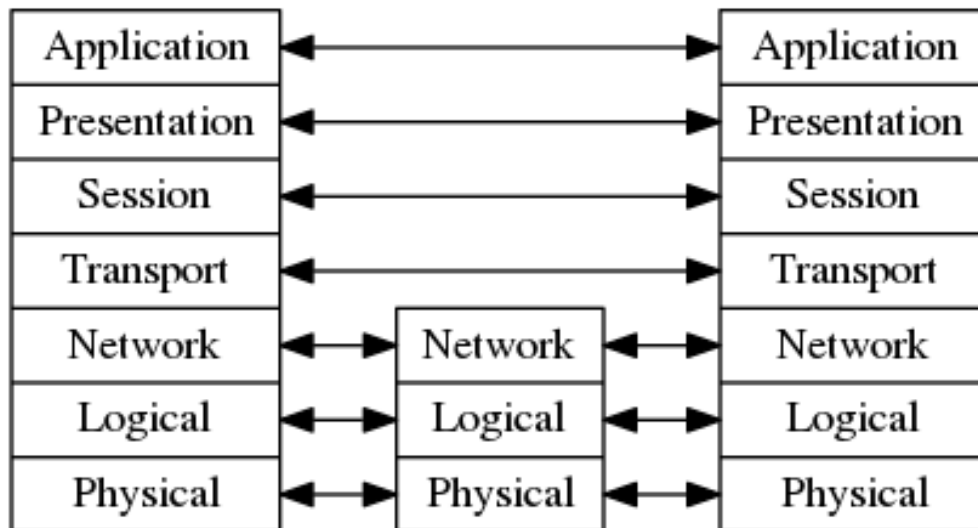


Figure 6: Sistema Intermédio

10.8 Sistema Intermédio

10.9 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
 - X.25
 - CMIP
 - ES-IS
 - IS-IS
- Estrutura demasiado complexa para o equipamento da altura

10.9.1 TCP-IP vs OSI

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

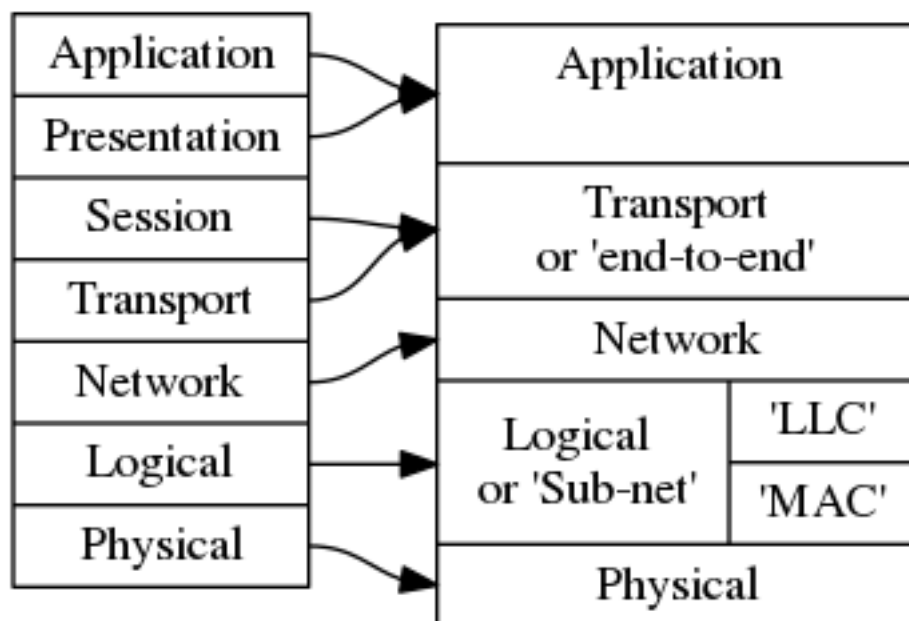


Figure 7: Comparação das camadas do Modelo TCP-IP com as camadas do modelo OSI

- 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:
 - * 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**

| | | | | | | |
|-----------|--|----------|--------------|---------------|--|--------------|
| Upper | | FTP | Telnet | HTTP | | Application |
| | | | | | | Presentation |
| | | | | | | Session |
| Transport | | TCP | | UDP | | Transport |
| Internet | | IP | | | | Network |
| Link | | Ethernet | packet radio | ponto-a-ponto | | Data Link |
| Physical | | | | | | Physical |

TCP/IP

OSI

--

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.

10.10 Princípios dos Modelos da Internet

- End-to-end

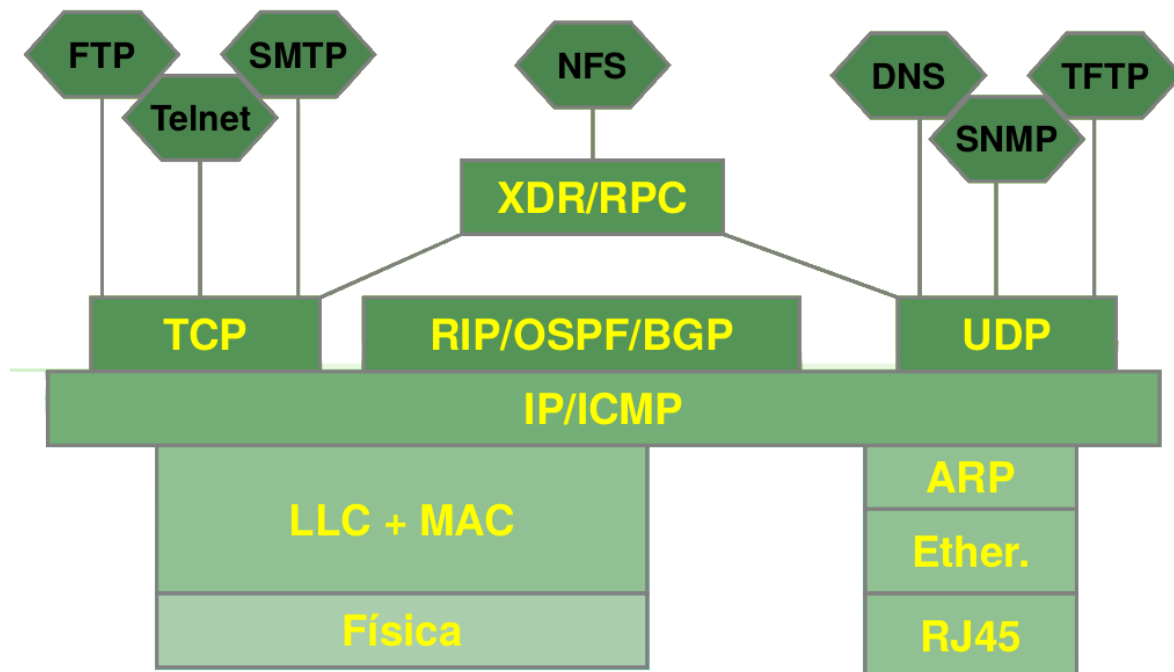


Figure 9: Stack TCP/IP

- 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
- 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.