



REDES DE COMPUTADORES

Unidade Curricular de Redes de Computadores

Licenciatura em Engenharia Informática

Ano Letivo 2021/2022

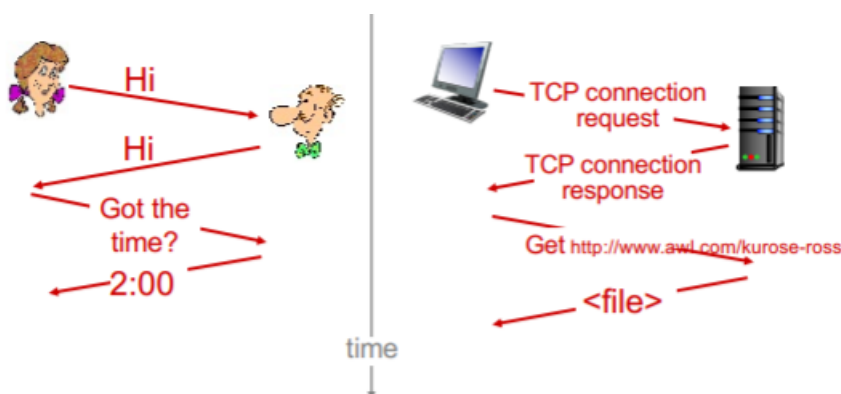
1. Capítulo 1 – Roadmap

1.1. O que é a internet?

Componentes de Hardware ou Software da Internet:

- Host ou end system: telemóveis, impressoras, qualquer equipamento ligado à rede
- Links de comunicação (ligações): fibra ótica, cobre, via satélite, radio
 - Taxa de transmissão: a largura de banda determina o número de bits (informação) que é possível transmitir numa dada unidade de tempo (por segundo)
- Routers e switches: conduzem e encaminham o tráfego que os utilizadores geram nas aplicações
- Internet: redes de redes – conjunto de protocolos de comunicação/aplicação.
- Protocolos: conjunto de regras que regulamentam a comunicação. Definem formatos, ordem de mensagens que são recebidas e enviadas entre as entidades e quais são as ações que devem ser tomadas quando as mensagens são enviadas ou recebidas
 - TCP, IP, HTTP, Skype, 802.11;
 - TCP e o IP são os principais. TCP assegura a entrega fiável fim a fim (do utilizador A – origem - para o utilizador B – destino). As redes IP são responsáveis por fazer o encaminhamento dos dados que se gera pelo conjunto de redes interligadas;
- Internet Standards: especificações normativas de uma tecnologia ou metodologia aplicada à internet
 - RCF: memorando que descreve métodos, comportamentos, pesquisa e invocação aplicada à internet e aos sistemas conectados por internet;
 - IETF: entidade que cria e publica estas normas.

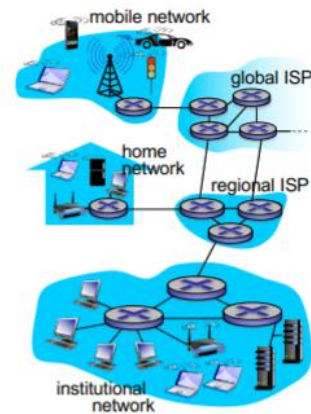
Protocolo humano vs Protocolo de redes:



1.2. Periferia de Rede

Estrutura de uma rede:

- Hosts: clientes e servidores (muitas vezes, em data centers);
- Redes de acesso: rede por cabo, rede sem cabo
- Core da rede: equipamento de interligação que assegura o tráfego

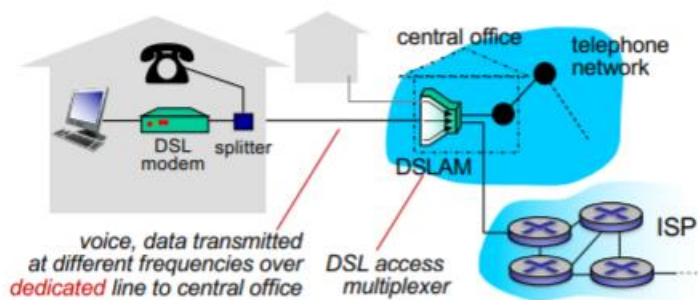


Conexão end systems e edge router:

- Redes de acesso residencial
- Redes de acesso institucional
- Redes de acesso móvel

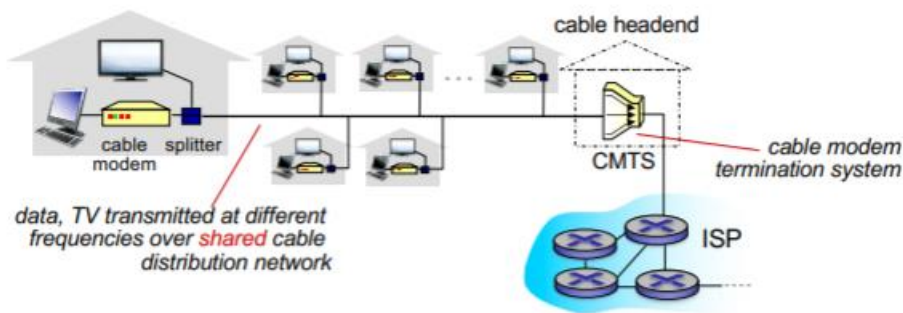
Acesso à Rede:

- DSL – digital subscriber line: utilização da rede de telefone existente com acesso ao central office
 - A transferência de dados através da linha DSL vai para a internet
 - A transferência de voz através da linha DSL vai para a rede telefônica
 - Taxa de transmissão:
 - <2.5Mbps upstream
 - <24 Mbps downstream

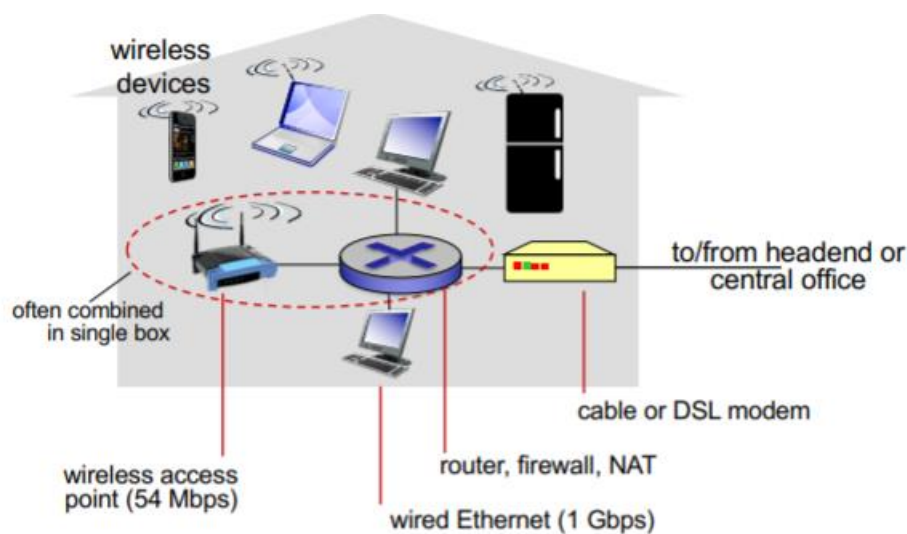


- Rede de cabo:
 - Multiplexagem no domínio da frequência: diferentes canais a transmitirem frequências diferentes
 - HFC – Hybrid Fiber Coax:
 - Assimétrico: taxa de transmissão de até 30 Mbps downstream e de 2 Mbps upstream

- A fibra liga as casas ao router ISP, sendo que as casas partilham o cabo, não tendo um acesso dedicado ao central office

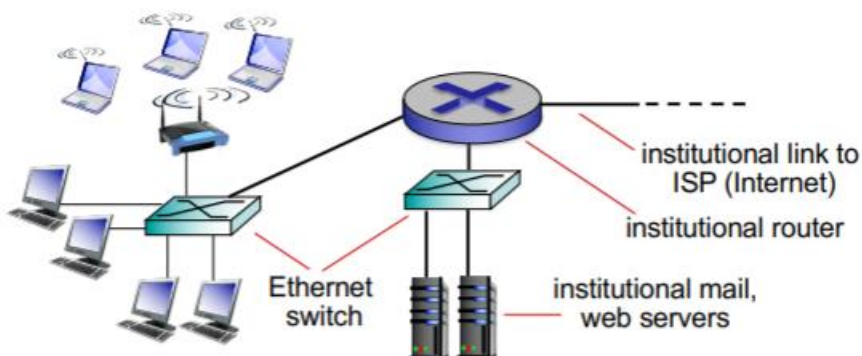


- Home Network



- Acesso à Rede Empresas (Ethernet):

- Taxas de transmissão de 10 Mbps, 100 Mbps, 1 Gbps, 10 Gbps



- Acesso à Rede Wireless: conecta um end system ao router, via "access point"

- Wireless LANs: utiliza a porta 802.11 e apresenta taxas de transmissão de 11, 54, 450 Mbps

- Acesso Wireless Wide-Area: providenciado por um operador telefónico (3G, 4G e 5G)

Host: envia pacotes de dados – uma mensagem de x kBytes, geralmente não é enviada de uma vez para rede; é dividida em pacotes mais pequenos (pacotes de bits) que vão ser enviados num link de transmissão R; caso exista algum erro nesse pacote, não é necessário reenviar os x kBytes.

$$\text{packet transmission delay} = \frac{\text{time needed to transmit } L\text{-bit packet into link}}{R} = \frac{L \text{ (bits)}}{R \text{ (bits/sec)}}$$

Meios físicos:

- Bit: propaga-se entre os pares transmissor/recetor
- Link físico: o que está entre o transmissor e o recetor
- Meios guiados: o sinal propaga-se em meios sólidos, tais como, o cobre, fibra ótica ou coaxial
 - As fibras são imunes a ruído eletromagnético, por isso apresenta uma taxa de erro inferior, nem causam tanta atenuação como o coaxial
- Meios não guiados: o sinal propaga-se livremente, isto é, num meio aberto, tal como a atmosfera ou os sinais de rádio; causa vários problemas como a reflexão, interferência ou obstrução por objetos
- TP – twisted pair: dois cabos de cobre insulados

1.3. Network Core

Core de Rede: malha de equipamentos de computação (routers ou switchers) conectados entre si. Recebem os pacotes fragmentados no host do utilizador e encaminham-nos entre si para que o sinal chegue a um servidor destino final. Cada pacote gerado é transmitido sempre à capacidade máxima do link.

Packet Switching: demora L/R segundos a transmitir um pacote de L bits a R bps. Funciona segundo o princípio Store and Forward - só após receber todo o pacote, é que o encaminha para a interface de saída.

- Atraso fim a fim: se assumir que o atraso de propagação é 0, na melhor das hipóteses o tempo de ida e volta é $2L/R$;
- Queueing delay, loss: várias entradas e uma saída – se o débito de entrada for maior que o débito de saída os pacotes vão entrar numa fila de espera e vão ficar à espera até serem transmitidos; se a fila estiver cheia ocorre packet drop.

Routing: determina como é que um pacote é encaminhado na rede (algoritmos de routing)

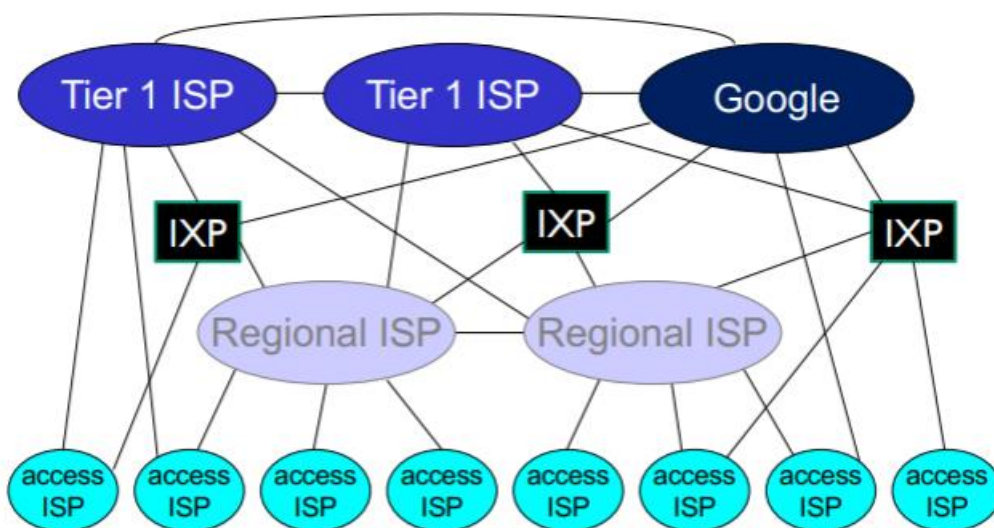
Forwarding: para ocorrer é preciso que o routing aconteça; só depois de todos os routers saberem como encaminhar tráfego é que o pacote tem possibilidade de chegar ao destino.

Circuit Switching: antes de enviar os dados, estabelece-se um circuito (alocação de recursos à cabeça). Se um circuito quer enviar de A para B de 1gbps, tem de se alocar capacidade de 1gb para os dois equipamentos.

Packet Switching vs Circuit Switching

- Packet switching: permite que mais utilizadores utilizem a rede
 - Ótimo para tráfego de dados, partilha de recursos
 - Pode levar a uma congestão excessiva resultando em perda ou atraso de pacotes
 - Para imitar um comportamento de circuito, é necessário garantir uma largura de banda para aplicações de áudio e vídeo, algo que ainda está por resolver
- Circuit Switching: permite melhor desempenho porque há alocação de recursos (maior largura de banda)

Rede de redes: com milhares de redes, é necessário que os end systems se conectem à Internet através de ISPs – Internet Service Providers – quer residenciais, empresariais ou universitários. Utilizam-se milhares ISP's que competem entre si de forma que dois hosts possam enviar pacotes um ao outro. Para os interconectar existem IXP – Internet Exchange Points – e redes regionais, sendo o seu encaminhamento dinâmico.



1.4. Delay, loss, throughput in networks

Ocorrência de atrasos e perda de pacotes. advém principalmente de filas de espera de pacotes em buffers de routers – o pacote chega através do link temporário e excede a capacidade do link de output; os pacotes em fila esperam pela sua vez.

Fontes de atrasos nos pacotes:

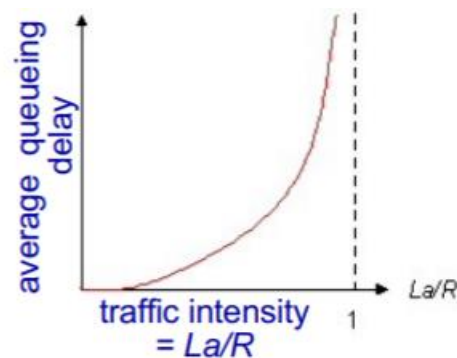
- D_{proc}: processamento nodal, através de erros de verificação de bits que determinam o output do link
- D_{queue}: atraso na fila, com um tempo de espera no link de transmissão do output, dependendo da congestão ao nível do router
- D_{trans}: atraso na transmissão (L/R)
- D_{prop}: atraso na propagação (d – tamanho do link físico/s – velocidade de propagação)

$$d_{\text{nodal}} = d_{\text{proc}} + d_{\text{queue}} + d_{\text{trans}} + d_{\text{prop}}$$

Inserir exemplo

Tipos de atrasos:

- L/R ~ 0: média do atraso pequeno
- L/R > 1: média do atraso grande, sendo que mais trabalho estará para chegar, ficando



a média do atraso a tender para o infinito

Traceroute: programa que providencia uma medida do atraso de um router origem, através do caminho fim-fim da Internet até ao destino

- Envia três pacotes que chegarão ao router i no caminho direcionado ao destino
- O router i retorna os pacotes ao transmissor

- O transmissor verifica o intervalo entre a transmissão e a resposta

Perda de Pacotes: lista que precede o link em buffer tem uma capacidade finita – o pacote que chega a uma lista cheia é descartado, podendo ser retransmitido por um nodo anterior pelo end system de origem ou não

Taxa de transferência – throughput: taxa (bits/segundo) à qual os bits são transferidos entre o transmissor e o recetor

- Instantâneo: taxa num ponto qualquer do tempo
- Média: taxa sobre um período de tempo maior

Avaliação da taxa de transferência:

- Bottleneck link: link no caminho fim-fim que restringe a taxa de transferência fim-fim
- Na prática, muitas vezes R_c e R_s são bottleneck

1.5. Protocol layers, service models

Protocol Layers: cada camada permite a cooperação entre entidades do mesmo nível protocolar que comunicam entre si, o que cria um contexto comum.

Comunicação por níveis ou camadas:

1. Conjunto de regras que regem a comunicação entre intervenientes
2. Uma entidade é uma abstração de um ou mais processos computacionais
3. As regras são implementadas pelas entidades de uma camada protocolar
4. As funções protocolares são variadas e têm âmbitos ou contextos distintos

Exemplos de funções protocolares:

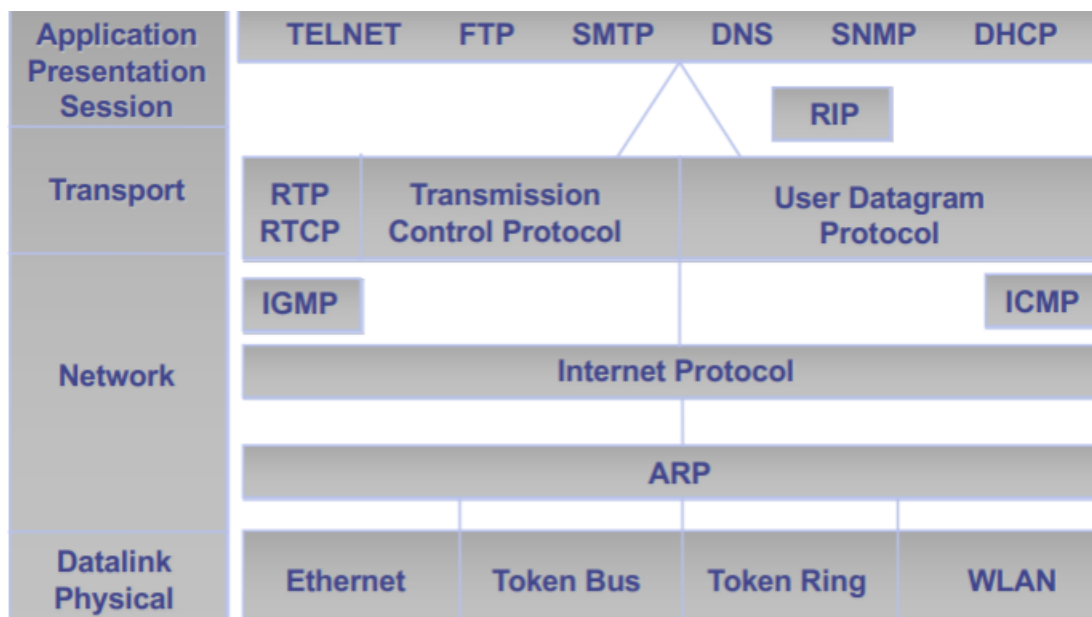
1. Geração de sinais
2. Definição de interfaces
3. Sincronização
4. Endereçamento
5. Detecção de erros
6. Correção de erros

Funções de agrupamento protocolar: agrupamento e estruturação de tarefas em níveis ou camadas funcionais, hierárquicas, com funções independentes e bem definidas – constituição de pilha de protocolos.

- Serviço de comunicação: o resultado das tarefas executadas pela camada protocolar N para realização da função da camada superior (N+1), podendo envolver o recurso a serviços da camada N-1
- Cada camada protocolar oferece um serviço à camada superior e solicita um serviço à camada inferior através de primitivas específicas

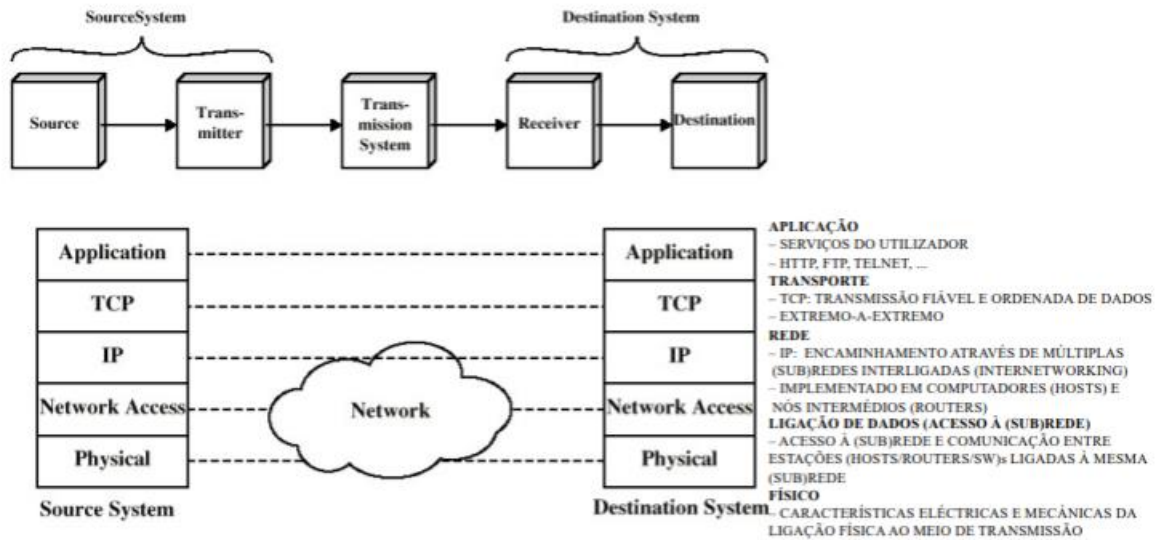
Modelo ISO/OSI: permite que aplicações interpretem os dados e apresenta 7 camadas funcionais

- Aplicação: suporta aplicações de rede
- Apresentação
- Sessão
- Transporte: processa os processos de transferência de dados
- Rede: routing de datagrams da origem para o destino
- Ligação lógica: transferência de dados entre elementos de redes vizinhas
- Física: bits no “fio”



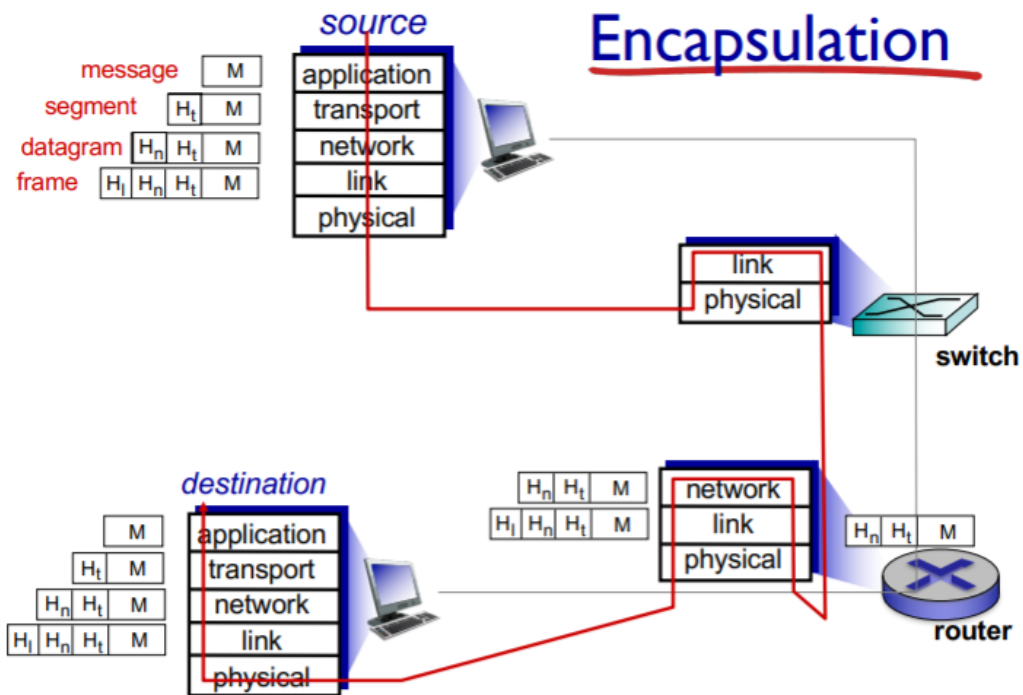
Modelo TCP/IP: tem 4 camadas principais

- Aplicação
- Transporte
- Rede
- ligação(físico)



Para passar informação da camada da aplicação para o transporte, há um encapsulamento dos dados da aplicação dentro de uma estrutura que tem um header próprio.

Encapsulamento de Protocolos: encapsular a unidade de dados na camada inferior



Capítulo 4: Outline

4.1. Introdução

Camada de Rede: segmento de transporte do host transmissor ao host recetor; no lado transmissor encapsula os segmentos em datagramas e no lado recetor, entrega os segmentos à camada de transporte; nível de rede organizado a circuitos virtuais implica que a máquina de origem não possa enviar dados sem estabelecer o circuito e depois são criados identificadores de circuito.

- Existem em todos os hosts, routers
- O router examina os campos header em todos os datagramas IP que por ele passam

Funções de Camada de Rede:

- Forwarding: move os pacotes do router input para o router output apropriado
 - Tabela: determina o local forwarding no router
- Routing: determina o caminho tomado pelos pacotes da origem para o destino
 - Determina o caminho fim-fim pela rede
- L2 independente PDU
- Fragmentação
- Universal Addressing

4.2. Virtual Circuit and Datagram Networks

Modelos de serviço:

- Connectionless: tipicamente uma rede de datagramas, que são encaminhados de forma independente na rede e sem necessidade de estabelecer um circuito
- Connection: típico de um circuito virtual
 - O caminho origem-destino comporta-se de forma muito semelhante a um circuito telefónico, em termos de performance assim como no que toca às ações da rede ao longo deste caminho
 - Cada pacote tem um identificador VC
 - Cada router no caminho origem-destino mantém um “estado” para cada conexão que passa
 - Link, recursos do router podem ser alocados para o VC
 - Implementação do VC: o VC consiste num caminho entre origem e destino, em números VC, um para cada link que se encontra no caminho e em entradas nas tabelas de forwarding nos routers ao longo do caminho

- Cada pacote que pertença ao VC contém um número VC que pode ser alterado em cada link (número vem da tabela de forwarding)
- Protocolos de Sinalização: usados para o setup e manutenção do VC, mas não usados na internet de hoje, apenas em ATM's e redes de frame

Redes de Datagramas: não existe call setup na camada de rede e os routers não têm “estado” sobre a conexão fim-fim; os pacotes são encaminhados usando o endereço do host de destino;

- Tabela de encaminhamento: o IP pega na rota que fizer match mais longo

Destination Address Range	Link interface
11001000 00010111 00010*** *****	0
11001000 00010111 00011000 *****	1
11001000 00010111 00011*** *****	2
otherwise	3

examples:

DA: 11001000 00010111 00011**110** 10100001 **which interface?**

DA: 11001000 00010111 00011**000** 10101010 **which interface?**

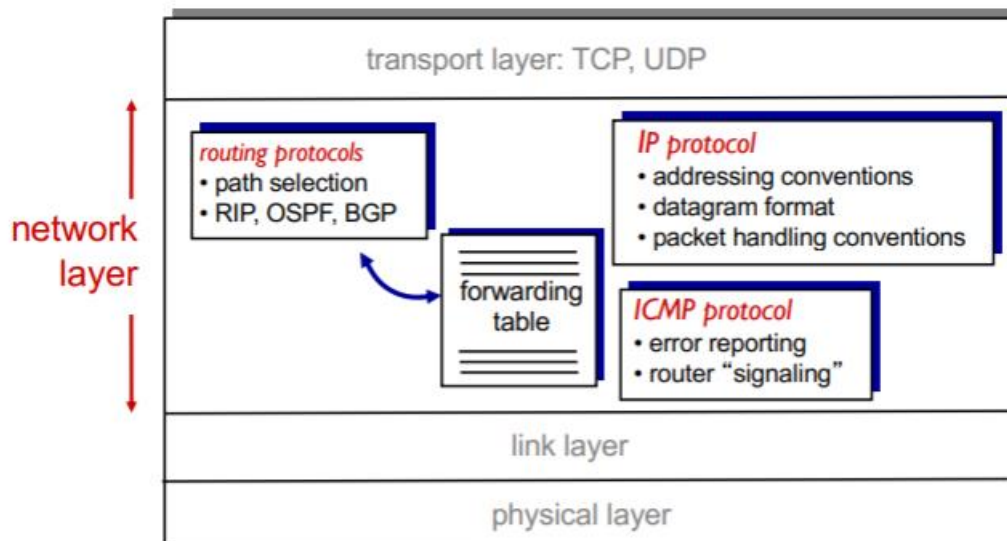
- O primeiro exemplo corresponde à interface 2 e o segundo exemplo corresponde à interface 1, apesar de também dar match na interface 2

Datagrama vs VC Network:

Função	Rede de Datagramas	Rede de Circuitos Virtuais (VC)
Estabelecimento prévio da conexão (ou circuito)	Não é necessário	É necessário
Endereçamento	Endereço de origem e destino em cada PDU	PDUs contêm o identificador do circuito
Routing / Forwarding	PDUs são encaminhados de forma independente entre si	A rota é estabelecida inicialmente e todos os PDUs utilizam essa rota
Informação de estado	não é necessária	necessária por VC
Falha de um elemento de rede	não é normalmente problemática	todos os VC são terminados
Controlo de tráfego e Controlo de congestão	difícil	fácil, se os recursos atribuídos são suficientes

4.3. IP: Internet Protocol

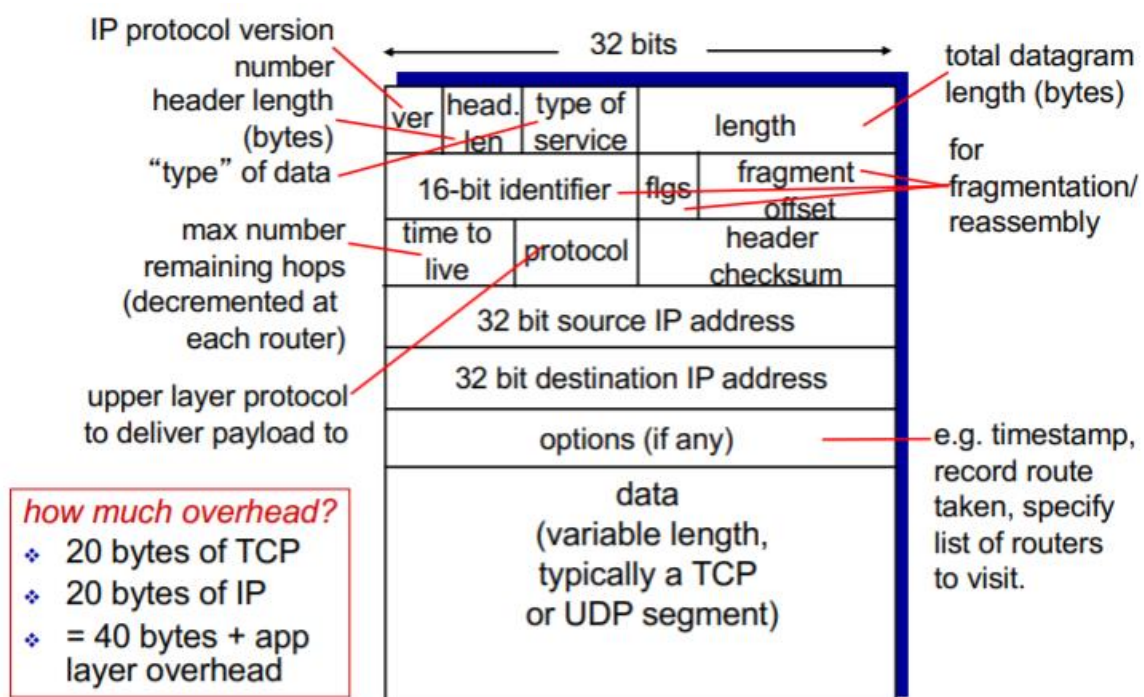
Camadas da rede da Internet:



ICMP – Internet Control Message Protocol: usado pelos hosts e routers para comunicar informação a nível da rede, tal como, reportar erros, portas, protocolos

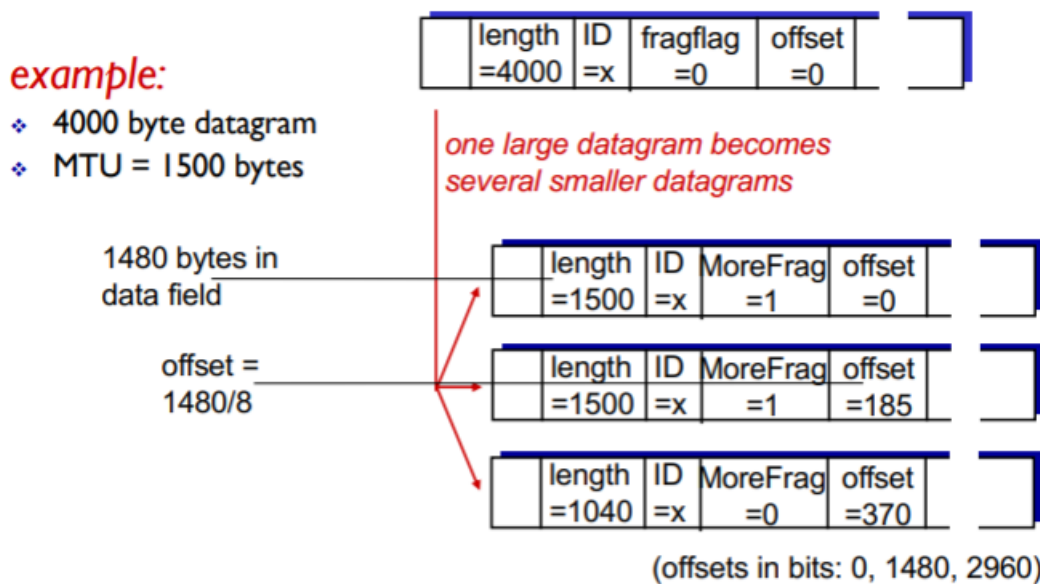
- Camada de rede acima do IP, visto que as mensagens de ICMP são carregadas nos datagramas de IP
- ICMP Mensagem: tipo, código mais 8 bytes do IP que causaram o erro

Formato do datagrama IP:



Fragmentação do IP: os links da rede tm um tamanho MTU (max transfer unit), isto é, o tamanho máximo possível para a frame ao nível do link, sendo que diferentes links têm diferentes MTUs

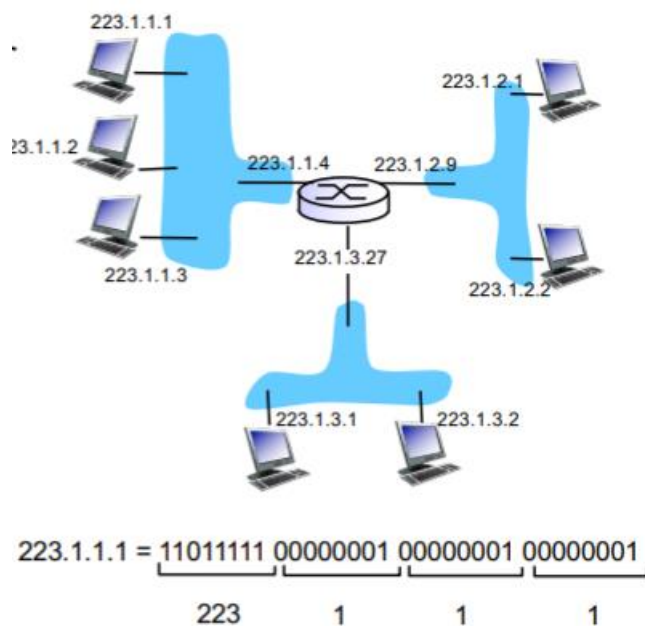
- Um datagrama IP grande é fragmentado na rede, tornando-se vários datagramas que são posteriormente reagrupados no destino. Os bits do header do IP são usados para identificar a ordem dos fragmentos
- Campos manipulados na fragmentação do IPv4:
 - Identificação: identifica fragmentos pertencentes ao mesmo datagrama original
 - More fragments: flag que determina se há mais fragmentos e também se o fragmento é o último
 - May fragment: identificação da possibilidade ou não do datagrama ser fragmentado pela rede
 - Fragment offset: offset dos dados do fragmento relativamente ao datagrama original
- Em IPv6, por defeito, não está prevista a fragmentação



- O último fragmento leva o restante do pacote original (daí serem 1040). O datagrama original tem 4000 bytes, ou seja, o payload é de 3980 bytes.

IP Addressing:

- Endereço IP: identificador de 32 bits para o host e a interface do router
- Interface: conexão entre o host/router e link físico



- Cada interface está associada a um endereço de IP
- Router: equipamento de interligação de nível 3
- Switch: equipamento de interligação de nível 2
- Este router possui 3 redes e 3 endereços IP cada um associado à sua interface
 - 223.1.1
 - 223.1.2
 - 223.1.3

IPv4: valor binário unsigned de 32 bits com uma parte que identifica a rede (ou subrede) e a outra identifica a interface da estação (host) dessa rede <rede id><host id>

- Na internet cada endereço de rede tem de ser único
- Distribuídos originalmente por 5 classes e atribuídos pela IANA
 - Classe A: 0 + 7 bits de rede + 24 bits de host
 - Classe B: 10 + 14 bits de rede + 16 bits de host
 - Classe C: 110 + 21 bits de rede + 8 bits de host
 - Classe D: 1110 + endereços multicast entre 224.0.0.0 – 239.255.255.255
 - Classe E: 11110 + utilização futura

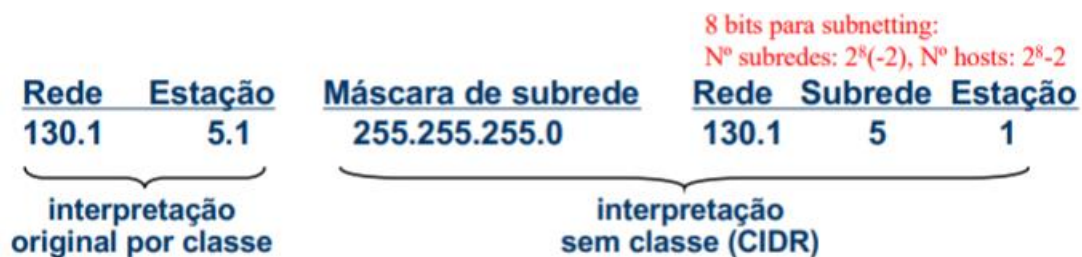
Tipos de Endereçamento:

- Classes (classful): esquema original que usa os primeiros bits como identificadores de classe
- Sem classes (classless): não considera bits de classe, é utilizada uma máscara de 32 bits para determinar o endereço de rede
 - Permite routing mais eficiente por agregação de rotas, designado por CIDR – Classless Internet Domain Routing
 - Tabelas de forwarding mais pequenas pois as rotas são agregadas por grupos de endereços adjacentes
 - Usados por tabelas de routing de ISPs

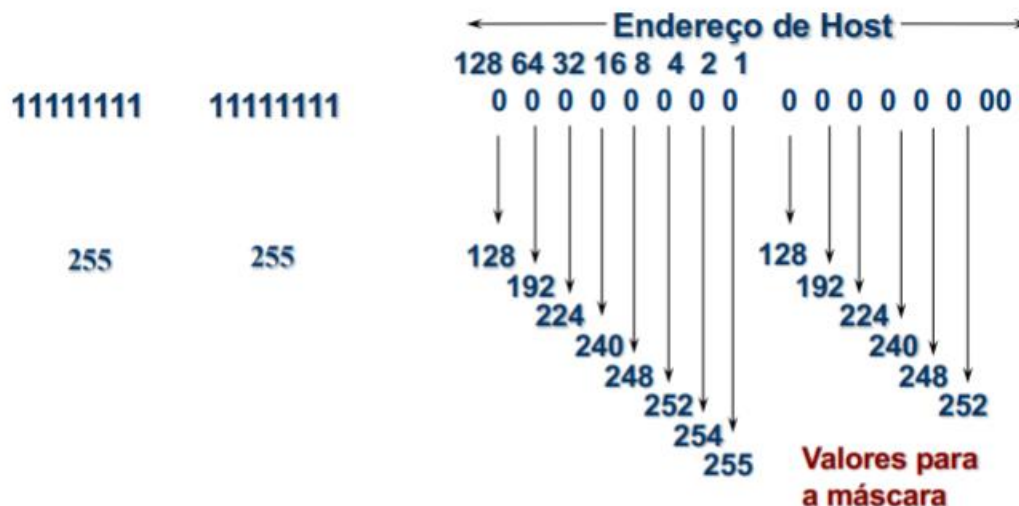
CIDR – Classless Internet Domain Routing: endereço de uma porção da subrede de tamanho arbitrário, com o formato a.b.c.d/x, onde o x indica o número de bits da porção do endereço da porção da subrede



- Máscara de endereço: padrão que conjugado com o endereço IP devolve a parte do endereço de rede (ou subrede). No endereçamento, por defeito, as máscaras usadas são:
 - Classe A: mascara /8
 - Classe B: mascara /16
 - Classe C: mascara /24
- No endereçamento sem classes, as máscaras podem ter qualquer outro valor, permitindo a criação de subredes da classe original ou supernets (agregação de endereços)
 - Exemplo 1 - endereço IP 130.1.5.1: endereço da estação 5.1 da rede 130.1.0.0 (classe B) considerando máscara por defeito 255.255.0.0 ou /16.
 - Exemplo 2 – endereço IP 130.1.5.1/24: endereço da estação 1 da subrede 130.1.5.0; o subnetting é definido no espaço host ID inicial <rede id><subrede id><host id>S



- Exemplo 3 – máscaras de rede + subrede em endereços de classe B



Subredes: os hosts chegam fisicamente entre si sem a intervenção do router. Para determinar as subredes separa-se a ligação ao router, criando redes isoladas. Para ter comunicação entre sub-redes é obrigatório um router, com interface para a sua própria rede.

- Subrede: bits mais significativos
- Host: bits menos significativos
- Vantagens:
 - Permite uma melhor organização e gestão dos endereços
 - Permite introduzir mais níveis hierárquicos para routing
- Desvantagens:
 - Reduz espaço de endereçamento (vários endereços passam a não utilizáveis)
 - Gestão mais trabalhosa

Endereços Reservados:

- Os primeiros 4 bits não podem ser 1 (classe E)
- 127.x.x.x é o endereço reservado para loopback
- Bits de host a 0s e 1s (qualquer host, todos os hosts)
- Bits de rede/subrede a 0s e 1s (qualquer rede, todas as redes)

Endereços Privados: atribuídos a internets privadas, sem conectividade IP global, não devendo ser visíveis, nem encaminhados na Internet

- Bloco 192.168.0.0. – 192.168.255.255 /16
- Bloco 172.16.0.0. – 172.31.255.255 /12
- Bloco 10.0.0.0 – 10.255.255.255 /8

Endereços Configuração Dinâmica (Link-Local): o bloco 169.254.0.0 /16 está reservado para comunicação entre estações ligadas ao mesmo meio físico nas seguintes condições

- Quando uma interface não foi configurada com um endereço IP, nem manualmente nem por uma fonte de rede. Assim, a estação pode configurar automaticamente a interface com um endereço IPv4 de prefixo 169.254.0.0 /16, segundo o seguinte algoritmo
 1. Gera um endereço aleatório uniformemente distribuído no intervalo [169.254.1.0 , 169.254.254.255]
 2. Envia ARP-request com endereço de destino igual ao gerado (probe)
 3. Se houver ARP-reply então repete 1, porque há colisão de endereço
 4. Senão anuncia endereço gerado através de um ARP-announcement

Multihomed: host com várias interfaces

Obtenção de IP:

- Host:
 - Hard-coded pelo administrador do sistema num ficheiro
 - DHCP – Dynamic Host Configuration Protocol: obtém o endereço dinamicamente pelo servidores
- Subrede: é alocado uma porção do espaço do endereço do seu ISP

ISP's block	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/20
Organization 0	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010000</u>	00000000	200.23.16.0/23
Organization 1	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010010</u>	00000000	200.23.18.0/23
Organization 2	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00010100</u>	00000000	200.23.20.0/23
...	
Organization 7	<u>11001000</u>	<u>00010111</u>	<u>00011110</u>	00000000	200.23.30.0/23

IP Routing: tanto os routers como as estações possuem uma tabela de forwarding, sendo que a tabela inclui

- 1ª coluna: endereço na rede de destino (mais mascara)
- 2ª coluna: endereço IP da interface de entrega (next hop)
- N coluna: identificador da interface de saída da máquina local
- Colunas opcionais: flags, tráfego na interface, custo
- Exemplo: Leitura da última linha: um datagrama destino à rede 192.168.1.0 será entregue na interface de endereço 192.110.1.253 saído pela interface local tu0

```
> netstat -nr
```

destination	next_hop	netmask	flags	use	interface
default	192.110.1.254	0.0.0.0	UG	102410	tu0
192.110.1.0	192.110.1.240	255.255.255.0	UH	234576	tu0
.....
192.168.1.0	192.110.1.253	255.255.255.0	UG	124586	tu0

NOTA1: a entrega (forwarding) ou salto (hop) seguinte de um datagrama IP, é decidida em função do endereço IP destino do diagrama

Tipos de IP Routing:

- Estático: baseado em rotas pré-definidas, ou seja, permanecem fixas, reduzindo o tráfego na rede
 - Simples mas pouco flexível
 - Caso particular – default route: rota a seguir caso não exista uma entrada específica na tabela para a rede de destino
 - Tem prioridade inferior à das outras rotas
 - É identificado pelo termo default ou pela rede 0.0.0.0
 - Permite reduzir a tabela de forwarding
- Dinâmico: rotas atualizadas ao longo do tempo, considerando que os routers trocam informação de routing entre si através de protocolos específicos de routing (ROP, OSPF, BGP)
 - Grande flexibilidade e adaptação automática a galhas ou mudanças na configuração de rede
 - O tráfego de atualização pode causar sobrecarga de rede
 - Caso particular – route computation:
 - Centralizada: cada router conhecendo a tipologia da área, determina o melhor caminho para os possíveis destinos dessa área
 - Distribuída: cada router envia informação de encaminhamento que conhece os routers vizinhos (redes a que dá acesso)
 - Um router pode conhecer rotas estáticas e /ou dinâmicas para um mesmo destino, aprendidas por protocolos distintos. Para selecionar a melhor rota, baseia-se na
 - Distância: indicador administrativo que permite estabelecer uma relação de preferência entre rotas aprendidas por protocolos de routing distintos

- Métrica: indicador que traduz o custo de fazer forwarding por uma determinada interface, permitindo estabelecer uma relação de preferência entre rotas aprendidas pelo mesmo protocolo de routing

NOTA: Os protocolos de encaminhamento modelam a rede como um grafo e calculam o melhor caminho para um dado destino

Algoritmo de Forwarding:

- Entrega (forwarding): facilitada pelo endereçamento hierárquico, sendo o endereço IP do tipo a.b.c.d/m = X.Y (rede.estação)
 1. Usar máscara para extrair o endereço de rede X
 2. Procurar entrada que melhor se ajuste a X. Se X é local, entregar na interface X.Y (entrega direta), senão usar X para determinar o próximo salto (next hop)
 3. A entrada por defeito (0.0.0.0/0) ajusta-se a todos os X

Supernetting: trata das redes diretamente ligadas, tráfego interno e rota por defeito. A rota por defeito tem de garantir acesso à rede onde o router está ligado.

- Neste caso é RTR. Nas redes internas só precisamos de saber que são acessíveis via RTR2. Especificasse isso através do IP de RTR2

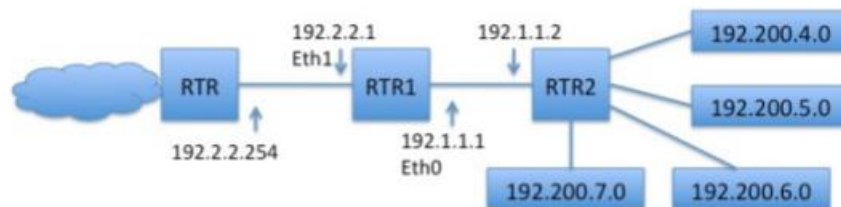


Tabela de encaminhamento de RTR1 - sem Supernetting

Destino	Próximo Nó	Máscara	Interface
192.2.2.0	192.2.2.1	255.255.255.0	Eth1
192.1.1.0	192.1.1.1	255.255.255.0	Eth0
192.200.4 (0000 0100).0	192.1.1.2	255.255.255.0	Eth0
192.200.5 (0000 0101).0	192.1.1.2	255.255.255.0	Eth0
192.200.6 (0000 0110).0	192.1.1.2	255.255.255.0	Eth0
192.200.7 (0000 0111).0	192.1.1.2	255.255.255.0	Eth0
Default	192.2.2.254	0.0.0.0	Eth1

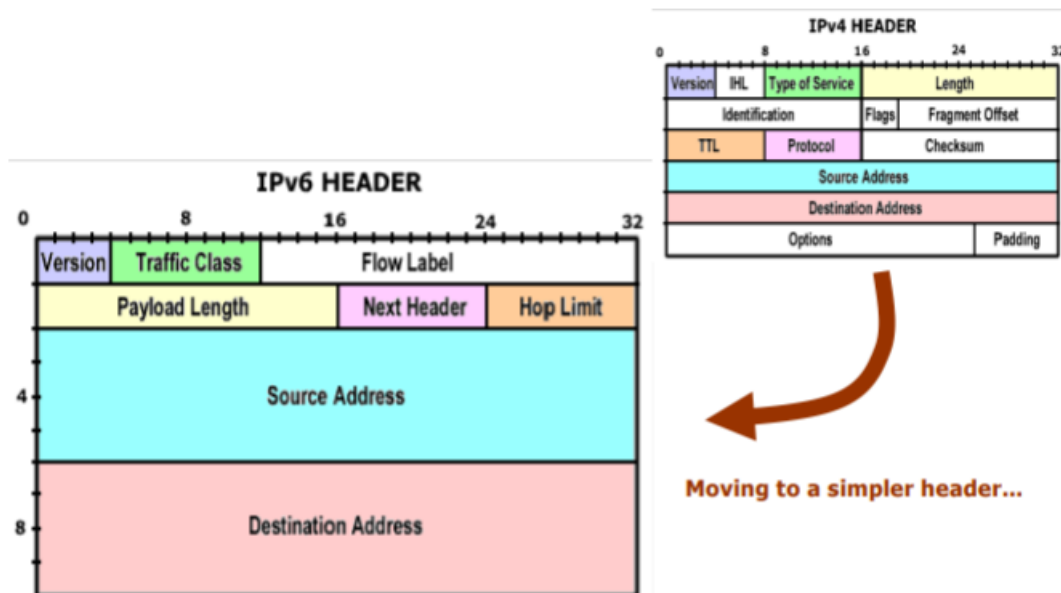
192.200.4(0000 0100).0	192.1.1.2	255.255.252 (11111100).0	Eth0
------------------------	-----------	--------------------------	------

Agregação de Rotas: as conexões internas partilham o mesmo próximo salto, o que permite fazer agregação de rotas. Para agregação de rotas precisamos de alterar a máscara. Se olharmos para a parte em binário há uma parte comum. Logo os dois últimos bits são irrelevantes para a forma de encaminhar. Abdicando deles, não se cria ambiguidades, mas tem-se só uma entrada na tabela de encaminhamento com a máscara 255.255.252.0. Reduz-se 4 entradas para 1 entrada

IPv6: endereço de 32 bits para ser totalmente alocado, de forma a melhorar a velocidade de processamento/forwarding e QoS (Quality of Service)

- Formato Datagrama IP: header de tamanho fixo 40 bytes, sem fragmentação, por defeito
- Prioridade: é possível escolher uma prioridade dos datagramas em circulação
- Etiqueta flow: identificação dos datagramas que estão no mesmo “flow”
- Etiqueta next: identificação dos protocolos das camadas superiores para dados
- Checksum: remoção para reduzir processamento em cada salto
- Opções: permitido, mas fora do header, indicado no campo “Next Header”
- ICMPv6: nova versão do ICMP que permite novos tipos de mensagens e funções de gestão de grupos multicast

IPv4 vs IPv6



- Nem todos os routers podem ser upgraded para o IPv6 simultaneamente
- Tunneling: o datagrama do IPv6 pode ser carregado como payload no datagrama do IPv4 entre routers IPv4