

# Redes de Computadores I

Prof Felipe Cunha

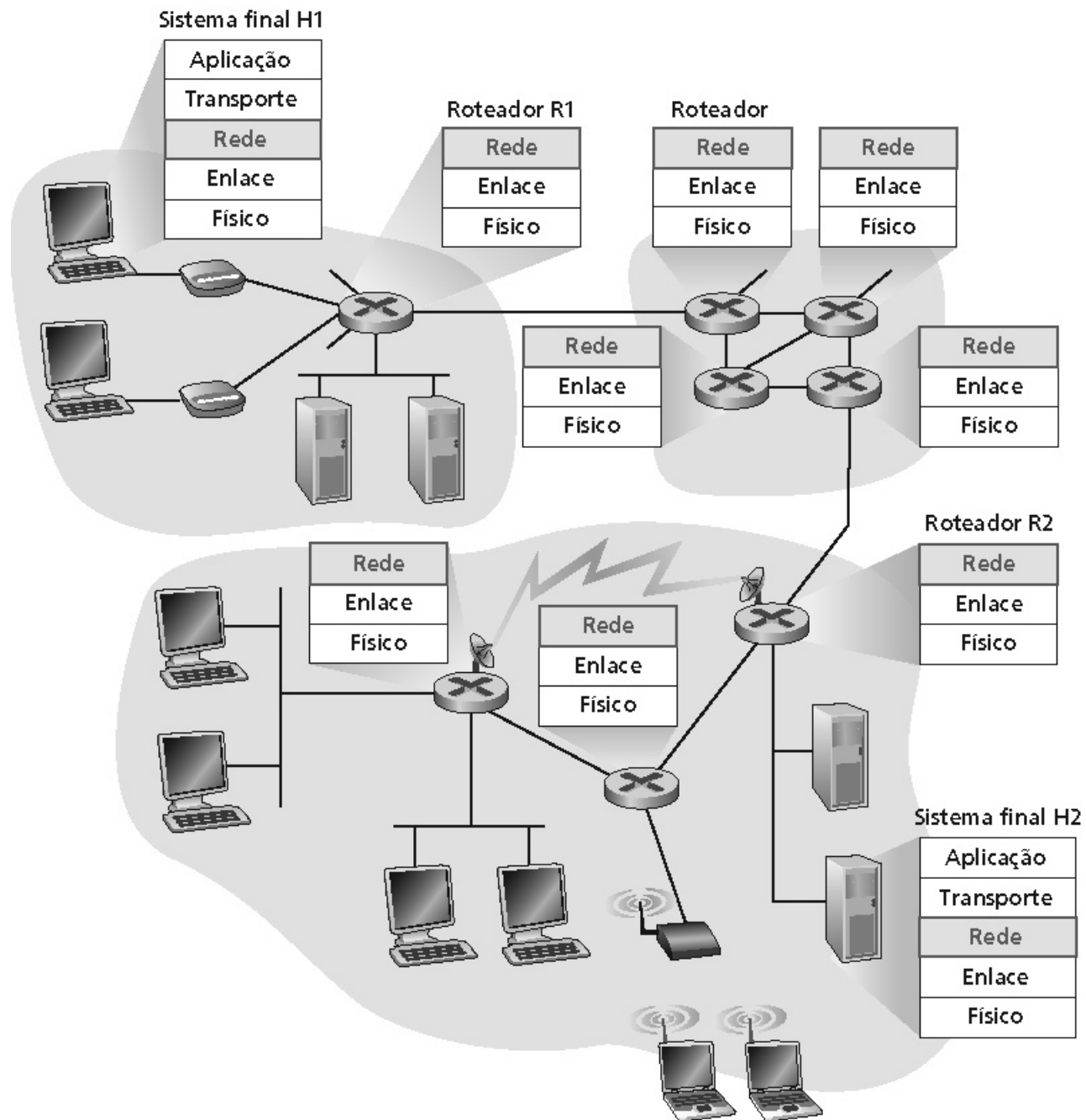
[felipe@uit.br](mailto:felipe@uit.br)

# **CAMADA DE REDE**

# Camada de Rede

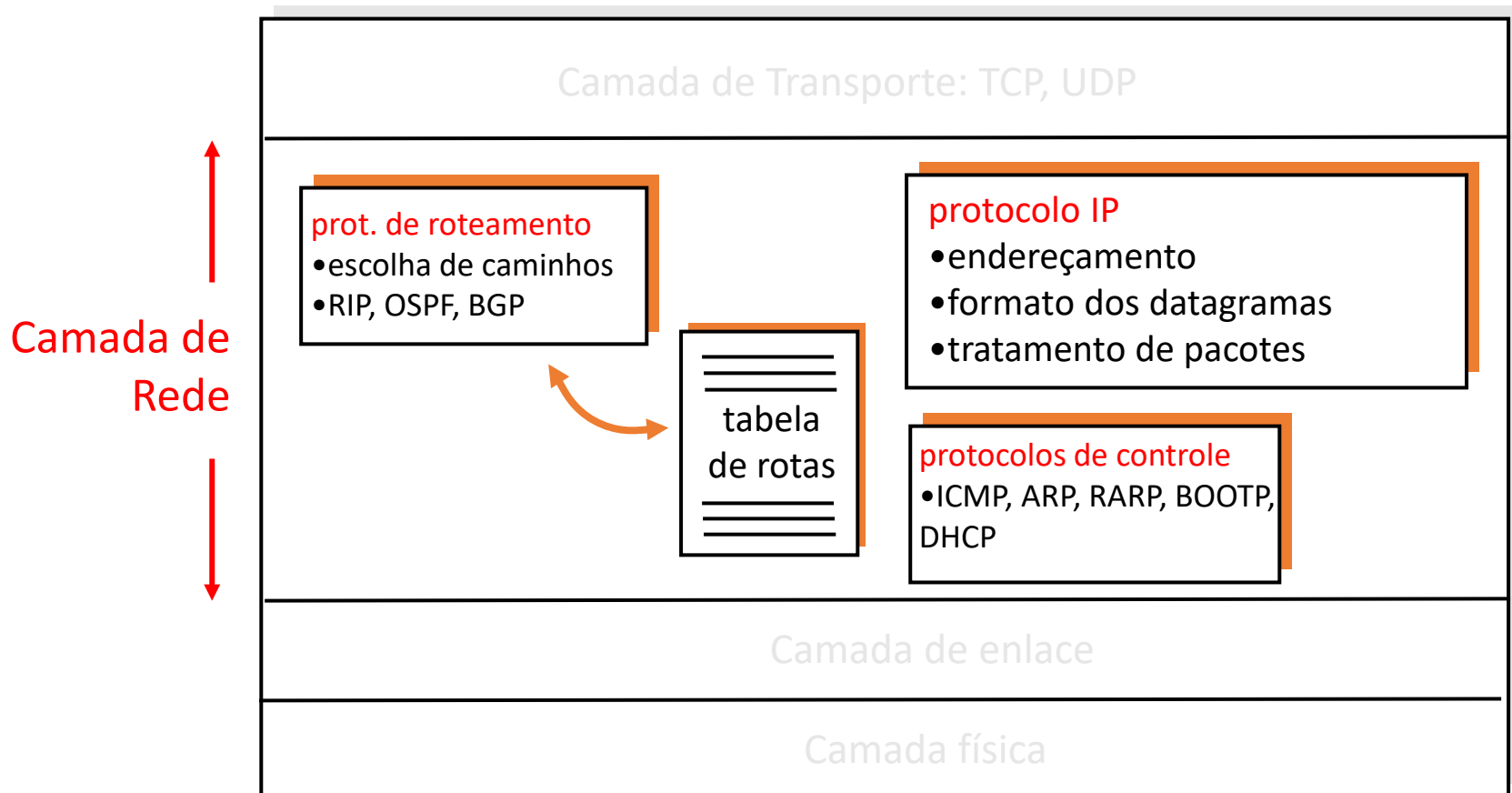
- A camada de enlace tem o objetivo de mover quadros de uma extremidade de um fio até a outra
- A camada de rede tem o objetivo de fazer a transferência de pacotes da origem para o destino
- A camada de rede deve conhecer a topologia da sub-rede de comunicações e escolher os caminhos mais apropriados através dela

# Camada de Rede



# **A Camada de Rede da Internet**

# A Camada de Rede da Internet



# A Camada de Rede da Internet

- Comutação de pacotes store-and-forward
- O elemento que mantém a Internet unida é o protocolo IP (Internet Protocol)
  - Foi projetado tendo como objetivo a interconexão de redes
  - Fornece a melhor forma possível de transportar pacotes da origem para o destino, independentemente das máquinas estarem na mesma rede ou de haver outras redes entre elas

# O Protocolo IP

- Entrega será feita com o “melhor esforço” (*best-effort delivery*)
- No IP não há garantia:
  - de que a temporização entre pacotes seja preservada;
  - de que os pacotes sejam recebidos na ordem em que foram enviados;
  - da eventual entrega dos pacotes transmitidos;
- Protocolos de outros níveis devem tratar desses problemas

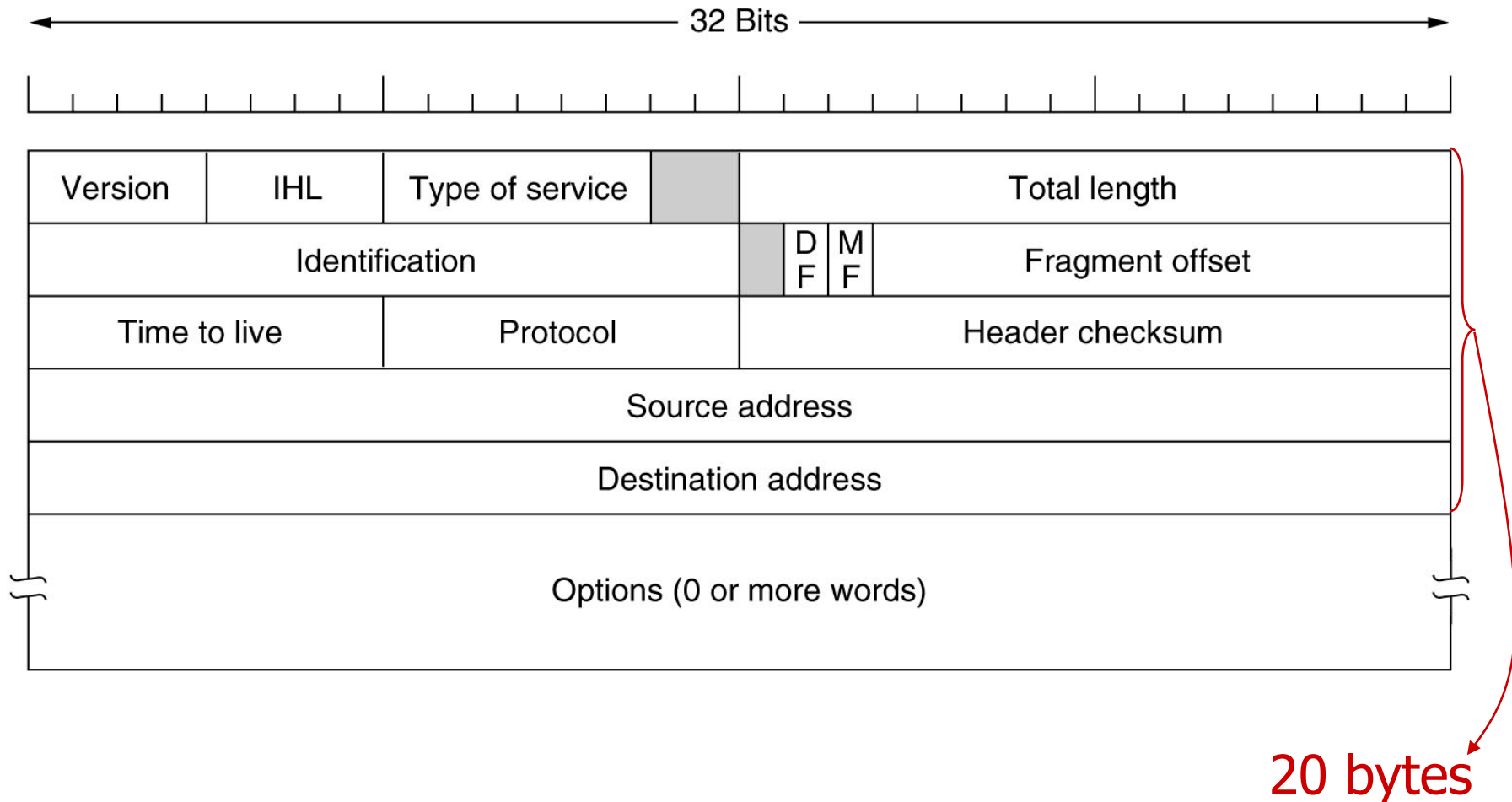


# O Protocolo IP

- IPv4 (versão corrente), ou simplesmente IP, permite um pacote de até 64 Kbytes
- O pacote IP consiste:
  - Cabeçalho
    - Fixa: 20 bytes
    - Opcional: tamanho variável
  - Carga útil

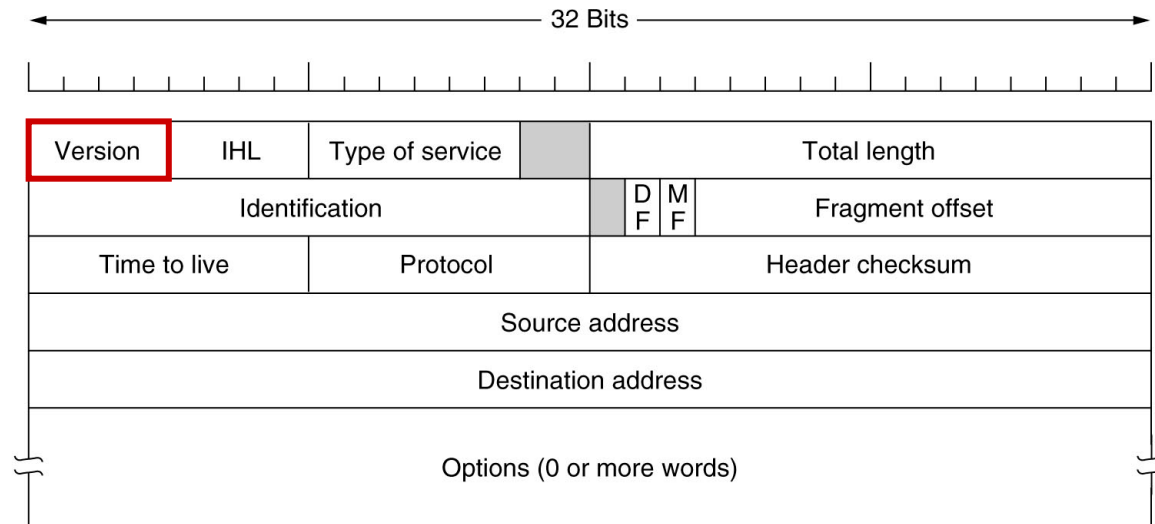
# O Protocolo IP

- O cabeçalho IPv4



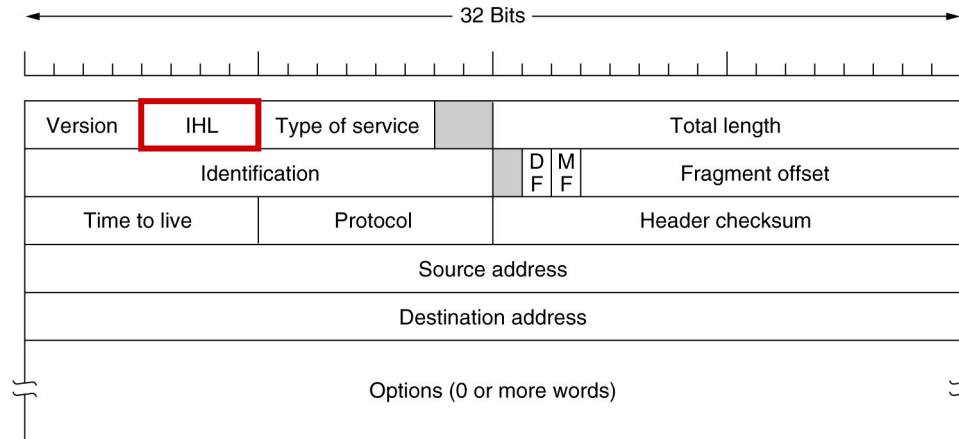
# Formato do Pacote IP

- Version (4 bits):
  - Indica o número da versão corrente
  - Permite uma transição “suave” entre versões



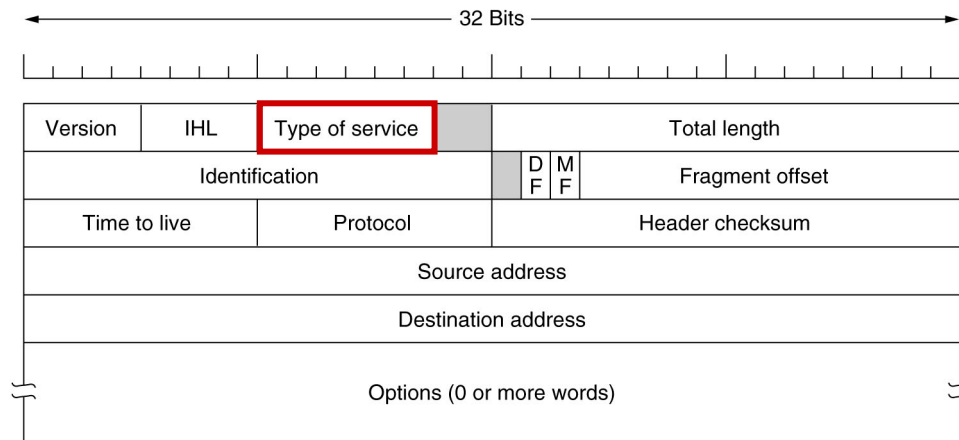
# Formato do Pacote IP

- IHL (4 bits):
  - Informa o tamanho do cabeçalho em palavras de 32 bits
  - Mínimo: 5 (sem nenhuma opção)
  - Máximo: 15 (60 bytes sendo 40 bytes no campo Options)



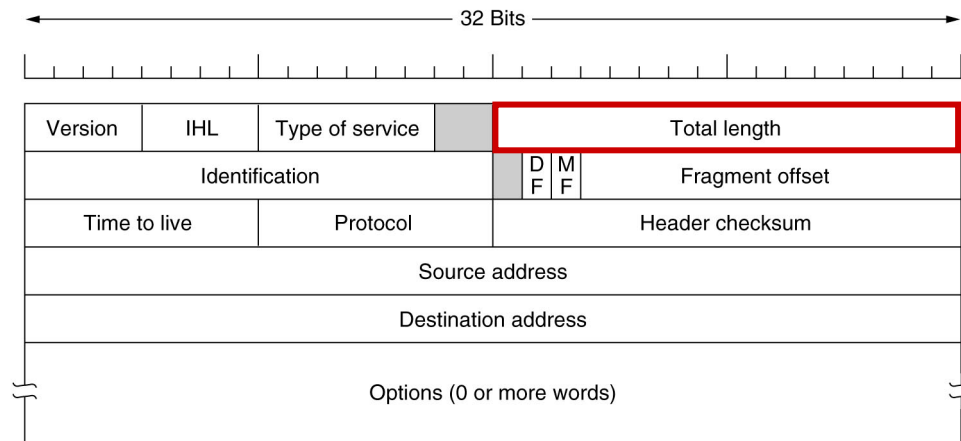
# Formato do Pacote IP

- Type of service (6 bits):
  - Fazer a distinção entre diferentes classes de serviço
  - Indica o que é mais importante para a aplicação: menor atraso, maior vazão, maior confiabilidade
  - Na prática, os roteadores tendem a ignorar este campo



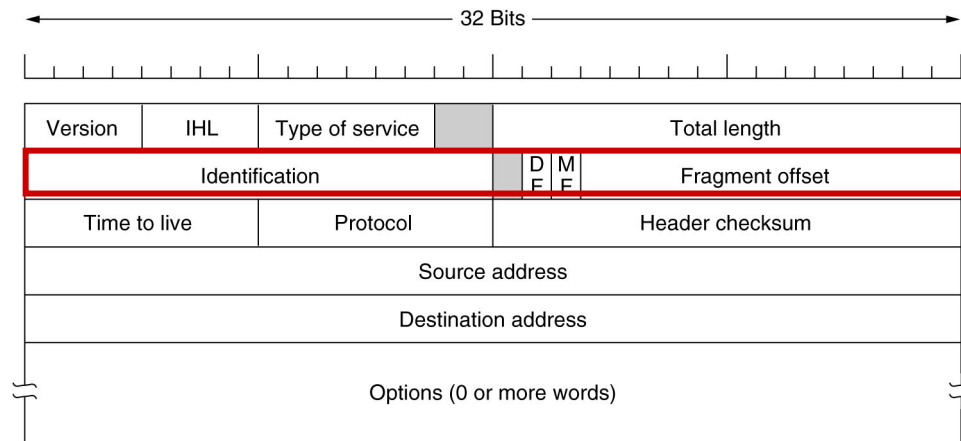
# Formato do Pacote IP

- Total Length (16 bits):
  - Tamanho, em bytes, de todo o pacote: cabeçalho e dados
  - Valor máximo 65535



# Formato do Pacote IP

- Identification (16 bits), Bit DF, Bit MF e Fragment Offset (13 bits)
  - Usados na fragmentação e remontagem de pacotes IP



# Formato do Pacote IP

- Fragmentação:

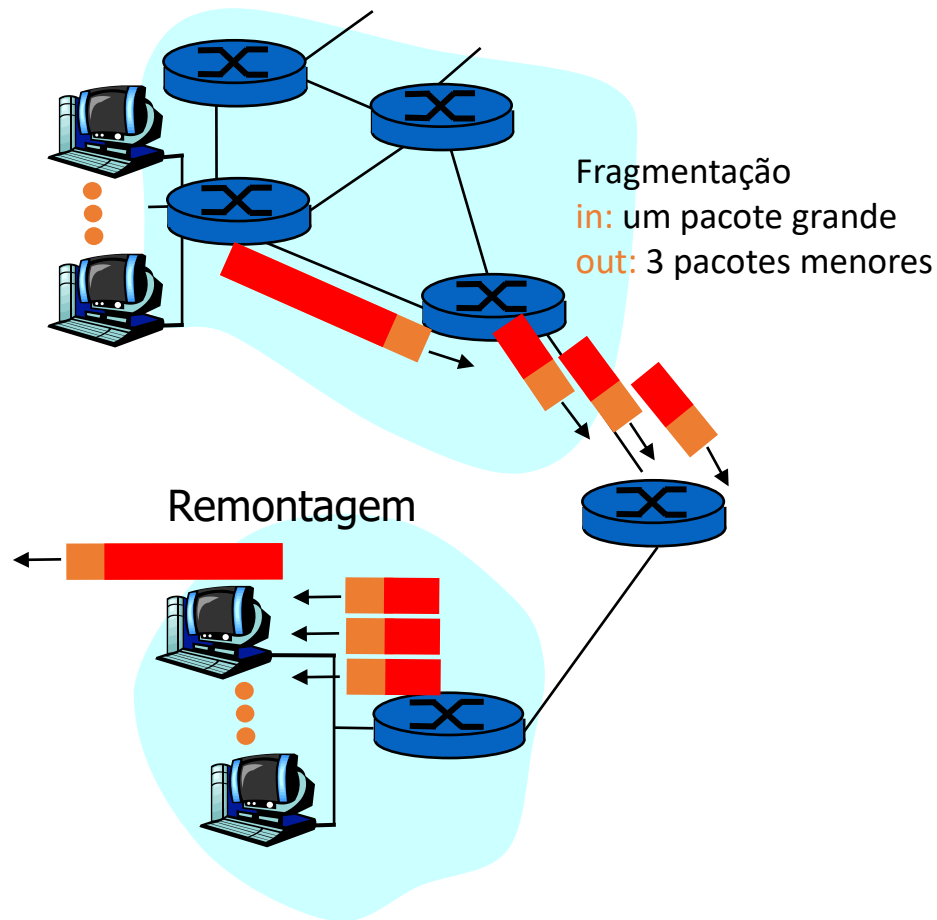
- Nem todos os protocolos da camada de enlace podem carregar pacotes do mesmo tamanho
- Exemplo: Ethernet não podem carregar mais do que 1500 bytes de carga útil
- Os pacotes para muitos enlaces de longa distância não podem carregar mais do que 576 bytes
- A quantidade máxima de dados que um pacote da camada de enlace pode carregar é chamada de **unidade máxima de transferência (MTU)**



# Fragmentação de Pacotes IP

- Pacotes IP grandes devem ser divididos dentro da rede (fragmentados)
  - Um pacote dá origem a vários pacotes (fragmentos)
  - “Remontagem” ocorre apenas no destino final
  - O cabeçalho IP é usado para identificar e ordenar pacotes relacionados
  - Se um ou mais fragmentos não chegarem ao destino, o pacote será descartado e não será passado à camada de transporte

# Fragmentação de Pacotes IP

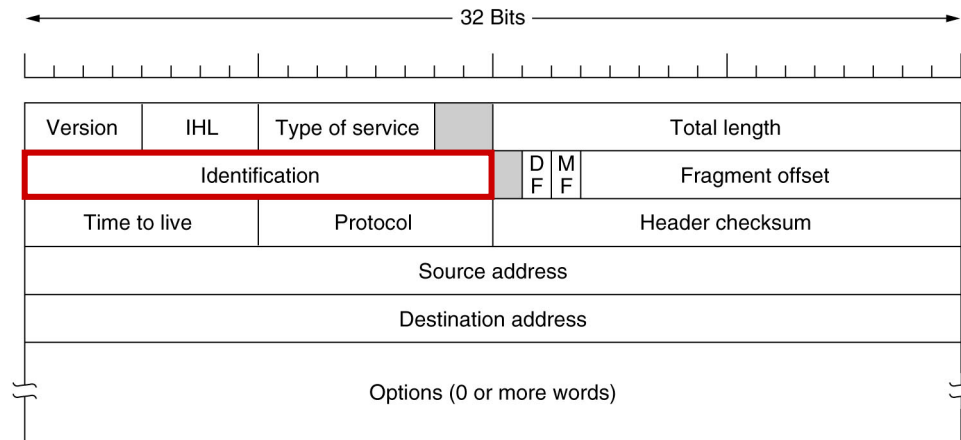


# Fragmentação de Pacotes IP

- Cada pacote criado é marcado pelo hospedeiro remetente com um número de identificação
- O hospedeiro remetente incrementa o número de identificação para cada pacote que envia

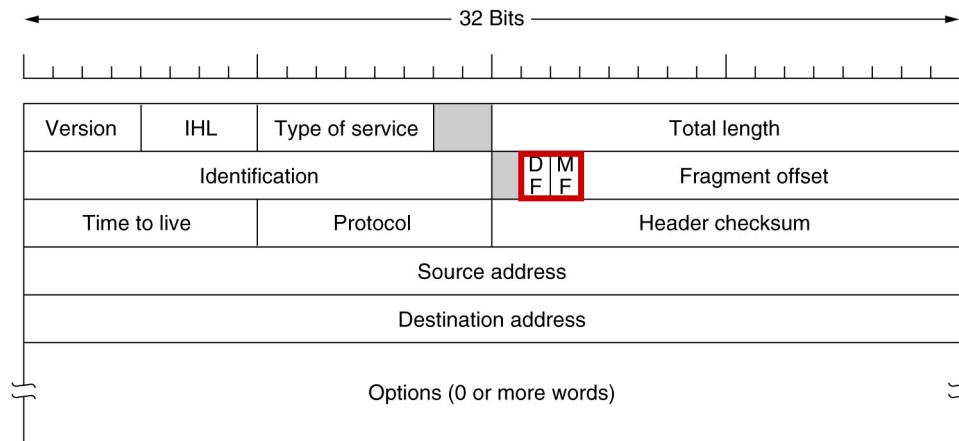
# Formato do Pacote IP

- Identification (16 bits):
  - Identifica o pacote ou o fragmento de um pacote
  - Usado pelo destinatário para remontagem
  - Todos os fragmentos de um pacote contêm o mesmo valor de Identification



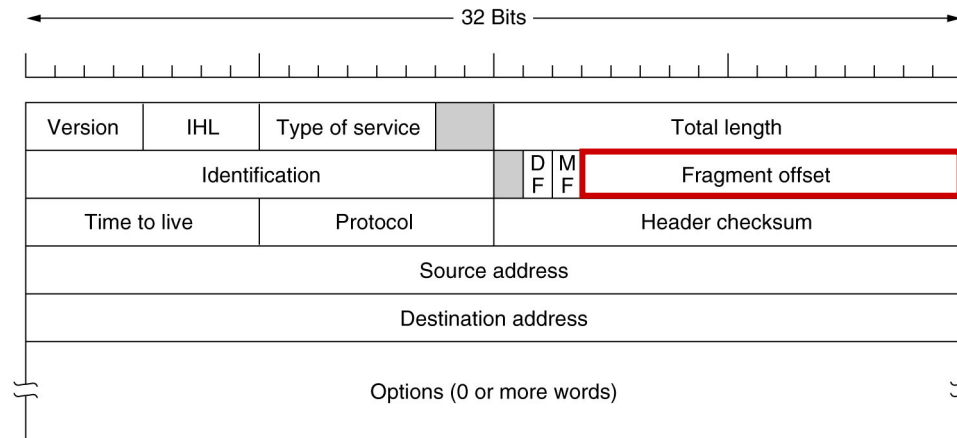
# Formato do Pacote IP

- Bit DF (*don't fragment*):
  - Indica que o pacote não deve ser fragmentado
- Bit MF (*more fragments*):
  - Todos os fragmentos de um pacote, exceto o último, marcam este bit



# Formato do Pacote IP

- Fragment Offset (13 bits):
  - Indica onde (byte igual ao seu conteúdo multiplicado por 8) o fragmento se encaixa dentro do pacote
  - A carga útil de cada fragmento, exceto o último, deve ser múltiplo de 8
  - Existem no máximo 8.192 fragmentos por pacote, resultando em um tamanho máximo de pacote igual a 65.536 bytes



# Fragmentação de Pacotes IP – Exemplo

- Segmento de 3.980 bytes em uma rede com MTU de 1500 bytes

	T. length =4000	ID =x	MF =0	offset =0	
--	--------------------	----------	----------	--------------	--

Um pacote grande se torna  
vários pacotes menores



	T. length =1500	ID =x	MF =1	offset =0	
--	--------------------	----------	----------	--------------	--

	T. length =1500	ID =x	MF =1	offset =185	
--	--------------------	----------	----------	----------------	--

	T. length =1040	ID =x	MF =0	offset =370	
--	--------------------	----------	----------	----------------	--

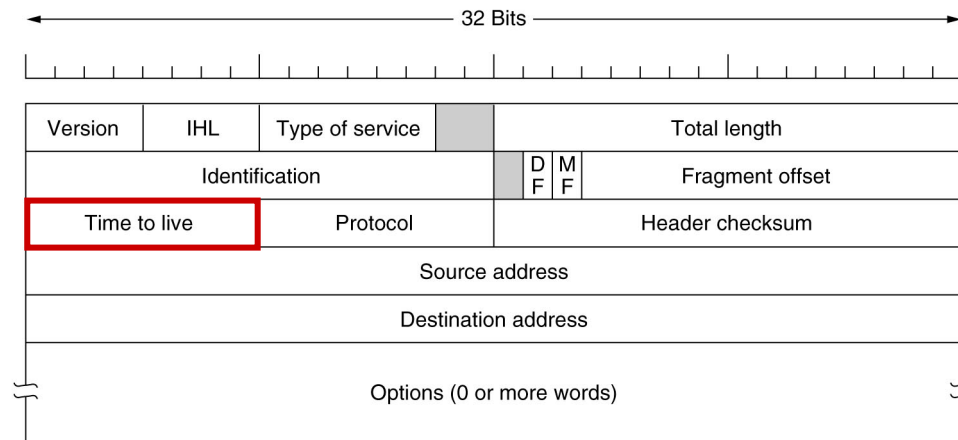
# Fragmentação de Pacotes IP

- A fragmentação e a remontagem colocam uma carga adicional sobre os roteadores da Internet (fazem a fragmentação) e sobre os hospedeiros (fazem a remontagem)
  - É desejável que se minimize a quantidade de fragmentação
  - Limita-se os segmentos TCP e UDP a tamanhos relativamente pequenos de modo que a fragmentação dos pacotes seja pouco provável
  - Todos os protocolos suportados pelo IP têm MTU de, no mínimo, 576 bytes
  - Na prática, o TCP e o UDP passam para o IP segmentos de no máximo 556 bytes



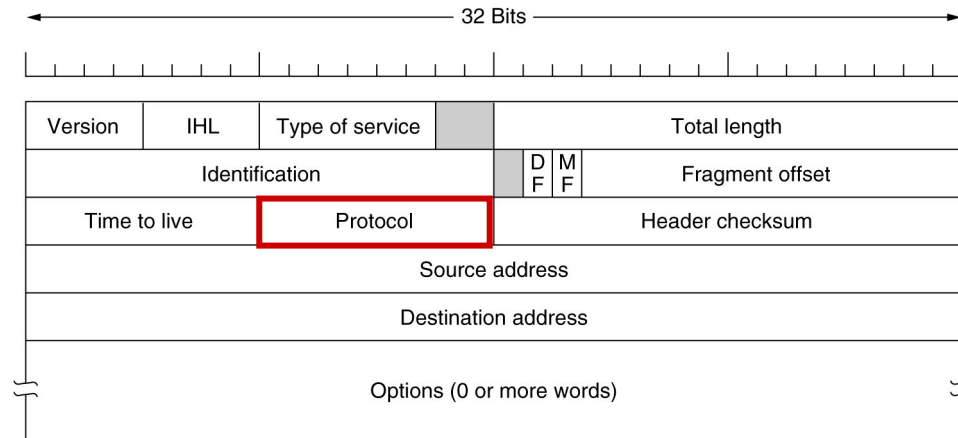
# Formato do Pacote IP

- Time To Live (8 bits):
  - Contador usado para limitar a vida útil dos pacotes
  - Indica o número máximo de roteadores (*hops*) que pode passar
  - Quando chega a zero, o pacote é descartado e um pacote de advertência é enviado ao computador de origem



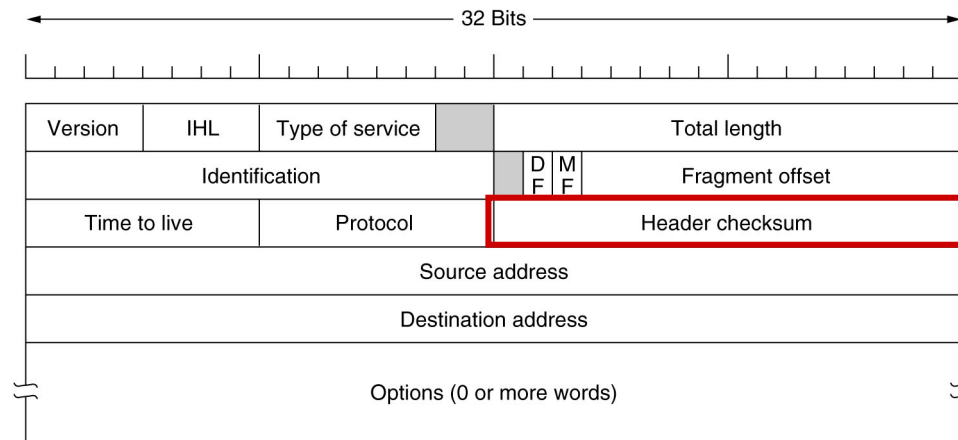
# Formato do Pacote IP

- Protocolo (8 bits):
  - Indica o protocolo para o qual deve-se passar o pacote (TCP ou UDP)



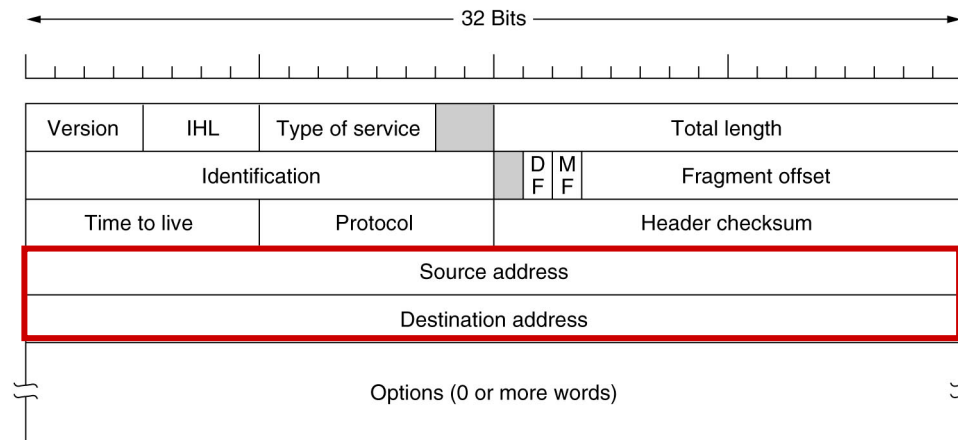
# Formato do Pacote IP

- Header Checksum (16 bits):
  - Total de verificação do cabeçalho
  - Deve ser calculado novamente em cada roteador porque o campo Time To Live sempre se altera



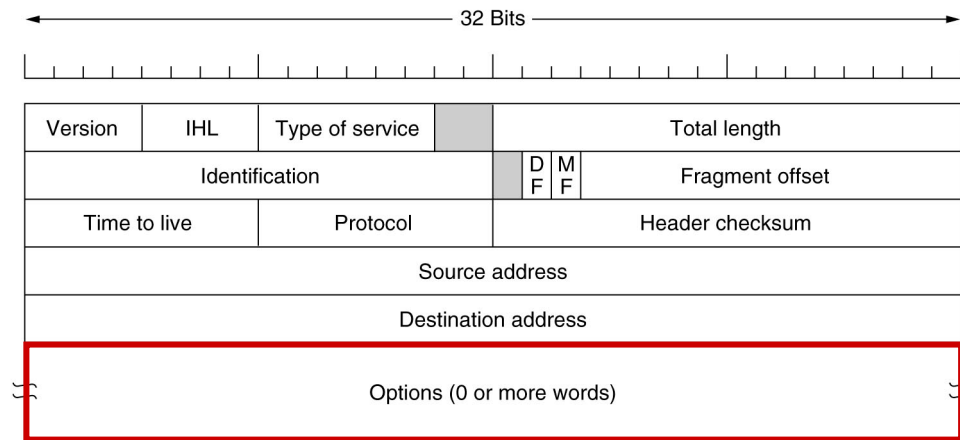
# Formato do Pacote IP

- Source Address (32 bits) e Destination Address (32 bits)
  - Endereços IP dos computadores origem e destino



# Formato do Pacote IP

- Options:
  - Forma de incluir informações não presentes na versão



# Exercício

22. Suponha que o host A esteja conectado a um roteador R1, que R1 esteja conectado a outro roteador R2, e que R2 esteja conectado ao host B. Suponha que uma mensagem TCP contendo 900 bytes de dados e 20 bytes de cabeçalho TCP seja repassada ao código IP do host A para ser entregue a B. Mostre os campos *Total length*, *Identification*, *DF*, *MF* e *Fragment offset* do cabeçalho IP em cada pacote transmitido pelos três enlaces. Suponha que o enlace A-R1 possa admitir um tamanho máximo de quadro de 1.024 bytes, incluindo um cabeçalho de quadro de 14 bytes, que o enlace R1-R2 possa admitir um tamanho máximo de quadro de 512 bytes, incluindo um cabeçalho de quadro de 8 bytes, e que o enlace R2-B possa admitir um tamanho máximo de quadro de 512 bytes, incluindo um cabeçalho de quadro de 12 bytes.