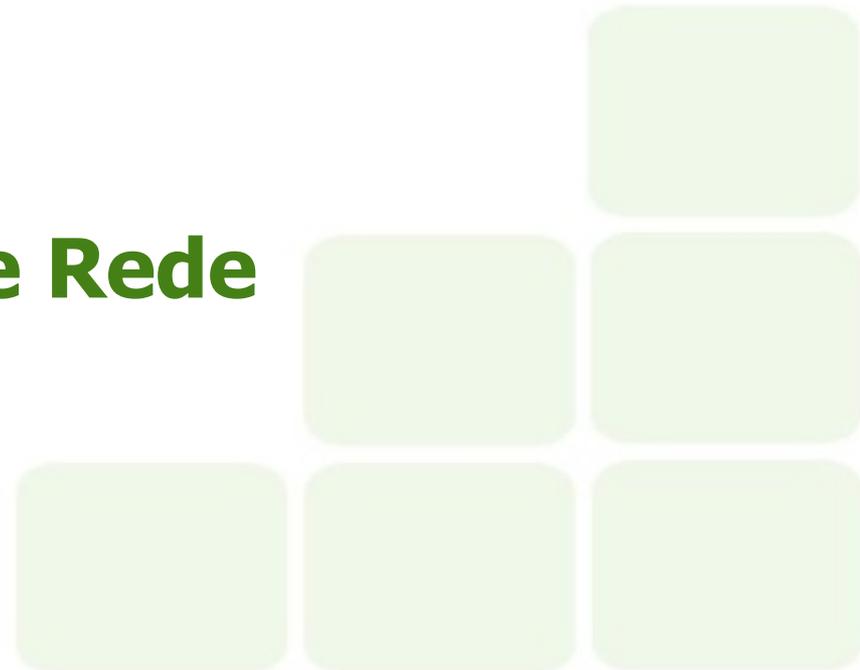


**INSTITUTO FEDERAL DE
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA**
RIO GRANDE DO NORTE

Camada de Rede

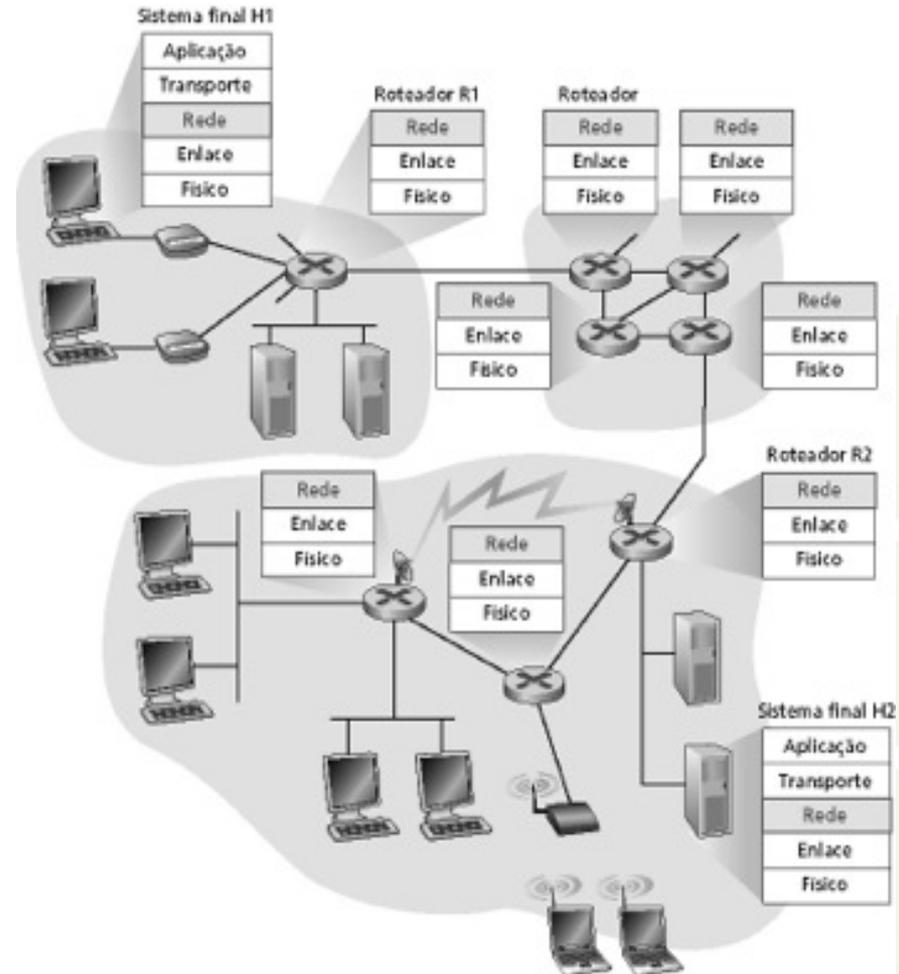


Objetivo

- Conhecer as características, funcionalidades e protocolos da camada de rede, especialmente os protocolos IP e ICMP
- Entender as principais características e princípios operacionais do serviço de entrega de datagramas não confiável e da função de roteamento
- Conhecer o formato e os campos de datagramas IP
- Entender as funcionalidades do protocolo ICMP e suas principais mensagens

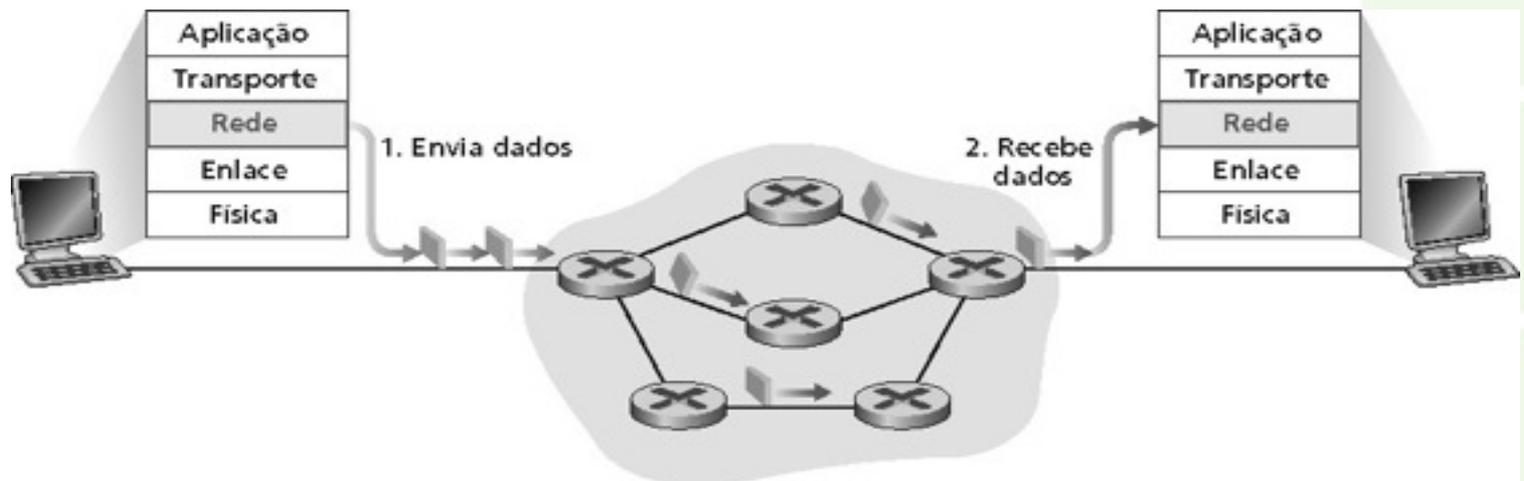
Camada de Rede

- Transporta segmentos do hospedeiro transmissor para o receptor;
- No lado transmissor, encapsula os segmentos em datagramas;
- No lado receptor, entrega os segmentos à camada de transporte;
- Protocolos da camada de rede em cada hospedeiro, roteador;
- Roteador examina campos de cabeçalho em todos os datagramas IP que passam por ele.



Redes de datagrama

- Não existe estabelecimento de conexão na camada de rede
- Roteadores: não existe estado sobre conexões fim-a-fim
- O conceito "conexão" não existe na camada de rede
- Pacotes são encaminhados pelo endereço do hospedeiro de destino
- Pacotes para o mesmo destino podem seguir diferentes rotas



Funcionalidades da camada de rede

- Serviço de entrega
 - Aceita e encaminha os datagramas até o destino final, possivelmente por meio de roteadores intermediários
- Roteamento
 - Determina o caminho ou rota que cada datagrama deve seguir para alcançar a rede destino

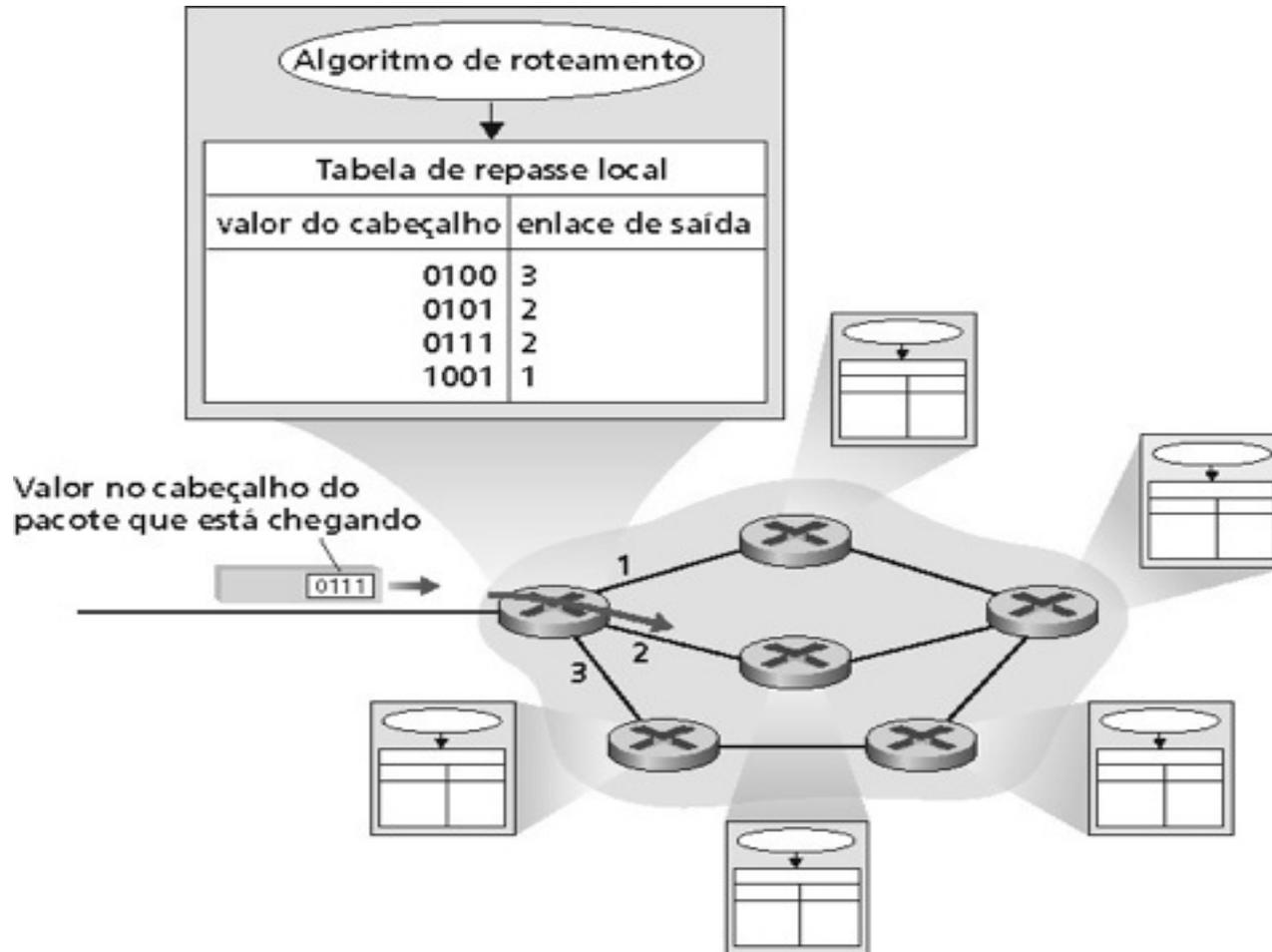
Serviço de entrega

- Característica
 - Serviço não confiável
 - Não garante a entrega dos datagramas
 - Pode perder, retardar e duplicar datagrama
 - Não garante a integridade dos dados
 - Serviço sem conexão
 - Datagramas são individuais e independentes
 - Seqüência dos datagramas não é assegurada
 - Paradigma de melhor esforço
 - Descarta datagramas apenas em condições de falta de recursos ou erros de transmissão

Roteamento

- Característica
 - Modelo passo-a-passo (hop-by-hop)
 - Estações de uma mesma rede podem enviar datagramas diretamente entre si
 - Estações em redes distintas devem enviar ao próximo roteador do caminho (next hop)
 - Tabela de roteamento
 - Matem rotas para as diversas redes ou estações
 - Rotas indicam apenas o próximo roteador do caminho

Interação entre roteamento e repasse



Composição

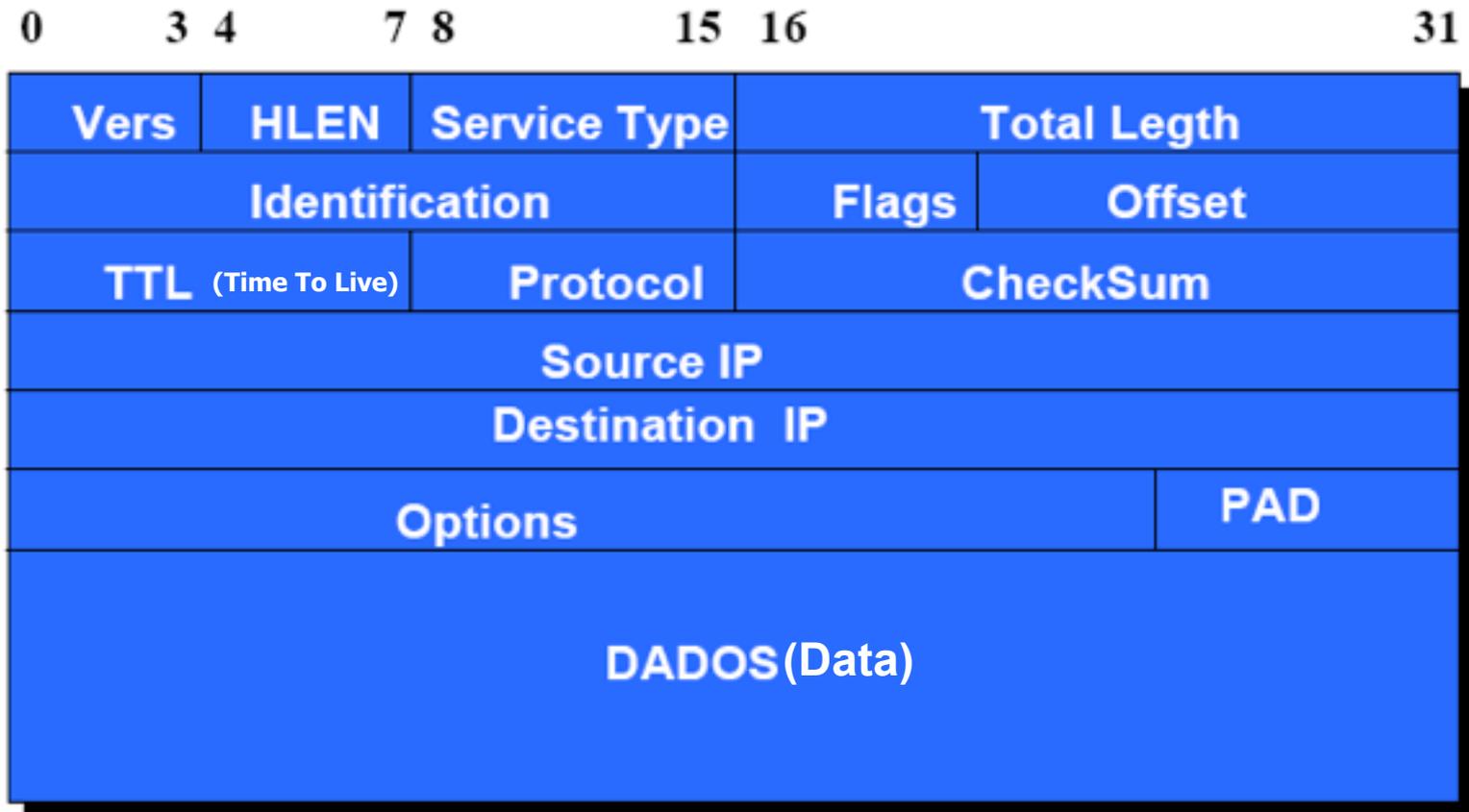
- **Protocolos**
 - **IP (Internet Protocol)**
 - Provê o serviço de entrega de datagramas
 - Transporta informações dos protocolos ICMP, IGMP, TCP e UDP
 - **ICMP (Internet Control Message Protocol)**
 - Permite a troca de mensagem de erros e controle entre as entidades da camada de rede
 - **IGMP (Internet Group Message Protocol)**
 - Provê serviço de entrega Multicast

Protocolo IP

- Fundamentos
 - Define a unidade básica (PDU) de transferência de dados, denominada **Datagrama IP**
 - Especifica o formato e a função dos campos
 - Executa a função de roteamento
 - Escolhe a rota por onde os datagramas IP são enviados da origem até o destino
 - Define as regras do serviço de entrega
 - Como os datagramas são processados
 - Como e quando erros são reportados
 - Quando datagramas são descartados

Protocolo IP

- Formato do datagrama



Protocolo IP

■ Campos do datagrama

■ Service Type

- Contém parâmetros referentes à qualidade de serviço desejada. Possui 8 bits que **indicavam** os seguintes requisitos

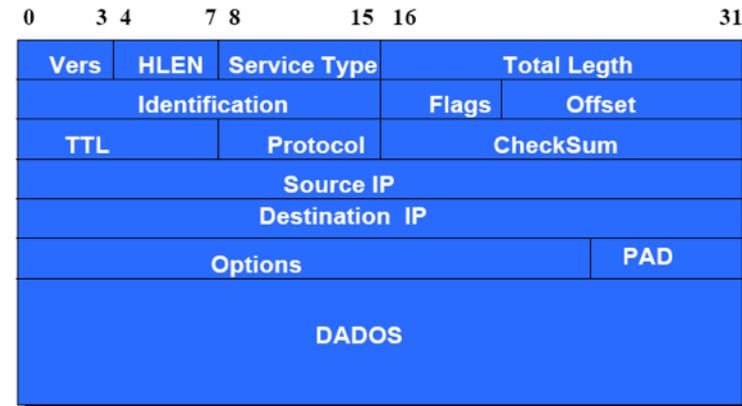
0	1	2	3	4	5	6	7
Precedência	D	T	R	0	0		

Bits 0 a 2: Precedência (3 bits)

Bit 3 (D) : 0 = atraso normal 1 = baixo atraso

Bit 4 (T) : 0 = vazão normal 1 = vazão alta

Bit 5 (R) : 0 = confiabilidade normal 1 = alta conf.



Arquitetura DiffServ: RFC 2474
redefine o campo ToS(Tipo de Serviço)
como campo de Serviços Diferenciados

Protocolo IP

- Campos do datagrama
 - TTL (Time To Live)
 - Número máximo de roteadores (gateways) que um datagrama pode passar
 - Cada gateway ao repassar um datagrama decrementa de um este valor, caso resulte em zero, o datagrama é descartado e o roteador gera uma mensagem de erro
 - Protocol
 - Tipo do protocolo encapsulado no datagrama(TCP, UDP, ICMP, IGMP, IP, ...)
 - CheckSum
 - Garante a integridade do cabeçalho
 - Trata como seqüência de inteiros de 16 bits
 - Soma, usando aritmética de complemento a 1, e calcula o complemento a 1 do resultado

Protocolo IP

■ Campos do datagrama

■ Source IP

- Endereço de rede da estação emissora do datagrama

■ Destination IP

- Endereço de rede da estação destino do datagrama



Protocolo IP

- Campos do datagrama
 - Options (tamanho variável)
 - Registro de rota
 - Especificação de rota
 - Marca de Tempo (Timestamp) de cada gateway
 - Opção COPY / Fragmentação
 - PAD
 - preenchimento com bits 0 (completar um tamanho múltiplo de 32)
 - Dados:
 - Unidade de dados do protocolo superior (TCP, UDP, ICMP...)

0	3 4	7 8	15 16	31
Vers	HLEN	Service Type	Total Length	
Identification			Flags	Offset
TTL		Protocol	Checksum	
Source IP				
Destination IP				
Options				PAD
DADOS				

Protocolo IP

- MTU (Maximum Transfer Unit)
 - Cada tecnologia de rede física limita o tamanho máximo do quadro
 - O tamanho máximo do datagrama depende da tecnologia de rede física utilizada
 - O tamanho máximo do campo de dados de uma rede física é denominado MTU
 - MTU define o tamanho máximo do datagrama IP suportado na rede física.



Protocolo IP

- Fragmentação
 - Processo de divisão de datagramas em pequenas partes, chamadas fragmentos
 - Fragmentos e datagramas possuem formatos idênticos
 - Datagrama original e seus respectivos fragmentos possuem cabeçalhos similares
 - Fragmentos podem ser re-fragmentados.



Protocolo IP

- Remontagem
 - Processo de recuperação do datagrama original a partir dos seus fragmentos
 - É realizada apenas no destino final dos fragmentos
 - O datagrama original não pode ser remontado quando algum fragmento é perdido ou atrasa
 - O destino final ativa um temporizador após a chegada de um fragmento
 - Fragmentos recebidos após a expiração do temporizador são descartados



Protocolo IP

- Controle de fragmentação
 - Campo Identification (16 bits)
 - Número inteiro que identifica o datagrama original
 - Copiado para cada fragmento
 - Campo Fragment OffSet (13 bits)
 - Deslocamento dos dados do fragmento em relação ao datagrama original
 - Identificado em unidades de 8 bytes
 - Campo Flags (3 bits)
 - Serve ao controle de fragmentação
 - Indica se pode ou não fragmentar um datagrama
 - bit Don't fragment indica se pode ou não fragmentar
 - bit More fragments indica se houve fragmentação

Protocolo IP

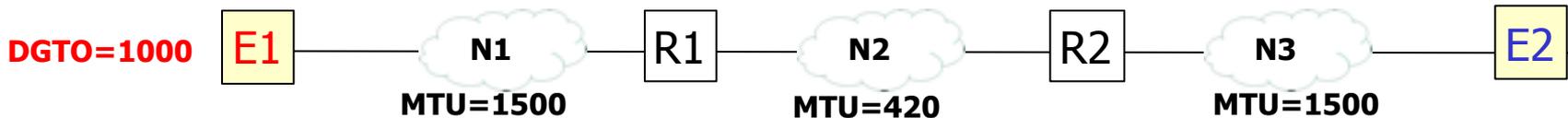
- Algoritmo da fragmentação
 - O cálculo do tamanho do fragmento é função do MTU
 - Passos
 - Passo 1: Definir a quantidade de fragmentos
 - Passo 2: Definir o tamanho máximo do fragmento (em octetos)
 - Passo 3: Definir o tamanho da carga útil
 - Passo 4: Montar os fragmentos com os dados dos passos 1, 2 e 3 e configurar os Flags Don't fragment e More fragments

Protocolo IP

- Algoritmo da fragmentação
 - Passo 1:
 - $QTDF = DTGO / MTU$; Divisão inteira do datagrama original pela MTU do novo enlace
 - Se o resto da divisão for maior que zero, soma-se 1 a quantidade QTDF
 - Passo 2:
 - $TMF = (MTU - HLen * 4) / 8$ (Divisão inteira, maior fragmento possível em octetos)
 - Passo 3:
 - $TAD = TMF * 8$ (Tamanho da área de dados)
 - Variação do OffSet = TMF
 - Passo 4: Montar os fragmentos com os dados dos passos 1, 2 e 3

Protocolo IP

Exemplo de fragmentação



Identification	More Fragments	Fragment OffSet	HLen (Bytes)	Total Len	Data
555	0	0	5	1000	980

Datagrama original (DTGO)

$QTDF = 980 / 400 \rightarrow 2,45$, logo $QTDF = 3$

$TMF = (MTU - HLen * 4) / 8 \rightarrow (420 - 5 * 4) / 8 = 50$

$TAD = TMF * 8 = 50 * 8 = 400$

Variação do OffSet = $TMF = 50$

Identification	More Fragments	Fragment OffSet	HLen (Bytes)	Total Len	Data	
555	1	0	20	420	400	f1
555	1	50	20	420	400	f2
555	0	100	20	200	180	f3

Protocolo IP

- Processo de remontagem
 - Os campos Identification e Source IP Address identificam os fragmentos de um datagrama
 - O primeiro fragmento é identificado pelo campo Fragment OffSet = 0
 - Fragmentos intermediários são posicionados de acordo com o seu Fragment OffSet
 - O último fragmento é detectado através do campo More fragments

Protocolo IP

- Processamento de datagramas
 - Conjunto de regras que caracterizam o serviço de entrega de datagramas
 - As estações e os roteadores podem:
 - Enviar datagramas atuando como origens
 - Receber datagramas atuando como destino
 - Roteadores intermediários podem rotear datagramas, encaminhando-os de uma rede física para outra

Protocolo IP

- Processamento na origem
 - Monta o datagrama
 - Preenche os campos dos cabeçalhos
 - Descobre rota para o destino
 - Envia datagramas
 - Entrega direta se origem e destino estiverem na mesma rede física
 - Entrega indireta a um roteador intermediário, se origem e destino estiverem em redes físicas diferentes

Protocolo IP

- Processamento no destino
 - Recebe e armazena o datagrama
 - Descarta datagrama e gera mensagem de erro quando não possui buffer
 - Verifica integridade do cabeçalho
 - Descarta o datagrama em caso de erro
 - Identifica-se como destino do datagrama
 - Senão, descarta-o
 - Entrega o datagrama ao protocolo indicado
 - Processo de remontagem pode ser necessário
 - Descarta fragmento e gera mensagem de erro em caso de falha

Protocolo IP

- Processamento no roteador
 - Recebe e armazena o datagrama
 - Descarta datagrama e gera mensagem de erro quando não possui buffer
 - Verifica integridade do cabeçalho
 - Descarta o datagrama em caso de erro
 - Identifica-se como roteador intermediário
 - Decrementa o TTL
 - Descarta datagrama e gera mensagem de erro quando o TTL atinge o valor zero

Protocolo IP

- Processamento no roteador
 - Descubra rota para o destino
 - Avalia necessidade de fragmentação
 - Descarta datagrama e gera mensagem de erro se a fragmentação for necessária e está desabilitada no datagrama (bit don't fragment = 1)
 - Envia o datagrama ou fragmentos
 - Entrega direta ao destino, se o destino estiver na mesma rede física do roteador
 - Entrega indireta a outro roteador, se o destino estiver em rede física diferente

Protocolo ICMP

- Fundamentos
 - Permite ao protocolo IP das estações e roteadores trocarem informações de erro e controle
 - Define diversos tipos de mensagem
 - Sinaliza algumas situações anormais
 - Permite a identificação de algumas informações operacionais
 - Mensagens ICMP são encapsuladas em datagramas IP

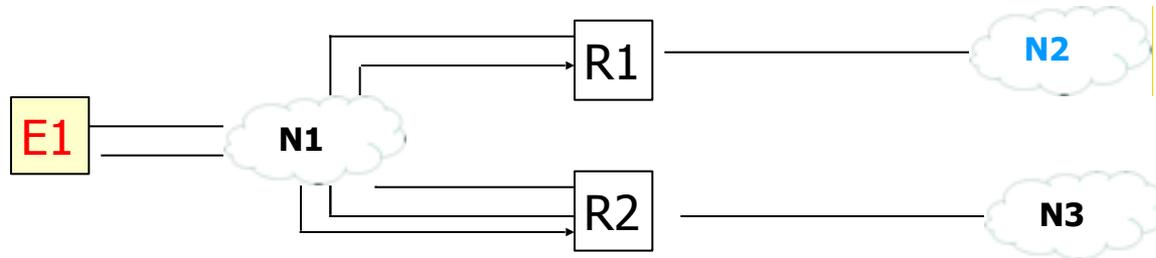
Protocolo ICMP

- Principais mensagens
 - Source quench
 - Realiza controle de congestionamento
 - Time exceeded
 - Indica que o TTL atingiu valor zero
 - Indica que nem todos os fragmentos foram recebidos durante o processo de remontagem
 - Destination unreachable
 - Sinaliza que não foi possível rotear o datagrama

Protocolo ICMP

- Principais mensagens
 - Redirect
 - Atua na otimização do roteamento

Rota inadequada
em E1 para N2



- Echo request / Echo reply
 - Testa se o destino está operacional e pode ser alcançado através da rede

Protocolo ICMP

- Principais mensagens

```
C:\>ping 10.1.1.1
```

```
Disparando contra 10.1.1.1 com 32 bytes de dados:
```

```
Resposta de 10.1.1.1: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

```
Resposta de 10.1.1.1: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

```
Resposta de 10.1.1.1: bytes=32 tempo=4ms TTL=64
```

```
Resposta de 10.1.1.1: bytes=32 tempo<1ms TTL=64
```

```
Estatísticas do Ping para 10.1.1.1:
```

```
    Pacotes: Enviados = 4, Recebidos = 4, Perdidos = 0 (0% de perda),  
Aproximar um número redondo de vezes em milissegundos:
```

```
    Mínimo = 0ms, Máximo = 4ms, Média = 1ms
```

Protocolo ICMP

- Principais mensagens

```
C:\>tracert www.cefetrn.br

Rastreando a rota para alecrim.cefetrn.br [200.137.1.15]
com no máximo 30 saltos:

 1      4 ms      <1 ms      4 ms      tirol.cefetrn.br [10.1.1.1]
 2      *        *          *          Esgotado o tempo limite do pedido.
 3      *        *          *          Esgotado o tempo limite do pedido.
 4      *        *          *          Esgotado o tempo limite do pedido.
```

- No Linux o comando é traceroute
- Com o comando tcpdump do Linux é possível verificar on-line o tráfego dos datagramas