

Camada de Rede

Fundamentos e Protocolos

Objetivos

- 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;

A nossa aula de hoje

- Características e funcionalidades;
- Composição;
- Protocolo IP;
- Protocolo ICMP;

Funcionalidades

- 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

- Características:
 - 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

- Características:
 - Modelo passo-a-passo (hop-by-hop)
 - Estações de uma mesma rede podem enviar datagramas diretamente entre si;
 - Estações em redes distintas devem enviar datagramas 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;
 - Geralmente apontam para rede, reduzindo tamanho da tabela;

Composição

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

0	4	8	16	19	24	31
VERS	HLEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH			
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET		
TIME TO LIVE		PROTOCOL	HEADER CHECKSUM			
SOURCE IP ADDRESS						
DESTINATION IP ADDRESS						
IP OPTIONS (IF ANY)					PADDING	
DATA						

Protocolo IP

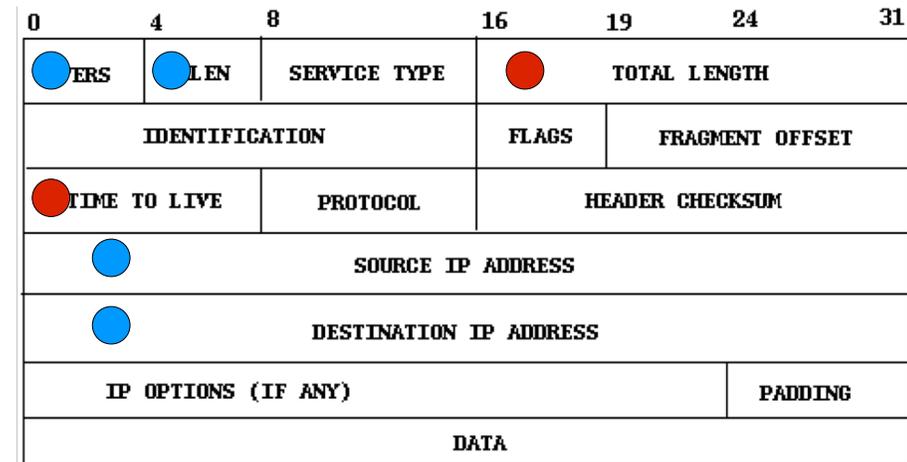
- Campos do datagrama

- Source IP address
 - Endereço IP da estação emissora;
- Destination IP address
 - Endereço IP da estação destino;
 - Usado no roteamento do datagrama;
- Version
 - Versão do protocolo (IPV4) - deve ser checado.
- Hlen
 - Tamanho do cabeçalho em unidades de 4 bytes (palavras de 32 bits)
 - O valor mínimo = 5

0	4	8	16	19	24	31
●	●					
VERS		LEN	SERVICE TYPE	TOTAL LENGTH		
IDENTIFICATION			FLAGS	FRAGMENT OFFSET		
TIME TO LIVE		PROTOCOL	HEADER CHECKSUM			
●	SOURCE IP ADDRESS					
●	DESTINATION IP ADDRESS					
IP OPTIONS (IF ANY)					PADDING	
DATA						

Protocolo IP

- Campos do datagrama



- Total Length

- Tamanho total do datagrama em bytes (cabeçalho e dados);
- Como esse campo é de 16 bits, então o maior datagrama possível é 65.535 (2¹⁶)

- 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;

Protocolo IP

- Campos do datagrama

- Header CheckSum

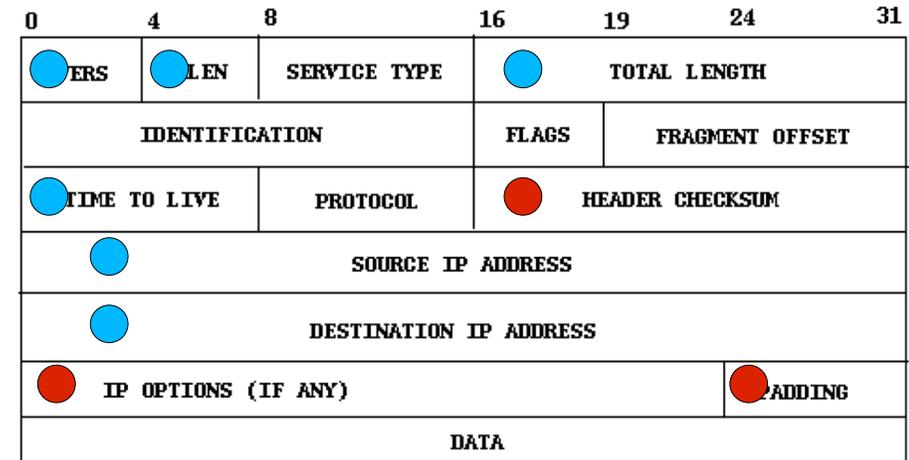
- Garante a integridade do cabeçalho;
 - Soma, usando aritmética de complemento a 1, e calcula o complemento a 1 do resultado;

- Options (tamanho variável)

- Informações para teste e depuração;
 - Registro de rota, especificação de rota, marca de tempo (Timestamp) de cada gateway;

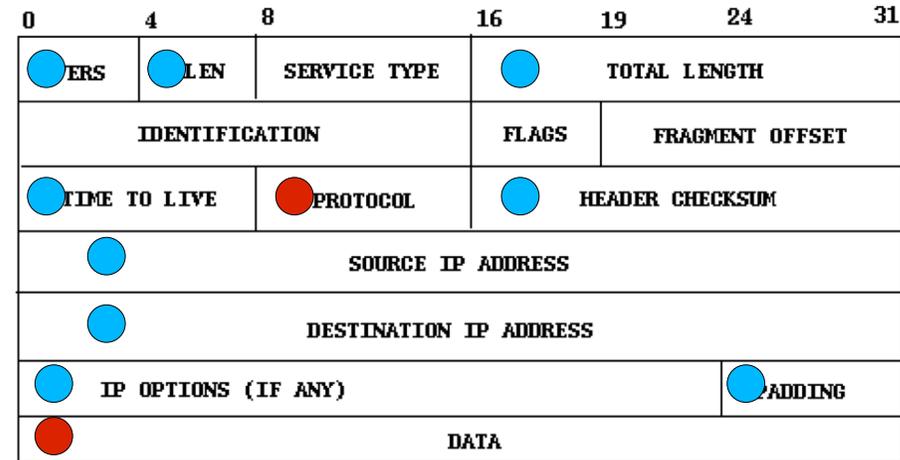
- Padding

- preenchimento com bits 0 que tornam o cabeçalho múltiplo de 32 bits;



Protocolo IP

- Campos do datagrama



- Protocol

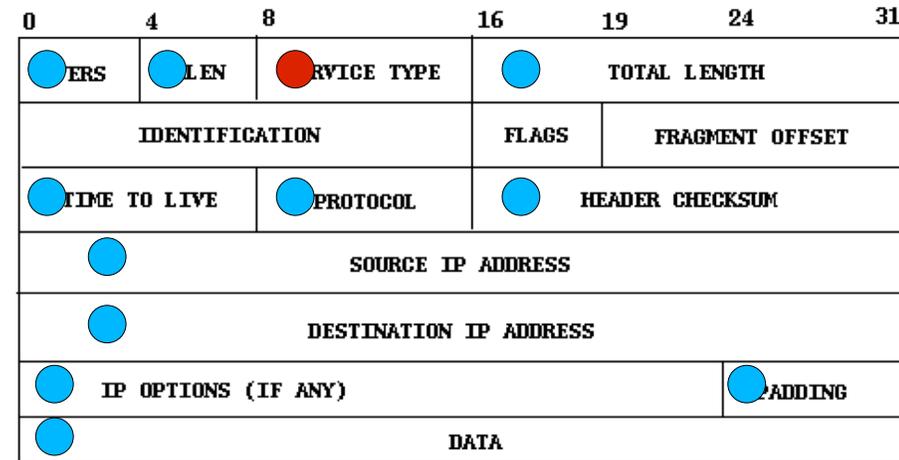
- Tipo do protocolo encapsulado no datagrama(TCP, UDP, ICMP, IGMP, IP, ...)

- Dados:

- Unidade de dados do protocolo superior (TCP, UDP, ICMP...);

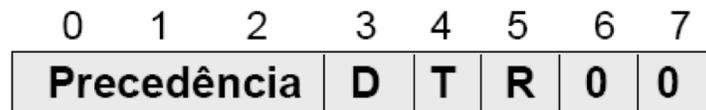
Protocolo IP

- Campos do datagrama



- Service Type

- Contém parâmetros referentes à qualidade de serviço desejada.



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

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.

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 o datagrama
 - 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 fragmentos e gera mensagem de erro em caso de falha na remontagem;

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
 - Descobre 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

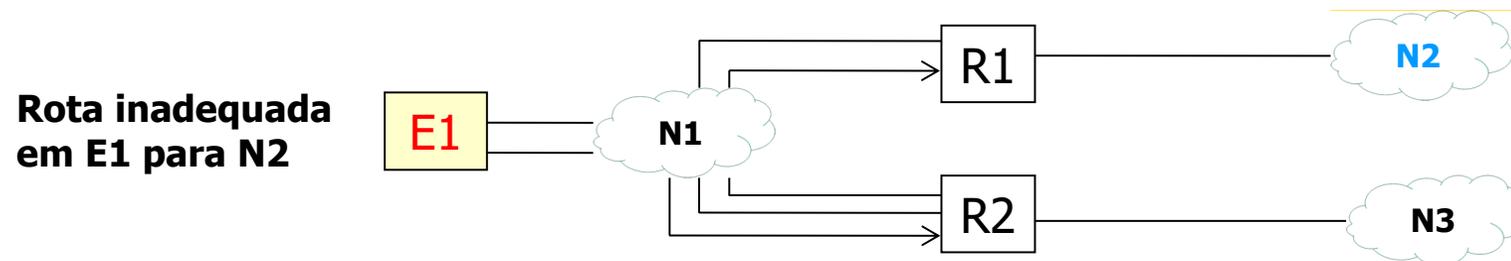
- Principais mensagens

- Echo request / Echo reply

- Testa se o destino está operacional e pode ser alcançado através da rede

- Redirect

- Atua na otimização do roteamento



Protocolo ICMP

- Principais mensagens

```
# 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

```
# traceroute www.google.com

Rastreamento a rota para www.google.com [216.58.222.68] 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.
```

Protocolo ICMP

- Principais mensagens:

<u>Tipo</u>	<u>Código</u>	<u>descrição</u>
0	0	echo reply (ping)
3	0	dest. network unreachable
3	1	dest host unreachable
3	2	dest protocol unreachable
3	3	dest port unreachable
3	6	dest network unknown
3	7	dest host unknown
4	0	source quench (congestion control - not used)
8	0	echo request (ping)
9	0	route advertisement
10	0	router discovery
11	0	TTL expired
12	0	bad IP header

Referências

- Comer, Douglas E., Interligação de Redes Com TCP/IP
- James F. Kurose, Redes de Computadores e a Internet
- Escola Superior de Redes, Arquitetura e Protocolos de Redes TCP/IP