

Correção e Detecção de Erros e Protocolo Ethernet

Conceitos Gerais

1. Introdução

- É muito comum que pacotes sejam comprometidos durante o percurso. Desta forma, é importante o uso de técnicas de detecção e correção de erros.
- Será analisada algumas das principais técnicas de detecção de erros no ambiente de redes de computador.
- Também será apresentado o protocolo Ethernet, o mais usado em redes LAN atualmente.
- E por fim, será visto alguns outros protocolos de rede menos comuns, como ATM, Token Ring, entre outros.

2. Relembrando o Modelo OSI e TCP/IP

- A imagem abaixo mostra um resmudo das camadas do modelo OSI

Camadas do OSI

1. Física

Transmite bits (0 e 1) no meio físico (cabos, sinais elétricos).

2. Enlace de Dados

Cuida da comunicação entre dispositivos na mesma rede (MAC, frames, detecção de erro).

3. Rede

Responsável pelo **endereçamento lógico e roteamento** (IP).

4. Transporte

Garante entrega correta dos dados (TCP/UDP, controle de erro e fluxo).

5. Sessão

Controla abertura, manutenção e encerramento de conexões.

6. Apresentação

Tradução de dados (compressão, criptografia, formatação).

7. Aplicação

Interface com o usuário (HTTP, FTP, DNS).



2. Relembrando o Modelo OSI e TCP/IP

- A imagem abaixo mostra um resumo das camadas do modelo TCP/IP

Camadas do TCP/IP:

1. Acesso à Rede

Equivalente às camadas Física + Enlace do OSI.

2. Internet

Equivalente à camada de Rede (IP, roteamento).

3. Transporte

Igual ao OSI (TCP/UDP).

4. Aplicação

Junta Aplicação + Apresentação + Sessão do OSI.

3. Detecção e Correção de Erros

- Quando os dados chegam à camada de Enlace, eles são encapsulados em frames (que são basicamente um sequenciamento de bits). Esses frames (conjuntos de bits) estão sujeitos a erros inerentes do meio físico no qual percorreram.
- A camada de acesso à rede do protocolo TCP/IP, na maioria das implementações de seus protocolos, possui a capacidade de detectar e corrigir esses erros.
- Existem uma série de técnicas para detecção de erros, vamos analisar as 3 mais utilizadas: **Verificação de Paridade, Método de Soma e Verificação e Verificação de Redundância Cíclica (CRC).**

4. Verificação de Paridade

- A ideia é **adicionar 1 bit extra** aos dados, chamado **bit de paridade**. Caso a sequência de bits original possua uma quantidade ímpar de bits iguais a “1”, deve-se acrescentar mais um bit igual a “1” para que a sequência tenha paridade par.
- Caso a sequência já tenha um número par de bits "1", é adicionado "0" no final, mantendo a paridade par.
- Caso haja uma alteração de algum bit ao longo da transmissão (erro no enlace), o receptor é capaz de detectar o erro (chegou uma quantidade par de bits “1” e chegou ímpar).

Sequência Original: 110100

Sequência de Transmissão: 110100**1** -> em vermelho, o bit de paridade.

Sequência de Transmissão: 110100**1**

Sequência com 1 erro: 010100**1** -> devia ter 4 bits com número 1, porém tem-se apenas 3 bits, indicando um erro por ser paridade par.

4. Verificação de Paridade

- Em ambientes que estão muito sujeitos a erros, esta técnica não é recomendada, pois muitos erros podem passar despercebidos.
- Um ponto para se observar, é que caso haja erro em dois bits na mesma sequência, o receptor não detectará o erro, como no exemplo abaixo:

Sequência de Transmissão: 1101001

Sequência com 2 erros: 0111001 -> verifica-se dois bits errados, porém, continua-se com 4 bits iguais a 1 indicando paridade par correta. O receptor não reconhece esse erro.

5. Método de Soma e Verificação

- O **método de soma e verificação** (também chamado de **checksum**) é uma técnica de **detecção de erros** mais eficiente que a paridade, muito usada em protocolos de rede.
- Ao invés de analisar bit a bit, ele, **Divide os dados em blocos** (ex: 8, 16 ou 32 bits) , **soma esses blocos** e envia junto o resultado dessa soma. O receptor faz a **mesma soma** e compara para verificar se o resultado é diferente (se for, é porque teve erro).
- Esse método é bastante utilizado na camada de transporte pelos protocolos TCP e UDP. Entretanto, ele é menos eficiente em relação ao método CRC (que veremos a seguir).
- Apesar disso, o método de soma e verificação exige pouco processamento em termos de cálculos sobre os pacotes.

6. Verificação de Redundância Cíclica

- O **CRC (Cyclic Redundancy Check)** é uma técnica **muito mais robusta** de detecção de erros do que paridade e checksum, sendo amplamente usada em redes.
- Em vez de somar bits, o CRC trata os dados como um **número binário (polinômio)**, faz uma **divisão binária** por um valor fixo (chamado de *polinômio gerador*). O **resto dessa divisão** é o CRC.

Como funciona (visão geral)

No emissor:

1. Escolhe um **polinômio gerador (G)**

Exemplo:

G = 1101

2. Adiciona zeros ao final dos dados
(quantidade = tamanho de G - 1)
3. Faz uma **divisão binária (XOR)**:
 - Não usa soma/subtração normal
 - Usa **XOR (OU exclusivo)**
4. O resto da divisão = CRC
5. Envia:

No receptor:

1. Recebe:

dados + CRC

2. Faz a **mesma divisão pelo mesmo G**
3. Resultado:
 - ✓ Resto = 0 → sem erro
 - ✗ Resto ≠ 0 → erro detectado

6. Verificação de Redundância Cíclica

- O **método de soma e verificação** é bastante utilizado na camada de transporte pelos protocolos TCP e UDP. Como a camada de transporte processa suas informações a nível de software, um baixo consumo de processamento no cálculo desses erros é fundamental.
- Já o método **CRC** exige muito mais processamento. Como ele atua geralmente na camada de enlace, e esta camada atua a nível de hardware, o impacto no processamento é reduzido.

7. Distância de Hamming

- A **Distância de Hamming** é um parâmetro que define a quantidade de bits que precisam ser corrigidos para se obter a sequência transmitida.
- A definição exata de “Distância de Hamming” é a quantidade de bits diferentes entre duas palavras código. Como exemplo, na imagem abaixo tem a palavra original (em cima) e a palavra código recebida (em baixo). A diferença é a distância de Hamming.
- Verificamos, portanto, que no exemplo, a “Distância de Hamming” é igual a 5, isso implica que 5 bits necessitarão ser corrigidos.

0110 1011

1111 0000

1001 1011

8. Endereçamento da Camada de Acesso à Rede

- Todo dispositivo que se conecta a uma rede precisa ser identificado para que possa trocar dados na rede local. Os endereços da camada de **Acesso à rede** são chamados de endereços MAC (Media Access Control), também conhecidos como **endereços físicos**.
- Na grande maioria das tecnologias da camada de Enlace, os endereços físicos possuem 6 bytes, (48 bits), no formato hexadecimal e possuem a forma: 47:3E:2A:B2:11:24. A primeira parte é identificação do fabricante e a segunda é o endereço da placa.
- Dessa forma, quando os dispositivos estão dentro de uma mesma rede local, a informação é encaminhada até o destino baseado no endereço **MAC e não no endereço IP**.
- O protocolo conhecido como ARP faz essa conversão entre MAC e IP. O MAC também é usado para broadcast (envio para todos os dispositivos da rede), para isso usa o endereço padrão FF:FF:FF:FF:FF:FF.

8. Endereçamento da Camada de Acesso à Rede

- Apesar do MAC ser usado para encaminhar as informações, o IP possui uma grande importância lógica:

Quando dois dispositivos estão na **mesma rede local (mesmo subnet)**:

- O **endereço IP** ainda é usado → para identificar *quem* você quer alcançar
- Mas o envio real do quadro na rede usa o **endereço MAC** → para entregar *fisicamente* o dado

Como isso acontece na prática

1. O dispositivo de origem verifica o IP de destino
2. Percebe que está na mesma rede
3. Usa o protocolo ARP (Address Resolution Protocol) para descobrir o MAC correspondente ao IP
4. Envia o dado diretamente para o **MAC do destino**

- IP → identifica o destino lógico
- MAC → entrega física dentro da rede local
- Em redes locais, a comunicação final ocorre via MAC, **mas o IP ainda é essencial**

9. Protocolo Ethernet

- É o principal protocolo utilizado em redes LAN. Como essas redes representam a grande maioria dos tipos de redes que formam a Internet, podemos dizer que o protocolo Ethernet está presente em boa parte das redes operacionais atualmente.
- O **padrão Ethernet** é, basicamente, a tecnologia mais usada no mundo para comunicação em **redes locais (LAN)**, ou seja, é o “jeito padrão” que computadores usam para conversar dentro da mesma rede.
- Ethernet é um conjunto de regras que define como os dados são **formatados**, como eles são **transmitidos no meio físico** (cabo ou até fibra) e como os dispositivos se **identificam na rede** (endereço MAC).

9. Protocolo Ethernet

- O Ethernet trabalha principalmente na **Camada Física** (cabos, sinais elétricos) e na **Camada de Enlace** (quadros e endereços MAC) do modelo OSI. A imagem abaixo mostra um resumo de como funciona na prática:

Quando você envia dados numa rede Ethernet:

1. Os dados são organizados em uma estrutura chamada **quadro (frame)**
2. Esse quadro contém:
 - MAC de origem
 - MAC de destino
 - Dados
3. O quadro é enviado pela rede (ex: cabo de rede)
4. O dispositivo com o MAC correspondente recebe

9. Protocolo Ethernet

- O padrão Ethernet foi criado por **Robert Metcalfe**. Ele trabalhava no centro de pesquisas da **Xerox PARC** (Palo Alto Research Center), onde precisava conectar vários computadores em uma mesma rede local. Então, em **1973**, desenvolveu a ideia do Ethernet.
- Depois da criação inicial, o padrão foi evoluído e formalizado com ajuda da Xerox, Intel e Digital Equipment Corporation. Esse grupo ajudou a popularizar o Ethernet, até que ele fosse oficializado pelo IEEE como o famoso padrão **IEEE 802.3**.
- É importante reforçar que o padrão IEEE 802.3, que foi uma adaptação do padrão Ethernet proposto pelos laboratórios da XEROX, logo eles são semelhantes, mas não igual.
- Outro padrão muito conhecido é o **IEEE 802.11 (LAN sem fio)**. A diferença deste protocolo em relação ao IEEE 802.3 reside na camada física do modelo OSI e na subcamada MAC da camada de enlace.

10. Padrão Ethernet

- A rede Ethernet padrão, foi definida para interligação de dispositivos em uma LAN a taxas de 10 Mbps, no formato HalfDuplex (comunicação acontece **nos dois sentidos**, mas **não ao mesmo tempo**).
- Utilizava-se o hub como equipamento de interconexão de rede, uma vez que não era exigido um processamento alto como o de um switch.
- O padrão Ethernet também pode ser referenciado pelos termos 10BaseT, 10Base2, 10Base5, entre outros, variando apenas o meio de transmissão utilizado (cabo par trançado, cabo coaxial).

11. Padrão FASTEthernet

- Atualmente, o padrão FastEthernet, que está muito bem consolidado nas redes LAN, opera com taxas a 100 Mbps (até 200 em algumas bibliografias) em seu formato padrão Half Duplex, além de suportar também o modo Full Duplex.
- Mantém o formato do frame, MTU e mecanismos MAC. Quando utilizado cabos de pares trançados, os dados são transmitidos usando apenas dois dos quatro possíveis pares.
- Pode ser referenciado pelos padrões 100BaseTX, 100BaseFX, entre outros. O padrão 100BaseTX mantém a compatibilidade e estrutura do padrão 10BaseT, utilizado em redes Ethernet.

12. Padrão GigaBITEthernet

- O **padrão GigabitEthernet** está se tornando cada vez mais presente nas redes e muito em breve assumirá o posto que hoje é das redes FastEthernet.
- As redes GigabitEthernet operam com taxas na casa de 1000 Mbps, ou 1 Gpbs, no modo **FullDuplex**. O modo Half Duplex também é suportado, ainda que seja pouco utilizado.
- Se implementado utilizando cabos de pares trançados, dependem minimamente de cabos CAT 5 (utiliza os 4 pares de fios). Entretanto, recomenda-se o uso de cabos CAT 5e ou CAT 6 (nesse caso continua-se utilizando os 2 pares).
- Foram mantidos os padrões de quadros do 802.3 garantindo assim plena compatibilidade com os padrões mais antigos.

12. Padrão GigaBITEthernet

- Alguns autores dizem que na utilização do Full Duplex, o padrão GigaBITEthernet pode atingir taxas de 2 Gbps. Diferentemente dos outros padrões, é possível apenas um repetidor por domínio de colisão.
- Este padrão pode ser referenciado pelos padrões 1000BaseT, 1000BaseTX, 1000BaseCX, 1000BaseLX, 1000BaseSX, entre outros.
- Um destaque importante é que o 1000BaseT é quem especifica a utilização dos 4 pares para alcançar a taxa de 1000Mbps, enquanto o 1000BaseTX especifica apenas 2 pares.
- Em relação ao 1000BaseTX, vale mencionar que este define que deve ser utilizado cabeamento CAT6 ou superior.

12. Padrão GigaBITEthernet

- Outro ponto importante a ser mencionado é o suporte a “**jumbo frames**” pelo padrão GigabitEthernet.
- Os jumbos frames são aqueles quadros que possuem payload maiores que 1500 bytes (padrão Ethernet) podendo chegar a 9000 bytes.
- O valor de 1500 bytes foi definido no padrão Ethernet por motivos de processamento dos equipamentos, tempo de ocupação do meio e tempo de retransmissão em caso de perdas.
- Porém, o padrão Gigabit Ethernet possui 100 vezes a velocidade de transmissão dos padrões Ethernet, e nessa situação, pontos como tempo de ocupação e retransmissão são bem menos preocupantes.

12. Padrão GigaBITEthernet

- Em termos de processamento, quanto maior a quantidade de quadros chegando a um dispositivo, maior será a exigência de processamento.
- Dessa forma, havendo o suporte dos jumbos frames, tende-se a diminuir o processamento das máquinas, pois o fluxo de frames será menor para um mesmo volume de dados.
- Para um melhor funcionamento, é necessário que todos os equipamentos da rede envolvidos na comunicação suportem os jumbos frames, dessa forma não há problemas de retransmissão ou fragmentação ao longo da rede devido a equipamentos com suporte menores.
- Os padrões continuam evoluindo conforme os serviços vão exigindo taxas cada vez maiores. Velocidades da ordem de 10 Gbps e 100 Gbps já estão sendo usadas e testadas em ambientes específicos, como redes de backbone, redes de armazenamento, entre outros.

12. Padrão GigaBITEthernet

- Existem outros padrões, como o **Green Ethernet** (802.az), que surgiu tendo como objetivo a economia de energia na utilização de serviços de rede e switches.
- Ele detecta qual a porta do switch que exige menos potência e que pode permanecer em stand by ou no modo “sleep” quando o dispositivo é desligado. Também detecta a extensão do cabo e ajusta, em conformidade, a utilização da potência.
- Um outro padrão da família Ethernet também utilizado nas interligações de dispositivos é o 802.af, também conhecido como Power over Ethernet - PoE.
- Esse padrão transmite energia elétrica nos cabos de par trançado de forma que os equipamentos que recebem esses cabos não necessitam de alimentação direto na tomada. É um recurso muito utilizado em access points, câmeras de vigilância, telefones IP e switches remotos.

13. Configuração do Padrão de Rede

- O fato que define se uma rede trabalha com o padrão **Ethernet / Fast / Gigabit** é o **hardware utilizado**.
- O tipo de rede (Ethernet, FastEthernet, GigabitEthernet) depende da placa de rede dos dispositivos, switches e cabos utilizados. Desta forma, o padrão é uma **capacidade física**, não é uma configuração que se faz no servidor.
- No geral tudo funciona automaticamente, os dispositivos negociam a melhor velocidade possível para operar. Esta técnica chama-se **auto-negociação**.

1. Placas de rede (dos computadores)

Cada dispositivo tem uma interface, por exemplo:

- 10 Mbps → Ethernet
- 100 Mbps → Fast Ethernet
- 1 Gbps → Gigabit Ethernet

Hoje, quase tudo já é **Gigabit (1 Gbps)**

2. Switch (o mais importante)

O switch define a velocidade das portas:

- Switch 10/100 → Fast Ethernet
- Switch 10/100/1000 → Gigabit Ethernet

Se você comprar um switch Gigabit, sua rede pode operar em Gigabit

3. Cabos de rede

O cabo também influencia:

- Cat5 → até 100 Mbps
- Cat5e / Cat6 → até 1 Gbps (ou mais)

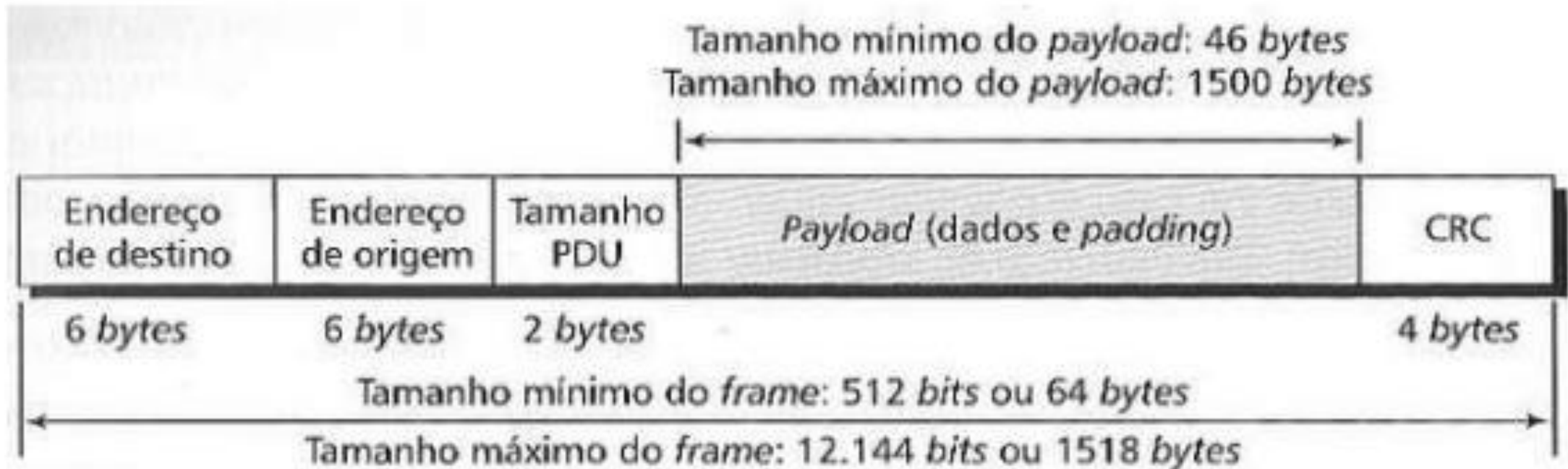
14. Histórico dos Padrões

- A imagem abaixo mostra o histórico dos padrões de rede:

Padrão	Ano	Características
802.3a	1985	10Base-2 Thin Ethernet
802.3i	1990	10Base-T – Par Trançado
802.3u	1995	100Base-T Fast Ethernet e Auto Negociação
802.3x	1997	Padrão Full-Duplex
802.3z	1998	1000Base-SX, LX e CX (Gigabit Ethernet)
802.3ab	1998	1000BASE-T, 1Gbps sobre par trançado.
802.3ac	1999	Tamanho máximo do frame estendido para 1522 permitindo o uso das TAGs do 802.1Q e 802.1p
802.3ad	2000	Link Aggregation – Agregação de Link
802.3	2002	Revisão do Padrão com as novas atualizações
802.3ae	2003	10Gbps Ethernet over Fiber (10BASE-SR, -LR, ER, SW, LW, EW)
802.3af	2004	Power over Ethernet
802.3	2005	Revisão do Padrão com as atualizações
802.3an	2006	10GBASE-T (10Gbps sobre par trançado)

15. Cabeçalho do Protocolo Ethernet

- A imagem abaixo mostra um cabeçalho do padrão 802.3, possuindo um tamanho de 18 bytes, sendo 4 deles utilizados como trailer (ao final do quadro para detecção e correção de erros).



15. Cabeçalho do Protocolo Ethernet

- A imagem abaixo descreve a função de cada campo do cabeçalho:

- Endereço de Destino: Campo de 6 bytes ou 48 bits que registra o endereço físico de destino do dispositivo.

- Endereço de Origem: Campo de 6 bytes ou 48 bits que registra o endereço físico de origem do dispositivo.

- Tamanho PDU: Como o tamanho total do frame é variado devido ao campo de dados, utiliza-se esse campo para definir o tamanho da área de dados útil. Esse campo já foi utilizado na primeira geração do protocolo 802.3 para indicar o tipo de protocolo da camada superior.

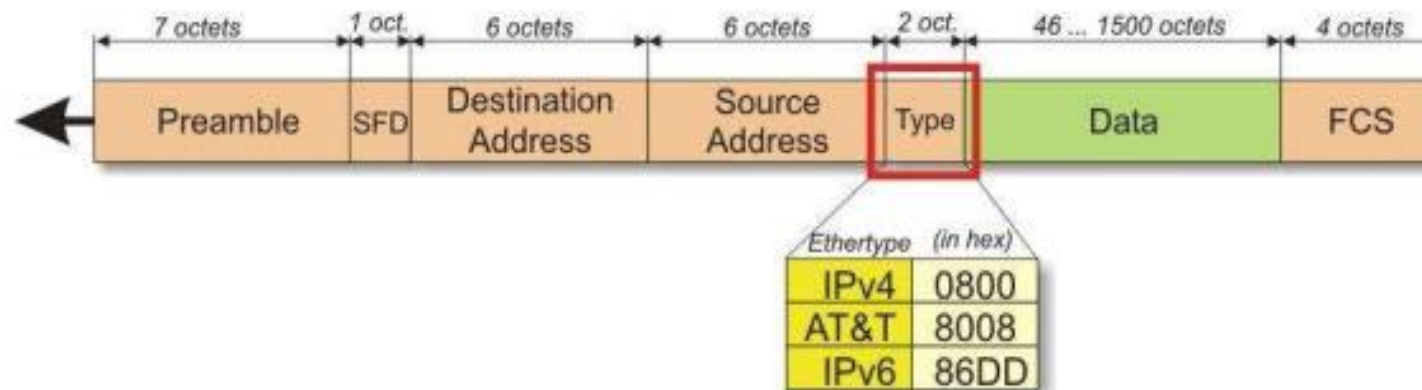
- CRC ou FCS: Conforme vimos, é o campo utilizado para o cálculo do CRC-32, ou seja, 32 bits ou 4 bytes para detecção de erros no quadro.

15. Cabeçalho do Protocolo Ethernet

- Além desses campos, é importante mencionar a existência de dois outros campos utilizados para marcarem o início de um novo quadro no enlace, ou seja, para que as interfaces dos dispositivos saibam da chegada de um novo quadro.
- Dessa forma, utiliza-se um preâmbulo de 7 bytes, com bits alternados entre “1” e “0”, acrescido de um oitavo byte chamado SFD (Start Frame Delimiter).
- Portanto, utiliza-se 8 bytes para indicar a chegada de um novo quadro Ethernet. Apenas para esclarecer, imagine um fluxo de bits contínuo (0’s e 1’s) com vários quadros dentro desse fluxo.
- Como saber quantos e quais quadros estão sendo trafegados? Usa-se esses campos que mencionamos para resolver esse problema.

15. Cabeçalho do Protocolo Ethernet

- O tamanho mínimo de um quadro Ethernet é de 64 bytes e máximo de 1518 bytes. Por isso o MTU padrão da Internet é de 1500 bytes, pois é o máximo de dados recebidos pelo quadro Ethernet.
- Caso a quantidade de dados seja menor que os 46 bytes de área útil, utiliza-se a técnica “padding” (preenchimento com bits “0”). O TYPE define o tipo de protocolo da camada superior (sabendo o protocolo, sabe-se automaticamente o tamanho da informação).
- A figura abaixo nos apresenta a estrutura completa, dos 18 bytes do cabeçalho Ethernet e seus 8 bytes de marcação:



16. Métodos de Encaminhamento de Quadros

- Existem basicamente 4 modos de operação ou métodos de encaminhamento de quadros:

Store-and-Forward: Como o próprio nome diz, armazena e encaminha, utilizando buffers. **É o método mais lento que gera maior latência.** Verifica se o pacote é muito grande ou muito pequeno para o padrão utilizado. Caso possuam tais características, serão descartados. Utiliza ainda o cálculo do CRC para validar o quadro que está sendo trafegado.

Cut-Through ou Fast Forward: Com o objetivo de diminuir a latência causada pelo método anterior, foi criado o modo Cut-through ou Fast Forward.

Faz-se a leitura apenas dos 6 primeiros bytes do quadro com o objetivo de identificar o endereço MAC de destino, sendo este suficiente para a realização do encaminhamento do quadro. Não se preocupa em identificar erros ou quadros corrompidos.

16. Métodos de Encaminhamento de Quadros

Fragment Free: Faz-se a leitura dos primeiros 64 bytes do quadro, assegurando que pelo menos o requisito de tamanho mínimo do pacote está sendo atendido. É um meio termo entre os métodos anteriores. Gera uma latência baixa na rede e filtra uma grande quantidade de erros.

Estatisticamente, diz-se que, se não houve erro nos 64 primeiros bytes, dificilmente haverá erros nos bytes seguintes desse quadro, portanto não vale o esforço de checagem.

Adaptative Cut-Through: É um método que permite a utilização dos métodos anteriores de forma adaptativa, podendo ser manual (configuração pelo gerente de rede) ou automática (recurso de análise do próprio switch). Dessa forma, caso seja uma rede pequena, com poucas colisões e interferências, pode-se utilizar o Cut-through. Entretanto, durante o uso, caso comece a ocorrer erros ou colisões, pode-se migrar para outros métodos.

16. Métodos de Encaminhamento de Quadros

- Outra informação importante com relação ao encaminhamento de quadro é com relação a troca de endereços.
- Quando um quadro precisa sair de uma origem A, até um destino D, passando por dois nós intermediários B e C (roteadores), devemos entender como funciona a troca de endereços a nível da camada de enlace.
- Na camada de rede, sabe-se que o endereço IP de origem e de destino serão mantidos ao longo de toda a comunicação, correspondendo, respectivamente aos endereços lógicos ou IP de A e D.
- Assim, quando o quadro vai da origem A para o próximo nó B, o quadro terá como endereço (MAC) de origem e destino, respectivamente, os endereços físicos do nó A e B, respectivamente

16. Métodos de Encaminhamento de Quadros

- À medida que o quadro avança na rede, no próximo enlace, será a interconexão entre os nós B e C. Dessa forma, o nó B modificará o quadro, de tal forma que os endereços físicos de origem e destino agora correspondam aos endereços dos nós B e C, respectivamente.
- E por último, na interconexão entre o nó C e o destino D, o nó C realizará o mesmo processo de alteração do quadro, incluindo agora como endereços físicos de origem e destino, os endereços físicos do nó C e D, respectivamente.
- Percebam que o endereço físico, ou MAC, possui significado apenas local, isto é, na respectiva LAN.
- Ao contrário do endereço físico, o endereço **IP possui significado global**, não sendo alterado entre origem e destino.





17. Protocolo ATM

- O **ATM (Asynchronous Transfer Mode)** é um tipo de **protocolo/tecnologia de rede** criado para transmitir dados, voz e vídeo com **alta velocidade e qualidade garantida**.
- O ATM é uma tecnologia de comunicação que envia informações em **pequenos pacotes de tamanho fixo**, chamados de **células**, que possuem exatamente **53 bytes** (5 bytes de controle e 48 bytes de dados).
- Enquanto o protocolo IP possui tamanho variável de dados, o ATM possui células sempre com 53 bytes, o que facilita o controle e gerenciamento de tráfego de rede. Devido a baixa latência, o ATM é ideal para aplicações em tempo real (voz e vídeo). Era muito usado por empresas de telefonia.
- Atualmente não é mais usado devido seu custo alto, complexidade de configuração, além do Ethernet ter evoluído muito (ficou rápido, confiável e mais barato).

18. Protocolo X.25 e Frame Relay

- O **X.25** é um protocolo de rede criado para transmitir dados de forma **extremamente confiável**, mesmo em redes ruins (com muito erro).
- A ideia deste protocolo é verificar os dados **várias vezes** até ter certeza de que chegou corretamente. Se der erro, o dado é **reenviado automaticamente**. Logo, é **muito seguro, porém lento**. A imagem abaixo mostra suas principais características:

Características principais

1.  Alta confiabilidade
 - Faz controle de erros em cada etapa da rede
2.  Confirmação de recebimento
 - Cada pacote precisa ser confirmado
3.  Baixa velocidade
 - Muito processamento → rede fica lenta
4.  Orientado à conexão
 - Cria um "caminho virtual" antes de transmitir

18. Protocolo X.25 e Frame Relay

- O **X.25** era muito utilizado nos anos 70 por Bancos (caixas eletrônicos antigos) e Sistemas governamentais. Atualmente, é usado apenas em sistemas legados.
- Já o **Frame Relay** é uma evolução do X.25, criado para ser **mais rápido**, removendo várias verificações. Enquanto o X.25 confere tudo várias vezes, o Frame Relay confia mais na rede e **manda o dado direto ao destino, sendo mais rápido e menos seguro.**
- Ele era muito usado nos anos 80 em Redes corporativas (WAN), Interligação de filiais e Provedores de internet antigos. Atualmente, está praticamente extinto.
- Esses protocolos são anteriores ao advento do Ethernet, atualmente todos eles são raros de serem utilizados no mercado.

19. Token Ring

- No Token Ring, o arranjo físico, ou seja, como os dispositivos são interconectados, teremos a topologia em **ESTRELA**. Entretanto, a forma como a informação é trafegada é equivalente a uma topologia em **ANEL**, logo, topologia lógica.
- Essas redes possuem como característica ainda, em termos de taxas de transmissão, valores na ordem de 4 ou 16 Mbps. Por ser um arranjo físico em estrela, o equipamento central ou nó concentrador é chamado de MAU (Multistation Access Unit ou Media Attached Unit).
- Os computadores formam um “anel lógico”, um pequeno pacote chamado **token** circula na rede. Quando um computador recebe o token, se tiver dados, eles podem ser transmitidos. Em seguida, o token é passado para o próximo computador.

19. Token Ring

- Este protocolo foi criado como uma alternativa ao Ethernet. Chegou a ser usado por empresas (com equipamentos IBM) nos anos 80 e 90. Mas atualmente não é mais usado.
- O Token Ring caiu em desuso devido aos equipamentos caros, complexidade de configurar e principalmente, o Ethernet evoluiu demais em velocidade e confiabilidade.