|  |
| --- |
| Ermy Melly Ramundo Miambo  Rafael Orquidia Mabjaia  **Protocolo da camada de enlace: Ethernet, IEEE 802.1Q, HDLC, Token ring**  Licenciatura em Informática  3º Ano Laboral  Universidade Pedagógica  Maputo, Setembro de 2024 |
| Ermy Melly Ramundo Miambo  Rafael Orquidia Mabjaia  **Protocolo da camada de enlace: Ethernet, IEEE 802.1Q, HDLC, Token ring**  Licenciatura em Informática  Trabalho Científico apresentado ao Departamento de Informática, Faculdade de Engenharias e Tecnologias da Universidade Pedagógica de Maputo, para efeitos de avaliação na cadeira Protocolo de comunicação.  Docente:  Dr.Aurèlio Ribeiro  Universidade Pedagógica  Maputo, Setembro de 2024 |

**Índice**

[1.Introdução 4](#_Toc176939137)

[2.Objectivos 5](#_Toc176939138)

[2.1. Objectivo geral 5](#_Toc176939139)

[2.2. Objectivos Específicos 5](#_Toc176939140)

[3.Metodologia 5](#_Toc176939141)

[4.História 6](#_Toc176939142)

[5. Funções Principais do Protocolo da Camada de Enlace 8](#_Toc176939143)

[6.Ethernet 9](#_Toc176939144)

[6.1.O que é Ethernet? 9](#_Toc176939145)

[6.2. Qual a principal aplicação desse tipo de tecnologia? 10](#_Toc176939146)

[6.3. Estrutura do Protocolo Ethernet 10](#_Toc176939147)

[6.4. Evolução e velocidades disponíveis para o padrão Ethernet 11](#_Toc176939148)

[6.5. Aplicações e Impacto 12](#_Toc176939149)

[7. IEEE 802.1Q 12](#_Toc176939150)

[7.1. Principais Conceitos e Funcionamento 13](#_Toc176939151)

[7.2. Aplicações e Benefícios 14](#_Toc176939152)

[8. HDLC 16](#_Toc176939153)

[8.1. Estrutura do Quadro HDLC 16](#_Toc176939154)

[8.2. Modos de Operação do HDLC 17](#_Toc176939155)

[8.3. Operações Básicas 17](#_Toc176939156)

[8.4. Vantagens e Aplicações 18](#_Toc176939157)

[9. Token ring 18](#_Toc176939158)

[9.1. Topologia em Anel 18](#_Toc176939159)

[9.2. Vantagens do Token Ring 19](#_Toc176939160)

[9.3. Desvantagens 19](#_Toc176939161)

[10. Conclusão 21](#_Toc176939162)

[11. Referência Bibliografias 22](#_Toc176939163)

**1.Introdução**

A camada de enlace é fundamental no modelo de referência OSI (Open Systems Interconnection), responsável por garantir a transferência confiável de dados entre dispositivos conectados a uma rede. Essa camada atua como um intermediário entre a camada física, que lida com a transmissão de bits pelo meio de comunicação, e a camada de rede, que organiza a comunicação entre dispositivos em diferentes redes.

Dentro da camada de enlace, diversos protocolos desempenham papéis cruciais para assegurar a integridade e a eficiência da comunicação. O protocolo Ethernet, por exemplo, é amplamente utilizado em redes locais (LANs) e define como os dispositivos em uma rede devem formatar e transmitir os dados. A padronização IEEE 802.1Q, por outro lado, introduz o conceito de VLANs (Redes Locais Virtuais), permitindo a segmentação lógica de redes físicas para melhorar a segurança e a gestão de tráfego.

Além desses, o protocolo HDLC (High-Level Data Link Control) é um protocolo de enlace orientado a bit que oferece uma comunicação confiável, sendo comum em redes ponto a ponto e em tecnologias de transmissão serial. Por fim, o Token Ring, embora menos utilizado atualmente, foi um dos protocolos pioneiros no controle de acesso ao meio, garantindo que os dispositivos em uma rede compartilhem o canal de comunicação de forma ordenada e sem colisões.

Este trabalho está estruturado de forma a explorar os diversos aspectos dos protocolos de enlace, desde sua história, importância e funcionamento nas redes de computadores. Por meio de uma abordagem abrangente e fundamentada em pesquisas bibliográficas e análises críticas, este trabalho busca fornecer uma visão aprofundada sobre alguns protocolos de enlace.

**2.Objectivos**

**2.1. Objectivo geral**

* Analisar o funcionamento e as características dos principais protocolos da camada de enlace, incluindo Ethernet, IEEE 802.1Q, HDLC e Token Ring, para entender suas aplicações práticas em redes de comunicação.

**2.2. Objectivos Específicos**

* Descrever o papel da camada de enlace no modelo OSI e sua importância na comunicação em redes de computadores;
* Identificar as principais características, vantagens e limitações dos protocolos Ethernet, IEEE 802.1Q, HDLC e Token Ring.
* Explorar exemplos de aplicação desses protocolos em diferentes tipos de redes, destacando seus benefícios e desafios em cenários reais.

**3.Metodologia**

A pesquisa será conduzida por meio de uma revisão bibliográfica detalhada, utilizando fontes acadêmicas, livros especializados e artigos técnicos para coletar informações sobre os protocolos da camada de enlace. Será realizada uma análise comparativa entre os diferentes protocolos, destacando suas funcionalidades, aplicações e relevância no contexto atual das redes de comunicação. Além disso, serão examinados estudos de caso e exemplos práticos para ilustrar a aplicação dos protocolos em ambientes reais. Essa abordagem permitirá uma compreensão abrangente das características e do impacto desses protocolos na eficiência e segurança das redes de computadores.

**4.História**

A camada de enlace, também conhecida como a camada de enlace de dados, é a segunda camada do Modelo OSI (Open Systems Interconnection), que é um modelo teórico criado para padronizar as funções de um sistema de rede de comunicação. Sua função principal é fornecer um meio confiável de transferência de dados entre dispositivos conectados diretamente em uma rede local (ou LAN). Esta camada é responsável por garantir que os dados transmitidos de um dispositivo de rede para outro cheguem corretamente, sem erros, e na sequência correta.

**Origem e Evolução da Camada de Enlace**

**A Necessidade de uma Comunicação Confiável**

Nos primórdios das redes de computadores, os sistemas estavam principalmente isolados e a comunicação entre dispositivos era limitada e específica. À medida que as redes começaram a crescer e se conectar, surgiu a necessidade de métodos padronizados para garantir que os dados pudessem ser transmitidos com precisão entre diferentes dispositivos e diferentes tipos de hardware. Isso levou ao desenvolvimento da camada de enlace, que lida com questões como detecção e correção de erros, controle de fluxo e endereçamento de hardware.

**A Evolução da Camada de Enlace e o Surgimento de Protocolos**

**Ethernet**

**História e Contexto:** Ethernet é um dos protocolos mais antigos e amplamente utilizados na camada de enlace. Foi desenvolvido por Robert Metcalfe e outros pesquisadores da Xerox PARC no início dos anos 1970. A ideia surgiu a partir da necessidade de criar uma maneira eficiente de conectar computadores em uma rede local (LAN), permitindo a troca de informações entre eles.

**Necessidade do Surgimento:** Nos primeiros dias da computação, as redes eram geralmente conexões ponto a ponto, onde dois computadores eram conectados diretamente. À medida que as redes se tornaram mais complexas, surgiu a necessidade de um método mais eficiente para gerenciar a comunicação entre vários dispositivos em uma única rede. O Ethernet utilizava uma abordagem baseada em "Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection" (CSMA/CD), onde todos os dispositivos na rede compartilhavam o mesmo meio físico, mas tinham que competir pelo acesso a ele. Se duas máquinas tentassem enviar dados ao mesmo tempo, ocorria uma colisão, e elas precisavam retransmitir os dados após um atraso aleatório.

**Características:** Ethernet define as regras para o cabeamento e as características do sinal em redes locais, além de especificar como os dados devem ser formatados e transmitidos. Ele se tornou o padrão dominante para redes locais devido à sua simplicidade, eficiência e capacidade de escalabilidade.

**IEEE 802.1Q**

**História e Contexto:** IEEE 802.1Q é um padrão de rede que foi desenvolvido pela IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers) para permitir a criação de VLANs (Virtual Local Area Networks). Este protocolo foi padronizado em 1998.

**Necessidade do Surgimento:** Com o crescimento das redes locais e a necessidade de segregar tráfego de rede para diferentes departamentos ou aplicações sem a necessidade de criar redes físicas separadas, surgiu a necessidade de uma forma de particionar uma única rede física em várias redes lógicas. Isso permitiu uma melhor segurança, gerenciamento de tráfego e eficiência no uso de recursos.

**Características:** IEEE 802.1Q permite que o tráfego de uma rede seja dividido em diferentes VLANs através do uso de "tagging" de pacotes Ethernet. Cada pacote pode ser marcado com uma tag VLAN, permitindo que o switches de rede direcione o tráfego de acordo com a VLAN correta. Isso possibilita a coexistência de várias redes lógicas sobre a mesma infraestrutura física, aumentando a eficiência e flexibilidade da rede.

**HDLC (High-Level Data Link Control)**

**História e Contexto:** HDLC é um protocolo da camada de enlace desenvolvido pela ISO (International Organization for Standardization) como um protocolo genérico de controle de enlace de dados. Ele surgiu a partir de um protocolo anterior chamado SDLC (Synchronous Data Link Control), desenvolvido pela IBM.

**Necessidade do Surgimento:** No início das redes de longa distância (WAN), havia a necessidade de um protocolo que pudesse fornecer controle de fluxo e controle de erro em links de comunicação síncronos. Diferentes empresas estavam desenvolvendo seus próprios protocolos proprietários, criando incompatibilidades entre sistemas. HDLC foi introduzido como um padrão internacional para resolver esses problemas.

**Características:** HDLC oferece uma comunicação orientada a bit, onde os dados são transmitidos em quadros, e cada quadro contém informações de controle que permitem a detecção de erros. O protocolo também pode operar em diferentes modos, incluindo modo de resposta normal, modo assíncrono balanceado e modo de resposta assíncrona balanceada, dependendo das necessidades específicas da rede.

**Token Ring**

**História e Contexto:** Token Ring é uma tecnologia de rede desenvolvida pela IBM nos anos 1980, que se tornou bastante popular em redes corporativas durante aquela década e a seguinte. Ela foi padronizada como IEEE 802.5.

**Necessidade do Surgimento:** À medida que as redes locais cresceram em tamanho, surgiram problemas relacionados ao gerenciamento de acesso ao meio. Ethernet, com seu método CSMA/CD, funcionava bem para pequenas redes, mas em redes maiores, as colisões de pacotes poderiam se tornar mais frequentes, resultando em perda de desempenho. Token Ring foi criado para resolver esse problema, proporcionando um método mais ordenado e eficiente de acesso ao meio.

**Características:** Token Ring opera em uma topologia lógica de anel, onde um "token" (um pequeno pacote especial) circula pela rede. Somente o dispositivo que possui o token pode transmitir dados, o que elimina a possibilidade de colisões. Essa abordagem garantiu um acesso mais previsível ao meio, tornando-o ideal para redes corporativas que exigiam alta confiabilidade.

**5. Funções Principais do Protocolo da Camada de Enlace**

1. Controle de Acesso ao Meio (MAC - Media Access Control):

- Define como os dispositivos na mesma rede compartilham o meio de transmissão (como cabos ou sinais de rádio) para evitar colisões e interferências. Isso é especialmente importante em redes locais (LANs), onde múltiplos dispositivos podem tentar transmitir dados simultaneamente.

2. Endereçamento Físico:

- A camada de enlace utiliza endereços físicos, conhecidos como endereços MAC, para identificar dispositivos na rede. Cada dispositivo de rede tem um endereço MAC único atribuído pelo fabricante, que é usado para garantir que os dados cheguem ao destino correto.

3. Detecção e Correção de Erros:

- Durante a transmissão de dados, erros podem ocorrer devido a interferências ou problemas no meio físico. O protocolo da camada de enlace inclui mecanismos para detectar e corrigir esses erros, garantindo que os dados recebidos sejam uma réplica fiel dos dados enviados.

4. Framing (Enquadramento):

- A camada de enlace organiza os dados em "quadros" ou "frames", que são pacotes de dados com um início e fim bem definidos. Isso ajuda na sincronização e facilita a detecção de erros.

5. Controle de Fluxo:

- Gere a quantidade de dados que podem ser enviados sem sobrecarregar o dispositivo receptor. Isso é feito para evitar que o receptor fique sobrecarregado e perca pacotes de dados.

Exemplos de Protocolos da Camada de Enlace:

- Ethernet: Um dos protocolos mais comuns para redes locais (LANs).

- IEEE 802.1Q: Padrão que permite a criação de VLANs em redes Ethernet através de tags nos quadros.

- HDLC: Protocolo de enlace para transmissões ponto a ponto com controle de erros.

- Token Ring: Tecnologia de rede onde dispositivos transmitem dados em um anel usando um token para evitar colisões.

**6.Ethernet**

A Ethernet opera na camada de enlace de dados e na camada física. Os padrões de protocolo Ethernet definem muitos aspetos da comunicação de rede, incluindo o formato de quadro, o tamanho do quadro, o tempo e a codificação.

**6.1.O que é Ethernet?**

Ethernet é a tecnologia que permite a conexão física entre dispositivos como computadores, impressoras, switches e roteadores em redes locais. Por ser escalável e de fácil manutenção, esse padrão é amplamente usado para conectar dispositivos através de cabos para a transmissão de dados.

Esse padrão utiliza cabos de rede, geralmente de par trançado, para conectar dispositivos e transmitir dados em velocidades variadas, dependendo da tecnologia utilizada.

Por ser um padrão globalmente aceito, a tecnologia simplificou os sistemas de comunicação e possibilitou maior escalabilidade das redes locais, simplificando adaptar e expandir a infraestrutura de TI de acordo com a complexidade do ambiente.

**6.2. Qual a principal aplicação desse tipo de tecnologia?**

A principal aplicação da tecnologia Ethernet é viabilizar a criação de redes locais (LANs), permitindo a comunicação entre computadores, impressoras, roteadores, servidores e outros dispositivos.

Atualmente o padrão é amplamente utilizado em redes para conectar dispositivos e gerenciar a comunicação em estruturas client-server em ambientes corporativos, governamentais, educacionais e domésticos.

Essa comunicação de dados é essencial para que os dispositivos conectados possam compartilhar informações, recursos e até o acesso à internet.

Além disso, essa tecnologia possibilitou também o compartilhamento de equipamentos dentro de uma mesma rede, como servidores, sistemas de armazenamento, câmeras de vigilância, servidores de impressão, modens e roteadores.

O protocolo Ethernet é uma tecnologia fundamental no mundo das redes de computadores, sendo amplamente utilizado para a construção de redes locais (LANs). Desenvolvido inicialmente na década de 1970 por Robert Metcalfe e outros engenheiros na Xerox PARC, o Ethernet tornou-se o padrão dominante para comunicação em redes locais devido à sua simplicidade, eficiência e capacidade de evoluir com as necessidades tecnológicas.

**6.3. Estrutura do Protocolo Ethernet**

**6.3.1. Tramas Ethernet (Ethernet Frames)**

No Ethernet, os dados são transmitidos em unidades chamadas "tramas" (frames). Cada trama possui uma estrutura específica composta por diferentes campos:

- Pré-Sinal (Preamble): Um campo de 7 bytes utilizado para sincronizar os dispositivos na rede.

- SFD (Start Frame Delimiter): Um campo de 1 byte que indica o início da trama.

- Endereços MAC (MAC Addresses): Composto por dois campos de 6 bytes, um para o endereço de origem e outro para o endereço de destino. Esses endereços são únicos para cada dispositivo na rede.

- Campo de Tipo/EtherType:Um campo de 2 bytes que indica o protocolo de camada superior, como IPv4 ou IPv6.

- Dados/Payload: A carga útil que contém os dados a serem transmitidos, podendo variar entre 46 e 1500 bytes (no Ethernet padrão).

- FCS (Frame Check Sequence): Um campo de 4 bytes que permite a verificação de erros na transmissão utilizando o CRC (Cyclic Redundancy Check).

**6.3.2. Acesso ao Meio e Colisões**

Ethernet utiliza um método de acesso ao meio conhecido como CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection). Este método garante que os dispositivos na rede compartilhem o mesmo canal de comunicação sem que haja conflitos:

- Carrier Sense (Detecção de Portadora): Antes de transmitir, o dispositivo verifica se o canal está livre.

- Multiple Access (Acesso Múltiplo): Todos os dispositivos têm igualdade de acesso ao canal.

- Collision Detection (Detecção de Colisão): Se dois dispositivos transmitem simultaneamente e ocorre uma colisão, ambos interrompem a transmissão e aguardam um tempo aleatório antes de tentar novamente.

Esse mecanismo foi crucial no início do Ethernet, quando as redes eram principalmente construídas com hubs que utilizavam o mesmo domínio de colisão. Com a introdução de switches, que

segmentam o domínio de colisão, o CSMA/CD tornou-se menos relevante, mas ainda faz parte do padrão Ethernet.

**6.4. Evolução e velocidades disponíveis para o padrão Ethernet**

Ethernet evoluiu significativamente desde suas versões iniciais, acompanhando o aumento da demanda por maior velocidade e eficiência. Os principais padrões de Ethernet incluem:

- Ethernet Clássico (10BASE-T): Opera a 10 Mbps(megabits por segundo) utilizando cabos de par trançado.

- Fast Ethernet (100BASE-TX): Atinge velocidades de 100 Mbps e também utiliza cabos de par trançado.

- Gigabit Ethernet (1000BASE-T): o padrão Gigabit elevou a velocidade para 1 Gbps (gigabit por segundo), ou 1000 Mbps, utilizando cabos Cat 5e ou Cat 6.

- 10 Gigabit Ethernet (10GBASE-T): Atinge 10 Gbps(gigabit por segundo), sendo utilizado em datacenters e redes de alta performance, com cabos Cat 6a ou superiores.

- Ethernet sobre Fibra Óptica (1000BASE-LX, 10GBASE-LR, etc.): Utiliza fibra óptica para alcançar maiores distâncias e velocidades.

Cada um desses padrões foi desenvolvido para atender a diferentes necessidades de infraestrutura de rede, garantindo compatibilidade com versões anteriores e permitindo uma transição suave para novas tecnologias.

**6.5. Aplicações e Impacto**

Ethernet é amplamente utilizado em redes domésticas, corporativas e industriais. Sua versatilidade permite a conexão de dispositivos variados, como computadores, impressoras, servidores, câmeras de segurança, e dispositivos IoT. A simplicidade e a robustez do Ethernet também o tornaram um padrão confiável em ambientes críticos, como datacenters e redes industriais.

Com o avanço da tecnologia, Ethernet continua a evoluir, oferecendo soluções como Ethernet de baixa latência para aplicações em tempo real, Ethernet para automação industrial, e Ethernet de alta velocidade para redes backbone. A adoção de Ethernet em diversas indústrias demonstra sua capacidade de adaptação e sua importância contínua na infraestrutura de redes.

O protocolo Ethernet desempenha um papel crucial na comunicação de redes locais, oferecendo uma combinação de simplicidade, eficiência e escalabilidade que o mantém relevante e amplamente utilizado em um mundo cada vez mais conectado.

**7. IEEE 802.1Q**

O IEEE 802.1Q é um padrão de rede desenvolvido pelo Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) que define o comportamento de VLANs (Virtual Local Area Networks) em redes Ethernet. Ele é amplamente utilizado para permitir a segmentação de uma rede física em várias redes lógicas, permitindo que diferentes segmentos de rede sejam isolados uns dos outros, o que pode melhorar o desempenho, a segurança e a organização da rede.

**7.1. Principais Conceitos e Funcionamento**

**7.1.1VLAN (Virtual Local Area Network)**

Uma VLAN é uma rede lógica dentro de uma rede física. O uso de VLANs permite que dispositivos em diferentes locais físicos (por exemplo, em diferentes switches) sejam agrupados como se estivessem na mesma rede. As VLANs ajudam a reduzir o tráfego de broadcast e a segmentar a rede para melhorar a segurança e o gerenciamento.

O padrão IEEE 802.1Q define a operação de VLAN que permitem a definição, operação e administração de topologias de LAN virtual dentro de uma infraestrutura de rede local. O padrão 802.1Q se destina a resolver o problema de como quebrar grandes redes em partes menores para que o tráfego de broadcast e multicast não ocupe mais largura de banda do que o necessário. A norma também ajuda a fornecer um maior nível de segurança entre os segmentos de redes internas (IEEE Std 802.1Q, 2009).

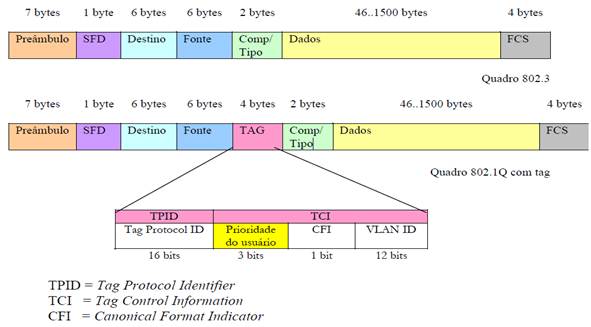


Figura 1: Quadros Ethernet simples e com marcação de VLAN

**7.1.2. Tagging de VLAN (VLAN Tagging)**

O IEEE 802.1Q introduz o conceito de tagging de VLAN, onde cada frame Ethernet que atravessa um switch compatível com 802.1Q pode ser "tagueado" com uma identificação de VLAN (VLAN ID). Essa tag é inserida no cabeçalho do frame Ethernet e contém um campo de 12 bits que pode identificar até 4096 VLANs diferentes.

**7.1.3. Estrutura do Frame 802.1Q**

Quando um frame é "tagueado", o cabeçalho 802.1Q é inserido entre o cabeçalho Ethernet padrão e o campo de dados do frame. O cabeçalho 802.1Q tem 4 bytes adicionais e inclui:

- Tag Protocol Identifier (TPID):16 bits com o valor hexadecimal 0x8100, que identifica o frame como 802.1Q.

- Priority Code Point (PCP): 3 bits que permitem a priorização de tráfego (QoS).

- Drop Eligible Indicator (DEI): 1 bit que indica se o frame pode ser descartado em condições de congestionamento.

- VLAN Identifier (VID): 12 bits que identificam a VLAN à qual o frame pertence.

**7.1.4. Switches e VLANs**

- Em um ambiente de rede que usa IEEE 802.1Q, os switches são responsáveis por encaminhar os frames de acordo com as tags de VLAN.

- Um switch pode ter interfaces configuradas como access ports (portas de acesso) ou trunk ports (portas tronco):

- Access Ports: São associadas a uma única VLAN e não tagueiam os frames.

- Trunk Ports: Podem transportar tráfego de múltiplas VLANs e tagueiam os frames de acordo com a VLAN a que pertencem.

**7.1.5. VLAN Nativa**

- As portas tronco têm uma VLAN nativa que é usada para frames que não estão tagueados. Frames que chegam a uma porta tronco sem uma tag são associados à VLAN nativa.

**7.2. Aplicações e Benefícios**

O IEEE 802.1Q desempenha um papel importante em diversas aplicações de redes modernas, oferecendo benefícios significativos em termos de segmentação, segurança, eficiência e escalabilidade.

Uma das principais aplicações do IEEE 802.1Q é a segmentação de rede. Ele permite que uma única rede física seja dividida em várias VLANs (Redes Locais Virtuais), funcionando como redes lógicas independentes. Isso é extremamente útil para separar o tráfego de diferentes departamentos dentro de uma organização, como finanças, recursos humanos e TI, mesmo quando eles compartilham a mesma infraestrutura física.

Além disso, o IEEE 802.1Q facilita o isolamento de tráfego, permitindo que diferentes tipos de dados, como voz (VoIP) e vídeo, sejam segregados em VLANs distintas. Isso garante que o tráfego de uma aplicação não interfira no desempenho de outra, o que é especialmente importante em redes onde a qualidade de serviço é crítica.

Outro benefício importante do IEEE 802.1Q é a implementação de políticas de segurança. Ao segmentar a rede em VLANs, as organizações podem controlar melhor o acesso a diferentes partes da rede, limitando o alcance de possíveis ataques e garantindo que apenas usuários autorizados tenham acesso a recursos específicos. Isso é vital em ambientes que exigem conformidade com padrões rigorosos de segurança, como PCI-DSS e HIPAA.

Em redes convergentes, onde diferentes tipos de tráfego compartilham a mesma infraestrutura, o IEEE 802.1Q ajuda a priorizar e gerenciar o tráfego de maneira eficiente. Isso assegura que aplicações críticas, como voz e vídeo, recebam a largura de banda necessária, evitando problemas de desempenho.

O IEEE 802.1Q também é amplamente utilizado para conectividade entre data centers. Ele permite a manutenção da continuidade das VLANs entre diferentes locais físicos, facilitando a replicação de dados e a migração de máquinas virtuais (VMs) sem interrupções. Em ambientes virtualizados, o protocolo é fundamental para a criação de redes virtuais que podem ser rapidamente configuradas e gerenciadas, suportando cenários como virtualização de desktops e nuvens privadas.

Os benefícios do IEEE 802.1Q são numerosos. Em termos de segurança, a segmentação da rede em VLANs ajuda a isolar diferentes tipos de tráfego e a controlar o acesso a recursos críticos, reduzindo o risco de ataques internos. A eficiência da rede também é melhorada, pois a separação de tráfego reduz o volume de broadcast, melhorando o desempenho geral, especialmente em redes complexas.

A facilidade de gerenciamento é outro benefício importante. O uso de VLANs simplifica a administração da rede, permitindo que mudanças na topologia sejam realizadas de forma lógica, sem necessidade de alterações físicas. A escalabilidade é garantida pelo suporte a até 4096 VLANs, permitindo que a rede cresça e se adapte a novas necessidades sem grandes reestruturações.

Finalmente, o IEEE 802.1Q contribui para a redução de custos, ao permitir que uma única infraestrutura física suporte várias redes lógicas, minimizando a necessidade de hardware adicional. O suporte integrado à qualidade de serviço (QoS) também é fundamental para garantir que diferentes tipos de tráfego recebam o tratamento adequado, assegurando o desempenho ideal de aplicações críticas.

O IEEE 802.1Q é essencial para o gerenciamento de redes complexas, permitindo que diferentes tipos de tráfego sejam eficientemente separados e administrados dentro de uma rede Etherne

**8. HDLC**

O High-Level Data Link Control, ou HDLC, é um protocolo de comunicação utilizado na segunda camada do modelo OSI: a de enlace de dados. O primeiro nível, ou nível físico, é responsável por levar informação do transmissor ao receptor.

É amplamente utilizado em redes de comunicação, particularmente em redes WAN (Wide Area Networks), para a transmissão de dados entre pontos distantes. O HDLC é um protocolo síncrono e orientado a bits, o que significa que ele opera com fluxos contínuos de bits em uma comunicação síncrona, onde os dados são transmitidos em uma sequência regular e cronológica.

**8.1. Estrutura do Quadro HDLC**

Um quadro HDLC é composto por diferentes campos, cada um com uma função específica:

- Flag (Bandeira): Este é o campo de início e fim de quadro, composto por uma sequência específica de bits (`01111110`). Ele marca os limites do quadro, permitindo que o receptor saiba onde um quadro começa e onde termina.

- Address (Endereço): Este campo identifica a estação de destino do quadro. Em uma configuração ponto-a-ponto, pode não ser necessário, mas em um ambiente multiponto, ele é essencial para direcionar o quadro ao destinatário correto.

- Control (Controle): Este campo contém informações de controle para o gerenciamento do fluxo de dados, incluindo números de sequência e confirmações. Existem três tipos de quadros de controle:

- I-Frame (Information Frame): Utilizado para a transmissão de dados de usuário.

- S-Frame (Supervisory Frame): Utilizado para o controle de fluxo e de erro, como ACKs (Acknowledgements) e NAKs (Negative Acknowledgements).

- U-Frame (Unnumbered Frame): Utilizado para gerenciamento de controle de link, como estabelecer ou finalizar uma conexão.

- Data (Dados): Este campo contém a carga útil, ou seja, os dados reais que estão sendo transmitidos.

- FCS (Frame Check Sequence): Este campo é utilizado para detectar erros na transmissão, através de uma verificação de redundância cíclica (CRC).

**8.2. Modos de Operação do HDLC**

O HDLC suporta três modos de operação que determinam como o protocolo gerencia a comunicação:

- NRM (Normal Response Mode): Neste modo, uma estação primária controla o link e as estações secundárias só podem transmitir dados em resposta a comandos da estação primária. É utilizado em ambientes onde a comunicação é controlada por uma única estação.

- ABM (Asynchronous Balanced Mode): Neste modo, todas as estações têm os mesmos direitos e podem iniciar a transmissão de dados. É o modo mais utilizado, especialmente em conexões ponto-a-ponto, onde ambas as extremidades do link podem enviar e receber dados de forma independente.

- ARM (Asynchronous Response Mode): Similar ao NRM, mas as estações secundárias podem iniciar a transmissão de dados sem aguardar um comando da estação primária.

**8.3. Operações Básicas**

- Estabelecimento de Conexão: No HDLC, antes que a transmissão de dados ocorra, uma conexão lógica precisa ser estabelecida. Isso é feito através da troca de quadros de controle específicos que sincronizam as estações.

- Transmissão de Dados: Uma vez estabelecida a conexão, os dados são transmitidos em quadros I. Cada quadro inclui um número de sequência para assegurar que os dados sejam recebidos na ordem correta.

- Controle de Erros: O HDLC implementa mecanismos de detecção e correção de erros. Se um quadro for recebido com erro, o receptor pode solicitar a retransmissão do quadro através de um S-Frame (Supervisory Frame).

- Encerramento de Conexão: Após a transmissão de todos os dados, a conexão é finalizada com o envio de um quadro de controle específico que fecha o link de comunicação.

**8.4. Vantagens e Aplicações**

- Confiabilidade: O HDLC é altamente confiável devido aos seus mecanismos de controle de erro e fluxo.

- Flexibilidade: Ele pode ser usado em uma variedade de configurações de rede, incluindo ponto-a-ponto, multiponto e redes de malha.

- Eficiência: A transmissão orientada a bits permite que o HDLC seja mais eficiente na utilização da largura de banda do que os protocolos orientados a caracteres.

O HDLC é amplamente utilizado em diversas aplicações, como em comunicações seriais, redes de telecomunicações, e em protocolos de camada superior, como o PPP (Point-to-Point Protocol), que utiliza HDLC como uma base para suas operações.

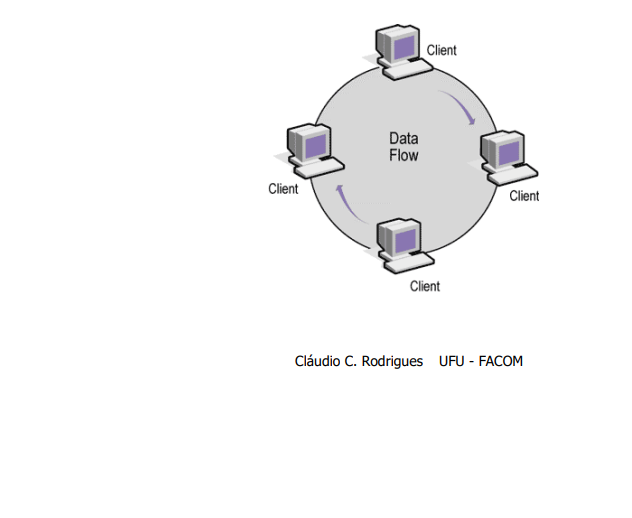
**9. Token ring**

**Token ring** é um protocolo de redes que opera na camada física e de enlace (ligação de dados) do modelo OSI dependendo da sua aplicação. Usa um símbolo (em inglês, *token*), que consiste em uma trama de três bytes, que circula numa topologia em anel em que as estações devem aguardar a sua recepção para transmitir.

É um método de acesso de rede local (LAN) onde os dispositivos (computadores, impressoras, etc.) estão organizados em uma topologia de anel. Em vez de todos os dispositivos competirem para enviar dados ao mesmo tempo, o Token Ring utiliza um "token" (um pequeno pacote especial de dados) que circula pelo anel.

**9.1. Topologia em Anel**

Os dispositivos estão conectados em um anel fechado. Cada dispositivo está ligado ao seguinte, formando um circuito contínuo.



2. O Token: Apenas o dispositivo que possui o token pode transmitir dados na rede. Isso evita colisões de dados, que podem ocorrer em outras topologias como a Ethernet.

3. Transmissão de Dados: Quando um dispositivo deseja enviar dados, ele espera até que o token chegue até ele. Ele então "pega" o token, anexa os dados e o endereço do destinatário ao token, e envia-o para o próximo dispositivo no anel.

4. Entrega de Dados: O token circula no anel até chegar ao dispositivo de destino. O dispositivo destinatário lê os dados e remove o conteúdo do token. O token vazio então continua circulando na rede, disponível para outro dispositivo utilizar.

5. Retorno do Token: Depois que os dados são entregues, o token é liberado para que outro dispositivo possa usá-lo.

**9.2. Vantagens do Token Ring**

- Evita colisões de dados, tornando a rede eficiente mesmo com alto tráfego.

- É determinístico, ou seja, o tempo de espera para transmitir é previsível, o que é útil para certas aplicações que precisam de consistência no tempo de transmissão.

**9.3. Desvantagens**

- Se um dispositivo ou conexão falha, pode interromper toda a rede, embora existam mecanismos para contornar isso, como anéis redundantes.

- A tecnologia Token Ring é mais complexa e cara do que a Ethernet, e por isso foi amplamente substituída por redes Ethernet na maioria das aplicações.

Embora tenha sido popular em certas aplicações, o Token Ring hoje é largamente obsoleto, substituído por tecnologias mais modernas como o Ethernet, que oferece maior flexibilidade e custo-benefício.

**10. Conclusão**

Esses protocolos, com suas diferentes abordagens e aplicações, exemplificam a complexidade e a importância da camada de enlace na construção de redes robustas e eficientes. Cada um deles traz soluções específicas para desafios de comunicação, contribuindo para a diversidade de opções disponíveis na arquitetura de redes.

Nesta pesquisa, foi possível explorar os diferentes protocolos da camada de enlace, analisando suas características, funcionalidades e relevância histórica e contemporânea. A Ethernet destacou-se como o padrão dominante em redes locais (LANs), devido à sua simplicidade, escalabilidade e suporte a altas velocidades, tornando-se a espinha dorsal das redes modernas. Por outro lado, o IEEE 802.1Q mostrou-se essencial para a segmentação de redes através de VLANs, proporcionando uma gestão de tráfego mais eficiente e segura, especialmente em ambientes corporativos complexos.

O HDLC foi identificado como um protocolo crucial para comunicações ponto a ponto em redes de área ampla (WANs), devido à sua capacidade de garantir a entrega confiável de dados. Por fim, o Token Ring, embora tenha sido uma solução inovadora em sua época, perdeu relevância frente ao crescimento exponencial da Ethernet, devido à sua maior complexidade e custos associados.

Conclui-se que a evolução dos protocolos de enlace reflete a adaptação da tecnologia às crescentes demandas de comunicação. A Ethernet e o IEEE 802.1Q continuam a ser fundamentais no cenário atual, enquanto protocolos como HDLC mantêm sua relevância em nichos específicos. O estudo desses protocolos oferece uma compreensão profunda das bases que sustentam as redes modernas e ressalta a importância da evolução contínua para atender às necessidades futuras da comunicação digital.

**11. Referência Bibliografias**

* *C. Hornig (abril de 1984). «Um padrão para a transmissão de datagramas do protocolo de Internet (IP) através de redes Ethernet» (em inglês). Força tarefa de engenharia da Internet (IETF).*[*RFC*](https://pt.wikipedia.org/wiki/Request_for_Comments)[*894*](https://tools.ietf.org/html/rfc894)*Acessível livremente*
* *J. Postel; J. Reynolds (fevereiro de 1988). «Um padrão para a transmissão de datagramas do protocolo de Internet (IP) em redes IEEE 802» (em inglês). IETF.*[*RFC*](https://pt.wikipedia.org/wiki/Request_for_Comments)[*1042*](https://tools.ietf.org/html/rfc1042)*Acessível livremente*
* *R. Coltun; et al. (dezembro de 1999). «Abrir o caminho mais curto primeiro (OSPF) para a versão 6 do protocolo de Internet (IPv6)» (em inglês). força tarefa de engenharia da Internet (IETF).*[*RFC*](https://pt.wikipedia.org/wiki/Request_for_Comments)[*2740*](https://tools.ietf.org/html/rfc2740)*Acessível livremente*
* <https://www.juniper.net/documentation/br/pt/software/junos/multicast-l2/topics/concept/interfaces-802-1q-vlans-overview.html>
* <https://www.dic.app.br/2010/03/hdlc.html>
* <https://www.slideshare.net/OrcidioMarhumbineHlu/token-ring-249466159>