

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO ACADÊMICO DE ELETRÔNICA
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM SISTEMAS DE TELECOMUNICAÇÕES

ROGER CORDEIRO DA SILVA

PROJETO E SIMULAÇÃO DE UMA REDE FRAME RELAY

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CURITIBA
2018

ROGER CORDEIRO DA SILVA

PROJETO E SIMULAÇÃO DE UMA REDE FRAME RELAY

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação, apresentado ao Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações, do Departamento Acadêmico de Eletrônica – DAELN, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas

CURITIBA
2018

TERMO DE APROVAÇÃO

ROGER CORDEIRO DA SILVA

PROJETO E SIMULAÇÃO DE UMA REDE FRAME RELAY

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 05 de dezembro de 2018, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Sistemas de Telecomunicações, outorgado pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná. O aluno foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Profa. Dra. Tânia Lúcia Monteiro
Coordenadora de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

Prof. M.Sc. Sérgio Moribe
Responsável pela Atividade de Trabalho de Conclusão de Curso
Departamento Acadêmico de Eletrônica

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.Sc. Omero Francisco Bertol
UTFPR

Prof. Dr. Joilson Alves Junior
UTFPR

Prof. Dr. Kleber Kendy Horikawa Nabas
Orientador – UTFPR

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

RESUMO

SILVA, Roger Cordeiro da. **Projeto e simulação de uma rede frame relay**. 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR). Curitiba, 2018.

O Frame Relay, é uma técnica de comutação rápida de pacotes, criado no fim da década de 80 pela empresa Bell Labs, posteriormente evoluiu para um serviço de rede independente, com padrões e recomendações elaborados por órgãos internacionais de telecomunicações, é um serviço multiplexado não confiável, pois não oferece confirmação de entrega, entretanto, camadas superiores de software oferecem essa confiabilidade, e existe a segurança que os frames sejam entregues na ordem em que são transmitidos. Na rede Frame Relay são estabelecidos Circuitos Virtuais Permanentes, vistos pelas pontas como canais dedicados da rede, permitindo compartilhamento da largura de banda entre vários usuários, cada frame contém todas as informações necessárias de roteamento entre as pontas, além de possuir a flexibilidade para criação de novos Circuitos Virtuais, o que diminui os custos com a rede, diferentemente do que ocorre em linhas privadas, onde para cada conexão ponto a ponto é necessário um contrato diferente.

Palavras-chave: Frame. Frame Relay. Circuitos Virtuais. DLCI.

ABSTRACT

SILVA, Roger Cordeiro da. **Design and simulation of a frame relay network**. 2018. 32f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso Superior de Tecnologia em Sistemas de Telecomunicações), Departamento Acadêmico de Eletrônica (DAELN), Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UFTPR). Curitiba, 2018.

Frame Relay is a fast packet switching technique created in the late 1980s by Bell Labs, later evolving into an independent network service, with standards and recommendations developed by international telecommunication bodies, a non-multiplexed service reliable because it does not offer confirmation of delivery, however, higher layers of software offer this reliability, and there is security that the frames are delivered in the order in which they are transmitted. In the Frame Relay network, Permanent Virtual Circuits are established, seen by the tips as dedicated network channels, allowing bandwidth sharing among several users, each frame containing all the necessary routing information between the tips, besides having the flexibility to create new Virtual Circuits, which reduces costs with the network, unlike what happens in private lines, where for each point-to-point connection a different contract is required.

Keywords: Frame. Frame Relay. Virtual Circuits. DLCI.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Frame relay	10
Figura 2A - Estrutura do frame.....	15
Figura 2B - Estrutura do cabeçalho.....	15
Figura 3 - Frame relay: exemplo DLCI.....	17
Figura 4 - Topologia	20
Figura 5 - Configuração nuvem: interface serial 0	26
Figura 6 - Configuração nuvem: interface serial 1	27
Figura 7 - Configuração nuvem: frame relay	27
Figura 8 - Configuração roteadores.....	28
Figura 9 - Verificação da configuração: Londrina	29
Figura 10 - Verificação da configuração: Curitiba.....	30

LISTA DE SIGLAS

ANSI	<i>American National Standards Institute</i>
ARP	<i>Address Resolution Protocol</i> (ou Protocolo de Resolução de Endereços)
ATM	<i>Asynchronous Transfer Mode</i> (ou Modo de Transferência Assíncrono)
BECN	<i>Backward Explicit Congestion Notification</i> (ou Notificação de Congestionamento Inverso)
C/R	<i>Command / Response</i> (ou Comando / Resposta)
CCITT	<i>Consultative Committee for International Telephony and Telegraphy</i> (ou Comitê Consultivo Internacional de Telefonia e Telégrafo)
CCNA	<i>Cisco Certified Network Associate</i>
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i> (ou Verificação de Redundância Cíclica)
CV	<i>Circuit Virtual</i> (ou Circuito Virtual)
DCE	<i>Data Communication Equipment</i> (ou Equipamento de Comunicação de Dados)
DEI	<i>Discard Eligibility Indicator</i> (ou Indicador de Elegibilidade de Descarte)
DLCI	<i>Data Link Connection Identifier</i> (ou Identificador de Conexão de Link de Dados)
DTE	<i>Data Terminal Equipment</i> (ou Equipamento Terminal de Dados)
EA	<i>Extension Bit</i> (ou Bit de Extensão)
FCS	<i>Frame Check Sequence</i> (ou Frequência de Verificação de Quadros)
FECN	<i>Foward Explicit Congestion Notification</i> (ou Notificação Explícita de Congestionamento)
FR	<i>Frame Relay</i>
FRAD	<i>Frame Relay Access Device</i> (ou Dispositivo de Acesso Frame Relay)
HDLC	<i>High-Level Data Link Control</i> (ou Controle de Link de Dados de Alto Nível)
IETF	<i>Internet Engineering Task Force</i>
IP	<i>Internet Protocol</i> (ou Protocolo de Internet)
ISDN	<i>Integrated Services Digital Network</i> (ou Rede Digital de Serviços Integrados)
LAN	<i>Local Area Network</i> (ou Rede de Area Local)
LMI	<i>Local Management Interface</i> (ou Interface de Gerenciamento Local)
MAC	<i>Media Access Control</i> (ou Controle de Acesso ao Meio)
MPLS	<i>Multi-Protocol Label Switching</i> (ou Comutação de Rótulos Multiprotocolo)
OSI	<i>Open System Interconnection</i> (ou Interconexão de Sistemas Abertos)
PC	<i>Personal Computer</i> (ou Computador Pessoal)
PPP	<i>Point to Point Protocol</i> (ou Protocolo Ponto a Ponto)
PVC	<i>Permanent Virtual Circuits</i> (ou Circuito Virtual Permanente)
SNA	<i>Systems Network Architecture</i>
SVC	<i>Switched Virtual Circuits</i> (ou Circuito Virtual Comutado)
VOFR	<i>Voice Over Frame Relay</i> (ou Voz sobre Frame Relay)
VPC	<i>Virtual Channel Identifier</i> (ou Identificador de Canal Virtual)
VPI	<i>Virtual Path Identifier</i> (ou Identificador de caminho Virtual)
VPN	<i>Virtual Private Network</i> (ou Rede Privada Virtual)
WAN	<i>Wide Area Network</i> (ou Rede de Longa Distância)
WI-FI	<i>Wireless Fidelity</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	8
1.1 TEMA.....	10
1.2 OBJETIVOS.....	10
1.2.1 Objetivo Geral.....	10
1.2.2 Objetivos Específicos.....	11
1.3 JUSTIFICATIVA.....	11
1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS.....	11
1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO.....	11
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	13
2.1 FRAME RELAY.....	13
2.2 CARACTERÍSTICAS.....	14
2.3 ESTRUTURA DO FRAME.....	15
2.4 SINALIZAÇÃO.....	17
2.4.1 Aviso de Congestionamento.....	17
2.4.2 Estado das Conexões.....	18
2.4.3 Sinalização SVC.....	18
2.5 APLICAÇÕES.....	19
3 SIMULAÇÃO.....	20
3.1 TOPOLOGIA.....	20
3.1.1 Funcionamento da Comunicação.....	21
3.1.2 Configuração da Rede.....	22
3.1.3 Configuração da Nuvem.....	26
3.1.4 Configuração dos Roteadores.....	28
3.1.5 Verificação das Configurações dos Roteadores.....	29
4 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	31

1 INTRODUÇÃO

O Frame Relay é um protocolo de Rede de Longa Distância (ou Wide Area Network - WAN) de alto desempenho que opera nas camadas físicas e de enlace de dados do modelo de referência OSI (Open System Interconnection ou Interconexão de Sistemas Abertos). O Frame Relay foi originalmente projetado para uso em interfaces de Rede Digital de Serviços Integrados (ou Integrated Services Digital Network - ISDN). Hoje, ele também é usado em várias outras interfaces de rede (CISCO, 2012).

No fim da década de 80 vários fatores combinados demandaram a transmissão de dados com velocidades mais altas, a migração das interfaces de texto para interfaces gráficas, o aumento do tráfego nas aplicações de dados, o aumento da capacidade de processamento dos equipamentos de usuário (computador pessoal, estações de trabalho, terminais Unix, entre outros), a popularização das redes locais e das aplicações cliente/servidor e a disponibilidade de redes digitais de transmissão. Nessa época o Bell Labs (EUA) desenvolvia a tecnologia ISDN e o protocolo Frame Relay era parte desse conjunto, no entanto, devido a suas características, o protocolo foi desmembrado e evoluiu como um serviço de rede independente, com padrões e recomendações elaborados por órgãos internacionais de Telecomunicações (BERNAL FILHO, 2003).

Em essência, Frame Relay é um serviço multiplexado não confiável, pois não oferece confirmação de entrega tornando possível que frames sejam perdidos ou duplicados pela rede e não possui mecanismo para controle de fluxo através da interface entre usuário e rede.

Entretanto, o serviço de Frame Relay assegura que frames sejam entregues na ordem em que são transmitidos é uma tecnologia de chaveamento baseada em pacotes elaborada para velocidade, desenvolvida para solucionar problemas de comunicação que outros protocolos não resolveram, através do processamento de protocolo mais baixo e velocidade mais alta.

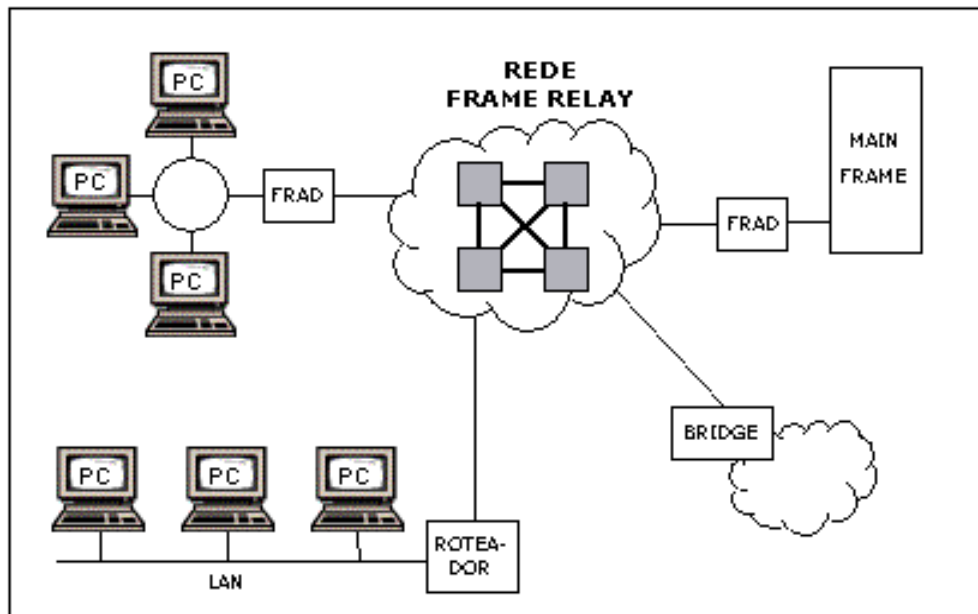
A confiabilidade inerente às redes atuais, além da existência de camadas superiores de software que podem fornecer confiabilidade fim-a-fim, tornam os serviços de frame relay de uso generalizado e amplamente disponíveis no momento, usada em muitas redes ao redor do mundo para interligar aplicações do tipo LAN (Rede de Area Local), SNA, Internet e Voz.

O Frame Relay fornece um mecanismo de sinais e transferência de dados entre os pontos de uma rede (*endpoints*). Permite que muitos usuários compartilhem largura de banda, criando largura de banda instantânea, conforme a demanda, envia informações em pacotes chamados frames, onde cada frame contém todas as informações necessárias para roteá-lo para o destino correto, desse modo, cada ponto da rede pode se comunicar com muitos destinos em uma conexão de acesso à rede e ao invés de ter alocada uma parte fixa da largura da banda, o tráfego Frame Relay toma toda a largura de banda para transmissões curtas e explosivas.

A rede Frame Relay contém dispositivos do usuário (PCs, estações de trabalho, servidores, computadores de grande porte, etc.), da rede (switches, roteadores de rede, equipamentos de transmissão com canais E1 ou T1, etc.) e equipamentos de acesso com interface Frame Relay (bridges, roteadores de acesso, dispositivos de acesso Frame Relay - FRAD, etc.), a conversão dos dados para o protocolo Frame Relay é feita pelos equipamentos de acesso, o dispositivo do usuário que está transmitindo entrega frames à rede, usando os procedimentos de chaveamento ou roteamento próprios do protocolo, a rede lê as informações de endereçamento nos frames e os roteia aos dispositivos do usuário, o Frame Relay assume que os dados não têm erros, o que elimina um passo demorado no protocolo de processamento, os dados viajam muito mais rápido do que teriam feito em outras tecnologias mais antigas e qualquer correção de erros é feita pelos dispositivos do usuário (PC's, roteadores).

A rede Frame Relay, apresentada na Figura 1, é sempre representada por uma nuvem, já que ela não é uma simples conexão física entre 2 pontos distintos. A conexão entre esses pontos é feita através de um circuito virtual (*virtual circuit*) configurado com uma determinada banda. A alocação de banda física na rede é feita pacote a pacote, quando da transmissão dos dados.

Figura 1 - Frame relay



Fonte: Bernal Filho (2003).

1. 1 TEMA

Nas últimas décadas houve uma evolução na tecnologia em redes muito grande, novos protocolos, equipamentos, surgiram e vão continuar a surgir devido à enorme demanda de informação necessária para a comunicação do mundo atual, e diante desta evolução, é interessante ver que a tecnologia Frame Relay continue viva, ainda inclusa no currículo da Cisco e sendo cobrada na prova da Cisco Certified Network Associate (CCNA).

Diante desse quadro, esse projeto visa apresentar e simular, de forma pratica e didática, os conceitos necessários para configuração de uma rede Frame Relay.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo Geral

O trabalho a ser realizado visa principalmente apontar diretrizes de projeto de redes Frame Relay. Por diretrizes, entenda-se um conjunto de itens essenciais e de boas práticas na concepção de uma rede.

Como maneira de obter conclusões, também se pretende simular a rede projetada, via software, utilizando imagens de firmware de equipamentos Cisco.

1.2.2 Objetivos Específicos

Familiarizar-se com o funcionamento da tecnologia Frame Relay, ou seja, levantar e estudar literatura específica, entender como o protocolo se comporta, em quais situações este é apropriado.

Realizar um projeto de exemplo, partindo do detalhamento de conexões físicas dos equipamentos, configurações básicas da infraestrutura (Endereços IP, VLANs, Protocolos de roteamento, etc.), infraestrutura Frame Relay até o provisionamento de circuitos virtuais para serviços.

Ilustrar os conceitos apresentados com capturas de pacotes nos links e da saída de comando de visualização através da interface CLI dos equipamentos.

1.3 JUSTIFICATIVA

O projeto proposto tem como objetivo, a apresentação de forma didática e simulada, dos conceitos relacionados a tecnologia de rede Frame Relay, sendo que o assunto relacionado a rede é muito importante na grade do curso, e essa tecnologia em particular, foi criada nos finais dos anos 80 e ainda hoje é utilizada.

1.4 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

O trabalho proposto é tanto teórico, quanto prático. Pretende-se apresentar uma revisão teórica do funcionamento do protocolo Frame Relay, de forma mais didática, compreendendo a apresentação e seus vários elementos, incluindo nomenclatura e função, as dinâmicas do processo e como estes devem ser previstos e considerados em projetos da rede.

Tendo uma boa visão geral do protocolo, será demonstrado como esta teoria pode ser aplicada na prática, através de um exemplo simulado de forma a concluir o projeto.

1.5 ESTRUTURA DO TRABALHO

O trabalho é composto por quatro capítulos. O primeiro capítulo é a introdução do trabalho, sendo apresentados o tema e os objetivos a serem atingidos.

O capítulo dois trata da teoria do projeto. Neste serão apresentados os conceitos básicos, características, sinalização, padrões e aplicações do Frame Relay.

O capítulo três é o desenvolvimento prático do trabalho, aplicando todos os conceitos tratados no capítulo dois de forma a projetar, configurar e analisar uma simulação de rede Frame Relay.

O capítulo quatro conclui o trabalho, fazendo as considerações finais sobre todo o conjunto desenvolvido nos capítulos anteriores.

Após o capítulo quatro consta a listagem das referências bibliográficas.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 FRAME RELAY

Foi desenvolvido no fim dos anos 80, início dos anos 90, como uma solução para os problemas advindos do protocolo X.25 e para atender às demandas de transmissão de dados com velocidades mais altas.

O protocolo X.25, a primeira rede pública de dados, foi desenvolvida na década de 1970, em uma época na qual o serviço de telefonia era um monopólio em todos os lugares, e a empresa de telefonia em cada país esperava que houvesse uma única rede de dados por país – a dela. Para usar a X.25, primeiro um computador estabelecia uma conexão com o computador remoto, isto é, fazia uma chamada telefônica. Essa conexão recebia um número de conexão que seria usado em pacotes de transferência de dados (porque várias conexões poderiam estar abertas ao mesmo tempo). Os pacotes de dados eram muito simples, consistindo em um cabeçalho de 3 bytes e até 128 bytes de dados. O cabeçalho tinha um número de conexão de 12 bits, um número de sequência de pacote, um número de confirmação e alguns bits variados. Na década de 1980, as redes X.25 foram substituídas em grande parte pelo Frame Relay (TANENBAUM, 2003).

O Frame Relay geralmente é descrito como uma versão simplificada do X.25, oferecendo menos recursos robustos, como janelamento e retransmissão dos últimos dados oferecidos no X.25. Isso ocorre porque o Frame Relay normalmente opera em instalações de WAN que oferecem serviços de conexão mais confiáveis e um maior grau de confiabilidade do que as instalações disponíveis durante o final dos anos 1970 e início dos anos 80, que serviam como plataformas comuns para WANs X.25. O Frame Relay é estritamente um conjunto de protocolos da Camada 2, enquanto o X.25 fornece serviços na Camada 3 (a camada de rede) também. Isso permite que o Frame Relay ofereça maior desempenho e maior eficiência de transmissão que o X.25 e torna o Frame Relay adequado para aplicativos WAN atuais, como a interconexão de LAN (CISCO, 2012).

Os primeiros passos do desenvolvimento ocorreram no laboratório da BELL Labs como parte das especificações da rede *Integrated Services Digital Network* (ISDN). Rapidamente, foi transformado em um serviço de rede e aperfeiçoado pelo consórcio fundador do Frame Relay Forum

Esse desenvolvimento na história da Frame Relay ocorreu em 1990, quando a Cisco, a Digital Equipment Corporation (DEC), a Northern Telecom (NorTel) e a StrataCom formaram um consórcio para se concentrar no desenvolvimento da tecnologia Frame Relay. Esse consórcio desenvolveu uma especificação que estava em conformidade com o protocolo básico Frame Relay que estava sendo discutido no CCITT (Comitê Consultivo Internacional de Telefonia e Telégrafo), mas estendia o protocolo com recursos que fornecem recursos adicionais para ambientes complexos de internetworking. Essas extensões do Frame Relay são referidas coletivamente como *Local Management Interface* (LMI, ou interface de gerenciamento local) (CISCO, 2012).

2.2 CARACTERÍSTICAS

Frame Relay é um protocolo baseado em redes comutadas de pacotes, orientado à conexão, que serve para conectar redes locais e de longa distância, tanto nas aplicações de dados como de voz. Considerando o modelo OSI para protocolos, elimina todo o processamento da camada de rede do X.25 e opera apenas com algumas funcionalidades básicas da camada de enlace, nível 2 do modelo OSI, como a verificação dos frames válidos, porém não ocorre retransmissão de dados em casos de erros.

As funcionalidades, como verificação de sequência de frames, o uso de frames de confirmações e supervisão, entre outras, implementadas nos protocolos de aplicação, não são duplicadas na rede Frame Relay, simplificando o protocolo, permitindo altas taxas de processamento de frames e, conseqüentemente, um atraso (delay) menor que o do X.25. Para permitir a eliminação de tais funcionalidades da rede Frame Relay, os equipamentos de usuários devem ter inteligência e capacidade de processamento para garantir a transmissão de informações fim-a-fim sem erros.

A vantagem do Frame Relay em relação ao X.25 é a velocidade. Por não possuir nenhum mecanismo para verificar se o datagrama chegou ou não ao seu destino, este protocolo consegue ser mais rápido do que o X.25, já que no X.25 o receptor precisa enviar uma informação de confirmação (acknowledge) ao transmissor a cada pacote recebido. [TORRES, 2001].

O Frame Relay define uma comunicação entre pares de dispositivos Data Terminal Equipments (DTE's ou Equipamento Terminal de Dados), através de "túneis"

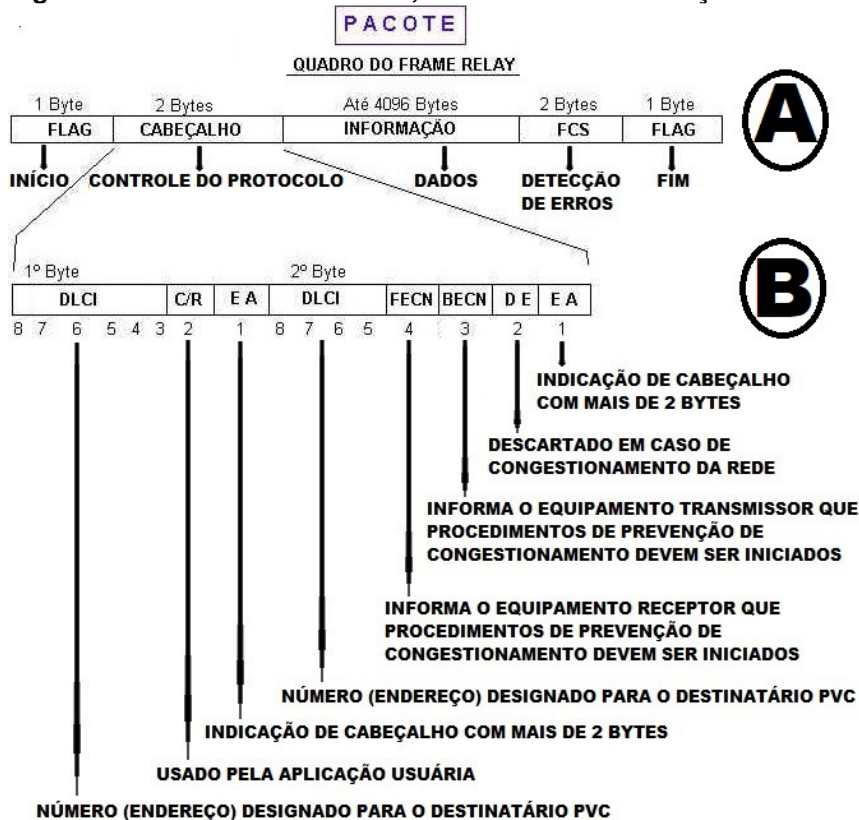
virtuais chamados de *Circuits Virtual* (CV's ou Circuitos Virtuais), passando por vários Data Communication Equipments (DCE's ou Equipamentos de Comunicação de Dados), pertencentes à rede da prestadora de serviços. Estes caminhos virtuais podem ser comutados (SVC's – *Switched Virtual Circuits*) ou permanentes (PVC's – *Permanent Virtual Circuits*).

- Permanent Virtual Circuit (PVC): Configurado pelo operador na rede através do sistema de Gerência de Rede, como sendo uma conexão permanente entre dois pontos. Seu encaminhamento através dos equipamentos da rede pode ser alterado ao longo do tempo devido a falhas ou reconfigurações de rotas, porém as portas de cada extremidade são mantidas fixas e de acordo com a configuração inicial.
- Switched Virtual Circuit (SVC): Disponibilizado na rede de forma automática, sem intervenção do operador, como um circuito virtual sob demanda.

2.3 ESTRUTURA DO FRAME

O protocolo do Frame Relay utiliza um frame com estrutura comum e bastante simplificada, como é apresentado na Figura 2A.

Figura 2: A - Estrutura do frame; B - Estrutura do cabeçalho.



Fonte: Autoria própria.

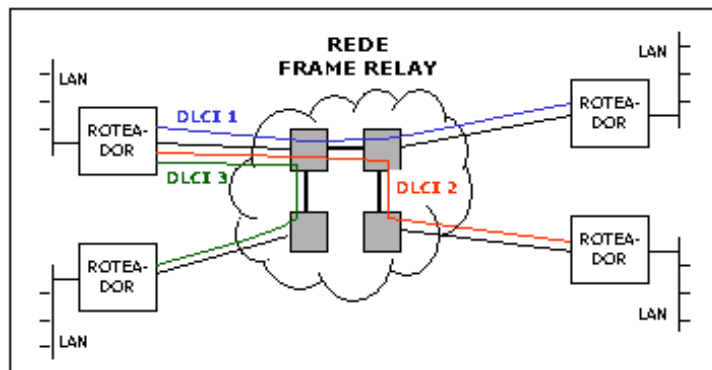
Ainda na Figura 2A as partes que formam a estrutura do frame têm as seguintes finalidades:

- Flags: indicam o início e o fim de cada frame.
- Cabeçalho: carrega as informações de controle do protocolo. É composto por 2 bytes com as seguintes informações:
 - *Data Link Connection Identifier* (DLCI ou Identificador de Conexão de Link de Dados), com 10 bits, representa o número (endereço) designado para o destinatário de um PVC dentro de um canal de usuário, e tem significado local apenas para a porta de origem (vide figura abaixo);
 - *Command / Response* (C/R), com 1 bit, é usado pela aplicação usuária;
 - *Forward Explicit Congestion Notification* (FECN), com 1 bit, é usado pela rede para informar um equipamento receptor de informações que procedimentos de prevenção de congestionamento devem ser iniciados;
 - *Backward Explicit Congestion Notification* (BECN), com 1 bit, é usado pela rede para informar um equipamento transmissor de informações que procedimentos de prevenção de congestionamento devem ser iniciados;
 - *Discard Eligibility Indicator* (DEI), com 1 bit, indica se o frame pode ser preferencialmente descartado em caso de congestionamento na rede;
 - *Extension Bit* (EA), com 2 bits, é usado para indicar que o cabeçalho tem mais de 2 bytes, em casos especiais.
- Informação de usuário: contém as informações da aplicação usuária a serem transportadas através da rede Frame Relay.
- *Frame Check Sequence* (FCS): representa o CRC padrão de 16 bits usado pelo protocolo Frame Relay para detectar erros existentes entre o Flag de início do frame e o próprio FCS, e pode ser usado apenas para frames com até 4096 bytes.

A Figura 2B mostra a estrutura do cabeçalho Frame Relay com a descrição da estrutura.

A Figura 3, exemplifica DLCI's configurados a partir de uma mesma porta para vários destinatários em locais distintos da rede.

Figura 3 - Frame relay: exemplo DLCI



Fonte: Bernal Filho (2003).

2.4 SINALIZAÇÃO

Equipamentos que sigam as recomendações básicas do Frame Relay, tornam opcionais a utilização dos mecanismos de sinalização, ainda que a rede seja mais eficiente com a sua adoção.

Os órgãos de padronização, devido a necessidades que surgiram ao longo do tempo, foram levados a definir mecanismos de sinalização para três tipos de situações, Aviso de congestionamento, Estado das conexões, Sinalização SVC.

2.4.1 Aviso de Congestionamento

A capacidade de transporte da Rede Frame Relay é limitada pela sua banda disponível. Conforme o tráfego a ser transportado aumenta, a banda vai sendo alocada até o limiar onde não é possível receber o tráfego adicional. Quando atinge esse limiar, a rede é considerada congestionada, embora ainda possa transportar todo o tráfego entrante.

Caso os equipamentos de usuário continuem a enviar tráfego adicional, a rede é levada ao estado de congestionamento severo, o que provoca a perda de pacotes por falta de banda. Nesse estado, os procedimentos de reenvio de pacotes perdidos dos equipamentos usuários concorrem com o tráfego existente e a rede entra em acentuado processo de degradação.

Para evitar esse tipo de situação, foram definidos os seguintes mecanismos de aviso de congestionamento:

- Aviso Explícito de Congestionamento: este mecanismo utiliza os bits FECN e BECN do cabeçalho do frame, descrito anteriormente, para avisar os equipamentos de usuários sobre o estado da rede.
- Aviso Implícito de Congestionamento: este mecanismo analisa o atraso (delay) de resposta dos frames enviados ou a perda de frames, para detectar de forma implícita se a rede está congestionada.
- Elegibilidade para Descarte: este mecanismo utiliza o bit DE do cabeçalho do frame, que, se ativado, indica aos equipamentos da rede que o frame pode ser descartado em caso de congestionamento.

2.4.2 Estado das Conexões

Este tipo de sinalização define como os equipamentos de usuário e os equipamentos da rede Frame Relay podem comunicar o status das portas e dos vários VC's configurados para cada porta utilizando alguns frames especiais com DLCI's específicos que são trocados entre a rede e as aplicações de usuário.

Esses frames monitoram o estado da conexão e fornecem as seguintes informações:

- Estado ativo ou não da interface ou porta;
- Os DLCI's válidos definidos para uma determinada porta ou interface;
- O estado de cada VC, como por exemplo se ele está congestionado ou não.

2.4.3 Sinalização SVC

A sinalização SVC trata apenas do estabelecimento e controle de um determinado SVC, de forma automática na rede. Diferente dos 2 tipos de sinalização anteriores, onde o resultado da sinalização é informado aos operadores da rede Frame Relay, a sinalização SVC não informa qual o estado atual da rede. Ela é apenas um procedimento para estabelecer um SVC de acordo com a demanda de uma determinada aplicação de usuário.

O padrão Frames Relay define as mensagens e os procedimentos necessários para ativar um SVC. Basicamente a rede avisa o destinatário que existe uma demanda para estabelecer uma conexão, e ele deve decidir se aceita ou não. Se for aceita, a rede configura o SVC na rede entre a origem da demanda e o destinatário. Assim que

o SVC estiver ativo, os equipamentos de aplicação da origem e do destino podem iniciar a transferência de informações.

Quando os equipamentos de aplicação não necessitarem mais da conexão, qualquer um ou ambos avisam a rede, que por sua vez desativa o SVC. Durante o período em que o SVC está ativo, informações de tempo de duração e banda, entre outras, são armazenadas para uso dos sistemas de cobrança.

2.5 APLICAÇÕES

Entre as aplicações mais típicas do Frame Relay pode-se citar:

- Interligação de Redes LAN: uma rede WAN composta por vários escritórios através da interligação das redes LAN. O tráfego usual das redes de dados ocorre normalmente de 2 tipos:
 - Interativo (comando - resposta): solicitação de usuários e aplicações clientes e respostas de aplicações servidoras.
 - Por rajadas (bursty): quando grandes quantidades de dados são transferidas de forma não contínua.
- Interligação SNA – LAN: o protocolo da tecnologia SNA pode ser utilizado sobre o Frame Relay para interligar computadores de grande porte com escritórios, agências bancárias e outras aplicações onde o acesso a esses computadores de missão crítica se faz de forma remota.
- Voz sobre Frame Relay (VoFR): a tecnologia Frame Relay também possui facilidades para o transporte de Voz, fax e sinais de modems analógicos.
- Interação Frame Relay – Asynchronous Transfer Mode (ATM ou Modo de Transferência Assíncrono): para buscar aumentar a interoperabilidade do Frame Relay com outros protocolos de dados, o FR Fórum e o ATM Fórum, órgãos responsáveis pelo desenvolvimento de Acordos de Implementação (IA's), desenvolveram padrões para interligar equipamentos dessas tecnologias através de PVC's.

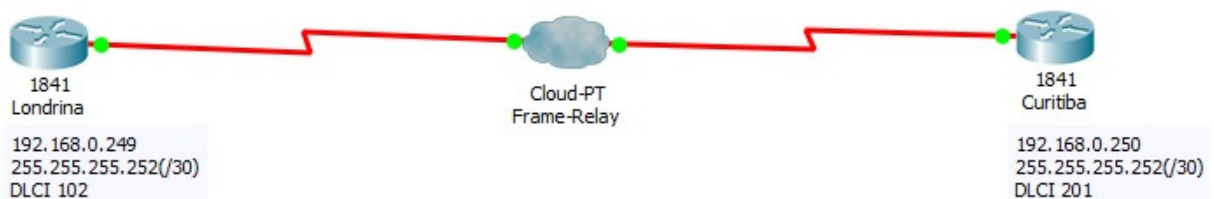
Para otimizar o projeto da rede e simplificar os processos de ativação e reconfiguração, muitos acessos à internet, a redes IP e serviços VPN (Virtual Private Network ou Rede Privada Virtual) utilizam as redes Frame Relay, além do desenvolvimento de outras aplicações para o uso da tecnologia Frame Relay como meio de transporte das informações.

3 SIMULAÇÃO

3.1 TOPOLOGIA

Para facilitar a explanação e entendimento da tecnologia Frame Relay de forma didática, a Figura 4 ilustra um exemplo de uma rede WAN de longa distância, essa topologia de rede possui dois roteadores representando duas unidades remotas que criam um link ponto a ponto configurado com a tecnologia Frame Relay.

Figura 4 - Topologia



Fonte: Autoria própria.

Vale lembrar que o Frame Relay é uma tecnologia que existe desde o fim da década de 80 e, embora existam outras ofertas de tecnologias mais novas para link de longa distância como Metro Ethernet, Lan To Lan e MPLS (Multi-Protocol Label Switching ou Comutação de Rótulos Multiprotocolo) tecnologia de camada dois e meio por exemplo, ela continua presente no currículo CCNA, sendo cobrada em prova, pois existem redes em Frame Relay legado em quantidade razoável, empresas que ainda usam Frame Relay.

Voltando para nossa rede, no Frame Relay existe a figura da nuvem entre a ligação dos dois roteadores, essa nuvem representa a rede da operadora de telecomunicações contratada para fornecer a tecnologia Frame Relay, com toda a sua estrutura, seus switches, roteadores, etc., é representado por uma nuvem devido a empresa contratante não ter interesse em como ocorre a conexão entre a suas unidades, para a contratante é como se existisse um link direto, privativo entre as unidades, exemplificando, como se a conexão entre as unidades fossem através de um cabo ligando o equipamento de uma cidade ponta a ponta, com o equipamento da outra cidade, deixando claro que isso não seria impossível na realidade, devido às limitações tecnológicas e propriedades físicas do cabo.

No Frame Relay a empresa aluga, loca, os recursos físicos da operadora de telecomunicação, a rede da operadora, não confundir com a internet e não confundir

com VPN que é um link virtual privativo, mas embaixo dele, na realidade, ele não é privativo, usa internet pública, e se torna privativo devido a concepção de túnel etc.

Esta topologia de rede é de longa distância privativa, dedicada, foi utilizado um plano de endereçamento privado, não confundir rede de longa distância IP Público e rede local IP Privado, não existe esta relação, embora de longa distância, é um link da empresa, privado.

Como é um link ponto a ponto, foi utilizado uma máscara de rede /30 que permite dois endereços possíveis, portanto endereço de rede 192.168.0.248 /30 que permite os endereços 192.168.0.249 e 192.168.0.250.

3.1.1 Funcionamento da Comunicação

Não enxergamos dentro da nuvem, mas dentro dela existe vários equipamentos, switches Frame Relay que tem seu comportamento próprio e é onde a operadora resolve como o tráfego de dados de uma ponta vai chegar na outra ponta. A operadora entrega para a empresa o que é chamado de Circuito Virtual Permanente ou PVC, no Frame Relay não existe a tecnologia de Broadcast como ocorre nas redes Ethernet.

Exemplo, você é responsável pela infraestrutura de rede da sua empresa e quer contratar um link de longa distância da unidade de Londrina até Curitiba e você contrata uma solução de Frame Relay, a operadora vai criar para você um Circuito Virtual Permanente, para que você possa sempre estar utilizando a conexão remota entre as duas unidades, para você é como se existisse um cabo serial ligado entre uma cidade e outra, então você não enxerga a existência da nuvem.

Outro conceito do PVC, ele é um circuito lógico como o próprio nome diz, circuito virtual, não existe um caminho físico, dedicado, entre as duas unidades, um cabo direto ligando os dois roteadores remotos, na nuvem existem vários switches Frame Relay da operadora e o circuito da ida pode fazer um determinado caminho X e o circuito da volta pode fazer um determinado caminho Y, mas do ponto de vista lógico, de abstração, é como se fosse um caminho único para as duas pontas.

Enquanto a tecnologia Ethernet de redes locais usa para identificar a tecnologia na camada de enlace como endereço físico o endereço MAC (Media Access Control ou Controle de Acesso ao Meio), endereço de 48 bits, o Frame Relay que é uma tecnologia de camada de enlace, tem seu próprio método de identificar a comunicação

na camada de enlace e este método é diferente do MAC, o Frame Relay usa o DLCI, que são criados pela operadora na contratação do serviço.

Não confundir ou associar endereço físico a endereço MAC, não ocorre sempre assim, existem várias tecnologias de rede no mercado e cada uma dessas tecnologias tem seu próprio identificador de camada de enlace, seu próprio endereço de hardware, essa confusão ocorre normalmente devido as tecnologias do dia a dia encontradas serem o Ethernet e o WI-FI e ambas utilizam o endereço MAC, mas outras tecnologias usam outros endereços, o Frame Relay usa o DLCI conforme informado anteriormente, já o ATM usa VPI e VPC, etc.

Vantagem do DLCI, se você tiver várias unidades, não precisa contratar conectividade total, entre todas as unidades, você tem flexibilidade para solicitar novos circuitos virtuais ponto a ponto a medida que seu negócio for precisando, interessante para empresas que tem unidades de negócio que surgem e somem a todo momento.

Exemplo, vou abrir uma unidade de vendas em uma cidade, ligo pra minha operadora e solicito novo circuito virtual entre essa unidade remota, essa nova filial com a minha matriz, e amanhã entendo que não é mais conveniente manter essa unidade, ligo para a operadora e solicito a exclusão desse circuito virtual, é o DLCI viabiliza essa identificação dos circuitos na pratica.

Então o Frame Relay é muito flexível neste sentido, muito mais atrativo que as linhas privativas convencionais, porque neste caso, cada conexão ponto a ponto é um contrato diferente, porque as linhas privativas são somente ponto a ponto, não possui esta flexibilidade do Frame Relay que por isso se tornou uma tecnologia muito popular.

3.1.2 Configuração da Rede

Objetivo não é a configuração da nuvem, na pratica a Nuvem não é configurada pela empresa contratante, ela é a rede da operadora, conforme foi informado anteriormente, mas no laboratório é possível para visualização da tecnologia.

Foi criado o Circuito Virtual 201 e 201 na Nuvem que é associação entre uma e outra interface das pontas do nosso roteador, neste caso a unidade Curitiba.

Importante, se a operadora não preparar a infraestrutura dela para identificar o circuito virtual a empresa não vai conseguir configurar o roteador para viabilizar a comunicação nesse Circuito Virtual da unidade, na comunicação remota entre as unidades Londrina e Curitiba.

Quando a empresa solicita um novo circuito virtual, a primeira coisa que a operadora deve fazer é preparar a nuvem dela, preparar, configurar os switches para o encaminhamento correto, então a operadora vai informar, na unidade de Londrina, quando você for configurar o Frame Relay você tem que associar sua interface serial com o DLCI de número 102 por exemplo, esse é o endereço de camada 2 que vai identificar qual circuito lógico será utilizado entre seu roteador com o primeiro switch vizinho na operadora, da mesma forma vai informar que na unidade Curitiba o número DLCI do seu circuito virtual é 201 e esse número DLCI é válido somente no contexto local, ou seja, da comunicação vizinha do roteador, estamos falando de camada de enlace, por isso comunicação vizinha, para o switch Frame Relay no qual seu roteador estará diretamente conectado, eventualmente esse número pode ser igual nas duas pontas ou diferente, esse número não identifica o circuito lógico em si, mas o caminho que vai fazer seu roteador chegar no primeiro salto, primeiro switch de Frame Relay vizinho, diretamente conectado na operadora, na nuvem, cabe a operadora tratar o restante desse encaminhamento para fazer com que essa comunicação, os quadros gerados nesse roteador, sejam encaminhadas até a outra ponta, então o número DLCI que vai identificar o caminho da sua tecnologia na camada de enlace.

Outro conceito é o protocolo LMI, importante para teste de conectividade, para algumas funcionalidades de gerenciamento do Frame Relay, após configurar o cenário, é utilizado alguns comandos para visualizar se o circuito está estabelecido.

A configuração do Frame Relay basicamente possui 2 etapas, uma configuração de camada 2, que é mudar o encapsulamento de camada 2 para Frame Relay e associar a comunicação com o devido Circuito Virtual informado pela operadora e a outra a configuração da camada 3 que é o IP, essa configuração é responsabilidade sua, você na empresa vai definir quais são suas redes de camada 3, ponto a ponto /30, é você que vai definir isso.

Para evitar que a empresa ou a operadora na eventual causa de um problema fiquem empurrando a justificativa do problema para o outro, o LMI é importante porque vai mostrar se uma eventual falha de comunicação é problema da camada de enlace ou não, e se o LMI mostrar que na camada de enlace, na vizinhança, o Frame Relay está ativo, normal, então provavelmente se você não consegue pingar a outra ponta, esse é um problema de conectividade camada 3, de IP's e a operadora não tem nada a ver com isso, é responsabilidade sua, da mesma forma se você tem a configuração IP ponto a ponto configurada corretamente e o link cai por problema na operadora, o

LMI vai mostrar que o Circuito Virtual não está mais ativo, neste caso você liga na operadora e informa que tem um problema de responsabilidade dela.

O LMI é um protocolo importante pra ver esse desacoplamento entre as camadas do modelo OSI, camada de Rede e Camada de Enlace e saber o que é de responsabilidade da operadora e o que é de responsabilidade da empresa.

As interfaces seriais dos roteadores para ligar os roteadores ponta a ponta também não usam tecnologia ethernet, por padrão os roteadores da Cisco usam uma tecnologia de camada 2 chamada HDLC (High-Level Data Link Control ou Controle de Link de Dados de Alto Nível), que é uma tecnologia padronizada pela ISO que funciona entre dispositivos de diversos fabricantes, mas no caso da cisco, ela usa um HDLC proprietário, um HDLC que tem um formato de quadro, uma disposição de campos no seu quadro de camada 2 um pouco diferente, você não pode utilizar um HDLC para configurar um link ponto a ponto entre um equipamento Cisco e um Juniper por exemplo, ou um roteador HP Tricom. O Juniper e o HP Tricom utiliza o HDLC padrão ISO esses se conversam entre si, mas o da Cisco não, por ser proprietário, pra esse fim uma outra tecnologia de camada 2 muito utilizada é o PPP (Point To Point Protocol) que é um protocolo padrão, aberto e que funciona entre os dispositivos de todos os fabricantes.

Quando você quer mudar a tecnologia de camada 2 que você vai utilizar no link serial, você tem que informar isso explicitamente na interface serial, através do comando ENCAPSULATION, “ENCAPSULATION HDLC” é o encapsulamento HDLC que é o padrão, a gente não precisa usar este comando, sempre que a gente não configura nada de encapsulamento entre links seriais de roteadores, com certeza está sendo utilizado o HDLC proprietário da Cisco, comando “ENCAPSULATION PPP” é o encapsulamento PPP, “ENCAPSULATION FRAME-RELAY” é o encapsulamento Frame Relay e para garantir que o encapsulamento Frame Relay funcionará com qualquer equipamento, de qualquer fabricante, acrescentamos o comando IETF, “ENCAPSULATION FRAME-RELAY IETF”, que é o comando padronizado RFC do Frame Relay para funcionar com qualquer equipamento e não ficar restrito a equipamento proprietário da Cisco.

No Ethernet é usado o Protocolo de Resolução de Endereços (ou Address Resolution Protocol - ARP) para fazer a resolução, o mapeamento do endereço IP com o qual eu quero me conectar na camada 3, camada logica com o MAC, o que a camada 2 usa efetivamente na pratica, no Frame Relay não existe o ARP, existe um

outro protocolo pra este fim de mapeamento entre IP e DLCI's chamado de INVERSE ARP, este mapeamento pode ser feito tanto manualmente com o comando "FRAME RELAY MAP", como pode ser feito automaticamente em links ponto a ponto, normalmente os mais utilizados.

O Comando "FRAME-RELAY LMI-TYPE" possui alguns tipos de interface LMI, tem o padrão American National Standards Institute (ANSI), que vai funcionar entre dispositivos multivendors, o Q933A e o Cisco que vai funcionar se você tiver certeza que o switch vizinho na nuvem da operadora, no qual está conectado o seu roteador, o roteador falando Frame Relay da sua empresa vai estar conectado na camada 2 com o switch Frame Relay Cisco da operadora e está usando LMI do tipo Cisco, neste caso tem que usar LMI do tipo Cisco, de qualquer forma, tem que haver um diálogo com a operadora para definir esta configuração, normalmente é utilizado o padrão ANSI, porque nem sempre a operadora trabalha com equipamento Cisco, no nosso exemplo a nuvem está configurada pra usar o tipo Cisco.

Basicamente, para configuração é necessário setar o encapsulamento para frame relay com o comando "ENCAPSULATION FRAME-RELAY IETF", setar o LMI para tipo Cisco, para viabilizar testes de conectividade com o comando "FRAME-RELAY LMI-TYPE CISCO", configurar IP com o comando "IP ADDRESS 192.168.0.249 255.255.255.252", associar esta interface ao DLCI, com o circuito que vai estar pareado com o switch vizinho, a nuvem da operadora, com o comando "FRAME-RELAY INTERFACE-DLCI 102", após estas configurações o enlace já estará ativo, a camada 2 com conectividade de enlace entre a interface serial e o switch que está na nuvem da operadora com o DLCI 102 configurado na nuvem.

Com o comando de "SHOW IP INT SERIAL 0/0" será observado o IP atribuído, informações de camada de rede e de enquadramento de camada 2.

O comando "SHOW FRAME-RELAY PVC" mostra o DLCI, se está ativo ou não, se já existe conectividade de camada 2 com a operadora, com troca de alguns quadros, importante pra identificar se a operadora realmente estabeleceu o Circuito Virtual que ela está entregando.

O comando "SHOW FRAME-RELAY LMI", mostra o tipo de LMI, o status de troca de quadro, se possui quadros com problema, quantidade de quadros enviados, entre outros.

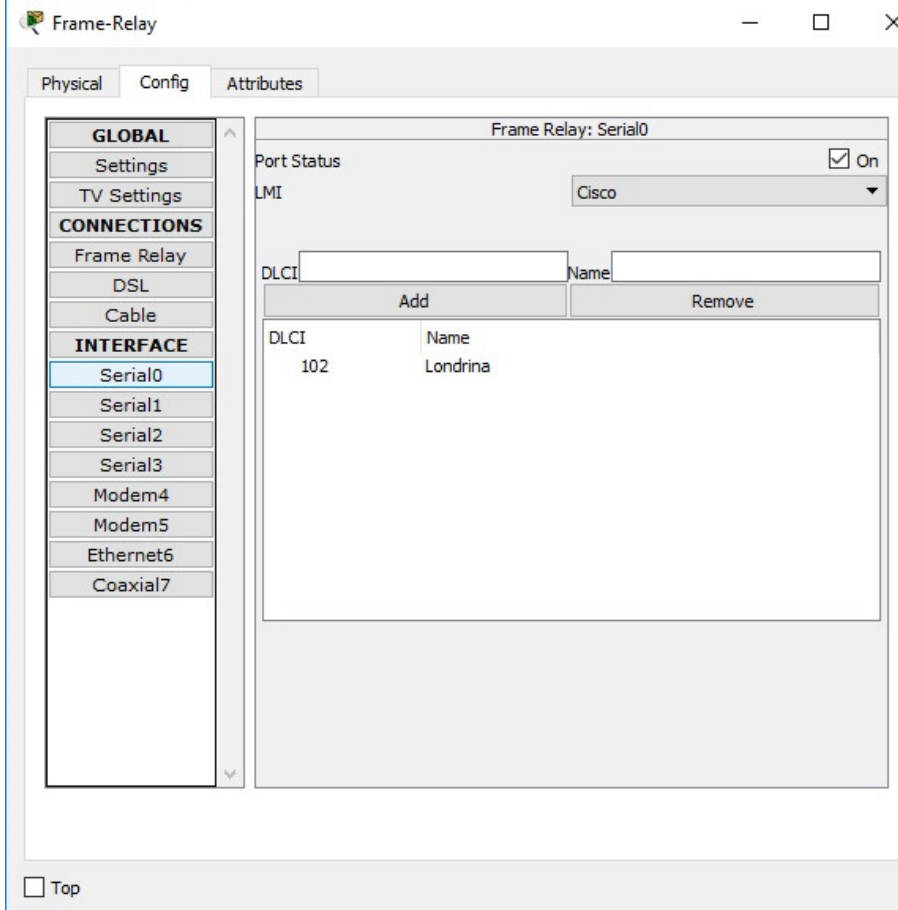
O comando "SHOW IP INT BRIEF" mostra as portas existentes, quais estão ativas e qual IP está configurado em cada porta.

O comando “SHOW FRAME-RELAY MAP” vai mostrar as associações, os mapeamentos que o INVERSE ARP criou entre o circuito DLCI com redes IP, mas sem a configuração do outro lado, o INVERSE ARP não encontrará associação nenhuma, não existirá mapeamento criado, mas com enlace nas duas pontas, será mostrado se a operadora configurou o DLCI 201 do lado de Curitiba para ter uma ligação com o DLCI 102 de Londrina, o INVERSE ARP passará a funcionar nesse Circuito Virtual entre a unidade de Londrina e Curitiba e já vai detectar que o IP associado com o DLCI 201, na outra ponta com o final .249, e o inverso ocorre em Londrina, com DLCI 102 e IP final .250, além de poder fazer teste de Ping entre as duas unidades.

3.1.3 Configuração da Nuvem

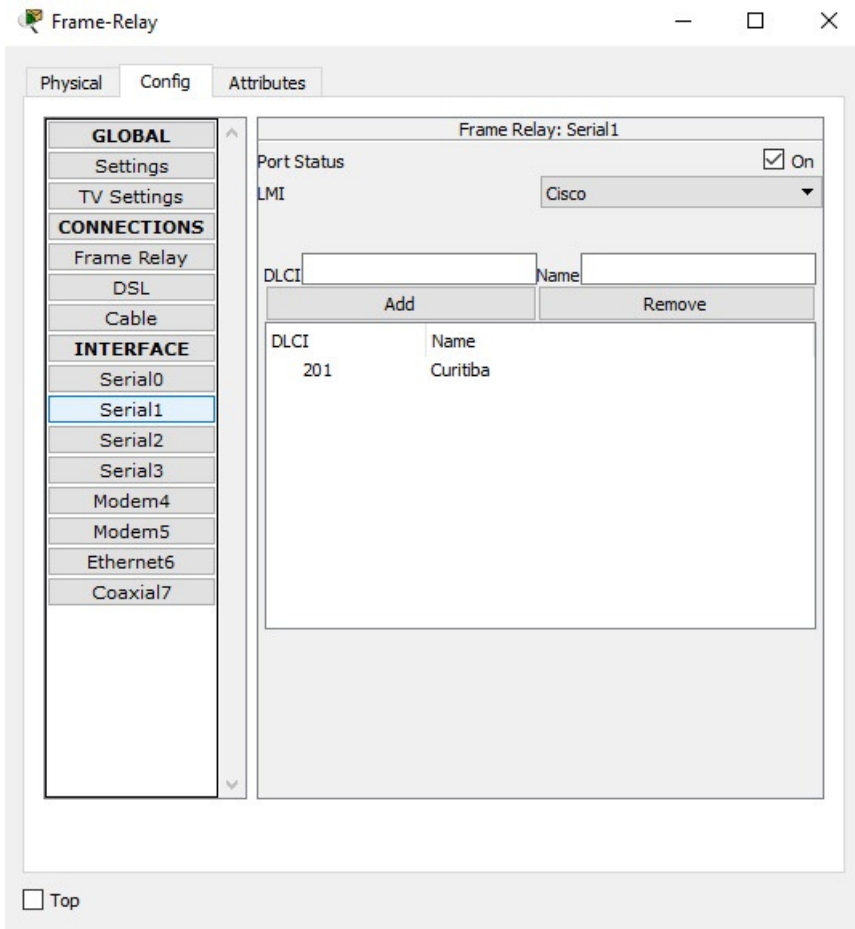
Segue abaixo as Figuras 5, 6 e 7, com a configuração da nuvem no ambiente de teste, onde é necessário configurar as interfaces com nome e o número do DLCI e depois fazer a associação na conexão Frame Relay.

Figura 5 - Configuração nuvem: interface serial 0



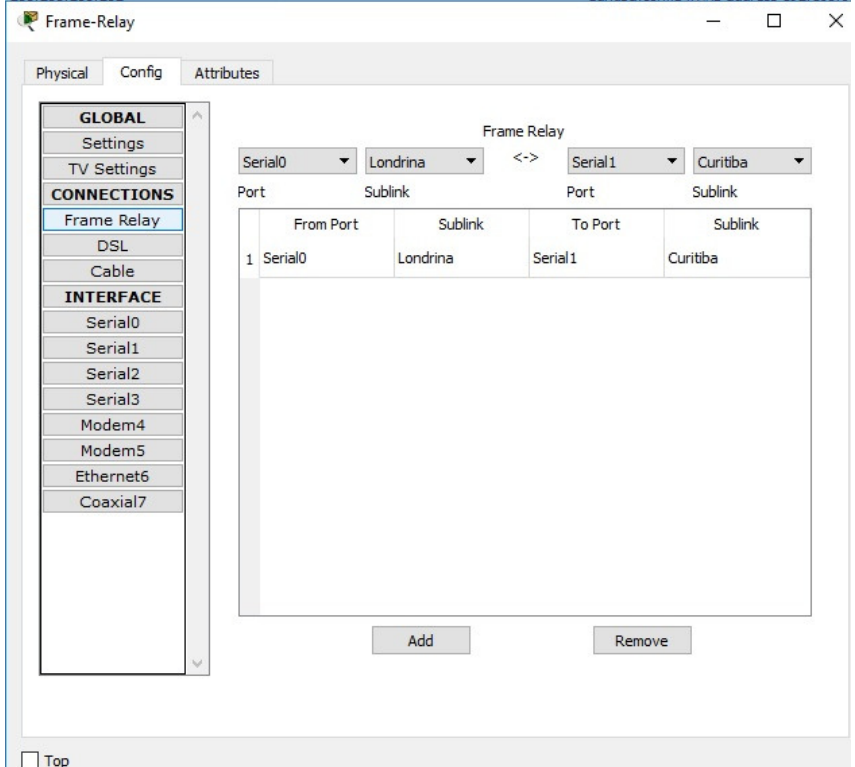
Fonte: Autoria própria.

Figura 6 - Configuração nuvem: interface serial 1



Fonte: Autoria própria.

Figura 7 - Configuração nuvem: frame relay



Fonte: Autoria própria.

3.1.4 Configuração dos Roteadores

A Figura 8 mostra a configuração passo a passo dos roteadores de Londrina e Curitiba respectivamente.

Figura 8 - Configuração roteadores

```

CONFIGURAÇÃO LONDRINA:

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname Londrina
Londrina(config)#interface serial 0/0/0
Londrina(config-if)#encapsulation frame-relay ietf
Londrina(config-if)#frame-relay lmi-type cisco
Londrina(config-if)#ip address 192.168.0.249 255.255.255.252
Londrina(config-if)#frame-relay interface-dlci 102
Londrina(config-if)#no shut

Londrina(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up
end
Londrina#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
wr
Building configuration...
[OK]
Londrina#

CONFIGURAÇÃO CURITIBA:

Router>en
Router#conf t
Enter configuration commands, one per line. End with CNTL/Z.
Router(config)#hostname Curitiba
Curitiba(config)#interface serial 0/0/0
Curitiba(config-if)#encapsulation frame-relay ietf
Curitiba(config-if)#frame-relay lmi-type cisco
Curitiba(config-if)#ip address 192.168.0.250 255.255.255.252
Curitiba(config-if)#frame-relay interface-dlci 201
Curitiba(config-if)#no shut

Curitiba(config-if)#
%LINK-5-CHANGED: Interface Serial0/0/0, changed state to up

%LINEPROTO-5-UPDOWN: Line protocol on Interface Serial0/0/0, changed state to up
Curitiba(config-if)#end
Curitiba#
%SYS-5-CONFIG_I: Configured from console by console
wr
Building configuration...
[OK]
Curitiba#

```

Fonte: Autoria própria.

3.1.5 Verificação das Configurações dos Roteadores

As Figuras 9 e 10 mostram passo a passo os resultados dos comandos de verificação, vistos anteriormente, dos roteadores de Londrina e Curitiba respectivamente.

Figura 9 - Verificação da configuração: Londrina

```

VERIFICAR CONFIGURAÇÕES LONDRINA:

Londrina>en
Londrina#SHOW FRAME-RELAY MAP
Serial0/0/0 (up): ip 192.168.0.250 dlci 102, dynamic,
    broadcast,
    IETF, status defined, active

Londrina#SHOW FRAME-RELAY PVC

PVC Statistics for interface Serial0/0/0 (Frame Relay DTE)
DLCI = 102, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0/0

input pkts 14055   output pkts 32795   in bytes 1096228
out bytes 6216155   dropped pkts 0     in FECN pkts 0
in BECN pkts 0     out FECN pkts 0    out BECN pkts 0
in DE pkts 0       out DE pkts 0
out bcast pkts 32795   out bcast bytes 6216155

Londrina#SHOW FRAME-RELAY LMI
LMI Statistics for interface Serial0/0/0 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = CISCO
Invalid Unnumbered info 0   Invalid Prot Disc 0
Invalid dummy Call Ref 0   Invalid Msg Type 0
Invalid Status Message 0   Invalid Lock Shift 0
Invalid Information ID 0   Invalid Report IE Len 0
Invalid Report Request 0   Invalid Keep IE Len 0
Num Status Enq. Sent 60    Num Status msgs Rcvd 59
Num Update Status Rcvd 0   Num Status Timeouts 16
Londrina#SHOW IP INT SERIAL 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)
Internet address is 192.168.0.249/30
Broadcast address is 255.255.255.255
Address determined by setup command
MTU is 1500
Helper address is not set
Directed broadcast forwarding is disabled
Outgoing access list is not set
Inbound access list is not set
Proxy ARP is enabled
Security level is default
Split horizon is enabled
ICMP redirects are always sent
ICMP unreachable are always sent
ICMP mask replies are never sent
IP fast switching is disabled
IP fast switching on the same interface is disabled
IP Flow switching is disabled
IP Fast switching turbo vector
IP multicast fast switching is disabled
IP multicast distributed fast switching is disabled
Router Discovery is disabled
IP output packet accounting is disabled
IP access violation accounting is disabled
TCP/IP header compression is disabled
RTP/IP header compression is disabled
Probe proxy name replies are disabled
Policy routing is disabled
Network address translation is disabled
WCCP Redirect outbound is disabled
WCCP Redirect exclude is disabled
BGP Policy Mapping is disabled

Londrina#SHOW IP INT BRIEF
Interface  IP-Address  OK? Method Status  Protocol
FastEthernet0/0  unassigned  YES unset  administratively down down
FastEthernet0/1  unassigned  YES unset  administratively down down
Serial0/0/0      192.168.0.249  YES manual up      up
Serial0/0/1      unassigned  YES unset  administratively down down
Vlan1          unassigned  YES unset  administratively down down

```

Fonte: Autoria própria.

Figura 10 - Verificação da configuração: Curitiba

```

VERIFICAR CONFIGURAÇÕES CURITIBA:

Curitiba>en
Curitiba#SHOW FRAME-RELAY MAP
Serial0/0/0 (up): ip 192.168.0.249 dlci 201, dynamic,
    broadcast,
    IETF, status defined, active

Curitiba#SHOW FRAME-RELAY PVC

PVC Statistics for interface Serial0/0/0 (Frame Relay DTE)
DLCI = 201, DLCI USAGE = LOCAL, PVC STATUS = ACTIVE, INTERFACE = Serial0/0/0

input pkts 14055    output pkts 32795    in bytes 1096228
out bytes 6216155  dropped pkts 0      in FECN pkts 0
in BECN pkts 0    out FECN pkts 0     out BECN pkts 0
in DE pkts 0      out DE pkts 0
out bcast pkts 32795  out bcast bytes 6216155

Curitiba#SHOW FRAME-RELAY LMI
LMI Statistics for interface Serial0/0/0 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = CISCO
Invalid Unnumbered info 0    Invalid Prot Disc 0
Invalid dummy Call Ref 0    Invalid Msg Type 0
Invalid Status Message 0    Invalid Lock Shift 0
Invalid Information ID 0    Invalid Report IE Len 0
Invalid Report Request 0    Invalid Keep IE Len 0
Num Status Enq. Sent 213    Num Status msgs Rcvd 212
Num Update Status Rcvd 0    Num Status Timeouts 16

Curitiba#SHOW IP INT SERIAL 0/0/0
Serial0/0/0 is up, line protocol is up (connected)
Internet address is 192.168.0.250/30
Broadcast address is 255.255.255.255
Address determined by setup command
MTU is 1500
Helper address is not set
Directed broadcast forwarding is disabled
Outgoing access list is not set
Inbound access list is not set
Proxy ARP is enabled
Security level is default
Split horizon is enabled
ICMP redirects are always sent
ICMP unreachable are always sent
ICMP mask replies are never sent
IP fast switching is disabled
IP fast switching on the same interface is disabled
IP Flow switching is disabled
IP Fast switching turbo vector
IP multicast fast switching is disabled
IP multicast distributed fast switching is disabled
Router Discovery is disabled
IP output packet accounting is disabled
IP access violation accounting is disabled
TCP/IP header compression is disabled
RTP/IP header compression is disabled
Probe proxy name replies are disabled
Policy routing is disabled
Network address translation is disabled
WCCP Redirect outbound is disabled
WCCP Redirect exclude is disabled
BGP Policy Mapping is disabled

Curitiba#SHOW IP INT BRIEF
Interface    IP-Address    OK? Method Status    Protocol
FastEthernet0/0    unassigned    YES unset  administratively down down
FastEthernet0/1    unassigned    YES unset  administratively down down
Serial0/0/0        192.168.0.250  YES manual up        up
Serial0/0/1        unassigned    YES unset  administratively down down
Vlan1            unassigned    YES unset  administratively down down

```

Fonte: Autoria própria.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Mesmo não sendo confiável, pois não possui um mecanismo de controle de fluxo, nem oferece confirmação de entrega, o Frame Relay possui a vantagem de garantir que os frames sejam entregues na ordem em que são transmitidos, Baseado nos dois primeiros níveis do modelo OSI, este serviço transmite quadros, baseado em multiplexação estatística, onde cada quadro possui todas as informações necessárias de endereçamento para que toda a informação seja entregue ao destino final, possibilitando quadros de tamanho variável, obtendo assim uma utilização mais eficiente da largura de banda disponível, além de suportar múltiplos protocolos, aplicações e diversos ambientes de clientes, sobre uma mesma interface de rede.

REFERÊNCIAS

- BERNAL FILHO, Huber. **Frame relay: O que é**. Copyright© 2018, Teleco, publicado em: 21 jul. 2003. Disponível em: <http://www.teleco.com.br/tutoriais/tutorialfr/pagina_1.asp>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- BRITO, Samuel Henrique Bucke. LabCisco: Configuração de Frame-Relay (Ponto-a-Ponto). publicado em: 12 jan. 2014. Disponível em: <<https://www.youtube.com/watch?v=qvgO3QP3Wk4>>. Acesso em: 01 nov. 2018.
- CISCO. **Frame relay**. Copyright© 1992-2015 Cisco Sytems, out. 2012. Disponível em: <http://docwiki.cisco.com/wiki/Frame_Relay>. Acesso em: 10 ago. 2018.
- TANENBAUM, Andrew S. **Redes de Computadores**. São Paulo: Campus, 2003.
- TORRES, Gabriel. **Redes de Computadores Curso Completo**. Axcel Books do Brasil Editora Ltda, 2001.