TELECOMUNICAÇÕES

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana

www.neutronica.com.br

Versão 2.1 Preliminar

Atribuição-NãoComercial-CompartilhaIgual 3.0 Brasil (CC BY-NC-SA 3.0)

Você tem a liberdade de:

Compartilhar — copiar, distribuir e transmitir a obra.

Remixar — criar obras derivadas.

Sob as seguintes condições:

Atribuição — Você deve creditar a obra da forma especificada pelo autor ou licenciante (mas não de maneira que sugira que estes concedem qualquer aval a você ou ao seu uso da obra).

Uso não comercial — Você não pode usar esta obra para fins comerciais.

Compartilhamento pela mesma licença — Se você alterar, transformar ou criar em cima desta obra, você poderá distribuir a obra resultante apenas sob a mesma licença, ou sob uma licença similar à presente.

Ficando claro que:

Renúncia — Qualquer das condições acima pode ser **renunciada** se você obtiver permissão do titular dos direitos autorais.

Domínio Público — Onde a obra ou qualquer de seus elementos estiver em **domínio público** sob o direito aplicável, esta condição não é, de maneira alguma, afetada pela licença.

Outros Direitos — Os seguintes direitos não são, de maneira alguma, afetados pela licença:

- Limitações e exceções aos direitos autorais ou quaisquer **usos livres** aplicáveis;
- Os **direitos morais** do autor;
- Direitos que outras pessoas podem ter sobre a obra ou sobre a utilização da obra, tais como **direitos de imagem** ou privacidade.

Aviso — Para qualquer reutilização ou distribuição, você deve deixar claro a terceiros os termos da licença a que se encontra submetida esta obra. A melhor maneira de fazer isso é com um link para esta página.

Telecomunicações

Apresentação da disciplina

Objetivo Geral

Apresentar ao aluno as tecnologias para enlaces de redes de computadores de longa distância.

Módulos

- Módulo 1 – Roteamento
- Módulo 2 – Protocolo RIP
- Módulo 3 – Protocolo OSPF
- Módulo 4 – PPP
- Módulo 5 – X.25
- Módulo 6 – Frame Relay
- Módulo 7 – MPLS
- Módulo 8 – ATM
- Módulo 9 – ADSL
- Módulo 10 – VPN

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Ementa

- Introdução a Redes WAN;
- Técnicas de Comutação: Comutação de Circuitos, Comutação de Pacotes e Comutação de Células;
- Tecnologias WAN: Linhas Discadas e Privativas, ISDN - Redes Digitais de Serviços Integrados, VPN, Circuitos E1, X.25, Frame Relay, ATM.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Referências

BÁSICAS

GOMES, Alcides Tadeu. **Telecomunicações - Transmissão e Recepção**. Erica. 2007.

MEDEIROS, Julio Cesar de Oliveira. **Princípios de Telecomunicações: Teoria e Prática**. Erica. 2012.

SOARES NETO, Vicente. **Telecomunicações - Sistemas de Modulação - Uma Visão Sistêmica**. Erica. 2012.

COMPLEMENTARES

ALENCAR, Marcelo Sampaio de. **Telefonia Digital**. Erica. 2011.

FOROUZAN, B. Protocolo TCP/IP. Mcgraw Hill. 2009.

GUIMARÃES, Dayan A. **Transmissão Digital - Princípios e Aplicações**. Erica. 2012.

KUROSE, J. F. Kurose. **Redes de computadores e a Internet: uma abordagem top-down**. Makron Addison Wesley, 2007.

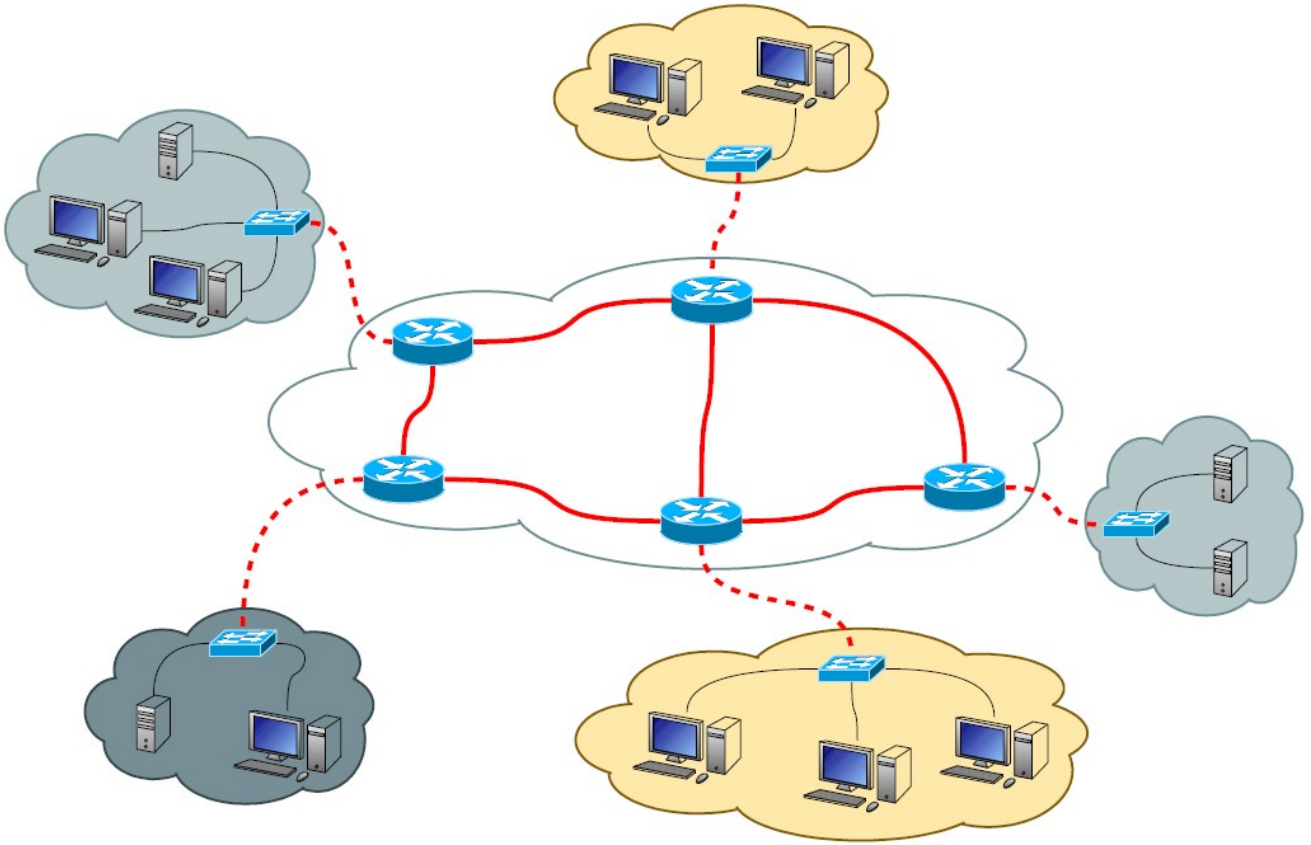
SOUSA, Lindeberg. T**CP/IP & Conectividade em Redes - Guia Prático**. Erica. 2010.

Módulo 1

Roteamento

Introdução

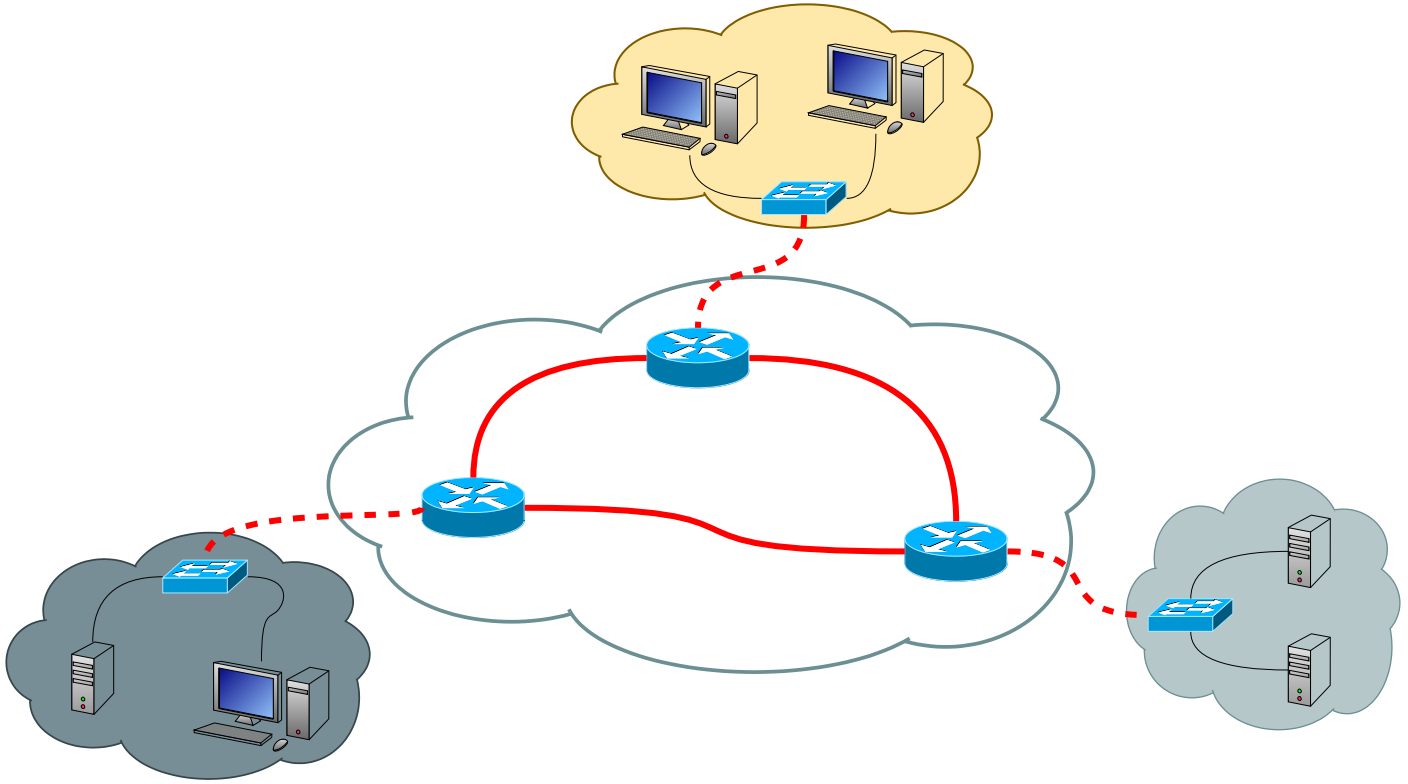
Roteamento é o mecanismo que permite que um determinado *host* consiga enviar mensagens para um destinatário final através da Internet, escolhendo o caminho de menor custo dentre os diversos caminhos alternativos disponíveis.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Exemplo

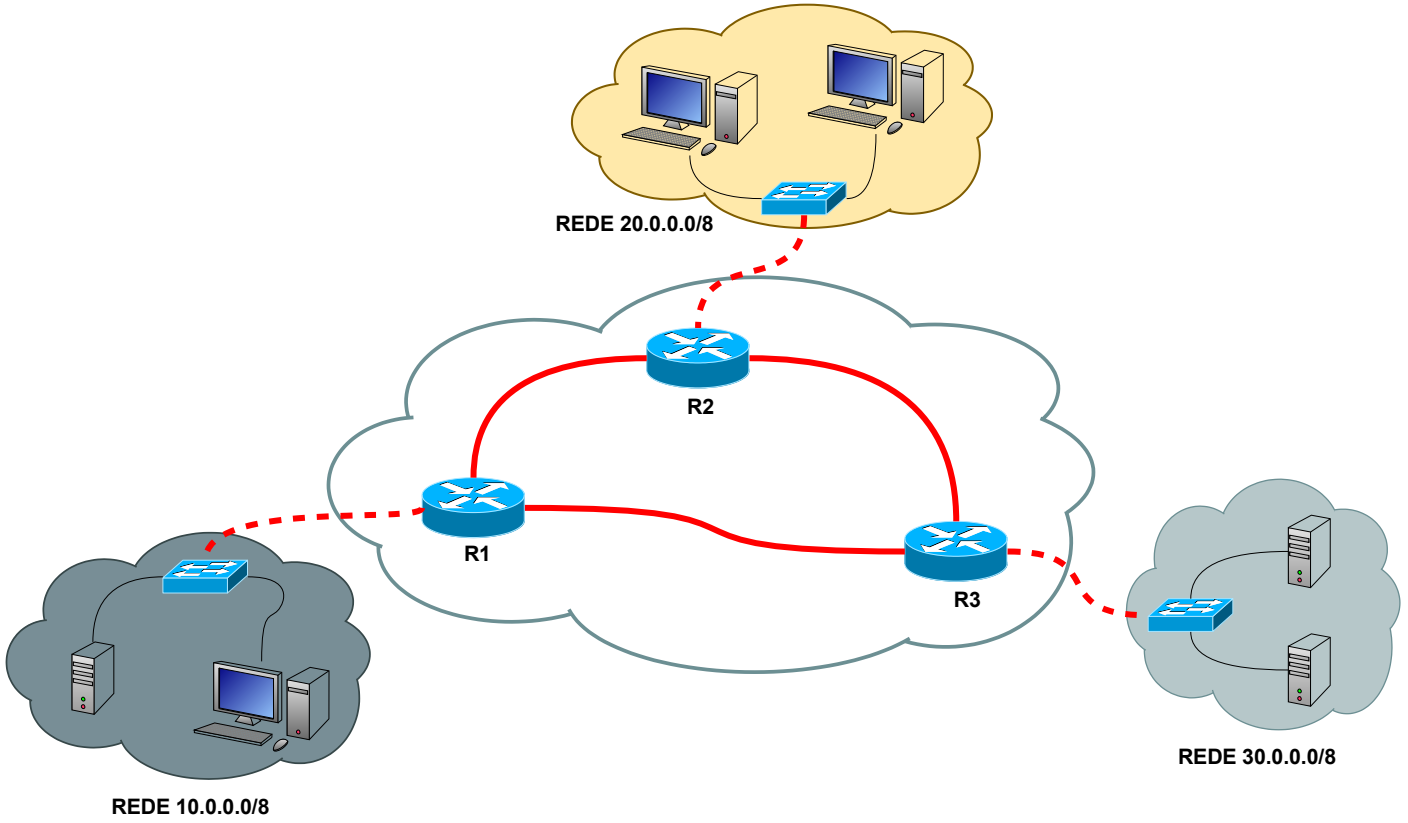
Na figura abaixo, temos três redes LAN interconectadas por três roteadores.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Redes LAN

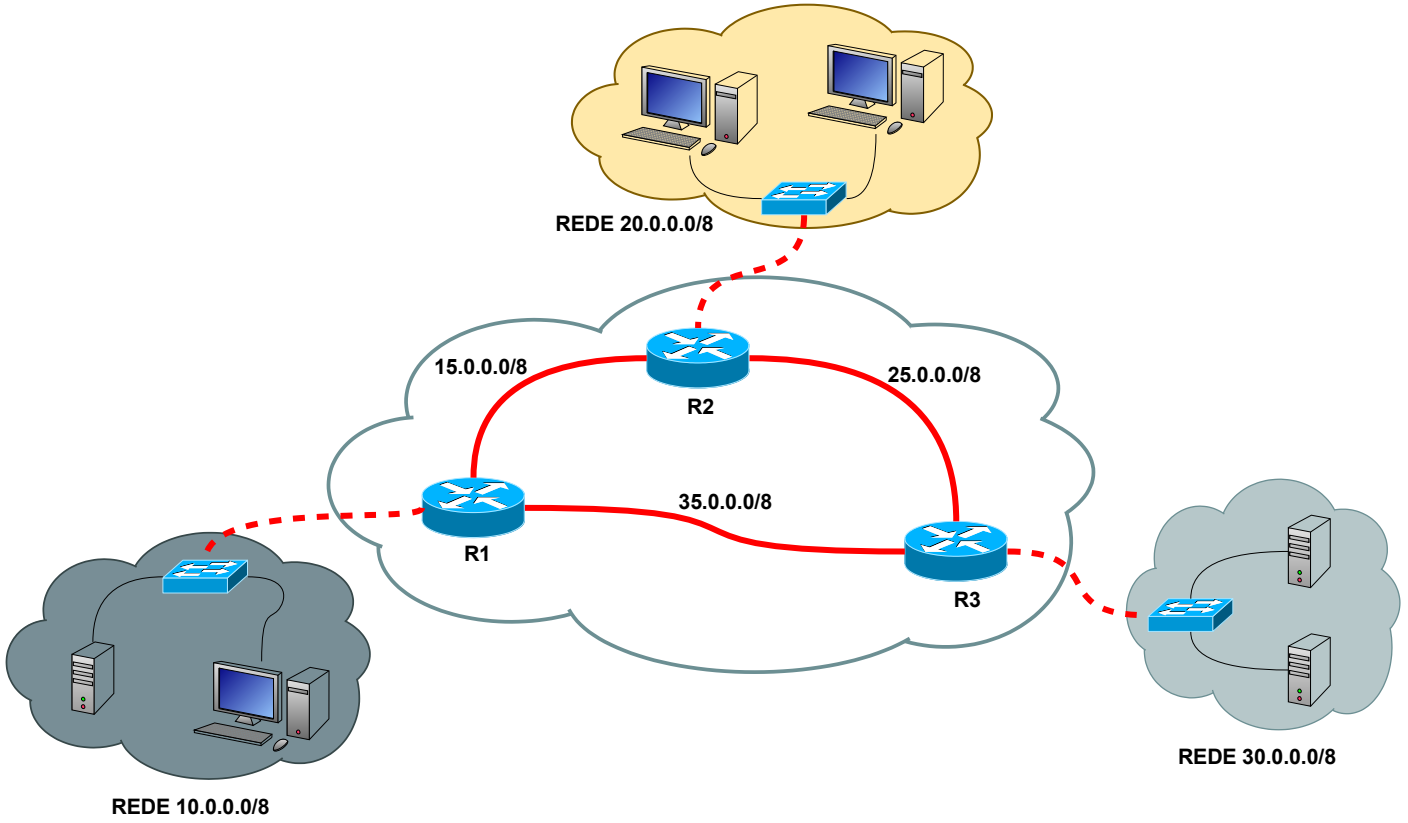
As redes LAN possuem as seguintes faixas de IP: 10.0.0.0/8, 20.0.0.0/8 e 30.0.0.0/8. Estas redes estão interconectadas pelos roteadores R1, R2 e R3.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Redes WAN

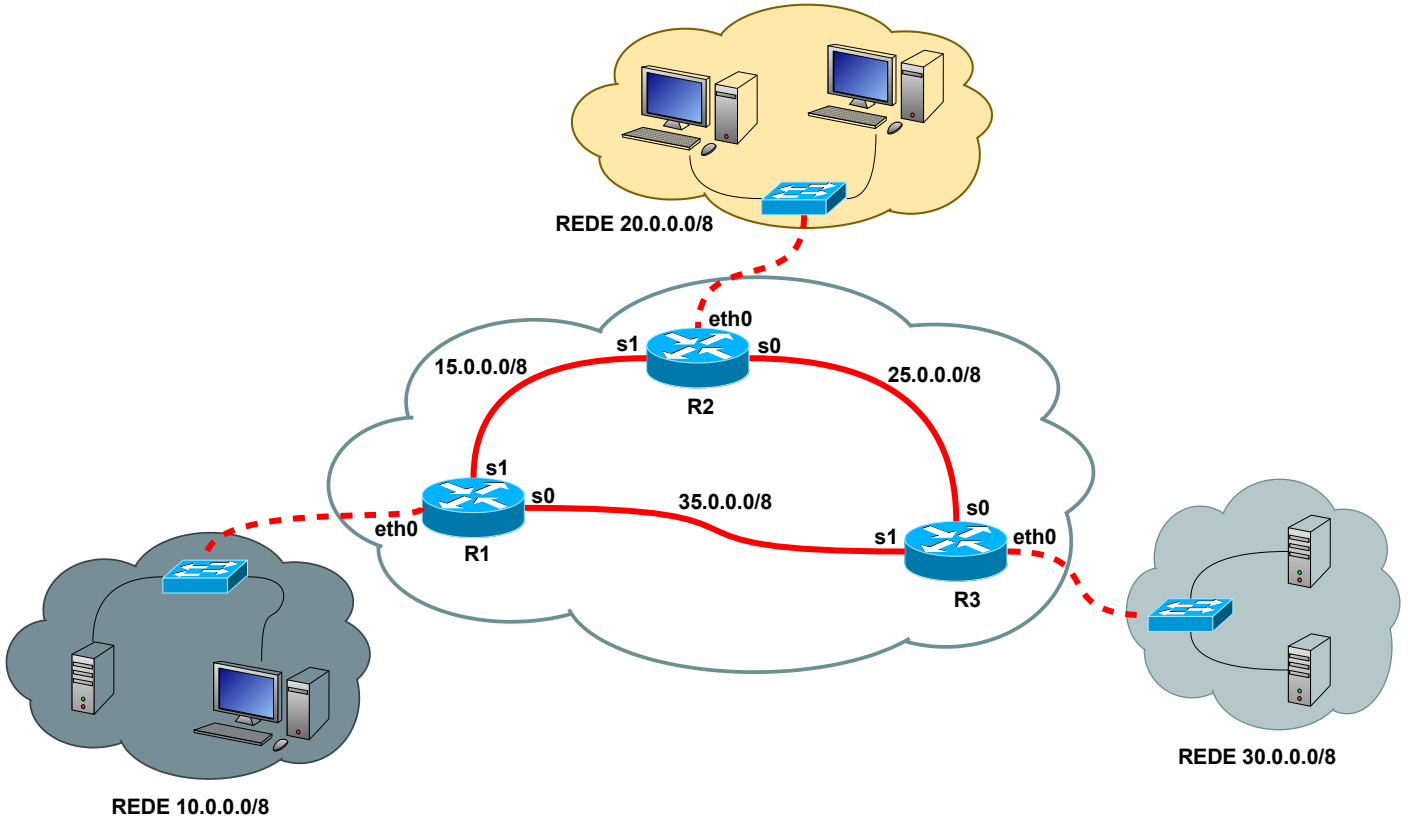
Os três roteadores estão interconectados por meio de enlaces seriais, cujas faixas de IP são: 15.0.0.0/8, 25.0.0.0/8 e 35.0.0.0/8.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Interfaces

Cada roteador deve possuir uma interface conectada às redes que ela interliga. Interfaces Ethernet começam com a sigla “eth”, enquanto as interfaces seriais começam com a letra “s”.



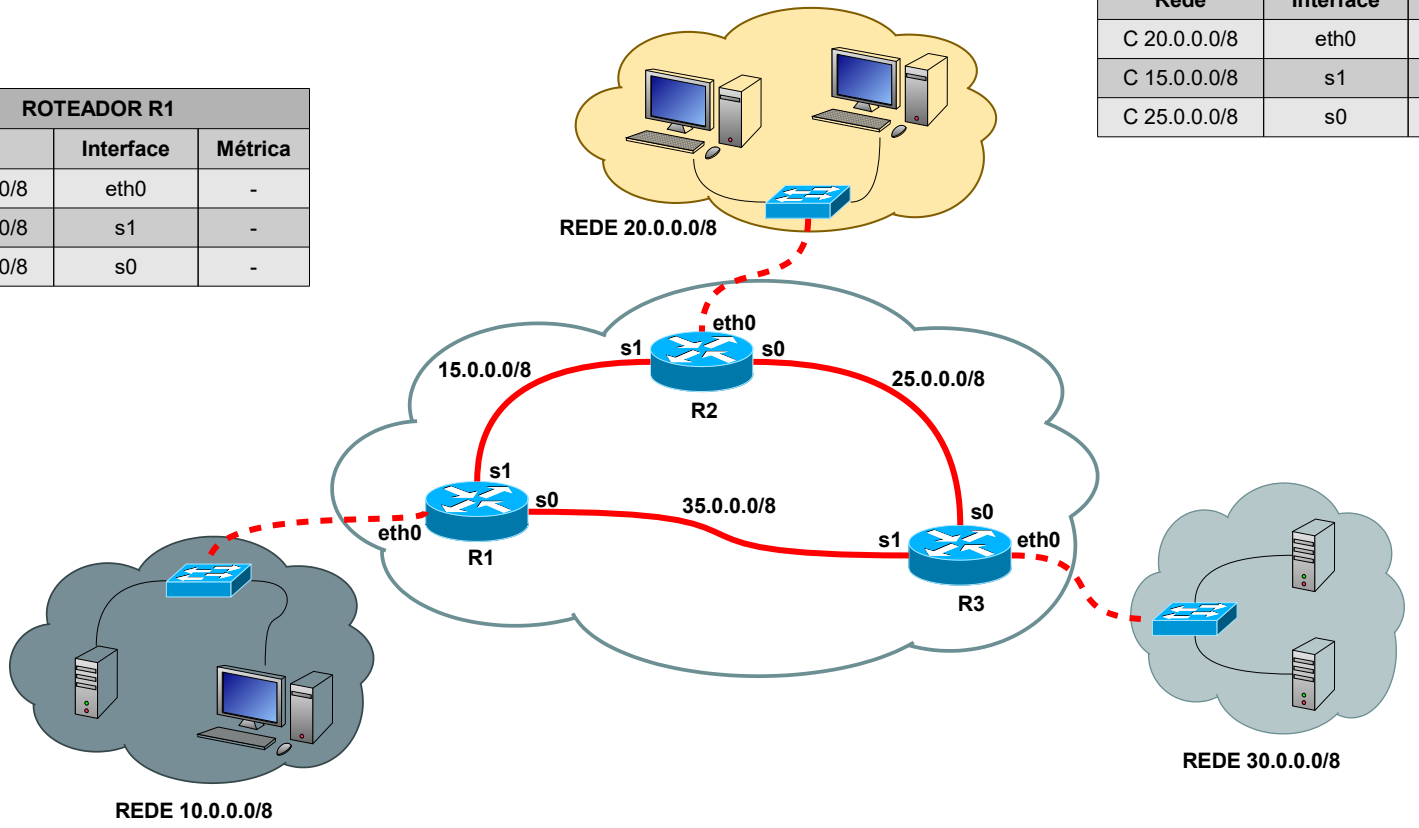
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Rotas automáticas

Todo roteador conhece as rotas das redes às quais está diretamente conectado. Nas tabelas abaixo, a letra “C” antes da faixa de IP significa *connected*.

ROTEADOR R1		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 10.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 35.0.0.0/8	s0	-

ROTEADOR R2		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 20.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-



ROTEADOR R3		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 30.0.0.0/8	eth0	-
C 35.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-

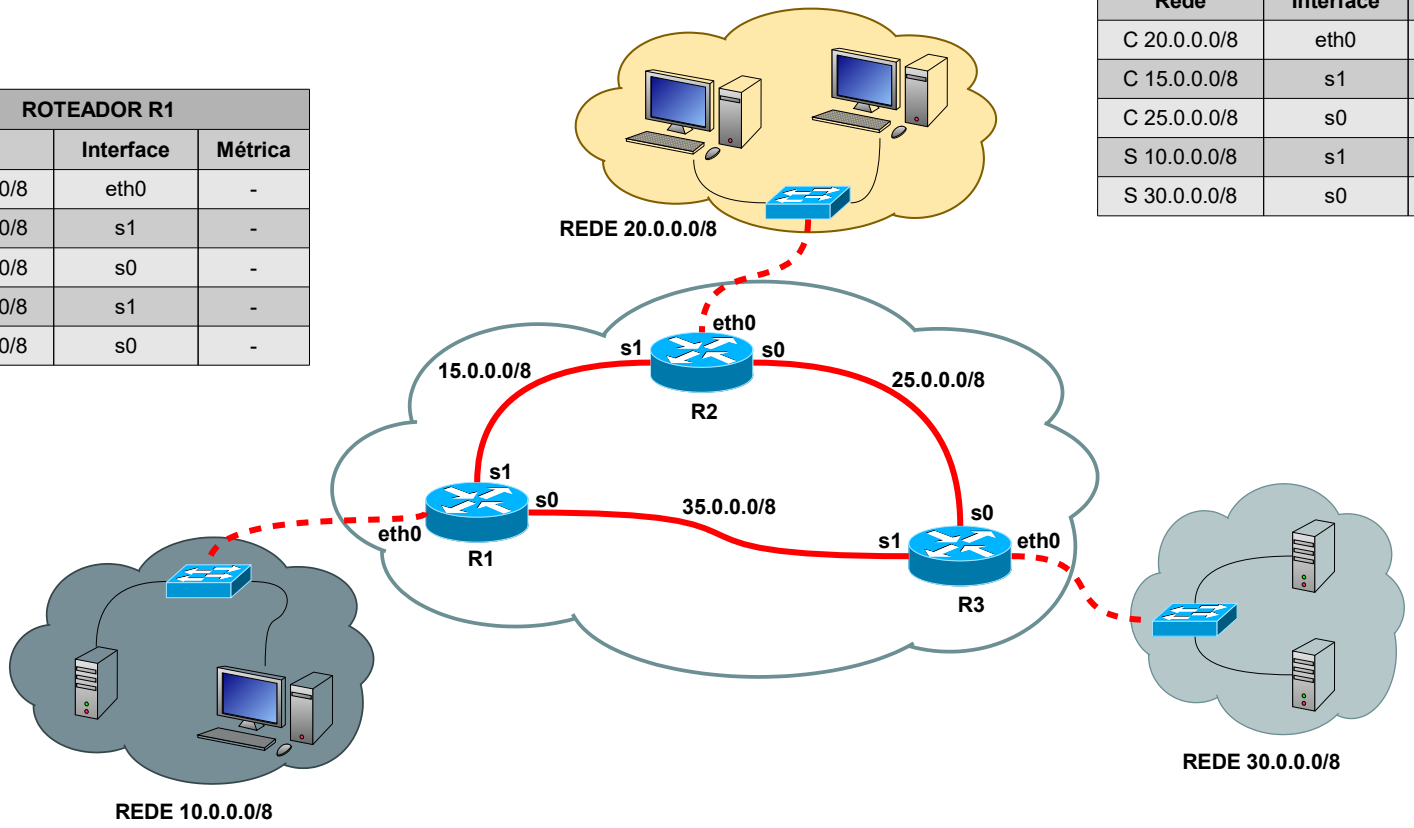
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Rotas estáticas

Além das rotas automáticas, no roteador devem ser configuradas manualmente as rotas estáticas, que indicam por qual interface um PDU deve ser enviado de acordo com a rede destino. Nas tabelas abaixo, a letra "S" antes da faixa de IP significa *static*.

ROTEADOR R1		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 10.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 35.0.0.0/8	s0	-
S 20.0.0.0/8	s1	-
S 30.0.0.0/8	s0	-

ROTEADOR R2		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 20.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	-
S 30.0.0.0/8	s0	-



ROTEADOR R3		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 30.0.0.0/8	eth0	-
C 35.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	-
S 20.0.0.0/8	s0	-

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

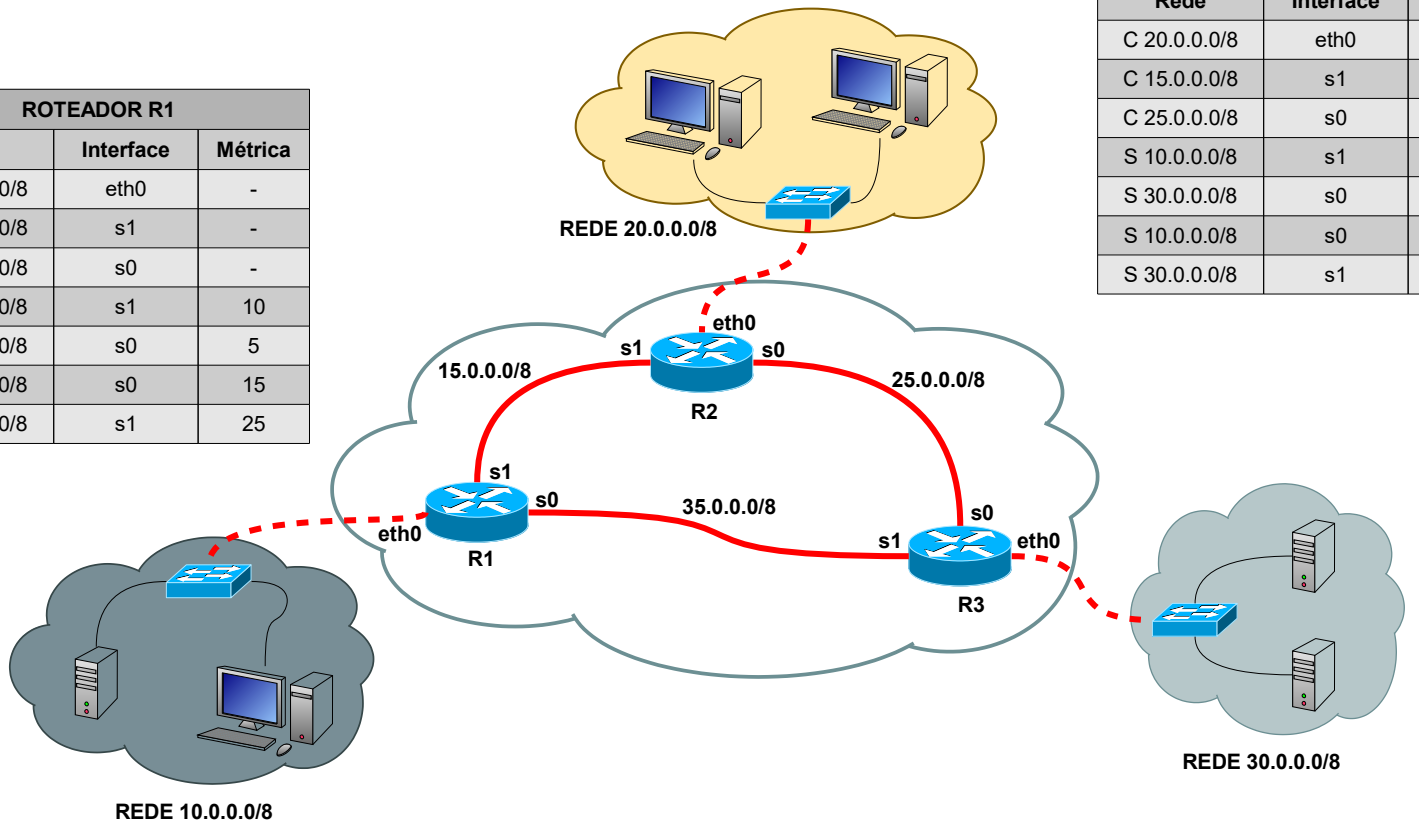
Roteamento – Métricas

Quando existe mais de um caminho alternativo para uma mesma rede, deve-se indicar qual deles tem maior prioridade por meio do uso de métricas. Métrica é um valor arbitrário, e para uma mesma rede a rota preferencial será aquela cujo valor da métrica é menor.

ROTEADOR R1		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 10.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 35.0.0.0/8	s0	-
S 20.0.0.0/8	s1	10
S 30.0.0.0/8	s0	5
S 20.0.0.0/8	s0	15
S 30.0.0.0/8	s1	25

ROTEADOR R2		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 20.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	10
S 30.0.0.0/8	s0	5
S 10.0.0.0/8	s0	15
S 30.0.0.0/8	s1	25

ROTEADOR R3		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 30.0.0.0/8	eth0	-
C 35.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	10
S 20.0.0.0/8	s0	5
S 10.0.0.0/8	s0	15
S 20.0.0.0/8	s1	25



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

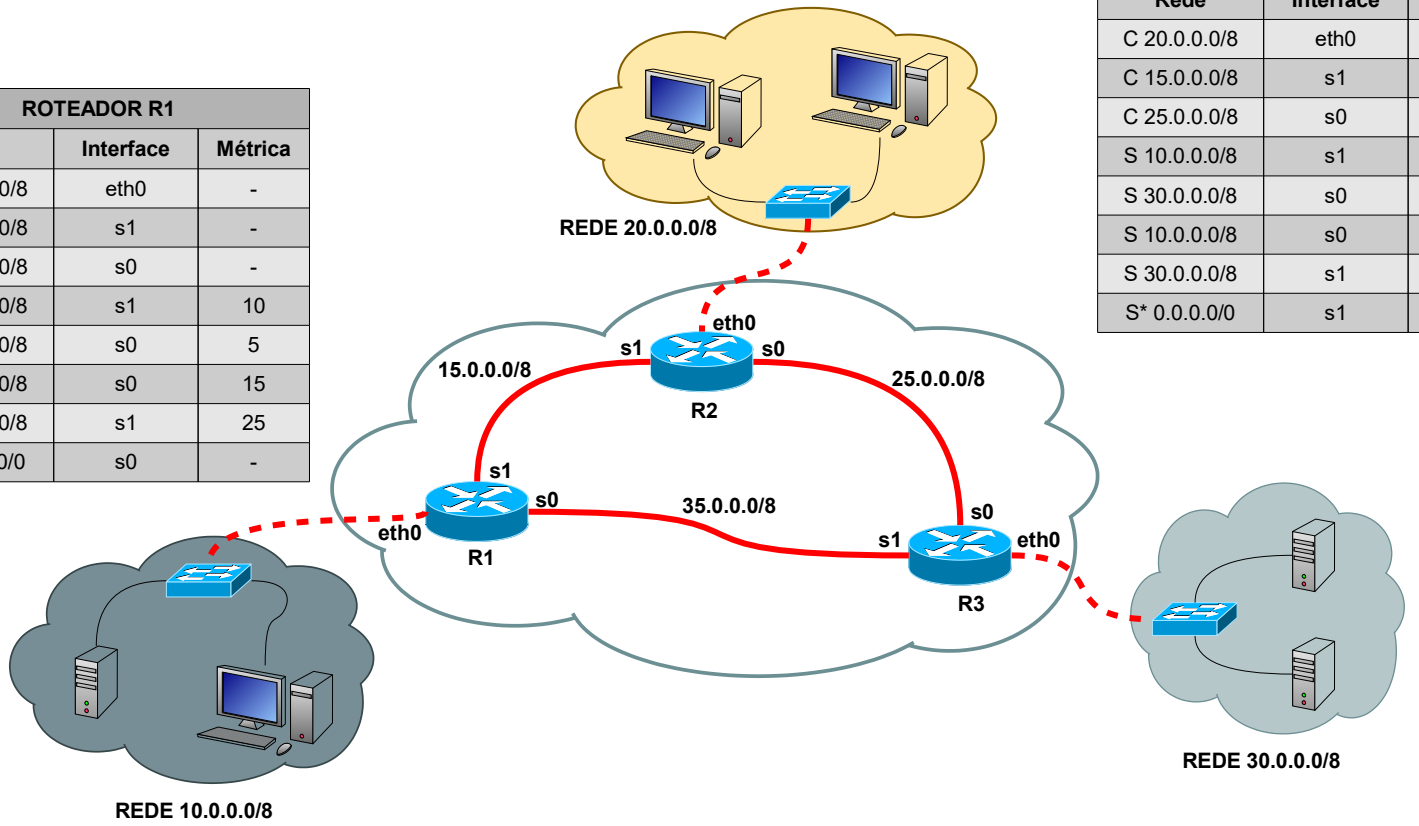
Roteamento – Rota padrão

A rota padrão ou rota *default* é o caminho para o qual os pacotes com destino a redes que não estão relacionadas na tabela de roteamento são encaminhados. Ela é representada pela rede 0.0.0.0/0. Nas tabelas abaixo, a letra “S” seguida de um asterisco indica a rota *default*.

ROTEADOR R1		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 10.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 35.0.0.0/8	s0	-
S 20.0.0.0/8	s1	10
S 30.0.0.0/8	s0	5
S 20.0.0.0/8	s0	15
S 30.0.0.0/8	s1	25
S* 0.0.0.0/0	s0	-

ROTEADOR R2		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 20.0.0.0/8	eth0	-
C 15.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	10
S 30.0.0.0/8	s0	5
S 10.0.0.0/8	s0	15
S 30.0.0.0/8	s1	25
S* 0.0.0.0/0	s1	-

ROTEADOR R3		
Rede	**Interface**	**Métrica**
C 30.0.0.0/8	eth0	-
C 35.0.0.0/8	s1	-
C 25.0.0.0/8	s0	-
S 10.0.0.0/8	s1	10
S 20.0.0.0/8	s0	5
S 10.0.0.0/8	s0	15
S 20.0.0.0/8	s1	25
S* 0.0.0.0/0	s0	-



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Rotas dinâmicas

Uma outra forma de configurar o roteamento é usar protocolos de roteamento dinâmico, que preenchem automaticamente as tabelas de roteamento dos roteadores a partir da troca de informações entre eles.

Pode-se distinguir dois grupos de protocolos dinâmicos:

- Interior Gateway Protocols (IGP);
- Exterior Gateway Protocols (EGP).

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – IGP

Protocolos do tipo Interior Gateway Protocols (IGP) são usados quando todos os roteadores pertencem ao mesmo sistema autônomo (AS – *Autonomous System*).

De acordo com a RFC (*Request for Comments*) de número 1930, editada em 1996, um AS é uma coleção de roteadores sob a administração de um ou mais operadores de rede que possui uma política de roteamento claramente definida.

Algumas implementações de protocolos do tipo IGP:

- Routing Information Protocol (RIP);
- Open Shortest Path First (OSPF);
- Enhanced Interior Gateway Protocol (EIGRP), proprietário da Cisco;
- Intermediate System to Intermediate System (IS-IS).

Roteamento – EGP

Protocolos do tipo Exterior Gateway Protocols (EGP) são usados quando se faz necessário conectar diferentes sistemas autônomos (AS).

Atualmente existe apenas uma implementação em uso de protocolos do tipo EGP:

- Border Gateway Protocol (BGP).

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Algoritmos

Os protocolos de roteamento dinâmico podem usar uma série de algoritmos para trocar informações de roteamento entre os roteadores.

Destacam-se:

- Algoritmo de vetor de distância (*Distance Vector*, também conhecido como Bellman-Ford), usado no RIP;
- Algoritmo de estado de enlace (*Link-State*), usado no OSPF e no IS-IS;
- Algoritmo de estado de enlace avançado (*Advanced Link-State*), usado no EIGRP e também no BGP.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – AD

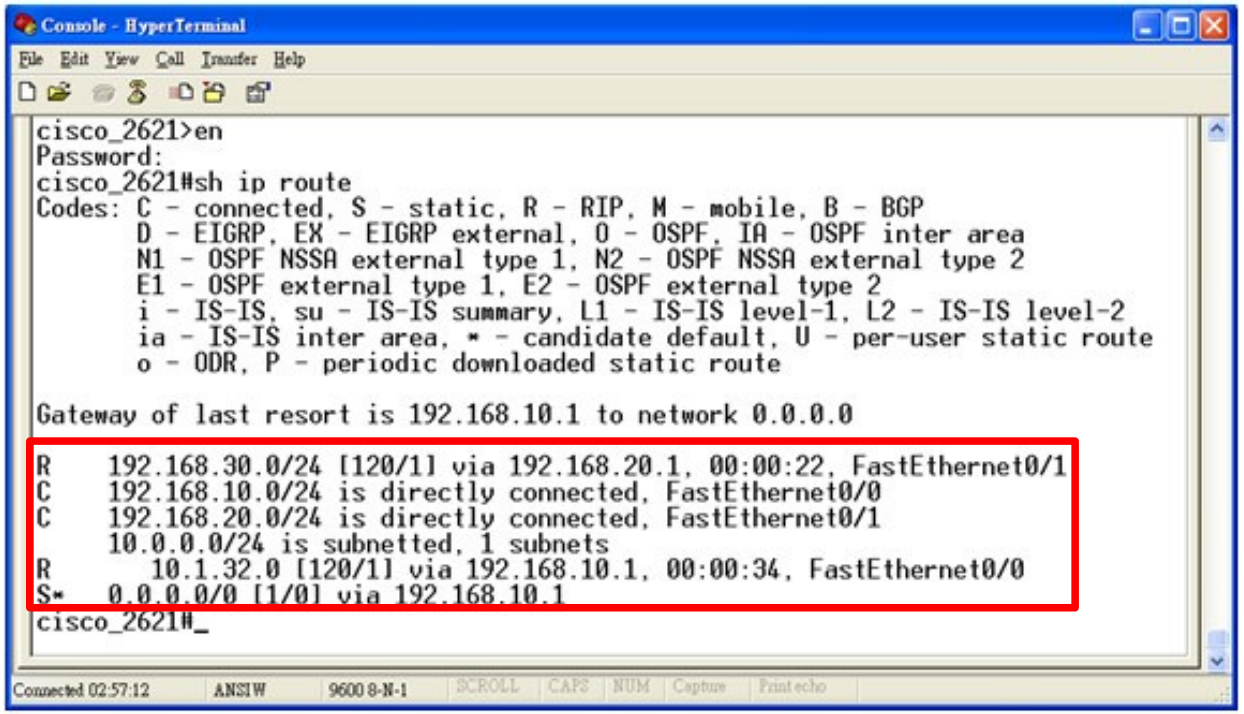
Distância administrativa, ou *Administrative Distance* (AD), é a métrica padrão utilizada por roteadores multiprotocolos da Cisco. Quando um roteador possui mais de um protocolo de roteamento configurado, rotas aprendidas por meio de protocolos com AD menor tem preferência sobre rotas aprendidas por meio de protocolos com AD maior.

PROTOCOLO	MÉTRICA
Diretamente conectado	0
Rota estática	1
BGP	20
EIGRP	90
IGRP	100
OSPF	110
IS-IS	115
RIP	120
Desconhecida	255

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Roteamento – Exemplo

Em roteadores Cisco, para visualizar a tabela de roteamento, digita-se o comando **`show ip route`**. Este comando mostra todas as rotas configuradas, sejam elas estáticas ou dinâmicas.



LEGENDA:

C – rede diretamente conectada	*R – rota obtida a partir do protocolo RIP*
S – rota estática	*I – rota obtida a partir do protocolo IGRP*
S – rota padrão ou default*	*i – rota obtida a partir do protocolo IS-IS*
D – rota obtida a partir do protocolo EIGRP	*O – rota obtida a partir do protocolo OSPF*

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o simulador de Roteamento IP, de Gil Messerman, Gilad Karni e Uri Braun.

Módulo 2

Protocolo RIP

Introdução

O RIP (*Routing Information Protocol*, ou Protocolo de Roteamento de Informação) é baseado no algoritmo de vetor de distância e envia uma tabela de roteamento completa para seus vizinhos a cada 30 segundos.

Existem duas versões do protocolo RIP:

•RIPv1, que usa a notação de classes padrão A, B e C como máscara de rede, também conhecido como *classful*;

•RIPv2, que usa a notação de subredes (CIDR) como máscara de rede, também conhecido como *classless*.

Além da notação de subredes, o protocolo RIP v2 também pode usar a sumarização de rotas para representar múltiplos destinos com um mesmo prefixo de endereço IP.

O RIP é um protocolo da camada de aplicação e usa a porta UDP 520.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Características

O protocolo RIP possui as seguintes características:

•Usa a contagem de saltos (*hop-count*) entre a rede origem e a rede destino para determinar a rota de menor custo. Salto é a quantidade de roteadores entre a rede origem e a rede destino;

•A contagem de saltos entre duas redes é limitada a 15 *hops*;

•Rotas com contagem de 16 saltos é indicada como uma rede inacessível;

•Envia a tabela de roteamento completa (e não somente as alterações) a cada atualização (30 segundos);

•Suporta IP e IPX;

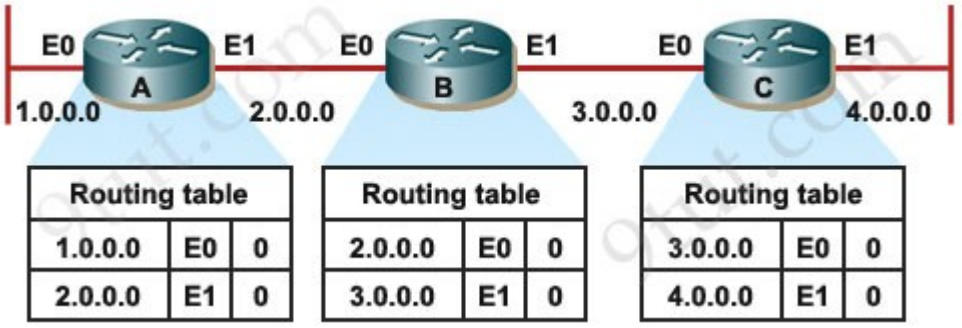
•Etc.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Exemplo

Na figura abaixo tem-se três roteadores A, B e C. Quando ligados, os roteadores inicialmente conhecem apenas as redes às quais estão diretamente conectados. Assim teremos que:

- O roteador A conhece as redes 1.0.0.0 e 2.0.0.0 com métrica 0;
- O roteador B conhece as redes 2.0.0.0 e 3.0.0.0 com métrica 0;
- O roteador C conhece as redes 3.0.0.0 e 4.0.0.0 com métrica 0.

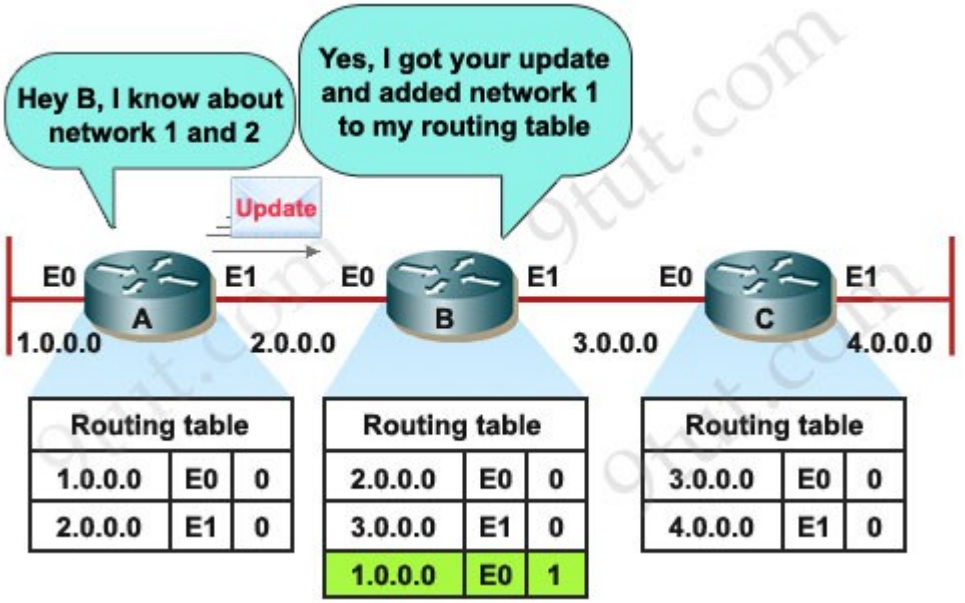


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Anúncio de rotas

Uma vez que o protocolo RIP seja ativado nos roteadores, eles começam a anunciar suas rotas para os roteadores vizinhos.

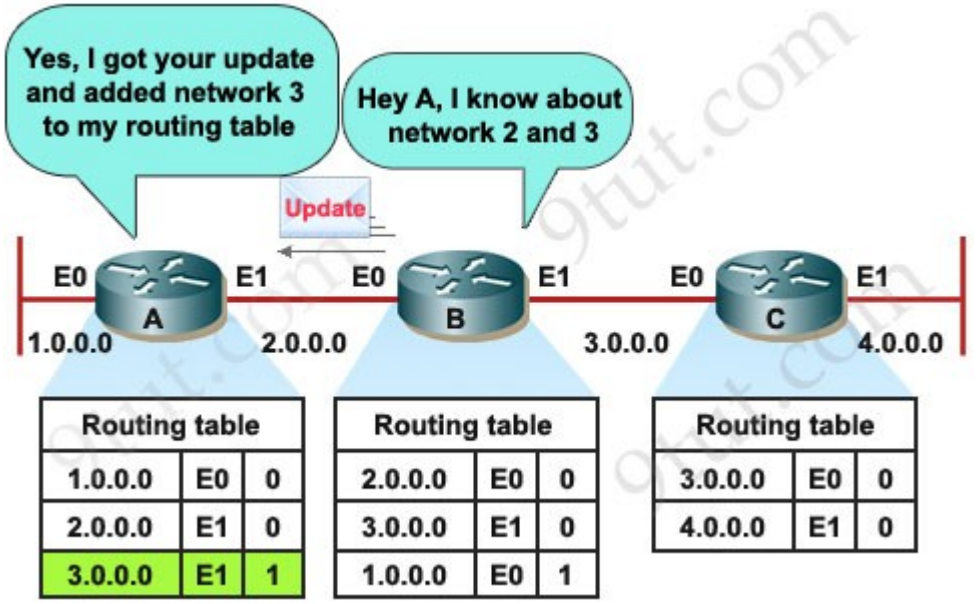
Na figura abaixo, o roteador A manda sua tabela de roteamento para o roteador B. O roteador B já conhece a rede 2.0.0.0, mas aprende uma nova rota para a rede 1.0.0.0 e então ele a acrescenta em sua tabela, adicionando a métrica 1.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Anúncio de rotas

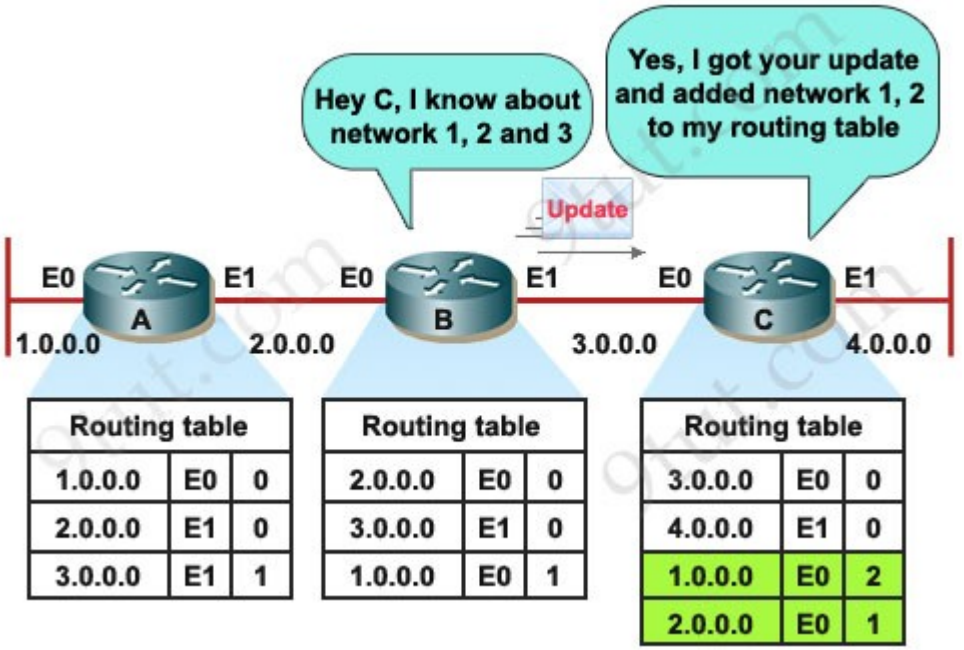
Por sua vez, o roteador B também manda sua tabela de roteamento para o roteador A. O roteador A já conhece a rede 1.0.0.0 e a rede 2.0.0.0, mas aprende uma nova rota para a rede 3.0.0.0 e então ele a acrescenta em sua tabela, adicionando a métrica 1.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Anúncio de rotas

Como os roteadores anunciam suas tabelas para os vizinhos, o roteador B também manda sua tabela de roteamento para o roteador C. O roteador C já conhece a rede 3.0.0.0 e a rede 4.0.0.0, mas aprende uma nova rota para a rede 1.0.0.0 e para a rede 2.0.0.0 e então ele as acrescenta em sua tabela, adicionando a métrica 2 e 1, respectivamente.

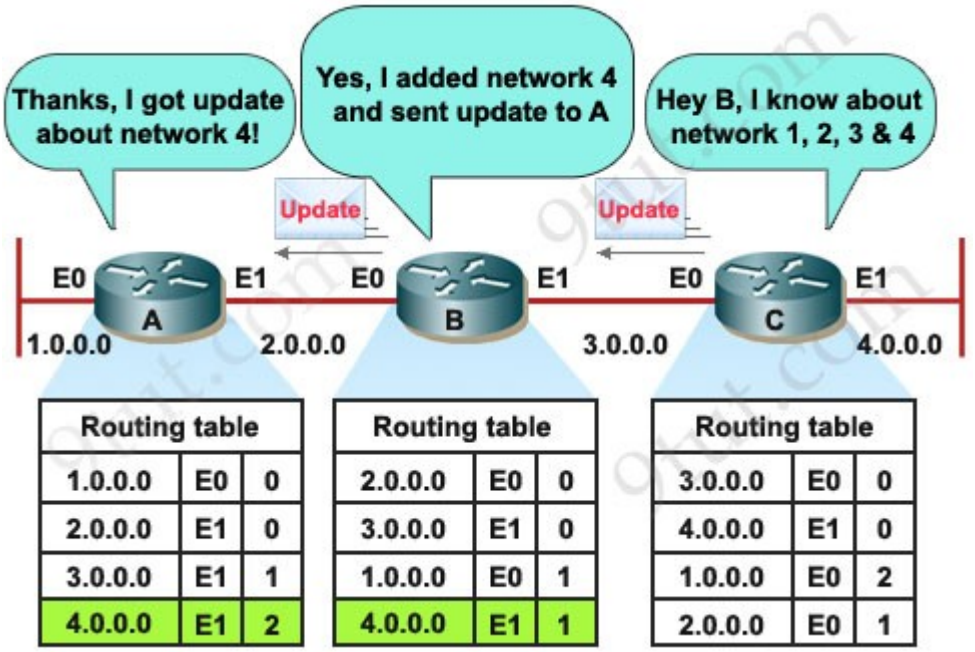


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Convergência

E finalmente, o roteador C envia sua tabela de roteamento para o roteador B, que aprende uma nova rota para a rede 4.0.0.0.

Como todos os roteadores trocam informações a cada 30 segundos, chegará um momento em que todos os roteadores conhecerão as rotas para todas as redes. A isso chama-se convergência.



Routing table		
1.0.0.0	E0	0
2.0.0.0	E1	0
3.0.0.0	E1	1
4.0.0.0	E1	2

Routing table		
2.0.0.0	E0	0
3.0.0.0	E1	0
1.0.0.0	E0	1
4.0.0.0	E1	1

Routing table		
3.0.0.0	E0	0
4.0.0.0	E1	0
1.0.0.0	E0	2
2.0.0.0	E0	1

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Mensagem

A figura ao lado mostra o formato da mensagem RIP. Segue a descrição de cada campo:

Command: indica se a mensagem é uma requisição por tabelas de roteamento, se é uma resposta a uma requisição ou uma mensagem de difusão periódica;

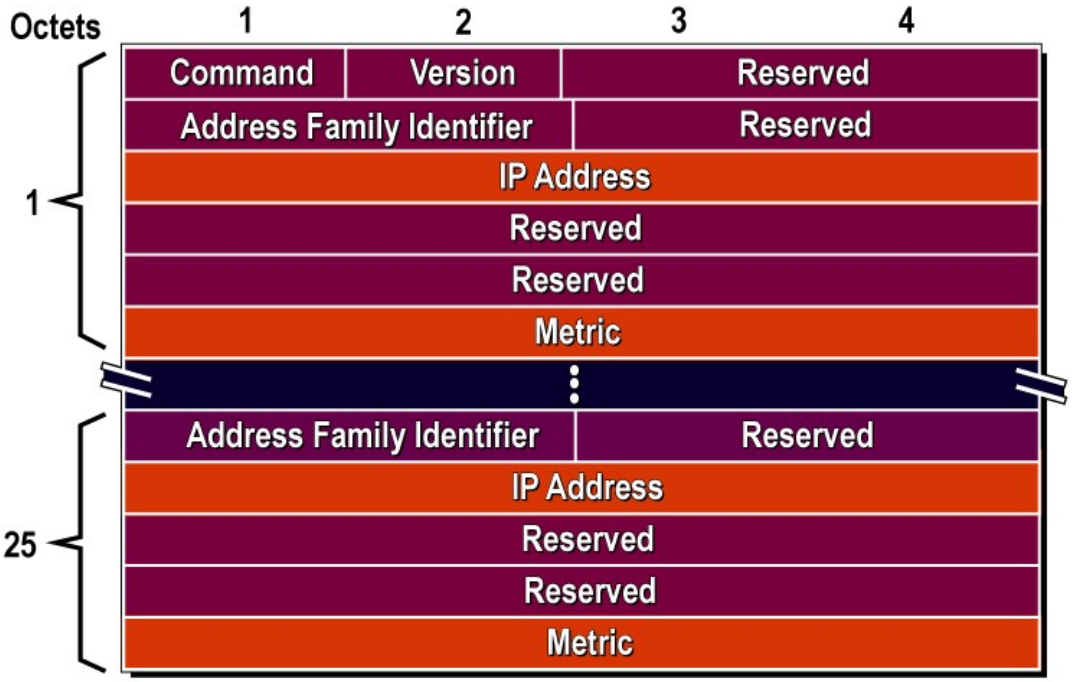
Version: indica a versão do RIP usada;

Address Family Identifier: identifica o protocolo de rede no qual o RIP provê as informações de roteamento;

IP Address: contém o endereço IP da rede destino definida na rota;

Metric: indica a quantidade de saltos (*hops*) para se chegar ao destino.

Como se pode ver na figura, uma mensagem RIP pode transportar no máximo 25 rotas.



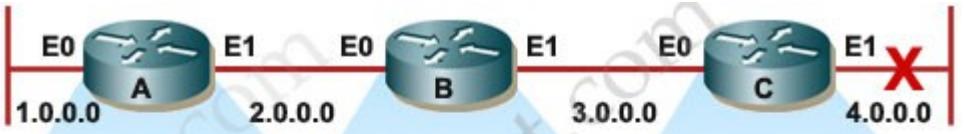
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Falhas

Quando os roteadores chegam ao estado de convergência, ainda assim eles continuam a trocar informações a cada 30 segundos, caso haja alguma alteração nas tabelas de roteamento.

Na figura abaixo, o roteador C detecta que a rede 4.0.0.0 está inacessível, e marca aquela rota como indisponível (*down*).

Enquanto os roteadores A e B não recebem a atualização, eles continuam a acreditar que ainda é possível chegar até aquela rede por meio do roteador C.



Routing table		
1.0.0.0	E0	0
2.0.0.0	E1	0
3.0.0.0	E1	1
4.0.0.0	E1	2

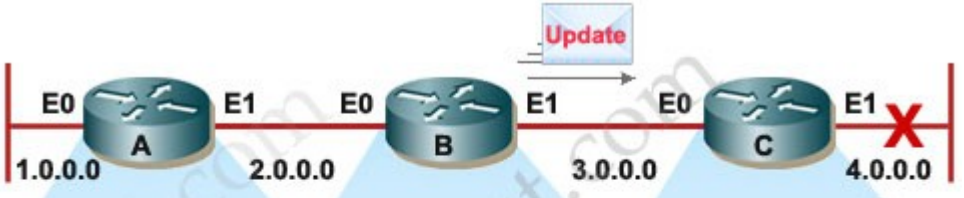
Routing table		
2.0.0.0	E0	0
3.0.0.0	E1	0
1.0.0.0	E0	1
4.0.0.0	E1	1

Routing table		
3.0.0.0	E0	0
4.0.0.0	E1	down
1.0.0.0	E0	2
2.0.0.0	E0	1

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Falhas

Se o roteador C enviar uma tabela de roteamento atualizada para os demais roteadores, eles saberão que a rede 4.0.0.0 está indisponível. Mas pode acontecer do roteador B enviar uma mensagem RIP antes. Neste caso, quando o roteador C receber a tabela de roteamento do roteador B, ele reaprenderá a rota para a rede 4.0.0.0. Como o roteador B está a um salto de distância (*hop*) da rede 4.0.0.0, o roteador C acrescenta a métrica 2 em sua tabela.



Routing table		
1.0.0.0	E0	0
2.0.0.0	E1	0
3.0.0.0	E1	1
4.0.0.0	E1	2

Routing table		
2.0.0.0	E0	0
3.0.0.0	E1	0
1.0.0.0	E0	1
4.0.0.0	E1	1

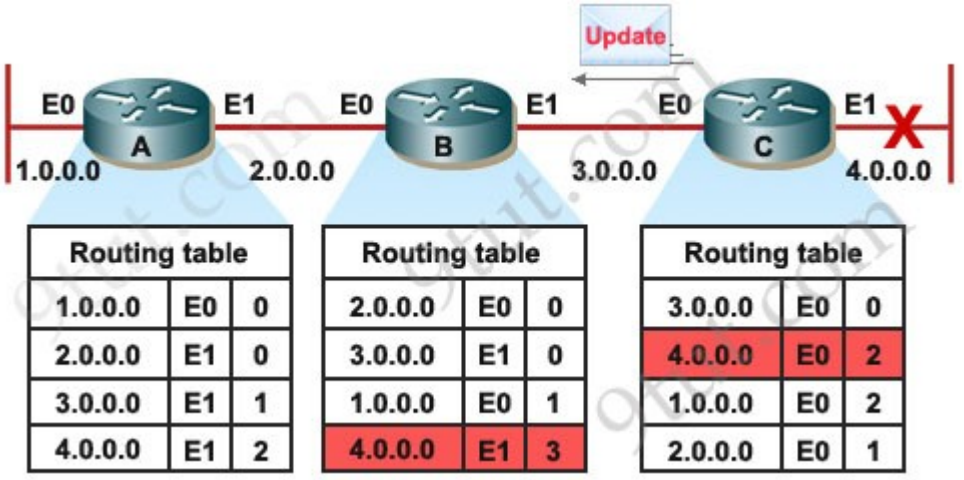
Routing table		
3.0.0.0	E0	0
4.0.0.0	E0	2
1.0.0.0	E0	2
2.0.0.0	E0	1

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Falhas

Quando o roteador C enviar sua tabela de roteamento atualizada para os demais roteadores, eles reaprenderão a rota para a rede 4.0.0.0. Na figura abaixo, o roteador B recebe uma mensagem RIP do roteador C informando que ele está a dois saltos de distância (*hops*) da rede 4.0.0.0, e acrescenta a métrica 3 em sua tabela.

Isso irá acontecer sucessivamente com todos os roteadores, até que todos tenham a métrica 16 para a rota da rede 4.0.0.0. Neste momento eles perceberão que esta rede está inacessível. Este problema é conhecido como “contagem ao infinito”, e se dá porquê o esquema de anúncio de rotas entre os roteados é assíncrono.

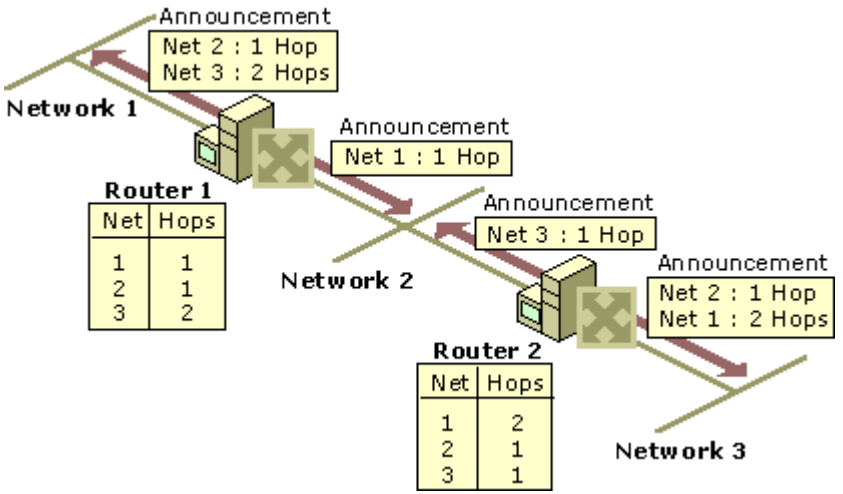


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Contagem ao infinito

Existem algumas técnicas que contornam o problema de contagem ao infinito. São elas:

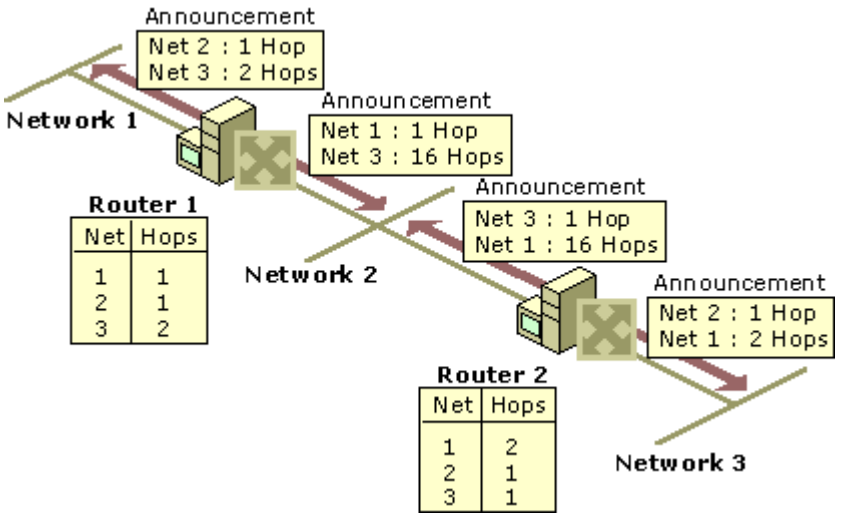
Split Horizon – esta técnica previne que um roteador envie informações sobre uma rota aprendida de volta para o roteador de onde ela veio. Em outras palavras, se o roteador A aprender uma rota do roteador B, o roteador A nunca enviará atualizações sobre esta rota de volta ao roteador B.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Contagem ao infinito

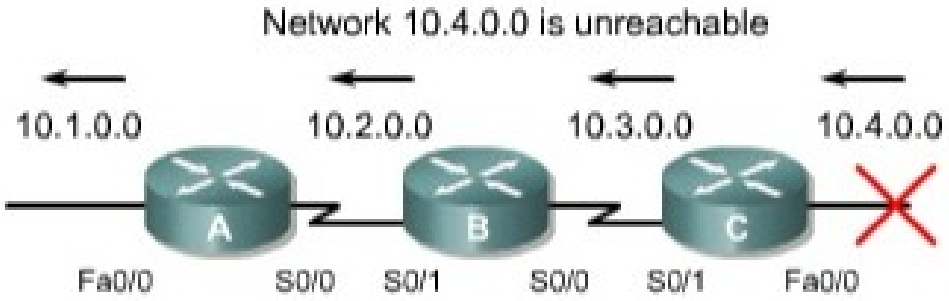
Split Horizon with Poison Reverse – esta técnica difere da anterior pois o roteador anuncia todas as rotas de sua tabela de roteamento. No entanto, quanto o roteador envia informações sobre uma rota aprendida de volta para o roteador de onde ela veio, esta vai sinalizada com métrica 16, que significa inalcançável. Quando o roteador destino receber esta atualização, verá que já possui uma rota para aquela rede, e então irá descartar a informação. Esta técnica é vantajosa em redes com múltiplos caminhos, mas tem a desvantagem de que o roteador envia a sua tabela completa de roteamento.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

RIP – Contagem ao infinito

Triggered Update - quando uma rota falha na rede, o roteador envia imediatamente uma tabela de atualização aos demais roteadores vizinhos informando a rota inacessível, ao invés de esperar o próximo período de atualização que é de 30 segundos.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico RIP, de Júlio Battisti.

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico RIP v1 e v2, de Aaron Balchunas.

… acesse o material online sobre Convergence in RIP Internetworks, da Microsoft.

Módulo 3

Protocolo OSPF

Introdução

O OSPF (*Open Shortest Path First*, ou “Abrir o Primeiro Caminho mais Curto”) é baseado no algoritmo de vetor de distância conhecido como Dijkstra Shortest Path First. Ao invés de anunciar a quantidade de saltos, ele anuncia o estado de cada enlace conectado ao roteador, e usa a notação de subredes (CIDR) como máscara de rede, também conhecido como *classless*.

Este protocolo gera atualizações das tabelas de roteamento apenas quando ocorrem mudanças na topologia da rede.

O OSPF é um protocolo da camada de enlace.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Características

O protocolo OSPF possui as seguintes características:

•Cria uma topologia de rede hierárquica usando o conceito de Áreas;

•Cada roteador forma uma vizinhança com os roteadores adjacentes em uma mesma Área;

•Anuncia o estado de cada enlace ao invés de anunciar a quantidade de saltos;

•Os roteadores trocam informações sobre suas tabelas de roteamento apenas quando há atualização da topologia da rede.

•Quando um enlace muda o seu estado, o roteador cria um anúncio do estado do enlace (LSA, ou *link-state advertisement*) e envia para os roteadores vizinhos;

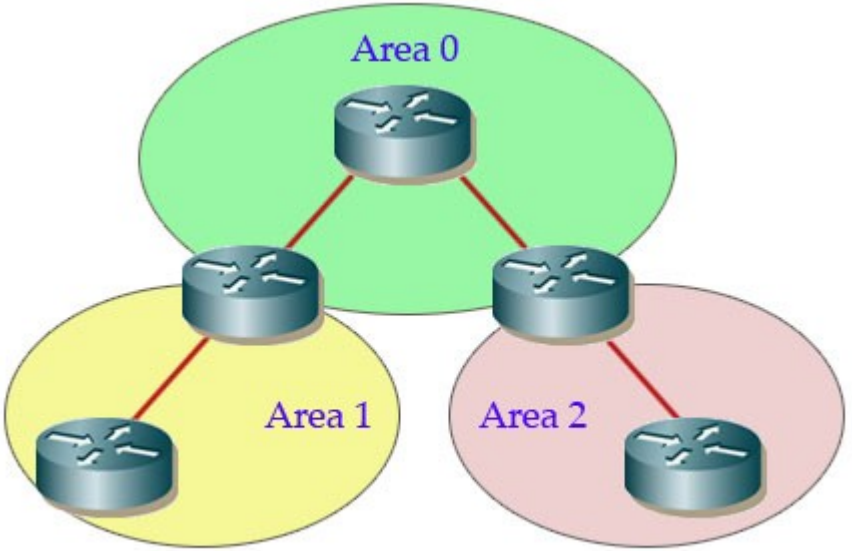
•Etc.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Áreas

Pela natureza hierárquica do OSPF, uma rede usando este protocolo pode ser dividida em subdomínios denominados Áreas. Uma área é uma coleção lógica de roteadores e enlaces que compartilham uma mesma identificação.

O subdomínio denominado Área 0 é o responsável por conectar todas as demais áreas OSPF, estejam elas num mesmo sistema autônomo (AS) ou não.



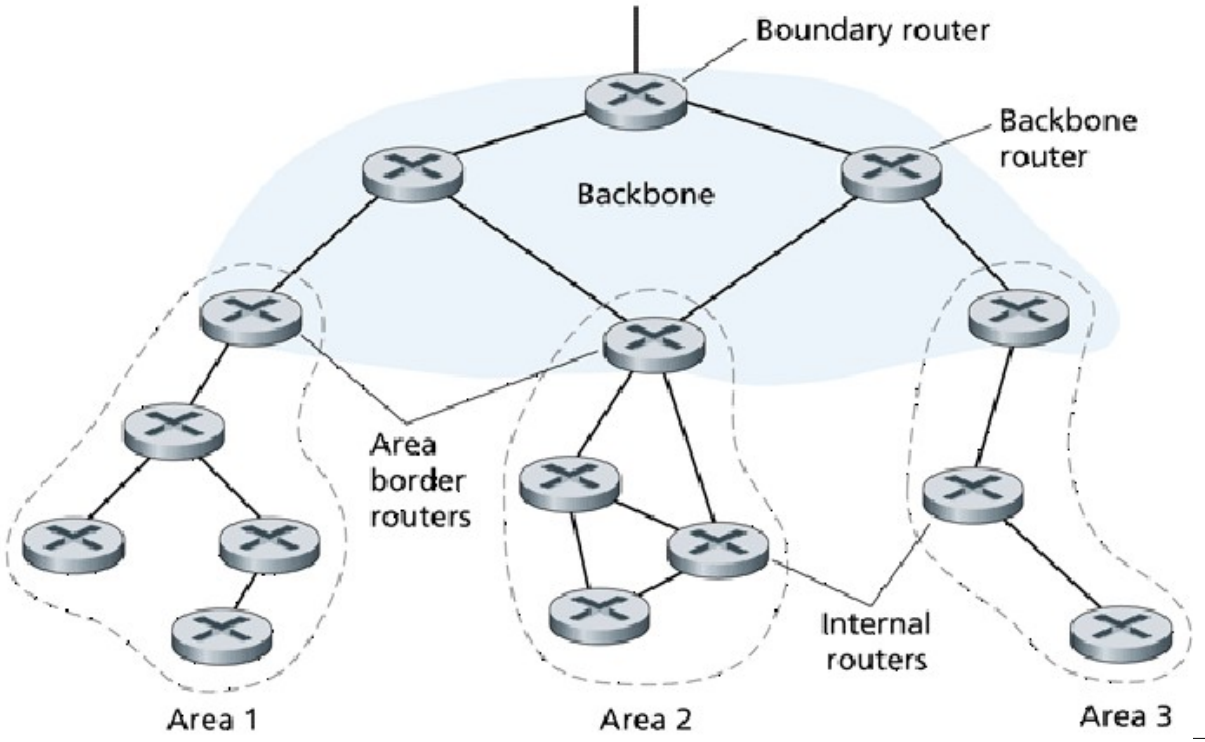
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Hierarquia

Todos os roteadores que fazem parte da Área 0 são conhecidos como BR (*Backbone Routers)*.

Os roteadores que interconectam áreas em um mesmo sistema autônomo (AS) são conhecidos como ABR (*Area Border Router*). Já os roteadores que interconectam áreas em sistemas autônomos distintos são conhecidos como ASBR (*Autonomous System Boundary Router*).

Os demais roteadores que pertencem a uma única área são conhecidos como IR (*Internal Routers)*.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Mensagem

A figura ao lado mostra o formato da mensagem OSPF. Segue a descrição de cada campo:

Version #: indica a versão do OSPF usada;

Type: indica o tipo de mensagem OSPF, que pode ser Hello, Database Description, Link-state Request, Link-state Update e Link-state Ack;

Packet Length: identifica o comprimento total da mensagem;

Router ID: contém o endereço IP do roteador origem;

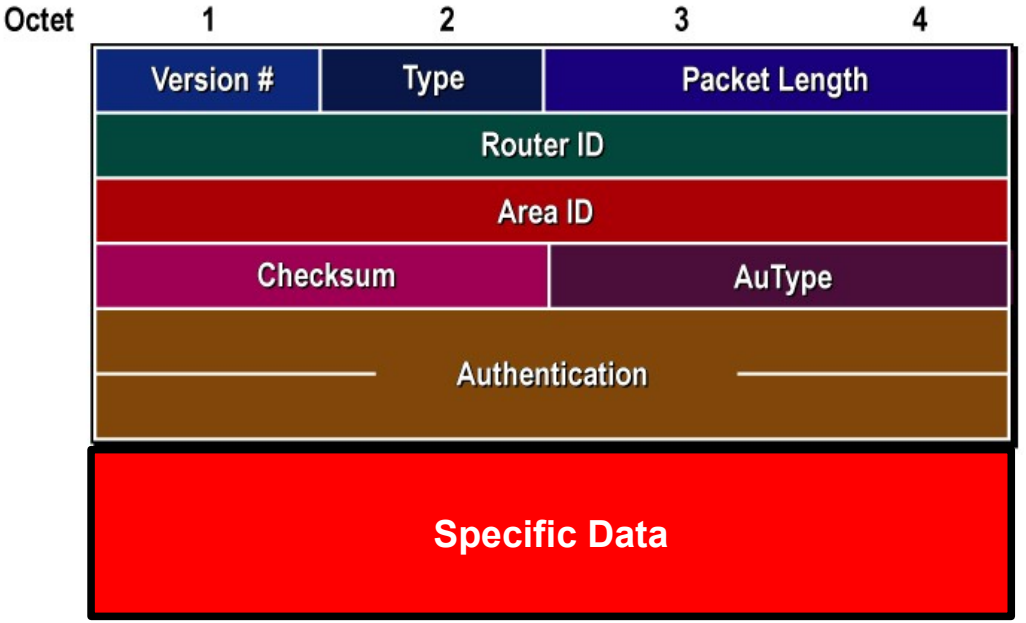
Area ID: identifica a área à qual o roteador pertence;

Checksum: usado para o cálculo de CRC;

AuType: indica o esquema de autenticação usado, que pode ser None, Simple Password e MD5;

Authentication: campo usado pelo algoritmo de autenticação;

Specific Data: dados referentes a cada um dos tipos de mensagens indicados no campo Type.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Tipos de mensagens

As mensagens OSPF podem ser classificadas como:

•*Hello*: usado para descobrir, estabelecer e manter adjacências com outros roteadores e também para eleger o *Designated Router* (DR) e o *Backup Designated Router* (BDR);

•*Database Description* (DD oo DBD): contêm uma lista abreviada do banco de dados de estado de enlace de um roteador. Quando os roteadores da vizinhança recebem este pacote, o mesmo é confrontado com seu próprio banco de dados de estado de enlace local;

•*Link-state Request* (LSR): usado pelos roteadores para requisitar mais informações sobre qualquer entrada no DBD;

•*Link-state Update* (LSU): usado para responder ao LSR como também para anunciar novas informações sobre tabelas de roteamento;

•*Link-state Acknowledgement* (LSAck): enviado por um roteador para confirmar o recebimento de um pacotes LSU.

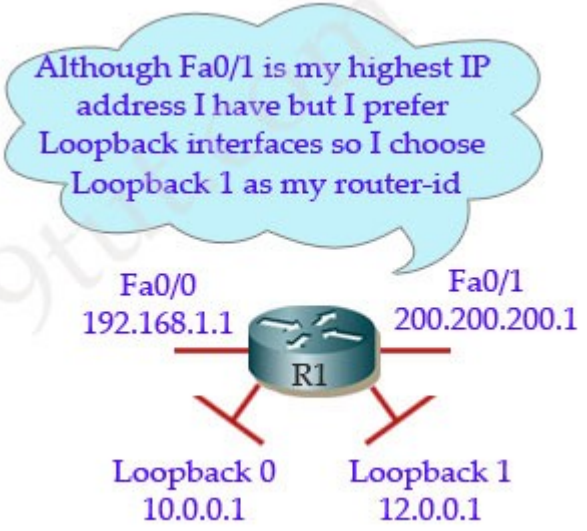
OSPF – Exemplo

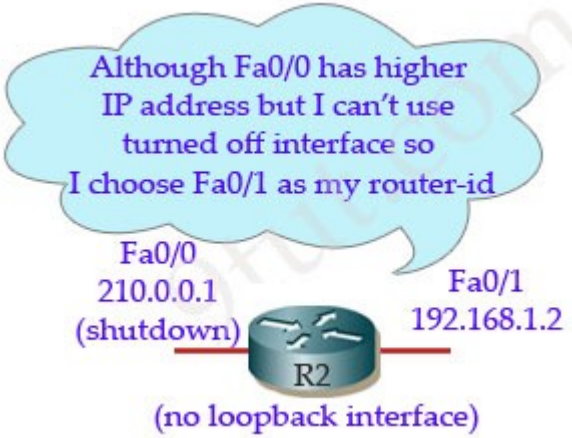
Antes que um roteador com protocolo OSPF instalado possa anunciar suas tabelas de roteamento para os demais roteadores vizinhos, ele deve primeiro selecionar um identificador conhecido como RID (*Router Identification*), que nada mais é que um endereço IP escolhido de acordo com a seguinte sequencia:

•O mais alto IP atribuído à interface de *loopback* ativa;

•Se não houver interface *loopback*, o mais alto IP atribuído à interfaces de rede física ativa;

•Ou então o RID poderá ser atribuído manualmente.





Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Exemplo

Agora que os roteadores possuem um RID, eles podem trocar mensagens *Hello* para determinar quais são seus vizinhos, ou adjacências.

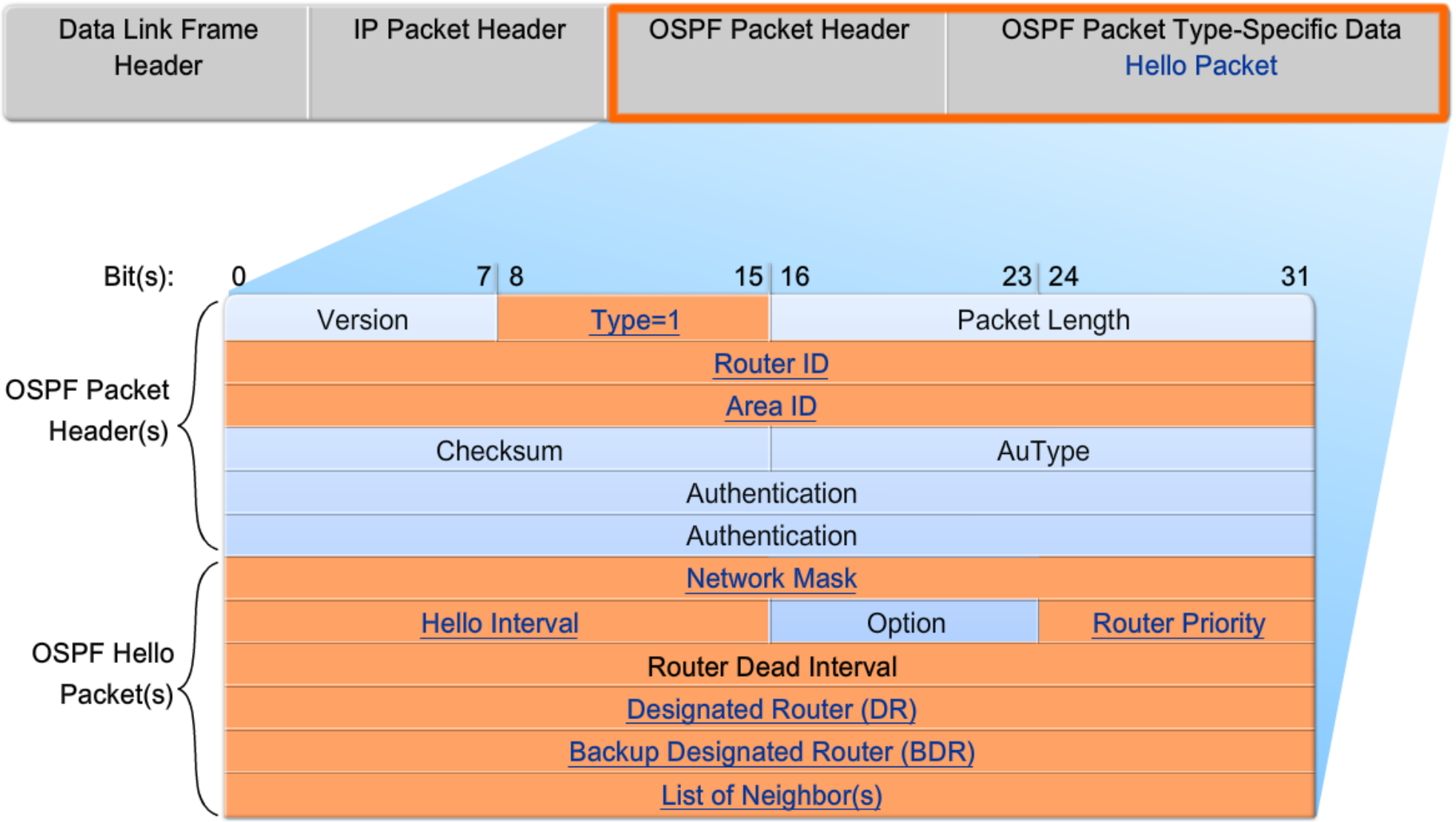
Se um roteador receber uma mensagem *Hello* que atenda seus requisitos, ou seja, possua o mesmo *Hello Interval*, *Dead Interval* e *Area Number*, então este roteador irá adicionar o outro em sua tabela de roteadores vizinhos.

O *Hello Interval* indica com qual frequência uma mensagem *Hello* é enviada. Por padrão este valor é de 10 segundos para redes de difusão e ponto a ponto e 30 segundos para redes como *Frame Relay*, X.25 e ATM.

O *Dead Interval* indica o tempo que o roteador deve aguardar entre mensagens *Hello* antes de declarar que aquele roteador vizinho está inativo. Por padrão este valor é de 40 segundos para redes de difusão e ponto a ponto e 120 segundos para redes como *Frame Relay*, X.25 e ATM.

O *Area Number* indica a qual área o roteador pertence.

OSPF – Mensagem Hello



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Exemplo

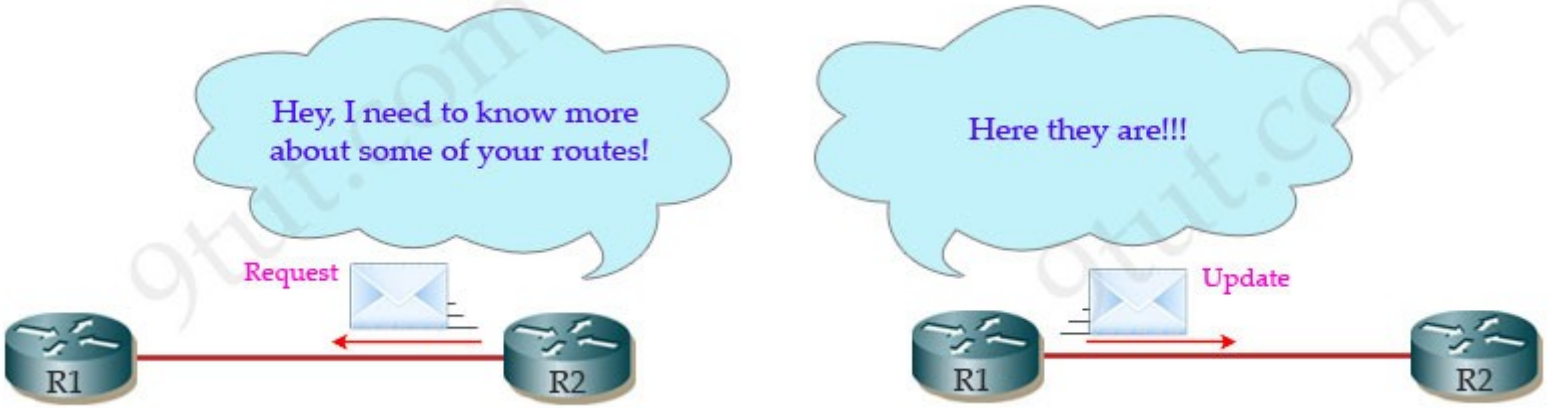
Quando os roteadores já conhecem suas adjacências, e antes que eles troquem anúncios de estado do enlace (LSA, ou *link-state advertisement*), eles trocam mensagens DD (*Database Description*) que contem uma lista resumida do banco de dados de estado do enlace.

Os roteadores poderão então determinar quem será o roteador mestre (*Master*) e o roteado escravo (*Slave*) da adjacência. O roteador com o maior RID será o *Master*, e iniciará a troca de mensagens.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Exemplo

Assim o roteador *Master* envia uma mensagem do tipo LSR (*Link-state Request*) solicitando um anúncio de estado do enlace (LSA) dos roteadores vizinhos, que respondem com uma mensagem do tipo LSU *(Link-state Update*).



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Exemplo

Por fim, o roteador que iniciou a troca de mensagens responde com uma mensagem do tipo LSAck (*Link-state Acknowledgement*), indicando que recebeu com sucesso o anúncio de estado do enlace (LSA).

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

OSPF – Métrica

Como o protocolo OSPF escolhe as melhores rotas baseado no estado dos enlaces, a métrica para cada rota aprendida dependerá da velocidade daquele enlace.

Para determinar a métrica, usa-se a fórmula abaixo para cálculo do custo.

Na tabela a seguir, alguns exemplos de custo calculado de acordo com o tipo de enlace.

$$custo = \frac{10^8}{largura\ de\ banda}$$

TIPO	CUSTO
Serial (56 kbps)	1785
Serial (64 kbps)	1562
T1 (1,544 Mbps)	64
Token Ring (4 Mbps)	25
Ethernet (10 Mbps)	10
Token Ring (16 Mbps)	6
Fast Ethernet (100 Mbps)	1

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico OSPF, de Júlio Battisti.

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico OSPF, de Aaron Balchunas.

Módulo 4

Protocolo PPP

Introdução

O PPP (*Point-to-Point Protocol*, ou Protocolo Ponto a Ponto) é um protocolo da camada de enlace usado para estabelecer a comunicação entre dois *hosts* por meio de linhas de comunicação serial que suportem transmissão do tipo *full-duplex*, como linhas telefônicas, por exemplo.

O PPP veio para substituir o SLIP (*Serial Line Internet Protocol*, ou Protocolo de Internet para Linha Serial), uma vez que o primeiro possui mecanismos de autenticação que o último não tem.

O PPP não foi escrito do zero. Sua arquitetura foi baseada no protocolo HDLC (*High-Level Data Link Control*) da ISO, que por sua vez foi baseado no protocolo SDLC (*Synchronous Data Link Control*) da IBM.

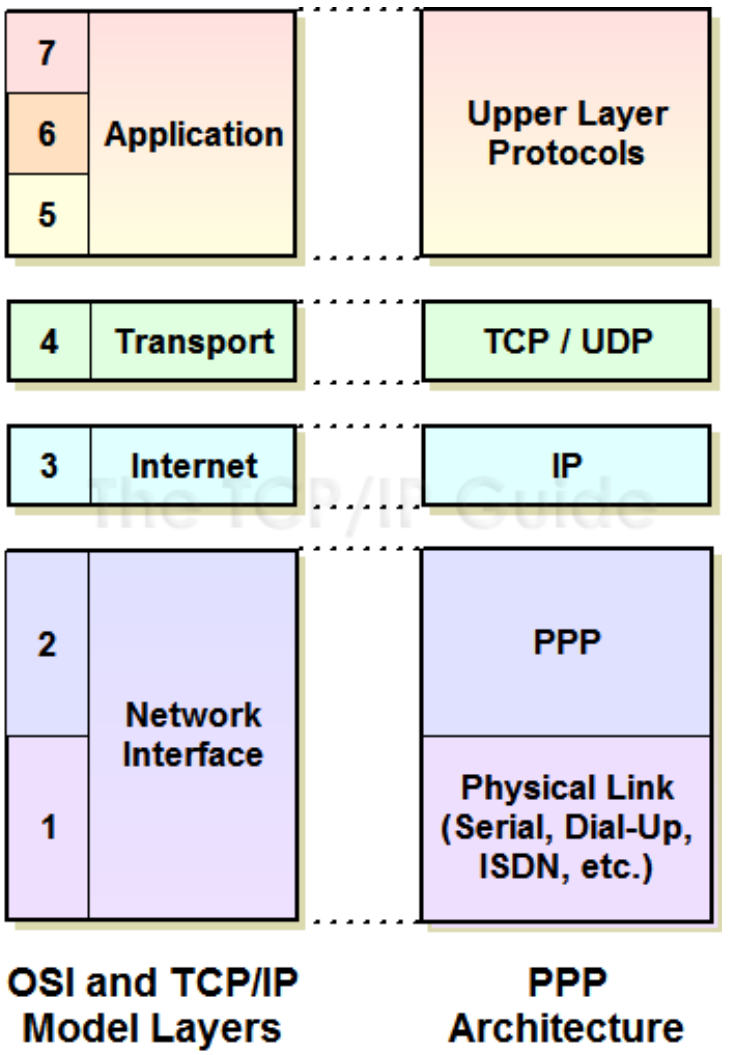
Duas variações do PPP são os protocolos PPPoE (*Point-to-Point Protocol over Ethernet*) e PPPoA (*Point-to-Point Protocol over ATM*), que nada mais são que o encapsulamento do PPP sobre redes Ethernet ou ATM.

PPP – Arquitetura

O PPP é um protocolo orientado a conexão que permite a comunicação entre dois *hosts*.

O PPP corresponde à camada de enlace do modelo de referência OSI da ISO. A operação do PPP segue um esquema de fases para o estabelecimento da conexção, que pode ou não incluir um método de autenticação.

Dentre os componentes do PPP, o método de encapsulamento e o LCP são definidos na RFC 1661, enquanto que o componente NCP é definido em RFC´s diferentes, uma para cada tipo.



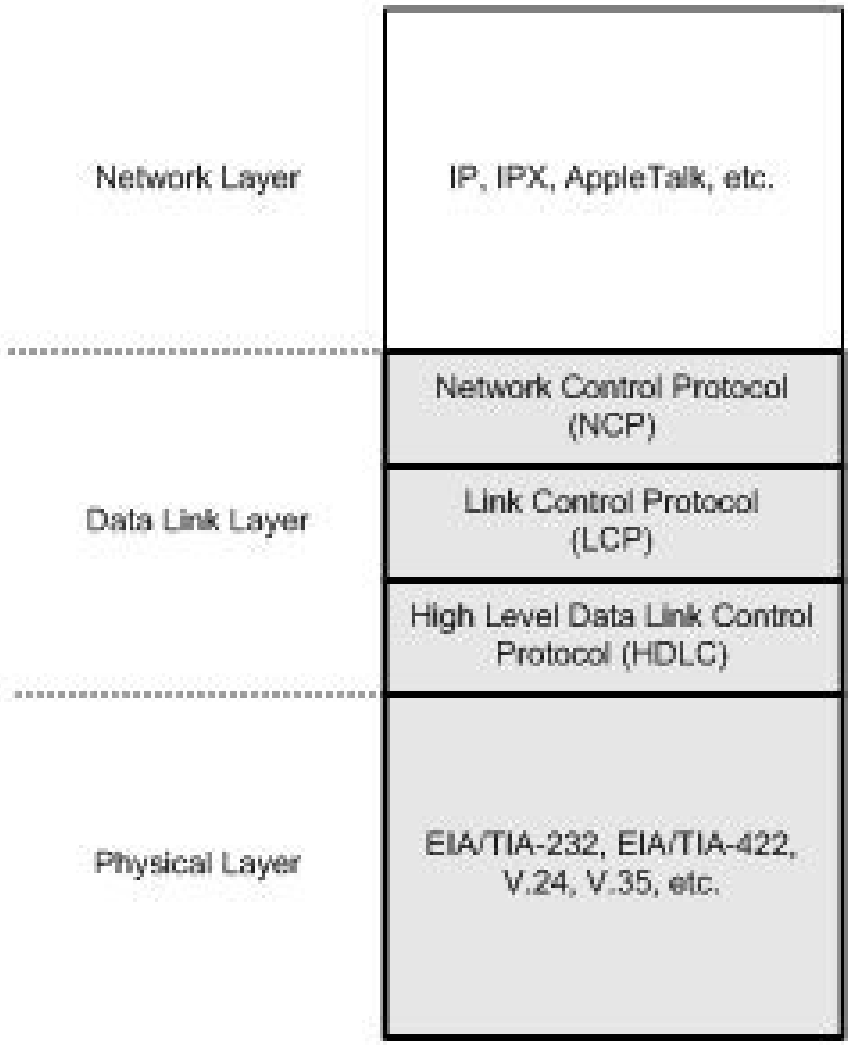
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Componentes

Network Control Protocol (NCP) – é responsável por transportar os dados entre os *hosts*. Existe um NCP para cada protocolo que esteja rodando sobre o PPP.

Link Control Protocol (LCP) – o LCP é responsável por estabelecer, manter e terminar uma comunicação entre dois dispositivos. O LCP inclui, por exemplo, os protocolos de autenticação CHAP e PAP, bem como o PPP Multilink Protocol, que permite que um único enlace lógico seja estabelecido sobre vários enlaces físicos, ou ainda o Compression Control Protocol (CCP), que permite comprimir dados.

Método de Encapsulamento – define como serão encapsuladas as mensagens dos protocolos de camadas superiores dentro do datagrama PPP, que é semelhante ao datagrama do protocolo HDLC.

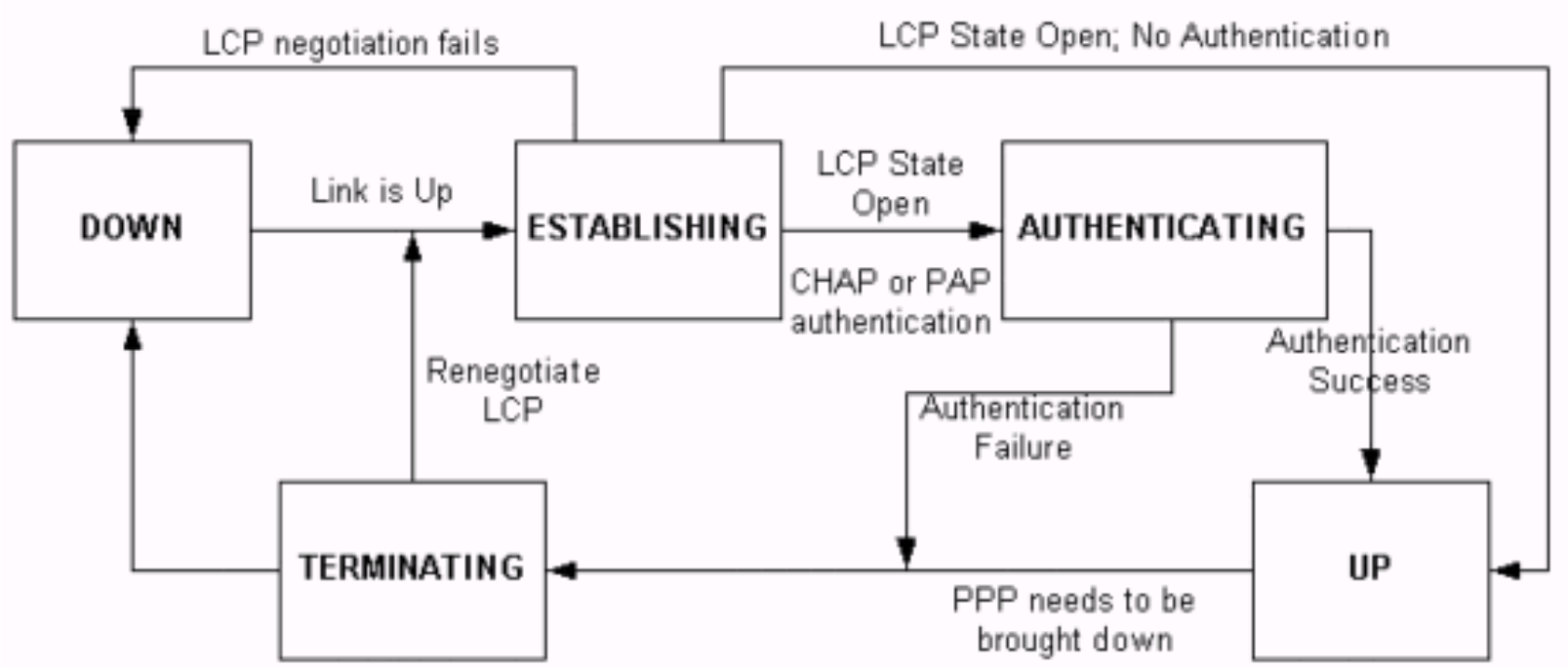


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

As fases do protocolo PPP são as seguintes:

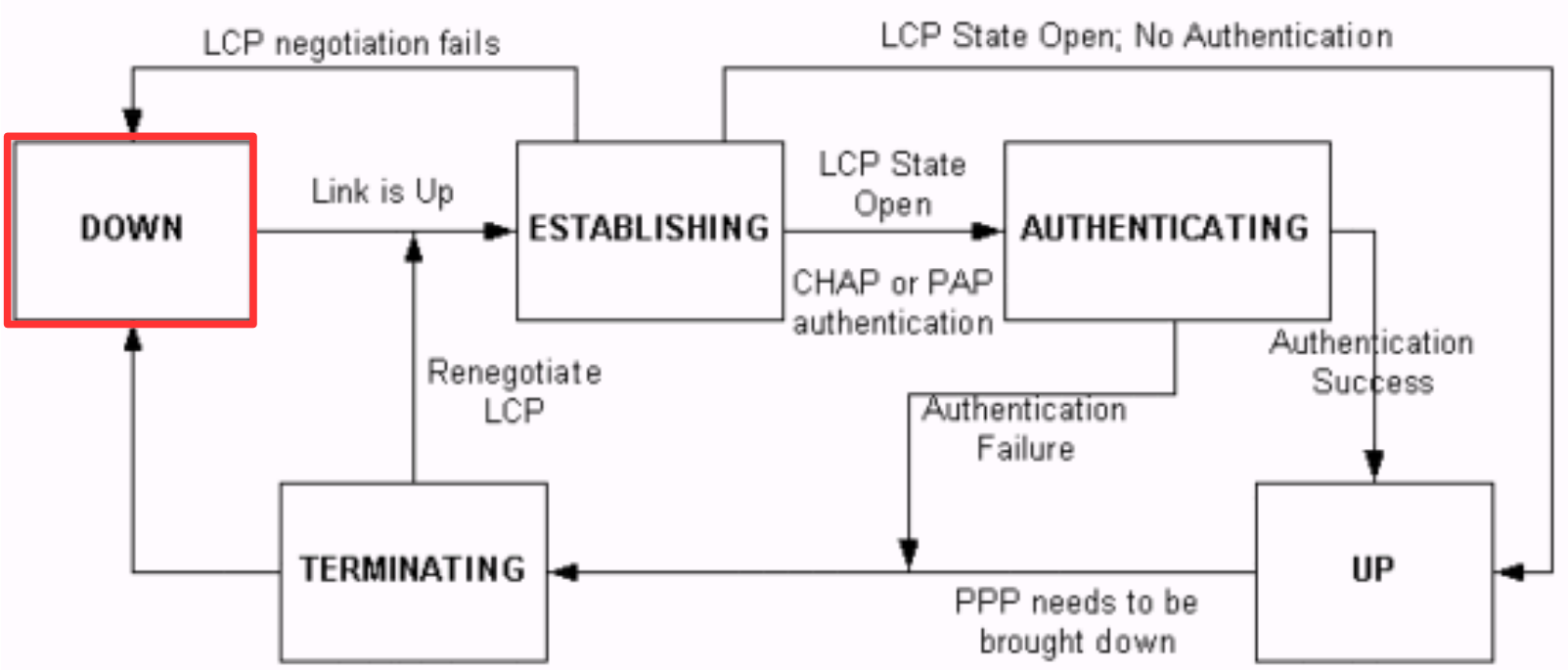
Link Dead, Link Establishment Phase, Authentication Phase, Network-Layer Protocol Phase e Link Termination Phase.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

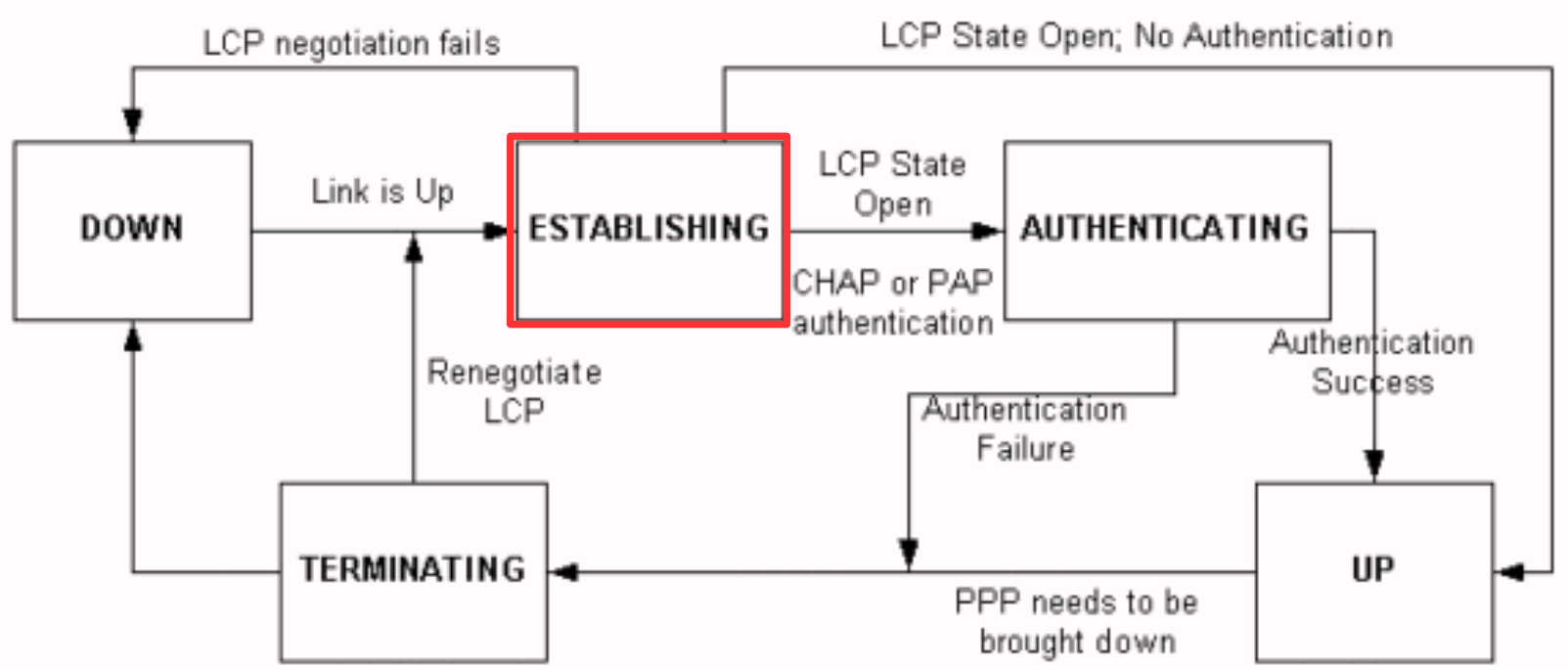
Link Dead – Esta fase ocorre quando o estabelecimento da comunicação falha ou quando uma conexão ativa é encerrada.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

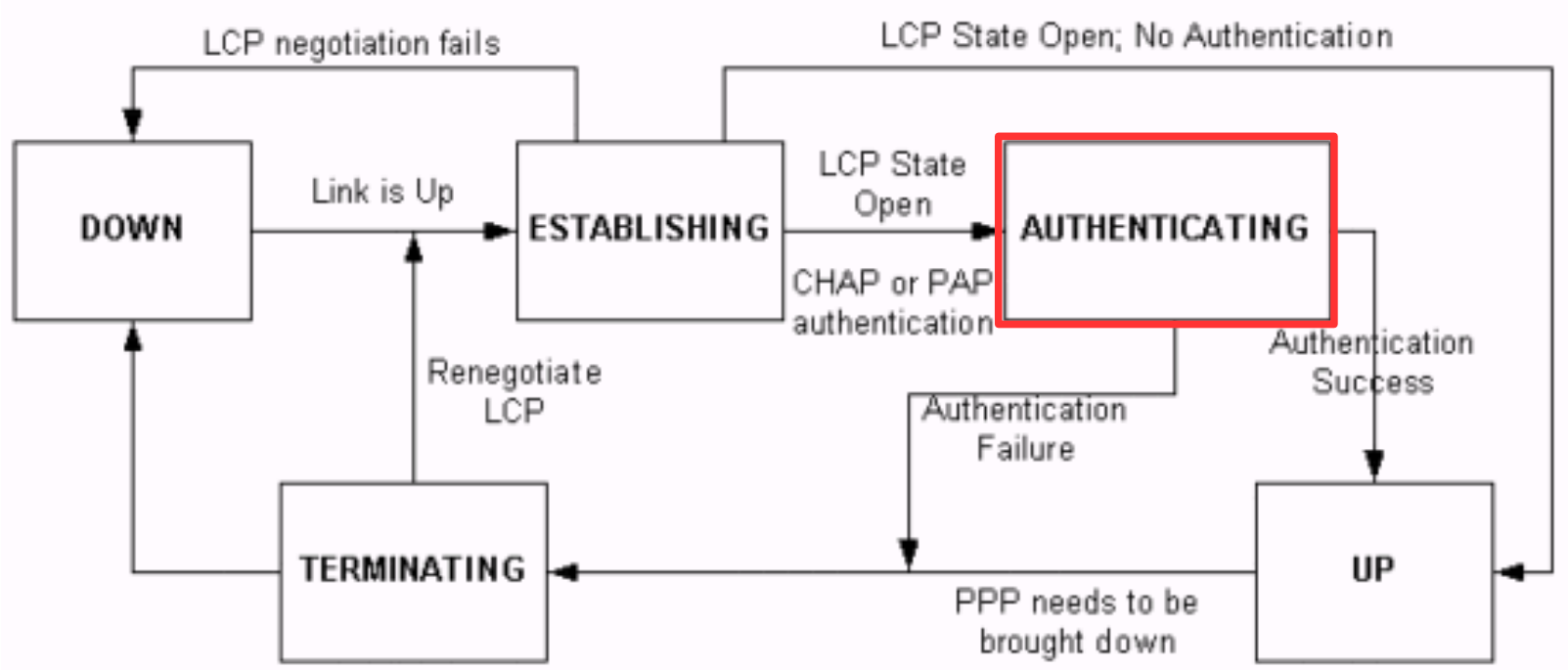
Link Establishment Phase – nesta fase ocorre a tentativa de negociação entre os *hosts* usando LCP. Se a tentativa obtiver sucesso e não for necessária autenticação, os *hosts* passam para a fase Network-Layer Protocol e começam a transmitir dados.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

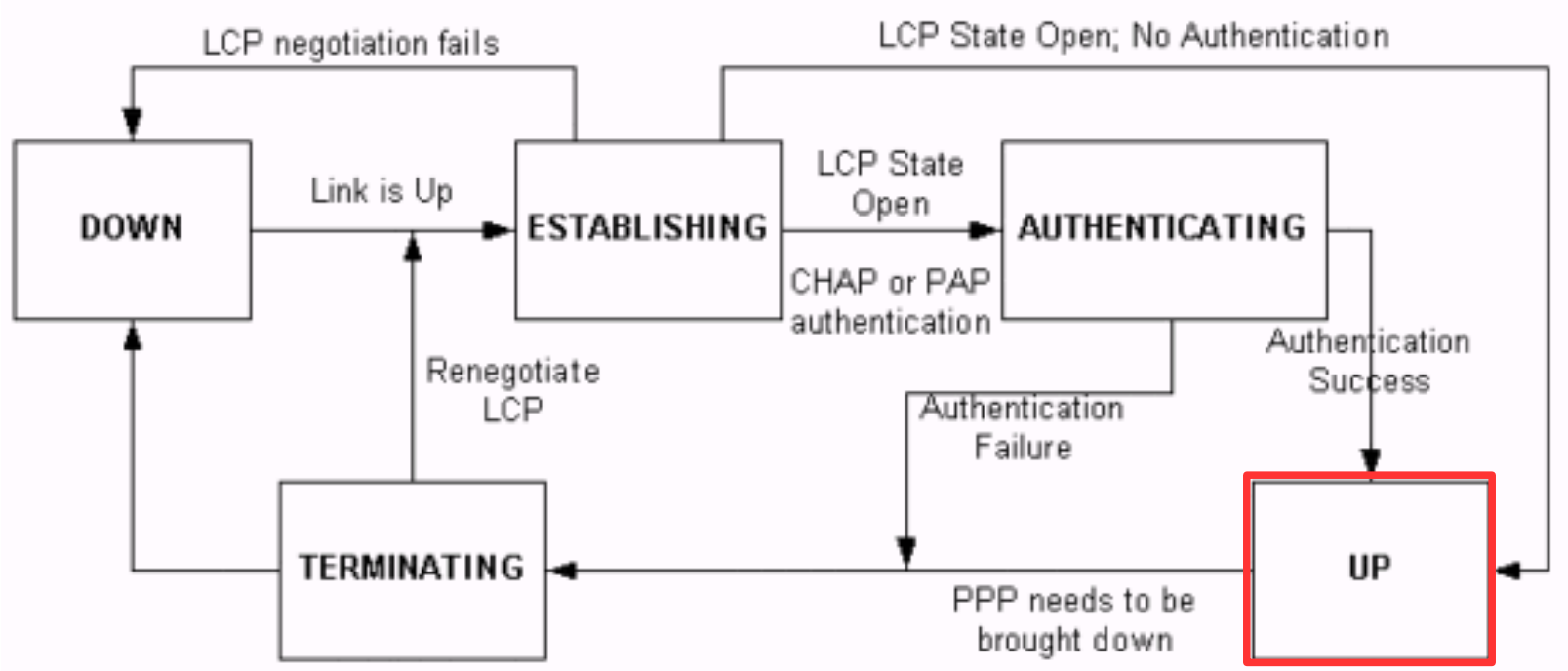
Authentication Phase – caso seja necessária autenticação, esta fase é responsável por fazer a troca de credenciais, usando PAP ou CHAP, por exemplo. Se a autenticação for bem sucedida, os *hosts* passam para a fase Network-Layer Protocol e começam a transmitir dados.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

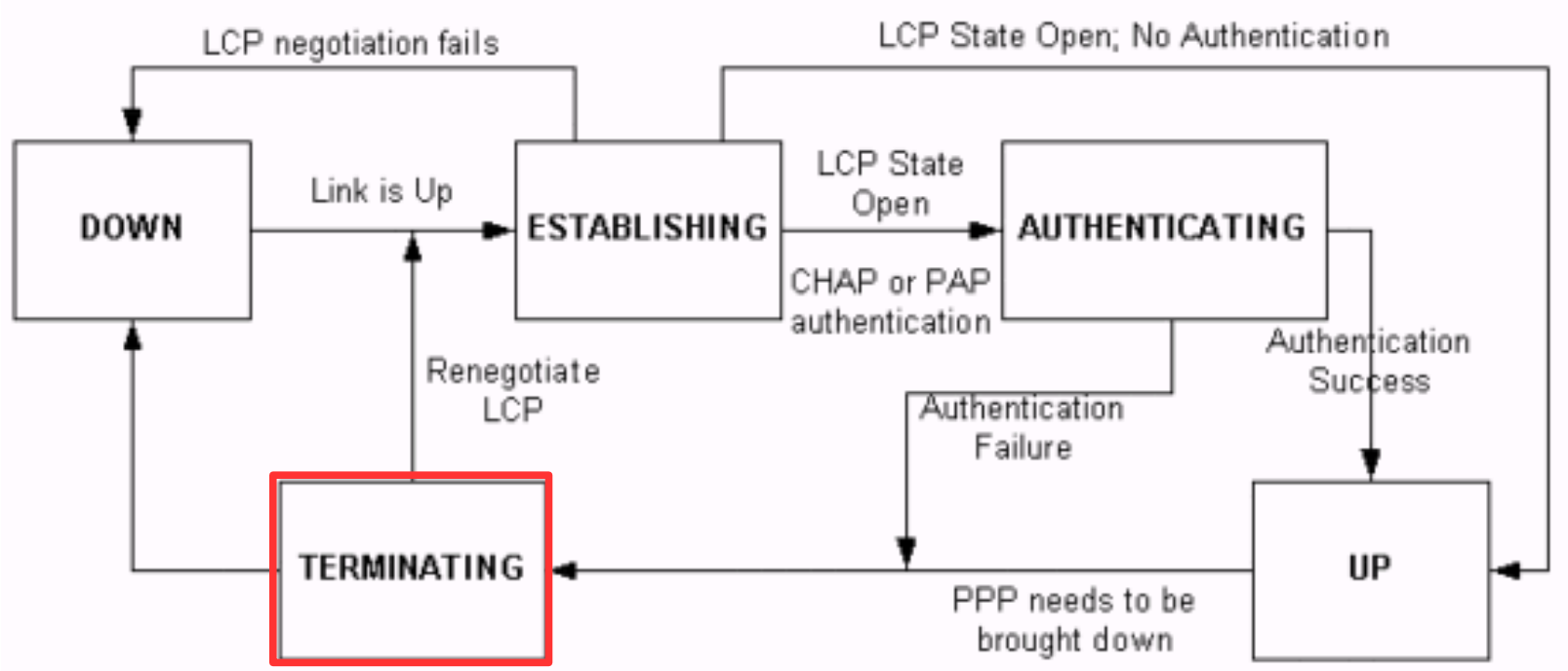
Network-Layer Protocol Phase – nesta fase os *hosts* estão aptos a transmitir dados, e devem invocar algum protocolo NCP específico de acordo com protocolo da camada de rede utilizado. É nesta fase também que ocorrem os pedidos de desconexão.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Fases

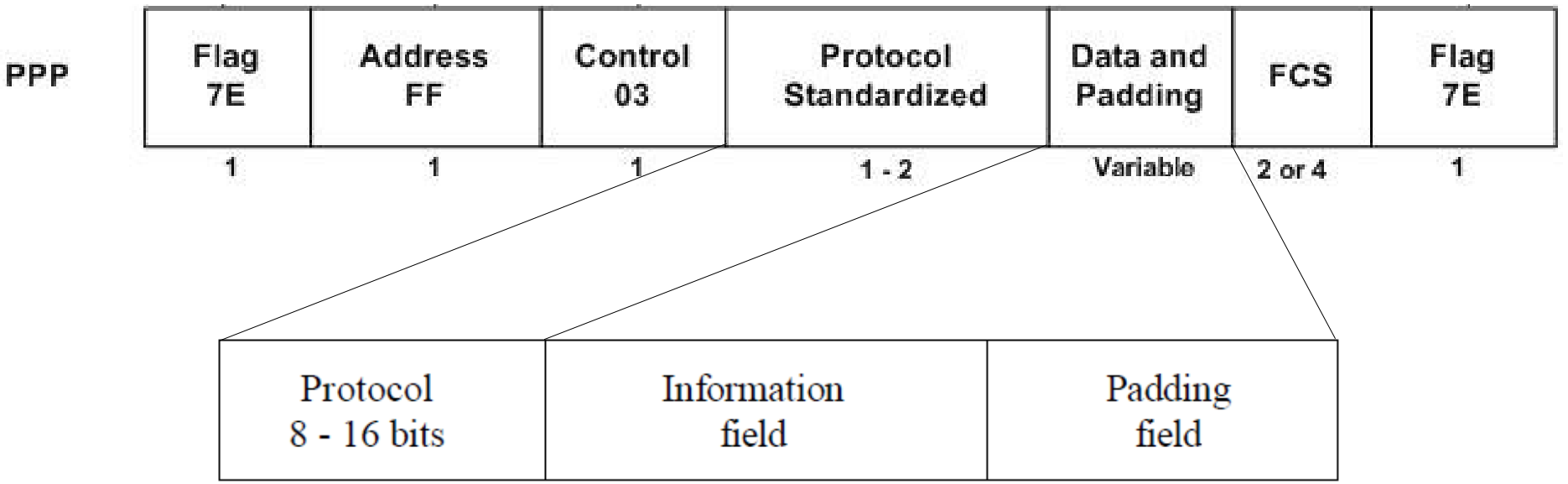
Link Termination Phase – esta fase processa os pedidos de desconexão, que podem ocorrer de forma não abrupta (graceful), de forma abrupta, devido a alguma falha, por exemplo, ou devido a erros na fase de autenticação.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Campos

A figura abaixo mostra os campos que fazem parte do quadro PPP:



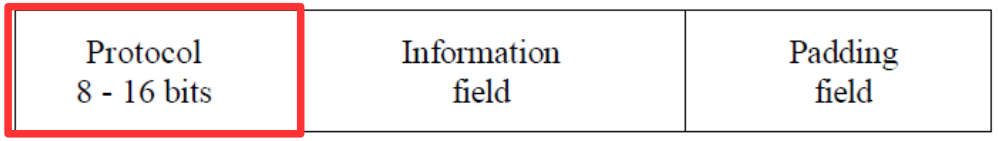
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Campos

São os seguintes os campos do protocolo PPP:

•Protocol – este campo de um ou dois bytes identifica o tipo de dado que está sendo transportado no campo Information:

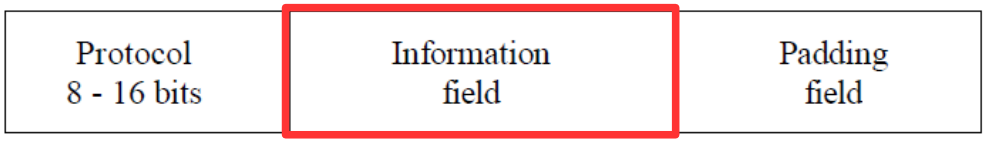
- 0xC021 para Link Control Protocol (LCP);
- 0xC023 para Password Authentication Protocol (PAP);
- 0xC223 para Challenge Handshake Authentication Protocol (CHAP);
- 0x8021 para Internet Protocol Control Protocol (IPCP);
- 0x8029 para AppleTalk Control Protocol (ATCP);
- 0x802B para Internetwork Packet Exchange Control Protocol (IPXCP);
- 0x803F para NetBIOS Frames Control Protocol (NBFCP);
- 0x8057 para IPv6 Control Protocol (IPV6CP);
- entre outros.



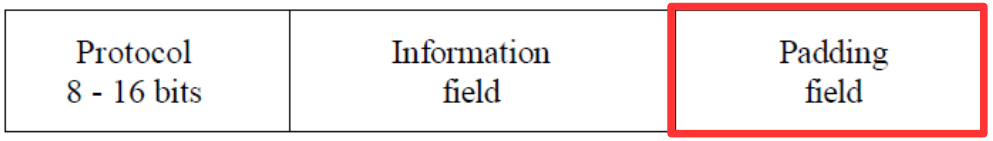
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Campos

•Information – este campo pode conter zero ou mais bytes, desde que o tamanho, em conjunto com o campo Padding, seja de no máximo 1500 bytes. Este limite é conhecido como Maximum Receive Unit (MRU) no *host* que recebe o quadro e Maximum Transmit Unit no *host* que transmite;

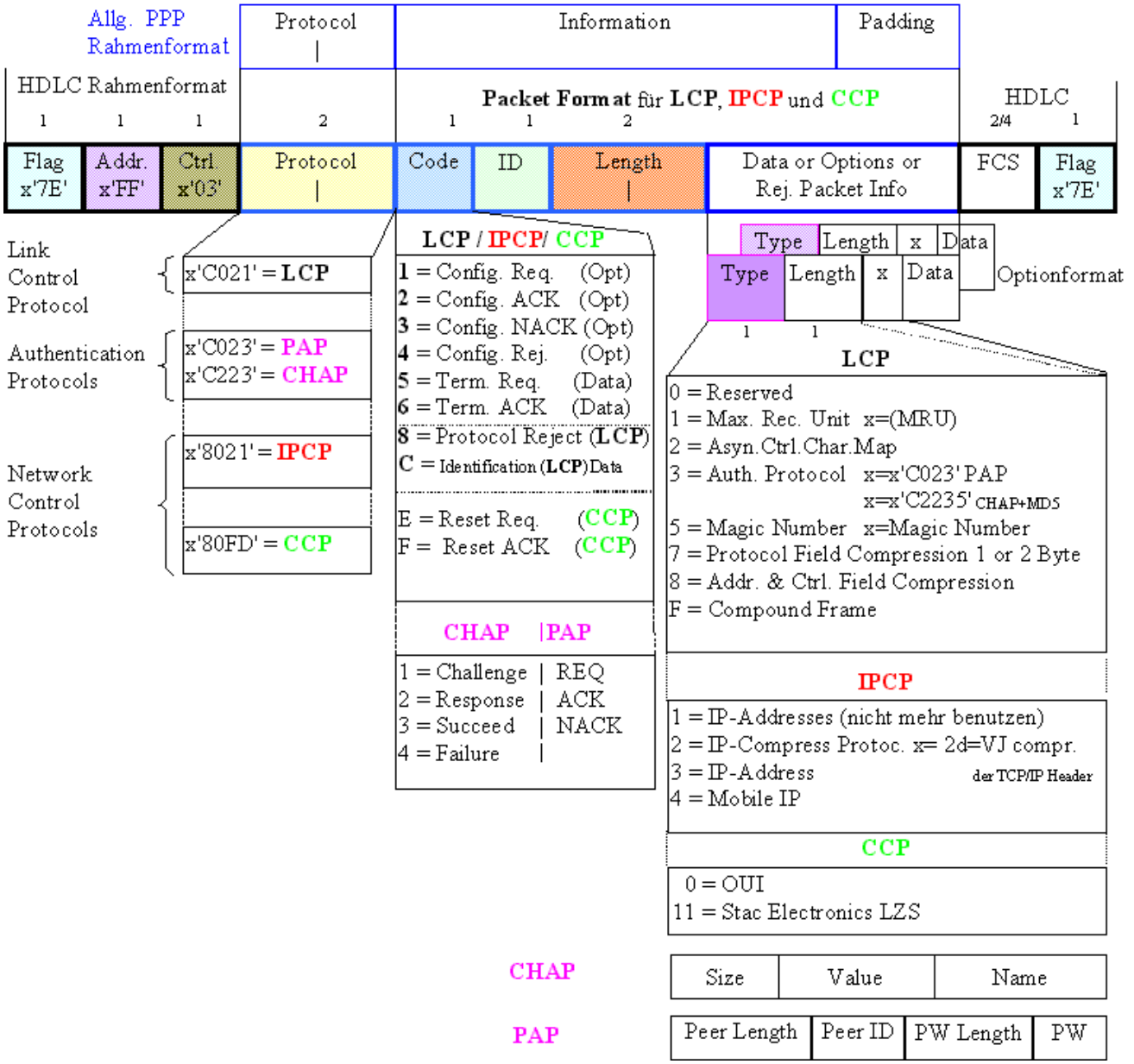


•Padding – este campo é opcional e serve para completar o campo Information de modo a completar o MRU.



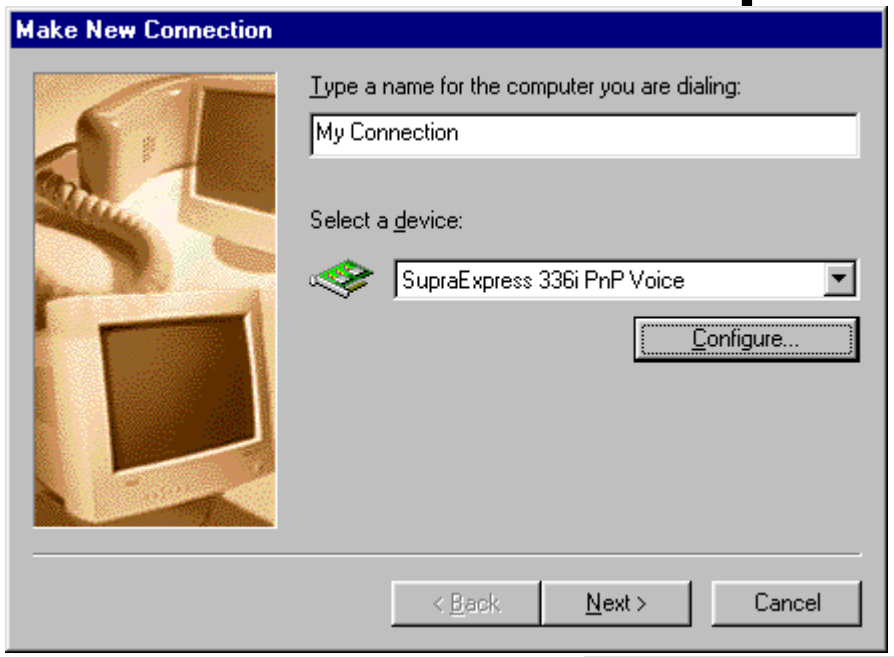
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

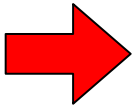
PPP – Resumo

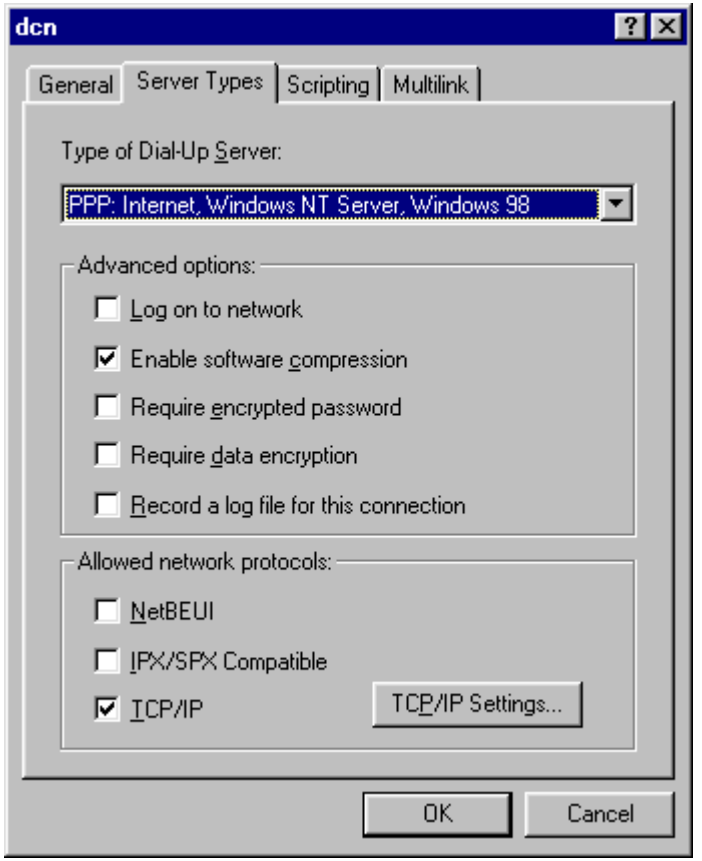


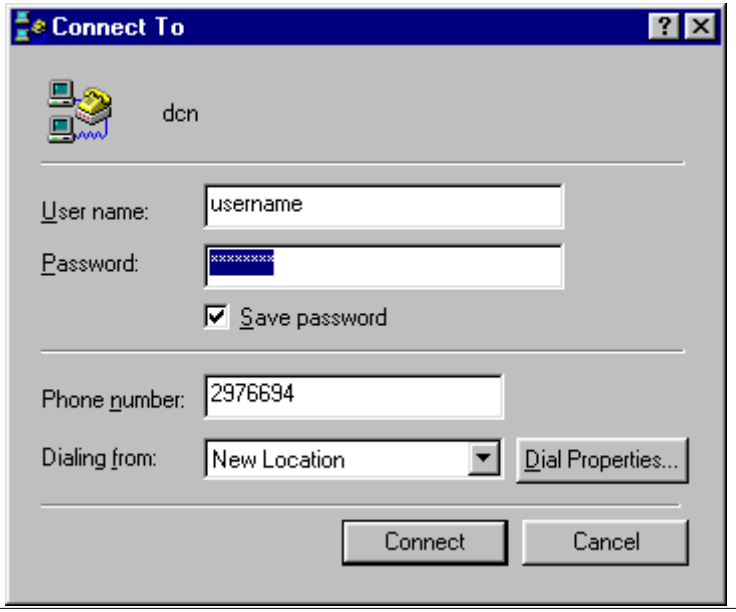
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Exemplo







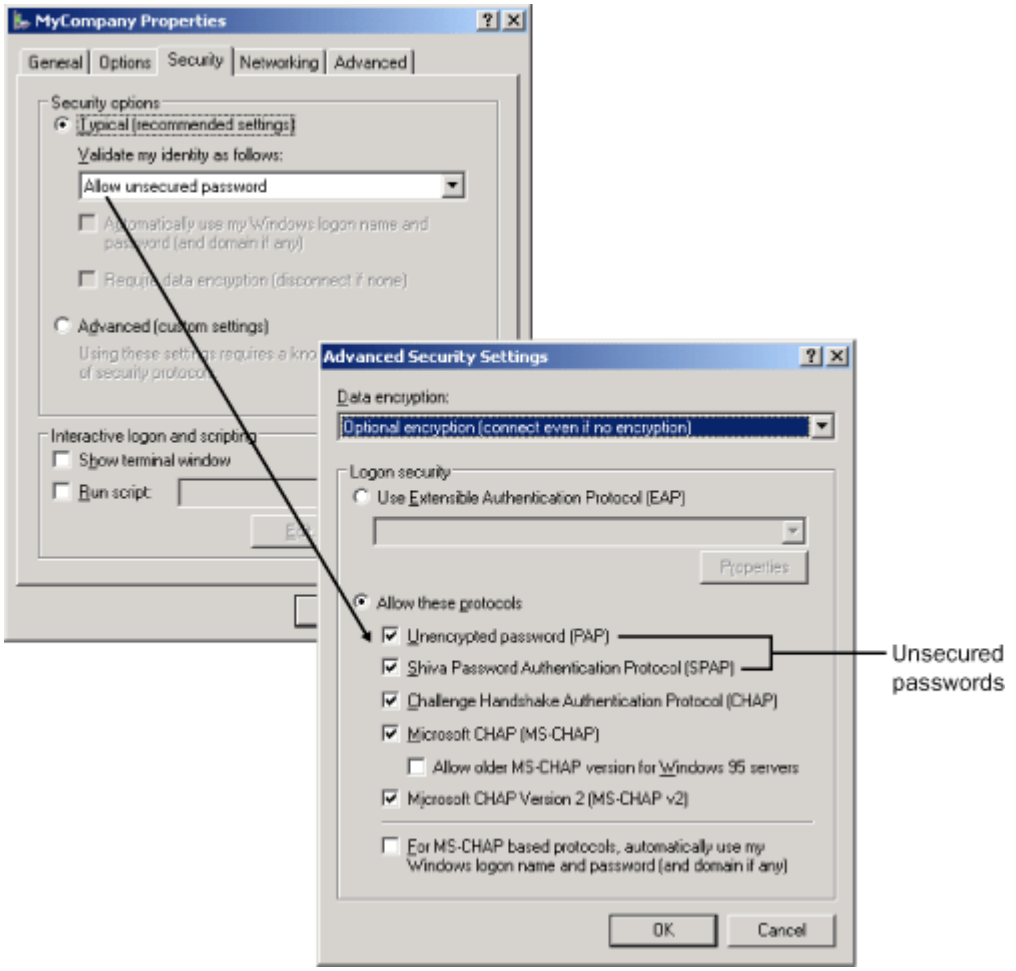


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Exemplo

Nas configurações de segurança de uma conexão discada (*dial-up*), quando se permite que o usuário possa inserir senhas inseguras, significa que ele está usando um dos seguintes protocolos:

- PAP (*Password Authentication Protocol*);
- SPAP (*Shiva Password Authentication Protocol*).

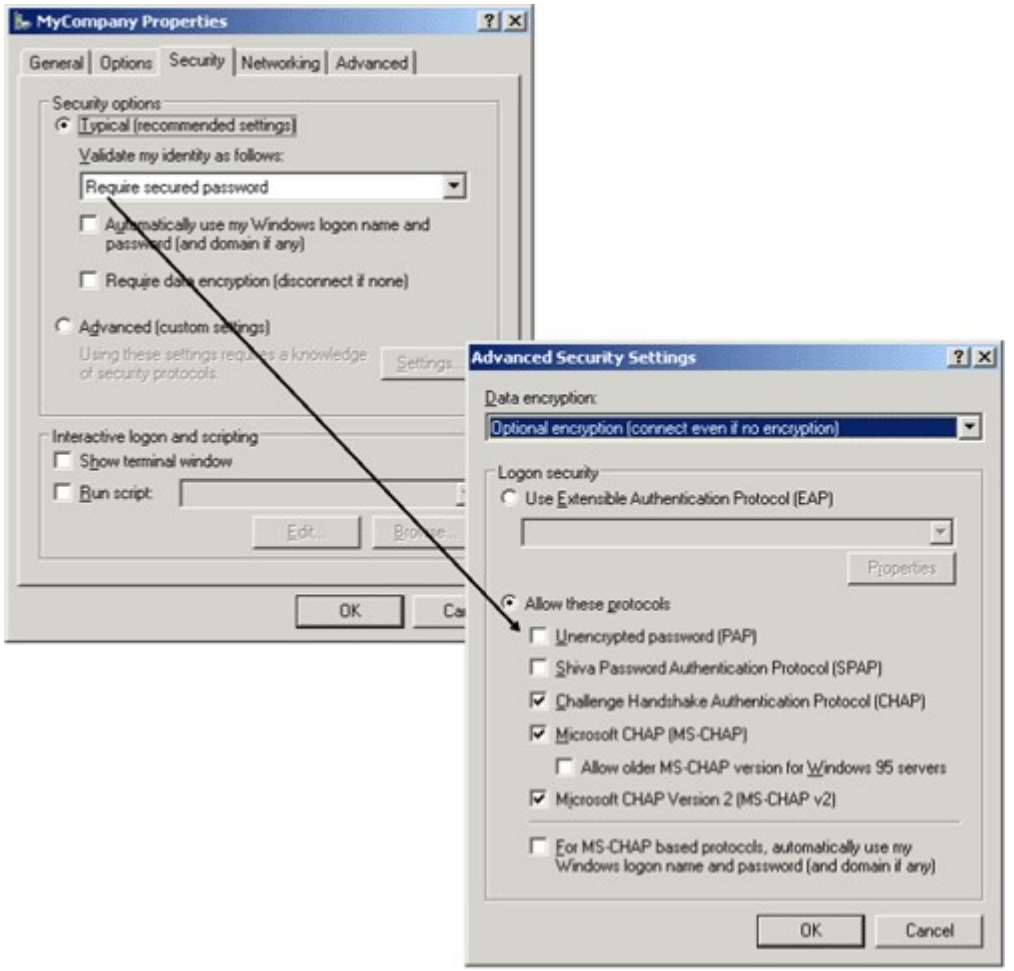


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Exemplo

Quando se requer que o usuário insira somente senhas seguras, significa que ele está usando um dos seguintes protocolos:

- CHAP (*Challenge-Handshake Authentication Protocol*);
- MS-CHAP v1 (*Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol version 1*);
- MS-CHAP v2 (*Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol version 2*).

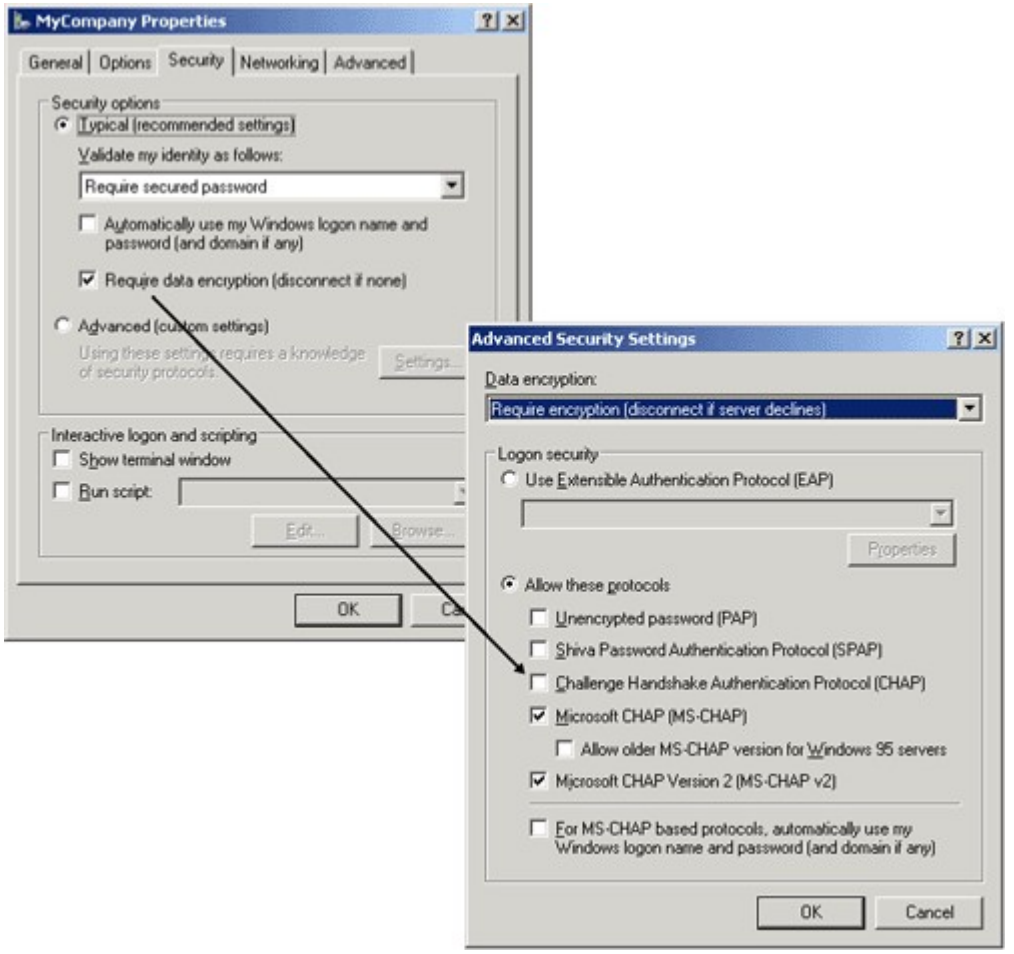


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

PPP – Exemplo

Quando se requer que o usuário insira somente senhas seguras com encriptação de dados, significa que ele está usando um dos seguintes protocolos:

- MS-CHAP v1 (*Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol version 1*);
- MS-CHAP v2 (*Microsoft Challenge Handshake Authentication Protocol version 2*).



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o material online sobre Protocolo Ponto a Ponto (PPP), da Microsoft.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Módulo 5

Protocolo X.25

Introdução

O X.25 é um conjunto de protocolos padronizados pela ITU-T com o objetivo de permitir a transmissão de dados em redes de longa distância que usam comutação de pacotes (*Packet Switch Network*, ou PSN) sobre o sistema de telefonia ou que usam linhas dedicadas baseada em serviços ISDN (*Integrated Service Digital Network*, ou Rede Digital de Serviços Integrados).

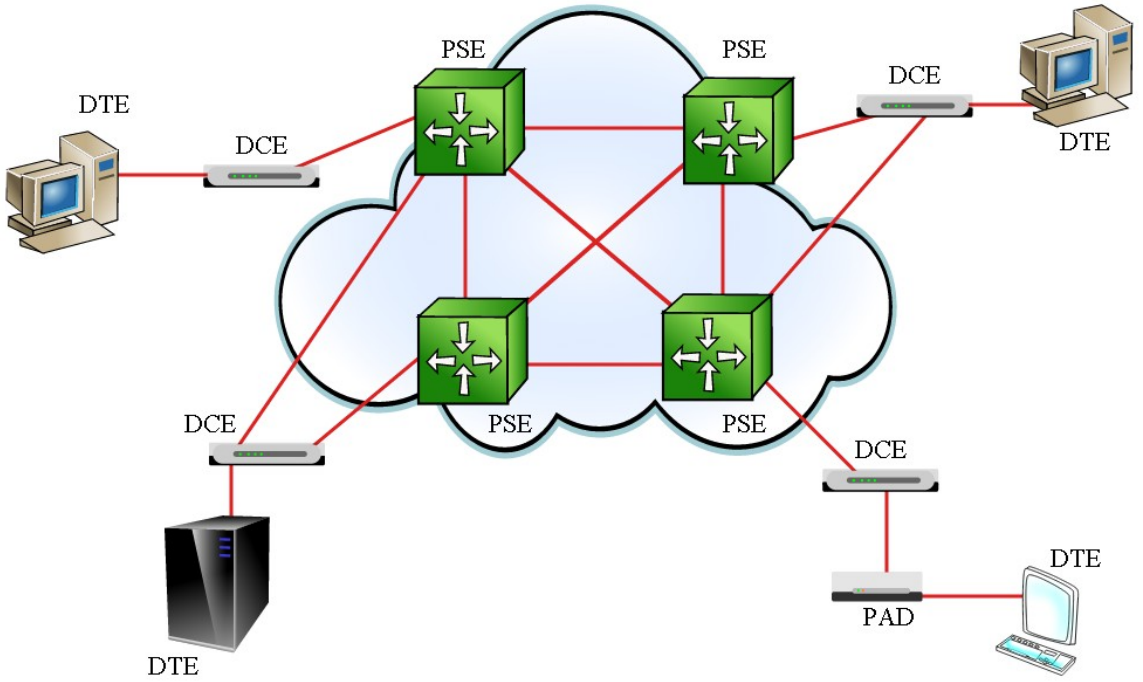
Este protocolo foi lançado nos anos 1970 e teve como principais patrocinadores as empresas de telefonia.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Dispositivos

Os dispositivos que compões uma rede X.25 podem ser de três categorias:

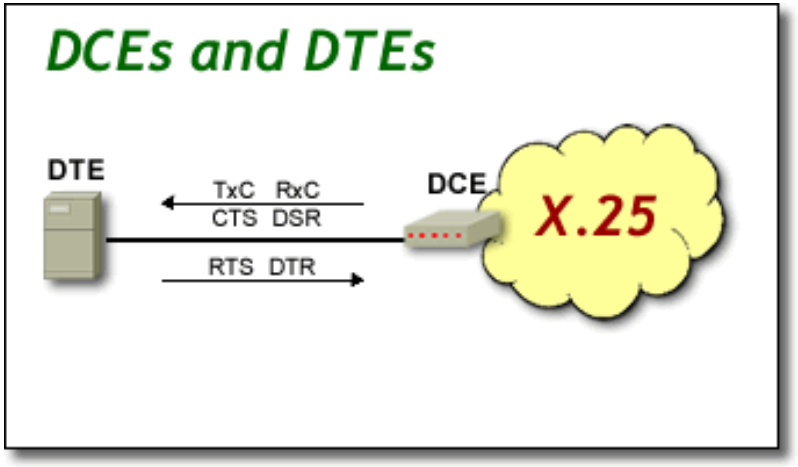
- Data Terminal Equipment (DTE), e opcionalmente o Packet Assembler/Disassembler (PAD)
- Data Circuit-terminating Equipment (DCE)
- Packet Switching Exchange (PSE)



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Dispositivos

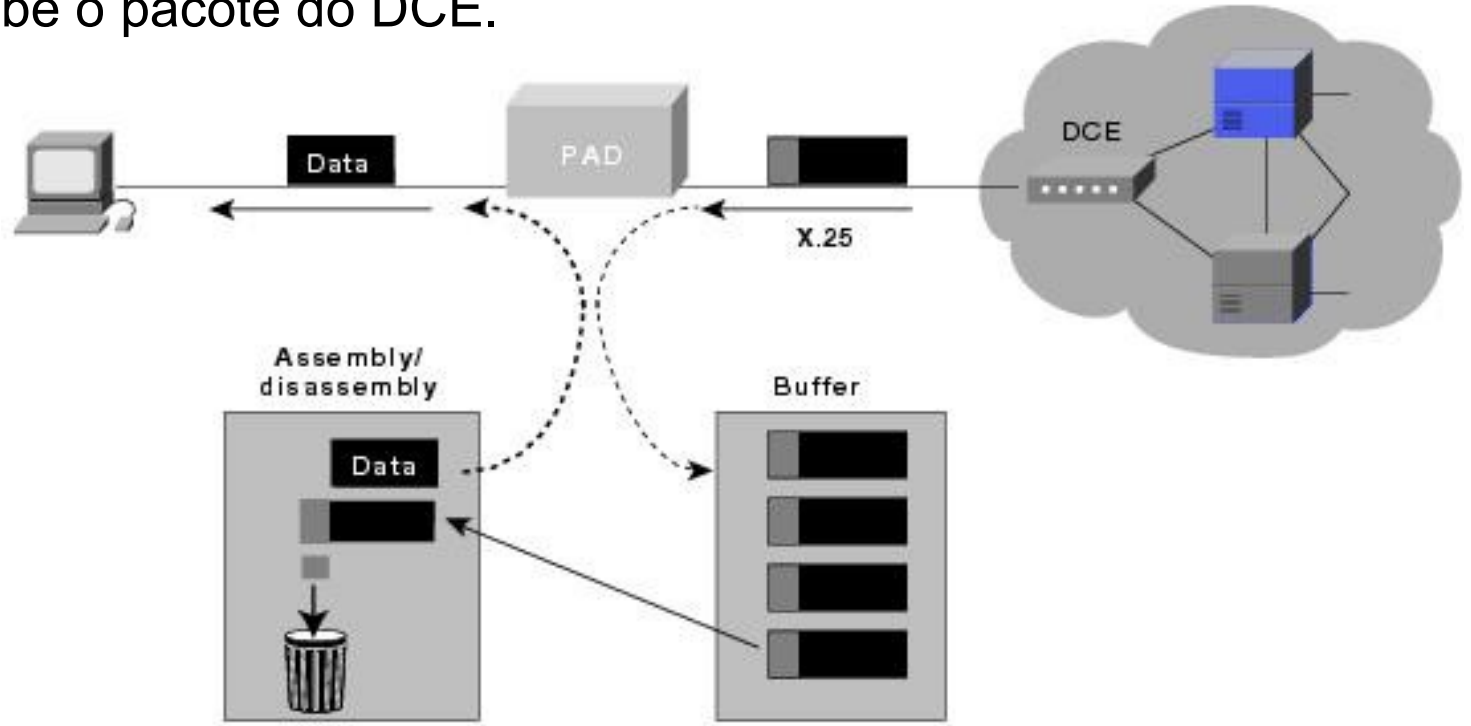
- Data Terminal Equipment (DTE) – são os equipamentos que enviam, processam e recebem dados em uma rede X.25. São os terminais, tais como computadores e servidores
- Data Circuit-terminating Equipment (DCE) – são os equipamentos responsáveis por conectar os DTE à rede X.25, tais como os modems.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Dispositivos

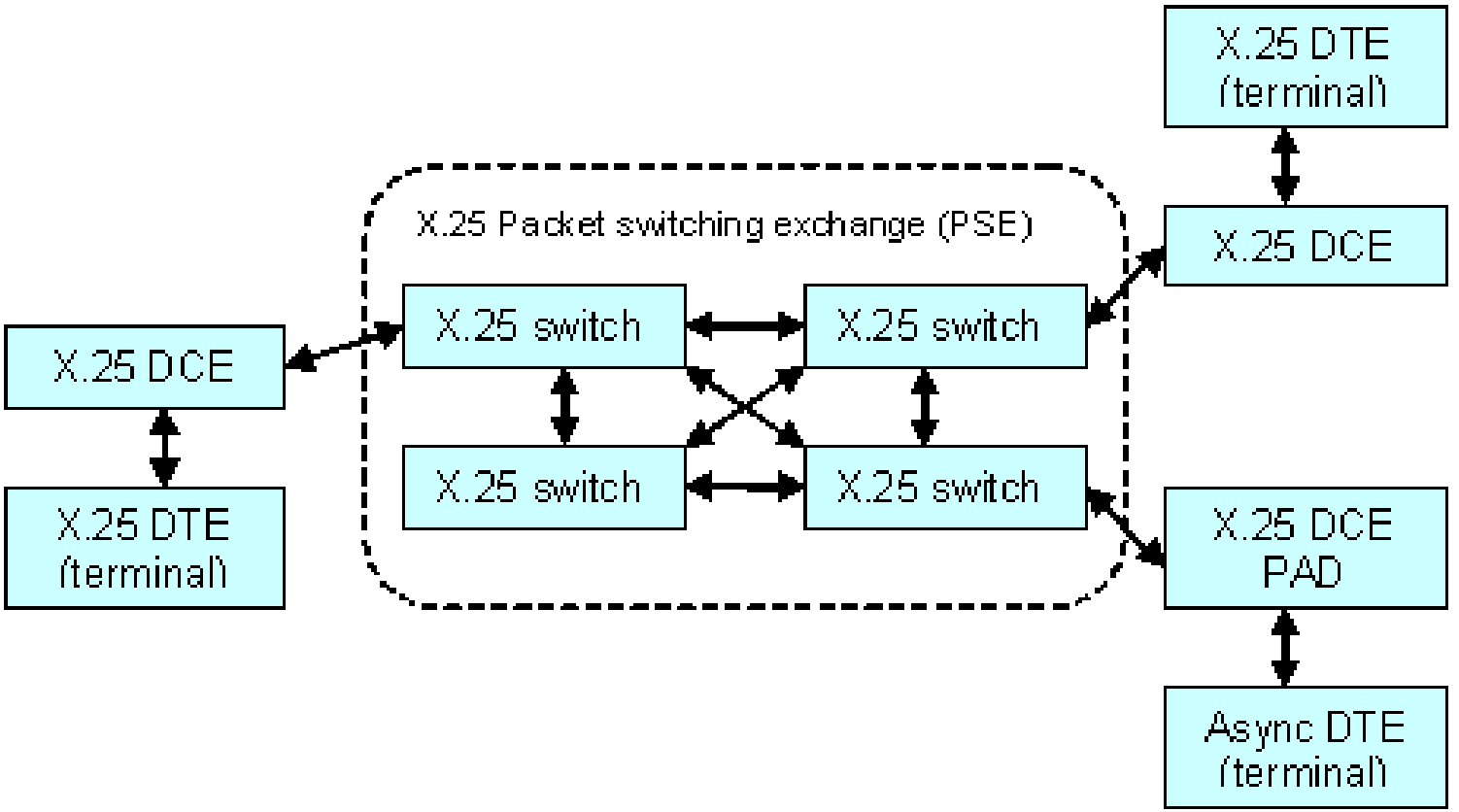
- Packet Assembler/Disassembler (PAD) – dispositivo usado entre o DTE e o DCE quando o DTE é um equipamento muito simples e não implementa todas as funcionalidades do X.25. São três as funções implementadas pelo PAD: armazenar os dados até que o dispositivo possa processá-los; montar e desmontar o pacote. O PAD adiciona um cabeçalho quando monta um pacote a ser enviado ao DCE e retira o cabeçalho quando recebe o pacote do DCE.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Dispositivos

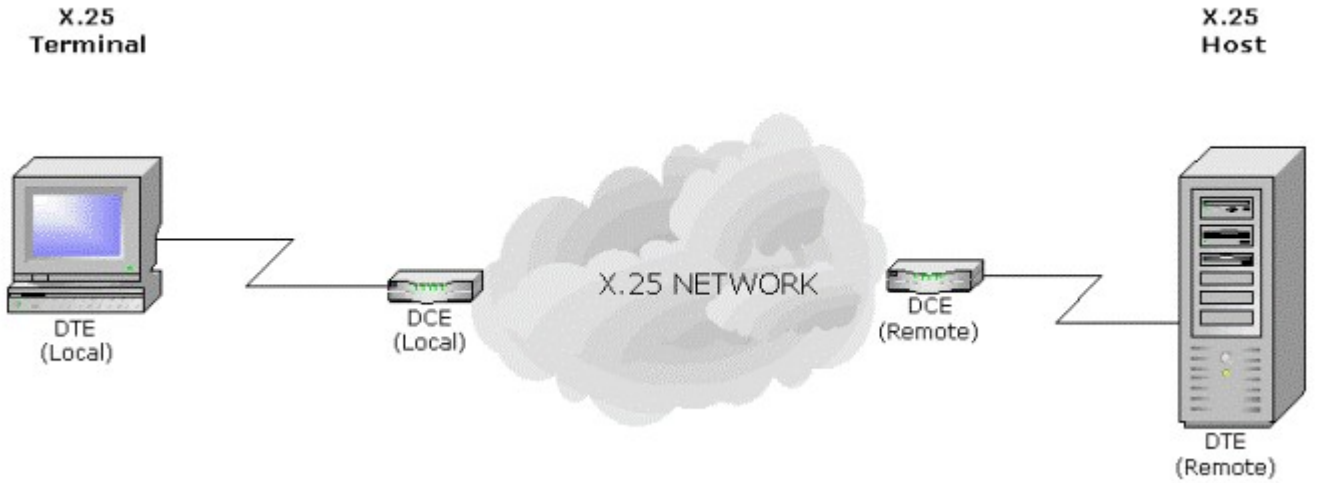
- Packet Switching Exchange (PSE) – são os comutadores de rede que permitem que os pacotes X.25 possam ser roteados dentro da rede X.25.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Sessão

Uma sessão X.25 é estabelecida quando um DTE contacta outro DTE para transmitir dados. Se o DTE destino aceitar a conexão, origem e destino iniciam uma comunicação do tipo Full Duplex. Tanto origem como destino podem solicitar o encerramento da conexão.

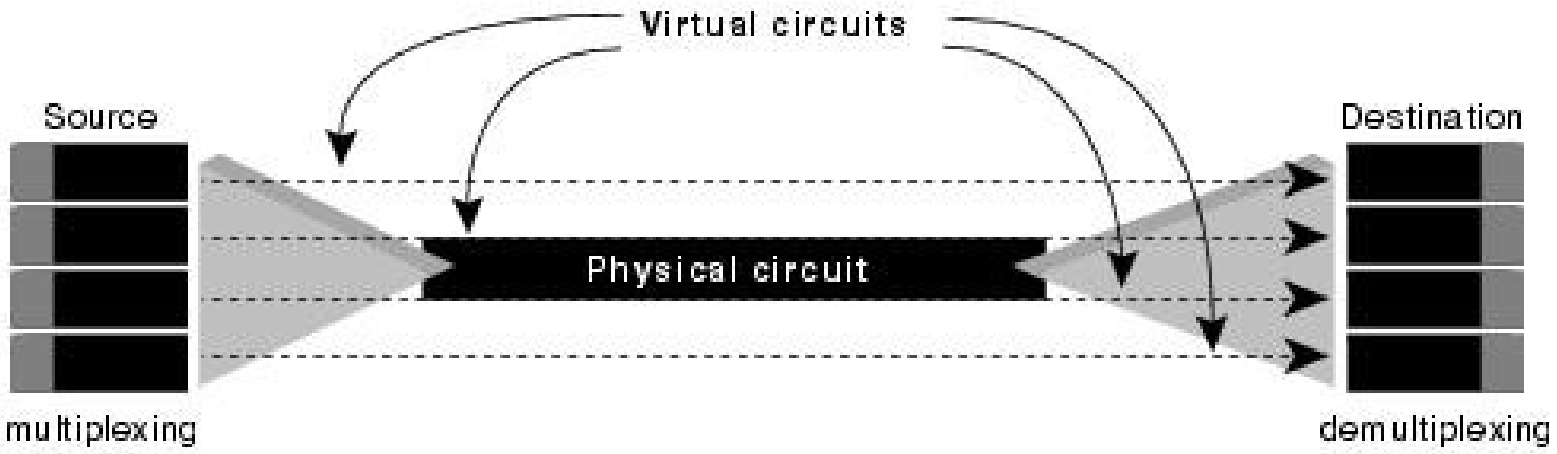


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Circuito Virtual

Um circuito virtual é uma conexão lógica criada sobre uma rede de circuitos comutados, ou seja, um circuito virtual é um canal de comunicação bidirecional entre dois dispositivos DTE que cruza uma rede de comutação de pacotes.

Circuitos virtuais múltiplos podem ser multiplexados em um único circuito físico. Estes mesmos circuitos virtuais são demultiplexados ao chegarem no destino.



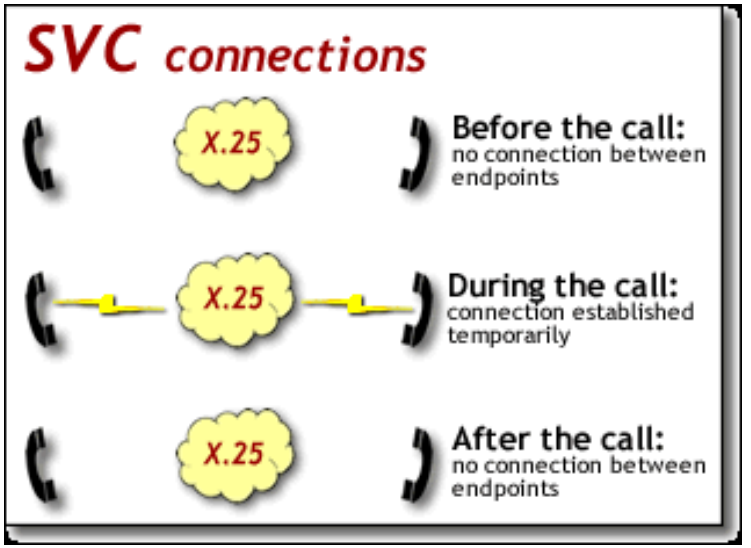
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

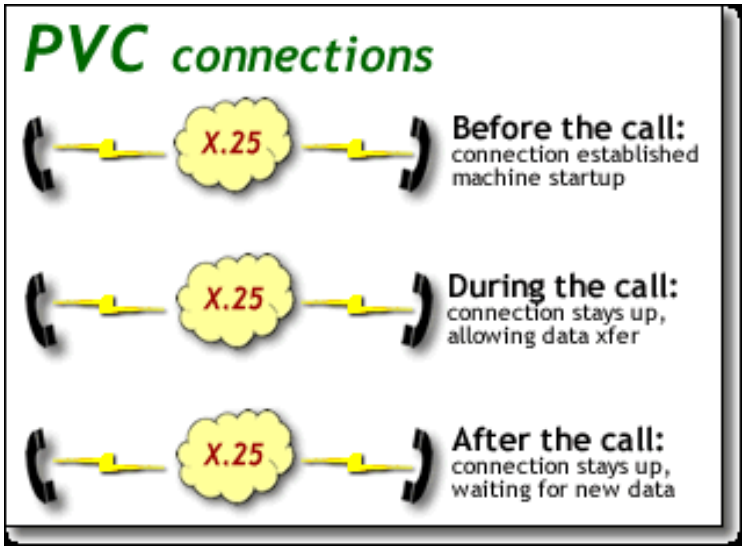
X.25 – Circuito Virtual

São dois os tipos de circuitos virtuais: O SVC e o PVC.

Circuito virtual comutado, ou SVC (*Switched Virtual Circuit*) – são circuitos temporários usados para transmissão de dados esporádica.

Circuito virtual permanente, ou PVC (*Permanent Virtual Circuit*) – são circuitos permanentes usados para transmissão contínua de dados.





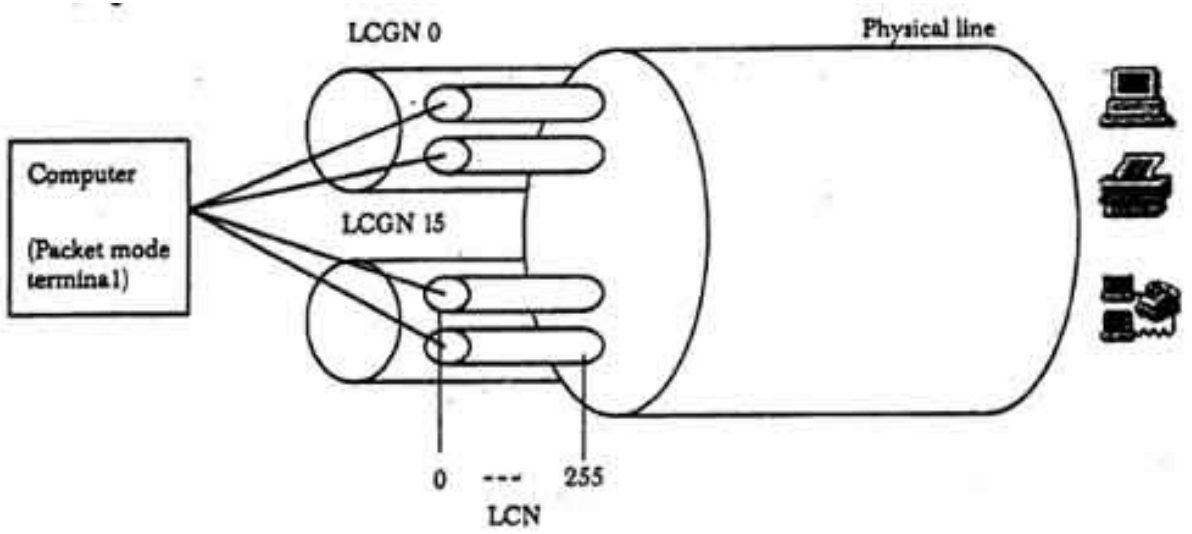
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Canal Virtual

Um enlace físico pode ser dividido em vários canais virtuais, ou LCN (*Logical Channel Number*), para permitir que um terminal origem possa comunicar-se com mais de um terminal destino.

Cada enlace físico suporta até 4096 canais virtuais simultâneos. De acordo com a especificação X.25, existem 16 grupos de canais virtuais, ou LCGN (*Logical Channel Group Number*), que por sua vez comportam até 256 LCN cada.

Diferente do circuito virtual, o canal virtual liga um DTE a um DCE.



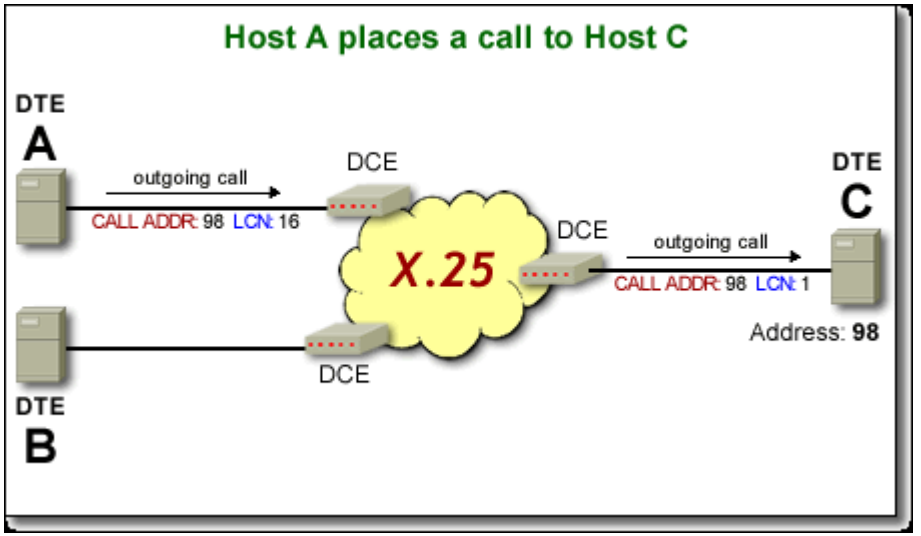
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Exemplo

No exemplo da figura abaixo o *host* A possui um LCN igual a 16 e o *host* C um LCN igual a 1.

Para circuitos virtuais comutados (SVC) o LCN é gerado dinamicamente a cada vez que uma chamada é realizada, enquanto que para circuitos virtuais permanentes (PVC) o LCN é gerado quando a conexão é inicializada e permanece constante até que a mesma seja interrompida.

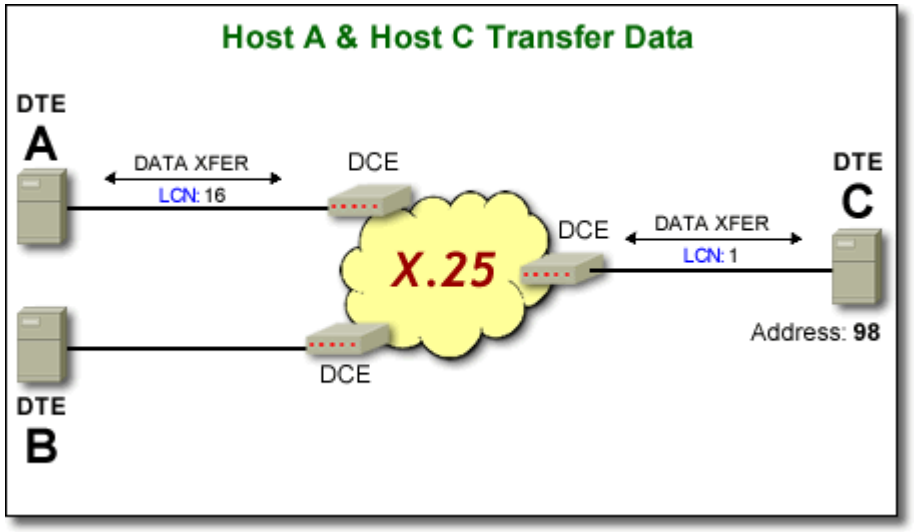
Quando o *host* A deseja estabelecer uma comunicação com o *host* C, ele coloca no cabeçalho o endereço do *host* C, no caso CALL ADDR igual a 98, e envia a solicitação pelo LCN 16. O pacote é roteado na rede X.25 e chega ao *host* C pelo LCN 1.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Exemplo

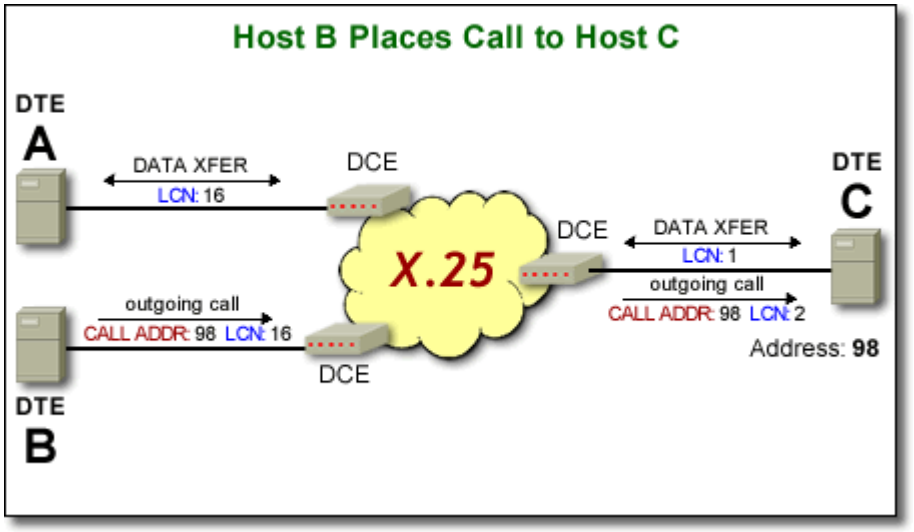
Uma vez estabelecida a conexão, o *host* A começa a transferir dados pelo mesmo canal virtual, ou seja, o LCN 16. Da mesma forma, o *host* C continuará a receber os dados pelo mesmo canal virtual, ou seja, o LCN 1.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Exemplo

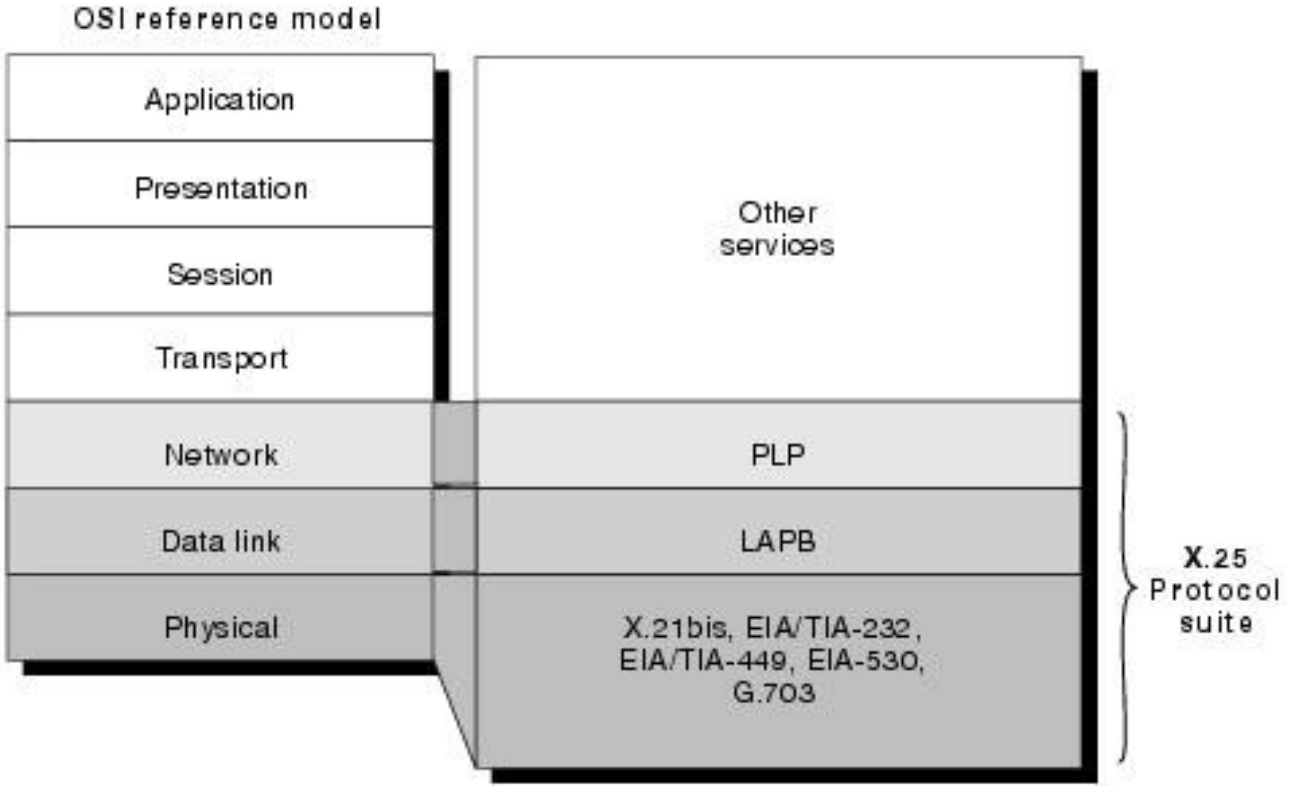
Enquanto os *hosts* A e C trocam dados, é possível que o *host* B estabeleça uma conexão com o *host* C também. Neste caso, o *host* C receberá a solicitação de comunicação por um canal virtual diferente. No exemplo da figura abaixo, o *host* C receberá a solicitação de conexão pelo LCN 2.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Protocolos

A pilha de protocolos X.25 mapeia as três camadas mais baixas do modelo OSI. Na camada de rede o X.25 implementa o Packet-Layer Protocol (PLP). Na camada de enlace o Link Access Procedure Balanced (LAPB) e na camada física as interfaces seriais, tais como EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530, e G.703.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

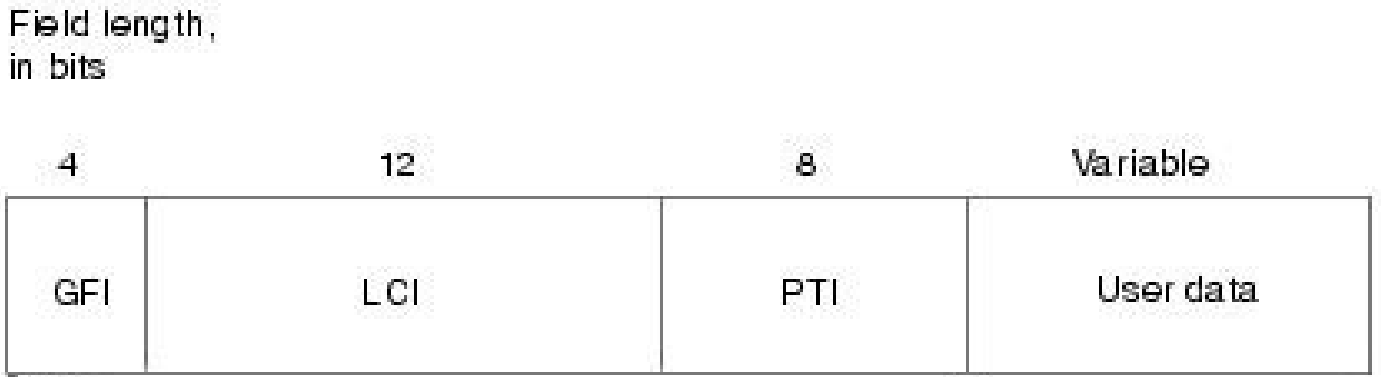
X.25 – PLP

O PLP (*Packet-Layer Protocol*) gerencia a troca de dados entre os dispositivos DTE, e opera em cinco modos distintos: call setup, data transfer, idle, call clearing, e restarting.

- Call setup – este modo é usado para estabelecer um SVC entre os dispositivos DTE e usa o esquema de endereçamento X.121. Este modo é usado apenas em SVC e não em PVC;
- Data transfer – este modo é usado para transferir dados entre os dispositivo DTE, onde o PLP faz a segmentação de dados, controle de fluxo e correção de erros, entre outros. Este modo pode ser usado tanto em SVC como em PVC;
- Idle mode – este modo é usado quando um circuito virtual é estabelecido mas não há transferência de dados. Usado apenas em SVC;
- Call clearing – este modo é usado para encerrar uma sessão de comunicação. Usado somente em SVC;
- Restarting – este modo é usado para sincronizar a transmissão de dados entre os dispositivos DTE e DCE.

X.25 – PLP

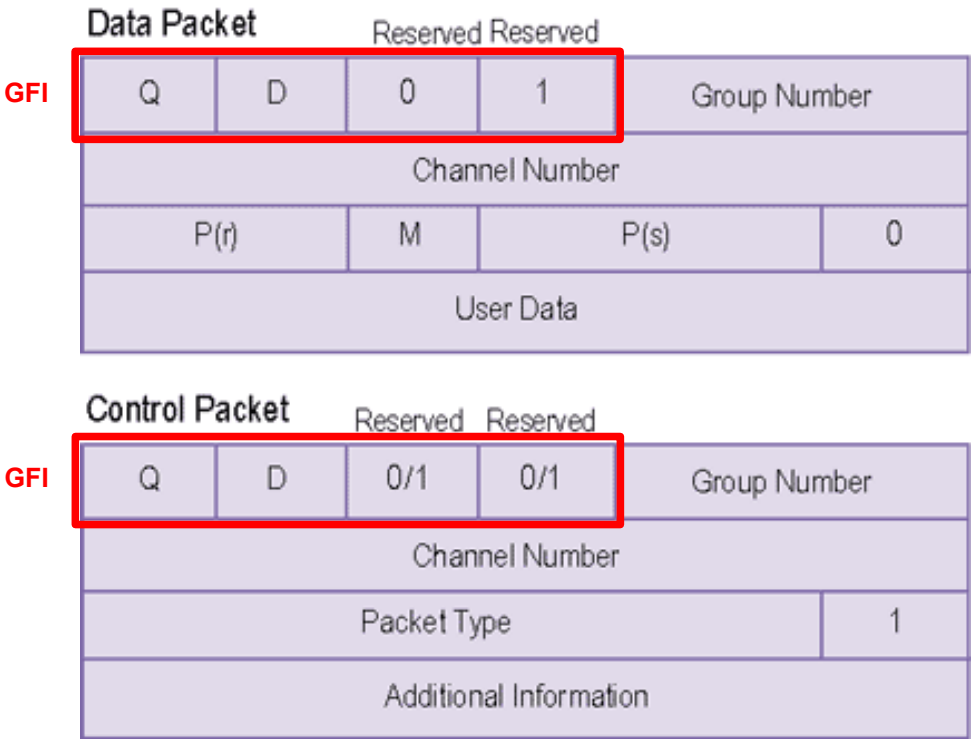
O protocolo PLP possui quatro campos em seu cabeçalho. São eles: GFI (*General Format Identifier*), LCI (*Logical Channel Identifier*), PTI (*Packet Type Identifier*) e User Data.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – PLP

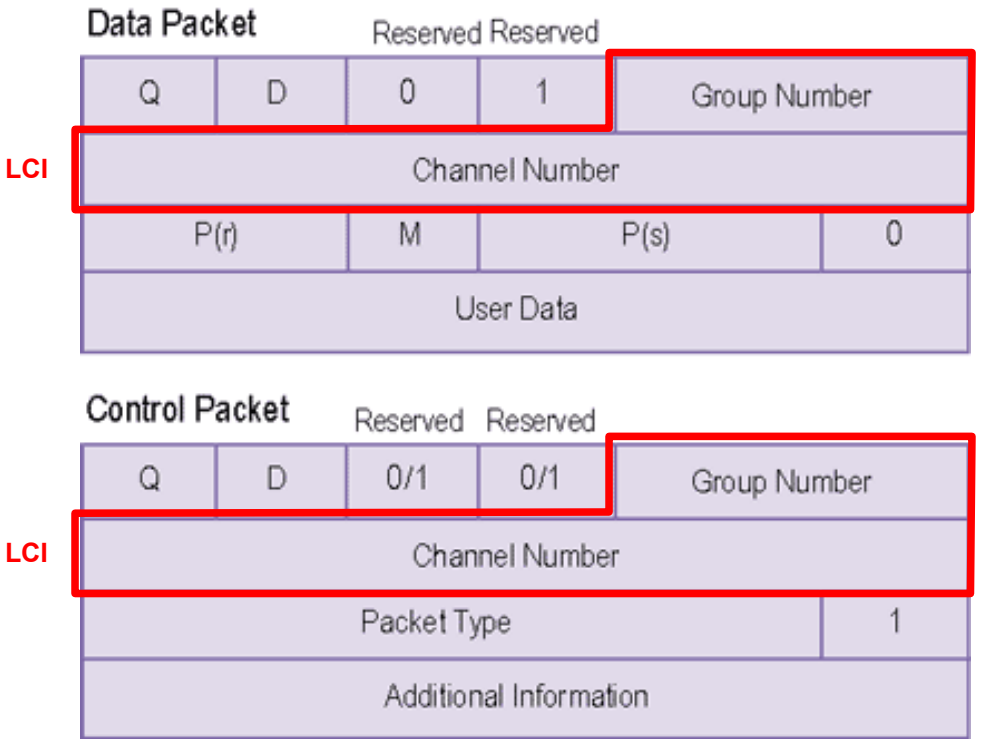
O campo General Format Identifier (GFI) identifica os parâmetros do pacote, como por exemplo, se o mesmo carrega dados (bit Q igual a 1) ou informações de controle (bit Q igual a 0). Já o bit D indica o reconhecimento do recebimento dos pacotes, enquanto os demais bits não são usados.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – PLP

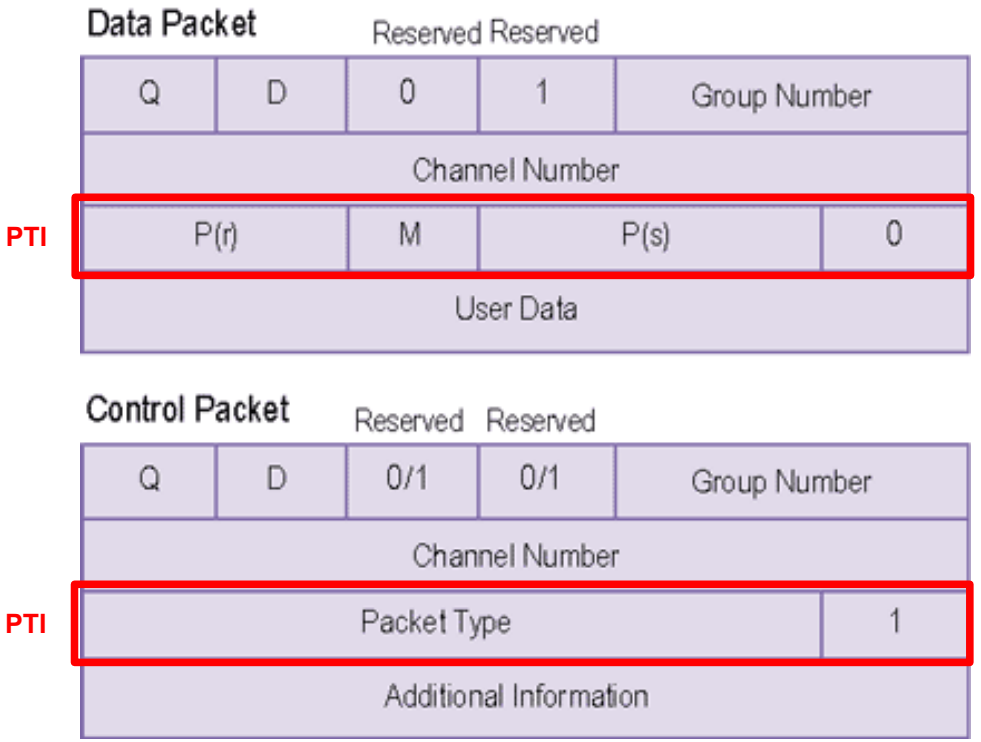
O campo Logical Channel Identifier (LCI) identifica o circuito virtual usado, onde o Group Number indica o número do grupo e o Channel Number indica o número do canal lógico.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – PLP

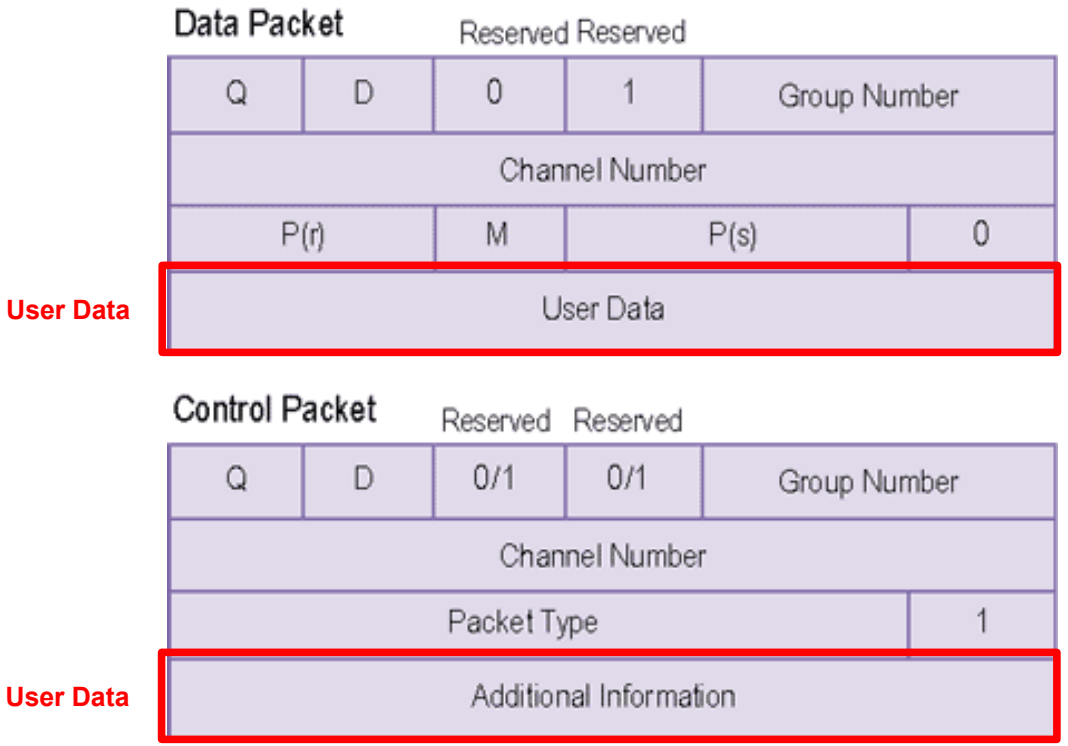
O campo Packet Type Identifier (PTI) identifica o tipo de pacote PLP. Tratando-se de um pacote de dados, o P(r) indicará o número de sequencia do próximo pacote a ser transmitido; o M se há mais pacotes a caminho e o P(s) o número de sequencia do pacote. Mas tratando-se de um pacote de controle, o Packet Type indicará o tipo de pacote PLP.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – PLP

O campo User Data contêm os dados das camadas superiores.



X.25 – Tipos de pacotes PLP

Call Setup and Clearing		
DCE to DTE	DTE to DCE	Control Field Value
Incoming Call	Call Request	0 0 0 0 1 0 1 1
Call Connected	Call Accepted	0 0 0 0 1 1 1 1
Clear Indication	Clear Request	0 0 0 1 0 0 1 1
DCE Clear Confirmation	DTE Clear Confirmation	0 0 0 1 0 0 1 1

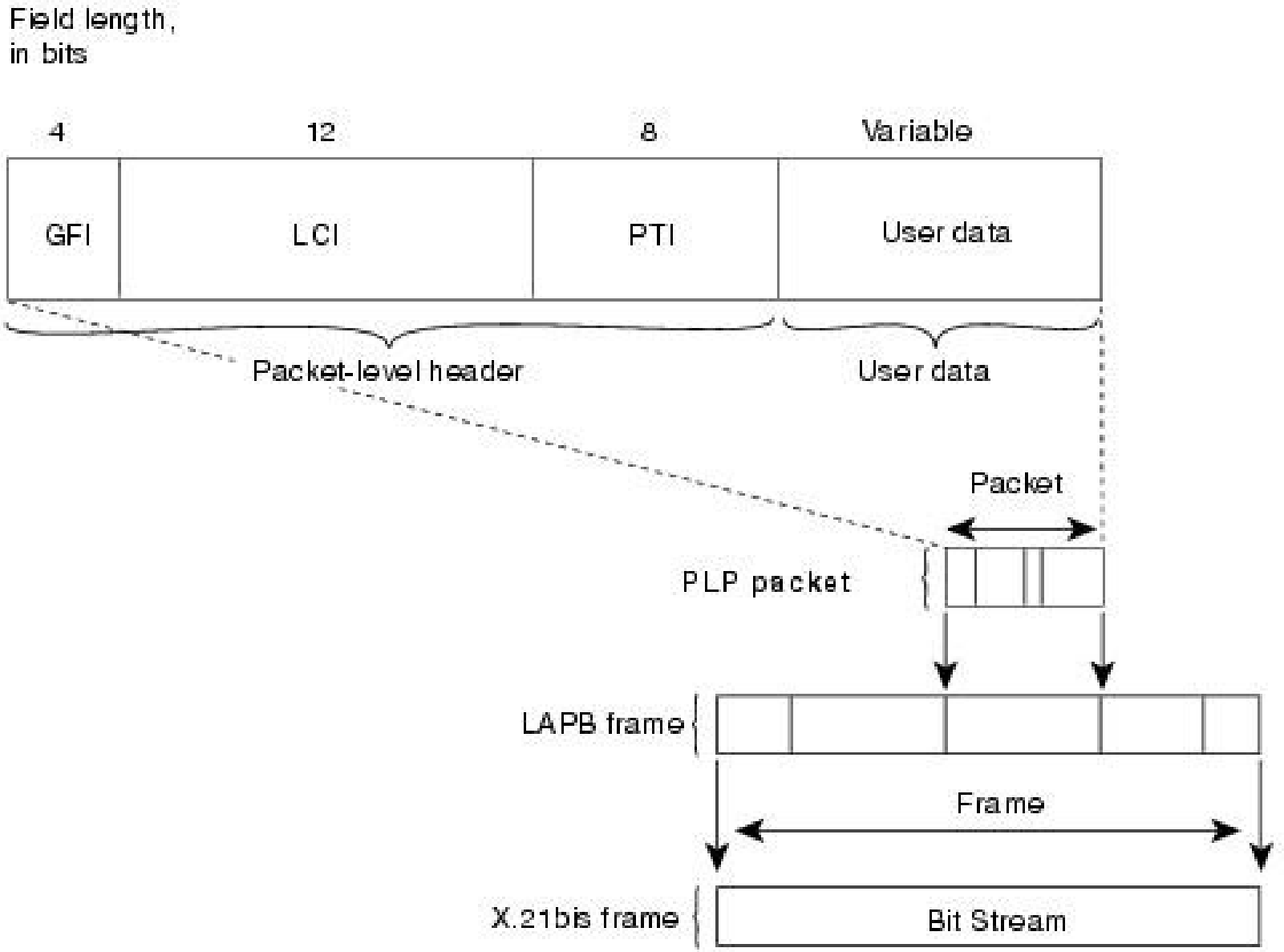
Flow Control and Reset		
DCE to DTE	DTE to DCE	Control Field Value
DCE RR (Mod 8)	DTE RR (Mod 8)	X X X 0 0 0 0 1
DCE RR (Mod 128)	DTE RR (Mod 128)	0 0 0 0 0 0 0 1
DCE RNR (Mod 8)	DTE RR (Mod 8)	X X X 0 0 1 0 1
DCE RR (Mod 128)	DCE RR (Mod 128)	0 0 0 0 0 1 0 1
Reset Indication	Reset Indication	0 0 0 1 1 0 1 1
DCE Reset Indicaiton	DTE Reset Confirmation	0 0 0 1 1 1 1 1

Data and Interrupt		
DCE to DTE	DTE to DCE	Control Field Value
DCE Data	DTE Data	X X X X X X X 1
DCE Interrupt	DTE Interrupt	0 0 1 0 0 0 1 1
Confirmation	Confirmation	0 0 0 1 0 0 1 1

Restart		
DCE to DTCE	DTE to DCE	Control Field Value
Restart Indication	Restart Request	1 1 1 1 1 0 1 1
DCE Restart Confirmation	DTE Restart Confirmation	1 1 1 1 1 1 1 1

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Resumo PLP

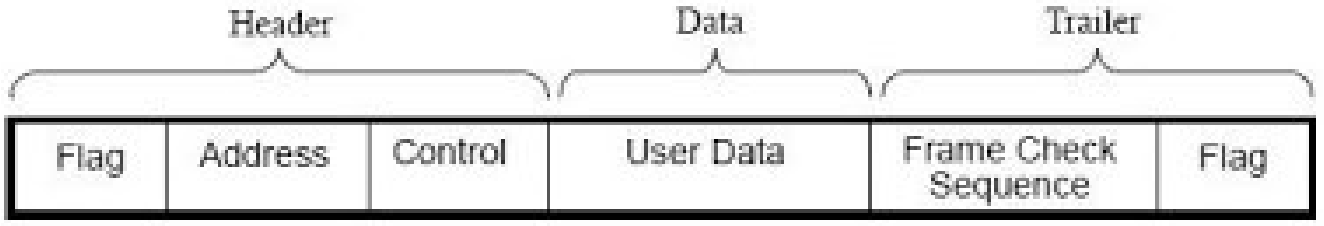


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – LAPB

O LAPB (*Link Access Procedure, Balanced*) gerencia a comunicação e o enquadramento de pacotes entre o DTE e o DCE. O quadro LAPB inclui o cabeçalho, os dados e o rodapé.

- Flag – este campo delimita o início e o final do quadro. A técnica de preenchimento de bits é usada para assegurar que o padrão do Flag não ocorra dentro do campo de dados;
- Address – este campo indica se o quadro transporta um comando ou uma resposta;
- Control – este campo indica qual o tipo de quadro, se trata-se de I-frame, S-frame, ou U-frame. Adicionalmente, este campo contém o número de sequencia do quadro e a sua função. Este campo varia de tamanho de acordo com o tipo do quadro;
- Data – este campo contém dados das camadas superiores;
- FCS (*Frame Check Sequence*) – este campo é usado para checagem de erros.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – LAPB Address

O campo Address indica se o quadro transporta um comando ou uma resposta, e possui dois valores possíveis: 0000001_2 e 00000011_2.

Por exemplo, se o campo Address contiver o valor 0000001_2 e a iniciativa da comunicação partir do DTE, trata-se de um comando, caso contrário, de uma resposta.

Da mesma forma, se o campo Address contiver o valor 00000011_2 e a iniciativa da comunicação partir do DTE, trata-se de uma resposta, caso contrário, de um comando.

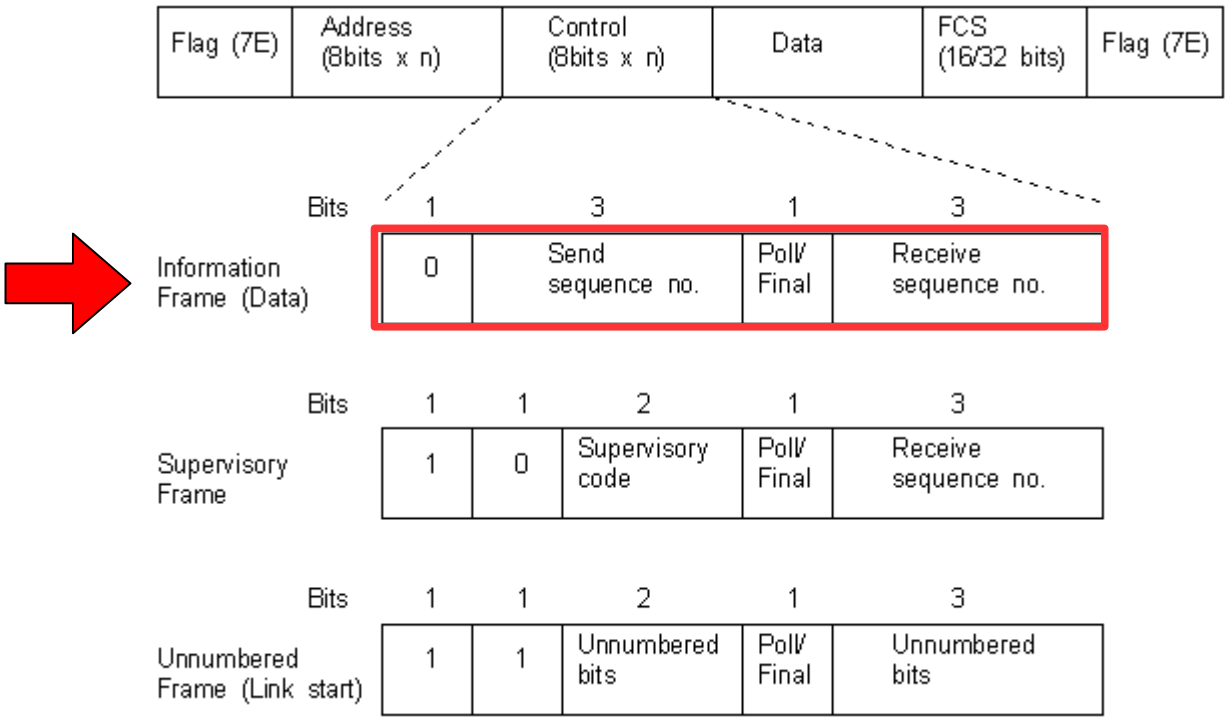
Binary Value	Transmission	
	Command	Response
0000001	DTE → DCE	DCE → DTE
0000011	DTE ← DCE	DCE ← DTE

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – LAPB Control

O campo controle indica qual o tipo de quadro.

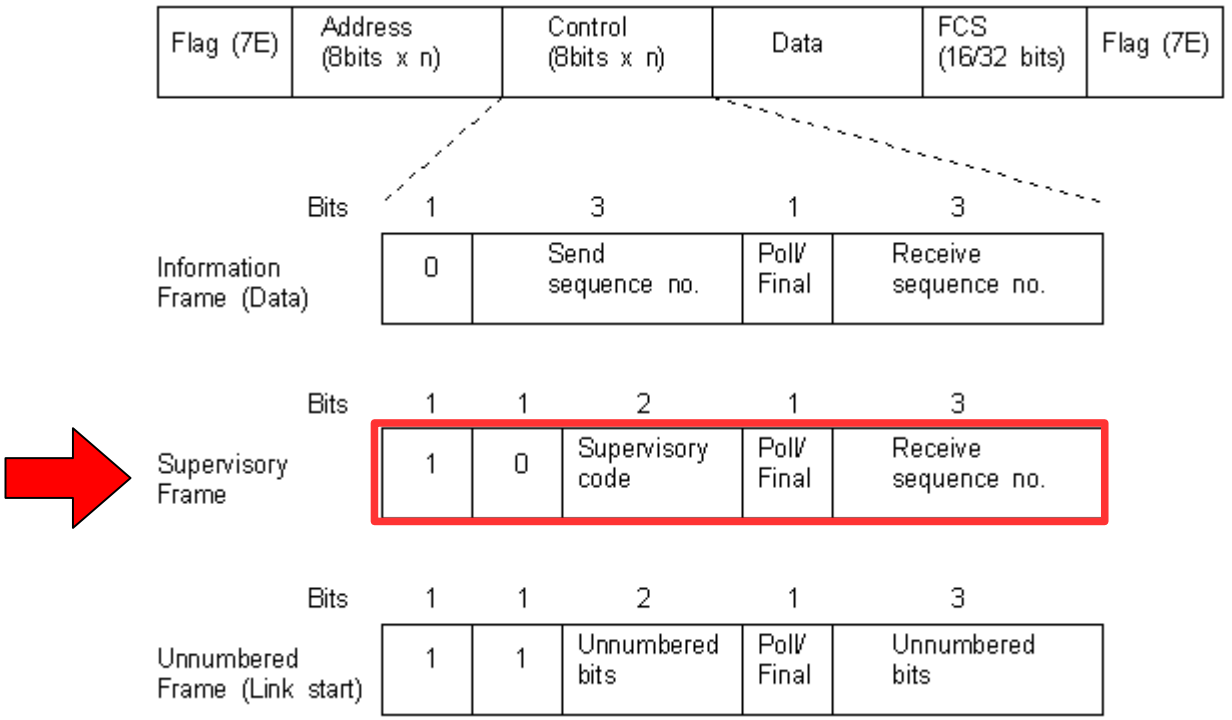
- I-Frame (*Information Frame*) – este tipo de quadro transporta informações das camadas superiores e algumas informações de controle, que incluem números de sequencia tanto de envio como recebimento, controle de fluxo e detecção e recuperação de erros.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – LAPB Control

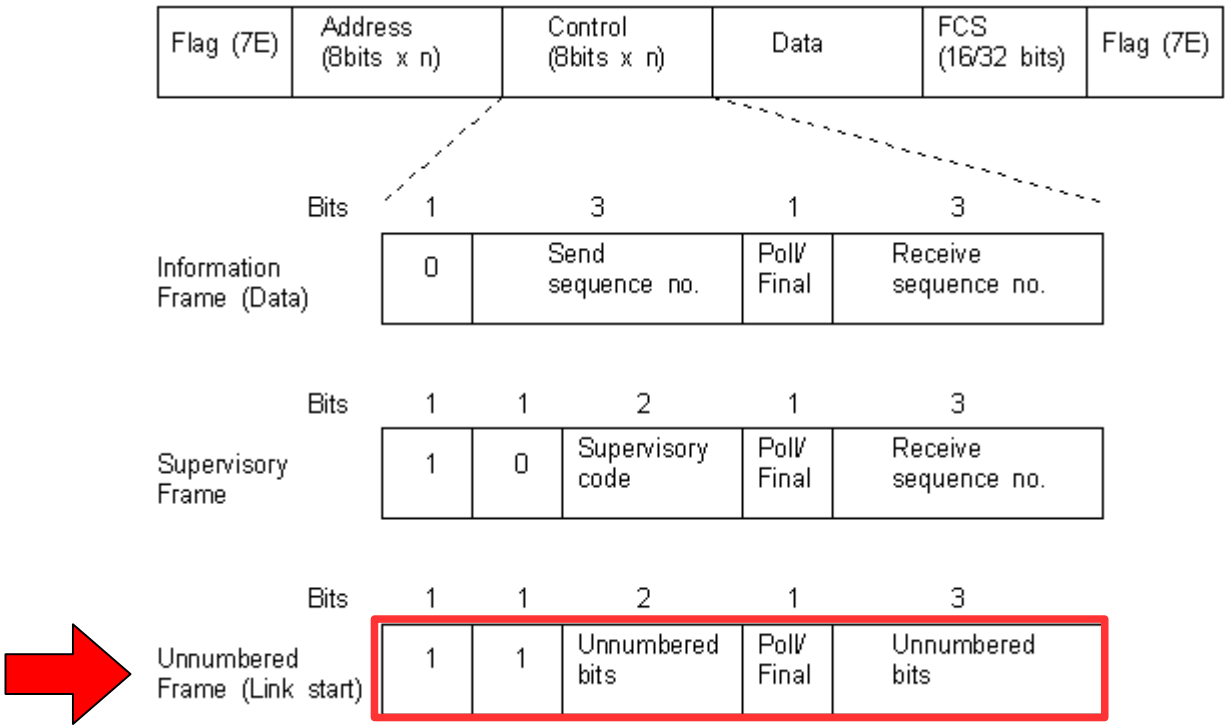
- S-Frame (*Supervisory Frame*) – este tipo de quadro transporta informações de controle, que incluem a requisição ou a suspensão de uma transmissão de dados, bem como relatórios sobre o estado da conexão e o reconhecimento do recebimento de quadros I-Frame. Quadros S-Frame transportam apenas números de sequencia de recebimento.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

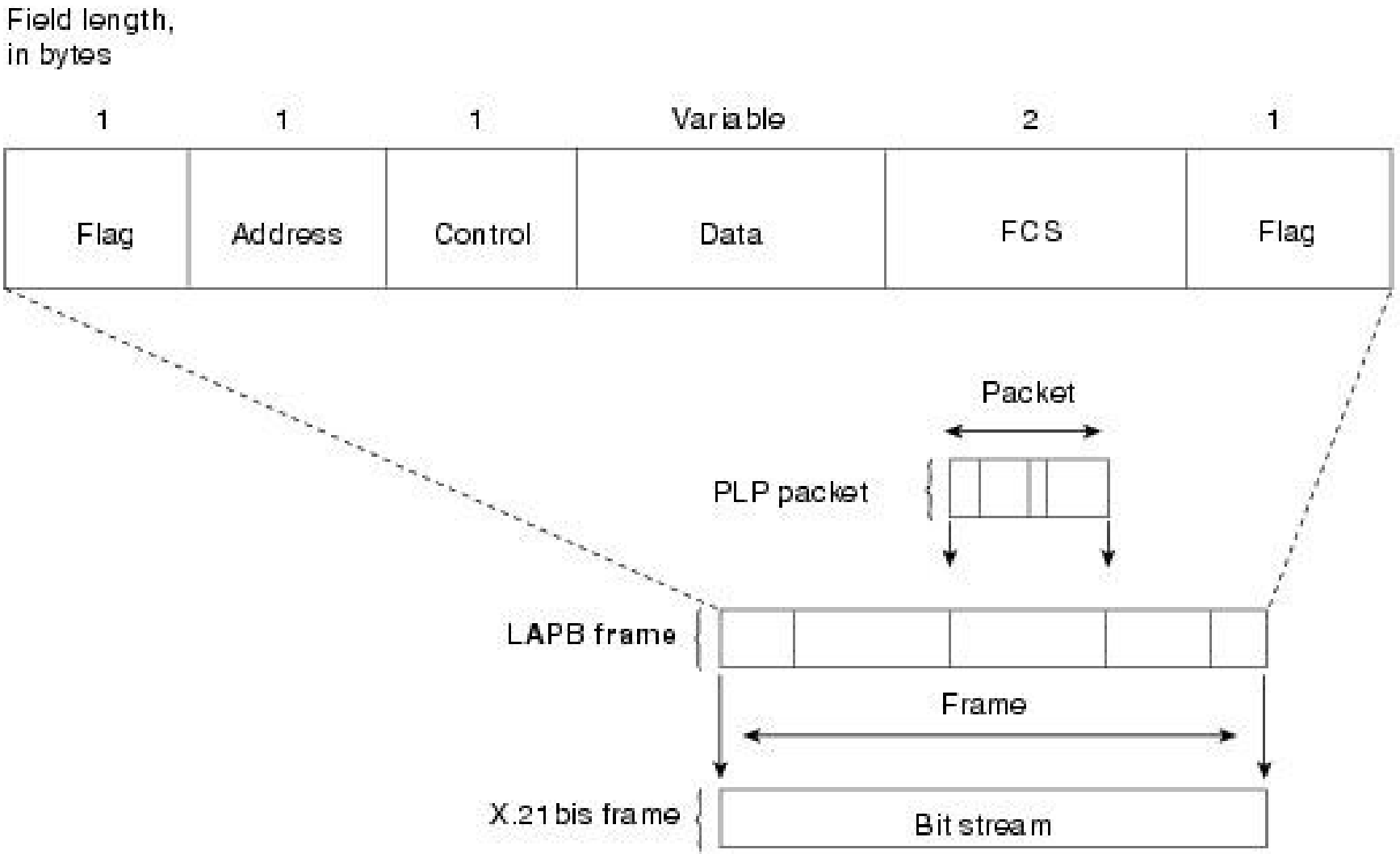
X.25 – LAPB Control

- U-Frame (*Unnumbered Frame*) – este tipo de quadro transporta informações de controle, que incluem o estabelecimento e a desconexão do enlance bem como relatórios de erros. Quadros U-Frame não transportam números de sequencia.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

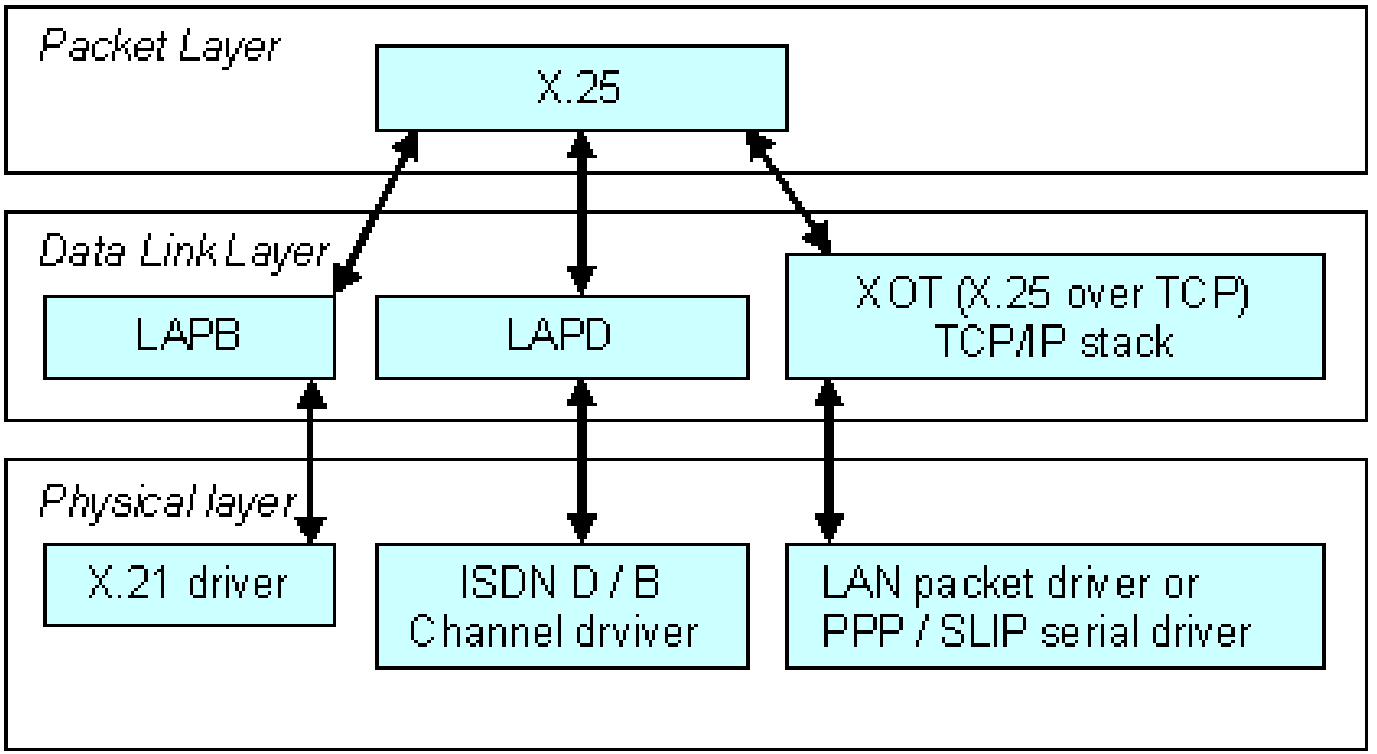
X.25 – Resumo LAPB



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – LAPD

Uma variação do protocolo LAPB é o LAPD (*Link Access Procedure, D channel*), que é usado quando o canal físico de comunicação trata-se de uma conexão ISDN (*Integrated Services for Digital Network*).



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Endereçamento

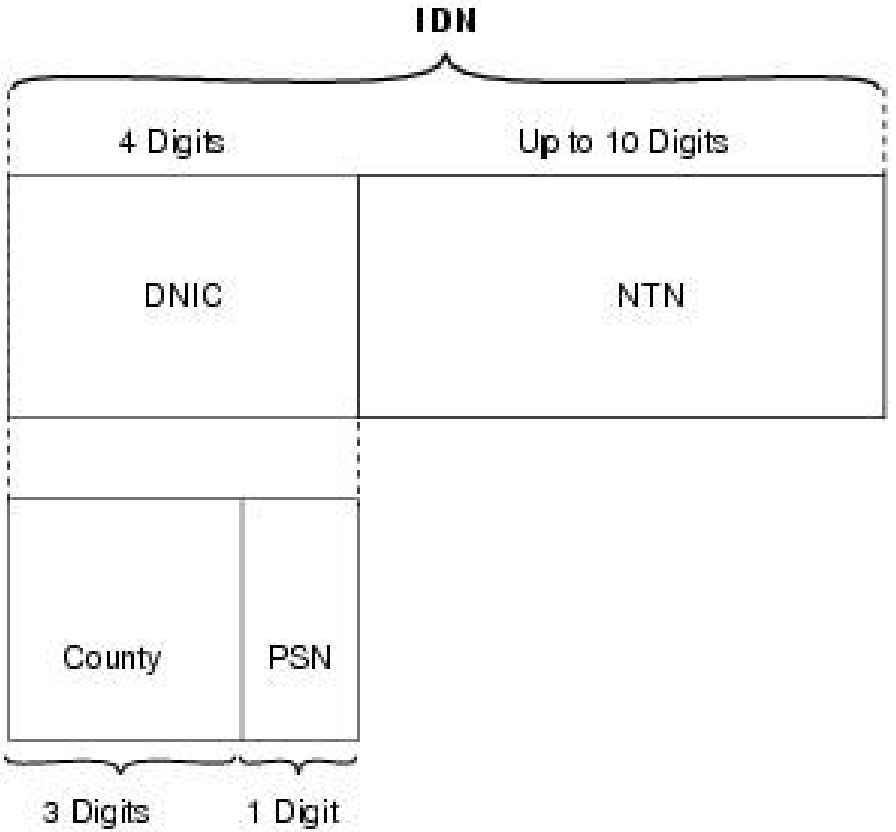
O X.25 usa o esquema de endereçamento baseado na especificação X.121 para estabelecer a conexão entre SVCs.

O campo de endereço X.121 inclui o IDN (*International Data Number*), que consiste de dois campos: DNIC (*Data Network Identification Code*) e NTN (*National Terminal Number*).

O DNIC é um campo opcional que identifica a PSN (*Packet Switch Network*) na qual o dispositivo DTE está localizado, e pode ser omitido caso as chamadas sejam realizadas dentro da própria PSN.

O DNIC é dividido em duas partes: Country e PSN. A primeira parte identifica o país na qual a PSN está localizada e a segunda parte identifica a própria PSN na qual o dispositivo DTE está localizado.

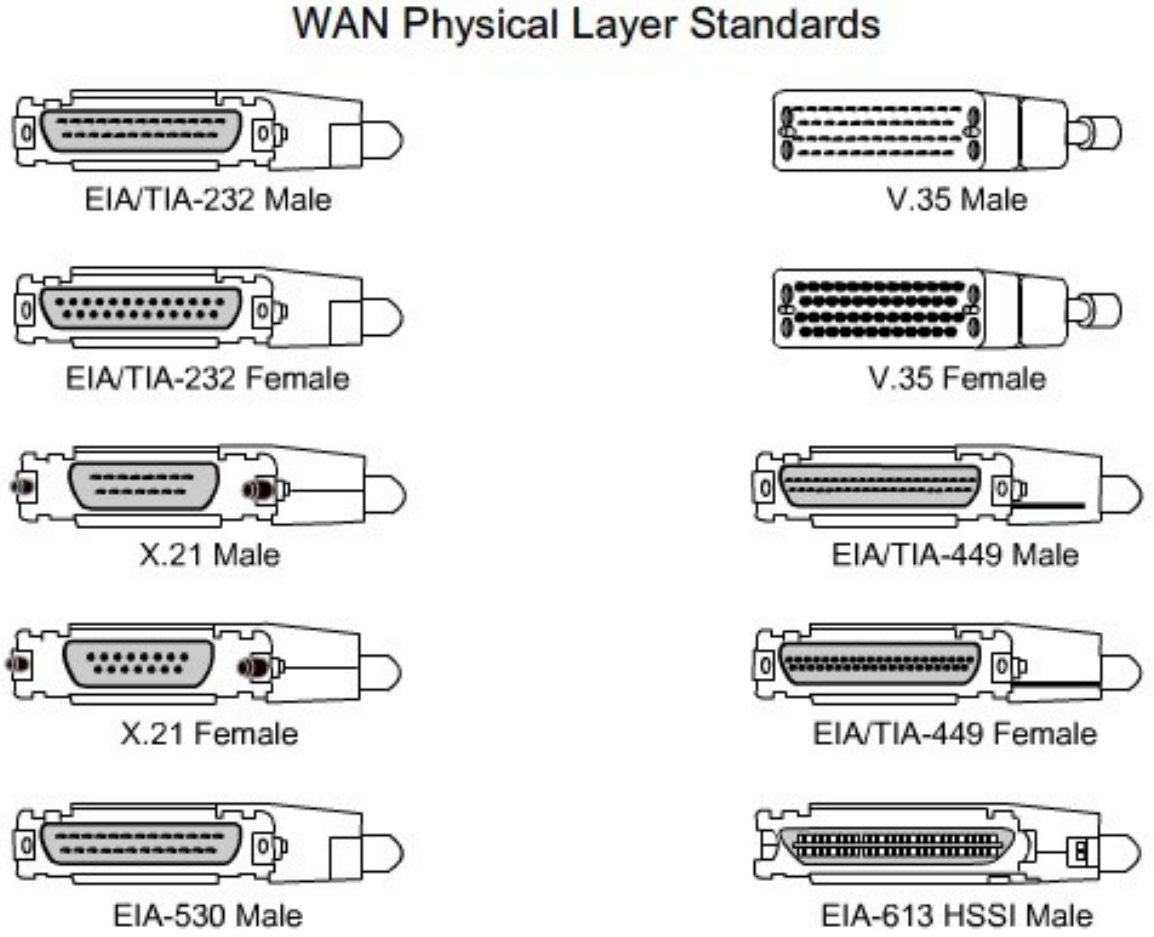
O NTN identifica o dispositivo DTE destino da mensagem.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – Camada física

A camada física do X.25 especifiga as características físicas e elétricas de equipamento de comunicação, cabos e conectores. Como exemplo temos as especificações X.21bis, EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, EIA-530 e G.703, entre outras.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

X.25 – RENPAC

RENPAC, ou Rede Nacional de Comunicação de Dados por Comutação de Pacotes, é uma rede de comunicação de dados criada em 1985 e operada pela Empresa Brasileira de Telecomunicações, a Embratel.

Foi um serviço de comunicação muito usado na década de 1980, mas com a ascensão da Internet caiu em desuso.

Ainda hoje é usado como opção para transações de vendas e automação bancária, principalmente em pontos do território nacional onde a conexão com a Internet ainda é precária.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… leia o artigo Redes técnicas/redes sociais:a pré-história da Internet no Brasil, da Profa. Dra. Tamara Benakouche, da Universidade Federal de Santa Catarina, Brasil.

… acesse a recomendação X.25: Interface between Data Terminal Equipment (DTE) and Data Circuit-terminating Equipment (DCE) for terminals operating in the packet mode and connected to public data networks by dedicated circuit, da Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) of International Telecommunication Union (ITU).

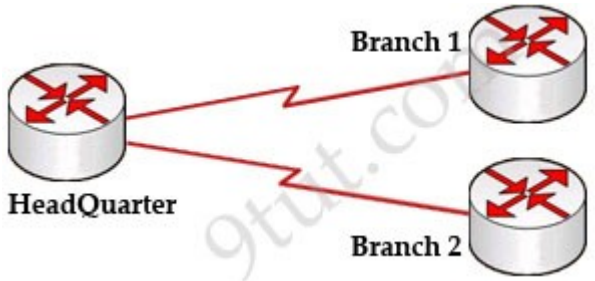
Módulo 6

Frame Relay

Introdução

O Frame Relay é um protocolo para comunicação de dados em enlaces de longa distância que foi construído a partir das especificações do X.25.

No entanto, enquanto o X.25 implementa uma série de mecanismos para correção de erros, o Frame Relay considera que as linhas de transmissão são menos sujeitas a ruídos e portanto, não implementa tais mecanismos. Outro fator que diferencia as duas tecnologias é o fato de que o X.25 é um protocolo ponto a ponto, enquanto que o Frame Relay permite que sejam construídas redes privadas multiponto sobre uma rede pública.



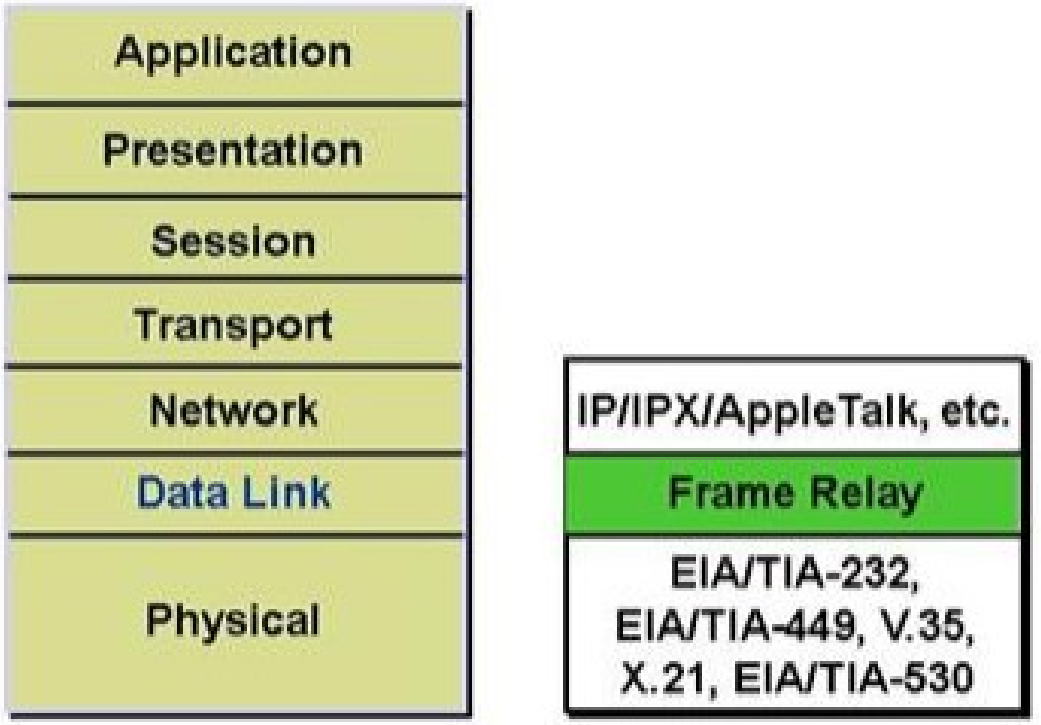
Rede ponto a ponto

Rede privada sobre uma rede pública

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay

A pilha de protocolos Frame Relay mapeia as duas camadas mais baixas do modelo OSI. Na camada de enlace implementa o Frame Relay e na camada física as interfaces seriais, tais como EIA/TIA-232, EIA/TIA-449, V.35, X.21 e EIA/TIA-530.

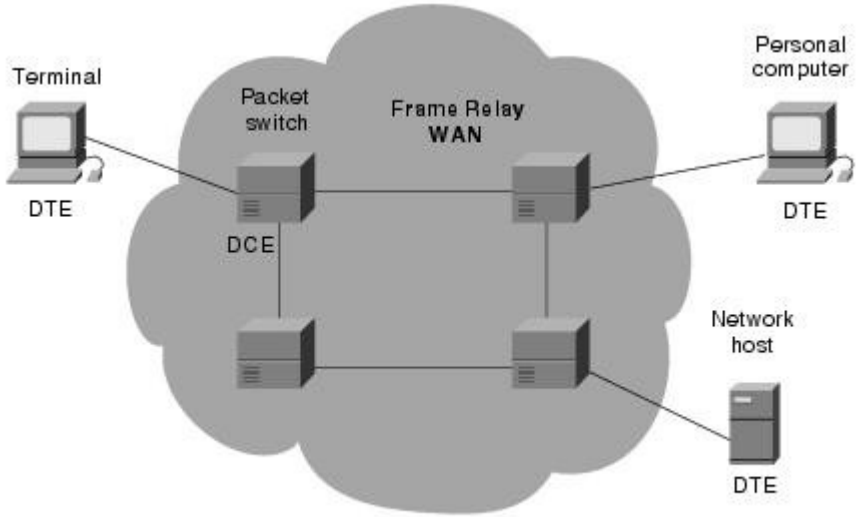


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Dispositivos

Assim como o X.25, são os seguintes os dispositivos de uma rede Frame Relay:

- Data Terminal Equipment (DTE) – são os equipamentos que enviam, processam e recebem dados em uma rede Frame Relay. São os terminais, tais como computadores e servidores, bem como os roteadores.
- Data Circuit-terminating Equipment (DCE) – são os equipamentos responsáveis por conectar os DTE à rede Frame Relay, tais como os modems e os comutadores.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Circuito Virtual

Assim como no X.25, circuitos virtuais podem ser associados a uma mesma interface conectada a um único circuito físico.

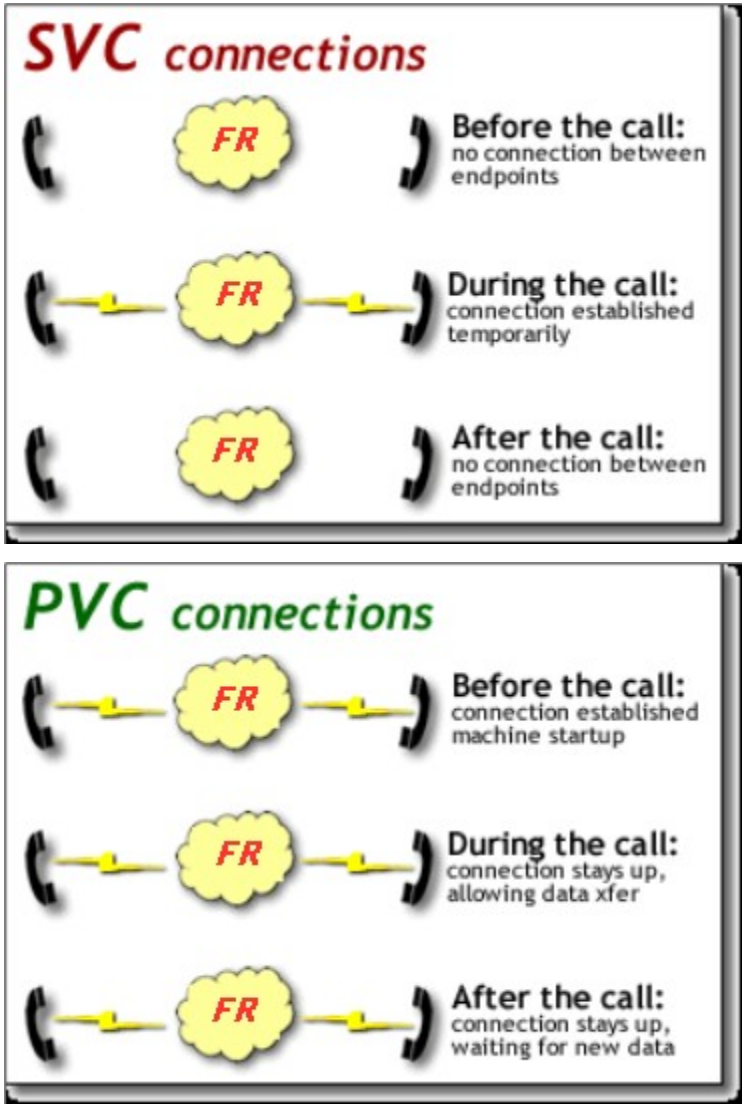
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Circuito Virtual

No Frame Relay são dois os tipos de circuitos virtuais: O SVC e o PVC.

Circuito virtual comutado, ou SVC (*Switched Virtual Circuit*) – são circuitos temporários usados para transmissão de dados esporádica.

Circuito virtual permanente, ou PVC (*Permanent Virtual Circuit*) – são circuitos permanentes usados para transmissão contínua de dados.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

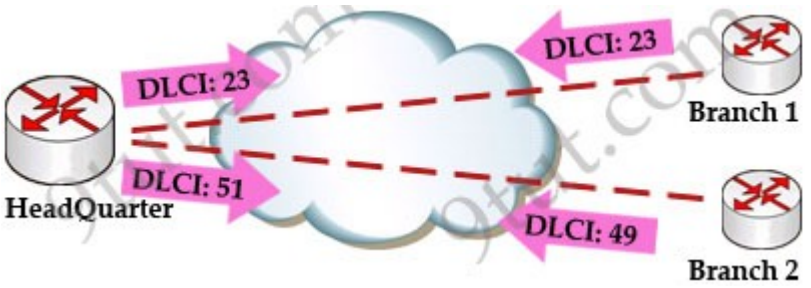
Frame Relay – DLCI

Para criar os circuitos lógicos sobre uma única interface física, o Frame Relay usa um identificador denominado DLCI (*Data-Link Connection Identifier*).

Este identificador pode ser repetido na rede, mas deve ser único no roteador que será configurado.

Na figura abaixo, a localidade HeadQuarter usa o DLCI 23 para representar a conexão HeadQuarter → Branch 1, enquanto usa o DLCI 51 para representar a conexão HeadQuarter → Branch 2. Por outro lado, a localidade Branch 1 usa o DLCI 23 para representar a conexão Branch 1 → HeadQuarter e a localidade Branch 2 usa o DLCI 49 para representar a conexão Branch 2 → HeadQuarter.

A informação de DLCI é inserida no cabeçalho do quadro Frame Relay.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI

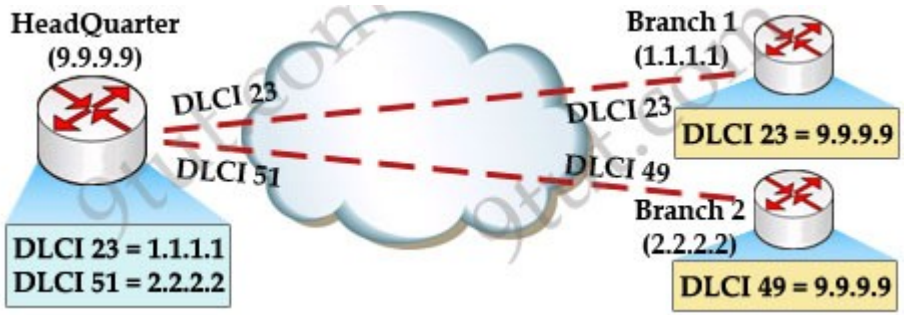
O DLCI é um campo de 10 bits que geralmente é atribuído pelo provedor de serviços.

Além do DLCI, cada conexão deve ter o endereço IP correspondente à localidade. Assim serão mapeados o DLCI com o IP.

Na figura abaixo, a localidade HeadQuarter possui o endereço IP 9.9.9.9, a localidade Branch 1 o endereço IP 1.1.1.1 e a localidade Branch 2 o endereço IP 2.2.2.2.

Logo, para a localidade HeadQuarter, o DLCI 23 estará mapeado com o IP 1.1.1.1 e o DLCI 53 com o IP 2.2.2.2.

Para a localidade Branch 1, o DLCI 23 estará mapeado com o IP 9.9.9.9, e para a localidade Branch 2 o DLCI 49 estará mapeado com o IP 9.9.9.9.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI manual

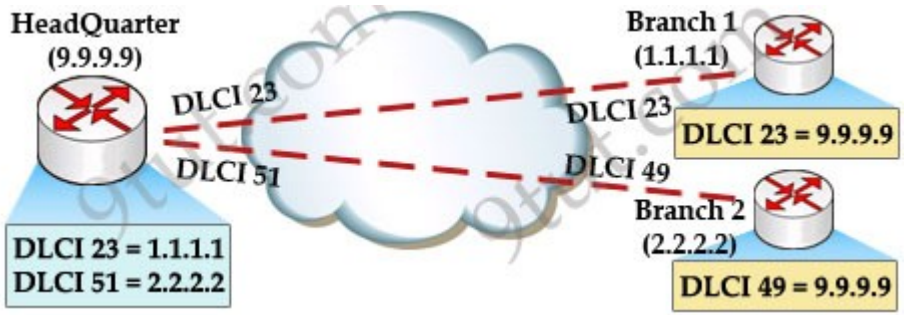
O mapeamento entre o DLCI e o endereço IP pode ser feito de forma manual ou dinâmica.

Num roteador Cisco, o mapeamento manual é feito por meio do seguinte comando:

```
Router(config-if)#frame-relay map protocol dlci [broadcast]
```

No exemplo da figura abaixo, seriam necessários os seguintes comandos para mapear o DLCI e o IP na localidade HeadQuarter:

```
HeadQuarter(config-if)#frame-relay map 1.1.1.1 23 broadcast

HeadQuarter(config-if)#frame-relay map 2.2.2.2 51 broadcast
```



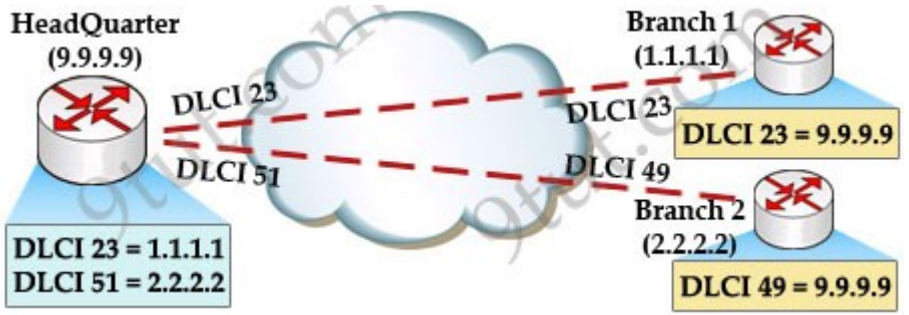
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI manual

A diretiva “broadcast” é usada porque a técnica Split Horizon previne que um roteador envie informações sobre uma rota aprendida de volta para o roteador de onde ela veio.

Por exemplo, se Branch 1 enviar uma atualização para HeadQuarter, este não irá replicar esta atualização para Branch 2 porque a atualização estará sendo enviada pela mesma interface física por onde foi recebida.

Assim, a diretiva “broadcast” fará com que o roteador da localidade HeadQuarter envie uma cópia de qualquer pacote recebido nessa interface para o circuito virtual especificado pelo valor DLCI contido no comando “frame-relay map”.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI manual

OBSERVAÇÃO 1 – o comando “frame-relay interface-dlci” pode ser usado para atribuir estaticamente uma interface física a um DLCI.

OBSERVAÇÃO 2 – a descoberta e mapeamento entre endereços IP e DLCI não descarta o uso de protocolos de roteamento para que os roteadores construam suas tabelas de rotas.

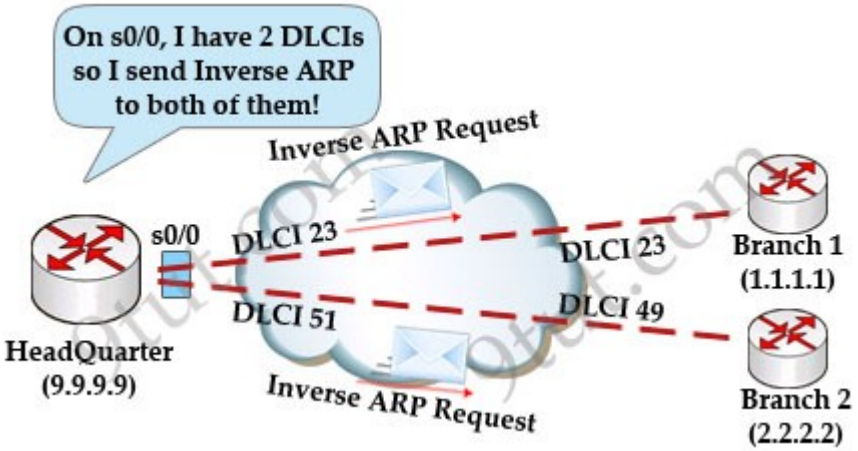
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI dinâmico

O mapeamento dinâmico é feito por meio do protocolo Inverse Address Resolution Protocol (InARP ou ARP Inverso), onde o roteador envia uma requisição InARP para o roteador ou dispositivo do outro lado da conexão SVC ou PVC.

Por padrão, roteadores Cisco possuem interfaces físicas com a técnica de ARP inverso já habilitado.

No exemplo da figura abaixo, o roteador de HeadQuarter envia duas requisições InARP, uma para cada canal virtual dentro da mesma interface física, contendo seu endereço IP.

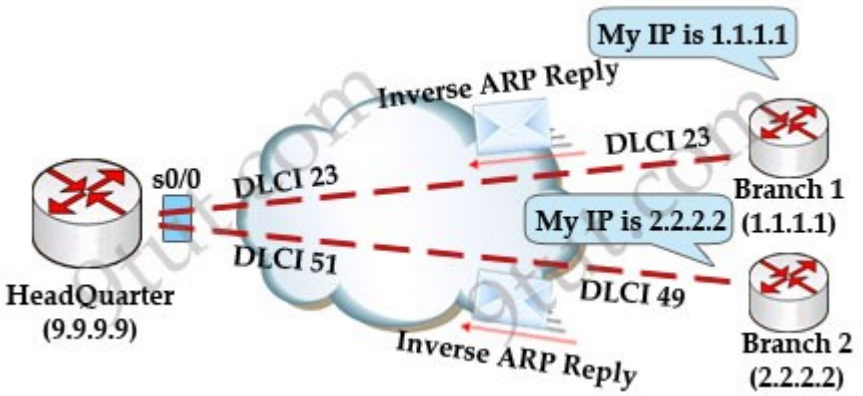


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI dinâmico

Quando os roteadores de Branch 1 e Branch 2 receberem a requisição InARP de HeadQuarter, elas enviarão uma requisição InARP de volta, contendo seus respectivos endereços IP.

Após esta troca de requisições InARP, todos os roteadores terão mapeados seus endereços IP com os respectivos DLCI.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – DLCI dinâmico

Para verificar o mapeamento dinâmico entre os endereços IP e os DLCI em roteadores Cisco, basta digitar o comando “show frame-relay map”.

A palavra “dynamic” na saída do comando indica que o mapeamento foi feito de forma dinâmica e não manual.

```
R2#show frame-relay map
Serial0/0 (up): ip 192.168.1.1 dlci 201(0xC9,0x3090), dynamic,
              broadcast,, status defined, active
R2#
```


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ARP, RARP e InARP

O protocolo ARP e suas variações servem para mapear endereços da camada de rede para endereços da camada de enlace.

- ARP – o Address Resolution Protocol, ou Protocolo de Resolução de Endereços, é definido na RFC 826 e tem por objetivo mapear um endereço físico MAC a partir de um endereço IP;
- RARP – o Reverse ARP, ou ARP Reverso, é definido na RFC 903 e tem por objetivo mapear um endereço IP a partir de um endereço físico MAC;
- InARP – o Inverse ARP, ou ARP Inverso, é definido na RFC 2390 e tem por objetivo mapear um endereço IP a partir de um endereço DLCI usado em redes Frame Relay. Também pode ser usado em redes ATM.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

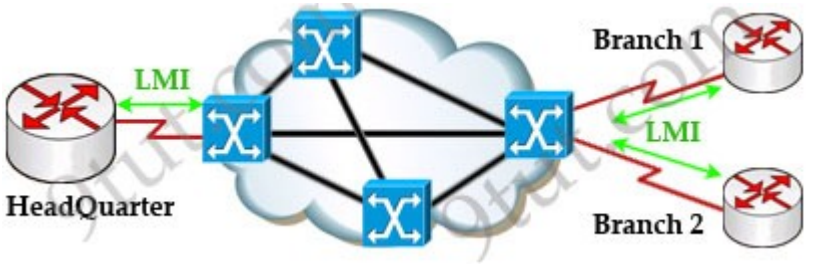
Frame Relay – LMI

O LMI (*Local Management Interface*) é um protocolo de sinalização usado entre o DTE e o DCE para gerenciar e manter o estado de uma conexão PVC.

Existem três tipos de LMI:

- Cisco – especificado em conjunto pela Cisco, StrataCom, Northern Telecom (Nortel) e Digital Equipment Corporation;
- ANSI – especificado na norma ANSI T1.617 Annex D;
- Q.933A – especificado na norma ITU-T Q.933 Annex A.

É importante notar que os três tipos de LMI não são compatíveis entre si. Logo, o mesmo tipo de LMI deve ser configurado em todos os equipamentos participantes da mesma conexão.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – LMI

Este protocolo inclui os seguintes mecanismos:

- Keepalive – verifica se há transmissão de dados entre o DTE e o DCE;
- Multicast – fornece ao DTE a identificação DLCI;
- Status – fornece o estado do PVC, que pode ser:
    - Active state – indica que a conexão está ativa e que dados podem ser transferidos;
    - Inactive state – indica que a conexão local está ativa, mas a conexão remota não;
    - Deleted state – indica que o DCE não está enviado mensagens LMI para o DTE;
    - Static state – indica que a transmissão de mensagens LMI no DTE está desativada.

Por padrão, o DTE e o DCE trocam mensagens LMI a cada 10 segundos.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – LMI

Em roteadores Cisco, para ver uma estatística das mensagens LMI usa-se o comando “show frame-relay lmi”.

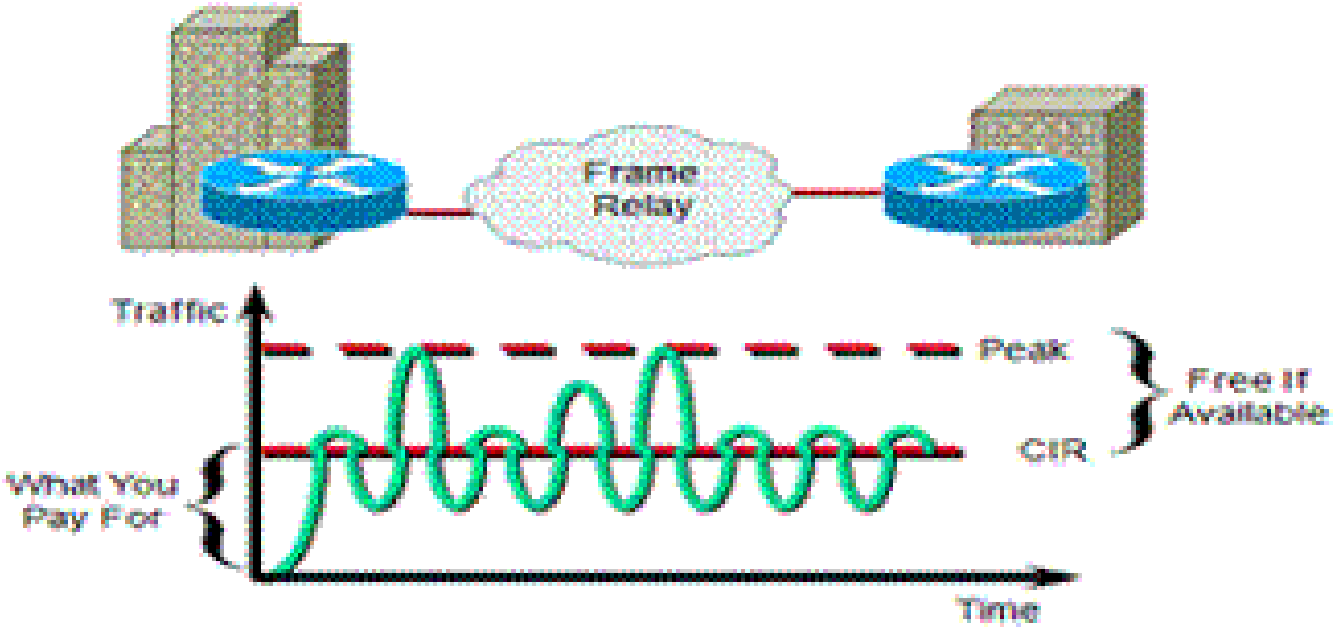
```
R2#show frame-relay lmi

LMI Statistics for interface Serial0/0 (Frame Relay DTE) LMI TYPE = ANSI
  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 63                   Num Status msgs Rcvd 63
  Num Update Status Rcvd 0                  Num Status Timeouts 0
  Last Full Status Req 00:00:31             Last Full Status Rcvd 00:00:31
R2#
```


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – CIR

O cliente de uma conexão Frame Relay pode solicitar ao provedor de serviços uma velocidade garantida mínima, conhecida como CIR (*Committed Information Rate*).

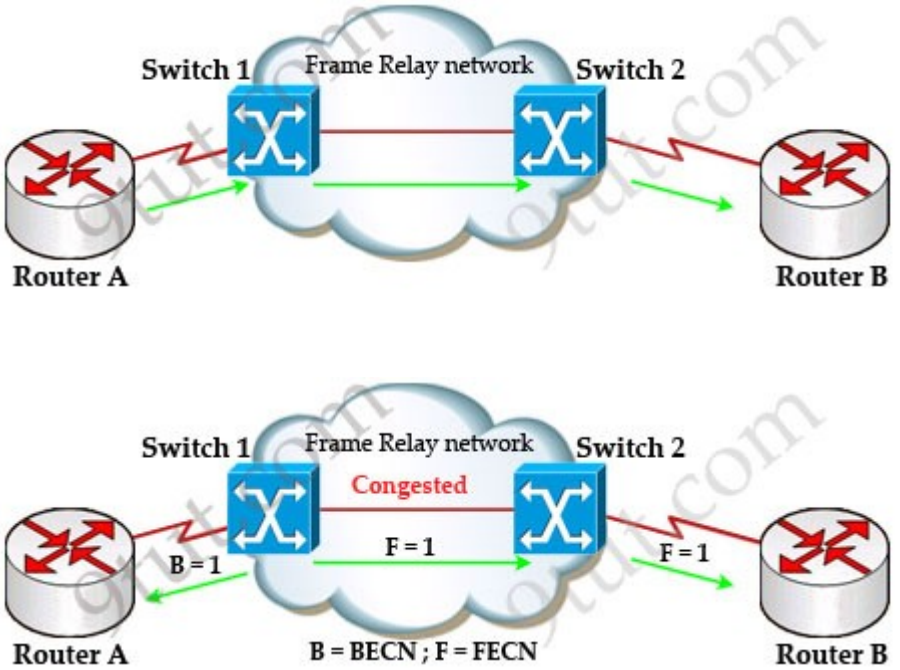
Em outras palavras, se um cliente contrata uma conexão Frame Relay de 512 kbps com um CIR de 50%, significa que o provedor de serviços irá garantir uma velocidade de no mínimo 256 kbps. Caso a rede esteja livre, o cliente conseguirá em alguns momentos transmitir dados na velocidade máxima.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Congestionamento

Quando um comutador Frame Relay percebe que há congestionamento na rede, ele envia uma notificação BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) para quem originou a transmissão de dados e uma notificação FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*) para o destinatário da transmissão.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Cabeçalho

O cabeçalho de um quadro Frame Relay pode conter 2, 3 ou quatro bytes de tamanho, e possui os seguintes campos:

- E/A (*Extended Address*) – o bit deste campo indica se este octeto é o último no cabeçalho. Um bit 0 significa que o próximo octeto deve ser considerado, enquanto que um bit 1 significa que este é o último octeto do quadro;
- C/R (*Command/Response*) – este campo é usado pelas camadas superiores para definir controles da conexão;

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Frame Relay – Cabeçalho

- DLCI High Order – primeira parte do endereço DLCI;
- DLCI Low Order – segunda parte do endereço DLCI;
- DE (*Discard Eligibility*) – caso haja congestionamento na rede e este campo contenha um bit 1, este quadro será candidato a ser descartado;
- BECN (*Backward Explicit Congestion Notification*) – em caso de congestionamento da rede este campo conterá um bit 1;
- FECN (*Forward Explicit Congestion Notification*) – em caso de congestionamento da rede este campo conterá um bit 1.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

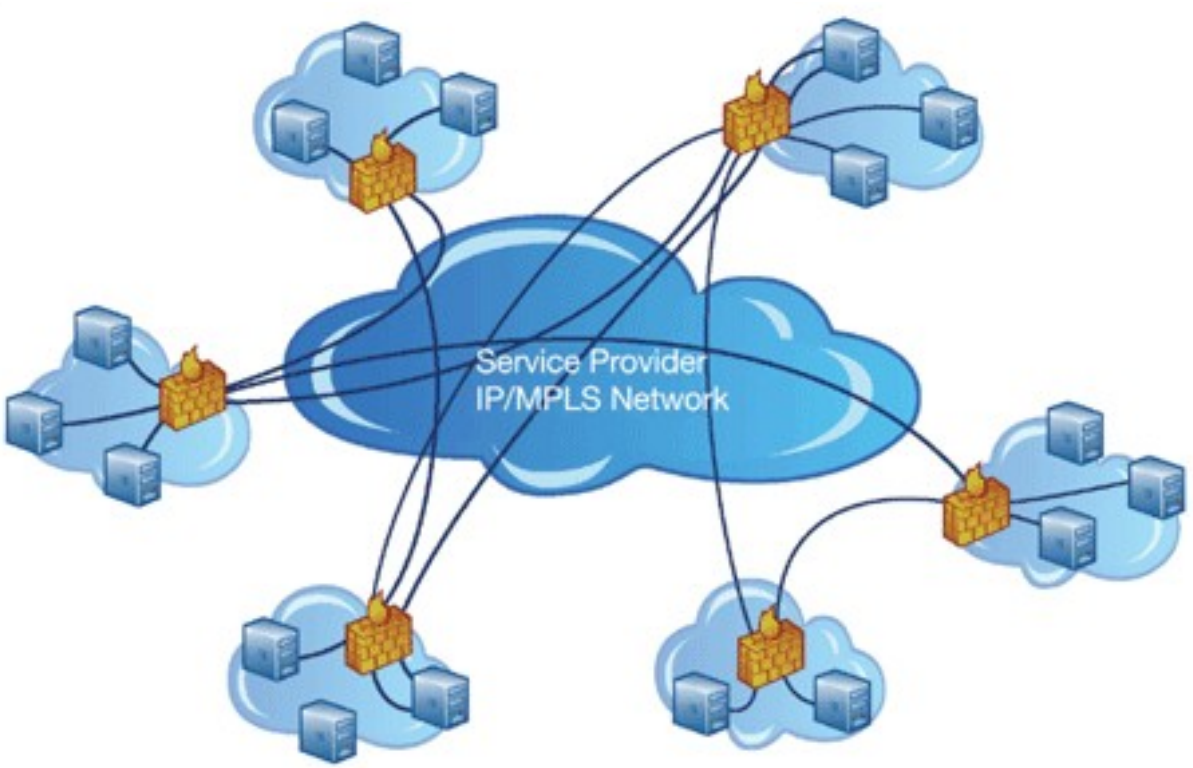
… acesse o material online sobre Frame Relay, de Aaron Balchunas.

Módulo 7

MPLS

Introdução

MPLS (*Multi Protocol Label Switching*) é uma tecnologia que usa rótulos inseridos nos pacotes de rede para encaminhá-los pela Internet de forma mais rápida.

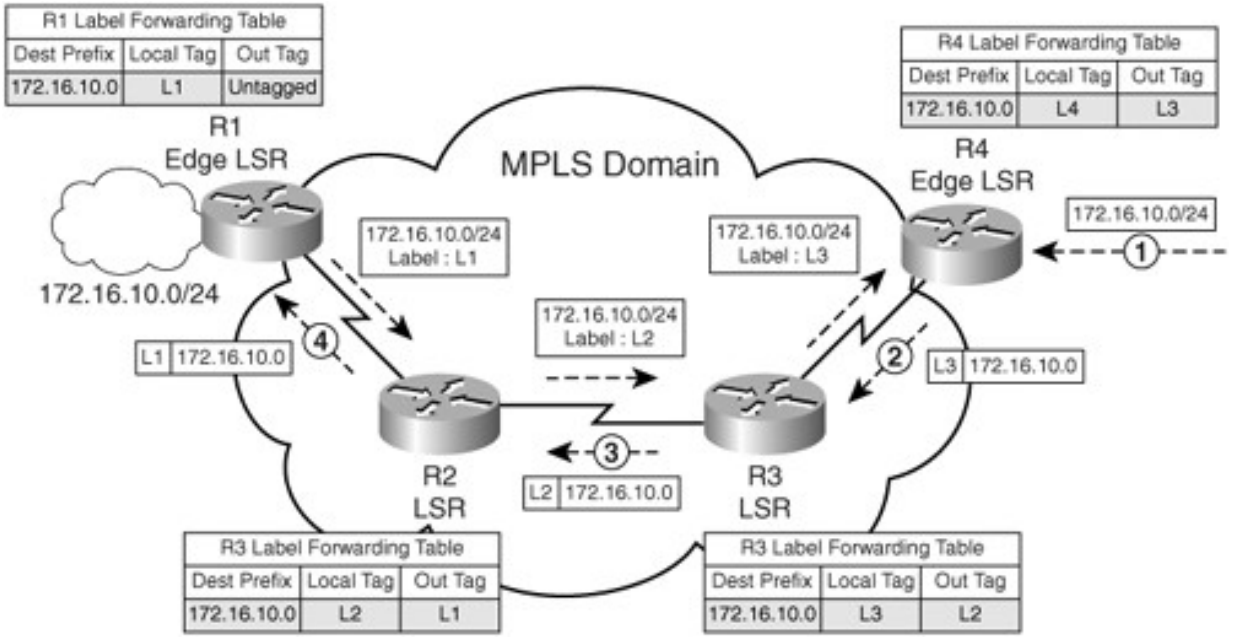


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Introdução

Em redes IP, a análise do cabeçalho do datagrama IP com relação a tabela de roteamento do roteador impõe um custo relativamente alto de processamento, o que insere um atraso no encaminhamento dos pacotes.

Em redes MPLS, o rótulo é uma forma abreviada de identificar o pacote, de tal forma que os roteadores MPLS encaminham pacotes baseados apenas neste rótulo ao invés de analisar todo o cabeçalho do datagrama IP, conferindo assim maior agilidade no encaminhamento dos pacotes.

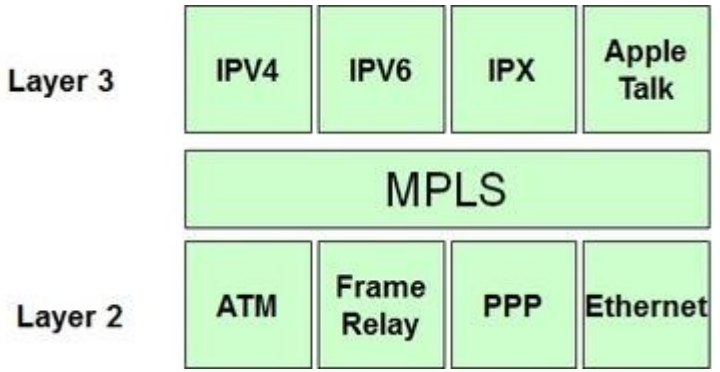


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Introdução

Dentre as vantagens do uso do MPLS, destacam-se a possibilidade de criação de VPN (*Virtual Private Network*) a partir da manipulação de rótulos exclusivos para as redes participantes, de modo a garantir o isolamento do tráfego de dados; e a implementação de mecanismos de qualidade de serviço QoS (*Quality of Service*), com o objetivo de priorizar determinados fluxos de dados.

O MPLS situa-se entre as camadas de rede e de enlace do modelo de referência ISO/OSI.



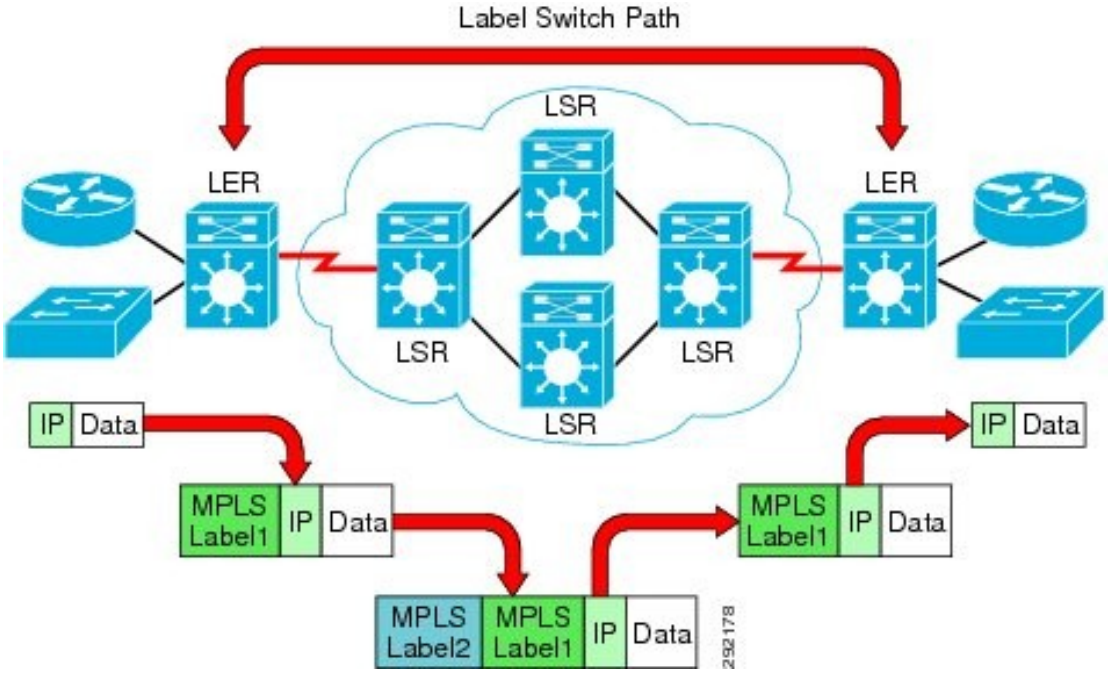
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

MPLS - Elementos

LSR (*Label Switching Router*) – roteador MPLS presente no núcleo da rede que comuta os pacotes baseados num rótulo anexo aos mesmos;

LER (*Label Edge Router*) – possui a mesma função do LSR, mas fica na borda da rede ao invés de ficar no núcleo;

LSP (*Label Switched Path*) – caminho unidirecional por onde um grupo de pacotes ou datagramas IP identificados com rótulos MPLS podem trafegar;



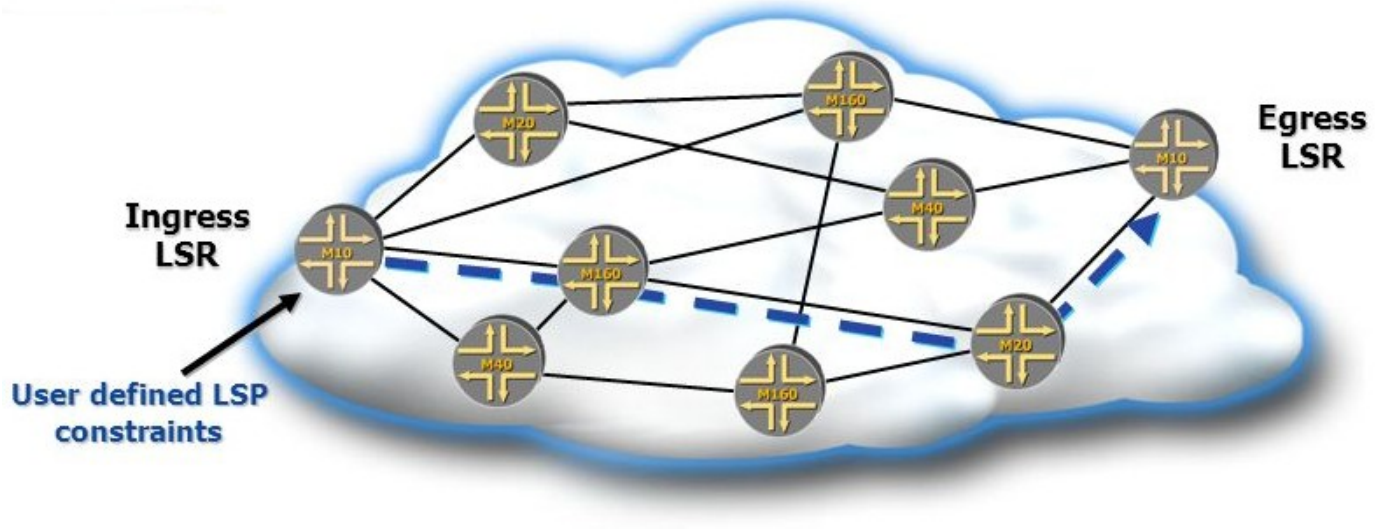
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

MPLS - Elementos

FEC *(Forwarding Equivalent Class)* – grupo de pacotes que são encaminhados no mesmo fluxo de transmissão de dados sobre o mesmo caminho unidirecional e que recebem o mesmo tratamento de priorização;

Ingress LSR – é o roteador de entrada em uma rede MPLS, responsável por fazer a transição do roteamento e encaminhamento de pacotes IP para o chaveamento MPLS, ou seja, faz a “conversão” de IP para MPLS;

Egress LSR – é roteador de saída em uma rede MPLS, responsável por fazer a transição do chaveamento MPLS para o roteamento e encaminhamento de pacotes IP, ou seja, é o inverso do Ingress LSR, pois faz a “conversão” de MPLS para IP.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

MPLS - Cabeçalho

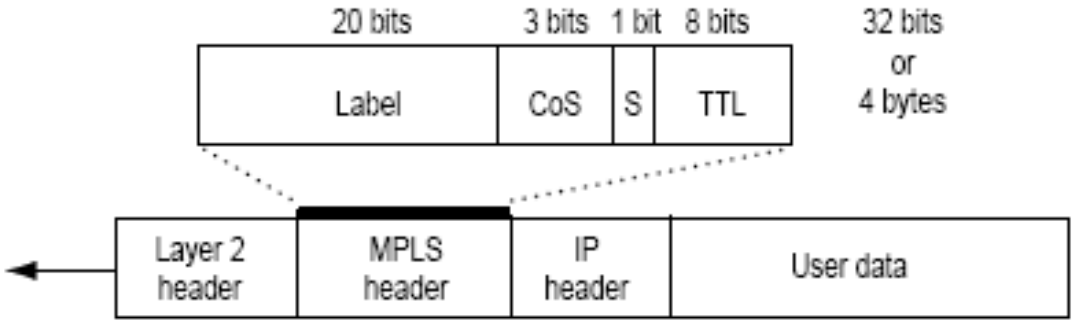
O cabeçalho MPLS possui 32 bits de tamanho, e é composto por quatro campos:

Label – campo de 20 bits de tamanho que serve para identificar um fluxo de transmissão de dados;

CoS (*Class of Service*) – campo de 3 bits de tamanho usado para controle de priorização de tráfego;

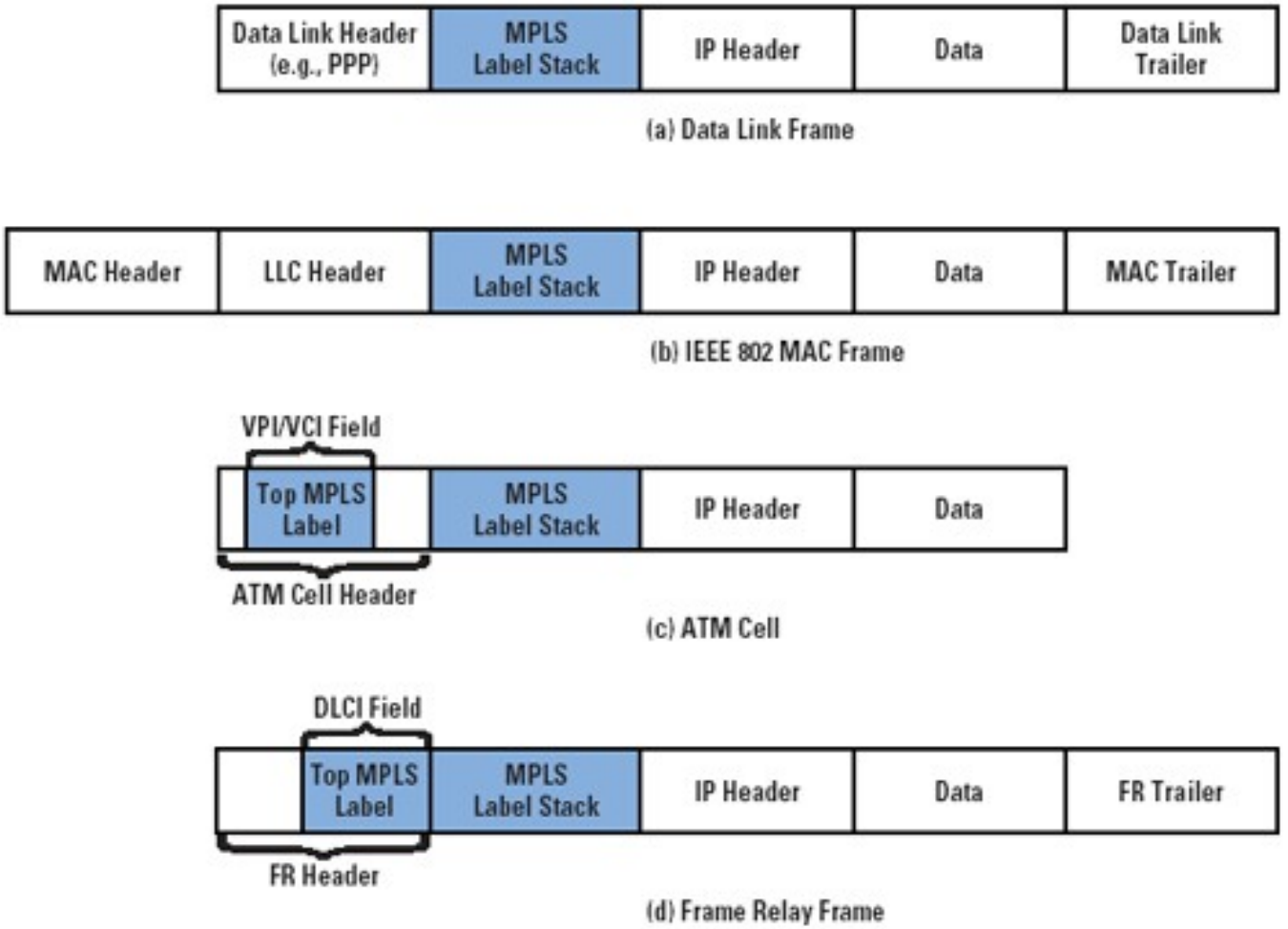
S (*Stack*) – campo de 1 bit de tamanho usado, entre outras coisas, para identificar pacotes que pertençam a uma VPN;

TTL (*Time to Live*) – campo de 8 bits de tamanho, que a exemplo do que ocorre no protocolo IP, é um parâmetro que indica por quantos roteadores MPLS – ou saltos (hops) – um pacote pode "viajar" antes de ser descartado. Para cada roteador MPLS por onde o pacote passa, este campo é decrementado de 1.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

MPLS - Encapsulamento



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… veja a animação online do funcionamento da tecnologia MPLS, da mplsinfo.org.

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Módulo 8

ATM

Introdução

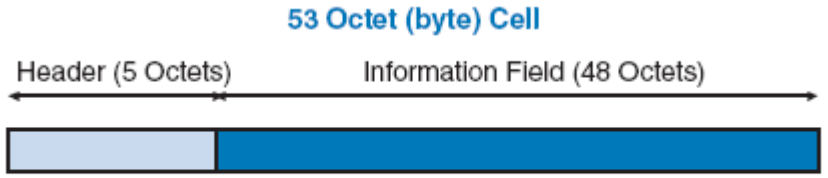
A tecnologia ATM (*Asynchronous Transfer Mode*) reside nas camadas mais baixas do modelo de referência OSI e serve para transmitir dados brutos.

O ATM está mapeado para a camada de enlace do modelo de referência OSI.

ATM

A tecnologia ATM, também conhecida como Modo de Transferência Assíncrona, é um conjunto de protocolos da camada de enlace que transmite dados baseados em células de informação.

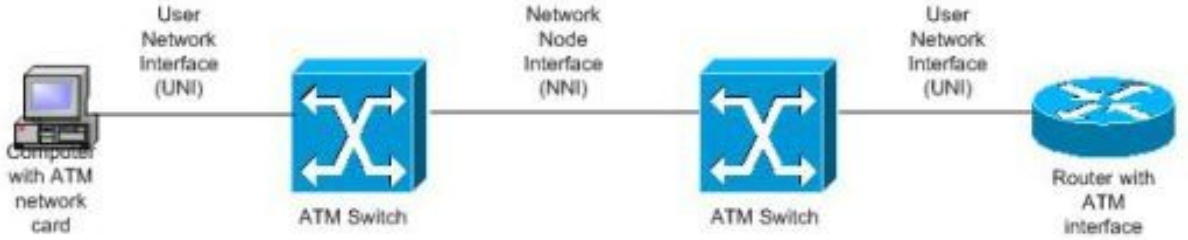
Diferente de outras tecnologias de rede como Ethernet, que usam quadros de tamanho variável para transmissão de dados, o ATM usa células de tamanho fixo. Enquanto quadros Ethernet podem variar de 1.500 a 9.000 bytes de tamanho, células ATM tem um tamanho fixo de 48 bytes de dados mais 5 bytes de cabeçalho, totalizando 53 bytes.



A principal vantagem em se utilizar células de tamanho fixo é que não há problemas com fragmentação, típico quando se usam quadros com tamanho variável. No entanto, o tamanho do cabeçalho em relação ao campo de dados favorece o aumento da sobrecarga (*overhead*).

ATM

O ATM define dois tipos de células: a UNI (*User-Network Interface*) e a NNI (*Network-Network Interface*). A primeira serve para trocar dados entre terminais ou roteadores com comutadores ATM, enquanto que a segunda serve para trocar dados entre comutadores ATM.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ATM

Os campos presentes nas células ATM são os seguintes:

•GFC - Generic Flow Control: campo de 4 bits para uso futuro;

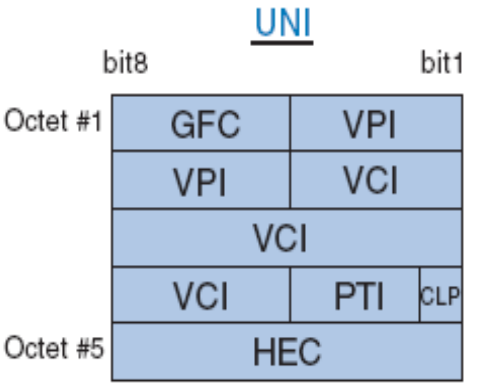
•VPI - Virtual Path Identifier: campo de 8 bits para UNI ou 12 bits para NNI que indica, em conjunto com o VCI, o endereço local de uma conexão;

•VCI - Virtual Channel identifier: campo de 16 bits que em conjunto com o VPI indica o endereço local de uma conexão;

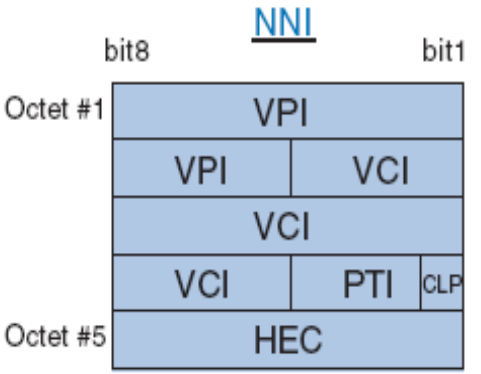
•PTI - Payload Type Identifier: campo de 3 bits, onde o primeiro bit indica se a célula é de usuário (segue até o destino) ou de controle (segue até o *switch*). Os demais bits são usados para controle de congestionamento;

•CLP - Cell Loss Priority: campo de 1 bit usado para definir a prioridade de transmissão em caso de congestionamento da rede;

•HEC - Header Error Control: campo para cálculo do CRC, usado para verificação de erro.



GFC: Generic Flow Control
VPI: Virtual Path Identifier
VCI:Virtual Channel Identifier

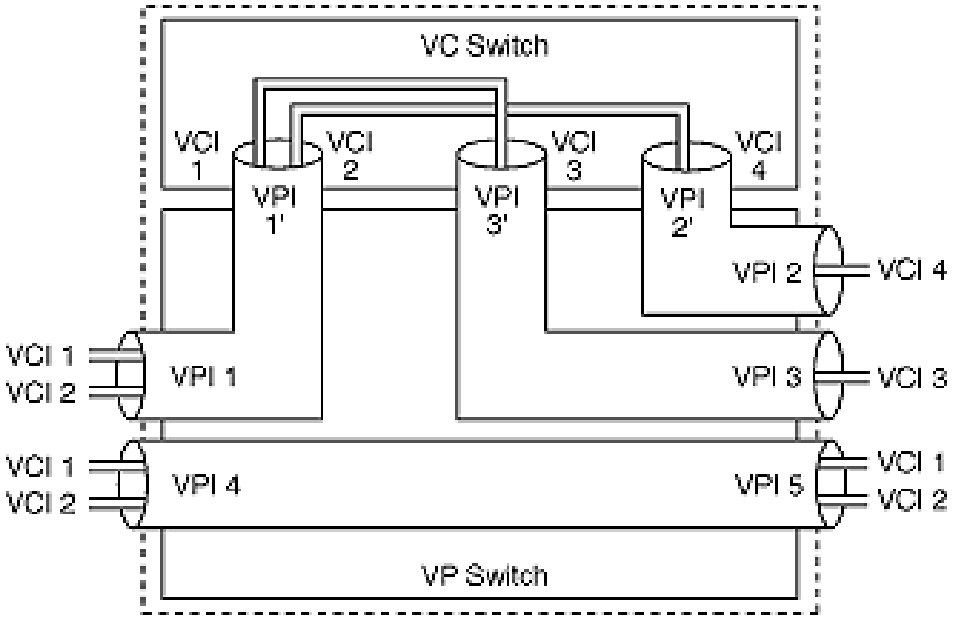


PTI: Payload Type Identifier
CLP: cell loss priority
HEC: Header Error Control

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ATM

Como uma rede ATM é orientada a conexão, uma conexão virtual deve ser estabelecida antes que dados possam ser transferidos. Para isso, o *switches* ATM usam caminhos virtuais VP (*Virtual Paths*), identificados por um *Virtual Path Identifier*, e canais virtuais VC (*Virtual Channels*), identificados por um *Virtual Channel Identifier*. Um caminho virtual nada mais é que um conjunto de canais virtuais.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

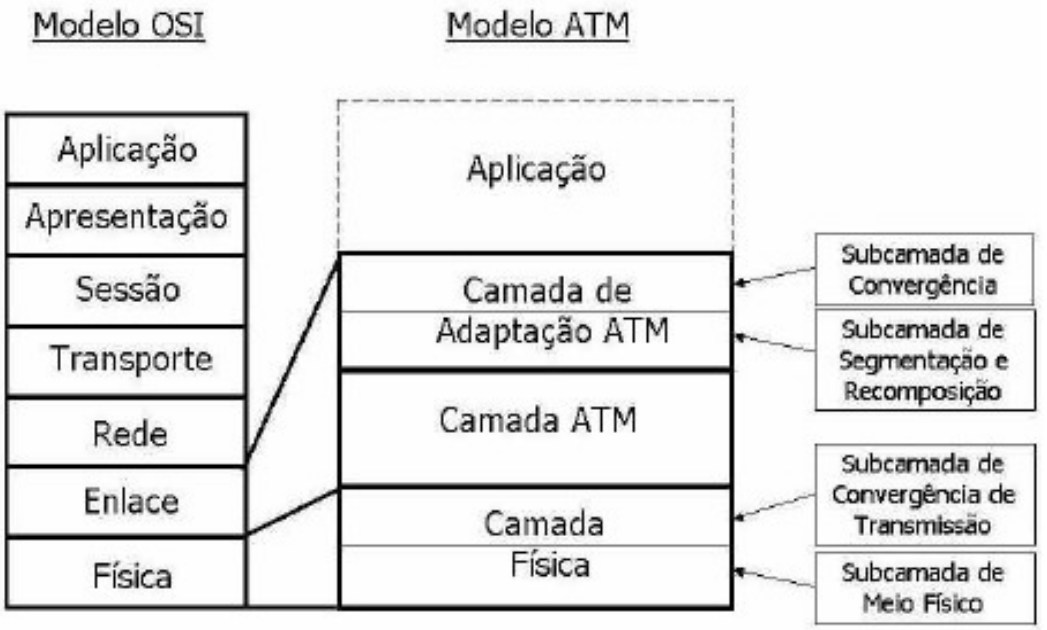
ATM

Assim como o modelo OSI, o ATM também é estruturado em camadas.

A Camada Física trata do transporte de células de um nó para outro.

A Camada ATM realiza o chaveamento e roteamento das células ATM de acordo com os campos VCI e VPI do cabeçalho.

A Camada de Adaptação ATM trata dos diferentes tipos de tráfego demandados pelas aplicações.



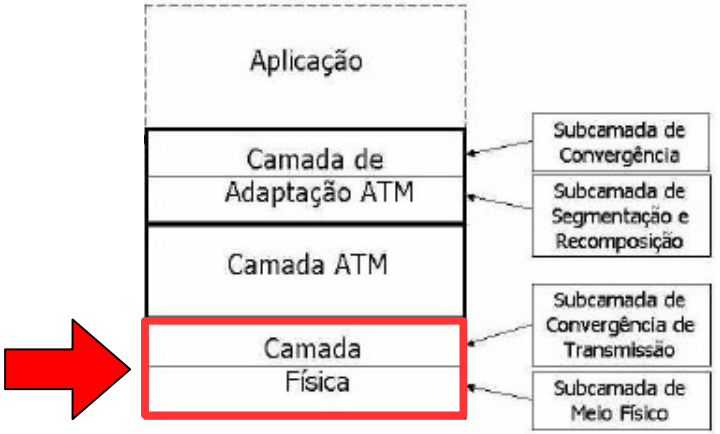
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ATM

A camada física do ATM é subdividida em PMS (*Physical Medium Sublayer*) e TCS (*Transmission Convergence Sublayer*).

A subcamada PMS define as características elétricas, mecânicas e óticas do meio físico utilizado, bem como estabelece as regras de sincronismo para transmissão e recepção de bits.

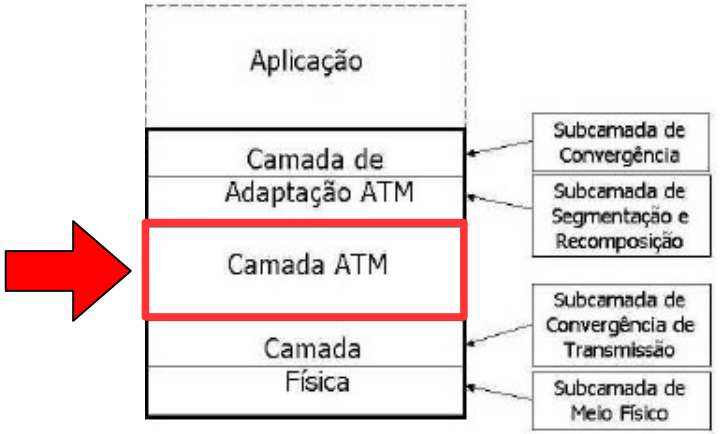
A subcamada TCS é responsável por tarefas como geração de bits de controle de erro, detecção e correção de erros nos cabeçalhos, bem como enquadramento de células.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ATM

A Camada ATM é responsável pelo transporte das células, levando-se em consideração a qualificação da célula para fins de prioridade de transmissão e controle de congestionamento.



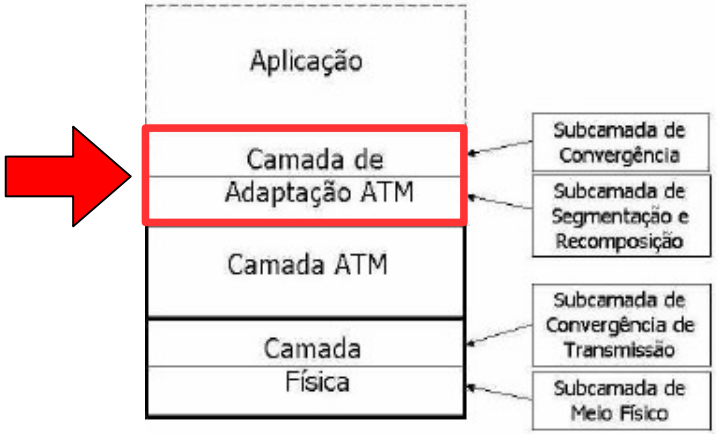
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

ATM

A Camada de Adaptação AAL (*Adaptation ATM Layer*) é responsável por fazer a interface entre os protocolos de camadas superiores com a Camada ATM.

A AAL consiste de duas subcamadas: a Subcamada de Convergência CS (*Convergence Sublayer*) e a Subcamada de Segmentação e Recomposição SAR (*Segmentation and Reassembly Sublayer*).

Quando a AAL recebe informações das camadas superiores por meio da CS, sua principal função é segmentar os dados em células ATM. Quando a informação vem da camada inferior, por meio da SAR, sua função é reunir a parte de dados das células em pacotes com formatos que as camadas superiores possam tratar.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o material ...

Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Módulo 9

ADSL

Introdução

A tecnologia DSL (*Digital Subscriber Line*) reside nas camadas mais baixas do modelo de referência OSI e serve para transmitir dados brutos.

O DSL está mapeado para a camada física do modelo de referência OSI.

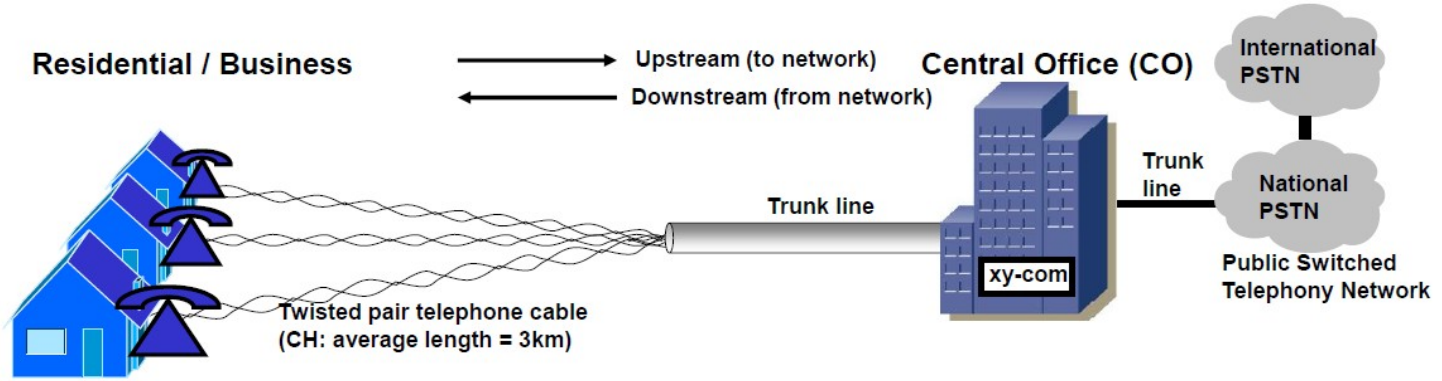
Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

DSL

A tecnologia DSL, também conhecida como Linha Digital do Assinante, permite a transmissão simultânea de dados e voz em linhas telefônicas analógicas.

Diferente do sistema de conexão discada, onde os dados são modulados para serem transmitidos dentro do sinal de voz em uma mesma faixa de frequência, o DSL separa as frequências usadas para dados das frequências de voz, permitindo assim que estes serviços possam ser oferecidos simultaneamente.

Como o DSL é sensível a atenuação do sinal elétrico, o assinante deve estar situado a poucos quilômetros da central de comutação.

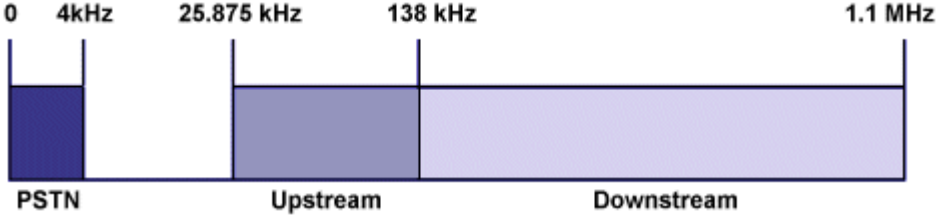


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

DSL

Enquanto a voz é transmitida em uma faixa de frequência de 300 a 3.400 kHz, conhecida como banda base *(baseband*), os dados podem ser transmitidos em uma banda de frequência que vai de 20 kHz a 1,1 MHz, conhecido como banda larga (*broadband*).

No caso do ADSL (*Asymmetric Digital Subscriber Line*), que é uma variação da tecnologia DSL que reserva uma faixa menor para envio de dados e uma faixa maior para recepção de dados, o espectro de 1,1 MHz é dividido em 256 canais independentes de 4.312,5 Hz cada. Assim, o canal 0 é usado para transmissão de voz enquanto os canais de 1 a 5 não são usados a fim de evitar interferências entre os canais de voz e dados. Por fim, os canais restantes são usados para transmissão de dados (*upstream*) e recepção de dados (*downstream*).

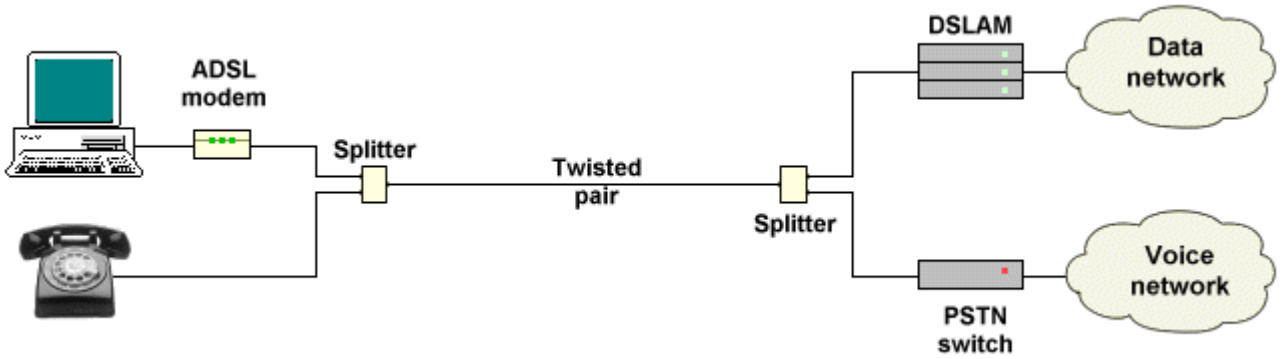


Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

DSL

Como o sistema de telefonia foi otimizado para voz, no enlace telefônico que liga o terminal do assinante à central de comutação há filtros que atenuam todas as frequências abaixo de 300 Hz e acima de 3.400 Hz. Para que o DSL possa funcionar, é necessário o uso de separadores de frequência (*splitter*).

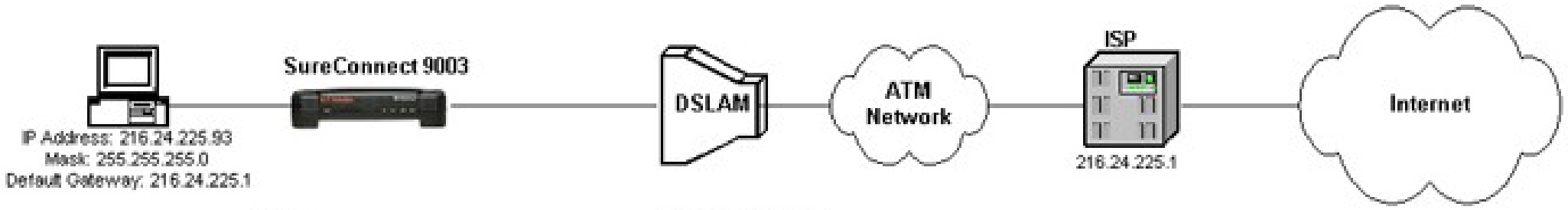
Para modular o sinal do lado do assinante, é necessário um modem DSL, enquanto que do lado da operadora é necessário um DSLAM (*Digital Subscriber Line Access Multiplexer*).



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

DSL e ATM

Enquanto o DSL é utilizado para conectar o terminal do assinante de conexão banda larga ao provedor de Internet, o ATM pode ser usado para interconectar os diferentes pontos de acesso do provedor ou estabelecer conectividade entre diferentes provedores para conexão à Internet. Neste caso, o protocolo de conexão usado pelo assinante, que pode ser, por exemplo, o *Point-to-point Protocol* (PPP), é encapsulado em células ATM e transmitido pela rede.



Prof. Me. Wallace Rodrigues de Santana
www.neutronica.com.br

Para saber mais...

… acesse o material ...

Módulo 10

VPN

Para saber mais...

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico OSPF, de Júlio Battisti.

… acesse o material online sobre Protocolo de Roteamento Dinâmico OSPF, de Aaron Balchunas.

FIM