

Tecnologias de Longa Distância

Durante os nossos estudos, percebemos que as redes de computadores podem ser classificadas em PAN, LAN, MAN e WAN. Geralmente uma rede corporativa, em que temos diversas localidades (sites) é formada pela interligação de diversas LANs, como mostrado na figura 01.

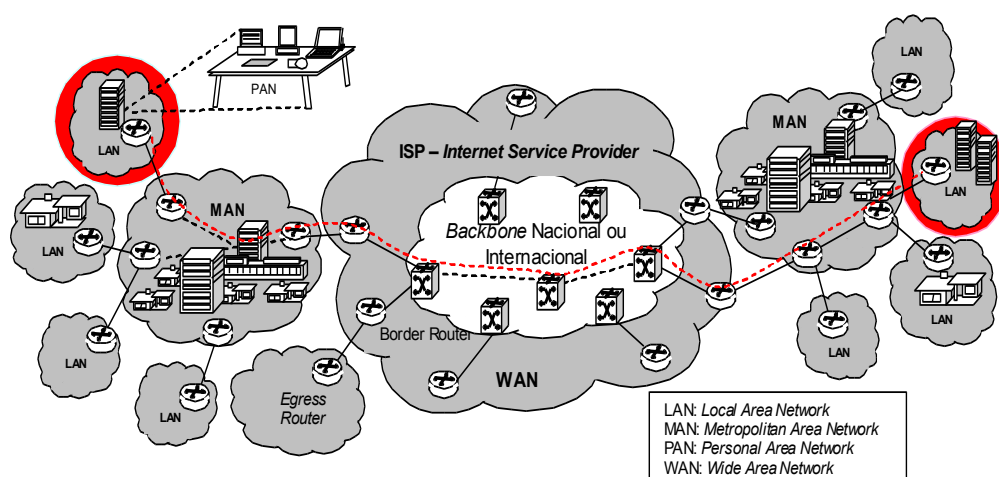


Figura 1 – Heterogeneidade de redes.
Fonte: Redes de Computadores, Carissimi.

Uma rede local é projetada e construída pela própria empresa (ou terceirizada), de acordo com as necessidades das aplicações exigidas para o bom funcionamento da empresa. Uma rede WAN é projetada e construída por operadoras de telecomunicações como Oi, GVT, Embratel, Telefônica e etc, e dependendo da localidade, (fora de regiões metropolitanas, por exemplo), podemos ter uma oferta bem reduzida de serviços e largura de banda.

Vamos conhecer, agora, os serviços oferecidos pelas empresas de telecomunicações para as interligações de LANS geograficamente distribuídas.

Protocolo PPP – Point to Point Protocol.

O PPP é um método de encapsulamento de linha serial, de padrão aberto e que aceita vários protocolos, inclusive o IP, o IPX (Internetwork Packet Exchange) da Novell, o AppleTalk e o DECnet. Frequentemente utilizado para conexões por discagem e ISDN em WANs de fornecedores mistos. Segundo Forouzan (2008). O PPP é utilizado por milhões de usuários da Internet que precisam conectar seus

computadores pessoais ao servidor de um provedor de acesso à Internet. O PPP controla e administra a transferência de dados na camada de enlace das conexões desses usuários.

O PPP fornece os seguintes serviços:

- Define o formato do quadro a ser trocado entre os dispositivos.
- Estipula como os dois dispositivos podem negociar o estabelecimento da conexão e da troca de dados.
- Estabelece como dados da camada de rede são encapsulados em quadros PPP.
- Define como os dois dispositivos podem se comunicar.
- Oferece vários serviços de rede, suportando uma série de protocolos de camada de rede.
- Provê conexões para vários tipos de enlaces físicos.
- Fornece a configuração de endereço de rede (como o IP, por exemplo).

O PPP não fornece controle de fluxo e implementa um controle de erro muito elementar, além de não possuir números de sequências nos quadros, o que pode fazer com que os pacotes sejam recebidos fora de ordem.

Na figura 02, podemos ver um exemplo da utilização do PPP. Um PC, que pode funcionar como uma ponte padrão para o resto da rede é ligado a um modem por um cabo serial. O modem é ligado à linha telefônica e a través da rede de telefonia conecta-se a outro modem da operadora de telecomunicações.

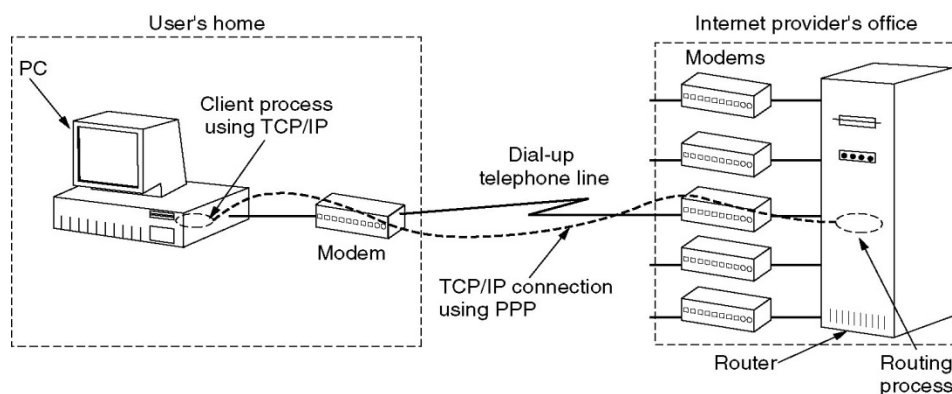


Figura 02 – Acesso discado à internet com PPP.

HDCL – High-Level Data Link Control

O HDLC é um protocolo orientado a bit (Forouzan, 2008) para comunicação de dados utilizando links ponto a ponto ou multiponto. Ele prevê dois modos de transferência: O NMR, modo de resposta normal, e o ABM, modo assíncrono balanceado.

No NMR temos uma estação primária, que é capaz de enviar comandos e uma estação secundária que pode apenas responder a esses comandos.

No ABM, as estações são balanceadas e podem enviar tanto comandos como respostas.

X.25

O protocolo X.25 foi criado em 1976 e passou por revisões em 1980, 84, 88, 92 e 93. Ele dominou as comunicações WAN durante anos. As primeiras redes X.25 foram criadas utilizando circuitos analógicos não confiáveis, disponíveis na época. O X.25 é um protocolo orientado à conexão, garantindo ordem, sem perdas ou duplicações. É também orientado a Bit, síncrono e full-duplex. Ele define operações nas três primeiras camadas OSI:

- **Rede:** Implementa mecanismos de controle de fluxo e de erros. Define os circuitos virtuais.
- **Enlace:** Ligação lógica do padrão X.25. Utiliza o LAPB (*Link Access Procedure Balanced*).
- **Física:** especifica o nível físico de uma interface DTE/DCE.

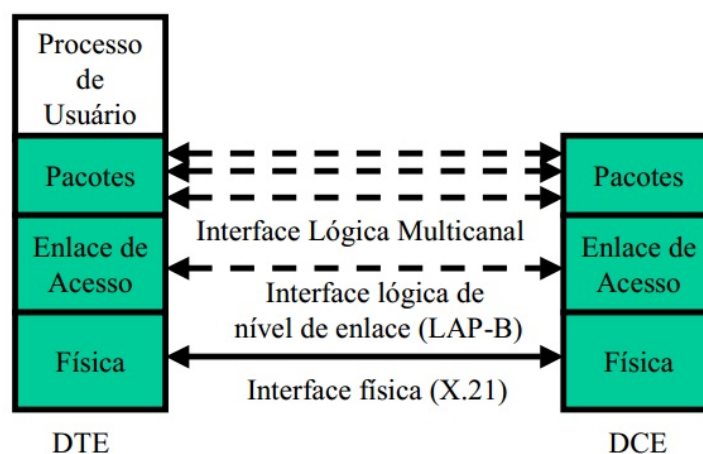


Figura 03 - Camadas em que o X.25 atua.

Em relação aos equipamentos utilizados no X.25, temos:

- DTE - Data Terminal Equipment. É um terminal de cliente.
- DCE - Data Circuit-terminating Equipment ou Data Communications Equipment. É um equipamento de rede, como, por exemplo, um modem.
- PSE – Packet Switch Equipment – Equipamento de troca de pacotes. São comutadores que compõem a grande massa da rede da concessionária.

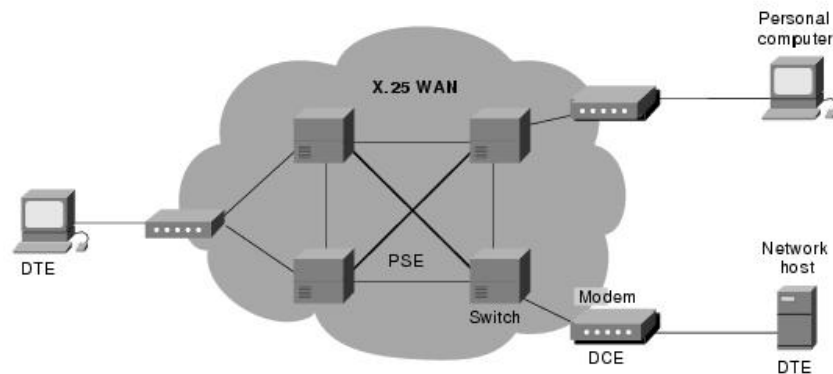


Figura 04 – DTEs, DCEs e PSEs em uma rede X.25

Os Circuitos Virtuais de uma rede X.25 são estabelecidos entre dispositivos DTE e podem ser divididos em PVC e SVC.

- **PVC (*Permanent Virtual Circuit*)**: Utilizado para tráfego de dados constante.
- **SVC (*Switched Virtual Circuit*)** : É estabelecido sob demanda para tráfego esporádico.

O X.25 utiliza sinalização na banda para pacotes de controle e de chamada. A multiplexação de circuitos virtuais é feita na camada 3. Possui redundância no controle de fluxo e de erro (camadas 2 e 3). Com essas características possui um overhead considerável e não é apropriado para os sistemas de transmissão digital atuais, que possuem alta confiabilidade e podem trafegar protocolos com pouco *overhead*.

Frame Relay

O Frame Relay é uma rede de longa distância que utiliza circuitos virtuais, desenvolvida no fim da década de 80. Ele pode chegar até 44,376 Mbps e possuía as seguintes características (FOROUZAN, 2008):

- Opera apenas nas camadas físicas e de enlace de dados. Portanto, pode ser facilmente utilizado como uma rede backbone para oferecer serviços a protocolos que já tem um protocolo na camada de rede, como a Internet.
- Permite dados em rajadas.
- Permite um tamanho de quadro de 9.000 bytes, capaz de acomodar todos os tamanhos de quadros de redes locais.
- É mais barato que outras WANs tradicionais.
- Apresenta detecção de **erros** apenas na camada de enlace de dados. O que possibilita uma transmissão rápida para meios mais confiáveis.

Como foi dito anteriormente, o Frame Relay é uma rede de circuitos virtuais e cada um destes é identificado por um número chamado DLCI (Data-link Connection Identifier). Em uma rede Frame Relay um circuito virtual representa o caminho lógico entre dispositivos DTE.

Os circuitos virtuais podem ser permanentes ou comutados. Os PVCs, circuitos virtuais permanentes, têm suas entradas registradas pelo administrador em todos os switches. Elas são mais caras e a origem e destino pagam pelo uso mesmo quando não há tráfego de dados. Como o PVC liga uma única origem a um único destino, para se interligar a mesma origem com mais destinos é necessários mais PVCs. Em contrapartida ao PVC, temos o SVC, circuito virtual estabelecido dinamicamente, que cria uma conexão curta e temporária, existente apenas durante a transmissão de dados.

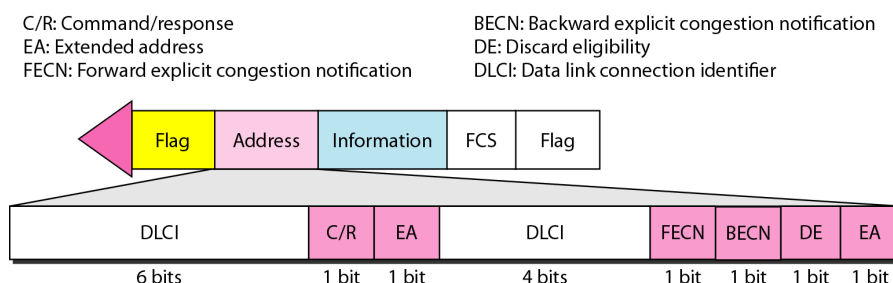


Figura 05 – Cabeçalho do Frame Relay.
 Fonte: Forouzan, 2008.

Quando um cliente contrata um PVC, recebendo um DLCI, é também estabelecido um valor de CIR (Committed Information Rate) e a taxa de transmissão máxima, que será fornecida pela concessionária. A CIR é a velocidade em que os bits podem ser enviados através de um circuito virtual e é medida em bits por segundos. O fluxo de dado que estiver acima da CIR será marcado como elegível para descarte pelo comutador Frame Relay, nesse caso o campo DE (elegível para descarte) será marcado. A taxa máxima é a velocidade que pode ser atingida por algumas rajadas caso a rede da concessionária esteja ociosa em determinados momentos.

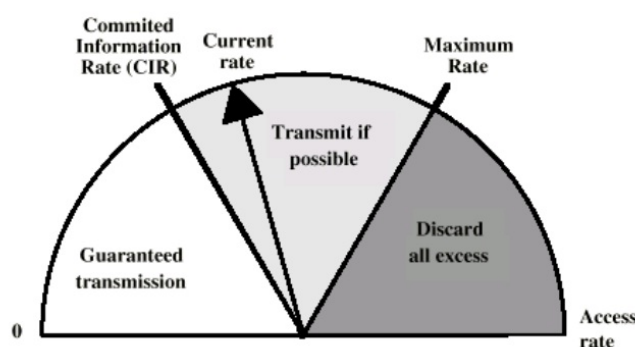


Figura 06 – CIR do Frame Relay.
Fonte: Forouzan, 2008.

Uma rede frame relay interligando duas redes locais pode ser vista na figura 07.

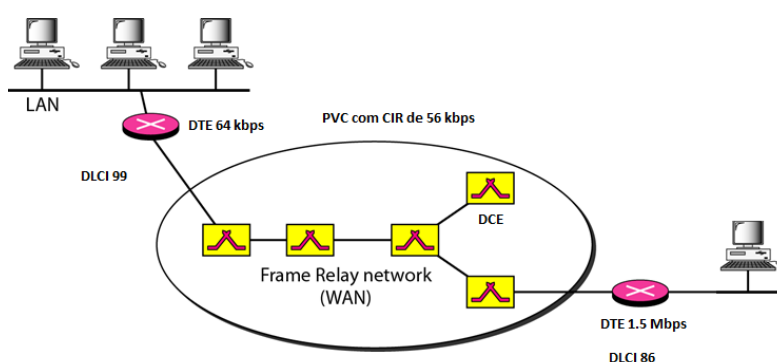


Figura 07 – Rede Frame Relay.
Fonte: Forouzan, 2008.

ATM – Modo de transmissão assíncrona.

O ATM foi projetado para transferência em alta velocidade de voz, vídeo e dados por redes públicas e privadas de modo eficaz em termos de custo. Foi o

padrão dos anos 80/90 para altas taxas de transmissão (155 Mbps a 622 Mbps e mais altas). Ele é baseado em uma rede de pacotes de tamanho fixo (53 Bytes), denominados células e também utiliza o conceito de circuitos virtuais. O ATM, também, permite a implementação de QoS.

O ATM é definido pelo modelo de referência ATM, que pode ser visto na figura 08.

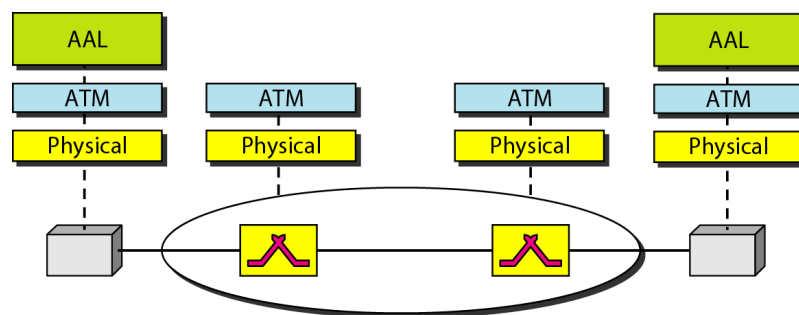


Figura 08 – Modelo de Referência ATM.
Fonte: Forouzan, 2008.

O modelo ATM é definido pelas seguintes camadas:

Camada Física: Converte bits em células, faz o controle de transmissão e recebimento de bits no meio físico, faz o monitoramento das divisões de células ATM e o empacotamento das células nos tipos de quadros apropriados ao meio físico.

Camada ATM: Combinada com a camada de adaptação, é ligeiramente análoga à camada de enlace de dados. Ela é responsável por estabelecer as conexões e transmitir as células através da rede ATM.

Camada de adaptação AAL: Tem a função de adaptar as camadas superiores (aplicações IP ou nativas ATM) para a camada ATM abaixo. A AAL está presente apenas nos sistemas finais, não nos comutadores ATM (“switches”). Ela implementa vários serviços através das AALs. Em que temos:

- AAL1: para serviço CBR (taxa de bit constante), ex.: emulação de circuitos para tráfego de voz.
- AAL2: para serviços VBR (taxa de bit variável), ex.: vídeo MPEG
- AAL5: para dados (ex.: datagramas IP).

O ATM também trabalha com circuitos virtuais permanentes para conexões de longa distância, em que temos tipicamente como uso uma rota “permanente” entre roteadores e os circuitos virtuais comutados que são dinamicamente criados numa base por chamada.

Como vantagem do uso de circuitos virtuais no ATM temos a garantia de QoS (banda passante, atraso, variância de atraso) para conexões mapeadas em circuitos virtuais. Como desvantagens temos um suporte ineficiente ao tráfego de datagrama, um PVC entre cada par origem/destino não tem boa escalabilidade, circuitos virtuais comutados introduzem latência de estabelecimento de conexão e atrasos de processamento para conexões de curta duração.

Metro Ethernet.

O Metro Ethernet é uma rede metropolitana que disponibiliza serviços de conectividade utilizando protocolos Ethernet. Sua principal vantagem é o baixo custo, se comparado a outras tecnologias. Possui uma melhor granularidade e facilidade no aumento de banda. Sua transmissão é baseada em pacotes e possui interoperabilidade com as redes LAN, além de poder ser implementado com o conceito de VLAN tradicional. Sua velocidade pode variar de 1Mbps a 10Gbps.

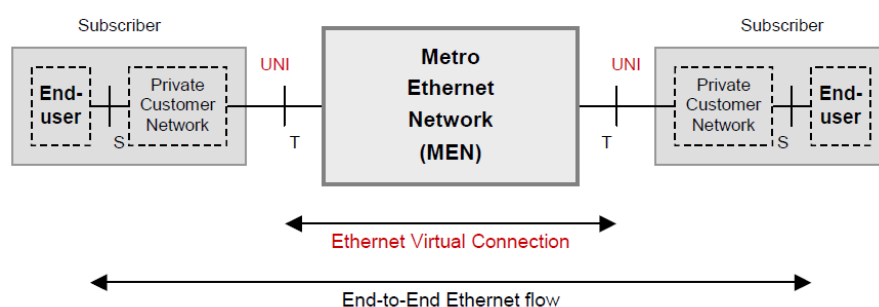
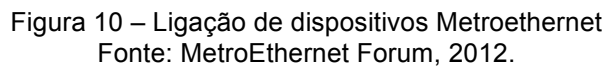


Figura 09 – Arquitetura Metroethernet
Fonte: MetroEthernet Forum, 201208.

Uma Metro Ethernet Network (MEN) é dividida em três segmentos:

- Metro Access: representa a parcela da última milha que alcança o cliente Final.

- Na metro Access, o cliente liga a sua rede Ethernet, através de uma interface Ethernet de 10 Mbps, 100 Mbps ou 1 Gbps ao equipamento de rede disponibilizado pela operadora de telecomunicações que proverá o serviço de MetroEthernet (Figura 10).



9

Em relação à largura de banda. O provedor pode fornecer largura de banda por UNI, por EVC (Circuito Virtual Ethernet) ou por CoS (Classe de Serviço).

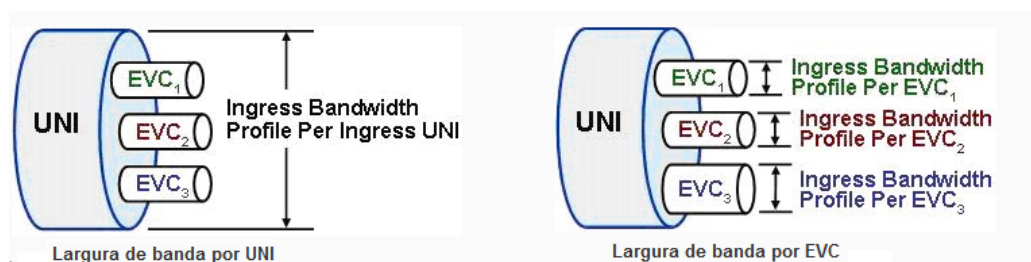


Figura 12 – Largura de Banda Metroethernet
Fonte: blog ccna¹ 2012.

MPLS - (Multi Protocol Label Switching)

O MPLS surgiu com a popularização da internet e a diversificação de seus serviços. Ele acomoda os requisitos de serviço e gestão de largura de banda imposta pelas redes de *backbone* de nova geração baseadas na tecnologia IP, possuindo os benefícios de gerência, escalabilidade, disponibilidade, desempenho, interoperabilidade e segurança. **Possui gerenciamento avançado de QoS e Engenharia de Tráfego** e agrega segurança com o uso de VPN. Ele é definido pela RFC 3031.

O MPLS acrescenta um rótulo na frente de cada pacote, e o encaminhamento é baseado no rótulo, em vez do endereço de destino. Um rótulo (label) é um identificador curto de tamanho fixo e fisicamente contíguo, que serve como um índice para tabela de encaminhamento.

Definições do MPLS.

- LSR (Label Switch Routers): São os roteadores de comutação por rótulos.
- LSP (Label Switch Path): Consiste em um caminho lógico por onde os pacotes deverão trafegar.
- FEC (Forwarding Equivalency Class): A FEC consiste num conjunto de parâmetros que irão determinar um caminho para os pacotes.
- LER (Label Edge Routers): Roteadores de Borda - Tem a função de encaminhar e controlar, a inserção do rótulo ao pacote e de atribuir os pacotes a uma classe de encaminhamento FEC.

¹ Site Blog CCNA: <http://blog.ccna.com.br/2008/04/27/metro-ethernet/>

- LIB (Label Information Base): é a tabela de encaminhamento por rótulo.

Quando um pacote IP entra numa rede MPLS, o LER irá associá-lo a uma FEC, caso já exista uma FEC para este pacote. Caso contrário o LER irá criar uma FEC para este. Desta forma o pacote receberá uma etiqueta e como a FEC está relacionada a uma LSP, o LER encaminhará o pacote através desta LSP (GTA UFRJ, 2012). Nos saltos seguintes não há nenhuma análise do cabeçalho da camada de rede do pacote. A cada LSR pelo qual o pacote passa, os rótulos são trocados, pois cada rótulo representa um índice na tabela de encaminhamento do próximo roteador. Sendo assim, quando um pacote rotulado chega, o roteador procura em sua tabela MPLS pelo índice representado pelo rótulo. Ao encontrar este índice o roteador substitui o rótulo de entrada por um rótulo de saída associado à FEC a que pertence o pacote. Depois de completada a operação de troca de rótulos o pacote é encaminhado pela interface que está especificada na LIB.

Quando o pacote chega ao LER de saída da rede MPLS, o rótulo é removido e o pacote é encaminhado pela interface associada à FEC a qual pertence o pacote. Neste momento o pacote deixa de ser analisado pelo protocolo MPLS e é roteado normalmente pelos protocolos de roteamento, como o OSPF e BGP.

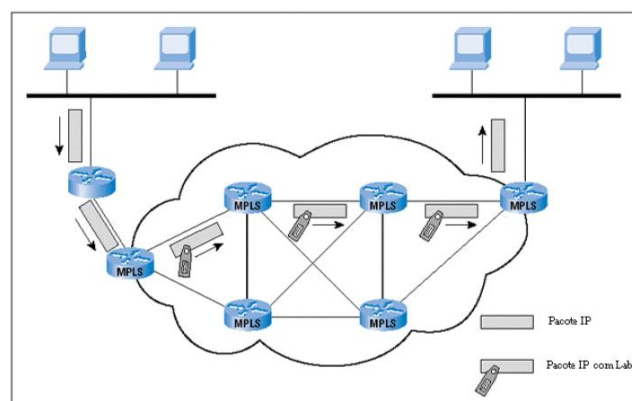


Figura 13 – Tráfego IP em uma rede MPLS
Fonte: GTA UFRJ², 2012.

Na figura 14 temos um Frame MPLS.

² Site GTA UFRJ: http://www.gta.ufrj.br/grad/04_2/MPLS/funcionamento.htm

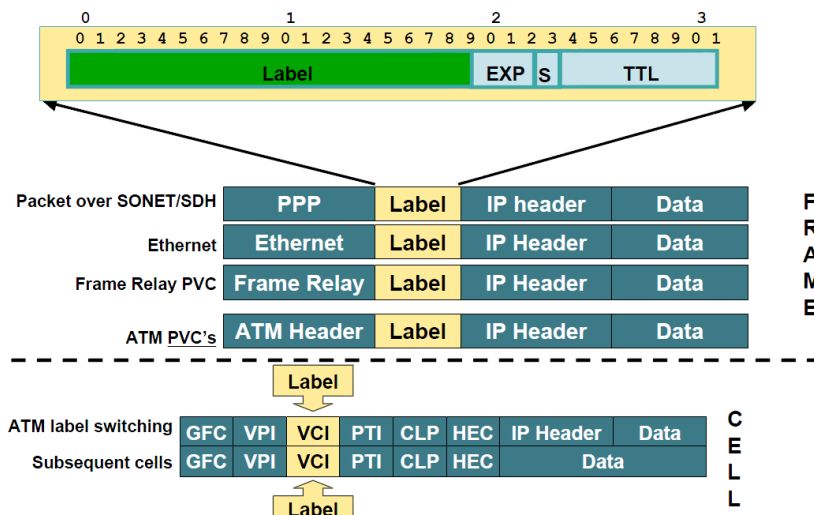


Figura 14 – Frame e cabeçalho MPLS

Na figura 15 temos um exemplo de roteamento MPLS

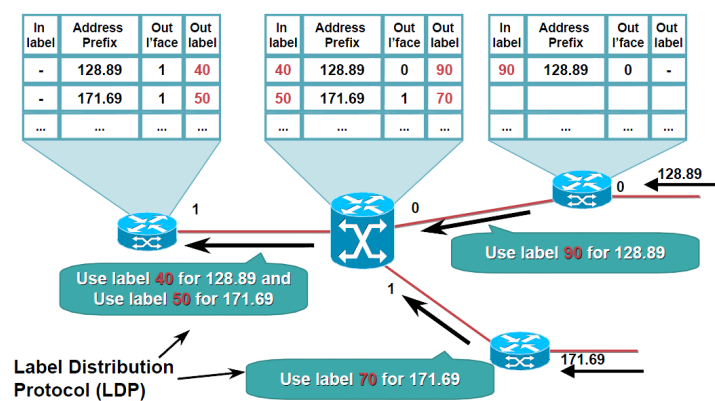


Figura 15 – Roteamento MPLS.

O MPLS possui as seguintes Classes de Serviços.

- Vídeo: Serviço para o transporte de vídeo.
- Voz: Serviço para o transporte da voz.
- Dados com alta prioridade (D1). Trata-se da classe de serviço que possui mais o elevado nível de prioridade para os dados.
- Dados prioritários (D2). Esta classe de serviço corresponde às aplicações não críticas que possuem exigências específicas em termos de banda concorrida.
- Dados não prioritários (D3), representando a classe de serviço menos prioritária.