Limitações de ambientes móveis:

- ➔ **Rede Móvel**
  - Heterogeneidade de multiplas redes indepentendetes
  - Queda de ligação frequente
  - Largura de Banda Limitada
- ➔ **Mobilidade**
  - Não existe noção de mobilidade pelos sistemas e aplicações
  - Problemas de manutenção de rotas nos routers
- ➔ **Dispositivo Móvel**
  - Pequeno tempo de vida da bateria
  - Capacidades limitadas

Internet hierárquica – Existe um backbone ISP que fornece serviço a ISPs cada vez mais pequenos, e estes eventualmente fornecem serviços aos utilizadores. No entanto a hierarquia não é respeitada.

Comutação de pacotes – Pacotes são encaminhados através de ligações partilhadas entre nós da rede. Optimiza o uso da largura de banda e minimiza a latência (tempo que pacote demora a atravessar a rede), aumentando a robustez da comunicação.

Comutação de circuitos – Pacotes são encaminhados através de uma ligação dedicada entre nós da rede, fazendo uso do máximo de largura de banda possivel.

Serviços de transporte de dados: Devem contemplar os seguintes critérios:

- ➔ **Perda de Pacotes**
  - Algumas aplicações estão susceptiveis a perda de dados (audio/video), outras não (transferência de ficheiros);
- ➔ **Largura de Banda**
  - Algumas aplicações requerem certa largura de banda para serem efectivas (multimedia), outras usam a que houver (aplicações elásticas, email, tranferência de ficheiros);
- ➔ **Temporização**
  - Algumas aplicações requerem baixos atrasos para serem efectivas (jogos), outras não têm limites (não têm requisitos de tempo real);
  - **Aplicações Elásticas –** Usam a largura de banda que conseguirem (transferência de dados por HTTP ou FTP);
  - **Aplicações Inelásticas –** Requerem determinada largura de banda (telefones, jogos);

Estrutura de uma rede – Os router fronteira definem:

- **Sistemas Autónomos (AS) –** O encaminhamento é intra-dominio, têm politicas internas próprias, e usam sobretudo os protocolos RIP e OSPF. Normalmente administrado por apenas uma entidade;
- **Interligação de ASs –** O encaminhamento é inter-dominio, e usam sobretudo o protocolo BGP;

Arquitetura da Rede

- ➔ **LAN (Local) vs WAN (Wide) vs MAN (Metropolitan)**
  - LAN opera numa área geográfica restrita, dentro de uma rede de pequeno-média dimensão permitindo partilha de dados (servidores, impressoras, segurança) entre

computadores e equipamentos. Normalmente implementadas com Ethernet e administrada por uma única entidade;
    - WAN não tem limites geográficos, liga nós sob dominios administrativos distintos;
    - MAN opera numa área geográfica para além da LAN mas restrita a uma comunidade (cidade por ex.). Apresenta assim desempenho de LAN, mas consegue operar sob dominios administrativos da WAN, ou seja, permite interligação entre locais de uma mesma organização, e permite ao mesmo tempo ligar as organizações.

➔ **Acesso**
    - Estabelece ligação entre o Core e o equipamento terminal;
    - Tem funções de distribuição e agregação de informação;
    - Vulnerável a ataques de segurança e avarias;

➔ **Core**
    - Grande capacidade de transporte;
    - Suporte para vários tipos de tráfego (QoS);
    - Elevada tolerância a falhas.

Tecnologias de Acesso

➔ **Dial Up**
    - Existência de um modem para a banda da voz que converte os dados em sinais eléctricos na banda dos 200Hz aos 3,4 Khz. No entanto é impossivel usar o serviço de voz enquanto estivermos a usar o de dados

➔ **xDSL (Digital Subscriber Line)**
    - Meio físico fixo de cobre, utilizado para serviço de voz fixo, reutilizado para acessos de banda larga e serviços de dados
    - Dedicado desde o operador até ao cliente, fazendo uso da tecnologia de transporte ATM
    - Possibilidade de atribuição de um endereço público permanente
    - Tem como principais elementos:
        - Modem ADSL ou ATU-R (ADSL Termination Unit – Remote)para acesso à rede por parte do cliente
        - DSLAM (DSL Access Multiplexer) que permite a concentração de dados de multiplas linhas DSL para ligação à rede Core (devido às limitações de banda máxima e perdas evoluiu-se depois para o DSLAM IP com QoS e Multicast IP)
        - BBRAS (Broadband Remote Access Server), que termina ligações para o cliente e para a rede (usado para routing e QoS)
        - Servidor AAA (Authentication, Authorization and Accounting), faz o que os AAA dizem
    - Tem vários tipos:
        - ADSL (Asymetric, 24Mpbs downstream, 3.3Mbps upstream), SDSL (Symmetrical, >0.768 Mbps em cada direção), HDSL (High bit-rate, 2 Mbps em cada direção), VDSL (Very High Speed, 51.84 Mbps downstream, 16Mbps upstream). Quando o ADSL não chega a todos os clientes, instalam-se mini e micro DSLAMs (DSLAM com menor capacidade).
    - Faz uso de vários protocolos
        - PPP (Point-to-Point Protocol), usado nos acessos Dial-Up ao ISP, possibilita a identificação do utilizador, com autenticação (CHAP e PAP);

        - PPPoE (over Ethernet), usados nos ISPs ADSL, permite controlar o acesso de uma forma já conhecida pelos utilizadores, ao nivel do utilizador e não local. É possivel escolher o ISP

➔ **CATV (Community Access Television)**

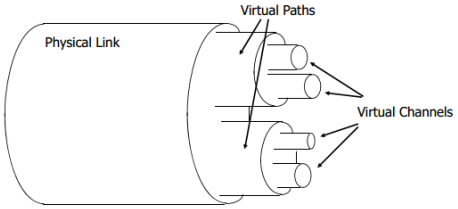
- Rede uni-direcional para difusão de canais de televisão (evoluiu para bidirecional para transporte de dados)
- Composta por cabo coaxial e óptico (HFC – Hybrid Fiber Coaxial), todos os terminais na rede recebem o mesmo sinal, sendo necessário depois mecanismos de segurança para privacidade
- DOCSIS (Data-Over-Cable Service Interface Specification), faz uso dos canais de TV para transporte de tráfego digital (dados, voz e video), com uma mesma banda para todos os utilizadores
- Tem como principais elementos:
    - Modem por cabo ou router por cabo ou set-up-box para o cliente
    - CMTS (Cable Modem Termination System) para o operador, com capacidade para gestão de pilhas IP, atribuição de recursos MAC e adaptação de meios físicos e lógicos

➔ **WLAN (Wireless LAN)**

- Acesso sem fios a serviços de Internet, usando mecanismos e protocolos de rede local
- Temo como principais vantagens a mobilidade, disponibilidade, baixo custo de instalação da estrutura de suporte e facilidade de instalação e utilização do terminal, e a capacidade de existência em locais públicos (PWLAN, que fazem uso de um AZR (Access Zone Router) para routing IP entre vários terminais, com a gestão de endereços IP a cargo de um servidor DHCP)
- Capacidade para um unico AP de suportar vários SSID, podendo cada um deles ter o seu próprio processo de autenticação e politicas de QoS

➔ **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**

- Mecanismo orientado à conexão (necessidade de estabelecer uma comunicação primeiro), baseada na comutação de células de dados (53 bytes) que transportam pacotes com determinado tamanho
- Uma rede ATM é hierárquica, com equipamentos de utilizadores a ligarem-se por UNI (User-Network-Interface) e ligações entre redes feita por NNI (Network-Network Interface)
- Permite altas velocidade de transferência e baixa perda de dados quando usados em fibras ópticas
- Dois tipos de conexão:
    - Virtual Path Connection, identificado pelo Virtual Path Identifier (VPI) no pacote
    - Virtual Channel Connection, identificado pelo Virtual Channel Identifier (VCI) no pacote.
    - Um determinado Channel corresponde a um determinado Path



- A inserção de dados nas células é feita pelo protocolo AAL (ATM Adaptation Layer). Está dividido em:

        - Convergence Sublayer (SA) - Controla o fluxo de dados para e desde o SAR sublayer;
        - Segmentation and Reassembly Sublayer (SAR) - Converte dados para células no remetente, e converte células para dados no receptor;
    - Fornece dois tipos de conexões:
        - Permanent Virtual Connections (PVC) - Conexões configuradas automáticamente pelo administrador da rede;
        - Switched Virtual Connections (SVC) - Configuradas pelo utilizador receptor através de sinais.

➔ **Ethernet**

- Redes baseadas em ligações P2P (Ponto a Ponto), que usam comutadores de nivel 2;
- Fornece alguns novos protocolos
    - IEEE 802.1s (MTP – Multiple Spanning Trees)
    - IEEE 802.1w (RRSP – Rapid Reconfiguration of Spanning Tree)
    - IEEE 802.17 (RPR – Resilient Packet Ring working group)
    - IEEE 802.3ad (Link Aggregation)
- Apresenta algumas limitações:
    - Suportar um número elevado de clientes
    - Fiabilidade e recuperação de falhas
    - Mecanismos de QoS poderosos
    - Separação do tráfego de clientes

BGP (Border Gateway Protocol)

➔ **Encaminhamento entre sistemas autónomos que usa o protocolo de transporte TCP**

- Todos os pares trocam as suas rotas na primeira sessão estabelecida. Sempre que houver alterações na rede, as rotas têm de ser atualizadas;
- Mesmo AS – IBGP (Internal)
    - Um router nunca encaminha um pacote aprendido por um peer IBGP para outro peer IBGP mesmo que esse caminho seja o melhor (excepto se o router for refletor);
    - Routers IBGP num mesmo AS têm de manter uma sessão IBGP com todos os outros routers IBGP do mesmo AS (mesh - malha) para obter informação de routing sobre redes externas;
    - Algumas redes usam também um IGP como o OSFP;
- Diferentes AS – EBGP (External)
    - Um router reencaminha um pacote aprendido por um peer EBGP para outro peer EBGP ou IBGP
- Faz uso de Path-Vector:
    - O vector transporta a lista dos AS percorridos pelo pacote;
    - Um EBGP peer junta o seu AS ao vector antes de reencaminhar para outro EBGP peer;
    - Um IBGP peer não junta o seu AS ao vector porque vai reencaminhar dentro do seu AS;
- Pode fazer uso de routers Reflector
    - Fazem o mesmo que o IBGP faria dentro de um AS

➔ **Tipos de AS:**

- Single-Homed, apenas tem um router fronteira para chegar a redes fora do AS;

- Multi-Homed Non Transit, possui mais de um router fronteira, mas não transporta tráfego de outro AS;
- Multi-Homed Transit, possui mais de um router fronteira e transporta tráfego de outro AS;

➔ **Pacotes BGP:**

- OPEN – Os routers usam mensagens OPEN para estabelecer relações de vizinhança (declaram o nº do AS);
- UPDATE – Mensagem que transporta informação sobre atualizações de encaminhamento entre os routers.
  - Routers Withdrawn – redes IP que não podem ser atingidas;
  - Path Attributes – Definem a rota e politicas de encaminhamento;
  - NLRI (Network Layer Reachability Information) – lista com redes destino anunciadas;
- KEEPALIVE – Se não houver atualização de rotas, os routers trocam mensagens destas para manter a relação de vizinhança;
- NOTIFICATION – Transmitidas em situações de erro ou para terminar ligação;

➔ **Atributos BGP**

- Well-Known Mandatory
  - AS_PATH – quando uma rota passa num AS, o número dele é adicionado a uma lista de AS;
  - Next_hop – endereço IP usado para alcançar router anunciante. Para o EBGP é o endereço IP da ligação entre peers, para IBGP o next-hop EBGP é transportado dentro do AS local;
  - Origin – indica como o BGP aprendeu determinada rota (IGP, EGP, Incomplete);
- Well-Known Discretionary
  - Local Preference – Usado para escolher um ponto de saída do AS local (propagado ao longo do AS);
  - Atomic Aggregate – Alertar routers que algumas rotas específicas foram agregadas noutras menos especificas, sendo as mais especificas perdidas;
- Optional Transitive
  - Aggregator – Informa sobre o AS que fez a agregação, fornecendo o IP do router que originou a agregação;
  - Community – Agregar rotas com propriedades comuns. Podem ser *No-export* (não anunciam a rota aos peers EBGP), *No-advertise* (não anunciam rota a nenhum peer), *Internet* (anunciam rota a todos os routers da Internet);
- Optional Non-Transitive
  - Multi-exit-discriminator – Usado para sugerir um AS a outro AS externo, sendo usado o valor mais baixo de métrica;
- Cisco-Defined
  - Weight – Atributo que determina rota a usar quando existem mais de uma rota para mesmo destino;

➔ **Filtragem BGP**

- Route Filtering – define-se uma access list aplicada aos updates de e para um vizinho;
- Path Filtering – define-se uma acess-list com determinadas condições de entrada e saída;
- Communities – define-se um atributo do Community a aplicar ao update de um router;

- ➔ **Route Maps**
  - Usadas para controlar e modificar informações de encaminhamento (definindo as condições que levam a isso);
- ➔ **Sincronização**
  - Se um SA encaminha tráfego de um SA para outro SA, o BGP não deve anunciar a rota antes que todos os routers desse SA aprendam essa rota por IGP;
- ➔ **Route Reflector**
  - Sem um route reflector, a rede tem de aprender todas as rotas por IBGP mesh;
- ➔ **Redistribuição de rotas**
  - **IGP por BGP –** Simplifica a configuração do BGP, e este vai anunciar apenas rotas internas que possuam conetividade;
  - **BGP por IGP –** Todas as rotas internas conhecem as externas, o que vai aumentar o tamanho das routing tables, e evita o uso de rotas internas por omissão;
- ➔ **Conflitos BGP E IGP –** Podem ser causados por routers internos sem BGP, não redistribuição de rotas BGP por IGP ou rotas IGP por omissão. As soluções são ajustar as rotas IGP, e estabelecer as vizinhanças BGP e routing interno por tuneis IP-IP (manualmente configurados);

Roteamento baseado na fonte – Os pacotes transportam, desde a fonte, uma lista de endereços de routers pela qual eles têm de ir até chegar ao seu destino (usa-se o campo *Options* do datagrama IP).

Rede MPLS – Rede onde os pacotes estão identificados com um label (valores pequenos) do primeiro hop. Os routes encaminham os pacotes conforme o label deles. Isto vai simplificar todo o processo de encaminhamento, simplificando a gestão de rede. Apresenta os seguintes elementos:

- FEC (Forwarding Equivalence Class) – Identificam grupos de pacotes MPLS tratados da mesma forma;
- LSR (Label Switching Router) – Routers do mesmo dominio que formam um dominio MPLS;
- LER (Label Edge Router) – Interagem com o exterior do dominio;
- LSP (Label Switched Path) – Caminho por onde circulam os pacotes numa rede MPLS;
- LDP (Label Distribution Protocol) – Protocolo usado para controlar o FEC, a distribuição de labels e estabelecer e manter LSP's;
- LFIB (Label Forwading Information Base) – Tabela de encaminhamento criada por protocolos de encaminhamento e labels:
- LSP Tunneling – Explicia LSP entre dois LSR que não estão diretamente conectados:
- Multi-Level Label Stack – Pilha FIFO que contém os labels dos pacotes MPLS;

Para descoberta da rede MPLS, os routers mandam pacotes "Hello" entre si para se conhecerem. Mais tarde vão enviando mensagens KEEPALIVE para manterem a conexão. Para estabelecerem um LSP, um LSR upstream manda uma mensagem de label request com FEC para um LSR downstream. Este ao receber o request pode responder de dois modos: ordenado, apenas respondendo com o seu label quando obtiver o label do downstream, ou independente, respondendo mal receba o request. Um LSR pode manter guardados os labels de dois modos: conservativo, onde apenas guarda os labels dos seus next-hops (quando há espaço limitado para labels) ou de modo liberal, guardando quaisquer labels (para adaptações rápidas a mudanças de rotas).

Encaminhamento básico restringido – O objetivo do encaminhamento é determinar o caminho de menor custo (cada link tem um custo) por forma a não violar algumas restrições estabelecidas (largura de banda, atraso, prioridade, etc). Esses caminhos vão ser descobertos, procedendo-de à reserva de recursos ao longo desses caminhos, especificação do LSP e encaminhamento do tráfego.

RSVP (Resource Reservation Protocol) vs LDP - Protocolos com aproximações emergentes/competidoras/duelistas. Normalmente diriamos "Usa LDP para simplicidade, usa RSVP se queres garantir largura de banda".

- ➔ **LDP -** Ao ligarmos o LDP, as labels são automaticamente anunciadas para cada rota. Temos LSP's instantâneas, labels atribuidas a todas as interfaces, mesmo aquelas que não precisamos. Podemos também incorporar politicas de QoS mas estamos limitados aos bits EXP. As mensagens LDP dividem-se em quatro categorias:
  - Discovery Mesages – anunciar e manter rotas LSP na rede;
  - Session Messages – estabelecer, manter e terminar sessões LDP entre pares;
  - Advertisement Messages – criar, alterar e apagar labels para FEC's;
  - Notification Messages – fornecer informação importante ou sinalizar erros;
- ➔ **RSVP-TE (Traffic Engineering)** - cria uma LSP cujos parâmetros podem ser configurados manualmente. Caso os parâmetros estejam de acordo com as bases de dados de TE, então a conexão é estabelecida. Pode incorporar também politicas de QoS.

Prioridade LSP – As prioridades do LSP dividem-se em "Setup Priority" e "Holding Priority", ambos com 8 niveis de prioridade. A prioridade é fulcral sempre que na rede um LSP requer requisitos não disponiveis, ou então em casa de falha na rede. Uma LSP pode "roubar" recursos de LSP existentes cuja "Holding Priority" < "Setup Priority"

MPLS-VPN (Virtual Private Network) – Uma VPN é uma rede segura formada entre nós que podem comunicar de forma segura por canais seguros partilhados.

- ➔ MPLS L3 VPN – Fornece capacidade de desenvolver e administrar serviços de camada 3 a clientes de négocio;
- ➔ MPLS L2 VPN – Conectividade entre clientes ao nivel de redes de camada 2;
- ➔ MPLS-TE – Faz uso das capacidades de forwarding do MPLS e implementa TE fornecendo mais capacidades de roteamento a redes MPLS.

Rede Overlay – Rede construida com base numa já existente. Pode consistir em software de encaminhamento instalado em sites desejados, ligados por tuneis ou links diretos (exemplo disso as P2P e as CDN's).

CDN (Content Distribution Network) – Uma CDN é uma rede de servidores que fornece conteúdo aos utilizadores com base num servidor original. O objetivo é fornecer informação de forma rápida, e com alto desempenho, sem ter de sobrecarregar o servidor original (permitindo maior largura de banda e disponibilidade no acesso ao conteudo). Os CDN fornecem grande parte do conteúdo online hoje em dia (ficheiros descarregaveis, aplicações, ficheiros web, etc). Um operador CDN é pago pelos servidores originais para fornecerem conteudo, e em contra partida, um CDN paga ISP's e operadores de rede por estarem alojados no servidor original.

P2P (Peer-to-Peer) – Rede onde cada computador presente nela pode agir como cliente ou servidor para outros computadores na rede, permitindo partilha de dados (audio, video, informação, etc). Neste modo não há uma infraestrutura central, há uma descentralização da rede. Um nó na rede (computador) que pretender ser servidor vai ter de fornecer uma parte das suas capacidades (energia de processamento, espaço de disco, largura de banda) para os outros nós na rede poderem aceder-lhe. Não há uma monitorização central de um servidor. Existe em três modos de disponibilização da informação:

- **Centralizada –** Existe um servidor central para upload e download de ficheiros (Google). Tem como grandes vantagens o rápido tempo de resposta e pesquisas eficientes, mas como

desvantagens a estrutura (em caso de falha não há como aceder), existência de administração e custo;

- **Distribuida/Flooding –** Qualquer nó na rede pode atuar como servidor para upload/download (Gnutella). Tem como grandes vantagens o bom tempo de resposta e escabalibilidade, não existência de uma estrutura e administração, em caso de falha podemos tentar outros nós. Apresenta como fraquezas o elevado tráfego feito, não realização de buscas estruturadas e rápidas;
- **Hibrida –** Misto de centralizada e distribuida, para redundância. Tem como vantagens a não existência de um ponto de falha central, pesquisas eficientes e como desvantagens, maior complexidade de nós.

As redes P2P podem ser construidas de duas formas:

- **Destruturadas** – Construidas quando a rede overlay é estabelecida arbitrariamente. Quando um par quer encontrar um pedaço especifico de informação, tem de fazer flood à rede;
- **Estruturadas** – Implementam os protocolos adequados para assegurar quem qualquer par na rede é capaz de encaminhar o cliente para um par com os ficheiros pretendidos, mesmo que o ficheiro seja raro (DHT – Distribution Hash Table).