

1. Introdução e 2. Rede Fixa de Telecomunicações

- 1. O acesso de banda larga a um utilizador residencial pode ser disponibilizado em três suportes físicos - par de cobre, cabo coaxial e fibra ótica. Refira as principais características distintivas de cada um destes tipos de acesso, apoiando a explicação com uma figura ilustrativa com as correspondentes configurações físicas até ao nó de acesso local**

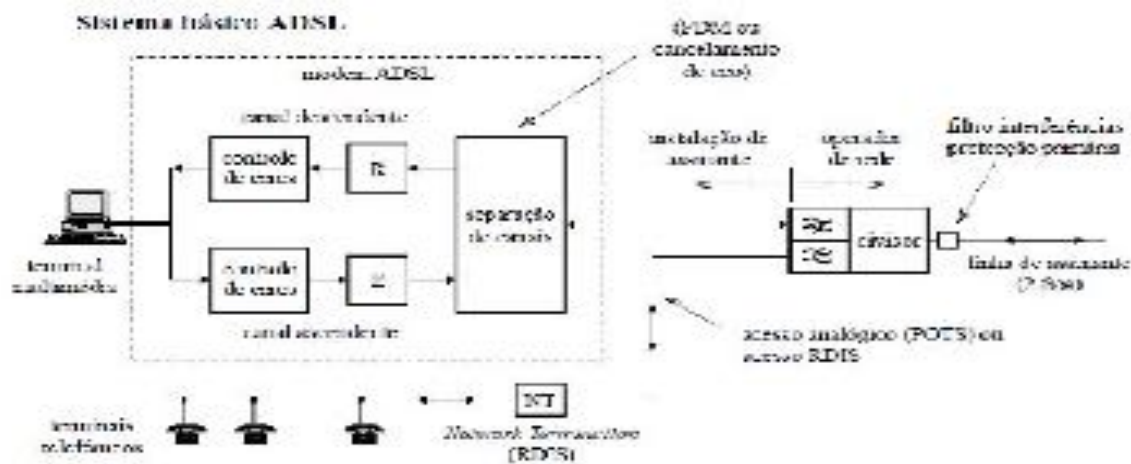
R: O par de cobre caracteriza-se por apresentar uma alta taxa de transferência de dados, ser flexível, baixo custo e de fácil manutenção. Em contrapartida, tem como desvantagem não ser imune a interferências externas e apresentarem um curto alcance sem perdas (necessitam de regeneradores/repetidores)

O cabo coaxial tem como vantagem o facto de terem uma alta velocidade de transmissão de dados independentemente do comprimento do cabo (não precisam de regeneradores); terem uma blindagem especial que os tornam imunes a interferências elétricas ou magnéticas. No entanto, estão a cair em desuso, uma vez que estão propensos a maus contactos (o que os obriga a conetores mais caros) e serem pouco flexíveis.

A fibra ótica tem como vantagens a capacidade de transmitir grandes quantidades de informação; serem de dimensões reduzidas; serem imunes a interferências eletromagnéticas e apresentarem uma maior segurança do sinal. No entanto, tem como desvantagens o seu custo, a impossibilidade de alimentação remota dos repetidores e a fragilidade das fibras em encapsulamento.

- 2. O acesso analógico por par de cobre ainda é utilizado para disponibilizar acessos à internet. Identifique uma das tecnologias que é usada para a transmissão de dados nesse contexto, e, através de um diagrama e de uma explicação sucinta, apresente as correspondentes configurações físicas da rede privada de assinante e da rede de acesso (apresente um único cenário à sua escolha).**

R: A tecnologia que usa transmissão de dados recorrendo ao par de cobre é o acesso ADSL. O acesso ADSL usa a linha telefónica existente e um modem fixo sempre ligado para suportar os serviços multimédia.



3. Um operador de telecomunicações fornece um serviço VOIP nómada. Caracteriza este serviço, descrevendo, nomeadamente, as suas funcionalidades e que recursos exige para ser disponibilizado.

R: O serviço VOIP é um serviço de voz sobre o IP suscetível de ser utilizado em vários locais, sendo prestado com recurso à numeração 30. A sua funcionalidade é efetuar/receber chamadas independentemente do local geográfico. Para ser usado requer um modem ADSL e um prestador de serviços ISP (Internet de banda larga).

4. Considere os modos de transferência de informação circuito e pacote, este último nas variantes datagramas e circuitos virtuais. Compare as três opções, apoiando a sua resposta em quatro (e não mais) critérios à sua escolha.

R: Os circuitos requerem um canal físico para cada circuito, necessitando de uma fase prévia de estabelecimento de conexão, sendo que ocorre competição de recursos nesta fase, uma vez que atribuídos os recursos estes só serão libertados no final da chamada. Além disso, este modo caracteriza-se pela multiplexagem determinística, tráfego constante, banda fixa, débito constante.

No modo pacotes a informação é fragmentada e enviada em pacotes. Caracteriza-se pela multiplexagem temporal estatística e pelo tráfego variável. Os datagramas não precisam de conexão. Cada pacote tem o seu endereço de origem e destino bem definidos e cada pacote é enviado independentemente dos outros. Nos circuitos virtuais há semelhança com o modo circuitos, pois requer o estabelecimento de conexão que é estabelecida através de dois sistemas terminais em cada extremo que negociam as características de conexão. Os endereços de origem e de destino são enviados nessa fase. Funcionamento semelhante a um “tubo”: o emissor envia pacotes de um extremo e o receptor retira-os pela mesma ordem.

3. Multiplexagem Digital

3.1 Considere um dado formato de trama de um sistema digital. Discuta justificadamente os seguintes aspetos de definição da trama, na perspectiva da otimização do desempenho do sistema: (a) comprimento da trama; (b) palavras de alinhamento de tramas; (c) multitramas.

R: Idealmente, seria preferível utilizar tramas de comprimento elevado permitindo a transmissão de mais informação ao mesmo tempo. No entanto, alguns canais, a transmitir, são de de baixo débito, levando à necessidade uma trama de alinhamento inicial e de realimentação maiores e de palavra de alinhamento mais longas para reduzir a probabilidade de imitação. Porém, o aumento da palavra de alinhamento leva a um aumento da probabilidade de serem frequentemente corrompidas por erros ocasionais, conduzindo, novamente a um aumento do tempo de alinhamento.

A escolha da palavra de alinhamento deve ter em conta uma imunidade a imitações anteriores à palavra, deverá ter uma baixa função de auto correlação e não deverá ser possível de ser imitada com erros simples ocasionais. Quanto maior a trama, maior deve ser a palavra de alinhamento de forma a que a probabilidade de imitações não se eleve.

Para resolver o problema das tramas longas, surgiram as multitramas, que são basicamente tramas longas constituídas por sub tramas elementares. Cada uma delas tem uma palavra de alinhamento, sendo as palavras de alinhamento de multitrama constituída por bits adicionais. A estratégia de alinhamento da multitrama consiste em alinhar primeiro a trama e só depois a multitrama, levando a um menor tempo de alinhamento.

3.2 A robustez de um sistema de alinhamento de trama assenta, pelo menos em três fatores: (a) uma escolha conveniente de palavra de alinhamento de trama; (b) uma estratégia adequada para adquirir o alinhamento a partir da situação de desalinhado; (c) uma estratégia adequada para passar à situação de desalinhado quando ocorrem erros na situação de alinhamento. Apresente as recomendações mais relevantes relacionadas com cada um dos três fatores enunciados.

R: Uma escolha conveniente para a escolha de uma palavra de alinhamento é ser imune a imitações anteriores à própria palavra, ter uma baixa função de auto correlação e ser imune a erros simples ocasionais. Quanto maior a trama, maior terá de ser a palavra de alinhamento de forma a que a probabilidade de imitações não se eleve.

Existem dois métodos para adquirir o alinhamento a partir da situação de desalinhado:

- alinhamento em série em que a PA é pesquisada bit a bit, prosseguindo-se depois uma pesquisa trama a trama.

- alinhamento em paralelo, várias máquinas são iniciadas em paralelo a partir de todos os pontos em que é detetada a PA de trama, considerando-se que o sistema está alinhado quando uma delas entrar no estado de alinhamento.

De maneira a detetar erros de transmissão e impedir falsos alinhamentos é usado um método de verificação redundante - CRC. Este método baseia-se em atribuir a um conjunto de bits um valor de verificação obtido através do resto da divisão polinomial da sequência. Na receção, o mesmo cálculo é repetido e é verificado se coincidem, detetando-se assim o erro. Os CRC's permitem expandir a mensagem sem adição de informação, são simples de implementar em HW e são fáceis de analisar matematicamente.

3.3 Num sistema de transmissão digital, a escolha do padrão de bits da palavra de alinhamento de trama assume uma importância decisiva na fiabilidade da operação de alinhamento. Indique, em geral, que propriedades deverá ter a palavra de alinhamento de trama, e mostre, em concreto, que a palavra 01010101 é inadequada para este efeito.

R: Explicar as palavras de alinhamento (em cima).

A palavra 01010101 é inadequada para este efeito uma vez que tem uma função de auto correlação elevada e é bastante sensível a imitações anteriores a si, pois é formada por uma sequência de "01" e qualquer "01" que possa existir imediatamente antes vai levar ao programa assumir que a PA está onde não está.

3.4 Um determinado sistema de multiplexagem digital suporta um mecanismo em que é obtido um código CRC do lado da emissão, o que é calculado a partir dos dados a transmitir. Esse código é depois transmitido em conjunto com os dados.

a) Indique, justificadamente, que aplicações esse mecanismo poderá ter na operação do sistema.

R: De maneira a detetar erros de transmissão e impedir falsos alinhamentos é usado um método de verificação redundante - CRC. Este método baseia-se em atribuir a um conjunto de bits um valor de verificação obtido através do resto da divisão polinomial da sequência. Na receção, o mesmo cálculo é repetido e é verificado se coincidem, detetando-se assim o erro. Os CRC's permitem expandir a mensagem sem adição de informação, são simples de implementar em HW e são fáceis de analisar matematicamente.

b) Seria possível que o alinhamento de trama fosse efetuado com base apenas no código CRC?

R: Não seria possível, uma vez que o CRC pode apresentar valores distintos, caso a trama se encontre desalinhada. Assim, não seria possível saber quando encontrássemos o CRC, sendo necessário um conjunto de bits especiais de maneira a poder alinhar de novo a trama.

3.5 Num sistema de multiplexagem digital síncrona, um dos tributários perdeu a sincronização global do sistema passou a operar com um débito muito próximo do nominal, mas não sincronizado com os restantes tributários. Explique que problemas são expectáveis no funcionamento do sistema, após esta ocorrência.

R: Quando um tributário perde a sincronização global do sistema e deixa de estar sincronizado com outros tributários pode originar escorregamentos, que implicaria perda de bits ou inserção de bits falsos.

3.6 Numa rede GPON, é utilizado um sistema de alinhamento de trama baseado na seguinte máquina de estado: (imagem Hunt state, Pre Sync state e Sync state). Apresente uma descrição do funcionamento deste sistema, destacando, em especial, como se processa a pesquisa em cada estado.

R: No sync state, estado em que a trama se encontra alinhada, se detetar 5 campos de alinhamento incorreto entrará no hunt state. Neste estado, quando detetar 1 padrão de alinhamento, entrará no pre-sync state. Se o próximo estiver errado, ele retorna ao hunt state. Se os próximos 1/2 padrões de alinhamento estiverem corretos, ele retorna ao sync state. As pesquisas no sync state e no pre sync state são feitas trama a trama, procurando pelo padrão de alinhamento num sítio específico. A pesquisa no hunt state é feita bit a bit.

3.7 Um sistema de alinhamento de trama recorre unicamente a um padrão fixo de bits inserido numa palavra de alinhamento que procede todas as tramas. Mostre que vulnerabilidade este sistema apresenta e como pode ser eliminado.

R: Ao ser usado um padrão fixo de bits numa palavra de alinhamento podemos comprometer o sistema caso haja imitação deste valor. Um mecanismo que pode contornar este obstáculo é alternar um conjunto de bits do padrão entre padrões consecutivos de maneira a diminuir a probabilidade de imitações.

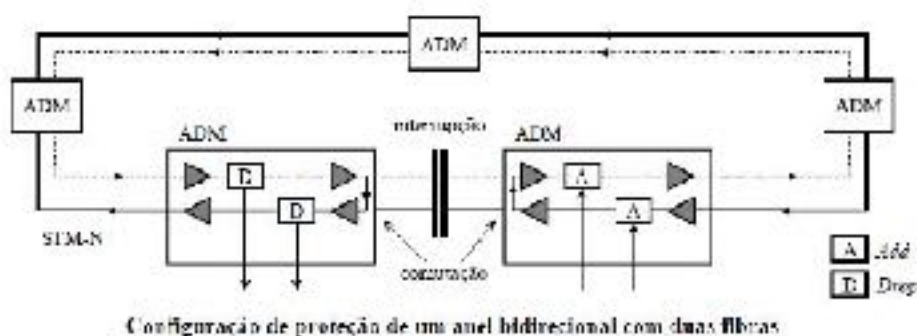
3.8 Uma das vantagens do sistema de multiplexagem SDH é exigir um pequeno conjunto de equipamento normalizados para desenvolver qualquer rede SDH. Justifique a afirmação.

R: Para o desenvolvimento do sistema de multiplexagem SDH é necessário:

- Regeneradores: regenera o relógio e a forma dos sinais de entrada. Possui canais de comunicação de 64kb/s para transmitir mensagens.
- Multiplexador terminal de linha: agrega sinais plesiócronicos e síncronicos de modo a formar sinais STM-N de débitos mais elevados.
- Multiplexador de inserção/extração (ADM) - permite inserir/extrair, quer sinais PDH, quer sinais SDH de débito mais baixo do que a linha.

- Nó digital de interligação (DxC)- proporciona funções de comutação apropriadas para estabelecer ligações semipermanentes entre canais E1, E3, E4 e STM-1 e permite restauro de redes.

3.9 Um sistema SDH em anel tem a possibilidade de incorporar mecanismos de proteção automática contra falhas. Presente um esquema em que esse mecanismo possa ser usado com eficácia.



R: Transmissão bidirecional em 2 anéis operacionais, com uma reserva de banda (50%). Em caso de falha reconstrói-se um único anel. Os ADM (Add Drop Multiplexer) comunicam da mesma forma antes e depois de ocorrer a comutação de proteção.

3.10 Num sistema de transmissão digital ocorrem erros de transmissão de bits. Tendo em conta os conceitos de anomalia, defeito e falha aplicados a sistemas de telecomunicações, indique em que circunstâncias de ocorrência de erros se poderá afirmar que estamos em presença de uma anomalia, de um defeito ou de uma falha.

R:

Anomalia é uma pequena diferença entre o sistema desejado e o sistema produzido, mas que não impede a execução de uma tarefa.

Defeito é uma frequência maior de anomalias que atingem um limite a partir do qual não é possível executar satisfatoriamente uma determinada função.

Falha é uma incapacidade de uma função executar uma determinada ação dentro de um tempo limite.

4 Sistemas de Transmissão

4.1 No projeto de transmissão por feixe hertziano, poderá ser necessário utilizar repetidores intermédios. Mostre em que circunstâncias tal utilização se torna indispensável.

R: É indispensável o uso de repetidores intermédios quando duas estações terminais não estão em linha de vista, isto é, na propagação do sinal não poderá haver obstruções (edifícios, vegetações, curvatura da Terra, ...). Sempre que estas existem devem ser usados repetidores para contornar os obstáculos.

4.2 Mostre por que razão a utilização de lasers de elevada pureza espectral tem um impacto significativo no desempenho de sistemas de transmissão por fibra ótica de elevada capacidade.

R: Os lasers de elevada pureza espectral tem um impacto significativo no desempenho de sistemas de transmissão por fibra ótica de elevada capacidade porque a pureza espectral define o quão próximo está esse laser de operar a uma única frequência. Na verdade, esta é uma métrica importante, porque quanto mais estreita for a faixa de frequências, maior será a informação transmitida/transportada. A utilização destes lasers também leva a uma redução da dispersão cromática.

4.3 Diga o que entende por órbita geoestacionária e órbita baixa de satélites de telecomunicações. Identifique 3 critérios relevantes de comparação e aplique-os a estes dois casos, indicando se constituem vantagens ou desvantagens para o desempenho do sistema.

R: A órbita geoestacionária consiste na órbita circular equatorial onde podem ser colocados satélites que, por sua vez, podem ser observados pelas estações terrestres sempre na mesma direção. Além disso tem um período de utilização de 24h e não precisam de constelações para cobertura local. Tem como desvantagem, as perdas em espaço livre.

A órbita baixa é feita a baixa altitude (bastante mais próxima da Terra), permitindo reduzir significativamente as perdas em espaço livre. No entanto, só é permitida a utilização em períodos curtos e é necessária uma constelação para cobertura local permanentemente.

4.4 Num sistema por feixe hertziano, diga o que entende por plano de frequências sobrepostas e explique as suas vantagens e desvantagens.

R: Um plano de frequências sobrepostas permite operar na mesma frequência com polarizações ortogonais. Na verdade, o plano de frequências sobrepostas tem como vantagens o facto de ter um melhor aproveitamento da banda de frequência. Tem como desvantagem, o facto de terem de ser tomadas medidas contra uma possível despolarização causada pelos efeitos de propagação.

4.5 Mostre por que razão a dispersão cromática em fibras de monomodo poderá constituir uma série limitação à transmissão de débitos elevados em longas distâncias (na sua

explicação, destaque por que razão o efeito da dispersão aumenta diretamente com o débito de transmissão e com o comprimento da ligação).

R: A dispersão cromática é constituída pela dispersão material e pela dispersão de guias de onda.

A dispersão material é o resultado dos diferentes atrasados causados pelos diferentes índices de refração, que variam não linearmente com o comprimento de onda.

A dispersão de guia de onda é o resultado da dependência do número V característico em relação a cada comprimento de onda da luz transmitida, uma vez que o atraso em cada modo varia não linearmente com o número V .

Concluindo, quanto maior o comprimento de onda ou o débito de transmissão mais se farão notar estes atrasos resultando numa maior dispersão.

4.6 Mostre por que razão a dispersão modal em fibras multimodo constitui uma séria limitação à transmissão de débitos elevados.

R: A dispersão modal em fibras multimodo constitui uma série de limitações à transmissão de débitos elevados porque resulta do facto do sinal ótico ser composto por vários modos de propagação que não possuem a mesma velocidade de propagação devido às diferenças de trajeto.

4.7 Um sistema de comunicações por feixe hertziano adota um plano de frequências sobrepostas. Através de um esquema apropriado, explique como são utilizados os canais na ligação, nos dois sentidos da transmissão.

R: já respondida

4.8 Um sistema de comunicações móveis por satélite recorre a satélites em órbitas de baixa altitude. Mostre como é possível disponibilizar este serviço em contínuo numa determinada região e compare esta arquitetura com uma alternativa baseada num satélite geoestacionário.

R: já respondida

4.9 Uma determinada região é servida por um anel DWDM com 4 nós baseados em OADM. Mostre de que forma uma rede em anel deste tipo seria capaz de sobreviver a uma falha total na ligação entre dois nós adjacentes (apresente um esquema que ilustre o funcionamento do anel nessa situação de falha).

4.10 Num sistema de comunicação por fibra ótica, a dispersão cromática é um fenómeno físico que limita a capacidade de transmissão do sistema. Justifique esta afirmação e mostre que, para uma determinada fibra e fonte ótica, o efeito da dispersão cromática aumenta proporcionalmente com o comprimento e com o débito da ligação.

R: O limite de propagação de um enlace é dado pela taxa de bit B , pela distância L , nas quais a recepção é isenta de erros.

4.11 Um sistema de comunicações móveis utiliza o modo de FDMA de partilha de recursos de um transpositor de um satélite. Mostre como é que duas estações podem comunicar entre si através do transpositor, em simultâneo com ligações equivalentes entre outras estações.

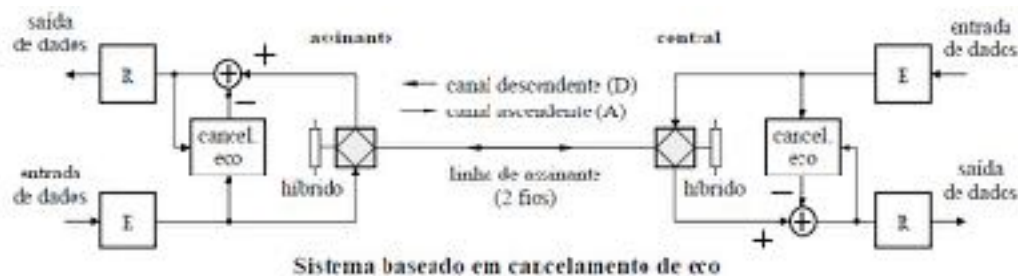
R: O FDMA é uma técnica de multiplexagem de múltiplo acesso que permite a todas as estações terminais acederem ao satélite ao mesmo tempo, mas apenas transmitem na sua banda. Assim, cada estação envia o seu tráfego através de uma portadora. As estações recebem todas as portadoras, mas apenas a estação que tem a mesma frequência que o emissor é que consegue recuperar os dados.

4.12 Uma determinada região é servida por um anel DWDM com 5 nós. Represente graficamente a estrutura dessa rede, e caracterize o funcionamento dos elementos da rede que poderão ser usados para assegurar a interconexão entre clientes ligados a quaisquer dos nós.

5. Redes de Acesso no Lacete Local

5.1 Numa das opções para o acesso ADSL, recorre-se a cancelamento do eco. Explique por que razão é necessário assegurar o cancelamento de eco, e mostre como opera o sistema, apoiando a sua explicação num diagrama apropriado.

R: O eco é uma consequência de uma desadaptação de impedâncias em circuitos híbridos, que se traduz na repetição atrasada dos sinais. No acesso ADSL, devido à passagem pelos cabos, equipamentos, ... esse atraso é significativo e causa perturbações incómodas. Daí surge a necessidade do cancelamento do eco. O cancelamento é feito através de um filtro adaptativo que sintetiza sinais interferentes e os remove do sinal recebido.

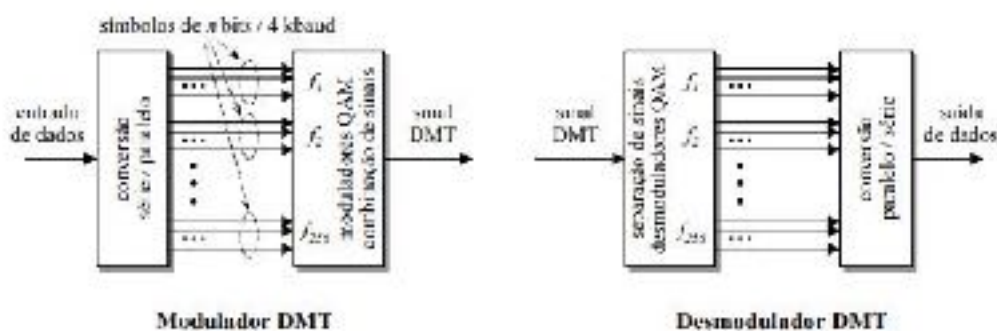


5.2 A modelação DMT é usada quer em sistemas ADSL quer em sistemas VDSL. Apoiando a sua resposta nas características deste tipo de modulação, mostre por que razão em linhas longas, e em contraste com as linhas curtas, o débito descendente em acessos VDSL é equivalente ao que se atinge com ADSL.

R: A tecnologia DMT maximiza o débito de transmissão de acordo com as características da linha e opera de forma adaptativa.

O princípio fundamental baseia-se em dividir a banda em 256 canais, sendo que cada canal transmite durante um intervalo de tempo definido de forma cíclica. Em cada canal, os bits são transmitidos em sub-portadoras moduladas em QAM. A modulação QAM é dinamicamente adaptada à relação S/N em cada canal, aproximando o sistema da capacidade teórica do canal.

A diferença entre o ADSL e o VDSL, é que este último possui uma largura de banda maior e usa 512 canais.



5.3 A modulação DMT (Discrete Multitone) é usada em sistemas ADSL. Caracteriza este tipo de modulação e mostre a sua capacidade para se adaptar eficientemente a diferentes condições de operação em termos de atenuação, ruído e interferências.

R: igual à anterior

5.4 Em sistemas ADSL, as interferências NEXT e FEXT constituem efeitos que afetam a transmissão digital. Caracterize cada um destes efeitos e compare-os, em termos de importância relativa.

R: A interferência NEXT é uma interferência próxima entre o emissor e o recetor e ocorre a um nível alto do interferente e a um nível baixo do interferido. A interferência FEXT é uma interferência remota ao longo da linha e ocorre a um nível baixo do interferente e do interferido. Ambas as interferências aumentam com a frequência, mas o NEXT é superior ao FEXT para a mesma frequência. A FEXT aumenta com o comprimento da linha.

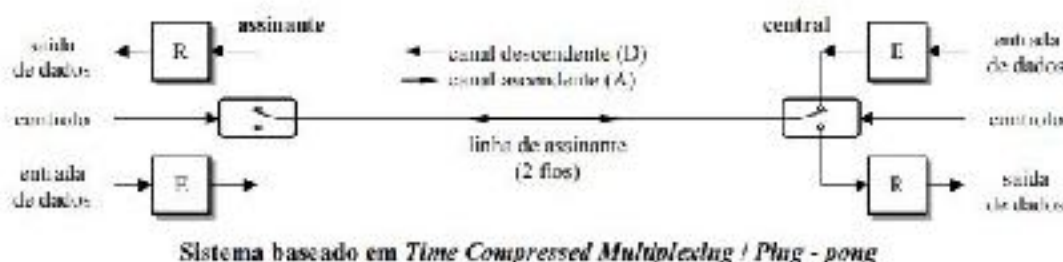
5.5 O circuito híbrido é um dispositivo essencial para assegurar telecomunicações sobre pares de cobre, quer em acessos analógicos, quer em acessos VDSL. Justifique esta afirmação.

O princípio fundamental consiste na correspondência de impedâncias. O sinal de entrada é aplicado tanto à linha telefónica com à rede de balanceamento, que é projetada para ter a mesma impedância da linha.

O sinal de saída resulta da subtração do sinal da rede de balanceamento ao sinal na linha telefónica, cancelando assim a transmissão de sinais recebidos. Estes circuitos são essenciais para os pares de cobre e para os acessos xDSL porque permitem o acoplamento à linha do transmissor e recetor.

5.6 Num sistema de transmissão digital bidirecional em pares de cobre, a interferência é um dos principais problemas a considerar. Justifique esta afirmação e mostre uma forma de minimizar o seu efeito.

R: O acesso RDIS tem problema com o NEXT (explicar conceito), o que obriga a uma maior coordenação na disponibilidade de ligações. Uma forma de minimizar o efeito é utilizar técnicas de transmissão bidirecionais TCM em que são reservados tempos de espera.



7. Sistemas de Comutação

7.1 Em comutadores de pacotes, poderão ser usadas matrizes de comutação de tipo M-S, isto é, com memória à entrada e comutação especial à saída. Explique como opera este tipo de matriz e mostre que tem um inconveniente grave.

R: A matriz M-S (memória à entrada) é caracterizada por em cada entrada, as células aguardarem numa FIFO a oportunidade de saída livre. A grande vantagem é que em cada ciclo de célula o FIFO é lida uma vez e escrito uma vez, por isso o andar especial opera à velocidade das entradas/saídas. Tem como desvantagem, o facto de poder haver bloqueios à entrada, o que pode provocar um atraso potencialmente excessivo na situação em que chegam N pacotes para a mesma fila.

7.2 Algumas arquiteturas de comutação de pacotes são particularmente eficientes porque comutam unidades de dados de pequena dimensão, de comprimento fixo. Contudo, os pacotes poderão ser relativamente longos e ter comprimento variável, pelo que é necessário adotar alguns processos de adaptação. Caracterize o mecanismo normalmente usado neste contexto.

R: Um dos principais básicos da comutação por pacotes é o uso de matrizes elementares de comutação de células com comprimento fixo, isto porque permitem uma maior simplicidade de comutação, a menor velocidade e exigindo o uso de multiplexadores e desmultiplexadores.

A comutação genérica de pacotes passa por segmentar os pacotes de comprimento variável à entrada, formando unidades menos de igual dimensão, comutado para a saída e reassemblados de forma a recuperar os pacotes originais.

O processo de comutação de cada célula pode introduzir atrasos variáveis, por isso é imperativo acrescentar uma etiqueta que permita à saída obter a ordenação inicial das células para reconstituir o pacote adequadamente.

7.3 Considere uma matriz de comutação de pacotes, com uma arquitetura especial memória (S-M). Em relação à correspondente arquitetura memória-especial (M-S), discuta qual a sua maior vantagem e qual a sua maior desvantagem (compare apenas dois critérios, não refira outros).

R: A arquitetura de memória M-S (memória à entrada) é caracterizada por em cada entrada, as células aguardarem numa FIFO a oportunidade de uma saída livre. Tem como vantagem, que em cada ciclo da célula a FIFO ser lida uma vez e escrita uma vez, por isso o andar especial opera à velocidade das entradas/saídas. Tem como desvantagem, o facto de poder haver bloqueios à entrada, o que pode provocar um atraso potencialmente excessivo na situação em que chegam N pacotes para a mesma fila.

Em relação à matriz S-M (memórias à saída) caracterizam-se por em cada saída, células aguardarem numa FIFO a oportunidade de saída livre. Tem como vantagem, minimizar atrasos, a matriz encaminha imediatamente as células de entrada para a fila de espera à saída. A desvantagem, prende-se com os requisitos de velocidade. Na verdade, a cada ciclo da célula FIFO pode ser escrito N vezes e lido uma vez, por isso o andar especial opera a uma velocidade N vezes a das entradas/saídas

7.4 Mostre que a comutação de pacotes de comprimento arbitrário pode ser assegurada por matrizes elementares de comutação de unidades de comprimento fixo (células).

R: respondida em 7.2

8. Passive Optical Fiber Access Network (PON)

8.1 Nos acessos por fibra ótica com topologia G-PON (Gigabit Enabled Passive Optical Network), explique como se processa a partilha da banda na ligação ascendente - explique, nomeadamente, que mecanismo são suportados para permitir que a ONU (Optical Network Unit) transmita.

R:

No tráfego ascendente, as ONU's partilham largura de banda, usando para isso a multiplexagem temporal de múltiplo acesso - TDMA. A OLT aloca largura de banda dinamicamente de acordo os níveis de fila de espera de cada ONU. Nesta operação é feita a medição do tempo de propagação ONU-OLT.

No tráfego descendente, a OLT manda informação em broadcast para todas as ONU's presentes usando multiplexagem temporal (TDM). Cada ONU capta a informação destinada ao seu endereço, descartando o resto da informação. A encriptação da informação é imperativa para manter a segurança das operações.

8.2 Nos acessos por fibra ótica com topologia GPON (Gigabit Enabled Passive Optical Network), explique como se processa a partilha da banda na ligação ascendente - - explique, nomeadamente, que mecanismo são suportados para permitir a multiplexagem estatística do tráfego com origem em diferentes ONU, destinado ao mesmo OLT.

R: igual à anterior.

8.3 Admite que pretende determinar o alcance máximo de acessos por fibra ótica numa rede com topologia PON. Indique que informação técnica relativa aos componentes da rede iria necessitar para calcular o referido alcance. Na sua resposta estabeleça a equação para o balanço de potência em função das características dos elementos constituintes da rede.

R: Para se poder calcular o alcance máximo de acesso por fibra ótica numa rede PON é necessário saber a potência mínima (sensibilidade) no receptor (P_r) e a potência de transmissão na fibra ótica (P_c). Com estes dados é possível fazer o balanço da potência (BP):

$$BP = P_c - P_r$$

De seguida, deve-se fazer o somatório das perdas nos componentes e o índice de atenuação da fibra (α). Assim, o alcance máximo é obtido por

$$L_{\max} = \frac{BP - \sum \text{Perdas_Componentes}}{\alpha}$$

8.4 Nos acessos por fibra ótica com topologia PON, são usadas as técnicas de transmissão TDM (Time Division Multiplexing) e TDMA (Time Division Multiple Access). Explique, neste

contexto, como funciona cada uma dessas técnicas, mostrando a sua aplicação na ligação aplicável, ascendente ou descendente.

R: A grande diferença entre TDM e TDMA é que o TDM os sinais multiplexados (partilha de recursos) e têm origem no mesmo nó (tráfego descendente). No TDMA os sinais multiplexados têm origem em diferentes nós (tráfego ascendente).

Na ligação ascendente, a funcionalidade de multiplexação de tráfego é centrada e orientada às conexões.

Na ligação descendente, a funcionalidade de multiplexação de tráfego é distribuída e orientada às conexões.

8.5 Em acessos GPON para utilizadores residenciais são suportados serviços telefónicos, de dados, de TV digital e de TV analógica. Indique que alocação de comprimento de onda é normalmente utilizada nesse caso, que interfaces são disponibilizadas ao utilizador para ligar os seus equipamentos e qual a importância de fornecer o serviço de TV analógica.

R: A codificação é feita com comprimento de onda, são atribuídos fluxos de comprimento de onda distintos. Na verdade, existem 3 gamas de comprimentos de onda distintos:

- Uma de downlink, outra de uplink e outra de RS analógica.

É importante disponibilizar o acesso analógico, pois assim permite que não seja preciso uma box por TV. Permitindo levar os 4 canais casa das pessoas que não queiram canais por cabo. Os equipamentos necessários são a box, router, ...

8.6 Compare as soluções de acesso de banda larga baseadas em VDSL (very high speed Digital Subscriber Line) e GPON do ponto de vista de meios físicos utilizados, topologia e serviços disponibilizados.

A tecnologia VDSL utiliza pares de cobre e consegue débitos muito elevados num único par, sobretudo em linhas curtas. Apresenta dois modos de operação: assimétrico (expande as aplicações ADSL) e simétrico (expande as aplicações SHDSL). Os meios físicos utilizados são a linha telefónica e um modem permitindo disponibilizar o acesso telefónico analógico ou RDIS como em ADSL, com a particularidade que não permite dados e voz ao mesmo tempo.

Uma PON é uma rede ótica ponto-multiponto que viabiliza o compartilhamento de uma única fibra ótica entre diversos utilizadores. Em sistemas PON todos os elementos ativos entre provedor e utilizadores são eliminados, ganhando por isso em simplicidade, fiabilidade, custo e manutenção. Os meios físicos são os terminais da linha ótica (OLT), as unidades de rede ótica e divisores passivos. Os serviços são o serviço telefónico, de dados, TV digital e TV analógica.