

REDES I - Anotações de aula

fpk07@c3sl.ufpr.br

04/06/2010

Sumário

1	Introdução	3
2	As 7 camadas	3
2.1	Aplicação	3
2.2	Apresentação ou tradução	3
2.3	Sessão	4
2.4	Transporte	4
2.5	Rede	4
2.6	Enlace ou ligação de dados	4
2.7	Física	4
2.8	As 4 camadas TCP/IP	4
3	O protocolo ATM	4
3.1	Correção de erros	4
4	Siglas de tipos de redes	4
5	VPI e VCI	5
6	HUB vs Switch	5
7	ADSL vs Cable Modem vs Wireless	5
7.1	Cable	5
7.2	ADSL	5
7.3	Wireless	6
8	Redes sem fio	6
8.1	Padrões	6
8.2	WiFi	6
8.3	WiFi: Padrões 802.11	6
8.4	Bluetooth	7
9	WiMax	8
9.1	Frequência vs potência vs qualidade vs alcance	8
10	Formas de multiplexação	8
10.1	WDM	9
10.2	CDM	9
10.3	FDM	9
10.4	TDM	9
10.5	Curiosidade: O OFDM	10
11	Codificação de sinal	10
11.1	Manchester	10
11.2	Manchester diferencial	11
11.3	NRZ-L	11
11.4	AMI	11
11.5	NRZ vs Manchester	11

12 Topologias de Rede	12
12.1 Barramento	12
12.2 Ponto a Ponto	12
12.3 Hierárquica ou Árvore	12
12.4 Estrela	13
12.5 Estrela estendida	13
12.6 Anel	13
12.7 Malha	13
12.8 Híbrida	13
12.9 Regra 5-4-3	13
13 Token Ring	13
13.1 FDDI	14
14 Colisões de Rede	14
14.1 Aloha Puro	14
14.2 Aloha Discreto	14
14.3 CSMA/CD	15
14.4 CSMA/CA	15
14.5 1-p-CSMA, p-CSMA e np-CSMA	15
15 ARP	15
16 RARP	16
17 Cabos	16
17.1 Fibras ópticas	16
17.2 Fibras Monomodo	16
17.3 Fibras Multimodo	16
17.4 Cat 5, 5e, 6 e 6a	16
18 O modelo Ethernet	16
18.1 MAC	17
18.2 Endereços Unicast	17
18.3 Endereços Broadcast	17
18.4 Endereço Multicast	17
19 Virtual LAN	17
20 Janelas Deslizantes	17
20.1 Janelas Deslizantes Volta-N	17
21 Celulares	18
21.1 1G	18
21.2 2G	18
21.3 2,5G	18
21.4 3G	18
21.5 4G	18
22 Detecção de erros	18
22.1 CRC	18
22.2 Paridade ímpar: Vertical, Horizontal e Longitudinal	19
22.3 Paridade par	19
23 Questões de prova	19
23.1 Diferencie cabo par trançado categoria 5, 5e e 6, fibra óptica e cabo coaxial. Cite seus principais usos. Diferencie roteador e switch. Mostre três exemplos de topologia de rede em desenhos (1,0)	19
23.2 Explique o funcionamento do CSMA/CD e do CSMA/CA. Por que o quadro mínimo do CSMA/CD é de 64 bytes? (1,0)	19
23.3 Demonstre o funcionamento do protocolo janelas deslizantes para comunicação entre duas máquinas usando volta-N. Devem ser transmitidas 20 mensagens, sendo que o número de sequência delas é representado por 4 bits. O tamanho inicial da janela é de 3 mensagens e deve ser alterado para 5 logo após a 12a mensagem e para 2 após a 16a mensagem. As mensagens com número de sequência ímpar são sempre transmitidas com erro da primeira vez e corretamente na segunda. A 14a mensagem deve ser retransmitida 4 vezes até chegar completamente. (2,0)	20

23.4	Explique como funciona a duplexação por divisão de tempo e por divisão de frequência. Como ela pode ser usada em conjunto com as técnicas de acesso múltiplo por divisão de tempo, por divisão de frequência e por divisão de código. (1,0)	20
23.5	Escolha um endereço IP classe B. Divida essa rede em 12 subredes. Mostre quais são os endereços de rede de cada uma das subredes, mostre qual é o endereço de broadcast de cada uma das subredes, mostre qual a máscara utilizada por cada uma das subredes. (2,0)	20
23.6	Explique o funcionamento de três esquemas de condificação digital de dados, é obrigatório que um deles seja o código manchester. (1,0)	20
23.7	Ethernet (1,0). A - Como é o endereçamento das placas ethernet? Como ele é dividido e o que representa cada parte?	20
23.8	Ethernet (cont.). B - Qual a técnica de controle de fluxo, de detecção de erros e de codificação usada pela ethernet?	20
23.9	Ethernet (cont.). C - Qual é o tamanho mínimo das mensagens ethernet? Porque elas tem esse valor?	21
23.10	Diferencie ADSL e Cable Modem (1,0)	21
23.11	Explique o funcionamento das modulações de amplitude, frequência e fase. (1,0)	21
23.12	Explique o funcionamento dos protocolos ARP, RARP, para que eles servem? (0,5)	21
23.13	Diferencie em uma tabela celulares de 1G/2G/2,5G/3G (0,5)	21
23.14	Diferencie 802.11 a/b/g/n (1,0)	21

1 Introdução

Essa apostila tem como finalidade ajudar os alunos de REDES I do curso B.C.C. da UFPR. Os capítulos não seguirão o fluxo das aulas ministradas em REDES I, contudo abrangerão todos os temas cobrados em prova e dados em aula. Essa apostila foi baseada nas aulas da turma 2010-1. Ao final dessa apostila colocarei dezenas de perguntas feitas em várias provas (2007 a 2010, incluindo as finais) de maneira a orientar os alunos sobre as respostas, mesmo que elas tenham sido explicadas ao longo desse texto.

IMPORTANTE: O autor não se responsabiliza por nenhuma questão respondida erroneamente. A apostila sempre estará aberta a sugestões e modificações. É responsabilidade do leitor verificar TODAS as respostas em bons livros, principalmente nos das referências de estudo que os professores passam. Wikipedia e sites semelhantes, embora contenham boa fonte de conteúdo com qualidade, não podem ser usados no meio acadêmico como qualquer tipo de referência.

2 As 7 camadas

Definidas pela OSI (Open Systems Interconnection) em conjunto com a ITU (International Telecommunications Union), as 7 camadas de rede foram definidas em:

1. Aplicação
2. Apresentação ou Tradução
3. Sessão
4. Transporte
5. Rede
6. Enlace ou Ligação de dados
7. Física

2.1 Aplicação

Identifica e estabelece a aplicação que será utilizada entre a máquina destino e o usuário e disponibiliza os recursos (protocolos) para que a comunicação ocorra; Tudo nessa camada é direcionada aos aplicativos.

2.2 Apresentação ou tradução

Converte o dado recebido da camada de aplicação em um formato comum a ser usado na transmissão desse dado; Aqui também pode ocorrer a compressão de dado; O processo inverso também ocorre aqui.

2.3 Sessão

Permite que dois computadores estabeleçam uma sessão de comunicação; Estabelece pontos de controle para reiniciar conexões perdidas; Abre várias portas para escalonar o uso da rede para permitir diversas requisições de dados simultaneamente.

2.4 Transporte

Recebe os dados da camada Sessão e divide-os em pacotes para serem enviados; Recebe os dados da camada inferior (a de Rede) para obter o pacote original;

Dois modos de operação: Orientado à conexão (TCP) e não orientado à conexão (UDP); O TCP é mais confiável que o UDP, mas o UDP é mais rápido por exigir menos tráfego de bits.

2.5 Rede

Endereçamentos dos pacotes: IP vira MAC; Determina as rotas que os pacotes irão tomar.

2.6 Enlace ou ligação de dados

Detecta e corrige erros; LLC: Controle de ligação lógica (mecanismos de endereçamentos de rede e controle de dados entre os usuários); MAC: Controle de acesso ao meio físico (controle de qualidade, acesso e segurança).

2.7 Física

Move bits e controla as características elétricas e mecânicas do meio dentre outras coisas.

2.8 As 4 camadas TCP/IP

Segundo *Tenembaum* o modelo TCP/IP possui quatro camadas (Host/rede; Inter-rede; Transporte; e Aplicação), contudo o modelo OSI trata esse modelo com 5 camadas: Física; Enlace; Rede; Transporte; Aplicação.

O importante não é saber quem está correto, mas entender o funcionamento de cada camada.

3 O protocolo ATM

O ATM (Asynchronous Transfer Mode) é uma arquitetura de rede de alta "velocidade" orientada a conexão e é baseada na comutação de pacotes de dados.

O protocolo define o tamanho dos pacotes em 53 bytes (48 bytes de dados e 5 de cabeçalho). Os pacotes recebem o nome de células e é análoga a um pacote de dados, entretanto essas células nem sempre contém informações de endereçamento e informações de controle das células.

Esse tipo de transmissão é escalável o que permite, por exemplo, transportar dados de uma LAN para outra através de uma WAN (os significados dessas siglas serão vistas mais adiantes). Convém aqui ir para o capítulo seguinte entender essas siglas e retornar.

As taxas atingidas com esse protocolo iniciam em 25mbps e passam por 51mbps, 155mbps etc. Essas taxas podem ser atingidas com cabos de fibra óptica ou cobre, mas obviamente em redes com fibra poderemos atingir taxas bem maiores (atualmente até 622mbps); Esse protocolo foi desenhado para ser implementado em hardware, o que explica as suas altas taxas de banda em potencial.

3.1 Correção de erros

A entrega das células não é garantida por esse protocolo, mas a ordem das células é; Elas sempre chegarão em ordem no destino (se você enviou o pacote 3 e 4, o 3 chegará antes do 4); Se uma célula for perdida no caminho, caberá às camadas superiores identificar o problema e recuperar a célula perdida.

Embora pareça que não, essa garantia é melhor que a usada na Internet, pois a Internet sofre dos mesmos problemas que o protocolo ATM, porém na Internet podemos receber os pacotes fora de ordem. Essas informações foram levantadas com a leitura do livro do Tenembaum.

4 Siglas de tipos de redes

- LAN: Rede local
- MAN: Rede metropolitana
- WAN: Rede mundial

- PAN: Rede pessoal
- WLAN: Rede local sem fio
- WMAN: Rede metropolitana sem fio
- WPAN: Rede local pessoal fio

5 VPI e VCI

A conexão com a rede ATM é identificada por dois indicadores, o VPI (Identificador de caminho virtual) e o VCI (Identificador de canal/circuito virtual); A definição de caminhos se deve ao fato de que as conexões ATM são formadas por valores guardados na memória; Cada conexão deve ter uma configuração exclusiva de VPI e VCI.

Mas qual o motivo de dois identificadores? O VPI funciona como uma coleção de canais virtuais de 8 bits (portanto 256 coleções de canais distintos). E cada canal terá seu valor VCI. O VCI é representado por 16 bits, portanto para cada VC (canal virtual) temos 24bits (VPI+VCI); O hardware interpreta apenas os 24 bits e não difere VPI de VCI, por isso falamos sempre de VPI/VCI sempre juntos.

6 HUB vs Switch

O HUB atua como um multiplicador de pontos para uma rede no formato de barramento (aquela em que todos os dados vão para todos e apenas uma máquina envia por vezes).

O Switch cria uma tabela que relaciona cada porta com o IP destino dela; Isso permite que potencialmente mais máquinas comuniquem-se ao mesmo tempo.

7 ADSL vs Cable Modem vs Wireless

Basicamente as explicações fornecidas em classe são explicadas e resumidas pelas imagens abaixo.

7.1 Cable

O modem a cabo acessa a rede operando a camada Física e a camada de Enlace; Do outro lado ele entrega os dados ao usuário através do modelo Ethernet.

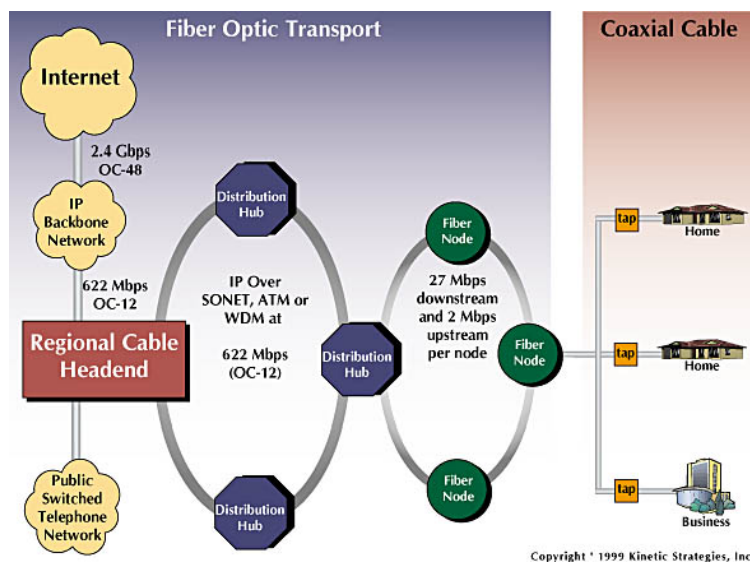


Figura 1: Cable 1

7.2 ADSL

O ADSL é conhecido pela sua não simetria entre download e upload; O ADSL foi desenvolvido justamente para isso: Sacrificar o upload em favor do download.

A conexão entre o terminal e o modem ADSL ocorre sobre o protocolo Ethernet, mas entre o modem ADSL e a central da Telecom ocorre sob ATM.

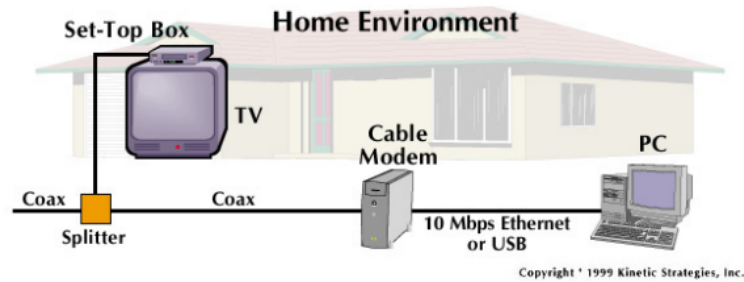


Figura 2: Cable 2

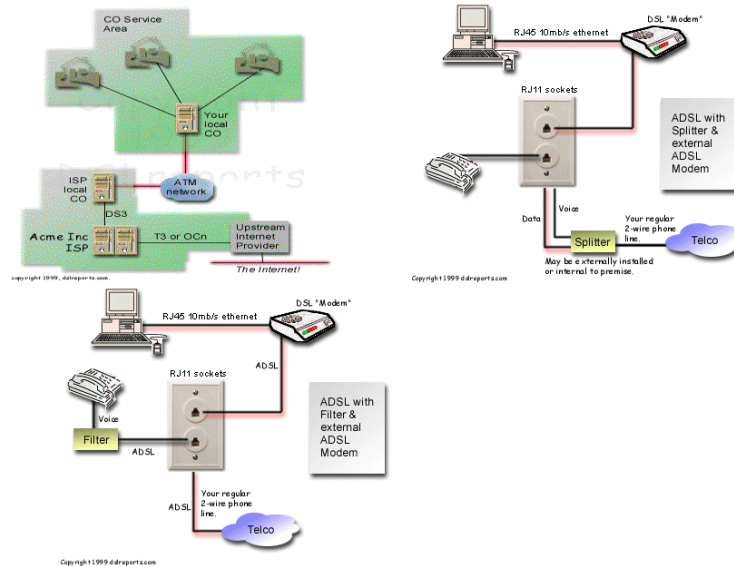


Figura 3: ADSL

7.3 Wireless

8 Redes sem fio

8.1 Padrões

- 802.11: WLAN: Wireless (WiFi)
- 802.15: WPAN: Bluetooth
- 802.16: WMAN: WiMax

8.2 WiFi

O modelo WiFi limita a 63 usuários por Access Point; A limitação é feita em hardware através de um contador que vai de 0 a 63; Como o zero não conta como conexão, apenas 63 clientes podem se conectar a um AP via WiFi simultaneamente; Esse limite é apenas uma convenção.

Existem dois modelos de redes WiFi:

- Com infra-estrutura:
Rede com Access Point (AP); Todas as comunicações passam pelo AP; O AP "manda".
- Sem infra-estrutura:
Rede sem AP; Máquinas se comunicam diretamente; É chamada de Rede Ad-Hoc; Máquinas devem servir como routers (rede multsaltos);

8.3 WiFi: Padrões 802.11

As siglas (FDM, OFDM etc) serão discutidas mais a frente.

1. 802.11a: 5.8ghz, 54mbps no modelo OFDM;

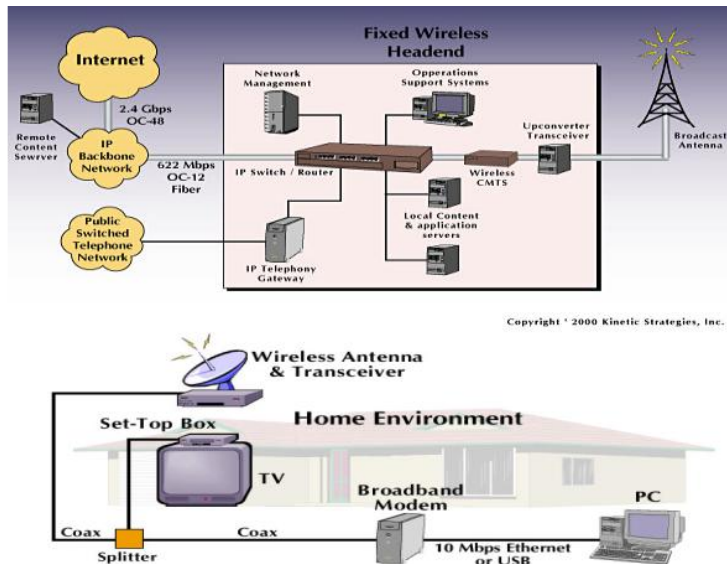


Figura 4: Wireless 1

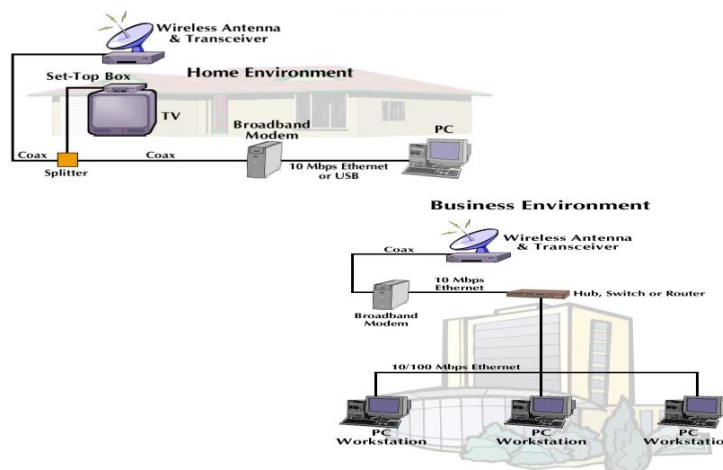


Figura 5: Wireless 2

2. 802.11b: 2.4ghz, 11mbps no modelo FDM;
3. 802.11g: 2.4ghz, 54mbps no modelo OFDM;
4. 802.11n: 2.4ghz, 150/300mbps no modelo OFDM

8.4 Bluetooth

Esse modelo foi criado para remover fios de periféricos de uma máquina central; Exemplo: impressora e computador; São 4 as premissas desse modelo: baixo custo, baixo consumo de energia, pouquíssimo processamento e resistente a interferências.

Padrões:

- Padrão 1.0:
Redes nesse padrão são chamadas de Piconet, formado por 1 mestre e 6 escravos; Tudo passa pelo mestre e ele manda em todos; Ele define a hora de falar e a frequência a ser usada.
- Padrão 1.1:
Chamada de Scatternet, é uma rede que conecta vários mestres com seus escravos, onde as conexões ocorrem apenas entre mestres, nunca entre escravos; Eles se conectam de maneira análoga às redes Ad-Hoc; Podem se conectar no máximo 79 unidades (escravos+mestres).
- Padrão 2.0:
Foram definidas novas classes e bandas; 100 metros a 1mbps, 10m a 10mbps e, por fim, 1m a 100mbps.

A especificação do Bluetooth define três classes de transmissores:

- Classe 1:
Potência máxima de transmissão de 100 mW, obtendo um alcance de até 100 metros.
- Classe 2:
Potência máxima de transmissão de 2.5 mW, para alcances de 10 metros.
- Classe 3:
Potência máxima de transmissão de 1 mW, para alcances de até 1 metro.

A transmissão dos dados é realizada utilizando-se a modulação GFSK (*Gaussian Frequency Shift Keying*), sendo o bit 1 representado por uma variação positiva de frequência e o bit 0 por uma negativa. O acesso ao meio é controlado pelo mestre e é ele quem define a fórmula de salto de frequência em cada tempo; Para exemplificar: Um mestre define uma fórmula de saltos para um X tempo, assim ele a cada faixa de tempo trabalhará em uma frequência diferente, diminuindo assim a probabilidade de sofrer interferência (ao operar na mesma faixa de frequência que outros aparelhos) e dificulta que o sinal seja escutado por outro aparelho.

Curiosidade: Existem duas maneiras de escutar os sinais de um sinal bluetooth para roubar os dados trafegados.

1. Escutar todas as faixas de frequência e, através de um algoritmo de força bruta, tentar fazer todas as ligações possíveis dos dados recolhidos afim de localizar o dado a ser roubado;
2. Conseguir identificar e roubar a fórmula de frequências enviado pelo mestre ao seu escravo; Assim você poderá escutar o mestre analogamente ao escravo está fazendo roubar esses dados. *Don't be cruel*

A imagem abaixo enumera, como exemplo, os saltos de frequência em uma determinada faixa de tempo; Cores foram usadas para tentar ajudar essa percepção; Veja os saltos do tráfego de "2": Começa na segunda faixa, depois vai para a terceira, quarta, primeira, quinta, segunda, terceira e, por fim, quarta novamente.

1	4	5	2	3	1	4	5
2	5	3	1	4	2	5	3
3	2	4	5	1	3	2	4
4	1	2	3	5	4	1	2
5	3	1	4	2	5	3	1

Figura 6: Bluetooth

9 WiMax

Padrões:

- O padrão 802.16d define conexões de até 72mbps e o uso de antenas direcionais para um alcance de até 50 milhas;
- O padrão 802.16e aumenta as áreas de alcance do WiMax com o uso de antenas Omnidirecionais, contudo diminui substancialmente seu alcance; 5 milhas sem LOS (Line-of-sight ou linha de visão, a "visada"); 1,5 milhas sem LOS;

Ela pode operar nas faixas entre 3.2ghz, 4,?ghz e 5.8ghz, todas sob OFDM.

9.1 Frequência vs potência vs qualidade vs alcance

Quanto maior a frequência ($v = \lambda \cdot \text{freq}$), menor será o alcance da antena, contudo ela tráfegará mais dados devido ao tempo ser menor ($\text{freq} = 1/\text{tempo}$) entre cada clock. Quanto maior a potência, maior a amplitude do sinal, assim mais tempo ele levará para virar ruído, aumentando a qualidade e a resistência do sinal.

Trabalhando frequência e potência podemos definir a qualidade de acordo com o alcance do sinal.

10 Formas de multiplexação

Tipos:

- TDM (Time Division Multiplexing)
- FDM (Frequency Division Multiplexing)
- WDM (Wave Division Multiplexing)
- CDM (Code Division Multiplexing)

10.1 WDM

Técnica utilizada principalmente em comunicações ópticas, onde os canais lógicos são caracterizados por um dado comprimento de onda de luz. Através da técnica de multiplexação por WDM, cada canal TDM ou FDM (que serão explicados mais adiante), com vários canais associados, pode ser transmitido por uma determinada cor de luz. Esta luz não está dentro do espectro visível de luz, mas sim dentro do infravermelho. Então canal de luz comporta-se como uma onda portadora, com comprimento de luz diferente, podendo transmitir vários canais TDM ou FDM por comprimento de onda.

A multiplexação por WDM não é usada em redes do tipo LAN, apenas em sistema de telefonia, CATV e telecomunicações intercontinentais. Nestes sistemas, as taxas de transmissão necessitam de sistemas ópticos complexos, que tornam-se economicamente inviáveis para as redes locais LAN's.



Figura 7: WDM

10.2 CDM

Os sinais são separados por técnicas de codificação, mas misturados em tempo e frequência. Todos os sinais podem ser transmitidos simultaneamente, com a mesma frequência da portadora.

10.3 FDM

Cada canal de informação é associado a uma Portadora específica, com frequência, fase ou amplitude diferentes, sendo depois multiplexados em um único canal de transmissão através de uma matriz de resistores, sendo depois amplificado. O sinal resultante é um sinal composto por vários sinais com portadoras discretas, também chamadas de canais intermediários, que são separadas no receptor por filtros e demoduladores, cada um sintonizado em uma frequência de portadora específica.

10.4 TDM

É um sistema de multiplexação onde cada canal de informação é associado à um intervalo de tempo; Para que se possa fazer esta associação, cada canal de informação colocado em um BUFFER de memória. A eficiência de modo de transmissão digital multiplexada por TDM é muito maior que a FDM, pois requer um menor número de repetidores, cerca de um a cada 30 ou 40km, mas uma das desvantagens dos sistemas TDM é que temos que acrescentar ao sinal original uma quantidade de BITS de informação; Esses BITS são para o sincronismo de multiplexação e desmultiplexação, detecção de erro e para o gerenciamento da rede.

Comparação entre FDM e TDM.

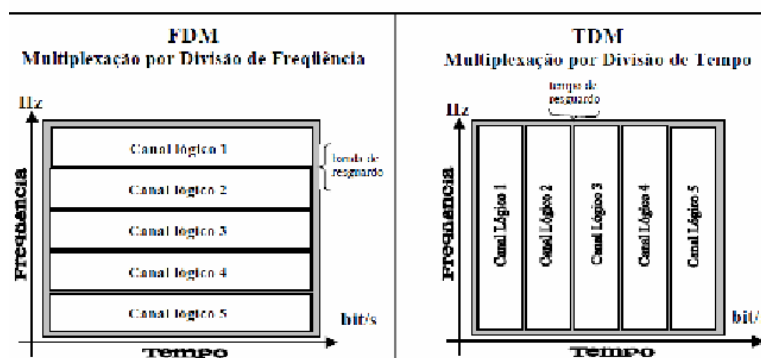


Figura 8: FDM e TDM

10.5 Curiosidade: O OFDM

Usado pelo ADSL e também por alguns dos padrões 802.11 e na Hyperlan (padrão WiFi europeu), merece uma introdução nessa apostila; Devido a sua complexidade, ele não será muito estudado.

O OFDM (*Orthogonal frequency-division multiplexing*) também conhecido como DMT (*Discrete Multitone Modulation*), é uma técnica de modulação baseada na idéia de multiplexação por divisão de frequência (FDM) onde múltiplos sinais são enviados em diferentes frequências.

Muitos são familiarizados com FDM pelo uso de aparelhos de rádio e televisão: Normalmente, cada estação é associada a uma determinada frequência (ou canal) e deve utilizá-la para realizar suas transmissões.

O OFDM parte deste conceito e vai além, pois divide uma única transmissão em múltiplos sinais com menor ocupação espectral (dezenas ou milhares); Isso adicionado com o uso de técnicas avançadas de modulação em cada componente, resulta em um sinal com grande resistência à interferência.

O OFDM é quase sempre utilizado juntamente com codificação de canal (técnica de correção de erro), resultando no chamado COFDM.

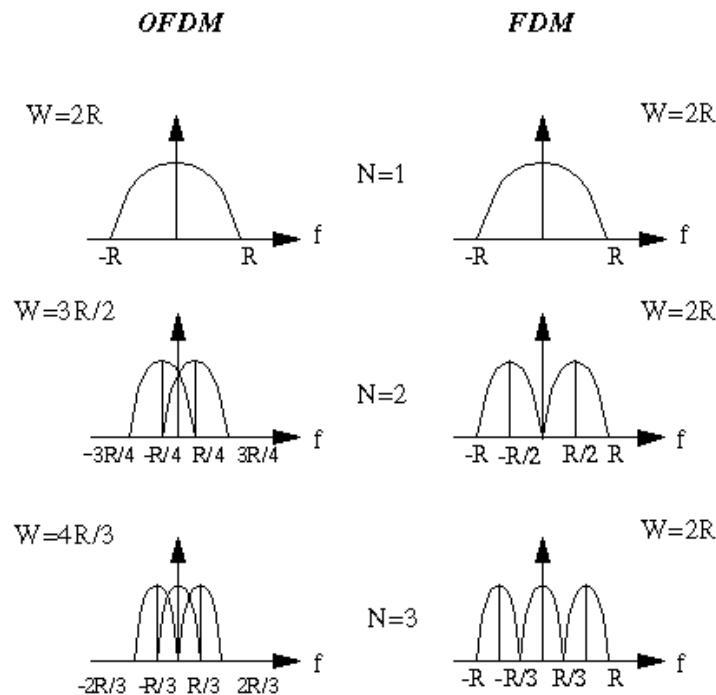


Figura 9: OFDM

11 Codificação de sinal

Tipos:

- NRZ-L, Non-return to Zero Level
- AMI, Alternated Mark Inversion
- Manchester, usado no protocolo Ethernet
- Manchester diferencial

11.1 Manchester

Neste esquema os pulsos elétricos enviados só têm significado aos pares: a cada par de pulsos enviados, se o primeiro for mais forte que o segundo, indica a transmissão de um 1. Inversamente, se o primeiro for mais fraco que o segundo, indica a transmissão de um 0. Assim, quando não houver transmissão, todos os pulsos serão fracos ou simplesmente inexistentes.

Para exemplificar, imagine a seguinte seqüência de pares de pulsos enviados: (alto baixo), (alto baixo), (alto baixo), (baixo alto), (alto baixo). Nesta codificação os números transmitidos seriam 11101.

A sua principal vantagem é a facilidade de se recuperar erros. Mesmo que parte da transmissão se perca, ainda assim é fácil detectar qual foi o sinal enviado; Uma desvantagem da codificação Manchester é que ela exige duas vezes mais

largura de banda que a codificação binária direta, pois os pulsos são a metade da largura. Por exemplo, para transmitir dados a 10 Mbps, o sinal tem de mudar 20 milhões de vezes por segundo.

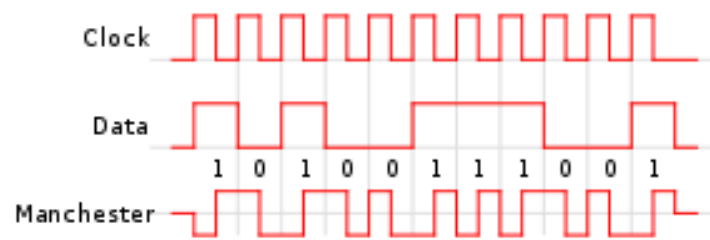


Figura 10: Manchester

11.2 Manchester diferencial

Os bits também são representados por pares de pulsos, só que, se o primeiro pulso de um par for da mesma intensidade do segundo pulso do par anterior, ou seja, não houve uma transição, há a transmissão de um 1; Já se o primeiro pulso de um par for de intensidade diferente do segundo pulso do par anterior, ou seja, houve uma transição, há a transmissão de um 0.

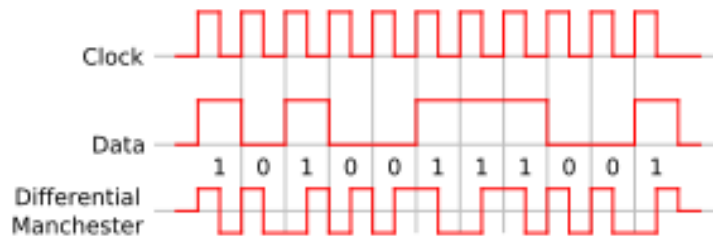


Figura 11: Manchester diferencial

11.3 NRZ-L

É a codificação mais simples. Representamos o 1 por um sinal negativo e o 0 por um sinal positivo. Problema grave: Se tivermos de enviar muitos sinais repetidos (como, por exemplo, um monte de 1), corremos o risco de perder a sincronia dos dados.

Importante: Eu errei isso em prova porque vários sites ensinam errado (wikipedia, sites da ufsc, ufce etc): Não existe codificação NRZ. NRZ é uma categoria que se divide em NRZ-Inverse (NRZ-I) e NRZ-Level (NRZ-L). O NRZ-L é o explicado acima. O NRZ-I não foi ensinado no meu semestre e funciona num esquema diferente.

11.4 AMI

A representação do 1 será feita com uma voltagem negativa ou positiva e o 0 será representado por 0 volts.

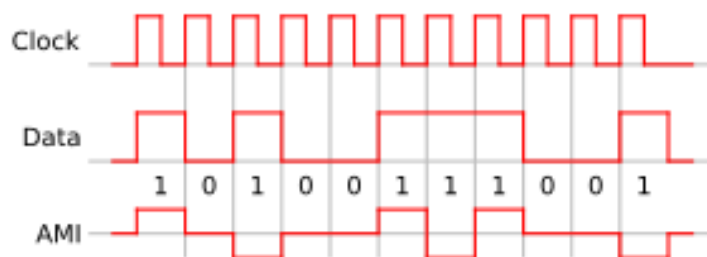


Figura 12: AMI

11.5 NRZ vs Manchester

Tabela comparativa bem interessante.

	NRZ	Manchester
Simplicidade	Codificação muito simples.	Codificação não tão simples.
Componente contínua	Gera quando houver uma sequência de bits iguais.	Gera quando houver uma sequência de bits 01.
Sincronismo	Dificuldades no sincronismo.	O sinal carrega seu próprio pulso de relógio, o que facilita o sincronismo.
Padrão de uso	ATM.	Ethernet.
Erros	Pode detectar erros através do bit de paridade.	Possui esquema de detecção de erros.
Número de canais	Utiliza dois canais na transmissão síncrona, um para dados e outro para relógio.	Utilização de apenas um canal para transmissão síncrona, o que evita o aumento do custo de transmissão.
Ausência de transmissão	Detectada pela ausência de tensão.	Detectada pela simples ausência de transições no meio.

Figura 13: NRZ vs Manchester

12 Topologias de Rede

Existem diversas topologias de rede, cada qual tendo suas vantagens e desvantagens em relação à eficiência, taxa de entrega, tráfego de dados, número de colisões, custo etc.

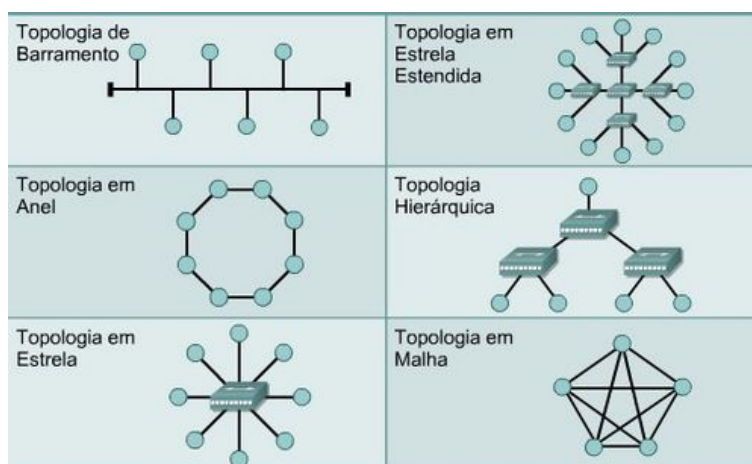


Figura 14: Topologias

12.1 Barramento

Todas as máquinas usam a mesma rede; Apenas uma transmite por vez; Baixíssimo custo; Muito ineficiente: alto número de colisões e baixo tráfego de dados por segundo.

12.2 Ponto a Ponto

São redes em que dois equipamentos ligam-se diretamente sobre algum protocolo, como o PPPoE (Point to Point Protocol over Ethernet) e o PPPoA (Point to Point Protocol over ATM).

Exemplo comum de uso em casa: Rede até um modem ADSL opera sobre PPPoE, e do modem ADSL para a Telecom opera-se sobre PPPoA.

12.3 Hierárquica ou Árvore

Topologia com hierarquia com várias ramificações conectadas em nodos em comum; Muito utilizada para supervisionar aplicações de tempo real, como por exemplo transações bancárias (já viu um terminal eletrônico bancário exibir a mensagem "Autenticando a transação na central(...)")?

12.4 Estrela

Os pontos se conectam a um nó em comum, o concentrador; A vantagem do concentrador é permitir mais tráfego de diferentes máquinas ao mesmo tempo; Mas cuidado: Se usado com um HUB, você obtém um barramento; Se usado com um Switch, você está com uma topologia em estrela.

12.5 Estrela estendida

Expansão do formato estrela; A figura acima (figura 15) torna a ideia mais clara.

12.6 Anel

Pode ser compreendida como uma rede de barramento sem começo ou fim; Apenas uma máquina fala por vez. É igualmente ruim como o barramento, contudo, através de um sistema de prioridades, pode ser usada para trafegar uma enorme quantidade de dados; Exemplos: Topologias Token Ring e FDDI.

12.7 Malha

Todos os nós estão interligados uns aos outros; Reduz drasticamente o número de colisões, mas torna a rede complexa, aumenta o gasto com cabeamento e com placas de rede; Topologias em malha são muito usadas em clusters, como por exemplo: Torus, Hipercubo e em Árvore.

12.8 Híbrida

Quando você mistura duas redes. Imagine duas estrelas ligadas por um barramento.

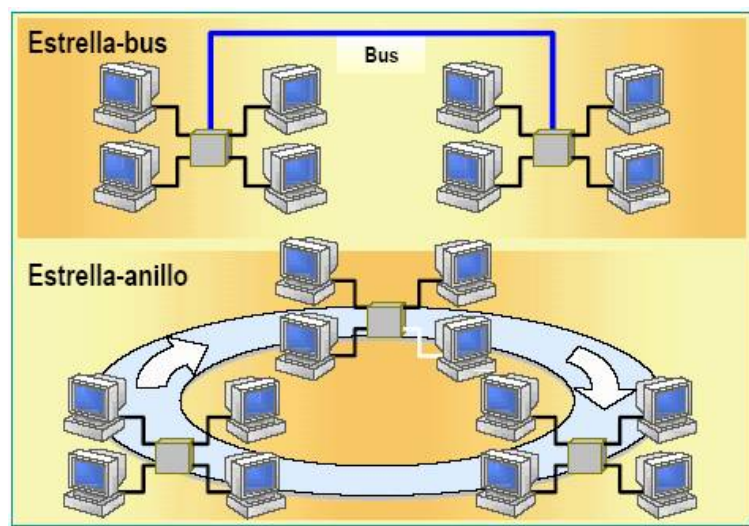


Figura 15: Híbridas

12.9 Regra 5-4-3

Uma rede ethernet a 10mbps pode ter no máximo 5 segmentos conectados por no máximo 4 repetidores, sendo que no máximo 3 desses segmentos podem estar povoados (com máquinas transmitindo); A regra 5-4-3 é uma convenção para redes de 10mbps, pois acima dessas restrições a rede passa a ter taxas inferiores a 20% de entrega, tornando-a extremamente ineficiente. O comprimento máximo dessa rede será de 925metros.

Tente identificar essa regra na imagem abaixo. Identifique os segmentos povoados e não povoados. Podem parecer difícil, mas com calma você compreenderá e não mais esquecerá.

13 Token Ring

Se você tem uma grande quantidade de pessoas querendo falar (numa reunião por exemplo), como fazer para que apenas uma fale de cada vez? Uma solução seria usar um bastão de falar: quem estivesse com o bastão (e somente ele) poderia falar por um tempo determinado, ao final do qual deveria passar o bastão para outro que quisesse falar e esperar até que o bastão volte, caso queira falar mais.

É justamente este o sistema usado em redes Token Ring. Um pacote especial, chamado pacote de Token circula pela rede, sendo transmitido de estação para estação. Quando uma estação precisa transmitir dados, ela espera até que o

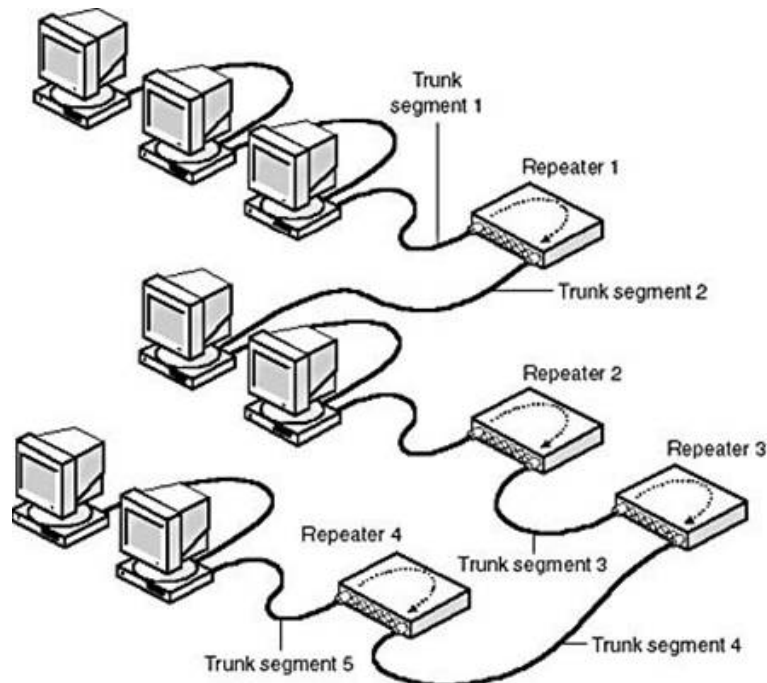


Figura 16: Regra 5-4-3

pacote de Token chegue e, em seguida, começa a transmitir seus dados.

A transmissão de dados em redes Token também é diferente. Ao invés de serem irradiados para toda a rede, os pacotes são transmitidos de estação para estação (daí a topologia lógica de anel). A primeira estação transmite para a segunda, que transmite para a terceira, etc. Quando os dados chegam à estação de destino, ela faz uma cópia dos dados para si, porém, continua a transmissão dos dados. A estação emissora continuará enviando pacotes, até que o primeiro pacote enviado dê uma volta completa no anel lógico e volte para ela. Quando isto acontece, a estação pára de transmitir e envia o pacote de Token, voltando a transmitir apenas quando receber novamente o Token.

O sistema de Token é mais eficiente em redes grandes e congestionadas, onde a diminuição do número de colisões resulta em um maior desempenho em comparação com redes Ethernet semelhantes. Porém, em redes pequenas e médias, o sistema de Token é bem menos eficiente do que o sistema de barramento lógico das redes Ethernet, pois as estações têm de esperar bem mais tempo antes de poder transmitir.

13.1 FDDI

As redes FDDI adotam uma tecnologia de transmissão idêntica às das redes Token Ring, mas utilizando, vulgarmente, cabos de fibra óptica, o que lhes concede capacidades de transmissão muito elevadas (em escala até de Gigabits por segundo) e a oportunidade de se alargarem a distâncias de até 200 Km, conectando até 1000 estações de trabalho. Estas particularidades tornam esse padrão bastante indicado para a interligação de redes através de um backbone, nesse caso, o backbone deste tipo de redes é justamente o cabo de fibra óptica duplo, com configuração em anel FDDI, ao qual se ligam as sub-redes. FDDI utiliza uma arquitetura em anel duplo.

Atenção: O FDDI é uma Token Ring com o uso de fibra óptica e com prioridade

14 Colisões de Rede

Falarei aqui sobre as colisões de dados na rede; Recomendo fazer uma leitura sobre a história da rede Aloha, pois é assunto em classe e de prova; Dissertarei especificamente sobre o que interessa para a prova.

14.1 Aloha Puro

O transmissor envia o dado sem qualquer regra; Ele fica escutando a rede; Se o seu pacote foi destruído, ele espera um tempo aleatório e envia novamente, sem qualquer regra. Se não for possível escutar a rede, serão necessárias confirmações (ACK ou NACK).

14.2 Aloha Discreto

Divide o tempo em intervalos discretos, e cada intervalo corresponderá a um quadro e passa a exigir que os transmissores concordem em relação às fronteiras dos slots. Para alcançar essa concordância, poderíamos, por exemplo, ter uma

estação que enviasse um sinal sonoro no início de cada intervalo. Em outras palavras, só se transmite agora no início do próximo slot.

14.3 CSMA/CD

O CSMA/CD *Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection* é caracterizado por todos os nós enquanto transmitem, também escutam (L.W.T. ou Listen While Talk). Quando ele detecta uma colisão na rede, ele emite um sinal chamado JAM, de 48 bytes, para anunciar que ocorreu uma colisão. Para evitar uma nova colisão, ele espera um tempo aleatório e tenta transmitir novamente.

O CSMA/CD garante 95% de taxa de entrega; O menor pacote no CSMA/CD é de 64 bytes; Embora pareça uma informação superficial, é muito importante pois já foi uma questão de diversas provas. Esse sistema de colisão, usado no modelo Ethernet, exige que o menor pacote válido seja de 64 bytes; O maior pacote será de 1518 bytes, mas essa não é uma informação importante.

Mas por qual motivo 64 bytes? Em redes até 100mbps, 64bytes é a quantia de bytes necessária para tentar garantir que quando o byte número 63 (último byte) estiver sendo transmitido, o primeiro byte já tenha chegado, ocupando todo o "cabo" ou "túnel" entre a origem e o destino; Para redes fast ethernet (como a de 1gbps) foi necessário aumentar o tamanho do pacote mínimo (512bytes).

Passo-a-passo:

1. Se o canal está livre, inicia-se a transmissão, caso contrário vai para o passo 5;
2. (transmissão da informação): Se colisão é detectada, a transmissão continua até que o tempo mínimo para o pacote seja alcançado (para garantir que todos os outros transmissores e receptores detectem a colisão), então segue para o passo 5;
3. (fim de transmissão com sucesso): Informa sucesso para as camadas de rede superiores, sai do modo de transmissão;
4. (canal está ocupado): Espera até que o canal esteja livre;
5. (canal se torna livre): Espera-se um tempo aleatório, e vai para o passo 2, a menos que o número máximo de tentativa de transmissão tenha sido excedido;
6. (número máximo de tentativa de transmissão excedido): Informa falha para as camadas de rede superiores e sai do modo de transmissão;

14.4 CSMA/CA

O CSMA/CA *Carrier Sense Multiple Access with Collision Avoidance* é bem mais ordenado que o CSMA/CD, o que contribui fortemente para a diminuição do número de colisões, chegando a uma taxa de entrega de até 99% dos dados. Antes de transmitir um pacote, uma estação envia um RTS (Request to Send) avisando que vai transmitir e quanto tempo vai demorar para concluir; Dessa maneira, a outra estação irá ficar escutando. Vou tentar explicar com um exemplo para facilitar a compreensão:

A estação A envia um RTS-B (com quem quer falar); Obviamente todos no alcance de A receberão esse RTS; Todos ficarão em silêncio, inclusive B, mas B enviará um CTS-A (Clear to Send para A), e todos do alcance de B ficarão em silêncio.

Esse modelo é normalmente usado em redes Wireless (WiFi), mas pode ser usado em uma rede cabeada; Esse sistema de detecção de colisão consegue garantir 100% de taxa de entrega na rede cabeada, mas torna-a também muito mais lenta.

14.5 1-p-CSMA, p-CSMA e np-CSMA

Na np-CSMA (*non-persistent CSMA*), quando a transmissora percebe que o meio está ocupado, ela espera um tempo aleatório para tentar novamente transmitir seus dados.

Já a p-CSMA (*persistent CSMA*) transmite seus dados com uma probabilidade X de acertar ou espera um tempo aleatório e tenta transmitir com uma probabilidade X de acertar; Segue assim até conseguir transmitir ou até que uma outra estação ganhe acesso ao canal.

A 1-p-CSMA é a mesma coisa que a p-CSMA com uma única subtração: Espera o meio ficar livre para transmitir (embora isso possa demorar e resultar em colisões da mesma maneira).

15 ARP

O ARP *Address Resolution Protocol* é atualmente usado para encontrar um endereço da camada de Enlace (como na Ethernet) a partir de um endereço da camada de rede (como um endereço IP); Em outras palavras, na prática, ele traduz um endereço IP para um endereço MAC.

16 RARP

Faz o contrário do ARP, isto é, transforma um endereço MAC em um endereço IP.

17 Cabos

É uma parte extensa da matéria e envolve muitos números. Normalmente não é cobrado que o aluno decore todos os cabos, mas tenha uma notação dos principais tipos e modelos usados. Obviamente, portanto, falarei apenas dos mais importantes.

17.1 Fibras ópticas

Desvantagens:

- Custo ainda elevado de compra e manutenção;
- Fragilidade das fibras ópticas sem encapsulamento;
- Dificuldade de conexões das fibras ópticas;
- Acopladores tipo T com perdas muito grandes;
- Impossibilidade de alimentação remota de repetidores;
- Falta de padronização dos componentes ópticos.

17.2 Fibras Monomodo

- Permite o uso de apenas um sinal de luz pela fibra;
- Dimensões menores que os outros tipos de fibras;
- Maior banda passante por ter menor dispersão;
- Geralmente é usado laser como fonte de geração de sinal;

17.3 Fibras Multimodo

- Permite o uso de fontes luminosas de baixa ocorrência tais como LEDs (mais baratas);
- Diâmetros grandes facilitam o acoplamento de fontes luminosas e requerem pouca precisão nos conectores;
- Muito usado para curtas distâncias pelo preço e facilidade de implementação pois a longa distância tem muita perda.

17.4 Cat 5, 5e, 6 e 6a

O cabo Cat5 é requisito mínimo para operar em redes de 10, 100 e 1000mbps, suportando frequências de até 100mhz. A versão Cat 5e ("e" de "enhanced") visa aperfeiçoar o cabo Cat5 ajudando a diminuir a interferência e perda do sinal, o que se traduz em cabos mais longos, até 100metros; Esses cabos operam também em 100mhz, mas agora essa especificação é mínima e pode-se ter cabos Cat 5e suportando frequências superiores.

Cabo Cat 6 suportam frequências de até 250mhz e foram feitos para redes 10gbps em até 55metros; Para expandir para 100metros, foi criado o Cat 6a ("a" de "augmented"), suportando frequências de até 500mhz. A espessura desse tipo de cabo aumentou devido a criação de um separador de cabos para reduzir a interferência entre os pares de cabos).

18 O modelo Ethernet

A rainha das questões de prova merece uma atenção especial em todos os aspectos discutidos em classe.

A Ethernet é uma tecnologia de interconexão para redes locais (LAN) baseada no envio de pacotes; Ela define um conjunto de características, como cabeamento e sinais elétricos para a camada Física e o formato dos pacotes e protocolos para a camada de acesso ao meio (MAC, Media Access Control) de acordo com o modelo da OSI discutido no início dessa apostila.

A Ethernet foi padronizada pela IEE como 802.3. É a tecnologia de LAN mais usada no mundo e tem tomado grande espaço de algumas redes como a Token Ring, FDDI e ARCNET.

Cada ponto possui uma chave de 48 bits globalmente única chamada endereço MAC, assegurando que pelo menos teoricamente todos os sistemas ethernet tenham endereços distintos.

Pontos importantes:

- Tamanho mínimo de um pacote: 64bytes para ethernet e 512bytes para fast ethernet; A razão já foi discutida na explicação do modelo CSMA/CD;
- Codificação usada: Manchester
- Sistema de comunicação usado: CSMA/CD;
- Modelo ethernet tem tamanho de pacote máximo de 1518bytes;
- Sistema de controle de fluxo: Janelas Deslizantes
- Endereço MAC: 48 bytes, 12 dígitos em hexa. Os 3 primeiros identificam a fabricante e os 3 seguintes são identificações fornecidas pela fabricante;
- Sistema de detecção de erros: CRC-32 implementada em hardware;

18.1 MAC

A IEEE define três categorias gerais de endereços MAC em Ethernets:

18.2 Endereços Unicast

Um endereço MAC que identifica uma única placa de interface LAN.

18.3 Endereços Broadcast

O tipo de MAC do grupo IEEE mais utilizado, tem um valor de FFFF.FFFF.FFFF (em notação hexadecimal). O endereço broadcast implica que todos os dispositivos na LAN devem receber e processar um quadro enviado ao endereço broadcast.

18.4 Endereço Multicast

Quadros enviados para unicast são destinados a um único dispositivo; quadros enviados para um endereço broadcast, são destinados a todos os dispositivos. Os quadros enviados a endereços multicast, são destinados a todos os dispositivos que se interessem em receber o quadro.

19 Virtual LAN

Uma rede local virtual, normalmente denominada de VLAN, é uma rede logicamente independente. Várias VLAN's podem co-existir em um mesmo comutador (Switch). O protocolo predominante é o IEEE 802.1Q. As primeiras VLAN's geralmente eram configuradas para reduzir o tamanho do domínio de colisão em um segmento Ethernet muito extenso para melhorar o desempenho. Quando os Switch's diminuíram esse problema (diminuíram porque eles não têm um domínio de colisão), as atenções se voltaram para a redução do domínio de broadcast na camada MAC. Dependendo do tipo de configuração, os usuários ganham mobilidade física dentro da rede.

Um outro propósito de uma rede virtual é restringir acesso a recursos de rede sem considerar a topologia da rede, porém este método é questionável.

20 Janelas Deslizantes

Assunto recorrente em aula, trabalhos e provas, de grande importância. Depois do modelo Ethernet, é o tema mais discutido. As Janelas deslizantes controlam o fluxo dados e é usado no modelo Ethernet, conforme já foi dado a devida ênfase.

Explicarei aqui as Janelas deslizantes Volta-N, contudo existe o modelo de Janelas Deslizantes com buffer, normalmente não abordado em classe, mas passível de ser.

IMPORTANTE: O tamanho da janela SEMPRE será configurado pelo RECEPTOR. O TRANSMISSOR pode encher essa janela ou não, mas NUNCA enviar mais que o tamanho da janela configurado pelo RECEPTOR!

20.1 Janelas Deslizantes Volta-N

Modelo normalmente discutido em classe, é simples e fácil de ser entendido.

Imagine que você tem que enviar uma sequência de 3 bits de pacotes, portanto uma sequência de 0 a 7. Imagine que os números ímpares sempre retornem um NACK na primeira vez que são enviados, isto é, não sejam entregues na primeira tentativa; Imagine ainda uma janela de tamanho 3.

1. Tentamos enviar os pacotes 0, 1 e 2.
2. O 1 recebe NACK. A janela volta para o primeiro que falhou; A janela deslizante agora será 1, 2 e 3;
3. O 3 recebe um NACK; A nova janela será 3, 4 e 5.
4. O 5 recebe um NACK; A nova janela será 5, 6 e 7.
5. o 7 recebe um NACK; A nova janela será 7.
6. Observe: A janela volta para o primeiro erro da sequência e reenvia TUDO de novo;

21 Celulares

A história sobre as gerações de tecnologias em rede celulares é longa, embora interessante. Irei me ater a questões de provas.

21.1 1G

Uso de padrões analógicos de transmissão e recepção.
Problemas: Distorção de voz e instabilidade na rede.

21.2 2G

Uso de padrões digitais de transmissão e recepção.
Início da possibilidade de troca de dados, como envio de torpedos, e a introdução de multiplexação dos dados, permitindo que várias informações trafegassem sem que uma interferrisse na outra.
Padrões usados: TDMA, CDMA e GSM; O GSM é baseado no TDMA; O GSM teve sucesso devido ao seu uso em larga escala por várias operadoras; O CDMA melhorou o sistema de multiplexação de dados.

21.3 2,5G

Primeiro deve ficar claro que o 2,5G não existe oficialmente segundo a União Internacional de Telecomunicações (UIT). Ela define a transição de tecnologia 2G para 3G. A inclusão da rede EDGE (para GSM) e 1xRTT (para CDMA) para transmissão mais rápida de dados. O EDGE é um GPRS com mais banda, também conhecido como enhanced-GPRS ou somente e-GPRS.
Problema: Capacidade de transmissão de dados muito limitada.

21.4 3G

Maior capacidade de transmissão de dados em relação ao 2G; Suporta um número maior de clientes de voz e dados;

21.5 4G

Ainda sob definição, irá introduzir com sustentabilidade recursos como MMS (Multimedia Messaging Service), Video Chat, mobile TV, conteúdo HDTV, DVB (Digital Video Broadcasting) etc com banda mínima de 100mbps para máquinas móveis e 1gbps para fixas e interoperabilidade entre diversos padrões de rede sem fio.

22 Detecção de erros

Métodos de detecção de erros.

22.1 CRC

Existem vários CRC, mas o bom é lembrar que o método usado na ethernet é o CRC-32; Bom também lembrar que ele é rápido porque ele foi pensado para ser implementado em hardware.

22.2 Paridade ímpar: Vertical, Horizontal e Longitudinal

Vou direto para um exemplo.

1. Vamos transmitir a seguinte mensagem de 40 bits:
1110101110001010111000010101110100001101
2. Primeiro separamos em blocos de 8 bits por linha (motivo: 8 bits = 1 byte):
11101011
10001010
11100001
01011101
00001101
3. Para verificar a paridade horizontal ímpar, contamos o número de "1" por linha; Se der ímpar, o bit de paridade será 0. Se par, 1. Na verdade ocorre um XOR dos bits. Veja:
11101011 - 1
10001010 - 0
11100001 - 1
01011101 - 0
00001101 - 0
4. Para verificar a paridade vertical ímpar, fazemos a mesma coisa, mas com as colunas:
11101011
10001010
11100001
01011101
00001101
00101100 - paridade vertical
5. A paridade longitudinal significa que devemos fazer a mesma coisa agora com os bits de paridade vertical e horizontal. Se os bits de paridade baterem, a paridade longitudinal é verificada. Veja:
Horizontal: 00101100, bit de paridade: 0
Vertical: 01011, bit de paridade: 0
Longitudinal: 0
Longitudinal: if (horizontal==vertical) {longitudinal bateu! } else {nao bateu}

22.3 Paridade par

Exatamente a mesma idéia acima, mas quando você tiver um número ímpar de "1", o bit de paridade será 1. Se der par, será 0.

23 Questões de prova

Cada subseção será uma pergunta e o seu conteúdo a resposta; A maioria das questões vieram de provas; Pouquíssimas questões foram criadas por focarem pontos importantes da matéria.

23.1 Diferencie cabo par trançado categoria 5, 5e e 6, fibra óptica e cabo coaxial. Cite seus principais usos. Diferencie roteador e switch. Mostre três exemplos de topologia de rede em desenhos (1,0)

O cabo cat5 opera em até 100mhz e é capaz de transmitir 10/100/1000. Cabo 5e tem no mínimo 100mhz de frequência para suportar e aumenta a transmissão de 1000mbps para 100metros. Cabo cat6 opera em até 250mhz e permite 10gbps até 55 metros. Cabo cat 6a expande esse limite para 100 metros, implementa separador de pares de cabo para diminuir a interferência e, por fim, permite operar em frequências até 500mhz.

23.2 Explique o funcionamento do CSMA/CD e do CSMA/CA. Por que o quadro mínimo do CSMA/CD é de 64 bytes? (1,0)

CSMA/CD: Listen While Talk. CSMA/CA: Request to Send e Clear to Send. 64bytes é o pacote mínimo do CSMA/CD; Leia mais informações nas respectivas seções. É importante também citar como o CSMA/CD percebe uma colisão (variação de amplitude do sinal) e o tamanho do pacote mínimo. Não comentar isso pode reduzir a sua nota.

23.3 Demonstre o funcionamento do protocolo janelas deslizantes para comunicação entre duas máquinas usando volta-N. Devem ser transmitidas 20 mensagens, sendo que o número de sequência delas é representado por 4 bits. O tamanho inicial da janela é de 3 mensagens e deve ser alterado para 5 logo após a 12a mensagem e para 2 após a 16a mensagem. As mensagens com número de sequência ímpar são sempre transmitidas com erro da primeira vez e corretamente na segunda. A 14a mensagem deve ser retransmitida 4 vezes até chegar completamente. (2,0)

1. Mensagens: 0-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-11*-12-13*-14-15*-0-1-2-3
2. —0—1—2—
3. —1—2—3—
4. —3—4—5—
5. —5—6—7—
6. —7—8—9—
7. —9—10—11—
8. —11—12—13—
9. —13—14—15—0—1—
10. —13—14—15—0—1—
11. —13—14—15—0—1—
12. —13—14—15—0—1—
13. —15—0—1—2—3—
14. —1—2—
15. —3—

23.4 Explique como funciona a duplexação por divisão de tempo e por divisão de frequência. Como ela pode ser usada em conjunto com as técnicas de acesso múltiplo por divisão de tempo, por divisão de frequência e por divisão de código. (1,0)

23.5 Escolha um endereço IP classe B. Divida essa rede em 12 subredes. Mostre quais são os endereços de rede de cada uma das subredes, mostre qual é o endereço de broadcast de cada uma das subredes, mostre qual a máscara utilizada por cada uma das subredes. (2,0)

23.6 Explique o funcionamento de três esquemas de condificação digital de dados, é obrigatório que um deles seja o código manchester. (1,0)

Explicado em seções anteriores.

23.7 Ethernet (1,0). A - Como é o endereçamento das placas ethernet? Como ele é dividido e o que representa cada parte?

Chamados de MAC ADDRESS; Possui 48bits ou 12 dígitos em hexa. Os 3 primeiros dígitos hexa informam a fabricante e os 3 seguintes informações do fabricante.

23.8 Ethernet (cont.). B - Qual a técnica de controle de fluxo, de detecção de erros e de codificação usada pela ethernet?

Janelas Deslizantes. CRC-32. Manchester.

23.9 Ethernet (cont.). C - Qual é o tamanho mínimo das mensagens ethernet? Porque elas tem esse valor?

64 bytes. Explicado no capítulo sobre CSMA/CD.

23.10 Diferencie ADSL e Cable Modem (1,0)

A conexão entre o modem ADSL e o terminal ocorre sob Ethernet. A conexão entre o modem ADSL e o ISP (Internet Service Provider) ocorre sobre protocolo ATM e em cabo de cobre. Uma característica importante do ADSL é a taxa de upload ser reduzida para permitir mais download.

A conexão entre o modem CABLE e o terminal ocorre sob Ethernet. A conexão entre o modelo CABLE até o ISP primeiro passa pelos Fiber Node e Hubs de distribuição. Do ISP até os hubs de distribuição ocorre sob fibra e SONET/ATM/WDM. Dos Fiber Node até o modem Cable ocorre sob cabo coaxial. É possível implementar tudo sobre fibra.

23.11 Explique o funcionamento das modulações de amplitude, frequência e fase. (1,0)

Modulação é o processo onde é alterada alguma característica de um sinal (chamado de portadora) em função de outro (chamado de sinal modulante que contém a informação).

- Modulação em amplitude (AM). Opera na faixa dos Khz, com ondas de baixa frequência. Garante um longo alcance, porém são mais suscetíveis a ruídos. Frequência e fase são mantidas constantes. Obviamente a amplitude é modificada.
- Modulação em frequência (FM). Opera na faixa dos Mhz, com qualidade maior por permitir mais dados devido as frequências altas, mas pelo mesmo motivo diminui o seu alcance. Amplitude constante, mas fase varia.
- Modulação em fase (PM). Vários desvios nas fases ocorrem. Amplitude constante, mas frequência varia.

23.12 Explique o funcionamento dos protocolos ARP, RARP, para que eles servem? (0,5)

ARP traduz IP para MAC; RARP traduz um MAC para IP.

23.13 Diferencie em uma tabela celulares de 1G/2G/2,5G/3G (0,5)

1G opera sobre padrões analógicos. 2G introduz padrões digitais e transmissão de dados. 2,5G não é oficial e caracteriza a transição de 2G para 3G. 3G introduz maiores capacidades de banda e maior número de clientes de voz e dados.

23.14 Diferencie 802.11 a/b/g/n (1,0)

- 802.11a: 5.8ghz, 54mbps, OFDM
- 802.11b: 2.4ghz, 11mbps, FDM
- 802.11g: 2.4ghz, 54mbps, OFDM
- 802.11n: 2.4ghz, 150/300mbps, OFDM