
Redes de Computadores

Prof. Marcelo Gonçalves Rubinstein

Programa de Pós-Graduação em Engenharia Eletrônica
Faculdade de Engenharia
Universidade do Estado do Rio de Janeiro



Ementa

- ✓ Introdução a Redes de Computadores
- ✓ **A Camada Aplicação**
- ✓ A Camada Transporte
- ✓ A Camada Rede
- ✓ A Camada Enlace
- ✓ A Camada Física

Camada aplicação

- ✓ Aplicações
- ✓ Protocolos da camada aplicação

Aplicações

- ✓ Arquitetura da aplicação
- ✓ Comunicação entre processos
- ✓ Multimídia (mídias)

Arquitetura da aplicação

- ✓ Especifica como a aplicação é organizada nos sistemas finais
- ✓ Projetada pelo desenvolvedor da aplicação
- ✓ Três tipos de arquiteturas
 - ✓ Cliente-servidor
 - ✓ Par-a-Par (*Peer-to-Peer* - P2P)
 - ✓ Híbrida cliente-servidor/P2P



Arquitetura cliente-servidor

- ✓ Servidor
 - ✓ Presta serviço aos clientes
 - ✓ Geralmente é um hospedeiro sempre em funcionamento
- ✓ Cliente
 - ✓ Hospedeiro que faz requisições aos servidores
- ✓ Clientes não se comunicam uns com os outros
- ✓ Ex.: Web, transferência de arquivos (ftp), login remoto (telnet), correio eletrônico



Arquitetura par-a-par

- ✓ Pares arbitrários se comunicam diretamente entre si
- ✓ Cada par pode assumir o papel de cliente ou servidor
 - ✓ Não existe divisão fixa
- ✓ Escalável
 - ✓ Um novo par gera pedidos mas também agrega serviço respondendo requisições de outros pares
- ✓ Gerenciamento difícil
 - ✓ Quantidade de cópias de arquivos, entrada e saída dos usuários da rede
- ✓ Ex.: BitTorrent



Arquitetura híbrida

- ✓ Mistura a cliente-servidor com a par-a-par
- ✓ Geralmente usa a cliente-servidor para obter alguma informação sobre o par a ser contactado e realiza o contato através da par-a-par
- ✓ Ex.: Aplicações de mensagem instantânea
 - ✓ Lista de pares *on-line* é obtida através de um servidor
 - ✓ Comunicação com um par é direta (par-a-par)



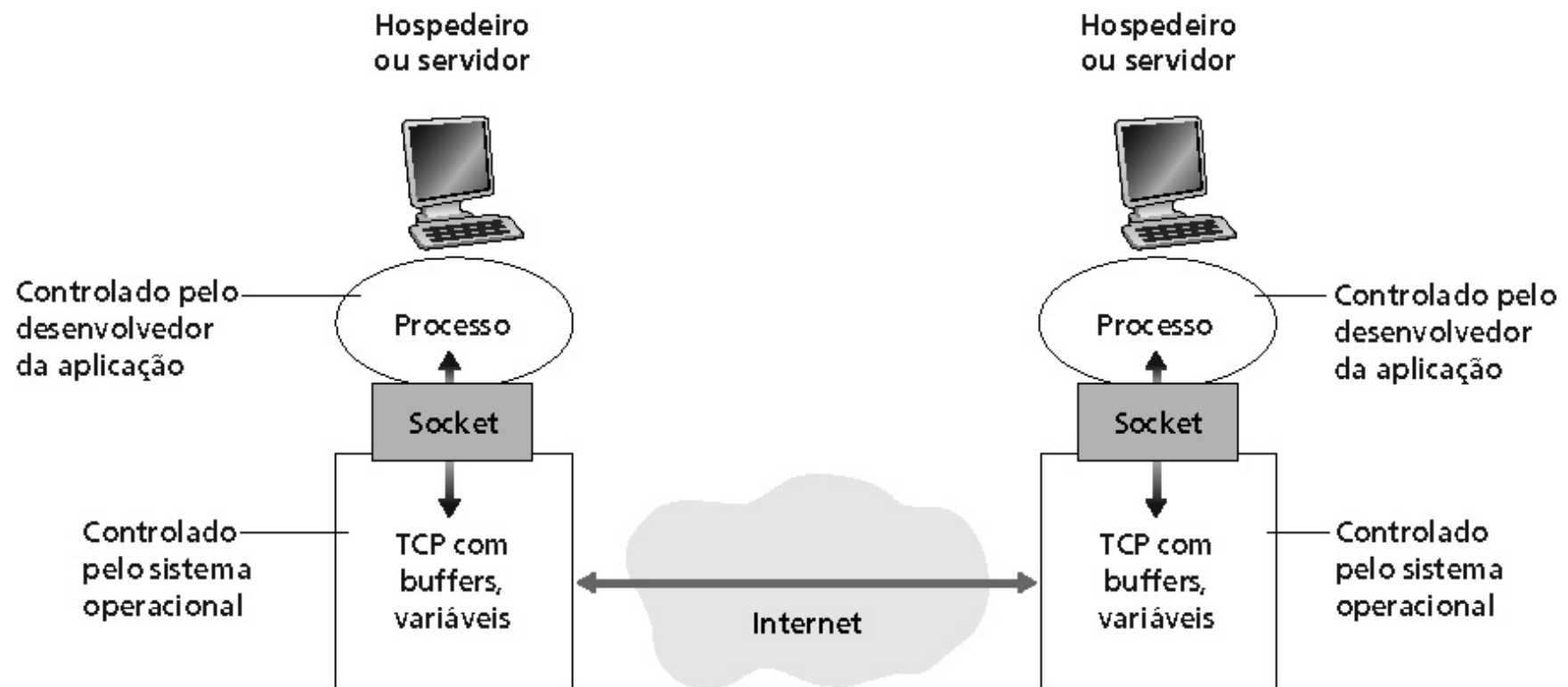
Comunicação entre processos

- ✓ Processo → programa em execução
- ✓ Processos em diferentes hospedeiros devem se comunicar para realizar troca de informações
- ✓ Comunicação entre processos em diferentes hospedeiros usa troca de mensagens
- ✓ Processo cliente → inicia a comunicação
- ✓ Processo servidor → espera ser contactado
- ✓ Processos enviam e recebem mensagens através de *sockets*



Comunicação entre processos

Exemplo de comunicação entre processos (fonte: Kurose)



Socket

- ✓ Interface entre a camada aplicação e a camada transporte
- ✓ API entre a aplicação e a rede
- ✓ Desenvolvedor ou o usuário da aplicação
 - ✓ Controla tudo do lado da aplicação
 - ✓ Controla o protocolo e alguns parâmetros do mesmo do lado do transporte

Comunicação entre processos

- ✓ É necessária identificação dos processos para realizar a comunicação
- ✓ Identificador de processos utiliza
 - ✓ Nome ou endereço do hospedeiro
 - ✓ Identificador que especifica o processo no hospedeiro
- ✓ Ex.: Internet
 - ✓ Endereço IP
 - ✓ Porta



Multimídia

- ✓ “Geração, representação, processamento, armazenamento e disseminação de informações expressas por meio de múltiplas mídias dependentes e independentes do tempo, de forma integrada e controlada por computador” [Steinmetz]

Mídias

- ✓ Texto
- ✓ Áudio
- ✓ Imagem
- ✓ Vídeo



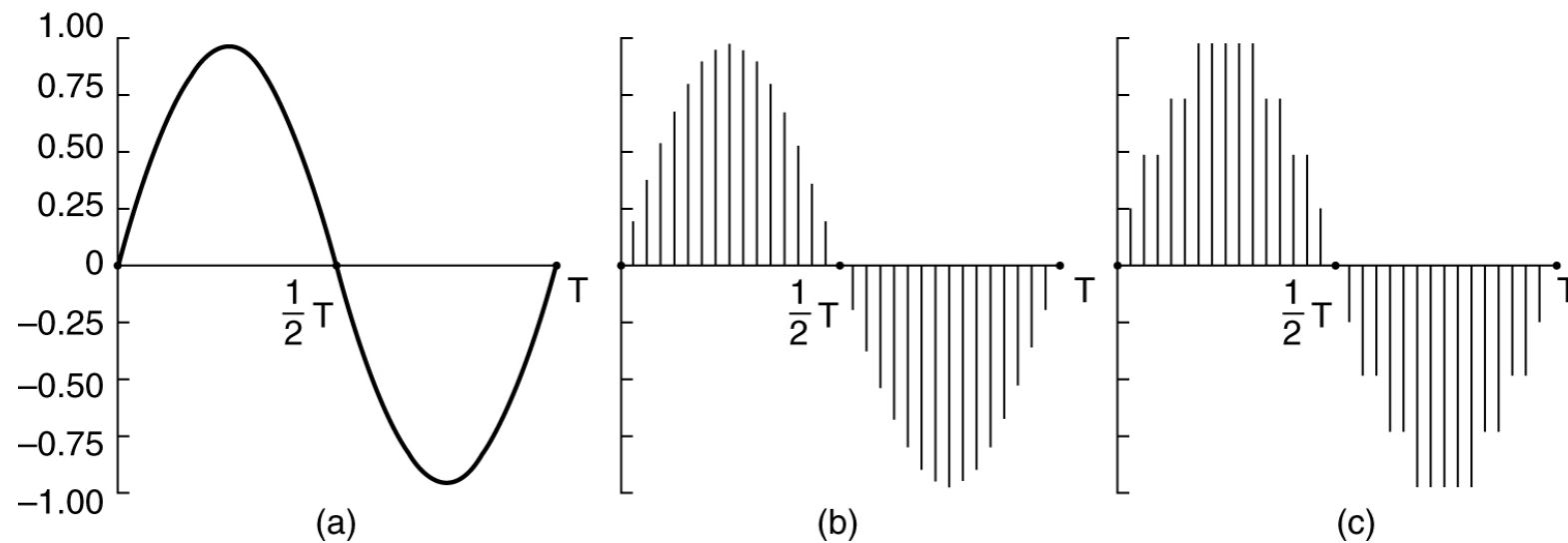
Texto

- ✓ ASCII (7 bits)
 - ✓ Letras maiúsculas e minúsculas, algarismos, sinais (pontuação, aritméticos e outros)
- ✓ ASCII (8 bits)
 - ✓ Extensão que inclui as letras acentuadas
- ✓ Outros



Áudio digital

Conversão de áudio analógico para digital (fonte: Tanenbaum)



(a) onda senoidal

(b) amostragem

(c) quantização

Áudio digital

- ✓ PCM (G.711)
 - ✓ Codificador mais simples



Áudio digital

- ✓ Transmissão de áudio deve satisfazer alguns requisitos
 - ✓ Taxa de perdas
 - ✓ Atraso fim-a-fim
 - ✓ Variação do atraso



Áudio digital - taxa de perdas

- ✓ Afeta a inteligibilidade
 - ✓ $< 5\%$ para PCM
- ✓ Pode-se suavizar as perdas através de
 - ✓ Substituição por silêncio
 - ✓ Substituição por ruído
 - ✓ Repetição do pacote
 - ✓ Interpolação
 - ✓ Intercalamento



Áudio digital - atraso fim-a-fim

- ✓ Afeta a interatividade
 - ✓ < 150 ms → boa
 - ✓ $150 < 400$ ms → aceitável
 - ✓ > 400 ms → ruim
- ✓ Soma de atraso de
 - ✓ Codificação e decodificação
 - ✓ Geração de pacotes
 - ✓ Propagação e transmissão
 - ✓ Enfileiramento
 - ✓ Inclui também tempo nos *buffers* dos receptores



Áudio digital - variação do atraso

- ✓ Afeta a inteligibilidade
- ✓ Pode ser reduzida com uso de *buffer*
 - ✓ Gera um atraso de reprodução
 - ✓ *Buffer* pequeno gera menor atraso mas pacotes podem ser descartados
 - ✓ *Buffer* grande gera maior atraso e menor descarte

Áudio digital - taxa de transmissão

- ✓ Telefone
 - ✓ PCM: 8000 amostras de 8 bits por segundo
 - ✓ 64 kbps
- ✓ CD
 - ✓ PCM: 44100 amostras de 16 bits por segundo
 - ✓ 705,6 kbps para som monofônico
 - ✓ 1,411 Mbps para som estéreo
 - ✓ Exige grande banda passante
 - ✓ Solução → compactação

Áudio digital - compactação

- ✓ Formas de compactação
 - ✓ Codificação de forma de onda
 - ✓ Amplitude de cada componente de frequência é codificada de modo mínimo
 - ✓ Codificação perceptiva
 - ✓ Explora falhas no sistema auditivo humano para codificar um sinal
 - ✓ Alguns sons podem mascarar outros sons
- ✓ Outras
 - ✓ Supressão de silêncio
 - ✓ Interlocutor só fala em média 35% do tempo



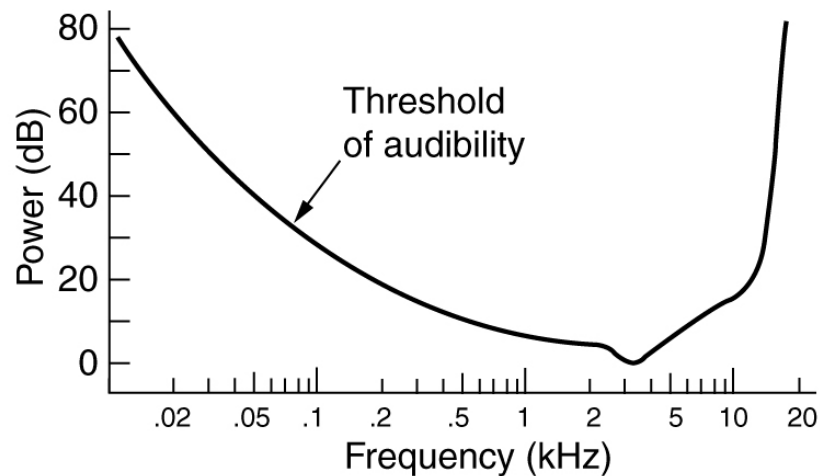
Áudio digital - compactação

- ✓ Codificação perceptiva
 - ✓ Mascaramento de frequência
 - ✓ Som alto em uma banda mascara um som mais suave em outra banda que seria audível
 - ✓ Mascaramento temporal
 - ✓ Ouvido modifica o ganho em função da altura do som e demora um tempo finito para aumentar o ganho

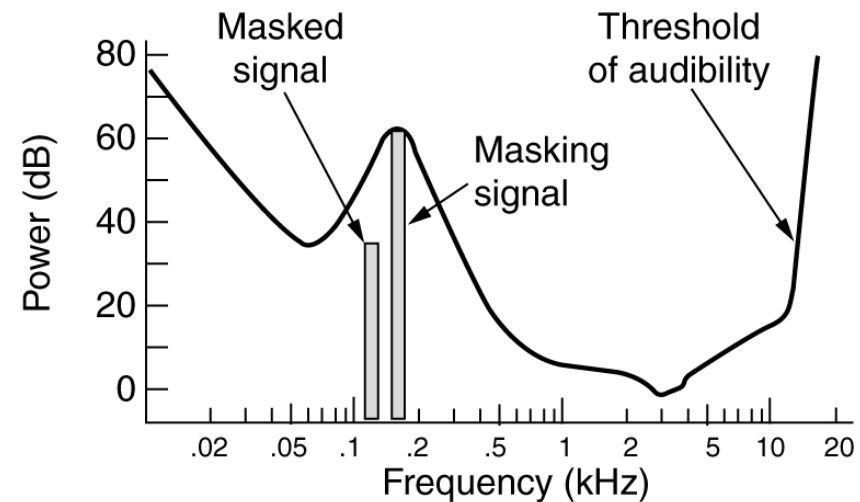


Áudio digital - compactação

Mascaramento de frequência (fonte: Tanenbaum)



(a)



(b)

(a) limiar de audibilidade é função da frequência

(b) efeito de mascaramento

Áudio digital - compactação

- ✓ Diversos padrões
 - ✓ G.723.1
 - ✓ MP3



Áudio digital - compactação - G.723.1

- ✓ Taxas de 5,3 ou 6,3 kbps
- ✓ Usa supressão de silêncio



Áudio digital - compactação - MP3

- ✓ MPEG (*Motion Picture Experts Group*) layer 3
- ✓ Transmite apenas as frequências não mascaradas
- ✓ Escolhe-se a taxa de bits de saída
 - ✓ Ex.: 96, 128 kbps etc.
- ✓ Amostragem a 32, 44,1 ou 48 kHz
- ✓ Usa mais bits para as bandas não mascaradas de maior potência espectral
- ✓ Utiliza outras técnicas também



Imagem digital

- ✓ Configuração de 640 x 480 e 24 bits/pixel (RGB)
 - ✓ 7,37 Mbits
 - ✓ Solução → compactação



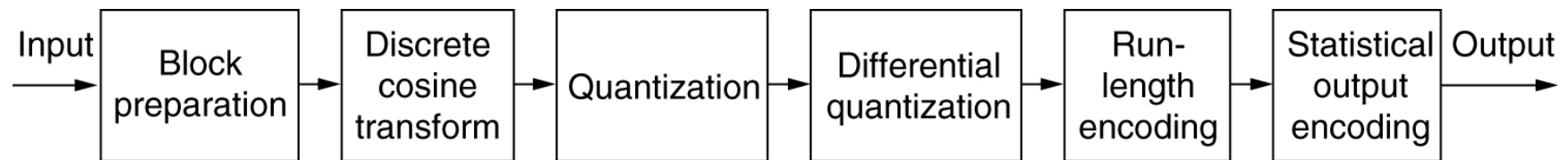
Imagem digital - compactação - JPEG

- ✓ *Joint Photographic Experts Group*
- ✓ Definido no padrão internacional 10918
- ✓ Possui quatro modos com várias opções
 - ✓ Um dos principais é o modo sequencial com perdas para imagens RGB de 24 bits



Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

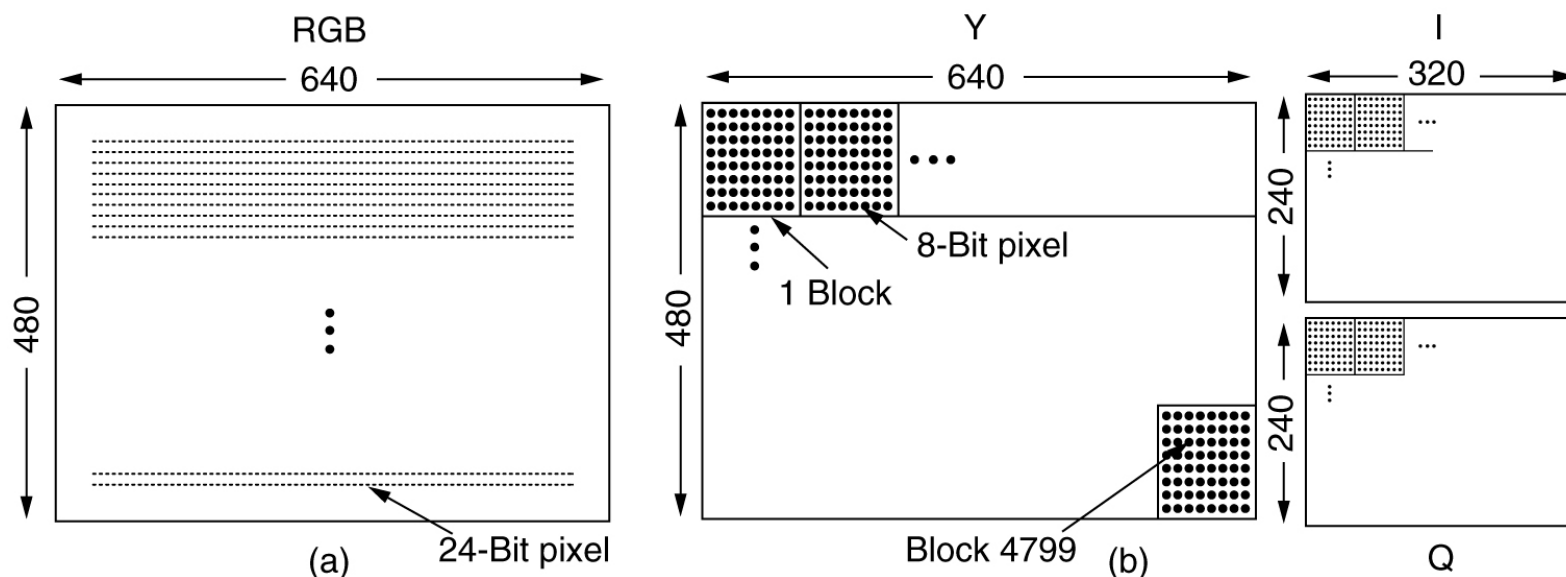
JPEG no modo sequencial com perdas (fonte: Tanenbaum)



- ✓ Preparação do bloco
 - ✓ Uso de luminância (Y) e cromaticidade (I e Q)
 - ✓ Melhor compactação
 - ✓ Criação de matrizes
 - ✓ Divisão em blocos
 - ✓ Redução das matrizes de cromaticidade

Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

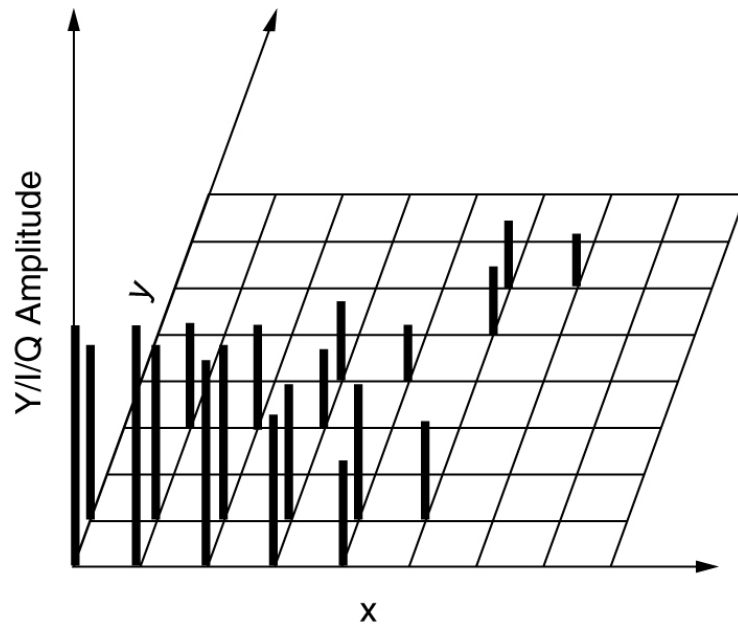
Matrizes após a preparação do bloco (fonte: Tanenbaum)



- ✓ Transformação discreta de cossenos (*Discrete Cosine Transformation - DCT*)

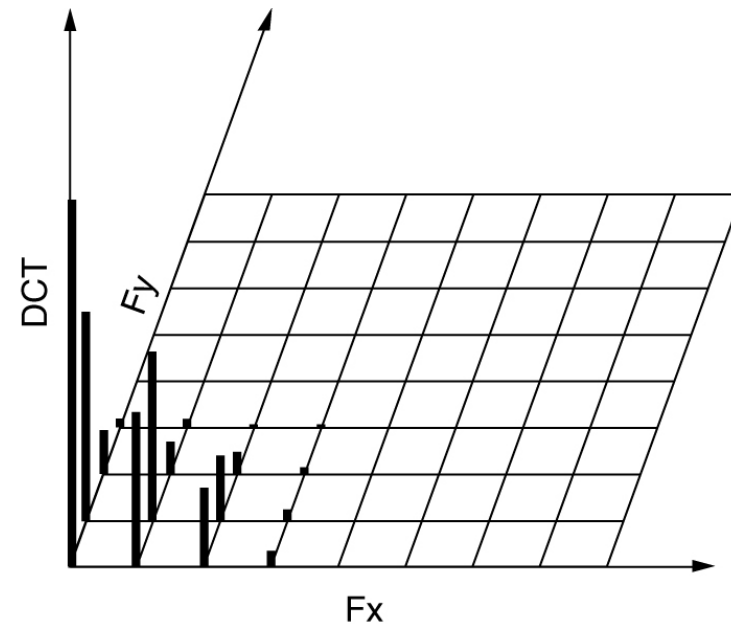
Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

Exemplo de DCT para a matriz Y (fonte: Tanenbaum)



(a)

(a) um bloco da matriz Y



(b)

(b) coeficientes da DCT

Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

DCT - cálculo dos coeficientes quantizados (fonte: Tanenbaum)

DCT Coefficients

150	80	40	14	4	2	1	0
92	75	36	10	6	1	0	0
52	38	26	8	7	4	0	0
12	8	6	4	2	1	0	0
4	3	2	0	0	0	0	0
2	2	1	1	0	0	0	0
1	1	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Quantization table

1	1	2	4	8	16	32	64
1	1	2	4	8	16	32	64
2	2	2	4	8	16	32	64
4	4	4	4	8	16	32	64
8	8	8	8	8	16	32	64
16	16	16	16	16	16	32	64
32	32	32	32	32	32	32	64
64	64	64	64	64	64	64	64

Quantized coefficients

150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

DCT - ordem de transmissão (fonte: Tanenbaum)

150	80	20	4	1	0	0	0
92	75	18	3	1	0	0	0
26	19	13	2	1	0	0	0
3	2	2	1	0	0	0	0
1	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	0

Imagem digital - JPEG - seq. com perdas

- ✓ Após a varredura aplica-se a codificação run-length
 - ✓ No exemplo, informa-se que são 38 zeros
- ✓ Por último, utiliza-se uma codificação de Huffman
 - ✓ Códigos mais curtos para os valores mais comuns
 - ✓ Códigos mais longos para os valores pouco comuns

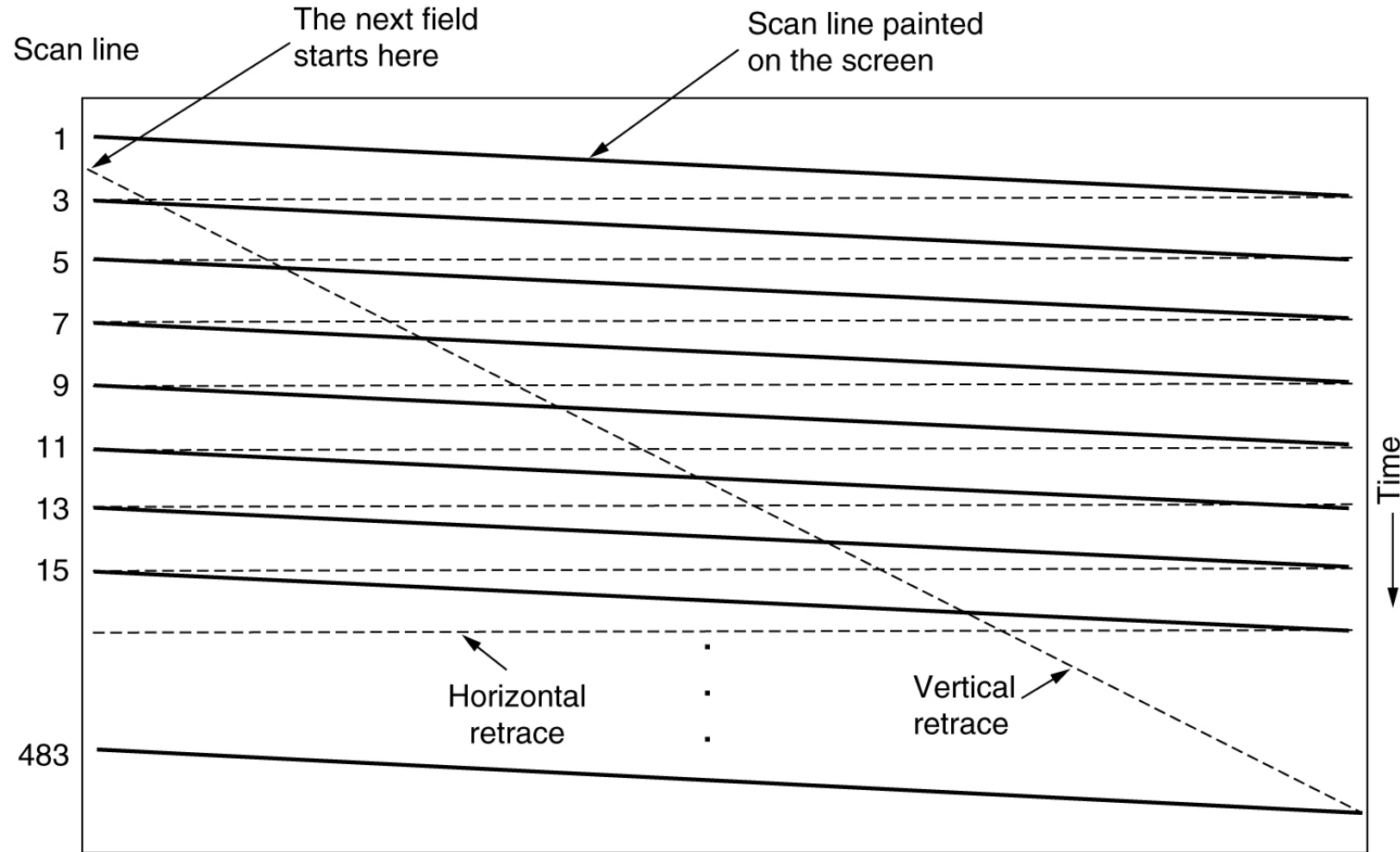


Vídeo

- ✓ Olho humano retém imagens por alguns milissegundos
 - ✓ Sequência exibida a 50 ou mais quadros (imagens) por segundo → olho não percebe imagens discretas
- ✓ Vídeo analógico
 - ✓ Imagem bidimensional representada como uma voltagem variante no tempo
 - ✓ Vários formatos
 - ✓ NTSC
 - ✓ PAL
 - ✓ SECAM
 - ✓ Formatos diferem quanto ao número de linhas de varredura, relação entre os eixos vertical e horizontal e número de quadros por segundo



Vídeo analógico NTSC (fonte: Tanenbaum)



Vídeo analógico

- ✓ Formatos usam 25 ou 30 quadros/s
 - ✓ Oscilação na imagem
 - ✓ Solução → exibe-se primeiro as linhas ímpares e depois as pares (entrelaçamento)

Vídeo digital

- ✓ Configuração de 1024 x 768, 24 bits/*pixel* e 25 quadros/s
 - ✓ 472 Mbps
 - ✓ Solução → compactação



Vídeo digital - MPEG

- ✓ *Motion Picture Experts Group*
- ✓ Padrão de áudio e vídeo digital
- ✓ Mais utilizados
 - ✓ MPEG-1
 - ✓ MPEG-2
 - ✓ MPEG-4



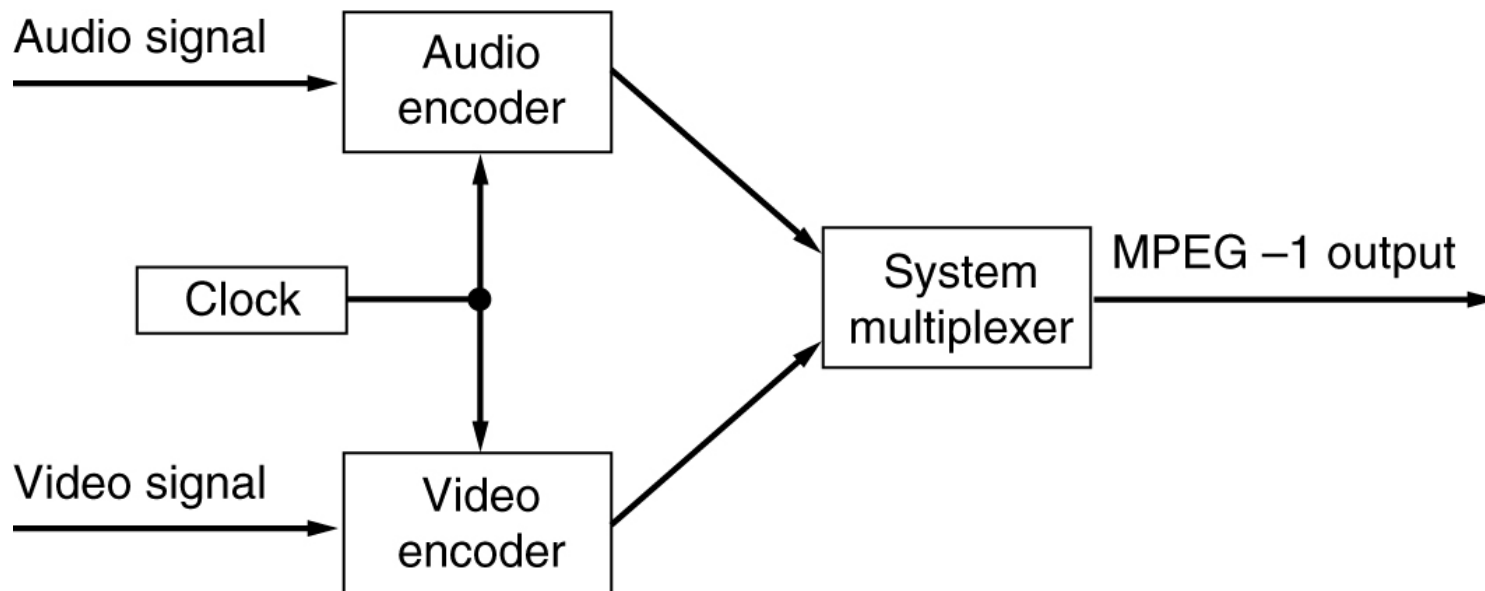
Vídeo digital - MPEG-1

- ✓ Padrão internacional 11172
- ✓ Formato 352 x 240 com 24 bits/pixel e 25 quadros/s
 - ✓ Sem compactação → 50,7 Mbps
 - ✓ 1,5 Mbps
- ✓ Só aceita imagens progressivas (não entrelaçadas)
- ✓ Dividido em três partes
 - ✓ Áudio
 - ✓ Vídeo
 - ✓ Sistema
 - ✓ Integra as duas partes



Vídeo digital - MPEG-1

MPEG-1 (fonte: Tanenbaum)



Vídeo digital - MPEG-1

- ✓ Compactação de vídeo
 - ✓ Redundância espacial
 - ✓ Redundância temporal



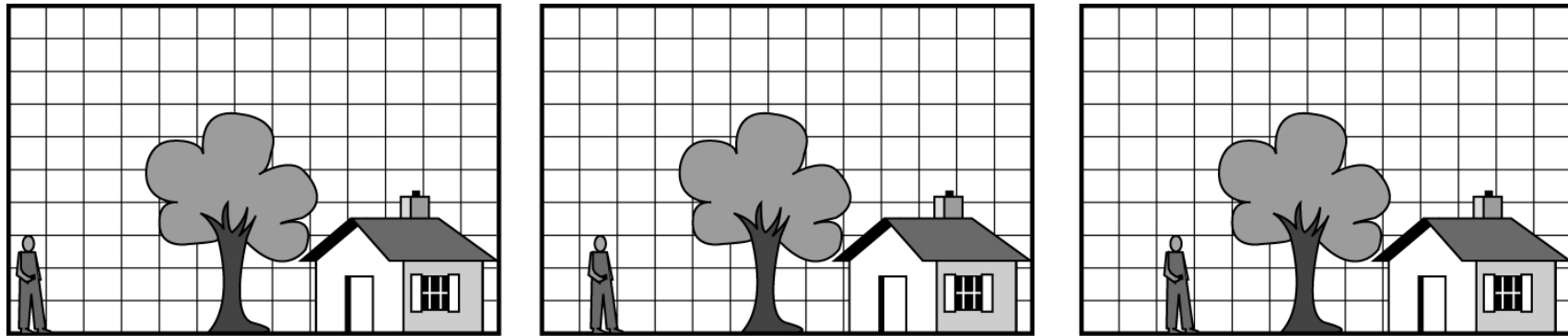
Vídeo digital - MPEG-1

- ✓ Quatro tipos de quadros
 - ✓ I (*Intracoded*)
 - ✓ Codificados com uma variante do JPEG
 - ✓ Um ou dois por segundo
 - ✓ P (*Predictive*)
 - ✓ Usa blocos chamados macroblocos
 - ✓ 16 x 16 na luminância
 - ✓ 8 x 8 na crominância
 - ✓ Diferenças macrobloco a macrobloco em relação ao último quadro são codificadas



Vídeo digital - MPEG-1

Quadros consecutivos (fonte: Tanenbaum)



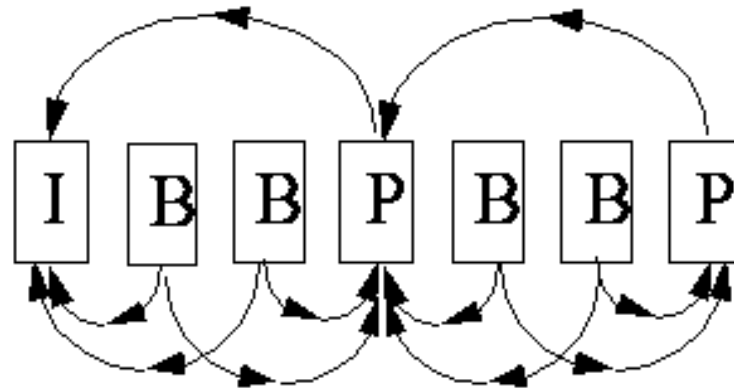
Utilidade dos quadros P \rightarrow vários macroblocos iguais

Vídeo digital - MPEG-1

- ✓ Quatro tipos de quadros (cont.)
 - ✓ B (Birectional)
 - ✓ Diferenças macrobloco a macrobloco em relação a um quadro anterior ou seguinte são codificadas
 - ✓ D (DC-coded)
 - ✓ Usados para possibilitar a exibição de uma imagem de baixa resolução quando utiliza-se um avanço ou um retrocesso rápido

Vídeo digital - MPEG-1

Relação entre quadros I, P e B (fonte:
http://bmrc.berkeley.edu/frame/research/mpeg/mpeg_overview.html)



Vídeo digital - MPEG-2

- ✓ Padrão internacional 13818
- ✓ Formatos
 - ✓ 352 x 240 → compatibilidade retroativa com MPEG-1
 - ✓ 720 x 480 → NTSC
 - ✓ 1440 x 1152 → HDTV
 - ✓ 1920 x 1080 → HDTV
- ✓ 4 a 8 Mbps
- ✓ Aceita imagens entrelaçadas e progressivas
- ✓ Aumenta o tamanho do bloco usado na DCT de 8 x 8 para 10 x 10 para melhorar a qualidade
- ✓ Usa os quadros I, P e B



Vídeo digital - MPEG-4

- ✓ Trata imagens como objetos
- ✓ Chega a 4096 x 4096
- ✓ Possui flexibilidade na escolha da taxa
- ✓ Pode-se codificar o áudio separado do vídeo