



Sistemas Multimídias

O Vídeo

Prof. Fernando Gonçalves Abadia

Sistemas Multimídia

Tópicos:

- ☐ Vídeo - Conceitos Básicos
- ☐ Sistemas analógicos de vídeo
- ☐ Vídeo - Formatos mais populares
- ☐ Codificação e Compressão

O Vídeo

- **Definição** - conjunto de imagens, por exemplo, bitmap (*frames*) “passadas” em sequência a determinada velocidade, para nos transmitir a idéia de movimento.
- O número de imagens que são “passadas” em cada segundo designa-se, vulgarmente, por taxa de *frames* ou número de *frames* por segundo (*nfs*).

O Vídeo

Número de *frames/s*

- Cinema: 24 *frames/s*
- Vídeo: Sistema Eletrônico (PAL, SECAM, utilizado em países da Europa): 25 *frames/s*
- Vídeo: Sistema Eletrônico NTSC (utilizado na América): 30 *frames/s*

O Vídeo

- O vídeo tem a capacidade de comunicar a maior quantidade de informação, no menor espaço de tempo e com o maior impacto.
- O vídeo confere aos documentos a noção de tempo.
- Está provado que colocar movimento numa apresentação pode:
 - manter o interesse e a atenção da audiência;
 - comunicar conceitos e idéias abstratas;
 - estimular respostas emocionais.

O Vídeo

Desvantagens:

- Complexidade
- Consome quantidade elevada de memória
 - Ex: uma seqüência de vídeo de 30 segundos sem compressão, transmitida a 30 fps e com imagens de 640x480 pixels (cada um codificado com 24 bits), atinge cerca de 1 Gb de informação.
- **Vídeo em um Produto Multimídia:** observar a relação custo x benefício.

O Vídeo

- **Formas de captura**
 - Para formato analógico
 - Para formato digital
- **Parâmetros importantes (captura)**
 - Taxa de transferência de dados do suporte de armazenamento;
 - Tamanho da janela;
 - Taxa de *frames*;
 - Qualidade da imagem (paleta de cores).

O Vídeo

- **Taxa de transferência de dados do suporte de armazenamento**
 - Suportes mais rápidos são: Discos rígidos, DVD's e CD-ROM's
 - Mas não oferecem a taxa de transferência desejável, ou seja, os 30 Mb/s necessários ao processamento de um segundo de vídeo digital não comprimido.

O Vídeo

- **Tamanho da janela** - Quanto menor for a janela mais rapidamente a informação poderá ser processada.
- Valores comuns:
 - 640x480 pixels
 - 320x240 pixels
 - **240x180 pixels** (solução mais utilizada);
 - 160x120 pixels

O Vídeo

- **Taxa de *Frames*** - número de imagens que passadas em cada segundo.
- Este valor pode ser de:
 - 30 fps (também designado por FULL MOTION);
 - 25 fps;
 - 15 fps;
 - 12 fps.
 - Abaixo das 10 fps perde-se totalmente a noção de movimento. O melhor será **entre 16 e 24**.

O Vídeo

- **Qualidade da imagem** (paleta de cores) - tem a ver com a quantidade de informação que será captada por cada frame.
- **Variação:**
 - Baixa qualidade: 8 bits - apenas 25% do total da informação da imagem é armazenada;
 - Alta qualidade: 32 bits - a informação sobre a imagem é armazenada a 100%.
 - Uma solução poderá ser **50-75%** para a qualidade da imagem (ou seja, paleta de 16 ou 24 bits).

O Vídeo

Sistemas de vídeo:

- sistemas de televisão;
- sistemas de gravação e reprodução de vídeo -
 - Vários sistemas atuais são ainda analógicos, na maior parte.
 - tecnologia digital avança rapidamente:
 - MPEG, DVD, HDTV, videoconferência.

O Vídeo

- **Sistemas de televisão:**
 - as características do sinal de vídeo são determinadas pelos padrões de televisão;
 - principais padrões existentes:
 - televisão em preto-e-branco;
 - televisão colorida;
 - televisão de alta definição - HDTV.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Televisão em preto-e-branco** (padrão americano e brasileiro):
 - frequência vertical de **30** quadros por segundo;
 - varredura entrelaçada (**60** campos por segundo);
 - **525** linhas por quadro, das quais aproximadamente 480 visíveis.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Características do padrão de vídeo em preto-e-branco:**
 - **razão de aspecto** dos monitores: 4/3;
 - **supervarredura**: não devem sobrar margens negras nas imagens;
 - **borda de segurança**: área da imagem que pode ficar sob a moldura e não deve conter informação.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Características do padrão de vídeo em preto-e-branco:**
 - a imagem é dividida em linhas;
 - a parte visível da linha é um sinal positivo, que representa a luminância;
 - pulsos de sincronismo horizontal e vertical:
 - sinais negativos que iniciam linha e campo.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Padrões de televisão colorida:**
 - sistemas existentes:
 - **NTSC** (americano) - 525 linhas 480 são a imagem visível e as outras 45 são VBI , 29,97fps, 60Hz;
 - **PAL** - 625 linhas, 25 fps, 50 Hz;
 - **SECAM** - 625 linhas, 25fps, 50Hz;
 - **PAL-M** (brasileiro) - 525 linhas, 29,97 fps, 60Hz.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Padrões de televisão colorida:**
 - compatíveis com vídeo preto-e-branco:
 - representação do **sincronismo** e **luminância**;
 - **crominância**: representação da informação de cor.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Televisão colorida:**
 - a crominância representa o matiz e a saturação codificados sobre uma **portadora de cor**;
 - **rajada de cor**: sinal que serve de referência de portadora de cor para cada linha;
 - frequência vertical de **29,97 Hz** para eliminar a crominância na recepção em preto-e-branco.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Modelos de sinal de vídeo colorido** (em ordem decrescente de qualidade e custo):
 - modelo **RGB**:
 - primárias aditivas em cabos separados;
 - requer monitores multissincronizáveis;
 - variantes: transmissão de diferenças, sincronismo;

Sistemas analógicos de vídeo

- **Modelos de sinal de vídeo colorido** (em ordem decrescente de qualidade e custo):
 - **modelo YIQ:**
 - derivado do RGB por codificação em amplitude (I) e fase (Q);
 - aproveita menor sensibilidade da visão ao matiz e saturação;
 - usado em U-Matic, D1;

Sistemas analógicos de vídeo

- **Modelos de sinal de vídeo colorido** (em ordem decrescente de qualidade e custo):
 - **modelo YC ou vídeo componente:**
 - combina I e Q em C;
 - usado em S-VHS e Betacam;
 - **vídeo composto:**
 - combina Y e C em sinal NTSC;
 - usado em VHS e TV.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Níveis de sistema de vídeo:**
 - **consumidor** - equipamentos domésticos;
 - **industrial** - produtoras de vídeo e de multimídia;
 - **difusão** - emissoras de TV;
 - **HDTV** - alta definição.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Exemplos de sistemas de vídeo:**
 - consumidor: VHS, 8mm;
 - industrial: Hi8, S-VHS, Betacam, Betacam SP, U-Matic;
 - difusão: Tipo C, sistemas digitais.

Sistemas analógicos de vídeo

- **Substituição por sistemas digitais:**
 - consumidor: D-VHS;
 - industrial: DVC, DVCAM, DVCPRO, Digital Betacam;
 - difusão: D-1, D-2, D-3, D-5;
 - HDTV: D-6.

Sistemas analógicos de vídeo

- Opções do código de tempo SMPTE (quadros/segundo):
 - **24** - cinema;
 - **25** - TV europeia;
 - **30** - TV americana preto-e-branco;
 - **29,97 (“Drop-frame”)** - TV americana colorida.

O Vídeo

Formatos mais populares:

- AVI (*Audio-Video Interleaved*) - desenvolvido pela Microsoft para ambiente Windows;
- MOV (*QuickTime Movie Format*) - desenvolvido pela Apple para ambiente Macintosh.
- MPEG (*Moving Picture Experts Group*).

O Vídeo

Formato AVI:

- Similar ao MOV, este formato combina a produção e reprodução de áudio e vídeo simultaneamente.
- Este formato pode ser convertido para MOV.
- Suporta vários tipos de compressão.

O Vídeo

Formato MOV:

- MOV - é um formato de arquivo padronizado para produção e reprodução que permite que o vídeo e o áudio sejam capturados e combinados num arquivo único, para uma determinada máquina, e reproduzidos em conjunto em qualquer outra máquina que utilize o QuickTime;
- Suporta vários tipos de compressão.

O Vídeo

Formato MPEG:

- A maior vantagem do MPEG em relação a outros formatos para a codificação de vídeo e áudio: os arquivos MPEG são bem menores para a mesma qualidade.
- Utiliza técnicas de compressão muito sofisticadas atingindo taxas na ordem dos 200:1 com imagens e sons de qualidade extremamente alta.

O Vídeo

- **Compressão:** os algoritmos de compressão são absolutamente indispensáveis no caso do vídeo, por duas razões:
 1. para que não ultrapassem a taxa de transferência de dados permitida pelo suporte em que estão armazenados (se isso acontecer não são reproduzidos de forma regular mas aos “pulos”);
 2. para ocuparem menos espaço pois, sem compressão, os valores são assustadores:
 - 1 segundo de vídeo a 30 fps pode ocupar 30 Mb;
 - 1 minuto de vídeo a 30 fps pode ocupar 1,8 Gb.
- O processo de compressão de vídeo é o mais complexo de todos, existindo dezenas de algoritmos de compressão diferentes.

Codificação e Compressão

- O sinal de vídeo pode ser codificado usando várias técnicas: PCM, DPCM, ADPCM, etc.
- Um vídeo pode ser considerado como uma sequência de imagens estáticas (quadros). Cada um desses quadros pode ser codificado usando as mesmas técnicas empregadas para as imagens estáticas.

- **PCM** (*Pulse Code Modulation*) - representa cada amostra pelo seu valor absoluto.
- **DPCM** (*Differential Pulse Code Modulation*) - representa apenas a diferença entre o valor de uma amostra e o valor de sua antecessora. DPCM é um caso particular de *codificação preditiva*, em que o valor predito da amostra corrente é o valor da amostra anterior, guardando-se (codificando-se) então o erro (diferença) de predição.
- **ADPCM** (*Adaptative Differential Pulse Code Modulation*) - prevê-se não apenas o valor da amostra corrente baseado na amostra anterior, mas também o valor do quantum, baseado em uma função, bem conhecida, dos valores de amostras anteriores.

Codificação e Compressão

- Pode-se empregar a codificação JPEG em cada quadro. Essa técnica constitui a base da codificação chamada MJPEG (*Motion JPEG*).
- Ao empregar essa codificação, considera-se apenas a redundância de informação contida em um quadro (redundância *intra-quadro*), quando a maior redundância pode estar nas informações contidas em quadros consecutivos (redundância *inter-quadros*).
- Soluções mais adequadas: **MPEG vídeo**, H264, etc.

Codificação e Compressão

- Para a codificação de vídeo, cada uma das matrizes de cores é dividida em blocos de amostras.
- A maior parte dos padrões trata blocos de tamanho fixo com **8x8 amostras**.
- Padrões mais recentes são capazes de tratar blocos de tamanhos variáveis.
- Pode-se considerar:
 - Macrobloco: conjunto de 16x16 amostras.
 - Bloco: conjunto de 4x4 amostras.

Codificação e Compressão

- O vídeo é uma seqüência de imagens estáticas, chamadas de **quadros**.
- Os quadros devem ser capturados a uma taxa entre **24 e 30 quadros por segundo** para dar a idéia de movimento contínuo (tempo real).



Codificação e Compressão

- Um sistema de compressão de vídeo objetiva reduzir a taxa de transmissão e opera reduzindo a redundância e/ou informações de menor importância do sinal antes da transmissão.
- **Codificador de Fonte (*encoder*)**: implementa o sistema de compressão.
- **Decodificador de Fonte (*decoder*)**: reconstrói uma aproximação da imagem a partir da informação remanescente do processo de codificação.

Codificação e Compressão

- A codificação de vídeo busca reduzir as informações redundantes presentes no vídeo.
 - **Redundância Espacial**
 - **Redundância Temporal**
 - **Redundância Psicovisual**
 - **Redundância de Codificação (entrópica)**

Outra forma - Redundância de Conhecimento: Quando um vídeo tem utilização limitada e se pode associar um conhecimento comum.

Codificação e Compressão

Redundância Espacial + Redundância Temporal

- Valores de pixels não são independentes, são correlacionados com seus vizinhos, tanto do mesmo *frame* (**redundância espacial**) quanto entre *frames* consecutivos (**redundância temporal**).
- Valor do pixel (dentro de alguns limites) - pode ser **predito** a partir dos valores dos pixels vizinhos assim como regiões de um *frame* futuro podem ser preditas a partir do *frame* atual.

Codificação e Compressão

Redundância Espacial

- Pixels vizinhos no espaço tendem a ser muito parecidos ou iguais.
- É vantajoso usar uma representação diferencial, RLE ou outra forma de codificação.
- Assim usa-se menos bits por pixel para representar o quadro.



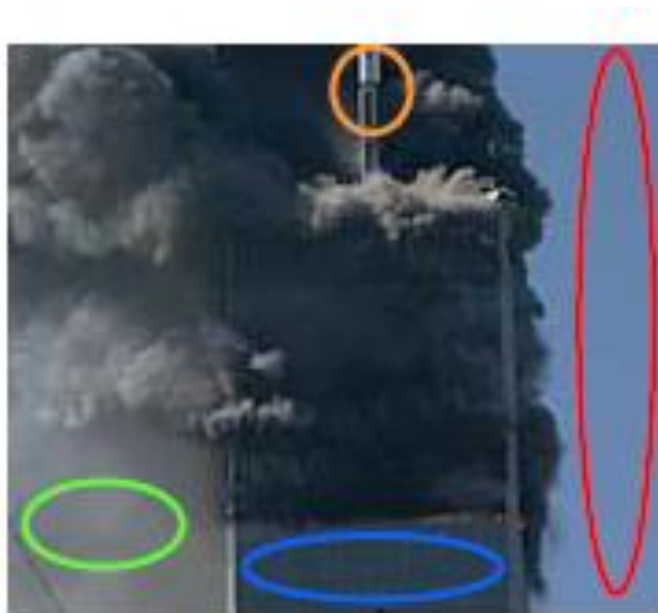
Codificação e Compressão

Redundância Temporal

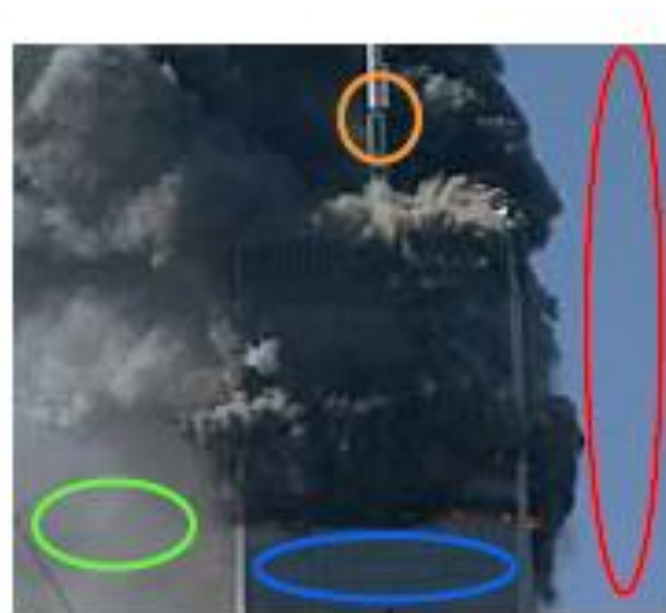
- Quadros vizinhos temporalmente, possuem diversos pixels similares ou idênticos.
- Se for considerado o movimento, isto é, pixels deslocados de um quadro para outro, esta similaridade é ainda maior.
- Usando técnicas como codificação diferencial entre quadros (sem movimento) ou estimação de movimento, é possível reduzir drasticamente o número de bits usados para representar o vídeo.

Codificação e Compressão

Redundância Temporal



Quadro 1



Quadro 2

Codificação e Compressão

Redundância Psicovisual

- Resulta do princípio de funcionamento do olho e do cérebro humanos (sistema visual humano).
- O limite de definição fina de detalhes que o olho pode resolver (limites de **resolução espacial**) quanto os limites na habilidade de acompanhar imagens que se movem rapidamente (limites na **resolução temporal**) são utilizados como limiares para descartar o sub-conjunto do fluxo de informação de vídeo que ultrapassa estes limites.
- O sistema visual humano não é capaz de perceber este tipo de informação, não há razão para que ela seja transmitida, resultando em compressão.

Codificação e Compressão

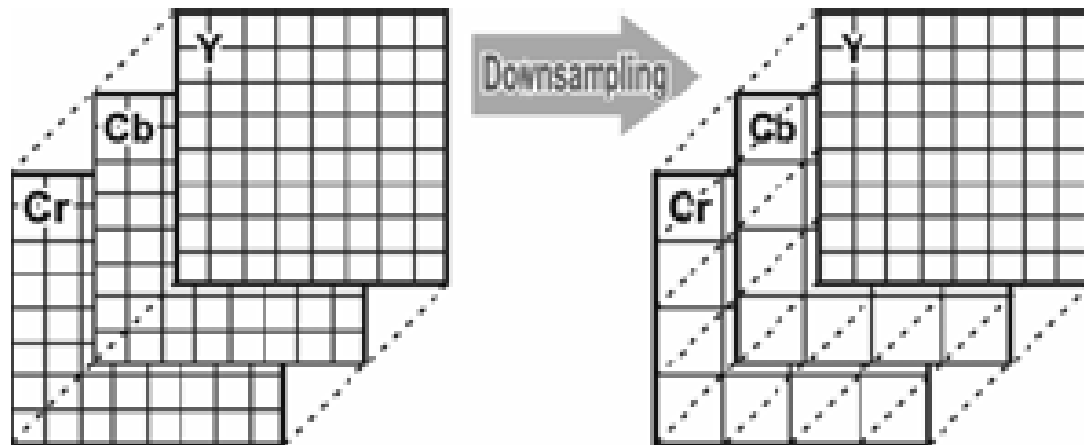
Redundância Psicovisual

- O sistema visual humano é mais sensível às informações de brilho do que de cor.
- Existem **240 milhões de bastonetes** (brilho) e **13 milhões de cones** (cores) -> Então não faz sentido representar brilho e cor com a mesma quantidade de dados.
- A relação de 1:1:1 nos componentes de cores (YCbCr, por exemplo) pode ser alterada para **4:2:2** ou **4:2:0**.

Codificação e Compressão

Redundância Psicovisual

- Esta alteração se chama sub-amostragem (*downsampling*)
 - Com 4:2:2 a compressão é de 33%
 - Com 4:2:0 a compressão é de 50%



Codificação e Compressão

Redundância Psicovisual

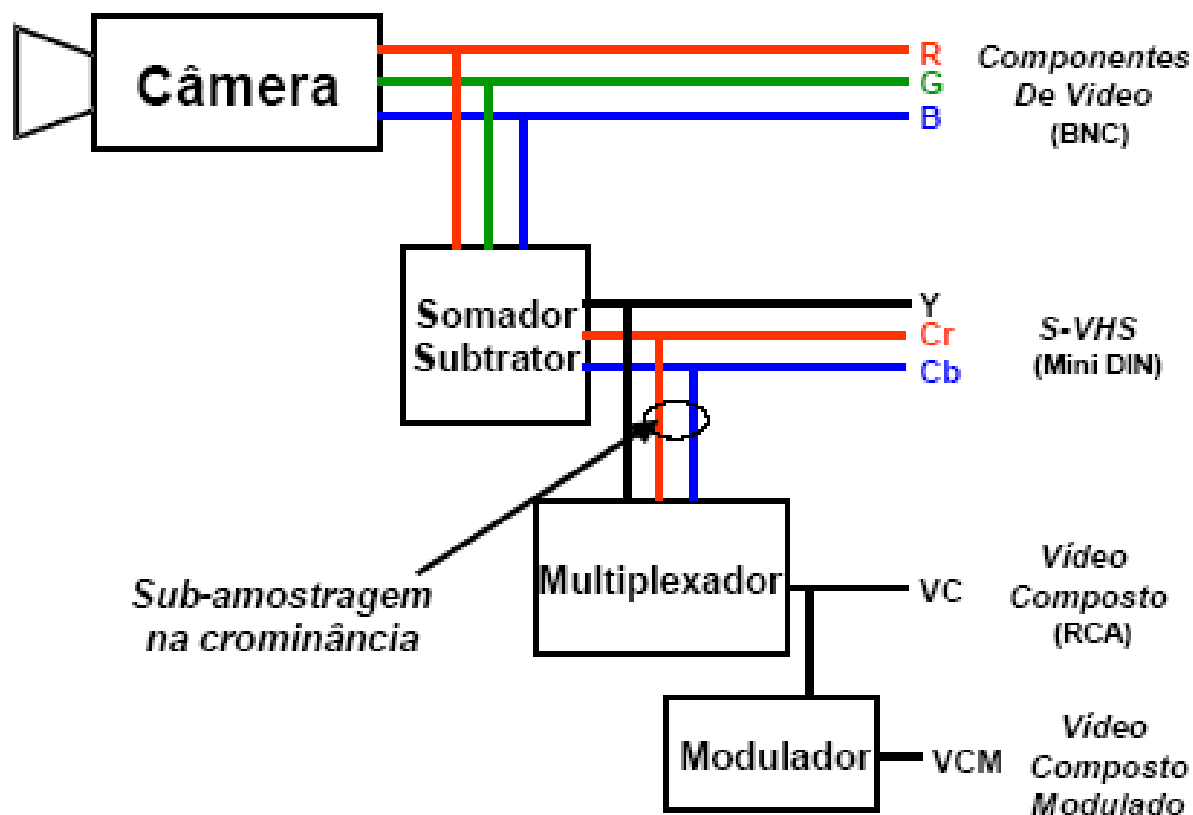
- O sistema visual humano é pouco sensível às informações com frequências elevadas e às informações com baixa amplitude.
- A imagem pode ser transformada do domínio espacial para o domínio das **frequências** (DCT 2-D é a mais usada).
- Neste domínio, as baixas amplitudes e amplitudes de frequências mais elevadas são eliminadas ou atenuadas (**quantização**).

Codificação e Compressão

- Sinais de TV são, em geral, adquiridos no formato RGB, mas transmitidos no formato YCrCb,
 - a resolução dos canais de croma é menor que a de luminância, levando em conta a maior sensibilidade do olho humano à luminância.
- Os sinais são então multiplexados e modulados, gerando um sinal chamado vídeo composto modulado.

Codificação e Compressão

Geração de sinal de vídeo de TV.



Codificação e Compressão

- Edição e Masterização
 - Masterizar é a arte de ouvir cuidadosamente uma mixagem completa com objetivo de apurar e corrigir deficiências sonoras e problemas.
 - As pistas de áudio são divididas de um modo chamado de banda internacional:
 - Ruídos e falas (barulhos, efeitos sonoros)
 - Músicas (trilhas sonoras)

Codificação e Compressão

Redundância de Codificação (Entrópica)

- Para qualquer sinal digitalizado não-aleatório alguns valores codificados ocorrem mais freqüentemente que outros.
- Esta característica pode ser explorada da forma:
 - Codificação dos valores que ocorrem mais freqüentemente com códigos menores;
 - Codificação dos valores que ocorrem com menor freqüência com códigos maiores.

Codificação e Compressão

Redundância de Codificação (Entrópica)

- A forma como os símbolos são codificados tem impacto direto na taxa de compressão.
- Várias são as formas de codificação: VLC, Huffman, Aritmética, Exp-Golomb, CAVLC, CABAC, etc.
- **Exemplo:** Considere o símbolo 2. Em oito bits, sua representação é “00000010”. Usando VLC, esta representação pode virar “10” apenas.

Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Compensação/Estimação de Movimento:
 - Monta o quadro atual a partir dos quadros anteriores;
 - Reduz a redundância temporal.
 - **Estimação de movimento:** descobre qual o bloco nos quadros anteriormente codificados pode substituir melhor cada bloco do quadro atual e gera o **vetor de movimento** para localizar este bloco.
 - **Compensação de movimento:** remonta o quadro atual a partir dos blocos selecionados pela ME.
 - A diferença (**resíduo**) não é desprezada.

Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Compensação/Estimação de Movimento:
 - Esta operação é chamada de “*inter-frame*”;
 - É a operação mais complexa e mais importante.

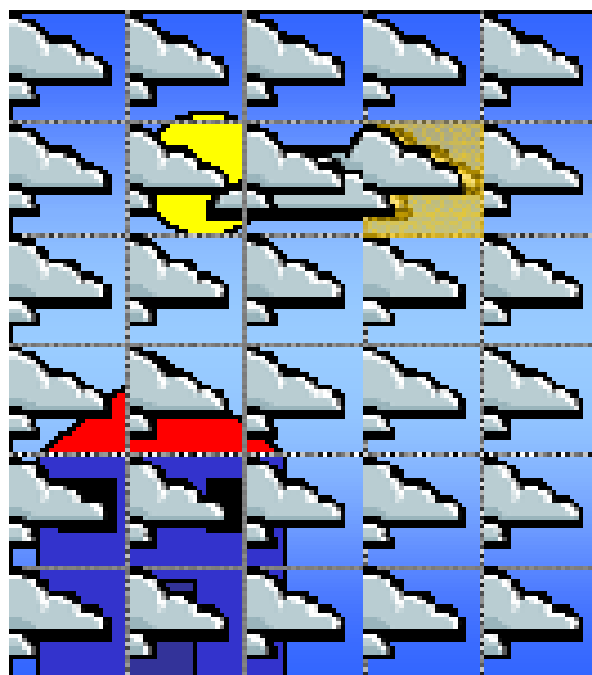


Quadro 2

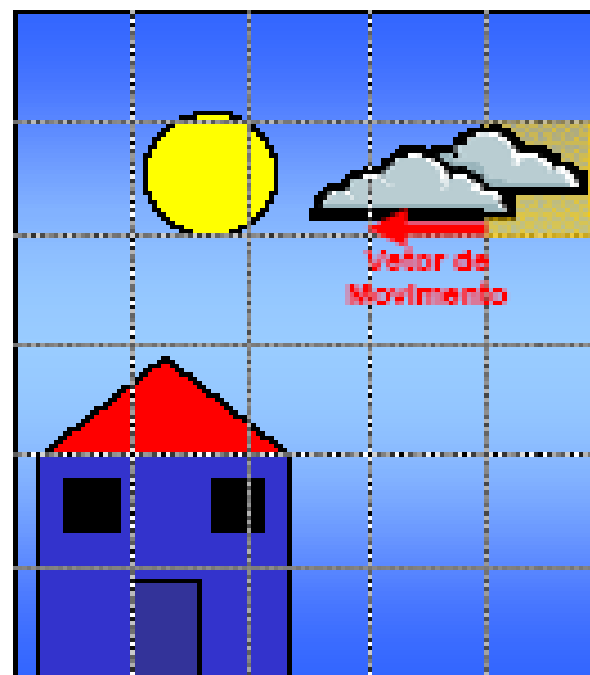
Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Estimação de Movimento:



Quadro 1

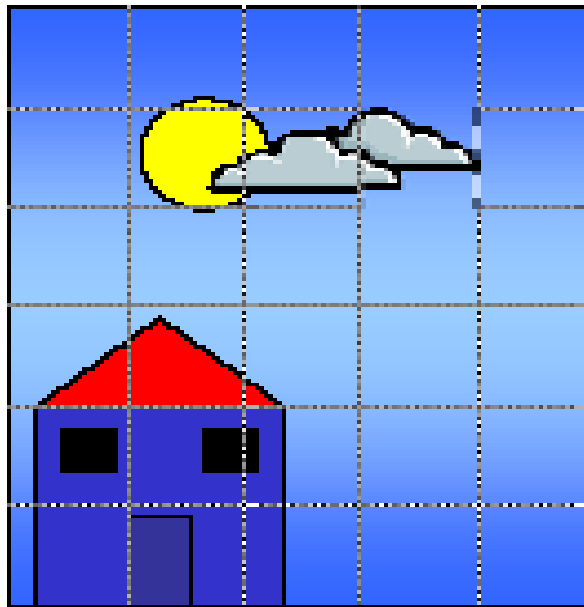


Quadro 2

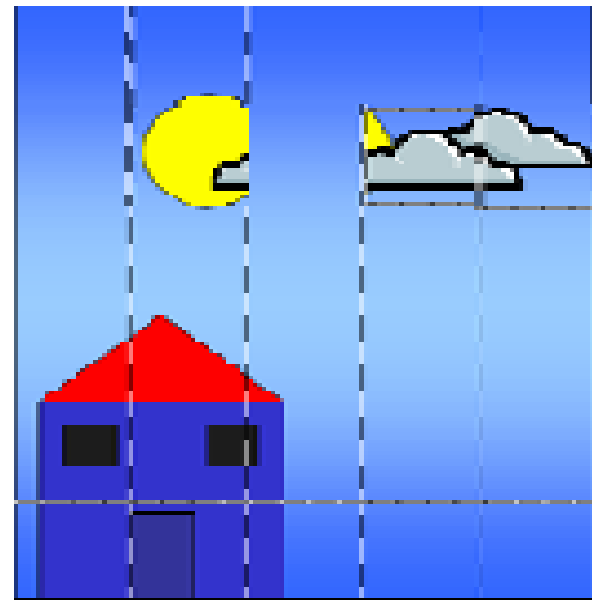
Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Compensação de Movimento:



Quadro 1

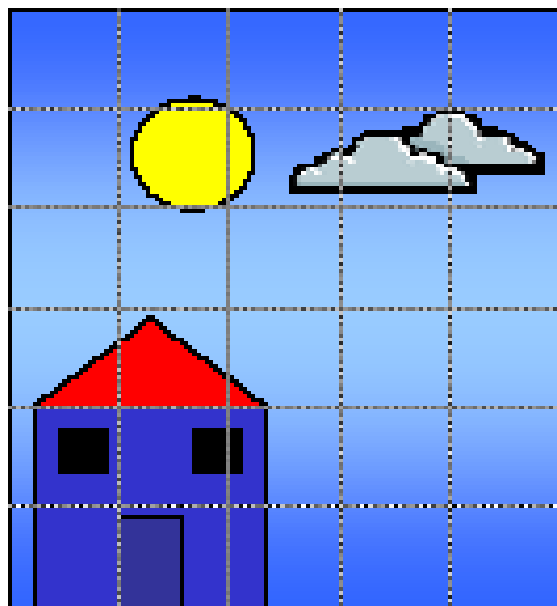


Quadro 2

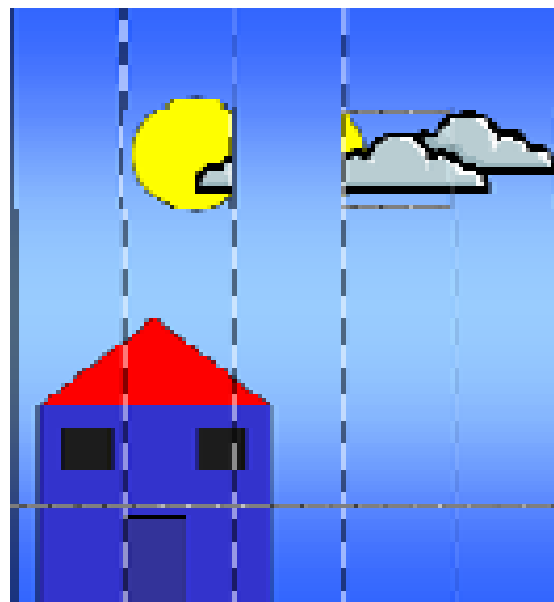
Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Compensação de Movimento:



Quadro Original



Quadro Reconstruído

Codificação e Compressão

Principais Operações:

- Predição Intra-Quadro:
 - Monta o quadro atual a partir de blocos anteriormente decodificados **no próprio quadro** atual ou;
 - Codifica o quadro como se fosse uma imagem estática tipo JPEG;
 - Reduz a redundância espacial;
 - Esta operação é chamada de codificação “*intra-frames*”;
 - Novamente o resíduo não é desprezado.

Codificação e Compressão

Elementos importantes da Compressão

- Sub-amostragem
- Redução FPS
- Conversão de Espaço de Cores
- Redundância Espacial
- Redundância Temporal
- Transformada Discreta do Cosseno
- Wavelets

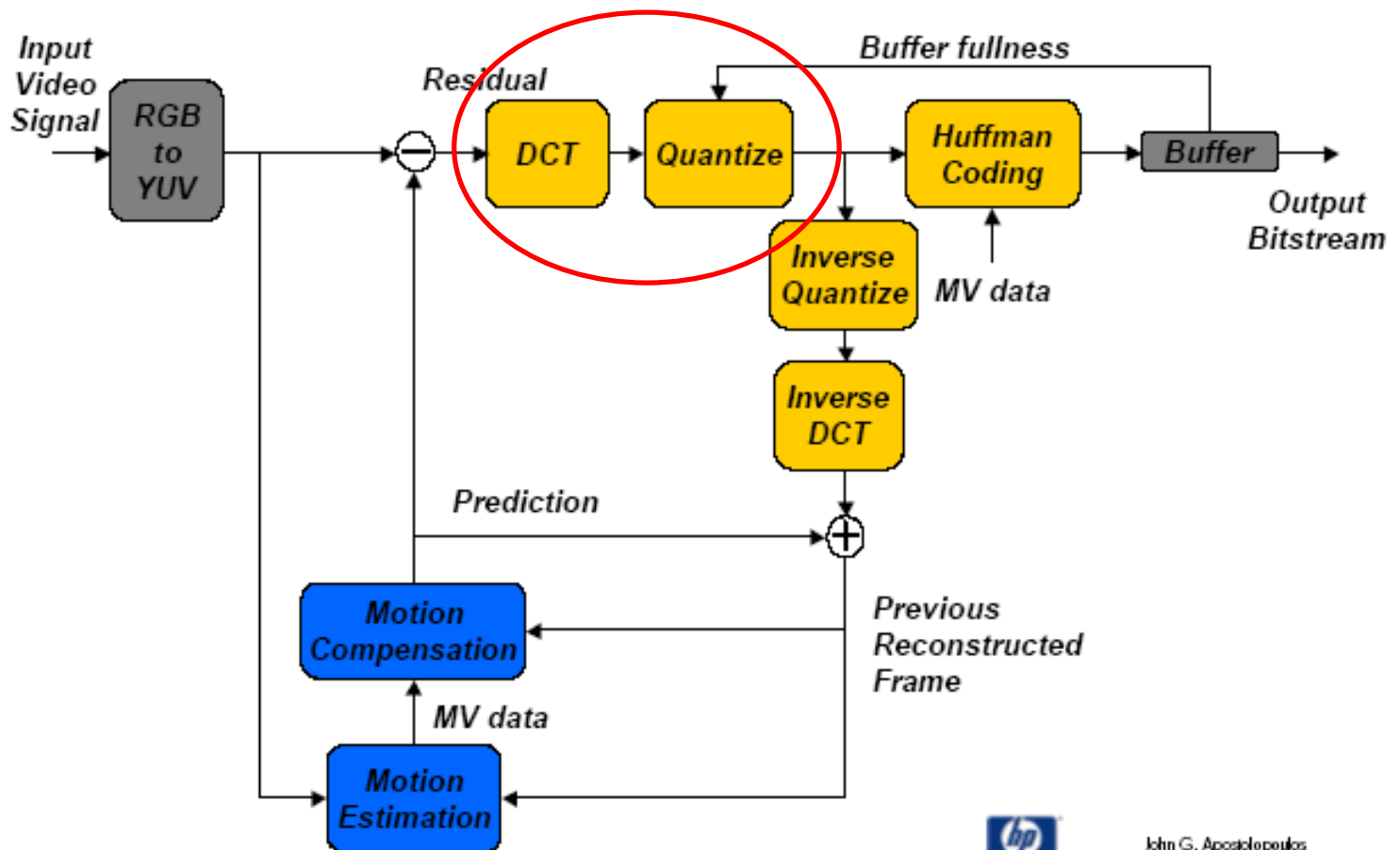
Codificação e Compressão

Operações importantes da Compressão

- Redundância Espacial
 - **Transformada Discreta do Cosseno**
- Redundância Temporal
 - Estimação de movimento
- Componentes irrelevantes
 - **Quantização**
- Componentes com diferentes probabilidades
 - Códigos de comprimento variável (VLC)

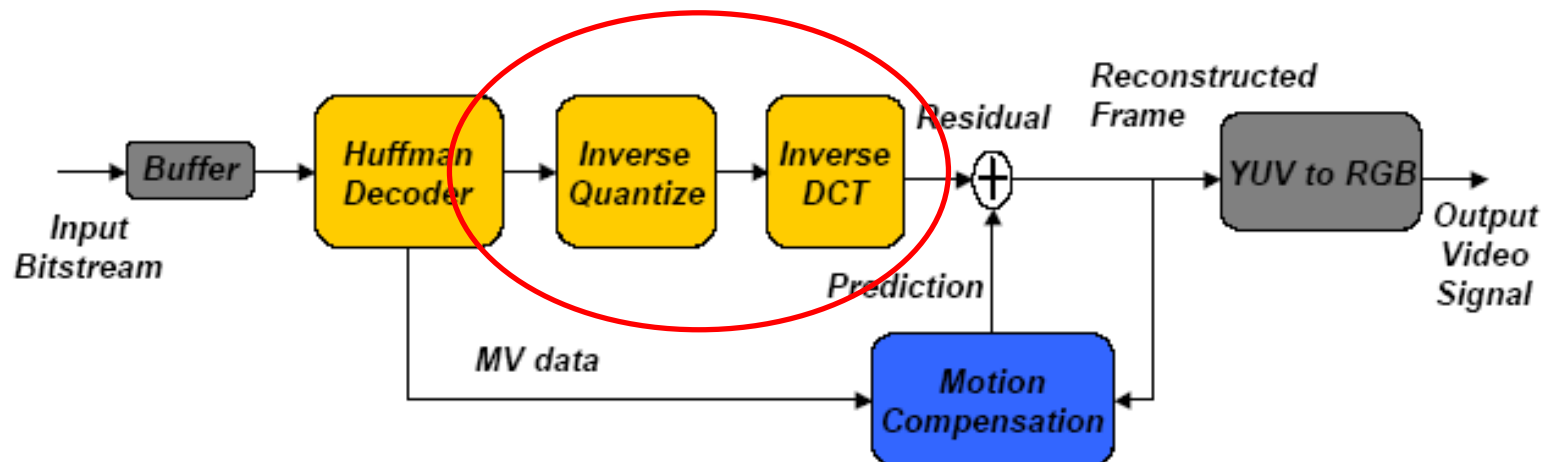
Codificação e Compressão

- Exemplo: Codificador de Vídeo



Codificação e Compressão

- Exemplo: Decodificador de Vídeo



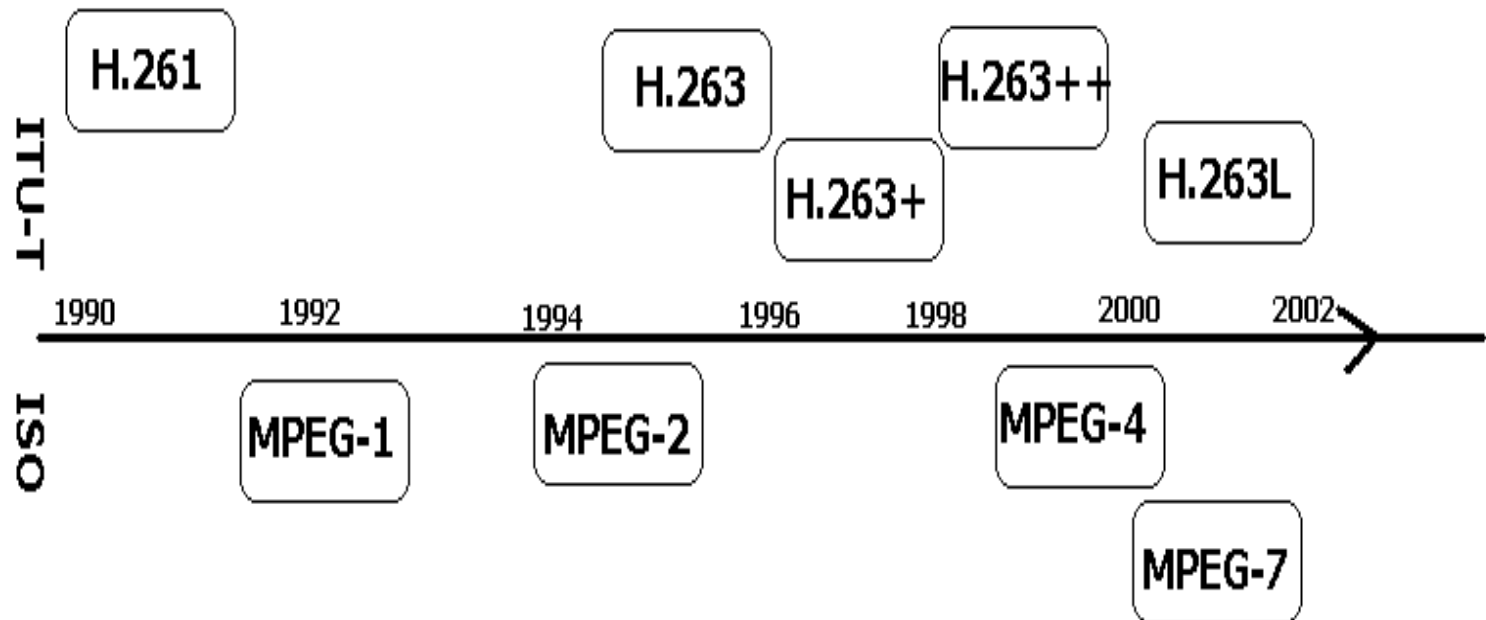
Codificação e Compressão

Normas de Compressão de Vídeo

- Motion JPEG
- MPEG-I
- MPEG-2
- MPEG-4
- H.26I
- H.263,H.263+,H26L

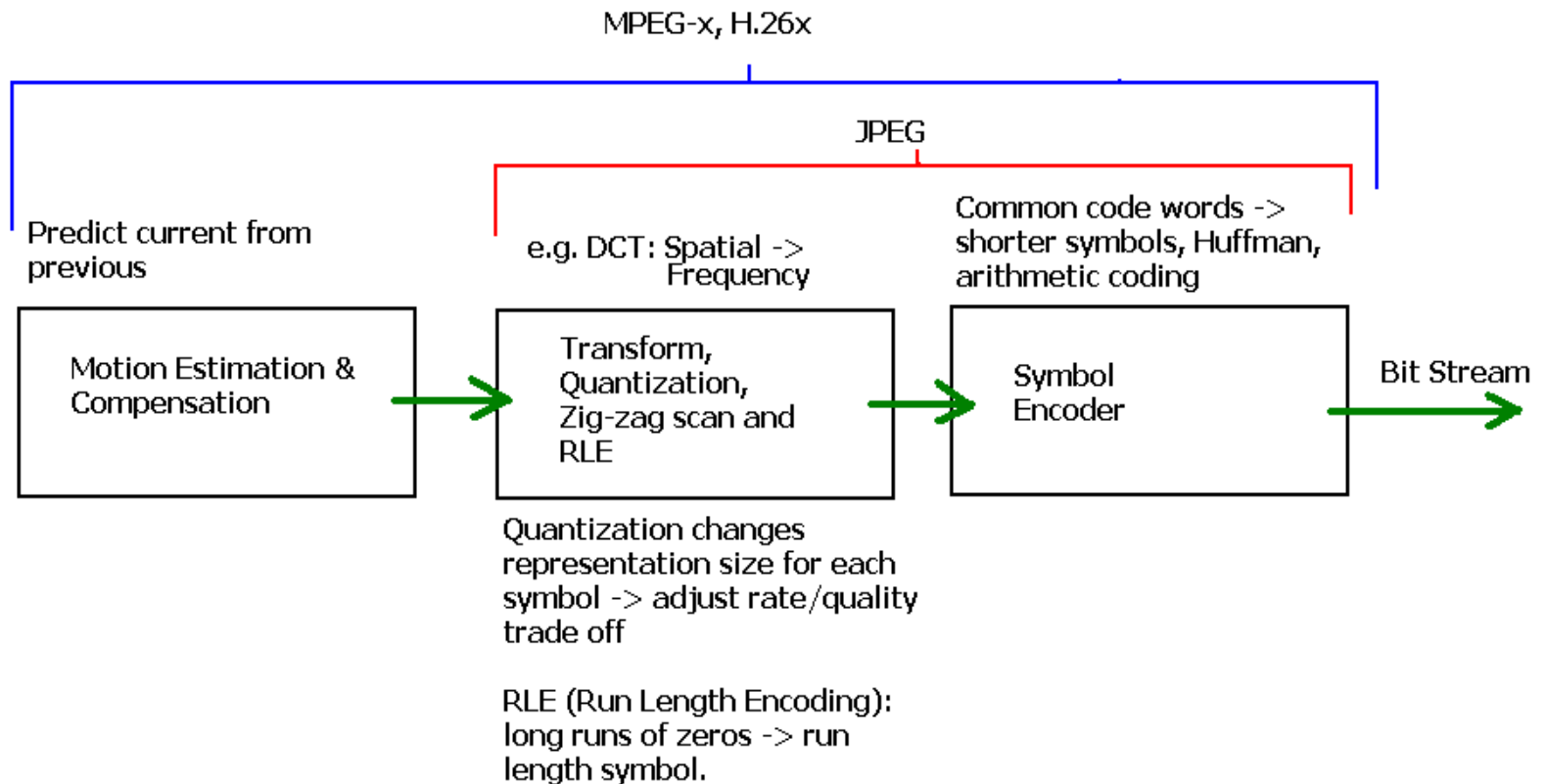
Codificação e Compressão

História dos Codificadores de Vídeo



Codificação e Compressão

CODEC de Vídeo Genérico



Codificação e Compressão

Motion-JPEG

- O codec não normalizado mais simples.
- Usa o norma JPEG para imagens fixas para cada quadro individualmente.
- Como não há EM a complexidade do algoritmo de codificação é muito pequena.
- O desempenho de codificação não é muito bom
 - Não explora a correlação temporal entre os quadros de vídeo.
- Usado por muitas das primeiras aplicações de vídeo.

Codificação e Compressão

Padrão MPEG

- **MPEG-I**

- Qualidade de VHS
- Habilitado para Vídeo CD
- Habilitado para CD-ROM
- Originalmente 352x240, 30fps

- **MPEG-2**

- Qualidade de DVD
- Habilitado para TV Digital *set-top boxes*
- Habilitado para *Digital Versatile Disk* (DVD)
- DVD - 720x480 30 fps e também possibilita 1280x720, 60fps

Codificação e Compressão

Padrão MPEG

- **MPEG-4**

- Aprovado em novembro de 1998
- Qualidade em evolução
- Baseado no formato de arquivo QuickTime
- Envio escalonável — de telefones celulares a televisões via satélite
- Compressão padrão para o Blu Ray

Codificação e Compressão

Perfis e Níveis do MPEG

Denominação do Perfil e taxa de transmissão (Mbit/s)						
	Resolução (H×V pixels) da Imagem / Taxa [Hz]	Simple	Principal	Ajustável em Qualidade de Vídeo (SNR)	Ajustável em Resolução Espacial	Alto
Nível	High 1920×1152/60	-	MP @HL (80Mbit/s)	-	-	HP @HL (100Mbit/s)
	High-1140 1440×1152/60	-	MP @H-14 (60Mbit/s)	-	SPT@H-14 (60Mbit/s)	HP @H-14 (80Mbit/s)
	Main 720×576/30	SP@ML 15Mbit/s	MP @ML (15Mbit/s)	SNR @ML (15Mbit/s)	-	HP @ML (20Mbit/s)
	Low 352×280/30	-	MP @LL (4Mbit/s)	SNR @LL (4Mbit/s)	-	-
	ISO 11172 (MPEG-1) 1.856 Mbit/s	-	-	-	-	-

Notas: Todos os decodificadores devem poder decodificar seqüências de bits ISO/IEC 11172.

Codificação e Compressão

Análise Comparativa - Padrões de Vídeo

Video Coding Standard	Primary Intended Applications	Bit Rate
H.261	Video telephony and teleconferencing over ISDN	$p \times 64$ kb/s
MPEG-1	Video on digital storage media (CD-ROM)	1.5 Mb/s
MPEG-2	Digital Television	2-20 Mb/s
H.263	Video telephony over PSTN	33.6 kb/s and up
MPEG-4	Object-based coding, synthetic content, interactivity, video streaming	Variable
H.264/MPEG-4 Part 10 (AVC)	Improved video compression	10's to 100's of kb/s

Codificação e Compressão

É importante lembrar:

um sistema para compressão de vídeo objetiva reduzir a taxa de transmissão e opera removendo a redundância e/ou informações de menor importância do sinal antes da transmissão.

Codificação e Compressão

Falhas geradas por Altas Taxas de Compressão

- **Blocagem:** descontinuidades nos contornos dos blocos, causadas por quantização excessiva dos coeficientes da DCT;
- **Perda de detalhes:** texturas suaves são "alisadas", pois a quantização da DCT elimina as componentes de altas frequências e baixas amplitudes;
- **Segmentação de movimento:** em objetos com texturas de baixo contraste, partes da imagem permanecem estáticas quando não deviam, pois os macroblocos correspondentes (e seus vetores de movimento) foram descartados nas imagens **P** e **B**;

Codificação e Compressão

Falhas geradas por Altas Taxas de Compressão

- ***Perda de detalhes nos movimentos:*** objetos em movimento que apresentam texturas detalhadas tornam-se ruidosos ou difusos devido a erros na detecção de movimento;
- ***Vazamento de Cromina:*** como a crominância é desprezada na detecção de movimento, regiões de cores diferentes com alta saturação podem se misturar na imagem.