

Disponibilizado por:

www.PGRedes.HPG.com.br

Luciano Barbosa

Lucianobarbosa@bol.com.br

Wellington Parrini Vieira

Wparrini@uol.com.br

**Projeto para compor um sistema de transmissão
de sinais digitais de vídeo via satélite**

Projeto de fim de curso apresentado à
Universidade Estácio de Sá como parte dos
requisitos para a conclusão do Curso Superior de
Analista em Telecomunicações Via Satélite.

Orientador: **Prof. Geraldo Cesar de Oliveira**

**Instituto Politécnico
Universidade Estácio de Sá**

Rio de Janeiro, 23 de maio de 2001

Resumo

A distribuição de sinal de vídeo digital via satélite, faz com que a utilização do segmento espacial seja otimizada. Portanto com este pensamento, utilizamos as “ferramentas”, que são os parâmetros especificados no Projeto DVB, para desenvolver este projeto, que consiste em um sistema DTH, onde serão distribuídos sinais digitais via satélite. Serão abordados alguns fatos relevantes para o possível entendimento, no que concerne o desenvolvimento tecnológico. Mostramos o conceito analógico e em seguida desenvolvemos o trabalho no âmbito digital, com o intuito de apresentar o mercado nos dias de hoje, no que diz respeito à utilização das tecnologias digitais.

Abstract

The delivery of digital video signals by satellite, make with the utilization of spatial segment to be useful. Therefore with this thought, we made use of “tools”, that are the parameters specified in DVB project to develop this project, that consist in a DTH system, where it will be delivered digital signals by satellite. Will be approach some relevant facts to possible understanding, that concerning in the technology development. We show analog concept and following we enlarge the work in digital scope, with intention of showing the market nowadays, what is respect by the utilization of digital technologies.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos humildemente aos nossos companheiros que mostraram incondicional amizade. Estendemos nossa profunda gratidão à equipe de ensino, que nos forneceu a chave para o acesso a uma nova fase de nossas vidas. Queremos também deixar nosso profundo reconhecimento às pessoas que deram livremente seu tempo e recursos para apoiar os ensinamentos. Uma lista parcial inclui: Prof. Manoel, Prof. Geraldo Cesar.

ÍNDICE ANALÍTICO

<u>1</u>	<u>OBJETIVO</u>	6
<u>2</u>	<u>INTRODUÇÃO</u>	6
<u>3</u>	<u>SINAL DE VÍDEO ANALÓGICO</u>	6
3.1	<u>FREQUÊNCIA DE VARREDURA VERTICAL E HORIZONTAL</u>	7
3.2	<u>SINCRONISMO</u>	8
3.3	<u>CANAL DE RADIODIFUSÃO DE TELEVISÃO</u>	9
3.4	<u>SISTEMAS E PADRÕES DE VÍDEO</u>	10
<u>4</u>	<u>SINAL DE VÍDEO DIGITAL</u>	11
<u>5</u>	<u>DIGITALIZAÇÃO DO SINAL DE VÍDEO</u>	14
5.1	<u>PULSE CODE MODULATION (PCM)</u>	14
<u>6</u>	<u>TÉCNICAS DE CODIFICAÇÃO DO SINAL DE VÍDEO</u>	14
6.1	<u>CODIFICAÇÃO PREDITIVA</u>	14
6.1.1	<u>Codificação preditiva de diferenças espaciais</u>	15
6.1.2	<u>Codificação preditiva inter-quadros</u>	15
6.1.3	<u>Codificação preditiva inter-quadros com compensação de movimento</u>	15
6.2	<u>CODIFICAÇÃO POR TRANSFORMADA</u>	15
6.3	<u>CODIFICAÇÃO ENTRÓPICA</u>	16
6.4	<u>COMBINANDO TÉCNICAS DE CODIFICAÇÃO</u>	17
<u>7</u>	<u>COMPRESSÃO</u>	17
<u>8</u>	<u>ISO/MPEG2 OU ITU-T H.262</u>	19
8.1	<u>DEFINIÇÃO</u>	21
8.2	<u>MULTIPLEXAGEM</u>	21
8.3	<u>PROGRAMA</u>	23
8.4	<u>ELEMENTARY STREAM</u>	23
8.5	<u>MULTIPLEXADOR</u>	24
8.6	<u>PROGRAM STREAM (PS) E TRANSPORT STREAM (TS)</u>	24
8.7	<u>PACKETISED ELEMENTARY STREAM (PES)</u>	25
8.8	<u>PACOTES DE TRANSPORTE</u>	25
8.9	<u>PRESENTATION UNIT E ACCESS UNIT</u>	27

8.10	<u>TIME STAMPS</u>	27
8.11	<u>PROGRAM SPECIFIC INFORMATION</u>	28
8.11.1	<u>Program Association Table</u>	28
8.11.2	<u>Program Map Table</u>	28
8.11.3	<u>Network Information Table</u>	29
8.11.4	<u>Conditional Access Table</u>	29
9	<u>DVB (DIGITAL VIDEO BROADCASTING)</u>	29
9.1	<u>PRINCIPAIS OBJETIVOS DO DVB</u>	29
9.2	<u>ASPECTOS DO MEIO DE TRANSMISSÃO NO DVB</u>	31
9.3	<u>CODIFICAÇÕES ESPECÍFICAS A CADA FORMA DE TRANSMISSÃO</u>	32
9.3.1	<u>DVB-C</u>	33
9.3.2	<u>DVB-S</u>	33
9.3.3	<u>DVB-T</u>	33
10	<u>ACESSO CONDICIONAL (CA)</u>	33
10.1	<u>ELEMENTOS FUNDAMENTAIS</u>	34
10.2	<u>O ALGORITMO CSA</u>	35
10.3	<u>MODELOS FUNDAMENTAIS DE ACESSO CONDICIONAL</u>	36
10.3.1	<u>O modelo Multicrypt</u>	36
10.3.2	<u>O modelo Simulcrypt</u>	37
10.3.3	<u>modelo Transcontrol</u>	37
11	<u>MERCADO DE TV POR ASSINATURA</u>	38
11.1.1	<u>Concentração</u>	38
11.1.2	<u>Interatividade</u>	39
12	<u>ESTAÇÃO TERRENA TX</u>	39
12.1	<u>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS PARA OS EQUIP. ESTAÇÃO TX</u>	41
12.1.1	<u>Encoder</u>	41
12.1.2	<u>Multiplex</u>	41
12.1.3	<u>Modem</u>	41
12.1.4	<u>Up/Down converter</u>	41
12.1.5	<u>HPA</u>	41
12.1.6	<u>Antena</u>	41
12.1.7	<u>Observação</u>	42
13	<u>ESTAÇÃO RX</u>	42
13.1	<u>CARACTERÍSTICAS REQUERIDAS PARA OS EQUIP. ESTAÇÃO RX</u>	42
13.1.1	<u>Antena</u>	42
13.1.2	<u>LNB</u>	42
13.1.3	<u>IRD</u>	43

<u>14</u>	<u>CÁLCULO DE ENLACE</u>	43
14.1	<u>COMPOSIÇÃO DA TAXA DE INFORMAÇÃO (Ri)</u>	43
14.2	<u>DADOS DO SATÉLITE</u>	44
14.3	<u>DADOS DA PORTADORA</u>	44
14.4	<u>DADOS ESTAÇÃO TX</u>	44
14.5	<u>DADOS ESTAÇÃO RX (CASA DO CLIENTE)</u>	45
14.6	<u>OUTROS DADOS</u>	45
14.7	<u>CÁLCULOS</u>	45
14.7.1	<u>Banda Ocupada</u>	45
14.7.2	<u>Banda alocada</u>	45
14.7.3	<u>C/No requerido</u>	45
14.7.4	<u>C/N requerido</u>	46
14.7.5	<u>C/No de subida</u>	46
14.7.6	<u>C/N de subida</u>	46
14.7.7	<u>C/I de espúrio</u>	46
14.7.8	<u>C/N de descida</u>	46
14.7.9	<u>C/I de intermodulação</u>	47
14.7.10	<u>Ocupação em faixa</u>	49
14.7.11	<u>Ocupação em potência</u>	49
<u>15</u>	<u>CONCLUSÕES</u>	49
<u>16</u>	<u>ANEXOS</u>	51
<u>17</u>	<u>REFERÊNCIAS</u>	56
<u>18</u>	<u>OUTRAS FONTES DE CONSULTA</u>	56
<u>19</u>	<u>LINKS DE PESQUISA</u>	56
<u>20</u>	<u>CONTATOS</u>	57

LISTA DE FIGURAS E TABELAS

<i>Número</i>	<i>Página</i>
FIGURA 1 – MODO DE VARREDURA ENTRELAÇADA	8
FIGURA 2 - CANAL DE 6,0 MHz DE RADIODIFUSÃO DE TELEVISÃO	10
FIGURA 3 - CODIFICADOR HÍBRIDO DE VÍDEO.....	17
TABELA 1 - PRINCIPAIS CARACTERÍSTICAS DOS ATUAIS PADRÕES	
INTERNACIONAIS DE CODIFICAÇÃO DE IMAGEM E VÍDEO	21
FIGURA 4 – DIAGRAMA EM BLOCOS DE UM SISTEMA MPEG2	23
FIGURA 5 – ESQUEMA DE UM PACOTE DE TRANSPORTE.....	26
FIGURA 6 - DIAGRAMA EM BLOCOS SIMPLIFICADO DA ESTAÇÃO TERRENA	
DE TX	40
FIGURA 7 – DIAGRAMA SIMPLIFICADO DA RECEPÇÃO DOMÉSTICA	42

GLOSSÁRIO

DTH - Direct To Home
MPEG 2 - Técnica de compressão para sinais digitais
DVB - Digital Video Broadcasting
DVB – T - Digital Video Broadcasting Terrestrial
DVB – S - Digital Video Broadcasting Satellite
DVB – C - Digital Video Broadcasting Cable
AM – VSB - Amplitude Modulation – Vestigial Side Band
FCC - Federal Communicate Comission
VHF - Very High Frequency
UHF - Ultra High Frequency
PCM - Pulse Code Modulation
DPCM - Diferential Pulse Code Modulation
DCT - Discrete Cossine Transform
RDSI - Rede Digital com Integração de Serviços
CCIR - Comitê Cosultivo Internacional para a Radiodifusão
TDM - Time Division Multiplexing
MCPC - Multi Carrier Per Chanel
CA - Conditional Access
CAMS - Conditional Access Multcrypt System
CI - Commom Interface
CSA - Commom Scrambling Algorithm
TS - Transport Stream
PAT - Program Association Table
PMT - Program Map Table
NIT - Network Information Table
RS - Reed Solomon
CAT - Conditional Access Table.
IRD - Integrated Receiver Digital

1 Objetivo

Apresentar um projeto para elaboração de um sistema de transmissão de sinais digitais de vídeo, baseado no padrão de codificação do sinal de vídeo MPEG2 e na norma DVB, via satélite. O sistema proposto baseia-se em recepção direta do sinal nas dependências do usuário final (DTH – Direct to Home). Apesar dos sistemas DTH, hoje, existentes no mundo comportarem, em média, 150 (cento e cinquenta) canais de vídeo, o projeto em questão contempla 32 canais de vídeo. Sobressaltamos, finalmente, que a menos da diferença da quantidade de canais de vídeo envolvidos neste projeto, todas as demais características dos sistemas DTH foram preservadas.

2 Introdução

A tecnologia digital oferece uma grande flexibilidade operacional, sendo um meio ideal para o desenvolvimento de novos serviços que vão além do âmbito convencional. Por exemplo: acesso condicional, interatividade, medida de audiência, programas por demanda (pay-per-view), etc.

Outros benefícios dizem respeito à infra-estrutura de transmissão, com uma melhor integração entre os estúdios, que tendem a ser todos digitais e, graças à compressão digital, uso mais eficiente do espectro de radiodifusão.

3 Sinal de vídeo analógico

O sinal que sai de uma câmara de televisão, cujas variações de amplitude correspondem as diferentes intensidades de luminosidade da imagem a ser transmitida é chamado de sinal de vídeo. Esse sinal é modulado em amplitude (AM-VSB) e é transmitido através de um canal. No lado da recepção, ocorre o fenômeno inverso, ou seja, o sinal de vídeo transmitido é recebido pela antena do aparelho de TV, demodulado e, através do cinescópio obteremos um sinal luminoso.

A transmissão e a recepção do sinal de vídeo ocorre de forma sincronizada, ou seja, enquanto a tela do tubo de imagem está sendo varrida continuamente pelo feixe eletrônico e produzindo a imagem visível ao olho humano (imagem transmitida), o mesmo processo está ocorrendo no lado da transmissão na câmara de TV. É por isso que é fundamental a existência de sincronismo perfeito entre as varreduras no transmissor e no receptor de TV para que a cada elemento de imagem transmitido através do canal possa ser reproduzido corretamente na sua devida posição relativa à imagem como um todo.

Um sinal de vídeo acromático é constituído, basicamente, do sinal de vídeo ativo propriamente dito, dos sinais de apagamento e sincronismo horizontais (linha) e dos sinais de apagamento e sincronismo verticais (campo).[1]

Abaixo são listadas algumas características do sinal de vídeo composto do sistema PAL padrão M:

- 30 quadros por segundo;
- Cada quadro possui dois campos;
- 60 campos por segundo;
- Varredura entrelaçada;
- 525 linhas por quadro;
- Sinal de luminância – sinal Y

3.1 Freqüência de varredura vertical e horizontal

A taxa de campos de 60 Hz é a freqüência de varredura vertical. Esta é a velocidade com que o feixe de elétrons completa o seu ciclo de movimento vertical, de cima para baixo e de volta para cima novamente, pronto para começar a próxima varredura vertical. Portanto, os circuitos de deflexão vertical tanto para a câmara quanto para o tubo de imagens operam a 60Hz. O tempo de cada ciclo de exploração vertical para um campo é 1/60s.

O número de linhas de exploração horizontal num campo é a metade do total de 525 linhas para um quadro completo, uma vez que cada quadro possui dois campos, um com as linhas ímpares e outro com as linhas pares. Isto resulta em 262,5 linhas para cada campo vertical. Seguindo raciocínio similar ao apresentado no item anterior, se o tempo de um quadro é de 1/30 segundos e cada quadro possui 525 linhas, o número de linhas por segundo é dado por:

$$N_{\text{linhas por segundo}} = 525 \times 30 = 15750 \text{ linhas por segundo}$$

Esta freqüência de 15750 Hz é a velocidade com que o feixe de elétrons completa seu ciclo de movimento horizontal, da esquerda para a direita e de volta para a esquerda novamente, pronto para iniciar a próxima varredura horizontal. Portanto, os circuitos de deflexão horizontal tanto para o tubo da câmara quanto para o tubo de imagem operam a freqüência de 15750 Hz. [1]

A **freqüência horizontal** é de 15750 Hz e a **freqüência vertical** igual a 60 Hz (freqüência da rede).

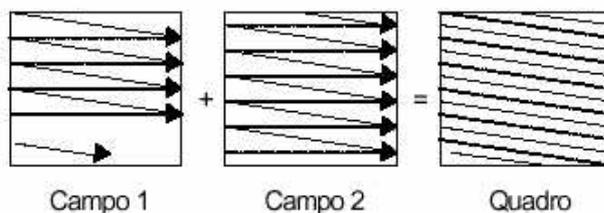


Figura 1 – Modo de varredura entrelaçada

3.2 Sincronismo

Já nos referimos anteriormente aos pulsos de apagamento vertical e, sumariamente, aos pulsos de sincronismo vertical. Antes de abordarmos completamente o sincronismo vertical na sua forma final, é necessária uma rápida menção ao mecanismo de identificação dos pulsos de sincronismo horizontal e vertical no receptor. Da mesma forma que os pulsos de sincronismo horizontal, os verticais também estão situados na região de 25% do sinal de vídeo composto correspondente à região do "mais preto que o preto".

O fato dos pulsos de sincronismo horizontal e vertical ocuparem a mesma porção da amplitude do sinal composto de vídeo impede, evidentemente, sua identificação no receptor por diferença de amplitude. Restaria a possibilidade de identificação pelos tempos de duração de cada pulso. Estes tempos são geralmente referidos como "largura dos pulsos". Para o caso dos pulsos horizontais, como já vimos, a largura do pulso é igual a 0,08H.

Já vimos que os pulsos de apagamento horizontal são maiores que os respectivos pulsos de sincronismo. Isto é feito levando-se em conta o tempo não nulo de retorno do feixe. O tempo de apagamento vertical médio é da ordem de 16H, ou aproximadamente 0,06V (0,05V a 0,08V), onde V é igual a 1/60 em cada campo.[1]

3.3 Canal de radiodifusão de televisão

O grupo de frequências atribuídas pelo FCC a uma estação de rádio difusão para transmissão de seus sinais é chamado de canal. Cada estação de televisão tem um canal de 6,0MHz dentro de uma das seguintes faixas alocadas para radiodifusão de televisão comercial.

54 a 88 MHz para os canais de 2 a 6 da faixa inferior de VHF;

174 a 216 MHz para os canais 7 a 13 da faixa superior de VHF; e

470 a 890 MHz para os canais 14 a 83 de UHF.

Em todas as faixas, cada canal de TV tem largura de 6,0 MHz. Como exemplo, o canal 2 vai de 54MHz a 60MHz e o canal 3 vai de 60MHz a 66MHz.

Um canal pode ser utilizado por muitas estações de radiodifusão, mas estas devem estar bastante afastadas umas das outras, a fim de reduzir ao mínimo a interferência entre as mesmas. Tais estações, que usam o mesmo canal, são **estações de canal comum**. Elas devem, estar separadas de 170 a 220 milhas (1 milha = 1,609 km), para canais de VHF, e de 155 a 205 milhas, para canais de UHF. As estações que utilizam canais adjacentes em frequência, como os canais 3 e 4, são **estações de canal adjacente**. Para reduzir ao mínimo a interferência entre elas, as estações de canal adjacentes em frequência são separadas de 60 milhas para canais de VHF, e de 55 milhas para canais de UHF. No entanto, canais de números consecutivos, mas que não são adjacentes em frequência, tais como os canais 4 e 5 canais 6 3 7, ou canais 13 e 14, podem ser designados numa mesma área.

A figura 2 mostra como os diferentes sinais da portadora se ajustam no interior do canal padrão de 6,0 MHz. A frequência da portadora de imagem, designada por **P**, está sempre 1,25 MHz acima da extremidade inferior do canal. Na extremidade oposta, a frequência da portadora de som, designada por **S**, está 0,25 MHz abaixo da extremidade superior. Este espaçamento das frequências da portadora se aplica a todos os canais de TV nas faixas de VHF e UHF, quer a radiodifusão seja em cores, quer seja monocromática (preto e branco). [1]

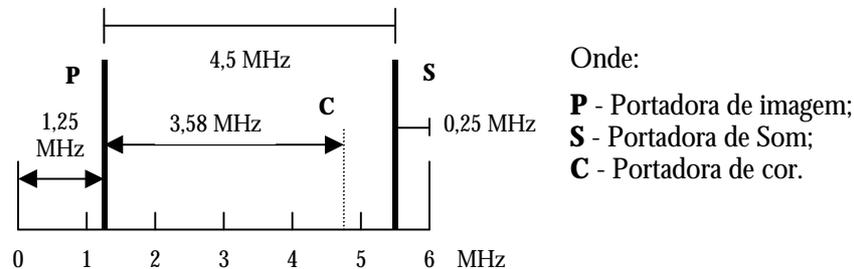


Figura 2 - Canal de 6,0 MHz de Radiodifusão de Televisão

3.4 Sistemas e padrões de vídeo

Primeiramente, é fundamental chamarmos a atenção para um erro sistematicamente cometido quando o assunto se trata de TV em Cores: Sistemas x Padrões.

Os sistemas de TV cromática definem as diferentes filosofias utilizadas para a codificação dos sinais de crominância:

- **Sistema NTSC** – Modulação em amplitude de duas subportadoras de mesma frequência e em quadratura de fase, pelos sinais I e Q;
- **Sistema PAL** – Modulação em amplitude de duas subportadoras de mesma frequência e em quadratura de fase, pelos sinais U e V, com inversão seqüencial da fase da subportadora modulada por V; e
- **Sistema SECAM** – Modulação em frequência de duas subportadoras com frequências distintas.

Os padrões de TV determinam um conjunto de características do serviço de TV estabelecidos pelo CCIR. Esses padrões foram estabelecidos, inicialmente, para a TV Preto e Branco e, posteriormente, estenderam-se por questões de compatibilidade, para a TV cromática:

- **Padrão M;**
- **Padrão N;**
- **Padrão B;**
- **Padrão G;**
- **Padrão L;**

- **Padrão D;**
- **Padrão K;**
- **Padrão H;**
- **Padrão I.**

Vale ressaltar que um mesmo sistema pode respeitar diversos padrões, bem como um mesmo padrão pode ser aplicado em diversos sistemas, por exemplo:

→ **Sistema PAL:**

- Padrão M (Brasil);
- Padrão B, G (Alemanha);
- Padrão N (Argentina).

→ **Sistema SECAM:**

- Padrão L (França);
- Padrão D, K (Ex – URSS).

→ **Padrão M:**

- Sistema PAL;
- Sistema NTSC.

→ **Padrão B, G:**

- Sistema PAL;
- Sistema SECAM.

Nota: Para maiores informações, consultar CCIR Rec 470/Report 624-4. [1]

4 Sinal de vídeo digital

A digitalização de uma imagem de televisão sem compressão, com resolução espacial de aproximadamente 512 x 512 pixels por quadro, com uma resolução de 8 bits por pixel e 30 quadros por segundo, resulta em uma taxa de bits de 63×10^6 bits/s para luminância, ou ainda em uma taxa de bits de 188×10^6 bit/s para 3 (três) componentes. Dependendo da aplicação específica, a taxa de bits para um sinal de vídeo digital sem compressão varia tipicamente de 10^5 bits/quadro a 10^9 (ou mais) bit/quadro. A necessidade de uma “memória

elevada” e uma alta capacidade de canal para transmissão e armazenamento do sinal de vídeo implica, portanto, na necessidade imperiosa de técnicas de compressão de vídeo.

Apesar da evolução tecnológica apresentar meios de transmissão e armazenamento cada vez mais “capazes” (fibras e discos ópticos), o aumento constante e vertiginoso da demanda por serviços visuais tem implicado em uma necessidade cada vez maior de técnicas de compressão que melhorem a eficiência de transmissão e armazenamento do sinal de vídeo.

Os diversos tipos de codificação de imagens são classificados em duas categorias amplas denominadas codificação sem perdas (compactação) e codificação com perdas (compressão). Essas duas categorias diferem pela possibilidade ou não da recuperação total da informação original da fonte a ser codificada.

Usualmente, para imagens em movimento, a codificação também é classificada sob o ponto de vista do tipo de redundância do sinal a ser explorado. Quando a codificação é utilizada para a redução da redundância espacial, entre pixels de um mesmo quadro de imagens, ela é denominada de codificação intra-quadros e quando esta é utilizada para a redução da redundância temporal, entre pixels de quadros próximos de uma seqüência de imagens, ela é denominada de codificação inter-quadros.

Atualmente existe uma grande concentração de pesquisas na área de codificação de vídeo, o que tem culminado no aparecimento de várias técnicas comerciais de compressão, bem como de algoritmos de compensação de movimento para melhor explorar a codificação inter-quadros.

A idéia principal da compressão se baseia em eliminar ao máximo as redundâncias existentes na informação visual de modo a reduzir a taxa de bits utilizada para representá-la. Considerando que os elementos (pixels ou pel) representativos de uma imagem (ou seqüência de imagens são altamente correlatados espacialmente e temporalmente com os seus vizinhos, as técnicas de compressão criam um outro conjunto de valores total/ parcialmente descorrelatados, quantizando-os e codificando-os da forma mais eficiente possível.

Como o processo de compressão abandona informações relativamente insignificantes presentes no sinal de vídeo, o mesmo, inevitavelmente, resulta em alguma distorção.

A compensação de movimento tem um papel fundamental dentro do objetivo final do processo de compressão de imagens em movimento, que se

resume em reduzir a taxa de bits do sinal de vídeo codificado, com baixa perda de qualidade de imagem. O objetivo básico da compensação de movimento é determinar da forma mais precisa possível o movimento dos objetos em uma seqüência de imagens de modo a reduzir ao máximo o erro de predição na codificação preditiva inter-quadros. As técnicas de compensação de movimento podem ser classificadas, basicamente, em três categorias denominadas Recursão Pixel-a-Pixel, Correlação de Fase e Casamento de Blocos.

Por sua simplicidade de implementação, o método de casamento de blocos é o método escolhido para a determinação do vetor de movimento utilizado nos principais padrões de codificação de vídeo tais como MPEG-1, MPEG-2, H.261, etc.

A grande diversidade de algoritmos por casamento de blocos se deve ao binômio desempenho x complexidade, ou seja, muitos apresentam baixa complexidade, mas estão comprometidos sob o ponto de vista de desempenho, enquanto outros apresentam excelentes desempenhos à custa de uma enorme complexidade. Um outro tópico de bastante interesse em compressão de vídeo consiste do comportamento dos estimadores de movimento em ambiente MPEG. Apesar de alguns algoritmos de casamento de blocos apresentarem bons desempenhos a uma complexidade relativamente baixa, as suas estratégias de determinação do melhor vetor de movimento podem ficar comprometidas no ambiente MPEG, tendo em vista a classificação de quadros, os tipos de seqüências de quadros e a seleção de suas respectivas referências.[1]

Uma outra verificação da real necessidade das técnicas de compressão de vídeo reside no simples fato da consideração do Teorema da Amostragem, ou seja :

Teorema de Nyquist :

$$f_a \geq 2 f_m$$
, onde :

f_a = frequência de amostragem

f_m = frequência máxima de vídeo (4,2 MHz)

PCM com 8 bits/amostra :

$$f_a = 8,4 \text{ MHz}$$

$$\text{Taxa de informação} = 67,2 \text{ Mbps}$$

Nota: Se considerarmos as três componentes de croma (vermelho, verde e azul), teremos uma taxa de informação de 201 Mbps.

5 Digitalização do sinal de vídeo

5.1 Pulse Code Modulation (PCM)

O PCM é uma representação discreta no tempo - tipicamente a um ritmo ligeiramente superior ao ritmo de Nyquist - e discreta na amplitude - tipicamente com 8 bits, ou seja, 256 níveis - da informação visual (luminância, crominâncias ou primários R,G,B). Ainda que, o PCM não seja eficiente em termos de representação, por conservar a redundância e irrelevância do sinal, tem uma função importante como método de representação intermediária e como termo de comparação, oferecendo uma referência em termos de qualidade. [2]

6 Técnicas de codificação do sinal de vídeo

6.1 Codificação Preditiva

A codificação preditiva, também conhecida como DPCM (*Differential Pulse Code Modulation*), prediz cada amostra a ser codificada (de luminância ou crominância) usando os valores de amostras já codificadas, codificando (e transmitindo ou armazenando) apenas o erro de predição. Esta técnica baseia-se no pressuposto que o sinal a codificar é redundante (no espaço e/ou no tempo), ou seja, tem correlação e memória, o que é verdade para as imagens naturais. A eficiência desta técnica aumenta com a precisão das predições já que isso diminuirá o erro de predição e logo a energia do sinal a transmitir. A maior desvantagem da codificação preditiva é a propagação de erros o que requer que sejam periodicamente usadas técnicas de codificação não preditivas. Modos particularmente interessantes de aplicar a codificação preditiva são descritas nos itens abaixo. [2]

6.1.1 Codificação preditiva de diferenças espaciais

Numa imagem fixa (fotografia), cada amostra é predita usando as amostras vizinhas no espaço e já codificadas. Por exemplo, num esquema de codificação seqüencial linha a linha onde cada linha é percorrida da esquerda para a direita, cada amostra pode ser predita, por exemplo, usando as 3 amostras vizinhas na linha de cima e a amostra vizinha à esquerda na mesma linha. Esta técnica explora a redundância espacial contida na imagem. [2]

6.1.2 Codificação preditiva inter-quadros

Cada amostra numa dada imagem k de uma seqüência de imagens é codificada usando como predição a amostra correspondente na imagem anterior, $k-1$. Esta técnica explora a redundância temporal presente na seqüência de imagens, transmitindo-se apenas o erro de predição para as zonas da cena onde algo mudou. [2]

6.1.3 Codificação preditiva inter-quadros com compensação de movimento

A precisão da predição efetuada na codificação inter-quadro pode ser melhorada se considerar que no mundo real existe movimento. O erro de predição pode ser diminuído detectando-se e compensando o movimento, ou seja, predizendo cada amostra não apenas a partir da amostra correspondente na imagem anterior, mas usando também outras amostras convenientemente deslocadas, se um movimento tiver sido detectado. A detecção e compensação do movimento podem basear-se em imagens passadas, futuras ou ambas. Devido aos ganhos significativos em termos de compressão, esta forma de eliminar a redundância temporal é hoje usada em todas as normas internacionais de codificação de vídeo. [2]

6.2 Codificação por Transformada

A codificação por transformada converte um bloco de amostras (tipicamente 8×8 *pixels*) estatisticamente dependentes, num bloco de coeficientes (da mesma dimensão) quase independentes onde a energia se encontra normalmente concentrada numa pequena parte dos coeficientes. A compressão é obtida, no domínio da transformada, através da quantificação dos coeficientes considerados significativos em termos energéticos sendo os restantes tomados como nulos já que isso terá eventualmente pouca influência no sinal decodificado (a energia que lhes está associada é baixa). Esta técnica explora a correlação espacial das amostras no bloco transformado.

As transformadas mais interessantes têm uma interpretação na frequência o que significa que cada coeficiente da transformada transporta a energia correspondente a uma dada combinação de frequências horizontais e verticais correspondentes à variação espacial do sinal. Este fato permite quantificar os coeficientes de modo seletivo consoante a sensibilidade do sistema visual humano a cada frequência, sendo conhecido que o ser humano é mais sensível às frequências mais baixas. Idealmente o erro de quantificação introduzido deveria corresponder ao nível de irrelevância ou de sensibilidade mínima para cada coeficiente do sistema visual humano.

Dentre todas as transformadas sugeridas, tem particular relevância a Transformada de Co-seno Discreta (*Discrete Cosine Transform - DCT*) por ser aquela que, dentre as transformadas com funções de base independentes da imagem, apresenta melhor desempenho em termos de compactação da energia. A codificação de transformada é hoje uma ferramenta fundamental nos padrões internacionais de codificação de imagem e vídeo. [2]

6.3 Codificação Entrópica

Qualquer técnica de compressão gera símbolos a ser transmitidos ou armazenados. Por exemplo, o DPCM gera valores correspondentes ao erro de predição para cada amostra, a compensação de movimento gera vetores de movimento correspondentes ao movimento detectado e a transformada gera um conjunto de coeficientes.

A codificação entrópica faz corresponder ao fluxo de símbolos um fluxo de bits sendo, em geral, atribuída a cada símbolo uma palavra código, tendo em conta a distribuição estatística da ocorrência dos vários símbolos. Isto significa que a símbolos muito prováveis correspondem palavras curtas enquanto a símbolos pouco prováveis correspondem palavras compridas, minimizando o número médio de bits gastos por símbolo transmitido. A codificação entrópica pode e deve ser aplicada qualquer que seja a técnica de codificação usada para gerar os símbolos já que não atende ao seu significado, explorando apenas a sua distribuição estatística (não uniforme). Todas as normas internacionais de codificação de imagem e vídeo usam codificação entrópica, normalmente codificação de Huffman ou codificação Aritmética. Salientamos que a codificação entrópica preserva completamente a informação a codificar não introduzindo perdas em nenhuma circunstância, ao contrário do que acontece, por exemplo, ao quantificar os coeficientes da transformada. [2]

6.4 Combinando Técnicas de Codificação

Além das técnicas referidas, outras técnicas são internacionalmente reconhecidas como de grande interesse ainda que não tenham conquistado a "consagração normativa". Entre elas, são de salientar a codificação por quantificação vetorial (vector quantization) e a codificação de sub-bandas (sub-band coding).

Por outro lado, é importante perceber que as várias ferramentas de codificação podem ter funções distintas; por exemplo, uma ferramenta pode explorar a redundância espacial e outra a redundância temporal, o que significa que um codificador integra normalmente um conjunto de ferramentas que se complementam. Como dito antes, a combinação vencedora em termos de normas internacionais de codificação de vídeo inclui a codificação preditiva e a codificação de transformada (e obviamente a codificação entrópica). Esta combinação é normalmente designada por codificação híbrida por integrar técnicas que atuam no domínio do tempo e no domínio da frequência. A figura 3 apresenta o esquema simplificado de um codificador híbrido de vídeo. [2]

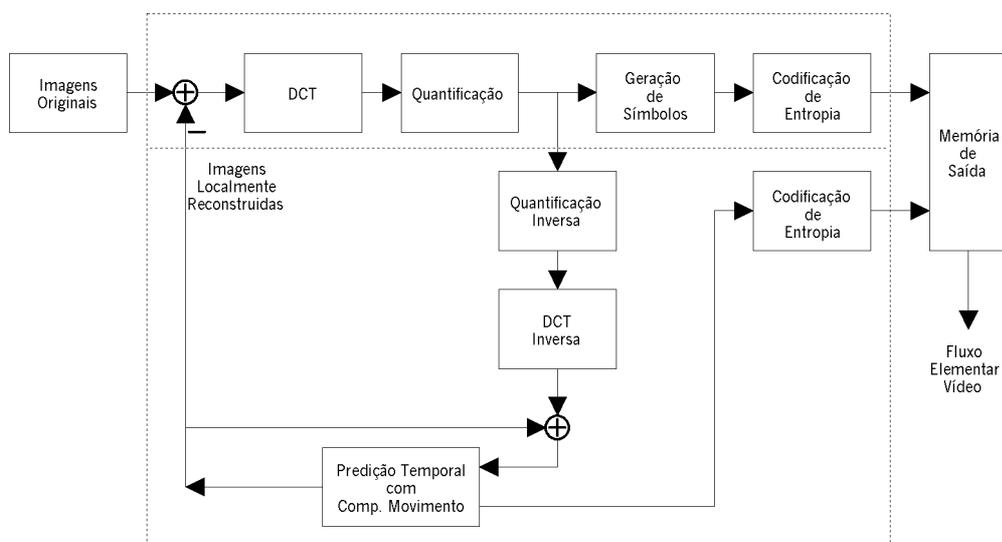


Figura 3 - codificador híbrido de vídeo.

7 Compressão

O fato do sinal de vídeo possuir, a princípio, uma largura de banda elevada, obviamente dependente da qualidade pretendida e logo também da resolução

espaço-temporal usada, o principal problema a resolver na viabilização de novos serviços de vídeo tem passado, em grande parte, pelo desenvolvimento de metodologias eficientes de representação da informação visual.

A representação adotada para os sistemas analógicos de televisão policromática já é um exemplo do uso de técnicas de compressão de banda onde fatores como a menor sensibilidade do sistema visual humano à cor ou a menor densidade de energia do sinal de luminância nas altas frequências são explorados de modo a reduzir, ou pelo menos não aumentar, a banda total necessária em comparação com os sistemas monocromáticos.

A partir da década de 60, a tecnologia e metodologias digitais começaram a conquistar espaço, levando a que se intensificasse o estudo de técnicas eficientes de representação digital de sinais de imagem e vídeo. Na verdade, a simples amostragem de um sinal de vídeo composto (por exemplo, luminância e crominâncias representadas segundo o sistema PAL), com, aproximadamente, 4,2 MHz de largura de banda, levaria segundo o raciocínio de Nyquist onde $f_a \geq 2 f_m$ a gerar, aproximadamente, 8,4 M amostra/s e logo 67,2 Mbit/s, supondo o uso de 8 bits/amostra. O uso otimista de um sistema de modulação com uma eficiência de 4 bits/símbolo, levaria então à necessidade de uma largura de banda de, pelo menos, 16,8 MHz. A transmissão das componentes em separado, luminância e crominâncias, pioraria ainda a situação elevando a taxa para 201 Mbit/s. Deste modo, o uso de sistemas de representação e transmissão digitais simples parecia implicar uma explosão das exigências em termos de banda o que não era, claramente, uma boa notícia.

Felizmente, era já largamente reconhecido que esta abordagem da representação digital da informação visual (no fundo, um sistema PCM puro) era limitada pelo fato da informação ser altamente redundante e parte dela irrelevante. Estes conceitos não são levados em conta neste tipo de representação, não se considerando também as características do sistema visual humano. Nestas condições, a eliminação de informação redundante, associada à memória ou à correlação presente no sinal de imagem deveria permitir reduzir o débito binário final sem qualquer degradação do sinal representado. Por outro lado, a eliminação de informação irrelevante ou seja não "processada" pela visão ou cérebro humanos, deveria também permitir reduzir o débito binário final ainda que à custa de uma degradação objetiva, desejavelmente não detectável subjetivamente.

Assim o problema da representação de uma imagem ou seqüência de imagens analógicas no menor conjunto de bits permitindo a recuperação de uma réplica mais ou menos fiel do original, tornou-se na questão central de um campo

de investigação que adquiriu importância crescente desde o início dos anos 70, largamente conhecido por compressão ou codificação de imagem e vídeo.

Com a explosão da tecnologia digital nos anos oitenta, a sua conseqüente difusão em larga escala e o aparecimento de um conjunto de métodos de compressão de imagem e vídeo, começou a pensar-se, cada vez mais seriamente, na possibilidade de oferecer pela primeira vez um serviço de vídeo digital, nomeadamente no contexto da então recém-criada Rede Digital com Integração de Serviços (RDIS). A resposta a esta vontade passava também pela especificação de normas internacionais, nomeadamente dos métodos de codificação de vídeo com vista a possibilitar a difusão em larga escala de equipamento compatível com preços razoáveis.

O primeiro passo em termos da normalização da representação de sinais digitais de vídeo foi dado, em 1982, pelo então Comitê Consultivo Internacional para a Radiodifusão (CCIR, hoje ITU-R), ao normalizar um método de representação para sinais televisivos de estúdio. Esta norma, designada CCIR 601[3], usa basicamente PCM e requer um débito de 216 Mbit/s para codificar de forma independente o sinal de luminância, Y, e dois sinais de crominância, U e V. Contudo, como se referiu, a viabilização de serviços digitais audiovisuais exigia muito mais em termos de normalização de metodologias de codificação eficiente já que os débitos disponíveis para transmissão eram à princípio muito mais baixos. Esta necessidade começou a ser respondida em 1984, explorando o desenvolvimento conceitual e metodológico, na área da representação de vídeo, das duas décadas anteriores. Dentre as múltiplas técnicas de codificação disponíveis, todas com vantagens e desvantagens, requerendo hardware mais ou menos complexo, necessitando de mais ou menos capacidade computacional, destacam-se aquelas que irão assumir o protagonismo da 1ª geração de normas internacionais de representação digital de vídeo: a codificação de transformada associada à transmissão de diferenças no tempo com compensação de movimento. A associação destas técnicas de codificação, dando origem aos designados esquemas de codificação híbrida, é verdadeiramente o *cocktail* explosivo da última década, sendo hoje usada na maioria dos equipamentos de transmissão e gravação digital de vídeo.

8 ISO/MPEG2 ou ITU-T H.262

O padrão MPEG1 destina-se a aplicações onde o número de usuários simultâneos da informação é muito limitado, refletindo-se isso no objetivo de qualidade pedido. Quando terminaram os trabalhos relacionados com o padrão MPEG1, tornou-se evidente a necessidade, a possibilidade e até a inevitabilidade de dar o passo seguinte ou seja a especificação de um padrão de codificação para a televisão digital ou seja para sinais audiovisuais digitais destinados a serem

difundidos para um elevado número de usuários. O padrão MPEG2 usa basicamente as mesmas ferramentas de codificação do padrão MPEG1 tendo objetivos de qualidade mais exigentes e logo requerendo débitos binários mais elevados. Aliás, a norma que se destinava no início apenas à designada média resolução correspondente à norma ITU-R 601, foi estendida também a alta definição, devido aos bons resultados alcançados. É este fato que explica a inexistência de um padrão MPEG3, inicialmente destinada à alta definição digital. Neste contexto, o padrão é usado com débitos entre 4 e 10 Mbit/s para resolução ITU-R 601 e com débitos, aproximadamente, 4 vezes maiores para alta definição, dependendo da escolha dos objetivos de qualidade mas também do número de vezes que o sinal poderá ter de ser codificado e decodificado. O padrão MPEG2 para vídeo está organizada segundo perfis e níveis: a cada perfil está associado um conjunto de ferramentas de codificação, sendo este conjunto sempre um subconjunto das ferramentas de codificação do perfil seguinte (há já 4 perfis); a cada nível está associada uma dada resolução e logo um dado débito binário e uma certa complexidade, por exemplo em termos de memória. Cada combinação perfil-nível é uma solução de codificação com características diferentes, devendo escolher-se a combinação que melhor se adapta à aplicação em pauta. O padrão MPEG2 para áudio considera, como o padrão MPEG1, débitos binários entre 32 e 448 kbit/s, mas permite o uso de um a cinco canais de áudio.

O padrão MPEG2 representa hoje um novo marco na evolução da televisão já que permite finalmente o salto da televisão analógica para a televisão completamente digital. Nesta medida, o padrão MPEG2 deu o "golpe de misericórdia" nos precedentes sistemas semi-analógicos de alta definição, MUSE (Japonês) e HD-MAC (Europeu). Com base neste padrão, o mundo das comunicações audiovisuais assiste a uma verdadeira corrida quer das indústrias, produzindo *chips*, *software* e terminais, quer das operadoras, definindo novos serviços com particular incidência no *video on demand*, na televisão digital via cabo, rádio ou satélite ou no acesso a bases de dados multimídia. Os primeiros serviços já começaram a ser disponibilizados ao público e espera-se agora uma autêntica invasão da tecnologia digital baseada no padrão MPEG2 de compressão de áudio e vídeo. [2]

Padrão	Ano (aproximado)	Serviços Aplicações ¹	Débito binário ²	Técnicas de codificação
ISO/MPEG 1	1991	Gravação em CD-ROM	1.5 Mbit/s	DPCM Transformada DCT Compensação de movimento Codificação entrópica
ISO/MPEG2 ITU-T H.262	1993	Televisão de média e alta definição	> 2 Mbit/s	DPCM Transformada DCT Compensação de movimento Codificação entrópica

¹ Os serviços ou aplicações referidos são apenas os mais significativos.

² Os débitos apresentados são apenas os mais representativos para o padrão em pauta.

Tabela 1 - Principais características dos atuais padrões internacionais de codificação de imagem e vídeo

8.1 Definição

A especificação do sistema MPEG define como multiplexar várias streams de áudio e vídeo numa única stream, como fazer a gestão do buffer no decodificador, como sincronizar as streams e promover a identificação temporal para cada uma delas.

A definição do MPEG1 permite que as elementary streams que partilhem uma base de tempo comum possam ser multiplexadas num único fluxo utilizando pacotes de tamanho flexível. Esse tamanho é normalmente grande e é escolhido pela própria aplicação. O MPEG1 é adequado a processamento de software, mas não tem um bom desempenho em ambientes em que os erros sejam comuns. Com o MPEG2 é atingido um desempenho mais favorável adicionado várias características, conseguindo uma multiplexagem de vários programas com diversas bases de tempo, sendo possível a remultiplexagem, suportando scrambling, etc. [4]

8.2 Multiplexagem

A principal função do sistema MPEG é fornecer a forma de combinar ou multiplexar, diversos tipos de informação multimídia numa única stream que pode ser transmitida num canal ou armazenada. Existem dois métodos muito utilizados para a multiplexagem de dados de diversas fontes numa única stream. Um deles é o denominado TDM (Time Division Multiplexing), que atribui time slots periódicos a cada uma das elementary streams de áudio, vídeo, dados, etc. O outro método também utilizado é o packet multiplexing. Com este método, os pacotes das várias elementary streams são entrelaçados uns com os outros formando uma única stream.

As elementary streams ou as streams MPEG2 podem ser enviadas a um débito constante – CBR (Constant Bit Rate) – ou a um débito variável – VBR (Variable Bit Rate) – apenas variando o comprimento ou a frequência dos pacotes a enviar. Por exemplo, as elementary streams podem ser enviadas em VBR, mesmo que a stream multiplexada MPEG2 seja enviada em CBR. Isto possibilita uma outra multiplexagem, a multiplexagem estatística, quando alguma elementary stream temporariamente não necessita de todos os bits a ela destinada, pode liberar a sua capacidade de canal em proveito de outras streams que temporariamente necessitem mais do que a sua parcela da capacidade do canal.

O MPEG2 define duas formas de streams de multiplexagem, a program stream e a transport stream. A primeira é semelhante ao MPEG1, com algumas características adicionais, como scrambling, trick modes (fast-forward, etc.), uma diretoria com os conteúdos da multiplexagem e um mapa descrevendo as características das streams que partilham uma base de tempo comum.

A Program Stream é utilizada para sistemas de armazenamento e acesso local, onde é importante promover a interatividade, facilitar o processamento de software e onde se admite uma quase total imunidade a erros.

Por sua vez, a Transport Stream é utilizada para sistemas de difusão, nos quais a suscetibilidade ao erro é uma das características mais importantes. Suporte a multi-programa com bases de tempo independentes, multiplexados em pacotes de comprimento fixo de 188 bytes. Transporta uma descrição extensa dos conteúdos dos programas no multiplexador e suporta ainda remultiplexagem e scrambling. Contudo, não é definido o método de scrambling, mas sim o que pode ser scrambled e como os dados do controle de acesso podem ser transmitidos na stream MPEG. [4]

O diagrama em blocos a seguir representa um sistema MPEG (A partir da elementary stream até a program stream ou stream transporte) com o processo de codificação, empacotamento e multiplexagem das elementary streams de áudio e vídeo até resultar na program stream ou na transport stream.

Standard MPEG 2

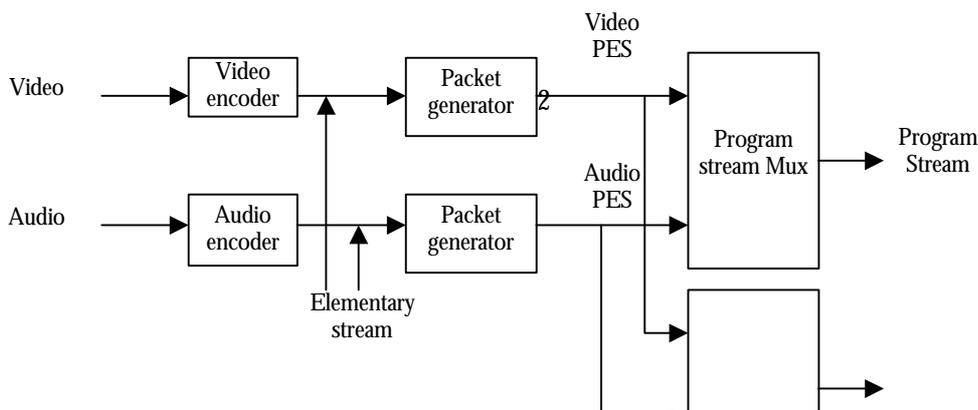


Figura 4 – Diagrama em blocos de um sistema MPEG2

É possível a transcodificação entre os diferentes formatos de sistemas MPEG e, com as escolhas adequadas de parâmetros, pode ser relativamente simples.

Serão incluídas algumas definições detalhadas de conceitos utilizados, de forma a facilitar a compreensão de alguns aspectos importantes da parte de sistemas do padrão MPEG2.

8.3 Programa

Quando o padrão MPEG se refere a um programa, significa um único canal ou serviço de broadcast. [4]

8.4 Elementary Stream

É o nome dado a um único componente codificado digitalmente de um programa, por exemplo, vídeo ou áudio codificado, podendo um programa conter várias elementary streams, como acontece habitualmente. No caso da transmissão tradicional de televisão, teremos três elementary streams, uma transportando o vídeo codificado, a outra o áudio stereo codificado e a última dados de teletexto. No futuro, as transmissões de televisão irão conter um maior número de elementary streams, o que já começa a acontecer, por exemplo, várias streams de vídeo que transportem diferentes resoluções para a mesma imagem, ou áudio e teletexto em diversas línguas, entre outras opções. [4]

8.5 Multiplexador

A saída de um multiplexador MPEG2, é uma stream contínua de dados. Não há restrições quanto ao débito do multiplexador, mas deverá ser pelo menos igual à soma dos débitos das várias elementary streams, e pode ser de débito fixo ou variável, tal como as streams.

Adicionalmente às elementary streams, pode ser incluída no multiplexador uma grande variedade de informação. Por exemplo, um sistema de time stamps relacionado com a referência de clock assegurando que streams relacionadas entre si sejam apresentadas em sincronismo no decodificador. Temos também tabelas de informação de serviço, incluindo parâmetros detalhados da rede, pormenores dos programas dentro do multiplexador e a natureza das várias elementary streams. Podemos também encontrar o suporte para o controle de scrambling, para acesso condicional a uma ou mais elementary streams, apesar do MPEG não especificar o algoritmo de scrambling nem o de controle de acesso.

Poderão ser acomodados ainda um número qualquer de canais com dados privados, que são as streams de dados que não são especificados pelo MPEG, e podem ser utilizadas para transportar serviços de dados como teletexto, informação adicional de serviço específica a uma dada rede, comandos para controlar a modulação e o equipamento de distribuição da rede, ou qualquer outro tipo de dados requeridos a uma aplicação particular.

No entanto, existem algumas características importantes não definidas pelo MPEG, como a não existência de qualquer forma de proteção contra erro dentro do multiplexador, pois a proteção contra erro e a modulação da multiplexagem MPEG2 são escolhidas consoante as características do canal ou do armazenamento, e por isso não são especificadas pelo padrão. [4]

8.6 Program Stream (PS) e Transport Stream (TS)

Como dito anteriormente o sistema MPEG2 define duas multiplexagens alternativas, a program stream e a transport stream, cada uma sendo otimizada para um conjunto diferente de aplicações.

A program stream é baseada na multiplexagem estabelecida do MPEG1, e tal como esta, pode apenas acomodar um único programa, sendo adequada para o armazenamento e recuperação de programas de um DSM (Digital Storage Medium). Uma program stream deverá ser utilizada num meio livre de erros, porque é bastante suscetível a que estes aconteçam. Existem duas razões para este fato: a primeira é devido a program stream conter uma sucessão de pacotes relativamente longos com comprimentos variáveis em que cada pacote começa

com um cabeçalho, e ao ocorrer um erro nesse cabeçalho, o pacote pode ser perdido, podendo causar a perda de uma imagem. Depois, como o comprimento dos pacotes pode variar, o decodificador não pode prever o fim de um pacote e o início de outro, e para isso tem de ler e interpretar o campo que indica o comprimento daquele, no cabeçalho do mesmo. Se acontecer um erro neste campo, o decodificador perderá o sincronismo com a stream, o que poderá causar a perda de pelo menos um pacote.

Já a transport stream, foi idealizada para aplicações multi-programa, tal como o broadcasting. Uma única stream pode acomodar vários programas independentes e é constituída por uma sucessão de pacotes de 188 bytes de comprimento denominados transport packets. Ao utilizar pacotes pequenos e de comprimento fixo, a transport stream é menos suscetível a erros que a program stream, além de cada pacote poder também ter proteção contra erros simplesmente passando através de um processo de controle de erro, de que é exemplo a codificação Reed Solomon. Assim, o melhor desempenho contra erros significa que a transport stream funciona melhor em canais suscetíveis a erro, como o broadcast. [4]

8.7 Packetised Elementary Stream (PES)

Para criar uma multiplexagem MPEG2, é necessário converter cada elementary stream numa packetised elementary stream (PES), que consiste em pacotes PES. Estes pacotes são constituídos por um cabeçalho e uma seção de payload, que é composta apenas por bytes de dados retirados sequencialmente da elementary stream original.

Os pacotes PES podem ter um comprimento variável, até um máximo de 64kbytes. O projetista de um multiplexador MPEG2 pode utilizar esta flexibilidade de várias formas, como por exemplo, utilizar pacotes PES de comprimento fixo ou variar este mesmo comprimento de forma a alinhar o início das imagens codificadas com o início do payload dos pacotes PES. [4]

8.8 Pacotes de Transporte

Numa transport stream, os pacotes de transporte tem sempre um comprimento de 188 bytes, contendo 4 bytes de cabeçalho, seguidos do campo de adaptação, ou do payload ou de ambos. Os pacotes PES de várias elementary streams são divididos pelos payloads de um certo número de pacotes de transporte. Contudo, é improvável que um pacote PES preencha exatamente o espaço destinado a ele, e por isso o último pacote de transporte poderá ficar incompleto. Então, para que a transport stream seja contínua, é utilizado um

campo de adaptação para ocupar este espaço em excesso. Para minimizar este “gasto” de bytes, o pacote PES deve ser cuidadosamente escolhido.

Na figura a seguir podemos observar o esquema de um pacote de transporte, e respectivo esquema de cabeçalho.

Transport Stream Packet

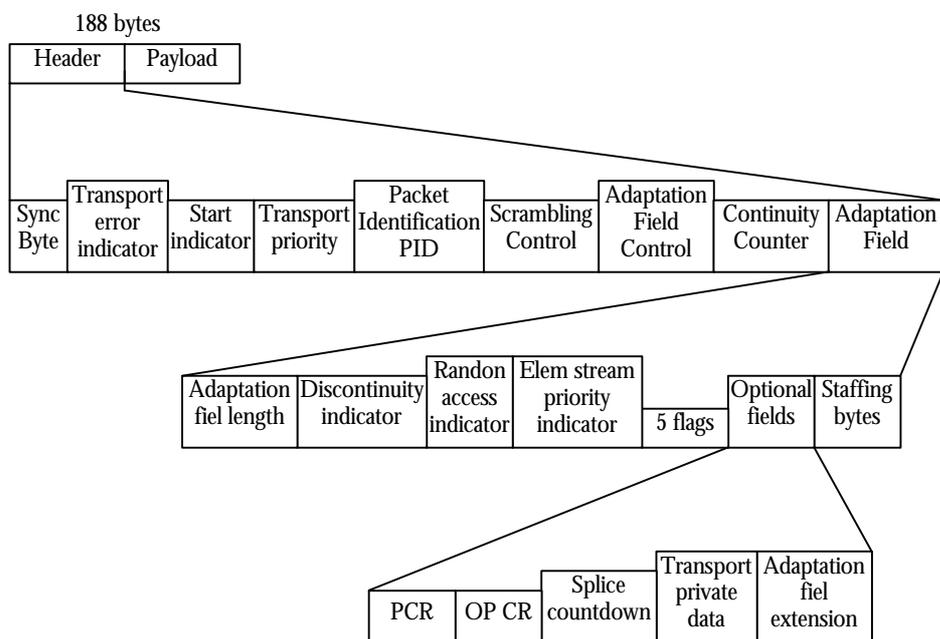


Figura 5 – Esquema de um pacote de transporte

Como exposto antes, cada pacote de transporte começa com um cabeçalho de 4 bytes, contendo vários campos, sendo quatro deles particularmente importantes. O primeiro byte do cabeçalho é o *sync_byte*. O valor deste campo é 47h e, por ocorrer cada 188 bytes na transport stream, permite que o decodificador identifique esta repetição e assim reconheça o início de cada novo pacote de transporte. Em seguida temos o *packet identifier* - PID - que serve para distinguir os pacotes de transporte de uma dada elementary stream dos de outra stream, pois uma transport stream pode transportar diversos programas, cada qual contendo várias *packetized elementary stream*. É de responsabilidade do multiplexador assegurar que seja atribuído um único

valor de PID a cada elementary stream. Depois podemos observar o campo `payload_unit_start_indicator`, que serve para indicar algo em especial relacionado com o primeiro byte do payload, como por exemplo, se esse primeiro byte é também o primeiro byte de um pacote PES. Por último, o campo `continuity_count` é incrementado por cada pacote de transporte sucessivo pertencente a mesma elementary stream. Este é usado pelo decodificador para detectar a perda ou ganho de um pacote de transporte e tentar corrigir o erro que resultaria de tal fato. [4]

8.9 Presentation Unit e Access Unit

No MPEG cada imagem sem compressão é denominada Presentation Unit. O codificador comprime cada presentation unit originando uma imagem codificada denominada Access Unit. O access units de vídeo não são todas de mesmo tamanho, dependendo do tipo de codificação ser I, P ou B e da dificuldade de codificação dessa mesma imagem.

No MPEG o resultado da codificação de uma seqüência de vídeo é uma sucessão de access units de vídeo, que forma a elementary stream de vídeo, o mesmo acontecendo com o áudio. Normalmente, cada access unit de áudio contém alguns milissegundos de sinal comprimido. [4]

8.10 Time Stamps

No final, o decodificador sabe quando decodificar cada access unit através dos chamados Time Stamps, que indicam explicitamente ao decodificador o momento exato no qual a access unit deve ser retirada do buffer e decodificada. Se o decodificador usar convenientemente os time stamps, então estará decodificando os access units em sincronismo com as outras strings elementares que compõem o programa e assim o buffer nunca sofrerá um overflow ou underflow.

Um time stamp é um valor representando um tempo. Uma função do multiplexador é fornecer o clock para as time stamps. Para o codificador atribuir time stamps às access units, o codificador tem de ter uma referência exata de clock, que é fornecida pelo multiplexador. Quando uma nova access unit é gerada no codificador, o time stamp é atribuído baseado nessa referência de clock, indicando o momento em que a access unit será decodificada. Para que isso aconteça com precisão, o decodificador deverá ter um clock em sincronismo com o do multiplexador. Isto é conseguido incluindo amostras regulares da referência de clock na multiplexagem efetuada.

Existem dois tipos de time stamps: os Decoding Time Stamps –DTS – que indicam quando a access unit deve ser decodificada, e os Presentation Time Stamps – PTS – que indicam quando deve ser apresentada na saída ou no display. [4]

8.11 Program Specific Information

Numa transport stream, cada pacote de transporte está etiquetado com um PID indicando a que elementary stream pertence o seu payload. Como sabemos, podem haver várias elementary streams de diversos programas, para que o decodificador consiga determinar a que programa pertence cada stream, é incluído informação adicional na transport stream, que especifica a relação entre os programas disponíveis e os PIDs das suas elementary streams. Esta informação é denominada Program Specific Information – PSI – e tem de estar presente em todas as transport streams.

Para este tipo de informação especificada na camada Sistemas do MPEG2 contém 4 tipos de tabelas: a – PAT – Program Association Table, a – PMT – Program Map Table, a – NIT – Network Information Table e a – CAT – Conditional Access Table. Cada uma destas tabelas pode ser transportadas como payload de um ou mais pacotes de transporte e por isso acomodada numa transport stream. [4]

8.11.1 Program Association Table

A program association table contém uma lista de todos os programas disponíveis numa transport stream, assim como o valor do PID dos pacotes de transporte que contém a program map table de cada um desses mesmos programas, além de outras informações. [4]

8.11.2 Program Map Table

Cada programa transportado na transport stream tem uma PMT associada. Esta tabela apresenta os detalhes relativos ao programa em si e a elementary stream que o compõe. A PMT mais simples pode ser acrescentada informação sobre descritores especificados na camada Sistemas do MPEG2. Eles transportam informação acerca de um programa ou das suas elementary streams. Podem ainda incluir parâmetros de codificação de áudio e vídeo, identificação da língua, informação “pan-and-scan”, detalhes do acesso condicional, informações de direito do autor, entre outros, como descritores privados para um determinado broadcaster. [4]

8.11.3 Network Information Table

Na PAT, o programa número zero é utilizado para indicar a NIT. Esta tabela é opcional e os seus conteúdos são privados, são definidos pelo broadcaster ou pelo utilizador e não pelo MPEG. Quando está presente, esta tabela fornece informação acerca da rede que transporta a transport stream, tal como as frequências dos canais, detalhes do satélite, características de modulação, origem do serviço, nome do serviço e detalhes de redes alternativas que estejam disponíveis. [4]

8.11.4 Conditional Access Table

Se qualquer elementary stream numa transport stream possui scrambled, então a CAT deve estar presente para fornecer detalhes do sistema de scrambling em uso e os PIDs dos pacotes de transporte que contenham a informação da gestão e a autorização ao acesso condicional. O formato desta informação não é especificado pelo Sistema MPEG2, por depender do sistema de scrambling utilizado. [4]

9 DVB (Digital Video Broadcasting)

DVB (Digital Video Broadcasting) é um termo geralmente utilizado para descrever serviços de transmissão de vídeo digital e dados que obedecem as normas DVB. O Projeto DVB, como é chamado, é um consórcio formado por mais de 230 empresas de pelo menos 30 países, que tem como objetivo definir um padrão para transmissão de vídeo digital, que seja universal.

O propósito é obter benefícios técnicos de uma padronização e, ainda satisfazer as exigências comerciais dos membros do projeto.

9.1 Principais objetivos do DVB

Uma das principais motivações para a introdução do DVB foi a de desenvolver uma solução que se adaptasse à transmissão de qualquer tipo de sinal/conteúdo (“*media*”), fazendo com que estes sinais se apresentassem o mais transparentes possível. Por outras palavras, do ponto de vista dos produtores de conteúdos, o DVB é como que um sistema onde se introduz o sinal a enviar, e do outro lado, nas casas dos consumidores chegam stream MPEG-2. Estas streams, podem entretanto ter sido encaminhadas através de satélite, cabo, ou redes terrestres, mas no final deste circuito devem poder ser decodificadas facilmente. A norma DVB aposta forte na qualidade, devendo por isso a decodificação e

posterior recodificação de streams MPEG-2 ser evitada, uma vez que tem um custo elevado e causa danos na qualidade da imagem.

A utilização de streams codificadas em MPEG-2, com campos para endereçamento e instruções de processamento (estas últimas em forma de DVB Service Information – SI), permite ao DVB oferecer ao receptor a informação necessária, para passar de um *multiplex* para outro, decodificando, por exemplo, diferentes qualidades de imagem, ajustando automaticamente os parâmetros necessários. A *Service Information* oferecida ao receptor chega ao ponto de oferecer funções de guias de programação, com os horários da emissão (grades de programação), *web-browsing* para conteúdos dos programas que interessem ao utilizador, e várias outras funções relacionadas com informação em forma de texto.

A interoperabilidade do DVB, permite que os receptores utilizados para DVB-T, utilizem muitos componentes comuns entre este e os receptores de DVB-S e DVB-C. Isto permite que diferentes meios de transmissão partilhem equipamentos muito semelhantes, o que obviamente é vantajoso, já que a transmissão do sinal através de meios distintos fica muito facilitada. E ainda, outro aspecto bastante importante, que está relacionado com a utilização de equipamentos fabricados por diferentes empresas. Quer-se assim dizer, que se podem ligar equipamentos produzidos por diferentes fabricantes que o sistema ainda assim irá funcionar. Isto permite que o fornecedor dos conteúdos a transmitir, o operador da rede e o fornecedor do serviço, possam escolher livremente o equipamento a utilizar, com a certeza de que toda a cadeia de transmissão irá funcionar.

De acordo com o descrito anteriormente, apresentam-se em seguida mais alguns aspectos importantes, em que o DVB se apóia para fazer a sua implantação no mercado, substituindo assim os atuais sistemas PAL, SECAM e NTSC:

- Os sinais dos atuais sistemas de televisão terrestre apenas permitem recepção fixa, e observando o interesse crescente das pessoas em utilizar receptores móveis, o DVB afirma-se como uma boa solução nesta área.
- Os sistemas de televisão existentes, chegaram ao fim da sua curva de desenvolvimento, conhecida como curva-S, limitando assim as possibilidades de desenvolvimento para novos serviços.
- As aplicações de PALplus e D2MAC para emissões terrestres apenas trazem pequenas melhorias, e têm problemas de compatibilidade.

→ Considerando o exemplo de alguns países europeus, em que a percentagem de casas com televisão por cabo ou recepção por satélite é já bastante alta, pode-se afirmar que em termos de penetração não será muito complicada a introdução do DVB.

9.2 Aspectos do meio de transmissão no DVB

No desenvolvimento do sistema DVB e numa tentativa de uniformizar ao máximo a norma no que diz respeito também ao meio de transmissão a utilizar procurou-se que fosse possível a transmissão de DVB em três meios distintos e com características completamente diferentes, o satélite, o cabo e a difusão terrestre.

Sendo meios de transmissão tão diferentes entre si as formas de transmissão e as codificações terão necessariamente que apresentar diferenças adaptando-se a cada um dos meios.

Assim, temos para a transmissão via satélite (DVB-S), em que a relação sinal-ruído é habitualmente bastante baixa e que a largura de banda disponível é normalmente entre 27 e 36 MHz, a modulação escolhida terá que permitir uma taxa de erros binários aceitável a partir de uma relação sinal-ruído baixa à custa de uma eficiência espectral não muito alta.

Por outro lado, na transmissão por cabo (DVB-C) as relações sinal-ruído são mais elevadas mas em contrapartida a banda disponível para cada canal é menor (cerca de 7 ou 8 MHz). Deste modo as modulações escolhidas terão que privilegiar de certa forma a eficiência espectral uma vez que podem tirar partido de uma melhor relação sinal ruído disponível.

Para a difusão terrestre (DVB-T) o principal problema reside na existência de vários caminhos na recepção (interferência multipercurso, ecos) e a solução encontrada terá que ser resistente a este tipo de interferência. Uma vez que a recepção de DVB-T pode ser feita em condições diversas (fixo, móvel ou mesmo portátil) a codificação terá também que permitir a recepção nestas situações que podem também contemplar qualidades de serviço diferentes.

Numa tentativa de uniformizar ao máximo os receptores, procurou-se adaptar a norma a qualquer dos meios de transmissão possíveis de utilizar. Assim, encontra-se para os três tipos de transmissão um núcleo de codificação comum em que se procura dotar os dados de resistência a erros e fornecer à entrada do demultiplexer MPEG-2 do receptor uma sequência de dados QEF (*quasi error free*) correspondente a uma taxa de erros de 10^{-10} a 10^{-11} .

A seqüência de vídeo digital MPEG-2 é constituída, no caso do DVB, por um pacote de 188 bytes em que o byte inicial é de sincronização. O primeiro passo da codificação de canal é fazer com que a seqüência apresente as transições binárias adequadas à transmissão através da utilização de um gerador de seqüências pseudo-aleatórias a partir da seqüência de dados (exceto ao byte de sincronização que não é alterado). Assegura-se assim que a seqüência resultante não apresenta longas seqüências de uns ou zeros, que conduziriam a uma grande concentração da potência do sinal em torno da portadora, mas que esta se encontra distribuída ao longo da largura de banda disponível.

À seqüência pseudo-aleatória resultante é aplicado um código corretor de erros Reed-Solomon (204,188) que acrescenta 16 bytes redundantes aos 188 bytes iniciais. A seqüência passa ainda por um processo de interposição de bytes em que os bytes dos pacotes sucessivos são como que embaralhados de forma a que se existir uma rajada de erros nos dados estes se dispersem por vários pacotes tendo conseqüentemente efeitos menos graves uma vez que o código RS utilizado tem apenas capacidade de correção de 8 bytes por pacote.

Até aqui todos os passos são comuns a qualquer das formas de transmissão a que se recorra.

Para DVB-S ou DVB-T é ainda utilizada mais uma ferramenta de codificação convolucional que introduz redundância na informação para fazer face às fracas relações sinal-ruído (especialmente em DVB-S), ou fortes interferências multipercurso (em DVB-T) que podem existir nestes sistemas diminuindo obviamente a eficiência espectral do sistema. A redundância é obtida através de dois polinômios geradores criando duas seqüências binárias diferentes aplicadas diretamente no modulador obtendo-se uma seqüência binária com 50% de bits úteis e 50% de bits redundantes. É também possível obter seqüências com razões de codificação mais elevadas (2/3, 3/4, 5/6 ou 7/8) para obter uma eficiência espectral melhor, desde que não se tomem todos os bits de cada uma das duas seqüências.

9.3 Codificações específicas a cada forma de transmissão

O projeto DVB desenvolveu um conjunto internacional de standards, que permitem a distribuição de conteúdos através de todo o tipo de meios: satélite, cabo, terrestre, micro-ondas, MDS (*Multipoint Distribution System*), CATV (*Community Access Television*), e SMATV (*Satellite Master Antenna Television*). Assim sendo, os sistemas DVB oferecem um vasto leque de qualidades de imagem, som e dados multimídia.

9.3.1 DVB-C

Em DVB-C este último passo de codificação convolucional não é necessário uma vez que as relações sinal-ruído neste meio são normalmente aceitáveis. Será um fator muito mais limitativo a largura de banda disponível. Assim, as modulações utilizadas têm uma eficiência espectral elevada e serão principalmente 16, 32 ou 64-QAM (embora se possa ainda utilizar para serviços de alta capacidade 128 e 256-QAM com maior dificuldade obviamente na decodificação). Para estas modulações, na inicialização do receptor pode surgir uma ambigüidade na fase do sinal que é resolvida nestes casos enviando os dois bits mais significativos de cada símbolo em codificação diferencial permitindo determinar em que quadrante se encontra a palavra terminando assim a ambigüidade em cada símbolo.

Há ainda um fator a considerar na transmissão por cabo que reside nas possíveis descasamentos de impedância existentes numa rede de cabo, que pode provocar a existência de ecos no sinal que terão que ser compensados através da utilização de equalização adequada.

9.3.2 DVB-S

Para transmissão em DVB via satélite, considerou-se ótima a modulação QPSK uma vez que é a que requer menor relação sinal-ruído para obter a probabilidade de erros desejada à custa da utilização de uma maior largura de banda normalmente disponível nos *transponders*.

Tem também que ser utilizada a codificação convolucional no sentido de conferir uma maior robustez à transmissão. Os filtros utilizados serão de Nyquist com um fator de *roll-off* α de 0.35.

9.3.3 DVB-T

No DVB-T o principal problema reside na possibilidade da existência de interferência multipercurso e desvanecimentos associados a reflexões. Assim, foi encontrada uma modulação resistente a este tipo de problemas, a modulação OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing) que tem duas variantes possíveis (a de 2K e de 8K).

10 Acesso condicional (CA)

Os sistemas CA (*Conditional access*) têm sido alvo de debates intensivos no âmbito do DVB. Um sistema CA é um sistema que se caracteriza por fornecer o acesso a determinados pacotes de programação apenas quando determinadas

condições são satisfeitas - condições como identificação, autenticação, registro ou pagamento do acesso. Uma forma usada para impedir o acesso a serviços por parte de utilizadores não autorizados é a criptografia (*encryption*). Nesse sentido, por exemplo, para acessar sistemas *pay-TV*, será necessário usar *set-top boxes (IRD)*, para poder receber e fazer a decriptografia (*decryption*) dos programas transmitidos.

Este tópico pretende dar uma visão panorâmica geral dos aspectos técnicos mais relevantes dos sistemas CA. Abordamos ainda com alguns pequenos detalhes o algoritmo de *scrambling* CSA (*Common Scrambling Algorithm*) no contexto das especificações DVB, desenvolvido para uniformizar a criptografia de programas.

Serão apresentados três modelos fundamentais de acesso condicional: *Multicrypt*, *Simulcrypt* e *Transcontrol*.

10.1 Elementos fundamentais

O principal objetivo de um sistema CA é o de garantir que só utilizadores devidamente autorizados possam usufruir de determinados pacotes de programação. Nesse sentido, o *scrambling* é o processo pelo qual os sinais de áudio e vídeo passam e que condiciona o acesso aos correspondentes pacotes de programação. Este processo, tal como o inverso de decifrar a informação, é freqüentemente feito através de uma técnica denominada criptografia .

Na criptografia existe uma palavra de controle (“*key*”) que fornece acesso ao algoritmo de *scrambling* e *descrambling* da informação, formando juntamente com este um sistema designado na literatura como *crypto system*. Esta palavra de controle deverá ser conhecida apenas pelo emissor e receptor, e só deverá poder ser alterada através de outros meios, como por exemplo, o *mail* – sistemas *crypto* simétricos.

Foram desenvolvidos sistemas *crypto* públicos, que diferem do descrito, por neles ser atribuída a cada emissor e a cada receptor um par de *keys*, sendo uma mantida secreta, tal como no caso acima, e outra pública – sistemas RSA. Estes sistemas permitem fazer o *scrambling* da informação a enviar através da palavra de controle pública do destinatário, de forma que ele possa fazer depois o *descrambling* com a sua própria palavra de controle secreta. Alternativamente, um emissor pode fazer o *scrambling* com a sua palavra de controle secreta e o receptor poderá fazer o processo inverso usando a palavra de controle pública do emissor – sistemas *crypto* assimétricos.

Como é evidente, a segurança da criptografia estará sempre ligada à capacidade de serem mantidas secretas as *keys* referidas. A gestão destas *keys*, ou

palavras de controle, envolve a geração, distribuição, armazenamento, etc., das mesmas. Em sistemas *crypto* assimétricos, uma terceira entidade – TTP (*trusted third party*), confirma através do envio de certificados, a ligação entre um qualquer utilizador e a sua *key* pública. Ao destinatário na comunicação é garantida uma cópia desse certificado, ou através do emissor ou diretamente pelo TTP. O TTP pode ainda fornecer serviços de gestão de *keys* aplicáveis a sistemas CA.

Um outro elemento fundamental de sistemas CA é o designado CAMS (*Conditional Access Management Systems*), esse sistema não padronizado, e que compreende por sua vez o sistema administrativo SMS (*Subscriber Management System*); e o SAS (*Subscriber Authorization System*). O SMS tem como principal função armazenar dados e pedidos do utilizador que serão processados e transformados em comandos a serem interpretados pela *set-top box* do cliente.

10.2 O algoritmo CSA

O *crypto system* usado em sistemas de acesso condicional é especificado pelo DVB. Neste contexto, explica-se aqui de uma forma sucinta o algoritmo de *scrambling* usado – o CSA (*Common Scrambling Algorithm*). O uso do CSA para acesso condicional foi tornado obrigatório no equipamento dos clientes.

O DVB usa, como se sabe, o sistema de codificação digital MPEG-2. Nestes sistemas, os sinais de áudio e vídeo codificados são transformados numa série de pacotes padronizados (PES), contendo cabeçalho e também a informação codificada - áudio ou vídeo – propriamente dita. Os pacotes nas PES áudio e vídeo, bem como outros contendo informação adicional, são multiplexados formando uma TS (*Transport Stream*).

O CSA começa por separar num demultiplexer os dados no TS (ou, se necessário, no PES), em dois tipos de dados: os que irão ser criptografados e os que não iram passar por este processo, como por exemplo, a informação de sincronização contida no cabeçalho do TS. A criptografia referida está associada a dois tipos de codificadores, designados por “*block cipher*” e “*stream cipher*”. O primeiro faz a criptografia em blocos de 8 bytes, o último, bit a bit. A cada um deles está associada uma palavra de controle diferente, designadas respectivamente por ECM (*Entitlement Control Message*) e EMM (*Entitlement Management Message*).

A palavra de controle EMM autoriza o *smart card* em questão para receber o programa de televisão codificado. Uma vez autorizado, é permitido ao *smart card* fazer o *descrambling* do programa. O anteriormente referido sistema SMS, pertencente ao CAMS, contém naturalmente estas palavras de controle dos

codificadores, controla que clientes terão acesso aos programas, e durante quanto tempo o terão. Para sistemas *pay-TV* a palavra de controle EMM pode ser mudada cada dia ou mês, ao passo que em outros sistemas, como os sistemas *pay-per-view* ou *video-on-demand* existe uma EMM por programa.

Nota-se que o algoritmo descrito acima exige muito menos memória para fazer a decryptografia do que para a criptografia, permitindo assim a redução do custo da *set-top box* para o cliente.

Não será explicado aqui os acordos de distribuição de DVB efetuados no âmbito do CSA, acordos esses envolvendo licenças e confidencialidade de sistemas, entre outras coisas. Esses acordos têm como objetivos principais minimizar custos para clientes e combater pirataria audiovisual, entre outros. O CSA é administrado por corpos de padronização entretanto criados: “*DVB Scrambling Technology Custodian Agreement*” e “*DVB Descrambling Technology Custodian Agreement*” (em cooperação com a ETSI (*European Telecommunications Standards Institute*)).

10.3 Modelos fundamentais de acesso condicional

De acordo com o que já foi dito, estudar-se-ão aqui os três modelos fundamentais relacionados com os sistemas CA: os modelos *Multicrypt*, *Simulcrypt* e *Transcontrol*.

10.3.1 O modelo Multicrypt

Devido não ser padronizado o CAMS, não existe um tipo universal de *set-top box* definido. Assim, para um cliente ter acesso a programas ou serviços de diferentes fornecedores, teria de ter várias *set-top boxes*, o que obviamente seria um tanto incômodo e também mais custoso. O modelo *Multicrypt*, suportado pelo DVB, evita esta solução.

Neste modelo, uma única *set-top box* tem de conseguir portanto interpretar diferentes CAMSs – o que implica por sua vez a presença na *set-top box* de um algoritmo de criptografia comum: o CSA. Por outro lado, é necessária uma interface comum para garantir a interoperabilidade entre essa parte relativa à criptografia e os CAMSs. Nesse sentido, o DVB definiu especificações para uma CI – “*Common Interface*”.

A CI fornece a interface entre um “*host*” e um módulo. Os módulos processam tarefas especializadas em associação com o *host* a que estão ligados. Exemplos de módulos que se podem ligar a um mesmo *host* são por exemplo, terminais de televisão, PCs e VCRs. Graças à aplicação da CI, o cliente só

precisará de um *host* para ter acesso a programas de diferentes fornecedores. No *host* existe um sintonizador através do qual o canal pretendido pode ser sintonizado (à saída do sintonizador o sinal terá de ser desmodulado, etc.).

A CI compreende uma interface relativa à formação de TSs MPEG-2 de dados – a interface lógica, e uma responsável pelo fornecimento de informação de controle entre o *host* e o módulo.

A interface CI é obrigatória para aparelhos de televisão com decodificador digital incorporado (isto é, com *host* incorporado). Contudo, é apenas opcional o seu uso em *set-top boxes*.

10.3.2 O modelo Simulcrypt

Este modelo possibilita que determinados fornecedores de serviços transmitam programas em áreas não abrangidas pela entidade que de fato é proprietária dos mesmos e os fornece de base, através do seu sistema CA. Este processo pode passar pelo compartilhamento de canal em um *transponder* satélite, por onde a entidade fornecedora do programa/serviço transmite, e que teria como destinatária uma população diferente da abrangida pela área geográfica da mesma.

O modelo *Simulcrypt* não requer só, portanto, um algoritmo de criptografia comum. Antes, no sinal a transmitir em *broadcasting* precisa-se encontrar informação de controle correspondente ao CAMS dos fornecedores envolvidos. Assim, para acessar o serviço localmente, são necessários uma única *set-top box* e ou um *smart card* ou um módulo CA.

Existem negociações inerentes à aplicação do *Simulcrypt* entre os diversos fornecedores de serviços. O DVB desenvolveu um código de conduta para lhes permitir usar serviços DTV dum fornecedor de serviços CA indiscriminadamente.

10.3.3 modelo Transcontrol

Este modelo dá localmente a operadores de televisão por cabo CATV (*Cable Antenna Television*) o controle total dos serviços que usem sistemas CA, fornecidos aos seus clientes. Isso corresponde a afirmar que cada operador destes poderá, quando lhe aprouver, trocar o CAMS do sinal recebido pelo seu próprio (“*Transcontrol*”).

Uma interpretação um pouco mais distante da idéia base deste modelo, descrita agora, é a de, além de substituir o CAMS, fazer adicionalmente a decifração e posteriormente voltar a criptografar a informação. Surge no

entanto a questão de saber até que ponto é que seria desejável que um sistema CA previsse essa possibilidade.

11 Mercado de TV por assinatura

O setor de TV por assinatura volta a crescer e o marasmo que dominou os anos de 98 e 99 deve ficar para trás. O movimento é claro, as empresas de TV por assinatura, pelo menos os maiores grupos, querem fazer parte do setor de telecomunicações efetivamente após a abertura total do mercado em 2002. É um mercado que tem potencial imenso de interagir com o restante do setor de telecomunicações. Existem outorgas de TV paga, por exemplo, em praticamente todas as cidades importantes cobertas pelas espelhos. [5]

11.1.1 Concentração

O setor de TV paga, assim como o de telefonia, é dominado por poucos players e cada um deles tem um perfil geográfico diferente. Existem empresas que estão baseadas com a maior parte de suas outorgas em apenas um estado, como é o caso da Horizon em São Paulo. Outras, como a Globo Cabo, procuraram se focar apenas nas regiões nas quais a renda per capita é maior. Com isso, a operadora sozinha consegue abocanhar cerca de 75% de todos os assinantes de TV a cabo do país.

No MMDS, o grupo com mais assinantes é a TVA, do grupo Abril, por ter as outorgas na cidade de São Paulo e Rio. Mas esta não é a tecnologia prioritária para a TVA como é para a TV Filme, por exemplo. Este grupo, de Brasília, tem 11 operações diferentes, a exemplo da empresa carioca Acom. Ambas também priorizaram cidades maiores, apostando que a faixa de 182 MHz que pode ser utilizada para o MMDS servirá para muitas outras coisas além de televisão. Aliás, a primeira operação ao usuário doméstico de acesso à Internet em alta velocidade foi via MMDS da TV Filme, em Brasília.

O DTH (Direct to Home), serviço que oferece TV por assinatura digital por satélite e, portanto, para quase todo o território nacional, representa praticamente 33% do total de assinantes. Apesar das dificuldades técnicas que este serviço terá para oferecer serviços de telecomunicações similares aos oferecidos pelo cabo ou mesmo pelo MMDS, a TV paga via satélite, além de ser digital, deve ser a primeira a vir com soluções interativas.

Existem três operadores de TV paga por satélite no Brasil. A Sky (que utiliza o satélite PAS-6B), DirecTV (Galaxy VIIIi) e Teccat (Intelsat 709). Há ainda a DTCOM, pertencente a um grupo de empresas paranaenses, que criou

um serviço semelhante, porém voltado ao mercado corporativo, com serviços de educação e treinamento à distância. [5]

11.1.2 Interatividade

Uma das grandes promessas da TV por assinatura nos próximos meses é a interatividade do conteúdo televisivo. À frente da implantação deste tipo de tecnologia no Brasil, estão principalmente as operadoras de DTH. DirecTV e Sky já anunciaram para o primeiro semestre de 2001 o lançamento de seus serviços interativos. A Sky fazia no final de 2000 experiência como a transmissão de alguns jogos da Copa João Havelange com a possibilidade pelo assinante de escolha do ângulo pelo qual gostaria de ver o jogo. Mas os serviços interativos vão além. Uma de suas principais aplicações é o video-on-demand (VOD), ou “locadora virtual”. Este serviço permite que o assinante escolha um filme de uma lista ampla apresentada pela operadora e assista-o no momento em que quiser, podendo inclusive fazer pausas, avançar ou retroceder a imagem, como se estivesse operando um videocassete.

Por trás de todas estas promessas tecnológicas está um único objetivo: aumentar a receita média por assinante. Com a banda larga e a abertura das telecomunicações, as operadoras querem explorar cada vez mais seus meios físicos instalados e conquistar fatias maiores do bolso do usuário.[5]

No ANEXO II, está uma matéria completa sobre o crescimento de mercado de TV paga, feita pela revista PayTV.

12 Estação Terrena TX

A seguir na figura 6, é apresentado um diagrama em blocos da estação terrena. Neste diagrama não é mostrado o sistema de energia, geração de energia, nobreak e pressurização, porém está previsto a implementação dos mesmos, bem como toda a infraestrutura necessária, no caso de implementação do projeto.

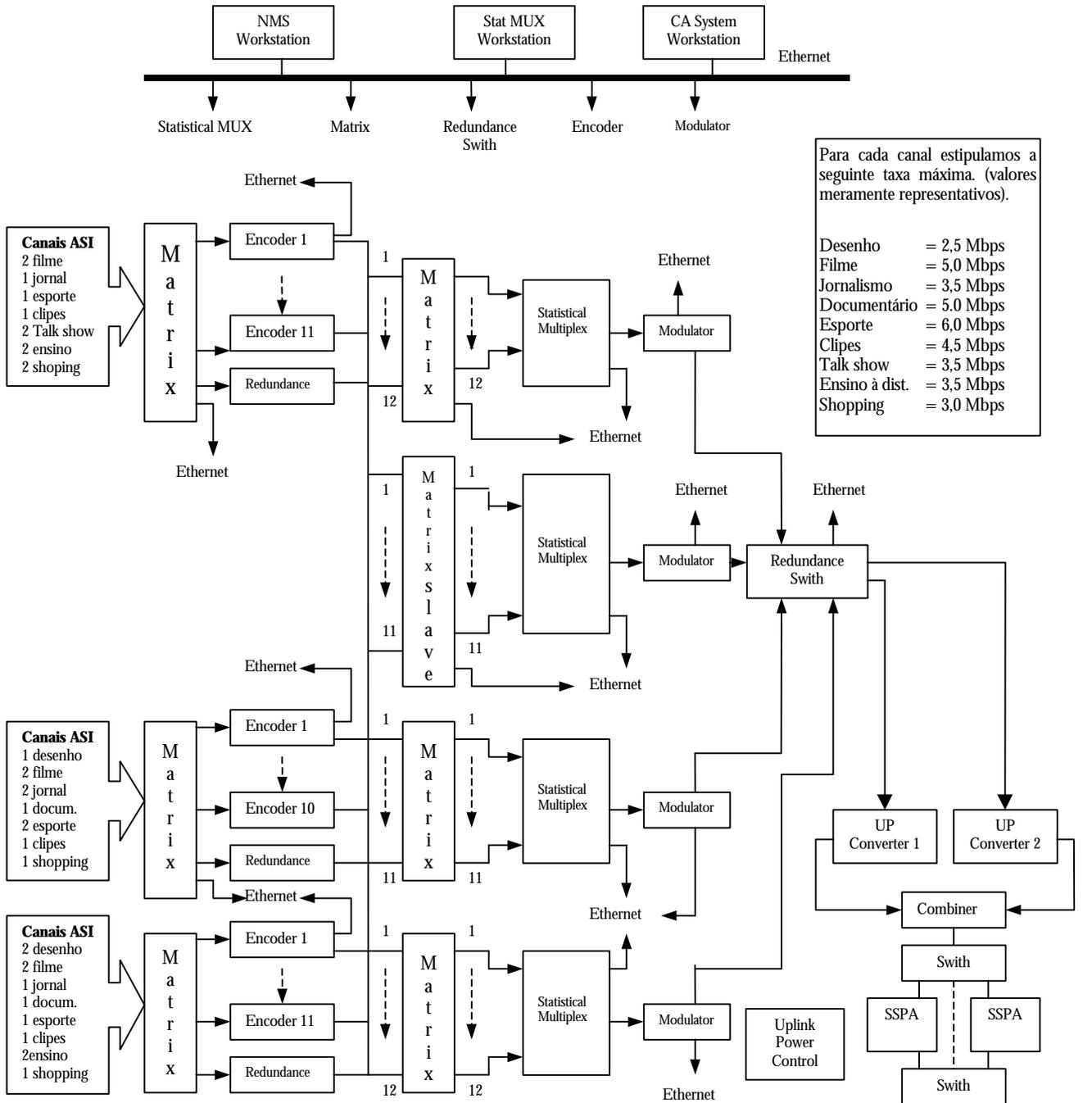
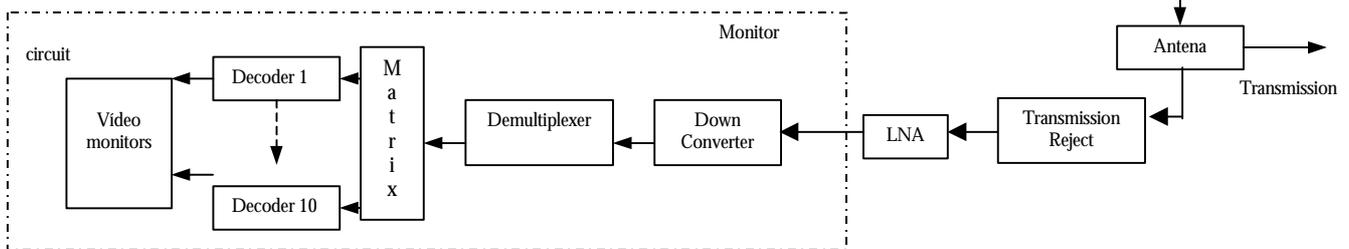


Figura 6 - Diagrama em Blocos Simplificado da Estação Terrena de TX



12.1 Características Requeridas Para os Equip. Estação Tx

12.1.1 Encoder

- Entrada de vídeo analógica.
- Entrada de vídeo digital.
- Entrada de áudio analógica.
- Entrada de áudio digital.
- Compatível com MPEG2
- Controle via ethernet

12.1.2 Multiplex

- Estatístico
- Suporte a tecnologia MCPC
- Compatível com MPEG2
- Suporte a acesso condicional
- Controle via NMS
- Stream scrambler
- Pelo menos 11 entradas

12.1.3 Modem

- Modulação QPSK
- Reed Solomom
- FEC $\frac{3}{4}$

Obs: Qualquer modem que esteja em conformidade com o DVB vai dar suporte à estas configurações.

12.1.4 Up/Down converter

- Range de frequência de 14 a 14,5 GHz

12.1.5 HPA

- Resposta linear de frequência de 14 a 14,5 GHz
- Conector para guia de onda
- Mínimo de 2060 W de potência

12.1.6 Antena

- 7,6 metros

- Gregoriana
- Sistema de rastreamento
- Faixa operacional em banda KU
- Pelo menos duas portas (1 Rx e 1 Tx)
- Ganho na faixa de Tx de 58,9 dBi
- G/T com um LNA de 90K = 36,1 dB/K

12.1.7 Observação

Reafirmamos nesta oportunidade que não foi mostrado no diagrama da estação, fig. 6, porém está previsto um sistema de energia e de pressurização, bem como um sistema de refrigeração e de nobreak e gerador de energia.

13 Estação RX

Ressaltamos que, os equipamentos instalados na casa do cliente assim como em todo o sistema em questão, deverá estar em conformidade com a norma DVB e padrão MPEG2, para vídeo e áudio.

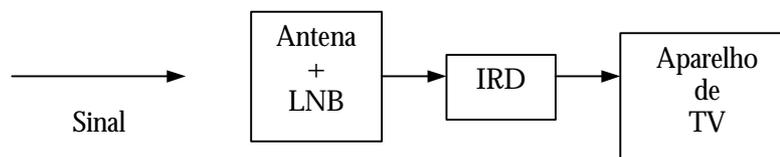


Figura 7 – Diagrama simplificado da recepção doméstica

13.1 Características Requeridas Para os Equip. Estação Rx

13.1.1 Antena

- 0,75 metros
- Off set
- G/T de 14,5 dB, com um LNB de 90k

13.1.2 LNB

- Resposta em banda KU
- Temperatura de ruído = 90 K

13.1.3 IRD

- Compatível com DVB/MPEG2

14 Cálculo de Enlace

O cálculo de enlace foi otimizado para a recepção, ou seja, foi desenvolvido com o objetivo de alcançar o menor G/T possível, a fim de tornar o produto competitivo, pois é notório nos dias de hoje problemas relacionados a espaço físico e também de exigências na apresentação dos equipamentos. Uma antena pequena tanto quanto possível e equipamentos de recepção (IRD), levam a viabilização do produto.

Nota 1 : Devido a falta de informações sobre o satélite escolhido alguns valores estão estimados não correspondendo a realidade na sua totalidade.

Nota 2 : Como a portadora estará ocupando todo o transponder foi adotado o BO do transponder igual ao da portadora.

Nota 3 : Será considerada a facilidade de UPC (Uplink Power Control), a fim de compensar perdas por ação de chuva na transmissão.

14.1 Composição da Taxa de informação (Ri)

O Multiplexador estatístico nos provê uma saída com taxa fixa designada no sistema que controla o mesmo. Para efeito do cálculo de enlace foi fixada uma taxa na saída do multiplexador de 35,5 Mbps. O multiplexador tem um ganho de 25% na porta de entrada, conferindo ao mesmo uma taxa entrante maior 25% em relação a saída, sem com isto que se perca qualidade, devido a característica da multiplexação estatística.

Foram definidas taxas máximas para os canais a serem distribuídos, ressaltando que estes valores são representativos a medida que não refletem a realidade em sua totalidade.

A - Desenho	= 2,5 Mbps
B - Filme	= 5,0 Mbps
C - Jornalismo	= 3,5 Mbps
D - Documentário	= 5,0 Mbps
E - Esporte	= 6,0 Mbps
F - Clipes	= 4,5 Mbps
G - Talk show	= 3,5 Mbps
H - Ensino à dist.	= 3,5 Mbps
I - Shopping	= 3,0 Mbps

Portadora 1 = $2B + C + E + F + 2G + 2H + 2I = 44$ Mbps

Portadora 2 = $A + 2B + 2C + D + 2E + F + I = 44$ Mbps

Portadora 3 = $2A + 2B + C + D + E + F + 2H + I = 44$ Mbps

Acima está a composição das taxas na entrada do Multiplexador, como o ganho do Multiplexador é de 25%, resulta que $35,5 + 25\% = 44,375$ Mbps de taxa máxima, estamos fixando então uma taxa de informação na saída do Mux de 35,5 Mbps. Já está sendo levado em consideração o Header do Mux.

14.2 Dados do satélite

Satélite = IS-709

Posição orbital = 50° W

Bw transponder = 36 MHz

EIRPsat no contorno = 46,6 dBW

Fluxo saturação satélite = - 87 dBW

G/T satélite = - 4,1 dB/K

VGsubida = 5 dB

VGdescida = 4 dB

BO saída do transponder = BO saída portadora = 0,5 dB

BO entrada do transponder = BO entrada da portadora = 2,4 dB

Obs: O diagrama de cobertura encontra-se no ANEXO I

14.3 Dados da portadora

Portadora **MCPC**

Taxa de informação (R_i) = 35,5 Mbps

Forward Error Corrector (FEC) = 3/4

Reed Solomon (RS) = 188/204

Modulação QPSK - $m = 2$

Freq. Tx = 14,0425 GHz

Freq. Rx = 10,9925 GHz

14.4 Dados estação Tx

Localização - Lat $22,8971$ S

Long $43,1802$ W

Altitude = nível do mar

Antena - Gregoriana

Diâmetro = 7,6m

Temp. Ruído LNA = 90 K

Ganho na Freq. Tx = 58,9 dBi
UPC = 10 dB

14.5 Dados estação Rx (casa do cliente)

Localização – Lat. 15,00 S
Long. 45,00 W
Altitude = nível do mar
Eb/No requerido = 6,0 dB
Diâmetro da antena = 0,75 m
G/Tmínimo = 12,15 dB/K

14.6 Outros dados

Raio equatorial da Terra = 6378,14 km
Dist. Geoest. do Satélite = 35862,912 km
Margem desapontamento antena. grande (M_{AU}) = 1,0 dB
Margem desapontamento antena. pequena (M_{AD}) = 0,2 dB

14.7 Cálculos

14.7.1 Banda Ocupada

$$BW_{ocupada} = R_i \times (1/FEC) \times (1/RS) \times (1/m) \times 1,2$$
$$BW_{ocupada} = 35,5 \times 10^6 \times (1/(3/4)) \times (1/(188/204)) \times (1/2) \times 1,2$$
$$BW_{ocupada} = 30,81 \text{ MHz}$$

14.7.2 Banda alocada

$$BW_{alocada} = R_i \times (1/FEC) \times (1/RS) \times (1/m) \times 1,4$$
$$BW_{alocada} = 35,5 \times 10^6 \times (1/(3/4)) \times (1/(188/204)) \times (1/2) \times 1,4$$
$$BW_{alocada} = 35,95 \text{ MHz}$$

14.7.3 C/No requerido

$$(C/No)_{req} = Eb/No + 10\log BW_{ocupada}$$
$$(C/No)_{req} = 6,0 + 10\log 30,81 \times 10^6$$
$$(C/No)_{req} = 80,88 \text{ dBHz}$$

14.7.4 C/N requerido

$$(C/N)_{\text{req}} = (C/No)_{\text{req}} - 10\log Bw_{\text{ocupada}}$$

$$(C/N)_{\text{req}} = 80,88 - 10\log 30,81 \times 10^6$$

$$(C/N)_{\text{req}} = 6 \text{ dBHz}$$

Acrescentando margem de interferência.

$$(C/N)_{\text{req}} = 6 + 1,76 = 7,76 \text{ dBHz}$$

14.7.5 C/No de subida

$$(C/No)_{\text{subida}} = \psi_{\text{sat}} + VG_{\text{subida}} - BO_{\text{entrada da portadora}} - G1m^2 + G/T_{\text{sat}} + K - MA_{\text{subida}}$$

$$(C/No)_{\text{subida}} = -87 + 5 - 2,4 - 42,34 + (-4,1) + 228,6 - 1,0$$

$$(C/No)_{\text{subida}} = 96,76$$

14.7.6 C/N de subida

$$(C/N)_{\text{subida}} = (C/No)_{\text{subida}} - 10\log Bw_{\text{ocupada}}$$

$$(C/N)_{\text{subida}} = 96,76 - 10\log 30,81 \times 10^6$$

$$(C/N)_{\text{subida}} = 21,87 \text{ dBHz}$$

14.7.7 C/I de espúrio

$$(C/I)_{\text{espúrio}} = (C/N)_{\text{req}} + 11,8 \text{ sugerido pelo Intelsat}$$

$$(C/I)_{\text{espúrio}} = 7,76 + 11,8$$

$$(C/I)_{\text{espúrio}} = 19,56 \text{ dB}$$

Intruduzindo $(C/I)_{\text{espúrio}}$ em $(C/N)_{\text{subida}}$

$$(C/N)_{\text{subida}} // (C/I)_{\text{espúrio}}$$

$$(C/N)_{\text{subida}} = -10\log(10^{-2,187} + 10^{-1,956})$$

$$(C/N)_{\text{subida}} = 17,55 \text{ dB}$$

14.7.8 C/N de descida

$$(C/N)_{\text{descida}} = EIRP_{\text{sat}} - BO_{\text{saída da portadora}} - A_{\text{ELD}} + G/T_{\text{ant. rx}} + K + VG_{\text{descida}} - 10\log Bw_{\text{ocupada}} - M_{\text{AU}} - M_{\text{AD}}$$

$$(C/N)_{\text{descida}} = 46,6 - 0,5 - 206,55 + \mathbf{X} + 228,6 + 4 - 10\log 30,81 \times 10^6 - 1 - 0,2$$

$$(C/N)_{descida} = - 3,93 + \mathbf{X}$$

14.7.9 C/I de intermodulação

$$(C/I)_{IM} = (EIRP_{SAT} - BO_{saída da portadora}) - (-24 + 10\log(Bw_{ocupada}/4 \text{ khz}))$$

$$(C/I)_{IM} = (46,6 - 0,5) - (-24 + 10\log(30,81 \times 10^6 / 4 \times 10^3))$$

$$(C/I)_{IM} = 31,23 \text{ dB/4khz}$$

O $(C/N)_{descida}$ está em função do G/T da recepção, pois o intuito é customizar a recepção na menor antena possível.

Cálculo do $(C/N)_{descida}$:

$$(C/N)_{req} = 7,76 \text{ em fator} = 10^{0,776} = 5,9703$$

$$5,9703 = \frac{1}{\frac{1}{10 \frac{(C/N)_{sub}}{10}} + \frac{1}{10 \frac{(C/N)_{desc}}{10}} + \frac{1}{10 \frac{(C/I)_{IM}}{10}}}$$

$$5,9703 = 1/0,01833 + \mathbf{X}$$

$$5,9703(0,01833 + \mathbf{X}) = 1$$

$$\mathbf{X} = 0,89788/5,9703$$

$$\mathbf{X} = 0,15039$$

$$0,15039 = 1/10^{((C/N)_{desc}/10)}$$

$$10^{((C/N)_{desc}/10)} = 1/0,15039$$

$$10^{((C/N)_{desc}/10)} = 6,6493$$

$$\log 10^{((C/N)_{desc}/10)} = \log 6,6493$$

$$((C/N)_{desc} / 10) \log 10 = \log 6,6493$$

$$(C/N)_{desc} = 0,8227 \times 10$$

$$(C/N)_{desc} = 8,227 \text{ dB}$$

Agora vamos ver o G/T:

$$(C/N)_{\text{desc}} = -3,93 + \mathbf{X}$$

$$8,227 = -3,93 + \mathbf{X}$$

$$\mathbf{X} = 8,227 + 3,93$$

$$\mathbf{X} = 12,15 \text{ dB/K}$$

Cálculo da potência requerida pelo HPA:

$$\text{EIRP}_{\text{Portadora}} = \psi_S + A_{\text{ELS}} - G_{1\text{m}^2} - V_{G_{\text{sub}}} + \text{Margem de chuva} \quad \text{Serão implementadas pelo UPC}$$

$$\psi_S = \psi_{\text{SAT}} - \text{BO}_{\text{entrada da portadora}}$$

$$\psi_S = -87 - 2,4 = -89,4 \text{ dBW/m}^2$$

$$\text{EIRP}_{\text{Portadora}} = -89,4 + 206,71 - 42,34 - 5$$

$$\text{EIRP}_{\text{Portadora}} = 69,97 \text{ dBW}$$

Como estaremos subindo 3 portadoras com as mesmas características, então:

$$\text{EIRP}_{\text{para 3 portadoras}} = \text{EIRP}_{\text{portadora}} + 10 \log N_{\text{número de portadoras}}$$

$$\text{EIRP}_{\text{total}} = 69,97 + 10 \log 3$$

$$\text{EIRP}_{\text{total}} = 74,74 \text{ dBW}$$

$$P_{\text{HPA}} = \text{EIRP}_{\text{total}} - G + \text{perdas no feed}$$

$$P_{\text{HPA}} = 74,74 - 58,9 + 3,6$$

$$P_{\text{HPA}} = 19,44 \text{ dBW}$$

$$P_{\text{HPA}} = 87,90 \text{ W}$$

$$\text{Back off para HPA}_{\text{TWT}} = 7,0 \times (1 - e^{-n/4}) \text{ dB}$$

$$= 7,0 \times (1 - e^{-3/4}) \text{ dB}$$

$$= 7,0 \times 0,5276 = 3,69 \cong 3,70 \text{ dB}$$

Potência total em dBW:

$$\text{HPA} = 19,44 + 3,7 = 23,14 \text{ dBW}$$

Acrescentando a margem para o UPC de 10 dB

$$\text{HPA} = 23,14 + 10,0 = 33,14 \text{ dBW}$$

Potência do HPA = $10^{3,314} = 2060,62 \text{ W}$ será entregue a antena.

14.7.10 Ocupação em faixa

$$\left(\frac{Bw_{\text{alocada}}}{Bw_{\text{transponder}}} \right) \times 100 = \text{Ocup em faixa } \%$$

$$\left(\frac{35,95 \times 10^6}{36 \times 10^6} \right) \times 100 = 99,86\%$$

14.7.11 Ocupação em potência

Os cálculos foram feitos no sentido de utilizar toda a potência disponível, considerando o backoff da portadora (visto que ele é igual ao backoff do transponder por estarmos utilizando só uma portadora por transponder) então podemos afirmar que estamos trabalhando com uma ocupação de 100% da potência disponível.

15 Conclusões

De acordo com o cálculo de enlace acima e com as seguintes premissas:

- Cobertura do serviço abrangendo a região sudeste e centro oeste, com algumas restrições nas extremidades das mesmas.
- Antena de 0,75m, sendo que em alguns casos, pode ser requerido uma nova avaliação, por exemplo quando das restrições do item anterior.

Chegamos a conclusão que poderemos distribuir os canais de vídeo digital com qualidade, dentro de uma disponibilidade de serviço aceitável neste mercado, mesmo em circunstâncias consideradas agravantes em banda Ku, por exemplo, chuva na transmissão, que é contornada neste caso com a utilização da facilidade do UPC.

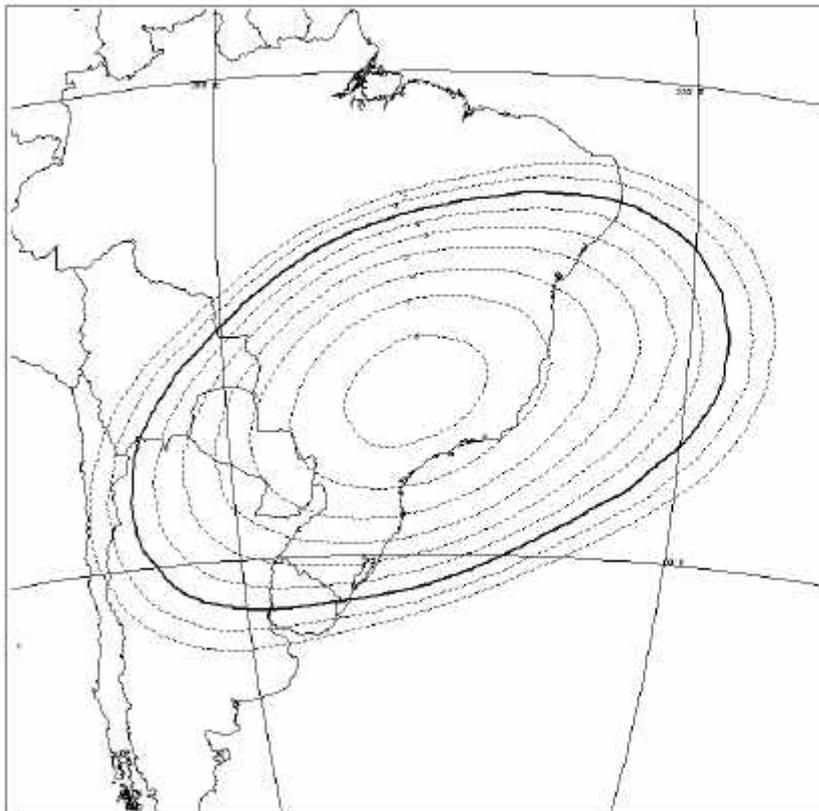
A utilização dos parâmetros especificados na norma DVB/MPEG2, ficou claro, a otimização do segmento espacial. E com isto, a possibilidade de implementação de novos serviços, que vão muito além do que poderíamos almejar no âmbito analógico. Evidentemente, que para usufruirmos disto, teremos que utilizar estas ferramentas da melhor forma possível a fim de

implementarmos, não serviços tão somente de distribuição de sinais digitais, como também atender a demanda de serviços de “valor adicionado”, de grande importância atualmente.

16 Anexos

ANEXO I

Diagrama de cobertura IS-709



IS-709 @ 310.00°E
Spot 2
Transmit Coverage

Beam Pointing: 0.50°E 1.40°S

Contour	EIRP (dBW)	
Power	3dB	1dB
Beam Peak (E.I.)	47.0	48.1
4.0	47.4	48.2
5.0	48.0	47.8
6.0	48.0	48.6
7.0	44.4	45.0
8.0	39.4	44.0
9.0	32.4	41.0
Beam Edge	32.4	42.0
-1.0	40.4	42.0
-2.0	38.4	40.0

Beam Edge e.i.r.p. values from
1233-410, Rev. 0. Maximal Beam Peak
4.1 e.i.p. and contour values (dB from E.I.)
derived from ACP 202 Rev. 0.1.

Sheet : Orthographic 30.60° E 312.01° E
Scale : INTELSAT APPROVED

Plot Date: 03 Feb 2000
p/Am 410/012/00

ANEXO II

7 milhões de assinantes é a nova previsão para 2006

Samuel Possebon
samuca@paytv.com.br

Nas novas projeções da PTS para o desempenho do mercado de TV paga, cabo será destaque até 2006.

O ritmo de crescimento do mercado de TV paga nos próximos três anos, segundo o mais recente levantamento da empresa PTS - Pay-TV Survey que está sendo apresentado neste mês de maio, vai ficar mais intenso do que se projetava há um ano. No médio prazo, a partir de 2004, quando o crescimento reduzir a intensidade, o DTH deve ter o mesmo peso que a TV a cabo na distribuição por tecnologia.

“A PTS revisa suas projeções de crescimento do setor anualmente, em função de inúmeras variáveis que se alteram a cada período”, explica Otávio Jardanovski, diretor da PTS. No ano passado, a previsão de assinantes para dezembro foi precisa, e o setor fechou com quase 3,5 milhões de usuários de TV paga. O crescimento anual, de cerca de 15%, tende a se repetir este ano, o que levará as operadoras de DTH, cabo e MMDS a terem, juntas, até o final de 2001, cerca de 4 milhões de assinantes. Existe, contudo, um fator a ser considerado: para crescer líquido um assinante em 2000, cada operadora precisava conquistar dois assinantes e meio, pois a taxa de churn média do setor ainda era de quase 20%. Isso significa que o ano de 2000 teve praticamente 1 milhão de novas vendas, mas mais da metade destes assinantes conquistados simplesmente cobriu o buraco dos que saíram. Para este ano, a estimativa é de redução do churn médio do setor. As operadoras de cabo, com todas as medidas de saneamento já tomadas há mais de dois anos, estão chegando ao patamar de 15%. Já as operadoras de DTH (leia matéria à página 30) começam agora a equilibrar sua estratégia para reduzir o número de desconexões, que chegou a quase 30% da base no ano.

Somando-se estas medidas ao crescimento natural das novas operações que entraram no ar ao longo de 2000, há boas chances, segundo a PTS, de que o setor chegue ao final de 2003 com cerca de cinco milhões de assinantes. Note-se que há dois anos (em maio de 99) a projeção da PTS era de seis milhões de assinantes no final de 2003, mas na ocasião alguns fatores não estavam

contemplados: dificuldade de entrada em operação em função de problemas com postes, escassez de capital em função do desaquecimento da economia norte-americana e aumento do risco na América Latina (efeito da situação argentina). De qualquer maneira, as previsões deste ano são substancialmente melhores para os próximos dois anos do que se projetava no ano passado, quando as novas operadoras estavam completamente atrasadas com suas operações.

Novos parados.

Não que estas novas operadoras estejam decolando agora. A própria Neo TV, que congrega boa parte dos novos players na compra de programação, sente na pele que o crescimento das operadoras não é aquele imaginado há um ano atrás. O motivo é simples: boa parte das MSOs iniciou operações apenas formalmente, para atender às obrigações com a Anatel, mas não existe esforço de venda. O esforço de venda, por sua vez, ainda é pequeno pela falta de capital, já que estas operadoras estavam financiadas apenas para pagar a outorga e fazer as primeiras instalações, mas não para operar com fluxo de caixa negativo.

Empresas como Globo Cabo investem em crescimento, mas sem maiores ousadias. O mesmo vale para a TVA, que declaradamente assume que se não conseguir um novo investidor este ano dificilmente cresce mais de 10% por suas próprias forças. As operadoras de DTH terão este ano a difícil tarefa de segurarem seus índices de churn e ainda precisam guardar forças para investir em serviços interativos, que fidelizam o usuário e trazem receitas médias maiores.

Mas existe uma inércia a ser mantida nos próximos anos em função dos investimentos acumulados em 2000 e que se manterão em 2001. Segundo levantamento da ABTA entre seus associados, foram investidos no ano passado R\$ 915 milhões, substancialmente mais que os R\$ 300 milhões investidos em 99. Segundo a associação, o faturamento global do setor em 2000 foi de R\$ 2,1 bilhões.

Um indicador, contudo, pode dar uma boa referência do que de fato está acontecendo no setor este ano: são os números de arrecadação do Fust, o Fundo de Universalização de Serviços de Telecomunicações. Cada operadora de TV a cabo, MMDS ou DTH deve pagar 1% de seu faturamento bruto para este fundo. Descontam-se antes apenas as despesas não ligadas ao serviço de telecomunicações (venda da revista de programação, por exemplo) e os tributos ICMS, Pis e Cofins. Extrapolados os dados de arrecadação do Fust disponíveis até março de 2001, as operadoras do setor devem faturar de forma bruta pouco mais de R\$ 1,6 bilhão, que se somam aos R\$ 200 milhões do bolo publicitário que devem ser destinados à TV paga e outras pequenas receitas não-operacionais.

Com base nisso, o crescimento do setor não deve ser significativo em termos de faturamento.

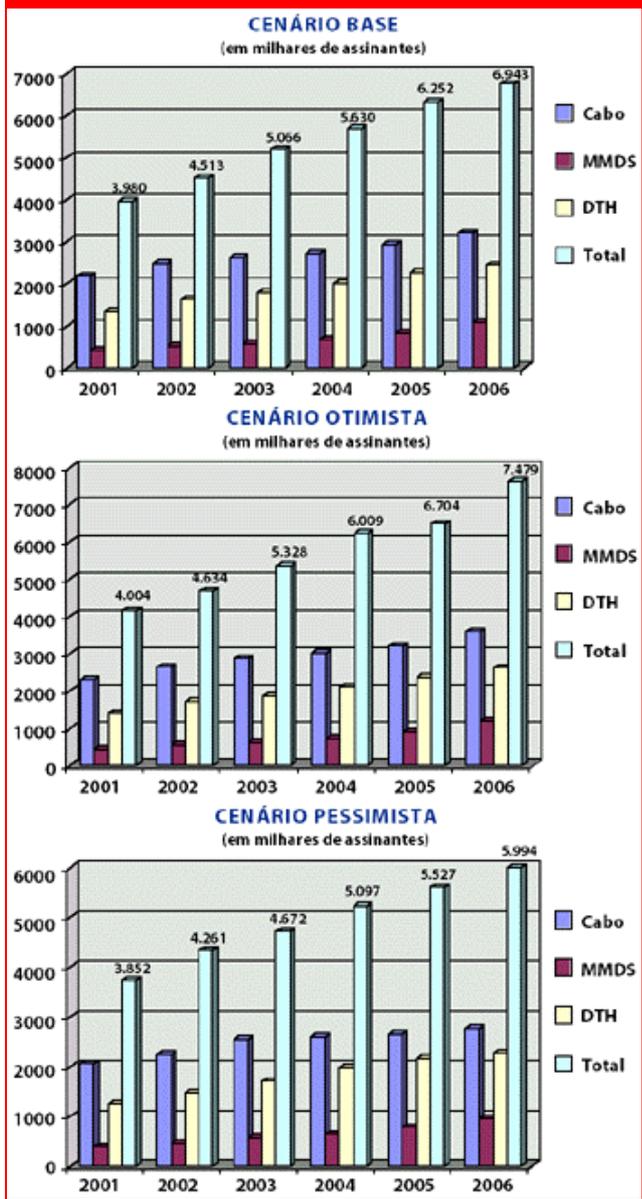
Decolagem programada.

As apostas são, contudo, para 2002, quando boa parte das 250 novas operações que assinaram seus contratos ao longo de 1999 e 2000, já adaptadas e devidamente capitalizadas, devem experimentar um crescimento significativo. Segundo estas operadoras, este primeiro ano de operação serve como fase de ajuste, para resolução de problemas locais, acertar a melhor programação para cada cidade. Após um ano de operação, as empresas se sentem com mais segurança para investir pesado na aquisição de assinantes. Mais do que isso, em 2002 boa parte das operadoras que aí estão completa quatro anos de existência. Isto significa que os resultados para os acionistas precisarão ser mostrados em pouco tempo, para não falar na necessidade de inchar a base para eventuais processos de fusões e incorporações que tendem a acontecer em qualquer mercado de telecomunicações.

A fase de prosperidade, portanto, dura até o final de 2003, segundo dados da PTS, quando o ritmo de crescimento volta a cair. Mas, segundo a PTS, com um desempenho satisfatório da economia, até o final de 2006 é provável que o setor chegue à marca dos 7 milhões de assinantes.

Pelas projeções, apenas a tecnologia de MMDS, que hoje representa cerca de 13% da base total de usuários, deve ter crescimento superior a 100% até o final de 2006. Tanto cabo quanto DTH não devem duplicar sua base até 2006, sendo que o cabo é a tecnologia que menos deve crescer nos próximos cinco anos em números relativos e em termos absolutos o crescimento do cabo será praticamente igual ao do DTH. Em 2006, a perspectiva é que o MMDS, o cabo e o DTH mantenham praticamente a mesma proporção atual.

Projeções de crescimento para os próximos cinco anos





17 Referências

[1] Geraldo C. Oliveira, “Transmissão de Sinais de Vídeo Digital com Compressão Via Satélite”, apostila distribuída no Curso Superior de Sistemas de Telecomunicações Via Satélite, Universidade Estácio de Sá, 2001.

[2] <http://www.img.lx.it.pt> por Fernando Manuel Bernardo Pereira, Instituto Superior Técnico / Instituto de Telecomunicações.

[3] Recommendation CCIR 601, "Encoding parameters of digital television for studios", 1982.

[4] Inês Teixeira de M. A. Santos e Vasco Bernardo F. C. Teles “Análise MPEG, Relatório Final de Projecto”, Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 2000.

[5] Atlas Brasileiro de Telecomunicações, 2001.

18 Outras fontes de consulta

Intelsat – “Digital Satellite Communications Technology”, Revision 2 , 1995

Intelsat Earth Station Standards (IESS) 410

Satellite Systems Operation Guide (SSOG) 308

European Telecommunications Standards Institute (ETSI)

European Broadcast Union (EBU)

19 Links de pesquisa

www.itu.int

www.dvb.org

www.anatel.gov.br

www.etsi.org

www.etr.org

www.intelsat.int

www.andrew.com

www.img.lx.it.pt

www.sepatriot.com

www.tadiranscopus.com

www.arabsat.com

www.miteq.com
www.wpi.edu
www.howstuffworks.com/tv.htm
www.globecommsystems.com
www.tandbergtv.com
wwwam.hhi.de
www.set.com.br/setfram.htm
www.philips.com
www.powertv.com
www.radynecomstream.com
www.labconf.inf.ufrgs.br
www.dc.ufscar.br/~denilson/karina.htm
www.barco.com
www.literaturelibrary.com/Home/TOC.htm
www.unb.br
www.transmitter.com/DTV/NatOstroff.htm
www.atci.net
www.vod.dcc.ufmg.br/vod/equip.jsp
www.tiernan.com
www.planeta.clix.pt/dvb
www.amalia.img.lx.it.pt

20 Contatos

Luciano Barbosa

luciano@telespaziobrasil.com , e Luciano@ig.com.br

Wellington Parrini Vieira

wellington@telespaziobrasil.com , wparrini@uol.com.br

Home page:

http://www.igspot.ig.com.br/e_luciano