



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 6

Multiplexação Multimídia:

Áudio, Vídeo e Outros Dados

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br

Sumário

- ❖ Multiplexação de Dados Multimídia
- ❖ Formatos *Container*
- ❖ *Audio Video Interleave (AVI)*
- ❖ Sistema MPEG-2
 - MPEG-TS (*Transport Stream*)
 - MPEG-PS (*Program Stream*)

Multiplexação de Dados MM

- ❖ Estudamos até agora algoritmos e padrões de codificação e compressão de dados de áudio, imagem e vídeo
 - μ -Law, MP3, JPEG, JPEG 2000, H.264/AVC, HEVC, VP9, etc.
 - Conversão de sinais visuais, de áudio, etc. em *bitstreams* codificados
- ❖ Como esses dados são combinados em um único *bitstream* para compor conteúdo **multimídia**?
 - Precisamos multiplexar as diferentes mídias
- ❖ Diversos aspectos devem ser considerados:
 - Fazer distinção dos tipos de dados
 - Alocar largura de banda para cada tipo durante a multiplexação
 - Proteger os *bitstreams* de erros, detectar erros
 - Adicionar sincronização dos dados de áudio/vídeo

Formatos *Container*

- ❖ Formato *container* = Formato meta-arquivo
- ❖ Especificam como diferentes elementos de dados e metadados coexistem em um arquivo de computador
- ❖ Não especificam como os dados ou metadados estão codificados
 - O programa que identifica e abre um container pode não ser capaz de decodificar os dados
 - Pode faltar no *player* o algoritmo decodificador (*codec*)
- ❖ Geralmente usado para encapsular áudio e vídeo associados
 - Cada um é decodificado com um *codec* diferente no receptor

Formatos *Container*

❖ **Formatos *container* mais simples**

- Múltiplos *streams* de áudio (codificados de forma diferente)

❖ **Formatos *container* avançados**

- Múltiplos *streams* de áudio
- Múltiplos *streams* de vídeo
- Legendas
- Informação de capítulo
- Meta-dados
- Informação de sincronização (para tocar *streams* ao mesmo tempo)

Formatos *Container*

- ❖ **Containers exclusivos para áudio**
 - **AIFF**: usado na plataforma Mac OS
 - **WAV**: usado na plataforma Windows
 - **XMF**: Extensible Music Format

Formatos Container

❖ Containers exclusivos para áudio

- **AIFF**: usado na plataforma Mac OS
- **WAV**: usado na plataforma Windows
- **XMF**: *Extensible Music Format*

❖ Containers exclusivos para imagem

- **FITS** (*Flexible Image Transport System*): imagens estáticas, dados crus (*raw*) e metadados associados
- **TIFF** (*Tagged Image File Format*): imagens estáticas e metadados associados

Formatos Container

❖ Containers exclusivos para áudio

- **AIFF**: usado na plataforma Mac OS
- **WAV**: usado na plataforma Windows
- **XMF**: *Extensible Music Format*

❖ Containers exclusivos para imagem

- **FITS** (*Flexible Image Transport System*): imagens estáticas, dados crus (*raw*) e metadados associados
- **TIFF** (*Tagged Image File Format*): imagens estáticas e metadados associados

❖ Containers multimídia (áudio, vídeo e outros dados)

- **AVI** (*Audio Video Interleave*): container padrão da Microsoft
- **FLV**: *Flash Video*
- **IFF**: primeiro padrão independente de plataforma
- **MKV** (*Matroska*): padrão aberto, não está associado/limitado a nenhum tipo de mídia (pode armazenar qualquer coisa)
- **PS** (*MPEG Program Stream*): para mídias confiáveis, como discos (DVD)
- **TS** (*MPEG Transport Stream*): para transmissão digital e transporte em meios não confiáveis (mas é usado em Blu-Ray)
- **MP4**: container para áudio e vídeo MPEG-4
- **RM**: container da *RealMedia*

Formatos Container

❖ Containers exclusivos para áudio

- **AIFF**: usado na plataforma Mac OS
- **WAV**: usado na plataforma Windows
- **XMF**: *Extensible Music Format*

❖ Containers exclusivos para imagem

- **FITS** (*Flexible Image Transport System*): imagens estáticas, dados crus (*raw*) e metadados associados
- **TIFF** (*Tagged Image File Format*): imagens estáticas e metadados associados

❖ Containers multimídia (áudio, vídeo e outros dados)

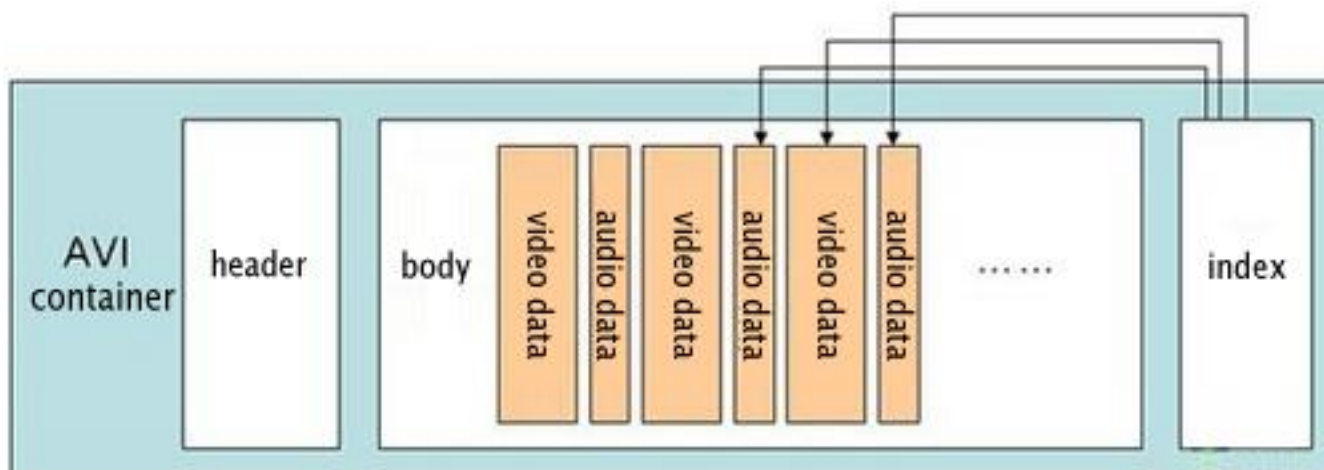
- **AVI** (*Audio Video Interleave*): container padrão da Microsoft
- **FLV**: *Flash Video*
- **IFF**: primeiro padrão independente de plataforma
- **MKV** (*Matroska*): padrão aberto, não está associado/limitado a nenhum tipo de mídia (pode armazenar qualquer coisa)
- **PS** (*MPEG Program Stream*): para mídias confiáveis, como discos (DVD)
- **TS** (*MPEG Transport Stream*): para transmissão digital e transporte em meios não confiáveis (mas é usado em Blu-Ray)
- **MP4**: container para áudio e vídeo MPEG-4
- **RM**: container da *RealMedia*

Audio Video Interleave (AVI)

- ❖ Microsoft, 1992
- ❖ Áudio + vídeo sincronizados (entrelaçados)
 - Entrelaçamento a cada X quadros (parametrizável)
 - Valor mínimo de $X = 1$ (caso em que todos os quadros têm dados de áudio associados)

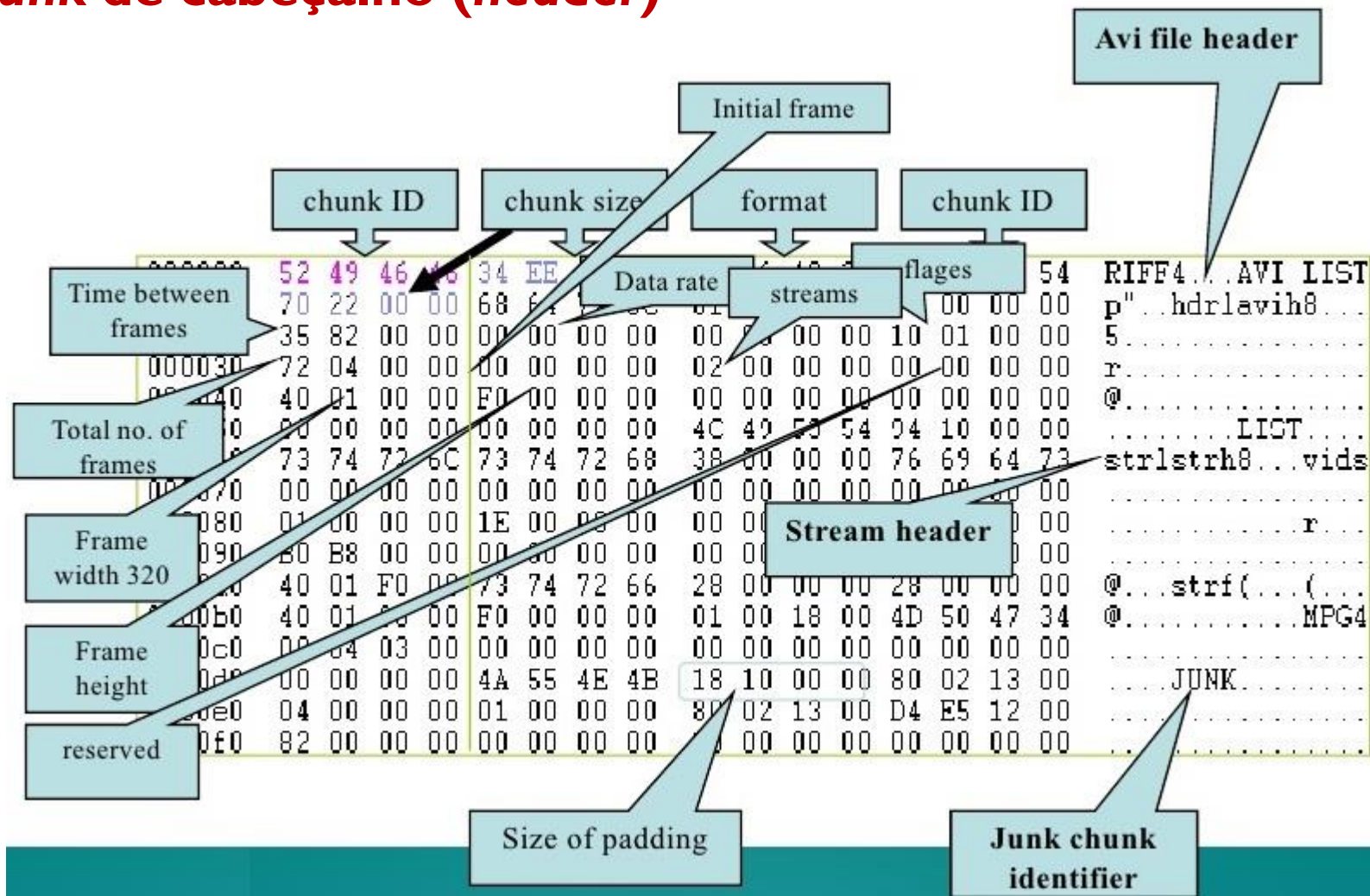
Audio Video Interleave (AVI)

- ❖ Microsoft, 1992
- ❖ Áudio + vídeo sincronizados (entrelaçados)
- ❖ Divide os dados dos arquivos em blocos ou “*chunks*”
 - Cabeçalho (dimensões, tipos de *streams*, tamanho dos *streams*, etc.)
 - *Chunk* de dados dividido em *sub-chunks*
 - *Chunk* de índices (deslocamentos em relação ao início do arquivo)



Audio Video Interleave (AVI)

Chunk de cabeçalho (header)



Audio Video Interleave (AVI)

Chunk de dados

```
4C 49 53 54 CC 38 9C 00 6D 6F 76 69 30 31 77 62 LIST.8...movi01wb
00 FA 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 .....
```

Audio data chunk
(stream 01)

video data chunk
(stream 00)

```
E1 FD CC 00 30 30 64 63 F9 0F 00 00 00 00 01 00 .....80dc.....
22 28 BC 91 AC 8F FF E2 F3 B8 BC 30 53 07 20 09 "(.....0S...
40 64 31 63 84 E2 B3 00 C1 02 89 3F E8 1A 80 5C @dic.....?...\
DA 2A 04 27 ED 44 A0 42 E9 D1 8B 38 A8 21 89 62 *. 'D.B...8 ! b
40 42 56 3B 2F 54 0C 18 23 20 10 0C 08 72 8F AB @BV;/T...# ...r..
2E 06 07 E7 F8 3E 03 0A 85 AC 05 E1 50 A1 04 7C .....>.....P...|
10 80 F8 F4 49 06 07 E4 B8 18 10 72 E5 C4 54 CD ...I.....r..T..
6E DA F5 5E BF BB C0 39 DE 8C 9E D9 30 54 2A 8A n...^...9....0T*..
```

Audio Video Interleave (AVI)

Chunk de dados

```
4C 49 53 54 CC 38 9C 00 6D 6F 76 69 30 31 77 62 LIST.8...movi01wb
00 FA 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

Audio data chunk
(stream 01)

video data chunk
(stream 00)

Two-character code	Description
db	Uncompressed video frame
dc	Compressed video frame
pc	Palette change
wb	Audio data

```
F9 0F 00 00 00 00 01 00 80dc...
F3 B8 BC 30 53 07 20 09 "(...0S...
C1 02 89 3F E8 1A 80 5C @dlc...?...
E9 D1 8B 38 A8 21 89 62 *.D.B...8!b
23 20 10 0C 08 72 8F AB @BV;/T...#...r...
85 AC 05 E1 50 A1 04 7C ...>...P...|
B8 18 10 72 E5 C4 54 CD ...I...r..T...
DE 8C 9E D9 30 54 2A 8A n...^...9...0T*
```

Audio Video Interleave (AVI)

❖ **Vantagens**

- Suporte a muitos padrões/formatos de áudio e vídeo
- Popularidade
- Apesar de muitas limitações, ainda é muito usado

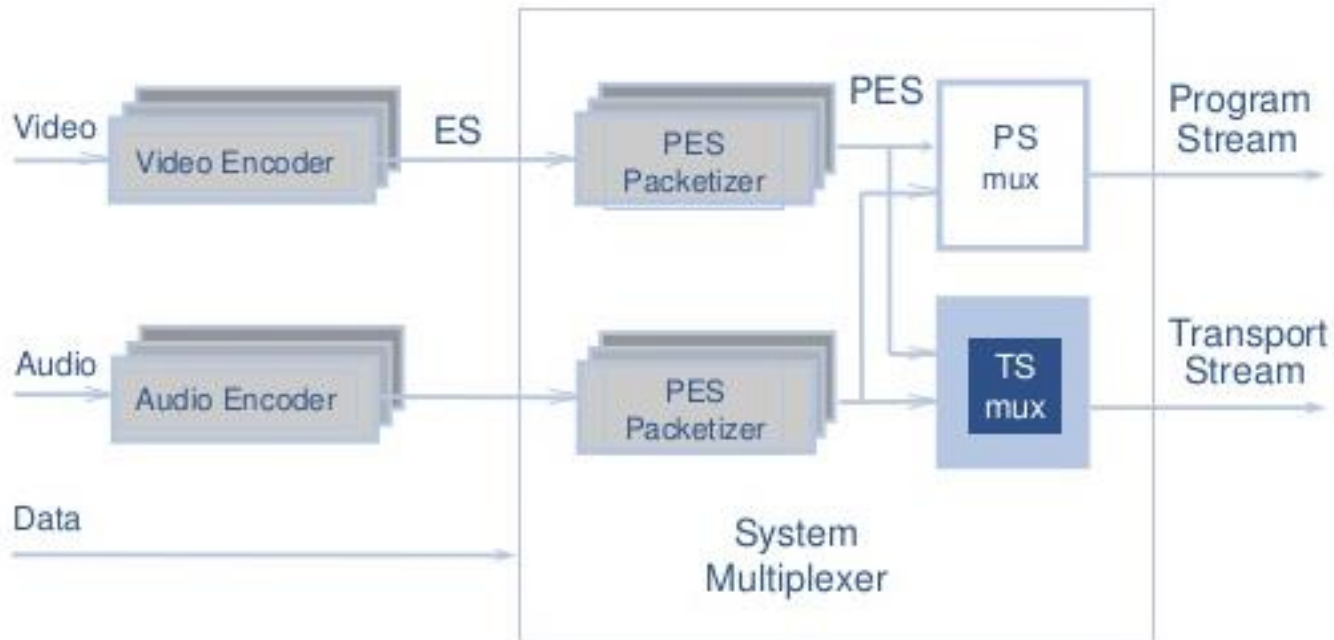
❖ **Desvantagens**

- Formato muito rígido
- Pouca resiliência: um erro de um bit invalida um quadro completo (pelo menos)
- Mito: “arquivos AVI são muito grandes porque comprimem pouco”
 - AVI não é um padrão de compressão, mas de encapsulamento
 - O problema é que a estrutura do AVI não tem possibilita o funcionamento de ferramentas avançadas de padrões de compressão mais recentes, como HEVC
 - Exemplo: predição inter-quadros bidirecional (acesso a quadros futuros)

Sistema MPEG-2

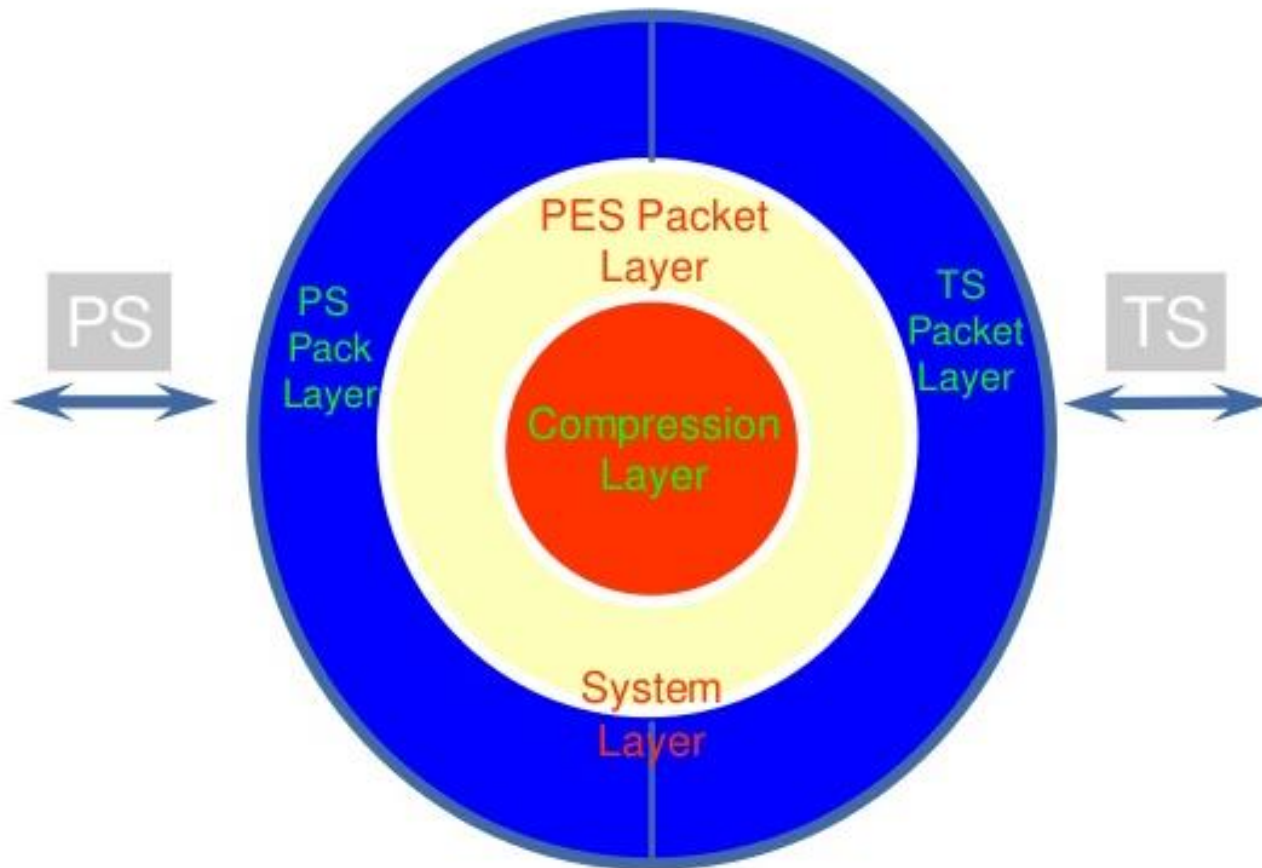
- ❖ Especificado em duas formas:
 - *Transport Stream (MPEG-TS)*
 - *Program Stream (MPEG-PS)*
- ❖ Dados codificados no sistema são *bitstreams* previamente codificados (ex.: áudio MP3, vídeo HEVC)
 - Os *bitstreams* são empacotados em *Packetized Elementary Streams (PES)*
 - Os PES de áudio e vídeo são então codificados de acordo com MPEG-TS ou MPEG-PS, dependendo do tipo de aplicação
- ❖ O sistema MPEG-2 provê elementos de sintaxe necessários para sincronizar a decodificação e apresentar áudio e vídeo
 - *Timestamps* codificados para sincronização dos pacotes

Sistema MPEG-2



ES : Elementary Stream
PES : Packetized Elementary Stream
PS : Program Stream
TS : Transport Stream

Sistema MPEG-2



Sistema MPEG-2

Algumas Definições Técnicas do Sistema MPEG-2

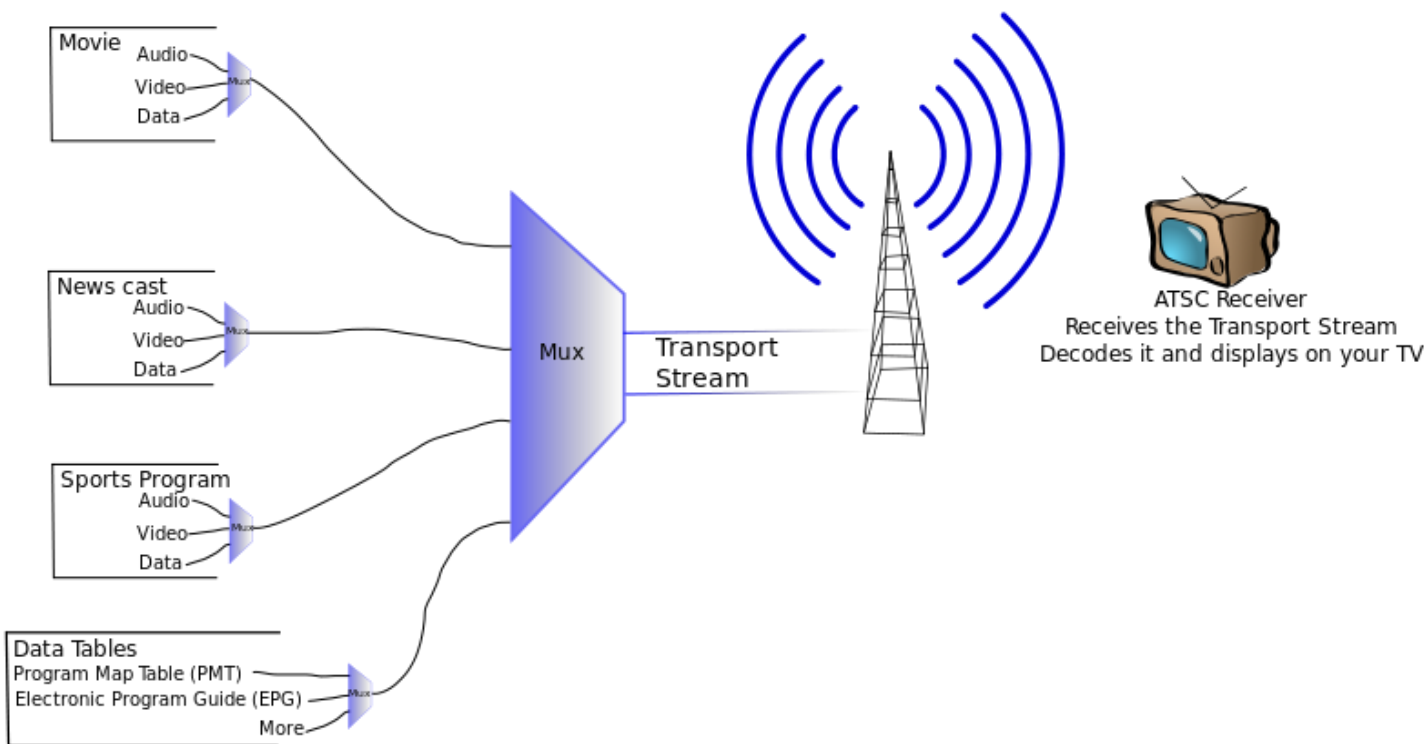
- ❖ **Access Unit (AU)**: representação codificada de uma unidade de apresentação. Ex.: quadro de áudio ou de vídeo
- ❖ **Elementary Stream (ES)**: termo genérico para um *bitstream* de vídeo ou de áudio
- ❖ **Packet**: cabeçalho + bytes contíguos de um *stream* de dados
- ❖ **Packet Identification (PID)**: valor inteiro que associa as ESs de um programa em um único *stream* de transporte (13 bits)
- ❖ **PES packet**: pacotes que carregam dados de um ES
- ❖ **PES packet header**: cabeçalho do pacote PES
- ❖ **TS packet header**: cabeçalho do pacote TS
- ❖ **PS packet header**: cabeçalho do pacote PS

MPEG-TS (*Transport Stream*)

- ❖ Projetado para aplicações MM que rodam sobre meios de transmissão com ruído (há chances de **erros de transmissão**)
- ❖ Permite que os ESs um ou mais programas sejam combinados em um **único stream**
- ❖ Os dados de cada ES (em PESs) de um programa são multiplexados juntos com informação de **temporização** para sincronização
- ❖ Todos os PESs são empacotados em pacotes de *Transport Stream* (TS)
 - pacote TS tem **188 bytes** (4 são de cabeçalho)
 - pacotes pequenos entrelaçados = menos latência
 - pacotes pequenos entrelaçados = mais resiliência a erros
 - AVI codifica um quadro inteiro por pacote!

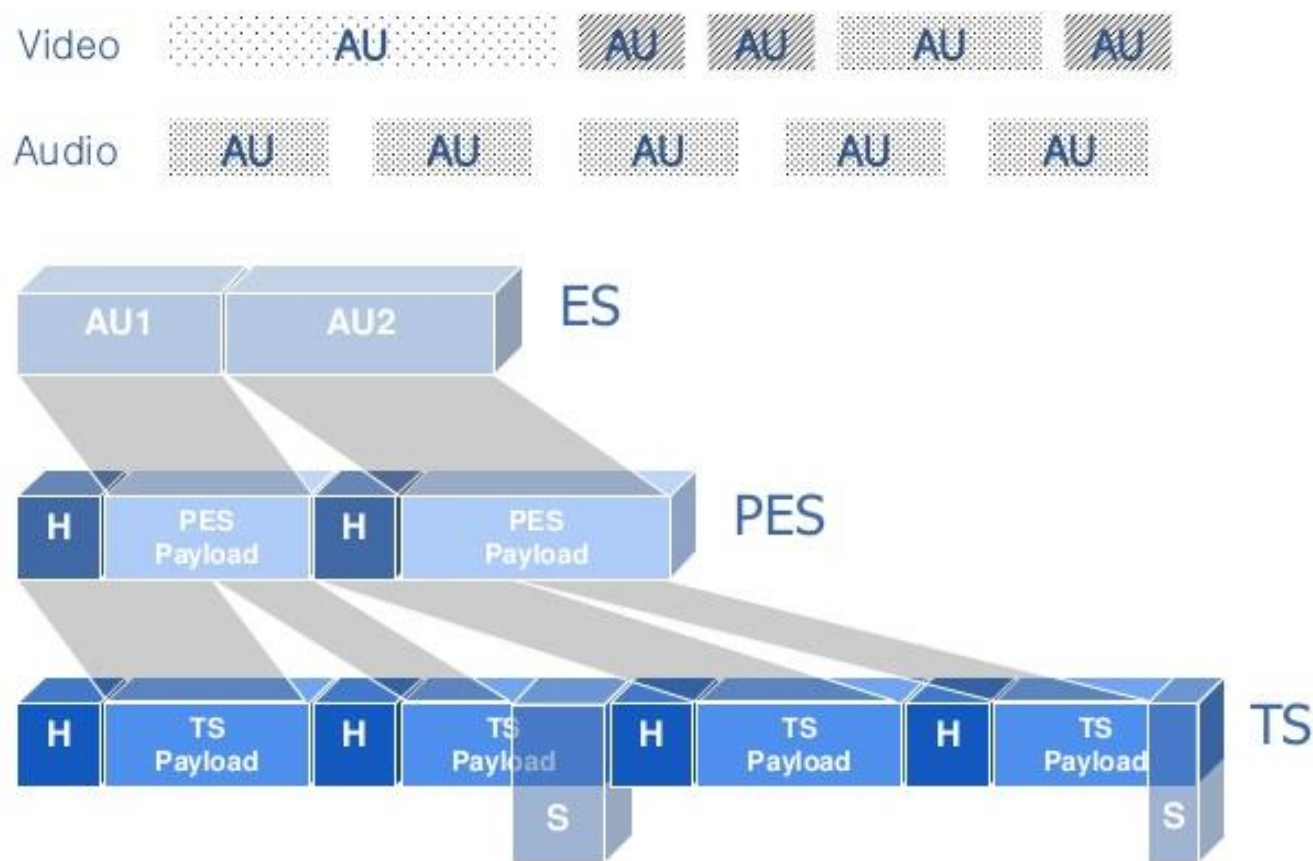
MPEG-TS (*Transport Stream*)

- ❖ Diversos canais multiplexados no mesmo *stream*
 - Cada canal com *stream* de áudio, vídeo e áudio
- ❖ Guia de programação de TV
- ❖ Canais de áudio apenas (rádios)



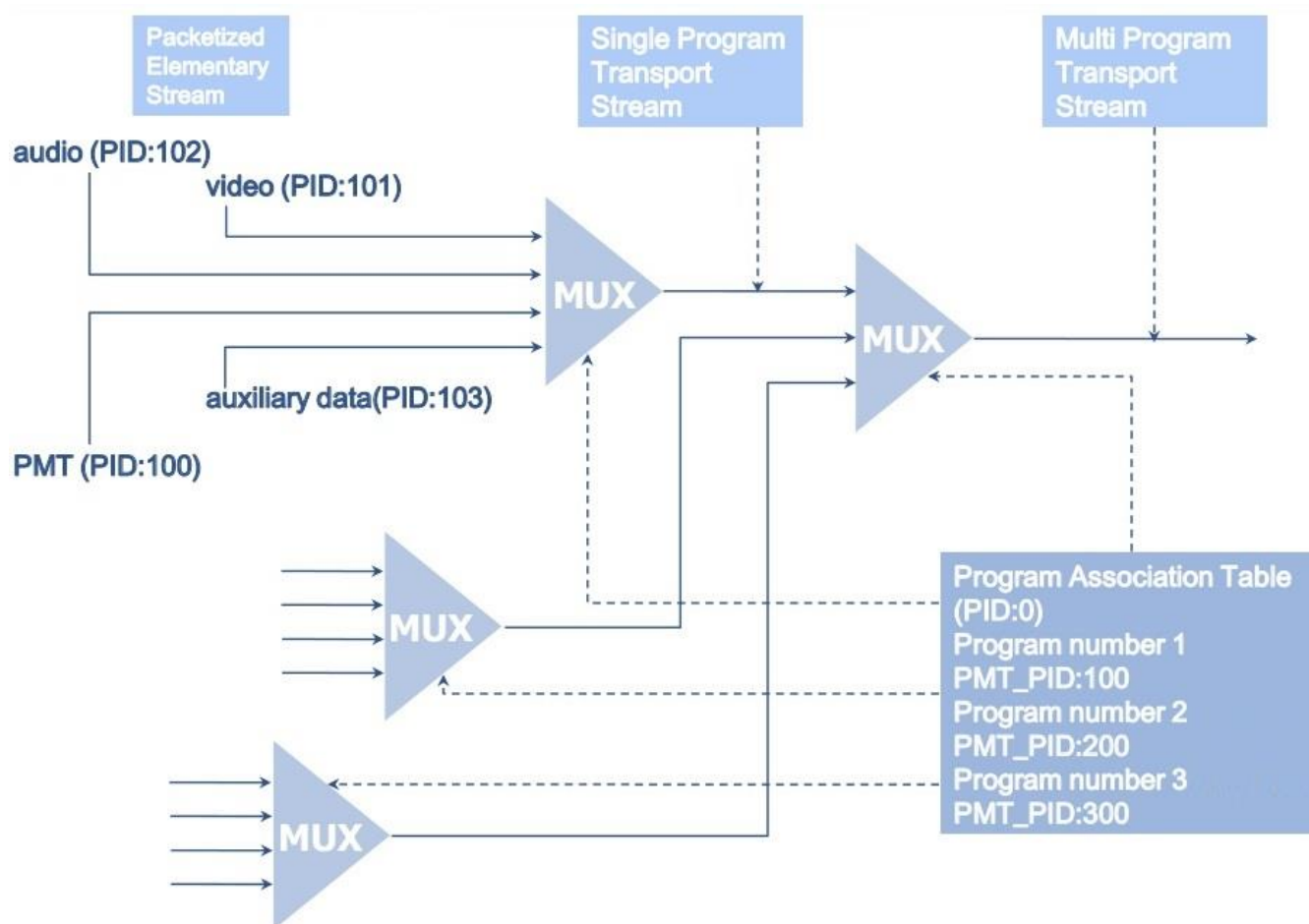
MPEG-TS (*Transport Stream*)

Exemplo de TS com um programa
(um ES de áudio e um ES de vídeo)



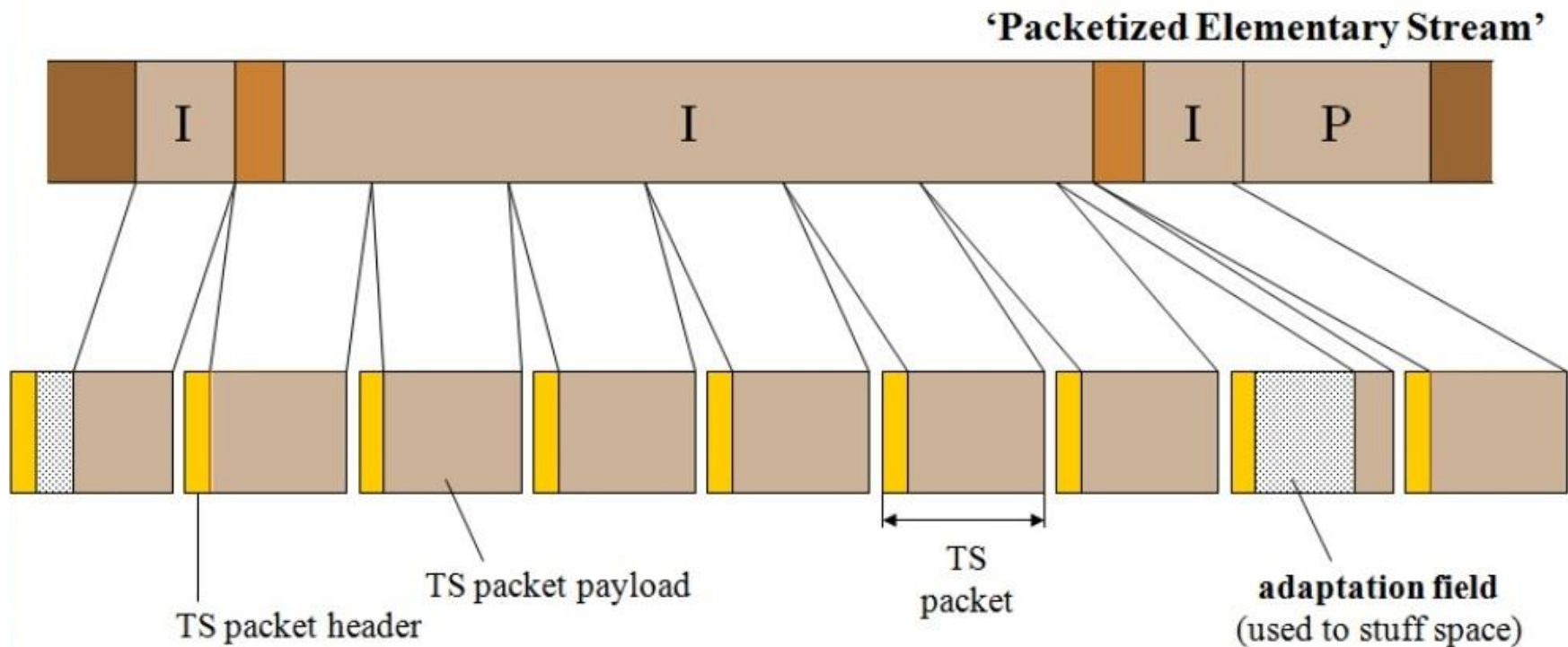
MPEG-TS (*Transport Stream*)

Exemplo de TS com múltiplos programas
(um ES de áudio, um ES de vídeo, um ES de dados em cada *stream*)



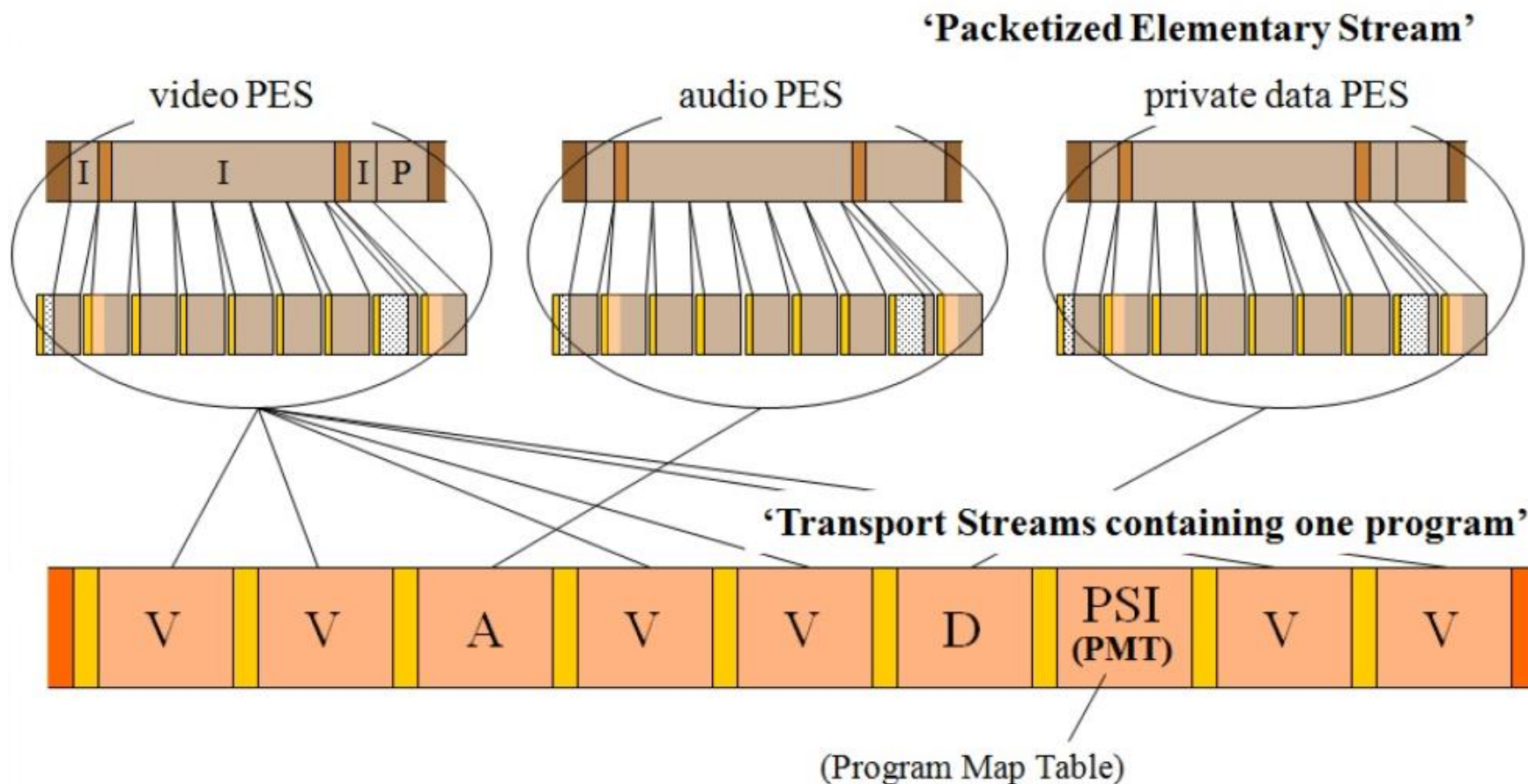
MPEG-TS (*Transport Stream*)

Exemplo de TS com um programa e um ES de vídeo



MPEG-TS (*Transport Stream*)

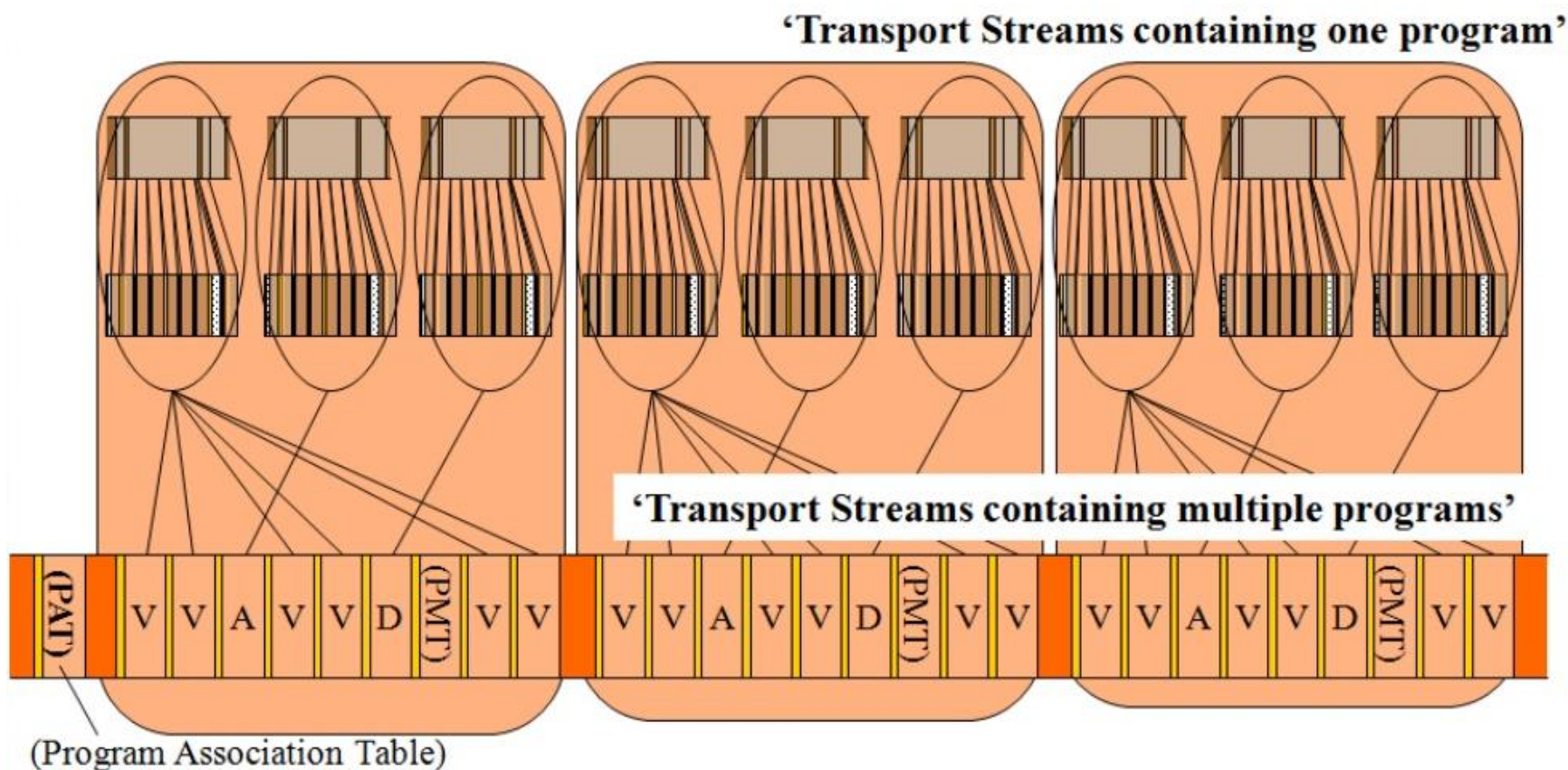
Exemplo de TS com um programa
(um ES de áudio, um ES de vídeo, um ES de dados, um PMT)



MPEG-TS (*Transport Stream*)

Exemplo de TS com múltiplos programas

(um ES de áudio, um ES de vídeo, um ES de dados, um PMT em cada *stream* + um PAT para o TS)



MPEG-TS (*Transport Stream*)

Program Specific Information (PSI)

- ❖ Estrutura armazenada no TS
- ❖ Contém informação de multiplexação
- ❖ Dois tipos principais:
 - **PAT**: *Program Association Table*
 - Lista todos os programas disponíveis no TS
 - Cada programa é identificado por um *program number* de 16 bits
 - Cada programa listado tem um valor de PID associado para a sua *Program Map Table* (PMT)
 - **PMT**: *Program Map Table*
 - Contém informações sobre os programas
 - Uma PMT para cada programa
 - Lista todos os ESs que compõem o programa MPEG-2

MPEG-PS (*Program Stream*)

- ❖ Projetado para aplicações MM que rodam sobre meios confiáveis (discos, CDs, DVDs)
- ❖ Permite que **apenas um programa** de um ou mais ESs seja empacotado em um único *stream*
- ❖ Os dados de cada ES (em PESs) do programa são multiplexados juntos com informação de **temporização** para sincronização
- ❖ Todos bits das ESs são empacotados em pacotes de *Program Stream* (PS)
 - Ao contrário do MPEG-TS, os pacotes têm tamanho grande (e variável)
 - Em vídeo, o tamanho to pacote PS é igual ao tamanho de uma *Access Unit* (um quadro)
 - Quadros I (intra) são maiores que quadros P ou B (inter)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
BACHARELADO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO
BACHARELADO EM ENGENHARIA DE COMPUTAÇÃO
TEC2/TEC4: REDES MULTIMÍDIA (RMM)

Unidade 6

Multiplexação Multimídia:

Áudio, Vídeo e Outros Dados

Prof. Guilherme Corrêa
gcorrea@inf.ufpel.edu.br