



# 《多媒体通信》课程专题

主流音视频流结构：裸数据的组织

**Encapsulation for Multimedia Data**

# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
  - 计算机：各种数据文件的格式
  - 网络：数据包格式
  - 哪些信息需要合理表示？
  - 交换数据格式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264



# 计算机：各种数据文件的格式

## BMP文件格式

◆位图文件(Bitmap-File, BMP)格式是Windows采用的图像文件存储格式。位图文件可看成由4个部分组成：位图文件头(bitmap-file header)、位图信息头(bitmap-information header)、彩色表(color table)和定义位图的字节阵列。





# 计算机：各种数据文件的格式

## JPEG File Interchange Format (JFIF)

A JPEG image consists of a sequence of segments, each beginning with a marker, each of which begins with a 0xFF byte followed by a byte indicating what kind of marker it is.

```
G:\2015\teach_2015\MCU2015\down_p
(X) 搜索(S) 文档(D) 方案(F) 工具(G) 浏览器(L) Zen Coding 窗口(K) 帮助
[Navigation icons]
00000000 FF D8 FF E0 00 10 4A 46 49 46 00 01 01 00 00 01 .....JFIF.....
00000010 00 01 00 00 FF FE 00 3B 43 52 45 41 54 4F 52 3A .....;CREATOR:
00000020 20 67 64 2D 6A 70 65 67 20 76 31 2E 30 20 28 75 gd-jpeg v1.0 (u
00000030 73
00000040 32
00000050 0A
00000060 07
```

Short name	Bytes	Name
SOI	0xFF, 0xD8	Start Of Image
SOF0	0xFF, 0xC0	Start Of Frame (Baseline DCT)
SOF2	0xFF, 0xC2	Start Of Frame (Progressive DCT)
DHT	0xFF, 0xC4	Define <b>Huffman Table</b> (s)
DQT	0xFF, 0xDB	Define <b>Quantization Table</b> (s)
DRI	0xFF, 0xDD	Define Restart Interval
SOS	0xFF, 0xDA	Start Of Scan
RSTn	0xFF, 0xD0 ... 0xD7	Restart
APPn	0xFF, 0xEn	Application-specific
COM	0xFF, 0xFE	Comment
EOI	0xFF, 0xD9	End Of Image



# 计算机：各种数据文件的格式

## Resource Interchange File Format (RIFF)

The screenshot shows a hex editor window with the following data:

00000000	52 49 46 46 24 BD 02 00	57 41 56 45 66 6D 74 20	RIFF...WAVEfmt
00000010	10 00 00 00 01 00 02 00	44 AC 00 00 10 B1 02 00	.....D.....
00000020	04 00 10 00 64 61 74 61	00 BD 02 00 00 00 FF FF	...data.....
00000030	00 00 01 00 01 00 00 00	01 00 00 00 01 00 01 00	.....
00000040	02 00 00 00 03 00 00 00	04 00 00 00 00 00 00 00	
00000050	05 00 FF FF 04 00 FF FF	04 00 00 00 00 00 00 00	
00000060	05 00 FD FF 06 00 FD FF	07 00 00 00 00 00 00 00	
00000070	07 00 FD FF 08 00 FD FF	07 00 00 00 00 00 00 00	
00000080	06 00 FD FF 07 00 FE FF	08 00 00 00 00 00 00 00	
00000090	07 00 FE FF 08 00 FE FF	09 00 00 00 00 00 00 00	
000000a0	05 00 00 00 06 00 FF FF	05 00 00 00 00 00 00 00	
000000b0	03 00 FF FF 03 00 00 00	01 00 00 00 00 00 00 00	
000000c0	01 00 00 00 00 00 00 00	01 00 00 00 00 00 00 00	
000000d0	FF FF 02 00 00 00 03 00	FE FF 02 00 00 00 03 00	
000000e0	FD FF 02 00 FC FF 03 00	FE FF 02 00 00 00 03 00	
000000f0	FA FF 02 00 FA FF 03 00	FA FF 02 00 00 00 03 00	
00000100	F9 FF 02 00 F9 FF 03 00	F9 FF 02 00 00 00 03 00	
00000110	F9 FF 03 00 F9 FF 03 00	F9 FF 03 00 00 00 03 00	
00000120	FA FF 04 00 F9 FF 03 00	F9 FF 03 00 00 00 03 00	

The diagram illustrates the RIFF file structure:

- RIFF Chunk:** Contains the signature "RIFF", the total file size (27796), and the format type "WAVE".
- Format Data Chunk:** Contains the signature "fmt", the format size (16), the number of channels (1), the sample rate (22050), the number of bits per sample (22050), the number of bytes per sample (1), and the sample format (8).
- Sample Data Chunk:** Contains the signature "data" and the sample data (27760 bytes).



## 小结：计算机中各种数据文件的格式 Container format

- ◆ A **container** or wrapper format is a **meta-file format** whose specification describes how different data elements and metadata coexist in a computer file.
- ◆ Among the earliest **cross-platform** container formats were Distinguished Encoding Rules and the 1985 **Interchange File Format**. Containers are frequently used in multimedia applications.
- ◆ Since the **container does not describe how data or metadata is encoded**, a program able to identify and open a container file might not be able to decode the contained data. This may be caused by the program lacking the required decoding algorithm, or the meta-data not providing enough information.

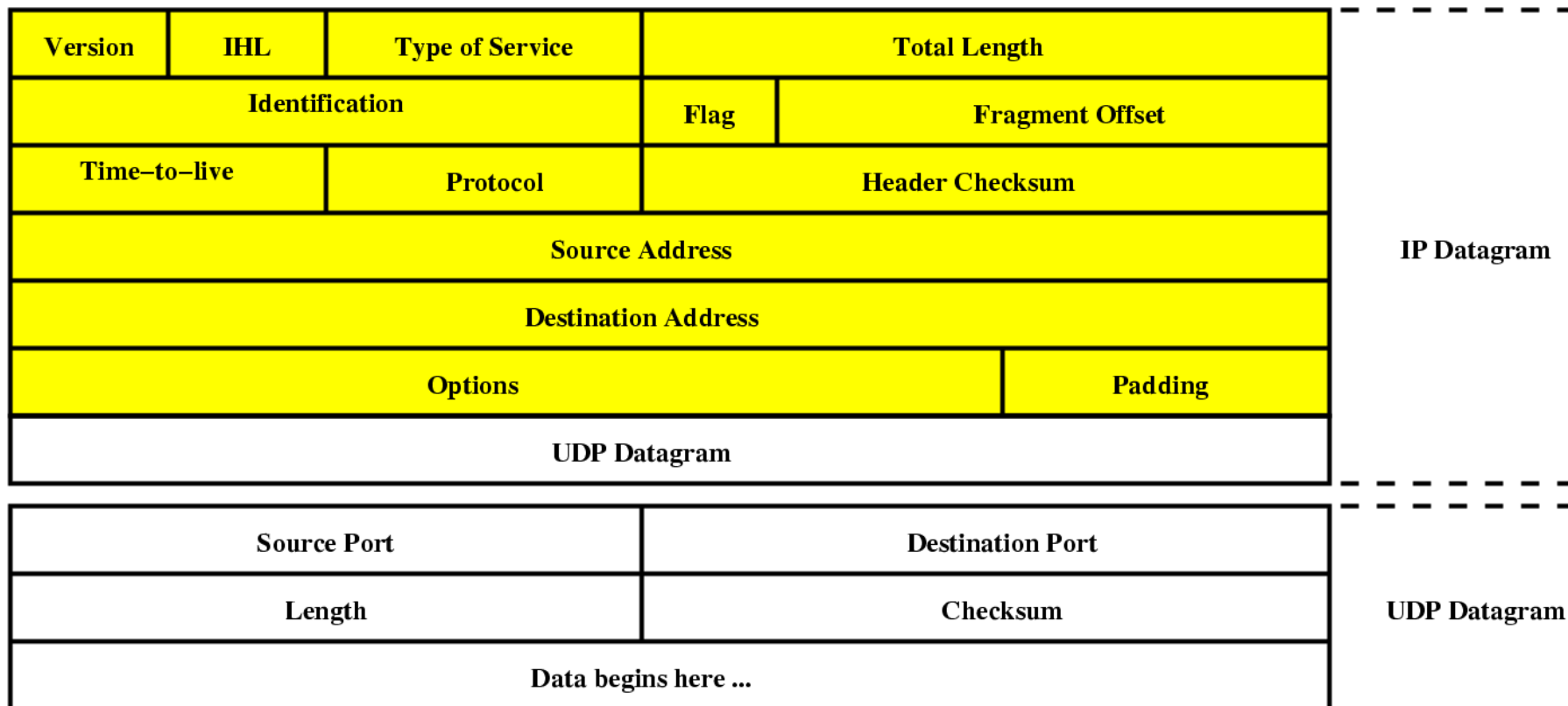
# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
  - 计算机：各种数据文件的格式
  - 网络：数据包格式
  - 哪些信息需要合理表示？
  - 交换数据格式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264



# 网络：数据包格式

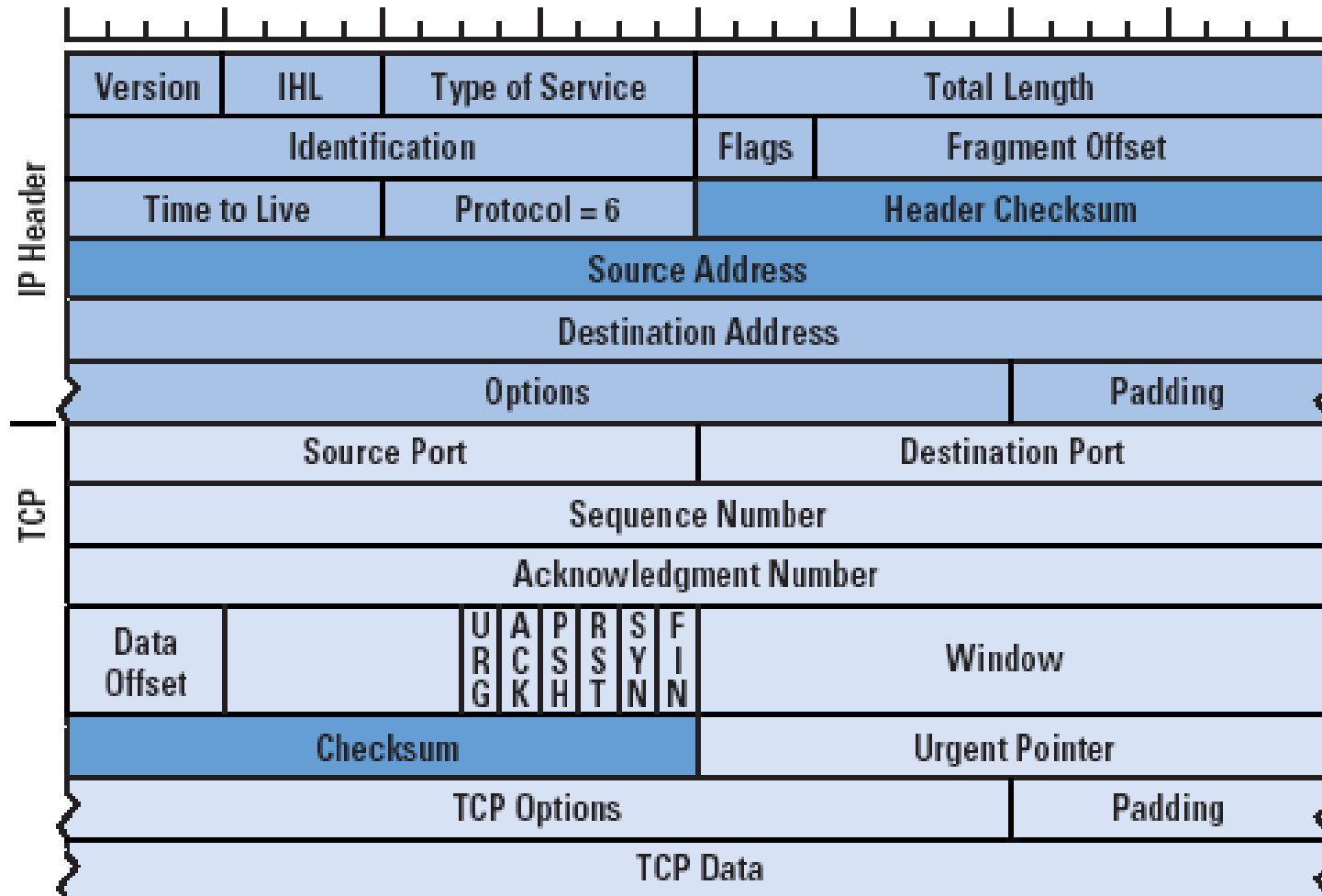
## IP/UDP数据包格式





# 网络：数据包格式

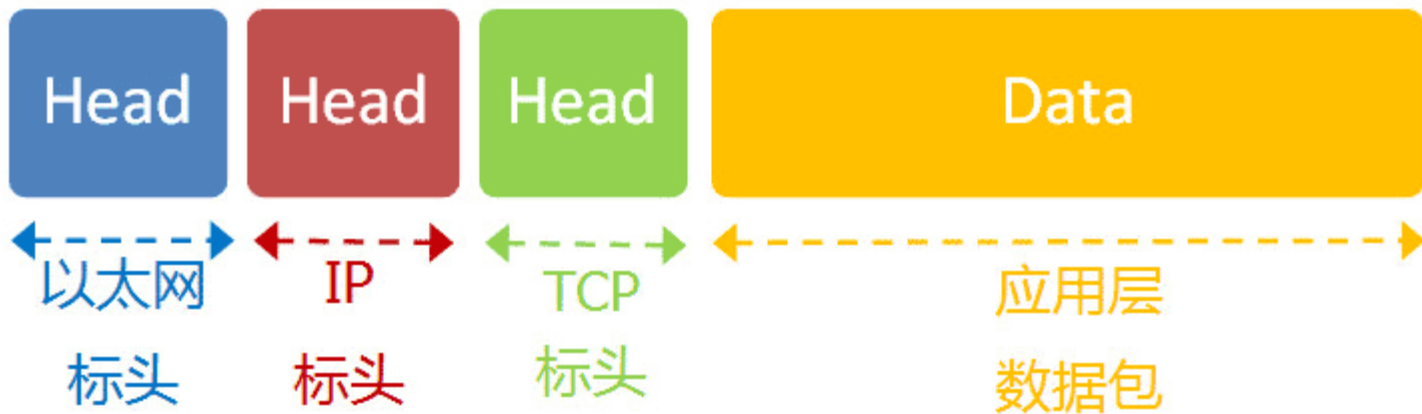
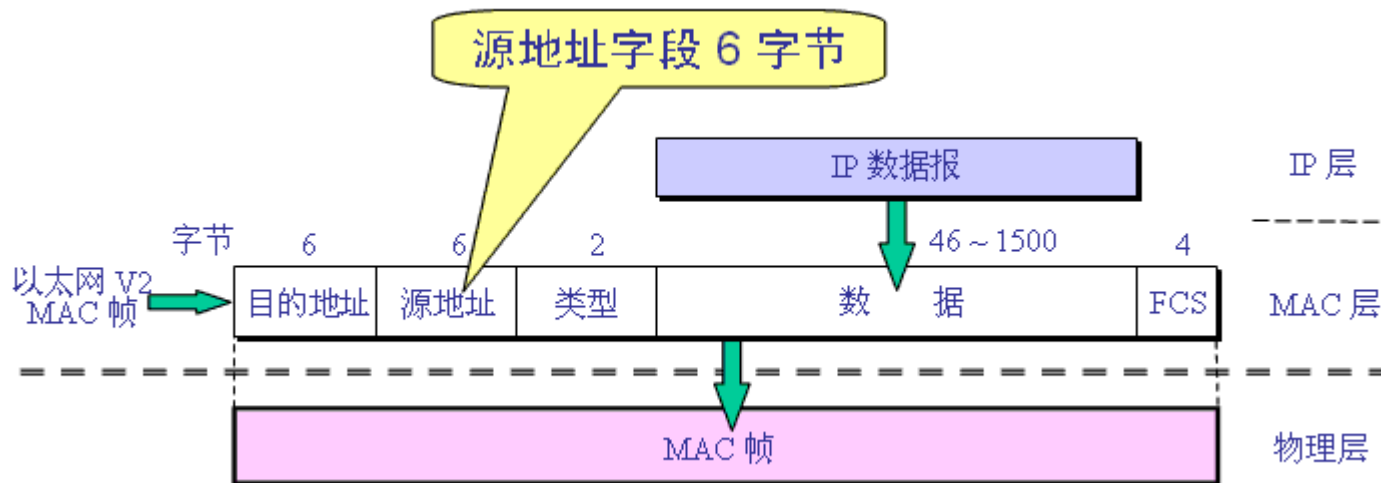
## IP/TCP数据包格式





# 网络：数据包格式

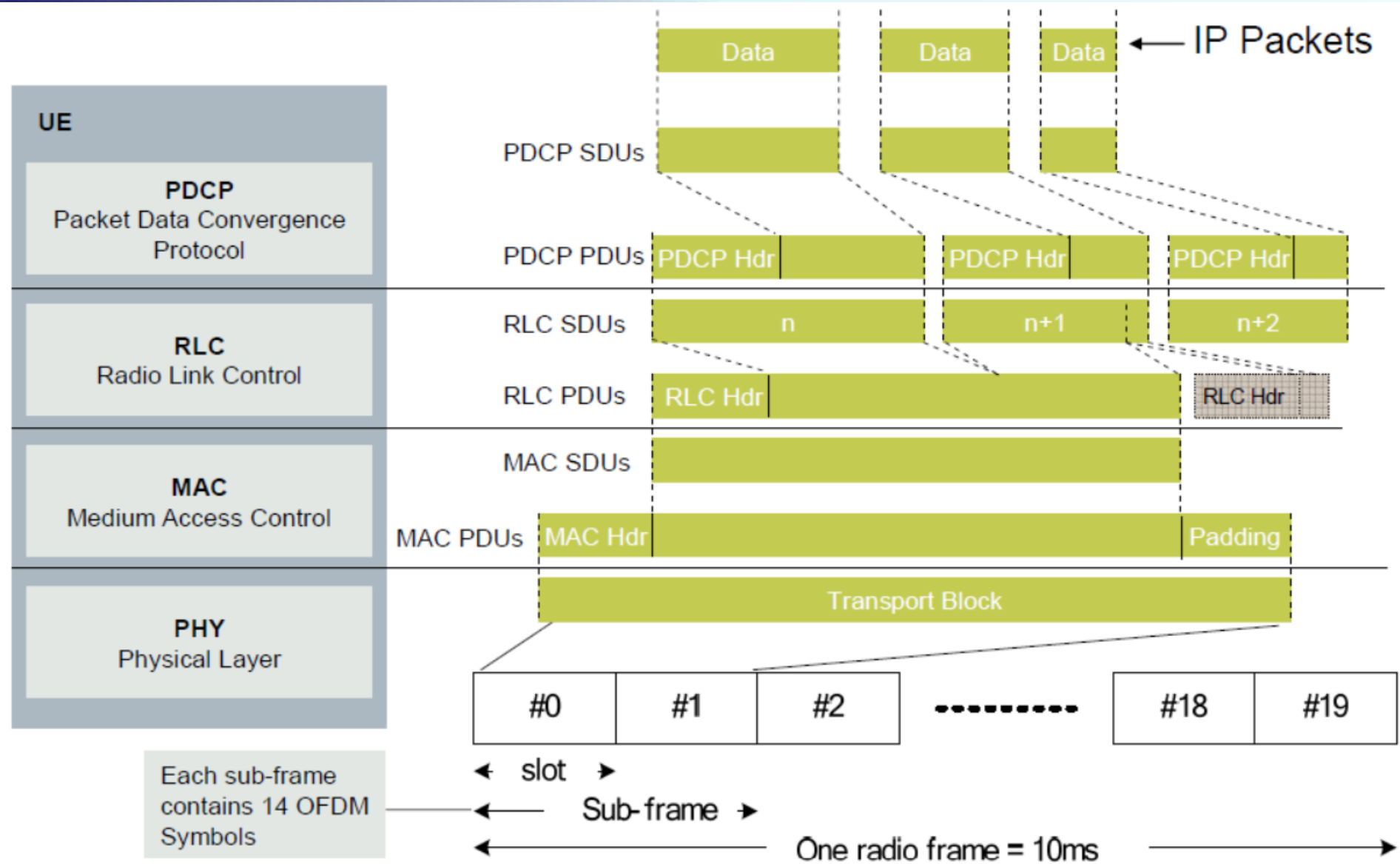
## Ethernet帧格式





# 网络：数据包格式

## LTE网络中各层协议数据单元





# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
  - 计算机：各种数据文件的格式
  - 网络：数据包格式
  - 哪些信息需要合理表示？
  - 交换数据格式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264

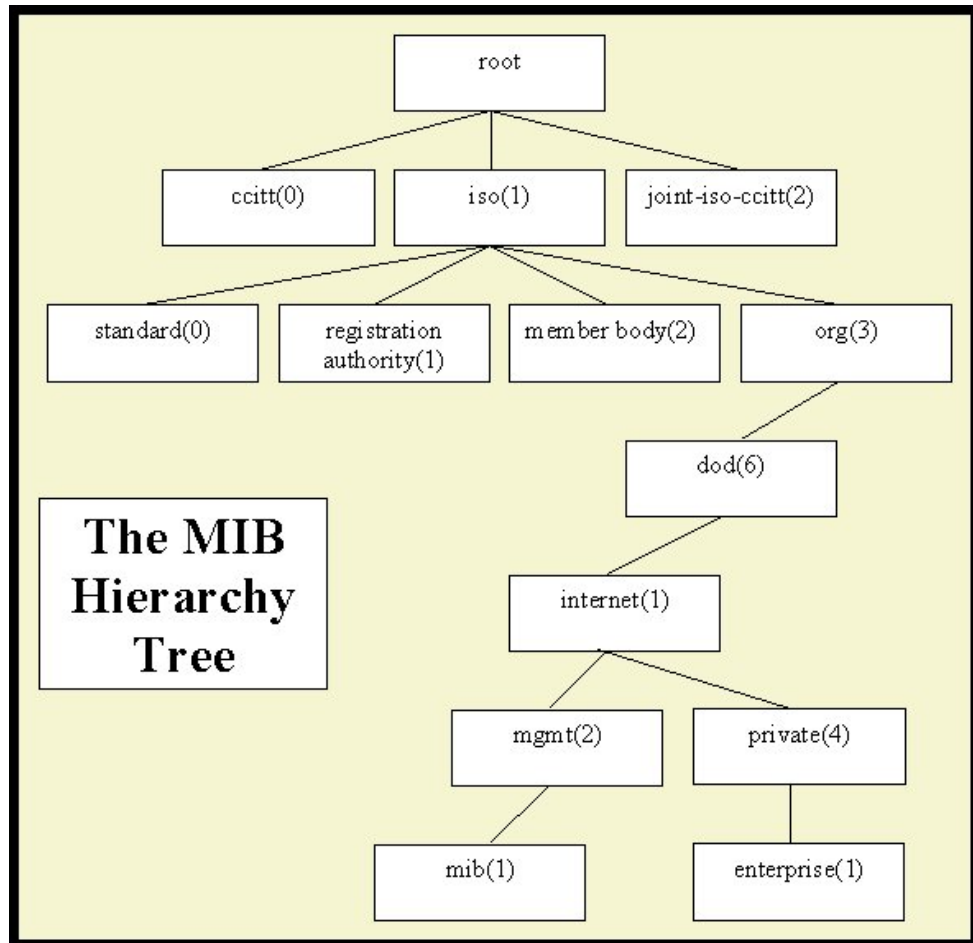


# 哪些信息需要合理表示？ 网络设备的管理信息库MIB

A **management information base (MIB)** is a database used for managing the entities in a communications network. Objects in the MIB are defined using a subset of Abstract Syntax Notation One (ASN.1).

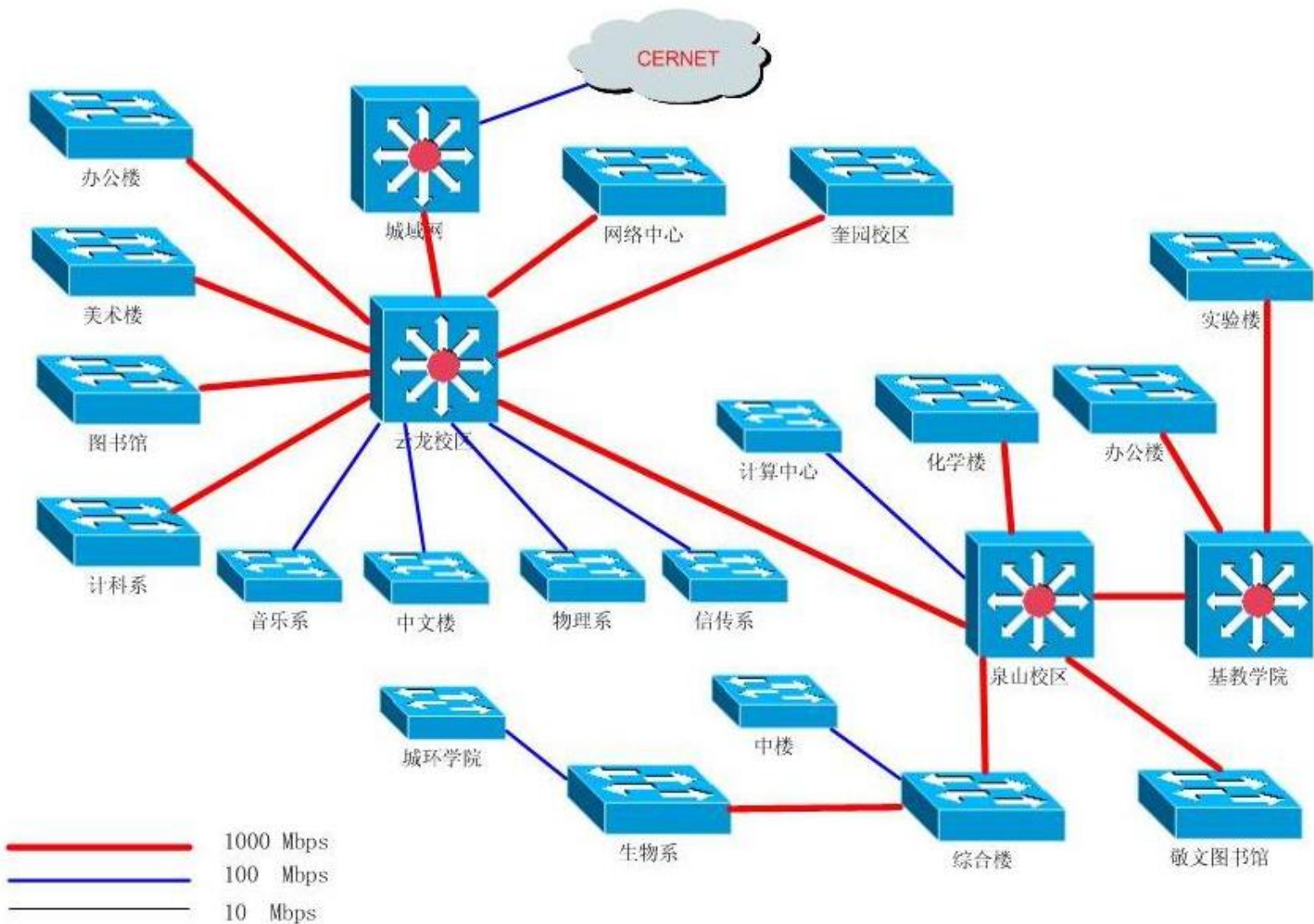
In telecommunications and computer networking, **Abstract Syntax Notation One (ASN.1)** is a standard and flexible notation that describes data structures for representing, encoding, transmitting, and decoding data.

ASN.1描述了一种对数据进行表示、编码、传输和解码的数据格式



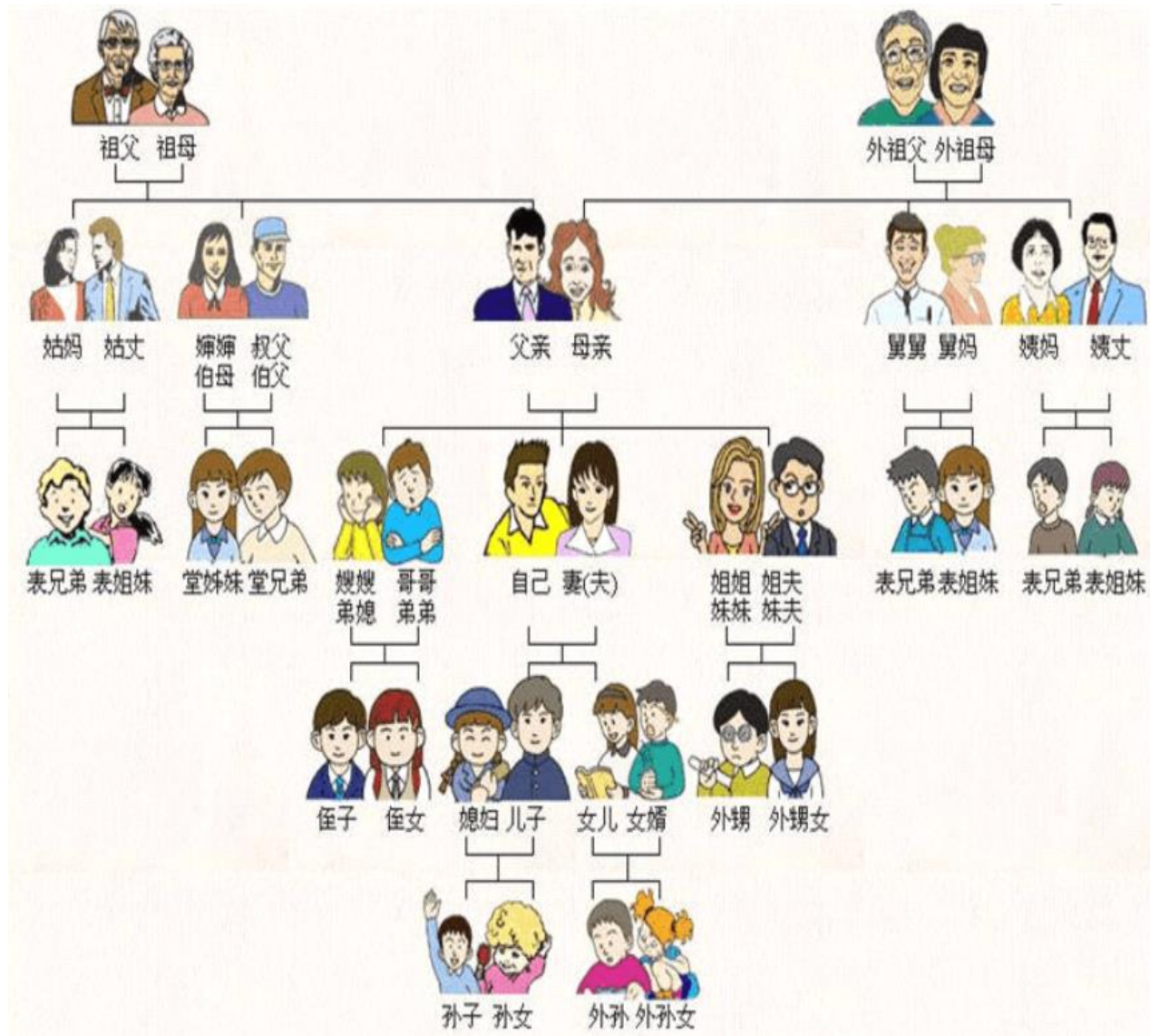


# 哪些信息需要合理表示？ 由设备MIB生成拓扑图





# 哪些信息需要合理表示？ 中国亲戚关系称谓图







# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
  - 计算机：各种数据文件的格式
  - 网络：数据包格式
  - 哪些信息需要合理表示？
  - 交换数据格式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264



# 交换数据格式

## 为什么需要统一的数据交换格式

◆ 计算机诞生之后，各种格式的文档被广泛用于存储信息和数据。由于计算机发展初期并没有统一的规定和标准，所以各种格式的文档层出不穷，即使是今天我们也时常能发现自己并不熟悉的扩展名代表的计算机文档。

◆ 计算机技术发展是如此迅猛，以至于今天领先的技术可能很快就是“明日黄花”，更何况这些文档呢？比如，我们早期使用的Word 6.0，Word 97，Word 2000的文档，谁知道10年、20年之后还有没有可以打开这些文档的工具？而对于一些特殊的文档还必须能够经历岁月，比如，档案文档、一些珍贵的多媒体文档等。这样说来，我们需要制订一个在今后相当一段时间内还能够保持一定生命力的文档类型和格式，这就是统一的交换数据格式诞生的背景。



# 交换数据格式

## SGML/XML/HTML

- ◆ 标准通用标记语言(Standard Generalized Markup Language, SGML)是1986年出版发布的一个信息管理方面的国际标准。该标准定义独立于平台和应用的文本文档的格式、索引和链接信息, 为用户提供一种类似于语法的机制, 用来定义文档的结构和指示文档结构的标签(tag)。制定SGML的**基本思想是把文档的内容与样式分开**。
- ◆ XML (Extensible Markup Language)是SGML的一个子集
- ◆ HTML是SGML的一种文档类型

# Tim Berners-Lee Wins Turing Award

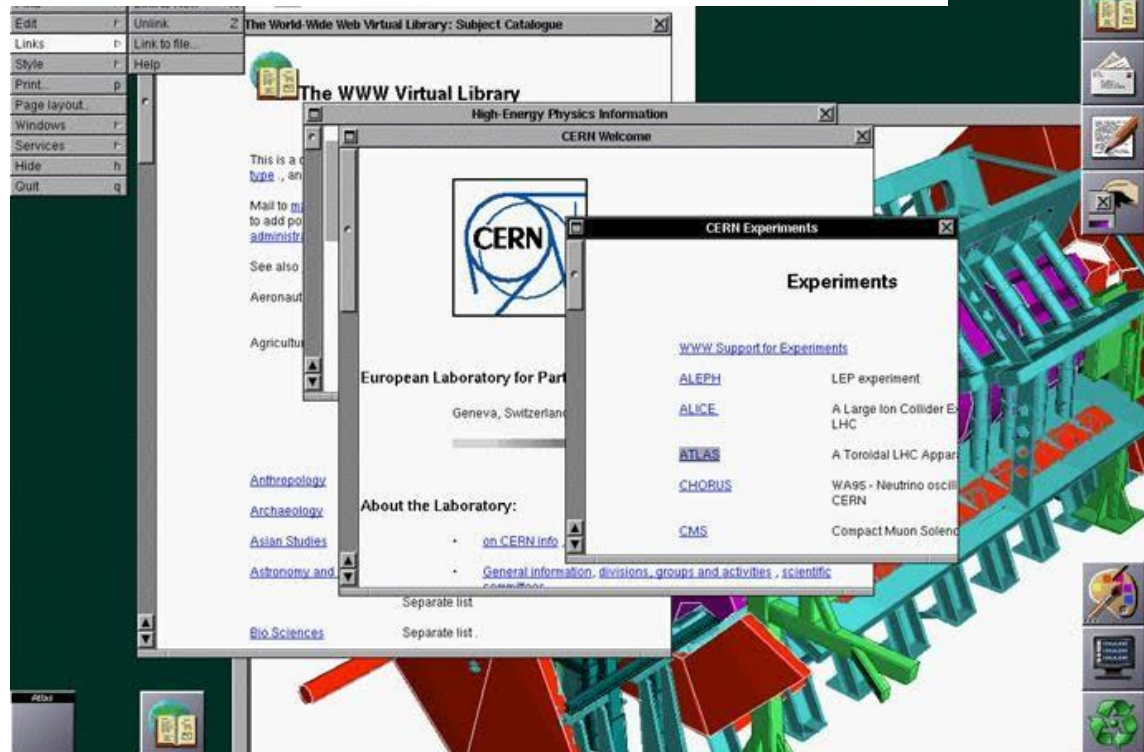
*Berners-Lee is credited with inventing the World Wide Web, along with the first web browser and other technologies have allowed the web to scale.*



By Angela Moscaritolo April 4, 2017 12:46PM EST



A screenshot of Berners-Lee's Web browser software running on his NeXT computer. Note the "edit" menu to allow changes, and the Styles menu which put decisions over fonts and other display details in the hands of the reader rather than Webpage creators. Since 2014 this computer has been exhibited at the Science Museum in London.



# MC Tim Berners-Lee

- ◆ Tim Berners-Lee was born in London, England, on 8 June 1955, the son of Conway Berners-Lee and Mary Lee Woods.
- ◆ The **inventor** of the World Wide Web



- ◆ In 1994, Berners-Lee founded the World Wide Web Consortium (**W3C**) at MIT.
- ◆ In 1999, Time Magazine named Berners-Lee one of the 100 **Most Important People of the 20th Century**.

1989年瑞士粒子物理研究所Tim Berners-Lee提出一项计划， . . . . . , HTML



# 交换数据格式 SGML文档的三个层次

- ◆ **结构**: 用一个单独的文件来描述文档的结构(文档类型定义Document Type Definition, DTD文件)。
- ◆ **内容**: 这里指的内容就是信息本身。内容包括信息名称(标题)、段落、项目列表和表格中的具体内容, 具体的图形和声音等。
- ◆ **样式**: 用专门的标准来描述显示格式方面的信息, 即文档样式语义学和规范语言(Document Style Semantics and Specification Language, DSSSL)。



# 交换数据格式 XML的基本语法

```
<?xml version = "1.0" encoding="GB2312" standalone = "no"?>
```

```
<!DOCTYPE 菜单 SYSTEM "test.dtd">
```

```
<?xml-stylesheet type="text/xsl" href="test.xsl"?>
```

```
<菜单目录>
```

```
<徽菜系列>
```

```
<名称>平地一声雷</名称>
```

```
<厨师>王XX</厨师>
```

```
<饭店>金满楼</饭店>
```

```
<价格>
```

```
<正常价格 >38</正常价格>
```

```
<优惠价格 >28</优惠价格> <!--只对VIP用户-->
```

```
</价格>
```

```
</徽菜系列>
```

```
</菜单目录>
```

此文件中记录  
了所有的**数据**

**Test.xml**



# 交换数据格式 文档类型定义文件DTD

```
<?xml version="1.0" encoding="GB2312"?>  
<!ELEMENT 菜单目录 (徽菜系列)*>  
<!ELEMENT 科技书籍 (名称,厨师,饭店,价格)>  
<!ELEMENT 价格 (正常价格,优惠价格)>  
<!ELEMENT 名称 (#PCDATA)>  
<!ELEMENT 厨师 (#PCDATA)>  
<!ELEMENT 饭店 (#PCDATA)>  
<!ELEMENT 正常价格 (#PCDATA)>  
<!ELEMENT 优惠价格 (#PCDATA)>
```

此文件中记录  
了**结构**信息

**Test.dtd**



# 交换数据格式 XML数据的显示控制

```
<xsl:template match = "菜单目录">
  <xsl:for-each select="徽菜系列">
    <UL>
      <LI><xsl:value-of select="名称"/></LI>
      <LI>厨师:<xsl:value-of select="厨师"/></LI>
      <LI>饭店: <xsl:value-of select="饭店"/></LI>
      <LI>正常价格: <xsl:value-of select="价格/正常价格"/></LI>
      <LI>优惠价格: <xsl:value-of select="价格/优惠价格"/></LI>
    </UL>
  </xsl:for-each>
</xsl:template>
```

此文件中记录  
了**显示格式**

**Test.xsl**



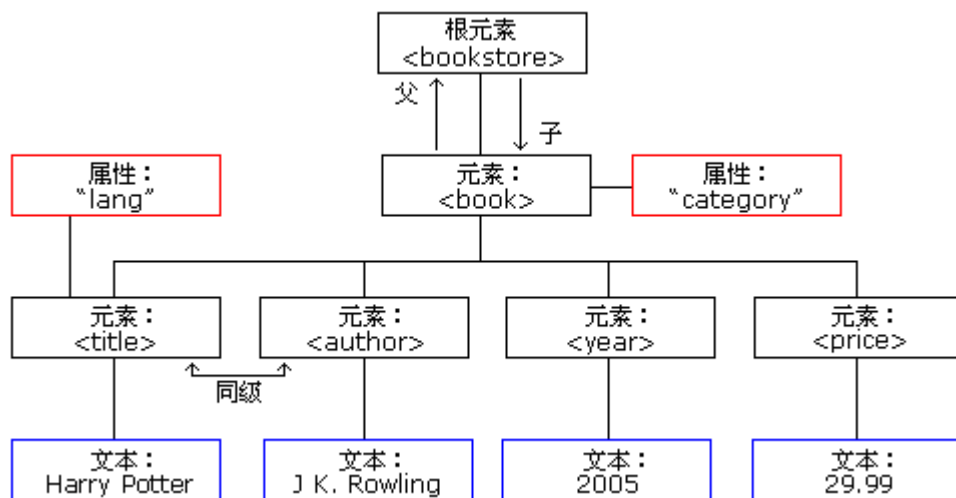
# 交换数据格式

## XML表示树形结构的数据示例

```
<bookstore> Future Publisher  
<book category="COOKING">  
<title lang="en">Everyday Italian</title>  
<author>Giada De Laurentiis</author>  
<year>2005</year>  
<price>30.00</price>  
</book>
```

```
<book category="CHILDREN">  
<title lang="en">Harry Potter</title>  
<author>J K. Rowling</author>  
<year>2005</year>  
<price>29.99</price>  
</book>
```

```
<book category="WEB">  
<title lang="en">Learning XML</title>  
<author>Erik T. Ray</author>  
<year>2003</year>  
<price>39.95</price>  
</book>  
</bookstore>
```





# 交换数据格式

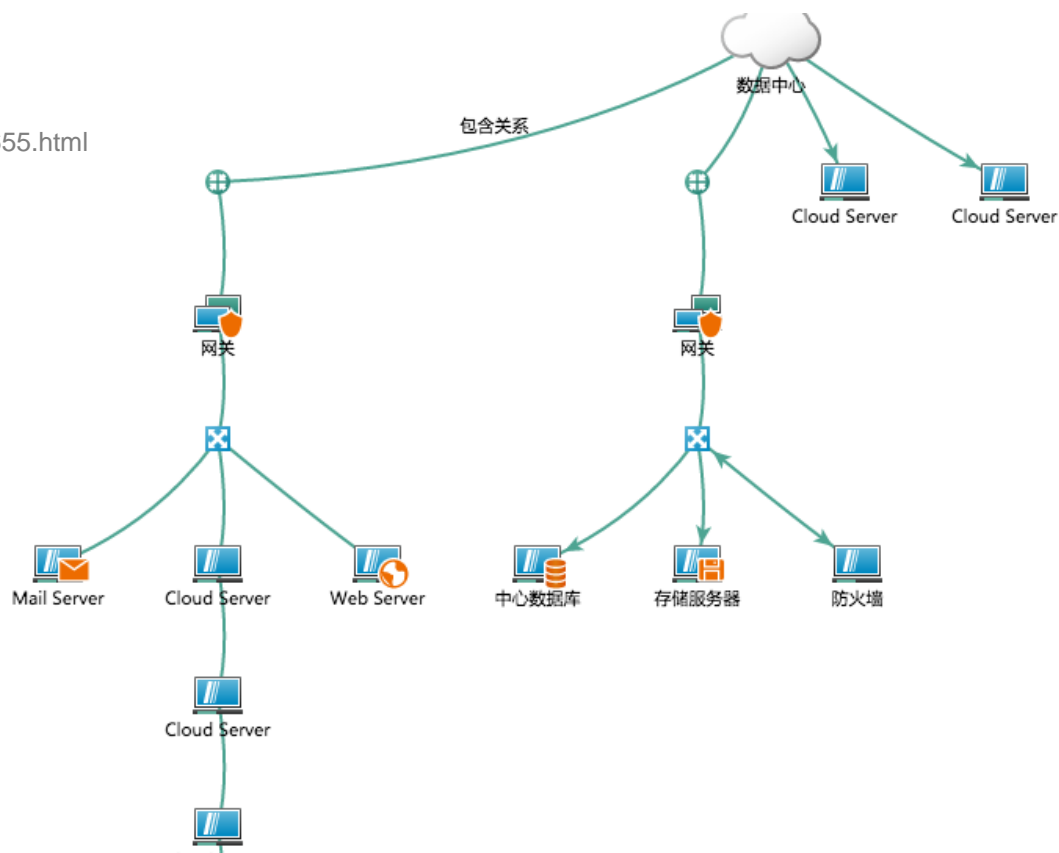
## JSON(JavaScript Object Notation)

- ◆ XML(eXtensible Markup Language) 在1998年发布为W3C的标准（XML1.0）。
- ◆ JSON(JavaScript Object Notation) 是一种轻量级的数据交换格式。它基于JavaScript（Standard ECMA-262 3rd Edition - December 1999）的一个子集。
- ◆ JSON采用完全独立于语言的文本格式，但是也使用了类似于C语言家族的习惯（包括C, C++, C#, Java, JavaScript, Perl, Python等）。这些特性使JSON成为理想的数据交换语言。易于人阅读和编写，同时也易于机器解析和生成。



# 交换数据格式 JSON表示拓扑信息示例

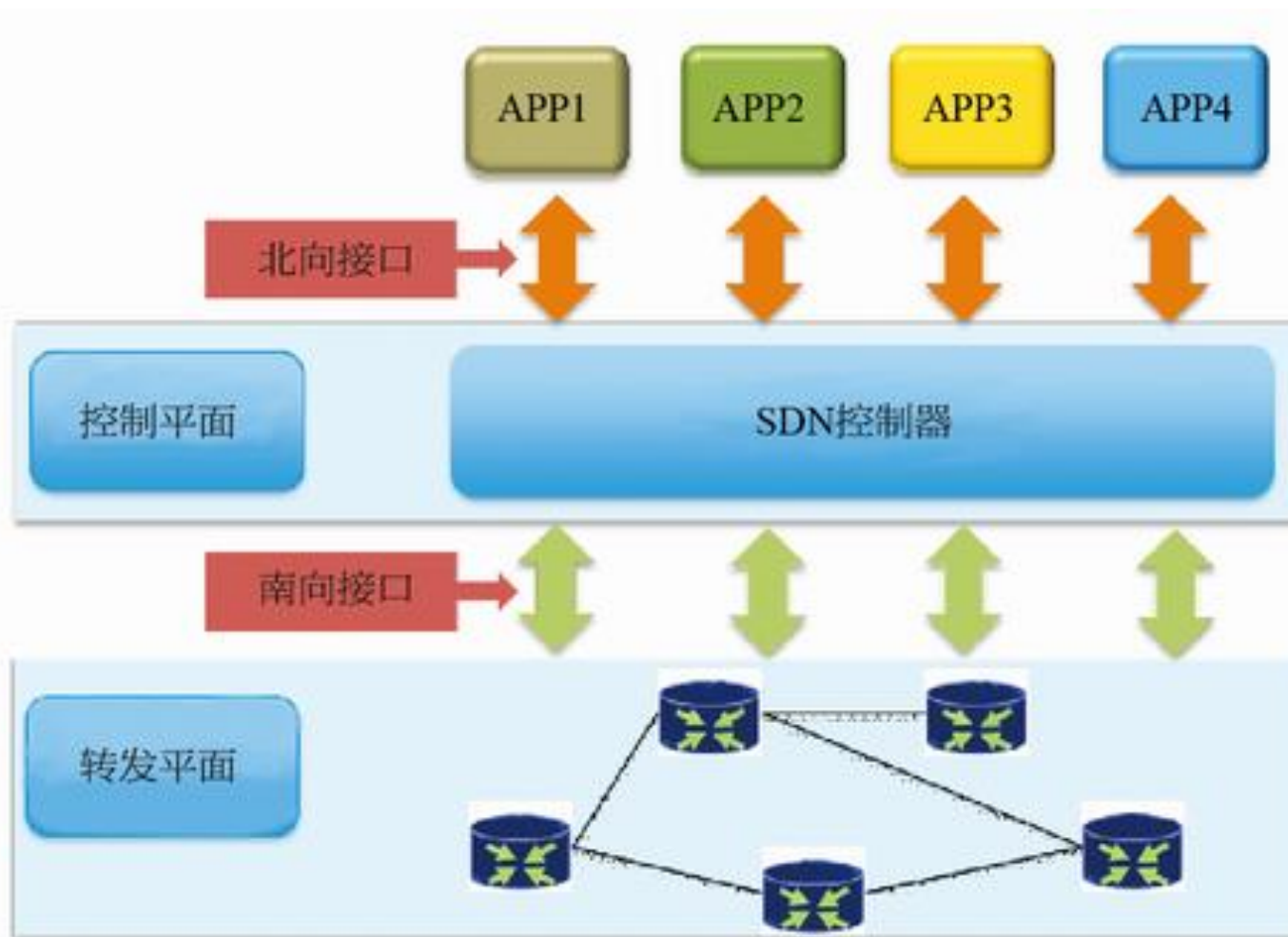
<http://www.blogjava.net/TWaver/archive/2014/10/13/418655.html>



```
var topo_data = [  
  {"element": "node", "name": "网关", "id": "gateway1", "image": "group", "icon": "icon_wall"},  
  {"element": "node", "name": "网关", "id": "gateway2", "image": "subnetwork", "icon": "icon_wall"},  
  {"element": "link", "from": "cloud", "to": "center1", "name": "包含关系"},  
  {"element": "link", "from": "gather2", "to": "firewall", "arrow": "11"}  
];
```



# 小结：交换数据格式





# 裸数据的组织

## ◆ 现有网络中数据组织的方式

数据如何组织是一个非常重要的问题

## ◆ 主流音视频流的数据组织方式

- 数字音乐 CD-DA
- 音乐文件 MP3
- 数字音频广播 DAB
- 数字电视 MPEG2
- MPEG-4 AVC / H.264



# 专题线索：多媒体数据的35年

## ◆ CD-DA

- 数字音乐的光存储，CD-DA
- 数据的光存储，CDROM
- 数字视频的光存储，VCD

## ◆ MP3

- 随着因特网发展而流行

## ◆ DAB

## ◆ MPEG2 PS / TS (HDTV)

- 随着DVD出现开始流行

## ◆ MPEG-4 AVC / H.264

- 随着下一代DVD的讨论而诞生

## ◆ HEVC / H.265

1980's

1990's

2000

2010

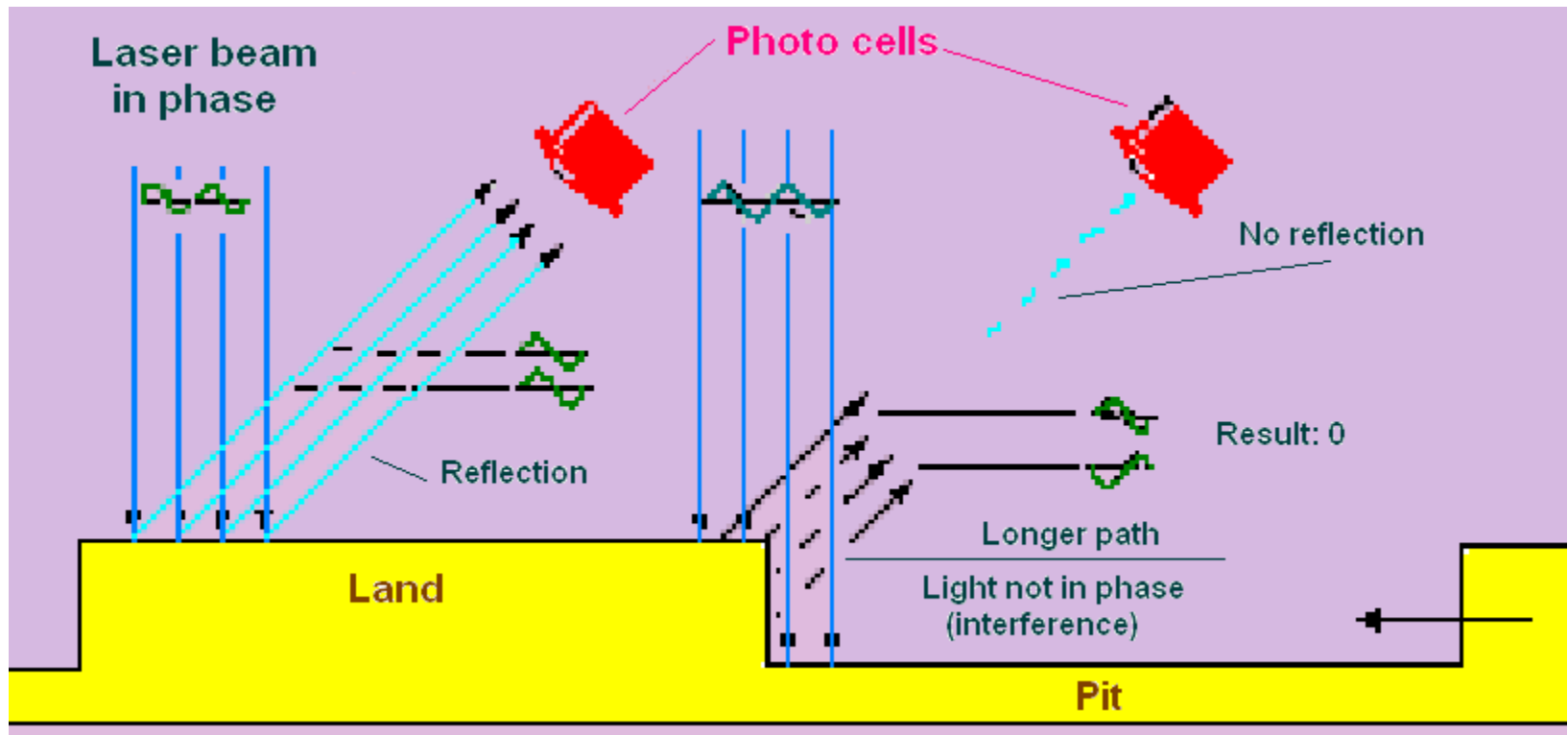
# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
    - 各种光盘的通道编码
    - CD-DA的数据帧组织
    - VCD与DVD的数据组织
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264



# Interaction of laser beam with pits and lands

- ◆ a binary **one** is stored on the disc as a **change from a land to a pit** or a pit to a land, while a binary **zero** is indicated by **no change**

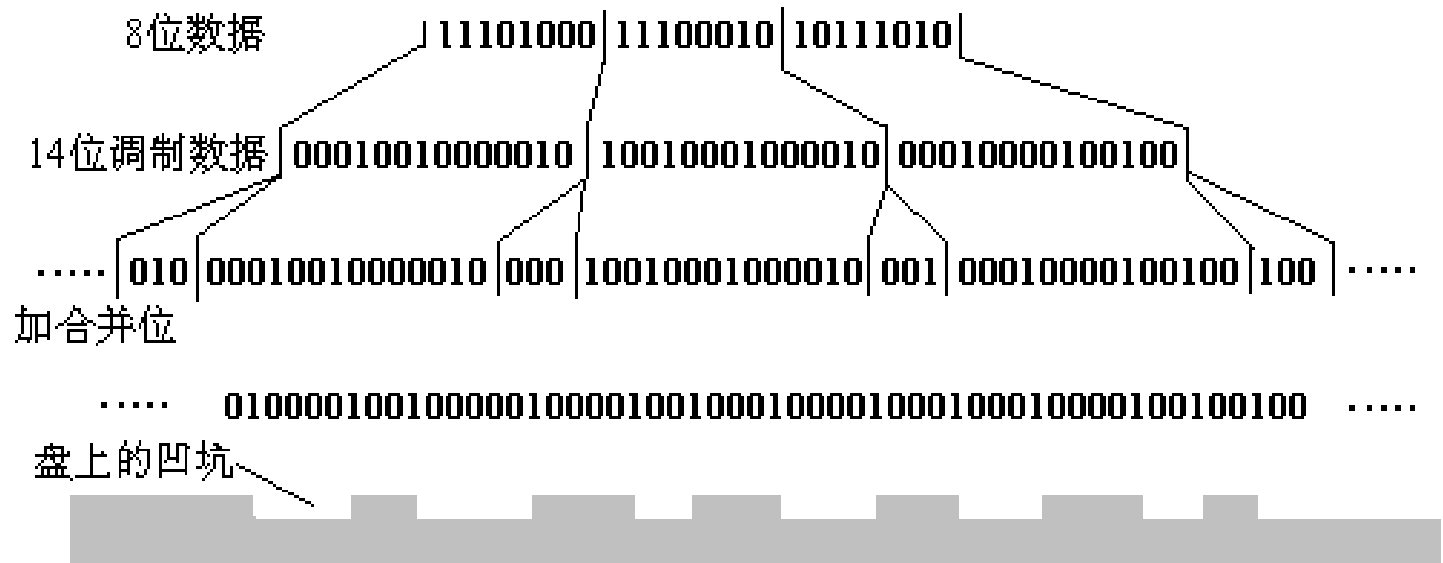


- ◆ 激光唱盘使用的通道编码叫做8到14比特调制编码(eight to fourteen modulation, EFM)。这种编码的含义就是把一个8个比特(即1个字节)的数据用14比特来表示。
- ◆ 在数字记录中要做通道编码的主要原因有两个，一是为了改善读出信号的质量，二是为了在记录信号中提取同步信号。
  - 例如，有连续多个字节的全“0”信号或者全“1”信号要记录到盘上，如果不作通道编码就把它们记录到盘上，读出时的输出信号就是一条直线，电子线路就很难区分有多少个“0”或者多少个“1”信号。而对于没有规律的数字信号，读出时的信号幅度和频率的变化范围都很大，电子线路很难把“0”和“1”区分开，读出的信息就很不可靠。因此通俗说来，通道编码实际上就是要在连续的“0”插入若干个“1”，而在连续的“1”之间插入若干个“0”，并对“0”和“1”的连续长度数目即“行[游]程长度”加以限制。



# EFM (eight to fourteen modulation)

◆根据70年代(?)的技术水平，把“0”的游程长度最短限制在2个，而最长限制在10，光盘上的信号就能够可靠读出。故将8bit数据映射到14bit的通道码。，当通道码合并时为了满足游程长度的要求，在通道码之间再增加了3bit来确保读出信号的可靠性。





## “凹凸”的最大最小长度

- ◆ Because EFM ensures there are at least 2 zeroes between every 2 ones, it is guaranteed that **every pit and land is at least three bit clock cycles long**. This property is very useful since it reduces the demands on the optical pickup used in the playback mechanism.
- ◆ The ten consecutive-zero maximum ensures **worst-case clock recovery** in the player.



# DC-balanced or DC-Free Code

- ◆ 数字基带信号包含直流分量或低频分量，那么对于一些具有电容耦合电路的设备或者传输频带低端受限的信道（广义信道），信号将可能传不过去。
- ◆ 数字基带信号传输码型的要求
  - 有利于提高系统的频带利用率
  - 应不含直流分量、低频分量要尽量少
  - 考虑到码型频谱中高频分量的影响
  - 基带信号应具有足够大的定时信号供提取
  - 基带信号的传输码型应具有误码检测能力
  - 码型变换设备简单，容易实现

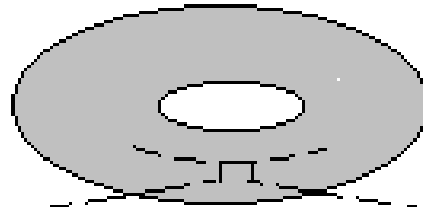


# CD-DA数据的基本格式

- ◆ CD上有一条螺旋型的物理光道，可以分成多个逻辑光道。
- ◆ 一条逻辑光道由许多扇区(sector)组成，一扇区由98帧(frame)组成。
- ◆ 帧是激光唱盘上存放声音数据的基本单元。
- ◆ 通常一首歌曲安排在一个逻辑光道上



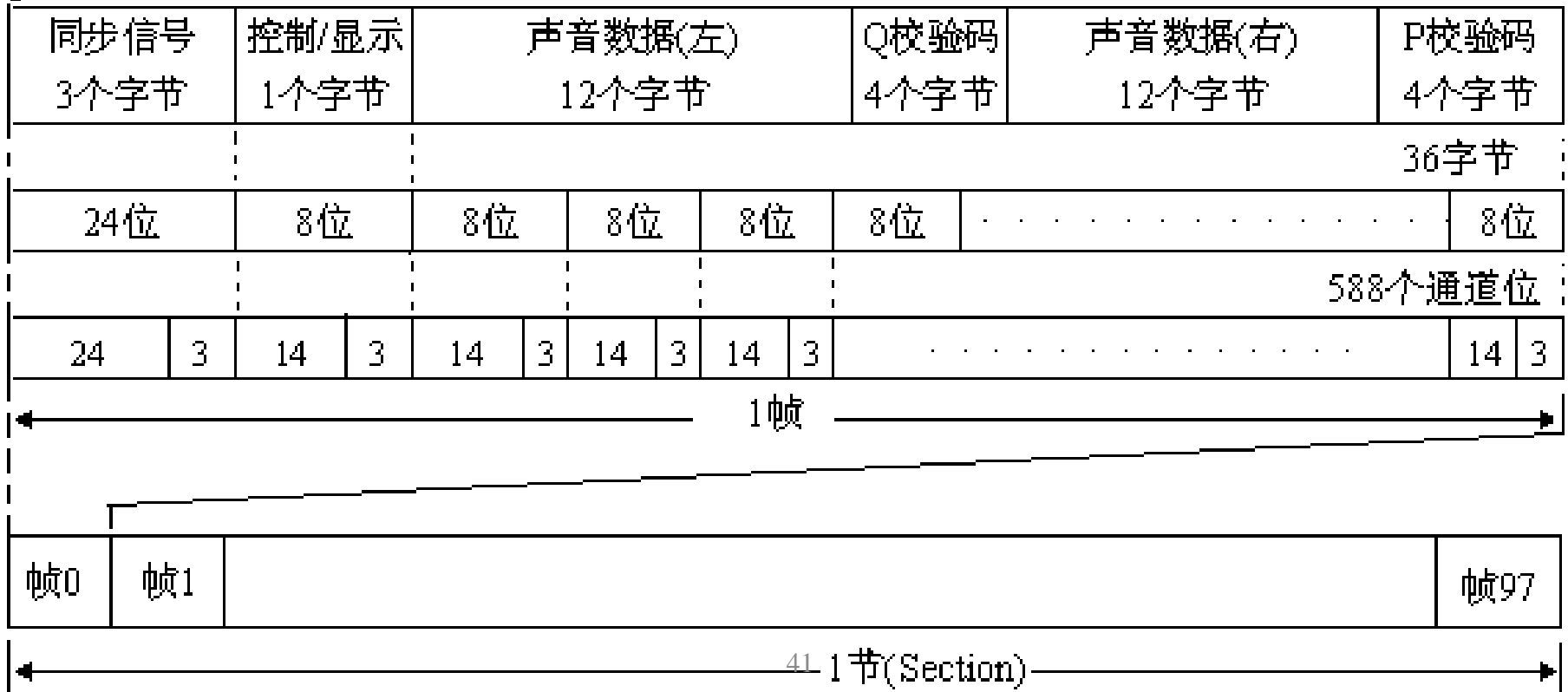
# 扇区中的一个帧



0.163 mm

$$(12+12)*98=2352$$

$$2352/(3234/8*17)=34.2246\%$$





# 小结：CD-DA的数据组织

## ◆ 数字基带信号的编码

- EFM、EFMPlus、17PP
- Run Length Limited (RLL) Coding
- 硬盘、CD-DA、DVD、Blu-Ray

## ◆ CD-DA的数据组织

- 物理光道 → 逻辑光道 → 扇区 → 帧
- 单个帧：同步、控制、数据、校验
- CD-DA中比特效率约34%

# MC 从CD-DA → CDRM

## ◆ CD-DA光道

□ 一个扇区(sector)2352字节

## ◆ CD-ROM Mode 1光道

4字节的扇区地址称为HEADER			
分(MIN) 1字节 0~74	秒(SEC) 1字节 0~59	分秒(FRAC) 1字节 0~74	方式(Mode) 1字节 01

2352字节					
同步字节 12字节	扇区地址 4字节	用户数据 2048字节	EDC 4字节	未用 8字节	ECC 276字节

## ◆ CD-ROM Mode 2光道

2352字节		
同步字节 12字节	扇区地址 4字节	用户数据 2336字节



# 物理格式与逻辑格式的分隔是一次伟大的进步

## ISO 9660

- ◆ 仅有物理格式标准化还不够，还需要有一个如何把文件和文件目录放到CD-ROM盘上的逻辑格式标准，也就是文件格式格式。
- ◆ ISO 9660, also referred to as CDFS (**Compact Disc File System**) by some hardware and software providers, is a file system standard published by the International Organization for Standardization (ISO) for optical disc media.
- ◆ 1985年CD-ROM出现之后，所有光盘存储系统不再关注存储内容与光道的关系



## 小结：从CD-DA看光存储音视频的数据组织

### ◆ CD-DA

- 只能存放音频；数字音频的采样率固定；样本精度固定；声道数目固定 ← 无任何扩展余地

同步信号 3个字节	控制/显示 1个字节	声音数据(左) 12个字节	Q校验码 4个字节	声音数据(右) 12个字节	P校验码 4个字节
--------------	---------------	------------------	--------------	------------------	--------------

### ◆ CD-ROM/VCD/DVD

- 光盘的物理格式和逻辑格式分离；音视频数据的组织表现为光盘内文件和目录的组织。 ← 无限扩展能力

### ◆ 网络中的分层？

- 光盘存储是点到点的链路，只需要L1+L2+应用层？

# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
    - Tag
    - Frame: Header + Audio Data
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264



# MP3的诞生

US\$0.75 per decoder

US\$60,000 for unlimited use of decoder

US\$2.50-\$5 per encoder

US\$15,000 per calendar year

## ◆ Timeline - History of MP3

- ❑ 1987 - The **Fraunhofer Institut** in Germany began research code-named EUREKA project EU147, Digital Audio Broadcasting (DAB).
- ❑ January 1988 - Moving Picture Experts Group or MPEG was established as a subcommittee of the International Standards Organization/International Electrotechnical Commission or ISO/IEC.
- ❑ April 1989 - Fraunhofer received a **German patent** for MP3.
- ❑ 1992 - Fraunhofer's and Dieter Seitzers audio coding algorithm was integrated into MPEG-1.
- ❑ 1993 - MPEG-1 standard published.
- ❑ 1994 - MPEG-2 developed and published a year later.
- ❑ November 26, 1996 - **United States patent** issued for MP3.
- ❑ September 1998 - Fraunhofer started to enforce their patent rights. All developers of MP3 encoders or rippers and decoders/players now have to pay a licensing fee to Fraunhofer.
- ❑ February 1999 - A record company called SubPop is the first to distribute music tracks in the MP3 format.
- ❑ 1999 - Portable MP3 players appear.

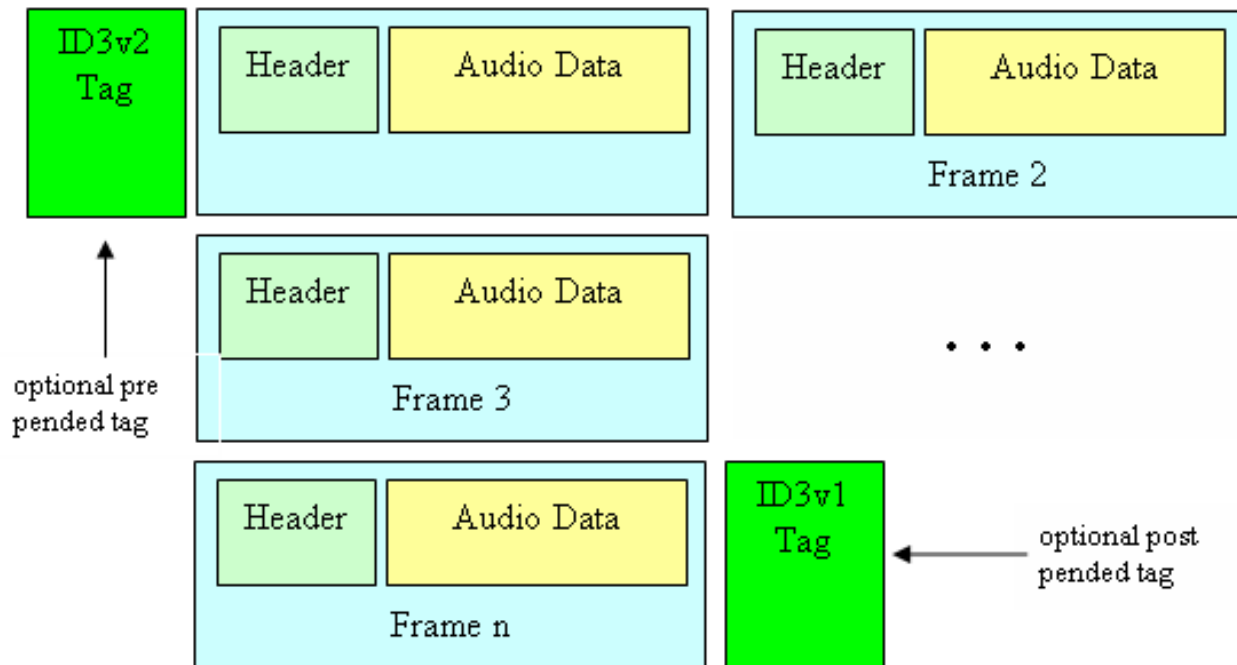


**Karlheinz Brandenburg** (born 20 June 1954, in Erlangen) is a German electrical engineer and mathematician. Together with Ernst Eberlein, Heinz Gerhäuser, Bernhard Grill, Jürgen Herre and Harald Popp, he developed the widespread mp3 method for audio data compression.



# MP3文件结构：Tag+Frame

- ◆ **Tag:** MP3除了保存声音信息外，还可以同时保存一些和曲目相关的文本信息，比如歌名、演唱者、专辑名等等，这些信息就称为tag（标签）信息。
- ◆ **Frame:** 用于存放声音数据。





# 嵌入音频以外的数据：Lyrics

[00:05.50]歌曲:姑娘我爱你

[00:10.51]原唱:索朗扎西

[00:15.51]翻唱: 紫陌赤枫

[00:20.51]

[00:42.31]长长的头发 黑黑的眼睛

[00:47.49]好象在什么地方见过你

[00:53.04]山上的格桑花开的好美丽

[00:58.27]我要摘一朵 亲手送给你

[01:04.67]



## ◆ 比较流行的tag格式有ID3和APE

- Donald Ray Moore, Jr., in 1996，在MP3文件尾增加一块用于存放歌曲的说明信息，形成了ID3标准，至今已制定出ID3 V1.0，V1.1，V2.0，V2.3和V2.4标准
- APE也是一种tag格式，Frank Klemm 提出，在Musepack音乐格式中应用

## ◆ 其他tag格式

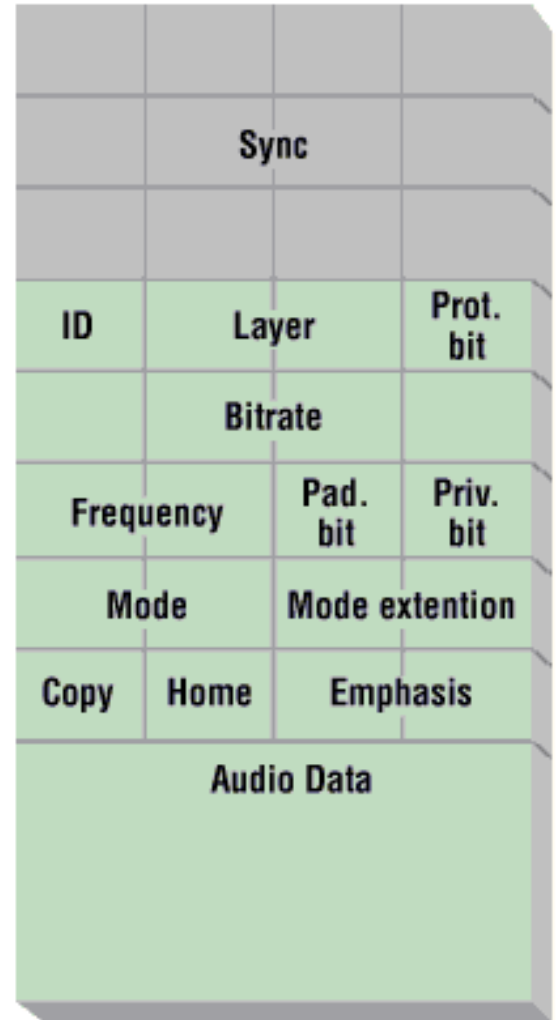
- Ogg有自定义的tag格式，叫Vorbis Comment
- WMA的tag系统是用微软ASF的
- MP4用的是Adobe 的Extensible Metadata Platform (XMP)



# MP3 Header (32bits)

```
typedef FrameHeader {  
    unsigned int sync: 11;           //同步信息  
    unsigned int version: 2;        //版本  
    unsigned int layer: 2;          //层  
    unsigned int error protection: 1; //CRC校验  
    unsigned int bitrate_index: 4;  //位率  
    unsigned int sampling_frequency: 2; //采样频率  
    unsigned int padding: 1;        //帧长调节  
    unsigned int private: 1;        //保留字  
    unsigned int mode: 2;           //声道模式  
    unsigned int mode extension: 2; //扩充模式  
    unsigned int copyright: 1;      //版权  
    unsigned int original: 1;       //原版标志  
    unsigned int emphasis: 2;       //强调模式  
}HEADER, *LPHEADER;
```

缺少什么信息？





# MP3音乐的音量自动控制

- ◆ Since volume levels of different audio sources can vary greatly, due to the loudness war and other factors, it is sometimes desirable to adjust the playback volume of audio files such that a consistent average loudness is perceived. This normalization, while similar in purpose, is distinct from dynamic range compression.
- ◆ ReplayGain is one standard for measuring and storing the loudness of an MP3 file in its metadata tag, enabling a ReplayGain-compliant player to automatically adjust the overall playback volume for each file.
- ◆ David Robinson(PhD, University of Essex) in 2001.
- ◆ 1993: MP3 → 1996: TAG → 2001: ReplayGain

# MC MP3帧大小

**Frame Size = ( (Samples Per Frame / 8 \* Bitrate) / Sampling Rate) + Padding Size**

长度是否变化决定于FRAMEHEADER 的**bitrate**是否变化

	MPEG 1	MPEG 2	MPEG 2.5
Layer I	384	384	384
Layer II	1152	1152	1152
Layer III	<b>1152</b>	576	576



# 小结：MP3文件比特效率？

## ◆ MP3文件构成

### □ 各种类型的Tag信息

- ID3、APE、Lyrics、...

### □ 音频数据帧

- 32bits的帧头
- 16bits的CRC（可选）
- Padding Bits: Layer I 32bits / Layer II 8bits
- 有效的音频数据：每帧的样本数因Layer不同而异

## ◆ 思考：一个好的Container需要什么？

### □ Tag信息被有效地集成到MP3数据组织结构中

# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264

# MC 数字音频的应用

## ◆ 光盘存储

- CD-DA → VCD Audio → DVD Audio → SACD

## ◆ 网络

- MIDI/WAV → MP3...

## ◆ 无线广播

- AM/FM → DAB

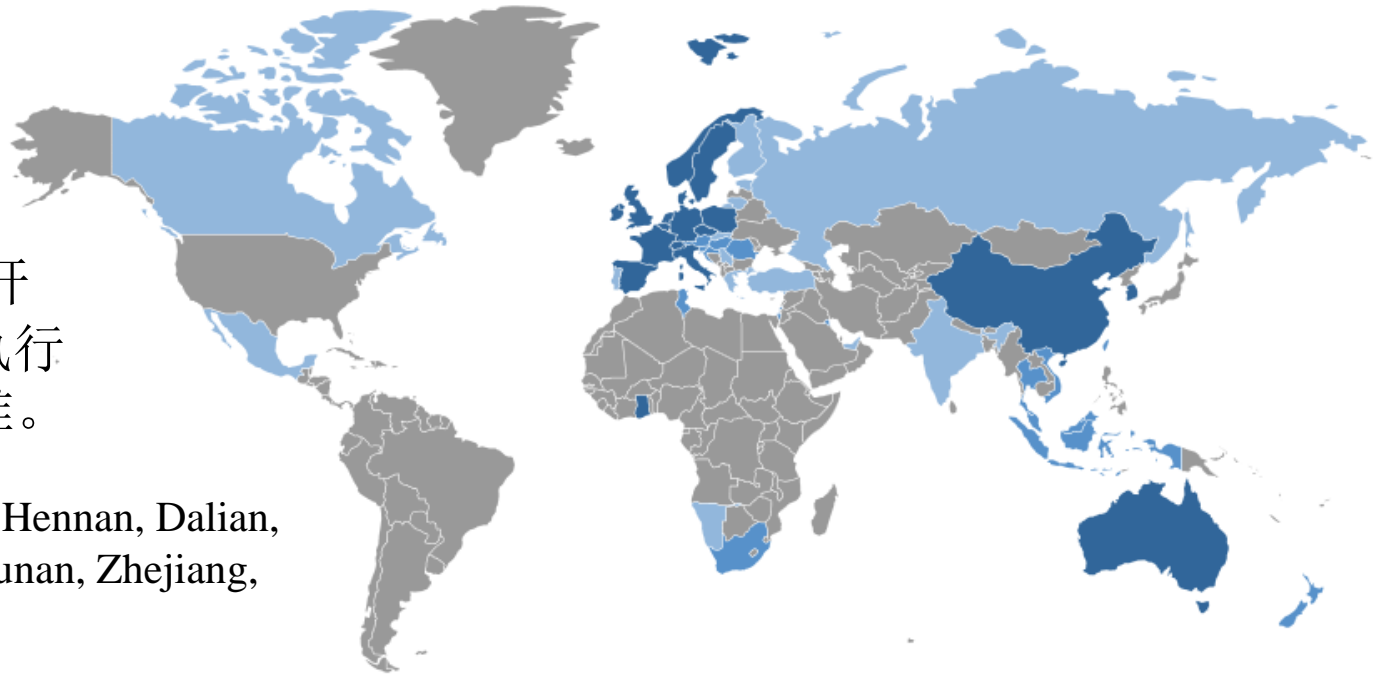
- ◆ 数字音频广播（DAB, **Digital Audio Broadcasting**）技术是由欧共体开发的重大产业工程项目，于1995年在欧洲正式投入运行。DAB的特点是在传送具有CD质量的声音节目的同时，还可以附加传送数据业务和多媒体广播（DMB）业务。
- ◆ DAB采用COFDM调制传输方法，在每小时200公里行车速度的汽车上，可以比较满意地实现移动接收。目前国际上已形成包括DAB系统、接收机、发射机和网络、附加数据传输在内的四大系列标准，标准体系已经非常完善。

# MC DAB全球现状, 2014

数字音频广播（DAB, **Digital Audio Broadcasting**）技术是由欧共体开发的重大产业工程项目，于1995年在欧洲正式投入运行。DAB的特点是在传送具有CD质量的声音节目的同时，还可以**附加传送数据业务**和**多媒体广播（DMB）业务**。

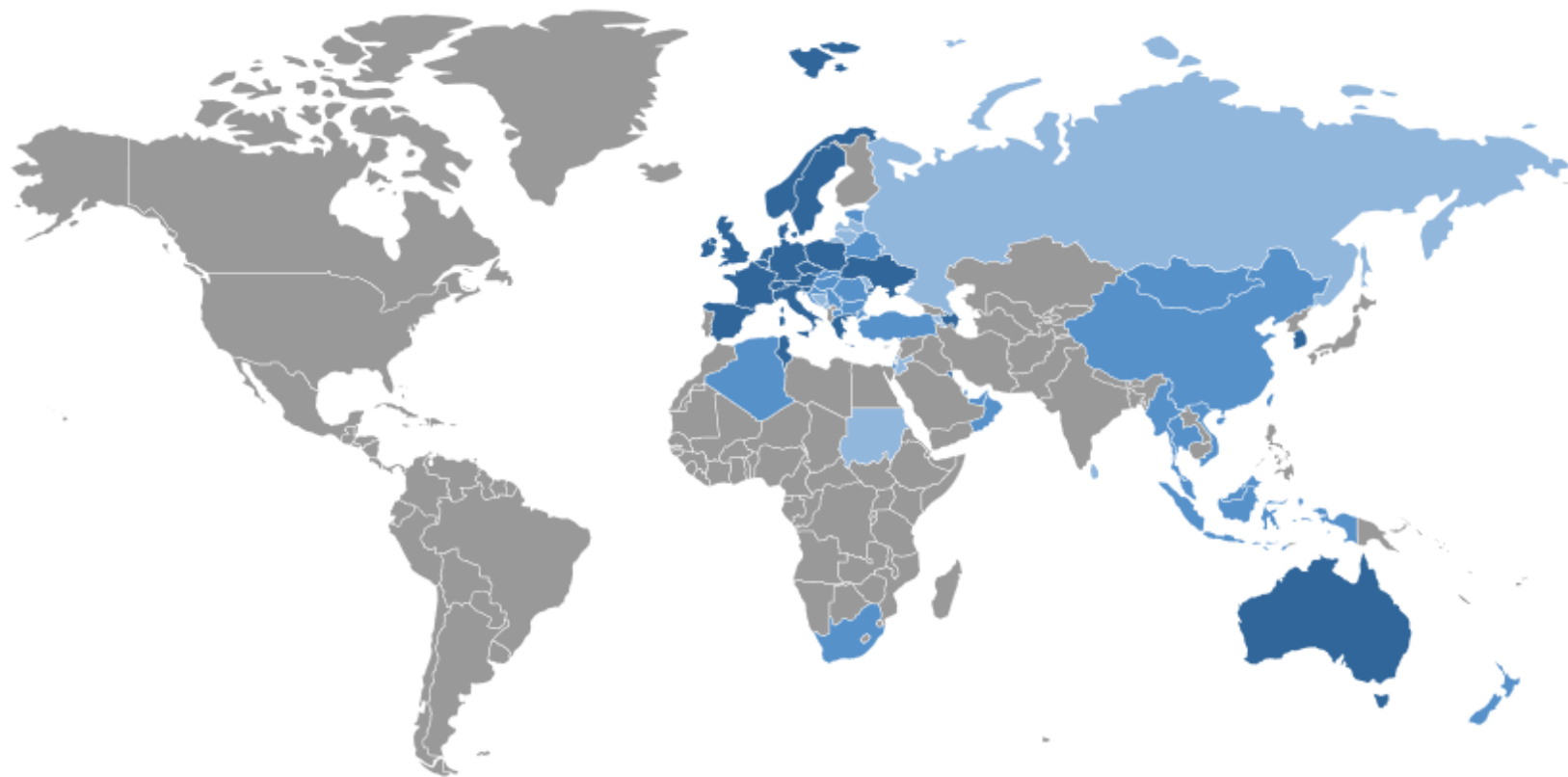
2006年6月1日开始正式在中国执行欧洲的DAB标准。

Beijing, Guangdong, Hennan, Dalian, Yunnan, Liaoning, Hunan, Zhejiang, Anhui and Shenzhen.





# DAB全球现状, 2019



■ Countries with regular services

■ Countries with trials and/or regulation

■ Countries with interest



# 中国DAB现状

◆中国广电部自1992年6月就通过了开展DAB重大科研的可行性报告，并与欧盟签订了DAB项目的合作规划；1995年DAB项目被列为国家“九五”重大科技产业项目，先后在北京和广东建立了DAB实验室和无线发射先导网；2006年5月18日，中国国家广电总局正式出台了《30 MHz ~ 3000 MHz地面数字音频广播系统技术规范》，欧洲的DAB标准正式成为中国数字广播行业标准，并于2006年6月1日开始正式在中国执行。

◆DAB and DMB are on-air in cities and regions across the country including: Beijing, Guangdong, Hennan, Dalian, Yunnan, Liaoning, Hunan, Zhejiang, Anhui and Shenzhen.

- ◆ The DAB standard was initiated as a European research project in the 1980s.
  - The BBC launched the first DAB digital radio in 1995.
  - using a bit rate of 128 kbit/s or less, with the MP2 audio codec
  - The **MPEG-1 Audio Layer II** ("MP2") codec was created as part of the EU147 project.
- ◆ An upgraded version of the system was released in February 2007, which is called DAB+.
  - adopt the **AAC+** audio codec and stronger error correction coding



## 思考：MP2与MP3最本质的差异

- ◆ MP2 is a **sub-band** audio encoder, which means that compression takes place in the **time domain** with a low-delay filter bank producing 32 frequency domain components.
- ◆ By comparison, **MP3** is a **transform** audio encoder with hybrid filter bank, which means that compression takes place in the **frequency domain** after a hybrid (double) transformation from the time domain.
- ◆ 1993年后的音频编码都是变换域做的

### ◆ MPEG-2 BC (Backward Compatible)

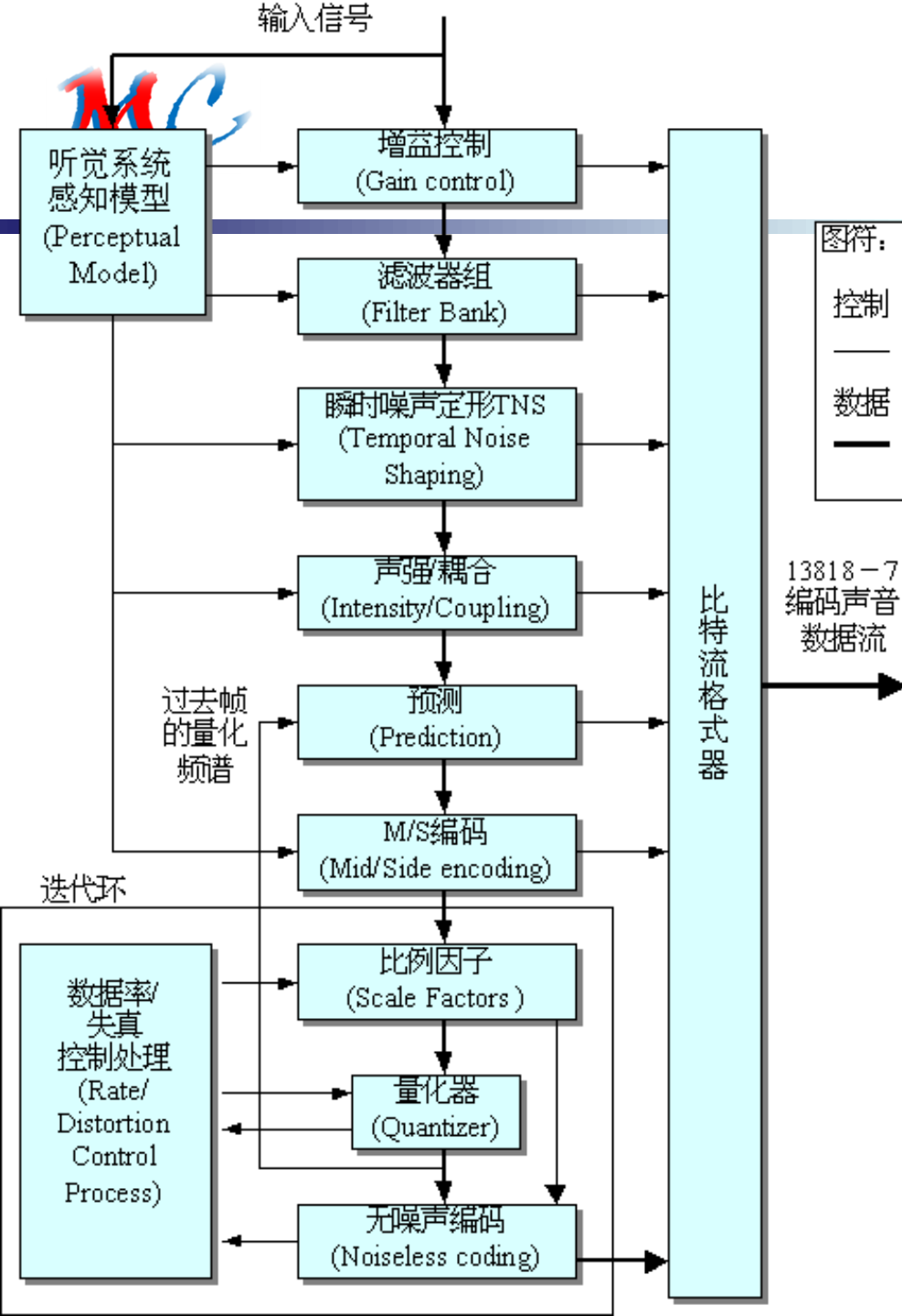
- 增加了16 kHz, 22.05 kHz和24 kHz采样频率
- 输出速率由32~384 kb/s扩展到8~640 kb/s
- 支持5.1声道和7.1声道的环绕声
- 支持Linear PCM(线性PCM)和Dolby AC-3(Audio Code Number 3)编码

### ◆ MPEG-2 AAC (Advanced Audio Coding) 1997年

- 利用掩蔽特性减少数据量，并把量化噪声分散到各个子带中，用全局信号把噪声掩蔽掉。
- 采用频率可从8 kHz到96 kHz，可支持声道数目极多

# MPEG-2 AAC编码器

## Review



- ◆ 增益控制
- ◆ 滤波器组
  - MDCT/TDAC
- ◆ 瞬时噪声整形
- ◆ 声强/耦合
  - 单声道信号加上位置信息
- ◆ 预测
- ◆ Mid/Side
  - 左右声道转换为中央M(middle)和边S(side)声道
- ◆ 比例因子
- ◆ 量化器
- ◆ 无噪声编码
  - 霍夫曼编码



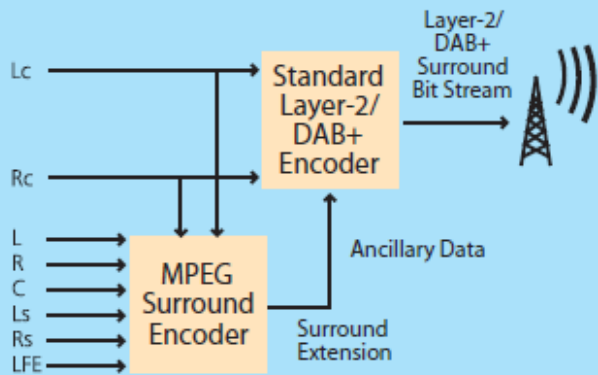
# MPEG2 AAC如何超越MP3?

## 测试表明相同情形下AAC比MP3音质好

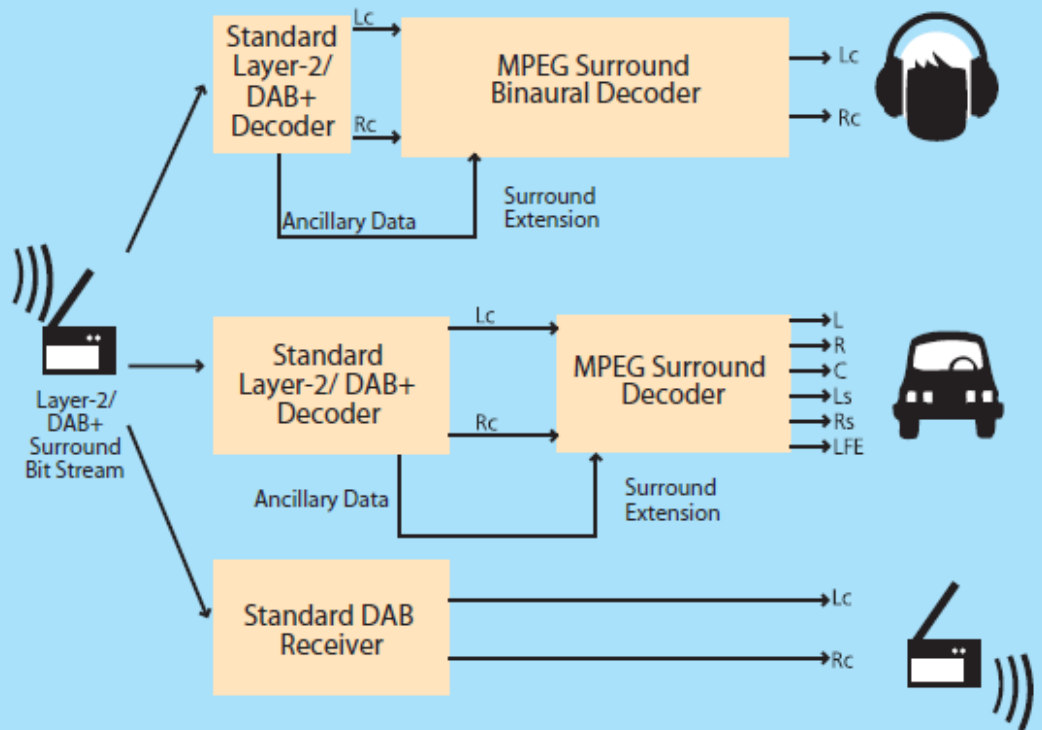
- ◆ More **sample frequencies** (from 8 to 96 kHz) than MP3 (16 to 48 kHz)
- ◆ Up to 48 channels (MP3 supports up to two channels in MPEG-1 mode and up to 5.1 channels in MPEG-2 mode)
- ◆ Higher efficiency and simpler filterbank (rather than MP3's hybrid coding, AAC uses a pure MDCT)
- ◆ Higher coding efficiency for **stationary signals** (AAC uses a **blocksize** of 1024 or 960 samples, allowing more efficient coding than MP3's 576 sample blocks)
- ◆ Higher coding accuracy for **transient signals** (AAC uses a blocksize of 128 or 120 samples, allowing more accurate coding than MP3's 192 sample blocks)
- ◆ Can use Kaiser-Bessel derived window function to eliminate spectral leakage at the expense of widening the main lobe
- ◆ Much better handling of audio frequencies above 16 kHz
- ◆ More flexible joint stereo
- ◆ Adds additional modules (tools) to increase compression efficiency: **TNS**, Backwards Prediction, PNS etc...

# MC DAB环绕声架构

DAB 5.1 Surround Broadcasting

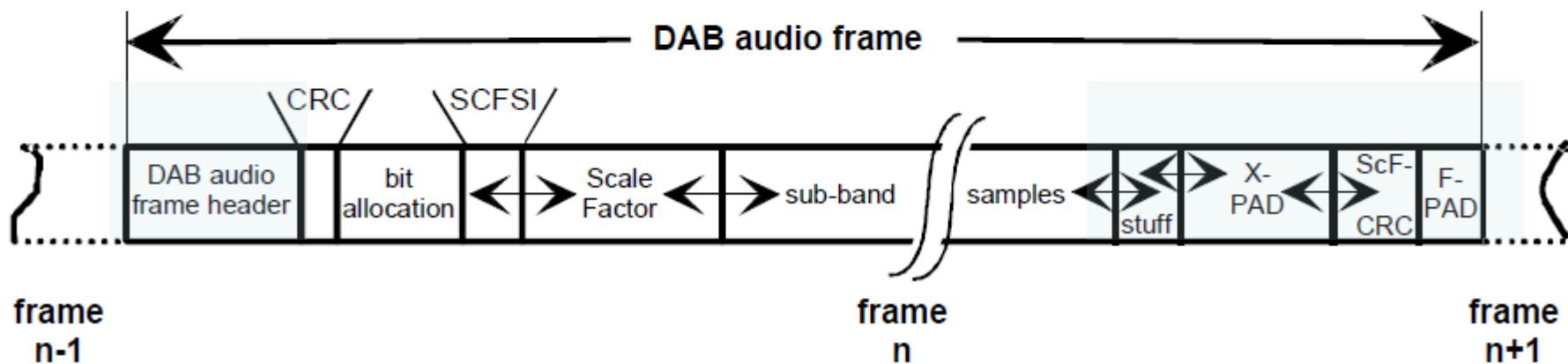
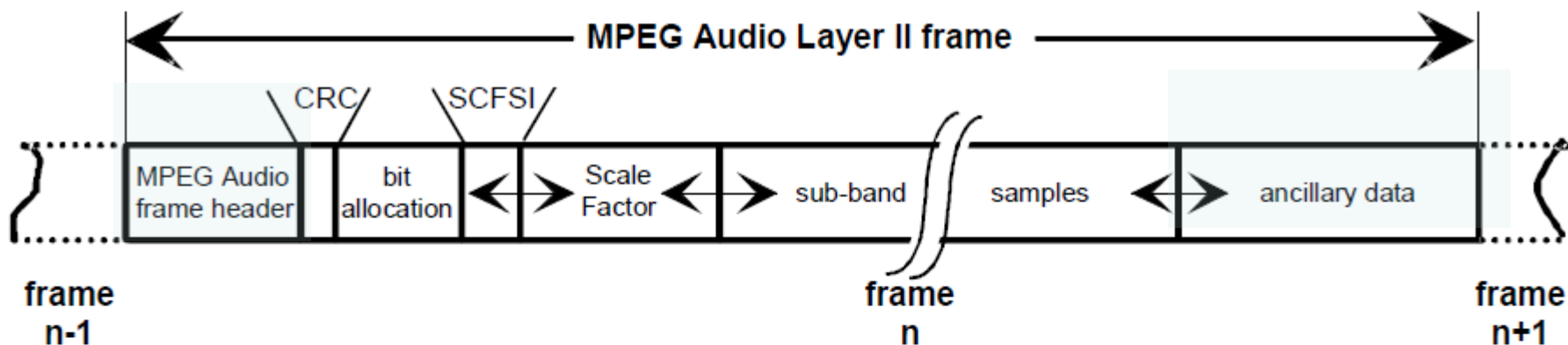


DAB 5.1 Surround Receiver



# MC DAB帧与MP2帧

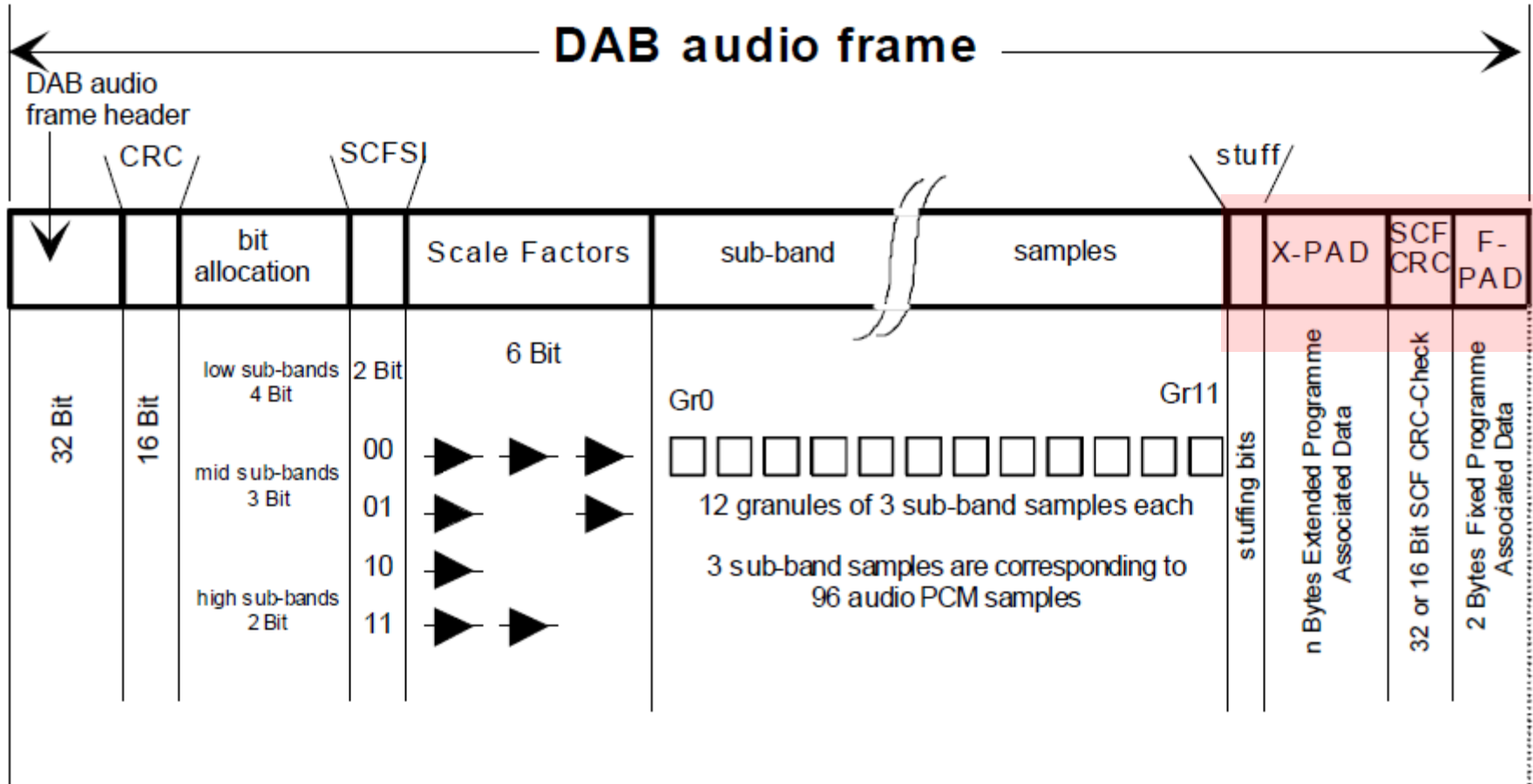
◆ 一个DAB Audio Frame与一个MP2帧对应





# DAB audio frame结构

**F-PAD: Fixed Program Associated Data**  
**X-PAD: Extended PAD**



ETSI EN 300 401 V1.4.1

Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers



# 小结：DAB与MP3的区别？

## ◆ 编码方式

- DAB: MPEG-1 Audio Layer II , MP2
- MP3: MPEG-1 or MPEG-2 Audio Layer III

## ◆ 音频以外的附加信息

- MP3采用Tag形式，较强的扩展
- DAB局部修改了MP2的帧(PAD)

## ◆ 应用方式

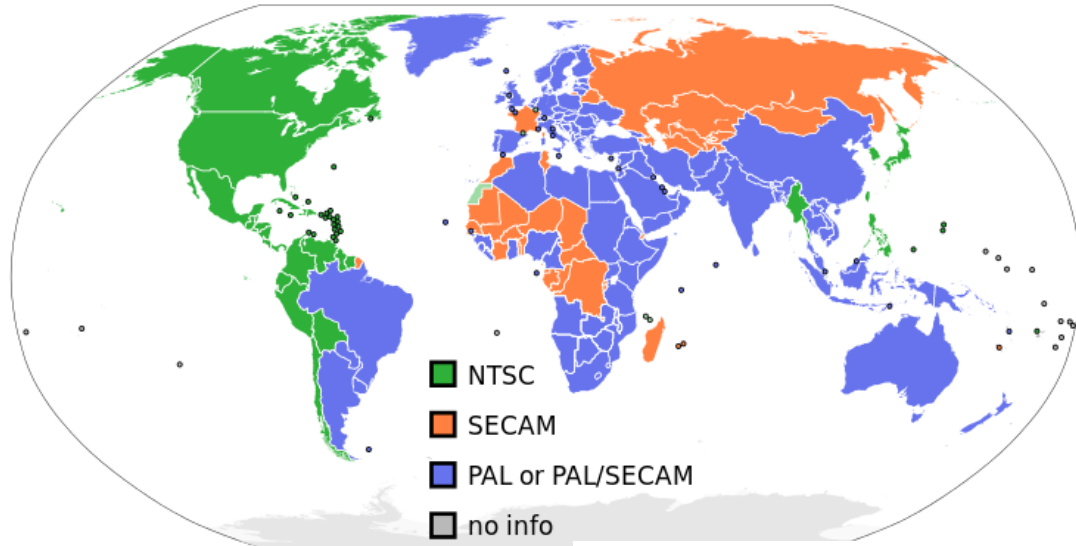
- MP3面向存储 ← 音频存储
- DAB面向无线通信系统 ← 音频流媒体

# MC 裸数据的组织

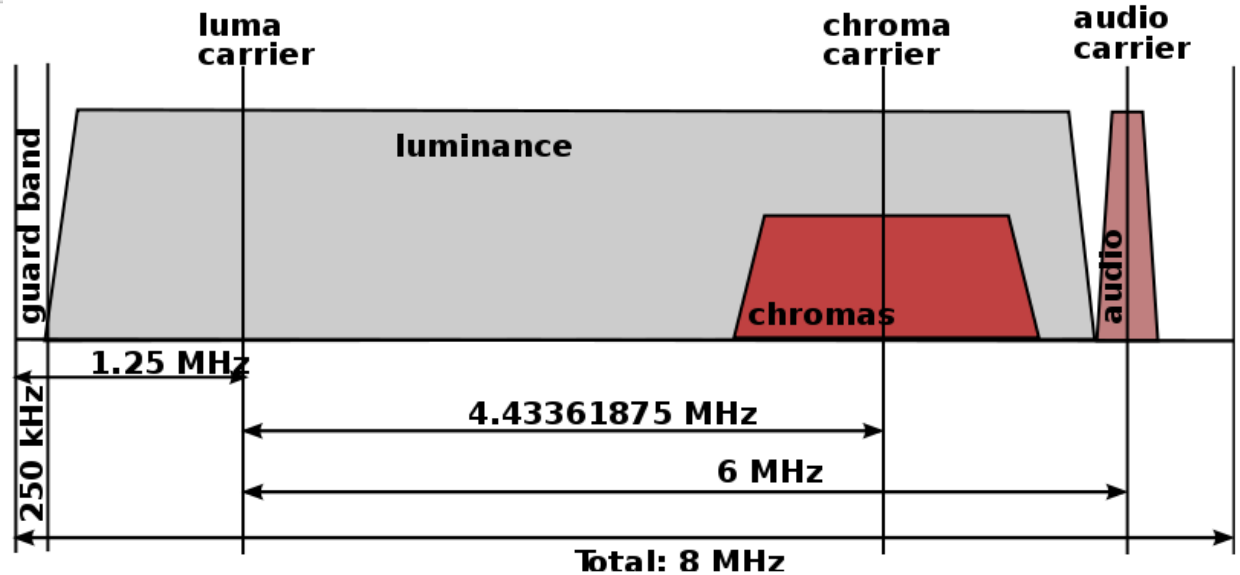
- ◆ 现有网络中数据组织的方式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
    - 数字电视现状
    - HDTV数据流格式
  - MPEG-4 AVC / H.264



# 模拟电视



中国电视是PALD/K制式，图像信号带宽7.25MHz，伴音载频比图像载频高6.5MHz，带宽±0.25MHz，所以每个频道带宽为8MHz，从图像载频-1.25MHz至图像载频频率+6.5MHz。



# MC 数字电视标准之争

- ◆ 由于高清晰度电视的标准肯定是全数字式，所以高清晰度电视的标准的竞争又扩大到数字电视系统的竞争。
- ◆ 目前竞争的两大标准是欧洲的数字电视广播联盟（**DVB**, Digital Video Broadcasting）和美国的先进电视系统联盟（**ATSC**, Advanced Television System Committee）。
- ◆ 继欧、美之后，日本在欧洲**DVB**技术的基础上，研制出世界上第三个拥有独立知识产权的数字电视地面广播标准（**ISDB**, Integrated Services Digital Broadcasting）。

# MC DVB系列标准

- ◆ 卫星广播 DVB-S
  - (Digital Video Broadcasting-Satellite)
- ◆ 有线电视 DVB-C
  - (Digital Video Broadcasting-Cable)
- ◆ 地面广播 DVB-T
  - (Digital Video Broadcasting-Terrestrial )
- ◆ 手持设备 DVB-H
  - (Digital Video Broadcasting Handheld)



# 国内地面广播标准之争

◆从2000年开始，上海交通大学、清华大学、西安电子科技大学、广播电视总局科学研究院、成都电子科技大学共5家教育科研单位开始了数字电视地面传输标准的研发。2003年，上海交通大学的ADTB-T标准、清华大学的DMB-T标准、广播电视总局科学研究院的CDTB-T标准入围。

- DMB-T (Terrestrial Digital Multimedia/Television Broadcasting) 基于 TDS-OFDM (Time Domain Synchronous -Orthogonal Frequency Division Multiplexing)调制技术
- 上海交大的ADTB-T (Advanced Digital Television Broadcasting System - Terrestrial)标准是单载波调制技术：4/16/64QAM

◆2006年，国内标准确定

- DTMB (Digital Terrestrial Multimedia Broadcast)



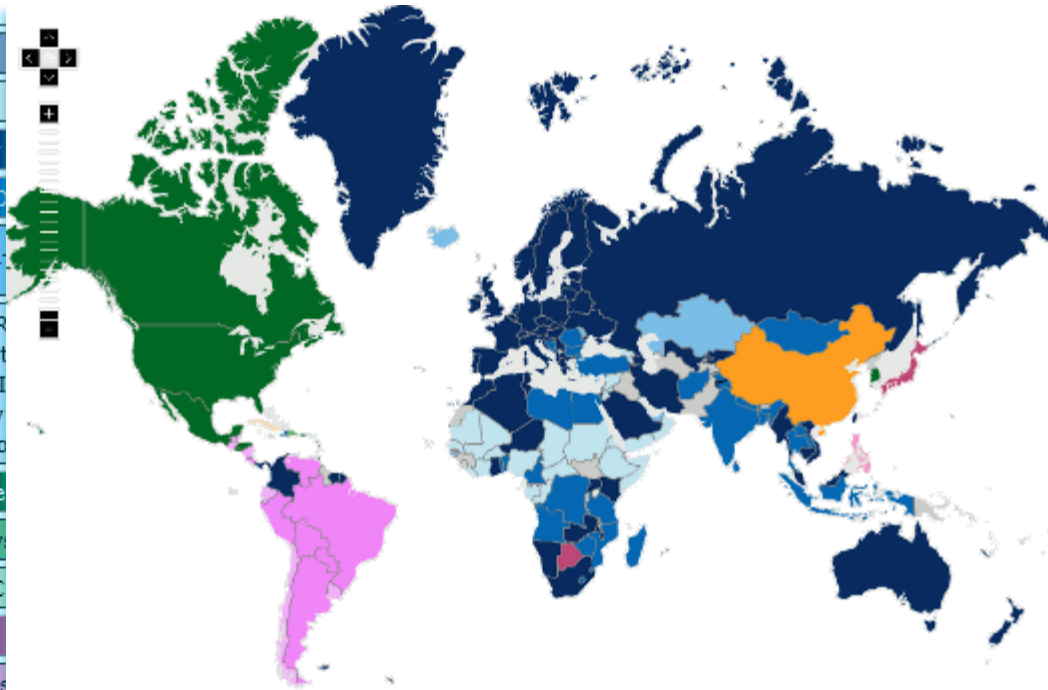
# 地面广播标准比较

	美ATSC	欧DVB-T	日ISDB	清华DMB-T
视频	MPEG-2—视频部分			
音频	Dolby AC-3	MPEG1 layerII Dolby AC-3	MPEG2- AAC	MPEG1 LayerI/II Dolby AC-3
外码	RS,参数和交织方式不同			
内码	2/3格形码	卷积码		卷积码,网格码 Turbo码
调制	8,16VSB	COFDM	BST-OFDM	TD6-OFDM
均匀星座图	8,16VSB	QPSK/16QAM/ 64QAM	QPSK/16QAM/ 64QAM	QPSK/16QAM/6 4QAM
分级调制		多分别率星座图(16QAM和54QAM)	在13个分段上有3种不同的调制	多分别率星座图(64QAM和256QAM)



# 数字电视地面广播标准部署现状

Brief overview	
System	Explanation
DVB-T/DVB-T2	Broadcasting via DVB-T/DVB-T2 is actively
DVB-T/DVB-T2 adopted	Countries which have adopted the DVB-T/D
DVB-T/DVB-T2 trial broadcasts	Those countries undertake trials with DVB-
RRC06	The according countries participate in the R Radiocommunications Conference 2006 of t (International Telecommunication Union). I that all countries taking part will ultimately DVB-T/DVB-T2 system when they move fro
ATSC	Broadcasting via the ATSC system is active
ATSC adopted	Countries which have adopted the ATSC sy
ATSC trial broadcasts	Those countries undertake trials with ATSC
ISDB-T	Broadcasting via ISDB-T is actively in use.
ISDB-T adopted	Countries which have adopted the ISDB-T s
ISDB-T trial broadcasts	Those countries undertake trials with ISDB-T.
SBTVD-T	Broadcasting via SBTVD-T is actively in use.
SBTVD-T adopted	Countries which have adopted the SBTVD-T system.
DTMB	Broadcasting via DTMB is actively in use.
DTMB adopted	Countries which have adopted the DTMB system.
DTMB trial broadcasts	Those countries undertake trials with DTMB.
Commercial DVB-T services	No formal adoption of a DTT standard.
	Undecided countries.



**SBTVD**, short for Sistema Brasileiro de Televisão Digital (English: Brazilian Digital Television System) is a technical standard based on ISDB-T standard, launched in commercial operation on December 2, 2007.

## 地面数字电视广播覆盖网发展规划

到2011年底，全国拥有电视转播发射台15397座，电视发射机30082部，总发射功率13960千瓦，无线电视综合覆盖率达94.52%，电视机社会拥有量超过5亿台。

在此基础上，分三步继续推动有关工作，计划分为以下三个步骤：

第一步：2013-2015年，争取在全国县级（含）以上城镇以高、标清方式播出地面数字电视，并逐步开始优化省会城市以及地市和县的覆盖网络。

从2015年开始，当全国地级（含）以上城市的中央电视台第一套、第七套和本省第一套、本地第一套地面数字电视同播节目的人口覆盖率达到模拟电视的水平且地面数字电视接收机基本普及后，逐步停播地面数字电视服务区内的模拟电视发射（本地还没有同播的模拟电视可直接转换成数字电视）。

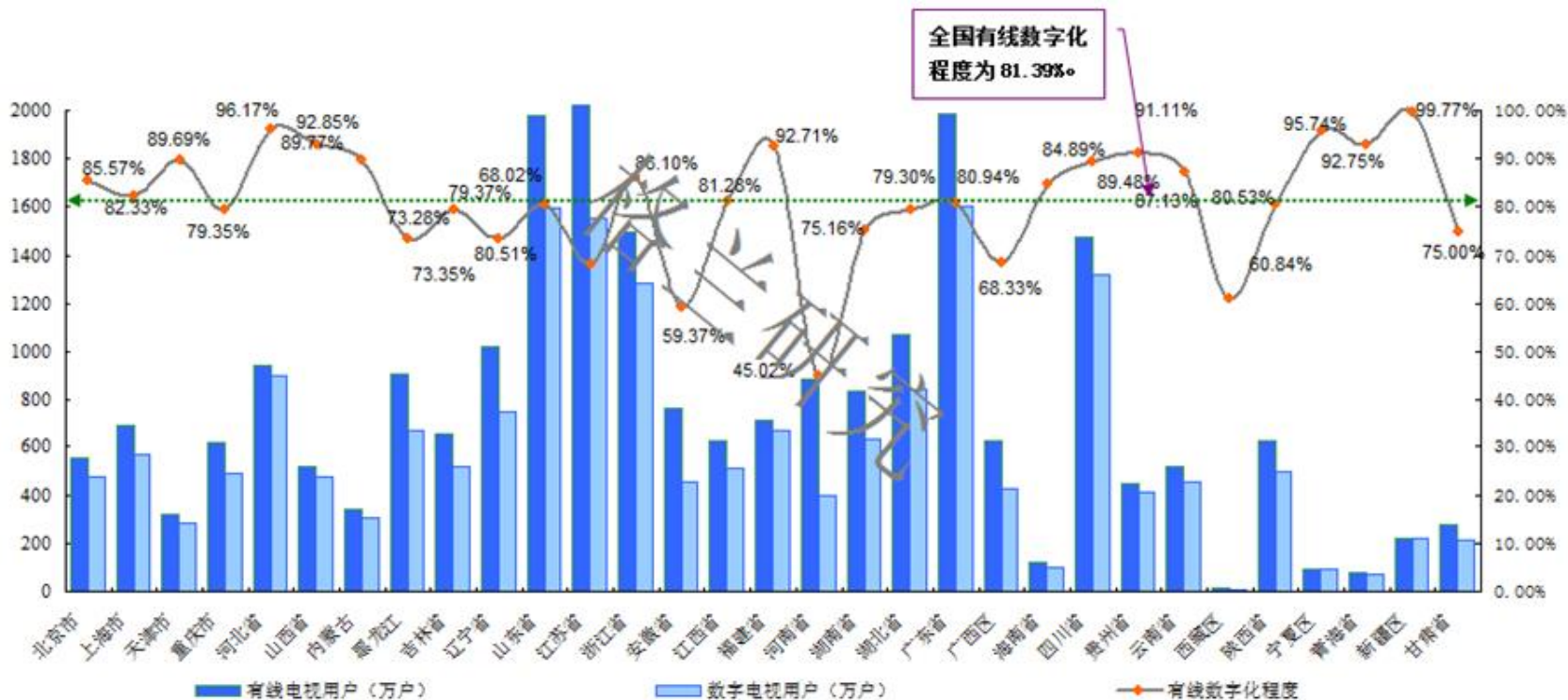
第二步：到2018年底，全国地级（含）以上城市地面电视完成向数字化过渡。全国县级（含）以上城镇的中央电视台第一套、第七套和本省第一套、本地第一套地面数字电视同播节目人口覆盖率达到模拟电视的水平且地面数字电视接收机基本普及后，开始逐步停播模拟电视。

第三步：到2020年底，全面完善地面数字电视广播覆盖网，当全国中央电视台第一套、第七套和本省第一套、本地第一套地面数字电视同播节目人口覆盖率达到模拟电视的水平且地面数字电视接收机基本普及后，全面关闭地面模拟电视信号，完成地面电视向数字化过渡。



# 中国有线电视数字化程度进展

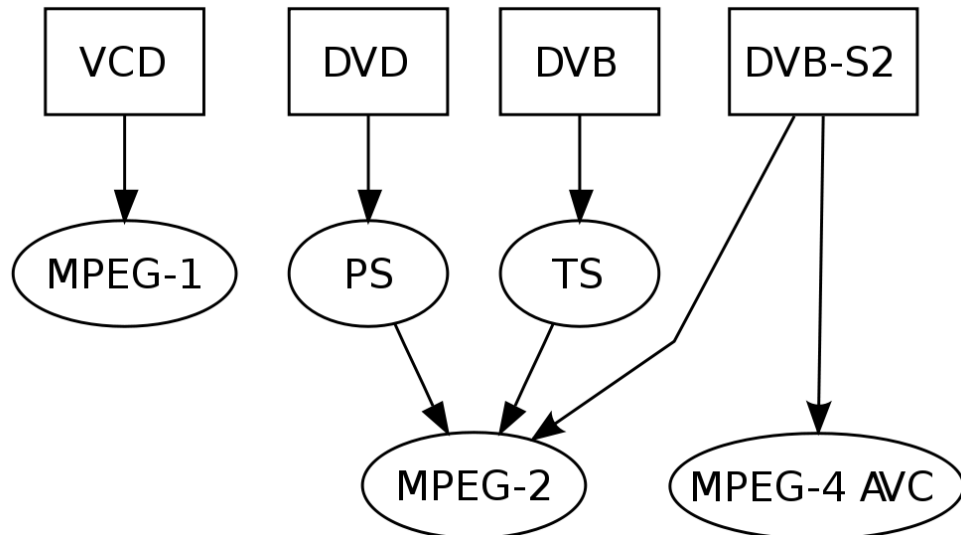
◆截至2015年2月底，我国有线数字电视用户达到18802.2万户，有线数字化程度约为81.39%（有线电视用户基数为2.31亿户，数据来源于国家广电总局），我国有线数字化整体转换已步入中后期。





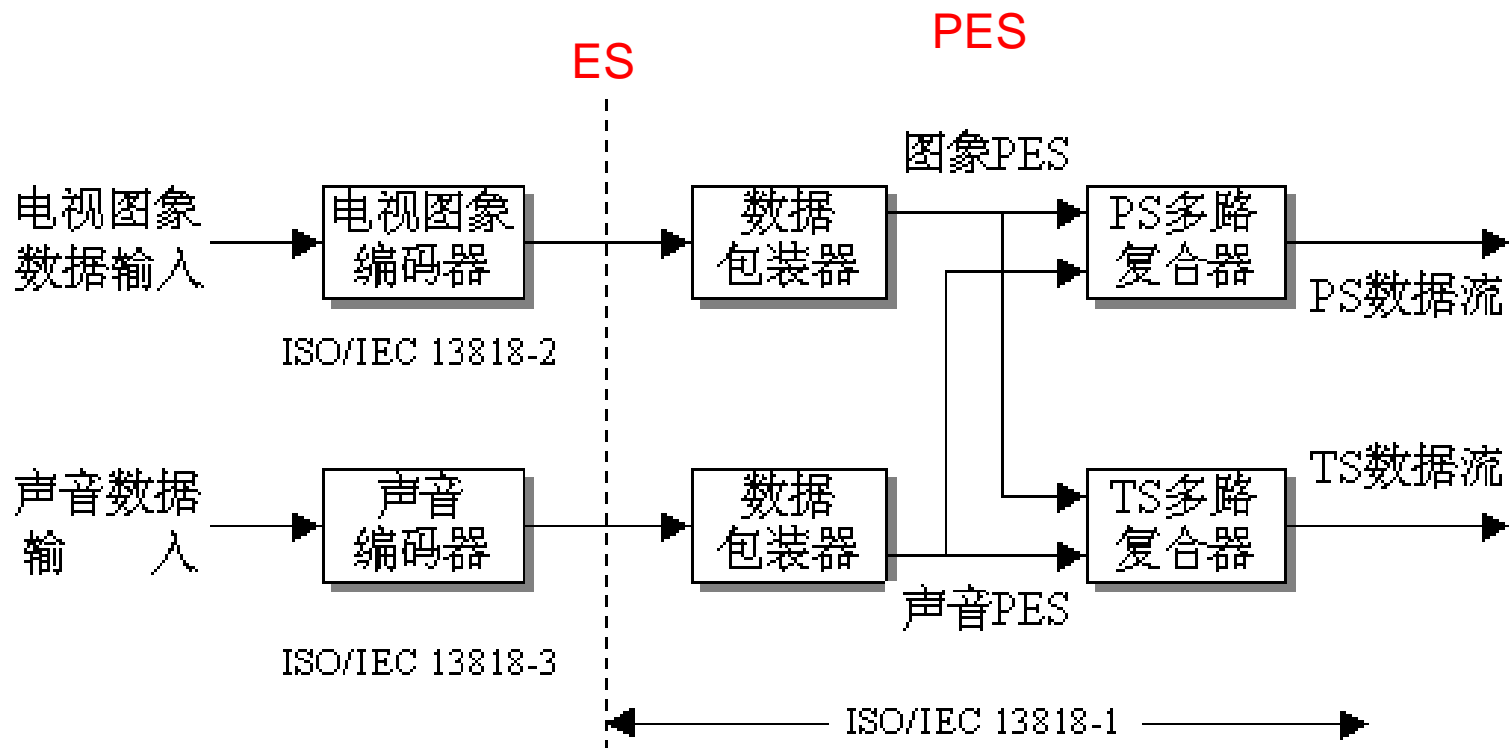
# 数据电视的音视频编码

◆ MPEG-2 is widely used as the format of **digital television signals** that are broadcast by terrestrial (over-the-air), cable, and direct broadcast satellite TV systems. It also specifies the format of movies and other programs that are distributed on DVD and similar discs. As such, TV stations, TV receivers, DVD players.





# MPEG-2 系统传输层结构



**ES**(elementary stream)

**PES**(packetized elementary streams)

# MC MPEG数据流：标准

## ◆ MPEG-2标准

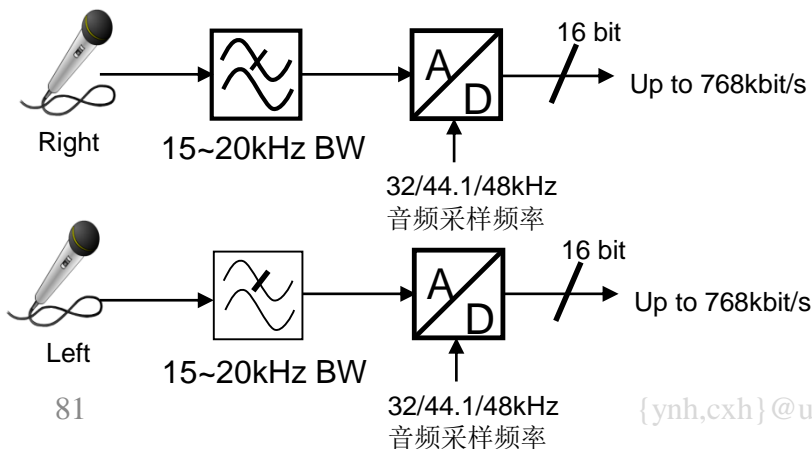
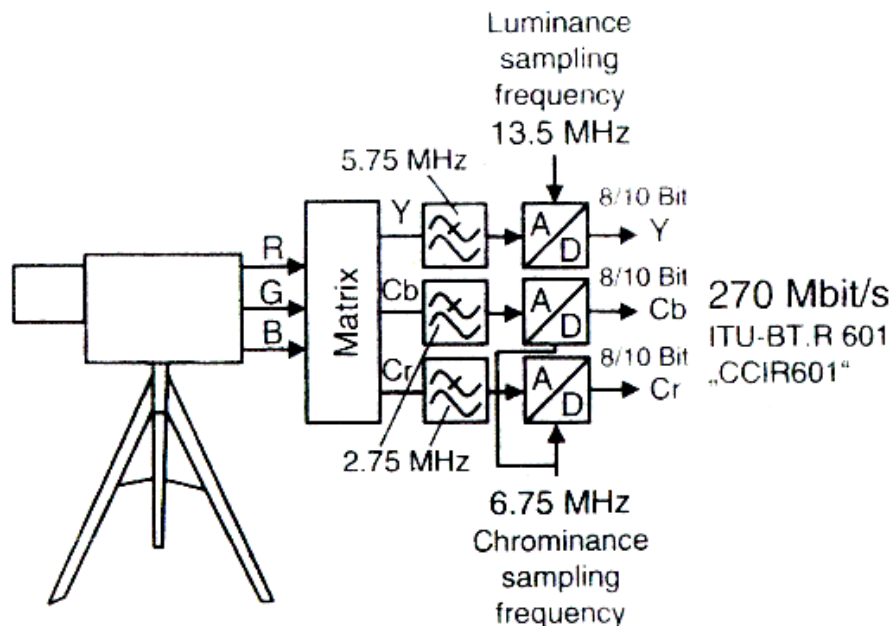
- ISO/IEC 13818-1 系统层
- ISO/IEC 13818-2 视频编码层
- ISO/IEC 13818-3 音频编码层

◆ 系统层也可用于传送音视频以外的数据，如Internet数据。

◆ 系统层描述MPEG数据流的整体结构，实际中具有重要意义。

◆ 原始SDTV信号（ITU601）码率**270Mbit/s**；

◆ CD质量的原始数字立体声音频信号码率为**1.5Mbit/s**。



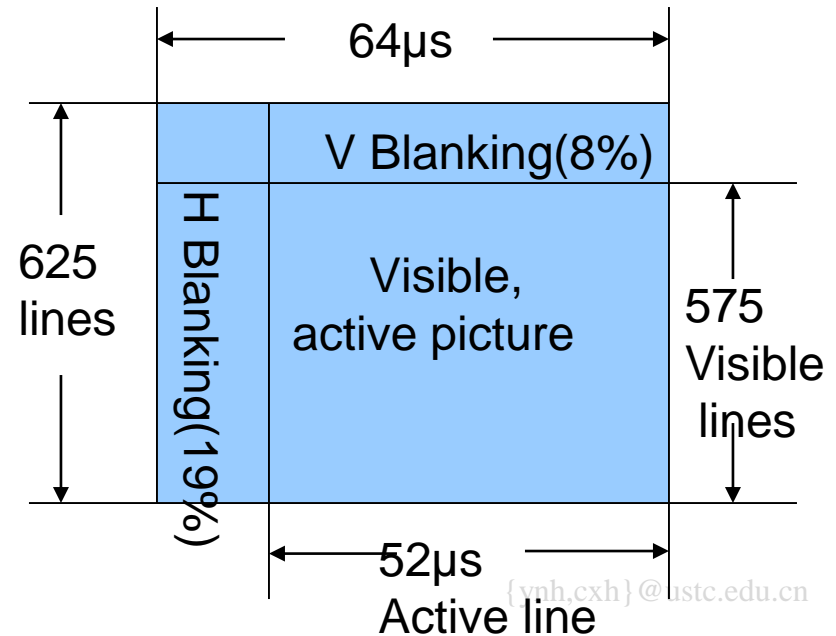
# MC 270Mbps → 2-6Mbps ?

## ◆ CCIR 601: 270Mbps

- Y: 13.5 MHz Cr, Cb: 6.75 MHz / 10bits

## ◆ MPEG-2: 2-6Mbps

- YUV 4:4:4 → YUV 4:2:2 20%
- YUV 4:2:2 → YUV 4:2:0 20%
- 去除空白 25%
- DPCM/DCT/Huffman
- 去帧间冗余



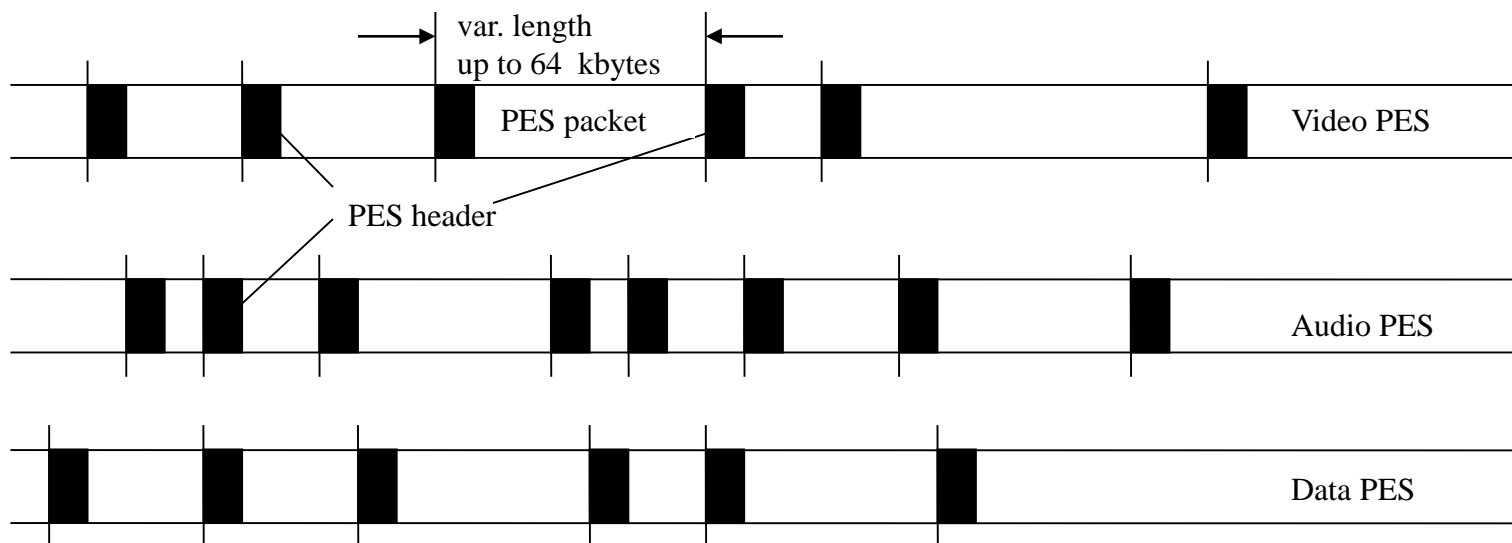
# MC 视频ES流静荷内容

- ◆ 块：视频流的最小单元是8x8像素块，是DCT的单位。
- ◆ 宏块：是量化控制的单位，不同宏块可采用不同量化因子。
  - 量化因子是实际视频PES流控制码率的调节器。
  - 量化表不能在宏块层改变。
  - 宏块可以是帧编码或场编码。
- ◆ Slice：一行中若干宏块构成一个slice
  - 每个slice头在误码时用于重同步
  - 误码掩盖主要在slice层，发生误码时，MPEG解码器将前一帧的slice复制到当前帧，解码器可以在一个新slice开头重新同步，slice越短，误码造成的干扰越小。
- ◆ 帧：若干slice构成一帧，有I/P/B帧
  - 每一帧都有帧头
  - 由于B帧，编码顺序和显示顺序不同，帧头和PES头带有时间戳，可以恢复原始帧顺序。
- ◆ GOP：若干I/P/B帧构成一个GOP
  - 每一组GOP都有GOP头
  - 广播采用短GOP，半秒12帧
  - MPEG解码器只能在GOP的第一个I帧重同步。
  - 大容量设备如DVD可以采用长GOP。
- ◆ 序列：一个GOP或多个GOP构成一个序列
  - 序列有序列头，包括重要视频参数如量化表。



# MPEG数据流：ES

- ◆ 视频信号压缩到1Mbit/s(MPEG-1)和2~6Mbit/s(MPEG-2)
- ◆ 音频信号压缩到100~400kbit/s
- ◆ 压缩后的视音频信号称作ES(elementary stream)流，包括：
  - 视频流
  - 音频流
  - 数据流——任何类型的压缩或未压缩数据





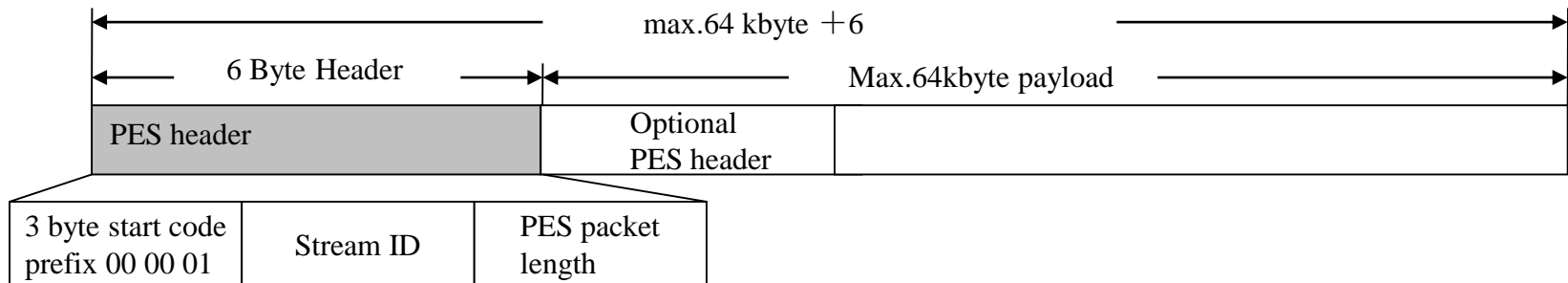
# MPEG数据流： PES

- ◆ 压缩后所有ES流被打成不同长度的包，叫做 **PES(packetized elementary streams)**。
- ◆ 根据不同时刻视音频内容的不同，压缩比也时刻变化，就需要有不同长度的数据包。
  - 每个视频包有一个或几个压缩视频帧
  - 每个音频包有一个或多个压缩音频信号段
- ◆ 每个**PES包最大64kbytes**，由头Header和净负荷数据payload组成：
  - header包含了16位bit指示包的长度
  - payload包含压缩视频/音频流或纯数据流
  - 视频包的长度某些情况下可大于64kbytes，此时包头(header)中包长度指示为0，解码器要利用其他机制找出包的终止处。

类比TCP的最大包长度： $65535-20=65515$

# MC PES头标

- ◆ 所有ES流首先被打包成不同长度的PES包，通常为64kbytes。
- ◆ 开头为6byte的PES头：
  - 前3个byte是起始码前缀00 00 01，用于表明一个PES包的开始。
  - 第4个byte是起始码标志，说明起始码种类，表明payload中是视频、音频还是数据流。
  - 后两个byte是包长度，说明后面还有多少字节。如果长度为0，表示PES包大于64kbytes。



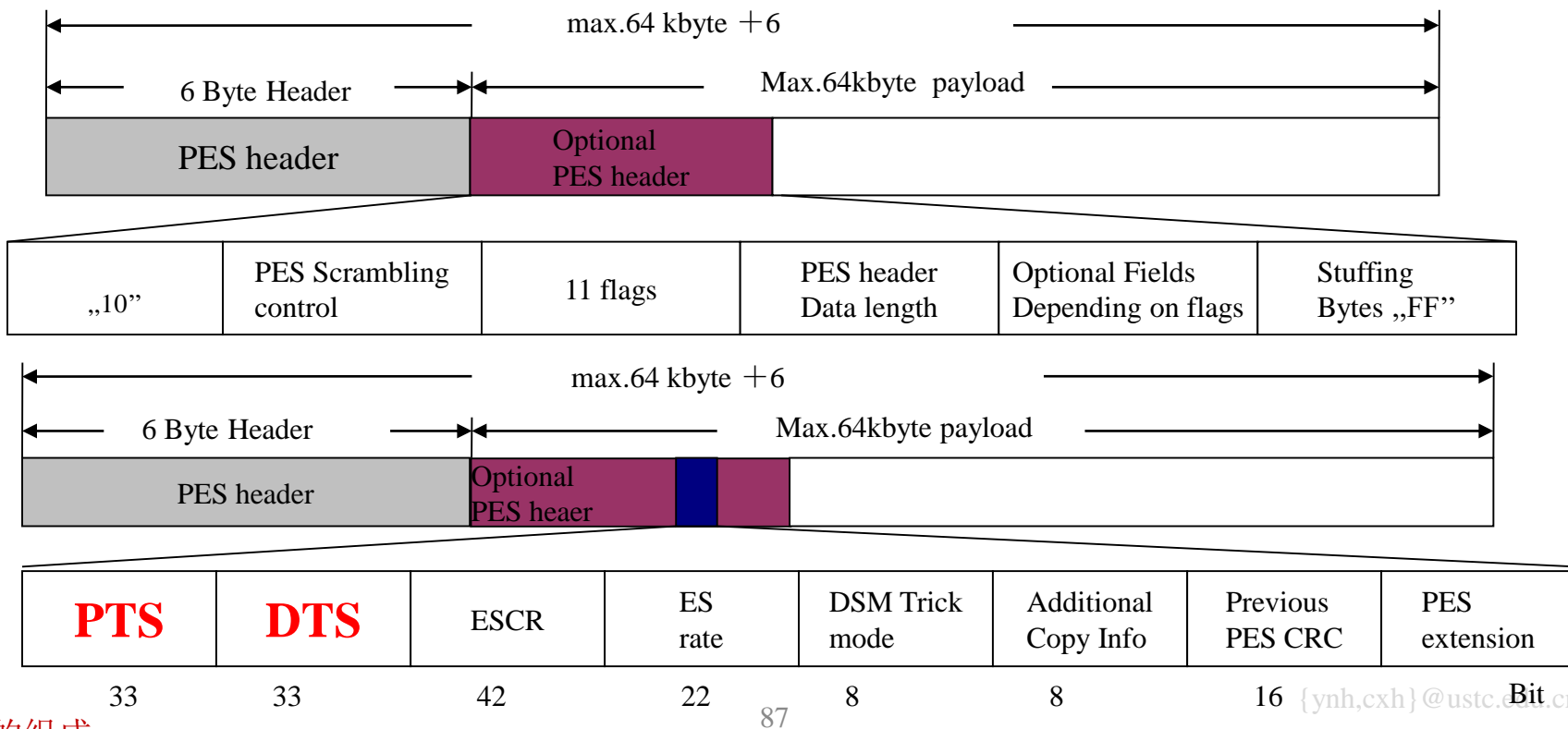
PES的组成

- ◆ 然后是可选PES头
- ◆ 最后是实际传送ES流的净负荷数据(payload)

# MC PES扩展头标

## ◆ 可选PES头:

- PES头的可选扩展，根据当前传送ES流的要求设置。
- 有12比特的11个标志来控制可选PES头中包含哪些字段，其中有 **PTS** (presentation time stamps)和**DTS** (decoding time stamps)，对视/音频同步非常重要。





# PES → TS (transport stream packets)

UDP/TCP包最大长度: MSS, Maximum Segment Size

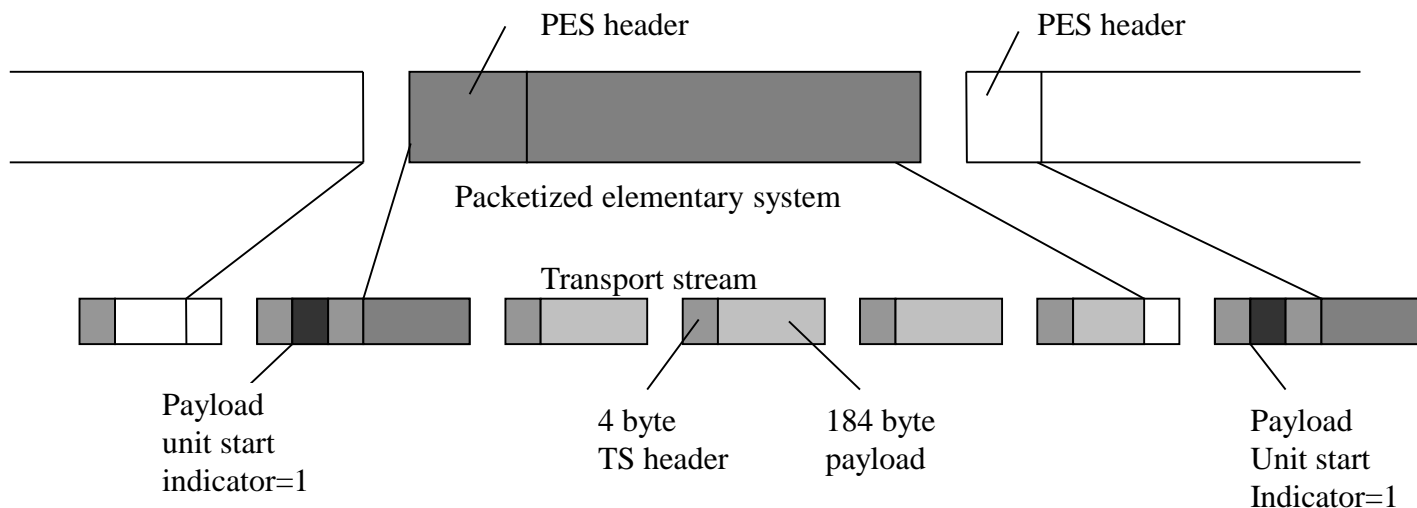
IP包的最大长度MTU(Maximum Transmission Unit)决定, Ethernet的MTU是1500

◆ PES结构不适合传输, 尤其不适合一个流中有多个节目的广播应用。而MPEG-2目标是将6,10甚至20个电视节目或广播节目形成一个复用MPEG-2数据流, 然后通过卫星、电缆或地面传输。因此, PES包再分成固定长度的更小的包, 即TS包(transport stream packets):

188字节长

4个字节的TS头

184个字节的PES包数据



MPEG-2 TS包组成

# MC 包的复用

## ◆对TS包再进行复用：

- 先复用同一个节目的TS包，一个节目可包含一个或多个视频和音频信号（如不同角度摄像机、不同语言等）。
- 所有节目的所有复用数据流再进行复用形成最终的TS流。



Multiplexed video and audio PES packets

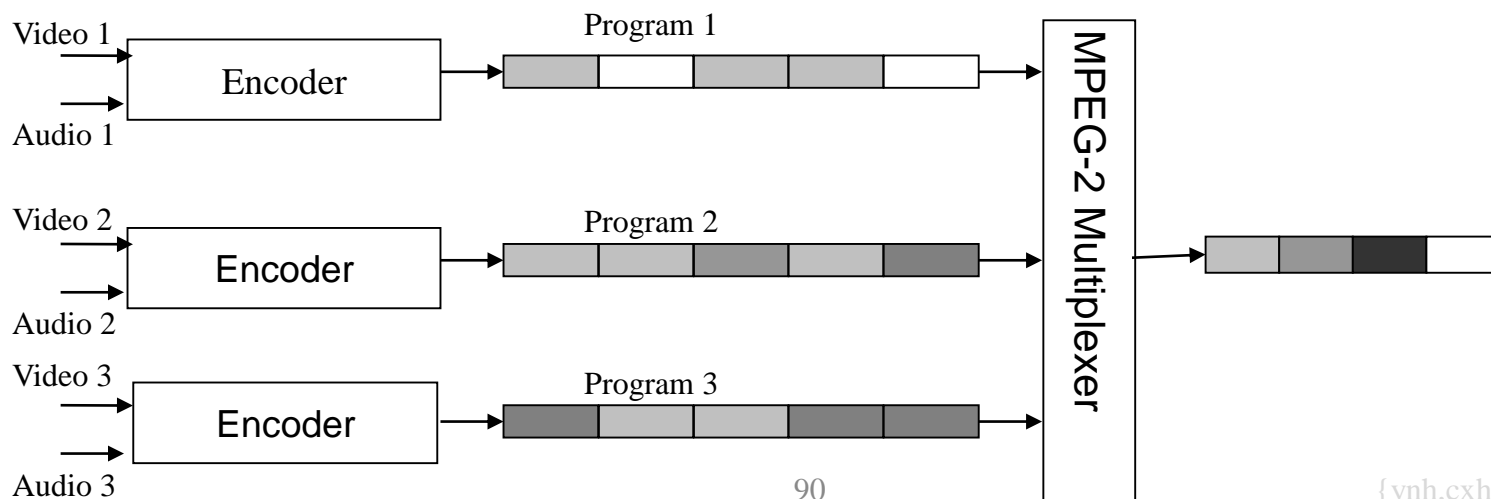
Application:  
MPEG-1 Video CD  
MPEG-2 SVCD  
MPEG-2 Video DVD

- MPEG-1，视频PES包与音频PES包复用，最大码率为1.5Mbit/s，用于VCD。



# MPEG-2 TS流的复用

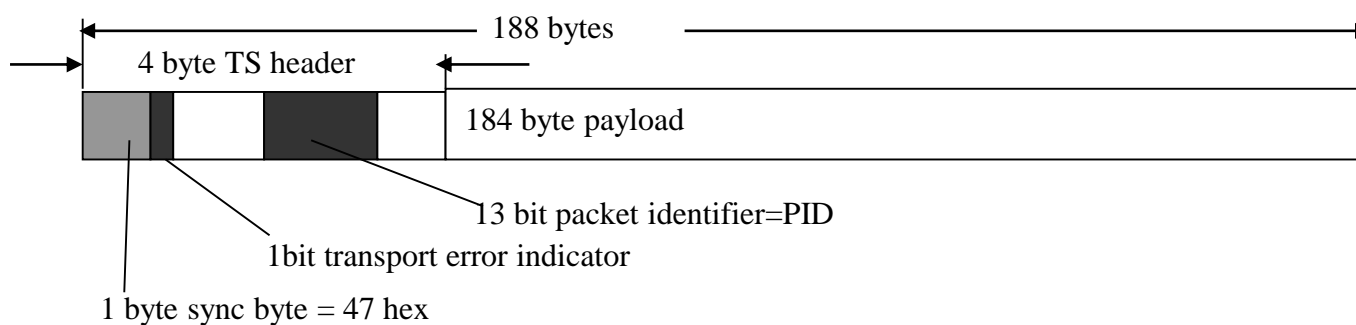
- ◆ MPEG-2的TS包长188字节，包含所有节目的所有数据。
- ◆ 由于码率不同，MPEG-2 TS流中不同ES流的包出现频率不一样。
- ◆ 每个节目有一个编码器对所有ES流编码，产生PES，并将PES包打包成TS包。
- ◆ 每个节目的码率通常约2~8Mbit/s，但由于节目内容随时间变化，视/音频和数据总码率可以是固定或变化的，称为统计复用。
- ◆ 所有节目的TS流再复用成一个总的TS流，最大约40Mbit/s。





# MPEG-2 TS包:头标

- ◆ 固定长度188字节，4字节header和184字节payload



- ◆ header包含了对包传输过程非常重要的信息:

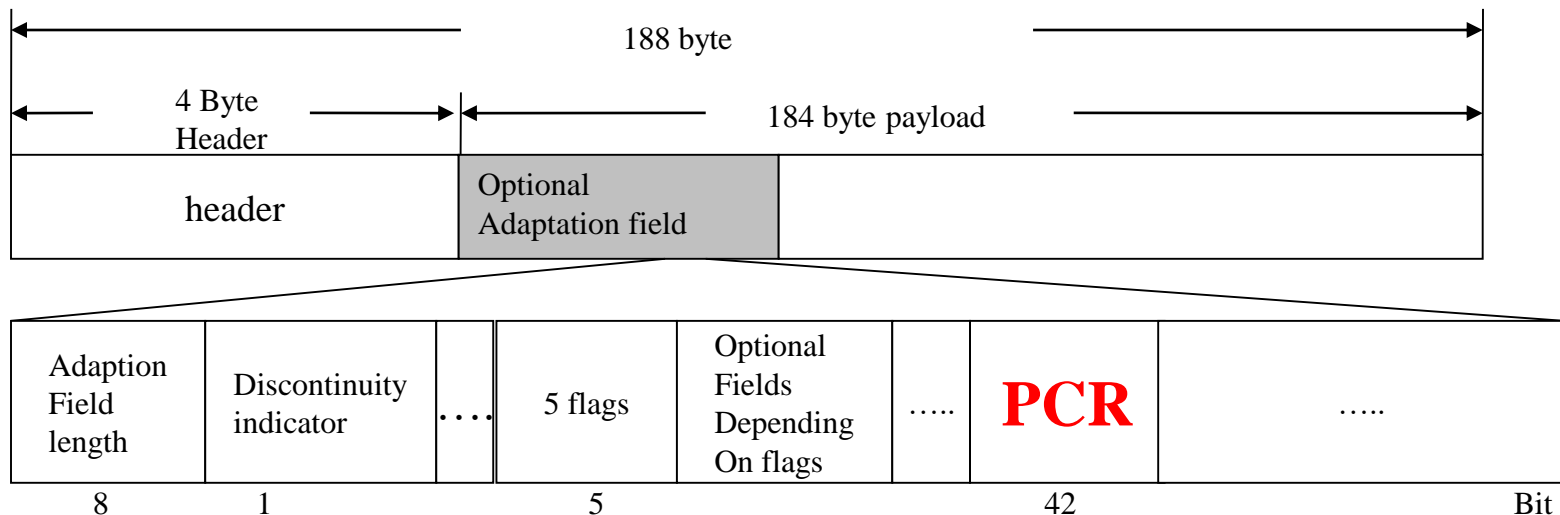
- 第一个字节是**同步**字节
  - 固定值47hex，在TS流中的间隔也固定。
  - 码流中其他位置也可能出现47hex，因此同步字节利用固定数值和固定间隔两方面联合实现同步。
  - 解码器在接收到5个TS包后开始同步。
- 同步字节后的一个比特是传输**差错标志**
  - 由解调器在传输信道末端设置
  - 例如错误太多无法利用误码纠正机制进行恢复的情况。
- 13bit的**PID(packet identifier)**
  - 描述该包中payload的内容以及该包属于哪个ES流。



# MPEG-2 TS包: 扩展头标

◆有时TS包的头长度必须大于4个byte:

- 包头扩展到payload中, payload长度相应缩短, 但总包长度仍是188bytes。
- 扩展的包头称作“adaptation field”。
- 在4bytes的包头中由Adaptation control bits标志是否有adaptation field。



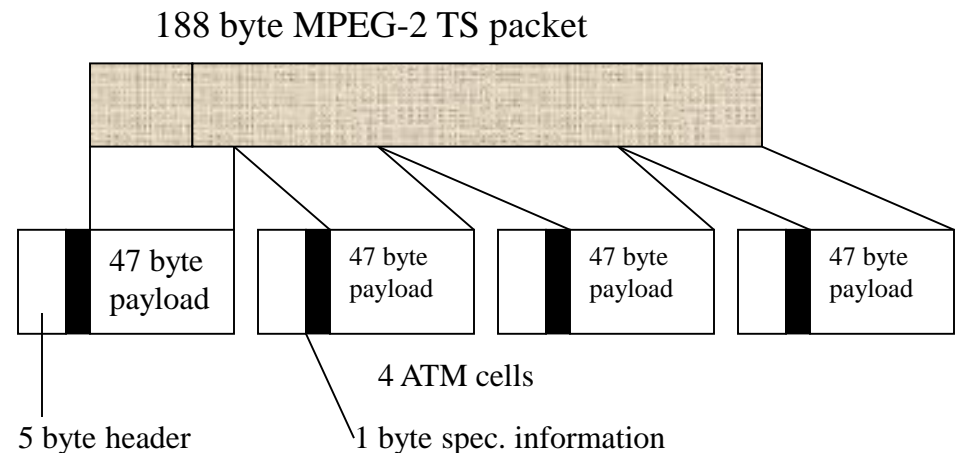
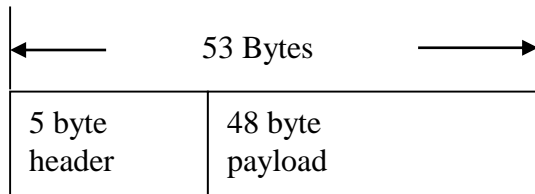
带adaptation field的TS包



# MPEG-2 TS包: ATM

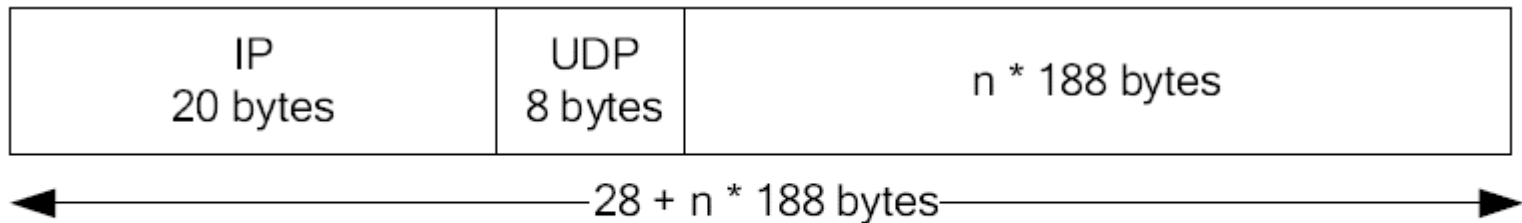
- ◆ TS包的结构和长度与电话和LAN技术采用的异步转移模式ATM类似：
  - ATM用于电话的远程网络和局域网的计算机网络中。
  - ATM也采用包结构，每个包53bytes，由5bytes的头和48bytes的payload组成。
  - MPEG-2初期考虑利用ATM传输，ATM包的payload中有一个特殊byte，实际payload只有47bytes，因此TS包的188bytes正好可以由4个ATM包传送。
  - 实际也存在MPEG-2通过ATM传输。

ATM=Asynchronous Transfer Mode

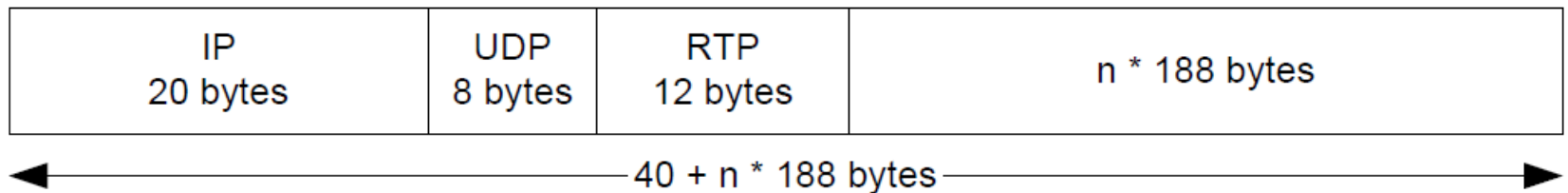




# DVB中TS流的IP承载



**Minimal packet format (IPv4) for UDP encapsulation**



**Minimal packet format (IPv4) for RTP encapsulation**



# 下一代的数字电视标准？ DVB系列的演进

- ◆ Satellite: DVB-S → DVB-S2
- ◆ Cable: DVB-C → DVB-C2
- ◆ Terrestrial television: DVB-T → DVB-T2
- ◆ Microwave: using DTT (DVB-MT), the MMDS (DVB-MC), and/or MVDS standards (DVB-MS)

	DVB-S2	DVB-T2	DVB-C2
Input Interface	Multiple Transport Stream and <a href="#">Generic Stream Encapsulation</a> (GSE)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)	Multiple Transport Stream and Generic Stream Encapsulation (GSE)
Modes	<a href="#">Variable Coding</a> & Modulation and <a href="#">Adaptive Coding</a> & Modulation	Variable Coding & Modulation <sup>[4]</sup>	Variable Coding & Modulation and Adaptive Coding & Modulation
FEC	LDPC + BCH 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10	LDPC + BCH 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6	LDPC + BCH 1/2, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9, 9/10 <sup>[5]</sup>
Modulation	Single Carrier QPSK with Multiple Streams	OFDM	absolute OFDM <sup>[6]</sup>
Modulation Schemes	QPSK, 8PSK, 16APSK, 32APSK	QPSK, 16QAM, 64QAM, 256QAM	16- to 4096-QAM
Guard Interval	Not Applicable	1/4, 19/256, 1/8, 19/128, 1/16, 1/32, 1/128	1/64 or 1/128
Fourier transform size	Not Applicable	1k, 2k, 4k, 8k, 16k, 32k DFT	4k Inverse FFT <sup>[7]</sup>
Interleaving	Bit-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving	Bit- Time- and Frequency-Interleaving
Pilots	Pilot symbols	Scattered and Continual Pilots	Scattered and Continual Pilots



# 小结：HDTV标准和流格式

- ◆ 数字电视标准
  - DVB/ATSC/ISDB
- ◆ 标准系列
  - DVB-S/DVB-C/DVB-T
- ◆ 移动电视
  - DVB-T/DMB-T/ADTB-T
- ◆ 视频序列 → GOP → 帧 → Slice → 宏块 → 块
- ◆ DVB
  - ES → PES → TS
  - IP → TS
- ◆ DVB-C2

# MC 裸数据的组织

- ◆ 现有网络中数据组织的方式
- ◆ 主流音视频流的数据组织方式
  - 数字音乐 CD-DA
  - 音乐文件 MP3
  - 数字音频广播 DAB
  - 数字电视 MPEG2
  - MPEG-4 AVC / H.264
    - H.264的“Network Friendly”特性
    - H.264码流结构



# H.264的概念层: VCL + NAL

## ◆ 视频编码层(VCL)和网络抽象层(NAL)

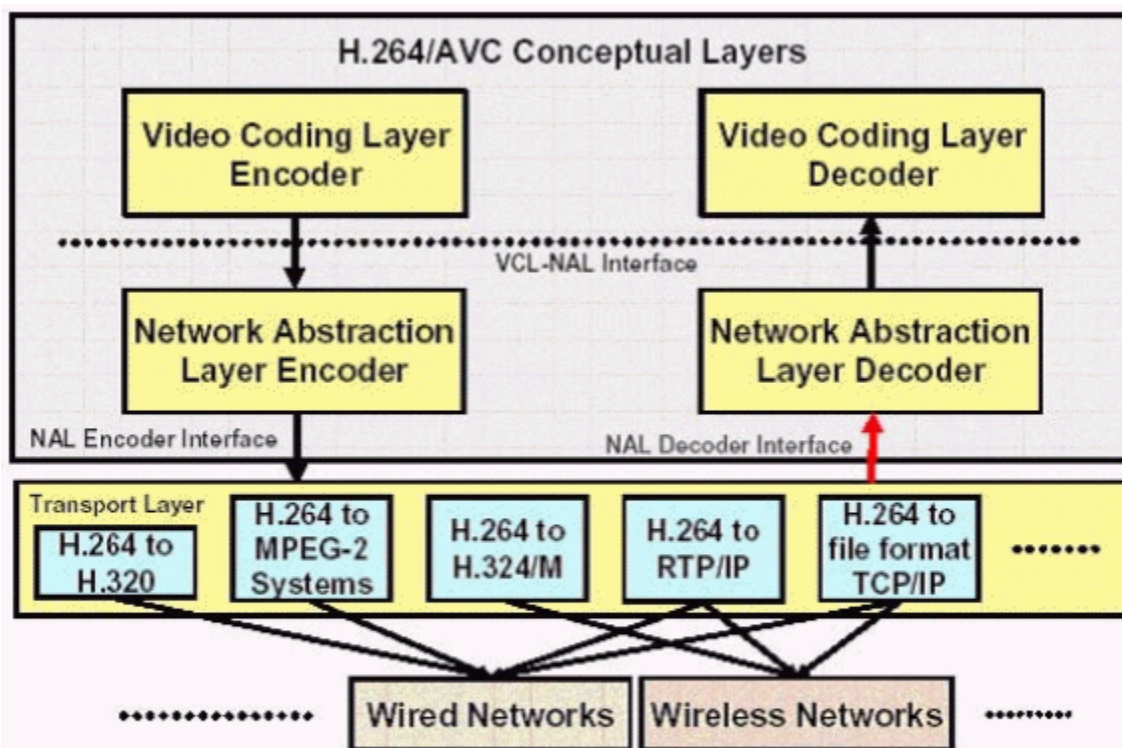
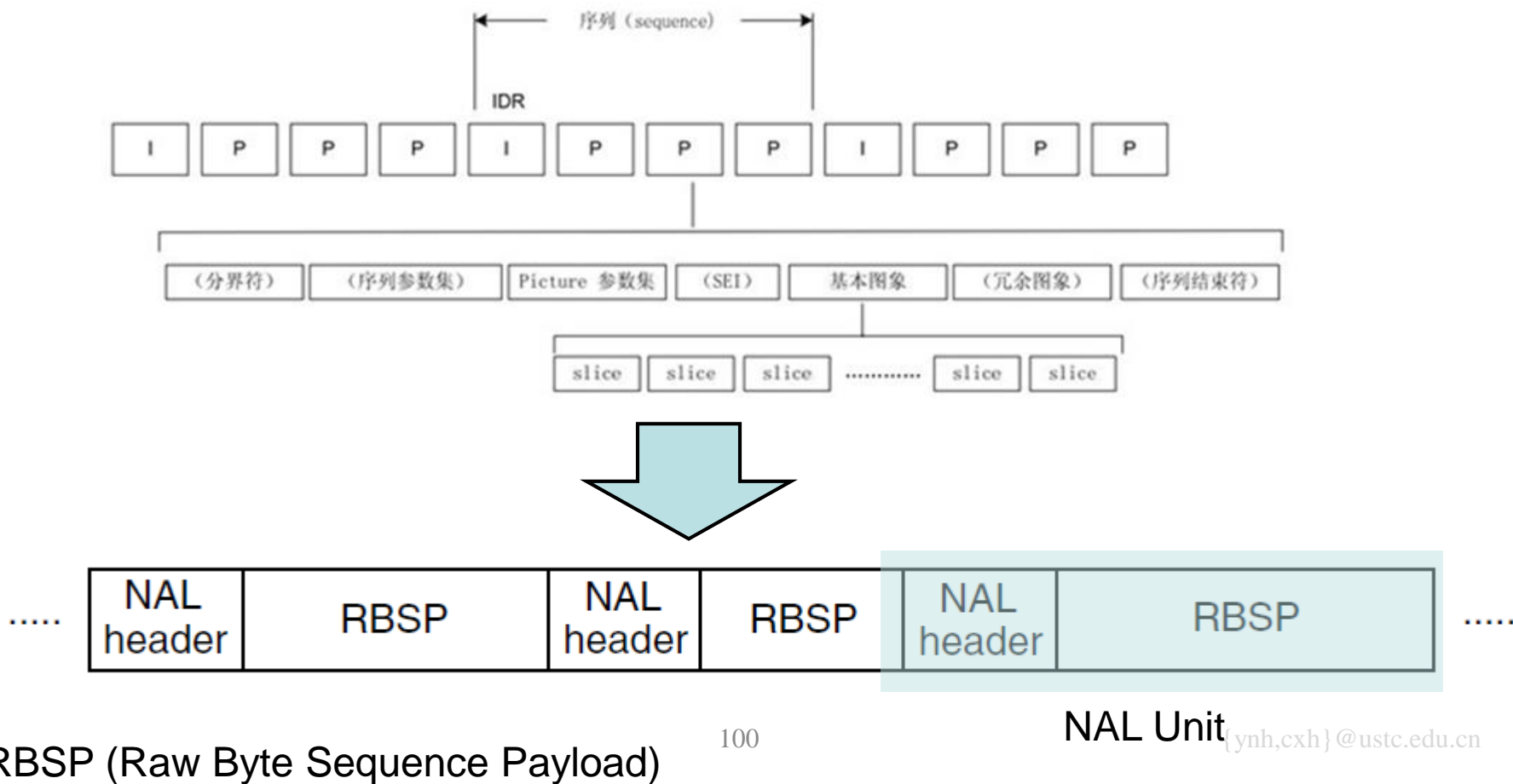


Figure 2 : The H.264/AVC Standard in Transport Environment

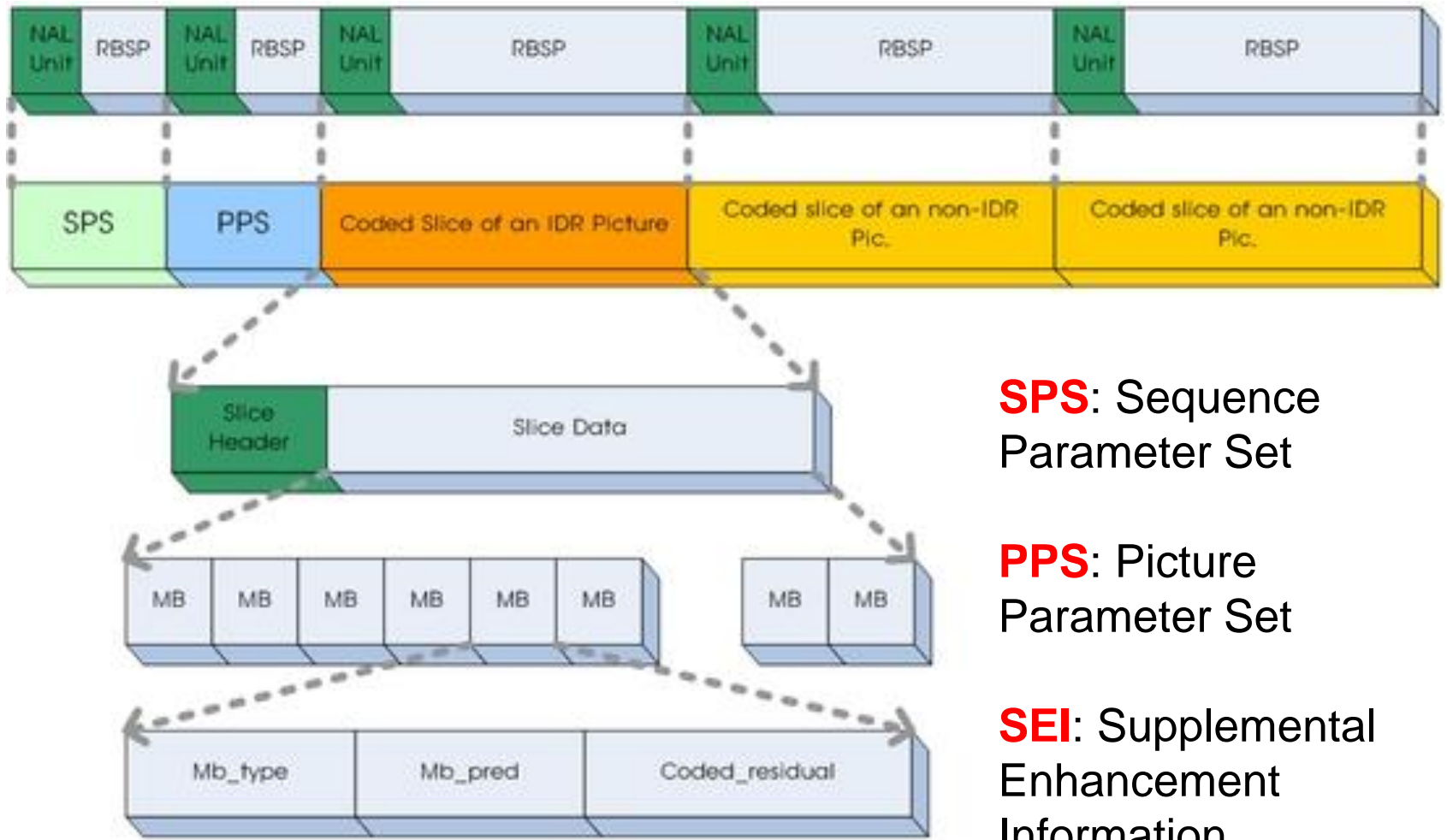
# MC H.264码流内容

◆ IDR: 一个序列的第一个图像叫做 IDR 图像（立即刷新图像）





# 含参数、图像数据的流格式示意



**SPS:** Sequence Parameter Set

**PPS:** Picture Parameter Set

**SEI:** Supplemental Enhancement Information



# NAL Unit 头标 (NALU类型)

## ◆ NALU 头由一个字节组成

<b>F(1bit)</b>	<b>NRI(2bits)</b>	<b>Type(5bits)</b>
----------------	-------------------	--------------------

### ◆ F: forbidden\_zero\_bit

- H.264中规定必须为 0

### ◆ NRI: nal\_ref\_idc

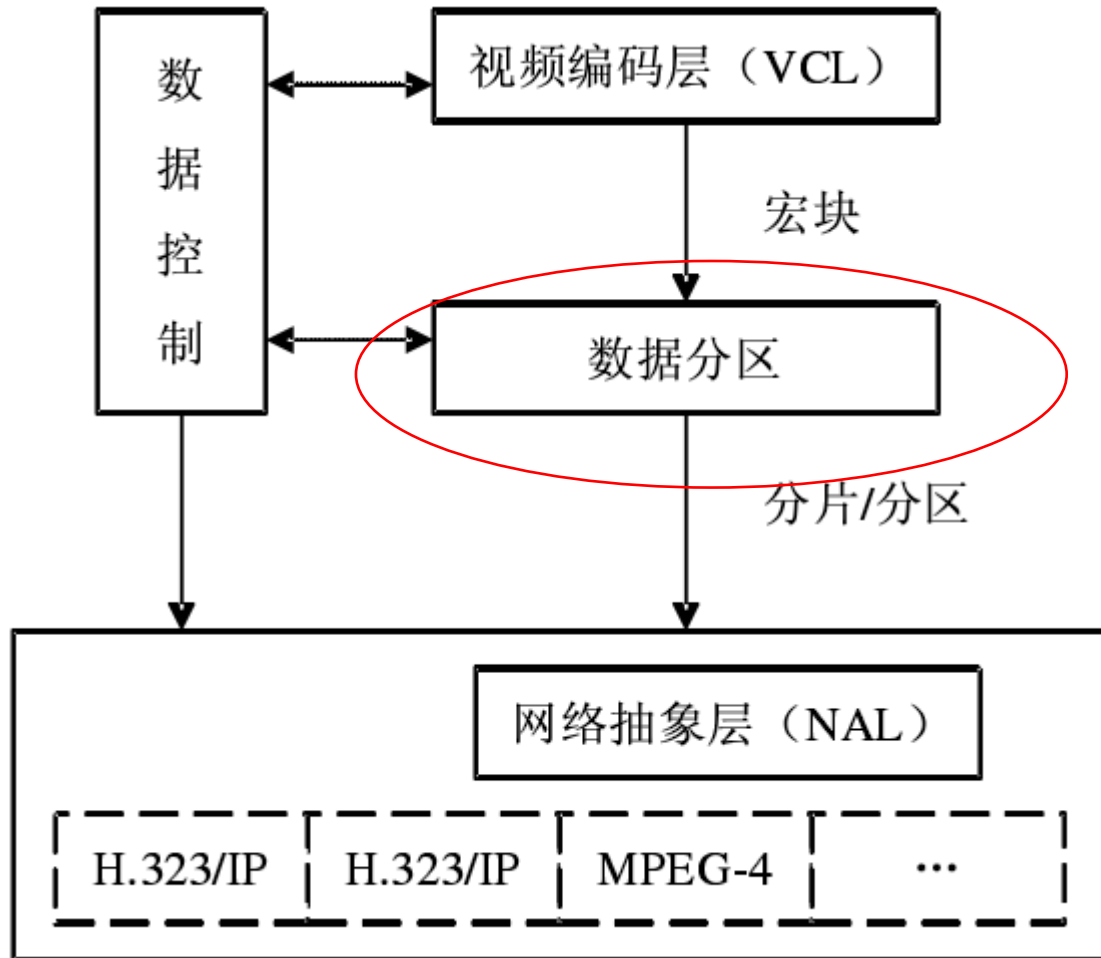
- 指示这个 NALU 的重要性

## Type定义

- 0: 未规定
- 1: 非IDR图像中不采用数据分区的片段
- 2: 非IDR图像中A类数据分区片段
- 3: 非IDR图像中B类数据分区片段
- 4: 非IDR图像中C类数据分区片段
- 5: IDR图像的片段
- 6: 补充增强信息 (SEI: Supplemental Enhancement Information)
- 7: 序列参数集(SPS: Sequence Parameter Set)
- 8: 图像参数集(PPS: Picture Parameter Set)
- 9: 分割符(PD, Picture Delimiter)
- 10: 序列结束符(End of sequence)
- 11: 流结束符(End of stream)
- 12: 填充数据
- 13 – 23: 保留
- 24 – 31: 未规定



# 数据分区 Data Partition





# 三类数据分区重要性不同

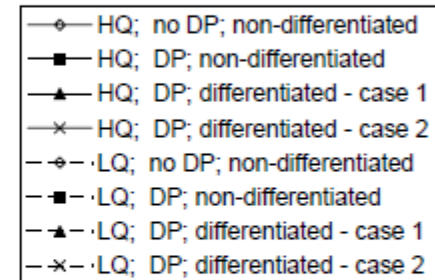
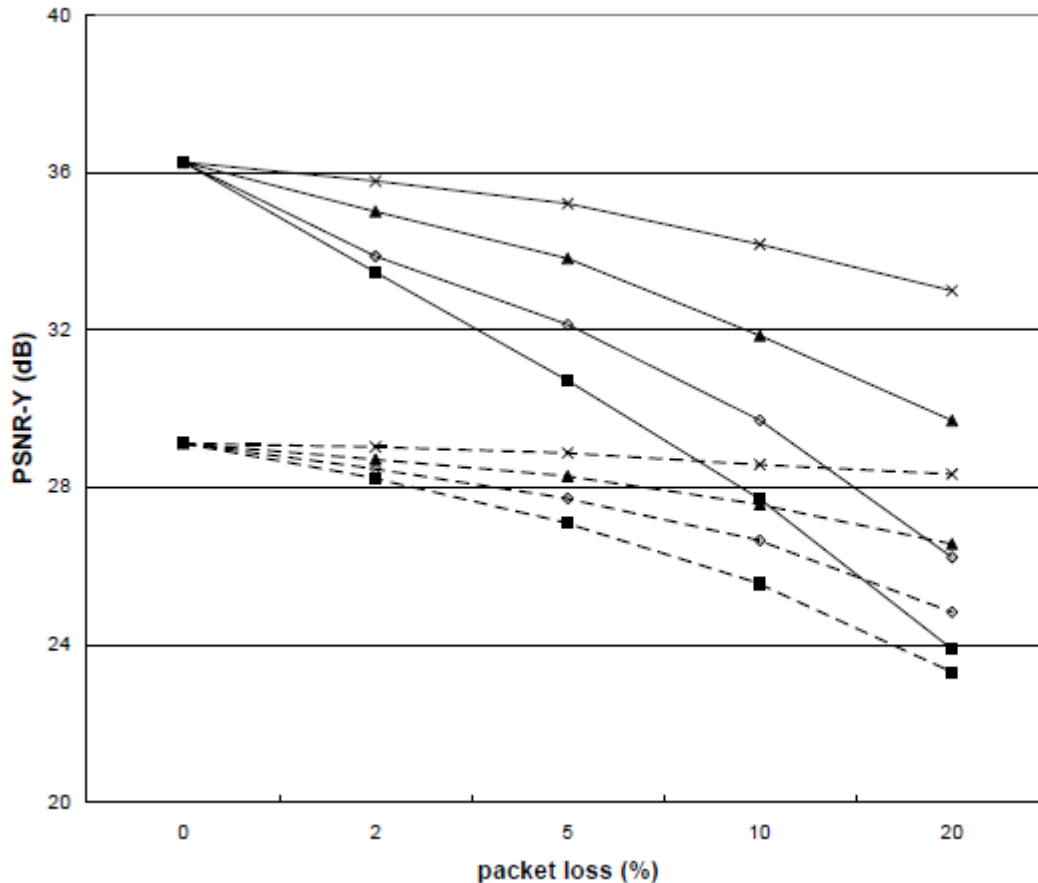
Loss of partition B's or C's -> video degradation

Loss of partition A's or IDR -> the frame dropped

数据分类	句法单元	句法单元含义
A 类数据	SE_MBTYPE	宏块类型
	SE_INTRAPREDMODE	帧内预测模式
	SE_REFFRAME	参考帧
	SE_MVD	运动矢量信息
	SE_BFRAME	属于 B 帧的所有宏块信息
	SE_SPFRAME	属于 SP 帧的所有宏块信息
B 类数据	SE_CBP_INTRA	帧内编码数据块编码方式
	SE_LUM_DC_INTRA	帧内编码宏块亮度直流变换系数
	SE_CHR_DC_INTRA	帧内编码宏块色度直流变换系数
	SE_LUM_AC_INTRA	帧内编码宏块亮度交流变换系数
	SE_CHR_AC_INTRA	帧内编码宏块色度交流变换系数
C 类数据	SE_CBP_INTER	帧间编码数据块编码方式
	SE_LUM_DC_INTER	帧间编码宏块亮度直流变换系数
	SE_CHR_DC_INTRA	帧间编码宏块色度直流变换系数
	SE_LUM_AC_INTER	帧间编码宏块亮度交流变换系数
	SE_CHR_AC_INTER	帧间编码宏块色度交流变换系数



# Data Partitioning 性能



## Case1:

partition A NALUs lost 5%  
partition B NALUs lost 25%  
partition C NALUs lost 70%

## Case2:

partition A NALUs lost 1%  
partition B NALUs lost 5%  
partition C NALUs lost 94%



# HEVC对H.264流封装的改进

- ◆ The high-level syntax architecture used in the H.264/MPEG-4 AVC standard has generally been retained, including the following features.
  - Parameter set structure
  - NAL unit syntax structure
  - Slices
  - Supplemental enhancement information (SEI) and video usability information (VUI) metadata
- ◆ Few new features are introduced in the HEVC standard to enhance the **parallel processing** capability or modify the structuring of slice data for **packetization** purposes.
  - Tiles
  - Wavefront parallel processing
  - Dependent slice segments

# MC 小结: Network Friendly H.264

## ◆ H.264特性

- Motion Compensation、 Intra-frame Prediction, De-blocking Filter, Transform/Scal./Quant, Entropy Coding
- Data partition

## ◆ NALU的不同类型

- 数据分区(**Data Partition**): A类含有数据片和宏块的头部信息、运动矢量信息以及宏块类型信息等; B类含有帧内编码数据块的编码方式信息和帧内变换系数等; C类含有帧间编码数据块的编码方式信息和帧间变换系数等

# MC 专题小结 (2-1)

- ◆ CD-DA: EFM8-14、每扇区1/75秒
- ◆ MP3: Tag、 ID3/ APE/Lyrics 、 Frame Header
- ◆ DAB: MP2
- ◆ HDTV: ES、 PES、 PS、 TS
- ◆ MPEG-4 AVC / H.264
  - VCL、 NAL、 RBSP、 SPS、 PPS、 SEI
  - SODB→RBSP→NALU

# MC 专题小结 (2-2)

- ◆ CD-DA (单一音频流) → CD-ROM
  - 光盘物理格式与逻辑格式分离
- ◆ MP3 (音频+附加信息, 存储)
  - 良好的组织结构提供无限的扩展能力
- ◆ DAB (音频+附加信息, 流)
  - 面向存储与面向流在数据组织结构方面有显著差异
- ◆ HDTV (音频+视频+附加信息, 复用)
  - 音视频流的封装 → 所有类型数据的封装
- ◆ MPEG-4 AVC / H.264 (什么是流?)
  - 网络友好的数据封装

# 谢谢大家



## 《多媒体通信》课程专题

### 主流音视频流结构：裸数据的组织