



Research Institute for Future Media Computing Institute of Computer Vision
未来媒体技术与研究所 计算机视觉研究所



多媒体系统导论

Fundamentals of Multimedia System

授课教师：朱映映教授

Email: zhuyy@szu.edu.cn

第五讲

Fundamental

Concepts in Video

第5章

一、模拟彩色电视制式

◆ 1.1 电视与电视制式

- 电视：捕获、广播和重现活动图像和声音的远程通信系统
 - television的译名，简写为TV
 - tele来自希腊语，表示far(远)
 - vision来自拉丁语，表示看到的景物
- 电视系统类型：黑白电视和彩色电视
 - 黑白电视(black & white TV): 重现黑白图像
 - 彩色电视(color television): 近似重现彩色图像
 - 彩色电视源于黑白电视，它们有许多共同特性，如扫描，同步
- 电视制式(television system)
 - 传输图像和声音的方法
 - 黑白电视：按扫描参数、电视信号带宽以及射频特性不同来划分
 - 彩色电视：按处理三种基色信号的不同方式来划分

一、模拟彩色电视制式(续)

◆ 1.2 重现彩色图像的过程

- 图1说明用彩色摄像机摄取自然景物、转换彩色分量信号和在彩色显示器上重现自然景物的过程
- 使用 Y, C_1, C_2 传输的两个优点
 - Y 和色差(C_1, C_2)相互独立, 彩色和黑白电视接收机可同时接收彩色电视信号
 - 可利用人的视觉特性压缩数据

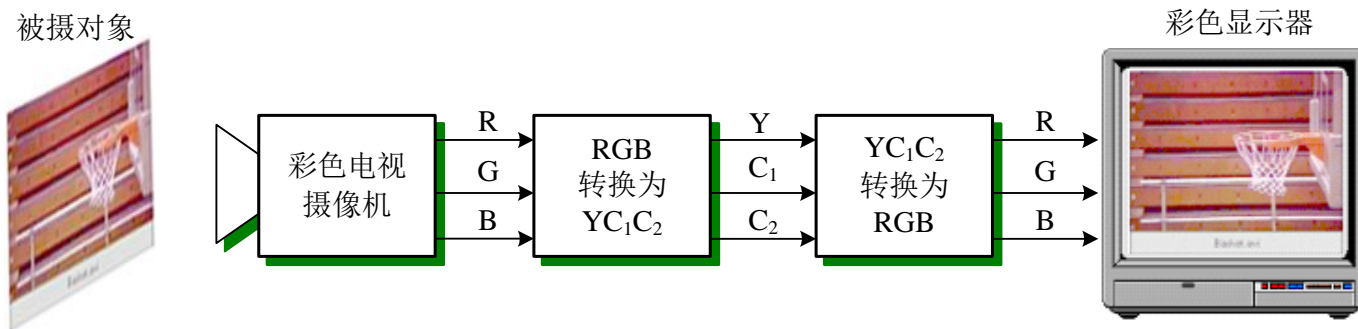


图1 彩色图像重现过程

■ 一、模拟彩色电视制式(续)

◆ 1.3 彩色电视制式(television system)

- 模拟电视制式主要有3种,它们互不兼容
 - NTSC
 - PAL
 - SECAM
- 数字电视标准正在逐步制定和推广

一、模拟彩色电视制式(续)

1. NTSC彩色电视制式

- 1950年代初美国国家电视系统委员会(National Television Systems Committee, NTSC)制定的彩色电视广播标准
 - 美国、加拿大等大部分西半球国家以及日本、韩国、菲律宾和中国台湾地区采用
- 主要特性
 - 图像宽高比为4:3
 - 525条扫描线, 隔行扫描, 30帧每秒
 - 视像带宽为4.2 MHz
 - 使用YIQ颜色模型, 色度信号用正交幅度调制(QAM)
 - 声音用调频制(FM)
 - 总的电视通道带宽为6 MHz

一、模拟彩色电视制式(续)

2. PAL彩色电视制式

- 德国(/西德)1963年披露1967年开播的彩色电视广播标准
 - 德国、英国等一些西欧国家, 以及中国、朝鲜等国家采用
 - 由于使用的一些参数细节不同, 因此PAL制有PAL-G, PAL-I和PAL-D等制式。其中, PAL-D是我国大陆采用的制式
- 逐行倒相(Phase-Alternative Line, PAL)彩色电视制式
 - 逐行倒相正交平衡调幅制, 克服NTSC制相位敏感造成彩色失真
 - 逐行倒相: 颜色分量V的相位每隔一行反相一次
- 主要特性
 - 图像的宽高比为4:3
 - 625条扫描线, 隔行扫描, 25帧图像每秒
 - 视像带宽至少为4 MHz
 - 使用YUV颜色模型, 色度信号用正交幅度调制(QAM)
 - 声音用调频制(FM)
 - 总的电视通道带宽为8 MHz

一、模拟彩色电视制式(续)

3. SECAM制

- 法文Sequential Couleur Avec Memoire的缩写，称为“顺序传送彩色与存储”彩色电视制式
- 1956年开始开发于1967 年开播的法国彩色电视广播标准
 - 法国、俄罗斯、东欧和中东等约有60多个地区和国家使用
- SECAM与PAL制
 - 色度信号使用频率调制(FM)， PAL制用的是正交幅度调制
 - 与PAL制具有相同的扫描线数(625线每帧)、帧频(25帧每秒，50场每秒)和图像宽高比(4:3)，视像带宽最高为6 MHz，总带宽为8 MHz

一、模拟彩色电视制式(end)

◆ 1.4 国际彩色电视标准

- 1961年ITU为每一种黑白电视制式分配A ~ N中的一个字母，与NTSC，PAL和SECAM彩色电视制式相结合，如我国大陆地区使用的PAL-D

表 10-1 国际彩色电视标准

TV 制式	PAL					NTSC M	SECAM	
	B, G, H	I	D	N	M		B, G, H	D, K, K1, L
每帧的行数	625				525	525	625	
帧频(场频)	25(50)				30(60)	30(60)	25(50)	
行频(Hz)	15625				15750	15734	15625	
彩色副载波 频率(Hz)	4433618 (± 5)			3582056 (± 5)	3575611 (± 10)	3579545 (± 10)	4250000(+U) \square 2 kHz 4406500(-V) \square 2 kHz	
视像带宽 (MHz)	5.0	5.5	6.0	4.2	4.2	4.2	5.0	6.0
声音载波频 率(MHz)	5.5	6.0	6.5	4.5	4.5	4.5	5.5	6.5
彩色调制	QAM					QAM	FM	

二、模拟电视扫描和同步

◆ 2.1 电视的扫描方式

1. 隔行扫描与逐行扫描

- 隔行扫描： 用字母i = interlaced scanning
- 非隔行扫描(noninterlaced scanning)，也称逐行扫描，用字母p = progressive scanning
- 图2：两种扫描方式的差别
 - 黑白电视和彩色电视都用隔行扫描
 - 计算机显示图像时一般都采用逐行扫描

二、模拟电视扫描和同步(续)

- **逐行扫描**：图2(a)

电子束从显示屏的左上角一行接一行地扫到右下角，在显示屏上扫一遍就显示一幅完整的图像

- **隔行扫描**：图2(b)

电子束扫完第1行后从第3行开始扫，接着扫第5, 7, ..., 一直扫到最后一行的中间。其后以同样的方式扫偶数行，完成一帧(frame)扫描

- 一帧图像由两部分组成：一部分是由奇数行组成，称奇数场，另一部分是由偶数行组成，称为偶数场，两场合起来组成一帧
- 在隔行扫描中，无论是摄像机还是显示器，获取或显示一幅图像都要扫描两遍才得到一幅完整的图像

二、模拟电视扫描和同步(续)

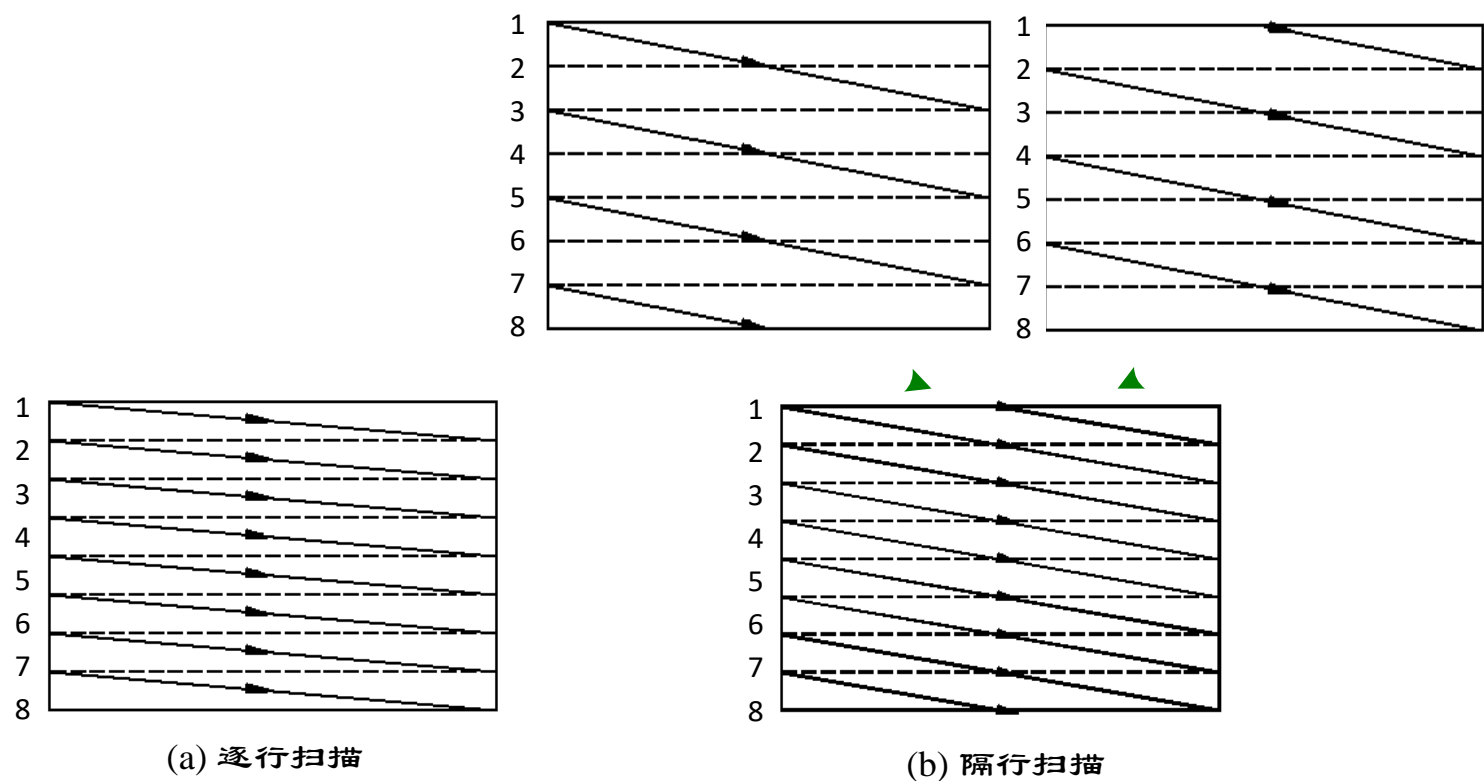


图2 图像扫描方式



(a)



(b)



(c)



(d)

图3 隔行扫描对每一帧生产两个场

二、模拟电视扫描和同步(续)

2. 电视扫描术语

- f_f : 场频/场速率(field rate), 每秒钟扫描的场数
 - 根据视觉特性和电网频率(50Hz或60Hz)确定, 使在屏幕上显示的图像看起来不会让人感觉到在闪烁, 以及减低电网频率的干扰
- f_F : 帧频/帧速率(frame rate), 每秒扫描的帧数
 - 单位: 帧每秒(frames per second, fps)
 - PAL制和NTSC制的帧频分别为25 fps和30 fps
- f_H : 行频/水平行速率(horizontal line rate), 每秒钟扫描的行数
 - 【例】NTSC制精确的帧频是29.97 Hz, 525行每帧, 因此行频为 $29.97 \times 525 = 15\,734$ 行/秒

二、模拟电视扫描和同步(续)

◆ 2.2 PAL制的扫描特性

- 一帧图像的总行数为625，分两场扫描
 - 场频为50 Hz，周期为20 ms
 - 帧频为25 Hz，周期为40 ms
- 行扫描频率(行频)为15 625 Hz，周期为64 μ s
 - 每一行传送图像的时间为52.2 μ s
 - 行扫描逆程时间为11.8 μ s，兼作行同步和消隐

二、模拟电视扫描和同步(end)

◆ 2.3 NTSC制的扫描特性

- 一帧图像的总行数为525行，分两场扫描
- 场扫描频率是60 Hz，周期为16.67 ms
 - 每场扫描行数： $525/2=262.5$ 行
 - 每场开始保留20条线作为控制信号，一帧485条线可见
- 帧频(刷新频率)30 Hz(精确29.97)，周期33.33 ms
- 行扫描频率为15 750 Hz，周期为63.5 μ s，其中
 - 水平回扫时间为10 μ s(包含5 μ s的水平同步脉冲)
 - 显示图像的时间为53.5 μ s

◆ 2.4 SECAM制的扫描特性

- 与PAL制电视的扫描特性类似.

三、模拟显示接口

◆ 复合电视信号/全电视信号

- 包含亮度、色差和所有定时的单一信号称为复合电视信号(composite video signal)，也称为全电视信号。



三、模拟显示接口(续)

- ◆ 分量电视信号(component video signal)
 - 用三个颜色分量和同步信号进行记录和传输
 - 颜色分量可用RGB或亮度-色差，如YIQ, YUV
 - 需要较宽的带宽和同步信号
 - 应用：数字电视系统、电视游戏和多媒体系统



三、模拟显示接口(续)

◆ S-Video(Separate Video)信号

- 亮度信号(Y)和色度信号(C)分开录制和处理的电视信号
 - 也称Y/C Video, Super Video
- 两个优点
 - 减少亮度信号和色差信号之间的交叉干扰
 - 不需使用梳状滤波器分离亮度信号和色差信号



■ 三、 模拟显示接口(续)

◆ 视频图形列阵 (VGA)

- 一种视频显示接口由IBM在1987年推出，称为Video Graphics Array, VGA
- 分辨率介于640*480与2048*1536之间
- VGA视频信号基于模拟分量RGBHV（红、绿、蓝、水平同步和垂直同步）



四、电视图像数字化

◆ 4.1 用数字表示视频的优点

- 视频直接存储在数字设备或内存中，便于后续处理（去噪，剪切和粘贴等），易于集成
- 直接访问，使得非线性视频编辑更加简单
- 重复记录，但不降低图像质量
- 易于加密，对信道噪声容忍度更高
- 应用：短视频拍摄和剪辑软件



4.2 数字化方法

◆ 4.2 数字化方法

- 分量数字化(component digitization)
 - 对每个分量数字化, 如YCbCr, YUV, YIQ或RGB颜色空间中的分量
 - 信号源: 录像带、激光视盘和模拟摄像机等输出的彩色全电视信号
- 数字化方法
 - 先分离后数字化。
 - 从模拟全彩色电视信号中分离出分量信号
 - 用三个A/D转换器分别对分量信号数字化
 - 先数字化后分离
 - 用一个高速A/D转换器对彩色全电视信号进行数字化
 - 在数字域中分离出分量数据

4.3 数字视频的CCIR和ITU-R标准

- ◆ 1982年，国际无线电咨询委员会制定了CCIR-601标准，现纳入国际电信联盟的ITU-R Rec. 601标准
- ◆ 奠定了模拟彩色电视信号数字化的基础

Table 5.3 ITU-R digital video specifications

	Rec. 601 525/60 NTSC	Rec. 601 625/50 PAL/SECAM	CIF	QCIF
Luminance resolution	720×480	720×576	352×288	176×144
Chrominance resolution	360×480	360×576	176×144	88×72
Color subsampling	4:2:2	4:2:2	4:2:0	4:2:0
Aspect ratio	4:3	4:3	4:3	4:3
Fields/sec	60	50	30	30
Interlaced	Yes	Yes	No	No

4.4 数字视频显示接口

◆ 数字显示接口

- 数字视频接口 (Digital Visual Interface, DVI)
- 高清多媒体接口 (High-Definition Multimedia Inference, HDMI)
- DisplayPort



4.4 数字视频显示接口

- ◆ 数字视频接口 (Digital Visual Interface, DVI)
 - 未压缩数字视频信号, 采用**转换最小化差分信号**的高速串行链路技术。
 - DVI-D、DVI-A、DVH, 向后兼容 (VGA)



4.4 数字视频显示接口

◆ 高清多媒体接口 (High-Definition Multimedia Inference, HDMI)

- 与DVI向后兼容, 支持RGB, YCbCr4:4:4或4:2:2
- 支持视频和音频
- 2013年HDMI2.0 (4K60fps)
- 2017年HDMI2.1 (8K)



升级HDMI 2.1版

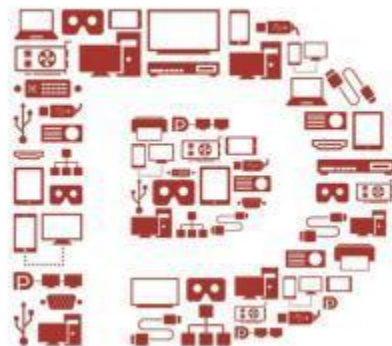
版本	2.1版	2.0版
画质	3D视频 支持8K, 7680x4320分辨率 支持4K/120Hz、8K/60Hz 静态HDR(HDR静态数据) 动态HDR(HDR动态数据) 可变刷新率(VRR) 快速媒体切换(QMS) 自动低延迟模式(ALLM)	3D视频 支持4K, 3840x2160分辨率 支持4K/60Hz 静态HDR(HDR静态数据)
音质	支持多音频流 32个音频通道 自动音视频同步 1536kHz音频采样率 加强音频回传通道(eARC)	支持多音频流 32个音频通道 自动音视频同步 1536kHz音频采样率
速率	48Gbps总带宽 快速帧传输(QFT)	18Gbps总带宽

4.4 数字视频显示接口

◆ DisplayPort

- 2006年，首个使用**分组数据传送**的显示接口，基于微数据包，将时钟信号嵌入数据流中，具有高扩展性
- 视频带宽更高，通过有源适配器与VGA和DVI向后兼容
- VESA规范免费，HDMI向制造商收取年费
- 2019年，DP2.0，支持8K，甚至10K
- 扩展阅读

<https://baijiahao.baidu.com/s?id=1641627122287252962&wfr=spider&for=pc>



DisplayPort 2.0
USBc does it all



五、图像子采样

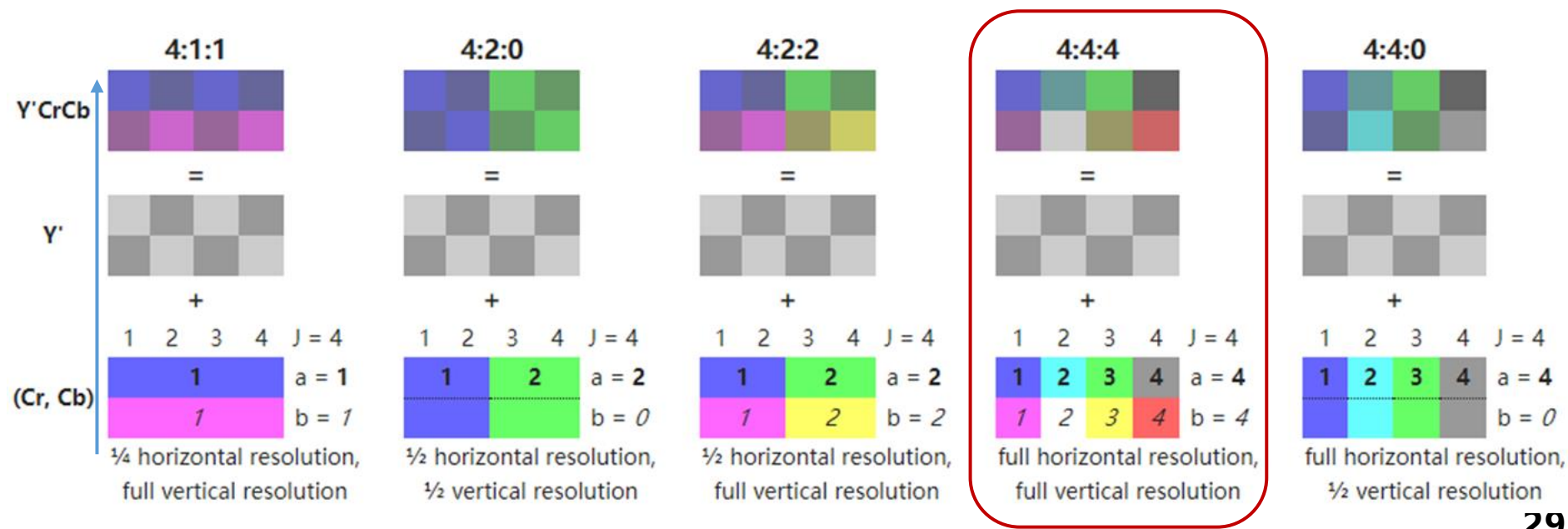
◆ 图像子采样概要

- 最简单的视频压缩技术，依据是视觉系统的特性
 - 对色度的敏感比对亮度的敏感低，把人眼刚能分辨的黑白相间条纹换成不同颜色的彩色条纹，眼睛不再能分辨出单独的条纹，可去掉部分颜色数据而不易察觉
 - 对图像细节的分辨能力有一定的限度，可去掉图像中的高频信号而不易察觉
- 两种采样方法
 - 对亮度信号和色差信号采用相同的采样频率采样
 - 对亮度信号和色差信号采用不同的采样频率采样
- 图像子采样(subsampling)
 - 色差信号的采样频率比亮度信号的采样频率低

色度的二次采样

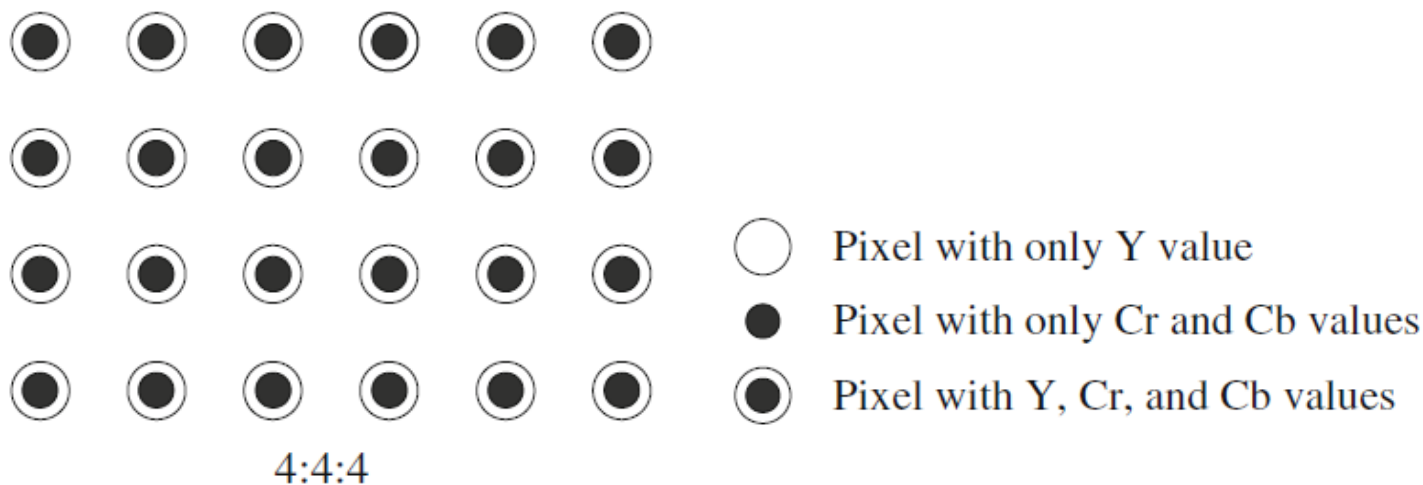
J:a:b 表示方法

- ◆ J: 水平采样的基准 (默认4个像素).
- ◆ a: 以 $2 \times J$ 个像素为例, 第一行每J个像素中色度分量 (Cr/Cb) 的采样个数.
- ◆ b: 第二行每J个像素中色度分量的采样个数, 取值为a或者为0。当 $b=0$ 时, 表示不采样, 直接用第一行的色度值替换
- ◆ 以4:4:4采样为基准



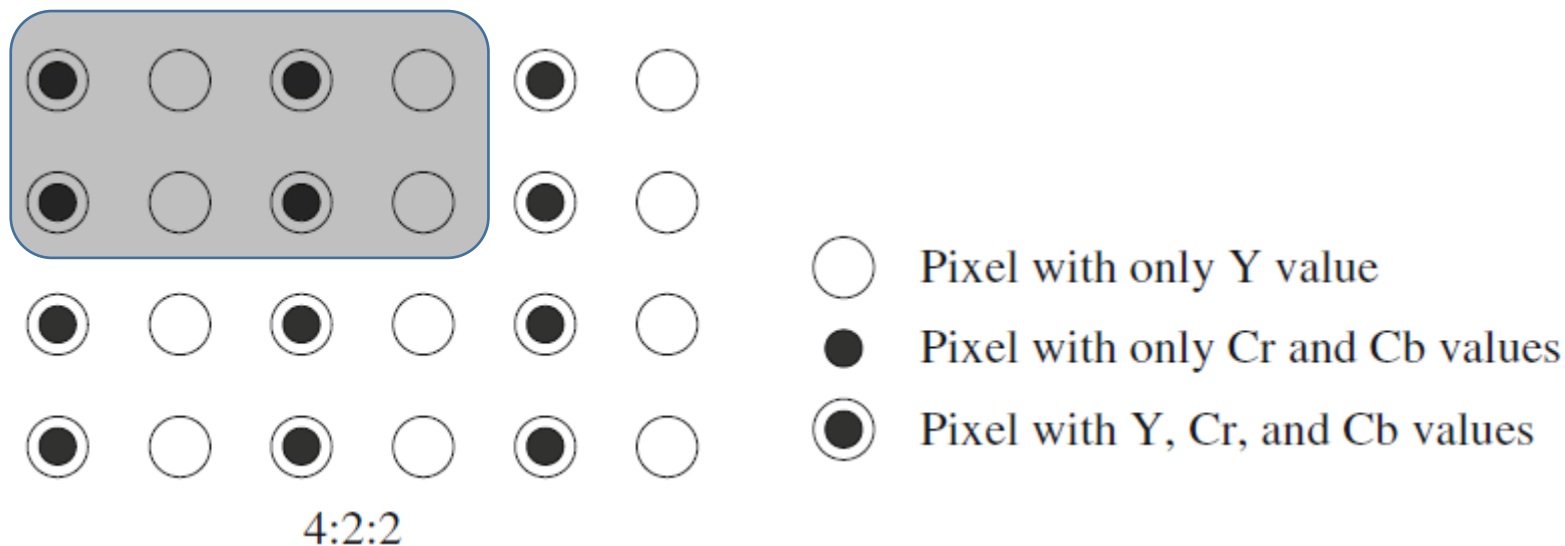
色度的二次采样

- ◆ “4:4:4”：视频信号默认情况下，每个像素 (Pixel) 都有对应的Y, Cr和Cb值（每个分量1个字节）。
- ◆ 平均每个像素需要3个字节，存储要求较高
- ◆ 如何在人眼几乎没有察觉的前提下，节约带宽



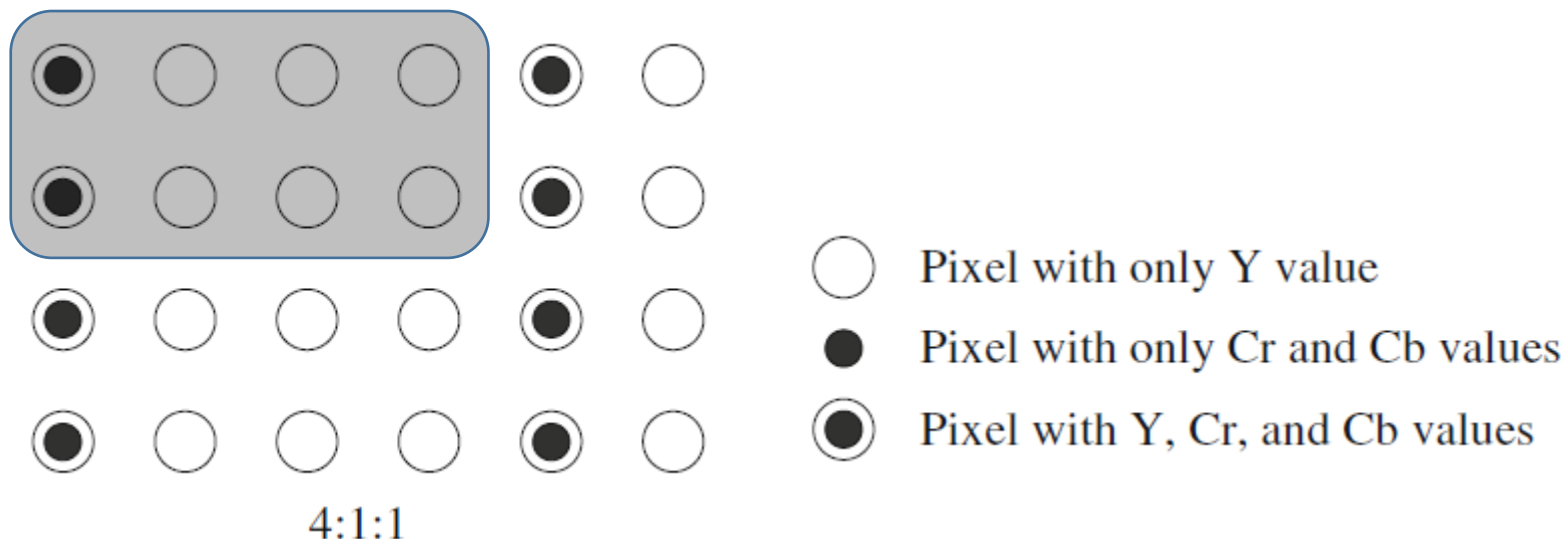
色度的二次采样

- ◆ “4:2:2”：平均每个像素需要几个字节？
- ◆ 第一行4个像素：Y=4 Bytes，Cr=Cb=2 Bytes
- ◆ 第二行4个像素采样与第一行相同
- ◆ $(4+2+2)*2/8 = 2 \text{ Bytes/pixel}$



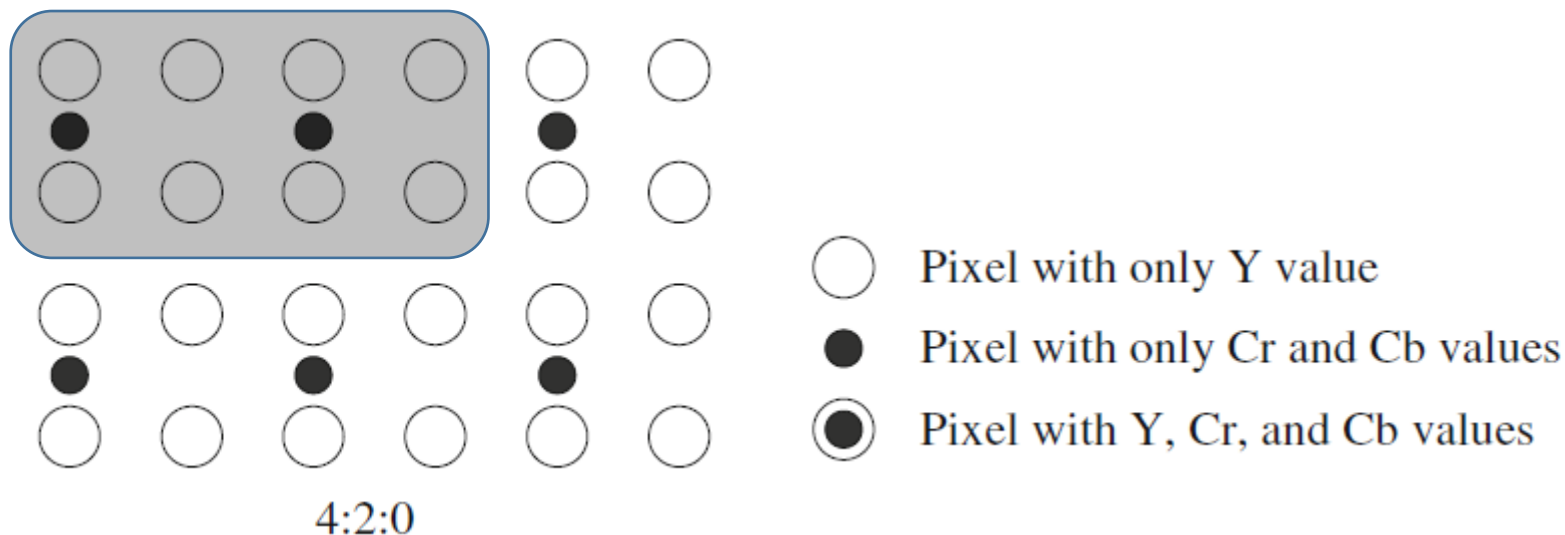
色度的二次采样

- ◆ “4:1:1”：平均每个像素需要几个字节？
- ◆ 第一行4个像素：Y=4 Bytes，Cr=Cb=1 Bytes
- ◆ 第二行4个像素采样与第一行相同
- ◆ $(4+1+1)*2/8 = 1.5 \text{ Bytes/pixel}$



色度的二次采样

- ◆ “4:2:0”：平均每个像素需要几个字节？
- ◆ 第一行4个像素：Y=4 Bytes，Cr=Cb=2 Bytes
- ◆ 第二行4个像素没有采样色度分量
- ◆ $((4+2+2)+4)/8 = 1.5 \text{ Bytes/pixel}$





六、数字电视简介

6. 数字电视简介

6.1 数字电视是什么

6.2 数字电视标准

6.3 数字电视格式

6.4 超高清电视(UHDTV)

六、数字电视简介(续)

◆ 6.1 数字电视是什么

DTV = digital television / digital TV

- 数字电视:

- 定义1: 用数据压缩和数字传输技术传送视像和声音的广播通信系统
- 定义2: 用数字形式表示的活动图像和声音

- 传输方式

- 卫星转播: 卫星数字电视(digital satellite TV)
- 地面广播: 地面数字电视(digital terrestrial TV)
- 电缆传输: 有线数字电视(digital cable TV)

六、数字电视简介(续)

◆ 6.2 数字电视标准

- 数字电视标准涵盖数据数据压缩和数据传输
- 目前世界上还没有统一的技术标准，现有标准
 - (1) ATSC DTV(北美)
 - (2) DVB (欧洲)
 - (3) ISDB(日本)
 - (4) DTMB(中国)
 - (5) DMB(韩国)
- ATSC，DVB和ISDB被认为是主要标准，技术性能见表10-6

表 10-6 三种数字电视标准概要

标准名称	美国 ATSC DVT			欧洲 DVB 标准			日本 ISDB 标准		
	地面	卫星	有线	地面	卫星	有线	地面	卫星	有线
调制方式 ^①	8VSB/ 16VSB	QPSK	QAM	2k/8k 载波 COFDM	QPSK	QAM	COFDM	QPSK	QAM
视像编码*	MPEG-2/MPEG-4 AVC			MPEG-2/MPEG-4 AVC			MPEG-2/MPEG-4 AVC		
声音编码**	Dolby AC-3			MPEG-2 Audio / Dolby AC-3			MPEG-2 Audio / Dolby AC-3		
带宽(Hz)	6M			8M			27M		
*视像编码标准包括 HEVC(H.265), MPEG-2 Video(H.262), MPEG-4 AVC(H.264)									
**声音编码包括 MPEG-2 Audio 和 MPEG-1 Audio, 杜比数字(Dolby Digital)									



六、数字电视简介(续)

中国DTMB标准

- DTMB=Digital Terrestrial Multimedia Broadcasting: 数字电视地面多媒体广播标准, 颁布于2006年8月
 - 全称: 数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制
 - 我国(大陆、香港和澳门)、亚洲和中东部分国家已采用
- H.264/AVC, 使用OFDM调制
- DTMB-A(数字地面电视广播的纠错、数据成帧、调制和发射方法)是DTMB的演进版, 于2015年6月被定为
Rec. ITU-R BT.1306-7: Error-correction, data framing, modulation and emission methods for digital terrestrial television broadcasting

六、数字电视简介(续)

◆ 6.3 数字电视格式

- 电视图像格式，容易与电视机的显示格式混淆
- 大致可分成4种类型

(1) LDTV=Low-definition television:

低清晰度电视，简称低清电视

(2) SDTV=Standard Definition Television:

标准清晰度电视，简称标清电视

(3) EDTV=Enhanced Definition Television:

增强清晰度电视

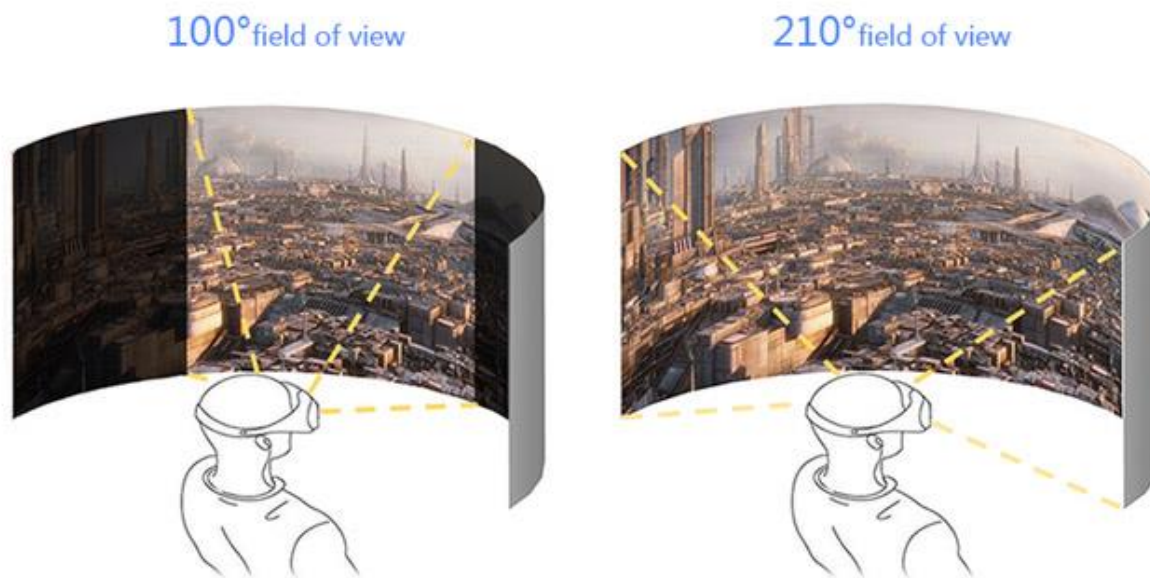
(4) HDTV=High Definition Television:

高清晰度电视，简称高清电视

六、数字电视简介(续)

6.4 高清电视 (HDTV)

- ◆ 增加**可视域**，尤其是宽度
- ◆ 逐行扫描，避免运动物体的锯齿边



六、数字电视简介(续)

- ◆ Raw data数据量巨大，1s的1080p30fps (4:2:0格式)的HDTV视频要占多少带宽？
- ◆ $1920 \times 1080 \times 30 \times 1.5 \text{ Bytes} = 93\text{MB}$

Table 5.4 Advanced digital TV formats supported by ATSC

Number of active pixels per line	Number of active lines	Aspect ratio	Picture rate
1,920	1,080	16:9	60P 60I 30P 24P
1,280	720	16:9	60P 30P 24P
720	480	16:9 or 4:3	60P 60I 30P 24P
640	480	4:3	60P 60I 30P 24P

六、数字电视简介(续)

◆ 6.5 超高清电视(UHDTV)

- 2K(1920×1080)
 - 水平分辨率为1920($\approx 2K$), 简称2K电视(2K TV)
- UHD(Ultra-high-definition)/高清: 分辨率更高
 - 4K(3840×2160)
 - 5K(5120×2880)
 - 6K(6144×3160)
 - 8K(7680×4320)



六、数字电视简介(续)

1. UHDTV是什么

- UHDTV=ultra-high-definition television
超高清电视(机)
- 分辨率比HDTV高
 - 在水平和垂直方向提供更宽的视野, 也称Ultra HD, UHD, Super Hi-Vision
- UHDTV电视(机)
 - 4K电视(4K TV), 分辨率为 $3840 \times 2160p$
 - 8K电视(8K TV), 分辨率为 $7680 \times 4320p$
- 几种数字电视格式的比较见图8(a)

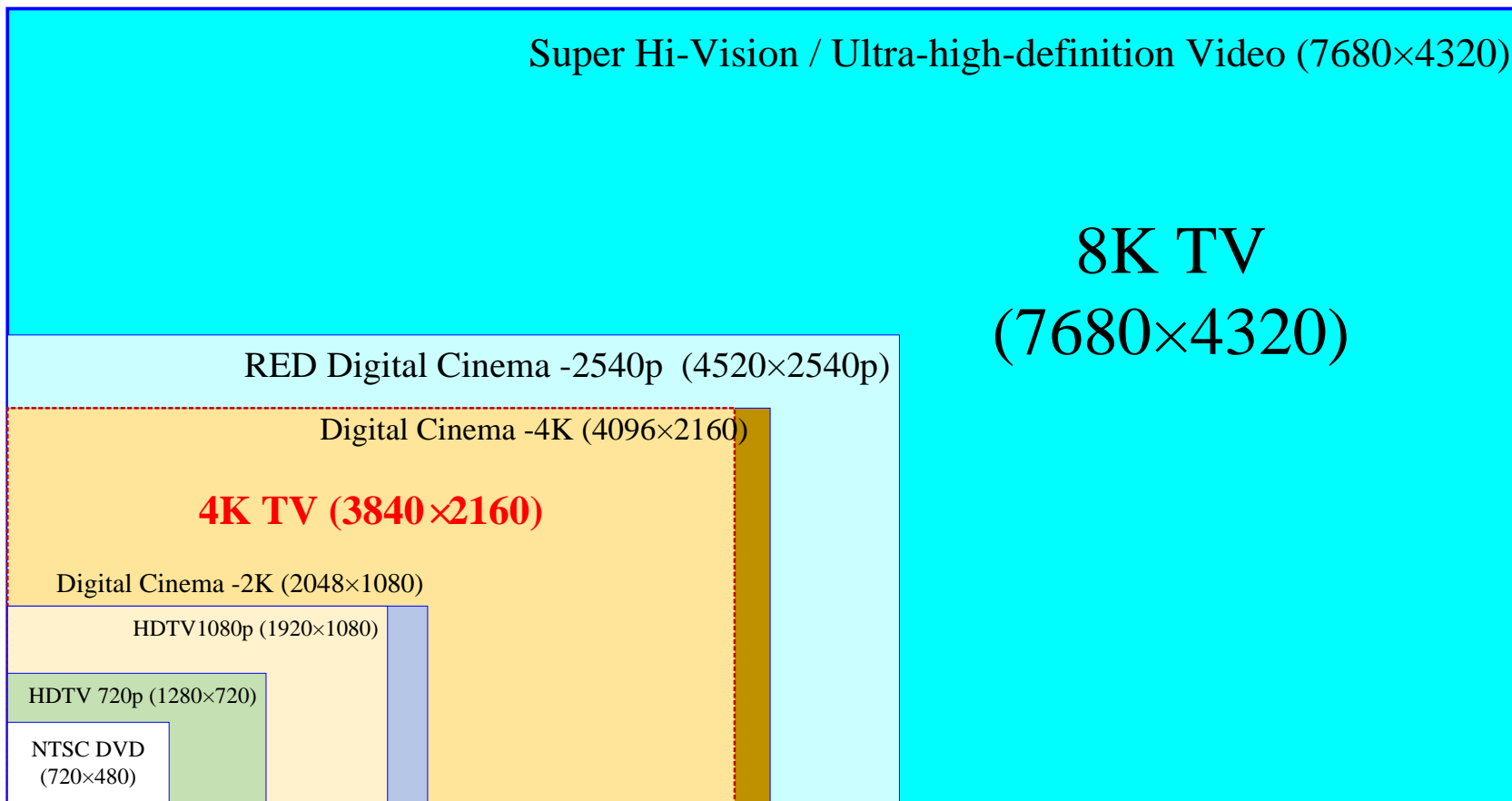


图8 分辨率比较: 8K UHDTV, 4K UHDTV, HDTV和SDTV



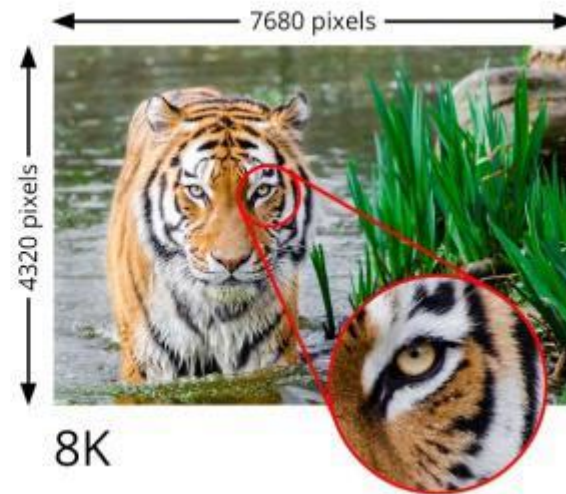
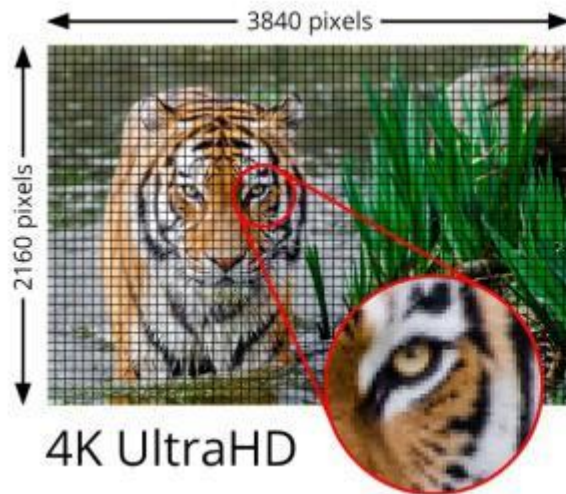
FHD



UHD



8K

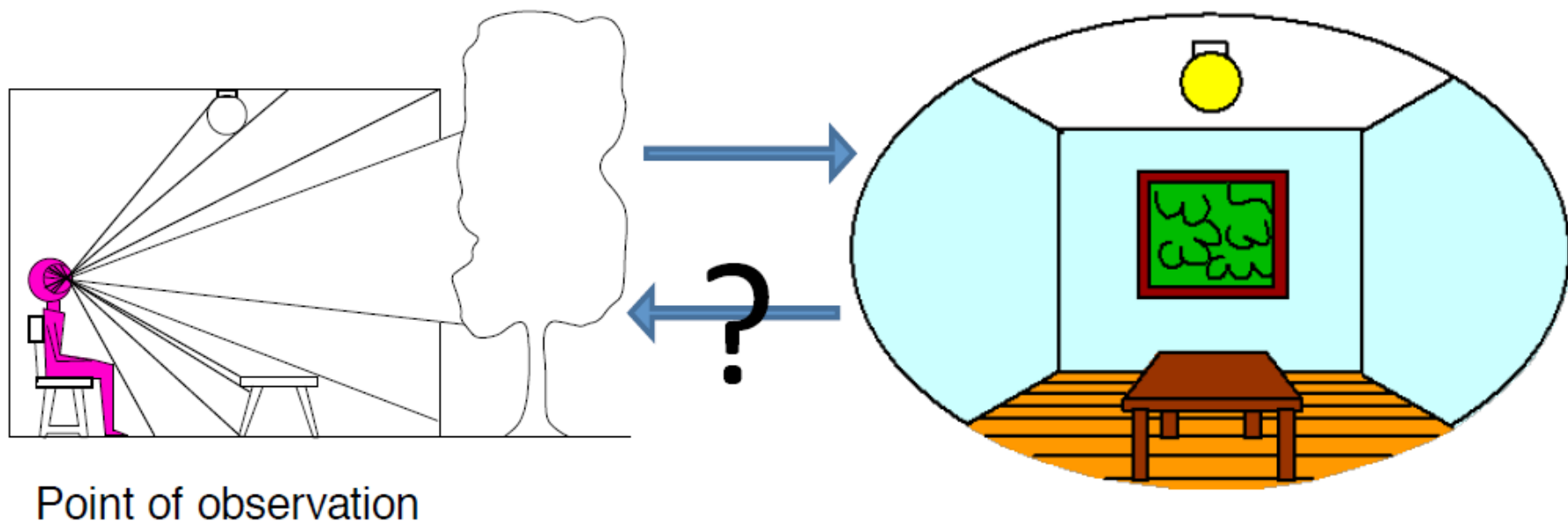


七、3D视频和电视

- ◆ 3D感知线索：人眼是如何自动从图像中获取3D几何信息的？

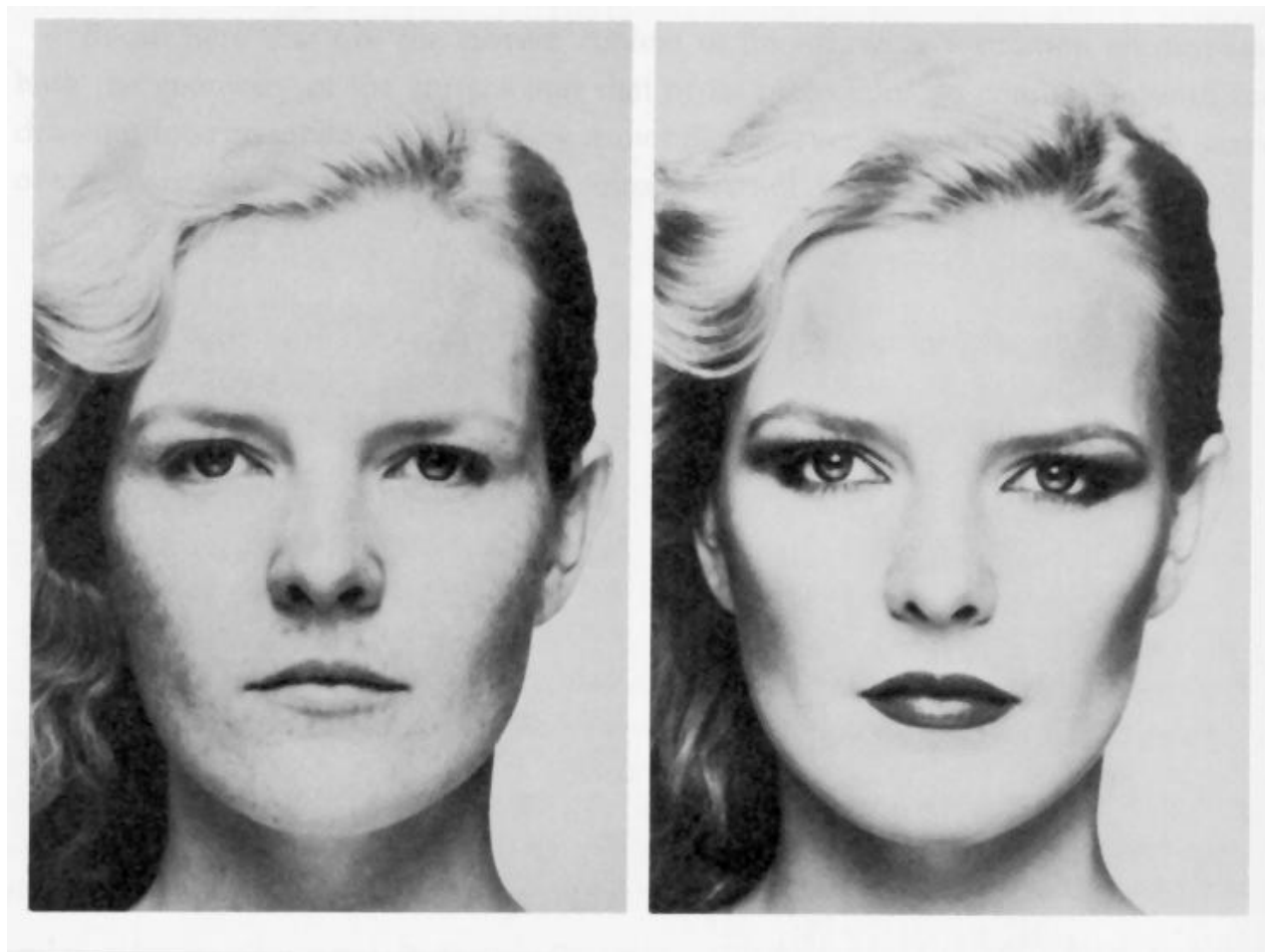
Real 3D world

2D image



3D感知线索

◆ 单眼线索 - 阴影

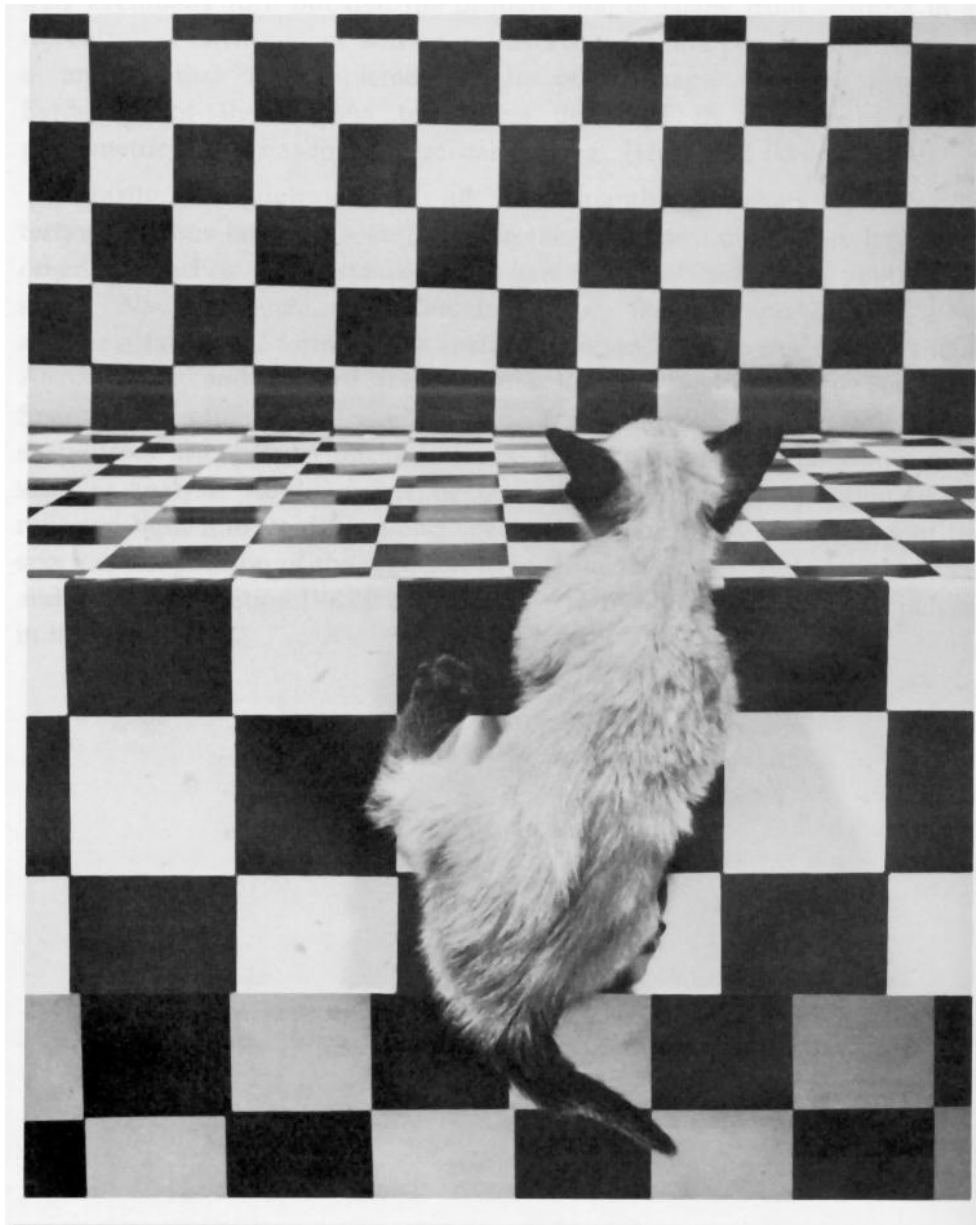


3D感知线索

◆ 单眼线索

- 阴影

- 纹理



3D感知线索

◆ 单眼线索

- 阴影

- 纹理

- 聚焦



3D感知线索

◆ 单眼线索

- 阴影

- 纹理

- 聚焦

- 运动



3D感知线索

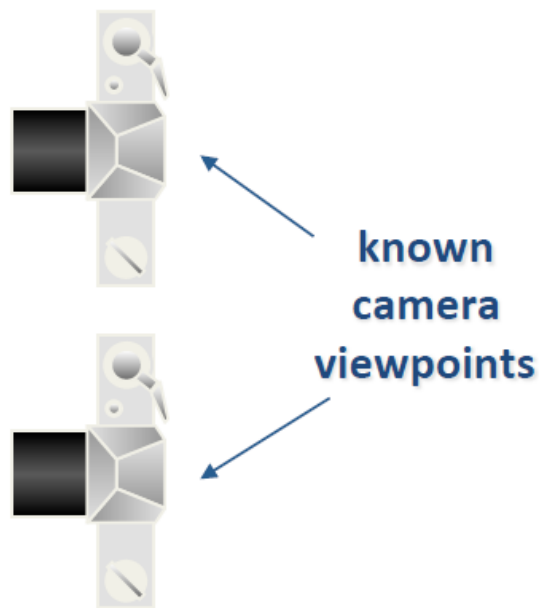
◆ 单眼线索

- 阴影
- 纹理
- 聚焦
- 运动
- **其他：**
 - 视角缩放、相对大小、轮廓、烟雾、遮挡

3D感知线索

◆ 双目线索

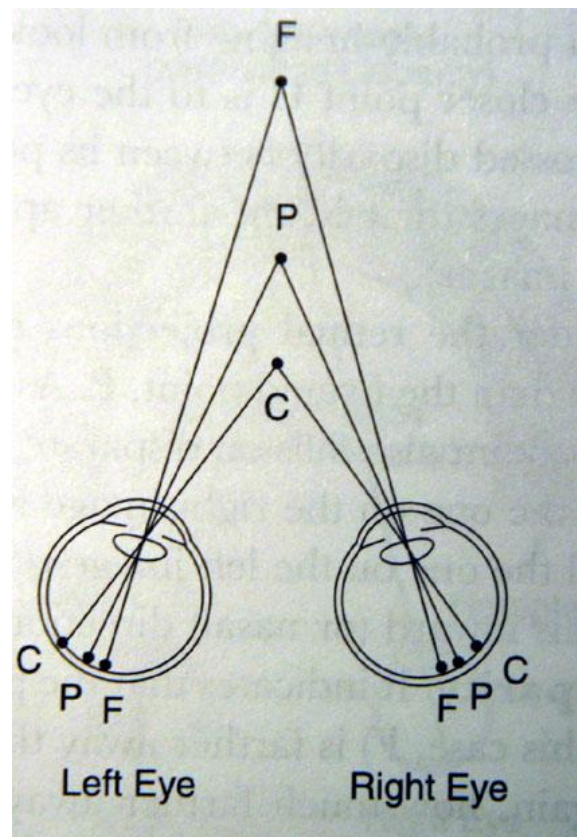
- 拍摄两个（多个）视角的图像Generate Left/Right Eye Images (Stereo Pair)
- 左视角（左眼），右视角（右眼）



3D感知线索

◆ 双目线索

- 拍摄两个（多个）视角的图像Generate Left/Right Eye Images (Stereo Pair)
- 左视角（左眼），右视角（右眼）
- P: 聚焦点
- C: 较近的对象
- F: 较远的对象



3D感知线索

◆ 双目线索

- 拍摄两个（多个）视角的图像Generate Left/Right Eye Images (Stereo Pair)
- 左视角（左眼），右视角（右眼）

Left



Right



Combined



立体3D显示

◆ 被动式

- 采用彩色眼镜的3D显示
- 采用圆形偏光眼镜的3D显示

◆ 主动式

- 带快门眼镜的3D显示器



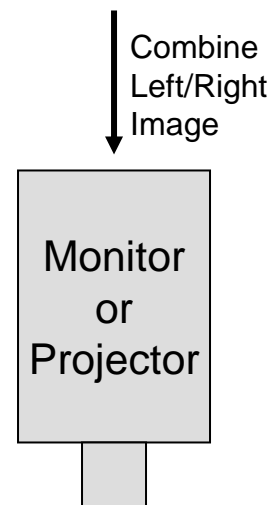
立体3D显示

◆ 被动式

- 采用彩色眼镜的3D显示
- 采用圆形偏光眼镜的3D显示

◆ 主动式

- 带快门眼镜的3D显示器



立体3D显示

◆ 被动式

- 采用彩色眼镜的3D显示
- 采用圆形偏光眼镜的3D显示

◆ 主动式

- 带快门眼镜的3D显示器



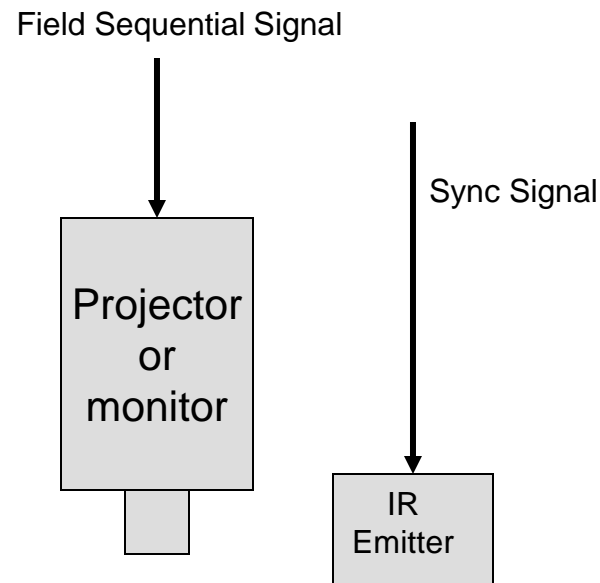
立体3D显示

◆ 被动式

- 采用彩色眼镜的3D显示
- 采用圆形偏光眼镜的3D显示

◆ 主动式

- 带快门眼镜的3D显示器



LCD Shutter Glasses