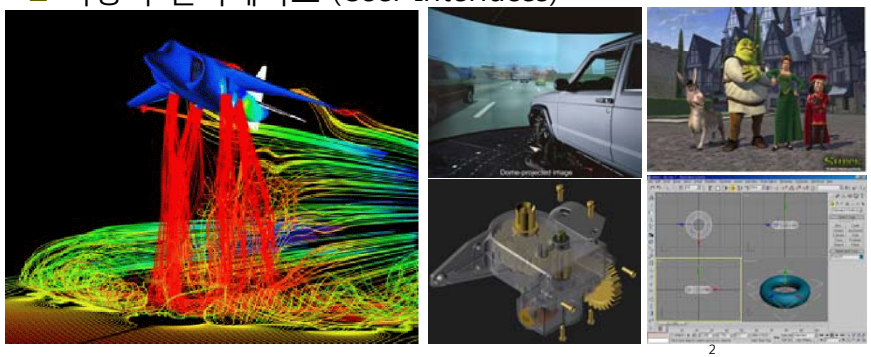
Graphics Systems and Models

321190
2014년 봄학기
3/07/2014
박경신

Computer Graphics Applications

- 정보의 표시 (Information Visualization)
- 설계 (Design)
- 시뮬레이션 (Simulation), 애니메이션 (Animation)
- 사용자 인터페이스 (User Interfaces)



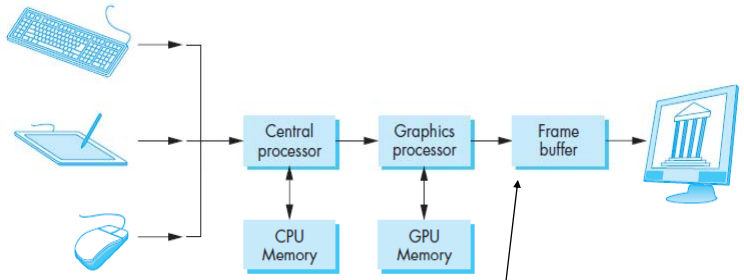
Computer Graphics Main Theme

- 이미지 (Imaging)
  - 2차원 이미지를 효과적으로 표현
- 모델링 (Geometric Modeling)
  - 가상 3차원 물체를 효과적으로 표현
- 렌더링 (Rendering)
  - 3차원모델에서 2차원 이미지로 사진과 같이 사실적으로 표현
- 애니메이션 (Animation)
  - 시간에 따른 움직임을 자연스럽게 표현

A Graphics System

- PC
  - CPU
  - Memory
  - Disk
  - Graphics card
  - Sound card
  - Peripherals: keyboard, mouse, monitor
  - Network
- Graphics card
  - GPU
  - Memory
  - Video output

A Graphics System

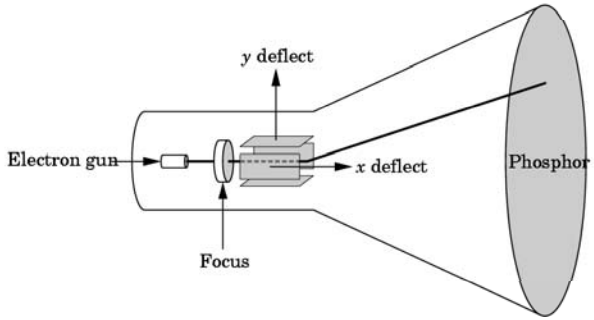


Input devices

Output devices

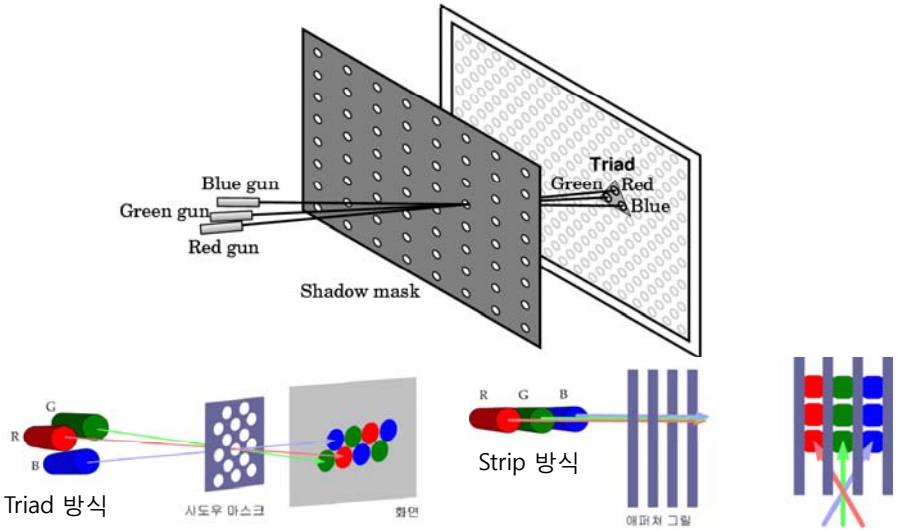
Image formed in FB

Cathode-Ray Tube (CRT)

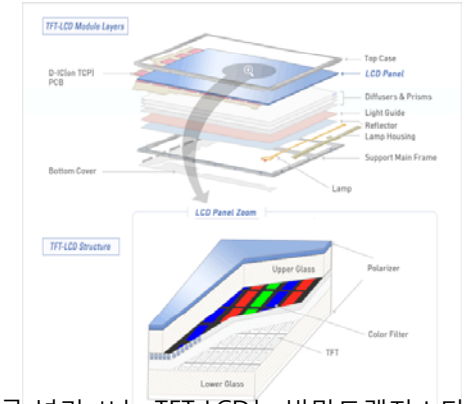


컴퓨터의 출력은 디지털 아날로그 변환기 (digital-to-analog converter)에 의해 x,y (수직,수평) 편향판 사이의 전압으로 변환. 충분한 양의 전자선이 형광 물질에 도달하면 CRT 표면에서 빛이 방출. CRT는 a line-drawing device (calligraphic)로 사용되거나 프레임 버퍼 (raster mode) 출력에 사용

Shadow Mask CRT



Liquid Crystal Display (LCD)

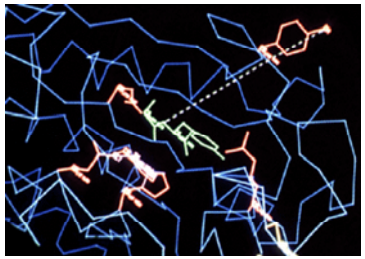


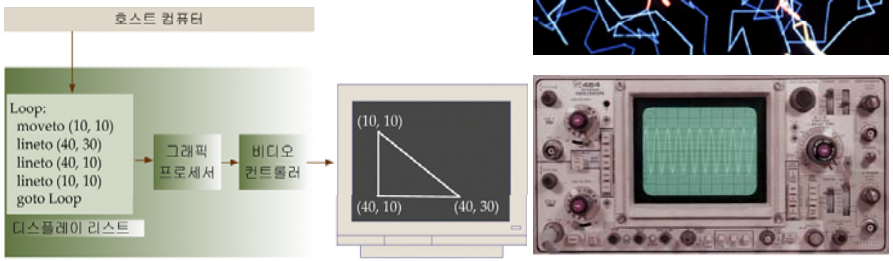
www.lgphilips-lcd.com

최근 널리 쓰는 TFT LCD는 박막트랜지스터와 화소 전극이 배열되어 있는 하판과 색상을 나타내기 위한 컬러 필터 및 공통 전극으로 구성된 상판, 그 사이에 채워져 있는 액정으로 구성. 그리고 두 유리기판의 양쪽 면에는 가시광선을 선형 편광하여주는 편광판이 각각 부착되어 있고, 상하판 전극 사이의 액정으로 축전기(capacitor)가 형성되고 이곳에 영상정보가 저장.

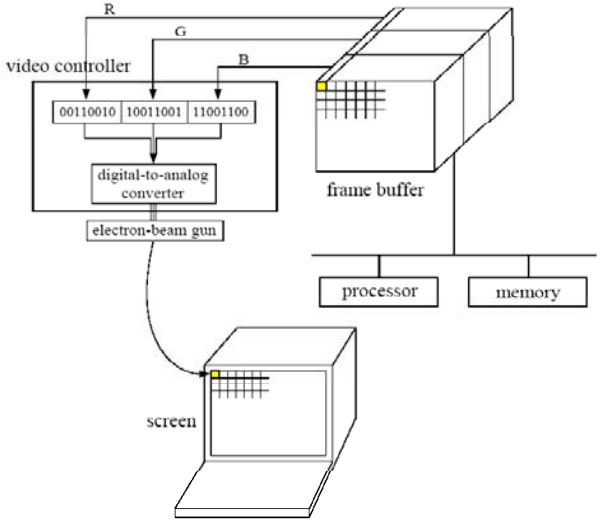
Vector Graphics System

- Vector display, Calligraphic Display
- Oscilloscope, Radar, Plotter, Evans/Sutherland PS Series
- 화소 (pixel) 개념이 없음
  - 무한 해상도 (전자빔의 폭이 해상도)
  - Aliasing 없음
  - 프레임버퍼 없음
  - 디스플레이 리스트 명령어 집합



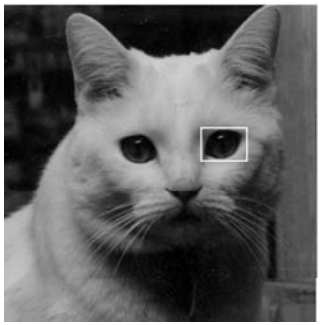


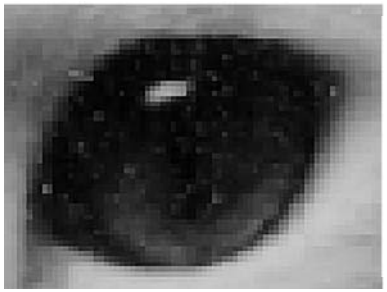
Raster-based Graphics System



Raster-based Graphics System

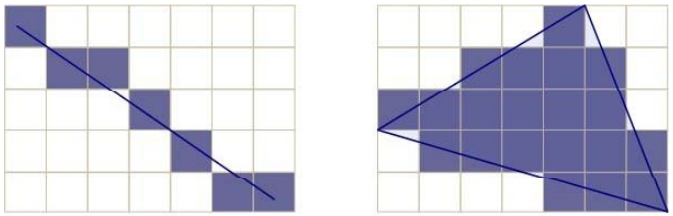
- 그래픽스 시스템 안의 프레임버퍼 (frame buffer)에서 화소 (pixel)의 배열 (array)인 래스터 (raster)로 생성





Rasterization

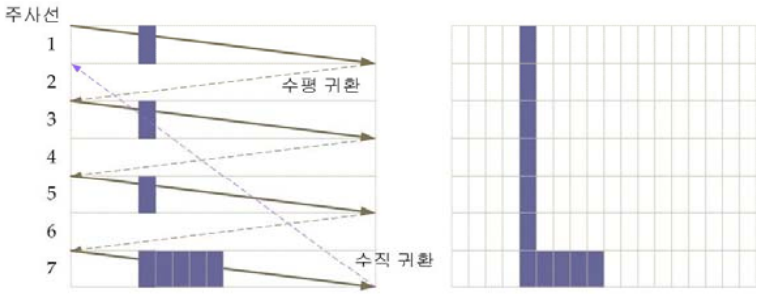
- 래스터화 (Rasterization) = 주사 변환 (Scan Conversion)
  - 기하학적인 도형을 프레임버퍼 안의 픽셀의 색과 위치로 변환시키는 작업
  - 물체 좌표에서 화면 좌표로
  - 부동소수 좌표에서 정수 좌표로



Aliasing (계단모양의 거친 경계선) 발생

Interlacing

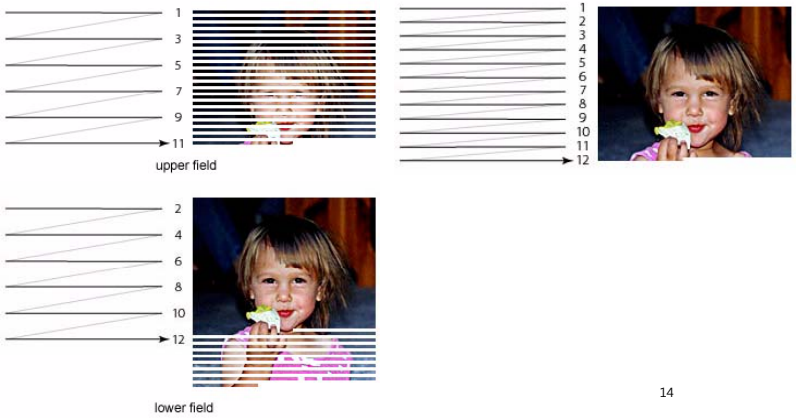
- 비월주사 (Interlacing, Interleaving)
  - NTSC TV 표준: 60 Half Frame/Sec, 525 Scan Line, 4:3 Aspect Ratio



래스터 영상, 화소, 주사선 사이의 관계

Interlacing

- Interlaced vs. Non-interlaced (Progressive)
  - TV 에서 화면을 표시할 때 쓰는 방식인 인터레이싱
  - 컴퓨터의 모니터에서 화면을 표시할 때 쓰는 방식인 프로그래시브



Raster Image

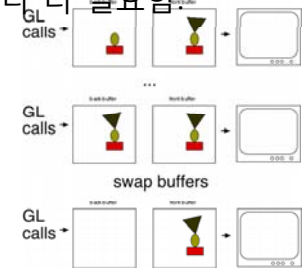
- 래스터 이미지 (Raster Image)
  - 직사각형 형태의 이미지 영역을 화소 (pixel)라 부르는 조그마한 영역으로 나누어 각 화소를 해당 영역을 대표하는 색깔로 칠함
  - 연속적인 영상을 유한개의 화소를 사용하는 영역으로 표현하므로 오차가 발생 - aliasing
- 화소 (Pixel = picture element)
- 프레임버퍼 (Frame buffer)
  - 화면에 출력되는 래스터 이미지에 대한 픽스맵 데이터는 프레임 버퍼(frame buffer)라고 불리는 메모리 한 부분에 저장되어야 함
  - 해상도 (resolution)은 프레임버퍼의 픽셀 수 – 640x480, 1024x768 ..
  - 프레임버퍼의 깊이 (depth of frame buffer)는 시스템이 얼마나 많은 색을 한 픽셀에서 표현할 수 있는 지를 결정
    Eg., 8 bits: 256 colors

Frame Buffer

- 넓은 의미로 프레임 버퍼(Frame Buffer)는 화면에 도시할 래스터 이미지뿐만 아니라 그러한 이미지를 생성하는데 필요한 여러 부류의 정보를 저장해주는 포괄적 의미의 그래픽스 전용 메모리(Video Memory)를 뜻함.
- 색깔 버퍼 (Color buffer)
  - 더블 버퍼 (double buffer)
  - 스테레오 버퍼 (stereo buffer)
  - 알파 버퍼 (alpha buffer)
- 깊이 버퍼 (Depth buffer)
- 스텐실 버퍼 (Stencil buffer)
- 축적 버퍼 (Accumulation buffer)
- 픽셀 버퍼 (Pixel buffer) 등

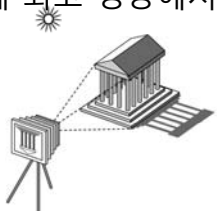
Double Buffering

- 비디오 제어기가 항상 완성된 이미지를 도시하도록 함.
- 이를 위하여 프로세서는 이미지의 내용을 계산하여 후면 버퍼에 축적
- 그동안 비디어 제어기는 전면 버퍼의 내용을 읽어 화면에 이미지 도시함
- 싱글 버퍼링보다 훨씬 부드러운 애니메이션 생성
- 더블 버퍼링을 사용할 경우 버퍼가 하나 더 필요함. 필요에 따라 주어진 색깔 버퍼를 두개로 나누어야 함.
- 실제 frame rate이 낮아질 수 있음.

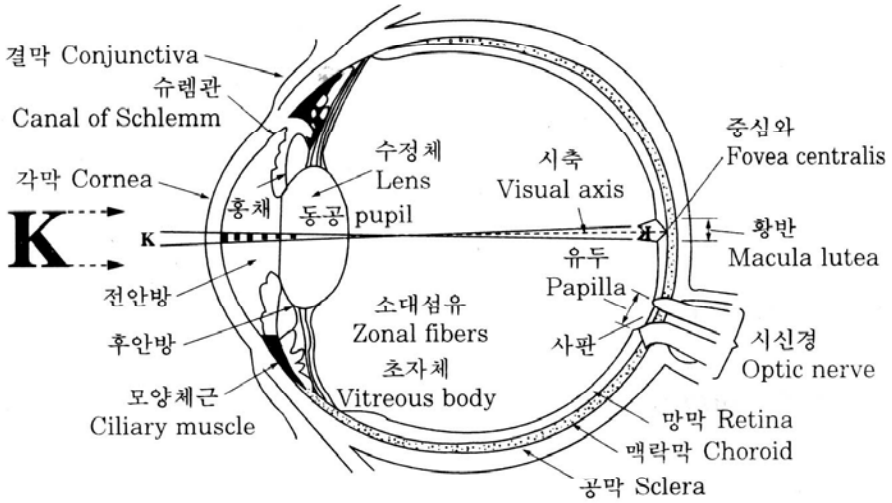


Images

- 컴퓨터 영상 (Computer-generated images)는 물체가 실제 존재하지 않는다는 점에서 인공영상임.
- 컴퓨터가 영상을 생성하는 방법은 인간의 시각 시스템과 같은 전통적인 영상생성 방법과 흡사함.
- Object (객체)는 영상생성 과정이나 관측자와 관계없이 공간에 존재.
- Viewer (관측자)는 물체의 영상을 형성하는 것. 인간 시각 시스템에서는 망막, 카메라에서는 필름에 영상 형성.
- Light (광원)이 없다면 객체는 어둡게 되고 영상에서는 아무 것도 보이지 않는다.



Human Visual System



Human Eye

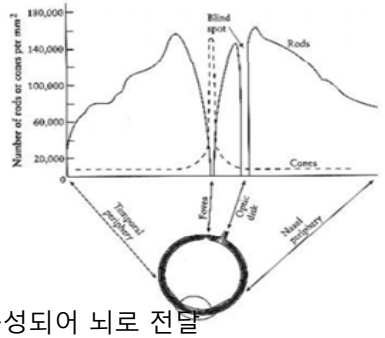
- 빛은 각막(cornea)을 통해 눈에 들어옴.
- 홍채(iris)는 동공을 통해 눈으로 들어오는 빛의 양을 조절. 동공(pupil)은 눈의 중앙에 검게 보이는 부분으로 열린 틈.
- 동공을 통과한 빛은 수정체(lens)를 통과하여 눈 후면의 감광 표면인 망막(retina)의 중심부근, 황반 (fovea)에 초점을 맞춤.
- 사람의 수정체는 관찰자와 물체 사이의 거리에 따라 수정체에 붙어 있는 모양근이 수축하거나 이완하여 초점에 맞도록 함. 물체가 가까우면 이 근육이 수축하여 수정체가 불룩해짐. 물체가 멀면 이 근육이 이완하여 수정체가 평평해짐.
- 망막은 카메라의 필름 같은 역할.
- 망막은 두 가지 광수용기(Photoreceptor), 즉 간상체(Rods)와 원추체(Cones)로 되어 있음.
- 망막은 빛을 신경신호로 바꿔서 뇌로 보내줌.

Photoreceptors (Rods & Cones)

- 간상체(rods)
  - 주로 어두울 때 활동
  - 흑백의 음영(Luminance)망을 구분함
  - 밝은 곳에 있다가 어두운 곳에 갑자기 들어가면 처음에는 아무것도 보이지 않다가 차차 주위가 보이기 시작. 처음 7~8분동안은 원추체가 작용하여 어두운 곳의 대상들을 보게 되며, 그 다음 약 40분 정도까지 간상체가 작용하여 대상들을 분명히 식별하게 됨.
  - 간상체는 파란색 스펙트럼에 민감함
- 원추체 (Cones)
  - 밝은 환경에서 작용
  - 원추체의 밀집이 바로 시력(visual acuity)을 결정
  - 원추체에는 세 가지가 있는데, 각각 삼원색(red, green, blue)에 대응하는 빛의 파장 범위에 대하여 민감함. [Young-Helmholtz설]
  - 색깔을 보려면 원추체가 활성화되어야 하므로, 어두운 상태에서는 색각(color vision)이 존재하지 않게 됨.

Rods/Cones Distribution

- 간상체와 원추체의 분포
  - 망막 표면에서 원추체와 간상체의 분포는 균일하지 않음. 600만~700만 개의 원추체가 황반 (fovea) 에 집중.
  - 간상체는 황반으로부터 약 이십도 떨어진 곳에서부터 말초에 이르기까지 밀집해 있음
- 황반 (Fovea)
  - 원추체만 다량 존재
  - 간상체는 없음
  - S-cones (blue 원추체)는 없음
  - 시력이 가장 예민함
- 맹점 (Blind Spot)
  - 간상체와 원추체 없음
  - 신경절 세포 (ganglion cells)만 구성되어 뇌로 전달

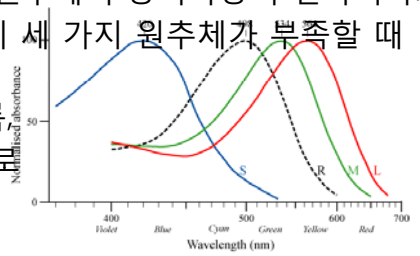


Visual Acuity

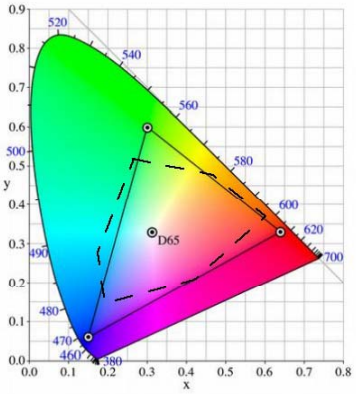
- 최소분간시력
  - 가장 통용되는 시력 척도는 최소분간시력(minimum separable acuity), 눈이 검출할 수 있는 과녁의 최소 특징 또는 과녁의 부분 사이의 최소 공간을 말함.
- Vernier 시력
  - Vernier 시력은 한 선과 다른 선의 측방향 변위(lateral displacement), 즉 미소한 치우침을 분간하는 능력임.
- 최소지각시력, 입체 시력
  - 최소지각시력(minimum perceptible acuity)은 배경으로부터 한 점(가령 둥근 점)을 분간하는 능력. 또 깊이가 있는 단일 물체의 차이를 분간하는 능력을 입체시력(stereoscopic acuity)이라 함.
- 2 feet 떨어진 곳에서 1280x1024, 17'' 모니터를 보면 1 pixel 당 1.4 arc-minutes을 시력을 제공해준다.

Color Perception

- 사람이 인식할 수 있는 가시분광(Visible spectrum)은 400 nm(보라색)~700 nm (빨강색)사이에 펼쳐져 있다.
- 세상의 물체들은 극단적인 경우를 제외하고 여러 파장들을 반사하므로 망막의 동일 지점이 이들에 의해 자극을 받는다.
- S, M, L 세 가지 원추체가 있는데 각각 파랑색, 초록색, 빨강색에 대응하는 빛의 파장 범위에 대하여 민감한데 색깔의 지각은 이 세 가지 원추체의 동시작용의 결과이다.
- 색맹 (Color blindness)는 이 세 가지 원추체가 부족할 때 나타나는 현상이다.
- 컬러 텔레비전은 빨강, 초록, 파랑점들의 가산적 혼합으로 대부분의 색깔을 나타낸다.



Chromatic Color



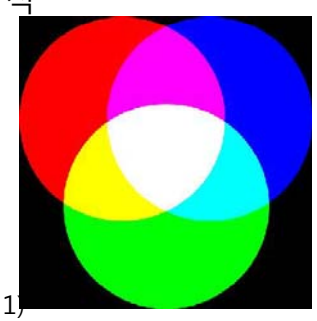
- 색상 (Hue)
  - 우리가 색깔이라고 부르는 시각 경험
- 채도 (Saturation)
  - 색깔의 채도란 그 색이 흰색/회색 때문에 그 순수성이 떨어지는 정도
  - 진한색 (빨강색, 파랑색)은 채도가 높은 것. 회색으로부터 멀리 있음.
  - 파스텔톤 (분홍색, 하늘색)은 채도가 낮은 것. 회색에 가까워 짐.
- 명도 (Brightness)
  - 빛 자극의 물리적 강도가 감각되는 명도를 결정.
  - 명도의 차원은 흑색에서부터 색상이 없고 명도가 최대인 백색까지 변함.

Color Model

- 색깔을 어떤 모델을 사용하여 수치적으로 표현할 것인가?
  - RGB
  - CMY
  - HSV/HSB
  - YUV/YIQ – PAL/NTSC Television

RGB

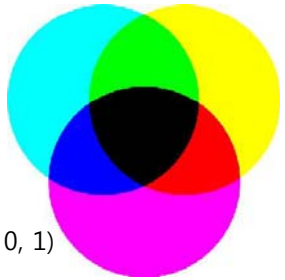
- 빛의 삼원색으로 컬러 디스플레이 시스템에 적합
- RGB 컬러 모델은 각 화소 값이 그 화소에 칠할 (RED, GREEN, BLUE)값을 더해 표현하는 방식
  - n_R: # of bits for R channel
  - n_G: # of bits for G channel
  - n_B: # of bits for B channel
  - $n = n_R + n_G + n_B$
  - $2^n = 2^{(nR + nG + nB)}$ 개의 색깔 표현 가능



- Examples
  - Black (0, 0, 0), **White (1, 1, 1)**
  - Red (1, 0, 0), Green (0, 1, 0), Blue (0, 0, 1)
  - Cyan(0, 1, 1), Magenta (1, 0, 1), Yellow (1, 1, 0)

CMY

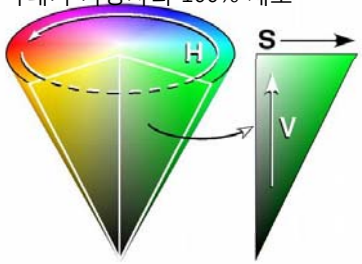
- 색의 삼원색으로 프린팅에 적합.
- CMY 컬러 모델은 RGB의 보색인 Cyan, Magenta, Yellow을 사용. 흰색에서 RGB를 빼서 표현하는 방식.
  - Cyan = 1 – red (green& blue만 남음)
  - Magenta = 1 – green (red & blue 만 남음)
  - Yellow = 1 – blue (red & green 만 남음)



- Examples
  - **Black (1, 1, 1)**, White (0, 0, 0)
  - Red (0, 1, 1), Green (1, 0, 1), Blue (1, 1, 0)
  - Cyan (1, 0, 0), Magenta (0, 1, 0), Yellow (0, 0, 1)
- RGB/CMY 변환
  - CMY = (1, 1, 1) – RGB
  - RGB = (1, 1, 1) – CMY
- CMYK는 검정색(Black, K)를 추가, 인쇄에서 주로 사용.

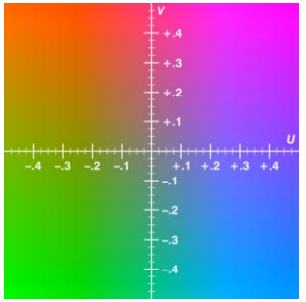
HSV/HSB

- HSV 컬러 모델은 색상(Hue), 채도 (Saturation), 명도 Value/Brightness)
  - 색상은 0 ~ 360도의 범위 각도
    - 0 - 빨간색, 120 - 녹색, 240 - 파란색
  - 채도는 0 ~ 1 범위의 반지름
    - 0 - 명도의 명암도 (무채색)
    - 1 - 컬러는 원뿔모형 기반의 꼭대기 가장자리 100% 채도
  - 명도는 z축에서의 위치
    - 0 - 검정
    - 1 - 흰색



YUV/YIQ

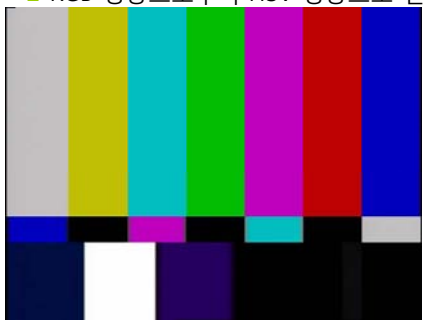
- YUV 컬러 모델은 TV에서 RGB 신호를 영상의 명암을 나타내는 명도 (Luminance) (Y)와 두 개의 색차 (Chrominance) (U, V)로 변환하여 표시하는 방법.
  - Y: 밝기를 0 ~ 1의 수로 표현
  - U: 푸른 정도를 -0.5 ~ 0.5의 수로 표현
  - V: 붉은 정도를 -0.5 ~ 0.5의 수로 표현
- RGB->YUV
  - Y = 0.299 R + 0.587 G + 0.114 B
  - U = -0.147 R – 0.289 G + 0.436 B
  - V = 0.615 R – 0.515 G – 0.100 B
- YUV->RGB
  - R = Y + 1.140 V
  - G = Y – (0.396 U + 0.581 V)
  - B = Y + 2.029 U



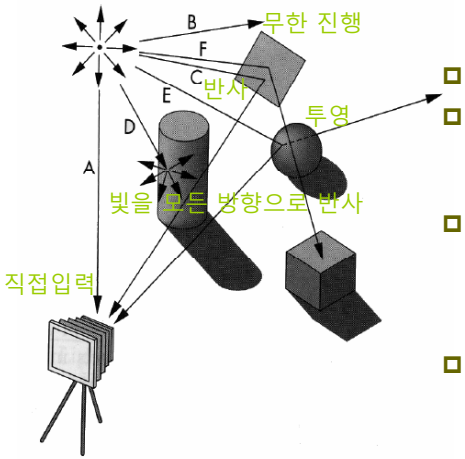
U-V Color Plane

Luminance

- 색의 밝기 (brightness)
- RGB 컬러에서 명암도로 변환
  - NTSC 표준 명암도 = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B
    - 명도에 대한 NTSC 표준에 따름
  - 평균 명암도 = 0.33 * R + 0.33 * G + 0.33 * B
    - RGB 영상으로부터 HSV 영상으로 변환



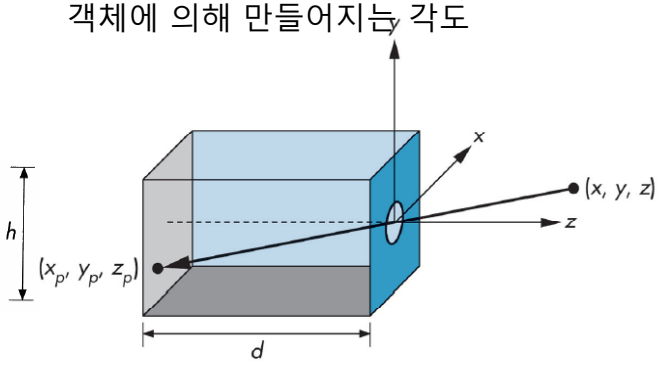
Synthetic Imaging Process



- 점 광원 (point light source)은 한 지점에서 모든 방향으로 빛을 방출
- 관측자 (Viewer)는 카메라
- 광선 (ray)은 한 점에서 시작하여 임의 방향으로 무한히 진행하는 반직선.
- 광선추적 (Ray tracing) 또는 광자매핑 (photo mapping)은 이런 영상모델을 기반으로 하여 제작한 기법
- 라디오시티 (radiosity)는 면에 입력된 광선이 모든 방향으로 똑같이 반사되는 물체에 가장 적합. 에너지 바탕 기법.

Pinhole Camera

- Pinhole camera는 상자의 한쪽 면에 작은 구멍이 나있고 필름이 안쪽의 반대쪽 면에 놓인 상자
- $(x_p, y_p, -d)$는 (x, y, z)가 투영된 점
- 카메라의 시야는 필름 면에 맺힐 수 있는 가장 큰 크기의 객체에 의해 만들어지는 각도



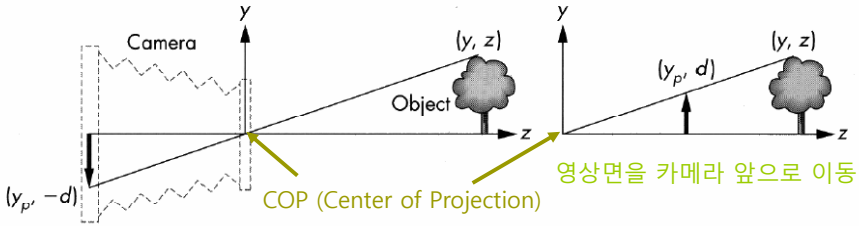
$$\theta = 2\tan^{-1}\frac{h}{2d}$$

$$x_p = -\frac{x}{z}d$$

$$y_p = -\frac{y}{z}d$$

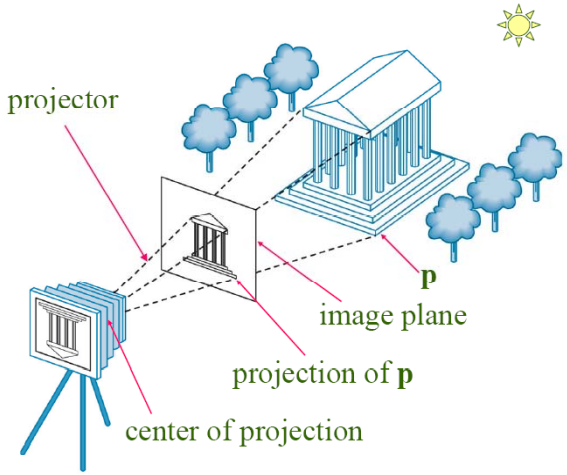
Synthetic-Camera Model

- Pinhole camera model에서 image plane을 앞으로 움직인 것
- 클리핑 윈도우 (Clipping window)
  - 합성카메라에서는 시야에 따른 영상 크기의 제한을 고려해야 함

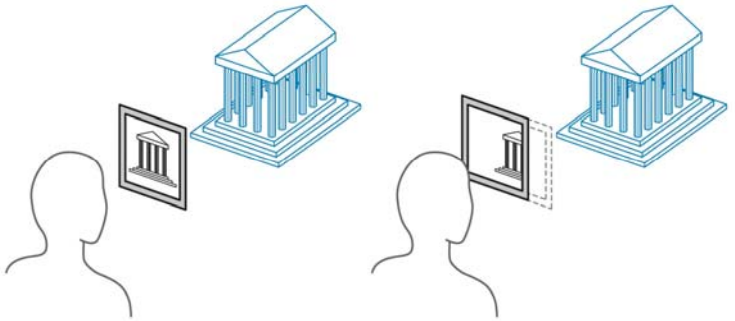


카메라 후면에 생성된 영상

Synthetic-Camera Model



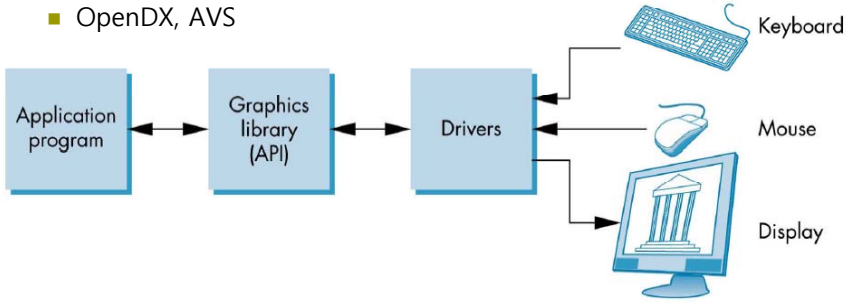
Clipping



클리핑 윈도우의 초기 위치 클리핑 윈도우의 이동

3D Graphics API

- Low-level graphics libraries
  - OpenGL, Direct3D
- Scene graph libraries
  - SGI Performer, Open Inventor, Open Scene Graph, Java3D
- Scientific visualization & advanced graphics toolkits
  - OpenDX, AVS

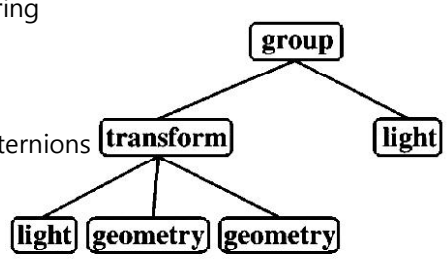


Low-level 3D Graphics API

- 기본적으로 제공하는 명령어:
  - 점, 선, 폴리곤, 곡선과 곡면 (points, lines, polygons, curves and surface) 기하학적 모델링
  - 위치, 회전, 크기 지정
  - 컬러 지정
  - 조명 (light sources) 지정
  - 재질 (material properties) 지정
  - 관측 (view) – 카메라 위치 (camera position: center of projection), 방향 (camera coordinate system), 초점 거리 (size of the image), 필름 면 (height and width of the back of the camera)
  - 텍스쳐 로딩 (texture loading)

Scene Graph API

- 장면 그래프 (scene graph)는 그래픽을 표현하는데 쓰이는 트리 (tree)임
- 노드 (node)는 그룹, 변환, 조명, 기하 (group, transformation, light, geometry)등을 표현하는데 쓰임
- 주요 요소:
  - Standard data structures for geometry & graphics state
  - Automatic, optimized rendering
  - View culling
  - Level of detail
  - Model loaders
  - Math: vectors, matrices, quaternions
  - Intersection testing
  - Multiprocessing

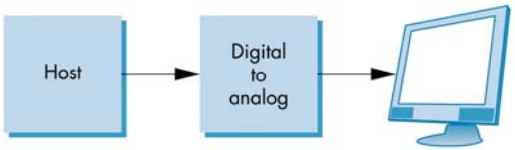


Graphics Pipeline

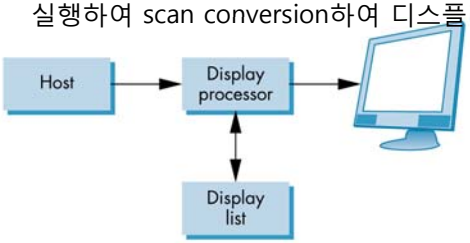
- 그래픽스 파이프라인은 PC 메모리에 있는 프로그램과 데이터
- CPU가 프로그램을 실행하여 그래픽스 명령어를 처리함
- 명령어와 데이터가 그래픽스 카드로 보내짐
- 영상 (Images)는 그래픽스 카드 메모리에서 렌더링됨
- CPU와 그래픽스 카드를 연결해주는 인터페이스
  - PCI
  - AGP
  - PCI Express
- 그래픽스 카드와 디스플레이를 연결해주는 인터페이스
  - VGA
  - DVI
  - Composite, S-Video

Graphics Architecture

- 초기 그래픽스 시스템

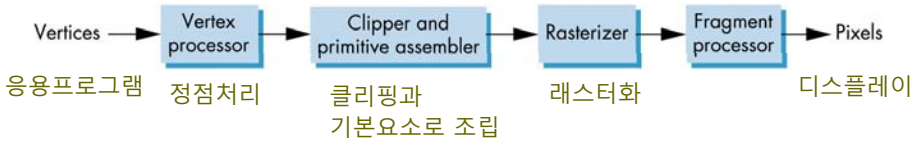


- 디스플레이 프로세서 구조
  - 디스플레이 프로세서에서 리스트 안에 있는 프로그램을 실행하여 scan conversion하여 디스플레이로 보내줌



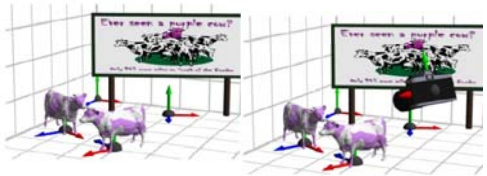
Pipeline Architecture

- 그래픽 파이프라인 (Graphics pipeline) 구조
  - 정점 처리 (vertex processing)
  - 클리핑과 기본요소로 조립 (clipping and primitive assembly)
  - 래스터화 (rasterization)
  - 단편 처리 (fragment processing)

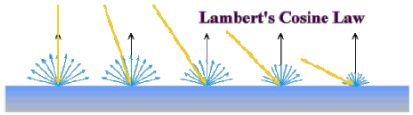


Vertex Processing

- 각 정점의 좌표변환을 수행하고 색을 계산 처리
- 행렬 변환(matrix transformation)을 통하여 좌표계 변환을 계산
  - Model transformation
  - Viewing transformation

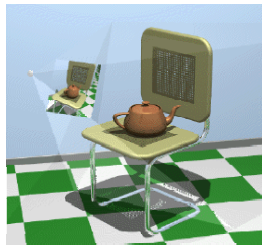


- 광원의 특성과 객체 표면의 물리적인 특성을 고려한 물리적인 음영모델을 이용하여 색을 계산



Clipping and Projection

- 투영 (projection)은 관측자가 구도를 잡았을 때 물체를 구성하는 3차원 공간의 점이 2차원 평면인 화면의 어느 지점으로 투영되는지 결정
  - 원근 투영 (Perspective projection)
  - 평행 투영 (Parallel projection)
- 카메라 앞에 피라미드 같은 클리핑 볼륨(clipping volume)을 두어 윈도우 밖에 투영되는 객체는 영상으로 나타나지 않고 클리핑됨.



Primitive Assembly

- 클리핑은 정점 단위로 이루어지기 보다는 기본요소 단위로 이루어짐
- 파이프라인의 클리핑 단계에서는 클리핑이 이루어지기 전에 정점의 집합을 아래와 같은 기본요소 단위로 조립함
  - 선분 (Line segments)
  - 다각형 (Polygons)
  - 곡선과 곡면 (Curves and surfaces)

Rasterization

- 클리핑기로부터 나온 기본 요소는 아직 정점으로 표현되어 있는데 프레임 버퍼의 픽셀로 변환되어야함.
- 래스터기의 출력은 각 기본 요소 단편 (fragments)의 집합
- 단편은 색과 위치 정보를 전달하는 잠정적인 픽셀
- 단편은 주어진 픽셀에 대해서 현재의 단편이 이미 래스터화된 단편의 뒤에 놓여있는지를 결정하기 위한 깊이(depth) 정보

Fragment Processing

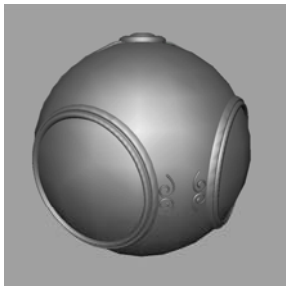
- 래스터기에서 생성한 단편 (fragments)을 받아들여 프레임 버퍼 안에 있는 픽셀을 갱신
- 단편에 대응하는 픽셀의 색은 프레임 버퍼로부터 읽혀지거나 또는 반투명의 효과를 주기 위하여 단편의 색과 혼합
- 단편의 색은 택스쳐 매핑 혹은 범프 매핑으로 바꾸거나, 또는 정점의 색으로 보간.
- 카메라에서 가까운 단편은 다른 단편을 보이지 않게 할 수 있음.
  - 은면 제거 (Hidden-surface removal)

Programmable Pipeline

- 최근 NVIDIA와 ATI 등 그래픽스 카드 제조회사에서 발표하고 있는 GPU (Graphics Processing Unit)에서 사용하고 있는 구조
- 렌더링 파이프라인의 일부분을 프로그래머가 **vertex shader**와 **pixel/fragment shader**를 통하여 원하는 방식으로 프로그래밍을 할 수 있음.
- 과거에는 불가능하였던 다양한 실시간 렌더링 효과를 유연하게 생성할 수 있음.

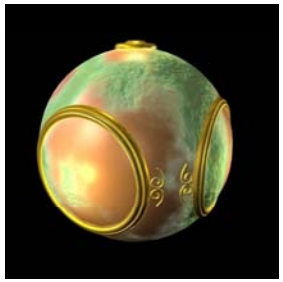
Computer Graphics: 1980-1990

Realism comes to computer graphics



Smooth shading

Environment mapping



Bump mapping

Computer Graphics: 1980-1990

- Special purpose hardware
  - Silicon Graphics geometry engine
    - VLSI implementation of graphics pipeline
- Industry-based standards
  - PHIGS
  - RenderMan
- Networked graphics: X Window System
- Human-Computer Interface (HCI)

Computer Graphics: 1990-2000

- OpenGL API
- Completely computer-generated feature-length movies (Toy Story) are successful
- New hardware capabilities
  - Texture mapping
  - Blending
  - Accumulation, stencil buffers

Computer Graphics: 2000-

- Photorealism & Non-Photorealism
- Graphics cards for PCs dominate market
  - Nvidia, ATI
- Game boxes and game players determine direction of market
- Computer graphics routine in movie industry
  - Maya, Lightwave
- Programmable pipelines
  - Cg, GLSL, HLSL