

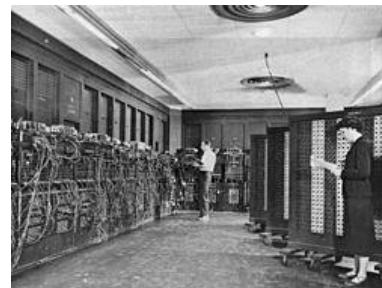
# 컴퓨터 그래픽스

## 1. 컴퓨터 그래픽스 개요 및 시스템

2025년 2학기

# 컴퓨터 그래픽스의 발전

- 컴퓨터 그래픽스 정의
  - 컴퓨터 그래픽스는 컴퓨터를 이용해 그림을 생성하는 기술
  - 영상처리 (Image Processing): 있는 그림을 개선하거나 인식하는 분야
- 1960년대까지의 컴퓨터 그래픽스
  - 1946년: 펜실베니아 대학의 모클리와 애커트가 세계 최초의 진공관 컴퓨터인 앤이악(ENIAC, Electronic Numerical Integrator and Computer) 발명



출처: 위키피디아

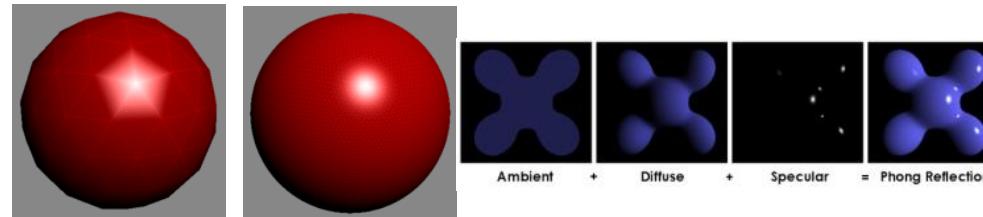
- 1962년: MIT의 Ivan Sutherland는 CRT 위에 라이트 펜으로 직접 그림을 그릴 수 있는 스케치 패드(Sketchpad) 프로그램을 개발
- 1969년: ACM 학회에 그래픽스 협의회인 SIGGRAPH 발족  
(Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques)



The screenshot shows the ACM SIGGRAPH website. At the top, there's a navigation bar with links for 'Join a Chapter', 'Hear From Us', 'Contact', 'About', 'Awards', 'Events', 'Inside SIGGRAPH', 'SIGGRAPH 365', and a search icon. Below the navigation is the 'ACM SIGGRAPH' logo and the tagline 'Your global community for innovation and application'. A brief description follows: 'The ACM SIGGRAPH community is a global nonprofit organization serving the evolution of computer graphics and interactive techniques. With thousands of members across the world, the researchers, artists, developers, filmmakers, scientists, and business professionals of ACM SIGGRAPH are building the future of digital art and interactive design.' On the right side, there's a red 'Join Us' button. At the bottom, there are two images: one of a speaker at a podium with the text 'SIGGRAPH 2022 Featured Speakers: Turing Award Lecture' and another of a presentation screen with the text 'The Metaverse: Then, Now, and Next'.

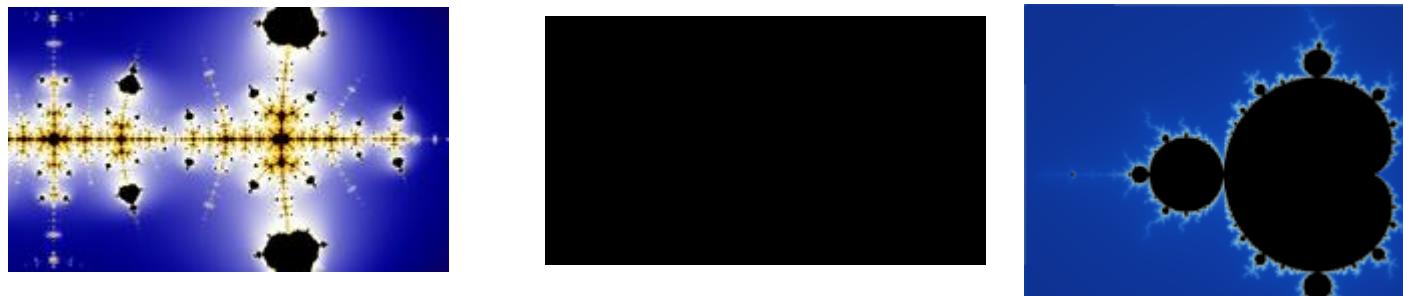
# 컴퓨터 그래픽스의 발전

- 1970년대의 컴퓨터 그래픽스
  - 본격적인 컴퓨터 그래픽스가 활용되는 시기
  - 1972년: 래스터 그래픽스 등장
  - 1974년: 유타 대학의 Bui Tuong Phong은 Phong shading 알고리즘 개발



출처: 위키피디아

- 1977년: 폴란드 수학자인 Bernoit Mandelbrot가 프렉탈 기하학 분야를 정립

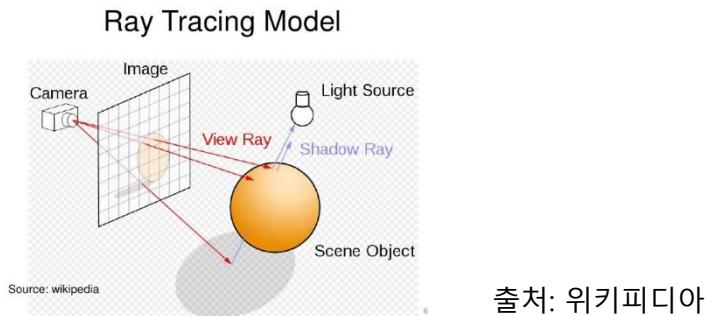


출처: 위키피디아

# 컴퓨터 그래픽스의 발전

- 1980년대의 컴퓨터 그래픽스

- 개인용 컴퓨터의 급속한 발전과 보급으로 컴퓨터 그래픽스가 대중화된 시기
- HCI 기술 발전(윈도우, 메뉴, 아이콘, 마우스 등)
- 1980년: 렌더링 테크닉인 [레이 트레이싱](#)(광선 추적 알고리즘)

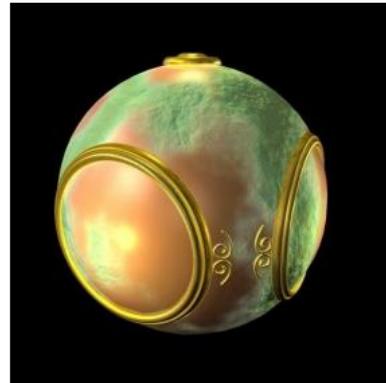
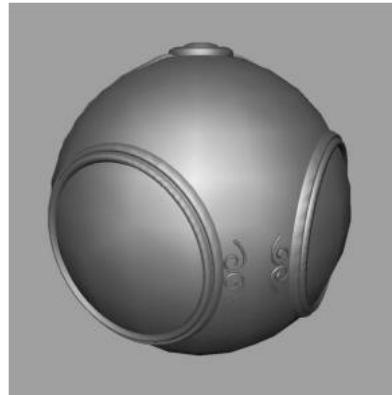


출처: 위키피디아

- 1981년: IBM에서 개인용 컴퓨터 개발, 컴퓨터의 소형화
- 1982년: John Walker와 Dan Drake가 AutoCAD 소프트웨어 개발
- 1984년: GUI를 이용한 개인용 컴퓨터 Macintosh 개발
- 1985년: NES사가 가정용 게임기 Nintendo 개발
- 1987년: IBM사에서 VGA 그래픽 카드 개발

# 컴퓨터 그래픽스의 발전

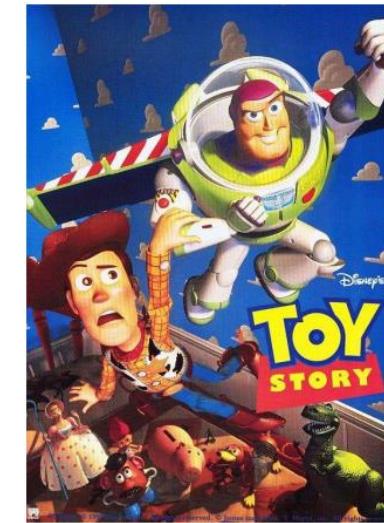
- 1990년대의 컴퓨터 그래픽스
  - 3차원 그래픽스의 발전, 사실주의 컴퓨터 그래픽스, 인터넷 환경 발전
  - 1990년: 오토데스크사의 Gary Yost는 3차원 컴퓨터 그래픽스를 위한 디자인 소프트웨어인 3D max
  - 1992년: 실리콘 그래픽스사에서 OpenGL 사양 발표
  - 1995년: Pixar사는 최초의 3D 애니메이션 “[Toy story](#)” 제작
  - 1995년: 마이크로소프트사는 DirectX API 사양 발표
  - 1999년: NVIDIA사는 GeForce256 GPU 개발



Smooth shading

Environment mapping

Bump mapping



# 컴퓨터 그래픽스의 발전

- 2000년대 이후의 컴퓨터 그래픽스
  - 실시간 렌더링
  - 포토리얼리즘과 비 포토리얼리즘 그래픽스 발전
  - 물체의 사실감과 자연스러움 증가
    - [SIGGRAPH 2023: Technical Papers Preview Trailer](#)
    - [SIGGRAPH 2024: Technical Papers Preview Trailer](#)
    - [SIGGRAPH 2025: Technical Papers Preview Trailer](#)
  - 응용 분야의 확장
  - 인공지능 기반 그래픽스

# 2차원 그래픽스

- 2차원 그래픽스
  - 점, 선, 원, 곡선 등과 같은 기본 도형을 이용하여 2차원 평면상에 구현된 디지털 이미지
  - 결과물을 픽셀의 형태로 표현: 각 픽셀은 적색(Red), 녹색 (Green), 청색(Blue)의 농도 값을 배합
  - **그래픽의 표현 방법과 처리방식에 따라 벡터 그래픽스와 래스터 그래픽스로 구분**
  - **벡터 그래픽스(Vector Graphics)**
    - 그래픽에 사용된 객체들을 점과 선을 이용해 수학적 함수로 표현하여 기억 공간에 저장하는 방식
    - 파일의 크기가 래스터 그래픽 방식으로 저장한 것보다 작음
    - 기하적 객체를 수식의 형태로 표현하므로 화면 확대 시에도 화질의 변화가 없음

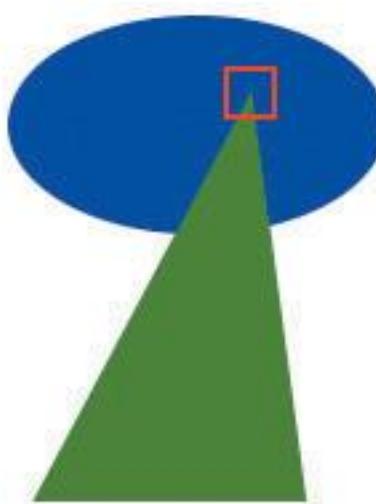
```
<?xml version = "1.1"?>
<svg width="300" height="300">
<ellipse cx="110" cy="50" rx="70" ry="40" style="fill:blue; stroke:blue; stroke-width:2"/>
<polygon style="fill:green;stroke:green; stroke-width:2" points="130,40 140,190 50,190"/>
</svg>
```



## 2차원 그래픽스

### - 래스터 그래픽스(Raster Graphics)

- 래스터 그래픽 출력장치에 표시하기 위한 그래픽 데이터를 픽셀단위로 기억 공간에 저장
  - 저장된 파일의 크기는 출력장치의 해상도에 비례
  - 화면을 확대하면 화질이 떨어짐

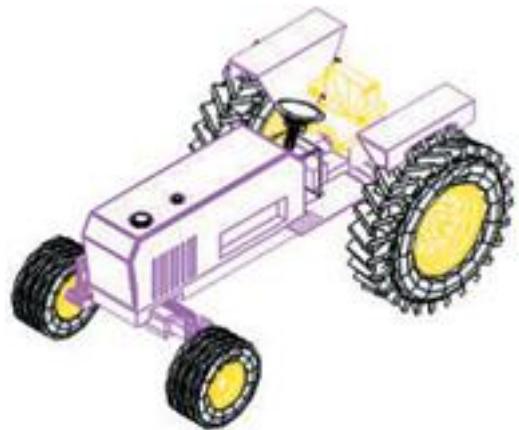


# 3차원 그래픽스

- 3차원 그래픽스
  - 컴퓨터에 저장된 모델의 기하학적 데이터를 이용해 3차원으로 표현한 뒤 2차원 적 결과물로 처리, 출력하는 컴퓨터 그래픽
  - 3차원 그래픽 생성과정 :
    - 물체의 기하학적인 형상을 모델링(Modeling)
    - 3차원 물체를 2차원 평면에 투영(Projection)
    - 생성된 3차원 물체에 색상과 명암을 부여(Rendering)

# 3차원 그래픽스

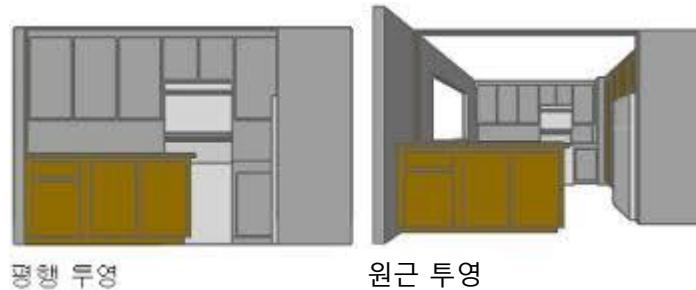
- 모델링(Modeling) 과정
  - 3차원 좌표계에서 물체의 모양을 표현하는 과정
    - 와이어프레임(Wireframe)모델
    - 다각형 표면(Polygon Surface)모델
    - 솔리드(Solid)모델링
    - 3차원 스캔에 의한 모델링



# 3차원 그래픽스

- **투영(Projection) 과정**

- 3차원 객체를 2차원 화면에 투영
  - 평행 투영, 원근 투영



- **렌더링(Rendering) 과정**

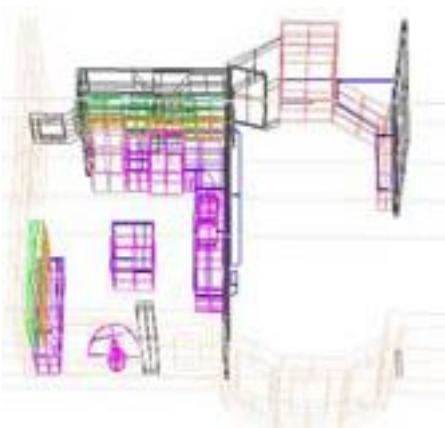
- 색상과 명암의 변화와 같은 3차원적인 질감을 더하여 현실감을 추가하는 과정
  - 은면 제거(Hidden Surface Removal)
  - 셰이딩(Shading), 텍스처 매핑(Texture Mapping), 그림자(Shadow), 투명도 (Transparency)…
  - 광선 추적법(Ray Tracing)



# 컴퓨터 그래픽스 활용

- CAD (Computer Aided Design)

- 부품설계 및 도면작성(Drafting), 기계설계
- VLSI 설계, 전자회로 설계
- Communication network, Water/Electricity supply system
- 자동차, 비행기, 선박의 설계: Wireframe model
- 건축 설계



# 컴퓨터 그래픽스 활용

- 컴퓨터 애니메이션과 시뮬레이션(Simulation)
  - 프레임들의 빠른 연속적인 디스플레이
  - Education, Training(Flight simulator), Physical system 의 Behavior 연구



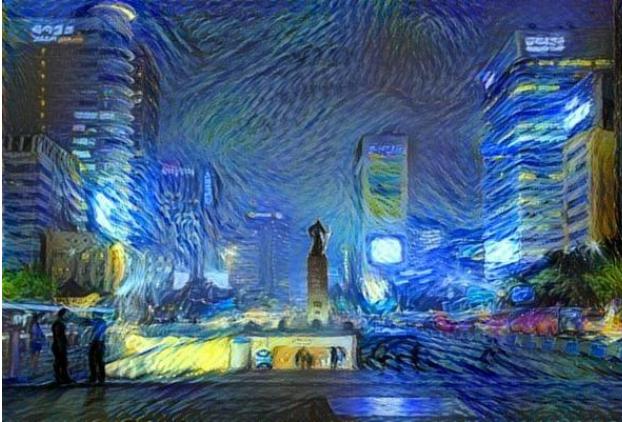
출처: Walt Disney pictures



출처: Microsoft Flight Simulator

# 컴퓨터 그래픽스 활용

- 컴퓨터 디자인 및 아트
  - 상업 디자인(Commercial art)
  - 창작 미술(Creative art)



출처: 조선비즈

(구글 딥드림을 활용해 고호의 화풍으로 그린 광화문 그림)

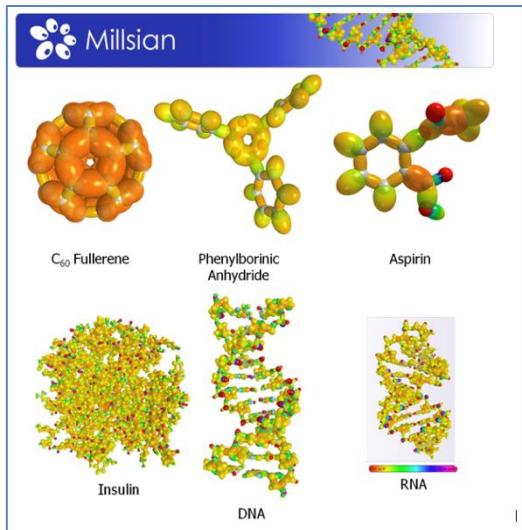
- 게임 및 엔터테인먼트
  - 영화, 게임, 뮤직 비디오, TV 프로그램 등



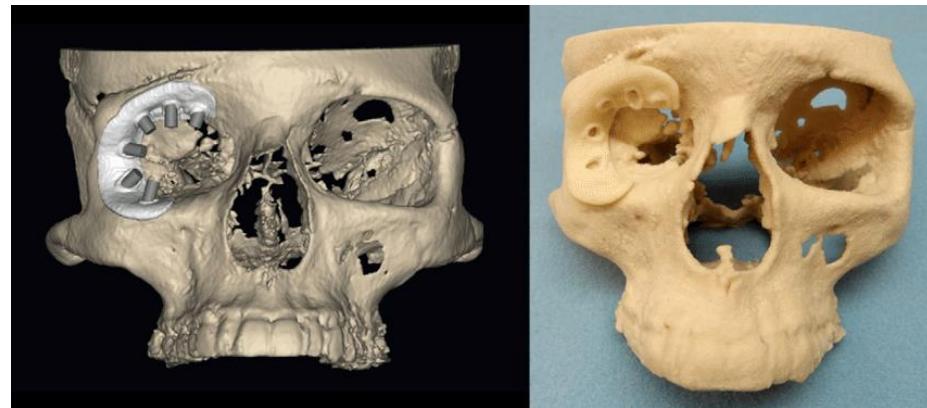
출처: 영화 "라이프 오브 파이" 소개 영상 (유튜브  
도파캣)

# 컴퓨터 그래픽스 활용

- 프레젠테이션 및 데이터 시각화(Data Visualization)
  - 프레젠테이션 그래픽스(Presentation Graphics): Graph, Chart, Business graphics, Project management
  - Computer generated model (Visualization): Physical, Financial, Economic model



출처: brilliantlightpower.com



출처: ResearchGate (Virtual surgical planning and 3D printing in prosthetic orbital reconstruction with percutaneous implants: A technical case report)

# 컴퓨터 그래픽스 활용

- 가상 현실(VR), 증강 현실(AR), 혼합 현실(MR)
  - Virtual Reality: 컴퓨터 등을 사용하여 인공적인 기술로 만들어낸 실제와 유사한 환경을 만들어내는 기법
  - Augmented Reality: 가상 현실의 한 분야로 실제로 존재하는 환경에 가상의 사물이나 정보를 합성하여 실제로 존재하는 사물처럼 보이는 기법
  - Mixed Reality: 실제 세계를 디지털 세계와 혼합한 결과
  - Metaverse (Meta + Universe): 현실과 가상이 융합된 디지털 세계



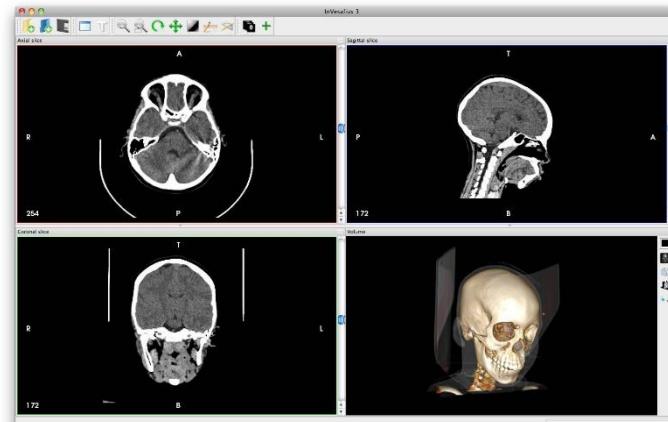
영화 아이언맨 (출처: 네이버 영화)



LG360 VR 체험 모습 (출처: LG전자 블로그)

# 컴퓨터 그래픽스 활용

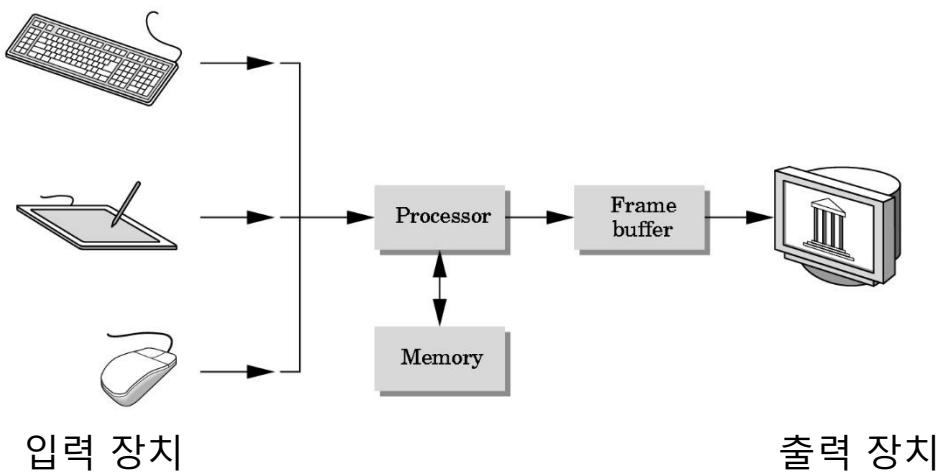
- 전자 출판
  - Document Preparation System
- 공간 정보의 표현
  - 지리정보시스템(GIS: Geographic Information System)
  - 차량 주행안내 시스템(Car Navigation System)
- 이미지처리(Image Processing)
  - Feature Detection
  - Pattern Recognition
  - 3D Reconstruction(예: MRI, CT)



출처: <https://medevel.com/invesalius-3d-dicom/>

# 그래픽스 시스템

- 그래픽스 시스템 구성:
  - 그래픽스 하드웨어:
    - 그래픽 데이터를 입력 또는 생성하는 입력 장치
    - 결과물 출력하는 출력장치
    - 그래픽스 프로세서
  - 그래픽스 소프트웨어:
    - 그래픽 데이터를 생성하고 처리하여 원하는 형태의 그래픽 결과물을 디스플레이 하기 위해서 사용되는 프로그램
    - 그래픽스 라이브러리 및 응용 프로그램



# 그래픽스 하드웨어: 입력 장치

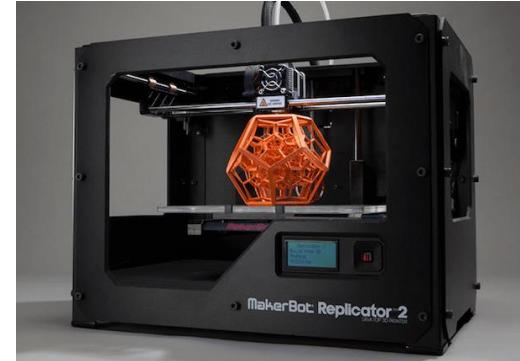
- 2차원 입력 장치
  - 마우스
  - 그래픽스 태블릿
  - 조이스틱
  - 라이트 펜
- 3차원 입력 장치
  - 3D 디지타이저, 3D 스캐너
  - 모션 캡처 장치



# 그래픽스 하드웨어: 출력 장치

- **프린터**

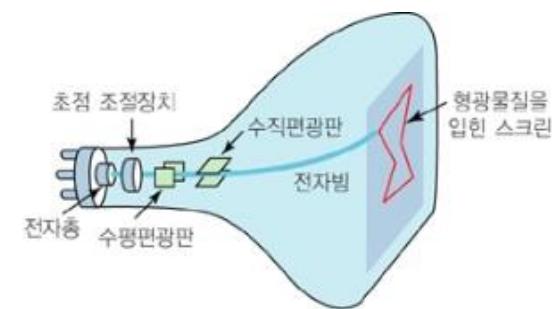
- 프린터
- 플로터
- 3D 프린터 ([샘플](#))



- **모니터**

- 브라운관 모니터 (CRT, Cathode-Ray Tube): 2000년대 초반까지

- 컴퓨터의 출력은 디지털 아날로그 변환기 (digital-to-analog converter)에 의해 수직, 수평 편광판 사이의 전압으로 변환, 충분한 양의 전자선이 형광 물질에 도달하면 CRT 표면에서 빛이 방출된다.
- 색 재현력 우수, 응답 속도 빠름
- 부피가 크고 무겁다. 전력 소모가 많다



# 그래픽스 하드웨어: 출력 장치

- 평판 디스플레이 모니터 (FPD, Flat Panel Display)
  - 전면 유리에 전자를 썩어 표시하는 방식으로 CRT의 전자총을 얇은 판으로 대체하여 얇고 가벼운 디스플레이 장치, 열이 덜 발생하고 전력 소모가 작다.
  - LCD (Liquid Crystal Display): 90년대 후반부터 현재까지
    - TFT LCD (Thin Film Transistor Liquid Crystal Display)라는 두 개의 유리판 사이에 액정이 채워져 있는 디스플레이 방식
    - 시계, 컴퓨터, TV, 자동차/항공기 속도표시판 등에 폭넓게 사용
    - 소비전력이 적고 가볍고 얇아서 휴대하기 편리한 장점
    - 스스로 빛을 내지 못하고 시야각이 좁고 명암비가 낮고 응답속도가 느린 단점
  - PDP (Plasma Display Panel): 2000년대 초반부터
    - 픽셀 공간 내에 채워진 가스의 방전으로부터 방출된 자외선이 RGB 형광체와 부딪쳐 가시 광선을 방출하는 원리로 화면 구현
    - 발광형으로 선명한 표시가 가능, 고전력이 필요하고 수명이 짧음: LCD와 OLED에 밀려 단종
  - LED (Lighting Emitting Diode): 2010년대부터 현재까지
    - 발광 다이오드: 순방향으로 전압을 가했을 때 발광하는 반도체 소자
    - 에너지가 가해졌을 때 가시광선이나 비가시광선(적외선)을 발산하는 다이오드
    - 수명이 길고 에너지 효율이 높음
  - OLED (Organic Light Emitting Diode): 2010년대부터 현재까지
    - 유기발광다이오드
    - LCD에 비해 더 높은 대비와 넓은 시야각
    - 변인 문제 (잔상효과), 제조단가가 높음

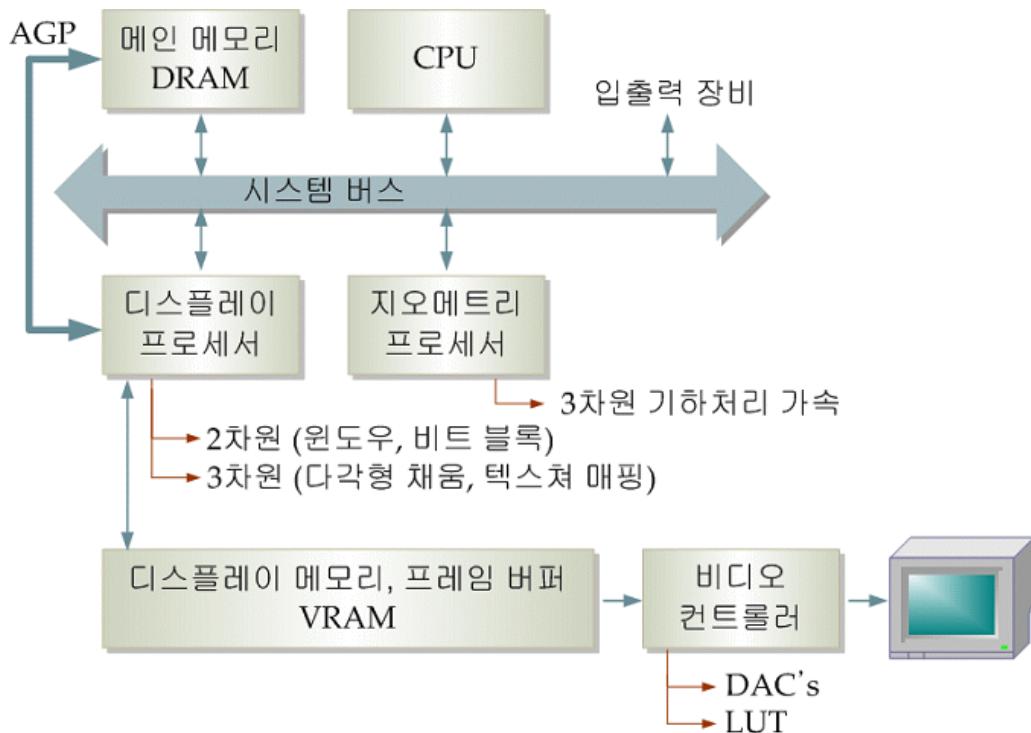


# 그래픽스 하드웨어: 그래픽스 프로세서

- **그래픽스 프로세서**

- 그래픽 데이터 처리: 컴퓨터에 의해 생성된 디지털 정보를 최종적으로 아날로그 신호로 변환하여 화면에 그림을 그리게 하는 역할 담당

- 그래픽 카드의 구조

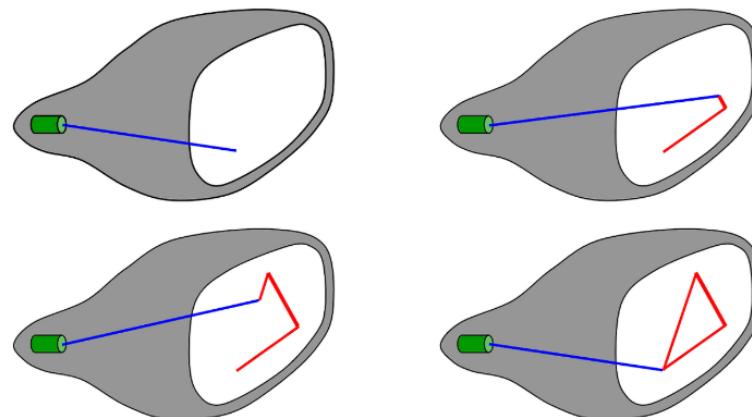


# 그래픽스 하드웨어: 그래픽스 프로세서

- 그래픽스 프로세서에 의해 그래픽스 프로그램이 처리되는 수행 방식

- 랜덤 스캔 방식

- 선 단위로 그리는 방식으로 전자빔이 도형의 윤곽선을 따라 직접 그린다.
    - 그래픽 처리 과정
      - 그래픽스 응용 프로그램 실행 → 디스플레이 파일 생성되어 시스템 메모리에 저장 → 출력 프로세서에 의해 매 활성주기마다 모니터에 출력
    - CAD, 설계도면 등 선형 그래픽 표현에 적합하고 메모리 사용량이 적음
    - 복잡한 이미지나 사진 표현에는 부적함, 애니메이션이나 실사 표현에 어려움

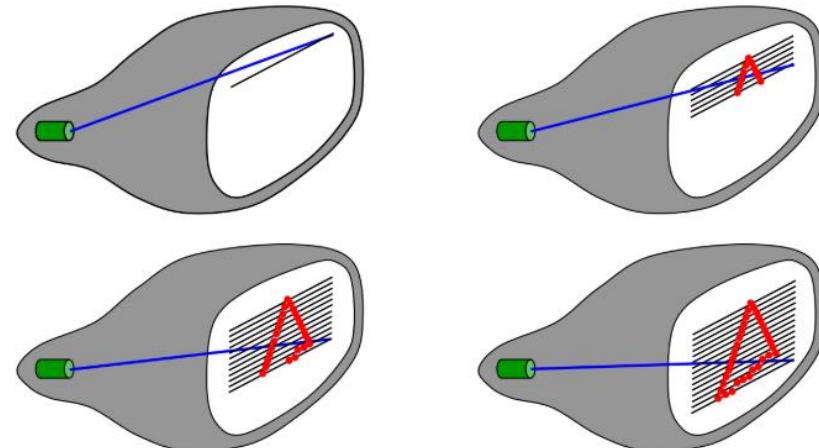


출처: <https://jy05un.tistory.com/13>

Random Scan Displays

# 그래픽스 하드웨어: 그래픽스 프로세서

- 그래픽스 프로세서에 의해 그래픽스 프로그램이 처리되는 수행 방식
  - 래스터 스캔 방식 (Raster Scan)
    - 픽셀 단위로 구성하고 스캔라인을 따라 한 줄씩 출력한다.
    - 그래픽 데이터 처리 과정
      - 그래픽스 응용 프로그램 실행 → 처리결과가 그래픽스 명령어 형태로 생성 → 명령어가 수행되어 픽셀 형태로 프레임 버퍼에 저장 → 주기적으로 모니터에 재생
    - 빠른 활성화를 위해 이중 프레임 버퍼를 사용
    - 래스터 모니터에 적용되는 방식으로 대부분의 그래픽스 프로세서 방식
    - 실사 이미지나 애니메이션, 게임 그래픽에 적합하고 현대 디스플레이 기술과 호환됨
    - 메모리 사용량이 많고 선 표현에 계단 효과가 나타날 수 있다.



출처: <https://jy05un.tistory.com/13>

# 그래픽스 하드웨어: 그래픽스 프로세서

- GPU (Graphics Process Unit)
  - 프레임 버퍼에 그래픽 이미지를 빠르게 생성하고 처리하기 위한 프로세서
  - 병렬처리 프로세서를 사용
    - 그래픽 및 이미지 처리 알고리즘이 빠르게 처리, 조작 될 수 있게 구성
    - 작고 단순한 연산 코어를 가지고 병렬 연산을 수행
    - 1999년 NVIDIA사의 GeForce256에서 처음 사용
  - 세이더 기능을 지원
    - 세이더: 하드웨어 연산 장치로 작은 프로그래밍이 가능한 코어 프로세서
    - 세이딩 언어를 이용하여 병렬로 화면의 폴리곤들을 처리하며 고품질의 실시간 3차원 그래픽스 처리가 가능

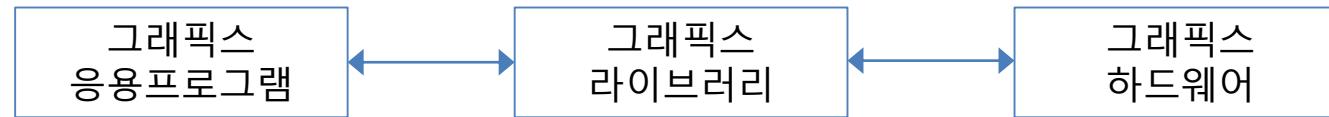


# 그래픽스 소프트웨어

- **그래픽스 소프트웨어**

- **그래픽스 라이브러리:**

- 그래픽스 응용 프로그램을 개발하는데 필요한 기능과 알고리즘을 제공하는 라이브러리
    - OpenGL, Direct3D 등



- **그래픽스 응용프로그램:**

- 특정한 분야의 그래픽을 제작하거나 특수한 목적으로 개발된 경우
    - CAD, 3D Max 등