

# 3D 그래픽스, 셰이더, OpenGL

3D Graphics Programming with OpenGL Shaders

[biztripcru@gmail.com](mailto:biztripcru@gmail.com)

© 2022–2024. [biztripcru@gmail.com](mailto:biztripcru@gmail.com). All rights reserved.  
모든 저작권은 [biztripcru@gmail.com](mailto:biztripcru@gmail.com) 에게 있습니다.

# 그래픽스 시스템의 역사

History of Computer Graphics Systems

# Contents 내용

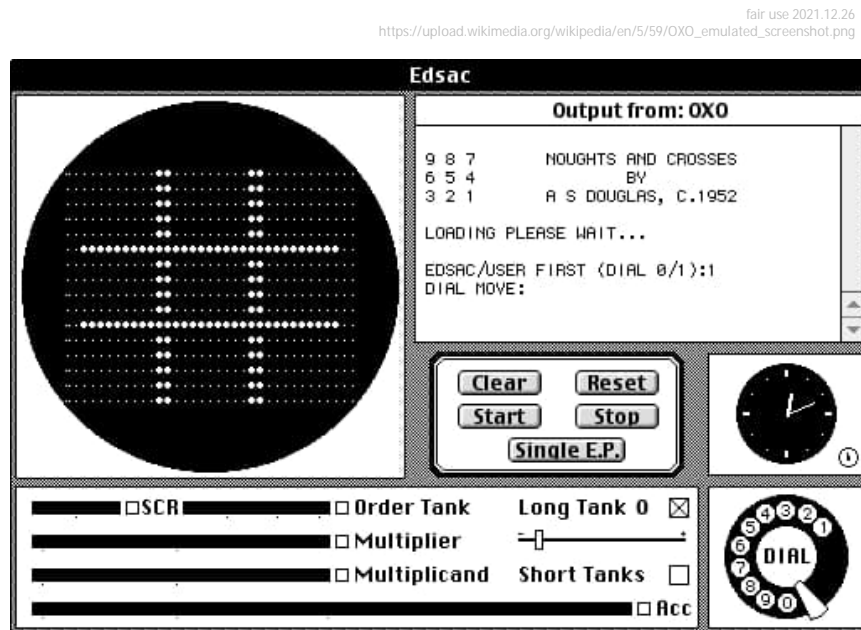
- 초기 그래픽스 하드웨어 발달사
- 최근의 그래픽스 하드웨어 발달사
- 그래픽스 API 역사 – OpenGL 까지
- 그래픽스 API 역사 – 다양한 시도들

# 초기 그래픽스 하드웨어 발달사

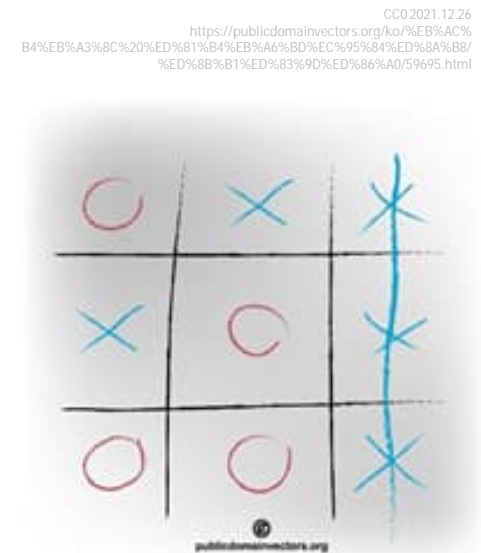
History of Graphics Hardware

# 최초의 그래픽스 프로그램: OXO

- OXO : tic-tac-toe (1952)
  - 캠브리지 대학, Alexander S. Douglas 의 박사 논문 Ph.D. Thesis
  - 사용자 인터페이스, HCI Human Computer Interface 분야의 시작



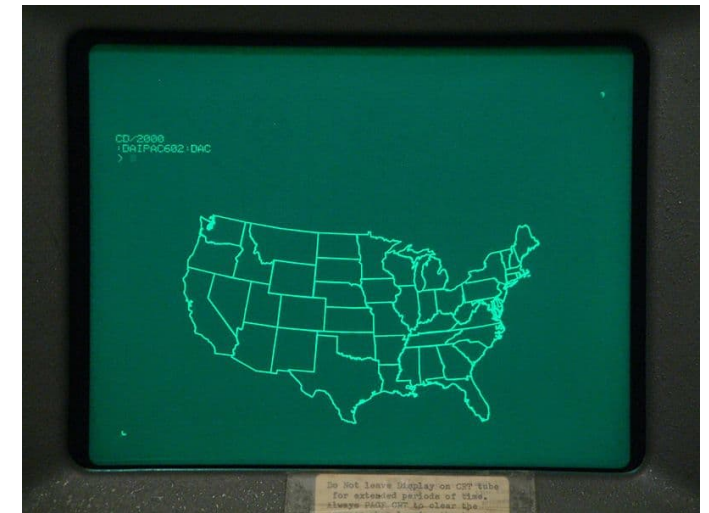
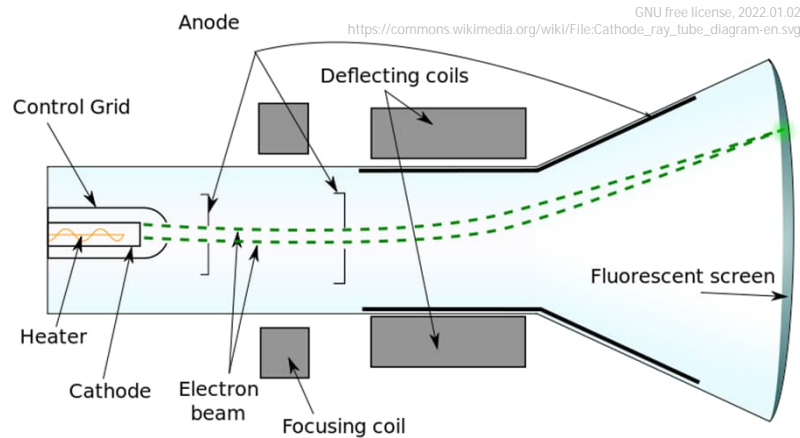
컴퓨터 게임으로



틱-택-토 게임

# 컴퓨터 그래픽스: 1960-1970

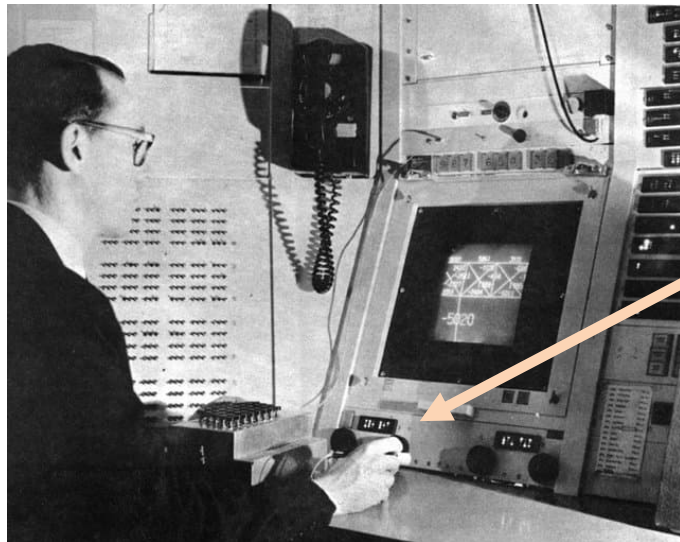
- 흑백 TV → 컴퓨터용 모니터로 사용 가능
  - 선분만 출력 가능
  - 벡터 vector 방식, **와이어프레임** wireframe 방식
  - 모니터 + 키보드 → "컴퓨터 터미널" 탄생



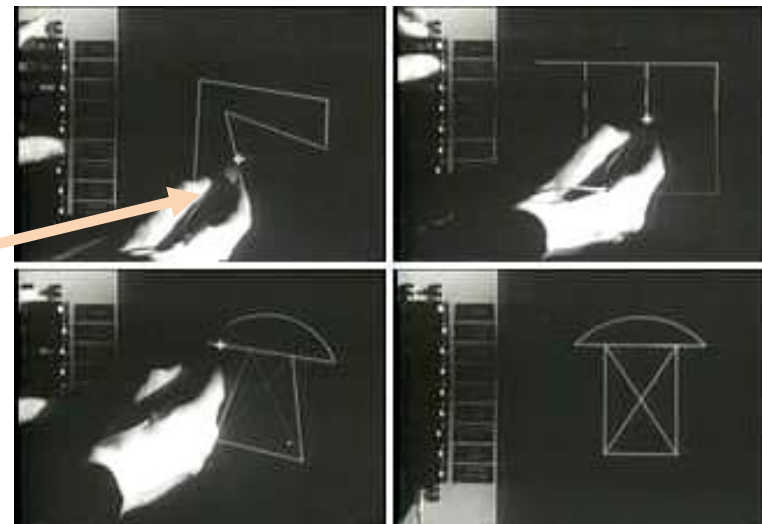
# GUI, HCI 분야의 시작

- Sketchpad : 1963년, MIT 박사과정 Ivan Sutherland 의 제안
  - GUI = graphical user-interface : 그래픽스 방식의 사용자 인터페이스
  - HCI = human-computer interface : 인간-컴퓨터 인터페이스

fair use, 2022.01.02  
[https://www.researchgate.net/publication/270819221\\_Navigation\\_a\\_sociocultural\\_exploration\\_of\\_kinetic\\_interface\\_design/figures?lo=1](https://www.researchgate.net/publication/270819221_Navigation_a_sociocultural_exploration_of_kinetic_interface_design/figures?lo=1)



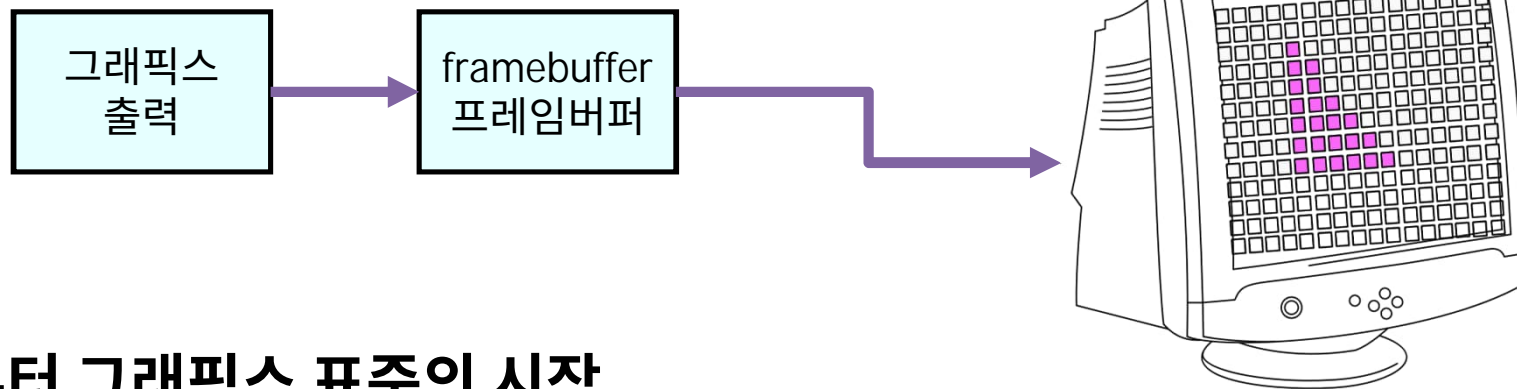
light pen



fair use, 2022.01.02  
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Sketchpad-Apple.jpg>

# 컴퓨터 그래픽스: 1970-1980

- 래스터 그래픽스 시스템의 출현 raster graphics
  - TV 기술 + 컴퓨터 메모리 기술 (framebuffer 프레임버퍼)



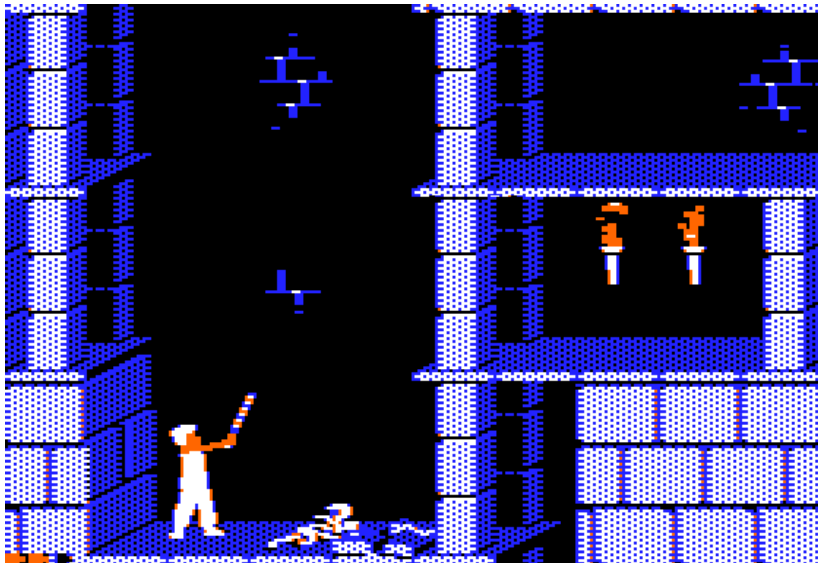
- 컴퓨터 그래픽스 표준의 시작
  - GKS, Core, ...
- 워크스테이션 workstations, PC 의 출현



# Apple II : PC 의 시작

- 1977년 Apple II 출시
  - 화면에 6개 색상만 표시 가능
  - PC 기반 게임의 시작

CC BY-SA 4.0, 2022.01.19  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prince\\_of\\_Persia\\_1\\_-\\_Apple\\_II.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Prince_of_Persia_1_-_Apple_II.png)



CC BY 2.0  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apple\\_II\\_Plus\\_Museum\\_of\\_the\\_Moving\\_Image.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Apple_II_Plus_Museum_of_the_Moving_Image.jpg)

Apple II plus, 1977  
(1MHz CPU, 48KB RAM)

계승 관계



CC BY 2.0  
<https://www.flickr.com/photos/mwichary/2179402603/>

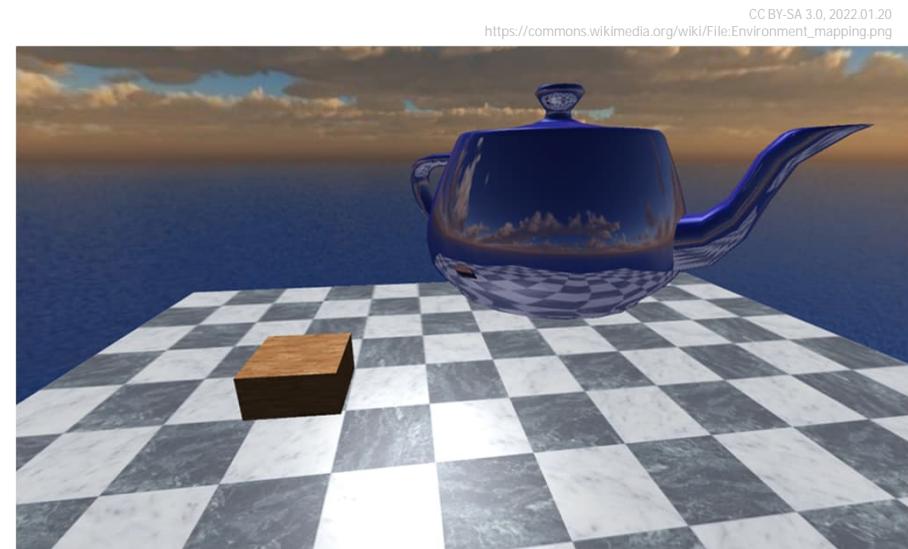
Macintosh 최초모델, 1984  
(6 MHz CPU, 128KB RAM)

# 최근의 그래픽스 하드웨어 발달사

History of Graphics Hardware

# 컴퓨터 그래픽스: 1980-1990

- 사실주의 *realism* 출력이 가능해짐
  - photo-realistic images
- Silicon Graphics Inc.
  - 3D 그래픽스 워크스테이션 성공



# Silicon Graphics 실리콘 그래픽스 Inc.

public domain, 2022.01.10  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon\\_Graphics#/media/File:SGI\\_wordmark.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_Graphics#/media/File:SGI_wordmark.svg)

sgi®

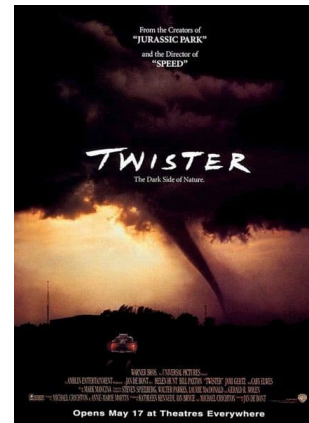
- 1981년 설립 → 2009년 파산
  - 3D 그래픽스 VLSI 칩 설계 → 고급 워크스테이션 시장 석권
- IRIS GL 아이리스 지엘 표준 라이브러리
  - 나중에 OpenGL 오픈 지엘 로 발전
- 1995년 ~ 2002년 아카데미 특수효과상 석권



CC BY 2.0, 2022.01.20  
<https://www.flickr.com/photos/7thstreettheatre/45152509222>



CC BY 2.0, 2022.01.20  
<https://www.flickr.com/photos/fireatwillrva/8224969668>



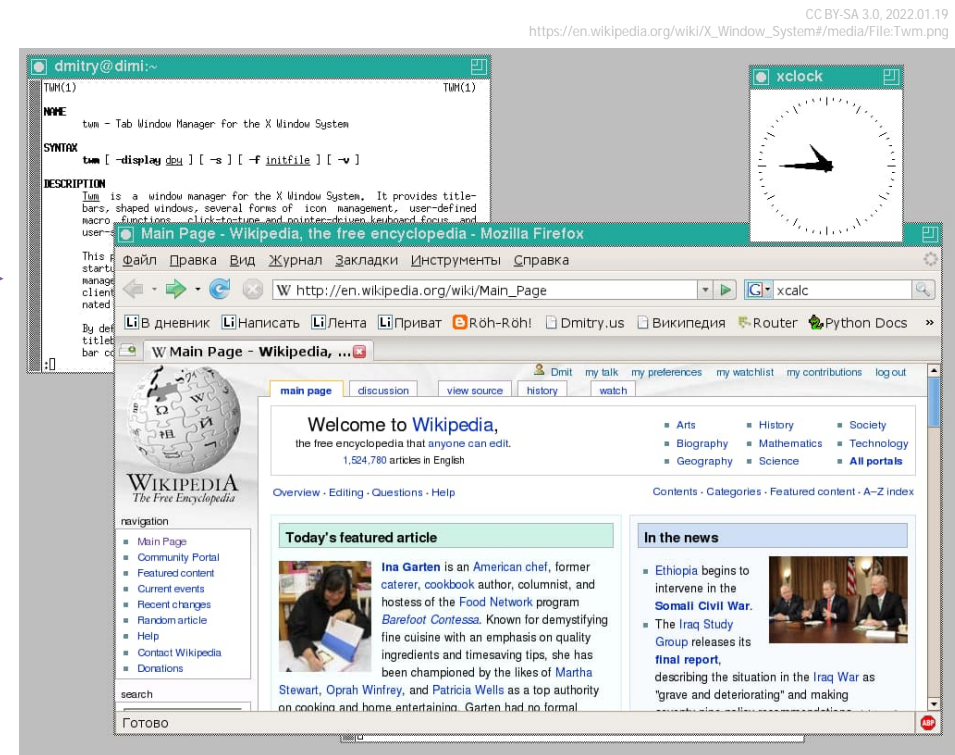
CC BY 2.0, 2022.01.20  
<https://www.flickr.com/photos/rustybrick/501183286>



CC BY 2.0, 2022.01.10  
<https://www.flickr.com/photos/blakespot/2378510404>

# 컴퓨터 그래픽스: 1980-1990

- VLSI implementation of graphics pipeline
  - Silicon Graphics geometry engine
- Industry-based standards
  - PHIGS, RenderMan 렌더맨
- X Window System 엑스 윈도우 (1984) →
  - 네트워크 연결,
  - 클라이언트-서버 방식 그래픽스 출력



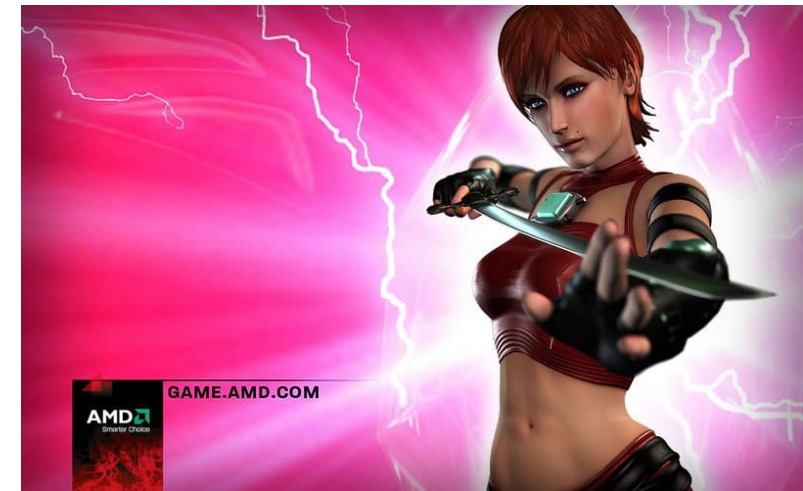


# ATI 에이티아이

- 1985년 설립
  - 2006년 AMD 에이엠디 에 합병 (AMD Graphics Product Group)
- 팹리스 Fabrication-less Semiconductor Company
  - EGA wonder, VGA wonder
  - Mach series, Rage series
  - Radeon 라데온 series
  - FireGL series



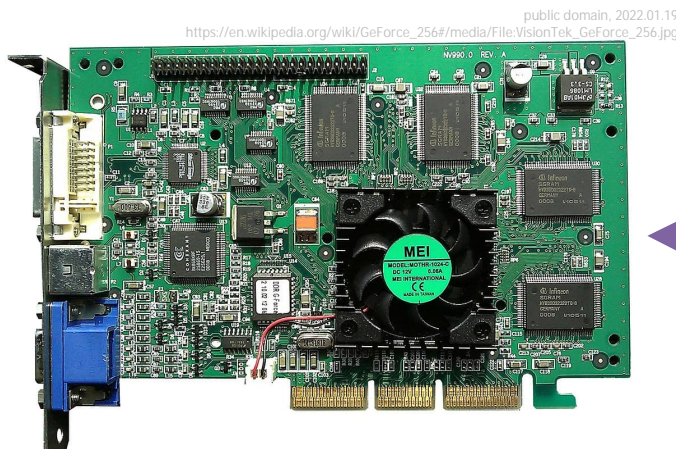
ATI VGA Wonder 16



AMD Ruby Tech Demo

# NVIDIA 엔비디아

- 1993년 설립
  - engineers from AMD and Sun Microsystems
- GeForce 지포스 Series
  - in 1999, GeForce 256



Reflections RTX Tech demo, from NVIDIA homepage

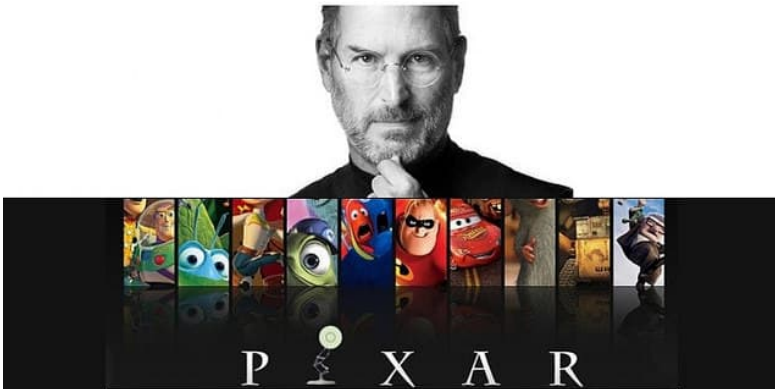
# 컴퓨터 그래픽스: 1990-2000

- 그래픽스 표준의 완전한 정립: OpenGL API
- 컴퓨터 애니메이션의 상업적 성공:
  - "Toy Story", from Pixar (1995)

public domain, 2022.01.10  
[https://ko.wikipedia.org/wiki/OpenGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:OpenGL\\_logo\\_\(2D\).svg](https://ko.wikipedia.org/wiki/OpenGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:OpenGL_logo_(2D).svg)



CC BY-NC-ND 2.0 2022.01.19  
<https://www.flickr.com/photos/94915094@N06/46697329365>



CC BY-SA 2.0  
<https://www.flickr.com/photos/iphonedigital/31501330636>



Toy Story 4 (2018)



# 컴퓨터 그래픽스: 2000-

- PC 그래픽 카드의 고품질 실현
  - NVIDIA, ATI, AMD
- 게임기 시장의 성공
  - → 게임 그래픽스 game graphics
- 스마트폰 시장의 성공
  - → 모바일 그래픽스 mobile graphics



public domain 2021.12.28  
[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xbox\\_Series\\_X\\_logo.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Xbox_Series_X_logo.png)



CC BY-SA 4.0 2021.12.28  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ps5.Logo.jpg>



CC BY 2.0 2022.01.19  
<https://www.flickr.com/photos/stefans02/50050983051>

Forza Horizon 4, 게임 캡처 화면 (2018)

# 그래픽스 API 역사 – OpenGL 까지

History of Computer Graphics API's

# 초기 그래픽스 API 에이-피-아이

- API = Application Programming Interface
  - application programmer 를 위한 라이브러리 library
  - 라이브러리 = sub-program, function 집합체
- **그래픽스 API**
  - 그래픽스 프로그래머들을 위한 라이브러리
- Graphical Kernel System (**GKS지-케이-에스**) (1977)
  - 2D 그래픽스만 가능
  - 1980년대에 ISO / ANSI 표준
- **Core코어** (1977)
  - 2D, 3D 그래픽스 모두 가능

limited use, 2022.01.10  
<https://www.iso.org/standard/14914.html>

ICS > 35 > 35.140

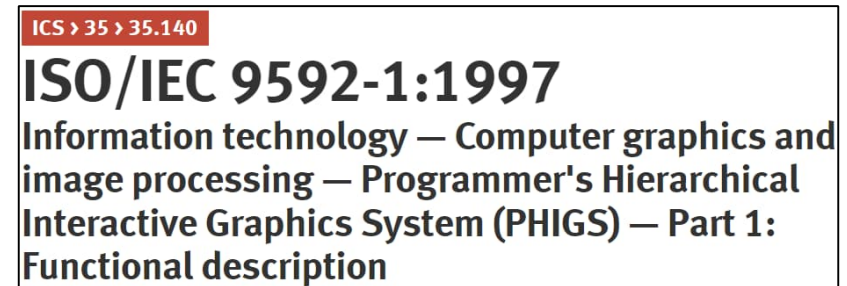
## ISO 7942:1985

Information processing systems — Computer graphics — Graphical Kernel System (GKS) functional description

# 초기 그래픽스 API

- Programmers Hierarchical Graphics System (PHIGS **피그스**) (1988)

- 그래픽스 전용의 구조체 structure 정의
- 일종의 그래픽스 데이터베이스 database 모델
- 트리 tree 구조 + 3D 그래픽스 구조체



- X Window System (**X11** **엑스-일레븐**) (1984)

- 2D 그래픽스 + 뛰어난 **윈도우 시스템**
- 그래픽스 출력을 위한 **클라이언트-서버 모델**

CC BY-SA 3.0 2022.01.10  
[https://en.wikipedia.org/wiki/X\\_Window\\_System#/media/File:X\\_Org\\_Logo.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/X_Window_System#/media/File:X_Org_Logo.svg)



X window system logo

# GL 지엘 from Silicon Graphics Inc.

- Silicon Graphics 실리콘 그래픽스 Inc. = SGI 에스-지-아이
  - 1981년 설립 – 2009년 파산
  - 그래픽스 워크스테이션의 절대 강자
- GL (graphics library), IRIS GL 아이리스 지엘
  - SGI 워크스테이션을 위한 3D 그래픽스 API
  - 고성능. 그러나, *poor interface* ...

public domain, 2022.01.10  
[https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon\\_Graphics#/media/File:SGI\\_wordmark.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/Silicon_Graphics#/media/File:SGI_wordmark.svg)

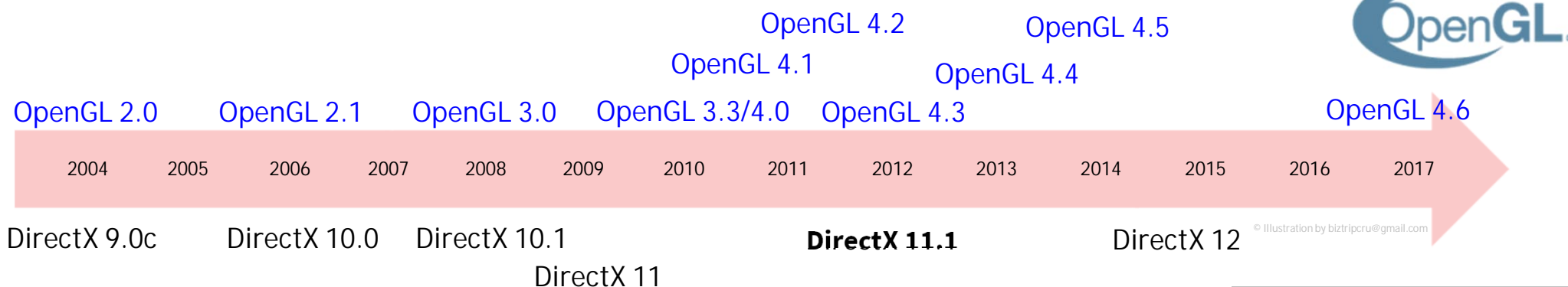
sgi®



CC BY 2.0, 2022.01.10  
<https://www.flickr.com/photos/blakespot/2378510404>

# OpenGL 오픈 지엘

- GL의 성공 → OpenGL (1992) : a platform-independent API
  - 관리자 : ARB 에이-알-비 = Architectural Review Board
    - ▶ 회원 : SGI, Microsoft, NVIDIA, HP, 3DLabs, IBM, ...
  - 현재는 Khronos Group 크로노스 그룹
    - ▶ 회원 : 유명 IT 기업 대부분
- 현재 최신은 OpenGL 4.6 (2017)



# Modern OpenGL

public domain, 2022.01.10  
[https://ko.wikipedia.org/wiki/OpenGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:OpenGL\\_logo\\_\(2D\).svg](https://ko.wikipedia.org/wiki/OpenGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:OpenGL_logo_(2D).svg)



- OpenGL 2.0 이후
  - GPU 기반으로 모든 일을 처리
  - shader program 방식
    - ▶ shader program = GPU에서 바로 실행되는 프로그램
    - ▶ OpenGL 라이브러리 내에, shader 를 compile / link 하는 기능 포함
- OpenGL 3.0 이후
  - backward compatibility 포기, 예전 코드들은 작동하지 않음
- OpenGL 4.0 이후
  - geometry shader, tessellation shader 등의 새로운 기능 추가

# Modern OpenGL

- OpenGL family
  - OpenGL – PC, 워크스테이션 용
  - OpenGL ES (embedded system) – 스마트폰 용
  - OpenGL SC (safety critical) – 군사용, 차량용
  - WebGL (JavaScript implementation) – HTML5 용
- 스마트폰 시장에서 market share 시장점유율 가 압도적으로 높음
  - iPhone 에서 OpenGL ES 채택 이후 성공
- 그래픽 카드 제조사에 따라 성능 차이
  - NVIDIA 가 OpenGL 성능에서 더 우수

public domain, 2022.01.10  
[https://en.wikipedia.org/wiki/OpenGL\\_ES#/media/File:OpenGL\\_ES\\_logo\\_\(Nov14\).svg](https://en.wikipedia.org/wiki/OpenGL_ES#/media/File:OpenGL_ES_logo_(Nov14).svg)



public domain, 2022.01.10  
[https://ko.wikipedia.org/wiki/WebGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:WebGL\\_Logo.svg](https://ko.wikipedia.org/wiki/WebGL#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:WebGL_Logo.svg)





# 그래픽스 API 역사 – 다양한 시도들

History of Computer Graphics API's

# Fahrenheit 패러다임 Graphics API

- 1997년 Silicon Graphics 와 Microsoft 의 협업으로 시작
  - OpenGL 기반으로 MS 윈도우 용의 3D 그래픽스 API 개발
  - 하위 레벨 : Direct3D 의 대체
    - ▶ 당시 Direct3D 는 실험실 수준. 상품화에 회의적
  - 상위 레벨 : 대형 CAD 시스템에서 사용 가능한 scene graph 씬-그래프 개발
- 최종 결과 : 두 회사의 결별
  - 하위 레벨 : Microsoft 가 1999년 투자 중단
    - ▶ 이후 DirectX 7.0 출시에 성공
  - 상위 레벨 : SGI 가 독자적으로 성공
    - ▶ OpenInventor 오픈인벤터, OpenGL Performer 퍼포머 → VRML 로 발전

# Direct X

- Microsoft Windows 및 Xbox 전용
  - 장점 : 더 많은 기능
  - 단점 : Microsoft 기종에서만 작동, 스마트폰에서 사용 불가
- 현재의 추세
  - shader program 등에서 점차 OpenGL과 호환을 추구
- 참고: 윈도우 폰의 실패



public domain, 2022.01.16  
[https://en.wikipedia.org/wiki/DirectX#/media/File:DirectX\\_12\\_Ultimate.png](https://en.wikipedia.org/wiki/DirectX#/media/File:DirectX_12_Ultimate.png)

public domain, 2022.01.16  
<https://en.wikipedia.org/wiki/DirectX#/media/File:Microsoft-DirectX-Logo-wordmark.svg>

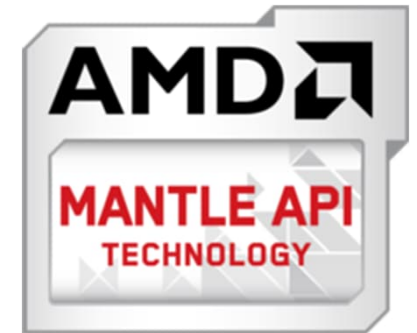
Microsoft®  
DirectX®

# Low-level Modern API's

- 하위 레벨 그래픽스 API 의 필요성

- OpenGL, DirectX 등의 기능이 너무 방대해짐
- 고성능을 보장하되, 오버헤드가 적은, cross-platform 3D 그래픽스 API 필요
- 다만, 프로그래머가 배우기에 난이도가 높음

public domain, 2022.01.20  
[https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A7%A8%ED%8B%80\\_\(API\)#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:AMD\\_Mantle\\_Logo.png](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%A7%A8%ED%8B%80_(API)#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:AMD_Mantle_Logo.png)



public domain, 2022.01.20  
[https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%8C%EC%BB%A8\\_\(API\)#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:Vulkan\\_API\\_logo.svg](https://ko.wikipedia.org/wiki/%EB%B2%8C%EC%BB%A8_(API)#/media/%ED%8C%8C%EC%9D%BC:Vulkan_API_logo.svg)

- Direct3D 12 : 하위 레벨 API 추가
- Metal 메탈 : Apple 개발
- Mantle 맨틀 : AMD 개발 (2013)
- Vulkan 벌컨 : 크로노스 그룹, OpenGL 과 별도 제공



# Contents **내용**

- 초기 그래픽스 하드웨어 발달사
- 최근의 그래픽스 하드웨어 발달사
- 그래픽스 API 역사 – OpenGL 까지
- 그래픽스 API 역사 – 다양한 시도들

# 그래픽스 시스템의 역사

## History of Computer Graphics Systems

본고딕 Noto Sans KR

Source Sans Pro

Source Serif Pro

정참판 양반댁 규수 큰 교자 타고 혼례 치른 날

The quick brown fox jumps over the lazy dog

Mathematical Notations  $O(n \log n)$