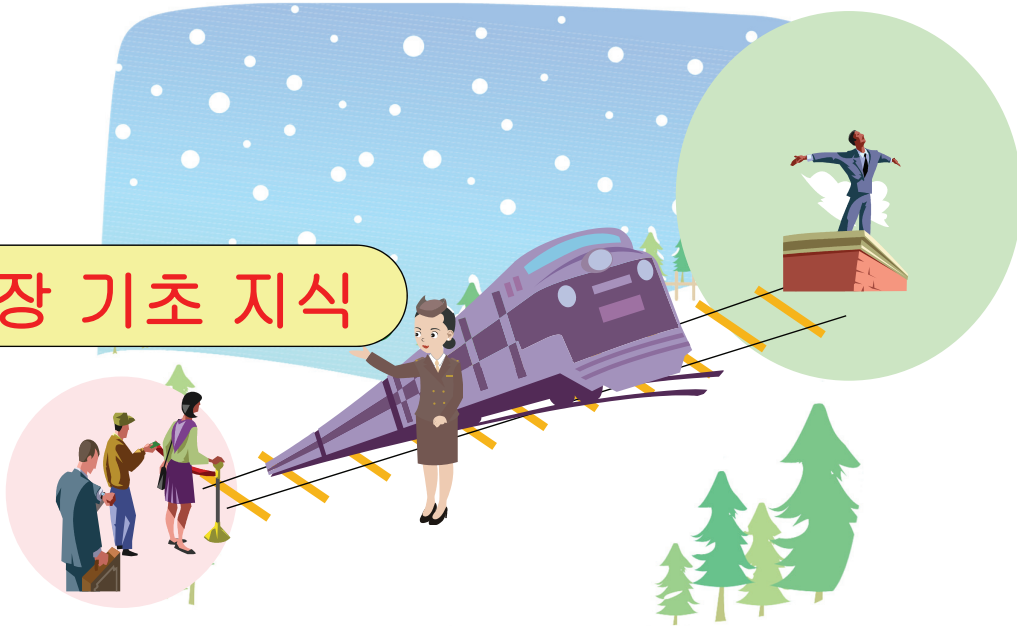


Sound Programming

제1장 기초 지식



1



Sound Programming 이란?

- 이미 존재하는 소리 데이터를 재생하는 기술
 - Music Player
- 디지털 콘텐츠에 소리를 입혀 그 현실성을 높이는 기술
 - Sound Effects for Games
- **Sound Programming Platform**과 **API**들
 - DirectX under Win32
 - DirectSound + DirectMusic → DirectAudio
 - **OpenAL**
 - OpenGL의 일부분
 - 라이선스가 필요한 3rd party audio-libraries
 - Miles Sound System (www.radgametools.com)
 - FMOD (www.fmod.org)
 - Samsara (for PC, Xbox, PS2, Nintendo, ...)

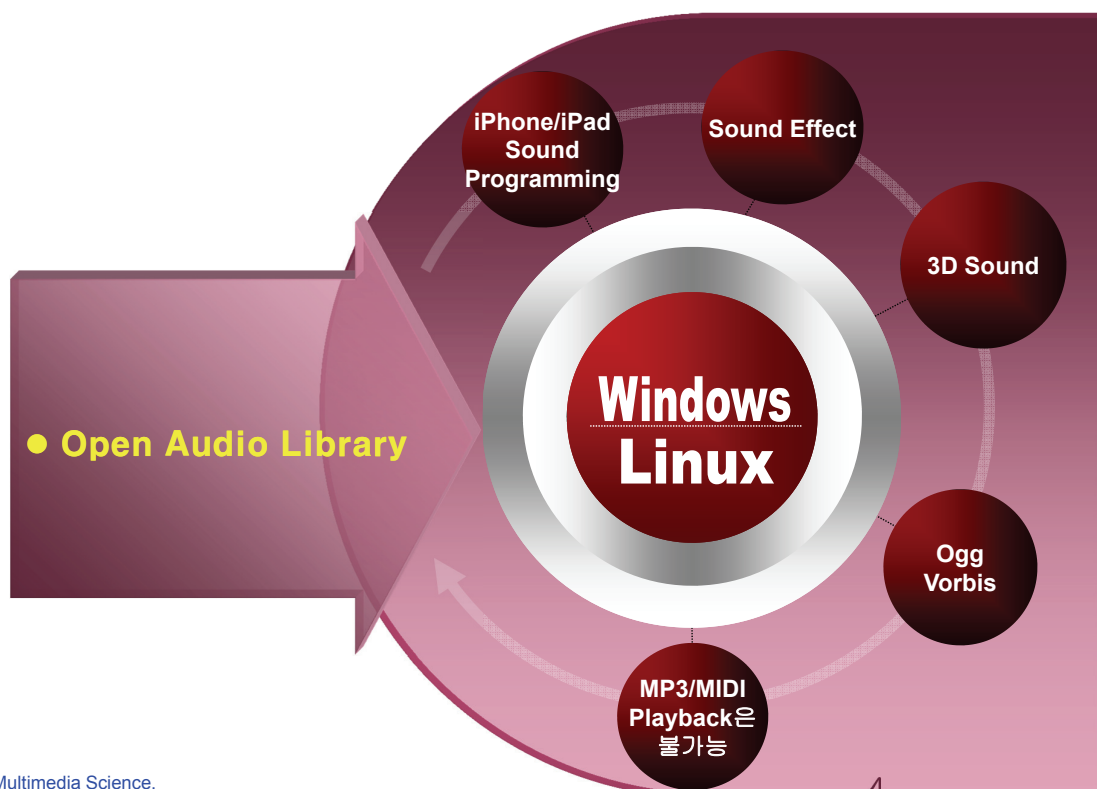


Why **OpenAL** might be the correct choice for you ?

- Cross-Platform Open Audio Library
- Multichannel Output of 3D Arrangements.
- 사운드 카드 하드웨어에 의존적이지 않다.
- 새 버전이 **CreativeLabs** 사에 의해서 지속적으로 출시된다.
- 새 버전이 출시되더라도 **Backward compatibility**가 유지된다.
- **3D Game Audio** 프로그래밍에 가장 적합
- 버그가 적은 안정적인 오디오 라이브러리이다.



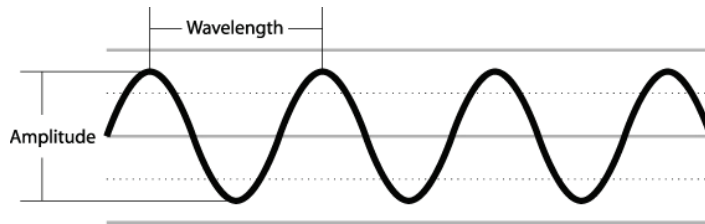
OpenAL Audio Solution





Anatomy of a Sound

- Visual Presentation of a basic sine wave



- Frequency, Pitch, and Tuning

- 주파수(frequency)와 음의 높낮이(pitch)는 엄밀하게 말하면 같은 의미가 아님
- Pitch may be described as the *perceived frequency* of a sound
 - **Pitch** is perceived roughly as the **logarithm** of frequency
- 조율(Tuning)
 - 디지털 사운드에서는 *Equal-Tempering* 기법이 바람직
 - Every pair of adjacent notes has an identical **frequency** ratio



Anatomy of a Sound (계속)

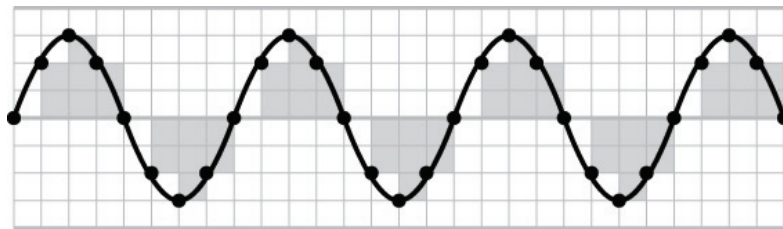
- Amplitude, Loudness, and the Decibel Scale

- 진폭(amplitude)은 소리 세기(loudness)의 측정치에 해당
- **Amplitude directly corresponds to its perceived loudness.**
- 데시벨(dB) 값으로 측정됨.
 - 어떤 소리의 세기가 다른 소리 세기의 두 배라면, $10\log_{10}(2)$ 배, 약 **3.01-dB** 만큼 진폭이 크다고 할 수 있다.
- 디지털 사운드에서는 볼륨이란 진폭의 절대치가 아닌 스피커 사운드의 상대적 크기를 의미함.



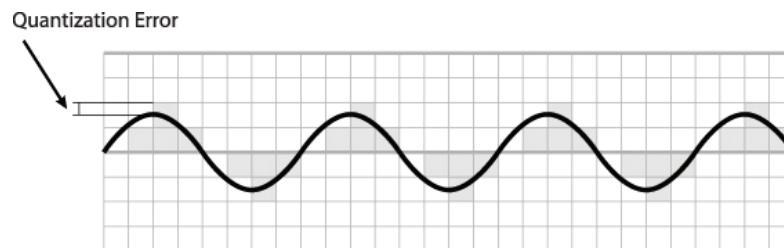
Digital Storage of Audio

- **Sound Programming 시 미디어 파일의 형태**
 - **Digitally Sampled Representation of the Original Recorded Sound**
 - **PCM** : 사운드 파일 저장을 위한 대표적 포맷
 - **Pulse Code Modulation**
 - **WAV** 파일에서 사용함.
- **PCM 원리**
 - **Sampled representation of a basic wave**



Digital Storage of Audio (계속)

- **PCM 원리 (계속)**
 - 디지털 사운드의 정확도는 다음의 두 요소에 좌우됨
 - 샘플링 당 저장 비트 수 : 4 ~ 24 bits
 - 초당 샘플링 횟수 : 4,000 ~ 96,000회(44.1KHz: 🗣️, 8KHz: 🗣️)
- **Sampling Bit Depth의 영향**
 - **Bit Depth**는 샘플링 시 y 축(amplitude)의 해상도를 의미



- "bit depth 값의 해상도가 낮을 수록 샘플링 시 왜곡이나 잡음이 발생할 가능성이 커진다"

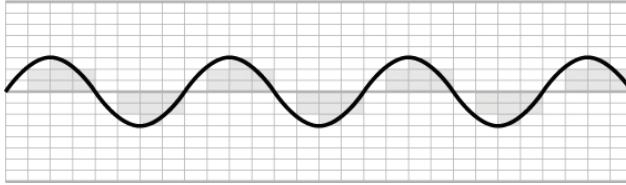


Digital Storage of Audio (계속)

• Sampling Bit Depth의 영향 (계속)

- bit-depth resolution을 높이면 quantization error가 줄어듦.

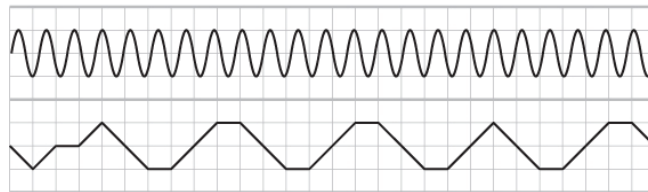
Reduced Quantization Error



• Sample Rate의 영향

- Digital sampling이 아날로그 음원 신호를 정확히 똑같이 표현하지는 못함.

Original Analog Sample



Digital Reproduction

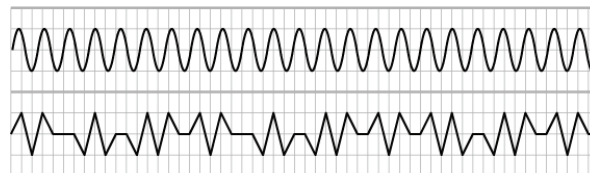


Digital Storage of Audio (계속)

• Sample Rate의 영향 (계속)

- *sample rate*를 두 배로 증가시키면 아날로그 신호에 더 근접한 디지털 표현을 만들 수 있음

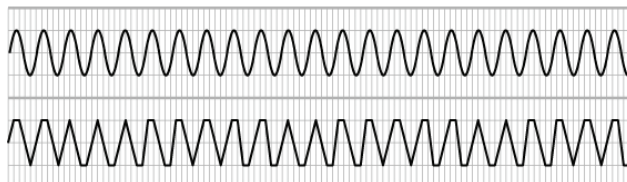
Original Analog Sample



Digital Reproduction

- *sample rate*를 계속 증가시키면 결국 아날로그 원음에 가까운 디지털 사운드를 표현할 수 있음.

Original Analog Sample



Digital Reproduction

Best to use
44.1 kHz



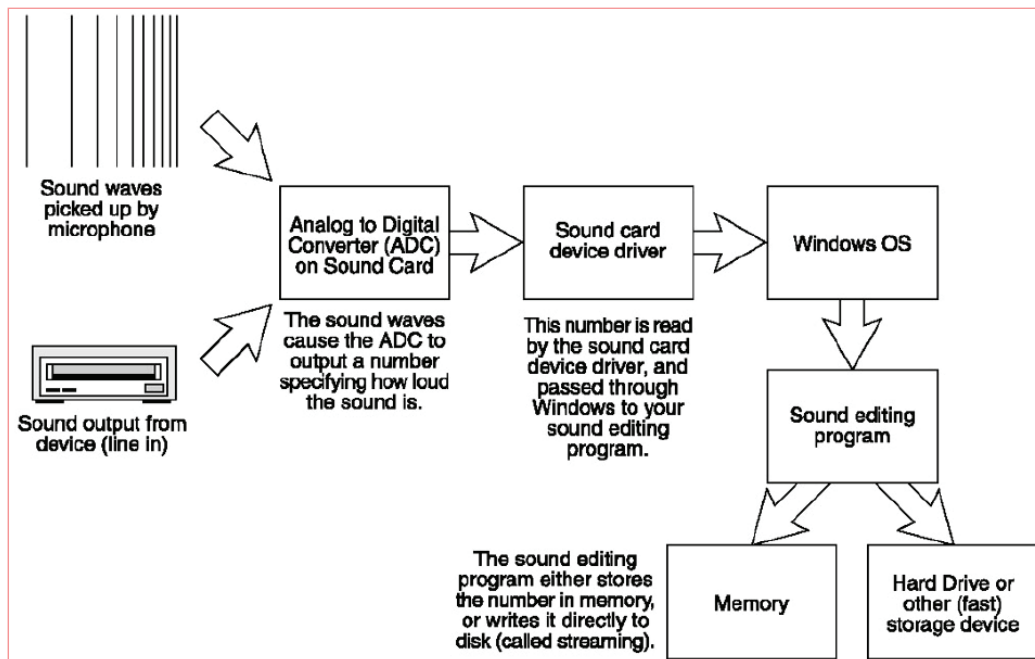
Digital Storage of Audio (계속)

- **Why 44,100 Hertz ?**
 - 영상을 VCR 비디오 테이프에 저장할 당시부터 유래
 - 테이프는 초당 60 frame을 재생할 수 있고, 각 frame은 245줄로 구성되어 있고, 각 줄은 3개의 색(rgb)으로 구성
 - $60 * 245 * 3 = 44,100?$
- **CD는 왜 74분 분량의 음악만을 담을 수 있을까?**
 - Beethoven's Ninth Symphony 전체의 길이가 74분이었음!



Digital Storage of Audio (계속)

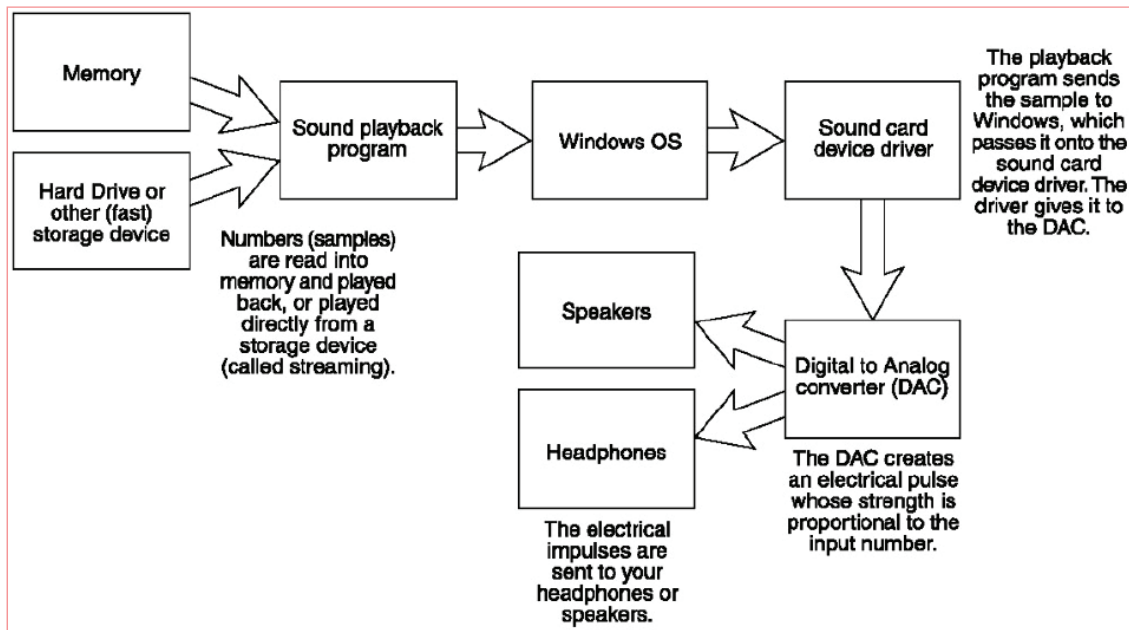
- **How your computer records audio**





Digital Storage of Audio (계속)

- How your computer plays back audio



Digital Storage of Audio (계속)

- MONO and STEREO Samples

- 스테레오 샘플링 : 두 개의 독립적인 waveform을 듀얼 채널로 샘플링하여 각각을 별도의 채널에 내보내기 위함.
- typically interleaved in the audio data stream.
- But, 3D 사운드 시스템에서는 무용지물이므로 게임 등에서는 모노 샘플링을 사용함.
- CD에 stereo 음악 1초 분량을 저장하려면?
 - CD : 44,100Hz에 샘플링당 16비트(2 bytes) 사용
 - Stereo : 2개의 채널을 사용하므로,
 - $44,100 * 2 * 2 = 176,400$ 바이트가 필요함
 - 만약 CD 용량이 650MB라면 대략 74분 분량이 저장됨



Digital Storage of Audio (계속)

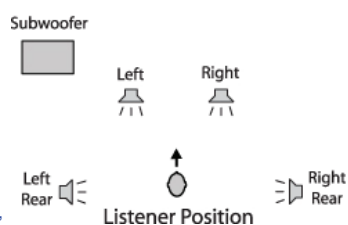
- **Dolby Surround Decoders**
 - 5.1 채널을 처음 도입
 - 스테레오 샘플도 돌비 서라운드 알고리즘을 사용하면 3D 사운드 시스템에서 이용할 수 있음.
 - 3D sound signal → two-channel audio output



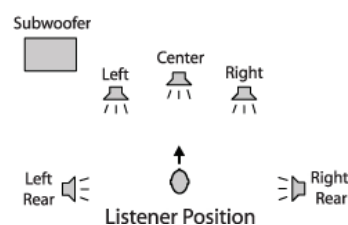
PC Audio Legacy

- **PC 어댑터 형태의 사운드 카드**
 - ISA 용 / PCI 용 / USB 용
- **3D Audio Simulation**
 - By simple panning & volume simulation
- **HRTF (Head Relative Transfer Functions)**
 - 2Ch 스테레오 스피커만으로 다중 채널 사운드를 흉내 내는 기술
 - 한계점 : 스피커의 위치나 사람의 귀 모양에 따라 효과가 다름.
- **Native Multi-Speaker Surround Support**

**A 4-point Speaker Arrangement
(Typically with Subwoofer)**



A '5.1' Speaker Arrangement





PC Audio Legacy (계속)

- **Dolby Digital 5.1 Hardware Support**
 - Hardware-based Dolby 5.1 Encoding 기능 +
 - Dolby Digital Receiver 기능의 스피커
- **Environmental Reverberation and Effects**
 - 최신 사운드 카드에는 하드웨어 기반 **반향 및 음양 효과 입히기** 기능이 있음
 - 같은 소리라 할지라도 환경에 따라 서로 다른 효과를 입혀야 함.
 - 관련 효과음 프로그래밍 인터페이스
 - I3DL2
 - EAX 2.0



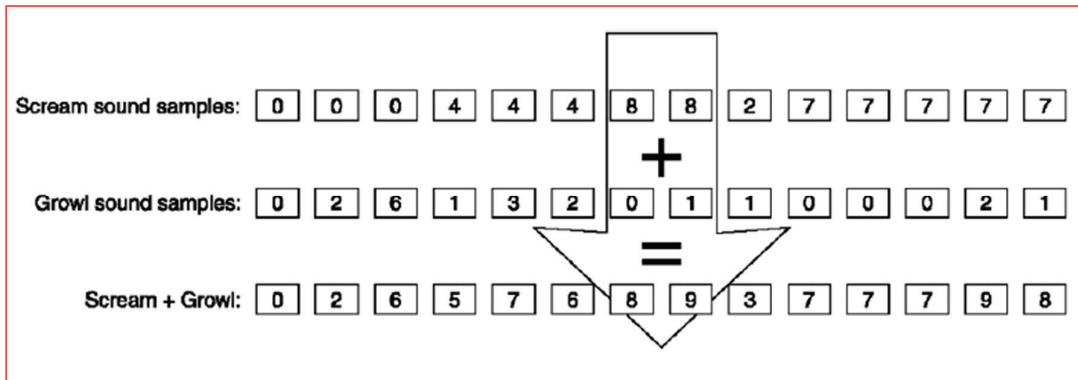
CODEC

- **Compressor/Decompressor**의 약자
- **CD** 음질을 유지하면서도 파일의 크기를 줄이기 위한 시도
- 압축 안 하는 코덱 아닌 코덱 종류
 - PCM 또는 ADPCM
- 압축을 요하는 대표적 코덱
 - .mp3: MP3(MPEG Layer 3)
 - .ogg: Ogg Vorbis
 - .wma: Windows 사운드



Mixing Sound

- 가장 단순한 "Simple Additive Sound Mixing"



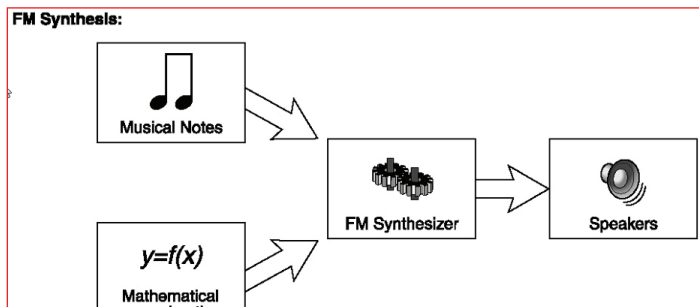
- Averaging them together?

- 각 소리들을 부드럽게 변화시켜 버리는 부작용이 있음.

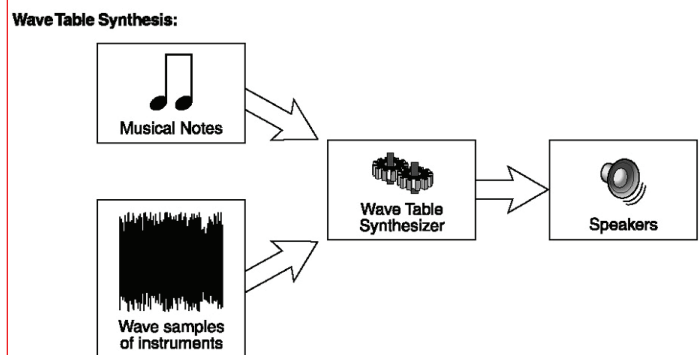


Synthesizing

- FM Synthesis 📢



- Wave Table Synthesis 📢





Music

- **Music**과 컴퓨터 간의 인터페이스는 **MIDI**에서 시작
 - **M**usic **I**nstrument **D**igital **I**nterface
 - Combined with very poor-quality two-operator FM synthesis.
- **Digital Audio Streams**
 - CD / DVD
 - Player from the Streaming Server
- **MIDI**
 - **Dynamic Music**의 일종
 - 각종 디지털 음향 장비들과 인터페이스 가능
 - 사운드 파일을 아주 작은 크기로 저장할 수 있게 되었기 때문



MIDI

- **128 개의 음원 장치를 지정할 수 있음**

Table 1.1: General MIDI Sound Set Categories.

Numeric Range Family	
1-8	Pianos
9-16	Chromatic Percussion
17-24	Organs
25-32	Guitars
33-40	Basses
41-48	Strings
49-56	Ensembles
57-64	Brass Instruments
65-72	Reed Instruments
73-80	Pipe Instruments
81-88	Synth Leads
89-96	Synth Pads
97-104	Synth Effects
105-112	Ethnic Instruments
113-120	Percussion Instruments
121-128	Sound Effects and Special Effects

- "Play a fifth octave B-flat at this volume using instrument #47"



DLS

- **DownLoadable Sound**
 - MIDI 보다 진일보한 음원 포맷
 - Allowing each instrument to have up to 16 different samples
 - 즉, MIDI에 **real wave-table synthesis** 기능을 추가한 것임!
- 현재는 **DLS** 버전 2까지 제정됨.



압축 포맷의 음악 파일들

- **MP3 / WMA / Ogg Vorbis**
 - 파일 안에 모든 샘플들이 다 저장되어 있어서 재생이 쉽지만,
 - 파일 크기를 줄이기 위해 압축이 되어 있음.



Audio Engines

- Commercial Audio Engines
 - BASS
 - MikMod
 - FMOD
 - ModPlug
 - Miles Sound System
- Buying or Building an Audio Engine ?



Contents-embedded Sound Programming

- 게임 등의 콘텐츠에 소리를 삽입하기 위한 프로그래밍
 - 예: Game Audio Programming (GAP)
- **Game Audio Programming**을 위한 **API**
 - Low-Level API
 - 2D 사운드에 대한 기본 동작 (play, pause, stop, pan, volume, ...)
 - 3D 사운드에 대한 기본 동작과 제어 (position, velocity, ...)
 - 2D 뮤지컬 세그먼트에 대한 기본 동작 (play, pause, stop, ...)
 - Hardware 기능 Abstraction
 - Mid-Level API
 - PCM wave 파일 로드 기능
 - 대용량 오디오 파일 스트리밍
 - Sequential music segments들을 큐잉(queuing)하는 기능
 - Sound Resource Management
 - Sound Load/Unload 내역 관리

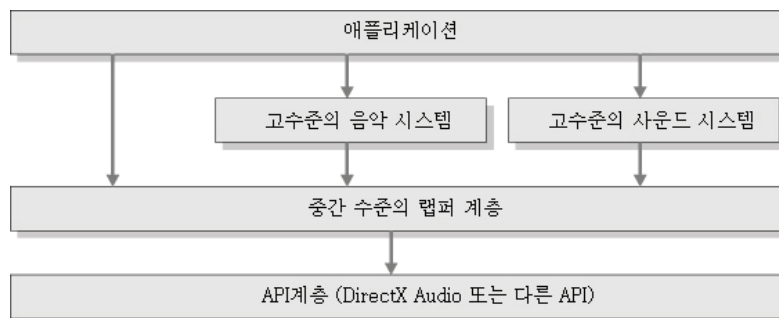


Contents-embedded Sound Programming(계속)

- **Game Audio Programming**을 위한 **API** (계속)
 - Mid-Level API (계속)
 - One-function loading and playback on demand
 - Handle multiple compressed audio formats, including **Ogg Vorbis**, **MP3**, **WMA**, ...
 - 각종 음향 효과(environmental reverberation) 지원 함수들
 - High-Level API
 - Script parsing and loading 기능
 - Creating a high-level soundscape system
 - Creating an advanced dynamic musical cueing and transition system based on the audio scripting system.



Multilayered Audio Engine





Q & A

