Realtime 3D

Inleiding

Korte geschiedenis van 3D engines

Jaren ’80:

- ✓ beperkte hardware
- ✓ geen engines → voor elke game werd alle code zelf geschreven
- ✓ later: snelle evolutie van arcade-hardware + in-house game engines

Jaren ’90 en ‘00

- ✓ Eerste 3D games: Doom en Quake
- ✓ Verkoop licenses
- ✓ Licensing model: Quake III & Unreal
- ✓ Engine ↔ Content

Nu

- ✓ Toegankelijker en goedkoper → aantrekkelijk voor independent devs
- ✓ Higher level programmeertalen
- ✓ Cross-platform
- ✓ o.a. Unity, Unreal Engine, CryEngine, Source Engine, RageEngine, Blender, JMonkey3D

Wat is een 3D engine

- developer focus = highlevel
- een framework (verzameling van componenten/bouwblokken)
  - ✓ **scripting** (game loop; logica van de game/applicatie)
    - → talen: C++, C#, Python, Java, Javascript, Lua, …
    - → IDE’s: MonoDevelop, Visual Studio, Eclipse, Notepad
  - ✓ **level-editor** (het creeren en aanpassen van levels)
  - ✓ **input** (interactiviteit, o.a. keyboard, muis, joystick, gamepad, touch, leapmotion, kinect)
  - ✓ **graphics**
    - → o.a. assets importeren (o.a. 3D models, textures), shaders, materials, lighting & shadows, particles, post processing effects, animation
  - ✓ **physics**
    - → o.a. zwaartekracht en andere krachten, collision detection, fluid dynamics, ragdolls
    - → physics engines: Havok, PhysX, ODE, Box2D
  - ✓ **audio** (3D positional sound (volume, reverb, distortion), sound effects & sound input)
  - ✓ **network**
    - → high-level network programming, geen zorgen maken over zaken als TCP/UDP
    - → cloud-based oplossingen zoals photon, Google Play Game Services, etc.
  - ✓ **AI & pathfinding** (nabootsen van intelligentie)
  - ✓ **GUI** (Graphical User Interface)
    - → o.a. HUD, knoppen, menu’s
    - → vaak niet out of the box → plugin-alternatieven beschikbaar
  - ✓ **build** (creeren van executables)
    - → exporteren naar verschillende platformen
    - → optimalisaties per platform

Unity

een cross-platform game engine die ontwikkeld werd door Unity Technologies.

- lage leercurve
- veel features
- snelle resultaten
- programmeertaal is C# (lijkt op Java)
- meegeleverde IDE is Monodevelop
-
- is **component based**:
  - ✓ een project bestaat uit GameObjects
    - → component: voegt functionaliteit toe aan GameObjects
    - → GameObject: een container voor componenten
      - ↳ elk GameObject heeft ten minste een Transform-component (positie/rotatie/schaal)
  - ✓ voordeel: flexibel!
  - ✓ zelf maken: nieuwe C#-klasse maken en laten overerven van MonoBehaviour
    - → Heeft standaard 2 methodes:
      - Start (wordt eenmalig uitgevoerd bij initialisatie)
      - Update (wordt iedere frame uitgevoerd)

Componenten

- **Transform**: positie, rotatie en schaal van het 3D-object
- **Mesh Filter**: bepaalt de vorm van het 3D-object
  - → kan verwijzen naar een 3D-model uit onze assets of een standaard vorm zoals bv. “Cube”.
- **Box Collider**: definieert een zogenaamde *bounding box* om te bepalen wanneer een 3D-object kruist met een andere object, o.a. nuttig voor physics.
- **Mesh Renderer**: zorgt ervoor dat ons 3D-object ook effectief op het scherm gerenderd wordt
- **Material**: bepaalt de kleur en enkele basiseigenschappen m.b.t. uiterlijk en belichting

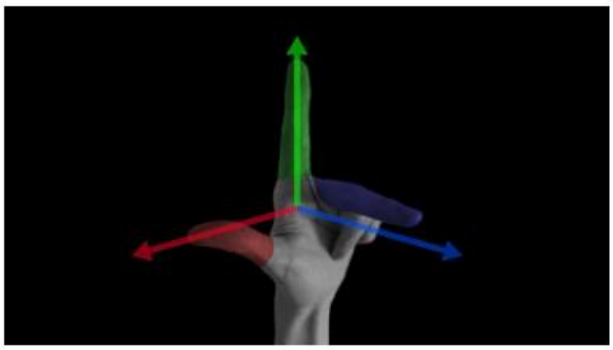
Mesh

Coördinatensysteem

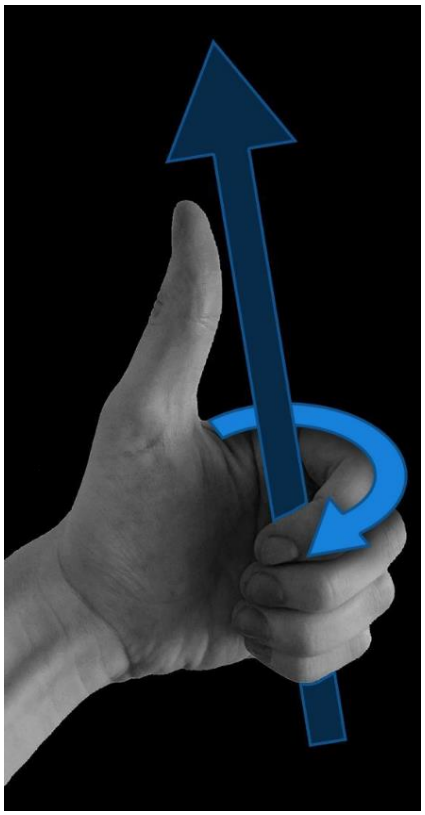
3 richtingen:

- ✓ Links – Rechts (**X = duim**)
- ✓ Boven – Onder (**Y = wijsvinger**)
- ✓ Voor – Achter (**Z = middenvinger**)

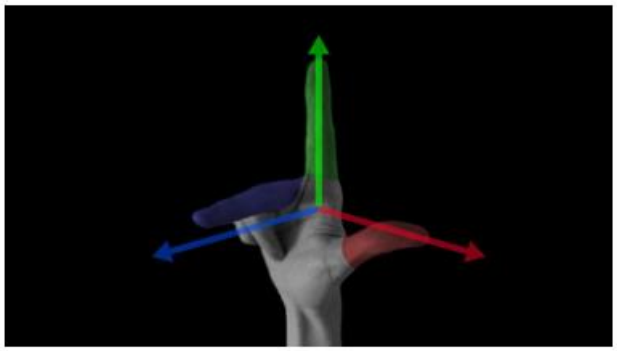
Linkshandig



Rotatie



Rechtshandig



Anatomie van een mesh

mesh (*een maas*):
- → in het echt: een maas (een barrière gemaakt van verbonden strengen van metaal, vezels of andere flexibele/kneedbare materialen)
- → in 3D computer graphics: een verzameling van vertices, edges en faces die de vorm van een veelhoekig object definiëren

vertex: een punt met een bepaalde positie in de 3D-ruimte (X, Y, Z)
- → heeft geen dikte, breedte of hoogte
- → is niet hetzelfde als vector → een vertex kan extra eigenschappen hebben (kleur, normaalvector, raaklijnvector, UV-coordinaten)

wireframe: de weergave van de verbindingen tussen alle vertices

edge: een verbinding tussen 2 vertices
- → vormt de randen van een vlak (*face*)

triangle: een gesloten aaneenschakeling van 3 edges in hetzelfde vlak
- → is coplanair (*alle edges liggen op één vlak*)
- → de meest eenvoudig mogelijke 3D-vorm

quad: een gesloten aaneenschakeling van 4 edges
- → niet noodzakelijk coplanair (*alle edges liggen op één vlak*)

face/polygon/ngon: een gesloten aaneenschakeling van minimum 3 edges

triangulatie: het omvormen van alle polygonen naar triangles

back-face culling: een techniek om niet-zichtbare polygonen niet te tekenen
- → afhankelijk van de richting van de triangulatie en de positie van de camera

Vectoren

vector: een geometrische waarde met een lengte en een richting
- → wordt gevisualiseerd als een pijl van de oorsprong (0,0,0) naar een bepaald punt (x,y,z)
- → de positie is niet van belang
- → lengte berekenen d.m.v. de stelling van Pythagoras → $\sqrt{(x^2+y^2)}$
- → richting berekenen d.m.v. goniometrie (tangens) → $\tan(\alpha) = y / x$

eenheidsvector: genormeerde vector waarvan de norm 1 is
- → bekomen door de posities van 2 obj. van elkaar af te trekken en te delen door de lengte v.d. vector

Normaalvectoren

normaalvector: een vector die loodrecht staat op een vlak
- → belangrijk om lichtinval op vlakken te kunnen berekenen
- → bepaalt de hoek van de lichtbron en van de kijker t.o.v. het vlak

eenheidsnormaalvector: een vector met de een richting van een normaalvector en lengte 1

Hard/soft edges

soft edge: meerdere vlakken delen dezelfde vertices (*shared vertices*)
- → 1 normaalvector per hoek
- → goed voor ronde vormen, niet voor hoekige
- → de vlakken worden belicht alsof er maar 1 vlak zou zijn

hard edge: vertices worden niet gedeeld door meerdere vlakken (*duplicate vertices*)
- → 1 vertex en 1 normaalvector per aangrenzend vlak
- → Er is een duidelijke scheiding van belichting tussen de 2 vlakken

Meshmanipulatie

Posites van de vertices in real-time wijzigen is erg CPU-intensief
- → vaak beter om shaders te gebruiken

procedurele generatie: het genereren van data/content met behulp van een algoritme

random procedurale generatie: volledig willekeurige generatie van data

seeded procedurale generatie: de data wordt gegenereerd op basis van een seed
- → seed: een random gegenereerd getal waarop men zich baseert om de data te genereren
- → elke keer je dezelfde seed gebruikt, krijg je dezelfde data

Transformaties & Physics

Transformaties

Transform-component: het assenstelsel van een GameObject
- → Omvat de positie, rotatie en schaal
- → Elke spelwereld heeft een default assenstelsel met oorsprong (0,0,0), rotatie (0,0,0) en schaal (1,1,1)

Hoeken van Euler: beschrijven de rotatie als een samenstelling van drie rotaties om de coördinaatassen
- → Roteren rond de x, y en/of z-as
- → Rotatie van 0 – 360°
- → Erg goede uitleg van Eulerhoeken en Gimball locks: https://youtu.be/zc8b2Jo7mno

Gimbal lock: een probleem dat optreedt bij hoeken van Euler, waarbij 2 van de 3 rotatieassen op hetzelfde vlak komen te liggen, en daardoor een bepaalde rotatieas *gelockt* wordt (er dus niet meer direct rond die as gedraaid kan worden)

Quaternions: een alternatief voor hoeken van Euler, om rotaties rond 3 assen voor te stellen
- → Heeft naast **x**, **y** en **z** een vierde waarde: **w**
- → Voordelen:
  - ✓ geen Gimbal locks
  - ✓ vlotte, directe en consistente interpolatie (tegenover Eulerhoeken)
  - ✓ eenvoudig om berekeningen mee te doen

Physics

physics: simulatie van de wetten van de fysica
- → vereenvoudiging van de werkelijkheid

rigid body: een hard, niet vervormbaar object
- → er kunnen krachten op uitgeoefend worden
- → kunnen met elkaar botsen
- → gemaakt van een fysisch materiaal

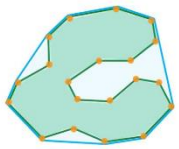
collision detection: berekenen of 2 of meer objecten elkaar raken
- → wiskundige raakpunten bepalen op basis van de vorm van objecten
- → doel: objecten op elkaar te laten reageren (bv. botsen)
- → twee fases:
  1. broad phase: bekijken of er een mogelijke collision is
     - → niet gedetailleerd
     - → om te vermijden dat er uitgebreide berekeningen gebeuren als de twee objecten niet eens in de buurt van mekaar liggen
  2. narrow phase: de effectieve, precieze collisie berekenen

primitive colliders: colliders op basis van eenvoudige geometrische figuren (o.a. box, sphere, capsule)

compound colliders: een samenstelling van *primitive colliders* om meer complexe vormen te dekken

mesh colliders: de volledige wireframe van de mesh wordt gebruikt om de collision te testen

- → 2 soorten:
  - ↳ bolle mesh colliders (*convex*, vereisen het minste rekenkracht)
  - ↳ holle mesh colliders (*concave*)
- → convex hull: holle objecten sneller berekenen → omhullen in een bolle vorm (vereenvoudigde weergave, dus kan zorgen voor ongewenste effecten)
- → convex decomposition: opdelen in meerdere bolle vormen → nauwkeuriger



simplified mesh colliders: een vereenvoudigde versie van de mesh wordt gebruikt om de collision te testen

Krachten

friction force: wrijving tussen 2 oppervlakken
- → zorgt voor vertraging → brengt bewegende objecten tot stilstand

static friction force: kracht nodig om een object in beweging te krijgen

dynamic friction force: kracht nodig om een object in beweging te houden
- → kleiner dan de static friction force