

Geometrik:

Disseny i implementació d'un videojoc educatiu incorporant Leap Motion

Marta Barcia Goñi

Resum— El projecte consisteix en dissenyar i implementar un videojoc 3D educatiu amb el motor Unity, enfocat a nens d'educació primària i que es basi en el reconeixement de figures i formes geomètriques de manera que permeti desenvolupar i millorar la percepció de color i formes. El videojoc consisteix en un escenari que parteix d'una caixa amb forats de diverses formes i colors i de figures sòlides amb les mateixes característiques, les quals s'hauran de col·locar dins del forat de la caixa corresponent. S'han desenvolupat diversos nivells de joc que augmenten la dificultat fixant un temps disponible, definint la quantitat de colors representats, etc. Hem incorporat el dispositiu Leap Motion, per a explorar les seves possibilitats per a la interacció gestual i així poder comprovar la seva eficiència i usabilitat en un videojoc educatiu. L'utilitzem per a potenciar la gestualitat (agafar, arrossegat i deixar anar) amb les mans de manera que el que podria ser un joc clàssic, passi a ser un joc educatiu diferent de cara al sector infantil.

Paraules clau— Joc, interacció, reconeixement, detecció, geometria, formes, colors, figures, llenguatge gestual, interacció gestual, motricitat, noves tecnologies, gamificació, 3D, Leap Motion, Unity, Blender

Abstract— The project consists of designing and implementing an educational 3D video game with the Unity engine, focused on primary school children and based on the recognition of figures and geometric shapes in a way that allows to develop and improve the perception of colors and shapes. The videogame consists of a scenario that starts from a box with holes of different shapes and colors and respectively, solid figures with the same characteristics that must be placed inside the hole of its corresponding box. Different levels of the game were developed that increase difficulty by taking into account the amount of time available, defining the number of colors represented, etc. We incorporated the Leap Motion device to explore its possibilities for gestural interaction and then be able to check its efficiency and usability in an educational video game. We use it to enhance gestures (grabbing, dragging and dropping) with the hands so that what could be a classic game becomes an educational game, different and current for the children's sector.

Index Terms— Game, interaction, recognition, detection, geometry, geomètric shapes, colors, gestural language, gestural interaction, motricity, new technologies, gamification, 3D, Leap Motion, Unity, Blender.

1 INTRODUCCIÓ

Actualment l'ús de la tecnologia és un aspecte que conviu entre nosaltres dia a dia, però no sempre som conscients de la gran ajuda que pot aportar.

En l'àmbit de l'educació s'estan utilitzant els videojocs educatius per facilitar l'aprenentatge i promoure les capacitats físiques i psíquiques dels nens, com pot ser el reconeixement de formes i colors. Hem buscat jocs que fomentin aquestes capacitats i hem trobat jocs virtuals 2D de reconeixement de formes i colors [18, 19, 20], però no n'hem trobat cap que sigui en 3D.

- *E-mail de contacte:* marta.barcia@e-campus.uab.cat
- *Menció realitzada:* Computació
- *Treball tutoritzat per:* Enric Martí i Gòdia (Computació)
- *Curs* 2018/19

La principal motivació per a dur a terme aquest projecte ha estat el fet de poder comprovar la utilitat dels videojocs juntament amb noves tecnologies per oferir una alternativa més realista i intuïtiva als videojocs educatius ja existents.

Un altre repte d'aquest projecte és implementar un videojoc educatiu 3D i poder veure quines possibilitats ens brinda el dispositiu Leap Motion [1] per a potenciar capacitats motrius i integrant-lo amb el videojoc per tal d'aconseguir que la interacció amb la interfície no hagi de ser a través de cap dispositiu d'entrada físic, com teclats, comandaments, ratolins, etc. sinó que la interacció es realitzi a través d'una interfície gestual.

El Leap Motion pretén ajudar a les persones a interactuar fàcilment amb l'entorn digital basant-se en el seguiment de les mans i els dits amb velocitat i precisió. Per tant, les motivacions principals per a realitzar aquest

projecte són dues:

- Tenir l'oportunitat de desenvolupar un videojoc en 3D, aprendre i assolir tot el que això comporta a nivell d'implementació (utilització del motor gràfic Unity, modelatge amb l'eina Blender...), de planificació (aconseguir una organització i planificació correcta per tal d'assolir tots els objectius proposats), de disseny (poder realitzar un disseny del joc previ sobre el qual basar la posterior implementació) i aconseguir com a resultat final un prototip de joc estable per a la seva jugabilitat.
- Interès per les noves tecnologies i poder profunditzar en les possibilitats que ofereix el Leap Motion.

Leap Motion: Funcionament

El Leap Motion (figura 1) és un dispositiu de control gestual, que col·locat davant la pantalla del nostre ordinador és capaç de capturar amb precisió els moviments dels nostres dits i mans per tal de permetre la interacció gestual amb la pantalla. Aquest dispositiu s'utilitza com a complement en algunes ulleres de Realitat Virtual (VR) per tal de reconèixer les mans del jugador en qüestió i incorporar-les en l'experiència de VR. Algunes de les capacitats principals que brinda el Leap Motion són les de pessigar per a poder agafar objectes amb dos dits (Pinch), la d'agafar objectes i elements de manera natural (Grasp), la de llençar objectes que gaudeixin de físiques reals... entre d'altres interaccions físiques.

El Leap Motion està equipat amb dos leds i tres càmeres infraroges que analitzen tots els moviments de les mans en un radi d'1 metre essent capaç de detectar-ne els dits i les mans recreant un entorn 3D.



Figura 1: Leap Motion

El Leap Motion és un dispositiu que fa servir un sistema de coordenades cartesianes a partir del qual, des de la posició del jugador, l'eix X va cap a la dreta, l'eix Y obté valors positius cap a munt i l'eix Z es dirigeix cap a l'usuari (veure Figura 2). L'API d'aquest dispositiu s'encarrega de calcular les magnituds de distància (en mm), velocitat (en mm/s), temps (en μ s) i els angles (en radiants) en un instant determinat, el que permet representar la posició i gest dels dits de la ma.

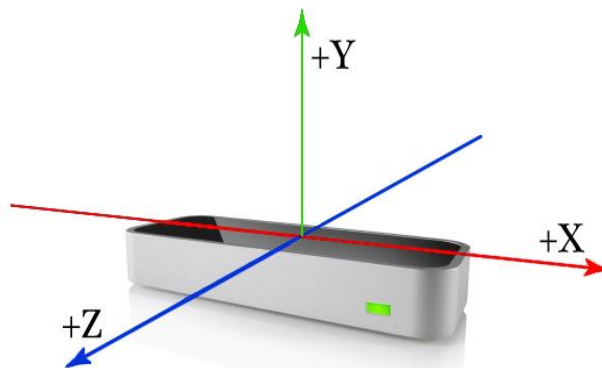


Figura 2: Coordenades cartesianes

LeapMotion defineix un objecte que actua com a controlador principal. Aquest controlador dona una llista amb els elements analitzats pel Leap Motion, com ara el nombre de mans detectades. Per a cada mà, s'especifica un braç i una llista de dits. A la seva vegada, per cada dit es retornarà una llista amb la posició i rotació de cadascuna de les seves falanges.

Tenint en compte aquests aspectes, la informació que el controlador del Leap Motion aconsegueix obtenir de la mà és: la posició i velocitat de la palma així com també la direcció i els vectors normals (figura 3).



Figura 3: Representació d'una ma amb Leap Motion

D'altra banda, partint dels dits, la informació que obté el controlador és: la posició i la velocitat de la punta dels dits, l'amplada, la longitud i els vectors de direcció d'aquests. De la mateixa manera, si el que mirem són les falanges, les dades que obté el controlador són: la posició de les articulacions, l'amplada i la longitud.

Amb totes aquestes informacions obtingudes, s'extreu i converteix la informació basant-se en el model anatómic de la mà humana per tal de poder ser capaç de reconèixer els moviments que realitza l'usuari i enviar-li la informació a l'Interaction Engine de manera automàtica per a que aquest renderitzi les mans del jugador a la pantalla en temps real.

Objectius del projecte

El principal objectiu d'aquest projecte és el disseny i implementació d'un videojoc educatiu, en 3D que incorpori el dispositiu Leap Motion, per tal d'aconseguir potenciar capacitats cognitives com la interacció gestual, la motricitat de les mans i la detecció i reconeixement de figures, formes i colors d'una manera innovadora i divertida.

Aquest videojoc compta amb diverses funcionalitats com:

- Diverses formes i figures de diferents colors per a afavorir el reconeixement i la detecció de formes i colors.
- El jugador interacciona amb elles a través de la interacció gestual de Grasp (agafar) que ofereix el Leap Motion.

El videojoc també inclou diversos nivells i modes de joc per a que sigui jugable per un públic ampli així com també compta amb un sistema de puntuació i ranking per tal de motivar al jugador a superar-se a si mateix.

Les principals eines utilitzades per al desenvolupament d'aquest joc han estat:

- Unity [2]: Motor gràfic utilitzat per a la creació i desenvolupament de videojocs. La programació d'aquest videojoc s'ha realitzat amb el llenguatge C#.
- Blender [3]: Software de codi lliure utilitzat per a realitzar el modelatge 3D de les figures. Aquesta eina permet l'exportació en format .fbx de tots els elements modelats per tal de poder-los importar a Unity de manera adequada.

La planificació d'aquest projecte ha estat dividida en diverses tasques:

- **Estat de l'art:**
Recerca d'aplicacions similars al videojoc proposat per tal de poder-les caracteritzar.
La durada ha estat de 2 setmanes.
- **Disseny del videojoc:**
Creació del document de Disseny del videojoc, en el qual es proposen els objectius del videojoc, la visió general on s'explica de que es tracta, també defineix el tipus de jugabilitat, les característiques de la interfície, els tipus de càmera, els diferents nivells i modes de joc, les diferents complexitats de les figures i els colors, etc.

La durada ha estat de 3 setmanes.

- Implementació:

Integració del Leap Motion amb Unity [7,8] i implementació de tota la lògica del videojoc seguint el model del document de Disseny del videojoc.

Paral·lelament s'han modelat les caixes i figures del joc.

La durada ha estat de 12 setmanes.

- Test:

Paral·lelament amb la implementació, s'han fet tests interns per a assegurar el bon funcionament de les funcionalitats a l'hora d'integrar-les amb el videojoc.

Quan la primera versió del videojoc era estable, es van realitzar tests externs amb jugadors reals. A partir del feedback rebut es van realitzar millores de jugabilitat i configuració.

La durada ha estat de 2 setmanes

- Memòria i presentació:

Redactat de l'article final així com de la presentació, juntament amb tota la documentació requerida.

La durada ha estat de 2 setmanes.

El flux de desenvolupament d'aquestes fases es pot veure gràficament en següent diagrama de Gantt representat a la figura 4. Tal i com es pot veure, el projecte s'ha dut a terme segons la planificació prevista.

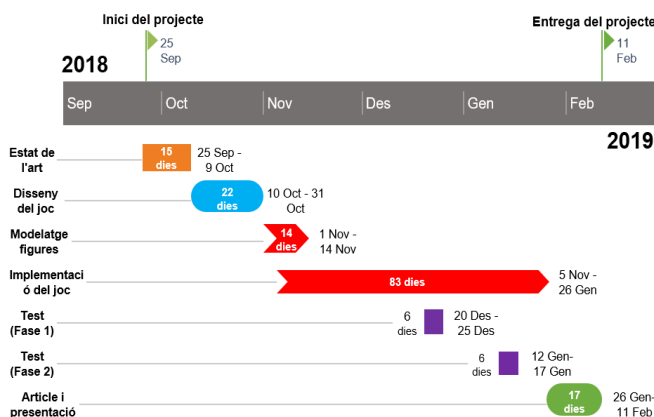


Figura 4: Diagrama de Gantt

Per acabar, comentar que l'eina escollida per a dur a terme la gestió de tasques ha estat el Trello [22], una aplicació online d'administració de projectes i gràcies a la qual s'ha pogut gestionar tot el volum de tasques estimades un cop va finalitzar la fase de Disseny.

2 IMPLEMENTACIÓ

En la figura 5 es presenta el diagrama de mòduls a partir del qual s'ha desenvolupat el joc.

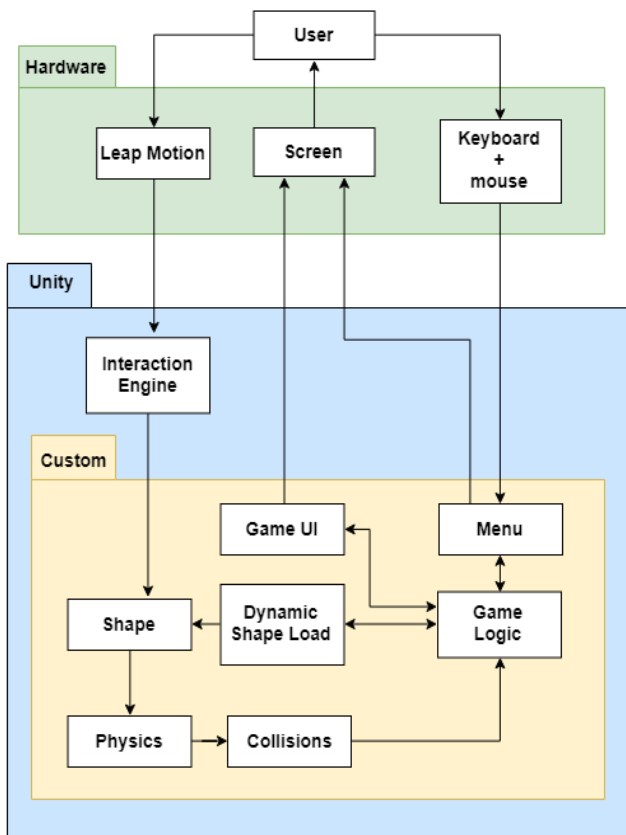


Figura 5: Diagrama de mòduls

Aquest diagrama està dividit en dues seccions:

- **Hardware**, que conté els dispositius físics d'entrada i sortida d'interacció amb el joc.
- **Unity**, conté tots els mòduls del videojoc inclòs l'Interaction Engine [5] que és el component que controla el Leap Motion.
 - o **Custom**: És la secció del videojoc que conté la implementació pròpia, de la quals es parlarà a la secció 2.1.

El flux del diagrama esdevé a partir de que l'usuari utilitzarà tant el ratolí com el teclat per a interaccionar amb els menús de navegació i la càmera així com la interacció gestual que es fa a través del Leap Motion.

Per a utilitzar el Leap Motion, tenim l'Interaction Engine, una capa que a través dels drivers del dispositiu es comunica amb el motor de joc Unity per transferir-li directament la informació de la posició de les mans del jugador.

Unity és el que s'encarrega de coordinar tots els mòduls de l'aplicació i de mostrar el resultat per pantalla per a donar feedback a l'usuari.

Quan el joc s'inicia per primera vegada, el primer mòdul que intervé és el de Menú gràcies al qual l'usuari selecciona la configuració desitjada de la partida.

Seguidament s'inicia el mòdul de Game Logic (lògica del joc), que recull la informació obtinguda del menú i demana al mòdul de Dynamic Shape Load (càrrega dinàmica de figures) que carregui les figures (mòdul Shape) involucrades en el nivell seleccionat.

Un cop iniciada la partida, a través de l'Interaction Engine, les mans virtuals del jugador poden interactuar amb les figures ja carregades per a col·locar-les dins la seva caixa corresponent. Aquestes figures són objectes de Unity que tenen físiques associades (mòdul Physics) per tal de simular un moviment natural. Gràcies a les físiques, el jugador pot agafar les figures i introduir-les a la seva caixa associada.

A l'interior de la caixa hi ha un col·lisionador que reacciona i determina si la figura introduïda és correcta o no (mòdul Collisions). Si aquesta és correcta, hi ha una comunicació amb el mòdul de la Lògica de joc el qual porta el recompte de les figures que s'han introduït correctament. Un cop acabat aquest recompte, el mòdul de Lògica del Joc comunica al GameUI el nou estat del joc per tal de que aquest el mostri per pantalla.

Un cop acabada la partida, tant si aquesta ha finalitzat amb èxit com si no, el mòdul de Lògica del Joc es comunica el de Menú per mostrar al jugador el resultat de la seva partida i, en cas d'haver fallat li permet tornar a iniciar el procés de joc per començar-ne una nova.

A continuació s'explica en detall cadascun dels mòduls d'implementació pròpia.

2.1 Custom

En aquesta secció s'explica la implementació de cadascun dels mòduls propis.

2.1.1 Menú

El mòdul de menús permet seleccionar la configuració de la partida guiant a l'usuari a que triï un nivell de dificultat concret així com un mode de joc (figura 6).

També és el mòdul encarregat d'ensenyar pantalles concretes depenent del punt del joc on es trobi l'usuari:

- Pantalla **Nivell Completat**, la qual felicita a l'usuari per haver aconseguit finalitzar la partida amb èxit i permet introduir el nom del jugador per a posteriorment mostrar-lo a la pantalla de Ranking.
- Pantalla **Ranking**, que conté la classificació de les 10 millors puntuacions del jugador per aquell mode de joc.
- Pantalla **Game Over**, que apareix quan es finalitza una partida sense aconseguir els objectius del nivell en qüestió.

Aquest mòdul també conté diferents botons (Tornar, Menú, Re-intentar, Sortir, etc) que faciliten la navegació entre totes aquestes pantalles esmentades ante-

riorment.



Figura 6: Pantalla de selecció de nivell

2.1.2 Game Logic

El mòdul de Game Logic és el més important ja que conté tota la lògica del joc. A continuació es comenten les funcionalitats més destacades d'aquest mòdul.

a) Lògica del joc

A partir de la informació rebuda a través dels menús de navegació del joc, aquest mòdul s'encarrega d'obtenir la configuració del nivell i el mode de joc seleccionat.

S'ha implementat una llista de configuració en la qual cada element d'aquesta, està associat a un mode de joc i nivell concret. Per a cadascuna de les configuracions s'informa quantes figures es carreguen i de quina dificultat, quins colors contindran, la possibilitat de repetició tant de les figures com dels colors, el nombre de vides disponibles i el temps màxim de duració del nivell.

b) Registre de figures introduïdes

Quan una figura és introduïda correctament dins la seva caixa associada, el mòdul de Lògica del Joc rep aquesta informació a través del mòdul de col·lisions.

El mòdul de Lògica del Joc manté el registre de quines figures s'han anat introduint correctament i, quan totes han estat introduïdes de manera correcta, dona la partida per finalitzada passant a la pantalla de Nivell Completat, o si el mode seleccionat ho requereix, reinicia la càrrega de figures per a poder continuar jugant.

c) Timer

Depenent del mode de joc seleccionat, el mòdul de Lògica del Joc s'encarrega de comptar el temps transcorregut durant la partida, o per contra, decrementar el temps a manera de compta enrere. Per a realitzar aquesta compta es compara el moment en el que s'ha iniciat la partida (hora, minuts i segons) amb el moment actual. Si la diferència de la comparació supera el temps màxim establert, es finalitza la partida.

d) Gestió de vides

Cada vegada que s'introdueix una figura, el mòdul de

Lògica del Joc és informat pel mòdul de col·lisions. Si aquesta no ha estat introduïda de manera correcta, es resta una vida al nombre de vides actuals de la partida.

e) Finalització de partida

Tant si la partida ha finalitzat amb èxit (Win) o no (Lose), el mòdul de Lògica del Joc informa al mòdul de Menú de quina pantalla ha de carregar i pausa l'actualització de la lògica fins que comenci una altra partida.

f) Camera

El joc compta amb dues modalitats de càmera diferents: càmera fixe i càmera lliure.

Les partides s'inicialitzen amb una càmera fixe (figura 9), la qual compta amb una perspectiva concreta que brinda la millor vista possible de l'escena de joc i maximitza l'àrea d'interacció del Leap Motion amb l'escena del joc. En aquesta escena tenim, al centre, les diferents caixes així com, just al davant d'aquestes, les diferents figures preparades per a ser introduïdes.

D'altra banda, també s'ha definit una càmera lliure, la qual pot activar el jugador en qualsevol moment de la partida prement la tecla d'activació "c" del teclat. És una càmera totalment controlada pel jugador, simulant una càmera en primera persona, de manera que pot anar canviant la vista movent el mouse mentre que simultàniament també es pot moure per l'escena de joc amb les tecles "w", per moure's cap endavant, "s", per moure's enrere, "a" per anar cap a l'esquerra i "d" per anar cap a la dreta. Si el jugador vol tornar a tenir la càmera fixe, pot tornar a prémer la tecla "c".

S'ha decidit dotar al joc de dues modalitats de càmera per a tenir una jugabilitat més amplia ja que la càmera fixe ofereix una vista estàtica per a tenir l'oportunitat de centrar la partida únicament en l'objectiu d'inserir les figures dins les caixes, i en canvi, la càmera lliure permet al jugador moure's lliurement per l'escena de joc i així poder tenir altres vistes.

2.1.3 Shape

És el mòdul que conté els models de les figures i les seves caixes corresponents. Són objectes independents però el mòdul de Lògica del Joc conté la lògica necessària per a saber quina figura té associada cada caixa i viceversa. La creació d'aquestes figures (figura 7) s'ha fet a través de Blender:

S'ha creat una sèrie de figures (peces) sense cap material per així després poder assignar-les-hi els colors dinàmicament tal com s'explica a la secció 2.2. A partir d'aquestes peces creades, s'ha creat una caixa (figura 8) contenidora per a cadascuna d'elles.

Un cop modelades les figures, s'han exportat des de Blender, en format .fbx, per tal de mantenir l'escala i les mides desitjades i poder així importar-les a Unity de manera correcta. Un cop importades, aquestes figures passen a ser tractades com a GameObjects.

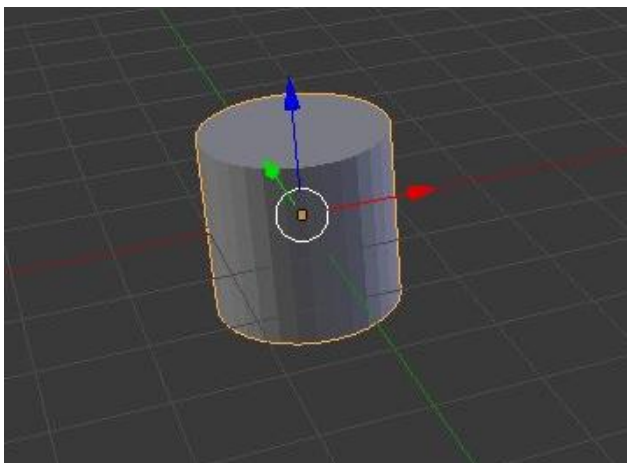


Figura 7: Modelatge d'una figura

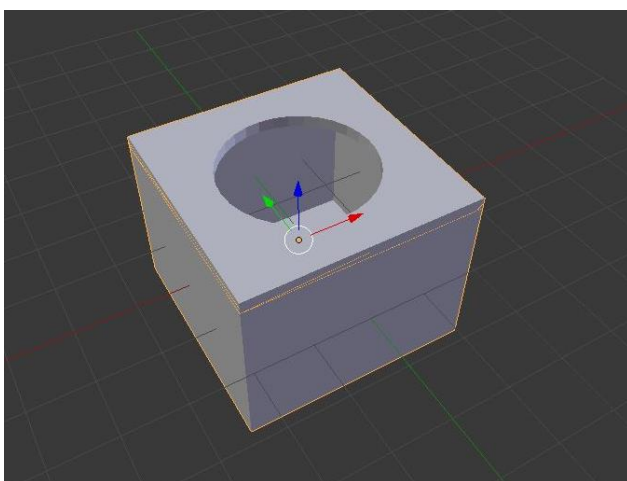


Figura 8: Modelatge de la caixa contenidora

2.1.4 Dynamic shape load

Aquest mòdul carrega de manera dinàmica totes les peces del joc depenent del nivell seleccionat per l'usuari.

Per tal de poder carregar un escenari diferent a cada partida, s'ha implementat una configuració per a cadascuna de les figures (ShapeConfig) i dels colors (ColorConfig):

- **ShapeConfig:** Conté un llistat amb totes les figures disponibles. Cadascuna d'aquestes figures s'identifica pel Nom, la seva complexitat i el model de caixa i figura associat.
- **ColorConfig:** Conté un llistat amb tots els colors disponibles. Cadascun d'aquests colors s'identifica pel Nom i la seva complexitat.

Per escollir quines figures es mostraran a la partida, es crea una llista només amb les figures de la complexitat del nivell la qual es desordena de manera aleatòria, donant a cada element un número identificador aleatori únic i ordenant-los seqüencialment, per tal de que la càrrega de

figures mai sigui la mateixa i així doni una partida diferent cada vegada que s'esculli un nivell. A partir d'aquesta llista, s'agafarà el nombre de figures necessàries per a ser mostrades al joc, tenint en compte que si la configuració compta amb la condició de que les figures es poden repetir entre elles, no poden repetir també el color per així no tenir mai dues figures iguals i del mateix color.

Un cop establerta la llista de figures, s'obtenen els colors disponibles, (també escollits a partir del mateix mètode d'ordenació aleatori que les figures) per al nivell en qüestió tenint en compte la complexitat d'aquest. A la configuració del mode i nivell del joc, també es té en compte si es pot repetir o no tant una figura com un color i així ajustar la dificultat d'aquests. Per tant, el nivell pot contenir més d'una figura amb el mateix color o per contra, que cadascuna de les figures contingui un color diferent. Tenint en compte aquestes condicions, a partir de la llista generada de colors, se n'assignarà un per a cadascuna de les figures a mostrar.

2.1.5 Physics

Per a donar realisme al videojoc, s'han aplicat físiques a alguns elements del joc.

Les caixes carregades a l'escena del joc, no tenen cap tipus de física ja que seran elements estàtics amb els quals l'usuari no ha d'interactuar en cap moment.

En canvi, a totes les figures de l'escena, se'ls hi agrega el component de les físiques de "RigidBody" (cos rígid) i també es configuren els seus paràmetres com ara assignar-li la massa, la fricció, la gravetat, etc.

Agregar el component de cos rígid a un objecte de l'escena del joc, farà que el moviment d'aquest passi a estar sota el control del motor de físiques del Unity.

Un objecte que compti amb aquest component serà empès cap avall per la gravetat per tal de simular les físiques naturals dels objectes i així permetre a l'usuari interaccionar amb les figures de la mateixa manera amb la que ho faria en un escenari real, de manera que podrà ser arrossegat, tindrà velocitat angular si aquest objecte és llençat i també es tindran en compte les col·lisions amb altres objectes que continguin un col·lisionador com el "Mesh collider", del qual es parlarà a la propera secció.

2.1.6 Collisions

El mòdul de col·lisions és un component associat al GameObject de les caixes i s'encarrega de detectar quan una figura ha estat introduïda dins d'una d'elles i determina si aquesta correspon a la seva caixa associada.

Per a realitzar aquesta detecció cada vegada que una figura entra dins d'una caixa activem un trigger que s'encarrega de comprovar si el nom i el color de la figura corresponen amb els de la caixa. Quan s'introdueix una figura de manera correcta es notifica al mòdul de Lògica del Joc per a que ho tingui en compte. En cas contrari s'informa al mateix mòdul per a que resti una vida de la partida.

D'altra banda, dins d'aquest mòdul també s'ha im-

plementat un "PlayArea" format per un prisma rectangular transparent i invisible pel jugador, que delimita l'àrea de joc concreta de l'escena visible de joc. Les cares del prisma actuen com a trigger i informen al mòdul de Col·lisions de manera que si una figura sobrepassa els límits d'aquesta àrea, és a dir, si intenta sortir fora del prisma transparent, es detecta la col·lisió i torna la figura a la seva posició inicial per tal de que el jugador continuï amb la partida sense haver de buscar les figures que puguin haver quedat fora del seu abast.

2.1.7 Game UI

La interfície del joc compta amb una escena principal representada a la figura 9, la qual mostra les diferents caixes i figures carregades segons el nivell escollit per l'usuari. A la part superior de la pantalla sempre s'hi troben els mateixos objectes:

- A la part superior esquerra, trobem el nivell o mode de joc al qual pertany la partida en curs.
- A la zona superior central, les vides (representades per cors) restants del jugador en aquella partida.
- A la cantonada superior dreta trobem un comptador de temps per a que el jugador sigui conscient del temps transcorregut o del que li queda.

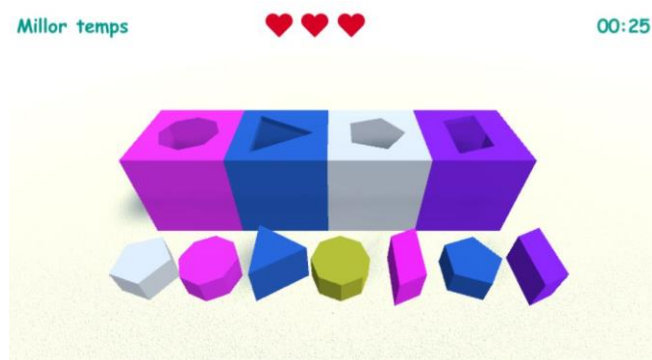


Figura 9: Interfície de l'escena principal del joc

3 RESULTATS I TEST

A la figura 10 mostrem la pantalla inicial del videojoc la qual conté el nom del joc juntament amb un botó que dóna l'opció d'inicialitzar una nova partida i un botó de sortir que tanca l'aplicació. S'ha fet un disseny de colors i formes adient al perfil de jugador infantil.

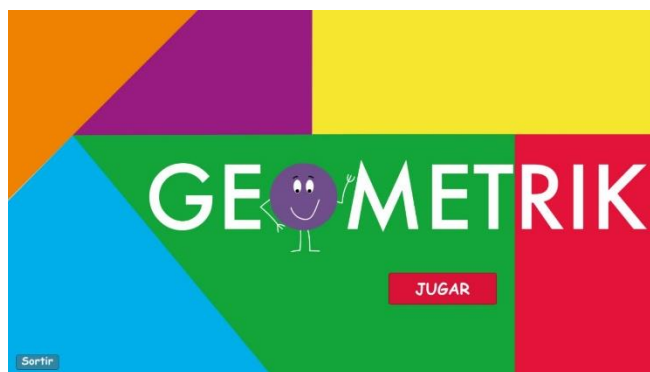


Figura 10: Pantalla inicial del joc

A la figura 11 es mostra l'escena principal del joc en la que es troben les caixes i figures protagonistes del joc i amb les quals l'usuari ha d'interaccionar per a realitzar amb èxit els diferents nivells del joc.

També veiem una escena real en la que es representen les mans del jugador virtualment gràcies a les quals s'està introduint una de les figures dins la seva caixa corresponent.

Es pot veure que la gestualitat de la mà dreta és coherent amb la forma del cilindre que s'està col·locant.

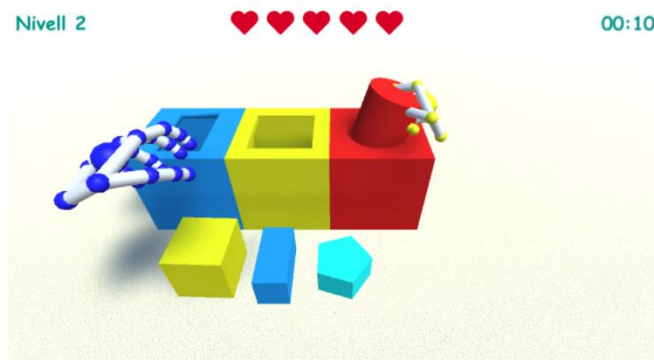


Figura 11: Joc en funcionament

Per a garantir el bon funcionament del videojoc i la qualitat del codi, mentre ha durat el procés d'implementació s'han anat realitzant diversos tests tipus caixa negra (testejar la càrrega de les figures tenint en compte la lògica dels nivells, la correcta navegació entre els menús així com també realitzar tests de col·lisions entre les caixes i les figures) i caixa blanca (fent servir les eines de "debug" de Unity) sobre cadascun dels mòduls desenvolupats per a poder comprovar que cada vegada que s'implementava una nova funcionalitat, el mòdul pertinent seguia funcionant sense contratemps. Finalment, quan tots els mòduls van estar implementats es van realitzar les mateixes bateries de proves, ja comentades, a nivell global tenint en compte totes les funcionalitats de manera conjunta.

Un cop implementada una primera versió inicial, es van dur a terme proves externes, amb jugadors reals. El test el van dur a terme un grup de 10 persones, format per 8 adults (entre 16 i 56 anys) i dos nens (de 7 i 8 anys). A partir del feedback obtingut amb aquestes proves, vaig poder realitzar diverses millores ja que van aparèixer algunes inconsistències entre nivells de joc i es va haver d'ajustar la duració de cada partida així com el número de caixes de cada nivell. La usabilitat del Leap Motion va ser molt ben rebuda per part de totes les persones encarregades de testear, ja que pràcticament ningú coneixia el dispositiu i el van trobar molt innovador i divertit, tot i que tothom va coincidir en que resultava una mica difícil poder agafar segons quines figures.

Finalment, després de corregir tots els aspectes de millora que van sorgir durant la primera fase de test, es van tornar a repetir les proves externes amb els mateixos jugadors per a que poguessin tornar a avaluar el videojoc amb les correccions i millores ja implementades.

Aquesta segona versió va resultar molt més consistent i jugable per a tots, ja no existia inconsistència entre nivells i el problema a l'hora d'agafar algunes figures amb el Leap Motion havia quedat solucionat ja que es va augmentar el radi d'activació dels objectes per a poder interaccionar amb les figures des d'un rang de posició més ampli. A part d'això, el fet de comptar amb moltes més figures que a la versió inicial va fer que tothom trobés el videojoc molt més dinàmic i entretingut.

Cal comentar que l'experiència amb els nens ha estat molt positiva. S'han adaptat ràpidament a la interacció amb el Leap Motion i han pogut jugar sense problemes, quedant impressionats davant l'aspecte de veure les seves pròpies mans representades virtualment a la pantalla i a través de les quals podien interactuar amb tots els objectes del videojoc.

4 CONCLUSIONS I MILLORES

S'ha desenvolupat un videojoc educatiu en 3D, amb una versió final estable i la interacció de l'usuari amb el videojoc es fa a través del Leap Motion, un dispositiu d'interacció gestual.

Paral·lelament amb el procés de desenvolupament, s'ha dut a terme el modelatge de totes les caixes i figures del joc.

Durant el procés, sobretot d'implementació, m'he trobat amb diverses dificultats, la majoria relacionades amb l'usabilitat del Leap Motion. El principal inconvenient ha estat la dificultat que presenta la gestualitat de Grasp davant les figures que compten amb formes poc regulars o punxegudes, ja que el gest d'agafar-les era inconsistent i resultava difícil poder subjectar alguna d'aquestes peces mentre s'efectuava el moviment.

Aquest aspecte va quedar resolt augmentant el radi d'activació dels objectes per a poder interaccionar amb les figures des d'un rang de posició més ampli.

Realitzant aquest projecte he après molt, moltíssim, en

tots els aspectes ja sigui a nivell tècnic (desenvolupament amb Unity i C#, ús del Leap Motion, modelatge de figures, etc.) com a nivell de planificació, organització i disseny brindant-me l'oportunitat de comprendre aspectes bastant desconeguts tenint en compte les meves experiències prèvies.

Tot i que sota el meu punt de vista els objectius s'han aconseguit de manera satisfactòria crec que hi ha diversos aspectes de millora:

- Treballar en la millora del gest de Grasp del Leap Motion ja que en les circumstàncies esmentades anteriorment, l'usuari troba dificultats en poder agafar segons quines figures.
- Millorar la interfície de l'escena principal així com la dels menús afegint animacions i sons que donin feedback al jugador sobre el seu progrés durant la partida millorant-ne així la jugabilitat.
- Tot i que el joc gaudeix de 6 nivells i 2 modes de joc, un aspecte de millora podria ser el d'afegir algun mode de joc diferent, per tal de poder tenir diferents tipus de joc i de més complexitat. Un exemple seria un mode de joc on les caixes es contenidores estiguin en moviment constant circular i el jugador hagi d'aconseguir introduir la figura corresponent dins la seva caixa seguint-ne el seu moviment. El fet d'incorporar moviment en algun mode de joc, oferiria al videojoc l'opció d'ajustar la velocitat de les figures i així aconseguir nivells de major dificultat.
- Incorporar algun gest diferent al de Grasping com per exemple el d'assenyalar una figura i interaccionar amb ella sense necessitat de tenir-ne contacte.

AGRAÏMENTS

M'agradaria donar les gràcies al professor Enric Martí per la seva tutoria durant aquests mesos de projecte.

També agrair a tots els amics i familiars que voluntàriament han volgut testear el joc i oferir consells i possibles aspectes de millora.

BIBLIOGRAFIA

- [1] <https://www.leapmotion.com/>, pàgina oficial del dispositiu de reconeixement gestual Leap Motion. (Data últim accés: Febrer 2019).
- [2] <https://unity3d.com/es/>, pàgina oficial del motor gràfic Unity (data últim accés: Gener de 2019)
- [3] <https://www.blender.org/>, pàgina oficial de Blender, una open source de modelatge 3D. (Data últim accés: Desembre de 2018).
- [4] <https://developer.leapmotion.com/documentation/v4/concepts.html>, pàgina de Leap Motion d'informació de diversos conceptes. (Data últim accés: Gener de 2019)
- [5] <https://leapmotion.github.io/UnityModules/interaction->

- [engine.html](#) pàgina de Leap Motion d'especificació i detall del mòdul Interaction Engine (Data últim accés: Octubre de 2018).
- [6] https://leapmotion.github.io/UnityModules/class_leap_1_1_unity_1_1_interaction_1_1_interaction_manager.html, pàgina de Leap Motion d'especificació i detall del mòdul Interaction Manager (Data últim accés: Octubre de 2018).
- [7] <https://developer.leapmotion.com/unity/>, pàgina de Leap Motion d'integració amb Unity (Data últim accés: Octubre de 2018)
- [8] <https://leapmotion.github.io/UnityModules/>, pàgina de Leap Motion dels mòduls per a integrar-se amb Unity (Data últim accés: Octubre de 2018).
- [9] <http://blog.leapmotion.com/getting-started-leap-motion-sdk/>, blog oficial de Leap Motion adreçat a desenvolupadors (Data últim accés: Desembre de 2018).
- [10] <https://unity3d.com/es/learn/tutorials>, tutorials oficials del motor gràfic Unity (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [11] <https://docs.unity3d.com/es/current/Manual/UnityManual.html>, documentació oficial del motor gràfic Unity (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [12] <https://answers.unity.com/>, pàgina de suport als usuaris del motor oficial del motor gràfic Unity (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [13] http://wiki.unity3d.com/index.php/FlyCam_Extended, documentació sobre càmeres lliures de Unity (Data últim accés: Gener de 2018).
- [14] <https://docs.blender.org/manual/es/dev/>, documentació oficial de l'eina de modelatge Blender (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [15] <https://cgpress.org/archives/cgtutorials/modeling-complex-geometric-shapes-in-blender>, tutorials de modelatge de figures amb Blender (Data últim accés: Novembre 2018).
- [16] <https://docs.blender.org/manual/en/latest/modeling/meshes/editing/basics/adding.html>, documentació de "Meshing" de l'eina de modelatge Blender (Data últim accés: Novembre 2018)
- [17] <https://www.mundoprimaria.com/juegos-educativos/juegos/matematicas/geometria>, pàgina model de jocs educatius infantils: jocs de geometria (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [18] <https://www.mundoprimaria.com/juegos-educativos/juegos-matematicas/juegos-de-igualar-y-comparar>, pàgina model de jocs educatius infantils: jocs de comparació i reconeixement (Data últim accés: Novembre de 2018).
- [19] <https://www.mundoprimaria.com/juegos-educativos/juegos-matematicas/juego-identificar-formas-objetos>, joc educatiu de reconeixement de formes en objectes reals (Data últim accés: Desembre de 2018).
- [20] <http://www.edu365.cat/infantil/classifica/SD13/index.html>, Joc educatiu de reconeixement, relació i classificació de formes i colors (Data últim accés: Desembre de 2019).
- [21] <http://www.edu365.cat/infantil/jocs/index.htm> portal educatiu del Departament d'Educació de la Generalitat de Catalunya, (data últim accés: Novembre de 2018).
- [22] <https://trello.com/> pàgina oficial de l'aplicació online d'administració de projecte (Data últim accés: Febrer de 2019).