
Control Remoto de Videojuegos con Smartphones



MEMORIA DE TRABAJO DE FIN DE GRADO

Pablo Gómez Calvo
Sergio J. Higuera Velasco

Grado de Desarrollo de Videojuegos
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Mayo 2020

Control Remoto de Videojuegos con Smartphones

Memoria de Trabajo de Fin de Grado
Grado de Desarrollo de Videojuegos
Abril 2020

Director: Carlos León Aznar
Director: Pedro Pablo Gómez Martín

Versión 0.3

Grado de Desarrollo de Videojuegos
Facultad de Informática
Universidad Complutense de Madrid

Mayo 2020

Copyright © Pablo Gómez Calvo y Sergio J. Higuera Velasco

A todo aquel que confió en nosotros

Agradecimientos

Nadie es innecesario.

Yitán, Final Fantasy IX

El primer agradecimiento hay que dárselo a la Universidad Complutense por aceptar la creación de este grado, un grado que demuestra la importancia del mundo de los videojuegos en la sociedad actual. Con este grado se han conseguido romper muchas barreras, entre ellas está poder especializarse y adoptar los videojuegos como nuestra profesión.

Dar gracias a los profesores que nos han acompañado estos años y que han contribuido en el desarrollo del grado. Una mención aparte para las dos personas que han hecho posible la realización de este Trabajo de Fin de Grado, Carlos León Aznar y Pedro Pablo Gómez Martín.

Nuestro último agradecimiento va dirigido a nuestras familias por soportarnos en todos nuestros momentos durante el grado.

Resumen

¡No estáis preparados!

Illidan Tempestira, World of Warcraft

Índice

Agradecimientos	VII
Resumen	IX
1. Introducción	1
1.1. Motivación	1
1.2. Objetivos	2
1.3. Estructura del documento	2
2. Entrada de usuario en videojuegos	3
2.1. Evolución de los dispositivos de entrada	3
2.2. <i>Feedback</i> en los controladores	11
2.3. Sistemas de <i>streaming</i>	12
3. Especificación de la herramienta	17
3.1. Introducción	17
3.2. Funcionalidad	17
3.3. Protocolo de comunicación	18
4. Implementación de las aplicaciones	21
5. Implementación	23
5.1. Android	23
5.2. Unity	23
6. Pruebas con usuario y resultado	25
6.1. ¿?	25
7. Conclusiones	27
Índice alfabético	29

Índice de figuras

Índice de Tablas

2.1. Suscripciones a plataformas digitales en España en 2018-2019	15
3.1. Primer mensaje del controlador al ejecutor de juego	19
3.2. Tiempo de vibración del dispositivo móvil en milisegundos . .	19
3.3. Pulsación enviada desde el dispositivo móvil al ejecutor del juego	19

Capítulo 1

Introducción

Los motores de videojuegos son herramientas utilizadas por empresas de todo tipo, no solamente de videojuegos. Cortos de animación, anuncios o incluso *overlays* utilizados en programas televisivos son algunas de las aplicaciones que pueden hacerse con motores como Unity o Unreal. El uso de estos motores de videojuegos para la realización de otro tipo de proyectos es algo que se expande cada vez más y con la generación de aplicaciones para dispositivos móviles todo ha crecido de manera exponencial.

1.1. Motivación

La industria del videojuego desde su inicio nos ha enseñado que la innovación a la hora de crear experiencias nuevas para los usuarios es algo que enriquece a muchos jugadores, por ende se está ayudando a que la experiencia de juego sea cada vez más cómoda y flexible para los jugadores.

Es por esta razón que empresas como Electronic Arts, Ubisoft, Kunos Simulazioni y Polyphony Digital, entre otras, dedican gran cantidad de sus recursos a hacer realidad muchas experiencias que los usuarios quieren tener como, por ejemplo, jugar a juegos deportivos realistas como en FIFA o conducir automoviles de competición por un circuito famoso como en Assetto Corsa.

Pero para invertir en crear este nuevo tipo de estilos de juego se necesita una gran financiación, cosa que estudios pequeños no tienen. Estos estudios independientes usan motores como Unity3D o Unreal Engine 4. Estos motores, cuyo pago es porcentual a las ganancias obtenidas por tu juego o en algunos casos mensual, ofrecen una gran cantidad de herramientas a disposición de sus usuarios para que los desarrolladores puedan ahorrar tiempo de implementación de una nueva características y lo utilicen para que su juego siga creciendo. En el caso de Unity el pago es mensual dependiendo de la cantidad de dinero generado por el usuario o su empresa; los precios van desde gratuito si hace menos de 100 mil dólares anuales hasta 125 dólares

mensuales si el usuario o su empresa genera más de 200 mil dólares anuales. Si hablamos del pago de Unreal Engine, si cualquiera de los productos realizados por el estudio se comercializa de forma oficial, Epic Games obtendría el 5 % de los beneficios de la obra cada trimestre cuando este producto supere sus primeros 3000 dólares. El desarrollo para dispositivos móviles en estudios independientes ha crecido de manera exponencial gracias a que motores como Unity lo hacen bastante accesible.

Unity es utilizado por el 34 % del top mil de juegos para dispositivos móviles. Algunos de estos juegos son *Alto's Adventure*, *Monument Valley* o el famoso *Hearthstone* de Blizzard en su versión de Android e iOS.

Entonces, ¿y si un juego se pudiese jugar en el teléfono móvil pero en verdad el juego se estuviese ejecutando en el ordenador?

Con esta pregunta se pretende poner encima de la mesa las tecnologías desarrolladas por diferentes empresas como **Nintendo** con Nintendo Switch que alterna modo portátil con modo sobremesa, lo que da una flexibilidad a la hora de jugar donde quieras que nunca se había experimentado, como **Sony** con sus aplicaciones **PS4 Remote Play** y **PS4 Second Screen** que te dan la posibilidad de controlar de manera remota e incluso jugar desde tu dispositivo iOS o Android.

Para la conexión de una consola o un ordenador a un dispositivo móvil o tablet es necesaria una conexión a internet estable. El tiempo de respuesta, lo que se conoce como *Input Lag*, puede llegar a convertirse en un quebradero de cabeza para un estudio pequeño ya que requiere de pruebas de rendimiento, pruebas con usuarios y pruebas con diferentes anchos de banda de red para buscar posibles cuellos de botella.

Este trabajo pretende aplicar los modelos propuestos anteriormente y crear una herramienta libre para el motor de videojuegos Unity con la finalidad de dar a estudios independientes y con escasa o nula financiación la oportunidad de habilitar nuevo gameplay para sus usuarios. La finalidad es dar todas estas herramientas de una forma rápida e intuitiva con documentación y una prueba de implementación de este Plugin con uno de los juegos que se ofrecen de manera gratuita en la tienda de Unity, la Asset Store. Además de esto, la herramienta consta de una licencia libre, lo que da la posibilidad de ampliación y modificación dependiendo de las necesidades de cada usuario/estudio.

1.2. Objetivos

1.3. Estructura del documento

Capítulo 2

Entrada de usuario en videojuegos

A lo largo de las diferentes generaciones de computadores y de consolas se han ido desarrollando una serie de dispositivos de entrada que permitiesen al usuario interactuar con la máquina. Estos dispositivos van desde teclados y ratones hasta cámaras que permiten transformar tus movimientos físicos en movimientos dentro de un entorno virtual pasando por detectores de aceleración y pantallas táctiles. En este capítulo se presentan muchos de los trabajos pasados en el ámbito de los dispositivos de entrada de usuario.

2.1. Evolución de los dispositivos de entrada

Los dispositivos de entrada son aquellos que permiten introducir datos o información en un ordenador para que este los procese u ordene. Otro término usado para estos dispositivos es periférico. A pesar de que este término implica a menudo el concepto de adicional y no esencial, en muchos sistemas informáticos son elementos fundamentales. Estos dispositivos de entrada pueden clasificarse según el tipo de entrada, ya sea sonora, visual, de movimiento mecánico, etc. o dependiendo de si su forma de entrada es discreta (pulsaciones de teclas) o continua (una posición).

Todos estos dispositivos de entrada son conocidos como **HID, Human Interface Device**. La principal motivación para HID era la de permitir innovaciones en los dispositivos de entrada a los ordenadores y así simplificar el proceso de instalación de este tipo de dispositivos. Antes de HID, los dispositivos de entrada se ajustaban a unos estrictos protocolos diseñados para ratones, teclados y joysticks. Con cualquier innovación en el hardware

se requería de sobrecargar el protocolo existente o la creación de un driver. Un solo driver HID analiza los datos de entrada y permite una asociación dinámica de estos datos con la funcionalidad descrita por la aplicación. En el protocolo HID existen 2 entidades: el host y el dispositivo. El dispositivo es la entrada que intercatúa directamente con el humano, un ejemplo puede ser el teclado o ratón. El host es el que recibe los datos de entrada del dispositivo con las acciones ejecutadas por el humano, el host suele ser un ordenador. Los dispositivos definen sus paquetes de datos y luego presentan un descriptor HID al host. El descriptor HID es codificado como un grupo de bytes que describen los paquetes de datos del dispositivo. Esto incluye: cuantos paquetes soporta el dispositivo, el tamaño de los paquetes, y el propósito de cada byte y bit en el paquete. Se espera que el host sea la entidad más compleja de las 2 ya que el host necesita obtener el descriptor HID del dispositivo y analizarlo antes de establecer la comunicación. El HID también define el modo arranque, este modo es limitado ya que paquetes de datos son utilizados durante ese modo. Los únicos dispositivos que soportan el modo arranque son teclados y ratones.

Un teclado es un HID que se representa como una disposición de botones o teclas. Cada una de estas teclas se puede utilizar para ingresar cualquier carácter lingüístico o hacer una llamada a cualquier función particular del ordenador. Los teclados tienen su inspiración en las máquinas de escribir que tienen su origen en el año 1877, cuando la marca Remington comenzó a comercializar de manera masiva las máquinas de escribir. Uno de los primeros avances de estas máquinas de escribir ocurrió en la década de 1930, cuando se combinaron la tecnología de la entrada e impresión de las máquinas de escribir con la tecnología de la comunicación del telégrafo. Además, los sistemas de tarjetas perforadas también se combinaron con las máquinas de escribir para crear perforadoras de teclado que fueron la base para las primeras calculadoras. La emergente máquina de escribir eléctrica mejoró aún más la unión tecnológica entre la máquina de escribir y el ordenador. Así, en 1955, el Whirlwind del MIT, se convierte en el primer ordenador del mundo que permite a sus usuarios introducir comandos a través de un teclado y confirma lo útil y conveniente que puede ser un dispositivo de entrada de teclado. En 1964 se impulsó el desarrollo de una nueva interfaz de usuario llamada terminal de visualización de video que permitió a los usuarios de las primeras computadoras ver qué caracteres estaban escribiendo. En los años 80, IBM lanzó su primer ordenador personal que incluía un teclado mecánico. Actualmente las principales mejoras que han sufrido los teclados de ordenador se basan en la eliminación de cables gracias al Bluetooth o WI-FI. Con la llegada de los dispositivos táctiles se añadió además el concepto de teclado virtual. Este teclado virtual elimina el uso de un teclado hardware para pasar a un teclado software que imita el teclado tradicional QWERTY pero en una pantalla táctil.

Además del teclado, el segundo dispositivo de entrada por excelencia es el ratón. La primera maqueta fue diseñada durante los años 60, disponía de 2 ruedas metálicas que al desplazarse por una superficie movían 2 ejes. Cada uno de estos ejes controlaba el movimiento tanto vertical como horizontal del cursor en la pantalla. Durante los años posteriores se añadieron botones, una rueda central o lateral para el desplazamiento, el sensor de movimiento óptico por diodo led o un sensor basado en un láser no visible. En los primeros años de la informática, el teclado era el dispositivo más popular para la entrada de datos pero la aparición y éxito del ratón, junto con la evolución de los sistemas operativos, lograron facilitar y mejorar la comodidad a la hora de manejar ambos periféricos a la vez. Los ratones suelen estar preparados para manejarse con ambas manos pero algunos fabricantes también ofrecen modelos específicos para zurdos y diestros. Los sistemas operativos también han ayudado a que ambos tipos de personas tengan un uso satisfactorio de los ratones. Con el avance de los nuevos ordenadores, el ratón se ha convertido en un dispositivo esencial a la hora de jugar videojuegos, sirviendo no solo para seleccionar y accionar objetos en pantalla en juegos de estrategia, sino para controlar la cámara o cambiar la dirección del personaje en juegos de primera y tercera persona.

Los videojuegos han sido los principales responsables de la evolución de los dispositivos de entrada en las décadas posteriores a los años 70. En 1972 fue lanzada de manera oficial la **Magnavox Odyssey** y fue considerada la primera videoconsola. El dispositivo de entrada para poder jugar consistía de 2 diales que se utilizaban para el movimiento horizontal y vertical del personaje, un cuadrado blanco. Como juego para la consola Odyssey sacaron el Magnavox Odyssey Shooting Gallery en 1972. El mando que se usaba para poder jugar a este juego tenía la forma de un rifle y la peculiaridad que tenía este accesorio/mando era que los disparos se registraban siempre y cuando el rifle apuntase a una luz intensa por lo que era muy fácil de engañar si no fuese porque el juego no disponía de un registro de puntos. En 1976 la empresa Fairchild Semiconductor sacó al mercado la **Fairchild Channel F** cuya característica principal a nivel de entrada de usuario fue la incorporación de un joystick de 8 direcciones. Además de ofrecer un movimiento en 8 direcciones, la parte de arriba de este mando podía girarse para ser compatible con juegos como *Pong* y también podía ser pulsado y usarse normalmente como botón de disparo. En 1977 salió al mercado uno de los joysticks más famosos. Este joystick es el que se utilizaba en la consola **Atari 2600**. Este joystick se conocía como el **Atari CX40** y consistía de una palanca que permitía un movimiento en 8 direcciones y un botón. Junto con este modelo, Atari sacó al mercado un tipo de conexión que se convertiría en el estándar de la industria y que sería compatible con sistemas posteriores. Unos pocos años después, en 1982, Atari lanzó su nueva consola Atari 5200. Además de mejorar gráficamente, el controlador que llevaba incorpora-

do proviene de un kit de controlador de un avión RC. El sistema combinaba un diseño mecánico demasiado complejo con un sistema de circuito flexible interno de muy bajo coste. Este controlador incluyó un botón de pausa, una característica única en ese momento.

En 1983 Nintendo sacó al mercado su **Nintendo Entertainment System (NES)** cuyo controlador sentó unas bases en el control del movimiento gracias a la cruceta que incorporaba. Esta cruceta permitía un movimiento en 4 direcciones y que pretendía reemplazar a las voluminosas palancas de mando de los controladores. Además de la cruceta, el mando disponía de 2 botones redondos (A y B) y otros 2 botones rectangulares (START y SELECT). En lo sucesivo, se lanzaron varios dispositivos especiales diseñados precisamente para usarse con juegos específicos, aunque muy pocos de estos se volvieron populares. Uno de estos dispositivos era el **Power Glove**, el que sería considerado como uno de los primeros periféricos de interfaz en recrear los movimientos de la mano en una pantalla de televisión o de un ordenador en tiempo real. En 1990 Nintendo hizo evolucionar a la Nintendo NES y lanzó la **Super Nintendo Entertainment System (SNES)**, la cual dejó atrás un diseño cuadrado del controlador y se inclinó por un diseño más ergonómico, se mejoró la cruceta y se añadieron otros 2 botones (X e Y). El tiempo de respuesta del controlador era de 16 milisegundos. Dentro de la evolución de los controladores, en 1993 la compañía SEGA sorprendió con el lanzamiento de un nuevo accesorio para su consola **Sega Mega Drive**. Este accesorio consistía en un aro octogonal que se colocaba en el suelo y se conectaba directamente al puerto de controlador de la consola. Lo llamaron **Sega Activator** y fue el primer controlador que utilizaba el cuerpo completo. El jugador se tenía que situar en el centro del aro, el cual emitía rayos infrarrojos hacia arriba para detectar los movimientos del jugador. Los juegos orientados para el Sega Activator eran juegos que involucrasen el movimiento de brazos y piernas para que el jugador cruzase los rayos infrarrojos y así se detectase el movimiento. Al tratarse de 8 segmentos, cada uno de estos segmentos estaba mapeado como si fuera un botón en el mando tradicional, el cual se "pulsaría" cada vez que el jugador cruzase un segmento de los rayos infrarrojos.

Durante los años 90 **Sony** entró al terreno del desarrollo de consolas y por consecuencia, de modelos diferentes de controladores de videojuegos. Con su primera consola, la **Sony PlayStation**, incluyeron un nuevo diseño de mando que recogía muchos de los diseños vistos hasta el momento. A diferencia de Nintendo, este controlador cambió la nomenclatura de los botones A, B, Y y X por las figuras \triangle , O, X y \square , mantenía la cruceta y los botones START y SELECT y además añadió 4 botones más en la parte lateral del mando para los dedos índice y corazón. 3 años más tarde Sony sacaría una re-edición del mando al que le incorporaron 2 sticks analógicos junto con un botón con un LED para cambiar entre los diferentes modos usados para el

control del personaje. Este modelo fue el predecesor del famoso **DualShock** y únicamente la versión japonesa presentaba una función de retroalimentación de vibración. Por el lado de Nintendo, la consola sucesora de la Super Nintendo fue la **Nintendo 64** que fue acompañada por un nuevo diseño de mando que no pasó desapercibido. Disponía de una cruceta en la parte izquierda del mando, un stick de 360 grados y un botón START en el centro del mando y 6 botones en su parte derecha. Complementario a esto, en la parte trasera del mando había 2 botones más y también en la parte trasera se daba la opción de introducir un dispositivo extraíble que proporcionaba retroalimentación de vibración. Este accesorio se activaba en ocasiones concretas como al disparar un arma y servía para sumergir al jugador en el videojuego.

En los años posteriores las compañías siguieron sacando modelos diferentes mandos que modificaban tamaño y posiciones de los botones pero no salieron cambios significativos hasta que en 2002 Nintendo lanzó al mercado un nuevo mando alternativo para su consola **GameCube**, este controlador tenía la peculiaridad de ser inalámbrico. Lo llamaron **WaveBird Wireless Controller** y sentó las bases para los próximos mandos inalámbricos. Contaba con una cruceta, 6 botones digitales, 2 botones híbridos ya que hacían la función de gatillos y 2 palancas analógicas para el movimiento del personaje y la cámara normalmente. Como alimentación usaba 2 pilas AA y para comunicarse con la consola usaba radiofrecuencia, lo que permitía al jugador alejarse hasta 6 metros de la consola. Poco tiempo después tanto Sony con su PlayStation 3 como Microsoft con su Xbox 360 añadirían las baterías a sus mandos para convertirlos en inalámbricos.

En 2006 Nintendo volvió a sorprender a la sociedad con la llegada de la **Nintendo Wii** y su nuevo mando. **Nintendo Wiimote** es el mando principal de la consola Wii y las características destacables que trae son la de la detección de movimiento en el espacio y la habilidad de poder apuntar a objetos en la pantalla. El diseño del mando de Wii deja de lado todos los modelos tradicionales de mandos para videojuegos y se acerca más a un control remoto de televisión para que este pueda usarse con una sola mano y sea más intuitivo ya que lo que pretendía era cautivar a un público más casual y ser una consola para todos los miembros de la familia. En la cara frontal del mando se encuentran los botones **A**, **1**, **2**, **-**, **+**, **HOME** y la cruceta, más un botón **POWER** para apagar la consola, algo inédito hasta entonces. En la parte anterior sólo presenta el botón **B**, en un formato similar a un gatillo. Además de los botones, en la parte frontal lleva incorporado un altavoz y 4 luces numeradas que indican el número de jugador al que corresponde cada mando durante una partida. Lleva una correa de seguridad para sujetar al mando por la parte inferior de este para poder atar el mando a la muñeca y evitar así que el mando se resbale durante una sesión de juego y o el mando o la televisión se vieran dañados. El Wii Remote tiene la capacidad

de detectar la aceleración a lo largo de tres ejes mediante la utilización de un acelerómetro. El Wiimote también cuenta con un sensor óptico PixArt, lo que le permite determinar el lugar al que el Wiimote está apuntando; además de agregar una brújula electrónica en su posterior versión mejorada, el **WiiMotionPlus**. A diferencia de controladores que detectan la luz de la pantalla del televisor, el Wii Remote detecta la luz de una barra sensor que venía incorporada con la consola y se colocaba encima de la pantalla. No es necesario señalar directamente a la barra sensor, pero apuntar significativamente fuera de la barra de posición perturbará la capacidad de detección debido al limitado ángulo de visión del Wiimote. La posición y seguimiento del movimiento del Wii Remote permite al jugador imitar las acciones reales de juego, como blandir una espada o una pistola con objetivo, en lugar de simplemente pulsando los botones. El Wii Remote tiene incorporado un altavoz que emite sonidos diferentes que los emitidos por los altavoces de la televisión y que se utilizan para mejorar la ambientación del videojuego. El ejemplo de esto se mostró en el E3 de 2006 cuando uno de los desarrolladores disparó un arco en "The Legend of Zelda: Twilight Princess" por el mando sonó como tensaba y soltaba la flecha mientras que en la televisión únicamente se escuchaba el impacto de la flecha. Esto daba la sensación de que la flecha viajaba desde el jugador hasta la televisión. Esto se veía acompañado por la vibración del mando y ambas funciones podían deshabilitarse desde el menú HOME de la consola, en ese caso todos los sonidos saldrían por los altavoces de la televisión. En cuanto a la duración de las baterías, con las funciones más básicas de algunos juegos tenía la autonomía de 60 horas y en caso de usar todas sus capacidades llegaba a aguantar 25 horas funcionando. Al tratarse de un mando simétrico su uso estaba pensado tanto para zurdos como para diestros y se utilizaba tanto de manera vertical con una sola mano como de manera horizontal en caso de usar ambas manos. Además de todo lo anterior, en la parte inferior del mando se encuentra un puerto de expansión para conectar diferentes periféricos. Los más usados fueron el **Wii Balance Board** que se trataba de una tabla capaz de calcular la presión que se ejercía sobre ella, el **Wii Guitar** que permitía jugar al juego Guitar Hero en su versión de Wii, **Nunchuck** que agregaba un joystick analógico y 2 botones más para el movimiento de personajes, **Wii Wheel** que hacía que el Wii Remote se convirtiese en un volante y así poder tener una mejor experiencia en juegos como Mario Kart y **Wii MotionPlus** que incorporaba 3 sensores nuevos de movimiento para los ejes vertical, longitudinal y lateral lo que ayudó a mejorar la precisión del mando original.

En 2010 Microsoft dio el salto a un nuevo controlador de videojuegos para su consola Xbox 360. Este nuevo periférico es conocido con el nombre de **Kinect** y permite a los usuarios controlar e interactuar con la consola sin necesidad de tener contacto físico con un mando tradicional. Este control se realiza por gestos y reconocimiento de voz. El sensor Kinect es una barra

horizontal de unas 9 pulgadas conectada a una pequeña base circular con un eje que permite que esta rote y además está diseñado para ser colocado por encima o por debajo de la televisión. El dispositivo cuenta con una cámara RGB, un sensor de profundidad, un micrófono de múltiples matrices y un procesador personalizado que ejecuta el software patentado, que proporciona captura de movimiento de todo el cuerpo en 3D, reconocimiento facial y capacidades de reconocimiento de voz. El micrófono de matrices del sensor de Kinect permite a la Xbox 360 llevar a cabo la localización de la fuente acústica y la supresión del ruido ambiente, permitiendo participar en el chat de Xbox Live sin utilizar auriculares. El sensor de profundidad es un proyector de infrarrojos combinado con un sensor CMOS monocromo que permite a Kinect ver la habitación en 3D en cualquier condición de luz ambiental. El rango de detección de la profundidad del sensor es ajustable gracias al software de Kinect capaz de calibrar automáticamente el sensor, basado en la jugabilidad y en el ambiente físico del jugador, tal como la presencia de sofás, mesas y otro tipo de muebles.

PlayStation también lanzó al mercado su dispositivo de control de videojuegos por movimiento, ellos lo llamaron **PlayStation Move** y es compatible con los sistemas PS3 y PS4. PlayStation Move compitió tanto con el Kinect de Xbox como con el WiiMote de Nintendo. El diseño del mando consiste en un mando similar al de Wii ya que ambos se controlan con una mano en vertical. PlayStation Move unió los conceptos de sensores de movimiento que usaba el WiiMote y la cámara que usaba el Kinect, por lo que PlayStation Move usa sensores de movimiento en el mando, una esfera en su extremo que se ilumina y la cámara PlayStation Eye que detecta la posición del mando. Al igual que en el resto de controladores inalámbricos para PlayStation, tanto el mando principal de PlayStation Move como el Navigation Controller usan la conexión inalámbrica Bluetooth 2.0 y una batería de ion de litio, que se carga mediante un puerto USB Mini-B. El Navigation Controller es un mando que complementa al mando principal y tiene una función similar a la del Nunchuck de Wii. Se pueden conectar hasta 4 PlayStation Move de manera simultánea.

Coincidiendo con la salida al mercado del PlayStation Move, Nintendo lanzó su nueva consola en 2012; la **Wii U** y con ella un Controlador de videojuegos híbrido. Este controlador híbrido es el **Wii U GamePad** y es el mando principal de la consola. La principal distinción con respecto a los mandos tradicionales es la incorporación de una pantalla táctil, la cual se utiliza para mostrar información adicional durante una partida y además puede usarse como pantalla principal en caso de no disponer de un televisor mientras se juega. Además de como controlador de videojuegos, el Wii U GamePad es utilizado como control remoto independiente para controlar la pantalla de la televisión u otro aparato vía infrarrojos sin tener que tener la consola encendida. El mando constaba de altavoces y micrófono e incorpo-

raba una cámara frontal de 1.3 megapíxeles. Los sensores que incorporaba eran: acelerómetro, giroscopio, geomagnético e infrarrojo e incorporaba vibración. La conexión a la consola se hacía mediante bluetooth y disponía de NFC para futuros accesorios que incorporaron a los diferentes videojuegos.

En 2013 Sony hizo una revisión de su DualShock y como mando de la consola PlayStation 4 lanzó el **DualShock 4**. Este mando añadió al diseño anterior una pantalla táctil en la parte frontal, lo que hizo que la distribución de los botones que antes eran centrales cambiasen. En la parte trasera se añadió una barra LED que se ilumina en varios colores para diferenciar e identificar a los diferentes jugadores. Microsoft por su parte en 2015 puso a la venta su nuevo **Xbox One Elite Controller**. Una de las principales características es que tiene un diseño modular por lo que cada pieza es intercambiable para que cada jugador pueda adaptarlo a su medida. La personalización es el principal aliciente en este mando ya que permite reprogramar tanto los cuatro botones tradicionales de la parte frontal como los gatillos. También se da la posibilidad de establecer curvas de sensibilidad en las palancas analógicas. Gracias a la posibilidad de añadir piezas, este mando incluye 4 palancas más en la parte trasera.

En 2017 Nintendo presentó su nueva consola híbrida que se basa en su predecesora, Wii U. La consola es **Nintendo Switch** y es una consola que puede ser jugada tanto de manera portátil como de sobremesa en una televisión o un monitor. Los mandos diseñados para esta consola son los **Joy-Con** y consisten en 2 unidades, cada uno de ellos contiene una palanca analógica y una matriz de botones. Estos mandos tienen la peculiaridad de que pueden usarse tanto acoplados a la consola cuando esta se utilice en modo portátil o pueden ser desacoplados para cuando la consola se utilice en una televisión. Cuando se separan, un par de Joy-Con pueden ser utilizados por un solo jugador, o dividido entre dos como controladores individuales. Los Joy-Con se distribuyen en pares, designados como "Joy-Con L" y "Joy-Con R", respectivamente. Este diseño viene heredado de Wii con su Wiimote y el accesorio principal el Nunchuk. Una misma Nintendo Switch puede tener conectados hasta un total de 8 Joy-Con. La comunicación que tienen con la consola se realiza por Bluetooth y disponen de una correa igual a la del mando de Wii para evitar la caída del mando durante su uso. Los Joy-Con contienen baterías no extraíbles de 525 mAh, que se cargan cada vez que se conectan a la consola. Ambos controladores contienen una palanca analógica, cuatro botones de cara, dos botones superiores, dos botones laterales accesibles cuando se sueltan y designados como SL y SR, un botón "Home", un botón de sincronización y un indicador de jugador luces LED. Cada uno de los Joy-Con contiene un acelerómetro y un giroscopio, que pueden ser utilizados para los juegos que incluyen movimiento. La diferencia con el mando de Wii es que estos mandos no necesitan una barra de sensores para su correcto funcionamiento. Además, el Joy-Con R contiene un sensor de seguimiento

de profundidad infrarroja, que puede leer objetos y movimientos sostenidos delante de él. Cada uno de los Joy-Con incorpora un motor para la vibración del mando durante las sesiones de juego. Poco después de su salida, se descubrió que los Joy-Con pueden conectarse y utilizarse con otros ordenadores personales y con dispositivos móviles a través de la conexión Bluetooth.

También durante 2017, Sony anunció una serie de juegos nuevos que se jugarían de una forma totalmente diferente ya que el mando utilizado sería cada uno de los teléfonos móviles de los usuarios. A esta serie de juegos se la conoce como **PlayLink**. La idea detrás de PlayLink es que todos los usuarios de la consola PlayStation 4 y sus familiares y amigos disponen de un dispositivo móvil pero no todos disponen de varios mandos para poder jugar con más personas en juegos cooperativos. PlayLink es una aplicación móvil que cada usuario se descarga en su Android o iOS y así puede usar su teléfono como un mando más de PlayStation 4. El requisito para que la conexión sea efectiva es que tanto la consola PS4 como los dispositivos móviles que se vayan a usar estén conectados a la misma red WIFI.

2.2. *Feedback* en los controladores

En los inicios de los videojuegos y de las consolas el objetivo fue la creación de nuevos tipos de juegos con diferentes mecánicas y mejoras gráficas. En la era actual de los videojuegos se ha ido mucho más lejos de los primeros juegos como Pong y Tetris, la tendencia ha llevado a la creación de escenarios virtuales más realistas y a que el jugador formase parte de ese entorno virtual. Particularmente la respuesta que se da al usuario del videojuego al realizar acciones es conocida como **tecnología háptica**. Este tipo de tecnología se refiere al conjunto de interfaces tecnológicos que interaccionan con una persona mediante el sentido del tacto. La tecnología háptica tiene sus inicios en los dispositivos de los sistemas servo para controlar grandes aviones con la intención de poder hacerlo de manera remota. En estos sistemas se instaló un sistema de control que proporcionaba una resistencia a la palanca del piloto proporcional al ángulo de ataque del avión. Otro ejemplo destacable de esta tecnología se encuentra en la película **4-D Honey, I Shrunk the Audience!** del año 1994 que simulaba que los ratones se soltaban por el auditorio y corrían por toda la sala. Para conseguir esta simulación se bombeaba aire a través de un pequeño tubo de plástico y al agitarse, imitaba la sensación de las colas de los ratones rozando las piernas de los espectadores.

En los videojuegos esta tecnología fue introducida a través de los controladores. Al inicio estos sistemas de vibración se introdujeron en los controladores como dispositivos que se acomodaban al mando por separado pero con la salida de la versión japonesa del controlador de PlayStation, el Dualshock. Este mando incorporaba un sistema de vibración conocido como *tabletas vibradoras* (*rumble packs*) que tenían ese efecto de vibración al conducir

vehículos o disparar armas de fuego. Con la llegada de las pantallas táctiles también aparecieron las pantallas hápticas. Estas pantallas son aquellas que transmiten una vibración al tocarla. El ejemplo más actual de tecnología háptica puede encontrarse en la reciente consola de Nintendo, Nintendo Switch. Nintendo no ha denominado a la tecnología que usan sus Joy-Cons como tecnología háptica sino como **Rumble HD** pero Nintendo se ha asegurado en demostrar todas las capacidades que sus nuevos Joy-Cons pueden ofrecer en cuanto a este tipo de tecnología. Con su juego 1-2 Switch recogen una serie de minijuegos que tienen como objetivo el de mostrar las capacidades de los nuevos controladores, los Joy-Con. Entre estos minijuegos se encuentra uno en el que el jugador tiene que agitar el Joy-Con que simula un vaso con hielos y tiene que averiguar cuántos hielos hay en el vaso. Microsoft por su parte añadió a sus controladores de la consola Xbox One 4 motores de vibración que daban una mejor experiencia a los usuarios cuando estos conducían, disparaban armas de fuego o producían explosiones. Por la parte de Sony, con su nueva consola **PlayStation 5** va a introducir varios niveles de resistencia a los gatillos de los mandos, lo que hace que acciones como la de tensar un arco o disparar una escopeta se sientan de una manera totalmente diferente.

2.3. Sistemas de *streaming*

Una transmisión en directo consiste en una distribución digital de contenido multimedia a través de una red de ordenadores de manera que el usuario consume el producto a la vez que se descarga. El término *retransmisión* se refiere a una corriente continua que fluye sin interrupciones, normalmente la difusión es de audio o vídeo. Para referirse a una retransmisión se suele utilizar el anglicismo *streaming*. Esta tecnología funciona gracias a un búfer de datos que almacena el flujo de descarga en la estación del usuario e inmediatamente mostrar el material descargado. En contraposición a esto se encuentra la descarga de archivos completos que requiere que el usuario descargue los archivos necesarios al completo para poder acceder al contenido. En el año 1993 se consiguió que el grupo de música *Severe Tire Damage* actuase en directo a través de Internet. Este concierto tuvo lugar en California y pudo verse hasta en Australia gracias a la tecnología **Mbone**. Mbone es la abreviatura que se dio a *Multicast backbone (Red troncal de multidifusión)* y consistía en una red troncal experimental y una red virtual que se contruyó sobre internet para el transportar el tráfico de la multidifusión de IPs. Dado que los operadores de la mayoría de los enrutadores de Internet tenían deshabilitado la multidifusión IP debido a preocupaciones relacionadas con el seguimiento del ancho de banda y la facturación, Mbone fue creado para conectar redes con capacidad de multidifusión a través de la infraestructura de Internet existente en el momento. El propósito principal de Mbone era

el de minimizar la cantidad de datos requeridos para realizar una videoconferencia a diferentes puntos simultáneamente. Algunas de las características de Mbone son:

- El protocolo de enrutado de multidifusión utilizado fue **DVMRP (Distance Vector Multicast Routing Protocol)**. El funcionamiento de este protocolo consiste en la recepción de paquetes a un router y si este proviene de un camino que podría utilizarse para alcanzar al emisor del mensaje original, este paquete se difunde por todos los demás caminos activos. En caso contrario se elimina el paquete.
- La IP utilizada por Mbone fue 224.2.0.0
- Los requisitos de banda ancha para la transmisión de audio eran 32-64 kbits/s y para video 120 kbits/s.

En 1994 el grupo británico *The Rolling Stones* decidió retransmitir en directo y de forma gratuita 20 minutos de uno de sus conciertos. Con el paso de los años empresas como QuickTime, ActivePlayer, Adobe, etc siguieron realizando experimentos para mejorar esta tecnología. Solamente faltaba que las conexiones a internet a nivel global mejoraran.

Otro hito destacable en esta evolución fue el streaming ejecutado por Justin Kan, fundador de Justin.tv, ajustando una cámara web a su gorra y personalizando su portátil en su maleta para transmitir 24 horas durante los 7 días de la semana su vida cotidiana. Más adelante la compañía creada por Justin se transformaría en la famosa plataforma de streaming **Twitch.tv** que en el año 2019 alcanzó un pico de 982 millones de espectadores simultáneos en los diversos canales que emiten en la plataforma. Para poder proporcionar un acceso claro, convincente, continuo y sin interrupciones ni cambios, la retransmisión se apoya en las siguientes tecnologías:

- **Códecs**: Códec es el acrónimo de codificador-decodificador. Sirven para codificar el flujo o la señal y recuperarlo o descifrarlo para la reproducción en un formato adecuado para estas operaciones. Algunos códecs son MP3, formato de compresión de audio digital un algoritmo de pérdida para conseguir un menor tamaño de archivo. Para video se suele usar el códec H.264, el usado por la plataforma *Youtube* para la visualización de sus videos y directos.
- **Secuencia de bits**: Las emisiones de audio y vídeo en códecs se ensamblan en un contenedor de secuencia de bits como **FLV (Flash Video)**. FLV fue ampliamente utilizado para transmitir vídeo por Internet sobre el complemento Adobe Flash Player. Flash Video puede ser visto en la mayoría de los sistemas operativos mediante el plugin Adobe Flash Player, disponible para la mayoría de navegadores web o de otros programas de terceros.

- **Protocolos de transporte** : El uso de protocolos de transporte ligeros como **UDP** o **RTSP (Real Time Spread Protocol)** es algo que se busca en la retransmisión de información para que el ancho de banda a usar sea menor. UDP y RTSP hacen que las entregas de paquetes de datos desde el servidor a quien reproduce el archivo se hagan con una velocidad mucho mayor que la que se obtiene por **TCP** y **HTTP**. Esta eficiencia es alcanzada por una modalidad que favorece el flujo continuo de paquetes de datos. Cuando TCP y HTTP sufren un error de transmisión, siguen intentando transmitir los paquetes de datos perdidos hasta conseguir una confirmación de que la información llegó en su totalidad. Sin embargo, UDP continúa mandando los datos sin tomar en cuenta interrupciones, ya que en una aplicación multimedia estas pérdidas son casi imperceptibles. Aunque UDP no haga un control de transmisión, la aplicación que use este protocolo para la retransmisión tendrá que ser la encargada de realizarlo para tomar decisiones sobre qué hacer ante un posible extravío de información.
- **Ancho de banda**: Los anchos de banda recomendados para cada una de las resoluciones incrementa de manera directamente proporcional con la calidad a la que se reproduce el contenido. Para la transmisión de un vídeo en definición estándar como la usada por Google TV, los discos Blue-Ray o Apple TV es de 2 Mbit/s. En caso de querer aumentar la calidad a alta definición se piden 5 Mbit/s y para el contenido con definición ultra se piden 9 Mbit/s. Si el archivo se almacena en un servidor para transmisión bajo demanda y 1000 personas ven este flujo al mismo tiempo usando un protocolo Unicast, el requisito es $300 \text{ kbit/s} \times 1000 = 300000 \text{ kbit/s} = 300 \text{ Mbit/s}$ de banda ancha. Esto equivale a alrededor de 135 GB por hora. Usando un protocolo de multidifusión, el servidor envía una sola transmisión que es común a todos los usuarios. Por lo tanto, dicha transmisión solo usaría 300 kbit/s de ancho de banda de servicio. El cálculo para la transmisión en vivo es similar. Suponiendo que la semilla en el codificador es de 500 kbit/s y si la emisión dura 3 horas con 3000 espectadores, los cálculos serían $(500 \text{ kbit/s} \times (3 \times 3600) \text{ segundos} \times 3000 \text{ personas}) / (8 \times 1024 \times 1024)$ lo que da un resultado de 1,977,539 MB consumidos para la visualización de un directo por 3000 personas con un ancho de banda de 500kbit/s.

En España los servicios de retransmisión son populares entre la población y un estudio realizado por el Ministerio de Cultura de España durante los años 2018-2019 realizó una encuesta a 16000 personas sobre si se hacían descargas ilegales de contenidos o si por el contrario estaban suscritos a servicios de suscripción como Amazon Prime Video, Spotify, Netflix, etc.

Plataformas	%
Películas y series	38.9 %
TV	28.8 %
Música	26.8 %
Libros	3.4 %
Videojuegos	4.1 %

Tabla 2.1: Suscripciones a plataformas digitales en España en 2018-2019

Capítulo 3

Especificación de la herramienta

3.1. Introducción

En este capítulo se exponen las diferentes tecnologías involucradas en el proyecto y ver las decisiones tomadas en base a las necesidades para la realización de este proyecto. La finalidad del proyecto es la conexión entre 2 dispositivos, uno de ellos ejecuta el juego y el otro funciona como un dispositivo de entrada / mando para controlar el videojuego. Para conseguir esta comunicación entre ambos dispositivos es necesario plasmar la funcionalidad que se quiere dar y la posterior creación e implementación de un protocolo de red.

3.2. Funcionalidad

En los últimos años se ha visto un aumento en la incorporación de elementos táctiles en los controladores de videojuegos. Empresas como Sony añadieron una pantalla táctil en el Dualshock4, Nintendo con las consolas portátiles lleva varias generaciones añadiendo pantallas táctiles a sus consolas y los dispositivos móviles cada vez son más usados para jugar a videojuegos. Es por esto que en este proyecto, la comunicación entre 2 dispositivos será más específica y será entre un dispositivo en el cual se ejecuta el juego y un dispositivo móvil que servirá como mando. Una de las principales diferencias entre un mando tradicional y un dispositivo móvil es la pulsación de botones. El feedback recibido en la pulsación de una pantalla táctil es inexistente a no ser que no se especifique en la funcionalidad de la aplicación y debe ser lo suficientemente sutil como para no ser molesto a la hora de jugar.

Otras de las características que tiene un dispositivo móvil frente a un mando tradicional es el uso de gestos específicos. Una gran parte de estos gestos

son utilizados de manera natural ya que son asociados al uso de dispositivos móviles.

Al usar un dispositivo móvil, tenemos a nuestra disposición una pantalla que nos permite añadir imágenes, videos o incluso gameplay como lo hacía Nintendo con su consola WiiU.

Con estas características contempladas, las principales funcionalidades que debe tener este proyecto son:

- Envío de pulsaciones y gestos admisibles en pantallas táctiles.
- Envío de imágenes estáticas.
- Envío de imágenes de manera constante, simulando un streaming de video.
- El uso de vibración como feedback de la pulsación de la pantalla.

3.3. Protocolo de comunicación

Un protocolo de comunicación es un sistema de reglas que permiten a 2 o más dispositivos comunicarse entre ellos. En informática estas reglas se establecen para permitir la transmisión de datos y la forma en la que la información debe ser procesada. Cada mensaje tiene un significado exacto destinado a obtener una respuesta de un rango de posibles respuestas pre-determinadas para esa situación en particular. Una de las características principales de un protocolo de comunicación es que ambas partes tienen que acordar los mensajes que se van a enviar y a recibir.

En este proyecto ambos dispositivos envían y reciben mensajes por lo que no puede definirse un servidor y un cliente, sin embargo se puede hacer una distinción entre quién envía los botones que se han pulsado y quién ejecuta el juego. El criterio utilizado para este proyecto ha sido el de un sistema *little-endian*. Al inicio de la comunicación, el dispositivo encargado de ejecutar el juego debe quedarse a la escucha en un puerto asignado a la espera de un primer mensaje. El tamaño de este mensaje es de 8 bytes y su estructura es la siguiente:

- Los 4 primeros bytes son un número de tipo *int* que simboliza el ancho del dispositivo móvil.
- Los 4 últimos bytes son un número de tipo *int* que simboliza el alto del dispositivo móvil.

La comprobación que se realiza en este mensaje es si se reciben 8 bytes en el lado del dispositivo que ejecuta el juego.

Bits	0-31	32-63
0	Ancho	Alto

Tabla 3.1: Primer mensaje del controlador al ejecutor de juego

Una vez la conexión se ha establecido correctamente, el dispositivo que ejecuta el juego envía al controlador la duración de la vibración que debe realizar para que el usuario reciba un feedback háptico. Este mensaje contiene un *int* de 4 bytes que representa el tiempo que debe durar la vibración en milisegundos.

Bits	0-31
0	Tiempo de vibración

Tabla 3.2: Tiempo de vibración del dispositivo móvil en milisegundos

Tras el envío de este mensaje comienza un bucle de juego en el que ambos dispositivos intercambian mensajes de una manera no ordenada. El dispositivo que se encarga de ejecutar el juego envía los siguientes mensajes:

- En caso de que se decida enviar imagen de manera constante, ya sea en forma de streaming de video o una imagen estática, esta imagen es comprimida en formato **PNG**.
- Se envía el flag de vibración al controlador. Este flag es un *int* de 4 bytes cuyo valor tiene que ser 0 para que vibre.

Además de enviar estos mensajes, el dispositivo encargado de ejecutar el juego recibirá mensajes de 9 bytes cada uno cuya estructura será:

- El primer byte es el tipo de la pulsación. El valor 0 indica el comienzo de la pulsación y el valor 1 indica el fin de la pulsación.
- Los siguientes 4 bytes representan un *int* cuyo valor indica la posición X de la pantalla del dispositivo móvil donde se ha pulsado el botón.
- Los últimos 4 bytes representan un *int* cuyo valor indica la posición Y de la pantalla del dispositivo móvil donde se ha pulsado el botón.

Bits	0-7	8-39	40-71
0	Tipo de pulsación	Posición X	Posición Y

Tabla 3.3: Pulsación enviada desde el dispositivo móvil al ejecutor del juego

Para el cierre ordenado de la comunicación desde el dispositivo móvil se envía un mensaje de tamaño 1 byte que tiene el valor 2. La recepción de

este mensaje hace que el dispositivo que ejecuta el juego envíe 1 byte con el valor 1 al dispositivo móviles y ambos cierran la conexión. Estos mensajes pueden enviarse y recibirse en cualquier momento en caso de que sucediese cualquier error durante la comunicación. Para la detección de una pérdida de conexión entre el dispositivo móvil y el dispositivo que ejecuta el juego, este dispone de un tiempo máximo en el que si no se reciben mensajes se finaliza la conexión (Time Out).

- **TODO:**Diagrama del protocolo con explición.

Capítulo 4

Implementación de las aplicaciones

Capítulo 5

Implementación

5.1. Android

- Explicación muy despacito de qué es un ciclo de vida. Hablar sobre Actividades y los estados que tienen estas Actividades.
- Explicación de niveles de API y permisos. La aplicación está preparada para leer un código QR si o si en el formato IP:Puerto. Todo esto hace que mencione el QR al hablar de Android, sería recomendable hacer una subseccion para hablar del uso del QR, "historia" de este tipo de códigos, etc?
- ¿Veis mejor hacer aquí una subseccion para explicar arquitectura y otra para explicación del uso?
- Subseccion dedicada únicamente a la concurrencia y comunicación entre hilos.
- subseccion para la arquitectura?

5.2. Unity

- Uso de Unity (entidades, ciclo de vida de entidades, lenguaje de scripting usando .NET)
- Usos habituales del QR aquí? Mejor hacerlo en el apartado de Android?
- Uso de las hebras para el tratamiento de los datos que se leen desde la hebra de red que tenemos pendiente de la llegada de datos al socket.
- Uso de una hebra para mandar datos por la red.
- Subseccion para explicar la utilización de esto?

- subseccion para la arquitectura?

Capítulo 6

Pruebas con usuario y resultado

6.1. ¿?

Capítulo 7

Conclusiones

*–¿Qué te parece desto, Sancho? – Dijo Don Quijote –
Bien podrán los encantadores quitarme la ventura,
pero el esfuerzo y el ánimo, será imposible.*

*Segunda parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

*–Buena está – dijo Sancho –; fírmela vuestra merced.
–No es menester firmarla – dijo Don Quijote–,
sino solamente poner mi rúbrica.*

*Primera parte del Ingenioso Caballero
Don Quijote de la Mancha
Miguel de Cervantes*

