

HOGESCHOOL ROTTERDAM

Hoe realiseren we een ontwikkel
omgeving waarin niet-programmeurs,
zoals 3D artiesten en level designers,
efficiënt unieke virtual reality ervaring
kunnen creëren in Unreal Engine 4

door

Mark Arts

Een scriptie geschreven voor het halen van de
bachelor of science Mediatechnologie

voor

Mediatechnologie

Instituut voor Communicatie Media en Informatietechnologie

April 2016

“I choose a lazy person to do a hard job. Because a lazy person will find an easy way to do it.”

Bill Gates

HOGESCHOOL ROTTERDAM

Abstract

Mediatechnologie

Instituut voor Communicatie Media en Informatietechnologie

Bachelor of Science

door Mark Arts

The Thesis Abstract is written here (and usually kept to just this page). The page is kept centered vertically so can expand into the blank space above the title too...

Contents

Abstract	ii
1 Inleiding	1
1.1 Probleemstelling	1
1.2 Doelstelling	2
1.3 Onderzoeksvraag	2
1.3.1 Hoofdvraag	2
1.3.2 Deelvragen	2
1.3.3 Onderzoeksmethoden	3
1.3.3.1 Hoe kan er een koppeling met Virtual Scripting gemaakt worden die intuïtief is voor niet programmeurs?	3
1.3.3.2 Welke componenten zullen gemaakt moeten worden?	3
1.3.3.3 Is het mogelijk de componenten cross-platform te maken?	3
2 Visual Scripting	5
2.1 Use Case's	6
2.2 Gameplay Logica	7
2.2.1 Het afvuren van een projectiel	7
2.2.1.1 Tekstuele Implementatie	7
2.2.1.2 Visuele Implementatie	9
3 Unreal Engine 4	11
3.1 Waarom de Unreal Engine 4	11
3.1.1 Unity	11
3.1.1.1 Licentie	11
3.1.1.2 Oculus en GearVR ondersteuning	12
3.1.1.3 Virtual Scripting	12
3.1.1.4 Gebruiks gemak	12
3.1.2 CRYENGINE	12
3.1.2.1 Licentie	12
3.1.2.2 Oculus en GearVR ondersteuning	13
3.1.2.3 Visual Scripting	13
3.1.2.4 Gebruiksgemak	13
3.1.3 Unreal Engine 4	13
3.1.3.1 Licentie	13
3.1.3.2 Oculus en GearVR ondersteuning	13
3.1.3.3 Visual Scripting	14

3.1.3.4	Gebruiks gemak	14
3.1.3.5	Conclusie	14
3.2	Blueprints	14
4	Blueprints en C++	17
4.1	Gameplay	17
4.1.1	Wanneer	17
4.1.1.1	C++	18
4.1.1.2	Blueprints	19
4.1.2	Wat	20
4.1.2.1	Conditionele Logica	20
4.1.3	Hoe	24
4.1.4	Onderhoud en Performance	24
4.1.4.1	Onderhoud	24
4.1.4.2	Performance	25
4.1.5	Conclusie	25
4.2	Workflow	26
4.3	Versie Controle	27
A	Implementatie voorbeeld speler Unreal Engine 4	28
B	Conditional logic van Tick functie van LookEvents in c++	34
C	Conditional logic van Tick functie van LookEvents in Blueprints	36
D	Orintatie Interview	38
D.1	Doel	38
D.2	Interview	39
D.3	Enquete	40
	Bibliography	45

Acronyms

UE4 Unreal Engine 4. 1, 2, 7, 12–14, 24, 25, 27

VR Virtual Reality. 1, 2, 5, 7, 11, 13

VS Visual Scripting. 1–3, 6, 12–14, 18

Chapter 1

Inleiding

In een periode van 18 weken zal ik proberen een reeks van basis componenten voor de Unreal Engine 4 (UE4) te ontwikkelen waarmee niet-programmeurs efficiënt interactie aan Virtual Reality (VR) demos kunnen toevoegen.

De UE4 zal gebruikt worden omdat deze een uitgebreid Visual Scripting (VS) systeem heeft die het makkelijk maakt om simpele logica, zoals wanneer en waar iets moet plaats vinden, makkelijk uit te drukke. Het VS systeem maakt het mogelijk voor niet-programmeurs om simpele logica zelf toe te voegen zonder dat hier een programmeur voor nodig is. Naast een efficiëntere workflow maakt dit het ook makkelijk om als designer, 3D artist te experimenteren.

1.1 Probleemstelling

Momenteel is het toevoegen van interactieve elementen in VR een intensieve programmer taak omdat het vaak ontwikkelt wordt voor een specifieke use case. Het is daardoor vaak lastig om de geprogrammeerde logica te hergebruiken in een ander project.

Hierdoor is er altijd een programmeur nodig om de gewenste functionaliteit toe te voegen of aan te passen. Vooral in gameontwikkeling zijn er veel sprongen gemaakt in het oplossen van dit probleem. Een van deze oplossingen is het gebruikt van VS om interactie in een spel te programmeren. Er zijn hier al veel sprongen in gemaakt maar het implementeren van VR gerelateerde componenten is nog niet standaard aanwezig.

1.2 Doelstelling

Het creëren van een reeks basis componenten voor UE4 waarmee niet programmeurs interactieve VR demos kunnen maken die toegevoegde waarde hebben aan de workflow van DPI.

Aan het eind van dit traject zal het mogelijk zijn om met de gemaakte componenten een bestaande omgeving zonder programmeren geschikt te maken voor VR en om een nieuwe omgeving op te zetten zonder behulp van een programmeur.

1.3 Onderzoeksvraag

1.3.1 Hoofdvraag

Hoe realiseren we een ontwikkel omgeving waarin niet-programmeurs, zoals 3D artists en level designers, efficiënt unieke VR ervaring kunnen creëren in UE4.

1.3.2 Deelvragen

- Hoe kan er een koppeling met VS gemaakt worden die intuïtief is voor niet programmeurs.
 - Wat is de huidige kennis van computer logica onder de werknemers van DPI
 - Is er extra training nodig om met de ontwikkel omgeving aan de slag te gaan
- Welke componenten zullen gemaakt moeten worden?
 - Wat zijn de huidige taken van een programmeer in het maken van een Virtuele omgeving
 - Welke tools bestaan er al
 - Wat zijn de juiste abstracties van de componenten
- Is het mogelijk de componenten cross-platform te maken
 - Welke platformen zijn relevant?
 - Wat zijn de verschillende mogelijkheden van deze platformen

1.3.3 Onderzoeksmethoden

1.3.3.1 Hoe kan er een koppeling met Virtual Scripting gemaakt worden die intuïtief is voor niet programmeurs?

De hoeveelheid abstractie van de componenten zijn afhankelijk van de bestaande intuïtie voor programmeren. Als een gebruiker namelijk snapt hoe de als dit dan dat constructie werkt kan er meer vrijheid in de componenten gecreëerd worden.

Als eerst zal er onderzocht moeten worden wat de huidige kennis is van de niet-programmeurs. Dit kan door middel van interviews en een aantal vragen.

Vervolgens zal er onderzocht moeten worden wat een haalbaar moeilijkheidsgraad is en of er baat is van een extra training voor de niet-programmeurs.

Als er sprake is van toegevoegde waarde van een extra training dan zal deze parallel aan het project gegeven worden en iteratief ontwikkeld.

1.3.3.2 Welke componenten zullen gemaakt moeten worden?

Dit zal beginnen met een onderzoek naar de huidige taken van programmeur tijdens het maken van een virtuele reality omgeving. Aan de hand hiervan zal er gekeken worden welke taken geautomatiseerd kunnen worden of versimpeld naar VS.

Als er een duidelijk beeld is van de benodigde componenten zal er een onderzoek gedaan worden naar bestaande tools die ingezet kunnen worden om de workflow te verbeteren.

Als het duidelijk is welke componenten zelf geschreven moeten worden en hoeverre de niet-programmeurs met VS om kunnen gaan kan er bepaald worden welke abstractie de componenten zo breed inzetbaar mogelijk houdt terwijl het intuïtief blijft voor de niet-programmeurs

1.3.3.3 Is het mogelijk de componenten cross-platform te maken?

Er zal hier onderzocht moeten worden welke platformen relevant zijn en wat de mogelijkheden voor elk platform is.

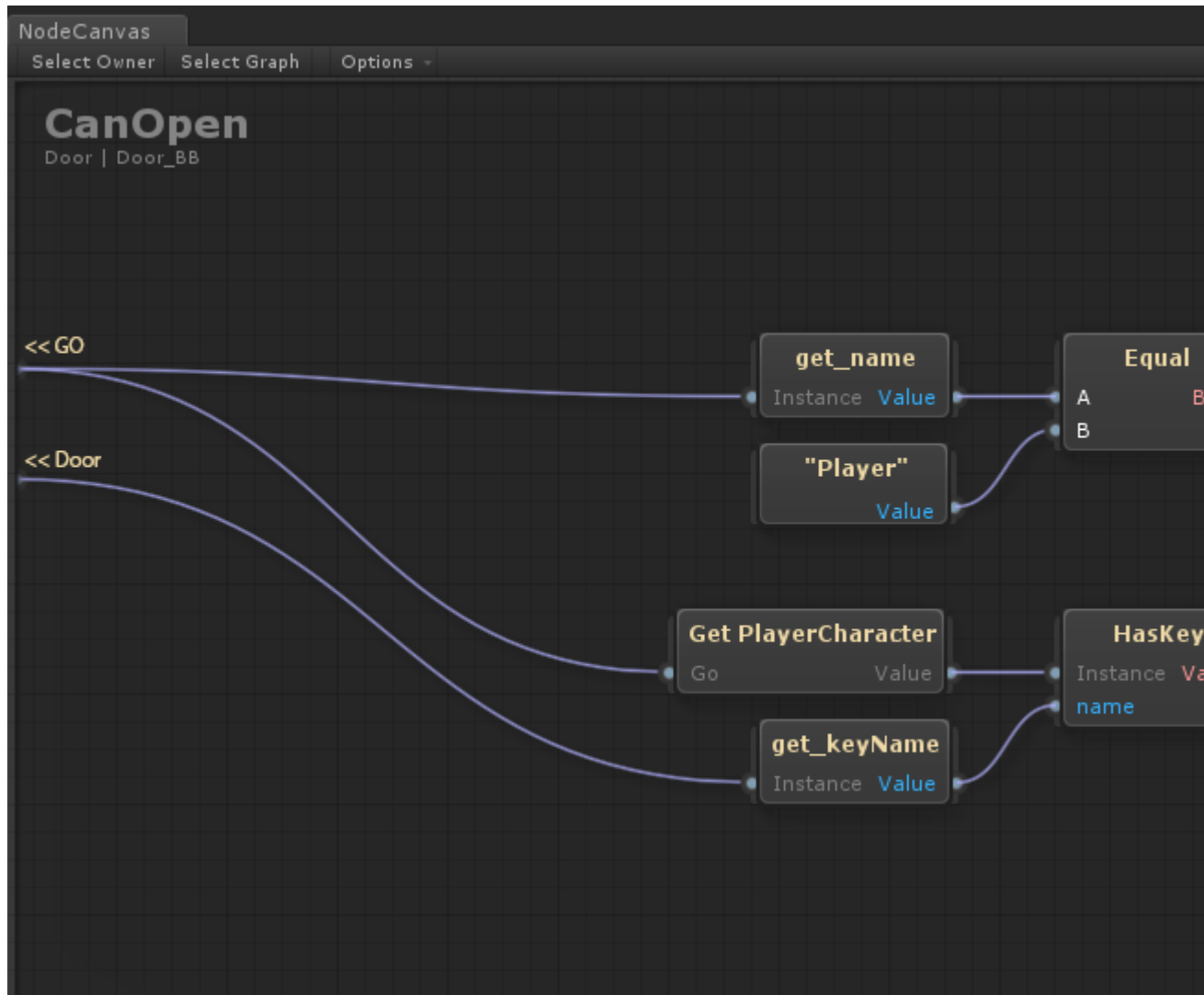
Er zal daarna een beslissing gemaakt moeten worden voor elk component of het een alternatieve versie moet hebben of dat cross-platform in het component zelf meegenomen kan worden.

Chapter 2

Visual Scripting

In dit hoofdstuk word een introductie gegeven van een visuele programmeer taal. Daarna word er als voorbeeld een vergelijking gemaakt tussen C++ en een visuele taal.

VR maakt het mogelijk om logica op een visuele manier in plaats van tekstueel te schrijven. Er is minder kennis van de onderliggende werking van computer systemen nodig dan voor tekstueel programmeren [?]. Hierdoor kan er zonder kennis van computers en hun werking al snel mee gewerkt worden door niet programmeurs.



Daarnaast word de mogelijkheden van de visuele programmeer taal ook vaak gelimiteerd om het de gebruiker makkelijker te maken en het programma te beschermen van de gebruiker. Meestal als de limitaties van VS een probleem worden had de logica beter in een tekstuele taal geschreven kunnen worden.

2.1 Use Case's

Door de jaren heen zijn er voor verschillende doeleinden visuele programmeer talen gemaakt. Een aantal voorbeelden zijn

- Data flow in applicaties
- State flow voor onder andere animaties

- Geluids effecten programmeren
- Gameplay Logica
- Programmeren leren aan beginners

In deze scriptie word er gefocust op het gebruik van VR voor gameplay logica.

2.2 Gameplay Logica

Het programmeren van gameplay in een spel bestaat voor een groot gedeelte uit de vragen Wanneer moet iets gebeuren, Wat moet er gebeuren en Hoe moet dit gebeuren. De vragen Waarom moet iets gebeuren en Waar moet dit gebeuren komen het meeste voor in de gameplay logica van een spel, vaak hebben deze vragen ook een makkelijk antwoord. Helaas zijn deze vragen lastig om te beantwoorden in tekstuele code.

2.2.1 Het afvuren van een projectiel

Een voorbeeld van deze drie vragen in code is als volgt, voor het voorbeeld laten wij de logica zien van het schieten van een projectiel in c++ gebaseerd op het standaard voorbeeld van een speler uit de UE4.

2.2.1.1 Tekstuele Implementatie

In een c++ header bestand registreren wij de volgende functie in onze speler classe.

```
1 void OnFire();
```

Dan tijdens het opzetten van de input voor ons karakter laten we weten wanneer we een projectiel willen schieten.

```
1 if( EnableTouchscreenMovement( InputComponent ) == false )  
2 {  
3     InputComponent->BindAction(  
4         "Fire",  
5         IE_Pressed ,
```

```
        this ,  
7        &Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnFire  
    );  
9 }
```

Maar omdat de fire actie niet werkt op een touch interface moeten we de onfire zelf afvuren als iemand het scherm aanraakt (De logica achter het registreren van touch events word niet getoond maar is wel aanwezig in de speler klasse).

```
1 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::EndTouch(const ETouchIndex::Type  
    FingerIndex, const FVector Location)  
{  
3     if (TouchItem.bIsPressed == false)  
    {  
5         return;  
    }  
7     if( ( FingerIndex == TouchItem.FingerIndex ) && (TouchItem.bMoved ==  
        false) )  
    {  
9         OnFire();  
    }  
11    TouchItem.bIsPressed = false;  
}
```

Vervolgens definiëren we OnFire als volgt

```
void Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnFire()  
2 {  
    // try and fire a projectile  
4     if (ProjectileClass != NULL)  
    {  
6         const FRotator SpawnRotation = GetControlRotation();  
        // MuzzleOffset is in camera space, so transform it to world space  
        before offsetting from the character location to find the final muzzle  
        position  
8         const FVector SpawnLocation = GetActorLocation() + SpawnRotation.  
            RotateVector(GunOffset);
```

```
10    UWorld* const World = GetWorld();
    if (World != NULL)
12    {
        // spawn the projectile at the muzzle
14        World->SpawnActor<Adpi_unreal_colosseumProjectile>(ProjectileClass,
        SpawnLocation, SpawnRotation);
    }
16 }

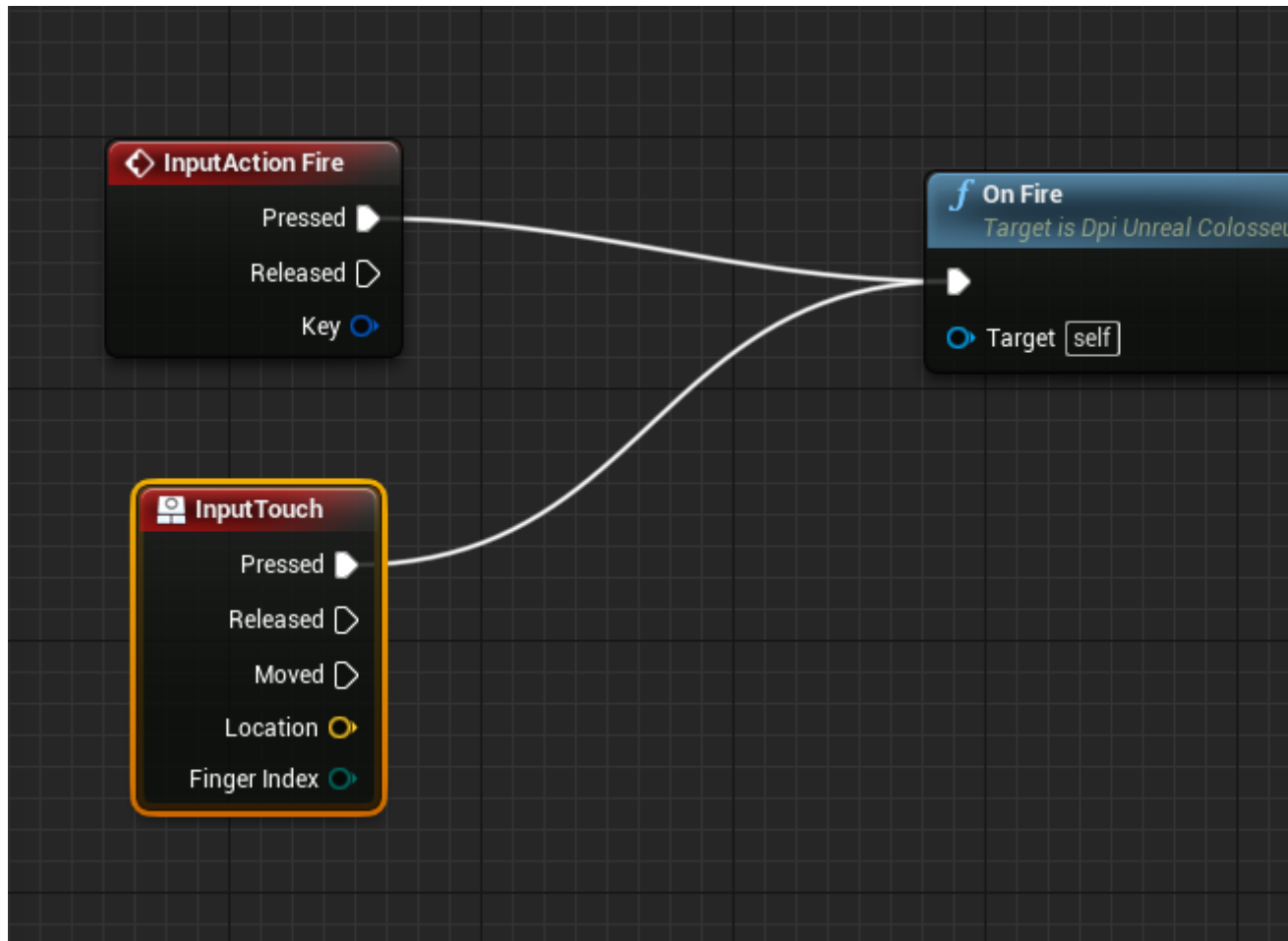
18 // try and play the sound and fire animation if specified
    ...
20 }
}
```

Om de logica te implementeren voor het vuren vuren van de kogel hebben wij nu op vier verschillende plekken de logica moeten verspreiden, hiervan zit de implementatie verspreid in een bestand van 218 regels [A](#).

2.2.1.2 Visuele Implementatie

De Hoe moet dit gebeuren is een complexe vraag die prima beantwoord word in code. Vooral omdat er verschillende logica achter elkaar plaatsvind, geluid afspelen / animatie starten, en een aantal wiskundige berekeningen.

Maar de Wanneer vraag is makkelijk te beantwoorden. Namelijk als de fire actie uitgevoerd word of als er op het scherm gedrukt word. De logica in blueprints ziet er als volgt uit (in de event graph van een playerCharacter).



In tegenstelling tot de c++ code is de logica van de Wanneer vraag dit maal niet verspreid en is het in een oog opslag duidelijk wat er voor zorgt dat er een projectiel geschoten word.

Chapter 3

Unreal Engine 4

3.1 Waarom de Unreal Engine 4

Tijdens het kiezen van een Engine waren er drie rand voorwaarden namelijk

1. gratis voor educatie, of goedkoop genoeg voor DPI om aan te schaffen
2. Oculus en GearVR ondersteuning
3. Een VR systeem

De volgende Engines zijn naar gekeken

- Unity
- CRYENGINE
- Unreal Engine 4

3.1.1 Unity

3.1.1.1 Licentie

Unity heeft een educatie licentie waaronder het grootste gedeelte van de engine gratis gebruikt kan worden maar rekening houdend met de interesses van DPI, en eventuele vervolg projecten die ze willen ondernemen, zal de licentie minimaal 75 per maand worden met daar de koste van Android builds bij.

3.1.1.2 Oculus en GearVR ondersteuning

Van de drie engines heeft unity de meest uitgebreide platform support. Daarnaast is Unity vaak een van de eerste keuzes om nieuwe technieken mee te implementeren. De reden achter deze keuze is het gemak waarop plugins gemaakt kunnen worden en de voordelige / gratis pricing van Unity wat het een populaire keuze maakt voor experimenteren.

3.1.1.3 Virtual Scripting

Unity heeft zelf niet een ingebouwd VS systeem maar via een aantal plugins kan dit wel worden toegevoegd. Deze plugins zitten wel vast aan de limitaties van een Unity Plugin. Daarnaast word dit niet officieel gesupporterd door Unity zelf.

3.1.1.4 Gebruiks gemak

Op gebruiksgemak, in serieuze projecten, fidelity en performance loopt Unity ver achter op de UE4 en CryEngine. Onderhoudbaar en uitbreidbaarheid van Unity is meestal rampzalig door de manier waarop code voor Unity geschreven word. Vaak is Unity daarom ook niet de keuze voor grote games van hoge kwaliteit.

Het programmeren word namelijk in een component style in c-sharp gedaan. Het programmeren in c-sharp is voor veel mensen fijn omdat dit vaak een bekende taal is. Maar het component systeem en de manier waarop Unity relaties afhandelt zorgt dat er extreem snel spaghetti code ontstaat.

3.1.2 CRYENGINE

3.1.2.1 Licentie

De CRYENGINE licentie bestaat uit een Pay what you want model. Daarnaast beid Crytek een CRYENGINE Insider Membership aan voor 50 of 150.

3.1.2.2 Oculus en GearVR ondersteuning

Op het moment van schrijven ondersteund de CRYENGINE wel de Oculus maar niet de GearVR. Android ondersteuning is mogelijk maar niet officieel ondersteund door Crytek. Dit zal het lastig maken om GearVR te ondersteunen.

3.1.2.3 Visual Scripting

De CRYENGINE heeft een ingebouwd VS systeem genaamd Flow. Dit systeem heeft helaas geen ondersteuning voor overerving en de koppeling met c++ bestaat alleen uit het maken van nieuwe nodes en het aanspreken van graphs in c++.

3.1.2.4 Gebruiksgemak

De CryEngine staat bekend als een moeilijke Engine om in te beginnen maar heeft ondertussen bewezen een goede keuze te zijn voor game ontwikkelaars en grotere teams.

Door het gebrek aan persoonlijke ervaring kan ik hier minder over zeggen. Maar door het gebrek aan GearVR ondersteuning is er hier niet meer in verdiept.

3.1.3 Unreal Engine 4

3.1.3.1 Licentie

Het gebruik van de UE4 is compleet gratis voor educatie en niet-game applicaties zoals architectuur, visualisatie, films etc. Dit betekent dat zowel tijdens het afstuderen als mogelijke vervolg projecten van DPI er geen licentie kosten betaald hoeven te worden.

3.1.3.2 Oculus en GearVR ondersteuning

UE4 ondersteund zowel de Oculus als Gear VR. Daarnaast ondersteund het ook de meeste randapparatuur voor VR zoals Leap Motion en Kinect. Updates hiervoor komen vaak wel later dan voor Unity.

3.1.3.3 Visual Scripting

Unreal heeft een uitgebreid VS systeem wat nauw samenwerkt met c++. Alle functies die in c++ beschikbaar zijn zijn beschikbaar via Blueprints. Van elke Blueprint kan ook direct de source code ingesprongen worden, zelfs voor de functies uit de UE4 libraries.

Het koppelen van c++ aan Blueprints is vrij simpel en ondersteund ook het creren van events in c++ en functionaliteit hieraan via Blueprints te koppelen.

3.1.3.4 Gebruiks gemak

De leer curve van UE4 is redelijk stijl maar binnen een paar weken is het mogelijk de belangrijkste te leren. Een punt om rekening mee te houden is dat het zomaar iets maken in de UE4 vaak verkeerd uitpakt. Daarom is het belangrijk de documentatie, van het onderdeel waar je mee bezig bent, goed te lezen.

Als de basis principes eenmaal onder de knie zijn kan er extreem snel ontwikkeld, en geprototyped, worden met de UE4 door de implementatie van VS en een strakke en goed uitgedachte UI.

3.1.3.5 Conclusie

De CRYENGINE valt af vanwege zijn gebrek aan GearVR support. Dan blijft de keuze over tussen Unity en UE4. Unity heeft een minder style learning curve maar geavanceerde 3D technieken zullen uiteindelijk toch geleerd moeten worden om een hoge kwaliteit te behalen.

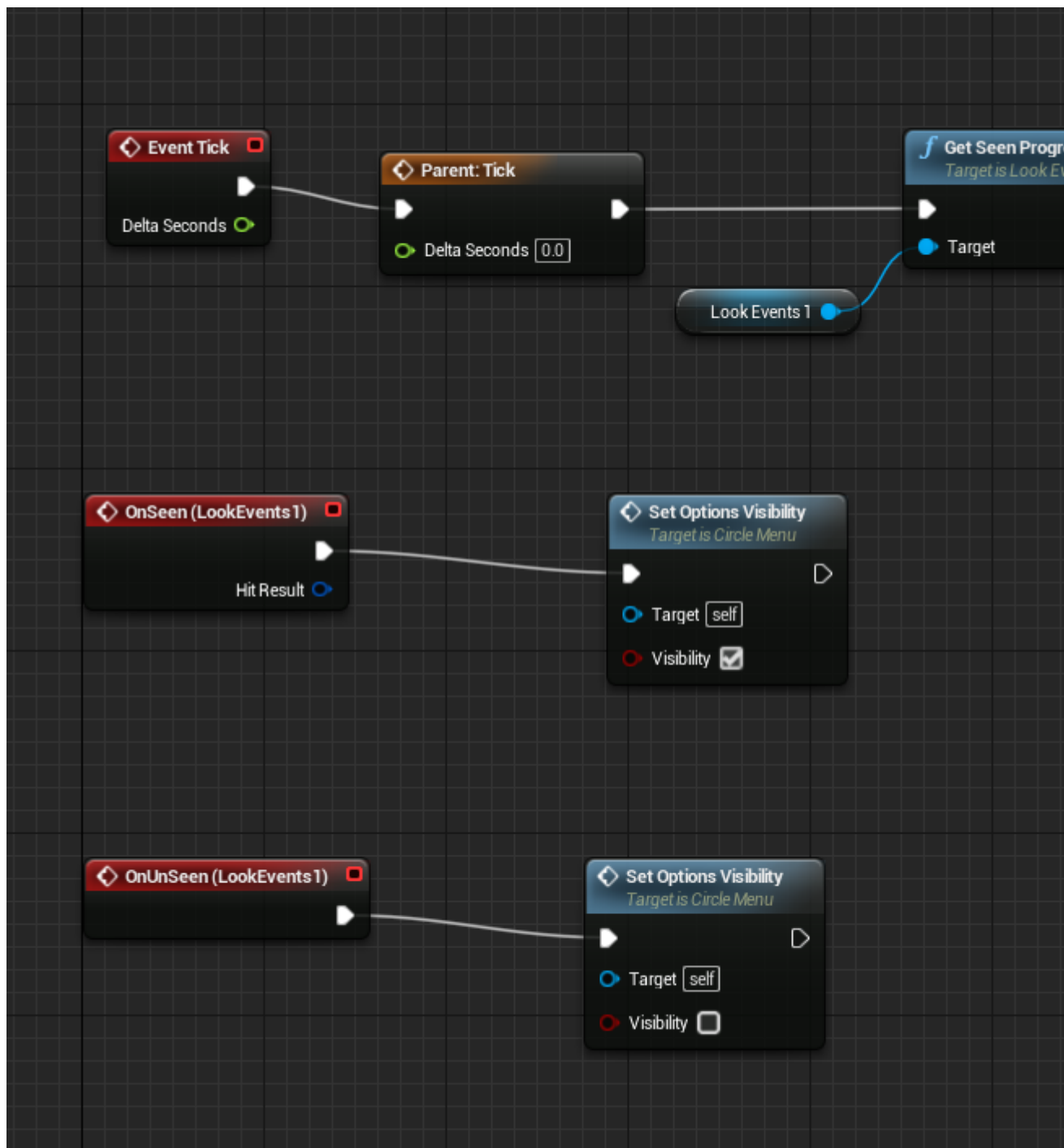
Het visuele scripting systeem van Unity is beperkt en mist de kracht en flexibiliteit die nodig is om deze scriptie succesvol af te ronden. Daar in tegen beide het visuele scripting systeem van UE4 wel deze mogelijkheden.

3.2 Blueprints

Blueprints is het visuele scripting systeem van UE4 en wat deze scriptie mogelijk maakt. De beschrijving van Unreal zelf is als volgt:

Blueprints are special assets that provide an intuitive, node-based interface that can be used to create new types of Actors and script level events; giving designers and gameplay programmers the tools to quickly create and iterate gameplay from within Unreal Editor without ever needing to write a line of code.

Blueprints ziet er als volgt uit:



Een hele kort samenvatting zou zijn dat de rode nodes Events zijn en dus aangeven wanneer iets gebeurd, de witte lijnen bepalen de volgorde waarin de nodes worden uitgevoerd, de blauwe nodes zijn functies en de rest zijn variabelen of pure transformatie van data.

Chapter 4

Blueprints en C++

In dit hoofdstuk word gameplay logica in drie aspecten verdeeld en word voor elk aspect naar de voor en nadelen van C++ en Blueprints gekeken.

Aan de hand van deze vergelijkingen word een workflow gekozen voor het programmeren van deze logica waarin wij het beste uit C++ en Blueprints proberen te combineren.

4.1 Gameplay

Om de scheiding tussen c++ en Blueprints concreet te maken verdelen wij gameplay logica in de volgende vragen:

- Wanneer moet iets gebeuren
- Wat moet er gebeuren
- Hoe moet dit gebeuren

Door deze scheiding wordt het makkelijker om de keuze tussen een C++ en een Blueprint implementatie te maken en kunnen er een aantal richtlijnen opgezet worden.

4.1.1 Wanneer

De wanneer vragen zijn vaak makkelijk te beantwoorden, bijvoorbeeld als de speler geraakt word door een projectiel wil ik dat geluid x afgespeeld word, maar moeilijk te

coderen door hun asynchrone natuur. Een van de krachtigste voordelen van VS is dat de flow van een programma uitgedrukt kan worden door middel van de lijnen tussen nodes.

Om het verschil tussen asynchrone logica in C++ en blueprints duidelijk te maken implementeren wij hieronder het afspelen van een geluid nadat een speler dood gaat.

4.1.1.1 C++

We registreren eerst een functie die aangesproken kan worden door de timeout en het geluid wat afgespeeld wordt in de header van de character.

```
1  /** Plays a sound x seconds after the death of the player */
   void AfterDeathSoundTimeout();
3
   /** Sound to play each time we fire */
5  UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadWrite, Category=Gameplay)
   class USoundBase* DeathSound;
```

Vervolgens wordt deze functie gecomplementeerd in de character.cpp

```
void Adpi_unreal_colosseumCharacter::AfterDeathSoundTimeout()
2 {
   UGameplayStatics::PlaySoundAtLocation(this, FireSound, GetActorLocation()
   );
4 }
```

En wordt de timeout voor het geluid gezet tijdens het doodgaan van de speler.

```
void Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnDeath(const FDeathReason Reason)
2 {
   // death logic
4   ...

6   FTimerHandle UnusedHandler= FTimerHandle();
   GetWorld()->GetTimerManager().SetTimer(
8       UnusedHandler,
       this,
10      &Adpi_unreal_colosseumCharacter::AfterDeathSoundTimeout,
```

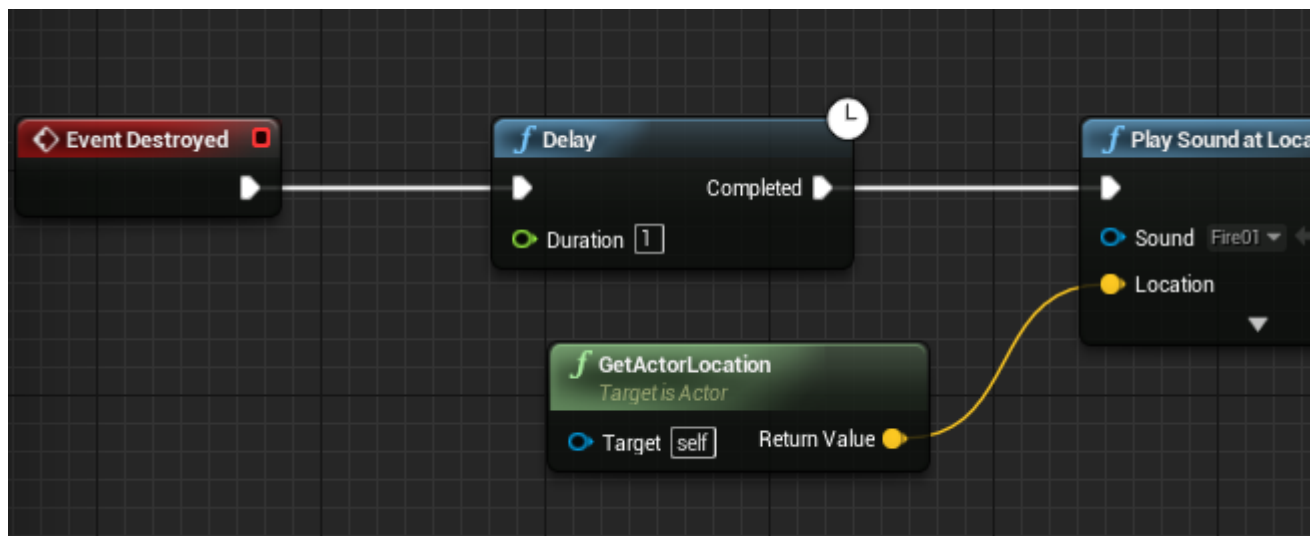


```
12     1.0 f  
    );  
}
```

We zien hier dat de gerelateerde code op drie verschillende plekken komt te staan, tussen niet relevante code in. Pas na het lezen van de code op deze drie plekken wordt het duidelijk wat de complete functionaliteit is. Er zijn hier natuurlijk hulpmiddelen voor zoals opmerkingen boven code te plaatsen maar bij elke extra taak die, asynchroon, uitgevoerd moet worden wordt de code complexer en moeilijker te begrijpen. De lezer moet namelijk alle gerelateerde functionaliteit in zijn geheugen hebben.

4.1.1.2 Blueprints

In Blueprints zou deze logica er als volgt uit zien:



In de blueprint implementatie is het in een oog opslag duidelijk dat er een geluid afgespeeld wordt op de locatie van de speler een seconde nadat deze deze dood gaat. De logica bevindt zich op de dezelfde plek en de witte lijnen geven de flow van de logica aan.

Een ander groot verschil dat we hier zien is dat er voor iets simpels als een vertraging in tekstuele code naast de standaard kennis van de c++ syntax ook kennis nodig is van de volgende concepten:

- Pointers

- Pass by reference
- Function references
- Namespaces
- Out parameters (de UnusedHandler)
- Floats
- Types
- Macros.

Terwijl in Blueprints all deze concepten verborgen zijn in de nodes. Het verbergen van de onderliggende werking van functionaliteit is een thema wat vaker terugkomt in programmeren en wordt aangemoedigd. Het verbergen van deze logica heeft als gevolg dat er zonder programmeer kennis de wanneer logica gecomplementeerd kan worden.

4.1.2 Wat

Het plaatsen van de wat logica in Blueprints of c++ is lastiger om te bepalen. Voor logica die de niet-programmeurs schrijven is c++ geen optie en moet dit wel in Blueprints maar voor programmeurs moet er een afweging gemaakt worden.

Het probleem ontstaat voornamelijk bij complexe conditionele logica.

4.1.2.1 Conditionele Logica

Als we de conditionele logica van het afvuren van de events van een. LookEventsComponent[zie hoofdstuk ?] in c++ en blueprints met elkaar vergelijken.

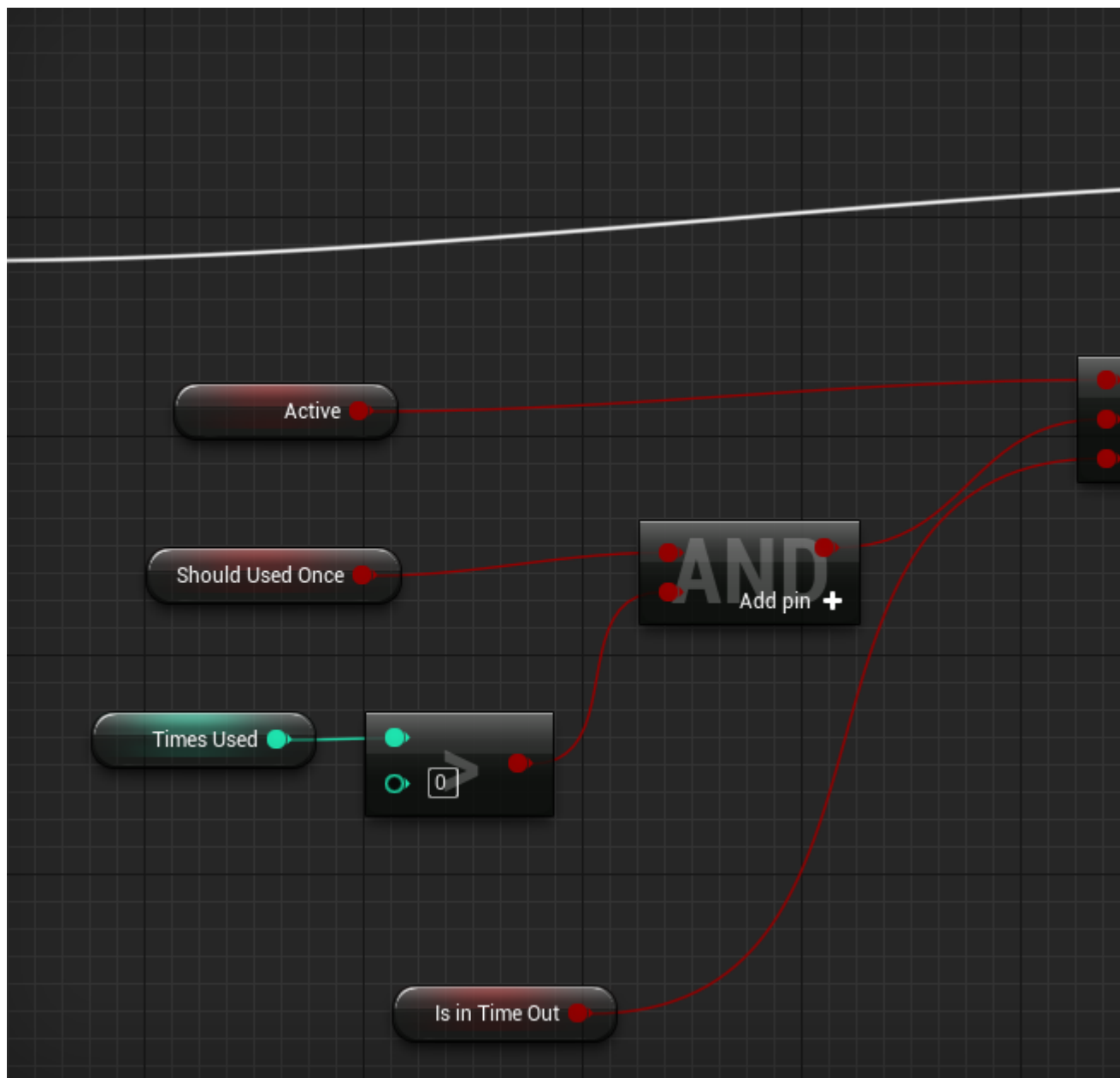
- Bijlage 1: Tick functie van de LookEventsComponent [B](#)
- Bijlage 2: Conditional logic van Tick functie van LookEvents in Blueprints [C](#)

Zijn beide varianten moeilijk te lezen. Voor iemand die niet codeert ziet de Blueprints variant er waarschijnlijk begrijpgaarder uit maar de complexiteit komt voornamelijk door

de logica zelf en in tekstuele code zijn er een aantal manieren om dit soort constructies kleiner te maken zoals:

```
1 if (bActive != true || (bShouldUsedOnce && TimesUsed > 0) || bIsInTimeOut  
    == true)  
2 {  
3     return;  
4 }
```

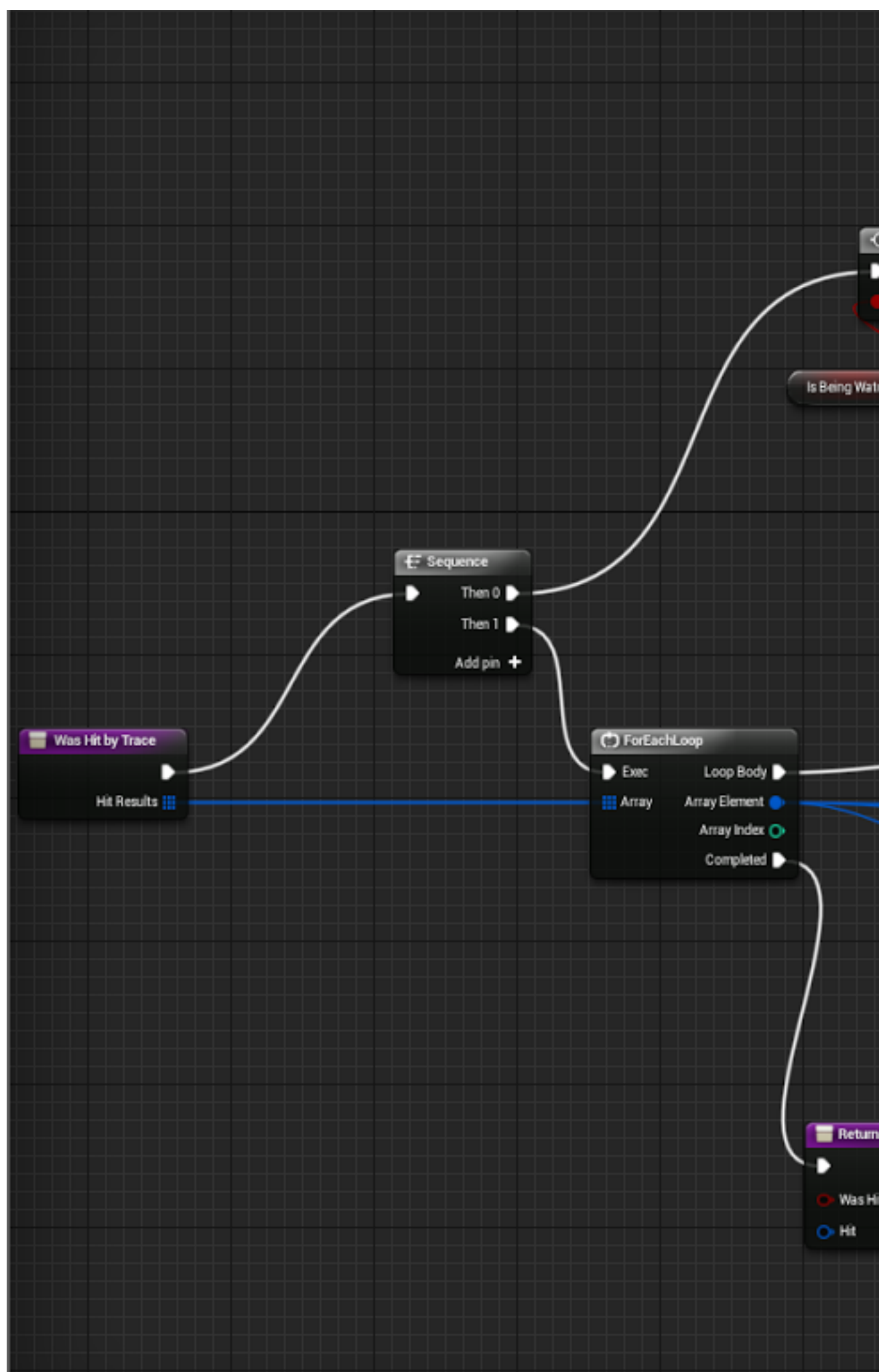
In vergelijking met



Een ander voorbeeld is de volgende functie die bepaald of de trigger van een LookEventsComponent onderdeel was van een trace.

```
1 FHitResult ULookEventsComponent::WasHitByTrace(const TArray<FHitResult>
2     HitResults)
3 {
4     UObject* Trigger = (bIsBeingWatched) ? UnSeenTrigger : SeenTrigger;
5
6     for (auto& HitResult : HitResults)
7     {
8         UObject* HitObject = (Trigger->IsA(AActor::StaticClass())) ? Cast<
9             UObject*>(HitResult.GetActor()) : Cast<UObject*>(HitResult.GetComponent())
10        );
11
12        if (HitObject == Trigger)
13        {
14            if (bShouldDrawTriggerDebug) {
15                DebugTrigger(HitObject, 0.1f);
16            }
17            return HitResult;
18        }
19    }
20    return FHitResult();
21 }
```

In vergelijking met:



Voor complexe conditionele logica is c++ sneller te begrijpen en geeft meer mogelijkheden om dit te versimpelen.

4.1.3 Hoe

Met de hoe vraag word de interne werking van een functionaliteit bedoelt waaronder ook de integratie met de rest van het programma, denk aan integratie met de rest van de engine, lifecycles, overerving en performance.

Complexe algoritmes zijn altijd makkelijker in C++ voor zowel leesbaarheid als onderhoudbaarheid. Daarnaast is de scheiding van algoritmes met de rest van de code belangrijk voor het scheiden van complexiteit.

4.1.4 Onderhoud en Performance

Naast het schrijven van de logica zijn performance en onderhoud twee onderwerpen die door elk aspect van een spel verwikkeld zijn en daarom ook onderdeel moeten zijn voor onze keuze van workflow.

4.1.4.1 Onderhoud

Naast een kleine verbetering in leesbaarheid heeft het schrijven van logica in c++ een ander belangrijke voordelen. Namelijk de voordelen van een code editor. Dit geeft uitgebreide debug, zoek en meta informatie.

De errors die de UE4 voor je genereerd zijn niet altijd even duidelijk, voornamelijk errors die pas tijdens het packagen van een project ontstaan, en het vinden van een foutieve Blueprint kan extreem lastig zijn. Bijna elk element in de UE4 kan Blueprints code bevatten. En elk element op zich kan die Blueprints weer in kleinere elementen verdelen. Deze elementen bevinden zich tussen alle andere soorten assets zoals Meshes, Animaties, Decision Trees, Materials, Textures etc en het zoeken van een onbekende fout hierin is extreem lastig.

Als de foutieve code in c++ had gestaan kan er altijd door middel van een stack trace gekeken worden in welke functie het fout gaat en kan er gezien worden welke functie die functie aansprak en verder omhoog.

Het auto aan vullen van functie namen en informatie tonen over functies door middel van de JavaDoc opmerking notatie versimpelt het schrijven van complexe code die gebruikt maakt van de UE4.

4.1.4.2 Performance

Een ander belangrijk onderdeel van de hoe logica is performance. De performance van Blueprints is namelijk lager dan dat van c++. In de hoe en wat vraag is dit verschil compleet onmerkbaar maar in code wat vaak, bijvoorbeeld in de loop van een game, word uitgevoerd kan het verschil merkbaar worden. In c++ is er ook veel meer controle over de manier waarop de computer logica interpreteert, in Blueprints is dit een stuk minder duidelijk. Dit zorgt ervoor dat op een lager niveau optimalisaties mogelijk zijn.

Daarnaast is het makkelijker om complexe optimalisaties te schrijven op een onderhoudbaar manier. Als er bijvoorbeeld een performance probleem ontstaat in het aantal raytraces wat de LookEventsComponents nodig hebben is het mogelijk om een cache te schrijven voor de ray traces waar de LookEventsComponent een trace uit vraagt als deze trace dan al eerder door een andere LookEventsComponent berekend is krijg hij de resultaten van die trace inplaats van een nieuwe trace te maken.

4.1.5 Conclusie

Voor de wanneer vraag is Blueprints voor zowel de programmeur als de niet-programmeur altijd de beste optie. Niet alleen is het leesbaarder maar ook flexibeler doordat de logica op een logische manier achter elkaar staat.

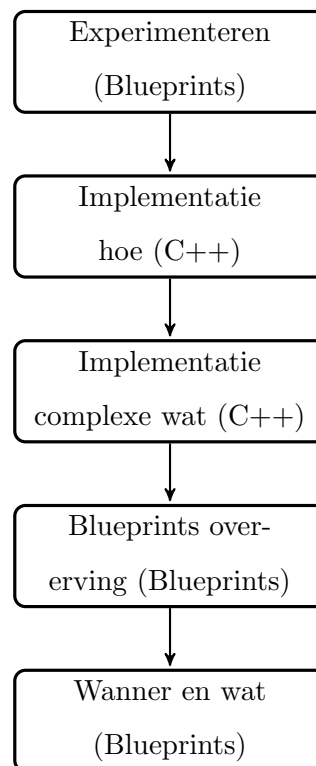
Voor de hoe vraag is C++ altijd de beste optie. Onderhoudbaarheid en performance spelen hier een belangrijke rol.

Voor de wat vraag heeft de niet-programmeur geen optie maar de programmeur wel. Voor triviale code kan er gekozen worden voor Blueprints maar voor complexe conditionele logica heeft C++ de voorkeur.

4.2 Workflow

Voor onze workflow willen wij de complexiteit voor de niet-programmeurs zo laag mogelijk houden met zo veel mogelijk vrijheid. Daarnaast is flexibiliteit belangrijk voor het makkelijk en veilig experimenteren en itereren.

Gebaseerd op het verdelen van de gameplay logica in de drie vragen hoe, wat en wanneer word er voor de volgende workflow gekozen.



Elk component zal beginnen als een imperfecte Blueprint logica. In dit stadium is de performance en onderhoud niet belangrijk, en hoeft het niet eens compleet functioneel te zijn. Er kan direct ge-experimenteert en getest worden. Dit kan niet alleen waardevolle informatie opleveren voor het design aspect van een project maar plaats de logica ook in de context van het project. Vaak komt hier gewenste functionaliteit uit die tijdens het bedenken over het hoofd gekeken is.

Nadat het duidelijk is dat het component gebruikt gaat worden in het project en de gewenste functionaliteiten duidelijk zijn kan er een fatsoenlijke en efficinte C++ implementatie geschreven worden.

De C++ implementatie word vervolgens overerft door een Blueprint die de aanvullende logica toevoegt.

Ook in gevallen waarin de Blueprint niet iets toe te voegen heeft is het belangrijk om toch een Blueprint te maken van de C++ code. Er kan hierdoor namelijk makkelijk mee gexperimenteerd worden en niet-programmeurs hebben hierdoor ook de mogelijkheid om iets toe te voegen of een standaard waarde te veranderen.

4.3 Versie Controle

Versie controle is een belangrijk onderdeel van elk ICT project en al valt dit buiten de scope van deze scriptie word er hier een korte vermelding van gemaakt.

Versie controle is een belangrijk onderdeel in samen werken aan code en speelt een belangrijke rol in het onderhoud van code. Er zijn tools in UE4 om versie controle tools zoals git en svn op Blueprints, en assets, toe te passen. Voor deze scriptie is de plugin ontwikkeld met behulp van git maar is er niet gekeken naar een manier waarop niet-programmeurs hier ook mee kunnen werken.

Tijdens de interviews[?] werd het duidelijk dat er geen bestaande kennis van versie controle aanwezig was in de visuele teams van DPI. Het kiezen, opzetten en leren van versie controle en de integratie hiervan met de UE4 valt buiten de scope van deze scriptie.

Appendix A

Implementatie voorbeeld speler Unreal Engine 4

```
#pragma once
2 #include "GameFramework/Character.h"
#include "dpi_unreal_colosseumCharacter.generated.h"
4
class UInputComponent;
6
UCLASS(config=Game)
8 class Adpi_unreal_colosseumCharacter : public ACharacter
{
10     GENERATED_BODY()

12     /** Pawn mesh: 1st person view (arms; seen only by self) */
UPROPERTY(VisibleDefaultsOnly, Category=Mesh)
14     class USkeletalMeshComponent* Mesh1P;

16     /** Gun mesh: 1st person view (seen only by self) */
UPROPERTY(VisibleDefaultsOnly, Category = Mesh)
18     class USkeletalMeshComponent* FP_Gun;

20     /** First person camera */
UPROPERTY(VisibleAnywhere, BlueprintReadOnly, Category = Camera, meta = (AllowPrivateAccess
    = "true"))
22     class UCameraComponent* FirstPersonCameraComponent;
public:
24     Adpi_unreal_colosseumCharacter();

26     /** Base turn rate, in deg/sec. Other scaling may affect final turn rate. */
UPROPERTY(VisibleAnywhere, BlueprintReadOnly, Category=Camera)
28     float BaseTurnRate;

30     /** Base look up/down rate, in deg/sec. Other scaling may affect final rate. */
UPROPERTY(VisibleAnywhere, BlueprintReadOnly, Category=Camera)
32     float BaseLookUpRate;

34     /** Gun muzzle's offset from the characters location */
UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadWrite, Category=Gameplay)
36     FVector GunOffset;

38     /** Projectile class to spawn */
```

```

UPROPERTY(EditDefaultsOnly, Category=Projectile)
40 TSubclassOf<class Adpi-unreal-colosseumProjectile> ProjectileClass;

42 /** Sound to play each time we fire */
UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadWrite, Category=Gameplay)
44 class USoundBase* FireSound;

46 /** AnimMontage to play each time we fire */
UPROPERTY(EditAnywhere, BlueprintReadWrite, Category = Gameplay)
48 class UAnimMontage* FireAnimation;

50 protected:

52 /** Fires a projectile. */
void OnFire();

54

56 /** Handles moving forward/backward */
void MoveForward(float Val);

58 /** Handles strafing movement, left and right */
void MoveRight(float Val);

60

62 /**
 * Called via input to turn at a given rate.
 * @param Rate This is a normalized rate, i.e. 1.0 means 100% of desired turn rate
 */
64 void TurnAtRate(float Rate);

66

68 /**
 * Called via input to turn look up/down at a given rate.
 * @param Rate This is a normalized rate, i.e. 1.0 means 100% of desired turn rate
 */
70 void LookUpAtRate(float Rate);

72

74 struct TouchData
{
    TouchData() { bIsPressed = false; Location=FVector::ZeroVector;}
    bool bIsPressed;
    ETouchIndex::Type FingerIndex;
    FVector Location;
    bool bMoved;
}
76 void BeginTouch(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const FVector Location);
78 void EndTouch(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const FVector Location);
80 void TouchUpdate(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const FVector Location);
82 TouchData TouchItem;

84

86 protected:
    // APawn interface
    virtual void SetupPlayerInputComponent(UInputComponent* InputComponent) override;
    // End of APawn interface

90

92 /**
 * Configures input for touchscreen devices if there is a valid touch interface for doing so
 *
 * @param InputComponent The input component pointer to bind controls to
 * @returns true if touch controls were enabled.
 */
94 bool EnableTouchscreenMovement(UInputComponent* InputComponent);

96

98 public:

100 /** Returns Mesh1P subobject */
FORCEINLINE class USkeletalMeshComponent* GetMesh1P() const { return Mesh1P; }

102 /** Returns FirstPersonCameraComponent subobject */

```

```

104 FORCEINLINE class UCameraComponent* GetFirstPersonCameraComponent() const { return
    FirstPersonCameraComponent; }

};

```

LISTING A.1: dpi unreal colosseumCharacter header

```

#include "dpi_unreal_colosseum.h"
2 #include "dpi_unreal_colosseumCharacter.h"
#include "dpi_unreal_colosseumProjectile.h"
4 #include "Animation/AnimInstance.h"
#include "GameFramework/InputSettings.h"
6
DEFINE_LOG_CATEGORY_STATIC(LogFPChar, Warning, All);
8
////////////////////////////////////
10 // Adpi_unreal_colosseumCharacter

12 Adpi_unreal_colosseumCharacter::Adpi_unreal_colosseumCharacter()
{
14     // Set size for collision capsule
    GetCapsuleComponent()->InitCapsuleSize(42.f, 96.0f);
16
    // set our turn rates for input
18     BaseTurnRate = 45.f;
    BaseLookUpRate = 45.f;
20
    // Create a CameraComponent
22     FirstPersonCameraComponent = CreateDefaultSubobject<UCameraComponent>(TEXT("
        FirstPersonCamera"));
    FirstPersonCameraComponent->AttachParent = GetCapsuleComponent();
24     FirstPersonCameraComponent->RelativeLocation = FVector(0, 0, 64.f); // Position the camera
    FirstPersonCameraComponent->bUsePawnControlRotation = true;
26
    // Create a mesh component that will be used when being viewed from a '1st person' view (
        when controlling this pawn)
28     Mesh1P = CreateDefaultSubobject<USkeletalMeshComponent>(TEXT("CharacterMesh1P"));
    Mesh1P->SetOnlyOwnerSee(true);
30     Mesh1P->AttachParent = FirstPersonCameraComponent;
    Mesh1P->bCastDynamicShadow = false;
32     Mesh1P->CastShadow = false;

34     // Create a gun mesh component
    FP_Gun = CreateDefaultSubobject<USkeletalMeshComponent>(TEXT("FP_Gun"));
36     FP_Gun->SetOnlyOwnerSee(true); // only the owning player will see this mesh
    FP_Gun->bCastDynamicShadow = false;
38     FP_Gun->CastShadow = false;
    FP_Gun->AttachTo(Mesh1P, TEXT("GripPoint"), EAttachLocation::SnapToTargetIncludingScale,
        true);
40

42     // Default offset from the character location for projectiles to spawn
    GunOffset = FVector(100.0f, 30.0f, 10.0f);
44

    // Note: The ProjectileClass and the skeletal mesh/anim blueprints for Mesh1P are set in the
    // derived blueprint asset named MyCharacter (to avoid direct content references in C++)
46 }
48
////////////////////////////////////
50 // Input

52 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::SetupPlayerInputComponent(class UInputComponent*
    InputComponent)
{

```

```

54 // set up gameplay key bindings
   check(InputComponent);
56
   InputComponent->BindAction("Jump", IE_Pressed, this, &ACharacter::Jump);
58   InputComponent->BindAction("Jump", IE_Released, this, &ACharacter::StopJumping);
60
   //InputComponent->BindTouch(EInputEvent::IE_Pressed, this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::
       TouchStarted);
   if( EnableTouchscreenMovement(InputComponent) == false )
62 {
       InputComponent->BindAction("Fire", IE_Pressed, this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::
           OnFire);
64 }
66
   InputComponent->BindAxis("MoveForward", this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::MoveForward);
   InputComponent->BindAxis("MoveRight", this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::MoveRight);
68
   // We have 2 versions of the rotation bindings to handle different kinds of devices
       differently
70 // "turn" handles devices that provide an absolute delta, such as a mouse.
   // "turnrate" is for devices that we choose to treat as a rate of change, such as an analog
       joystick
72 InputComponent->BindAxis("Turn", this, &APawn::AddControllerYawInput);
   InputComponent->BindAxis("TurnRate", this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::TurnAtRate);
74 InputComponent->BindAxis("LookUp", this, &APawn::AddControllerPitchInput);
   InputComponent->BindAxis("LookUpRate", this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::LookUpAtRate);
76 }
78 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnFire()
   {
80 // try and fire a projectile
       if (ProjectileClass != NULL)
82 {
           const FRotator SpawnRotation = GetControlRotation();
84 // MuzzleOffset is in camera space, so transform it to world space before offsetting from
           the character location to find the final muzzle position
           const FVector SpawnLocation = GetActorLocation() + SpawnRotation.RotateVector(GunOffset);
86
           UWorld* const World = GetWorld();
88 if (World != NULL)
           {
90 // spawn the projectile at the muzzle
               World->SpawnActor<Adpi_unreal_colosseumProjectile>(ProjectileClass, SpawnLocation,
                   SpawnRotation);
92 }
           }
94
       // try and play the sound if specified
96 if (FireSound != NULL)
           {
98 UGameplayStatics::PlaySoundAtLocation(this, FireSound, GetActorLocation());
           }
100
       // try and play a firing animation if specified
102 if(FireAnimation != NULL)
           {
104 // Get the animation object for the arms mesh
               UAnimInstance* AnimInstance = Mesh1P->GetAnimInstance();
106 if(AnimInstance != NULL)
                   {
108 AnimInstance->Montage_Play(FireAnimation, 1.f);
                   }
110 }
112 }

```

```

114 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::BeginTouch(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const
      FVector Location)
{
116     if( TouchItem.bIsPressed == true )
    {
118         return;
    }
120     TouchItem.bIsPressed = true;
    TouchItem.FingerIndex = FingerIndex;
122     TouchItem.Location = Location;
    TouchItem.bMoved = false;
124 }

126 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::EndTouch(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const
      FVector Location)
{
128     if (TouchItem.bIsPressed == false)
    {
130         return;
    }
132     if( ( FingerIndex == TouchItem.FingerIndex ) && (TouchItem.bMoved == false) )
    {
134         OnFire();
    }
136     TouchItem.bIsPressed = false;
}

138 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::TouchUpdate(const ETouchIndex::Type FingerIndex, const
      FVector Location)
{
140     if ((TouchItem.bIsPressed == true) && ( TouchItem.FingerIndex==FingerIndex))
    {
142         if (TouchItem.bIsPressed)
        {
144             if (GetWorld() != nullptr)
            {
146                 {
                    UGameViewportClient* ViewportClient = GetWorld()->GetGameViewport();
148                     if (ViewportClient != nullptr)
                    {
150                         FVector MoveDelta = Location - TouchItem.Location;
                        FVector2D ScreenSize;
152                         ViewportClient->GetViewportSize(ScreenSize);
                        FVector2D ScaledDelta = FVector2D( MoveDelta.X, MoveDelta.Y) / ScreenSize;
154                         if (ScaledDelta.X != 0.0f)
                        {
156                             TouchItem.bMoved = true;
                                float Value = ScaledDelta.X * BaseTurnRate;
158                             AddControllerYawInput(Value);
                            }
160                             if (ScaledDelta.Y != 0.0f)
                            {
162                                 TouchItem.bMoved = true;
                                    float Value = ScaledDelta.Y* BaseTurnRate;
164                                 AddControllerPitchInput(Value);
                                }
166                                 TouchItem.Location = Location;
                            }
168                             TouchItem.Location = Location;
                        }
170                     }
                }
            }
172 }

174 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::MoveForward(float Value)

```

```

176 {
177     if (Value != 0.0f)
178     {
179         // add movement in that direction
180         AddMovementInput(GetActorForwardVector(), Value);
181     }
182 }
183
184 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::MoveRight(float Value)
185 {
186     if (Value != 0.0f)
187     {
188         // add movement in that direction
189         AddMovementInput(GetActorRightVector(), Value);
190     }
191 }
192
193 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::TurnAtRate(float Rate)
194 {
195     // calculate delta for this frame from the rate information
196     AddControllerYawInput(Rate * BaseTurnRate * GetWorld()->GetDeltaSeconds());
197 }
198
199 void Adpi_unreal_colosseumCharacter::LookUpAtRate(float Rate)
200 {
201     // calculate delta for this frame from the rate information
202     AddControllerPitchInput(Rate * BaseLookUpRate * GetWorld()->GetDeltaSeconds());
203 }
204
205 bool Adpi_unreal_colosseumCharacter::EnableTouchscreenMovement(class UInputComponent*
206     InputComponent)
207 {
208     bool bResult = false;
209     if(FPlatformMisc::GetUseVirtualJoysticks() || GetDefault<UInputSettings>()->
210         bUseMouseForTouch )
211     {
212         bResult = true;
213         InputComponent->BindTouch(EInputEvent::IE_Pressed, this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::
214             BeginTouch);
215         InputComponent->BindTouch(EInputEvent::IE_Released, this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter
216             ::EndTouch);
217         InputComponent->BindTouch(EInputEvent::IE_Repeat, this, &Adpi_unreal_colosseumCharacter::
218             TouchUpdate);
219     }
220     return bResult;
221 }

```

LISTING A.2: dpi unreal colosseumCharacter.cpp

Appendix B

Conditional logic van Tick functie van LookEvents in c++

```
void ULookEventsComponent::TickComponent(float DeltaTime, enum ELevelTick TickType,
    FActorComponentTickFunction *ThisTickFunction)
2 {
4     if (bActive != true || (bShouldUsedOnce && TimesUsed > 0) || bIsInTimeOut == true)
    {
6         return;
    }
8
    FHitResult HitResult = WasHitByTrace(Trace());
10
    // TODO: This should be a proppert check if the HitResult was a hit
12     if (HitResult.Actor.IsValid())
    {
14
16         if (bIsInUnSeenDelay)
        {
18             // If we are in a un seen delay we should clear the handler and pretend it never happend
        }

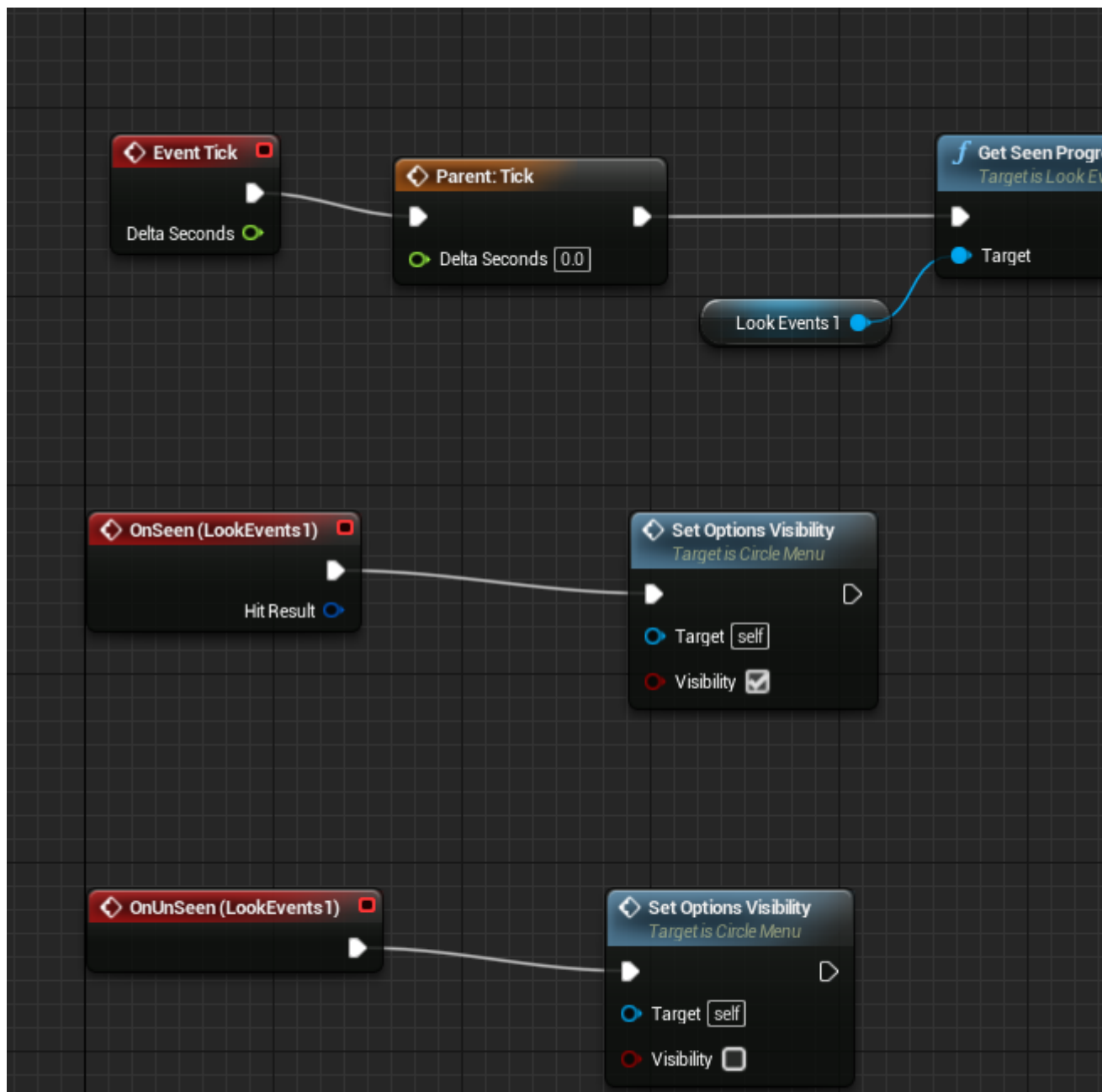
20         if (!bIsInSeenDelay)
        {
22             if (SeenDelay > 0 && !bIsSeenDelayFinished)
            {
24             }else if (!bIsBeingWatched)
            {
26             }
        }
28     }
    else if (bIsInSeenDelay)
30     {
    }
32     else if (bIsBeingWatched)
    {
34         if (UnSeenDelay > 0)
        {
36             if (bIsUnSeenDelayFinished)
            {
38             }
        }
    }
```



```
40         else if (!bIsInUnSeenDelay)
41             {
42             } else
43             {
44             }
45         }
46     }
```


Appendix C

Conditional logic van Tick functie van LookEvents in Blueprints



Appendix D

Orintatie Interview

Interviewer: Mark Arts. Deelnemers: Huib, Danny

D.1 Doel

Het doel van dit interview is om de huidige kennis over gameplay programmering, visuele programmeer talen en logica constructies vast te leggen bij de werknemers van DPI.

Daarnaast word er ook een eerst introductie gemaakt naar blueprints, de visuele programmeer taal die in de Unreal Engine 4 gebruikt word.

Er word geprobeerd antwoord te krijgen op de volgende vragen

- Welke ervaring met programmeren hebben de deelnemers
- Welke ervaring met UE4 hebben de deelnemers
- Welke ervaring met visuele programmeer hebben de deelnemers
- Tot hoe verre begrijpen de deelnemers programmeer terminologie (enquete)

D.2 Interview

Wat voor 3D projecten hebben jullie tot nu toe gemaakt en wat was jullie taak hierin

Danny

Voornamelijk het modelleren / maken van 3D visualisaties in Max / Maya voor architectuur. Daarnaast een aantal 3D omgevingen in de Unreal Engine 4.

Huib

Voornamelijk het modelleren / maken van 3D visualisaties in Max / Maya voor architectuur. Binnen DPI nog niet aan een UE4 project gewerkt.

Wat is jullie ervaring met Unreal Engine 4

Danny

Een aantal hobby projecten en binnen DPI het opzetten van een aantal kleine omgevingen in UE4. Lastig om modellen die voor maya / max gebruikt werden te importeren en rekening te houden met performance. De interface van de Engine is wel duidelijk en door ervaring met maya / max was het makkelijk om te beginnen met het bouwen van een omgeving.

Huib

Heeft alleen nog aan hobby projecten gewerkt binnen Unreal maar kon door ervaring met Maya en Max makkelijk aan de slag. Hij had wel moeite met het gebruik van Blueprints in demos en vond het vaak overweldigend.

Wat weten jullie over programmeren

Danny

Geen ervaring met programmeren en weet er weinig over. Huib Heeft CMD gestudeerd en heeft tijdens zijn studie ervaring opgedaan met websites programmeren. Hij snapt hoe code werkt en wat je er mee kan doen maar zou niet c++ voor een game kunnen programmeren.

Wat voor ervaring hebben jullie met visuele programmeer talen

Danny Geen ervaring. Huib Heeft Blueprints geprobeerd maar daarnaast geen ervaring.

D.3 Tot hoe verre begrijpen de deelnemers programmeer terminologie (enquete)

Er is door zowel Huib en Danny een vragenlijst ingevuld met de volgende introductie:

Omschrijf in eigen woorden wat jij denkt dat de volgende begrippen betekenen. Als het begrip onbekend is omschrijf wat jij denkt dat het zou zijn.

Danny

Branch (conditional statement)

Gok: ik denk een vertakking in verschillende nodes?

For loop

Gok: ik denk een loop in een script, bijvoorbeeld een walkcycle

Switch statement

Gok: True of false switch?

Integer

geen idee

Float

Gok: gravity? geen idee.

Boolean

objecten die met elkaar worden gecombineerd en kan worden bepaald of er gesubstract wordt.

Vectors

De punten van een object (uiteindes)

Transform

Geometry aanpassen in onderandere scalen

Struct (structur)

Gok: hoe een object is opgebouwd? quad en tris?

Array

Op deze manier wordt er iets geduplicate

Class

verschillende blueprints, zoals firstpersonmode of playercontroller.

Object Type

wat voor object, static mesh of een BSP

Propertie

instellingen van bepaalde actors.

Reference (pointer)

Je kan volgens mij objecten converteren naar triggerboxen.

Cast

Gok: ik heb het weleens langs zien komen, maar volgens mij zijn het nodes in het script van blueprints

Actor

eigenlijk alles wat in de scene wordt gezet.

Component

Gok: heeft iets met de actors te maken, ik denk bepaalde instellingen daarin.

Huib**Branch (conditional statement)**

Keus uit meerdere mogelijkheden / inputs

For loop

Iets doen wanneer iets een bepaalde waarde heeft...

Switch statement

Schakelaar met meer dan 2 mogelijkheden.

Integer

Heel getal

Float

Getal met decimalen

Boolean

True / False

Vectors

Punt in 3D space (x,y,z coördinaat)

Transform

Wat dit in de context van Unreal is weet ik niet, ik ken het als iets dat te maken heeft met de positie, rotatie en schaal van objecten.

Struct (structur)

Constructie van een element.

Array

Een reeks

Class

Een groep objecten met dezelfde eigenschappen.

Object Type

Een soort object, mesh, light, etc.

Propertie

Eigenschap van een object.

Reference (pointer)

Gok: Verwijzing naar iets

Cast

Gok: Iets versturen

Actor

Een object dat ergens op kan reageren.

Component

Een bouwblok

Bibliography

- [1] C. J. Hawthorn, K. P. Weber, and R. E. Scholten. Littrow configuration tunable external cavity diode laser with fixed direction output beam. *Review of Scientific Instruments*, 72(12):4477–4479, December 2001. URL <http://link.aip.org/link/?RSI/72/4477/1>.
- [2] A. S. Arnold, J. S. Wilson, and M. G. Boshier. A simple extended-cavity diode laser. *Review of Scientific Instruments*, 69(3):1236–1239, March 1998. URL <http://link.aip.org/link/?RSI/69/1236/1>.
- [3] Carl E. Wieman and Leo Hollberg. Using diode lasers for atomic physics. *Review of Scientific Instruments*, 62(1):1–20, January 1991. URL <http://link.aip.org/link/?RSI/62/1/1>.