

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...

Acknowledgements

Als eerste wil ik DPI bedanken voor het mogelijk maken en het faciliteren van deze scriptie. Extra dank gaat naar Boy die ons met enthousiasme en vertrouwen begeleid heeft.

Naast DPI ben ik dankbaar voor het zelfde enthousiasme en vertrouwen van Emiel Bakker onze afstudeer begeleider vanuit het HRO.

Randy Dijkstra, die zijn scriptie aan de andere kant van mijn bureau schreef, wil ik bedanken voor zijn vriendschap. Zonder jou had ik aanzienlijk minder motivatie gehad om een uitdagend onderwerp te kiezen, laat staan het succesvol afronden ervan.

Als laatste bedank ik mijn ouders voor het dak boven mijn hoofd, mijn avondeten, het wassen, het opruimen en natuurlijk voor alle mogelijkheden die ze mij gegeven hebben om mijzelf te ontwikkelen.

Contents

Abstract	ii
Acknowledgements	iii
Abbreviations	vi
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 VS gemaakt worden die intutief 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 VS	4
2.1 Use Case's	5
2.2 Gameplay Logica	6
2.2.1 Het afvuren van een projectiel	6
2.2.1.1 Tekstuele Implementatie	6
2.2.1.2 Tekstuele Implementatie	8
3 Unreal Engine 4	10
3.1 Waarom de Unreal Engine	10
3.1.1 Unity	10
3.1.1.1 Licentie	10
3.1.1.2 Oculus en Gear VR ondersteuning	11
3.1.1.3 VS	11
3.1.1.4 Gebruiks gemak	11
3.1.2 CRYENGINE	11
3.1.2.1 Licentie	11
3.1.2.2 Oculus en Gear VR ondersteuning	11

3.1.2.3	VS	12
3.1.2.4	Gebruiks gemak	12
3.1.3	Unreal Engine 4	12
3.1.3.1	Licentie	12
3.1.3.2	Oculus en Gear VR ondersteuning	12
3.1.3.3	Gebruiks gemak	12
3.1.3.4	Conclusie	13
3.2	Blueprints	13
4	Blueprints en C++	15
4.1	Wanneer	15
4.2	Wat	18
4.3	Hoe	18
4.3.1	Conditionele Logica	18
4.4	Debugging	22
4.5	Performance	22
A	An Appendix	24
	Bibliography	26

Abbreviations

HRO **H**ogeschool **R**otterdam

VS **V**isual **S**cripting

*Voor all mijn vrienden die om onverklaarbare redenen graag met
mij omgaan*

Chapter 1

Inleiding

In een periode van 18 weken zal ik proberen een reeks van basis componenten voor de Unreal Engine 4 te ontwikkelen waarmee niet-programmeurs efficiënt interactie aan virtual reality demos kunnen toevoegen.

De Unreal Engine zal gebruikt worden omdat deze een uitgebreid 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 virtual reality een intensieve programmeer 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 gebruiken 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 Unreal Engine 4 waarmee niet programmeurs interactieve virtual reality 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 virtual reality ervaring kunnen creëren in Unreal Engine 4.

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 VS 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 virtual scripting.

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?

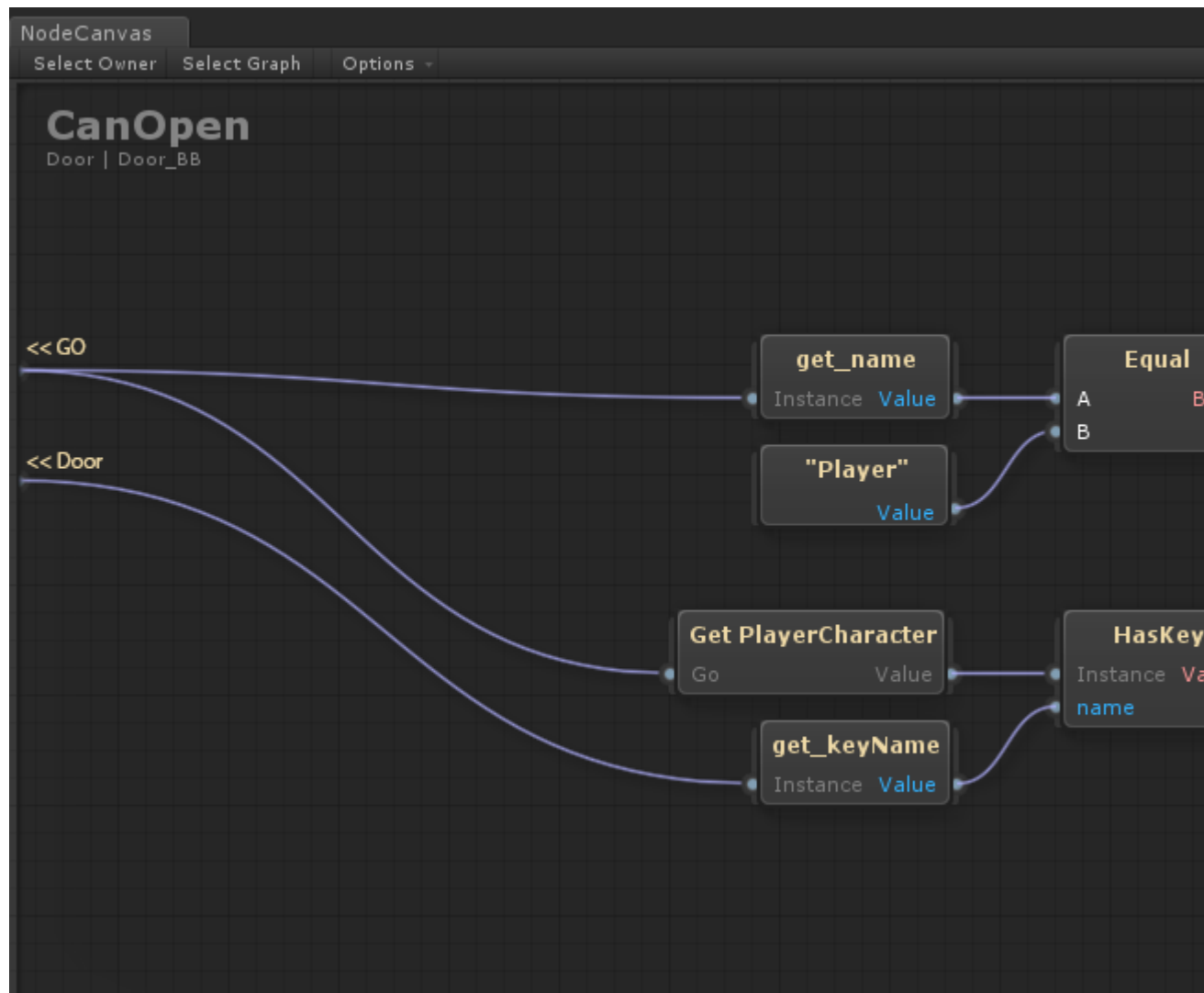
Er zal hier onderzocht moeten worden welke platformen relevant zijn en wat de mogelijkheden voor elk platform is.

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

VS

VS maakt het mogelijk om logica op een visuele manier inplaats van textueel 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 de visuele scripting taal 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 VS 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 textuele 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++.

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,
6         this,
7         &Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnFire
8     );
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)
2 {
3     if (TouchItem.bIsPressed == false)
4     {
5         return;
6     }
7     if( ( FingerIndex == TouchItem.FingerIndex ) && (TouchItem.bMoved ==
        false) )
8     {
9         OnFire();
10    }
11    TouchItem.bIsPressed = false;
12 }
```

Vervolgens definieren we OnFire als volgt

```
void Adpi_unreal_colosseumCharacter::OnFire()
2 {
3     // try and fire a projectile
4     if (ProjectileClass != NULL)
5     {
6         const FRotator SpawnRotation = GetControlRotation();
7         // MuzzleOffset is in camera space, so transform it to world space
8         // before offsetting from the character location to find the final muzzle
9         // position
10        const FVector SpawnLocation = GetActorLocation() + SpawnRotation.
11        RotateVector(GunOffset);
12
13        UWorld* const World = GetWorld();
14        if (World != NULL)
15        {
16            // spawn the projectile at the muzzle
17            World->SpawnActor<Adpi_unreal_colosseumProjectile>(ProjectileClass,
18            SpawnLocation, SpawnRotation);
19        }
20    }
21
22    // try and play the sound if specified
23    ...
24
25    // try and play a firing animation if specified
```

22

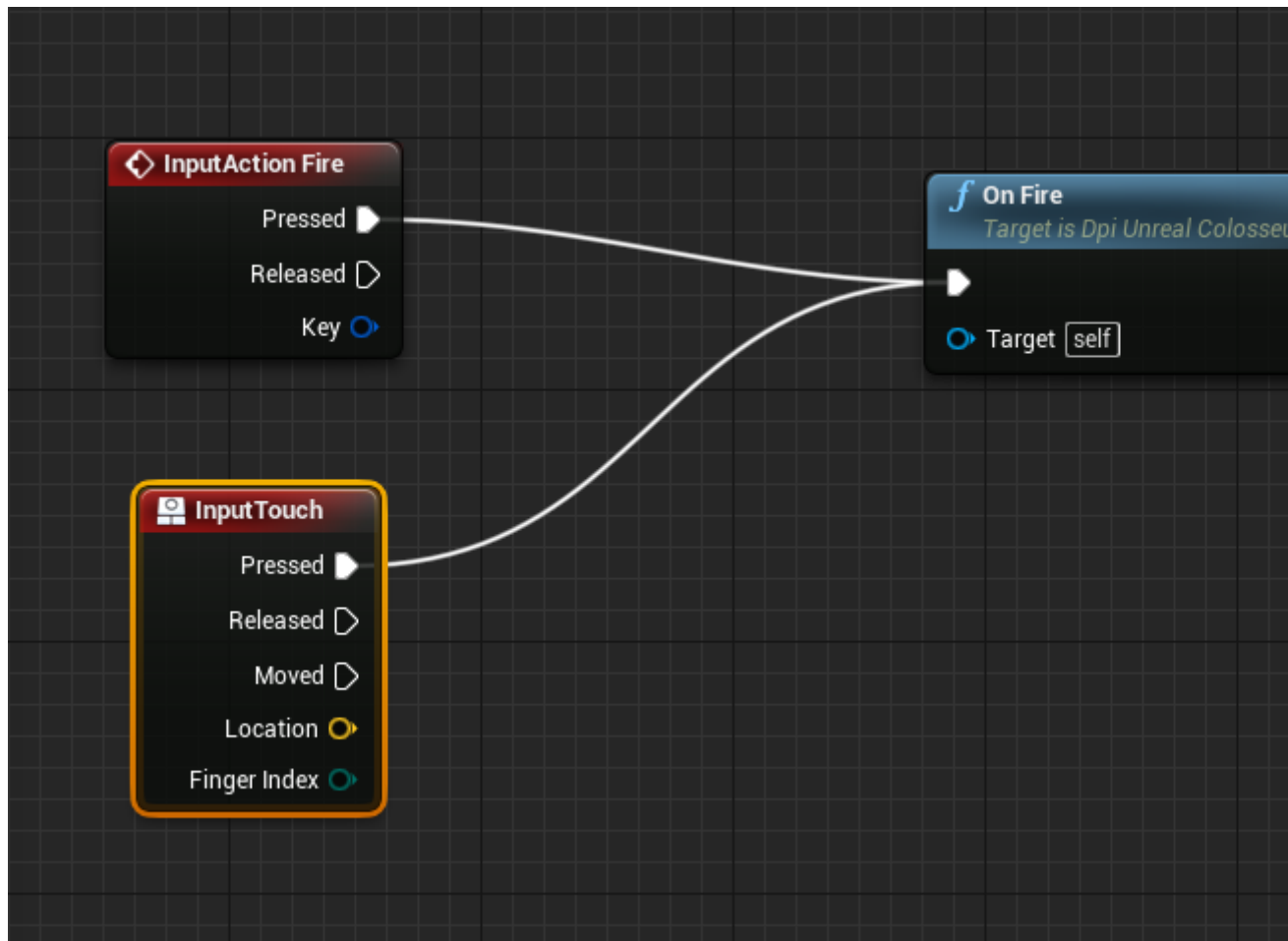
```
..  
}
```

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 (zie bijlage standaard playercharacter van Epic).

2.2.1.2 Tekstuele 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

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 Gear VR ondersteuning
3. Een VS 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 Gear VR 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 VS

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 Unreal Engine 4 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 Gear VR 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 Gear VR te ondersteunen.

3.1.2.3 VS

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 Gebruiks gemak

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 Gear VR ondersteuning is er hier niet meer in verdiept.

3.1.3 Unreal Engine 4

3.1.3.1 Licentie

Het gebruik van de Unreal Engine 4 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 Gear VR ondersteuning

Unreal Engine 4 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. VS 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 Unreal Engine 4 libraries.

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

3.1.3.3 Gebruiks gemak

De leer curve van Unreal Engine 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 Unreal Engine 4 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 unreal engine door de implementatie van VS en een strakke en goed uitgedachte UI.

3.1.3.4 Conclusie

De CRYENGINE valt af vanwege zijn gebrek aan Gear VR support. Dan blijft de keuze over tussen Unity en Unreal Engine 4. Unity heeft een minder steile learning curve maar geavanceerde 3D technieken zullen uiteindelijk toch geleerd moeten worden om een hoge kwaliteit te behalen.

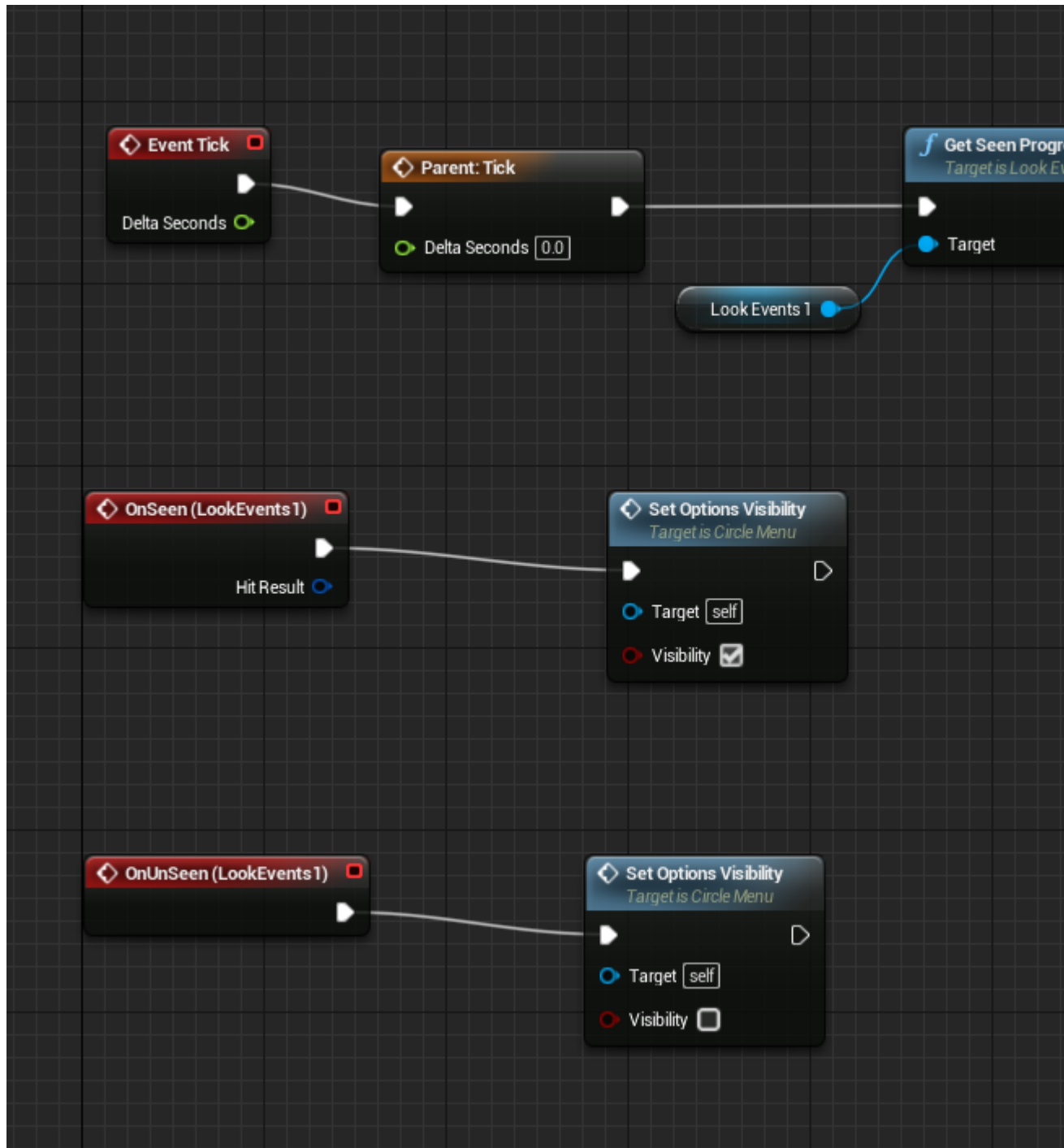
Het visuele scripting systeem van Unity is beperkt en mist de kracht en flexibiliteit die nodig is om deze scriptie succesvol af te ronden. Daar in tegen beid het visuele scripting systeem van Unreal Engine 4 wel deze mogelijkheden.

3.2 Blueprints

Blueprints is het visuele scripting systeem van Unreal Engine 4 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 gebeurt, 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++

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 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 een Visuele programmeer taal is dat de flow van een programma uitgedrukt kan worden door middel van de lijnen tussen nodes. Neem bijvoorbeeld het afspelen van een geluid 1 seconden nadat de speler dood gaat. C++ We registeren eerst een functie die aangesproken kan worden door de timeout en het geluid wat afgespeeld word in de header

```
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;
```

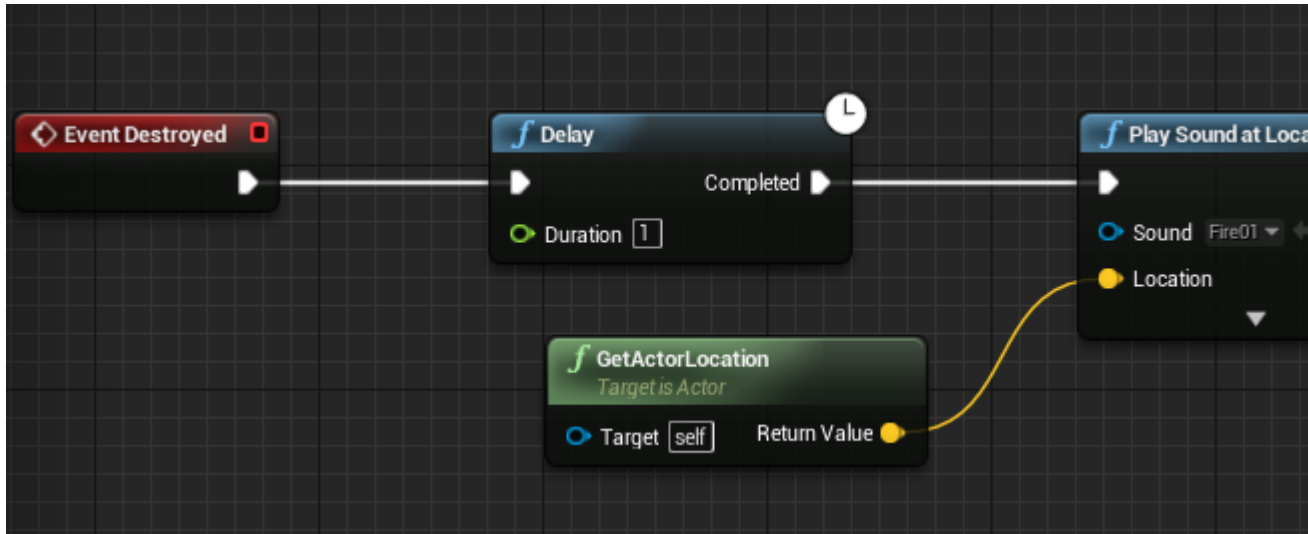
Vervolgens word deze functie gecomplementeerd in de .cpp

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

En word 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,  
     1.0f  
12 );  
}
```

We zijn 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 de drie verschillende plekken word het duidelijk wat de complete functionaliteit is. Er zijn hier natuurlijk hulpmiddel voor zoals opmerkingen boven de code te plaatsen maar bij elke extra taak die, asynchroon, uitgevoerd moet worden word de code complexer en moeilijker te volgen. De lezer moet namelijk alle gerelateerde functionaliteit in zijn geheugen hebben. 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.

4.2 Wat

Het plaatsen van de wat logica in Blueprints of c++ is lastiger om te bepalen. Voor de logica die de niet-programmeurs schrijven is c++ geen optie en moet dit wel in Blueprints maar voor programmeurs ligt dit iets lastiger. Het probleem ontstaat voornamelijk bij conditionele logica.

Complexe algorithmes zijn altijd makkelijker in C++ voor zowel leesbaarheid als onderhoudbaarheid. Daarnaast is de scheiding van Algoritmes met de rest van de code belangrijk voor

4.3 Hoe

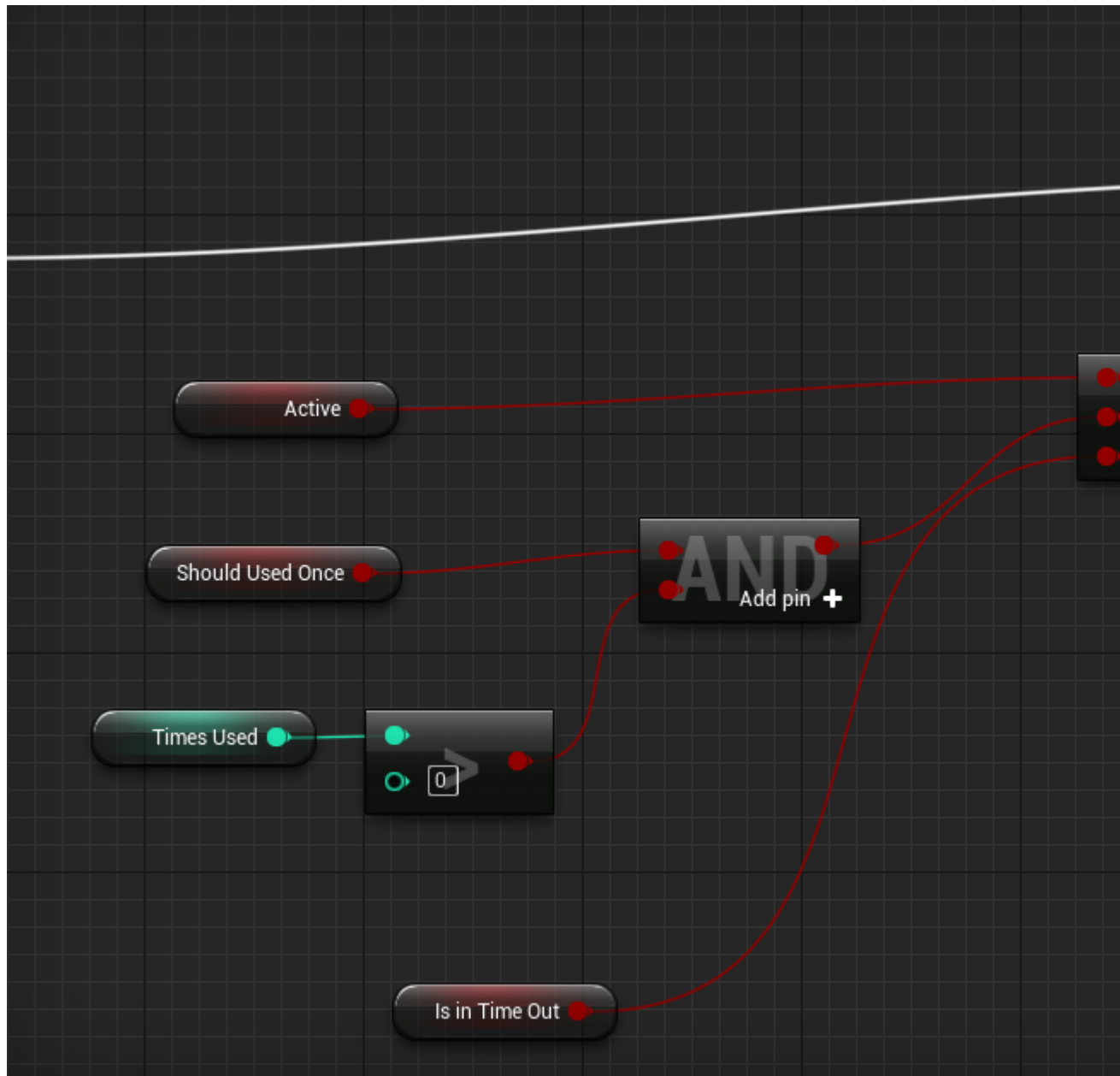
Met de hoe vraag word de interne werking van een functionaliteit bedoelt waaronder ook de integratie met de rest van het programma, denk aan integratie met de rest van de engine, lifecycles, overerving en performance.

4.3.1 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 Bijlage 2: Conditional logic van Tick functie van LookEvents in Blueprints 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.

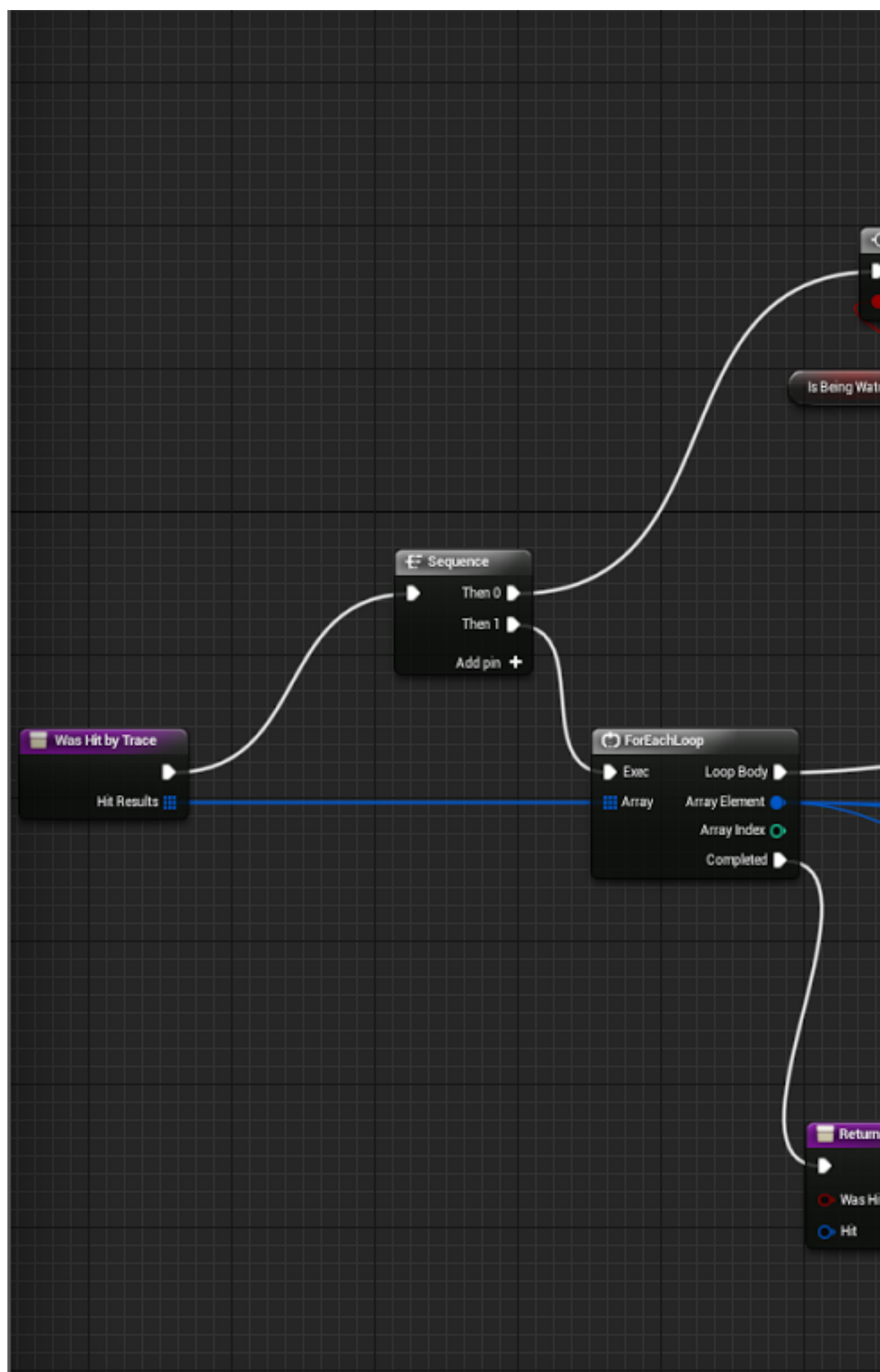
```

FHitResult ULookEventsComponent::WasHitByTrace(const TArray<FHitResult>
    HitResults)
2 {
    UObject* Trigger = (bIsBeingWatched) ? UnSeenTrigger : SeenTrigger;
4
    for (auto& HitResult : HitResults)
6 {
        UObject* HitObject = (Trigger->IsA(AActor::StaticClass())) ? Cast<
            UObject>(HitResult.GetActor()) : Cast<UObject>(HitResult.GetComponent()
            );
8
    }

```

```
10     if (HitObject == Trigger)
11     {
12         if (bShouldDrawTriggerDebug) {
13             DebugTrigger(HitObject, 0.1f);
14         }
15         return HitResult;
16     }
17     return FHitResult();
18 }
```

In vergelijking met:



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

4.4 Debugging

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 namelijk uitgebreide debug, zoek en meta informatie.

De errors die de Unreal Engine 4 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 Unreal Engine 4 kan blueprint 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 Unreal Engine 4.

4.5 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 de logica je kan aan de code ook zien hoe de computer dit interpreteer, 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 onderhoudbare 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.

De mogelijkheid van dit soort optimalisaties, de debugging mogelijkheden en de leesbaarheid van complexe logica

Workflow Git c++

Appendix A

An Appendix

Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Vivamus at pulvinar nisi. Phasellus hendrerit, diam placerat interdum iaculis, mauris justo cursus risus, in viverra purus eros at ligula. Ut metus justo, consequat a tristique posuere, laoreet nec nibh. Etiam et scelerisque mauris. Phasellus vel massa magna. Ut non neque id tortor pharetra bibendum vitae sit amet nisi. Duis nec quam quam, sed euismod justo. Pellentesque eu tellus vitae ante tempus malesuada. Nunc accumsan, quam in congue consequat, lectus lectus dapibus erat, id aliquet urna neque at massa. Nulla facilisi. Morbi ullamcorper eleifend posuere. Donec libero leo, faucibus nec bibendum at, mattis et urna. Proin consectetur, nunc ut imperdiet lobortis, magna neque tincidunt lectus, id iaculis nisi justo id nibh. Pellentesque vel sem in erat vulputate faucibus molestie ut lorem.

Quisque tristique urna in lorem laoreet at laoreet quam congue. Donec dolor turpis, blandit non imperdiet aliquet, blandit et felis. In lorem nisi, pretium sit amet vestibulum sed, tempus et sem. Proin non ante turpis. Nulla imperdiet fringilla convallis. Vivamus vel bibendum nisl. Pellentesque justo lectus, molestie vel luctus sed, lobortis in libero. Nulla facilisi. Aliquam erat volutpat. Suspendisse vitae nunc nunc. Sed aliquet est suscipit sapien rhoncus non adipiscing nibh consequat. Aliquam metus urna, faucibus eu vulputate non, luctus eu justo.

Donec urna leo, vulputate vitae porta eu, vehicula blandit libero. Phasellus eget massa et leo condimentum mollis. Nullam molestie, justo at pellentesque vulputate, sapien velit ornare diam, nec gravida lacus augue non diam. Integer mattis lacus id libero ultrices sit amet mollis neque molestie. Integer ut leo eget mi volutpat congue. Vivamus sodales, turpis id venenatis placerat, tellus purus adipiscing magna, eu aliquam nibh dolor id nibh. Pellentesque habitant morbi tristique senectus et netus et malesuada fames ac turpis egestas. Sed cursus convallis quam nec vehicula. Sed vulputate neque eget odio fringilla ac sodales urna feugiat.

Phasellus nisi quam, volutpat non ullamcorper eget, congue fringilla leo. Cras et erat et nibh placerat commodo id ornare est. Nulla facilisi. Aenean pulvinar scelerisque eros eget interdum. Nunc pulvinar magna ut felis varius in hendrerit dolor accumsan. Nunc pellentesque magna quis magna bibendum non laoreet erat tincidunt. Nulla facilisi.

Duis eget massa sem, gravida interdum ipsum. Nulla nunc nisl, hendrerit sit amet commodo vel, varius id tellus. Lorem ipsum dolor sit amet, consectetur adipiscing elit. Nunc ac dolor est. Suspendisse ultrices tincidunt metus eget accumsan. Nullam facilisis, justo vitae convallis sollicitudin, eros augue malesuada metus, nec sagittis diam nibh ut sapien. Duis blandit lectus vitae lorem aliquam nec euismod nisi volutpat. Vestibulum ornare dictum tortor, at faucibus justo tempor non. Nulla facilisi. Cras non massa nunc, eget euismod purus. Nunc metus ipsum, euismod a consectetur vel, hendrerit nec nunc.

Bibliography