



T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

BLOCKCHAIN TABANLI SANAL GERÇEKLİK ORTAMI

Çağatay KÖLÜŞ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Nisan-2021
KONYA
Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Çağatay KÖLÜŞ tarafından hazırlanan "***BLOCKCHAIN TABANLI SANAL GERÇEKLİK ORTAMI***" adlı tez çalışması 08/04/2021 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği / oy çokluğu ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri	**İmza**
Başkan Dr. Öğr. Üyesi Levent CİVCİK	……..
Danışman Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ	……..
Üye Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN	……..

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Sait GEZGİN
FBE Müdürü

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza
Çağatay KÖLÜŞ

Tarih: 08/04/2021

YÜKSEK LİSANS TEZİ

BLOCKCHAIN TABANLI SANAL GERÇEKLİK ORTAMI

Çağatay KÖLÜŞ

Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Bilişim Teknolojileri Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2021, 95 Sayfa

Jüri
Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Dr. Öğr. Üyesi Levent CİVCİK

Günümüzde, sanal gerçeklik ve blok zinciri teknolojileri oldukça popülerdir ve hayatımızın çoğu alanında görebileceğimiz kullanım alanları sunmaktadırlar. Sanal gerçeklik teknolojisi, eğlence, eğitim, sağlık, mühendislik gibi birçok alanda kullanılmaktadır. Blok zinciri ise çoğu kişinin finans sektörü ile tanımasına rağmen kimlik doğrulama, nesnelerin interneti, güvenlik ve güvenilirlik sistemlerinde kullanılmaktadır. Bu iki teknolojinin birlikte kullanılması ile güvenli bir sanal gerçeklik deneyimi sağlanabilmektedir. Bu tezin amacı; insanların kendi oluşturdukları avatarlarıyla (karakterleriyle) sanal bir ortamda güvenli Şekilde var olabileceği ve gerçek yaşama yakın bir deneyim sağlayabileceği bir ortamın oluşturulmasıdır. Bu çalışmada kullanıcı, VR kask ve kontrolcü, mobil veya masaüstü aygıt, uygulama, sunucu, Infura API ve Ethereum blok zincirini içeren bir mimari oluşturulmuştur. Unreal Engine oyun motoru ile çoklu platform desteği olan ve VR ekipmanları ile iletişim kurabilen bir uygulama geliştirilmiştir. Buna ek olarak Java programlama dilinde Ethereum blok zinciri ile iletişim kurabilen bir sunucu geliştirilmiştir. Sonuç olarak kullanıcıların gerçekçi bir deneyim elde edebilecekleri güvenli bir yapı ortaya koyulmuştur. Yapılan bu çalışma ile gerçek yaşama benzer güvenli bir sanal bir yaşamın ilk adımları atılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Blok zinciri, sanal gerçeklik, Ethereum, Unreal Engine, Android

ABSTRACT

MS THESIS

BLOCKCHAIN BASED VIRTUAL REALITY ENVIRONMENT

Çağatay KÖLÜŞ

The Graduate School of Natural and Applied Science of Selçuk University
The Degree of Master of Science in Informatics Technology Engineering

Advisor: Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ

2021, 95 Pages

Jury
Prof. Dr. Fatih BAŞÇİFTÇİ
Prof. Dr. Adem Alpaslan ALTUN
Assist. Prof. Dr. Levent CİVCİK

Today, virtual reality and blockchain technologies are very popular and offer areas of use that we can see in most areas of our lives. Virtual reality technology is used in many fields such as entertainment, education, health, engineering. Blockchain, which most people know with the financial sector, is used in authentication, the internet of things, security and reliability systems. A safe virtual reality experience can be provided by using these two technologies together. The aim of this thesis is to create an environment where people can safely exist in a virtual environment with their avatars (characters) and provide an experience close to real life. In this study, an architecture is created that includes user, VR helmet and controller, mobile or desktop device, application, server, Infura API, and Ethereum blockchain. With the Unreal Engine game engine, an application that supports multi-platform and communicates with VR equipment has been developed. Besides, a server that can communicate with the Ethereum blockchain has been developed in the Java programming language. As a result, a secure structure has been created in which users can get a realistic experience. With this study, the first steps of a safe virtual life similar to real-life were taken.

Keywords: Blockchain, virtual reality, Ethereum, Unreal Engine, Android

ÖNSÖZ

Öncelikle değerli tez danışmanım Prof. Dr. Fatih Başçiftçi'ye üç yıl boyunca rehberliği, yardımları ve çalışmamın her aşamasında paylaştığı kıymetli fikir ve önerileri için en içten teşekkürlerimi sunarım.

Hayatım boyunca her zaman yanımda olarak destek veren annem Zeynep Kölüş, babam Müsellim Kölüş ve ağabeyim Türkay Kölüş'e her türlü destekleri için teşekkür ederim.

Kariyerimde bana vizyon kazandırmış olan değerli çalışma arkadaşlarıma ve dostlarıma teşekkürü bir borç bilirim.

Çağatay KÖLÜŞ
KONYA-2021

SİMGELER VE KISALTMALAR

Kısaltmalar

API : Application Programming Interface (Uygulama Programlama Arayüzü)

PoS : Proof of Stake (Hisse İspatı)

PoW : Proof of Work (Emek İspatı)

VR : Virtual Reality (Sanal Gerçeklik)

AR : Augmented Reality (Artırılmış Gerçeklik)

BTC : Bitcoin

ETH : Ethereum

BCI : Brain Computer Interface (Beyin Bilgisayar Arayüzü)

Hz : Hertz

EMG : Elektromiyografi

SDK : Software Development Kit (Yazılım Geliştirme Paketi)

IK : Invers Kinematics (Ters Kinematik)

APK : Android Application Package (Android Uygulama Paketi)

EC : EtherCagatay

DLT : Distributed Ledger Technology (Dağıtık Defter Teknolojisi)

IoT : Internet of Things (Nesnelerin İnterneti)

DDOS : Denial-of-service attack (Hizmeti Engelleme Saldırısı)

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER

Şekiller

Şekil 1.1. İnsan ve Sanal Dünya Arasındaki Etkileşim 1
Şekil 1.2. Steam'deki Aylık VR Kask Kullanım Sayısı 3
Şekil 1.3. Veeso VR Kaskı ve Yüz Algılama Teknolojisi Örneği 5
Şekil 1.4. Mindmaze VR Kaskı 5
Şekil 1.5. Fove Göz Takip Teknolojisi ve Oyundaki Etkisi 6
Şekil 1.6. HTC Vive – Çoklu Sensör Prototipi 7
Şekil 1.7. Kinect Sensörü ve VR Teknolojisi 7
Şekil 1.8. Google – Project Soli 8
Şekil 1.9. Virtuix Omni Hareket Bandı 9
Şekil 1.10. Blockchain'in çalışma prensibi 10
Şekil 3.1. Sensorama (İlk VR Cihazı) 20
Şekil 3.2. Sword of Damocles VR Cihazı 21
Şekil 3.3. Sega VR Cihazı 21
Şekil 3.4. Sony PUD-J5A VR Cihazı 22
Şekil 3.5. Oculus Rift VR Cihazı ve Çalışma Prensibi 23
Şekil 3.6. Lindsey Stirling VR Konseri 25
Şekil 3.7. VR ve AR Teknolojilerinin 2020 ve 2025 Yıllarındaki Tahmini Kullanım Alanları 26
Şekil 3.8. Blokzinciri Yapısı 27
Şekil 3.9. Merkezi Veritabanı ve Dağıtık Veritabanı Karşılaştırması 27
Şekil 3.10. BTC / USD Grafiği 29
Şekil 3.11. ETH / USD grafiği 29
Şekil 3.12. Asus B250 Mining Expert 31
Şekil 3.13. 2018 Yılında Madencilik Zorluk Değişimi 31
Şekil 4.1. Geliştirilen Sistemin Mimari Yapısı 39
Şekil 4.2. Kullanıcı ve Ethereum Blok Zinciri Arasındaki Akış Şeması 41
Şekil 4.3. Uygulama Deneyimi Akış Şeması 42
Şekil 4.4. BOBO VR Z4 43
Şekil 4.5. Bluetooth VR Kontrolcüsü 43
Şekil 4.6. Unreal Engine Proje Oluşturma Sayfası 44
Şekil 4.7. Karakterin Sahip Olduğu Bileşenler 45
Şekil 4.8. CapsuleComponent Bileşeni 46
Şekil 4.9. Karakter İskeleti ve Kamera 47
Şekil 4.10. FirstPersonCamera Bileşeni 47
Şekil 4.11. CharacterMovement Bileşeni 48
Şekil 4.12. InteractionComponent Bileşeni 48
Şekil 4.13. PhysicsHandle Bileşeni 49
Şekil 4.14. Unreal Engine Test Ortamı 50
Şekil 4.15. Unity Game Engine'de Geliştirilen Test Ortamı 50
Şekil 4.16. ActionRPG Örnek Projesi 51
Şekil 4.17. Unreal Engine'de Geliştirilen Test Ortamı 51
Şekil 4.18. Animasyon Akış Diyagramı 52
Şekil 4.19. Karakter Fiziksel Özellik Düzenlemesi 52
Şekil 4.20. Karakter Saldırı Animasyonu 53
Şekil 4.21. Test Haritası ve Nesneler 54
Şekil 4.22. Evren Seçim Ekranı 54

Şekil 4.23. Karakter Kişiselleştirme Ekranı 55
Şekil 4.24. Gerçekçi Evren Türü 56
Şekil 4.25. Fantezi Evren Türü 56
Şekil 4.26. Simülasyon Evren Türü 57
Şekil 2.27. Unreal Engine VR Konfigürasyonu 57
Şekil 4.28. Fantazi Evren Türünde VR Kullanımı 58
Şekil 4.29. Infura API Arayüzü 59
Şekil 4.30. Infura API İstek Kayıtları 60
Şekil 4.31. Etherscan Rinkeby Test Ağı Web Sayfası 61
Şekil 4.32. Etherscan Rinkeby İşlem Detayı 63
Şekil 5.1. Bobo VR Z4 Sanal Gerçeklik Cihazı 66
Şekil 5.2. Xiaomi Mi 8 Cep Telefonu 67
Şekil 5.3. VRChat Oyunu 69
Şekil 5.4. Decentraland Oyunu 69
Şekil 5.5. Second Life 70

Çizelgeler

Çizelge 1.1. Steam'de En Çok Satılan 12 Oyun 2
Çizelge 3.1. Günümüzdeki VR Cihazları 24
Çizelge 3.2. Dijital Para Birimleri 32
Çizelge 3.3. Ethereum Token Standartlarından Bazıları 33
Çizelge 3.4. Bitcoin'in Yasal veya Yasak Olduğu Ülkeler 34
Çizelge 4.1. Unreal Engine Android Platform Ayarları 45
Çizelge 5.1. Blok Zinciri ve Geleneksel Veritabanı Karşılaştırması 65
Çizelge 5.2. Unreal Engine ve Unity Game Engine Karşılaştırması 65
Çizelge 5.3. Android Test Cihazları ve Test Sonuçları 68
Çizelge 5.4. Oyunların Karşılaştırması 70

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ ..... **vi**

SİMGELER VE KISALTMALAR ..... **vii**

ŞEKİLLER VE ÇİZELGELER ..... **viii**

İÇİNDEKİLER ..... **xi**

1. GİRİŞ **1**

1.1. Tezin Amacı 11
1.2. Tezin Önemi 11
1.3. Tezin Organizasyonu 12

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI **13**

2.1. Blok Zinciri Konusu Üzerine Yapılan Çalışmalar 13
2.2. Sanal Gerçeklik Konusu Üzerine Yapılan Çalışmalar 16
2.3. Sanal Gerçeklik ve Blockchain Kullanılarak Gerçekleştirilen Çalışmalar 19

3. MATERYAL VE YÖNTEM **20**

3.1. Sanal Gerçeklik 20
3.1.1. Sanal gerçekliğin tarihçesi 20
3.1.2. Günümüzde sanal gerçeklik 23
3.1.3. Sanal gerçekliğin kullanım alanları 24
3.1.4. Sanal gerçekliğin geleceği 26
3.2. Blockchain 27
3.2.1. Blockchain terimleri 30
3.2.2. Blockchain uygulama alanları 33
3.3. Yöntem 35
3.3.1. Sanal gerçeklik ortamının oluşturulması 35
3.3.2. Blok zinciri altyapısının oluşturulması 37
3.3.3. VR kaskları ile bağlantının sağlanması 37
3.3.4. Gerçekleştirilen yöntemin dezavantajları 37

4. UYGULAMA 39

4.1. Sanal Gerçeklik 42
4.2. Blokchain 58

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA 64

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER 72

6.1. Sonuçlar 72
6.2. Öneriler 73

KAYNAKLAR 74

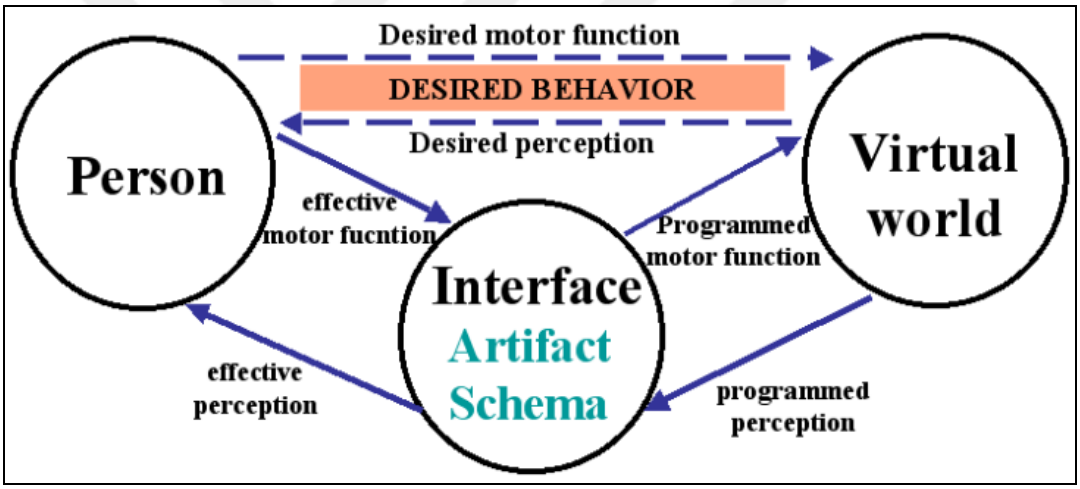
EKLER 79

ÖZGEÇMİŞ ..... Hata! Yer işareti tanımlanmamış.

1. GİRİŞ

Sanal Gerçeklik (Virtual Reality – VR), insan ve makine arasındaki iletişim ve etkileşimi artırmak için geliştirilen, insan duyularına hitap eden bir teknolojidir (Kurbanoğlu, 1996). En popüler tanımı; gerçek zamanlı animasyon üretebilme yeteneğine sahip, hareket algılayıcı sensörler ve eldiven ile kontrol edilebilme özelliğine sahip başa takılan stereskopik bir ekranın kullanımıdır (Steuer, 2009). VR teknolojisi; görüntü oluşturan bir bilgisayar, ses ve görüntü sunan bir sistem ve görüntüyü güncellemek için kullanıcının konumunu ve yönünü geri besleyen bir sensör içermektedir (Osgood, 2016).

İnsan, sanal dünya ile etkileşimini ise VR kaskları ile sağlamaktadır (Webster ve Clark, 2015). Şekil 1.1'de bununla ilgili bir şema verilmiştir.



Şekil 1.1. İnsan ve Sanal Dünya Arasındaki Etkileşim

Sanal gerçeklik teknolojisi 1960'lı yıllarda hayatımıza girmiştir ve günümüzde de varlığını sürdürmektedir. VR kasklarının kullanıcılara daha gerçekçi bir his verebilmesini sağlamak için her geçen dönemde geliştirilmiştir. Her geçen yıl yeni VR kaskları, yeni kullanım alanları ve içerikler ortaya çıkmıştır.

Son dönemlerde oldukça popülerleşen Sanal Gerçeklik (Virtual Reality – VR) teknolojisi, gün geçtikçe hayatımızın her alanında yer almaya başlamıştır. Bu teknoloji kullanılarak eğitimler verilmekte, oyunlar oynanmakta, satış ve pazarlama yapılabilmektedir. Sanal gerçeklik teknolojisinin en yaygın kullanım alanları aşağıda verilmiştir:

- Eğlence
- Eğitim
- Sağlık
- Mühendislik ve Mimarlık
- Satış ve Pazarlama
- Askeri Eğitim

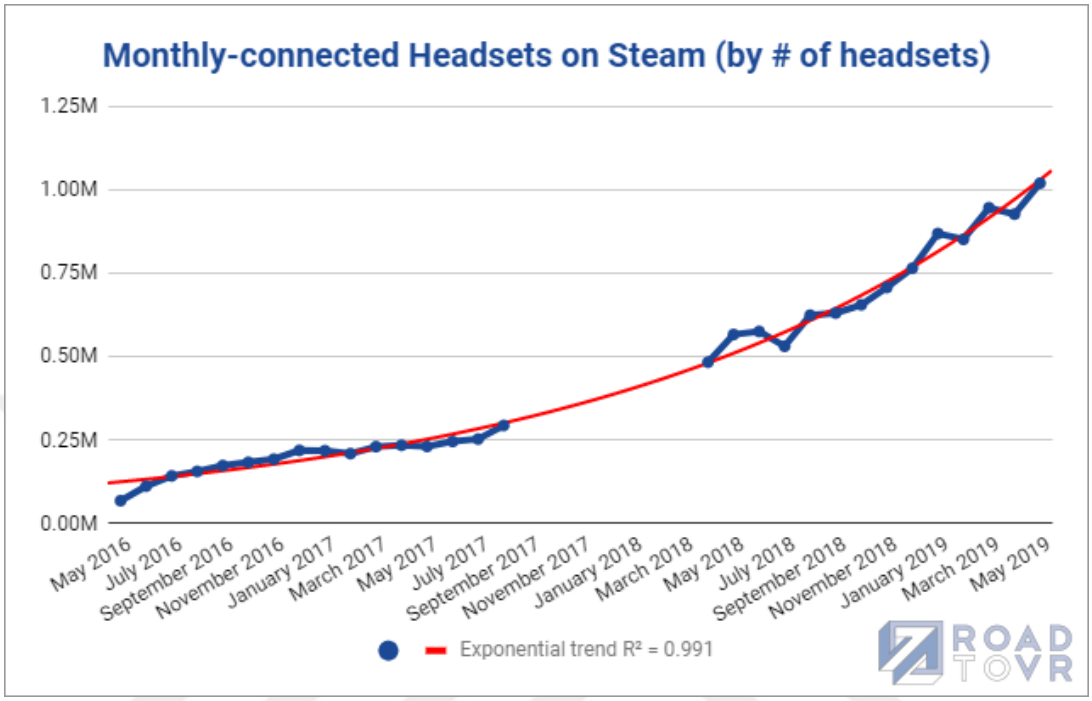
VR teknolojisinin en yaygın kullanımı oyun ve eğlence sektöründe olmaktadır. Oyun geliştirici firmalar, oyunculara daha gerçekçi deneyim yaşatmak için gün geçtikçe daha gerçekçi grafikler ve daha gerçekçi fizik motorları kullanmaktadırlar. VR teknolojisi; bu gerçekçiliği daha ileriye götürecek bir çözüm sunmaktadır. VR teknolojisi ile kullanıcıların oyunu gerçekte yaşıyormuş gibi hissederek oynamaları keyif vericidir. Oyuncular, gerçeğe yakın bir deneyim yaşamak için bu teknolojiyi kullanmaktadırlar. Steam, kendi bünyesinde oyunlar barındıran ve oyuncuların bir araya gelerek çevrimiçi oyunlar oynamasını sağlayan bir platformdur. 2019'un 3. çeyreği itibariyle bu platformda 3000'den fazla sanal gerçeklik oyunu yer almaktadır. Steam'de 2018 itibariyle ne çok satılan ilk 12 oyunu Çizelge 1.1'de listelenmiştir.

Çizelge 1.1. Steam'de En Çok Satılan 12 Oyun

Oyun	**Yayınlanma Tarihi**	**Pozitif Kullanıcı Yorumları**
Hot Dogs, Horseshoes & Hand Grenades	2016 - Nisan	%96
Job Simulator	2016 - Nisan	%85
Budget Cuts	2018 - Haziran	%75
Beat Saber	2019 - Mayıs	%94
SUPERHOT VR	2017 - Mayıs	%89
Pavlov VR	2017 - Şubat	%91
The Elder Scrolls V: Skyrim VR	2018 - Nisan	%78
Onward	2016 - Ağustos	%90
GORN	2019 - Temmuz	%95
Fallout 4 VR	2017 - Aralık	%70
Orbus VR	2019 - Nisan	%78
Arizona Sunshine	2016 - Aralık	%85

Steam'in verilerine göre kendi platformu için VR kaskını kullanan kullanıcıların aylık sayısı Şekil 1.2'de verilmiştir. Bu Şekilde görüldüğü üzere VR kask kullanımı,

Nisan 2019 ayında ilk kez 1 milyon kullanıcıyı geçmiştir. Ayrıca 2018 mayıs ayı ile 2019 mayıs ayı arasında geçen 1 yılda VR kask kullanım oranının %80 arttığı görülmektedir (Lang, 2019).



Şekil 1.2. Steam'deki Aylık VR Kask Kullanım Sayısı

VR teknolojisi, VR kaskları sayesinde kullanılmaktadır. Bu kasklar kullanıcılara gerçeğe yakın sanal bir deneyim yaşatmak için üretmişlerdir. Günümüzdeki son model VR kasklarına göz attığımızda ortalama bir VR kaskındaki özellikler aşağıda paragraflar halinde açıklanmıştır.

Kask türü; bağımsız, akıllı telefon bağımlı, bilgisayar bağımlı veya konsol bağımlı olabilmektedir. Bağımsız kask türünde VR cihazı kendi üzerinde donanım barındırmaktadır. Akıllı telefon bağımlı türde, VR cihazı bir akıllı telefona ihtiyaç duymaktadır. Bilgisayar bağımlı türde ise VR cihazı bir bilgisayara bağlı Şekilde kullanılmaktadır. Konsol bağımlı türde ise VR kaskının kullanımı için bir konsola ihtiyaç duyulmaktadır.

Çözünürlük; kullanıcının ekranda gördüğü piksel sayısına denilmektedir. Günümüzde ortalama bir VR kaskı her bir göz için yaklaşık 1080x1200 boyutunda çözünürlük içermektedir.

Yenileme hızı; donanımın gücüne bağlı olarak oldukça değişkendir. Ortalama bir VR cihazı 72 Hz'dir.

Görüş açısı; VR kaskı üzerinde bulunan lensler sayesinde kullanıcının görüntüyü görme açısına denilmektir. Ortalama bir VR cihazı 110 derecelik bir görüş açısına sahiptir.

Ek olarak bazı VR kaskları hareket algılayıcı sensör içeren ve üzerinde butonlar yer alan el kumandaları içermektedir. Ayrıca bazı VR kaskları üzerinde kendi kulaklığını içermektedir.

Sherman ve Craig'e göre VR teknolojisinde 4 adet temel öğe yer almaktadır. Bunlar; sanal dünya, daldırma (immersion), sensör geri beslemesi ve etkileşimdir (Sherman and Craig, 2018).

Sanal ortam (dünya), kullanıcıların sanal ortamda bulundurularak etkileşime girebildikleri mekâna verilen isimdir. Sanal ortamlar, yazılım geliştiriciler tarafından geliştirilmektedir ve bazen gerçek dünyada var olan alanlar dijital ortama kopyalanarak içerik oluşturulabilmektedir.

Daldırma, insanın sanal ortamda var olma algısına verilen addır. Kullanıcıyı başka bir ortamda hissetmesini sağlamak için sensörlerin önemi çok büyüktür.

Gerçeklik hissinin sağlanabilmesi için sensörlerin mümkünse bütün duyu organlarına hitap etmesi gerekir. Görme duyusu için yüksek çözünürlüklü bir ekran, işitme duyusu için yüksek kalitede bir kulaklık ve dokunma duyusu için sensörler içeren bir kıyafet kullanılmaktadır. Koklama ve tatma duyuları diğer duyular kadar baskın olmadığı için günümüzde bu sensörler pek kullanılmamaktadır.

Etkileşim, kullanıcının sanal ortamda canlı veya cansız bir varlık ile girdiği çift yönlü iletişime verilen addır. Etkileşimin gerçekçi olabilmesi, gerçek dünyada yapılan bir hareketin sanal ortama hızlı ve doğru bir Şekilde iletilmesine bağlıdır. Buna ek olarak sanal ortamdan gelen hareketin de aynı Şekilde iletilmesi önemlidir.

Sanal gerçeklik, sadece kullanıcının kafa hareketlerini alan bir teknoloji olmaktan çıkmıştır. Günümüzde firmalar, VR teknolojisine yeni ek özellikler eklemek için yoğun olarak çalışmaktadırlar. El, vücut, ayak hareketlerinin izlenmesi, yüzdeki hareketlerin izlenmesi ve göz takibi bu yeni eklenen özelliklere örnek olarak verilebilir. Bu yeni özellikler sayesinde kaskı kullanan kişi, sanal dünyadaki avatarı ile daha çok yönden etkileşime geçebilecek ve bu sayede daha gerçekçi bir VR deneyimi yaşaması hedeflenmektedir.

Yüz izleme teknolojisinde günümüzde iki adet yöntem kullanılmaktadır. Birincisi yüzdeki hareketleri görsel olarak algılayabilen kızılötesi kameralar ile yüzü takip etmek, ikincisi ise yüzün çeşitli bölümlerine yerleştirilmiş EMG

(Elektromiyografi) sensörleri ile yüzdeki kas ve sinir sistemindeki verileri alarak yüzü takip etmektir. Veeso, yüz izleme teknolojisine sahip VR kaskını geliştiren bir firmadır. Bu firmanın geliştirdiği kask yüzdeki hareketleri tespit ederek bunu dijital ortamdaki avatara aktarabilmektedir. Şekil 1.3'te buna ait bir görsel verilmiştir.



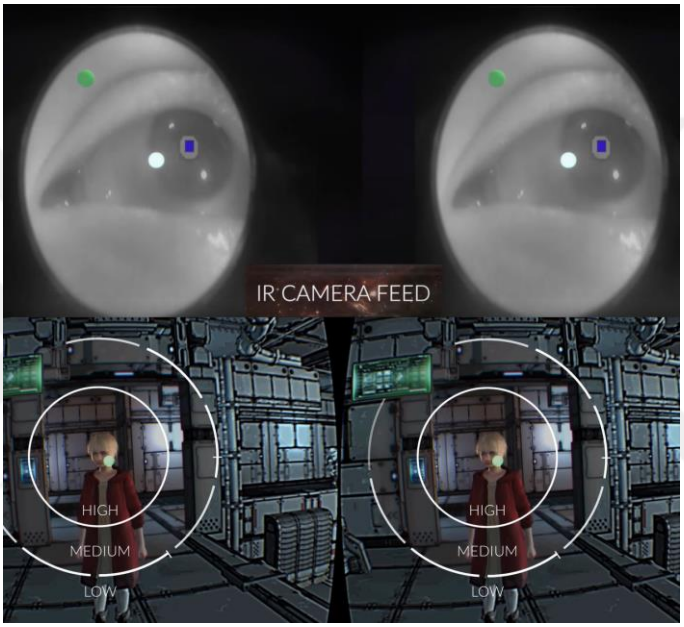
Şekil 1.3. Veeso VR Kaskı ve Yüz Algılama Teknolojisi Örneği

Mindmaze, VR kasklarda kullanılabilen yüz izleme teknolojisini EMG sensörleri ile gerçekleştirmiş bir firmadır. Geliştirdikleri VR kasklarında yüze temas eden yumuşak bölgede sekiz adet sensör yer almaktadır. Böylece yüzdeki değişimler anlık olarak sanal ortama aktarılabilmektedir. Firma, VR kask üreticilerine kendi geliştirdikleri donanımı bir SDK (Software Development Kit – Yazılım Geliştirme Paketi) ile beraber satmayı hedeflemiştir. Şekil 1.4'te bu cihazın bir prototipi yer almaktadır.



Şekil 1.4. Mindmaze VR Kaskı

Fove, göz izleme teknolojisini VR kaskına entegre etmiş bir firmadır. Geliştirdikleri Fove VR kaskı ile gözdeki değişimleri takip ederek bunu sanal ortama aktarmaktadırlar. (Qian ve Teather, 2017) Göz ile direkt olarak bakılan nokta en keskin Şekilde gözükmekte, diğer bölümler derecesine göre bulanık bir Şekilde ekranda belirmektedir. Ayrıca geliştirdikleri SDK ile odaklanma ile herhangi bir nesne tetiklenebilmektedir. Sanal bir piyanoya dokunmadan, sadece gözümüzle odaklanarak bir eser çalmak buna örnek olarak verilebilir. Şekil 1.5'te göz takip teknolojisi ve oyun içerisinde uyarlamasına ait bir görsel verilmiştir.



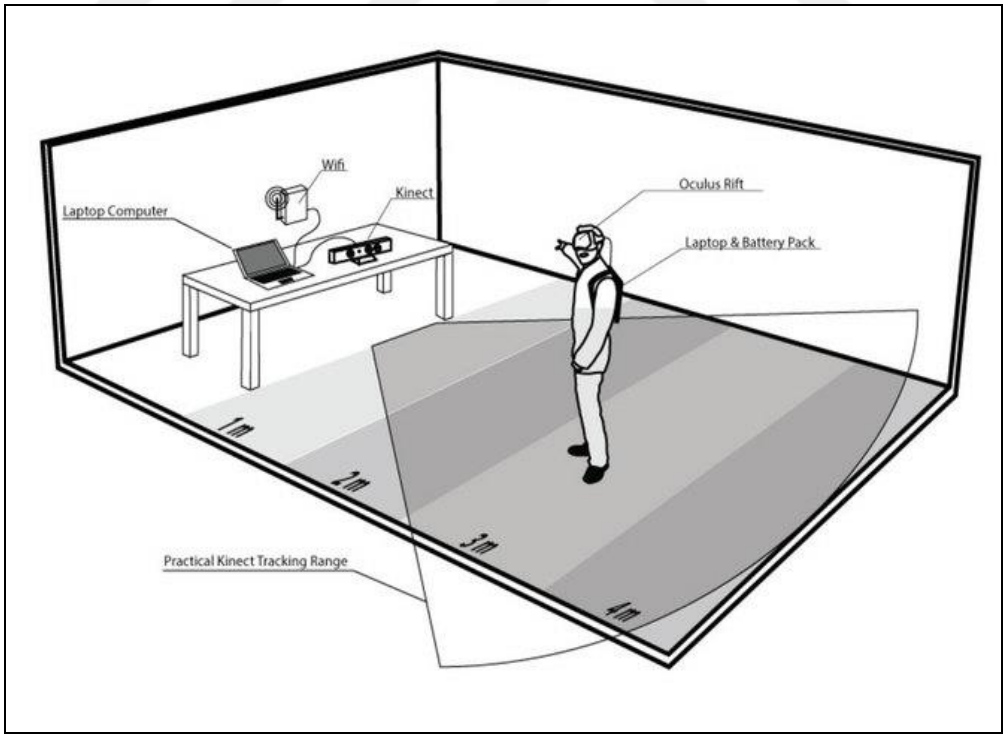
Şekil 1.5. Fove Göz Takip Teknolojisi ve Oyundaki Etkisi

Vücut izleme teknolojisi için bilinen üç adet yöntem bulunmaktadır. Bunlardan birincisi sensörler içeren giyilebilir bir kıyafettir. Günümüzde bu yöntemin henüz yaygın bir kullanımı bulunmamaktadır. Bunun yerine kafamızdaki kask ve elimizde tutacağımız kontrolcü sayesinde vücudun bir taslağı çıkarılmakta ve bacaklar hariç bir Şekilde sanal ortama aktarılmaktadır. Vücudun kafa ve eller haricinde kalan bölümlerinin yeri ise IK (Invers Kinematics – Ters Kinematik) teknolojisi kullanılarak tahmini bir Şekilde bulunmaktadır. HTC Vive, geliştirdiği bir prototipinde ayaklara da birer sensör ekleyerek kullanıcının hareketlerini daha kesin verilerle sanal ortama aktarılmasını sağlamıştır. Şekil 1.6'da geliştirilen prototipin uygulanmasına ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 1.6. HTC Vive – Çoklu Sensör Prototipi

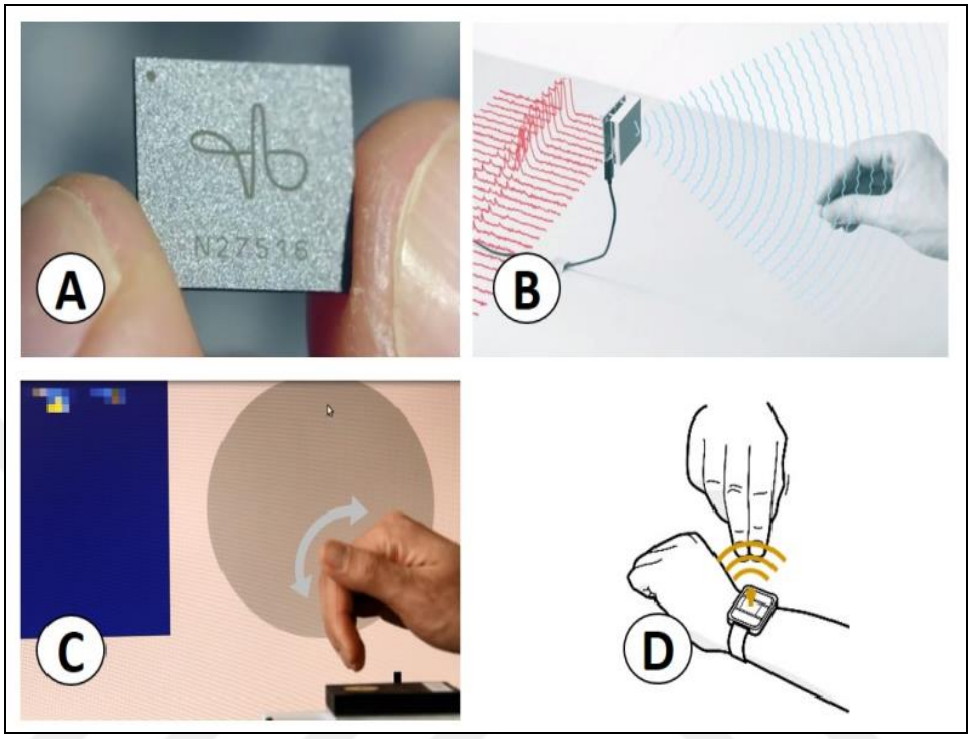
Vücut izleme teknolojisinde ikinci olarak kinect sensörleri örnek olarak verebiliriz. Bir masaya konumlandırılan kinect cihaz sayesinde kullanıcının hareketleri eksiksiz bir Şekilde algılanabilmektedir. Şekil 1.7'de buna ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 1.7. Kinect Sensörü ve VR Teknolojisi

Üçüncü yöntem ise Google'ın Project Soli adını verdiği giyilebilir bir bileklik ile sağladığı vücut izleme yöntemidir. Bu bileklik, düşük çaba gerektiren hareketleri

tanımak için bir jest tanıma algoritması içermektedir. Yapılan testlerde %87'lik bir doğruluk elde edilmiştir (Wang ve arkadaşları, 2016). Şekil 1.8'de bu cihaza ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 1.8. Google – Project Soli

VR teknolojisinin en büyük zorluklarından birisi de gerçek dünyada hareket edebileceğimiz alanın sanal dünyadaki kadar büyük ve elverişli olmamasıdır. Bu yüzden yürümek ve koşmak gibi eylemler kullanıcılar için zorlayıcı olmaktadır. VR oyun geliştiriciler ise mevcut sensörler ile avatarın hareketini sağlayacak çeşitli özellikler eklemektedirler. Elde tutulan kontrolcü ile gidilmek istenen konumun işaretlenmesi buna örnek olarak verilebilir. Fakat bu gerçeklikten biraz uzak bir çözümdür. Virtuix Omni isimli bir firma, VR kaskı ile kullanılabilen bir hareket bandı geliştirmiştir. Bu sayede VR kask takan kullanıcıyı sabit bir noktada tutarak, istediği konuma doğru yürüyebilme ve koşabilme yeteneği kazandırmıştır. Şekil 1.9'da bu cihaza ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 1.9. Virtuix Omni Hareket Bandı

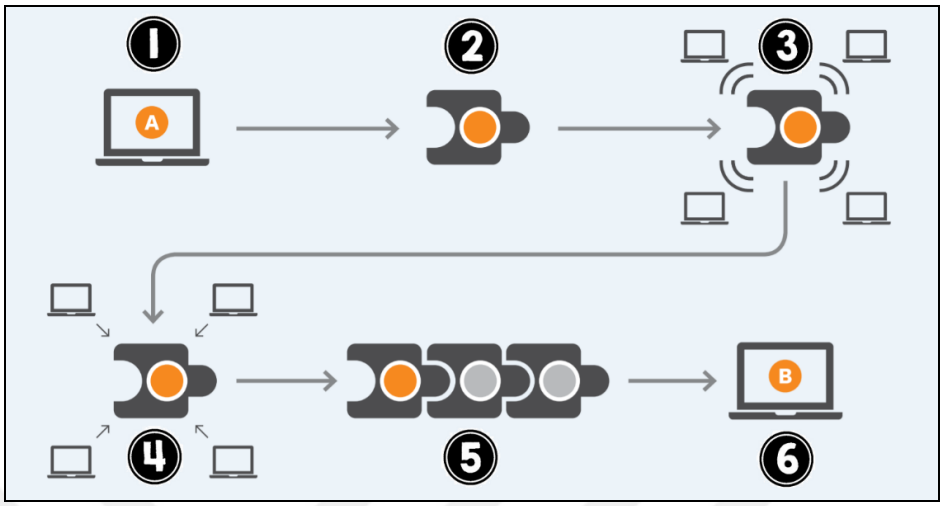
Blockchain (blok zinciri), işlem kayıtlarının listesini tutan bir dizi bloktur (Zheng ve ark., 2016). Blockchain, kriptografik veri bloklarından oluşmaktadır ve bu kavram, kendini Satoshi Nakamoto olarak tanıtan ve gerçek kimliği bilinmeyen biri tarafından yayınlanan Bitcoin makalesi ile 2008 yılında ortaya çıkmıştır (Nakamoto, 2008). Bu kişi ya da kişilerin gerçek kimliği çeşitli iddialar olmasına rağmen halen daha gizemini sürdürmektedir.

Blockchain dört adet ana özelliğe sahiptir. Bu özellikler; dağıtık veritabanı, eşler arası iletim, herkese açık (şeffaf) olması ve kayıtların geri döndürülememesidir. Blok zinciri teknolojisinin sağladığı birçok avantaj vardır. Bunlardan bazıları şunlardır;

- Kişiler arasındaki işlemlerde üçüncü bir tarafa ihtiyaç duyulmaz.
- İşlemler herkese açık ve görülebilir durumdadır.
- Gerçekleşen işlemler değiştirilemez ve şeffaf bir yapıya sahiptir.

Blok zinciri teknolojisi dijital para birimlerinden olan Bitcoin ile hayatımıza girmiştir ve sağladığı avantajlar nedeniyle günümüzde halen kullanılmaktadır. Buna ek olarak her geçen gün yeni uygulama alanları da doğmaktadır. Bu teknoloji çoğunlukla finans sektöründe kullanılmasıyla bilinmesine rağmen IoT (Internet of Things – Nesnelerin İnterneti), güvenlik ve güvenilirlik sistemleri, kimlik doğrulama, telif hakları, kamu sektörü ve sağlık gibi alanlarda da kullanılabilmektedir.

Blockchain teknolojisinin çalışma prensibi Financial Times firmasının hazırladığı Şekil 1.10'daki görselde verilmiştir.



Şekil 1.10. Blockchain'in çalışma prensibi

Blockchain'in çalışma prensibini Şekil üzerinden anlatacak olursak:

1. A kişisi B kişisine para göndermek istiyor
2. Bu işlem blok olarak oluşuyor
3. Oluşturulan blok ağa dahil ediliyor ve herkes bu bloktan haberdar oluyor
4. Ağdakiler bu bloğu onaylıyor
5. Onaylanan blok, zincire ekleniyor
6. A kişisinden B kişisine para aktarımı tamamlanıyor

Blok zinciri teknolojisi, sanal gerçeklik teknolojisi için çok uygun bir kullanım alanı sunmaktadır. Bu iki teknolojinin bir arada kullanılması ile güvenli bir sanal ortamın oluşturulabilmesi sağlanabilmektedir. Güvenli bir sanal ortamın temeli, sanal ortamdaki verilerin silinememesi, değiştirilememesi ve şeffaf olmasıdır. Verilerin teknoloji şirketlerince (3. taraf) yönetildiği bir sistemde bu verilerin güvenliği her zaman tehlikededir. Sanal ortamdaki verilerin güvenliği, bu teknoloji şirketlerinin elindedir ve istedikleri zaman değişiklik yapabilme yetkisine sahiptirler. Blok zincirinin sahip olduğu dağıtık veri tabanı, eşler arası iletim, şeffaflık ve kayıtların geri alınamaması gibi özellikler sayesinde veri güvenliği sağlanabilmektedir. Kısaca; blok zinciri, güvenli bir sanal ortamın temelini oluşturmaktadır.

1.1. Tezin Amacı

Sanal bir dünyada var olabilme fikri, insanlık için her zaman ilgi çekici olmuştur. Bulunduğumuz ortam fark etmeksizin akıllı telefonlardaki uygulamalar ile kendimizi zihnen başka yerlere götürerek bulunduğumuz yerden soyutlamaktayız. Bunu, bilgisayar veya konsol oyunu oynayan oyuncular için de söylemek mümkündür. En çok karşılaşılan bu örnekler, bireylerin zihnen bulunduğu ortamdan uzaklaşarak başka bir yerde bulunmak istediğini işaret etmektedir. Güvenlik, gerçek hayatta olduğu gibi sanal dünyanın da olmazsa olmazıdır. Sanal ortamda yer alan; avatarın, sahip olunan eşyaların, kişisel özelliklerin korunumu ve gizliliği büyük önem arz etmektedir. Bu tezin amacı; insanların kendi oluşturdukları avatarlarıyla (karakterleriyle) sanal bir ortamda güvenli Şekilde var olabileceği ve gerçek yaşama yakın bir deneyim sağlayabileceği bir ortamın (sanal, fantezi veya simülasyon) oluşturulmasıdır. Bu güvenli sanal yaşam, sanal gerçeklik teknolojisinin ve blok zinciri teknolojisinin sağladığı özelliklerin birlikte kullanılmasıyla gerçekleştirilebilmektedir. Bu sayede gerçek yaşama benzer güvenli bir sanal yaşamın kapıları aralanmış olacaktır. Sanal evren türüne göre bireyler; eğlenmek, sosyalleşmek veya eğitim almak için bu dünyalarda bulunabilme imkanına erişecektir.

1.2. Tezin Önemi

Bu tezde; sanal gerçeklik teknolojisinin blok zinciri teknolojisi ile kullanılmasının sağladığı faydalar ortaya konmaktadır. Bu tez, dijital dünyada yaşamın kapılarını aralayacak uygulama ve yöntemler içermektedir. Blok zincirinin sağladığı avantajların kullanılmasıyla hem 3. tarafa (teknoloji şirketlerine) olan bağımlılık azaltılacaktır, hem de güvenli bir sanal gerçeklik deneyimi kullanıcılara sunulacaktır. Ayrıca bu tez, sanal gerçeklik teknolojisini daha ileri seviyelere taşıyacak yöntemler de içermektedir. Birbiriyle çok alakasız gibi gözüken bu iki teknolojinin beraber kullanımıyla gelecekteki eğitim, eğlence ve sosyalleşme yöntemlerinde bir değişiklik olacağı ön görülmektedir.

1.3. Tezin Organizasyonu

1. bölüm olan giriş kısmında teze giriş yapılarak VR teknolojisi ve blok zinciri teknolojisi hakkında genel bilgiler verilmiştir. Bu bölümde her iki teknolojinin özellikleri, çalışma prensipleri ve kullanım alanları yer almaktadır. Ayrıca bu iki teknolojinin beraber kullanımıyla sağlanan faydalardan bahsedilmiştir. Son olarak tezin amacı ve önemine değinilmiştir.

2. bölüm olan kaynak araştırması kısmında, VR ve blok zinciri teknolojileri konusunda ayrı ayrı yapılan çalışmalar ve beraber kullanımıyla yapılan çalışmalar yer almaktadır.

3. bölüm olan materyal ve yöntem bölümünde VR ve blok zinciri teknolojilerinin tanımlamaları yapılarak detaylarına inilmiştir ve her iki teknolojinin tarihçesi, günümüzdeki kullanımları ve gelecekteki potansiyel durumuna değinilmiştir. Yöntem ölümünde ise VR ve blok zinciri teknolojilerinin kullanılmasıyla gerçekleştirilen çalışma detaylarıyla yer almaktadır.

4. bölüm olan uygulama kısmında ise geliştirilen uygulamanın mimari yapısından bahsedilerek uygulamanın geliştirilmesinde kullanılan bütün teknolojilere değinilmiştir. Kullanıcı, VR kask ve kontrolcü, mobil veya masaüstü aygıt, uygulama, sunucu, Infura API ve Ethereum blok zinciri etkileşimi ve bu birimlerin birbirleri ile iletişiminde kullanılan yöntemler detaylı olarak verilmiştir. Ayrıca geliştirilen uygulamanın kaba kodları da burada verilmiştir.

5. bölüm olan araştırma sonuçları ve tartışma bölümünde ise tezde elde edilen sonuçlar detaylı bir Şekilde verilmiştir.

6. bölümde, tezde elde edilen sonuçlar ve önerilerden bahsedilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Blok Zinciri Konusu Üzerine Yapılan Çalışmalar

Mart 2018 itibariyle Türkiye'de yapılan akademik çalışmalar incelendiğinde blok zinciri teknolojisiyle ilgili yapılan akademik çalışmaların çok az olduğu gözlemlenmiştir. Bu nedenle blok zinciri teknolojisini sistematik olarak inceleyen, araştırma alanlarını, açık konuları ve kullanım alanlarını tartışan akademik çalışmalara ihtiyaç duyulduğu gözlemlenmektedir (Ünsal ve Kocaoğlu, 2018).

Satoshi Nakamoto, 2008 yılında yaptığı çalışmada blok zinciri teknolojisini kullanarak, dijital para birimlerinden birisi olan Bitcoin'i geliştirmiştir (Nakamoto, 2008). Bitcoin günümüzde ödeme sistemlerinde de kullanılmaktadır. 2019 yılı başlangıcında 1 Bitcoin'in fiyatı yaklaşık 3800 ABD dolarına denk gelmektedir.

Leslie Lamport ve arkadaşları 1982 yılında Bizans Generalleri Problemi'ni bulmuşlardır (Lamport ve ark., 1982). Bu problemde, içlerinde hain bulunan generaller ile kaleye saldırma uzlaşısının sağlanması ele alınmıştır. Bu problemin çözümü konsensüs (fikir birliği) algoritmaları ile sağlanmaktadır.

Vitalik Buterin, 2015 yılında blok zincirini kullanarak dijital para birimlerinden biri olan Ethereum'u geliştirmiştir (Wood, 2014). 2019 yılı başlangıcında 1 Ethereum'un fiyatı yaklaşık 150 ABD dolarına denk gelmektedir.

Proof of Work (PoW) konsepti 1993 yılında Cynthia Dwork ve Moni Naor tarafından bulunmuştur, 1999 yılında Markus Jakobsson and Ari Juels tarafından resmileştirilmiştir (Dwork ve Naor, 1992) (Jakobsson ve Juels, 1999). PoW prensibinde madenciye yaptığı madencilik sonucunda ödül verilmektedir. Bitcoin ve Ethereum bu prensibi kullanmaktadır fakat Ethereum'un yakında PoS prensibine geçiş yapacağı bilinmektedir.

Proof of Stake (PoS) konsepti 2012 yılında Sunny King ve Scott Nadal tarafından bulunmuştur (King ve Nadal, 2012). PoS konseptine göre sanal para birimleri, sistem başlarken üretilir ve herkesin yatırımına göre paylaştırılır. PoW konseptine göre karşılaştırıldığında daha enerji verimlidir. Ayrıca sistem manipülasyon saldırısı (%51 saldırısı) bu prensipte gerçekleştirilemez.

Guy Zyskind ve Oz Nathan, 2015 yılında blok zinciri ile kişisel verilerin korunması üzerine bir çalışma yapmıştır (Zyskind ve Nathan, 2015). Geliştirdikleri sistem sayesinde işlemler finans yerine veri depolama, sorgulama ve paylaşma üzerine

kullanılmaktadır. Ayrıca bu çalışmada blok zincirinin kullanmanın avantajlarına ve gelecekteki genişlemelerine değinilmiştir.

Ahmed Kosba ve arkadaşları, 2016 yılında kriptografinin blok zinciri modeli ve akıllı sözleşmelerin korunumu ve gizliliği üzerine bir çalışma yapmıştır (Kosba ve ark., 2016). Kendi geliştirdikleri bir sistem olan Hawk Framework sayesinde blok zinciri ve kullanıcılar arasındaki kriptografik protokolün uygulanmasını kolaylaştırmışlardır.

Don Tapscott ve Alex Tapscott, 2016 yılında blok zincirinin dünyayı, iş hayatını ve parayı nasıl değiştirdiği hakkında bir çalışma yapmıştır (Tapscott ve Tapscott, 2016). Bu çalışmada blok zincirinin global ödeme sistemleri, veri korunumu ve sahiplik üzerine potansiyel etkilerinden bahsedilmiştir.

Marc Pilkington, 2016 yılında blok zinciri ilkeleri ve uygulamaları üzerine bir çalışma yapmıştır (Pilkington, 2016). Bu çalışmada blok zinciri teknolojisinin devrim yaratacak bir teknoloji olduğundan ve şu anda yeni gelişmekte olmasına rağmen sağladığı sosyo-ekonomik faydalarından bahsedilmiştir. Ayrıca spor, sanat ve turizm gibi farklı alanlarda da uygulaması olabileceğinden bahsetmiştir.

Asaph Azaria ve arkadaşları, 2016 yılında blok zinciri teknolojisinin tıbbi verilere erişim ve izin yönetimi konusunda bir çalışma yapmışlardır (Azaria ve ark, 2016). Geliştirdikleri MedRec adındaki bir sistem sayesinde hastaların bütün verileri değiştirilemez Şekilde tutulmaktadır. Hassas bilgilere erişilmesinde ve verilerin paylaşımında kimlik doğrulama özelliği kullanılmaktadır. Ayrıca veriler, merkezi olmayan (dağıtık) sunucularda yer aldığı için içerik saldırısına maruz kalmayacaktır.

Kamanashis Biswas ve Vallipuram Muthukkumarasamy, 2016 yılında blok zinciri teknolojisinin akıllı şehirlerdeki kullanımı üzerine bir çalışma yapmışlardır. IoT, bulut bilişim, kablosuz ağ sistemleri gibi teknolojilerin şehirlerde kullanılmasıyla akıllı şehirler denilen kavram ortaya çıkmıştır. Yapılan çalışmada akıllı şehirlerde güvenli iletişimin sağlanabilmesi için blok zinciri kullanımı önerilmiştir. Bu sayede şehirlerdeki IoT cihazları dağıtık bir yapıda güvenli bir Şekilde haberleşecek ve birçok tehdide karşı daha dayanıklı bir sistem oluşturulmuş olacaktır (Biswas ve Muthukkumarasamy, 2016).

Karl Wüst ve Arthur Gervais, 2018 yılında blok zinciri teknolojisinin uygulama problemlerinin çözümünde uygulanacak teknikleri belirleyen bir çalışma ortaya koymuşlardır. İzinsiz blok zinciri adını verdikleri yöntemde blok zinciri ağına katılan her kişinin yazar veya okuyucu olarak katılabilmektedir. Bu yöntemi tedarik zinciri yönetimi, bankalar arası ve uluslararası ödemeler ve merkezi olmayan bağımsız

kuruluşlar gibi üç farklı kullanım durumu derinlemesine analiz etmişlerdir (Wüst ve Gervais, 2018).

Xiwei Xu tarafından 2016'da yapılan çalışmada blok zincirinin bir yazılım konektörü (software connector) olarak kullanılması üzerine bir çalışma yapılmıştır. Bu çalışmada blok zincirinin sağladığı güvenlik, gizlilik, ölçeklenebilirlik ve sürdürülebilirlik gibi özelliklerin sağladığı avantajların yazılım mimarisinde kullanılmasıyla ortaya çıkan performans ve kalite artışı incelenmiştir. Blok zincirinin geleneksel veri depolama yöntemlerine tercih edilmesinin sağladığı avantaj ve dezavantajlardan bahsedilmiş ve ayrıca yazılım konektörü olarak kullanımının özel sonuçları araştırılmıştır (Xu ve ark., 2016).

Ali Dorri ve arkadaşları tarafından 2017'de IoT cihazları için optimize edilmiş blok zinciri teknolojisi üzerine bir çalışma yapılmıştır. IoT cihazları için blok zincirinin sağladığı güvenlik ve gizlilik özelliğinin avantajlarını koruyan, optimize edilmiş bir blok zinciri tabanlı bir mimari önerilmiştir. Geliştirilen blok zinciri mimarisine saldırı testleri uygulanmış ve saldırılar başarısız olmuştur. Ayrıca blok zincirinin IoT'deki uygulamasında karşılaşılan yüksek kaynak tüketimi, ölçeklenebilirlik ve işlem süresi gibi zorluklarından da bahsedilmiştir (Dorri ve ark., 2017).

Zhou ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan bir çalışmada blok zincirinin büyük başarılara imza atmasının yanı sıra düşük verim ve yüksek işlem gecikmesi gibi performans sorunlarını beraberinde getirdiğini vurgulamışlardır ve buna bir çözüm sunmuşlardır. Sundukları çözüm blok zincirini ölçeklendirilebilir bir yapıya kavuşturmaktır. Sharding, Sidechain ve Cross-Chain adındaki tekniklerle bu ölçeklenebilirlik sorununun çözülebileceğini öne sürmüşlerdir (Zhou ve ark., 2020).

Li ve arkadaşları, 2020'de yaptıkları bir çalışmada blok zinciri sistemlerini inceleyerek güvenlik risklerini araştırmışlardır. Blok zinciri sistemlerine yapılan gerçek saldırıları araştırarak bu saldırılarda kullanılan güvenlik açıklarını analiz etmişlerdir. Ayrıca bunlara ek olarak ileriye yönelik bazı önerilerde bulunmuşlardır (Li ve ark., 2020).

Zheng ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada blok zincirinin güvenlik ve güvenilirlik açısından eksiklerini kapatan bir çözüm ileri sunmuşlardır. Kendi geliştirdikleri NutBaaS adındaki bir backend-as-a-service (hizmet olarak arka uç - BaaS) platformu sayesinde bulut bilişim üzerinden blok zinciri hizmeti sağlamaktadırlar. Ayrıca blok zincirinin güvenlik açıklarını kapatmakla kalmayı kimlik zinciri teknolojisi ve akıllı sözleşmelerde güvenlik açığı algılama gibi gelişmiş teknik

yöntemler de sunulmaktadır. Geliştirdikleri platformun gelecekte nasıl bir Şekilde geliştirilebileceğinden de bahsetmişlerdir (Zheng ve ark., 2019).

Dai ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada blok zinciri teknolojisi ile IoT entegrasyonu araştırılmıştır ve BCoT (Blokchain of Things – Nesnelerin Blok Zinciri) adında bir mimari önerisinde bulunulmuştur. Yapılan çalışmada 5G için blok zinciri kullanımı ve endüstriyel uygulamalar üzerine ayrıntılı bir inceleme yer almaktadır (Dai ve ark., 2019).

2.2. Sanal Gerçeklik Konusu Üzerine Yapılan Çalışmalar

Sanal gerçeklik ile yapılan çalışmalar incelendiğinde blok zincirine kıyasla daha çok çalışma yer almaktadır.

Morton Heilig, 1962 yılında Sensorama adını verdiği bir sanal gerçeklik cihazı geliştirmiştir. İlk sanal gerçeklik cihazı olarak da bilinmektedir (Burdea ve Coiffet, 1994). Bu cihaz görme duyusuna hitap etmenin dışında işitme, dokunma ve koklama duyularına da hitap etmektedir. Kullanıcıya adeta tek kişilik bir tiyatro deneyimi sağlamak üzere geliştirilmiştir. Gerçekçi bir his kazandırmak için üç boyutlu renkli film, ses, rüzgâr ve koku öğelerini içermektedir. Kullanıcılardan girdi almamakta, sadece kullanıcıya çıktı vermek üzere tasarlanmıştır (Halarnkar ve ark., 2012).

Ivan Sutherland, 1968 yılında Sword of Damocles (Damocles'in Kılıcı) adını verdiği, tavana sabitlenerek kullanılabilen bir sanal gerçeklik cihazı geliştirmiştir (Boas, 2013). Taşınabilir bir cihaz olmaması bu cihazın en büyük dezavantajlarındandır. Günümüz cihazların gelişiminde önemli rol oynamıştır.

SEGA isimli oyun ve donanım geliştirme firması, 1993 yılında Sega VR adını verdikleri cihaz giyilebilir ilk sanal gerçeklik kaskını geliştirmiştir (Horowitz, 2004). Geliştirilen cihazın giyilebilir ve taşınabilir olması en büyük avantajlarındandır. Sega VR, günümüz VR cihazlarında da görülen uzun kullanımda baş dönmesine sebep olması sorununu içermekteydi.

Sony firması, 2002 yılında Sony PUD-J5A adında bir sanal gerçeklik kaskı geliştirilmiştir (Nagaya ve ark., 2005). Geliştirilen bu cihaz üzerinde tereskopi ve kafa hareketi izleme teknolojilerini barındırmaktadır. Ayrıca ayarlanabilir kulaklık ve USB girişi de içermektedir.

Palmer Luckey, 2012 yılında bir Oculus Rift adını verdiği sanal gerçeklik kaskının prototipini tanıtmış ve isminden büyük söz ettirmiştir (LaValle ve ark., 2014).

Oculus Rift, sanal dünyadaki ortamı kaskın içerisindeki ekrana yansıtmaktadır. Kaskta yer alan sensörler kullanıcının eylemini VR ortamına aktarmaktadır. Aktarılan eylem sonucunda elde edilen görsel ise ekrana yansıtılmaktadır. Günümüzde de bu cihazın daha gelişmiş versiyonlarını üreterek adından söz ettirmektedir.

Gustavo Saposnik, 2010 yılında sanal gerçekliğin felçli hastaların rehabilitasyonundaki etkinliği üzerine bir çalışma yapmıştır (Saposnik ve ark., 2010). Yaptıkları çalışmada VR oyunlarının felçli hastaların iyileşmesi için güvenli bir Şekilde uygulanabilen etkili bir yöntem olduğu görülmüştür. Sanal gerçeklik teknolojisi, felçli hastalar için umut vermektedir.

Myura Nagendran ve arkadaşları, 2013 yılında Laparoskopik cerrahide kursiyerlere sanal gerçeklik eğitimi verilmesi üzerine bir çalışma yapmıştır (Nagendran ve ark., 2013). Yapılan bu çalışma ile eğitime katılan kursiyerlerin cerrahi operasyon süresini kısaldığı ve ameliyat performansının arttığı görülmüştür.

Daniel A. Guttentag, 2010 yılında sanal gerçekliğin turizm üzerindeki uygulamaları ve etkileri konusunda bir çalışma yapmıştır (Guttentag, 2010). Bu çalışmada turizm sektöründe VR teknolojisinin kullanımının öneminden ve gelecekteki potansiyel kullanımlarından bahsedilmiştir. İnsanların tehlikeli bölgelere gitmektense VR teknolojisini kullanarak orada bulunabilmesi örneği verilmiştir.

Maria T. Schultheis ve Albert A. Rizzo tarafından 2001'de sanal gerçeklik teknolojisinin rehabilitasyon amaçlı kullanımı üzerine bir çalışma yapılmıştır. VR teknolojisinin kullanımıyla ekolojik olarak uyarıcı ortamlar yaratılması, kontrol edilebilmesi ve davranışların kayıt edilmesi gibi faydalı özellikler kullanılabilmektedir. Sonuç olarak VR teknolojisinin rehabilitasyon için çok etkili ve faydalı bir uygulama alanı olduğu sonucu ortaya çıkmıştır ve bu çalışmada iki adet örnek uygulama sunulmuştur (Schultheis ve Rizzo., 2001).

Polina Hafner ve arkadaşları, 2013 yılında sanal gerçeklik teknolojisinin mühendislik eğitiminde bir öğretme yolu olarak kullanılması üzerine bir çalışma yapmıştır. Bu çalışma lisans ve yüksek lisans öğrencileri üzerinde test edilmiş ve öğrencileri motive edici etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bu çalışma ile endüstriyel projeler simüle edilmiştir, takım çalışması sağlanarak zaman yönetimi kavramı öğretilmiştir ve öğrencilerin hata yaparak öğrenmesi sağlanmıştır (Hafner ve ark., 2013).

Pedro Gamito ve arkadaşları, VR teknolojisinin kullanımıyla felçli hastalara bilişsel (kognitif) rehabilitasyon uygulanmasını içeren bir çalışma yapmışlardır. Bu

çalışmada günlük yaşam aktivitelerini içeren bir VR oyunu geliştirilmiştir ve yirmi felci hasta üzerinde deneyimlenmiştir. Elde edilen sonuçlara göre felçli hastalarda bilişsel hafıza rehabilitasyonu ve dikkat fonksiyonlarında VR teknolojisinin etkili olduğu görülmüştür (Gamito ve ark., 2017).

Timothy Jung ve arkadaşlarının 2016'da yapmış olduğu çalışmada sanal gerçekliğin müzelerdeki ziyaret deneyimine olan etkisi araştırılmıştır. VR teknolojisinin turizm teknolojisinin yerine geçmesinden ziyade bu teknoloji, müzelere olan ziyareti artıracak bir yararlı bir araç olarak görülmüştür. Çalışmada turist deneyiminin artmış olduğu sonucuna varılmıştır. Deneyimin daha da iyileştirilmesi için turistlerin kendilerini o ortamda hissetmelerini sağlayacak yüksek çözünürlükte görüntüler ve yüksek kalitede sesler kullanılması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca avatarlar ve üç boyutlu animasyonlar kullanılması da deneyimi olumlu yönde etkileyeceği belirtilmiştir (Jung ve ark., 2016).

Julie Fogarty ve arkadaşlarının 2017 yılında yaptıkları çalışmada, VR teknolojisinin ruh sağlığına olan etkileri incelenmiştir. Bireyleri etkileyen olayların bilgisayar ile tekrarlanarak üstesinden gelinmesi hedeflenmektedir. Bu çalışmada ile VR teknolojisinin zihinsel sağlık sorunlarının tanı ve tedavisinde önemli bir rol oynayabileceği sonucuna varılmıştır (Fogarty ve ark., 2017).

Belinda Lange ve arkadaşları, 2010 yılında VR teknolojisinin kullanımı ile yaşlanmaya bağlı olarak ortaya çıkan hastalıkların ve sorunların önüne geçilebileceği sonucu ortaya konmuştur. VR teknolojisinin kullanımı ile kasların çalışması mümkün olmakla beraber duyulara da hitap edilebildiği için bireyin duyusal motor işlevlerine de katkı sağlamaktadır (Lange ve ark., 2010).

Matamala-Gomez ve arkadaşları tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada sanal gerçeklikte somutlaşmış bir sanal bedenin manipülasyonunu araştıran deneysel ve klinik çalışmalar gözden geçirilmiştir. Sanal bir bedenin ağrı alanında ve nörorehabilitasyon alanında kullanılarak vücut algısını manipüle etmenin yöntemleri hakkında bir çalışma yapılmıştır (Matamala-Gomez ve ark., 2019).

Radianti ve arkadaşları tarafından 2020 yılında yapılan bir çalışmada sanal gerçeklik teknolojisinin yüksek öğrenimde kullanılmasıyla elde edilen avantajlar incelenmiştir. İnceleme temel olarak; başarılı VR tabanlı öğrenme içerikleri, VR tasarım öğeleri ve öğrenme teorileri olan üç noktayı kapsamaktadır. İnceleme sonucunda eğitim amaçlı olarak VR teknolojisinin umut verici bir alan olarak görüldüğü vurgulanmıştır (Radianti ve ark., 2020).

Yung ve Khoo-Lattimore tarafından 2019 yılında yapılan bir çalışmada sanal gerçekliğin turizm araştırmalarında kullanılmasına yönelik bir literatür taraması yapılmıştır. Yapılan çalışmada seyahat acenteleri ve tur operatörleri gibi turizmde faaliyet gösteren firmaların VR istasyonlarına sahip olmasının getirdiği faydalar ortaya konulmuştur (Yung ve Khoo-Lattimore, 2019).

2.3. Sanal Gerçeklik ve Blockchain Kullanılarak Gerçekleştirilen Çalışmalar

Literatürde blok zinciri ve sanal gerçeklik kullanılarak yapılan çalışmaların sayısı yok denecek kadar azdır. Bunun sebebi ise blok zinciri teknolojisinin yakın geçmişte ortaya çıkması ve sanal gerçeklik teknolojisinin yeni yeni gelişmekte olmasıdır.

Esteban Ordano ve arkadaşları blok zinciri ve sanal gerçeklik teknolojisini kullanarak Decentraland adını verdikleri Ethereum ile desteklenmiş bir platform oluşturmuşlardır (Ordano ve ark., 2018). Bu platformda kendi oluşturdukları dijital para birimi olan MANA adında token (jeton) kullanılmaktadır.

Primavera De Filippi, blok zinciri tabanlı sanal uluslarda vatandaşlık hakkının tanınabilmesine yönelik çalışma yapmıştır (De Filippi, 2018). Blok zinciri temelli sanal ulusların yaratılma ihtimaline değinerek bu uluslarda insanlara vatandaşlık hakkının tanınmasından bahsedilmiştir.

Cannavo ve Lamberti tarafından 2020 yılında yapılan çalışmada sanal gerçeklik ve blok zinciri teknolojilerini birleştirmenin mümkün olduğunu ve bazı alanlarda bunların entegrasyonunun şirketler ve akademik araştırmacılar için ilginç fırsatlar yarattığı ortaya konulmuştur. Ayrıca blok zincirinin VR ve AR çözümlerine entegrasyonu ile elde edilen faydalardan bahsedilmiştir (Cannavo ve Lamberti, 2020).

3. MATERYAL VE YÖNTEM

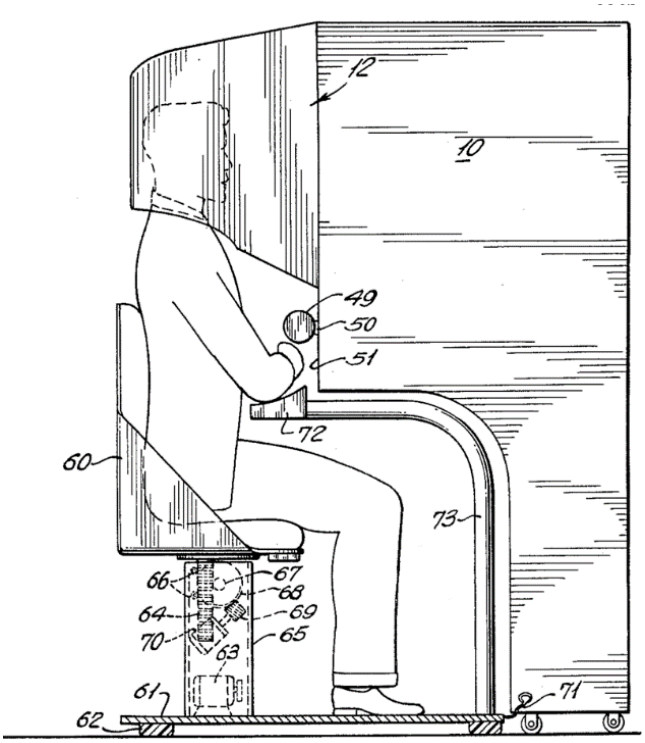
3.1. Sanal Gerçeklik

VR, insan ve makine arasındaki iletişim ve etkileşimi artırmak için geliştirilen, insan duyularına hitap eden bir teknolojidir (Kurbanoğlu, 1996). En popüler tanımı; gerçek zamanlı animasyon üretebilme yeteneğine sahip, hareket algılayıcı sensörler ve eldiven ile kontrol edilebilme özelliğine sahip başa takılan stereskopik bir ekranın kullanımıdır (Steuer, 2009).

3.1.1. Sanal gerçekliğin tarihçesi

Günümüzde yaygınlaşmaya başlayan VR teknolojisini daha iyi anlayabilmek için geçmişten günümüze kadar gelmesinde hangi evrelerden geçtiğine bakmak gerekmektedir.

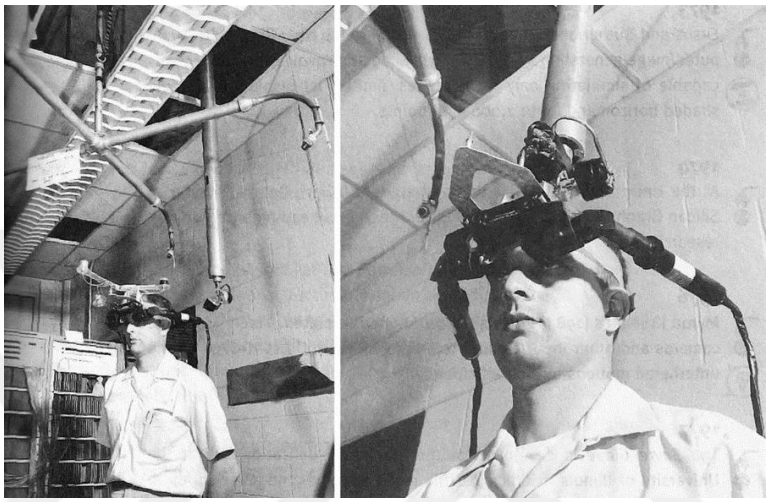
İlk VR cihazı Morton Heilig tarafından 1962 yılında geliştirilen Sensorama adını verdiği bir cihazdır (Burdea ve Coiffet, 1994). Şekil 3.1'de bu cihazın şekli verilmiştir.



Şekil 3.1. Sensorama (İlk VR Cihazı)

Sensorama, kullanıcının kafasını kapsayan bir donanıma sahip olduğu için pek kullanışlı değildir. Ayrıca dönemin teknolojisi yeterince gelişmediği için kullanımı çok kısıtlıdır.

Sword of Damocles (Damocles'in Kılıcı), 1968 yılında Ivan Sutherland tarafından geliştirilmiştir (Boas, 2013). Geliştirilen bu cihaz, tavana sabitlenerek kullanılmaktaydı. Şekil 3.2'de bu cihazın görseli verilmektedir.



Şekil 3.2. Sword of Damocles VR Cihazı

Yıllar ilerledikçe VR kaskları daha da küçülmeye başlamıştır. Sega, Japonya merkezli oyun ve donanım geliştirme şirketidir. 1993 yılında geliştirdikleri ve Sega VR adını verdikleri cihaz, giyilebilir ilk VR kaskı olarak da tanımlanmaktadır (Horowitz, 2004). Bu cihaz Şekil 3.3'te verilmiştir.



Şekil 3.3. Sega VR Cihazı

2002 yılında Sony firması tarafından Sony PUD-J5A VR kaskı geliştirilmiştir. Bu kaskın en önemli özelliği stereoskopi teknolojisini kullanarak her bir göze farklı görüntü vermektir (Nagaya ve ark., 2005). Şekil 3.4'te bu kaska ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.4. Sony PUD-J5A VR Cihazı

Palmer Luckey, 2012 yılında bir Oculus Rift adını verdiği VR kaskının prototipini tanıtmış ve isminden büyük söz ettirmiştir (LaValle ve ark., 2014). Oculus Rift, sanal dünyadaki ortamı kaskın içerisindeki ekrana yansıtmaktadır. Kaskta yer alan sensörler kullanıcının eylemini VR ortamına aktarmaktadır. Aktarılan eylem sonucunda elde edilen görsel ise ekrana yansıtılmaktadır. Buna ilişkin görsel Şekil 3.5'te verilmiştir.



Şekil 3.5. Oculus Rift VR Cihazı ve Çalışma Prensibi

3.1.2. Günümüzde sanal gerçeklik

Günümüzde VR kaskı üreten birçok firma vardır. Bu firmaların ürettiği kasklardan bazıları şunlardır; Valve Index, Oculus Rift, Sony PlayStation VR HTC Vive, Oculus Go, Samsung Gear VR, HTC Vive Pro, Lenovo Mirage Solo VR. Bu kasklardan bazılarının detaylı özellikleri çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Günümüzdeki VR Cihazları

Cihaz Adı	Görsel	Görüş Açısı	Çözünürlük	Yenileme Hızı	Sensörler
Valve Index		130°	2880 x 1600	144Hz	İvmeölçer, jiroskop, harici kemara
HTC Vive		110°	2160×1200	90Hz	İvmeölçer, jiroskop
Oculus Rift		110°	2160×1200	90Hz	İvmeölçer, jiroskop, manyetometre
PSVR		110°	1920×1080	120Hz	İvmeölçer, jiroskop

3.1.3. Sanal gerçekliğin kullanım alanları

Teknolojinin giderek gelişmesiyle ve ucuzlamasıyla VR kasklarına erişim kolaylaşmıştır. Bu sayede bireysel veya kurumsal olarak VR kaskı kullanımı yaygınlaşmıştır. Evlerde kişisel kullanımın yanı sıra üniversitelerde, liselerde eğitim amaçlı olarak VR teknolojisinin kullanıldığı görülmektedir.

Günümüzde sanal gerçeklik teknolojisinin çok fazla kullanım alanı vardır. Bunlar;

- Eğlence
- Eğitim
- Sağlık
- Mühendislik ve Mimarlık
- Satış ve Pazarlama
- Askeri Eğitim

VR teknolojisinin eğlence sektöründeki kullanımına bir örnek olarak, tarihte ilk kez 26 Ağustos 2019 günü canlı olarak bir VR konseri verilmiştir. Elektronik kemancı Lindsey Stirling'in kendi avatarıyla verdiği bu konser, YouTube ve Facebook üzerinden canlı olarak yayınlanmıştır. HTC Wave ve Oculus Rift VR kaskları yardımıyla vücut ve yüz hareketlerini yakalama teknolojileri kullanılmıştır. Şekil 3.6'da bu konsere ait bir ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 3.6. Lindsey Stirling VR Konseri

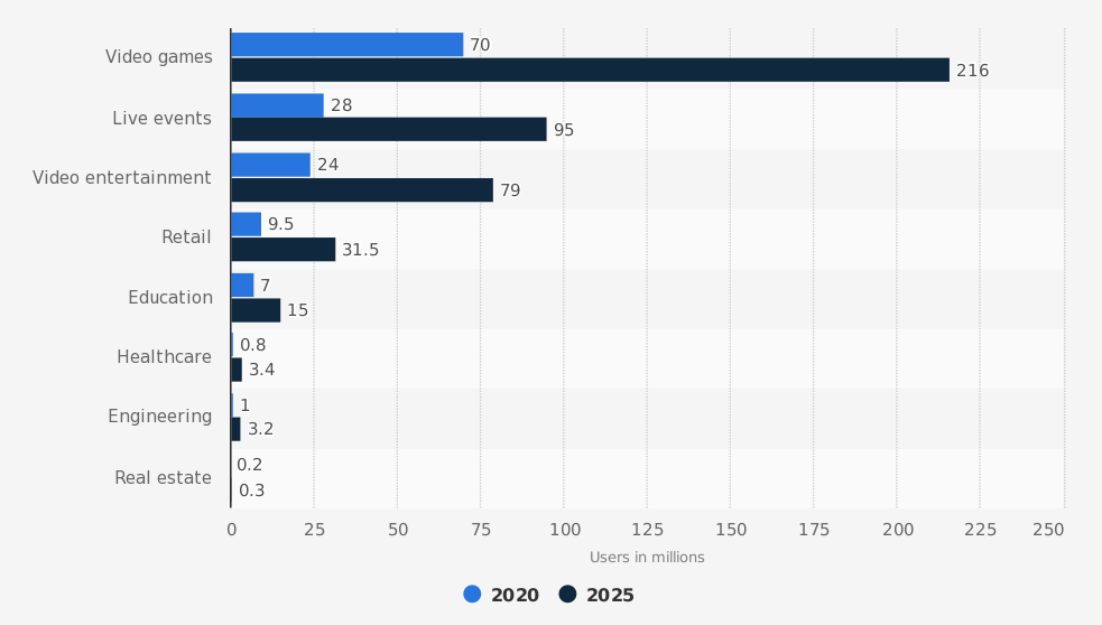
Edgar Dale'nin 1946'da yayınladığı bir çalışmasında insanların okuduğunun %10'sini, duyduğunun %20'sini, görüp ve duyduğumuzun %50'sini, söylediğimizin %70'ini ve yaşadığımızın %90'ını 2 hafta sonra hatırladığımızı belirtmektedir (Dale, 1946). VR teknolojisinin eğitimde kullanılmasıyla öğrenciler gerçeğe yakın bir deneyim yaşayarak eğitim almaktadırlar. Bu sayede gerçek hayatta mümkün olmayacak deneyimler elde edilebilmektedir. Örneğin bir doktor adayı olan öğrencinin VR teknolojisi kullanarak ameliyat yapmayı öğrenmesi, bir polis adayı öğrencinin karşılaşabileceği zor durumlarda yapması gerekenler simülasyon ortamında deneyimlenebilmektedir. Buna göre VR teknolojisi kullanarak gerçeğe yakın deneyim sağlayan öğrencilerin 2 hafta sonrasında %90 kadar olmasa da bu sonuca yakın bir hatırlama oranına sahip olacağı anlamı çıkartılabilmektedir.

Literatürde VR teknolojisinin tıp alanında kullanımı ile ilgili yapılan birçok araştırma bulunmaktadır. Tıp eğitiminde VR teknolojisi kullanılarak yapılan ameliyat simülasyonları ile ameliyat başarısını artırmaya yönelik çalışmalar mevcuttur. Buna ek olarak VR teknolojisi kullanılarak psikolojik sorunu olan bireyin rahatsızlığını gidermeye yönelik çalışmalar da literatürde yer almaktadır. Ayrıca çeşitli uzuvları olmayan veya kısmi felçli hastalar için de VR teknolojisi kullanılarak bireylerin

kendilerini ifade edebilecekleri, sosyalleşebilecekleri ve zihinsel olarak rahatlama yaşayabilecekleri bir ortam sağlanabilmektedir.

3.1.4. Sanal gerçekliğin geleceği

Statista, önde gelen istatistik şirketlerinden biridir ve kendi hazırladıkları istatistikleri internet üzerinden paylaşmaktadır. Statista tarafından yapılan bir araştırmada VR ve artırılmış gerçeklik (Augmented Reality - AR) teknolojilerinin 2020 ve 2025 yıllarındaki kullanım alanları kullanıcı sayısı (milyon) bazında verilmiştir. Buna ilişkin görsel Şekil 3.7'de yer almaktadır (Anonim, 2018).



Şekil 3.7. VR ve AR Teknolojilerinin 2020 ve 2025 Yıllarındaki Tahmini Kullanım Alanları

Günümüzdeki VR kasklarının en büyük dezavantajları aşağıda listelenmiştir:

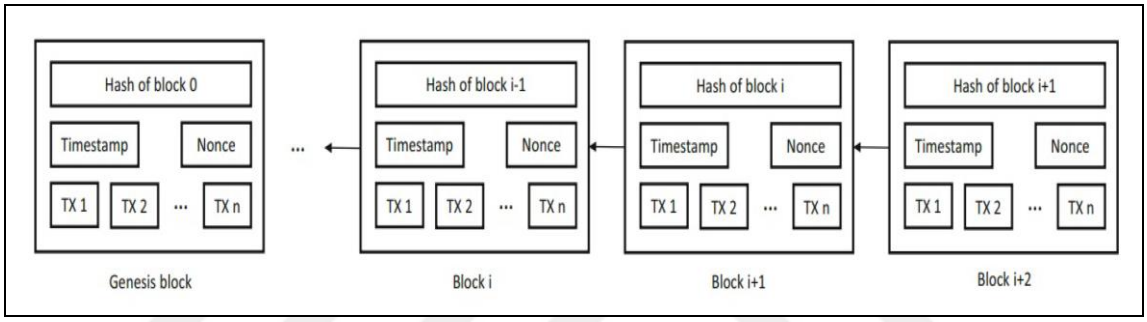
- Ekran çözünürlüğünün düşük olması sebebiyle gözleri yorması
- Ağırlığının çok olması ve giyimin zor olması
- Uzun kullanımda mide bulantısı yaşatması
- Kablolu olması nedeniyle hareketi zorlaştırması
- Fiyatlarının pahalı olması

Belirtilen bu dezavantajlar ortadan kaldırıldığında sanal gerçeklik teknolojisine olan ilgi artacak ve VR teknolojisinin büyümesi ivme kazanacaktır.

3.2. Blockchain

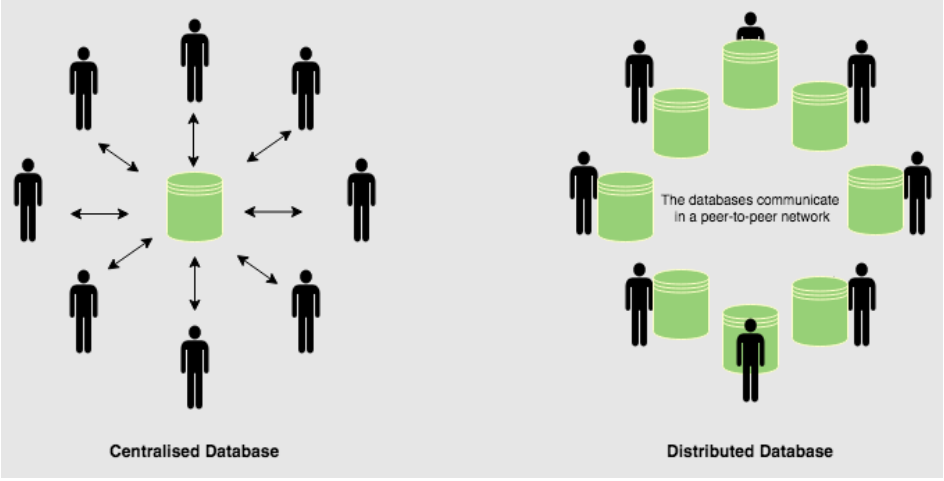
Blockchain, işlem kayıtlarının listesini tutan bir dizi bloktur (Zheng ve ark., 2016). Blockchain, kriptografik veri bloklarından oluşmaktadır. Blockchain dört adet ana özelliğe sahiptir. Dağıtık veritabanı, eşler arası iletim, herkese açık (şeffaf) olması ve kayıtların geri döndürülememesidir.

Blok zincirindeki ilk bloğa Genesis blok adı verilmektedir. Her bir blok; blok numarası, timestamp (zaman damgası), blok hash değeri, önceki bloğun hash değeri, nonce değeri ve veri içermektedir. Şekil 3.8'de blokzincirinin yapısına ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.8. Blokzinciri Yapısı

Blok zinciri, dağıtık olması özelliği ile merkezi bir veri tabanına bağlılığı yoktur. Veriler, ağa dahil olan her bir uçta tutulmaktadır ve buradaki veriler uçtan uça iletilmektedir. Geleneksel veri tabanında ise bütün veriler tek bir ver tabanında tutulmaktadır. Şekil 3.9'da buna ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 3.9. Merkezi Veritabanı ve Dağıtık Veritabanı Karşılaştırması

Blok zinciri, merkezi bir otoriteye olan ihtiyacı ortadan kaldırdığı için maliyetleri düşürür ve gerçekleştirilen işlemlerin daha hızlı olmasını sağlar. Verilerin ağa dahil olan her bir uçta yer alması sayesinde ağa eklenen her bir nesnenin bu ağda yer alan her bir uçtaki veriler ile kontrol edilmesi sayesinde veirlerde değişiklik yapmak mümkün olmamaktadır. Blok zincirinin verilerin korunumu konusundaki en büyük dezavantajı %51 saldırısıdır. Ağdaki uçların %51'ini ele geçiren birisi ağdaki istediği değişikliği yapabilir.

Blok zinciri için her geçen gün yeni uygulama alanları doğmaktadır. Bu teknoloji çoğunlukla finans sektöründe kullanılmasıyla bilinmesine rağmen IoT (Internet of Things – Nesnelerin İnterneti), güvenlik ve güvenilirlik sistemleri, kimlik doğrulama, telif hakları, kamu sektörü ve sağlık gibi alanlarda da kullanılabilmektedir.

Blok zinciri teknolojisinin sağladığı birçok avantaj vardır. Bunlardan bazıları şunlardır;

- Kişiler arasındaki işlemlerde üçüncü bir tarafa ihtiyaç duyulmaz.
- İşlemler herkese açık ve görülebilir durumdadır.
- Gerçekleşen işlemler değiştirilemez ve şeffaf bir yapıya sahiptir.

Blok zinciri teknolojisi, dijital para birimlerinden olan Bitcoin (BTC) ile hayatımıza girmiştir ve sağladığı avantajlar nedeniyle günümüzde aktif olarak kullanılmaktadır. İnsanlar günümüzde Bitcoin para birimi ile sanat eserleri, otomobil veya teknolojik araçlar alabilmektedirler. 15 Mart 2021 tarihi ile 1 Bitcoin'in USD olarak değeri 57.282,7543'tür. Şekil 3.10'da son 5 yıla ait BTC / USD grafiği verilmektedir.



Şekil 3.10. BTC / USD Grafiği

Ethereum (ETH), merkezi olmayan ve akıllı sözleşmeler içeren bir blok zinciri türüdür (Wood, 2014). Ethereum, günümüzde Bitcoin gibi bir dijital para olarak kullanılmaktadır. 2 Nisan 2021 tarihi ile 1 Ethereum'un USD olarak değeri 2.096,64'tür. Şekil 3.11'de son 5 yıla ait ETH / USD grafiği verilmektedir.



Şekil 3.11. ETH / USD grafiği

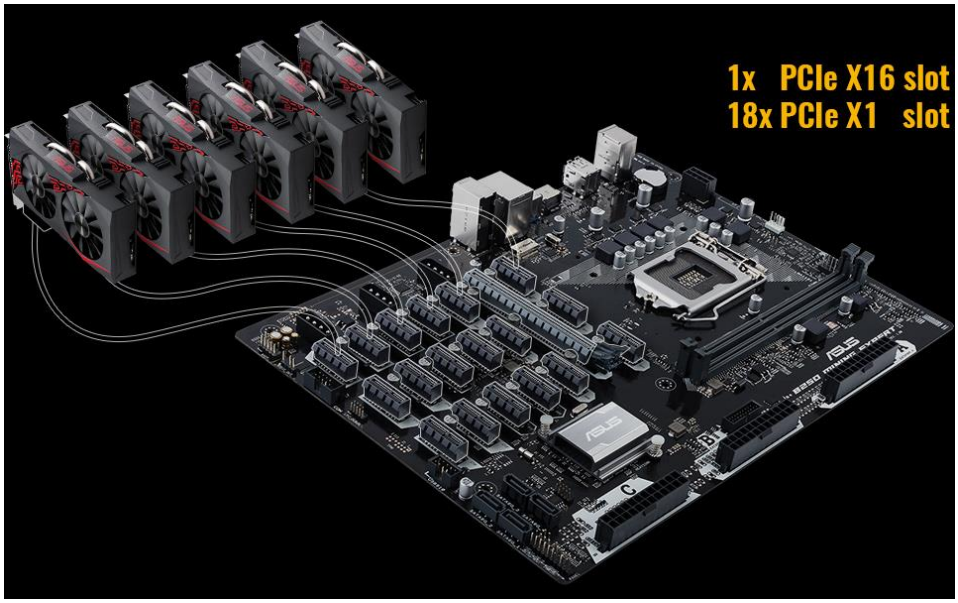
3.2.1. Blockchain terimleri

Blockchain, içerisinde birçok kritik terim barındırmaktadır. Bu terimler blok zincirinin yapısını anlamak açısından önemlidir. Bu terimler aşağıda maddelendirilmiş ve açıklanmıştır.

- DLT – (distributed ledger technology - dağıtık defter teknolojisi)
- Mining (madencilik)
- Mining difficulty (madencilik zorluk değeri)
- PoW – (Proof of work - emek ispatı)
- PoS – (Proof of stake - hisse ispatı)
- Virtual currency (sanal para birimi)
- Smart Contracts (Akıllı Kontratlar)
- Token

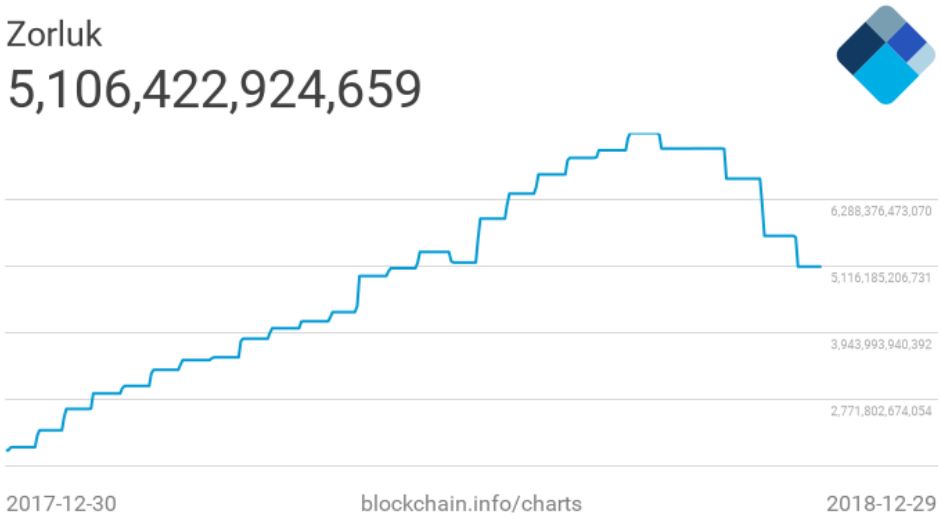
DLT – (distributed ledger technology - dağıtık defter teknolojisi), blok zincirinin temelidir. DLT, bir merkeze ihtiyaç duymadan eşler arasındaki işlemlerin doğrulanmasını bilgisayar ağları aracılığıyla sağlar (Michael ve ark., 2018). DLT, 1982 yılında Leslie Lamport ve arkadaşları tarafından tanımlanan Bizans Generalleri Problemi'ne çözüm sunmaktadır. Bu problem, bir kaleyi kuşatan generallerin birbirleri ile haberleşmesi ve ortak mutabakatın sağlanmasının zor ve hatalı olabileceğini içermektedir (Lamport ve ark., 1982).

Madencilik, zincire eklenen yeni bloğun hash değerinin hesaplanmasına verilen addır. Bu hesaplamalar için iyi özelliğe sahip bilgisayarlar gerekmektedir. Bazı bilgisayar donanımı üzerine çalışan firmalar mining için özel ekran kartları, anakartlar ve güç kaynakları piyasaya sürmüşlerdir. ASUS firması, 19 adet ekran kartını paralel olarak çalıştırmayı sağlayan bir anakart üretmiştir (Anonim, 2017). Şekil 3.12'de bu anakarta ait bir ekran görüntüsü verilmiştir:



Şekil 3.12. Asus B250 Mining Expert

Madencilik zorluk değeri, birden fazla kişinin bir araya gelerek madencilik yapmasının önüne geçilmesi için oluşturulmuştur. Zorluk, periyodik olarak madenciler ağı tarafından harcanan güce oranla değişen bir değerdir. Şekil 3.13'te 2018 yılı içerisindeki blockchain madencilik zorluk değişiminin grafiği verilmiştir.



Şekil 3.13. 2018 Yılında Madencilik Zorluk Değişimi

Emek ispatı (PoW), blockchain madencilerinin uygun bloğu bulmaya yönelik yaptığı çalışmaya denilmektedir (Jakobsson ve Juels, 1999). Literatüre Markus Jakobsson ve Ari Juels tarafından 1999 yılında kazandırılmıştır. Dijital para

birimlerinde kullanılan PoW algoritmaları şunlar örnek olarak verilebilir: Blake-256, Groestl, HEFTY1, JHA, Keccak, NeoScrypt, Quark, Scrypt, Scrypt-Adaptive-Nfactor, Scrypt-Jane, SHA-256, X11, X13 (Biryukov ve Pustogarov, 2015).

Hisse ispatı (PoS), paranın sahipliğinin kanıtlanması anlamına gelmektedir (King ve Nadal, 2012). PoW'a alternatif olarak geliştirilmiştir. PoW'dan farkı mining ihtiyacı olmamasıdır. Amacı, PoW'daki güç ihtiyacının fazla olması, zaman alıcı olması ve oluşan veri boyutunu fazlalığı gibi dezavantajları gidermektir.

Sanal para birimi, madencilikten elde edilen kazanıma verilen addır. PoW prensibinde madenciye yaptığı madencilik sonucunda verilen ödüle sanal para birimi denilmektedir. PoS prensibinde ise sanal para birimleri sistem başlarken üretilir ve herkesin yatırımına göre paylaştırılır. Coinbase, 2012'de kurulan ve dijital para birimleriyle işlem yapılabilen dijital para cüzdanı ve platformudur (Anonim, 2018). Coinbase'de yer alan dijital para birimlerinden bazıları çizelge 3.2'de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Dijital Para Birimleri

İkon	Dijital Para Birimi
	Bitcoin
	Bitcoin Cash
	Ethereum
	Ethereum Classic
	Litecoin

Akıllı sözleşmeler, çerçevesinin önceden belirlendiği ve her iki tarafın kabul ettiği şartlardan oluşan dijital işlemlere denir. Akıllı sözleşmeler ile şifreleme ve diğer güvenlik mekanizmalarını kullanarak, prensipler tarafından ihlal edilmekten ve üçüncü şahıslar tarafından gizlice dinlenmekten veya kötü niyetli müdahalelerden, zamana, kullanıcı ara yüzüne ve algoritmik spesifikasyonun tamamlanmasına kadar pek çok algoritmik olarak tanımlanabilir ilişkiler korunabilmektedir (Szabo, 1997).

Token, blok zinciri ağı üzerinde çalışan akıllı sözleşmelerdir. Bu tezde bahsedilen bazı token standartları çizelge 3.3'te belirtilmiştir.

Çizelge 3.3. Ethereum Token Standartlarından Bazıları

Token Standartları	Yazarlar	Kategori	Durum	Tarih
ERC-20 Token Standard	Fabian Vogelsteller, Vitalik Buterin	ERC	Final	19.11.2015
ERC-721 Non-Fungible Token Standard	William Entriken, Dieter Shirley, Jacob Evans, Nastassia Sachs	ERC	Final	24.01.2018
ERC-1155 Multi Token Standard	Witek Radomski, Andrew Cooke, Philippe Castonguay, James Therien, Eric Binet, Ronan Sandford	ERC	Final	17.06.2018

3.2.2. Blockchain uygulama alanları

Blockchain, her ne kadar dijital para birimlerinden biri olan Bitcoin ile beraber anılıyor olsa da birçok uygulama alanı bulunmaktadır. Bu uygulama alanlarından bazıları aşağıda maddelendirilmiş ve açıklanmıştır.

- Finans
- IoT (Internet of Things – Nesnelerin İnterneti)
- Güvenlik Sistemleri
- Güvenilirlik Sistemi

Blok zinciri teknolojisinin en etkili olduğu sektör finans sektörüdür. Bitcoin, blok zincirinin bir uygulamasıdır ve 2008 yılında kendini Satoshi Nakamoto olarak tanıtan bir kişi tarafından oluşturulmuştur. Nakamoto, 2008 yılında yayınladığı Bitcoin makalesinde bu dijital paranın dayandığı teknolojiden ve kullanım alanlarından bahsetmiştir. 2017 yılının son çeyreğinde 1 Bitcoin'in fiyatı 20.000 USD iken 2018'in son çeyreğinde 3.700 USD seviyesine kadar gerilemiştir. Sermaye piyasası kurulunun 2016 yılındaki raporuna göre Bitcoin'i kullanarak destekleyen ve aykırı olduğu gerekçesiyle desteklemeyen (yasaklayan) ülkeler çizelge 3.4'te verilmiştir (Çarkacıoğlu, 2016).

Çizelge 3.4. Bitcoin'in Yasal veya Yasak Olduğu Ülkeler

Ülke Adı	Yasal Olma Durumu
Amerika Birleşik Devletleri	✓
Avustralya	✓
Bangladeş	Yasak
Birleşik Krallık	✓
Bolivya	Yasak
Danimarka	✓
Ekvador	Yasak
Estonya	✓
Finlandiya	✓
Güney Kore	✓
Hollanda	✓
İsveç	✓
İzlanda	Yasak
Kanada	✓
Tayland	Yasak

IoT güvenliğini güçlendirmek için blok zincirine dayalı kimlik ve erişim yönetimi sistemleri kullanılabilir (Kshetri, 2017). Forbes dergisinde Nelson Petracek'in yazısına göre IoT çeşitli güvenlik tehditleri içermektedir. Fiziksel cihaz saldırıları (yetkisiz cihaz kontrolü), yazılım saldırıları (virüs veya solucan gibi kötü amaçlı yazılımlar), DDoS (denial-of-service attack - hizmeti engelleme saldırısı), kablosuz güvenlik açıkları gibi ağ saldırıları ve şifreleme saldırıları (brute force, man in the middle) bunlardan bazılarına örnek olarak verilebilir (Nelson, 2018). Blok zincirinin sahip olduğu özellikler (dağıtık olması, bloklar arası etkileşim, hash kontrolü vb.), IoT için potansiyel güvenlik tehditlerini engellemeye yardımcı olmaktadır. Fakat blok zinciri teknolojisi yüksek bant genişliğine ihtiyaç duyduğu için bu alanda kullanımı birçok IoT cihazı için uygun değildir (Karaarslan ve Akbaş, 2017).

Güvenlik sistemleri konusunda blok zinciri teknolojisi; akıllı şehirlerde bulunan cihazlarda, kişisel verilerin tutulduğu ortamlarda, dijital hak ve sözleşmelerin yönetiminde kullanılabilir (Karaarslan ve Akbaş, 2017). Blok zinciri, bu alanlarda ihtiyaç duyulan gereksinimi karşılayabilecek potansiyele sahiptir. Ayrıca siber güvenlik alanında da kullanılabilecek özelliklere sahiptir. Fangfang Dai ve arkadaşları 2017 yılında blok zincirinin güvenlik alanındaki çözümlerini analiz etmişlerdir (Dai ve ark., 2017).

Güvenilirlik alanında blok zinciri teknolojisi kullanılabilmektedir. Seçimler bunun en iyi örneği olabilir. Çeşitli kuruluşlar bu teknolojiyi seçimlerde kullanılabilecek yapıya getirmişlerdir. Kaspersky Labs'ın 2016 yılında geliştirdiği Votebook buna örnek olarak verilebilir (Osgood, 2016). Fakat her seçmenin internete erişememesi, sistemin DDoS saldırısına uğrayabilecek olması gibi sorunlar nedeniyle kullanımı sınırlıdır. Ayrıca blok zincirinin sahip olduğu şeffaflık özelliği, bu sistemi güvenilir yapmaktadır.

3.3. Yöntem

Bu bölümde; sanal gerçeklik teknolojisinin ve blok zinciri teknolojisinin birlikte kullanılmasıyla insanların sanal ortamlarda güvenli bir şekilde gerçek yaşama yakın bir deneyim yaşamalarını sağlayacak yöntemlerden bahsedilmiştir. Bu yöntemin sağlanması aşağıdaki adımların uygulanmasına bağlıdır:

1. Unity Game Engine veya Unreal Engine kullanılarak çok kullanıcılı bir sanal gerçeklik ortamının oluşturulması
2. Ethereum ERC-721 ve ERC-20 token kullanılabilen blok zinciri altyapısının oluşturulması
3. VR kaskları ile oluşturulan bu ortama bağlantının sağlanması

3.3.1. Sanal gerçeklik ortamının oluşturulması

Bu ortamın oluşturulması için Unity Game Engine veya Unreal Engine oyun motoru kullanılacaktır. Gerçekleştirilecek olan sanal gerçeklik ortamının özellikleri aşağıda belirtilmiştir:

a) Evren türü: Gerçek, fantezi veya simülasyon türünde sanal evren oluşturulabilecektir. Bu evrenler yazılımcılar tarafından geliştirilecek ve kapsamları kullanıcılardan gelen istekler doğrultusunda belirlenecektir. Her evren türünün kendine göre bir konsepti olacaktır. Fantezi evren türünün daha çok eğlence amaçlı kullanılması, sanal evren türünün sosyalleşme ve simülasyon evren türünün ise eğitim amaçlı kullanılması öngörülmüştür.

Gerçek türünde olan bir evrende Dünya'daki çevreye benzer bir ortam oluşturulacaktır. İnsanlar burada diğer kişilerle iletişim kurup sosyalleşebilir, arazi alıp ev yapabilir, bir meslek sahibi olabilir, ticaret yapabilirler.

Fantezi türündeki bir evrende ise günümüz dünyasında göremediğimiz içerikler barındıran bir ortam oluşturulacaktır. Bu evrende oyunlarda oynadığımız, kitaplarda okuduğumuz veya filmlerde izlediğimiz gerçek dışı canlılar ve ortamlar olacaktır.

Simülasyon evrenlerde neyin simüle edileceği önceden belirlenip, evren buna göre oluşturulacaktır. Bunlara; uçuş eğitimi, askeri eğitim, ameliyat eğitimi örnek olarak verilebilir. Bu evren türünün diğerlerinden farkı eşya, para gibi kazanımların geçici olmasıdır.

b) Karakter oluşturma ve kişiselleştirme: Sanal ortama katılan herkes öncelikle kendi avatarını yaratacaktır. Bu dijital evrende var olmanın ilk adımı olacaktır. Karakter oluşturma işlemi evren türüne bağlı olarak gerçekleştirilecektir. Örneğin gerçek türünde bir evrene giriş yapılıyorsa boynuzlara sahip olan bir insan modelini yaratmak imkânsız olacaktır. Fantezi türünde ise bu mümkündür. Simulasyon evrenlerde ise her şey önceden hazırlanmış olduğu için kullanıcıların karakter oluşturarak vakit kaybetmesine gerek olmayacaktır.

c) Eşyalar: Her insanın sahip olduğu eşyalar vardır. Gerçek evrende cep telefonu, araba, ev gibi örnekler verilebilir. Fantezi türünde ise kılıç, büyücü şapkası, ejderha yumurtası gibi örnekler verilebilir. İnsanlar sahip oldukları eşyalarını takaslayabilir veya satabilirler.

d) Yetenek: Her kullanıcının sahip olduğu yetenekler olacaktır. Gerçek türündeki bir evren için yemek yapabilme, ağırlık kaldırabilme, hızlı koşabilme gibi yetenekler buna örnek olarak verilebilir. Fantezi türündeki evren için büyü kullanabilme yeteneği, silah yapabilme yeteneği gibi örneklendirilebilir.

e) Sertifikalar: Dijital ortamda erişimin kısıtlandırılması gereken durumlar oluşabilir. Örneğin evimize bir başkasının girememesi veya sahip olduğumuz araziyi bir başkasının kullanamaması gibi. Ayrıca bir kişinin çeşitli yetenekler kazanmadan araba sürememesi gibi durumlar olabileceği için araç sürebilme sertifikası buna örnek olarak verilebilir.

f) Dijital para: İnsanlar alışverişlerini dijital para birimi üzerinden yapacaklardır. Eşya alıp satabilme, sertifika alabilme gibi fonksiyonlarına sahip olacaklardır. Bu dijital para Ethereum tabanlı olacaktır.

g) Kayıt: Yaptığımız bütün önemli işlerin değiştirilemez bir kaydı tutulmaktadır. Örneğin sahip olduğumuz bir araba bir başkasına satıldığında önceki sahiplerinin bilgisi, geçmiş kazaları gibi bilgilere ulaşılabilecektir. Fantezi türdeki bir evrenden örnek vermek gerekirse, birine verilen bir kılıcın ilk olarak kim tarafından üretildiği, malzemesinin ne olduğu, hangi savaşlarda kullanıldığı, kaç kişi tarafından sahip olunduğu gibi bilgiler yer almaktadır. Ayrıca kullanıcı aktivitelerinin bir kaydı tutulacaktır. Bu sayede bir suç işlenmesi durumunda gereken cezanın verilmesi konusunda kolaylık sağlanacaktır. Bu tartışmaya açık bir durumdur çünkü özel hayatın gizliliğinin ihlalinin söz konusu olabilir.

3.3.2. Blok zinciri altyapısının oluşturulması

Ethereum ERC-20 ve ERC-721 token kullanılabilen bir blok zinciri altyapısı oluşturulacaktır. Bu altyapı ile birlikte Infura API kullanılacaktır. Geliştirilen sunucu, Infura API üzerinden Ethereum blok zincirindeki Rinkeby test ağı ile iletişim kuracaktır.

3.3.3. VR kaskları ile bağlantının sağlanması

Kullanıcıların bu ortama bağlanması için gerekli olan şeyler, sanal gerçeklik kaskı, bilgisayar ve internet bağlantısıdır. Devamında evren seçimi yaparak o evrene dahil olabilirler. Gerçek evren seçimi yapılarak devam edildiğinde kullanıcı öncelikli olarak kendi avatarını yaratması gerekecektir. Bu işlem tamamlandığında herkese açık bir alanda avatar oluşacak ve dijital evrende yaşam başlamış olacaktır. Kullanıcı, avatarıyla sisteme dahil olduğunda başlangıç eşyaları envanterinde yer alacaktır.

3.3.4. Gerçekleştirilen yöntemin dezavantajları

Yaşamakta olduğumuz gerçek hayatımızı asla oluşturulan bu dijital evrendeki hayatımız ile kıyaslayamayız. Buradaki evrenler adından da anlaşılacağı gibi gerçek

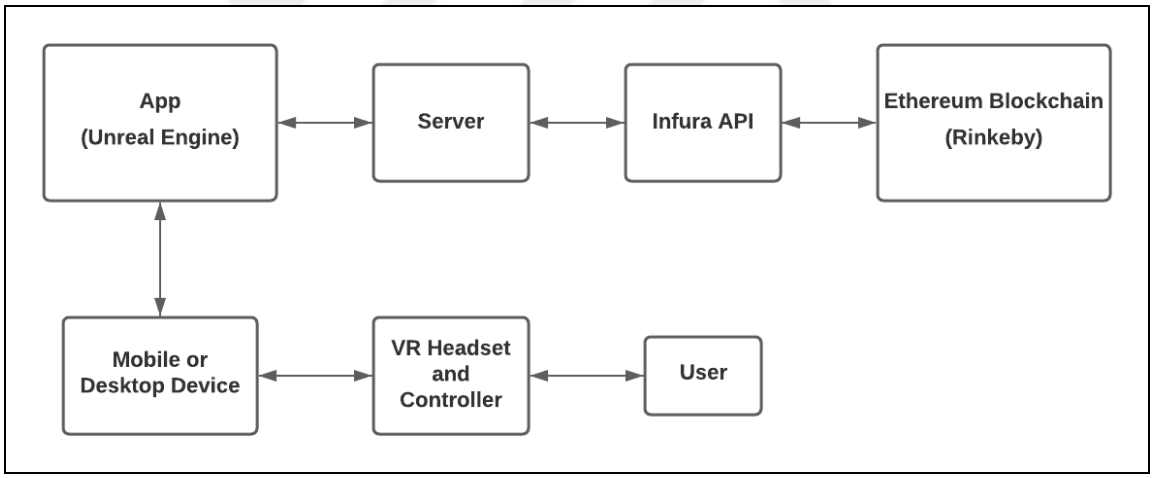
olmayan sanal evrenlerdir. Oluşturulan bu sanal evrenlerin daha gerçekçi hal almaları ancak teknolojinin daha da ilerlemesiyle mümkün olacaktır. BCI (Brain Computer Interface – Beyin Bilgisayar Arayüzü) çalışmalarının ilerlemesiyle, yani insanların düşünce gücüyle işlemlerini gerçekleştirebilir duruma gelmeleri halinde blokchain tabanlı sanal gerçeklik ortamlarının popülaritesi artacaktır.

İnsanlar, sanal evrendeki varlıklarını sürdürebilmesi için gerçek hayattaki yaşamsal fonksiyonlarından (uyumak, yemek yemek vb.) vazgeçemezler. Bu yüzden bu sanal ortamdaki varlıklarını sadece belirli sürelerde sürdürebilirler. Bu oluşturulacak olan sanal evrenin en büyük dezavantajıdır.

4. UYGULAMA

Bu tez çalışmasında, sanal gerçeklik teknolojisi ve blok zinciri teknolojisinin birlikte kullanılmasıyla insanların sanal ortamlarda güvenli bir şekilde gerçek yaşama yakın bir deneyim yaşamalarını sağlayacak bir çalışma yapılmıştır. Blok zincirinin sahip olduğu dağıtık veri tabanı, eşler arası iletim, şeffaflık ve kayıtların geri alınamaması gibi özellikler sayesinde kullanıcıların güvenli şekilde sanal gerçekliği deneyimleyebilecekleri bir ortam sunulmuştur. Kullanıcıların kendi oluşturdukları karakterleriyle sanal bir ortamda güvenli şekilde var olabileceği ve gerçek yaşama yakın bir deneyim sağlayabileceği gerçek, fantazi ve simulasyon evrenler oluşturulmuştur.

Sanal gerçeklik teknolojisi ve blok zinciri teknolojisini içeren bir uygulama geliştirilmeden önce sistemin mimari yapısı çıkarılmıştır. Buna göre her bir yapı, bağlı olduğu yapıyla iletişim kuracak şekilde geliştirilmiştir. Geliştirilen sistemin mimarisi Şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1. Geliştirilen Sistemin Mimari Yapısı

Tasarlanan mimariye göre her bir yapının adlandırması ve kısa olarak açıklaması aşağıda yer almaktadır:

- Kullanıcı
- VR kask ve kontrolcü
- Mobil veya masaüstü aygıt
- Uygulama
- Sunucu

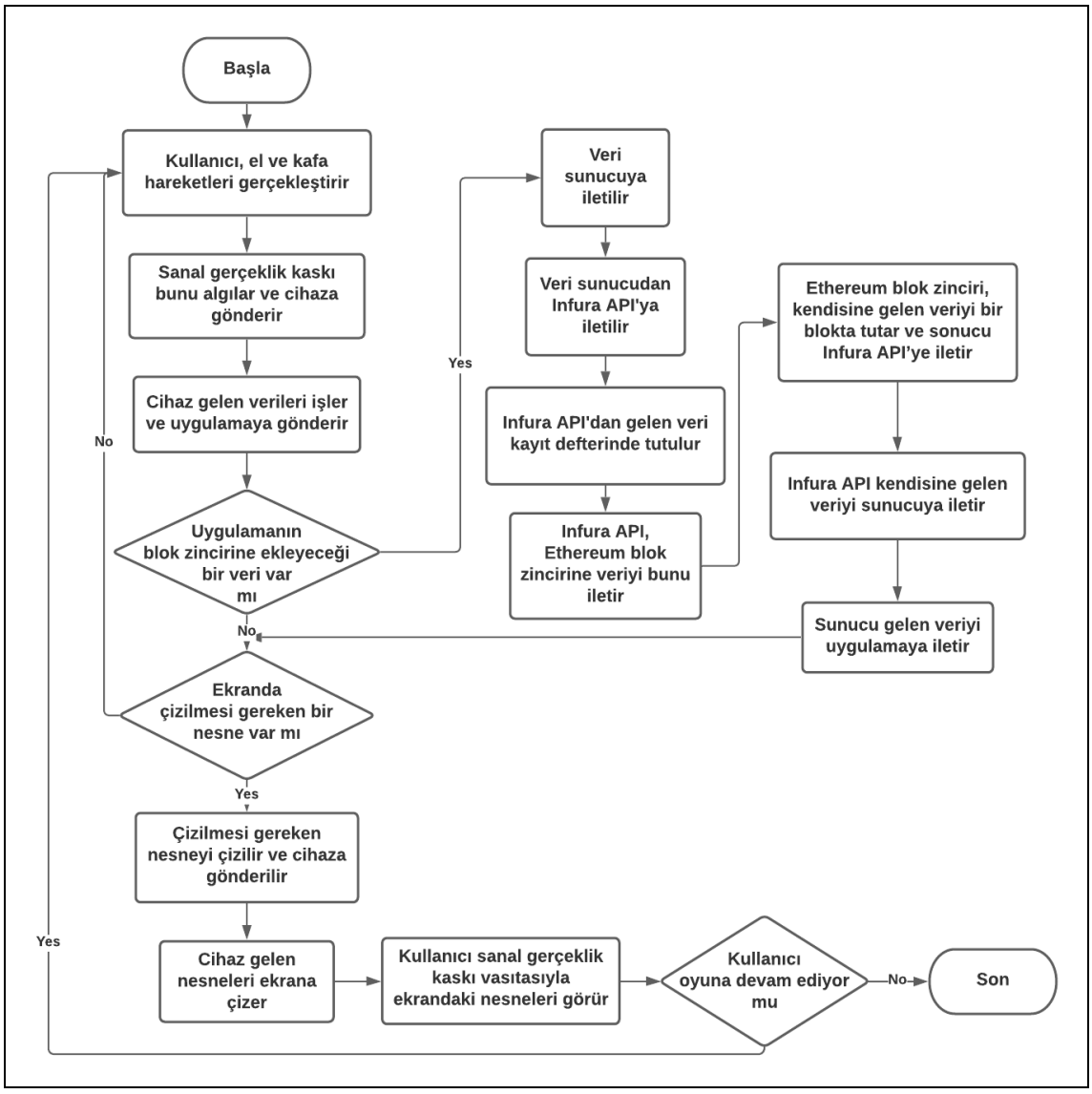
- Infura API
- Ethereum Blokchain

Kullanıcı, sistemi kullanan bireydir. VR kask ve kontrolcü, kullanıcının direk olarak iletişime geçeceği donanımdır. Mobil veya masaüstü aygıt ise VR kask ve kontrolcünün ilettiği girdileri işlemektedir. Uygulama kısmı, Unreal Engine'de geliştirilen, birçok platform desteği olan, VR eklentileri içeren, sunucuya web servis isteği gönderip alabilen ve aldığı cevabı işleyebilen bir yapıya sahiptir. Sunucu kısmı Java'da yazılan ve uygulamadan gelen istekleri işleyerek Infura API'ye ileten bir ara katmandır. Infura API, sunucunun Ethereum blok zinciri ile iletişim kurmasını sağlayacak bir arayüzdür. Ethereum blokzinciri ise verilerin tutulduğu blokları içeren devasa büyüklükteki bir yapıdır. Bu proje için Rinkeby test ağı kullanılmıştır.

Kullanıcı ve Ethereum blok zinciri arasındaki iletişimin gerçekleştirilmesindeki adımlar aşağıda verilmiştir:

1. Kullanıcı, el ve kafa hareketleri gerçekleştirir
2. Sanal gerçeklik kaskı bunu algılar ve cihaza gönderir
3. Cihaz gelen verileri işler ve uygulamaya gönderir
4. Eğer, uygulamanın blok zincirine ekleyeceği bir veri varsa bunu sunucuya iletir
5. Sunucu gelen veriyi değerlendirir ve internet bağlantısı varsa bunu Infura API'ye iletir.
6. Infura API gelen veriyi kayıt defterinde tutar ve Ethereum blok zincirine bunu iletir.
7. Ethereum blok zinciri, kendisine gelen veriyi bir blokta tutar ve sonucu Infura API'ye iletir.
8. Infura API kendisine gelen veriyi sunucuya iletir.
9. Sunucu gelen veriyi uygulamaya iletir.
10. Uygulama gelen veriyi işler, ekranda çizilmesi gereken nesneleri üretir ve cihaza geri gönderir
11. Cihaz bu nesneleri ekrana çizer ve kullanıcı sanal gerçeklik kaskı vasıtasıyla ekrandaki nesneleri görür

Kullanıcı ve Ethereum blok zinciri arasındaki etkileşim şekil 4.2'deki akış diyagramında verilmiştir.

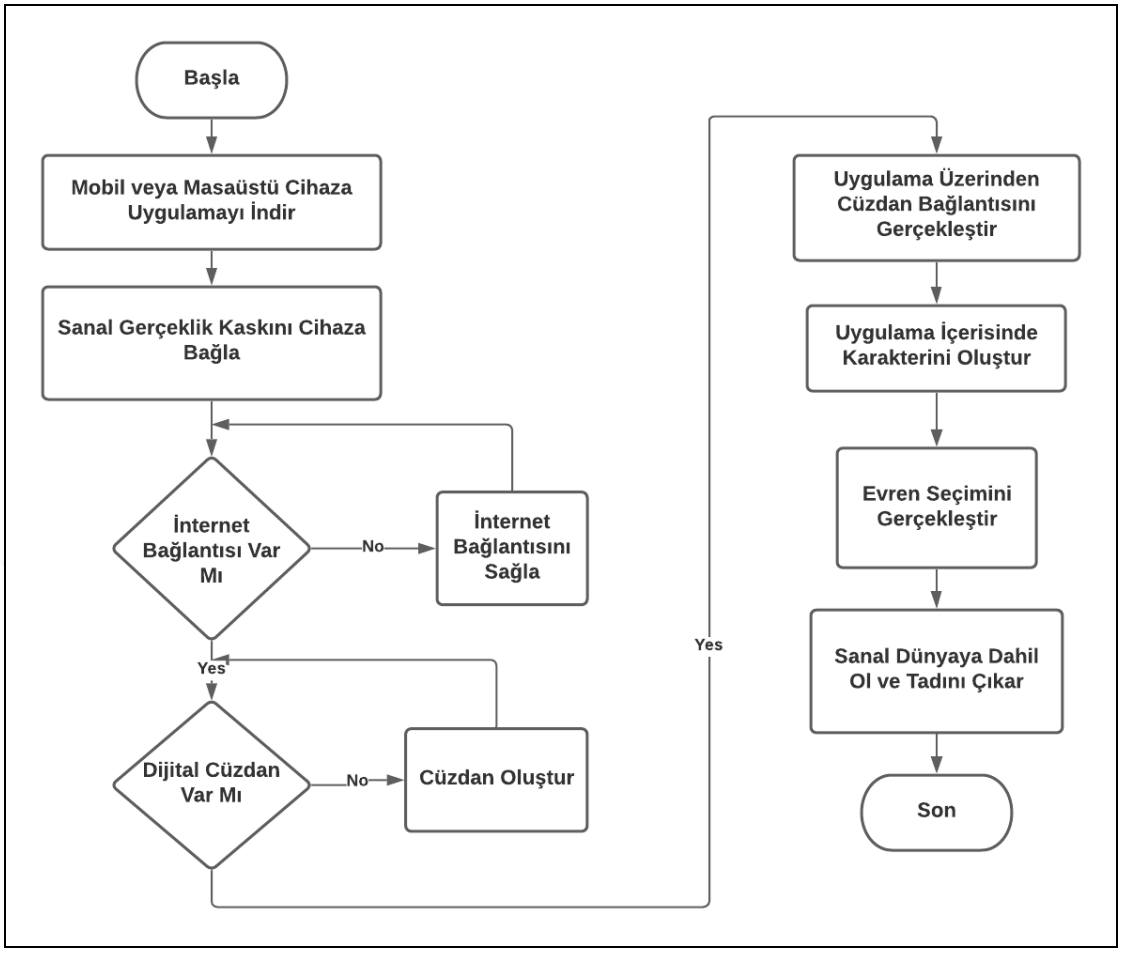


Şekil 4.2. Kullanıcı ve Ethereum Blok Zinciri Arasındaki Akış Şeması

Kullanıcının bu uygulamayı deneyimleyebilmesi için aşağıdaki adımları gerçekleştirmesi gerekmektedir:

1. Mobil veya masaüstü cihazına uygulamayı indir
2. Sanal gerçeklik kaskını cihaza bağla
3. İnternet bağlantısının olduğuna emin ol ve uygulamaya giriş yap
4. Cüzdan ile uygulama arasındaki bağlantıyı gerçekleştir
5. Uygulama içerisinde evren seçimi yap

Bu adımların detaylı bir şekilde verildiği akış diyagramı şekil 4.3'te görülebilmektedir.



Şekil 4.3. Uygulama Deneyimi Akış Şeması

4.1. Sanal Gerçeklik

Bu uygulamaya bir sanal gerçeklik uygulaması denilebilmesi için kullanıcı etkileşiminin bir sanal gerçeklik kaskı ve bir kontrolcü ile gerçekleştirilmesi gereklidir. Sanal gerçeklik kaskı için BOBO VR Z4 kullanılmıştır. Bu cihazın özellikleri şunlardır:

- Android ve iOS işletim sistemli akıllı telefon desteği
- 120 derecelik görüş açısı sunan lensler
- Odak noktasını ayarı
- Kulaklık desteği ve ses ayarı
- Ayarlanabilir kafa bandı
- Cihazda yer alan yerleşik buton

BOBO VR Z4 cihazının görseli Şekil 4.4'te yer almaktadır.



Şekil 4.4. BOBO VR Z4

VR kontrolcüsü için bluetooth desteği olan bir cihaz kullanılmıştır. Bu cihazın özellikleri:

- Bluetooth 3.0 desteği
- A, B, C, D tuşları ile değiştirilebilien modlar (VR modu, multimedya modu vb.)
- 360 derece hareket sağlayan çoklu yön desteği
- Android ve iOS platform desteği

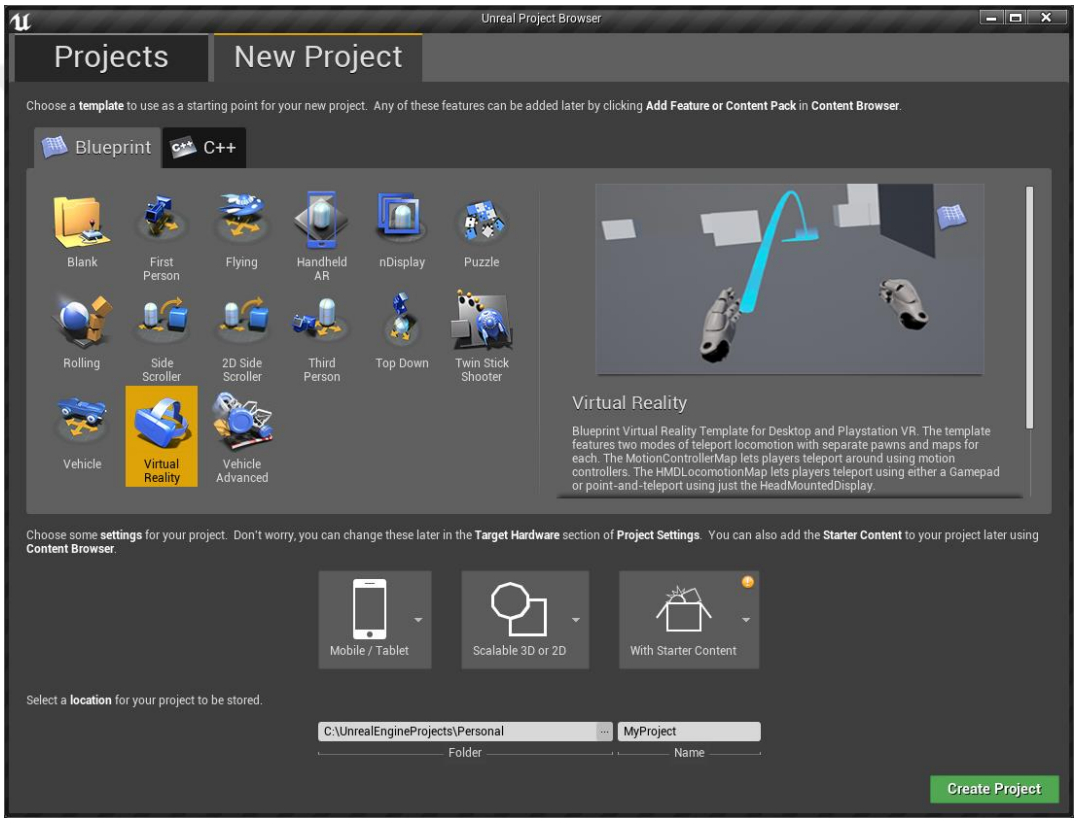
Şekil 4.5'te kullanılan blueetooth VR kontrolcüsünün ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.5. Bluetooth VR Kontrolcüsü

Yukarıda bahsedilen sanal gerçeklik kaskı ve bluetooth kontrolcüsü ile deneyimlenecek bir uygulamanın geliştirilmesi için bir yazılım geliştirme aracına ihtiyaç duyulmaktadır. Bunun için çoklu platform desteği sağlayan Unreal Engine kullanılmıştır. Unreal Engine; oyun geliştirirken sanal gerçeklik, artırılmış gerçeklik ve karma gerçeklik alanlarında çok yetenekli bir yazılım geliştirme aracıdır. Bu tez çalışmasındaki uygulama geliştirilirken Unreal Engine 4 v4.20.3 sürümü kullanılmıştır.

Unreal Engine kullanılarak sanal gerçeklik projesi oluşturulmuştur. Hedef donanım olarak mobil veya tablet cihazlar seçilmiştir. Şekil 4.6'da Unreal Engine'de proje oluşturma sayfası verilmiştir.



Şekil 4.6. Unreal Engine Proje Oluşturma Sayfası

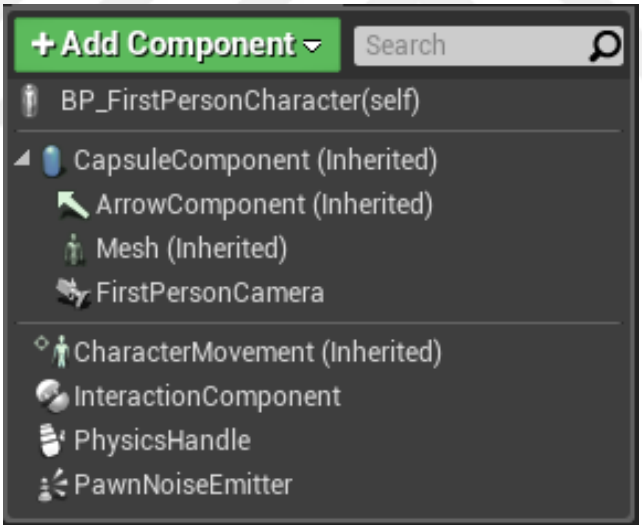
Geliştirilen uygulama, VR kaskı ve kontrolcüsü ile iletişim gerektirdiği için projeye VR geliştirme kiti dahil edilmiştir. Bu sayede stereoskopik görüntü ve kontrolcüye erişim sağlanmıştır. Devamında ise geliştirilen projenin Android platformunda çalışabilmesi için bazı ayarlar yapılmıştır. Bu örnek proje şuanlık sadece Windows ve Android platformunu desteklemektedir. Projenin Android platformunda çalışabilmesi için gereken ayarlar Çizelge 4.1'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Unreal Engine Android Platform Ayarları

Ayarın Adı	Ayarın Değeri
Minimum SDK Version	21
Target SDK Version	21
CPU Architecture Support	Arm64-v8a
OpenGL	ES2
NDK Level	r12b

Bu örnek proje, Windows ve Android platformunun yanı sıra Unreal Engine'in sağladığı özellikler sayesinde MacOS, iOS, Linux, PlayStation gibi platformlarda da çalışabilir. Bunu sağlayabilmek için her platform bazında bazı ayarlar yapılması gereklidir.

Karakterin sahip olması gereken özellikler (karakter görüntüsü, çıkardığı ses vb.) için bazı bileşenler bu karaktere dahil edilmiştir. Karakterin sahip olduğu bütün bileşenleri içeren görsel şekil 4.7'de verilmiştir.



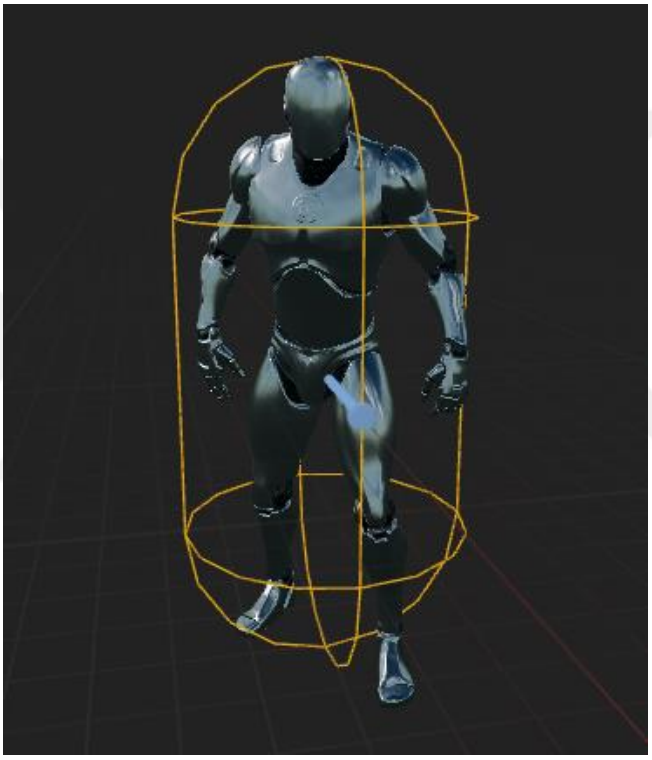
Şekil 4.7. Karakterin Sahip Olduğu Bileşenler

Karakterlerin sahip olduğu bileşenlerin isimleri ve açıklaması aşağıda yer almaktadır:

- CapsuleComponent (Kapsül bileşeni)
- Mesh (Örgü bileşeni)
- FirstPersonCamera (Birinci şahıs kamerası)
- CharacterMovement (Karakter hareketi)

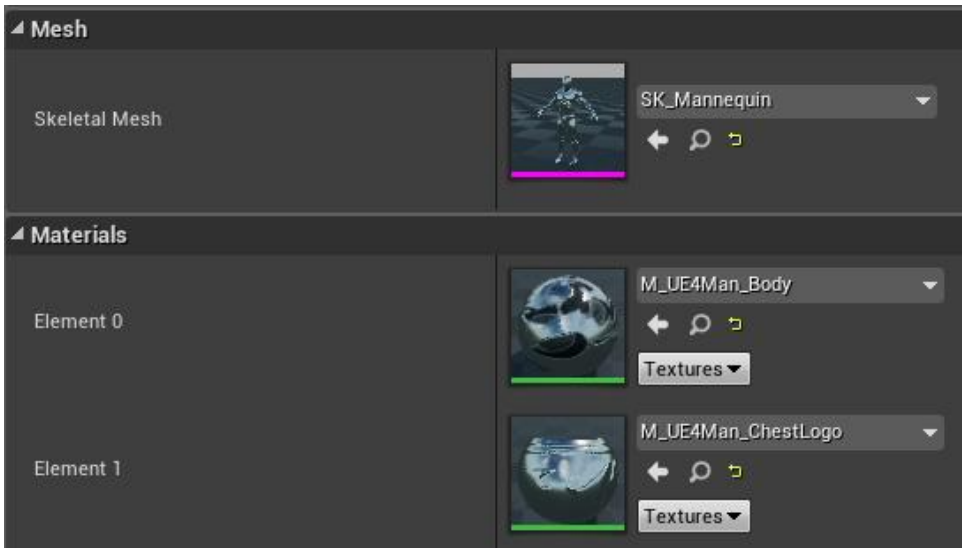
- InteractionComponent (Etkileşim bileşeni)
- PhysicsHandle (Fizik kontrolcüsü)
- PawnNoiseEmitter (Gürültü yayıcı)

CapsuleComponent bileşeni çarpışma etkileşimleri için eklenmiştir. Karakterin yüzeyde durmasını sağlayan veya bir duvara çarptığında içinden geçmemesini sağlayan bileşen bu bileşendir. Şekil 4.8'de bu bileşene karakteri çevreleyen bir kapsülü andıran görüntü verilmiştir.



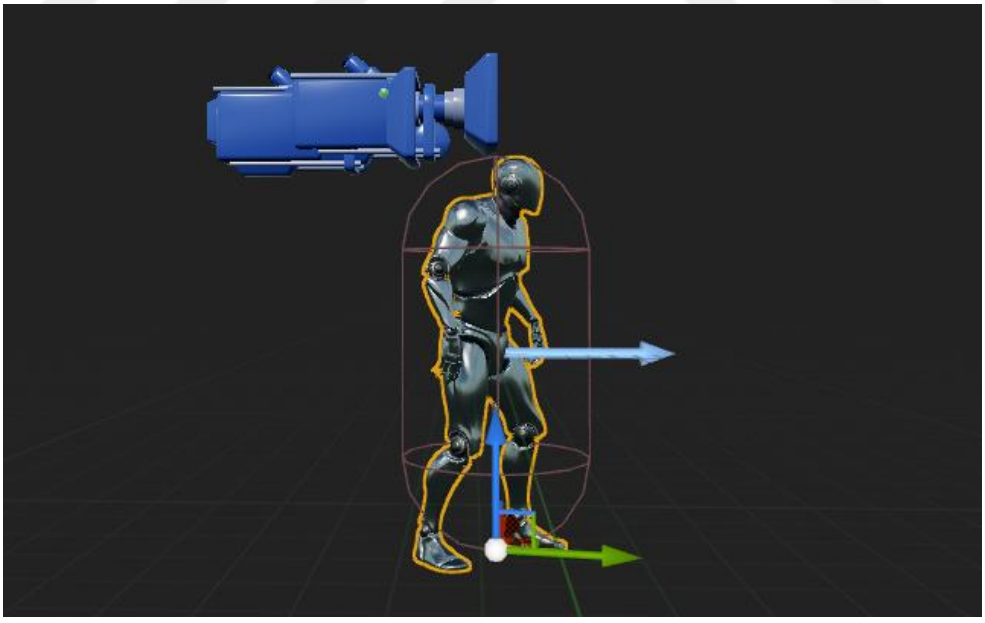
Şekil 4.8. CapsuleComponent Bileşeni

Mesh bileşeni karakterin hem dış görünüş özelliklerinin ayarlanabildiği hem de animasyonunun ayarlanabildiği bir bileşendir. Bu çalışma için Unreal Engine oyun motorunun varsayılan olarak bünyesinde barındırdığı SK_Mannequin isimli bileşen seçimi yapılmıştır. Şekil 4.9'da bu bileşen ayarının yapıldığı yeri gösteren bir görsel verilmiştir.



Şekil 4.9. Karakter İskeleti ve Kamera

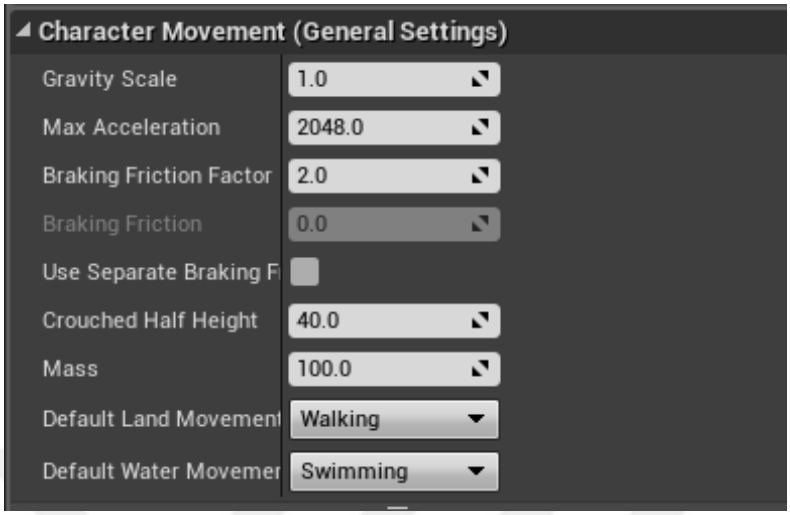
Unreal Engine'de karakterin bir nevi gözü olarak tanımlanan FirstPersonCamera bileşeni eklenmiştir. Bu bileşen sayesinde karakteri kullanan kişi, kameranın eklendiği noktada gözleri olduğunu düşünebiliriz. Buna ilişkin görsel Şekil 4.10'da yer almaktadır.



Şekil 4.10. FirstPersonCamera Bileşeni

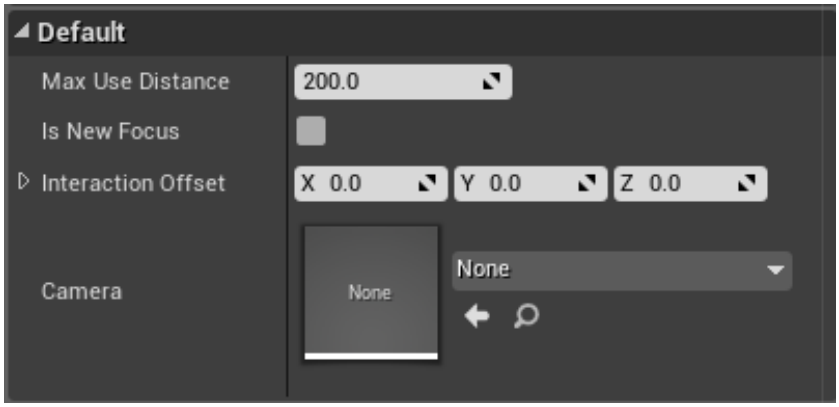
Karakter kontrollerinin sağlanabilmesi için CharacterMovement bileşeni eklenmiştir. Bu sayede karakterin yürürken maksimum ulaşacağı hız veya bir noktadan

düştüğünde sahip olduğu hız gibi ayarlar yapılabilir. Bu ayarların yapılabildiği bir görsel şekil 4.11'de verilmiştir.



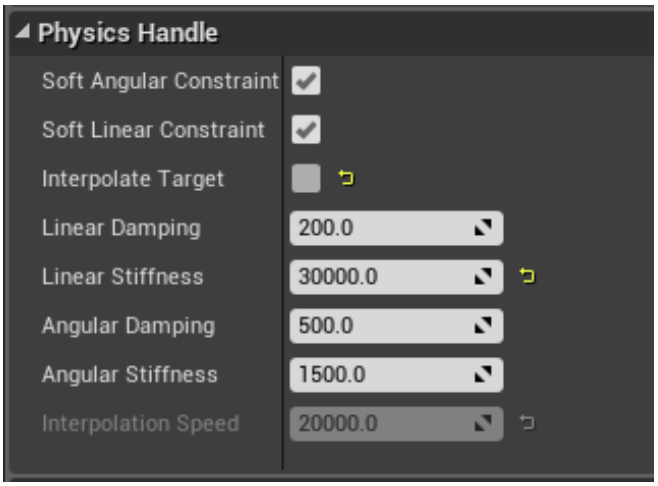
Şekil 4.11. CharacterMovement Bileşeni

InteractionComponent bileşeni ise karakterin bir nesne ile etkileşime girmesini yöneten bir bileşendir. Örneği etkileşime girme mesafesi bu bileşen üzerinden yapılabilir. Şekil 4.12'de bu bileşene ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 4.12. InteractionComponent Bileşeni

PhysicsHandle bileşeni karakterin yakaladığı bir nesneyi hareket ettirmesi için kullanılan bir bileşendir. Örneğin karakterin yerden aldığı bir topu istediği gibi atabilmesi bu bileşen sayesinde yapılmaktadır. Bu ayarların yapıldığı görsel şekil 4.13'te verilmiştir.



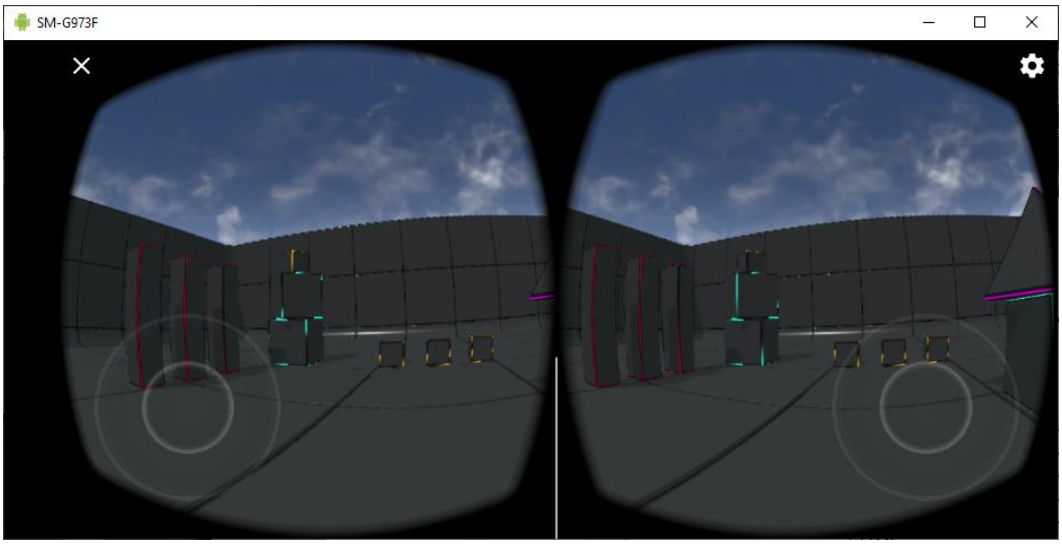
Şekil 4.13. PhysicsHandle Bileşeni

PawnNoiseEmitter bileşeni ise karakterin ses çıkarmasını sağlayan bir bileşendir. Karakterin ayak sesi buna örnek olarak verilebilir.

VR kontrolcüsünün ve VR kaskının test edilebilmesi için bir test ortamı oluşturulmuştur. Bu test ortamı Samsung Galaxy S10 (SM-G973F) cihazında başarılı olarak çalıştırılmıştır. Yapılan test ile aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir:

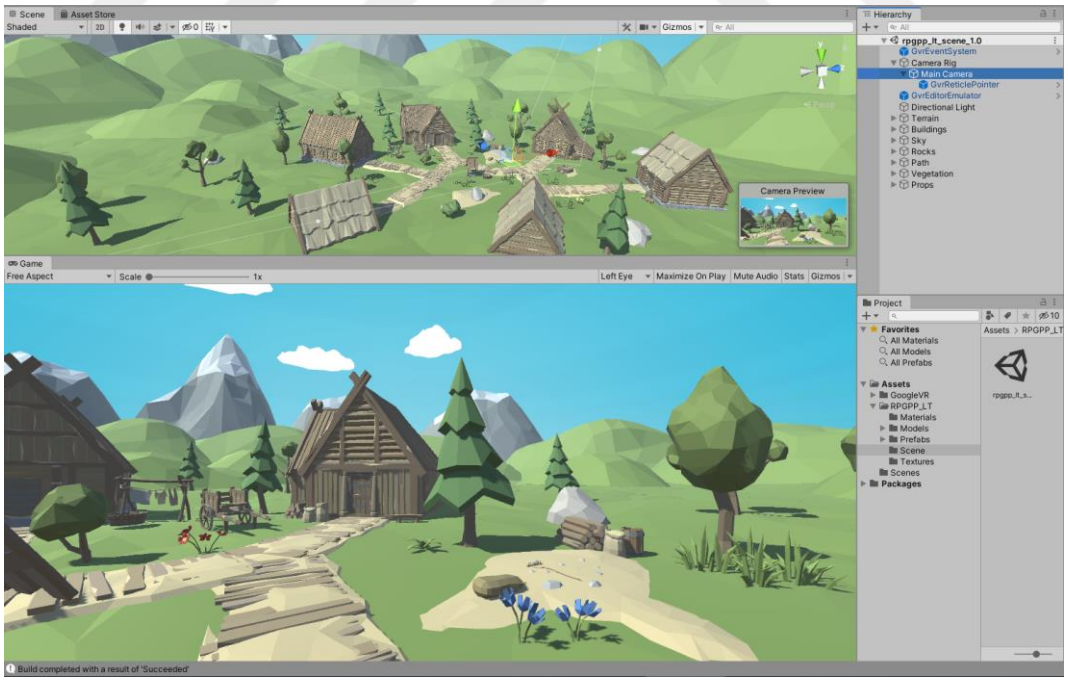
- Android platformunda çalışabildiği kanıtlanmıştır
- Stereoskopik görüntü sağlanmıştır
- VR kontrolcüsünün görevini yerine getirdiği kanıtlanmıştır
- Uygulama çalışır durumdayken Galaxy S10 cihazı, BOBO VR Z4 kaskına takılmış, görüntünün ve sesin gerçekçi olarak alındığı kanıtlanmıştır.

Yapılan test ile ilgili örnek bir görsel Şekil 4.14'te verilmiştir.



Şekil 4.14. Unreal Engine Test Ortamı

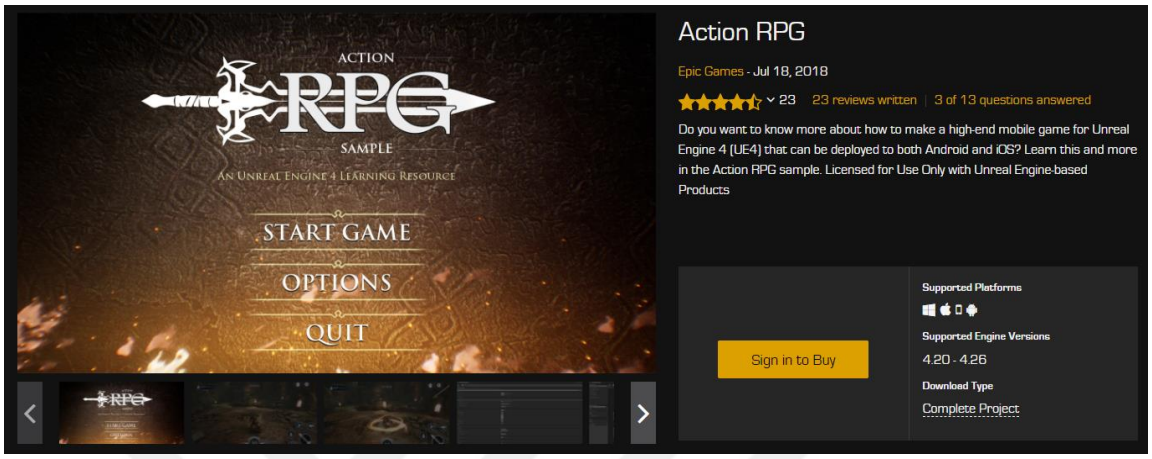
Unreal Engine ve Unity Game Engine'de birer test ortamı geliştirilmiştir. Her iki oyun motorunda bir sanal gerçeklik ortamı oluşturulmuştur. Unity Game Engine'deki oyun geliştirilme aşamalarında Google VR SDK kullanılmıştır. Geliştirilen test ortamının ekran görüntüsü Şekil 4.15'te verilmiştir.



Şekil 4.15. Unity Game Engine'de Geliştirilen Test Ortamı

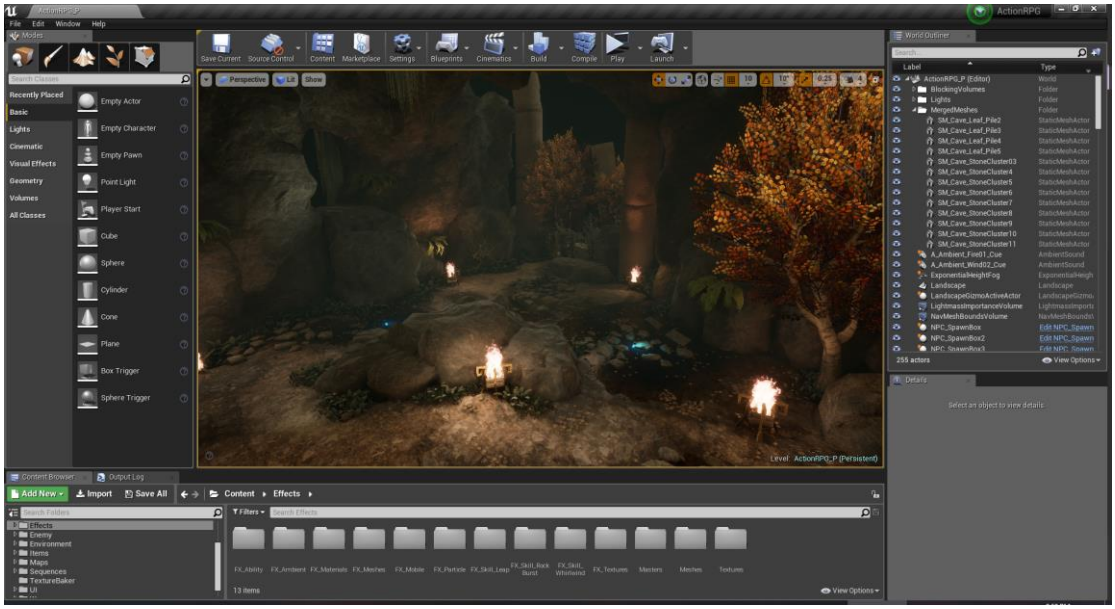
Aynı test ortamı Unreal Engine oyun motorunda da geliştirilmiştir. Bu test ortamı geliştirilirken Unreal Engine'in kendi mağazasında yer alan ActionRPG adındaki

örnek bir proje kullanılmıştır (Anonim, 2018). Bu örnek projei kullanabilmek için Unreal Engine sürümünün 4.20 ve 4.26 arasında olması gerekmektedir. Kendi web sayfasından giriş yapıldıktan sonra bu örnek proje indirilerek kullanılabilir. Şekil 4.16'da bununla ilgili örnek bir görsel verilmiştir.



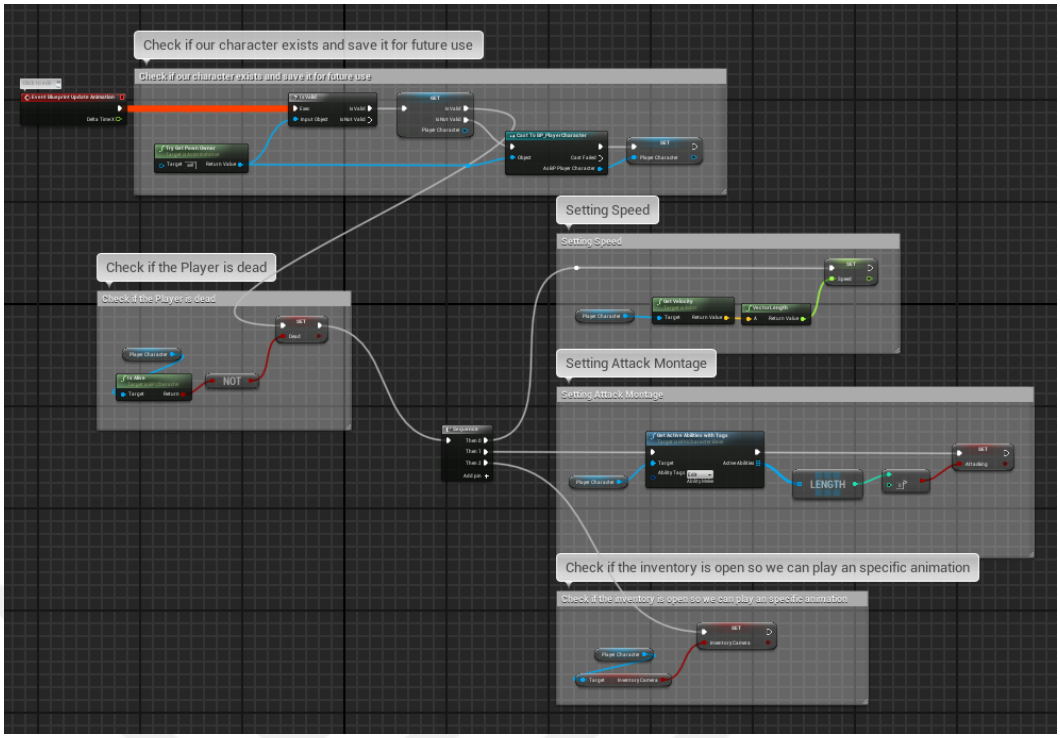
Şekil 4.16. ActionRPG Örnek Projesi

Test haritası olarak ActionRPG projesindeki varsayılan harita kullanılmıştır. Buna ilişkin örnek bir görsel Şekil 4.17'de verilmiştir.



Şekil 4.17. Unreal Engine'de Geliştirilen Test Ortamı

Karakterin hareket, ölüm ve envanterine bakma animasyonları için bir akış diyagramı oluşturulmuştur. Şekil 4.18'de bu diyagrama ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 4.18. Animasyon Akış Diyagramı

Ayrıca karakterin sahip olduğu fiziksel özellikler istenildiği gibi düzenlenebilir. Örneğin karakterin boyu, bir kılıcı tutma şekli, ayaklarının duruş pozisyonu gibi fiziksel özellikler değiştirilebilir bir yapıya sahiptir. Şekil 4.19'da iki farklı fiziksel özelliklere sahip karaktere ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 4.19. Karakter Fiziksel Özellik Düzenlemesi

Karakter bir kılıç ile saldırı gerçekleştirdiğinde saldırı animasyonu karakter üzerinde oynatılır. Oynatılan animasyona ait örnek bir görsel şekil 4.20'de verilmiştir.



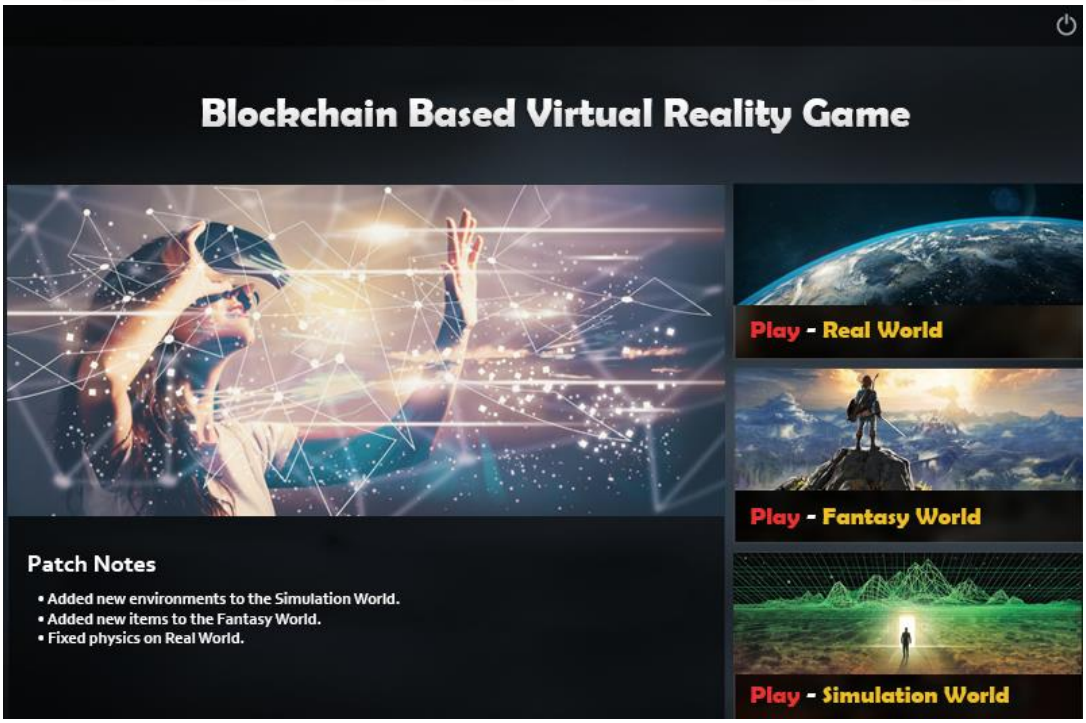
Şekil 4.20. Karakter Saldırı Animasyonu

Geliştirilen test haritasına çeşitli nesneler eklenmiştir. Örneğin karakter başlangıç konumu, ışığın gelme açısı, taşların yüzeydeki konumu, ağacın büyüklüğü gibi haritada yer alan bütün nesnelerin düzenlenmesi bu harita dosyası üzerinden yapılabilir. Şekil 4.21'de bu haritaya ait bir ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.21. Test Haritası ve Nesneler

Uygulamaya giriş yapan kullanıcıları karşılayacak bir arayüz geliştirilmiştir. Bu ekranda kullanıcılar seçim yaparak istedikleri evrene dahil olabilmektedirler. Buna ilişkin görsel Şekil 4.22'de verilmiştir.



Şekil 4.22. Evren Seçim Ekranı

Gerçek dünya türündeki bir evrende Dünya'daki çevreye benzer bir ortam oluşturulacaktır. İnsanlar bu evrende diğer kişilerle iletişim kurup sosyalleşebilir, arazi alıp ev yapabilir, bir meslek sahibi olabilir veya ticaret yapabilirler. Elde ettikleri gelirler her kullanıcının kendi dijital cüzdanında yer almaktadır.

Fantezi dünya türündeki bir evrende ise günümüz dünyasında göremediğimiz içerikler barındıran bir ortam oluşturulacaktır. Bu evrende oyunlarda oynadığımız, kitaplarda okuduğumuz veya filmlerde izlediğimiz gerçek dışı varlıklar ve ortamlar olacaktır. Kullanıcının elde ettikleri gelirler gerçek dünyadaki gibi kullanıcının dijital cüzdanına eklenmektedir.

Simülasyon türündeki bir evrende neyin simüle edileceği önceden belirlenip, evren buna göre oluşturulacaktır. Bunlara; uçuş eğitimi, askeri eğitim, ameliyat eğitimi örnek olarak verilebilir. Bu evren türünün diğerlerinden farkı eşya, para gibi kazanımların geçici olmasıdır.

Kullanıcı evren seçimi yaptıkran sonra seçtiği evrende bir karakter oluşturmadıysa yeni bir karakter oluşturup bunu kişiselleştirebilmektedir. Burada Unreal Engine mağazasındaki Universal Character Customization System eklentisi kullanılmıştır. Karakter üzerinde cinsiyet seçimi, saç şekli, ten rengi, göz rengi, burun şekli, çene yapısı gibi kişiselleştirmeler yapılabilmektedir. Buna ilişkin görsel Şekil 4.23'te verilmiştir.



Şekil 4.23. Karakter Kişiselleştirme Ekranı

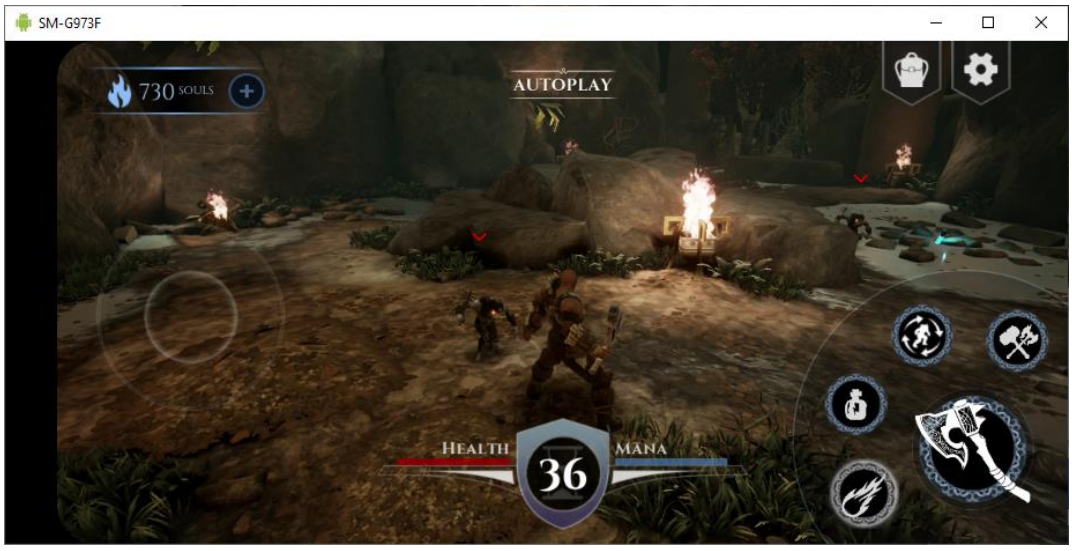
Karakter seçimi tamamlandıktan sonra kullanıcı kendini seçim yaptığı evrende bulacaktır.

Gerçekçi evren türü için Unreal Engine mağazasındaki City Park Environment Collection eklentisi kullanılmıştır. Gerçekçi evren için bir ekran görüntüsü şekil 4.24'te verilmiştir.



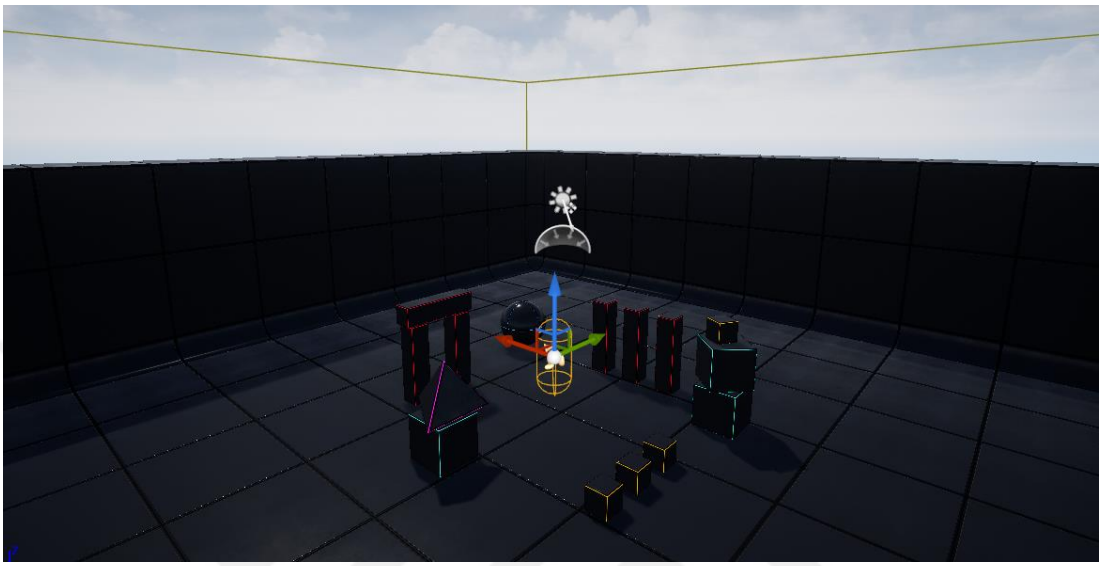
Şekil 4.24. Gerçekçi Evren Türü

Fantezi evren için Unreal Engine mağazasındaki ActionRPG eklentisi kullanmıştır. Bu evrene ait bir ekran görüntüsü şekil 4.25'te verilmiştir.



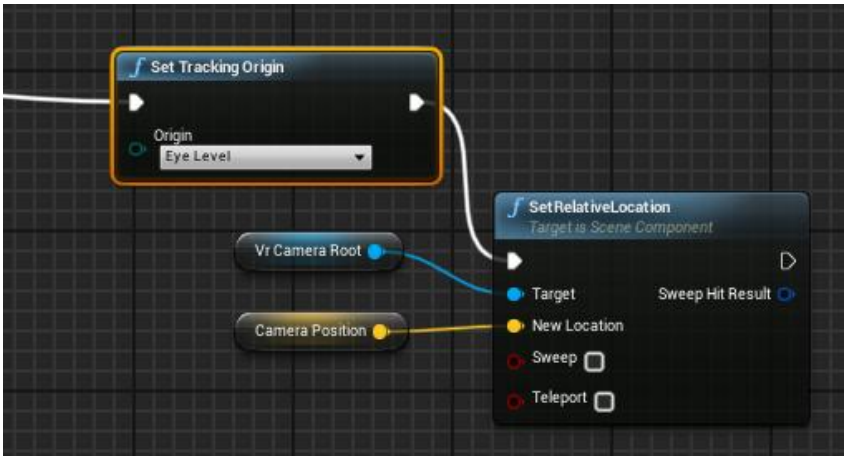
Şekil 4.25. Fantezi Evren Türü

Kullanıcı karakter seçimi yapsın ya da yapmasın simülasyon evrenine dahil olabilir. Bu çalışmada test ortamı için geliştirilen simülasyon ortamında kullanıcı sanal gerçeklik kaskını ve kontrolcüsünü test edebilmektedir. Simülasyon türündeki bir evren için ekran görüntüsü şekil 4.26'da verilmiştir.



Şekil 4.26. Simülasyon Evren Türü

Gerçek dışı evren türünün VR desteği içermesi için çeşitli ayarlar yapılmıştır. Bunun için ekrana yansıyan her bir kare, kullanıcının kafa hareketlerine göre görüntülenmelidir. Bunun için projede VR eklentisi aktif edilmiştir ve kamera konumu ile ilgili ayarlar yapılmıştır. Şekil 4.27'de bununla ilgili konfigürasyon verilmiştir.



Şekil 2.27. Unreal Engine VR Konfigürasyonu

VR ayarları gerçekleştirildikten sonra stereoskopik görüntü ve kontrolcüye erişim sağlanmıştır. Kontrolcü üzerinden yön tuşlarına ve A, B, C, D butonlarına basılarak karakter kontrolü sağlanabilmektedir. Sanal gerçeklik kaskı ve kontrolcü kullanılarak sanal evrene dahil olundu. Geliştirilen sanal evrende kullanıcı, düşmanlarla mücadele edip puan kazanmaktadır. Şekil 4.8'de buna ait bir görsel verilmiştir.

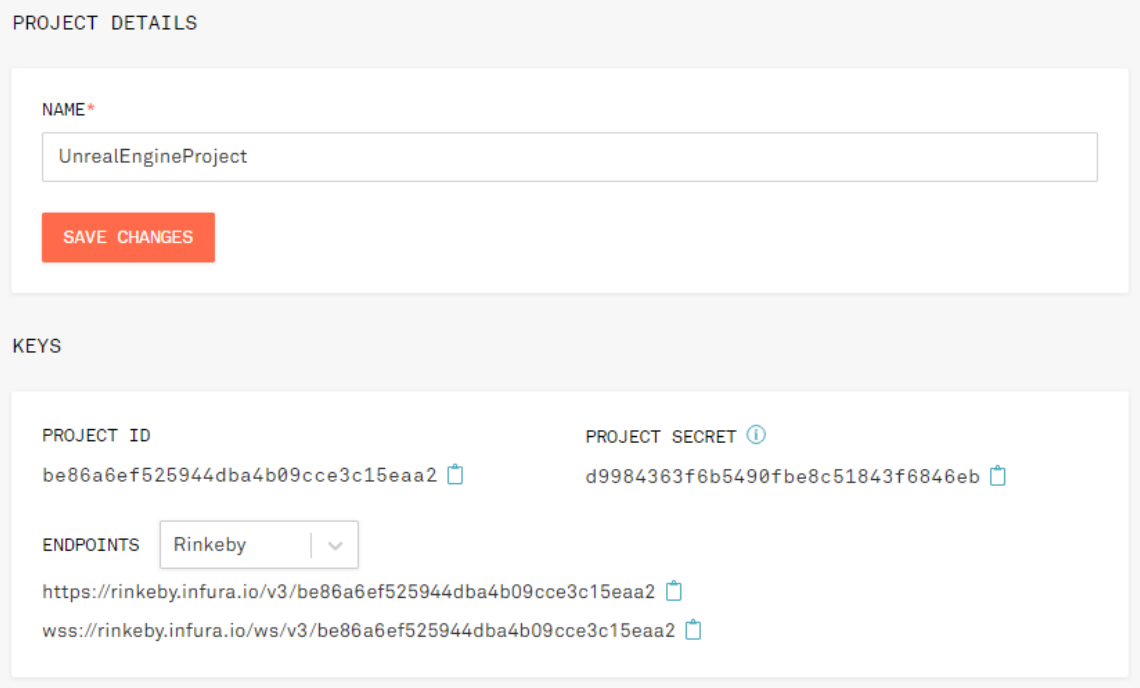


Şekil 4.28. Fantazi Evren Türünde VR Kullanımı

Samsung Galaxy S10 test cihazında, BOBO VR Z4 sanal gerçeklik kaskı ve kontrolcüsü kullanılarak test işlemi gerçekleştirilmiştir. Bu test sırasında herhangi bir olumsuz durum yaşanmamıştır.

4.2. Blokchain

Infura API, sunucunun Ethereum blok zinciri ile iletişim kurmasını sağlayacak bir arayüzdür. Ethereum blokzinciri ise verilerin tutulduğu blokları içeren devasa büyüklükteki bir yapıdır. Uygulamanın Infura API üzerinden Ethereum blok zincirindeki Rinkeby test ağı ile iletişim kurabilmesi için Java programlama dilinde bir sunucu geliştirilmiş ve Infura API kullanılmıştır. Geliştirilen sunucu, Infura API üzerinden Ethereum blok zinciri ile iletişim kurmaktadır. Infura yönetici paneli üzerinden bir proje oluşturulmuştur. Elde edilen erişim noktası (endpoint) olarak Rinkeby test ağı seçilmiştir. Bununla ilgili görsel Şekil 4.29'da verilmiştir.

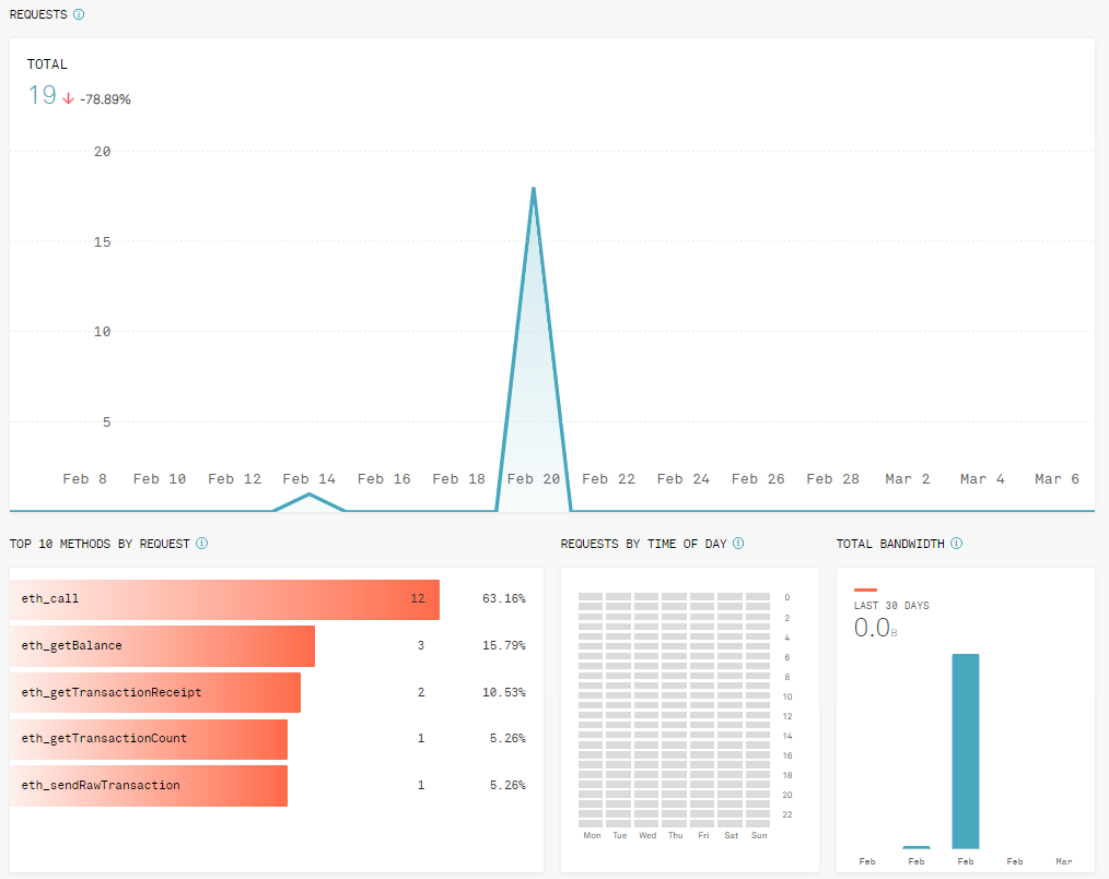


Şekil 4.29. Infura API Arayüzü

Geliştirilen sunucu ve Infura API kullanılarak Ethereum Rinkeby test ağı üzerinde aşağıdaki işlemler gerçekleştirilmektedir:

- Cüzdan oluşturma
- Cüzdan bakiyesi sorgulama
- ERC-20 token oluşturma
- ERC-20 token alma
- ERC-20 token bakiyesi sorgulama
- ERC-721 token oluşturma

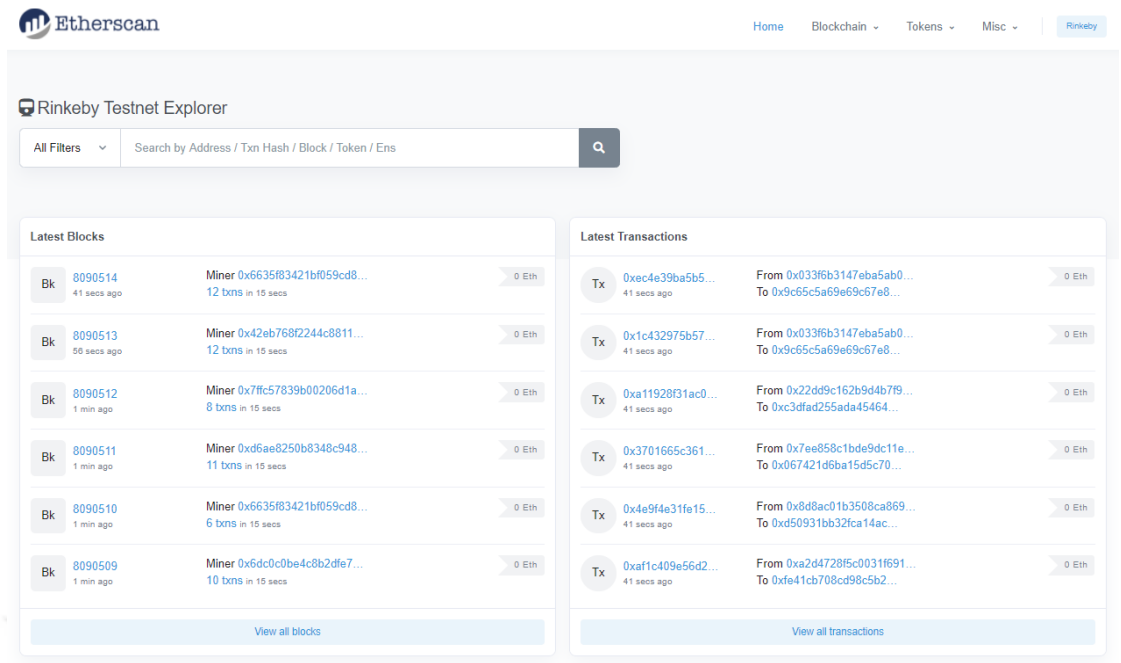
Infura API üzerinden yapılan istekler burada kayıt altına alınmaktadır. Şubat ayında yapılan isteklerin gösterildiği örnek bir görsel Şekil 4.30'da verilmiştir.



Şekil 4.30. Infura API İstek Kayıtları

Solidity, JavaScript'e benzer bir sözdizimine sahip, kalıtımı ve polimorfizmi destekleyen yüksek seviye bir programlama dilidir (Wohrer ve Zdun, 2018). Solidity compiler kullanılarak EtherCagatayToken adında özel bir ERC-20 akıllı kontrat oluşturulmuştur. Solidity programlama dilinde yazılan bu akıllı kontratta kontratın adı, sembolü ve türü tanımlanmaktadır. Ayrıca withdrawFunds, getTokenPrice, setTokenPrice, buyToken, checkTokenBalance adında metodlar bulunmaktadır. Ek-1'de bu kontratın kaynak kodu yer almaktadır.

https://rinkeby.etherscan.io/ adresi üzerinden oluşturulan bloklar ve gerçekleştirilen işlemler takip edilebilmektedir. Şekil 4.31'de bu siteye ait ekran görüntüsü verilmiştir.



Şekil 4.31. Etherscan Rinkeby Test Ağı Web Sayfası

Bu sayfa üzerinden bir blokta yer alan değerler aşağıda verilmiştir:

- Blok yüksekliği
- Zaman damgası
- Maden çıkaran
- Blok ödülü
- Zorluk
- Toplam zorluk
- Boyut
- Kullanılan gaz
- Gaz limiti
- Ekstra veriler

Bir işlemde yer alan değerler ise aşağıda verilmiştir:

- İşlem hash değeri
- Durum
- Blok
- Zaman damgası
- Kaynak adres
- Hedef adres

- Değer
- İşlem ücreti
- Gaz fiyatı

Sunucu tarafında Ruslan Nazirov tarafından geliştirilen örnek bir yapı kullanılmıştır (Nazirov, 2019). Örnek uygulama üzerinden oluşturulan cüzdan bakiyesi sorgulama isteği Ek-2'de verilmiştir. Adresi 0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213 olan cüzdanın bakiye sorgulama işleminin cevabı aşağıda verilmiştir.

```
7.353208102
```

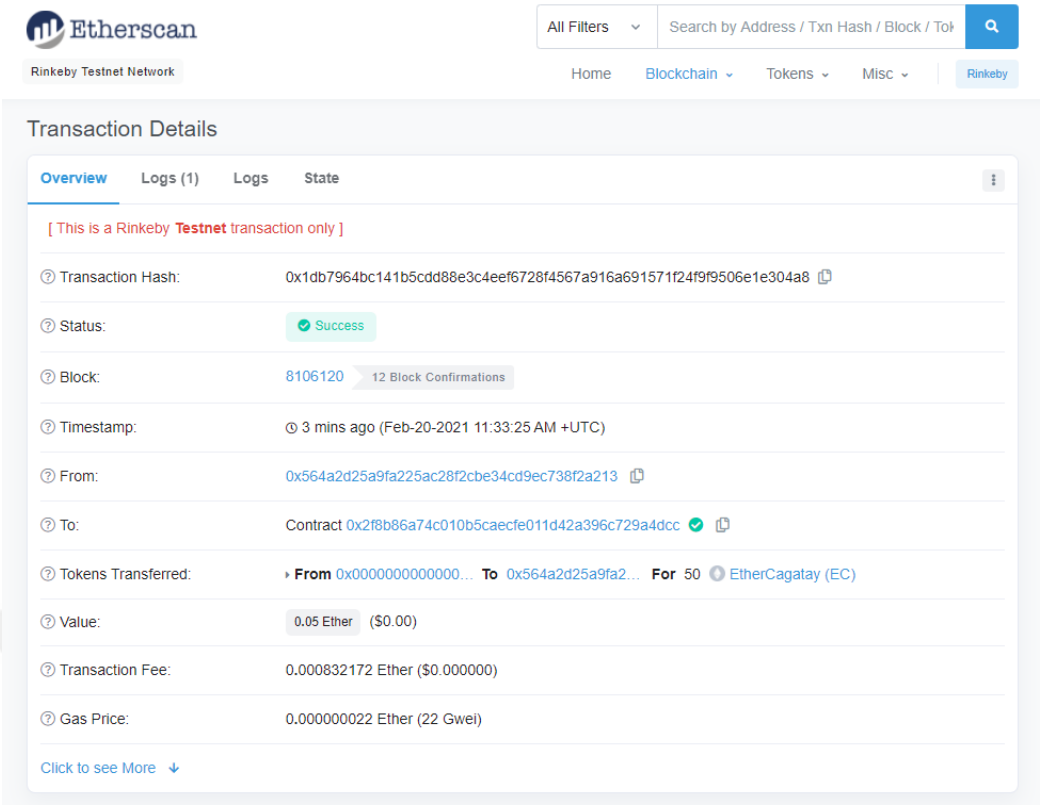
Uygulama üzerinden adresi 0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213 olan cüzdanın EtherCagatay ERC-20 token sorgulama işleminin isteği Ek-3'te verilmiştir. Yapılan bu sorgulama işleminin cevabı aşağıda verilmiştir.

```
100
```

Adresi 0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213 olan cüzdan için 50 birimlik EtherCagatay (EC) token alınması için örnek istek ek-4'te verilmiştir. 50 birimlik EtherCagatay ERC-20 token alınma işlemi başarılı gerçekleştirildiğinde ise işlemin numarası geri dönüş değeri olarak gelmektedir. Örnek bir geri dönüş değeri aşağıda verilmiştir.

```
Transaction
0x1db7964bc141b5cdd88e3c4eef6728f4567a916a691571f24f9f9506e1e304a8
successfully mined
```

https://rinkeby.etherscan.io/ adresinde Rinkeby test sunucunda oluşturulan işlemin bütün detayları yer almaktadır. Yukarıdaki işlemin numarası bu site üzerinden kontrol edildiğinde oluşturulan işlemin detaylarına ulaşılabilir. Buna ilişkin görsel şekil 4.32'de verilmiştir.



Şekil 4.32. Etherscan Rinkeby İşlem Detayı

5. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Yapılan çalışmada sanal gerçeklik teknolojisi ve blok zincirinin kullanılması ile güvenli bir sanal gerçeklik deneyimini sağlayacak bir yöntem ortaya konulmuştur.

Sanal gerçeklik teknolojisi, kullanıcıların oyunu gerçekte yaşıyormuş gibi hissederek oynamalarını sağlaması açısından keyif verici bir teknolojidir. Oyuncular, gerçeğe yakın bir deneyim yaşamak için bu teknolojiyi kullanma eğilimindediler. Gerçekleştirilen bu çalışmada VR teknolojisinin kullanılması ile gerçekçi bir oyun deneyimi kullanıcılara sunulmuştur.

Blok zincirinin sahip olduğu dağıtık veri tabanı, eşler arası iletim, şeffaflık ve kayıtların geri alınamaması gibi özellikler sayesinde veri güvenliği sağlanabilmektedir. Kısaca; blok zinciri, güvenli bir sanal ortamın olmazsa olmazıdır. Gerçekleştirilen çalışmada blok zincirinin kullanılması oyunun güvenliğini artırmıştır.

Sanal gerçeklik ve blok zinciri teknolojilerinin bir arada kullanılması ile güvenli bir sanal ortamın temeli oluşturulmuştur. Kullanıcılar, bu sanal ortamlarda güvenli bir şekilde gerçek yaşama yakın bir deneyim yaşayabileceklerdir.

Blok zinciri ve sanal gerçeklik teknolojisini barındıran tez çalışmasının geliştirilme sürecinde aşağıdaki yazılım geliştirme ve entegrasyon adımları uygulanmıştır.

- Ethereum blok zincirinde Rinkeby ağının kullanımı
- Unreal Engine üzerinde uygulama geliştirilmesi
- Java dilinde bir sunucu yazılması
- Infura API entegrasyonu

Blok zinciri tabanlı sanal gerçeklik ortamı oluşturulurken geleneksel veritabanı yerine blok zinciri kullanılmıştır. Blok zinciri bir veri tabanıdır fakat bir veri tabanı blok zinciri değildir. Blok zincirinin getirmiş olduğu dağıtık veritabanı, eşler arası iletim, herkese açık (şeffaf) olması ve kayıtların geri döndürülememesi gibi avantajlar olmakla beraber bazı dezavantajları da vardır. Buna ilişkin karşılaştırma çizelge 5.1'de verilmiştir.

Çizelge 5.1. Blok Zinciri ve Geleneksel Veritabanı Karşılaştırması

	Blok Zinciri	**Geleneksel Veritabanı**
Mimari	Uçtan uca	İstemci – sunucu
Yetkilendirme	Dağıtık	Merkezi
Performans	Yavaş	Hızlı
Maliyet	Pahalı	Ucuz
Veri işleme	Sadece okuma ve yazma	Okuma, yazma, güncelleme ve silme
Veri bütünlüğü	Mevcut	Mevcut değil
Şeffaflık	Mevcut	Mevcut değil
Kriptografik	Evet	Hayır

Unreal Engine ve Unity Game Engine arasında bir karşılaştırma yapıldığıdna Unreal Engine oyun motorunun mimariye daha uygun olduğu kararına varılmıştır. Çizelge 5.2'de bu iki oyun motorunun karşılaştırmalı grafiği verilmiştir.

Çizelge 5.2. Unreal Engine ve Unity Game Engine Karşılaştırması

	Unreal Engine	**Unity Game Engine**
Grafik Kalitesi	Gerçeğe çok yakın	Gerçeklikten uzak
Yazılım Geliştirme	Blueprint desteği	Script desteği
VR Entegrasyonu	Çok kullanışlı	Kullanımı zor
İşleme Hızı	Çok Hızlı	Hızlı
Programlama Dili	C++	C#

Unreal Engine'de geliştirilen projenin mimariye daha uygun olması sebebiyle bu oyun motoru seçilmiştir. Ethereum blok zinciri, Unreal Engine'deki geliştirilen sanal gerçeklik projesine sunucu ve Infura API entegrasyonu yapılarak entegre edilmiştir. Bu sayede oyun içerisinde meydana gelen önemli olayların kayıt altına alınması gerçekleştirilmektedir. Kullanıcılar arasındaki para transferi veya bir sertifika alınması buna örnek olarak verilebilir.

Blok zinciri bloklardan oluşmaktadır ve her bir blokta temel olarak aşağıdaki özellikler yer almaktadır:

- Blok No
- Timestamp (Zaman Damgası)
- Blok Hash Değeri
- Önceki Blok Hash Değeri
- Veri

Blok zincirinin kullanımına ait örnek bir kaba kod aşağıda verilmiştir:

```
1. Blok zinciri nesnesini üret
2. Blok zincirine başlangıç bloğu ekle
3. Zincire “Transaction:A to B,Coin:100” verisini içeren bir blok ekle
4. Zincire “Transaction:B to A,Item:Apple” verisini içeren bir blok ekle
5. Zincirin doğruluğunu kontrol et
```

Kaba koddaki 1. adımda öncelikle blok zinciri nesnesini üretmemiz gerekmektedir. Bu sayede üretilen blok zincirine blok ekleme işlemi yapabilmekteyiz. 2. adımda Genesis olarak adlandırılan ve veri içermeyen bir başlangıç bloğu eklenmektedir. 3. adımda A kişisinden B kişisine 100 birim para gönderimini temsil eden “Transaction:A to B,Coin:100” verisi bir blok olarak blok zincirine eklenmiştir. 4. adımda B kişisinden A kişisine elma gönderimini temsil eden “Transaction:B to A,Item:Apple” verisi bir blok olarak eklenmiştir. 5. adımda ise zincirdeki hash değerlerinin kontrolü yapılmaktadır.

Kullanıcının sanal gerçeklik kaskı ile oluşturulan platforma katılabilmesi için iki adet donanıma ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlar bir sanal gerçeklik kaskı, diğeri ise akıllı telefondur. Sanal gerçeklik cihazı olarak Bobo VR Z4 kullanılmıştır. Şekil 5.1’de bu cihaza ait bir görsel yer almaktadır.



Şekil 5.1. Bobo VR Z4 Sanal Gerçeklik Cihazı

Geliştirme ve debug (hata ayıklama) sürecinde cihaz olarak Xiaomi Mi 8 akıllı cep telefonu kullanılmıştır. Bu cihaz üzerinde 2.8GHz Qualcomm Snapdragon 845 işlemci ve 710MHz Qualcomm Adreno 630 grafik kartı barındırmaktadır. Bu cihaza ait görsel Şekil 5.2'de yer almaktadır.



Şekil 5.2. Xiaomi Mi 8 Cep Telefonu

Unreal Engine üzerinde geliştirilen proje derlenmiş ve Android işletim sistemli cihazlarda kullanılabilen bir apk (Android Application Package - Android Uygulama Paketi) kurulum dosyası elde edilmiştir. Uygulamanın test edilebilmesi için, sanal gerçeklik kaskı, bilgisayar ve internet bağlantısı gereklidir.

Elde edilen apk dosyası Xiaomi Mi 8, Samsung Galaxy S10, Samsung Galaxy S20, Samsung Note 10 Lite ve Huawei P40 Lite Android cihazlarına başarılı şekilde yüklenmiştir. Gerekli bağlantılar sağlandıktan sonra apk dosyası her bir test cihazında çalıştırılmıştır ve Bobo VR Z4 sanal gerçeklik kaskında test edilmiştir. Bu cihazların test sonuçları çizelge 5.3'te verilmiştir.

Çizelge 5.3. Android Test Cihazları ve Test Sonuçları

Görsel	Marka ve Model	Çipset	Grafik Birimi	Android Sürümü	Test Sonucu
	Xiaomi Mi 8	Qualcomm Snapdragon 845 (2.8 GHz)	Qualcomm Adreno 630	9	Başarılı
	Samsung Galaxy S10	Exynos 9820 (2.7 GHz)	Qualcomm Adreno 640	10	Başarılı
	Samsung Galaxy S20	Exynos 990 (2.73 GHz)	Mali-G77 MP11	10	Başarılı
	Samsung Note 10 Lite	Exynos 9810 (2.9 GHz)	Mali-G72 MP18	10	Başarılı
	Huawei P40 Lite	Kirin 820 (2.36 GHz)	Mali-G57	10	Başarılı

Test ortamlarında yapılan testlerde herhangi bir soruna rastlanmamıştır. Test edilen bütün Android işletim sistemli cihazlarda uygulama başarılı olarak çalıştırılmıştır.

VRChat, Steam platformunda 2017'nin şubat ayında yayınlanan ve Unity oyun motoru ile geliştirilen bir sanal gerçeklik oyunudur. VR kaskı ve kontrolcüleri ile oynanan bu oyunda oyuncular kendi oluşturdukları karakterleri ile eğlenerek sosyalleşebilmektedirler. 2021 mart ayı itibariyle anlık olarak ortalama 20.000 oyuncu sayısına sahiptir. Bu oyuna ilişkin bir görsel şekil 5.3'te verilmiştir.



Şekil 5.3. VRChat Oyunu

Decentraland, 2020 şubat ayında piyasaya sürülen bir VR oyunudur. İçerisinde blok zinciri altyapısı barındırmaktadır. Oyun motoru olarak Unity kullanılmıştır. 2020 mart ayı itibariyle 12.000'den fazla kullanıcıyı bünyesinde barındırmaktadır (Morselli G., 2020). Şekil 5.4'te bu oyuna ait bir görsel verilmiştir.



Şekil 5.4. Decentraland Oyunu

Second Life, 2003 yılında yayınlanan çok oyunculu bir sanal dünyada sosyalleşebilme imkanı sunan bir oyundur. Havok oyun motoru ile geliştirilmiştir. 2017'nin sonunda aktif olarak oyuncu sayısı 800.000 ile 900.000 oyuncu arasında değişmiştir (Axon S., 2017).



Şekil 5.5. Second Life

Bu çalışma ile gerçekleştirilen blok zinciri tabanlı sanal gerçeklik oyunu, VRChat, Decentraland ve Second Life oyunları ile karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırmaya ilişkin detaylar çizelge 5.4'te verilmiştir.

Çizelge 5.4. Oyunların Karşılaştırması

	Blokchain Tabanlı Sanal Gerçeklik Ortamı	**VRChat**	**Decentraland**	**Second Life**
Oyun Motoru	Unreal Engine	Unity	Unity	Havok
Platform	Bilgisayar ve Mobil Cihazlar	Bilgisayar	Bilgisayar	Bilgisayar
Blokzinciri Desteği	Var	Yok	Var	Yok
VR Desteği	Var	Var	Var	Yok
Çoklu Oyuncu Desteği	Var	Var	Var	Var

Gerçekleştirilen blok zinciri tabanlı sanal gerçeklik oyunu VRChat oyunu ile karşılaştırıldığında benzer özelliklerinin olmasına rağmen VRChat'ın eksikleri olduğu ortaya çıkmaktadır. VRChat uygulaması Unity oyun motorunda geliştirilmiştir ve desteklediği platform sadece bilgisayardır. Blok zinciri desteği olmamasına rağmen VR desteği vardır ve VR kontrolcüleri ile uyumlu çalışabilen bir oyundur. Buna ek olarak çoklu oyuncu desteği bulunmaktadır. Blok zinciri altyapısı olmadığı için burada elde edilen kazanımların (para, seviye, eşya vb.) korunumu oyunun sahibi olan kişilerin

elindedir. Bu sayede zaman geçirmesi keyifli bir oyun olmasının yanı sıra gerçekçi bir sanal yaşamdan oldukça uzaktadır.

Gerçekleştirilen çalışma Decentraland oyunu ile karşılaştırıldığında bir çok benzer özellik ortaya çıkmaktadır. Her iki oyun da blok zinciri desteği, sanal gerçeklik desteği ve çoklu oyuncu desteği sunmaktadır. Her iki oyunun da kullanıcıların kendi karakterlerini oluşturabildiği ve bir evrene dahil olabildikleri bir yapısı bulundurmaktadır. Gerçekleştirilen çalışmadaki oyun mobil ve bilgisayarlarda çalışabilirken Decentraland sadece bilgisayarda çalışabilen bir mimariye sahiptir.

Second Life ve gerçekleştirilen çalışma karşılaştırıldığında oyun olarak benzerlik görülmesine rağmen kullanılan teknolojiler açısından farklılıklar yer almaktadır. Bu iki oyunun en benzer yönü, kullanıcıların kendi karakterlerini yaratarak bir sanal evrene dahil olmalarıdır. Ayrıca her iki oyun da çoklu oyuncu desteği sunmaktadır. Farklılıkları ise Second Life oyununda oyun motoru olarak Havok kullanılması, blok zinciri ve sanal gerçeklik desteklerinin bulunmamasıdır. Second Life'ta blok zinciri teknolojisi bulunmadığı için elde edilen kazanımların korunumu yoktur, bu da oyundaki güvenilirlik sorunlarını beraberinde getirmektedir. VR desteğinin bulunmaması yüzünden karakter kontrolü klavye ve fare ile yapılmakta, monitör ile görüntü aktarımı sunulmaktadır. Bu yüzden gerçekçiliğin kullanıcıya aktarımı çok düşük seviyede olmaktadır.

Sonuç olarak gerçekleştirilen blok zinciri tabanlı sanal gerçeklik oyununda blok zinciri ve VR teknolojisinin birlikte kullanılması bu oyunu diğerlerinden daha gerçekçi ve daha güvenli kılmıştır. Ayrıca bu çalışma için geliştirilen oyun hem mobil hem de masaüstü bilgisayarlarda çalışabilen bir yapıya sahip olması ile diğer çalışmalardan ayrılmaktadır.

6. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

6.1. Sonuçlar

Sonuç olarak; kullanıcı, VR kask ve kontrolcü, mobil veya masaüstü aygıt, uygulama, sunucu, Infura API ve Ethereum blok zincirini içeren bir mimari oluşturulmuştur. Bu mimariyi oluştururken aşağıdaki adımlar gerçekleştirilmiştir:

1. VR kask için Bobo VR Z4 Sanal Gerçeklik Cihazı ve kontrolcü için bluetooth modülü içeren bir cihaz kullanılmıştır.
2. Aygıt olarak Android işletim sistemli mobil bir cihaz kullanılmıştır.
3. Unreal Engine platformu üzerinde çoklu platform desteği olan bir proje geliştirilmiştir.
4. Bu projenin Infura API ile olan bağlantısı gerçekleştirilmiştir.
5. Ethereum blok zincirinin RinkeBy test ağı ile iletişim kurmasını sağlayacak bir yapı geliştirilmiştir.

Unreal Engine'de geliştirilen projenin kullanımında ise aşağıdaki adımlar takip edilmelidir.

1. Kullanıcı mobil uygulamayı cihazına yükler.
2. Kullanıcı sanal gerçeklik kaskı ve kontrolcüsünü mobil cihazı ile bağlar.
3. Kullanıcı uygulamayı açar, cüzdan adresini ve şifresini girdikten sonra cüzdanına erişir.
4. Kullanıcı uygulama üzerinden para aktarımı, eşya satımı ya da alımı gibi herhangi bir işlem gerçekleştirebilir.

Geliştirilen sanal gerçeklik ortamında VR teknolojisi ve blok zincirinin kullanılması ile güvenli bir sanal gerçeklik deneyimi kullanıcılara sunulmuştur. Sanal gerçeklik teknolojisinin kullanılması oyunun gerçekçiliğini, blok zincirinin kullanılması ise oyunun güvenliğini artırmıştır.

Blok zinciri, oyunda gerçekleşen bütün işlemlerin geri döndürülemez bir kaydını tuttuğu için geliştirilen oyunun güvenli olmasını sağlamıştır. Böylece avatarların her birinin sahip olduğu para, eşya ve sertifika gibi varlıklar güvence altına alınmıştır.

6.2. Öneriler

Bu çalışmada geliştirilen VR uygulaması mobil platformlarda test edilmiştir. Oculus VR gibi üst segment VR cihazlar üzerinde kullanılması sanal gerçeklik deneyimini artırmaktadır.

İleride çoklu oyuncu desteği sağlanarak birden fazla kullanıcının aynı ortamda bulunması sağlanabilir. Kullanıcıların birbiri ile yazılı veya sesli olarak iletişim kurabilecekleri, kendileri arasında eşya transfer edebileceği bir yapı oluşturabilir.

Gelecekte blok zincirinin sahip olduğu işlem gecikmesi, ölçeklenebilirlik, yüksek enerji tüketimi gibi sorunlarının çözülmesiyle bu teknolojiye olan ilgi daha fazla artabilir. Sanal gerçekliğin de gün geçtikçe geliştiği ve her geçen yıl daha teknolojik sanal gerçeklik cihazlarının üretildiği bilinmektedir. Gelişmekte olan bu iki teknolojinin gelecekte beraber kullanıldığı çalışmalar görmek mümkündür. Bunlara ek olarak gelecekte BCI ile kullanılabilen VR cihazları geliştirildiğinde gerçeklik algısı bir üst noktaya taşınabilir. Böylelikle sanal gerçeklik ortamları, kullanıcıların daha çok vakit geçirmek isteyeceği bir yapı halini alabilir. Bu ortamlardaki verilerin güvenliği blok zincirinin kullanılmasıyla üst noktaya taşınabilir.

KAYNAKLAR

Anonim, 2017, B250 Mining Expert [online], ASUS, https://www.asus.com/tr/Motherboards/B250-MINING-EXPERT [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2019].

Anonim, 2018, Coinbase [online], https://www.coinbase.com/about [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2019].

Anonim, 2018, Action RPG Game [online], Unreal Engine, https://www.unrealengine.com/marketplace/en-US/product/action-rpg [Ziyaret Tarihi: 14 Mart 2021].

Axon S., 2020, Returning to Second Life [online], *Ars Technica*, https://arstechnica.com/gaming/2017/10/returning-to-second-life/ [Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2021].

Azaria, A., Ekblaw, A., Vieira, T., and Lippman, A., 2016, Medrec: Using blockchain for medical data access and permission management. *2nd International Conference on Open and Big Data (OBD)*, 25-30.

Biryukov, A., and Pustogarov, I., 2015, Proof-of-work as anonymous micropayment: Rewarding a Tor relay, *International Conference on Financial Cryptography and Data Security*, Springer, Berlin, Heidelberg 445-455.

Biswas, K., & Muthukkumarasamy, V., 2016, Securing smart cities using blockchain technology, *IEEE 18th international conference on high performance computing and communications; IEEE 14th international conference on smart city; IEEE 2nd international conference on data science and systems (HPCC/SmartCity/DSS)*, 1392-1393.

Boas, Y. A. G. V., 2013, Overview of virtual reality technologies, *Interactive Multimedia Conference*, Southampton.

Burdea Grigore, C., and Coiffet, P, 1994, Virtual reality technology, *Wiley-Interscience*, London.

Cannavo, A. and Lamberti, F., 2020, How Blockchain, Virtual Reality and Augmented Reality are Converging, and Why, *IEEE Consumer Electronics Magazine*, Torino.

Çarkacıoğlu, A., 2016, Kripto-Para Bitcoin, Sermaye Piyasası Kurulu Araştırma Dairesi Araştırma Raporu.

Dale, E., 1954, Audio-visual methods in teaching, revised edition, *New York: A Holt-Dryden Book, Henry Holt and Company*.

Dai, F., Shi, Y., Meng, N., Wei, L., & Ye, Z., 2017, Fom Bitcoin to cybersecurity: A comparative study of blockchain application and security issues, *4th International Conference on Systems and Informatics (ICSAI)*, 975-979.

Dai, H. N., Zheng, Z. and Zhang, Y., 2019, Blockchain for Internet of Things: A survey, *IEEE Internet of Things Journal*, 6(5), 8076-8094.

De Filippi, P., 2018, Citizenship in the Era of Blockchain-Based Virtual Nations, *Debating Transformations of National Citizenship*, Springer, Cham, 267-277.

Dorri, A., Kanhere, S. S. and Jurdak, R., 2017, Towards an optimized blockchain for IoT, *2nd International Conference on Internet-of-Things Design and Implementation*, 173-178.

Dwork, C., and Naor, M., 1992, Pricing via processing or combatting junk mail, *Annual International Cryptology Conference*, Springer, Berlin, Heidelberg, 139-147.

Freeman, D., Reeve, S., Robinson, A., Ehlers, A., Clark, D., Spanlang, B., and Slater, M., 2017, Virtual reality in the assessment, understanding, and treatment of mental health disorders, *Psychological medicine*, *47*(14), 2393-2400.

Fogarty, J., McCormick, J. and El-Tawil, S., 2017, Improving student understanding of complex spatial arrangements with virtual reality. *Journal of Professional Issues in Engineering Education and Practice*, *144*(2), 04017013.

Gamito, P., Oliveira, J., Coelho, C., Morais, D., Lopes, P., Pacheco, J. and Barata, A. F., 2017, Cognitive training on stroke patients via virtual reality-based serious games, *Disability and Rehabilitation*, *39*(4), 385-388.

Guttentag, D. A., 2010, Virtual reality: Applications and implications for tourism, *Tourism Management*, 31(5), 637-651.

Hafner, P., Hafner, V. and Ovtcharova, J., 2013, Teaching methodology for virtual reality practical course in engineering education, *Procedia Computer Science*, 25, 251-260.

Halarnkar, P., Shah, S., Shah, H., Shah, H. and Shah, A., 2012, A review on virtual reality, *International Journal of Computer Science Issues (IJCSI)*, 9(6), 325.

Horowitz, K. 2004, Sega vr: Great idea or wishful thinking, *Sega-16 Forum*.

Jakobsson, M., and Juels, A., 1999, Proofs of work and bread pudding protocols, *Secure Information Networks*, Springer, Boston, 258-272.

Jung, T., tom Dieck, M. C., Lee, H., and Chung, N., 2016, Effects of virtual reality and augmented reality on visitor experiences in museum, *Information and Communication Technologies in Tourism 2016*, 621-635.

Karaarslan, E., ve Akbaş, M. F., 2017, Blokzinciri tabanlı siber güvenlik sistemleri, *Uluslararası bilgi güvenliği mühendisliği dergisi*, *3*(2), 16-21.

King, S., and Nadal, S., 2012, Ppcoin: Peer-to-peer crypto-currency with proof-of-stake, *www.peercoin.net.*

Kosba, A., Miller, A., Shi, E., Wen, Z. and Papamanthou, C., 2016, Hawk: The blockchain model of cryptography and privacy-preserving smart contracts, *IEEE symposium on security and privacy (SP)*, 839-858.

Kshetri, N., 2017, Can blockchain strengthen the internet of things?, *IT Professional*, 19(4), 68-72.

Kurbanoğlu S., 1996, Sanal Gerçeklik: Gerçek Mi Değil Mi?, *Türk Kütüphaneciliği* (10-1), 21-31.

Lamport, L., Shostak, R. and Pease, M., 1982, The Byzantine generals problem, *ACM Transactions on Programming Languages and Systems (TOPLAS)*, *4*(3), 382-401.

Lang B., 2019, Analysis: Monthly-connected VR Headsets on Steam Pass 1 Million Milestone [online], *RoadToVR*, https://www.roadtovr.com/monthly-connected-vr-headsets-steam-1-million-milestone/ [Ziyaret Tarihi: 23 Kasım 2019].

Lange, B. S., Requejo, P., Flynn, S. M., Rizzo, A. A., Valero-Cuevas, F. J., Baker, L. and Winstein, C., 2010, The potential of virtual reality and gaming to assist successful aging with disability, *Physical Medicine and Rehabilitation Clinics*, *21*(2), 339-356.

LaValle, S. M., Yershova, A., Katsev, M. and Antonov, M., 2014, Head tracking for the Oculus Rift, *International Conference on Robotics and Automation (ICRA)*, Hong Kong, 187-194.

Li, X., Jiang, P., Chen, T., Luo, X. and Wen, Q., 2020, A survey on the security of blockchain systems, *Future Generation Computer Systems*, 107, 841-853.

Matamala-Gomez, M., Donegan, T., Bottiroli, S., Sandrini, G., Sanchez-Vives, M. V. and Tassorelli, C., 2019, Immersive virtual reality and virtual embodiment for pain relief, *Frontiers in human neuroscience*, 13, 279.

Morselli G., 2020, Decentraland: the project launches and attracts over 12.000 user [online], *Cryptonomist*, https://en.cryptonomist.ch/2020/03/01/decentraland-project-users / [Ziyaret Tarihi: 13 Mart 2021].

Michael, J., Cohn, A. and Butcher, J. R., 2018, Blockchain Technology, *www.steptoe.com*, 1-11.

Nagaya, N., Sugimoto, M., Nii, H., Kitazaki, M. and Inami, M., 2005, Visual perception modulated by galvanic vestibular stimulation, *Proceedings of the 2005 international conference on Augmented tele-existence*, 78-84.

Nagendran, M., Gurusamy, K. S., Aggarwal, R., Loizidou, M. and Davidson, B. R., 2013, Virtual reality training for surgical trainees in laparoscopic surgery, *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 8.

Nakamoto, S., 2008, Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system [online], *www.bitcoin.org,* 1-9 [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2019].

Nazirov, R., 2019, Etherlinker for UE4 [online], https://bitbucket.org/kelheor/etherlinker-for-ue4/src/master/ [Ziyaret Tarihi: 09 Mart 2021].

Nelson Petracek, 2018, Is Blockchain The Way To Save IoT, Forbes, https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2018/07/18/is-blockchain-the-way-to-save-iot [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2019].

Ordano, E., Meilich, A., Jardi, Y., and Araoz, M., 2018, Decentraland: A blockchain-based virtual world, Decentraland, https://decentraland.org/whitepaper.pdf [Ziyaret Tarihi: 01 Ocak 2019].

Osgood, R., 2016, The Future of Democracy: Blockchain Voting, *COMP116: Information Security*.

Pilkington, M., 2016, 11 Blockchain technology: principles and applications, *Research handbook on digital transformations*, 225.

Radianti, J., Majchrzak, T. A., Fromm, J. and Wohlgenannt, I., 2020, A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda, *Computers & Education*, 147, 103778.

Qian, Y. Y., & Teather, R. J., 2017, The eyes don't have it: an empirical comparison of head-based and eye-based selection in virtual reality, *5th Symposium on Spatial User Interaction*, 91-98.

Saposnik, G., Teasell, R., Mamdani, M., Hall, J., McIlroy, W., Cheung, D. and Bayley, M., 2010, Effectiveness of virtual reality using Wii gaming technology in stroke rehabilitation: a pilot randomized clinical trial and proof of principle, Stroke, 41(7), 1477-1484.

Sherman, W. R. and Craig, A. B., 2018, *Understanding virtual reality: Interface, application, and design*. Morgan Kaufmann, 4-58.

Schultheis, M. T., and Rizzo, A. A., 2001, The application of virtual reality technology in rehabilitation, *Rehabilitation psychology*, 46(3), 296.

Steuer, J., 1992, Defining virtual reality: Dimensions determining telepresence. *Journal of communication*, *42*(4), 73-93.

Statista, 2018. Forecast user base of the augmented and virtual reality (VR) software market worldwide in 2020 and 2025, by segment (in millions) [online], https://www.statista.com/statistics/610126/worldwide-forecast-augmented-and-mixed-reality-software-users-by-segment [Ziyaret Tarihi: 1 Aralık 2018].

Szabo, N., 1997, Formalizing and securing relationships on public networks. *First Monday*, *2*(9).

Tapscott, D. and Tapscott, A., 2016, Blockchain revolution: how the technology behind bitcoin is changing money, business, and the world.

Ünsal, E. ve Kocaoğlu, Ö., 2018, Blok Zinciri Teknolojisi: Kullanım Alanları, Açık Noktaları ve Gelecek Beklentileri, *European Journal of Science and Technology*, (13), 54-64.

Webster, R. and Clark, A., 2015, Turn-Key Solutions: Virtual Reality, *ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference*, 9.

Wohrer, M. and Zdun, U., 2018, Smart contracts: security patterns in the ethereum ecosystem and solidity, *International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering (IWBOSE)*, 2-8.

Wood, G., 2014, Ethereum: A secure decentralised generalised transaction ledger, *Ethereum project yellow paper*, (151), 1-32.

Wang, S., Song, J., Lien, J., Poupyrev, I. and Hilliges, O., 2016, Interacting with soli: Exploring fine-grained dynamic gesture recognition in the radio-frequency spectrum, *29th Annual Symposium on User Interface Software and Technology*, 851-860.

Wüst, K. and Gervais, A., 2018, Do you need a Blockchain?, *Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)*, 45-54.

Xu, X., Pautasso, C., Zhu, L., Gramoli, V., Ponomarev, A., Tran, A. B. and Chen, S., 2016, The blockchain as a software connector, *13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA)*, 182-191.

Yung, R. and Khoo-Lattimore, C., 2019, New realities: a systematic literature review on virtual reality and augmented reality in tourism research, *Current Issues in Tourism*, 22(17), 2056-2081.

Zheng, W., Zheng, Z., Chen, X., Dai, K., Li, P. and Chen, R., 2019, Nutbaas: A blockchain-as-a-service platform, *IEEE Access*, 7, 134422-134433.

Zheng, Z., Xie, S., Dai, H. N. and Wang, H., 2016, Blockchain challenges and opportunities: a survey. *International Journal of Web and Grid Services*, 1, 1-25.

Zhou, Q., Huang, H., Zheng, Z. and Bian, J., 2020, Solutions to scalability of blockchain: A survey, *IEEE Access*, 8, 16440-16455.

Zyskind, G., and Nathan, O., 2015, Decentralizing privacy: Using blockchain to protect personal data, *Security and Privacy Workshops (SPW)*, 180-184.

EKLER

EK-1 EtherCagatayToken ERC-20 Akıllı Kontratı

```
pragma solidity ^0.4.24;

import "./utils/SafeMath.sol";
import "./ERC20/ERC20Mintable.sol";


contract EtherCagatayToken is ERC20Mintable {

    using SafeMath for uint256;

    string public constant name = "EtherCagatay";
    string public constant symbol = "EC";
    uint8 public constant decimals = 0;

    uint256 private tokenPrice = 1000000000000000;

    event Withdrawn(uint256 weiAmount);

    function withdrawFunds() public onlyOwner {
        uint256 balance = address(this).balance;
        owner.transfer(address(this).balance);
        emit Withdrawn(balance);
    }

    function getTokenPrice() public view returns(uint256) {
        return tokenPrice;
    }

    function setTokenPrice(uint256 _price) external onlyOwner {
        tokenPrice = _price;
    }

    function buyToken() external payable {
        require(msg.value.mod(tokenPrice) == 0);
        uint256 amount = msg.value.div(tokenPrice);
        require(amount >= 1);
        _mint(msg.sender, amount);
    }

    function checkTokenBalance() public view returns (uint256) {
        return balanceOf(msg.sender);
    }

}
```

EK-2 Cüzdan Bakiyesi Sorgulama İsteği

```
{
    "senderId": "sender_getWalletBalanceTest",
    "userIndex": "0",
    "serverAddress": "",
    "walletAddress": "0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213",
    "walletPassword": "",
    "walletMnemonic": "",
    "walletPath": "",
    "walletAuthType": "Mnemonic",
    "contractAddress": "",
    "contractMethodName": "",
    "contractName": "",
    "requestDataVersion": "1",
    "contractMethodParams": [],
    "contractMethodParamTypes": [],
    "convertResultFromWeiToEth": "true",
    "gasPrice": "22000000000",
    "gasLimit": "4300000",
    "infuraURL":
"https://rinkeby.infura.io/v3/c95626066c514ce29a84f8b0be5947f7",
    "receiverAddress": "",
    "ethAmountToSend": "",
    "operationType": "getWalletBalance"
}
```

EK-3 EtherCagatayToken ERC-20 Token Sorgulama İsteği

```
{
    "senderId": "sender_checkEtherCagatayToken",
    "userIndex": "0",
    "serverAddress": "",
    "walletAddress": "0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213",
    "walletPassword": "q1",
    "walletMnemonic":  "clerk  attack  ****************************  call
average",
    "walletPath": "C:\\UnrealEngine\\ExampleProject\\Keys",
    "walletAuthType": "Mnemonic",
    "contractAddress": "0x2f8b86a74c010b5caecfe011d42a396c729a4dcc",
    "contractMethodName": "checkTokenBalance",
    "contractName": "com.contracts.EtherCagatayToken",
    "requestDataVersion": "1",
    "contractMethodParams": [],
    "contractMethodParamTypes": [],
    "convertResultFromWeiToEth": "false",
    "gasPrice": "22000000000",
    "gasLimit": "4300000",
    "infuraURL":
"https://rinkeby.infura.io/v3/c95626066c514ce29a84f8b0be5947f7",
    "receiverAddress": "",
    "ethAmountToSend": "",
    "operationType": "execContractMethod"
}
```

EK-4 EtherCagatayToken Satıl Alma İsteği


```
{
    "senderId": "sender_buyEtherGaldToken",
    "userIndex": "0",
    "serverAddress": "",
    "walletAddress": "0x564a2d25a9fa225ac28f2cbe34cd9ec738f2a213",
    "walletPassword": "q1",
    "walletMnemonic": "clerk attack **************************** call
average",
    "walletPath": "C:\\UnrealEngine\\ExampleProject\\Keys",
    "walletAuthType": "Mnemonic",
    "contractAddress": "0x2f8b86a74c010b5caecfe011d42a396c729a4dcc",
    "contractMethodName": "buyToken",
    "contractName": "com.contracts.EtherCagatayToken",
    "requestDataVersion": "1",
    "contractMethodParams": [
        "0.05"
    ],
    "contractMethodParamTypes": [
        "ETH"
    ],
    "convertResultFromWeiToEth": "false",
    "gasPrice": "22000000000",
    "gasLimit": "4300000",
    "infuraURL":
"https://rinkeby.infura.io/v3/c95626066c514ce29a84f8b0be5947f7",
    "receiverAddress": "",
    "ethAmountToSend": "",
    "operationType": "execContractMethod"
}
```