

ALMA MATER STUDIORUM - UNIVERSITÀ DI BOLOGNA  
CAMPUS DI CESENA

---

Corso di Laurea Triennale in INGEGNERIA E SCIENZE  
INFORMATICHE  
Dipartimento di INFORMATICA - SCIENZE E INGEGNERIA

# Come Blockchain, NFT e Metaverso stanno rivoluzionando il mondo.

Tesi di

Federico Guidazzi

Relatore:

Prof. **Luciano Margara**

Candidato:

**Federico Guidazzi**

---

Sessione di Laurea 1 Dicembre 2022  
Anno Accademico 2022/2023



“No thief, however skillful, can rob one of knowledge, and that is why  
knowledge is the best and safest treasure to acquire.”

L. Frank Baum.



# Prefazione

## Origine e obiettivi della tesi.

La tecnologia Blockchain ha già apportato grandissime modifiche in moltissimi campi dell'informatica, ma ha le potenzialità per provocare altre innumerevoli migliorie.

Utilizzando la tecnologia Blockchain come base di partenza, sono già state sviluppate, o sono in sviluppo, altri strumenti che possono cambiare il modo con cui tutte le persone si avvicinano ad internet, e innumerevoli altri campi, apportando miglioramenti riguardanti ambiti come sicurezza e privacy, due temi molto caldi in questo periodo.

La Blockchain è vista come la base di partenza del Web 3.0, una versione successiva all'internet che conosciamo tutti, che è stata molto discussa negli anni passati a causa della rivoluzione che vuole portare.

Due protagonisti di questa sono NFT e Metaverso, entrambe, basate su Blockchain, con delle potenzialità enormi, se sviluppate e integrate in maniera corretta e coerente con le linee guida che il Web 3.0 vuole seguire.

La seguente tesi ha lo scopo d' introdurre queste tre tecnologie, analizzando i loro punti a favore e sfavore, confrontandole con le soluzioni già in utilizzo attualmente, e studiando anche il perché funzionano dal lato più strutturale.

Gli argomenti trattati, secondo il mio punto di vista, vanno conosciuti se si vuole riuscire a utilizzare al meglio quello che sarà l'internet del futuro, proprio per questo, ho cercato di mantenere un linguaggio accessibile a tutti e di non studiare troppo nello specifico, le complesse implementazioni su cui le tecnologie si basano.

## Struttura della tesi.

La tesi si compone di quattro sezioni, le prime tre, descrivono ognuna una tecnologia tra quelle evidenziate in precedenza, mentre nell'ultima si possono trovare le conclusioni, in cui cerco di riassumere, dal mio punto di vista, come gli strumenti descritti possano essere applicati al mondo digitale che conosciamo, in un prossimo futuro.



# Contents

<b>1</b>	<b>Blockchain</b>	<b>5</b>
1.1	Perché la Blockchain è così importante? . . . . .	5
1.2	Le principali componenti della blockchain . . . . .	6
1.3	Perché la Blockchain è sicura? . . . . .	8
1.3.1	Come avviene una transazione in bitcoin? . . . . .	9
1.3.2	Validazione di un blocco . . . . .	10
1.3.3	Blockchains Proof of Work . . . . .	11
1.3.4	Blockchains Proof of Stake . . . . .	11
1.3.5	Proof of work vs Proof of stake . . . . .	12
1.4	Utilizzi della blockchain, nell'attualità e nel futuro . . . . .	15
1.5	Vantaggi e svantaggi della blockchain . . . . .	23
<b>2</b>	<b>Metaverso</b>	<b>27</b>
2.1	Che cosa è il Web 3.0? . . . . .	27
2.1.1	Web 1.0 . . . . .	27
2.1.2	Web 2.0 . . . . .	28
2.1.3	Web 3.0 . . . . .	30
2.2	Che cosa è il metaverso? . . . . .	30
2.3	Perché si sta sviluppando? . . . . .	31
2.4	Principali Metaversi . . . . .	35
2.4.1	Second Life . . . . .	35
2.4.2	Decentraland . . . . .	36
2.4.2.1	Sistema economico . . . . .	36
2.4.2.2	Mercato . . . . .	37
2.4.2.3	Governance . . . . .	38
2.4.2.4	Eventi e Brands . . . . .	39
2.4.3	Roblox . . . . .	40
2.4.3.1	La Storia di Roblox . . . . .	40
2.4.3.2	Struttura del metaverso . . . . .	40
2.4.3.3	Sistema Monetario . . . . .	41
2.4.3.4	Eventi . . . . .	41
2.4.4	Meta . . . . .	43
2.5	Vantaggi e svantaggi del metaverso . . . . .	47

<b>3</b>	<b>NFT</b>	<b>51</b>
3.1	Cosa sono? . . . . .	51
3.1.1	Componenti tecniche . . . . .	53
3.1.2	Protocolli . . . . .	54
3.1.2.1	Top to Bottom . . . . .	54
3.1.2.2	Bottom to Top . . . . .	55
3.1.3	Proprietà . . . . .	56
3.2	Principali utilizzi della tecnologia NFT . . . . .	57
3.3	Punti a favore e sfavore . . . . .	59
<b>4</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>63</b>
	<b>References</b>	<b>66</b>
<b>5</b>	<b>Ringraziamenti</b>	<b>70</b>



## List of Figures

1	Struttura di un blocco. . . . .	6
2	Funzionamento di una transazione Bitcoin . . . . .	10
3	Confronto tra le due principali tipologie blockchains . . . . .	12
4	Una riunione nel metaverso. . . . .	30
5	Un esempio di visore VR. . . . .	32
6	Un esempio di attrezzatura necessaria per partecipare alle competizioni su Zworld. . . . .	34
7	Proposte di Dolce & Gabbana nella Fashion Week 2022 nel metaverso Decentraland. . . . .	39
8	Concerto dei Twenty One Pilots nel metaverso Roblox. . . . .	42
9	Fashion Award su Roblox. . . . .	43
10	Evento NIKELAND su Roblox. . . . .	43
11	Il nuovo Oculus Quest Pro. . . . .	45
12	Un esempio delle possibilità introdotte dal nuovo Oculus Quest Pro. . . . .	46
13	Un esempio di NFT. . . . .	52
14	Un esempio dell'architettura di un NFT. . . . .	56



# 1 Blockchain

Nel 2008, attraverso il paper: *Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system* [22], scritto da Satoshi Nakamoto, un personaggio che tutt'ora resta ignoto, viene presentata al pubblico la prima cryptomoneta: Bitcoin e con essa viene anche presentata una delle tecnologie più rivoluzionarie degli ultimi anni: la Blockchain.

Blockchain, comunque, non è solamente la tecnologia su cui si basano tutte le cryptomonete, ma ha anche trovato molte applicazioni in altri campi dell'informatica.

## 1.1 Perché la Blockchain è così importante?

La tecnologia Blockchain, ha trovato grande spazio in ambito scientifico fin dalla sua introduzione perché riesce a risolvere un problema che nessun' altra tecnologia era riuscita a risolvere prima: Stabilire la fiducia in un sistema distribuito, ovvero, uno scenario, in cui nessun attore è a conoscenza dell'identità degli altri, per cui tra di essi non c'è un rapporto di fiducia.

Più nello specifico, questa tecnologia, permette di creare una memoria distribuita, basata sul timestamp in cui avvengono le azioni, che nessuno, in alcun modo, può modificare.

Per capire meglio il problema a cui la Blockchain trova una soluzione, riporto l'esempio fatto da Massimo di Pierro, nel paper: *What is the Blockchain?*[9].

Prendiamo come esempio la vendita di una casa, il venditore può essere definito come l'attore a cui la casa è stata venduta l'ultima volta.

Questo, in un normale scenario, può essere verificato analizzando la lista di tutte le transazioni che riguardano la casa in considerazione, che viene mantenuto e verificato da una compagnia fidata, che come compito ha quello di verificare le transazioni, così che sia il venditore della casa sia l'acquirente siano sicuri di quello che vendono/acquistano.

Questo metodo però, in un sistema distribuito, ha tre principali problemi:

- Una persona potrebbe vendere una casa che non possiede, oppure potrebbe vendere la stessa casa a più persone.
- L'entità che deve verificare che l'acquisto/vendita sia fatto in maniera corretta, può non essere accettata da entrambe le parti.
- L'entità verificatrice deve mantenere i dati di tutte le transazioni eseguite dagli attori.

Per risolvere questi problemi, Blockchain, mette a disposizione un meccanismo di fiducia distribuito, attraverso la decentralizzazione, infatti tutti i dati delle transazioni, non vengono più mantenute da una sola autorità, ma vengono mantenuti da molte di esse, che prendono il nome di nodi. Grazie all'inserimento di più nodi si elimina anche il problema del mantenimento di tutti i dati in una sola entità, poiché, ognuno di questi nodi, possiede una copia dei dati, così che possa verificare tutte le transazioni nel sistema.

Inoltre per evitare che un attore cerchi di ripudiare un'azione che ha compiuto, tutte le transazioni vengono firmate, attraverso una chiave univoca e identificativa, al momento della pubblicazione in rete.

## 1.2 Le principali componenti della blockchain

Prima di poter analizzare più approfonditamente la struttura della blockchain, bisogna introdurre i principali componenti che ne fanno parte.

- **Blocchi**, sono la parte principale della blockchain, da cui prende il nome.

Un blocco è una struttura dati contenete le informazioni riguardanti a una o più transazioni specifiche che vengono inserite nei registri grazie alla pubblicazione del blocco. Si può notare, dall'immagine 1, che ogni

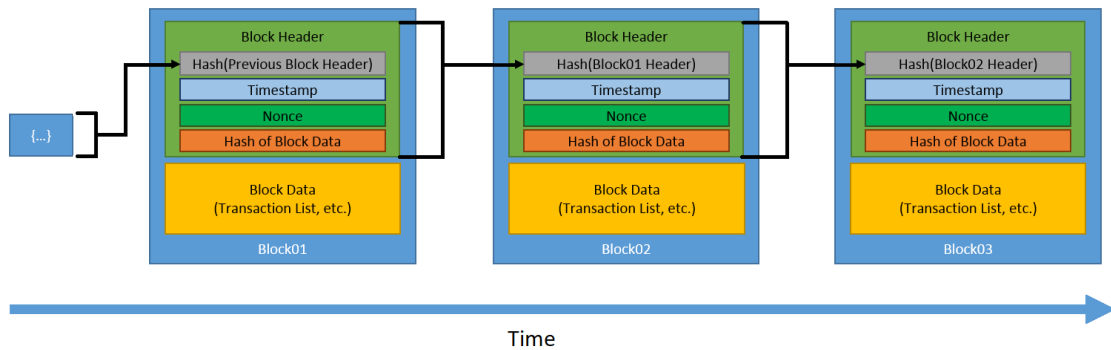


Figure 1: Struttura di un blocco.

blocco ha un'intestazione e un corpo.

Nel corpo sono immagazzinati i dati riguardanti le transazioni, mentre nell'intestazione possiamo trovare tutte le informazioni che permettono alla blockchain di funzionare correttamente:

- Hash<sup>1</sup> del blocco
- Nonce, è un numero che va sommato all'hash del blocco e il risultato deve soddisfare il target, trovare il nonce è compito dei miners ed è necessario per poter inserire il blocco nella blockchain.
- Timestamp, indica l'esatto momento in cui il blocco è stato inserito nella blockchain.
- Hash del blocco precedente, ogni blocco ha le informazioni riguardanti il blocco precedente, questo permette la creazione della catena, che da il nome alla blockchain.

La presenza di questo campo nell'intestazione rende quasi impossibile l'inserimento di un blocco malevolo all'interno della blockchain, poichè per farlo sarebbe necessario cambiare anche l'hash del blocco precedente e così via.

- **Nodo**, è uno user o un computer che fa parte della rete.

Di nodi ne esistono di due tipi:

- **Nodo completo**, Mantiene una copia di tutte le transazioni, ha la capacità di accettare, rifiutare e validare le transazioni.
- **Nodo parziale**, mantiene solo il valore hash delle transazioni, questi nodi solitamente hanno una bassa potenza computazionale e una bassa quantità di memoria.

- **Ledger**, è essenzialmente un database in cui vengono mantenuti tutti i dati riguardanti alla blockchain, dalla sua nascita fino al momento attuale.

Di ledger ne possono esistere di tre tipi:

- **Ledger pubblici**, è accessibile e consultabile a tutti, chiunque sulla blockchain può leggere e scrivere al suo interno.

---

<sup>1</sup>E' un numero di lunghezza prefissata, che viene associato ai dati presenti nel blocco, esso viene calcolato attraverso delle speciali funzioni che prendono il nome di funzioni hash, attraverso queste il calcolo del numero a partire dai dati è semplice, mentre l'operazione contraria risulta impossibile.

– Ledger distribuito, in questa tipologia tutti i nodi hanno una copia del database.

Un gruppo di nodi lavora insieme per verificare le transazioni e aggiungere blocchi.

– Ledger decentralizzato, in questa tipologia tutti i nodi hanno una copia del database, ma lavorano tutti contemporaneamente per verificare le transazioni e aggiungere i blocchi.

Questa tipologia, quindi, rimuove la possibilità che il controllo possa appartenere solo a un nodo o a un gruppo di nodi.

- **Indirizzo** (Wallet), ogni utente della blockchain viene riconosciuto attraverso un numero identificativo, attraverso cui può svolgere le transazioni.

Dall'identificativo non si può in nessun modo sapere chi sia la persona dietro ad esso, questo garantisce l'estrema privacy che offre la blockchain.

- **Validatori**, sono dei nodi che lavorano per inserire i blocchi nella blockchain, per validare così le transazioni.

In base alle tecnologie utilizzate (Proof of Work o Proof of Stake <sup>2</sup>), possono richiedere più o meno potenza computazionale.

Nel caso della tecnologia Proof of Work i validatori prendono anche il nome di *miners*.

### 1.3 Perché la Blockchain è sicura?

La sicurezza della Blockchain, come già accennato in precedenza, è basata sulla decentralizzazione della rete e sull'utilizzo di potenti tecniche crittografiche.

Il punto della decentralizzazione è importante perché non avendo un organo superiore che accetta o rifiuta i vari eventi sulla rete, non si possono verificare attacchi ad essa e, inoltre, non c'è il problema che questa entità utilizzi il suo potere per trarre dei vantaggi.

Mentre le tecniche crittografiche sono importanti per proteggere la privacy degli utilizzatori e per assicurare la consistenza dei dati.

Per capire meglio il funzionamento della blockchain e il perché è sicura, analizziamo uno scambio di Bitcoin tra due utenti.<sup>3</sup>

<sup>2</sup>Vedremo entrambe le tecnologie meglio nella prossima sezione

<sup>3</sup>Bitcoin è la prima e più importante criptovaluta creata, deve il suo funzionamento alla blockchain di bitcoin. Parleremo più approfonditamente del tema criptovalute nel prossimo capitolo.

I punti che bisogna eseguire per lo scambio di bitcoin, secondo l'ideatore Nakamoto, sono:

1. Diffondere sulla rete in modo broadcast (fare sapere a tutti gli utenti della rete) la nuova transazione.
2. Ogni nodo della rete raccoglie l'informazione all'interno di un blocco.
3. Ogni nodo cerca di individuare una dimostrazione di correttezza per il blocco creato (per come è creata la blockchain di bitcoin questo problema è molto complicato e quindi computazionalmente molto costoso).
4. Quando un nodo trova una dimostrazione di correttezza della soluzione, lo diffonde in modo broadcast a tutti i nodi della rete, per poter inserire il nuovo blocco all'interno della blockchain.

Grazie all'individuazione della soluzione corretta, il nodo riceve un premio in bitcoin.

5. I nodi controllano la soluzione e la accettano solo se in essa sono contenute informazioni valide e che non sono apparse in blocchi precedenti.
6. I nodi esprimono la loro accettazione iniziando a costruire il blocco successivo.

Ora che abbiamo studiato i passi che bisogna compiere per inserire un nuovo blocco nella blockchain, possiamo analizzare come avviene una transazione.

### **1.3.1 Come avviene una transazione in bitcoin?**

Ogni utente nella rete di bitcoin possiede due chiavi, una privata, nota solo all'utente, che utilizza per firmare le transazioni che genera e diffonde nella rete, e una pubblica, attraverso cui viene identificato univocamente e attraverso cui si può verificare la sua firma.

Ogni utente ha, inoltre, un indirizzo bitcoin (wallet), generato a partire dalla chiave pubblica.

Una transazione, ha la seguente forma:

Il pagatore [indirizzo bitcoin di A], vuole pagare [X] bitcoin, al ricevente [indirizzo bitcoin di B], completato dalla firma digitale di A.

Successivamente, questa transazione viene diffusa a tutti i nodi della rete, che iniziano a cercare una soluzione per inserire la transazione nella blockchain.

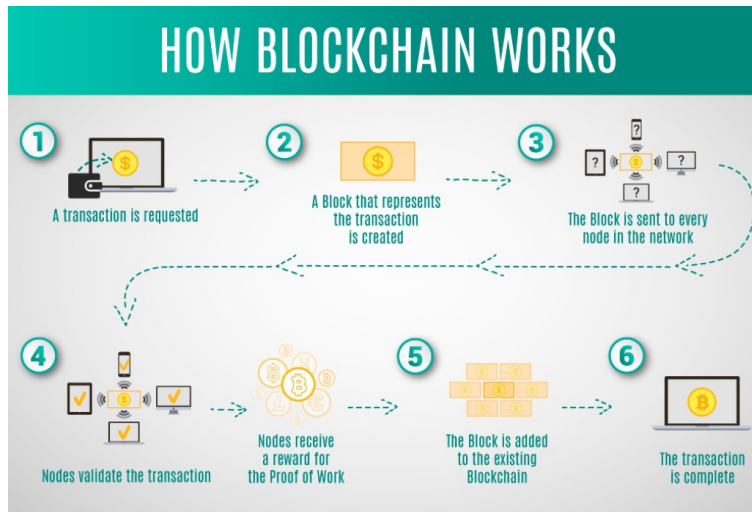


Figure 2: Funzionamento di una transazione Bitcoin

Da qui possiamo notare un aspetto fondamentale di bitcoin, ovvero che la transazione prima di essere valida deve essere verificata da almeno la metà più uno nodi della rete, questo per assicurare che non venga inserito un blocco malevolo.

Questo aspetto di verifica dalla maggioranza dei blocchi, più la decentralizzazione della rete rendono la blockchain uno dei metodi più sicuri, se non il più sicuro, per mantenere uno storico di informazioni.

### 1.3.2 Validazione di un blocco

Abbiamo visto che prima dell'inserimento di un blocco nella blockchain, esso deve essere validato da un nodo e poi, che la soluzione trovata venga accettata da più della metà dei nodi nella rete.

Il processo di validazione è la principale differenza tra le varie blockchain, infatti ne esistono molteplici, le due tipologie più in utilizzo sono:

- Proof of work(PoW)
- Proof of Stake(Pos)



### 1.3.3 Blockchains Proof of Work

Un esempio di blockchain proof of work è Bitcoin, per esporre meglio come funziona questa tipologia di validazione, cito il paper *On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains*[12]:

*Proof of work assumes that each peer votes with his “computing power” by solving proof of work instances and constructing the appropriate blocks. Bitcoin, for example, employs a hash-based PoW which entails finding a nonce value, such that when hashed with additional block parameters (e.g., a Merkle hash, the previous block hash), the value of the hash has to be smaller than the current target value. When such a nonce is found, the miner creates the block and forwards it on the network layer to its peers. Other peers in the network can verify the PoW by computing the hash of the block and checking whether it satisfies the condition to be smaller than the current target value.*

Per cui, l'individuazione della soluzione del problema, è molto costosa computazionalmente, ma la verifica della soluzione è molto semplice da eseguire.

Le blockchains PoW sono quelle più diffuse arrivando a contare quasi il 90% di tutte le blockchains esistenti.

Questa tecnologia però ha principalmente due problemi:

- Per trovare una soluzione è necessaria una grandissima potenza computazionale, che comporta una grandissima richiesta di elettricità.
- I nodi impiegano molto tempo a trovare la soluzione per la validazione dei nodi, a causa della complessità dei processi, portando così la blockchain a risultare abbastanza lenta.

### 1.3.4 Blockchains Proof of Stake

A differenza della tecnologia PoW, quella PoS non richiede una potenza computazionale elevata per poter validare un blocco, bensì utilizza lo staking, ovvero viene scelto il nodo che validerà il blocco da quelli che hanno garantito, mettendo la criptomoneta in stacking, di avere almeno una quantità di moneta prestabilita.

Questa quantità varia da criptomoneta a criptomoneta, per esempio, per essere un validatore di Ethereum<sup>4</sup>, bisogna mettere in stacking almeno 32 ETH, che al momento attuale (27 settembre 2022) valgono circa 45 mila euro.

---

<sup>4</sup>Ethereum è un'altra criptomoneta, nata dopo bitcoin, che però ospita sulla sua blockchain molti progetti innovativi, tra cui NFT.

Il validatore del blocco viene scelto randomicamente ogni volta, così da evitare che chi ha più moneta in stacking sia sempre il validatore.

Anche qui la sicurezza è garantita perché la soluzione proposta dal nodo validatore deve essere accettata, anche in questo caso, da più della metà di tutti i nodi presenti.

PoS è stato introdotto per la prima volta nel 2012 nella criptomoneta **Peercoin**, poi successivamente rivisitato a causa di alcuni problemi di sicurezza e implementazione.

Nel settembre del 2022 Ethereum ha cambiato la sua tecnologia di validazione passando da PoW a PoS, perché *it is more secure, less energy-intensive, and better for implementing new scaling solutions compared to the previous proof-of-work architecture*, come è possibile leggere nel sito ufficiale di Ethereum[3].

Negli ultimi mesi, inoltre, c'è stata una proposta in parlamento europeo, per cercare di limitare le criptomonete che utilizzano la validazione PoW a favore dell'utilizzo del protocollo PoS.

### 1.3.5 Proof of work vs Proof of stake



	PROS	CONS
<b>Proof of work</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Strong competition</li> <li>■ Cryptocurrency rewards for miners</li> <li>■ Decentralized method for validation</li> <li>■ Strong security</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Expensive equipment needed</li> <li>■ High energy usage</li> <li>■ Slow transaction speed</li> <li>■ Higher transaction fees</li> </ul>
<b>Proof of stake</b> 	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Doesn't require expensive equipment</li> <li>■ Fast transactions</li> <li>■ Energy efficient</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Coin hoarding</li> <li>■ Unproven at a larger scale</li> <li>■ Influence of larger stakeholding validators</li> <li>■ Requires extensive investment upfront</li> </ul>

Figure 3: Confronto tra le due principali tipologie blockchains

Come è possibile vedere dall'immagine 3, entrambe le tecnologie hanno punti

a favore e punti a sfavore.

Per cui non esiste una tecnologia migliore, bisogna scegliere in base alle esigenze del progetto che si vuole realizzare.

I punti a favore e sfavore della tecnologia Proof of Work sono:

- Pro
  - Forte competizione, questo assicura che le transazioni vengano validate e inserite nella blockchain nel minor tempo possibile.
  - Premio in criptovaluta ai minatori, questo permette che sempre più persone diventino miners, così da validare le transazioni più velocemente.
  - Metodo decentralizzato per la validazione, questo permette a tutti i miner di avere la possibilità di validare un blocco e quindi di essere ricompensati(questo, come visto per Bitcoin, non è sempre del tutto verificato).
  - Forte sicurezza, essendo la validazione dei blocchi molto difficile da eseguire e decentralizzata è impossibile riuscire a validare un blocco contraffatto.
  
- Contro
  - Per la validazione dei blocchi è necessario possedere dell'equipaggiamento molto costoso, infatti a causa della difficoltà del problema da risolvere i computer che svolgono questo compito devono essere molto potenti e specifici nello svolgere solo questo obiettivo.
  - Utilizzo di molta energia, a causa della difficoltà della soluzione le macchine devono essere molto potenti, e questa è lineare all'energia consumata.
  - Tempo di transazione elevato, a causa della difficoltà della soluzione, è necessario un arco di tempo variabile per la pubblicazione della transazione nella blockchain, che però è raramente inferiore ai 4 minuti.
  - Costo delle transazioni alto, ogni transazione deve pagare le gas fee(il premio che viene dato ai miners in cambio della soluzione), per invogliare sempre più persone a diventare miners però questa tassa deve essere abbastanza alta.

I punti a favore e a sfavore della tecnologia proof of stake sono:

- Pro

- Non richiede dell'attrezzatura costosa, non essendoci un difficile problema da risolvere non è necessario avere dell'attrezzatura potente.
- Transazioni veloci, non essendoci da trovare una soluzione, la transazione viene accettata quasi immediatamente.
- Efficiente in ambito energetico, non necessitando di hardware potente, non viene utilizzata tutta l'elettricità che invece la tecnologia PoW necessita.

- Contro

- Accumulo di monete, essendo che la scelta del validatore viene fatta in base a chi possiede delle monete in stacking, una buona parte del totale delle monete rimane inutilizzata.
- Non testata in grande scala, come detto in precedenza la maggior parte dei progetti crypto sono basati sulla tecnologia PoW, per cui la tecnologia PoS non è mai stata testata a grande scala.  
In questo periodo, però, Ethereum è passata alla tecnologia PoS, quindi a breve potremo verificare il suo utilizzo in grandi progetti.
- I grandi stakeholders hanno una posizione più agevolata rispetto a chi ha meno moneta in stacking, questo non si verifica in tutti i progetti, perché alcune monete hanno degli algoritmi di selezione dei validatori molto efficienti, però si possono trovare progetti in cui l'algoritmo di selezione non è allo stesso livello.
- Richiede un grande investimento per iniziare, come riportato prima, per diventare un validatore di Ethereum bisogna mettere in stacking almeno 45 mila euro, una possibilità che non tutti hanno.

Da questa lista di punti possiamo capire quindi che non esiste una migliore tecnologia, ma sicuramente, se si pensa solo il lato del consumo energetico richiesto per il funzionamento, la tecnologia Proof of Stake vince a mani basse, perché riesce a garantire buoni risultati in ambito di sicurezza pur essendo molto più efficace sia in campo energetico sia in tempo effettivo per la pubblicazione di una transazione nella blockchain.

## 1.4 Utilizzi della blockchain, nell'attualità e nel futuro

Come già riportato in precedenza, la blockchain, ha un grandissimo potenziale, che la aiuta nella diffusione in praticamente tutti gli ambiti in cui si può trovare dell'informatica.

Qui riporto i principali e più importanti utilizzi che ho individuato nei papers: *An overview of smart contract and use cases in blockchain technology*[20] e *Everything you wanted to know about the blockchain: Its promise, components, processes, and problems* [26].

- **Finanza**, una tra le prime applicazioni della blockchain che vengono in mente sono le criptovalute.

Di queste ce ne sono tantissime e ognuna ha dei punti a favore e dei punti a sfavore.

Tutte le criptomonete, comunque, hanno dei punti in favore comuni derivati dalla tecnologia blockchain, alcuni di questi sono:

- **Eliminazione delle entità superiori e centralizzate**, l'eliminazione di queste entità porta a sua volta punti a favore come per esempio la diminuzione dei costi per effettuare tutte le operazioni che passano per queste entità.

Un altro esempio molto attuale è quello che sta avvenendo in Russia in questo periodo, infatti, a causa della guerra, tutte le transazioni che entranti o uscenti dalla Russia sono bloccate, a causa di provvedimenti da parte degli altri paesi.

La sanzione è sicuramente giusta, ma porta con se anche una punizione verso tutti i cittadini fermamente contrari alla guerra, il che non è un bene.

Dall'applicazione delle sanzioni l'unico modo che hanno i cittadini Russi per mandare o ricevere denaro dall'estero è attraverso le criptomonete, perché non avendo un'entità centrale che stabilisce se una transazione può essere svolta o no, come invece è per il sistema finanziario tradizionale, esse possono essere compiute senza alcun problema.

Questo inoltre ci dà un'idea di quanto la decentralizzazione su internet sia un tema importante e che va sviluppato, anche per il mantenimento di tutti i diritti di espressione che potrebbero venire a mancare

in caso di un governo che non li prevede, come esempio riporto come in Cina sia proibito accedere a buona parte dei social network che tutto il mondo utilizza, a favore di soluzioni interne controllate dal governo cinese; anche in questo caso, però, fortunatamente ci sono tecnologie che evadono questo blocco, come per esempio le VPN.

- **Riduzione dell’inflazione**, l’inflazione è un tema molto caldo in questo periodo, che, come ha riassunto Milton Friedman <sup>5</sup>, ”è causata dalla troppa moneta a caccia di troppi pochi beni”, portando così a una svalutazione della moneta.

Questo problema ha una grandissima importanza nel sistema finanziario attuale, che però trova soluzione nell’implementazione di alcune criptomonete.

Per spiegare meglio la soluzione, prendiamo per esempio Bitcoin.

Bitcoin per riuscire a limitare l’inflazione utilizza una tecnica che prende il nome di **Halving**.

Questa tecnica è stata pensata fin dall’introduzione di Bitcoin, e consiste nel dare un tetto massimo di Bitcoin inseribili nel mercato, che vengono rilasciati a scaglioni.

La quantità di Bitcoin rilasciata in ogni scaglione decresce ogni volta, portando così la moneta a prendere valore ogni scaglione sempre di più, infatti rilasciando sempre meno moneta in un mercato in continua espansione come quello di Bitcoin, porta la singola moneta a incrementare il suo valore sempre di più, attuando così il processo inverso all’inflazione.

- **Tracciabilità della moneta grazie allo storico di tutte le transazioni**,

a causa di come funziona la blockchain ogni attività viene salvata e una volta salvata non può essere annullata o modificata in nessun modo, ogni movimento, infatti, come già detto, viene inserito nel Ledger, grazie alla pubblicazione del blocco, contenente le informazioni riguardanti la transazione, che poi va a comporre la catena di blocchi.

Per cui ogni moneta inserita nella rete ha una data di creazione e da quel momento può essere tracciata attraverso lo storico delle transazioni.

---

<sup>5</sup>Economista presso l’Università di Chicago.

L'utilizzo di una moneta digitale elimina quasi totalmente i pagamenti non regolarizzati, ovvero quelli "in nero", in particolare, quello che aggiunge l'utilizzo della tecnologia blockchain, è l'anonimato, per cui si sa che un utente ha pagato o ricevuto un ammontare di criptomonete, ma non si conosce l'identità dell'utente, andando così a conservare la sua privacy.

- **Acquisti immobiliari**, questo mondo, in questo momento, è difficile, costoso e non sempre ben chiaro, a causa della burocrazia, agenzie immobiliari, ispettori, ecc.

Se tutto quello che riguarda il mondo degli acquisti immobiliari venisse trasportato nella blockchain i benefici sarebbero numerosissimi:

- Tempo, il processo di vendita/acquisto di un immobile diventerebbero molto più veloci ed efficienti, infatti passerebbe da mesi a qualche minuto.
- Costo, l'eliminazione di tutti gli attori terziari, che non servirebbero più, farebbe risparmiare un enorme quantità di soldi.
- Sicurezza, la blockchain, come abbiamo visto in precedenza è una tra le tecnologie più sicure in ambito informatico, rendendo così anche le transazioni immobiliari molto più sicure.
- Manutenzione dei dati, il salvataggio di tutte le transazioni immobiliari su una blockchain permetterebbe di avere uno storico di tutti i passaggi di proprietà di un qualsiasi immobile, eliminando così il problema di eventuali perdite di dati.

Inoltre questo renderebbe anche accessibile a tutti la conoscenza dello stato di un immobile, per esempio pensiamo a una casa abbandonata, per avere informazioni riguardanti il suo stato, al momento attuale, bisogna richiedere una visura catastale per bene immobile, consultare gli archivi della Conservatoria dei Registri Immobiliari, o affidarsi ad un professionista, processo molto inefficiente sia a livello di tempo che in alcuni casi monetario, mentre nella soluzione proposta, basterebbe inserire i dati della casa per averne tutte le informazioni.

- **Votazioni**, il tema delle votazioni online è molto caldo negli ultimi periodi, soprattutto a causa del problema Covid, che ha portato a una remotizzazione in tutti gli ambiti della società.

Questo problema comunque non è banale, perché, ha bisogno di molta sicurezza e privacy per garantire il suo funzionamento, quindi ha bisogno di essere sviluppato attraverso una tecnologia che fa di questi punti la sua forza, come la blockchain.

La possibilità di una votazione online porterebbe a moltissimi vantaggi, infatti, come riportato nel paper: *Blockchain for Electronic Voting System—Review and Open Research Challenges*[13], essi sarebbero:

- Maggiore affluenza, il problema dell'affluenza è molto grave nella società odierna, basti pensare che alle ultime elezioni si è registrato il minor numero di voti da sempre, registrando un 64%.  
Il trasferimento di tutto il processo di voto online, potrebbe far aumentare vertiginosamente questa percentuale.
- Eliminazione del problema di stampa delle schede elettorali, infatti con la votazione online le schede elettorali verrebbero tramutate in una semplice pagina web, a cui possono essere aggiunti controlli nell'inserimento del voto, così da eliminare i problemi di errori nella votazione guidando il cittadino, come avviene già nella buona parte delle pagine in cui bisogna compilare dei form.
- Eliminazione della necessità di seggi elettorali, l'introduzione della votazione online, infatti, permetterebbe a tutti di votare da dove si vuole, rimuovendo il problema della creazione dei seggi elettorali e di conseguenza anche la necessità del recarsi fisicamente in uno di questi.
- Votazioni pubbliche, essendo tutti i voti registrati sulla blockchain, chiunque potrebbe accedere ai dati e verificare l'esito delle votazioni. Ovviamente il voto delle singole persone rimarrebbe anonimo, poiché, come già detto, ogni utente è mascherato da un indirizzo, per cui la privacy verrebbe mantenuta.

Comunque le votazioni necessitano, come già riportato, di una grandissima sicurezza, poiché un singolo errore potrebbe portare a una manipolazione totale delle votazioni, infatti come espresso nel paper sopra citato[13]:

*"Electronic voting systems must be legitimate, accurate, safe, and convenient when used for elections"*



Questi obiettivi, al giorno d'oggi, potrebbero essere raggiunti utilizzando un'insieme delle ultime tecnologie, come, per esempio, l'autenticazione attraverso i protocolli *Zero Knowledge*<sup>6</sup>.

- **Assistenza Sanitaria**, con l'avanzamento della tecnologia, quasi tutti possiedono strumenti che permettono di monitorare costantemente i principali parametri vitali, come battito cardiaco, ossigenazione del sangue e tanti altri.

Questi dati, al momento attuale, sono frammentati in tanti database delle tante aziende che creano questi accessori, il che è un male, perché se questi dati venissero raccolti in un solo "recipiente", potrebbero essere molto utili sia nell'individuare eventuali patologie della persona che porta l'accessorio, sia per far evolvere la conoscenza in campo medico.

Inoltre avendo un solo luogo, in cui poter accedere a tutti i dati riguardanti alla salute di una persona, sarebbe anche più facile per i dottori analizzare i casi di pazienti nuovi, o in casi più gravi, come un caso in cui il paziente ha perso conoscenza, potrebbero accedere a tutte le informazioni di esso permettendogli di fare scelte migliori, in qualsiasi parte del mondo essi siano.

Anche in questo caso la privacy rimane totalmente preservata, grazie al fatto che non sono presenti dati identificativi della persona.

- **Diritti d'autore**, il tema dei diritti d'autore si sposa molto bene con un sistema basato sulla tecnologia blockchain, perché questo permette di tralasciare tutte le terze parti, come per esempio la casa discografica, se si prende come esempio le royalties di una canzone.

Una tecnologia che opera in questo campo, che si è sviluppata esponenzialmente negli ultimi anni, è NFT, che approfondiremo molto bene nella sezione 3.

- **Sicurezza nell'iot**, il mondo IOT è in continua crescita, poiché si vogliono inserire sempre più sensori e accessori per facilitare i compiti svolti in ogni ambito.

---

<sup>6</sup>E' un metodo interattivo utilizzato da un soggetto per dimostrare ad un altro soggetto che una affermazione (solitamente matematica) è vera, senza rivelare nient'altro oltre alla veridicità della stessa, questi protocolli funzionano grazie a dei complessi problemi matematici che ne garantiscono la sicurezza quasi totale.

Questi dispositivi hanno un enorme potenziale, infatti possono registrare la posizione, temperatura, audio, video e tanti altri dati dell'ambiente in cui si trovano.

Questi dati, possono essere utilizzati per facilitare la vita di tutti, ma se finiscono in mani sbagliate, possono avere delle conseguenze molto importanti, per cui i dati devono sottostare a delle regole, che per ora praticamente non esistono.

L'inserimento di questi dati all'interno della blockchain, ovviamente rendendoli non accessibili a tutti grazie a delle tecniche crittografiche, permetterebbe di avere un maggiore controllo su di essi, poiché ogni attività sospetta verrebbe inserita nella catena dei blocchi, per cui sarebbe per sempre accessibile.

Considerando che il tema delle smart home, smart city, smart transportation e smart monitoring of environment sono argomenti in sviluppo nell'attualità, è necessario, per avere un migliore risultato nelle applicazioni future, cercare di utilizzare tutte le nuove tecnologie per ottenere i migliori risultati possibili, l'utilizzo della blockchain sicuramente può dare una grande mano in ambito sicurezza e privacy, che ancora adesso sono temi non trattati con il peso che dovrebbero avere.

- **Utilizzo in ambito statale**, la tecnologia blockchain, negli ultimi anni, sta trovando utilizzo anche in ambiti statali, dove viene utilizzata in molteplici applicazioni in numerosi stati.

Un recente articolo della testata giornalistica Ccn[1], ha riportato che lo stato di Andhra Pradesh, situato in India, ha avviato una collaborazione, per l'inserimento dei dati degli 84 milioni di abitanti, all'interno di una blockchain, questo, per eliminare il problema della frammentazione dei database, in cui, al momento attuale, sono inseriti tutti i dati.

Oltre a questo esempio, ci sono moltissime alte applicazioni governative riguardanti la blockchain, infatti, soprattutto nei paesi più evoluti, l'utilizzo di questa tecnologia spazia dall'agricoltura, all'economia, fino al settore della salute.

Alcuni dei progetti, come riportato e riassunto nel paper: *Blockchain as a Next Generation Government Information Infrastructure: A Review of Initiatives in D5 Countries*[25], sono:

<i>Initiative</i>	<i>Goal</i>	<i>Strategy</i>	<i>Sector</i>
Migration of government data to Blockchain – Estonia	Solution for securing access and integrity of public health records using Blockchain technology	Integration of guardtime’s keyless signature infrastructure into Oracle database engine of the health sector	Health sector
Joint research with Commonwealth Bank of Australia (Israel)	Exporting blockchain expertise to other countries (Australia) and establish the country as the knowledge hub for blockchain	Provision of research grants to attract researchers in the areas of disruptive technology including Blockchain	Finance
Improving the agriculture sector through Blockchain (New Zealand)	To acquire knowledge on how Blockchain can be used to improve Agricultural sector	Funding long-term research initiatives to identify how Blockchain technology can be used to provide high-value products with solid provenance	Agriculture
Blockchain for Local Community Voting (South Korea)	Enable direct participation of community residents in determining community initiatives to fund	Leveraging Blocko’s blockchain based voting system to supporting both online and offline voting.	Governance

Table 1: Utilizzi della blockchain in ambito statale

- **Applicazioni nel metaverso**, da quando Facebook ha cambiato nome in metaverso<sup>7</sup>, questo è sulla bocca di tutti, infatti molte persone hanno capito l'importanza che questo nuovo "mondo" può avere in futuro.

Il tema metaverso, però, porta con se molte incognite, che riguardando le implementazioni che avrà nel futuro.

Il metaverso è una delle tecnologie cardine del web 3.0, che ha alla base la decentralizzazione di internet, riportando così il www al suo stato primario, dove non c'erano grandi compagnie che comandavano e amministravano la rete.

Il tema della decentralizzazione obbliga così il metaverso a sottostare a delle regole specifiche, come il salvataggio dei dati degli utenti in maniera decentralizzata e sicura, che come abbiamo già visto in precedenza, è possibile grazie all'utilizzo della tecnologia blockchain.

Come individuati e riportati nel paper: *Blockchain for the Metaverse: A Review*[11], i principali punti del metaverso in cui la blockchain potrebbe operare portando dei grossi benefici sono:

- Garantire sicurezza e privacy dei dati degli utenti.
- Garantire la qualità dei dati.
- Garantire un facile e sicuro accesso ai dati.
- Garantire la possibilità di accedere agli stessi dati anche da multiversi differenti.
- Garantire l'integrità dei dati.

Oltre a questi ambiti, la tecnologia blockchain potrebbe risultare fondamentale anche nei seguenti campi:

- Pagamenti nel metaverso, che possono avvenire, e avvengono già al momento attuale, grazie alle criptovalute.
- Scambio di oggetti nel metaverso, in cui tutte le transazioni possono essere registrate attraverso l'inserimento dei dati all'interno di blocchi che poi vanno a formare la catena.
- Autenticazione dell'utente e dei suoi possedimenti.

---

<sup>7</sup>Ne parleremo in maniera approfondita nella prossima sezione

Quelli che ho riportato dal paper: *Fusing Blockchain and AI With Metaverse: A Survey*[35], sono solo una piccola parte di tutti gli ambienti in cui la blockchain può essere utilizzata nel metaverso.

## 1.5 Vantaggi e svantaggi della blockchain

Abbiamo visto il funzionamento della tecnologia blockchain e il perché è così importante.

Ora riassumiamo i punti a favore e a sfavore della blockchain.

Come riportato e riassunto nel paper: *Analysis of Blockchain technology: pros, cons and SWOT*[23], questi sono:

- Pro
  - Decentralizzazione dei dati, questo è un punto molto importante, perché allo stato odierno, i dati vengono mantenuti in database centralizzati, mantenuti da un'azienda responsabile.  
Il problema con questa gestione, però, è che i dati possono corrompersi, portando alla perdita totale di essi, oppure l'azienda potrebbe essere attaccata, mettendo in pericolo tutti i dati presenti nel database.
  - Tutti gli utenti possono verificare i dati, infatti, a differenza della gestione attuale, dove un'entità che gestisce i dati espone al pubblico i dati che vuole, dando la possibilità a quest'ultima di manipolare le informazioni o di pubblicarne di falsi, con la blockchain ogni utente della rete può verificare qualsiasi dato che sia presente nella catena.
  - I dati sono più duraturi e più sicuri, grazie alla decentralizzazione, i dati sono sparsi in molteplici copie in tutta la rete, a differenza dello stato attuale, in cui essi sono salvati in un solo database, che in caso di rottura porta alla perdita di tutti i dati.
  - Integrità del processo, data la struttura della blockchain, le transazioni inserite all'interno di essa sono verificate e irreversibili.  
Senza questa tecnologia servirebbe, per forza, almeno un'entità superiore per poter permettere di eseguire le transazioni, ma questa entità potrebbe essere attaccata per compiere azioni non legittimate, oppure, in casi peggiori, l'entità superiore, potrebbe autorizzare operazioni per un suo interesse.
  - Semplificazione dell'ecosistema, all'interno della blockchain esiste un solo ledger, che contiene tutte le transazioni che sono state fatte

dalla nascita della specifica blockchain, eliminando così il problema della presenza di dati in parti diverse dell'ecosistema, un esempio di questo lo abbiamo visto quando abbiamo parlato dell'introduzione della blockchain per salvare i dati dei cittadini in India, infatti la tecnologia blockchain in quel caso è stata utilizzata per condensare i dati che erano in molti database diversi, in un unico luogo.

- Transazioni più veloci, eliminando le autorità centrali si velocizzano anche le azioni che si vogliono compiere, per esempio pensiamo a un bonifico fatto da una banca ad un'altra, questo può richiedere giorni per essere registrato ed eseguito, mentre utilizzando la tecnologia blockchain, il tempo richiesto sarebbe di minuti al peggio.
- Abbassamento dei costi di transazione, pur non essendo gratis, la pubblicazione di dati sulla blockchain è sensibilmente più economica rispetto al sistema attuale che richiede la presenza di una parte terza.
- Sicurezza, la blockchain, offre un'altissima sicurezza e privacy grazie ai complessi problemi matematici su cui essa si basa, al momento attuale infatti questa tecnologia non può essere violata in nessun modo.

- Contro

- Performance, a causa della complessità dei problemi su cui si basa la tecnologia blockchain, l'inserimento di blocchi all'interno di essa non è veloce quanto l'inserimento degli stessi dati in un database.
- Consumo di energia, come abbiamo visto, le blockchains PoW, basano il loro funzionamento su problemi matematici molto difficili da risolvere, il che porta ad avere la necessità di utilizzare macchine molto potenti e richiedenti molta energia.

Per esempio, solo la blockchain di Bitcoin, al momento attuale, richiede 204,5TWh di energia elettrica all'anno, quantità comparabile con l'energia consumata annualmente dalla Thailandia.

- Costo per diventare validatore, come abbiamo visto il compito di inserire i blocchi nella blockchain è dei nodi validatori.

Questi però, nel caso delle blockchains PoW, necessitano di avere computer molto efficienti e potenti, per cui molto costosi, mentre nel caso delle blockchains PoS, necessitano che il nodo abbia una certa quantità di moneta ferma.

Questa quantità varia da moneta a moneta, ma le cifre di cui si parla sono comunemente molto alte.

- Quantità dei dati, con il passare del tempo, i dati che ogni blockchain deve mantenere aumentano sempre di più, al momento attuale, la blockchain di Bitcoin, pesa circa 250 GB, ma con il passare degli anni questa quantità non può che aumentare.

Se prendiamo per esempio la blockchain di Ethereum, nata dopo quella di Bitcoin, ma che ospita anche applicazioni che non sono direttamente collegate alla criptomoneta, vediamo come lo spazio richiesto si aggiri intorno a 1TB.





## 2 Metaverso

Fin dall'accrescimento in popolarità, negli anni '90, di internet, l'ambiente informatico si è continuato ad evolvere a una velocità altissima, mai vista in nessun altro campo scientifico.

Data la popolarità degli strumenti informatici e la distribuzione di massa di device che permettono l'accesso a questi strumenti, sono state create infinite applicazioni, a partire da videochat online, fino ad arrivare ai social network, o applicazioni che uniscono la vita reale con il mondo informatico come, per esempio, in Pokemon Go<sup>8</sup>.

Il termine metaverso è stato coniato per facilitare e rafforzare l'apprendimento dei concetti su cui si basa, ovvero un internet unificato, persistente e connesso tra i vari universi.

Questa tecnologia, unita alle nuove invenzioni in ambito informatico, potrebbero sfociare in una nuova versione di internet, il Web 3.0.

### 2.1 Che cosa è il Web 3.0?

Per poter capire a pieno l'andamento del web, bisogna prima avere una base storica dello sviluppo di questo.

#### 2.1.1 Web 1.0

Internet è stato introdotto nei primi anni '90.

Questa versione del web è molto lontana da quella che conosciamo oggi, infatti, nei primi tempi, gli utenti potevano solo navigare, sfogliare cataloghi virtuali di prodotti e solo in alcuni casi acquistare direttamente dal sito web.

Gli unici servizi attraverso cui gli utenti potevano conversare tra loro erano le emails.

Internet, per cui, era decentralizzato, ovvero non c'erano entità superiori, che avevano il compito di gestire i dati come avviene nel web attuale, inoltre questi dati non erano manipolati né dalla parte server, né dalla parte client.

Quindi in questa versione primordiale, l'utente poteva solo visualizzare le pagine web, non avendo la possibilità di modificare in alcun modo queste ultime,

---

<sup>8</sup>Pokémon Go è un videogioco di tipo free-to-play basato su realtà aumentata geolocalizzata con GPS, sviluppato da Niantic per i sistemi operativi mobili iOS e Android, creato con la collaborazione di Game Freak, The Pokémon Company e Nintendo e uscito nel 2016.

infatti l'unico che poteva svolgere questa funzione era l'amministratore del sito o il proprietario.

### 2.1.2 Web 2.0

Questa versione del web è quella che conosciamo e utilizziamo in questo momento.

Questa tipologia di internet permette una continua interazione tra utente e azienda che offre un servizio.

Il Web 2.0 ha come protagonisti i social network, blog, podcast, e-commerces e tante altre applicazioni simili a queste.

Esso basa il suo funzionamento e popolarità su 3 principi:

- Interazione
- Condivisione
- Partecipazione

Il Web 2.0 prende anche il nome di social web, perché permette alle persone di collaborare, comunicare e creare contenuti, permettendo così uno scambio di idee e informazioni tra questi.

La versione attuale di internet ha molti punti a favore rispetto alla versione precedente, ma comporta anche problemi molto importanti, infatti, come esposto nel paper: *Web 3.0: The Decentralized Web Blockchain networks and Protocol Innovation* [5], i principali punti negativi sono:

- Perdita della democrazia, questo perché ci sono grandi compagnie come Google, Facebook, Amazon che hanno un grandissimo potere sulla rete, basti pensare che solo Google elabora circa 63 mila ricerca al secondo portandolo a raggiungere circa 2 trilioni di ricerche annue.

Il grande problema di avere poche aziende al potere, è che queste raccolgono dati riguardanti le abitudini di tutte le persone e le loro caratteristiche principali, questi servono per rendere più piacevole le interazioni degli utenti nei vari siti web, ma questi dati, se utilizzati in maniera sbagliata, possono provocare moltissimi danni.

Inoltre, come abbiamo visto nel caso della blockchain, il mantenimento dei dati presso una sola entità può portare a molti problemi in caso di attacco informatico o corruzione di essi.

- Censura, uno studio fatto da OpenNet ha documentato come più di 40 paesi filtrino internet per la loro nazione, eliminando così la possibilità a tutte le persone che vivono all'interno del paese di informarsi o visualizzare certe fonti ritenute non affidabili.

Questa censura, nella forma attuale di internet è molto semplice, poiché basta bloccare l'indirizzo IP<sup>9</sup> dei server del sito che si vuole nascondere.

Un esempio della censura governativa dei siti web può essere il caso cinese, in cui, nel 2010, è stata impedita la visualizzazione di 1.3 milioni di siti web.

Un altro esempio più attuale è quello della Russia, in cui il governo ha censurato e continua ancora a censurare siti web che raccontano la guerra dal punto di vista dell'Ucraina, facendo così informare i cittadini sullo stato del conflitto solo attraverso delle fonti verificate e controllate dal governo Russo.

- Larghezza di banda, la centralizzazione dei dati comporta che tutti gli utenti della rete, se vogliono visualizzare una pagina web, devono richiedere i dati riguardanti questa allo stesso server, il che porta a rallentamenti e congestione della rete.

La soluzione a questo problema può essere la costruzione di una rete P2P, in cui i dati vengono scambiati da computer a computer senza il bisogno di richiederli a un server comune a tutta la rete.

Questo sistema dovrebbe essere familiare, poiché è quello utilizzato nella rete blockchain, in cui i dati sono mantenuti da molti nodi e accessibili a tutti.

- Sicurezza, come già detto il web è nato decentralizzato, in cui ognuno aveva un proprio server dove manteneva i propri dati, questo portava così ad avere multiple copie dei record nei vari server nella rete.

Nel web 2.0 invece tutti i dati vengono mantenuti in singoli server, che in caso vengano attaccati o si rompano, comportano la perdita di dati molto importanti, in maniera, quasi sempre, irreversibile.

---

<sup>9</sup>E' un indirizzo che identifica in maniera univoca, un apparato collegato alla rete.

### 2.1.3 Web 3.0

Data la continua innovazione ed espansione di internet è ormai necessario un cambiamento della rete, cercando di utilizzare le tecnologie innovative che possono portare a un grande passo avanti del web.

Inoltre la consapevolezza dell'importanza dei propri dati si sta espandendo a dismisura in tutti gli utenti della rete, portando così allo sviluppo di tecnologie che danno una grande importanza ai dati.

E' proprio su questi argomenti che il web 3.0 si basa, esso infatti propone le seguenti modifiche:

- Decentralizzazione del web, con questa modifica, si vuole inserire la tecnologia blockchain per creare un unico database condiviso da tutte le applicazioni, così da inserire una ridondanza dei dati sulla rete rendendoli più sicuri e accessibili.
- Sfruttamento delle tecnologie basate sull'intelligenza artificiale, cercando così di rendere l'interazione tra utente e rete come se fosse tra utente e utente.
- Web 3d, introduzioni di spazi virtuali 3d in cui l'utente può interagire con gli altri come nel mondo reale.

Questa proposta prende anche il nome di metaverso.

## 2.2 Che cosa è il metaverso?

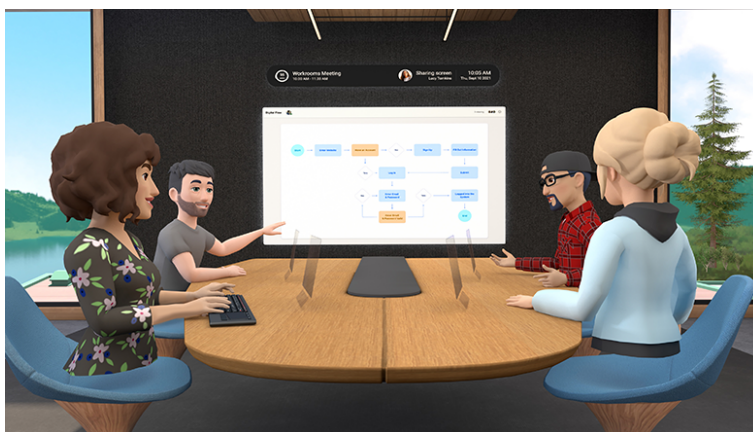


Figure 4: Una riunione nel metaverso.

Come descritto da S.Mystakidis nel paper: *Metaverse*[21], il metaverso è un web interconnesso, con una parte sociale, inserito in un ambiente immersivo nella rete.

Questo permette, a ogni utente, rappresentato da un avatar, di comunicare e interagire con altri utenti della rete, all'interno di spazi virtuali predefiniti o creati dagli stessi utenti.

I primi metaversi erano mondi virtuali in cui gli avatar potevano trasportarsi per comunicare con altri utenti.

In questo momento, il metaverso, ha anche collegamenti con i social networks, utilizza piattaforme VR<sup>10</sup> immersive compatibili con i più grandi servizi multiplayer e permette anche di utilizzare spazi AR<sup>11</sup> collaborativi.

Nella figura 4, possiamo vedere una possibile riunione nel metaverso, i 4 avatar rappresentano gli utenti che interagiscono in tempo reale, l'ufficio è un area in cui questi possono relazionarsi, che può essere creato su misura dagli utenti o creato direttamente dagli sviluppatori del metaverso.

Da questa immagine possiamo già notare quale sia il problema che il metaverso risolve, ovvero dare la possibilità, creando un mondo virtuale, agli utenti di interagire come fanno nel mondo reale, lavorando, giocando, studiando, senza il bisogno di trovarsi fisicamente nello stesso luogo.

### 2.3 Perché si sta sviluppando?

L'innovazione tecnologica sta aprendo sempre di più le porte a un mondo virtuale, in cui molte delle azioni che svolgiamo tutti i giorni vengono sostituite dalle loro controparti digitali.

Prendiamo come esempio l'ambito lavorativo, fino a prima della pandemia Covid, tutti i lavori o quasi, richiedevano la presenza delle persone negli uffici, mentre adesso quasi tutti gli ambiti lavorativi danno la possibilità ai lavoratori di svolgere le loro mansioni da remoto.

Questa digitalizzazione, ha molti lati positivi, ma anche molti negativi.

I lati positivi riguardando soprattutto la parte della commutazione, infatti i lavoratori, non sono più costretti a spostarsi dall'abitazione per recarsi in ufficio, permettendogli di risparmiare tempo e di inquinare meno. Un altro lato

---

<sup>10</sup>Con il termine realtà virtuale si identificano vari modi di simulazione di situazioni reali mediante l'utilizzo di computer e l'ausilio di interfacce appositamente sviluppate.

<sup>11</sup>Per realtà aumentata, o realtà mediata dall'elaboratore, si intende l'arricchimento della percezione sensoriale umana mediante informazioni, in genere manipolate e convogliate elettronicamente, che non sarebbero percepibili con i cinque sensi.

positivo è quello di permettere ai lavoratori di diventare dei nomadi digitali, ovvero persone che non sono legate a un luogo fisico, poiché possono lavorare, sostanzialmente, in ogni parte del mondo.

I lati negativi invece sono quelli che riguardano le conoscenze e l'arricchimento personale, infatti, lavorando da remoto, non si creano tutte quelle interazioni tra persone che si creerebbero recandosi in ufficio, portando i lavoratori, nella maggior parte dei casi, a rinchiudersi nella loro confort-zone uscendone raramente.

I lati negativi, però possono essere contrastati utilizzando degli strumenti informatici come, per esempio, il metaverso.

Nel metaverso infatti, non ci sarà sicuramente il livello di conoscenza che si può raggiungere in un ufficio, però si possono allacciare rapporti molto più profondi rispetto a quelli che si possono creare parlando solamente tramite email o durante le riunioni lavorative.

Grazie anche all'inserimento di oggetti come il visore VR, visibile nell'immagine 5, l'esperienza che si prova durante un incontro nel metaverso è verosimile, facilitando così lo sviluppo del rapporto umano tra le persone, senza che queste si debbano trovare nello stesso luogo fisico.



Figure 5: Un esempio di visore VR.

Oltre l'aspetto lavorativo appena descritto, comunque, il metaverso ha molte altre applicazioni interessanti, come riportato dall'articolo *Metaverse use cases and benefits* [2], i più importanti sono:

- Gaming, il mondo dei videogiochi sta esplodendo in questi anni, espandendosi in molte parti innovative dell'informatica, il metaverso è sicuramente una tra le categorie in cui si sta sviluppando di più, infatti all'interno di questo si possono sviluppare giochi che si interfacciano a più di 3 milioni

di utenti al giorno, inserendo all'interno della categoria videoludica delle caratteristiche che senza la tecnologia del metaverso non potrebbero mai essere implementate.

- Travel and Tourism, in questo campo il metaverso aiuta, dando la possibilità a tutti di visitare virtualmente luoghi che se no non potrebbero mai essere visti, per esempio a causa della loro distanza.

Inoltre queste applicazioni possono anche essere utilizzate per farsi un'idea di quello che può offrire un luogo, per semplificare la scelta del viaggio da compiere.

- Education and Learning, questo campo sta trovando molta popolarità, infatti grazie a questa applicazione gli studenti possono apprendere molto più velocemente ed efficacemente rispetto a quanto possano in una normale classe.

Un esempio di questa applicazione è il metaverso Mesh, creato dalla Microsoft, che dà la possibilità, attraverso la realtà aumentata, a insegnanti e studenti, di interagire utilizzando avatar 3d, permettendo di svolgere esperimenti che se no non sarebbero possibili in ambienti scolastici.

Un'altra applicazione, testata recentemente, è stata lo studio dell'universo in un metaverso costruito apposta, in cui gli studenti potevano muoversi all'interno di questo, studiandolo e apprendendolo in un modo molto più semplice ed efficace rispetto al metodo tradizionale all'interno di una classe.

- Real Estate, lavorare nel settore immobiliare comporta continue trasferte per vedere nuove proprietà da poter acquistare.

In questo settore il metaverso potrebbe avere un ruolo fondamentale, perché potrebbe eliminare la necessità di recarsi ad un immobile, infatti basta che questo venga riprodotto in un ambiente virtuale e, di conseguenza, visitato senza la necessità di uno spostamento.

Inoltre l'immobile potrebbe anche venire personalizzato e modificato dall'utente, così da vedere in tempo reale eventuali modifiche alla struttura.

- Healthcare, la salute mentale, sta riscontrando un grandissimo incremento di importanza, soprattutto a causa della recente pandemia.

Il metaverso, in questo ambito, potrebbe facilitare di molto l'interazione tra persona e psicologo, rendendo gli incontri molto più facili ed economici.

Inoltre gli spazi in cui gli incontri avvengono, potrebbero essere totalmente modificati e personalizzati per riuscire a soddisfare le necessità di tutti gli utenti.

Il metaverso, potrebbe essere, ed è già utilizzato anche in applicazioni che riguardano l'esercizio fisico, partendo da corsi di tutte le tipologie, fino ad arrivare a metaversi creati per il movimento fisico degli utenti all'interno di spazi virtuali.

Al momento attuale esistono già metaversi creati a questo scopo, un esempio può essere Zwift, che permette di partecipare a una gara ciclistica all'interno del metaverso, in questo caso, come in altri utilizzi legati a questo mondo, servono delle attrezzature create appositamente per questo scopo, come per esempio la bicicletta mostrata nell'immagine 6, necessaria per partecipare alla gara.



Figure 6: Un esempio di attrezzatura necessaria per partecipare alle competizioni su Zwift.

Lo sviluppo delle applicazioni che utilizzano il metaverso, quindi sono figlie dell'innovazione tecnologica, e possono apportare un grandissimo contributo in tutti gli ambiti in cui vengono applicati.

Dato che lo sviluppo della tecnologia metaverso è solo agli inizi, è quasi certo che nei prossimi anni l'innovazione porti questa tecnologia ad essere presente in praticamente tutti gli ambiti della vita, facilitando, attraverso la realtà



aumentata o la realtà virtuale, la vita di tutti noi.

## 2.4 Principali Metaversi

Il metaverso è un'applicazione che si espande e adatta a tutti i campi in cui viene utilizzato, per questo motivo ne sono nati molteplici e tutti hanno delle differenze sostanziali.

I principali e più sviluppati sono:

- Second Life
- Decentraland
- Blocktopia
- The Sandbox
- Star Atlas
- Radio Caca
- Roblox
- Meta

### 2.4.1 Second Life

Second Life[34], è uno tra i metaversi più longevi, infatti è stato creato nel 2003 dall'azienda Linden Lab.

Second Life è una piattaforma online che permette a tutti gli utenti di creare avatar, attraverso i quali interagiscono con gli altri utenti e il mondo virtuale, permettendo anche la creazione di nuovi contenuti sulla piattaforma.

All'interno del metaverso, gli utenti, chiamati anche "Residenti", possono esplorare gli spazi virtuali, conoscere altri residenti, socializzare, partecipare ad attività individuali o di gruppo molto spesso organizzate dagli stessi residenti, costruire nuovi spazi, creare nuovi oggetti, comprare oggetti e vestiti attraverso i negozi e scambiarsi beni e servizi.

All'interno di Second Life, come in molti altri metaversi, si possono anche effettuare dei pagamenti, attraverso una moneta virtuale del gioco che prende il nome di Linden Dollar, che come una qualsiasi criptomoneta, può essere scambiata con delle monete non cripto, come euro o dollari.

Per poter partecipare a questo metaverso, però, è necessario avere più di 16 anni, ma in casi specifici l'accesso è permesso anche a ragazzi con età compresa tra i 13 e i 15 anni.

Questo metaverso nel 2013 ha contato 1 milione di utenti che regolarmente accedeva al servizio, adesso i numeri sono un po' diminuiti, ma si continuano ad aggirare sugli 800-900 mila.

#### **2.4.2 Decentraland**

Decentraland[31], è stato lanciato nel 2017, ma aperto a tutti nel febbraio 2020, come in praticamente tutti i metaversi, fa uso di avatar per interagire con utenti e il mondo virtuale.

Quello che lo differenzia da buona parte dei metaversi, è che è completamente decentralizzato, dato che è basato interamente sulla tecnologia blockchain, che utilizza per poter eseguire transazioni di denaro, ma anche per mantenere lo storico di tutti gli avvenimenti che si verificano.

Oltre l'utilizzo della blockchain, utilizza anche la tecnologia degli NFT, per l'inserimento di oggetti quali: vestiti e immobili.

Tutti i possedimenti dei vari utenti sono salvati attraverso l'utilizzo dei wallet, come avevamo già visto nell'introduzione alla tecnologia blockchain.

##### **2.4.2.1 Sistema economico**

Il sistema economico di Decentraland è basato su due token digitali:

- Mana, questa moneta serve per poter prendere parte alle decisioni all'interno del metaverso, il corrispettivo virtuale del voto.

L'altro utilizzo della moneta è l'acquisto dei beni, come oggetti o terreni, all'interno di Decentraland.

Mana è una criptomoneta a tutti gli effetti, infatti può essere scambiata con monete reali, come nel caso della moneta di Second Life, inoltre, come Bitcoin, ha un tetto massimo di monete in circolazione, che vengono rilasciate a scaglioni.

Il limite massimo di monete in circolazione è 2.194.460.527, ed al momento attuale ne sono state rilasciate circa 1.9 miliardi.

Il prezzo attuale per un mana è di 0.68€, portando la moneta, attualmente, ad avere una capitalizzazione di mercato di 1.3 Miliardi di Euro.

I Mana possono essere acquistati, come si possono acquistare le altre criptomonete, ma possono essere anche guadagnate all'interno del metaverso svolgendo attività come la creazione di opere d'arte o vestiti, lavorare da freelancer per gli altri utenti o lavorare per una compagnia e ricevere un salario.

Oltre a questi modi, ne esistono tanti altri, alcuni di questi, come riportato dall'articolo *LAND OF OPPORTUNITY Decentraland guide: How to make money in the play-to-earn crypto game*[28], sono:

- Compra e vendi Land.
  - Compra e mantieni Mana.
  - Crea vestiti e vendi accessori.
  - Partecipa ai giochi Play-to-Earn.
  - Lavora da freelancer.
  - Lavora per i giochi decentralizzati.
- Land, è un token non fungibile<sup>12</sup>, che rappresenta, in modo univoco, la proprietà di un appezzamento di terreno da parte di un utente di Decentraland.

Ogni terreno, su Decentraland, come nel mondo reale, ha delle caratteristiche uniche, e quindi ogni Land unisce le informazioni del terreno con le informazioni identificative del possessore(Wallet).

#### 2.4.2.2 Mercato

Ogni oggetto scambiabile all'interno di Decentraland ha una rarità, questo per migliorare e facilitare le dinamiche di scambio degli oggetti all'interno del metaverso, le categorie sono:

- Comune, per oggetti che hanno un'esistenza pari o superiore le 100.000 unità.
- Non comune, per oggetti che hanno un'esistenza non superiore le 10.000 unità.
- Raro, per oggetti che hanno un'esistenza non superiore le 5.000 unità.

---

<sup>12</sup>Un non-fungible token (NFT) è un tipo speciale di token, che rappresenta l'atto di proprietà ed il certificato di autenticità, scritto su catena di blocchi, di un bene unico.

- Epico, per oggetti che hanno un'esistenza non superiore le 1.000 unità.
- Leggendaro, per oggetti che hanno un'esistenza non superiore le 100 unità.
- Mitico, per oggetti che hanno un'esistenza non superiore le 10 unità.
- Unico, per oggetti per i quali esiste una sola unità.

#### 2.4.2.3 Governance

Per l'introduzione, modifica o eliminazioni delle leggi, all'interno di Decentraland è presente un'entità governativa, il DAO[7].

Come riportato nell'articolo *Cos'è Decentraland?*[4], il DAO(Decentralized Autonomous Organization) è un'organizzazione autonoma decentralizzata, attraverso cui, gli utenti, utilizzando votazioni e referendum, possono partecipare allo sviluppo della piattaforma.

Come riportato nel sito ufficiale di Decentraland[7], le votazioni riguardando principalmente, ma non esclusivamente:

- *Upgrading LAND and Estates<sup>13</sup> to add more features and protocol upgrades.*
- *Specifics and dates of future LAND auctions.*
- *Size of marketplace fees, which are always in MANA that gets burnt.*
- *Primary sale fees, which are always in MANA that gets burnt.*
- *Addition and replacement of community-run content servers.*
- *Allocation of MANA grants to development efforts.*
- *Addition of new wearables to the Decentraland World, Builder and Marketplace.*
- *Replacing members of the Security Council.*

Oltre al DAO è presente anche un altro organo governativo, che prende il nome di SAB(Security Advisory Board), che sovrintende alla sicurezza dei contratti intelligenti della piattaforma, esamina le proposte di governance e risponde alle segnalazioni di bug.

---

<sup>13</sup>E' un token speciale, che si può ottenere solamente nel caso si possedano due proprietà Land adiacenti. E' stato introdotto per facilitare la gestione di queste ultime.

Il SAB, è composto da 5 utenti, eletti dalla community, essi hanno il potere di rifiutare o ritardare proposte che potrebbero influire negativamente sullo sviluppo di Decentraland.

#### 2.4.2.4 Eventi e Brands

Con lo sviluppo e l'incremento in popolarità di questo metaverso, molti dei più grandi brands hanno voluto accaparrarsi uno o più immobili, infatti all'interno di Decentraland, possiamo trovare delle costruzioni appartenenti ad Adidas, Samsung, Atari, PricewaterhouseCoopers and Miller Lite.

Nel marzo 2022 si è svolta la prima asta nel metaverso, tenuta da Sotheby's<sup>14</sup>.

A fine marzo 2022 si è svolta la prima Fashion Week nel Metaverso, in cui brand come Dolce & Gabbana, Tommy Hilfiger, Elie Saab, Nicholas Kirkwood, Perry Ellis, Imitation of Christ, and Estée Lauder, hanno mostrato vestiti per gli avatar di Decentraland, in foto7 è possibile vedere le proposte fatte da Dolce & Gabbana durante questo avvenimento.



Figure 7: Proposte di Dolce & Gabbana nella Fashion Week 2022 nel metaverso Decentraland.

Inoltre artisti di fama mondiale, come Deadmau5 e Grimes, hanno tenuto un concerto.

Quelli riportati sono gli eventi più grandi e importanti che sono stati tenuti in Decentraland, comunque ogni giorno si tengono eventi a cui tutta la comunità

<sup>14</sup>Sotheby's è una casa d'aste del Regno Unito, tra le più importanti e con centinaia di filiali nel mondo, la cui sede storica è in New Bond Street, a Londra.

partecipa, l'intero programma, contenente tutti gli eventi programmati, si può trovare nella pagina ufficiale di Decentraland[8].

### **2.4.3 Roblox**

Roblox è uno dei metaversi più conosciuti e in utilizzo attualmente e conta 50 milioni di utenti attivi ogni giorno.

Uno dei suoi punti forti è la categoria principale in cui si colloca, infatti è un metaverso strettamente legato al gaming, una parte dell'informatica che nell'ultimo periodo ha subito un boom, soprattutto a causa della pandemia e la conseguente riscoperta dei videogames.

#### **2.4.3.1 La Storia di Roblox**

Roblox non è il primo prodotto dei suoi sviluppatori, infatti essi, avevano rilasciato, nel 2004, un altro progetto, chiamato Interactive Physics, che aveva come scopo principale quello di aiutare nello studio della fisica, grazie a dei modellini bidimensionali.

Passati due anni, in cui gli sviluppatori sono cresciuti molto, soprattutto grazie all'ascolto che davano agli utilizzatori della loro applicazione, essi rilasciano, nel 2006, un nuovo progetto, Roblox.

Grazie alla strutturazione del gioco, gli utenti sono sempre cresciuti, arrivando fino ai numeri impressionanti attuali, e portandolo alla quotazione in borsa, a marzo 2020, in cui è stato valutato 41 miliardi di dollari.

#### **2.4.3.2 Struttura del metaverso**

Come in altri metaversi, l'utente viene rappresentato da un avatar costruito su misura direttamente dall'utente stesso, e con questo avatar, il cliente, ha la possibilità di interagire con gli altri users e il mondo virtuale.

Anche su Roblox si ha la possibilità di costruire edifici, creare buisnesses, creare vestiti, praticare sport, e tante altre azioni molto comuni anche su altri metaversi.

Il punto fondamentale che Roblox ha, rispetto ai suoi competitors, è l'estrema possibilità di personalizzazione e di creazione, che ha come limite solo la creatività dell'utente.

Infatti il grande punto a favore di Roblox, sono le innumerevoli attività e giochi a cui si può prendere parte, tutte o quasi, create direttamente dagli utenti.

Un esempio di queste attività sono "Let's be well" un gioco ideato da un dodicenne canadese per sensibilizzare su tematiche relative alla salute mentale a seguito del suicidio del padre, oppure "Royal High" un liceo virtuale in cui socializzare e imparare da altri utenti.

#### 2.4.3.3 Sistema Monetario

Il sistema monetario di Roblox non è sviluppato quanto quello di Decentraland, ma comunque possiede delle meccaniche che permettono di guadagnare Robux direttamente sul metaverso.

La moneta utilizzata su questo metaverso è il Robux<sup>15</sup>, che può essere acquistata o guadagnata in gioco tramite delle mansioni come la vendita di oggetti, la creazione di attività oppure tramite un abbonamento mensile.

La moneta è utilizzata per tutte le transazioni di oggetti e anche per abbonarsi ad attività create dagli altri utenti, così da sbloccare eventuali limitazioni su di esse.

#### 2.4.3.4 Eventi

I principali eventi tenuti su Roblox nel 2021, come riportato dall'articolo "*Roblox: cos'è e come funziona la piattaforma che dà accesso al Metaverso*"[10] sono:

- Gucci Garden, è stato un evento visitabile sia nella vita reale, a Firenze, sia in quella digitale.

Era composta da una serie di sale tematiche che ripercorrevano la vita del brand Gucci.

Su Roblox come nella realtà, gli utenti potevano passeggiare in queste stanze e acquistare nuovi abiti esclusivi e limitati.

- Concerto dei Twenty One Pilots, è il primo concerto virtuale della band ed è stato tenuto il 17 settembre.

In questa occasione gli utenti potevano personalizzare il proprio avatar con accessori e vestiti creati apposta per l'occasione.

Nella figura 8, è possibile visualizzare un'immagine del concerto.

- Concerto di KSI, KSI è uno tra gli youtuber più famosi al mondo, che da poco ha intrapreso anche la carriera musicale.

---

<sup>15</sup>Robux è la moneta del mondo virtuale Roblox



Figure 8: Concerto dei Twenty One Pilots nel metaverso Roblox.

Proprio a causa della musica, KSI, ha tenuto un concerto all'interno di questo metaverso, in cui ha cantato in anteprima delle canzoni del suo album inedito *All Over the Place*.

- Fashion Award 2021, questo è un avvenimento interno a Roblox, infatti non ha visto protagonista nessun brand o personaggio famoso.

Durante questo evento si è tenuta una vera e propria sfilata di moda, in cui tutti gli utenti potevano provare i vestiti creati dai più importanti stilisti della piattaforma digitale.

Era possibile anche acquistare i capi presentati alla sfilata e, il ricavato delle vendite di questi, è stato devoluto alla fondazione British Fashion Council.

E' possibile visualizzare questa sfilata nell'immagine9.

- NIKELAND, evento organizzato da Nike, in cui si potevano svolgere innumerevoli sport, come calcio, basket, trampolino, corsa, nuoto e tanti altri.

Questo evento, inoltre, dava la possibilità di attivare esperienze extra attraverso il movimento nella vita reale.

E' possibile visualizzare lo spazio riservato a Nike per l'evento NIKELAND nell'immagine 10.





Figure 9: Fashion Award su Roblox.



Figure 10: Evento NIKELAND su Roblox.

#### 2.4.4 Meta

Il metaverso annunciato da Meta, ex Facebook, è l'unico, tra quelli citati, che ancora non è accessibile al pubblico ed attualmente in sviluppo.

Nonostante questo, però, è anche quello più conosciuto e discusso dal pubblico.

La fama sicuramente è dovuta, in parte, dall'azienda creatrice, multinazionale che ricopre un ruolo fondamentale nel web attuale, ma anche dalle innovazioni che promette di portare alla vita di tutti i giorni e alla categoria dei metaversi in generale.

Il metaverso proposto, al momento attuale, fa un utilizzo massivo di realtà virtuale e aumentata, infatti non è stata annunciata, per il momento, la presenza di una versione standard, quindi senza l'utilizzo di un visore VR o accessori per l'AR.

Meta, dall'annuncio della volontà di prendere parte a questo mondo, ha già investito 10 miliardi di dollari nella ricerca e sviluppo del loro metaverso, inoltre ha acquistato Oculus, un'azienda che si occupa di sviluppare visori VR e applicazioni per questo.

Tutto quello che sappiamo sul metaverso di Meta, è stato annunciato direttamente dal titolare della compagnia, Mark Zuckerberg, attraverso dei video in cui, oltre ad esporre i principali temi in cui si sta lavorando, da la possibilità di visualizzare degli esempi grafici del loro metaverso.

I punti cardini esposti da Meta per il loro metaverso sono:

- Connessione con le persone, questo avverrà attraverso tecnologie VR unite a tecnologie AR. Un esempio dell'idea di Meta riguardante questo argomento si può visualizzare nel video *Social in the metaverse*[17], in cui troviamo una riunione di 4 persone in un ambiente virtuale, e successivamente, un'applicazione della realtà aumentata, che permette ai protagonisti di visualizzare un'opera d'arte direttamente nella stanza in cui stavano chiacchierando e giocando.
- Spazi virtuali, questo punto viene implementato dando la possibilità a tutti gli utenti di creare un proprio spazio individuale, personalizzabile nei minimi dettagli, oltre a dare la possibilità di utilizzare spazi creati da altri utenti o direttamente dall'azienda madre.

In questi spazi gli users possono decidere se rimanere in solitudine o invitare altri utenti, inoltre si ha la possibilità di visualizzare video, giocare, e tante altre azioni.

Questa parte del metaverso è già disponibile a tutte le persone che possiedono un Oculus Quest, ovvero il visore di Facebook.

E' disponibile un video presentazione di questa applicazione nel canale YouTube di Meta Quest[19].

- Lavorare a distanza, anche Meta, con questa applicazione, cerca di risolvere il problema della mancanza di interazioni con altre persone quando si lavora a distanza.

La soluzione annunciata, permette a tutti gli utenti di interagire tra loro senza l'utilizzo di un monitor, ma inserendosi in un mondo virtuale tridimensionale, dove questi possono consultarsi e visualizzare risorse.

Il video annuncio di questo è presente nel canale ufficiale di Meta, ed è intitolato "*Work in the metaverse*"[18].

- Migliorare le interazioni tra utenti, Nel mondo reale, le espressioni facciali sono fondamentali per riuscire a comunicare al meglio.

Nel mondo virtuale, al momento attuale, queste, non sono disponibili in nessun metaverso.

Meta sta lavorando per riuscire a inserire le espressioni facciali all'interno del metaverso per dare a tutti gli utenti una migliore esperienza di interazione.

Questa idea viene inserita all'interno di un progetto che Meta ha chiamato "*Project Cambria*".

Project Cambria, oltre all'introduzione delle espressioni facciali, punta anche a un miglioramento della realtà aumentata, dando la possibilità agli utenti di visualizzare elementi virtuali in aggiunta al mondo reale.

Questo progetto si è concluso con l'annuncio, il 12 ottobre 2022, nel Meta Connect Keynote 2022[15], del nuovo dispositivo Oculus Quest Pro11, un dispositivo che introduce la mixed reality, unendo così il mondo virtuale e quello reale.



Figure 11: Il nuovo Oculus Quest Pro.

Questo dispositivo inoltre dà la possibilità di tracciare le espressioni visive nella vita reale e portarli nella vita virtuale come espressioni degli avatar.

Un altro aspetto introdotto grazie a questo dispositivo è il tracciamento del movimento degli occhi, che anche in questo caso, viene riportato nel mondo virtuale, sull'avatar dell'utente.

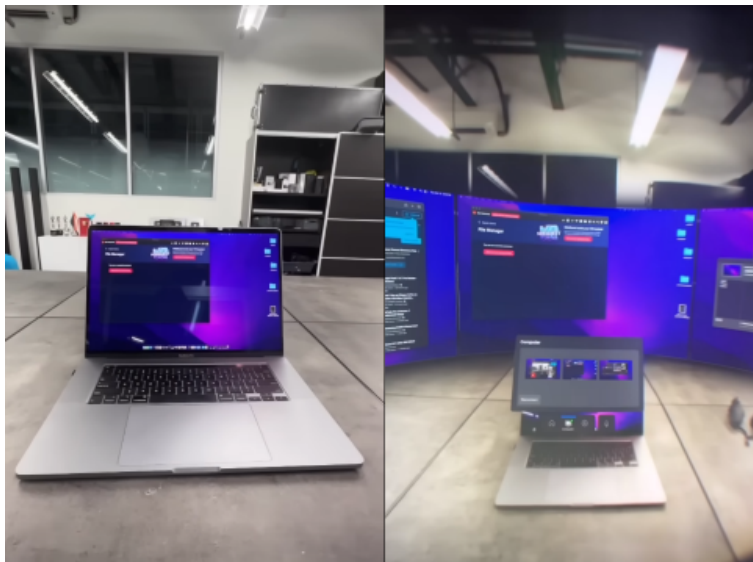


Figure 12: Un esempio delle possibilità introdotte dal nuovo Oculus Quest Pro.

In questa immagine vediamo a sinistra la realtà e a destra la realtà mista offerta dal dispositivo, in cui, in questo caso, vengono visualizzati tre schermi virtuali.

- Formazione, uno dei punti fondamentali che Meta vuole introdurre nel suo metaverso è la formazione.

Studiare, all'interno del metaverso, sarà possibile tramite applicazioni implementate appositamente, che danno la possibilità di imparare nozioni mentre si mettono in pratica, ovvero tramite il metodo "learning by doing"<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup>Si riferisce a una teoria dell'educazione. Questa teoria è stata esposta dal filosofo americano John Dewey e dal pedagogo latinoamericano Paulo Freire. È un approccio pratico all'apprendimento, il che significa che gli studenti devono interagire con il loro ambiente per adattarsi e imparare. Portando, così, l'apprendimento, dall'essere prettamente teorico, quindi basato su libri di testi, ad essere più pratico, quindi basato direttamente sull'esperienza.

Alcuni degli esempi che sono stati fatti all'interno del video di presentazione[14], sono:

- Imparare l'astronomia, muovendosi all'interno dell'universo, visualizzando ogni particolare conosciuto di esso.
- Imparare la storia, inserendo l'utente all'interno di un mondo virtuale che riporta gli avvenimenti che si vogliono apprendere.
- Esercitarsi in operazioni mediche, potendo operare pazienti virtuali e vedendo in tempo reale le conseguenze di ogni azione eseguita.

Quelli riportati sono le idee più importanti e innovative che il metaverso di Meta introduce, secondo il mio parere.

E' possibile visualizzare tutta la presentazione del metaverso che sta costruendo meta nel video *The Metaverse and How We'll Build It Together – Connect 2021*, disponibile nel canale ufficiale della compagnia sulla piattaforma YouTube[16].

## 2.5 Vantaggi e svantaggi del metaverso

Abbiamo visto la tecnologia del metaverso, le sue potenzialità e i problemi che potrebbe risolvere.

Ora riporto brevemente i principali punti a favore introdotti e i punti a sfavore del metaverso, esposti nell'articolo *Metaverse Pros and Cons: The Top Benefits and Drawbacks*[6].

I pro del metaverso sono:

- Permettere di connettere tutte le persone, attraverso la costruzione di un mondo virtuale, sostanzialmente annullando la distanza.
- Regala a tutti gli utenti che lo utilizzano, una esperienza immersiva, simulando azioni che nella vita reale sarebbero impossibili.
- Consente un'interazione tra persone online molto più reale, rispetto a quello a cui siamo abituati al momento attuale.
- Apre le porte a nuovi business online, come abbiamo potuto vedere quando parlavamo, nello specifico, del metaverso Decentraland.
- Migliora e semplifica, di gran lunga, l'apprendimento online, sbloccando infinite possibilità a studenti e insegnanti.

- Aiuta nella creazione di videogiochi più immersivi e divertenti rispetto alle controparti attuali.
- Porta un grandissimo miglioramento nell'ambiente lavorativo, facilitando e migliorando il rapporto con i colleghi, in caso di lavoro da remoto, e dando la possibilità di utilizzare oggetti che danno una grande mano nel lavoro di tutti i giorni, come, per esempio, il dispositivo Oculus Quest Pro<sup>11</sup>, che permette di accedere a monitor virtuali, interamente personalizzabili dall'utente<sup>12</sup>.

I punti a sfavore del metaverso, invece, sono:

- Cybercrime, praticamente sin dall'inizio dell'aumento di popolarità del web, si sono verificati crimini che sfruttavano quest'ultimo per essere compiuti.

Tutti i principali governi hanno speso ingenti somme di denaro per cercare di limitare questi avvenimenti, riuscendo in parte nel loro scopo.

Il metaverso sicuramente non è, e non sarà, esente dalla presenza di crimini, considerando anche che, grazie al potere della decentralizzazione, i governi avranno ancora meno potere di quello che possiedono attualmente.

- Impatto negativo sulle culture e le civiltà, ogni luogo sulla Terra ha una sua cultura che è il risultato di migliaia di anni di evoluzioni ed eventi che hanno avuto come protagonista quel luogo.

Il metaverso, invece, offre un mondo totalmente connesso, in cui esiste un'unica cultura e civiltà globale, andando così a far perdere tutte le preziose differenze che accomunano gli esseri umani.

- Problemi di dipendenza, come si è scoperto, videogiochi e social network possono portare a sviluppare dipendenze, se non dosati con parsimonia.

Il metaverso ha come piano di unire tutte le applicazioni attuali in un unico mondo, portando a molti benefici, ma aggravando anche i problemi che ogni tecnologia possiede.

- Perdita della connessione con il mondo fisico, questo è un punto molto discusso quando vengono introdotte tecnologie che offrono una vita virtuale, infatti, dare la possibilità a ogni persona di creare una vita, non reale, a suo piacimento, può, facilmente, allontanare l'individuo dalla vita fisica.

La connessione con il mondo fisico, è già un problema molto grave e conosciuto, basti pensare come un americano medio passi circa 6 ore al giorno guardando uno schermo.

- Problemi legati alla psiche, studi psicologici, hanno mostrato come l'utilizzo del metaverso, abbia portato a un incremento dei casi di distacco dalla realtà completo e allo sviluppare sintomi simili alla psicosi.

La depressione è un altro pericolo, che può toccare tutte le persone, che trovano nel metaverso, una vita migliore di quella che hanno nel mondo fisico, portando inoltre una diminuzione dell'autostima, che facilita ulteriormente il pericolo di incorrere in gravi episodi depressivi.

- Bullismo virtuale, il problema del bullismo è da sempre conosciuto soprattutto nell'ambiente giovanile.

Nel metaverso questi fenomeni, potrebbero avere delle conseguenze ancora peggiori di quelle che vediamo attraverso l'utilizzo dei social network, perché verrebbe a mancare la barriera dello schermo.

- Incremento del potere delle multinazionali, il metaverso è uno tra i punti cardine del web 3.0, che ha come ideale quello di rimuovere il potere attualmente detenuto dalle poche aziende che lo detengono.

Per come si stanno sviluppando le cose, però, questo non sembra si stia realizzando, al contrario sembra che le grandi aziende, come Meta, stiano facendo tutto il possibile per essere al centro dell'innovazione tecnologica, permettendo, così, di non perdere i loro privilegi, ma anzi, di acquisirne di nuovi.





### 3 NFT

Gli NFT (non-fungible token) sono degli identificatori digitali che non possono essere copiati, sostituiti o suddivisi, e che vengono registrati sulla Blockchain.

Il loro principale utilizzo è quello di certificare l'autenticità o il possesso di un bene.

Il mercato degli NFT ha visto, tra il 2020 e il 2021, un boom, infatti in quegli anni, il mercato, ha subito un incremento del 21.000%, ovvero circa 17 bilioni di dollari.

Questa tecnologia, al momento attuale, ma soprattutto in quegli anni, è stata utilizzata, principalmente per il lato economico, ovvero la compravendita di questi, creando così una bolla speculativa<sup>17</sup>, che non basandosi su delle fondamenta solide, è esplosa, facendo crollare così il prezzo degli NFT e portando molti investitori a delle perdite importanti.

Il fenomeno delle bolle speculative, nel mondo che riguarda le criptovalute e gli NFT, è abbastanza comune, a causa del fatto che non è presente un'autorità che gestisce questi mercati, facendo così registrare grandissime oscillazioni sui prezzi. Ci sono stati molti casi in cui il valore di una criptomoneta o un NFT, è crollato da un giorno all'altro, perdendo quasi tutto il valore. Un esempio di questo può essere la moneta digitale Terra, che il 7 maggio 2022, valeva circa 73€, mentre dopo poco meno di una settimana valeva 0,000016€. Inoltre, in questi mercati è presente un altro grosso problema, ovvero quello delle truffe, che vengono attuate creando progetti, in cui le persone investono sperando in una crescita, che poi però vengono abbandonati, con la conseguente fuga con i soldi ricavati dagli investimenti.

#### 3.1 Cosa sono?

Gli NFT sono, quindi, contratti che testimoniano la paternità o il possesso di un bene, e lo fanno in maniera sicura e inconfutabile grazie all'utilizzo della tecnologia Blockchain.

La Blockchain più legata a questi progetti è quella di Ethereum, perché è la più popolare e sviluppata per accogliere iniziative che utilizzano questa

---

<sup>17</sup>La bolla speculativa in economia è una particolare fase di mercato caratterizzata da un aumento considerevole e ingiustificato dei prezzi di uno o più beni, dovuto ad una crescita della domanda repentina e limitata nel tempo: alla fase di nascita e di crescita della bolla segue poi la fase di scoppio che tende a ripristinare i valori originali del bene in questione[30].



Figure 13: Un esempio di NFT.

In figura possiamo vedere 6 NFT, facenti parte della collezione *Bored Ape Yacht Club*, una delle collezioni più importanti per quanto riguarda questo mondo. Questa raccolta conta circa 10.000 opere digitali, e ha un volume totale delle vendite che si attesta a più di 2 bilioni di dollari. Al momento attuale, il prezzo medio per acquistare un NFT di questa collezione, si aggira sui 120 mila dollari.

tecnologia come base di partenza, comunque, i progetti NFT, possono essere sviluppati anche su Blockchain diverse, come Solana e Cardano.

Perché gli NFT funzionino, come riassunto nel paper *"Non-Fungible Token (NFT): Overview, Evaluation, Opportunities and Challenges"*[29], hanno bisogno di componenti tecniche, protocolli e proprietà.

### 3.1.1 Componenti tecniche

Le componenti tecniche necessarie alla tecnologia NFT sono:

- Blockchain, è la tecnologia che sta alla base del progetto NFT, il quale eredita da essa tutti gli aspetti di sicurezza e decentralizzazione.
- Smart Contract, sono stati ideati da Szabo<sup>18</sup>, e resi pubblici con il paper *"Smart Contracts : Building Blocks for Digital Markets"*[27]. Sono protocolli informatici che mirano al velocizzare, verificare o eseguire contratti digitali, che grazie alla tecnologia Blockchain e alla difficoltà dei problemi su cui si basano, non hanno bisogno di avere una entità di verifica del contratto, portando così il progetto NFT ad essere totalmente decentralizzato.
- Indirizzi e transizioni, lo scambio di NFT funziona, essenzialmente, come lo scambio di criptomonete, poiché entrambe, sono tecnologie basate su Blockchain. Per cui ogni transazione viene inserita in un blocco che poi verrà pubblicato nella catena, e all'interno di ogni transazione vengono inseriti gli indirizzi di wallet (addresses) delle entità protagoniste dello scambio.
- Codifica dei dati, all'interno della Blockchain, per come è costruita, possono essere inseriti solo dati di un certo formato, per esempio per i casi di Bitcoin e Ethereum, tutti i dati devono essere convertiti in Hex<sup>19</sup>.

Per questo e per motivi di spazio, quello che viene inserito all'interno della catena di blocchi, non è il prodotto in sé, ma un suo identificatore nel formato richiesto dalla Blockchain utilizzata.

---

<sup>18</sup>Nicholas Szabo è un informatico, studioso di diritto, e crittografo, conosciuto per le sue ricerche riguardanti contratti digitali e criptomonete[33].

<sup>19</sup>Il sistema numerico esadecimale (**Hex**), è un sistema numerico in base 16, cioè utilizza 16 simboli invece che i 10 del sistema numerico decimale. In informatica viene utilizzato perché può racchiudere le stesse informazioni del sistema decimale o binario, ma in maniera molto più compatta.

Per cui tutti gli utenti possono ottenere una copia del bene, ma la proprietà effettiva di quel bene è solo di chi effettivamente possiede i diritti di esso, che è facilmente individuabile grazie al Ledger.

Per capire meglio il concetto del possesso di un NFT, riporto un esempio della vita reale.

Prendiamo, per campione, il quadro "No.5" di Jackson Pollock<sup>20</sup>, esso appartiene, al momento attuale, a David Martínez, che possiede tutti i diritti riguardante all'opera d'arte. Del quadro in questione, chiunque può comprare una copia, ma il possesso del falso, non dà a chiunque i diritti su quell'opera.

### 3.1.2 Protocolli

Perché tutto il sistema NFT funzioni, come abbiamo detto in precedenza, c'è il bisogno della presenza di un Ledger, che possa mantenere tutti i record, e di pattern per la creazione dei token.

Si possono individuare due pattern per mettere in circolazione nuovi token, che, dal punto di vista della blockchain, sono identici, per cui il risultato che si ottiene è il medesimo.

- Approccio **Top to Bottom**.
- Approccio **Bottom to Top**.

#### 3.1.2.1 Top to Bottom

Questo design ha bisogno di due attori, il possessore dell'NFT e il compratore dell'NFT. I passi principali di questo approccio sono:

- **Digitalizzazione dell'NFT**, il possessore dell'NFT, controlla che il file, titolo e descrizione siano corretti. Successivamente esso digitalizza l'NFT nel formato richiesto.
- **Conservazione dell'NFT**, il possessore dell'NFT, conserva i dati originali in un database esterno alla blockchain. Esso potrebbe anche decidere di conservare questi direttamente nella blockchain, ma, a causa del costo elevato, solitamente si preferisce evitare di scegliere questa strada.

---

<sup>20</sup>Paul Jackson Pollock è stato un pittore statunitense, considerato uno dei maggiori rappresentanti dell'espressionismo astratto o action painting[32].

- **Firma dell’NFT**, il possessore dell’NFT, firma una transazione, contenente anche l’hash dell’NFT, e invia i dati a uno smart contract.
- **NFT Mint and Trade**, una volta ricevuto lo smart contract, inizia il processo di minting e trading, ovvero un processo che punta a verificare le informazioni passate attraverso lo smart contract per poi inserire i dati nella blockchain.
- **NFT conferma**, una volta che il passaggio precedente è terminato, viene inserito nella blockchain, legando così indelebilmente, l’NFT con il suo possessore, che in un futuro potrà scambiare l’NFT con un altro compratore, facendo così ripartire il processo appena descritto.

### 3.1.2.2 Bottom to Top

In questo caso, i protagonisti sono il creatore dell’NFT e il compratore dell’NFT.

- **Creazione del Template**, il creatore dell’NFT, inizializza un template attraverso lo smart contract.
- **Randomizzazione dell’NFT**, il compratore dell’NFT, al momento dell’acquisto, può decidere se personalizzare l’NFT con delle caratteristiche, scelte random da un database inizializzato dal creatore al momento della creazione dell’NFT. Questo step, si trova soprattutto negli NFT che riguardano i videogiochi, dove un utente può decidere di voler personalizzare il suo avatar.
- **NFT Mint and Trade**, è il processo esposto prima, e inizia quando viene acquistato un NFT.
- **NFT conferma**, una volta terminate tutte le operazioni di verifica, viene inserita la transazione nello storico, legando per sempre l’NFT con il suo possessore.

Abbiamo visto che tutte le transazioni, riguardanti un NFT, vengono salvate all’interno di uno smart contract, per poi essere inserite in un blocco e successivamente nella Blockchain.

I blocchi, però, hanno una disponibilità di spazio limitata, quindi potrebbe accadere che questo finisca, in questo caso, dato che le transazioni non possono essere cancellate per fare spazio a delle nuove, viene creato un nuovo blocco, collegato al vecchio, in cui verranno salvate le nuove informazioni.



Figure 14: Un esempio dell'architettura di un NFT.

### 3.1.3 Proprietà

Per permettere alla tecnologia NFT di funzionare come ci si aspetta, essi devono avere delle importanti proprietà:

- Verificabilità, l'appartenenza e i metadati degli NFT, devono poter essere verificati da tutti, per cui i dati devono essere pubblici, ovviamente la parte di privacy che garantisce la blockchain rimane intatta, per cui, i dati del possessore non verranno pubblicati, l'unico dato pubblico sarà il suo indirizzo di wallet.
- Esecuzione trasparente, tutte le attività riguardanti un NFT (minting, vendita e acquisto) devono essere accessibili pubblicamente.
- Disponibilità, il sistema NFT non può mai cadere, questo si raggiunge grazie alla decentralizzazione e comporta il fatto che gli NFT possono essere sempre venduti e acquistati.
- Resistenza alle manomissioni, i metadati degli NFT non possono essere cambiati o manipolati in nessun modo una volta superato il processo di conferma prima descritto.
- Utilizzabilità, ogni NFT possiede le informazioni più recenti di possesso, questo per facilitare la verifica delle transazioni e aiutare i compratori a fare offerte.
- Atomicità, lo scambio di NFT può essere completato in una sola transazione.

- Scambiabilità, ogni NFT e i suoi prodotti corrispondenti, possono essere arbitrariamente venduti o scambiati.

### 3.2 Principali utilizzi della tecnologia NFT

Il mondo degli NFT è relativamente nuovo, per cui, ancora non ha trovato molti utilizzi a parte quelli riguardanti la compra vendita di cui abbiamo parlato nell'introduzione.

Comunque data la grande potenzialità e innovazione che potrebbero portare, vengono visti, da molte persone, un'ottima tecnologia da inserire nelle seguenti categorie:

- Arte, in questo campo gli NFT sono già largamente utilizzati, perché danno la possibilità a chiunque di pubblicare opere d'arte con la possibilità di emergere a livello mondiale.

Molte persone, soprattutto negli ultimi anni, grazie a questa tecnologia, hanno potuto fare della loro passione un vero e proprio lavoro, permettendogli di guadagnare, non solamente dalla vendita vera e propria, ma anche dalle successive vendite dell'NFT, infatti in molti progetti, l'autore dell'opera d'arte guadagna una piccola commissione anche se la vendita dell'NFT non lo vede come attore principale dello scambio.

- Tokenizzazione degli oggetti del mondo reale, con il boom in popolarità della tecnologia NFT, molti produttori ed artisti hanno inserito la possibilità di accedere a un NFT se si acquista un determinato bene.

Questi NFT inoltre, in alcuni casi, danno anche la possibilità di accedere a esperienze esclusive.

Molti artisti, al lancio di un disco, hanno inserito la possibilità di acquistare un NFT, per essere partecipi e sostenitori in prima linea del progetto, ma anche dando la possibilità di accedere a eventi esclusivi oppure di passare del tempo direttamente con loro.

- Gaming, questo mondo sta crescendo a dismisura, e di conseguenza anche l'utilizzo delle nuove tecnologie per innovare e facilitare tutte le operazioni in game. Un esempio di applicazione in cui vengono utilizzati e potrebbero essere utilizzati molto di più in futuro gli NFT, è lo scambio di oggetti all'interno dei videogiochi.

Questo mondo è molto sviluppato, soprattutto in giochi in cui avere un determinato vestito o colore della propria arma è importante per ottenere dei riconoscimenti dagli altri giocatori. Per esempio, solo il gioco Counter-Strike: Global Offensive (CS:GO)<sup>21</sup>, conta un mercato, con un valore complessivo di più di 1 bilione di dollari. Questo, ovviamente, non è regolato da nessuna entità superiore e come in tutti i principali mercati non regolati, sono presenti persone che cercano di truffare gli altri.

Con l'inserimento della tecnologia NFT, queste truffe potrebbero essere facilmente evitate, grazie alla possibilità di verificare se effettivamente, un utente, possiede quello che ha dichiarato di avere, ma soprattutto grazie alla possibilità di sapere esattamente quello che si va ad acquistare.

Un altro beneficio sarebbe la possibilità di estendere lo stesso mercato a tutte le piattaforme, senza avere il bisogno di crearne di specifici per ognuna, arrivando così ad avere mercati cross-platform e totalmente decentralizzati.

- Eventi virtuali e fisici, al momento attuale tutti i principali eventi necessitano di un biglietto per poter accedere allo spettacolo. Questi biglietti sono venduti e gestiti da entità centralizzate, con tutti i problemi che questo comporta. Inoltre un grande problema attuale, nel mondo dell'acquisto dei biglietti, è il bagarinaggio, ovvero il fenomeno in cui vengono acquistati un numero molto sostanzioso di biglietti, per poi rivenderli a un prezzo maggiorato.

Con l'introduzione della tecnologia NFT in questo mondo, si avrebbe una completa decentralizzazione e inoltre un modo per individuare facilmente gli utenti che stanno facendo bagarinaggio e bloccarli, rendendo così tutte le operazioni riguardanti la compra vendita dei biglietti molto più efficiente e sicura.

- Metaverso, il metaverso, come discusso nella precedente sezione, potrebbe rivoluzionare il mondo digitale, e la tecnologia NFT potrebbe aiutare molto in questo sviluppo.

La personalizzazione degli spazi virtuale è un tema principale in quasi tutti i metaversi, e gli NFT danno la possibilità di inserire in essi opere d'arte, musica, e tanto altro, in un modo unico, poiché quel determinato

---

<sup>21</sup>Counter-Strike: Global Offensive è uno sparattutto in prima persona tattico sviluppato da Valve Corporation e da Hidden Path Entertainment.



oggetto, inserito nello spazio virtuale, lo potrà esporre solo la persona che, effettivamente, lo possiede.

Inoltre la tecnologia NFT, all'interno del metaverso, potrebbe aiutare anche nella personalizzazione del proprio avatar, dandogli caratteristiche uniche, a partire dall'abbigliamento, fino ad arrivare ad aspetti fisici.

Un ultimo esempio che riporto, è quello della compravendita di terreni o beni all'interno del metaverso, questo tema è già stato trattato quando ho introdotto Decentraland, infatti i terreni all'interno di quel mondo virtuale, sono associati a dei veri e propri NFT, che associano l'appezzamento di terra virtuale con il proprietario, e su quel terreno esso può svolgere tutte le azioni che mettono a disposizione gli NFT, come la vendita, lo scambio o l'acquisto.

### 3.3 Punti a favore e sfavore

Ora che abbiamo visto che cosa sono gli NFT e i loro principali utilizzi attuali e futuri, possiamo elencare i più rilevanti punti a favore e a sfavore della tecnologia.

I principali pro sono:

- La decentralizzazione, infatti, essendo una tecnologia sviluppata sulla blockchain, non ha bisogno di entità terze costose e che rendono lento il processo di compra vendita di NFT.
- La trasparenza, chiunque può effettuare ricerche su un determinato NFT, riuscendo a ricavare informazioni come a chi appartiene e tutte le operazioni che lo riguardano.
- E' un ottima soluzione per salvaguardare i diritti degli autori di opere digitali, senza l'utilizzo degli NFT, chiunque potrebbe utilizzare delle opere senza dover necessariamente contribuire attraverso il pagamento di royalties o l'acquisto del prodotto, l'inserimento delle opere nella blockchain invece salvaguarda i diritti di quest'ultimo.
- Possono trovare una grandissima applicazione nel metaverso, permettendo a tutti gli utenti di personalizzare i loro avatar e/o i loro spazi virtuali con oggetti unici, che solo uno o pochi utenti possiedono.
- Possono essere applicati in tutti gli utilizzi in cui si verifica una compra vendita di beni digitali, andando a introdurre tutti i benefici di sicurezza e decentralizzazione che hanno.

- Danno una grandissima possibilità a tutti gli artisti digitali, che grazie al mercato degli NFT possono essere scoperti a livello mondiale, e inoltre possono riuscire a trasformare la loro passione in un lavoro molto ben retribuito in pochissimo tempo.

I principali contro sono:

- Problemi ambientali, come riportato nel paper *"Nft As New Financial And Digital Security: A Theoretical Perspective"*[24], come tutte le tecnologie che si basano sulla blockchain, ereditano tutti i punti a favore ma anche quelli a sfavore, infatti la tecnologia NFT per funzionare, necessita di una grandissima quantità di energia. Recenti studi hanno individuato che una singola transazione NFT, necessita di circa 50 kWh di energia, ovvero più o meno, la quantità che una casa americana consuma in un giorno.

- Truffe, come abbiamo visto anche per quanto riguarda le criptomonete, a causa della grandissima popolarità acquisita, molte persone hanno provato ad arricchirsi con questa tecnologia, molte volte creando progetti truffa su cui le persone investivano, per poi scappare con il ricavato.

- Perdita irreversibile dei beni, come tutte le tecnologie che si basano sulla blockchain, ogni utente possiede una chiave pubblica e una privata, la seconda è molto importante e se persa, o rubata, comporta la completa perdita di tutti i beni all'interno del wallet, a cui la chiave privata si riferiva.

Infatti, una volta persa la chiave privata non esiste nessun modo per riottenere la chiave privata.

- Privacy, al momento attuale tutta la privacy che possiede la tecnologia NFT deriva direttamente dalla blockchain.

La privacy, viene mantenuta, attraverso l'utilizzo dell'indirizzo del wallet dell'utente invece che dei suoi dati personali.

Nel caso in cui, un utente, renda di dominio pubblico il proprio possesso di uno specifico NFT, allora è semplice collegare l'indirizzo del wallet con l'identità fisica della persona, andando così a perdere tutta la privacy.

Infine riporto il mercato finanziario che riguarda gli NFT, secondo me questo non può essere inserito né nella categoria dei pro, né in quella dei contro, poiché possiede punti che appartengono a entrambe le categorie.

Uno dei punti a favore del mondo finanziario che riguarda gli NFT è che molte persone si sono arricchite a dismisura comprando e rivendendo token, nel periodo di grande crescita e popolarità del mercato, ma allo stesso tempo lo stesso numero, o un numero ancora più elevato di persone, hanno perso i soldi investiti a causa della grande volatilità del mercato, che non essendo regolato da un'autorità superiore, vede innalzamenti e ricadute dei prezzi in tempi molto brevi.



## 4 Conclusioni

La tecnologia Blockchain, come abbiamo visto durante tutta la tesi, ma in particolare nella sezione dedicata, ha apportato e apporterà dei grandissimi cambiamenti in tutti gli ambiti in cui verrà utilizzata.

Già al momento attuale moltissime tecnologie la stanno utilizzando per le sue caratteristiche e la sua robustezza, un esempio delle applicazioni sono gli NFT, ma cercando negli strumenti in sviluppo, si possono trovare infinite applicazioni, a partire dall'autenticazione senza l'utilizzo di password, con i protocolli zero knowledge, fino ad arrivare alla decentralizzazione dei mondi virtuali e la gestione di tutti i pagamenti e le transazioni che avvengono all'interno di essi.

Per cui, credo fermamente, che siamo solo all'inizio della vita della Blockchain, infatti, con lo studio e la correzione dei problemi attuali possa diventare uno strumento indispensabile per il futuro, non solo di internet, ma di tutta l'informatica in generale.

Per quanto riguarda il metaverso, invece, non sono altrettanto certo del suo sviluppo, a differenza delle più grandi entità di quel settore, come l'azienda Meta.

Credo, però, che il mondo della realtà virtuale e della realtà aumentata possa portare degli enormi miglioramenti nelle applicazioni in cui già utilizziamo una componente virtuale.

Per esempio, credo che le chiamate, soprattutto lavorative, che al momento avvengono attraverso delle piattaforme virtuali come Zoom e Meet, possano essere facilmente sostituite con la loro controparte in VR, aggiungendo tutte le meccaniche che si possono avere durante un meeting nella vita reale, senza introdurre lati negativi.

Inoltre, credo, che parti del metaverso applicate al mondo del lavoro, possano, tranquillamente, diventare un aiuto fondamentale a tutti i lavoratori, come l'esempio riportato in figura 12, dando la possibilità, in questo specifico caso, a tutte le persone, di accedere a una strumentazione ovunque ci si trova.

Ovviamente, esistono molte migliorie, che devono essere studiate prima che la realtà virtuale e quella aumentata diventino utilizzate a livello mondiale, per esempio uno dei principali contro che viene sollevato, per quanto riguarda queste tecnologie, è il fatto che il visore, essendo alimentato attraverso una batteria, ha una durata non infinita, oppure che il visore risulta pesante o scomodo.

Pensando però al futuro, e alle innovazioni in campo informatico, che avanzano a ritmi impensabili, credo che in un prossimo futuro, il visore possa essere

completamente sostituito da occhiali che permettano di accedere a tutti i servizi disponibili in realtà aumentata e virtuale, e ovviamente, credo anche che questi, si moltiplicheranno, aumentando il loro numero e le loro applicazioni.

Per quanto riguarda gli NFT invece, credo che possano avere un grandissimo futuro e utilizzo, nel caso il metaverso prenda effettivamente piede, permettendo a tutti gli utenti di possedere opere digitali uniche.

In caso questo non accadesse, credo che comunque la tecnologia sia molto valida per le applicazioni che ho descritto nella sezione apposita, e che grazie al potere della decentralizzazione e la sicurezza che la Blockchain garantisce, questi possano portare molte migliorie soprattutto nel mondo che riguarda i diritti degli artisti, dando la possibilità di avere una maggiore salvaguardia per quanto riguarda copyright e royalties.

L'utilizzo di tecnologie, in informatica, però, non si basa solamente sui problemi che queste vanno a risolvere e sui loro punti a favore, bensì si tende molto a cercare di mantenere il più possibile tecnologie che negli anni si sono rivelate affidabili, anche se al momento attuale risultano peggiori rispetto alla loro nuova controparte.

Per esempio, possiamo vedere, come la tecnologia IP, nella sua versione attuale, IPv4, abbia, attualmente molti problemi, soprattutto a causa del fatto che i dispositivi connessi alla rete sono un numero elevatissimo, molto più di quello che si era previsto al momento della creazione del protocollo.

La tecnologia che dovrebbe sostituire IPv4 sarebbe IPv6, che è migliore, rispetto alla vecchia versione, in tutti gli aspetti, e estenderebbe di gran lunga il numero totale di dispositivi che si possono connettere alla rete.

Nonostante la tecnologia IPv6 sia stata sviluppata al termine degli anni '90, ancora rimane una piccola parte del protocollo IP, che continua a prediligere la versione 4.

Come questo esempio, se ne trovano molti altri, in buona parte dell'informatica, per cui nessuno può effettivamente predire, in modo certo, se una tecnologia possa introdursi nel mondo informatico e trovare una applicazione a livello mondiale, nonostante abbia un potenziale enorme.

Comunque, in caso il Web 3.0, dovesse prendere piede, le tre tecnologie esposte in questa tesi, troveranno, sicuramente, grande applicazione, poiché tutte, come già discusso, seguono le principali linee guida della nuova versione di internet.



## References

- [1] Indian state plans to store citizen data on a blockchain. <https://www.ccn.com/indian-state-plans-blockchain-storage-citizen-data/>, 2022.
- [2] Metaverse use cases and benefits. <https://appinventiv.com/blog/metaverse-use-cases-and-benefits/>, 2022.
- [3] Proof-of-stake (pos). <https://ethereum.org/en/developers/docs/consensus-mechanisms/pos/>, 2022.
- [4] Academy bit2me. Cos'è decentraland? <https://academy.bit2me.com/it/que-es-decentraland-mana/>, 2022.
- [5] Faten Adel Alabdulwahhab. Web 3.0: the decentralized web blockchain networks and protocol innovation. In *2018 1st International Conference on Computer Applications & Information Security (ICCAIS)*, pages 1–4. IEEE, 2018.
- [6] cyberscrilla. Metaverse pros and cons: The top benefits and drawbacks. <https://cyberscrilla.com/metaverse-pros-and-cons-the-top-benefits-and-drawbacks/>, 2022.
- [7] Decentraland. Decentraland dao. <https://dao.decentraland.org/en/>, 2022.
- [8] Decentraland. Decentraland's events. <https://events.decentraland.org/>, 2022.
- [9] Massimo Di Pierro. What is the blockchain? *Computing in Science & Engineering*, 19(5):92–95, 2017.
- [10] EconomyUp. Roblox: cos'è e come funziona la piattaforma che dà accesso al metaverso. <https://www.economyup.it/innovazione/roblox-cose-e-come-funziona-la-piattaforma-che-da-accesso-al-metaverso/>, 2022.
- [11] Thippa Reddy Gadekallu, Thien Huynh-The, Weizheng Wang, Gokul Yenduri, Pasika Ranaweera, Quoc-Viet Pham, Daniel Benevides da Costa, and Madhusanka Liyanage. Blockchain for the metaverse: A review. *arXiv preprint arXiv:2203.09738*, 2022.



- [12] Arthur Gervais, Ghassan O Karame, Karl Wüst, Vasileios Glykantzis, Hubert Ritzdorf, and Srdjan Capkun. On the security and performance of proof of work blockchains. In *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC conference on computer and communications security*, pages 3–16, 2016.
- [13] Uzma Jafar, Mohd Juzaidin Ab Aziz, and Zarina Shukur. Blockchain for electronic voting system—review and open research challenges. *Sensors*, 21(17):5874, 2021.
- [14] Meta. Education in the metaverse. <https://www.youtube.com/watch?v=KL0cj5qv0io>, 2022.
- [15] Meta. Meta connect keynote 2022. <https://www.youtube.com/watch?v=hvfV-iGwYX8>, 2022.
- [16] Meta. The metaverse and how we’ll build it together – connect 2021. <https://www.youtube.com/watch?v=Uvufun6xer8>, 2022.
- [17] Meta. Social in the metaverse. <https://www.youtube.com/watch?v=afdnbXXbBTg>, 2022.
- [18] Meta. Work in the metaverse. <https://www.youtube.com/watch?v=uVEALvpoiMQ>, 2022.
- [19] Meta Quest. Announcing meta horizon home — meta quest platform. <https://www.youtube.com/watch?v=vstZcYVzLgc>, 2022.
- [20] Bhabendu Kumar Mohanta, Soumyashree S Panda, and Debasish Jena. An overview of smart contract and use cases in blockchain technology. In *2018 9th international conference on computing, communication and networking technologies (ICCCNT)*, pages 1–4. IEEE, 2018.
- [21] Stylianos Mystakidis. Metaverse. *Encyclopedia*, 2(1):486–497, 2022.
- [22] Satoshi Nakamoto. Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system. *Decentralized Business Review*, page 21260, 2008.
- [23] M Niranjanamurthy, BN Nithya, and SJCC Jagannatha. Analysis of blockchain technology: pros, cons and swot. *Cluster Computing*, 22(6):14743–14757, 2019.
- [24] Mohit Kumar Ojha, CA Priti Sharma, Mohd Saad Siddiqui, and DR Rajesh Kumar. Nft as new financial and digital security: A theoretical perspective. *Ilkogretim Online*, 20(2):2649–2658, 2021.

- [25] Adegboyega Ojo and Samuel Adebayo. Blockchain as a next generation government information infrastructure: A review of initiatives in d5 countries. *Government 3.0–Next Generation Government Technology Infrastructure and Services*, pages 283–298, 2017.
- [26] Deepak Puthal, Nisha Malik, Saraju P Mohanty, Elias Kougianos, and Gautam Das. Everything you wanted to know about the blockchain: Its promise, components, processes, and problems. *IEEE Consumer Electronics Magazine*, 7(4):6–14, 2018.
- [27] Nick Szabo. Smart contracts : Building blocks for digital markets. 2018.
- [28] The Sun. Land of opportunity decentraland guide: How to make money in the play-to-earn crypto game. <https://www.thesun.co.uk/tech/17370169/decentraland-how-to-make-money-crypto/>, 2022.
- [29] Qin Wang, Rujia Li, Qi Wang, and Shiping Chen. Non-fungible token (nft): Overview, evaluation, opportunities and challenges. *arXiv preprint arXiv:2105.07447*, 2021.
- [30] Wikipedia contributors. Bolla speculativa — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://it.wikipedia.org/wiki/Bolla\\_speculativa](https://it.wikipedia.org/wiki/Bolla_speculativa), 2022. [Online; accessed 25-October-2022].
- [31] Wikipedia contributors. Decentraland — Wikipedia, the free encyclopedia. <https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Decentraland&oldid=1115470293>, 2022. [Online; accessed 12-October-2022].
- [32] Wikipedia contributors. Jackson pollock — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jackson\\_Pollock&oldid=1116195490](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Jackson_Pollock&oldid=1116195490), 2022. [Online; accessed 28-October-2022].
- [33] Wikipedia contributors. Nick szabo — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nick\\_Szabo&oldid=1118300210](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Nick_Szabo&oldid=1118300210), 2022. [Online; accessed 28-October-2022].
- [34] Wikipedia contributors. Second life — Wikipedia, the free encyclopedia. [https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Second\\_Life&oldid=1115390755](https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Second_Life&oldid=1115390755), 2022. [Online; accessed 12-October-2022].
- [35] Qinglin Yang, Yetong Zhao, Huawei Huang, Zehui Xiong, Jiawen Kang, and Zibin Zheng. Fusing blockchain and ai with metaverse: A survey. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 3:122–136, 2022.



## 5 Ringraziamenti

La conclusione di questa tesi, segna la chiusura di un capitolo molto importante della mia vita, nel quale, ho imparato l'importanza e la bellezza dello studio, in cui sono maturato e migliorato.

Lungo questo percorso, sono felice e sollevato di aver avuto la mia famiglia e i miei amici accanto, che mi hanno aiutato in tutte le difficoltà, che durante questa scalata, ho incontrato, senza la loro presenza e delle loro parole di conforto non credo che sarei riuscito nell'impresa.

In particolare voglio ringraziare i miei genitori che mi hanno dato la possibilità di studiare e che mi hanno aiutato a trovare la mia strada, ma che soprattutto mi hanno fatto aprire gli occhi in molte occasioni, cosa non scontata data la mia testardaggine.

Vorrei, inoltre ringraziare il mio relatore, il professore Luciano Margara, che con le sue lezioni di crittografia, mi ha fatto appassionare a una parte dell'informatica che non avrei mai pensato mi potesse interessare in questo modo.