



Miikka Kovalainen

Web 3.0 - teollisen internetin uusi liiketoimintamahdollisuus

Metropolia Ammattikorkeakoulu

Insinööri (AMK)

Konetekniikka

Insinöörityö

12.5.2024

Tiivistelmä

Tekijä:	Miikka Kovalainen
Otsikko:	Web 3.0 - teollisen internetin uusi liiketoimintamahdollisuus
Sivumäärä:	33
Aika:	12.5.2024
Tutkinto:	Insinööri (AMK)
Tutkinto-ohjelma:	Konetekniikka
Ammatillinen pääaine:	Valmistus- ja tuotantotekniikka
Ohjaaja:	Timo Junell

Tässä opinnäytetyössä tarkastellaan teollisen internetin ja web 3.0 -teknologioiden vaikutuksia nykyaikaiseen teolliseen liiketoimintaan. Työn tavoitteena oli selvittää, millaisia ovat web 3.0 mukanaan tuomat uudet liiketoimintamahdollisuudet ja mitä hyötyjä ne tarjoavat teollisen internetin ratkaisujen rinnalle.

Työ pohjautuu monipuoliseen kirjallisuuskatsaukseen, ja siinä käsitellään aluksi liiketoimintamalleihin liittyviä määritelmiä ja osa-alueita sekä kuvataan alusta- ja datapohjaisten liiketoimintamallien erityispiirteitä. Seuraavaksi kuvataan teollisen internetin evoluutiota sekä tarkastellaan teollisen internet 4.0:n keskeisiä teknologioita ja niiden vaikutuksia nykyisiin teollisiin prosesseihin. Tämän jälkeen esitetään katsaus web 3.0 -teknologioiden evoluutiosta sekä niiden keskeisistä käsitteistä ja sovelluskohteista. Lopuksi arvioidaan, millaisia uusia liiketoimintamahdollisuuksia web 3.0 -teknologiat tuovat teolliseen liiketoimintaan.

Työn tulokset viittaavat siihen, että web 3.0:aan pohjautuvat teknologiat tarjoavat uusia keinoja parantaa toimitusketjujen läpinäkyvyyttä ja tehostaa niiden hallintaa, suojata tekijänoikeuksia, parantaa tuotteiden ja palveluiden laatua sekä kehittää hajautettuja markkinapaikkoja. Lohkoketjuteknologiat mahdollistavat tehokkaammat liiketoimintaprosessit poistamalla tarpeettomia kolmansia osapuolia. Lohkoketjun tuoma läpinäkyvyys ja tuotetietojen varmennus ovat avainasemassa luotettavamman liiketoiminnan kehittämisessä teollisissa arvoketjuissa. Työssä kuvatut web 3.0 -teknologiat ja niiden teollisen internetin sovellusalueet ovat jo nyt suoraan hyödynnettävissä yrityksissä ja oppilaitoksissa, jotka harkitsevat uusien teknologioiden käyttöönottoa tai pyrkivät ymmärtämään digitaalisen transformaatioprosessin merkitystä teollisuudessa.

Avainsanat: Teollinen internet, web 3.0, lohkaketjuteknologia, hajautetut sovellukset

Abstract

Author: Miikka Kovalainen
Title: Web 3.0 - New Business Opportunity for the Industrial Internet
Number of Pages: 33
Date: 12 May 2021

Degree: Bachelor of Engineering
Degree Programme: Mechanical Engineering
Professional Major: Manufacturing and Production Engineering
Supervisor: Timo Junell

This thesis examines the impact of industrial internet and Web 3.0 technologies on modern industrial business. The objective of the study was to explore the new business opportunities introduced by Web 3.0 and the benefits it offers alongside industrial internet solutions.

The study is based on a comprehensive literature review, initially addressing definitions and aspects related to business models, and describing the characteristics of platform-based and data-driven business models. Subsequently, the evolution of the industrial internet is depicted, followed by an examination of the key technologies of Industrial Internet 4.0 and their impact on current industrial processes. The thesis then provides an overview of the evolution of Web 3.0 technologies, including their key concepts and applications. Finally, it evaluates the new business opportunities that Web 3.0 technologies bring to industrial business.

The findings suggest that technologies based on Web 3.0 offer new means to enhance supply chain transparency and management efficiency, protect intellectual property rights, improve the quality of products and services, and develop decentralized marketplaces. Blockchain technologies enable more efficient business processes by eliminating unnecessary third parties. The transparency and verification of product information provided by the blockchain are crucial for developing more reliable business operations within industrial value chains. The Web 3.0 technologies and their applications in the industrial internet described in this study are already directly applicable for companies and educational institutions considering the adoption of new technologies or aiming to understand the significance of the digital transformation process in the industry.

Keywords: Industrial Internet, web 3.0, blockchain technology, decentralized applications

Sisällys

Lyhenteet ja käsitteet

1	Johdanto	1
1.1	Työn tausta	1
1.2	Työn tavoite, rajaus ja rakenne	2
2	Liiketoimintamallien osa-alueet	3
2.1	Liiketoimintamallin määritelmiä	3
2.2	Digitaaliset alustat	5
2.3	Datapohjaiset liiketoimintamallit	7
3	Industry 4.0 – teollinen internet	8
3.1	Teollinen vallankumous	8
3.2	Teollisuus 4.0 - teollinen internet	9
3.3	Esimerkki teollisuus 4.0:n sovellusalueesta - digitaaliset kaksoset	10
4	Web 3.0 ja lohkoketjut	12
4.1	Web-tekniologioiden evoluutio	12
4.2	Keskitetyn ja hajautetun malli vertailu	15
4.3	Defi	19
4.4	dApps	20
4.5	Älysopimukset ja oraakkelit	20
4.6	Tokenit ja tokenisaatio	22
4.7	NFT	24
4.8	Metaversum	25
5	Teollisen internetin ja web 3.0:n liiketoimintamahdollisuuksien arviointi	27
5.1	3D-tulostus	27
5.2	Lohkoketjun hyödyntäminen 3D-tulostuksessa	28
5.3	NFT:n luominen CAD-mallista	29
5.4	Toimitusketju ja IoT	31
6	Yhteenveto ja johtopäätökset	33

Lähteet

Lyhenteet ja käsitteet

API: *Application Programming Interface*. Sovellusohjelmointirajapinta. Rajapinta, joka mahdollistaa ohjelmistojen välisten vuorovaikutusten.

Lohkoketjuteknologia:

Blockchain Technology. Teknologia, joka mahdollistaa datan hajautetun tallentamisen useille tietokoneille siten, että kukaan ei voi muuttaa tietoja yksipuolisesti.

DAO: *Decentralized Autonomous Organization*. Hajautettu itseohjautuva organisaatio. Organisaatio, joka toimii älysopimusten avulla ilman keskitettyä johtoa.

DApp: *Decentralized Application*. Hajautettu sovellus. Sovellus, joka toimii hajautetulla verkolla, yleensä lohkoketjuteknologian avulla ilman keskitettyä palvelinta.

DeFi: *Decentralized Finance*. Hajautettu rahoitus. Finanssipalveluiden ekosysteemi, joka toimii ilman perinteisiä finanssilaitoksia, käyttäen lohkoketjuteknologiaa.

DLT: *Distributed Ledger Technology*. Hajautettu kirjanpito-tekniikka. Tekniikka, joka mahdollistaa tietojen hajautetun tallentamisen ja varmuuden lohkoketjuverkoissa.

IoT: *Internet of Things*. Esineiden internet. Palveluiden ja ohjelmistojen yhteen liittäminen eri verkkojen avulla, kuten Internet, Wi-Fi, Bluetooth ja NFC.

IPFS: *InterPlanetary File System*. Hajautettu tiedostojärjestelmä. Hajautettu tiedostojen tallennusjärjestelmä, jota käytetään suurten tietomäärien tallentamiseen ja jakamiseen verkossa.

Merkle-puu:

Merkle Tree. Tietorakenne. Käytetään datan eheyden ja validiteetin varmentamiseen lohkoketjuissa.

Oraakkeli: *Blockchain oracle*. Yhdistää älykkäät sopimukset ulkomaailman tietoon.

P2P: *Peer-to-Peer*. Vertaisverkko. Tietoverkko, jossa jokainen osallistuja (peer) toimii sekä asiakkaana että palvelimena muiden verkoston osallistujien kanssa, mahdollistaen tiedostojen ja resurssien suoran vaihdon ilman keskitettyä hallintaa.

PoS: *Proof-of-Stake*. Panoksen todistaminen. Luotiin vaihtoehtoiseksi tavaksi PoW:lle. Siinä vahvistetaan transaktiot vahvistajien kolikoiden lukumäärän perusteella.

PoW: *Proof-of-Work*. Työn todistaminen. Paljon laskentatehoa vaativa toteutus, joka todistaa vertaisverkossa tapahtuneen siirron algoritmeilla vaatien paljon laskentatehoa. Sitä käyttää esimerkiksi Bitcoin SHA-256 -algoritmi.

Älysopimus: *Smart Contract*. Ohjelmoitavat sopimukset lohkoketjussa, jotka toteutuvat automaattisesti, kun niiden ehdot täyttyvät.

Rahake: *Token*. Digitaalinen yksikkö, joka edustaa jonkin omaisuuden oikeuden tai arvoesineen arvoa lohkoketjuverkossa.

Tokenisaatio: *Tokenization*. Prosessi, jossa fyysisen tai digitaalisen omaisuuden arvo muunnetaan digitaalseksi tokeniksi lohkoketjuverkossa.

1 Johdanto

1.1 Työn tausta

Teollisten yritysten tärkeimpiä tehtäviä on huolehtia pitkäjänteisesti kilpailukyvyn säilyttämisestä. Tässä tehtävässä uudet teknologiat ja etenkin niiden menestyksellä hyödyntäminen ovat keskeisessä roolissa. Yritykset pyrkivät löytämään kilpailuetua myös innovoimalla ja kehittämällä niiden toimintaan parhaiten sopivia liiketoimintamalleja. Yrityksille liiketoimintamallit voivat siten edustaa merkittäviä kilpailuedun lähteitä. [Chesbrough & Rosenbloom 2002: 533–534.]

Teollisessa liiketoiminnassa on parhaillaan menossa neljänneksi 'teolliseksi vallankumoukseksi' kutsuttu transformaatioprosessi. Tästä kehitysvaiheesta käytetään myös nimitystä industry 4.0 ja teollinen internet. Siinä ihmiset, esineet ja palvelut yhdistyvät internetin välityksellä keskenään vuorovaikutuksessa oleviksi kyberfyysisiksi järjestelmiksi. Teollisen internetin mahdollistamia kyberfyysisten järjestelmien sovellusalueita ovat esimerkiksi esineiden internet (IoT), tekoäly, 3D-tulostus, älykkäät yhdistetyt järjestelmät ja automatisoitu tuotannon toimitusketjun hallinta. Yritysten arvoketjut ovat teknologian nopean kehityksen johdosta nykyisin pääosin digitaalisia ja datankeruusta sekä jalostamisesta on tullut uutta nopeasti kasvavaa liiketoimintaa. [Lampropoulos 2019.]

Teollinen internet ja digitaalinen valmistus avaavat esimerkiksi 3D-tulostuksen myötä uusia liiketoimintamahdollisuuksia, jotka poikkeavat perinteisistä 3D-malleihin ja CAD-ohjelmistoihin pohjautuvista liiketoimintamalleista. Tämä tuo kuitenkin mukanaan myös runsaasti uusia haasteita. Esimerkiksi 3D-malleista voidaan tulostaa laittomia kopioita. Alkuperäisten tekijänoikeuksien suojeleminen vaatii uudentyyppisten teknologisten ratkaisujen hyödyntämistä. Haasteita liittyy myös toimitusketjujen hallintaan. Arviolta 10–30 % kaikista länsimaissa myydyistä lääkkeistä (arvoltaan n. 200 miljardia dollaria) on väärennöksiä. [20 Shocking Counterfeit Drugs Statistics 2014.] Kuluttajat ja

viranomaiset vaativat yhä läpinäkyvämpiä toimitusketjuja sekä alkuperäisten tuotteiden jäljitettävyyttä.

Samaan aikaan teollisen internetin kehityspolun kanssa on itse internet siirtymässä uuteen kehitysvaiheeseen. Menossa on siirtymä dataan, sosiaaliseen mediaan ja alustatalouteen pohjautuvasta web 2.0 -kehitysvaiheesta kohti hajautettuja protokollapohjaisia web 3.0 -ratkaisuja ja liiketoimintamalleja. Siinä data on yritysten ja organisaatioiden hallinnoimien tietokantojen sijaan lohkoketjussa. Lohkoketjujen päälle voidaan rakentaa niin sanottuja älykkäitä sopimuksia, joita lohkoketju toteuttaa automaattisesti ennalta määrättyjen ehtojen täytyessä. Lohkoketjuihin ja hajautettuun arkkitehtuuriin pohjautuva internetin seuraava kehitysaskel web 3.0 tuo mukanaan joukon uusia näkymiä ja liiketoimintamahdollisuuksia myös nykyisiin, pääosin keskitettyihin arkkitehtuureihin pohjautuviin, teollisen internetin ratkaisuihin. [Naik & Shivalingaiah 2008.]

1.2 Työn tavoite, rajaus ja rakenne

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on selvittää, millaisia web 3.0:n mukanaan tuomat uudet liiketoimintamahdollisuudet ovat ja mitä hyötyjä ne tarjoavat teollisen internetin ratkaisujen rinnalle. Työssä selvitetään erityisesti web 3.0:n liiketoimintamahdollisuuksia 3D-tulostuksessa ja esineiden internetissä.

Tämä opinnäyte koostuu johdannon lisäksi viidestä luvusta. Luku 2 käsittelee liiketoimintamalleja ja niiden osa-alueita. Luvussa 3 käydään läpi teollisten vallankumousten evoluutiota sekä teollisuus 4.0:n keskeisiä teknologioita. Luvussa 4 esitetään web 3.0 ja lohkoketjuteknologioihin liittyviä keskeisiä käsitteitä ja teknologioita. Luvussa 5 arvioidaan web 3.0:n mahdollistamia uusia liiketoimintamalleja ja sovellusalueita. Lopuksi luvussa 6 esitetään opinnäytteen pohjalta tehtävät keskeiset johtopäätökset sekä pohditaan niiden merkitystä teollisen internetin kehittymiseen jatkossa.








2 Liiketoimintamallien osa-alueet

Teknologisen suorituskyvyn ja osaamisen lisäksi menestyvät teknologiayritykset ovat yleensä myös löytäneet toimintaansa ja liiketoimintaympäristöön parhaiten sopivan liiketoimintamallin. Esimerkiksi Applen, Googlen, Amazonin, Facebookin, Netflixin ja Airbnb:n menestyminen ei ole rakentunut pelkästään kilpailukykyisen teknologian varaan, vaan alustatalouteen pohjautuvilla liiketoimintamalleilla on ollut tässä myös keskeinen rooli. Tässä luvussa esitellään liiketoimintamallin määritelmiä sekä osa-alueita.

2.1 Liiketoimintamallin määritelmiä

Liiketoimintamallille ei ole käytössä yhtä yleistä käytäntöön vakiintunutta määritelmää. Sitä voidaan kuitenkin yrittää tarkastella liiketoimintamallia kuvaavien erilaisten osa-alueiden kautta. Amit & Zott [2001: 493–520] määrittelee liiketoimintamallin yrityksen tapana luoda, tuottaa ja toimittaa arvoa itselle ja asiakkaille. Chesbrough & Rosenblomin [2002] mukaan liiketoimintamalli yhdistää teknisen potentiaalin taloudellisen arvon toteutumiseen. Teece [2011: 172–194] kuvaa liiketoimintamallia tapana, jolla yritys tuottaa arvoa asiakkailleen, houkuttelee asiakkaita maksamaan arvosta ja muuntaa nämä maksut voitoksi.

Ehkä tunnetuimman ja eniten käytetyn liiketoimintamallin määritelmän ovat esittäneet Osterwalder & Pigneur [2004]. Heidän mukaansa liiketoimintamalli voidaan ymmärtää 9 komponentin muodostamana kokonaisuutena. Kuvassa 1 on esitetty ne komponentit, joista Osterwalderin [2004] mukaan liiketoimintamalli muodostuu.

<p><i>Key Partners</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • Who are our key partners? • Who are our key suppliers? • Which key resources are we acquiring from partners? • Which key activities do partners perform? 	<p><i>Key Activities</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • What key activities do our value proposition require? • Our distribution channels? • Customer relationships? • Revenue streams? 	<p><i>Value Propositions</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • What value do we deliver to the customers? • Which one of our customer's problems are we helping to solve? • What bundles of products and services are we offering to each customer segment? • Which customer needs are we satisfying? 	<p><i>Customer Relationships</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • What type of relationship does each of our customer segment expect us to establish and maintain with them? • Which ones have we established? 	<p><i>Customer Segments</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • For whom are we creating values? • Who are our most important customers?
<p><i>Cost Structure</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • What are the most important costs inherent in our business model? • Which key resources are most expensive? • Which key activities are most expensive? 		<p><i>Revenue Streams</i> </p> <ul style="list-style-type: none"> • For what value are our customers really willing to pay? • For what do they currently pay? • How are they currently pay? • How would they prefer to pay? • How much does each revenue stream contribute to overall revenues? 		

Kuva 1. Liiketoimintamallin osa-alueet [Osterwalder 2004].

Osterwalderin mukaan liiketoimintamallin keskeisiä osa-alueita ovat seuraavat:

- ilmaisee arvolupauksen
- tunnistaa markkinasegmentin
- määrittää arvoketjun rakenteen ja paikan
- määrittää tulonmuodostusmekanismin
- arvioi kustannusrakenteen ja tuottopotentiaalin

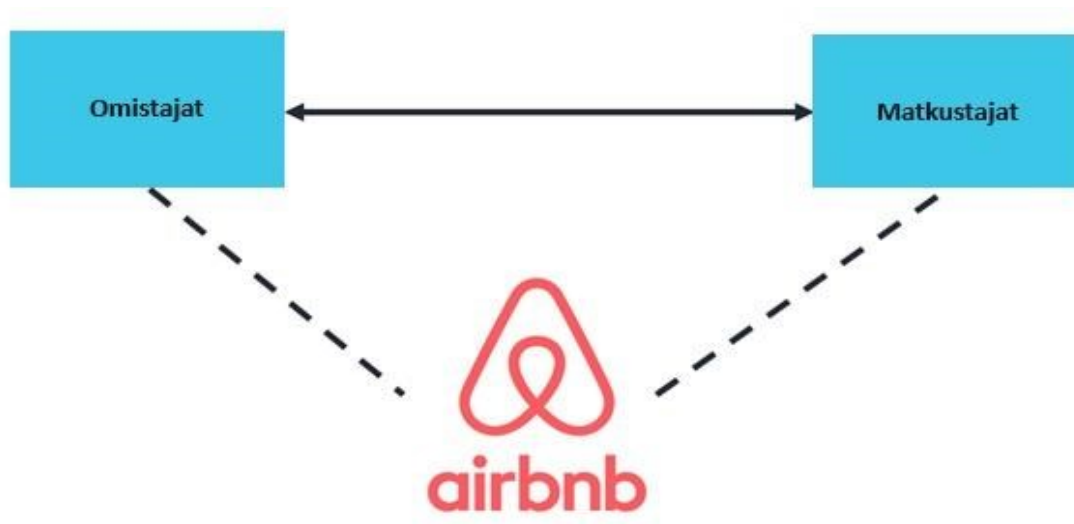
Tätä liiketoimintamallin viitekehystä kutsutaan business model canvasiksi.

Viitekehyksessä liiketoiminta on jaettu eri osa-alueisiin, jotka mallia käyttävän yrityksen tulisi ottaa huomioon liiketoimintaa suunniteltaessa. Eri osa-alueet sekä niiden sisällöt ja niiden väliset yhteydet muodostavat yrityksen liiketoimintamallin.

2.2 Digitaaliset alustat

Digitaalinen alustaliiketoiminta on ehkä parhaiten tunnettu liiketoimintamallinnovaatio. Hyvänä esimerkkinä alustaliiketoimintaan pohjautuvista liiketoimintamalleista ovat esimerkiksi Airbnb, Uber sekä Suomesta lähtöisin oleva Wolt. Näiden yritysten alustat ovat kasvaneet käyttäjämääriltään ja markkina-asemaltaan nopeasti markkinajohtajan asemaan. Samalla kyseiset yritykset ovat muuttaneet perinteisten toimialojen kuten majoitus ja logistiikka rakenteita ja toimintamalleja. Näitä niin kutsuttuja monisuuntaisia alustoja on alettu tarkastelemaan uutena ja erillisenä tapana organisoida ja toteuttaa liiketoimintaa. [Gawer 2014: 1239–1249.]

Kuva 2 näyttää, miten Airbnb yhdistää alustan kautta matkustajat tai asunnon tarvitsijat sekä asunnon omistajat. Alustaan voi liittyä lähes rajaton määrä asunnon omistajia ja matkustajia. Mitä enemmän alustalla on matkailijoita kiinnostavaa asuntotarjontaa, sitä enemmän se houkuttelee alustalle matkustajia. Tämä toimii myös toisinpäin eli mitä enemmän alustalla on asuntoa etsiviä matkustajia, niin sitä enemmän alustalle tulee tarjolle asuntoja. Matkustajat antavat myös asunnoista ja omasta asumiskokemuksestaan suoraa palautetta alustalle, jota muut matkustajat voivat sitten hyödyntää asunnon valinnassa. Ilman alustaa heidän kohtaamisensa olisi hyvin epätodennäköistä. Alustan kautta matkailija voi hoitaa kaikki keskeiset varausprosessin vaiheet mieluisan asunnon löytymisestä aina maksun tilittämiseen asunnon omistajalle. Alusta veloittaa asunnon omistajalta 10–20 %:n palkkion koko tämän prosessin hoitamisesta. Alusta vastaa myös mahdollisista väärinkäytöksistä ja poistaa alustalta epärehellisesti toimivat osapuolet.



Kuva 2. Esimerkki monensuuntaisesta alustaliiketoiminnasta.

Eri liiketoimintaprosessien digitalisoiminen ja kiinnittäminen alustaan on tehnyt alustoista tehokkaampia ja sitä kautta kasvattanut kyseisen liiketoiminnan tuottavuutta merkittävästi. Alustat lisäävät ja muokkaavat kysynnän mukaan uusia palveluntarjoajia ja palvelusisältöjä alustoilleen, jotta saisivat luotua uutta kiinnostavaa lisäarvoa kaikille mukanaolijoille. Tästä syntyy toisiaan täydentäviä yritysverkostoja ja -ekosysteemejä. Näin alustoille saadaan lisää asiakkaita kiinnostavaa tuote- ja palvelutarjoamaa, mikä puolestaan tuo alustalle lisää uusia asiakkaita. Tämä parantaa koko alustan kilpailukykyä ja liiketoimintavolyymiä. Esimerkiksi Amazon kasvatti verkkokauppa-alustansa volyymia 30 prosentilla tehtyään uuden alustan kolmansien osapuolten väliselle suorakaupalle. [Digiday 2019.] Tässä uudessa liiketoimintamallissa se kerää tuotot komissioina alustan maksujärjestelmän ja logistiikkapalvelujen käyttämisestä. Amazon tarjoaa tarjoavat myös rahoitusta alustaan liittyville kolmansille osapuolille.

2.3 Datapohjaiset liiketoimintamallit

Yritysten on tärkeä päästä mahdollisimman lähelle kuluttajan rajapintaa, jotta kuluttajien vaihtelevat arvot ja mielipiteet pysyvät yrityksessä ajan tasalla. Yhä useammat yritykset keräävät aktiivisesti asiakkaisiin ja markkinoihin liittyvää dataa. Esimerkiksi autovalmistajien pitää tietää, arvostavatko asiakkaat enemmän sinistä vai punaista autoa. Tällä datalla voidaan sitten ennustaa tuotannon tekijöihin liittyviä tarpeita, jotka voivat olla kriittisiä kyseisten liiketoimintaprosessien optimoimiseksi. Mitä tarkempaa dataa saadaan, sitä tehokkaammin prosessit ja tuotantotekniikat voidaan optimoida.

Liiketoiminnassa hyödynnettävästä datasta on tullut uusi keskeinen kilpailutekijä monille yrityksille. Yritykset keräävät mahdollisimman paljon dataa omasta toiminnastaan ja jakavat sitä myös arvoketjun muiden yritysten kanssa muodostaen liiketoimintaekosysteemejä. Nyt ollaan siirtymässä aikakauteen, jossa yritysten arvoketjut alkavat olemaan kokonaan digitaalisia. Data virtaa arvoketjujen läpi avoimesti. Ennen dataa saatiin vaan reaali maailmasta eli esimerkiksi tuotantolinjaston roboteilta. Arvoketjujen digitalisoituessa, niitä pystytään organisoimaan ja optimoimaan myös yrityksen ulkopuolelta. Nykyään esimerkiksi operaattori voi mennä digitaaliseen versioon tehtaasta ja nähdä samat arvot kuin oikealla tuotantolinjastolla (digital twin). Tulevaisuudessa yritysten, jotka eivät hyödynnä liiketoimintakriittistä laadukasta dataa, on lähes mahdotonta menestyä yritysten välisessä kilpailussa. [White 2023.]

3 Industry 4.0 – teollinen internet

Tässä luvussa esitellään teollisen vallankumouksen eri vaiheita. Sen kautta voidaan tarkastella, millaiset keskeiset ajurit ja innovaatiot ovat vieneet teollisuuden kehittymistä eteenpäin vuosisatojen kuluessa.

3.1 Teollinen vallankumous

Ilmaisulla teollinen vallankumous tarkoitetaan suurta muutosta teollisissa tuotantomenetelmissä. Ensimmäinen teollinen vallankumous käynnistyi 1700- ja 1800-lukujen taitteessa. Tuolloin alkoi tapahtumaan siirtymä kohti mekanisoitua tehdastyötä, jossa esimerkiksi ulkopuolisella voimanlähteellä toimivat kutomakoneet nopeuttivat kankaan valmistusta. Vallankumouksen keskeisinä innovaationa ja ajurina olivat höyrykone, lennätin sekä uudet menetelmät hyödyntää fossiilisia polttoaineita. Höyrykone johti myöhemmin höyryveturin ja -laivan kehittämiseen. Näiden kautta mahdollistuivat uudet logistiset ratkaisut, kuten rautatiet ja kanavareitit, jakamaan tehtaissa syntyvää massatuotantoa tehokkaasti eteenpäin.

Teollisuuden toinen vallankumous alkoi 1800-luvun lopulla ja päättyi ensimmäiseen maailmansotaan. Keskeisiä innovaatioita olivat sähköenergian tuotanto, sähkö- ja polttomoottorit, puhelin, radio, auto ja lentokone. Teräksen valmistusmenetelmän kehittämisellä oli keskeinen rooli monimutkaisia koneita ja laitteita valmistavan konepajateollisuuden syntymiseen. Tuotteiden valmistuksen helpotuttua niiden volyyymi ja tuotevalikoima kasvoivat. Auton ja lentokoneen keksimisen myötä hyödykkeiden kuljetus tehostui ja logistiset ketjut tulivat globaaleiksi.

Kolmas teollinen vallankumous käynnistyi 1980-luvulla. Tärkeimpiä innovaatioita olivat mikroelektroniikka ja tietokoneet, minkä johdosta vallankumouksesta käytetään myös nimitystä digitaalisen elektroniikan vallankumous. Tietokoneet mahdollistivat tuotantoprosessin automatisoinnin esimerkiksi roboteilla. Ydinvoima toi nopeasti kasvavan raskaan teollisuuden

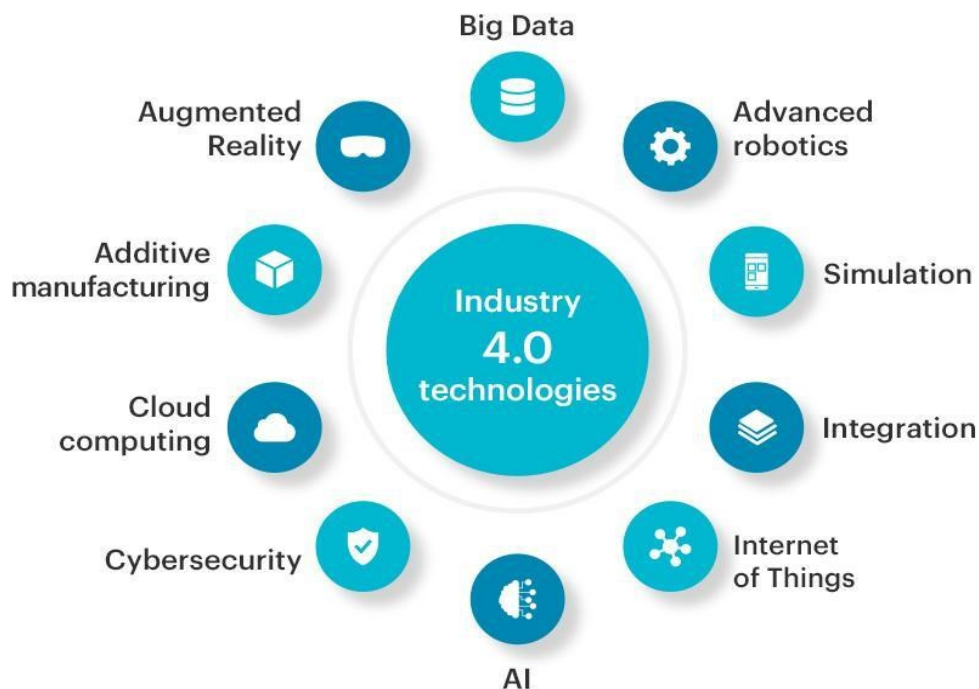
tarpeisiin lisää uutta energian tuotantokapasiteettia. [Naik & Shivalingaiah 2008.]

3.2 Teollisuus 4.0 - teollinen internet

Teollisuus 4.0 on parhaillaan käynnissä olevaa teollista muutosprosessia kuvaava yleiskäsite, jonka käyttö sai alkunsa Saksasta vuonna 2011 [Liao 2017: 1079–1101]. Sille ei kuitenkaan vielä löydy yhtä, yleisesti hyväksyttyä ja laajasti käyttöön otettua määritelmää. Käsitteen kautta voidaan kuitenkin pyrkiä kuvaamaan erityisesti valmistavan teollisuuden tulevia muutoksia, joilla tähdätään älykkäiden tuotteiden ja -tuotantoprosessien luomiseen. Vasta vuosien kuluttua voitaneen todeta, onko kyseessä höyrykoneen ja mikroprosessorin kaltainen teollinen vallankumous vai onko kyse pikemminkin teollisuudessa tapahtuvasta normaalista muutosprosessista.

Teollisuus 4.0:n keskeisenä tavoitteena on päivittää nykyiset tuotantolaitokset, hallinta- ja ylläpitojärjestelmät sekä teknologiat itseohjautuviksi ja älykkäiksi kyberfyysisiksi järjestelmiksi. Keskeisiä muutoksen ajureita ovat arvoketjujen digitalisointi, järjestelmien integrointi, tuote- ja palvelutarjonnan digitalisointi, digitaaliset liiketoimintamallit sekä kuluttajien helppo pääsy markkinoille. [Lampropoulos 2019.]

Yksi tapa määritellä teollisuus 4.0:n sisältöä on kuvata sen keskeisiä teknologioita ja niiden vaikutuksia nykyisiin teollisiin prosesseihin. Kuvassa 3 havainnollistetaan teollisuus 4.0:n kokonaisuutta nimeten sen teknologioita, kuten massadata, kehittynyt robotiikka, simulaatio, integraatio, esineiden internet, tekoäly, tietoturva, pilvilaskenta, lisäävä valmistus ja lisätty todellisuus.



Kuva 3. Teollisuus 4.0:n keskeisiä teknologioita [Industry 4.0 Revolution].

Teollisuus 4.0:aan kuuluvien keskeisten teknologioiden määrittämisessä on lähteestä riippuen vaihtelua. Kuvan 3 teknologioiden lisäksi joissakin lähteissä avainteknologioina on mainittu esimerkiksi uudet paikannusteknologiat, nanoteknologia, mobiililaitteet ja autonomiset ajoneuvot [Tjahjono ym. 2017: 1175–1182]. Tiivistetysti voidaan todeta, että teollisuus 4.0 perustuu vahvasti teknologiaan, digitalisaatioon ja tekoälyyn. Se on teknologialähtöinen teollinen murros, joka käsitteellistää viime vuosikymmenien nopeita muutoksia teknologiassa, teollisuudessa sekä yhteiskunnan malleissa ja prosesseissa.

3.3 Esimerkki teollisuus 4.0:n sovellusalueesta - digitaaliset kaksoset

Digitaaliset kaksoset (digital twins) ovat fyysisten järjestelmien digitaalisia jäljennöksiä eli virtuaalisia malleja. Digitaalinen kaksonen voi olla tuotantolaitoksen yksi kone tai tehtaasta voi olla kokonaisuudessaan digitaalinen versio. Älykkäät anturit voivat valvoa koneen jokaista komponenttia. Reaaliaikaisen tiedon takia sitä voi käyttää simulointiin ja niitä voidaan valvoa

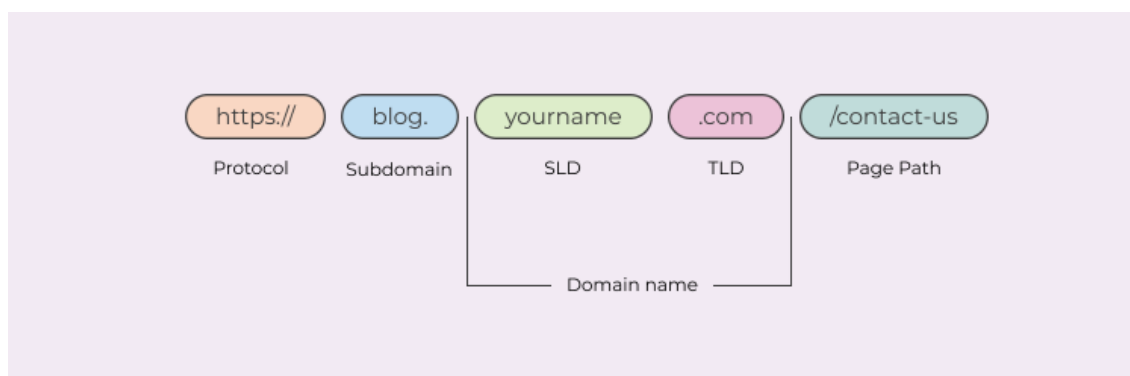
etänä. Toisin kuin pelkässä simulaatiossa, reaaliaikainen digitaalinen kaksonen voi olla vuorovaikutuksessa muiden koneiden, laitteiden ja prosessien kanssa. Digitaalinen kaksonen mahdollistaa myös tekoälyn hyödyntämisen anturitietojen käsittelemisessä. Tekoälyn avulla voidaan löytää uusia tapoja optimoida ja parantaa prosesseja sekä kehittää tuotteiden laatua.

Digitaalista kaksosta voidaan käyttää vastaamaan ”mitä, jos” -kysymyksiin suorittamalla esimerkiksi testejä digitaalisilla jäljennöksillä vaarantamatta fyysisiä järjestelmiä. Tämän takia sillä on turvallisempaa harjoitella esimerkiksi vaarallisten kytkentöjen tekemistä digitaalisiin komponentteihin. Digitaalisia kaksosia käytetään ja niitä kehitetään aktiivisesti teollisuuden johtavissa yrityksissä, kuten Siemens, NASA, SAP ja Oracle [Essex 2022].

4 Web 3.0 ja lohkoketjut

4.1 Web-tekniologioiden evoluutio

World wide web eli lyhyemmin web alkoi web 1.0 -verkosta, jonka loi englantilainen tietojenkäsittelijä Tim Berners-Lee 1989 [Clarke 2018]. Hän työskenteli Sveitsissä sijaitsevassa kiihdytinlaboratoriossa Cernissä. Siellä hän kehitti uuden tavan tallentaa suuria tietomääriä. Cernissä ongelmana oli se, että kriittistä tietoa hävisi esimerkiksi jatkuvasti vaihtuvien työntekijöiden takia. Uudessa tiedon tallennustavassa keskeisessä roolissa oli hypertextijärjestelmä (hypertext markup language, html), jossa tekstiin pystyttiin lisäämään hyperlinkkejä, jotka johtivat muihin teksteihin tai tiedostoihin [Naik & Shivalingaiah 2008]. Hypertekstin toimintaa ja skaalautuvuutta varten kehitettiin protokolla, joka mahdollisti tietyn dokumentin löytämisen. Tätä protokollaa alettiin kutsua URL-syntaksiin pohjautuvaksi hypertekstin siirtoprotokollaksi (http ja https). Sillä pystyttiin määrittelemään haluttu dokumentti webissä. Kuvassa 4 esitetään https -protokollaan pohjautuvan URL-linkin syntaksi.



Kuva 4. URL:n koostuminen.

URL-osoite koostuu protokollasta, tässä tapauksessa `https://`, tiedoston nimestä `/contact-us` ja palvelimesta `yourname.com`. Tässä tapauksessa `https` -protokollalla (Hypertext Transfer Protocol Secure) etsitään verkosta `yourname` palvelinta, josta etsitään `contact-us` sivu. `Https` on turvallisempi versio sen aikaisemmasta versiosta `http` (Hypertext Transfer Protocol). Ensimmäiset

palvelimet olivat käytössä Cernissä ulkopuolella 1991 alkuun mennessä. Tästä uusi web 1.0 -pohjainen toimintamalli alkoi levitä nopeasti sekä kuluttajien että yritysten käyttöön.

Web 1.0 mahdollisti käyttäjille erilaisia sovellutuksia kuten uudenlaiseen sovellusarkkitehtuuriin pohjautuvan sähköpostin sekä reaaliaikaisen uutishaun. Yrityksille se toi uuden alustan myydä virtuaalisia hyödykkeitä esimerkiksi e-kirjoja, musiikkia, tiedostoja ja palveluita. Tämä uusi internet-alusta mahdollisti samalla uusien digitaalisuuteen pohjautuvien liiketoimintamallien kehittämisen. Amazon tarttui ensimmäisten yritysten joukossa kiinni uuteen liiketoimintamalliin luopumalla web 1.0:n myötä fyysisten kirjojen kirjakauppamyynnistä. Tämä paransi kuluttajien käyttökokemusta, kun kirjavalikoima laajeni valtavasti, kirjat olivat helpommin kaikkien saatavilla ja asiakkaat pystyivät kirjoittamaan niistä Amazonin verkkokirjakauppaan muille lukijoille suosituksia ja arvosteluja.

Web 2.0 eli sosiaalinen internet syntyi 2000-luvun puolivälissä. Aiemmin ensisijaisesti yksisuuntaisina viestivälineinä toimineet verkkosivut muutuivat interaktiivisiin verkkosivustoihin. Näiden staattisten yksisuuntaisten viestintävälineiden sijaan käyttäjät pystyivät nyt luomaan, lukemaan, muokkaamaan ja poistamaan tietoja. [Naik & Shivalingaiah 2008: 2–3.] Verkkosivuille pystyi lähettämään sisältöä, kuten videoita ja kuvia, verkkosivun rajoitusten mukaisesti. Näin myös kolmannet osapuolet pääsivät luomaan sisältöä verkkosivuille. Uudet rajapinnat tarjosivat kolmannen osapuolen kehittäjille mahdollisuuden luoda omia sovelluksia, jotka olivat yhteydessä webiin.

Webin käyttäjämäärän kasvaessa myös siinä liikkuvan datan määrä kasvoi valtavasti. Sosiaalisen median alustoilla ja hakukoneilla tuli samalla mahdolliseksi kerätä käyttäjädataa. Tämän datan jalostaminen mahdollisti käyttäjien profiloinnin sekä sen pohjalta kohdennetun mainonnan. Tämä oli keskeinen tekijä uusien datapohjaisten liiketoimintamallien kehittymisessä. Liiketoimintamallin yksi ydinkohta oli tarjota käyttäjille sovellukset ja niiden palvelut ilmaiseksi ja vastineeksi hyödyntää ja myydä vapaasti käyttäjien

luomaa sisältöä ja käyttäjädataa. Ilmaispalvelujen käyttäjistä tuli asiakkaan sijaan sisällöntuottajia. Kalifornian Piilaakson startup-yritykset olivat tuolloin keskeisessä roolissa kehittämässä uusia alustaliiketoimintamalliin pohjautuvia palvelutuotteita kuten Facebook, Youtube ja Instagram. Web 2.0:n yksi isoista ongelmakohdista on kuitenkin ollut yksityisyyteen ja henkilötietoihin kohdistuvat riskit. Tätä on pyritty ratkomaan esimerkiksi GDPR-direktiivillä, joka otettiin käyttöön kaikissa EU-maissa keväällä 2018. [Yleinen tietosuoja-asetus 2016.]

Myös Apple hyödynsi kolmansien osapuolten hyödyntämiseen pohjautuvaa alustaliiketoimintamallia julkaisemalla App Storen heinäkuussa 2008 [Winkelman 2018]. Applen merkittävä uusi innovaatio, iPhoneen kosketusnäytön lisäksi, oli tuoda kolmannen osapuolen kehittäjät tekemään uusia sovelluksia käyttäjille ja periä niiltä 20–30 %:n maksu sovellusten ottamisesta App Store -sovelluskauppaan. Applen App Store -sovelluskauppa tuotti noin 50 miljardia dollaria vuonna 2019 [Leswing 2020]. Nokia sen sijaan ei lähtenyt kehittämään omaa alustapohjaista liiketoimintamallia. Se päätti tehdä Nokian puhelimiin tarjottavat sovellukset pääosin itse sekä tämän lisäksi muutaman valikoidun alitoimittajan kanssa. Näin se ei päässyt hyödyntämään globaalia miljoonien sovelluskehittäjien innovaatio- ja kehityspotentiaalia.

Web 3.0 pyrkii siirtämään käyttäjät pois keskitetyiltä alustoilta, kuten Twitch, Youtube, Google ja Instagram hajautetuille alustoille. Web 3:ssa ei rakenneta sovelluksia, jotka toimivat yhdellä palvelimella tai käyttävät vain yhtä tietokantaa. Lohkoketju on web 3.0:n pääteknologia, jonka avulla sovellukset hajautetaan verkkoon keskitetyn palvelimen sijaan. Lohkoketjua voidaankin kutsua toisella nimellä hajautetuksi kirjanpiloteknologiaksi, koska samaa dataa säilytetään usealla verkkopalvelimella. Avoimissa lohkoketjuissa kuka tahansa voi lukea dataa ja osallistua transaktioiden varmistamiseen. Transaktiot ja niiden tekijät ovat näin avoimesti nähtävillä. Lohkoketju voidaan myös rajoittaa suljetuksi lohkoketjuksi, jolloin lohkoketjussa tapahtuvien transaktioiden tarkasteleminen vaatii luvan. Tällä tavalla toimii web 2.0, jossa tietokannat ovat usein isojen keskitettyjen toimijoiden, kuten Amazon ja Google hallussa niiden

keskuspalvelimilla. Ne omistavat myös käyttäjän tekemät internet-haut sekä niiden käyttötiedot.

Tietojen varastointi keskitetyissä paikoissa vaatii luottamusta tietojen hallinnoijaan. Web 3.0 pyrkii ratkaisemaan nämä ongelmat. Lohkoketjussa tapahtumia on lähes mahdoton väärentää eikä dataa voi muokata jälkikäteen. Jokaisesta lohkoketjussa suoritetusta toiminnosta jää jälki. Lohkoketjun hajautettuja tietokantoja pyörittävät tuhannet palvelimet, ja tämän takia lohkoketjussa ei ole kriittistä pistettä, jonka lamauttamalla verkon toiminta voitaisiin keskeyttää. Hajautetun ja tietoturvallisen lohkoketjupohjaisen tietokannan varmentamisen suorittavat toisille tuntemattomat osapuolet ympäri maailmaa. Lohko voi sisältää dataa mistä tahansa kirjaamista vaativasta asiasta, kuten esimerkiksi kirjanpidosta, rahasiirroista, dokumenttien todentamisesta tai äänestämisestä. [What is Blockchain Technology? 2021.]

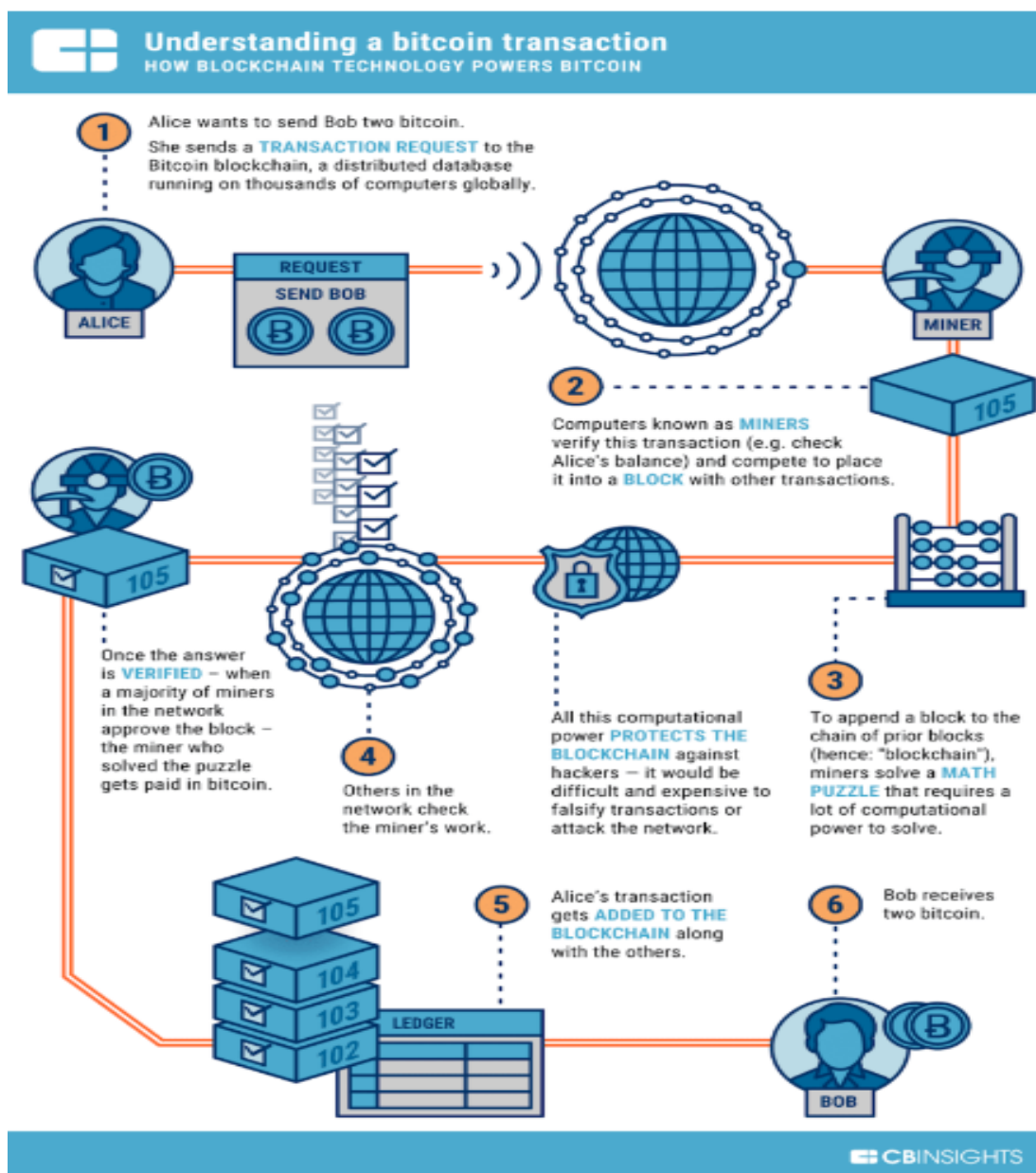
4.2 Keskitetyn ja hajautetun malli vertailu

Transaktiotapahtumat, kuten kansainväliset pankkisiirrot, vaativat todennukseen useita luotettavia tahoja, jotka varmentavat sen tietoturvan sekä ajantasaisuuden. Tämänkaltaiset prosessit johtavat usein aikaa vieviin ja kohonneisiin kustannuksiin. Kun pankin asiakas haluaa lähettää rahaa, hän täyttää tiedot maksuohjeen mukaisesti pankilleen. Pankki tekee tästä maksutoimeksiannon ja välittää nämä siirtotoimeksiannot EFT-maksujärjestelmään. EFT-maksujärjestelmän kautta raha siirtyy vastaanottajan pankille ja sieltä pankki maksaa sen asiakkaalleen siirron mukana tulleilla tiedoilla. Siirtojen kestot vaihtelevat esimerkiksi kotimaan siirroissa samasta arkipäivästä kahteen arkipäivään. Viikonloput ja lomat voivat vaikuttaa EFT-siirtojen kestoon. Tässä järjestelmässä kaikki osapuolet ovat riippuvaisia keskitetyn toimijan luotettavuudesta, esimerkiksi pankista.

Kyseisessä transaktiossa voitaisiin kuitenkin kustannustehokkaasti hyödyntää lohkoketjujen tarjoamaa hajautettuun tietokantaan pohjautuvaa kirjanpito teknologiaa. Siinä kansainväliset rahasiirrot pystytään toteuttamaan

peer-to-peer -siirtoina ilman kolmansiä osapuolia. Hajautettu malli ei nojaa yhteen keskitettyyn toimijaan eli pankkiin. Tämä tuo sille toimintavarmuutta, kun verkon toimivuus ei ole kiinni yhdestä tekijästä. Hajautetussa toimintamallissa yhden tahon kaatuminen ei vaikuta verkon toimintaan.

Lohkoketjun käyttäjillä on julkinen ja yksityinen avain. Julkinen avain toimii kryptovaluuttalompakon osoitteena. Varojen siirto tapahtuu siten, että käyttäjä syöttää lähettäjänä vastaanottajan bitcoinosoitteen (vastaa pankkitilinumeroa) sekä lähetettävien bitcoinien määrän. Tämä tapahtuu lähettäjän digitaalisen lompakon käyttöliittymästä. Esimerkiksi jos ystävä lähettää kaverilleen bitcoineja, luodaan aluksi lähettäjälle lohkoketjuun lohko, joka sisältää tiedot, kuinka monta bitcoinia lähetetään ja mitkä ovat heidän julkiset avaimensa. Vastaanottaja avaa tämän lohkon omalla yksityisellä avaimella. Kryptovaluuttojen louhijat eli transaktioiden varmistajat luovat lohkoketjun lohkoja luovuttamalla heidän prosessori- ja näytönohjaintehoa vertaisverkon käyttöön. Kaikista onnistuneista transaktioista maksetaan louhijalle palkkio. Tätä kutsutaan Proof-of-Work (PoW) -toimintamalliksi. PoW-louhintamekanismin toimintaa on havainnollistettu kuvassa 5. [What is Blockchain Technology? 2021.]



Kuva 5. Proof-of-Workmekanismin toimintaperiaate [What is Blockchain Technology? 2021].

Vastaavasti bitcoinilla tapahtuva ostotapahtuma esimerkiksi K-kaupan kassalla ostoksia maksettaessa tapahtuisi siten, että kauppias luo QR-koodin, joka luettaessa täyttää automaattisesti maksettavan summan ja kauppiaan bitcoinosoitteen. Kun maksu on hyväksytty, siirto lähtee bitcoin lohkoketjuun, joka sijaitsee hajautetusti tuhansilla tietokoneilla ympäri maailmaa. Lohkoketjun louhijoiden tietokoneet vahvistavat sitten kyseisen siirron. Louhinnan vaikeus määritellään yleensä sillä, kuinka paljon uusia lohkoja tehdään tunnissa. Sen

turvallisuus saadaan luomalla jokaisesta lohkosta tiiviste (hash), joka sisältää aikaleiman. Tämä säilytetään seuraavassa lohossa, joten se todistaa, että lohko on ollut olemassa leimaamishetkellä. Tästä saada katkeamaton aikaleimojen ketju, koska lohkon on pakko olla ollut olemassa leimaamishetkellä, jotta se on tullut sisällytetyksi tiivisteeseen. [Rodeck 2023.]

Siirrossa ei tarvita välikäsiä ja siitä jää julkinen jälki tilikirjaan, jonka kaikki voivat lukea. Ongelma bitcoineilla maksaminen on lohkoketjuverkon hidas nopeus ja kalliit kustannukset. Laskennallinen työ kuluttaa paljon sähköä, mistä syntyy tämän takia päästöjä. Pelkästään bitcoinin Proof-of-Work-mallinen järjestelmä kuluttaa 127 terawattituntia vuodessa, joka on enemmän kuin Norjan sähkönkulutus [Huestis 2023]. Bitcoinin keskimääräinen siirtoaika oli 66,23 minuuttia 12.12.2023 ja hinta 8.696 USD [Charts 2024].

Web 3.0 -ympäristössä on kuitenkin tarjolla lukuisia halvempia ja nopeampia lohkoketjuverkkoja transaktioiden hoitamiseen, kuten TRON. TRON-networkin siirto maksaa muutaman sentin ja siirto tapahtuu lähes välittömästi [Bitpowr 2022]. TRON hyödyntää Proof-of-Stake (PoS) -mekanismia, jossa ei tarvita louhijoita ja lohkojen vahvistus tapahtuu eri tavalla. Etherneum -niminen lohkoketjuprotokolla siirtyi syksyllä 2022 raskaasta louhintaan pohjautuvasta infrastruktuurista PoS pohjaiseen infrastruktuuriin. [Kapengut & Mizrach 2023.]

Proof-of-Stake eli todiste osuudesta on lohkoketjuprotokollan ylläpitämiseen ja lohkoketjutapahtumien vahvistamiseen liittyvä konsensusmekanismi, johon voi osallistua lukitsemalla (staking) valittuun lohkoketjuprotokollaan todisteosuutta vastaava määrä kryptovaluuttaa. Staking tarkoittaa kryptovaluutan sijoittamista lohkoketjujen ylläpitoon [Staking 2022]. Mitä suurempi on ylläpitäjän lukitsema todisteosuus, sitä suurempi on todennäköisyys tulla valituksi muodostamaan seuraava lohko. Lohkoketjutapahtumien vahvistajat saavat vahvistamistaan tapahtumista palkkion. Todisteosuudet toimivat samalla panttina sille, että lohkoketjutapahtuman vahvistava ylläpitäjä vahvistaa tapahtumat sovittujen sääntöjen mukaisesti. Käyttäjän laittama kryptovaluuttapohjainen todisteosuus

voidaan siten myös menettää, jos vahvistaja vahvistaa tapahtuman virheellisesti.

4.3 Defi

Pankit ovat tällä hetkellä keskitettyjä rahoituspalveluiden toimijoita, jotka päättävät, ketkä saavat avata pankkitilin ja lainata rahaa. Niillä on valta määrittää, kuka on luottokelpoinen, ja tämän myötä ne voivat myös sulkea ihmisiä pankkijärjestelmän ulkopuolelle. Lohkoketjut ja sen päälle ohjelmoitavat älynsopimukset tarjoavat kokoaan uudenlaisen tavan kehittää ja toteuttaa finanssipalveluita. Hajautetun rahoituspalvelun protokollia kutsutaan nimellä defi-protokollat (decentralized finance). Tunnetuimpia ja käytetyimpiä defi-protokollia ovat erilaiset vaihdantapalvelut (Uniswap), lainauspalvelut (Aave), sekä vakaavaluutat (DAI).

Hajautetut rahoituspalvelut ovat toiminnassa reaaliajassa 24/7. Hajautetuissa rahoituspalveluissa käyttäjä vastaa itse omien varojensa säilyttämisestä omassa lompakossaan, kun taas perinteisissä finanssipalveluissa säilyttämisestä vastaa pankki tai muu luotettu osapuoli.

Hajautetun rahoituspalvelun käyttäjät voivat tallettaa tokenien muodossa olevia omaisuuseriään ja ansaita niille korkoa tai lainata muita tokeneita talletettuja varoja vastaan. Protokolla rakentuu älynsopimuksista, joiden avulla varojen säilytys ja hallinta on automatisoitu ja täten palvelun ei nojaa luotettuun kolmanteen osapuoleen. Palvelu automatisoi lainaamiseen liittyviä toimintoja. Lainanantajien tai ottajien ei tarvitse neuvotella ehdoista toistensa kanssa, vaan kummatkin keskustelevat suoraan protokollan kanssa. Protokolla käsittelee ja ylläpitää kirjaa maksettavista koroista ja vaadittavista vakuuksista automaattisesti. Lainausprosessista voidaan näin poistaa yksi välikäsi eli pankki, kun ihmiset voivat lainata lohkoketjussa rahaa suoraan toisille käyttäjille tai projekteille ansaiten siitä korkotuottoa. Hajautetun rahoituspalvelun keskeisiä ominaispiirteitä ovat läpinäkyvyys, avoin käyttöoikeus, yhteensopivuus muiden

palveluiden kanssa, omaisuuden hallinta älysopimusten avulla sekä käyttäjien yksityisyydensuoja. [Schär 2021:153–174.]

4.4 dApps

Perinteisessä web 2.0 -toimintamallissa keskitetyn toimijan sovellusohjelmisto sijaitsee sen omistamilla palvelimilla ja käyttäjien välinen kommunikointi kulkee näiden keskitettyjen palvelimien kautta. Web 3.0 -järjestelmäarkkitehtuurissa näitä sovellusohjelmistoja kutsutaan nimellä dApps. Ne ovat lohkoketjussa tai vertaisverkossa toimivia avoimeen lähdekoodiin pohjautuvia hajautettuja sovelluksia. Niiden toiminnassa ei tarvita lainkaan keskitettyä toimijaa. Hajautetuissa sovelluksissa käyttäjien välinen kommunikointi tapahtuu salattuna suoraan lohkoketjussa olevan sovelluksen kautta. Tämä parantaa käyttäjien yksityisyyttä ja tietoturvaa. [Brown 2024.]

Uniswap on yksi esimerkki lohkoketjussa olevasta globaalissa käytössä olevasta dAppistä. Sillä on globaalisti noin 800 000 aktiivista käyttäjää [Token Terminal 2024]. Se on Ethereum-lohkoketjuun rakennettu dAppi, jossa käyttäjät voivat käydä kauppaa ilman välittäjää, kuten pankkia. Uniswap tarjoaa käyttäjille turvallisen ja helppokäyttöisen kaupankäyntiympäristön. Käyttäjät käyvät Uniswapissa kauppaa keskenään kryptovaluuttalompakoiden kautta.

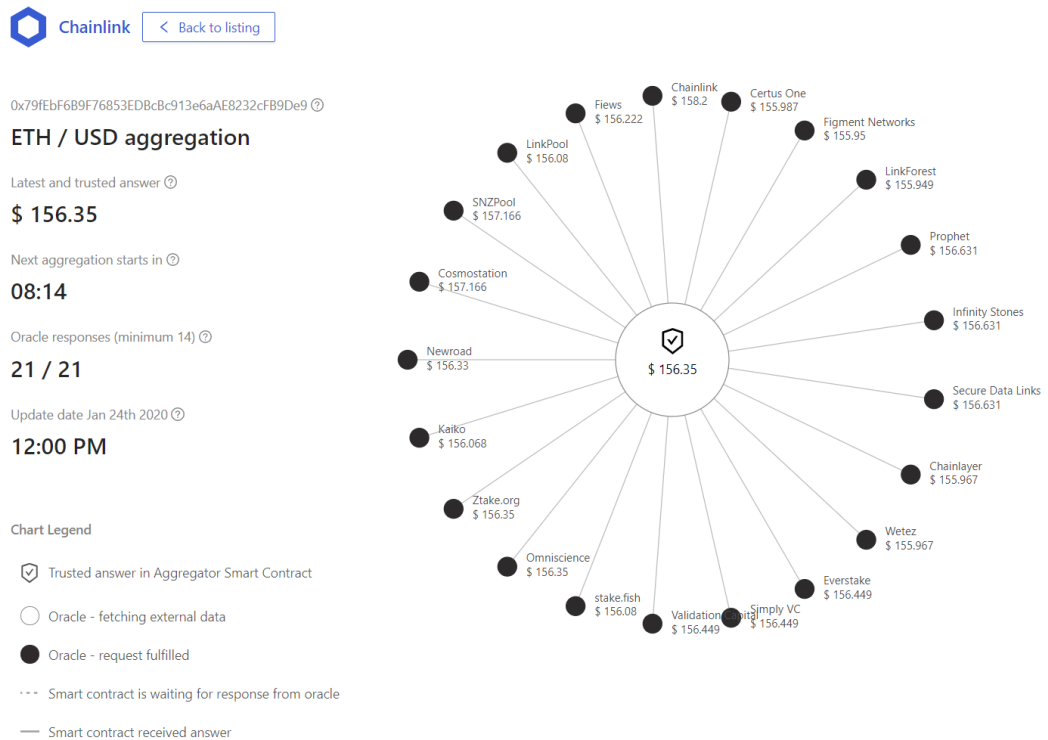
4.5 Älysopimukset ja oraakkelit

Älysopimukset (smart contracts) ovat keskeinen osa web 3.0 -protokollien sekä juridista että toiminnallista ydintä. Niillä tarkoitetaan lohkoketjuun tallennettua ohjelmakoodia, joka suorittaa ennalta määrättyjä komentoja ilman kolmannen osapuolen väliintuloa. Älysopimukset toimivat lohkoketjuissa automaattisesti etukäteen sovituilla parametreilla. Tästä saadaan tehokkuushyötyä, kun prosessit voidaan optimoida ja automatisoida halutuilla sopimusparametreilla vähentäen niiden läpimenoaika. Älysopimukset ovat siten lohkoketjuun ajettuja tietokoneohjelmia, jotka kykenevät esimerkiksi vastaanottamaan, hallinnoimaan ja siirtämään arvoa sisältäviä digitaalisia varoja. Niiden avulla on mahdollista

luoda uudenlaisia sovelluksia ja palveluita, joissa älysopimukset siirtävät ja hallinovat varoja ohjelmakoodissa määriteltyjen sääntöjen puitteissa. Avoimessa lohkoketjussa älysopimusten sisäinen logiikka on täysin julkinen ja sopimusten toiminta ja luottamuksellisuus pohjautuu sen alla olevassa lohkoketjujärjestelmässä olevaan ohjelmakoodiin. Sen sijaan palvelin pohjaisissa sovelluksissa palveluntarjoaja vastaa järjestelmän luotettavuudesta ja toimivuudesta.

Älysopimukset eivät voi normaalisti hakea dataa ulkoisista tietosyötteistä, sillä se saattaisi vaarantaa niiden turvallisuuden. Oraakkeli tuo web 3.0 - ekosysteemeille tavan muodostaa yhteys olemassa oleviin järjestelmiin ja tietolähteisiin toimien älysopimusten rajapintana ulkopuolisiin tietolähteisiin. Oraakkeli vastaa tiedon todentamisesta turvallisesti. [Cornèr 2023a.]

Kuvassa 6 nähdään, miten oraakkelin toimiva chainlink on hakenut 21 tietolähteestä Etherneumin USD-hinnan ja laskenut siitä keskiarvon. Tämä on yksinkertainen esimerkki, miten lohkoketjuun voidaan tuoda ulkopuolista dataa.



Kuva 6. Oraakkelin ulkopuolisista lähteistä haettu data, joka muodostaa Etherneumin arvon [Chainlink blog 2020].

4.6 Tokenit ja tokenisaatio

Tokenit eli rahakkeet ovat lohkoketjuympäristössä toimivia digitaalisia omistustodistuksia. Tokenit ilmaisevat yksinkertaisuudessaan omistussuuden, joka on kirjattu hajautettuun digitaaliseen kirjanpitoon eli lohkoketjuun.

Tokenisointi on prosessi, jossa reaali maailman aineelliset tai aineettomat hyödykkeet tai varat voidaan muuntaa digitaalisiksi tokeneiksi ja tallentaa lohkoketjuun. Tokenisaatiossa omaisuuden kohdistuva omistusoikeus kytketään lohkoketjuun siten, että oikeudenhaltijan oikeus perustuu lohkoketjussa sijaitsevaan tokeniin liittyvän yksityisen avaimen hallintaan. [Teruel & Moreno 2021.]

Tokenisaatiossa nähdään valtavaa liiketoimintapotentiaalia. Esimerkiksi maailman suurin varainhoitaja Blackrock tähtää tokenisoimaan 10 triljoonan edestä omia varallisuudenhoitotuotteitaan [Karayaneva 2024]. Kuvassa 7 nähdään esimerkki millaisia käyttömahdollisuuksia tokeneilla voi olla.

Industry Focus	Financial & Insurance Activities	Prof. Sc. & Technical Activities	Blockchain-Specific Application	Transport & Storage	Arts, Entertainment & Recreation	Wholesale & Retail Trade	Information & Commun.	Public Adm. & Defence
Tokenized Representation	e.g., Art		e.g., Gold	e.g., Votes		e.g., Shares	e.g., Membership	
Underlying Representation	Digital			Physical		Contract		
Function	Access to a Service	On-Chain Reward Potential	Off-Chain Cash Flow & Dividend	Store of Value	Collectibles	Means of Exchange	Voting Right	
Purpose	Payment Tokens			Utility Tokens		Asset Tokens		
Unit	Fractional			Whole		Singleton		
Tradability	Transferable				Non-Transferable			
Fungibility	Fungible				Non-Fungible			
Supply	Fixed				Unfixed			
Technical Setup	Ledger Native				Ledger Non-Native			
Driver of Tokenization	Democratization & Facilitated Access	Increased Liquidity	Disintermediation	Increased Transparency	Process Optimization	Digital Scarcity		
Barriers of Tokenization	Legacy Structures & Transition Risk	Data Privacy		Regulatory & Legal	Governance Issues	Oracle Problem		

Kuva 7. Tokenisoinnin viitekehtys [Karayaneva 2024].

Tokeneiden omistamisella voi ansaita esimerkiksi korkotuottoja, käydä turvallisesti kauppaa tai todentaa murto-osan osuuden kiinteistön omistuksesta. Omistuksen digitalisoiminen helpottaa hyödykkeiden murto-omistusta. Kaupanteko onnistuu ilman pankkeja ja välittäjiä, millä saadaan nopeampia ja kustannustehokkaampia prosesseja. Kynnys esimerkiksi asuntomarkkinaan sijoittamisessa laskee, kun investoitavan rahan määrä alenee omistuksen murto-omistamisen myötä. Näitä tokenisoituja murto-omistuksia voi käyttää hajautetuissa rahoituspalveluissa myös lainan vakuutena. [Teruel & Moreno 2021.]

Web 3.0:n lähtökohtana on, että käyttäjät omistavat oman datan. Luovuttamalla esimerkiksi älysormuksesta hyvinvointidataa turvallisesti jatkokäyttöön, käyttäjät voivat ansaita hyvinvointiekosysteemin tokeneita. Esimerkiksi sykedataa ja sijaintia luovuttamalla ansaitut tokenit voidaan käyttää moneen eri tarkoitukseen. Kuvasta 7 nähdään tarkoituksia (functions). Ne voivat toimia maksuvälineenä terveystietoihin (Access to a Service). Niillä voi myös ansaita kyseiseen lohkoketjuprotokollaan sidottua korkoa tai palkkioita (On-Chain reward Potential). Syke- ja sijaintitietoista voidaan nähdä liikkujan käyttäneen ulkokuntosalia. Sieltä ansaituilla tokeneilla voisi äänestää ulkokuntosalin

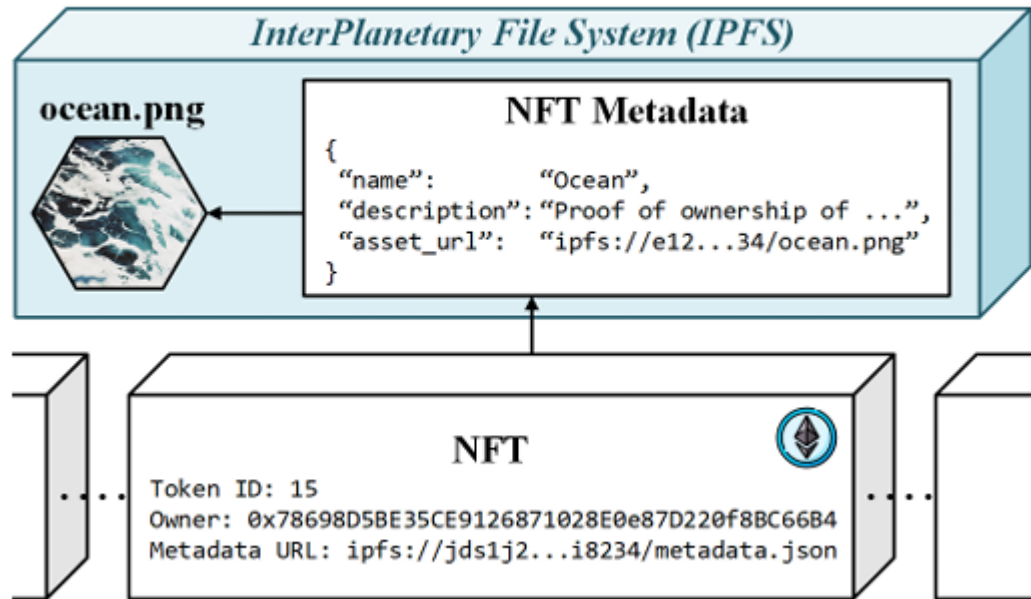
laitehankinnoista (Voting right) tai käyttää jäsenmaksuna. Tokenisaatio mahdollistaa siten aivan uudenlaisten liiketoimintamallien kehittämisen esimerkiksi nykyisiin käytössä oleviin tavallisen arjen palveluihin.

4.7 NFT

NFT on lyhenne englanninkielisistä sanoista Non-Fungible Token, joka tarkoittaa digitaalisen aitoudestuksen sopimus pohjaa. Vuonna 2022 NFT-markkinan volyymi oli 24,7 miljardia [Hayward 2021]. NFT on aina yksi kokonainen rahake (tokeni). Sitä ei voi pilkkoa pienempiin yksiköihin. NFT voi olla esimerkiksi taidetta, 3D-mallinnus, musiikkia tai virtuaalipelin esine. Se mahdollistaa aineettomien tai aineellisten hyödykkeiden omistuksen alkuperän todentamisen. Esimerkiksi auton tai asunnon omistajuus voidaan vaihtaa NFT:ksi sisällyttämällä tiedot NFT:n älysopimukseen. NFT luodaan lohkoketjuverkoissa kuten Etherneumissa ja se pohjautuu vakiintuneisiin standardeihin, kuten ERC-721 tai ERC-1155. [De.Fi 2023.]

NFT voidaan liittää digitaaliseen työhön tallentamalla esimerkiksi 3D-mallin kaikki tiedot lohkoketjun sisäiseen varastoon. Tämä on usein hyvin epäkäytännöllistä, koska siirroista perustuva maksu perustuu tiedoston kokoon. IPFS eli InterPlanetary File System on yksi tapa liittää NFT digitaaliseen työhön kirjoittamalla NFT:hen ainoastaan linkki, joka ohjaantuu IPFS:än hajautettuun verkkoon, jota pidetään parhaana paikkana tallentaa esimerkiksi NFT-kuvia ja videoita. [Cornèr 2023b.] Tiedosto jaetaan siellä pieniin osiin ja salataan hajautetuille kiintolevyille. Yhden palvelimen kaatuminen ei siis aiheuta siihen toimintahäiriötä, ja hajautettu verkko tarjoaa julkisen, läpinäkyvän ja turvallisen tavan tarjota muuttumatonta dataa. [Rodeck 2023.]

Kuva 8 havainnollistaa miten todellinen kuva ja metadata on tallennettu lohkoketjun ulkopuolelle (off-chain) IPFS:ään. Ainutlaatuisen rahakkeen tunniste, omistajan lompakon osoite ja URL-osoite metadatatiedostoon on tallennettu lohkoketjuun.



Kuva 8. Ocean.png kuvan tallennus [Mouris ym. 2020].

4.8 Metaversum

Metaversumilla tarkoitetaan virtuaalista maailmaa (virtual reality, VR) tai digitaalista ekosysteemiä, joka on suunniteltu toimimaan ihmisten vuorovaikutuksen alustana ja joka kytkee uudella tavalla digitaalisen ja reaali maailman objektit toisiinsa. Vuorovaikutus tapahtuu virtuaalihahmojen eli avatarien kautta. Avatar edustaa käyttäjää virtuaalisessa tilassa. Vuorovaikutus voi olla ääntä, tekstiä tai avatarien toimintaa virtuaalimaailmassa. Käyttäjät voivat olla vuorovaikutuksessa myös erilaisten tuotteiden tai palvelujen kanssa. Virtuaalimaailmaan voi mennä useilla erilaisilla päätelaitteilla kuten PC, puhelin ja VR-lasit.

Virtuaaliseen maailmaan voi perustaa digitaalisia kauppoja, ostoskeskuksia tai tehtaita, joissa voi myydä virtuaali- tai reaali maailman tuotteita siellä oleville asiakkaille. Virtuaalisessa verkkokaupassa kaupankäynti voi tapahtua esimerkiksi virtuaalivaluutan avulla. Yhä useammat globaalit yritykset kuten Adidas ja Nike ovat nähneet metaversumissa uusia liiketoimintamahdollisuuksia

ja ne ovat tuoneet omia digitaalisia tuotteitaan virtuaalisille kauppapaikoille. [Petrova 2023.] Esimerkiksi omaa virtuaalista avataria voisi metaversumissa personoida vaikka käyttämällä siinä Adidaksen fyysisten kenkien mukana tulleita digitaalisia kenkiä (digital twins), jotka on liitettävissä virtuaalimaailmaan NFT-tekniologian avulla. Muita metaversumiin hyvin sopivia sovelluskohteita voisivat olla esimerkiksi tietokone- ja mobiilipelit, opetus- ja koulutusympäristöt, etä- ja tiimityöskentely, urheilutapahtumat sekä konsertit. [Virtway 2024.]

5 Teollisen internetin ja web 3.0:n liiketoimintamahdollisuuksien arviointi

Lohkoketjupohjaiset hajautetut web 3.0 -ratkaisut avaavat teollisen internetin älykkäiden tuotteiden ja tuotantoprosessien kehittämiseen uusia kehityssuuntia ja liiketoimintamahdollisuuksia. Tässä luvussa kuvataan esimerkkien kautta web 3.0:n mukanaan tuomia uusia liiketoimintamahdollisuuksia sekä havainnollistetaan, mitä hyötyjä ne tarjoavat teollisen internetin ratkaisujen rinnalle.

5.1 3D-tulostus

Uusien digitaalisen valmistuksen menetelmien kehittyminen on lisännyt merkittävästi 3D-tulostamisen ja CAD-ohjelmien kysyntää. 3D-tulostuksen globaalin liikevaihdon arvioidaan olevan 77,83 miljardia dollaria vuoteen 2030 mennessä ja kasvavan vuosittain noin 18–27 % [3D Printing statistics & trends 2023]. Euroopassa sijaitsee arviolta 52 % 3D-tulostamiseen panostavista yrityksistä. Euroopan komissio näkee 3D-tulostuksen yhtenä keskeisenä murrosteknologiana (disruptive technology) ja tärkeänä osana Euroopan uutta teollisuusstrategiaa. Strategian tavoitteena on parantaa alalla toimivien yritysten kasvuedellytyksiä sekä tuoda esimerkiksi Aasiasta valmistavaa teollisuutta takaisin EU:hun. [Euroopan uusi teollisuusstrategia 2020: 1.] 3D-tulostamisen suurimmat käyttökohteet arvioidaan olevan ilmailussa, autoteollisuudessa, terveydenhuollossa sekä rakentamisessa. Terveystieteiden 3D-tuotteita ovat esimerkiksi proteesit, implantit ja elimet. [3D Printing in Medicine and Healthcare.]

3D-tulostamiseen pohjautuvilla toimintamalleilla saadaan asiakkaat tiiviimmin mukaan tuotteen kehitysprosessiin jo heti tuotesuunnittelun alkuvaiheessa. Asiakas kytketään samalla lähemmäksi tuotteen varsinaista valmistusprosessia, koska asiakas voi suoraan testata tuotteiden prototyyppijä sekä antaa niistä palautetta. Tämä nopeuttaa merkittävästi tuotteen kehittämistä ideasta

kaupalliseksi tuotteeksi. Pelkän tuotteen suunnittelu- ja valmistusprosessin korvaaminen 3D-tulostuksella ei kuitenkaan vielä välttämättä merkittävästi muuta yritysten liiketoimintamalleja. [Bogers, Hadar & Bilberg Citation 2016: 220–246.]

Liiketoiminnan näkökulmasta 3D-tulostamisessa toimivien yritysten keskeinen liiketoiminnallinen haaste liittyy piraattituotteisiin. 3D-mallien kopiointi ja niiden muuttaminen kilpaileviksi tuotteiksi halvemilla ja heikkolaatuisemmilla materiaaleilla on tuottoisaa liiketoimintaa. Laittomasti kopioiduista digitaalisista malleista tuotetut alkuperäistä vastaavat tuotteet tai niiden komponentit aiheuttavat merkittäviä taloudellisia tappioita alkuperäisten IP-oikeuksien omistajille. Tämä heikentää alkuperäistuotteiden valmistajien kilpailukykyä ja vaikeuttaa siten alalla toimivien yritysten kasvua.

Alkuperäistuotteiden valmistajien liiketoimintaprosessien suunnittelussa täytyykin ottaa tarkoin huomioon prosesseihin liittyvät tietoturvariskit. Yksi iso riski liittyy alitoimittajaverkoston hyödyntämiseen tuotteen mallintamisessa. 3D-mallinnusten suunnittelu ja tekeminen pilkotaan usein pienemmiksi osakokonaisuuksiksi ja ne tuotetaan varsinaisen toimittajan alitoimittajaverkostoon kuuluvissa suunnittelutoimistoissa. Alitoimittajaverkoston tietoturvasta ja asianmukaisista tiedonkäsittelyprosesseista ei aina ole täyttä varmuutta. Tämä voi johtaa arvokkaan suunnittelu-, käsittely-, simulaatio- tai testausdatan päätyksen laittomille toimijoille. Kaikki nämä tiedot ovat arvokasta immateriaalioikeutta, jota on hankala suojata riittävästi perinteisin keinoin, kuten malli- ja leimapatenteilla. [Kurfess & Cass Citation 2014.]

5.2 Lohkoketjun hyödyntäminen 3D-tulostuksessa

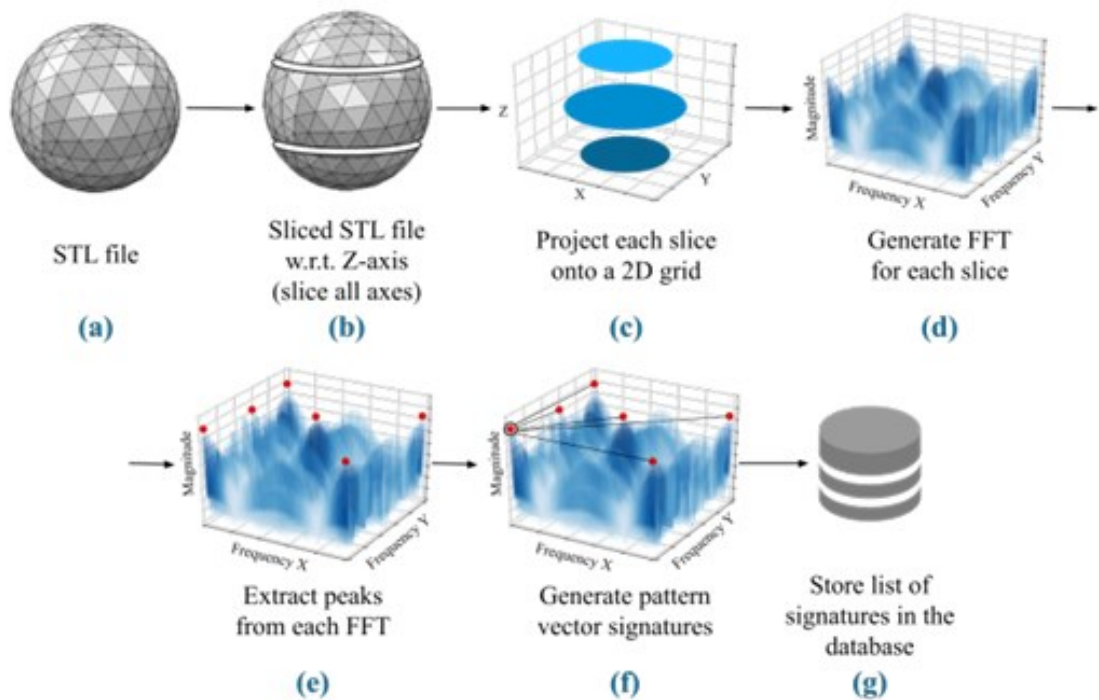
Lohkoketjuun ja hajautettuun sovellusarkkitehtuuriin pohjautuvien ratkaisujen myötä 3D-tulostamisen liiketoimintamalleihin on nähtävissä muutamia lupaavia kehityssuuntia. CAD-mallit voidaan lohkoketjussa muuntaa NFT-tokeneiksi. Tällöin päästään hyödyntämään lohkoketjuissa toimivia sovellusohjelmistoja kuten defi ja dApps. Tokenisoituja nft-pohjaisia CAD-malleja voidaan välittää

eteenpäin lohkoketjussa tai myydä suoraan dAppien mahdollistamalla hajautetuilla markkinapaikoilla. Tämä yhdistää suoraan mallien tarjoajat eli suunnittelijat sekä niitä tarvitsevat tahot ilman kolmansiä osapuolia. Lohkoketjussa 3D-mallit siirtyvät osapuolten välillä suoraan salatusti ja tietoturvalisesti. Tämä pienentää organisaatioiden välillä tapahtuvaan tietojen siirtämiseen liittyvää tietoturvaaukaa.

NFT-pohjaisten CAD-mallien alkuperä ja omistajuus voidaan aina todentaa lohkoketjussa. Tämän lisäksi NFT/CAD-malleihin liittyvään älysopimukseen voidaan liittää parametreja, jotka varmistavat esimerkiksi rojaltipohjaisen ansainnan alkuperäiselle tekijälle 3D-mallin koko elinkaaren ajan. Näin ollen alkuperäisen 3D-mallin tekijän IP-oikeudet voidaan aina kiistattomasti todentaa ja oikeuksien edelleen myynnistä voi tekijä saada korvauksen tuotteen koko elinkaaren ajan. Tämä avaa 3D-mallinnuksen parissa toimiville yrityksille täysin uusia liiketoimintamahdollisuuksia, koska mistä tahansa 3D-mallista tulee jälkimarkkinakelpoinen tuote, jonka kuka tahansa voi hankkia suoraan lohkoketjussa olevalta markkinapaikalta. 3D-tulostuksen parissa toimiva yritys voi esimerkiksi ostaa minkä tahansa markkinapaikalla myynnissä olevan 3D-mallin ja tulostaa sekä kaupallistaa sen osana omaa liiketoimintaansa. Tässäkin tapauksessa alkuperäisen 3D-mallin tekijä saa siitä älysopimuksessa määritellyn tekijänoikeuskorvauksen. [Kurfess & Cass Citation 2014.]

5.3 NFT:n luominen CAD-mallista

Kuvassa 9 havainnollistetaan, miten NFT voidaan luoda CAD-mallin muodostamasta taajuushuippukuviosta.



Kuva 9. 3D-mallien muuttaminen taajuushuippukuvion kautta NFT:ksi [Mouris ym. 2020].

3D-malli halkaistaan kaikilla akseleilla ja heijastetaan 2D-kuvaajaan (kuvan 9 vaihe c). Tämän jälkeen jokainen projektio muutetaan moniulotteiseksi spektogrammiksi (vaihe d). Tämän jälkeen niistä tallennetaan korkeimpien magnitudihuippujen sijainti, joista tehdään koostettu digitaalinen signeeraus. Mallin kuvien signeerauksilla eri kulmista voidaan parantaa tarkkuutta. Koostetut digitaaliset signeeraukset huippujen sijainneista järjestetään Merkle-puuhun. Merkle-puu tarkoittaa datan tallennusmallia, jossa oikeellisuus voidaan varmentaa. Tämän jälkeen siitä luodaan NFT, johon koodataan omistajan digitaalinen lompakko ja IPFS-osoite. Tiedostojen suuren koon vuoksi data tallennetaan lohkoketjun ulkopuolella olevaan ns. off-chainiin. NFT:n omistaja voi asettaa esimerkiksi prosentuaalisen rajan, jossa menee väärennöksen raja. Tämä voidaan koodata suoraan myös NFT:n metadataan. IPFS-metatiedot sisältävät Merkle-puun solmuineen ja itse CAD-tiedoston. Aitouden todentamiseksi tämä mahdollistaa sen, että kuka vaan lohkoketjussa pystyy todentamaan, että IPFS:ään tallennettu CAD-tiedosto vastaa sen NFT:ksi

tallennettua merkle-puuta. CAD-tiedoston muokkaaminen johtaisi erilaiseen Merkle-juureen, joka ei vastaisi NFT:hen tallennettua juurta. 3D-mallin NFT:ksi muuttava teknologia pystyy havaitsemaan eroja, joita ihmissilmä ei aina erota 3D-malleista kuten pulttien kierteet. [Mouris ym. 2020].

5.4 Toimitusketju ja IoT

Toimitusketjun hallinta on keskeinen osa tuotannollisten yritysten toimintaa. Se yhdistää eri liiketoimintaprosesseja, kuten valmistuksen, oston ja jakelun. Toimitusketjussa yhdistetään ja kontrolloidaan materiaalien ja informaation liikkumista toimittajalta sekä sen alitoimittajaverkostosta tuotteiden lopullisille käyttäjille. Tietojärjestelmien nopea kehittyminen on tehnyt toimitusketjuista pidempiä ja monimutkaisempia laajentamalla ne paikallisista toimitusverkoista globaaleiksi. Toimitusketjun ekosysteemin arvo muodostuu sen mukaan, kuinka tehokasta yhteistyö on kaikkien osapuolten välillä. Yritysten kannattaa olla osa ekosysteemiä, jossa eri alojen yritykset tekevät avoimesti yhteistyötä keskenään. Ekosysteemin toimijat ovat symbioosissa keskenään täydentämällä toistensa voimavaroja ja lisäämällä asiakasarvoa. Toimijoiden tulee strategisesti huomioida, miten he voivat auttaa muiden yritysten toimintaa ja jakaa arvoa ekosysteemissä. Yritys voi jakaa kaupallista tai teknologista tietoa muiden kanssa ja samalla hyötyä tästä, vaikka osa toimijoista olisi sen kilpailijoita [Ekosysteemit 2017].

Internet of Things (IoT) tarkoittaa fyysisten laitteiden liittämistä verkkoon mahdollistaen esimerkiksi arkisten esineiden ja kodinkoneiden, ajoneuvojen sekä teollisten koneiden ja niiden komponenttien kommunikoinnin keskenään tehden niistä älylaitteita (smart devices). Toimitusketjun hallinta tapahtuu erilaisilla IoT-yhteensopivilla laitteilla, jotka mahdollistavat koko tuotantoketjun digitalisoinnin raaka-aineesta lopulliseksi tuotteeksi asiakkaalle. Teollinen internet 4.0 tuo toimitusketjun hallintaan kriittiset IoT-yhteensopivat työkalut, kuten älykkäät sensorit, GPS-laitteet ja anturit kuten RFID-tunnisteen. Näillä työkaluilla kerätyt tiedot kuten konttien tai pakettien tiedot lähetetään yhdyskäytävän kautta pilvipalveluun.

Lohkoketjussa ekosysteemin data on saatavilla kaikille osapuolille yhteisessä kirjanpidossa, eikä ulkopuolista keskitettyä toimijaa tarvita. Se poistaa tarpeen säilyttää fyysisiä kopioita asiakirjoista. Hajautettuun kirjanpitoon syntyy merkinnät sekä fyysistä että virtuaalisista transaktioista. Näin jokaisesta olennaisesta tapahtumasta jää jälki, jota voidaan tarkastella jälkikäteen. Esimerkiksi kuljetuskontin sisältä sensoreilla saatu kosteus- ja lämpödata päivittyy reaaliaikaisesti lohkoketjuun vähentäen ihmisten tekemiä virheitä.

IoT-ekosysteemeissä on lukuisia yksityisyyttä ja luottamuksellisuutta koskevia tietoturvariskejä. IoT-laitteet eivät ole täysin suojattua ja ne käyttävät pääasiassa keskitettyjä palvelimia vaarantaen siinä liikkuvan datan. Yhteen IoT-laitteeseen tehty hyökkäys vaarantaa kaikki siihen kytketyt anturit, laitteet ja järjestelmät. Nykyisillä tietoturvatekniikoilla ei kyetä suojaamaan IoT-sovelluksien toimintaa riittävästi. [Singh ym. 2018.] Lohkoketju nähdään yhtenä tehokkaimmista keinoista parantaa tietoturvaa tarjoamalla IoT-sovelluksille salatun alustan, jossa yhteen laitteeseen tehty hyökkäys ei vaaranna koko järjestelmää [Sharma, Satija & Bhushan 2019: 6].

Lohkoketjuja hyödyntäviin toimitusketjuihin kuuluu perinteisten ekosysteemien toimijoiden, kuten valmistajat, alitoimittajat, raaka-aineiden tuottajat, standardeja valvovat viranomaiset, kuluttajat, logistiikan tarjoajat, lisäksi hajautetut markkinapaikat. Hajautetulla markkinapaikalla myös anturit pääsevät käymään kauppaa keskenään läpinäkyvästi ja älysopimuksessa kuvattujen ehtojen mukaisesti.

Lohkoketjujen sisältämien automatisoitujen liiketoimintaprosessien avulla voidaan toimitusketjusta poistaa tarpeettomia toimijoita. Esimerkiksi maksuliikenne voidaan automatisoida älykkäiden sopimusten avulla, jolloin ne hoitavat maksun digitaalisesta lompakosta välittömästi tiettyjen ehtojen täytyttyä. Maksuliikenne tapahtuu suoraan toimijalta toimijalle, eikä tähän tarvita lainkaan pankkia. [Schär 2021.]

6 Yhteenveto ja johtopäätökset

Työ pohjautuu monipuoliseen kirjallisuuskatsaukseen, ja siinä käsitellään aluksi liiketoimintamalleihin liittyviä määritelmiä ja osa-alueita sekä kuvataan alusta- ja datapohjaisten liiketoimintamallien erityispiirteitä. Seuraavaksi kuvataan teollisen internetin evoluutiota sekä tarkastellaan teollisen internet 4.0:n keskeisiä teknologioita ja niiden vaikutuksia nykyisiin teollisiin prosesseihin. Tämän jälkeen esitetään katsaus web 3.0 -teknologioiden evoluutiosta sekä niiden keskeisistä käsitteistä ja sovelluskohteista. Lopuksi arvioidaan, millaisia uusia liiketoimintamahdollisuuksia web 3.0 -teknologiat tuovat teolliseen liiketoimintaan.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia teollisen internetin ja web 3.0:n teknologisia mahdollisuuksia ja niiden vaikutuksia nykyaikaiselle teolliselle liiketoiminnalle. Työn keskeisenä tavoitteena oli selvittää, miten uudet teknologiat voivat muuttaa olemassa olevia valmistavan teollisuuden liiketoimintamalleja ja millaisia nämä digitaalisten palvelujen uudet innovaatiot voisivat olla. Analysoimalla lupaavia teollisuus 4.0 -teknologioita, kuten 3D-tulostusta ja IoT:tä, pyrittiin arvioimaan näiden teknologioiden teollista potentiaalia lohkoketjussa.

Tämän työn tulokset viittaavat siihen, että teollisuus 4.0 ja web 3.0 tarjoavat uusia mielenkiintoisia mahdollisuuksia tehostaa toimitusketjun hallintaa, suojata tuotteen alkuperäisvalmistajan tekijänoikeuksia, parantaa tuotteiden ja palveluiden laatua, sekä luoda uudenlaisia hajautettuja markkinapaikkoja. Työssä havaittiin, että uudet lohkoketjupohjaiset teknologiat mahdollistavat virtaviivaisemmat ja luotettavammat liiketoimintaprosessit karsimalla pois ylimääräisiä kolmansia osapuolia. Siinä liiketoimintaprosessit kytketään suoraan toisiinsa lohkoketjuprotokollien kautta. Lohkoketjuteknologian tuoma lisäarvon toimitusketjun läpinäkyvyydessä ja tuotetietojen alkuperän varmentamisessa havaittiin olevan keskeinen tekijä kohti luotettavampaa liiketoimintaa. Tällaiset teknologiset ratkaisut voivat auttaa yrityksiä parantamaan tehokkuuttaan ja luomaan merkittävää kilpailuetua markkinoilla.

Tällä hetkellä on jo nähtävissä, että teknologisen kehityksen, kuten virtuaalitodellisuuden ja automaation, vaikutukset työmarkkinoihin ja liiketoimintaan tulevat olemaan merkittäviä. Siksi on tärkeää, että tulevaisuuden kehitystä ohjataan huolellisesti ja että sääntely varmistaa näiden teknologioiden hyödyntämisen myös koko yhteiskunnan hyväksi. Esimerkiksi EU on nostanut tämän esille omassa tulevaisuuden strategiassaan, jossa pyritään edistämään virtuaalimaailmojen säätelyä. [Bahrke 2023.] Teknologisen kehityksen säätelyn merkitys havaittiin jo teollisten vallankumousten alkuvaiheissa. Tuolloin vaikuttanut taloushistorioitsija Karl Polanyi määritteli kaksoisliike-käsitteen, joka tarjoaa tähänkin päivään hyvin sopivaa arvokasta pohdintaa markkinoiden kehityksestä ja yhteiskunnan reaktioista teknologisen muutoksen aiheuttamiin haasteisiin. Kaksoisliike käsitteen mukaan yhteiskunnan markkinaehtoistumisen voimia kohtaa väistämättä vastaliike, joka koittaa suojella sosiaalista elämää markkinan tuomilta negatiivisilta vaikutuksilta. [Faria 2018.] Polanyin mukaan on tärkeää varmistaa, että teknologioiden kehitystä, käyttöönottoa ja säätelyä ohjaa tasapainoinen lähestymistapa, joka ottaa tasapuolisesti huomioon taloudelliset, sosiaaliset ja yhteiskunnalliset näkökohdat. [Faria 2018: 331.]

Tämän työn pohjalta voidaan todeta, että teollisen internetin ja web 3.0:n kehitys tarjoaa uusia lupaavia mahdollisuuksia liiketoiminnan ja digitaalisten palvelujen innovaatioille sekä liiketoimintaprosessien digitaaliselle transformaatiolle. Näiden mahdollisuuksien täysimääräinen hyödyntäminen vaatii kuitenkin huolellista suunnittelua, säätelyä ja yhteistyötä eri sidosryhmien välillä. Työssä kuvatut web 3.0 -teknologiat ja niiden teollisen internetin sovellusalueet ovat jo nyt suoraan hyödynnettävissä yrityksissä ja oppilaitoksissa, jotka harkitsevat uusien teknologioiden käyttöönottoa tai pyrkivät ymmärtämään digitaalisen transformaatioprosessin merkitystä.

Jatkotutkimuksissa voitaisiin keskittyä esimerkiksi selvittämään luottamuksen ja vastuullisen liiketoiminnan rakentumista toimitusketjuissa, joissa liiketoimintaprosessit kytkeytyvät suoraan toisiinsa lohkoketjuprotokollien kautta.

Lähteet

Amazon Chasing Growth, Shifting Resources to Third-Party Sellers. 2019. Verkkoaineisto. Digiday. <<https://digiday.com/marketing/amazon-chasing-growth-shifting-resources-third-party-sellers/>>. Luettu 23.11.2023.

Amit, R. & Zott, C. 2001. Value Creation in E-Business. Strategic Management Journal, 22 (6-7), s. 493-520.

Bahrke, P. 2023. EU's Web 4.0 Strategy Advances with New Regulations on Virtual Worlds. Verkkoaineisto. European Commission. <https://ec.europa.eu/commission/presscorner/detail/en/ip_23_3718>. Luettu 11.10.2023.

Bitpowr. 2023. Verkkoaineisto. How to Send Fee-less Tron Transactions. <<https://bitpowr.com/blog/how-to-send-fee-less-tron-transactions>>. Luettu 11.5.2024.

Bogers, M., Hadar, R. & Bilberg, A. 2016. Additive manufacturing for consumer-centric business models: Implications for supply chains in consumer goods manufacturing. Technological Forecasting and Social Change.

Brown, J. 2024. Decentralized Applications (dApps): Definition, Uses, Pros and Cons. Verkkoaineisto. Investopedia. <<https://www.investopedia.com/terms/d/decentralized-applications-dapps.asp>>. Luettu: 14.1.2024.

Chesbrough, H. & Rosenbloom, R. 2002. The Role of the Business Model in Capturing Value from Innovation: Evidence from Xerox Corporation's Technology Spin-Off Companies. Industrial and Corporate Change, 11(3), s. 533–534.

Clarke, P. 2024. Verkkoaineisto. About Sir Tim Berners-Lee. Web Foundation. <<https://webfoundation.org/about/sir-tim-berners-lee/>>. Luettu 11.3.2024.

Cornèr, L. 2023a. What is a blockchain oracle, and how does it work? Verkkoaineisto. Cointelegraph. <

<https://cointelegraph.com/learn/what-is-a-blockchain-oracle-and-how-does-it-work>>. Luettu 19.02.2024

Cornèr, L. 2023b. What is the Interplanetary File System (IPFS) & How Does It Work? Verkkoaineisto. Cointelegraph. <<https://cointelegraph.com/learn/what-is-the-interplanetary-file-system-ipfs-how-does-it-work>>. Luettu 11.1.2024.

Dick, C., & Pohle, C. 2021. Towards a Framework for Understanding the Potentials of Tokenized Assets. Verkkoaineisto. CC Ecosystems News. <<https://ccecosystems.news/en/towards-a-framework-for-understanding-the-potentials-of-tokenized-assets-2/>>. Luettu 2.2.2023.

ERC-1155 vs ERC-721: NFT Standards Explained. 2023. Verkkoaineisto. De.Fi. <<https://de.fi/blog/erc-1155-vs-erc-721-nft-standards>>. Luettu 13.3.2024.

Essex, D. 2022. Digital Twin Technology on Turbulent Climb to Stratosphere. Verkkoaineisto. TechTarget. <<https://www.techtarget.com/searcherp/feature/Digital-twin-technology-on-turbulent-climb-to-stratosphere>>. Luettu 4.3.2024.

Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi luonnollisten henkilöiden suojelusta henkilötietojen käsittelyssä sekä näiden tietojen vapaasta liikkuvuudesta ja direktiivin 95/46/EY kumoamisesta (yleinen tietosuoja-asetus). 2016. Direktiivi 2016/679/EU. Verkkoaineisto. <<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/?qid=1528874672298&uri=CELEX%3A02016R0679-20160504>>. Luettu 11.5.2024.

Faria, F. 2016. Verkkoaineisto. The double movement in Polanyi and Hayek: Towards the continuation of life. Nova Institute of Philosophy. <<https://philarchive.org/archive/FARTDM>>. Luettu 11.5.2024.

Gawer, A. 2014. Bridging Differing Perspectives on Technological Platforms: Toward an Integrative Framework. Verkkoaineisto. Research Policy, 43(7), s. 1239-1249.

Gupta, N. 2019. Business Summary for Simplr. Verkkoaineisto. Medium. <<https://medium.com/@niharikagupta1992/business-summary-for-simplr-272f72f75624>>. Luettu 20.5.2023.

Hayward, A. 2022. 2022 Versus 2021 NFT Sales. Verkkoaineisto. Decrypt. <<https://decrypt.co/118438/2022-versus-2021-nft-sales>. Luettu 14.12.2023>. Luettu 14.12.2023.

Huestis, S. 2021. Cryptocurrency's Energy Consumption Problem. Verkkoaineisto. RMI. <<https://rmi.org/cryptocurrencys-energy-consumption-problem/>>. Luettu 23.11.2023.

"Industry 4.0 Revolution". 2023. Verkkoaineisto. <<https://medium.com/@shabarishanayak123/industry-4-0-revolution-dd4bd878ba29>>. Luettu 20.12.2023.

Kapengut, E. & Mizrach, B. 2023. An Event Study of the Ethereum Transition to Proof-of-Stake. Verkkoaineisto. MDPI. <<https://www.mdpi.com/2813-2432/2/2/6>>. Luettu 9.1.2024.

Karayaneva, N. 2024. Blackrock's \$10 Trillion Tokenization Vision: The Future of Real-World Assets. Verkkoaineisto. Forbes. <<https://www.forbes.com/sites/nataliakarayaneva/2024/03/21/blackrocks-10-trillion-tokenization-vision-the-future-of-real-world-assets/>>. Luettu 1.5.2024.

Kurfess, T. & Cass, J. 2014. Rethinking Additive Manufacturing and Intellectual Property Protection. Verkkoaineisto. ResearchGate. <https://www.researchgate.net/publication/265173110_Rethinking_Additive_Manufacturing_and_Intellectual_Property_Protection>. Luettu 5.2.2024.

Lampropoulos, G., Siakas, K & Amastasoadis, T. 2019. View of Internet of Things in the Context of Industry 4.0:An Overview. Verkkoaineisto. International Journal of Economics and Knowledge.

<<https://ischolar.sscldl.in/index.php/ijek/article/view/183964/171159>>. Luettu 2.5.2024.

Leswing, K. 2020. Apple App Store Had Estimated Gross Sales of \$50 Billion in 2019. Verkkoaineisto. CNBC. Saatavilla:

<<https://www.cnbc.com/2020/01/07/apple-app-store-had-estimated-gross-sales-of-50-billion-in-2019.html>>. Luettu 21.1.2024.

Liao, Y. 2017. The Impact of the Industry 4.0 Revolution on the Manufacturing Sector. Journal of Manufacturing Technology Management, 28(8), s. 1079–1101.

Mouris, D., Gouert, C., Gupta N. & Tsoutsos, N. 2020. Peak Your Frequency: Advanced Search of 3D CAD Files in the Fourier Domain. Verkkoaineisto. ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/publication/343358316_Peak_your_Frequency_Advanced_Search_of_3D_CAD_Files_in_the_Fourier_Domain>. Luettu 11.2.2024.

Naik, G. & Shivalingaiah, D. 2014. Comparative Study of Web 1.0, Web 2.0 and Web 3.0. Verkkoaineisto. ResearchGate.

<https://www.researchgate.net/publication/264845599_Comparative_Study_of_Web_1_0_Web_2_0_and_Web_3_0>. Luettu 11.2.2024.

Osterwalder, A. & Pigneur, Y. 2004. The Business Model Ontology: A Proposition in a Design Science Approach.

Petrova, V. 2023. List of 42 Brands Using NFTs and How Exactly.

Verkkoaineisto. Usekallis Blog. <<https://blog.usekallis.com/list-of-42-brands-using-nfts-and-how-exactly/>>. Luettu 2.2.2024.

Pyliaididis, N., Osinga, S. & Athanasiadis, I. 2021. Digital Twins in Smart Farming. *Agriculture Systems*, 189, 103046.

Rodeck, D. 2023. Understanding Blockchain Technology. Verkkoaineisto. Forbes. < <https://www.forbes.com/advisor/investing/cryptocurrency/what-is-blockchain/>>. Luettu 4.1.2024

Schär, F. 2021. Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets. *Federal Reserve Bank of St. Louis Review*, 103(2), s. 153-174.

Sharma, T., Satija, S.& Bhushan, B. 2020. Unifying Blockchain and IoT: Security Requirements, Challenges, Applications and Future Trends. Verkkoaineisto. IEEE Xplore. <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8974552>. Luettu 25.3.2024>.

Staking. 2024. Verkkoaineisto. CryptoMeister. <<https://cryptomeister.com/fi/staking>>. Luettu 15.3.2024.

Teece, D 2011. Business Models, Business Strategy and Innovation. *Long Range Planning*, 43(2-3), s. 172-194.

Teruel, R., & Moreno, H. 2021. The digital tokenization of property rights. A comparative perspective. Verkkoaineisto. ScienceDirect. <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0267364921000169>>. Luettu 13.2.2024

Tjahjono B., Esplugues C., Ares E. & Pelaez, G. 2017. What does Industry 4.0 mean to Supply Chain? *Procedia Manufacturing*, 13, s. 1175–1182.

"Tokenization Overview by Industry Sector." 2020. Verkkoaineisto. APM Coin. < <https://medium.com/apmcoin/ann-apm-coin-x-chainlink-7fb78e8c92ec>>. Luettu 20.11.2023.

Token Terminal. 2024. Verkkoaineisto. Token Terminal.
<<https://tokenterminal.com/terminal>>. Luettu 11.4.2024.

Types of Virtual Events in the Metaverse in 2023. 2023. Verkkoaineisto. virtway.
<<https://virtway.com/blog/types-of-virtual-events/>>.

What is Blockchain Technology? 2021. Verkkoaineisto. CB Insights.
<<https://www.cbinsights.com/research/what-is-blockchain-technology/>>. Luettu:
13.3.2024.

White, J. 2023. Why High-Quality and Relevant Data Is Essential in Today's
Business Landscape. Verkkoaineisto. Forbes Tech Council.
<[https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/04/17/why-high-quality-
and-relevant-data-is-essential-in-todays-business-landscape/](https://www.forbes.com/sites/forbestechcouncil/2023/04/17/why-high-quality-and-relevant-data-is-essential-in-todays-business-landscape/)>. Luettu
11.5.2024.

Winkelman, S. 2018. Apple App Store Turns 10. Verkkoaineisto. Digital Trends.
< <https://www.digitaltrends.com/news/apple-app-store-turns-10/>. Luettu
2.3.2024>.

YCharts. 2024. Bitcoin Average Confirmation Time. Verkkoaineisto. YCharts. <
https://ycharts.com/indicators/bitcoin_average_confirmation_time>. Luettu
4.5.2024.

3D healthcare products include prostheses, implants and organs. 2024.
Verkkoaineisto. Xometry. <[https://www.xometry.com/resources/3d-printing/3d-
printing-in-medicine-and-healthcare/](https://www.xometry.com/resources/3d-printing/3d-printing-in-medicine-and-healthcare/)>. Luettu 5.2.2024.