

Tuomas Vainio

Metaversumit opetuskäytössä

Tietotekniikan kandidaatintutkielma

5. huhtikuuta 2024

Jyväskylän yliopisto

Informaatioteknologian tiedekunta

Tekijä: Tuomas Vainio

Yhteystiedot: tumaolva@jyu.fi

Ohjaaja: Tytti Saksa

Työn nimi: Metaversumit opetuskäytössä

Title in English: Metaverses in education

Työ: Kandidaatintutkielma

Sivumäärä: 18+0

Tiivistelmä: Tässä Kandidaatintutkielmassa käydään läpi miten metaversumeita ollaan käytetty, käytetään, ja mahdollisesti myös tullaan käyttämään opetuksessa eri aloilla ja koulutusasteilla. Tutkielman tavoitteena on avata lukijalle esiteltävien tutkimusten avulla erilaisia tapoja ja mahdollisuuksia, mitä metaversumit voivat opetuskäytössä mahdollistaa.

Avainsanat: metaversumi, pelillistäminen, virtuaalimaailma

Abstract: This thesis looks at how metaverses have been, are being, and will be used in different fields and levels of education. The aim of the thesis is to open up to the reader what different ways and possibilities metaverses can enable in education through the research presented.

Keywords: metaverse, gamification, virtual world

Kuviot

Kuvio 1. Moodlen edistymispalkit (“Moodle” 2021)	3
Kuvio 2. Yksittäisten tehtävien suoritusmerkinnät (“Moodle” 2021)	3

Sisällys

1	JOHDANTO	1
2	MIKÄ ON METAVERSUMI?	2
	2.1 Opetuksen pelillistäminen	2
	2.2 Second Life	3
	2.3 VoRtex	4
3	OPISKELU METAVERSUMEISSA	6
	3.1 Peruskoulu	6
	3.2 Lääketiede	7
	3.3 Erikoisalut	8
4	POHDINTA	10
5	YHTEENVETO	11
	LÄHTEET	12

1 Johdanto

Metaversumit ovat nousseet laajasti pinnalle Covid-19-pandemian aikana. Uusia teknologioita alettiin kehittää nopealla tahdilla eteenpäin. Virtuaaliset tapaamiset etänä, niin työelämässä kuin vapaa-ajallakin, saivat uudenlaista huomiota, mutta myös virtuaalimaailmojen hyödyntäminen opetuksessa sai aivan uuden katseen.

Metaversumi, englanniksi ”Metaverse” (metaphysical universe), on virtuaalinen maailma, joka keskittyy sosiaaliseen yhteyteen ja kanssakäymiseen monien muiden ihmisten kanssa ympäri maailmaa. Metaversumien suosio on suuressa kasvussa teknologian kehittyessä, ja myös korona-ajan (COVID-19) etätyöskentelysuositukset ovat kasvattaneet kiinnostusta virtuaalimaailmojen kehitykselle. Metaversumien suosion kasvaessa pohdintaa alkoi syntyä myös siitä, miten virtuaalimaailmoja pystyttäisiin hyödyntämään opetuskäytössä. Tässä tutkielmassa keskitytään siihen, mikä metaversumi on ja miten sitä hyödynnetään ja voitaisiin hyödyntää opetuskäytössä. Tutkielma toteutetaan kirjallisuuskatsauksena.

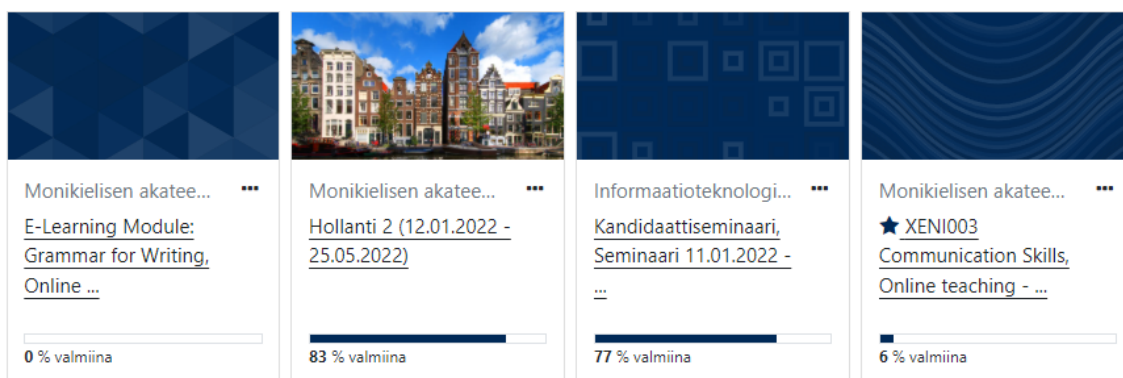
Tutkielman tavoitteena on avata, miten metaversumeita jo käytetään oppimisessa ja miten niitä voidaan hyödyntää oppimisessa. VoRtex on kehitteillä oleva ilmainen metaversumi, joka on pääosin kehitetty tukemaan yhteistyökykyistä oppimista virtuaalimaailmassa (Jovanović ja Milosavljević 2022). VoRtexin oppimisympäristössä hödynnetään tekoälyllä tuettuja virtuaaliagentteja, jotka oppivat ja ymmärtävät virtuaalimaailman opetuksissa käytyjä kysymyksiä sekä vastauksia. Virtuaaliagenttien tarkoituksena on nostaa tuottavuutta ja automatisoida prosessia käsittelemällä oppilaiden ongelmia ja kysymyksiä. Esimerkki virtuaaliagentista on ”Professori Vortex”, joka hyödyntää komponenttia kognitiivisten ominaisuuksien aktivoimiseksi. Virtuaaliagenttejen lisäksi opettajat voivat luoda oman luokan oppituntia varten ja opettaa esimerkiksi konetekniikkaa simuloinnin ja 3D-mallintamisen avulla.

2 Mikä on metaversumi?

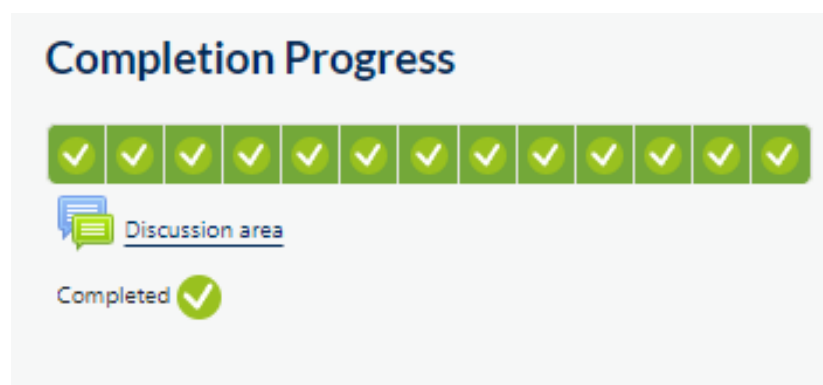
Metaversumien virtuaalimaailmat voidaan selittää näin: ”Simuloitu pysyvä tila, joka perustuu vuorovaikutukseen tietokoneen kanssa, jossa asuu useita käyttäjiä, joita edustavat ikoniset kuvat, joita kutsutaan avatariksi ja jotka voivat kommunikoida toistensa kanssa synkronoidulla tavalla” (Reis, Escudeiro ja Escudeiro 2010, ss. 186–190). Metaversumeihin sidostetaan yleensä pelillisiä elementtejä ja piirteitä. Pelillistämällä tarkoitetaan pelien dynamiikan ja mekaniikan soveltamista pelien ulkopuolella (Deterding ym. 2011). Esimerkiksi työelämässä pelillistämistä voidaan hyödyntää työmotivaation parantamiseen. Pelillistämisen lisääntyessä ja koronapandemian etäopiskelemisen varjossa opetuksen siirtäminen virtuaaliseen oppimisympäristöön tuo uusia värikkäitä sekä monipuolisia mahdollisuuksia kehittää opetusta ja mahdollisesti jopa syrjäyttää läsnäolo-opiskeleminen. Tässä luvussa kerrotaan, kuinka pelillistäminen voi edistää opiskelua ja opetusta, ja kuvaillaan kahta metaversumia, joita käytetään tai tullaan käyttämään opiskelun yhteydessä.

2.1 Opetuksen pelillistäminen

Viime vuosien aikana pelillistämistä on hyödynnetty laajasti eri oppimisympäristöissä tehden niistä kiinnostavampia ja mukavampia käyttää (Hasan, Nat ja Vanduhe 2019). Hyvänä esimerkkinä pelillistetystä ympäristöstä toimii Moodle. ”Moodle on oppimisalusta, joka on kehitetty opettajille, järjestelmänvalvojille ja opiskelijoille.” (“Moodle” 2021). Moodlen käyttöliittymä hyödyntää pelillistämistä käyttämällä esimerkiksi edistymispalkkeja 1 ja valintamerkkejä 2 eri tehtävien palautuksissa. Nämä pienet pelillistävät piirteet ovat tärkeässä roolissa, kun tahdotaan parantaa opiskelijoiden sitoutumista pelilliseen keskustelu-ympäristöön. Samalla pelimekaniikat tarjoavat jäseneltyjä tavoitteita tehtävien suorittamiselle ja palkkioiden saaminen suoritetuista tehtävistä lisää opiskelijan sitoutumista oppimisympäristöön (Hasan, Nat ja Vanduhe 2019).



Kuvio 1. Moodlen kurssien edistymispalkit (kuvakaappaus Moodlesta (“Moodle” 2021)).



Kuvio 2. Yksittäisten tehtävien suoritusmerkinnät (kuvakaappaus Moodlesta (“Moodle” 2021)).

2.2 Second Life

Second life on Linden Labin vuonna 2003 julkaisema peli, jossa tarkoituksena on olla sosiaalisesti yhteydessä toisten pelaajien kanssa. Pelillä on uskollinen ja tiivis yhteisö, ja peliä päivitetään aktiivisesti vielä 19 vuoden jälkeen. Second Lifeä pidetään väitetysti ensimmäisenä metaversumina (Tidy 2021). Peliä on myös sovellettu vuosien ajan opiskelussa ja opettamisessa. Vuonna 2007 Second Lifessä oli jo käytettävissä 80 prosenttia kaikista Yhdistyneen kuningaskunnan yliopistoista (Kirriemuir, n.d.). Suomessa Second Life valittiin opetuskäyttöön vuonna 2010 Sotungin etälukiassa Vantaalla (“Sotunki”, n.d.). Miljoonat ihmiset ja organisaatiot ympäri maailmaa käyttävät virtuaalimaailmaa (“Second Life” 2021).

Salmon (2009, ss. 527) kertoo artikkelissaan, että tutkijat ovat todenneet Second Lifen tuottavan huomattavaa lisäarvoa oppimiselle. Virtuaalimaailmassa on esimerkiksi opetet-

tu lakioppia, sairaanhoitoa sekä kemiaa. Kaikista laajimmin virtuaalimaailmoihin levinnyt oppiaine on kielioppi. Muiden opetuskäyttöön erikoistuneiden metaversumien lisääntyessä konsepti virtuaalimaailmassa oppimisesta siirtyy Second Lifestä pois uudemmille alustoille.

2.3 VoRtex

VoRtex on virtuaalimaailmaprototyyppi, joka on ensisijaisesti suunniteltu tukemaan yhteistyöhön perustuvaa oppimista virtuaaliympäristössä. VoRtex suunniteltiin tukemaan koulutusstandardeja ja lähdekoodi on kehitetty avoimeksi käyttämällä modernia teknologiapinoa sekä metaversumikonsepteja (Jovanović ja Milosavljević 2022). VoRtexissa hyödynnetään virtuaaliagenteja, kuten chattibottia ja virtuaaliavustajia, joita tukee tekoäly. Virtuaaliagentit tunnistavat sisällön ja ymmärtävät, mitä se tarkoittaa. Jovanović ja Milosavljević (2022) kertovat tutkimuksessaan Virtuaaliagenttien voivan lisätä tuottavuutta ja automatisoimaan prosesseja erityisesti aloilla, jotka perustuvat viestintään. Virtuaaliagentit osaavat myös käsitellä ja vastata oppilaiden kysymyksiin.

Jovanović ja Milosavljević (2022) sanovat VoRtexissa olevan käytössä niisanotut mikro-oppitunnit (MicroLesson). Nämä oppitunnit toimivat siten, että opettaja laatii ja luo istunnon, johon oppilaat liittyvät. Ero esimerkiksi webinaariin tai videoluento on se, että mikro-oppitunnit ovat virtuaalimaailman sisällä pidettäviä reaaliaikaisia oppitunteja, joita tukevat esityspaneelit, videosisältö ja reaaliaikainen viestintä. Virtuaalimaailmassa pidettävillä mikro-oppitunneilla oppilaat voivat vapaasti kokeilla, harjoitella, kerätä dataa ja olla vuorovaikutuksissa 3D-mallinnettujen esineiden kanssa turvallisessa ympäristössä ilman loukkaantumisen riskiä. Jovanović ja Milosavljević (2022) laativat mikro-oppituntien käytännön esimerkkejä:

- Interaktiivisten 3D-simulaatioiden rakentaminen (johdatus pelikehitykseen)
- Pankin resurssien hallinta ja kriittinen ajattelu (johdanto rahoitukseen ja päätöksentekoon)
- Reaalimaailman fysiikka (oppitunti fysiikan laeista)
- Tieteellinen menetelmä (kemia ja biologia)
- Kasviston ja eläimistön tutkimus (kasvillisuus ja eläimet)

- Maan tutkimus ja aikamatkailu (maantiede ja historia)

3 Opiskelu metaversumeissa

Tässä luvussa käydään tarkemmin läpi esimerkkejä ja tutkimuksia siitä, miten metaversumeita käytetään opetuksesta. Osa tutkimuksissa käytetyistä tavoista on jo otettu käyttöön virallisessa opetuksessa, mutta osa toimii vain perustana jatkotutkimukselle. Esimerkkejä löytyi peruskoulutuksesta, lääketieteestä sekä muilta erikoisaloilta, kuten lentokoneiden huollon ja ydinenergiatuotannon puolelta.

3.1 Peruskoulu

Metaversumien virallisesta käytöstä peruskouluopetuksessa ei löytynyt kirjallista todistetta, mutta konseptia kehitetään ja suunnitellaan jatkuvasti. Lopes ja Gonçalves 2021 kertovat tutkimuksessaan lisätyn todellisuuden olevan käytössä jo useamman vuoden ajan. Heidän tutkimus tähtäsi vastaamaan kysymykseen, voisiko lisätty todellisuus avustaa alakoulu-ikäisiä oppimisessa. Tutkimus tehtiin käyttämällä Metaverse Studio sovellusta (“Metaverse Studio” 2021). Metaverse Studio on lohko-ohjelmointikäyttöliittymä, joka tarkoittaa että koodia ei kirjoiteta itse, vaan valmiita valikosta löytyviä elementtejä yhdistellään yhdeksi kokonaisuudeksi. Tätä kutsutaan myös visuaaliseksi ohjelmoinniksi. Metaverse Studio valittiin tutkimukseen muiden samanlaisisten käyttöliittymien sijasta, koska se oli ilmainen, sovelluksessa sallittiin sijainnin jako sekä siinä oli kattavin käyttäjien vuorovaikutuskokemus muihin käyttöliittymiin verrattuna. Tutkimukseen valittiin kuusi alan asiantuntijaa, jotka arvioivat, voiko lisättyä todellisuutta käyttää alakoulu-ikäisten opetuksessa. Vaikka tutkimukseen osallistuvien ihmisten määrä oli erittäin pieni, olivat asiantuntijat silti suurimmilta osin yksimielisiä. Tulokset osoittivat, että lisätty todellisuus parantaa oppilaiden kognitiivista kapasiteettia, jonka avulla aivot säilyttävät tietoa paremmin. Tutkimuksen mukaan myös oppilaat näyttivät kehitystä luovassa ja itsenäisessä oppimisessa. Tämä tutkimus toimii perustana jatkotutkimukselle ja tulevalle työlle samasta aiheesta erityisesti peruskoulun puolella.

3.2 Lääketiede

Lääketieteessä ollaan hyödynnetty niin muunneltua todellisuutta, kuin myös virtuaalista todellisuutta jo useamman vuoden ajan. Esimerkiksi hammashoidossa hyödynnetään CDS-100 -nimistä järjestelmää ("EPED inc." 2022). CDS-100 -järjestelmä yhdistää simulaation, arvionnin ja virtuaalisen todellisuuden saavuttaen parhaimman tietokoneharjoitusjärjestelmän hammastieteen opiskelijoille, jotka tarvitsevat itsekoulutusta (Huang ym. 2018). Huang ym. 2018 listaavat tutkimuksessaan muutamia etuja CDS-100:n oppimiskäytössä:

- Optinen paikannusjärjestelmä tarjoaa 3D-reaaliaikaisen tarkan palautteen optimaalisesta hampaiden kulmasta, syvyydestä ja runsaista ohjelmistotunneista, joka tarjoaa opiskelijoille helppoa itseopiskelua ja harjoittelua digitaalisen oppaan ja simulaatioiden avulla.
- Kurssit ja oppitunnit voidaan räätälöidä ja suunnitella sekä päivittää tiettyjä projekteja varten.
- Runsaat lisävarusteet, kuten hammasmalli, hampaat, poranterät, nukun tuoli, varjoton lamppu ja asennon arviointijärjestelmä.
- Lääkäreille voidaan myös tarjota täydellinen koulutus ja kokemus implantologiasta ja kliinisestä hoidosta implanttien reaaliaikaisen kuvantamisjärjestelmän (IRIS) avulla.
- Tietokoneistetun tavoitteellisen arviointijärjestelmän avulla opettajat voivat määrittää ja korostaa pistemäärän prosenttiosuutta helposti.
- Lähetys- ja toisto-ominaisuudet tarjoavat tehokkaan ratkaisun opettajien ja opiskelijoiden välisen epätasapainosuhteen ratkaisemiseen sekä opetustyökalun korkeakoulujen arviointiin ja parantamiseen.
- Digitaalisten hammassimulaattorien ja kliinisen ympäristön ansiosta opiskelijoiden on helppo harjoitella itsekseen, jolloin he voivat saada ratkaisevan kliinisen kokemuksen ja tarkkuuden.

Toinen esimerkki on Huilyung (2021) esittelemä koulutuskurssi, joka pidettiin Koreassa. Kurssilla koulutettiin rintakehäkirurgeja näyttämällä heille virtuaalimaailmassa nauhoituksia keuhkosityöpään liittyvistä kirurgisista toimenpiteistä. Aikaisemmin koulutuksen tarpeessa olevat rintakehäkirurgit matkustivat seuraamaan toimenpiteitä paikan päälle, mutta koronavirus tauti (COVID-19) esti tämän mahdollisuuden. Etäopiskelun mahdollistamisen avul-

la kurssille kuitenkin osallistui yli 200 kirurgia eri puolilta maailmaa. Leikkaus lähetettiin virtuaalimaailmaan koulutettaville Soulin kansallisen yliopiston (SNU) Bundangin sairaalan älykkästä leikkaussalista. Leikkaussalissa on virtuaalitodellisuuskamera, joka kuvaa 360° kaikkiin suuntiin, sekä korkea resoluutioinen kamera ja fluoresoiva kuvantamislaitte, joka voi visualisoida imusolmukkeet kehon tarkassa paikassa. Koulutettavien kirurgien mukaan lähe-tyksen seuraaminen virtuaalimaailmassa vaikutti siltä, että he olisivat seuranneet toimenpi-dettä paikan päällä.

3.3 Erikoisalut

Hammaslääketieteen esimerkki metaversumien käytöstä oli vain yksi esimerkki lääketieteen puolelta, mutta muihin erikoisalojen opetukseen ollaan myös suunniteltu mahdollista virtu-aalimaailmojen soveltamisia. Lee, Woo ja Yu (2022) tekivät tutkimuksen, jossa he kehittivät lentokoneiden huoltosimulaation ajamaan lentokonehuollon opetusta eteenpäin, mutta sitä ei vielä käytetä virallisessa opetuksessa. Tutkimuksessa todettiin, kuinka simulaatioiden tuoma toistamisen mahdollisuus varmisti vaikeatkin tehtävät nopeasti opituiksi. Simulaatioista on hyötyä myös, koska kalliita ja riskialttiita tapahtumia voidaan simuloida turvallisesti ja tä-ten säästää mahdollisissa kustannuksissa. Lee, Woo ja Yu myös toteavat yhteenvedossaan näin: ”Jos ehdotettua järjestelmää sovelletaan koulutukseen, tasapainoinen oppiminen on mahdollista konvergenssikasvatusmenetelmällä, joka mahdollistaa teoreettiset selitykset ja konkreettiset käytännöt.” (Lee, Woo ja Yu 2022, suomennos minun).

Nagaokan teknillisessä yliopistossa Japanissa tehtiin toisenlainen tutkimus ydinvoimaloihin liittyen, jossa tahdottiin ratkaista, voiko ydinenergiaturvallisuutta opettaa virtuaalisesti. (Ka-nematsu ym. 2012) Tutkimukseen valittiin kolme oppilasta, ja tutkimus pidettiin luvussa 2.2 mainitussa Second Life metaversumissa. Metaversumiin rakennettiin virtuaalinen luok-kahuone Nagaokan teknillisen yliopiston omistamalle virtuaaliselle saarelle. Opettaja piti tutkimukseen osallistuville opiskelijoille lyhyen luennon ja ehdotti ongelman, jonka oppi-laiden oli tarkoitus ratkaista. Metaversumin sisällä oppilailla oli käytössä chatti, ja kom-munikointia hyödyntäen he kykenivät ratkaisemaan ongelman mallikkaasti. Lopputuloksena tämän ongelmalähtöisen oppimistehtävän avulla huomattiin, kuinka ydintekniikan ja insi-nööri-koulutuksen varsinaisessa verkko-oppimisessä voidaan käyttää metaversumeita, sekä

ongelmalähtöistä oppimista.

4 Pohdinta

Metaversumit mahdollistavat etäopetuksen uudella tavalla. Aikaisemmin luvussa 3.2 mainitut esimerkit hammaskirurgian toistettavuudesta ja uudelleenkäytöstä, sekä luvussa 3.3 tapaturma-alttiiden ammattien, kuten lentokoneiden sekä ydinvoimaloiden simuloiminen turvallisemmassa ympäristössä metaversumin sisällä vähentävät resurssien käyttöä opetuksessa. Lisäksi metaversumien online-yhteys mahdollistaa opetuksen saavuttamisen maailmanlaajuisesti, jolloin opetusta tarvitsevilla on helppo pääsy osallistua heille tärkeään opetukseen säästäen aikaa ja omia resurssejaan matkustamisessa.

Vaikka hyödyt metaversumeista kuulostavatkin varteenotettavilta syiltä laittaa uudenlainen opetusmenetelmä käyttöön, mahdollisuuksien varjosta löytyy myös haittoja, kuten psykologisia puutteita ja ongelmia. Kye ym. (2021) kertovat artikkelissaan metaversumien väärentävän käyttäjien identiteettiä. Virtuaalimaailmassa käyttäjillä on mahdollisuus esiintyä, kuten haluavat, sen sijaan, että he esiintyisivät omana itsenään. Virtuaalimaailmat voivat myös kasvattaa identiteettikriisiä, ja sosiaalinen yhteys virtuaalisesti on heikompi kuin kasvotusten. Anonyymisyyden mahdollisuus metaversumeissa mahdollistaa myös internetkiusaamista (Sabella 2009).

Psykologisten huolien lisäksi on syytä ottaa myös internetin muut tyypilliset vaarat huomioon. Sebastian (2022) Teki tutkimuksen metaversumeista, jossa suurimpana riskin huolelona todettiin olevan tietosuojaja kyberturvallisuus. Tutkimukseen osallistui 124 18-40 -ikäistä miestä ja naista eri opetusasteilta. 90 tutkimukseen osallistunutta sanoivat suurimmaksi huolekseen olevan tietosuojaja, ja 69 totesivat muiden kyberturvallisuus riskien huolettavan eniten. On siis huomioitavaa, että metaversumien kohdalla toimitaan internetissä ja yleisimmät internetissä tapahtuvat riskit ovat läsnä myös metaversumien kohdalla.

5 Yhteenveto

Tulevaisuus metaversumien liittamisestä opetuskäyttöön näyttää realistiselta, mutta monelle koulutusosalalle vaaditaan vielä useamman vuoden tarkka suunnitteluvaihe sekä optimointi, jotta saadaan aikaiseksi toimiva ja turvallinen ympäristö opetukselle. Virtuaalimaailmoissa työskentely ja opiskelu on jo otettu käyttöön sadoissa eri oppilaitoksissa esimerkiksi luvussa 2.2 mainitun Second Lifen avulla, ja lähivuosina aiheen voimakas nousu antaa kuvan siitä, että metaversumit tulevat kehittymään suurta tahtia eteenpäin. Myös Meta (aikaisemmin tunnettu nimellä ”Facebook”) on vaihtanut yritystoimintansa pelkän sosiaalisen verkon kehittämisestä metaversumin kehittämiseen. Entisen Facebookin toimitusjohtaja Mark Zuckerbergkin uskoo, että metaversumit ovat internetin tulevaisuus.

Lähteet

Deterding, Sebastian, Dan Dixon, Rilla Khaled ja Lennart Nacke. 2011. "From Game Design Elements to Gamefulness: Defining "Gamification"". Teoksessa *Proceedings of the 15th International Academic MindTrek Conference: Envisioning Future Media Environments*, 9–15. MindTrek '11. Tampere, Finland: Association for Computing Machinery. ISBN: 9781450308168. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>. <https://doi.org/10.1145/2181037.2181040>.

"EPED inc." 2022. Viitattu 2. huhtikuuta 2022. <https://www.omnia-health.com/product/simex-cds-100>.

Hasan, Hasan Fahmi, Muesser Nat ja Vanye Zira Vanduhe. 2019. "Gamified Collaborative Environment in Moodle". *IEEE Access* 7:89833–89844. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2019.2926622>.

Huang, Ta-Ko, Chi-Hsun Yang, Yu-Hsin Hsieh, Jen-Chyan Wang ja Chun-Cheng Hung. 2018. "Augmented reality (AR) and virtual reality (VR) applied in dentistry". *The Kaohsiung Journal of Medical Sciences* 34 (4): 243–248. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.kjms.2018.01.009>. eprint: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1016/j.kjms.2018.01.009>. <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1016/j.kjms.2018.01.009>.

Huilyung, Koo. 2021. "Training in lung cancer surgery through the metaverse, including extended reality, in the smart operating room of Seoul National University Bundang Hospital, Korea". *J Educ Eval Health Prof* 18 (0): 33–. <https://doi.org/10.3352/jeehp.2021.18.33>. eprint: <http://www.jeehp.org/journal/view.php?number=425>. <http://www.jeehp.org/journal/view.php?number=425>.

Jovanović, Aleksandar, ja Aleksandar Milosavljević. 2022. "VoRtex Metaverse Platform for Gamified Collaborative Learning". *Electronics* 11 (3): 317.

Kanematsu, Hideyuki, Toshiro Kobayashi, Nobuyuki Ogawa, Yoshimi Fukumura, Dana M. Barry ja Hiroto Nagai. 2012. “Nuclear Energy Safety Project in Metaverse”. Teoksessa *Intelligent Interactive Multimedia: Systems and Services*, toimittanut Toyohide Watanabe, Junzo Watada, Naohisa Takahashi, Robert J. Howlett ja Lakhmi C. Jain, 411–418. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. ISBN: 978-3-642-29934-6.

Kirriemuir, John. n.d. “A July 2007 “snapshot” of UK Higher and Further Education Developments in Second Life”.

Kye, Bokyoung, Nara Han, Eunji Kim, Yeonjeong Park ja Soyoung Jo. 2021. “Educational applications of metaverse: possibilities and limitations”. *Journal of Educational Evaluation for Health Professions* 18.

Lee, Hyeonju, Donghyun Woo ja Sunjin Yu. 2022. “Virtual Reality Metaverse System Supplementing Remote Education Methods: Based on Aircraft Maintenance Simulation”. *Applied Sciences* 12 (5). ISSN: 2076-3417. <https://doi.org/10.3390/app12052667>. <https://www.mdpi.com/2076-3417/12/5/2667>.

Lopes, Luciene Ortet, ja Vitor Gonçalves. 2021. “Evaluation of the Augmented Reality Educational Application for the 2nd cycle of primary school”. Teoksessa *2021 16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI)*, 1–6. <https://doi.org/10.23919/CISTI52073.2021.9476454>.

“Metaverse Studio”. 2021. Viitattu 2. huhtikuuta 2022. <https://studio.gometa.io/landing>.

“Moodle”. 2021. Viitattu 8. maaliskuuta 2022. https://docs.moodle.org/310/en/About_Moodle.

Reis, Rosa, Paula Escudeiro ja Nuno Escudeiro. 2010. “Comparing social virtual worlds for educational purposes”. Teoksessa *2010 10th IEEE International Conference on Advanced Learning Technologies*, 186–190. IEEE.

Sabella, Russell A. 2009. "Cyberbullying: Who, What, Where, Why, and What Now?" [Kielellä English]. Copyright - Copyright Love Publishing Company Apr 2009; Document feature - ; Tables; Last updated - 2023-11-22, *Counseling and Human Development* 41, numero 8 (huhtikuu): 1–14, 16. <https://www.proquest.com/scholarly-journals/cyberbullying-who-what-where-why-now/docview/504821045/se-2>.

Salmon, Gilly. 2009. "The future for (second) life and learning". *British Journal of Educational Technology* 40 (3): 526–538.

Sebastian, Glorin. 2022. "A study on Metaverse Awareness, Cyber Risks, and steps for increased adoption". *International Journal of Security and Privacy in Pervasive Computing (IJSPPC)* 14 (1): 1–11.

"Second Life". 2021. Viitattu 9. maaliskuuta 2022. <https://www.connect.secondlife.com/case-studies>.

"Sotunki". n.d. Viitattu 6. huhtikuuta 2022. <http://sotunginluuta.fi/lukion-uudet-tyotavat/secondlife/>.

Tidy, Joe. 2021. "Zuckerberg's metaverse: Lessons from Second Life".