

Opinnäytetyö (AMK)

Tieto- ja viestintäteknikka

2021

Janne Vaittinen

PILVIPELAAMISEN MAHDOLLISUUDET

– internetoperaattorin ja kuluttajan näkökulma

Janne Vaittinen

PILVIPELAAMISEN MAHDOLLISUUDET

- internetoperaattorin ja kuluttajan näkökulma

Pilvipelaamisen liikevaihdon uskotaan kasvavan yli 3 miljardiin dollariin vuoteen 2025 mennessä. Erityisesti mobiilipelaamisen suosion lisääntyminen, internetyhteyksien kehittyminen ja nopea peliteknologioiden digitalisaatio ovat edistäneet pilvipelaamisen suosiota.

Pilvipelaamisessa pelaaja saa pilven kautta käyttöönsä tehokkaan pelikoneen ja pelejä. Pelaajan ei tarvitse investoida kalliiseen pelikoneeseen ja huolehtia sen päivittämisestä, vaan pelaaminen onnistuu tavallisella tietokoneella ja monilla mobiililaitteilla. Pelejä ei tarvitse ladata, jolloin pelin aloittaminen onnistuu nopeasti. Keskeisimpänä pelikokemukseen vaikuttavana tekijänä on internetyhteyden laatu ja lyhyt latenssiaika. Pilvipelaamisen erilaisissa palvelumalleissa internetoperaattoreilla on keskeinen rooli. Pilvipelaaminen tuo internetpalvelun tarjoajalle paitsi uusia mahdollisuuksia myös haasteita laadukkaana pilvipelikokemuksen mahdollistamiseksi.

Tässä opinnäytetyössä selvitettiin pilvipelaamisen keskeisiä vaatimuksia ja laatutekijöitä sekä internetoperaattorin roolia pilvipelaamisen palvelumalleissa. Opinnäytetyössä vertailtiin kahta markkinajohtajan asemassa olevaa pilvipelipalvelua ja selvitettiin, onko palveluissa kuluttajan näkökulmasta merkittäviä eroavaisuuksia. Pelikokemuksen laatua ja käytettävyyttä arviointiin testaamalla Google Stadia Pro ja GeForce Now -vakiokäyttöoikeudella.

Tässä opinnäytetyössä tehdyssä vertailussa ei havaittu merkittäviä internetyhteyden tai laitteistoon kohdistuvia vaatimuseroja testattavien pilvipelipalveluiden välillä. Graafiset erot liittyvät pääasiassa 4K- ja HDR-kuvanlaatuun, joita tuki ainoastaan Google Stadia. Ensimmäisen persoonan taistelupelit on todettu aikaisemmissa arvioinneissa ja vertailuissa haastavampina pilvipelityyppinä. Tämä havaittiin myös tässä opinnäytetyössä tehdyssä käytettävyydestestauksessa. Kolmannen persoonan graafinen seikkailupeli toimi pilvipelina hyvin Wi-Fi-yhteydellä. Sen sijaan ensimmäisen persoonan taistelupeleissä pelin reagoinnissa pelaajan syötteeseen oli havaittavissa huomattava viive, joka heikensi pelikokemuksen laatua. Ethernet-yhteydellä testattaessa pelikokemuksen laatu oli riittävän hyvä jopa vaativissa taistelupeleissä ja tyydyttää varmasti useimpien pelaajien vaatimukset. Hyvällä pelikoneella tapahtuvan pelaamisen laatuun pilvipelipalvelut eivät vaativissa kolmannen persoonan taistelupeleissä kuitenkaan vielä yllä.

ASIASANAT:

Pilvipelaaminen, pilvipalvelut, pilvipohjaiset suoratoistopalvelut, internetoperaattori

Janne Vaittinen

CLOUD GAMING OPPORTUNITIES

- the perspective of the internet operator and the consumer

Cloud gaming revenue is expected to grow to over \$3 billion by 2025. Especially the increased popularity of mobile gaming, the development of internet connections and the rapid digitalisation of gaming technologies have contributed to the popularity of cloud gaming.

In cloud gaming, the player has access to a powerful pc and games. The player doesn't have to invest in an expensive gaming rig and take care to upgrade it, you can just use regular computer and many mobile devices. You don't have to download games to start the game quickly. The main factor influencing the gaming experience is the quality of the internet connection and the short latency time. In the various service models of cloud gaming, internet operators play a key role. Cloud gaming brings not only new opportunities to the internet service provider, but also challenges to maintain a high-quality cloud gaming experience.

This thesis examined the key requirements and quality factors of cloud gaming and the role of the internet operator in cloud gaming service designs. The thesis compared two cloud gaming services in the position of market leader and examined whether there are significant differences from the consumer's point of view. The quality and usability of the gaming experience was tested with Google Stadia Pro and GeForce Now by using standard license.

The comparison in this thesis did not show any significant differences in requirements for internet connection or hardware between the cloud gaming platforms being tested. Graphical differences are mainly related to 4K and HDR image quality, supported only by Google Stadia. First-person battle games have been identified in previous assessments and comparisons as more challenging cloud game types. This was also observed in the usability testing performed in this thesis. The third-person graphic Adventure game worked well as a cloud game with Wi-Fi. Instead, in first-person combat games, there was a noticeable delay in the game's response to the player's feed, which undermined the quality of the gaming experience. When testing with Ethernet, the quality of the Gaming experience was good enough even in demanding fighting games and will certainly satisfy the demands of most players. However, cloud gaming services do not yet reach the quality level of playing on a good slot in demanding third-person battle games.

KEYWORDS:

cloud gaming, cloud computing, cloud streaming services, internet operator

SISÄLTÖ

1 JOHDANTO	1
2 PILVIPELAAMISEN PERUSTEET	2
2.1 Määritelmä	2
2.2 Pilvipelimallien vertailu	2
2.3 Pilvipalvelujen arkkitehtuuri	3
2.4 Pilvipelaamisen historia	5
2.5 Pilvipelaamisen nykytila	6
2.6 Pilvipelaamisen tulevaisuus	7
3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS	9
4 PILVIPELAAMISEN MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET	10
4.1 Pilvipelaaminen palveluntuottajan näkökulmasta	10
4.1.1 Pilvipelaaminen liiketoimintana	10
4.1.2 Palveluntuottajan haasteet	11
4.2 Pilvipelaaminen kuluttajan näkökulmasta	12
4.2.1 Verkon vaatimukset ja laitetuki	13
4.2.2 Grafiikka ja suorituskyky	14
4.2.3 Hinta ja pelikirjasto	15
4.2.4 Tuotteiden vertailun yhteenveto	16
4.2.5 Käytettävyys ja pelikokemus	16
5 POHDINTA	21
LÄHTEET	23

KUVAT

Kuva 1. Tehtävien jakautuminen tilaajan ja palveluntarjoajan välillä eri pilvipalvelumalleissa.

Kuva 2. Latenssiajan muodostuminen pilvipelaamisessa.

Kuva 3. GeForce Now'n automaattisesti valitsemalla serverillä saavutettu suorituskyky Wi-Fi-yhteydellä.

Kuva 4. Google Stadian Destiny 2 -pelin 4K-grafiikka.

Kuva 5. GeForce Now'n suoratoiston laadun säätömahdollisuudet.

Kuva 6. GeForce Now'n suoratoiston laadun mukautetut asetukset.

TAULUKOT

Taulukko 1. Suositeltavat internetyhteyden nopeudet eri kuvanlaaduilla.

1 JOHDANTO

Pilvipelaaminen on maailmanlaajuisesti 0,98 miljardin dollarin bisnes, ja sen liikevaihdon uskotaan kasvavan yli 3 miljardiin vuoteen 2025 mennessä (IPS 2021). Arvioiden mukaan keskeisimmät liikevaihtoa lisäävät tekijät ovat mobiilipelaamisen suosion lisääntyminen, internetyhteyksien kehittyminen ja nopea peliteknologioiden digitalisaatio. COVID-19 -pandemia on aiheuttanut ennakoimattomia vaikutuksia maailmantalouteen. Pilvipelaamisen osalta pandemian uskotaan vaikuttavan positiivisesti markkinoiden kehittymiseen, sillä liikkumisrajoitukset ovat lisänneet kiinnostusta verkkopelialustoja kohtaan. (IMARC.)

Pilvipelaamisessa pelaaja saa pilven kautta käyttöönsä tehokkaan pelikoneen ja vaihtelevan kokoisen valikoiman pelejä. Pilvipelaamisen etuna on, että pelaajan ei tarvitse investoida kalliiseen pelikoneeseen ja huolehtia sen päivittämisestä, vaan pelaaminen onnistuu tavallisella tietokoneella ja monilla mobiililaitteilla. Keskeisimpänä pelikokemukseen vaikuttavana tekijänä on internetyhteyden laatu. Pilvipelaamisen erilaisissa palvelumalleissa internetoperaattoreilla on keskeinen rooli. Pilvipelaaminen tuo internetpalvelun tarjoajalle paitsi uusia mahdollisuuksia myös haasteita laadukkaan pilvipelikokemuksen mahdollistamiseksi.

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää kirjallisuuden avulla pilvipelaamisen keskeisiä vaatimuksia ja laatutekijöitä sekä internetoperaattorin roolia pilvipelaamisen palvelumalleissa. Opinnäytetyössä vertaillaan kahta markkinajohtajan asemassa olevaa pilvipelipalvelua ja selvitetään, onko palveluissa kuluttajan näkökulmasta merkittäviä eroavaisuuksia. Opinnäytetyön tavoitteena on taustoittaa pilvipelaamisen kokonaisuutta, ja sitä voidaan hyödyntää internetoperaattorin palveluvalikoiman kasvattamiseen ja tuoteistamiseen liittyvässä työssä.

2 PILVIPELAAMISEN PERUSTEET

2.1 Määritelmä

Pilvipelaamisen suosio on kovassa kasvussa. Pilvipelipalvelussa on paljon etuja normaaliin pelaamiseen verrattuna. Pilvipelaamisessa pelit striimataan pilvialustalta asiakkaan koneelle. Pilvipelaaminen ei vaadi asiakkaalta erityisiä laitevaatimuksia tai niiden jatkuvaa päivittämistä ja sitä voi pelata millä tahansa laitteella tai käyttöjärjestelmällä. Pilvipelaamisessa tavoitellaan mahdollisimman pientä vasteaikaa ja kaistan kuormitusta, mikä on yksi pilvipelaamisen suurimmista haasteista. (Sabet ym. 2020.)

Pilvipelaaminen voidaan jakaa neljään malliin: Videopohjainen, esittelypohjainen, tiedostopohjainen ja komponenttipohjainen pilvipelaaminen. Videopohjaisessa pilvipelaamisessa perusideana on saada siirrettyä kaikki peliin liittyvä pilveen, kuten pelimoottori, tekoälyn prosessointi ja renderöintimoduulit. Käyttäjän laitteen syöte ja videokuva välitetään pilvipelipalvelimen ja pelaajien välillä. Esittelypohjaisessa pilvipelaamisessa sovelluksia ylläpidetään etäpalvelimessa, joka simuloi virtuaalisen laiteohjaimen avulla syötteitä käyttäjien laitteilta. Virtuaalinen näytönohjain vastaanottaa ja kuljettaa näytönpäivityskomentoja verkon välityksellä käyttäjän laitteen kautta näytölle. Tiedostopohjaisessa pilvipelaamisessa käyttäjän koneelle latautuu vain pieni osa pelistä. Kun peli etenee, lisää pelin fragmentteja latautuu käyttäjälle. Latausvaihe on näin ollen lyhyt ja pelin pelaamisen voi aloittaa nopeasti. Komponenttipohjaisessa pilvipelaamisessa peliohjelmat muodostuvat modularisoiduista komponenteista, jotka voidaan välittää pilvipalvelimesta käyttäjän laitteelle dynaamisena ketjuna pelin aikana. (Cai; Chi & Leung 2016.)

2.2 Pilvipelimallien vertailu

Pilvipelimalleilla on erilaisia etuja ja heikkouksia eri peligenreissä. Tästä syystä pelintekijät ja palveluntuottajat joutuvat arvioimaan, mikä pilvipelimalli soveltuu parhaiten heidän tarpeisiinsa. Videopohjaisen pilvipelimallin yksinkertaisuus houkuttelee perinteisiä peliyhtiöitä. Hyvin suunnittelut videostriimauspalvelimet ja laadukkaat virtuaalikoneet pilvessä mahdollistavat kaikkien olemassa olevien pelien muuttamisen pilvipeleiksi. Koska

virtuaalikoneet ovat yhteydessä toisiinsa internetyhteyden kautta, moninpeli on tehokkaampaa. Heikkoutena on, että videopohjainen pilvipelaaminen vaatii korkeatasoisen internetyhteyden. (Cai; Chi & Leung 2016.)

Esittelypohjaisen pilvipelaamisen heikkoutena on, että sitä rajoittaa paikallisen renderöintikapasiteetti ja käskysarjan tehokkuus. Sen vuoksi esittelypohjainen pilvipelaaminen sopii peligenreille, jotka keskittyvät erityisesti strategian hallintaan hienon grafiikan ja reaaliaikaisen toiminnan sijaan. Suurin osa selainpohjaisista peleistä kuuluu tähän kategoriaan. (Cai; Chi & Leung 2016.) Selainpohjaisia pelejä pelataan suoraan nettiselaimella ja sen vuoksi pelin lataaminen ei vie aikaa. Monipelit ovat suosittuja selainpohjaisissa peleissä ja vastustajina on usein todelliset käyttäjät tietokoneohjatun vastustajan sijaan. (Vanhatupa 2010.)

Tiedostopohjaiset pilvipelimalit toimivat erityisesti peleissä, joihin on ennalta määritelty tarinan kulku. Tarinan vaiheet latautuvat käyttäjän koneelle vaiheittain. Tällöin peli ei vaadi käyttäjän koneelta erityisen suurta kapasiteettia, sillä vain pieni osa pelistä latautuu kerrallaan. Komponenttipohjainen pilvipelaaminen on kehitetty malleista viimeisimpänä ja sen tavoitteena on ollut ratkaista muiden mallien haasteita. Dynaamiset osiot mahdollistavat mobiililaitteille laajemman valikoiman erilaisia toimintoja vaativia pelityyppejä. Älykkään komponenttimigraation avulla alusta voi mukautuen tasata työkuormat pilven ja terminaalien välillä. Optimoitu pelijärjestelmä mahdollistaa laadukkaan pelikokemuksen. Sopeutuminen ympäristöön, verkon laatu ja terminaalien kapasiteetti tekevät komponenttipohjaisesta pilvipelaamisesta hyvän ratkaisun useille laitteistoille aina tehokkaista pöytäkoneista mobiililaitteisiin, joissa on monenlaisia rajoitteita. (Cai; Chi & Leung 2016.)

2.3 Pilvipalvelujen arkkitehtuuri

Pilvipalvelumalleja on kolme: Software as a Service (SaaS), Platform as a Service (PaaS) ja Infrastructure as a Service (IaaS). Mallien erona on se, miten tehtävät jakautuvat palveluntarjoajan ja kuluttajan välillä (kuva 1). Käyttäjän vastuulla olevat tehtävät on kuvattu mustilla laatikoilla ja palveluntarjoajan tehtävät sinisillä laatikoilla. Käyttäjän vastuulla olevien tehtävien määrä siis vähenee, kun malleja tarkastellaan vasemmalta oikealle.

laas	Paas	SaaS
Sovellukset	Sovellukset	Sovellukset
Informaatio	Informaatio	Informaatio
Rajapinta	Rajapinta	Rajapinta
Väliohjelmisto	Väliohjelmisto	Väliohjelmisto
Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä	Käyttöjärjestelmä
Virtualisointi	Virtualisointi	Virtualisointi
Palvelimet	Palvelimet	Palvelimet
Muisti	Muisti	Muisti
Verkkoyhteydet	Verkkoyhteydet	Verkkoyhteydet

Kuva 1. Tehtävien jakautuminen tilaajan ja palveluntarjoajan välillä eri pilvipalvelumalleissa (mukaillen INAP 2020).

IaaS-mallissa palvelun tilaajalla on mahdollisuus luoda palveluita, tallennustilaa, tietoverkkoja ja asentaa muita käytännön ohjelmistoja, kuten käyttöjärjestelmiä tai sovelluksia. Tilaaja ei hallitse tai kontrolloi kyseistä pilvi-infrastruktuuria, mutta pystyy hallitsemaan käyttöjärjestelmiä, tallennustilaa, siirrettyjä aplikaatioita ja rajatusti tietoverkkoihin liittyviä komponentteja, kuten palomuuria. Kehittäjä suunnittelee ja koodaa aplikaation kokonaisuudessaan ja pääkäyttäjää asentaa, hallinnoi ja vastaa kolmannen osapuolen ratkaisusta, mutta fyysistä infrastruktuuria ei ole hallittavana. IaaS-mallin avulla virtuaalinen infrastruktuuri on valmis käynnistymään minuuteissa sovellukseen ohjelmoidun käyttöliittymän tai verkkopohjaisen hallintakonsolin avulla. (Beniof 2014.) Yritykset hyödyntävät IaaS-palvelumallia esimerkiksi tilanteissa, joissa tarvitaan kehittämisprojektin tai muun tilapäisen syyn vuoksi tarvitaan lisäresursseja (Hurwitz ym. 2021).

PaaS-mallissa palveluntarjoaja tuottaa ohjelmistokielen, kirjastot, palvelut ja työkalut, joita tilaaja käyttää joko itse luomissaan tai hankkimissaan sovelluksissa. Käyttäjä ei hallinnoi pilvi-infrastruktuuria, tietoverkkoa, servereitä, käyttöjärjestelmiä tai tallennustilaa. Käyttäjällä sen sijaan on kontrolli tuotuihin sovelluksiin ja mahdollisesti myös hallitsemiensa sovellusten konfigurointiasetuksiin. PaaS-palvelut ovat täysin internetpohjaisia. PaaS-palvelun toimittajat pystyvät säännöstelemään tehon, jota palvelun tilaaja voi käyttää, varmistaakseen, että se skaalautuu tasaisesti kaikille. (Beniof 2014.) PaaS-mallin

heikkoutena on, että datan suojaus ja verkon kaistanleveys eivät ole suoraan tilaajayrityksen hallinnassa ja valvonnassa (INAP 2020). Uudessa avoimessa PaaS-ympäristössä tilaajalla on enemmän toteutusvaihtoehtoja. Etenkin yrityskäytössä tästä on hyötyä, sillä monet yritykset haluavat pitää osan tai kaikki sovellukset yksityisessä pilvessä. Hybridipilvimallissa kriittiset komponentit pidetään julkisessa pilvessä ja yrityksen oma data yksityisessä pilvessä. Tämä on käytössä etenkin suurissa yrityksissä. (Beniof 2014.)

SaaS-malli on valmis aplikaatio joka toimitetaan tilaajalle palveluna. Tilaaja konfiguroi ainoastaan sovelluskohtaisia parametrejä ja hallitsee käyttäjiä. Palvelun tuottaja hallitsee koko infrastruktuuria, sovellus logiikkaa, toimituksia ja kaikkea yleisesti tilauksiin liittyvää. Kaikkein yleisimpiä SaaS sovelluksia ovat asiakkuudenhallinta, toiminnanohjausjärjestelmä, palkanlaskenta ja kirjanpito. Yritykset maksavat vain tilausmaksun, jonka jälkeen palvelu on käytössä selain, asiakas tai verkkosähköposti pohjaisena ratkaisuna. (Beniof 2014.) Monille yrityksille on sekä organisatorisesti että taloudellisesti kannattavaa antaa sovellus kolmannen osapuolen hallittavaksi. Mahdollisuus skaalata SaaS-palvelua liiketoiminnan kehittyessä ylös- tai alaspäin, tuo palveluun joustavuutta. (Hurwitz ym. 2021.)

2.4 Pilvipelaamisen historia

2000-luvun loppupuolella monet startup-yritykset aloittivat tarjoamaan pilvipelipalveluita. Startup-yritykset olivat kuitenkin pienikokoisia, eikä ollut varmuutta siitä, voisiko pilvipelaaminen olla kaupallisesti menestyvää. Epäilyksiä herätti erityisesti se, ovatko kolme suurinta pelikonsolivalmistajaa, Microsoft, Nintendo ja Sony valmiita luopumaan pelikonsolien myyntimarginaalistaan. Monet uskoivat, että konsolivalmistajat tulisivat tuhoamaan pilvipelibisneksen. (Cai ym. 2016.)

Ensimmäinen G-Clusterin rakentama pilvipelipalvelu ilmestyi 2000-luvun alussa. Se oli tiiviissä yhteydessä useisiin kolmannen osapuolen yrityksiin, pelinkehittäjiin, verkko-operaattoreihin ja peliportaaleihin. Tämä johtui internetyhteyksien ja palvelinkeskusten kehittymättömyydestä, joka pakotti G-Clusterin luottamaan verkko-operaattoreiden tarjoamaan verkkopalveluun. 2000-luvun lopulla startup-yritykset kuten OnLive ja GaiKai alkoivat tarjota pilvipelipalveluja over-the-top (OTT) -mallilla. OTT-mallissa multimedia-sisältö toimitetaan internetin välityksellä loppukäyttäjille siten, että internetoperaattorin tehtävänä on vastata ainoastaan internetyhteyden laadusta. OnLive aloitti tilauspohjaisen palvelun vuonna 2009, mutta lopetti toimintansa vuonna 2015 myytyään patenttinsa

Sonylle. GaiKai perustettiin vuonna 2008 ja se tarjosi pelaajille mahdollisuuden kokeilla uusia pelejä ostamatta ja asentamatta niitä. (Cai ym. 2016.)

Sony osti startup-yritys GaiKain vuonna 2012 ja julkaisi uuden PlayStation Now -konseptin. PlayStation Now -palvelulla Sony tarjoaa asiakkaalle mahdollisuuden pelata satoja PlayStation 3 -pelejä PlayStation 4 -konsolilla siirtämättä pelejä. Sonyn suunnitelmana on mahdollistaa pelaajille PlayStation-konsolien ja älytelevisioiden käyttö PlayStation Now -palveluiden käyttämiseen. Lisäksi suunnitelmana on jakaa eri PlayStation-sukupolvien pelit PlayStation Now -palvelussa. (Cai ym. 2016.)

2.5 Pilvipelaamisen nykytila

Korkealaatuisen pilvipelikokemuksen tarjoaminen etäpilvestä pelaajalle julkisen internetin kautta ei ole helppo tehtävä. Nykyiset pilvipelipalvelut ovat hyötäneet reaaliaikaisista videostriimaus teknologioista, joilla on pitkä kehityshistoria. Niillä on tiettyjä yhteisvaatimuksia kuten suuri kaistanleveys ja reaaliaikaisia rajoitteita. Pilvipelaamisen vaatimukset ovat kuitenkin usein korkeampia kuin ladattavilla tai suoratoistovideoilla. Tiedyt pilvipelipalvelut vaativat noin 5 Mb/s kaistanleveyden sujuvan pelikokemuksen takaamiseksi. Tämä ei ole mahdollista useissa taloyhtiöverkoissa. Ensimmäisen persoonan ammunta-peleissä vaaditaan alle 100 ms:n latenssi laadukkaan pelikokemuksen saavuttamiseksi. Pelityypistä riippuen saattaa pelikokemuksessa korostua esimerkiksi lyhyt latenssi tai parempi grafiikka. Laadukkaan palvelun tarjoaminen edellyttää siis erilaisten vaatimusten huomioimista ja tasapainoilua niiden välillä. (Cai ym. 2016.)

Nykyiset kaupalliset pilvipelipalvelut on joko integroitu taustaverkkoihin tai tarjottu OTT-palveluina. Tiukemmalla integraatiolla on mahdollista saada parempi palvelunlaatutakuu ja sen myötä parempi käyttökokemus. Sen sijaan OTT-malli mahdollistaa edullisemmat kustannukset, mutta riskinä on epävakaa käyttökokemus. (Cai ym. 2016.)

Pelaajat maksavat palvelusta kuukausimaksuna tai pelikohtaisesti. Pelikehittäjät ja verkko-operaattorit voivat myös tarjota loppukäyttäjälle ilmaisia palveluja. Tällä hetkellä ei ole selvyyttä siitä, mikä integraatiotapa ja latausmalli toimii parhaiten tulevaisuudessa. Kaupallisissa pilvipelialustoissa muokkaamattomat pelit toimivat pilvipelipalvelimien sisällä ja renderöity ääni ja video siepataan, pakataan ja suoratoistetaan pilvipelipalvelimista. Tätä lähestymistapaa kutsutaan black box -malliksi ja sitä on toistaiseksi sovellettu

laajalti sen yksinkertaisuuden ja nopean markkinoille saattamisen vuoksi. Toisaalta black box -malli jättää vähän tilaa optimoinnille. (Cai ym. 2016.)

2.6 Pilvipelaamisen tulevaisuus

Vuonna 2020 pilvipelaamisen liikevaihto oli 0,63 miljardia dollaria. Liikevaihdon odotetaan kasvavan 1,45 miljardiin dollariin vuonna 2021. (Clement 2021.) Talousennusteissa pilvipelaamisen kasvulle ei näy loppua. Liikevaihdon uskotaan ylittävän 3 miljardin raja vuoteen 2025 mennessä (IPS 2021) ja kasvavan 7,24 miljardiin vuoteen 2027 mennessä (James 2021). Myös television välityksellä tapahtuvan pilvipelaamisen uskotaan lisääntyvän. Pilvipelaamisen ajatellaan saavuttavan suuren yleisön seuraavien viiden vuoden aikana. Superdatan (2019) Yhdysvalloissa tekemän tutkimuksen mukaan kahdeksan kymmenestä pelaajasta on tietoinen pilvipelaamisen mahdollisuudesta, mutta vain 26% heistä käyttää tai suunnittelee käyttävänsä pilvipelipalveluja. Pilvipelipalvelujen käyttäjistä yli puolet käyttivät pilvipelialustan ilmaisversiota.

Pilvipelaamisen potentiaalin ajatellaan olevan erityisesti moninpeleissä. Pilvipelaamisen nähdään soveltuvan hyvin moninpeleihin, sillä ne lähtökohtaisestikin toimivat verkon välityksellä. Koska pilvipeliä ei tarvitse ladata tai asentaa, pelaajien on mahdollista aloittaa pelaaminen välittömästi ja samanaikaisesti. Etuna nähdään myös pilvipelijärjestelmien kyky sopeutua päätelaitteen verkon epävakauteen esimerkiksi heikentämällä videon laatua niillä pelaajilla, joiden laitteet tai verkko-olosuhteen ovat heikommat. Tämä voi lisätä pelaajien oikeudenmukaista kohtelua moninpeleissä. Nykyiset tutkimukset ovat osoittaneet suuria parannuksia pilvipelaamisen optimoinnissa. (Cai ym. 2016.)

Pilvipelaaminen mahdollistaa pelaamisen missä tahansa paikassa, millä tahansa laitteella ja milloin tahansa. Ultralyhyt latenssiaika vaatii kuitenkin 5G-yhteyden. Teleoperaattorit uskovat, että pilvipelaaminen voi edustaa 25–50 % 5G-dataliikenteestä vuoteen 2022 mennessä. Teleoperaattoreilla on kuitenkin vielä haasteita pilvipeliliikenteen optimoinnissa hyvän pelikokemuksen takaamiseksi. (González 2020.) Internetoperaattori DNA:n mukaan 5G-verkon luotettavuus ja toimintavarmuus on nykyisiä verkkoja paremmat. 5G-verkko ei kuitenkaan ole korvaamassa 4G-verkkoa täysin, vaan täydentää sitä vaihteittain. Vuonna 2011 lanseeratun 4G-verkon tukiasemien rakentaminen ja toiminnallisuuksien kehittämistyö jatkuu edelleen. 5G-verkolla saavutetaan vähintään 10-kerlaiset nopeudet ja jopa 1Gb:n/s yhteysnopeus. DNA lupaa 5G-verkon välittömän yhteyden ja minimaalisen viiveen nostavan pelaamisen uudelle tasolle.

Uudet Wi-Fi 6 -standardit ja reitittimet mahdollistavat nopeamman internetyhteyden niille, jotka käyttävät 1Gb:n internetyhteyttä (Medux 2020). Wi-Fi 6 -yhteyden merkittävimmät edut nykyiseen Wi-Fi 5 -verkkoon ovat suuremmat tiedonsiirtonopeudet, verkkokapasiteetin kasvu, tehokkaampi energiankulutus ja parempi suorituskyky ympäristöissä, joissa laitteiden tiheys on suuri. Wi-Fi 6 -verkko tukee sekä 2,4 GHz:n että 5 GHz:n taajuuksia ja kykenee vaihtelemaan näiden välillä. (Gandara 2020.) Internetpalvelun tuottajilla on usein haasteita kapasiteetin kanssa uuden pelin tullessa markkinoille, koska pelin lataajat kuormittavat kaistan. Pilvipelaamisessa tätä haastetta ei ole, koska peliä hallinnoidaan pilvestä. (González 2020.)

3 OPINNÄYTETYÖN TAVOITE JA TARKOITUS

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää pilvipelaamisen keskeisiä vaatimuksia ja laatutekijöitä sekä internetoperaattorin roolia pilvipelaamisen palvelumalleissa. Opinnäytetyössä vertaillaan kahta markkinajohtajan asemassa olevaa pilvipelipalvelua ja selvitetään, onko palveluissa kuluttajan näkökulmasta merkittäviä eroavaisuuksia.

Opinnäytetyön tarkoituksena on selvittää:

- minkälainen rooli internetoperaattorilla on pilvipelipalveluissa?
- mitkä ominaisuudet ovat keskeisimpiä pelikokemuksen laadun kannalta?
- miltä osin pilvipelipalvelujen ominaisuudet poikkeavat toisistaan?
- minkälaisen pelikokemuksen pilvipelipalvelut tarjoavat?

Opinnäytetyön tavoitteena on taustoittaa pilvipelaamisen kokonaisuutta ja sitä voidaan hyödyntää internetoperaattorin palveluvalikoiman kasvattamiseen ja tuotteistamiseen liittyvässä työssä. Opinnäytetyön tulososan jälkimmäisessä osassa vertaillaan palveluja kuluttajan näkökulmasta, ja se toimii myös pilvipelaamista harkitsevan kuluttajan apuna.

Internetoperaattorin roolia pilvipelipalveluissa ja pelikokemuksen laadun kannalta keskeisimpiä ominaisuuksia selvitetään kirjallisuushakujen avulla. Pilvipelipalvelujen ominaisuuksien vertailu tehdään pilvipelipalvelun tarjoajien ilmoittamien tietojen perusteella. Pelikokemuksen arviointi ja vertailu tehdään testaamalla kahta pilvipelipalvelua opinnäytetyön tekijän toimesta.

4 PILVIPELAAMISEN MAHDOLLISUUDET JA HAASTEET

4.1 Pilvipelaaminen palveluntuottajan näkökulmasta

Tässä opinnäytetyössä pilvipelaamista tarkasteltiin erityisesti tele- ja internetoperaattorien näkökulmasta. Selvitys tehtiin lähdemateriaaliin perustuen. Palveluntuottajan näkökulmasta tarkasteltiin kahta keskeistä tekijää, ensinnäkin liiketoiminnallista kannattavuutta ja toiseksi vaatimuksia, jotka pilvipelipalvelun tarjoajan on kyettävä täyttämään.

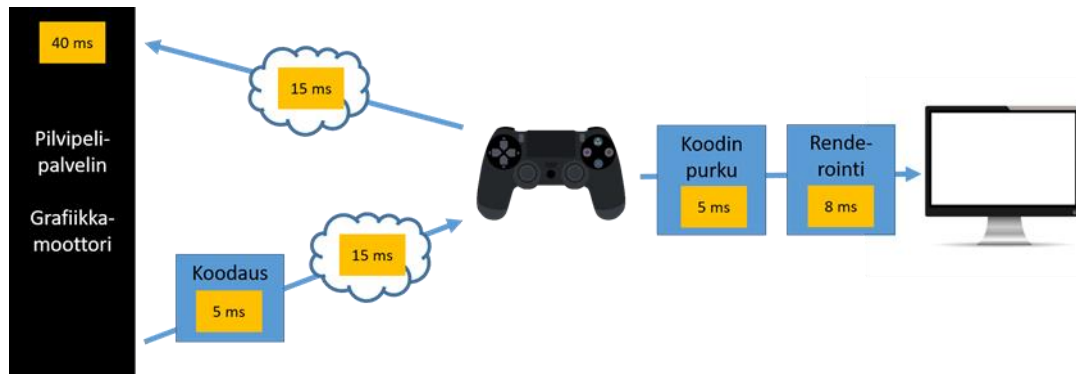
4.1.1 Pilvipelaaminen liiketoimintana

Pilvipelaamisen liiketoimintänäköymät vaikuttavat valoisilta useissa ennusteissa. Mobiili- ja pilvipeleistä saatavien tulojen uskotaan siirtyvän yksittäisistä ostoista jatkuvaluonteisiin tilauksiin ja mikrotapahtumiin. Pilvipelaamisen liikevaihdon ennustetaan kasvavan 9 %:n vuosivauhtia. (Wood 2020). Markkinoiden kasvattamisen lisäksi jotkut uskovat pilvipelaamisen kasvun kaatavan 5G- ja reunalaskentateknologiat ja johtavan teknologiseen vallankumoukseen (González 2020). Toisaalta vastakkaisiakin mielipiteitä esiintyy. Tutkimustalo Gartnerin mukaan vuonna 2022 yli 50 % yritysdatasta käsitellään muualla kuin konesaleissa tai pilvessä. Reunalaskennan uskotaan olevan täydellinen pilvitekniologian täydentäjä. (Korhonen 2021.) Pilvipelaamisen lisääntymisen myötä kuluttajat tarvitsevat entistä korkeampaa kaistanleveyttä ja matalaa latenssia etenkin massiivisissa moninpeleissä. Internetyhteyden laadusta tulee yksi kriittisimmistä tekijöistä, joka määrittää pelikokemuksen laadun. Menestyksekkäimpiä pilvipeliyrityksiä ovat muun muassa Nvidia GeForce Now, Google Stadia, Microsoft xCloud, Xbox Game Pass ja Sony Playstation Now. Pilvipeliyritysten lisäksi myös teleoperaattoreilla on omia pilvipelialustoja, kuten Deutsche Telekomien MagentaGaming ja sveitsiläisen Sunrisen Gamestream. Operaattoreiden etuna pilvipelipalveluiden tuottajina on, että ne omistajat paitsi palvelun myös sen perustana olevan verkkoinfratruktuurin. Näin ne pystyvät tehokkaalla tavalla hallitsemaan pelikokemuksen laatua. (González 2020.)

4.1.2 Palveluntuottajan haasteet

Pilvipalvelun ohjelmistoa ja laitteistoa ylläpidetään etäpilvipalvelun avulla, joka on myös vastuussa pelisovelluksen etäkäytöstä, renderöinnistä ja videosekvenssien suoratoistamisesta internetin kautta käyttäjälle. Tämä tapahtuu väestökeskusten lähelle rakennettujen sisällönjakeluverkkojen kautta. Pilvipelialustoissa kaikkien osien tulee sopia täydellisesti yhteen hyvän pelikokemuksen saavuttamiseksi. Koska pilvipelialustan ja käyttäjän välinen yhteys toimii internetin välityksellä, on reaaliaikaisten pelien tukeminen erityisen haastavaa. Tämän ratkaisemiseksi palveluissa on mukana peliyhtiöiden ja laajakaistapalveluiden tarjoajien lisäksi pilvipalvelujen tarjoajia, sisällön-toimitusverkkoja ja suoratoistopalveluyrityksiä. Internetoperaattorien ratkaistavana on, kykenevätkö heidän verkkonsa tukemaan pilvipelien suoratoistovaatimuksia. Vähimmäisvaatimuksena on internet yhteyden vakaus, erittäin alhainen latenssi ja riittävä kaistanleveys. (González 2020.)

Pilvipelaamisessa jokainen pelaajan syöte tulee lähettää takaisin pelimoottoriin, laskea pelin graafinen muutos pilvessä, koodata se videoksi ja lähettää takaisin pelaajalle. Prosessia kutsutaan latenssiksi ja sen hyväksyttävä pituus riippuu pelin tyylistä. Tämä on kaikkein kriittisintä ensimmäisessä persoonassa pelattavissa peleissä, joissa pelaajan havaintojen tulisi tuntua välittömiltä ja jatkuvilta. (González 2020.) Ultralyhyttä latenssia pidetään kaikkein kriittisimpänä tekijänä hyvän pelikokemuksen saavuttamisessa (Poole 2019). Latenssiajan muodostuminen pilvipelaamisessa on esitetty kuvassa 2. Esimerkitapauksessa pelaajan antama komento siirtyy pilvipalvelimelle 15 ms:ssa. Pilvipalvelin käsittelee syötteen, renderöi ja koodaa videokehysten 45 ms:ssa. Tiedonsiirto pelaajan koneelle vie jälleen 15 ms, jonka jälkeen koodin purkuun ja renderöintiin kuluu 13 ms pelaajan koneella. Näin päästään alle 90 ms:n latenssiaikaan. On huomattava, että latenssiaikaan vaikuttavaa useat tekijät pelaajan ja pilvipalvelimen välillä. Esimerkiksi laitteen suorituskyky ja kotiverkon ominaisuudet voivat aiheuttaa vaihtelua latenssiaikaan ja johtaa siten huonoon pelikokemukseen. (Gino 2020.) Vaikeimmin ennustettavat latenssia heikentävät tekijät liittyvät verkkoyhteyden ruuhkautumiseen, hukattuihin paketteihin, saatavilla olevan kaistan rajoituksiin tai viiveeseen lähetettyjen pakettien välillä. Nämä ongelmat johtuvat yleensä keskitetystä pelialustasta, jossa sisältö kulkee useiden reititinsolmujen ja jakokytkinten läpi. Kyseiset verkkoinfrastruktuurit eivät sovellu reaaliaikaiseen pilvipelaamiseen. (Poole 2019.)



Kuva 2. Latenssiajan muodostuminen pilvipelaamisessa (mukaillen Gino 2020).

Pilvipeleissä käytettävien verkkojen on automaattisesti rekisteröitävä, mitä verkossa tapahtuu, jotta ne voivat reagoida muuttuviin latenssiolosuhteisiin ja kaistanleveysvaatimuksiin. Tämän vuoksi peliyhtiöillä on oltava useita hajautettuja saatavuusvyöhykkeitä pelaajille kaikkialla maailmassa. Peli-, pilvi- ja verkko-yhtiöt joutuvat käyttämään yhdyskäytäviä, jotka sijaitsevat ympäri maailmaa. Esimerkiksi Pohjois-Amerikassa IP-yhdysliikennepisteitä sijaitse kaupungeissa Toronto, New York, Washington, Atlanta, Miami, Dallas, Chicago, San Francisco, Seattle ja Los Angeles. Jos palvelun käyttöönotto tapahtuisi missä tahansa näistä kohteista, olisi käytössä alle 20 ms:n latenssi, mikä on täysin hyväksyttävä suurimmassa osassa peleistä. Yhtiöt, jotka pystyvät olemaan neljässä tai useammassa yhdysliikennepisteessä, saavat laadukkaamman yhteyden. (Poole 2019.)

4.2 Pilvipelaaminen kuluttajan näkökulmasta

Pilvipalvelun kautta pelaaminen mahdollistuu myös niille pelaajille, joilla ei ole PlayStationin tai Xboxin kaltaisia pelikonsoleita tai tehokasta pelikonetta. Käyttäjän näkökulmasta pilvipelaaminen vähentää laitteiston hankintaan liittyviä kustannuksia merkittävästi perinteiseen malliin verrattuna ja onkin sen vuoksi houkutteleva vaihtoehto. Pilvipelaamisen luvataan onnistuvan tavanomaisilla tietokoneilla ja useilla mobiililaitteilla. Käytännössä pelaajan hankittavaksi jää pilvipelipalvelun lisäksi ainoastaan internetyhteys. Korkeataajuuksinen näyttö on useissa tapauksissa myös tarpeen.

Tässä opinnäytetyössä valittiin vertailun ja testauksen kohteeksi Google Stadia ja GeForce Now -pilvipelialustat. Vertailun kohteeksi valittiin pilvipelialustat, jotka ovat suomalaisten pelaajien käytettävissä, ja jotka on valittu useissa pilvipelialustojen kuluttaja-

lähtöisissä vertailuissa vuoden 2021 parhaimpien pilvipelialustojen joukkoon (esim. Covert 2021; Dutta 2021; Honorof 2021; Shaheer 2021). Pilvipelialustoihin liittyvien tietojen, kuten teknisten ominaisuuksien ja hintatietojen vertailu perustuu pääsääntöisesti palveluntarjoajien omilla verkkosivuilla ilmoitettuihin tietoihin.

Google Stadia on marraskuussa 2019 julkaistu Googlen pilvipelipalvelu. Google ei julkaise virallisia aktiivisten käyttäjien määriä, mutta käyttäjiä arvioidaan olevan yhteensä noin 2 miljoonaa (James 2021). Google Stadialla on vuoteen 2021 saakka ollut oma pelinkehitysosasto, mutta helmikuussa 2021 Google uutisoi sulkevansa pelinkehitysosaston ja siirtävänsä pelinkehityksen jatkossa ulkopuolisille toimijoille. Google Stadian ja pilvipelaamisen kehittämistyön kerrottiin jatkuvan entiseen tapaan. (Harrison 2021.) GeForce Now on Nvidian pilvipelipalvelu, jonka beta-versio julkaistiin vuonna 2013 nimellä Nvidia Grid. Helmikuussa 2020 GeForce Now julkaistiin suurelle yleisölle ja se on saatavilla useille eri käyttöalustoille. Nvidia uutisoi maaliskuussa 2021, että GeForce Now on saavuttamassa nopeasti 10 miljoonan jäsenen rajaa (Eisler 2021).

4.2.1 Verkon vaatimukset ja laitetuki

Taulukossa 1 on esitetty vertailtavien pilvipelipalvelujen tarjoajien suositeltavat internet-yhteyden nopeudet, jolla saavutetaan haluttu kuvanlaatu 60 Hz:n virkistystaajuudella. Virkistystaajuus kuvastaa sitä, kuinka monta kertaa sekunnissa uusi kuva piirtyy näytölle. Google Stadia ilmoittaa internetyhteyden nopeudet kaikille kuvanlaaduille. GeForce Now ilmoittaa suositeltavat nopeudet vain 720p ja 1080p kuvanlaaduille. GeForce Now:n suositusnopeudet ovat hiukan Google Stadiaa korkeammat.

Taulukko 1. Suositeltavat internetyhteyden nopeudet eri kuvanlaaduilla.

Kuvanlaatu (60 fps)	Google Stadia	GeForce Now
720p	> 10 Mb/s	> 15 Mb/s
1080p	> 20 Mb/s	> 25 Mb/s
4K	> 35 Mb/s	Ei ilmoitettu

Molemmat pilvipelipalvelut toimivat PC- ja Mac-tietokoneilla, Chromebookilla ja Android puhelimilla. Google Stadia tukee Ubuntu-käyttöjärjestelmää. Sen sijaan GeForce Now:n

käyttö onnistuu Ubuntu-käyttöjärjestelmällä ainoastaan Google Chromen kautta. Kummallakaan palveluntarjoajalla ei ole IOS puhelimille ja tableteille omaa sovellusta, vaan käyttö onnistuu vain Safari-selaimen kautta. Pilvipelipalveluilla on ollut haasteita saada sovellusta Applen sovelluskauppaan, sillä Apple hylkää sovellukset, jotka sisältävät oman sovelluskaupan. Pilvipelipalvelualustoista esimerkiksi Shadow on onnistunut saamaan sovelluksensa Applen sovelluskauppaan, sillä Shadow:n palvelussa käyttäjän on omistettava asennettavat pelit ja muut sovellukset, eikä se siten riko Applen sääntöjä. Tästä huolimatta Apple poisti toistamiseen Shadow:n sovelluksen sovelluskaupastaan alkuvuodesta 2021. (Lovejoy 2021.) TV-käyttäjille Google Stadia tarjoaa Chromecast Ultra palvelun ja Stadia ohjaimen. GeForce Now:lla vastaava palvelu on Nvidia Shield TV langallisella ohjaimella.

INAP:in vuonna 2019 tekemän tutkimuksen mukaan latenssiongelmat ovat suurin syy pelaamisen lopettamiseen. Pilvipalvelujen haasteet liittyvät online-ympäristön latenssi- ja nopeusongelmiin. Google Stadia kykenee reagoimaan huonoon verkkoyhteyteen skaalaamalla tarvittaessa resoluutiota. Pilvipelipalvelujen käyttäjillä on kuitenkin edelleen käytössä vanhoja reitittimiä, jotka eivät huonoissa olosuhteissa kykene tuottamaan häiriötöntä signaalia. Tällöin ainoaksi vaihtoehdoksi jää reitittiminen vaihto parempaan. Kaikki pilvipelipalvelut käyttävät paljon dataa, mikä on huomioitava asia sellaisille käyttäjille, joiden internetyhteyden laskutus perustuu datan käyttöön. GeForce Now käyttää Stadiaa enemmän dataa oletusasetuksilla, mutta sisältää myös enemmän valinnanvaraa laatu- ja kaistanleveysasetuksissa. GeForce Now'illa on servereitä useammassa paikassa kuin Google Stadialla.

4.2.2 Grafiikka ja suorituskyky

Vertailtavat pilvipelialustat kykenevät tuottamaan korkeatasoista grafiikkaa. Google Stadian ja GeForce Now:n tavat tuottaa grafiikat pelaajan koneelle eroavat toisistaan siten, että Google Stadia käyttää Linux-pohjaista teknologiaa, kun taas GeForce Now:n kautta pelaaja saa pääsyn tehokaaseen koneeseen pilvessä. GeForce Now:n Premium jäsenenä pelaajalla on mahdollisuus aktivoida RTX-grafiikkaominaisuus, mutta tällä hetkellä sitä tukee vain muutamat pelit. GeForce Now:lla on mahdollisuus vaihtaa 720p 120fps kuvanlaatuun, mistä on hyötyä etenkin kilpailullisissa FPS (First Person Shooter) -peleissä. Ainoastaan Stadialla on mahdollisuus 4K-kuvanlaatuun, mikä on tarpeen etenkin suurilla TV-näytöillä pelattaessa, joissa alhaisempi resoluutio olisi havaittavissa. Google

Stadia tukee HDR-ominaisuutta. GeForce Now tukee HDR-ominaisuutta ainoastaan SHIELD TV:n kautta. Prosessoreina ja näytönohjaimina sekä Google Stadia että GeForce Now käyttävät kustomoituja erikoiskomponentteja.

4.2.3 Hinta ja pelikirjasto

GeForce Now:lla on maksuton vakiokäyttöoikeus, joka mahdollistaa yhden tunnin maksuttomat peli-istunnot. Vakiokäyttöoikeudella pelaaja pudotetaan palvelusta tunnin välein, myös kesken pelin, jolloin hän joutuu jonottamaan seuraavaan peli-istuntoon pääsyä. Käytännössä jonotusajat ovat muutamista sekunneista muutamiin minuutteihin riippuen siitä, miten ruuhkaiseen aikaan pelaa. Google Stadialla ei ole tällä hetkellä ilmaisversiota, mutta se mahdollistaa yhden kuukauden ilmaisen Stadia Pro kokeilun. Lisäksi Stadia Storesta on mahdollista ostaa pelejä yksitellen, vaikka aktiivista Stadia Pro tilausta ei olisikaan. GeForce Now Prioteettijäsenyyden hinta on 9,99 € kuukaudessa. Prioriteettijäsenyydellä pelaaja saa etuoikeuden pilvipelipalvelimille, joilla hän ohittaa maksuttoman jäsenyyden pelaajat. Peli-istuntojen enimmäispituus kasvaa 6 tuntiin ja pelaaja saa käyttöönsä RTX grafiikat. Google Stadialla Stadia Pro jäsenyyden hinta on 9,99 € kuukaudessa. Stadia Pro sisältää käyttöoikeuden rajattuun valikoimaan ilmaisia pelejä. Muutamia ilmaisia pelejä lisätään valikoimaan kuukausittain. Stadia Pron kautta pelaaja saa käyttöönsä 4K-kuvanlaadun ja 5.1 äänentoiston.

Google Stadian pelikirjastoon kuuluu yli 160 peliä. Näistä parikymmentä peliä on tällä hetkellä ilmaisia Stadia Pro käyttäjille. Osaan peleistä Stadia Pro käyttäjät saavat alennuksen pelin täydestä hinnasta. Alennus voi olla jopa 50 % pelin hinnasta. Lopuista peleistä Stadia Pro -käyttäjä joutuu maksamaan täyden hinnan. GeForce Now:lla on yli 80 ilmaispeliä. Pelikirjastoon kuuluu kaiken kaikkiaan yli 800 peliä. Uusia pelejä lisätään palveluun joka torstai. GeForce Now:n kautta pelaajalla on pääsy myös aikaisemmin esim. Steam-palvelun kautta ostamiinsa peleihin. GeForce Now tukee tuhansia Steamin kautta ostettuja peliä, muttei kuitenkaan kaikkia. Toistaalta palvelusta voidaan myös poistaa pelejä, jotka aikaisemmin ovat olleet tuettuja. Pelien ostaminen Steam-pelikaupan kautta on usein merkittävästi edullisempaa. Ei ole kuitenkaan takeita siitä, että GeForce Now tukee peliä tulevaisuudessa. GeForce Now on siten pelivalikoiman laajuudessa ja ilmaispelien määrässä merkittävästi Google Stadiaa edellä.

4.2.4 Tuotteiden vertailun yhteenveto

Vertailtavien pilvipelipalveluiden hinnat Pro ja Premium jäsenyyksillä ovat samat. Google Stadia houkuttelee erityisesti 4K- ja HDR-ominaisuuksista kiinnostuneita. GeForce Now tarjoaa Google Stadiaa enemmän valinnanvaraa laatu- ja kaistanleveysasetuksissa. Ainakin toistaiseksi GeForce Now'n pelikirjasto on merkittävästi laajempi kuin Google Stadian. GeForce Now'n etuna on myös se, että aikaisemmin Steam-pelikaupasta ostetut pelit ovat pelaajan käytettävissä.

Pilvipelipalvelujen tarjoajien verkkosivujen perusteella ei ole aina täysin selvää, mitä tarkalleen on ostamassa ja mitkä tulevat olemaan palvelun kokonaiskustannukset. Pilvipelipalvelun tarjoajat myyvät pilvipelipalvelua usein tavalla, joka jättää epäselväksi sen, että maksullisellakin jäsenyydellä pelaaja saa käyttöönsä vain pienen osan peleistä ja muut pelit tulee ostaa erikseen. Palvelujen erilaiset sisällöt vaikeuttavat palvelujen vertailua, eikä kuukausimaksun mukana ilmaiseksi tulevia pelejä ole aina yksiselitteisen selvästi ilmoitettu. Palveluntarjoajien sivut tarjoavat paikoitellen hyvin niukasti tietoa palvelusta ja vaativat kirjautumisen palveluun vähintään sähköpostin avulla tarkemman palvelukuvausten saamiseksi. Yksittäisten pelien hintoja ei usein ole ilmoitettu pääsivuilla.

Palvelujen teknisistä ominaisuuksista kiinnostuneiden on vaikea vertailla eri palveluja, sillä tekniset ominaisuudet ovat usein vaikeasti löydettävissä ja vertailtavissa sekä muuttuvat tiheään. Kustomoitujen komponenttien käyttö vaikeuttaa edelleen palvelujen vertailua. Palveluissa esitettyjen kuvan ja äänenlaadun saavuttaminen tosiasiallisesti jää epäselväksi, sillä niiden edellyttämiä laitteistovaatimuksia ei ole selkeästi esitetty. Internetyhteyttä ostettaessa kuluttajalle ilmoitetaan yhteyden maksiminopeus. On huomiotava, että yhteyden todellinen nopeus voi poiketa tästä merkittävästi ja vaihdella eri aikoina. Yhteysnopeuteen vaikuttaa esimerkiksi se, kuinka monta henkilöä käyttää verkkoa samanaikaisesti.

4.2.5 Käytettävyys ja pelikokemus

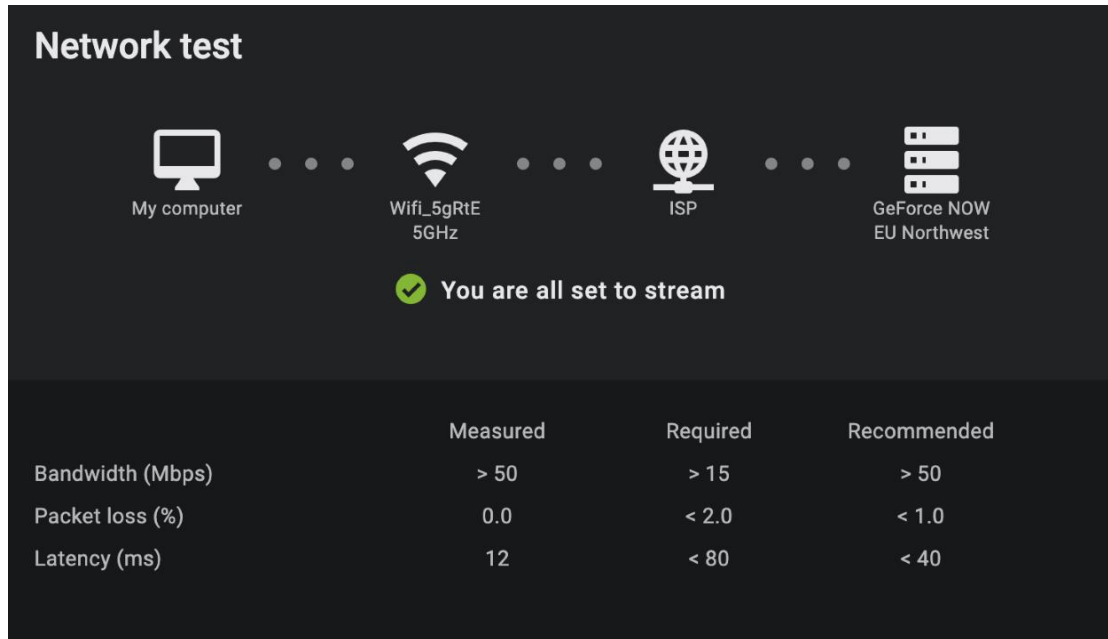
Käytettävyttä ja pelikokemusta testattiin Stadia Pron kokeilujäsenyydellä ja GeForce Now'n vakiokäyttöoikeudella. Testauksessa käytettiin vuosimallin 2017 Mac Book Pro 15" kannettavaa tietokonetta. Internetliittymän maksiminopeus oli 1Gb/s ja pilvipelipalveluja testattiin sekä Wi-Fi-yhteydellä että Ethernetillä. Stadia Pron käyttöönotto oli helppoa

ja nopeaa. Käytännössä rekisteröityminen ja pelin aloittaminen vei aikaa muutamia minuutteja. Pelit ovat selkeästi esillä ja pelin hinta on esitetty Google Stadian etusivulla. GeForce Now'n käyttöönotto vaatii oman Nvidia-profiilin luomisen. Tämän jälkeen valitaan oman käyttöjärjestelmän mukainen clientin latauslinkki eli tässä testauksessa "PC lataus (pöytätietokone ja kannettava)". Clientin avulla voi aloittaa ilmaispeleiden pelaamisen tai ostaa maksullisia pelejä. GeForce Now'n maksulliset pelit hankitaan Steam- tai Epicgames-pelitalille. GeForce Now'n pelikirjastossa pelien hinnat eivät ole näkyvissä, vaan pelaajan on siirryttävä Steam- tai Epicgames-alustalle nähdäkseen pelin hinnan ja ostaakseen pelin. Pelistä poistuttaessa tulee pelaajan kirjautua aina uudelleen pelitalille. Jatkuva uudelleenkirjautuminen hidasti pelin aloittamista ja heikensi palvelun käytön mielekkyyttä. Salasanan tai sähköpostin kopiointi ja liittäminen kirjautumissivulle ei myöskään onnistunut. Mikäli pelaaja käyttää eri sähköpostiosoitteita GeForce Now -palvelussa, Steam-palvelussa ja sieltä hankituissa peleissä, tilit eivät yhdisty oikein. GeForce Now'lla pelin käynnistyminen kesti testauksessa hieman pidempään kuin Google Stadialla.

GeForce Now'ta testattiin maksuttomalla vakiokäyttöoikeudella. Maksuttomalla oikeudella pelaavat joutuvat jonottamaan pelilaitteiston vapautumista. Perjantai-iltana pelattaessa jonossa oli joitakin kymmeniä pelaajia ja jonotusaika oli pari minuuttia. Lauantaina päivällä pelaajia oli jonossa lähes 100 ja jonotusaika venyi seitsemään minuuttiin. Pelaajan tai pelin päätyttyä pelaaja joutuu aina uudelleen jonoon.

Wi-Fi-yhteydellä testattaessa kolmannen persoonan seikkailupelit toimivat varsin hyvin molemmilla pilvipelialustoilla. Peleissä ei havaittu pätkimistä ja grafiikka oli hyvälaatuista. Ensimmäisen persoonan taistelupeleissä sen sijaan oli merkittäviä ongelmia Wi-Fi-yhteydellä testattaessa. Syötteissä oli selkeää viivettä eli peli reagoi hitaasti hiiren ja näppäimistön komentoihin. Grafiikassa havaittiin paikoitellen kohtalaista kuvan hyppimistä ja paikoitellen kuvan puuroutumista. Kilpailullisten ensimmäisen persoonan taistelupelien pelaamiseen Wi-Fi-yhteys ei riitä tyydyttävän pelikokemuksen saavuttamiseksi.

GeForce Now'lla käyttäjä pystyy valitsemaan itse serverin sijainnin 15 vaihtoehdosta ja testaamaan verkon toimivuuden eri sijainneissa. Automaattiasetuksella palvelu tunnistaa parhaimman serverin sijainnin ja ilmoittaa saavutettavan kaistanleveyden, pakettihävikin ja latenssin (kuva 3).



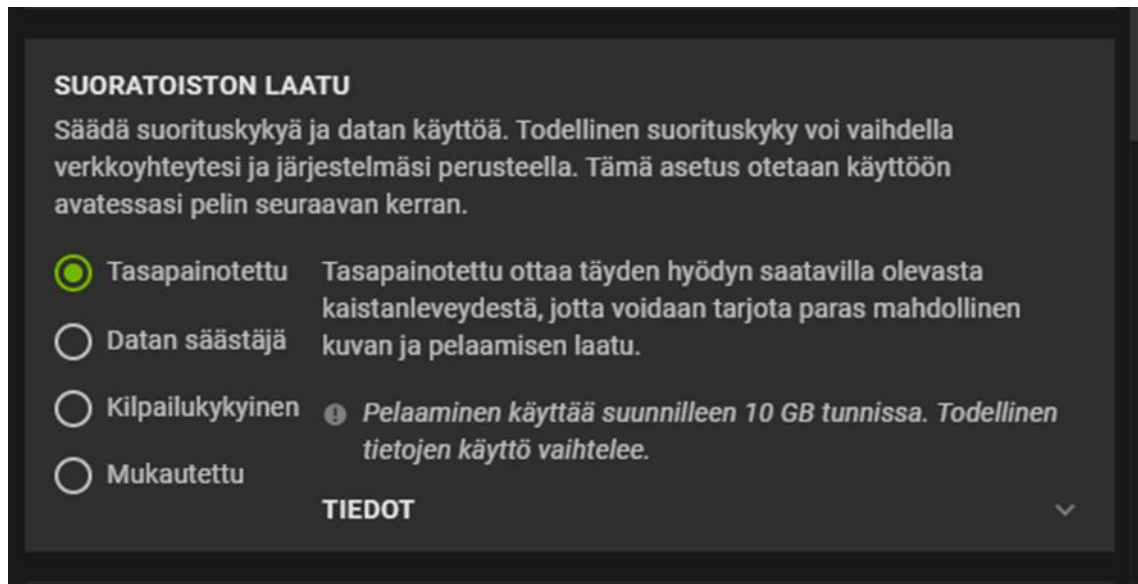
Kuva 3. GeForce Now'n automaattisesti valitsemalla serverillä saavutettu suorituskyky Wi-Fi-yhteydellä.

Pelien grafiikat olivat molemmilla pilvipelialustoilla varsin tarkkoja 22" tuuman näytöllä pelattaessa. Google Stadian 4K-grafiikan ja GeForce Now'n välillä ei havaittu merkittävää eroa grafiikan laadussa 22" näytöllä pelattaessa. Kuvassa 4 on kuvakaappaus Google Stadian Destiny 2 -pelistä.



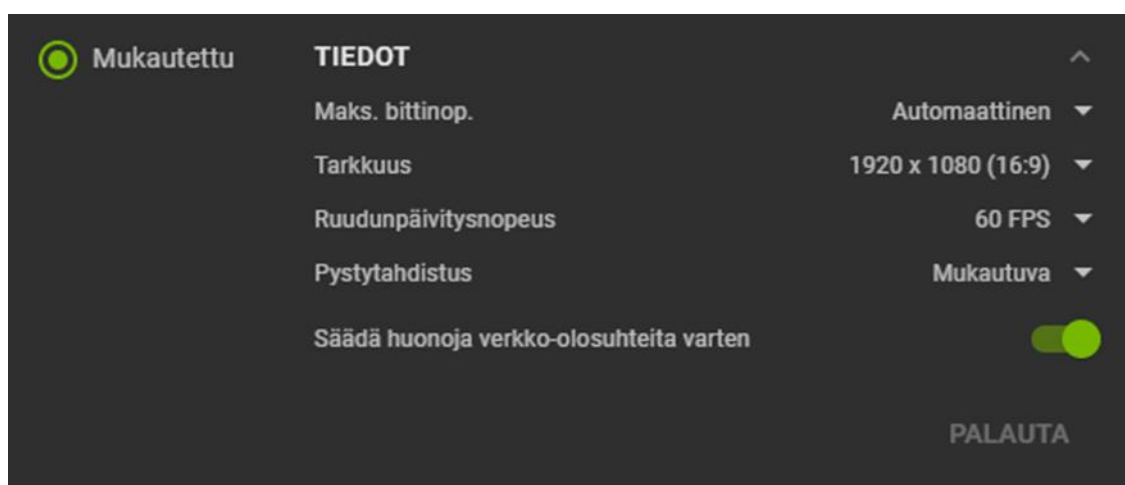
Kuva 4. Google Stadian Destiny 2 -pelin 4K-grafiikka.

Ethernet-yhteydellä ensimmäisen persoonan taistelupelit toimivat varsin hyvin molemmilla pilvipelialustoilla. GeForce Now'lla käyttäjä pystyy säätämään itse suorituskykyä ja datan käyttöä. Suoratoiston laadun vakioasetuksia on kolme ja asetukset on kuvattu selkeästi kokematontakin käyttäjää ajatellen (kuva 5).



Kuva 5. GeForce Now'n suoratoiston laadun säätömahdollisuudet.

Käyttäjällä on lisäksi mahdollisuus ottaa käyttöön mukautetut suorituskykyasetukset, joilla säätömahdollisuudet lisääntyvät. Mukautetut asetukset mahdollistavat erilaisia resoluutioasetuksia, datankäyttörajoituksia ja muun muassa ruudunpäivitysnopeuden noston 120 fps:ään (kuva 6).



Kuva 6. GeForce Now'n suoratoiston laadun mukautetut asetukset.

Testauksen luotettavuutta heikentää se, että testausta tehtiin yksittäisinä ja verrattain lyhyinä ajanjaksoina. Google Stadialla PUBG-pein testauksessa peli ei tunnistanut hiirtä ja pelaamisen aloittaminen ei onnistunut, sillä käyttöehtojen hyväksymisruudusta ei päässyt eteenpäin. Pitkäjaksoinen, säännöllinen käyttö olisikin saattanut tuoda lisää huomioitavia ja satunnaisemmin esiintyviä tilanteita esiin.

Yhteenvetona voi todeta, että pilvipelaaminen vaikuttaa varteenotettavalta vaihtoehdolta pelaajille, jotka eivät ole kiinnostuneita kilpailullisista ensimmäisen persoonan taistelupeleistä. Näissä tapauksissa jopa Wi-Fi-yhteys korkealla internetyhteyden nopeudella saattaa tuottaa riittävän laadukkaan pelikokemuksen. Ensimmäisen persoonan taistelupeleistä kiinnostuneet tarvitsevan pilvipelaamiseen Ethernet-yhteyden korkealla yhteysnopeudella. Pelikokemuksen laatu riittää tyydyttämään luultavasti useimmat pelaajat. Perinteiseen hyvällä pelikoneella saavutettavaan pelikokemukseen pilvipelipalvelut eivät kuitenkaan kilpailullisissa ensimmäisen persoonan taistelupeleissä vielä yllä. Vaativien pelityyppien kohdalla pilvipelipalveluilla onkin vielä kehitettävää korkeaa pelikokemuksen laatua edellyttävien pelaajien tyydyttämiseksi.

5 POHDINTA

Pilvipelipelaamisen kasvu ja liiketoimintamahdollisuudet vaikuttavat lupaavilta, ja sen vuoksi se kiinnostaa muun muassa tele- ja internetoperaattoreita, peliyrityksiä ja suoratoistopalvelujen tuottajia. Kuluttajia pilvipelipalvelut houkuttelevat etenkin edullisilla käyttöönottokustannuksilla, sillä pilvipelaamiseen ei tarvita pelikonsolia tai tehokasta pelikoneetta, vaan pelaaminen onnistuu lähes millä tahansa tietokoneella tai mobiililaitteella. Pelin aloittaminen on nopeaa, sillä peliä ei tarvitse ladata, vaan pilvipelialustan käyttöönotto ja pelaamisen aloittaminen onnistuvat heti. Tässä opinnäytetyössä tehdyssä käytettävyytestauksessa Google Stadian käyttöönotto ja pelin aloittaminen onnistui käytännössä minuuteissa. Pilvipelialustan käyttö oli yksinkertaista ja sujuvaa. GeForce Now'n kohdalla palveluihin kirjautuminen ja eri tilien hallinnointi heikensi merkittävästi palvelun käyttökokemuksen laatua ja hidasti pelin aloittamista.

Kriittisimmäksi pelaajia sitouttavaksi tekijäksi on osoittautunut pelikokemuksen laatu. Laadukas pelikokemus edellyttää nopeaa internetyhteyttä. Lyhyt latenssiaika on pelikokemuksen laadun kannalta keskeisin ominaisuus, ja se korostuu erityisesti moninpeleinä pelattavissa ensimmäisen persoonan taistelupeleissä. Internetyhteyteen kohdistuvat vaatimukset koettelevat erityisesti internetoperaattoreita. Pilvipelipalvelimien kyky reagoida internetyhteyden laadun vaihteluihin esimerkiksi resoluutiota heikentämällä, on tärkeää moninpeleissä, joissa se lisää oikeudenmukaisuuden tunnetta.

Ensimmäisen persoonan taistelupelit on todettu aikaisemmissa arvioinneissa ja vertailuissa haastavampina pilvipelityypeinä. Tämä havaittiin myös tässä opinnäytetyössä tehdyssä käytettävyytestauksessa. Kolmannen persoonan graafinen seikkailupeli toimi pilvipelinä hyvin Wi-Fi-yhteydellä. Sen sijaan ensimmäisen persoonan taistelupelit edellyttävät hyvää Ethernet-yhteyttä. Kilpailullisissa ensimmäisen persoonan taistelupeleissä havaittiin paikoitellen pätkimistä sekä näppäimistön ja hiiren syötteen viivettä. Kyseisessä pelityypissä pelikokemuksen laatu ei vielä riitä tyydyttämään vaativimpien pelaajien tarpeita.

Opinnäytetyössä saadut tulokset vastasivat esitettyihin tutkimuskysymyksiin. Opinnäytetyössä kerättyä tietoa ja havaintoja voidaan hyödyntää esimerkiksi internetoperaattorin palvelumuotoilussa ja tuotteistamistyössä. Toisaalta kuluttaja voi hyödyntää pilvipelipalvelujen vertailua ja käytettävyytestausta harkitessaan pilvipelipalvelun hankintaa. Jatkotutkimusaiheena on pilvipelipalvelujen teknisen toteutusmallien syvällisempi kuvaus ja

suunnittelu. Tässä opinnäytetyössä verrattiin kahta suosittua pilvipelialustaa. Vertailua voi laajentaa useampiin pilvipalveluntarjoajiin.

LÄHTEET

IPS 2021. Cloud gaming market report: global industry statistics, size, growth, share, key players and forecast 2020-2025. Osoitteessa: <https://ipsnews.net/business/2021/03/04/cloud-gaming-market-report-global-industry-statistics-size-growth-share-key-players-and-forecast-2020-2025/>. Viitattu 24.4.2021.

IMARC. Cloud gaming market: Global Industry Trends, Share, Size, Growth, Opportunity and Forecast 2021-2026. Osoitteessa: <https://www.imarcgroup.com/cloud-gaming-market>. Viitattu 24.4.2021.

Sabet, Saeed Shafiee ym. 2020. A latency compensation technique based on game characteristics to mitigate the influence of delay on cloud gaming quality of experience. MMSys '20: Proceedings of the 11th ACM Multimedia Systems Conference 5/2020. Osoitteessa: <https://dl.acm.org/doi/abs/10.1145/3339825.3391855>. Viitattu 9.2.2021.

Cai, Wei; Chi, Fangyuan & Leung, Victor C.M. 2016. Cloud gaming. Teoksessa Murugesan, San & Bojanova, Irena (toim.) Encyclopedia of cloud computing. IEEE Press, Englanti.

Vanhatupa, Juha-Matti 2010. Browser Games: The New Frontier of Social Gaming. Teoksessa Abdulkadir, Özcan & Nabendu, Chaki & Dhinakaran, Nagamalai (toim.) Recent Trends in Wireless and Mobile Networks. Second International Conference, WiMo 2010. Osoitteessa <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-642-14171-3>. Viitattu 9.2.2021.

Benioff, Mark 2014. Cloud service models. Teoksessa Kavis, Michael (toim.) Architecting the cloud : design decisions for cloud computing service models (SaaS, PaaS, and IaaS). Wiley, New Jersey.

Cai, Wei ym. 2016. The Future of Cloud Gaming. Proceedings of the IEEE, vol 104, nro 4, 687-691. Osoitteessa: <https://ieeexplore.ieee.org/abstract/document/7435392>. Viitattu 13.3.2021.

Clement, J. 2021. Cloud gaming market value worldwide from 2020 to 2021. Osoitteessa: <https://www.statista.com/statistics/932758/cloud-gaming-market-world/#:~:text=The%20time-line%20presents%20information%20on,by%20the%20end%20of%202021>. Viitattu 24.4.2021.

James, Sherry 2021. Cloud Gaming Market Size Worth \$7.24 Billion By 2027 | CAGR: 48.2%: Grand View Research, Inc. Osoitteessa: <https://www.prnewswire.com/news-releases/cloud-gaming-market-size-worth-7-24-billion-by-2027--cagr-48-2-grand-view-research-inc-301220945.html>. Viitattu 24.4.2021.

Superdata 2019. Cloud gaming awareness and adoption rate. Osoitteessa: <https://www.superdataresearch.com/pov-on-googles-gaming-announcement/>. Viitattu 6.3.2021.

Medux 2020. FTTH vs DOCSIS (II): The future of Gigabit capable technologies. Osoitteessa: <https://medux.com/ftth-vs-docsis-ii-future-gigabit-capable-technologies/>. Viitattu 6.3.2021.

González, Jaime 2020. Cloud Gaming Customer Experience: Opportunities for Telcos and OTTs? Osoitteessa: <https://medux.com/cloud-gaming-experience-opportunities-for-telcos-and-otts/>. Viitattu 6.3.2021.

DNA 2021. 5G:stä puhutaan paljon, mutta mitä se oikeasti tarkoittaa? Osoitteessa: <https://www.dna.fi/5g-verkko>. Viitattu 24.4.2021.

Gandara, Alejandro 2020. Next generation Wi-Fi: Wi-Fi 6. Osoitteessa: <https://medux.com/next-generation-wifi-6/>. Viitattu 9.1.2021.

Wood, Nick 2020. Mobile, cloud to drive videogame market growth. Osoitteessa: <https://telecoms.com/506387/mobile-cloud-to-drive-videogame-market-growth/>. Viitattu 9.1.2021.

Korhonen 2021. Ei pelkkää pilvää – reunalaskenta kasvaa hurjaa kyytiä. Osoitteessa: <https://www.mikrobitti.fi/uutiset/ei-pelkkaa-pilvea-reunalaskenta-kasvaa-hurjaa-kyytia/7b100d8f-c825-4df1-8001-b9ade5a243c0>. Viitattu 24.4.2021.

Poole, Jim 2019. The Future of Cloud Gaming. Osoitteessa: <https://blog.equinix.com/blog/2019/09/11/the-future-of-cloud-gaming/>. Viitattu 13.3.2021.

Gino, Din 2020. Game on! How broadband providers can monetize ultra-low latency services for gamers. Osoitteessa: <https://www.nokia.com/blog/game-on-how-broadband-providers-can-monetize-ultra-low-latency-services-for-gamers/>. Viitattu 25.4.2021.

Covert, Adrian 2021. Experience the Next Wave of Gaming With One of the Best Cloud Gaming Services. Osoitteessa: <https://spy.com/articles/gadgets/electronics/best-cloud-gaming-services-1202727181/>. Viitattu 25.4.2021.

Dutta, Parijat 2021. Top 20 Best Cloud Gaming Services Available Right Now. Osoitteessa: <https://www.ubuntupit.com/best-cloud-gaming-services-available/>. Viitattu 25.4.2021.

Honorof, Marshall 2021. The best game streaming services in 2021. Osoitteessa: <https://www.tomsguide.com/best-picks/best-game-streaming-services>. Viitattu 25.4.2021.

Shaheer, Qayyum 2021. The 11 Best Cloud Gaming Services of 2021 – Play in the Future. Osoitteessa: <https://dekisoft.com/top-11-best-cloud-gaming-services/>. Viitattu 25.4.2021.

GeForce Now 2021. Palvelun kotisivut osoitteessa: <https://www.nvidia.com/en-gb/geforce-now/download/>. Viitattu 13.4.2021.

Google Stadia 2021. Palvelun kotisivut osoitteessa: <https://stadia.google.com/>. Viitattu 13.4.2021.

James, S. 2021. How many users does Google Stadia have? Osoitteessa: <https://allstadia.com/how-many-users-does-google-stadia-have>. Viitattu 13.4.2021.

Harrison, Phil 2021. Focusing on Stadia's future as a platform, and winding down SG&E. Osoitteessa: <https://www.blog.google/products/stadia/focusing-on-stadias-future-as-a-platform-and-winding-down-sge/>. Viitattu 25.4.2021.

Eisler, Phil 2021. GeForce NOW Gets New Priority Memberships and More. The future for cloud gaming looks bright as GFN approaches 10 million members. Osoitteessa: <https://blogs.nvidia.com/blog/2021/03/18/geforce-now-priority/>. Viitattu 25.4.2021.

Lovejoy, Ben 2021. Apple has again removed the Shadow cloud gaming service from the App Store. Osoitteessa: <https://9to5mac.com/2021/02/12/shadow-cloud-gaming/>. Viitattu 25.3.2021.

INAP 2019. The No. 1 Reason Gamers Will Quit Playing an Online Multiplayer Game. Osoitteessa: <https://www.inap.com/blog/top-reason-gamers-quit-playing-online-multiplayer-game/>. Viitattu 25.4.2021.

INAP 2020. What are the Differences Between IaaS, PaaS and SaaS? Osoitteessa: <https://www.inap.com/blog/iaas-paas-saas-differences/>. Viitattu 13.4.2021.

Hurwitz, Judith ym. 2021. Hybrid cloud for dummies. Wiley, New Jersey.