

Juho Nässi

VERTAISVERKOT - NYKYHETKI JA TULEVAISUUS

Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma

2014

VERTAISVERKOT - NYKYHETKI JA TULEVAISUUS

Nässi, Juho
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tietojenkäsittelyn koulutusohjelma
Helmikuu 2014
Ohjaaja: Nuutinen, Petri
Sivumäärä: 34

Asiasanat: vertaisverkot,P2P-verkot, internet

Opinnäytetyön aiheena oli tutkia vertaisverkkoja. Työssäni tarkastelen miten niitä tällä hetkellä hyödynnetään osana tietoteknisiä ratkaisuja ja sovellutuksia sekä pohtia miten niitä voitaisiin tulevaisuudessa hyödyntää. Vertailen vertaisverkkojen eroja perinteiseen asiakas-palvelin-malliin, niin hyötyjä kuin haittoja sekä käyttötarkoituksia mihin ja miten ne soveltavuudeltaan eroavat toisistaan.

Teoreettisessa osuudessa käyn läpi mikä on vertaisverkko sekä käsittelen myös pääpiirteiltään vertailukohtana toimivan asiakas-palvelin-mallin. Tutkin käytetyimpiä protokollia sekä vertailen tietoturva ja verkonkuormitusta. Esitän sovellutuksia ja sovelluksia, jotka hyödyntävät vertaisverkkoja ja kerron niiden toiminnallisuudesta. Niiden kautta pystyn esittämään miten vertaisverkkoja tällä hetkellä hyödynnetään.

Vertaisverkkojen ongelma on ollut ja osaksi edelleen heikko hallittavuus ja avoimuudesta johtuva löyhä tietoturva. Tästä johtuen vertaisverkko sovellutusten rantautuminen yritystuotteisiin verrattuna asiakas-palvelin-mallia hyödyntäviin ratkaisuihin on ollut vähäistä. Näenkin, että jatkossa yhdistelmäratkaisut ovat se muoto, joiden kautta vertaisverkkojen suorituskykyä ja skaalautuvuutta voidaan hyödyntää rinnastettuna perinteisen asiakas-palvelin-mallin kanssa.

PEER-TO-PEER NETWORKS - PRESENT AND FUTURE

Nässi, Juho

Satakunta University of Applied Sciences

Business Information Systems Degree programme

February 2014

Supervisor: Nuutinen, Petri

Number of pages: 34

Keywords: peer-to-peer networks, P2P-networks, internet

The purpose of this thesis was to explore peer-to-peer networks. In my thesis, I examine how P2P-networks are currently used as a part of IT-solutions and applications, as well as to consider how they can be utilized in the future. I compare the differences between P2P-networks and traditional client-server-model, the benefits as well as drawbacks of uses where and how they differ from each other and which are suitable for.

In the theoretical part I will go through what is P2P-network and also discuss the main features of the client-server-model which I'm using as a benchmark. I examine the most used protocols and compare security details as well as network load. I will present applications and adaptations which capitalize P2P-networks and tell of their functionality. Through them, I can show how P2P-networks are currently utilized.

The problem of P2P-networks has been and still is the low controllability and the lack of security which is mainly caused by open source code. As a result, the entrance of P2P-applications to corporations has been slight compared to the solutions which are based on client-server-model. I believe that in the future, hybrid-solutions are the form which is the most profitable way to utilize the performance and scalability of P2P-networks alongside with client-server-model.

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	VIRHE. KIRJANMERKKIÄ EI OLE MÄÄRITETTY.
2	ASIAKAS-PALVELIN-MALLI.....	6
2.1	TCP/IP-Protokollapino	7
3	VERTAISVERKKO	8
4	VERTAISVERKKOJEN MALLIT	9
4.1	Puhdas vertaisverkkomalli.....	10
4.2	Vertaisverkko yksinkertaisella havaintopalvelimella	10
4.3	Vertaisverkko havainto- ja hakupalvelimella	11
4.4	Vertaisverkko havainto-, haku- ja sisältöpalvelimella.....	12
5	TIETOTURVA.....	13
6	VERKON KUORMITUS.....	14
6.1	Tiedostokoko	16
6.2	Tulevaisuuden asema	16
7	VERTAISVERKKO SOVELLUKSET JA PALVELUT	17
7.1	Hajautettu laskenta.....	17
7.2	VoIP-puhelut.....	17
7.3	Videoiden streamaus.....	18
7.4	Tiedostojen jakaminen.....	19
7.5	Työasemien hallinta	20
7.6	Musiikin suoratoisto	21
7.7	Digitaalinen valuutta.....	21
8	BITTORRENT-PROTOKOLLA	22
9	VERTAISVERKOT JA LAKI.....	25
9.1	Laki	25
9.2	The Pirate Bay	26
10	YHTEENVETO	27
	LÄHTEET.....	30

1 JOHDANTO

Internetin perimmäisin tarkoitus jo alkupäivistään on ollut jakaa tietoa. Tiedon jakamiseen Internetin kautta on nykypäivänä lukemattomia erilaisia tapoja. Yleisesti tunnetuimpana voidaan varmastikin pitää perinteistä asiakas-palvelin-mallia, jossa asiakas lähettää palvelimelle pyynnön johon pyynnön saatuaan palvelin vastaa. Tieto kulkee siis keskitetyn palvelimen kautta, jota hallinnoi jokin ennalta määrätty taho. Asiakas-palvelin teknologia nousi tietokoneiden käyttäjien tietoisuuteen 1990-luvulla johtuen ohjelmistojen ja laitteistokehityksen johdosta.

1960-luvulla luotu Internet perusta, ARPAnet-tietoverkko perustui vertaisverkkoon. Oli tarkoitus luoda ydiniskun kestävä, hajautettu viestintäjärjestelmä, joka ei olisi riippuvainen keskusjohtoisuudesta vaan sen kaikki solmut olisivat tasavertaisia. Tällöin vaikka osa solmuista menisi epäkuuntoon, tieto kuitenkin kuljettuisi perille toista reittiä eikä minkään tahon tarvitsisi ylläpitää erillistä keskustietokonetta. Vertaisverkot vaipuivat kuitenkin vuosiksi unholaan, koska asiakas-palvelin-malli sopi paremmin liike-elämän tarpeisiin.(Oram, A. 2001)

Vertaisverkkojen nousu nykymuodossa voidaan katsoa alkaneen uudestaan vuonna 1999, kun Napster-palvelu avattiin. Napster oli sovellus, jossa käyttäjät pystyivät kopiaimaan tiedostoja toisiltaan melko vaivattomasti. Iso osa tämän palvelun kautta jaetuista tiedostoista oli kuitenkin tekijänoikeudella suojattua materiaalia kuten musiikkia. Tämä onkin yleisesti ottaen leimannut vertaisverkot, eikä suinkaan turhaan, koska on turha kiistää, että suurin osa tiedostoista, joita yhteisöissä jaetaan ovat tekijänoikeuslakien suojaamia ja tästä johtuen enemmän tai vähemmän rikollista toimintaa. Maailmanlaajuisesti on arvioitu, että noin 60 % Euroopan verkkoliikenteestä on vertaisverkkojen aiheuttamaa.(Mäntylähti, P. 2005)

Työssäni keskityn selvittämään vertaisverkkojen toiminnan teoriassa ja käyn läpi sen eri malleja sekä yleisimpiä käytössä olevia protokollia. Pyrin myös vertailemaan ver-

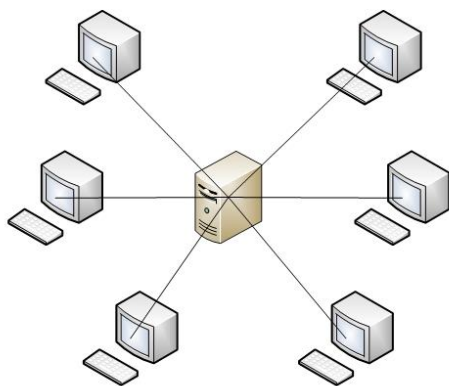
taisverkkoa ja asiakas-palvelin-mallia, niiden tarjoamia etuja ja ongelmia niin tietoturvan näkökulmasta kuin yleisestikin asiakkaan näkökulmasta. Tavoitteena on antaa yleiskuva vertaisverkkojen eri käyttötarkoituksista ja mahdollisuuksista sekä tarkastella mihin niitä tulevaisuudessa voitaisiin hyödyntää. Mobiililaitteiden käytön hurja kasvu tuo mukanaan omat haasteensa, mutta myös suuren potentiaalin helposti skaalautuville vertaisverkko-sovelluksille. Käsittelen käytetyimpiä sovelluksia, jotka hyödyntävät vertaisverkkoja ja erityisen painoarvon annan BitTorrent-protokollalle, joka aiheuttaa tällä hetkellä jopa puolet vertaisverkkoliikenteestä.

2 ASIAKAS-PALVELIN-MALLI

Asiakas-palvelin-malli on yleisin käytössä oleva malli hajautetuissa järjestelmissä. Perusidea on, että asiakas pyytää jotakin palvelua palvelimelta, jonka osoite hänellä on tiedossa ja palvelin vastaa palvelupyyntöön. Molemmat osapuolet toimivat pääosin annetussa roolissa, jolloin työnjako asiakkaan ja palvelimen välillä on selkeä. Palvelin voi kuitenkin välittää palvelupyynnön toiselle palvelimelle, jolloin sen rooli muuttuu asiakkaaksi. Se myös pystyy yleensä palvelemaan useampaan kuin yhtä asiakasta kerrallaan. Malli on käyttöjärjestelmä-, ja laitteistoriippumaton ja sen ainoa edellytys on tietoliikenneyhteys. Palveluiden tehokkuus saattaa kuitenkin olla hyvin pitkälti ulkoisien tekijöiden varassa kuten yhteyden nopeus, jonka kautta kommunikointi tapahtuu. Asiakas-palvelin-mallin skaalautuvuus voi myös muodostaa ongelmia. Yritysten nopeasti kasvavat palvelut vaativat lisätehoa palvelimilta, joka tarkoittaa aina lisähankintoja palvelun tarjoajalle, joka puolestaan tarkoittaa lisäkuluja. Käyttäjämäärän kasvu voi myös aiheuttaa tarjotun palvelun huomattavaa hidastumista kapasiteetin tullessa vastaan. Tieto on kuitenkin aina saatavilla jos palvelin on toiminnassa, joten se ei ole missään määrin riippuvainen asiakkaistaan. (Torres 2012)

Yrityksen näkökulmasta katsottuna kyseisen mallin suurimpina etuina voidaan pitää hallittavuutta ja tietoturvaa verrattaessa vertaisverkko-malliin. Verkossa toimijat pystytään identifioimaan, jolloin lähes aina tiedetään kenen kanssa tietoja vaihdetaan.

Murto-osa yrityksistä kasvaa sitä vauhtia, että skaalautuvuus ja suorituskyky ajaisi paremman hallittavuuden ja tietoturvallisuuden edelle. (Laine 2009, Nuutinen 2008)



Kuva 1. Perinteinen asiakas-palvelin-malli, jossa käyttäjät ovat yhteydessä palvelimeen. (FreePLRportal 2010.)

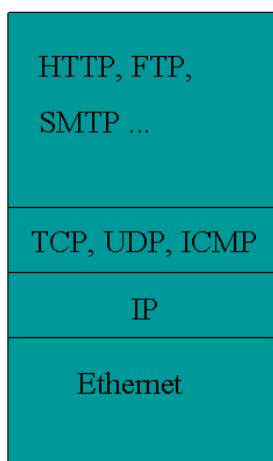
2.1 TCP/IP-Protokollapino

TCP/IP on asiakas-palvelin-mallin yleisimmin käytössä oleva protokollapino, joka muodostuu useammasta verkkoprotokollasta. Sen tärkein tehtävä on muodostaa erilisistä fyysisistä verkoista yhtenäinen kokonaisuus, jonka kautta Internetissä tapahtuva viestintä kulkee. Pino ja sen protokollat on jaettu eri kerroksiin, joiden välillä viestintä tapahtuu. (Torres 2012)

Sovelluskerros hoitaa ohjelmistojen ja kuljetuskerroksen välisen kommunikoinnin. Siihen kuuluu useita eri protokollia kuten HTTP, FTP ja DNS, joita sitten hyödynnetään vastaanotetun kyselyn perusteella. Jos esimerkiksi haluat avata selaimella Internet-sivuston, sovelluskerros käyttää HTTP-protokollaa pyynnön suorittamiseen. (Torres 2012)

Kuljetuskerros saa datan Sovelluskerrokselta ja jakaa sen paketeiksi lähtemään eteenpäin. TCP-protokolla on Kuljetuskerroksen yleisimmin käytössä oleva protokolla, joka huolehtii datan pilkkomisesta, uudelleen kokoamisesta, luotettavuudesta sekä pakettien oikean järjestyksen. (Torres 2012)

Verkkokerros, huolehtii viestin välittämisen haluttuun kohteeseen. Kerrokseen kuuluva IP-protokolla tunnistaa vastaanottajat IP-osoitteiden perusteella ja tarjoaa niille pakettikuljetuksen pyydettyyn kohteeseen. Se ei kuitenkaan varmista pakettien perille pääsyä, mutta sisältää säännöt joiden perusteella reitittimet osaavat käsitellä paketteja. IP on protokollapinon perusta, jonka päällä muut protokollat toimivat. (Torres 2012, Haaga-Helian www-sivut.)

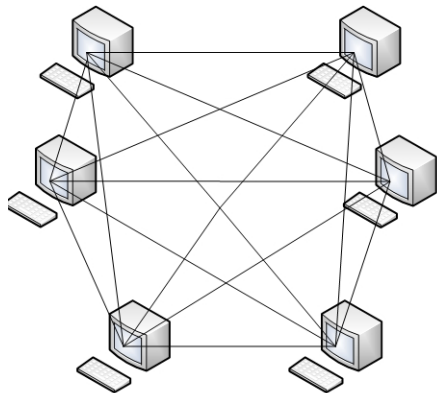


Kuva 2. Protokollapino kerroksittain. (Haaga-Helian www-sivut.)

3 VERTAISVERKKO

Vertaisverkko eli peer-to-peer networking on verkko, jossa jokainen käyttäjä toimii asiakkaana sekä palvelimena. Kaikki käyttäjät ovat siis lähtökohtaisesti samanarvoisia. P2P-verkkoja käytetään yleisimmin tiedostojen jakeluun, jolloin käyttäjät voivat jakaa omia tiedostojaan muiden käyttäjien kesken ja kopioida tiedostoja verkon muilta käyttäjiltä. Merkittävä osa vertaisverkossa jaettavista tiedostoista on tekijänoikeuslain alaista materiaalia, jonka ansiosta se on saavuttanut kyseenalaisen maineen suuren yleisön keskuudessa. P2P-verkko voidaan kuitenkin käyttää muuhunkin kun pel-

kästään tiedostojen siirtoon. Sitä voidaan käyttää VoIP (Voice over Internet Protocol) ratkaisuihin kuten Skype-ohjelma tekee, musiikin tai videon suoratoistoon verkosta kuten Spotify ja P2PTV-sovellukset esimerkiksi Joost.com tekevät tai pikaviestintään, joista esimerkki asiakasohjelmina voidaan mainita edesmennyt Microsoftin MSN-messenger, joka nykyään toimii Skypen alaisuudessa ja ICQ (AfterDawn).



Kuva 3. Vertaisverkossa kaikki käyttäjät ovat yhteydessä toisiinsa. (FreePLRportal 2010.)

4 VERTAISVERKKOJEN MALLIT

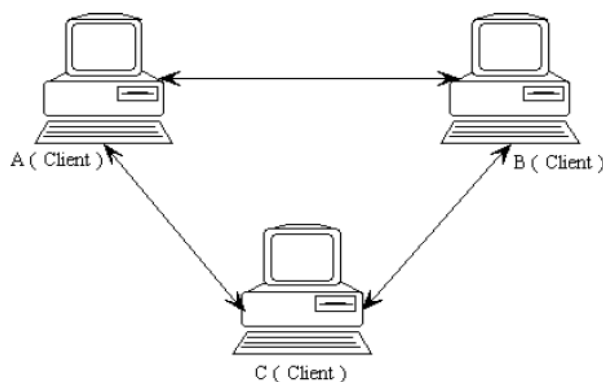
Vertaisverkot voidaan luokitella pääpiirteittäin kahteen kategoriaan: puhtaisiin vertaisverkkoihin ja risteymä vertaisverkkoihin. Kyseiset mallit voidaan vielä pilkkoa malliensa mukaan neljään eri kategoriaan seuraavasti:

- Puhdas vertaisverkko
- Vertaisverkko, jossa on yksinkertainen havaintopalvelin
- Vertaisverkko, jossa on havainto- ja hakupalvelin
- Vertaisverkko, jossa on havainto-, haku- ja sisältöpalvelin

(Dreamtech Software Team. 2002)

4.1 Puhdas vertaisverkkomalli

Puhdas vertaisverkko ei käytä lainkaan keskitettyjä palvelimia vaan luottaa täysin asiakaskoneisiinsa. Kaikki liikenne tapahtuu siis verkon käyttäjien kesken. Kun käyttäjä pyytää tietoa, se toimii kuin asiakas ja kun se lähettää tietoa, se toimii kuin palvelin. Malli tarjoaa helpon tavan käyttää vertaisverkkoja hyödyksi, ei pelkästään Internetin välityksellä, vaan myös lähiverkoissa. Ongelmana puhtaassa vertaisverkkomallissa on muiden käyttäjien löytäminen verkosta, koska siinä ei ole minkäänlaista mekanismia, joka pitäisi kirjata muista käyttäjistä. Kuitenkin yleensä sovellukset, jotka perustuvat puhtaaseen vertaisverkkoon sisältävät jonkinlaisen verkottumisalgoritmin, joka pitää huolen käyttäjien riittävydestä. (Dreamtech Software Team. 2002, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2008).

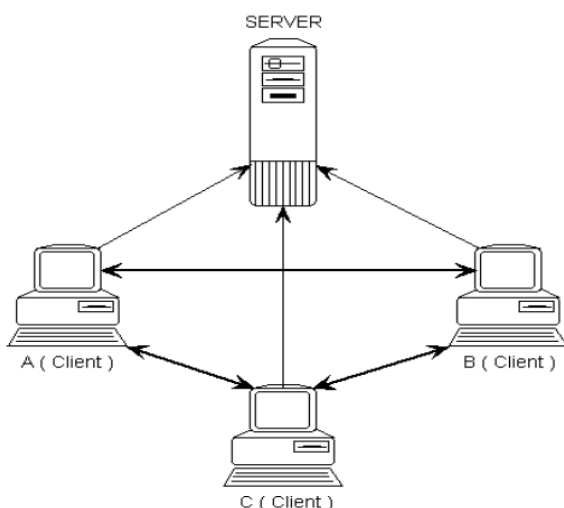


Kuva 4. Puhdas vertaisverkkomalli. .(Dreamtech Software Team. 2002)

4.2 Vertaisverkko yksinkertaisella havaintopalvelimella

Malliin ei todellisuudessa sisälly palvelinta sen varsinaisessa merkityksessä. Paremmen hallittavuuden saavuttamiseksi siihen on lisätty palvelin ja rajoitetusti sen ominaisuuksia. Yksinkertaisen havaintopalvelimen ainoa tehtävä on pitää kirjaa jo verkossa olevien käyttäjien osoitteista ja jakaa ne eteenpäin vertaisverkkoon kirjautuville käyttäjille. Kyseinen ominaisuus mahdollistaa huomattavasti suuremman käyttäjämäärän löytymistä vertaisverkosta, joka on tämän mallin suurin etu. Käyttäjän on kirjaututtava palvelimelle saadakseen osoitetiedot. Verkko on kuitenkin jossain määrin riippuvainen palvelimesta, koska sen kaaduttua muiden käyttäjien jäljittäminen

tulee taas vaikeammaksi. Lataajan on lähetettävä jokaiselle verkkoon liittyneelle jaksajalle pyyntö haluamastaan tiedostosta, joka tekee prosessista aikaa vievää. Tätä voidaan verrata asiakas-palvelin-malliin, jossa kaikki halutut resurssit sijaitsevat palvelimella, jolloin käyttäjät ei erikseen tarvitse etsiä sitä toisilta käyttäjiltä. (Dreamtech Software Team. 2002, The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2008)



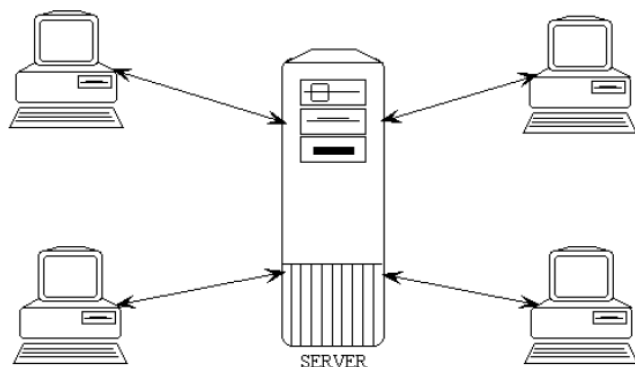
Kuva 5. Vertaisverkko yksinkertaisella havaintopalvelimella. .(Dreamtech Software Team. 2002)

4.3 Vertaisverkko havainto- ja hakupalvelimella

Palvelin tarjoaa listan verkossa olevista käyttäjistä ja niiden tarjoamista resursseista. Helpottaa käyttäjien työmäärää, koska palvelin paikallistaa käyttäjän B jolla on käyttäjän A etsimät resurssit ja antaa tiedot haun tehneelle käyttäjälle. Käyttäjän ei siis tarvitse etsiä haluttua tietoa enää kokeilemalla suoraan toisilta käyttäjiltä, joka vähentää huomattavasti käyttäjien työmäärää. Tässä mallissa kommunikaation kahden käyttäjän välille käynnistää palvelin, joka aiheuttaa palvelimelle raskautusta, josta näin ollen tulee altis suoritustason heikkenemiselle ja yleiselle hidastumiselle. Tästä huolimatta se on suosituin vertaisverkkomalli käyttäjien ja kehittäjien keskuudessa.(Dreamtech Software Team. 2002)

4.4 Vertaisverkko havainto-, haku- ja sisältöpalvelimella

Se on vertaisverkko-malleista kaikista lähimpänä asiakas-palvelin-arkkitehtuuria. Palvelin on määräävässä asemassa ja kaikki toiminta on siirretty sille käyttäjiltä. Kaikki resurssit ovat tallennettu palvelimen tietokantaan eivätkä käyttäjät saa ottaa suoraan yhteyttä toisiinsa. Käyttäjän etsiessä tietoa, lähetetään kysely palvelimelle, joka prosessoi sen ja haluttujen tietojen löydyttyä lähettää ne eteenpäin kyselyn tehneelle käyttäjälle. Tämän jälkeen käyttäjä valitsee haluamansa tiedostot, jonka jälkeen palvelin lataa ne itselleen vertaisverkon toiselta käyttäjältä, jolta ne ovat löytyneet. Välityspalvelinta voidaankin siis pitää yhtenä vertaisverkon jäsenenä, jonka kautta tiedot kulkevat. Malli tarjoaa käyttäjilleen hyvän turvallisuuden, yhdenmukaisuutta tietojen saatavuuteen ja tiedon luotettavuuteen. Suurin heikkous on serverin hidastuminen, jos pyyntöjä tulee liikaa samanaikaisesti. Muihin vertaisverkko malleihin verrattaessa kustannukset ovat huomattavasti suuremmat palvelimen kriittisen roolin johdosta. Virheiden mahdollisuus, jotka vaikuttavat koko systeemiin kasvavat kuitenkin huomattavasti, koska tällaiset mallit luottavat täysin palvelimeen. (Dreamtech Software Team. 2002)



Kuva 6. Vertaisverkko välityspalvelimella. (Dreamtech Software Team. 2002)

5 TIETOTURVA

Vertaisverkkoteknologioiden tietoturva on asiakas-palvelin-arkkitehtuuriin verrattaessa melko löysää ja jätetty jopa hieman toisarvoiseksi. P2P-teknologiat on suunniteltu ensi kädessä tarjoamaan helppo ratkaisu suoran yhteyden muodostamiseen käyttäjien välille. Vertaisverkkosovelluksilla on paha taipumus ohittaa yleisimpiä tietoturvaan liittyviä toimenpiteitä kuten palomuurit. Tästä johtuen tieto saattaa kulkeutua palomuurin läpi ilman, että käyttäjällä on minkäänlaista tietoa siitä. (Leuf, B. 2002, Pham Khac. 2005)

Automaattinen kiintolevyn sisällön läpikäyminen, joka tarkastaa käyttäjän kiintolevyt etsien mahdollisia jakoon haluttavia tiedostoja on eräs vertaisverkkosovellusten ominaisuus, joka kannattaa ottaa huomioon tietoturva mielessä. Tätä kautta henkilökohtaiset ja salassa pidettävänä halutut tiedostot voivat helposti päätyä muiden verkon käyttäjien saataville epähuomiossa. (Leuf, B. 2002, Pham Khac. 2005)

Käyttäjien identiteetin varmistaminen on vaikeaa. Toiset käyttäjät eivät tiedä mitä vastaanottanut taho tiedoille tekee eivätkä kumpikaan osapuolista, vastaanottaja saati lähettäjä tiedä mitä reittiä tiedot kulkeutuvat perille ja onko joku nähnyt tai muokannut alkuperäistä tietoa. Identiteetin varmistamista voidaan kuitenkin parantaa esimerkiksi edellyttämällä kirjautumista palvelimelle, joka ylläpitää rekisteriä käyttäjistä. Osa sovelluksista on kuitenkin suunniteltu tarjoamaan käyttäjälle anonymiteetti tiedostoja jaettaessa, jolloin identiteetin salaaminen voidaan lukea vertaisverkkoprotokollien ominaisuudeksi. Jaetun tiedon oikeellisuus on vaikea todeta, mutta siihenkin on omat keinonsa. Voidaan käyttää kryptograafista allekirjoitusta datan tallenteessa. Tällöin vain tietyillä käyttäjillä on oikeus muokata dataa ja jos joku ei sallittu henkilö muokkaa sitä, siitä jää merkintä, josta voidaan päätellä datan oikeellisuus. (Pham Khac. 2005)

Haittaohjelmat eli spyware ovat myös suuren suosion saavuttaneiden ilmaisten kuluttajapuolen vertaisverkkosovellusten ongelma. Useimmiten haittaohjelmat ovat vähemmän haitallista adwarea, mutta seasta löytyy myös troijalaisia ja keyloggereita. Nämä tarkkailevat käyttäjän selaustottumuksia, luottokorttitietoja ja muita henkilö-

kohtaisia tietoja ja välittävät ne sitten eteenpäin niistä kiinnostuneille tahoille. Onkin tutkittu, että jo edesmenneet, mutta aikoinaan todella suosittu vertaisverkkosovellukset kuten Kazaa ja LimeWire sisälsivät spywarea pienissä määrin ja tätä kautta uhkan käyttäjän henkilökohtaisille tiedoille. (Laxma 2005.)

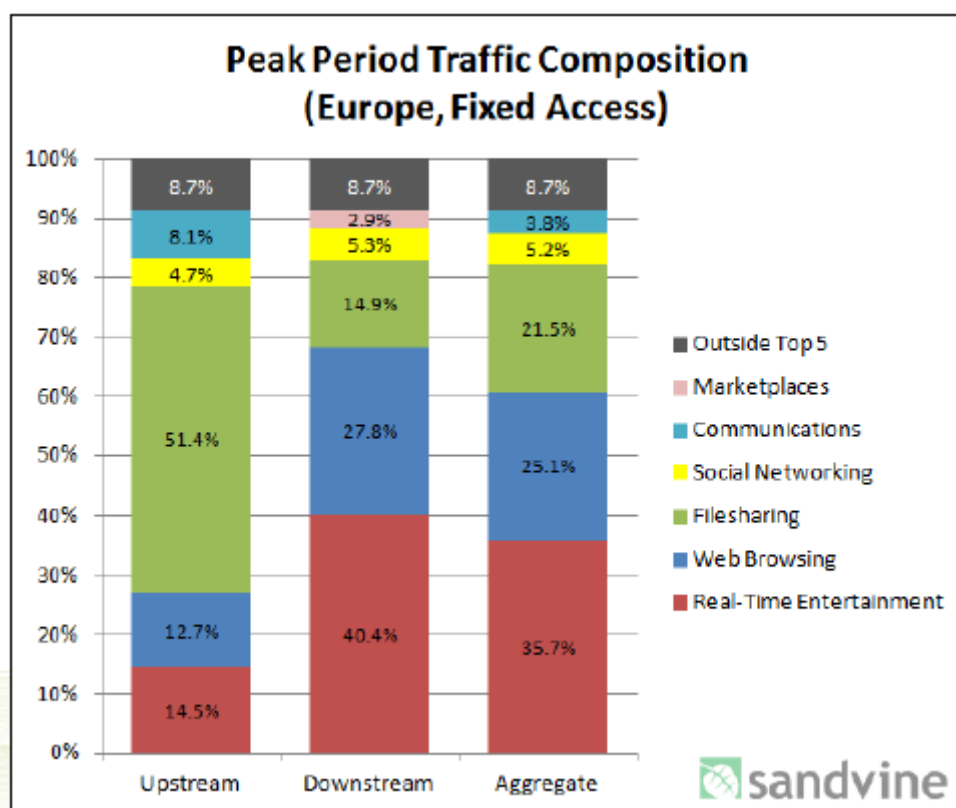
6 VERKON KUORMITUS

Vertaisverkkojen aiheuttamaa tarkkaa kuormitusta on vaikea arvioida, koska Internetissä ei ole keskitettyä solmukohtaa josta liikennettä voisi tarkkailla. Hyvin suuntaa antavia arvioita voidaan kuitenkin muodostaa ja 2000-luvun puolivälin paikkeilla arvioitiin vertaisverkkojen muodostavan yli puolet Euroopan Internet liikenteestä ja Yhdysvalloissa sekä Aasiassa luvut olivat vielä huomattavasti korkeampia. Aasian verkkoliikenteestä arvioitiin jopa 80 % palvelevan vertaisverkkoja. Suurimpana yksittäisenä liikennettä aiheuttava vertaisverkkoprotokollana voidaan mainita BitTorrent, joka kesään 2004 mennessä muodosti yli puolet koko vertaisverkkoliikenteestä. Näihin päiviin tultaessa luvut ovat kuitenkin laskeneet BitTorrent-liikenteen kohdalla. Yhdysvalloissa vuonna 2012 tehdyn tutkimuksen mukaan BitTorrentin osuus oli noin 11 % kun taas puolestaan Netflix-palvelu oli kahminut 29 % osuuden yhdysvaltojen verkkoliikenteestä. (Mäntylähti, P. 2005, Sandvine 2013)

Rank	Upstream		Downstream		Aggregate	
	Application	Share	Application	Share	Application	Share
1	BitTorrent	40.63%	HTTP	26.15%	HTTP	23.34%
2	HTTP	10.70%	YouTube	24.25%	YouTube	21.27%
3	YouTube	7.79%	BitTorrent	12.22%	BitTorrent	17.36%
4	eDonkey	6.45%	RTMP	4.16%	Facebook	3.95%
5	Skype	5.86%	MPEG	4.03%	RTMP	3.67%
6	Facebook	3.79%	Facebook	3.97%	MPEG	3.48%
7	SSL	2.20%	Flash Video	2.98%	eDonkey	2.59%
8	RTMP	1.21%	eDonkey	1.74%	Flash Video	2.59%
9	MPEG	1.11%	Skype	1.65%	Skype	2.41%
10	Flash Video	0.94%	iTunes	1.54%	SSL	1.47%
	Top 10	80.67%	Top 10	82.69%	Top 10	82.12%

Kuva 7. Sovelluksien osuus verkonkuormituksesta Euroopassa. (Sandvine 2013)

Upstream, ja Downstream-kaistojen välillä on kuitenkin selkeitä eroja prosentiosuuksissa sovellusten välillä. Sandvinen uusimman tutkimuksen mukaan esimerkiksi Euroopan Upstream-kaistaa hallitsee edelleen BitTorrent 40 % osuudella, kun taas latausliikenteen puolella HTTP, ja YouTube-liikenne jakavat kärkisijat noin 25 % osuuksilla. Kuva 8 Verkon kuormitus kategorioittain Euroopassa. (Ernesto 2012)



Kuva 8. Verkon kuormitus kategorioittain Euroopassa.(Sandvine 2013)

6.1 Tiedostokoko

Ladattavien ja jaettavien tiedostojen koko onkin merkittävin tekijä verkkoliikenteen näkökulmasta. Vertaisverkossa yleisesti siirrettävät tiedostot kuten musiikki, elokuvat ja ohjelmistot ovat huomattavasti suurempia kuin HTTP-liikenteessä kulkevat tiedot. Tällöin myös aukinaisten yhteyksien kesto pitenee huomattavasti, joka on taas lähes suoraan verrannollinen verkkoliikenteen määrään. (Sandvine 2013)

6.2 Tulevaisuuden asema

Viime vuosien aikana vertaisverkoille on kuitenkin löytynyt kilpailija, jonka arvioidaan tulevaisuudessa vastaavan suurimmasta osasta verkkoliikennettä, nimittäin Internetin videoliikenne ja muut suoratoistoa verkon yli hyödyntävät palvelut. Palvelujen kuten Youtube ja Netflix, suuri suosio ja teräväpiirtokuvan tulo markkinoille ovat olleet tähän suurimpia osatekijöitä. Tulevaisuudessa videoliikenteestä johtuvan kuorman arvioidaan vain kasvavan entisestään kun taas vertaisverkoissa tapahtuvan tiedonsiirron osuuden on ennustettu laskevan. Osa suoratoistopalveluista kuitenkin hyödyntää vertaisverkkoja kuten musiikinsuoratoistoon tarkoitettu Spotify. Voidaan siis päätellä, että vertaisverkkoliikenne ei vähenny niin radikaalisti kuin tutkimukset osoittavat vaan sitä hyödyntävät sovellukset ovat laajentuneet huomattavasti ja hyödyntävät tulevaisuudessa vertaisverkkoa toisenlaisen sisällön jakamiseen kuten videoiden ja musiikin suoratoisto verkon yli. (Kotilainen, S. 2010, Sandvine 2013)

Mobiililaitteiden kuten älypuhelin ja taulutietokoneiden suosion hurja kasvu on vienyt vertaisverkkosovellukset myös mobiilialustoille ja tätä kautta niiden aiheuttama verkon rasitus näkyy myös mobiiliverkoissa. Mobiiliverkoissa tapahtuva liikehdintä on kuitenkin pääosin suoratoistopalveluiden tuottamaa, joista osa voidaan kuitenkin mieltää vertaisverkkoa hyödyntäväksi. Tulevaisuudessa mobiiliverkot ja kannettavat laitteet tulevatkin näyttämään yhä suurempaa roolia vertaisverkkoteknologioiden maailmassa. (Sandvine 2013)

7 VERTAISVERKKO SOVELLUKSET JA PALVELUT

Vertaisverkkoteknologiaa on hyödynnetty useisiin eri käyttötarkoituksen omaaviin sovelluksiin. Alun perin idea oli tarjota käyttäjille helppo tapa jakaa tiedostoja toisien käyttäjien kesken. Tiedostojen jako on edelleen suosituin tapa hyödyntää vertaisverkkoja, mutta aikojen saatossa tiedostojen muoto ja jakajat ovat kokeneet pienimuotoisen evoluution. Nykyään sisältöä ei jaa enää pelkästään käyttäjät toisilleen vaan yritykset ovat hyödyntäneet teknologiaa omissa sovelluksissaan, jonka kautta jakavat omaa sisältöään käyttäjille ja käyttäjät sen kautta toisille käyttäjille. Seuraavassa esittelen muutamia sovelluksia eri osa-alueilta. (Sandvine 2013)

7.1 Hajautettu laskenta

SETI@HOME on Berkeleyyn yliopiston ylläpitämä tieteellinen hajautetun laskennan projekti, joka pyrkii etsimään älyllistä elämää maan ulkopuolelta. Osallistuminen on vapaaehtoisten harteilla ja sovelluksen asennettuaan käyttäjä antaa tietokoneensa laskentatehon projektin käyttöön, kun itse ei konetta käytä. Sovellus avaa näytönsäästäjän, kun konetta ei tarvita ja antaa tällöin laskentatehonsa projektin käyttöön datan analysointia varten. (Seti@homen www-sivut 2013)

7.2 VoIP-puhelut

Microsoftin Skype mahdollistaa videopuheluiden ja pikaviestin lähettämisen käyttäjien kesken. Palvelu käyttää sovelluksen käyttäjiä jakajina, solmukohtina, joiden kautta esimerkiksi uudet käyttäjät löytävät toiset käyttäjät. Käyttäjä-tyyppejä on kah- ta erilaista. Normaalit käyttäjät, jotka toimivat vertaisverkolle ominaisella tavalla jakajina eli peereinä ja super solmuina tai kuten Skype itse heitä kutsuu super-nodeja. Super käyttäjät rakentuvat normaali käyttäjistä joiden verkkoyhteydet, laskentateho ja muutenkin laitteistoteho on Skypeen asettamien vaatimusten rajojen sisällä. Super solmujen tehtävä on jakaa tieto toisten super solmujen kesken, jotka välittävät ne heihin yhteydessä oleville tavallisille käyttäjille. Näin saadaan pidettyä kustannukset

alhaalla, mutta kuitenkin tehokas ja skaalautuva verkko noin 650 miljoonalle rekisteröityneelle asiakkaalle.(Skypen www-sivut 2013)

Skypen puhdas P2P-verkko joutui muutoksen kouriin Microsoftin ostettua yrityksen vuonna 2011. Vuotta myöhemmin yhtiö ilmoitti, että korvaa super solmut keskiteityillä Linux-palvelimilla parantaakseen asiakkaidensa käyttökokemuksia sekä tietoturvaa. Yhtiö kuitenkin myönsi, että alla piilevä P2P-arkkitehtuuri ei tule häviämään mihinkään. (Goodin 2012.)

Skypen luojat Zennström ja Friis olivat 2000-luvun alun ladatuimman sovelluksen Kazaan kehittäjäjäseniä kunnes myivät ohjelman sekä sen käyttämän FastTrack-protokollan Sharman Networksille ja siirsivät työpanoksensa Skypen taakse. Kazaa oli sovellus jonka toiminta pääosin kohdistui tiedostojen jakamiseen ja jaettu materiaali oli suurimmaksi osaksi tekijänoikeuslain alaista.(Aamoth 2011)

7.3 Videoiden streamaus

Liikkuvan kuvan välittämiseen on tarjolla myös useita muitakin sovelluksia ja palveluita Skypen ohella. Osa keskittyy videoiden suoratoistoon ja osa antaa käyttäjälle mahdollisuuden ladata ja tallentaa videotiedostot koneelle tietyksi ajaksi.

Suoratoistoa tarjoavista palveluista voidaan mainita Joost, joka tarjoaa käyttäjilleen elokuvia ja sarjoja yhteistyökumppaneinaan nimiä kuten Fox, Warner Music ja Sony Pictures. Joost tarjosi käyttäjilleen muun muassa Stanley Cup finaalit suorana lähetyksenä vuonna 2007.

Tallennusmahdollisuuden tarjoavia palveluita ovat BBC iPlayer ja Sky Anytime. Niiden kautta käyttäjä voi joko katsoa halutun videon suoraan tai tallentaa sen omalle koneelleen rajoitetuksi ajaksi esimerkiksi offline-katselua varten. Molemmat palvelut käyttävät Kontikin kehittämää video sisällön toimittamiseen tarkoitettua vertaisverkoteknologiaa nimeltään Kontiki Delivery Protocol. Kyseistä tuotetta käyttävät myös useat yritykset sisäiseen yhteydenpitoonsa. Teknologia osaa priorisoida verkossa tapahtuvan liikenteen siten, ettei käytössä oleva verkko mene tukkoon videostreama-

uksen takia. Jaettava sisältö on aina saatavilla vaikka yhtään jakajaa ei olisi verkossa. Kontikin omat keskitetyt palvelimet pitävät siitä huolen. Tässä osin se hieman poikkeaa puhtaasta vertaisverkosta. (Kontikin www-sivut 2013, SriLanka 2010)

7.4 Tiedostojen jakaminen

Vertaisverkot ovat tunnetuimpia sen tiedostojen jako sovelluksista kuten Kazaa, Limewire, DC++ ja erinäiset torrent-sovellukset kuten Bittorrent ja uTorrent. Ne käyttävät liikennöintiin eri protokollia, mutta toimintaperiaatteeltaan ne ovat samankaltaisia. Niiden tarkoitus on tarjota käyttäjälle helppo tapa jakaa ja ladata tiedostoja muilta käyttäjiltä.

Ajallisesti tultaessa nykypäiviin ovat BitTorrent-protokollaa hyödyntävät sovellukset ottaneet niskalenkin muita protokollia käyttävistä vertaisverkko virkaveljistään. Kazaa ja Limewire ovat molemmat olleet useiden oikeuskäsittelyiden kohteina laitto- man sisällön jakamisestaan ja edustavat nykyään enemmän vertaisverkkojen historiaa ja kehitystä kuin nykypäivää.

Kazaan toiminta tiedostojen jakelun osalta loppui vuonna 2006 kun sille annettiin 100 miljoonan dollarin sakot levy-yhtiöille aiheuneista haitoista. Palvelu teki paluun aikaisemmalla nimellään vuonna 2011, mutta tällä kertaa tarjontana oli Spotifyn kaltaisen musiikin suoratoistoa tarjoa palvelu. Palvelu ei ottanut tuulta siipiensä alle ja nyt Kazaa ilmoittaakin virallisilla sivuillaan, ettei enää tarjoa kyseistä palvelua. (Gayomali 2011)

LimeWire elinkaari yllätti monet, koska levy-yhtiöt ottivat sen suurennuslasinsa alle jo vuonna 2006, mutta virallisesti palvelu suljettiin vasta vuonna 2010 oikeuden päätöksellä. Vuosien oikeustaisteluiden päätteeksi korvaussummaksi, jonka Limewire joutuu maksamaan levy-yhtiöille, päädyttiin 105 miljoonaan dollariin. Sovelluksen on aikoinaan arvioitu löytyneen asennettuna joka kolmannesta PC:stä maailmanlaajuisesti. Tämä antaa osviittaa sen saavuttamasta suosiosta. (Gayomali 2011)

DC++ on suosituin Direct Connect-protokollaa käyttävä sovellus. Perus idea on sama kuin edellisilläkin sovelluksilla eli tiedostojen jakaminen käyttäjien kesken. DC-verkon ydin ovat hubit, joihin käyttäjät yhdistyvät. Ne voidaan periaatteessa mieltää palvelimiksi joiden kautta käyttäjät löytävät toisensa. Tiedostojen lataaminen tapahtuu suoraan toiselta samaan hubiin yhdistettynä olevalta käyttäjältä. Materiaali lähes kokonaan tekijänoikeuslain suojaamaa, mutta oikeustoimet kyseistä verkkoa kohtaan poikkeavat edeltäjistä. Viranomaiset ovat pääosin ottaneet iskujen kohteiksi hubien ylläpitäjiä ja yksittäisiä käyttäjiä eikä ohjelmakehittäjiä sovelluksen tai verkon taustalla. DC++ sovelluksen vanhemmissa hub-serverin luomiseen tarkoitetuissa ohjelmistoissa on ollut vakava haavoittuvuus, jonka kautta sovelluksen käyttäjiä ja heidän koneitaan on pystytty käyttämään hyväkseen DOS-hyökkäyksissä erinäisiä tahoja kohtaan. (DC++:n www-sivut 2013, Lemos 2007)

7.5 Työasemien hallinta

Työasemien hallintaan yrityksille suunnattu Distribute oli ensimmäinen vertaisverkkoja hyödyntävä kyseisen osa-alueen edustaja. Se käyttää Bittorrent-protokollaa, jonka johdosta yrityksen ei tarvitse tehdä kalliita investointeja hankkiakseen keskitetyjä palvelimia kyseiseen tarkoitukseen. Sovellus tekee yrityksen verkosta yhden suuren vertaisverkon, jonka kautta hoituvat tehokkaasti työasemien hallinta asennuksineen ja päivityksineen. Yritys on itse nostanut sovelluksen suurimmiksi myyntivalteiksi nopeuden, sähkön kulutuksen pienentymisen ja ekologisuuden eli he liputtavat vihreämmän IT-maailman puolesta. Tämän johdosta he voittivat palkinnon julkaisunsa jälkeen vuonna 2008 ympäristöystävällisen ICT-ratkaisun johdosta. Ratkaisun suorituskyvystä puolestaan kertoo vertailu, jossa Distributella meni 25 terabitin tiedostojen jakamiseen 4 tuntia kun keskitetyiltä palvelimilta samaan toimenpiteeseen kului aikaa 4 päivää. Kyseinen vertailukohta on hyvä esimerkki vertaisverkkojen tarjoamasta suorituskyvystä oikein valjastettuna. (Srilanka 2010, 4M88:n www-sivut, Ernesto 2008)

7.6 Musiikin suoratoisto

Tuoreimpana vertaisverkkoja hyödyntävänä suuren suosion saavuttaneena palveluna voidaan esiin nostaa Spotify. Se tarjoaa käyttäjilleen yli 13 miljoonan kappaleen musiikkikirjaston suoratoistona verkon yli ja sovellus on saatavilla lähes jokaiselle alustalle niin PC:lle, Macille kuin mobiilialustoillekin. Palvelu tarjoaa käyttäjilleen myös mahdollisuuden ostaa kappaleita laillisesti. Monissa medioissa onkin nostettu esiin, että Spotify olisi tulevaisuudessa yksi vahvimista lyömäaseista musiikkipiratismia vastaan, ellei sitä jo ole tänä päivänä. Sinänsä ironista, että aikoinaan vertaisverkko sovellukset olivat levy-yhtiöiden mielestä ehkä suurin yksittäinen syy perinteisen levymyynnin heikentymiseen ja nyt yhdestä vertaisverkko sovelluksesta povataan piratismiin tappajaa.

Palvelu käyttää musiikkitiedostojen streamaukseen vertaisverkkoja ja käyttäjien koneiden välimuistia jonne sovellus tallentaa jo kuunnellut kappaleet. Kun kappaletta kuunnellaan uudestaan osaa sovellus poimia sen uudelleen kuunneltavaksi välimuistista. Tällöin tiedostot ovat nopeasti saatavilla eikä niitä tarvitse joka kerta siirtää verkon yli. Palvelun laadun takaamiseksi Spotify osaa vaihtaa jakajaa jos se on hidas ja jos buffering toiselta käyttäjältä myös tökkii, se ladataan suoraan yhtiön omilta palvelimilta. Näin vasteaika saadaan mahdollisimman pieneksi ja käyttäjän laittaessa kappale soimaan, se lähtee käytännössä heti soimaan. Arviolta 55 % tiedostoista tulee välimuistista, 35 % vertaisverkosta ja loput Spotifyn omalta palvelimelta. Palvelusta onkin toisinaan puhuttu valtavana levy-yhtiöiden siunaamana vertaisverkkona. (Kreitz 2011, Ernesto 2011)

7.7 Digitaalinen valuutta

Bitcoin on 9.1.2009 luotu hajautettu digitaalinen valuutta. Sillä ei ole mitään keskitettyä keskuspankkia vaan se mahdollistaa ihmisten tehdä ostoja ilman pankkien tai hallituksen kontrollia. Valuutta perustuu Bitcoin-ohjelmaa vertaisverkossa ylläpitäviin tietokoneisiin. Se mahdollistaa myös ostojen tekemisen nimettömänä. Tämä on tuonut esiin haittapuolensa, jossa ostojen kohteina ovat laittomat esineet ja aineet. Samalla se kuitenkin estää tavarantoimittajia, pankkeja ja luottokorttiyhtiöitä profi-

loimasta ostajan kiinnostuksen kohteita ja yleistä ostokäyttäytymistä verkossa. Se on myös ensimmäinen poliittisesti tai kansallisesta taloudesta riippumaton valuutta. (Bitcoinin www-sivut 2013)

Bitcoineja saadaan joko toisilta käyttäjiltä tai niitä voidaan louhia, jolloin käyttäjä asentaa koneelleen louhinta-sovelluksen, jonka kautta antaa oman koneensa laskentatehon Bitcoin-verkon käyttöön. Laskentatehoa käytetään ratkaisemaan lohkoketjua, joka tarvitsee valtavan määrän laskentatehoa. Noin 10 minuutin välein saadaan yksi lohkoketjun lohkoista ratkaistu jolloin se hyväksytään ketjuun. Lohko luodaan siten, että käyttäjä lähettää Bitcoin-lompakostaan valuuttaa toiselle käyttäjälle. Lompakko luo siirrosta ilmoituksen sekä todistaa ja allekirjoittaa sen. Tämän jälkeen luotu lohko ilmoitetaan verkon louhijoille, jolloin se siirtyy osaksi seuraavaa louhintaan tulevaa lohkoketjua. Kun lohko on ratkaistu, käyttäjä saa palkinnoksi laskentatehostaan Bitcoinin osia. Yhden Bitcoinin tämän hetkinen arvo on 81€ ja koko rahavarannon arvo yli miljardi euroa. Bitcoinin arvo on kuitenkin heitellyt melko railakkaasti ylös ja alas, mikä voidaan varmastikin perustella sen lyhyellä olemassaoloajalla. (BitcoinFi 2013, Bitcoinin www-sivut 2013)

8 BITTORRENT-PROTOKOLLA

BitTorrent on Bram Cohenin vuonna 2001 kehittämä avoimen lähdekoodin tiedonsiirtoprotokolla, joka on viime vuosina saavuttanut käyttäjien keskuudessa huiman suosion ja mullistanut tiedostojen jakamisen. Aktiiviset käyttäjät, jotka lataavat tiedostoja myös jakavat niitä samalla muille käyttäjille, jolla saavutetaan erittäin suorituskykyinen jakeluverkko. Tiedonsiirtonopeus on riippuvainen käyttäjien määrästä ja tässäkin pätee periaate enempi parempi eli mitä enemmän verkossa on käyttäjiä sitä nopeammin muut käyttäjät saavat haluamansa tiedostot. Sen suurimpana etuna normaalien asiakas-palvelin-malliin voidaan pitää resurssien jakamista ja skaalautuvuutta eli se pysyy toimintakykyisenä ja suorituskykyisenä vaikka käyttäjien tai resurssien määrä kasvaisi huomattavasti. Tietojen kuljetukseen BitTorrent-protokolla käyttää

TCP-, tai uTP-tietoliikenneprotokollaa. (Miller, F.P., Vandome, A.F., McBrewster, J. 2009)

BitTorrentilla jaettava tieto koostuu kahdesta osasta, itse jaettavaksi halutusta tiedosta ja pienestä.torrent-tiedostopäätteisestä aputiedostosta, jonka käyttäjä pystyy luomaan asiakasohjelmistonsa avulla. Tiedon jakamiseen kuuluu normaalisti kolme osapuolta: seurantapalvelin eli tracker, WWW-palvelin joka levittää torrent-tiedostoja ja käyttäjä. Käyttäjät jakautuvat kahteen ryhmään: lähteiksi eli seedeiksi, joilta löytyy haluttu tiedosto kokonaisuena koneeltaan ja lataajiksi eli leechereiksi, joilta puuttuu palasia halutusta tiedostosta. Samaan aikaan hän jakaa jo lataamiaan palasia muille samaa tiedostoa lataaville leechereille. Kun leecher on saanut haluamansa tiedoston kiintolevylleen, muuttuu hän automaattisesti seediksi. Yleensä yksi ja sama palvelin toimii sekä seurantapalvelimena, että WWW-palvelimena. Esimerkkinä ruotsalainen kaikille avoin The Pirate Bay. Seurantapalvelin tunnistaa saman tiedoston paloja lataavat käyttäjät parveksi eli swarmiksi ja auttaa asiakasohjelmaa välittämään palaset käyttäjien kesken. Verkosta löytyy myös useita yksityisiä seurantapalvelimia. Erona yksityisillä on se, että käyttäjien lataus/jako suhdetta tarkkaillaan ration avulla. Jos käyttäjän ratio on alle trackerin asettaman alarajan, voidaan käyttäjältä evätä pääsy kyseiselle palvelimelle. Tällä pyritään takaamaan kaikille käyttäjille hyvät ja luotettavat tiedonsiirtonopeudet ja pyritään välttämään hit and run-toimintaa, jossa käyttäjä vain lataa tarvitsemansa tiedoston, mutta ei jää jakamaan sitä muiden ladattavaksi. Käyttäjä lataa siis torrent-tiedoston koneelleen jonka avaa asiakasohjelmassa. Torrent-tiedosto sisältää trackerin osoitteen sekä tiedoston palasten SHA-1-tarkistussummat ja koot. Yksi torrent-tiedosto voi sisältää useammankin eri seurantapalvelimen osoitteen, jolloin tehokkuus kasvaa entisestään. Avattuaan Torrent-tiedoston, asiakasohjelma ottaa yhteyden seurantapalvelimeen, jonka kautta se saa tiedot muista käyttäjistä, jotka jakavat halutun tiedoston osia ja alkaa ladata niitä. Asiakasohjelmasta pystyy seuraamaan lataukseen liittyviä tietoja kuten sen valmistumista, latausnopeutta sekä jakajien ja lataajien määrää. BitTorrentin avoimesta lähdekoodista johtuen sille on syntynyt useita asiakasohjelmia joista suosituin on µTorrent. Cohenin BitTorrent Inc. osti uTorrent AB:n vuonna 2006. Tämän johdosta lähes 50 % tuolloisista BitTorrent-käyttäjistä käytti heidän asiakasohjelmiaan. Cohenin mukaan tämä helpottaa heidän tulevien tuotteidensa markkinointia kuten BitTorrent Video Storea. (BitTorrent intro www-sivut, Carmack 2012, Ernesto 2006)

Vaikka BitTorrent-protokolla ja sen asiakasohjelmat ovat laajalti tunnettu tapa jakaa tekijänoikeudella suojattua materiaalia käyttäjien kesken, se on myös alkanut kerätä kiinnostusta yritysten keskuudessa edullisena ja tehokkaana tapana jakaa tiedostoja. BitTorrentin luoja Bram Cohen on yrittänyt näyttää BitTorrent Inc. yrityksensä välityksellä, että BitTorrent on paljon muutakin kuin tapa jakaa laittomia tiedostoja. Hän teki sopimuksen Motion Picture Association of American kanssa, ettei enää jaa BitTorrent.com:ssa linkkejä laittomia tiedostoja jakaviin torrentteihin ja muutti sen verkko-kaupaksi, jonka toiminta perustuu sen verkkosivuilta ostettaviin TV-sarjoihin, peleihin ja musiikkiin. Cohenin yhtiö oli ensimmäinen täysin kaupallinen BitTorrent-protokollaa käyttävä verkkopalvelu. Muutamat isot pelitalot kuten Konami ja Blizzard ovat hyödyntäneet BitTorrent-protokollaa jakaessaan päivityksiä peleihinsä. Konamin Metal Gear Solidissa käyttäjä voi valita käyttääkö päivitykseen HTTP:tä vai BitTorrentia. Käyttäjien mukaan jälkimmäinen tapa oli nopeampi lataamaan päivitykset. Blizzard puolestaan käyttää BitTorrentia Blizzard Downloaderissa, jonka kautta yhtiön pelien päivitykset toimivat. Sovellus yhdistelee HTTP ja BitTorrent-protokollaa. Pienemmät päivitykset hoidetaan HTTP:n yli suoraan Blizzardin omilta keskitetyiltä palvelimilta ja isommat päivitykset jaetaan BitTorrent-protokollaa hyödyntämällä. Näin saadaan jakeluverkosta suorituskykyinen esimerkiksi 10 miljoonalle World of Warcraftin pelaajalle uusien päivitysten ilmestyessä. (Nicoll J.R., Bateman, M., Ruddle, A., Allison, C., SriLanka 2010)

Vuonna 2008 EU julkisti kampanjan nimeltään "I Wouldn't Steal". Sen ideana on tukea vertaisverkko teknologioiden kehitystä. Kampanjan luonteesta kuvaa antaa siihen investoidut 19 miljoonaa euroa, joista EU:lta rahoitusta tuli 15 miljoonaa. Projekti on kehittänyt sovellusta nimeltään Swarmplayer, jonka ideana on, että käyttäjä lataa .torrent-tiedoston, joka puolestaan avaa reaaliaikaisen niin sanotun BitTorrent-kanavan. Ryhmä kehitti .tstream formaatin mikä on periaatteessa normaali .torrent-tiedosto johon on lisätty mahdollisuus reaaliaikaisesta streamauksesta. Kyseinen vertaisverkkoa hyödyntävä streamaus-teknologia ei ole ainoa laatuaan, mutta rahoituksen ja sen antajan puolesta mielestäni merkittävä. Tämä osoittaa vertaisverkkojen ja varsinkin BitTorrent-protokollan potentiaalin. (Ernesto 2008)

9 VERTAISVERKOT JA LAKI

Suuri osa vertaisverkkojen tiedostojenjakopalveluissa jaettavista tiedostoista on tekijänoikeuslailla suojattuja musiikkikappaleita, elokuvia ja piraatti-ohjelmistoja. Tämän takia vertaisverkkotekniikka usein yhdistetäänkin kansankielessä ja ihmisten mielissä laittomiin latauksiin. Sen maine onkin hieman kyseenalainen, koska sitä selvästi käytetään laittomaan kopiointiin, mutta myös täysin laillisiin käyttötarkoituksiin. Yhdysvalloissa ovatkin useat tahot vaatineet, että vertaisverkkojen kehittäjien pitäisi vastata väärinkäytöksistä. Omasta mielestäni väärinkäytökset kuitenkin lähtevät käyttäjäkunnasta ja tekniikka sinänsä on erittäinkin pätevä moniin eri käyttötarkoituksiin, joissa sitä nyt käytetään. BitTorrent-protokollan kehittäjä Cohen ei ole koskaan joutunut vastaamaan oikeudessa tuotoksensa johdosta. Syynä tähän on, että sen lähdekoodi on kaikille avointa jolloin sitä voi kuka tahansa muokata. Myös MPAA:n maailmanlaajuisten anti-piratismi osaston varapääjohtaja on aikoinaan ilmaissut mielipiteensä kyseisestä asiasta: "Minä näen innovaatiot kiinnostavina. Ne luovat läjäpäin mahdollisuuksia luoville ihmisille välittääkseen sisältöä ihmisille.", viitaten BitTorrent-protokollaan. "Meidän taistelumme ei ole ihmisiä vastaan, jotka kehittävät teknologiaa. Se on niitä vastaan, jotka käyttävät sitä laittomuuksiin.", hän jatkaa. (Delahunty 2005)

9.1 Laki

"On huomattavaa, että silloinkin, kun esimerkiksi musiikkitiedoston levittäjä rikkoo tekijänoikeuslakia, voi tiedoston lataaminen verkosta olla täysin laillista (TekoL 12 §)." Vertaisverkkojen toimintaperiaatteena kuitenkin on, että käyttäjä jakaa lataamaansa tiedosto jolloin on lähes mahdoton välttää rikkomatta tekijänoikeuslakia. Joistakin vertaisverkkosovelluksista kuitenkin löytyy ominaisuuksia jolla jakaminen pystytään estämään tai ainakin rajoittamaan. Arvion mukaan 86 % vertaisverkkojen liikenteestä on lainvastaista. Ruotsissa tuli vuonna 2009 voimaan uusi nettipiratismiin vastainen tekijänoikeuslaki, jonka perusteella tekijänoikeuksien haltijat voivat vaatia Internet-palvelujen tarjoajilta tiedostoja lataavien tietokoneiden Ip-osoitteet. Tällainen ei ole Suomessa mahdollista, ainakaan vielä. Korkein oikeus kuitenkin määräsi suomalaiset operaattorit DNA:n, Telia Soneran ja Elisan estämään pääsyn tekijänoi-

keuksia rikkovalle The Pirate Bay-sivustolle. Operaattorit joutuivat hyväksymään päätöksen pitkän hampain, kun korkein oikeus ei antanut Elisalle valituslupaa kiistassa. Elisa kieltäytyi aluksi kytkemästä estoa päälle, koska se oli heidän mielestään teknisesti erittäin hankalaa toteuttaa eikä heidän mielestään liittymäntarjoajaa pitäisi asettaa viranomaisen asemaan. Myöhemmin onkin Internetiin levinnyt useita ohjeita havainnollistamaan kuinka helppo kierto on teknisesti kiertää. Vertaisverkkoja hyödyntävän palvelun kuten Spotify on yleisesti ottaen nähty vähentävän varsinkin musiikki piratismia. Tästä voidaankin päätellä, että suurin osa ihmisistä on valmis maksamaan palveluista joiden hinta on kohdallaan ja sisällön saatavuus on helppoa ja nopeaa ennemmin kuin lataavan ne laittomasti verkosta. (TTVK:n www-sivut 2011, Blencowe 2012)

9.2 The Pirate Bay

Pirate Bay on vuonna 2003 perustettu BitTorrent seurantalvelin, joka jakaa torrent-tiedostoja. Vuosi perustamisensa jälkeen sillä oli jo lähes miljoona käyttäjää ja 60 000 Torrent-tiedosto jaossa. Vuoteen 2005 tultaessa käyttäjien määrä oli lähes kolminkertaistunut 2.5 miljoonaan. Kolme vuotta perustamisensa jälkeen sivuston palvelimet ratsattiin ensimmäisen kerran, jolloin se sijaitsivat Tukholmalaisessa palvelinkeskuksessa. Kolmen päivän kuluttua sivusto oli jälleen täydessä toiminnassa. Ratsian johdosta se sai myös kansainvälistä näkyvyyttä mediassa mikä aiheutti käyttäjämäärän kasvun jatkumista. 2009 vuoden alussa sivuston kolme perustajajäsentä ja rahoittaja joutuivat oikeuden eteen. Kaikki neljä todettiin syyllisiksi avunannosta tekijänoikeuslain rikkomiseen. Heidät tuomittiin jokainen vuodeksi vankilaan ja sakkoja yhteensä reilut 3 miljoonaa dollaria. Valitettuaan tuomiosta 2010, vankilatuomioita lyhennettiin, mutta sakkojen määrä nousi 6.5 miljoonaan dollariin. Vuonna 2013 kaksi tuomituista on suorittanut vankeustuomionsa. The Pirate Bay on täysin avonainen palvelu, mistä kuka tahansa voi etsiä ja ladata haluamiaan torrentteja. Pirate Bayn omilla palvelimilla ei siis fyysisesti sijaitse mitään tekijänoikeuslain alaista tai muutaakaan laitonta materiaalia vaan pelkästään torrent-tiedostot. Käyttäjien sivustolle lataamat torrent-tiedostot kuitenkin lähes poikkeuksetta ovat johtavat laittoman materiaalin äärelle. Huolimatta tuomioista ja useista Ruotsin valtion yrityksistä ajaa

Pirate Bayn toiminta alas, palvelu löytyy edelleen verkosta uusien omistajien ajamana erittäinkin elinvoimaisena osoitteesta <http://piraattilahti.org/>. Sivusto on tällä hetkelle kansainvälisesti sensuroiduin sivusto operaattorien toimesta. Se on maailman suosituin torrent-tiedostojen latauspaikka ja edelleen yksi Internetin käydyimmistä sivustoista. (Lehto, T. 2010;Pirate Bay:n www-sivut 2011, Ernesto 2013)

10 YHTEENVETO

Vertaisverkkojen suurimpia etuja nähden tavalliseen asiakas-palvelin-malliin ovat rajaton skaalautuvuus, joka mahdollistaa tietojen ja resurssien jaon suurillekin massoille, kuten Skype ja Spotify ovat osoittaneet. Tästä näkökulmasta katsottuna vertaisverkko on suorituskyvyltään ylivertainen perinteiseen malliin verrattuna: Niiden viansietokyky on huomattavasti korkeampi, koska keskitetty palvelin ei ole toiminnassa välttämätön. Ne tarjoavat normaalia mallia korkeamman anonymiteetin käyttäjilleen, mitä voidaan myös pitää etuna Internet-maailmassa. Käyttäjien yksityisyyttä korostettu viime aikoina runsaasti, eikä siihen vähimpänä syynä ole räjähdysmäisen suosion saavuttanut Facebook. Vertaisverkoissa etuna on myös tiedon hajanaisuus, jolloin sama data löytyy verkosta monesta eri lähteestä mikä lisää luotettavuutta. Edullisuus on yritys näkökulmasta yksi ratkaisevimmista seikoista pohdittaessa vertaisverkko ratkaisuja ja niiden käytettävyyden on todistanut mm. pelitalo Blizzard Entertainment.

Ei hyvää ilman huonoa, vertaisverkkojen tietoturva on perinteistä asiakas/palvelin mallia heikompaa johtuen sen avoimuudesta ja alkuperäisestä käyttötarkoituksesta, joka oli tarjota helppo tapa tiedostojen siirtoon ja jakamiseen käyttäjien kesken. Tavallinen asiakas-palvelin-malli on myös vertaisverkkoa helpompi toteuttaa ja hallinnan keskittäminen sekä hallittavuus ovat parempia. Puhtaat vertaisverkot ovat hyvin pitkälti sitä mitä ovat sen käyttäjät, koska käyttäjät toimivat niin asiakkaina kuin palvelimina, jolloin tiedostojen saatavuus on hyvin pitkälle riippuvainen käyttäjistä. Useiden vertaisverkkopalvelujen ongelmana ovatkin käyttäjät, jotka ovat ns. vapaa matkustajia eli saatuaan haluamansa tiedoston he eivät jää jakamaan sitä toisille käyt-

täjille. Tämä ongelma kuitenkin poistuu siirryttäessä risteymä mallia toteuttaviin vertaisverkkoratkaisuihin, joita nykypäivän sovellutukset lähes poikkeuksetta soveltavat.

Uskon, että vertaisverkon sovellutukset tulevan jatkossa yhä enemmän suuntautumaan mobiililaitteisiin ja esimerkiksi älytelevisioihin. Muutamat vertaisverkkoa hyödyntävät palvelut ovatkin jo tehneet omat sovelluksensa tällä rintamalla. Uskon myös yritysten jatkossa alkavan hyödyntämään vertaisverkkoja omilla ratkaisullaan. Tästä hyvänä esimerkkinä Distribute, joka on avannut tien ja näyttänyt mihin vertaisverkot ovat kykeneväisiä oikein valjastettuna. Tekniikoista ja protokollista tullaan jatkossa näkemään yhdistelmiä, koska suurin osa tämän hetkisistä ei sellaisenaan sovellu nykypäivän käyttöön mikä on kotikäyttäjien kohdalla kokoajan enemmän ja enemmän Internetin yli tapahtuvaan suoratoistoon keskittyvää niin videoiden kuin musiikinkin muodossa. Enää käyttäjän ei tarvitse ladata video tai musiikki tiedostoja koneelleen vaan ne voidaan tarkastella suoraan verkon yli. Näiden palveluiden mukana tulee lisää käyttäjiä, jonka kautta saadaan entistä laajempi ja suorituskykyisempi verkko. Tekniikoita yhdistelemällä aikaisemmin vaivannut huono hallittavuus olisi mahdollista saada paremmaksi mikä taas toisi sovellutuksia yrityspuolelle kohdistuviksi. Tällä hetkellä suurin osa vertaisverkkoihin perustuvista tuotteista on suunnattu kuluttajapuolelle, mutta uskon, että tässä tullaan myös jatkossa näkemään muutos.

Mobiililaitteisiin kasvun esteenä on tällä hetkellä vielä tiedonsiirrollisesti kohtalaisen heikot ja helposti tukkeutuvat 3G-verkot ja laitteiden akunkesto. Ideana kuitenkin on, että verkossa ollessaan laite ja siinä oleva sovellus jakaisi tietoa muille käyttäjille ja akun kesto on ongelma nykyisilläkin sovelluksilla, vaikka tiedonsiirto on pääosin pätkittäistä. 3G-verkko puolestaan toimii puheliikenteen ala puolella samassa verkossa ja näin ollen se tukkeutuu helposti suuren käyttäjämäärän johdosta. Ratkaisu tähän on pelkästään tiedonsiirtoon tarkoitettu 4G-verkko. Kun 3G-verkon teoreettinen kapasiteetti on maksimissaan 21Mbit/s, voidaan 4G-verkoissa saavuttaa parhaimmillaan yli 100Mbit/s ja se on myös vasteajoiltaan lähes kiinteää laajakaistaa vastaava. Laitteiden parantunutta akunkestoja on jo odoteltu pitkään, mutta mitään merkittävää läpimurtoa sillä saralla ei ole vielä saavutettu. Eli monia haasteita on vielä ratkaistavana ennen kuin vertaisverkkosovellutuksia päästään hyödyntämään älypuhelimissa

ja tableteissa kokonaisvaltaisesti. PC-myyntien alamäen jatkuessa mobiililaitteet ovat se loogisin jatkumo sovelluskehittäjien näkökulmasta katsottuna.

Ihmisten viihdekäyttö on vuosien varrella muuttunut ja kuten on jo mainittu, suunta on ollut suoratoisto. Näen, että tämä on se suurin kuluttajapuolelta löytyvä kategoria mihin vertaisverkkojen sovellutuksia voidaan hyödyntää jatkossa vielä enemmänkin. Ja kuten on jo nähty, saadaan tämän kaltaisilla palveluilla vähennettyä nyt vertaisverkoissa valloillaan olevaa piratismia. Kyseinen sovellutus on kuitenkin myös luonut asialle kääntöpuolen. Laittomat ilmaiset streamit esimerkiksi urheilutapahtumista, jotka ovat nousseet maksullisten palveluiden kilpailijoiksi. Näitä onkin povattu piratismiin seuraavaksi aalloksi. Ja vertaisverkot mahdollistavat näiden palveluiden sujuvan toiminnan ilman, että ylläpitäjien tarvitsee tehdä kalliita laitehankintoja ylläpitääkseen palvelua.

Yritysten kohdalla näkisin, että Spotifyn kaltaiset ratkaisut ovat seuraavat askel, jossa yhdistetään perinteisestä asiakas/palvelin mallia ja hyödynnetään vertaisverkkojen suorituskykyä ja skaalautuvuutta. Pilvipalveluiden tuleminen osaksi yritysten jokapäiväisiä ratkaisuja viestii mielestäni suunnan olevan juuri enemmän ja enemmän kohti hajautettuja ratkaisuja. Yhä harvempi pk-yritys hankkii omiin toimitiloihinsa keskitetyn palvelimen ja tälle oman ylläpidosta vastaavan henkilön. Tiedon tallennus tulee tulevaisuudessa olemaan lähes poikkeuksetta keskitetyksi suurissa konesaleissa ja näkisin, että jatkossa tiedon jakelussa käyttäjille olisi vertaisverkko sovellutuksilla merkittävä rooli suuren käyttäjämäärän johdosta. Tulevaisuudessa kuluttajien ja yritysten tiedostojen sekä päivitysten lataaminen ja jakaminen eivät tule enää pohjautumaan perinteiseen asiakas/palvelin malliin vaan erinäisiin vertaisverkkojen hybridi-ratkaisuihin. Skaalautuvuus ja suorituskyky ovat ne tekijät, jotka tulevan siivittämään uusien vertaisverkko sovellutuksien syntymistä yhä alati laajentuvassa Internetissä.

Vertaisverkoissa piilee siis mielestäni suuri potentiaali, josta osa on jo lunastettu nykyisillä sovellutuksilla ja tulemme varmasti näkemään tulevaisuudessa monia niihin pohjautuvia mielenkiintoisia ratkaisuja. Internetistä on tullut entistä rajatumpi jonka johdosta vertaisverkkopohjaiset sovellukset ovatkin jälleen yleistymässä. Onkin epäilty, että Internet on pikku hiljaa muuttumassa lähemmäs alkuperäistä muotoaan.

LÄHTEET

Aamulehden www-sivut. 2013. Viitattu 16.8.2013.

<http://www.aamulehti.fi/Ulkomaat/1194818904616/artikkeli/cia+n+ex-tyontekija+paljasti+vakoiluohjelmat+en+aio+peitella+henkilollisyyttani+.html>

Aamoth, D. 2011. A brief history of skype. Viitattu 16.8.2013.

<http://techland.time.com/2011/05/10/a-brief-history-of-skype/>

Blencowe, A. 2012. Elisan täytyy jatkaa Pirate Bay-sivuston estoa. Viitattu 16.8.2013.

http://yle.fi/uutiset/elisan_taytyy_jatkaa_pirate_bay_-sivuston_estoa/6183155

Bitcoinin www-sivut 2013. Viitattu 16.8.2013.

<http://bitcoin.org/en/>

BitcoFin. 'Bitcoin louhinta'. Bitcoin - ohjeita ja vinkkejä. 9.6.2013. Viitattu 16.8.2013.

<http://bitcoinohjeet.blogspot.fi/2013/05/bitcoin-louhinta.html>

BitTorrent.orgin www-sivut. Viitattu 7.4.2011

http://bittorrent.org/beps/bep_0003.html

BitTorrent intro. Slyck.comin www-sivut. Viitattu 7.4.2011

<http://www.slyck.com/bt.php>

Carmack, C. 2012. How BitTorrent works. Viitattu 16.8.2013.

<http://computer.howstuffworks.com/bittorrent.htm>

Chirky, C. 24.11.2000. What is P2P... And what Isn't. Viitattu 7.4.2011

<http://openp2p.com/pub/a/p2p/2000/11/24/shirky1-whatisp2p.html>

DC++:n www-sivut 2013. Viitattu 16.8.2013.

<http://dcplusplus.sourceforge.net/>

Delahunty, J. 2005. Open source shields BitTorrent from legal attacks. Viitattu 16.8.2013.

http://www.afterdawn.com/news/article.cfm/2005/03/09/open_source_shields_bittorrent_from_legal_attacks

Dreamtech Software Team. 2002. Peer-to-Peer Application Development: Cracking the Code, Hungry Minds, Inc. Viitattu 7.4.2011.

Ernesto. 2013. The Bay turns 10 years old: The history. Viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/the-pirate-bay-turns-10-years-old-the-history-130810/>

Ernesto. 2008. P2P-Next introduces live BitTorrent Streaming. viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/eu-invests-22-million-in-next-generation-bittorrent-client/>

Ernesto. 2008. Distribute: P2P powered Desktop deployment. Viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/distribute-p2p-powered-desktop-deployment-081016/>

Ernesto. 2011. Spotify: A massive P2P network, blessed by record labels. Viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/spotify-a-massive-p2p-network-blessed-by-record-labels-110617/>

Ernesto. 2006. BitTorrent Inc buys uTorrent. Viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/bittorrent-inc-buys-%C2%B5torrent/>

Ernesto 2012. BitTorrent traffic Increases 40% in a half year. Viitattu 16.8.2013.

<http://torrentfreak.com/bittorrent-traffic-increases-40-in-half-a-year-121107/>

FreePLRportal 2010. Peer-to-Peer and the effects on network performance.

http://www.webexploits.co.uk/2010/03/peer-to-peer-and-effects-on-network_02.html

Gayomali, C. 2011. Whatever happened to P2P file sharing sites like Kazaa and Morpheus? Viitattu 16.8.2013.

<http://techland.time.com/2011/09/21/whatever-happened-to-p2p-file-sharing-sites-like-kazaa-and-morpheus/>

Goodin, D. 2012. *Sky replaces P2P superdones with linux boxes hosted by microsoft.* Viitattu 16.8.2013.

<http://arstechnica.com/business/2012/05/skype-replaces-p2p-supernodes-with-linux-boxes-hosted-by-microsoft/>

Haaga-Helian *www-sivut* 2013. Viitattu 16.8.2013.

http://myy.haaga-helia.fi/~too1tn001/etat/tcp_ip_rap_ohje.pdf

Kreitz, G. 2011. *Spotify - Behind the scenes.* Viitattu 16.8.2013.

<http://www.scribd.com/doc/56651812/kreitz-spotify-kth11>

Kotilainen, S. 2010. *Nettiliikenne nelinkertaistuu – syy ei ole p2p.* Tietokone 7.6.2010. Viitattu 7.4.2010

http://www.tietokone.fi/uutiset/nettiliikenne_nelinkertaistuu_syy_ei_ole_p2p

Koponen, K. 2009. *Uusi tekijänoikeuslaki supisti nettiliikennettä Ruotsissa .* Helsingin Sanomat 2.4.2009. Viitattu 7.4.2011

<http://www.hs.fi/kulttuuri/artikkeli/Uusi+tekij%C3%A4noikeuslaki+supisti+nettiliikenne+Ruotsissa/1135244900136>

Kontikin *www-sivut* 2013. *Video Content Delivery.* Viitattu 16.8.2013.

<http://www.kontiki.com/technology/video-content-delivery/>

Laine, H 2009. *Palvelukohtaiset arkkitehtuurityylit.* Viitattu 16.8.2013.

<http://www.cs.helsinki.fi/u/laine/arkki/s09/pdf/oa-09-arkkitehtuurityylit-b.pdf>

Laxma, N. 2005. *Users should be concerned of spyware in free P2P Software.* Viitattu 16.9.2013.

<http://www.tml.tkk.fi/Publications/C/18/nandikonda.pdf>

- Lehto, T. 2010. Hovioikeus lyhensi Pirate Bay-ylläpitäjien vankilatuomioita. Tietokone 27.11.2010 Viitattu 7.4.2011*
http://www.tietokone.fi/uutiset/hovioikeus_lyhensi_pirate_bay_yllapitajien_vankilatuomioita
- Lemos,R. 2007. Peer-to-Peer networks co_opted for Dos attacks. Viitattu 16.8.2013.*
<http://www.securityfocus.com/news/11466>
- Leuf, B. 2002. Peer to Peer: Collaboration and Sharing over the Internet. Viitattu 7.4.2011*
- Miller, F.P., Vandome, A.F., McBrewster, J. 2009. Bittorrent (protocol). Viitattu 7.4.2011*
- Mäntylahti, P. 2005. P2P-verkot. Tietokone 5/2005. Viitattu 7.4.2011*
http://www.tietokone.fi/lehti/tietokone_5_2005/p2p_verkot_2431
- Nicoll J.R., Bateman, M., Ruddle, A., Allison, C. Challenges In Measurement and Analysis of the BitTorrent Content Distribution Model. Viitattu 7.4.2011*
<http://distsyst.cs.st-andrews.ac.uk/btpaper.pdf>
- Nuutinen, P 2008. Arkkitehtuurituntemus. Viitattu 16.8.2013.*
<http://www.bit.spt.fi/petri.nuutinen/Arkkitehtuuri/04Sovellusarkkitehtuuri.pdf>
- Oram, A. 2001. Peer to Peer: Harnessing the Power of Disruptive Technologies. Viitattu 7.4.2011*
- Pham Khac, C. 2005. Microsoft Peer-to-Peer. Viitattu 16.8.2013*
<http://www.tml.tkk.fi/Publications/C/18/cuong.pdf>
- P2P. Afterdawn. Viitattu 7.4.2011 <http://fin.afterdawn.com/sanasto/selitys.cfm/p2p>*
- Pitkänen, J. 2009. Tutkimus: P2P-liikenteen osuus netissä putosi . Tietokone 23.2.2009. Viitattu 7.4.2009*
http://www.tietokone.fi/uutiset/2009/tutkimus_p2p_liikenteen_osuus_netissa_putosi
- Sandvine 2013. Global internet phenomena report 2013.*

Seti@homen www-sivut. 2013. Viitattu 16.8.2013.

<http://setiathome.berkeley.edu/index.php>

Skypen www-sivut 2013. Viitattu 16.8.2013.

<https://support.skype.com/en/faq/FA10983/what-are-p2p-communications>

Siljamäki, H. 2009. *Spotify uudistaa nettimusiikin asetelmat.* Tietoviikko 20.1.2009.

Viitattu 7.4.2011 http://www.tietoviikko.fi/kaikki_uutiset/article207379.ece

SriLanka 2010. *Emerging applications of P2P technologies.* Viitattu 16.8.2013.

<http://p2peducation.pbworks.com/w/page/8897427/FrontPage>

*The Pirate Bay*n www-sivut. Viitattu 7.4.2011 <http://thepiratebay.org/about>

The Government of the Hong Kong Special Administrative Region. 2008. *Peer-to-Peer Network.* Viitattu 6.12.2013.

<http://www.infosec.gov.hk/english/technical/files/peer.pdf>

Tekijänoikeuslaki. 1961. L 8.7.1961/404 muutoksineen

<http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1961/19610404>

Tekijänoikeuden tiedoitus- ja valvontakeskus Ry:n www-sivut. Viitattu 7.4.2011

<http://antipiracy.fi/>

Korkalainen, M. *TCP/IP, Lähiverkot-erikoistyökurssi.* Viitattu 16.8.2013.

[http://www2.it.lut.fi/kurssit/04-](http://www2.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminaarit/TCP_IP_Mika_Korkalainen_kalvot.pdf)

[05/010626000/seminaarit/TCP_IP_Mika_Korkalainen_kalvot.pdf](http://www2.it.lut.fi/kurssit/04-05/010626000/seminaarit/TCP_IP_Mika_Korkalainen_kalvot.pdf)

Torres, G. 2012. *How TCP/IP Protocol Works - Part 1.* Viitattu 16.8.2013.

<http://www.hardwaresecrets.com/article/433>

Virtuaali AMK:n www-sivut. Viitattu 16.8.2013.

<http://www2.amk.fi/mater/tietotekniikka/palomuuri/files/TCPIP.htm>

4M88:n www-sivut 2013. *Distribrute.* Viitattu 16.8.2013.

<http://www.4m88.com/distribrute.html>