

## **P2P vertaisverkot - Uhka vai mahdollisuus?**

Jari Kattelus

Tampereen yliopisto  
Tietojenkäsittelytieteiden laitos  
Tietojenkäsittelyoppi  
Pro gradu -tutkielma  
Toukokuu 2008

Tampereen yliopisto

Tietojenkäsittelytieteiden laitos

Tietojenkäsittelyoppi

KATTELUS, JARI: P2P vertaisverkot – Uhka vai mahdollisuus?

Pro gradu -tutkielma, 72 sivua, 4 liitesivua

Toukokuu 2008

---

Vertaisverkot yhdistetään mediassa ja yritysten sekä oppilaitosten tietohallinnossa usein laittomuuksiin ja niistä pyritään hankkiutumaan eroon. Tämä tutkimus hakee vastauksia seuraaviin kysymyksiin 1) Miten vertaisverkot toimivat? 2) Mitä haittoja vertaisverkko-ohjelmien käytöllä on? 3) Mitä levityskanavia ohjelmistopiraatit käyttivät ennen vertaisverkkoja? 4) Voiko vertaisverkkoja ylipäättään käyttää laillisiin tarkoituksiin ja mitä tällaisia tarkoituksia on? 5) Mihin vertaisverkkoja Suomessa käytetään? 6) Miten vertaisverkkoliikennettä voidaan estää tai optimoida?

Pyrin tarkastelemaan vertaisverkkoja sekä käyttäjien, tekijän-oikeuksien haltijoiden että tietohallinnon näkökulmasta. Tavoitteenani on mahdollisimman neutraali ja kaikki osapuolet huomioiva käsittelyyn. Pääasiallisena tutkimusmenetelmänä on kirjallisuuteen pohjautuva tutkimus, mutta tutkimus sisältää myös testiosuuden, jossa perehdyn käytännön tasolla yleisimpien vertaisverkko-ohjelmien toimintaan.

Tuloksista selvisi, että nykyaikaisten vertaisverkkojen haittoja käyttäjälle liioitellaan ja tietokoneohjelmien, -pelien, musiikin ja elokuvien piratismia on ollut kauan ennen niiden yleistymistä. Vertaisverkot tarjoavat kuitenkin tietotekniikan perustaidot omaaville massoille helpon tavan hankkia viihdettä ja ohjelmistoja mitättömällä kustannuksilla. Vertaisverkkotekniikalle on olemassa yllättävän monta laillistakin käyttötarkoitusta, mutta tämän hetken tietojen valossa valitettavan monet käyttäjät suosivat laittoman materiaalin lataamista ja jakamista. Lainsäädännön tiukentaminen ja varoittavien esimerkkien näyttävä esiintuominen ei kuitenkaan merkittävästi vähennä laitonta lataamista, koska kiinnijäämisen riskiä pidetään pienenä. Moni käyttäjä olisi sen sijaan valmis maksamaan kiinteän kuukausimaksun rajattomasta lataamisesta. Rangaistusten ja valvonnan lisäämisen sijaan näkisin verkkokauppojen ja digitaalisten jakelumenetelmien kehittämisen olevan parempi ratkaisu vertaisverkkojen piratismiongelmaan.

Avainsanat ja -sanonnat: P2P, vertaisverkot, piratismi, haittaohjelmat

## Sisällys

1.	Johdanto .....	1
2.	Asiakas-palvelin arkkitehtuurin ja vertaisverkkojen erot .....	3
2.1.	Asiakas-palvelin arkkitehtuuri .....	3
2.2.	Vertaisverkot.....	4
3.	Vertaisverkkoprotokollien toimintaperiaate .....	4
3.1.	Verkot ja protokollat .....	4
3.2.	TCP/IP Protokolla .....	6
3.3.	Edonkey-protokollan toimintaperiaate.....	12
3.4.	Bittorrent-protokollan toimintaperiaate .....	16
4.	Yleisimpien vertaisverkko-ohjelmien esittely .....	19
4.1.	Reitittimen konfigurointi ennen testausta.....	19
4.2.	Emule (Edonkey).....	20
4.3.	µTorrent (Bit Torrent) .....	23
4.4.	DC++ (Direct Connect).....	27
5.	Vertaisverkkojen haitat.....	32
5.1.	Taloudelliset menetykset piratismiin vuoksi .....	32
5.2.	Tietoliikennekapasiteetin tuhlaaminen.....	34
5.3.	Virusten ja haittaohjelmien leviäminen .....	37
6.	Piratismi ennen vertaisverkkoja .....	41
6.1.	Yleistä ohjelmistopiratismiin historiasta.....	41
6.2.	Fyysinen media .....	45
6.3.	BBS järjestelmät .....	45
6.4.	FTP-palvelimet ja uutisryhmät .....	47
6.5.	IRC-keskustelukanavat .....	48
7.	Vertaisverkkojen lailliset käyttömahdollisuudet.....	50
7.1.	Vapaiden ohjelmistojen, elokuvien ja musiikin levittäminen .....	50
7.2.	Vaihtoehto fyysisen tuotteen toimittamiselle verkkokaupassa .....	51
7.3.	Pikaviestien ja internet puheluiden välittäminen .....	52
7.4.	Tieteellisten projektien hajautettu laskenta.....	53
7.5.	P2PTV .....	54
8.	Vertaisverkkojen käyttö Suomessa .....	55
8.1.	P2P kyselytutkimus 2004 .....	55
8.2.	Tutkimus Internet musiikkipiratismista 2006.....	57
8.3.	Scripted verkkolehden P2P tutkimus 2008.....	61
9.	Vertaisverkkoliikenteen estäminen ja rajoittaminen.....	63
10.	Vertaisverkkoliikenteen optimointi p4p-tekniikalla .....	65
11.	Johtopäätökset.....	66
	Liitteet	

## 1. Johdanto

Tietokoneohjelmista voidaan selkeästi erottaa haitallisten ohjelmien ryhmä, joiden tarkoituksena on aiheuttaa harmia tietokoneen käyttäjälle esimerkiksi tärkeitä tiedostoja tuhoamalla ja varaamalla tietokoneen laskentakapasiteettia omiin käyttötarkoituksiinsa. Osa näistä ohjelmista pyrkii aikaansaamaan taloudellista hyötyä tekijöilleen esimerkiksi varastamalla ohjelman käyttäjien luottokorttitietoja tai salasanoja (engl. spyware). Tähän ryhmään kuuluvat mm. virukset, madot ja troijalaiset. Aikaisemmin mainonnassa käytettäviä ohjelmia (engl. adware) ei pidetty tähän ryhmään kuuluvana, mutta nykyisin useat haittaohjelmia torjuvat työkaluohjelmistot poistavat myös ko. tarkoitusta varten tehdyt ohjelmat.

Tiedostojen tai tietokoneen resurssien jakamiseen tarkoitettuja vertaisverkkoja hyödyntäviä ohjelmia ei voida selkeästi lukea tähän haitallisten ohjelmien ryhmään, vaan suhtautuminen niihin on tällä hetkellä ristiriitaista. Virustentorjuntaan ja haittaohjelmien poistoon tehdyt ohjelmistot eivät tällä hetkellä poista p2p-tiedostonjako-ohjelmia käyttäjien tietokoneilta, sen sijaan useiden suurten yritysten tietohallinto ja oppilaitosten atk-tuki suhtautuvat vertaisverkko-ohjelmiin pääosin kielteisesti ja näiden asentamisesta sekä käyttämisestä seuraa yleensä jonkinasteinen rangaistus. Myös Skype-nettipuhelinohjelmistoon tai vastaaviin suljetun lähdekoodin vertaisverkko-tekniikkaa hyödyntäviin kommunikaatio-ohjelmiin suhtaudutaan useissa yrityksissä kielteisesti ja niiden asentaminen työntekijöiden koneille on kiellettyä tai epäsuotavaa.

Media on lähestynyt aihetta niinkään negatiivisesti ja sensaatiohakuisesti, uutisia tarjoavat www-sivustot (digitoday yms.) ja tietokonelehdet ovat lähes poikkeuksetta yhdistäneet vertaisverkot ainoastaan piratismiin. Yhtäläillä voitaisiin yleistää, että http-protokolla mahdollistaa terroristien kommunikoinnin ja lapsipornon levittämisen ja tämän vuoksi tätä protokollaa käyttävät sovellukset tulisi kieltää. Tällaista ei kukaan ole vakavasti vielä ehdottanut, sen sijaan vertaisverkkoliikenteen rajoittaminen tai estäminen saattaa lähitulevaisuudessa olla hyvinkin mahdollista mm. internet-operaattorien toimesta.

Tämän tutkimuksen tarkoitus on valottaa vertaisverkkojen takana piilevää edistyksellistä tekniikkaa ja tarjota positiivinen näkökulma näiden ohjelmien

käyttömahdollisuuksista mm. tieteellisessä tutkimuksessa. Tarkoitukseni on siis tutkia, löytyykö vertaisverkkotekniikalle muita vartenotettavia käyttö-tarkoituksia kuin tekijänoikeudella suojatun materiaalin levittäminen. Taustaselvityksenä olen perehtynyt myös muihin tekijänoikeuslain alaisen materiaalin laittomassa sähköisessä levityksessä käytettyihin keinoihin sekä tietokoneohjelmien ja -pelien piratismiin historiaan. Näillä selvityksillä pyrin näyttämään toteen, että piratismi ei johdu vertaisverkkojen olemassaolosta, vaan vertaisverkot ovat ainoastaan yksi jakelukanava monien joukossa.

Tutkimuksen varsinaiset tutkimusongelmat ovat:

- 1) Mitä haittoja vertaisverkko-ohjelmien käytöllä on?
- 2) Voiko vertaisverkkoja käyttää laillisiin tarkoituksiin ja mitä tällaisia tarkoituksia on?
- 3) Mihin vertaisverkkoja Suomessa käytetään?

Lisäksi jouduin taustaselvityksenä perehtymään seuraaviin alaongelmiin:

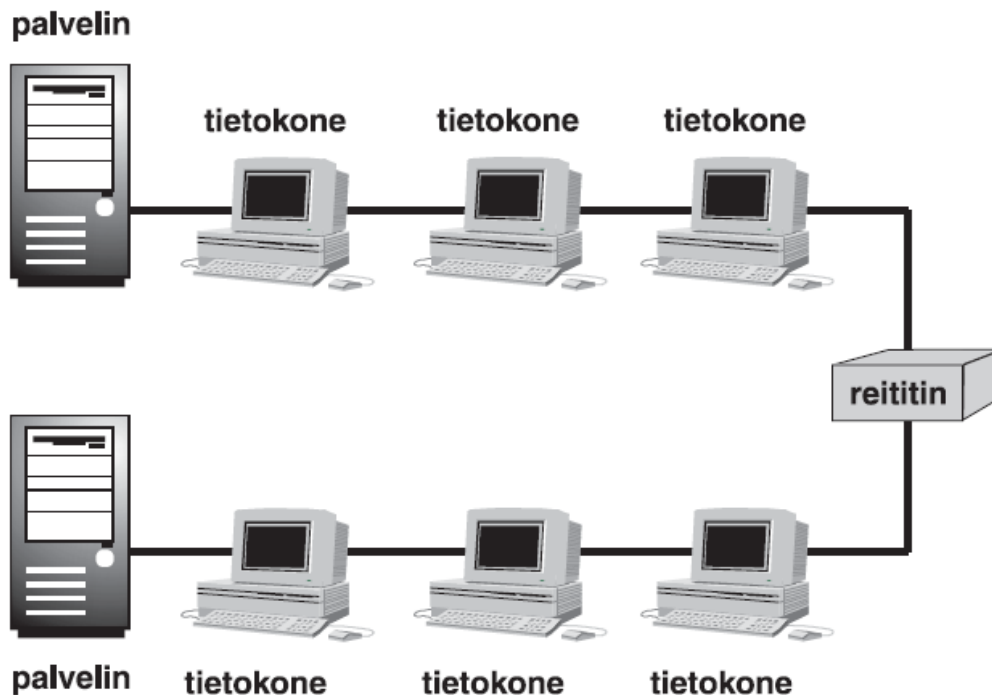
- 1) Miten vertaisverkot toimivat?
- 2) Mitä levityskanavia ohjelmistopiraatit käyttivät ennen vertaisverkkoja?
- 3) Miten vertaisverkkoliikennettä voidaan estää tai optimoida?

Tiedonkeruumenetelmänä olen käyttänyt alan kirjallisuutta sekä ajankohtaisia lehtiartikkeleita ja aihepiiriä käsitteleviä www-sivuja. Aiheesta on tehty ainakin kolme ammattikorkeakoulutasoista opinnäytetyötä: Internetin elokuvapiratismi Suomessa, Median levitys vertaisverkossa sekä Musiikkipiratismi internetissä ja sen esiintyminen opiskelijoiden keskuudessa. Näiden tutkimusten tuloksia analysoin osiossa 8, vertaisverkkojen käyttö Suomessa. Case-osiona toteutin osiossa 4 yleisimpien vertaisverkko-ohjelmien testauksen, jossa tutkin, miten hyvin avoimen lähdekoodin ohjelmistoja eri vertaisverkoissa on tarjolla. Erityisesti perehdyin uusimman Ubuntu Linuxin saatavuuteen vertaisverkkojen kautta. Case-tutkimus voi olla luonteeltaan kuvailevaa, teoriaa testaavaa tai teoriaa luovaa. [Järvinen ja Järvinen, 2004] Tämän tutkimuksen Case-osuus on tyypiltään kuvailevaa, olen pyrkinyt kuvailemaan vertaisverkko-ohjelmien käyttöönottoa ja toimintaa todellisessa ympäristössä eli omassa kotiverkossani. Oma kotiverkkoni on yhteydessä internetiin 2mbit/512kbit tasoisella ADSL-liittymällä.

## 2. Asiakas-palvelin arkkitehtuurin ja vertaisverkkojen erot

### 2.1. Asiakas-palvelin arkkitehtuuri

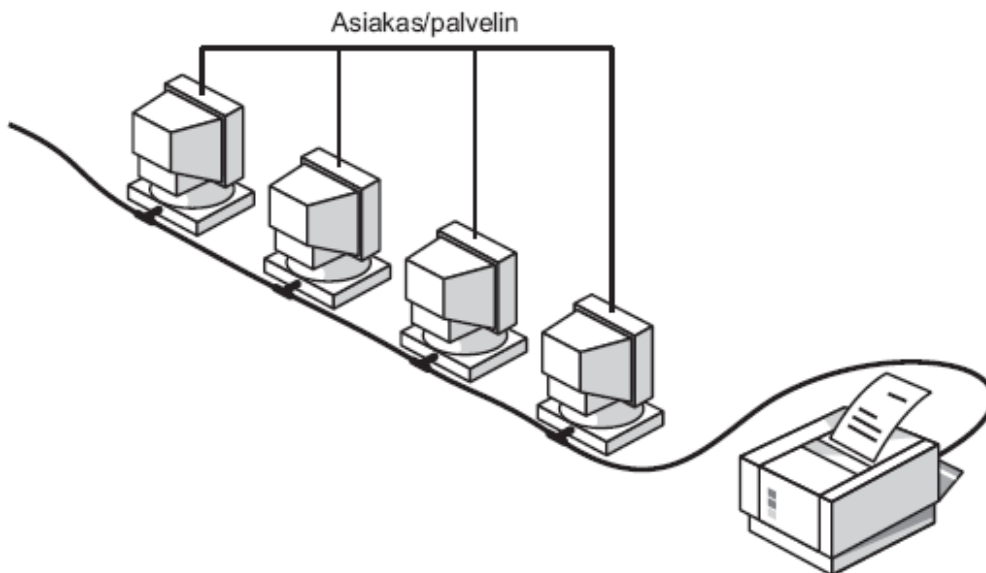
Asiakas-termillä tarkoitetaan tässä yhteydessä verkkoon liitettyä tietokonetta, joka pyytää verkkokäyttöjärjestelmältä käyttöönsä verkkoresurssia. Tämä vastaa yritysmallia, jossa asiakas pyytää yrityksen omistajalta palvelua. Verkkiasiakkaat pyytävät tyypillisesti verkon sovelluspalvelimeen sijoitetun sovellusohjelman suorittamista, verkon tiedostopalvelimeen tallennettujen tiedostojen kopiointia ja tulostuspalveluita. Kaikki nämä pyynnöt ovat tavallaan samanlaisia. Eli asiakas pyytää aina tiedostonsiirtoa. Tiedoston käsittelyn hoitaa asiakas eikä verkkoresurssi. Tätä nimitetään yleisesti tiedostopalvelinmalliksi, jossa palvelin vastaanottaa tiedostonsiirto-pyyntöjä, ei tiedostonkäsittelypyyntöjä. Tiedostopalvelinmalli oli ensimmäinen tietokoneverkoissa käytetty malli, ja sitä käytetään edelleen (ks. kuva 1). Verkkokäyttö-järjestelmä jaetaan kahteen osaan: asiakasohjelmiin ja palvelinohjelmiin. Asiakasohjelmat asennetaan kaikkien käyttäjien työasemiin; palvelinohjelmat taas asennetaan vain palvelimeen. Asiakas- ja palvelinohjelmat muodostavat yhdessä turvallisen tavan, jolla asiakkaat voivat käyttää palvelimen resursseja. [Keogh, 2001]



Kuva 1. Yritysverkossa on jokaisessa verkkosegmentissä useita asiakkaan roolissa olevia tietokoneita ja yksi tai useampia palvelimia. [Keogh, 2001]

## 2.2. Vertaisverkot

Työasemien välisessä, koneesta koneeseen toteutetussa vertaisverkossa ei ole varsinaista palvelinkonetta tai mitään hierarkiaa verkon eri koneiden välillä. Kaikki työasemat ovat keskenään tasa-arvoisia (ks. kuva 2). Tavallisesti kukin tietokone voi toimia sekä palvelimena että asiakkaana, eikä yhdellekään niistä ole osoitettu hallinnallista vastuuta koko verkosta. Kunkin työaseman käyttäjä määrää, mitä resursseja se haluaa jakaa koko verkolle. Vertaisverkot ovat suhteellisen yksinkertaisia. Koska kukin työasema toimii sekä palvelimena että asiakkaana, ei ole tarvetta tehokkaaseen keskuspalvelimeen tai muihin verkon komponentteihin, joita käytetään suuremmissa verkoissa. [Microsoft, 2000]



Kuva 2. Vertaisverkossa jokainen työasema toimii sekä palvelimena että asiakkaana. [Microsoft, 2000]

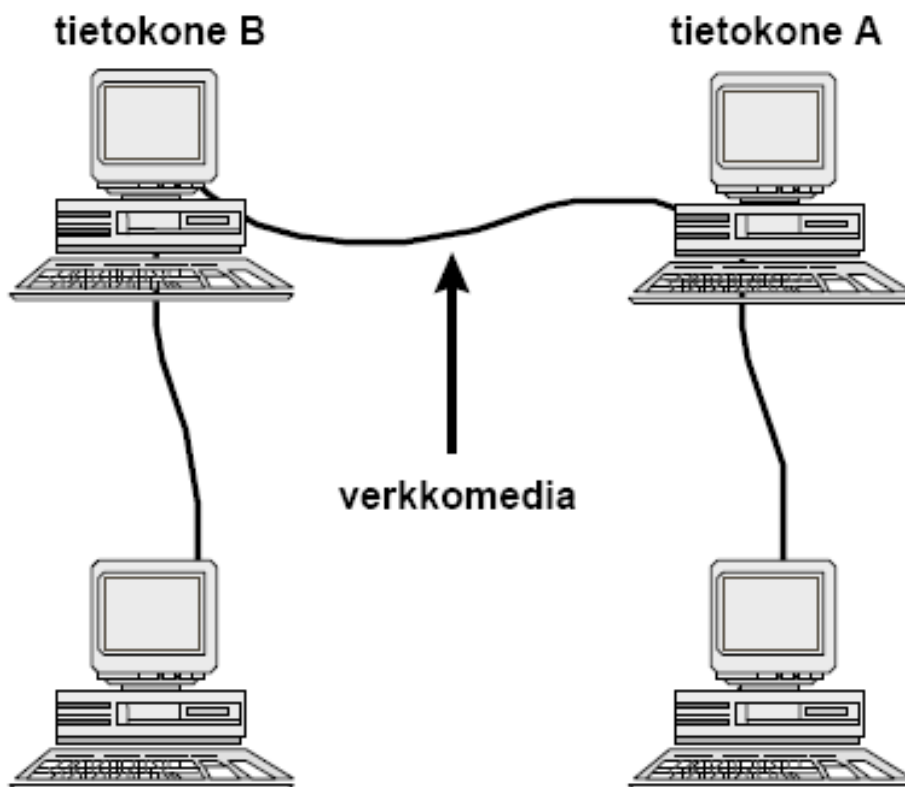
## 3. Vertaisverkkoprotokollien toimintaperiaate

### 3.1. Verkot ja protokollat

Verkko on joukko tietokoneita tai muita tietokoneiden kaltaisia laitteita, jotka kommunikoivat keskenään käyttäen yhteistä välittäjärakennetta, jota voidaan kutsua verkkomediaksi. Palvelupyynnöt ja tiedot kulkevat tietokoneelta toiselle välittäjärakenteen kautta, joka voi olla esimerkiksi verkkokaapeli tai puhelinlinja. Tietokone on vuorovaikutuksessa ympäristönsä kanssa yhden tai useamman sovelluksen välityksellä, jotka suorittavat niille määritellyjä tehtäviä

sekä käsittelevät tulevia ja lähteviä tietoja. Kun tietokone on verkossa, sen varassa toimivien sovellusten on kyettävä kommunikoimaan toisten sovellusten kanssa, jotka sijaitsevat verkon muilla tietokoneilla. [Casad and Wilsey, 1999]

Verkkoprotokollaperhe (engl. network protocol suite) on yhteisesti noudatettavien menettelytapojen järjestelmä, joka helpottaa monimutkaisen tiedonsiirron toteuttamista. Tiedot kulkevat sovelluksesta tietokoneeseen, sitten tietokoneen verkkoliittymän eli sovittimen lävitse ja pitkin verkon välittäjäjärakennetta oikeaan päämääräänsä (ks. kuva 3). Siellä ne päätyvät laitteistotasolta edelleen vastaanottavan sovelluksen käyttöön. [Casad and Wilsey, 1999] Protokollaa voi siis verrata esimerkiksi kieleen, espanjaa puhuva henkilö ei pysty kommunikoimaan suomea puhuvan henkilön kanssa, ellei yhteistä protokollaa löydy (esimerkiksi englannin kieli).



Kuva 3. Kuvassa tietokoneen A on kyettävä lähettämään sanoma tai palvelupyyntö tietokoneelle B. Tietokoneen B on silloin ymmärrettävä A:n sanoma ja vastattava siihen lähettämällä vastaussanoma A:lle.



### 3.2. TCP/IP Protokolla

TCP/IP:n protokollat määrittelevät verkossa käytettävän kommunikointi-prosessin ja ennen kaikkea sen, miltä tietopaketin on näytettävä ja mitä tietoja sen on sisällettävä, jotta vastaanottava tietokone voi tulkita sen oikein. TCP/IP ja siihen liittyvät muut protokollat määrittelevät täydellisen järjestelmän, miten tietoja käsitellään, siirretään ja vastaanotetaan TCP/IP-verkossa. Toisiinsa liittyvien protokollien joukkoa kutsutaan protokollaperheeksi (engl. protocol suite). TCP/IP-standardin tarkoituksena on varmistaa eri toimittajien TCP/IP-toteutusten ja niiden eri versioiden yhteensopivuus. [Puska, 2000]

TCP/IP:n rakenne suunniteltiin verkkoon, josta myöhemmin kehittyi Internet. Sen kehitys alkoi Yhdysvaltain puolustusministeriön hankkeena, kuten monien muidenkin korkean teknologian keksintöjen. 1960-luvun lopulla ministeriön virkamiehet huomasivat, että puolustusvoimille alkoi kerääntyä mitä erilaisimpia tietokoneita. Osa niistä toimi yksinään ja osa muodosti pieniä, suljettuja verkkoja, joissa oli toimittajakohtaisia protokollia. Toimittajakohtainen (engl. proprietary) tarkoittaa tässä tapauksessa, että kyseistä tekniikkaa hallinnoi jokin yksittäinen taho, kuten esimerkiksi yritys. Tällä saattaa olla hyötyä pitää protokollaa koskevat tiedot salassa niin, että käyttäjät eivät voi kytkeytyä toisiin kilpaileviin verkkoihin. [Puska, 2000]

Ministeriön virkamiehet alkoivat pohtia, olisiko näiden erilaisten tietokoneiden mahdollista käyttää yhteisiä tietoja. He olivat tottuneet ottamaan huomioon turvallisuuden, joten he myös päättelivät, että tällainen verkko olisi mahdollinen sotilaallisen hyökkäyksen kohde. Sen vuoksi verkon keskeinen ominaisuus tulisi olla hajautus. Kriittisiä toimintoja ei saisi keskittää muutamiin haavoittuviin paikkoihin. Ohjausten aikakaudella mikä tahansa verkon osa saattaisi tuhoutua. Näin ollen esitettiin vaatimukseksi, että verkko ei saisi sisältää yhtään kohtaa, joka tuhoutuessaan tekisi koko verkon käyttökelvottomaksi. Näkemyksensä pohjalta sotilaat kehittivät verkon nimeltään ARPAnet (Defense Department's Advanced Research Projects Agency). Tässä tietokoneita yhteen liittävässä, hajautetussa verkossa toimi protokolla, joka on nykyisen TCP/IP-protokollan edeltäjä. [Hämeen-Anttila, 2003]

Muutamaa vuotta myöhemmin myös tiedeyhteisö halusi kehittää verkon tutkimuslaitosten välille National Science Foundationin johdolla. Se otti käyttöön ARPAnetin protokollan ja alkoi kehittää verkkoa, josta tuli Internet.

ARPAnetin alkuperäinen hajautusidea on säilynyt näihin päiviin asti TCP/IP-protokollaperheessä. Sillä on ollut suuri vaikutus TCP/IP:n ja Internetin suosioon. [Hämeen-Anttila, 2003]

TCP/IP tarjoaa kaksi merkittävää ominaisuutta verkon hajautusta varten:

- Päätesolmujen suorittama varmennus – Verkossa tietoja vaihtavia tietokoneita kutsutaan päätesolmuiksi tai lyhyesti solmuiksi, sillä ne ovat verkossa toimivan sanomavälitysketjun alku- ja päätepiste. Ne vastaavat siirrettyjen tietojen lähettämisestä ja vastaanoton oikeellisuuden toteamisesta. Kaikki verkossa olevat koneet ovat tässä suhteessa samanarvoisia. Mikään niistä ei valvo tietoliikennettä keskitetysti.
- Dynaaminen reititys – Solmut voivat kytkeytyä toisiinsa useita vaihtoehtoisia reittejä myöten. Reitittimet valitsevat polun, joka sillä hetkellä on paras.

TCP/IP:n kaltaisen protokollajärjestelmän on huolehdittava seuraavista tehtävistä:

1. Sanomien pilkkominen hallittaviksi paloiksi, jotka voidaan tehokkaasti välittää verkkomedian kautta.
2. Rajapinta laitteistotasolle verkkosovittimiin.
3. Osoitteisto: Lähettävän tietokoneen on voitava antaa tiedoille vastaanottavan tietokoneen osoite. Vastaanottavan tietokoneen on kyettävä havaitsemaan sanoma, joka on tarkoitettu sille.
4. Reititys: Järjestelmän on kyettävä reitittämään sanoma siihen aliverkkoon, jossa vastaanottava tietokone sijaitsee, vaikka lähettävän ja vastaanottavan koneen aliverkot olisivat fyysisesti erilaisia verkkoja.
5. Virheiden havaitseminen, tietovuon valvonta ja vastaanotetun tiedonkuittaus: Luotettavan tiedonsiirron takaamiseksi on lähettävän ja vastaanottavan tietokoneen osattava havaita ja korjata virheelliset lähetykset ja valvottava tietovuota.

## 6. Tietojen vastaanotto sovelluksesta ja lähettäminen verkkoon.

Näitä tehtäviä varten TCP/IP:n suunnittelijat päätyivät modulaariseen rakenteeseen. TCP/IP-protokollajärjestelmä on jaettu erillisiin komponentteihin, jotka teoriassa toimivat itsenäisesti. Jokainen osa vastaa yhdestä verkkoliikenteen osa-alueesta. Modulaarisen rakenteen etuna on, että valmistajat voivat helposti toteuttaa protokollaohjelmiston tietyille laitteistolle ja tiettyyn käyttöjärjestelmään. Esimerkiksi verkkokerros sisältää toimintoja, jotka ovat paikallisverkon tekniikan mukaisia. Ne ovat erilaisia Ethernet- ja Token ring -verkoissa. [Hämeen-Anttila, 2003]

Modulaarisen rakenteen ansiosta esimerkiksi Microsoftin ei tarvitse rakentaa täysin erilaista ohjelmistoa näitä kahta paikallisverkontyyppiä varten. Ylemmät kerrokset voivat olla samoja vain verkkokerroksen vaihtuessa. TCP/IP-protokollajärjestelmä koostuu kerroksittaisista komponenteista, joista jokainen täyttää oman velvollisuutensa. Tämä malli on peräisin TCP/IP:n varhaisajoilta. Viralliset TCP/IP-tasot on esitetty taulukossa 1. Verrattaessa seuraavan listan toimintoja edellä esitettyihin vaatimuksiin voidaan havaita, miten vaatimukset täyttyvät eri kerrosten avulla.

sovelluskerros
kuljetuskerros
internet-kerros
verkkokerros

Taulukko 1. TCP/IP:n tasot

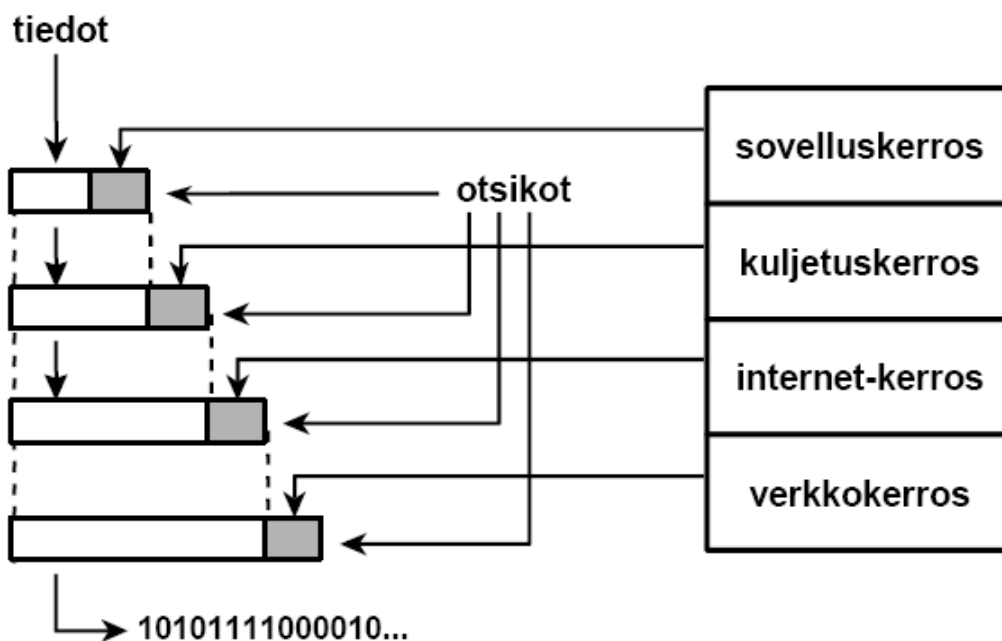
Verkkokerros (engl. Network Access Layer) on rajapinta fyysiseen verkkoon. Tiedot muotoillaan verkkokerroksessa verkkomedian edellyttämään muotoon ja osoitteena käytetään aliverkon fyysisiä osoitteita. Kerros etsii virheet tiedoista, jotka välitetään fyysiseen verkkoon.

Internet-kerros (engl. Internet Layer) tarjoaa loogisen, laitteistosta riippumattoman osoitteiden käsittelyn niin, että tiedot voidaan siirtää aliverkosta toiseen, vaikka aliverkoissa olisi käytetty erilaista laitetason tekniikkaa. Kerros hoitaa reitityksen internetin yli. Internet tarkoittaa tässä paikallisverkkoja yhdistävää laajempaa verkkoa. Sellaisia ovat esimerkiksi suuren yhtiön verkko tai kansainvälinen Internet. Kerroksen tehtävänä on liittää fyysiset ja loogiset osoitteet toisiinsa.

Kuljetuskerros (engl. Transport Layer) sisältää tietovuon ohjauksen, virheiden havaitsemisen ja palvelujen vahvistamisen internetille. Kuljetuskerros on rajapinta verkon sovelluksille.

Sovelluskerros (engl. Application Layer) sisältää sovelluksia vikojen etsimistä, tiedostojen siirtämistä, verkon etähallintaa ja Internet-toimintoja varten. Se sisältää myös verkon ohjelmointirajapinnat, joiden kautta tietyn käyttöjärjestelmän varassa toimivat ohjelmat voivat käyttää verkkoa. Jokainen kerros lisää oman lisätietojoukon edellisen kerroksen tietojen ympärille, kun tietoja lähettävän koneen TCP/IP-ohjelmisto valmistelee lähettämistä toiselle koneelle. Vastaanottavan tietokoneen kerrokset tulkitsevat nämä lisätyt tiedot. Esimerkiksi lähettävän koneen internet-kerros lisää otsikkotiedot, jotka ovat tärkeitä sanoman vastaanottavan koneen internet-kerrokselle. [Granlund, 2007]

TCP/IP-protokollapinosta kannattaa muistaa, että jokaisella kerroksella on tärkeä tehtävä tiedonsiirto-prosessissa. Kerrokset sisältävät palveluja, jotka toteuttavat kerrosten tehtävät. Lähetettävien tietojen taivaltaessa pinon lävitse, jokainen kerros lisää tietojen ympärille joukon kyseiselle kerrokselle oleellisia tietoja. Niitä kutsutaan otsikoiksi (engl. header). Varsinaiset tiedot ja niitä ympäröivä otsikko muodostavat lähtötiedot seuraavalle kerrokselle, joka liittää niiden ympärille omat otsikkotietonsa. Kuva 4 havainnollistaa prosessia. [Granlund, 2007]



Kuva 4. Jokainen kerros lisää omat otsikkotietonsa.

Vastaanottavassa päässä menetellään päinvastoin. Jokainen kerros poistaa sille kuuluvat otsikkotiedot ja käyttää tietoja toimintansa ohjaamiseen. Venäläiset puunuket, jotka mahtuvat kerroksittain toistensa sisälle, ovat hyvä vertauskuva tälle prosessille. Lähettävässä päässä pienin nukke suljetaan seuraavaksi suuremman sisälle ja niin edelleen. Vastaanottavassa päässä avataan ensin suurin nukke, jonka sisältö löytyy seuraavaksi pienin. Esimerkiksi vastaanottavan koneen internet-kerros käyttää internet-kerroksen otsikkotietoja ja vastaavasti kuljetuskerros kuljetuskerroksen otsikkotietoja. Kerrosten otsikkotietojen muoto on erilainen sen vuoksi, että kerrosten tehtävät ovat erilaiset. [Granlund, 2007]

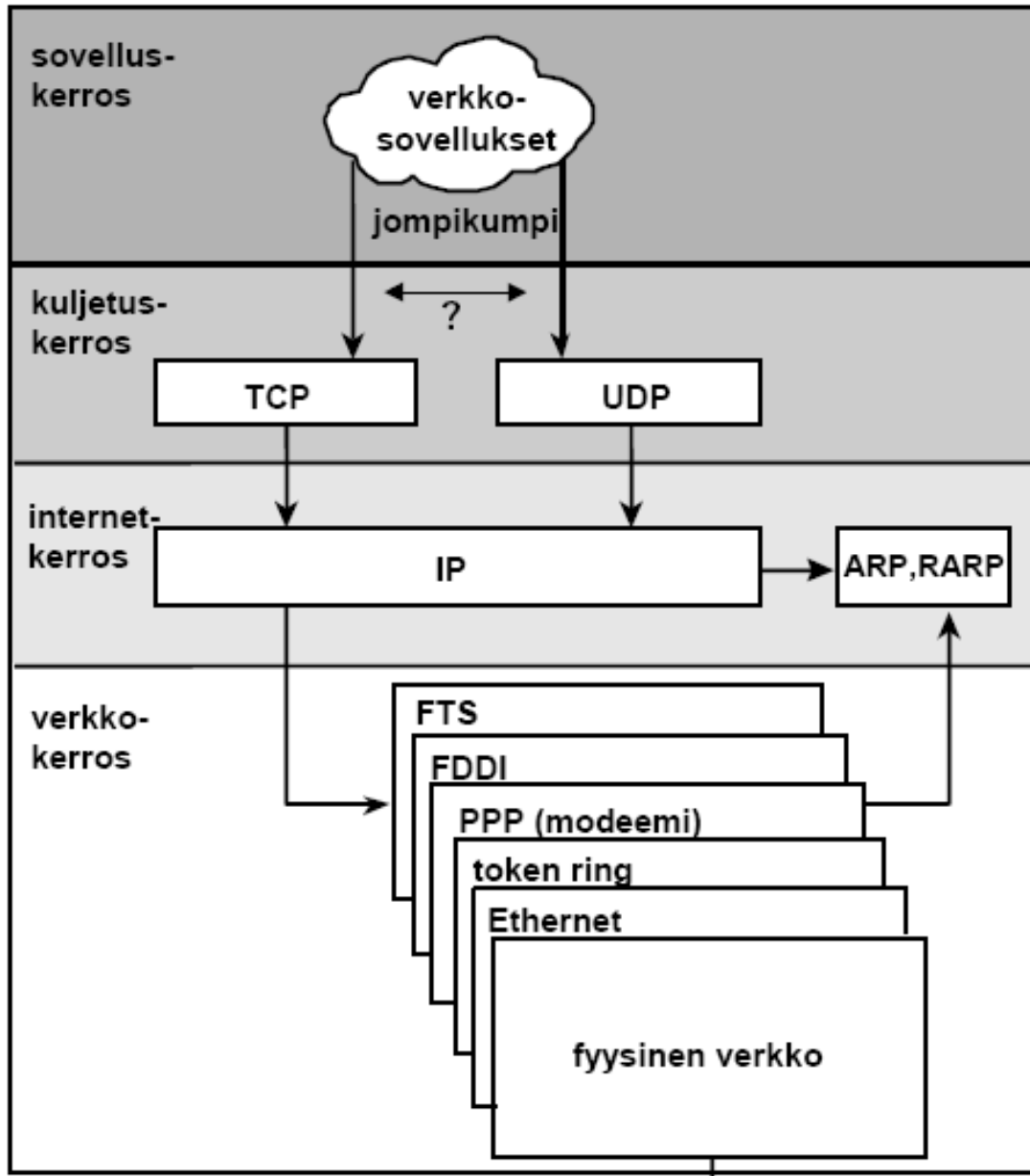
Tietopaketti näyttää erilaiselta eri kerroksissa. Sitä myös kutsutaan jokaisessa kerroksessa eri nimellä. Tietopakettien nimet ovat:

- Sovelluskerroksen tietopaketti on nimeltään sanoma (engl. message).
- Kuljetuskerros kapseloi sovelluskerroksen sanomat, jolloin syntyy segmentti. Jos tietopaketti tulee kuljetuskerroksen UDP-protokollasta, se on nimeltään datagrammi.
- Internet-kerroksen tietopaketti kapseloi kuljetuskerroksen segmentin ja sitä kutsutaan datagrammiksi.
- Verkkokerroksen tietopaketin nimi on kehys (engl. frame). Se kapseloi datagrammin ja saattaa pilkkoa sen pienemmiksi kokonaisuuksiksi. Kehys muutetaan bittivirraksi verkkokerroksen alimmassa osassa.

Protokollajärjestelmän kuvaaminen kerrosrakenteen avulla on yleinen tapa. Se havainnollistaa järjestelmän toimintaa ja ilman sitä TCP/IP:n kuvaaminen olisi mahdotonta. Kerrosmallilla on kuitenkin myös varjopuolensa. Protokollan kerroksista puhuminen lisää keskusteluun uuden abstraktin käsitteen, mikä on huono asia, sillä aihe on muutenkin riittävän abstrakti. Toiseksi protokollien kuvaaminen kerrosten sisäisinä osina antaa sen kuvan, että kaikki protokollat olisivat samanarvoisia. Vaikka jokaisella TCP/IP:n protokollalla on oma tehtävänsä, suurin osa protokollaperheen toiminnallisuudesta voidaan ymmärtää tutustumalla muutamaaan tärkeimpään protokollaan. Havainnollisen kuvan asiasta saa, kun nämä protokollat kuvataan taustana kerrosjärjestelmä. Todellisuudessa

verkossa on myös muita protokollia, mutta kuva 5 havainnollistaa toiminnan kannalta keskeisimpiä asioita. Verkon toiminnan päävaiheet ovat:

- Tiedot siirtyvät TCP/IP-sovelluksesta tai verkon sovellusohjelmasta rajapinnan kautta TCP- tai UDP-porttiin, joiden kautta ne päätyvät toiseen kuljetuskerroksen protokollista (TCP tai UDP). Sovellusohjelmat voivat käyttää verkkoa tarpeen mukaan joko TCP- tai UDP-protokollan kautta.
- TCP on yhteydellinen protokolla. Yhteydelliset protokollat tarjoavat monipuolisemman vuon ohjauksen ja virheiden korjauksen kuin yhteydettömät protokollat. TCP sisältää paljon toimintoja tietojen perillemenon varmistamiseen. TCP on huomattavasti luotettavampi kuin UDP, mutta virheenkorjauksen ja vuon ohjauksen toiminnot tekevät sen hitaammaksi.
- UDP on yhteydetön protokolla. Se on nopeampi kuin TCP, mutta ei niin luotettava. UDP jättää virheentarkistukset sovellusohjelman vastuulle.
- Tietosegmentti siirtyy internet-kerrokseen, jossa IP-protokolla muodostaa loogisia osoitteita koskevat tiedot ja sulkee tiedot datagrammiksi.
- IP-datagrammi siirtyy verkkokerrokseen, joissa sitä käsittelevät fyysisistä verkkoa varten rakennetut ohjelmistokomponentit. Verkkokerros muodostaa tiedoista yhden tai useampia kehyksiä fyysiseen verkkoon lähettämistä varten. Paikallisverkossa kehys saattaa sisältää tiedon fyysisestä osoitteesta, joka on saatu internet-kerroksen ARP- ja RARP-protokollien ylläpitämistä osoitetauluista. ARP (Address Resolution Protocol) muuntaa IP-osoitteet fyysisiksi osoitteiksi. RARP (Reverse ARP) tekee päinvastaisen muunnoksen.
- Kehys muunnetaan bittivirraksi, joka lähetetään verkon verkkomediaan.



Kuva 5. Pikasilmäys TCP/IP verkkoon, [Casad and Wilsey, 1999]

### 3.3. Edonkey-protokollan toimintaperiaate

Vertaisverkkoprotokollia on useita erilaisia, vaikka niiden toimintaperiaatteet ovatkin pääosin samoja. Usein protokollan ja sitä käyttävän sovelluksen nimi on sama (esimerkiksi Edonkey, Bittorrent), mutta samaa protokollaa käyttäviä sovelluksia voi olla enemmänkin (esimerkiksi lukuisat Bittorrent -protokollaa käyttävät avoimen lähdekoodin ohjelmistot, kuten Azureus, ABC ja µTorrent). Esimerkkinä perehdyn kahteen yleiseen vertaisverkko-protokollaan, koska muut tämänhetkiset vertaisverkkoprotokollat eivät oleellisesti poikkea esittelemistäni toimintatavoista.

Edonkey-vertaisverkko koostuu sadoista palvelimista ja miljoonista asiakkaista. Asiakasohjelman täytyy ensin kytkeytyä palvelimeen tiettyjen verkkopalveluiden vuoksi, yhteys pysyy kuitenkin oletusarvoisesti auki. Palvelimet ylläpitävät keskitettyjä indeksointipalveluita (kuten musiikin levittämiseen erikoistunut Napster verkko aikoinaan), mutta eivät kommunikoi keskenään. Jokainen asiakasohjelma sisältää valmiiksi määritellyn listan palvelimista ja ohjelman käyttäjän omalla kiintolevyllä sijaitsevista jaettavista tiedostoista. Asiakasohjelma muodostaa TCP-yhteyden palvelimeen, kirjautuu verkostoon ja hakee tietoa jaetuista tiedostoista ja saatavilla olevista lähteistä (eli muista verkon asiakkaista). Halutun tiedoston tai sen osan sisältäviin asiakkaisiin otetaan suora TCP-yhteys, joten käytännössä yhteyksiä on aktiivikäytössä auki useita satoja samanaikaisesti.

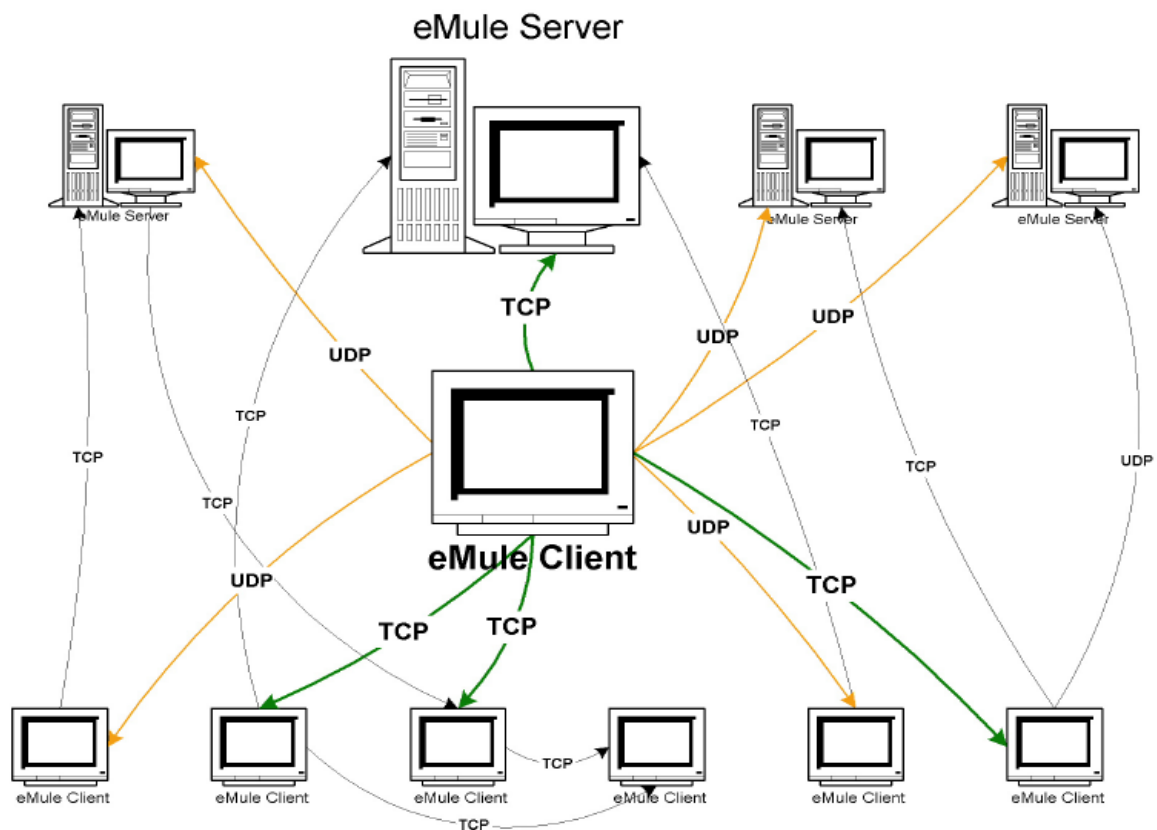
Jokainen asiakasohjelma ylläpitää jonoa kaikkiin käyttäjän jakamiin tiedostoihin. Tiedostoa lataamista pyytävät asiakkaat lisätään tämän jonon päähän, josta ne asteittain nousevat jonossa eteenpäin ja lopulta pääsevät aloittamaan halutun tiedoston lataamisen. Asiakasohjelma voi ladata saman tiedoston eri osia useilta muilta asiakkailta samanaikaisesti. Näitä tiedoston osia asiakasohjelma alkaa välittömästi jakamaan muille tiedostoa lataaville asiakkaille. Tiedoston eteenpäin jakaminen alkaa jo siis ennen kuin se on edes kokonaan saapunut lataajalle. Tämä tekee protokollasta erityisen tehokkaan.

Palvelin ylläpitää ainoastaan sisäistä tietokantaa, johon se tallentaa tietoa asiakkaista ja tiedostoista. Jaettavia tiedostoja tai niiden osia ei säilytetä palvelimessa, vaan ainoastaan tietoja niiden sijainnista verkostossa. Palvelin kykenee myös yhdistämään asiakkaita, jotka eivät muuten kykene suoraan kytkeytymään toisiinsa (esimerkiksi palomuurin vuoksi, joka estää sisään tulevat yhteydet). Yhdistämistoiminto lisää huomattavasti palvelimen kuormitusta. Emule käyttää UDP-portteja tehostaakseen yhteyttä palvelimien ja asiakkaiden välillä. Tämä ei kuitenkaan ole välttämätöntä, vaan UDP-yhteyksien estyessä esimerkiksi palomuurin vuoksi, saavutetaan sama toiminnallisuus TCP-porttien kautta.

Käynnistyksen yhteydessä Emule-asiakas ottaa TCP-yhteyden Emule-palvelimeen. Palvelin palauttaa asiakkaalle tunnisteen (ID), joka on voimassa vain yhteyden ajan. Tämän jälkeen asiakasohjelma lähettää palvelimelle listan tarjoamistaan tiedostoista. Palvelin tallentaa tämän listan sisäiseen tietokantaansa. Aktiivinen palvelin sisältää tyypillisesti satojen tuhansien



asiakkaiden tiedostolistoja. Kun asiakasohjelman käyttäjä tekee tiedostohakuja ohjelman etsi-toiminnolla, palvelin etsii tietokannastaan ne asiakkaat, joiden tiedostolistaukset täyttävät kyseisen haun kriteerit. Palvelin palauttaa asiakkaalle listan niistä asiakkaista, joilta tietokannan perusteella löytyy haluttu tiedosto. Tämän jälkeen asiakasohjelmat kommunikoivat keskenään, eikä palvelinta enää tarvita varsinaiseen tiedoston osien siirtämiseen. [Kulbak and Bickson, 2005]



Kuva 6. Diagrammi Edonkey/Emule vertaisverkon toiminnasta.

TCP-yhteys asiakasohjelman ja palvelimen välillä pidetään auki kokoajan. Kättelyn jälkeen tietoa siirtyy pääasiassa käyttäjän toimenpiteiden seurauksena, esimerkiksi tiedostohakujen ja niiden tulosten muodossa. UDP-yhteyttä käytetään muodostamaan yhteys niihin palvelimiin, joihin ei olla tällä hetkellä aktiivista TCP-yhteyttä. Tämän yhteyden tarkoitus on tehostaa tiedostohakuja sekä ylläpitää listaa aktiivisista palvelimista (ks. kuva 6).

Emule asiakasohjelma ottaa yhteyden toiseen asiakasohjelmaan (engl. source) ladatakseen tiedoston. Tiedosto on jaettu osiin. Asiakasohjelma voi ladata samaa tiedostoa useilta muilta asiakkailta samanaikaisesti, jokaiselta siirretään kuitenkin eri osa tiedostosta. Jokainen asiakasohjelma ylläpitää jonoa niistä asiakkaista, jotka haluavat ladata tarjolla olevia tiedostojen osia. Jos jono on

tyhjä, alkaa tiedoston osan siirtäminen välittömästi. Jos jono ei ole tyhjä, lisätään siirtoa aneleva asiakas jonon jatkoksi. UDP-yhteydellä tarkistetaan säännöllisin väliajoin, että asiakas on yhä jonossa. Tarkoitus ei ole samanaikaisesti palvella liian montaa asiakasta ts. jokaiselle on tarjottava vähintään 2.4 kilotavua/s siirtonopeus.

Kun siirtovuoroa odottava asiakas saavuttaa jonon ensimmäisen paikan, käynnistyy tiedoston osien siirto. Emule-asiakas voi olla jonottamassa samaa tiedoston osaa useista eri lähteistä samanaikaisesti. Kun osien siirto on tapahtunut, niin asiakasohjelma ei vedä muita vastaavia jonotuksiaan pois, vaan hylkää jo ladattujen osien siirtopyynnöt, kun ne tulevat ajankohtaisiksi (eli jonossa saavutetaan ensimmäinen paikka). Emule sisältää palkitsemisjärjestelmän (engl. credit system) , jossa tiedostoja runsaasti jakavat asiakkaat saavat paremman paikan muiden asiakkaiden jonoissa. Tämä taas nopeuttaa lataamista. Palkitsemisjärjestelmä käyttää julkiseen avaimen perustuvaa RSA-kryptausta, jotta käyttäjät eivät pysty sabotoimaan sen toimintaa esimerkiksi saadakseen muita käyttäjiä parempia jonotuspaikkoja. Alkuperäinen Edonkey-protokolla ei sisällä palkitsemisjärjestelmän viestejä, vaan nämä on toteutettu protokollan laajenuksessa. Tämän vuoksi kaikki asiakasohjelmat eivät välttämättä tue kyseistä järjestelmää.

Asiakasohjelman saama ID-tunniste on neljän tavun mittainen koodi, jonka palvelin muodostaa kättelyn yhteydessä. Tämä tunniste on voimassa vain kyseisen TCP-yhteyden aikana. Poikkeus tähän on ns. high ID-tunniste, joka pysyy samana, kunnes asiakkaan IP-osoite vaihtuu. Tunnisteet jaetaan siis low-ID ja high-ID tyyppisiin. Asiakas saa low-ID tunnisteeseen, jos se ei pysty vastaanottamaan sisään tulevia yhteyksiä (esimerkiksi palomuurin vuoksi). Tällainen tunniste rajoittaa Emule-verkon käyttöä ja voi johtaa siihen, että palvelin katkaisee yhteyden (low-ID yhteydet kuormittavat palvelinta). High-ID tunniste lasketaan asiakkaan IP-osoitteen perusteella. Tämän tyyppisen tunnisteeseen saavat asiakkaat, joihin saadaan yhteys TCP-portin 4662 kautta. Porttinumero voidaan toki tarvittaessa vaihtaa. High-ID tunnisteeseen saaneella asiakkaalla ei ole minkäänlaisia rajoituksia. Palomuurin lisäksi myös NAT eli osoitteen muunnos ja palvelimen liika kuormitus voivat johtaa low-ID tyyppisen tunnisteeseen saantiin.

Oletetaan, että asiakkaan IP-osoite on W.X.Y.Z. Tällöin High ID-tyyppinen tunniste on  $W+2^8*X+2^{16}*Y+2^{24}*Z$ . Low-ID tyyppinen tunniste on aina pienempi kuin 16777216. Tämän tunnisteeseen laskukaava ei ole yleisesti tiedossa

ja se vaihtelee palvelimien välillä. Low-ID tunnisteiden saaneella koneella ei ole julkista IP-osoitetta, johon yhteys voidaan suoraan muodostaa. Kaikki liikenne joudutaan siis kierrättämään palvelimen kautta. Runsas low-ID yhteyksien määrä lisää siis palvelimen kuormitusta merkittävästi. Tästä seuraa myös se, että eri palvelimiin kytkeytyneet low-ID tunnisteiden saaneet asiakkaat eivät voi keskustella keskenään (Yhteyksiä ei siis voida välittää palvelimien välillä).

Emule-asiakkaiden palkitsemisjärjestelmä perustuu UserID-tunnisteiden käyttöön. Mitä enemmän asiakas jakaa tiedostoja muille asiakkaille, sitä paremmat etenemismahdollisuudet sillä on muiden asiakkaiden jonoissa. UserID on 128-bittinen (16 tavuinen) luku, joka arvotaan lähes kokonaan. Kuudes ja yhdestoista tavu eivät ole arvottuja, vaan niiden arvot ovat aina 14 ja 111. UserID ei vaihdu palvelimien ja yhteyskertojen välillä, vaan se on työasemakohtainen. Asiakkaan UserID-tunnisteiden kaappaminen mahdollistaa toisen vertaisverkon käyttäjän ansaitsemien etuuksien (credits) hyödyntämisen, minkä vuoksi järjestelmä käyttää vahvaa RSA-salausta.

FileID-tunnisteita käytetään sekä tiedostojen tunnistamiseen että epäkelvon datan havaitsemiseen. Siirrettyä tietoa pystytään jonkin verran korjaamaan ns. ICH (Intelligent Corruption Handling) -tekniikan avulla. Tiedoston tunnistaminen ei siis tapahdu tiedostonimen perusteella, vaan tiedostosta lasketaan tarkistussumma (engl. hash). Tämä 128-bittinen luku saadaan tiedoston sisällöstä MD4 algoritmin perusteella. [Rivest, 1992] Laskennan yhteydessä tiedosto jaetaan 9.28 megatavun kokoisiin osiin, joiden tarkistussummat lasketaan lopuksi yhteen. Kun tiedostoa imuroiva asiakasohjelma on saanut kaikki tiedoston osat ladattua, se vertaa laskemaansa tarkistussummaa lähteiden vastaavaan. Jos nämä kaksi tarkistussummaa poikkeavat toisistaan, asiakasohjelma alkaa korjata virhettä korvaamalla viällisen osan bittejä asteittain (180 kilotavua kerrallaan), kunnes summat täsmäävät. [Kulbak and Bickson, 2005]

### **3.4. Bittorrent-protokollan toimintaperiaate**

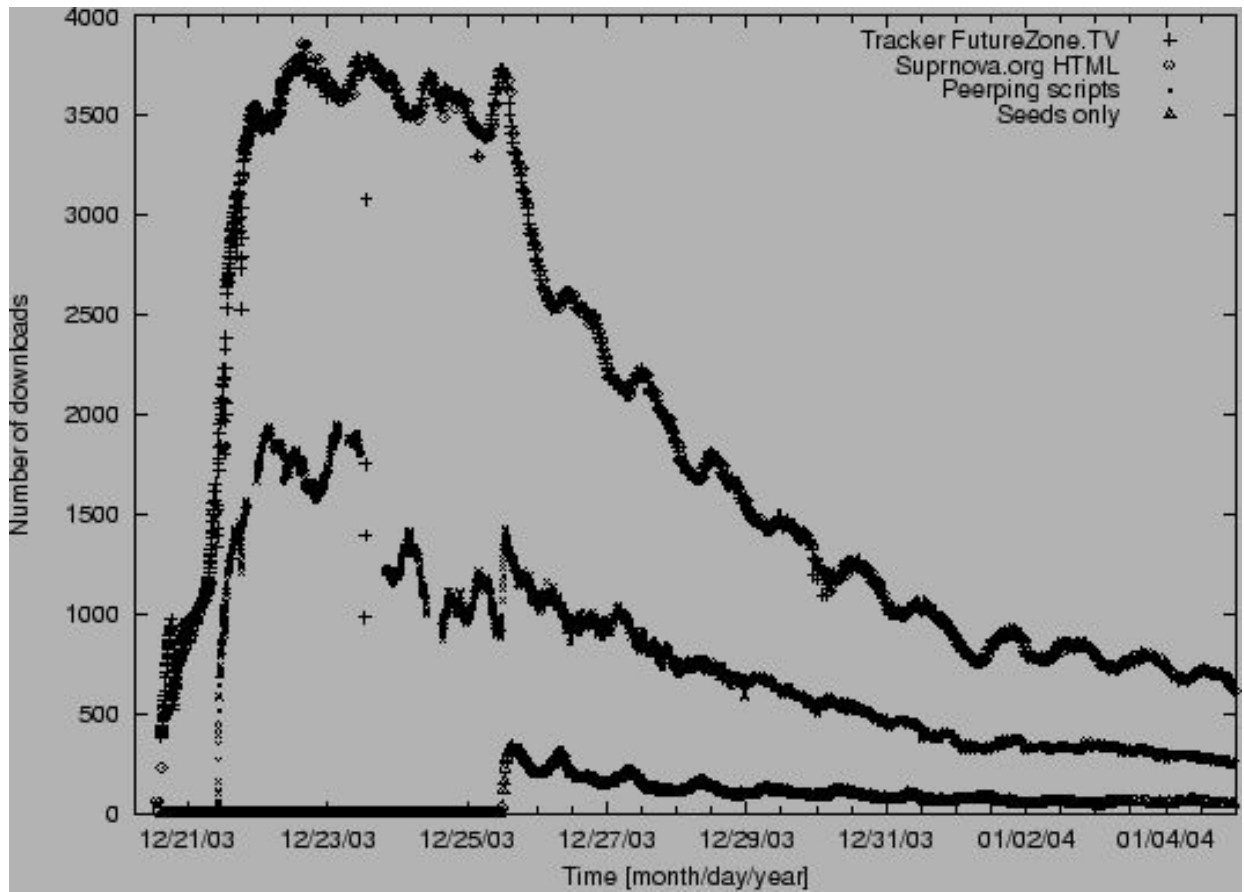
Bittorrent-vertaisverkko tarvitsee toimiakseen asiakasohjelman, joksi katsotaan mikä tahansa ohjelma, joka hyödyntää Bittorrent-protokollaa tiedonsiirrossaan. Nykyisin kaikki asiakasohjelmat kykenevät sekä lataamaan, että lähettämään minkä tahansa tiedoston, josta on luotu vertaisverkon käyttämä .torrent-päätteinen aputiedosto. Torrent-tiedosto sisältää metadatan jaettavasta

tiedostosta, mahdollisesta seurantapalvelimesta sekä SHA 01 -järjestelmän mukaisesta tarkistussummatunnisteesta. Lataamisen aloittamiseksi noudetaan esimerkiksi www-palvelimelta ladattavan tiedoston torrent-aputiedosto, jonka jälkeen asiakasohjelma ottaa yhteyden seurantapalvelimeen, josta saadaan muiden samaa tiedostoa lataavien/jakavien tietokoneiden osoitteet. Seuraavaksi avataan yhteys näihin tietokoneisiin hyödyntäen edellä mainittua osoitetietoa ja aloitetaan lataus vastaanottamalla aloituspaketti joltain verkoston koneelta.

Ladattava tiedosto on pilkottu noin tuhanteen osaan tai useaan n. 14,5 megatavun kokoiseen tiedostonpalaan, joita verkoston tietokoneet ovat vastaanottaneet. Pilkkominen tapahtuu, kun kyseinen tiedosto laitetaan jakoon ensimmäistä kertaa jonkin käyttäjän toimesta. Ensimmäisen jakajan lähetettyä koko tiedoston, hänen yhteytensä muihin lataajiin ei ole enää välttämätön. Tällöin lataajat vaihtavat tiedoston osia keskenään, kunnes kaikilla on tarvittavat tiedostonosat ladattuna tietokoneilleen.

Latauksen valmistuttua tiedosto saatetaan alkuperäiseen muotoon SHA 01 tarkistussummakoodin mukaan eli vertaamalla tätä torrent-aputiedostossa olevaa lukua senhetkiseen tarkistuselukuun ja muuttamalla tiedoston osien sijoitusta keskenään, kunnes tarkistussummat ovat yhtenevät. Toimituksesta käytetään termiä hashing. Hashing-algoritmin muutettua tiedoston alkuperäiseen muotoonsa, lataaja muuttuu lähettäjäksi (engl. seeder). Bittorrent verkoissa tiedostojen elinaika on tyypillisesti lyhyt eli lataajien/jakajien määrä vähenee dramaattisesti tiedoston menetettyä uutuudenviehätyksensä (ks. kuva 7). [Pouwelse, 2004]

MSE/PE (Message Stream Encryption ja Protocol Header Encrypt) ovat Bittorrent-asiakasohjelmien lisäosia, joiden pääasiallisena tarkoituksena on salata vertaisverkon käyttäjien liikenne sitä estämään tai rajoittamaan pyrkiviltä tahoilta. Suuri osa asiakasohjelmista tukee tätä lisäosaa, jota voidaan myös käyttää suojaamaan liikennettä haittaohjelmia levittäviltä kolmansilta osapuolilta. DHT (Distributed Hash Table) on lisäosa, joka mahdollistaa käyttäjien löytämisen pelkän .torrent-metatiedoston sisältämän info\_hash-tiivisteen avulla. Tämän ansiosta voidaan poistaa erillisen seurantapalvelimen (eng. tracker) käyttö, sillä asiakasohjelma etsii itse haluttua tiedostoa jakavat koneet. Seurantapalvelinten ylläpitäjät karsastavat DHT:n käyttöä ja usein kieltävät sen käytön ylläpitämillään torrent-sivustoilla. [Vainionpää, 2007]



Kuva 7. Torrent-verkolle tyypillinen lataajamäärän romahdus [Pouwelse, 2004]

## 4. Yleisimpien vertaisverkko-ohjelmien esittely

### 4.1. Reitittimen konfigurointi ennen testausta

Päätin toteuttaa omassa kotiverkossani yleisimpien vertaisverkko-ohjelmien empiirisen testauksen ja perehtyä niiden toimintaan käytännössä. Tätä tarkoitusta varten ADSL-modeemin, reitittimen, kytkimen, palomuurin ja langattoman tukiaseman sisältävä Linksys WAG54GS päätelaite piti konfiguroida tarkoituksenmukaisesti. Koska kotiverkossani on käytössä osoitteenmuunnos NAT (Network Address Translation), niin kaikki verkossani olevat tietokoneet näkyvät julkiseen internetiin ainoastaan yhtenä IP-osoitteena. Päätin antaa yhdelle tietokoneelle kiinteän sisäverkon C-luokan privaattiosoitteen 192.168.1.100, muut koneet saavat IP-osoitteen päätelaitteeni DHCP-palvelimen kautta. Määrittelin DHCP-skoopiksi IP-osoitteet välillä 192.168.1.101 – 192.168.1.110 eli olen varautunut kymmenen tietokoneen liittymiseen omaan kotiverkkooni.

The screenshot shows the 'Port Range Forwarding' configuration page in the Linksys WAG54GS web interface. The page is titled 'Port Range Forwarding' and features a table with columns for Application, Start, End, Protocol, IP Address, and Enable. Several applications are listed, including Bit Torrent, Emule, AzureusDHT, Bit Torrent2, AzureusDH2, DC++, and uTorrent, each with its respective port range and protocol. The IP address for all is 192.168.1.100. The 'Enable' column has checkboxes, some of which are checked. At the bottom, there are 'Save Settings' and 'Cancel Changes' buttons.

Application	Start	End	Protocol	IP Address	Enable
Bit Torrent	6881	to 6999	TCP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
Emule	4661	to 4662	TCP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
AzureusDHT	6881	to 6999	UDP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
Bit Torrent2	49200	to 49201	TCP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
AzureusDH2	49200	to 49201	UDP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
DC++	49202	to 49203	Both	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
uTorrent	49204	to 49205	TCP	192.168.1.100	<input checked="" type="checkbox"/>
		to	TCP	192.168.1.	<input type="checkbox"/>
		to	TCP	192.168.1.	<input type="checkbox"/>
		to	TCP	192.168.1.	<input type="checkbox"/>

Kuva 8. Vertaisverkko-ohjelmien porttien uudelleenohjaus tiettyyn osoitteeseen

Vertaisverkko-ohjelmat käyttävät oletusarvoisesti tiettyjä TCP- ja UDP-portteja kommunikointiin. Määrittelin esimerkiksi Emule-ohjelman oletusportit 4661 ja 4662 ohjautumaan oman kotiverkkoni ennalta määriteltyyn IP-osoitteeseen 192.168.1.100 (ks. kuva 8). Usein on suositeltavaa käyttää muita portteja kuin ohjelmistojen oletuksia, sillä jotkut internet-operaattorit saattavat hidastaa tai estää oletusporttien kautta kulkevaa liikennettä. Tällä tavalla menettelin esimerkiksi µTorrent vertaisverkko-ohjelman kanssa eli määrittelin sen porteiksi 49204 ja 49205.

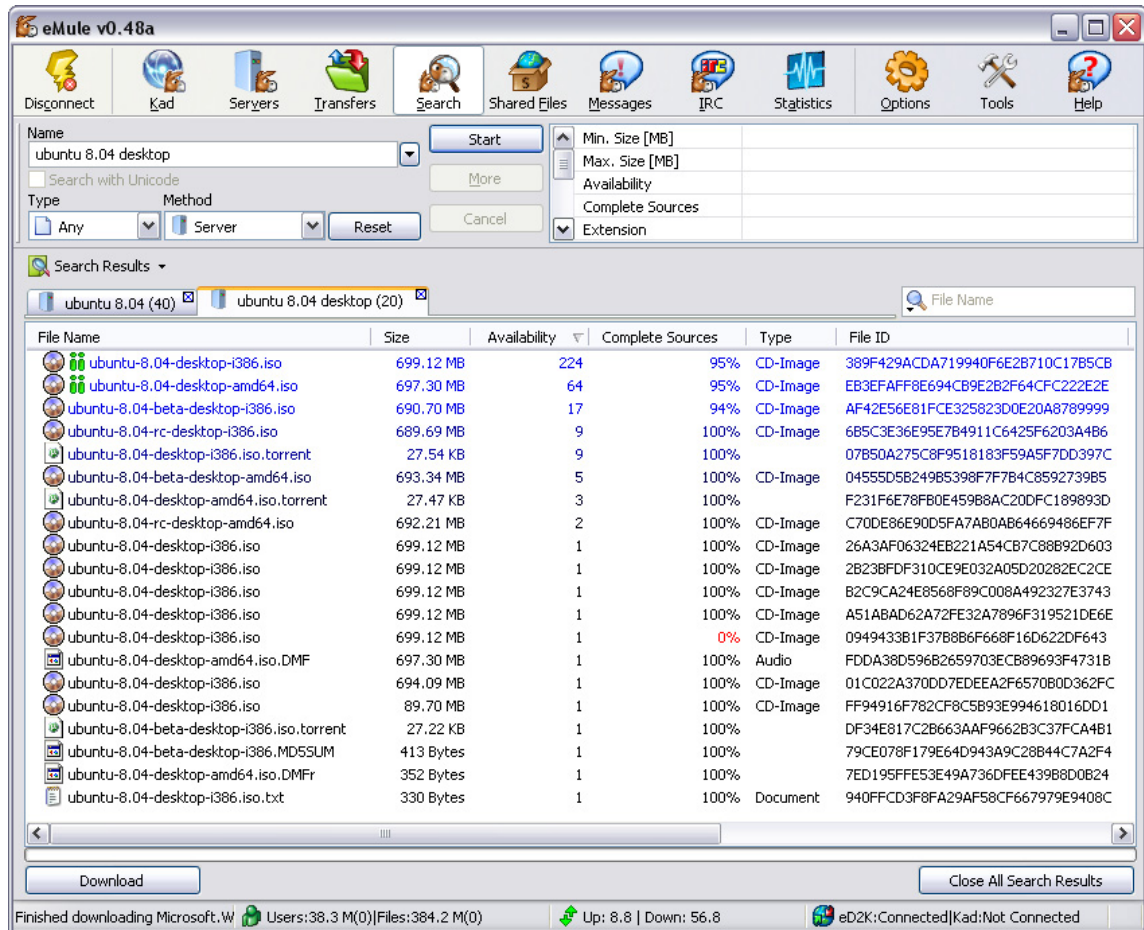
#### **4.2. Emule (Edonkey)**

Emule on Suomessa hyvin suosittu, melko tyypillinen p2p-ohjelma. Ohjelman kehittäjien sivusto löytyy www-osoitteesta <http://www.emule-project.net>. Ohjelma on paranneltu versio alkuperäisestä eDonkey2000 ohjelmasta, joka on saatavissa maksutta www-osoitteesta <http://www.edonkey2000.com>. Emule käyttää hyväkseen eDonkey-vertaisverkkoa esikuvansa tapaan. Ohjelma on helppo asentaa, käyttöliittymä on käännetty 31 eri kielelle, Suomi mukaan lukien. Kun ohjelma käynnistetään, avautuu ikkuna Palvelimet-näkymään ja yhteys johonkin palvelinlistan palvelimeen luodaan automaattisesti. Arviolta n. 60% palvelimista on nykyään epäaitoja (engl. fake) eli ne on pystytetty levy-yhtiöiden tai tekijänoikeusjärjestöjen toimesta käyttäjien hakujen monitoroimiseksi ja tekijänoikeudella suojattujen tiedostojen vaihdon sabotoimiseksi. Ajan tasalla olevan palvelinlistan voi imuroida mm. www-osoitteesta <http://www.gruk.org/server.met.gz>. Tämä lista on puhdistettu epäilyttävistä palvelimista. Suositeltavaa onkin estää listan automaattinen päivittäminen palvelimilta tai muilta käyttäjiltä, jolloin ei tarvitse kantaa huolta epäilyttävien palvelimien ilmestymisestä listalle.

Palvelimet voidaan lajitella listassa esimerkiksi käyttäjämäärän tai jaossa olevien tiedostojen määrän mukaisesti. Esimerkissä olen ottanut yhteyden palvelimeen "Razorback 3.0", jossa on tällä hetkellä 596560 käyttäjää. Tiedostoja tämän palvelimen käyttäjillä on jaossa 1.40 miljoonaa kappaletta ja ping-arvo on 656 (ks. kuva 9). Pieni ping-arvo tarkoittaa nopeaa yhteyttä, kyseessä on käyttöjärjestelmän ping-komennon tavoin icmp-protokollaa hyödyntävän echo-käskyn palauttama arvo palvelimen vasteajasta.

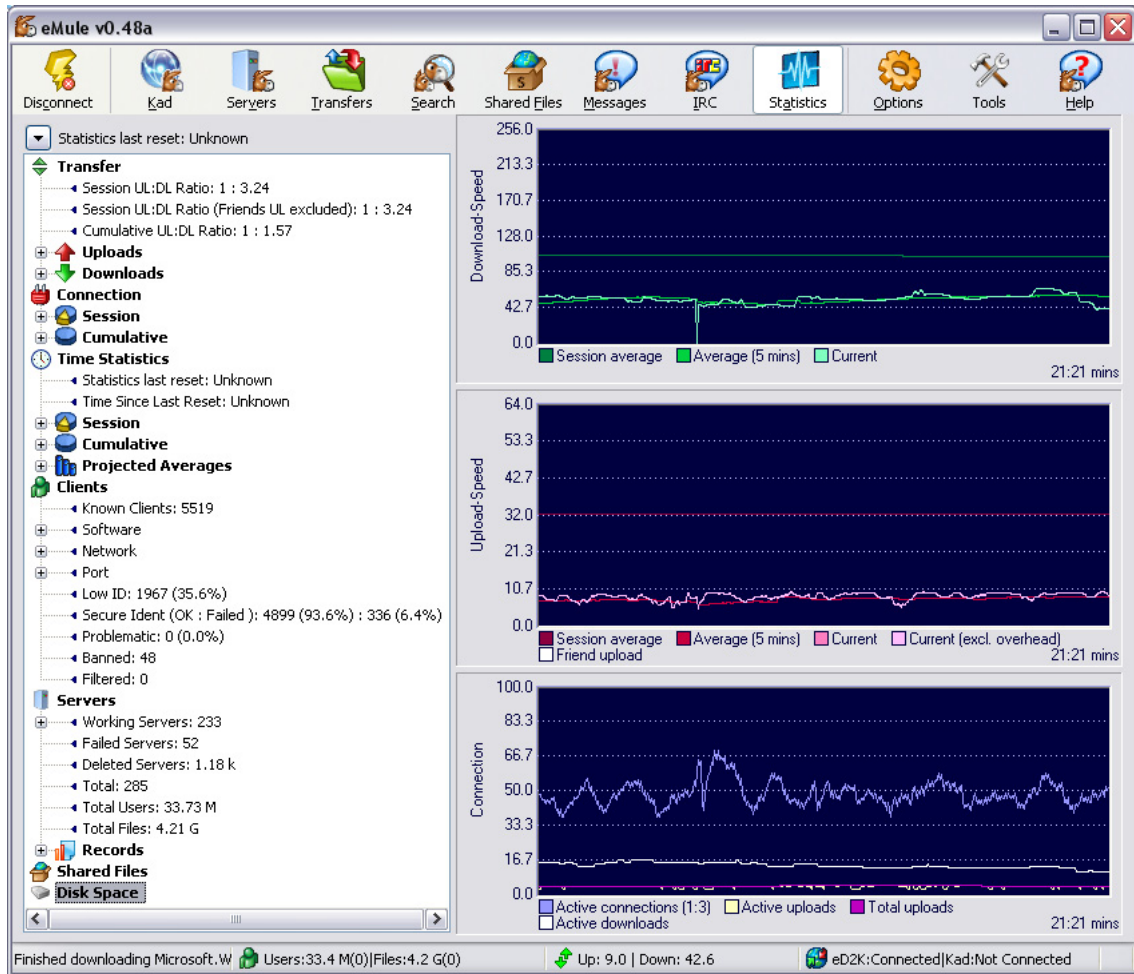






Kuva 10. Emule-ohjelman Search-näkymä, jossa etsitään haluttu tiedosto.

Emule-ohjelma sisältää myös varsin kattavan tilastikkanaäkymän, josta selviää helposti tiedostojen jako- ja latausnopeudet (ks. kuva 11). Omassa koekäytössäni latausnopeus oli keskimäärin n. 43 kbps ja jakonopeus n. 11 kbps. Tämän seurauksena kertoimeni oli 1:3.24 eli latsin yli 3 kertaa enemmän kuin jaoin muille käyttäjille. Tällainen kerroin on hyvin tavallinen johtuen kotikäytössä yleisten ADSL-yhteyksien asymmetrisestä luonteesta. Nopeassakin verkkoliittymässä käyttäjän ulospäin lähtevä yhteysnopeus on usein murto-osa sisäänpäin tulevasta. Esimerkiksi oman ADSL-liittymäni nopeus on 2 mbit/s sisään ja 512 kbit/s ulos. Teoreettinen latausnopeuden maksimi on siis omassa liittymässäni 256 kbps ja ulospäin lähtevän liikenteen maksimi 64 kbps. Tähän on luvassa parannus vasta optisen kuidun myötä, kun kotikäyttäjien ulospäin lähtevä liikennekin saadaan nopeudeltaan huomattavasti suuremmaksi. Nykytilanteessa ahkerat vertaisverkkojen käyttäjät joutuvatkin itse rajoittamaan omaa latausnopeuttaan, jotta heidän kertoimensa ei heikentyisi liikaa. Edonkey-vertaisverkossa tämä ei muodostu ongelmaksi, mutta monet suljetut Bittorrent-protokollaa hyödyntävät verkkoyhteisöt pyrkivät hankkiutumaan eroon käyttäjistä, joiden kerroin on liian kaukana ideaalisesta 1:1 kertoimesta.

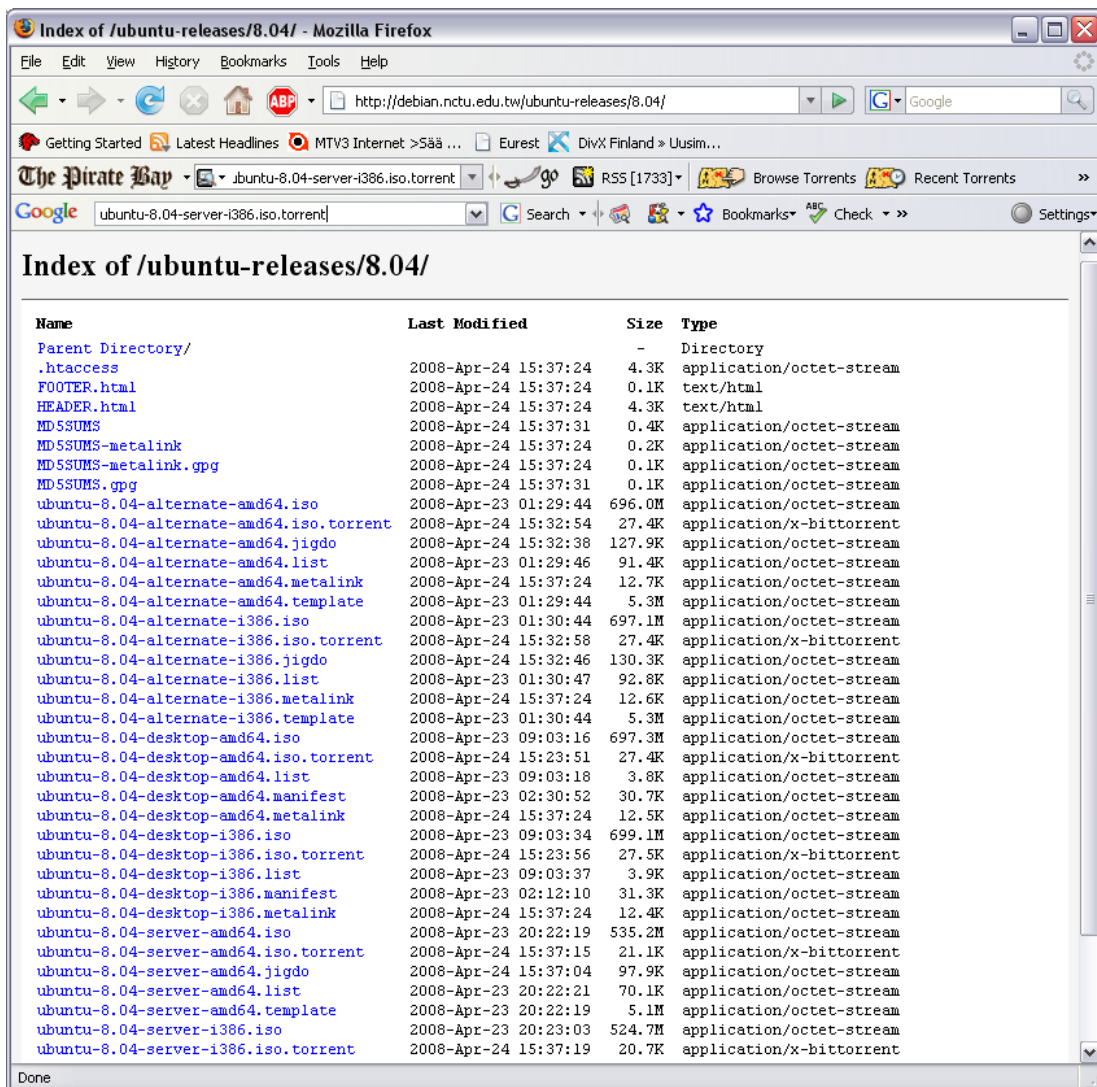


Kuva 11. Emule-ohjelman statistiikkaa 20 minuutin käytön jälkeen.

### 4.3. $\mu$ Torrent (Bit Torrent)

Bittorrent vertaisverkkoprotokollaa hyödyntäviä asiakasohjelmia on lukemattomia. Liitteessä 1 on esitetty yleisimpien Bittorrent asiakasohjelmien vertailu. Vertailu kattaa suurimman osan vapaassa levityksessä olevista asiakasohjelmista ja listaa monipuolisesti niiden ominaisuuksia ja toimivuutta. Liitteenä olevaa taulukkoa on supistettu siten, että harvinaisimpia ja vanhentuneita asiakasohjelmia on karsittu. Teknisesti parhaimpia asiakasohjelmia olivat BitTorrent, Azureus ja BitTyrant, heikoiten vertailussa pärjäivät RTorrent, FlashGet ja Blizzard downloader. Monipuolisimpia toiminnoiltaan olivat Azureus, localHost, Torrent Swapper ja  $\mu$ Torrent. Vaatimattomampia sharktorrent ja Qtorrent. Päädyin itse testaamaan  $\mu$ Torrent ohjelmistoa, joka ohjelmakoodin hyvän optimoinnin vuoksi toimii jouhevasti myös hieman vanhemmassa tietokoneessa. Yleisin Bittorrent-asiakasohjelma lienee Azureus, joka Java-pohjaisuutensa vuoksi on portattu useaan eri käyttöjärjestelmään. Bittorrent-protokollaa hyödyntävän vertaisverkk-

ohjelman käyttö vaatii tuekseen www-sivuston, josta ladataan .torrent-päätteinen tiedosto. Tämän tiedoston avulla ohjelma osaa avata tarvittavat yhteydet kyseisen tiedoston jakajiin; mitään erillistä palvelinta ei siis tarvitse määritellä. Etsin uusimman Ubuntu Linux 8.04 -jakelun asennuslevyyn viittaavan .torrent-tiedoston Google hakupalvelun avulla. Ensimmäinen linkki löytyi taiwanilaisen yliopiston osoitteesta [debian.nctu.edu.tw](http://debian.nctu.edu.tw) (NCTU = National Chiao Tung University). Tämän linkin takaa löytyi ftp-palvelimen tiedostonäkymä, josta .torrent-tiedostoja pystyi lataamaan (ks. kuva 12). Samalla palvelimella oli jaossa myös .iso-tiedostoja eli Ubuntu Linux 8.04 -jakelun eri versioita pystyi lataamaan myös suoraan tältä palvelimelta ftp-protokollan avulla.



Name	Last Modified	Size	Type
<a href="#">Parent Directory/</a>		-	Directory
<a href="#">.htaccess</a>	2008-Apr-24 15:37:24	4.3K	application/octet-stream
<a href="#">FOOTER.html</a>	2008-Apr-24 15:37:24	0.1K	text/html
<a href="#">HEADER.html</a>	2008-Apr-24 15:37:24	4.3K	text/html
<a href="#">MD5SUMS</a>	2008-Apr-24 15:37:31	0.4K	application/octet-stream
<a href="#">MD5SUMS-metalink</a>	2008-Apr-24 15:37:24	0.2K	application/octet-stream
<a href="#">MD5SUMS-metalink.gpg</a>	2008-Apr-24 15:37:24	0.1K	application/octet-stream
<a href="#">MD5SUMS.gpg</a>	2008-Apr-24 15:37:31	0.1K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.iso</a>	2008-Apr-23 01:29:44	696.0M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:32:54	27.4K	application/x-bittorrent
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.jigdo</a>	2008-Apr-24 15:32:38	127.9K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.list</a>	2008-Apr-23 01:29:46	91.4K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.template</a>	2008-Apr-24 15:37:24	12.7K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-amd64.manifest</a>	2008-Apr-23 01:29:44	5.3M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.iso</a>	2008-Apr-23 01:30:44	697.1M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:32:58	27.4K	application/x-bittorrent
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.jigdo</a>	2008-Apr-24 15:32:46	130.3K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.list</a>	2008-Apr-23 01:30:47	92.8K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.manifest</a>	2008-Apr-24 15:37:24	12.6K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-alternate-i386.template</a>	2008-Apr-23 01:30:44	5.3M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-amd64.iso</a>	2008-Apr-23 09:03:16	697.3M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-amd64.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:23:51	27.4K	application/x-bittorrent
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-amd64.list</a>	2008-Apr-23 09:03:18	3.8K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-amd64.manifest</a>	2008-Apr-23 02:30:52	30.7K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-amd64.template</a>	2008-Apr-24 15:37:24	12.5K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-i386.iso</a>	2008-Apr-23 09:03:34	699.1M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-i386.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:23:56	27.5K	application/x-bittorrent
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-i386.list</a>	2008-Apr-23 09:03:37	3.9K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-i386.manifest</a>	2008-Apr-23 02:12:10	31.3K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-desktop-i386.template</a>	2008-Apr-24 15:37:24	12.4K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-amd64.iso</a>	2008-Apr-23 20:22:19	535.2M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-amd64.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:37:15	21.1K	application/x-bittorrent
<a href="#">ubuntu-8.04-server-amd64.jigdo</a>	2008-Apr-24 15:37:04	97.9K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-amd64.list</a>	2008-Apr-23 20:22:21	70.1K	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-amd64.template</a>	2008-Apr-23 20:22:19	5.1M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-i386.iso</a>	2008-Apr-23 20:23:03	524.7M	application/octet-stream
<a href="#">ubuntu-8.04-server-i386.iso.torrent</a>	2008-Apr-24 15:37:19	20.7K	application/x-bittorrent

Kuva 12. Ubuntu 8.04 Linuxista löytyy useita eri versioita .torrent-tiedostoina

**TorrentEditor**

[Home](#) | 
 [ShoutBox](#) | 
 [FAQ](#) | 
 [Links](#) | 
 [Contact/Bugs](#)

---

**Torrent**

Filename:

Info Hash: 7A8269D1 801B203F 96EEFBD6 8CBCD680 56F8CC84

**Tracker**

URL:  ✘

Seeds: 1379 Peers: 117

+

**Meta Data**

Created On:

Created By:

Comment:

Piece Length\*:

Private\*:  ▼

**Files**

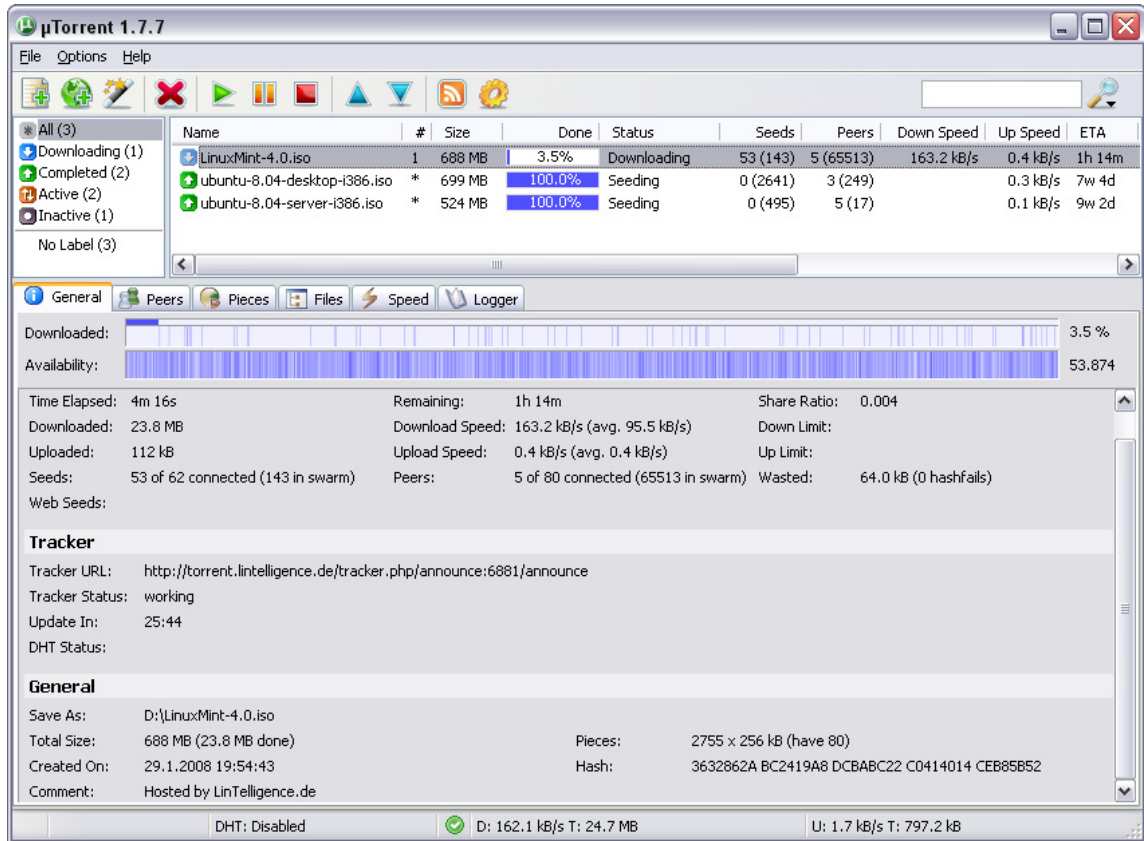
Filename*	File Size*
<input type="text" value="ubuntu-8.04-desktop-i386.iso"/>	<input type="text" value="699.12 MB"/>

**Finish**

- Verify the changes you've made before downloading.  
 - Download a new copy of the torrent.

Kuva 13. .torrent-tiedoston sisällön tutkimista selainpohjaisella editorilla.

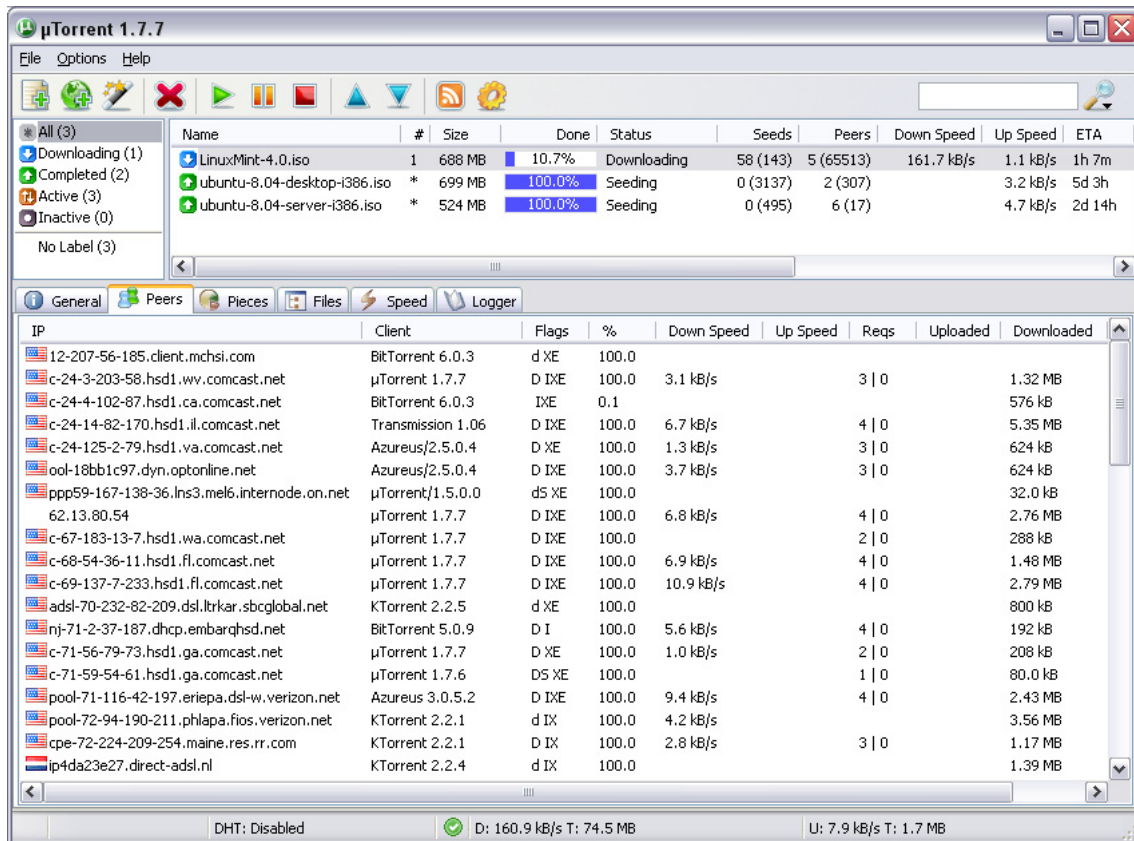
Yritin tutkia .torrent-tiedostoa ensin tekstieditorilla, mutta koska kyseessä on binääritiedosto, ei sisältö avaudu kovinkaan helposti ymmärrettävässä muodossa. Ilmaisen www-sivuston <http://www.torrenteditor.com/> avulla tiedoston sisällön tutkiminen oli kuitenkin mahdollista (ks. kuva 13). Oleellisin tieto on seurantapalvelimen (engl. tracker) osoite, näitä voi olla tiedostoissa määriteltynä useampikin. Tämän palvelimen avulla µTorrent muodostaa yhteydet muihin käyttäjiin, joilla tämä kyseinen tiedosto on jaossa. Esimerkissä seurantapalvelin on <http://torrent.ubuntu.com:6969/announce> ja tällä hetkellä tiedostoa jakaa 1379 käyttäjää. Lataajien määrä on 117. Koska jakajien määrä lataajiin verrattuna on moninkertainen, on kyseisen tiedoston lataaminen erittäin nopeata. Latausnopeutta rajoittaa siis lähinnä käyttämäni ADSL-yhteyden nopeus. Päinvastaisessa tilanteessa (eli lataajia huomattavasti enemmän kuin jakajia) tiedoston lataaminen kestäisi todennäköisesti useita tunteja tai jopa päiviä, koska samoista tiedoston palasista kilpailisi itseni lisäksi monta muutakin lataajaa.



Kuva 14. LinuxMint 4 -jakelua ladataan ja kahta Ubuntu 8.04 -jakelua jaetaan

Kun .torrent-tiedosto on www-selaimen avustuksella ladattu omalle tietokoneelle, se avataan µTorrent ohjelmaan. Esimerkissä olen ladannut itselleni sekä Ubuntu Linux 8.04 -jakelun työpöytä- että palvelinversiot. Nämä iso-tiedostot ovat siis kokonaisuudessaan siirtyneet omalle kiintolevylleni ja niistä voidaan polttaa toimiva Linuxin asennuslevy esimerkiksi ilmaista Imgburn-ohjelmaa käyttäen. Seeding-tila tarkoittaa siis kokonaisuudessaan itselle ladattujen tiedostojen jakamisen jatkamista. Näiden kahden tiedoston lisäksi lataan esimerkissä itselleni LinuxMint 4.0 -jakelua, josta on saapunut vasta 3.5%. Latausnopeus on kuitenkin melkoisen suuri (163.2 kbps), joten tiedosto saapuu kokonaan perille 1 tunnin ja 14 minuutin aikana.

Yksityisten sivustojen seurantapalvelimet (engl. private trackers) pitävät kirjaa käyttäjien lataamasta määrästä ja edellyttävät riittävän korkeaa jakamisen suhdetta latauksiin (engl. ratio). Yleinen kerroin on esimerkiksi 0.8 eli jokaista yhtä ladattua megatavua kohti käyttäjän pitää jakaa 800 kilotavua. Mikäli käyttäjä ei täytä kyseistä minimivaatimusta, hänen käyttäjätunnuksensa poistetaan www-palvelusta tietyn ajan kuluessa. Yksityiset torrent-sivustot siis edellyttävät käyttäjän rekisteröitymistä ja käyttäjätunnuksen sekä salasanan käyttöä.



Kuva 15. Peers-näkymästä nähdään muiden käyttäjien kotimaat ja ohjelmistot

µTorrent ohjelmalla voidaan tarvittaessa tutkia tietoja ladattavan tiedoston jakajista. Esimerkistä nähdään helposti, että jakajien fyysinen sijainta on Yhdysvalloissa ja he käyttävät useita erilaisia Bittorrent-protokollaa hyödyntäviä ohjelmistoja. Suosituimpia ohjelmistoja ovat µTorrent, Azureus ja kTorrent.

#### 4.4. DC++ (Direct Connect)

Direct Connect on yksi tunnetuimmista ja samalla suosituimmista vertaisverkkoprotokollista. Tästä johtuen käyttäjien välillä liikkuvien tiedostojen määrä ja koko ovat erittäin suuria. Alkuperäinen Direct Connect -ohjelma oli Jon Hessin kirjoittama NeoModus Direct Connect. Tunnetuin Direct Connect -protokollaa hyödyntävä ohjelma on DC++, jonka nimellä koko verkkoa joskus erheellisesti kutsutaankin. Direct Connect -protokollan toimintaperiaate on erilainen kuin esimerkiksi Kazaan. Kazaa-ohjelman käyttämässä FastTrack-protokollaa hyödyntävässä vertaisverkossa käyttäjän tarvitsee vain avata oma asiakasohjelmansa, kun taas Direct Connect -verkon muodostavat palvelimet, joita kutsutaan hubeiksi. Nämä palvelimet kokoavat käyttäjiä yhteen siten, että samalla hubilla olevat käyttäjät voivat keskustella

keskenään, selata toistensa tiedostoja ja ladata niitä. Direct Connect ei siis ole yksinomaan tiedostonjakoa varten, vaan jossain määrin myös IRC-keskusteluohjelman tai Microsoft Messengerin vastine. Tiedostojen siirto tapahtuu TCP-protokollan avulla, samoin kuin kommunikointiin hubin kanssa. Tiedostohakuihin käytetään yksinkertaisempaa UDP-protokollaa.

Nimi	Kuvaus	Käyttäjät	Osoite	Maa	Jaettu	Jakoraja	Slotit
FXR™ Team United - Kärpät on HOT joten /fav mainin!	[FIN]=[MP3]=[DVD]...	4298	dchub://...	Finland	276,59 Tt	0 t	0
TAX-FREE • of • Syndicate Network™ [Finland]	::: [ E U ] Verovapa...	2598	dchub://...	Finland	88,13 Tt	0 t	0
[UN] Finnish L.A.	[ Open 24/7 ] [ Finnish ...	1098	dchub://...	Finland	86,52 Tt	1,00 Gt	0
TopTeam IceNet - This hub is powered by PtokaX and DxBot	[FIN] TopTeam Networ...	2417	dchub://...	Finland	70,08 Tt	0 t	1
• Vittujuhla • Kevät • of • Syndicate Network™	Finnish hub =) Come T...	218	dchub://...	Finland	55,44 Tt	3,00 Gt	1
[NWG] - Anime-Bay - New World Generation Network™	New World Generation...	681	dchub://...	Finland	52,28 Tt	0 t	0
[RCustom] of • Syndicate Network™ - Red Fusion ...	[FIN] minshare 40GIB! ...	1489	dchub://...	Finland	51,56 Tt	40,00 Gt	0
• Pori • « Adrenaline™ [Finland] »	Informatie nedisponibila	1991	dchub://...	Finland	50,90 Tt	0 t	0
[NWG] - Suomihubi - New World Generation Network™	New World Generation...	573	dchub://...	Finland	43,09 Tt	12,00 Gt	0
[-G.S.N™]Ketunkolo - [Elämä on kolon rassaamista]	[Finnish Hub]26GIB / ...	625	dchub://...	Finland	40,71 Tt	25,00 Gt	1
Finn-[X™]Ware Laboratory™	OpChat	273	dchub://...	Finland	30,10 Tt	22,46 Gt	0
Midnight Network [ ... ] -Miksun Olutluola= @ <...> [ ...	Everyone welcome. Co...	883	dchub://...	Finland	24,61 Tt	0 t	0
FREE®DisneyWorld®	Suomi - Finland	670	dchub://...	Finland	23,86 Tt	0 t	1
~Soffin Parasitti™	Soffin Parasitti	503	dchub://...	Finland	21,53 Tt	0 t	1
TopTeami Makkeshub	HYVÄ SF-Trivial 25Gb!...	173	dchub://...	Finland	19,74 Tt	8,00 Gt	1
-Dream Garden=-Sademetsä XXX	15gb_rock_n_rol_root...	320	dchub://...	Finland	19,20 Tt	1,00 Gt	0
FXR™ Team United ADC-Hub		387	adc://fx...	Finland	18,19 Tt	0 t	0
[•Spēciāl•] F I N L A N D	- Tervetuloa -	563	dchub://...	Finland	17,38 Tt	15,00 Gt	0
Hopeanuoli Chat 1 [JKL]	morotus taasen...	234	dchub://...	Finland	15,64 Tt	6,00 Gt	1
Frendit - Datapower - Tarvitsemme Redejä, We need redirects	Member of Frendit - Ne...	352	dchub://...	Finland	14,89 Tt	0 t	0
[NWG]North Star - New World Generation Network™	24/7	354	dchub://...	Finland	14,80 Tt	4,00 Gt	1
TroubledMinds™ - Puuhamaa Stadi	30Gb 1Slot	461	dchub://...	Finland	14,35 Tt	22,00 Gt	1
= [UN] Seikalandia	Upee, nopee, ööh? No...	195	dchub://...	Finland	14,17 Tt	512,00 Mt	1
Finnish Rabbits - Unelma Talo	Finnish Rabbits Unelm...	243	dchub://...	Finland	13,75 Tt	6,00 Gt	0

Suodatin: Finland Maa

Asetetut hubilistat: http://hublist.hubtracker.com/hublist.xml.bz2

Hubilista ladattu... (http://hublist.hubtracker.com/hublist.xml.bz2) Hubeja: 81 Käyttäjät: 35894

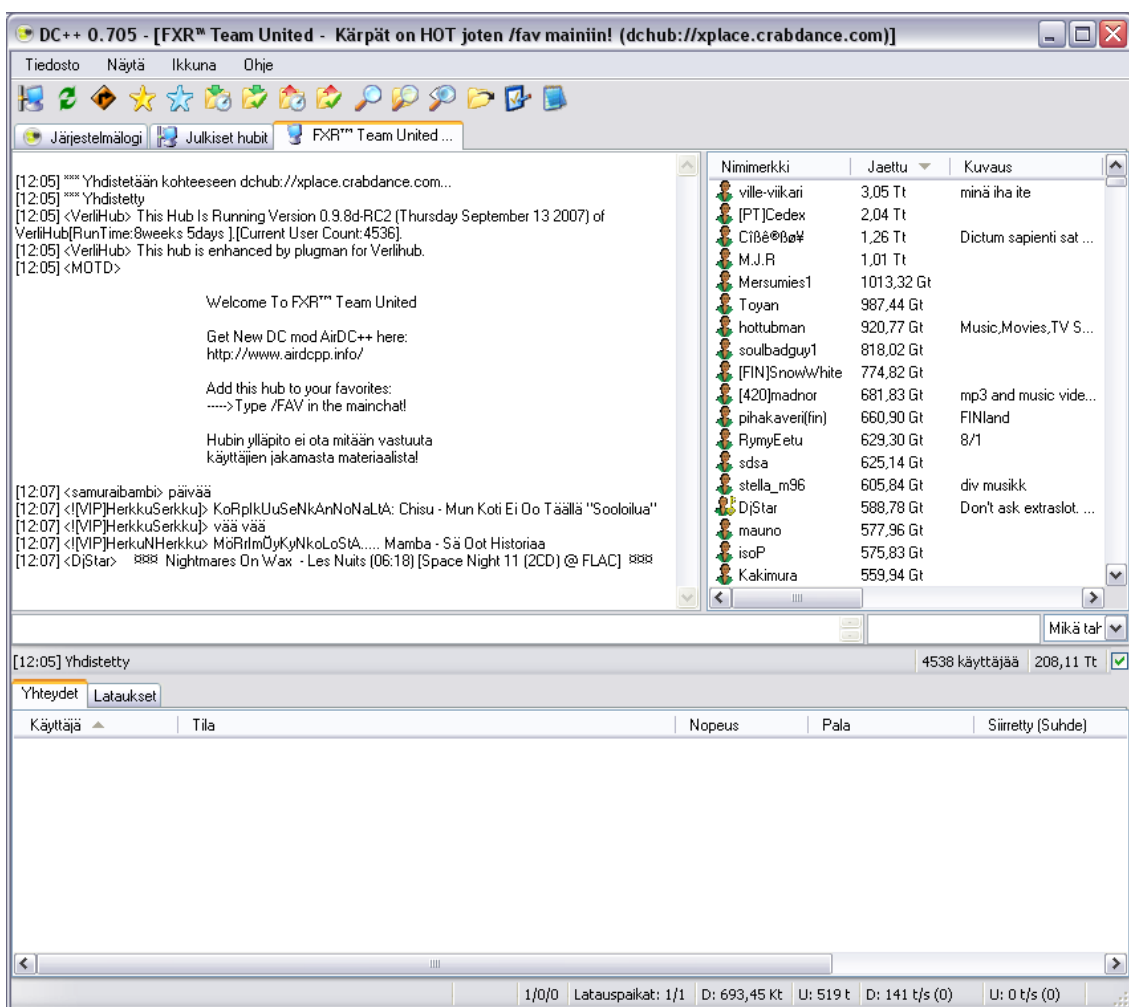
Yhteydet Lataukset

Käyttäjä	Tila	Nopeus	Pala	Siirretty (Suhde)

1/0/0 Latauspalkat: 1/1 D: 617,37 Kt U: 519 t D: 609 t/s (0) U: 0 t/s (0)

Kuva 16. Lista julkisista DC-hubeista, suodatin Finland eli Suomessa toimivat Hubin nimi paljastaa joskus hyvinkin yksityiskohtaista tietoa sen sijainnista. Esimerkissä ainakin "Pori Adrenaline Finland" hubi toiminee todennäköisesti Porin seudulla Suomessa. Hubin kuvauksesta voidaan päätellä, minkä tyyppisiä tiedostoja siellä jaetaan (ks. kuva 16). Listan ylimmässä hubissa kuvauksesta löytyvät lyhenteet MP3 ja DVD, tämä tarkoittanee MP3-muodossa pakattua musiikkia ja DVD-elokuvia. Hubeilla on usein sisäänkäyvävaatimuksia, joilla varmistetaan että käyttäjillä on tarpeeksi jaettavia tiedostoja. Nämä vaatimukset ovat yleensä gigatavuokkaa,

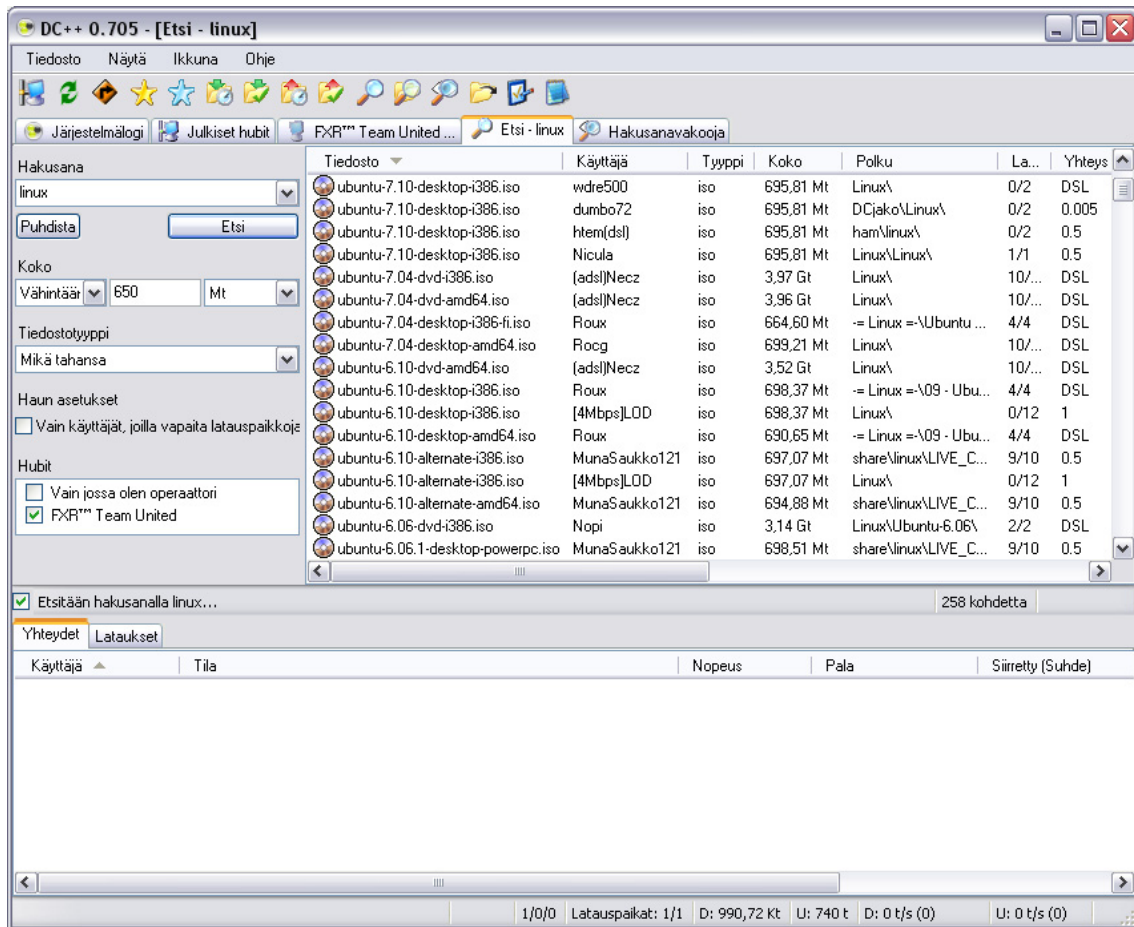
esimerkissä korkein jakoraja on 40 GB ja alin määrittelemätön eli 0. Tästä voi aiheuta vakavia tietoturvariskejä, kun osaamattomat käyttäjät jakavat muiden tiedostojen puutteessa esimerkiksi kiintolevynsä c:\windows -kansion. Mediassa uutisoitiin aikoinaan tapausta, jossa Soneran työntekijä oli laittanut työkoneeltaan jakoon yrityssalaisuuksiksi luokiteltavia tietoja vaadittavan gigatavurajan saavuttamiseksi. Tällaista menettelyä eivät hubien ylläpitäjät kuitenkaan hyväksy, vaan hubien käyttöehtojen vastaista materiaalia jakavat käyttäjät heitetään ulos. Asennettujen ohjelmien ja windows-kansion jakaminen lienee kiellettyä lähes kaikissa hubeissa. Tämä sääntö koituu siis lopulta käyttäjien omaksi parhaaksi.



Kuva 17. Hubiin liityttäessä nähdään muut hubin käyttäjät ja jakomäärät

Liityin kokeeksi "FXR Team United" hubiin, jolloin näen siellä käytävän keskustelun ja ikkunan oikeassa reunassa muut hubin käyttäjät. Järjestin käyttäjät jaetun datamäärän mukaan ja listan ylimmillä näyttää olevan jaossa peräti 3.05 teratavua. (ks. kuva 17). Määrät näyttävät muutenkin melko suurilta, kun ottaa huomioon, että tietokonepakettien keskimääräiset kiintolevyt ovat kooltaan n. 250-500 gigatavua.

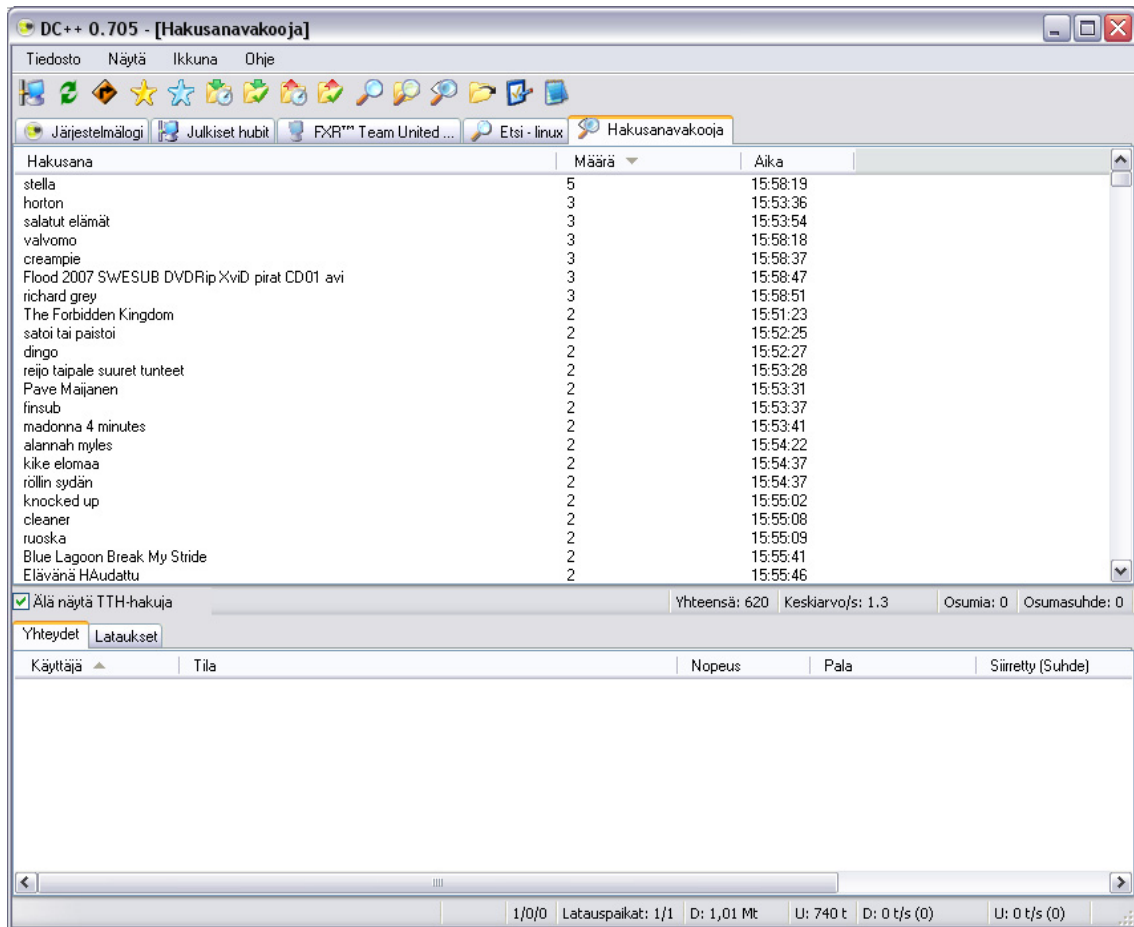




Kuva 18. Hubin käyttäjiltä etsitään jaossa olevia linux-jakelua haulla "linux"

Kokeilin seuraavaksi etsiä tästäkin vertaisverkosta uusinta Ubuntu Linux 8.04 -jakelua siinä kuitenkaan onnistumatta. Pelkistetympi haku sanalla "linux" sen sijaan tuotti runsaasti osumia, joista suurin osa oli vanhempia Ubuntu Linux 7.10, 7.04 ja 6.10 -versioita (ks. kuva 18). Direct Connect -verkosto ei siis ainakaan Ubuntu Linux -jakelun suhteen ollut ajan tasalla, toisin kuin eMule ja Bittorrent -protokollia hyödyntävät vertaisverkot.

Muista vertaisverkoista poiketen tiedostoa ei ladata useista lähteistä, vaan yksinomaan tietyltä käyttäjältä. Käyttäjät ovat määritelleet asetuksissaan ns. slottirajan (engl. slots) eli kuinka monta muuta käyttäjää pystyy heiltä yhtä aikaa tiedostoja imuroimaan. Esimerkkikuvassa raja vaihtelee 2 ja 12 välillä, esimerkiksi käyttäjän "Munasaukko121" merkintä 9/10 tarkoittaa, että hänen kymmenestä latauslokerostaan vapaana on tällä hetkellä ainoastaan yksi. Mikäli lokeroita ei ole vapaana, tiedostonsiirto kyseiseltä käyttäjältä ei onnistu.



Kuva 19. Hakusanavakoojan avulla voidaan tutkia muiden käyttäjien hakuja

Mielenkiintoinen DC+ ohjelmistosta löytyvä toiminto on hakusanavakooja eli mahdollisuus tarkkailla toisten käyttäjien tekemiä tiedostohakuja. Kuvassa 19 on sen käyttöliittymä. Noin 15 minuutin testin aikana hakuja kertyi 620 kappaletta ja suosituimmaksi hakusanaksi päättyi "stella". Nimi viitanee kotimaiseen rock-yhtyeeseen. Valtaosa yleisimmistä hakusanoista liittyi populaarimusiikkiin, TV-sarjoihin ja elokuviin eli tekijänoikeuksilla suojattuun materiaaliin. Esimerkkinä voisin mainita hakusanat "Salatut Elämät", "Valvomo", "Dingo", "Reijo Taipale" ja "Pave Maijanen". Myös kulinaristit olivat liikkeellä ainakin hakusanalla "creampie". Tosin kyseessä saattaa ainakin Google-hakurobotin tuloslistan perusteella olla johonkin muuhun kuin syötävään kermapiirakkaan liittyvä haku.

Tämän hakusanalistan perusteella valtaosa Direct Connect -verkon käytöstä on silkkaa piratismia ja avoimen lähdekoodin ohjelmistojen tai vastaavien tekijänoikeusvapaiden tuotoksien jakaminen/lataaminen on minimaalista. Johtopäätöksiä muodostettaessa on kuitenkin hyvä tiedostaa, että kyse on yksittäisestä kokeilusta. Jossain toisessa hubissa tai eri ajankohtana tehty hakusanojen vakoilu saattaa tuottaa täysin erilaisen tuloksen.

## 5. Vertaisverkkojen haitat

### 5.1. Taloudelliset menetykset piratismiin vuoksi

Elokuvien Internet-levityksen kärjessä ovat viime vuosina olleet Internet-piraatit, jotka lähinnä Bittorrent-vertaisverkkoja hyväksi käyttäen ovat jakaneet käyttäjien kesken uusimpia Hollywood-elokuvia joskus jopa ennen niiden ensi-iltaa. Vertaisverkoissa liikkuvan tiedon määrä on ollut kasvussa useita vuosia, ja esimerkiksi vuonna 2004 Euroopan ja Ison-Britannian Internet-liikenteestä noin 60 % tapahtui vertaisverkoissa, Yhdysvalloissa osuus oli lähes 70 % ja Aasiassa peräti yli 80 % [Helsingin Sanomat, 2006].

Useimmat piraattimateriaaliin keskittyneet verkkosivustot ja vertaisverkot tarjoavat elokuvia ilmaiseksi, mikä poikkeaa perinteisestä, halpoin DVD-kopioihin keskittyneestä, elokuvapiratismista. Epäkaupallisuus ei ole kuitenkaan pelastanut niitä vertaisverkkojen käyttäjiä ja vertaisverkko-ohjelmistojen kehittäjiä, jotka Yhdysvaltain elokuvateollisuuden keskusjärjestö MPAA on haastanut oikeuteen ympäri maailmaa. Suomessakin vertaisverkkojen käyttäjiä on epäilty tekijänoikeusrikkoksesta ja joitakin tapauksia on viety syyteharkintaan asti [Helsingin Sanomat, 2005].

MPAA on arvioinut, että elokuvateollisuus menettää laittoman kopioinnin, kuten DVD ja VHS-kopioiden, takia joka vuosi yli 3 miljardia dollaria. Tämä luku ei pidä sisällään elokuvien laitonta kopioimista Internetistä. Deloitte [2004] mukaan elokuvateollisuus menettää tuloja noin 3 - 4 miljardin dollarin edestä vuosittain digitaalisen piratismiin takia.

Syitä Internetin elokuvapiratismiin on useita. Luonnollisesti ilmaiset DVD-tasoiset elokuvat kiinnostavat katsojia, joilla ei ole varaa tai halua maksaa normaalin DVD:n tai elokuvaalipun hintaa. (Harvoissa Internetissä liikkuvissa DVD-elokuvissa on kuitenkin mukana ekstroja, kuten tavallisissa levyissä, eivätkä ne kuvan tai äänen laadultaan vastaa täydellisesti kaupasta ostetun DVD:n laatua.) Lisäksi Internetin piraattiversiot tarjoavat kuluttajalle laajemmat valikoimat kuin paikalliset elokuvateatterit ja videovuokraamot. Uutuuselokuvan ensi-iltaa ei tarvitse odotella kuukausia, vaan sen voi ladata Internetistä samana päivänä kuin se esitetään Yhdysvalloissa ja katsoa milloin huvittaa. Samaten ohjelmistosta jo poistuneita elokuvia, tai elokuvia, joita ei koskaan ole edes tuotu paikalliseen teatterilevitykseen, löytää pienellä vaivalla joltakin Internetin lukuisista piraattisivustolta. [Rinta, 2004]

Vaikeampaa on ymmärtää syitä, miksi joku haluaisi ehdoin tahdoin ottaa riskin joutua haastetuksi oikeuteen ja tuomituksi vahingonkorvauksiin laittomasta jakelusta laittamalla ensimmäisen version elokuvasta yleiseen jakeluun vertaisverkkoon. Syynä tähän on tuskin raha, koska esimerkiksi Bittorrent-verkkoja pitkin leviävät elokuvat ovat lähes aina ilmaisia niiden lataajille. Suosittujen piraattisivustojen ylläpitäjät saavat toki mainostuloja, mikä voisi rohkaista heitä lisäämään sivuilleen yhä enemmän elokuvia; mitä enemmän haluttuja elokuvia tai suosittuja televisiosarjoja, sitä enemmän käyttäjiä ja sitä enemmän mainostuloja. Ilmeisesti yksi tärkeä syy on eri piraattiryhmien tavoitteleva maine ja kunnia. Heistä on hienoa olla ensimmäinen ryhmä, joka laittaa jakeluun uutuuselokuvan. Joidenkin tällaisten ryhmien taustalla on varmasti pelkän nuoruuden näyttämisen ja pätemisen halun lisäksi ideologisia syitä. [Rinta, 2004]

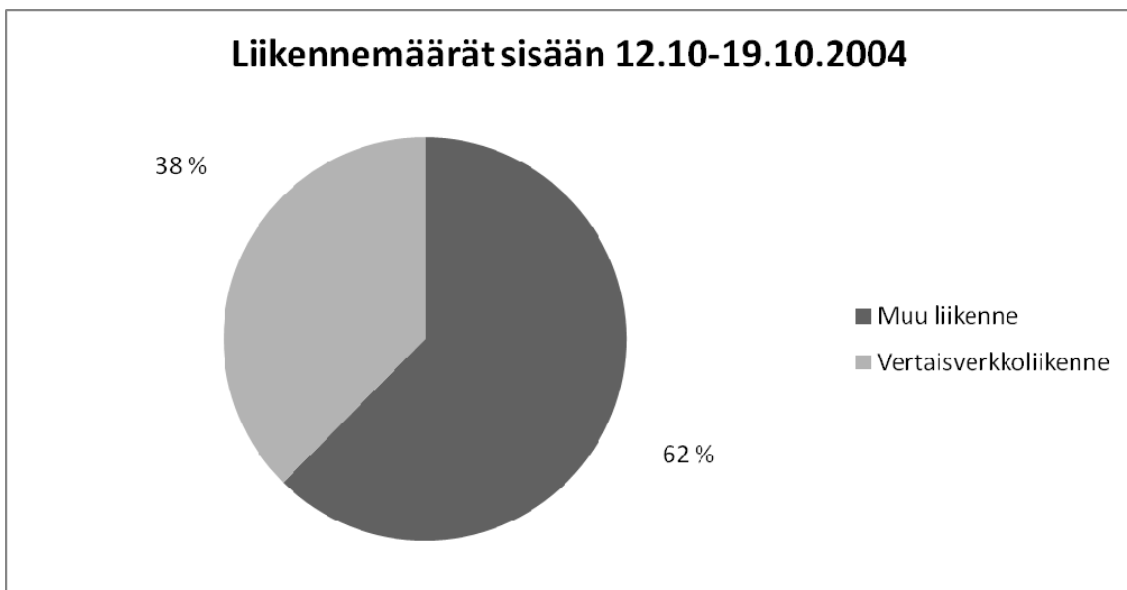
Useat Internetin käyttäjät haluavat pitää Internetin ilmaisena, vapaan tiedonvälityksen villinä läntenä, vaikka he siinä samalla tulisivat loukanneeksi tekijänoikeuslakeja. Yllättävää kyllä, suurin osa eli 77 % vertaisverkoissa ja Internetissä leviävistä laittomista elokuvista on vuodettu tavalla tai toisella elokuva-alan sisältä. Sen sijaan tavallisten kuluttajien DVD:ltä kopioimien ja Internetissä levittämien piraattiversioiden osuus on vain 5 %. Yksi suurimmista laittomien kopioiden lähteistä tuntuvat tutkimuksen valossa olevan kriitikoille ja erilaisille palkintoraadeille etukäteen ennen elokuvan julkaisua lähetetyt DVD:t. Elokuva-ala on alkanut taistella nettipiratismia vastaan nostamalla oikeusjuttuja vertaisverkkojen www-sivustojen ylläpitäjiä ja tavallisia käyttäjiä vastaan sekä tehostamalla elokuvateattereiden valvontaa, jotta pienellä videokameralla varustautuneet piraatit eivät pääsisi kopioimaan elokuvia suoraan teattereista. Elokuvateollisuuden tulisi kuitenkin panostaa enemmän alan sisäiseen turvallisuuteen, jotta se saisi tekniseltä laadultaan korkeatasoisten uutuuselokuvien laittoman virran internetiin padottua. [Byers et al., 2003]

Vuoden 2006 kesällä julkistetussa, Business Software Alliancen teettämässä mittauksessa Suomen piratismiasteeksi arvioitiin yksi maailman alhaisimmista, eli ainoastaan 26% kaikista yrityksissä käytössä olevista ohjelmista oli laitton kopio eli piraatti. Suurin piraattiohjelmien osuus oli pienissä ja keskisuurissa yrityksissä, joissa käytettiin kalliita erikoisohjelmia. Ohjelmistopiratismiin ohjelmistotuottajille aiheuttamien vahinkojen suuruudeksi arvioitiin kokonaisuudessaan 122 miljoonaa euroa. [Mikrobitti, 2006]

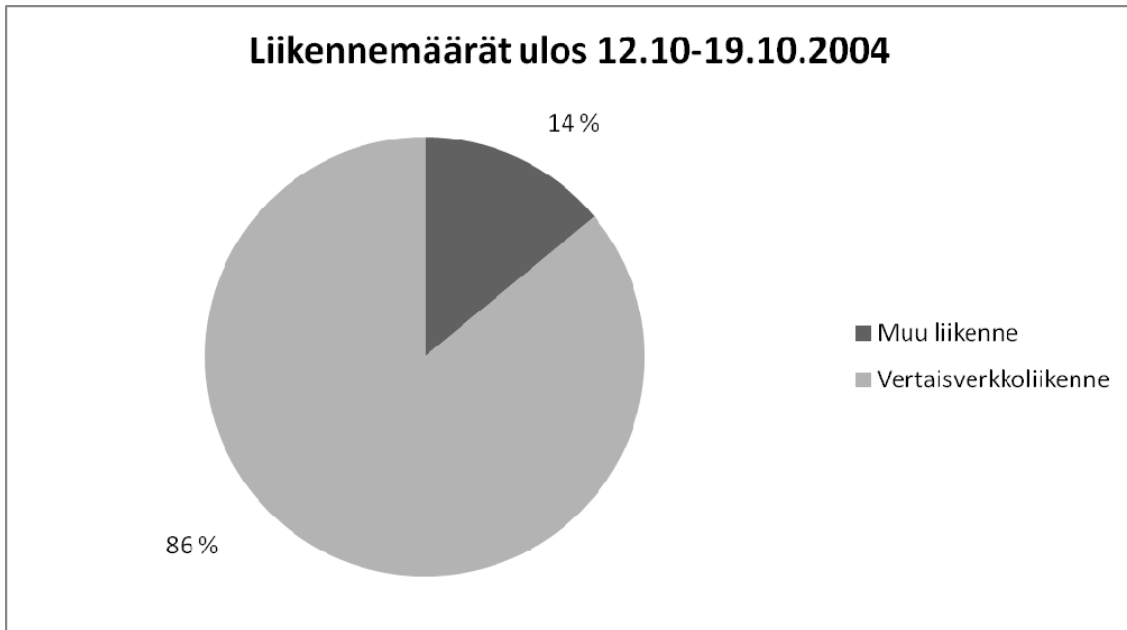
## 5.2. Tietoliikennekapasiteetin tuhlaaminen

Koska yliopistot ja muut oppilaitokset tarjoavat todella nopean verkkoyhteyden opiskelijoiden käyttöön, on niitä jo kauan hyödynnetty esimerkiksi elokuvien ja musiikin siirtoon. Suurin ongelma on noussut vertaisverkko-ohjelmista, joita asuntola- ja kotikoneiden lisäksi on paljon asennettuina ja käytössä myös yliopiston laitoksilla olevissa henkilökunnan työkoneissa. Helsingin yliopiston verkossa kulkeva tiedostonvaihtoliikenne syö nykyisellä kasvuvauhdilla vuodessa lähes kaiken kapasiteetin. [Kuivalainen, 2004]

Turun yliopistossa vertaisverkko-ohjelmista on muodostunut niin suuri ongelma, että käyttöön on jouduttu ottamaan verkkoliikenteen luokittelu (ks. kuvat 20 ja 21). Tapausta uutisoitiin verkkomediaossa lokakuun 2004 loppupuolella. Järjestelmä luokittelee ja ohjaa verkkoliikennettä niin, että normaalille verkkoliikenteelle varataan liikennekapasiteetista suurimmat resurssit vertaisverkkoliikenteen kustannuksella. Järjestelmällä korvattiin entinen liikennemääriin perustuva rajoitusjärjestelmä. [Turun yliopisto, 2004]



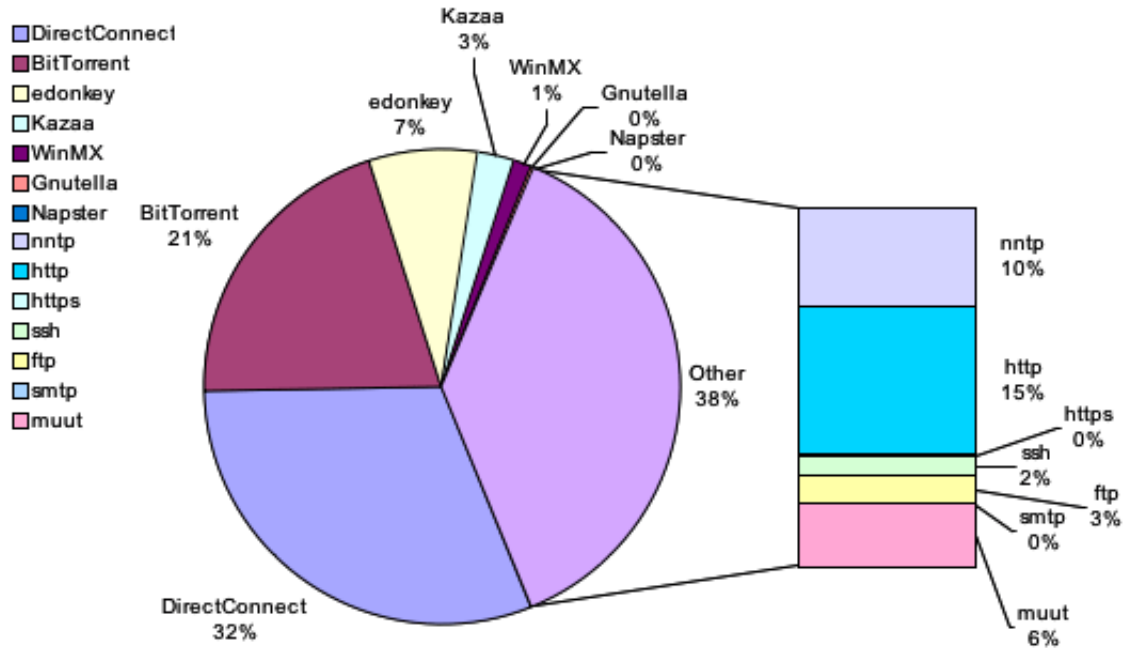
Kuva 20. Turun yliopiston verkkoliikenteen jaottelu p2p vs. muu liikenne



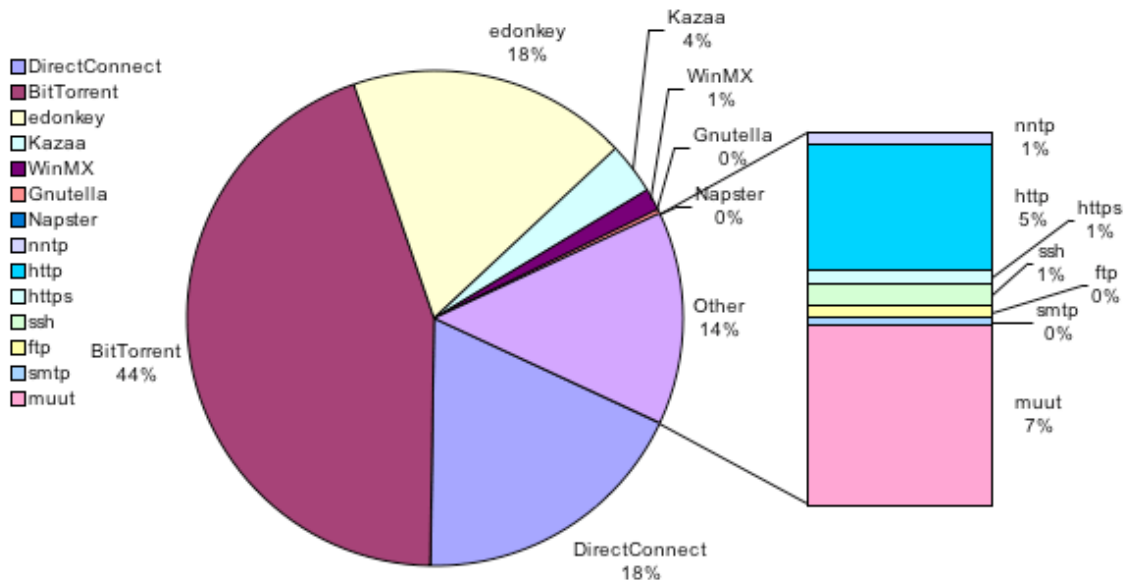
Kuva 21. Turun yliopiston verkkoliikenteen jaottelu p2p vs. muu liikenne

Turun yliopiston atk-keskuksen verkkosivuilla julkaistiin tilastoa tietoliikennemäärästä aikavälillä 12.10-19.10.2004 tapahtuneesta liikenteestä (ks. kuvat 22 ja 23). Yliopiston tiedotteen mukaan 62,4 prosenttia yliopiston sisään tulevasta liikenteestä ja 86 prosenttia ulosmenevästä liikenteestä oli vertaisverkko-ohjelmien tuottamaa. Tavumäärinä vastaavat luvut ovat 7 teratavua sisäänpäin ja 5,7 teratavua ulospäin. Kuten kuvaajista käy ilmi, selvästi suurinta liikennettä aiheuttavat P2P-ohjelmat ovat eDonkey, Bittorrent ja Direct Connect. Liikennemäärä ei kuitenkaan tarkoita, että ohjelma olisi käytössä suosituin, jopa yksi käyttäjä on voinut saada aikaan vaikkapa kolmanneksen liikenteestä. Suuri liikennemäärä näiden kolmen ohjelman osalta selittyy myös sillä, että ne ovat elokuvien siirtämisessä suosituimmat vertaisverkot. Kazaassa sekä muissa kuvion mukaan vähemmän verkkoa kuormittavissa p2p-verkoissa siirretään enemmän pieniä tiedostoja, kuten pakattua mp3-musiikkia ja pdf-dokumentteja. [Turun yliopisto, 2004]

Käytännössä yhdenkin vertaisverkkoa aktiivisesti esimerkiksi isojen videotiedostojen lataamiseen ja levittämiseen käyttävän työaseman aiheuttama liikennemäärä on niin suurta, että verkonvalvojat huomaavat reitittimen lokeista helposti verkkoliikenteen räjähdysmäisen kasvun. Jatkotoimenpiteenä kyseisen työasema voidaan poistaa verkosta tarkempia tutkimuksia varten. On huomattava, että yksittäisen työaseman kohtuuttoman suuri liikennöintimäärä voi johtua myös koneeseen pesiytyneestä madosta, joka yrittää levittää itseään verkon muihin tietokoneisiin.

**Yliopiston liikennejakauma 12.10.2004 - 19.10.2004, sisääntuleva liikenne**


Kuva 22. Sisääntuleva verkkoliikenne eri protokollien mukaan eroteltuna

**Yliopiston liikennejakauma 12.10.2004 - 19.10.2004, ulospäinsuuntautuva liikenne**


Kuva 23. Ulos lähtevä verkkoliikenne eri protokollien mukaan eroteltuna.

Arviot vertaisverkkojen osuudesta maailman verkkoliikenteessä vaihtelevat huomattavasti tutkimuksen tekijästä ja tilaajasta riippuen. Esimerkiksi Pohjois-Amerikan kaapeliyhtiöiden tutkimuslaitoksen Cablelabsin tekemässä selvityksessä arvioitiin jopa 55% kaikesta verkkoliikenteestä olevan vertaisverkkoliikennettä. [Ellis, 2006]

Sisällönjakeluyhtiö Cachelogic tilastoi internet-liikenteen rakenteen muuttumista. Vielä vuonna 1993 ftp haukkasi leijonanosan tiedonsiirrosta, mutta vain muutama vuosi myöhemmin www jätti kaikki muut liikennöintitavat jälkeensä. Vuodesta 2002 lähtien p2p on ollut sekä absoluuttisesti suurin että nopeimmin kasvava internetin kuormittaja. Vertaisverkkojen osuus kaikesta verkkoliikenteestä ylsi vuonna 2006 peräti 70 prosenttiin. [Hämäläinen, 2008]

Merkittävin vertaisverkkojen sisältömuoto on video. Seuraavaksi yleistyvät teräväpiirtokamerat ja teräväpiirtoresoluution kuva (1920 x 1080 kuvapistettä) vaatii siirtokaistaa kertaluokkaa enemmän kuin perinteinen video (NTSC 768 x 480, PAL 768 x 576 kuvapistettä). Nykyisen kaltainen suttuinen Youtube-verkkopalvelun kuva ei enää tyydytä käyttäjää, joka haluaa jakaa kotivideoonsa ja muut löytönsä mieluummin p2p-verkossa täydellä laadulla. AT&T-operaattorin huhtikuussa 2008 julkaiseman arvion mukaan verkkoliikenteestä peräti 80% on videota vuonna 2010 ja pelkästään Yhdysvalloissa liikennemäärien raju kasvu edellyttää kymmenien miljardien investointeja verkkoinfrastruktuuriin. [Hämäläinen, 2008]

### 5.3. Virusten ja haittaohjelmien leviäminen

Monet vertaisverkkojen käyttäjät kokevat hyötyvänsä verkon käyttämisestä, mutta koko ajan lisääntyvät haittaohjelmat voivat kuitenkin syrjäyttää verkon hyödyt. Yleensä vertaisverkkoon kuulumisen katsotaan sitä mielekkäämmäksi, mitä enemmän verkossa on muita jäseniä. Tämä johtuu siitä, että vertaisverkossa suuri käyttäjien määrä on suoraan verrannollinen jaettujen tiedostojen määrään ja tiedostojen osien lataamisen nopeuteen. Kun uusi teknologia tulee markkinoille, kestää joskus kauankin aikaa, kunnes käyttäjät omaksuvat sen. Tästä seuraa, että vain tunnetuimmilla ja suosituimmilla vertaisverkoilla on riittävän suuri käyttäjämäärä. [Boldt et al., 2004]

Vertaisverkon käyttäjämäärän kasvu aiheuttaa kuitenkin sekä positiivisia että negatiivisia vaikutuksia. Kun uusi käyttäjä liittyy verkkoon, sen käyttäjämäärä kasvaa ja tästä hyötyvät kaikki käyttäjät. Kun kävijämäärä on tarpeeksi suuri, alkaa ilmetä negatiivisia vaikutuksia, jotka haittaavat suurinta osaa verkon käyttäjistä. Tämä laskee käyttäjän motivaatiota kyseisen vertaisverkon käyttämiseen. Erilaisten tietokonevirusten haittaohjelmien tehokas leviäminen on eräs vertaisverkon negatiivinen vaikutus. Omien empiiristen kokeilujeni



mukaan houkuttelevasti nimetyt tiedostot sisältävät kohtuullisen usein viruksia vertaisverkoissa. Esimerkiksi Microsoft Windows Vistan julkaisun aikoihin laajassa levityksessä eDonkey-vertaisverkossa ollut tiedosto "Vista activation crack" sisälsi lukemattomia viruksia. Tiedostonimi saa hyväuskoisen lataajan luulemaan, että kyse on Windows Vista käyttöjärjestelmän kopiosuojauksen eli aktivoinnin poistavasta ohjelmasta. Moraalisena pohdintana voidaan tietysti miettiä, onko kopiosuojausten purkamiskeinoja etsivien käyttäjien kohtalo virusten uhrina täysin oikeutettua. Pahimmillaan hyväuskoinen käyttäjä voi ladata itselleen vertaisverkosta kaupallisen virustorjuntaohjelman (esimerkiksi Symantec Norton Antivirus), joka sisältääkin mukanaan kopiosuojauksen murto-ohjelmalta näyttävän viruksen. Tällaisten vaarojen välttämiseksi esimerkiksi eDonkey-vertaisverkon käyttäjät voivat kommentoida jaossa olevia tiedostoja, jotta vahinko ei pääse kiertämään.

Vakoiluohjelmat ovat sovelluksia, jotka keräävät käyttäjän tietokoneesta tietoja ja välittävät niitä huomaamattomasti verkon kautta sovelluksen tekijälle tai jollekin kolmannelle osapuolelle. Suurin osa tietokoneiden käyttäjistä on tietoisia vakoiluohjelmien olemassaolosta, niiden järjestelmällinen tutkiminen on kuitenkin ollut tähän mennessä vähäistä. Vuonna 2003 tehty tutkimus osoittaa, että kolmasosassa yrityksistä on huomattu vakoiluohjelmia ja noin 60% vastaajista uskoo niiden määrän edelleen lisääntyvän. 70% yritysten edustajista on sitä mieltä, että juuri vertaisverkot ovat syynä näiden ohjelmien leviämiseen. Yhdysvaltalainen internet-yhteyksien tarjoaja Earthlink huomasi omassa verkossaan vakoiluohjelmia kahdessa miljoonassa asiakkaan tietokoneessa. Erilaisia vakoiluohjelmia löytyi yhteensä 12.1 miljoonaa, näistä kuitenkin 11.4 miljoonaa olivat erilaisia mainosohjelmia (engl. adware), joiden tarkoitus ei ole aiheuttaa suoranaista tuhoa tai arkaluontoisten tietojen leviämistä. Asiantuntijoiden arvion mukaan vakoiluohjelmat pystyvät saastuttamaan 90% internetiin liitetyistä tietokoneista. [Boldt et al., 2004]

Jotkut vertaisverkko-ohjelmistakin sisältävät vakoiluohjelmaksi luokiteltavia osia, esimerkiksi Sharman Networksin Kazaa. Blekingin teknillisessä yliopistossa tehdyssä kokeessa tutkittiin viiden suosituksen vertaisverkko-ohjelman toimintaa. Erityistä huomiota kiinnitettiin ohjelmistojen mukana tuleviin vakoiluohjelmiin ja niiden toimintaan (ks. kuva 24). Avoimen lähdekoodin vertaisverkko-ohjelmiin vakoilukomponentteja on hankalampi ujuttaa, koska lähdekoodi on kaikkien tutkittavissa. Suurin osa nykyisistä vertaisverkko-ohjelmista onkin tämän vuoksi avoimeen lähdekoodiin perustuvia. [Boldt et al., 2004]

Vakoiluohj.	P2P	Adware	Spybot	Download	Internet
BroadcastPC	M	x	x	x	<b>X</b>
KeenValue	K	x	x	<b>X</b>	<b>X</b>
Morpheus	M	<b>X</b>	x	<b>X</b>	<b>X</b>
BargainBuddy	I, K	x	x	x	
TopMoxie	L, M	x	x	x	
Cydoor	I, K	x	x		<b>X</b>
Gator	I, K	<b>X</b>	x		<b>X</b>
SaveNow	B	<b>X</b>	<b>X</b>		<b>X</b>
BonziBuddy	L	x	x		
Web3000	I	x	x		
ShopAtHomeSelect	I		<b>X</b>	<b>X</b>	<b>X</b>
WebHancer	K		x	x	
BrilliantDigital	K	x		<b>X</b>	<b>X</b>
MoneyMaker	L, M	<b>X</b>		<b>X</b>	<b>X</b>
Claria	I, K	x			<b>X</b>
iMesh	I	x			<b>X</b>
WeatherCast	B	x			<b>X</b>
CasinoOnNet	L	x			
MyBar	I, K, M	x			
New.Net	I			<b>X</b>	<b>X</b>
FavoriteMan	I			x	

B = BearShare, I = iMesh, K = Kazaa, L = Limewire, M = Morpheus

Kuva 24. p2p-ohjelmien sisältämiä spyware ja adware komponentteja

Kazaa-ohjelman sisältämien runsaiden haittaohjelmien vuoksi siitä kehitettiin ohjelmointiharrastajien toimesta erillinen Kazaa Lite -versio, josta kaikki epäilyttävä ohjelmakoodi oli poistettu (ks. kuva 25). Alkuperäisen Kazaan jakelija yritti tietysti kaikin keinoin estää tämän epävirallisen version levityksen. Tämä johtui siitä, että Kazaan kehittäjät saivat mm. mainostuloja alkuperäiseen ohjelmistoon piilotettujen adware-komponenttien ansiosta.

	KaZaa Lite K++	KaZaa	Ero (kerroin)
1. CPU käyttö (%)	0.015	0.48	0.47
2. RAM käyttö (%)	1.4	14	12.6
3. Tiedostojen määrä	50	780	730
4. Kiintolevytilan vaatimus (MB)	8.6	46	37.4
5. Verkkoliikenteen määrä (MB)	0.6	29	28.4
6. Internet yhteyttä käyttävien ohjelmien määrä	1	11	10
7. Palvelinkomponenttien määrä	60	349	289
8. Vakoiluohjelmien määrä	0	8	8

Kuva 25. Kazaa Lite-version vertailua alkuperäiseen

## 6. Piratismi ennen vertaisverkkoja

Luku perustuu pääosin Saarikosken väitöskirjaan [2004] ja ainoastaan tästä poikkeavat viitteet on merkitty näkyviin.

### 6.1. Yleistä ohjelmistopiratismiin historiasta

Mikrotietokoneharrastuksen syntyessä ja laajentuessa 1970- ja 1980-luvuilla kaupalliset ohjelmistomarkkinat olivat vasta vakiintumassa. Myyntiin tulleet ohjelmat levisivät harrastajien keskuudessa pääasiassa kopioina. Ohjelmistomarkkinoiden liikevaihdon kasvaessa alalla vaikuttaneet yhtiöt alkoivat vähitellen huolestua kehityksestä, koska harrastajien toiminnan katsottiin rikkovan tekijänoikeuksia ja tuottavan merkittäviä taloudellisia tappioita.

Ohjelmapiratismi on yleisnimitys tietokoneohjelmia koskeville tekijänoikeusrikkomuksille. Laajemmin määriteltynä sillä tarkoitetaan tietokoneohjelmien kopiosuojausten murtamista, ohjelmien levitystä ja käyttöä. Kotitietokoneharrastuksen kohdalla piratismi koski laajemmin tietokonepelejä. Piratismi sellaisenaan on voimakkaan arvoväritteinen käsite, joka on saanut vuosikymmenien aikana hyvin mustavalkoisia tulkintoja. Suurimmat vastakkainasettelut käsitteen määrittelyssä ovat liittyneet ennen kaikkea käsityksiin toiminnan laittomuudesta. Nykyisin tekijänoikeuslaki suojelee tietokoneohjelmia, mutta vielä 1980-luvulla laki ei yksiselitteisesti kieltänyt kaupallisen ohjelman kopioimista ja levittämistä. Toisaalta Suomessa tekijänoikeusneuvosto oli ottanut jo vuonna 1986 kannan, jonka mukaan tietokoneohjelma voi saada tekijänoikeudellista suojaa, jos se on riittävän omaperäinen. Ennen 1980-lukua piratismi-termiä käytettiin esimerkiksi käsiteltäessä musiikkialan laittomien tallenteiden valmistusta ja levitystä sekä tekijänoikeuslainsäädännön alaisen musiikin korvauksetonta soittamista radiotaajuuksilla. Ohjelmapiratismiin erikoistuneiden harrastajien tarkoituksena oli tarjota kotimikrojen käyttäjille kaupallisia tietokoneohjelmia ilmaiseen käyttöön. He ovat tästä syystä usein katsoneet puolustavansa tavallisia käyttäjiä kaupallisten ohjelmistovalmistajien ylivallalta.

Piratismi-keskustelun synnyn ja kehityksen taustatekijät ulottuvat aina 1960-luvulle saakka. Tuolloin ohjelmointia harjoitettiin pääasiassa korkeakouluissa

tai vastaavissa instituutioissa sekä suurissa yhtiöissä. Suuri osa tietokoneharrastajien tekemistä tietokonepeleistä oli ohjelmoitu avoimiksi eli kuka tahansa pystyi muuttamaan tietyn pelin ohjelmakoodia ja tekemään sen pohjalta uusia versioita. Tästä syystä esimerkiksi 1960-luvun kuuluisimmasta tietokonepelistä, Steve Russelin alun perin ohjelmoimasta Space Warista, oli 1960-luvulla liikkeellä kymmeniä versioita. Vastaavasti pienet apu- ja hyötyohjelmat olivat tavallisesti käyttäjien yhteistä omaisuutta. Ohjelmien ja niiden tekoon ja hallintaan liittyvien tietojen ja taitojen vapaa levittäminen oli oleellinen osa hakkerien eli innokkaiden tietokoneharrastajien toimintaa.

Tilanne muuttui ratkaisevasti 1970-luvulle tultaessa, jolloin mikrotietokoneille suunnatut kaupalliset ohjelmistomarkkinat syntyivät. Harrastajayhteisöt sen sijaan jatkoivat luontevasti 1960-luvulla syntynyttä tapaa jakaa ohjelmistot yhteiseen ja ilmaiseen käyttöön. Jotkut harrastajista ryhtyivät kuitenkin harjoittamaan ohjelmillaan liiketoimintaa ja kehittämään keinoja niiden kopioinnin ehkäisemiseksi. Ensimmäisten pelien ja muiden ohjelmien kopiosuojausten purkaminen alkoi tässä vaiheessa herättää harrastajissa laajenevaa kiinnostusta. Suomessa nuoret tietokoneharrastajat oppivat 1970-luvulla kopioimaan suojattuja ohjelmistoja omaan käyttöön. Pohja kaupallisen ohjelmistoteollisuuden ja tietokoneharrastajien väliselle vastakkainasettelulle syntyi 1970-luvun puolivälissä. Kehitykseen liittyneitä tunnettuja ennakkotapauksia oli Microsoft-ohjelmistoyhtiön Bill Gatesin yhteentörmäys Yhdysvaltojen hakkeriyhteisöjen kanssa 1970-luvun puolivälissä. Gates oli julkisesti hyökännyt niitä harrastajia vastaan, jotka olivat luvatta levittäneet hänen Altair-rakennussarjatietokoneelle tekemäänsä Basic-ohjelmointikieltä.

Mikrotietokoneille suunnattu kaupallinen ohjelmistotuotanto laajeni erityisesti Yhdysvalloissa 1970-luvun loppupuolella. Käyttäjämäärien kasvu lisäsi suoraan myös ohjelmien kysyntää, mikä edelleen korostui ensimmäisten varsinaisten kotitietokoneiden tullessa kulutuselektronikkamarkkinoille 1980-luvun alussa. Suomessa varsinkin tietokonepelien saatavuus oli heikkoa mutta tarve suuri. Tietokonepelien maahantuonti alkoi vakiintua vasta vuosina 1983-1984. Ohjelmointiharrastus, kerhotoiminta ja ensimmäiset käyttäjäryhmät tarjosivat ensiapua hyöty- ja peliohjelmien hankkimisessa. Vähitellen ohjelmia virtasi harrastajille myös kansainvälisiä vaihtoyhteyksiä pitkin. Suuri osa näistä ohjelmista oli kopioitu alkuperäisistä kaupallisista versioista.

Piraattiryhmien toimintatavat olivat maasta riippumatta melko yhtenäiset. Ryhmissä oli esimerkiksi kopiosuojausten murtajia, ohjelmoijia sekä

vaihtoyhteyksistä huolehtineita jäseniä. Ohjelmapiratismiin historia jaetaan muistelmissa ja historiikeissa kehityskausiin. Ensimmäisenä oli varhaisten kokeilujen jakso, joka ulottui noin 1970-luvun alusta 1980-luvun alkuun. Kaupallinen ohjelmistotuotanto oli vielä niukkaa ja kopiointisuojaus oli usein puutteellista tai niitä ei käytetty lainkaan. Tästä syystä kaupalliset ohjelmat pystyttiin nopeasti kopioimaan ja levittämään ilman suojausten murttamiseen tarvittavaa tietotaitoa. Laajamittaisen kopioimisen seurauksena monien kotitietokoneiden kaupalliset ohjelmistomarkkinat supistuivat nopeasti olemattomiksi, mikä edesauttoi lukuisten koneiden häviämistä markkinoilta. Varhaisen piratismiin historia on varsin huonosti dokumentoitu, koska kopiointia harjoittivat usein yksittäiset ihmiset ja aktiivinen ryhmätoiminta oli vasta muotoutumassa.

Toinen piratismiin jakso alkoi 8-bittisten mikrotietokoneiden yleistymisen jälkeen. Yhdysvalloissa suosituimmat harrastajien käyttämät koneet olivat aluksi Apple II ja muutaman vuoden kuluttua erityisesti Commodore Vic-20 ja Commodore 64. Bruce Sterlingin ja David Bennahumin mukaan järjestäytyneen piratismiin läpimurto tapahtui Yhdysvalloissa vuosina 1982-1983, jolloin monet piraattiohjelmistaan tunnetut BBS-purkit perustettiin. Yhdysvalloissa yleistynyt harrastus levisi 1980-luvun alussa uusien kotitietokoneiden mukana Eurooppaan. Tässä vaiheessa perustettiin ensimmäiset eurooppalaiset piraattiryhmät, jotka erikoistuivat kopiosuojausten murttamiseen ja levityskanavien kehittelyyn. Tehokkaat ryhmät pystyivät nopeasti levittämään ohjelmien mukana myös mainettaan ympäri maailmaa.

Suomessa Commodore 64 oli vakiinnuttanut asemansa maamme yleisimpänä kotimikrona vuonna 1984 ja korvannut vanhentuneen Vic-20:n. Tuohon aikaan C-64:lle löytyi jo sadoittain tietokonepelejä, ja määrät olivat voimakkaassa kasvussa. Epäilemättä kalliin koneen oston jälkeen vanhemmat suhtautuivat usein vastahakoisesti pelien hankintaan, joten nuorten oli hankittava ne jostain muualta. Luontevin tapa oli kysellä pelejä usein samalla paikkakunnalla asuvilta suurin piirtein samanikäisiltä ja samanmerkkisen koneen ostaneilta harrastajilta. Pelejä kyseltiin edelleen oman paikkakunnan ulkopuolelta, ja verrattain nopeasti oli mahdollista luoda säännöllisesti toimivia pelien hankintaverkostoja. Näiden verkostojen toimintatavat saattoivat hieman vaihdella, mutta pääasiassa niiden ylläpitäminen tapahtui kirjeenvaihdon ja puhelimen välityksellä. Ulkomailla kopioidut pelit virtasivat vähitellen maahan, minkä seurauksena Suomeen syntyivät ensimmäiset järjestäytyneet piraattiryhmät.

Tietokonepelien levittäminen ja vaihtaminen oli 1980-luvulla kansainvälisestikin tarkasteltuna niin yleistä, että käytännössä kaikki kotitietokoneharrastajat tutustuivat siihen tavalla tai toisella. Ohjelmien kopioiminen ja levittäminen oli harrastustoiminnan jatkuvuuden kannalta lähes välttämätöntä. Varsinaista kopiosuojausten purkua ja siihen liittyvää ohjelmointityötä harjoittivat sen sijaan verrattain harvat käyttäjät. Eräiden arvioiden mukaan 1980-luvulla mahdollisesti jopa 90% kotitietokoneilla käytössä olleista ohjelmista oli kopioita. Nuorten alaikäisten ja viikkorahojen varassa elävien koululaisten keskuudessa luku lienee ollut vielä huomattavasti suurempi. Yksittäinen harrastaja saattoi helpostikin kerätä muutamassa vuodessa sadoista ohjelmista koostuneen kokoelman. Aikaisemmin nuoret olivat tottuneet kerääntymään yhteen vaihtamaan vaikka postimerkkejä tai muovisotilaita. Ohjelmien ja pelien keräily oli huomattavasti vaivattomampaa, koska yhtä ja samaa ohjelmaa saattoi käytännössä kopioida loputtomiin. Useimmiten harrastajat puolustelivat yksityiseen käyttöön kopiointia ja harrastajien leimaamista rikollisiksi pidettiin hätävarjelun lioitteluna. Kotimikroharrastajien mielestä ainoastaan pelien myynti oli rikollista.

Käynnistynyt keskustelu oli luonteeltaan periaatteellista, sillä käytännössä viranomaiset olivat täysin haluttomia puuttumaan harrastajien harjoittamaan tietokoneohjelmien kopiointiin ja levitykseen. Tekijänoikeuslaki ei edes kieltänyt ottamasta tietokoneohjelmasta kopiota yksityistä käyttöä varten. Piratismikeskustelun äkillinen nousu vuodenvaihteessa 1984-85 osoitti kuitenkin, että ohjelmien maahantuojat ja myyjät halusivat rajoittaa kopiointia.

Piratismia käsiteltiin vuosien hiljaiselon jälkeen laajemmin vasta 1980-luvun lopussa ja 1990-luvun alussa, jolloin Amiga ja Atari ST hallitsivat eurooppalaisia kotimikromarkkinoita. Lehtikirjoittelussa vihjailtiin, että Atari ST:lle ja Amigalle tehtyjen pelien maahantuonti uhkasi loppua, koska pelien kopiointi ja levitys oli tekemässä niiden myynnistä kannattamatonta liiketoimintaa. Keskustelun laajentumiseen ja jyrkentyneeseen asenteeseen saattoi vaikuttaa harrastustoiminnan muotojen vakiintuminen. Piraattiryhmien vuorovaikutukseen kuului tärkeänä osana keskinäinen kilpailu, jolloin tavallisena kriteerinä oli laittaa peli jakeluun ennen muita ryhmiä. Pelit ja muut ohjelmistot eivät 1980-luvun loppuun tultaessa levinneet enää pelkästään nuorten harrastajien kaveripiireissä.

## 6.2. Fyysinen media

Tietokoneharrastuksen alkuaikoina 80-luvulla ns. hakkeriryhmissä oli tiedostojen vaihtoon erikoistuneita jäseniä (engl. swapper). He lähettivät kopioita uusimmista tietokoneohjelmista ja peleistä muiden ryhmittymien vastaavassa asemassa oleville jäsenille (kontakteille). Kopioiden lähettäminen tapahtui usein postin välityksellä. Lähettäjä laittoi kirjeeseen kirjepaperin lisäksi siis muutamia kopioituja levykkeitä. Osa toiminnasta tapahtui ystävyyspohjalta eli pitkät ja mielenkiintoiset kirjoitelmat olivat levykkeiden sisältämää materiaalia tärkeämpiä. Osalle kuitenkin levykkeiden sisältö oli tärkein asia ja kirjeessä luki ainoastaan lyhyesti ja ytimekkäästi: "Send the latest stuff!". Toiminta sisälsi tekijänoikeusrikkomusten lisäksi muitakin arveluttavia piirteitä. Yleistä oli postimerkkien peittäminen liimalla, jolloin samaa merkkiä pystyi hyödyntämään useita kertoja (engl. stamp faking). Koska osa kontakteista oli ulkomailla ei peruskoulua käyvillä levykkeen vaihtajilla olisi muutoin ollut varaa kalliisiin postitusmaksuihin. Kaikki levitettävä materiaali ei kuitenkaan ollut laitonta, vaan mukana oli myös hakkeriryhmien itse tekemiä introja ja demoja. [Polgar, 2005]

Tietokoneohjelmia kopioitiin myös kaveripiiriin kuuluville, tehokas hakkeriryhmään kuuluva tiedostonvaihtaja saattoi vastata pienen kylän ohjelmistotarpeiden tyydyttämisestä. Joskus tässä toiminnassa liikkui myös rahaa, jota perittiin syntyneiden kustannusten vuoksi. Myöhemmässä vaiheessa järjestettiin myös massatapahtumia, joiden pääasiallinen tarkoitus oli kopioiden levittäminen (engl. copyparty). Tällaisista tapahtumista Suomessa järjestettävät Assembly tietokonefestivaalit ja muut vastaavat tapahtumat saivat alkunsa. Laittomien kopioiden levittäminen on luonnollisesti ohjelmistovalmistajien tukemissa massatapahtumissa ehdottomasti kielletty. Nykyiset tapahtumat keskittyvätkin pääasiassa verkkopelaamiseen ja itse tehtyjen demojen esittelyyn.

## 6.3. BBS järjestelmät

Ennen pitkää kopioiden levittäminen postin välityksellä ei ollut enää tarpeeksi tehokasta. Hakkeriryhmät kilpailivat ahkerasti keskenään ja mainetta sai parhaiten levittämällä uusimmat ohjelmat massoille mahdollisimman nopeasti. Sähköistä keskustelua varten perustetut BBS-järjestelmät (Bulletin Board Systems) toimivat myös laittomien kopioiden levityspaikkoina. Näiden



käyttäminen edellytti modeemin hankkimista. Yhteys muodostettiin siis puhelinverkon avulla soittamalla tiettyyn numeroon. Jokaisella käyttäjällä oli oma tunnus ja salasana, joita ilman järjestelmiin ei voinut kirjautua sisään. Parhaimpien tiedostonvaihtojärjestelmien puhelinnumerot olivat tarkoin varjeltu salaisuus ja käyttäjäoikeuksiakaan ei myönnetty kuin sisäpiiriin kuuluville. Pääteohjelman avulla voitiin avata yhteys BBS-järjestelmään ja siirtää tiedostoja tähän suunniteltua protokollaa käyttäen (esimerkiksi Xmodem). Modeemin avulla tapahtuvan tiedostonvaihdon harjoittajia kutsuttiin erityisillä nimillä (engl. courier, trader).

Ulkomaanpuhelut tulivat kalliiksi, joten puhelinyhtiöitäkin huijattiin tehokkaasti. Huijaus perustui Yhdysvalloissa yleisiin puhelukortteihin (engl. calling card). Ilmoittamalla kortin numeron operaattorille, pystyi kortin omistaja soittamaan omaan laskuunsa mistäpäin maailmaa tahansa. Näitä numerosarjoja leviteltiin BBS-järjestelmien keskustelupalstoilla innokkaasti. Yksi numero ei tietenkään toiminut kovinkaan pitkään, koska kortin omistaja kuoletti korttinsa saatuaan ensimmäisen jättimäisen puhelinlaskun. Jotkut hakkeriryhmittymät erikoistuivat puhelukorttien numeroiden hankkimiseen ja myivät niitä hyvään hintaan. Usein maksuna käytettiin kuitenkin laittomia ohjelmakopioita. Juridisesti ajateltuna BBS-järjestelmän ylläpitäjä (sysop) oli vastuussa kaikista sen kautta levitetyistä tiedostoista.

Monet uutuuspelit olivat BBS-järjestelmien ansiosta levityksessä jo kauan ennen niiden virallista julkaisua. BBS-purkit olivat myös PC-piratistien merkittäviä edistäjiä. Vuonna 1987 Yhdysvalloissa toimivien piraattipurkkien määräksi arvioitiin noin 1000 kappaletta. Arviota voidaan pitää melko summittaisena, sillä tarkkojen lukujen saaminen oli tuolloin jokseenkin mahdotonta. Vuosi 1987 oli muutenkin merkittävä sikäläkin, että sen on katsottu olleen maailmanlaajuisen ja tietoverkoissa tapahtuvan ohjelmapiratistien läpimurtokohta.

Suomessa varhaiset BBS-piraattipurkit aloittivat ilmeisesti 1980- ja 1990-luvun taitteessa, vaikka kaupallisista ohjelmista otettuja kopioita oli nähty purkeissa paljon aikaisemmin. Piraattipurkkien vähittäiseen yleistymiseen viittaa myös aiheesta käyty lehtikirjoittelu. On vaikeaa arvioida, kuinka paljon piraattiohjelmiston jakamiseen erikoistuneita BBS-purkkeja oli toiminnassa, koska tiedot niiden olemassaolosta ja osoitteista eivät olleet julkisessa levityksessä. Arvioiden mukaan Suomessa oli 1990-luvun alussa pystyssä noin sata BBS-purkkia, jotka sisälsivät kopioita kaupallisista tietokoneohjelmista.

Pelkästään kopio-ohjelmien levitykseen erikoistuneita purkkeja löytyi noin kymmenkunta. Tosin nämäkin tiedot ovat hyvin viitteellisiä ja on hyvinkin mahdollista, että monien purkkien olemassaolo pysyi täysin salassa. Piraattiverkkojen toiminnan todellisesta luonteesta välittyi ainoastaan niukasti tietoa, eikä esimerkiksi todellisesta laajuudesta ollut suurtakaan varmuutta. Piratismi saattoi siis koskea lähinnä rajoitettua kaveripiiriä tai sitten hieman laajempaa, useiden kymmenien tai joskus jopa satojen jäsenten yhteenliittymää.

#### 6.4. FTP-palvelimet ja uutisryhmät

Internetin vallankumouksen jälkeen BBS-järjestelmistä suurin osa lopetti toimintansa ja tiedostonvaihto sisältyi TCP/IP verkon päällä toimiviin ftp-palvelimiin. Ftp on tiedonsiirtoprotokolla, jota hyödynnetään moniin laillisiin tarkoituksiin. Tämän rinnalla käytettiin jonkin verran myös fsp-protokollaan perustuvia ohjelmistoja. Laittomat tiedostokopiot sijaitsivat kuitenkin yhdessä palvelimissa, jolloin juridisesti vastuussa oli jälleen palvelimen ylläpitäjä. Jonkin verran tiedostojen laitonta levitystä esiintyi myös Usenet-verkon uutisryhmissä. Usenet on yksi vanhimmista tietokoneverkkojärjestelmistä, mitä nykypäivänä on edelleen käytössä. Se luotiin jo vuonna 1979, siis kauan ennen www-sivustojen ja http-protokollan yleistymistä. Usenet on jaettu kategorioiden mukaan eri uutisryhmiin, joita on yli 100000. Käytännössä uutisryhmät ovat maailmanlaajuisia keskusteluryhmiä. [Rinta, 2004]

Uutisryhmät ovat teknisesti sähköpostin kaltaisesti toimivia, mutta käyttäjän näkökulmasta hyvin samankaltaisia kuin www-sivustojen keskustelufoorumit. Viesti kulkee hetkessä NNTP (Network News Transfer Protocol) protokollalla jokaiseen maailman news-palvelimeen, josta se on julkisesti muiden luettavissa. Ryhmiä on kahta tyyppiä: binääri ja teksti. Teknisesti eroa näiden välillä ei ole, pelkästään nimi erottaa. Eron tarkoitus on vähentää turhaa binääriyhmiä lataamista, koska joillakin palvelimilla voi olla rajoitettu kapasiteetti ja näin ne voivat välttyä lataamasta suuria binääritiedostoja. Koska uutisryhmissä viestin koko on rajoitettu pieneksi, isot tiedostot joudutaan keräämään kymmenistä tai jopa sadoista viestistä yhteen liittämällä. Ongelmaksi muodostuukin kaikkien tarvittavien viestien saaminen, koska niiden elinikä news-palvelimella on yleensä vain muutaman päivän. Tyypillinen piraattiohjelmaa sisältävä uutisryhmä on nimetty esimerkiksi tyyliin "alt.binaries.warez.ibm-pc". [Wuokko, 2005]

## 6.5. IRC-keskustelukanavat

IRC (Internet Relay Chat) on Internetin keskusteluympäristö, joka mahdollistaa käyttäjien välisen reaaliaikaisen keskustelun. Se on vanhin internetin pikaviestipalvelu. Keskustelut käydään kirjoittamalla viestejä ja lukemalla muiden käyttäjien kuulumiset näytöltä. IRC:n on kehittänyt suomalainen Jarkko Oikarinen vuonna 1988 ja se on levinnyt ympäri maailmaa. IRC:n käyttäjämääriä on vaikea arvioida, mutta luku liikkuu miljoonissa. Esimerkiksi IRCnet-verkolla oli vuoden 2006 heinäkuussa noin 95 000 käyttäjää ja kanavia noin 52 000. IRC:stä on tullut merkittävä kansainvälisen keskustelun media. [Rinta, 2004]

IRC:llä on monia erilaisia käyttötapoja. Yleisin käyttötapa on yksityisten henkilöiden väliset keskustelut, mutta IRC:iä voidaan käyttää niin kotona kuin työpaikoillakin. Yrityksissä IRC-keskustelua voidaan käyttää tehokkaaseen tiedonvälitykseen. IRC:ssä voidaan myös välittää www-osoitteita ja tiedostoja. IRC on avoin TCP/IP:n päällä toimiva protokolla, jossa käyttäjä ottaa yhteyden IRC-palvelimeen asiakasohjelmalla. IRC:stä on monia asiakaspalveluohjelmia ja palvelimia, jotka muodostavat IRC-verkkoja. Suosituimpia IRC-verkkoja ovat QuakeNet, EFnet, IRCnet ja Undernet. Käyttäjät voivat liittyä moniin IRC-verkkoihin, sillä useimmat ovat julkisia. Käyttäjän on oltava yhteydessä palvelimeen, mikäli haluaa vastaanottaa tai lähettää viestejä. [Rinta, 2004]

IRC-bot on botti, eli tietokoneohjelma tai skripti, joka on läsnä ja näkyy IRC:ssä normaalin käyttäjän tavoin, mutta joka toimii niin kuin tietokoneohjelma tai skripti. Bottia voi ohjata sen omistaja ja hänen valtuuttamansa käyttäjät. Käytännössä tämä usein tarkoittaa sitä, että IRC-kanavalla on normaalilta käyttäjältä päällisin puolin näyttävä botti, joka suorittaa valtuutettujen käyttäjien haluamia toimintoja tietyillä komennoilla. IRC-botti voi asetuksistaan riippuen joko tarkkailla kanavan keskustelua siltä varalta, että joku oikea käyttäjä "sanoo" kanavan keskustelun keskelle repliikin, jonka IRC-botti tunnistaa joksikin komennokseen, tai vaihtoehtoisesti ottaa vastaan komentoja yksityisviesteinä oikeilta käyttäjiltä. [Dizzie, 2005]

Tiedostonsiirto IRC:ssä tapahtuu pääsääntöisesti joko xdcc tai fserve -boteilta, joista pääsääntöisesti xdcc on nopeampi vaihtoehto (toteutustavasta johtuen). Suurin osa fserve-boteista on yksityisten käyttäjien tietokoneilla. Yleensä kyseiset botit on sijoitettu tähän tarkoitukseen perustetulle kanaville, joilla käyttäjiä voi olla useita tuhansia. Tällaisia kanavia on taas ainakin satoja,

mahdollisesti jopa tuhansia. Huomattakoon vielä, että varsin usein kyseisillä kanavilla myös mainostetaan yksittäisten käyttäjien koneilla sijaitsevia ftp-palvelimia (ks. kuva 26). Kaikkia kolmea tiedostonsiirtotapaa yhdistää yleisesti se, käyttäjä voi vain ladata haluamiaan tiedostoja tarvitsematta jakaa mitään takaisin. Tämä on oleellinen ero vertaisverkossa tapahtuvaan lataamiseen verrattuna. [Dizzie, 2005]

```

#TMD-Moviez [1340] [+nrft 1357]: [TheMovieDepot] Animal.2005.(BaPH).DVDScr.Fantastic.Four.2005.(TUBE).Scr.Wedding.Cr.
mo01M$» Sends:<1/1> Queues:<12/20> Accessed:<5896 times> Online:<0/4>
RCPS:<18.6 Kbs by ffff21> Served:<116GB in 649 files> Current BW:<7.8 Kbs>
AQT:<8hrs 40mins> MOTD: -= LATEST MOVIES FOR U >wedding crashers ..monsters in
law .... "you have 2 love it" -= TMD Recruit Pack v3.72 - www.tmdmoviez.
[20:50] * suburban has quit IRC (Read error: Connection reset by peer)
[20:50] -TMD-koz68- File Server Online Triggers:</ctcp TMD-koz68 get sum>
Sends:<1/3> Queues:<0/15> Accessed:<5599 times> Online:<0/5> RCPS:<67.2 Kbs by
corwin0611> Served:<151GB in 878 files> Current BW:<58.4 Kbs> AQT:<No Wait>
TMD Recruit Pack v3.72 - www.tmdmoviez.com
[20:50] -TMD-Cobra- File Server Online Triggers:</ctcp TMD-Cobra
Crack-A-Jack> Sends:<1/1> Queues:<2/5> Accessed:<1654 times> Online:<0/1>
RCPS:<28.3 Kbs by youngy> Served:<20.2GB in 113 files> MOTD: -=
Invision 2.0 Build 2418 ==
[20:50] * fdny has left #tmd-moviez
[20:50] -TMD-JD- File Server Online Triggers:</ctcp TMD-JD MYMOVIEAUSSIE
/ctcp TMD-JD MYMOVIEENOW /ctcp TMD-JD MOVIEENOW> Sends:<1/1> Queues:<5/10>
Accessed:<325 times> Online:<0/10> RCPS:<9.6 Kbs by Deadude> Served:<4.2GB in
24 files> Current BW:<12 Kbs> AQT:<2hrs 36mins> TMD Recruit Pack v3.7 -
www.tmdmoviez.com
[20:50] <TMD-Symbiote> File Server Online Triggers:</ctcp TMD-Symbiote
Good...Bad...I'm the one with the moviez /ctcp TMD-Symbiote This stuff is SO
Five minutes ago> Sends:<2/2> Queues:<9/10> Accessed:<8562 times> Online:<0/5>
RCPS:<58.6 Kbs by snooze> Served:<377GB in 2173 files> TMD Recruit Pack v3.72
- www.tmdmoviez.com
[20:50] * shaneandchar has joined #tmd-moviez
[20:50] <TMD-SyNNeR> (File Server Slot Free) Triggers: !PULL ThiS! & !DVD RiPz!.
Online: 3/4. Sends: 1/1. Queues: 22/30. Note: In Loving Memory of my Good
Friend, Jessi and Her Daughter Kristen. <~{Polaris SE}~>
!StirCrazy
!Venomus
@Bearlockhol
@EEE
@GodFaTheR
@GoofyGangst
@Hulk-afk
@iLLiTeRaTeM
@jojo
@KiSSJour
@Moviebot2
@Nosferatu
@ReLaX
@Shadowmike-
@sNEEZy
@VoodooChild
+[Lycanthrop
+bushbaby197
+crimbo
+DaddydoggoF
+flavor43
+GunnerPalac
+Jayce
+LostSou1197
+lynrd
+Melissa_WU
+Nuk-u-lar
+Osiris776
+sith
+tieneriilu

```

Kuva 26. mIRC asiakasohjelman näkymä piraattielokuvia sisältävään kanavaan

## 7. Vertaisverkkojen lailliset käyttömahdollisuudet

### 7.1. Vapaiden ohjelmistojen, elokuvien ja musiikin levittäminen

Kaikki merkittävimpien Linux distribuutioiden jakelijat tarjoavat mahdollisuuden siirtää uusimman version asennuslevy omalle tietokoneelle Bittorrent-vertaisverkkoa hyväksikäyttäen. Esimerkkinä voisin mainita 13.5.2008 julkaistun Fedora 9 Linuxin, jonka asennusmedia on saatavissa www-osoitteesta <http://fedoraproject.org/en/get-fedora> sekä Bittorrent että http-protokollien avulla. Myös vapaassa levityksessä olevat sovellusohjelmat on useimmiten mahdollista siirtää omalle koneelle vertaisverkon avustuksella. Esimerkkinä tästä ilmainen Open Office toimisto-ohjelmapaketti, jonka tuoreimman version .torrent-tiedosto on saatavissa www-osoitteesta <http://distribution.openoffice.org/p2p/>

Miksi vapaiden ohjelmistojen tekijöiden sitten kannattaa perinteisten ftp-palvelimien sijaan tai niiden lisäksi laittaa ohjelmistot jakoon myös vertaisverkkoihin? Syynä ovat ohjelmiston saatavuuden varmistaminen ja kuormituspiikkien tasaaminen. Esimerkiksi äskettäin valmistunutta Fedora 9 Linuxia ladataan verkosta ensimmäisten julkaisun jälkeisten päivien aikana kymmeniä tuhansia kertoja. Yksittäinen ftp-palvelin tai edes palvelinryväs ei selviäisi tällaisesta kuormituksesta. Vertaisverkon avulla lataajat saadaan levittämään kyseistä Linux distribuutiota edelleen muille käyttäjille ja kallista palvelinkapasiteettia ei tarvita paljoa. Useat palvelintilan ja verkkoyhteyksien tarjoajat laskuttavat ulospäin lähtevästä liikenteestä, joten tässäkin mielessä vertaisverkossa tapahtuva levitys on kustannustehokasta.

Edellä mainitut perustelut pätevät ohjelmistojen lisäksi myös vapaassa levityksessä olevaan musiikkiin ja elokuvaan. Suomalaisen Energia tuotantoyhtiön Star Wreck elokuva lienee tunnetuin esimerkki laajalle levinneestä harrastelijavoimin tehdystä elokuvasta, jota on levitetty Bittorrent-vertaisverkossa satoja tuhansia kappaleita. Elokuvan .torrent-tiedosto on edelleen saatavissa osoitteesta <http://www.starwreck.com/download.php>.

## 7.2. Vaihtoehto fyysisen tuotteen toimittamiselle verkkokaupassa

Verkkolevitys on viime vuosina kasvanut räjähdysmäisesti viihdeteollisuuden huomattua kuluttajien viihtyvän verkoissa ja hankkivansa viihteensä sieltä. Verkkomarkkinat ovat paisuneet huomattavasti siitä, mitä ne olivat ennen vertaisverkkoja. Kuluttajille tarjoutuu tilaisuus hyödyntää vertaisverkkoja myös laillisten tuotteiden hankkimiseen edullisemmin kuin mitä materiaalisena tuotteena myymälästä. Vertaisverkkojen lisäksi verkkolevityksessä käytetään lähes kaikkia mahdollisia lataustapoja, kuten streaming-levitystä, suoraa http-latausta sekä ftp-siirtoja. [Strumpf and Oberholzer,2007]

Tarkastellaan esimerkkinä Jade Empire -tietokonepeliä, joka on saatavissa Biowaren omasta verkkokaupasta Bittorrent-latauksena. Suora www-linkki tuotteeseen on [http://store.bioware.com/products/jade\\_empire](http://store.bioware.com/products/jade_empire). Kyseisestä verkkokaupasta ostettuna ja ladattuna tuote maksaa 39.95 dollaria eli 14.5.2008 kurssilla 25.828 euroa. Tuotteen hintaan ei siis lisätä käsittely- ja postituskuluja, asioiminen kyseisessä verkkokaupassa vaatii kuitenkin luottokortin. Tuotteen asennus vaatii omistusoikeuden varmistavan koodin, joka toimitetaan asiakkaalle erillisenä sähköpostiviestinä. [Vainionpää, 2007]

Kotimaisessa NetAnttila-verkkokaupassa tuote maksaa jo ilman postikuluja noin kaksinkertaisen hinnan 49.90 euroa fyysisellä asennusmedialla toimitettuna. Postikuluneen hinnaksi muodostuu 52.39 euroa. Tuotteen hankkiminen verkkojaketuna on tässä tapauksessa huomattavasti edullisempi vaihtoehto kuluttajalle ja usein myös julkaisijalle, sillä julkaisijan ylläpitämän verkkokaupan kautta hankitun tuotteen hinnasta eivät lukuisat välikädet vaadi omaa osuuttaan. [Vainionpää, 2007]

Viihdeteollisuus on taistellut pitkään vertaisverkkoja vastaan oikeuskantein ja useat vertaisverkot ovat menettäneet käyttäjäkuntaansa tekijänoikeusjärjestöjen haasteiden pelossa. Nyt näyttäisi kuitenkin siltä, että tuulimyllyjä vastaan taistellut viihdeteollisuus olisi viimeinkin pakotettu näkemään vertaisverkkojen edut julkaisujen verkkomyynnissä- ja jakelussa. Ensimmäinen elokuva, joka julkaistiin samaan aikaan DVD-levynä ja vertaisverkoissa, oli Peter Jacksonin King Kong. [Kelly, 2007]

### 7.3. Pikaviestien ja internet puheluiden välittäminen

Skype-pikaviestiohjelma käyttää VoIP- ja p2p-teknologiaa ja se voidaan ladata joko Windows- tai Linux-käyttöjärjestelmää käyttävälle PC:lle, Apple Macintosh -tietokoneelle, kämmenmikrolle tai matkapuhelimelle. Skype sovelluksella käyttäjät voivat keskustella sekä lähettää pikaviestejä ja tiedostoja ilmaiseksi tietokoneelta toiseen tietokoneeseen. Skype tarjoaa myös maksullisia Skype Out- ja Skype In -palveluja, jotka yhdistävät perinteisen puhelinverkon ja internetin. Skype Out -palvelussa käyttäjä voi soittaa VoIP-puheluja yleisen puhelinverkon tilaajille. Skype In -palvelussa käyttäjä voi ostaa itselleen numeron, jonka avulla yleisen puhelinverkon tilaajat voivat soittaa Skype In -palvelun käyttäjälle. Skype Out- ja Skype In -palveluiden yhteistyökumppanina Suomessa toimii TDC Song. Skype perustuu vertaisverkkoihin eikä siten ole standardinmukainen, joten sen käyttöön liittyy myös ongelmia. Ohjelma ei ole yhteensopiva VoIP-, H.323- ja SIP-standardien kanssa eikä siten pysty kommunikoimaan muiden VoIP ohjelmien kanssa. Skypen puhelut ja pikaviestit kulkevat salattuna koko tietoliikenneverkon yli. Salaus tapahtuu 256-bitin AES-salauksella. Skypen login-server on ainut kiinteä yksikkö Skype-verkossa. Käyttäjien täytyy rekisteröityä login-serverille käyttääkseen ohjelmaa. Login-server ilmoittaa käyttäjän olemassaolosta muille käyttäjille, tarkistaa, ovatko asiakkaat osoitteenmuunnoksen (NAT) tai palomuurin takana, ja tunnistaa ohjelmaan kirjautuneena olevat käyttäjät.

Skypeissä on kaksi erilaista solmutyyppeä, tavallisen palvelimen solmu ja supersolmu. Tavallisen palvelimen solmuja ovat käyttäjät, jotka ovat asentaneet ohjelman koneeseen ja ovat kirjautuneena ohjelmaan. Nämä tavallisen palvelimen solmut yhdistyvät supersolmuun soittaessaan Skype-puheluita. Käyttäjä voi ryhtyä tietämättään supersolmuksi, jos käyttäjän koneessa on riittävästi kapasiteettia ja hyvät yhteydet. Supersolmujen avulla hoidetaan käyttäjien paikallistamiset ja reititettävät puhelut. Yksittäinen käyttäjä ei voi estää supersolmua mitenkään eikä edes varmuudella havaita muutosta.

Skype arpoo asennettaessa tietyn portin tulevien kutsujen kuuntelua varten. Lisäksi avataan vaihtoehtoiset TCP-portit 80 (HTTP) ja 443 (HTTPS). Skype käyttää koodaukseen ja dekodeukseen iLBC- ja iSAC-koodekkeja. Kaistanleveys on 50 Hz - 8000 Hz, ja hyvä puheenlaatu onkin yksi Skypen selkeistä vahvuuksista. Kaistanleveyttä Skype tarvitsee minimissään 1,5 kB/s eli 12,3 kbit/s kohtuulliseen puheenlaatuun. Skype-ohjelman suurimpana uhkana pidetään Skype-liikenteen esteetöntä kulkemista palomuurien läpi.

Ohjelma käyttää www-liikenteelle varattua porttia palomuurin ja NATin ohitukseen. Skype-ohjelmalla ei ole kiinteätä palvelinta, vaan ohjelman kirjautuneet käyttäjien koneet toimivat sekä palvelimena että asiakkaana Skype-verkon muille koneille. Pääperiaate on, että kaikki työasemat voivat olla keskenään yhteydessä toisiinsa, eikä tieto kulje keskitetyn palvelimen kautta. [Nikurautio, 2007]

#### 7.4. Tieteellisten projektien hajautettu laskenta

Merkittävin ja ehkä tunnetuin esimerkki tämänlaisista sovelluksista on SETI@Home. Kyseessä on SETI (Search for Extra-Terrestrial Intelligence) järjestön vuonna 1998 käynnistämä projekti avaruuden radiosignaalien tulkitsemiseen tarkoituksena löytää merkkejä maan ulkopuolisesta elämästä. Järjestö toimii ja sijaitsee Yhdysvalloissa Berkeleyn yliopistossa. Radioteleskoopin signaali jaetaan 300 kb:n kokoiisiin paketteihin. Henkilön osallistuessa projektiin asiakasohjelma ottaa yhteyden SETI-palvelimelle, josta jaetaan automaattisesti vielä käsittelemätön paketti. Asiakas prosessoi sen, lähettää tulokset takasin ja vastaanottaa uuden paketin.

Kun projekti käynnistettiin vuonna 1998, tehtiin kysely siitä, onko ihmisillä kiinnostusta lahjoittaa prosessointiaikaa tämänlaiseen projektiin. Projektin sivuille tuli yli 400 000 kiinnostunutta rekisteröintiä. Vuonna 1999, kun projektin varsinainen sovellus julkaistiin, sitä ladattiin yli 200 000 kappaletta. Myöhemmin kiinnostus on vain kasvanut. Vuonna 2000 oli jo noin 2 400 000 käyttäjää ja nykyään jo melkein 5,5 miljoonaa. Osallistujia on mukana kaikkiaan 225 eri maasta. Järjestö julkaisee sivuillaan tarkkaa tilastoa projektin etenemisestä ja listaa osallistujien prosessointimääriä ranking-listan muodossa esimerkiksi maiden tai jopa yksittäisten osallistujien mukaan jaoteltuna. SETI@Home on omiaan todistamaan p2p-sovellusten todellista voimaa, sillä siihen ei voida rinnastaa niitä ikäviä lieveilmiöitä, joita on syntynyt tiedostojenkako-ohjelmien seurauksena. Samankaltainen on myös Stanfordin yliopiston organisoima hajautetun laskennan projekti Folding@home. Projektin tavoitteena on saada tietoa proteiinien laskostumismekanismeista ja siten edesauttaa niihin liittyvien sairauksien lääketieteellisten hoitomenetelmien kehittämistä. [Wuokko, 2005]



## 7.5. P2PTV

P2PTV on p2p-teknologia, jota ohjelmat käyttävät videokuvan välittämiseen. Tekniikan avulla tehostetaan latausta, koska sen sijaan, että video tulisi yhdestä lähteestä, se tulee myös muilta katselijoilta. P2PTV-tekniikassa ohjelma käyttää hajautettua verkostoa videovirtauksen jakamiseen, mikä vähentää ensimmäiseen lähteeseen kohdistuvaa rasitusta sekä toisaalta lisää käyttäjille tarjolla olevan latauskapasiteetin määrää. Tekniikan etuna nähdään esimerkiksi tv-ohjelmien levityskustannusten alenemisen ja globaalin levityksen helppous.

P2PTV-jakelujärjestelmässä jokainen käyttäjä ladatessaan itselleen videovirtausta jakaa myös samanaikaisesti samaansa dataa toisille käyttäjille, lisäten siten käytössä olevaa kokonaiskaistaa. Ladatut videovirrat ovat tyypillisesti muutaman minuutin jäljessä alkuperäisestä. Myös kuvanlaatu voi vaihdella suuresti; jakajien lukumäärän lisääntyminen lisää usein kuvanlaatua bittivirran lisääntyessä samanaikaisesti. P2PTV-tekniikan arkkitehtuuri voidaan nähdä reaaliaikaisena versiona Bittorrent-protokollasta: jos käyttäjä haluaa katsoa valitsemaansa kanavaa, ohjelma kontakti yhteyksiä hallinnoivaan palvelimeen. Tämä etsii tilanteen olemassa olevista jakajista jotka tarjoavat haluttua videovirtaa. Ohjelma tämän jälkeen ohjaa jakajat tarjoamaan videovirtaa käyttäjälle. Palvelin rekisteröi samalla myös käyttäjän IP-osoitteen, joka yhdistetään olemassa olevien jakajien joukkoon. P2PTV-teknologiaa käyttävät esimerkiksi sovellukset Joost ja Miro. [Padmanabhan and Wang, 2002]

## 8. Vertaisverkkojen käyttö Suomessa

### 8.1. P2P kyselytutkimus 2004

Laajamittaisin P2P-tutkimus on tähän mennessä ollut aktiivisille suomalaisille vertaisverkonkäyttäjille suunnattu kysely, joka järjestettiin 21.5.-10.6.2004 www-lomakkeella, jonka täytettyään vastaaja osallistui 41 peli- ja ohjelmapalkinnon arvontaan. Kyselystä ja palkinnoista tiedotettiin usealla Direct Connect-hubilla, IRC-kanavilla, muutamilla p2p-käyttäjien suosimilla internet-sivustoilla, keskustelupalstoilla sekä usenet-uutisryhmissä. Kysely koostui 27 kysymyksestä, joilla pyrittiin monipuolisesti kartoittamaan aktiivikäyttäjien p2p-käyttäytymistä, mielipiteitä sekä datan määrää. Vastaaminen vei aikaa n. 5-10 minuuttia. Kysymysten asettelu pyrittiin tekemään siten, että mahdollisimman moni viitsisi täyttää kyselyn loppuun asti. Kysymykset jaettiin kolmelle sivulle siten, että kerrallaan vastattavana oli 10 kysymystä jotka hyväksyttävästi täytettyään vastaaja pääsee seuraavalle sivulle. Viimeisen sivun täytettyään vastaaja sai hyväksyttäväkseen yhteenvedon vastauksistaan ja mahdollisuuden korjata niitä. Tämän jälkeen vastaaja pystyi halutessaan osallistumaan palkintojen arvontaan antamalla yhteystietonsa.

Samanaikaisesti vastaajan vastaaminen useaan kertaan estettiin siten, ettei samasta IP-osoitteesta voinut vastata 48 tunnin sisällä kahta kertaa. Kyselyn luonteesta johtuen tiedot järjestettiin siten, että yhteystietoja ja annettuja vastauksia on teknisesti mahdotonta yhdistää keskenään. Tästä myös tiedotettiin vastaajille, jotta he voisivat paremmin luottaa vastauksien luottamukselliseen käsittelyyn. Kyselyn www-sivuilla vierailtiin 6345 kertaa 4949 eri IP-osoitteesta. Kyselyyn vastasi yhteensä 2810 henkilöä, joista arvontaan osallistui 1955 henkilöä (71 %). Vastauksista suodatettiin selkeästi piloillaan tai epähuomiossa vastanneet pois, jolloin hyväksytyjä vastauksia saatiin 2571 (91 %).

Samanaikaisesti tutkittiin suomalaisten p2p-käyttäjien määrää. Apuna analysoinnissa olivat mm. erään sivuston antamat tiedot sekä haut ja tarkat analyysit, sekä muiden vertaisverkkojen ja näiden ylläpitäjien mahdollistamat yksityiskohtaiset tilastoinnit. Yhteenvedon tekijät olivat neljän vuoden ajan seuranneet ja ylläpitäneet P2P-käyttäjien keskusteluja ja tiedostonjakoa eri foorumeilla. Näistä tallennettuja lokitiedostoja käytettiin tutkimuksen apuna. Lokitietojen avulla on voitu seurata eri ryhmien ja yksittäisten tiedostojakajien

jakamia ja imuroimia tiedostoja ja tiedostomääriä yksityiskohdittain. Lokitietoja esimerkiksi yhdestä P2P-sivustosta voi kertyä päivittäin noin 300 megatavun verran. Useat ulkomailla tehdyt tutkimukset ovat tilastoissaan laskeneet p2p-ohjelmien käyttäjämäärät väärin. Näissä tutkimuksissa ei ole huomioitu yksittäisen käyttäjän useita nimimerkkejä eikä käyttäjän samanaikaista vertaisverkko-ohjelmien käyttämistä. Lisäksi useat ulkomaalaiset jakavat ja imuroivat tiedostoja Suomessa. Näistä syistä vertaisverkkojen käyttäjien määrä on arvioitu täysin väärin.

Tarkan seulonnan ja analyysien mukaan suomalaisia vertaisverkkojen käyttäjiä on Suomessa noin 52.000. Lukumäärään päästään seuraamalla eri nimimerkkien käyttöä sekä käyttäjien IP-osoitteiden perusteella saatuja tietoja. Tähän määrään sisältyvät myös modeemi- ja ISDN-yhteyksien käyttäjät ja satunnaiset kävijät. Nämä yleensä imuroivat tiedostoja kerran tai pari ja lopettavat toimintansa siihen. Aktiivisesti tiedostoja jakavia ja imuroivia p2p-ohjelmien käyttäjiä on Suomessa noin 42.000. Satunnaisista p2p-käyttäjistä enemmistö imuroi itselleen yleensä tietokoneen käyttöjärjestelmän, toimisto-ohjelmiston ja virustorjuntaohjelmiston. Tutkimuksessa päädyttiin seuraaviin tuloksiin:

- Vain muutama prosentti käyttäjistä ei jaa tiedostoja muille käyttäjille. Osa vertaisverkko-ohjelmista ei vaadi käyttäjän jakavan tiedostoja muille käyttäjille.
- Liian moni jakaa ja imuroi tiedostoja oppilaitoksissa ja työpaikoilla. Suurin vaara on yritysten salaisten ja luottamuksellisten tietojen leviäminen muille käyttäjille.
- P2P-käyttäjät käyttäytyvät hyvin samalla tavalla. Oikeastaan yksikään vastausten ristiintaulukoinneista ei tuonut esiin minkäänlaista eroa eri ryhmien välillä.

Aktiivisten vertaisverkkokäyttäjien kaupan myynnille aiheuttamat tappiot vuosittain kappalemäärinä ovat tutkimuksen mukaan seuraavat [Mäkelä, 2004]:

Musiikkia	796.500 CD-levyä
Elokuvia	342.300 elokuvaa
Tietokoneohjelmia	159.600 tietokoneohjelmaa
PC-pelejä	283.500 PC peliä
Muita pelejä	142.800 muuta peliä, sis. pelikonsolit yms.

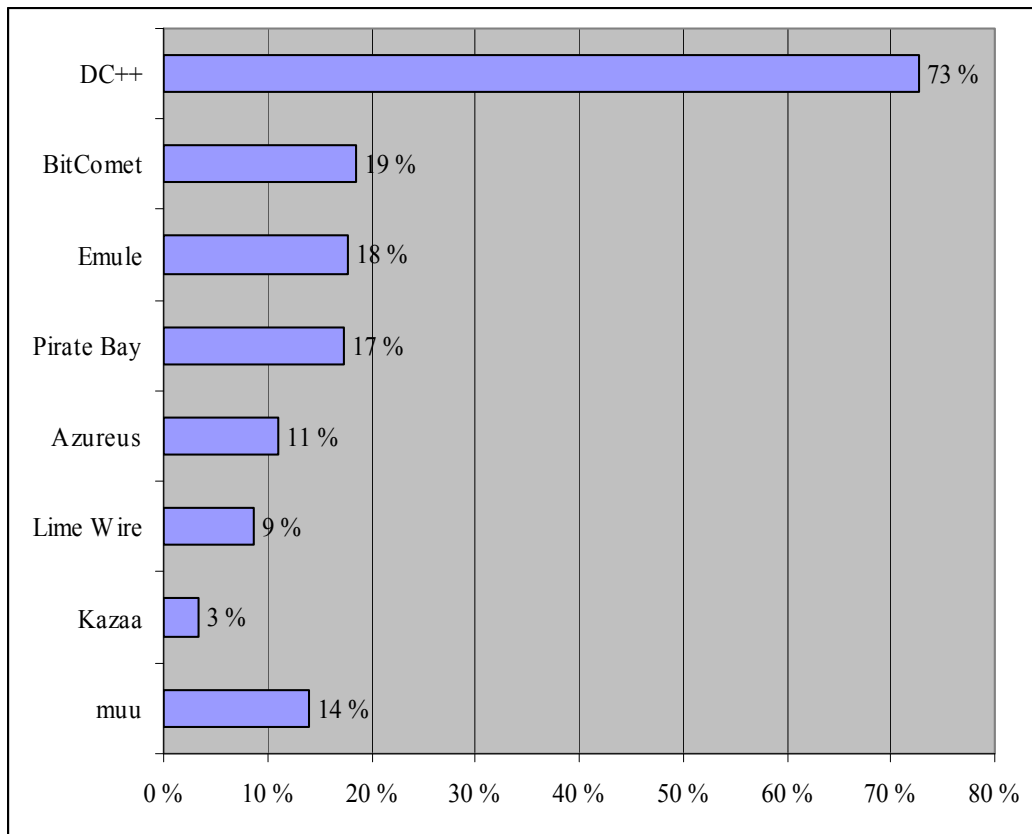
## 8.2. Tutkimus Internet musiikkipiratismista 2006

Petri Muurinahan [2006] tutkimuksessa internet-kysely oli sopivin tietojen keräysmenetelmä, koska kohdejoukko oli niin suuri. Internet-kyselyn etuina ovatkin useimmiten helppous ja edullisuus. Tutkija ei pystynyt myöskään vaikuttamaan vastauksiin ja jokainen sai vastata kyselyyn haluamanaan ajankohtana. Internet-kyselyn haittapuolia on, ettei tutkija voi tietää kuka on vastannut, ovatko vastaajat ymmärtäneet kysymykset oikein ja oliko kysymyksiin vastattu todenmukaisesti.

Kyselylomake sijoitettiin Seinäjoen ammattikorkeakoulun ICT-yksikön palvelimelle. Kaikilla tutkimukseen osallistuneilla oli oikeus käydä täyttämässä lomake palvelimella. Palvelimelta tiedot siirtyivät suoraan tutkimuksen tekijän sähköpostiin, josta tiedot tulostettiin tietojen tarkastelun helpottamiseksi. Kyselytutkimukseen vastasi määräaikaan mennessä 381 opiskelijaa. Vastausprosentiksi muodostui 12,6%. Vastausprosentti laskettiin vertaamalla vastaajien määrää niiden henkilöiden määrään, jolle oli lähetetty sähköpostilla osallistumiskutsu. Vastaajista enemmistö (56%) oli naisia. Vastaajien keski-ikäsi muodostui 21 vuotta. Nuorin vastaaja oli 15-vuotias ja vanhin 49-vuotias. Eniten vastauksia saapui alle 18-vuotiaiden ikäryhmästä, joita oli kaikkiaan 27% vastanneista. 45% vastaajista oli kotoisin Seinäjoelta ja 23% Seinänaapureiden alueelta. Etelä-Pohjanmaan ulkopuolelta kotoisin olevilta vastauksia tuli erittäin vähän. Kyselyssä kysyttiin ensin, käyttäkö vastaaja Internetiä musiikin hankintaan. Vastausvaihtoehtoina toimivat kyllä ja ei.

Jatkokysymyksenä kysyttiin, millä tapaa opiskelijat hankkivat musiikkinsa. Kysymyksessä oli neljä vastausvaihtoehtoa. Vastausvaihtoehdot olivat: tilaan äänitteet verkkokaupasta, lataan musiikin laillisesti maksua vastaan, lataan musiikin vertaisverkosta ja hankin musiikin jollain muulla tavalla. Kysymykseen vastasi yhteensä 369 henkilöä.

Suurin osa vastaajista (59%) hankkii musiikin pääasiassa vertaisverkoista. Toiseksi eniten opiskelijat (31%) hankkivat musiikin jollain muulla tavalla ja suurin osa heistä ostaa musiikin kaupasta. 8% vastaajista tilaa äänitteet verkkokaupoista. Vähemmistön edustajat (2%) lataavat musiikin laillisesti maksua vastaan. Tuloksista huomataan, että laittoman musiikin lataaminen vertaisverkoista on erittäin yleistä. Vastaajat latasivat yllättävän vähän musiikkia laillisesti.



Kuva 27. Käytetyimmät p2p-sovellukset/sivustot musiikin lataamiseen (%)

Ylivoimaisesti suosituin vertaisverkkosovellus vastaajien keskuudessa oli DC++. Kysymysvaihtoehdoissa oli esillä 12 sovellusvaihtoehtoa, joista vastaajalla oli mahdollisuus vastata useaan kohtaan. Kysymykseen vastasi 264 henkilöä ja monivalintoja tehtiin kaikkiaan 435 kappaletta. Vastaajista 73% ilmoitti käyttävänsä DC++ -ohjelmaa musiikin lataamiseen vertaisverkosta. Seuraavaksi eniten käytettiin Bit Cometia (19%), Emulea (18%) ja Pirate Bay:tä (17%), joka ei varsinaisesti ole sovellus, vaan sivusto, josta käyttäjät voivat selailta imuroitavia .torrent -tiedostoja. Kysymysvaihtoehdoissa oli myös muuvalintakohta, johon vastaajalla oli mahdollisuus kirjoittaa käyttämänsä sovelluksen nimi, jota ei kysymyslomakkeesta löytynyt. Kohtaan muu vastasi 14% henkilöistä, jotka ilmoittivat käyttävänsä pääasiassa µTorrent-sovellusta. Azureus-sovellusta käyttää 11% ja Lime Wireä 9% vastaajista. Vertaisverkko-ohjelmista 3% ilmoitti lataavansa musiikin Kazaan kautta (ks. kuva 27).

Kysymyslomakkeessa kysyttiin vastaajilta, onko tekijänoikeudellisen musiikin lataaminen vertaisverkosta heidän mielestään laillista. Tulokset osoittivat, että yllättävän moni vastaaja ei tiennyt tekijänoikeudellisen musiikin lataamisen olevan laitonta vertaisverkoista. 44% vastaajista tiesi, että musiikkia ei saa ladata ilman tekijänoikeudenhaltijoiden lupaa. 56% vastaajista ei tiennyt

tekijänoikeuden omaavan musiikin lataamisen olevan laitonta vertaisverkoista. Monet opiskelijat eivät tiedä tarpeeksi tekijänoikeuksiin liittyvistä seikoista ja tämän myötä lakia rikotaan yhä enemmän. Kysymykseen vastasi 374 henkilöä. 45 % vastaajista ilmoitti jakaneensa tekijänoikeudella suojattua musiikkia laittomasti vertaisverkoissa. Vastaavasti 55% kielsi levittäneensä musiikkia p2p-verkoissa.

Musiikin hankinta on vertaisverkoista suurimman osan (89%) mielestä helppoa. Vähemmistön mielestä (11%) musiikin hankinta ei ole vertaisverkoista helppoa. Tuloksista on huomattavissa, että vertaisverkoista on helppo imuroida laitonta musiikkia ilmaiseksi. Vertaisverkkosovelluksien helppo käyttöönotto ja yksinkertainen käyttöliittymä helpottavat laittoman musiikin leviämistä internetissä. Vertaisverkkojen suosion tärkeitä syitä ovat käytön helppous, ilmaiset tiedostot, suuri valikoima ja pieni kiinnijäämisen riski.

Vastaajien joukosta kerättiin mielenkiintoisimmat kommentit internetin musiikkipiratismista, jotka antavat hyvän yleiskuvan opiskelijoiden mielipiteistä. Kommentit jaoteltiin positiivisesti ja negatiivisesti Internetin musiikkipiratismiin suhtautuviin mielipiteisiin.

Positiiviset mielipiteet:

"Alkuperäiset CD-levyt ovat liian kalliita, etenkin opiskelijoille ja se ajaa ihmisen harjoittamaan piratismia."

"Vertaisverkosta on helppo ladata haluamansa kappaleet. Lisäksi se on ilmaista, nopeaa ja kiinnijäämisen riski on erittäin pieni."

"Vertaisverkot antavat mahdollisuuden esikuunnella kappaleet. Jos ne ovat hyviä, ostan levyn alkuperäisenä."

"Vertaisverkko on hyvä kanava uusille bändeille, jotka haluavat esille."

"Vertaisverkoista löytää paljon sellaista musiikkia, mitä kaupoista ei löydä."

"Opiskelijan on pakko ladata vertaisverkosta, koska ei ole rahaa ostaa levyjä."

"CD-levyt ovat epäkäytännöllisiä, koska ne vievät tilaa ja naarmuuntuvat."

" Laillisesti ladattavat palvelut ovat huonoja, koska niistä ei saa kansia. Siksi on ihan sama, vaikka hankkii levyn vertaisverkosta."

Negatiiviset mielipiteet:

"Jos levyjen hinnat laskisivat alle 10 euroon, ostaisin kaiken musiikin alkuperäisenä!"

" Ostan kaiken musiikin alkuperäisenä, koska piratismi on varastamista!"

"Alkuperäisen levyn ostaminen on parempi asia, koska se tuottaa kokonaisvaltaisemman kuuntelukokemuksen ja säilyttää arvonsa!"

"Alkuperäisen musiikin arvostus on laskenut musiikkipiratismiin takia."

" Kunnioitan toisten työtä ja ostan levyt kaupasta sekä tuen musiikin tekijöitä."

" Internetin musiikkipiratismia pitäisi valvoa paremmin!"

" Kovemmat rangaistukset piraattien levittäjille!"

Vastaajien mielipiteet internetin musiikkipiratismista olivat hyvin kantaaottavia ja mielenkiintoisia. Mielipiteet erosivat toisistaan hyvin paljon ja monet vastaajat olivat kirjoittaneet pitkiä ja pohdiskelevia mietteitä musiikkipiratismista. Vastauksista voidaan todeta, että Internetin musiikkipiratismiin harjoittamiseen vaikuttaa suuresti asennoituminen asiaan. 80% mielestä laillinen musiikki on liian kallista. Suurin osa vastaajista ilmoitti, että olisivat valmiita maksamaan laillisesti ladatusta kappaleesta alle 20 senttiä. Kappaleen hinnan keskiarvoksi muodostui vastausten perusteella 20–39 senttiä. 83% vastaajista olisi valmis ostamaan musiikin alkuperäisenä, jos hinnat alenisivat. Tämä kertoo siitä, että ehkä kaikkein tehokkain internetin musiikkipiratismiin ehkäisykeino olisi musiikkitalenteiden ja tiedostojen hintojen laskeminen, jolla saataisiin vakava ilmiö paremmin hallintaan. [Muurinaho, 2006]

### 8.3. Scripted verkkolehden P2P tutkimus 2008

Kysely toteutettiin verkkotutkimuksena ja sen tarkoitus oli selvittää p2p-ohjelmien käyttäjien asenteita ja heidän tiedostonjakotapojaan. Kyselyn www-lomake oli kolmen Sanoma WSOY:n lehden www-sivuilla ja se oli mahdollista täyttää 15-22.8.2007. Täytettyjä lomakkeita kertyi yhteensä 6103 kappaletta. Tyypillinen vastaaja oli teknisen taustan omaava mieshenkilö, joka käytti tiedostonvaihto-ohjelmia vähintään kerran viikossa. Vaikka 37% vastaajista oli opiskelijoita, yli 50% kertoi kuukausituloikseen enemmän kuin 1500 euroa. Vastaajien ikä asettui 17 ja 35 ikävuoden välille. 87% vastaajista oli käyttänyt tiedostonjako-ohjelmia, 75% heistä oli ladannut laitonta musiikkia tai elokuvia p2p-verkoista. 59% oli jakanut muille käyttäjille musiikkia, elokuvia ja tv-sarjoja. Vain alle 10% käyttäjistä oli niitä, jotka toimivat ketjun alkupäässä tietyn laittoman materiaalin ensimmäisinä jakajina. Niinikään noin 10% oli käyttänyt p2p-ohjelmia vain laillisen sisällön lataamiseen. Laillisella käytöllä tarkoitettaneen lähinnä avoimen lähdekoodin ohjelmistojen latausta ja levitystä.

Lähes 80% kyselyyn vastanneista oli käyttänyt Bittorrent-vertaisverkkoa, noin 50% oli käyttänyt Direct Connet -vertaisverkkoa ja alle 50% Fasttrack-vertaisverkkoa (Kazaa). Puolet vastaajista latsi tai jakoi materiaalia vähintään kerran viikossa. Latausmäärät olivat huomattavia, musiikkia yli 100 albumia (yli 1000 tiedostoa) ja elokuvia tai TV-sarjojen jaksoja yli 200 kappaletta. Vain 10% vastaajista kertoi uuden tiukemman tekijänoikeuslain vähentäneen heidän lataamistaan. Vakavuudeltaan tekijänoikeuslain alaisen materiaalin lataaminen ja jakaminen rinnastettiin television katseluun ilman lupaa, punaisten liikennevalojen kävelemistä päin tai joukkoliikenteessä matkustamiseen pummilla. Veropetoksia, huumeiden käyttöä ja alkoholin vaikutuksen alaisena ajamista pidettiin huomattavasti pahempina rikoksina. Vain 12% vastaajista oli sitä mieltä, että .torrent -tiedostoja sisältävän palvelimen ylläpitäjä on vastuussa materiaalin laittomasta levityksestä. 52% mielestä syyllinen oli se, joka ensimmäisenä laittoi laittoman materiaalin jakoon muille.

90% vastaajista tiesi, että kaupallisen musiikin lataaminen on laitonta. 50% mielestä laittoman materiaalin lataaminen on moraalisesti arveluttavaa. Lataamisesta ja jakamisesta kiinnijäämistä ei pidetty kovin todennäköisenä, lähinnä lottovoiton saamiseen verrattavissa olevana tapahtumana. Uutiset piraattien kiinnijäämisestä eivät juurikaan vaikuttaneet p2p-verkkojen käyttöön, niiden seurauksena vain noin 10% vähensi lataamistaan. Musiikki- ja elokuvateollisuuden edustajat rinnastavat usein vertaisverkkojen laittoman



käytön autovarkauteen tai mafiaan, vastaajista alle 10% arveli laittoman tiedostolatauksen tukevan mafiaa. Vain muutamien prosenttien oli sitä mieltä, että laittoman materiaalin lataaminen ja jakaminen tukee terroristeja. Yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että kirjastosta lainattu CD-levy ei saa kopioida, vaikka tekijänoikeuslaki yleensä sallii kopion tekemisen omaan käyttöön, kunhan lähde on laillinen. Vastaavasti yli 50% vastasi, että tallentamansa TV-sarjan jakson voi kopioida kaverille, vaikka lain mukaan se ei ole sallittua. 80% vastaajista tiesi, että TV-sarjojen jaksoja voi ladata vertaisverkoista, ennen kuin ne näytetään Suomeen televisiossa.

80% vastaajista oli sitä mieltä, että kaikkea vertaisverkoista saatavissa olevaa materiaalia ei voi hankkia mistään muualta. Samoin 80% näki vertaisverkot hyväksi asiaksi uusien artistien tunnettavuuden parantamisessa. Aikaisempien tutkimusten mukaan vertaisverkosta ladattu materiaali on usein heikkolaatuista ja saattaa sisältää haittaohjelmia. Vastaajista vain 20% oli samaa mieltä. Ladattujen tiedostojen laatua pidettiin siis täysin riittävänä, musiikin osalta jopa parempana kuin ensimmäisissä verkkokaupoissa. Noin 50% vastaajista oli valmis maksamaan kiinteää kuukausimaksua oikeudestaan ladata musiikkia ja elokuvia rajattomasti. Perinteiset albumit ovat menettämässä kiinnostustaan, verkkokauppojen käyttäjät ostavat mieluummin yksittäisiä musiikkikappaleita.

Tärkein yhteenveto tutkimuksesta on havainto, että suurin osa p2p-verkkojen käyttäjistä tietää lataavansa laitonta materiaalia, mutta pitää kiinnijäämisen riskiä mitättömänä. Rangaistusten koventamisella ja varoittavien esimerkkien näyttävällä esiintuomisella ei saada toivottavaa vaikutusta. Ladattavien tuotteiden ilmaisuus ei ole ainoa syy p2p-verkostojen käyttöön, koska noin puolet käyttäjistä olisi valmis maksamaan kohtuullista kuukausimaksua latausoikeudestaan. Tämä kuitenkin edellyttää, että tiedostoja ei ole suojattu minkäänlaisella DRM-menetelmällä. (Digital Rights Management). Verkkokaupat eivät kuitenkaan pysty kilpailemaan tuotevalikoiman laajuudessa vertaisverkkojen kanssa. Usein verkkokaupasta ostetut musiikkikappaleet ja videotiedostot ovat lisäksi käyttäjien toiveiden vastaisesti DRM-kopiosuojattuja. Kopiosuojaus saattaa esimerkiksi estää verkkokaupasta ostetun musiikin kopioimisen CD-levylle tai tietyn merkkiseen kannettavaan mp3-soittimeen. [Hietanen et al., 2008]

## 9. Vertaisverkkoliikenteen estäminen ja rajoittaminen

Vertaisverkkoliikenteen hallitsemiseksi on olemassa ns. traffic shaping -työkaluja, joilla voidaan internet palveluntuottajan kaistakapasiteetin säästämiseksi tunnistaa p2p-liikennettä niiden pakettitunnisteista ja siten priorisoida ja estää sitä. Näihin on p2p-ohjelmistojen tekijöiltä kuitenkin jo olemassa useita teknisiä vastakeinoja mm. TCP/IP-porttien satunnaiskäyttö. Työkalut eivät myöskään tunnista varsinaista siirrettävää sisältöä.

Vertaisverkkojen estojen toteuttamiseksi on internetissä käynnissä mm. P2Pwall projekti, joka aikoo luoda useita ilmaisia ohjelmistotyökaluja, jotka mahdollistavat vertaisverkkojen liikenteen suodatuksen. Nämä työkalut tulevat olemaan protokollakohtaisia. Koska vertaisverkkojen ja niiden käyttämien protokollien määrä on suuri ja jatkuvasti kasvava, on verkkojen liikenteen valvominen tai estäminen erittäin työlästä ja paljain resursseja vaativaa. Etuna em. menetelmillä on, että niillä voidaan estää vain tietyn vertaisverkko-protokollan liikenne.

Haittana on, että menetelmä ei ota kantaa protokollalla välitettävään sisältöön eikä näin rajaudu vain laittomaan sisältöön. Suodatus on suurissa verkoissa raskas ja kallis toteuttaa, työkalut ovat protokollakohtaisia eli niitä tarvitaan useita ja mahdollisesti jatkuvasti lisää ja lisäksi työkalut eivät ole valmiita. [Liikenne- ja viestintäministeriö, 2005]

Aivan viime vuosiin asti operaattorit ovat voineet rajoittaa vertaisverkkoliikennettä sillä perusteella, että niissä siirretään kuitenkin enimmäkseen laittomasti kopioitua sisältöä. Suosituimpien vertaisverkko-ohjelmien liikenne pystytään tunnistamaan ja sitä voidaan rajoittaa monin tavoin. Helppo ja suosittu keino on lähettää siirron osapuolille tcp reset -paketti, joka katkaisee tietovirran ja pakottaa osapuolet aloittamaan tiedonsiirron uudelleen. Yhteyden nollauksesta toipuminen ja uuden siirron aloittaminen vie pakostakin aikaa, jolloin yksittäisen tietokoneen verkkoon lähettämän materiaalin määrä aikayksikköä kohden vähenee merkittävästi. Menetelmä on operaattorin kannalta varsin tehokas.

Vertaisverkko Bittorentin käyttäjiltä kysyttiin vuoden 2008 alussa kokemuksia operaattoreiden harjoittamasta yhteyksien resetoinnista. Tietoja kerättiin Azureus/Vuze-asiakasohjelman lisäosalla ja 18.4.2008 päivätyn aineiston hankintaan oli osallistunut 8000 käyttäjää yhteensä miljoonalla käyttötunnilla.

Häijyimmäksi operaattoriksi sijoittui yhdysvaltalainen Comcast, jolla siirroista keskimäärin 24% katkesi kesken kaiken. Eurooppalaisista operaattoreista kärkikymmenikköön sijoittui vain Britannian Tiscali lähes 15% tuloksella. Suomalainen Elisa katkoi yhteyksiä noin 11% tahtiin. Asiakasystävällisimpiä operaattoreita olivat Telecom Italia Ranskassa, Orange Hollanissa ja WiLine Yhdysvalloissa, jotka kaikki ylsivät alle 3% tulokseen. Azureuksen mittauksissaan käyttämä lisäosa ei tarkkaillut pelkästään Bittorrent-liikennettä, vaan kaikkia tcp-siirtoja. Se ei myöskään kyennyt erottamaan, milloin siirto katkesi tahallisesti ja milloin jonkin aidon virhetilanteen seurauksena. Tulokset ovat kuitenkin suuntaa antavia, koska testaajien joukko koostui aktiivisista Bittorrent-vertaisverkon käyttäjistä.

Siirron katkaisemisen haitta on tietysti se, että operaattori saa asiakkaiden vihat niskoilleen. Liikennerajoitusten tiellä törmätään helposti myös uusiin laillisuuskysymyksiin. Millä oikeudella palveluntarjoaja esimerkiksi lähtee rajoittamaan liikennettä kotivideoidensa jakajalta? Vertaisverkko-ohjelmien käytön kieltäminen oikeuttaisi tähän, mutta tällainen pykälä sopimusehdoissa karkottaa asiakkaat helposti kilpailijan verkkoon. Internetin neutraaliuseriaatteen mukaan kaikkea verkkoliikennettä tulisi kohdella samanarvoisesti yhteyskäytännöstä riippumatta. Tätä näkökulmaa painottavat erityisesti yritykset, jotka soveltavat p2p-ohjelmistoja sisällönjakelutoimintaan ja kärsivät rajoituksista. Comcastin kärkitila tutkimuksessa ei yllättänyt. Operaattori joutui jo kesällä 2007 myöntämään rajoittavansa p2p-yhteyksiä tcp reset -tekniikalla asian vuodettua julkisuuteen. Vielä helmikuussa 2008 Comcast puolusti menettelyään Yhdysvaltain liittovaltion televalvontaviranomaisten käynnistettyä tutkimukset saamiensa valitusten johdosta. Sittemmin yhtiö on kuitenkin joutunut perääntymään kannassaan ja alkanut selvittää mahdollisuuksia verkkonsa palvelutason nostamiseen. [Hämäläinen, 2008]

## 10. Vertaisverkkoliikenteen optimointi p4p-tekniikalla

Sisällön jakeluun tarvitaan nykyistä tehokkaampia menetelmiä. Muutama yksittäinen jakelupalvelin eri puolilla maailmaa voi vielä palvella ohjelmistojakelua, mutta videoiden tai muiden isojen tiedostojen levitys samalla periaatteella kuormittaa operaattoreiden välisiä runkoyhteyksiä kohtuuttomasti. Vertaisverkot ratkaisevat tehokkuusongelman yksittäisen käyttäjän kannalta jakamalla tiedoston lukuisiin jakelupalvelimiin ja siirtämällä sen eri osissa lataajalle eri lähteistä rinnakkain. Tämä ei kuitenkaan ole operaattorin kannalta alkuunkaan tehokasta. Osa sisällöstä saattaa nimittäin saapua toiselta puolelta maailmaa, mistä operaattori kärsii transit-maksuisaan. Osa taas saatetaan ladata aivan naapurista, mutta operaattorin kannalta epäedullista tai ylikuormitettua yhteyttä käyttäen. Jotta vertaisverkoista voisi tulla todellisen liiketoiminnan pohja, p2p-ohjelmien pitäisi tuntea internetin infrastruktuuri nykyistä paremmin. Eri solmujen välisiä yhteystapoja ei kuitenkaan voi käytännössä selvittää. Lähestulkoon ainoat siirron optimointiin soveltuvat tiedot ovat IP-osoitteesta pääteltävä karkea maantieteellinen sijainti ja verkko-operaattori. [Hämäläinen, 2008]

Internet-operaattoreiden ja p2p-toimijoiden yhteistyön parantamiseksi perustettiin heinäkuussa 2007 p4p-työryhmä. Sen vetäjänä toimii Yalen yliopiston tutkija Haiyong Xie. Hänen vetämänsä tutkijaryhmä on kehittänyt menettelyn, jolla internet-operaattorit voivat kertoa p2p-ohjelmistoille verkkonsa rakenteesta liikenteen optimointiin tarvittavat tiedot. Menettely jakaa vastuun p2p-operaattorin ja internet-operaattorin välillä. Edellinen ylläpitää ptracker-palvelua, joka antaa käyttäjän ohjelmalle tiedon pyydettyä sisältöä jakavista vertaiskoneista. Ellei ptracker löydä sisältöä lähialueen koneista, se välittää pyynnön operaattorin itracker-palvelulle. Itracker puolestaan ylläpitää tietoa verkon topologiasta ja voi välittää kyselyjä edelleen naapurioperaattoreiden itrackereille. Topologiatieto välitetään vain suhteellisena tiedonsiirtokustannuksena verkon solmujen välillä ja operaattori voi muuttaa sitä verkon rakenteen, yhteistyösopimusten ja kuormitustilanteen muuttuessa. Maailmanlaajuisia p4p-kenttäkokeita on tehty Pando Networks johdolla vuoden 2008 alkupuolella ja tulokset ovat olleet rohkaisevia. 3000 internet-operaattoria kattaneissa testeissä operaattorien välinen liikenne väheni keskimäärin 34% ja parhaimmillaan latausnopeus kansainvälisillä yhteyksillä parani jopa 898%. [Xie Haiyong et al., 2008]

## 11. Johtopäätökset

Vertaisverkkojen aiheuttamaa haittaa käyttäjille virusten ja muiden haittaohjelmien muodossa liioitellaan. Asiakasohjelmiin piilotetut vakoilukomponentit olivat yleisiä jo lähes käytöstä poistuneissa sovelluksissa (esimerkiksi Kazaa). Uudemmat avoimeen lähdekoodiin perustuvat vertaisverkko-ohjelmat, kuten kokeilemani Emule,  $\mu$ Torrent ja DC++, ovat täysin turvallisia. Sen sijaan vertaisverkoissa jaettavissa ohjelmätiedostoissa saattaa olla viruksia tai muita haittaohjelmia. Näitä vastaan on kuitenkin kehitetty vastatoimenpiteitä, kuten käyttäjien mahdollisuutta kommentoida jaossa olevia tiedostoja (esimerkiksi Emule). En lähde spekuloimaan sillä, ovatko viruksia tai virheellistä dataa sisältävät tiedostot tekijänoikeuden alkuperäisten haltijoiden levittämiä. Itse en tähän usko, suuryritysten on noudatettava lakia eli ne eivät saa tahallaan aiheuttaa vertaisverkkojenkaan käyttäjille haittaa.

Vertaisverkoissa jaetaan päivittäin lukematon määrä sekä kopiosuojattua materiaalia että vapaassa levityksessä olevaa materiaalia. Kyselytutkimuksen perusteella tekijänoikeudella suojatun materiaalin levitys on merkittävää ja aiheuttaa varmasti jonkin verran taloudellisia tappioita. Viihdeteollisuuden näkökulma on kuitenkin yksipuolinen eikä huomioi vertaisverkkojen merkitystä esimerkiksi vähemmän tunnettujen artistien markkinoinnissa. Todella menestyneet yhtyeet (esimerkiksi Rolling Stones ja Metallica) voisivat edelleen kerätä miljoonatuloja live-esiintymisillä ja studiossa tuotetut albumit sekä yksittäiset musiikkikappaleet voitaisiin vapauttaa vapaaseen levitykseen promootiomateriaaliksi. Usein tappioiden laskennassa myös oletetaan kaikkien tuotteen piraattiversion lataajien ostavan sen kaupasta, mikäli piraattiversiota ei olisi saatavilla. Tämä väite on kestävä, harva päätoiminen opiskelija edes pystyisi ostamaan tuhansien musiikkikappaleiden ja elokuvien verkosta lataamansa versiot. Moni käyttäjä olisi sen sijaan valmis maksamaan kiinteän kuukausimaksun rajattomasta lataamisesta. Arvoisin kohtuullisen summan olevan samaa luokkaa kohtuullisen nopean ADSL-verkkoyhteyden tai maksu-tv:n kuukausimaksujen kanssa eli n. 5-50 euroa kuukaudessa.

Väitteet mafian ja terroristien toiminnan tukemisesta vertaisverkoilla ovat vailla todellisuuspohjaa. Ennen vertaisverkkoja musiikki-, video- ja ohjelmistotuotteita ostettiin piraattiversioina lomakohtaisesta, esimerkiksi Virosta Mustamäen torilta. Onkin paljon todennäköisempää, että kymmeniä

tuhansia piraattilevyjä vuodessa painavat tehtaas ovat kytköksissä järjestyneeseen rikollisuuteen. Vertaisverkon käyttäjien tavoitteena ei ole taloudellinen hyöty muiden käyttäjien kustannuksella, vaan tuotteen hankkiminen omaan käyttöön ilmaiseksi. Aina harvinaista tuotetta ei ole edes laillisten kanavien keinoin mahdollista hankkia. Voitaisiin jopa väittää, että vertaisverkot pitävät suosionsa menettäneiden artistien kappaleita sekä vanhojen kotitietokoneiden ja pelikonsolien ohjelmistotarjontaa edelleen saatavilla. Osa vanhojen kotimikrojen ohjelmistoista onkin myöhemmin muutettu vapaasti levitettäväksi (engl. abandonware).

Kyselytutkimusten mukaan kovenneet rangaistukset ja vertaisverkkojen käytön seurannan tehostaminen eivät tuota toivottuja tuloksia, vaan vähentävät piratismia vain marginaalisesti. Mikäli viihdeteollisuus ei luovu vertaisverkkojen käyttäjien ajohadista, niin uskon niiden laittoman käytön siirtyvän enenevässä määrin salattuihin verkkoihin. Tällainen internetin päällä toimiva salattu verkko on esimerkiksi Tor (The onion router), joka mahdollistaa p2p-verkkojen täysin anonyymien käytön. Tällä hetkellä eri vertaisverkkojen käyttäjiä on kohtuullisen helppo jäljittää verkkoliikenteen analysoinnin perusteella. Tarkempaa tietoa Tor-verkoston teknisestä toiminnasta on saatavissa www-osoitteista <https://www.torproject.org/overview.html> ja <https://wiki.torproject.org/noreply/TheOnionRouter/TorFAQ>.

Elokuva- ja pelistudiot ovat vähitellen alkaneet reagoida verkkopiratismiin ongelmaan toimintaansa tehostamalla. Aika, joka kestää elokuvan siirtymisestä elokuvateattereista vuokra- ja myyntilevitykseen, on pienentynyt huomattavasti. Myös elokuvien ja tietokonepelien julkaisut eri puolilla maailmaa pyritään tekemään samanaikaisesti, mikäli mahdollista. Tämä vähentää kuluttajien houkutusta ladata verkosta esimerkiksi videokameralla elokuvateatterissa kuvattu versio tai tietokonepelin USA-versio Eurooppalaisen julkaisun sijaan. Aikaisemmin Suomen televisiossa esitettiin ulkomaalaisia televisiosarjoja useiden vuosien viiveellä. Nyt esitysaika on parhaimmillaan lähes sama kuin Yhdysvalloissa, esimerkkinä suosittu tv-sarja Lost. Kaupalliset tv-kanavat ovat myös viimeaikoina kehittäneet verkkopalveluita, joissa sarjojen jaksoja voi katsoa verkkovideoina laillisesti kohtuullista korvausta vastaan.

Rangaistusten ja valvonnan lisäämisen sijaan näkisinkin verkkokauppojen ja digitaalisten jakelumenetelmien kehittämisen olevan parempi ratkaisu vertaisverkkojen piratismiongelmaan. Kaikkien digitaalisten tuotteiden kohdalla löytyy varmasti minimisumma, jonka käyttäjät ovat valmiita

maksamaan sen laillisesta verkkolataamisesta. Summa voi tietysti olla hyvinkin pieni, esimerkiksi 10 senttiä yhdestä tv-sarjan jaksosta ja 50 senttiä elokuvasta. Kun lataajia on miljoonia ja jakelutapa kustannustehokas p2p-tekniikkaan perustuva, niin näistäkin kertyy ajan oloon sievoinen summa.

Laillisen verkkolevityksen määrä on kuitenkin hurjassa kasvussa ja ennustan, että internetiin syntyy Youtuben tapaisia videotiedostojen tai muun itse tuotetun digitaalisen median jakamiseen tarkoitettuja palveluita, jotka tavalla tai toisella hyödyntävät vertaisverkkotekniikkaa. Samoin erilaisten laskenta-  
projektien tehostaminen vertaisverkkojen avulla yleistyy. Projekteissa vapaaehtoiset käyttäjät voivat jakaa oman tietokoneensa laskentakapasiteettia esimerkiksi vaativien 3D-animaatioiden renderointiin tai syöpälääkkeiden kehittämiseen. Vertaisverkkojen merkitys lääketieteellisessä tutkimuksessa saattaa olla siis merkittävä koko ihmiskunnan kannalta. Puhumattakaan mahdollisuudesta löytää SETI@Home tai vastaavien projektien avulla yhteys maapallon ulkopuoliseen kehittyneeseen sivilisaatioon, jolloin tekninen kehityksemme harppaa täysin uudelle tasolle. En kuitenkaan aio pidätellä hengitystäni tällaista kohtaamista odotellessa.

Näkisin siis vertaisverkkojen olevan uhkan sijaan suuri mahdollisuus, jonka täyttä potentiaalia ei ole vielä läheskään hyödynnetty. Vertaisverkkoihin liittyvät nykyiset ongelmat ja niiden ratkaisut ovat kuitenkin valitettavan usein asenteellisella tasolla ja itse tekniikka jää sivurooliin. Mahdollisena jatkotutkimuksena olisi mielenkiintoista perehtyä vertaisverkkoliikenteen estämisessä ja salaamisessa käytettyihin menetelmiin tarkemmin teknisellä tasolla.

## Viiteluettelo

[Boldt et al., 2004], Martin Boldt, Bengt Carlsson ja Andreas Jacobsson, *Exploring Spyware Effects*. Blekinge institute of technology, Ronneby, Sweden, 2004.

[Byers Simon et al., 2003] Simon Byers, Lorrie Cranor, Dave Kormann, Patrick McDaniel ja Eric Cronin. *Analysis of Security Vulnerabilities in the Movie Production and Distribution Process*. AT&T Research Labs ja University of Pennsylvania. Saatavissa: <http://lorrie.cranor.org/pubs/drm03-tr.pdf>. Viitattu 15.4.2008

[Casad and Wilsey, 1999] Joe Casad ja Bob Willsey, *TCP/IP Trainer*. IT Press, Helsinki, 1999.

[Deloitte, 2004] *Facing Piracy – Digital Theft in the Filmed Entertainment Industry*. Saatavissa: [http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/us\\_pswm&e\\_piracy\\_study\\_033004rev.pdf](http://www.deloitte.com/dtt/cda/doc/content/us_pswm&e_piracy_study_033004rev.pdf). Viitattu 15.4.2008

[Dizzie, 2005] Dizzie, *Beginner's guide to getting warez on IRC*. Saatavissa: <http://www.dizzy.ws/The.2005.Beginners.Guide.to.Getting.Warez.on.IRC.pdf>. Viitattu 12.5.2008

[Ellis, 2006] Leslie Ellis, *Bittorrent swarms have a deathly bite on broadband nets*. Saatavissa: <http://www.multichannel.com/article/CA6332098.html>. Viitattu 26.4.2008

[Granlund, 2007] Kai Granlund, *Tietoliikenne*. Docendo, Jyväskylä, 2007.

[Helsingin Sanomat, 2005] Uutisartikkeli. Helsingin sanomat 30.9.2005, s. A6

[Helsingin Sanomat, 2006] Uutisartikkeli. Helsingin sanomat 17.2.2006, s. C1

[Hietanen et al., 2008] Herkko Hietanen, Anniina Huttunen ja Heikki Kokkinen. *Criminal Friends of Entertainment: Analysing Results from Recent Peer-to-Peer Surveys*. Saatavissa: <http://www.law.ed.ac.uk/ahrc/script-ed/vol5-1/hietanen.asp>. Viitattu 15.5.2008



[Hämeen-Anttila, 2003] Tapio Hämeen-Anttila, *Tietoliikenteen perusteet*. Docendo, Jyväskylä, 2003.

[Hämäläinen, 2008] Pertti Hämäläinen. Mikrobitti (6), *P4P vauhdittaa vertaisverkkoja*, s. 61-62. Sanoma Magazines Finland, 2008.

[Järvinen ja Järvinen, 2004] Pertti Järvinen ja Annikki Järvinen, *Tutkimustyön metodeista*. Opinpajan kirja, Tampere 2004.

[Kaario, 2002] Kimmo Kaario, *TCP/IP verkot*. Docendo, Jyväskylä, 2002.

[Kelly, 2006] Spencer Kelly, *Bittorrent Battles over Bandwidth*. Saatavissa: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/technology/4905660.stm>. Viitattu 26.4.2008

[Keogh, 2001] Jim Keogh, *Verkkotekniikat - Tehokas Hallinta*. IT Press, Helsinki, 2001.

[Kuivalainen, 2004] Kuivalainen Jaakko. *Vertaisverkot Helsingin yliopiston kiusana*. IT viikko. Uutisartikkeli. Saatavissa: [http://www.itviikko.fi/page.php?page\\_id=46&rss=&news\\_id=20044021](http://www.itviikko.fi/page.php?page_id=46&rss=&news_id=20044021)

[Kulbak and Bickson, 2005] Yoram Kulbak ja Danny Bickson, *The Emule Protocol Specification*. Lab School of Computer Science and Engineering, The Hebrew University of Jerusalem, Jerusalem, 2005.

[Liikenne- ja viestintäministeriö, 2005] *Selvitys rikollisen ja lapsille haitallisen sisällön teknisten ja toiminnallisten estokeinojen nykytilanteesta*. Saatavissa: <http://www.liikennemministerio.fi/oliver/upl984-Selvitys.pdf>. Viitattu 15.2.2008.

[Microsoft, 2000] Microsoft Corporation, *Verkkotekniikat - MCSE Training Kit*. IT Press, Helsinki, 2000.

[Mikrobitti, 2006] Mikrobitti (7), *Suomen piratismiaste maailman alhaisimpia*, s. 9-10. Sanoma Magazines Finland, 2006.

[Muurinaho, 2006] Muurinaho Petri, *Musiikkipiratismi internetissä ja sen esiintyminen opiskelijoiden keskuudessa*. Opinnäytetyö. Informaatio- ja kommunikaatioteknologian yksikkö, tietojenkäsittelyn koulutusohjelma, Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

[Mäkelä 2004] Mäkelä Jarmo, *P2P Kysely*. Saatavissa: <http://web.archive.org/web/20060716135256/www.eironfi.com/Tulokset/P2PKysely24092004.pdf>.

Viitattu 26.4. 2008

[Nikurautio, 2007] Nikurautio Reeta, *SKYPEÄ SYTYLLE - VoIP-sovellukset etäterveydenhuollossa*. Opinnäytetyö. Hyvinvointitekniikan koulutusohjelma. Oulun seudun ammattikorkeakoulu, 2007.

[Padmanabhan and Wang, 2002] Venkata Padmanabhan ja Helen Wang. *Distributing Streaming Media Content Using Cooperative Networking*, 2002.

[Polgar, 2005] Tamas Polgar, *Freax - The brief history of the demoscene - Volume 1*. CSW Verlag, Winnenden, Germany, 2005.

[Pouwelse, 2004] Pouwelse Johan, *The BitTorrent P2P file-sharing system*. Saatavissa:[http://www.theregister.co.uk/2004/12/18/bittorrent\\_measurements\\_analysis/](http://www.theregister.co.uk/2004/12/18/bittorrent_measurements_analysis/). Viitattu 26.4.2008

[Puska, 2000] Matti Puska, *Lähiverkkojen tekniikka*. Suomen ATK kustannus, Helsinki, 2000.

[Rinta, 2004] Rinta Jani, *Internetin elokuvapiratismi Suomessa*. Opinnäytetyö. Informaatio- ja kommunikaatiotekniikan yksikkö, tietojenkäsittelyn koulutusohjelma, Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

[Rivest, 1992], R. Rivest. *RFC 1320*. MIT Laboratory for Computer Science and RSA Data Security inc, <http://www.ietf.org/rfc/rfc1320.txt>

[Saarikoski, 2004] Petri Saarikoski, *Koneen lumo - Mikrotietokoneharrastus Suomessa 1970-luvulta 1990-luvun puoliväliin*. Väitöskirja, Jyväskylän nykyculttuurin tutkimuskeskus, 2004.

[Strumpf and Oberholzer, 2004] Strumpf Koleman ja Oberholzer Felix, *The effect of file sharing on record sales, an empirical analysis*. Saatavissa: [http://www.unc.edu/~cigar/papers/FileSharing\\_March2004.pdf](http://www.unc.edu/~cigar/papers/FileSharing_March2004.pdf). Viitattu 26.4. 2008

[Turun yliopisto, 2004] Turun yliopiston ATK-keskus. *Verkkoliikenteen luokittelu käyttöön*. Saatavissa: <http://domino.utu.fi/motd.nsf/Kuluva/1AA2E9BF22CA6714C2256F3500472293>. Viitattu 14.5.2008

[Vainionpää, 2007] Vainionpää Jarmo, *Median levitys vertaisverkossa*. Opinnäytetyö. Informaatio- ja kommunikaatioteknologian yksikkö, tietotekniikan koulutusohjelma, Seinäjoen ammattikorkeakoulu.

[Wuokko, 2005] Wuokko Mikko, *Vertaisverkot – p2p ja anti-p2p, mediatekniikan seminaarin raportti*. EVTEK-ammattikorkeakoulu, 2005.

[Xie Haiyong et al., 2008] Haiyong Xie, Avi Silberschatz, Y. Richard Yang, ja Arvind Krishnamurthy. *P4P: Explicit Communications for Cooperative Control Between P2P and Network Providers*. Yale University ja University of Washington. Saatavissa: [http://www.dcia.info/documents/P4P\\_Overview.pdf](http://www.dcia.info/documents/P4P_Overview.pdf). Viitattu 18.5.2008.

## Liitteet

### Liite 1, Bittorrent asiakasohjelmien vertailu

BitTorrent client	Free software	Linux/Unix	Windows	Mac OS X	IPv6
<a href="#">ABC</a>	Yes	Partial	Yes	No	buggy
<a href="#">Acquisition</a>	No	No	No	Yes	?
<a href="#">Anatomic P2P</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	No
<a href="#">Arctic Torrent</a>	Yes	No	Yes	No	No
<a href="#">aria2</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	?
<a href="#">Azureus</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Partial
<a href="#">BitComet</a>	No	No	Yes	No	No
<a href="#">BitFlu</a>	Yes	Yes	No	Yes	Yes
<a href="#">BitLet</a>	Planned	Yes	Yes	Yes	?
<a href="#">BitLord</a>	No	No	Yes	No	No
<a href="#">BitPump</a>	No	No	Yes	No	No
<a href="#">BitThief</a>	No	Yes	Yes	Yes	?
<a href="#">BitTornado</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">BitTorrent 5 / Mainline</a>	Yes	Yes	Yes	Old version	No
<a href="#">BitTorrent 6</a>	No	No	Yes	No	Yes
<a href="#">BitSpirit</a>	No	No	Yes	No	No
<a href="#">Bits on Wheels</a>	No	No	No	Yes	No
<a href="#">BitTyrant</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Partial
<a href="#">Blizzard Downloader</a>	No	No	Yes	Yes	?
<a href="#">Blog Torrent</a>	Yes	No	Yes	Yes	?
<a href="#">BTG</a>	Yes	Yes	Partial	Yes	No
<a href="#">BTPD</a>	Yes	Yes	No	No	Planned
<a href="#">BTSharp (library)</a>	No	No	Yes	No	No
<a href="#">burst!</a>	Yes	No	Yes	No	?
<a href="#">CTorrent</a>	Yes	Yes	No	No	No
<a href="#">Deluge</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">FlashGet</a>	No	No	Yes	?	No
<a href="#">FoxTorrent</a>	Partial	Yes	Yes	Yes	No
<a href="#">Free Download Manager</a>	?	No	Yes	No	?
<a href="#">freeloader</a>	Yes	Yes	No	No	?
<a href="#">G3 Torrent</a>	Yes	No	Yes	No	?
<a href="#">Gnome BitTorrent</a>	Yes	Yes	No	No	?
<a href="#">Halite</a>	Yes	No	Yes	No	?
<a href="#">KTorrent</a>	Yes	Yes	No	Yes	Yes
<a href="#">LimeWire</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	No
<a href="#">Localhost</a>	Yes	Yes	Yes	No	?
<a href="#">MLDonkey</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	No

<a href="#">MonoTorrent (library)</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">MooPolice</a>	No	No	Yes	No	Yes
<a href="#">Opera 9.0</a>	No	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Opera 9.5</a>	No	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">QTorrent</a>	Yes	Yes	No	No	?
<a href="#">Qbittorrent</a>	Yes	Yes	No	Yes	Yes
<a href="#">rTorrent</a>	Yes	Yes	No	Yes	buggy
<a href="#">Rufus</a>	Yes	Yes	Yes	No	No
<a href="#">Shareaza</a>	Yes	No	Yes	No	No
<a href="#">sharktorrent</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	?
<a href="#">Snark</a>	Yes	Yes	?	?	?
<a href="#">SymTorrent</a>	Yes	No	No	No	?
<a href="#">Tomato Torrent</a>	Yes	No	No	Yes	No
<a href="#">Torrent Swapper</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	buggy
<a href="#">TorrentFlux</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">TorrentRelay</a>	No	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">TorrentVolve</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	-
<a href="#">Transmission</a>	Yes	Yes	No	Yes	No
<a href="#">Tribler</a>	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
<a href="#">Turbo Torrent</a>	No	No	Yes	No	?
<a href="#">TorrentSpy Rufus</a>	Yes	No	Yes	No	?
<a href="#">µTorrent</a>	No	With Wine <sup>[10]</sup>	Yes	Yes	Yes
<a href="#">WizBit</a>	Yes	No	No	No	?
<a href="#">XTorrent</a>	No	No	No	Yes	No
<a href="#">ZipTorrent</a>	No	No	Yes	No	?

BitTorrent client	Programming lang.	Based on	Interface	Spyware/Ad-ware-free
<a href="#">ABC</a>	<a href="#">Python</a>	BitTornado	GUI and web	Yes
<a href="#">Acquisition</a>	Objective-C and Cocoa	Limewire	GUI	Yes
<a href="#">Anatomic P2P</a>	<a href="#">Python</a>	BitTornado	GUI and old CLI	Yes
<a href="#">Arctic Torrent</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI	Yes
<a href="#">aria2</a>	<a href="#">C++</a>	-	CLI	Yes
<a href="#">Azureus</a>	Java and SWT	-	GUI, CLI, Telnet, Web, XML over HTTP remote control API	Yes
<a href="#">BitComet</a>	<a href="#">C++</a>	?	GUI	Yes
<a href="#">BitFlu</a>	<a href="#">Perl</a>	-	Telnet and Web	Yes
<a href="#">BitLet</a>	Java and JavaScript	-	Web XHTML	Yes
<a href="#">BitLord</a>	<a href="#">C++</a>	BitComet	GUI	Adware
<a href="#">BitPump</a>	<a href="#">C++</a>	-	GUI	Yes
<a href="#">BitThief</a>	<a href="#">Java</a>	?	GUI	Spyware

<a href="#">BitTornado</a>	<a href="#">Python</a>	BitTorrent	GUI and CLI	Yes
<a href="#">BitTorrent 5 / Mainline</a>	<a href="#">Python</a>	-	GUI and CLI	Yes
<a href="#">BitTorrent 6</a>	<a href="#">C++</a>	µTorrent	GUI and CLI	Yes
<a href="#">BitSpirit</a>	<a href="#">C++</a>	BitComet	GUI	Yes
<a href="#">Bits on Wheels</a>	Objective-C and Cocoa	-	GUI	Yes
<a href="#">BitTyrant</a>	Java and SWT	Azureus	GUI, CLI, Telnet, Web, XML over HTTP remote control API	Yes
<a href="#">Blizzard Downloader</a>	?	BitTorrent client	GUI	Yes
<a href="#">Blog Torrent</a>	?	BitTorrent client	GUI	Malware-Status: unknown
<a href="#">BTG</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	CLI, GUI and web	Yes
<a href="#">BTPD</a>	<a href="#">C</a>	-	CLI	Yes
<a href="#">BTSharp (library)</a>	<a href="#">C#</a>	-	API	Yes
<a href="#">burst!</a>	<a href="#">Python</a>	?	GUI	Yes
<a href="#">CTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	?	CLI	Yes
<a href="#">Deluge</a>	Python and C++	libtorrent	GUI and Web	Yes
<a href="#">FlashGet</a>	?	?	?	Yes
<a href="#">FoxTorrent</a>	XUL / JavaScript	Red Swoosh	GUI (FireFox)	Yes
<a href="#">Free Download Manager</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI	Yes
<a href="#">freeloader</a>	<a href="#">Python</a>	?	GUI	Yes
<a href="#">G3 Torrent</a>	<a href="#">Python</a>	BitTorrent	GUI and web	Yes
<a href="#">Gnome BitTorrent</a>	<a href="#">Python</a>	?	GUI	Yes
<a href="#">Halite</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI	Yes
<a href="#">KTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	-	GUI, Web and CLI (Alpha)	Yes
<a href="#">LimeWire</a>	<a href="#">Java</a>	-	GUI	Yes
<a href="#">Localhost</a>	Java and SWT	Azureus	Web	Yes
<a href="#">MLDonkey</a>	<a href="#">Ocaml</a>	-	CLI, Telnet, Web, Network GUI	Yes
<a href="#">MonoTorrent (library)</a>	<a href="#">C#</a>	-	API	Yes
<a href="#">MooPolice</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI	Yes
<a href="#">Opera 9.0</a>	<a href="#">C++</a>	-	GUI	Yes
<a href="#">Opera 9.5</a>	<a href="#">C++</a>	-	GUI	Yes
<a href="#">QTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	The SHADOW	GUI	Yes
<a href="#">Qbittorrent</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI Qt (toolkit)	Yes
<a href="#">rTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	Rakshasa's libTorrent	CLI and SCGI	Yes
<a href="#">Rufus</a>	<a href="#">Python</a>	G3 Torrent	GUI and web	Yes
<a href="#">Shareaza</a>	<a href="#">C++</a>	Shareaza core	GUI and web	Yes
<a href="#">sharktorrent</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI wxwidgets	Yes
<a href="#">Snark</a>	?	?	?	Yes

<a href="#">SymTorrent</a>	<a href="#">?</a>	<a href="#">?</a>	<a href="#">?</a>	Yes
<a href="#">Tomato Torrent</a>	<a href="#">Cocoa</a>	BitTorrent	GUI	Yes
<a href="#">Torrent Swapper</a>	<a href="#">Python</a>	BitTorrent	GUI and web	Yes
<a href="#">TorrentFlux</a>	<a href="#">PHP</a>	BitTornado	Web	Yes
<a href="#">TorrentRelay</a>	Perl & Python	Bittorrent	Web	Yes
<a href="#">TorrentVolve</a>	<a href="#">PHP</a>	Azureus	Web	Yes
<a href="#">Transmission</a>	C and Cocoa	-	GUI and CLI	Yes
<a href="#">Tribler</a>	<a href="#">Python</a>	ABC	GUI and CLI	Yes
<a href="#">Turbo Torrent</a>	<a href="#">Python</a>	G3 Torrent	GUI and web	Malware
<a href="#">TorrentSpy Rufus</a>	<a href="#">Python</a>	Rufus	GUI	Adware
<a href="#">µTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	-	GUI and Web	Yes
<a href="#">WizBit</a>	<a href="#">Python</a>	-	Mobile phone GUI (alpha)	Yes
<a href="#">XTorrent</a>	C and Cocoa	Transmission	GUI	Yes
<a href="#">ZipTorrent</a>	<a href="#">C++</a>	libtorrent	GUI	Yes