

# Siirtokapasiteettiarvio Suomen Internetille — HD-laadun tilausvideosisällön siirrossa

VTT, Atte Kortekangas & Jorma Kilpi, 2009–10

## Tiivistelmä

### Johdantoa

Esityksessä analysoidaan Suomen nykyisen Internet-infrastruktuurin kapasiteettia *HD-laadun tilausvideon (HDTV VoD)* siirrossa kuluttajille perustuen yksinkertaiseen pullonkaulamalliin sovellettuna siirtoverkon kriittisimpiin osiin. Esityksessä tähdennetään, kuinka tärkeää on eristää HDTV VoD-palveluliikenne muusta liikenteestä riittävän laadun takeeksi. Suoraviivainen tilausvideovirtojen välittämismenettely aineiston tuottajan palvelinpatteristolta asiakkaille ei toimi suuressa mittakaavassa kapasiteetin rajallisuuden takia. Kehittyneempää järjestelmäarkkitehtuuria soveltaen ongelma on silti ratkaistavissa. Olennaista on sijoittaa aineiston välityspolun varrella sopiviin kohtiin välimuistipalveluja.

### Pullonkaulamalli

Pullonkaulamallin esittelyn jälkeen sitä sovelletaan Ficix-runkokytkinverkkoon tämän numeerisin parametrein. Johtuen eri pullonkaulakomponenttien jatkuvasta päivittämisestä, tarkan ja luotettavan arvion laadinta on paitsi hankalaa, myös hyvin lyhytikäistä. Tästä syystä on päädytty pelkän suuruusluokan arviointiin, sillä arviohaarukka kuvaa joltisellakin pysyvyydellä teknologian nykytilaa pullonkauloineen, eikä tilanteen nopea muuttuminen ole luultavaa. Ficix on valittu edustamaan runkoverkon rajoitteita Suomen Internetin keskeisessä ja kriittisessä kohteessa. Sen suorituskykyedellytyksiä ei ole noin vain kehitettävissä kertaluokkia parempaan suuntaan ainakaan kohtuukustannuksin. Sitä paitsi nykyisen huipputeknologian rajoitteet putkahtavat esille monessa vähemmän näkyvässä kohteessakin.

### Malliparametrit

HD-videosisältö oletetaan koodatuksi bittinopeudella 10Mbit/s, mikä on sopiva MPEG-4-pohjaiselle pakkaukselle. Ficixin runkokytkimet tukevat liitäntäportteja nopeuksilla 1Gbit/s ja 10Gbit/s (myös 40Gbit/s on optiona). Suurin operaattorikohtaisen liikenteen tuntikeskiarvo ylittää 6Gbit/s porttia kohden (missä tapauksessa ollaan jo lähellä kyseisen portin maksimikapasiteettia). Liikenteen pullokaulahaarukaksi oletetaan tämä pohjalta 1Gbit/s ...10Gbit/s. Alaraja vastaa kapasiteettia, joka voisi olla irrotettavissa nykyisiltäkin porttiliitännöiltä, yläraja kokonaan uuden porttiliitännän kapasiteettia (vähintään muutama prosentti arvioidusta kapasiteetista menetetään siirtokäytännön häviöinä). Jälkimmäinen ratkaisu käytännössä enemmän kuin kaksinkertaistaisi tarvittavan porttimäärän nykyisestä, mikä antaa viitteitä tällaisen laajennuksen edellyttämistä mittasuhteista.

Kapasiteetti olisi myös periaatteessa ja käytännössäkin mahdollista nostaa useampikertaiseksi varaamalla HD-videon siirtoon useita operaattorikohtaisia nopeita portteja, mutta tätä mahdollisuutta lienee pidettävä taloudellisesti epärealistisena, koska järjestely aiheuttaa vähintään vastaavaa monistus- ja lisäresurssitarvetta myös operaattoreiden puolella.

### HDTV-jakelu edellyttää eristettyä kanavaa

HD-videon siirtoyhteydelle on välttämättä varattava muusta liikenteestä erotettu kanava, jotta valitun siirtoviiveen aikainen keskimääräinen siirtonopeus ei alita koodauksen määräämää

minimiarvoa. Vakiobittinopeuksinen (CBR) siirtovirta käyttää sinällään yhteyttä säästeliäästi jopa lähelle nimelliskapasiteettia. Ns. VLAN-tekniikoita (Virtual LAN, virtuaalinen paikallisverkko) voidaan käyttää käytännön toteutusvälineenä.

### **Suoraviivaisesta toteutuksesta suurimittakaavaista toteutusta tukeviin periaateratkaisuihin**

Tilausvideototeutus HDTV-aineistolle suoraan sisällön toimittajan palvelimelta kuluttajalle on nykyisen www-selainpohjaisen Internet-videotarjonnan perusratkaisu, mutta laajamittaista HDTV-tilausvideopalvelua ei voi toteuttaa näin suoraviivaisesti. Koko sisältö olisi välitettävä Internetin runkoverkon kriittisten osien kautta, eikä aineiston toistettavuutta kyettäisi hyödyntämään välityksessä millään tavoin. Ratkaisu kykenisi palvelemaan yhtä aikaa korkeintaan 100 ... 1000 asiakasta. Laajamittakaavainen ja taloudellisesti kestävällä pohjalla oleva soveltaminen ei sen takia onnistu.

Vaihtoehtoihin toteutusperiaatteisiin kuuluva HDTV-sisällön välitys ns. moniosoitelähetyksenä (multicast) on koeteltu ja myös hyvin laajamittaiseen käyttöön soveltuva, mutta tilausvideota ei voida tukea, ainoastaan suoria lähetyksiä. Edellytyksenä on myös koko siirrossa tarpeellisen verkonosan kattava tuki moniosoitelähetykselle, sekä eristetty kaista, jotta lähetys ei pätkei. Runkokytkin kykenee sinällään tukemaan pullokaulamallin mukaan 100 ... 1000 erillisen ohjelman välitystä periaatteessa vaikka miten suurelle vastaanottajajoukolle.

HDTV-lähetevirtojen tallentaminen verkon välimuistipalvelimille mahdollistaa VoD-palvelujen lisäämisen moniosoitelähetyksen rinnalle. Aineistoa voidaan jopa välittää paikoitellen tavanomaisina yksiosoitelähetyksinä tai tiedostokopioina, joten toteutusmahdollisuudet helpottuvat. Vastaanoton lukumäärärajoitteet ovat periaatteessa samat kuin puhtaassa moniosoitelähetyksessä eikä verkon rajoitteista seuraa suoranaisia rajoitteita käyttäjien lukumäärälle, kunhan välimuistipalvelimia yhdistetään välittömästi tilaajayhteyksien ääreen käyttäjien lukumäärän mukaisesti mitoitettu määrä.

Samantapaista järjestelyä voidaan toteuttaa automaattisestikin siten, että videovälityksen perusratkaisun yhteyteen lisätään monimutkaisia suodatus- ja analyysiohjelmistoja, jotka seuraavat lähetettävän aineiston toistettavuutta, rakentavat sopiviin kohteisiin välimuistitaltioita ja tavallaan huijaavat lähettävää päätä verkon selän takana uskomaan, että lähetys meni perille, vaikka todellisuudessa välittävät asiakkaille aikaisemmin tallentamansa kopion aivan muita reittejä pitkin. Tämä ratkaisu voi parhaimmillaan olla lähes edellisen veroinen ja laaja-alaiseen käyttöön soveltuva, mutta vain siinä tapauksessa, että lähelle tilaajayhteyden alkupäätä kyetään järjestämään vastaavanlainen välimuistipalvelu. Tämän ratkaisuperiaatteen ongelmat liittyvät ennen muuta ratkaisun monimutkaisuuteen, koska suodatusohjelmistot ja koko ratkaisuperiaate on sovellettava kaikille yleisesti käytetyille ratkaisualustoille erikseen tämän rakenteesta lähtien (Akamai-tyyppiset kiihdytyspalvelut soveltavat vastaavaa metodiikkaa).

Vertaisverkkotyyppisiä (P2P) periaatteita HDTV—VoD-ratkaisupohjaksi on tällä hetkellä tutkimuksen ja tuotekehityksen kohteena. Periaate on lupaava ja voi johtaa tehokkuusmielessä samantasoisiin ja samassa mittakaavassa toteuttamiskelpoisiin ratkaisuihin kuin välimuistipohjaisilla ratkaisuilla yleensäkin. Ohjelmisto voisi vastaavasti olla melko yksinkertainen ja yleiskäyttöinen verrattuna suodatusohjelmistoa käytettäviin välimuistiratkaisuihin

### **Johtopäätöksiä**

Massiivinen HDTV—VoD-palvelu Internetin ylitse vaikuttaa mahdolliselta myös laaja-alaiseen käyttöön, kunhan ratkaisuarkkitehtuuri valitaan huolellisesti. Verkkoratkaisun yhteyteen

sulautettujen usean tasoisten välimuistien käyttö on välttämätöntä tavoitteeseen pääsemiseksi. Jopa satojen rinnakkaisten HDTV-kanavien lähettäminen onnistuu Suomen nykyisen Internet-verkon välityksellä ja aineiston välittäminen tarpeellisen välimuistiverkon kautta vaikka koko käyttäjäkunnalle VoD-palveluna on periaatteessa mahdollista. Tämä tietenkin edellyttää huomattavia investointeja tilaajajohdon lähtöpisteeseen liitettyjen videojakopalvelimien osalta, eli jokaiselle käyttäjälle tarvitaan oma lähettävä ohjelmasäie asianomaisella videopalvelimella. HDTV-tasoisien videon jakaminen edellyttää joka tapauksessa aivan toisen tason laatunormia, kuin mikä on tyypillistä nyky-internetille. Erityisesti tuore videoaineisto täytyy kanavoida omiin eristettyihin välitysputkiinsa, tarvittavan siirtokapasiteetin takaamiseksi häiriöttä kaikissa verkon normaaleissa kuormitustilanteissa. Ilman riittävää ja tarpeen mukaan sijoitettua välimuistihierarkiaa ratkaisun taloudellinen puoli muodostuu kohtuuttoman raskaaksi.