

# Terabittiverkko

## Nopea älyverkko



### Terabit Network

This article describes the project Terabit Network aimed at developing a concept to manage broadband integrated services digital network. By means of this control application a service-provider of the network can assure that each connection is provided with a desired transmission capacity and can bill the customers according to the resources reserved.

The user of the service can order via his own terminal a link access suitable for his needs and, at the same time, he can see a charge of it. By means of this link management application it is possible to increase the utilization rate of the network and the end user has possibility to select the level of the link.

In this project are also tested different kinds of QoS solutions and is illustrated which are the best ways to maximize the utilization rate of the network and the quality of service. The most important link on the network is Multiprotocol Label Switching and as transmission media is studied among other things Packet over SDH, Dynamic Packet Transport and Wavelength Division Multiplexing.

The quality of service is researched by DiffServ service classes and signalling protocols Resource Reservation Protocol and Constraint-based Routing Label Distribution Protocol.

The research project Terabit Network is part of of the TLX technology programme of the Technology Development Center TEKES. Co-operators for the project include Kestel, Kesnet, Yomedia, WTS Oy and the Technology Center of Jyväskylä. The research team is led by Ph.lic. Timo Hämäläinen (timoh@cc.jyu.fi), computer system manager of Telecommunication Laboratory in University of Jyväskylä

Uudet ja nopeat tiedonsiirtotekniikat mahdollistavat eritasoisten ja hinnoitusten palveluiden tarjoamisen dataverkoissa. Verkkojen käyttöastetta voidaan nostaa näiden palvelujen laatua kehittämällä. Terabitti-hankkeessa selvitetään ja arvioidaan erilaisia teknisiä ratkaisuja verkkopalvelun laadun takaamiseksi. Parhaiten soveltuvat ratkaisut otetaan tuotantokäyttöön Jyväskylän alueverkossa.

**L**aajakaistaisen monipalveluverkon hallinta vaatii huolellista suunnittelua, sillä verkkopalvelun joustava eteneminen nopeissa liitännä- ja runkoverkoissa on tärkeää. Tässä artikkelissa kuvataan Terabitti-hankkeessa suunniteltavaa hallintakonseptia, jolla verkkopalvelun tarjoaja voi taata kullekin yhteydelle halutun siirtokapasiteetin ja suorittaa laskutuksen varattujen resurssien mukaisesti.

Verkkopalvelun käyttäjä voi tilata omalta päätelaitteeltaan halutun tasoisen tiedonsiirtoyhteyden ja samalla hän näkee paljonko joutuu siitä maksamaan. Hallintakonseptin avulla voidaan verkon käyttöastetta nostaa ja samalla annetaan loppukäyttäjälle mahdollisuus valita yhteyden taso.

Projektin kuluessa rakennetaan demoverkko, jossa uusia teknologioita testataan ja tutkitaan niiden sopivuutta tuotantoverkkoihin. Tulevaisuudessa uskotaan päästävän jopa terabittien siirtonopeuksiin sekunnissa, mistä hanke on saanut nimensä.

Terabittiverkossa testataan palveluja

Terabittiverkossa siirretään IP-liikennettä (Internet Protocol)



KUVA: CISCO

kahden lähiverkon välillä, niin että käyttäjä voi määrittää yhteydelle esimerkiksi miniminopeuden ja laatuluokan. Operaattori seuraa eri yhteyksiä ja tekee hallintasovelluksesta saatavan informaation avulla päätöksiä uusien yhteyksien muodostamiseksi ja sitä kautta nostaa verkon käyttöastetta. Hallintasovellus mahdollistaa myös laskutuksen, joka perustuu todelliseen resurssien käyttöön.

Verkon tärkeimpänä lenkinä on kytkentäinen MPLS-kehystekniikka (MultiProtocol Label Switching) ja siirtolaitteina tutkitaan muun muassa PoS- (Packet over SDH), DPT- (Dynamic Packet Transport) ja WDM- (Wavelength Division Multiplexing) tekniikoihin perustuvia ratkaisuja. Palvelun laatua tutkitaan esimerkiksi DiffServ-palveluluokkien sekä signaalintiprotokollien RSVP (Resource reSerVation Protocol) ja CR-LDP (Constraint-based Routing Label Distribution Protocol) avulla.

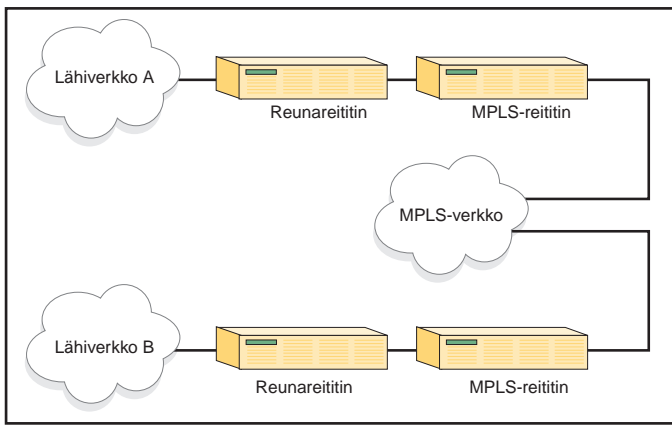
Terabittiverkossa testataan erilaisia palvelun laatuun liittyviä (QoS, Quality of Service) ratkaisuja ja selvitetään millä tekniikoilla verkon käyttöaste ja palvelun laatu saadaan maksimoitua.

Reitittimet luokittelevat palvelut

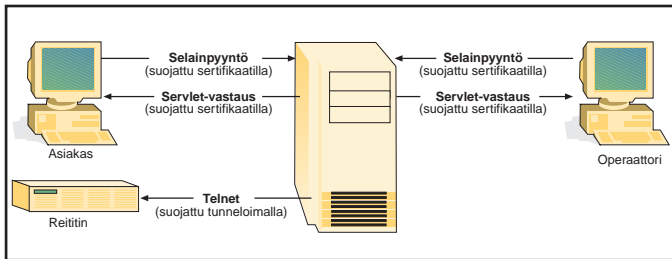
Lähiverkot liitetään Terabittiverkkoon reunareitittimillä, jotka tutkivat ja luokittelevat liikennettä palveluluokkiin. Esimerkiksi puheliikenteelle voi olla varattuna etuoikeutettu kaista, kun sähköpostiliikenteen on tyytyminen tavalliseen kaistaan.

Luokittelun jälkeen paketit siirretään eteenpäin MPLS-runkoreitittimille, jotka siirtävät IP-paketit MPLS-kehysten sisällä. Reitit ovat ennalta määrättyjä tunnistaidenjakoprotokollien kuten CR-LDP:n avulla ja koska MPLS-yhteydet ovat kytkentäisiä, paketin siirto on huomattavasti nopeampaa kuin perinteisessä IP-reitityksessä. Tulevaisuudessa tekniikka mahdollistaa jopa terabittien nopeudet sekunnissa.

Reunareitittimet voivat luokitella liikenteen esimerkiksi kolmeen luokkaan, jotka ovat normaali, etuoikeutettu ja viipeeton. Normaalia liikennettä ei priorisoida, jolloin ruuhkatilanteessa sen paketteja tiputetaan pois. Etuoikeutettu liikenne on priorisoitua ja siitä käyttäjä maksaa enemmän. Vaativinta eli viipeetöntä luokkaa edustaa isokroninen liikenne (esimer-



**Terabittiverkon arkkitehtuurin tärkeimmät elementit.**  
The most important elements of terabit network architecture.



**Hallintasovelluksen käyttämät rajapinnat.**  
Interfaces used by Managing application

kiksi puhe) ja sitä käytetään muun muassa VoD ja VoIP -sovelluksissa, jolloin verkon tukkeutumista ei saa esiintyä.

Reitintasolla luokittelu toteutetaan CBWFQ-tekniikan (Class Based Weighted Fair Queing) avulla, joka mahdollistaa erilaiset jonotusmenettelyt ruuhkatilanteissa ja IP-liikenteen luokittelun esimerkiksi käytettävän protokollan tai lähte- ja kohdeosoitteiden perusteella.

Runkoverkossa voidaan käyttää esimerkiksi edellä mainittua DPT-tekniikkaa, joka siirtää SRP-protokollan (Spatial Reuse Protocol) avulla MPLS-paketteja. Rengastopologian ansiosta vikatilanteissa uudelleenkytkentä tehdään 50 millisekunnissa, joten virhetilanteista toipuminen on nopeaa. DPT poikkeaa muun muassa reitityksen osalta PoS-tekniikasta, sillä laiteosoitteiden perusteella tapahtuva reititys ei vaadi DPT:ssä laskentatehoa välissä olevilta reitittimiltä.

Terabittiverkon laitteistona käytetään Cisco'n 7200- tai 7500-sarjan reitittimiä, joihin voidaan liittää DPT-kortit. Laajennettaessa verkkoa eli yhdistettäessä useita alueverkkoja, konfiguroidaan DPT-renkaiden väliin yksi kaksipisteyhteystyyppinen (point-to-point) linkki. Koska eri alueverkoissa ei ole yleensä käytössä samoja palveluluokkia yhdistävälle linkille, on määriteltävä palvelun laatuun kohdistuvat muunnokset.

### Verkon hallintasovellus

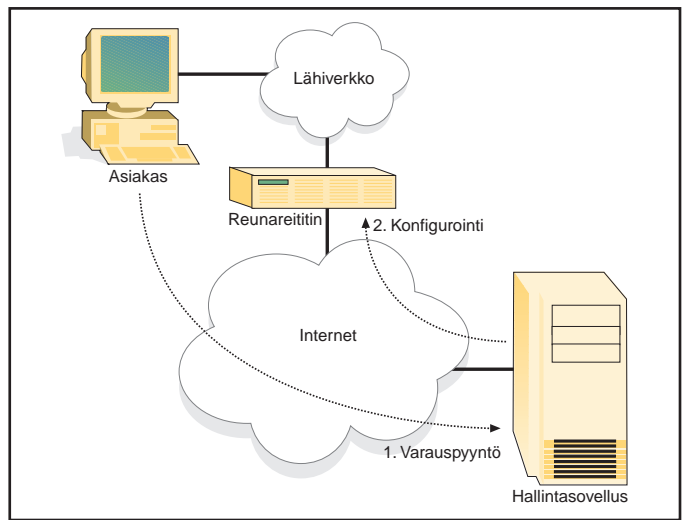
Terabittiverkon asiakas voi varata yhteyksiä hallintasovelluksen avulla Internetin yli selaimellaan. Hallintasovellus prosessoi asiakkaan varauspyynnöt konfiguroidulla reitittimellä. Asiakas voi valita yhteydelleen laatuvaatimuksia esimerkiksi liikenneluokan, kaistanleveyden ja palvelun kestojan.

Tiedot asiakkaista, liittymistä ja laskutuksesta on myös liitetty hallintasovellukseen, jotta ylimääräinen manuaalisesti tehtävä konfigurointi jäisi mahdollisimman vähäiseksi. Tällä hetkellä sovellus tukee Cisco'n reitittimien QoS-ominaisuuksia, mutta toteutus mahdollistaa muidenkin laitteiden konfiguroinnin suoraan hallintasovelluksen avulla.

Hallintasovellus on toteutettu Javalla ja käyttöliittymien ajonaikaiseen luontiin käytetään Java-servlettejä. Reitittimien konfigurointiin käytetään Telnet-protokollaa. Suojaamaton Telnet on riski tietoturvalle, joten yhteydet salataan tunnelointia käyttäen. Myös yhteyden varauspyynnöt tehdään selaimen suojatussa istunnossa käyttäen palvelimen salausertifikaattia.

### Ruuhkan ja langattomuuden laatuvaatimukset

Terabittiverkko ja hallintasovellus helpottavat verkon ylläpitoa ja tarjoavat asiakkaalle parempaa palvelua. Tulevaisuudessa palvelun laatuominaisuudet ko-



**Hallintasovelluksen käyttöympäristö.**  
User environment of managing application.

rostuvat tietoliikenneverkoissa, koska muun muassa puhe on siirtymässä vauhdilla pakettipohjaisiin verkkoihin.

Älykkyuden lisääminen verkkoon on yksi ratkaisu olemassa olevan kapasiteetin lisäämiseen. Se ei poista ongelmaa, mutta vähentää jatkuvaa laitteisiin kohdistuvaa investointitarvetta. Jatkossa tutkimus tulee painottumaan ruuhkatilanteissa verkon laitteelta saatavaan palautteeseen ja palvelun laatuvaatimukseen siinä langattomissa verkoissa. ●

### Aiheesta enemmän:

- Differentiated Services:** [www.ietf.org/ids.by.wg/diffserv.html](http://www.ietf.org/ids.by.wg/diffserv.html)
- DPT:** [www.cisco.com/warp/public/cc/techno/media/wan/sonet/dpt/dpta\\_wp.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/techno/media/wan/sonet/dpt/dpta_wp.htm)
- MPLS:** [www.ietf.org/ids.by.wg/mpls.html](http://www.ietf.org/ids.by.wg/mpls.html)
- RSVP:** [www.ietf.org/ids.by.wg/rsvp.html](http://www.ietf.org/ids.by.wg/rsvp.html)
- POS:** [www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/12000/prodlit/gspost\\_an.htm](http://www.cisco.com/warp/public/cc/pd/rt/12000/prodlit/gspost_an.htm)

## Terminologiaa

- DiffServ** = Differentiated Services. IP-paketin otsikkoon mahdollistava palveluluokitus, joka mahdollistaa priorisoidut yhteydet.
- DPT** = Dynamic Packet Transport. Cisco'n kehittämä rengastopologiaan perustuva runkoverkkotekniikka.
- CBWFQ** = Class Based Weighted Fair Queuing. Liikenteen luokittelumenetelmä MPLS-verkon reunalla.
- CR-LDP** = Constraint-based Routing - Label Distribution Protocol. Reititystiedon levitysmenetelmä MPLS-tekniikassa.
- MPLS** = MultiProtocol Label Switching. IP-reitityksen ja nopean kytkentäisyyden yhdistävä tekniikka, jossa IP-pakettiin lisätään liikennevirran tunniste.
- PoS** = Packet over SDH. Cisco'n kehittämä tekniikka, jossa IP-paketit siirretään suoraan SDH-kehyyksissä. ATM-kerrokset on poistettu, joten tekniikka on huomattavasti halvempi kuin ATM.
- QoS** = Quality of Service, palvelun laatu. Sallittujen viiveiden ja virheiden rajoittaminen erilaisten yhteyksien välillä.
- RSVP** = Resource reSerVation Protocol. Dynaaminen kaistanvarausprotokolla. RSVP on osa IP-maailman Integrated Services -arkkitehtuuria (ISA). ISA:n kehityksen tavoitteena on luoda joukko protokollia, joiden avulla IP-verkossa voidaan varata kapasiteettia.
- SDH** = Synchronous Digital Hierarchy. Runkoverkkotekniikka, jolla helpotetaan tiedonsiirtoa paketoimalla useita ATM-soluja yksiin kehyyksiin.
- SRP** = Spatial Reuse Protocol. Laitteosoitteisiin perustuva tiedonsiirto-protokolla, jota käytetään DPT-järjestelmissä.
- VoD** = Video on Demand. Videokuvan siirtäminen tietoliikenneverkon yli.
- VoIP** = Voice over IP. Ääniliikenteen siirtäminen IP-verkoissa.
- WDM** = Wavelength Division Multiplexing. Useita aallonpituuksia yhteen kuituun pakkaava tekniikka.

### Taustat

**Kirjoittajat:** Laboratorioinsinööri, FL/DI Timo Hämäläinen, FM Mika Wikström ja fil. yo. Mikko Vapa ovat Jyväskylän yliopiston Tietotekniikan laitoksen tietoliikennelaboratoriosta ja FM Eero Wallenius Nokia Oy:stä.

**Yhteystieto:** [timoh@cc.jyu.fi](mailto:timoh@cc.jyu.fi)

**Tutkimushanke:** Terabittiverkko

**Yhteistyössä:** Jyväskylän Yliopisto/Tietotekniikan laitos tietoliikennelaboratorio (suorittava organisaatio), Kestel, Kesnet, Yomimedia, Jyväskylän Teknologiakeskus ja WTS Oy.

**Teknologiaohjelma:** TLX