

Puusta katsoen voisi luulla, että Internet on voittanut, se hoitaa kaikki tulevaisuuden tietoliikenteen ja että enää tarvitaan vain lisää kapasiteettia ja kevyttä insinööriä. Kun asiaan perehtyy tarkemmin, osoittautuu, että päinvastoin: tietoverkot suorastaan huutavat uusia ratkaisuja ja nyt tarvitaan vahvaa alan perustutkimusta.

Ajassa on monia muutostekijöitä. Tietoverkkojen peruskomponentit ovat digitaalisia ja ne rakennetaan kulloinkin käytettävissä olevalla puolijohdetekniikalla. (1) Puolijohdetekniikka on kehittynyt Mooren lakia seurailleen 1960-luvulta lähtien ja kehitys näyttää jatkuvan vielä monia vuosia. Tämä on luonut ja luo valtavia uusia mahdollisuuksia, joita olemme tietoverkkotekniikassa voineet hyväksikäyttää. (2) Teknisen kyvykkyyden kasvaessa, laitteiden ohjelmisto-ohjaus on kasvattanut rooliaan. Ohjelmisto-ohjauksella on haettu tuotteisiin joustavuutta ja kykyä vastata uusiin tarpeisiin, joita syntyy koko ajan. (3) Verkkojen kyvykkyyden kasvaessa, ne ovat tunkeutuneet entistä syvemmälle osaksi jokapäiväistä elämää ja niistä on tullut perusvälineitä, joiden varassa elinkeinoelämä pyörii. Verkkojen palvelussa kasvavaa tarvekirjoa, niihin kohdistuu uusia vaatimuksia. Yleisesti nämä kolme ovat pitkäkestoisia ajureita tutkimukselle. Mikä sitten juuri nyt korostaa perustutkimuksen roolia? Eli mitkä sitten ovat ajankohtaiset tutkimuksen suuret haasteet?

Verkkojen nopeuden kasvaessa niiden energian kulutus on noussut ongelmaksi. Tutkijat ovat esittäneet ennusteen, että mikäli Internetin liikenne jatkaa Japanissa nykyisellä kasvu-uralla ja Internetin kapasiteettia rakennetaan nykyisen kaltaisella tekniikalla, vuonna 2020 Japanin tietoverkon reitittimet kuluttavat yhtä paljon sähköenergiaa kuin koko Japani vuonna 2005. Samalla olemme sitoutuneet leikkaamaan CO₂ päästöjä nykytasosta. Pohjimmiltaan kyse on minimikynnysenergiasta, jota yksi transistori käytössä olevalla tekniikalla vaatii. Vaikka Internetin kapasiteettia voitaisiinkin nykyisen kaltaisella tekniikalla kasvattaa 100-kertaiseksi, meillä ei tule olemaan varaa käyttää noita laitteita. Yleisemmin, tietoverkon perusoperaatio on kytkentä tai välitys, joita verkon solmut tekevät. Välitys voi tapahtua valopolkujen tasolla tai elektronisesti. Riippuu verkon protokollapinosta, miten paljon prosessointia ja siis energiaa yhden tietoelementin välitys vaatii. Mitä korkeammalla protokollakerroksella välitys tehdään, sitä enemmän prosessointia ja energiaa kuluu. Internetin arkkitehtuurin rapautuessa yhä enemmän, prosessoinnilla on viime vuosien aikana ollut taipumus nousta ylemmäs pinossa: jotta tiedetään, mitä paketilla pitää tehdä, sitä on käsiteltävä jopa sovellustasolla ennen kuin se voidaan taas pudottaa pinon läpi siirtotielle. Vastaavasti mitä alempana protokollapinossa kytkentä voidaan tehdä, sitä vähemmän energiaa kuluu. Ongelma voidaan muotoilla haasteeksi: tavoitelkaamme hiilineutraalia tietoliikennettä.

Viimeisen muutaman vuoden aikana langaton laajakaista on lähtenyt maailmalla rakettimaiseen nousuun. Langattoman laajakaistan tilaajamäärä on maailmassa jo ylittänyt langallisen laajakaistan tilaajamäärän. Nykyisin käytettävissä olevalla matkaviestinverkkojen tekniikalla on kannattavaa rakentaa langattomat laajakaistaverkot kehittyneisiin maihin ja kehittyvien maiden miljoonakaupunkeihin. Voimme odottaa, että Internetin käyttäjämäärä nousee nykyisestä noin 1.8 miljardista yli miljardilla muutamassa vuodessa. Odotettavissa oleva kasvu tulee vaatimaan tekniikan jatkuvaa kehittämistä. Tehokas langaton tiedonsiirto on äärimmäisen haastavaa. Langattomuus valtaa alaa paitsi kustannusten myös käyttömukavuuden ansiosta: verkko-operaattori hoitaa verkon, kuluttaja tarvitsee vain päätelaitteen, johon kaikki tarpeellinen voidaan integroida. Langattoman laajakaistan teknisenä haasteena ovat raskaat protokollapinot ja suuri viive. Sekä pääsyverkkoon että päästä päähän pätee: viive tuhoaa suorituskyvyn. Verkkojen nopeuden

kasvaessa, nopeuden hyödyntäminen vaatii uusia verkon rakenteita. Olkoon tavoitteena tarjota tieto verkosta käyttäjälle niin, ettei käyttäjä mitään viivettä yleensä havaitse.

Kolmas suuri haaste on, että meillä on koko ajan kasvava määrä vempaimia, jotka haluaisimme liittää verkkoon. Tämä vaatii lisää osoitteita. Ratkaisuksi on tarjottu uutta IP –protokollan versiota, IPv6, jossa osoite on 16 oktettia pitkä. Olen tällä palstalla esittänyt, että ainakaan minä en kaipaa 50 000 kvadriljoonaa osoitetta omaan käyttöni, jotka minulle periaatteessa IPv6 tarjoaa. Suurin osa (>90%) noista ehkä muutamasta sadasta tai tuhannesta laitteesta, jotka meillä jonakin päivänä ehkä on ja jotka haluamme liittää verkkoon, on sellaisia, että halumme piilottaa ne maailmalta. Haluamme rajata käytön joko itseemme, perheemme jäseniin tai valtuuttamiimme kaupallisiin toimijoihin, joihin luotamme. Käytön ja rakentamisen helppouden takia, suurin osa näistä laitteista on langattomia. IPv6 on aivan väärä ratkaisu tähän tarpeeseen.

Yllä olevien haasteiden valossa näyttää siis siltä, että joudumme rakentamaan tietoverkkojen arkkitehtuurin ja miettimään tiedonvälityksen perusalgoritmit kokonaan uusiksi. Tavoitteena on tekniikka, jolla käyttäjien kasvavat odotukset ja tarpeet voidaan tyydyttää kestäväällä tavalla ja kustannustehokkaasti. Tekniikan pitäisi vielä olla sellainen, että se voidaan ottaa käyttöön kätevästi. Miten sitten suomalainen ja eurooppalainen tutkimusrahoitus vastaa näihin perustutkimuksen haasteisiin? Valitettavan huonosti. Melkein koko julkinen rahoitus on suunnattu vastaamaan välittömiin haasteisiin, joissa tuloksia odotetaan huomenna. Eurooppalaisilta yrityksiltä on myös vaikea saada tukea aloilla, joissa yritykset ovat tottuneet ostamaan ratkaisut Kaliforniasta. Valo näyttää tulevan Aasiasta. Vaikuttaa siltä, että siellä kokeillaan jo kiivaasti uusia ratkaisuja. Mikäli aiomme puolustaa alan eurooppalaista teollisuutta, meidänkin olisi aika herätä.