



Aalto-yliopisto
Perustieteiden
korkeakoulu

Tietokoneverkot

T-110.4100 Tietokoneverkot (4 op) viimeistä kertaa

CSE-C2400 Tietokoneverkot (5 op) ensimmäistä kertaa

Sanna Suoranta ja Matti Siekkinen

Kurssista kaksi versiota – ole siis tarkkana harjoitustöiden ja tenttien versioista!

T-110.4100 Tietokoneverkot

- Kuuluu Tietoliikenneohjelmistojen A2-moduuliin
- Suoritettavissa viimeistä kertaa keväällä 2014
- Harjoitustyö sekä tentit, luennoista voi olla apua, mutta osa aihealueesta jää itsenäisen opiskelun varaan

CSE-C2400 Tietokoneverkot

- Kuuluu perusopintoihin
- Korvaa T-110.2100 Johdatus tietoliikenteeseen (tai T-110.1100 Johdatus tietoliikenteeseen ja multimediaan)
- Huom! Ei korvaa T-110.4100 Tietokoneverkot –kurssia!
- Luennot, harjoitukset ja harjoitustyö, sekä tentit

Suurimmat erot kurssien sisällössä

T-110.4100 Tietokoneverkot CSE-C2400 Tietokoneverkot

- Infrastruktuurin palvelusovellukset (mm. DNS, SNMP), **NAT**,
 - Verkko-ohjelmointi,
 - **Protokollasuunnittelu**
 - Verkon toiminta (**myös erikoistapauksissa**) ja reititysprotokollat
 - **Ei fyysisen ja LAN-verkon asioita**
- **Käyttäjän sovellukset**,
 - Infrastruktuurin palvelusovellukset (mm. DNS, SNMP),
 - Verkko-ohjelmointi
 - Verkon toiminta aina fyysisen verkon toimintaan asti: **perusteet**

T-110.4100 Tietokoneverkot

sisältö, esitiedot, ilmoittautuminen, apua

- TCP/IP-verkot ja niiden toiminta
- Verkkosovelluksen suunnittelu ja ohjelmointi
- Esitiedot: T-110.2100 Johdatus tietoliikenteeseen ja T-106.3101 Ohjelmoinnin jatkokurssi T2 eli tietokoneverkkojen perusteet ja ohjelmointitaito
- **Ilmoittautuminen auki oodissa 14.1.2014 asti**
 - Tarvitaan harjoitustyön tekemiseen
- <https://noppa.aalto.fi/noppa/kurssi/t-110.4100/>
- IRC: #verkot
- T-110.4100@tkk.fi (henkilökohtaiset kysymykset)

T-110.4100 Tietokoneverkot

osasuoritukset ja opiskelumateriaali

- Kurssin osasuoritukset:
 - Osatentti 1: perus-TCP/IP, 33% kurssin arvosanasta
 - Osatentti 2: DNS, ohjelmointi, NAT, verkonhallinta, jne. 33%
 - Harjoitustyö: 34% kurssin arvosanasta
 - Kurssipalaute
- Luentoja ei tänä vuonna järjestetä enää
 - Uuden tietokoneverkkojen luennoista voi olla apua, vaikka aihealueet eivät ole aivan samat
 - viime vuoden luentojen kalvot löytyvät nopasta
 - Opetusmonisteita nopassa
 - Kurssikirja: Douglas E. Comer, Internetworking with TCP/IP, volume 1, 2006 tai muu vastaava (lisää nopassa)

T-110.4100 Tietokoneverkot tentit

- Tentteihin ilmoittautuminen erikseen viikkoa ennen
 - Kerralla voi tehdä yhden tai molemmat osatentit, ilmoittautuminen parhaan tiedon mukaan siihen mihin on tulossa
 - Tenttejä joka tenttikaudella keväällä, ensi lukuvuonna harvemmin (viimeinen tentti keväällä 2015)
 - Vanhoja tenttejä kurssin noppasivulla ja kurssiarkistossa
- Jos et tule tenttiin, peru se (oodissa tai sähköpostitse)
 - Kolme nolla -> lisätehtävä ennen tenttiin menoa

T-110.4100 Tietokoneverkot harjoitustyö

- Harjoitustyö julkaistaan viimeistään 21.1.2014
- Kolme osaa, pisteytys (0 on hylätty):
 - Socket-ohjelmointitehtävä (0-3 p)
 - DNS-tehtävä (0-4 p)
 - TLS/SSL-tehtävä (0-3 p)
 - Pisteet lasketaan yhteen ja jaetaan kahdella
- Palautus: koodi ja raportti sekä demo
- Harjoitustyö tehdään yksin
 - C-kielellä
 - Jos käytät valmista koodia, merkitse se ja sen lähde selkeästi tehtävääsi esim. Kommenttien avulla!

T-110.4100 Tietokoneverkot

Viimeinen suoritusmahdollisuus nyt!

- Kurssi poistuu opetusohjelmasta
 - Viimeinen mahdollisuus harjoistyön tekemiseen keväällä 2014 aikataulun mukaisesti (ei rästimahdollisuuksia enää myöhemmin)
 - Viimeiset tentit lukuvuoden 2014-2015 aikana (ei joka tenttikaudella enää)
- Jos kurssia ei saa kasaan ja tarvii sille korvaavan kurssin Tietoliikenneohjelmistojen A2-moduuliin
 - Valitse tilalle joku Tietoliikenneohjelmistojen A3-moduulin valinnaiseista kursseista (jos suoritat myös A3-moduulin)
 - Tai jokin Tietoliikenneohjelmistojen A3-moduulin pakollisistakin kursseista käy, jos et enää jatka A3-moduuliin
- Huom! CSE-C2400 Tietokoneverkot tai sen osasuoritus ei käy!

**Kysyttävää
vanhasta
kurssista?**



CSE-C2400 Tietokoneverkot

“mitä jokaisen DI:n tulee tietää verkoista”

osaat selittää

- tietoverkkojen peruskäsitteet ja termit (sekä lyhenteet)
- miten tietoverkon protokollat vuorovaikuttavat keskenään sekä miten tärkeimmät sovellusprotokollat toimivat
- kerrosmallin toiminnot ja palvelut sekä miten TCP/IP-protokollat toteuttavat mallin
- ja analysoida verkon ongelmatilanteita

osaat suunnitella ja toteuttaa verkkosovelluksen sekä arvioida sen toimintaa ja rajoituksia sekä pystyt arvioimaan langattoman ja mobiilin tiedonsiirron vaikutuksia sovellusten toteuttamiseen ja toimintaan

tunnet ja osaat käyttää verkon analysointityökaluja paikallisverkossa (intranet) ja Internetissä

osaat suunnitella ja konfiguroida toimivan paikallisverkon sekä osaat laskea ja arvioida verkon suorituskykyä ja ehdottaa parannuksia

Yleistä

- Esitiedot: ICS-A1120 Ohjelmointi 2 ja CSE-A1140 Tietorakenteet ja algoritmit (tai vastaavat vanhat kurssit)
- Korvaa kurssin
 - T-110.2100 Johdatus tietoliikenteeseen tai
 - T-110.1100 Johdatus tietoliikenteeseen ja multimediaan
- Aiemmasta poiketen sisältää myös ohjelmointia!

Käytännön asioita

- **Ilmoittaudu oodissa 14.1.2014 mennessä!**
 - Täytä esitietokysely samoin 14.1. mennessä (linkki nopassa)!
- Ajantasaisin tieto Nopassa
- Sähköpostiosoite: cse-c2400@aalto.fi
 - Henkilökohtaiset kysymykset tänne
- IRC: #verkot IRCnetissä
 - Assarit ovat usein tavoitettavissa ircitse; assareiden vastaanotto
 - Vapaata keskustelua aiheesta ja aiheen vierestä
- Assaripäivystys Paniikki-luokassa (myöhemmin ilmoitettavaan aikaan)

Henkilökunta

- Vastaavat opettajat:
 - TkT Matti Siekkinen ja
 - TkL Sanna Suoranta (virkavapaalla 5.3.2014 alkaen)
- Kurssin assarit:
 - Kimmo Ahokas
 - Markus Palonen
 - Tuomas Penttilä
 - Päivi Tynninen
- Lähetä sähköpostisi käyttäen kurssin osoitetta, älä suoraan meistä kenellekään!

Osasuoritukset ja arvostelu

- Pakolliset osasuoritukset
 - Kaksi osatenttiä, kumpikin 33% kurssin arvosanasta
 - Harjoitustyö, kaksi osaa, 34% kurssin arvosanasta
 - Kurssipalaute, pakollinen, ei lisäpisteitä
- Lisäksi
 - Neljä harjoitustehtävää, kaksi kummankin puoliskon aihealueista
 - Kustakin harjoitustehtävästä voi saada max kolme pistettä aihealueen hyväksytysti suoritettun (arvosana min 1) osatentin pisteiden päälle keväällä 2014 (huom: ei enää syksyn tentteihin)
 - Eli hyväksytysti suoritettuun osatenttiin voi saada max 6 pistettä lisää tekemällä kaksi ko osatentin aihealueen kotitehtävää (arvosana 1 voi nousta kahdella, ja arvosanat 2-4 yhdellä)

Oppimateriaali

- Kurssin kirja: James F. Kurose, Keith W. Ross. Computer Networks, A Top-Down Approach, 6th edition, 2013
- Luennot ja luentokalvot kertovat vain osan aihealueesta
- Mahdollisesti muuta lisämateriaalia nopassa

Luennot

tiistaisin 10-12 T2-salissa

pvm	I osatentin alue	lu-ku
7.1.	Yleiskuva (Sanna)	1
14.1.	Sovellukset (Sanna)	2
21.1.	Verkko-ohjelmointi (Matti)	2
28.1.	Kuljetuskerros I (Matti)	3
4.2.	Kuljetuskerros II (Matti)	3, 7
11.2.	Internet-protokolla (Sanna)	4

pvm	II osatentin alue	lu-ku
25.2.	Reititys (Sanna)	4
4.3.	Ethernet (Matti)	5
11.3.	Linkkikerros, WAN (Matti)	5
18.3.	Langattomat verkot (Matti)	6
25.3.	Verkon suunnittelu ja ylläpito (Jaakko Kotimäki)	9
1.4.	Kokonaisuus (Matti)	7, 8

Kaksi osatenttiä

- Kullakin tenttikerralla on mahdollisuus tehdä kumpi vain tai molemmat kurssin osatentit
 - Ikäänkuin välikokeet, mutta useampi suoritusmahdollisuus
 - Ilmoittaudu viikkoa ennen siihen osatenttiin, johon olet ensisijaisesti tulossa
 - Neljä tehtävää, joista yksi isompi essee
 - Osatentista saa arvosanan (mukaanlukien mahd. Kotitehtävistä saadut pisteet), joka on 33% kurssin lopullisesta arvosanasta
- Tenttialueet ilmoitetaan Nopassa
- Peru tentti-ilmoitusta sähköpostitse, jos et tule!
 - Kolme nollaa johtaa lisätehtävään, joka pitää tehdä ennen seuraavaa tenttimisyritystä

Kotitehtävät

- Vapaaehtoisia, mutta saa lisäpisteitä tenttiin keväällä 2014 (ei enää syksyllä)
- Määräajat ilmoitetaan viimeistään 14.1., ja samalla julkaistaan ainakin ensimmäinen kotitehtävistä
- Neljä tehtävää, joista kaksi kumpaankin osatenttiin
 - Laskutehtäviä
 - Työkalutehtäviä, esim Wireshark
 - Sanallisia tehtäviä
- Pohjautuvat kirjan tehtäviin

Harjoitustyö

- Harjoitustyössä on kaksi osaa
 - Websocket-osa
 - Verkkohjelman teko C-kielellä socket-rajapinnan päälle
- Harjoitustyö julkaistaan viimeistään tammikuun lopussa
- Määräajat julkaistaan viimeistään 14.1. luennolla

**Kysyttävää
uudesta
kurssista?**

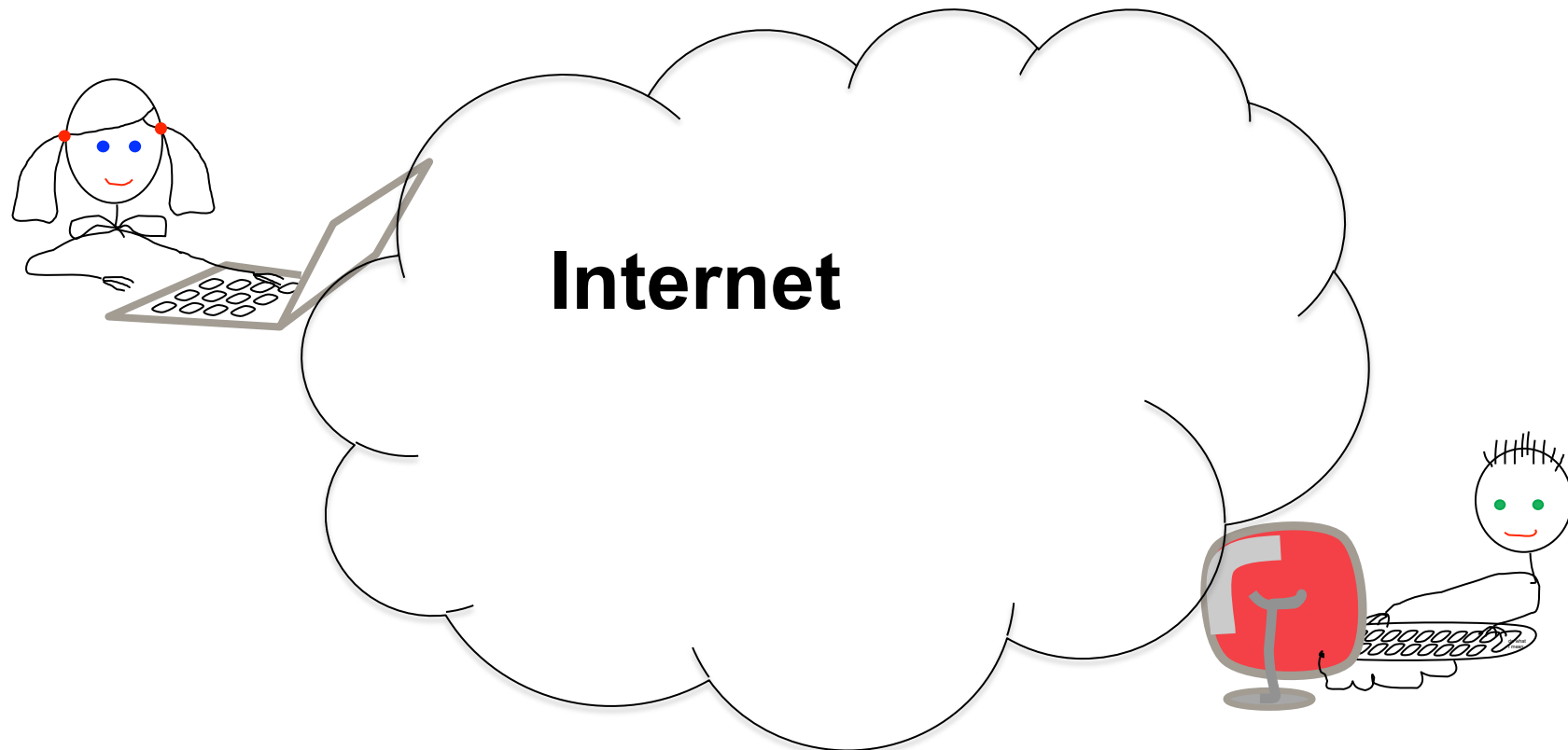


Tehtävä: Piirrä Internet

- Mitä ikinä sinulle tulee mieleen tietokoneverkosta ja Internetistä?

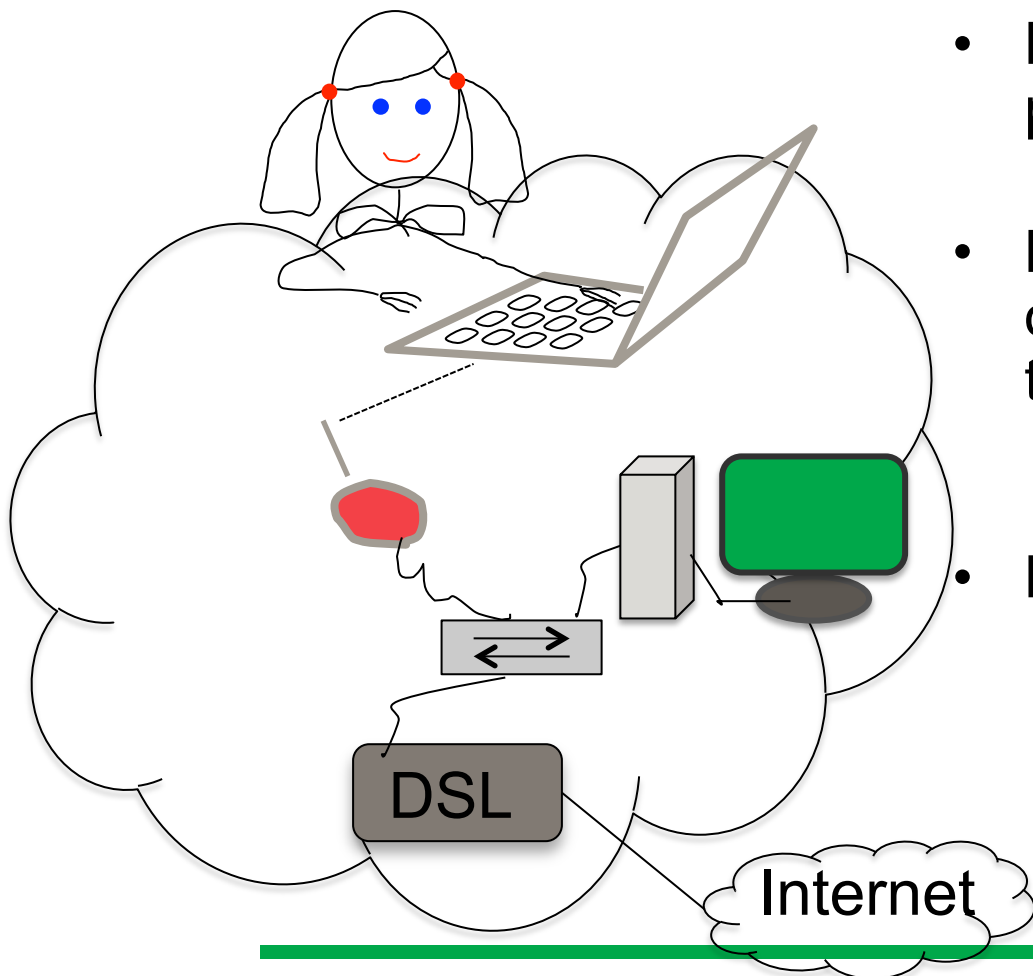
Mikä on Internet?

- Internet on verkko, jossa on tarjolla monenlaisia hajautettuja palveluita, joita voi käyttää etänä verkon yli
 - Sähköposti, www, P2P, videoiden katselu (Internet-tv), tiedostojen jako, pelit, jne käyttäjälle suunnatut palvelut
 - Nimipalvelu, reititys, verkonhallinta jne verkon infrastruktuurin palvelut, jotka helpottavat muiden palveluiden ja käyttäjien toimintaa
 - Palveluita voi kuka tahansa kehittää lisää käyttäen hyväksi sovellusrajapintaa (engl. application programming interface, API)
 - Internet-verkko on verkko, joka muodostuu useista eri tahojen operoimista verkoista
-



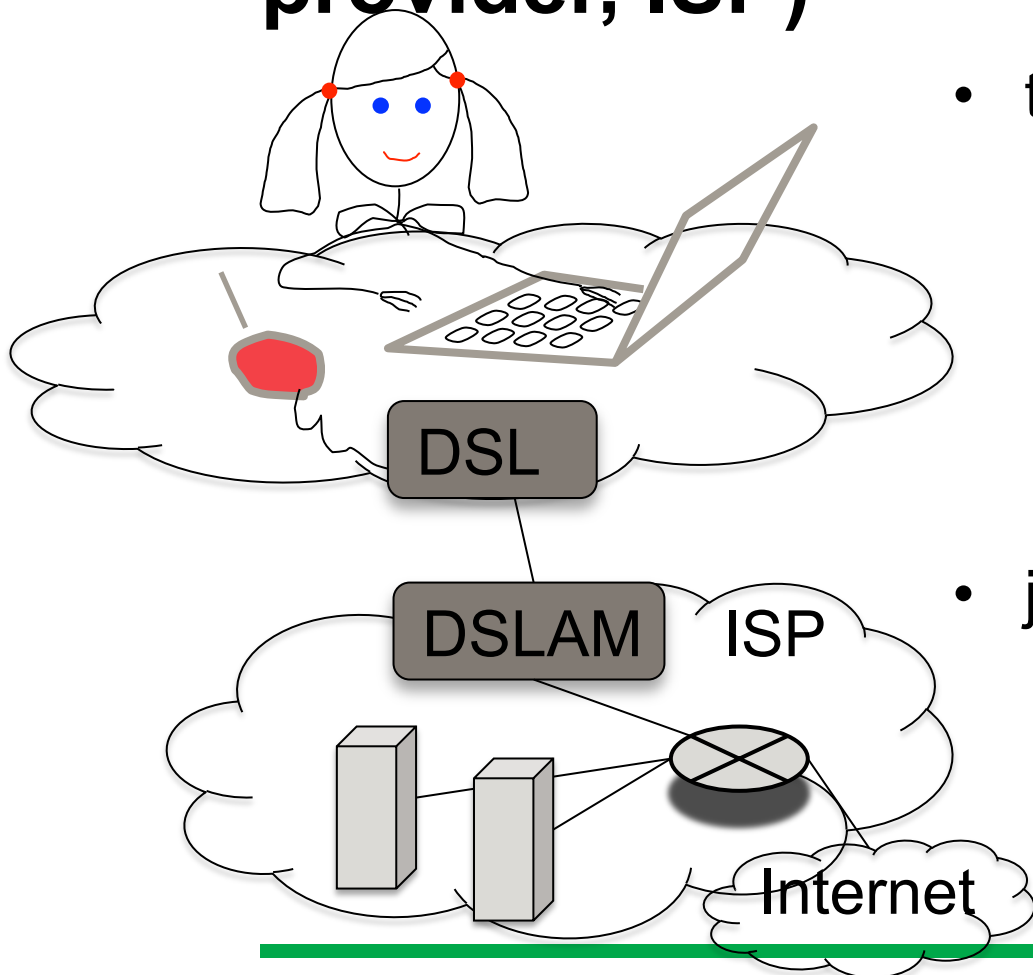
- Alice haluaa lähettää sähköpostiviestin Bobille

Liityntäverkko (access network)



- Liityntäverkko on verkko, johon päätelaitteet kytkeytyvät
 - Kotona, yrityksessä, kahvilassa..
- Lähiverkko (local area network, LAN) on reitittimen “takana” oleva yhtä tekniikkaa käyttävä verkko
 - Useita mahdollisia teknologioita, suosituimpia Ethernet ja WiFi
- Laitteita lähiverkossa
 - Päätelaite (host, end system), palvelin
 - Langaton tukiasema (access point)
 - Kytkin (switch)
 - DSL- (digital subscriber line) tai kaapelimodeemi (cable modem)

Internet-palveluntarjoaja (Internet service provider, ISP)

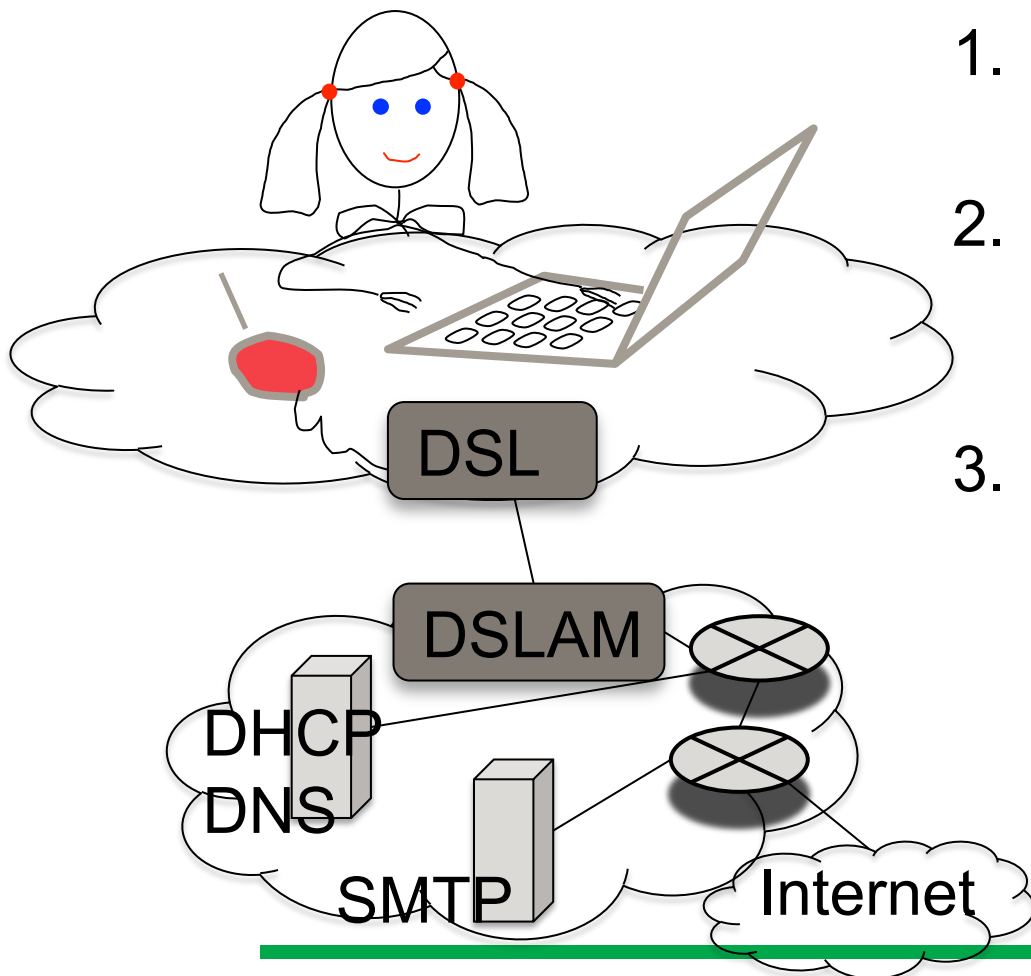


- tarjoaa yhteyttä Internetiin
 - Keskuksessa asiakkaiden liikenne erotetaan toisista asiakkaista (digital subscriber line access multiplexer, DSLAM)
 - Laitteen IP-osoite joko staattinen tai dynaaminen (tai piilotettu NATin taa)
- ja palveluita
 - Nimipalvelu (domain name service, DNS)
 - Sähköpostipalvelin
 - Levytilaa

Liityntäverkon ja lähiverkon teknologioita

- Laajakaistayhteys (broadband connection) käyttää hyväkseen olemassaolevia aikanaan lankapuhelimia varten tehtyjä kaapelointeja (kierretty pari -kaapeli)
- Kaapelimodeemiyhteys (cable modem) käyttää hyväkseen kaapelitelevisioverkkoa (koaksiaalikaapeli)
- Lähiverkko on erikseen tietoliikennettä varten järjestetty
 - Langaton lähiverkko käyttää radiotaajuuksia
 - Yleisin kaapelointi on suojaamaton kierretty parikaapeli (unshielded twisted pair, UTP) tai vastaavaa suojattu (STP) kaapeli
 - Myös valokuitu (fiber optics) valtaa alaa

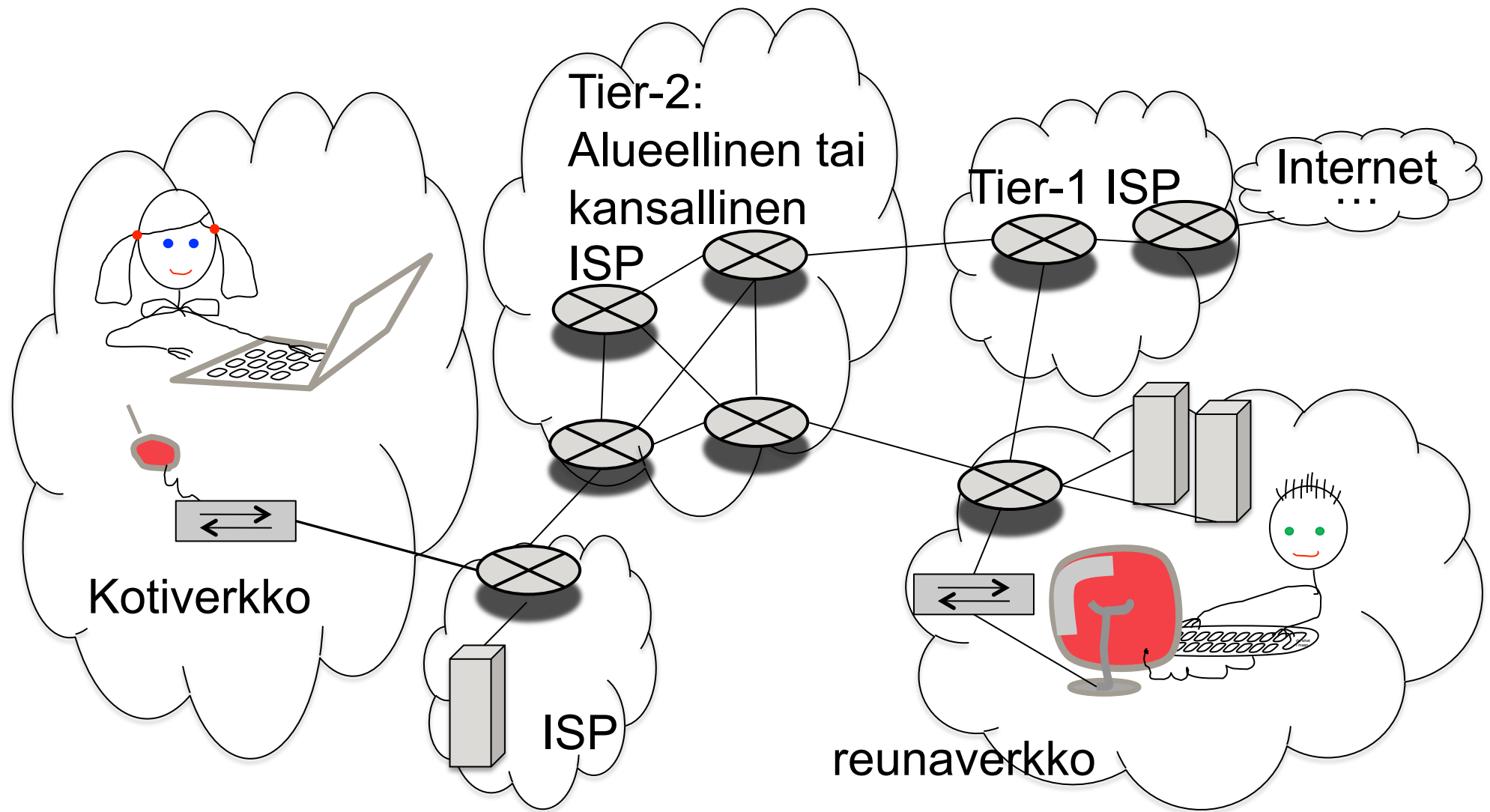
Sähköpostin lähettäminen



1. Alicen kone on hakenut itselleen IP-osoitteen (DHCP)
2. Sähköpostiohjelma ottaa yhteyttä sähköpostipalvelimeen ja lähettää viestin sille (SMTP)
3. Sähköpostipalvelin selvittää vastaanottajan osoitteen loppuosan perusteella (DNS), mihin viesti seuraavaksi lähetetään ja välittää polulla ensimmäisenä olevalle reitittimelle

Käsitteitä: Palvelu, protokolla ja rajapinta

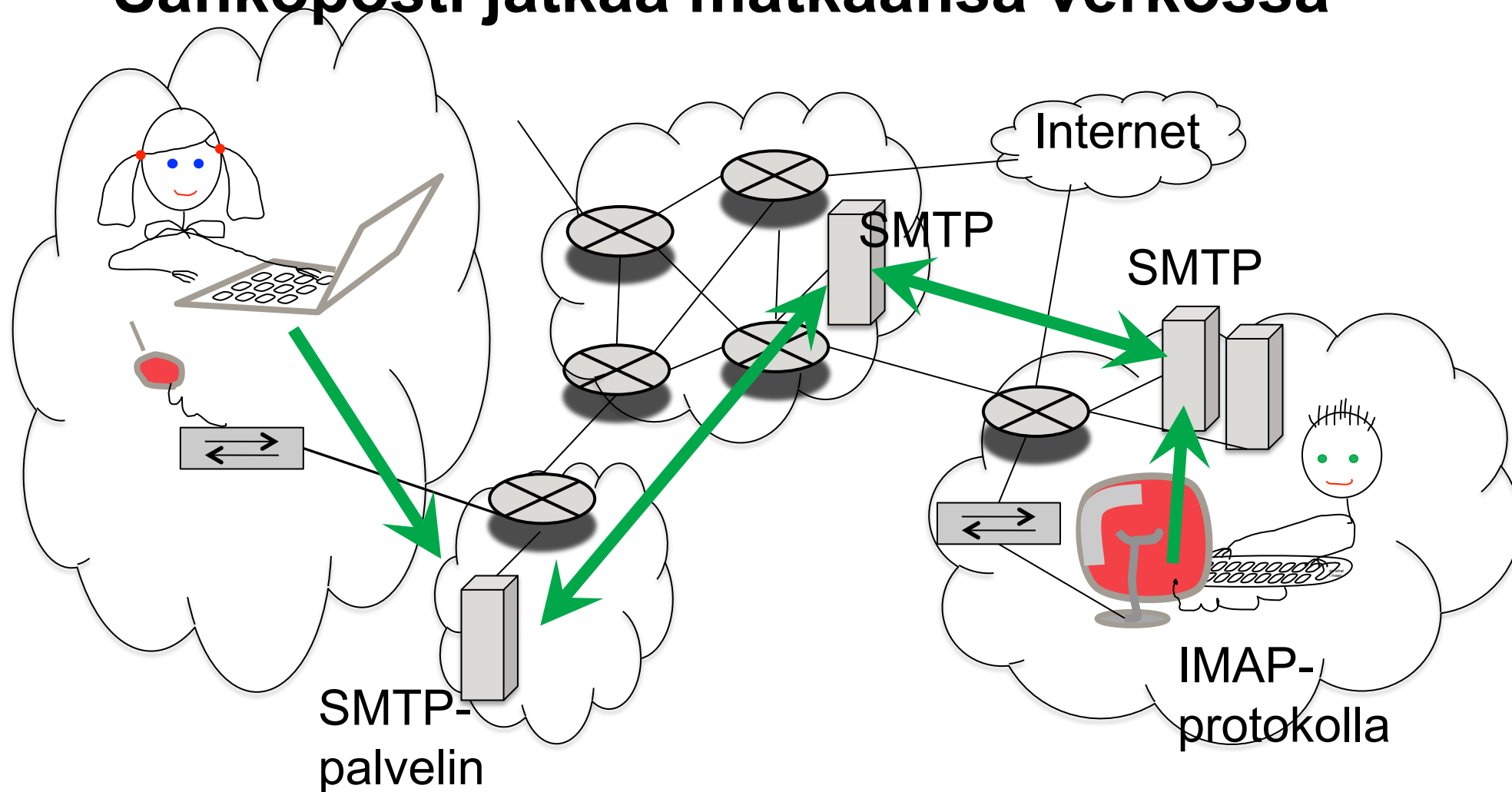
- Palvelu toteuttaa jonkin (hyvin määritellyn) tehtävän
 - Osa standardoitu (request for comments, RFC) IETF:ssä
- Palvelut viestivät asiakasohjelmiansa kanssa protokollan avulla
 - Viesteillä on tarkkaan määritelty formaatti,
 - Viestissä otsikko-osa ja varsinainen data erotetaan toisistaan
 - Viesteillä on käsittelyjärjestys: tiettyyn viestiin vastataan tietyllä viestillä
- Palvelut käyttävät toisia palveluita hyväkseen rajapinnan avulla
 - Sähköpostipalvelu (SMTP) käyttää hyväkseen mm. nimipalvelua (DNS) ja verkon tiedonsiirtopalvelua (TCP/IP)
 - Pääteleite saa osoitteen osoitteenjakopalvelulta (DHCP)



Internet-verkko koostuu useista, yhteentoimivista verkoista

- Runkoverkko, Tier-1-operaattorit
 - Välittävät toistensa liikennettä ilmaiseksi (esim valtameren ali)
- Internet-palveluntarjoaja (internet service provider, ISP)
 - Tier-2: Alueellisia/kansallisia ja
 - Tier-3: asiakkaille yhteyttä myyviä ISP:tä
 - Maksavat ylemmän tason operaattoreille verkkoyhteydestä
 - Voivat sopia keskenään liikenteen välittämisestä ilmaiseksi
- Internet exchange point, IXP
 - Liikenteenvälittäjä eri verkkojen välillä (operaattoririippuvuuden purkamiseksi)
- Reunaverkko: kotiverkko, yritysverkko, langaton verkko...
 - Palvelu ostetaan ISP:tä, verkon läpi ei välitetä muiden liikennettä

Sähköposti jatkaa matkaansa verkossa



Sähköposti jatkaa matkaansa verkossa

4. Viesti välitetään ISP:n sähköpostipalvelimelle SMTP-protokollaa käyttäen
5. Sähköpostipalvelin välittää viestin eteenpäin seuraavalle sähköpostipalvelimelle (SMTP)
 - Palvelin tuhoaa viestin saatuaan sen eteenpäin
6. Lopulta viesti saavuttaa vastaanottajan sähköpostipalvelimen, jossa se tallennetaan osoitteen alkuosan perusteella vastaanottajan postilaatikkoon
7. Vastaanottaja hakee viestin postilaatikostaan IMAP-protokollaa käyttäen ja lukee sen

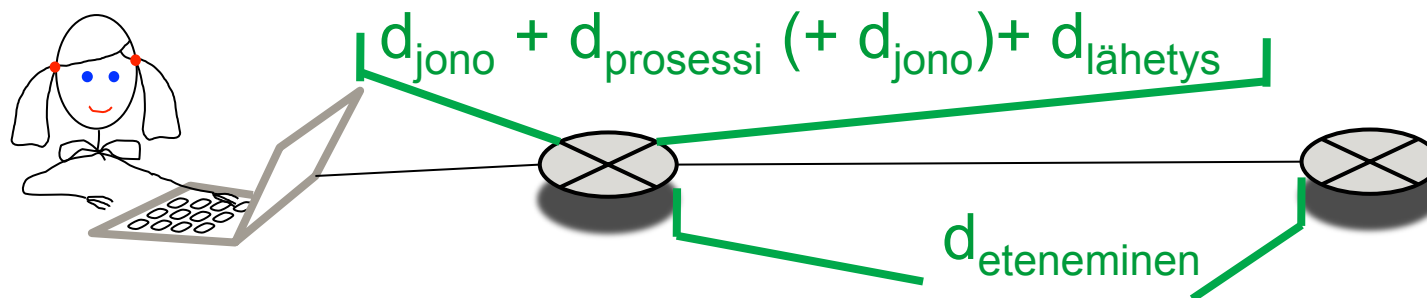
**Mitä voi
mennä
pieleen?**



Häiriöt viestin kulkiessa verkossa

- Verkko voi ruuhkautua
- Verkon laitteet aiheuttavat viipeitä
- Viestit voivat kadota ja muuttua
- Pahantahtoiset tahot voivat aiheuttaa ongelmia
 - Joku voi lukea viestin matkalla (sniffing)
 - Joku voi naamioitua luotetuksi osapuoleksi (man-in-the-middle, MitM, tai spoofing)
 - Joku voi tukkia palvelimen (denial-of-service, DoS)
 - Joku voi käyttää konetta hyväkseen haittaohjelman (malware) avulla esim lähettämään spämmiä tai toimimaan osana hajautetussa palvelunestohyökkäyksessä (DDoS)

Viipeet reitittimessä ja verkossa

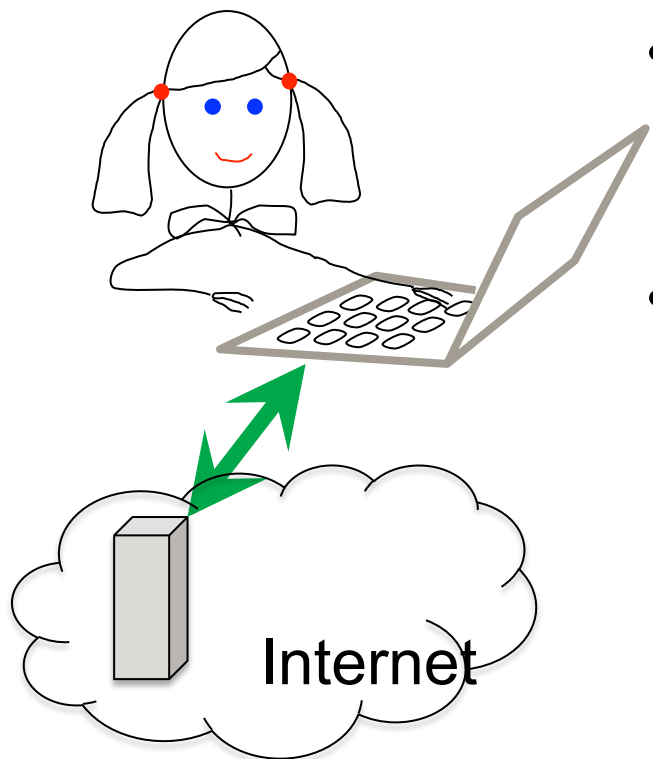


- Prosessointiviive: paketin otsikon tutkiminen ja päätös, mihin reitittimen rajapintaan se seuraavaksi välitetään
- Jonotusviive: paketti odottaa jonossa lähetystä (tai vastaanottoa) – jonotusviive voi vaihdella suuresti
- Lähetysviive: paketin lähettäminen linkille (paketin pituus / linkin nopeus)
- Etenemisviive: paketin matka-aika linkillä

Viestit voivat kadota matkalla

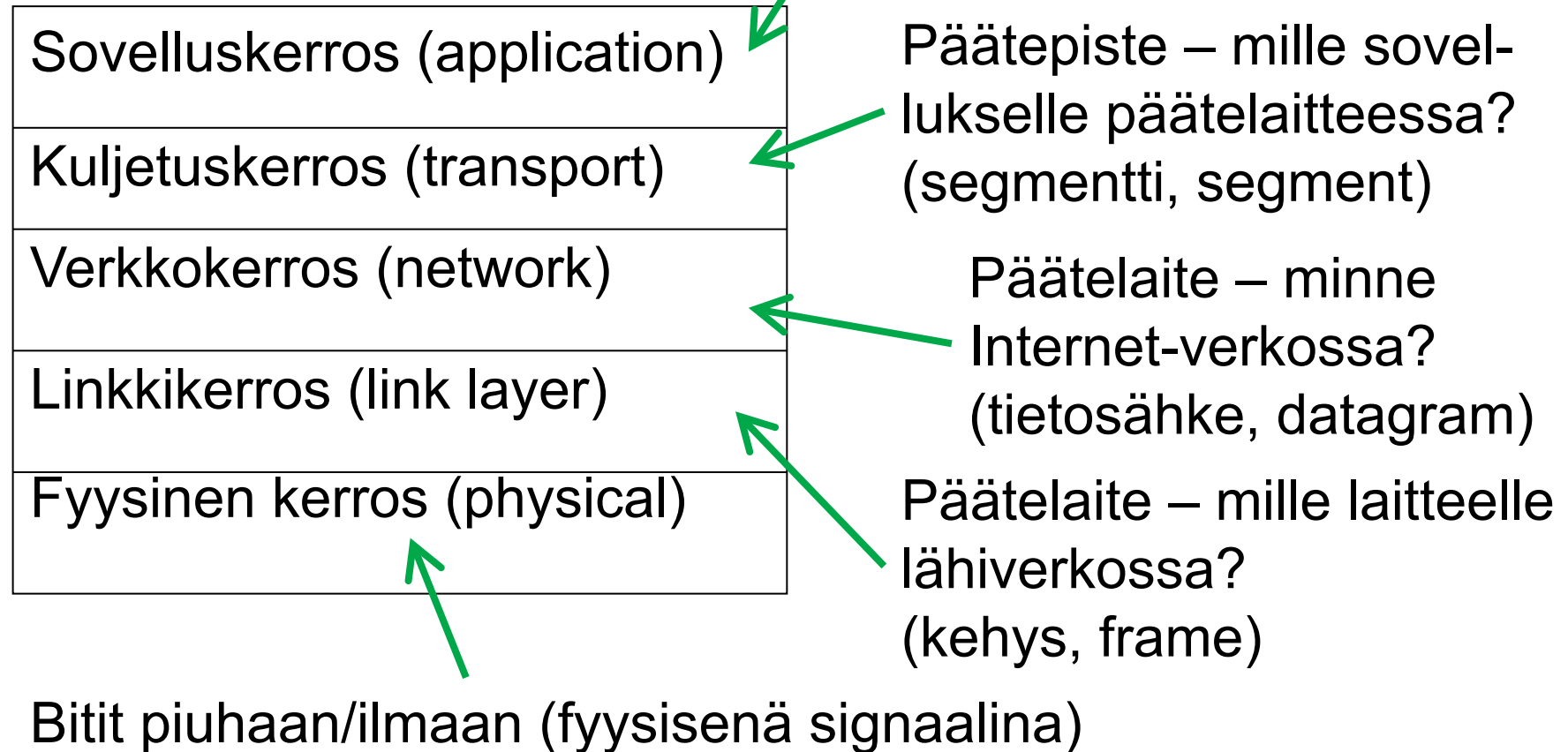
- Viestit matkaavat erilaisille häiriöille alttiissa verkoissa
 - Muut laitteet voivat häiritä tiedonsiirtoa, kaivinkone katkoo piuhan
- Viestit voivat kadota tai muuttua linkillä (verkossa)
 - Reitittimen käsittelyjonoon ei mahdu määrättömästi viestejä
 - Siirtotie voi aiheuttaa virheitä – virheenkorjauksen sijaan käytetään virheiden havaitsemista ja hajonneet viestit hävitetään
- Miten epäluotettavan siirtotien varaan voi rakentaa luotettavan tiedonsiirron?
 - Lisää myöhemmillä luennoilla: mm. kuittaukset ja uudelleenlähetys, vaihtoehtoiset reitit jne
 - Kullakin protokollalla on oma tehtävänsä kokonaisuudessa

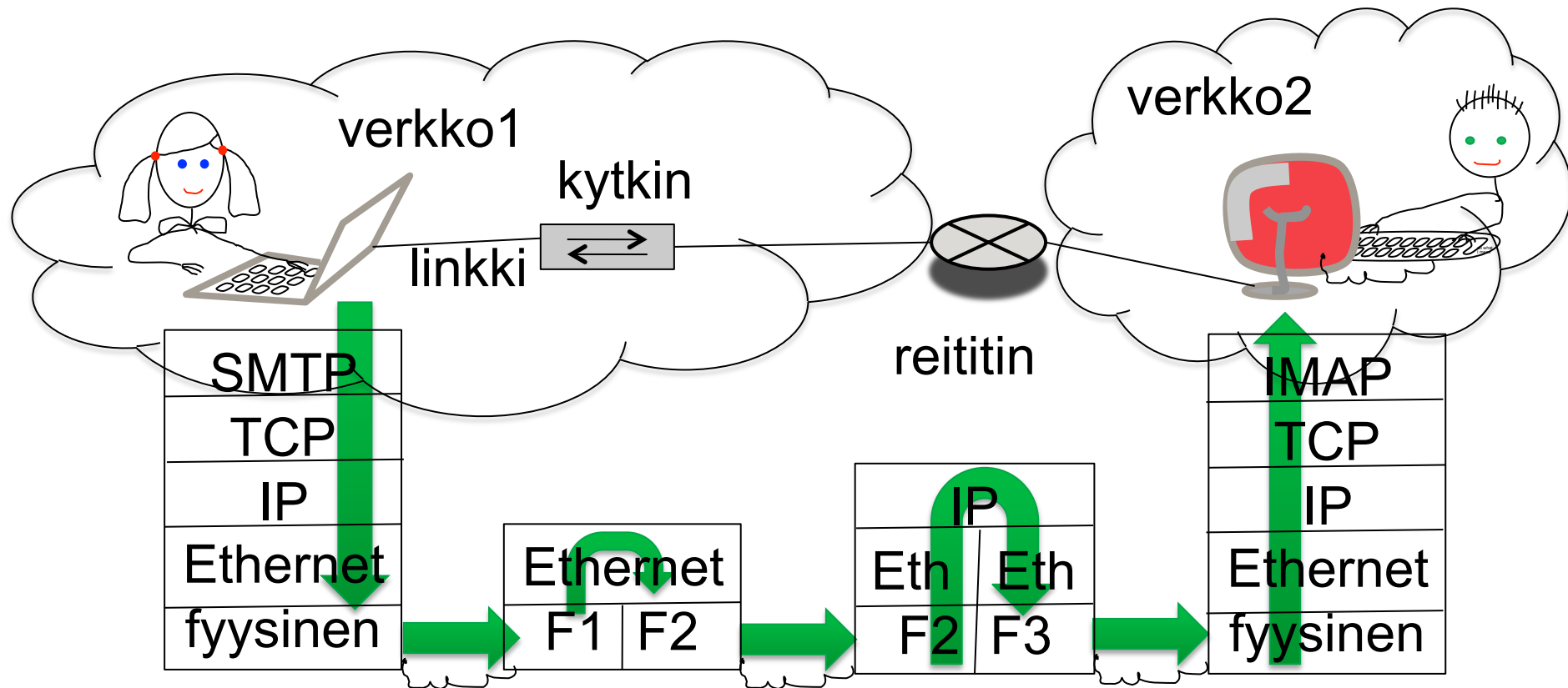
Sähköpostin lähettäminen (taas)



- Sähköpostiohjelma paketoi viestin SMTP-protokollan avulla
 - Otsikko ja itse viesti erikseen
- Viesti annetaan käyttöjärjestelmän tietoliikennepinolle, joka
 - avaa luotettavan tiedonsiirtoyhteyden verkon yli SMTP-palvelimelle
 - kapseloi viestin TCP-tietosähkeeseen, joka puolestaan kapseloidaan IP-pakettiin, joka kapseloidaan Ethernet-kehykseen, joka
- Välitetään verkkokortin kautta piuhan toisessa päässä olevalle laitteelle

Internetin protokollapino





- Kaikissa verkon laitteissa ei käytetä koko protokollapinoa
 - Kytkimet ovat linkkikerroksen laitteita: linkeillä sama tekniikka
 - Reitittimet ovat verkkokerroksen laitteita: linkin tekniikan vaihto verkkojen välillä
- (paitsi hallintarajapinnalle toki tarvitaan koko pino ;)

Muutama sana historiasta

- 1960-luvulla kehitettiin pakettikytkentäinen tekniikka, jossa viestit lähetetään paketteina verkkoon ilman varausta
 - Puheliverkot käyttävät piirikytkentäistä tekniikkaa, jossa siirtotie varataan päästä päähän yhteyttä varten (aika- tai taajuusjako)
- 1970-luvulla oli yksittäisiä erillisiä verkkoja
 - TCP/IP-protokollien kehitys alkoi
- 1980-luvulla verkkoja kytkettiin yhteen
 - TCP/IP valmis, sähköposti, FTP, DNS ja muita palveluita
- 1990-luvulla netin käyttö räjähti WWW:n myötä
- 2000-luvulla videot, liikkuvat päätelaitteet ja sosiaalinen media sekä pilvipalvelut ovat muuttaneet käyttöä

Ensi viikolla: sovelluskerros

- Sovellusten tarvitsemat kuljetuskerroksen palvelut
- Käyttäjän sovellukset:
 - Sähköposti: SMTP, IMAP
 - Web ja HTTP-protokolla
- Verkon toiminnan kannalta olennaiset sovellukset:
 - Nimipalvelu DNS

- Kahden viikon päästä
 - Sovellusarkkitehtuurit
 - Verkko-ohjelmien teko

Lähteitä

- Kurose, Ross: Computer Networking, 2013, luku 1
- RFC:t (<http://www.rfc-editor.org/rfc-index.html>)
 - J. Postel, Internet protocol (IP), RFC791, 1981
 - J. Postel, Transmission Control Protocol (TCP), RFC793, 1981
 - D.Clark et al. Towards the Future Internet Architecture, RFC1287, 1991
 - P.V. Mockapetris. Domain names - concepts and facilities, RFC1034, 1987 ja Domain names - implementation and specification, RFC 1035, 1987

Tärkeitä lyhenteitä

- IP internet protocol
- TCP transmission control protocol
- UDP user datagram protocol
- RFC request for comments
- API application programming interface
- DSL digital subscriber line
- ISP internet service provider
- LAN local area network
- FDM frequency-division multiplexing
- TDM time-division multiplexing
- IXP Internet exchange point
- SMTP simple mail transfer protocol
- DNS domain name system
- DHCP dynamic host configuration protocol
- DoS denial of service

Tärkeitä termejä ja konsepteja

- Internet, palvelu (service), protokolla (protocol), rajapinta (interface), päätelaite (host, end system), palvelin (server), linkki (communication link), verkko (network), kytkin (switch), reititin (router), paketti (packet), protokolla (protocol), sovellus (application), rajapinta (interface), asiakasohjelma (client), asiakas (customer), tuottaja (provider), tier-1 ja tier-2, monikotinen (multi-home)
- Liitännätverkko (access network), lähiverkko (LAN), laajakaistaverkko (broadband-), kaapeliverkko, fyysinen media (physical medium), pakettikytkentäinen (packet switching), piirikytkentäinen (circuit switching), aika- tai taajuusjakoinen multipleksaus (time- or frequency-division multiplexing), talleta-ja-lähetä (store and forward), Ethernet, WiFi (tai WLAN),
- Jono (queue), puskuri (buffer), viive (delay), kaistanleveys (bandwidth), katoaminen (loss), läpäisy/suoritusteho (throughput), tiputtaminen (drop), pullonkaula (bottleneck)
- Kerrosarkkitehtuuri (layered architecture), referenssimalli (reference model), kerros (layer), protokollapino (protocol stack), sovelluskerros (application layer), kuljetuskerros (transport layer), verkkokerros (network layer), linkkikerros (link layer), fyysinen kerros (physical layer), esitystapakerros (presentation layer), istuntokerros (session layer), kapsulointi (encapsulation), viesti (message), sekmentti (segment), tietosähke (datagram), kehys (frame)
- Haittaohjelma (malware), palvelunestohyökkäys (denial-of-service attack), pakettien salakuuntelu (eavesdropping, packet sniffing), naamioituminen (masquerade), tunnistus (authentication)
- Historiaa ja standardeja: ARPAnet, Aloha, DARPA, IETF, ISO:n OSI-malli (ISO OSI reference model),