

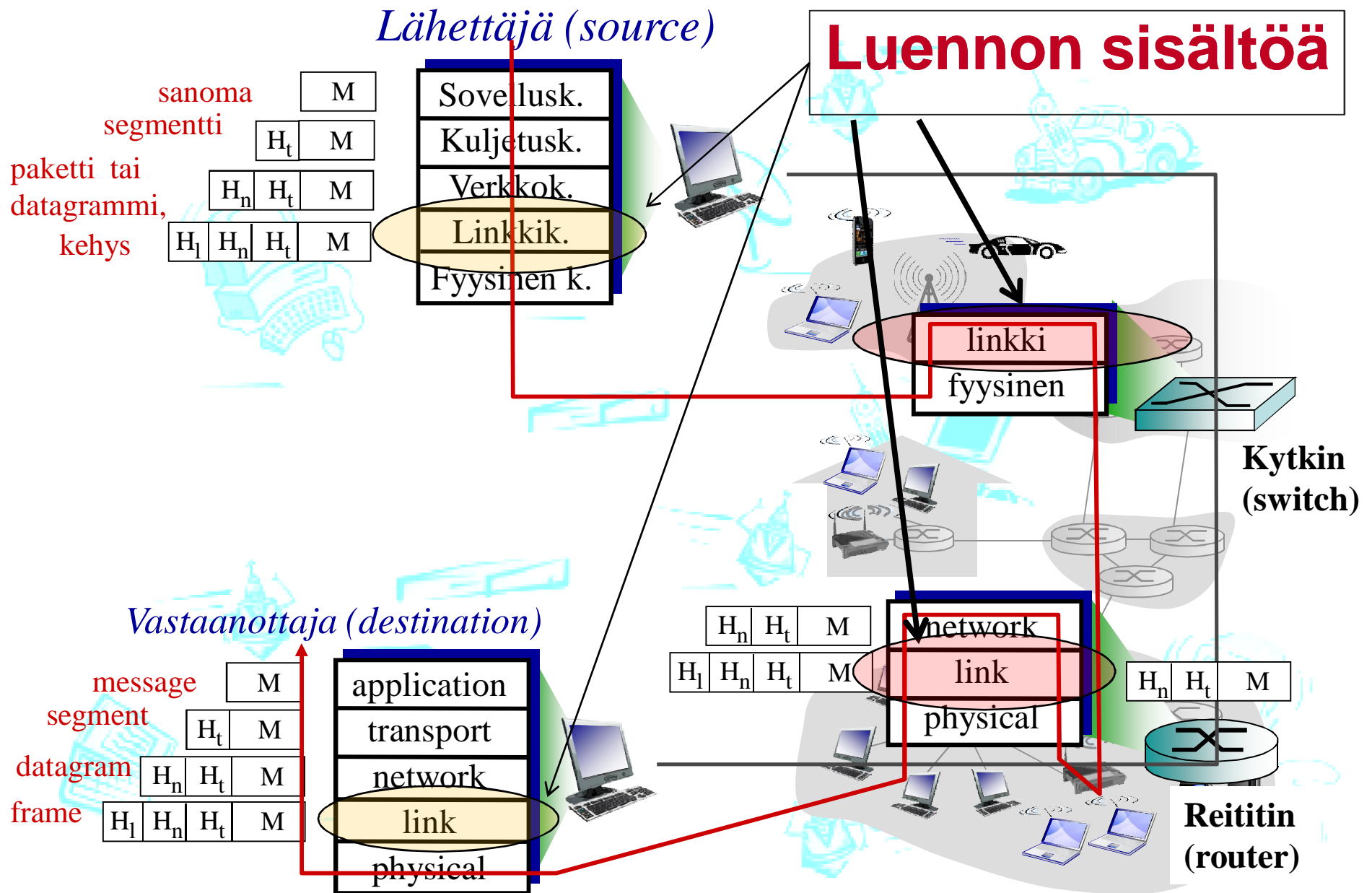
Tietoliikenteen perusteet

Luento 10: Kaikki yhteen ja langaton linkki

Syksy 2014, Tiina Niklander

Kurose&Ross:
Ch5.7 ja 6.1-6.3

Pääasiallisesti kuvien
© J.F Kurose and K.W. Ross, All
Rights Reserved



Sisältö

- **Kytkin vs. Keskitin**
- **Ethernet**
- **Kerrosten yhteistoiminta**

- **Langaton linkki**



Oppimistavoitteet:

- Osa selittää kytkimen ja keskittimen erot
- Osa kuvata sanoman välityksen kerrokselta toiselle ja selittää mitä kaikkea pitää verkossa tapahtua piilossa käyttäjältä, jotta yksi www-kysely tai sähköpostin lähetys saadaan tehtyä.

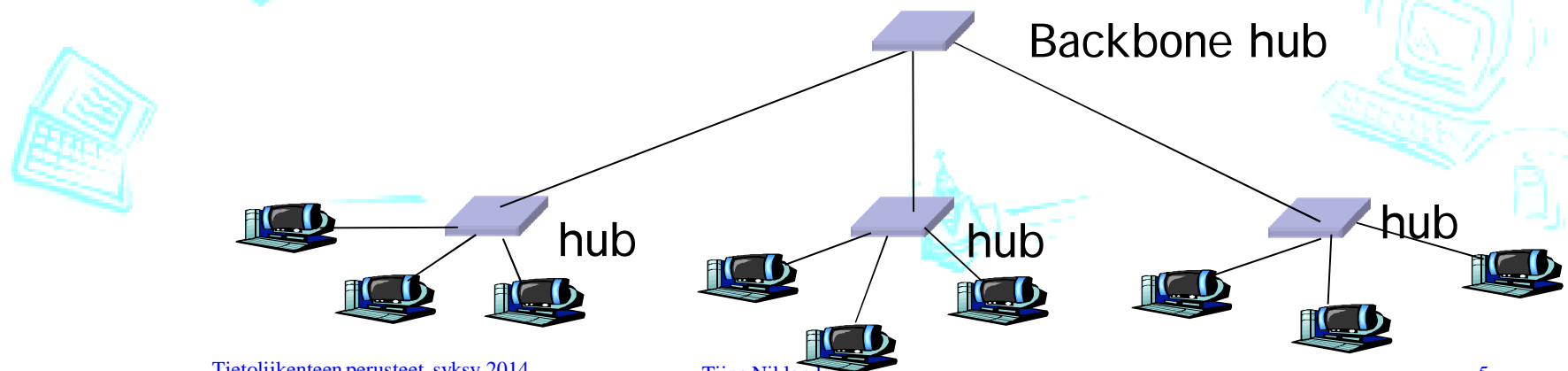


KESKITIN VS KYTKIN

Ch 5.6

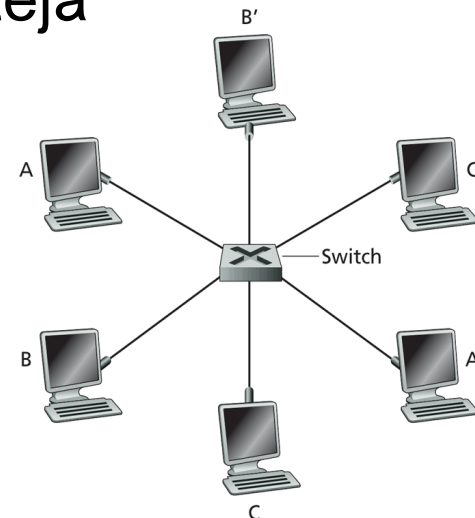
Keskيتين (hub) fyysinen kerros (layer-1)

- Käsittelee bittejä
- Toistaa saamansa bitit heti kaikille muille linkeille
 - Signaalin vahvistus
 - HUOM: Lähettää kaikille!
- Yhteinen törmäysalue → vain pieniin verkkoihin
- Yhdistää vain saman teknologian laitteita
 - Ei esim. 10 Mbps ja 100 Mbps samaan keskittimeen



Kytkin (switch) linkkikerros (layer-2)

- Käsittelee siirtokehyksiä, useita yhtäaikaisia yhteyksiä
- Vastaa ja lähettää kokonaisia kehyksiä
 - Etappivälitys (store and forward) (yleensä)
- Ei törmäyksiä
 - Suora linkki (kaapeli, johdin, piuha) koneelta kytkimeen
 - Kytkin lähettää ulos vain yhdelle linkille
- Voi yhdistää erilaisia verkkosegmenttejä
 - Kytkimessä esim. 10/100 Mbps portteja
 - Puskurointia
- Tuntumaton (transparent)
 - Sopeutuu itse verkon muutoksiin
 - 'plug-and-play', self-learning



Kytkin: kehyksien välitys - mihin linkkiin?

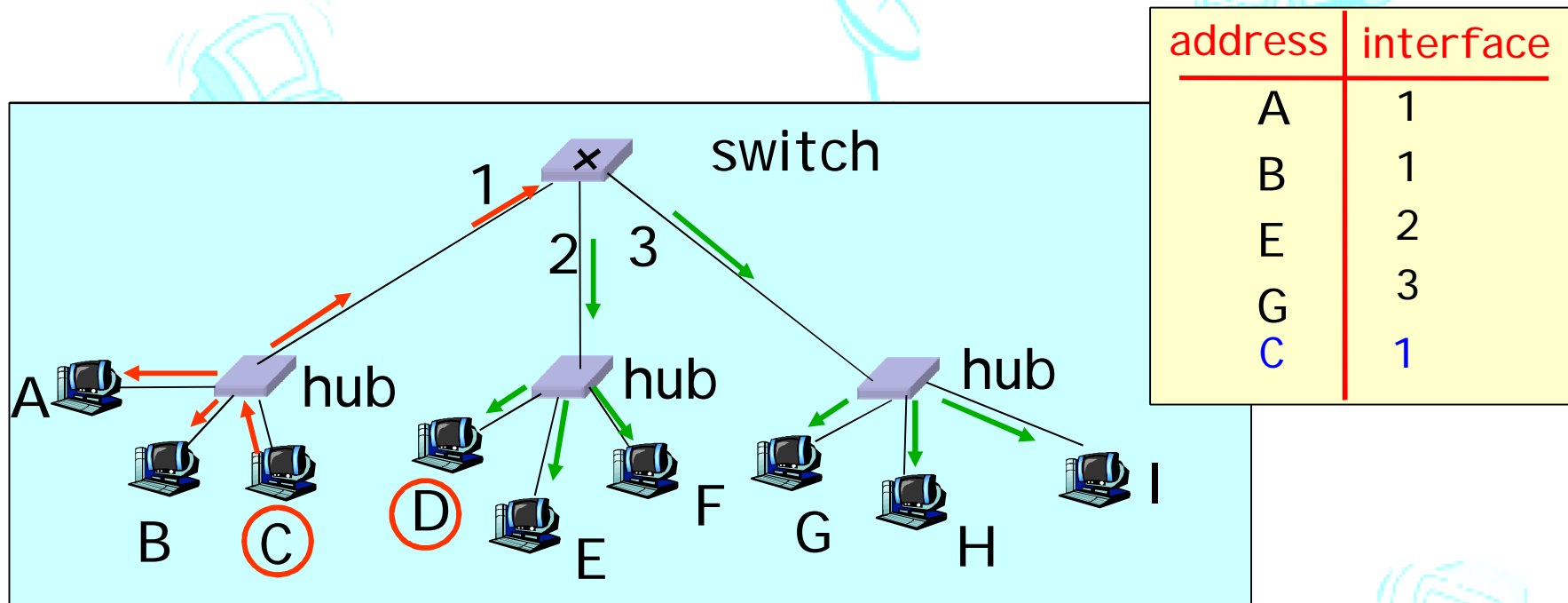
- Miten kytkin osaa välittää kehyksen juuri oikeaan linkkiin?
- Se kerää itse ('oppii') tarvittavat tiedot
 - **takaperinoppimista** (backward learning):
saapuva kehys kertoo, mistä linkistä **lähettäjä** saavutetaan
- Ylläpitää kytkentätaulukkoa
 - taulun kentissä: (MAC-osoite, linkki, TTL)
 - Time-to-live (TTL) aikaleima: poista ne, joita ei ole käytetty
esim. 60 minuutin aikana
- Jos ei tiedä (= ei taulussa), lähettää kaikkialle paitsi tulosuuntaan

Kytkentätaulu (switching table): -tietojen keruu saapuvista kehyksistä

- Aluksi taulu on tyhjä
- Saapuva kehys
 - **Lähteen MAC-osoite** x ,
kohteen MAC-osoite y ,
tuloportti p , yms
- Lähde X ei ole taulussa =>
 - Lisää (X, p, TTL) tauluun
eli **kytkin oppii, että
osoite X on
saavutettavissa portin p
kautta**
- Lähde X on taulussa =>
päivitä TTL
- Kohde Y ei ole taulussa =>
 - Lähetetään kehys kaikkiin
muihin portteihin = **tulvitus**
(flooding)
 - Opitaan myöhemmin Y :n
oikea portti jostain sen
lähettämästä kehyksestä
- Kohde Y (ja lähde X)
taulussa =>
 - X ja Y samassa portissa =>
hylkää kehys (on jo oikeassa
verkon osassa)
 - X ja Y eri porteissa => lähetä
kehys Y :n porttiin

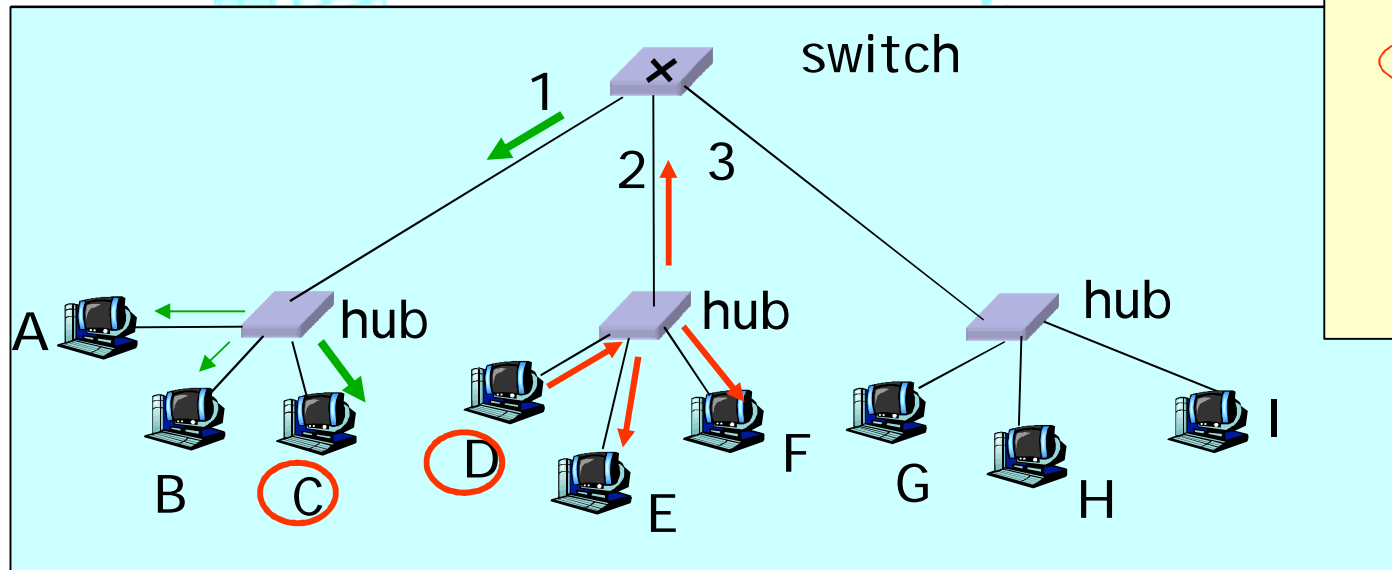
Esimerkki:

C lähettää kehyksen D:lle



- Kytkin vastaanottaa kehyksen (A ja B kuulevat myös)
 - Merkitsee tauluun C:n MAC-osoitteen ja portin 1
- Koska D ei ole taulussa, tulvittaa linkeilla 2 ja 3.
- D vastaanottaa kehyksen (E, F, G, H, I kuulevat myös)

Esimerkki jatkuu: D lähettää kehyksen C:lle



address	interface
A	1
B	1
C	1
E	2
G	3
D	2

- Kytöin vastaanottaa kehyksen (E ja F kuulevat myös)
- Merkitsee tauluun D:n MAC-osoitteen ja portin 2
- C:n osoite on taulussa, joten lähettää kehyksen linkkiin 1
- C vastaanottaa kehyksen (A ja B kuulevat myös)

Tulvitus (flooding)

- Tulvitus voi olla ongelma
 - Kehykset voivat jäädä kiertämään silmukoissa
 - Koko verkko tukkeutuu
- Siis silmukoita ei saa muodostua!
- Verkon loogisen rakenteen pitää olla puu.
 - Virittävä puu (Spanning tree)
 - Lyhimmin poluin virittävä puu Dijkstran algoritmilla

Suorakytkentä (cut-through switching)

- Jotkut kytkimet voivat välittää kehyksen bitit ulos sitä mukaa kuin itse ne saavat
 - Välityspäätöksen tekoon riittää tutkia otsakkeesta kohdeosoite
 - Ei siis enää etappivälitteistä (store-and-forward)
- Pientää latenssiaikaa
 - Ei kuitenkaan mahdollisesti ...
 - 100 Mbps:n linjalla odotusta maksimissaan noin 0.12 ms

Vertailua

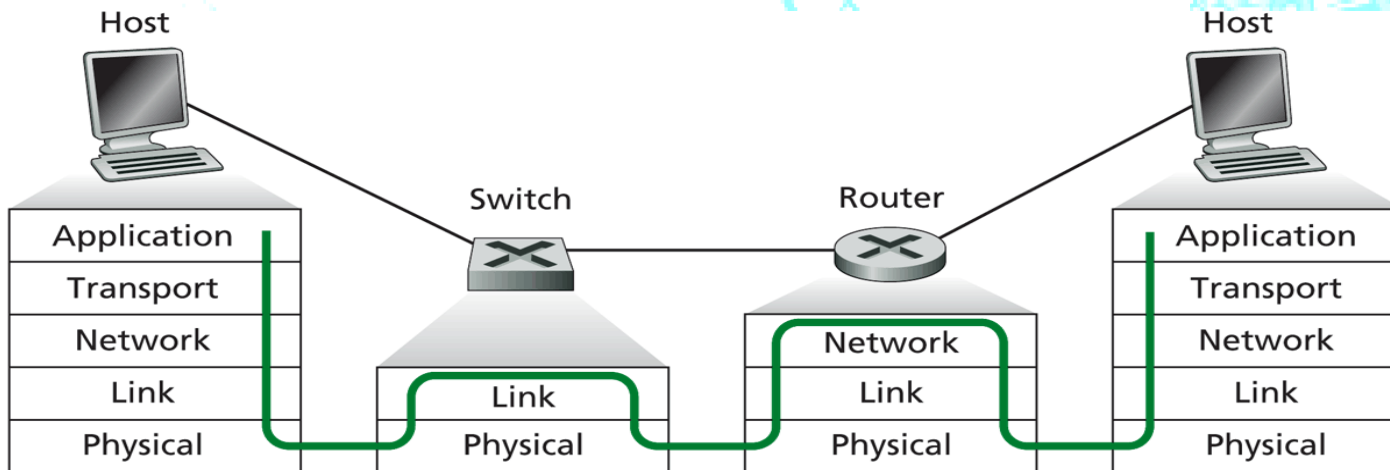


Fig 5.24 [KR12]

◆ Packet processing in switches, routers, and hosts

Table 5.1 [KR12]

	Keskitin (hub)	Kytkin (switch)	Reititin (router)
Traffic isolation	no	yes	yes
Plug and play	yes	yes	no
Optimal routing	no	no	yes
Cut through	yes	yes	no



ETHERNET-VERKKO

Ch 5.5

Ethernet

- Yleisin lähiverkkoteknologia
 - Yksinkertainen, edullinen, helppo laajentaa
 - Lähiverkko syntyy kytkemällä koneet keskittimeen tai kytkimeen
- IEEE:n standardoima LAN-verkko
 - Klassinen Ethernet (10 Mbps): CSMA/CD (kuulosteluväylä)
 - Fast Ethernet (FE, 100 Mbps), Gigabit Ethernet (GE), 10 Gigabit Ethernet, 100 Gb Ethernet (myynnissä), 400Gb Ethernet (tulossa??) 1 TB Ethernet (joskus vai ei ollenkaan??!)
 - Yleensä kytkentäisiä kaksipisteyhteyksiä
- Muita lähiverkkostandardeja
 - Token Ring (vuororengas)
 - FDDI (Fiber Distributed Data Interface)
 - WLAN (langaton lähiverkko)

Ethernet Timeline (ennuste 2003)

- * 10 Megabit Ethernet 1990
- * 100 Megabit Ethernet 1995
- * 1 Gigabit Ethernet 1998
- * 10 Gigabit Ethernet 2002
- * 100 Gigabit Ethernet 2006**
- * 1 Terabit Ethernet 2008**
- * 10 Terabit Ethernet 2010**

April 24, 2008

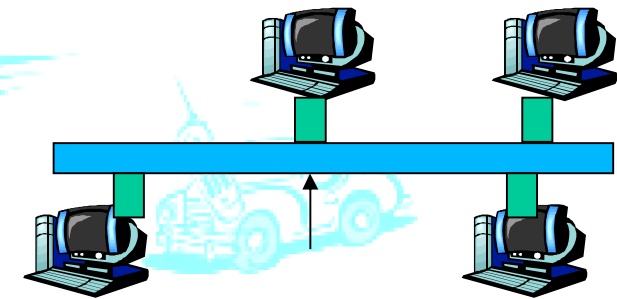
Terabit Ethernet around 2015

**Bob Metcalfe (ethernet
coinventor)**

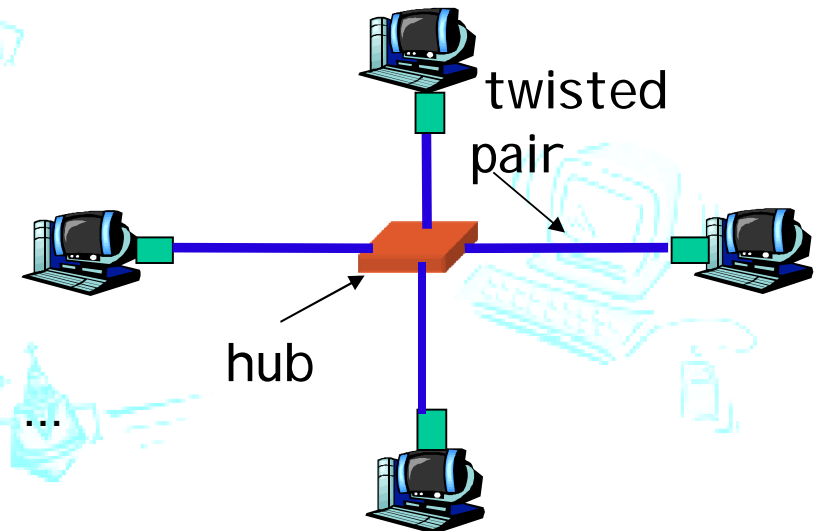
**gave a keynote speech,
"Toward Terabit Ethernet."**

10BaseT ja 100BaseT

- 10 Mbps tai 100Mbps (Fast Ethernet, FE)
 - T = Twisted Pair eli kierretty parikaapeli
- Maks. etäisyys keskittimeen 100 m
- **Keskitin (hub)** *toistaa bitit heti sellaisenaan muille*
 - Fyysisen tason toistin (repeater); yleislähetys
 - Signaalin vahvistus
- Verkkokortit käsittelevät törmäykset
 - Maks. 30 konetta / keskitin
- Keskitin osaa jättää huomiotta vikaantuneen kortin
- Kerää myös tietoa liikenteestä
 - Törmäysten lkm, keskim. kehyskoko, ...



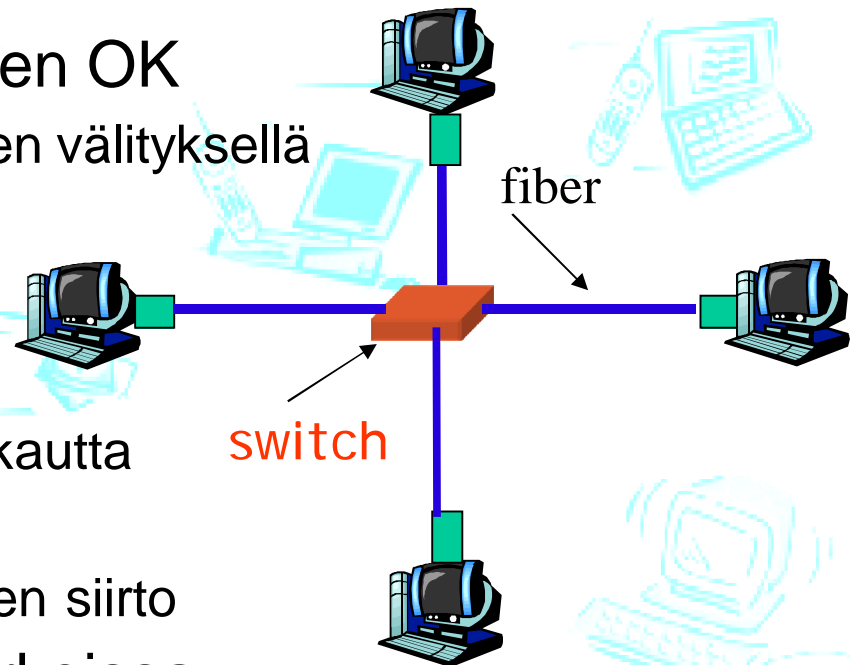
Koaksiaalikaapeli
max. 500 m



Gigabitin Ethernet (GE):

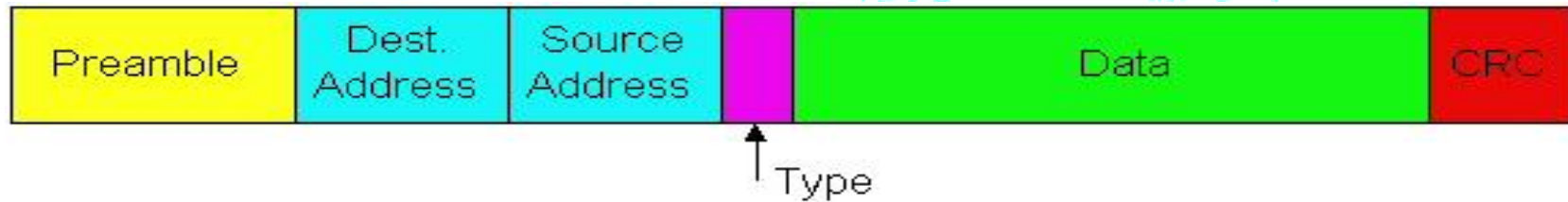
1 Gbps, 10 Gbps, 40 Gbps, 100 Gbps

- Edelleen sama kehysformaatti
 - Taaksepäin yhteensopiva
- Yhteiskäyttöiset linkit edelleen OK
 - Koneiden yhdistely keskittimen välityksellä
 - CSMA/CD
- Kaksipisteyhteydet
 - ei törmäyksiä
 - koneet yhdistetty **kytkimien** kautta
 - pitkät välimatkat mahdollisia
 - kaksisuuntainen täysivauhtinen siirto
- Käytetään yleisesti runkoverkoissa
 - verkkojen yhdistely (reititin -> reititin)
 - valokaapeli, myös cat5/cat6 parikaapeli



Ethernet-kehys

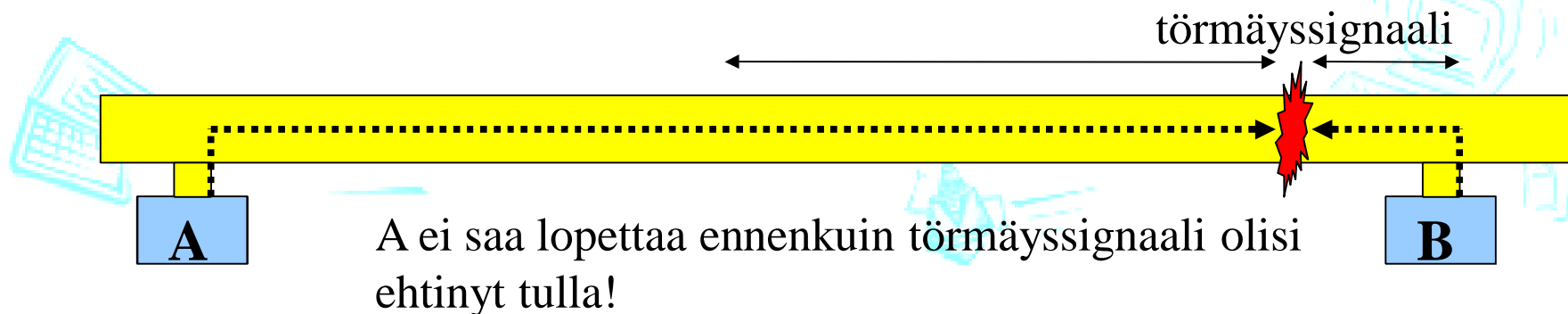
Fig 5.20 [KR12]



- Tahdistuskuvio (preamble) (8 B)
 - 7 ensimmäistä tavua: 10101010 kellojen tahdistusta varten
 - 8. tavu: 10101011 kertoo varsinaisen kehyksen alkavan
- Kohteen ja lähteen MAC-osoitteet (6 + 6 B)
- Type (2 B)
 - verkkoprotokolla, jolle vastaanottaja luovuttaa kehyksen datan
 - IP, ARP, jokin muu esim, Apple Talk, Novell IPX, ..
- Data (46 ... 1500 B)
 - Ethernet MTU = 1500 B
- CRC (4 B eli 32 bittiä)
 - tarkistusbitit, tahdistuskuvio mukana laskennassa

Kehyksen minimipituus

- Data-osan pituus min 46 B
 - Tarvittaessa täytetäviä (pad), jotka vastaanotto poistaa
- Lähettäjän **ehdittävä huomata mahdollinen törmäys**
 - Kehyksen lähetys ei saa päättyä ennenkuin alku on perillä ja mahdollinen törmäysääni kuuluu
 - Alku perillä -> loppukin onnistuu
- Lähetyksen minimikesto = $2 \cdot$ etenemisviive

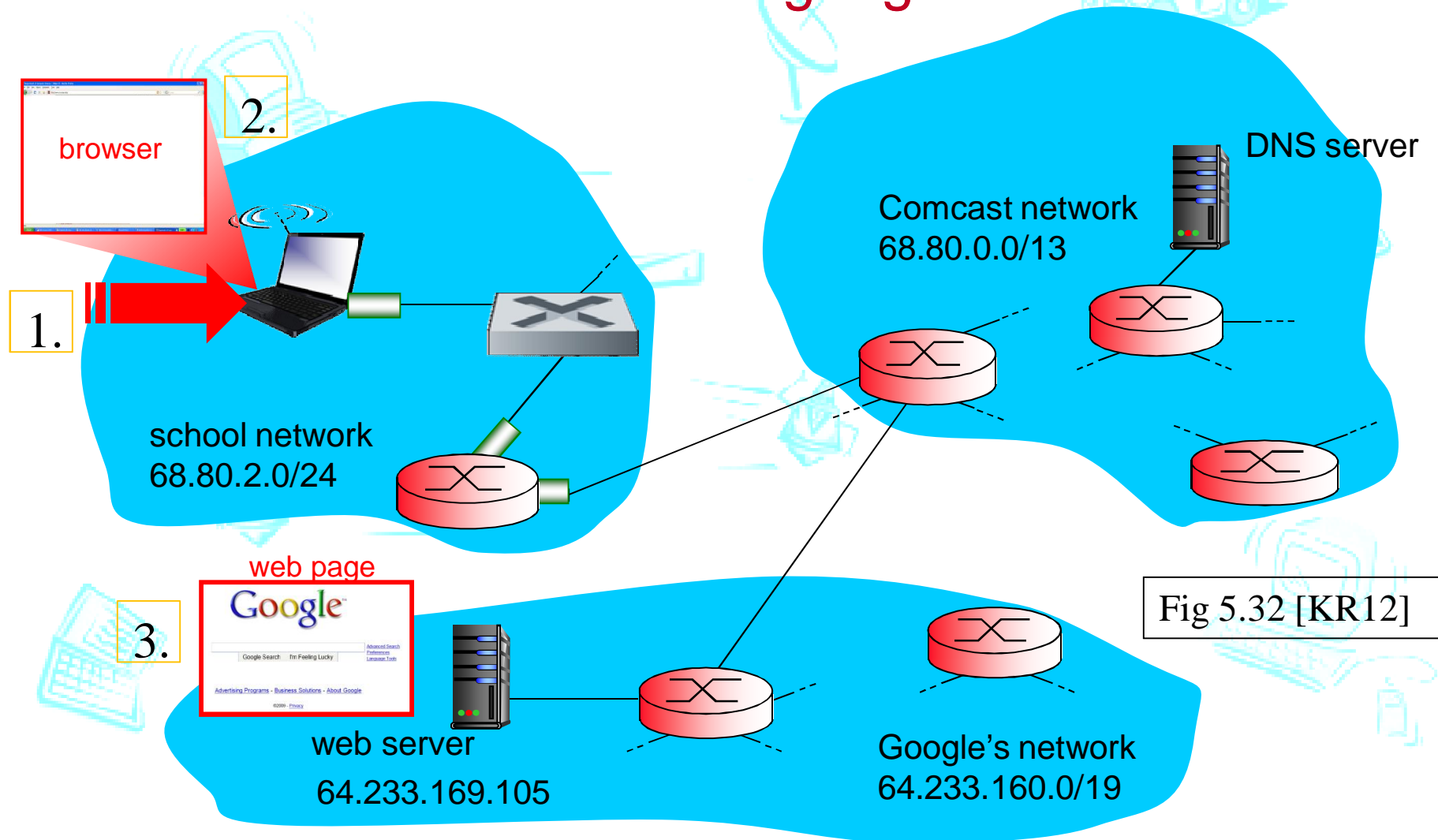




KERROSTEN YHTEISTOIMINTA

Ch 5.7 (vain 6ed.)

Skenaario: opiskelija yhdistää koneensa langattomaan verkkoon ja pyytää sivua www.google.com



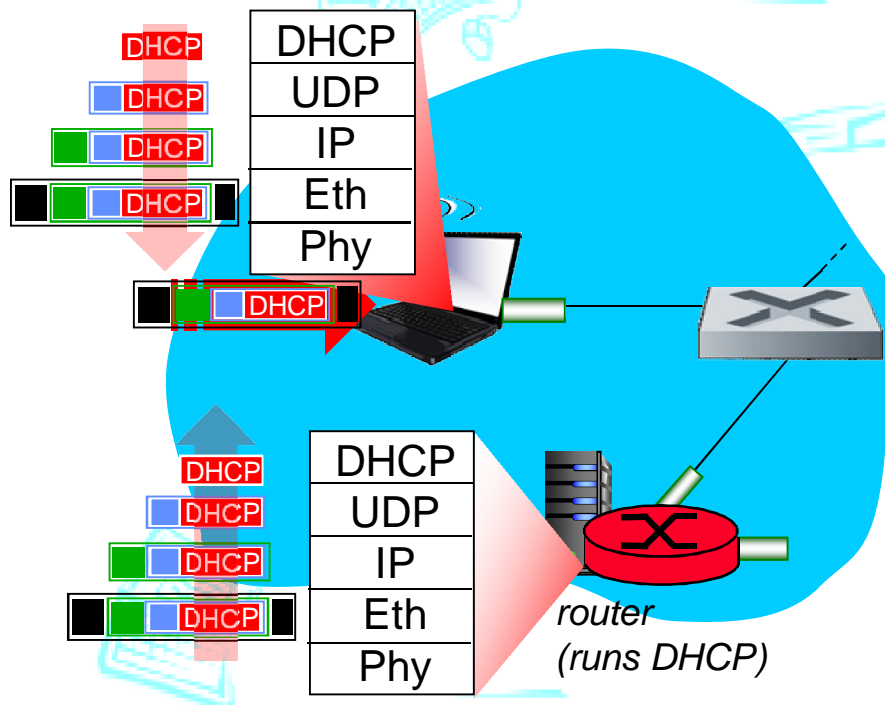
Mitä tarvitaan

- Jaetaan edellisen kalvon skenaario osiin:
- Mitä protokollia/ominaisuuksia tarvitaan koneen yhdistämisessä verkkoon?
- Mitä tietoja koneelle verkosta tulee tässä yhteydessä?
- Entä www-kyselyn tekemisen aikana?

Vaihe 1: yhteys verkkoon (Internet)

DHCP pyyntö

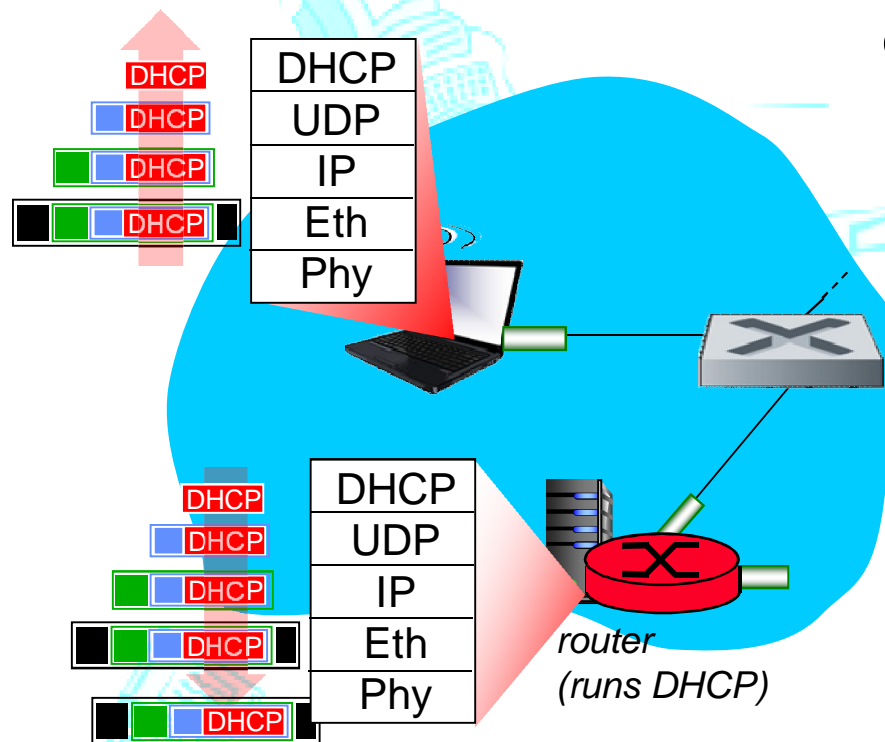
❖ Kannettavan täytyy saada IP-osoite sekä reitittimen ja nimipalvelun osoitteet; *DHCP*



- ❖ DHCP discover-pyyntö paketoidaan (*encapsulated*) UDP, paketoidaan IP, paketoidaan 802.3 Ethernet
- ❖ Ethernet kehys (frame) lähetetään kaikille (*broadcast*) (kohde: FFFFFFFFFFFFFFFF), DHCP -palvelin (esim. reitittimessä) saa viestin
- ❖ Paketoinnit puretaan (*demuxed*) Ethernet → IP → UDP → DHCP

Vaihe 1: yhteys verkkoon (Internet)

DHCP vastaus

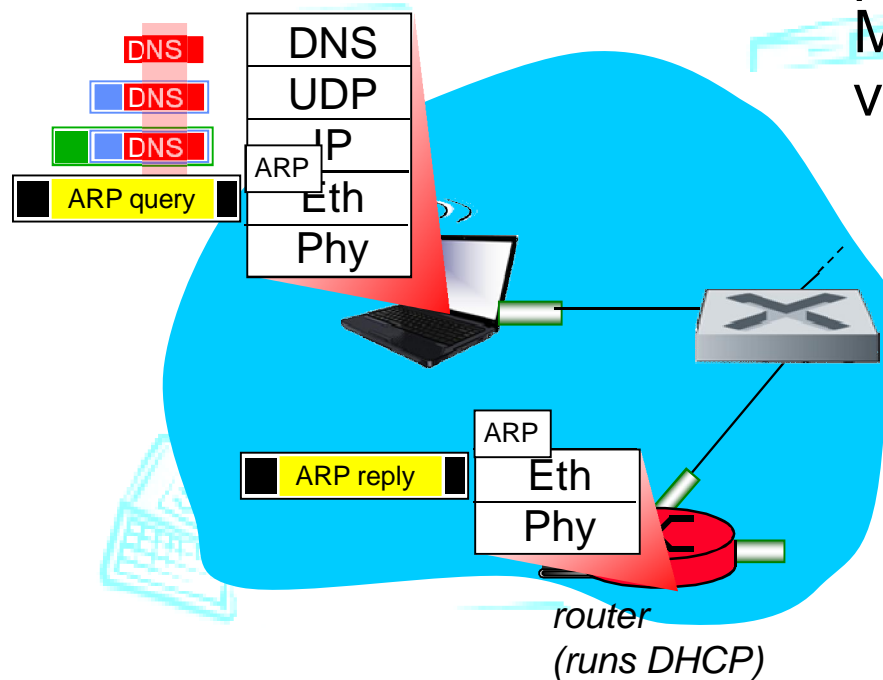


- DHCP-palvelin muodostaa *DHCP OFFER* –sanoman, jossa on kannettavalle IP-osoite, reitittimen osoite, aliverkkopeite + nimipalvelimen nimi ja osoite
 - ❖ Sanoma paketoidaan kerroksittain DHCP-palvelimella, kehys siirretään verkossa (*kytkin oppii!*) kannettavalle
 - ❖ Kannettava (DHCP:n asiakas) vastaanottaa DHCP ACK sanoman
 - ❖ DHCP:ssä vielä request ja ack viestit – *ohitetaan nämä tästä*

Kannettavalla on nyt IP-osoite. Se tietää myös nimipalvelimen nimen ja osoitteen, sekä reitittimen ip-osoitteen

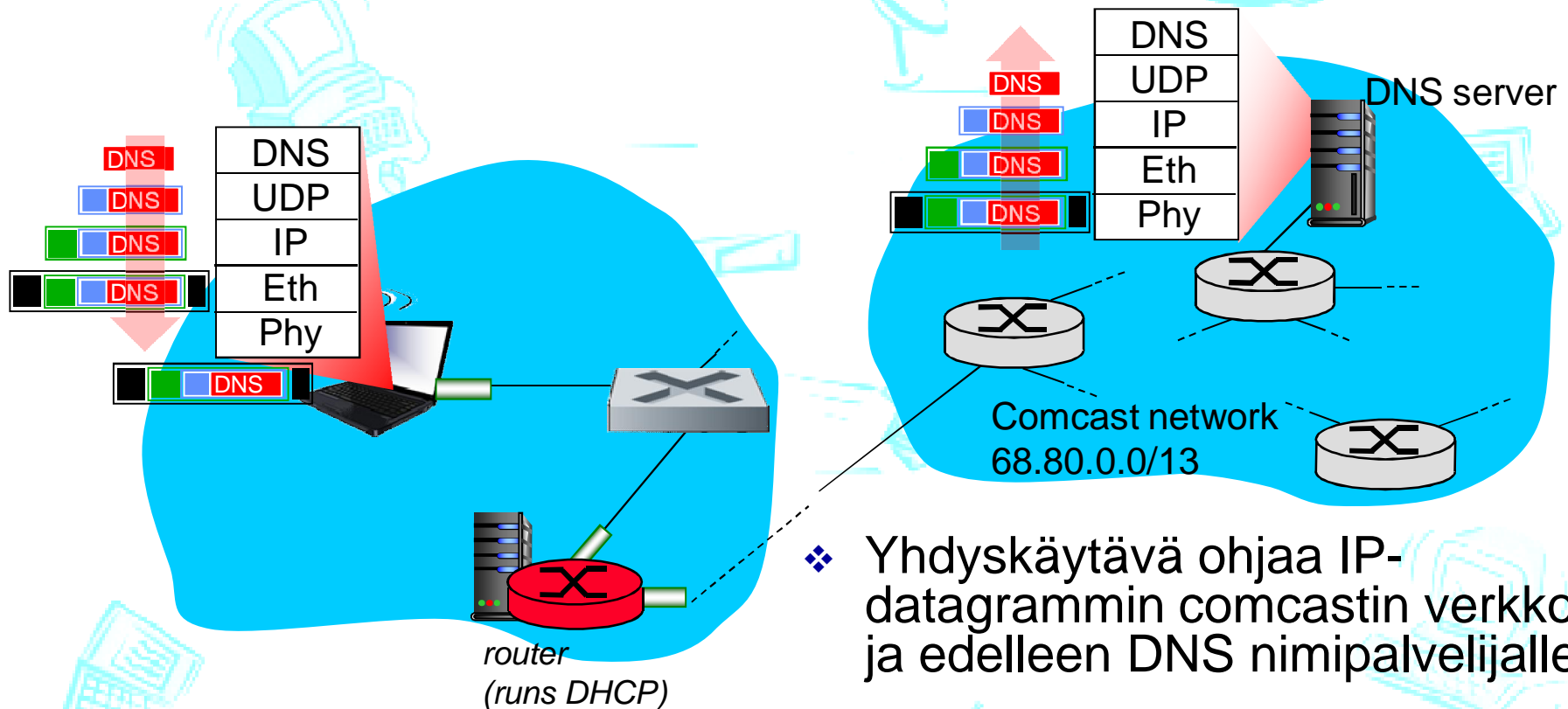
Vaihe 2: ARP (välivaihe, tarvitaan DNS-viestin lähetykseen verkkoon)

- Ennen *HTTP*-pyynnön lähetystä tarvitaan *www.google.com*:in IP-osoite *DNS*



- ❖ Kannettava tekee DNS-pyynnön, joka paketoitetaan UDP → IP → Ethernet. Mutta eri verkossa, joten tarvitaan vielä reitittimen MAC-osoite; *ARP*
- ❖ *ARP-kysely* yleislähetyksenä, reititin vastaanottaa ja kertoo oman MAC-osoitteen *ARP-vastausviestinä*
- ❖ Kannettavalla on nyt reitittimen MAC-osoite, joten se voi lähettää DNS-pyynnön sisältävän kehyksen

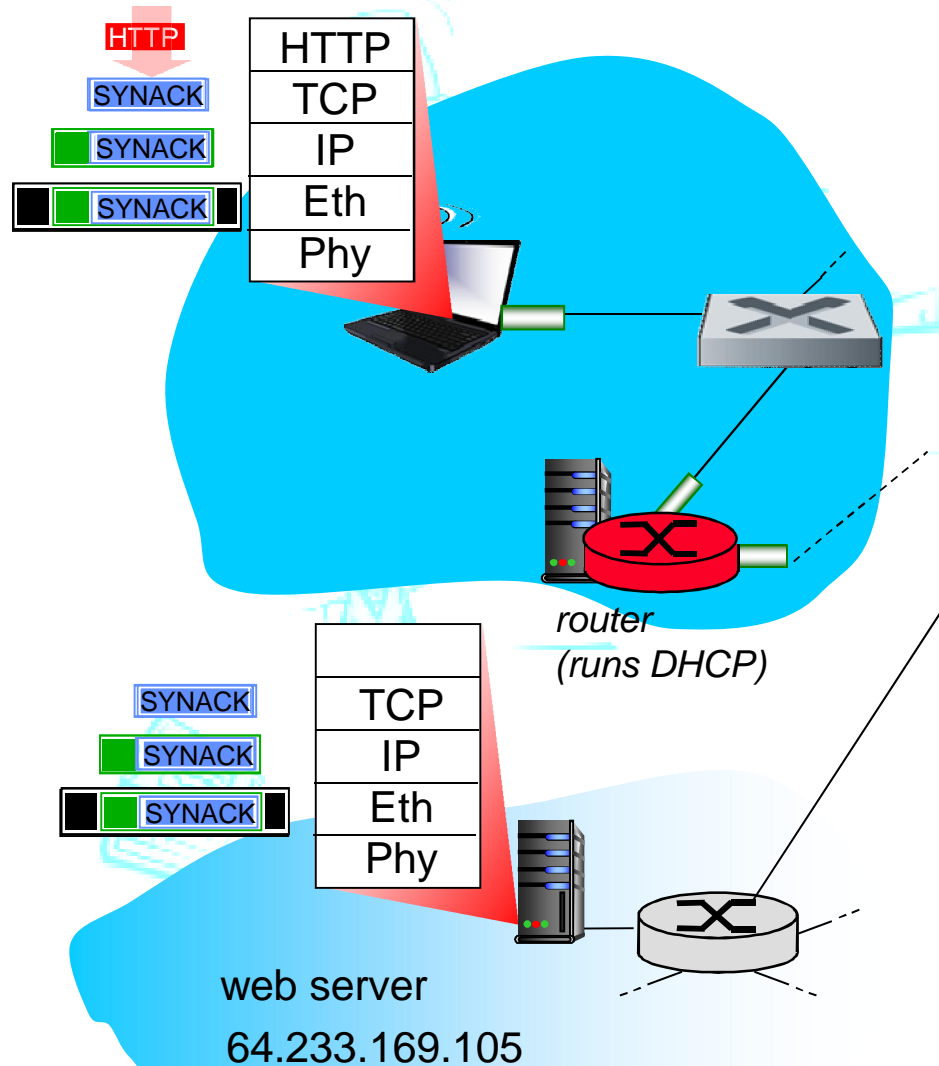
Vaihe 2: jatketaan DNS-kyselyä. Nyt se voidaan lähettää



- ❖ Paikallisverkon kytkin ohjaa kehyksen yhdyskäytäväreitittimelle

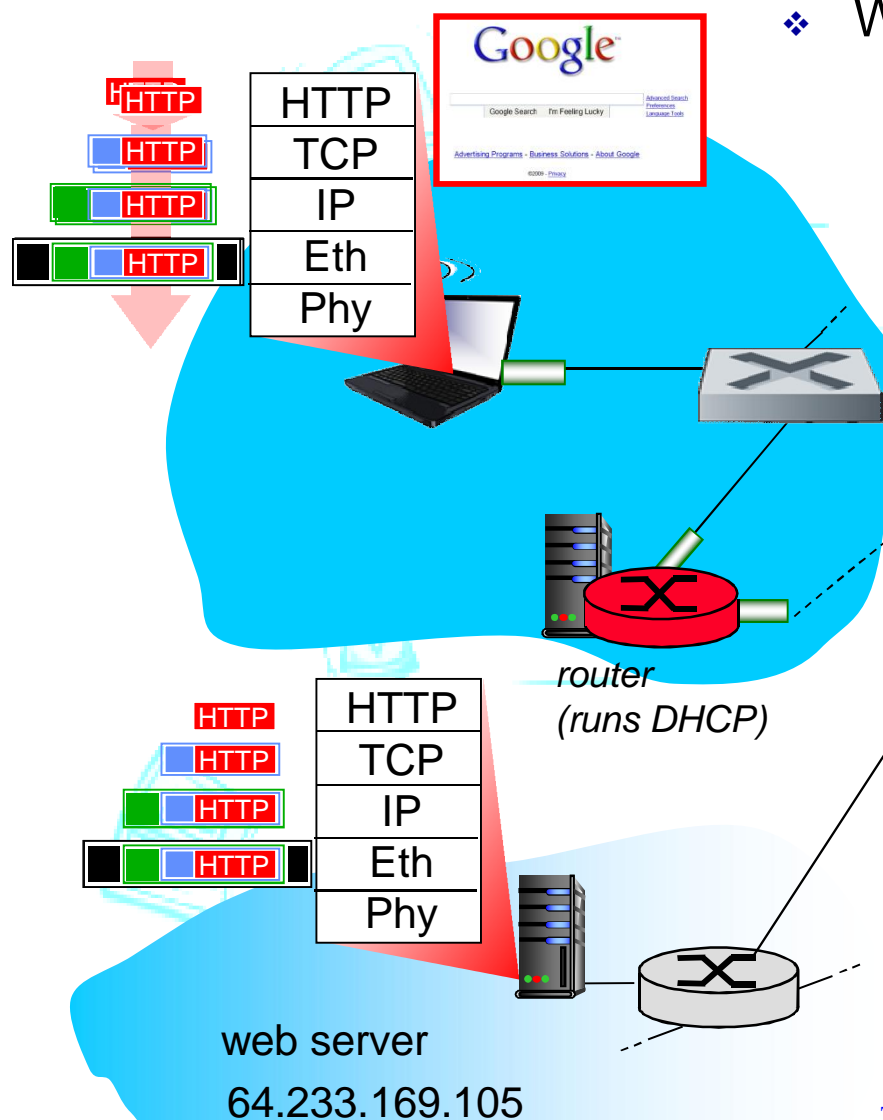
- ❖ Yhdyskäytävä ohjaa IP-datagrammin comcastin verkkoon, ja edelleen DNS nimipalvelijalle
- ❖ DNS-palvelin vastaa asiakkaalle ja kertoo `www.google.com:n` IP-osoitteet

Vaihe 2: TCP-yhteys



- ❖ HTTP-pyynnön lähetystä varten, asiakas avaa **TCP-yhteyden** palvelimeen
- ❖ TCP **SYN segmentti** (kättelyn 1. vaihe) reititetään www-palvelimelle
- ❖ Wwv-palvelin vastaa viestillä **TCP SYNACK**
- ❖ TCP **yhteys muodostettu!**

Vaihe 2&3: HTTP pyyntö ja vastaus



❖ Www-sivu on vihdoinkin(!!!) saatu

- ❖ **HTTP-request** lähetys TCP-yhteyden kautta
- ❖ IP-datagrammi (sis. HTTP-pyyntö) reititetään `www.google.com`:ille
- ❖ Www-palvelin vastaa **HTTP-reply** (sisältönä www-sivu)
- ❖ IP-datagrammin (sis. HTTP-vastaus) reititys asiakkaalle



LANGATON VERKKO

Ch 6.1, 6.2, 6.3.1,6.3.2

(ei: 6.2.1, 6.3.3-)

Langattoman verkon komponentit

- **Tukiasema**
LAN-yhteys
pääsy Internetiin
- **Langattomat linkit**
koneesta tukiasemaan
koneesta koneeseen
Rajattu kuuluvuusalue
- **Isäntäkoneet**
Laptop, PDA, IP-puhelin
Suorittaa sovelluksia
kiinteä tai liikkuva
- **Haasteet**
virhealtis linkki
liikkuva työasema

Fig 6.1 [KR12]

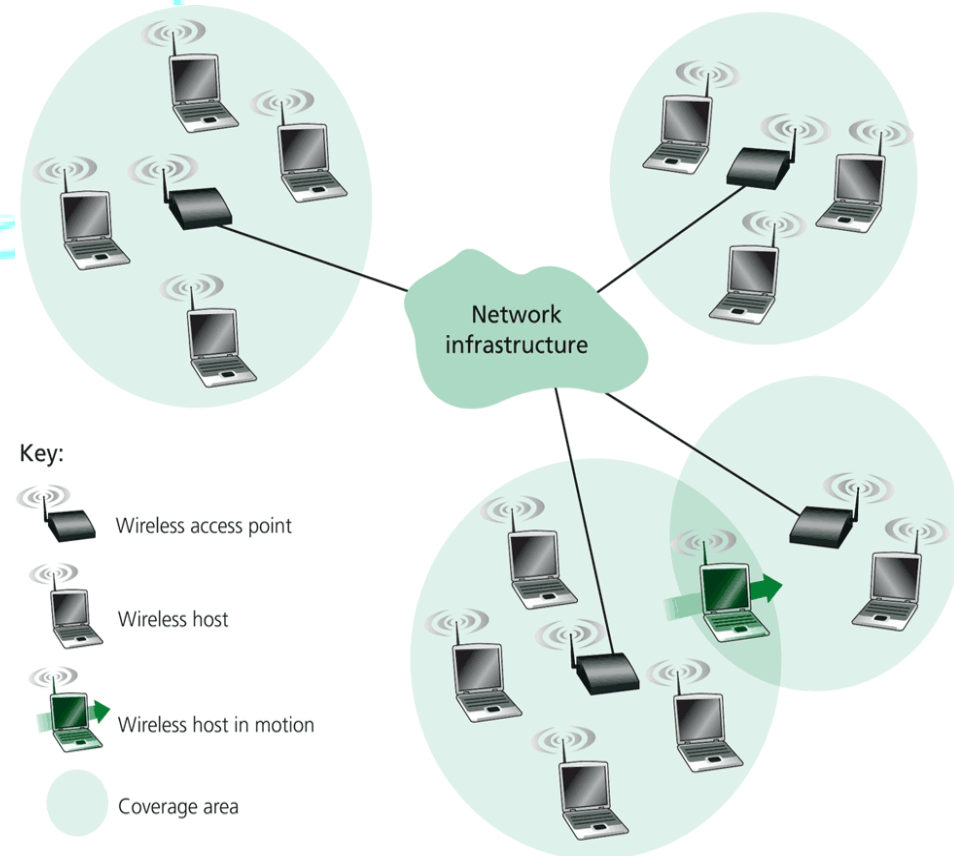
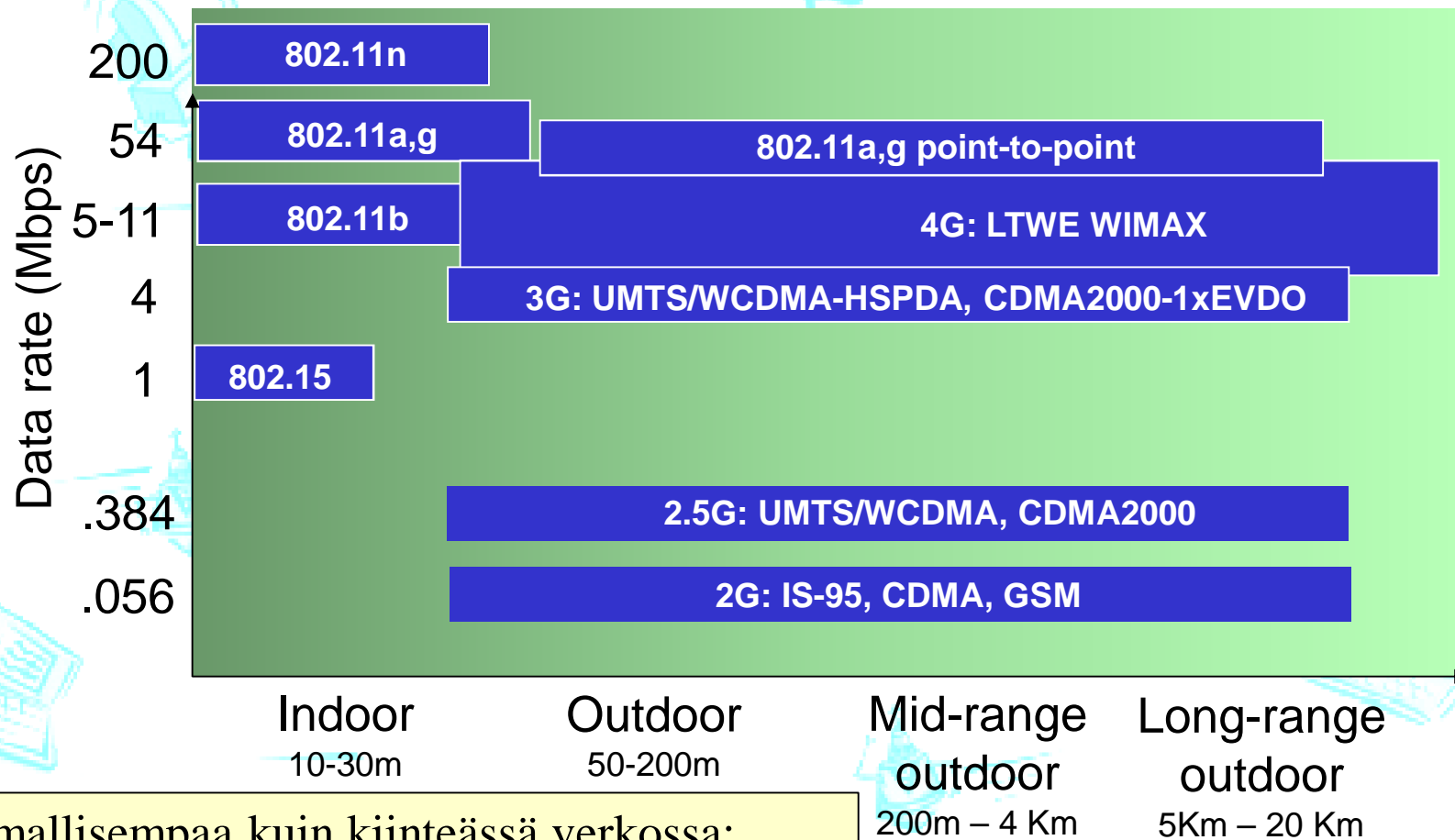


Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network

Langattoman linkin ominaisuuksia

Fig 6.1 [KR12]



Ongelmallisempaa kuin kiinteässä verkossa:

- signaalin vaimeneminen, heijastukset
- muiden laitteiden aiheuttamat häiriöt

Langattoman verkon tekniikat (IEEE)

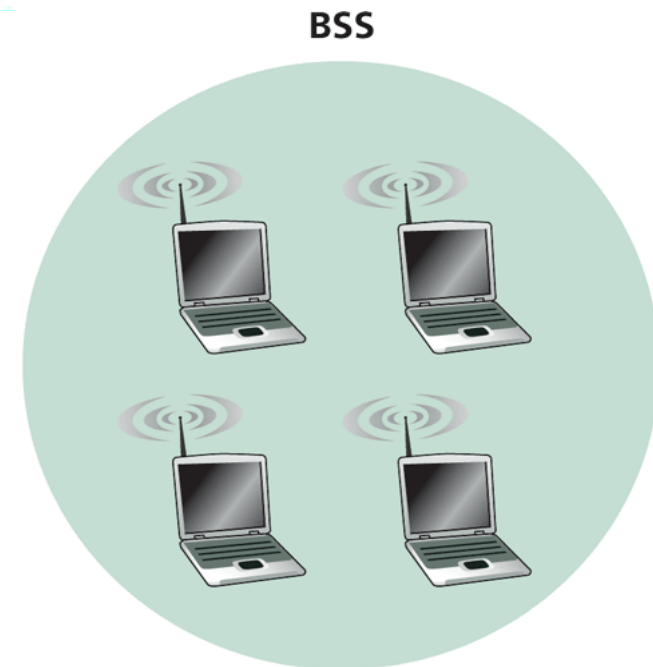
<i>Tekniikka</i>	<i>IEEE standardi</i>	<i>Nimi</i>
Wireless personal area network (WPAN)	IEEE 802.15.1	Bluetooth
Low-rate WPAN (LR-WPAN)	IEEE 802.15.4	ZigBee
Wireless local area network (WLAN)	IEEE 802.11	WiFi
Wireless metropolitan area network (WMAN)	IEEE 802.16	WiMAX

3G ja 4G matkapuhelinverkkojen tekniikoita. Niitä standardoi kansainvälinen televiestintäliitto ITU.

Ad hoc -verkko

Fig 6.8 [KR12]

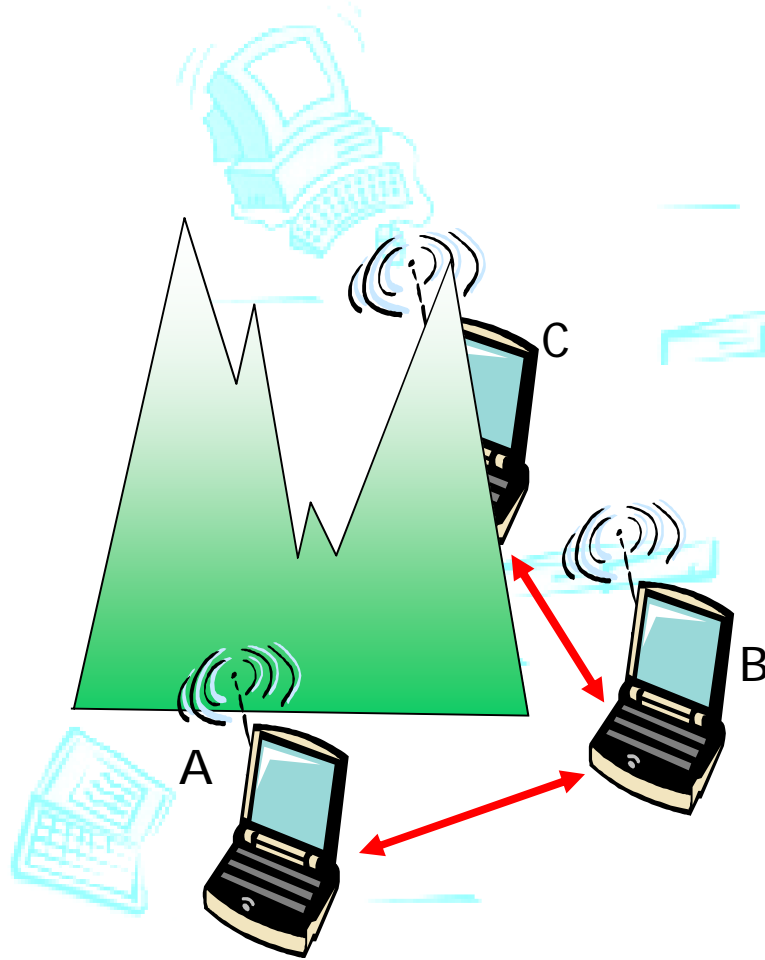
- Liikkuville koneille ...
- Ei tukiasemia
- Keskustelu omalla kuuluvuusalueella olevien koneiden kanssa
- Ei valmiita palveluja
Reititys, IP-osoitteet, DNS, ..
- Itseorganisoituva
Jonkun tuotettava tarvittavat palvelut
Ketä läsnä?
Reititys kuuluvuusalueelta toiselle?



Kätketyn aseman ongelma

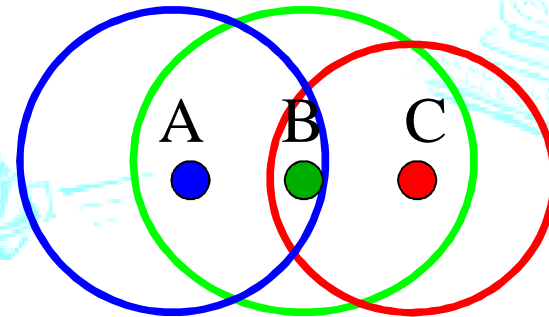
(Hidden terminal)

Fig 6.4a [KR12]



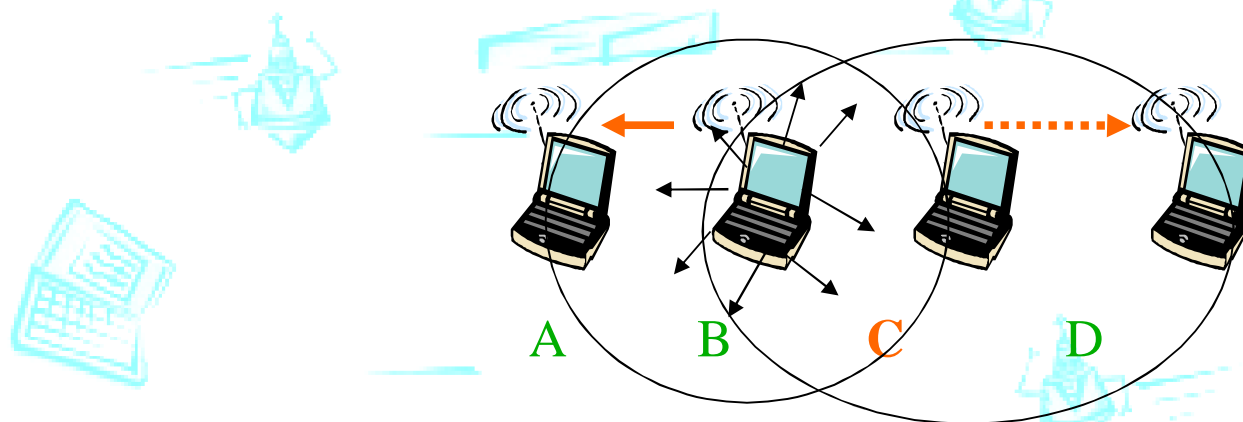
Asemat A ja C eivät kuule toisiaan eivätkä huomaa, milloin toinen lähettää samaan aikaan ja syntyy törmäys.

Miten asema voi tietää, menikö sen lähetyks perille?



Exposed terminal

- C ei voi lähettää D:lle, koska kuulee itse B:n lähetyksen eli joku on jo lähettämässä
- Vaikka tämä lähetyks ei lainkaan häiritsisi C:n lähettämistä D:lle eikä B:n lähettämistä A:lle





IEEE 802.11 WLAN (WI-FI)

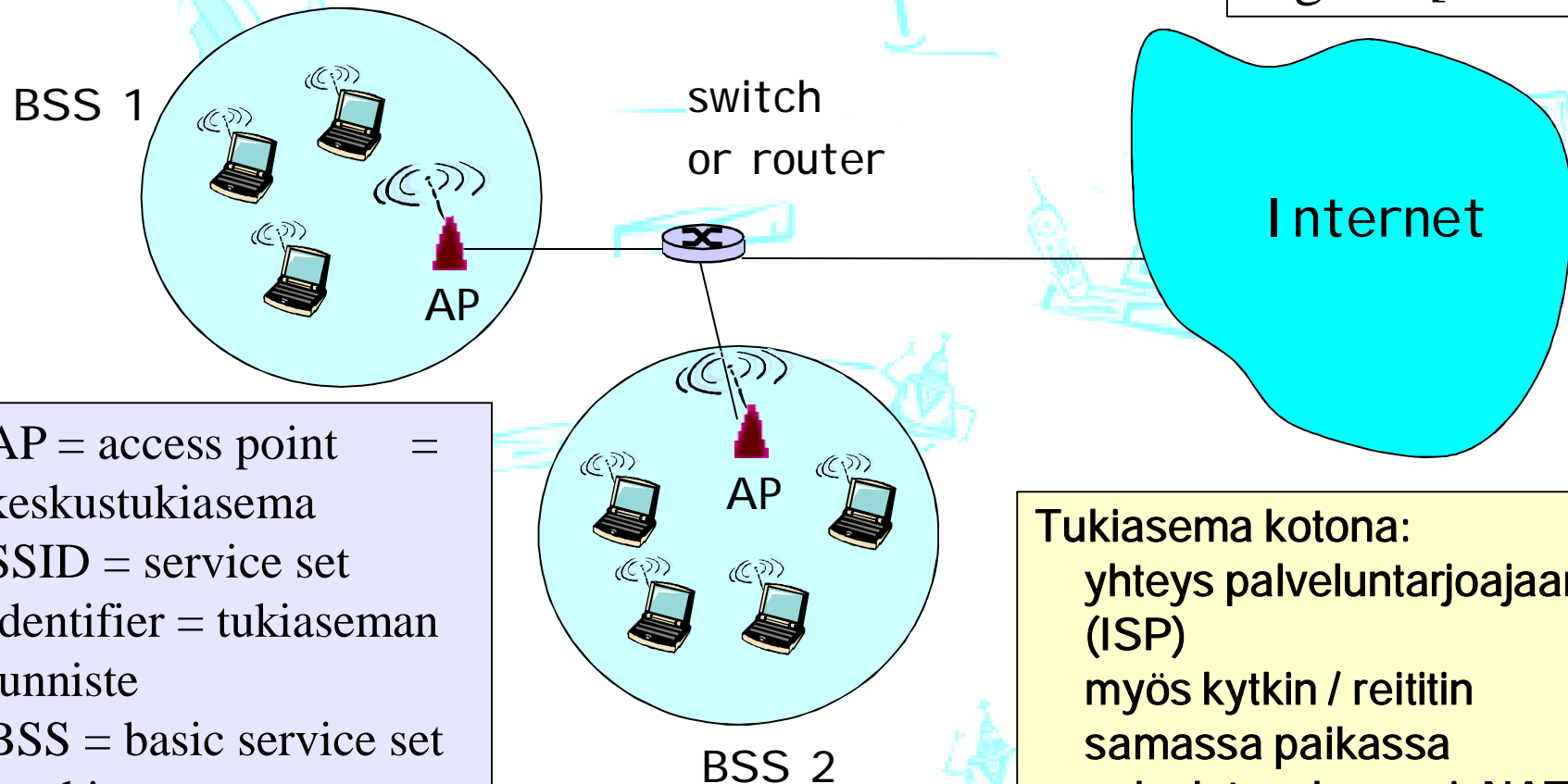
Ch 6.3 (vain 6.3.1-6.3.3)

— (ei tällä kurssilla 6.3.4-)

IEEE 802.11 -lähiverkko

(infrastructure wireless LAN, Wi-Fi)

Fig 6.7 [KR12]

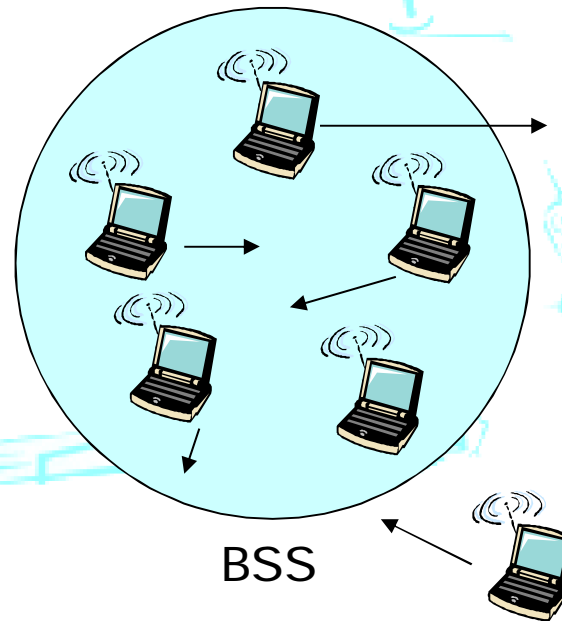


AP = access point =
keskustukiasema
SSID = service set
identifier = tukiaseman
tunniste
BSS = basic service set
= tukiaseman
palvelemat koneet

Tukiasema kotona:
yhteys palveluntarjoajaan
(ISP)
myös kytkin / reititin
samassa paikassa
palvelut: palomuri, NAT,
DHCP

Ad hoc-verkko

Ei mitään infrastruktuuria ja solmut voivat liikkua



MANET (Mobile ad hoc network)

VANET (Vehicular ad hoc network)

Solmujen on itse hoidettava kaikki toiminnot mm. reititys, jos eivät ole saman kuuluvuusalueen sisällä.

IEEE 802.11: Kanavat

Standard	Frequency Range	Data Rate
802.11b	2.4 GHz	up to 11 Mbps
(802.11a	5 GHz	up to 54 Mbps)
801.11g	2.4 GHz	up to 54 Mbps

Alue 2.4 GHz - 2.2485 GHz

Jakaantuu 11 limittäiseen kanavaan (Eurooppa 13 ja Japani 14)

Esim. kanavat 1, 6 ja 11 eivät mene keskenään päällekkäin

Tukiaseman kanava on konfiguroitavissa

Naapuritukiasemalla saattaa olla sama kanava

Linkin käytössä **CSMA/CA**

Kaikissa sama linkkitason kehysrakenne

802.11: Kanavan valinta (1)

- Koneen kuuluvuusalueella voi olla useita tukiasemia
- Kone liittyy tiettyyn tukiasemaan (associate)
 - 'näkyvätön' lanka ko. tukiasemaan
- Kone skannaa kanavat (passiivinen selaus)
 - Kuuntelee **merkkikehyksiä** (beacon frames), joilla tukiasemat mainostavat itseään
 - Kehyksessä tukiaseman nimi (SSID, Service set id) ja MAC-osoite
- Tai kone itse lähettää yleislähetyksenä kyselykehysten (probe) kaikille kantaman sisällä oleville tukiasemille. (aktiivinen selaus)
- Tukiasemat vastaavat ja kertovat nimensä ja MAC-osoitteensa.

802.11: Kanavan valinta (2)

- Standardi ei määrittele tukiaseman valintaa varten mitään erityistä algoritmia, vaan laitevalmistajat voivat toteuttaa sen eri tavoin
 - Yleensä valitaan voimakkaimmalla signaalilla lähettävä tukiasema
- Yhteys valittuun asemaan
 - Mahdollinen autentikointi (tukiasema konfiguroitavissa)
 - Käyttö vain sallituilta MAC-osoitteilta, tunnus, salasana, ...
- Saa asemalta IP-osoitteen DHCP:llä
- Saa asemalta DNS-palvelijan IP-osoitteen DHCP:llä

”WiFi Jungle”

802.11: Linkkitason protokolla (1)

- CSMA kuten Ethernet (carrier sense multiple access)
 - Ei vuoronjakelua kilpailutilassa: lähetä, kun on lähetettävää (random access)
 - Kuuntele ennen lähetystä, että linkki on vapaa
- Mutta ei CD (collision detection)
 - Ei huomaa törmäyksiä eikä keskeytä kehysten lähetystä
 - Käyttää **kuittauksia**: jos kuittausta ei tule (=törmäys), lähetetään uudestaan
- Pyritään välttämään törmäyksen syntymistä
CSMA /CA (collision avoidance)

802.11: Linkkitason protokolla (2)

- Miksi ei yritä huomata törmäystä?
 - Vaikea lähettää ja ottaa vastaan yhtäaikaan. Saapuva signaali on vaimentunut matkalla ja voi siksi olla hyvinkin paljon heikompi kuin lähetettävä signaali.
 - Ei voi huomata törmäystä, jossa toinen lähetävä solmu on oman kuuluvuusalueen ulkopuolella (**hidden terminal**)
 - Tai voi luulla törmäykseksi, vaikka lähetys ei sotkisikaan omaa lähetystä (**exposed terminal**)

802.11: CSMA/CA

Fig 6.10 [KR12]

Lähetys

1. Jos kanava vapaa

Kuuntele DIFS aikayksikköä

Lähetä kehys kokonaan

2. Jos kanava varattu

→ Käynnistä peruutuslaskuri (backoff)
random(max), jota vähennetään
vain kun kanava on vapaa,
Lähetä, kun laskuri nollassa
Jos ei tule kuittausta, niin yritä
uudestaan $\text{max} = 2 * \text{max}$

Vastaanotto

Jos kehys OK

Odota SIFS aikayksikköä

Lähetä ACK (linkkikerroksen ACK)

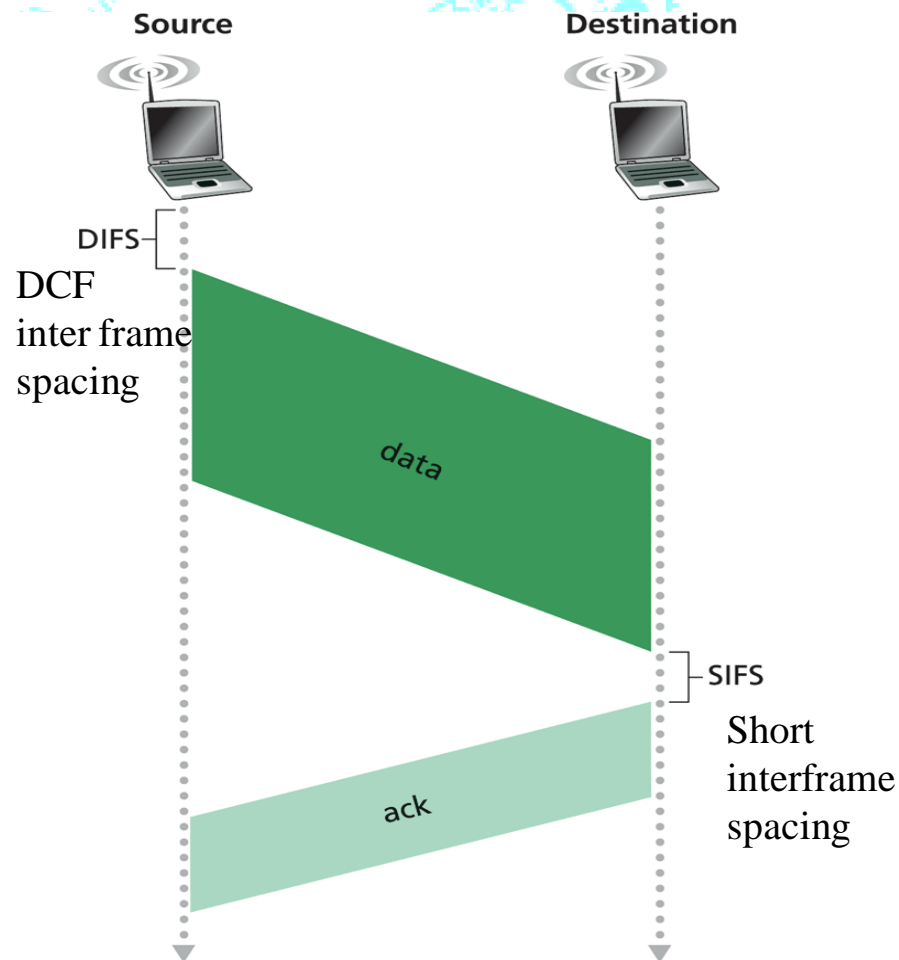
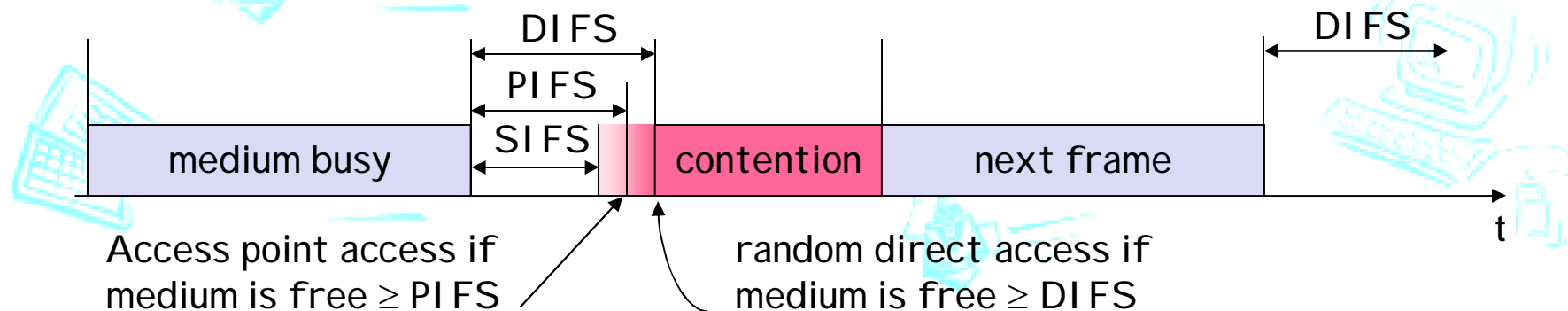


Figure 6.8 ♦ 802.11 uses link-layer acknowledgments

Kehysten väliä käytetään niiden priorisointiin

- Kehysväli (inter frame spacing, IFS): Korkean prioriteetin kehystyypeille sallitaan lyhyempi kehysväli
 - SIFS (Short Inter Frame Spacing)
 - Korkein prioriteetti; ACK, CTS, polling response
 - PIFS (Priority Inter Frame Spacing)
 - Keskipäivän prioriteetti, tietyille aikarajoitteisille viesteille, PCF:lle
 - DIFS (Distributed Inter Frame Spacing)
 - Alin prioriteetti, tavalliselle dataliikenteelle



DIFS ja SIFS kestoja (mikrosek.)

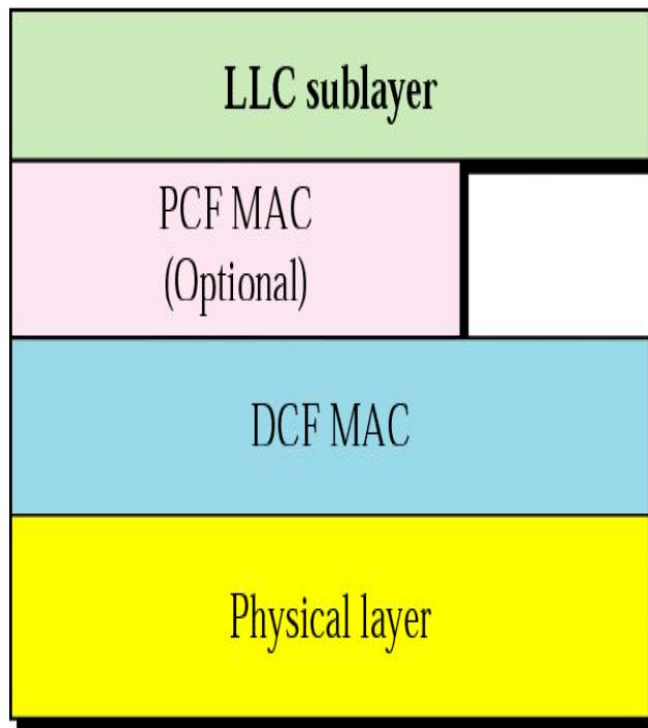
- DIFS DCF Interframe Space (DIFS)

- Aika, jolloin odotetaan
- $DIFS = SIFS + (2 * \text{slot time})$
- Tämä jälkeen voidaan lähettää frame
- 802.11b Slot time 20 μs , DIFS 50 μs
- 802.11g Slot time 9 tai 20 μs , DIFS 28 tai 50 μs

- SIFS Short Interframe Space

- Aika datakehysten ja sen ackin välillä
- Tarvitaan että ehditään siirtyä kuuntelusta lähetykseen (tai toisinpäin)
- 802.11b 10 μs , 802.11g 10 μs

Koordinointifunktiot

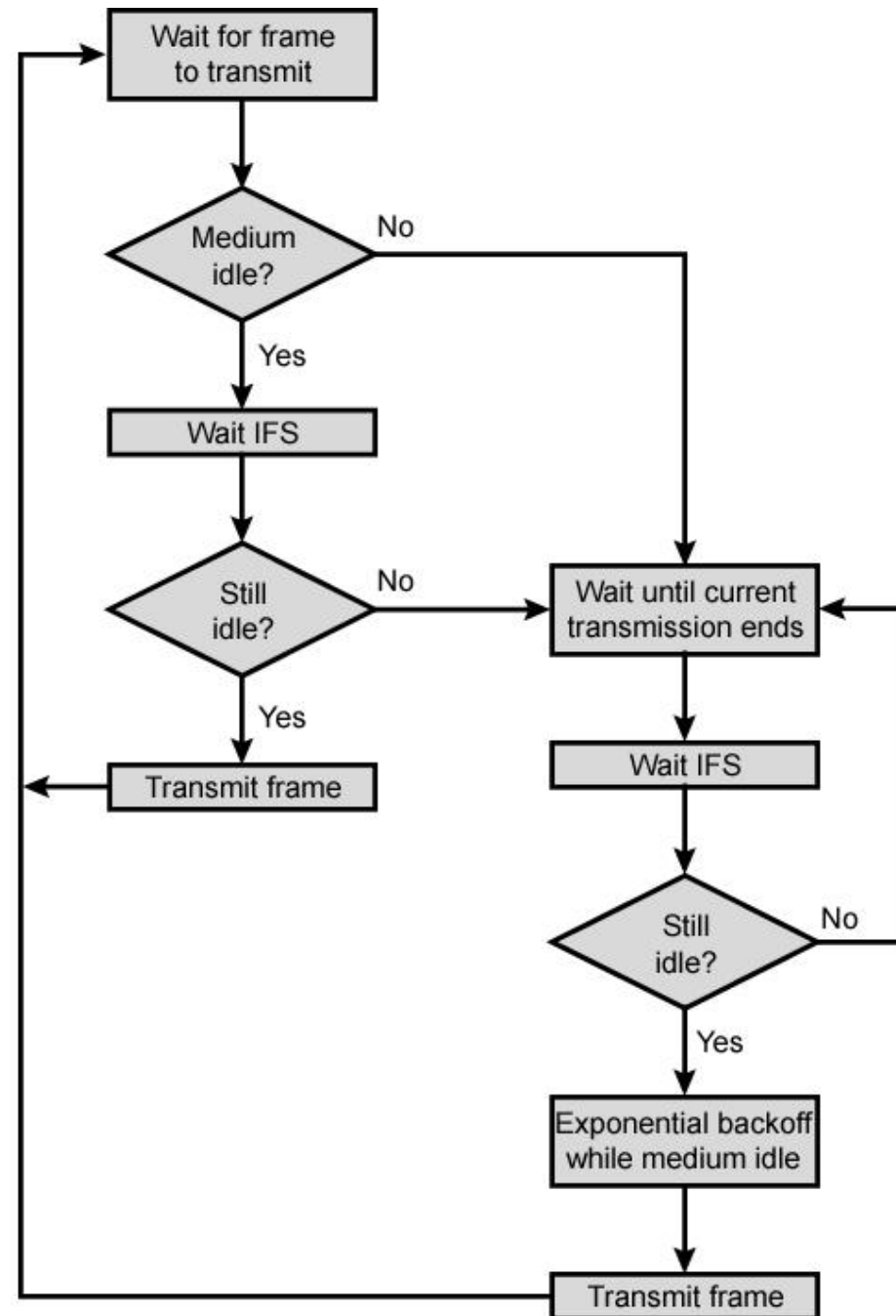


- DCF (Distributed Coordination Function)
 - Kilpailua, ei priorisointia
- PCF (Point Coordination Function)
 - Keskitetty medianhallintafunktio
 - Toimii infrastruktuuri-tilassa
 - Kukin tilaaja saa lähetysvuoron (myös DCF periaate)

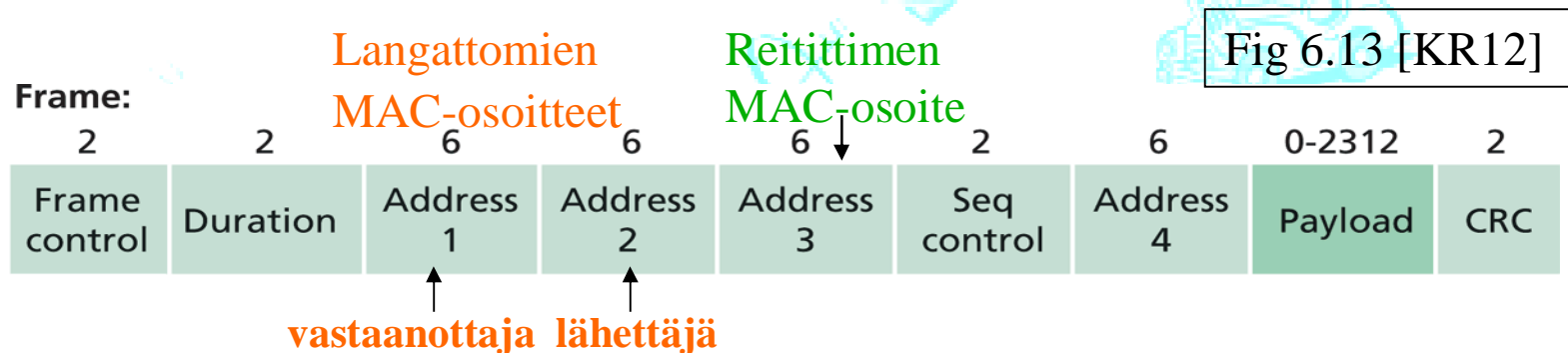
IEEE 802.11 MAC Logic

Reference:
W. Stallings: Data and Computer
Communications, 7th ed

IFS: Inter Frame Space
(= DIFS, SIFS, or PIFS)



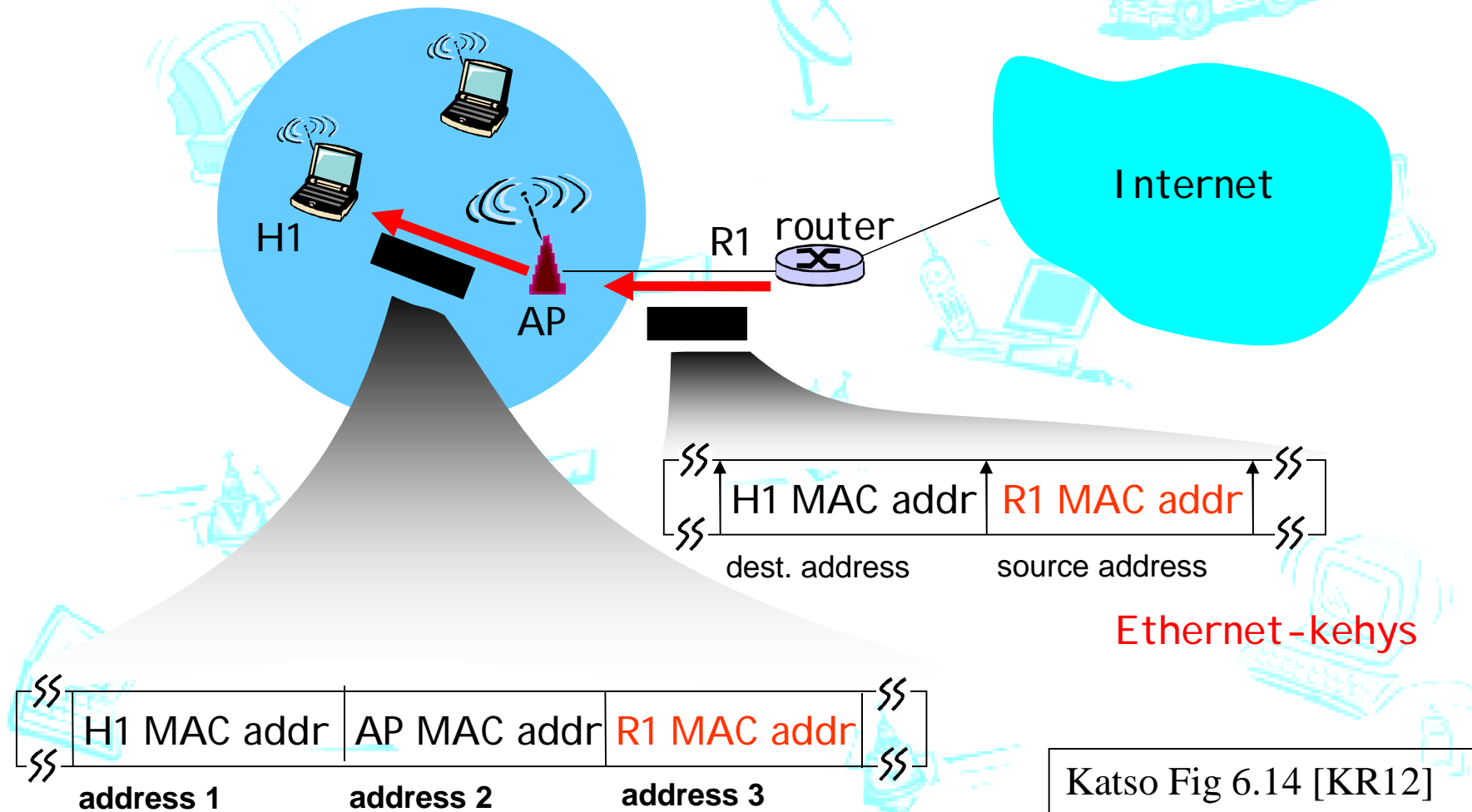
802.11: Kehyksen rakenne



- HUOM: 4 osoitekenttää
 - isännän ja tukiaseman MAC-osoitteet (kenttä 1 ja 2)
 - Sen reitittimen osoite, jossa tukiasema on kiinni (kenttä 3)
 - Reitittimen ja tukiaseman välillä tavallinen kehys (esim. Ethernet)
 - Tukiasema on 'näkyvätön' reitittimelle, reititin luulee saavansa
 - kehyksen suoraan isäntäkoneelta
 - Kenttä 4 käytössä vain ad hoc -verkossa
- Lähetyksen kesto (duration)
 - Jos RTS/CTS kehys, varauksen kesto (lähetyksen kuittaus)
- Seq control - järjestysnumeroa tarvitaan kuittauksia varten

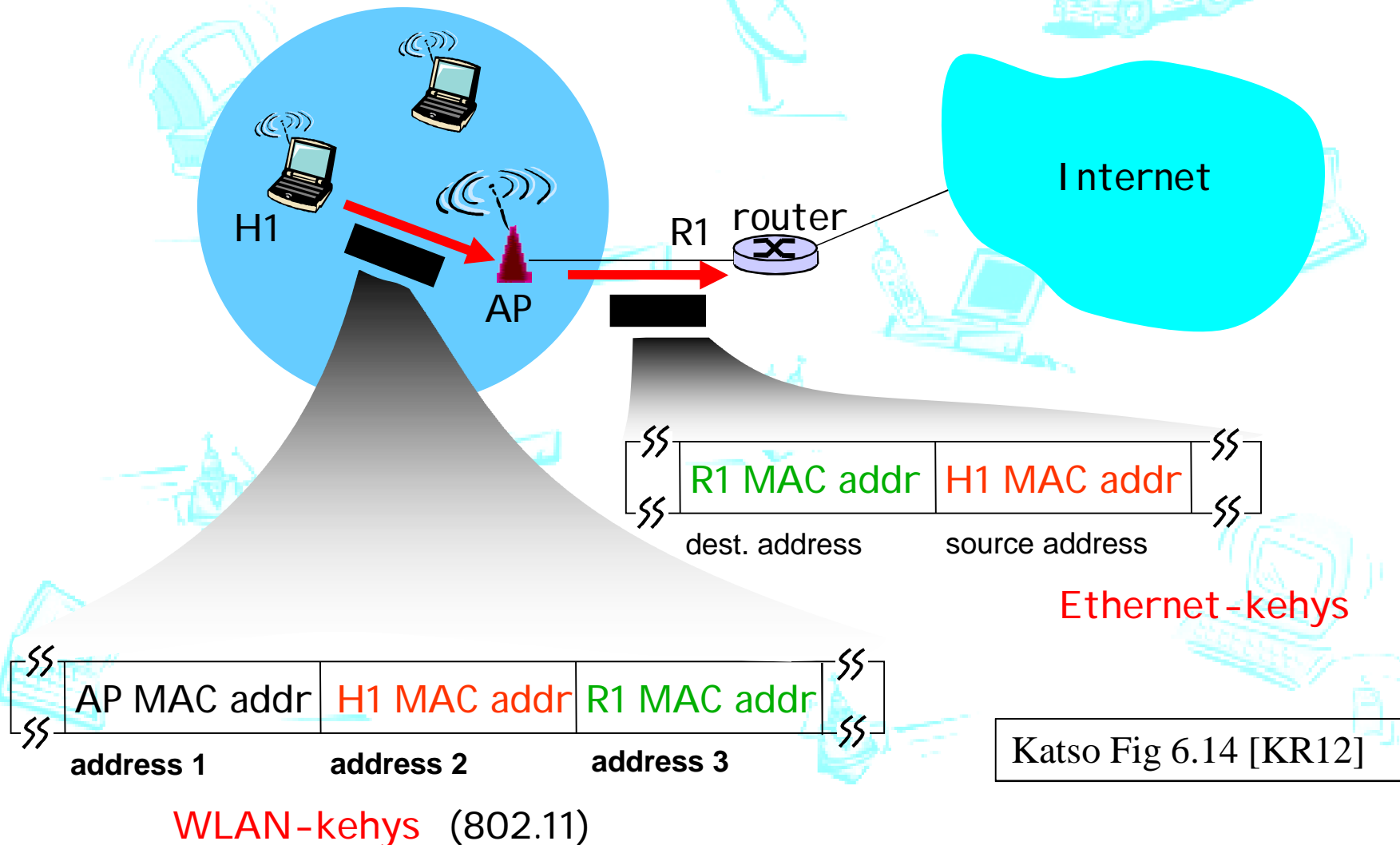
Request To Send
Clear To Send

Osoitteiden käyttö: Internetistä langattomalle



WLAN-kehys (802.11)

Osoitteiden käyttö: langattomalta Internetiin



WLAN-kehys (802.11)

802.11: Kehyksen rakenne

Frame control

Type, Suptype - miten kehystä tulkittava: RTS/CTS/ACK/ data?

ToAP ja FromAP – osoitekenttien tulkinta:
lähettäjä/vastaanottaja/adhoc?

WEP (Wired Equivalent Privacy) ja WPA (WiFi Protected Access) -
Käyttääkö salausta (Huom. WEPin tietoturva surkea → ÄLÄ KÄYTÄ)

.....

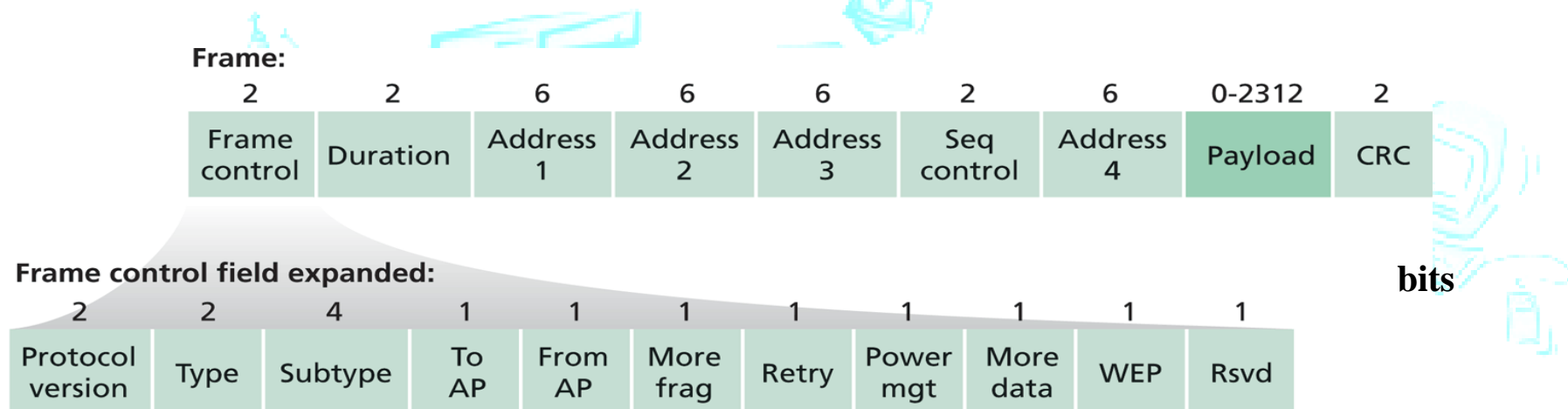


Figure 6.13

The 802.11 frame

Kertauskysymyksiä

- Miksi WLAN:ssa ei hyödytä käyttää törmäysten havaitsemista?
- Miten sitten tiedetään, onko törmäystä tapahtunut?
- Miten WLAN:ssa hoidetaan linkin yhteiskäyttö?
- Miksi WLAN-kehyksessä kaksi osoitetta ei oikein riitä?
- Onko törmäys lainkaan mahdollinen, jos käytetään RTS/CTS-varausmenetelmää?

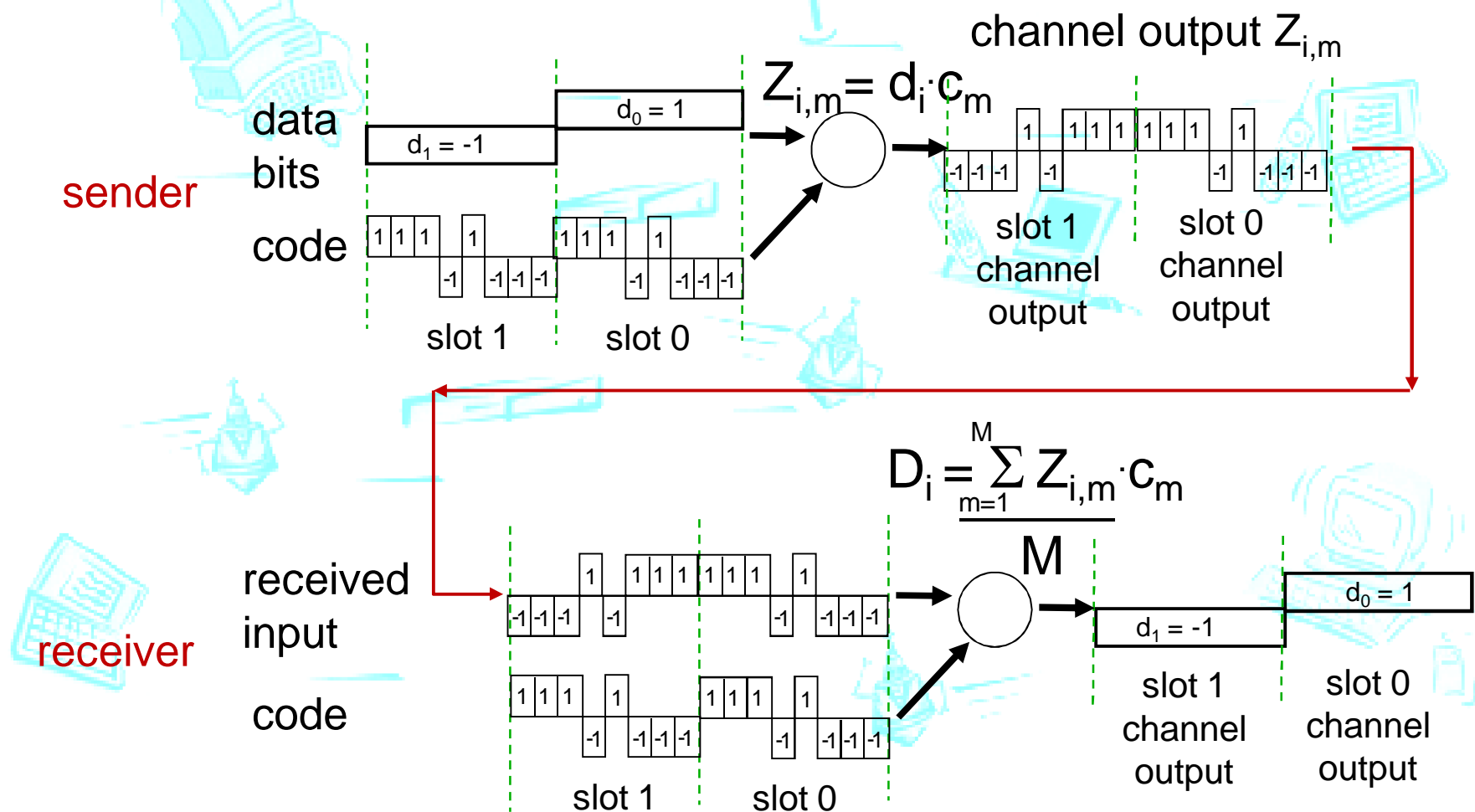
- Ks. myös kurssikirja s. 579-580

CDMA (Code Division Multiple Access)

- yksi kanava
 - usea samanaikainen lähetys
 - kukin koko kanavan taajuudella!
- yhden bitin lähetyisaika jaetaan pienempiin osiin (aikasiruihin)
 - 64 tai 128 sirua bittiä kohden
- kullakin asemalla oma 'sirukuvio' 1-bitin lähetykseen
 - 0-bitti on tämän komplementti (merkitään siksi **-1**)
- Bittikuviot ortogonaalisia: bittikuvioden sisätulot nolliä

CDMA encode/decode

Fig 6.5 [KR12]



CDMA: kahden lähettäjän interferenssi

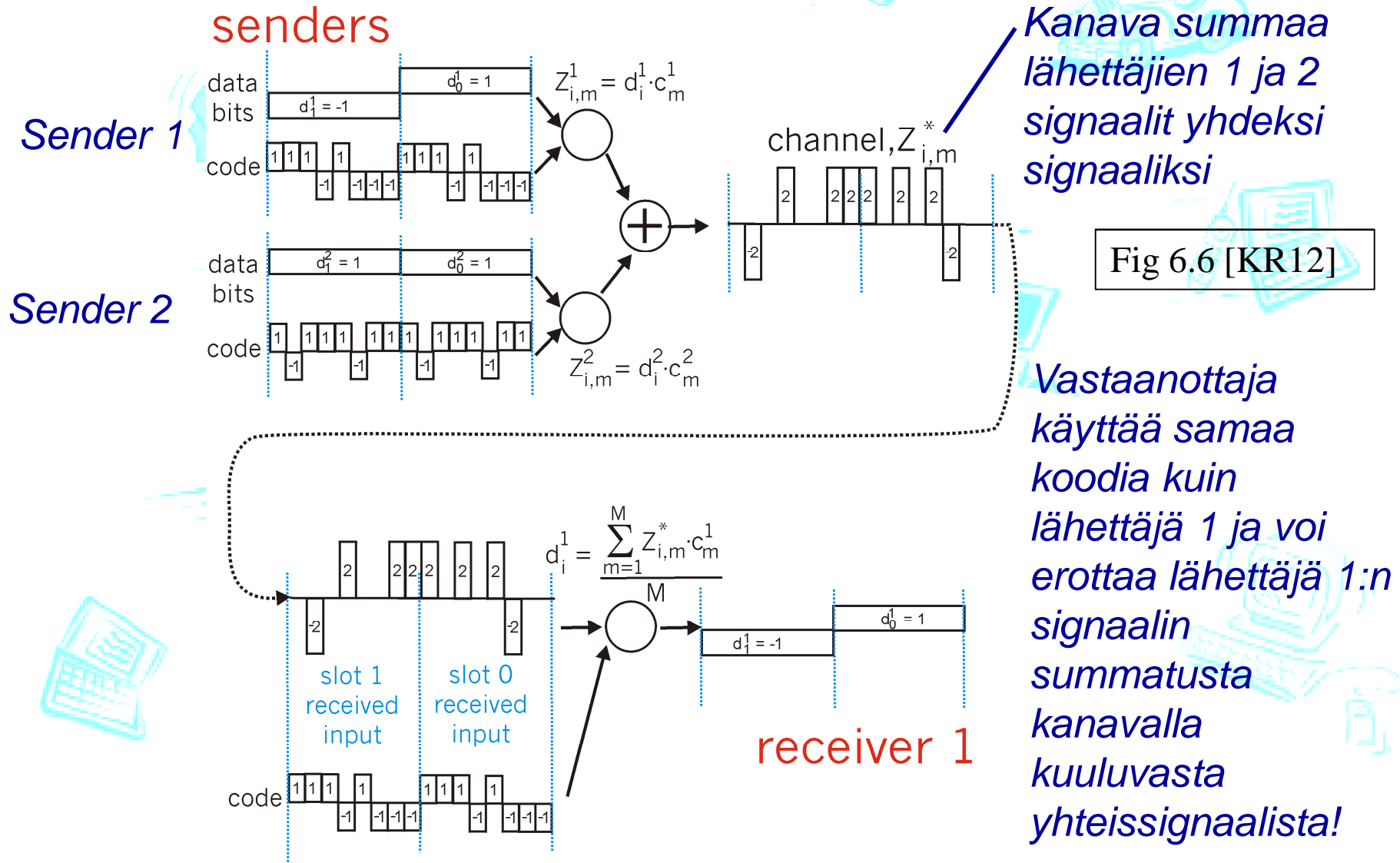


Fig 6.6 [KR12]

Esimerkki: 8-siruininen koodi

- aseman A 1-bitti: 00011011 = -1 -1 -1 1 1 -1 1 1
0-bitti: 11100100 = 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1
- aseman B 1-bitti: 00101110 = -1 -1 1 -1 1 1 1 -1
0-bitti: 11010001 = 1 1 -1 1 -1 -1 -1 1
- aseman C 1-bitti: 01011100 = -1 1 -1 1 1 1 -1 -1
0-bitti: 10100011 = 1 -1 1 -1 -1 -1 1 1
- aseman D 1-bitti: 01000010 = -1 1 -1 -1 -1 -1 1 -1
0-bitti: 10111101 = 1 -1 1 1 1 1 -1 1

$$\begin{array}{l} 0 = -1 \\ 1 = 1 \end{array}$$

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua

Kaikki sirukuviot pareittain ortogonaalisia:

- $A \bullet B = 0 = 1/m \sum A_i B_i$ (sisätulo)
- $A \bullet A = 1$
- $-A \bullet A = -1$
- \Rightarrow yhteissignaalista löydetään eri asemien omat lähetykset!

A:n 1-bitti: 00011011 = -1 -1 -1 1 1 -1 1 1

B:n 1-bitti: 00101110 = -1 -1 1 -1 1 1 1 -1

$$A \bullet B = 1+1+-1+-1+1+-1+1+-1$$

$$= 0 \Rightarrow \text{keskenään ortogonaalisia}$$

Yhteissignaali

- kukin asema lähettää omat 1-bittinsä ja 0-bittinsä
- kun moni lähettää samanaikaisesti tuloksena on yhteissignaali S.
 - lähetettyjen signaalien 'summa'
- aseman datan 'purkaminen' yhteissignaalista
 - A = aseman oma bittikuvio
 - $S \oplus A$ tuottaa aseman lähettämän bitin
 - kerrottuna bitin aikasirujen lukumäärällä

Esimerkki: Mitä C lähetti?

- $S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$

- $C = (-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1)$

- $S \bullet C = (2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ -4 \ 0)$

- $= -8 \Rightarrow -1$

- eli C lähetti 0-bitin

Esimerkki jatkuu: Mitä B lähetti?

- $S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$

- $B = (-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1)$

- $S \bullet B = (2 \ 2 \ 0 \ 2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$

- $= 8 \Rightarrow 1$

- eli B lähetti 1-bitin

Esimerkki jatkuu: Entä mitä A lähetti?

- $S = (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0)$

- $A = (-1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1)$

- $S \bullet A = (2 \ 2 \ 0 \ -2 \ 0 \ 2 \ 4 \ 0)$

- $= 8 \Rightarrow 1$

- eli A lähetti 1-bitin

- Lähettikö myös D jotain?

Käytännössä CDMA on vaativa toteuttaa

- 64 tai 128 bitin ortogonaalisia koodeja
- edellyttää signaalien voimakkuuksien vertailua ja yhteenlaskua => signaalien heikkeneminen eri etäisyyksillä otettava huomioon
- tarkat ajoitukset
- tunnettava lähettäjien sirukoodit

- Miten lähiverkko rakennetaan?
- Reititin vs. kytkin vs. keskitin?
- IP-osoite vs. MAC-osoite?
- ARP-protokolla ja ARP-taulu?
- Takaperinoppiminen ja kytkentätaulu?
- Bittivirheiden havaitseminen?
- CRC?
- Lähetyskanavanjako?
- CSMA/CD?
- ks. kurssikirja s. 528 (ja 604)

