



Tietoliikenteen perusteet

Langaton linkki

Kurose, Ross: Ch 6.1, 6.2, 6.3

(ei: 6.2.1, 6.3.4 ja 6.3.5)



Sisältö

- Langattoman linkin ominaisuudet
- Langattoman lähiverkon arkkitehtuuri
- Yhteiskäyttöisen kanavan varaus langattomassa verkossa
- IEEE 802.11 -kehys ja osoittaminen

Oppimistavoitteet:

- Osata selittää yhteiskäytössä olevan linkin käyttö (WLAN: CSMA/CA)



Linkkikerros

Langaton verkko

Ch 6.1

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

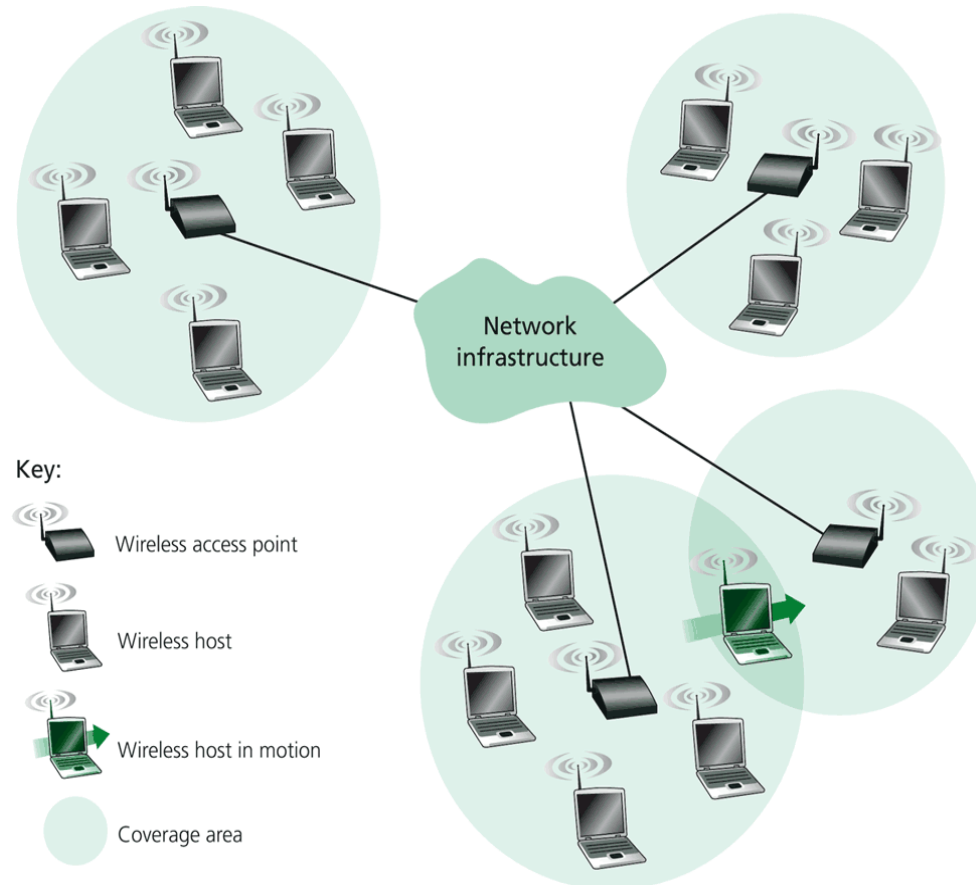
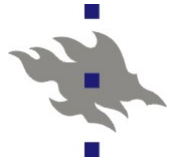
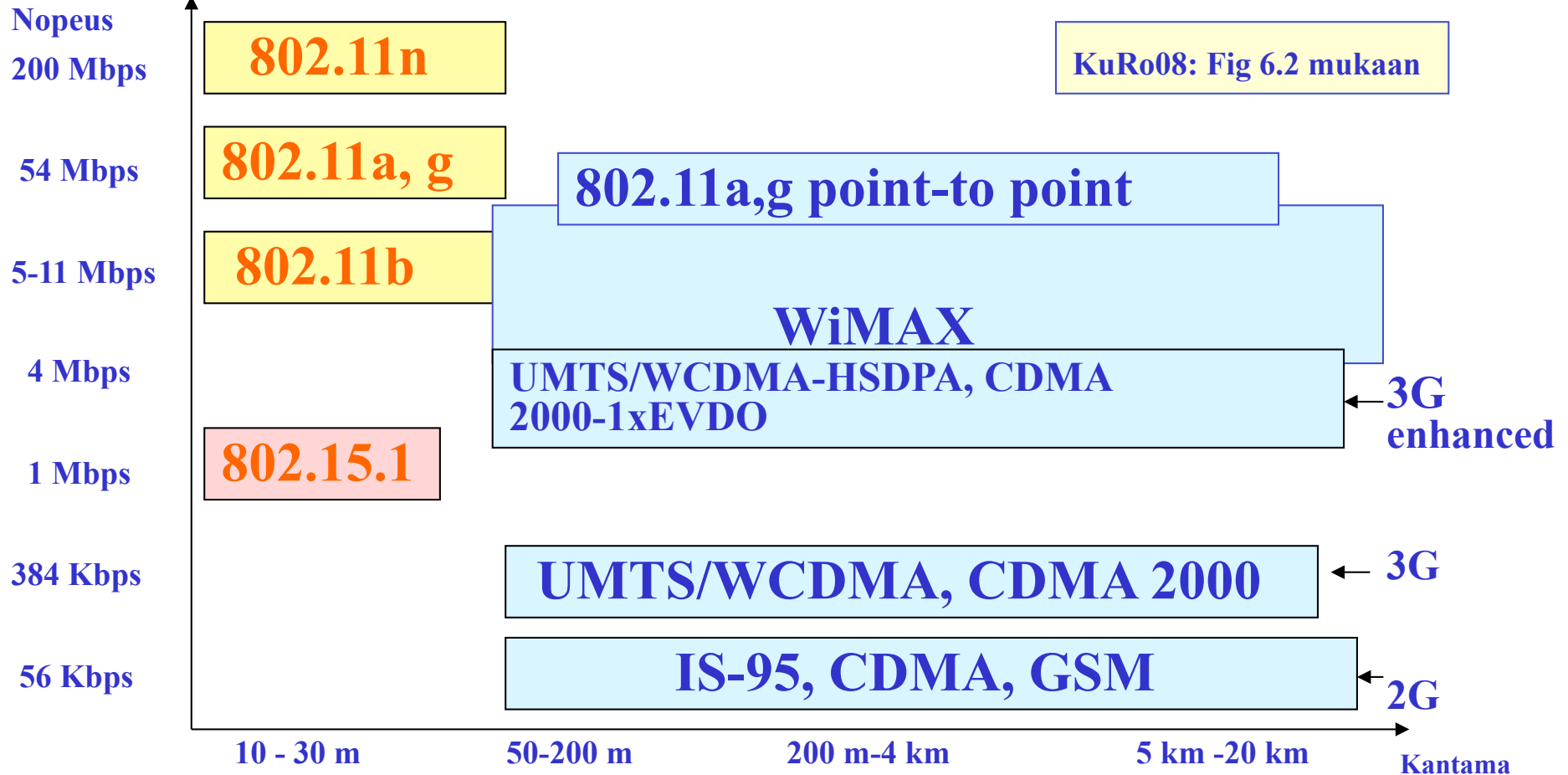


Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network



Langattoman linkin ominaisuuksia



KuRo08: Fig 6.2 mukaan

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

Ad hoc -verkko

- 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?

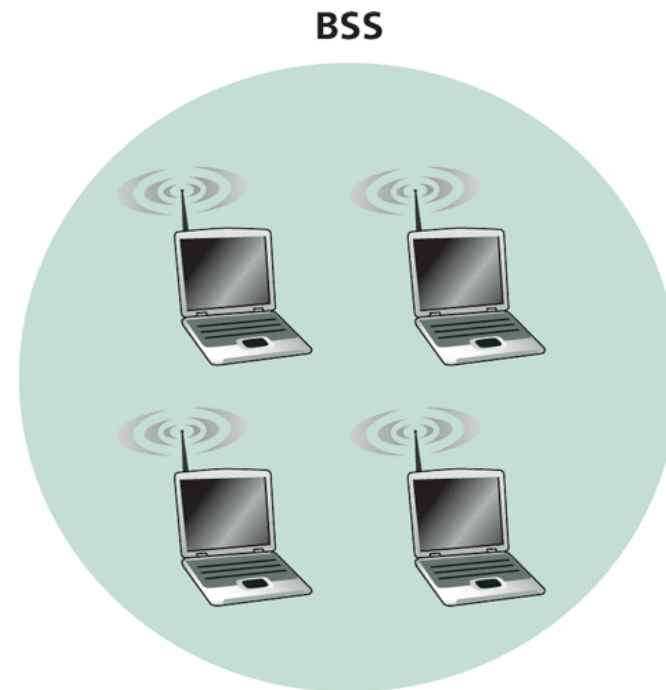
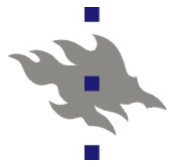
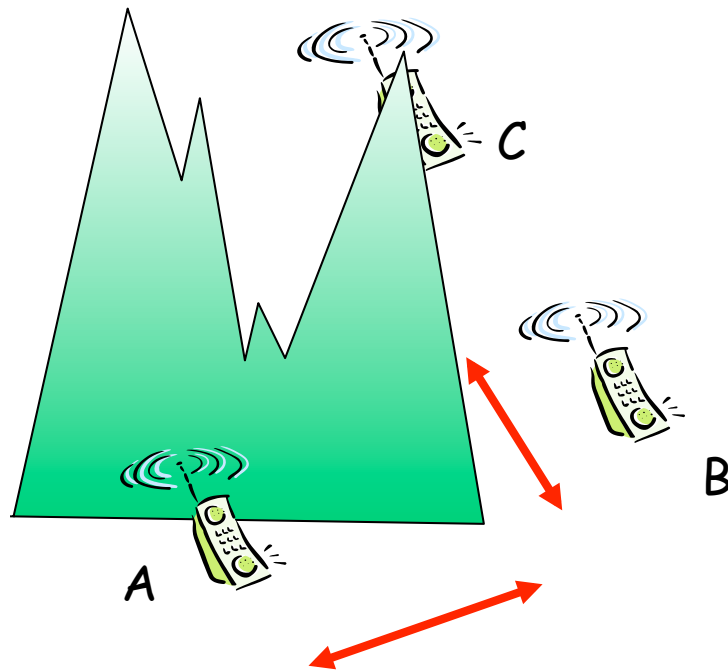


Figure 6.8

An IEEE 802.11 ad hoc network

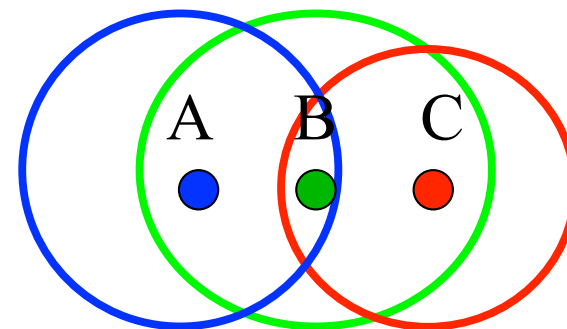


Kätketyn aseman ongelma (Hidden terminal)



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

Miten asema voi tietää, menikö sen lähetys perille?

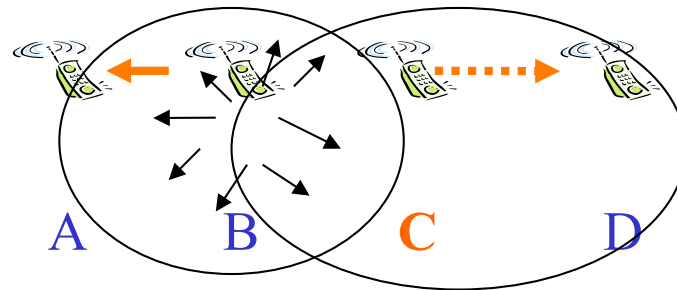


KuRo08:Fig. 6.4



Exposed terminal

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

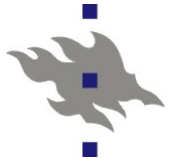




Linkkikerros

IEEE 802.11 WLAN (Wi-Fi)

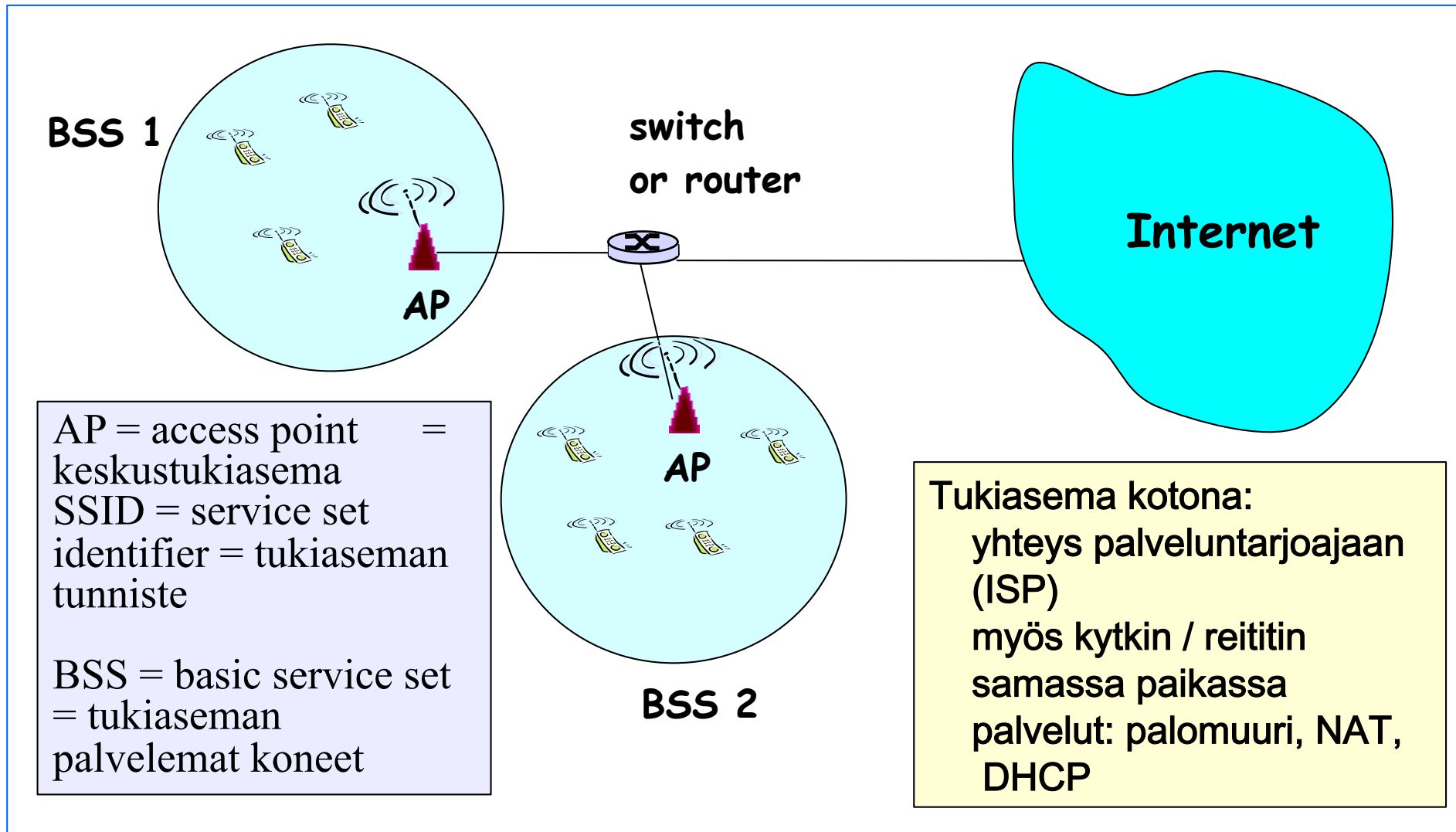
Ch 6.3



IEEE 802.11 -lähiverkko

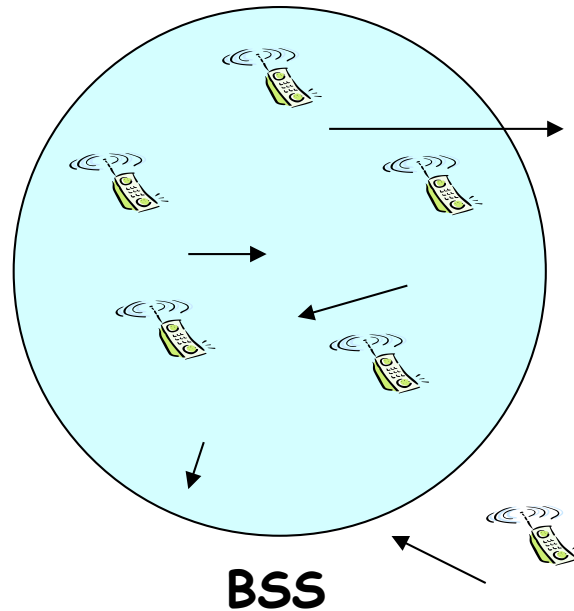
(infrastructure wireless LAN, Wi-Fi)

KuRo08:Fig 6.7



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 voi 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 kyselykehyyksen (probe) kaikille kantaman sisällä oleville tukiasemille.
(aktiivinen selaus)
- Tukiasemat vastaavat ja kertovat nimensä ja MAC-osoitteensa.



802.11: Kanavan valinta (2)

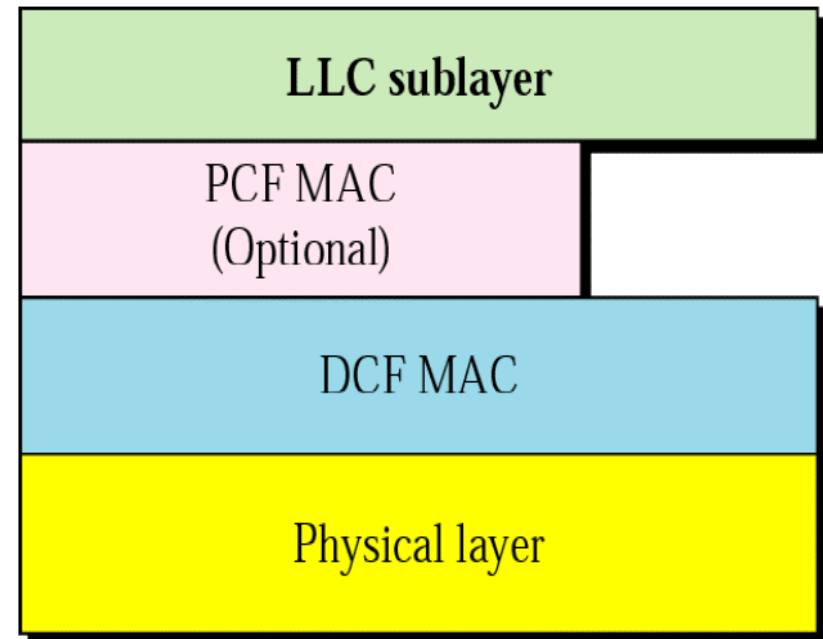
- Standardi ei määrittele tukiaseman valintaa varten mitään erityistä algoritmia, vaan laitevalmistajat voivat toteuttaa sen eri tavoin
 - Yleensä valitaan voimakkaimmalla signaalilla lähettävä tukiasema
- Yhteys valittuun asemaan
 - Mahdollinen autentikointi (tukiasema konfiguroitavissa)
 - Käyttö vain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

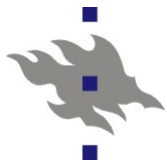
”WiFi Jungle”



Koordinointifunktiot

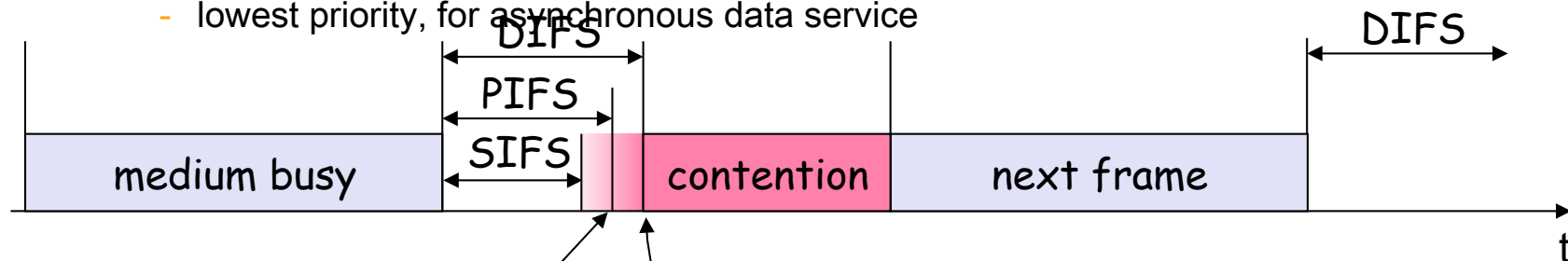
- DCF (Distributed Coordination Function)
 - Kilpailua, ei priorisointia
- PCF (Point Coordination Function)
 - Keskitetty medianhallinta-funktio
 - Toimii infrastruktuuri-tilassa
 - Kukin tilaaja saa lähetysvuoron (myös DCF periaate)





Basic Solution: Using Inter Frame Spacing to Prioritize Access

- Different inter frame spacing (IFS): if the required IFS of a type of message is short, the type of message has higher priority
 - SIFS (Short Inter Frame Spacing)
 - highest priority, for ACK, CTS, polling response
 - PIFS (Point Coordination Function Spacing)
 - medium priority, for time-bounded service using PCF
 - DIFS (Distributed Coordination Function Spacing)
 - lowest priority, for asynchronous data service



Access point access if
medium is free \geq PIFS

random direct access if
medium is free \geq DIFS



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 lähettävä solmu on oman kuuluvuusalueen ulkopuolella (*hidden terminal*)
 - Tai voi luulla törmäykseksi, vaikka lähetys ei sotkisikaan omaa lähetystä (*exposed terminal*)



802.11: CSMA/CA

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)

KuRo08: Fig 6.10

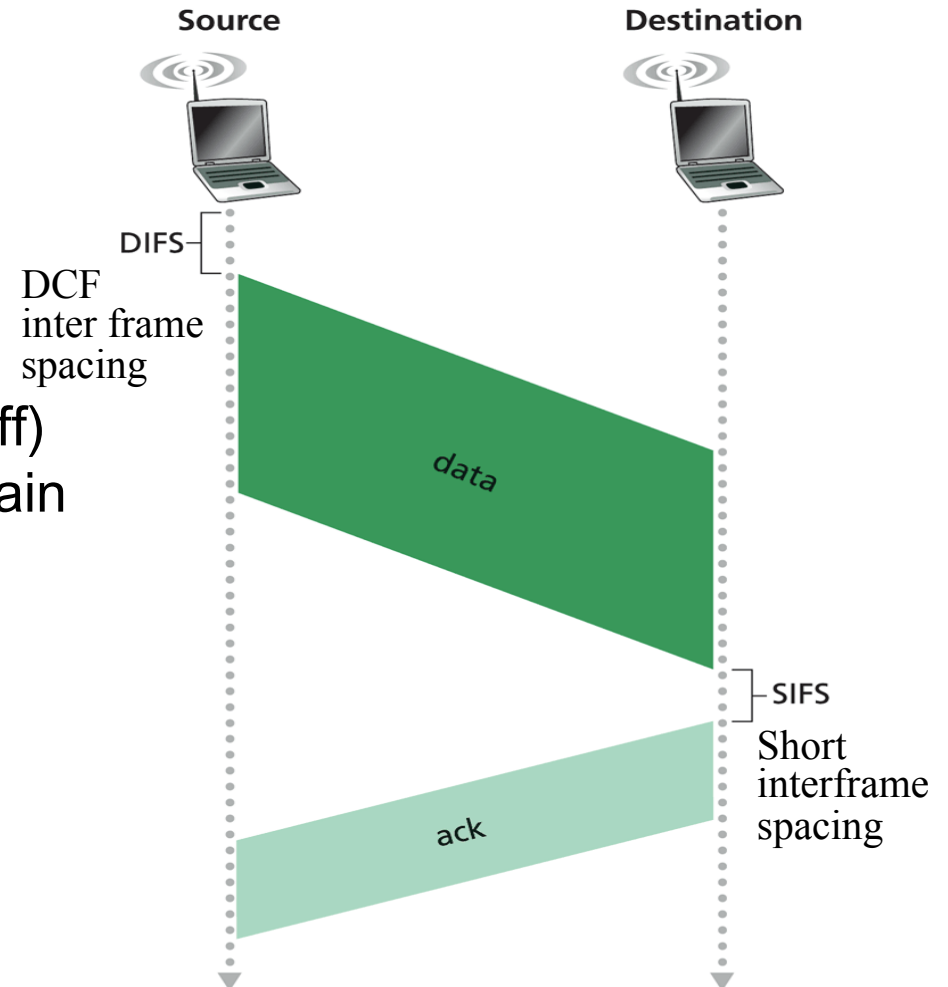


Figure 6.8 ♦ 802.11 uses link-layer acknowledgments



DIFS ja SIFS

■ 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

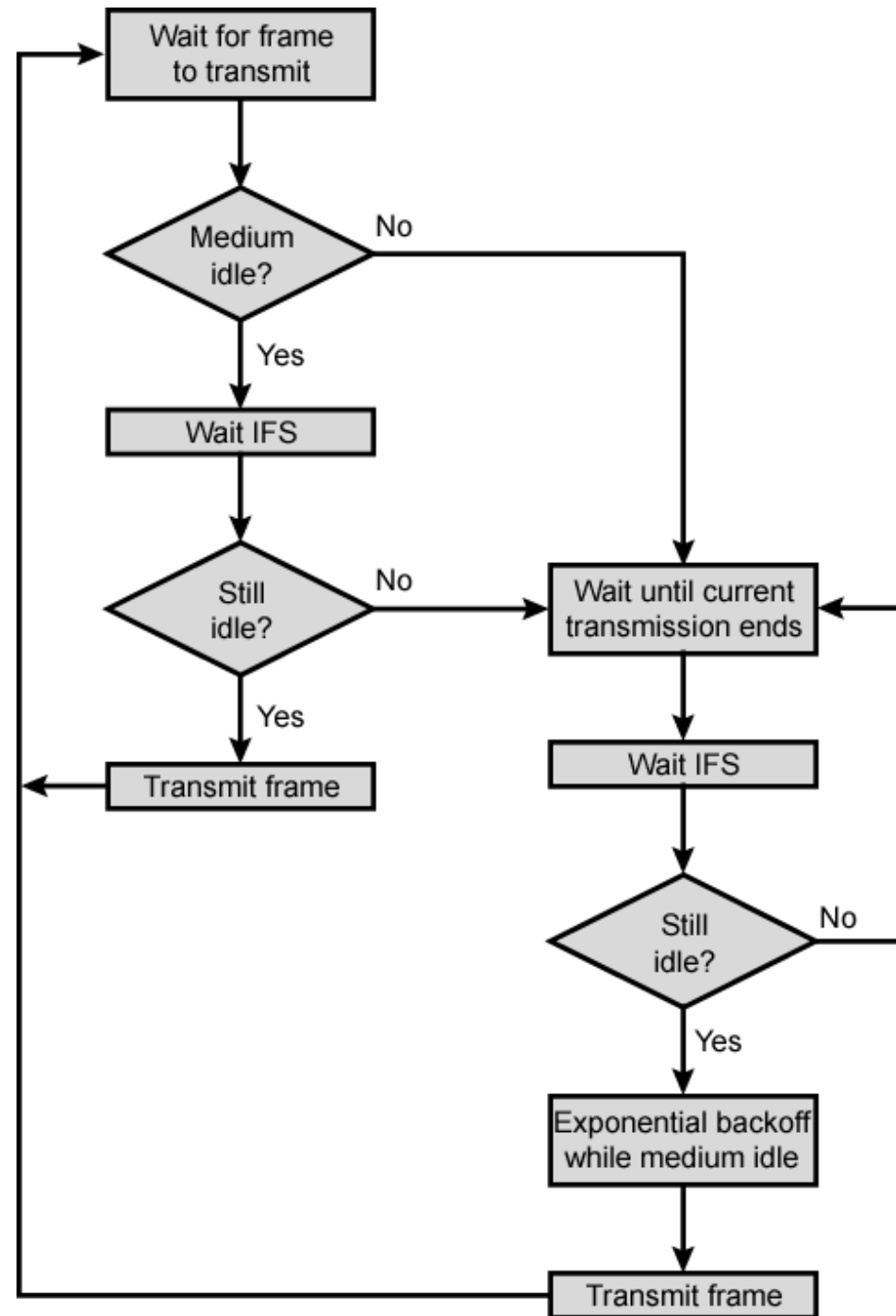
- Short Interframe Space
- Aika datakehysten ja sen ackin välillä
- Tarvitaan että ehditään siirtyä kuuntelusta lähetykseen (tai toisinpäin)
- 802.11b 10 μs , 802.11g 10 μs



IEEE 802.11 MAC Logic

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

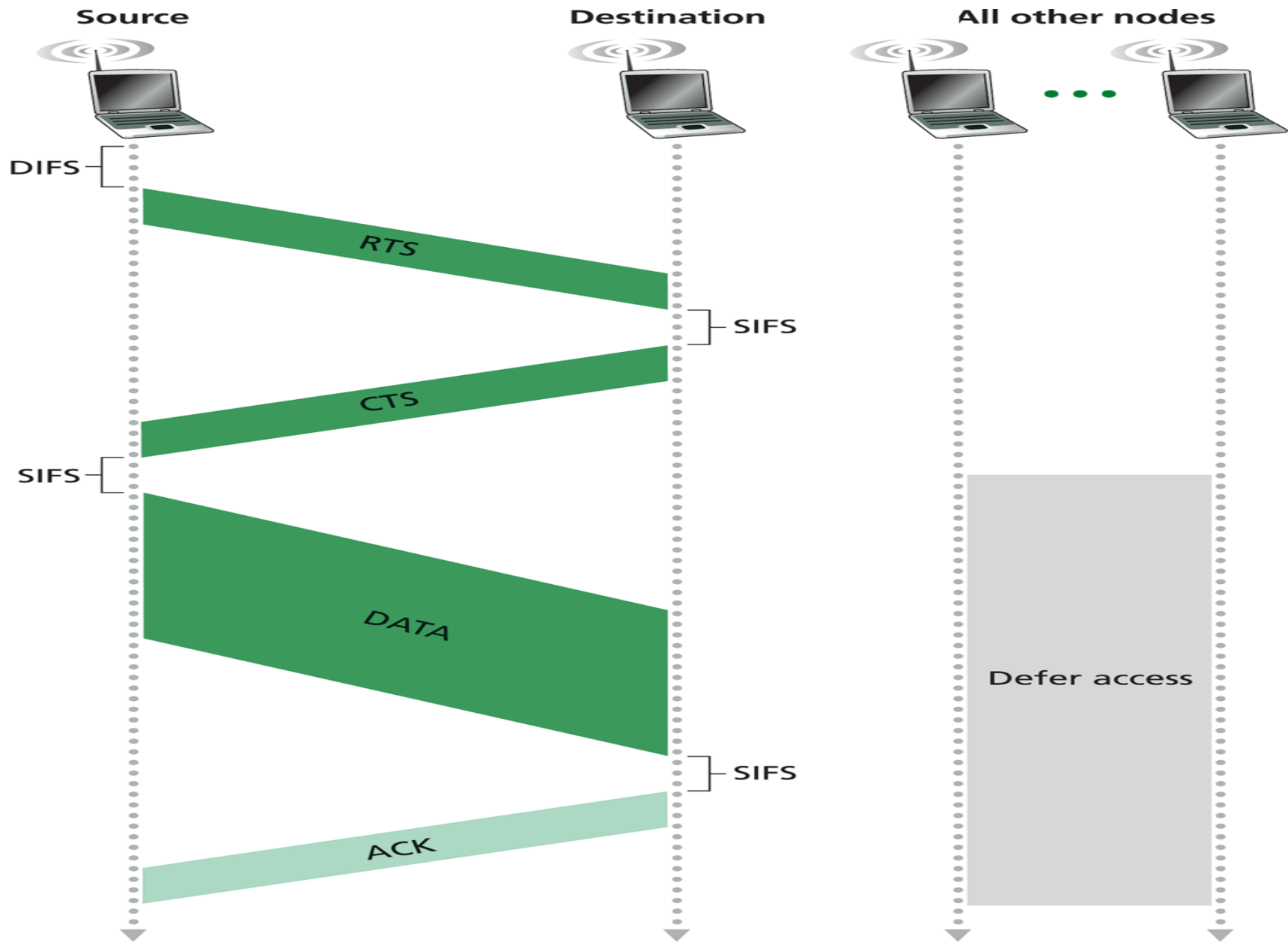
Reference: W. Stallings: Data and Computer Communications, 7th ed





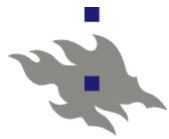
802.11: Optio RTS/CTS

- Lähettäjä voi varata kanavan datakehyyksen siirtoa varten
 - Harvoin käytössä
- Lähetä ensin pieni RTS-kehys (request-to-send)
 - Lähettäjän ympäristö kuulee kehyksen eikä lähetä
 - Tässä voi tulla törmäys (CSMA)
- Vastaanottaja vastaa CTS-kehyksellä (clear-to-send)
 - Varaaja saa luvan lähettää kehyksensä
 - Vastaanottajan ympäristö kuulee kehyksen eikä häiritse vastaanottoa omilla lähetyksillään
- Datan lähetyksessä ei törmäyksiä!
- Ratkaisee myös piiloaseman (kätketyn aseman) ongelman

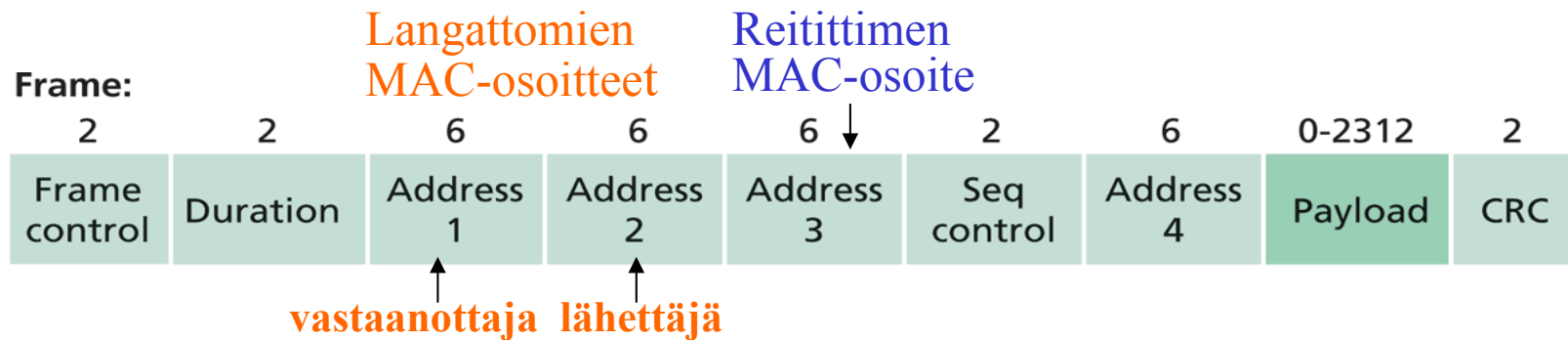


KuRo08: Fig. 6.12

Collision avoidance using the RTS and CTS frames



802.11: Kehyksen rakenne



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 'näkyvä' reitittimelle, reititin luulee saavansa kehyksen suoraan isäntäkoneelta

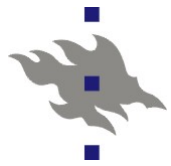
Kenttä 4 käytössä vain ad hoc -verkossa

Lähetyksen kesto (duration)

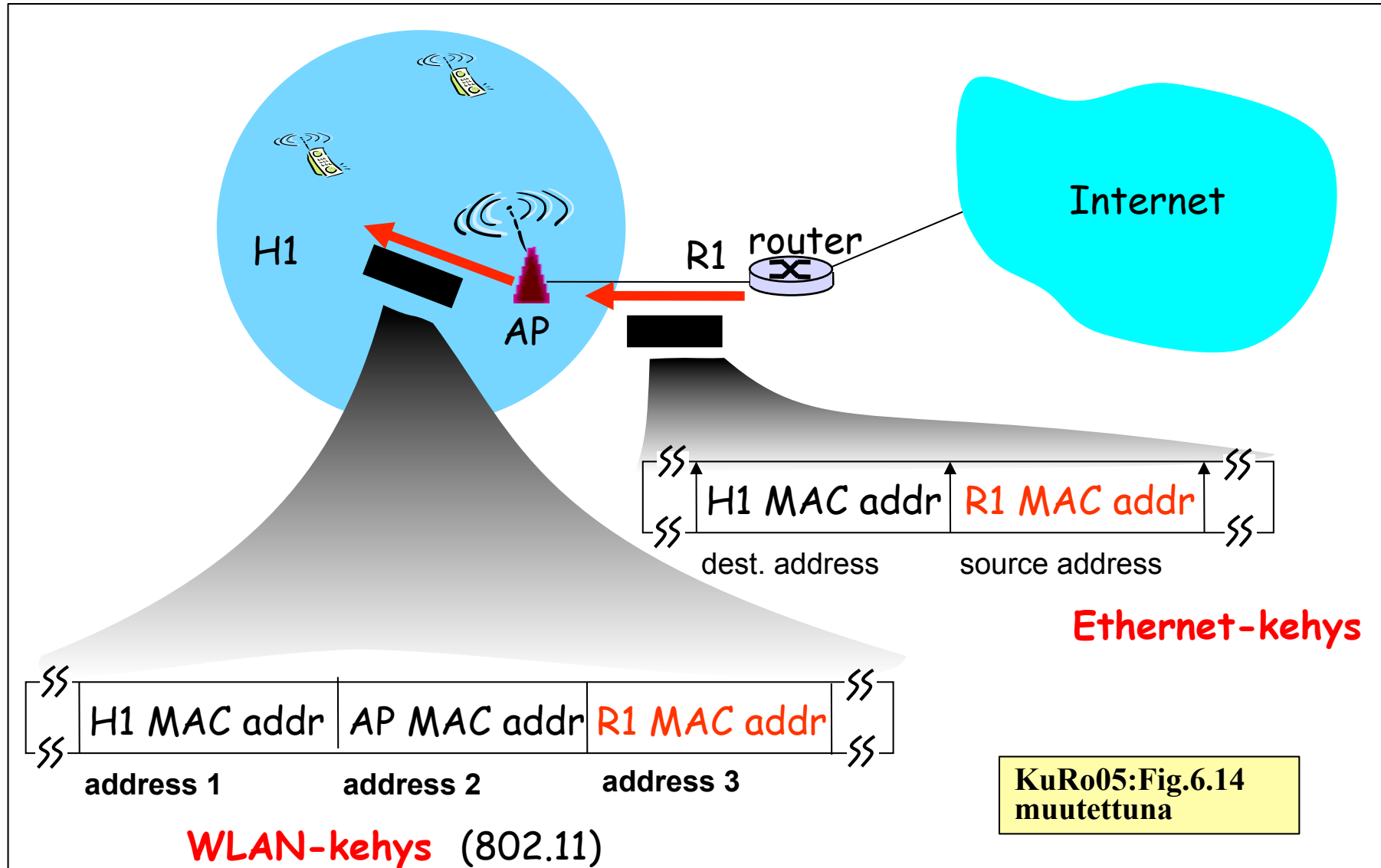
Jos RTS/CTS, varauksen kesto (lähetyksen kesto)

Seq control

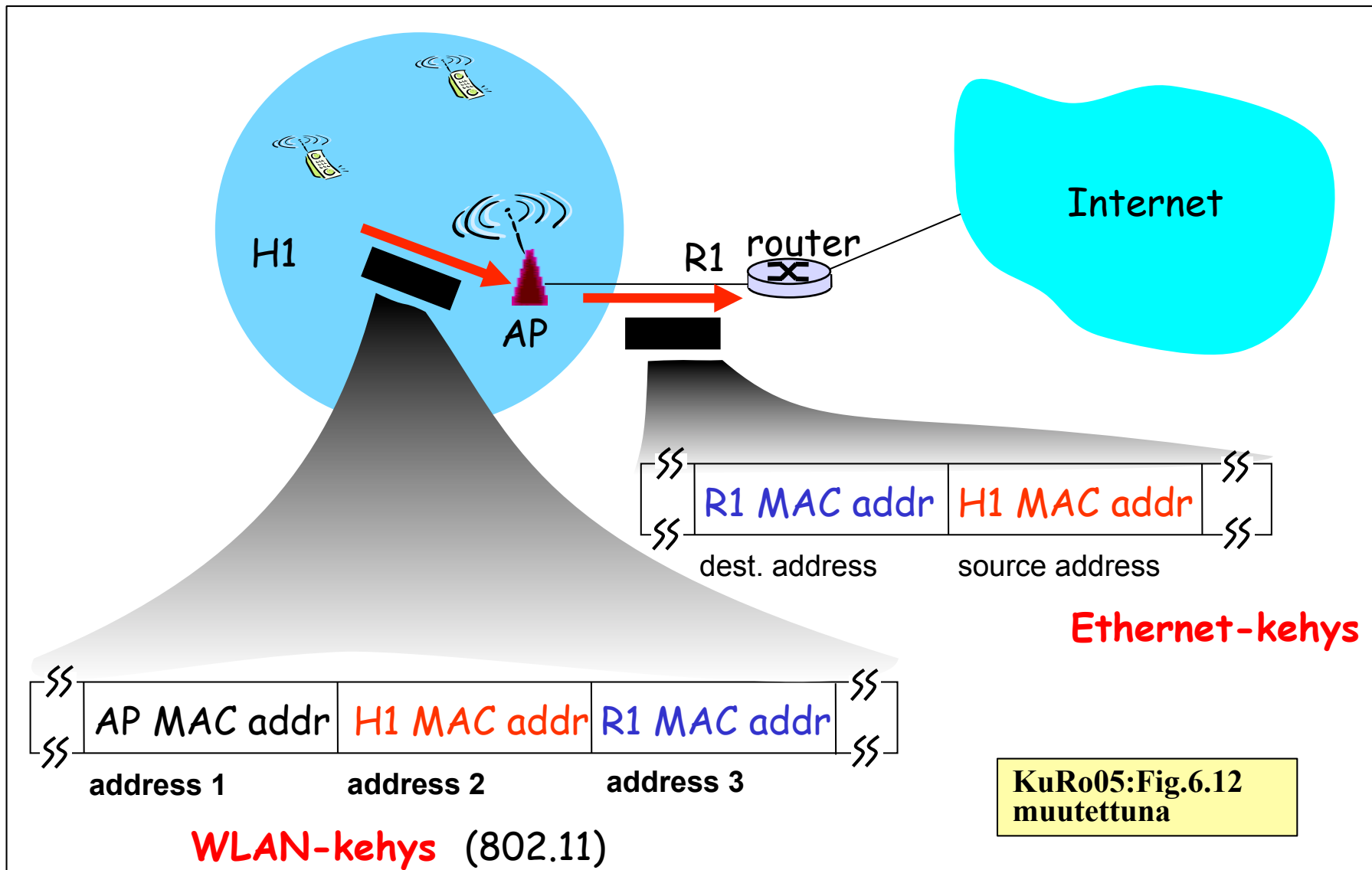
Järjestysnumeroa tarvitaan kuittauksia varten



Osoitteiden käyttö: Internetistä langattomalle



Osoitteiden käyttö: langattomalta Internetiin





Frame control

Type, Subtype

miten kehystä tulkittava: RTS/CTS/ACK/ data?

ToAP ja FromAP

miten osoitekenttiä tutkittava: lähettäjä /vastaanottaja
ad hoc?

WEP (Wired Equivalent Privacy) ja WPA (WiFi Protected Acces)

Käyttääkö kryptausta

Huom. WEPin tietoturva surkea → ei käytetä enää

••Frame control field expanded:



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 lähetysaika jaetaan pienempiin osiin (aikasiruihin)
 - 64 tai 128 sirua bittiä kohden
- kullakin asemalla oma 'sirukuvio' 1-bitin lähetykseen
 - 0-bitti on tämän yhden komplementti
- Bittikuviot ortogonaalisia: bittikuvioiden sisätulot nolli



Esimerkiksi:

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

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua



Laskemisen helpottamiseksi

■ koodataan sirut 0 ja 1 seuraavasti:

- 1 = 1

- 0 = -1

■ 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



Kaikki bittikuviot parittain ortogonaalisia:

■ $A \bullet B = 0 = 1/m \sum A_i B_i$ (sisätulo)

■ $A \bullet A = 1$

■ $-A \bullet A = -1$

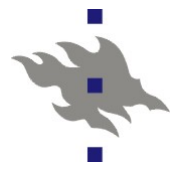
■ \Rightarrow yhteissignaalista löydetään eri asemien omat lähetykset!

$$A:n \text{ 1-bitti: } 00011011 = -1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1$$

$$B:n \text{ 1-bitti: } 00101110 = -1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1$$

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

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



- 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
 - $S \bullet A$ tuottaa aseman lähettämän bitin
 - kerrottuna bitin aikasirujen lukumäärällä



Esimerkki

- merkintä 1 =1, 0 = -1,
- helpompi laskea yhteen

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

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

$$\blacksquare S \bullet C = (2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ -4 \ 0) \\ = -8 \Rightarrow -1$$

\blacksquare eli C lähetti 0-bitin

Esimerkki jatkuu:

Mitä B lähetti?

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

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

$$\blacksquare S \bullet B = (2 \ 2 \ 0 \ 2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0) \\ = 8 \Rightarrow 1$$

\blacksquare eli B lähetti 1-bitin

Esimerkki jatkuu

Entä mitä A lähetti?

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

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

$$\blacksquare S \bullet A = (2 \ 2 \ 0 \ -2 \ 0 \ 2 \ 4 \ 0) \\ = 8 \Rightarrow 1$$

\blacksquare eli A lähetti 1-bitin

\blacksquare 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
sirukoodit