



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

- n Langattoman linkin ominaisuudet
- n Langattoman lähiverkon arkkitehtuuri
- n Yhteiskäyttöisen kanavan varaus langattomassa verkossa
- n 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

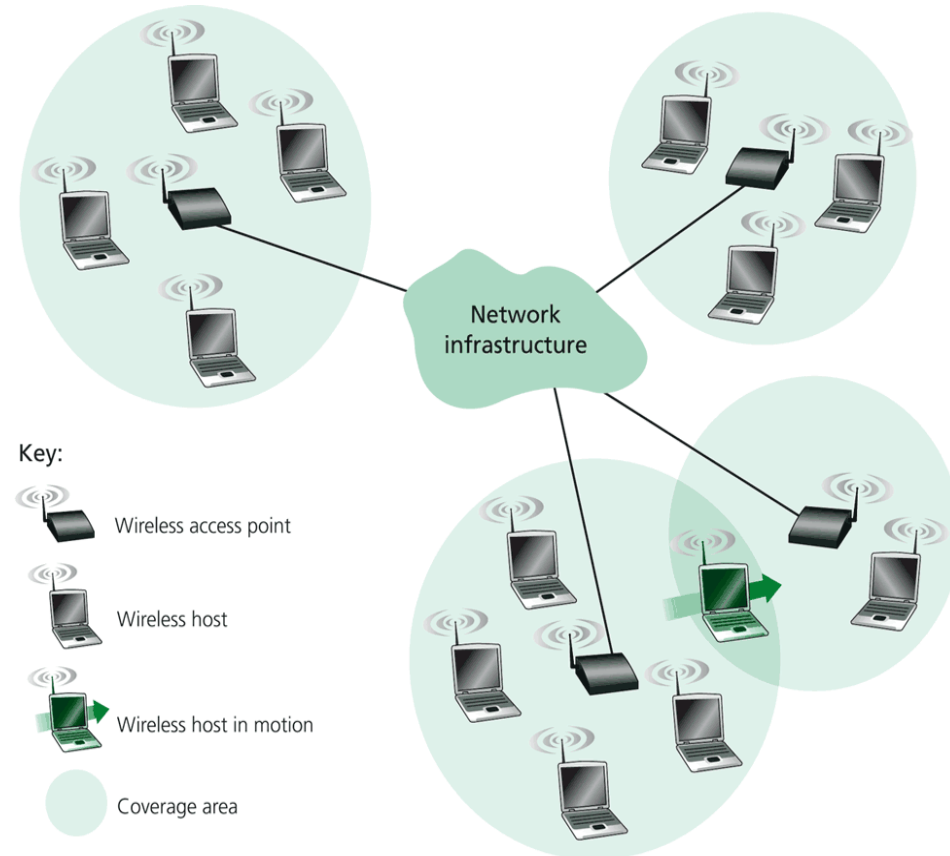
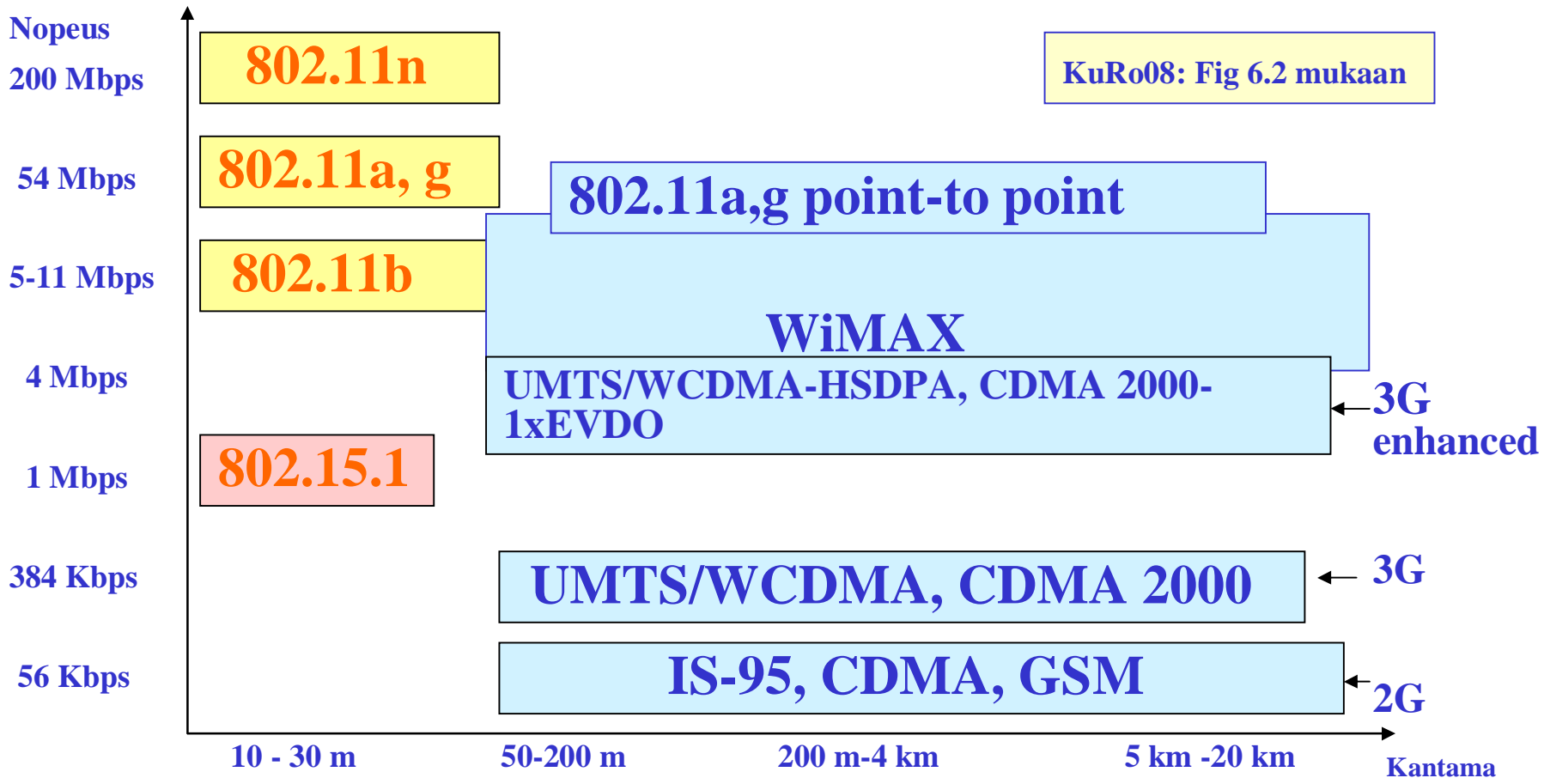


Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network



Langattoman linkin ominaisuuksia



KuRo08: Fig 6.2 mukaan

Ongelmallisempaa kuin kiinteässä verkossa
signaalin vaimeneminen, heijastukset
muiden laitteiden aiheuttamat häiriöt

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?

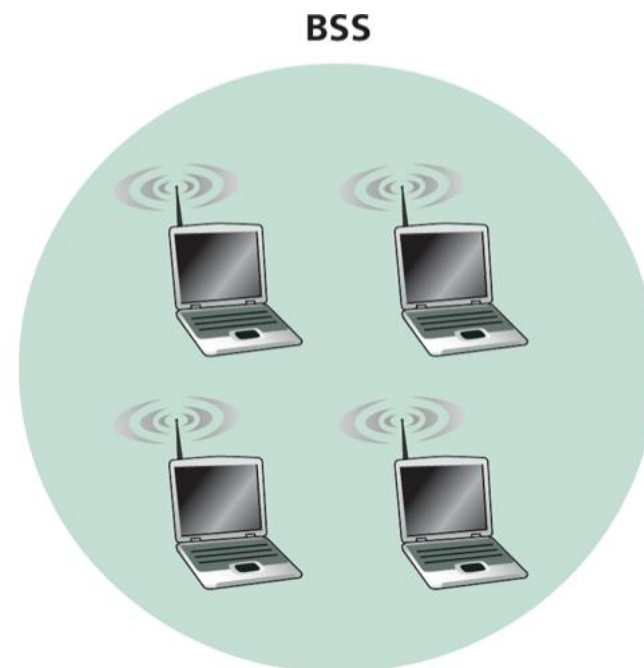
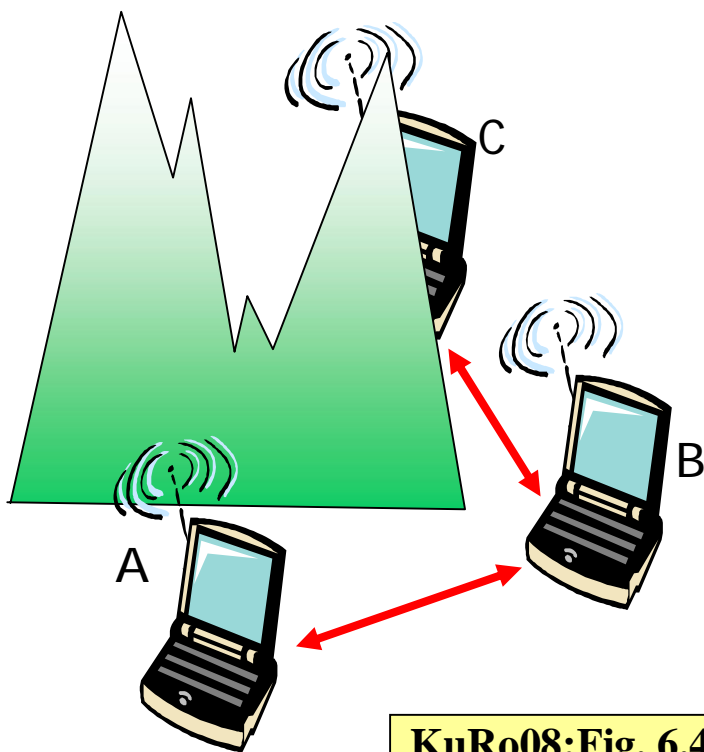


Figure 6.8

An IEEE 802.11 ad hoc network



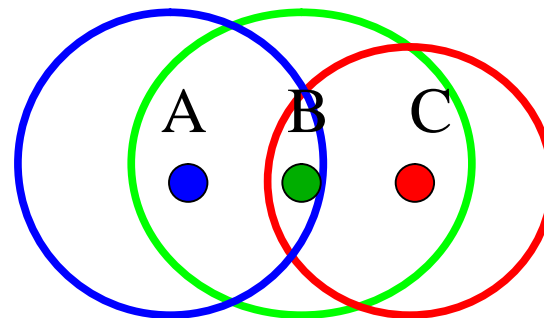
Kätkeyn aseman ongelma (Hidden terminal)

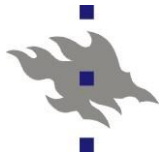


KuRo08:Fig. 6.4

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

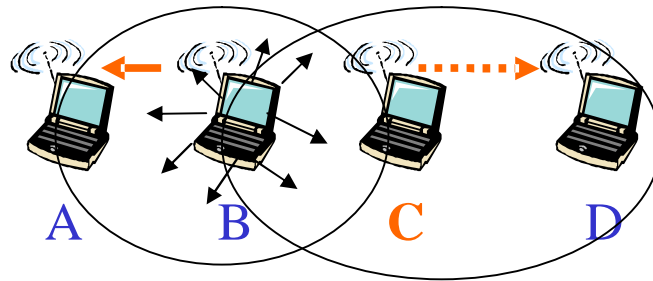
Miten asema voi tietää, menikö sen lähetyks perille?





Exposed terminal

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





Linkkikerros

IEEE 802.11 WLAN (Wi-Fi)

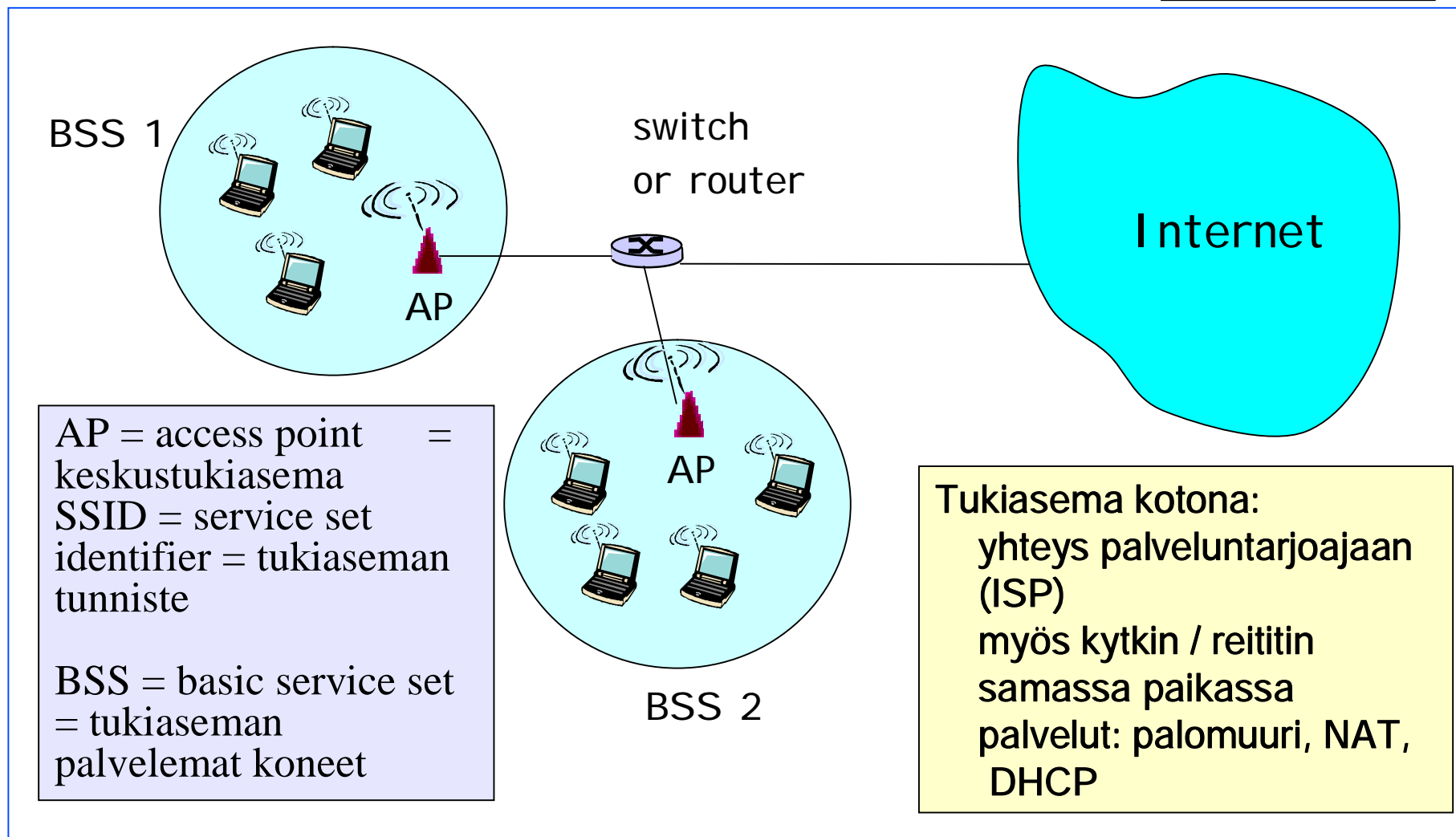
Ch 6.3

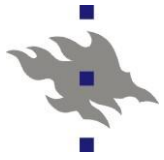


IEEE 802.11 -lähiverkko

(infrastructure wireless LAN, Wi-Fi)

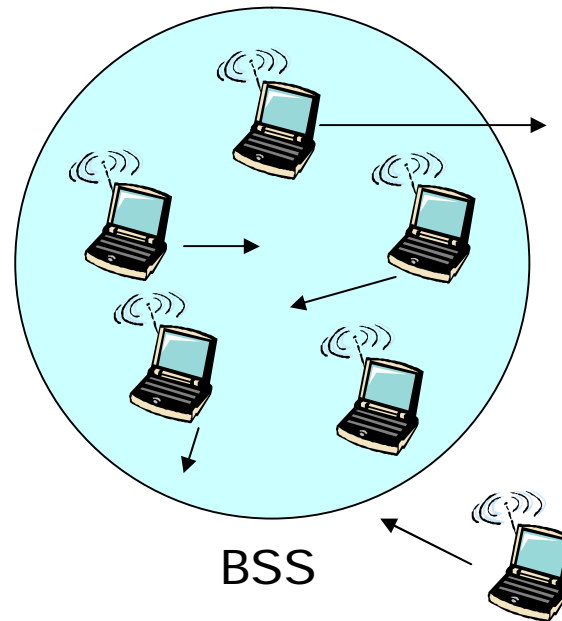
KuRo08:Fig 6.7





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)

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



802.11: Kanavan valinta (2)

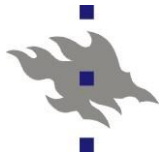
- n Standardi ei määrittele tukiaseman valintaa varten mitään erityistä algoritmia, vaan laitevalmistajat voivat toteuttaa sen eri tavoin
 - n Yleensä valitaan voimakkaimmalla signaalilla lähetävä tukiasema
- n Yhteys valittuun asemaan
 - n Mahdollinen autentikointi (tukiasema konfiguroitavissa)
 - Käyttö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

”WiFi Jungle”



802.11: Linkkitason protokolla (1)

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



802.11: Linkkitason protokolla (2)

n Miksi ei yritä huomata törmäystä?

n Vaikea lähettää ja ottaa vastaan yhtäaikaan. Saapuva signaali on vaimentunut matkalla ja voi siksi olla hyvinkin paljon heikompi kuin lähetettävä signaali.

n Ei voi huomata törmäystä, jossa toinen lähetävä solmu on oman kuuluvuusalueen ulkopuolella ([hidden terminal](#))

n 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) $\text{random}(\text{max})$, 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

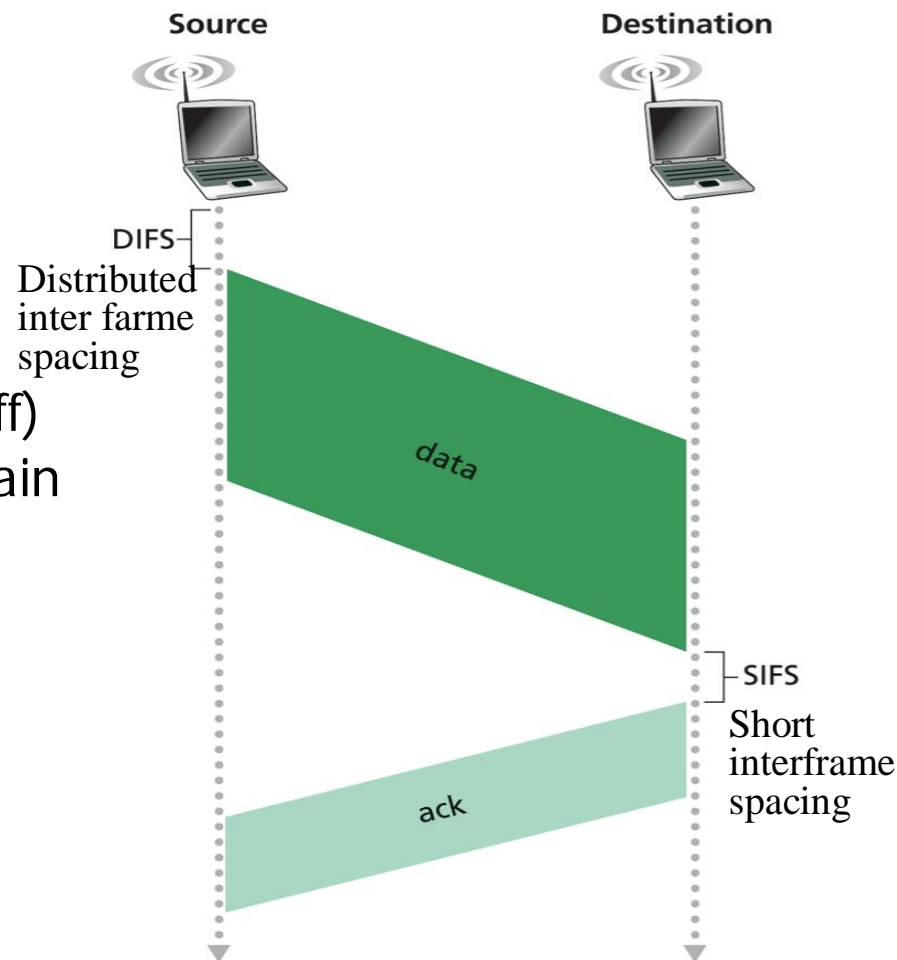
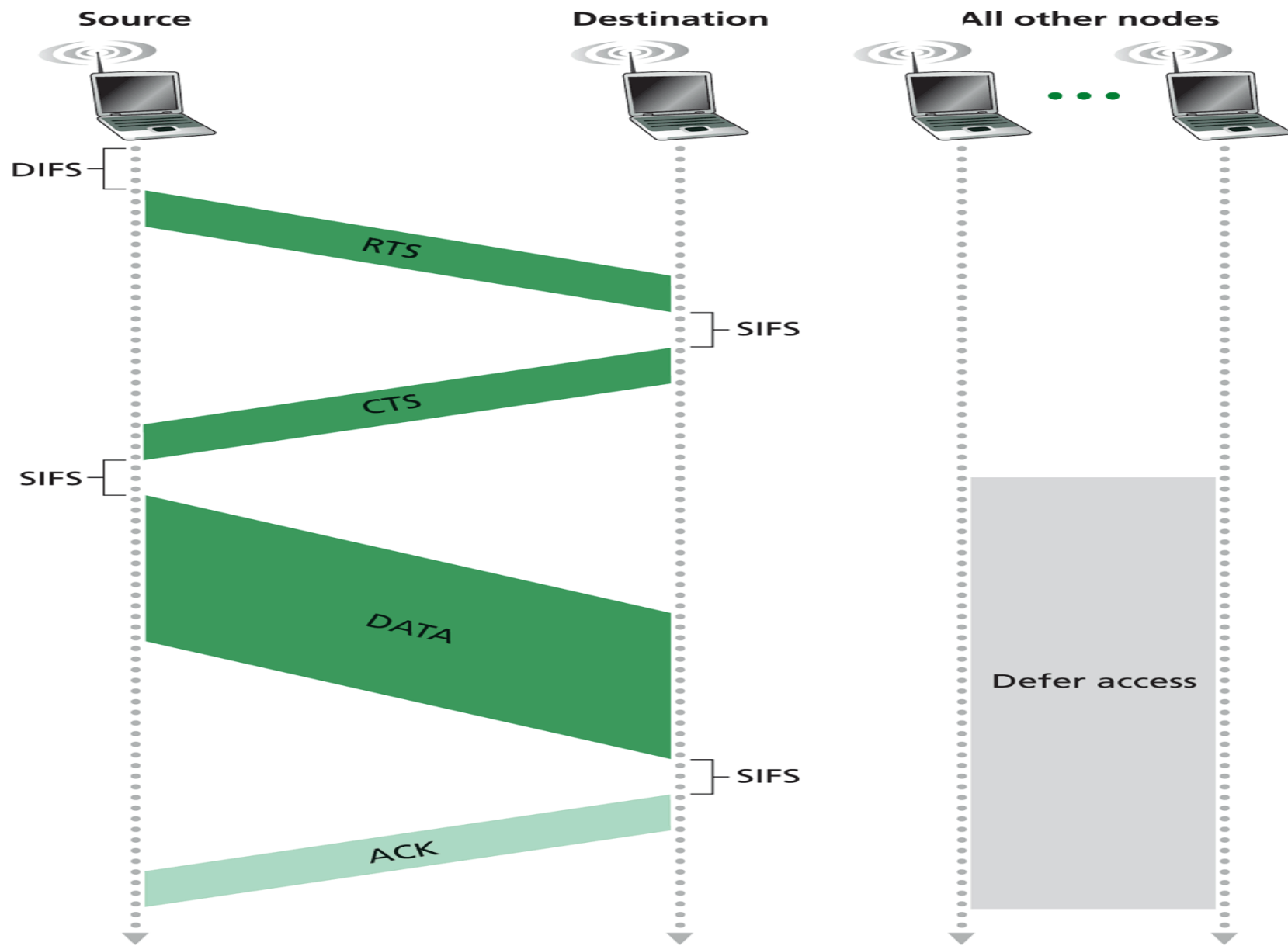


Figure 6.8 ♦ 802.11 uses link-layer acknowledgment

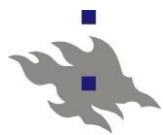


802.11: Optio RTS/CTS

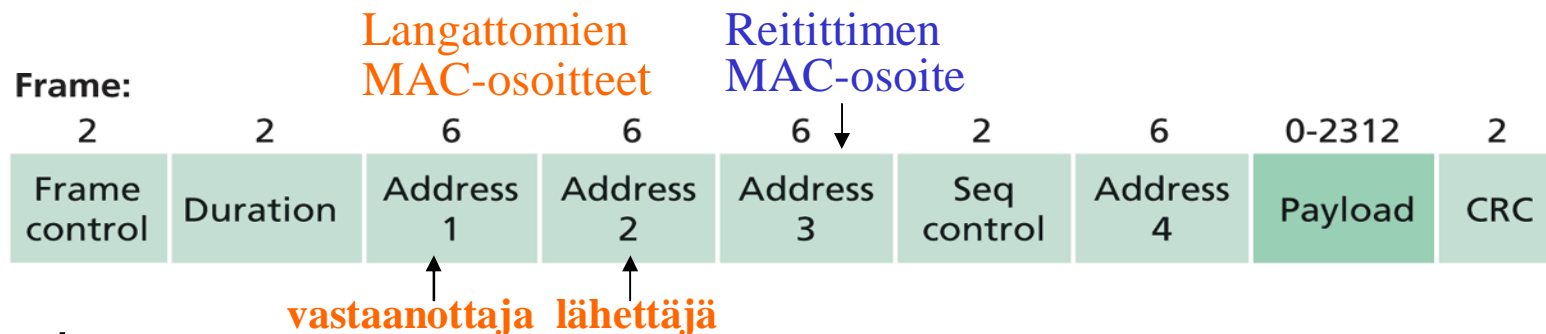
- n Lähettäjä voi varata kanavan datakehyyksen siirtoa varten
 - n Harvoin käytössä
- n Lähetä ensin pieni RTS-kehys (request-to-send)
 - n Lähettäjän ympäristö kuulee kehyksen eikä lähetä
 - n Tässä voi tulla törmäys (CSMA)
- n Vastaanottaja vastaa CTS-kehyyksellä (clear-to -send)
 - n Varaaja saa luvan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

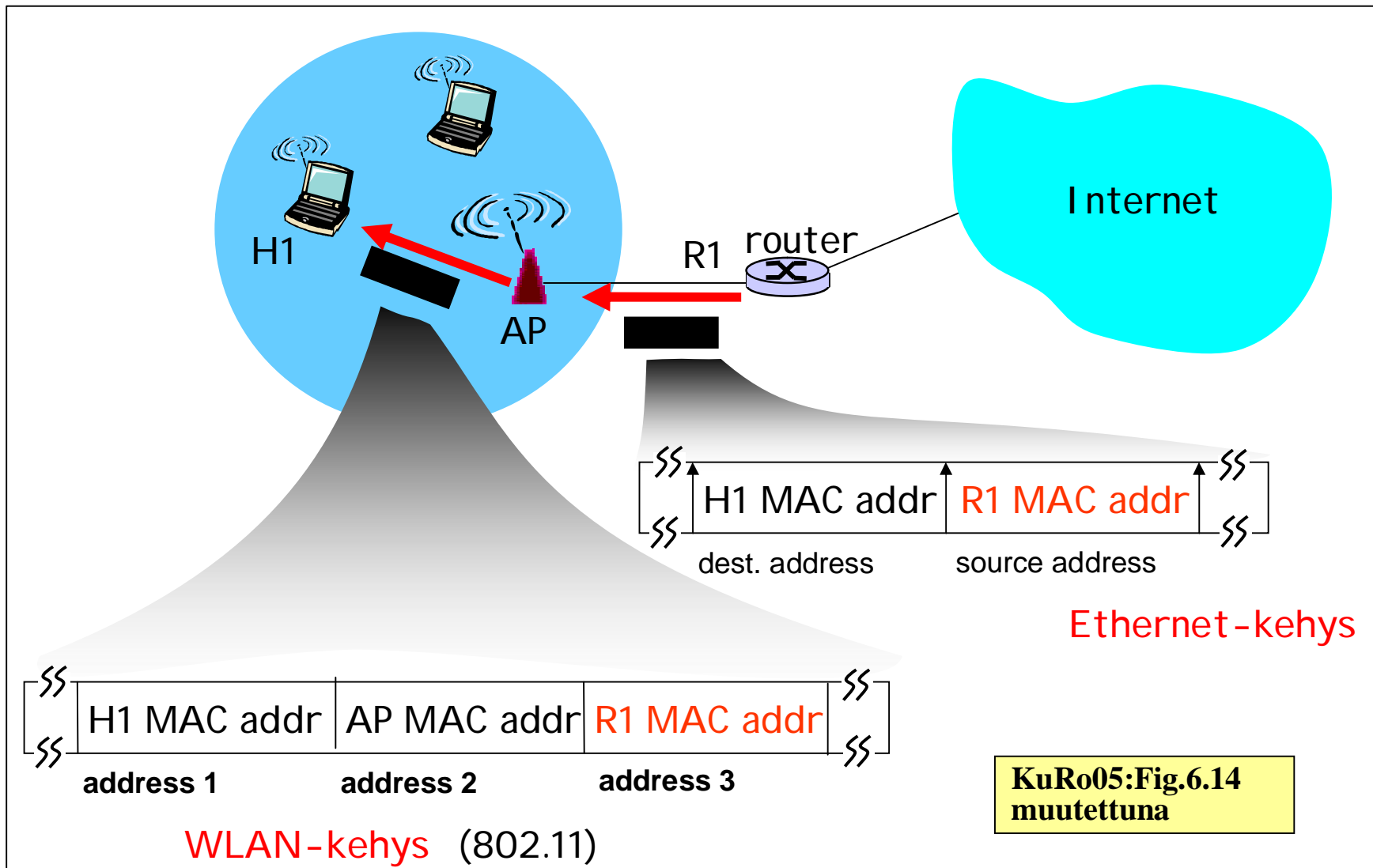
Jos RTS/CTS, varauksen kesto (lähetyksen kesto)

Seq control

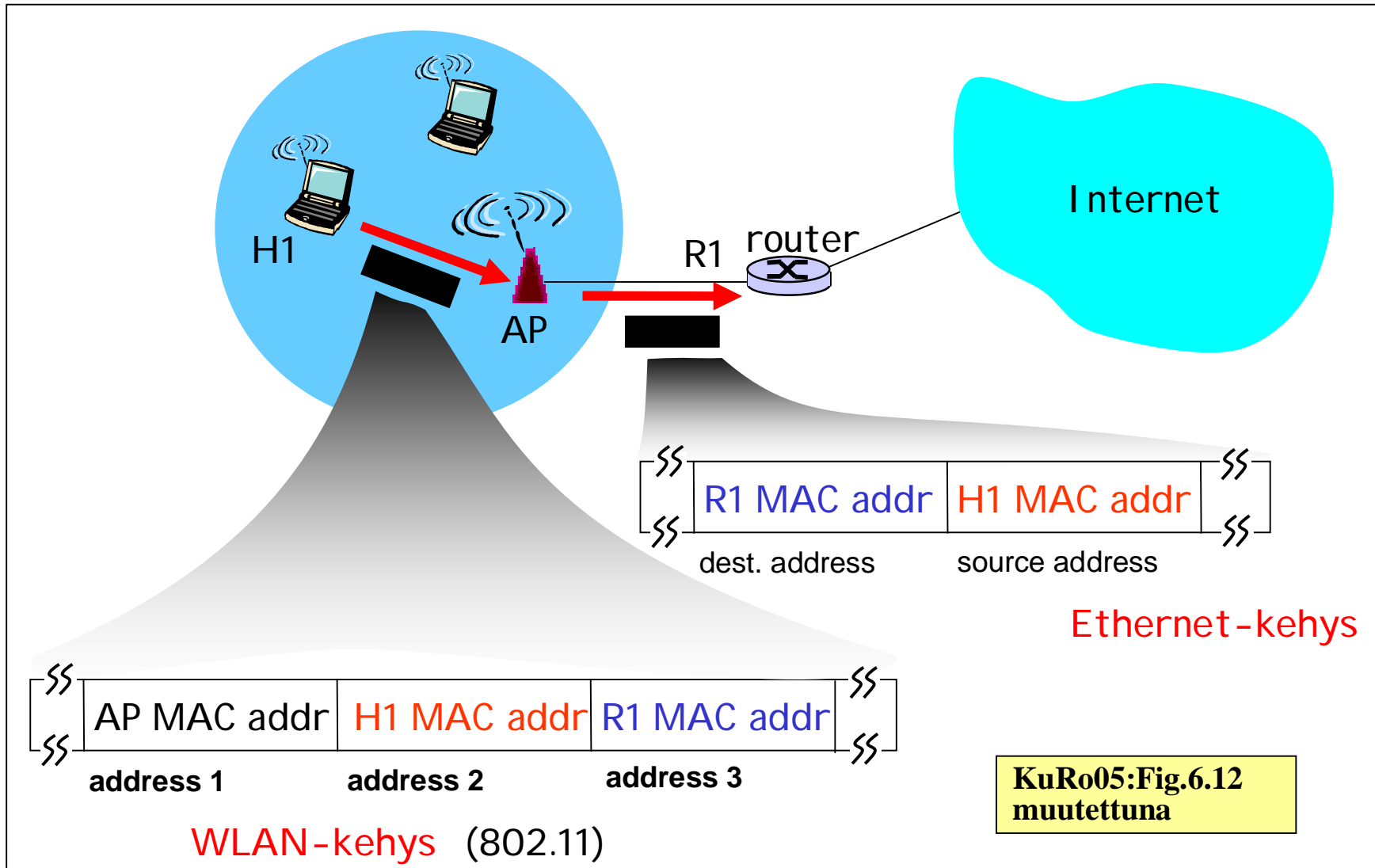
Järjestysnumeroa tarvitaan kuittauksia varten



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)

Käyttääkö kryptausta

.....

Frame control field expanded:



Figure 6.13 ♦ The 802.11 frame



Kertauskysymyksiä

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

Ks. myös kurssikirja s. 579-580



CDMA (Code Division Multiple Access)

n yksi kanava

n usea samanaikainen lähetys

n kukin koko kanavan taajuudella!

n yhden bitin lähetysaika jaetaan pienempiin osiin (aikasiruihin)

- 64 tai 128 sirua bittiä kohden

n kullakin asemalla oma 'sirukuvio' 1-bitin lähetykseen

- 0-bitti on tämän yhden komplementti

n Bittikuviot ortogonaalisia: bittikuvioiden sisätulot nolli



Esimerkiksi:

n aseman A 1-bitti: 00011011
0-bitti: 11100100

n aseman B 1-bitti: 00101110
0-bitti: 11010001

n aseman C 1-bitti: 01011100
0-bitti: 10100011

n aseman D 1-bitti: 01000010
0-bitti: 10111101

Ps. Oikeasti käytetään 64 tai 128 sirua



Laskemisen helpottamiseksi

n koodataan sirut 0 ja 1 seuraavasti:

- 1 = 1

- 0 = -1

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

0-bitti: 11100100 = 1 1 1 -1 -1 1 -1 -1

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

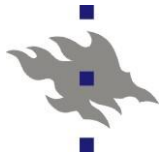
0-bitti: 11010001 = 1 1 -1 1 -1 -1 -1 1

n aseman C 1-bitti: 01011100 = -1 1 -1 1 1 1 -1 -1

0-bitti: 10100011 = 1 -1 1 -1 -1 -1 1 1

n 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:

$$n A \mid B = 0 = 1/m \sum A_i B_i \text{ (sisätulo)}$$

$$n A \mid A = 1$$

$$n -A \mid A = -1$$


$n \Rightarrow$ yhteissignaalista löydetään eri asemien omat lähetykset!

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

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

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

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

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

▪ Esimerkki

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

$$\begin{aligned}nS &= (-2 -2 0 -2 0 -2 4 0) \\nC &= (-1 1 -1 1 1 1 -1 -1)\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}nS \mid C &= (2 -2 0 -2 0 -2 -4 0) \\&= -8 \Rightarrow -1\end{aligned}$$

n eli C lähetti 0-bitin

▪ Esimerkki jatkuu:

Mitä B lähetti?

$$\begin{aligned} nS &= (-2 \ -2 \ 0 \ -2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0) \\ nB &= (-1 \ -1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} n \ S \mid B &= (2 \ 2 \ 0 \ 2 \ 0 \ -2 \ 4 \ 0) \\ &= 8 \Rightarrow 1 \end{aligned}$$

n eli **B lähetti 1-bitin**

▪ Esimerkki jatkuu



Entä mitä A lähetti?

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

$$nA = (-1 \ -1 \ -1 \ 1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1)$$

$$n \ S \ | \ A = (2 \ 2 \ 0 \ -2 \ 0 \ 2 \ 4 \ 0)$$

$$= 8 \Rightarrow 1$$

n eli **A lähetti 1-bitin**

n Lähettikö myös D jotain?

- Käytännössä CDMA on vaativa
- toteuttaa

n 64 tai 128 bitin ortogonaalisia koodeja

n edellyttää signaalien voimakkuuksien vertailua ja yhteenlaskua => signaalien heikkeneminen eri etäisyyksillä otettava huomioon

n tarkat ajoitukset

n tunnettava lähettäjien sirukoodit
sirukoodit