

Tietoliikenteen perusteet

Luento 10:
langaton linkki

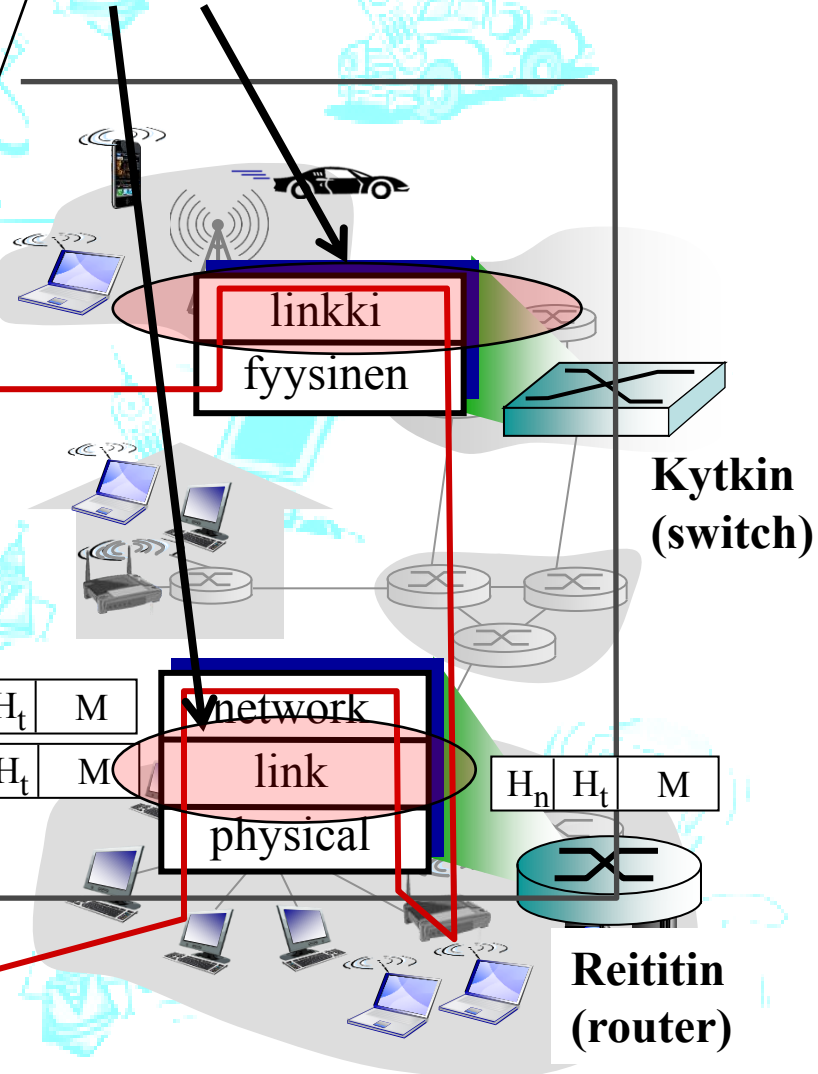
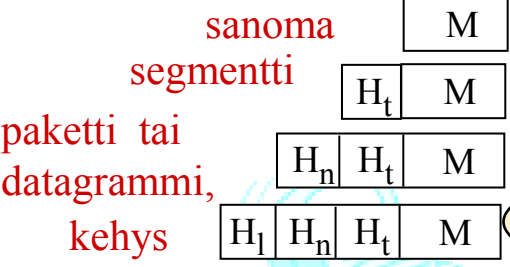
Syksy 2017, Timo Karvi

Kurose&Ross:
Ch5.7 ja 6.1-6.3

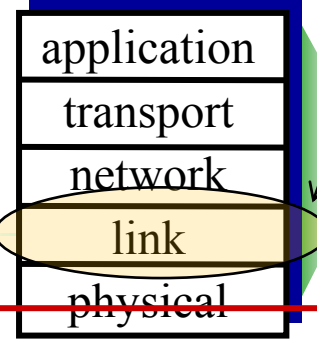
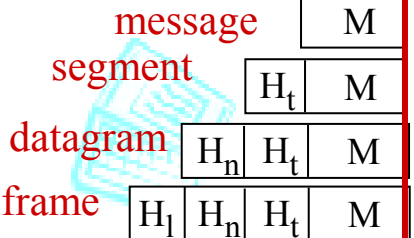
Pääasiallisesti kuvien
© J.F Kurose and K.W. Ross, All
Rights Reserved

Lähettäjä (source)

Luennon sisältöä



Vastaanottaja (destination)



Sisältö

- **Langaton linkki**



Oppimistavoitteet:

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



LANGATON VERKKO

Ch 6.1, 6.2, 6.3.1,6.3.2

(ei: 6.2.1, 6.3.3-)

Langattoman verkon komponentit

Fig 6.1 [KR12]

- **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

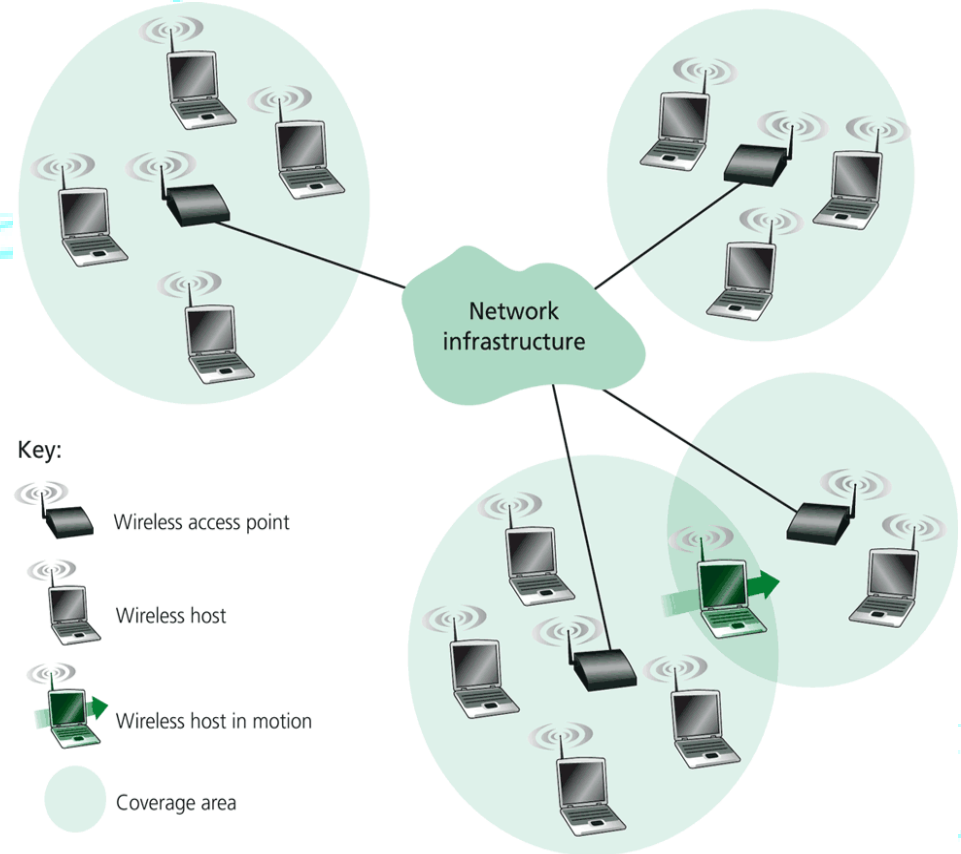
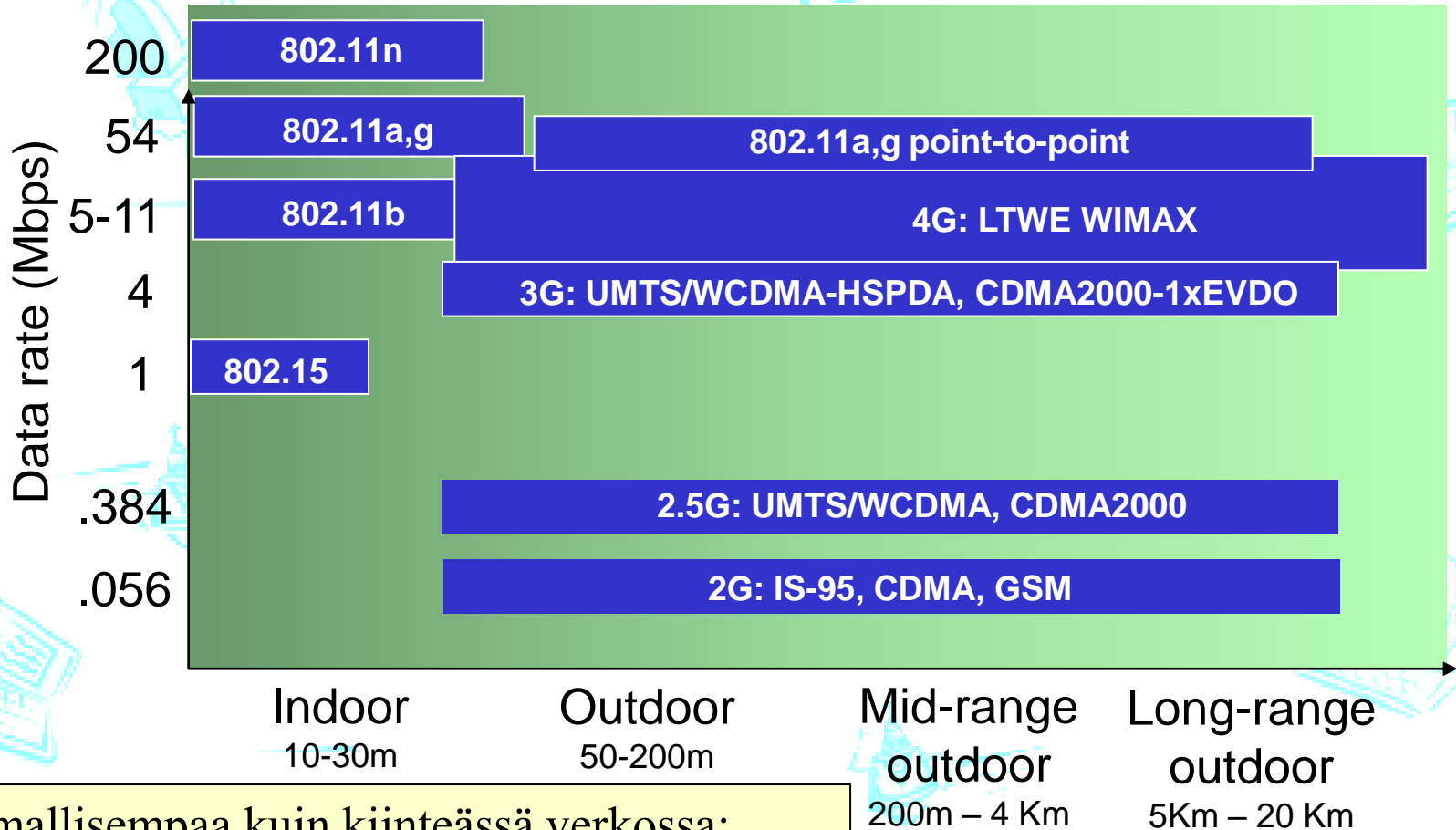


Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network

Langattoman linkin ominaisuuksia

Fig 6.1 [KR12]



Ongelmallisempaa kuin kiinteässä verkossa:

- signaalin vaimeneminen, heijastukset
- muiden laitteiden aiheuttamat häiriöt

Langattoman verkon tekniikat (IEEE)

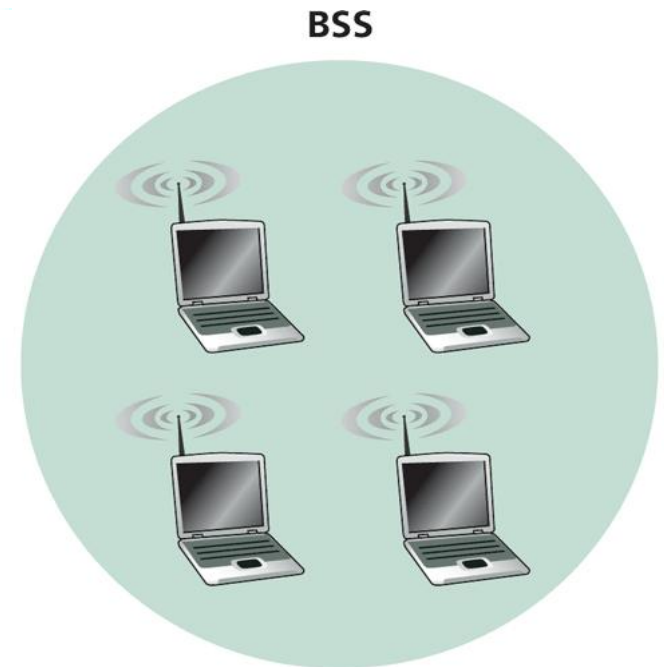
<i>Tekniikka</i>	<i>IEEE standardi</i>	<i>Nimi</i>
Wireless personal area network (WPAN)	IEEE 802.15.1	Bluetooth
Low-rate WPAN (LR-WPAN)	IEEE 802.15.4	ZigBee
Wireless local area network (WLAN)	IEEE 802.11	WiFi
Wireless metropolitan area network (WMAN)	IEEE 802.16	WiMAX

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?



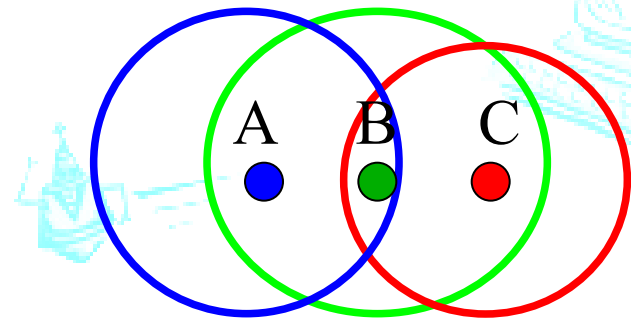
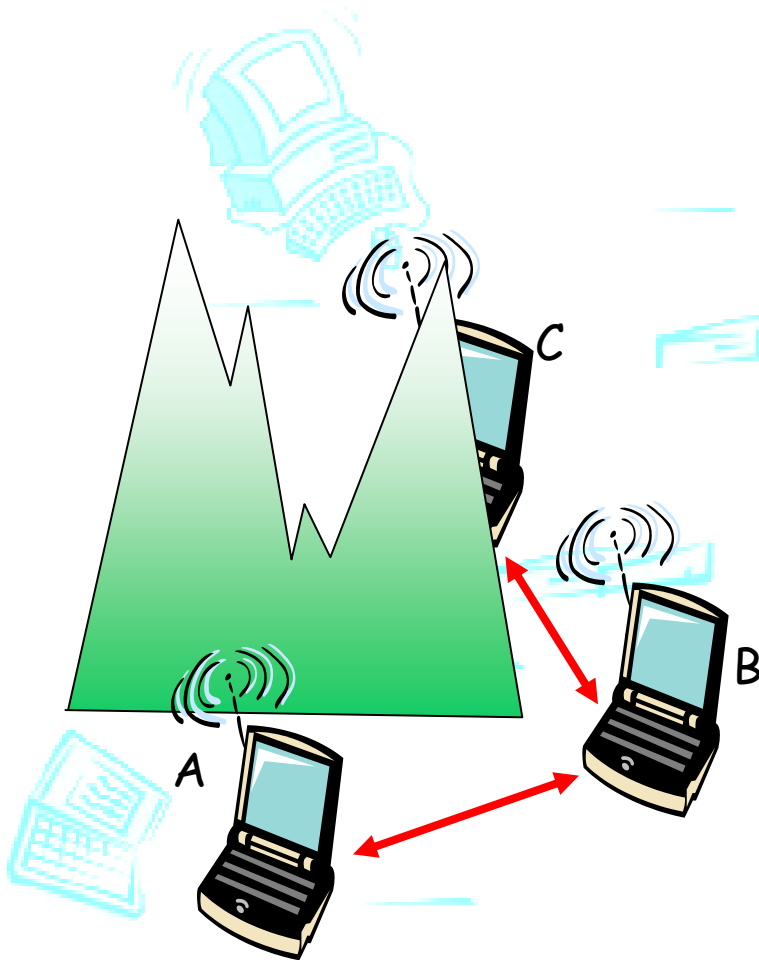
Kätketyn aseman ongelma

(Hidden terminal)

Fig 6.4a [KR12]

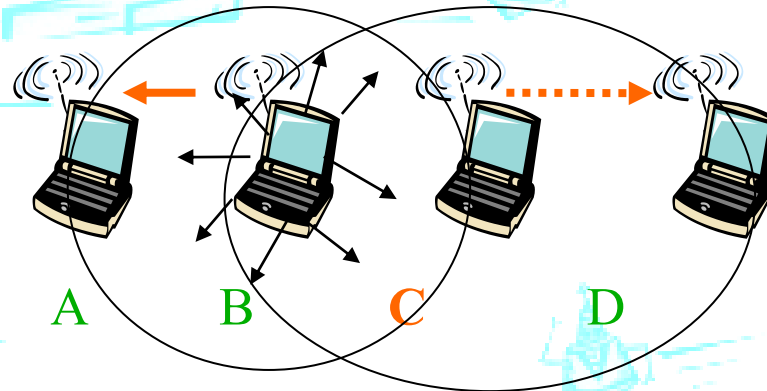
Asemat A ja C eivät kuule toisiaan eivätkä huomaa, milloin toinen lähettää samaan aikaan ja syntyy törmäys.

Miten asema voi tietää, menikö sen lähetyksen perille?



Exposed terminal

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





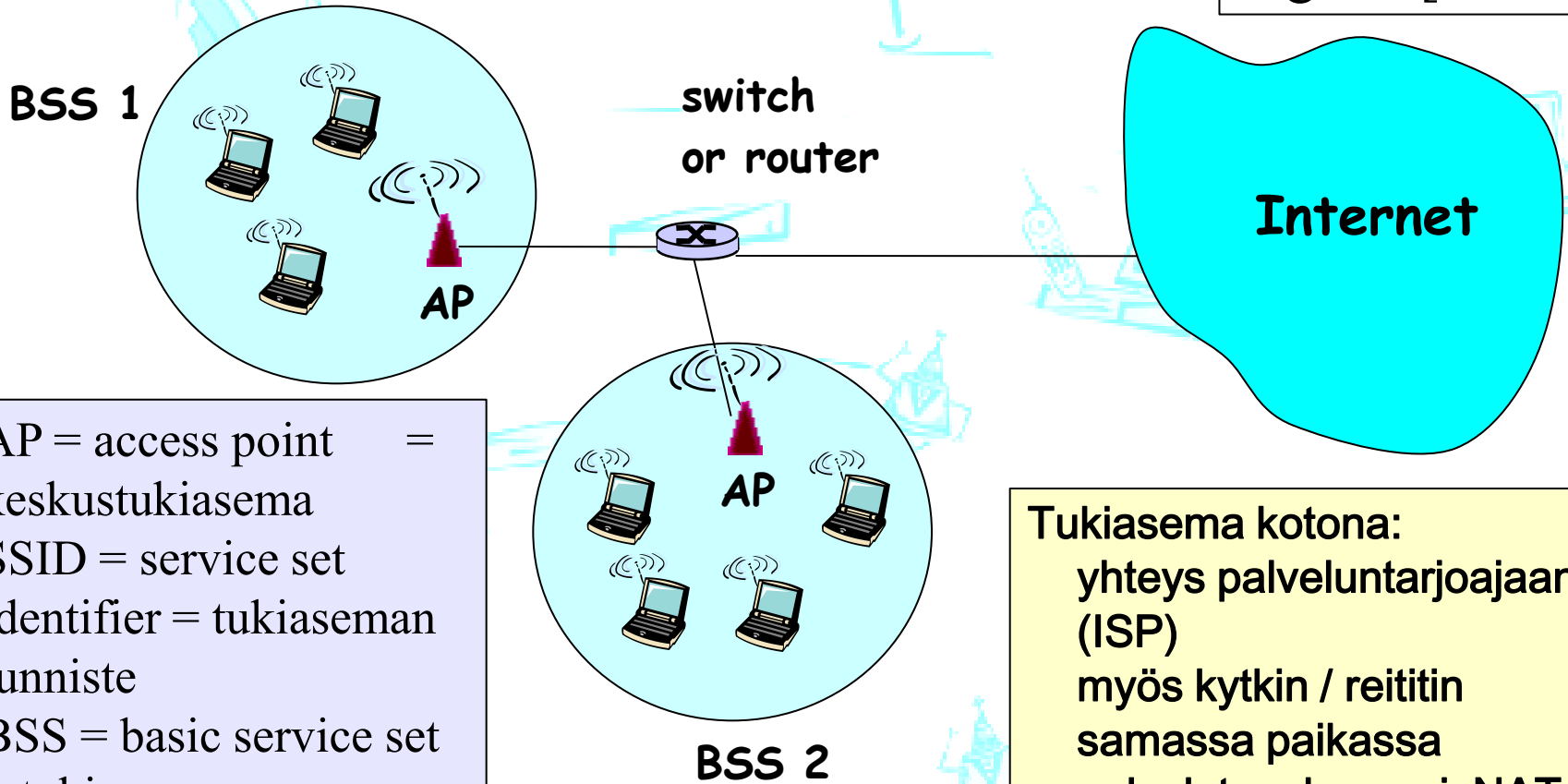
IEEE 802.11 WLAN (WI-FI)

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]



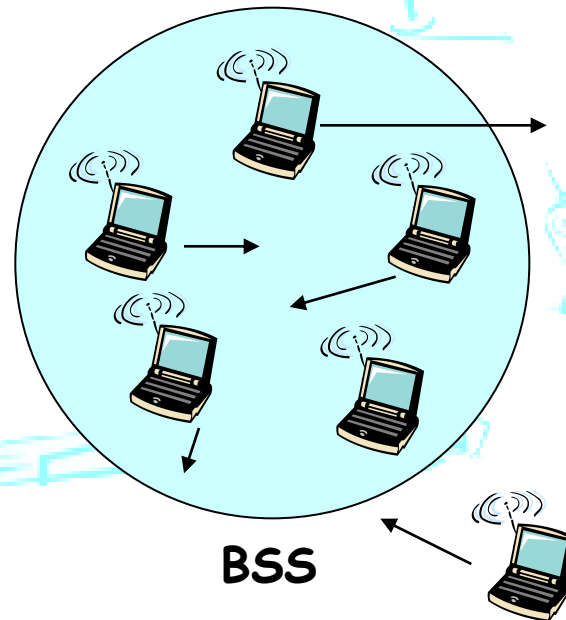
AP = access point =
keskustukiasema
SSID = service set
identifier = tukiaseman
tunniste
BSS = basic service set
= tukiaseman
palvelemat koneet

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

Ad hoc-verkko

MANET (Mobile ad hoc network)

VANET (Vehicular ad hoc network)



Ei mitään infrastruktuuria ja solmut voivat liikkua

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 lähettävä 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)

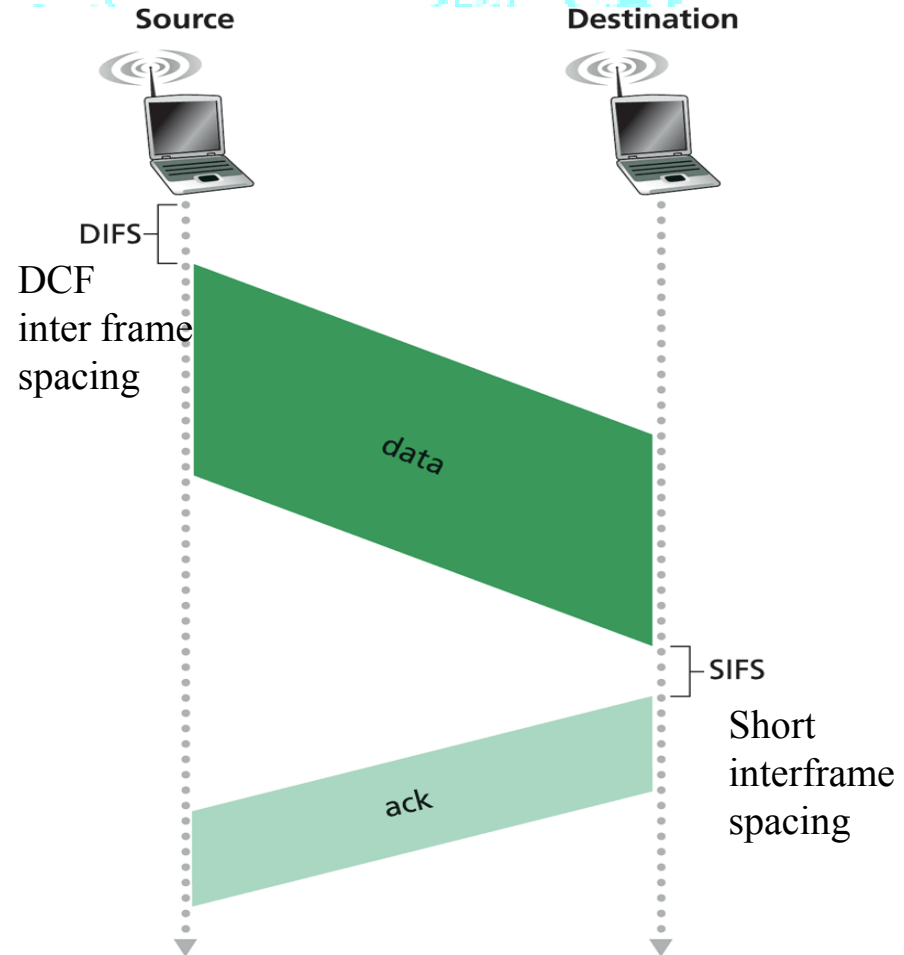
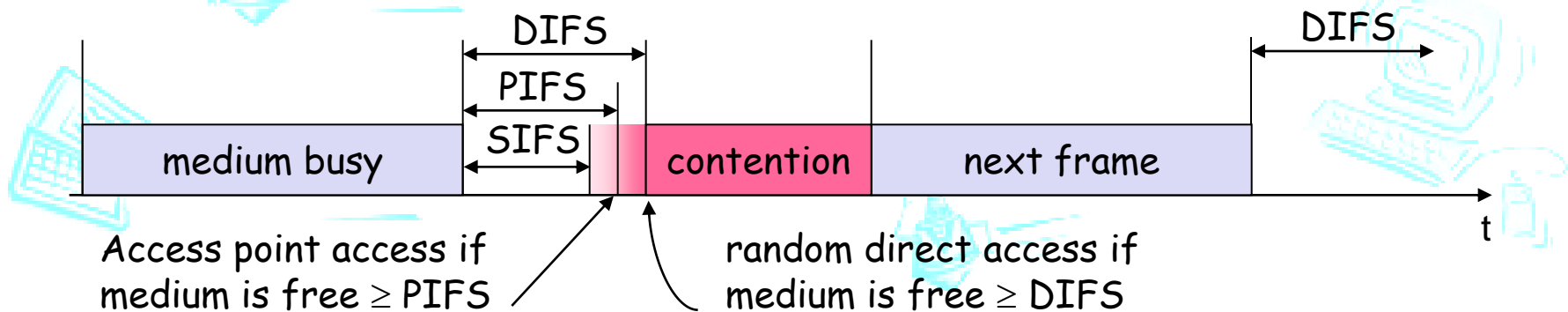


Figure 6.8 ♦ 802.11 uses link-layer acknowledgments

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.)

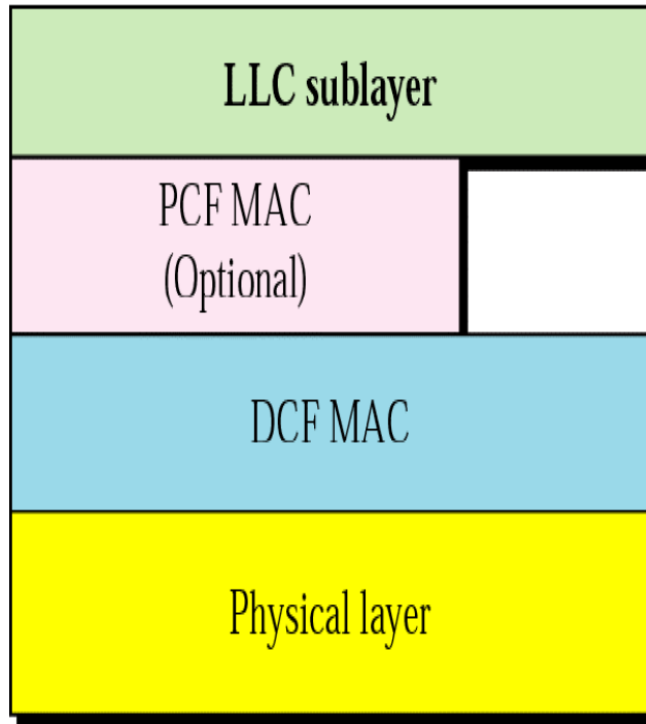
- DIFS DCF Interframe Space (DIFS)

- 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

Koordinoitiefunktiot

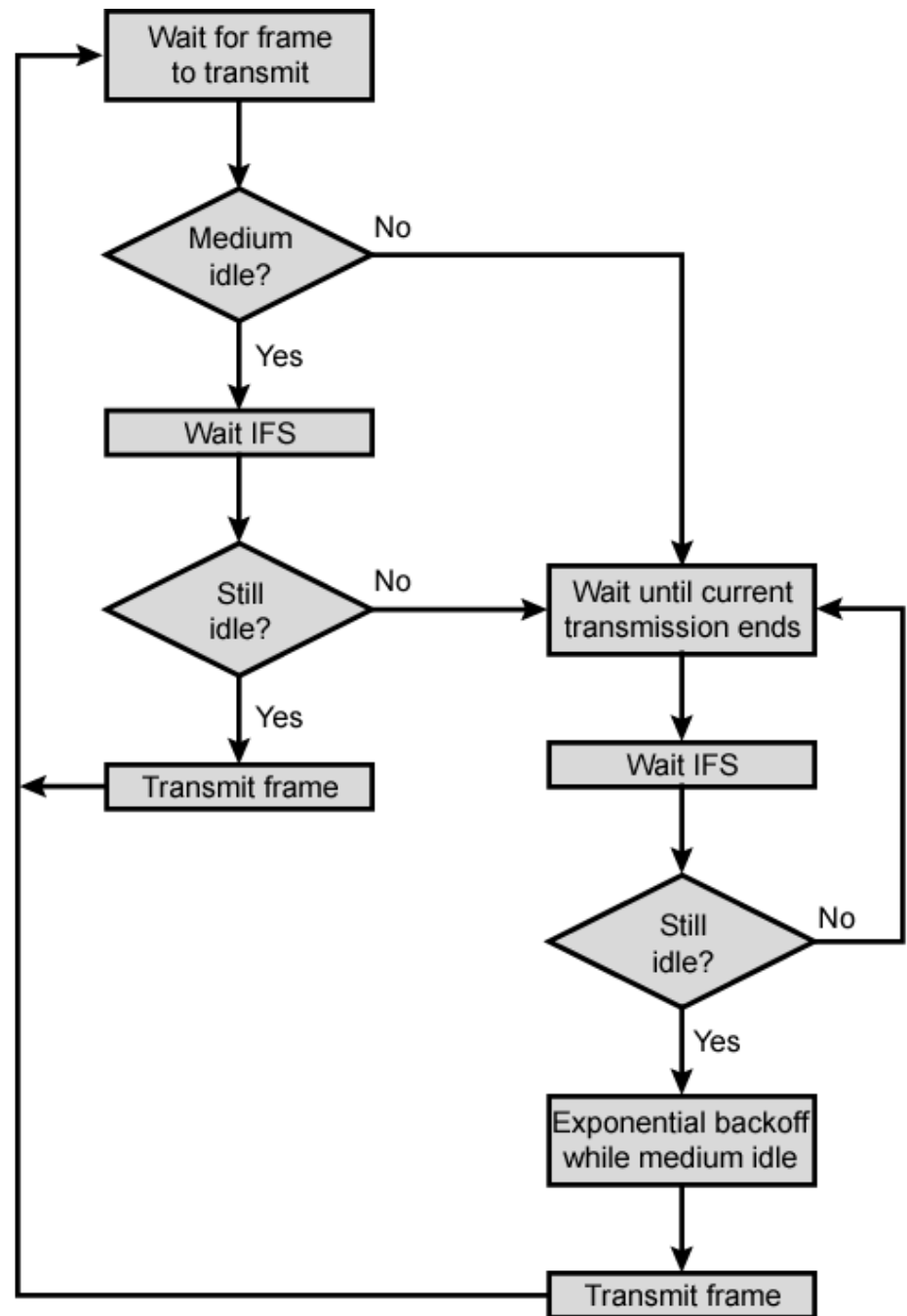


- DCF (Distributed Coordination Function)
 - Kilpailua, ei priorisointia
- PCF (Point Coordination Function)
 - Keskitetty medianhallintafunktio
 - Toimii infrastruktuuri-tilassa
 - Kukin tilaaja saa lähetysvuoron (myös DCF periaate)

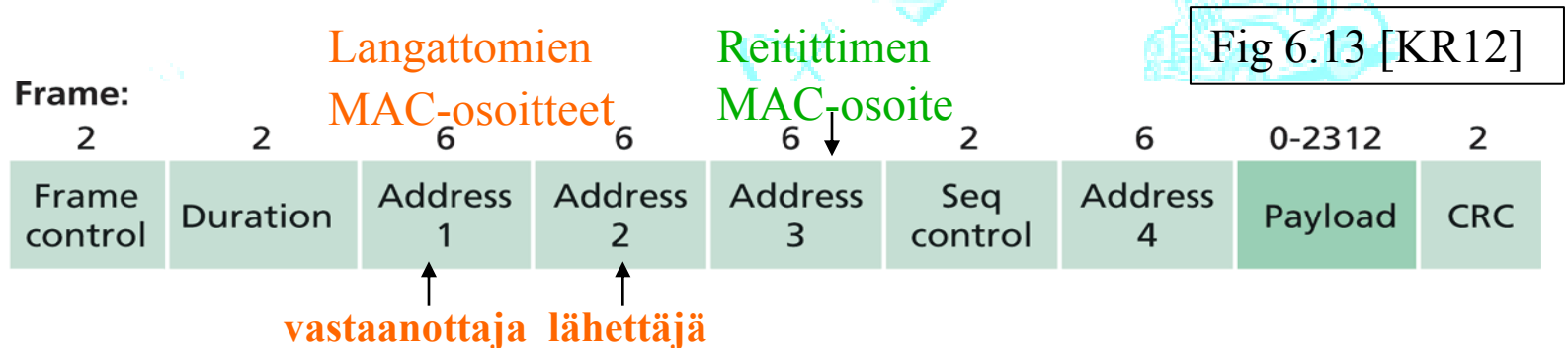
IEEE 802.11 MAC Logic

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

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



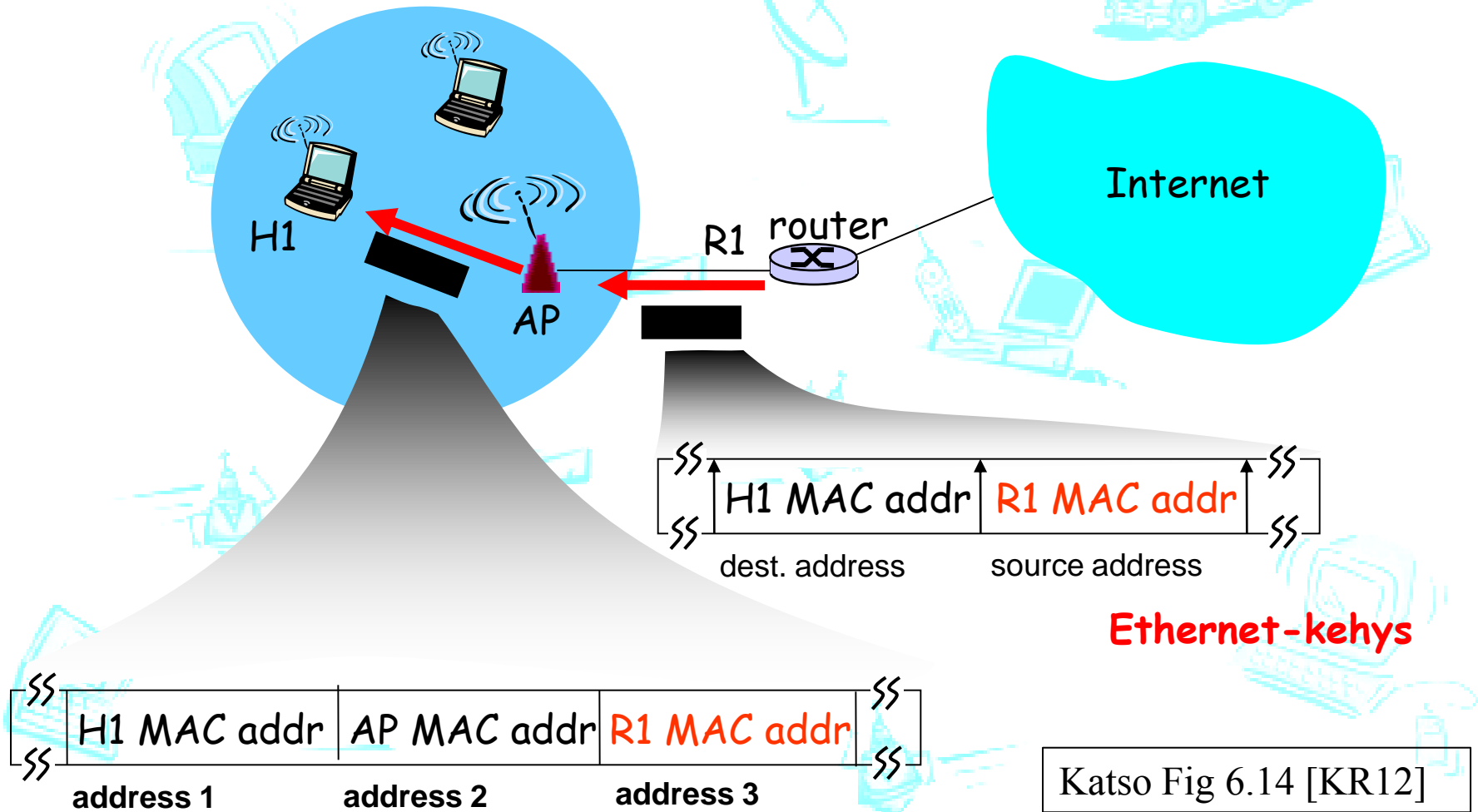
802.11: Kehyksen rakenne



- 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 kesto)
- Seq control - järjestysnumeroa tarvitaan kuittauksia varten

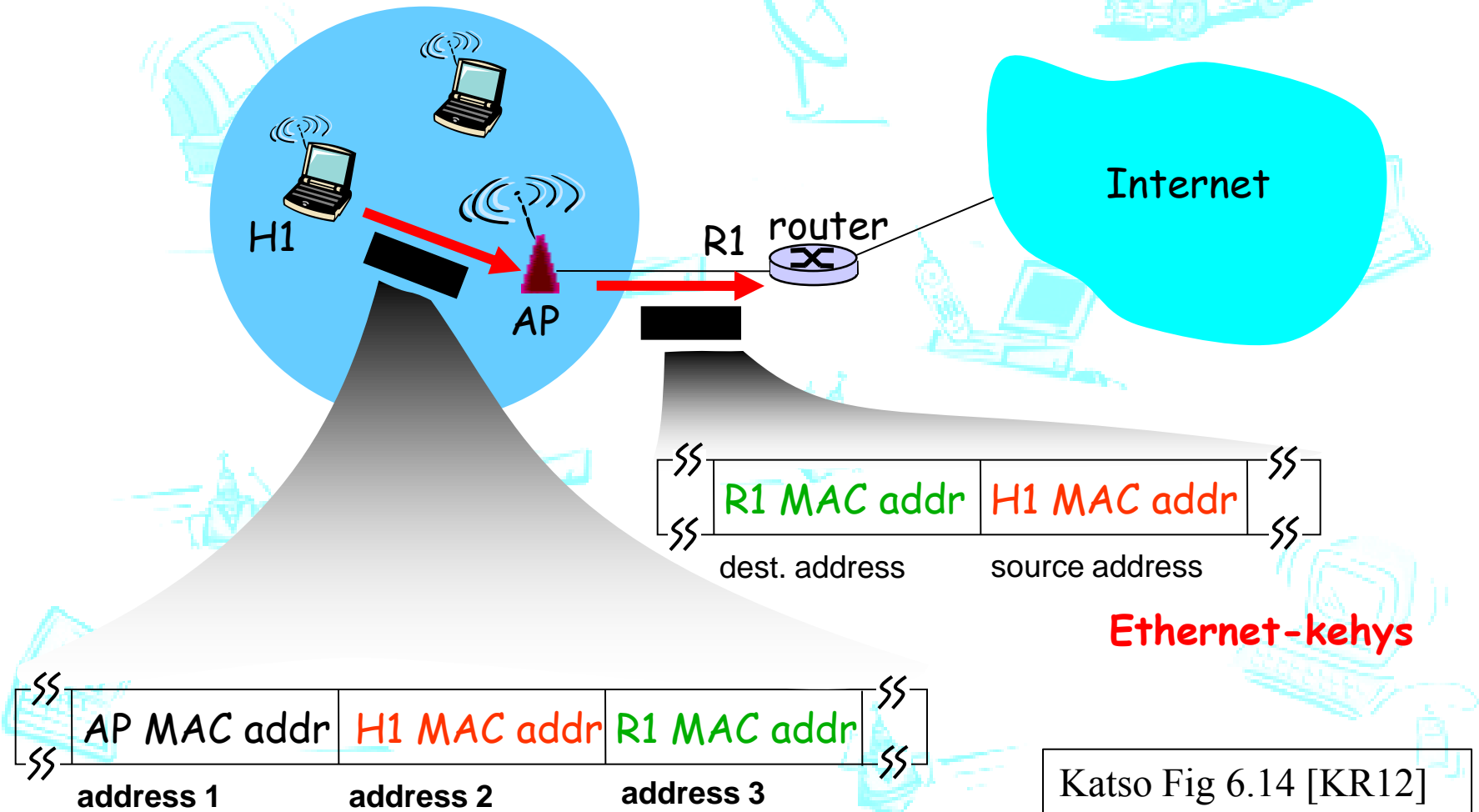
Request To Send
Clear To Send

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 Acces) -
Käyttääkö salausta (Huom. WEPin tietoturva surkea → ÄLÄ KÄYTÄ)

.....

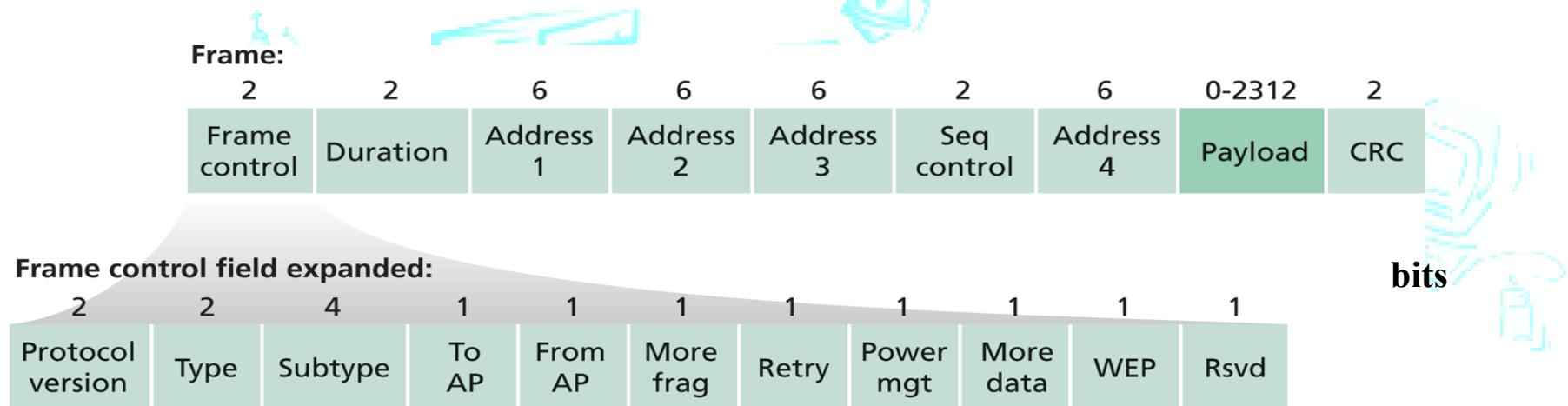


Figure 6.13

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?

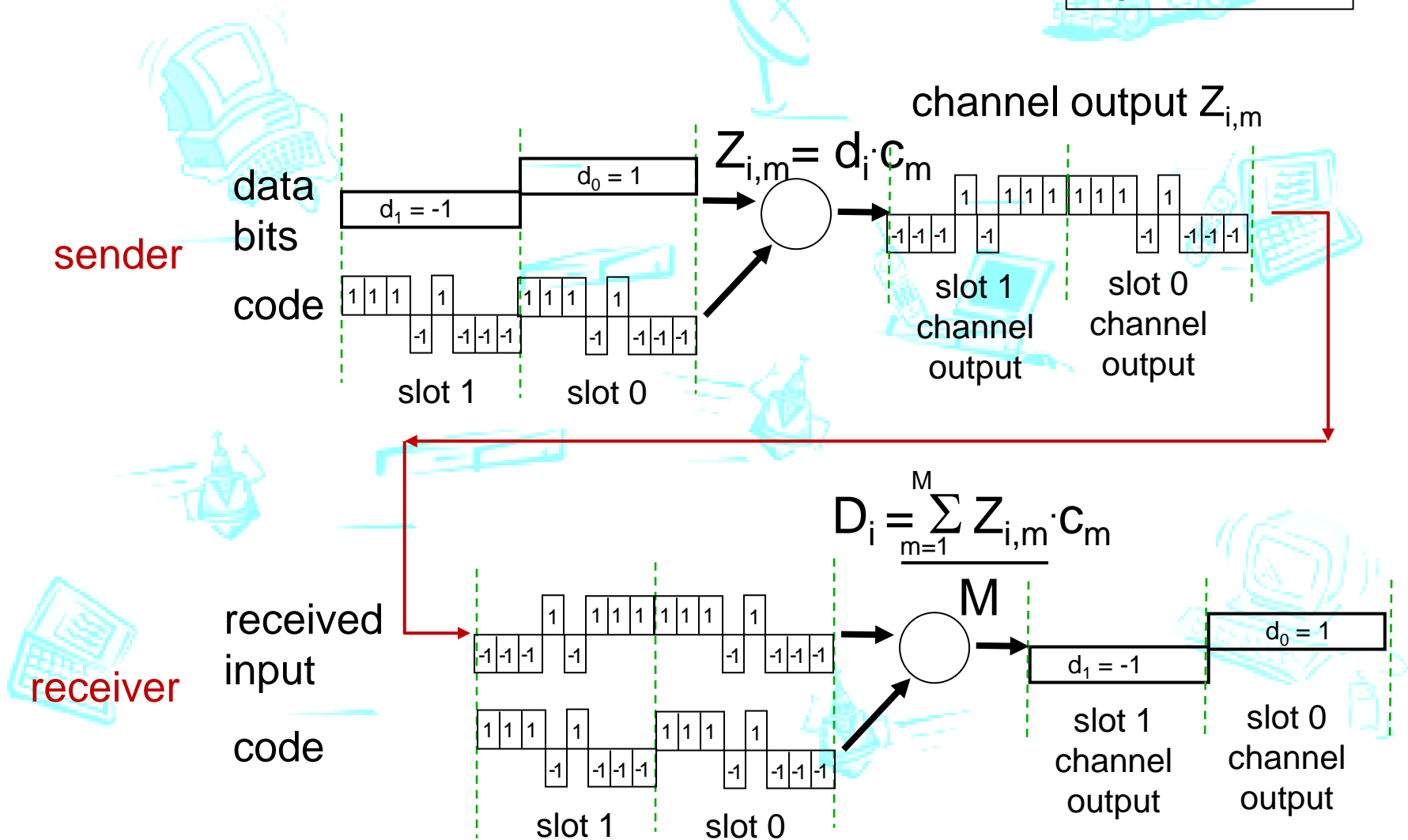
- Ks. myös kurssikirja s. 579-580

CDMA (Code Division Multiple Access)

- yksi kanava
 - usea samanaikainen lähetys
 - kukin koko kanavan taajuudella!
- yhden bitin lähetysaika 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: bittikuvioiden sisätulot nolliä

CDMA encode/decode

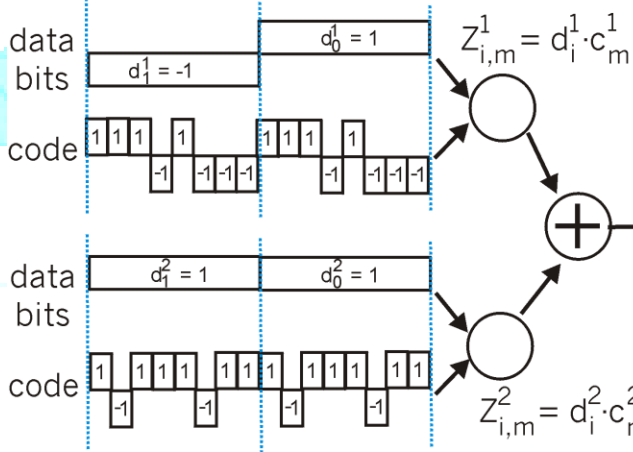
Fig 6.5 [KR12]



CDMA: kahden lähettäjän interferenssi

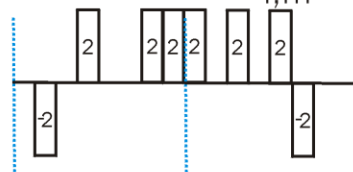
senders

Sender 1



Sender 2

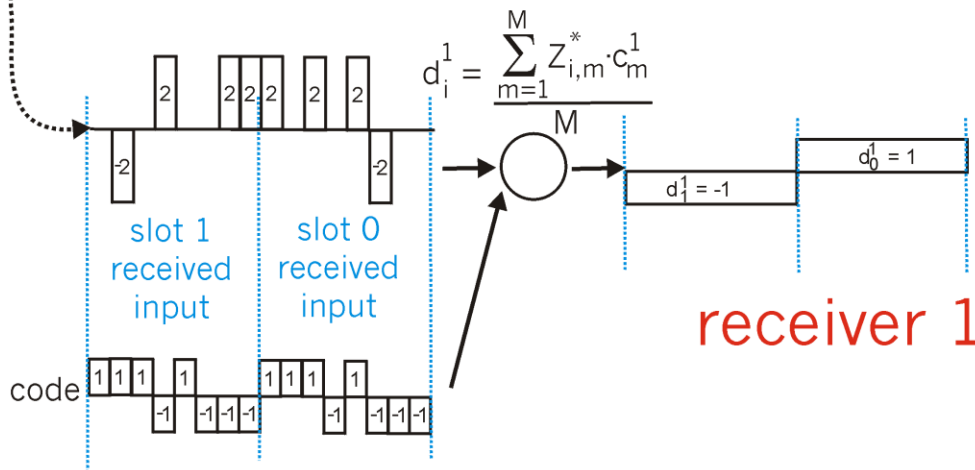
channel, $Z_{i,m}^*$



Kanava summaa lähettäjien 1 ja 2 signaalit yhdeksi signaaliksi

Fig 6.6 [KR12]

Vastaanottaja käyttää samaa koodia kuin lähettäjä 1 ja voi erottaa lähettäjä 1:n signaalin summatusta kanavalla kuuluvasta yhteissignaalista!



Esimerkki: 8-siruinen 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

0 = -1
1 = 1

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!

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

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

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

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

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)

