



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

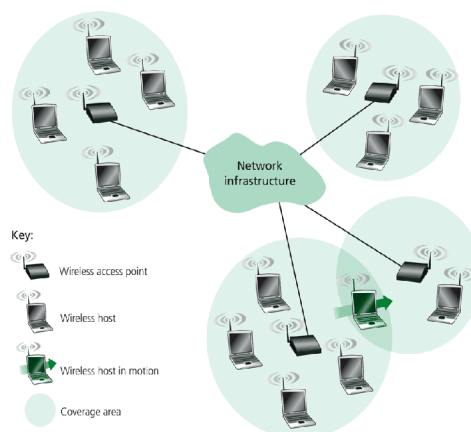
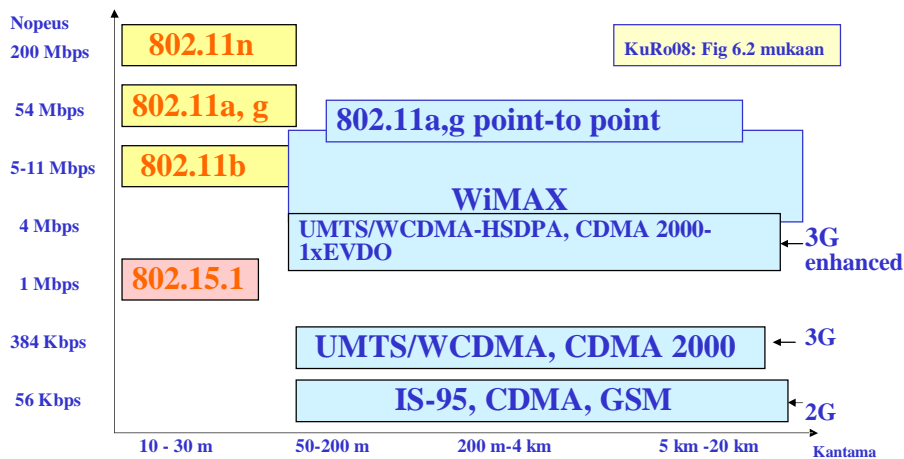


Figure 6.1 ♦ Elements of a wireless network



Langattoman linkin ominaisuuksia



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

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

5



Ad hoc -verkko

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

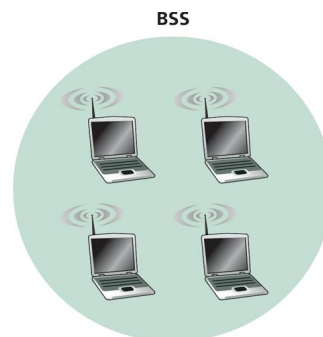


Figure 6.8

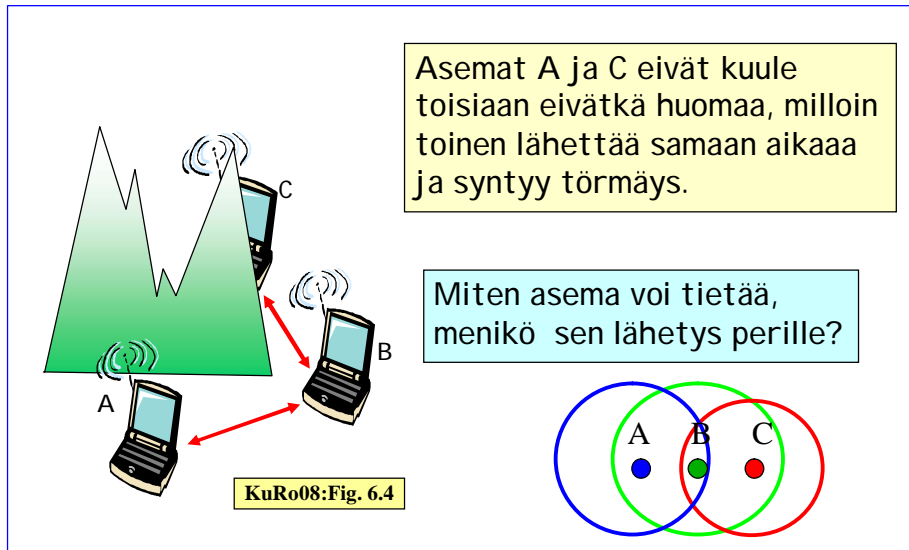
An IEEE 802.11 ad hoc network

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

6



Kätkeyn aseman ongelma (Hidden terminal)



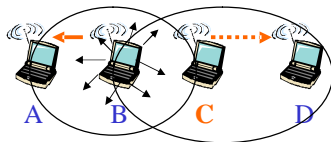
Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

7



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



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

8



Linkkikerros

IEEE 802.11 WLAN (Wi-Fi)

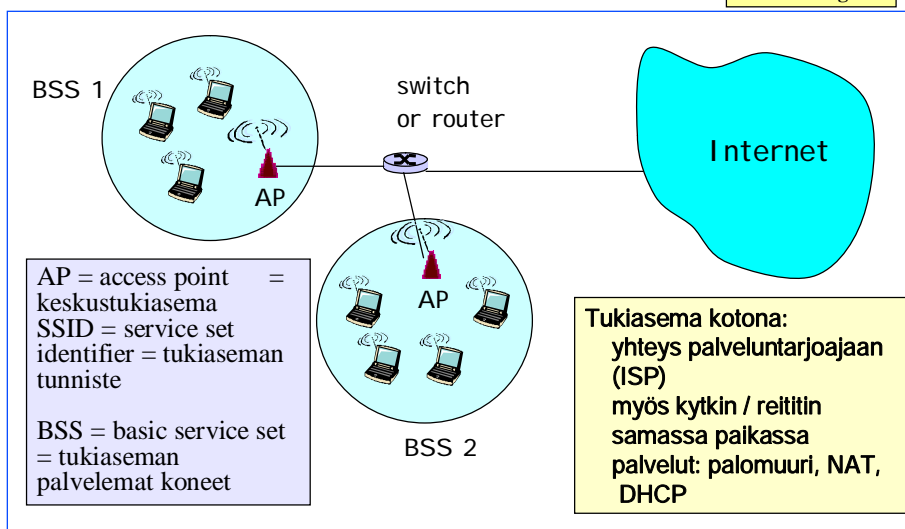
Ch 6.3



IEEE 802.11 -lähiverkko

(infrastructure wireless LAN, Wi-Fi)

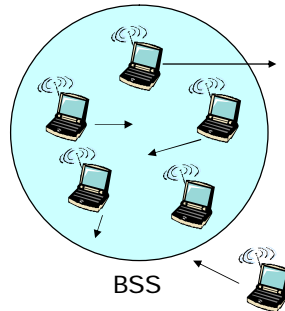
KuRo08:Fig 6.7





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 kyselykehysten (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 lähettävä 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 kehysten 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 lähettävä 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)
random(max), jota vähennetään vain
kun kanava on vapaa,
Lähetä, kun laskuri nollassa
Jos ei tule kuittausta, niin yritä
uudestaan $\max = 2 * \max$

Vastaanotto

Jos kehys OK

Odota SIFS aikayksikköä

Lähetä ACK (linkkerroksen ACK)

KuRo08: Fig 6.10

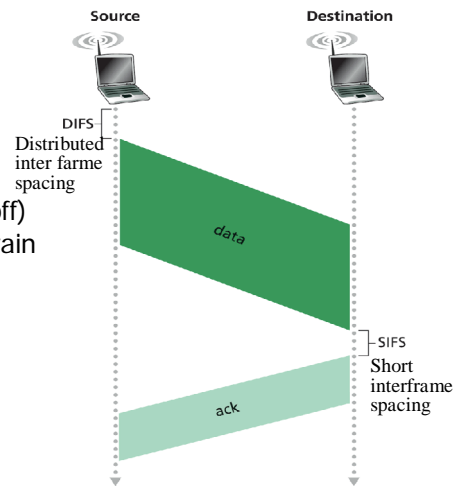
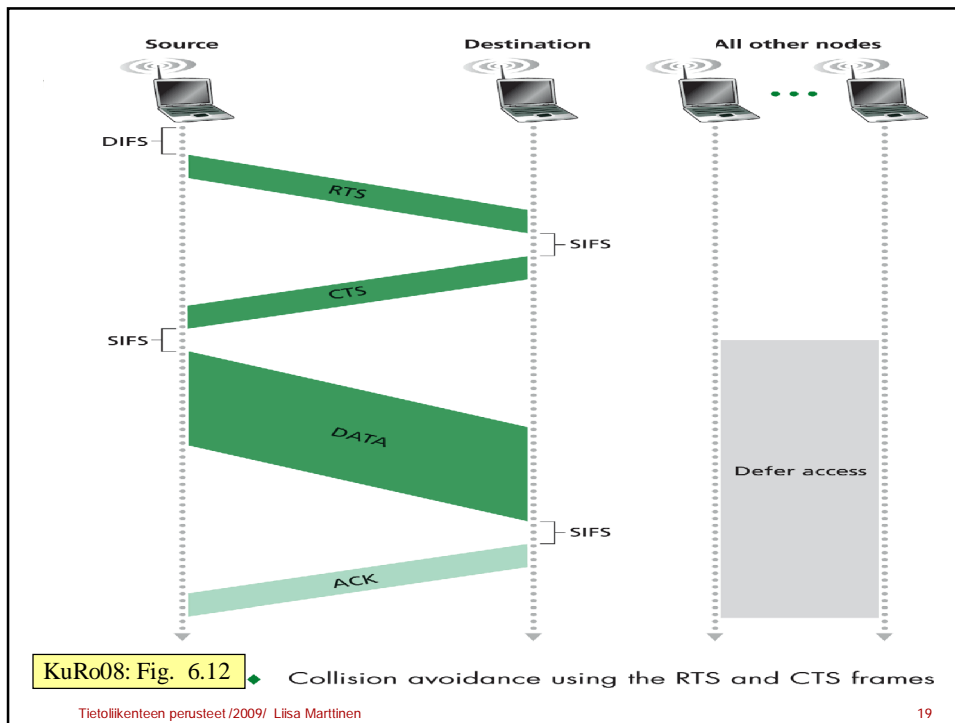


Figure 6.8 ♦ 802.11 uses link-layer acknowledgment



802.11: Optio RTS/CTS

- n Lähettäjä voi varata kanavan datakehysten 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-kehyksellä (clear-to-send)
 - n Varaaja saa luvan lähettää kehyksensä
 - n Vastaanottajan ympäristö kuulee kehyksen eikä häiritse vastaanottoa omilla lähetyksillään
- n Datat lähetysessä ei törmäyksiä!
- n Ratkaisee myös piiloaseman (kätkeyn aseman) ongelman



802.11: Kehyksen rakenne

Frame:	2	2	6	6	6	2	6	0-2312	2
Frame control	Duration	Address 1	Address 2	Address 3	Seq control	Address 4	Payload	CRC	
		Langattomien MAC-osoitteet		Reitittimen MAC-osoite					
		vastaanottaja lähettäjä							

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)

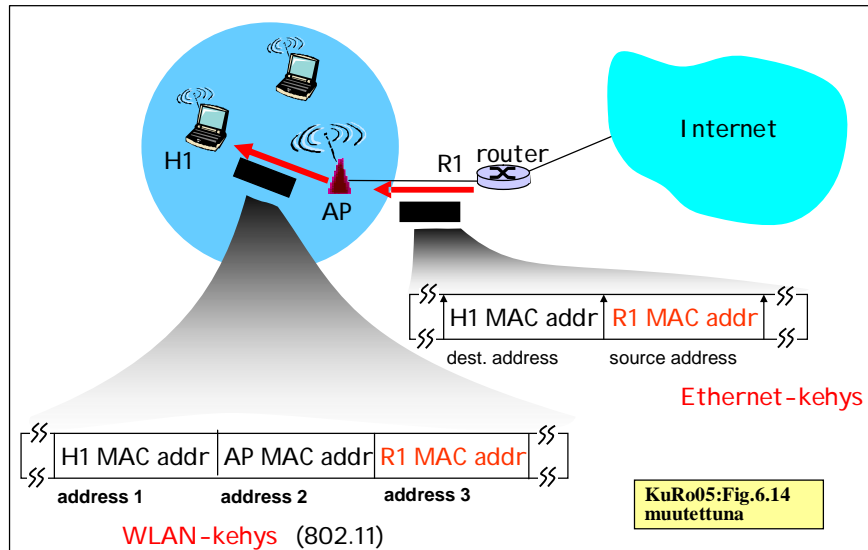
Seq control

- Järjestysnumeroa tarvitaan kuittauksia varten

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen 20



Osoitteiden käyttö: Internetistä langattomalle

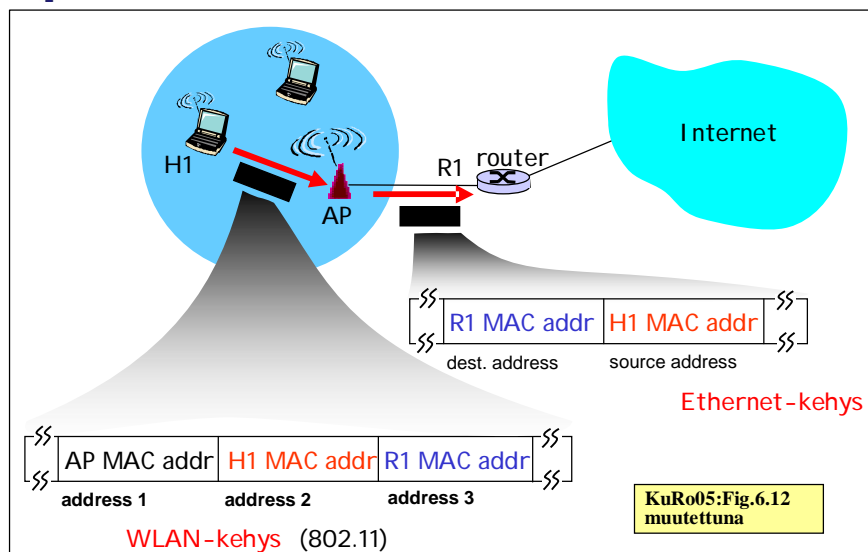


Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

21



Osoitteiden käyttö: langattomalta Internetiin



Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

22



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

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

23



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

Tietoliikenteen perusteet /2009/ Liisa Marttinen

24



CDMA (Code Division Multiple Access)

nyksi 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 nolliä



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 => 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 I A tuottaa aseman lähettämän bitin
 - kerrottuna bitin aikasirujen lukumäärällä

▪ Esimerkki

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

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

$$nC = (-1 \ 1 \ -1 \ 1 \ 1 \ 1 \ -1 \ -1)$$

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

$$= -8 \Rightarrow -1$$

n eli **C lähetti 0-bitin**

Esimerkki jatkuu:

Mitä B lähetti?

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

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

n eli **B lähetti 1-bitin**

Esimerkki jatkuu

Entä mitä A lähetti?

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

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

n eli **A lähetti 1-bitin**

nLähetikö 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