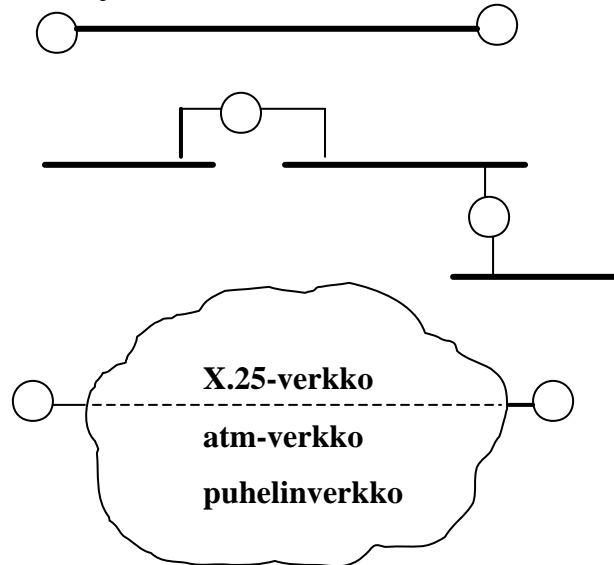


Erilaisia IP-reitittimiä
yhdistäviä linkkejä



Paljon erilaisia verkkoja!

- LAN
 - Ethernet
 - Vuororengas (802.4, Token Ring)
 - langaton lähiverkko (wireless LAN, 802.11)
 - atm
- MAN
 - FDDI, DQDB
- WAN
 - puhelinverkko, X.25, kehysvälitys (frame relay)
 - atm



Lähiverkkostandardi IEEE 802:

☼ LAN- ja MAN-verkoille

- 802.1 Johdanto, rajapintaprimitiivit
- 802.2 LLC (Logical Link Control)
- 802.3 CSMA/CD (kuulosteluväylä)
- 802.4 Token bus (vuoroväylä)
- 802.5 Token ring (vuororengas)
- 802.6 DQDB (Distributed Queue Dual Bus)
- 802.11 langaton LAN

16.11.2001

5

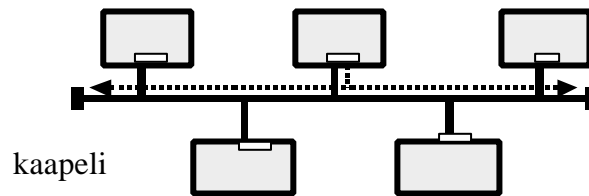
Ethernet-lähiverkko

☼ Yleisin lähiverkkoteknologia

- **CSMA/CD (kuulosteluväylä)**
 - kuunnellaan, ja jos vapaa, lähetetään
 - jos syntyy törmäys, odotetaan satunnainen aika
 - binary exponential backoff
- **ei kuittauksia, ei prioriteettejä**
- **paljon erilaisia kokoonpanoja**
 - 10BASE5, 10BASE2, 10BASE-T, 10BROAD36, 10BASE-F
 - 100BASE-T
 - 1000BASE-LX, 1000BASE-SX (kuitu)

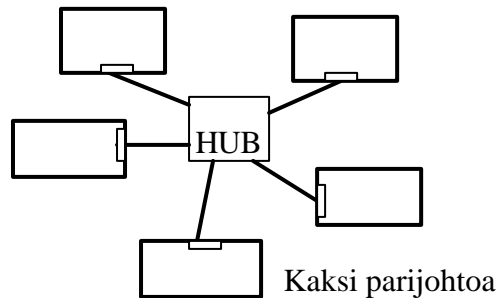
Eetteriverkon rakenne

☉ väylä



◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin



Vuororengas (802.5)

☉ rengas on ketju kaksipisteyhteyksiä

- ei siis yleislähetystä
- tekniikka hallussa
 - digitaalitekniikkaa (melkein kokonaan)
 - kierretty pari
 - koaksiaalikaapeli
 - valokuitu
- IBM:n valinta
- enää melko vähäisessä käytössä

16.11.2001

8

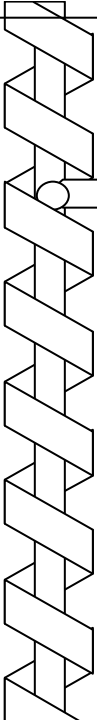


Lähetys vuororenkaassa

- renkaassa kiertää vuoromerkki
 - erityinen bittikuvio
- vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
 - kunkin aseman aiheuttama viive (1 bitti)
 - öisin keinotekoinen viive
 - siirtoviive
- kuuntelu moodi
 - kopioi bittejä sisääntulosta ulosmenoon

16.11.2001

9

- 
- lähetysmoodi
 - vain jos on vuoromerkki
 - omaa dataa siirretään ulosmenoon
 - lähetetyt bitit kiertävät koko renkaan ja lähettäjä poistaa ne
 - voi tutkia, onko kehyksissä virheitä
 - lopetettuaan lähettäjä lähettää vuoromerkin renkaaseen
 - rengas ei rajoita kehyksen kokoa

16.11.2001

10



• jos kevyt kuorma

- vuoromerkki kiertelee renkaassa
- joskus joku lähettää

• jos raskas kuorma

- kaikilla asemilla jonoa
- kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkin seuraavalle

- **renkaan suoritusteho lähes 100%**

16.11.2001

11



Kuittaukset, prioriteetti

• kehyksessä 1 bitti kuittausta varten

- aluksi 0
- vastaanottaja muuttaa 1:ksi

- entä jos useita vastaanottajia?

- monimutkaisempi kuittaus
- ei lainkaan kuittausta

• sanomat voidaan priorisoida

- monitasoisia prioriteettejä, nälkiintyminen mahdollista

16.11.2001

12



802.5-renkaan rakenne

- kierretty pari
- 1, 4 tai 16 Mbps
- differential Manchester -koodaus
 - kehyksen alussa ja lopussa koodausta, joka ei ole normaalia dataa (high-high tai low-low)
 - aina siirtymä keskellä
 - tahdistusta varten
 - 0 alussa siirtymä, 1 alussa ei siirtymää

16.11.2001

13



Renkaan ylläpito

- ongelma: rengas katkeaa!
 - johtokeskus (wire center)
 - jokainen asema yhdistetty johtokeskukseen kahdella kierretyllä parilla
 - releen virroitus asemalta
 - virta katkeaa => rele sulkeutuu
 - asema siirtyy ohitustilaan
 - asema voidaan myös ohjelmallisesti irroittaa renkaasta
 - esim. testausta varten

16.11.2001

14



MAC-protokolla ja -kehys

- token holding -time
 - 10 ms
- access control -kenttä (1 tavu)
 - vuoromerkki (3 bittiä)
 - monitor-bitti
 - prioriteettibittit
 - varausbitit
- frame status -kenttä (1 tavu)
 - automaattinen kuittaus:
 - A = nähnyt, C = kopioinut

16.11.2001

15

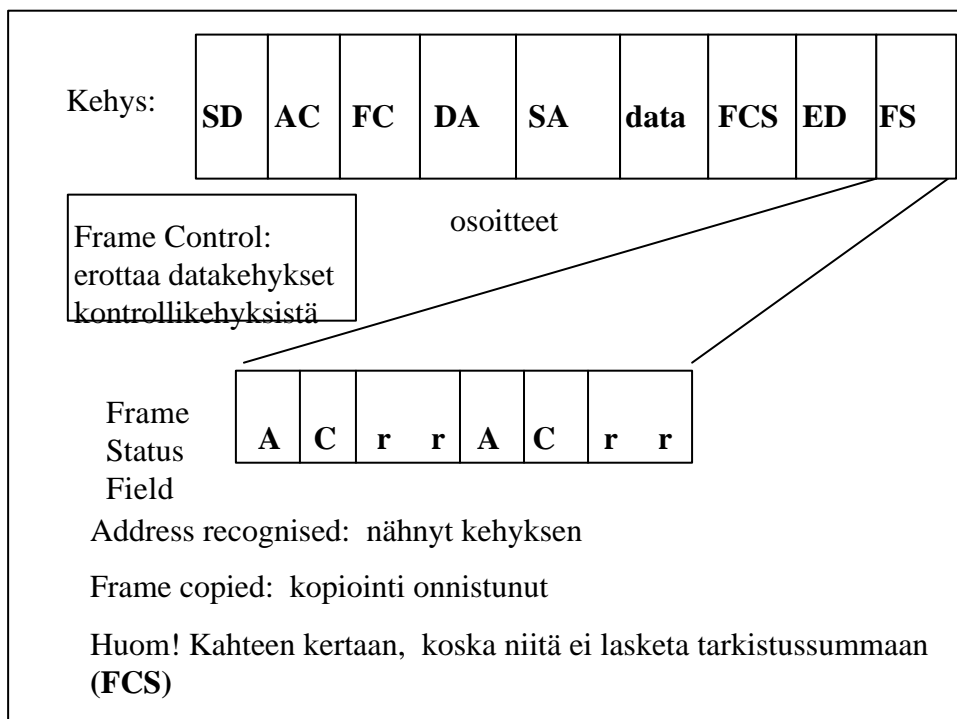
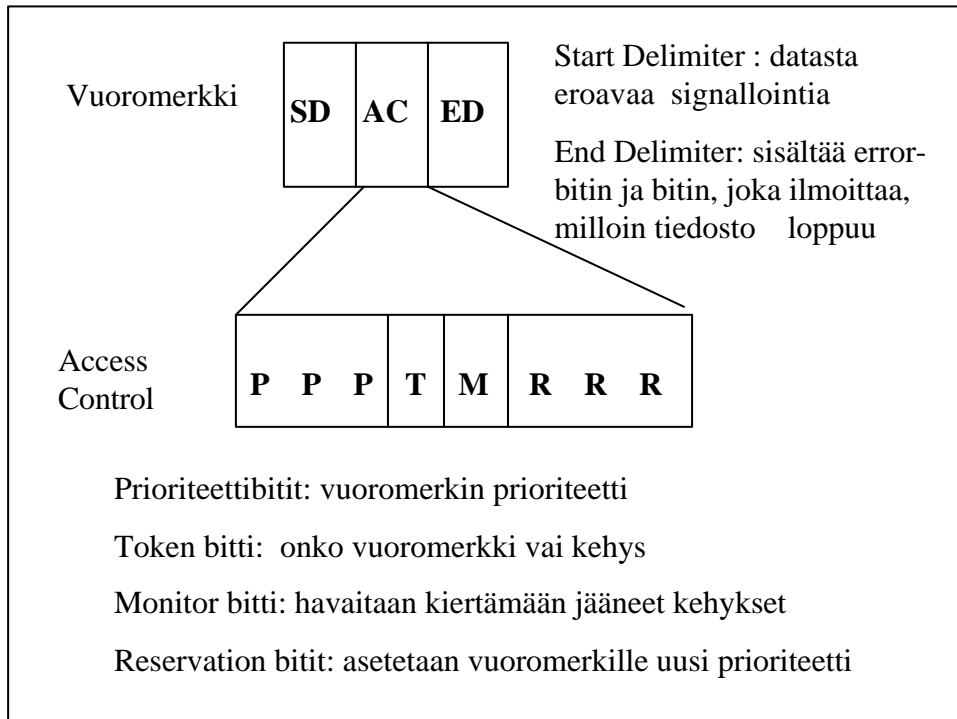


loppumerkissä

- E-bitti
 - asetetaan, jos havaitaan epäkelvo merkki
- enf-of-file -bitti
 - viimeinen kehys

16.11.2001

16

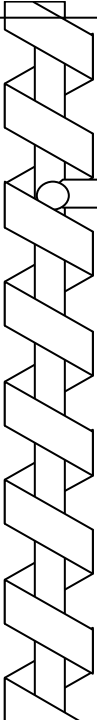




Prioriteetti

- monitasoisia prioriteettejä
 - vuoromerkin prioriteetti
 - määrää minkä prioriteetin kehyksiä saa lähettää
 - kolme bittiä vuoromerkissä
 - vuoromerkin prioriteetin asetus
 - datakehyyksen varausbittien avulla
 - varataan vuoromerkkiä korkean prioriteetin lähetykselle
- 16.11.2001 • kun lähetys loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

19

- 
- vuoromerkin prioriteetin nostanut, myös laskee sen!
 - alemman prioriteetin kehykset voivat joutua odottamaan ikuisesti

16.11.2001

20



Vuororenkkaan ylläpito

- keskitetty ylläpito
 - yksi asema toimii **valvoja-asemana**
 - kaikki asemat voivat toimia valvonta-asemana
- jos valvoja-asema vikaantuu
 - ACTIVE_MONITOR_PRESENT -kehystä ei tule
 - tilanteen havainnut asema lähettää
 - CLAIM_TOKEN -kehysten
 - jos useita => kilpailemalla saadaan uusi valvonta-asema

16.11.2001

21



Valvoja-asema valvoo renkaan toimintaa

- vuoromerkin katoaminen
 - vuoromerkin kiertoa valvova ajastin
 - jos laukeaa, rengas tyhjennetään ja lähetetään uusi vuoromerkki
- vaurioituneet kehukset
 - väärä kehysmuoto, tarkistussumma ei täsmää
 - tyhjennys ja uusi vuoromerkki

16.11.2001

22

☉ 'orvot' kehykset

- lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
- kehyksessä monitoribitti
 - valvoja asettaa kehyksen monitoribitin aina, kun kehys ohittaa sen
 - jos kehyksessä on jo bitti asetettu, kehys poistetaan

☉ renkaan pituuden säätely

- 24 bitin vuoromerkin tulee mahtua renkaaseen
- valvoja lisää viivettä tarvittaessa
 - jos renkaan pituus + asemien aiheuttamat 1 bitin viipeet eivät riitä



renkaan rikkoutuminen

☉ kun asema huomaa renkaan katkenneen

- sen naapurit vaikuttavat 'kuollelta'
- lähettää BEACON-kehysten
 - jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite
- kehys etenee niin pitkälle kuin voi
 - voidaan päätellä katkoksen alku
- poistetaan rikkoutuneet ohitusreleiden avulla
 - rengas kuntoon

16.11.2001

24



802.3 CSMA/CD

hyvät puolet

- yleisesti käytetty
- yksinkertainen protokolla
- asemien lisääminen helppoa
- passiivinen kaapeli,
- ei modeemia,
- kevyellä kuormalla lähetysviive nolla

16.11.2001

25



802.3 CSMA/CD

huonot puolet

- analoginen törmäyksen havaitseminen
- pienin kehys 64 tavua
 - => yleisrasitetta, jos sanomat lyhyitä
- epätermistinen
- ei prioriteetteja
- raskas kuorma
 - => törmäyksiä => suoritusteho laskee

16.11.2001

26



802.5 vuororengas hyvät puolet

- kaksipisteyhteyksiä
 - rengas voidaan rakentaa mistä tahansa
- täysin digitaalinen
- johtokeskus
 - => automaattinen vikojen havaitseminen ja korjaaminen
- prioriteetit
 - alimman prioriteetin sanomat eivät saa lähetysaikaa

16.11.2001

27

- hyvin lyhyet ja hyvin pitkät kehykset mahdollisia
- suorituskykyinen ja tehokas
- huonot puolet
- keskitetty valvontatoiminto
 - seonnut valvoja voi tehdä mitä vaan
- kevyellä kuormalla turhaa odotusta



FDDI

- vuororengas
 - valokuitu
 - 100 Mbps
 - => 200 km
 - 1000 asemaa
- käyttö lähinnä lähiverkkoja yhdistävänä runkolinjana
 - myös tavallisena LANina

16.11.2001

29



synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- multimode
- LED
- BER < 1 virhe / $2.5 \cdot 10^{10}$ bittiä

16.11.2001

30



FDDI: rakenne

- kaksi valokuiturengasta
 - toisessa myötäpäivään
 - toisessa vastapäivään
- renkaan katkeaminen
 - tarvittaessa renkaat voidaan yhdistää yhdeksi
- asemat
 - A: kiinni molemmissa renkaissa
 - B: kiinni vain yhdessä renkaassa

16.11.2001

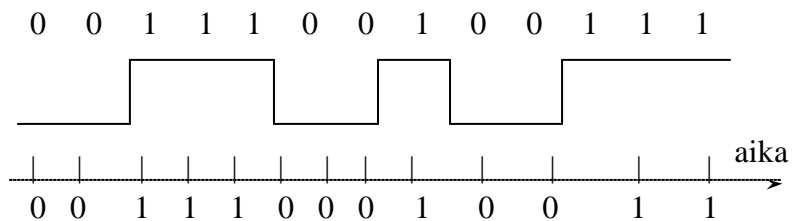
31

FDDI: koodaus

- koodi '4 out of 5'
 - Manchesterin signallointinopeus kaksinkertainen! => paljon kaistaa
 - 4 MAC-symbolia => 5-bitin ryhmä
 - 0, 1, 2 'non-data' symbolia
 - => 32 eri kombinaatiota
 - 16 DATA: 0000, 0001, ..., 1110, 1111
 - 3 rajoittimia
 - 2 kontrolli
 - 3 'hardware' merkinanto
 - 8 varattu myöh. käyttöön

☉ menetetään koodin tahdistusapu!

- pitempi tahdistuskenttä alussa
- tarkemmat kellot
 - korkeintaan 0.005 % epätarkkuus sallittu
 - => voidaan lähettää 4500 tavua ennen kuin kellot niin epätahtiset, että syntyy bittivirhe



FDDI: protokolla

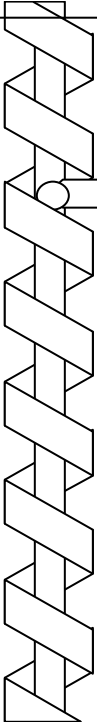
☉ 802.5 -johdannainen

- renkaassa useita lähetyksiä
 - vuoromerkki heti renkaaseen, kun oma lähetyks loppunut
- kehys hyvin samanlainen kuin vuororenkaassa

- ⊗ voidaan lähettää myös synkronisia kehyksiä
 - PCM-ääntä
 - ISDN-dataa
 - master-asema generoi kehyksen joka 125 ms
 - PCM: 8000 näytettä sekunnissa
 - kehyksessä 96 tavua synkronista dataa
 - 4 T1 kanavaa tai 3 E1 kanavaa
- ⊗ asemalle varatut aikaviipaleet käytössä, kunnes asema luopuu niistä
 - muut jaetaan tarpeen mukaan
 - korkein prioriteetti ensin

- ⊗ kolme ajastinta
 - token holding timer
 - säätelee lähetysaikaa
 - token rotation timer
 - vuoromerkin kiertoaika
 - valid transmission timer
 - tilapäisistä rengasvirheistä toipumiseen
- ⊗ jos vuoromerkki etuajassa, kaikkia voidaan lähettää, jos myöhässä vain korkeimman prioriteetin sanomat (synkronisen liikenteen kehykset)

- Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
 - kullekin luokalle oma ajastin



Silta (bridge) (ss. 304-318)

- yhdistää LAN-verkkoja
- linkkitason olio
 - toistin: 'pala kaapelia'; fyysisellä tasolla
 - **silta**: 'ovi' linkkitasolla
 - reititin: verkkotasolla
- tuntumaton silta (transparent bridge)
- **lähdereitittävä silta** (source routing bridge)

16.11.2001

38



Siltojen edut

- verkkojen ja asemien määrää helppo kasvattaa
- erilaisia lähiverkkoa
- sillat eivät näy ylemmille kerroksille
- voidaan kerätä tietoja ja säädellä pääsyä
- luotettavuus ja suorituskyky kasvaa

16.11.2001

39



Siltojen haitat

- sillat puskuroivat ja aiheuttavat viivettä
- ei vuonsäätelyä => sillan kapasiteetti voi ylittyä
- kehysrakenteen muuttaminen => virheitä jää havaitsematta
- **Yleisesti edut selvästi suuremmat kuin haitat**

16.11.2001

40



Sillan portit

- Lähiverkko liitetään siltaan **portin** kautta

- yksinkertaisissa silloissa vain kaksi porttia
- monipuolisissa useita

- Portti

- MAC-piiri

- noudattaa vastaavan lähiverkon protokollaa
- CSMA/CD, vuororengas, vuoroväylä

- ohjelmisto

- huolehtii alustuksesta
- puskurin hallinnasta

16.11.2001

41



Tuntumaton silta

(transparent bridge, spanning tree bridge)

- 'plug and play'

- ei mitään muutoksia laitteistoon, ohjelmistoon
- ei reititystauluja ja parametrien asettelua
- ei vaikuta itse LANien toimintaan

- silta huolehtii kehysten ohjaamisesta oikeaan porttiin

- oppii asemien portit kuuntelemalla kaikkea liikennettä
- jos ei tiedä, niin tulvittaa
 - ei saa olla silmukoita =>virittävä puu

16.11.2001

42

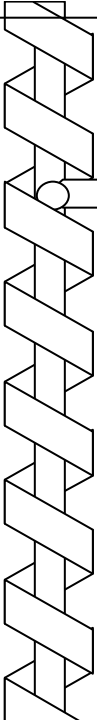


Lähdereitittävät sillat (Source routing bridges)

- tuntumattomat sillat
 - helppo asentaa
 - tuhlaavat kapasiteettia
 - käyttävät vain virittävää puuta
- erimielisyyttä standardoimiskomiteassa
 - vuororenkaiden käyttäjät + IBM kannattivat lähdereititystä
- suosio hiipunut
 - vuororenkaiden käytön vähenemisen myötä

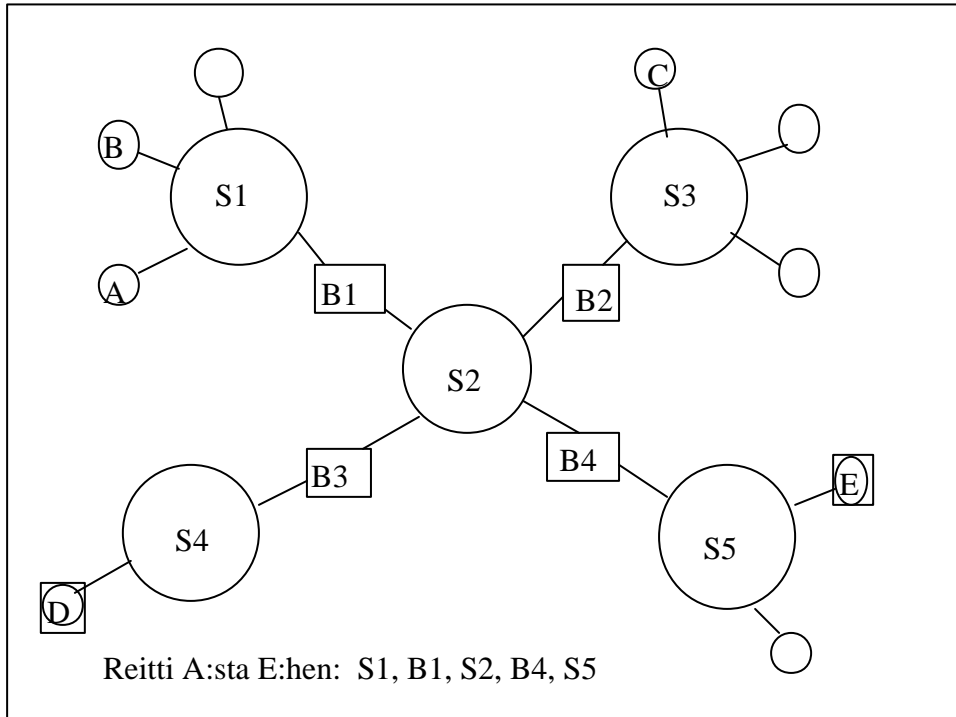
16.11.2001

43

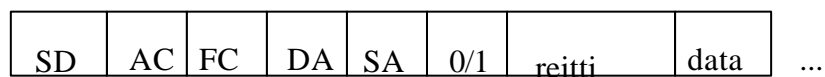
- 
- kehyksen lähettävä asema varustaa kehyksen reittitiedoilla
 - jokaisella lähiverkolla on 12-bittinen yksikäsitteinen tunnus
 - jokaisella sillalla on oma 4-bittinen tunnus
 - reitti koostuu silta- ja verkkotunnuksista
 - silta, LAN, silta, LAN, ... silta, LAN

16.11.2001

44

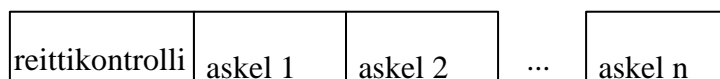


Kehyksen rakenne

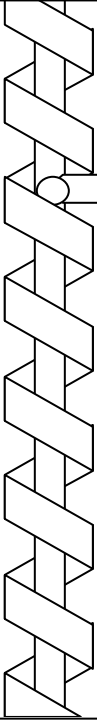


onko reitti mukana vai ei

◆ reittikenttä on muotoa



verkk-ID, silta-ID



Tuntumaton vs. lähdereitittävä silta

• **tuntumaton silta**

- yhteydetön
- täysin tuntumaton lähiverkoille
- automaattinen uudelleen konfigurointi
- reititys ei välttämättä optimaalinen
- uuden aseman löytäminen: backward learning
 - jos joku kertoo
 - tulvitus
- monimutkaisuus silloissa
 - vähän siltoja

16.11.2001

47



• **lähdereitittävä silta**

- yhteydellinen
- tuntuva
- konfigurointi ei ole automaattista
- uuden löytäminen: discovery frame
 - raskas operaatio, paljon yleisrasitetta
- monimutkaisuus isäntäkoneissa
 - näitä on paljon

16.11.2001

48