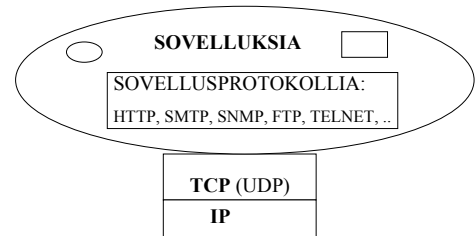


Erilaisia verkkoja

LAN, MAN ja WAN

10/17/2002

1



Erilaisia verkkoja: kuulosteluverkko ('Ethernet'), vuororengas, vuoroväylä, atm, fddi, dqdb, X.25, puhelinverkko, satelliittiverkko, gsm, valmistajien omat verkot, ...

Erilaisia linkkikerroksia
HDLC, PPP MAC-protokollia

Erilaisia tapoja lähettää generoida ja siirtää bittejä

Paljon erilaisia verkkoja!

- LAN
 - Ethernet
 - Vuororengas (802.4, Token Ring)
 - langaton lähiverkko WLAN (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

10/17/2002

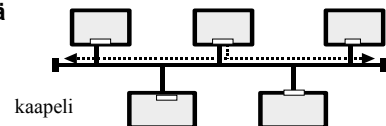
4

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)

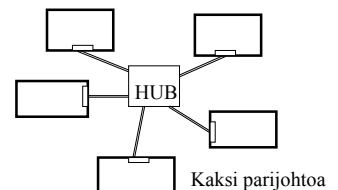
Eetteriverkon rakenne

□ väylä



◆ tähti

- hub toimii toistimen tavoin



Erittäin nopeat Ethernet-verkot

- Perusversion nopeus 10 Mbps
- 100 Mbps (fast Ethernet)
- Gigabit Ethernet
- 10 Gigabit Ethernet
- 100 Gigabit Ethernet
- Terabit Ethernet

10/17/2002

7

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

10/17/2002

8

Lähetys vuororengaassa

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

10/17/2002

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
- 10/17/2002 – rengas ei rajoita kehyksen kokoa

10/17/2002

10

- jos kevyt kuorma
 - vuoromerkki kiertele renkaassa
 - joskus joku lähettää
- jos raskas kuorma
 - kaikilla asemilla jonoa
 - kaikki lähettävät maksimimäärän ja siirtävät vuoromerkin seuraavalle
 - **renkaan suoritusnopeus lähes 100%**

10/17/2002

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 prioriteetteja, nälkiintyminen mahdollista

10/17/2002

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

10/17/2002

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

10/17/2002

14

MAC-protokolla ja -kehys

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

10/17/2002

15

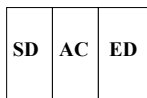
□ loppumerkissä

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

10/17/2002

16

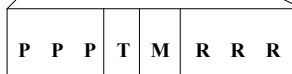
Vuoromerkki



Start Delimiter : datasta eroavaa signalointia

End Delimiter: sisältää error-bitin ja bitin, joka ilmoittaa, milloin tiedosto loppuu

Access Control



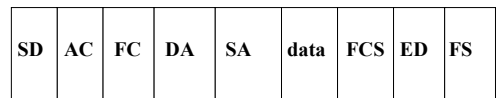
Prioriteettibitit: vuoromerkin prioriteetti

Token bitti: onko vuoromerkki vai kehys

Monitor bitti: havaitaan kiertämään jääneet kehykset

Reservation bitit: asetetaan vuoromerkillä uusi prioriteetti

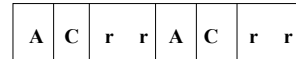
Kehys:



Frame Control: erottaa datakehykset kontrollikehyksistä

osoitteet

Frame Status Field



Address recognised: nähnyt kehyksen

Frame copied: kopiointi onnistunut

Huom! Kahteen kertaan, koska niitä ei lasketa tarkistussummaan (FCS)

Prioriteetti

- monitasoisia prioriteettejä
- vuoromerkin prioriteetti
 - määrää minkä prioriteetin kehysiä saa lähettää
 - kolme bittiä vuoromerkinä
- vuoromerkin prioriteetin asetus
 - datakehysten varausbittien avulla
 - varataan vuoromerkinä korkean prioriteetin lähetykselle
 - kun lähetyksen loppuu uusi vuoromerkki saa korkeimman varauksen prioriteetin

10/17/2002

19

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

10/17/2002

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 => kilpailamalla saadaan uusi valvonta-asema

10/17/2002

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

10/17/2002

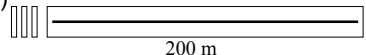
22

- 'orvot' kehukset
 - lähettäjä vikaantui, eikä poistanut kehystä
 - kehyksessä monitoribitti
 - valvoja asettaa kehysten 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

Bitin pituus

- siirtonopeus renkaassa **R Mbps**
- => bitti lähetetään joka 1/R millisekunti
- siirtoviive kaapelissa 200 000 km/s =
 - 200 m/ms
 - kukin bitti vie tällöin 200/R metriä
- Jos R = 1 Mbps ja renkaan koko 1000 m, niin renkaaseen mahtuu vain 5 bittiä (a' 200 metriä)

10/17/2002



24

renkaan rikkoutuminen

- kun asema huomaa renkaan katkenneen
 - sen naapurit vaikuttavat 'kuollella'
- lähettää BEACON-kehyyksen
 - jossa oletetun rikkoutuneen aseman osoite
- kehys etenee niin pitkälle kuin voi
 - voidaan päätellä katkoksen alku
- poistetaan rikkoutuneet ohitusreleen avulla
 - rengas kuntoon

10/17/2002

25

802.3 CSMA/CD

hyvät puolet

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

10/17/2002

26

802.3 CSMA/CD huonot puolet

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

10/17/2002

27

802.5 vuororengas

hyvät puolet

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

10/17/2002

28

- 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 (Fiber Distributed Data Interface)

- vuororengas
 - valokuitu
 - 100 Mbps
 - => 200 km
 - 500 asemaa,
 - asemien väli < 2 km, kun monimuotokuitu + LED
 - yksimuotokuidulla ja laserillä voi olla suurempi
- käyttö LANeja yhdistävänä runkolinjana

10/17/2002

30

synkronista ja asynkronista dataa

- ISDN
- ääntä PCM-koodattuna
- dataa
- BER < 1 virhe /2.5*10**10 bittiä
- maksimi kehys 4599 tavua

10/17/2002

31

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

10/17/2002

32

FDDI: protokolla

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

10/17/2002

33

- voidaan lähettää myös synkronisia kehyksiä
 - PCM-ääntä
 - ISDN-dataa
 - master-asema generoi kehysten 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

- kaksi ajastinta
 - token holding timer
 - säätelee lähetyksiaikaa
 - token rotation timer
 - vuoromerkin kiertoaika
- Lisäksi tiedossa on
 - target token rotation time
 - tavoitteena oleva vuoromerkin kiertoaika
- jos vuoromerkki etuajassa, kaikkia voidaan lähettää, jos myöhässä vain korkeimman prioriteetin sanomat (synkronisen liikenteen kehykset)

- Lähetysvuoro asemalle aina vähintään 2*TTRT:n välein
 - riippuen synkronista dataa lähettävien asemien määrästä
 - ja yleisestä kuormituksesta
 - ei takaa isokronisuutta
 - lähetysvuoro aina tasaisin välein
- Asynkroniset kehykset voidaan jakaa 8 prioriteetti luokkaan
 - kullekin luokalle oma ajastin
- kytketyt eetteriverkot ja atm korvaamassa FDDI:n

WLAN langaton lähiverkko (Wireless LAN)

- IEEE 802.11-standardi
 - IEEE 802.11: 1 ja 2 Mbps
 - IEEE 802.11a: 6, 12, 24, 54 Mbps
 - IEEE 802.11b: 5.5, 11 Mbps
- ETSI: HiperLAN
 - HiperLAN1: 20 Mbbps
 - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
 - HiperAccess: 25 Mbps
 - HiperLink: 155 Mbps
- HomeRF

10/17/2002

37

IEEE 802.11-standardi

- Ratifioitu 1997
 - 7 vuoden kehitystyön jälkeen
- nopeus 1 tai 2 Mbps
- 2.4 GHz:n lisenssivapaa alue
 - MAC-kerros ~ Ethernetin kaltainen
 - CSMA/CA (Collision Avoidance)
 - piilolähetäjäongelma (hidden terminal)
 - fyysinen kerros
 - kaksi eri ratkaisua radioaalloille
 - hajaspektritekniikkoja (Spread spektrum), jotka hajauttavat lähetyksen laajalle taajuusalueelle
 - infapuna-aallot

10/17/2002

38

ISM (Industrial, Scientific, and Medical)

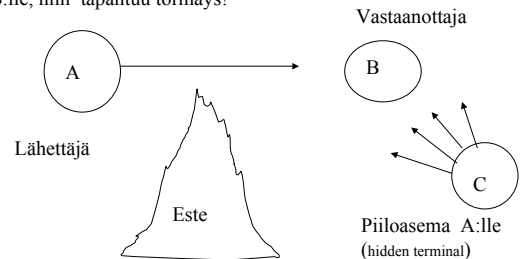
- Radiotaajuudet ovat säänneltyjä ja luvanvaraisia
 - 'rajallinen luonnonvara: UMTS-lisenssit'
- ISM: Vapaassa käytössä olevia radiotaajuuksia mm. :
 - 902-928 MHz,
 - 2.4-2.483 GHz,
 - 5.15-5.35 GHz,
 - 5.725-5.875 GHz.
- Eri maissa alueiden rajat ja säännökset ovat erilaisia
- yleensä paljon häiritseviä muita laitteita
 - esim. 2.4 GHz:n taajuudelle toimivat monet mikroaaltouunit
 - hyvin korkeiden taajuuksien käyttö teknisesti vaativaa

10/17/2002

39

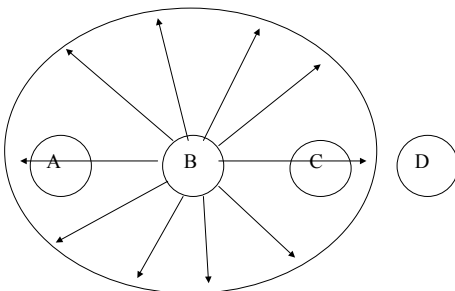
Hidden terminal -ongelma

Lähetäjä ei kuule C:n lähetyksestä. Jos A lähettää B:lle, niin tapahtuu törmäys!



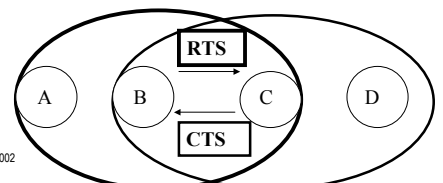
□ exposed station problem:

- B:n lähetykset A:lle estää turhaan C:tä lähettämästä D:lle



CSMA/CA (Collision avoidance)

- RTS (Request to send)
 - lähettäjä kysyy vastaanottajalta lähetyksilupaa
- CTS (Clear to send)
 - vastaanottaja antaa luvan lähettää



10/17/2002

42

Datan lähetys B -> C

- B lähettää C:lle RTS-kehiksen (Request To Send)
 - kehyksessä datalähetyksen pituus
 - => A:n naapurit osaavat varoa
- C lähettää B:lle CTS-kehiksen (Clear To Send)
 - datalähetyksen pituus
 - => B:n naapurit osaavat varoa

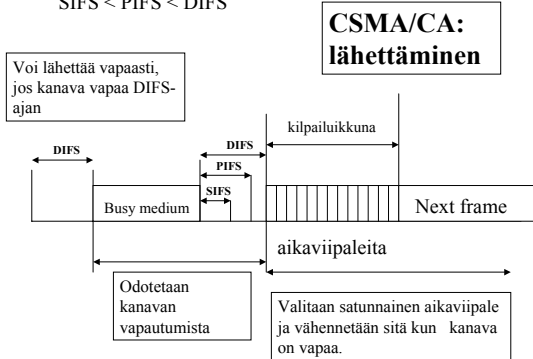
Lähetyksen koordinoitua

- IFS (Interframe space)
 - erilaisia aikavälejä
 - mitä lyhyempi aika sitä suurempi prioriteetti
 - DIFS (Distributed IFS)
 - määrää kuinka pitkään aseman on kuunneltava ennenkuin se voi valmistautua lähettämään tavallista dataa
 - SIFS (short IFS)
 - määrää kuinka pitkään on kuunneltava ennen kuittauksen lähettämistä
 - PIFS
 - odotusaika ei -kilpaileville lähetyksille

10/17/2002

44

SIFS < PIFS < DIFS



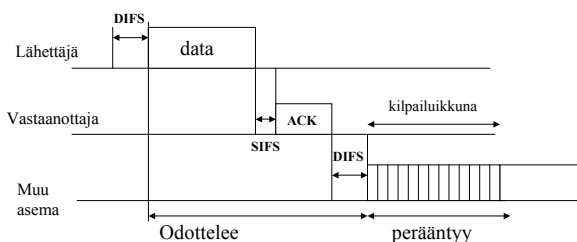
Satunnaisperääntymisen (Random backoff)

- Kilpailuikkuna : 31-1023 aikaviipaletta
 - oletusarvo 31
 - kasvaa, jos lähetykset törmäävät, pienee kun lähetykset onnistuu
 - törmäys aina kaksinkertaistaa ikkunan
- ikkunasta valitaan satunnainen odotusaika
 - aikaa vähennetään, jos kukaan muu ei ala lähettää
- samankaltainen kuin Ethernetissä

10/17/2002

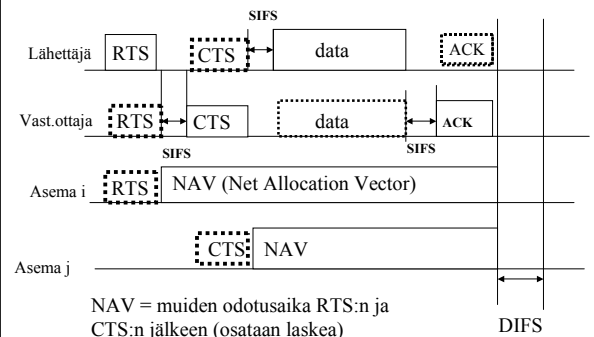
46

Lähetysten kuittaukset



Jos lähettäjä ei saa kuittausta, niin sanoma lähetetään uudestaan

RTS, CTS ja NAV



Fyysinen kerros: hajaspektri

- FHSS taajuushyppely (frequency hopping)
 - koko käytössä oleva taajuuskaista on jaettu useaan alikaistaan
 - maksimissaan 79 alikaistaa $a \cdot 1$ MHz
 - lähetyksessä käytettävä ainakin 6 eri alikaistaa
 - lähettäjä vaihtaa alikaistaa koko ajan tietyn kuvion mukaan => vähentää häiriöiden vaikutusta
- DSSS suorasegvenssi (direct sequence)
 - lähettää datan yhdessä satunnaisen bittisekvenssin (pseudo-noise) kanssa eli useana siruna (vrt. CDMA)
 - tuloksena hyvin laajakaistainen, kohinan kaltainen signaali
 - kestää hyvin häiriöitä
 - ei häiritse voimakkaampaa kapeakaistaista lähetystä
 - vaikeaa havaita, salakuunnella tai väärentää

IEEE 802.11a

- Nopeudet 6->54 Mbps
- Käyttää 5 GHz:n kaistaa
 - herkkä monenlaisille häiriöille
 - USA:ssa 300 MHz vapaa-alue (UNII)
 - Euroopassa varattu HiperLAN2:lle
- fyysinen kerros OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 - useita alikanavien eri taajuuksia, jotka keskenään ortogonaalisia
- laitteita vuoden 2001 lopussa

10/17/2002

50

IEEE 802.11b

- Yhteensopivuus perusversion kanssa
 - 2.4 GHz:n alue
 - samankaltainen fyysinen kerros
- nopeudet 5.5 tai 11 Mbps (~10 Mbps perus-Ethernet)
 - nopeutus perustuu suurelta osin kehittyneempään modolointitekniikkaan
 - yhtä signaalimuutosta kohden enemmän bittejä
 - sopeutuu automaattisesti lähetykskanava ominaisuuksiin
 - nopeus voi olla vain 1 tai 2 Mbps!

10/17/2002

51

ETSI:n Hiperlan-standardit

- HiperLAN-tavoitteita
 - suuret nopeudet (> IEEE:llä)
 - turvallisuuspiirteet
 - priorisointi
 - yhteensopivuus 3G-mobiililaitteiden kanssa
- Standardeja
 - HiperLAN1: 20 Mbpps
 - HiperLAN2: 25 -54 Mbps
 - HiperAccess: 25 Mbps
 - HiperLink: 155 Mbps

10/17/2002

52

HiperLAN2

- Nopea: fyysisellä tasolla 54 Mbps, verkkokerroksella 25 Mbps)
- Fyysinen kerros lähes samanlainen kuin 802.11a:ssa
 - OFDM (Orthogonal Frequency Digital Multiplexing)
 - 5 GHz
- MAC-kerroksella dynaaminen aikajako (TDD, Time-Division Duplex)
 - MAC-kehys 2 ms
 - Resource Request -pyyntö ennen lähetystä
 - tässä kilpailua muiden lähettäjien kanssa
 - lähetyksvuorot jaetaan ja lähetyks tapahtuu ilman kilpailua
- Yhteydellinen ja keskitetty valvoja => QoS
 - Sovituskerros: sovittaa erilaisten linkkikerrosten palvelut
 - solu- tai pakettiliikenteelle (atm tai Ethernet), UMTS, PPP, ...

10/17/2002

53

HiperAccess ja Hiperlink

- Hiperaccess
 - langaton laajakaistayhteys koteihin
 - vrt. xDSL-yhteys ja kaapelimodeemi
 - 25 Mbps
 - max. 5 km:n etäisyydellä
- Hiperlink
 - kiinteä kaksipisteyhteys
 - 17 GHz:n taajuusalueessa
 - 155 Mbps nopeus
 - atm-yhteensopivuus

10/17/2002

54