



11. Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä

11. Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

Liikenteenhallinta

- Liikenteellisiä ongelmia:
 - Liikenne on luonteeltaan **satunnaista** (vaihdellen ennustamattomasti)
 - Ajoittain verkossa syntyy **ruuhkaa** (congestion)
 - Liikennelähteet voivat käyttäytyä "huonosti" (pyrkien saamaan käyttöönsä enemmän kuin "reilun" osuuden verkon resursseista)
- **Liikenteenhallintaa** (traffic management) tarvitaan, jotta
 - verkko saavuttaisi halutut laatu- ja suorituskykytavoitteet
 - verkko pystyisi suojaamaan itsensä ja muut käyttäjät huonosti käyttäytyviä lähteitä vastaan
- Verkon suojaamiseen ruuhkatilanteilta on kaksi lähestymistapaa:
 - **ennakoivat** (predictive) menetelmät, joilla pyritään ennalta välttämään ruuhkan syntyminen
 - **reagoivat** (reactive) menetelmät, joilla pyritään lievittämään ruuhkasta aiheutuvia ongelmia ja poistamaan koko ruuhka

3

Esimerkkejä liikenteenhallinnasta

- Puhelinverkko (piirikytkentäinen verkko):
 - liikenteen- ja ruuhkanhallinta perustuu ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin
 - pääsynvalvonta
 - resurssien varaus (yhteydelle varataan kaistaa 64 kbit/s reitin varrella olevista linkeistä koko yhteyden ajaksi)
- X.25 (yhteydellinen pakettiverkko):
 - liikenteen- ja ruuhkanhallinta perustuu ennaltaehkäiseviin toimenpiteisiin
 - pääsynvalvonta
 - resurssien varaus (yhteydelle varataan tietty määrä puskuripaikkoja reitin varrella olevista pakettikytkimistä koko yhteyden ajaksi)
 - vuonohjaus (yhteyden liikennettä hallitaan/valvotaan linkkikohtaisella ikkunointimenetelmällä (open loop))
- IP (yhteydetön pakettiverkko):
 - liikenteen- ja ruuhkanhallinta perustuu reagoiviin toimenpiteisiin
 - vuonohjaus (TCP-yhteyden liikennettä hallitaan adaptiivisella ikkunointimenetelmällä (closed loop))

4

RTT * BW

- Kiertoaikaviiveen (RTT, round trip time) ja kaistanleveyden (BW, bandwidth) tulo määrää
 - paljonko informaatiota ehditään lähettää verkkoon, ennenkuin lähetysnopeutta ehditään muuttaa verkosta/vastaanottajalta saadun palautteen perusteella
- Laajakaistaisissa WAN-verkoissa tämä tulo kasvaa hyvin suureksi
⇒ reagoivat menetelmät eivät (yksinään) riitä
- Esimerkki:
 - Oletetaan, että
 - kahden käyttäjän välinen etäisyys on 1500 km
 - käytettävissä olevan kaistan leveys on $BW = 100 \text{ Mbps}$
 - Tässä tapauksessa
 - edestakainen etenemisviive pelkästään on $2 \cdot 1500 / 300,000 \text{ s} = 0.01 \text{ s}$
 - Näin ollen, kiertoaikaviiveen ja kaistanleveyden tulo on vähintään:
 - $RTT \cdot BW > 0.01 \cdot 100,000,000 \text{ bits} = 1,000,000 \text{ bits} = 1 \text{ Mbit}$

5

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

6

Akronyymejä

- ATM Asynchronous Transfer Mode
- B-ISDN Broadband Integrated Services Digital Network
- CCITT International Telephone and Telegram Consultative Committee (1992: CCITT → ITU-T)
- ITU-T International Telecommunication Union - Telecommunication Standardization Sector

Historiaa

- Perinteisesti: erilliset verkot eri palveluille
 - Esim. puhelin, telex, data, radio, TV
 - räätälöity juuri kyseiselle palvelulle
- Tarve yhdistää kaikki palvelut yhteen, kaikkialle ulottuvaan verkkoon
 - “One policy, one system, universal service” (T. Vail, AT&T’s first president)
 - 80-luvun alussa: nopean pakettikytkennän tutkimus alkoi
- “Puhelinmaailman” vastaus : **B-ISDN**
 - 1985: B-ISDN:n spesifiointi käynnistyi (CCITTin Study Group SGXVIII)
 - 1988: CCITT hyväksyi ensimmäisen B-ISDN suosituksen (I.121)
- Valittu toteutusmenetelmä: **ATM**
 - 1990: CCITT valitsi ATM:n B-ISDN:n lopulliseksi siirtomuodoksi
 - 1991: ATM Forum perustettiin
 - nopeuttamaan ATM standardien kehitystä
 - ottamaan huomioon myös “Tietokonemaailman” tarpeet

Periaatteet

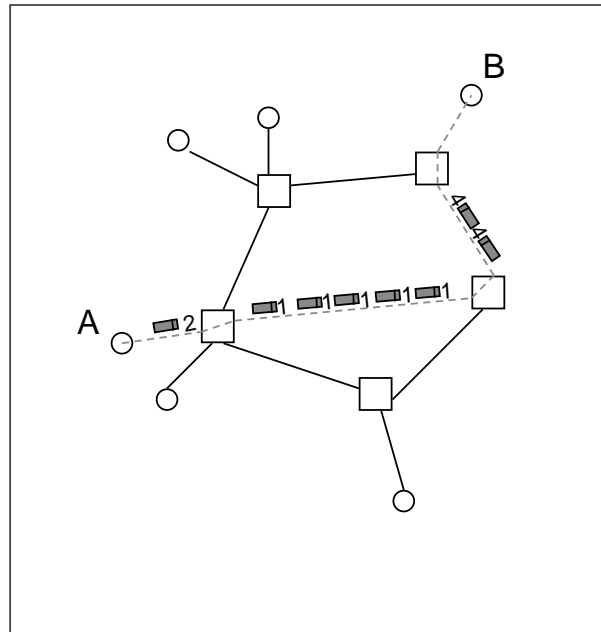
- **Joustavuus**
 - mahdollistaa sekä liikenteellisesti että laatuvaatimuksiltaan erilaisten palvelujen (kuten ääni, data, video) yhdistämisen samaan verkkoon
 - tukee mitä lähetyksenopeutta tahansa
 - pyrkii yhdistämään piiri- ja pakettikytkennän parhaat puolet
- **Palveluille tarvittaessa laatutakeet**
 - päästä-päähän viive, viiveen vaihtelu, soluhukkasuhde
- **Skaalautuvuus**
 - WAN/LAN
- **Nopeus**
 - sekä välityksessä (switching) että siirrossa (transmission)
 - ⇒ laajakaistaisuus

Tekniset perusvalinnat

- **Yhteydellinen**
 - ⇒ resursseja voidaan varata ennalta
 - ⇒ yhteydelle voidaan taata sen haluama laatu
- **Pakettikytkentäinen**
 - ⇒ tilastollinen kanavointi (⇒ korkea käyttöaste)
 - ⇒ tukee erilaisia siirtonopeuksia (jopa vaihtelevia)
- **Paketit kiinteänmittaisia ja lyhyitä (so. soluja)**
 - ⇒ solukytkentä
 - ⇒ solujen välitys nopeaa

ATM

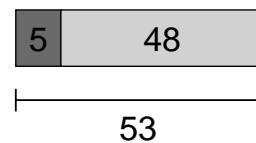
- Yhteydellinen:
 - tiedonsiirtoa edeltää yhteydenmuodostusvaihe, jonka aikana (virtuaali)yhteys rakennetaan valmiiksi päästä-päähän
 - resurssien varaus mahdollinen mutta ei pakollinen
- Informaation siirto lyhyinä kiinteänmittaisina paketteina eli **soluina** (cell)
 - pitkin yhteydelle valittua reittiä
 - tilastollinen kanavointi
 - solun otsikossa yhteyden tunniste (VPI/VCI)
 - ei virheentunnistusta/korjausta hyötykuormalle



11

Solu

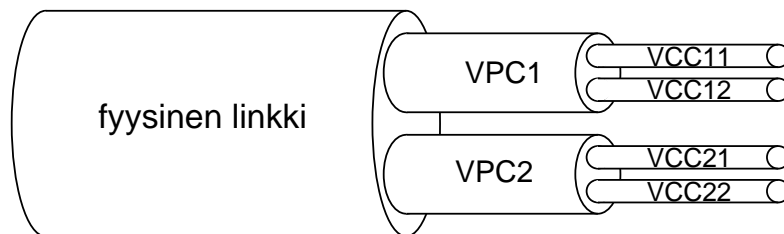
- **Solu** (cell) = lyhyt, kiinteänmittainen paketti
 - Kokonaispituus = **53 tavua** (oktettia) = 424 bittiä
 - **Otsikko**: 5 tavua
 - **GFC**, generic flow control (4 [0] bittiä UNI [NNI] rajapinnassa)
 - **VPI**, virtual path identifier (8 [12] bittiä \Rightarrow 256 [4096] mahdollista arvoa)
 - **VCI**, virtual channel identifier (16 bittiä \Rightarrow 65,536 mahdollista arvoa)
 - **PT**, payload type (3 bittiä)
 - **CLP**, cell loss priority (1 bitti)
 - **HEC**, header error control (8 bittiä)
 - **Informaatiokenttä**: 48 tavua
 - kompromissi (Eurooppa: 32 tavua; USA: 64 tavua; $(64 + 32)/2 = 48$)
 - kuljetetaan läpinäkyvästi (ilman virheentunnistusta/korjausta)



12

Virtuaaliyhteydet

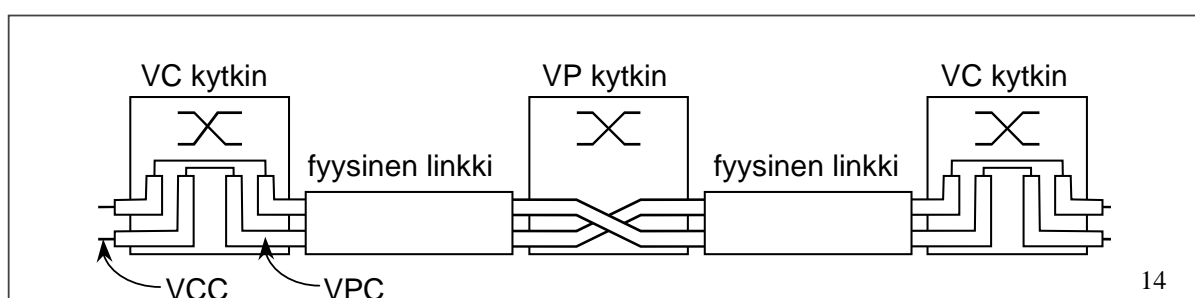
- **VCC = Virtuaalikanavayhteys** (Virtual Channel Connection)
 - perusyhteystyyppi
 - VCC:n identifioi soluotsikon kenttäpari VPI/VCI
 - 24 [28] bittiä \Rightarrow 16,777,216 [268,435,456] mahdollista VPI/VCI-arvoa
 - VPI ja VCI ovat **lokaaleja** osoitteita \Rightarrow uudelleenkäyttö mahdollinen
- **VPC = Virtuaalipolkuyhteys** (Virtual Path Connection)
 - aggregoitu yhteystyyppi
 - VPC koostuu niistä VCC:istä, joilla sama VPI
 - 8 [12] bittiä \Rightarrow 256 [4096] mahdollista arvoa VPI-arvoa
 - voidaan välittää ATM-kytkimessä yhtenä nippuna



13

Virtuaalipolut

- **Etuja:**
 - nopeuttaa yhteydenmuodostusta
 - helpottaa verkon hallintaa
 - mahdollistaa palvelun laadun eriyttämisen (mm. palveluluokkien erottelu)
 - mahdollistaa erilaisten loogisten (virtuaalisten) verkkojen luonnin
- **Haittoja:**
 - tilastollisen kanavoinnin tuoma etu pienenee (sillä tilastollinen kanavointi yleensä mahdollista vain virtuaalipolkujen sisällä mutta ei niiden välillä)



14

Vaihtoehto: Internet

- Erittäin laajalle levinnyt
 - tulee työpöydälle asti
 - tietokoneisiin ja niiden sovellutuksiin on rakennettu tarvittava protokollatuki
- Juuret yhteydettömään pakettiverkko- ja reititintekniikkaan perustuvassa tietokoneiden välisessä kommunikaatiossa
- Alunperin tarkoitettu ei-reaaliaikaisten viestien välittämiseen
 - tiedostojen siirto
 - tietokoneiden etäkäyttö
 - sähköposti
- Palvelun laatu on tässä maailmassa ollut perinteisesti tuntematon käsite
 - palvelua on tarjottu "best effort" -periaatteella
- Uudet palveluarkkitehtuurit (DiffServ, IntServ) kuitenkin pyrkivät eriytettyyn palvelun laatuun

15

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- **Palveluluokat**
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

16

Liikennelähteet

- **Liikennelähde** (traffic source) = päätelaitteen sovellus, joka generoi soluja ATM-yhteydelle
- **Reaaliaikaiset** (real-time) liikennelähteet
 - esim. interaktiivinen ääni ja video
 - virtaavaa liikennettä (stream/rate-oriented traffic)
 - tiukat solujen viiveeseen ja viiveen vaihteluun liittyvät laatuvaatimukset
 - yhteydelle ominainen kaistavaatimus
 - esim. 64 kbps ääniyhteydelle
 - kiinteänopeuksiset (constant-bit-rate, CBR) vs. vaihtuvanopeuksiset (variable-bit-rate, VBR) liikennelähteet
 - ääni ja video voidaan koodata kummallakin tavalla
- **Ei-reaaliaikaiset** (non-real-time) liikennelähteet
 - esim. viestien välitys (kuten sähköposti) ja datan/kuvien haku (kuten WWW)
 - elastista liikennettä (elastic/unit-oriented traffic)
 - ei tiukkoja viiveeseen ja viiveen vaihteluun liittyviä laatuvaatimuksia
 - ei luonnollista kaistavaatimusta (mitä suurempi sitä parempi)

17

Palvelun laatu

- Palvelun laatua voidaan tarkastella sekä kutsu- että solutasolla
 - yhteystason palvelun laatua nimitetään **palvelun tasoksi** (GoS, grade of service) erotuksena solutason **palvelun laadusta** (QoS, quality of service)
- **Yhteystasolla** tärkein palvelun tasoa kuvaava parametri on yhteyden kokemus **esto** (ts. tn, että yhteyttä ei hyväksytä)
 - käyttäjien toive (käytetystä palvelusta riippumatta): mahdoll. pieni esto
 - verkon operaattori voi vaikuttaa asiaan verkon oikealla mitoituksella
- **Solutason** palvelun laatu taas riippuu ko. yhteystyypistä
 - Reaaliaikaisten yhteyksien tärkeimpiä laatuparametreja ovat
 - solujen päästä-päähän viive ja (erityisesti) vaihtelut tässä viiveessä
 - sen sijaan solujen katoaminen tai korruptoituminen ei ole niin vaarallista
 - Ei-reaaliaikaisille yhteyksille taas
 - viiveellä ja etenkin sen vaihtelulla ei ole suurta merkitystä,
 - mutta solujen katoaminen tai korruptoituminen tuottaa ongelmia
 - lyhyet viiveet suotavia mutta eivät mitenkään ehdottomia
 - mitä enemmän kaistaa, sitä parempi

18

Palveluluokat (1)

- Liikennelähteiden luonteen ja niiden asettamien palvelun laatuvaatimusten vaihtelun vuoksi
 - yhteydet jaetaan ATM:ssä **palveluluokkiin**
 - ATM-Forum terminologia [2]: service category
 - ITU-T terminologia [3]: ATM transfer capability
 - eri toiminnot, kuten reititys, pääsynvalvonta ja resurssien allokointi, tehdään yleensä palveluluokakohtaisesti
- Yhteyttä muodostettaessa
 - valitaan paitsi palveluluokka
 - tehdään myös ns. **liikennesopimus** (traffic contract), jossa spesifioidaan tarkemmin ko. yhteyden liikennettä ja palvelun laatuvaatimusta kuvaavat parametrit

Palveluluokat (2)

- **Palveluluokat** (ATM Forumin TMS 4.0:n [2] mukaan):
 - **CBR** = constant bit rate = vakiosirtonopeus
 - reaaliaikainen, taattu QoS
 - **VBR-rt** = variable bit rate, real-time = reaaliaikainen vaihteleva sirtonopeus
 - reaaliaikainen, taattu QoS
 - **VBR-nrt** = variable bit rate, non-real-time = ei-reaaliaikainen vaihteleva sirtonopeus
 - ei-reaaliaikainen, taattu QoS
 - **ABR** = available bit rate = käytettävissäoleva sirtonopeus
 - ei-reaaliaikainen, ei absoluuttisia QoS takeita
 - **UBR** = unspecified bit rate = määrittelemätön sirtonopeus
 - ei-reaaliaikainen, ei minkäänlaisia QoS takeita

CBR-palveluluokka

- Tarkoitettu lähinnä
 - reaaliaikaisille, vakionopeuksisille liikennelähteille, jotka tarvitsevat tiukasti sidotun viiveen ja pienen viiveen vaihtelun
 - esim. CBR-koodattu interaktiivinen ääni ja video, piiriytkennän emulointi
- Liikenteen luonnehdintaan ja valvontaan liittyvät parametrit
 - huippusolunopeus (PCR)
- Palvelun laadun luonnehdintaan liittyvät parametrit
 - solun enimmäissiirtoviive (CTD)
 - solun siirtoviiveen vaihtelu (CDV)
 - solumenetyssuhde (CLR)

VBR-rt-palveluluokka

- Tarkoitettu lähinnä
 - reaaliaikaisille ja vaihtuvanopeuksisille liikennelähteille, jotka tarvitsevat tiukasti sidotun viiveen ja pienen viiveen vaihtelun
 - esim. VBR-koodattu interaktiivinen ääni ja video
- Liikenteen luonnehdintaan ja valvontaan liittyvät parametrit
 - huippusolunopeus (PCR)
 - ylläpidettävä solunopeus (SCR)
 - purskeen enimmäiskoko (MBS)
- Palvelun laadun luonnehdintaan liittyvät parametrit
 - solun enimmäissiirtoviive (CTD)
 - solun siirtoviiveen vaihtelu (CDV)
 - solumenetyssuhde (CLR)

VBR-nrt-palveluluokka

- Tarkoitettu lähinnä
 - ei-reaaliaikaisille ja vaihtuvanopeuksisille liikennelähteille, jotka tarvitsevat alhaisen solumenetyssuhteen
 - esim. VBR-koodattu videon siirto/haku, vasteaikakriittinen datasiirto
- Liikenteen luonnehdintaan ja valvontaan liittyvät parametrit
 - huippusolunopeus (PCR)
 - ylläpidettävä solunopeus (SCR)
 - purskeen enimmäiskoko (MBS)
- Palvelun laadun luonnehdintaan liittyvät parametrit
 - solumenetyssuhde (CLR)

ABR-palveluluokka

- Tarkoitettu lähinnä
 - ei-reaaliaikaisille elastisille liikennelähteille, jotka tarvitsevat alhaisen solumenetyssuhteen
 - esim. datamassojen siirto (suuret tiedostot, kuvat, videopätkät)
- Liikenteen luonnehdintaan liittyvät parametrit
 - huippusolunopeus (PCR)
 - vähimmäissolunopeus (MCR)
- Liikenteen valvontaan kehitetty oma vuonohjausmenettely
 - ABR flow control
 - liikennelähteiden tulee kyetä säätämään lähetysnopeuttaan verkon ohjaamana
- Ei absoluuttisia palvelun laatutakeita
 - luvataan "alhainen" solumenetyssuhde (CLR)
 - tavoitteena myös yhteyksien välinen reiluus (fairness)

UBR-palveluluokka

- Tarkoitettu lähinnä
 - ei-reaaliaikaisille elastisille liikennelähteille, jotka eivät tarvitse mitään palvelun laatutakeita
 - esim. TCP/IP liikenne
- Liikenteen luonnehdintaan liittyvät parametrit
 - huippusolunopeus (PCR)
- Ei minkäänlaisia palvelun laatutakuita
 - “Best Effort”-palvelu
 - luottaa pelkästään ylemmän protokollatason (kuten TCP) liikenteen hallintaan

25

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- **Liikennesopimus**
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

26

Liikennesopimus

- Yhteyden muodostuksen aikana, käyttäjä ja verkko neuvottelevat **liikennesopimuksen** (Traffic Contract)
 - koskee liikennettä (so. yhteyden aikana lähetettyjä soluja) käyttäjän ja verkon välisessä rajapinnassa (user-network interface, **UNI**)
- Liikennesopimus määrittelee
 - yhteyden palveluluokan
 - yhteyden liikenteen luonteen
 - **liikenneparametrien** (PCR, SCR, MBS, MCR) ja **viivetoleranssien** (CDVT, BT) avulla
 - yhteydelle annettavan palvelun laatutakeet
 - **laatuparametrien** (CTD, CDV, CLR) avulla

27

Liikenneparametrit

- **PCR** = $1/T$ = peak cell rate = huippusolunopeus
 - lähteen suurin sallittu hetkellinen lähetysnopeus (solua/s)
 - määritellään kaikille yhteyksille
- **SCR** = $1/T_s$ = sustainable cell rate = ylläpidettävä solunopeus
 - suurin nopeus (solua/s), jolla lähde voi lähettää jatkuvasti ilman verkon yhteysparametrien valvonnan puuttumista asiaan
 - määritellään VBR-palveluluokkien yhteyksille
- **MBS** = maximum burst size = purskeen enimmäiskoko
 - suurin määrä soluja, jotka voidaan lähettää huippusolunopeudella (PCR) ilman, että liikennesopimuksen ylläpidettävää solunopeutta (SCR) rikotaan
 - määritellään VBR-palveluluokkien yhteyksille
- **MCR** = minimum cell rate = vähimmäissolunopeus
 - taattu vähimmäisnopeus (solua/s), jolla lähde saa lähettää jatkuvasti
 - määritellään ABR-palveluluokan yhteyksille

28

Viivetoleranssit

- **CDVT** = τ = cell delay variation tolerance = soluviiveen vaihtelun toleranssi
 - yläraja (käyttäjistä riippumattomalle) solujen rypästymiselle lähteen ja liikennettä valvovan UPC:n välillä
 - solujen multipleksointi (aikaviipaloitu järjestelmä)
 - fyysisen kerroksen overhead ja OAM solujen lisäys
 - määritellään kaikille yhteyksille
- **BT** = τ_s = burst tolerance = pursketoleranssi
 - $BT = (MBS - 1)(T_s - T)$, missä
 - $T_s = 1/SCR$
 - $T = 1/PCR$
 - määritellään VBR-palveluluokkien yhteyksille

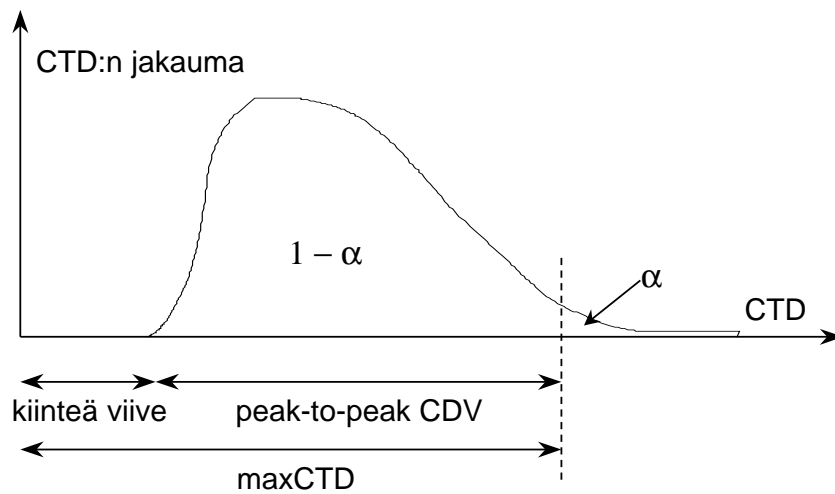
29

Laatuparametrit (neuvoteltavissa olevat)

- **(max)CTD** = maximum cell transfer delay = solun enimmäissiirtoviive
 - suurin sallittu päästä-päähän siirtoviive (tarkemmin: $(1-\alpha)$ -fraktiili)
 - siirtoviive on summa
 - mittauspisteiden välillä olevien kytkentälaitteiden aiheuttamasta käsittelyviiveestä (kytkentä- ja jonotusviiveet) ja lähetysviiveestä sekä
 - mittauspisteiden välisen fyysisen etäisyyden aiheuttamasta viiveestä (signaalin etenemisviive)
 - määritellään reaaliaikaisille palveluluokille (CBR, VBR-rt)
- **(peak-to-peak) CDV** = cell delay variation = solun siirtoviiveen vaihtelu
 - suurimman sallitun ja pienimmän mahdollisen päästä-päähän siirtoviiveen erotus (so. jonotusviiveiden summa)
 - määritellään reaaliaikaisille palveluluokille (CBR, VBR-rt)
- **CLR** = cell loss ratio = solumenetyssuhde
 - $CLR = \text{menetetyt solut} / \text{lähetetyt solut}$
 - määritellään CBR- ja VBR-palveluluokille

30

maxCTD ja peak-to-peak CDV



Source: [2]

31

ATM-kerroksen palveluluokat ja parametrit

	ATM Layer Service Category				
	CBR	VBR-rt	VBR-nrt	UBR	ABR
Traffic parameters:					
PCR, CDVT	specified				
SCR, MBS	n/a	specified		n/a	
MCR	n/a				specified
QoS parameters:					
Peak-to-peak CDV	specified		unspecified		
MaxCTD	specified		unspecified		
CLR	specified			unspecified	

Source: [2]

32

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

Liikenteen- ja ruuhkanhallinnan toimenpiteet eri aikaskaaloissa

- ATM:ssä:

Liikenteenhallinta (traffic control) = ennakoivat menetelmät
Ruuhkanhallinta (congestion control) = reagoivat menetelmät

Response time:	Traffic control functions:	Congestion control functions:
Long term (hours - days)	<ul style="list-style-type: none"> • Resource Management using Virtual Paths 	
Connection duration (secs - mins)	<ul style="list-style-type: none"> • Connection Admission Control (CAC) 	
Round trip propagation time (ms)	<ul style="list-style-type: none"> • Fast Resource Management 	<ul style="list-style-type: none"> • Explicit Forward Congestion Indication (EFCI) • ABR Flow Control
Cell insertion time (µs) Source: [1]	<ul style="list-style-type: none"> • Usage Parameter Control (UPC) • Priority Control • Traffic Shaping 	<ul style="list-style-type: none"> • Selective Cell Discard • Frame Discard

Liikenteenhallinnan toimenpiteet (1)

- Virtuaalipolkuihin (VP) perustuva verkon resurssien hallinta
 - VCC-yhteyksien ryhmittely eri virtuaalipoluille esim. liikennetyypin mukaan
 - mahdollistaa palvelun laadun eriyttämisen
 - VPC:n toimintakyky tulee asettaa vaativimman VCC:n mukaan
 - ennaltaehkäisevää (staattinen kaistan allokointi)
- Yhteyksien hyväksyntä eli pääsynvalvonta (CAC)
 - CAC = Connection Admission Control
 - hyväksytyjen yhteyksien suojeleminen ylikuormalta
 - yhteyden muodostusvaiheessa verkko päättää (kytkin kytkimeltä), hyväksytäänkö yhteyspyyntö vai hylätäänkö se
 - hyväksytyt yhteydet liikenteen luonne ja vaadittu (yhteydenaikainen) palvelun laatu määritellään liikennesopimuksessa
 - jos yhteys toimii sopimuksen puitteissa (compliant connection), verkon pitää taata sille sopimuksen mukainen palvelun laatu

Source: [2]

35

Liikenteenhallinnan toimenpiteet (2)

- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
 - UPC = Usage Parameter Control
 - sopimusta noudattavien yhteyksien suojeleminen sopimusta rikkovia yhteyksiä vastaan
 - tiedonsiirtovaiheessa verkko valvoo (käyttäjän ja verkon välisessä rajapinnassa), että yhteydeltä tuleva liikenne (soluvirta) on sopimuksen mukaista
 - sopimuksenvastaiset solut voidaan joko poistaa välittömästi tai sitten merkitä alemmalle prioriteetille (CLP = 1)
- Liikenteen muokkaus (traffic shaping)
 - käytetään etupäässä varmistamaan liikenteen yhteensopivuus liikennesopimuksen kanssa valvontarajapinnassa
 - älykkäät päätelaitteet suorittavat itse liikenteen muokkauksen
 - myös kytkinlaitteet saattavat joutua suorittamaan liikenteen muokkausta verkkojen välisissä rajapinnoissa

Source: [2]

36

Ruuhkanhallinnan toimenpiteet (1)

- Eksplisiittinen myötäsuoontainen ruuhkanilmaisu (EFCI)
 - EFCI = Explicit Forward Congestion Indication
 - solun otsikon EFCI-bittiiä käytetään ruuhkan ilmaisuun päätelaitteille
 - ruuhkatilassa oleva kytkentälaitte voi asettaa ATM-soluotsikossa olevan EFCI-bitin ykköseksi (mutta ei saa koskaan asettaa EFCI-bittiiä nolllaksi)
 - EFCI-bitin käyttö on järkevää vain osana laajempaa hallintamenettelyä, jossa päätelaitteiden käyttäytyminen on määritelty (ks. ABR-vuonohjaus)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus
 - ATM-yhteyden edestakaisen kiertoajan aikaskaalassa tapahtuva resurssinhallintatoimenpide, jolla sopeutetaan ABR-palveluluokkaan kuuluvien lähteiden lähetysnopeudet käytettävissä olevaan kaistaan
 - perustuu resurssinhallintasolujen (RM, resource management) käyttöön
 - parannetuissa ruuhkanhallintamenetelmissä ei pelkästään ilmaista yhdellä bitillä, onko ruuhkaa vai ei, vaan kytkimet voivat RM-solun avulla ilmaista, millä nopeudella lähde voi lähettää soluja (ER, explicit cell rate)

Source: [2]

37

Ruuhkanhallinnan toimenpiteet (2)

- Solujen valikoiva hylkääminen (selective cell discard)
 - lähde itse voi merkitä vähemmän tärkeitä solut alemman prioriteetin (CLP = 1) soluiksi
 - verkko (UPC) voi merkitä sopimuksenvastaiset solut alemman prioriteetin (CLP = 1) soluiksi (cell tagging)
 - ruuhkatilanteessa verkko hylkää ensin alemman prioriteetin (CLP = 1) soluja
- Kehysten hylkääminen (frame discard)
 - mikäli soluja joudutaan hylkäämään, on edullisempaa hylätä kokonaisia kehyksiä (so. ylemmän tason paketteja)
 - toimenpide mahdollinen, jos kehysten rajat havaittavissa

Source: [2]

38

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- **Pääsynvalvonta (CAC)**
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

Pääsynvalvonta (CAC)

- Yhteyden muodostusvaiheessa (kussakin verkon solmussa) CAC päättää (arvioituaan yhteyksien yhteisen resurssitarpeen)
 - hyväksytäänkö yhteys vai ei
 - valvottavat liikenneparametrit UPC:ta varten
 - reitityksestä ja resurssien varaamisesta
- Resurssitarpeen arviointi on verkko-operaattorin itse suoritettava
 - menettelyä ei standardoida (siis mahdollinen kilpailutekijä)
 - palveluluokkakohtainen
 - liikenteelliseltä kannalta vaativa toimenpide (perustuen matemaattisiin liikennemalleihin)
- Yhteyden hylkäämisen tarkoituksena
 - on taata (jo aiemmin) hyväksytyille yhteyksille sovittu palvelun laatu
- Hylkäykset kasvattavat yhteystason (kutsu)estoa
 - puuttuvien resurssien ongelma on siis siirretty solutasolta kutsutasolle
 - ainoa (pitkän päälle) kestävä ratkaisu on verkon resurssien lisäys

Resurssitarpeen arviointi / Resurssien allokointi

- CBR-palveluluokka
 - yhteydelle on varattava kaistaa huippusolunopeuden (PCR) mukaan
- VBR-palveluokat
 - yhteydelle varataan kaistaa ns. **efektiivisen solunopeuden mukaan** (ECR, effective cell rate), joka operaattorin on arvioitava
 - $SCR \leq ECR \leq PCR$
 - ECR riippuu toisaalta lähteen luonteesta (sekä liikenteestä että laatuvaatimuksista) ja toisaalta verkon laitteista (esim. linkin nopeudesta)
- ABR-palveluluokka
 - yhteydelle varataan kaistaa vähimmäissolunopeuden (MCR) mukaan
 - todellista nopeutta säädetään yhteyden aikana
- UBR-palveluluokka
 - yhteydelle ei varata kaistaa ollenkaan
 - ei mitään takeita, kuinka paljon yhteyts saa kaistaa (yhteyden aikana)

41

Esimerkki

- Tarkastellaan tilannetta, missä eri palveluokat on eroteltu linkin sisällä eri virtuaalipolkuihin
 - Merk. C :llä ko. virtuaalipolun huippusolunopeutta (so. PCR:ää)
 - Indeksoidaan olemassaolevat yhteydet: $i = 1, \dots, n$
 - Uusi yhteyspyyntö: $n + 1$
- Yksinkertainen, pelkästään käytettävissä olevaan kaistaan perustuva hyväksymismenettely voisi olla palveluluokittain seuraava:
 - Uusi yhteys hyväksytään, jos ...
 - CBR: ... $PCR_1 + \dots + PCR_{n+1} \leq C$
 - VBR: ... $ECR_1 + \dots + ECR_{n+1} \leq C$
 - ABR: ... $MCR_1 + \dots + MCR_{n+1} \leq C$
 - UBR: ... aina!

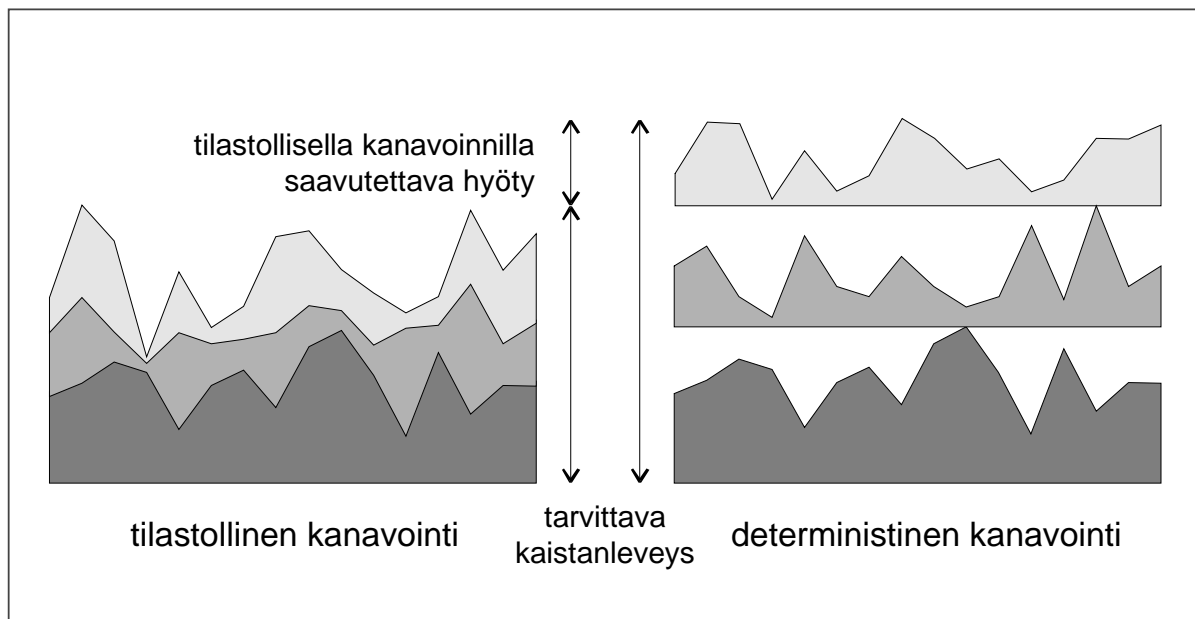
42

Efektiiivinen solunopeus

- Käyttökelpoinen ennen kaikkea VBR-palveluluokan yhteydessä
- Usein kutsutaan myös **efektiiiviseksi kaistaksi** (effective bandwidth)
 - tällöin yksikkönä pikemminkin bittejä sekunnissa (kuin soluja sekunnissa)
- Hyödynnetään tilastollisella kanavoinnilla saavutettavaa etua
 - kaistan tarvetta voidaan kompensoida puskuroinnilla (mitä enemmän puskuria, sitä pienempi ECR)
- Oletetaan lähteiden välinen riippumattomuus
 - tämä takaa, että eri lähteiden nopeushuiput sattuvat päällekkäin vain hyvin pienellä todennäköisyydellä
- Huom.
 - pahimmassa tapauksessa VBR-lähteet toimivat täysin synkronoidusti, jolloin on tyypillisesti tyydyttävä huippunopeusallokaatioon (jota tosin puskuroinnilla voidaan hieman lieventää)

43

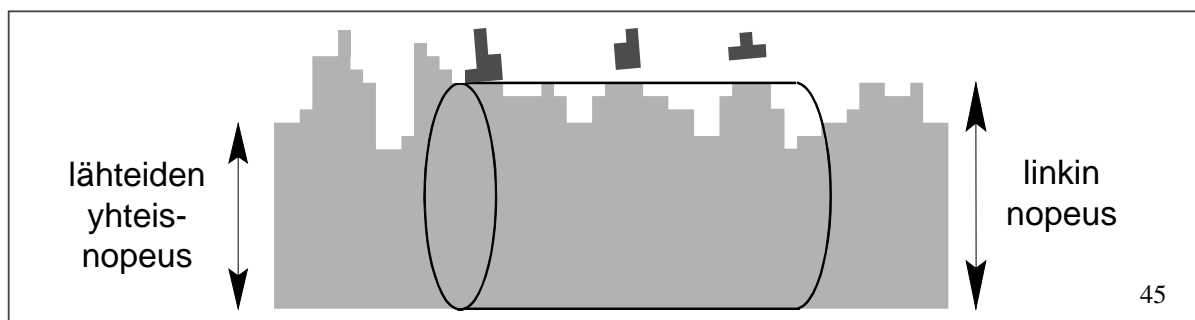
Tilastollisella kanavoinnilla saavutettava etu



44

Efektiiivisen kaistan laskenta (1)

- Tarkastellaan n **riippumatonta** ja identtistä VBR-tyyppistä lähdeä
 - Merk. R_i :llä lähteen i hetkellistä lähetysopeutta (bps)
 - Oletaan, että nämä VBR-yhteydet kulkevat samassa VP:ssä, jonka kapasiteettia merkitään C :llä (bps)
- Laatuvaatimus: $CLR \leq \varepsilon$
- Ns. **puskurittomassa** mallissa pätee: $CLR \approx P\{\sum_i R_i > C\}$
- Tehtävänä on siis laskea ns. efektiiivinen kaista e s.e. $P\{\sum_i R_i > ne\} = \varepsilon$



Efektiiivisen kaistan laskenta (2)

- Merkitään
 - $m = E[R_i]$, $v = \text{Var}[R_i]$
- Riippumattomuuden nojalla pätee
 - $M := E[\sum_i R_i] = nm$, $V := \text{Var}[\sum_i R_i] = nv$
- Keskeisen raja-arvolauseen mukaan taas pätee
 - $\sum_i R_i \approx N(M, V) = N(nm, nv)$
- Näin ollen:

$$P\{\sum_i R_i > ne\} = \varepsilon \Leftrightarrow ne = nm + z_{1-\varepsilon} \sqrt{nv} \Leftrightarrow e = m + z_{1-\varepsilon} \sqrt{\frac{v}{n}}$$

- Tässä z_p tarkoittaa $N(0,1)$ -jakauman p -fraktiilia
- Yksinkertainen malli kuvaa efektiiivisen kaistan olennaisimmat piirteet:
 - pienenee lähteiden lukumäärän (linkin kapasiteetin) kasvaessa
 - lähestyy asympotoottisesti keskinopeutta

Esimerkki

- Tarkastellaan sellaisia VBR-tyyppisiä lähteitä/yhteyksiä, joille
 - $m = E[R_i] = 32 \text{ kbps}$, $v = \text{Var}[R_i] = (32 \text{ kbps})^2$
- Oletaan, että nämä VBR-yhteydet kulkevat samassa VP:ssä, jolle
 - $C = 2000 \text{ kbps}$
- **Kysymys:** Montako tällaista yhteyttä CAC voi VP:lle hyväksyä, kun laatuvaatimus on
 - $\text{CLR} \leq \varepsilon = 10^{-4}$
- **Vastaus:** Normeeratun normaalijakauman taulukosta nähdään, että
 - $z_{1-\varepsilon} = z_{0,9999} = 3.719$
- On siis löydettävä sellainen n^* , että
 - $n^* = \max\{n \mid nm + z_{1-\varepsilon}(nv)^{1/2} \leq C\} = \max\{n \mid 32n + 119(n)^{1/2} \leq 2000\}$
- Yhtälön $32x + 119(x)^{1/2} = 2000$ ratkaisu on $x = 39.2$, joten
 - $n^* = 39$
 - $e = C/n^* = 51 \text{ kpbs}$

47

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

48

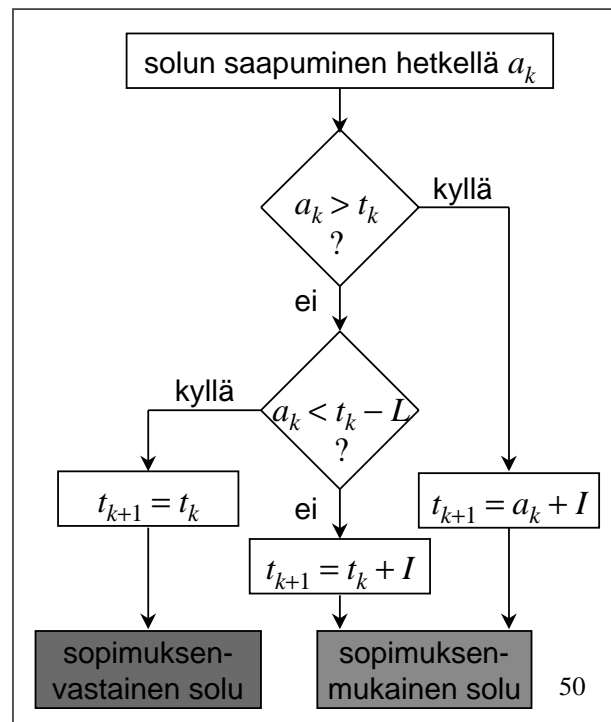
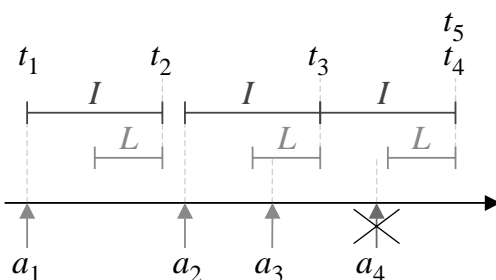
Yhteysparametrien valvonta (UPC)

- Tiedonsiirtovaiheessa UPC valvoo (käyttäjän ja verkon välisessä rajapinnassa) yhteyden liikennettä (soluvirtaa)
 - päästämällä läpi sopimuksenmukaiset (conforming) solut
 - merkitsemällä (tagging) alemmalle prioriteetille (CLP = 0 → CLP = 1) tai hylkäämällä (discarding) sopimuksenvastaiset (non-conforming) solut
- Solujen sopimuksenmukaisuutta valvotaan ns. **geneerisellä solunopeusalgoritmilla (GCRA, generic cell rate algorithm)**
 - algoritmissa $GCRA(I,L)$ on kaksi parametria:
 - I = Increment = valvottavaa lähetyksenopeutta R vastaava väliaika = $1/R$
 - L = Limit = sallittu (etuaikainen) poikkeama normaalista saapumisajasta
- Huippusolunopeuden (PCR) valvonta:
 - $GCRA(1/PCR, CDVT) = GCRA(T, \tau)$
- Ylläpidettävän solunopeuden (SCR) valvonta:
 - $GCRA(1/SCR, BT) = GCRA(T_s, \tau_s)$

49

GCRA(I,L)

- Merkitään
 - $t_k = k$:nnen solun ennakoitu saapumisaika
 - $a_k = k$:nnen solun todellinen saapumisaika
- Initialisointi hetkellä a_1 : $t_1 = a_1$
- Algoritmin pyörittäminen hetkellä a_k , $k = 1, 2, \dots$



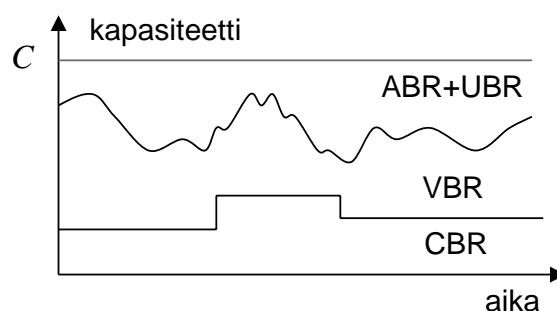
50

Sisältö

- Johdanto
- ATM-tekniikan perusteet
- Palveluluokat
- Liikennesopimus
- Liikenteen- ja ruuhkanhallinta ATM:ssä
- Pääsynvalvonta (CAC)
- Yhteysparametrien valvonta (UPC)
- ABR-palveluluokan vuonohjaus

"Best Effort" -palvelut

- Palvelun laadun takaaminen CBR- ja VBR-yhteyksille edellyttää resurssien **dedikointia**, mikä johtaa verkon alhaiseen käyttöasteeseen
- Käyttämätön kapasiteetti voidaan tarjota (alemman prioriteetin) **jaettuna** resurssina ABR- ja UBR-yhteyksille (antamatta siis mitään takeita palvelun laadusta, ns. "best effort" -palvelu)
- Koska näille yhteyksille ei tehdä mitään etukäteisvarauksia,
 - verkon solmuihin tarvitaan oleellisesti suuremmat puskurit
 - jaetun resurssin oikeudenmukainen jako (reiluus) tulee tärkeäksi



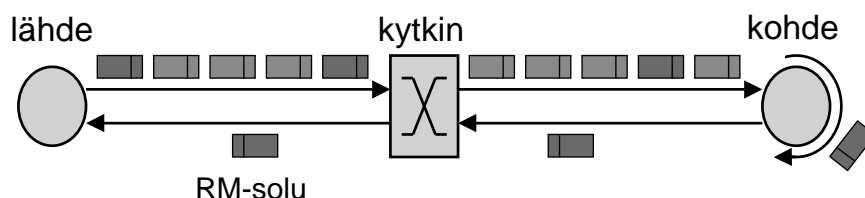
ABR-palveluluokan vuonohjaus

- Päämäärä:
 - korkean käyttöasteen ja alhaisen solumenetyssuhteen saavuttaminen yhtäaikaan
- Yhteyden hyväksymisen yhteydessä sovitaan vain
 - huippusolunopeudesta (PCR) = suurin sallittu hetkellinen lähetysnopeus
 - vähimmäissolunopeudesta (MCR) = pienin hyödynnettävä lähetysnopeus
- Puskurien ylivuodon (miksei myös alivuodon) välttämiseksi lähteen nopeutta säädetään suljetulla säätösilmukalla
 - säädetty nopeus voi olla mitä tahansa MCR:n ja PCR:n väliltä
 - implementointi erityisten RM-solujen avulla
- Ko. menetelmä on selvästikin reagoiva
 - reagoiden esim. puskurin täyttöasteeseen tai täyttöasteen muutokseen
- Toteutuksessa kaksi leiriä:
 - nopeuspohjainen (rate based)
 - ikkunapohjainen (window based)

53

Nopeuspohjainen vuonohjausmekanismi

- Lähde lähettää RM-soluja Nrm:n informaatio-solun välein
 - kertoen nykyisen lähetysnopeutensa (CCR) ja haluamansa nopeuden (ER)
- Reitillä olevat kytkimet laskevat tämän perusteella reilun kaistaosuuden
 - ne voivat myös pienentää ER-kentän arvoa
- Kohde kääntää RM-solut paluusuuntaan
 - se voi myös pienentää ER-kentän arvoa
- Reitillä olevat kytkimet merkitsevät palaavien RM-solujen ER-kenttään sallitun nopeuden
- Lähde sovittaa lähetysnopeutensa saatuun palautteeseen



54

Kirjallisuutta

- 1 W. Stallings (1998)
 - “High-Speed Networks: TCP/IP and ATM design principles”
 - Prentice Hall, New Jersey
- 2 ATM-Forum, Technical Committee
 - “Traffic Management Specification, Version 4.0”
 - April 1996
- 3 ITU-T, Study Group 13
 - “Recommendation I.371: Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN”
 - July 1995

THE END

