

# 1. ATM: LIIKENTEEN- JA RUUHKANHALLINTA

ATM-verkoissa liikenteen- ja ruuhkanhallinta on tärkeä osa verkonhallintaa, kuten kaikissa jaettuja resursseja käyttävissä verkoissa. Ilman liikenteen- ja ruuhkanhallintaa verkon suorituskyky voi laskea huomattavasti ja dataa voi alkaa kadota.

ATM-verkoissa ruuhkanhallinnassa on paljon sellaisia vaikeuksia, joita ei muun tyyppisissä verkoissa esiinny. Ongelma kiteytyy siihen, että käyttäjien soluissa ei ole riittävästi otsikkobittejä ruuhkanhallintaan.

ATM-verkkojen liikenteen- ja ruuhkanhallinta on aktiivisen tutkimuksen alaisena esimerkiksi ITU-T:ssä ja ATM Forumissa.

## 1.1 Hallinnan peruseriaatteet

Liikenteen ja ruuhkatilanteiden hallinnalla tarkoitetaan kaikkia verkon toimia, joilla pyritään estämään ruuhkatilanne tai ruuhkan jo synnyttyä pyritään estämään sen leviäminen ja minimoimaan sen vaikutukset. ATM-verkon liikenteen- ja ruuhkanhallintakonseptit perustuvat pääosin ITU-T:n suositukseen I.371 ja ATM Forumin nykyisiin spesifikaatioihin.<sup>1</sup>

ATM-verkossa ruuhka voidaan määritellä verkkoelementtien tilaksi, jossa verkko ei kykene täyttämään sille määriteltyjä suorituskykytavoitteita. Ruuhkatilanne voidaan erottaa ylikuormitustilanteesta, jossa verkko pystyy suorituskyvyn heikkenemisestä huolimatta vielä saavuttamaan verkon suorituskyvylle asetetut tavoitteet. Ruuhkaa ja ylikuormitusta aiheuttavat liikenteen ennustamattomat tilastolliset vaihtelut sekä verkossa esiintyvät vikatilanteet.

Pakettikytkentäisille ja Frame Relay -verkoille on kehitetty useita hallintamekanismeja, jotka eivät kuitenkaan sovellu ATM-verkonhallintaan, sillä ATM-liikenteen hallinta eroaa muiden verkkojen hallinnasta muun muassa seuraavista syistä:

1. Suuri osa liikenteestä ei sovellu perinteiseen vuonhallintaan reaaliaikaisuuden tai purskeisuuden takia (esim. videokuva ja ääni).
2. Koska solun lähetys kestää huomattavasti lyhyemmän ajan kuin mikä on verkon etenemisviive, palaute verkon tilasta (esim. ruuhkasta) saadaan liian hitaasti.
3. ATM-verkoissa sovellukset ja niiden vaatima kaista vaihtelevat suuresti.
4. Sovellusten liikenneprofiilit eroavat toisistaan.

<sup>1</sup> Tällä hetkellä on voimassa versio Traffic Management 4.0, mutta versio 4.1 on juuri äänestyksen alla.

Edellä mainitut erot vaikuttavat myös ATM-verkkojen suorituskykyyn liittyviin kysymyksiin.

ATM-verkon suorituskyky riippuu verkon yleisistä ominaisuuksista sekä ATM-kerroksen palvelun laadusta (QoS). Verkon yleisiin ominaisuuksiin voidaan vaikuttaa hyvällä verkon suunnittelulla. Suunnitteluun liittyvät esimerkiksi sopivan verkkotopologian valinta sekä resurssien mitoitus. Suorituskykyyn voidaan vaikuttaa minimoimalla yhteyksillä käytettävien verkkosolmujen ja yhteyksien määrä sekä jakamalla eri tyyppinen liikenne omille siirtoyhteyksille tai virtuaaliväylille.

Kaikkia ATM-verkon tuomia ongelmia ei olla vielä yksityiskohtaisesti ratkaistu ITU-T:n tai ATM Forumin spekseissä, mutta hallinnan peruserätykset voidaan kiteyttää seuraaviin käsitteisiin

- Palvelun laatu (QoS, Quality of Service)
- Stokastinen vastaan detereministinen kanavointi
- Hallinnan useat tasot
- Ruuhkaa ehkäisevä hallinta ja tilanteisiin reagoiva hallinta

Näihin käsitteisiin perustuvia hallintamekanismeja eli perustyökaluja liikenteen hallintaan on esitelty kappaleessa 1.5.

### **1.1.1 Palvelun laatu (QoS)**

ATM-verkossa palvelun laatu määritellään suorituskykyä kuvaavilla parametreilla (QoS parameters), joiden avulla voidaan määritellä haluttu suorituskyky. Nämä parametrit on määritelty tarkemmin kohdassa 1.3.

Haluttuun palvelun laatuun ATM-verkossa vaikuttavat lähetetyn liikenteen luonne, joka voi olla vakio- tai muuttuvanopeuksista. ATM-protokollan ATM-kerroksen tarjoamat palvelut on jaettu viiteen eri luokkaan juuri liikenteen ominaisuuksien ja palvelulle asetettavien vaatimusten perusteella. Nämä luokat on esitelty kappaleessa 1.2.

### **1.1.2 Stokastinen vs. detereministinen kanavointi**

Jotta verkon siirtokapasiteetti saataisiin mahdollisimman hyvin käyttöön, täytyy siirtokaistaa jakaa sopivassa suhteessa. ATM-verkossa liikenne on tyypillisesti puskureista eli dataa ei lähetetä jatkuvasti ja lähetysnopeus on vain satunnaisesti huippunopeuksista. Nämä ominaisuudet vähentävät siirtokapasiteetin tarvetta ja mahdollistavat kapasiteetin varaamisen tilastollista kanavointia apuna käyttäen.

ATM-verkon yhteyksille voidaan varata siirtokaistaa joko deterministisesti tai tilastollisesti. Deterministisessä kanavoinnissa kullekin yhteydelle varataan kaistanleveyttä yhteyden huippunopeuden perusteella. Tilastollisessa kanavoinnissa puolestaan yhteydelle varataan kaistanleveyttä vähemmän kuin sen huippunopeus vaatisi eli huippunopeuksien summa on suurempi kuin siirtokanavan kapasiteetti.

Tilastollisessa kanavoinnissa yhteydet jakavat siis yhteisiä verkkoresursseja, kuten siirtoyhteyksien kapasiteettia ja verkkosolmujen puskureita. Näin

---

verkon käyttöaste on korkeampi kuin käytettäessä determinististä kanavointia, jossa osa verkon resursseista jää hyödyntämättä ja verkon käyttöaste jää matalammaksi

### 1.1.3 Hallinnan useat tasot

ATM-liikenne voidaan nähdä hierarkisesti useana tasona. Liikenne voidaan jakaa eri tavoin omiksi yksiköikseen eri karkeustasoilla. Karkeustasoja voidaan määritellä viisi:

- Yksittäiset päästä-päähän yhteydet
- Virtuaalipolkuyhteydet
- Virtuaalikanavayhteydet
- Purskeet (sisältää peräkkäiset solut)
- Yksittäiset solut

Liikenteen hallinta voidaan jakaa myös aikaskaalan suhteen eri tasoihin. Nämä tasot ovat:

- Välittömästi tapahtuvat
- Päästä-päähän etenemisviiveen kestävät
- Päästä-päähän ja takaisin kestävät
- Minuutteja/tunteja kestävät

Kerrosajattelumallissa liikenteen hallinta käsittää siis joukon mekanismeja kullekin eri tasolle. ATM-liikenteen erilaisuus ja epädeterministisyys vaatii varsin suurta joukkoa erilaisia mekanismeja.

### 1.1.4 Ruuhkaa ehkäisevä hallinta ja tilanteisiin reagoiva hallinta

Puhuttaessa liikenteen hallinnasta viitataan yleensä ennaltaehkäiseviin menetelmiin, joiden tavoitteena on estää ruuhkatilanteen syntyminen. Nämä menetelmät perustuvat liikenteen ominaisuuksien ennakoimiseen. Ennalta ehkäiseviä menetelmiä ovat erityisesti yhteyden hyväksymismekanismit (CAC) sekä yhteysparametrien hallinta (UPC), jotka säännöstelevät liikenteen määrää verkossa.

Palautteeseen perustuvat hallintamekanismit tai tilanteisiin reagoivat mekanismit eivät yleisesti sovi reaaliaikaista dataa siirrettäessä, sillä reaaliaikaisen datan lähettämistä ei voida keskeyttää tai edes paljon hidastaa. ATM-verkoissa siirtonopeudet ovat korkeita ja solun lähetysajan suhde verkon etenemisviiveeseen on pieni. Näiden ominaisuuksien takia reaktiivinen hallinta ei erityisen hyvin onnistu ATM-verkoissa. Joitakin tällaisia hallintamekanismeja kuitenkin on, kuten valikoiva solujen hylkäys, eksplisiittinen ruuhkanilmoitus ja dynaaminen reittien uudelleenkonfigurointi.

## 1.2 Palveluluokat

---

ATM-kerroksen tarjoamat palvelut on jaettu viiteen eri luokkaan:

- Vakiosirtonopeus (CBR, Constant Bit Rate).
- Reaaliaikainen muuttuva sirtonopeus (rt-VBR, real-time Variable Bit Rate).
- Ei-reaaliaikainen muuttuva sirtonopeus (nrt-VBR, non-real-time Variable Bit Rate).
- Määrittelemätön sirtonopeus (UBR, Unspecified Bit Rate).
- Käytävissä oleva sirtonopeus (ABR, Available Bit Rate).

ITU-T:n suosituksessa CBR on palveluluokka A, rt-VBR on luokka C, nrt-VBR on luokka D ja UBR on luokka X.

Kappaleessa 1.5.2 on taulukko 1., jossa on yhteenveto kullekin luokalle määritellyistä parametreista.

### 1.2.1 Vakiosirtonopeuden luokka

Vakiosirtonopeuden palveluluokka on tarkoitettu kiinteää nopeutta vaativille sovelluksille eli sovelluksille, jotka vaativat koko yhteyden ajaksi vakiokaistanleveyden. Tämä kaistanleveys määritellään huippunopeutta kuvaavalla laatuparametrilla.

Verkko takaa kaikille vakiosirtonopeuden yhteyksille laatuparametreilla määritellyn palvelun laadun, jos huippunopeutta ei ylitetä. Vakiosirtonopeuksisen luokan yhteyksille sovitaan solujen siirtoviiveestä, viiveen vaihtelusta ja solujen häviösuhteesta.

### 1.2.2 Reaaliaikainen muuttuvan sirtonopeuden luokka

Reaaliaikainen muuttuvan nopeuden palveluluokka on tarkoitettu purskeisille liikennelähteille, joilla on tiukat viivevaatimukset. Luokan yhteyksille määritellään huippunopeuden lisäksi myös keskimääräinen solunopeus ja purskeen maksimipituus.

Liikenneparametreina ovat solujen siirtoviive, viiveen vaihtelu ja solujen häviösuhde. Tässä palveluluokassa voidaan myös hyödyntää tilastollista kanavointia ja siten säästää verkon resursseja.

### 1.2.3 Ei-reaaliaikainen muuttuvan sirtonopeuden luokka

Muuttuvan nopeuden sovelluksille, jotka eivät ole reaaliaikaisia, on määritelty oma palveluluokkansa. Tämän luokan palveluille ei määritellä solujen siirtoviiveen eikä viiveen vaihtelun rajoja. Sen sijaan yhteyden solujen häviösuhteen maksimiarvosta sovitaan.

Liikenneparametrit ovat kuten vastaavassa reaaliaikaisessa luokassa, ja myös tämä luokka tukee tilastollista kanavointia.

---

### 1.2.4 Määrittelemättömän siirtonopeuden luokka

Määrittelemättömän siirtonopeuden palveluluokka on ns. best effort -palvelu, joka käyttää verkon vapaita resursseja mahdollisuuksien mukaan. Luokan yhteyksille ei taata ennalta määrättyjä laatuparametrien arvoja, vaan verkko voi vapaasti valita tarjoamansa palvelun laadun. Myös palvelun laadun muutokset ovat mahdollisia yhteyden aikana.

Yhteyksille määrätään laatuparametreista ainoastaan huippusolunopeus, jonka valvonta ja käyttö ovat optionaalisia. Huippusolunopeuden avulla liikennelähde pystyy selvittämään yhteyden vaatiman kaistanleveyden vähimmäismäärän.

### 1.2.5 Käytettävissä olevan siirtonopeuden luokka

Käytettävissä olevan siirtonopeuden luokka on tarkoitettu muuttuvan siirtonopeuden yhteyksille, joilla ei ole tiukkoja aikavaatimuksia. Luokan yhteyksille ei anneta mitään takeita solujen siirtoviiveelle tai sen vaihtelulle. Toisin kuin määrittelemättömän siirtonopeuden luokassa ABR-yhteyksien solujen häviösuhde minimoidaan.

Liikenneparametreista ABR-yhteyksille on määritelty huippusolunopeus ja minimisolunopeus, joka voi olla myös nolla. Käyttäjän lähetysnopeus vaihtelee näiden rajojen puitteissa verkon kuormituksesta riippuen.

---

## 1.3 Laatuparametrit

Laatuparametreillä voidaan määrittää verkolta vaadittu suorituskyky. Verkko ja käyttäjä sopivat merkinannon avulla kullekin yhteydelle laatuparametrien arvot ennen varsinaista yhteyden muodostusta ja verkko lupautuu tarjoamaan käyttäjän yhteydelle vähintään laatuparametrien mukaista palvelua.

Verkko voi tukea yhtä tai useampaa arvoa kullekin laatuparametrille. Keinot, joilla verkko pystyy toteuttamaan laatuparametrien arvot, ovat yhteyden solujen sopiva reititys ja yksittäisten verkkoelementtien toteutuskohdaiset mekanismit.

ATM forumin speksissä määritellyt laatuparametrit ovat:

- Solun siirtoviive (CTD, Cell Transfer Delay).
- Solujen viiveen vaihtelu (CDV, Cell Delay Variation).
- Soluvirhesuhde (CER, Cell Error Ratio).
- Soluhukkasuhde (CLR, Cell Loss Ratio).
- Solujen virhelisäysnopeus (CMR, Cell Misinsertion Rate).
- Solulohkovirhesuhde (SECBR, Severely Errored Cell Block Ratio).

### 1.3.1 Solujen siirtoviive

Solun siirtoviiveellä tarkoitetaan aikaa, joka kuluu solun lähdestä mittauspisteestä solun saapumiseen toiseen mittauspisteeseen. Solun

siirtoviive koostuu solun siirtämisestä fyysisellä medialla, jonotuksesta siirtoyhteydellä sijaitsevilla kytkimillä ja kytkentään kuluva ajasta.

### 1.3.2 Solujen viiveen vaihtelu

Solujen viiveen vaihtelu mittaa solujen siirtoviiveen vaihtuvuutta. Suureen mittaamiseen on määritelty kaksi tapaa, joiden perusteella voidaan erottaa toisistaan yhden mittauspisteen viivevaihtelu (one-point CDV) ja kahden mittauspisteen viivevaihtelu (two-point CDV).

### 1.3.3 Soluvirhesuhde

Soluvirhesuhde määritellään virheellisten solujen suhteena kaikkien siirrettyjen solujen määrään. Mukaan ei lasketa erittäin virheellisiä solulohkoja.

### 1.3.4 Soluhukkasuhde

Soluhukkasuhde on yhteyden luotettavuutta kuvaava laatu parametri. Sille sovitaan yhteyttä luotaessa maksimiarvo, jonka alapuolella verkko sitoutuu pitämään menetettyjen solujen osuuden koko yhteyden ajan. Soluhukkasuhde on hävinneiden solujen suhde kaikkiin lähtettyihin soluihin. Mukaan ei lasketa erittäin virheellisiä solulohkoja.

### 1.3.5 Solujen virhelisäysnopeus

Solujen harhautuminen aiheutuu useimmiten havaitsematta jääneestä otsikkovirheestä, jonka seurauksena solu lähetetään väärälle yhteydelle. Harhautuneiden solujen yleisyyttä mitataan taajuuden eli nopeuden eikä suhteen avulla, koska lähetettyjen solujen kokonaismäärä ei suoranaisesti vaikuta harhautuneiden solujen määrään yhteydellä. Solujen virhelisäysnopeus saadaan vertaamalla harhautuneiden solujen määrää haluttuun ajanjaksoon.

### 1.3.6 Solulohkovirhesuhde

Solulohkolla tarkoitetaan samalla yhteydellä peräkkäin siirrettyjen solujen joukkoa. Käytännössä solulohkon koko määräytyy lähetettävien OAM<sup>2</sup>-solujen tiheyden perusteella. Solulohkoksi käsitetään yleensä kahden OAM-solun välissä siirrettävät informaatio solut.

Solulohkoa pidetään erittäin virheellisenä, jos vastaanotetussa lohkoissa havaitaan tietyn raja-arvon ylittävä määrä virheellisiä, menetettyjä tai harhautuneita soluja. Solulohkovirhesuhde määritellään erittäin virheellisten ja kaikkien siirrettyjen solulohkojen suhteena.

---

<sup>2</sup> Operations and Maintenance, käyttö ja kunnossapito

---

## 1.4 Liikenneparametrit

---

Liikenneparametreja käytetään kuvaamaan liikennelähteen ja yhteyden ominaisuuksia. Kuvattava ominaisuus voi olla joko laadullinen tai määrällinen. Liikennelähteelle määriteltyjä liikenneparametreja ovat:

- Huippusolunopeus (PCR, Peak Cell Rate).
- Keskimääräinen solunopeus (SCR, Sustainable Cell Rate).
- Purskeen maksimipituus (MBS, Maximum Burst Size).
- Minimisolunopeus (MCR, Minimum Cell Rate).

Yhteyksien liikenneparametrejä on lisäksi määritelty kaksi, jotka ovat:

- Soluviiveen vaihtelun toleranssi (CDVT, Cell Delay Variation Tolerance).
- Yhdenmukaisuusmäärittelyt (conformance definition).

### 1.4.1 Huippusolunopeus (PCR)

Huippusolunopeus määritellään kahden solun välisen lyhimmän ajan käänteisarvona. PCR asettaa ylärajan taajuudelle, jolla yhteyden liikennettä voidaan välittää.

Huippusolunopeuden avulla voidaan määritellä tarkasti ATM-kerrokselle lähetettävien solujen välinen lyhyin sallittu aika. ATM-kerroksen toiminnot, kuten solujen kanavointi, aiheuttavat soluviiveeseen kuitenkin satunnaista vaihtelua, joka on huomioitava valvottaessa PCR:n arvoa käyttäjärajapinnassa.

### 1.4.2 Keskimääräinen solunopeus (SCR)

Keskimääräinen solunopeus on yläraja sille nopeudelle, jolla liikennelähde voi keskimäärin lähettää koko yhteyden aikana. SCR:n avulla voidaan varata verkon resurssit tehokkaasti muuttuvan siirtonopeuden luokan lähteille, eikä tarvitse määrittää huippusolunopeuden vaatimia resursseja.

Keskimääräinen solunopeus on järkevä vain, jos se on pienempi kuin huippusolunopeus.

### 1.4.3 Purskeen maksimipituus (MBS)

Purskeen maksimipituus on suurin solujen määrä, joka voidaan lähettää huippusolunopeudella. Jos solut esitetään verkossa MBS:n mittaisina solurykelminä, täytyy rykelmien väliset taukojaksot määrittää sellaisiksi, että solujen kokonaisnopeus ei ylitä keskimääräistä solunopeutta.

### 1.4.4 Minimisolunopeus (MCR)

Minimisolunopeus on pienin sitoumus nopeudelle, joka verkolta vaaditaan. Sen arvo voi olla nolla. Huippusolunopeuden ja minimisolunopeuden erotus esittää verkon joustoa ABR -luokan siirtonopeudelle. Tämän kapasiteetin verkko voi jakaa oikeudenmukaisesti ABR-yhteyksien kesken.

### 1.4.5 Soluviiveen vaihtelun toleranssi (CDTV)

Sallitulle viiveen vaihtelulle asetetaan yläraja soluviiveen vaihtelun toleranssilla. CDVT:n avulla kyetään yhteisparametrien valvonta-algoritmeissa huomioimaan solujen vaihteleva viive. CDVT määrää, kuinka paljon soluviive voi poiketa teoreettisesta arvosta ilman huippunopeuden ylityksestä seuraavia valvontatoimia. CDVT voidaan määrittellä erikseen huippusolunopeudelle ja keskimääräiselle solunopeudelle.

### 1.4.6 Yhdenmukaisuusmäärittelyt

Yhdenmukaisuusmäärittelyä käytetään määrittämään yksiselitteisesti yhdenmukaiset solut yhteydelle UNI-rajapinnassa<sup>3</sup>. Verkko voi pakottaa yhdenmukaisuuteen poistamalla tai merkitsemällä solut, jotka eivät täytä yhdenmukaisuusmäärittelyjä. Geneeristä solunopeusalgoritmiä käytetään kuvaamaan yhdenmukaisuusmäärittelyjä (GCRA, general cell rate algorithm).

## 1.5 Liikenteen hallinta

---

ITU-T ja ATM Forum ovat määritelleet liikenteen hallintaan useita mekanismeja, jotta yhteyksien palvelun laatu voitaisiin ylläpitää. Näitä mekanismeja ovat:

- Yhteyksien hyväksyntämenettelyt (CAC, Connection Admission Control)
- Käyttö- eli yhteisparametrien hallinta (UPC, Usage Parameter Control)
- Valikoiva solujen hylkäys (CLP control, Cell Loss Priority control)
- Liikenteen muokkaus (Traffic Shaping)
- Eksplisiittinen ruuhkanhallinta (EFCI, Explicit Forward Congestion Indication)
- Resurssien hallinta virtuaalipolkujen avulla (NRM, Network Resource Management)
- Vuonohjaus (Flow Control)

Edellämainittujen lisäksi on olemassa muitakin mekanismeja (Esim.ABR-liikenteen vuonohjaus ja datan hylkääminen kehystasolla ruuhkatilanteissa). Näitä ei ole tarkasteltu tarkemmin.

### 1.5.1 Yhteyksien hyväksyntämenettelyt

Yhteyden hyväksymismenettelyiden (CAC, *Connection Admission Control*) tarkoituksena on päättää, voidaanko verkkoon hyväksyä uusia yhteyksiä tai voidaanko yhteyksien ominaisuuksia muuttaa. CAC:n tehtävä on varmistaa, että sovittu palvelun laatu kyetään tarjoamaan niin uusille kuin olemassa

---

<sup>3</sup> User-Network Interface



oleville yhteyksille. CAC vastaa myös yhteyksien reitityksestä verkossa, tarvittavien verkkoresurssien hallinnasta ja yhteysparametrien valvonnan tarvitsemien liikenneparametrien asettamisesta.

### 1.5.2 Käyttö- eli yhteysparametrien hallinta

Yhteysparametrien valvonnalla tarkoitetaan toimia, joilla verkko tarkkailee ja säätelee käyttäjän liikennettä. Valvonta kohdistuu liikenteen määrään ja solujen reitityksen oikeellisuuteen. Valvonnalla pyritään suojaamaan verkon resursseja tarkoituksellisilta tai tahattomilta väärinkäytöksiltä, jotka saattavat heikentää verkon tarjoaman palvelun laatua. Yhteyden alussa määriteltyjen liikenneparametrien sallittujen arvojen ylitysten tarkkailu ja ylitystilanteen vastatoimet ovat yhteysparametrien valvonnan olennaiset tehtävät.

Taulukossa 1. on tehty yhteenveto palveluluokkien vaatimista yhteysparametreista. Taulukossa on merkitty X:llä ne parametrit, jotka on määriteltävä. Niitä, joille ei anneta arvoja, on merkitty viivalla.

Taulukko 1. ATM-kerroksen palveluluokkien vaatimat yhteysparametrit

Parametri	ATM-kerroksen palveluluokat				
	CBR	Rt-VBR	nrt-VBR	UBR	ABR
<b>Liikenneparametrit</b>					
PCR	X	X	X	X <sup>4</sup>	X <sup>5</sup>
CDTV	X	X	X	-	-
SCR	-	X	X	-	-
MBS	-	X	X	-	-
MCR	-	-	-	-	X
<b>Laatuparametrit</b>					
Huipusta-huippuun CDV	X	X	-	-	-
MaxCDT	X	X	-	-	-
CLR	X	X	X	-	<sup>6</sup>
<b>Muut parametrit</b>					
Palaute	-	-	-	-	X

#### 1.5.2.1 Valvonnassa käytettävät algoritmit

Yhteysparametrien valvonta-algoritmit ovat verkkokohtaisia. Algoritmeille asetetaan kuitenkin yleisiä toimintavaatimuksia, joista tärkeimpiä ovat kaikkien liikennesopimusta rikkovien tilanteiden havaitseminen,

<sup>4</sup> Ei tärkeä CAC ja UPC proseduureille.

<sup>5</sup> Esittää maksiminopeutta, jolla ABR-lähde voi lähettää.

<sup>6</sup> Jos CLR on määritelty kvantitatiivisesti, se on verkkokohtainen parametri.

tarkkailtavien liikenneparametrien toleranssien valintamahdollisuus, lyhyt vasteaika havaituille liikennesopimuksen rikkomuksille ja toteutuksen yksinkertaisuus.

Useimmat yhteysparametrien valvonta-algoritmeista ovat geneerisiä solunopeusalgoritmeja, jotka ovat kullekin parametrille ominaisia. Ne perustuvat esimerkiksi vuotavan sangon –ideaan, virtuaalisen ajoituksen algoritmiin tai ikkunointitekniikoihin.

### 1.5.2.2 Yhteysparametrien valvonnan vaikutukset

Yhteysparametrien valvonnan toimivuutta voidaan arvioida jakamalla valvonnan vaikutukset kahteen ryhmään. Valvonta saattaa huonontaa käyttäjän yhteyden palvelun laatua ja toisaalta valvonta vaikuttaa resurssihin, joita verkko varaa yhteydelle. Parametrien valvonta liittyy myös resurssien suojaukseen. Valvonnan suorituskyvyn mittaamiseen on määritelty kaksi parametria. Nämä ovat *vasteaika*, jolla kuvataan valvonnan nopeutta sekä *läpinäkyvyys*, joka mittaa valvonnan tarkkuutta.

### 1.5.3 Valikoiva solujen hylkäys

ATM-soluille on määritelty kaksi prioriteettiluokkaa, joihin solut jaetaan otsikkonsa soluhukkaprioriteettibitin (CLP, cell loss priority) perusteella. Kokonaisliikenteen valvonnan lisäksi voidaan valvoa prioriteettiluokkien liikennettä erikseen soluhukkaprioriteettibitin perusteella. Korkeamman prioriteetin liikenteellä solujen CLP-bitti on asetettu nolaksi ja alemman prioriteetin solujen CLP-bitti on yksi.

Prioriteettien käyttö mahdollistaa myös solujen valikoivan hylkäämisen, jonka tarkoituksena on suojella korkeamman prioriteetin liikennettä. Valikoiva hylkäys voidaan toteuttaa verkkosolmun puskureihin siten, että puskureiden täytyessä ainoastaan korkeamman prioriteetin solut puskuroidaan, kun taas alemman prioriteetin solut hylätään. Solujen valikoivasta hylkäyksestä huolimatta verkon on täytettävä sekä priorisoidun että kokonaisliikenteen suorituskykytavoitteet.

### 1.5.4 Liikenteen muokkaus

Liikenteen muokkauksella voidaan muuttaa soluvirran liikenteellisiä ominaisuuksia. Liikenteen muokkaustapoja ovat huippusolunopeuden vähentäminen, pusrkeen maksimipituuden lyhentäminen, soluviiveen vaihtelun rajoittaminen ja solujen valikointi, mikä tarkoittaa sellaisten solujen hylkäystä tai kieltämistä, jotka eivät mukaudu mahdollisiin uusiin yhteysparametreihin.

### 1.5.5 Eksplisiittinen ruuhkanhallinta

Ruuhkan ilmaisuun voidaan käyttää solun otsikon PT<sup>7</sup>-kentän ruuhkabittiiä (EFCI, *Explicit Forward Congestion Indication*). Ruuhkautunut tai

---

<sup>7</sup> Payload type -kenttä

---

ylikuormitettu verkon elementti voi lähettää tiedon ruuhkatilanteesta liikennelähteelle asettamalla EFCI-bitin 1:ksi ruuhkautuneiden yhteyksien solujen otsikoissa. Saatuaan tiedon ruuhkatilanteesta liikennelähde voi esimerkiksi rajoittaa ruuhkaisille yhteyksille lähetettävien solujen määrää. Tällä tavoin verkon palautuminen ruuhkatilanteesta nopeutuu.

### 1.5.6 Resurssien hallinta virtuaalipolkujen avulla

Verkon resurssien hallinta (NRM, *Network Resource Management*) on onnistuneen liikenteen- ja ruuhkanhallinnan perusta. Verkon resurssien käyttö tehostuu, kun erityyppiset liikenteet erotetaan toisistaan omille siirtoyhteyksilleen tai virtuaaliväylilleen. Näin saadaan verkon suorituskyky optimoitua.

Nopealla resurssien hallinnalla (fast resource management) voi liikennelähde varata purskeiselle liikenteelle kaistanleveyttä NMR-solujen avulla. Jos lähde haluaa lähettää purskeen, se pyytää lupaa verkolta. Jos purske voidaan välittää yhteyden kaikkien solmujen läpi, voidaan tarvittava kaistanleveys varata. Kun lähde on saanut vahvistuksen pyynnölleen, se voi lähettää purskeen sovitulla huippunopeudella.

### 1.5.7 Vuonohjaus

Vuonohjauksella voidaan hallita välitettävää liikennettä joko koko yhteyden välillä tai siirtoyhteyksikohtaisesti verkkosolmujen välillä. Päästä päähän -menetelmien reagoitukykyä hidastaa tiedon kulkuun liittyvä viive. Liikennelähde ehtii lähettää yhteydelle suuren määrän soluja ennen kuin se saa tiedon ruuhkatilanteesta. ATM-solun otsikon GFC<sup>8</sup>-kentän avulla voidaan ohjata liikennelähteitä hallittaessa lyhytaikaisia ruuhkatilanteita. GFC-kenttää käytetään myös kaistan jakamiseen eri palvelun laatuluokkiin kuuluvien yhteyksien kesken. GFC on määritelty ainoastaan UNI-rajapinnassa

## 1.6 Yhteenveto

---

ATM-verkon on oltava mahdollisimman joustava pystyäkseen sopeutumaan käyttäjien vaatimuksiin. Verkon tarjoamat palvelut jaetaan palveluluokkiin, joiden liikenteelliset ominaisuudet eroavat toisistaan. Verkon tarjoama palvelun laatu vaihtelee palveluluokittain.

Yhteyttä muodostettaessa solmitaan käyttäjän ja verkon välinen liikennesopimus, jossa sovitaan käyttäjän lähettämää liikennettä ja toisaalta verkon tarjoamaa palvelua kuvaavat raja-arvot. Laadun määrittelemiseen käytetään laatuparametreja ja liikenteen ominaisuuksien kuvaaminen tapahtuu liikenneparametrien avulla. Verkko tarkkailee ja tarvittaessa muokkaa käyttäjän liikennettä yhteysparametrien valvonnan avulla. Valvonnassa käytettävät algoritmit ovat verkkokohtaisia, mutta ne pohjautuvat yleensä vuotavan sangon –menetelmään.

---

<sup>8</sup> Generic flow control -kenttä

## 1.7 Lähdeluettelo

---

- Stallings, William: ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM, 3. painos, Upper Saddle River, NJ, USA, Prentice-Hall 1998.
- Chen, Thomas M.; Liu, Stephen S., ATM Switching Systems, Boston, USA, Artech House 1995.
- ITU-T Recommendation I.371: Traffic Control and Congestion Control in B-ISDN. International Telecommunication Union 1993.
- ITU-T Recommendation I.350: General Aspects of Quality of Service and Network Performance in Digital Networks, Including ISDNs. International Telecommunication Union 1993.
- AF-TM-0056.000: Traffic Management Specification Version 4.0, ATM Forum 1995.
- Luoma, Marko: ATM kytkentälaitteiden suorituskyvynmittaus, Diplomityö, TKK 1996.
- K. Shimokoshi: Evaluation of policing mechanisms for ATM networks. IEICE Transactions on Communications, E76-B, 11, 1993