



**S-38.201 ATM JA MULTIMEDIA
SEMINAARI, KEVÄT -97**

Frame relay-verkon liikenteenhallinta

Tuomo Sipilä
S 34082T

tuomo.sipila@research.nokia.fi

TIIVISTELMÄ	3
1. JOHDANTO	4
2. FRAME RELAY	4
2.1 TAUSTAA	4
2.2 STANDARDOINTI	4
2.3 FRAME RELAYN PERUSPERIAATTEET	4
2.4 PALVELUT	5
2.5 PROTOKOLLAT JA NIIDEN TOIMINTA	5
2.5.1 YLEISTÄ	5
2.5.2 YHTEYDENMUODOSTUS	6
2.5.3 LIIKENNEKANAVAN TOIMINTA	6
2.6 KÄYTÄNNÖN TOTEUTUKSET JA KÄYTTÖ	7
2.7 ONGELMAT	7
3. FRAME RELAY VERKON LIIKENTEEHALLINTA	7
3.1 YLEISTÄ	7
3.2 RUUHKANHALLINNAN KEINOT	8
3.3 LIIKENNEMÄÄRÄN HALLINTA (TRAFFIC RATE MANGEMENT)	9
3.4 PALUU- JA MYÖTÄSUUNTAINEN EKSPLISIITTINEN RUUHKAN VÄLTTÄMINEN (EXPLICIT COGNESTION AVOIDANCE)	10
3.5 IMPLISIITTINEN RUUHKAN KONTROLI (IMPLICIT CONGESTION CONTROL)	11
3.6 MENETELMIEN VERTAILU	11
4. YHTEENVETO	12
LÄHTEET	14

TIIVISTELMÄ

Tässä tutkimuksessa selvitetään lyhyesti, mitkä ovat frame relay palvelun peruseriaatteet. Näihin periaatteisiin kuuluu:

- yhteydenmuodostus erillisellä loogisella kanavalla
- loogisten yhteyksien multipleksaus ja kytkentä tapahtuu kerroksella 2 kerroksen 3 sijasta
- verkkoelementtien välisten virhekorjauksen ja vuonvalvonnan puuttumien. Päästä-päähän virhekorjaus ja vuonvalvonta jätetään ylempien kerrosten tehtäväksi
- ISDN verkkojen hyväksikäyttö

Tuloksena on yksinkertainen ja nopea datasiirtoverkko. Kuitenkin johtuen juuri näistä periaatteista, mahdollisimman yksinkertaistetusta kehystenvälitysjärjestelmästä, palvelun ongelmana ovat vuonohjaus, ruuhkatilanteet ja virhekorjaus. Liikenteenhallintaan on esitetty seuraavat menetelmät:

- Hylkäämisvalvonta (discard control) verkon toimenpiteenä
- Paluusuuntainen explisiittinen ruuhkan ilmoitus (Backward explicit congestion notification) verkon päätepisteiden ja verkon välisenä toimenpiteenä
- Myötäsuuntainen explisiittinen ruuhkan ilmoitus (Forward explicit congestion notification) verkon päätepisteiden ja verkon välisenä toimenpiteenä
- Implisiittinen congestion kontrolli (Implicit Congestion notification) verkon päätepisteiden ja verkon välisenä toimenpiteenä

Näiden lisäksi on esitetty seuraavat toimenpiteet päätelaitteiden vuonvalvontaan:

- Nopeuspohjainen vuonhallinta
- Ikkunapohjainen vuonhallinta

1. JOHDANTO

Tämä tutkielma esittelee Frame Relay palvelun toimintaa ja sen peruseriaatteet lyhyesti. Kyseisen palvelun erityispiirteistä johtuen liikenteen- ja ruuhkanhallinta on huomattavan merkityksellinen Frame Relay verkkojen tehokkaan toiminnan kannalta. Siten pääpaino on Frame Relayn ruuhkanhallinta toimintojen tutkimisessa.

2. FRAME RELAY

2.1 Taustaa

Tavanomaiseeseen pakettikytkentäiseen liikenteeseen, kuten X.25, kuuluvat seuraavat ominaisuudet:

- yhteyden muodostus (Call Control) pakettien käyttö virtuaaliyhteyksien muodostamiseen samalla kanavalla kuin datapaketit
- virtuaaliyhteyksien multipleksaus OSI kerroksella 3
- vuonvalvonta ja virheen korjaus toimii sekä kerroksen 2 että 3
- kerros kaksi toimii vain kahden verkkoelementin välillä kun taas kerros kolme toimii päästä-päähän

Tämäntyyppinen toiminta koskien erityisesti sekä kerroksen 2 ja 3 vuonvalvontaa että virheenkorjausta on tarpeellinen sellaisissa verkoissa, joissa virhetodennäköisyys on merkittävä. X.25 palvelu suunniteltiin alunperin vuonna 1976, jolloin nykyaikaiset lähes virheettömät yhteydet eivät olleet vielä kovin yleisiä. Valokuitutekniikan yleistyttyä kuitenkin ISDN verkoissa virheenkorjauksen tarve on vähentynyt huomattavasti.

Käytännössä siis X.25 tyyppisestä pakettipalvelun kerrosten 2 ja 3 toiminta (vuonohjaus, virheenkorjaus, tilojen seuranta) lisää kontrolli-informaation määrää suhteessa käyttäjätietoon ja monimutkaistaa verkkoelementtien rakennetta. Koska nykyään kuitenkin kantayhteydet eri ISDN verkkoelementtien välillä ovat suhteellisen luotettavia, on virheenkorjauksen tarve vähäinen. Näistä syistä johtuen alettiin kehitellä ratkaisua yksinkertaiseksi pakettipohjaiseksi kehysvälityspalveluksi [1].

2.2 Standardointi

Frame relay verkon toimintoja ja sen palveluja on alunperin standardoitu ANSI:ssa ja ITU-T:ssä. ITU-T aloitti työnsä vuonna 1988. Sekä ANSI että ITU-T ovat molemmat olleet mukana standardien kehitystyössä kuitenkin ANSI ehkä ollessa standardien kehittäjänä ja ITUn oleessa enemmän seuraajana [1].

Vuonna 1991 perustettiin Frame Relay Forum jonka jäseninä on yli 300 yritystä eri puolilta maailmaa. Forum työskentelee varmistaakseen frame relayn yhteensopivuuden kehittämällä ja sopimalla miten kansallisia ja kansainvälisiä standardeja käytetään frame relayn kanssa. Myöskin tarkoituksena on luonnollisesti markkinoida ja edistää frame relaytä [2].

2.3 Frame relayn peruseriaatteet

Frame relay palvelun peruseriaatteina ovat:

- yhteydenmuodostus erillisellä loogisella kanavalla
- loogisten yhteyksien multipleksaus ja kytkentä tapahtuu kerroksella 2 kerroksen 3 sijasta

- verkkoelementtien välisten virheenkorjauksen ja vuonvalvonnan puuttuminen. Päästä-päähän virheenkorjaus ja vuonvalvonta jätetään ylempien kerrosten tehtäväksi
- ISDN verkkojen hyväksikäyttö

Tällä tavoin saavutetaan yksinkertaisemmat verkkoelementit, vähemmän protokollakerroksia ja kontrolli-informaatiota ja tätä kautta nopeampiin datanopeuksiin pystyvä verkko, joka on myöskin halvempi toteuttaa.

2.4 Palvelut

Frame relayhin on määritelty kaksi eri verkkopalvelutyyppeä: Frame Relay ja Frame Switching.

Frame relay on perusverkkopalvelu linkkikerroksen kehysten kuljetukseen ISDN D, B tai H kanavan yli. Palvelulla on seuraavat piirteet:

- käyttäjä-verkkorajapinta mahdollistaa usean kytkentäisen ja/tai kiinteän virtuaalikanavan käytön useaan eri kohteeseen
- kytkentäisen virtuaalikanavan kytkemiseen voidaan käyttää ISDN D kanavan signaalointiprotokollia
- käyttäjätieto kuljetetaan LAPF kehyksissä
- verkko säilyttää kehysten järjestyksen
- verkko havaitsee kuljetus, muoto ja toiminnalliset virheet ja poistaa virheelliset kehykset

Frame switching on frame relaystä parannettu versio, joka tarjoaa edellisten lisäksi:

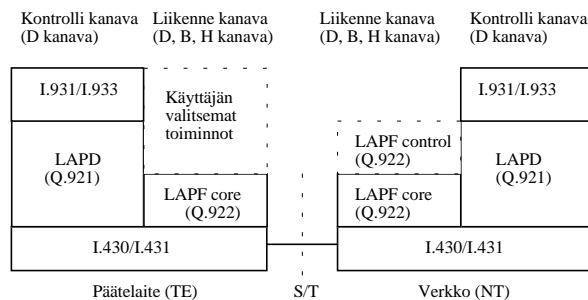
- LAPF kehyksien lähettäjä saa myöskin kiittauksen (acknowledgement)
- vuonohjausta tuetaan käyttäjä-verkko rajapinnan yli
- verkko toipuu kuljetus, muoto ja toiminnallisista virheistä
- verkko havaitsee ja myöskin korjaa hävinneistä ja kahdentuneista kehyksistä johtuneet virheet

Käytännössä frame relay on epäluotettava multipleksauspalvelu kun taas frame switching on luotettava palvelu. Tällä hetkellä frame relay on yleisimmin tarjolla oleva palvelu johtuen nykyaikaisten verkkojen luotettavuudesta. Siten tässä dokumentissa kuvataan tämän palvelun toimintaa [1].

2.5 Protokollat ja niiden toiminta

2.5.1 Yleistä

Kuva 2-1 esittää frame relay palvelun protokolla-arkkitehtuurin:



Kuva 2-1: Frame relayn protokollapino [1]

Kuten kuvasta voidaan huomata kontrollikanava (control plane) perustuu ISDN:n signaalointi kanavaan, kun taas liikennekanava (user plane) ISDN:n liikennekanaviin D, B tai H.

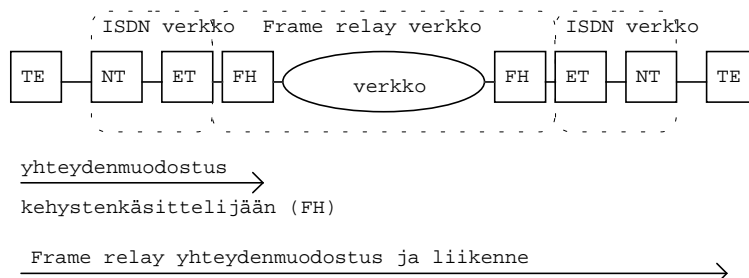
Kontrollikanavalla käytetään ISDN:n LAPD:tä kakkoskerroksella ja verkkokerroksella Q.931 [7] puhelunmuodostus (Call control) signaalointia, josta Q.933 [6] on frame relaytä varten kehitetty alijoukko.

Liikennekanavalla käytetään LAPF perustoiminnetta, joka on kuvattu ITU-T standardissa Q.922 [5]. Frame switching palveluun on mahdollista käyttää myöskin LAPF kontrolliosaa. Liikennekanavalla LAPF:n päälle kukin käyttäjä voi asetta tarvitsemansa palveluriippuvaiset toiminnot kuten virheenkorjaukset uudelleenlähetyksineen jne. [1].

2.5.2 Yhteydenmuodostus

Kytkeäminen frame relay yhteys voidaan muodostaa neljällä vaihtoehdoisella tavalla riippuen siitä, miten kyseinen palvelu on toteutettu verkossa. Kehysten käsittelijä (frame handler) voi olla joko integroituna paikalliseen ISDN keskukseseen tai se voi sijaita jossain muualla verkossa. Ensinmainitussa tapauksessa palvelua voidaan tarjota kaikkien ISDN kanavien D, B, ja H. Jälkimmäisessä vain kanavien B ja H yli.

Yhteydenmuodostukseen kuuluu kaksi vaihetta 1) yhteyden muodostus kehysten käsittelijään (frame handler) ja 2) frame relay yhteyden muodostus. Vaihe yksi toteutetaan käyttäen ISDN D-kanavasignaalointia (Q.931) muodostamaan B tai H kanavayhteys kehysten käsittelijään. Vaihe kaksi voidaan toteuttaa joko lähettämällä Q.933 signaalointisanomat D kanavaa pitkin eri SAPI arvolla tai frame relay kanavan yli (B tai H kanava).



Kuva 2-2: Frame relayn yhteydenmuodostus

On myös mahdollista käyttää kiinteitä frame relay yhteyksiä jolloin yhteydenmuodostus signaalointia ei tarvita. [1].

2.5.3 Liikennekanavan toiminta

Liikennekanavan toiminta perustuu LAPF protokollaan, joka on muunnettu LAPD. LAPF:ää voidaan käyttää kaikkien kanavien D, B ja H yli tarjoamaan frame relay palvelua. LAPF protokollassa ei ole kontrollikenttää kuten esimerkiksi LAPD:ssä tai LAPB:ssä. Tämän seurauksen protokolla sisältää vain yhden kehystyyppin (kuva 2-3), jossa on kehysten erottimien (flags) lisäksi vain osoite (DLCI), informaatiokenttä ja tarkistussumma. Osoite on 2 - 4 oktetia pitkä ja sitä käytetään virtuaalikanavien osoittamiseen sekä vuonvalvonnan signaalointiin. Informaatiokenttä on vaihtuvanmittainen ja sen pituus voidaan neuvotellaan yhteydenmuodostuksessa. Tarkistussumma (FCS) on kaksi oktetia.

Flag	Osoite	Kontrolli	Informaatio	FCS	Flag
1oktetti	2-4 oktettia	1-2 oktettia (vain frame switchingissä mukana)	muuttuvanmittainen	2 oktettia	1oktetti

Kuva 2-3: LAPF kehysrakenne

Frame switching palvelun tapauksessa LAPF:n informaatiokentän alkuun voidaan lisätä kontrollikenttä, joka tarjoaa tarvittavat toiminnot luotettavan tiedonsiirron takaamiseen.

Dataa siirrettäessä se asetetaan LAPF kehyksiin, jotka reititetään frame relay verkon läpi perustuen osoitekentässä jokaisessa kehyksessä olevaan DLCI arvoon. Kukin linkkiyhteys eri kehysten käsittelijöiden (frame handler) välillä käyttää eri osoitearvoa DLCI:ssä. Täten kukin solmupiste ylläpitää talukkoa vastaavista osoitteista solmun kummallakin puolen. DLCI arvo 0 on varattu päätelaitteiden kontrollikanavaksi. Kehysten käsittelijät tarkistavat tarkistusumman ja jos se on virheellinen, ne poistavat kyseisen kehyksen tietovirrasta. Virheenkorjaus jätetään siten ylempien kerrosten huoleksi [1].

2.6 Käytännön toteutukset ja käyttö

Frame relay palveluja käytetään laajasti erityisesti yritysverkkojen yhteenliittämiseen. Tällä hetkellä operaattorit tarjoavat frame relay palveluja myös kansainvälisille yhteyksille. Liitettävien porttien nopeudet voivat olla 8 Mbit/s saakka (Esimerkiksi Suomen Tele) [10]. Tällä hetkellä näyttää, että puheen kuljettaminen frame relay palvelun yli on kehityksen kohteena ja kyseisestä palvelusta on olemassa laitetuimittajakohtaisia toteutuksia. Tällä hetkellä kuitenkin ei ole yhtenäistä hyväksyttyä standardia puheen kuljettamiseen [2].

Frame relays käytön odotetaan jatkavan kasvuaan rinnakkain ATM:n käytön lisääntymisestä riippumatta ja molempia palveluja tullaan tarjoamaan rinnakkain jatkossakin. Frame relays voidaan myös ajaa ATM:n päällä, jolloin ATM toimii frame relay kehysten ja signalloinnin kuljettajana. Vastaavasti frame relay voi kuljettaa X.25 LAPB kehyksiä [2].

2.7 Ongelmat

Johtuen juuri frame relay vahvuudesta, mahdollisimman yksinkertaistetusta kehystenvälitysjärjestelmästä, palvelun ongelmana ovat vuonohjaus ja virheenkorjaus. Ensimmäinen syy on, että järjestelmässä ei ole olemassa vuonovalvontaa käyttäjän ja verkon välillä. Toisaalta virheenkorjaus on jätetty ylempien (sovellus) kerrosten tehtäväksi.

Näistä edellämainituista syistä johtuen verkko on haavoittuvainen ruuhkatilanteille ja siksi myös asiaa on tutkittu. Sekä ANSI että ITU ovat molemmat standardoineet joukon mahdollisia toimintoja liikenteenhallinnan välineeksi verkon ruuhkasta toipumiseen ja sen välttämiseen.

3. FRAME RELAY VERKON LIIKENTEENHALLINTA

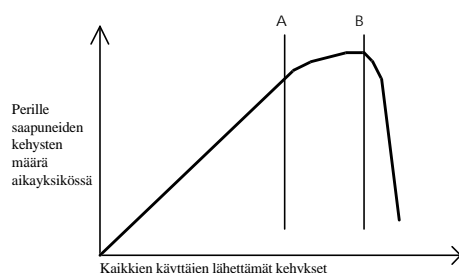
3.1 Yleistä

Kuten jo edellisessä kappaleessa todettiin, yksi hasteellisimmista alueista Frame Relay verkon toiminnassa on ruuhkatilanteiden hallinta, niiden välttäminen ja niistä toipuminen.

Koska frame relay verkko koostuu, kuten muutkin pakettiverkot, solmuista, on kussakin solmussa sekä sisääntulevien pakettien että lähtevien pakettien puskurit. Kehysten käsittelija (frame handler) lukee kehykset tulevasta puskurista ja reitittää ne osoitteen mukaan lähtevään puskurin. Jos kehyksiä saapuu liian nopeasti ja koska puskurit ovat rajalliset, on tuloksena kuvan 3-1 osoittama tilanne. Verkon

kuormituksen ollessa kevyt tilanne on vakaa. Normaalisissa tilanteissa kehyskohtaiset viiveet ovat pieniä. Kuormituksen kasvaessa saavutaan kohtaan A, jossa kuormituksen vaikutukset alkavat näkyä. Kohdassa A kuormitus on kasvanut siten, että viiveet alkavat kasvaa ja paketteja ei voida toimittaa enää samalla nopeudella kuin ennen. Kuormituksen kasvaessa yhä saavutetaan kohta B, jossa verkon toimintakyky romahtaa seuraavista syistä: kunkin verkkosolmun puskurit ovat täyttyneet, täten solmun pitää hylätä kehyksiä, jotta se voisi palvella uusia tulevia kehyksiä. Tällöin taas pakettien lähettäjien pitää uudelleenlähettää nämä poistetut kehykset, jolloin tilanne vain pahenee, koska liikenne ja pakettien määrä lisääntyy. Loppujen lopuksi myöskin jo onnistuneesti perille saapuneita paketteja aletaan lähettää uudelleen, koska kuittausten tulo kestää liian kauan. Lopuksi saavutetaan tilanne, jossa verkon läpi ei mene yhtään pakettia ja se on täysin tukossa.

Ruuhkanhallinnan tavoitteena on välttää edellä kuvattu tilanne.



Kuva 3-1: Ruuhkatilanteen eteneminen [1]

3.2 Ruuhkanhallinnan keinot

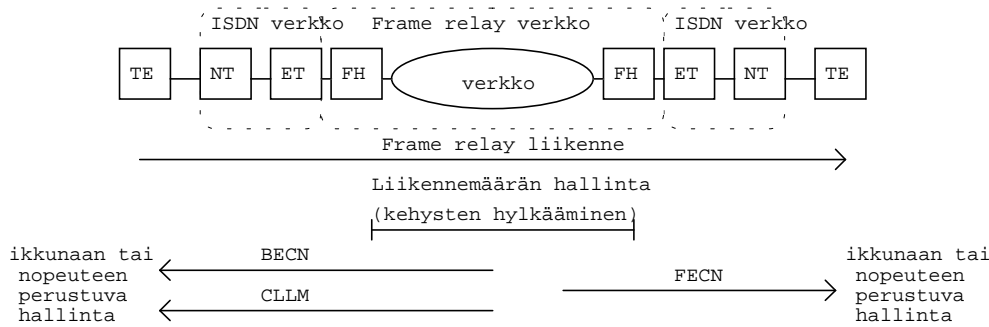
Frame relay verkossa ruuhkanhallinnan tavoitteeksi on ITU suositusten mukaan asetettu seuraavaa:

- kehysten hylkäämisen minimointi
- sovitun palvelutason säilyttäminen
- palvelun ja verkkoresurssien tasainen jakaminen kaikille käyttäjille
- yksinkertainen toteuttaa
- luo mahdollisimman vähän lisäliikennettä
- ruuhkatilanteiden ja toiminnan vaikutuksen rajoittaminen vain kyseessä oleviin verkkoelementteihin
- suunnasta riippumaton tehokas toiminta
- palvelutason tasaisuuden säilyttäminen kaikilla yhteyksillä

Seuraavat menetelmät on esitetty ITUn ja ANSIn standardeissa:

- Hylkäämisvalvonta (discard control) käytetään valikomaan mitkä kehykset tarvittaessa hylätään (liikennemäärän hallinta)
- Paluusuuntainen explisiittinen ruuhkan ilmoitus (Backward explicit congestion notification) käytetään välittämään tieto verkon päätepisteille verkon ruuhkatilanteesta (ruuhkan välttäminen)
- Myötäsuuntainen explisiittinen ruuhkan ilmoitus (Forward explicit congestion notification) käytetään välittämään tieto verkon päätepisteille verkon ruuhkatilanteesta (ruuhkan välttäminen)
- Implisiittinen ruuhkan ilmoitus (Implicit congestion notification) päätepiste havaitsee ruuhkatilanteen hävinneistä kehyksistä (ruuhkan hallinta)

Kuva 3-2 esittää lyhyesti frame relay verkon liikenteenhallinnan menetelmät. Verkko hallitsee ruuhkatilanteita hukkaamalla kehyksiä. Päätelaitteita voidaan taas kontrolloida joko ilmoittamalla BECN, FECN tai CLLM menetelmällä tai ne voivat havaita ruuhkatilanteen myös hävinneistä kehyksistä (implisiittisesti). Päätelaitteet voivat reagoida ruuhkatilanteeseen rajoittamalla liikennettä joko nopeus tai ikkunapohjaisesti. Kaikkia näitä menetelmiä voidaan käyttää samanaikaisesti liikenteenhallintaan. Nämä menetelmät kuvataan seuraavissa kappaleissa yksityiskohtaisemmin [1].



Kuva 3-2: Frame relayn liikenteenhallinta

3.3 Liikennemäärän hallinta (Traffic Rate Management)

Koska jokaiselle kehystenkäsittelijällä on rajallinen muistikapasiteetti, pitää käsittelijän jossain vaiheessa, viimeistään muistin ylivuototilanteessa, liikenteen kasvaessa hylätä kehyksiä. Hylkäys voidaan tehdä satunnaisesti, jolloin yksittäisen palvelunkäyttäjän kannattaa syöttää verkkoon mahdollisimman paljon dataa, jotta kehysten häviämisen todennäköisyys pienenee. Tämä toisaalta vain pahentaisi ruuhkatilannetta. Toisaalta satunnainen kehysten hylkääminen voi saattaa eri yhteydet eriarvoiseen tilanteeseen.

Jotta samanarvoisuus eri yhteyksillä voidaan säilyttää, on palvelulle määritelty käsite Committed Information Rate (CIR), joka antaa eräänlaisen raja-arvon datanopeudesta, jonka verkko pyrkii yhteyskohtaisesti säilyttämään. Jos tämä arvo ylittyy, on mahdollista, että kehyksiä hylätään kyseisellä yhteydellä. Toisaalta äärimmäisessä ruuhkatilanteessa verkko voi joutua pudottamaan yhteyskohtaisen nopeuden alle CIR arvon. CIR:n ylittäneet yhteydet ovat siis heikommassa asemassa ruuhkatilanteissa. CIR:n arvo neuvotellaan yhteydenmuodostusvaiheessa kytkentäisissä ja kiinteissä yhteyksissä se on sovittu palvelun perustamisvaiheessa. Yhteenlaskettu eri virtuaaliyhteyksien CIR arvo ei saa ylittää käyttäjän käyttämän ISDN kanavan (D, B tai H) nopeutta.

CIR arvoa käytetään valitsemaan juuri nopeuden mukaan mitkä kehyksistä hukataan. Verkkoyhteyden ensimmäinen kehysten käsittelijä tarkkailee eri yhteyksien nopeuksia ja jos CIR:n arvo ylittyy, asetetaan LAPF kehyksessä DE bitti (Discard Eligibility) merkitsemään, että kehys voidaan hylätä ruuhkatilanteessa. CIR:n alittavassa kehyksessä bittiä ei vuorostaan aseteta. DE bitin voi myöskin asettaa käyttäjä määrittelemään mitkä kehykset ovat vähemmän merkitseviä.

Verkon toiminnana kannalta on tärkeää kuinka ja millä kriteereillä verkko sitten asettaa CE bitin eli miten CIR arvon ylitys mitataan. Tähän käytetään yhdyntyyppistä vuotavan ämpäriin (leaky bucket) algoritmia. Määrättyä aikayksikköä kohti yhteenlaskettujen kehysten datamäärä (bittejä) on määritelty kaksi eri arvoa. B_c ja B_e .

- B_c ilmoittaa maksimin datamäärän, jonka verkko on suostunut kuljettamaan ajassa T normaalitilanteissa
- B_e ilmoittaa maksimin datamäärän, jonka verkko on yrittää kuljettama ajassa T normaalitilanteissa
- $T = B_c / CIR$

Eli kun datan yhteenlaskettu määrä aikayksikössä T ylittää arvon B_c asetetaan B_e datamäärän sisällä olevien kehysten DE bitti. Jos yhteenlaskettu B_c ja B_e datamäärä ylittyy saman ajan T sisällä kehykset hylätään.

CIR arvo on myös mahdollista asettaa arvoon 0. Tällöin aikaväli T lasketaan seuraavasti $T = Be/\text{käytettävä liityntäkanavanopeus (D tai B tai H)}$ [1].

CIR:n arvo voi olla käytännössä eri operaattoreilla arvosta 4 kbit/s aina 8 Mbit/s saakka [10].

3.4 Paluu- ja myötäsuuntainen eksplisiittinen ruuhkan välttäminen (Explicit Congestion Avoidance)

Eksplisiittisessä ruuhkan välttämässä verkko varoittaa päätelaitteita verkossa muodostuvasta ruuhkasta ja päätelaitteet pyrkivät sen jälkeen vähentämään verkon kuormitusta. Varoitus voidaan toteuttaa seuraavasti:

- Backward explicit congestion notification (BECN) bitti LAPF kehyksessä ilmoittaa, että ruuhkaa pitää pyrkiä välttämään vastakkaiseen suuntaan kulkevassa datavuossa ja että ruuhka on jo havaittu
- Forward explicit congestion notification (FECN) bitti LAPF kehyksessä ilmoittaa, että ruuhkaa pitää pyrkiä välttämään samaan suuntaan kulkevassa datavuossa ja että ruuhka on jo havaittu
- LAPF XID kehyksessä voidaan lähettää Consolidated link layer management (CLLM) sanoma, joka ilmoittaa, että ruuhkaa pitää pyrkiä välttämään samaan suuntaan kulkevassa datavuossa ja että yhteydellä voi esiintyä ruuhkaa

Se milloin verkko päättää lähettää jonkin näistä sanomista ja miten päätelaitteet reagoivat, on merkittävää liikenteen hallinnan onnistumisen kannalta.

Verkon toiminta

Verkkosolmu voi tarkkailla sen sisäntulevia puskureita ja niiden tilanteen perusteella lähettää ruuhkavarkoituksen. Yksi mahdollisuus puskurien tarkkailuun on laskea puskurin täyttöasteen keskiarvo siltä ajalta, kun puskuri on tyhjä ja täynnä. Jos tämä keskiarvo ylittää jonkun määrätyn raja-arvon, on lähetettävä huomautus ruuhkatilanteesta. Tilannetta voidaan vielä parantaa, jos lasketaan keskiarvo kahden peräkkäisen vaiheen välillä. Tällöin verkko ei reagoi liian nopeasti ruuhkapiikkeihin.

Päätelaitteiden toiminta, Forward explicit congestion notification

Forward Explicit congestion notification pyrkii ilmoittamaan ruuhkan havaitsemisesta menevässä datavirrassa palaavien kehysten avulla. Päätelaitteet voivat toimia seuraavien sääntöjen mukaan:

- lasketaan LAPF kehykset, joissa FECN bitti on asetettu ja kehykset joissa se ei ole asetettu
- jos FECN asetettujen kehysten määrä on suurempi kuin asettamattomien kehysten, virtaa lähtöpuolella pitää vähentää
- jos ruuhkatilanne pysyy kuormaa vähennetään entisestään ja jos se poistuu, lisätään vähitellen kehysten määrää

Datavuon kontrollointiin päätelaitteissa on esitetty kaksi eri päätapaa: nopeus- ja ikkunapohjainen.

Nopeuspohjaisessa vuonvalvonnassa lasketaan FECN asetettujen ja asettamattomien kehysten määrää sovitulla aikavälillä. On ehdotettu, että aikaväliksi valittaisiin noin neljä kertaa päästä-päähän viiveen arvo. Nopeus asetetaan alussa arvoon $\leq CIR$ ja jos sovitussa aikavälissä FECN asetettujen kehysten määrä on suurempi kuin asettamattomien, vähennetään nopeutta $1/8$ tai jos ei ole, lisätään nopeutta $1/16$. Tämäntyyppinen valvonta mahdollistaa hitaan reagoinnin ruuhkatilanteihin jolloin vältetään värähtelyliikkeeltä ruuhan ja ei-ruuhkan välillä.

Ikkunapohjaisessa vuonhallinnassa oletetaan, että vastaanottava systeemi ensinnäkin käyttää liukuva ikkuna (sliding window) tekniikkaa ja voi muuttaa lähetyssikkunaa. Tässäkin tapauksessa lasketaan FECN asetettujen ja asettamattomien kehysten määrää sovitulla aikavälillä. Aikaväliksi suositellaan kahteen lähetykseen ja kuittaukseen kuluva aikaa. Alkaen ikkunan koosta yksi ikkunaa lähdetään kasvattamaan yhden askelin aina maksimikkunakokoon saakka, jos asetettujen LAPF kehysten määrä on suurempi kuin asettamattomien. Päinvastaisessa tapauksessa ikkunan kokoa lähdetään pudottamaan

1/8 askelin alas aina yhteen saakka. Jos yhteys on hiljainen pidemmän aikaa asetetaan ikkunan koko arvoon 1. Myös tämä valvonta mahdollistaa hitaan reagoinnin ruuhkatilanteisiin.

Näistä kahdesta vaihtoehdosta nopeuspohjainen valvonta on tarkempi, koska frame relay palvelussa kehysten kokoa ei ole määrätty eli se voidaan neuvotella yhtedenmuodostuksen aikana. Ikkunapohjainen valvonta toimii hyvin, jos päätesysteemin läpi virtaavien kehysten koot eivät vaihtele paljoakaan.

Päätelaitteiden toiminta, Backward explicit congestion notification

Backward explicit congestion notification pyrkii ilmoittamaan joko LAPF BECN bitin tai LAPF CLLM sanoman avulla, että ruuhkaa voidaan havaita menevässä datavirrassa palaavien kehysten avulla. Päätelaitteet voivat toimia BECN tilanteessa seuraavien sääntöjen mukaan:

- kun ensimmäinen kehys jossa BECN bitti on asetettu havaitaan, pudota nopeus CIR arvoon
- jos BECN asetettuja peräkkäisiä kehyksiä havaitaan enemmän, vähennä nopeutta entisestään
- jos tilanne poistuu (BECN asettamatta peräkkäisissä kehyksissä), lisää vähitellen nopeutta

CLLM sanomaa käytetään, jos vastakkaiseen suuntaan ei kulje liikennettä, joka voisi kuljettää BECN bittiiä. Sanoma kuljetetaan LAPF kehyksessä, jossa on poikkeuksellisesti kontrollikenttä. Koska frame relay LAPF kehyksiin ei tyypillisesti kuulu kontrollikenttää päätesysteemi tunnistaa kehyksen varatusta osoitteesta (desimaaliarvo 1007 tai SAPI = 62 D kanavalla). Sanomalla voidaan kertoa se DLCI kanava, jolla on ruuhkaa sekä ruuhan tyyppi ja kestoarvio.

Datavuon kontrollointiin päätelaitteissa on esitetty kaksi eri päätapaa: nopeus- ja ikkunapohjainen.

Nopeuspohjaisessa vuonhallinnassa lasketaan ensin datanopeus CIR tasolle, jos se on ollut suurempi kuin CIR ja BECN bitti havaitaa. Jos määrättyssä määrässä (S kappaletta) peräkkäisissä kehyksissä on yhä asetettu BECN bitti lasketaan nopeus arvoon $0.675 * CIR$, jos yhä määrässä S kehyksiä on BECN bitti asetettu lasketaan nopeus arvoon $0.5 * CIR$. Ja saman tilanteen jatkuessa lasketaan nopeus taas arvoon $0.25 * CIR$. Nopeuden lisääminen tapahtuu $0.125 * CIR$ askelin jos S/2 peräkkäisissä kehyksissä ei ole BECN bittiiä asetettu. Nopeus nostetaan arvoon CIR, jos dataa ei ole kulkenut pitkään aikaan.

Ikkunapohjaisessa vuonhallinnassa lasketaan kehysten määrää aikavälillä (S), joka kuluu yhden kehyksen lähettämiseen ja sen kuittauksen saamiseen. Lähtien pienestä ikkunan koosta (1 tai puolet viimeisimmästä) jos BECN on asetettu ikkunan kokoa pudotetaan arvoon $0.625 * \text{ikkunan koko}$ aina arvoon yksi saakka. Ikkunan kokoa voidaan lisätä yhden askelin, jos aikavälissä S/2 ei ole havaittu yhtään asetettua BECN bittiiä.

3.5 Implisiittinen ruuhkan kontrolli (Implicit Congestion Control)

Implisiittinen ruuhkan kontrolli perustuu siihen, että päätelaite havaitsee frame relay palvelun ylemmillä tasoilla (kuten Q.922) kehysten katoamisen, tulkitsee tämän ruuhkasta johtuvaksi ja alkaa rajoittaa liikennettä. Kehysten häviäminen voidaan tunnistaa esimerkiksi saapuvasta REJ kehystä tai lähetetyn informaation kehyksen kuittauksen puuttumisesta.

Tässä tapauksessa voidaan käyttää ikkunapohjaista vuovalvontaa. Esimerkkeinä ikkunan kokoa voidaan pudottaa yhden tai suuremmin (esimerkiksi puolittain) askelin aina minimiarvoon saakka tai se pudotetaan välittömästi pienimpään arvoonsa. Nopeutta voidaan taasen lisätä, kun määrätty määrä kehyksiä on onnistuneesti lähetetty, kasvattamalla ikkunan koka yhden askelin aina ikkunan koon maksimiarvoon saakka [1].

3.6 Menetelmien vertailu

[3] vertailee erityyppisten ikkunapohjaisen vuonhallinnan toimintaa implisiittisessä ja eksplisiittisessä kontrollissa. Seuraavia menetelmiä vertailtiin:

1.1) REJ(ect) kehyksen saavuttua vähennetään siirtoikkunaa W yhdellä; kun on lähetetty onnistuneesti N kappaletta layer 2 kehyksiä lisätään ikkunan kokoa yhdellä

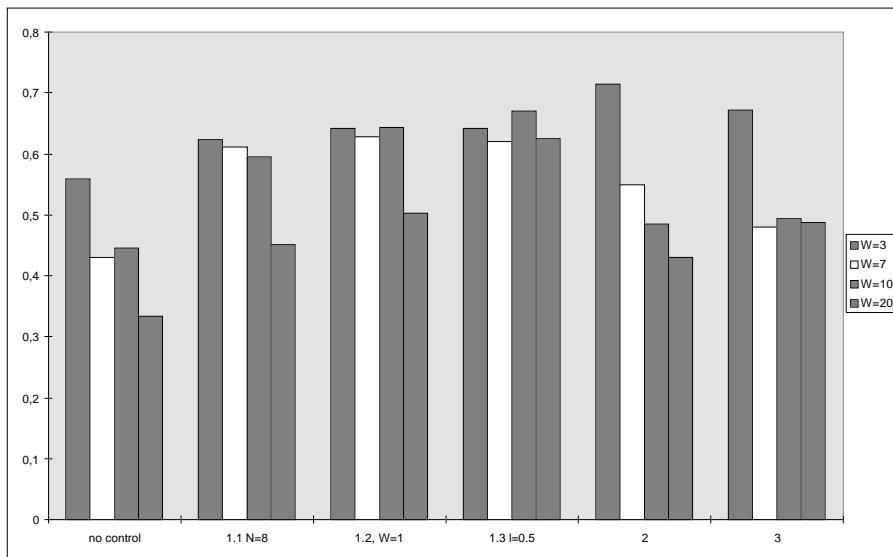
1.2) REJ(ect) kehyksen saavuttua vähennetään siirtoikkunaa minimiarvoonsa (W_{min}); kun on lähetetty onnistuneesti N kappaletta layer 2 kehyksiä lisätään ikkunan kokoa yhdellä

1.3) REJ(ect) kehyksen saavuttua vähennetään siirtoikkuna W arvoon $A*W$; kun on lähetetty onnistuneesti N kappaletta layer 2 kehyksiä lisätään ikkunan kokoa yhdellä

2) ja 3) Tämän lisäksi vertailtiin taaksepäin menevää eksplisiittistä (backward explicit) kontrollia, jossa joko päätelaite (2) tai verkon (3) viimeinen solmukohta pysäytti ilmoituksen havainnon jälkeen datan lähettämisen kokonaan satunnaisesti ajaksi. Ilmoituksen lähettää sellaisen solmukohta jonka puskuri oli ylittänyt ennalta määrätyn raja-arvon.

Tutkimuksessa vertailtiin käyttäjän kerroksen 3 tehollisia nopeuksia (throughput) edellämainituilla ruuhkanhallinta menetelmillä ja tilanteessa, jossa ruuhkanhallintaa ei käytetä.

Seuraavassa kuvassa on esitetty eri menetelmien 1 - 3 vertailu erilaisilla maksimi ikkunakoon arvoilla. Kussakin tolpparyhmässä ensimmäinen tolppa vastaa ikkunan kokoa 3, toinen 7, kolmas 10 ja neljäs 20.



Kuva 3-3: Frame relay liikenteen hallinnan vertailu [3]

Havaittiin, että verkko toimii huonosti ilman mitään ruuhkan hallintaa. Käytännössä havaittiin, että tapaus 1.3 toimii kohtuullisen hyvin erityyppisillä verkkoparameterien arvoilla ja erityyppisillä liikennetyypeillä. Tapaukset 2 ja 3 toimivat hyvin alhaisilla ikkunan arvoilla, koska yleisesti eksplisiittinen kontrollointi mahdollistaa reagoinnin vain ja ainoastaan tarvittaessa. Johtuen kuitenkin valitusta reagoitustyyppistä tapauksissa 2 ja 3, liikenteen täydellinen pysäyttäminen ja paluu hetken kuluttua täyteen liikenteeseen, ruuhkanhallinta ei toimi hyvin suurilla ikkunan arvoilla. Implisiittiseen havainnointiin perustuvaan kontrollia on mahdollista parantaa eksplisiittisellä tarkkailulla. Kuitenkin käyttäjien reagointiin luottava systeemi on altis joidenkin käyttäjien väärinkäytöksille. Siten näiden mekanismien lisäksi on oltava verkon kontrolloima ruuhkanhallinta. Tässä tarvitaan älykkäästi toteutettua kehysten hylkäämistä.

4. YHTEENVETO

Frame relay verkko tarjoaa nykypäivänä suurnopeuksisen ja kohtuullisen luotettavan palvelun laajalla alueella maailmassa mukaanlukien kansainväliset yhteydet. Kuitenkin johtuen palvelun ominaisuuksista, ei vuonohjausta tai virheenkorjausta, verkko on altis ruuhkatilanteille ja joidenkin käyttäjien väärinkäytöksille.

Näille ongelmille on kehitetty standardoinnissa joitakin ratkaisuja, joiden teho riippuu liikennetyypistä ja verkon eri parameterista. Näiden menetelmien käyttäminen yhdessä verkon ja käyttäjien toiminnan optimoinnin kanssa parantaa verkon hyötysuhdetta ja kunkin käyttäjän saamaa palvelutasoa.

LÄHTEET

- /1/ William Stallings: ISDN and Broadband ISDN with Frame Relay and ATM. Prentice Hall. 1995.
- /2/ <http://www.frforum.com>
- /3/ IEEE INFO-COM proceedings. Chen, Rege. A comparative performance study of various congestion controls for ISDN frame-relay networks. April 1989.
- /4/ ITU-T. Q.922. ISDN Data link layer specification for frame mode bearer services. 1992
- /5/ ITU-T. Q.921. ISDN User network interface- Data link layer specification. 1992
- /6/ ITU-T. I.933. Signalling specifications for frame mode call control. 1992
- /7/ ITU-T. I.931. ISDN User network interface- Layer 3 specification for basic call control. 1992
- /8/ ITU-T. I.430. Basic rate User network interface- Layer 1 specification. 1988
- /9/ ITU-T. I.431. Primary rate User network interface- Layer 1 specification. 1988
- /10/ Data communications international. Global Frame relay growing pains. September 1996. s. 56a.