

1. FRAME RELAY: RUUHKANHALLINTA

Frame Relay on kehitelty nimenomaan uusille nopeammille, virheettömämmille verkoille. Se on tarkoitettu puhtaasti tehokkaaseen tiedonsiirtoon eikä sinänsä sisällä vuohallintaa eikä virhekorjausta. Ruuhkatilanteet voivat esiintyä hyvin helposti, ja protokolin on tarjottava ruuhkaehkäisymekanismeja sekä menetelmän elpyä tehokkaasti ruuhkatilanteesta.

1.1 Ruuhka ilmiönä

1.1.1 Määrittely

Ruuhka on tila, jolloin verkon suorituskyky laskee jonkin verkon osan ylikuormituksen johdosta. Ylikuormitus voi tapahtua siirtotiellä, solmujen sisällä olevissa suorittimissa tai puskureissa. Pahimmassa tapauksessa koko verkko voi romahtaa.

1.1.2 Frame relayn arkkitehturi

Frame relay on verkko, joka koostuu jonoista. Jokaisessa solmussa on kussakin lähtösuunnassa ja kussakin tulosuunnassa puskuri. Kun kehykset saapuvat tulopuskuriin, ne odottavat solmun käsittelyä. Solmu tekee kullekin reitityspäätöksen, ja laittaa ko. kehyksen oikealle lähtöpuskurille lähetettäväksi.

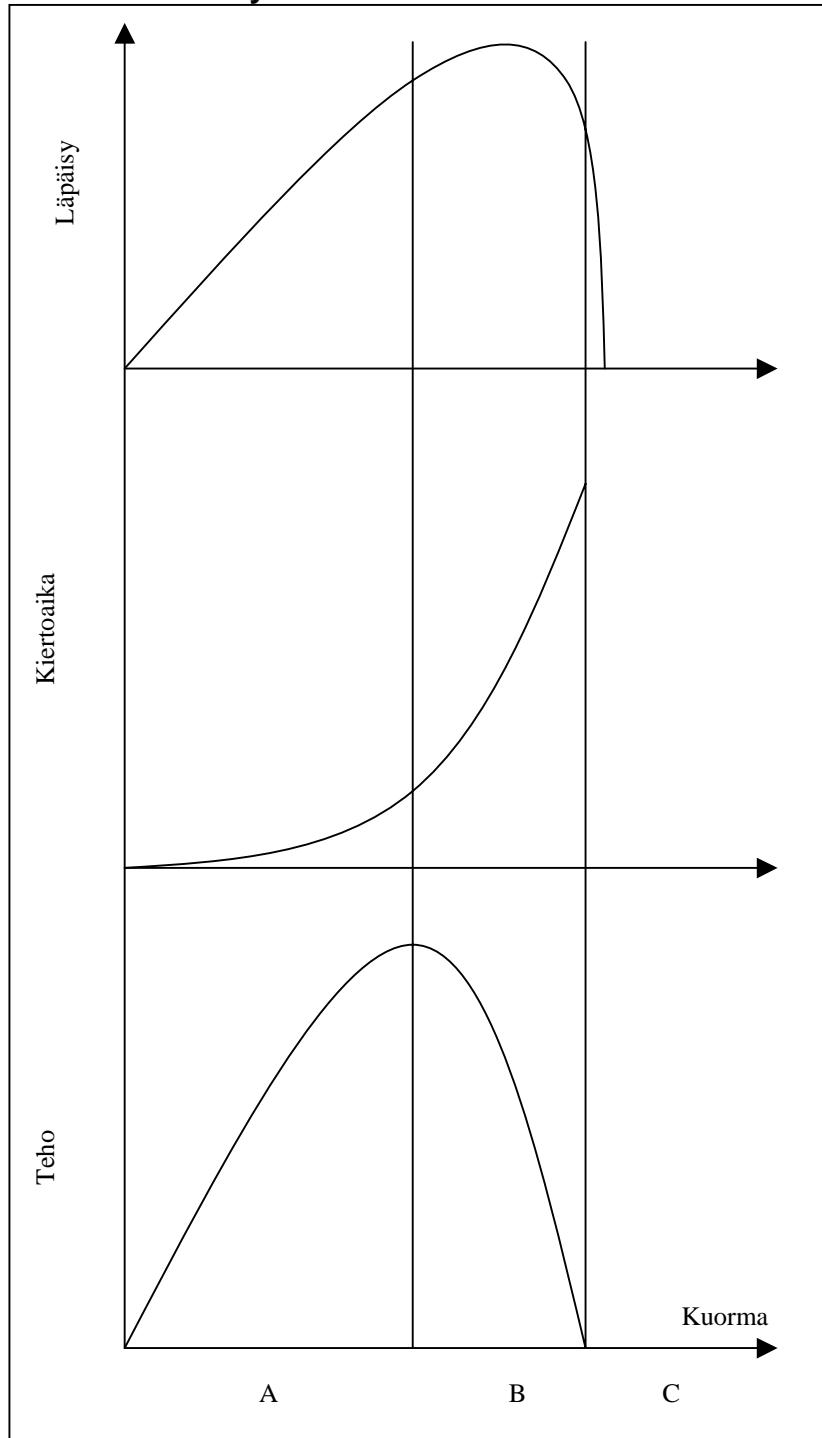
Jos kehykset saapuvat nopeammin kuin solmu pystyy käsittelemään tai lähettämään, niin jono kasvaa ja kehyksen odotusaika kasvaa äärettömään. Käytännössä jos linjan käyttöaste, johon kehykset pyrkivät, on yli 80%, niin jonon pituus kasvaa jo erittäin nopeasti.

Koska puskurien kapasiteetti on rajoitettu, kun jonon pituus ylittää tietyn rajan, tulee jossain vaiheessa tilanne, jolloin muisti ei ole enää vapaana vastaanottamaan kehystä. Siinä tapauksessa verkolla on ruuhkaa ja verkossa on tehtävä toimenpiteitä ehkäisemään ruuhkan leviämistä.

Toinen vaihtoehto on yksinkertaisesti hävittää kaikki kehykset, joille ei ole puskuritilaa. Solmun kannalta strategia voi olla kannattavaa, mutta verkon globalisuuden kannalta se ei ole tehokasta. Hävitetyt kehykset joudutaan lähettämään uudelleen, joka vain pahentaa ruuhkaa.

Toinen vaihtoehto on pyrkiä rajoittamaan uusien kehysten määrää. Yksinkertaisin toteutus on jollain tavalla rajoittaa naapureiden lähettämää määrää. Tämä toteutus kuitenkin vain siirtää puskuripulaa naapureille. Tarkoitus on käyttää globaalista järjestelmää, joka ohjaa uusien kehysten vuota verkkoon tarpeen mukaan.

1.1.3 Frame Relayn ruuhkailmiö



Kuva 1. Verkon läpäisy/kuorma, verkon viive/kuorma verkon teho/kuorma.

Kuvassa 1 näkyy läpäisy kuorman mukaan verkossa, jolla ei ole ruuhkanhallintamekanismeja. Huomataan, että läpäisy kasvaa kuorman mukaan tiettyyn rajaan saakka (alue A). Verkon teho on suurin A:n suuremmalla rajalla. Silloin jonojen keskimääräinen pituus on yksi käsitelty kehys mukaan lukien.

Sitä suuremmalla kuormalla (Alue B) läpäisyn kasvu on huomattavasti hitaampaa, joka johtuu mm. :

- jonojen kasvusta
- tiettyjen kehysten hävittämisestä

Alueella B oleva verkko on jo ruuhkautunut, mutta verkko pystyy vielä tarjoamaan tietyn palvelulaadun, vaikka viive onkin suuri.

Alueella C kun kuorma kasvaa suuremmaksi, jonotusaika kasvaa äärettömäksi ja verkon teho pienenee varsin nopeasti nolllaksi. Kehyksiä joudutaan jossain solmussa hävittämään, ja kun vastaanottaja huomaa sen, hävitetyt kehykset lähetetään uudelleen uusien kehysten lisäksi. Tilanne kasvaa yhä toivottomammaksi, ja monet puskurit täyttyvät. Jopa perille päässeet kehykset joudutaan lähettämään uudelleen, koska vastaanottaja ei odota vastaanottoa niin kauan. Alueella C verkon teho on lähellä nolllaa.

Verkolle määritellään kaksi strategiaa palvelun laadun takamiseksi, toinen ruuhkan estämiseksi ja toinen ruuhkatilanteesta elpymiseksi. Ruuhkaehkäisyyn tehtävä on estää verkkoa joutumasta ruuhkatilanteeseen yli tietyn ajan ja pitää verkon teho maksimissaan tai sen lähellä. Ruuhkaelpymisen tehtävä on sen sijaan palauttaa verkko normaaliin toimintaan ruuhkatilanteesta. Ilman ruuhkaelpymistä verkko voi kaatua heti ruuhkan tapahtuessa. Frame Relay tarjoaa sekä ruuhkaehkäisyä että ruuhkaelpymistä.

1.2 Ruuhkahallinnan määritellyt toimenpiteet

1.2.1 Standardit

Frame Relay -standardit määrittelevät kaksi elintä : ITU-T ja ANSI. Molemmat ovat tuottaneet vastaavia standardeja Frame Relayn implementaatioon. Frame Relaytä koskevat standardit ovat seuraavat :

Taulukko 1: Frame Relaytä koskevat standardit

Kuvaus	ITU-T	ANSI
Architecture and Service Description	I.233	T1.606
Data Link Layer Core Aspects	Q.922a	T1.618
Congestion Management	I.370	T1.606a
SVC signalling	Q.933	T1.617
LAPD Description	Q.920	T1.602
LAPD Format and Procedures	Q.921	T1.602

Sen lisäksi on olemassa Frame Relay forum, joka on suurten valmistajien organisaatio ja jonka tehtävä on edistää Frame Relay tekniikat. Frame Relay forum on tuonut useita de-facto standardit.

Frame Relayn tavoitteet ovat tuoda yksinkertaisen, helposti implementoitavan, kaikille käyttäjille tasapuolisen ja tehokkaan järjestelmän

tuominen. Yksinkertaisuuden ja suorituskyvyn takia Frame Relayssä ei ole LAPD:n kaltaista vuonohjausta liukuvine ikkunoineen.

1.2.2 Ruuhkahallinta tekniikat

Hävittämisen Strategia (Discard strategy): tämä määrittää mitkä kehykset hävitetään siinä vaiheessa, kun verkolla on ruuhkaa ja on hävitettävä kehyksiä. Sitä määrittää DE-bitti (discard eligibility), ja DE-bitin asetetut kehykset hävitetään ensin ruuhkatilanteessa.

Ruuhkaehkäisy suoritetaan, kun verkko lähestyy kuvan 1 alueelle B. Verkko lähettää kehysläheteisiin (käyttäjille) explisiittisiä viestejä ruuhkasta. Nämä viestit ovat joko FECN-viestejä (forward explicit congestion notification) tai BECN (backward explicit congestion notification) tai CLLM (consolidated link layer management) -viestejä.

Ruuhkan elpyminen suoritetaan implisiittisten viestien avulla. Kun verkko on alueella B tai lähellä aluetta C ja alkaa hävittää kehyksiä, korkeampi kerros havaitsee sen. Tämä toimii implisiittisenä viestikanavana.

1.3 Hävittämisen Strategia (Discard Strategy)

Strategian keskeinen problematiikka on määrittää, mitkä kehykset hävitetään ensin ruuhkatilanteessa.

1.3.1 CIR- ja DE-bitin käyttö

Jokaiselle käyttäjälle on määritelty etukäteen CIR-luku, eli luvattu tietomäärä, jonka käyttäjä sopii verkko-operaattorin kanssa. Tiedon määrä ilmoitetaan kbit/s ja Frame Relay-operaattori periaatteessa sitoutuu välittämään. Käytännössä todellinen välitetty tiedon määrä voi olla vielä pienempi. Kuitenkaan ruuhkatilanteessa ne kehykset, jotka lähetetään CIR:n yli hävitetään ensi.

Mahdollisesti hävitettävät kehykset merkitään asettamalla LAPF-sanomassa (Link Access Protocol on F-channel) DE-bitti ykköseksi. Kehykset lähetetään siitä riippumatta ja ne voivat päästä perille tai hävitä ruuhkaan sattua. On myös olemassa suurin sallittu tietomäärä: kehykset, jotka lähetetään suurimman sallitun määrän yli, hävitetään heti niiden päästyä verkkoon.

1.3.2 Liikenteen määrän mittaus

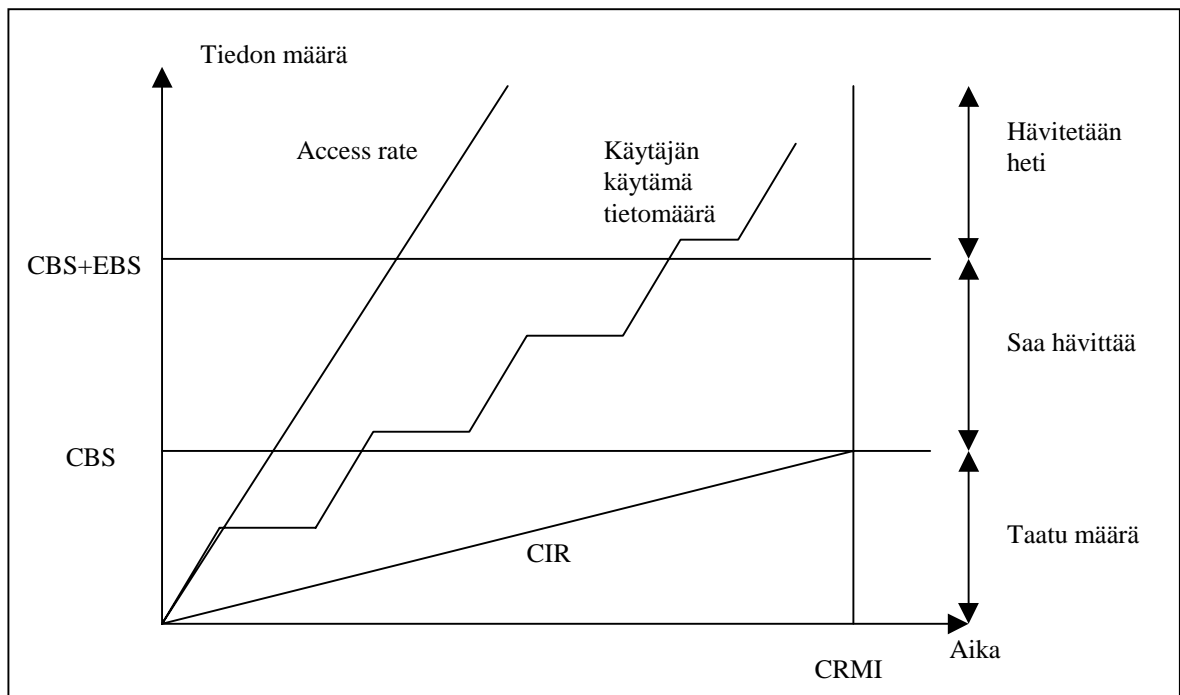
Mittauksia suoritetaan sovituin aikavälein $T = \text{CRMI}$ (committed rate measurement interval). Parametrit CRMI, CBS ja EBS sovitaan operaattorin kanssa. T:n aikana mitataan siirretyn tiedon määrä x , ja päätös tehdään sen mukaan, kuinka suuri x on verrattuna parametreihin CBS ja EBS.

CBS eli committed burst size on verkon kanssa sovittu liikenteen määrä, joka voidaan välittää aikavälillä T. Seuraava yhtälö pätee :

$$\text{CBS} = T * \text{CIR} \quad (1)$$

EBS eli excess burst size on tiedon määrä, joka voidaan lähettää verkkoon sen jälkeen kun on jo lähetetty CBS . Kehyksille, jotka kuuluvat EBS:hen, asetetaan DE-bitin. Nämä eivät välttämättä tule perille, mutta verkko yrittää välittää ne. Samalle pätee yhtälö:

$$EBS = T * (\text{suurin sallittu tietomäärä} - CIR) \quad (2)$$



Kuva 2: käyttäjän lähettämä tiedon käsittely (bits / aika)

Kuvassa nähdään, että :

- alle CBS olevat kehykset pääsevät verkkoon ilman DE-bittiä.
- CBS ja CBS+EBS välillä pääsevät verkkoon, mutta niiden DE-bitti asetetaan ykköseksi. Nämä kehykset saattavat hävitä siirron aikana.
- yli CBS+EBS olevat kehykset eivät pääse verkkoon vaan hävitetään heti.

1.3.3 Loppukäyttäjän ohjaama DE bitti.

Loppukäyttäjä voi itse määrittää DE-bitin arvon siinä tapauksessa, että hän haluaa itse määrittää mitkä kehykset voidaan ensin hävittää. Vapaaehtoisesti hävitettäväksi määritelty kehys lasketaan EBS:n osana muttei CBS :n osana.

1.4 Explisiittinen ruuhkaehkäisy

Kun tietty solmu havaitsee ruuhkan, se lähettää ilmoituksen siitä muille solmuille. Ilmoitus tehdään käyttämällä LAPF:n BECN tai FECN bittiä, tai käyttämällä erikoista XID LAPF-kehystä. Jokainen solmu voi asettaa

kummatkin bitit, mutta jos sellaiseen saapuu kehys, jonka bitit ovat asetettuja, sen on välittävä se eteenpäin sellaisena.

BECN:ää käytetään siinä tapauksessa, että ruuhka on havaittu toisessa suunnassa. Se merkitsee sitä, että BECN:n vastaanottajan on vähennettävä tiedon määrää siihen suuntaan, mistä BECN tulee.



Kuva 3: BECN:n lähetys. Verkossa on ruuhka ja verkko lähettää BECN kehyslähteeseen. A:n on vähennettävä tiedon määrää.

FECN:ää käytetään siinä tapauksessa, että ruuhka on havaittu samassa suunnassa kuin kehys kulkee. Se merkitse sitä, että kehys on joutunut odottamaan jossain puskurissa ja että lähettäjän on vähennettävä tiedon määrää.



Kuva 4: FECN:n lähetys. Verkossa on ruuhka ja vastaanottaja B huomaa sen. Korkeampi sovelluskerros lähettää komento A:lle, että tiedon määrä on vähennettävä.

1.4.1 Ruuhkan havaitseminen

Kussakin solmussa käytetään ANSI T1.618:n mukaista algoritmia, joka laskee jonojen pituuden keskimäärin. Aikaväli, jolloin lasku suoritetaan on sen verran suuri, että solmu ei olisi liian herkkää järjestelmän äkkinäisiin muutoksiin, jotka eivät välttämättä merkitse, että solmussa olisi ruuhkaa. Sen lisäksi valitaan vielä kahden peräkkäisen aikavälin keskiarvo.

Jos jonon pituus ylittää tietyn rajan, niin solmu aloittaa toimenpiteitä ruuhkan ehkäisemiseksi. Solmu asettaa tietyt ruuhkabitit (FECN tai BECN) sen mukaan, missä ruuhka on ja mihin solmuun kehys lähtee. Mitkä bitit asetetaan, riippuu myös solmun asetuksista.

1.4.2 FECN:n bitin käyttö

Jos kehys kärsii ruuhkasta tai viiveestä, asetetaan kehysten FECN bitti. FECN on asetettu sitten, että loppupäässä havaitaan ruuhkaa ja lähettäjää pyydetään vähentämään lähetetyn tiedon määrää. Koska Frame Relay ei sisällä vuonohjausmekanismeja, tämä on tapahduttava ylemmässä kerroksessa.

Loppupäässä lasketaan jokaista yhteyttä kohti se, kuinka monessa kehyksessä on asetettu FECN-bitti. Jos yli puolet biteistä on asetettu, niin

vastaanottaja pyytää lähettäjää vähentämään tarjotun tiedon määrää. Mikäli tämä ei riitä, niin lähettäjää pyydetään vähentämään lisää.

FECN-bitin käyttö on kehitetty sellaisessa ympäristössä, jossa ruuhka kuvataan tapahtuvan hitaasti. Verkko reagoi ruuhkaan hitaasti, koska loppupää odottaa, että FECN-kehysten määrä olisi yli puolet vastaanotetuista kehyksistä, ja toiseksi siksi, että sen on ilmoitettava siitä lähettäjälle.

Toimenpiteet ovat seuraavat sen mukaan, ohjataan lähetettävän tiedon määrä vuo-ohjauksella vai vuoikkunalla.

1.4.2.1 Vuo-ohjaus

Tässä tapauksessa oletetaan, että loppupäällä on mahdollisuus ohjata lähittäjän vuonoisuus suoraan.

Tietyllä aikavälillä d lasketaan FECN0 ja FECN1, jotka ovat solmujen määrä, jonka FECN-bitti ei vastaavasti ole asetettu. Tarkasteluajaväliksi d valitaan $d = 4$ kertaa päästä-päähän siirtoaika.

Alussa asetetaan vuonoisuus $R = CIR$ tai vähemmän. D :n aikana lasketaan FECN1 ja FECN0. d :n ajan päätyessä

jos $FECN1 \geq FECN0$, niin $R = 0.875 * R$

jos $FECN1 < FECN0$, niin $R = 1.0625 * R$

Jos taas lähetystä ei ollut pidemmällä ajalla, niin asetetaan $R = CIR$.

1.4.2.2 Vuoikkuna

Tässä tapauksessa käytetään liukuvan ikkunan vuo-ohjaus. Loppupää voi ohjata ikkunan kokoa W , joka voi olla 1 ja W_{max} välillä. Laskimet FECN0 ja FECN1 käytetään d :n aikana. Tarkasteluajaväliksi valitaan $d = 2$ kertaa aika, jolloin W kpl kehyksiä lähetetään ja kuitataan.

Alussa valitaan $W = 1$ ja lasketaan FECN0 ja FECN1. Tarkasteluajan päättyessä valitaan :

jos $FECN1 \geq FECN0$, niin $W = \max(0.875 * W, 1)$

jos $FECN1 < FECN0$, niin $W = \min(W+1, W_{max})$

1.4.3 BECN:n käyttö

BECN:ää käytetään ilmoittamaan siitä, että kehykset, jotka lähetetään sillä yhteydellä, voivat kärsiä ruuhkasta.

Vastaanottaessaan BECN-bitin, solmu rajoittaa lähetettävän tiedon määrän CIR:n arvoksi. Mikäli BECN vastaanotetaan vielä, niin lähetettävän tiedon määrä rajoitetaan vielä pienemmäksi. Jos taas useita kehyksiä vastaanotetaan ilman BECN bittiä, niin vuota voidaan sitten kasvattaa.

Verkko reagoi nopeasti BECN ilmoitukseen, koska lähettäjä pienentää vuonsa heti BECN ilmoituksen vastaanottaessaan.

Tapa, millä verkko reagoi muutoksiin riippuu siitä, käytetäänkö vuo-ohjaus vai vuoikkunaa.

1.4.3.1 Vuo-ohjaus

Standardit määrittelevät tiettyä määrää S , joka riippuu verkon ja käyttäjän asetuksista ja liikenteestä. S määrittää kuinka monta kehystä pitää vastaanottaa, ennen kun vuonopeus saa muuttua. Alussa määritellään $R = CIR$.

Jos vastaanotetaan kehys, jonka BECN bitti on asetettu ja $R > CIR$, niin asetetaan $R = CIR$.

Jos vastaanotetaan S peräkkäistä kehystä, jonka BECN bitti on asetettu, niin vuonopeus säädetään askel pienemmäksi. Askeleet ovat määritelty seuraavasti:

$$R = 0.675 * CIR$$

$$R = 0.5 * CIR$$

$$R = 0.25 * CIR$$

Jos taas verkko vastaanottaa $S/2$ kehystä ilman BECN bittiä, niin voidaan kasvattaa R siten että $R = 1.125 * R$. Kauan käyttämättä olleelle yhteykselle määritellään $R = CIR$.

1.4.3.2 Vuoikkuna

S on tässä tapauksessa aika, jolloin kehys lähetetään ja kuitataan. W :n alkuarvona määritellään 1

Jos vastaanotetaan BECN-kehys, niin ikkunakooksi valitaan $W = \max(0.875 * W, 1)$. Jos sen jälkeen vastaanotetaan S peräkkäistä kehystä, jonka BECN bitti on asetettu, niin menetelmää toistetaan.

Kun taas vastaanotetaan $S/2$ kehystä ilman BECN-bittiä, niin ikkunakokoa voidaan kasvattaa yhdellä, eli $W = \min(W+1, W_{\max})$

1.4.3.3 CLLM

CLLM:ää käytetään samaan tarkoitukseen kuin BECN:ää siinä tapauksessa kuin ei ole taakse lähetettävää kehystä. Verkko lähettää silloin XID LAPF-sanomaa, joka sisältää listan ruuhkaantuneista solmuista. Kehys käyttää DLCI-numeroa 1007 ilmaisemaan sitä, että tämä onkin CCLM-kehys. Verkko lähettää sen lisäksi syyarvon, joka voi antaa selityksen ruuhkan syystä.

1.5 Implisiitinen ruuhkahallinta

Kehyksen hävittäminen laukaisee implisiittisen ruuhkasta elpymisen toimenpiteitä. Kun korkeampi sovelluskerros (Q.922 esimerkiksi) havaitsee hävittämisen, ohjelma tulkitsee, että on esiintynyt ruuhkaa. Esimerkiksi kun lähettäjä ei saa kuittausta lähettämistään kehyksistä tai se vastaanottaa REJ sanoman, se aloittaa ruuhkasta elpymisen toimenpiteet.

Jos käytetään vuokkunaa kuten Q.922 suosittelee, toimenpiteet ruuhkan sattuessa ovat seuraavat : olkoon ikkunakoko W , joka voi olla W_{min} :n ja W_{max} :n välillä. Q.922 suosittelee, että

$$W = \text{MAX} (1/2*W, W_{min}) \quad (3)$$

Kun taas verkosta saadaan kuittauksia, joista ilmenee, ettei ruuhkaa olisi enää, voidaan ikkunakokoa kasvattaa. Q.922 suosittelee :

$$W = \text{MIN} (W+1, W_{max}), \text{ W peräkkäisten onnistuneiden lähetyksien jälkeen} \quad (4)$$

1.6 Lähdeluettelo

- Frame Relay networks, an introduction, Line Pouchard and Jamie Redwine (www.cs.utk.edu/~pouchard/frame/fr_new.html)
- A taxonomy for Congestion Control algorithms in packet switching networks, Cui-Qing Yang and Alapati V.S. Reddy, IEEE network magazine
- ISDN and broadband ISDN with Frame Relay and ATM, William Stallings
- ISDN, Gary Kessler and Peter Southwick, McGraw Hill series.
- ITU-T I.370 recommendation.