

**TELEKOMUNIKAZIO SARE ETA ZERBITZUAK:
2.- LOTURA MAILA**

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak:

2.- LOTURA MAILA



Copyright © 2008 Mainer Huarte Arrayago

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak: 2.- LOTURA MAILA lana, Mainer Huarte Arrayagok egin, Creative Commons-en Attribution-Noncommercial-Share Alike 3.0 Unported License baimenaren menpe dago. Baimen horren kopia bat ikusteko, <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> webgunea bisitatu edo gutun bat bidali ondoko helbidera: Creative Commons, 171 2nd Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak: 2.- LOTURA MAILA by Mainer Huarte Arrayago is licensed under a Creative Commons Attribution-Noncommercial-Share Alike 3.0 Unported License. To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/> or, send a letter to Creative Commons, 171 2nd Street, Suite 300, San Francisco, California, 94105, USA.

2.- LOTURA MAILA

2.1.- LOTURA MAILAREN DESKRIAPENA

OSI-ren Lotura maila, fisikoki elkarrekin loturik dauden makinak arteko komunikazioaz arduratzen da. Bi makina fisikoki elkarrekin loturik daudela edo lotura fisiko bat dutela esatean, elkarren artean Transmisio Sistema bakarra dagoela esan nahi da.

Transmisio Sistema bakar baten muturretan edozein motako makinak egon daitezke, hau da, terminalak zein sareko nodoak. Gai honetan ikusiko ditugun maila honetako protokoloek, ez dute makina mota ezberdinen artean bereizten; horregatik, "estazio" hitzarekin izendatuko dira muturretako makinak.

OSI-k, maila honetako lana, konexioduna eta fidagarria izatea zehazten du; horregatik, Transmisio Sistemaren helburu muturreko Sare Mailan, jatorriko Sare Mailak pasatako datu guztiak, orden berdinean iritsiko dira.

OSI-ren Lotura mailak 4 funtzionaltasun ditu:

2.1.1.- Tramen sorrera

Medio fisikora bidaltzen diren bitak, Lotura Mailako PDU Datu Unitate bat eratuz taldekaturik egon behar dira (**1.- DATU SAREAK** gaiko 1.4.2.1.- Interfaze eta Zerbitzuak puntua). Lotura mailako PDU-ak, **trama** bezala ezagutzen dira.

Medio fisiko batetik jasotzen diren tramak elkarren artean bereizi ahal izateko, seinale bereziak erabili behar dira. Komunikazio digitaletan, bit sekuentzia jakinak bidaliak egiten da hori. Bit sekuentzia horiek, mugatze informazioa direla esaten da. Lotura Mailako entitateen zeregina da, mugatze informazio hori transmisioan modu egokian sortzea eta hartzean, ondo identifikatzea eta medioan gertatu daitekeen soinuarekin ez nahastea.

Trama horietan, bikote entitateari zuzendutako Kontrol Informazioa egongo (PCI) da eta batzuetan, tramaren iturriaren Erabiltzailetik (Sare Mailatik) iritsitako informazioa (SDU). Tramak Lotura Mailan erabiltzen den protokolo konkretuaren arabera sortzea ere, Lotura mailaren zeregina da.

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

2.1.2.- Fluxu kontrola

Bi makinak lotzen dituen loturaren erabilpena egokia izan dadin, makina azkar batek makina geldo bat saturatzea, edo makina geldo batek makina azkar bat gaizki funtzionatzea eragotzi behar da. Horretarako, fluxu kontrola inplementatu behar du Lotura mailak, makinaren funtzionamenduaren **sinkronizazioa** gauzatuaz.

Fluxu kontrol teknika ezberdinak daude eta orokorrean, trama bat noiz transmititu behar den erabakitzeke balio dute. Denbora oso garrantzitsua da fluxu kontrolean eta horregatik, denbora neurtzeko gailuak, *temporizadoreak*, 2. mailako entitateen parte dira.

2.1.3.- Erroreen tratamendua

Fidagarritasuna lortzeko, Lotura mailak medio fisikoaren eraginez gertatutako erroreak eragozteko gai izan behar du. Horretarako, bidaltzen den trama bakoitzean, Destinoan ondo iritsi dela egiaztatzeke informazioa sartzen da. Informazio hori *erredundantea* dela esaten da, biten egiaztapenerako bakarrik balio baitu.

Bi estrategia ezberdin jarraitu daitezke erroreen tratamenduan: Erroreen detekzioa eta erroreen zuzenketa.

2.1.3.1.- Erroreen Detekziorako Kodeak

Kode hauek, iritsitako trama bateko biten batzuk txarto dauden jakiteke balio dute, baina ez zeintzuk diren. Horrelako kodeak eraginkorragoak dira beste estrategiakoen aurrean. Fidagarriak diren Lotura Mailako protokoloetan gainera, erroreekin iritsitako tramak berriro eskatzeko modua egongo da.

Lotura Mailako protokolo fidagarrietan erroreekin iritsitako tramak berriro eskatzeko, teknika ezberdinak daude; ezagunenetakoak, ARQ teknikak dira. Horietan, bi motako tramak erabiltzen dira, Informazio Tramak (Sare Mailak pasatutako SDU-a daramatenak) eta Kontrol Tramak (SDU-rik ez daramate, erroreekin jasotako Informazio Tramak berreskuratzeko balio dute soilik). 3 ARQ teknika azalduko ditu gainera:

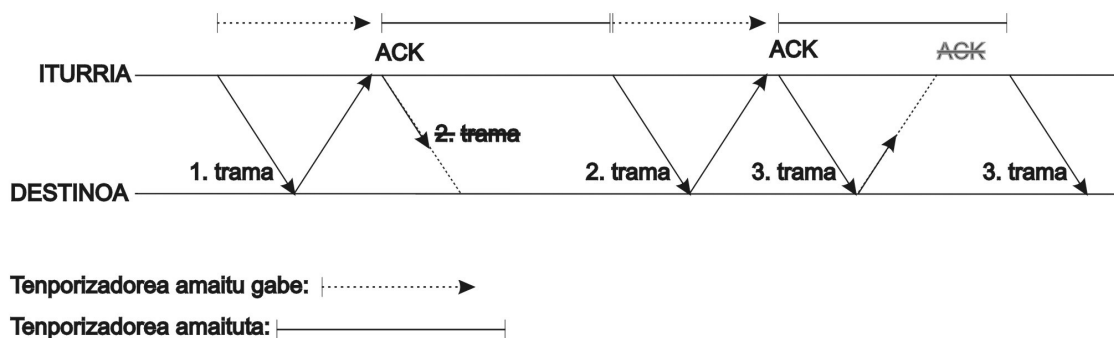
- **Stop and Wait ARQ:** Teknikarik sinpleena da. Half duplex moduko transferentzietan erabiltzen da, non uneoro, zentzu bakarrean garraiatzen diren datuak dauden Transmisio Sistematan.

Bidaltzeko erabiltzaile informazioa duen loturaren muturra, informazio trama bat bidaltzen hasten da, eta temporizadore bat hasieratzen du.

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

Beste muturrak, trama errorerik gabe jaso badu, ACK izeneko Kontrol trama bat bidaltzen dio erantzun bezala. ACK trama hori, tenporizadorea amaitu baino lehen iritsi behar da informazio tramaren Iturrira, bestela, trama hori txarto iritsi dela kontsideratuko baitu horrek. Aldiz, informazio trama erroreekin iritsi bada, ez da inolako kontrol tramarik bidaltzen erantzun bezala.

Horrela, informazio tramaren iturrian tenporizadorea amaitzen bada, trama hori berriro bidaliko du, txarto iritsi dela kontsideratuko baitu.



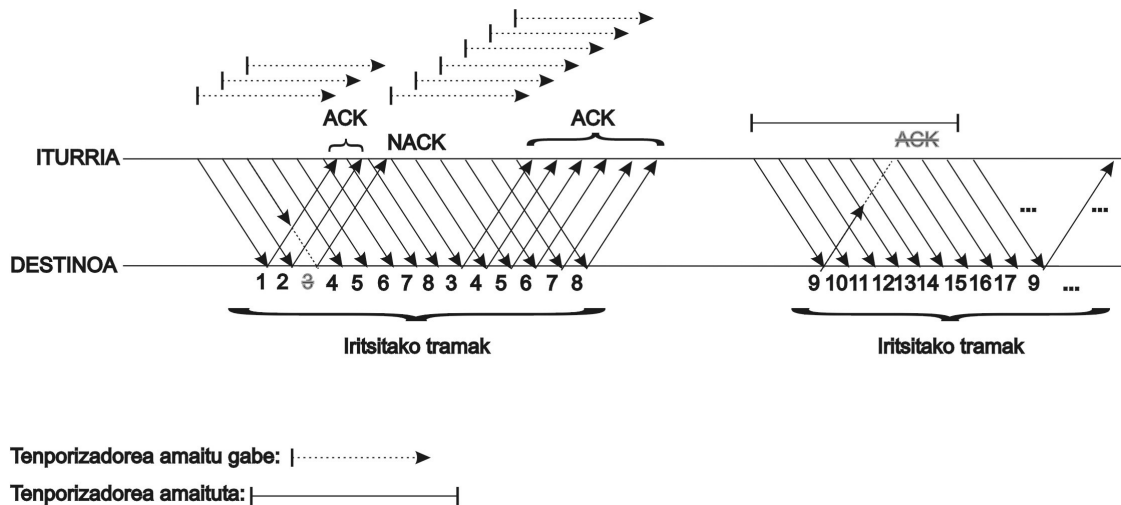
1.- Irudia: Stop and Wait ARQ

Trama bat berriro bidaltzeko, beharrezkoa da tenporizadorea amaitzea. Tenporizadorea amaitzearen arrazoiak bi izan daitezke, trama txarto iritsi dela edo trama ondo iritsi bada ere, erantzuneko ACK txarto iritsi dela. Edozein kasutan, trama berriro bidaltzen da, Iturriak ezin baititu bi kasuak elkarrengandik bereizi.

Teknika honekin, Transmisio Sistemaren gaitasuna ez da guztiz ondo erabiltzen, hainbat kasutan tenporizadorea amaitu arte itxaron beharko baita, media erabilia izan gabe.

- **Go-back N ARQ:** Full duplex moduko transferentzietan erabiltzen da, non uneoro, bi zentzutan bidaiatzen duten tramak batera egon daitezken Transmisio Sistematan.

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA



2.- Irudia: Go-Back N ARQ

Bidali beharreko informazio trama guztiak segidan bidaltzen dira. Aurreko kasuan bezala, informazio trama bakoitzeko tenporizadore bat hasten da bere ACK noiz iritsi beharko den kontrolatuaz.

Beste muturrak, ondo iristen den informazio trama bakoitzeko ACK bat bidaltzen du, eta erroren bat gertatzen denean, iturriari jakinarazteko, NACK (NO ACK) kontrol trama bat bidaltzen du. Horrela, Transmisio Sistema hobeto erabiltzen da, iturriak ez baitu tenporizadorea amaitu arte itxaron behar dagokion informazio trama txarto iritsi dela konturatzeko.

Iturriak, informazio trama baten ACK ez jasotzean (NACK jaso duelako edo dagokion tenporizadorea amaitu delako), **trama hori eta bere ondoren bidalitako guztiak** berriro bidaltzen ditu.

Teknika honetan, informazio tramak elkarrengandik bereizteko eta erroreekin iritsi den trama zein den adierazteko, **sekuentzia zenbakiak** erabiltzen dira (trama bakoitzarentzako zenbaki identifikatzailea). Trama batean, sekuentzia zenbakiak adierazteko erabili daitezkeen bit kopurua mugatua denez, erantzunik jakin gabe segidan gehienez bidali daitezkeen trama kopurua mugatu behar da; muga horri *Leiho Labainkorraren tamaina* deitzen zaio.

Stop&Wait teknika horren bertsio hobetuagoetan, sekuentzia zenbakiak ere erabiltzen dira informazio trama bat baino gehiago segidan bidaltzea ahalbidetzeko. Destinoak ondo iritsi den azken tramaren ACK-rekin erantzuten du Transmisio Sistema libre dagoela ikustean (half duplex). Horrela, trama guztiak ondo iritsi badira, ACK bakarrarekin nahikoa da hori ezagutarazteko; bat edo gehiago txarto iritsi direla adierazteko modu bakarra, iturrian tenporizadoreak amaitzeak bakarrik izaten jarraitzen du. Hasierako bertsioarekin alderatuz, transmisio medioa hobeto erabiltzen da, berdina egiteko denbora gutxiago behar baita, baina Go-Back N ARQ baino okerragoa izaten jarraitzen du.

Sare eta Zerbitzuak 2.- LOTURA MAILA

- **Selective Repeat ARQ:** Aurreko teknika baino eraginkorragoa da, eta full duplex transferentzietan ere erabiltzekoa.

Teknika honetan ere, *leiho labainkorraren* kontzeptua erabiltzen da, baina informazio tramaren batek erroreren bat balu, **trama hori bakarrik** errepikatzen da.

2.1.3.2.- Erroreen Zuzenketarako Kodeak

Iritsitako trama batean zein bit dauden txarto antzeman eta beraz, zuzentzea ahalbidetzen dute.

Kode hauek ez dira aurrekoak bezain eraginkorrak, erroreen zuzenketa egin ahal izateko, informazio erredundante gehiago bidali behar baita trama bakoitzean. Medio fisikoa oso txarra denean bakarrik izango dira eraginkorrak.

2.1.4.- Loturaren Gestioa

Loturaren gestioa, Sare Mailari ematen ari zaion zerbitzuaren araberakoa izango da. OSI-k, Lotura Mailan, Konexioa Darabilen Teknologia erabiltzea ezartzen du. Horrela, OSI jarraitzean, Loturaren Gestio funtzionalitatea, Lotura Mailako entitate bikoteen arteko konexioaren ezarpen, mantenu eta askapenaz arduratzen da.

2.2.- LOTURA MAILAKO PROTOKOLOAK

Lotura mailako protokoloen lehen sailkapen batean, Protokolo Asinkronoak eta Protokolo Sinkronoak bereizten dira.

Protokolo Asinkronoetan, loturaren mutur bakoitzak bere erloju propioa erabiltzen du bit bakoitzaren denbora neurtzeko. Datuak karakterez karaktere bidaltzen dira, **segidan doazen datu karaktereen arteko denbora**, aldi **bakoitzean ezberdina** izan daitekeelarik eta **aurretik jakina ez** delarik.

Protokolo Sinkronoetan, loturaren mutur bakoitzak elkarrekin sinkronizatutako erlojuak erabiltzen dituzte, eta **segidan doazen datu karaktereen arteko denbora**, **aurretik finkatutako denbora unitate jakin baten multiploa** da beti.

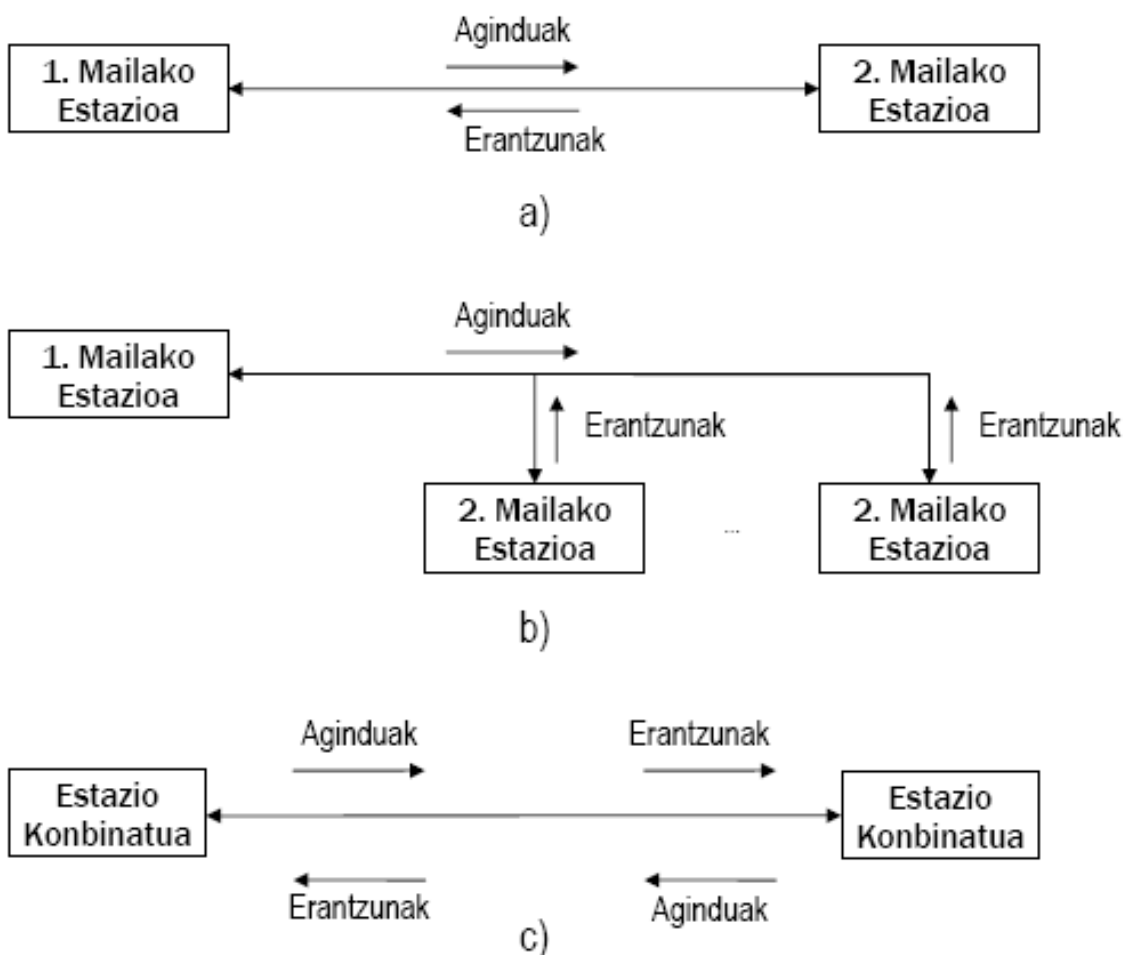
Protokolo Sinkronoen barruan, badira beste bi protokolo mota:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

- **Karakteretan Oinarritutako Protokoloak:** Zaharrenak dira. Informazio Unitate modura, karaktereak erabiltzen dituzte. Adibidez: TTY, BSC, UTS,...
- **Bitetan Oinarritutako Protokoloak:** OSI Ereduek erabiltzen dituenak dira. Informazio Unitate modura, bit edo bit multzoak erabiltzen dituzte. Adibidez: HDLC, LAPB, LAPD,...

2.3.- HDLC

HDLC protokoloa, Datu Loturentzako ISO-k definitutako arau internazional bat da (IS 3309, IS 4335). Datu loturan half duplex eta full duplex komunikazioak gauzaten ditu. HDLC helburu orokorreko arau bat denez, lotura fisiko mota ezberdinetan erabili ahal izango da, ondoko irudian ikusten den bezala:



3. Irudia: HDLC Lotura Fisiko ezberdinetan

HDCL-k, **3 estazio mota** bereizten ditu:

Sare eta Zerbitzuak

2.- LOTURA MAILA

- **1. Mailako Estazioak:** Loturaren gestioan kontrol osoa egiten dute. **Agindu tramak bidali eta Erantzun tramak jasotzen** dituzte.
- **2. Mailako Estazioak:** Loturaren gestioan kontrol mugatua egin dezakete bakarrik, aginduak jaso eta erantzunak bidaltzen dizkiote 1. Mailako Estazioei. Ezin dira beste 2. Mailako Estazioekin zuzenean komunikatu.
- **Estazio Konbinatuak:** Loturaren gestioan kontrol osoa egin dezakete. 1. eta 2. Mailako Estazioen modura funtzionatzen dute, hau da, aginduak eta erantzunak, jaso eta bidali ditzakete.

Lotura Mailan eman daitezken konfigurazio motak, bi taldetan sailkatzen dira:

- **Ez Orekatua:** Loturaren alde batean 1. Mailako Estazio bat eta beste aldean 2. Mailako Estazio bat (Puntu-Puntu konfigurazioa) edo gehiago dituzten konfigurazioak (Puntu-puntuantiz konfigurazioa). Informazio transferentzia, 1. Mailako eta 2. Mailako Estazioen artean ematen da beti, kontrola 1. Mailako Estazioak duelarik.
- **Orekatua:** Konfigurazio hauetako estazioak, logikoki berdinak dira, hau da, alde bakoitzean Estazio Konbinatu bat dago, eta loturaren kontrola biren artean eramaten dute. Puntu-Puntu konfigurazio bat da beti.

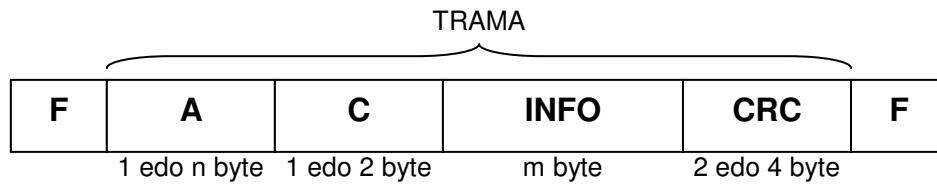
Konfigurazioaren arabera, 3 **Datu Transferentzia Modu** edo **Operazio Mota** bereizten dira:

- **Erantzun Modu Arrunta (NRM):** Konfigurazio Ez Orekatua darabil. 2. Mailako Estazio batek datu transferentzia egin dezake, 1. Mailako Estaziotik horretarako baimena jasotzean bakarrik. 2. Mailako Estazioak, transferentzia noiz bukatzen duen adierazten du. Half duplex motako elkarrizketak dira. Lotura fisikoa, Puntu-Puntuantiz modukoa kontsideratzen da beti, ez bada ere.
- **Erantzun Modu Asinkronoa (ARM):** Konfigurazio Ez Orekatuak darabiltza ere, baina 2. Mailako Estazioek ez dute 1. Mailakoaren baimenik behar transmititzeko.
- **Orekatutako Modu Asinkronoa (ABM):** Orekatutako konfigurazioetan erabiltzen da. Lotura fisikoa, Puntu-Puntu modukoa da beti, mutur bakoitzean estazio konbinatu bat dagoelarik. Full duplex moduko transferentzia egin daiteke.

2.3.1.- Tramen egitura eta motak

HDLC tramen egitura, ondoko irudian agertzen den modukoa da:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA



4. Irudia: HDLC

F (Flag): Tramaren mugen adierazlea (mugatze informazioa).

Bit sekuentzia bakun bat da, (01111110 edo 7Eh). Bere eginkizuna, Transmisore eta Hartzailleak sinkronizatzea da. Trama baten hasiera adierazten du, amaieran jartzen den sekuentziak, hurrengo tramaren hasiera adierazi dezakeelarik. Elkarren segidan doazen bi tramen artean, flag hauetako hainbat transmiti daitezke (gutxienez, bat).

Bit sekuentzia hori, tramaren beste eremuetan ere suertatu daiteke. Ezer egin ezean, eta 7Eh sekuentzia beste eremuren batean balego, destino muturreko hartzailleak, tramaren amaierako F bezala interpretatuko luke, benetan ez denean. Hori ekiditeko, 7Eh sekuentzia Flag-etik kanpo gertatzen den bakoitzean, modu gardenduan bidaltzen da. Hau da, transmisoreak, trama bat transmititzen ari dela 5 1eko bit jarraian bidaltzen dituela konturatzen bada, 0 bit bat sartzen du, beti (bit horiek tramaren edozein eremutan daudela ere). Hartzailleak berriz, trama baten bitetan 5 1eko bit jarraian jasotzen dituenean, hurrengo bita 0 den egiaztatzen du. Hala bada, transmisoreak sartu du eta ez du kontutan hartzen. Ez bada, hurrengo 0 izango da, eta Flag bat jaso da, trama mugatzen duena. Teknika honi, *bit stuffing* (bitak gehitzea) deitzen zaio.

Adibidea:

Demagun, makina bateko Lotura Mailak, HDLC protokoloa darabilela, eta ondoko bit sekuentzia bidali behar duela medio fisikora:

0110111111111100

Bit bakoitza medio fisikora bidali baino lehen, Transmisoreak aurretik bidalitako bitek 011111 sekuentzia osatu duten begiratzen du, eta horrela bada, 0 bit bat bidaltzen du, une horretan zegokion bita bidali baino lehen. Horrela, benetan mediotik doan sekuentzia, ondokoa da:

0110111110111111000 ⇒ Berez behar zirena baino 2 bit gehiago daude medioan

Demagun orain, HDLC darabilen makina bateko Lotura Mailan, ondoko bit sekuentzia jasotzen dela:

0001110111110111110110

Jasotako sekuentzia horretatik, gehitutako 0ak kentzen dira, sekuentzia trama baten parte bezala erabili baino lehen. Horrela, tramaren parte bezala kontsideratzen den bit sekuentzia, ondokoa izango da:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

000111011111-11111-110

A (Address): Helbide eremua.

NRM eta ARM moduetan, agindu trama bidaltzen zaion 2. Mailako Estazioa eta erantzun trama bidaltzen duen 2. Mailako Estazioa identifikatzen ditu (modu ez-orekatuak dira, Puntu-Puntuanitz konfigurazioa izan dezaketenak); ABM moduan, Puntu-Puntu konfigurazioak erabiltzen direnez, agindu eta erantzunak desberdintzeko erabiltzen da.

Eremu honen luzera, 8 bitetakoa da normalean (helbide modu arrunta), baina byte multiplo ezberdinetara hedatu daiteke (helbide modu hedatua). Modu hedatuan, helbidea osatzen duten byte guztietako esangura gutxieneko bita (*lsb* bita) 0 izango da, azkenekoan izan ezik. Azken horretan, 1 izango da bit hori, byte hori helbidearen azken bytea dela adieraziz.

Bit guztiak 1 dituen helbidea, **broadcast** deitzen da, eta 1. Mailako Estazioak, trama bat lotura fisikoko 2. Mailako Estazio guztiei bidaltzeko erabiltzen du (Puntu-Puntuanitz moduko loturetan bakarrik du zentzua).

Bit guztiak 0 dituen helbidea, testak egiteko erabiltzen da.

C (Control): Kontrol eremua.

Eremu honek, tramaren funtzio eta helburua adierazten ditu. 8 (sekuentzia zenbaki arrunta) edo 16 (sekuentzia zenbaki hedatua) bit izan ditzake. Funtzio eta helburuaren arabera, 3 trama mota bereizten dira HDLCn:

- **Trama Ez Zenbakiuak (NN):** Loturako konexioa, NRM, ARM eta ABM modu ezberdinetan ezarri eta askatzeko erabiltzen dira.



5. Irudia: NN Trama baten Kontrol Eremua

M bitek, NN tramak adierazten duen agindu edo erantzunaren kodea osatzen dute. Kode horiekin adierazten da Loturaren konexioa zein modutan ezarri nahi den, ezarpen hori onartzen den,... NRM Operazio Moduko komunikazioa ezartzeko trama adibidez, SNRM da eta bere M bitetako kodea, 00001 da; ABM modurako, SABM (11100), eta abar.

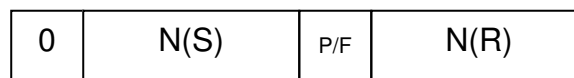
P/F bita, agindu trama batean bidaltzean *Polling* bita bezala ezagutzen da (P). Erantzun trama batean bidaltzen denean berriz, *Final* bita da (F). Polling bita 1 balioaz bidaltzen bada, loturaren beste muturrak bidali behar duen

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

hurrengo trama, erantzun trama bat izan behar dela adierazten da, Final bita 1-era duena. Final bita 1 balioaz bidaltzean, Polling bita 1 balioaz zuen agindu trama erantzuten da.

Trama mota hauetan, ez da erabiltzaile informaziorik (SDU) bidaltzen edo beste modu batera esanda, INFO eremua hutsik dago (0 byte-eko luzera du). PCI bakarrik duten PDU-ak dira beraz trama mota hauek.

- **Informazio Tramak (I):** Erabiltzailearen (Sare Mailaren) datuak garraiatzen dituzte; INFO eremuak beraz, m byte garraiatuko ditu. I mota honetako tramen fluxu/errore kontrola egiteko informazioa eramaten da C eremuan.



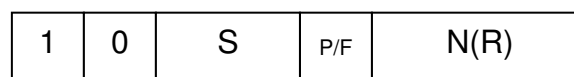
6. Irudia: I Trama baten Kontrol Eremua

P/F bita, I trama agindu modura bidaltzean P izango da eta erantzun modura bidaltzean berriz, F. I agindu trama batean P=1 bidaltzea, entitate bikoteari fluxu/errore kontrolerako erantzuna eskatzeko erabiltzen da. I erantzun trama batean berriz F=1 bidaltzeko, entitate bikotetik P=1 moduko agindua jaso izan behar da.

N(S) eremuak, bidaltzen den I tramaren sekuentzia zenbakia adierazten du.

N(R) eremuak, loturaren beste muturretik jasotzen den hurrengo I tramak, zein sekuentzia zenbaki izatea espero duen adierazten du. Aldi berean, estazio hartatik jasotako N(R)-1 sekuentzia zenbakira arteko I tramak ondo jaso direla esan nahi du. Fluxu Kontrolerako erabiltzen da beraz, baina ez errore kontrolerako (errorerik detektatzen bada, ezin da I tramarik bidali hori adierazteko). Fluxu kontrolerako teknika honi, *piggybacking* deitzen zaio. ARQ tekniketako ACK tramaren papera betetzen du.

- **Gainbegiratze Tramak (S):** Fluxu eta errore kontrolerako erabiltzen dira.



7. Irudia: S Trama baten Kontrol Eremua

P/F bitak, I Trametako esanahi berdina du.

N(R) eremuak, destinetik jasotzea espero den hurrengo I tramaren sekuentzia zenbakia (N(S) eremua) adierazten du; S biten arabera, eragin ezberdina du destinoan.

Bi S bit daude. Horien arabera, 4 S trama ezberdin bereizten dira:

Sare eta Zerbitzuak

2.- LOTURA MAILA

- **RR** (00): Trama hau bidaltzen duenak, tramak jasotzeko prest dagoela eta $N(R)-1$ sekuentzia zenbakira arte jasotako I tramak ondo iritsi direla adierazten du. Fluxu kontrolaren ikuspuntutik, I trama bat bidaltzea bezala da, baina batzuetan estazioek ez dute Erabiltzaile informazioerik bidaltzeko; kasu horietan ezin dute I tramarik bidali eta jasotako I tramak ondo iritsi direla eta gehiago jasotzeko prest daudela adierazteko modu bakarra, RR tramak bidaltzea da. NRM moduan, P bita 1-era jarrita, 1. mailako Estazioak 2. mailako bati I tramak bidaltzeko behar duen baimena adierazteko erabiltzen da. Ez du errore kontrolerako balio.
- **RNR** (10): RR tramak bezala funtzionatzen du, baina bidaltzen duenak trama gehiago ezin dituela jaso adierazten du. NRM-n ezin da 2. mailako Estazioentzako agindu modura erabili (ez du zentzurik).
- **REJ** (01): $N(R)$ sekuentzi zenbakitik aurrerako I tramak berriz bidaltzea eskatzen du, $N(R)-1$ sekuentzia zenbakira arteko jasotako I tramak ondo iritsi direla adieraziz (Go-Back N ARQ). Fluxu eta errore kontrolerako balio du beraz.
- **SREJ** (11): Fluxu eta errore kontrolerakoa. Trama konkretu bat ($N(R)$) berriz bidaltzeko eskatzen du (Selective Repeat ARQ).

Sekuentzia zenbaki hedatuekin, C eremuak 16 bit ditu; kasu horretan, $N(S)$ eta $N(R)$ eremuek 7 biteko luzera hartzen dute.

INFO (Information): Informazio eremua.

Beste estaziora transmititu beharreko Erabiltzaile (Sare Mailaren) Datuak (SDU) daude eremu honetan. I Trametan bakarrik erabiltzen da eremu hau. Ez du luzera finkorik.

CRC: Tramaren egiaztapenerako eremua.

Erroreen detekziorako informazio erredundantea da. 16 edo 32 bit ditu eremu honek. Trama (Flag eremurik gabe) osatzen duten bit multzoa eta **Sortzaile Polinomio** deiturikoaren arteko zatiduraren hondarra adierazten du. HDLC-n erabiltzen den Sortzaile Polinomioa, CCITT-k gomendatutako bat da.

2.3.2.- HDLC-ren funtzionamendua

2.3.2.1.- HDLC bertsioak

HDLC estandarrak, protokoloaren bertsio ezberdinak implementatzen dituzten ekipamenduak gitea ahalbidetzen du. Horrela, oinarrizko bertsioa jarraitzen duen

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

ekipamendu batean, NRM, ARM edo ABM modutan lan egiteko, SNRM, SARM edo SABM aginduak bidali behar dira, sekuentzia zenbakiak modu arruntekoak direlarik (3 bit). Sekuentzia zenbaki hedatuak nahi badira, oinarrizko bertsioari *Sekuentzia Zenbaki Hedatuaren Aukera* gehitu behar zaio; aurreko aginduen ordean, SNRME, SARME eta SABME aginduak erabili behar dira modu bakoitzean sekuentzia zenbaki hedatuak erabiltzeko.

Ondoko irudian, Oinarrizko bertsioa eta estandarrak definitutako aukerak agertzen dira:

HDLC Oinarrizko Bertsioa

Konfigurazioak:
Operazio Moduak:
Estazioak:

Ez-Orekatu Arrunta (UN)		Ez-Orekatu Asinkronoa (UA)		Orekatu Asinkronoa (BA)	
NRM		ARM		ABM	
1. Mailakoa	2. Mailakoa	1. Mailakoa	2. Mailakoa	Konbinatuak	
Aginduak	Erantzunak	Aginduak	Erantzunak	Aginduak	Erantzunak
SNRM	UA	SARM	UA	SABM	UA
I	DM	I	DM	I	DM
RR	I	RR	I	RR	I
RNR	RR	RNR	RR	RNR	RR
DISC	RNR	DISC	RNR	DISC	RNR
	FRMR		FRMR		FRMR

HDLC Aukerak

	Aginduak	Erantzunak		Aginduak	Erantzunak
1.	XID	XID	8.	I	—
2.	REJ	REJ	9.	—	I
3.	SREJ	SREJ	10.	Sekuentzia zenbaki hedatua	
4.	UI	UI	11.	RSET	—
5.	SIM	RIM	12.	TEST	TEST
6.	UP	—	13.	—	RD
7.	Helbide formatu hedatua		14.	32 bitetako CRC-a	

10. irudia: HDLC Oinarrizko bertsioa eta aukerak

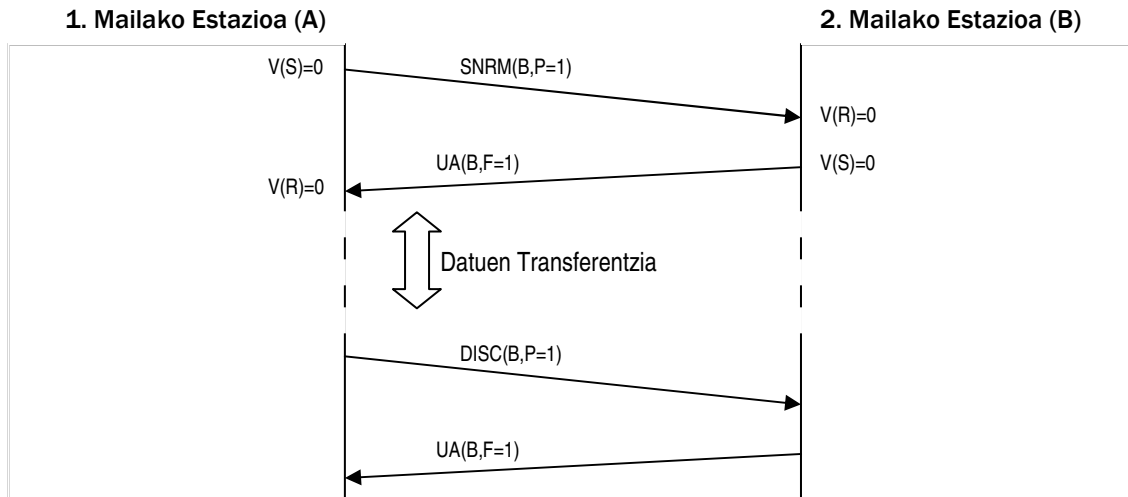
Komunikazioa modu egokian eman dadin, loturaren bi muturrek protokolo bertsio berdina inplementatu behar dute, hau da, mutur batean Oinarrizko bertsioa eta 2, 3 eta 10 aukerak inplementatzen dituen entitatea badago, beste muturrean ere horrelako entitatea egon behar da.

2.3.2.2.- Loturaren Gestioa

HDLC-k, Transmisio Sistema bakar batean Konexioa Darabilen Komunikazio Fidagarria zehazten du. Horregatik, aurreko gaian Konexio Darabilten Paketeen Kommutazio Sareetan bezala, komunikazioa 3 fasetan ematen da, baina kasu honetan Transmisio Sistema bakar baten bidez. 1. fasea, Konexioaren Ezarpen Fasea izango da, ondorengoa, Informazio Transferentzia Fasea eta azkenik, Konexioaren Askapen Fasea emango da. Konexioaren ezarpena eta askapena, NN Tramak trukatuaz egiten da.

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

Ondoko irudian, NRM Operazio Modua Puntu-Puntuantiz konfigurazio batean nola garatzen den adierazten da:



8. Irudia: NRM, Puntu-Puntuantiz konfigurazio batean

1. Mailako Estazioak hasten du komunikazioa, SNRM deituriko trama bidaliaz. Polling bita 1 balioz bidaltzen du eta helbide eremuan dagokion 2. Mailako Estazioaren helbidea. P bita 1 balioz bidaltzean, dagokion 2. mailako estazioari erantzun bat bidaltzeko beharra ezartzen dio.

Dagokion 2. Mailako Estazioak SNRM trama jasotzen duenean, UA NN Trama bidaltzen du erantzun modura, Final bitan 1 balioa eta helbide eremuan bere helbide propioa adieraziz. Final bita 1 balioz jartzea beharrezkoa da, trama hau Polling bita 1 balioz zuen agindu trama baten erantzuna delako. Helbidean, erantzulea bera dela jarri behar du, Puntu-Puntuantiz lotura fisiko batean erantzule posible asko egon ahal direlako.

Horrela, konexio logikoa ezarrita geratzen da. Ezarpen horren ondorioz, estazio bietako **sekuentzia aldagaiei eta Birtransmititze Kontuari** hasierako balioa ematen zaie (guztiei 0). Sekuentzia aldagaia eta Birtransmititze Kontua fluxu eta errore kontrolerako erabiltzen dira.

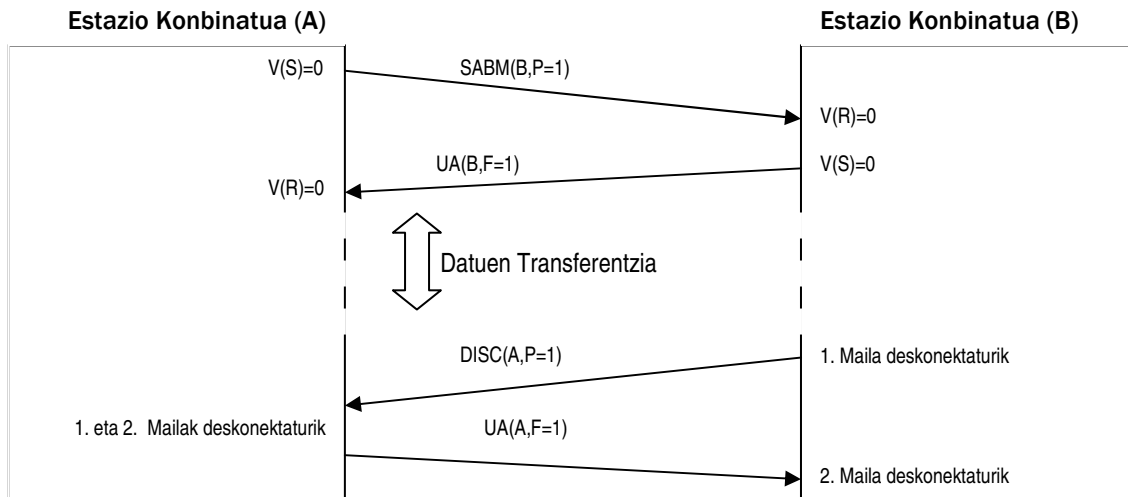
Konexioaren ezarpenaren ondoren, Datuen Transferentzia Fasea emango da, bertan, Sare Mailatik iritsitako SDU-ak garraiatuko dituzten I tramak bidali ahalko direlarik.

Datuen transferentzia amaitzen denean, konexioa askatu behar da. Horretarako, 1. Mailako Estazioak DISC Trama bidaltzen du, Polling bita 1 balioa, eta helbide eremuan, dagokion 2. Mailako Estazioaren helbidea bidaliaz.

Dagokion 2. Mailako Estazioak, UA trama bidaltzen du erantzun modura, Final bitan 1 balioa eta helbide eremuan bere helbide propioa adieraziz.

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

Hurrengo irudian berriz, ABM Operazio Modua Puntu-Puntu konfigurazio batean nola garatzen den adierazten da:



9. Irudia: ABM Operazio Modua Puntu-Puntu konfigurazio batean

Kasu honetan, bi estazio konbinatuen arteko komunikazioa gertatzen da.

Konexioaren ezarpena, aurreko kasuan bezala egiten da, baina kasu honetan, komunikazioaren bi muturretako edozein estaziok hasi dezake ezarpen hori. Ezarpena hasteko agindua, SABM da kasu honetan.

Datuen Transferentzia Fasea ematen da ondoren.

Azkenik, konexio logikoa desegiteko, DISC agindua bidaltzen da. Hau ere, komunikazioaren bi muturretako edozeinek bidali dezake.

2. kasu honetan, puntu-puntu konfigurazio orekatua ematen da beti, hau da, Transmisio Sistema bakarrak bi mutur bakarrik ditu, eta bakoitzean, Estazio konbinatu bat, mutur biek komunikazioaren kontrolerako eskubide berdina dutelarik. Horrela, agindu trametan, destinoa adierazten da A eremuan eta erantzunetan berriz, iturria. P/F bitek, aurreko kasuko funtzionamendu berdina dute.

Edozein kasutan, konexioaren ezarpenerako agindua jaso duen estazioak konexio hori errefusatu nahi badu, erantzun modura DM trama bidaliko dio agindua bidali duenari.

2.3.2.3.- Datuen transferentzia

Aurreko puntuko bi kasuetan ikusi denez, konexio logikoa ezarri ondoren, datuen transferentzia egiten da. Fase honetan, erabiltzaile informazioa garraiatzen duten

Sare eta Zerbitzuak

2.- LOTURA MAILA

tramak (I tramak), transferitu ahal dira edozein zentzutan. Transferentzia hori ziurra eta fidagarria izan dadin, fluxu eta errore kontrola egiten da. Horretarako, protokoloaren oinarrizko bertsioek RR eta RNR S tramak bakarrik kontsideratzen dituztenez, bertsio horiek jarraitzen dituzten ekipamenduek Stop&Wait ARQ hobetuaren moduko errore kontrola bakarrik egin ahalko dute, hau da, tenporizadoreekin. Oinarrizko bertsioari REJ erabiltzeko aukera (2) gehitzen dioten ekipamenduek, Leiho Labainkorreko Go-Back N teknika erabili ahalko dute eta SREJ erabiltzeko aukera (3) gehitzen diotenek, Selective Repeat teknika.

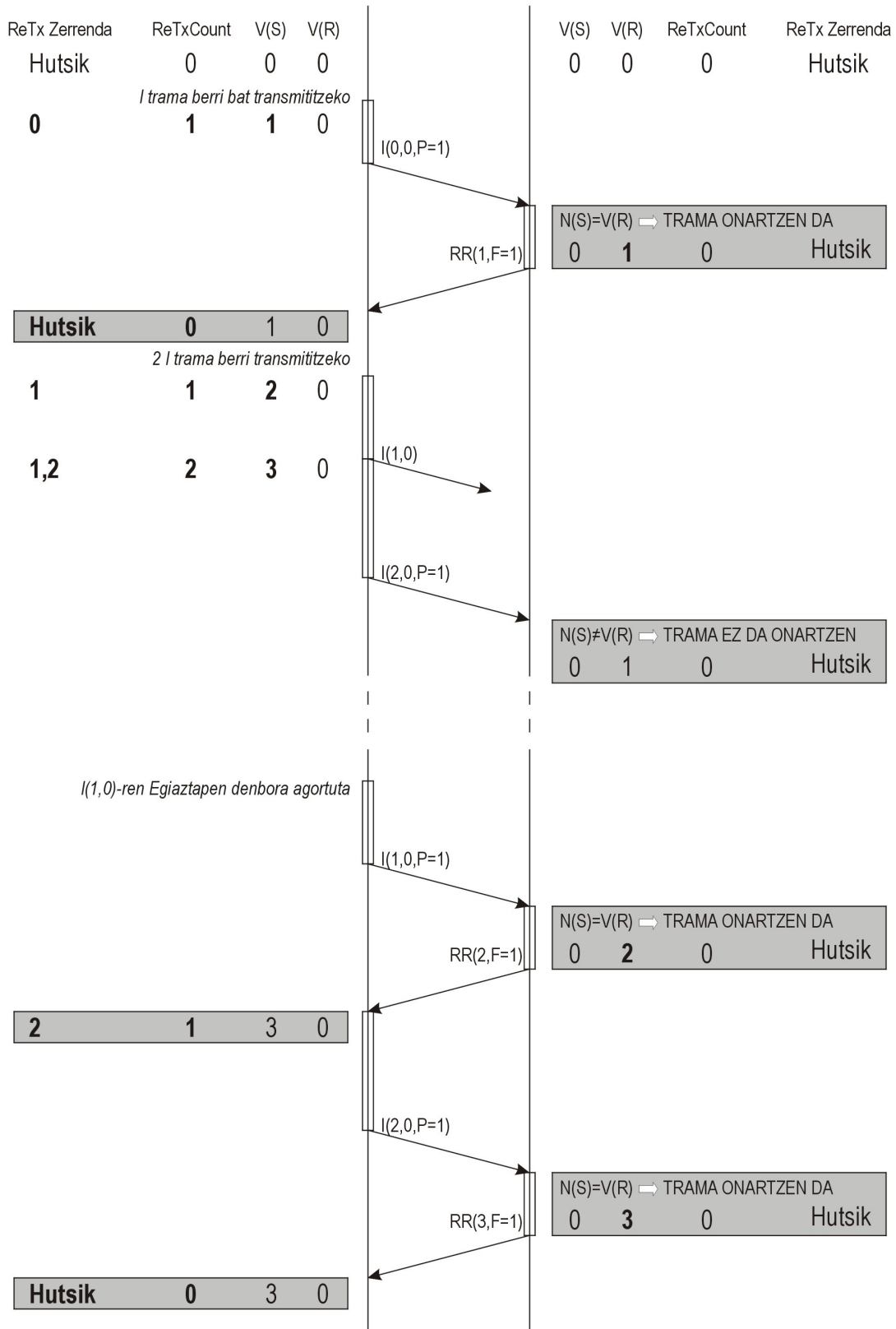
NRM Operazio Moduan, 1. mailako estazioak bidaltzeko I tramak baditu, dagozkion 2. mailako estazioari bidaliko dizkio, azkenekoan $P=1$ jarriaz. Horrela, 2. mailako estazioari erantzuna bidaltzeko adierazten dio, aldi berean transmititzeko baimena ematen diolarik. 1. Mailakoak transmititzeko I tramarik ez badu berriz, 2. mailakoari transmititzeko baimena adierazteko RR edo UP trama bat erabili dezake, $P=1$ -ekin. 2. Mailakoak I tramarik ez badu, RR trama batekin erantzuten du, F bita 1 balioarekin. I tramak baditu, bata bestearen atzetik bidaltzen ditu, azkenekoaren F bita 1 balioan jarrita. Segidan bidaltzen diren I tramen kopurua, 1. Mailako Estazio zein 2. Mailakoentzat, *Leiho Labainkorraren Tamaina* delako kontzeptu batez mugatua dago.

Ondoko irudian, oinarrizko protokoloaz NRM komunikazio baten adibidea ikusten da. Protokoloaren **oinarrizko bertsioa** bakarrik erabiltzen denez, erroreen kontrola **Stop&Wait ARQ hobetuaren** antzekoa da, non birtransmititzeak tenporizadoreen bitartez bakarrik detektatzen diren. **NRM** modua denez, gainera, **semi duplex** komunikazioa gertatzen da:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

1. MAILAKO ESTAZIOA (A)

2. MAILAKO ESTAZIOA (B)



11. Irudia: Erroreen kontrola, Oinarrizko bertsioan eta NRM-n

Sare eta Zerbitzuak

2.- LOTURA MAILA

11. Irudian ikusten denez, loturaren alde bakoitzean Lotura Mailako entitateek bi sekuentzia aldagai mantentzen dituzte. $V(S)$ aldagaiak, bidaliko den hurrengo I traman adierazi beharreko $N(S)$ zenbakia gordetzen du eta $V(R)$ aldagaiak berriz, jasotzea espero den hurrengo I tramaren $N(S)$ zenbakia.

Kasu honetan, 2. mailako estazioak bidaltzeko I tramarik ez du, eta horregatik egiaztatzen ditu 1. mailatik jasotako I tramak RR tramekin (bestela, I trama propioekin egingo luke, denbora hobeto aprobetxatzeko).

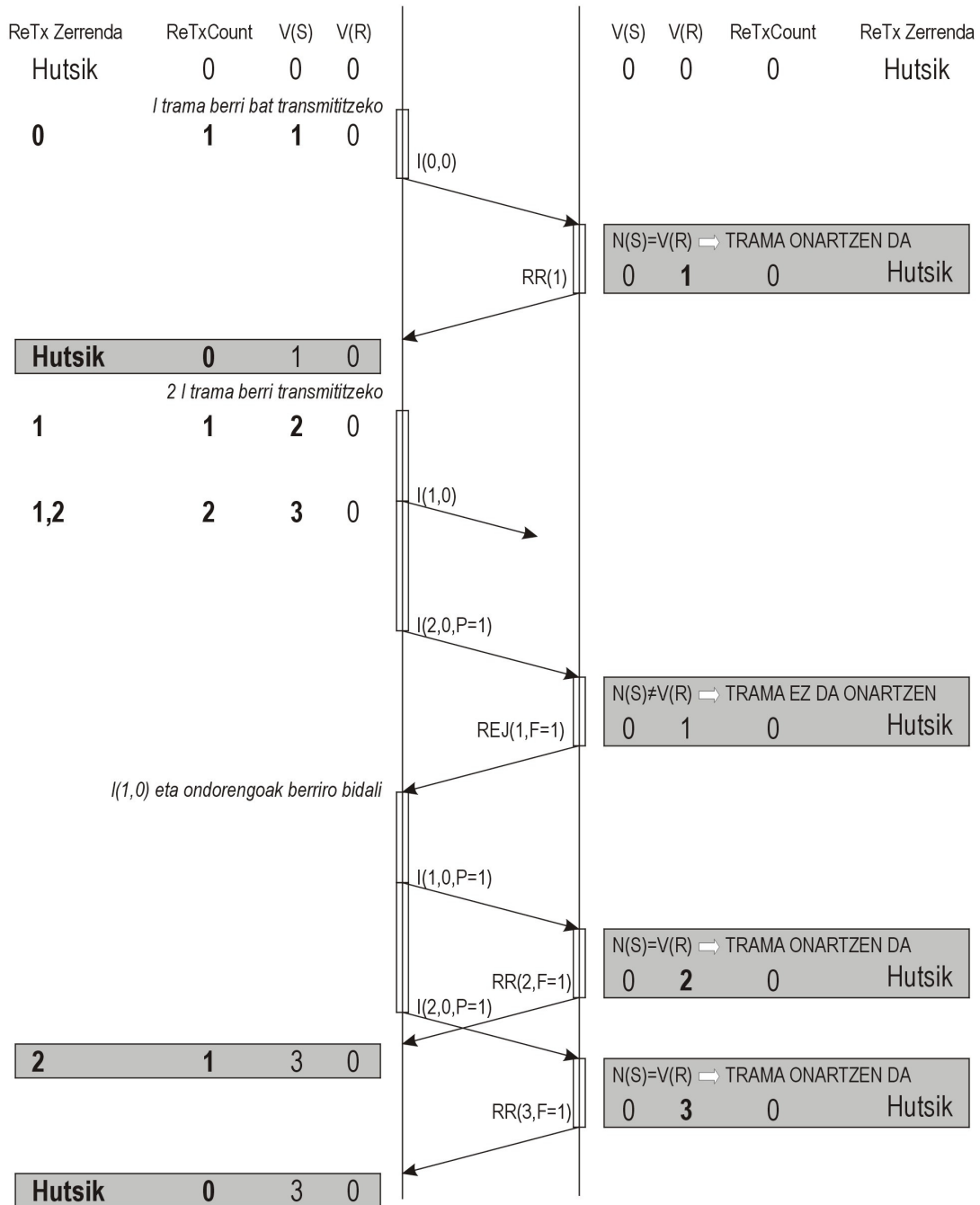
Hartzailean, $I(2,0/P=1)$ trama jasotzen da une batean. $P=1$ da egiaztapena eskatzeko (erantzuna behartzeko). $I(2,0/P=1)$ trama hori, sekuentziaz kanpo dago Hartzailean, hau da, $N(S) \neq V(R)$, eta horregatik, Hartzaileak ez du ezer egiten berarekin. Transmisorean, $I(1)$ eta $I(2)$ tramen egiaztapena iristeko denbora agortu egiten da eta horregatik berriro bidaltzen hasten da.

Ondoko irudian, egoera berdina ABM moduan, eta oinarrizko protokoloari REJ erabiltzeko aukera (2) gehituta nola gauzatzen den ikusten da:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

A ESTAZIO KONBINATUA

B ESTAZIO KONBINATUA



12. Irudia: Erroreen kontrola, REJ tramekin ABM-n (BA 2)

REJ trama bakoitzeko $N(R)$ zenbakiak, bidaltzen duen estazioak espero ez zuen sekuentzia zenbakiko I trama bat jaso duela adierazten du, eta aldi berean, $N(R)$ zenbakiak adierazten duen $N(S)$ berdineko I tramatik aurrerako tramak berriz bidaltzeko eskatzen du (Go-Back N ARQ).

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

12. Irudian, 11. Irudian ematen zenaren antzeko egoera ematen da, baina kasu honetan, egiaztapen denbora agortzera itxaron beharrean, REJ trama bat bidaltzen da, $F=1$ ekin. Hartzaileak, REJ(1) trama jasotzean, I(1) eta I(2) tramak berriro bidaltzen ditu. Azkenik, Hartzaileak bi trama horiek ondo iritsi direla adierazteko, beharrezko RR Trama egokiak bidaltzen ditu.

Oinarrizko protokoloari SREJ erabiltzeko aukera gehitu izan balitzaio, I(2) trama lehenengoan onartuko litzateke, eta I(1) tramaren transmisio errepikapena, SREJ trama baten bidez eskatuko litzateke.

Bi muturretako estazioek I tramak izango balituzte, elkar egiaztatzeke erabili ahalko lirateke.

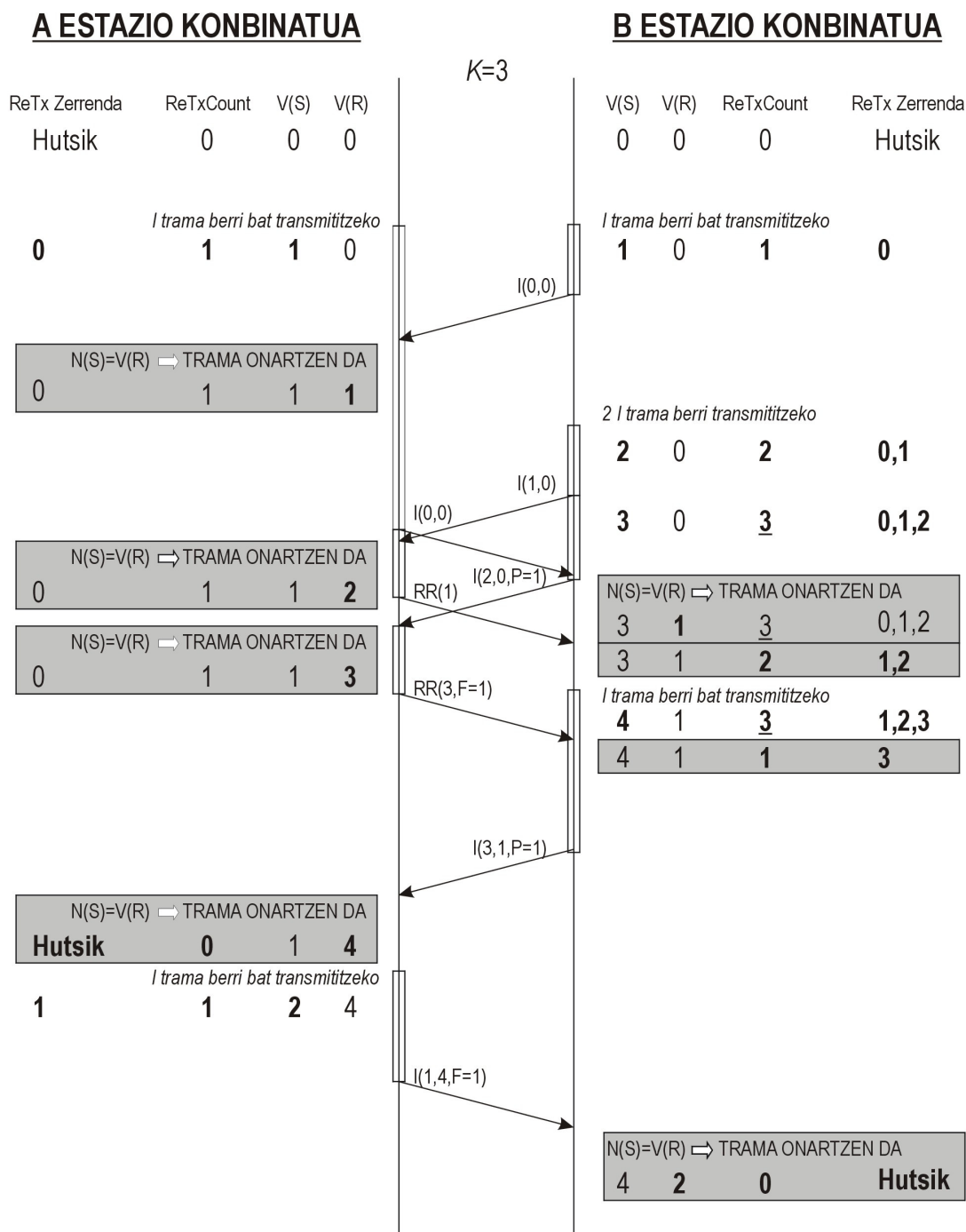
Orain arte ikusitako adibideetan, errorearen kontrola landu da gehienbat. Oinarrizko protokoloaz Stop&Wait ARQ modukoa dela ikusi da eta REJ eta SREJ aukerekin Go-Back N ARQ eta Selective Repeat ARQ inplementatu daitezkeela ikusi da. Fluxu kontrola ulertzeko berriz, **Leiho Labainkor mekanismoaren** kontzeptua azaldu behar da.

Leiho Labainkor mekanismoekin, estazio batek K trama bidali ditzake gehienez, beraien egiaztapenik jaso gabe. K horri, Leiho Labainkorraren Tamaina deitzen zaio, eta $[1, 2^n - 1]$ tarteko zenbaki bat da, n sekuentzia zenbakia osatzeko erabiltzen diren bit kopurua delarik. HDLC-n beraz, modu arruntean ($n=3$) K $[1, 7]$ tarteko zenbakia izango da eta modu hedatuan berriz ($n=7$), $[1, 127]$ tartekoa.

Fluxu kontrola errorearen kontrolarekin batera egiten da. Horrela, errorearen kontrolerako erabiltzen ziren sekuentzia aldagaiez gain ($V(S)$ eta $V(R)$), loturaren alde bakoitzean, **Birtransmititze Kontua** (RetxCount) deituriko beste aldagai bat mantentzen da, bertan Birtransmititze Zerrendan dauden tramen kopurua gordetzen delarik. I trama bat bidaltzen den bakoitzean, Birtransmititze Zerrendan kopia bat gordetzen denez, 1 balioa gehitzen zaio Birtransmititze Kontuari; baieztapen bat iristen den bakoitzean, baieztatzen diren tramen kopurua kentzen zaio, beraien kopiak Birtransmititze Zerrendatik kentzen direlako. Birtransmititze Kontua K -raino iristean, Leihoaren Tamainak baimentzen dituen trama guztiak bidali dira, eta ez da I trama gehiago bidaltzen, baieztapen bat iritsi arte.

Guzti hori, ondoko irudian ikusten da, non fluxu kontrola ABM moduko komunikazio batean zelan ematen den azaltzen den:

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA



13. Irudia: Leiho Labainkorra (fluxu kontrola)

Adibide honetan ABM moduan lan egiten da, estazio konbinatuekin eta full duplex transferentziaz. NRM moduan, B estazioa 2. mailakoa balitz, A-ren 1. I trama iritsi arte itxaron beharko luke (I(0,0/P=1) izan beharko luke) eta RR(1,F=1)-ekin erantzun. Ondoren, A-k transmititzeko 1 gehiagorik ez duenez, transmititzeko baimena bidaliko lioke B-ri (RR(0,P=1), adibidez). Orduan, B-k leihoak adierazitako 3 I tramak bidali ahalko lituzke, azkenekoan F=1 jarrita (I(2,1/F=1)). Ikusten den bezala, datu trukaketa berdina egiteko, semi duplex komunikazioak denbora gehiago hartzen du.

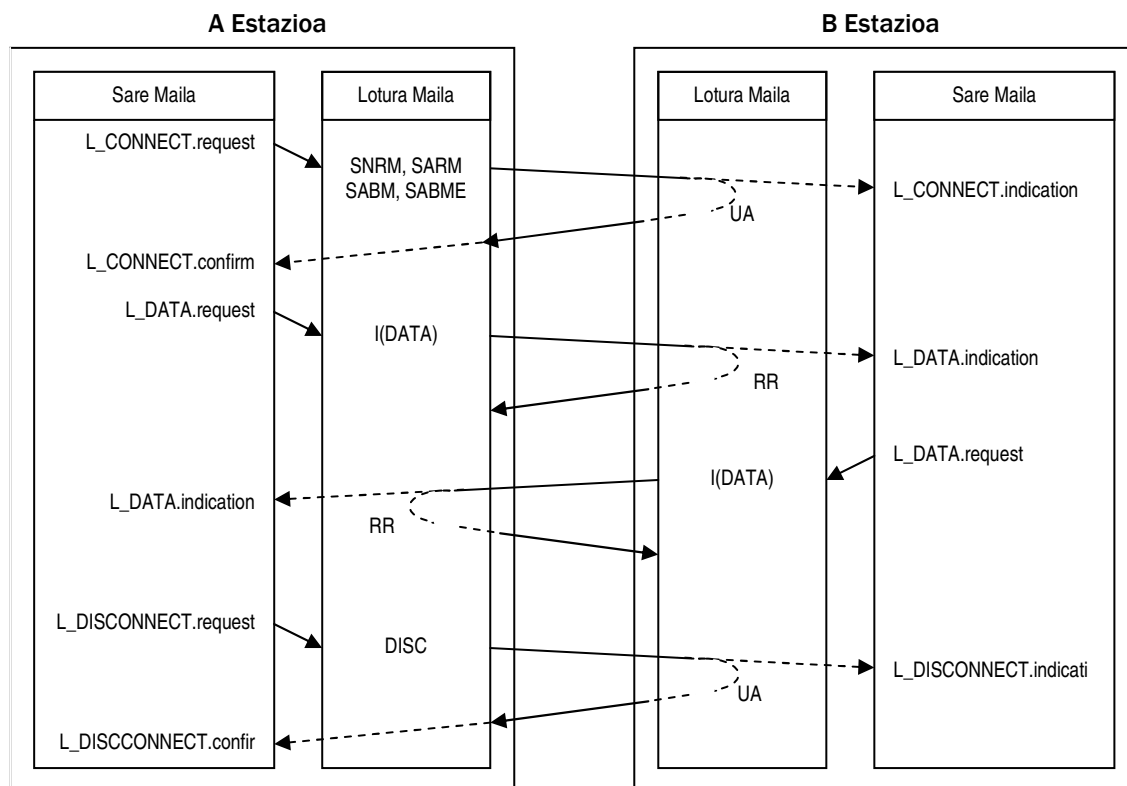
Sare eta Zerbitzuak
 2.- LOTURA MAILA

Sekuentziaz kanpoko baieztapenik iristen bada (jada Birtransmititze Zerrendan ez dagoen trama batena), sinkronismoa galdu da. **FRMR** tramarekin beste muturrari komunikazio berriz hasi behar dela adierazten zaio.

Birtransmititze zerrendako tramak, estazioaren memoria edo bufferean gordetzen dira. Gerta daiteke, birtransmititze zerrenda hainbeste betetzea, eta estazioa gordeketarako bufferik gabe edo oso gutxirekin geratzea. Orduan, beste estazioari I trama gehiago ez bidaltzeko adierazteko, RNR trama bidaliko dio. Baieztapen tramak iristen doazen heinean, buffer-ak husten joango dira, eta berriro I trama gehiago jasotzeko prest dagoela adierazteko, RR trama bat bidaliko du, N(R) zein trama espero duen adieraziz.

2.3.3.- Erabiltzailearekiko Interfazea

OSIn, Lotura Mailaren erabiltzailea, Sare Maila da. Ondoko irudian, Sare eta Lotura mailen arteko interfazean ematen diren primitiboak eta HDLC protokoloko trama ezberdinen arteko erlazioa ikusten da:



14. Irudia: Sare/Lotura Interfazeko primitibo eta HDLC tramen arteko erlazioa

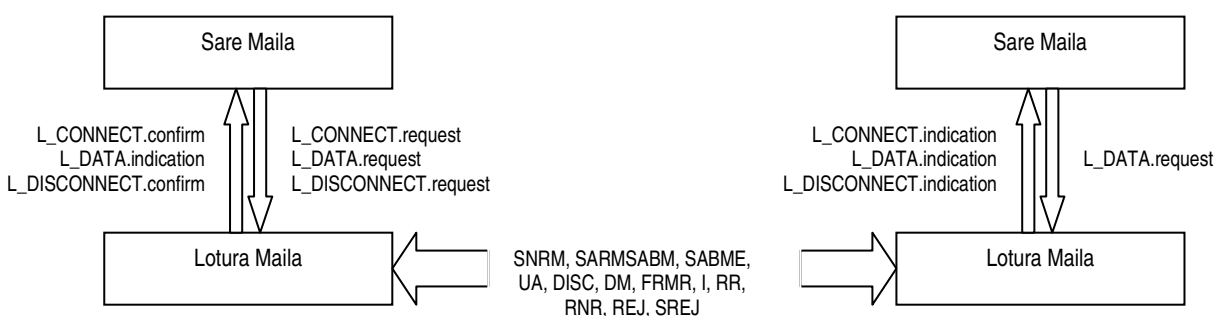
Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

L_CONNECT.request eskaera primitiboa ikustean (interfazeko SAP-ean jarritako ICI-an), Lotura mailak SNRM, SARM, SABM, SNRME, SARME edo SABME trama bat bidaltzen dio beste estazioko Lotura mailari (primitibo horretan bertan, erabili nahi dela adierazi den operazio moduaren arabera). Beste estazioko Lotura mailak trama hori jasotzean, L_CONNECT.indication primitiboa pasatzen dio bere goiko Sare mailari, eta aldi berean, beste estazioko Lotura mailari UA trama bidaltzen dio. 1. Estazioko Lotura mailara UA iristen denean, L_CONNECT.confirm primitiboa sortu eta bere Sare mailari pasatzen dio SAP-etik, konexio logikoa ezarrita geratu dela adierazteko, datu transferentzia fasea hasi daitekeelarik. Baieztapeneko Zerbitzu bat da L_CONNECT zerbitzua. Aurreko gaian azaldu genuenez (1.3.2.3.- Zerbitzuen Primitiboak), Baieztapeneko Zerbitzuek, 4 primitibo motak erabiltzen dituzte. HDLC-ren kasu konkretuan, response primitiboa falta da, baina hala ere, Baieztatutako Zerbitzu bat kontsideratzen da.

Datu transferentzia, L_DATA moduko primitiboa eta I tramekin gertatzen da. L_DATA primitiboak, bi bakarrik daude, request eta indication. Egiaztapenerako RR tramak erabiliz gero, trama hori L_DATA.indication primitiboa sortu ondoren bidaltzen du Hartzaileko Lotura maila berak. L_DATA, Baieztatu Gabeko Zerbitzua da; Lotura mailako protokoloa fidagarria denez, ez du gehiagorik behar (L_DATA.indication-ek pasatzen duen SDU-a, beste muturreko L_DATA.request-ek pasatakoa da, tartean arazorik egon bada, Lotura mailak errore kontrolerako teknikaren batekin konpondua duelarik) .

Konexioaren askapena, L_DISCONNECT.request primitiboarekin hasten da, DISC eta UA tramekin moldatzen dena. Baieztapeneko Zerbitzua da hau ere.

Ondoko irudian, Lotura mailako Zerbitzu primitiboak eta HDLC-ko tramak (esanguratsuenak) ikusten dira.



15. Irudia: Lotura mailako primitibak/HDLC tramak

Sare eta Zerbitzuak
2.- LOTURA MAILA

2.4.- HDLC-REN ONDORENGOAK

2.4.1.- LAPB

Loturarako Sarbide Prozesu Orekatua (Link Access Procedure, Balanced) da LAPB protokoloaren esanahia. ITU-T erakundeak garatu zuen, X.25 arauaren parte bezala, Konexioa Darabilten Paketeen Kommutazio sareetan, Sarbide Sareko 2. mailako protokolo modura. HDLC-ren kasu berezi bat da, ABM (arrunta edo hedatua) modua bakarrik kontsideratzen duena.

Ondoko taulan, LAPB-k erabiltzen dituen tramen laburpen bat ikus daiteke:

Trama Mota	Aginduak	Erantzunak
Gainbegiratze	RR RNR REJ	RR RNR REJ
Ez Zenbakitu	SABM SABME DISC	UA DM FRMR
Informazio	I	I

RR, RNR eta REJ tramak, fluxu eta errorearen kontrolerako erabiltzen dira. Ikusten denez, LAPB-k ez du SREJ tramarik erabiltzen, beraz, ezin du trama zehatz bat berriz transmititzeko eskatu. Oinarrizko protokoloari 2 eta 10 aukerak gehituak ditu beraz.

Ondoko taulan berriz, LAPB protokoloako aginduak eta erantzunak erlazionatzen dira, P/F bita 1 balioaz erabiltzean:

Aginduak, P=1	Erantzunak, F=1
SABM/SABME	UA/DM
I Trama	I, RR, REJ, RNR, FRMR
RR, REJ, RNR	I, RR, REJ, RNR, FRMR
DISC	UA/DM

2.4.2.- LAPD

ISDN edo Zerbitzu Integratuen Sare Digitala delakoan erabiltzen da. ISDN horretan, *kanal* kontzeptua erabiltzen da. Definitzen diren kanaletako bati, D kanala deitzen zaio, eta LAPD, D kanaletik loturan sartzeko prozedura protokoloa izango litzateke.

Sare eta Zerbitzuak
 2.- LOTURA MAILA

LAPD traman, C eremua 16 bitetakoa da I eta S trametan. NN trametan berriz, 8 bitetakoa. Beti erabiltzen dira beraz, 7 bitetako sekuentzia zenbakiak.

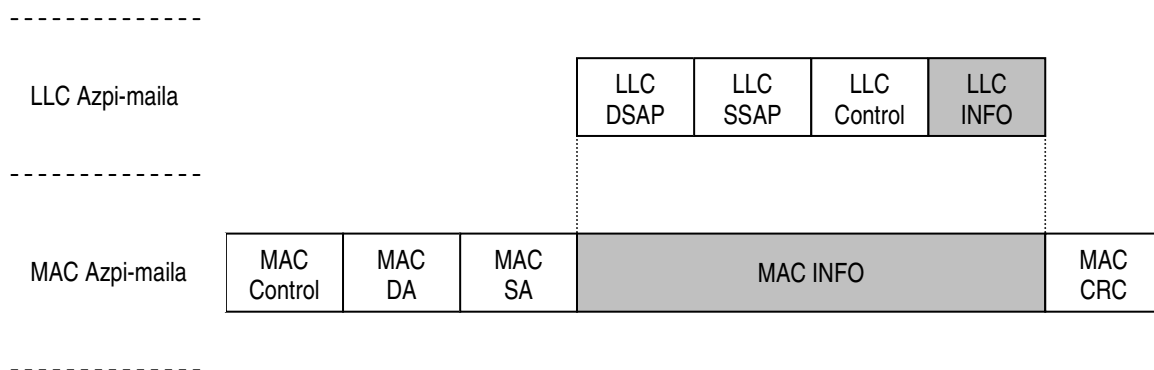
CRC eremua ere, beti da 16 bitetakoa.

A eremua azkenik, 16 bitetakoa da eta bi azpi-helbide sartzen dira bertan.

2.4.3.- LLC

IEEE 802 Estandar familiako parte da LLC. LAN motako sareetan erabiltzen da. LLC-k ez ditu HDLC-ren berezitasun guztiak hartzen eta beste berri batzuk ere garatzen ditu.

LLC eta HDLC-ren arteko ezberdintasun nabariena, tramen formatuan dago. LAN sareetan, Lotura maila bi azpi-mailatan banatzen da. Maila fisikoarekin kontaktuan dagoena, MAC izenekoa da eta bere gainekoa, LLC. Horrela, LAN sareetako Lotura mailako trametan, LLC eta MAC azpi-mailei dagozkien eremuak agertzen dira. Ondoko irudian ikusten da hori:



15. Irudia: Lotura Mailako trama, IEEE 802 estandarretan

DSAP, SSAP, LLC Control eta LLC INFO eremuak, LLC azpi-mailari dagozkionak dira. LLC INFO eremuan, Sare Mailatik iritsitako SDU-a sartuko da (Sare Mailari zuzenean zerbitzua ematen diona LLC entitatea da). Beste eremu guztiak berriz, MAC azpi-mailari dagozkie.

DSAP eta SSAP eremuekin, LLC azpi-mailaren erabiltzaile logikoak (Sare Mailako entitateak) zehazten dira, destino eta iturrian. LLC Control eremua, LAPD-ko C eremua bezalakoa da.

Erroreak antzematea, MAC azpi-mailari dagokio, 4 byte-eko CRC baten bidez. LAN sareetan 1. eta 2. mailako estazioen kontzepturik ez dagoenez, iturri eta destinoa MAC helbideekin identifikatzen dira. MAC Control eremuan, medioan sartzeko kontrolerako funtzio bereziak adieraziko dira.