TELEKOMUNIKAZIO SARE ETA ZERBITZUAK:
6.- WAN SAREAK

Maider Huarte Arrayago

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak:
6.- WAN SAREAK

6.- EREMU ZABALEKO SAREAK (WAN)

6.1.- SARRERA

Gai honetan, WAN sareak bezala ezagutzen diren estandar batzuk irakatsiko dira. Orokorrean, LAN sareekin alderatuz, WAN sareen ezaugarri nagusi batzuk ondokoak dira:

- **Jabetza**: WAN sareak gehienetan baliabide publikoz osatuak egoten dira, baina aurrerako ikusiko den bezala, badira korporazioetako WAN sare pribatuak ere.
- **Eremua**: WAN edo Eremu Zabaleko Sareak, eremu geografiko handiak hartzen dituzte, herrialde bat edo kontinente bat bezain handiak izan daitezkeenak.
- **Komunikazio Medioak**: WAN sareetan komunikazio medio asko egoten dira, elkarren artean Konmutagailuekin edo Interkonexio Gailu bereziekin lotuak. Topologia ezberdinak (izar, bus, eraztun, zuhaitz hierarkiko,…) jarraituaz lotzen dira guztiak, baina orokorrean irregularrak dira. Lortutako abiadurak LAN sareetan lortutakoak baino txikiagoak dira. Izan ere, distantzia handiagoak lortzeak seinaleek jasandako interferentziak areagotzen dituzte, errore tasak handituaz.

WAN teknologiek, OSI-ren azpiko 3 mailetan lan egiten dute. Hau da, nodo guztiek, bai Sare Barrukoek, baita Sarbide/Azken Nodoak direnek ere, OSI-ren azpiko 3 mailak inplementatzen dituzte gutxienez. WAN sare konkretu batera lotutako Terminaletan, azpiko 3 mailak WAN sare horrek zehaztutakoak izango dira (Terminalaren Sarbide Nodoarenak); gaineko beste mailetan Terminalen erabiltzaileek erabakitako protokoloak jarri daitezkeelarik, sareak ematen duen zerbitzua eta guztira lortu nahi den zerbitzuaren arabera aukeratuak.

6.1.1.- WAN sareen jabetza

Historikoki sortu zen lehen WAN sare garrantzitsua, PSTN (*Public Switched Telephone Network*) edo Konmutaziozko Telefono Sare Publikoa izan zen. Sare horrek ia mundu osoa hartzen zuen, eta jakina den bezala, Zirkuituen Konmutaziozko teknologia analogiakoaz, bi terminalen artean ahots seinaleak elkartrukatzearen zerbitzua ematen zuen.

Horrela, datu informatikoak urrunera transmititzeko beharra iritsi zenean, lehen probatu zen sarea zegoen bakarra zen, hau da, aipatutako telefonia sarea. Sare horrekin Terminal informatikoen artean datuak trukatzea lortu zen, baina berehala ikusi zen telefonia sarea ez zela horretarako oso egokia; abiadura baxuak lortzen ziren (transmisio analogikoak) eta denbora eta distantziaren araberako koste handiak suposatzen zituen (ez zen ahotsezko dei eta datuetarako deien artean bereizketarik

egiten fakturazioan). Horrela, zerbitzu beharrizan berriei erantzuna emateko, bi sare mota agertzen hasi ziren:

Horrela, lehen sailkapen bat egiten dugu:

- **Datu Sare Pribatuak**: Esan bezala, erakunde handi eta pribatuek, beraien datuen elkartrukerako gestionatu eta erabilitako sareak dira. Telekomunikazio sare publikoei alokatutako *linea dedikatuak* erabiltzen dituzte, fakturazioa alokairuagatik egiten zaielarik (distantzia eta denboraren arabera beharrean). Egia esan, diru inbertsio handi bat da.

- **Datu Sare Publikoak**: Estatu bakoitzeko gobernuek definitzen dute beraien datu sare publikoen funtzionamendua. Orokorrean, fabrikatzaile ezberdinen ekipoek elkarrekin modu egokian lan egitea ahalbidetzen dute. Sare horien mantenua eta gestioa, enpresa pribatu baten esku egon daiteke, **Operadore** izenekoa. Operadoreek, erabilpenaren arabera edo kuota bidez kobratzen dute Datu Sare Publikoa erabiltzea.

6.1.2.- Konexio motak

WAN sareek, sarearen teknologia dena delakoa izanda ere, konexiodun zerbitzua eskaintzen diete terminaletako erabiltzaileei. 2 konexio mota eskaini ohi dira:

- **Konexio Dedikatua**: Erabiltzaile bakarrarekiko, helburu bakarrerako erreserbatutako konexioak dira, beti erabiliak izateko prest daudenak. Komunikazio zerbitzua eskaintzen duen Operadorearekin, kontratu baten bidez guztiz zehaztuta geratzen dira; parte hartzen duten makinak zuzenean konfiguratuz egiten da, inongo protokoloren seinaleztapenik erabili gabe. Garestiak dira, eta horregatik, trafiko bolumen handia dagoenean bakarrik erabiltzen dira. Erabiltzaileak ez du konexio ezarpenik egin behar erabiltzen duen aldi bakoitzean, hasieratik ezarrita dagoelako. Zirkuitu fisikoak erabiltzen diren kasuetan, puntu-puntu konexioak dira linea dedikatuak; Zirkuitu Birtualekin berriz, Zirkuitu Birtual Iraunkorrak.

- **Konexio Konmutatua**: Erabiltzaile ezberdinekiko ezarri daitezke, beharraren arabera prest egoten dira erabiliak izateko, eta helburu orokorrekoak dira (edozertarako). Koste baxua dute, sarearen baliabideak beharren arabera partitzen direlako. Beharrezkoak direnean bakarrik ezartzen dira, datu transferentzia egin baino lehen. Ezarpen hori, erabiltzaileak berak egiten du, protokoloak zehaztutako seinaleztapenaren bitartez. Erabili ondoren, askatu egin behar da, eta hori ere erabiltzaileak egin behar du.

WAN sarearen erabiltzaileak aukeratutako konexio mota, faktore ezberdinen araberakoa izango da, horien artean, informazio mota, bolumena, kostua eta segurtasun beharrak daudelarik.

6.1.3.- Trafiko mota

3 trafiko mota izaten dira WAN sareetan, ahotsa, datuak eta bideoa. Teorian, trafiko mota guzti horiek, edozein sare motatik garraiatu ahalko lirateke, baina egia esan, sarearen diseinua trafiko motaren araberakoa da.

Hala ere, gaur egun guztia batzea da helburua:

- Transferentzia aldetik: medio fisiko berdina erabiltzea trafiko guztia garraiatzeko.

- Sare aldetik: trafikoaren araberako protokolo ezberdinak erabili ditzaketen sareak erabiliaz.

- Aplikazio mailan: trafiko mota ezberdinarekin lan egin dezaketen aplikazio integratuen bidez.

Batura bilaketa horrek, eragin handia du gaur egun. Horregatik, hainbat Operadore eta Zerbitzu Emaile beraien sareak aldatzen ari dira trafiko mota guztiak garraiatu ahal izateko.

6.1.4.- Sarearen zatiak

WAN sareen zatiez hitz egitean, ondokoak aipatuko ditugu:

- Sarbidea: erabiltzailea nola konektatzen den sarera (Erabiltzailea eta 1. nodoaren arteko lotura).
- Garraioa: informazioa sareko nodoen artean nola garraiatzen den.
- Konmutazioa: bi transmisio sistemen artean, informazioa nola konmutatzen den.

6.2.- X.25

Sare publiko zahar askok, X.25 estandarra jarraitzen dute.

Hasiera batean, maila fisikorako X.21 estandarra definitu zen. Estandar hori, teknologia digitalarekin erabiltzekoa da eta egia esan, X.25 sortu zenean sare publiko gehienek linea telefonikoen teknologia analogikoa erabiltzen zuten.

Horregatik, X.25 protokoloa hobeto zabaltzeko, maila fisikorako teknologia analogikoarekin lan egiten duen X.21bis araua atera zen.

Lotura Mailan, HDLC familiako LAPB protokoloa definitzen da.

Sare Mailako protokoloa, helbideen egokitzeaz, fluxu eta errore kontrolaz, baieztapenez, etendurez eta antzeko beste funtzioez arduratzen da. Protokolo hau X.25 PLP izenarekin ezagutzen da. Protokolo honekin, erabiltzaileak Zirkuitu Birtualak ezarri ditzake, eta ezarpenaren ondoren, datu paketeak bidali ditzake. Pakete horiek, modu fidagarrian eta ordenaturik iristen dira Destinoko Sare Mailara. Komunikazioaren amaieran, ezarritako Zirkuitu Birtuala askatu egin behar da.

X.25-ean beraz, zirkuitu birtualak erabiltzen dira, Konmutatuak edo Iraunkorrak izan daitezkeenak. Zirkuitu Birtual Konmutatu bat, Iturriko Sare mailak konexio ezarpen bat eskatzen duenean sortzen da. Zirkuitu Birtual Iraunkorrak berriz, bezeroa eta zerbitzua ematen duen enpresaren arteko akordio baten bitartez sortzen da. Horrela, beti ezarrita dago, erabiltzeko prest eta ez da askatu beharrik.

X.25 estandarrak Sarbide Sarea bakarrik zehazten bazuen ere, sortu zen garaian erabiltzen zen teknologia fisiko analogikoak eta terminaletako inteligentzia gaitasun urriak, sare barruko protokoloak baldintzatzen zituen. Izan ere, komunikazio ziurra eta abiadura egokia lortzeko, sareko konmutadoreetan ere konexiodun protokolo fidagarriak erabili behar izatea suposatzen zuen, bai lotura mailan (LAPB), baita sare mailan ere (X.25 PLP).

X.25 estandarra erabiltzen hasi zirenean, erabiltzaile makina gehienek ez zuten protokolo osoa garatzeko bezainbat ahalmenik. Horrela, *X Hirukoitza* izenez ezagutu zen arau multzo bat atera zen, terminal “ez inteligenteek” X.25 sareekin lan egin ahal izateko.

X Hirukoitza arau multzoak, elementu berri baten erabilpena zekarren, PAD izenekoa. PAD hori, terminal ez-inteligentea eta X.25 sarearen artean jartzen zen, horrela, terminal ez-inteligente eta PAD-ak, biek batera, terminal inteligente bat eratzen zutelarik. PAD-aren funtzionamendua, X.3 arauan zehazten da. PAD eta terminalaren arteko komunikaziorako, X.28 protokoloa definitu zen eta PAD eta destinoko terminal inteligentearen arteko protokoloa berriz, X.29 zen. X.3, X.28 eta X.29 dira X Hirukoitza osatzen dutenak.

6.3.- FRAME RELAY

Paketeen Konmutazioak X.25-aren erabilera suposatu du tradizioz. Nahiz eta X.25 arauak erabiltzaile eta sarearen arteko interfazea bakarrik zehaztu, sarearen barneko diseinuan ere eragina du.

Zirkuitu Birtualen ezarpen eta askapenerako paketeak, komunikazioko datu paketeak doazen zirkuitu berdinetik garraiatzen dira. Bitetako errore kontrola, 2. mailan egiten da (LAPB). Lotura Mailako protokoloak, komunikazioaren nodo pare bakoitzaren artean, bidaltzen den trama bakoitzeko baieztapena eskatzen du. Gainera, komunikazioan muturreko nodoak ez diren beste nodo guztietan, bertatik pasatzen diren zirkuitu birtualen egoeraren taulak mantendu behar dira, fluxu eta errore kontrol eta gestiorako. Guzti horregatik, X.25 arau garestia dela esaten da.

Guztiaren kostea onartu daiteke, sarean errore probabilitatea altua denean, baina gaur egungo teknologia digitalentzat ez da egokia, eta gainera, erabili daitezkeen abiadura altuak ez aprobetxatzea dakar. Horregatik, *Fast Switching* teknologiak sortu ziren, horien artean Frame Relay eta ATM zeudelarik.

Frame Relay-k darabilen teknologia, X.25-ek bezala, Zirkuitu Birtualen Bidezko Paketeen Konmutazioa da. Frame Relay-ren estandarizazioa, ISDN-rako Sarbide izateko egin zen, baina gaur egun, abiadura altuko zerbitzuetan X.25 ordezkatzeko erabiltzen da gehienbat; X.25-ek suposatzen duen kostearen zati handi bat kentzen du Frame Relay-k. X.25 eta Frame Relay arteko ezberdintasunik handienak, ondokoak dira:

- Frame Relay-n, zirkuitu birtual baten ezarpen eta askapen paketeak, zirkuitu birtual hori bera ez den beste zirkuitu berezi batetik transmititzen dira, guztientzat berdina dena.

- Erabiltzaile datuak garraiatzen dituzten paketeen fluxu eta errore kontrola, komunikazioaren muturretik muturrera egiten da. Horregatik, Goreneko Mailetako protokoloen esku uzten da, estandarrean protokolo horiek zehazten ez direlarik.

- Zirkuitu birtualak 2. mailako elementuak dira, hau da, Lotura Mailako entitateek gestionatzen dituzte. Horrela, sareko nodoek zirkuitu birtual batetik iritsitako datuak konmutatu behar dituztenean, konmutazio hori Lotura Mailan gertatzen da. Hau da, konmutazioa trametan egiten da, eta ez paketeetan, X.25 sareetan bezala. Sareko nodoetan jasan beharreko prozesamendua beraz, X.25en baino txikiagoa da.

Frame Relay-k beraz, Lotura Mailan kontrol gutxiago egiten du, baina hori ez da arazo handiegia, transmisio lineen gaur egungo fidagarritasuna handiagoa eta konmutazioa ere errazagoa delako.

Gaur egun, Frame-Relay inguruan egindako estandarrak, Zirkuitu Birtual Iraunkorrentzat pentsatuak daude.

Frame Relay-ren abantailarik nagusiena, komunikazio prozesuaren potentzia da, Lotura Mailako protokoloan benetan beharrezkoak ez diren prozedurak kendu direlako. Horrela, atzerapenak txikiagoak dira eta errendimendua handiagoa.

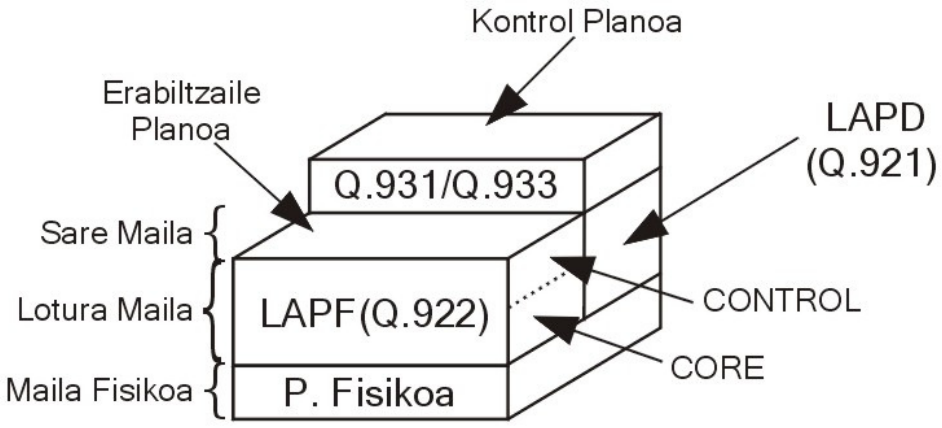
Abiadura handiko medio batekin, Frame-Relay erabiliaz probetxua atera dezaketen aplikazioak, ondokoak dira:

- Blokezko datu interaktibo aplikazioak: bereizmen handiko grafikoekin lan egiten duten aplikazioak dira, adibidez. Aplikazio hauek, atzerapen baxuak eta errendimendu altua eskatzen dute.

- Fitxategi transferentzia: aplikazio hauek eskatzen duten atzerapen baxua, ez da aurreko aplikazioek eskatzen dutena bezain txikia. Beharrezko errendimendua, nahiko handia izaten da.

6.3.1.- Protokoloen arkitektura

Frame-Relay-ren Protokolo Arkitektura, ondoko irudian ikusten da:



1. Irudia: Frame-Relay Protokolo Arkitektura

Protokoloen Arkitekturan ikusten denez, bi plano bereizten dira, bai Sareko Nodoetan, baita Erabiltzaileen Terminaletan ere. Nodo ezberdinetako Kontrol Planoetako Entitateak, Bikote Entitateak dira, eta berdina gertatzen da Erabiltzaile Planoko entitateekin, hau da, Kontrol Planoko entitateak elkarren artean komunikatuko dira, eta ez Erabiltzaile Planoko entitateekin.

Protokolo arkitektura hori, komunikazioan parte hartzen duten edozein makinetan eman behar da, Terminal zein Sareko Nodoetan. Terminalen kasuan, Aplikazio Mailara arte falta diren protokoloak, estandarrak ez ditu zehazten, erabiltzaileak nahi dituenak aukeratu ditzakeelarik

Kontrol Planoa

Zirkuitu Birtualen Ezarpen eta Askapen faseetan, eta gestio eragiketetan hartzen dute parte komunikazioan plano honetako entitateek.

Kontrol planoko entitateek bidaltzen dituzten paketeak, datuen garraioa ematen den kanal logikoetatik bereizita bidaltzen dira, beste kanal logiko batean.

Maila Fisikoan, Frame Relay soilarentzat ez da protokolorik zehazten.

Lotura mailan, LAPD erabiltzen da. Protokolo horrekin, Lotura Mailako datuen konexioen ezarpen eta askapena, modu fidagarrian egiten da, fluxu eta errore kontrolarekin.

Sare Mailan berriz, beharrezkoa da LAPD gainetik Q.931 edo Q.933 protokoloak egotea.

Erabiltzaile Planoa

Plano honetako entitateak, Gaineko mailetatik iritsitako SDU-ak bidaltzeaz arduratzen dira, hau da, Datuen Transferentzia fasean, datuak bidaltzeaz arduratzen dira.

Maila Fisikoan, Frame Relay soilarentzat ez da protokolorik zehazten.

Lotura Mailan, LAPF protokoloa erabiltzen da. Protokolo horrek bi bertsio ditu, oinarrizkoa (*CORE*) eta kontrolekoa (*Control*). Oinarrizko LAPF-ren funtzio nagusiak, ondokoak dira:

- Tramen mugatzea.
- Tramen azterketa, luzera egokia dutela baieztatzeko (ez txikiegia, ezta handiegia ere).
- Tramak zirkuitu birtualean konmutatzea.
- Transmisio erroreen detekzioa (EZ zuzenketa edo kontrola; erroreak dituen trama deuseztatu egiten da, birtransmisioa eskatu gabe).
- Kongestio kontrola.

Azken funtzioa ezik, beste guztiak LAPD protokoloak ere egiten ditu Kontrol Planoan (Kontrol Planoko fluxu eta errore kontrolarekin batera).

Sare mailari dagokionez, erabiltzaile plano honetan ez da agertzen. Izan ere, zirkuitu birtualak Lotura Mailako entitateek lantzen dituztenez tramak konmutatuta, Sare Mailako entitaterik ez da behar.

Erabiltzaileen Terminaletan, konexiodun zerbitzu fidagarria lortu nahi bada, beharrezkoa izango da Erabiltzaile Planoko gaineko beste mailetan fluxu eta errore kontrola modu egokian egiten dituzten protokoloak erabiltzea. Terminaletako Lotura Mailan bertan, Kontroleko LAPF erabili daiteke horretarako, datuen muturretik muturrerainoko (terminaletik terminalerainoko) kontrola egiten duelako.

6.3.2.- Datu Tramaren Formatua

Frame-Relay-ko datu tramaren formatua, Oinarrizko LAPF protokoloak definitzen du, Erabiltzailearen Planoan. Trama horien formatua, ondoko irudian ikusten da:

2. Irudia: LAPF tramen formatua

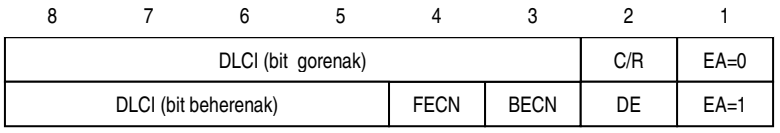
Ikusten denez, Oinarrizko LAPF formatua HDLC-n oinarriturik dago. Ezberdintasun nabariena, C eremurik ez duela da (azken batean, HDLC-ko eremu horren zeregina, kontrol informazioa garraiatzea zen, Frame Relay-n Kontrol Planoan edo Kontroleko LAPF-n egingo dena).

FLAG

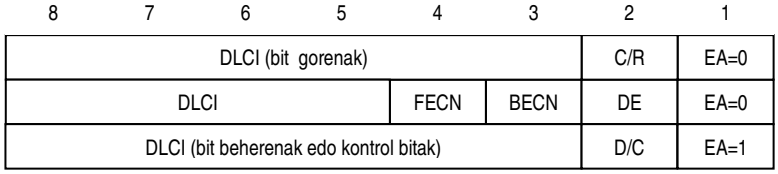
Tramaren mugak adierazteko erabiltzen da. LAPB eta LAPD protokoloetan erabiltzen diren berdinak dira.

ADDRESS

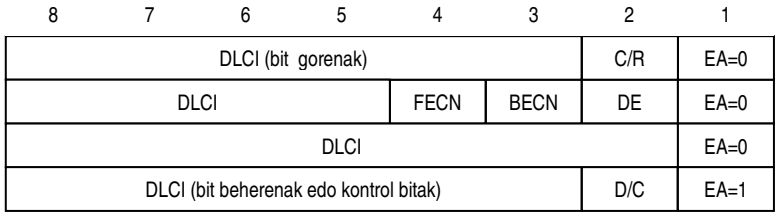
Helbidea adierazten den eremua da. 2, 3 edo 4 byte-tako luzera izan dezake, eta horrela, hiru formatu ezberdin daude:



(a) 2 byte-etako Address eremua (arruntena)



(b) 3 byte-etako Address eremua



(c) 4 byte-etako Address eremua

3. Irudia: ADDRESS eremuaren formatuak

Aurreko 3. Irudia: ADDRESS eremuaren formatuak irudian ikusten denez, ADDRESS eremuaren luzera, EA bitaren balioaren araberakoa da (*End Address*). Bit horrek 0 balioa duenean, ADDRESS eremuak beste byte bat du gutxienez bit horren atzetik. 1 balioa duenean berriz, ADDRESS eremuaren amaiera adierazten du.

C/R (*Command/Response,* Agindua/Erantzuna) bita, ez da benetan Frame-Relay-n erabiltzen.

FECN eta BECN bitak, sarean (hau da, zirkuitu birtualeko Terminalak ez diren beste nodoren batean) kongestioa gertatu dela adierazteko erabiltzen dira.

DE bitak, bi lehentasunezko sistema bat ahalbidetzen du. Kongestioa gertatzean, DE bitean 1 balioa duten tramak ezabatzen dira lehenik (lehentasun gutxiago dutela kontsideratzen delako).

D/C bitak, azken byteko DLCI bitak, kontrol bitak bezala edo pisu gutxieneko DLCI bitak bezala ulertu behar diren adierazten du.

DLCI bitek, Zirkuitu Birtualari dagokion kanalaren identifikatzailea adierazten dute. X.25 protokoloan erabiltzen zen LGN-LCN eremuen baliokidea dira, baina kasu honetan Lotura Mailan. Identifikatzaile horrek, esanahi lokala bakarrik du; Zirkuitu Birtualaren mutur bakoitzaren arteko lotura fisiko bakoitzean, DCLI bat egongo da Zirkuitu Birtualari egokituta. Lotura fisiko bakoitzeko muturrek

erabakitzen dute zein DLCI erabili Zirkuitu Birtual bakoitzerako, libre dauzkatenen artean (X.25 PLP-n bezala).

Zirkuitu Birtuala eratzen duten kanal logikoak beraz, Lotura Mailako trametan adierazten dira, LAPF protokoloko DLCI eremuan. Horregatik esaten da, Frame Relay-n konmutazioa Lotura Mailan ematen dela (X.25-en Sare Mailan ematen da, X.25 PLP-ko LGN-LCN eremuekin).

INFO

Erabiltzaile Planoko Sare Mailatik iritsitako SDU-a garraiatzeko eremua

FCS

Tramako biten erroreen detekziorako eremua.

6.3.3.- Prozedurak

6.3.3.1.- Konexioaren Ezarpen eta Askapena

Frame-Relay-k konexiodun zerbitzua ematen duenez, komunikazioa hasi baino lehen, konexioa ezarri behar da. Zirkuitu Birtual Iraunkorren kasuan, zirkuitua beti ezarrita dagoenez, zuzenean datuen transferentzia egin daiteke.

Lotura Fisiko batean, zirkuitu birtual ezberdinak egon daitezke. Zirkuitu Birtual bakoitzak, Datu Lotura Kanal Identifikatzaile bat du (DLCI), muturretik muturrerainoko Lotura Fisiko bakoitzean (kanal zenbakia).

Frame Relay zerbitzuak ematen dituzten Operadoreek, Zirkuitu Birtual Iraunkorrak eskaintzen dituzte batez ere. Edonola, arauak Zirkuitu Birtual Konmutatuekin lan egiteko prozedurak zehazten ditu.

Horrela, Zirkuitu Birtual Konmutatuaren ezarpen eta askapena, pakete berezi batzuk kanal logiko berezi batetik elkartrukatuz egiten da. Kanal logiko hori, DLCI=0 duena da, lotura guztietan, eta beste kanaletako zirkuitu birtualen kontrolerako erabiltzen da. DLCI eremuan 0 balioa adierazten duen trama batek beraz, INFO eremuan zirkuitu birtual baten kontrolerako paketea garraiatzen du. Zirkuitu Birtualen kontrola, Kontrol Planoan egiten da, Lotura Mailan LAPD protokoloa eta Sare Mailan Q.931 protokoloa erabiliaz.

Konexioaren ezarpenerako erabiltzen diren paketeen sekuentzia, X.25 PLP-n ematen zenaren antzekoa da. Komunikazioaren bi muturretako edozeinek hasi

dezake konexioaren ezarpena, Sare Mailan SETUP pakete bat bidaliaz; pakete hori, DLCI=0 duen trama batean bidaltzen da LAPD protokoloarekin, eta Destinorainoko lotura fisiko bakoitzean, zirkuiturako hautatzen den DLCI zenbakia adierazi daiteke ere trama horretan. Beste muturrak, Sare Mailan CONNECT pakete batekin erantzun dezake, zirkuitua ezarria geratzen delarik. SETUP paketea garraiatzeko traman, lotura fisiko bateko kanalaren DLCIrik zehaztu ez bada, CONNECT paketearen traman zehaztu beharko da dagokion loturan. Konexioa onartu nahi ez bada, RELEASE COMPLETE paketearekin erantzungo da SETUP paketea, zirkuitua ezarri gabe geratzen delarik.

Zirkuitu Birtualaren askapena ere, bi muturretako edozeinek hasi dezake, Sare Mailatik RELEASE pakete bat bidaliaz. Beste muturrak, RELEASE COMPLETE pakete batekin erantzutean, zirkuitua askaturik geratzen da.

6.3.3.2.- Datuen Transferentzia

Datuen transferentzia, Erabiltzailearen Planoko entitateen artean gertatzen da. Datuen Transferentzian, X.25-n bezala, Sare Mailatik iritsitako SDU-a bidaltzen da. Lotura mailan, Oinarrizko LAPF protokoloa erabiltzen zehazten du estandarrak (Terminaletan Kontroleko LAPF-rekin osatu daitekeelarik).

6.3.2.- Datu Tramaren Formatua puntuan azaltzen denez, Oinarrizko LAPF tramen formatua HDLC-n oinarriturik dago. Ezberdintasun nagusia, CONTROL eremurik ez dagoela da. Horrek, hainbat ondorio ditu:

- Trama mota bakarra dago, erabiltzailearen datuak garraiatzen dituena.
- Ezin daiteke zirkuitu birtualaren seinaleztapenik egin. Zirkuitu birtualean, erabiltzaile datuak bakarrik garraia ditzake, ez bere gestiorako datuak.
- Ezin da fluxu ezta errore kontrolik egin, horretarako eremurik ez dagoelako.

Kontroleko LAPF-n badago C eremua, fluxu eta errore kontroleko informazioa garraiatzeko balio duena. Terminaletan berau erabiltzen bada, Oinarrizkoarekiko ezberdintasun bakarra eremu hori da. C eremu hori ulertzeko gai den bakarra, beste Terminaleko entitate bikotea denez, Lotura Mailako protokolo batekin muturretik muturrerainoko fidagarritasuna lortzen da; bideko nodoek, eremu hori Erabiltzaile Datuen parte bezala kontsideratzen dute.

Kongestio Kontrola

Datuen Transferentzia Fasean, Kongestio Kontrolerako prozedurak erabiltzen dira, une jakin bakoitzean beharrezkoa dena.

Sarearen lan karga handitzen doan heinean, sareko nodoetako ilaretako itxarote denbora handituz doa. Horrela, muturretik muturrerainoko atzerapena ere handitzen da, eta errendimendua gutxitu.

Kongestio Kontrolerako teknikekin, nodoetako itxarote ilaren tamaina mugatzea bilatzen da, errendimendua gutxitu ez dadin.

Kongestioaren Kontrola, Frame Relay erabiltzaile eta sarearen erantzukizuna da. Sarea, kongestioaren monitorizaziorako (jarraipenerako) egokia da; muturretako erabiltzaileak berriz, kongestioaren kontrolerako punturik egokienak dira, trafikoaren fluxua murriztu baitezakete.

Ekidite estrategia darabilten prozedurek, kongestioa ez gertatzea bilatzen dute. Kongestioa sortuko luketen trafiko igoerak detektatzen direnean aplikatzen dira, kongestio gogorrera iristea ekiditeko.

Ezeztapen estrategia, kongestioaren aurreko erantzunik sinpleena da. Jada kongestioa gertatu denean, kongestionatutako nodoek, egoera horretatik berreskuratzeko, tramak ezeztatzen dituzte.

Berreskuratze estrategia, kongestioaren ondorioz sarea tramak galtzen hasten denean erabiltzen da. Tramen galera, goiko mailako protokoloek detektatuko dute (oinarrizko LAPF-k ez du fluxu kontrolik egiten, beraz, ezin du tramarik falta den jakin).

Ondoko taulan, ITU-T eta ANSI-k definitutako Kongestio Kontrol teknikak agertzen dira.

Teknika	Mota	Funtzioa	Elementu garrantzitsuak
Kongestio Jakinaraztea, atzerantz	Ekidite estrategia	Erabiltzailearen TE-ari, sareko kongestioari aurre egiteko laguntza ematen zaio.	BECN bita
Kongestio Jakinaraztea, aurrerantz	Ekidite estrategia	Erabiltzailearen TE-ari, sareko kongestioari aurre egiteko laguntza ematen zaio.	FECN bita
Ezeztapen Kontrola	Ezeztapen estrategia	Sareari, zein trama deuseztatu daitezkeen esaten zaio.	DE bita
Kongestio Jakinarazte Inplizitua	Berreskuratze estrategia	Erabiltzailearen TE-ak, kongestioa ematen ari dela jakiten du, trama galdu asko daudelako.	Goiko mailatako PDU-en sekuentzia zenbakiak

Kongestioaren Ekidite Estrategiak

Sareak, kongestioa ekiditeko, Erabiltzaileen Terminalei trafikoa gero eta handiagoa dela adierazten die. Horrela, Erabiltzailearen Terminalek sarean sartzen duten karga gutxitzeko beharrezko neurriak hartzen dituzte.

Frame-Relay-k, Ekidite Estrategia seinaleztapen esplizituarekin egiten duela esaten da. Horrela, tramen ADDRESS eremuko bi bit erabiltzen dira. Bit horiek, kongestioa nabaritzen duen edozein sareko nodok aktibatu ditzake. Nodoren batek, bit horiek aktibatuak dituen tramaren bat jasotzean, ezin ditu desaktibatu berriro trama konmutatzean. Bi bit horiek ondokoak dira:

- **BECN** (*Backwards Explicit Congestion Notification*, Kongestio Jakinarazte Esplizitua, Atzeraka): Erabiltzaileak BECN bita aktibaturik duen trama bat jasotzean, trama horren aurkako zentzuan bidali beharreko trafikoa jaitsi behar duela ulertzen du.

- **FECN** (*Forwards Explicit Congestion Notification*, Kongestio jakinarazte Esplizitua, Aurreraka): Erabiltzaile batek FECN bita aktibaturik duen trama bat jasotzean, trama horren zentzu berdineko trafikoa jaitsi behar dela daki. Beste muturreko terminala izango da trafikoa gutxitu beharko duena, eta horregatik, prozedurak konplexuagoak dira. FECN bita jaso duen makinak, beste muturrekoari nolabait adierazi beharko dio, zentzu horretako trafikoa jaitsi behar duela, eta LAPF-ren oinarrizko funtzioek ez dute horrelakorik egiteko balio. Gaineko Mailak arduratu beharko dira Iturriko Erabiltzaileari kongestioaren gertaeraz ohartarazteaz.

Nodo bakoitzak bere ilaren tamaina begiratu behar du. Tamaina hori handiegia egiten bada, konmutatu beharreko tramen BECN, FECN edo bi bitak aktibatu beharko dira, Erabiltzaileen Terminalei trafikoa jaisteko esateko. Nodo bakoitzak askatasuna du kongestioari buruz zein Zirkuitu Birtual ohartaraziko duen erabakitzeko. Kongestioa gertatzear dagoenean, nodotik konmutatzen diren Zirkuitu Birtual guztiei ohartarazten zaie.

Ezeztapen Estrategia

Batzuetan, trafiko igoera arriskutsuak detektatu eta Ekidite Estrategiak aplikatuta ere, kongestioa gertatzen da. Horrela, kongestionatuta suertatu diren nodoek, egoera horretatik irteteko, tramak deuseztatzen hasiko da, tramen Iturria zein den kontutan izan gabe; irizpidea, beste bat izango da.

Baliabideen probetxu hobea ateratzeko, Frame-Relay zerbitzua kontratatzean CIR (Kontratatutako Informazio Tasa) kontzeptua erabiltzen da. CIR hori, abiadura bat

da, bps unitateetan neurtua. Operadore eta Erabiltzailearen arteko akordioaz, konexio bakoitzak bere CIR izango du. Akordio hori, kontratazio unean gertatuko da, Zirkuitu Birtual Iraunkorren kasuan eta Konexioaren Ezarpenean berriz, Zirkuitu Birtual Konmutatuen kasuan.

Tramaren bat, dagokion CIR abiadura baino azkarrago transmititzen bada, kongestioa gertatutako balitz, ezeztatua izateko arriskuan legoke. Hala ere, CIR baino abiadura baxuagoko tramak ezeztatuko ez direnik ez da bermatzen. Kongestioa gertatzean, Ezeztapen Estrategia aplikatuz, kongestionatutako nodoek tramak ezeztatuko dituzte. Lehenik ezeztatuko diren tramak, dagokien CIR-a baino abiadura altuagoa dutenak izango dira.

CIR abiadura gainditu duten tramak bereizteko, DE bita erabiltzen da. Sareko nodo batera trama bat iristean, tramaren abiadura dagokion CIR-a baino baxuagoa bada, nodoak ez du tramaren DE bita aktibatzen. Abiadura CIR-a baino altuagoa den kasuetan, nodoak tramaren DE bita aktibatzen du, dagokion irteera portutik konmutatu baino lehen. Era berean, nodo batera DE bita aktibatua duen trama bat iristean, nodoak ez du desaktibatuko.

Berreskuratze Estrategia

Jada kongestioa gainditu denean jarraitu beharreko estrategia da, deuseztatu diren tramak berreskuratzeko.

Berreskuratze estrategia, seinaleztapen inplizituaz ematen da. Seinaleztapen inplizitua, sareak trama bat deuseztatu eta gertaera hori destinoko erabiltzailearen goiko mailetan detektatzen denean gertatzen da.

LAPF protokoloaren kontrolezko funtzioak, muturretik muturrerainokoak dira (PDU-ak Iturritik Destinorainoko bidean ez dira aldatzen), eta Oinarrizko LAPF protokoloaren gainean erabiltzen dira. Funtzio horiek, errore kontrola eta leiho bidezko fluxu kontrola egiten dute, berreskuratze estrategia aplikatzeko erabili daitezkeelarik.

6.3.4.- LMI

Frame-Relay-ren garapenik handiena, 1990 urtean eman zen, Cisco Systems, Stratacom, Northern Telecom eta Digital Equipment Corporation enpresek Frame-Relay teknologiaren garapenerako kontsortzio bat eratu zutenean. Kontsortzio horrek, zehazpen berezi bat garatu zuen, ANSI eta ITU-T-k garatutako oinarrizko Frame-Relay protokoloarekin bat zetorrena, baina sare konplexuetan gaitasun berriak ematen dituzten ezaugarriak gehitzen zituena. Gehipen horiek LMI (*Local*

Management Interface) bezala ezagutzen dira. Komunikazioaren egoeraren kontrolerako definituak izan ziren.

LMI mota ezberdinak daude. Batzuk, arruntak direla esaten da, eta besteak berriz, aukerazkoak. Adibide gisa, bi LMI funtzio ikusiko ditugu:

- **Zirkuitu Birtualaren egoera mezuak**: LMI arrunta da. Zirkuitu Birtual Iraunkorrekin erabiltzen da. Sarea eta erabiltzailearen arteko komunikazio eta sinkronizazioa ahalbidetzen du, ZBI berrien existentzia edo desagerpenaren berri eta orokorrean, ZBI ezberdinen egoerari buruzko informazioa emanaz.
- **Multicasting**: Aukerazko LMI-a da. Iturri batetik, destino bat baino gehiagora trama bakarra bidaltzea ahalbidetzen da.

6.4.- ISDN

6.4.1.- ISDN kontzeptua

6.4.1.1.- ISDN-ren Historia

ISDN agertu baino lehen, WAN sareak telekomunikazio zerbitzu konkretuentzat eraikiak zeuden (Telefonia Sarea, Telebista Banatze Sarea, Paketeen Konmutazio Sareak,...). ISDN, Mundu Mailako Telekomunikazio Sare Publiko bat izateko sortu zen, gaur egun herrialde ezberdinetan dauden WAN sare ezberdinak ordezkatuz, erabiltzaile interfaze gutxi batzuekin telekomunikazio zerbitzu ezberdin asko emango dituelarik.

Horretarako, gai honen hasierako **6.1.1.- WAN sareen jabetza** puntuan esan bezala, Telefonia Sarea herrialde guztietan zabalduena denez, berau hartu zen oinarritzat.

ISDN-rekin eskaini nahi diren zerbitzuek behar duten Banda Zabalera, malgutasuna eta kalitatea emateko, Telefonia Sarean hainbat aldaketa egitea beharrezkoa da. Izan ere, hasiera batean Telefonia Sarea Zirkuituen Konmutazioan oinarritutako sare analogiko bat zen, ahotsa garraiatzeko egokia, baina ez ISDN-k eskaini beharreko zerbitzuentzat. Horrela, lehen pausua teknologia analogikotik digitalera pasatzea izan zen, transmisio sistemak, konmutazio makinak eta seinaleztapenak digitalizatuz. ISDN beraz, guztiz digitala da.

Zirkuituen Konmutaziozko Telefonia Sare Digitala lortuta, hurrengo pausua ahotsa garraiatzeaz gain, beste motako zerbitzuak ematea da, ISDN-ra iritsiaz.

6.4.1.2.- ISDN-ren printzipioak

ISDN-rako normalizazioak, ITU-T-k definitu zituen, 1984an, gomendio multzo baten bidez. Gomendio multzo hori, “I serie” bezala ezagutzen da. I.120 gomendioan, ISDN-ren printzipioak zehazten dira:

- ISDN-ren ezaugarri nagusia, ahots eta ahotsik gabeko aplikazioak sare berdinean onartzea da, normalizatutako prestazio mugatuekin. ISDN-k zerbitzu asko eskaintzen ditu ahots komunikazioekin erlazionatuak (zerbitzu telefonikoak) eta ez erlazionatuak (datu digitalen elkartrukea). Zerbitzuen erabiltzaileek, normalizatutako interfaze kopuru mugatu baten bidez erabili ahalko dituzte zerbitzuak.

- ISDN-k, Zirkuitu Konmutazio teknologia (Konexio Dedikatuetan), zein Paketeen Konmutazioa teknologia eskaintzen ditu.

- ISDN-k Pakete zein Zirkuitu Konmutazioan, 64 Kbps-ko abiadurak eskaintzen ditu. Abiadura hori aukeratzearen arrazoia, sortu berri zegoen ahots digitalizatuaren abiaduraren estandarrak adierazitako abiadura zela da. Etorkizunean, aukera gehiago egotea onartu zen.

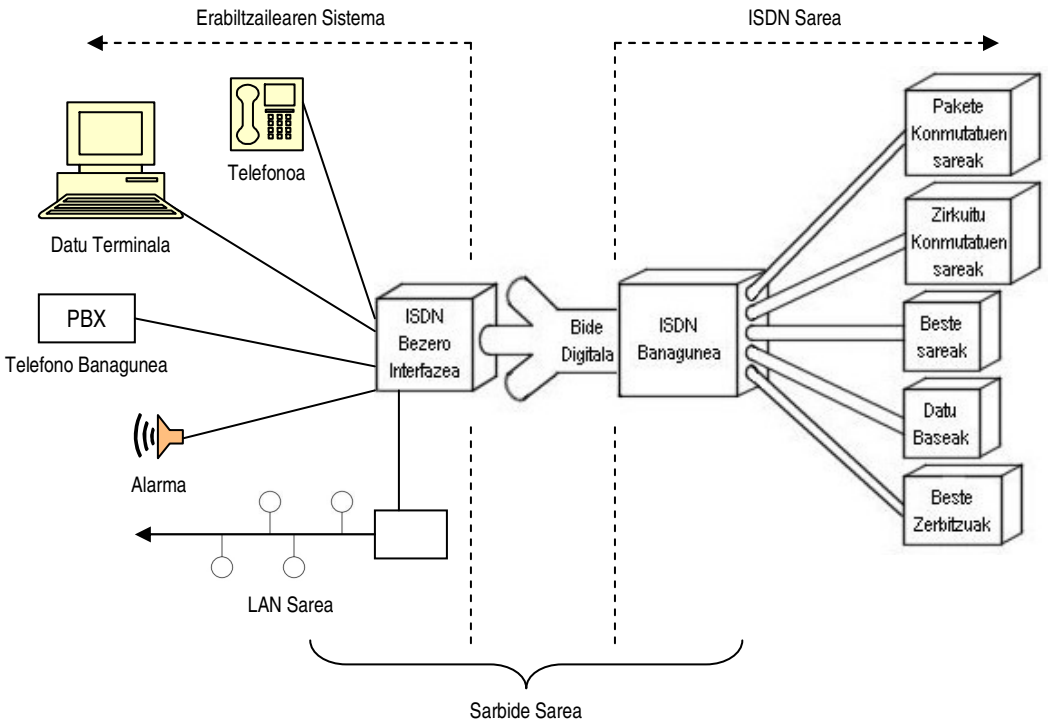
- ISDN batek, erabiltzailearekiko zerbitzuak, zerbitzu horien gestioa eta bere mantenu propioaren funtzioak gauzatzeko adina inteligentzia izango du. Inteligentzia hori zerbitzu berrientzat nahikoa ez bada, inteligentzia gehigarri bat beharrezkoa izatea onartzen da.

- ISDN-ren Protokolo arkitektura, OSI eredua betetzen duten mailez osatzen da. Horrek, hainbat abantaila ditu:
  - ISDN-n, OSI-rentzat jada garatutako normalizazioak erabili daitezke.
  - ISDN-rako normalizazio berriak ere, jada existitzen direnetan oinarritu daitezke, inplementazio berrien kostea gutxituz.

- ISDN-ren konfigurazio fisiko bat baino gehiago onartzen dira. Horrela, estatu ezberdinen politikak, teknologiaren egoera eta beharrizanak kontutan hartzen dira.

6.4.1.3.- Erabiltzailearen interfazea

Ondoko irudian, ISDN-ren ikuspegi kontzeptuala agertzen da, bezero edo erabiltzailearen aldetik:



4. Irudia: ISDN-ren ikuspuntu kontzeptuala

Ikusten denez, erabiltzailean ISDN Bezero Interfaze bat dago. Bezero Interfaze hori, hainbat “bide digitalen” bidez, ISDN banagune batetara konektaturik dago. Bide digital horiek, tamaina ezberdinekoak izango dira, bezeroen beharren arabera. Bide digital horietan, ISDN-k eskaintzen dituen zerbitzu ezberdinen seinaleen nahasketa emango da, kontrol seinale konplexu eta denbora multiplexazioari esker.

6.4.1.4.- Helburuak

ISDN sare mundiala lortzeko, estatu ezberdinetako gobernuak, komunikazio eta datu prozesamendu enpresak, normalizazio erakundeak eta beste hainbat erakunde aritu ziren lanean.

Bilatutako helburu nagusienak ondokoak dira:

- **Normalizazioa**: ISDN-rako normalizazio multzo bakarra lortzea garrantzitsua da, mundu osoan sarbidea eta ekipo merkeen garapena lortzeko.
- **Gardentasuna**: Garatzen diren Aplikazio edo Goi Mailako Protokolo berriek, ez dute sarearen barne egitura kontutan hartu beharko.
- **Egokitzea**: ISDN-rako bilakaera, graduala izan behar da, eta denbora batez, ISDN-ra eraldatzen ari den sareak, lehendik dauden ekipo eta sistemekin batera egin beharko du lan.
- **Tarifikazioa**: Erabilpenarekin erlazionatuta egongo da, eta ez denbora edo datu motarekin.

6.4.2.- Sarbide Sarearen Egitura

6.4.2.1.- ISDN kanalak

Erabiltzaile eta ISDN banagunearen arteko bide digitalek komunikazio kanal ezberdinak garraiatzen dituzte. Erabiltzaile mota batetik bestera, bide digitalaren edukiera edo komunikazio kanalen kopurua aldakorra da.

Hiru komunikazio kanal mota daude:

- **B kanala**: 64 kbps
- **D kanala**: 16 edo 64 kbps
- **H kanalak**: 384 (H0), 1536 (H11) eta 1920 (H12) kbps

B kanala, erabiltzailearen oinarrizko kanala da. Datu digitalak, ahots digitalizatua edo abiadura baxuan nahasitako trafikoa garraia dezake. Trafiko nahastuaren kasuan, guztia destino berdinerakoa izan behar da. B kanal batean, 4 konexio mota ezarri daitezke:

- **Zirkuitu Konmutatua**: Erabiltzaileak dei bat egin eta zirkuitu konmutatu moduko konexio bat ezartzen du sareko beste erabiltzaile batekin. Ezarpenerako seinaleztapena ez da B kanalean egiten, D kanalean baizik.

- **Pakete Konmutatuak**: Erabiltzailea pakete konmutazio nodo batera konektatzen da, eta beste erabiltzaileekin datu trukea X.25 bidez egiten da.

- **Trama modua**: Erabiltzailea, Frame-Relay nodo batera konektatzen da eta datuak LAPF bidez trukatzen dira beste erabiltzaileekin.

- **Erdi-iraunkorra**: Beste erabiltzaile batekin aurretik ezarritako konexio bat da. Erabiltzailearen ikuspuntutik, Konexio Dedikatu baten antzekoa da. Ezberdintasuna sorreran dago; Konexio Dedikatuak konmutadoreetako taulak konfiguratuz eratzen ditu Operadoreak, protokoloaren berezko seinaleztapenik erabili gabe; Konexio Erdi-Iraunkorrak, protokoloaren seinaleztapena erabiliaz sortzen ditu Operadoreak.

D kanala bi helbururekin erabiltzen da:

- B kanaletako zirkuitu konmutatuen deien kontrolerako seinaleztapen informazioa garraiatzea.
- Pakete konmutaziorako erabili daiteke, seinaleztapenik garraiatu behar ez duen bitartean.

H kanalak, abiadura altuko informazioa garraiatzeko erabiltzen dira; B kanalak baino azkarragoak dira. Erabiltzaileak, bi modutara erabili ditzake H kanalak:

- Abiadura altuko kanal bezala.
- Denbora multiplexazioaz, kanala abiadura baxuagoko kanaletan zatitu, eta zerbitzu ezberdinetarako erabili.

6.4.2.2.- Transmisio egiturak

Aurreko 6.4.2.1.- ISDN kanalak puntuan azaldutako kanal ezberdinak, erabiltzaileei multzoka eskaintzen zaizkie, *Transmisio Egitura* modura.

Erabiltzailearen Sisteman, zerbitzu ezberdinetarako terminal guztiak, ISDN Bezero Interfaze batera konektatzen dira, eta ISDN Bezero Interfaze hori da ISDN sarera loturik dagoena. Transmisio Egiturak, ISDN Bezero interfazetik ateratzen dira, Erabiltzaileari ISDN-ko sareko zerbitzuak emateko.

Bi Transmisio Egitura nagusi eskaintzen dira gaur egun:

Oinarrizko Sarbidea

2 full duplex B kanal eta 16 kbps abiadurako D kanal batek osatzen dute multzo hau. 192 kbps abiadura ematen dute.

Oinarrizko Sarbideak, erabiltzaile indibidualei (etxeetan) eta bulego txikiei saltzen zaizkie. Ahots eta datu aplikazioen erabilpena ahalbidetzen du.

Sarbide Primarioa

Oinarrizko Sarbideak betetakoak baino beharrizan handiagoak dituzten erabiltzaileei zuzenduta dago (bulego ertain eta handiak). Estatu ezberdinetan transmisio digitaletan abiadura hierarkia ezberdinak erabiltzen direnez, ezin daiteke datu abiadura bakar batez hitz egin.

Bi egitura nagusi definitzen dira. Batak, 1,544 Mbps-koak, 23 B kanal ditu eta 64 kbps-ko D kanal bat; bestea berriz, 2,048 Mbps-koa da eta 30 B kanal ditu eta 64 kbps-ko D kanal bat.

H kanalekin ere egin daitezke Sarbide Primariorako egiturak.

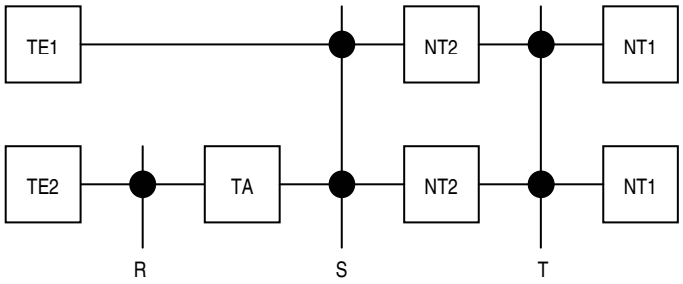
6.4.2.3.- Talde Funtzionalak eta Erreferentzia Puntuak

Erabiltzailearen funtzioak egituratu eta konfigurazio fisikoa deskribatzeko, I.411 Gomendioan Talde Funtzionalak eta Erreferentzia Puntuak definitzen dira.

Talde Funtzionalak, ISDN Sarbide Sarean beharrezkoak izan daitezkeen funtzio multzoak dira. Funtzio horiek ekipoaren zati bat edo gehiagok bete ditzakete, OSI maila ezberdinetan.

Erreferentzia Puntuek, Talde Funtzional ezberdinak bereizten dituzte.

Ondoko irudian, Talde Funtzionalak eta Erreferentzia Puntuak azaltzen dira:



6. Irudia: Talde Funtzional eta Erreferentzia Puntuak

Talde Funtzionalak

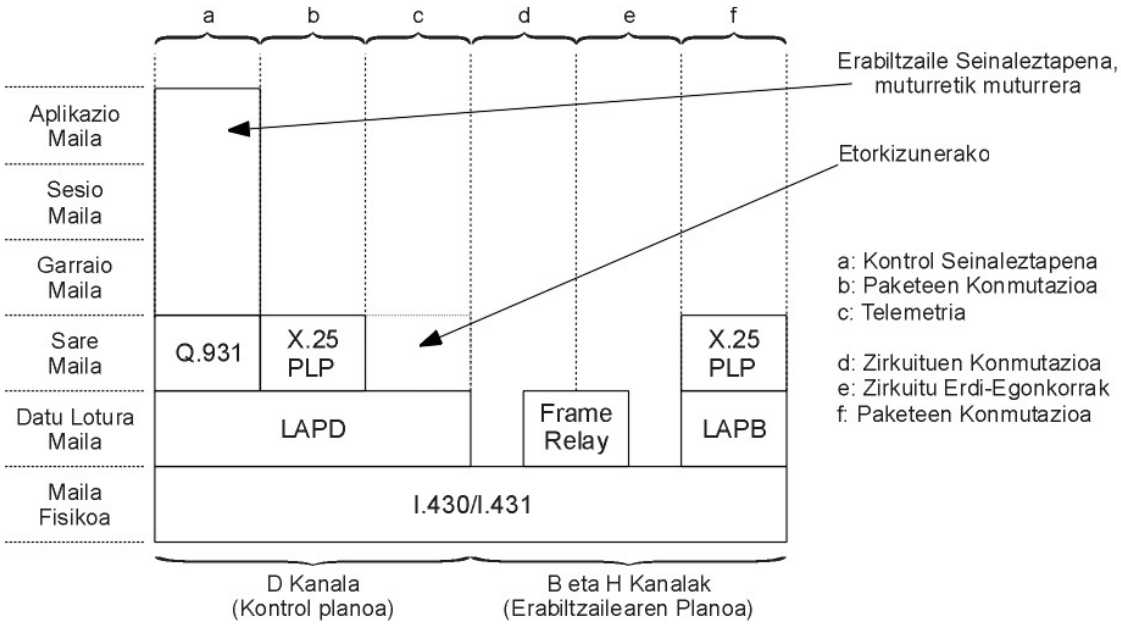
- **1 motako Sare Terminala (NT1)**: Sarearen amaiera elektriko eta fisikoaren (OSI-ren 1. maila) funtzioak biltzen dituen gailua da. NT1 ISDN Operadoreak kontrolatuta egon daiteke eta sare publiko eta pribatuaren arteko muga zehazten du.
- **2 motako Sare Terminala (NT2)**: OSI-ren 2 edo 3 mailetarainoko funtzioak biltzen dituen gailua da. NT2-ren inplementazio adibideak, LAN sareak ISDN-ra konektatzeko erabiltzen diren Konmutadore, PBX edo Router-ak dira.
- **1 motako Ekipo Terminala (TE1)**: ISDN-ra zuzenean konektatu daitezkeen terminalak dira, hau da, ISDN-ren interfaze estandarra betetzen duten terminalak. Adibide gisa, telefono digitalak eta ahots eta datuetarako terminal integratuak daude.
- **2 motako Ekipo Terminala (TE2)**: ISDN-rekin bateragarriak ez diren terminalak dira, adibidez, telefono analogikoak, PC ez bateragarriak,… Ekipo hauek terminal egokitzaileak behar dituzte ISDN-ra konektatzeko.
- **Terminal Egokitzaileak (TA)**: ISDN betetzen ez duten ekipoei ISDN-rekiko bateragarritasuna ematen die.

Erreferentzia Puntuak

- **R**: TE2 eta TA ekipoen arteko interfaze funtzionala da. Fabrikatzaile bakoitzak, bere R interfazea defini dezake, horregatik, berez ISDN estandar bat ez dela esaten da.
- **S**: TE1 eta NT2 ekipoen arteko komunikazioa definitzen du.
- **T**: NT2 eta NT1 ekipoen arteko interfazea definitzen du. Elektrikoki, S erreferentzia puntuaren berdina da.

6.4.3.- Protokolo Arkitektura

ISDN-n, kanal mota bakoitzerako Protokolo Arkitektura ezberdinak definitzen dira. Ondoko irudian azaltzen da hori:



6. Irudia: ISDN Protokolo Arkitektura

Ikusten denez, Maila Fisikoan kanal guztiek protokolo berdina jarraitzen dute. Oinarrizko Sarbideen kasuan, I.430 gomendioa jarraitzen da, eta Sarbide Primarioan berriz, I.431 gomendioa. Ezberdintasunak, Maila Fisikoaren gainetik daude.

D kanalek, Lotura Mailan LAPD protokoloa erabiltzen dute. D kanalentzat, 3 aplikazio kontsideratzen dira, Kontrol Seinaleztapena, Pakete Konmutazioa eta Telemetria. Hiru aplikazioen ezberdintasuna, Sare mailan hasten da. Kontrol Seinaleztapena, B kanaletatik konexioak ezarri, mantendu eta askatzeko erabiltzen da, Q.931 gomendioaz (Frame Relay-n bezala). Pakete Konmutazioa, X.25 erabiliaz egiten da; kasu honetan, Pakete Konmutaziorako zirkuitu birtualak D kanalarengan ezartzen dira. Etorkizunerako, Telemetria aplikazioak uzten dira.

B kanalekin, zirkuituen konmutazioa, zirkuitu erdi-iraunkorrak eta Paketeen Konmutazioa egin daiteke. Zirkuituen eta Paketeen Konmutazioan, konexio bat ezarri behar da datuak bidaltzen hasi baino lehen. Konexioaren ezarpen eta kontrola, D kanalean egingo da, LAPD bidez. Zirkuitu erdi-iraunkorretan berriz ez da konexiorik ezarri behar, kontratazio unean ezarria geratzen delako. Zirkuitu konmutazioa eta zirkuitu erdi-egonkorrentzat, Frame-Relay teknologia erabili daiteke.

Horrela, arkitektura horrekin, 4 komunikazio zerbitzu mota ematen dira ISDN-ren hasieran:

- Zirkuitu Konmutazioa B kanaletan.
- Konexio erdi-iraunkorrak B kanaletan.
- Paketeen Konmutazioa B kanaletan.
- Paketeen Konmutazioa D kanaletan

6.4.3.1.- Maila Fisikoa

Aurreko 6. Irudia: ISDN Protokolo Arkitektura irudian azaltzen denez, Maila Fisikoan erabilitako protokoloak, kontratatutako Transmisio Egituren araberakoak dira.

- **Oinarrizko Sarbidea**: I.430 gomendioa jarraitzen du.

- **Sarbide Primarioa**: I.431 gomendioa jarraitzen du.

6.4.3.2.- Lotura Maila

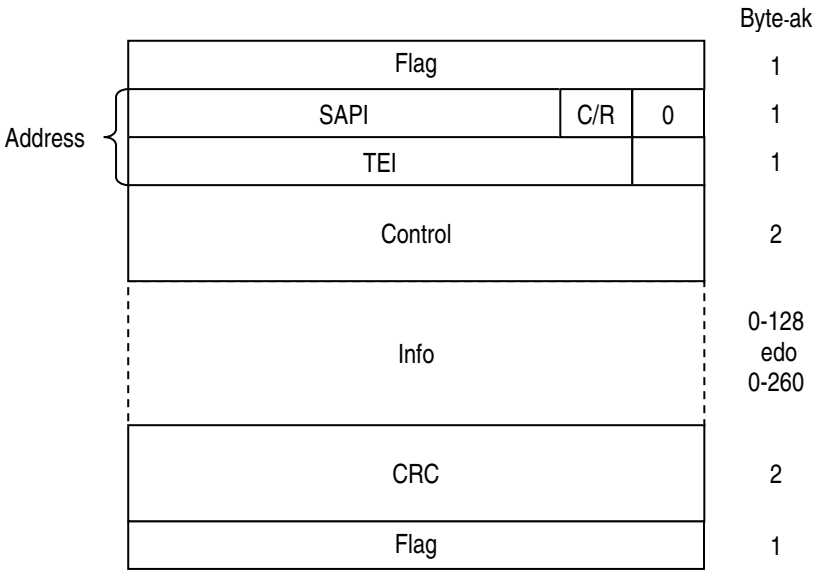
Lotura Mailan, kanal eta komunikazio motaren arabera, protokolo ezberdinak erabiltzen dira. Erabiltzen diren protokolo guztiak aurreko gaietan ikusi ditugu, LAPD izan ezik, ISDN-ren berezkoa delako.

LAPD, D kanalen Lotura Mailan erabiltzen den protokoloa da. LAPD protokoloak, informazio transferentzia bi modutara egin dezake, egiaztapenarekin (fidagarria) edo egiaztapenik gabe (fidagarritasunik ez).

Informazio transferentzia egiaztapenik gabe egiten denean, datuak beste muturrera iritsiko diren ez dago bermaturik, eta ez da fluxu edo errore kontrolik egiten. Trama ez zenbakituak erabiltzen dira. Erroreen detekzioa, txarto iristen diren tramak deuseztatzeko bakarrik erabiltzen da.

Egiaztapenarekin egiten bada berriz, LAPB-k eskaintzen duen zerbitzuaren antzekoa eskaintzen da. Errore eta fluxu kontrola egiten da, sekuentzia zenbakiekin. Beti ere, errore eta fluxu kontrol hori LAPD trametan egingo da, hau da, Kontrol Planoko trametan bakarrik.

Ondoko irudian, LAPD tramen formatua adierazten da:



7. Irudia: LAPD formatua

LAPD tramaren formatua, HDLC-ren antzekoa da. Ezberdintasuna, ADDRESS eremuan dago.

LAPD-k bi identifikazio maila hartu behar ditu kontutan helbideratzean. Hori, Erabiltzailearen Sisteman, hainbat gailu interfaze fisiko berbera erabiltzen aritu daitezkeelako da, hau da, Terminal ezberdinek ISDN Bezero Interfaze berdina erabiltzen dute. Terminal bakoitzak, zerbitzu bat eskaintzeko balioko du. Horrela, LAPD-k helbide eremua bi zatitan banatzen du, zati bat, ISDN Bezero Interfazea identifikatzen duena da (TEI) eta bestea berriz, zerbitzua (zerbitzua ematen duen terminala) identifikatzen duena (SAPI). SAPI zenbakiak, azken batean, LAPD-ren gaineko 3. mailako erabiltzailea identifikatzen du.

6.4.3.3.- Sare Maila

Sare Mailan, Lotura Mailan gertatzen zen bezala, protokolo ezberdinak ematen dira, kanal mota eta komunikazio motaren arabera. Erabiltzen diren protokolo gehienak ere, ezagunak dira, Kontrol seinaleztapenerako erabiltzen den Q.931 ezik.

Q.931 protokoloak, B kanaletan ezartzen diren konexioen kontrolerako prozedurak zehazten ditu. Dakigunez, prozedura horiek D kanal batean emango dira.

Telefono dei baten ezarpenerako adibidez, X.25 PLP protokoloan ematen ziren antzeko mezuak definitzen dira (Frame Relay-n ikasitako SETUP-CONNECT mezuak).

6.4.4.- ISDN Zerbitzuak

ITU-T-ren I.200 serieko gomendioek, "zerbitzuaren gaitasunak" izenarekin ezagutuak direnek, ISDN-k eskainitako zerbitzuen sailkapen eta deskribapena ematen dute.

ITU-T-k 3 zerbitzu mota definitzen ditu:

- **Zerbitzu Garraiatzaileak**: Informazioa garraiatzea ahalbidetzen dute, denbora errealean eta mezuetan aldaketarik egin gabe (OSI-ren 1-2 edo 3 mailak). Gaur arte, ITU-T-k 11 Zerbitzu Garraiatzaile definitu ditu. Lehen 4 zerbitzuek, 64 kbps abiadura eskaintzen dute. Hurrengo 3ek berriz, 384, 1536 eta 1920 kbps abiadurak eskaintzen dituzte.

- **Telezerbitzuak**: Informazioa garraiatzeaz gain, prozesatu ere egiten dute. Zerbitzu Garraiatzaileak erabiltzen dituzte garraioa egiteko, eta goi mailako (OSI-ren 4-7 mailak) beste funtzio batzuk, prozesamendurako.

- **Zerbitzu Osagarriak**: Izenak adierazten duen bezala, beste zerbitzu moten osagarriak dira. OSI-ren 4-7 mailetan ematen dira.

6.5.- ATM

ITU-T-k, ATM B-ISDN-ren estandarizazioren zati bat bezala hasi zuen. B-ISDN (Banda Zabaleko ISDN) abiadura primarioa baino abiadura handiagoa eskatzen duten zerbitzuak emateko sortu zen (bereizmen handiko bideoa, bideo-hitzaldia, fitxategi handien transferentzia...).

ATM Forum izeneko erakundeak, ITU-T-ren ATM estandarra sare publiko eta pribatuetan erabili ahal izateko eraldatu zuen, eta gaur egun B-ISDN-tik kanpo erabiltzen da.

ATM, Frame Relay bezala, Fast Switching teknologien barnean kontsideratzen da. ATM-n datu transferentzia zati diskretuen bidez egiten du, hau da, informazio fluxua tamaina finkoa duten paketetan antolatzen da, *cell* edo *gelaxka* deitzen direnak. Zirkuitu Birtualen Bidezko Gelaxken Konmutazioa gauzatzen du. Gelaxkak, tamaina finkoko paketeak bezala uler daitezke beraz.

Gelaxken tamaina erabakitzeko, bi beharrizanen artean konpromisoa bilatu behar zen. Alde batetik, tamaina txikia denbora errealeko zerbitzuetarako egokiena da (atzerapen txikia eta konstantea behar dutenak). Bestetik, tamaina handia gelaxka bakoitzean informazio gehiago bidali ahal izateko da egokia.

Tamaina finkoa izango zenez, konmutazioa ere oso azkarra eta sinplea izatea lortzen zen, atzerapen konstantearekin. Horregatik, tamaina txikia izatea ere erabaki

zen, denbora errealeko zerbitzuen beharrizanak ondo betetzeko. Datu transferentzia handietan gelaxka gehiago bidali behar badira ere, atzerapen txiki eta konstantea izaten jarraituko dute.

Errore eta fluxu kontrolerako ere, bit gutxi erabiltzen ditu, abiadura handietan lan egin daitekeelarik.

ATM teknologiarekin, zirkuitu ezberdinetako gelaxkak Lotura Fisiko berdinean Multiplexatzen dira, Multiplexazio Estatistikoaren antzeko teknika baten bidez. Horrela, hainbat abantaila lortzen dira:

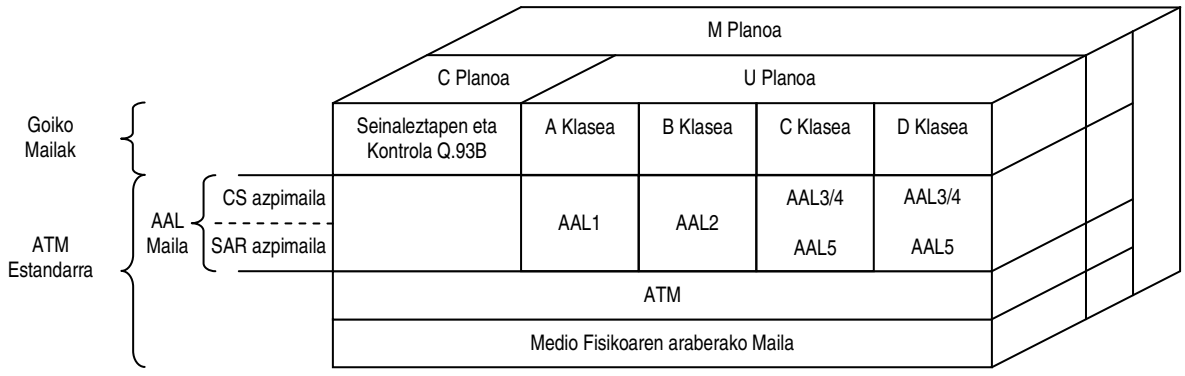
- Banda Zabalera ondo aprobetxatzen da, beharrizanen arabera (ez dago elementu fisikoen erreserbak suposatzen duen galerarik).

- Lotura berdinean, informazio mota ezberdinak garraiatzen dira (ahotsa, irudia, datuak).

- Atzerapen minimo, konstante eta aurretik jakinak lortzen dira.

6.5.1.- ATM Erreferentzia Eredua

Ondoko irudian, ATM-ren Erreferentzia Eredua ikusten da:



10. Irudia: ATM Erreferentzia Eredua

ATM Erreferentzia Ereduan ere 3 plano ezberdin bereizten dira:

- **C Planoa** (Kontrol Planoa): Dei eta Konexioen kontrol funtzioez arduratzen da.

- **U Planoa** (Erabiltzailearen Planoa): Erabiltzailearen datu transferentziaz arduratzen da.

- **M Planoa** (Gestio Planoa)

6.5.1.1.- Maila Fisikoa

Maila fisikoan interfaze ezberdinak definitzen dira:

- 100 Mbps 4B/5B kodetzeaz, FDDI eskema fisikoarentzat
- 155 Mbps 8B/10B modu anitzeko zuntzerako
- STP eta UTP pare bihurrituetako kableetarako proposamenak

Azken batean, maila fisikoak ATM mailari gelaxka egituratuak garraiatzeko medioak ematen dizkio.

6.5.1.2.- ATM maila

Gelaxken egitura eta konexio logikoetan nola garraiatzen diren definitzen du. Multiplexazio estatistikoa erabiltzen da maila honetan (Paketeen Konmutazioan bezala, azken batean, gelaxkak tamaina finkoko paketeak baitira).

Bide Birtual Konexioa (VPC) eta Kanal Birtual Konexioa (VCC) kontzeptuak definitzen dira. Kanal Birtual Konexioek, ATM sarea darabilten bi muturretako erabiltzaileak komunikatzen dituzte. ATM sareko erabiltzaile berdinen arteko VCC-ak, Bide Birtual Konexioetan biltzen dira (destino berarekin zirkuitu bat baino gehiago ezarri direnean). Horrela, sareko konmutadoreak VPC-etako konmutazioaz bakarrik arduratzearekin nahikoa litzateke. Muturretako erabiltzaileen lana izango da VCC bakoitzaren konmutazio egokia egitea dagokion muturrean.

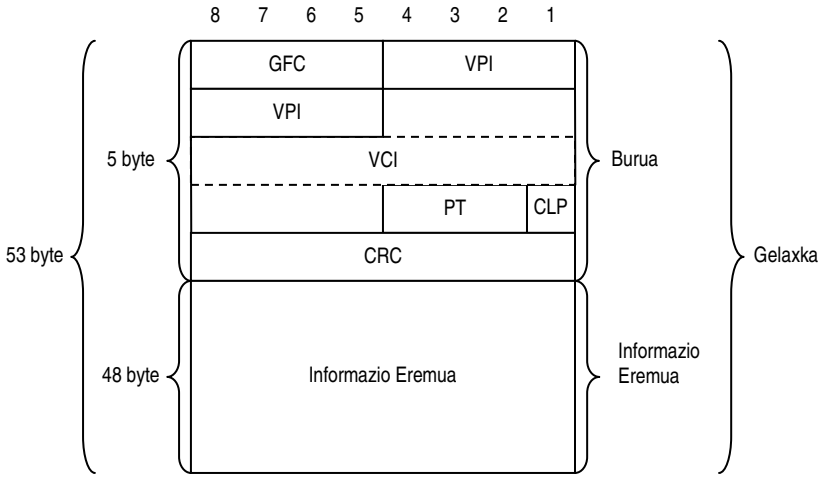
VPC eta VCC-ak, identifikatzaile baten bidez izendatzen dira, VPI eta VCI izenekoak. ATM sareko nodoen arteko loturetan, VPI eta VCI identifikatzaileek esanahi lokala dute, ISDN-n gertatzen den modura.

ATM konmutadoreetan beraz, Konexio Taulak egongo dira, Sarrerako Portu-VPI-VCI balioak Irteerako Portu-VPI-VCI balioekin erlazionatzen dituztenak. VPC konmutazioa bakarrik egin behar dutenean, VCI balioak hutsik egongo dira. VCC konmutazioa egin behar dutenean berriz, Portu-VPI-VCI balio guztiak beharko dituzte. Sare Barruko nodoetan VPC konmutazioa egitearekin nahikoa izanda ere, kasu batzuetan, X.25en bezala, konmutazioa kanal zenbaki osoarekin egiten da, hau da, VPI-VCI balioen arabera (VCC konmutazioa). Sarbide Sareko Azken Nodoetan, Destinoetara datuak konmutatzeko, beharrezkoa izango da VCC konmutazioa egitea.

ATM gelaxken formatuari dagokionez, bi formatu daudela esan behar da, bata, Erabiltzaile eta ATM sareko Sarbide Nodoaren arterakoa (Sarbide Sarekoa), eta

bestea berriz, ATM nodoen arterakoa (Sare Barrukoa). Bi formatuen arteko ezberdintasuna, gelaxken buruan dago. Izan ere, gelaxkek 5 byte-etako buru bat dute, eta 48 byte-etako informaziorako eremua.

- **UNI** (Sarbide Sarean):



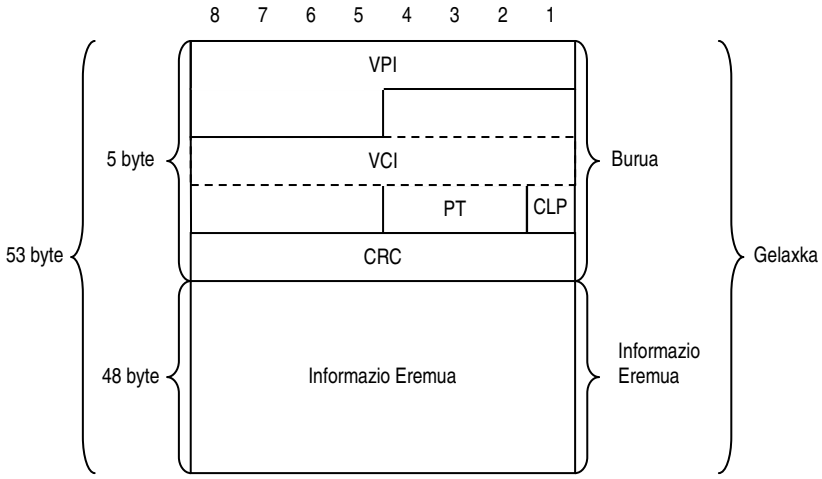
11. Irudia: UNI burua

GFC: Fluxu kontrolerako eremua. Lehentasun sistema batekin egiten da fluxu kontrol hori. 0 balioa, lehentasun baxuena da.

PT: Informazio eremuan doan informazio mota adierazten du.

CLP: Sareari, kongestio kasuan zein gelaxka deuseztatu adierazteko balio du. 0 balioak, gelaxkek goreneko garrantzia duela adierazten du, eta beraz, ezin dela deuseztatu beste aukerarik geratzen den bitartean.

- **NNI** (Sare Barruan):



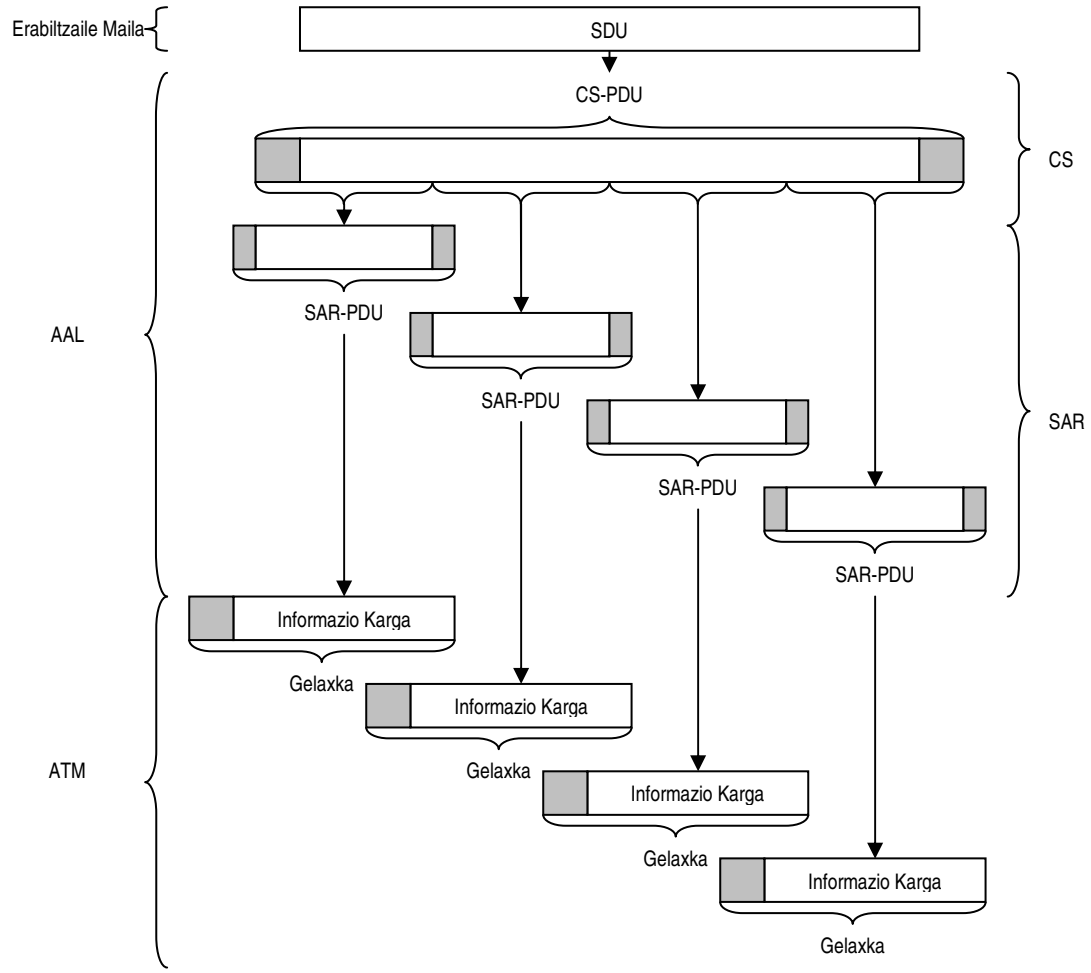
12. Irudia: NNI burua

6.5.1.3.- ATM-ra Egokitze maila (AAL)

ATM sarea darabilten zerbitzuentzat, gelaxken transmisio eta konmutazioa modu gardenean egin behar da. Horrela, gardentasun hori lortzeko, AAL mailak, Erabiltzaileari eskaintzen zaizkion zerbitzu klaseen eta ATM-ren gelaxketan oinarritutako zerbitzuaren arteko egokitze funtzioak egiten ditu.

AAL maila, bi azpi-mailatan zatitzen da. ATM mailaren gaineko azpi-mailak, Segmentazio eta Birmuntatze azpi-maila izena du (SAR). Segmentazio eta Birmuntatze azpi-mailaren gainean, Konbergentzia azpi-maila dago (CS).

Datuen transmisioa nola gertatzen den, ondoko irudian ikusten da:



13. Irudia: Informazio egituren erlazioak, ATM-n

Transmisioan, Goiko Mailetako protokoloek SDU-a pasatzen diote azpiko AAL mailako Konbergentzia Azpi-mailari. Konbergentzia azpi-mailak, jasotako SDU-ari,

buru bat eta amaiera bat gehitzen dizkio, CS-PDU bat eratuaz. CS-PDU horien egitura, AAL mailan erabiltzen den protokoloaren araberakoa izango da.

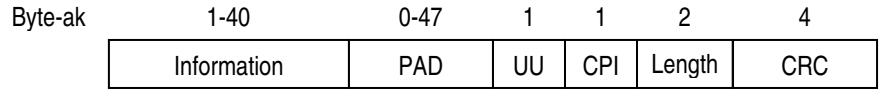
CS-PDU-ak, gaineko mailatik SDU-ko byteak iristen diren heinean sortzen dira, hau da, ez da beharrezkoa izango SDU osoa jasotzea, CS-PDU-a sortzen hasi eta zuzenean Segmentazio eta Birmuntatze azpi-mailara bidaltzeko. SDU-ko lehen bytea iristen denetik, Konbergentzia azpi-mailan burua jarri eta Segmentazio eta Birmuntatze azpi-mailara pasatzen da, hor 48 byte-etako SAR-PDU-ak eratzeko. SAR-PDU horiek, ATM mailako gelaxketan informazio eremuan sartzen dira.

AAL mailak bere gaineko mailari zerbitzua emateko, hasiera batean ITU-T-k 4 protokolo ezberdin definitu zituen, AAL1, AAL2, AAL3 eta AAL4. Protokolo horietako bakoitzak bi zati, bata CS azpi-mailarako eta bestea berriz, SAR azpi-mailarako. Geroago, 3 eta 4 protokoloak batu ziren, AAL3/4 protokoloa eratuaz, eta AAL5 protokolo berria definitu zen. Egia esan, AAL3/4 ez da ia erabiltzen, AAL5 bere eboluzio bat bezala kontsideratzen delako.

Protokolo bakoitzak, 48 byte-etako SAR-PDU-a sortzen du SAR azpi-mailan, eremu egitura ezberdinak daudelarik.

AAL5 datu kopuru handien transmisiorako definitu zen. Horren erabilpen adibide bat, "**ATM gaineko IP**" bezala ezagutzen da. AAL5-ekin beraz, luzera aldakorreko IP datagramak ATM bidez transmititzen dira.

AAL5 protokoloaren CS-PDU-ak, kontrol informazio eremuak amaieran ditu, hau da, CS-PDU-aren buruan ez dago kontrol informazio eremurik. AAL5-en CS-PDU-aren egitura, ondokoa da:



16. Irudia: AAL5 CS-PDU

- **PAD**: Eremu hau, CS-PDU-ak 48 byte-etako multiploa den tamaina izan dezan erabiltzen da. Izan ere, AAL5 protokoloaren SAR-PDU-an, ez dira kontrol informazio eremurik definitzen. Horregatik, beharrezkoa izango da 48 byte-etako multiploak diren CS-PDU tamainak lortzea, azpiko Segmentazio eta Birmuntatze azpi-mailan, 48 byte-etako SAR-PDU-ak eratzeko.
- **CPI**: Beste eremuen interpretazioa nola egin zehazten du. Gaur egun, interpretazio bakarra posible da.
- **Length**: Informazio eremuaren luzera adierazten du.
- **CRC**: Errore detekziorako. Informazio eremua eta beste kontrol eremu guztiekin kalkulatzen da.

ATM gaineko IP-n, Iturrian ATM sarean zehar zirkuitu bat ezartzen da, iraunkorra edo birtuala izan daitekeena, eta AAL5 erabiltzea zehazten da. Iturrian, IP datagrama AAL mailako AAL5 entitateari pasatzen zaio eta horrek, IP datagramarekin CS-PDU-

a eratu eta SAR-PDU-tan zatitzen du. SAR-PDU-ak ATM mailan gelaxketan sartzen dira eta konexiotik bidaltzen dira. Destinoan, gelaxkak jaso eta SAR-PDU-ak ateratzen dituzte bakoitzetik. SAR-PDU-ak AAL mailan birmuntatu, eta CS-PDU-a eratzen da. CS-PDU-tik, IP datagrama atera eta gaineko IP mailari pasatzen zaio.

Benetako inplementazioetan, ATM mailak OSI-ren Lotura Maila suposatuko luke, eta bere gaineko Sare Mailan, Paketeen Konmutazioko protokolo ezberdinak erabili ahalko lirateke, ez IP bakarrik. Frame Relay-n bezala, zirkuitu birtualak Lotura Mailako elementuak dira, eta konmutazioa maila horretan geratzen da beraz.
ATM-n zirkuitu birtual berdinetik, Sare Mailako protokolo ezberdinetako paketeak transmititzea eta elkarren artean bereizi ahal izatea ahalbidetu behar da. Horretarako, bi aukera daude:

- Bi muturretan, zirkuitu birtuala protokolo bakarrerako erabiltzea erabakitzea. Protokolo ezberdin bakoitzerako zirkuitu birtual bat ezarri beharko litzateke, eta horrek denboran kostu handia suposatzen du.

- CS-PDU-aren Informazio eremuko byteetan paketea zein protokoloari dagokion adieraztea erabakitzea. LLC/SNAP burua izeneko egitura bat definitua dago, 8 byteetakoa dena (gai honen amaieran ikasiko da). **ATM gaineko IP**-n, LLC/SNAP buruan, AAL5-eko CS-PDU-ko Informazio Eremuan IP datagrama bat bidaltzen dela adierazten da.

ATM-n, makina bakoitzari Helbide Fisiko bat ezartzen zaio, zirkuitu birtualen ezarpenean beharrezkoa izango dena. Zirkuitu birtual bat ezartzean beraz, destinoaren Helbide Fisikoa eta IP helbidea jakitea beharrezkoa izango da. Aurreko **3.- SARE MAILA** gaiko **3.3.2.- IP** puntuan azaldu genuenez, ARP protokoloa arduratzen zen IP helbideei zegokien Helbide Fisikoak lortzeaz. ARP-ren muina, mezu bera makina ezberdinetara bidaltzea zen, baina ATM-n ezin daiteke horrelakorik egin, ez dago *broadcasting* (mezu bera makina multzo bati bidaltzea) egiteko modurik. Arazo hori konpontzeko, ATMARP protokoloa erabiltzen da, IP mailan. Protokolo horrekin, difusiozko IP sare bakoitzean Zerbitzari makina berezi bat dago; Hurrengo Nodo baten Helbide Fisikoa behar duen makina bat, bertara konektatuko da galdeketa egiteko.

6.5.1.4.- Goiko Mailak

ATM Mailaren Goiko Mailak ATM-ren estandarretik kanpo geratzen dira (ATM estandarrak ez du protokolorik zehazten). Kontrol planoan, Seinaleztapen eta Kontrol zerbitzua adierazten da. Erabiltzaile planoan berriz, AAL mailan erabiltzen diren protokoloen araberako zerbitzuak adierazten dira.

Erabiltzaile planoan, 4 zerbitzu klase adierazten dira. Ondoko taula, zerbitzu horiek eta AAL mailan erabili beharreko AAL protokoloen arteko erlazioa eta berezitasunak azaltzen dira.

	A Klasea	B Klasea	C Klasea	D Klasea
Muturretik muturrerako tenporizazioa	Beharrezkoa		Ez da beharrezkoa	
Bit tasa	Konstantea	Aldakorra		
Konexioa	Konexioarekin			Konexiorik gabe
ALL Protokoloa	AAL1	AAL2	AAL3/4, AAL5	

6.5.2.- Trafiko eta kongestio kontrola

Frame Relay-n gertatzen zen modura, trafiko eta kongestio kontrolerako teknikak oso garrantzitsuak dira ATM-n, baina ATM-n zailtasun handiak daude kontrol horiek egiteko. Zailtasun handiena, gelaxka bakoitzean kontrolerako oso bit gutxi daudela da. Gai hori oso ikertua izaten ari da, baina oraindik ez da adostasun garbira iritsi. Horrela, ITU-T-k trafiko eta kongestio kontrolerako helburu multzo bat definitu du:

- ATM mailan, trafiko eta kongestio kontrolerako hainbat Zerbitzu Kalitate (*QOS*) mota ezberdin definitu beharko dira, erabiltzen diren zerbitzuentzako nahikoak izango direnak.
- Trafiko eta kongestio kontrola, ez da AAL protokoloen araberakoa izango.
- Diseinatzen diren trafiko eta kongestio kontrolek ez dute sarearen konplexutasuna handitu behar.

Trafiko kontrolerako estrategiaren oinarria, konexio zehatz bat ezarri daitekeen ala ez erabakitzean datza, konexio horretan hainbat prestazio onartuko direlarik. Horrela, sareak konexio batean trafiko maila bat onartuko du eta konexioa egiten duen erabiltzailea, maila hori ez gainditzera konprometitzen da. Trafikoaren kontrola horrela izanik, kongestio egoeren prebentzioa suposatzen du. Trafiko kontrolak huts egiten badu, kongestioa gerta daiteke. Kongestio kontrolerako estrategiak erabili beharko dira orduan.

6.5.2.1.- Trafiko Kontrola

Trafiko kontrolean, ATM konexioetako QOS-a mantentzeko hainbat funtzio definitu dira:

- **Sareko Baliabideen Gestioa**: VPC bakoitzarentzat, baliabideen erreserba egitean datza. Baliabide horiek, VPC-ko VCC-en artean partitzen dira.

- **Konexioen Onartze Kontrola**: Erabiltzaile batek, VPC edo VCC berri bat ezarri nahi duenean, sareak eskaintzen dituen QOS multzo batetik bat aukeratzen du bere trafikoaren ezaugarriei ondo datorkiona. Sareak, QOS hori mantendu badezake bakarrik onartuko du konexioa ezartzea. Konexioa ezartzen denean,

sareak QOS hori emango du, erabiltzaileak ezarpenean adierazitako trafiko zehazpenak betetzen dituen bitartean.

- **Erabiltze Parametroen Kontrola**: Jadanik ezarrita dauden konexioetan, Erabiltze Parametroen Kontrol funtzioek trafikoa kontratuan zehazturikoarekin bat datorren gainbegiratzen dute.

- **Lehentasun Kontrola**: Lehentasun baxuko eta altuko gelaxkak ezberdintzean datza. Kongestioa geratzeko arriskua dagoenean, lehentasun baxuko gelaxkak deuseztatzen dira, gorenekoak babesteko.

- **Baliabide Azkarren gestioa**: Oraindik oso garaturik ez dagoen funtzio da. Une labur bat irauten duen trafiko gorakada bat onartzean datza. Adibide bat, informazio bloke handi baten transmisioa izango litzateke. Erabiltzaile batek, denbora labur batez kontratataturiko QOS-a gainditzea behar badu datu kopuru handi bat bidaltzeko, sareak zirkuituaren bideko baliabideek informazio blokeak eskatzen duen gaitasun maila dutela kontsideratzen badu, baliabide horiek erreserbatu eta transmisioa egiteko baimena emango du. Informazio bloke bereziaren ondoren, trafiko maila normalera itzultzea behartzen da.

6.5.2.2.- Kongestio Kontrola

Kongestio Kontrolarekin, ATM-k kongestioen intentsitatea, hedadura eta iraupena txikitzen ditu. Funtzio ezberdinak definitzen dira:

- **Gelaxken Ezeztapen Selektiboa**: Lehentasun Kontrolaren antzekoa da. Lehentasun Kontrolean, lehentasun baxuko gelaxkak kongestioa gerta ez dadin ezeztatzen dira. Kongestioa gertatzean, Gelaxken Ezeztapen Selektiboarekin, konexioaren ezarpenean zehaztutako trafiko mailak gainditzen dituzten gelaxka guztiak ezeztatzen dira.
- **Kongestio Jakinarazte Esplizitua, Aurreraka**: Frame-Relay-n ematen den funtzio berdina da.

6.6.- INTERNET

Internet, elkarrekin loturik dauden eta TCP/IP arkitektura estandarra jarraitzen duten makina guztien multzoa bezala definitu daiteke. Aurreko **1.- DATU SAREAK** gaiko 19. Irudia: TCP/IP Arkitekturako Protokoloen eskema irudian azaltzen denez, TCP/IP arkitektura horretako Sareko Interfaze Mailan, sarearen araberako protokoloak erabiltzen dira, TCP/IP estandarrak zehazten ez dituelarik. Horrela izanik, Sareko Interfaze Maila horren helburuak IP datagramak (IP protokolo entitatearentzat) eta

ARP eta RARP eskaera eta erantzunak (ARP eta RARP entitateentzat) bidali eta jasotzea dira.

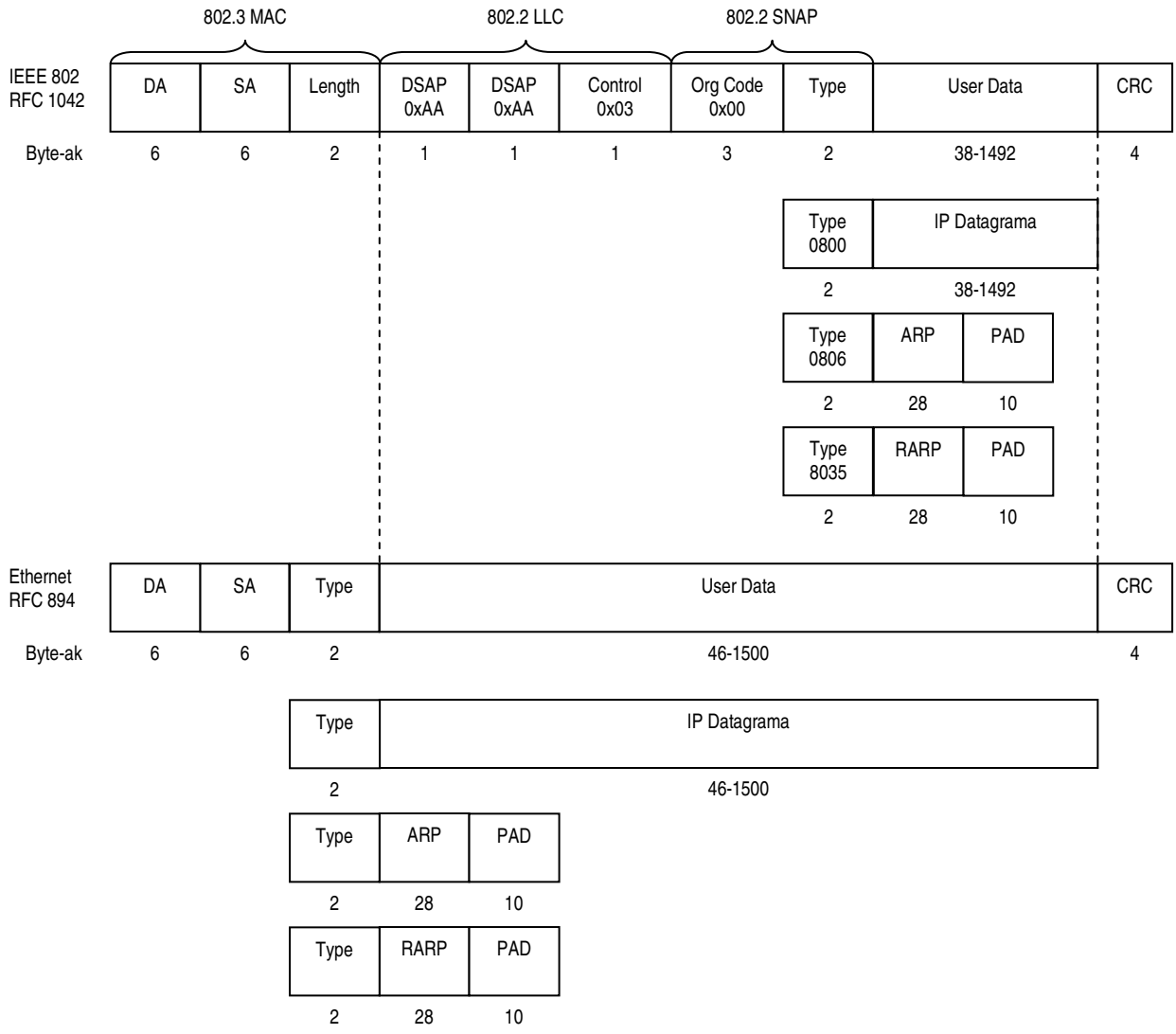
Sareko Interfaze Maila horrek, OSI Ereduko Maila Fisiko eta Lotura Mailak hartzen ditu (gai berdineko 20. Irudia: OSI eta TCP/IP Arkitekturen mailen arteko alderaketa irudia). Atal honetan, Internet-en erabiltzen diren Sareko Interfaze Maila ezberdinak ikusiko ditugu.

6.6.1.- Ethernet eta IEEE 802 enkapsulazioak

Gaur egun, Ethernet eta IEEE 802 teknologiak, LAN sareetan TCP/IP-rekin gehien erabiltzen direnak dira. Aurreko **4.- EREMU LOKALEKO SAREAK (LAN)** gaiko **4.6.- ETHERNET SAREA. IEEE 802.3** puntuan ikusi genuenez, Ethernet eta IEEE 802 arauetako tramek formatu ezberdina dute.

LAN sare horietan, IP datagramak azpiko mailako trametan enkapsulatu egiten dira. Enkapsulazio hori egiteko modua, RFC 894 dokumentuan agertzen da, Ethernet sareen kasurako eta RFC 1042 dokumentuan IEEE 802 LAN sareen kasurako.

Enkapsulazio horiek nola egiten diren, ondoko irudian agertzen da:



16. Irudia: Ethernet eta IEEE 802

Aurreko irudian azaltzen denez, bi trama motek 48 bitetako destino eta iturri Helbide Fisikoak erabiltzen dituzte.

Hurrengo bi byteek zentzu ezberdina dute arau bakoitzean. IEEE 802 kasuan, *length* eremua osatzen dute, eremu horren ondoren eta amaierako CRC eremua arte zenbat byte dauden adieraziaz. Ethernet kasuan berriz, *type* eremua osatzen dute, eremu horren ondoren eta amaierako CRC eremua arte, jarraitzen duten datuak zein motatakoak diren adieraziz. IEEE 802 kasuan, *type* eremua 802.2 SNAP zatian gertatzen da. IEEE 802 kasuko *length* eremuak har ditzakeen balio posibleen artean (tramaren tamaina maximo eta minimoak protokoloan zehaztuta daude), ez dago Ethernet kasuko *type* eremurako balio berdinik; horrela, eremu horiek osatzen dituzten balio horiek ikusirik, zein trama formaturekin lanean ari garen jakin dezakegu.

IEEE 802 trametan, bidali beharreko IP datagramak 38 byteetakoak izan behar dira gutxienez, eta 1492 byteetakoak gehienez. Ethernet-en kasuan berriz, datagramen luzera minimoa 46 byteetakoa eta maximoa 1500 byteetakoa da.

Kontuan eduki behar da, IP Mailatik datagrama LLC azpi-mailara bidaltzean, SNAP izeneko protokolo batek datagrama zein motakoa den bereizten duela, LLC protokoloari pasatu baino lehen. 802.3 protokoloan mezu mota adierazten duen eremurik ez dagoenez, SNAP protokoloak informazio hori traman sartzeko eremu batzuk erabiltzen ditu. Ethernet-en kasuan, *type* eremua dela eta, ez da SNAP-en eremu berezirik behar, beraz, ez da traman agertzen, baina horrek ez du esan nahi SNAP entitateak datagrama ez duenik tratatu; hau da, SNAP 802.3 eta Ethernet ingurune bietan ematen da (LLC bezala).

6.6.2.- SLIP

SLIP (*Serial Line IP*, Serie Kableentzako IP) protokoloak, ordenagailu batek IP protokoloa puntu-puntu serie kable batean (telefonoaren kablea, adibidez) erabiltzea ahalbidetzen du. Ordenagailu hori, ez da LAN sare baten bidez konektatzen Internet-era, zuzenean baizik. Horregatik, puntu-puntu protokolo bat dela esaten da. Orokorrean Sarbide Sarean erabiltzen bada ere, sare barruan ere erabili daiteke.

IP datagramak serie kableetan enkapsulatzeko modu sinplea da. Horrela, etxeetako ordenagailuak Internet-era konektatzeko modurik erabiliena bilakatu zen. Ez da *de jure* estandar bat, *de facto* modukoa baizik, eta inplementazio ezberdin asko daude, horrek suposatzen duen eragozpenekin.

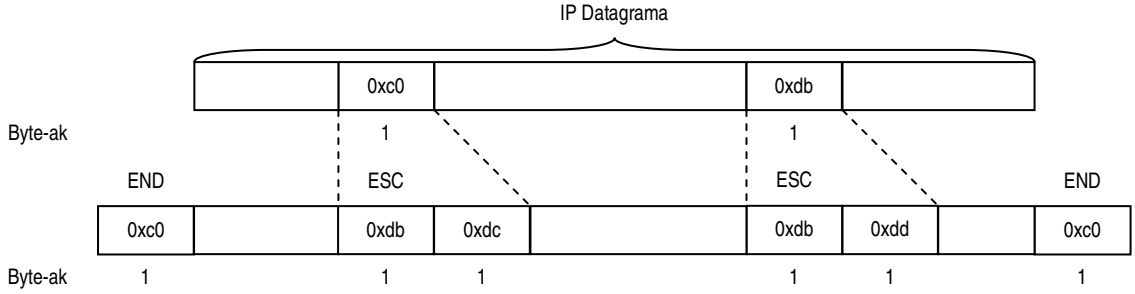
SLIP enkapsulazioaren oinarriak, 3 dira:

- IP datagrama, karaktere berezi batekin amaitzen da, END izenekoa (0xc0). Normalean, kablean gerta litekeen zarata datagramako parte bezala interpretatua izan ez dadin, datagrama guztien hasieran ere, END karaktere hori erabiltzen da.

- IP datagrama barruan END karakterearen berdina den byte bat gertatuko balitz, byte hori 0xdb, 0xdc byte bikotearekin ordezkatzen da. 0xdb karaktereari, SLIP ESC karakterea deitzen zaio. Ez da beraz bit stuffing moduko prozesamendurik erabiltzen.

- IP datagramaren barruan byte batek SLIP ESC karakterearen balio berdina balu, byte hori 0xdb, 0xdd byteekin ordezkatzen da.

Guzti hori, ondoko irudian ikusten da:



17. Irudia: SLIP enkapsulazioa

SLIP enkapsulazioak baditu hainbat hutsune:

- Loturako bi muturrek, elkarren IP helbideak jakin behar dituzte (finkoak izan behar dira, ezin dira software automatiko batekin aldatu). Ez dago Lotura prestatzeko faserik, beraz, ez dago modurik, mutur batek besteari bere IP helbidea zein den adierazteko.

- Ez dago informazio mota zein den adierazten duen eremurik. Horrek esan nahi du, serie kable bat SLIP protokoloarekin erabilia izaten ari bada, ezin daitekeela beste protokolorentzat erabili aldi berean.

- Ez dago errore detekziorako eremurik (CRC, CHECKSUM edo FCS). SLIP protokoloaren gaineko protokoloak arduratu beharko dira erroreak detektatzeaz.

- Ez dago loturaren kontrolik egiteko prozedurarik (ezarpena, askatzea,…).

- Lotura Fisiko asinkronoentzat bakarrik definitzen da (erlojurik gabe).

- Ez du konpresiorik egiten.

6.6.3.- Konprimatutako SLIP (CSLIP)

SLIP kableak abiadura baxukoak izaten dira, baina aldi berean, trafiko interaktiborako erabiltzen dira. Horrek esan nahi du, TCP/IP arkitektura batean, SLIP kablean TCP pakete txiki asko transmititzen direla. Aplikazio Mailako byte bakarra transmititzeko, 20 TCP buruko byte eta beste 20 IP buruko byte behar dira; hau da, SLIP protokoloari iritsiko litzaizkiokeen 41 byteetatik, bakarra da benetan informazioa dena.

Egoera hori ikusirik, SLIP protokoloaren bertsio berri bat atera zen, CSLIP (*Compressed SLIP*, Konprimatutako SLIP) izenekoa. CSLIP protokoloak, 40 byte-etako TCP/IP buru bat, 3 edo 5 byteetan laburtzen du. Horretarako, kontutan hartzen du 40 byte-etako buru horiek gutxitan aldatzen direla komunikazio berdinean, eta

aldatzen direnean ere, aldaketa txikiak izaten dituztela. Lortutako 3 edo 5 byte-etako buru berri horiekin, erantzun interaktiboen abiadura asko handitzen da.

6.6.4.- PPP

PPP (*Point-to-Point Protocol*, Puntu-Puntu Protokoloa) protokoloak, ordenagailu bat ere zuzenean sare batera (Internet-era, adibidez) konektatzen du, serie kable bat erabiliaz (adib. Telefono kablea).

PPP eta SLIP protokoloen arteko ezberdintasun nagusia, PPP-k Loturaren prestakuntza, errore detekzioa eta datu konpresioa egiten dituela da. Gainera, PPP Internet-eko protokolo ofizial bat da (*de jure*), eta SLIP berriz ez.

Hala ere, SLIP-en erabilpena hedatuagoa izan zen hasiera batean, lehenago sortu zelako, eta doako hainbat SW paketeetan banatzen zelako.

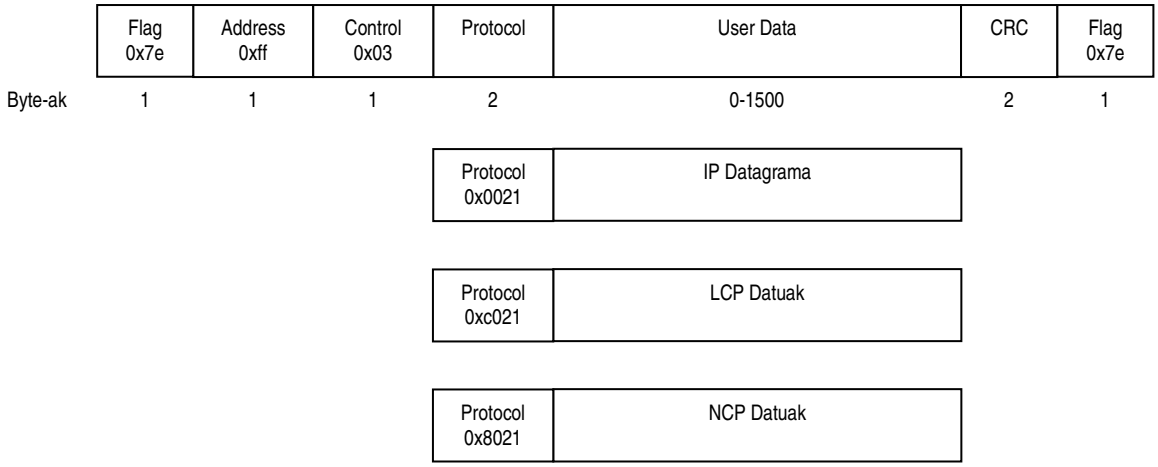
PPP protokoloak hiru osagai nagusi ditu:

- IP datagramak kable serietan enkapsulatzeko metodoa. Lotura Fisiko asinkrono edo sinkronoetan erabili daiteke.

- LCP (*Link Control Protocol*, Loturaren Kontrolerako Protokoloa): Lotura ezarri, konfiguratu eta frogak egiteko prozedurak biltzen dituena.

- NCP (*Network Control Protocol*, Sare Kontrolerako Protokoloa): Sare mailako protokolo ezberdinak zehaztu eta erabili ahal izateko. Izan ere, PPP protokoloaz, Sare mailako protokolo ezberdinak batera erabili daitezke, kable berdinean.

PPP protokoloaren trama formatua, HDLC-ren antzekoa izateko pentsatua izan zen. Ondoko irudian, PPP tramen formatua agertzen da:



18. Irudia: PPP tramak

Aurreko irudian ikusten denez, PPP trama bakoitza *Flag* eremu batekin hasi eta bukatzen da, 0x7e balioa duena. *Address* eremuan 0xff balioa jartzen da (*broadcast* balioa Helbide Fisiko eskemetan; puntu-puntu lotura batean egoteagatik, ez da zertan Sarbide Nodoaren Helbide Fisikoa jakin behar) eta *Control* eremuan berriz 0x03 balioa.

Ondoren, *Protocol* eremua dago, Ethernet tramako *type* eremuaren funtzio berdina duena. *Protocol* eremu horretan jartzen den balioaren arabera, *Information* eremuan IP datagrama bat, LCP funtzioei dagozkien datuak edo NCP funtzioei dagozkien datuak daudela adierazten da.

0x7e balioa *Flag* eremurako erabiltzen denez, byte hori datuetan agertzen bada, nola edo hala aldatu beharko da, amaierako *Flag* eremuarekin ez nahasteko. Lotura sinkronoetan (erloju erreferentzia seinale bat darabilten loturak) *bit stuffing* deituriko teknika erabiltzen da, aurreko **2.- LOTURA MAILA** gaiko **2.3.1.- Tramen egitura eta motak** atalean **F** (Flag) eremuaren azalpenean agertzen dena. Lotura asinkronoetan (erloju erreferentzia seinalerik ez dutenak), SLIP protokoloan egiten zen karaktere aldaketaren antzekoa egiten da:

- IP mailatik iritsitako datagraman 0x7e karakterea gertatuko balitz, 0x7d 0x5e baliodun bi byteekin ordezkatuko litzateke, PPP tramaren *Information* eremuan sartu baino lehen. 0x7d karakterea, PPP protokoloko ihes-karakterea (ESC) dela esaten da.

- IP mailatik iritsitako datagraman 0x7d karakterea gertatuko balitz, 0x7d 0x5d baliodun bi byteekin ordezkatuko litzateke.

- Konbenioz, 0x20 balioa baino txikiagoa duten byteen aurretik ere, ihes-karakterea erabiltzen da. Adibidez, 0x01 karakterea, 0x7d 0x21 byte sekuentzia bezala transmititzen da, hau da, ihes karakterea eta gero benetako karakterea, 0x20 balioa gehituta. Hori egitearen arrazoia, balio horietako karaktereak ASCII kodeko kontrol karaktereak direla da, eta zenbaitetan, serie kablearen SW-ak, host-ak edo modem-ek karaktere horiek interpretatu eta

modu berezian erabiltzen dituztela da. LCP protokoloarekin, karaktere horietatik zein ordezkatu behar den adierazi daiteke. Ezer adierazten ez den bitartean, 0x01-etik 0x20-rako 32 karaktereak ordezkatzen dira.

SLIP protokoloarekin gertatzen zen moduan, PPP protokoloa abiadura baxuko serie kableetan erabiltzen da askotan, non tramako byteak gutxitzeak aplikazio interaktiboentzat garrantzia handia duen. LCP-ko funtzioen bidez, PPP-ko hainbat inplementazioek *Flag* eta *Address* eremuak kendu eta *Protocol* eremua byte bakarrera gutxitzea ahalbidetzen dute.

Laburbilduz, PPP-k ondoko abantailak ditu SLIP-ekin alderatuaz:

- Serie kable batean protokolo ezberdinen erabilera ahalbidetzen du, ez IP datagramak bakarrik.

- Erroreen detekzioa egin dezake, CRC eremuari esker.

- Loturaren mutur bakoitzaren IP helbideen informazioa lortzea ahalbidetzen du, NCP funtzioetako prozeduren bidez. Horrela, loturaren muturrek ez dute zertan IP helbide finkorik izan behar.

- CSLIP-en antzeko TCP eta IP buruen konpresioa egin dezake.

- Loturaren ezaugarriak negoziatzeko aukera ematen du, LCP funtzioen bidez.