

TELEKOMUNIKAZIO SARE ETA ZERBITZUAK:
3.- SARE MAILA

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak:

3.- SARE MAILA



Copyright © 2008 Mainer Huarte Arrayago

Telekomunikazio Sare eta Zerbitzuak: 3.- SARE MAILA lana, Mainer Huarte Arrayagok eginia, 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: 3.- SARE 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.

3.- SARE MAILA

OSI-ren Sare maila, sare baten mutur batetik sartzen den informazioa, sarearen beste mutur batetik irteteaz arduratzen da. Beste modu batera esanda, Terminal batean sortutako TPDU-a sare baten bitartez dagokion Destino Terminalaren Garraio Mailara iristeaz arduratzen da.

OSI-k, Sare mailaren funtzionamendua konexioarekin eta fidagarria izatea edo guztiz kontrakoa, konexio eta fidagarritasunik gabekoa izatea onartzen du.

OSI jarraitzen duten Sare Mailako protokoloetan, bi bertsio ezberdin egon ohi dira: Terminaletako sare mailarakoa eta Sareko Nodoetarakoa. Terminaletako bertsioan, sare mailako funtzionaltasunak paketeen iturri edo destino izanik betetzen dira; nodoetako bertsioan berriz, paketeen konmutadore papera jokatuaz.

3.1.- SARE MAILAREN FUNTZIONALITASUNA

OSI-ren Sare mailan, ondoko funtzionaltasunak ezberdintzen dira:

- **Paketeen sorrera:** Sare Mailaren NPDU-ek, paketeek, entitateek darabilten protokoloaren arabeko formatua izango dute.
- **Fluxu eta Errore Kontrola:** Konexioa eta fidagarritasuna eskaintzen duten protokoloek, fluxu eta errore kontrola egin beharko dute, Iturritik Destinorainoko makina guztietako (terminal zein nodo) Sare Mailako entitateekin.
 - Fluxu Kontrola: Iturri eta destinoaren artean transferitzen den fluxua kontrolatu beharko da (azkartu edo geldotu).
 - Errore Kontrola: Destinoko sare mailako entitatea, pakete guztiak egokiro iristen zaizkiola ziurtatu beharko da. Horretarako, pakete errepikatuak eta galduak identifikatu eta berreskuratzeko gai izan beharko da.
- **Konexioaren Gestioa:** Konexioa darabilten protokoloek, berau gestionatu beharko dute, Iturritik Destinorainoko makina guztietako Sare Mailako entitateekin. Sare Mailako konexio horri, Zirkuitu Birtuala deitzen zaio.
- **Helbideratzea:** Helbideratze kontzeptua, kontzeptu konplexua da Komunikazio Arkitekturetan, eta maila bakoitzean esanahi ezberdina izan dezake. Sare mailan, helbideak, pakete (NPDU) bat sare edo sareen bidez destino sistamaraino garraiatzeko balio du.
- **Bideratzea:** paketeak saretik modu egokian mugi daitezen, bideratu egin behar dira. Horretarako, bideratze eskema ezberdinak erabili eta mantendu ahalko dira ere.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

- **Zatikatze/birmuntatzea:** Garraio Mailatik iritsitako SDU-a handiegia bada, Sare Mailako entitate bat berau zatikatzeaz arduratu daiteke. Zati ezberdinak birmuntatzea, Sare Mailako entitate batek egingo du, dagokion makinan.
- **Sare Gestioako funtzionaltasunak:**
 - **Trafiko eta kongestio kontrola:** sarearen kongestioa atzeratzeaz eta bertatik berreskuratzeaz arduratu behar da.
 - **Errekuperazioa:** Sarea, Erabiltzaileak (Garraio Mailak) edota sareak berak antzemandako erroreetatik errekupeatu behar da.
 - **Sarearen kalitatearen arabeko zerbitzuak:** Sareak, komunikazioan kalitate ezberdina suposatzen duten arabeko zerbitzuak eman ditzake. Sare mailaren auzia da hori.
 - **Fakturazioa:** Sareak, ematen dituen zerbitzuak fakturatu behar ditu. Sare mailan egiten da hori ere.
- **Sareen Interkonexioa (Internetworking):** Sare ezberdinak elkarrekin konektatu ahal dira, sare handiago bat eratuaz. OSI-n, sareen interkonexioa Sare Mailan eman daiteke.

Funtzionaltasun orokor horiez gain, ez da ahaztu behar, Sare Mailak Garraio Mailari zerbitzua ematen diola Terminal makinetan. Zerbitzu horiek, sarearen teknologiaz independenteak izan behar dira. Garraio Mailak ez du bere entitate bikotea dagoen makina, sare bat (edo gehiagoren) bestaldean dagoela jakin beharrik; izan ere, Garraio Mailaren funtzionamendua berdina izango da Destinoko makinarekin puntu-puntu moduko lotura zuzen bat eduki edo bien artean sareak badaude. Aldi berean, Lotura Mailaren erabiltzailea da Sare Maila, bai Terminal zein Sareko Nodoetan.

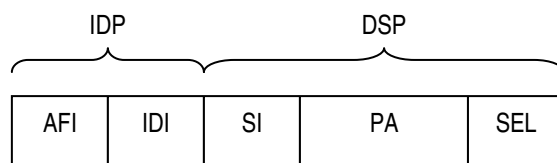
3.2.- HELBIDE EGITURAK

3.2.1.- OSI: NSAP Helbide Egitura

OSI-k, Sare Mailan definitzen dituen helbideak, NSAP deitzen ditu. Sare Mailako primitibo guztiek, NSAP helbideak erabiltzen dituzte, iturria eta destinoa identifikatzeko; sareko nodoetan ez da horrelako identifikatzailerik egongo.

Terminal bakoitzak NSAP helbide bakuna izango du, mundu osoan. Horrela, helbide internazional bakunak eratu eta gestionatzeko eskema hierarkikoa da NSAP eskema, OSI-k proposatutakoa. Gaur egun mundu osoa hartzen duen PSPDN (*Packet Switching Public Data Network*) deituriko sareak (herrialde ezberdinetako Paketeen Kommutaziozko Datu Sare Publikoak interkonektatzean eratu zena), NSAP moduko helbideak dituzten Terminalekin egiten du lan, adibidez. NSAP Eskema horretan helbideek duten formatua, ondoko irudikoa da:

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA



1. Irudia: NSAP helbide formatua

Ikusten denez, NSAP helbideek bi zati dituzte IDP (Initial Domain Part, Hasierako Domeinuaren Zatia) eta DSP (Domain Specific Part, Domeinuaren Zati Zehatza).

IDP-k bi eremu ditu, AFI (Authority and Format Identifier, Agintaritza eta Formatu Identifikatzailea) eta IDI (Initial Domain Identifier, Hasierako Domeinuaren Identifikatzailea).

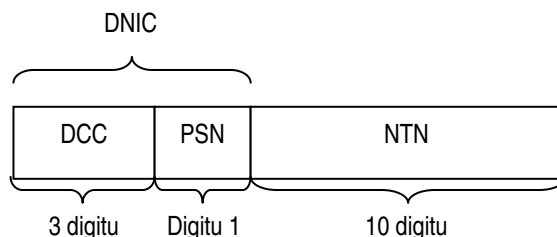
- **AFI:** IDIaren formatua eta berau publikatu duen Agintaritza (ISO/ITU-T) adierazten du. 2 digitu dira.
- **IDI:** DSP-an adierazten den helbidearen "hasierako domeinuari" buruzko informazioa da; helbide eskema mota eta/edo eremu geografikoa izan daiteke hasierako domeinu hori.

Ondoko taulan, AFI, IDI eta DSP-ei buruzko informazioa erakusten da:

	AFI		IDI	DSP
	Hamartarra	Bitarra	Digituak	Digituak
X.121 (Paketeen Kommutazioa)	36	37	14	24
F.69 (Telex)	40	41	8	30
E.163 (Telefonia)	42	43	12	26
E.164 (ISDN)	44	45	15	23

DSP-a, taulan azaldutako digitu kopurua dituen zenbaki hierarkiko bat izango da, aurreko irudian ikusten denez, hiru zati ezberdinekin.

X.25 protokoloaren kasuan, Paketeen Kommutaziozko Datu Sareen Sarbiderako definitua dagoenez, AFI-a 36 edo 37 izango da, eta IDI-aren formatua, X.121 modukoa izango da:



2. Irudia: X.121 formatuko IDI-a (IDN)

- **DCC:** *Data Country Code*, herrialdearen kodea.
- **PSN:** *Packet Switching Network*, Pakete Kommutazioko Datu Sarearen kodea

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

- **NTN:** *National Terminal Number*, Terminalaren zenbakia, herrialde barruan bakuna.

Ikusten denez, X.121-ean, IDI-arekin Terminala guztiz identifikatua geratzen da; horregatik, DSP eremurako dauden 24 digituak ez dira zertan erabili behar.

3.2.2.- TCP/IP: IP helbideratzea

TCP/IP arkitekturako IP maila, OSI-ren Sare mailaren baliokidea da. Sare Maila modura, helbideratze sistema global bat definitzen du TCP/IPk. IP protokoloak ez du OSI jarraitzen; ezberdintasun bat, Terminal zein Sareko Nodoetarako bertsio bakarra dagoela da, eta guztietan, helbide izeneko identifikatzailea erabiltzen dela.

IP entitateak identifikatzeko helbide bakoitzak 32 bit ditu 2 zatitan banatua:

- **Aurizkia:** NIC erakundeak (Network Information Center) ematen du eta sare fisikoa identifikatzen du. NIC-a munduko sareei IP helbide bakunak ezartzearen arduraduna da.
- **Atzizkia:** Sareko elementu lokalak identifikatzen ditu. Sare bakoitzean, bere Administrazioaileak ezartzen ditu.

IP helbideak puntuzko idazkera hamartarrean idazten dira. Idazkera horretan, IP helbidea osatzen duten 32 bitak 4 byte bezala kontsideratzen dira, eta byte bakoitzaren balio hamartarra idazten da, puntu batekin banatuta. Adibidez:

10000000 10000111 01000100 00000101 helbidea,
128.135.68.5 modura idazten da.

5 IP helbide klase definitzen dira, klase bakoitzak formatu ezberdin bat eta makina kopuru ezberdin bat helbideratzeko balio duelarik. Ondoko irudian ikusten da hori:

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA



2. Irudia: IP helbide klaseak

Zenbait IP helbide berezi ere definitzen dira, edonola erabili ezin direnak:

0.0.0.0: Makinek, arranke unean erabiltzen dute, frogak egiteko. Bideratze Tauletan esanahi berezia hartzen du, aurrerago ikusiko dena.

Sare eremuan 0ak bakarrik dituzten helbideak: "Sare honetako makina bat" adierazten du. Horrela, makinek beraien sareko beste makina bati paketeak bidali ahal dizkiete, beraien IP helbide osoa jarri gabe.

255.255.255.255: Guztia 1ez osatutako helbidea. Pakete berdina, sareko makina guztietara iristea ahalbidetzen du. *Broadcast* bezala ezagutzen da.

Sare eremuan sare helbidea+Makina eremuan guztia 1ak: Adierazten den sare horretako makina guztietara, pakete berdina iristea ahalbidetzen du.

Sare eremuan sare helbidea+Makina eremuan guztia 0ak: Adierazten den sare bera identifikatzen du. Bideratze Tauletan erabiltzen da.

127.X.Y.Z: Makinek, beraien sare lokalean frogak egiteko erabiltzen dituzte mota honetako helbideak. Horrelako helbideak dituzten paketeak *sarrera pakete* bezala kontsideratzen dira.

3.3.- SARE MAILAKO PROTOKOLOAK

Sare Mailaren definizioa egiterakoan, bi ikuspuntu zeuden. Ikuspuntu bat Internet-ena zen eta bestea berriz, Telefonía Konpainiena.

Internet-en ikuspuntutik, sare beti da ezegonkorra, diseinua dena delakoa izanda ere. Horregatik, sarearen bidez konektatzen diren konputagailuek, bere gain hartu behar dute errore eta fluxu kontrola egitearen ardura. Ikuspuntu horrek, sareak eman beharreko zerbitzua konexiorik eta fidagarritasunik gabekoa izan behar dela eramaten gaitu.

Sare eta Zerbitzuak**3.- SARE MAILA**

Telefonia Konpainientzat berriz, sareak zerbitzu fidagarria eman behar du, konexioarekin egindakoa.

Sare Mailan konexioarekin egindako edo konexiorik gabeko zerbitzuen aukera, diseinuaren konplexutasuna non kokatu nahi denaren arabera da. Konexio-fidagarritasunarekin, konplexutasuna Sare mailan dago. Konexiorik eta fidagarritasunik ezean berriz, Terminaletako gaineko mailetan (Garraio Maila eta gainekoak), hau da komunikazioaren muturretan. Konexiorik gabeko zerbitzuen aldekoek, erabiltzaile teknologia asko merkatu dela diote, eta ez dagoela arrazoirik beraietan konplexutasunik ez jartzeko.

Konexioarekin egindako zerbitzuen aldekoek, erabiltzaile gehienek ez dutela beraien terminaletan protokolo konplexurik exekutatu nahi esaten dute. Zerbitzu ziurra eta arazorik gabekoa nahi omen dute, eta modu horretako zerbitzuak sare mailako konexio fidagarriekin inplementatu behar direla.

OSI-k sare mailan bi teknologiak onartzea erabaki zuen, Konexiorik gabeko Zerbitzu ez fidagarria eta Konexioarekin egindako zerbitzu fidagarria. Bigarren teknologia motarako, sare mailako konexioak ezarri, erabili eta askatzeko primitiboak definitzen ditu. Konexio eta fidagarritasun hori dela eta, Destinoko Garraio Maila ziur egon daiteke Sare mailak pasatzen dizkion TPDU-ak Iturriko Garraio Mailak pasa dizkion berdinak direla, batere falta edo sobra gabe eta orden egokian.

TCP/IP arkitekturan berriz, Konexiorik gabeko zerbitzu ez-fidagarria ematen da IP mailan. Horretarako, nahikoa du TCP/IPk, IP mailan datuak bidali eta jasotzeko primitiboak definitzearekin.

Konexioarekin Egindako Zerbitzu Fidagarria eskaintzen duen sare protokolo bezala, OSI-ren X.25 PLP protokoloa ikusiko dugu, eta Konexiorik Gabeko Zerbitzu Ez-Fidagarrien adibide gisa berriz, Interneten erabiltzen den IP protokoloa.

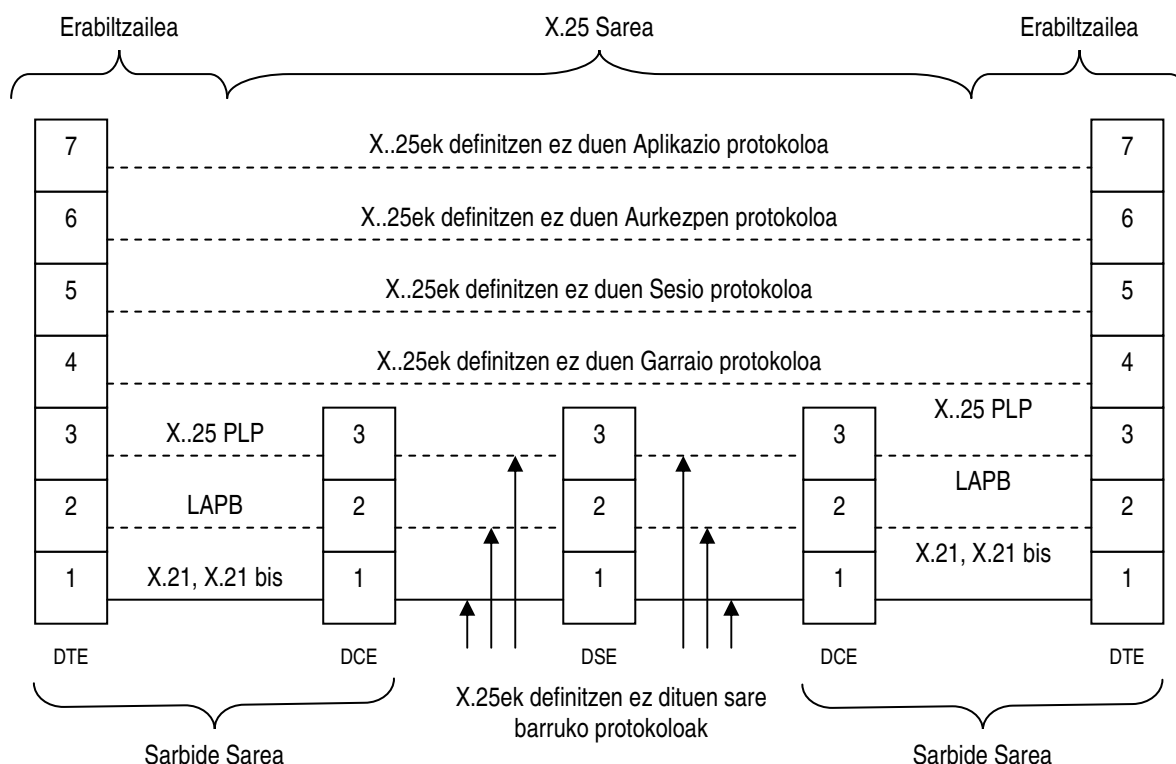
3.3.1.- X.25 PLP

ITU-T-ren X.25 gomendioak, DTE (Datuen Ekipa Terminala) eta DCE (Datuen Zirkuituen Ekipa Terminala) deiturikoen arteko lotura zehazten du, Konexioa Darabilen Paketeen Kommutaziorako Sare Publiko batera konektaturiko terminalentzat.

Ondoko irudian, X.25 gomendioak zehaztutako makina mota, interfaze eta protokoloak adierazten dira:

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA



4. Irudia: X.25 gomendioa

DTE, Komunikazioaren makina terminala litzateke, eta DCE berriz, terminal horren Sarbide/Azken Nodoa. Gomendio hau beraz, Konexio Darabilen Paketeen Kommutaziozko sareen Sarbide Sarean definitzen da, 3 maila baxuenetan. Sare barruko nodoak DSE deitzen dira (Datuen Kommutaziorako Zentrala).

1. mailan, Maila Fisikoan, X.21 araua ezartzen du. Arau hori, sare digitaletan erabiltzeko definitu zen, baina X.25 gomendioa publikatu zen lehen garaian, sare digitalak ez zeuden oso hedatuak, eta aldi baterako, beste arau bat atera zuten sare analogikoetan lan egiteko. X.21bis araua zen hori.

2. mailan, LAPB protokoloa (HDLC-ren ondorengoetako bat) erabiltzen da X.25 gomendioan (konexioduna eta fidagarria).

3. mailan, Sare mailako protokoloa zehazten da, X.25 PLP izenekoa.

4. Irudian ikusten den bezala, paketeen kommutaziozko sare batekin, bi DTE komunikatzen dira. X.25 sareen bidezko komunikazioa egin ahal izateko, zerbitzua eskaintzen duen Operadorearekin, kontratua egin behar dute bere bitartez komunikatu nahi duten Erabiltzaileek. Kontratu horretan, komunikazioa zein modutara egingo den zehaztuko da:

- **Zirkuitu Birtual Kommutatua (ZBK):** Modu hau, Dei Birtual izenarekin ere ezagutzen da. Erabiltzaileak komunikazio bat egin nahi duen bakoitzean, konexioa ezarri behar du, gero datuak bidali eta azkenik, konexioa askatu. Zerbitzua eskaintzen duen Operadorearekin, komunikazio gaitasun bat

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

kontratatzen da, batera ezarri nahi diren dei birtual kopurua. Horrela, Operadoreak, Sarbide Sareko loturan (DTE eta DCE artekoan), Zerbitzua kontratatu duen erabiltzaileari, erabili ditzakeen kanal zenbaki tarte bat esleitzen dizkio.

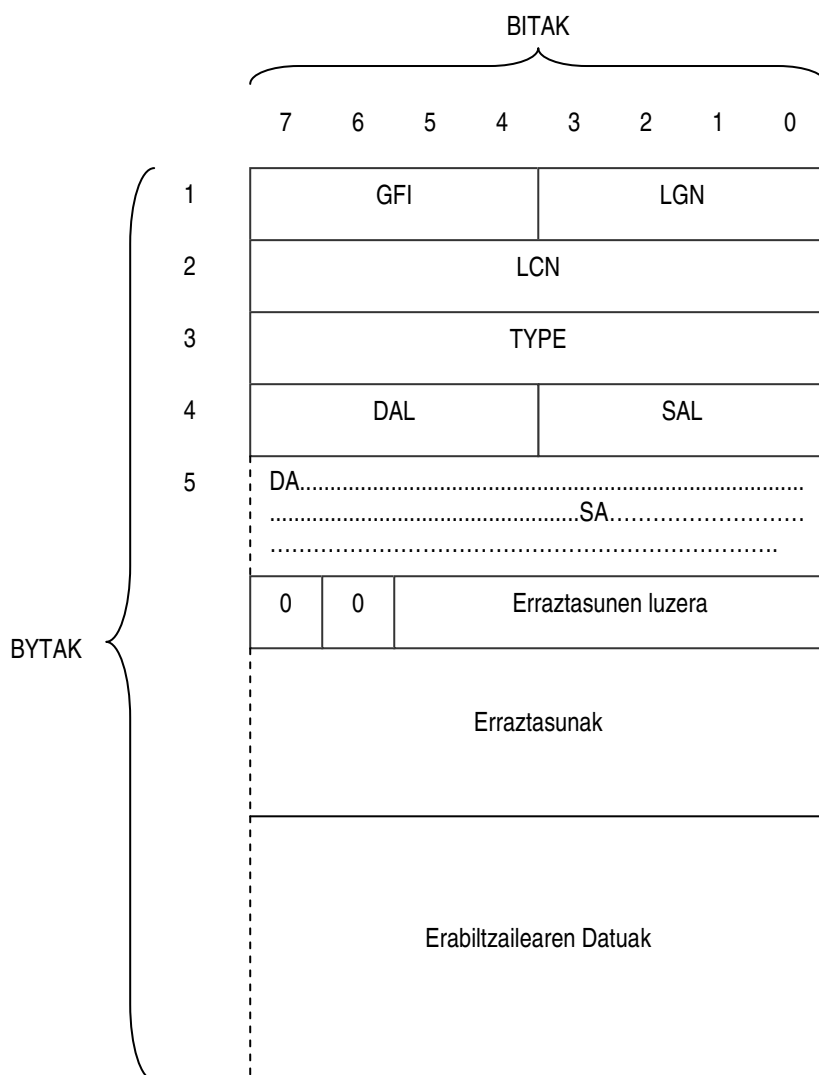
- **Zirkuitu Birtual Iraunkorra (ZBI):** Modu honetan, konexioa jadanik ezarrita egongo erabili nahi den bakoitzean, eta beti DTE berdinen artean. Zirkuitu Birtuala kontratazio unean bertan sortzen du Operadoreak, DTE biren artean; zerbitzuaren erabiltzaileei, kanal zenbaki konkretu bat ematen die Sarbide Sarean, Zirkuitu Birtual Iraunkorrari dagokiona. Kontratua amaitzen denean berriz, askatu egiten du, eta erabiltzen ziren kanalak, beste komunikazioetan erabiltzeko prest geratzen dira.

3.3.1.1.- X.25-en paketeen formatua

X.25 PLP protokoloak, komunikatzen ari diren bi DTE-en artean trukaturako paketeen (PDU-en) formatua definitzen du. Pakete horien formatu orokorrean, protokolo guztietan bezala, bi zati nagusi bereizten dira, kontrol informazioa (PCI) eta Erabiltzaile Datuentzako (SDU) eremua. Formatu orokor hori, ondoko irudian ikusten dena da:

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA



5. Irudia: X.25 PLP paketeak

GFI: *General Format Identifier* edo Formatuaren Identifikatzaile Orokorra.

7 bitari Q bita deitzen zaio, eta paketea *Etenaldi Pakete* motakoa den ala ez zehazten du (aurrerago ikusiko da).

6 bita D bita bezala ezagutzen da eta Datu Arrunt Paketetan erabiltzen da (hau ere, aurrerago ikusiko da).

5 eta 4 bitek paketeen sekuentzia zenbakien formatu edo eskema adierazten dute. 4 bitak 1 balioa badu, **8 modulua** eskema adierazten du, eta 5 bita 1 bada, **128 modulua** eskema. Guk 8 modulua eskema erabiltzen dela kontsideratuko dugu. Horrela, sekuentzia zenbakiak 3 bitekin adierazten dira, eta leiho labainkorraren tamaina, 7 paketekoa izan daiteke gehienez.

LGN: *Logic Group Number* edo Talde Logikoaren Zenbakia.

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA

Pakete guztietan erabiltzen da. RESTART paketeen 0 balioa hartzen du.

Dei Birtual moduan (Zirkuitu Birtual Kommutatuak, ZBK), zenbaki hori, Sarbide Sareko loturan, Operadorearekin kontratatutako kanal talde tartetik aukeratzen da, konexioa ezartzean; Sare Barruko loturetan, Operadoreak Dei Birtualentzat erabakitako kanal talde tartetik aukeratuko da. [0,15] tarteko zenbakia izan daiteke bakarrik. Zirkuitu Birtual Iraunkorretan berriz, zenbaki hori kontratazioa egiterakoan ezartzen da.

LCN: *Logic Channel Number* edo Kanal Logikoaren Zenbakia.

Pakete guztietan erabiltzen da. RESTART paketeen 0 balioa hartzen du.

Dei Birtual moduan, zenbaki hori Sarbide Sareko loturan, Operadorearekin kontratatutako kanal tartetik aukeratu eta erreserbatzen da, konexioa ezartzean; Sare Barruko loturetan, Operadoreak Dei Birtualentzat erabakitako kanal tartetik aukeratuko da. [0,255] tarteko zenbakia izan daiteke bakarrik. Zirkuitu Birtual Iraunkorretan berriz, zenbaki hori Operadorea eta bezeroaren artean aukeratzen da, kontratazioa egiterakoan.

Kanalaren zenbaki osoa beraz, LGN eta LCN eremuetan adierazten da.

TYPE: Mota.

Pakete mota ezberdinak identifikatzen ditu, bakoitzak bere funtzionaltasun berezia duelarik.

DAL: *Destination Address Length* edo Destinoaren Helbide Luzera.

Destinoko DTE-aren helbidearen luzera adierazten du, semibyte unitateetan (4 bit).

Komunikazioaren ezarpeneko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

SAL: *Source Address Length* edo Iturriaren Helbide Luzera.

Iturriko DTE-aren helbidearen luzera adierazten du, semibyte unitateetan.

Komunikazioaren ezarpeneko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

DA: *Destination Address* edo Destinoaren helbidea.

Eremu honen luzera, DAL eremuan adierazitakoaren arabera izango da, paketearen 5. bytetik hasita. X.121 helbide eskema jarraitzen da X.25 sareetan, NSAP formatukoa dena. Helbidearen digitu bakoitza (idazkera hamartarra kontsideratuaz), semibyte batean adierazten da.

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA

Komunikazioaren ezarpeneko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

SA: *Source Address* edo Iturriaren helbidea.

DA eremuaren berezitasun berdinak ditu, Iturriko DTE-ra aplikatuta.

Erraztasunen luzera:

Erraztasun eremuaren luzera adierazten du, byte unitateetan. SA eremuaren ondorengo byte-eko 1etik 6rako bitetan adierazten da.

Komunikazioaren ezarpeneko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da.

Erraztasunak:

Komunikazioaren ezarpeneko prozesuko paketeetan bakarrik erabiltzen da, komunikazioan konfiguragarriak diren parametro batzuen balioa zehazten duelarik.

Parametro horiek, Garraio Mailak eskatu ditzake. Horretarako, konexioa ezartzeko *request* primitiboan, ICI-an pasatzen dira. Gerta daiteke ere, Sare Mailak berak erabakitzea parametro horien balioa.

Parametro horien adibide, Erabiltzaile Datuen tamaina maximoa, leiho labainkorren tamaina, eta abar dira.

X.25 PLP protokoloan, erraztasunak byte bikoteekin adierazten dira. Lehen byteak, eskatzen den erraztasuna adierazten du, eta bigarrenak, erraztasun horren balioa da.

Erabiltzailearen Datuak (UD):

Garraio Mailatik iritsitako SDU datuak sartzeko eremua da.

DEI ESKAERA eta DEI SARKORRA paketeetan, Erraztasunen eremuaren ondoren, 32 edo 128 byte-eko Erabiltzaile Datuak jar daitezke gehienez. Hau, Kontrol PDU batek SDU bat garraiatzen duen kasu arraroa litzateke.

Konexio bakoitzean, Erabiltzaile Datu eremuaren luzera maximo bat egon daiteke finkaturik, konexioa ezartzean erabakitzen dena (erraztasun modura).

Informazio Pakete mota guztietan, TYPE eremuaren ondoren, eremu hau bakarrik dago.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

3.3.1.2.- X.25-en Funtzionamendua

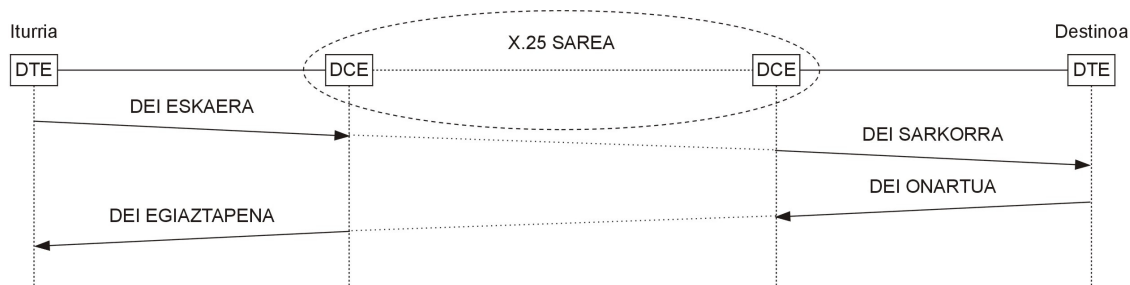
X.25 moduko komunikazio batean, prozedura ezberdinak ematen dira. Erabilitako teknologia Zirkuitu Birtualeko Paketeen Kommutazioa denez, argi eduki behar da, komunikazioan 3 fase daudela, Ezarpen Fasea, Datu Transferentzia Fasea eta Askapen Fasea.

Zirkuitu Birtual Kommutatu moduan, 3 faseak DTE-tatik hasten dira. Zirkuitu Birtual Iraunkor moduan berriz, aurretik esan dugunez, DTE-tatik Datu Transferentzia faseko prozedurak bakarrik hasiko dira, bi DTE berdinen artean beti (zirkuituaren ezarpena eta askapena Operadoreak egiten ditu).

Ondoren ikusiko ditugun prozedurak, komunikazioaren faseen arabera azaltzen ditugu:

EZARPEN FASEA

Komunikazioaren ezarpena



7. irudia: X.25 komunikazioaren Ezarpena

Dei Birtual moduan, iturriko DTE-ak, DEI ESKAERA pakete bat bidaltzen du libre dagoen kontrataturiko kanal logiko batetik. Pakete horretan, Iturri eta Destinoko DTE-en helbideak adieraziko dira, eta sareko nodoek (DCE eta DSE-ek), bideratzea egiteko erabiliko dituzte. Bideratzearen ondorioz, nodo bakoitzak, irteerako loturan libre dagoen kanal logiko bat erreserbatuko du komunikazio horretarako, eta komunikazioa irteerako lotura horretako kanal logiko horrekin erlazionatuta gordeko ditu, konexioa askatzen den arte. Nodoaren irteeran, DEI ESKAERA moduko paketeen, kanal berriaren zenbakia adieraziko da LGN-LCN eremuetan. Komunikazioko beste paketeek, nahikoa izango dute beraz, kanal logikoaren zenbakia adieraztearekin (ez dute helbide informaziorik eraman behar).

DEI ESKAERA paketea, sarearen bidez destinoko DCE-ra iristen da, eta horrek, DEI SARKORRA paketeen bilakatzen du. Destinoko DTE-ra bidaltzen du DEI SARKORRA paketea, lotura horretarako kanal logiko bat esleituaz. Deia

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

ezarpen eskaera egiten duten paketeak beraz, DEI ESKAERA eta DEI SARKORRA dira.

Destinoko DTE-ak, komunikazioa onartzen badu, DEI ONARTUA pakete bat bidaltzen dio destinoko DCE-ari, DEI SARKORRA iritsitako kanal logiko berdinetik, eta sarearen bidez, (nodo berdinetako lotura berdinetan erreserbatutako kanaletatik) iturriko DCE-raino iristen da. Iturriko DCE-ak, DEI KONEKTATUA paketeen bilakatzen du jasotakoa, eta iturriko DTE-ari bidaltzen dio. Une horretan, konexioa ezarrita dago eta datuen transferentzia fasea hasi da.

Ezarpen Eskaerako paketeek, bideratzea egin eta kanalen erreserba prestatzeko, beharrezkoak dituzte Iturri eta Destinoaren helbideak. Ezarpenaren Onarpeneko paketeek berriz, onartzen duten komunikazioa zein den identifikatzeko behar dituzte helbideak, erreserbak gorde daitezkeen. Azken batean, DTE batetik komunikazio 1 baino gehiago eduki daitezke batera, Destino berdinarekin edo ezberdinekin.

Ezarpen Faseko 4 paketeetan, destino eta iturriko DTE-n helbideez gain, komunikazioan emango diren erraztasunen zerrenda ere adierazten da. Erraztasun horien adibide, etendura moduko paketeak (Informazio Pakete bereziak) erabili ahal izatea, Erabiltzaile Datuen tamaina maximoa, leihoaren tamaina,... dira. Erraztasunik adierazten ez bada, finkatutako balio batzuk hartzen dira. Destinoko DTE-a jasotako erraztasunekin ados ez balego, DEI ONARTUA paketeko erraztasunen eremuan, proposamen berriak egingo lituzke. Proposamen berri horiek, beti egon behar dira finkatutako balioetatik gertuago, jasotako proposamenak baino.

DEI ESKAERA paketeen, Dei Birtuala hasten duen DTE-ak 32 edo 128 bytetako Erabiltzaile Datuak (SDU) bidali ditzake.

Zirkuitu Birtual Iraunkorraren moduan, kontratazioa egiterakoan, lotura bakoitzean konexio iraunkorra osatzen duten kanal logikoei zenbakia ezartzen zaie, eta sareak mantendu egiten ditu, kontratuak dirauen bitartean. Beraz, DTE batek Zirkuitu Birtual Iraunkorreko beste DTE-ari zerbait bidali nahi badio, ez du komunikazioaren ezarpenerako ezer egin behar. Komunikazioa etengabe transferentzia fasean dagoela esan daiteke.

X.25 Bideratzea

DTE makinak beti daude puntu-puntu lotura baten bidez DCE batera konektaturik. Horrela izanik, X.25 sareetan, bideratzea sareko konmutadoreek bakarrik egiten dute (DCE eta DSE-ek).

X.25 arauak ez du ezer esaten sare barruko protokoloek, Erabiltzaile eta Sarearen arteko Sarbide Sarea bakarrik arautzen du. Horrela izanik, sareko konmutadoreetan ematen den bideratzea ere, erabiltzen diren protokolo

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

konkretuen araberakoa izango da. Horrela, gauza gutxi esan daitezke konmutadore horietan ematen den bideratzeaz, protokolo konkretuetan sartu gabe. Bi gauza eduki behar dira kontutan:

- Zirkuitu Birtualen Paketeen Kommutazio teknologia erabiltzen dutenez, bideratzen diren pakete bakarrak, konexioaren **Ezarpen Eskaerakoak** dira.
- Bideratzearen ondorioz, pakete bat zein loturatik atera behar den jakin behar da, eta lotura horretan libre dagoen kanal logiko bat erreserbatu (ZBK-entzat erabakitako kanalen artean). Horretarako, bi taula mota erabiltzen dira X.25 konmutadoreetan (DTE-tan ez):
 - **Bideratze Taulak:** Destino DTE-ak eta Irteerako Portuak erlazionatzen dituzte. Portu bakoitzetik, lotura bat ateratzen da, konmutadore bakar batera doana (X.25 sareetan puntu-puntu loturak erabiltzen dira). Sarearen mantenua egiten duen Operadorearen lana da taula hauek eguneratuta mantentzea. Bideratzea egiteko beharrezkoak dira taula hauek.
 - **Konexioen Taulak:** Sarrerako Portu eta Kanalak, Irteerako Portu eta Kanalekin erlazionatzen dituzte. Taula honetako informazioa, zirkuitu birtualak ezarri eta askatzen doazen heinean aldatzen doa. Kommutazioa egiteko beharrezkoak dira taula hauek.

DEI ESKAERA pakete bat iristen denean, Bideratze Taularekin, Konmutadoreak zein portutik bidali behar duen erabakitzen du, eta ondoren, portu horretatik doan loturan kanal logiko baten erreserba egiten du. Horrela, Konexioen taulan, DEI ESKAERA paketea iritsi zaion Sarrera Portu eta Kanal zenbakiak, erabakitako Irteera Portu eta Kanalarekin erlazionaturik gordeko ditu.

Sarbide Sareko Kanal logikoen esleipena

4095 kanal logiko zenbaki ezberdin esleitu daitezke lotura fisiko bakoitzean.

Kanal logikoen zenbakiei, VCI (edo LCI) deitzen zaie. VCI zenbakiek, lotura fisiko batean esanahi lokala dute. Horrek esan nahi duena da, zirkuitu birtual bat VCI zenbaki berdina edo ezberdina duten kanal logikoz osatua egon daitekeela bideko lotura guztietan, azken batean, zenbaki horrek lotura bakoitzean bakarrik duelako zentzua. Kontutan eduki behar da ere, VCI konkretu bat duen kanala, lotura fisikoaren muturretako bi makinetan kontsideratuko dela komunikazio berdinentzat erreserbaturik.

0 zenbakidun kanal logikoa, berraste eta diagnostiko paketeentzat erabiltzen da, komunikazio guztientzat. Ezin daiteke erabili beraz komunikazio konkretu baten kanal zenbakia bezala.

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Kanal logikoen esleipena, zenbaki tarte ezberdinetan egiten da. Lotura bakoitzean, ZBK-entzat zenbaki tarte bat erabili ahalko da eta ZBI-entzat beste bat, Operadoreak erabakita. 12 bit erabiltzen dira guztira edozein motako kanal (ZBI edo ZBK-etako kanalak) izendatzeko. Lehen 4ek Kanal Logiko Taldea adierazten dute, eta beste 8ek berriz, talde barruko kanalaren zenbakia.

DTE batek komunikazioa hastean, bere X.25 PLP entitateak kanal logikoa aukeratzen du, loturan Operadoreak ZBK-entzat adierazitakoetatik aske dituenen artean. Destinoko DCE batek ere, DEI ESKAERA pakete bat iristen zaionean, berdina egingo du bere DTE-rako loturan. Horrela, gerta daiteke DTE batek DEI ESKAERA paketea bidaltzen duen unean ere, bere DCE-ak DEI SARKORRA pakete bat bidaltzea berari, beste DTE batek berarekin komunikatu nahi duelako. Kasu horretan, gerta daiteke DTE eta DCE-ak lotura berdinean, kanal erreserba batera egitea. Argi dagoena da, ezin dutela kanal logiko berdina aukeratu, kanalak ezin direlako zirkuitu birtual baterako baino gehiagorako erabili aldi berean. Biek kanal berdina aukeratzea gertatzearen probabilitateak minimora gutxitzearren, X.25-ek, Sarbide Sareko loturan kanalak aukeraketa egiteko arau bat ezartzen du: DTE-ek, aske dauden kanalak artean, zenbakirik gorena duen kanala aukeratu behar dute, eta DCE-ek berriz, zenbaki baxuenekoa.

DATU TRANSFERENTZIA FASEA

X.25 Kommutazioa

Zirkuitu Birtualen teknologian, kommutazioa, pakete bat dagokion portu eta kanaletik ateratzea da. Horretarako, beharrezkoa da pakete jakin bakoitza kommutatu ahal izateko informazioa edukitzea; X.25 sareetako DCE eta DSE nodoetan, Konexioen Taulekin egiten da hori.

Konexioen Tauletan, sarrerako portu eta kanalak, irteerako portu eta kanalekin erlazionatzen dira. Taula horiek, Ezarpen fasean betetzen dira, ezarpen eskaerako paketeen bideratzearen ondorioz.

Kommutazioa ez da bakarrik Datu Transferentzia fasean ematen den prozedura, baina atal honetan sartzearabaki dugu, atal honetako pakete guztiek kommutazioa **bakarrik** jasaten dutelako.

Horrela, X.25 sare bateko DCE edo DSE batean, portu batetik iritsi den paketeari, LGN-LCN begiratzen zaio, eta hortik, kanalaren zenbakia, VCI-a, ateratzen da. Konexio Taulan portu eta VCI horiek bilatu, eta irteerako portua eta VCI-a lortzen dira. Paketeari, azpiko Lotura Mailari trama batean sar dezan pasatu baino lehen, Konexio Taulan lortutako irteerako VCI-a jartzen zaio LGN-LCN eremutan. Horrela, irteerako kanal zenbaki egokia duen pakete hori

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

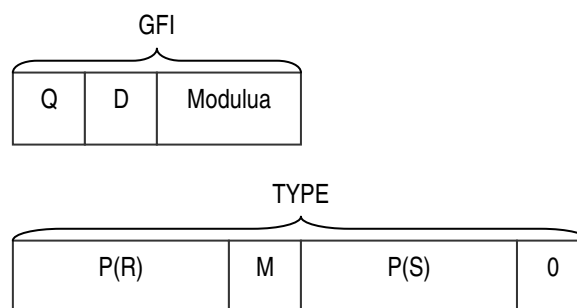
Konexio Taulan lortutako irteera portuko azpiko mailari pasatzen zaio. Kommutatzea beraz, X.25 PLP kasuan, pakete bat dagokion portutik, dagokion LGN-LCN balioekin ateratzea da.

DTE makinetan, Konexio Taularik ez da erabiltzen.

Erabiltzaile Datuen transferentzia

Datu transferentzia fasean Garraio Mailatik iritsitako SDU-arekin bidaltzen diren paketeek, formatu orokorraren lehen 3 byteak izango dituzte, eta ondoren Erabiltzailearen Datuak. **Informazio PDU-ak** izango dira, eta X.25 PLP-n bi motakoak bereizten dira:

- **Datu Arrunt Paketeak:** GFI eta TYPE eremuko, bitek esanahi berezia hartzen dute:



6. Irudia: GFI eta TYPE eremuak, Datu Transferentzia Fasean

GFI Q bitak 0 balioa izango du, Etenaldi Pakete bat ez del adierazteko.

GFI D bitak 0 balioa badu, Datu Arrunt Pakete horrengatik Iturriko DTE-ra iritsiko den egiaztapenak, paketea Iturriaren DCE-ra ondo iritsi dela bakarrik adieraziko du. D bitak 1 balioa badu aldiz, egiaztapenak paketea Destinoko DTE-ra ondo iritsi dela adieraziko du, (muturretik muturrerainoko egiaztapena).

P(S) eta P(R) eremuak, fluxu eta errore kontrolerako erabiltzen dira. HDLC-n azaldutako N(S) eta N(R) eremuen esanahi berdina dute, Sare Mailan.

X.25 PLP-n, Datu Arrunt paketeen fluxu eta errore kontrola egiteko, leiho labainkorraren mekanismoa erabiltzen da. Horretarako, DTE bakoitzak, Birtransmititze Zerrenda, Birtransmititze Kontagailua (RetxCount) eta Bidaltze eta Iriste sekuentzia zenbakiak (V(S) eta V(R)) mantendu behar ditu. Horrela, DTE batek leiho labainkorraren tamaina arteko pakete kopurua bidali dezake bakarrik, egiaztapenik jaso gabe. Leiho minimoa 2 paketetakoa da, eta 8 moduluan lanean ari bagara, 7 paketetakoa gehienez. Go-Back N moduko errore kontrola egiten da.

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA

M bita, zatikatzeko/birmuntatzeko prozeduretarako erabiltzen da.

- **Etenaldiko Paketeak:** GFI-ko Q bita 1-era izango dute. Beraien fluxu eta errore kontrola Stop&Wait modura egiten denez, ez dute sekuentzia zenbakirik, eta horiekin erlazionaturiko eremurik ere ez (Modulua, P(S), P(R)). M bitak esanahi berdina izango du (0-ra egongo da beti).

Datu Arrunt Paketeen egiaztapena

Datu Arrunt Paketeen fluxu eta errore kontrola, Go-Back N moduan egiten da X.25 PLP-n. Fluxu kontrolak, Zirkuitu Birtualaren bi muturren artean paketeak ondo iritsi direla eta gehiago bidaltzeko edo oraingoz ez bidaltzeko adierazteko balioko du; errore kontrolak berriz, paketeen bikoizketa edo galera detektatu eta adierazteko balio du.

Leiho Labainkorreko Go-Back N ARQ fluxu eta errore kontrol hori egin ahal izateko, *Egiaztapen Paketeak* deituriko Kontrol Pakete mota bat definitzen da X.25 PLP-n. 3 Egiaztapen Pakete daude, RR, RNR eta REJ.

Erroreen detekzioa, Iturriaren DCE-ak zein Destinoko DTE-ak egin dezake (GFI eremuko D bitean zehaztuko da nork egin behar duen). Azalpenak argiagoak izan daitezzen, Destinoko DTE-ari buruz hitz egingo da hemendik aurrera.

Datu Arrunt Pakete batzuk (Leihoaren tamainaren arabera kopurua) jaso dituen Destino batek, errorerik ez dela gertatu eta pakete gehiago onartu ditzakeela adierazteko, bi aukera ditu:

- Destino berak ere, Iturriari bidaltzeko Datu Arrunt Paketeak baditu, horien P(R) eremuan Iturritik jasotzea espero duen hurrengo paketearen sekuentzia zenbakia jartzea.
- Iturriari bidaltzeko Datu Arrunt Paketerik ez badago, RR Egiaztapen Paketea bidaltzea, P(R) eremuan Iturritik jasotzea espero duen hurrengo paketearen sekuentzia zenbakia jarriaz.

Destinora paketeak ongi iritsi badira, baina Destinoak ezin baditu gehiago prozesatu, RNR Egiaztapen Paketearekin adieraziko dio Iturriari.

Destinoak jasotako Datu Pakete Arruntean errorerik gertatu dela detektatzen badu (errepikatua datorrelako edo sekuentziaz kanpo), REJ pakete batekin, P(R) eremuan adierazitako sekuentzia zenbakia duen paketea eta ondoren bidalitako guztiak berriro bidaltzeko eskatzen dio Iturriko DTE-ari.

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Etenaldia

Etenaldi paketeak, lehen esan bezala, Informazio Paketeak dira ere, Erabiltzailearen (gainerako mailaren) Datuak garraiatzen baitituzte. Pakete horietan, Erabiltzaile Datuen eremua 32 bytetakoak izango da gehienez, eta sekuentziaz kanpo bidaltzen dira, hau da, ez dira Datu Arrunt Paketeen fluxu kontrolean kontutan hartzen (P(S) eta P(R)-n). Hauen egiaztapena, Etenaldi Egiaztapena deituriko Kontrol Paketearekin egiten da, Stop&Wait ARQ moduko fluxu kontrol propioa jasaten dutelarik (horregatik ez dute sekuentzia zenbakirik behar).

Zatikatze eta Birmuntatzea

Garraio Mailatik iristen den SDU-a konexiotik bidaltzeko luzeegia bada, zatikatzea egin behar da.

Zatikatzea egin ahal izateko, X.25 konexioak onartzen duen erabiltzaile datu tamaina maximoa jakin behar da. Datu horri, edozein mailetako protokolutan, MTU deituko diogu eta beti ondoren adierazten den ekuazioa betetzen du:

$$MTU_{n+1} = MTU_n - PCI_{n+1} \quad n, \text{ mailaren zenbakia delarik}$$

Maila bateko protokoloak zatikatzea egin behar duen jakiteko lehen pausua, gainerako mailatik jasotzen duen SDU-aren tamaina jakitea da. Tamaina hori MTU-a baino handiagoa bada, zatikatzea beharrezkoa da.

Bigarren pausu batean, MTU-aren tamainaren arabera zenbaterainoko SDU-ak egin daitezkeen kalkulatu behar da, hau da, protokoloaren SDU maximoa (SDU^M). X.25 PLP-n, SDU^M hori MTU balio berdinekoa da, baina beste batzuetan MTU-a bera baino txikiagoa den balio bat izaten da.

Azkenik, SDU^M tamainako ahalik eta zati gehien eratu behar dira SDU-a zatikatuz. Eratutako azken zatia, jatorrizko SDU-aren arabera, SDU^M tamainakoa edo txikiagoa izan daiteke.

X.25 PLP-ren kasuan beraz, ondokoa betetzen da:

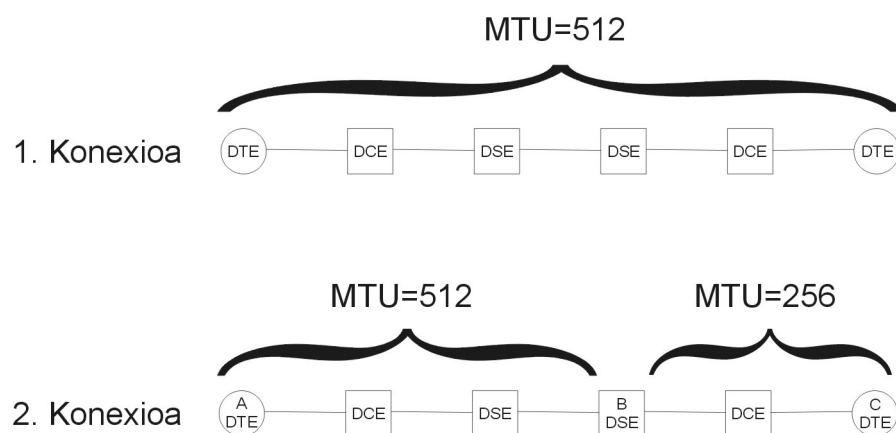
$$\begin{aligned} SDU_{X.25PLP}^M &= MTU_{X.25PLP} \\ PDU_{X.25PLP}^M &= PCI_{X.25PLP} + SDU_{X.25PLP}^M \end{aligned}$$

Horrela, SDU zati bakoitzarekin egingo diren paketeen tamaina kalkulatu da. Zati bakoitzarekin pakete ezberdin bat eratuko denez, Leiho Labainkorra erabiltzen duten protokolo guztietan, pakete bakoitzak bere sekuentzia zenbaki propioa izango du. X.25 PLP-n, P(S) eremuak balio sekuentzialak hartuko ditu beraz.

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Konexioa darabilten protokoloetan, pakete guztiak ordenan iritsiko direla ziurtatuta dagoenez, SDU originala birmuntatzeko behar den bakarra, lehen zatia eta azkena zein paketetan garraiatu diren identifikatu ahal izatea da. X.25 PLP protokoloan TYPE eremuko M (*More*) bitarekin egiten da hori. SDU zati bakoitzarekin egindako pakete guztietan, M bitak 1 balioa izango du, azkenekoan izan ezik. Azkenekoan, 0 balioa izango du, SDU osoa osatzen duen azken zatia garraiatzen duela adieraziz. Zatikatzerik egin behar ez denean, 0 balioa izango du ere.

Zatikatzea, modu ezberdinetan egin daiteke Zirkuitu Birtualen Moduko teknologia erabiltzen duten sareetan. Ondoko irudian, X.25 sare batean eman daitezkeen 2 konexio kasu agertzen dira:



1. konexioko lotura guztietan, MTU balio berdinekoa da. Horrela, Konexioaren ezarpenean, tamaina maximoa MTU horren arabera izatea erabaki daiteke, eta Iturriko DTE-an tamaina handiagoko pakete bat eratuko balitz, Iturria bera arduratuko litzateke zatikatzeaz, eta pakete horiek arazorik gabe iritsiko lirateke Destinora. Kasu honetan beraz, **Iturriko Zatikatzearekin** nahikoa da.

2. kasuan berriz, konexioa 2 MTU ezberdin onartzen dituzten loturetatik pasatzen da. Kasu honetan, 3 makina garrantzitsu daude, muturreko DTE-ak (A eta C) eta B DSE-a. A DTE-ak konexioa ezartzean, 512 byte-eko MTU-aren arabera tamaina maximoa eskatuko luke DEI ESKAERA paketearen erraztasunen eremuan. Pakete hori B DSE-ra iristean, bi aukera daude:

1. DEI ESKAERA dagoen bezala bidali dezake. Orduan, Destinoko DTE-ak, DEI SARKORRAN onartu ezin duen tamaina maximoa jasotzen duenez, DEI ONARTUA paketea, bere MTU-ari dagokiona jartzen du. DEI EGIATZAPENA tamaina maximo berri horrekin iritsiko da Iturriko DTE-ra, eta berak bidalitakoa baino txikiagoa denez, onartu beharko du. Horrela, muturretik muturrera, bidaliko diren pakete guztiek tamaina maximo berdina edukiko dute. Tamaina hori jakina denez, zatikatzea Iturrian egingo da.

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Irteerako loturan MTU txikiagoa dela konturaturik, irteerako loturatik bidaltzen duen DEI ESKAERA paketeen, tamaina maximoa dagokion MTU-aren (256) arabera jarri dezake. DEI SARKORRA tamaina maximo egokiarekin iritsiko zaio beraz Destinoari, eta erantzuneko DEI ONARTUA-an ez du ezer aldatuko. B DSE-ak, DEI ONARTUA Iturrirako konmutatzean, tamaina maximoa aldatuko dio, DEI ESKAERAN jasotako berdina jarriaz (512). Horrela, A eta C DTE-ek bere MTU-aren arabera zatikatzeak egingo dituzte (512 eta 256), eta B DSE-ak berriz, irteerako (paketeen norantzaren arabera) loturaren arabera; Sekuentzia Zenbakietan sortzen diren arazoez arduratu beharko da.

Bitarteko nodoetan egiten den zatikatzea, bi modutakoa izan daiteke X.25 sareetan:

- **Gardena:** MTU ezberdineko bi X.25 azpisare ezberdinak konektatzen dituzten Kommutadoreetan, pakete baten zatikatzea egin behar den ala ez erabaki baino lehen, guztiaren birmuntatzea egiten da. Horrela, pakete osoaren gain egiten da zatikatze prozesu berria.

Destinoak, azken zatikatzearen ondoriozko paketeak bakarrik jasoko ditu.

- **Ez Gardena:** Kasu honetan, X.25 sare ezberdinak konektatzen dituzten Kommutadoreetan, ez da birmuntatzerik egiten. Jadanik aurretik zatikatutako paketeak jaso eta berriro zatikatu behar badira, Zatikatzeko Prozesu ezberdin bat gertatzen da pakete bakoitzerako. M bitaren balioa kontutan hartu beharko da eta 1 balioa duen pakete bat zatikatu behar bada, pakete horretatik sortutako pakete guztietan, 1 balioa jartzen da. 0 balioa, M=0 balioa zuen paketetik eratutako azken paketeari bakarrik jarriko zaio.

Destinoak, bidean jasandako zatikatze guztien ondorioak ikusiko ditu.

Edozein kasutan, zatikatze berrietan sortutako paketeen P(S)-ak ordenan ezartzen dira, jatorrizko paketeen baxuenetik hasita.

Zatikatzeko egiten duen nodoak, edonola egiten duela ere, zatikatu dituen paketeen egiaztapenerako paketeak detektatu beharko ditu (beste norantzan doazenak) eta beraietan adierazten den P(R) eremuak modu egokian aldatu beharko ditu.

Adibidea:

Demagun, X.25 sare bateko Nodo batera, ondoko bi paketeak iristen direla, $MTU_{X.25LM} = 256$ byte duen portu batetik konmutatu behar direlarik.

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. Paketea	700	1	20	0
2. Paketea	300	0	21	0

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

$PCI_{X.25SM} = 3$ byte da kasu honetan (Datu Pakete Arrunt guztietan horrela da X.25PLP-n).
Nodoak, Zatikatzeko Prozesua, bi modutara egin ahalko du:

Zatikatzeko Gardena

Nodo hau bi MTU ezberdineko azpisareak lotzen dituen nodoa denez, Zatikatzeko gardena aplikatzeko, jatorrizko mezua birmuntatuko du lehenik:

$$\begin{aligned} SDU_{X.25SM}^T &= SDU_{X.25SM}^1 + SDU_{X.25SM}^2 \\ &= (PDU_{X.25SM}^1 - PCI_{X.25SM}) + (PDU_{X.25SM}^2 - PCI_{X.25SM}) \\ &= (700-3) + (300-3) = 697 + 297 = 994 \text{ byte} \end{aligned}$$

$$MTU_{X.25SM} = MTU_{X.25LM} - PCI_{X.25SM} = 256 - 3 = 253 \text{ byte}$$

$$SDU_{X.25SM}^M = MTU_{X.25SM} \Rightarrow$$

$$SDU_{X.25SM}^T = 994 > SDU_{X.25SM}^M = 253 \Rightarrow \text{Zatikatzeko beharrezkoa da.}$$

Beharrezko Zati Kopurua:

$$SDU_{X.25SM}^T / SDU_{X.25SM}^M = 994 / 253 = 3, \dots \Rightarrow$$

253 byteko 3 zati

235 byteko zati 1

Bidaliko diren paketeak:

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. Paketea	253+3=256	1	20	0
2. Paketea	253+3=256	1	21	0
3. Paketea	253+3=256	1	22	0
4. Paketea	235+3=238	0	23	0

Nodo honek, kontutan eduki beharko du, zatikatzeko dela eta, fluxu/errore kontrolean eragina duela. Pakete hauek horrela iristen badira beste muturrera, destinoak P(R)=24 balioaz bidaliko luke egiaztapen paketea. Egiaztapen pakete hori nodo honetatik pasatzean, nodoak P(R)=22 balioa jarri beharko dio, iturriak hori espero baitu. Komunikazioan ematen diren beste pakete guztietan ere eragin berdina izango du.

Zatikatzeko Ez Gardena

Pakete bakoitzak, bestea kontutan izan gabe jasango du Zatikatzeko prozesua.

1. Paketea

$$SDU_{X.25SM}^1 = PDU_{X.25SM}^1 - PCI_{X.25SM} = 700 - 3 = 697$$

$$\text{Aurreko kasutik, } SDU_{X.25SM}^M = MTU_{X.25SM} = 253$$

$$SDU_{X.25SM}^1 = 697 > SDU_{X.25SM}^M = 253 \Rightarrow \text{Zatikatzeko beharrezkoa da.}$$

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Beharrezko Zati Kopurua:

$$SDU_{X.25SM}^1 / SDU_{X.25SM}^M = 697/253 = 2, \dots \Rightarrow$$

253 byteko 2 zati
191 byteko zati 1

2. Paketea

$$SDU_{X.25SM}^2 = PDU_{X.25SM}^2 - PCI_{X.25SM} = 300-3 = 297$$

$$SDU_{X.25SM}^2 = 297 > SDU_{X.25SM}^M = 253 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

Beharrezko Zati Kopurua:

$$SDU_{X.25SM}^2 / SDU_{X.25SM}^M = 297/253 = 1, \dots \Rightarrow$$

253 byteko zati 1
44 byteko zati 1

Bidaliko diren paketeak

	Tamaina	M	P(S)	P(R)
1. Paketea	253+3=256	1	20	0
2. Paketea	253+3=256	1	21	0
3. Paketea	191+3=194	1	22	0
4. Paketea	253+3=256	1	23	0
5. Paketea	44+3=47	0	24	0

Destinoan, pakete guztiak ordenan iristen direnez, nahikoa $M=0$ duen paketea iritsi arte itxarotea, jatorrizko mezua birmuntatzeko, edozein motako Zatikatzea egin bada ere. Zatikatze Ez Gardenaren ondorioz Destinora iristen diren pakete kopurua, Zatikatze Gardenarekin baino handiagoa edo berdina izango da beti.

Kasu honetan ere, sekuentzia zenbakietan aldaketak eman dira, eta horregatik, Nodo honek Zirkuitu Birtual horretako pakete guztietan dagozkien aldaketak egin beharko ditu.

Berrezarpena

Datu transferentzia fasean, DTE batek Dei Birtuala berriro hasi dezake, BERREZARPEN ESKAERA pakete bat bidaliaz. Destinoko DCE-ak, BERREZARPEN ESKAERA, BERREZARPEN ADIERAZPEN pakete batean bilakatzen du, eta horrela bidaltzen dio Destinoko DTE-ari (Ezarpen eta Askapen Faseetako paketeak bezala).

Bestalde, DCE batek BERREZARPEN ADIERAZPEN bat bere kabuz bidaliaz ere egin daiteke berrezarpena. Horrela, DCE-ak Sarean akatsen bat eman dela adierazten dio DTE-ari, azken honek konexioa berriro hastea eskatu dezakeelarik.

Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Berrezarpena gertatzen ari den bitartean, Datu Arrunt paketek, Etenaldikoak eta Fluxu/Errore Kontrolekoak iristen badira, ez dira kontutan hartzen.

Horrela, Zirkuitu Birtual konkretu batetik ematen zen konexio logikoa berriro ezartzen da, DTE-etako Birtransmititze Zerrendak eta Kontagailuak (V(S), V(R) eta RetxCount) hutsean geratuz.

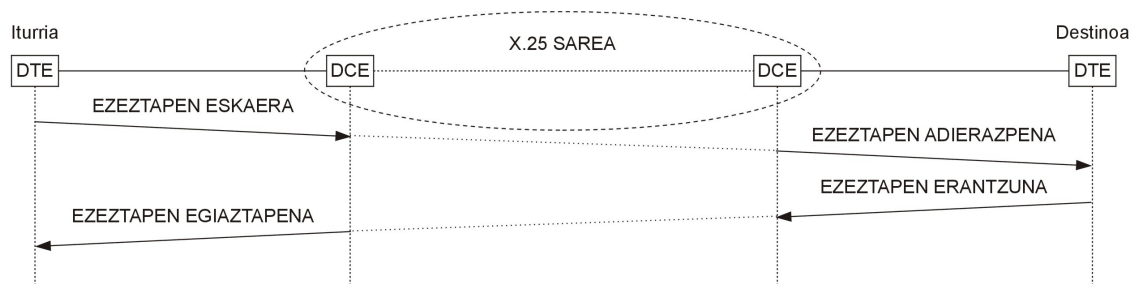
Berrastea

Berrastea, arazo larriak daudenean ematen da, adibidez, DTE edo DCE bat ez dabilenean. BERRASTE ESKAERA pakete batekin, ezarritako Dei Birtual guztiak hasiko dira; Dei Birtual bakoitzerako BERREZARPEN ESKAERA bat egitearen baliokidea da.

ASKAPEN FASEA

Komunikazioa askatzea

Dei Birtualetan bakarrik erabiltzen da. Askatzea gertatzen denean loturetako kanal logikoak aske geratzen dira, beste komunikazioen batek erabili ahal izateko.



8. Irudia: X.25 Askapen Fasea

Komunikazioa askatzeko Kontrol Paketeak eta ordena, 8. irudian adierazitakoak dira.

3.3.1.3.- X.25 PLP-ren Erabiltzailearekiko interfazea

X.25 PLP protokoloa OSI moduko arkitektura batean erabiltzeko, OSI ereduko Sare mailako primitiboak eta X.25 PLP-ko paketeak erlazionatu beharko dira.

Sare eta Zerbitzuak

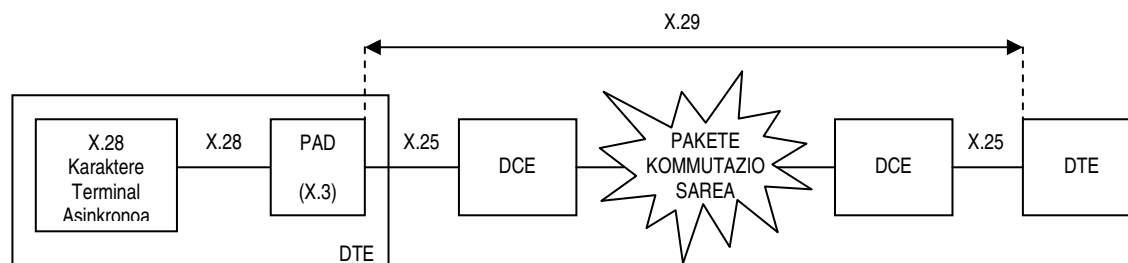
3.- SARE MAILA

OSI Primitiboak	X.25 PLP Paketeak
N-CONNECT.request N-CONNECT.indication N-CONNECT.response N-CONNECT.confirmation	DEI ESKAERA bidali DEI SARKORRA iristen da DEI ONARTUA bidali DEI KONEKTATUA iristen da
N-DISCONNECT.request N-DISCONNECT.indication	EZEZTAPEN ESKAERA bidali EZEZTAPEN ESKAERA iristen da
N-DATA.request N-DATA.indication	DATU PAKETEA bidali DATU PAKETEA iristen da
N-DATA-ACKNOWLEDGE.request N-DATA-ACKNOWLEDGE.indication	RR edo RNR bidali RR edo RNR iristen da
N-EXPEDITED-DATA.request N-EXPEDITED-DATA.indication	ETENALDIA bidali ETENALDIA iristen da
N-RESET.request N-RESET.indication N-RESET.response N-RESET.confirmation	BERREZARPEN ESKAERA bidali BERREZARPEN ESKAERA iristen da Ez dago paketerik Ez dago paketerik

3.3.1.4.- TERMINALEN SARBIDEA

X.25 PLP protokoloa azaldu genuenean, DTE-ek X.25 arauko protokolo guztiak gauzatzeko beharrezko prozesamendu gaitasuna zutela suposatu genuen. Orokorrean, hori horrela da, DTE-a konputagailua denean, adibidez. Baina garai batean, DTE batzuk ez zuten pakete moduan lan egiten, edo ez zuten prozesamendu gaitasunik X.25 araua inplementatzeko. Mota horretako DTE bat sarera konektatu nahi bazen, beste ekipo bat gehitu behar zitzaion, DTE-aren izenean X.25 arauko protokoloak inplementatuko zituen.

Egoera hori oso arrunta izanik, PSPDN-ko agintaritzek, X.25aren DTE-a ordezkatzeko arau multzo bat atera zuten, *X-Hirukoitza* deiturikoa. Karaktereekin lan egiten duten terminal asinkronoak X.25 sareetara konektatzera zegoen bideratuta arau multzo hori.



12. Irudia: X-Hirukoitza

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Irudian ikusten denez, X.28 moduko Karaktere Terminal Asinkronoek X.25 arauko sarean lan egiteko beharrezko duten ekipo gehigarriaren izena, PAD (*Packet Assembler-Disassembler*, Pakete Muntatzaile-Desmuntatzailea) da.

- **X.28:**

Karaktereekin lan egiten duen Terminal Asinkrono bat eta PAD baten arteko protokoloa definitzen du X.28 gomendioak, baita ondokoak egiteko prozedurak ere:

- PADera sarbidea (konfigurazioetarako).
- Terminaleko parametroei balioak eman
- Terminal eta PAD-aren arteko datu trukaketa.

PAD-aren erabilpena errazagoa egiteko, terminalen parametroek hasierako balio finko batzuk dituzte. Finkatutako balioen multzo bakoitzak, Profil Estandar bat eratzen du. Orokorrean, hasierako profilaren aukera eta beregain egindako aldaketak, terminal eta PAD-aren arteko lehen komunikazioa ematen denean egiten dira.

- **X.3:**

PAD baten lana, komunikazioaren iturrian, X.28 moduko terminal batek bidalitako karaktereekin X.25 PLP moduko paketeak egitea eta DCE-ra bidaltzea da; destinoan berriz, DCE-tik jasotako X.25 PLP paketeak X.28 terminalera bidaltzeko karaktere egokietan bihurtzea.

PAD-aren baliabide eta funtzioak X.3 gomendiotan definitzen dira.

- **X.29**

PAD eta destinoan paketeekin lan egiten duen DTE-aren arteko protokoloa zehazten du. Deien ezarpen eta datuen transferentzia egiteko prozedurak X.25ean erabiltzen diren berdinak dira, PAD-aren presentzia kontutan hartuaz.

3.3.2.- IP

3.3.2.1.- Sarrera

TCP/IP arkitekturan, OSI ereduko Sare mailaren baliokidea, IP maila da. IP mailan, datagrama moduko zerbitzua ematen da, hau da, konexiorik gabea eta ez fidagarria. Ez da konexiorik ezartzen eta ez da ere fluxu edo errore kontrolik egiten.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

IP mailan Garraio Mailari zerbitzua emateko erabiltzen den protokolo nagusia, IP protokoloa da. Protokolo horrek, paketeen formatua, bideratzea eta zatikatze eta birmuntatzea egiten ditu.

TCP/IP arkitektura darabilten difusiozko sareetako makinen 2. eta 3. mailen artean, helbideratze *arazo* bat gertatzen da. Izan ere, TCP/IP protokolo pilak 3. eta 4. mailako protokoloak bakarrik zehazten dituenenez, 2. mailako edozein protokolarekin osatu daiteke TCP/IP pila. Horrela, TCP/IP difusiozko sare bateko makinetan erabiltzen denean, Lotura mailan, difusiozko medioarekin (puntu-multipuntu lotura) lan egiten duen protokolo bat erabili beharko da. Horrela, 2. mailan puntu-multipuntu lotura bat ematen denean, IP mailak eratzen duen datagrama zein makinari zuzenduriko traman sartu behar duen esan behar dio 2. mailako protokolo entitateari. 2. mailan makinak Helbide Fisikoen bitartez izendatzen dira, eta hori da IP mailak pasa behar diona beheko mailari. IP helbideak eta Helbide Fisikoak erlazionatu beharra da 2. eta 3. mailen helbideratze arazoa bezala ezagutzen dena. Berau konpontzeko, Helbide Fisikoen Taula deritzona erabiltzen du IP protokoloak, maila berdineko beste protokolo bereziekin mantentzen dena.

Puntu-puntu loturetan ez da arazo hori gertatzen, eta nahikoa da, puntu-puntu loturetarako 2. mailako protokolo bat erabiltzea, Helbide Fisikoen Taularik erabili behar izan gabe.

Datagramen bidaltzean sarean gertatzen diren arazoez informatzeko, beste protokolo bat erabiltzen da, ICMP izenekoa.

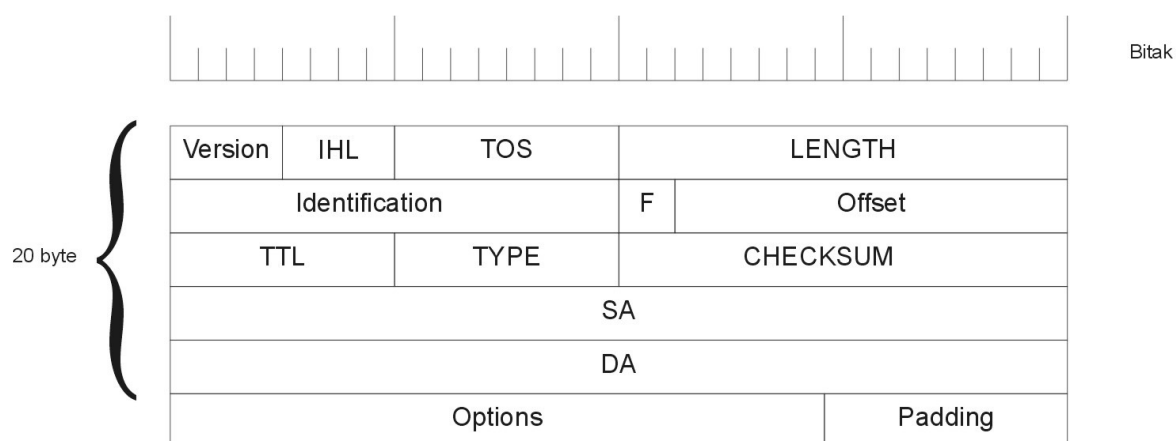
3.3.2.2.- IP paketeen formatua

IP pakete edo datagramek, buru bat (PCI) eta erabiltzailearen datuak (SDU) dituzte. Konexio eta fidagarritasunik eskaintze ez denez, ez dira Kontrol PDU-rik behar, beraz, guztiak dira Informazio PDU-ak, Erabiltzaile Datuak garraiatzekoak.

Buruak, 20 byte-tako zati finko bat eta luzera aldakorreko beste zati bat ditu. Ondoko irudian ikusten dira IP datagrama baten buruko eremu ezberdinak.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA



8. Irudia: IP datagrama baten burua

Version

Datagramak, IP protokoloaren zein bertsio jarraitzen duen adierazten du. Gaur egun, 4. bertsioa erabiltzen da, baina 6. bertsioa ere gero eta erabiliagoa izaten ari da.

IHL

Internet Header Length edo Internet Buruaren Luzera. IP datagramaren buruaren luzera zenbatekoa den adierazten du, 4 bytetako unitateetan. Beharrezkoa da, IP buruaren zati bat (*Options*) luzera aldatzeko baina.

TOS

Type Of Service edo Zerbitzu Mota. Datagramak, sareari eskatzen dion zerbitzu mota adierazten du. Fidagarritasun eta abiadura ezberdinetako konbinazioak daude. Eredu honek ere, formatu berezi bat du, ondoko irudian adierazten dena:

Lehentasuna	D	T	R	Ez erabiliak
-------------	---	---	---	--------------

9. Irudia: TOS eremua

Lehentasun eremuak 8 lehentasun ezberdin adierazi ditzake.

D, T, R hiru bit horiek 0 balioa badute, *Zerbitzu Normala* adierazten dute.

Length

Datagramaren tamaina osoa adierazten du, byte unitateetan.

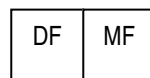
Sare eta Zerbitzuak 3.- SARE MAILA

Identification

Datagrama bidaltzen duen iturriak jartzen duen zenbaki bakuna da, zatikatutako SDU baten datagramekin, Destinoan birmuntatzea egitea ahalbidetzen duena. Horrela, zatikatutako SDU batekin eratutako datagrama guztiek, zenbaki berdina dute eremu honetan.

F: Flags

Bi flag bit daude.



10. Irudia: Flag eremua

DF (*Don't Fragment*) bitak 1 balioa badu, datagrama ezin dela zatikatu adierazten da.

MF (*More Fragments*) bitak 1 balioa badu, datagrama hau SDU handi bati zatikatzea aplikatzearen ondorioz sortu dela adierazten du, eta zati gehiago daudela. 0 balioa hartzean, azkeneko zatia dela adierazten du.

Offset

Zatikatatutako Datagramentzat bakarrik du zentzua. Zatiaren posizio erlatiboa adierazten du, 8 byte-tako unitateetan.

TTL

Time To Live. Datagrama sareko zenbat nodotatik pasatzen uzten den adierazten du. Nodo bakoitzean, unitate batean gutxitzen da zenbaki hori.

Type

Goiko Garraio Mailan zein protokoloa erabiltzen den adierazten da, TCP edo UDP.

Checksum

Datagramaren buruaren erroreak antzemateko kalkulatzeko den balioa. Nodo bakoitzean berriro kalkulatu behar da, TTL (gutxienez) nodo bakoitzean aldatzen delako.

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA

Source Address/Destination Address

Iturri eta Destinoaren IP helbideak dira.

Options

Eremu hau luzera aldakorrekota da.

Datagramaren bideratzean egin daitezken aukerak adierazten dira. Gaur egun, 5 aukera daude definituta, ondoko taulan agertzen direnak:

Aukera	Deskribapena
Segurtasuna	Datagrama zein puntutaraino den sekretua adierazten du.
Iturriko bideratze zehatza	Iturritik Destinoraino jarraitu beharreko bide zehatza adierazten du.
Iturriko bideratze ez-zehatza	Iturritik Destinorainoko bidean, zein nodotatik pasatzea nahitaezkoa den adierazten du, beste nodo batzuetatik ere pasa daitekeelarik.
Bidea gorde	Datagrama jasotzen duen sareko nodo bakoitzak bere IP helbidea sartzen du datagraman.
Denbora marka	Datagrama jasotzen duen sareko nodo bakoitzak, bere helbidea eta denbora unea sartzen ditu datagraman.

3.3.2.3.- IP-ren funtzionamendua

IP protokoloak, konexiorik gabeko zerbitzu ez fidagarria ematen du. Horrela, Konexiorik Ez Darabilten sare teknologia guztietan bezala, komunikazioa fase bakar batean ematen da, hau da, ez dago ezeren ezarpen eta askapen faserik, datu paketeak zuzenean bidaltzen dira, eta bakoitza, komunikazio berdinean, bide ezberdinetik iritsi **daiteke** Destinora.

Hala ere, paketeak bidaltzerako orduan, badira garrantzitsuak diren hainbat prozedura, ondoren azaltzen direnak.

Bideratze moduen aukerak

IP paketearen buruaren *Options* eremuan, paketearen bideratzearen moduak aukeratu daitezke. Aukera horiek, *Options* eremua azaldu duguneko taulan ikusi ditugu.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Segurtasuna aukeratzen bada, teorian, Router militar batek “ziurak” ez diren herrialdeetako Router-etatik ez bideratzeko eskatzeko erabili dezake. Errealitatean, Router guztiek ez dute aukera honen kasurik egiten, eta sareko espiei informazio garrantzitsua topatzeko bakarrik balio die.

Iturriko bideratze zehatzean, Iturritik Destinorako bideratzea paketeen bertan zehazten da igaro behar dituen nodoen IP helbideen bidez. Datagramak bide zehatz hori jarraitu behar du, orden zehatza jarraituz. Aukera hau, Sareen Administrazioaileek erabiltzen dute, larrialdiko paketeak bidaltzeko, nodoetako taulak hondatu direlako edo denbora neurketak egiteko.

Iturriko bideratze ez-zehatzean, datagrama zehaztutako nodoetatik pasa behar da, eta emandako orden berdinean, baina beste nodo batzuetatik ere pasa daiteke. Modu hau ibilbide bat emateko erabiltzen da arrazoi ekonomiko eta politikoengatik.

Bidea Gorde aukerarekin, datagramak zeharkatzen dituen nodoek beraien helbidea adierazten dute datagraman. Aukera honek, Sareen Administrazioaileei bideratze algoritmoetan akatsak topatzen laguntzen die.

Denbora marka aukera, Bidea Gorde aukera bezala erabiltzen da, bakarrik, IP helbideak gordetzeaz gain, denbora unea ere gordetzen dela.

IP Bideratzea

IP protokoloa Sare Mailan erabiltzen da, datagramak sortuaz. Baina azken batean, datagrama horiek Lotura Mailara pasatzen dira, bertan trama bat eratu behar delarik. Lotura mailan edozein motako lotura fisikoa egon daitekeenez, IP protokoloa kasurik okerrenari aurre egiteko prestatuta dago, hots, puntu-multipuntu moduko loturen kasuari (hau da, difusiozko sareei). Kasu horietan, 2. mailan eratzen den traman loturako zein destinori dagokion adieraztea beharrezkoa da, bertara eta ez beste inora irits dadin.

Horrela, makina guztiek 2. mailako protokoloak ulertzen duen helbide bat dute, Helbide Fisikoa deitzen dena (hw txartel batean, ezin da aldatu) eta IP protokoloak ulertzen duen beste bat, IP helbidea (sw bidez aldatu daitekeena).

Difusiozko sareetan, makina batera iristen den datagrama baten bideratzea egiteko beraz, bi taula mota beharko dira: alde batetik, nodoa konektaturik dagoen sareetako makinen IP helbidea eta Helbide Fisikoa erlazionatzen dituzten taulak (Helbide Fisikoen Taula), eta bestetik, Destinoko IP helbideak beste IP helbide eta Portu lokalekin erlazionatzen dituzten taulak (IP Bideratze Taulak). Orokorrean beraz, ez da nahikoa X.25 PLP-n bezala Destinoa Irteerako Portuarekin erlazionatzearekin; hori, 2. mailan puntu-puntu protokolo bat erabiltzen denean bakarrik da nahikoa.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Makina batzuk sare bat baino gehiagora konektatuak egon daitezke. Router edo Bideratzaile izena dute nodo horiek, IP sare ezberdinak elkarren artean lotzen dituztelarik. Sare bakoitzerako dituzten lotura edo portuetan IP entitate ezberdin bat dago, beraz, bakoitzak bere IP helbidea izango du, sareari dagokiona. Horrela, **IP Bideratze Taulek**, IP helbide mota bat zein **Hurrengo Nodori** eta zein **Portu** lokaletik bidali behar den adierazten dute. Destino konkretu bakoitzarentzat lerro bat jartzea gehiegi da, eta gainera, taula honetan ez da beharrezkoa.

Iristen den datagrama bakoitzari beraz, Destinoko IP helbidea begiratzen zaio. Destinoko IP helbidean, eragiketa bat eginez, Host-ari dagokion zatiko bitei 0 balioa ematen zaie, Sarearen IP helbidea lortuaz. Sarearen IP helbide hori, IP Bideratze Taulan sarrera modura bilatzen da, eta bilaketa horren ondorioz, Hurrengo Nodoaren eta Portuaren identifikatzaileak lortuko dira, Destinoko IP helbidera bideratzea egiteko balio dutenak. Hurrengo Nodoaren identifikatzaile modura, balio mota ezberdinak topa ditzakegu, orokorrean, azpiko entitatearen bikotearen identifikatzailea izan beharko litzatekeelako; Difusiozko lotura baten kasuan, IP helbide bat izango da identifikatzaile hori.

Taula horretan Destinoko IP helbidearen sarearen IP helbidea topatzen ez bada, 0.0.0.0 helbidea bilatuko da. Modu horretara adierazten da, IP Bideratze Taulan Sare konkretu baten informaziorik ez dagoenean, erabili beharreko Hurrengo Nodoa zein den.

Ondoren, IP Bideratze Taulan lortutako IP helbidea, Helbide Fisikoen taulan erabili behar da sarrera moduan. Bigarren taula horrekin, datagramarekin eratuko den trama, 2. Mailako protokoloari pasa behar zaion Helbide Fisikoa lortzen da. Horrela, IP Bideratzearekin, 2. Mailari, datagramarekin eratu beharreko trama, zein portutik eta zein Destinoko Helbide Fisikoaz (Hurrengo Nodoaren Helbide Fisikoa) bidali behar den adierazten zaio. Datagrama Hurrengo Nodora iristean (traman bere Helbide Fisikoa zekarrelako), nodoa, datagrama horren Destinoa ez dela konturatuko litzateke, 2. Mailan bere Helbide Fisikoa izan arren, IP Mailan beste makina baten helbidea duelako. Bideratze algoritmoa aplikatu beharko da orduan nodo horretan ere.

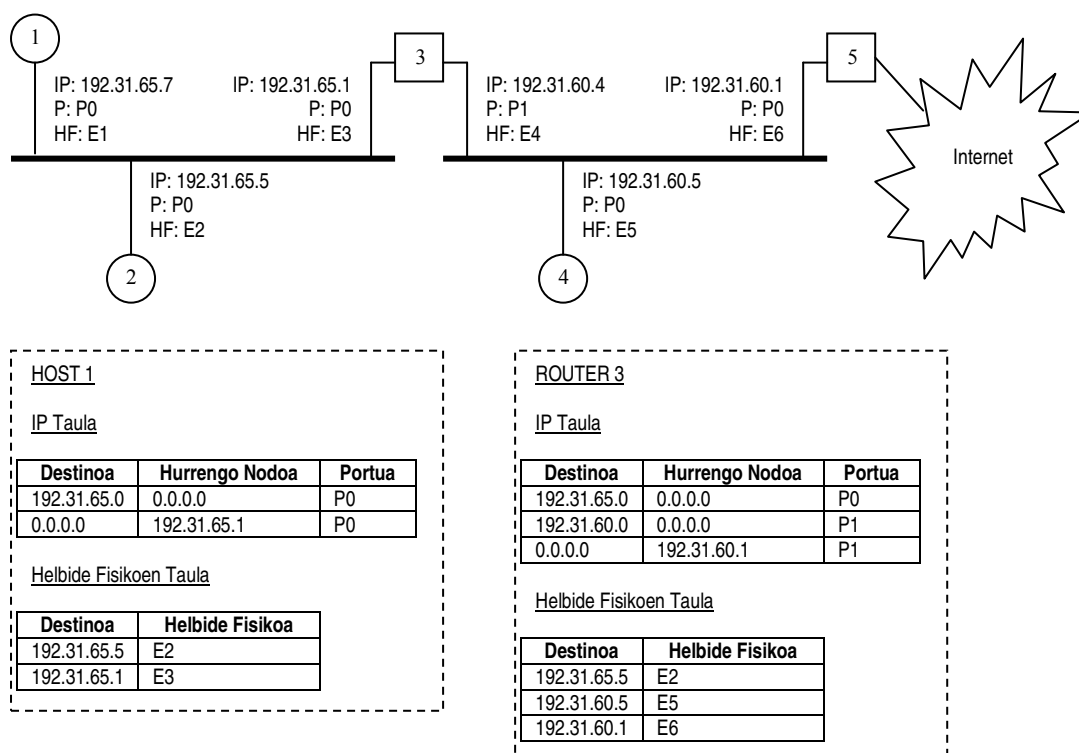
Datagraman adierazitako Destinoko helbidea dagokion makina, nodoaren portu baten IP sare berean badago, IP Bideratze taulan, 0.0.0.0 balioa agertuko da, Helbide Fisikoen taulan Destinoko IP helbidea kontsultatu behar dela adieraziaz.

2. mailan puntu-puntu protokolo bat balego, IP bideratze taularen Hurrengo Nodo eremuan ez litzateke ezer agertu beharko, 2. mailako protokolo entitateak nahikoa izango bailuke trama bere portutik bidali behar duela jakitearekin (tramaren destinoa, beti izango da berdina, hau da, beste muturra).

Ondoko irudian, IP helbide, Helbide Fisiko, sareko interfaze eta taula ezberdinen kontzeptuak ikusten dira, difusiozko sareetan (puntu-multipuntu loturak):

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA



11. Irudia: 2 Ethernet motako sare bideratzaile batekin konektaturik

11. Irudian, bi difusiozko sare lokal agertzen dira, 192.31.65.0 sarea eta 192.31.60.0 sarea, Router (3 makina) baten bidez elkarrekin konektaturik. 192.31.60.0 sarea gainera, Internet-era konektaturik dago, beste Router baten bidez (5 makina). Router makinei buruz gehiago ikasiko dugu 7. gaian, baina oraingoz, bi IP sare ezberdin lotzeko nodoak Router-ak direla kontsideratuko dugu. Irudiko 1 eta 3 makinetak IP Bideratze eta Helbide Fisikoen taulak ere ikusten dira. Ondoren, irudi horretan azaldutako makinaren artean gerta daitezkeen datagrama trukaketa kasu batzuk azalduko dira; guztietan, zatikatzea/birmuntatzea egin behar izatea ez da kontutan hartuko.

- Terminal-Terminal: Demagun orduan, 1 makinak datagrama bat bidali nahi diola 2 makinari. 1 Makinak, datagraman 192.31.65.5 erabiliko du Destinoko IP helbide bezala. Bideratzea nola egin jakiteko, IP helbide horren Host zatiko bitetan 0ak jarritz, Destinoaren sareko IP helbidea lortzen du, hau da, 192.31.65.0 (192.31.65.5 C klaseko IP helbide bat da), eta hori, bere IP Bideratze Taulan begiratzen du. Horrela, datagramak pasa behar duen Hurrengo Nodoa 0.0.0.0 dela ikusten du, hau da, destinoa bere sare bereberean dagoela. Egin behar duen bakarra beraz, Helbide Fisikoen Taulan, Destinoaren IP Helbidea begiratu eta 2. Mailan erabili beharreko Helbide Fisikoa lortzea da. Horrela, 2. Mailan trama eratu eta dagokion portutik (P0) sarera bidaltzen du.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

2 Makina, sare lokalean gertatzen den guztia etengabe entzuten ari da, difusiozko sare lokal batean dagoelako. Izan ere, difusiozko sare lokaletan, konexio medio fisikoa partitzen da eta nodo guztiak, etengabe medioa entzuten ari dira, bakoitzak dagokion tramei bakarrik egiten dietelarik kasu. Horrela, 1 Makinak sarean jarritako trama 2. Mailan entzun, eta Destinoaren Helbidean bere Helbide Fisiko propioa duela ikusirik, trama onartzen du. 2. mailako entitateak, tramatik datagrama aterata eta Sare Mailako entitateari pasatzen dio. Sare Mailan, datagramako Destinoko IP Helbidean bere helbide propioa duela ikusten du, eta datagrama berarentzat dela konturatzen da. Orduan, Destinoa bera denez, bideratze algoritmoa aplikatu beharrean, Sare Mailaren gaineko Garraio Mailara pasatzen dio datagramaren SDU-a.

- Terminal-Nodo-Terminal: Demagun orain, 1 makinak 4 makinari datagrama bat bidali nahi diola. Datagraman beraz, 192.31.60.5 jarriko du Destinoko IP Helbide bezala. Aurreko kasuan bezala, egin beharreko eragiketak egin ondoren, IP Taulan 4 makinaren sareko IP Helbiderik agertzen ez dela konturatzen da. Orduan, 0.0.0.0 helbidea bilatzen du, eta helbide horrek adierazten dion Hurrengo Nodoren IP Helbidea hartzen du taulatik, kasu honetan, 192.31.65.1. Azken helbide hori, Helbide Fisikoen Taulan bilatzen du, eta 2. Mailan erabili beharreko Helbide Fisikoa lortzen du horrela, E3.

Trama sarean jartzen du (P0 portutik), eta E3 Helbide Fisikoa duen makinak, hau da, irudiko 3 makinak, Lotura Mailan beretzat dela ikusiko du. Irudiko 3 makina hori, Router edo Bideratzaile bat da, bi IP sare konektatzen dituen. Horrela, konektatzen dituen sare bakoitzerako portu bat dauka, P0 eta P1 izenekoak. P0 portutik, 192.31.65.0 sarera konektaturik dago, eta P1 portutik berriz, 192.31.60.0 sarera. 1 Host-ak 192.31.65.0 sarean jarritako trama beraz, P0-tik entzungo du. 2. mailako entitateak, jasotako trama horretatik, datagrama aterata eta Sare Mailari pasatzen dio. Sare Mailan, Destinoko IP Helbidea irakurtzen du, eta 192.31.60.5 dela ikusten du. IP Helbide hori bere helbide propioa ez denez, bideratze algoritmoa aplikatzen dio.

Horrela, 192.31.60.5 helbidetik, eragiketa bat eginez, 192.31.60.0 sare helbidea lortzen du. Sare helbide hori, IP Bideratze Taulan bilatu, eta Hurrengo Nodoa 0.0.0.0 eta Portua P1 direla ikusten du, hau da, bera konektaturik dagoen P1 portuko sarean dago Destinoa. Berrito ere, Lotura Mailan erabili beharreko Helbide Fisikoa, Destinoaren IP Helbidea Helbide Fisikoen Taulan bilatuaz lortuko du; kasu honetan, E5 izango da.

Datagrama, erabili beharreko Helbide Fisikoa (E5) eta Portua (P1) Lotura Mailara pasa, bertan trama eratu eta P1 portutik bidaltzen da.

192.31.60.0 sarean, 4 makinak trama entzungo du, eta Lotura eta Sare Mailatan berari dagozkion helbideak daudela ikusita, Destinoa bera dela jakingo du.

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

- Terminal-Nodo-Internet-Terminal: Kasurik konplexuena, 1 Makinatik Internet-en konektatutako makina batera datagramak bidaltzea izango litzateke. Kasu horretan, prozesua aurrekoan bezala izango litzateke. Aldaketa bakarra, 3 Router-ak IP Helbideen Taulan 192.31.60.1 lortuko lukeela da, eta Helbide Fisikoen Taulan berriz, E6 Helbide Fisikoa. Horrela, datagrama 5 Makinara iritsiko litzateke, 192.31.60.0 sarea Internet-arekin konektatzen duena dena. Makina horrek, Lotura Mailan bere Helbide Fisikoa ikusiko luke, baina IP Mailan berriz, Destinoaren IP Helbidea berea ez dela konturatuko litzateke, beraz, Internet-era bidaliko luke datagrama. Prozesu berdina, Destinorainoko makina guztietan emango litzateke.

Bideratzeari dagokionez, argi geratu behar da, IP Mailan egiten den IP Bideratzea egiteko, 2 taula mota ezberdin erabili behar direla, IP Bideratze Taula eta Helbide Fisikoen Taula. Bi taula mota horien mantenua, modu ezberdinetara egiten da:

- **IP Bideratze Taulen mantenua**

Bideratze Tauletako informazioa eguneratua eta optimizatua egon behar da. IP protokoloa ez da horretaz arduratzen. Bi modutara egin daiteke:

- **Mantenu Zentralizatua**: Taulak Nodo Zentral batek mantentzen ditu, sare gestio mezu berezien bidez. Ez da asko erabiltzen.
- **Mantenu Banatua**: Modu honetan, SA edo Sistema Autonomoen kontzeptua erabiltzen da.

Sistema Autonomoak, erakunde baten kontrol administratibopean dauden Router homogeneoen bidez konektaturiko sare multzoak dira. Router-ek, lehen esan bezala, IP sare ezberdinak lotzen dituzte.

Horrela, Bideratze Banatuaren barruan bi protokolo mota daude IP Bideratze Taulak mantentzeko:

- **IGP (*Internal Gateway Protocol*)**: Sistema Autonomo berdinen barruko nodoen artean, taulak mantentzeko erabiltzen dira. Adibidez, RIP eta OSPF deiturikoak daude, azken hau gomendaturik dagoelarik.
- **EGP (*External Gateway Protocol*)**: Sistema Autonomo ezberdinak lotzen dituzten nodoen arteko taulak mantentzeko.

- **Helbide Fisikoen Taulen mantenua**

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Taula hauetan, IP Sare baten barruko IP Helbide bati zein Helbide Fisiko dagokion adierazten da. Helbide Fisikoa, sare motaren arabera izango da (Ethernet sareetan adibidez, 48 bitetako helbideak erabiltzen dira).

Taula hauetan beraz, 3.3.2.1.- Sarrera puntuan azaldutako 2. eta 3. Mailaren arteko Helbideratze arazoa islatzen da. Taula horien mantenurako, protokolo ezberdinak daude. Difusiozko LAN sareetan erabiltzen direnak (aurrerago ikusiko diren difusiozko sare konkretuak direnak), ondokoak dira:

- **ARP** (*Address Resolution Protocol*): Helbide Fisikoen Taulan agertzen ez den IP helbide baterako datagrama bat iristean, *broadcast* moduko trama batean ARP eskaera mezu bat bidaltzen da sarera, IP helbide horren jabea zein makina den galdetuz. Mezu horretan, galdera nork egiten duen adierazten da, hau da, mezuaren Iturriaren IP Helbidea eta Helbide Fisikoa adierazten dira, erantzuna broadcast-ean egin behar ez izateko. Galdetzen den IP helbidearen jabeak, bere Helbide Fisikoa zein den erantzuten du beste ARP mezu batekin, zuzenean galdeketaren Iturrira bidaltzen den trama batean.

Protokoloa hobetzeko, makina bakoitzean jasotako Helbide Fisikoak (bai galdeketa propio baten ondorioz, bai beste makinaren baten galdeketa tramaren broadcast-a dela eta iritsi delako) Helbide Fisikoen taulan sartzen dira, eta berriro erabiltzen diren arteko denbora neurtzen da. Horrela, gutxien erabiltzen diren helbideak taulatik kentzen dira, memoria alperrik okupatu ez dezaten.

- **RARP** (*Reverse Address Resolution Protocol*): Batzuetan, makina baten Helbide Fisikoa jakin eta IP helbidea da falta dena. Hori, RARP protokoloa erabiliaz konpontzen da.

Zatikatze eta Birmuntatzea

Datagrama luzeegia eratzen bada IP mailan, Erabiltzailearen Datuak (SDU-a) zati ezberdinetan banatu behar da, bakoitzarekin datagrama berri bat eratuaz. Izan ere, X.25 kasuan bezala, sare bakoitzak pakete neurri maximo bat definitzen du, MTU deiturikoa. Zati bakoitzarekin IP pakete bat egingo da beraz, bideko nodoetan, bideratze ezberdin bat izan ahal duena. Horrela, Destinoko Host-aren auzia izango da zati guztien birmuntatzea egitea.

Sareko nodo bakoitzean, Bideratze erabakia hartu ondoren eta datagrama kommutatu baino lehen, zatikatzerik beharrezkoa den begiratuko da, dagokion portuko MTU balioarekin. Zatikatzea beharrezkoa bada, DF bita begiratuko zaio ondoren jatorrizko datagramari. Bit horrek paketea zatikatu ezin dela adierazten

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

badu, paketea ez da zatikatuko eta ezingo da konmutatu ere, hau da, nodo horretan suntsitzen da.

Zatikatu ahal bada, MTU-aren tamainaren arabera ahalik eta zati gehien egingo dira. Zati bakoitzaren datagraman, *Identification* zenbaki berdina jarriko da.

IP protokoloa Datagrama Modukoa denez, ezin daiteke Zatikatzeko Gardena edo Iturrikorik **bakarrik** erabili. Izan ere, Zatikatzeko Gardena zatien zatikatzea egin beharko balitz, beharrezkoa da zatikatzea egin behar duen nodoak jatorrizko zatien birmuntatzea egitea. Datagrama moduan, paketeak bide ezberdinetatik irits daitezke destina, eta beraz, jatorrian mezu berdina osatzen zuten pakete guztiek ez dute zertan nodo berdinetik pasa behar. Horregatik, IP-n zatikatze Ez Gardena egin daiteke bakarrik.

Zatikatu behar den paketearen MF bitak 1 balioa badu, mezu handiago baten zatia dela adierazten du. Horrela, eratzen diren datagrama berri bakoitzean, MF bitak 1 balioa izango du. MF=0 balitz, zati berriekin eratzen diren datagrametako MF bit guztietan 1 balioa jarriko da, azkenekoan izan ezik (azkenekoan, 0 jarriko da).

Zati bakoitzaren tamaina, *Offset* eremuan zenbaki oso bat jarri behar dela kontutan harturik egin behar da, eta ez bakarrik MTU-a. *Offset* eremuan, zati bakoitzari jatorrizko SDU-an zein posizio dagokion adieraziko da, zatikatua izaten ari den datagramaren *Offset* eremuaren arabera (8 bytetako multiploak). Birmuntatzea egiteko oso garrantzitsua da eremu hau, zatiak garraiatzen dituzten datagramak desordenatuta irits baitaitezke Destina.

IP-n beraz, ondoko ekuazioak betetzen dira:

$$SDU_{IP}^M \leq MTU_{IP}$$

$$PDU_{IP}^M = PCI_{IP} + MTU_{IP}$$

Hau da, IP mailan eratuko diren zatien tamaina maximoa (SDU_{IP}^M), MTU-a (MTU_{IP}) bezalakoa edo txikiagoa izango da; zehazki, MTU_{IP} balio horretatik gertuen dagoen 8-ren multiploa izango da (*Offset* eremua dela eta).

Azkenik, *TTL* eremuan, jatorrizko datagraman agertzen zen balioa-1 jarriko da, eta *length* eta *Checksum* eremuak, zati bakoitzarekin eratutako datagramentzat birkalkulatu beharko dira.

IP protokoloaren kasuan beraz, zatikatze kalkuluak egiteko lehen pausua, eratuko litzatekeen datagrama azpiko mailako MTU-a baino handiagoa den aztertu beharko da (lehen pausua hau X.25 PLP protokoloaren kasutik ezberdina da beraz). Horrela balitz, zatikatzea beharrezkoa litzateke eta orduan zatiak egin ahal izateko SDU_{IP}^M kalkulatu beharko da.

Sare eta Zerbitzuak
3.- SARE MAILA

Adibidea:

Demagun, IP sare bateko Nodo batera, ondoko bi datagramak iristen direla.

	Tamaina	DF	MF	Identification	Offset
1. Datagrama	300	0	0	20	85
2. Datagrama	700	0	1	20	0

Nodoak, bideratzea egin ondoren, $MTU_{SIM}=256$ byte-tako lotura batetik konmutatu behar duela erabakitzen du. Datagrama bakoitzarekin ondoko prozesua egingo du:

1. Datagrama

$$PDU_{IP} = 300 > MTU_{SIM} = 256 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

Options eremua hutsik bidaltzen dela suposatuz, $PCI_{IP}=20$

$$SDU_{IP}^M \leq MTU_{IP} = MTU_{SIM} - PCI_{IP} = 256 - 20 = 236$$

$$SDU_{IP}^M \Rightarrow 236/8=29, \dots \Rightarrow SDU_{IP}^M = 29 \times 8 = 232 \text{ byte}$$

Beharrezko Zati Kopurua:

$$SDU_{IP} / SDU_{IP}^M = (PDU_{IP} - PCI_{IP}) / SDU_{IP}^M = (300 - 20) / 232 = 1, \dots \Rightarrow$$

232 byteko zati 1

48 byteko zati 1

2. Datagrama

$$PDU_{IP} = 700 > MTU_{SIM} = 256 \Rightarrow \text{Zatikatzea beharrezkoa da.}$$

$$\text{Lehen kalkulatu dugunez, } SDU_{IP}^M = 29 \times 8 = 232 \text{ byte}$$

Beharrezko Zati Kopurua:

$$SDU_{IP} / SDU_{IP}^M = (PDU_{IP} - PCI_{IP}) / SDU_{IP}^M = (700 - 20) / 232 = 2, \dots \Rightarrow$$

232 byteko 2 zati

216 byteko zati 1

Bidaliko diren paketeak:

	Tamaina	MF	Identification	Offset	UD
1. Datagrama	232+20=252	1	20	85	
2. Datagrama	48+20=68	0	20	85+232/8=114	
3. Datagrama	232+20=252	1	20	0	
4. Datagrama	232+20=252	1	20	0+232/8=29	
5. Datagrama	216+20=236	1	20	29+232/8=58	

Sare eta Zerbitzuak

3.- SARE MAILA

Destinoan, *Identification*=20 balioko datagrama guztiak jaso arte itxaron beharko da, birmuntatzea egiteko. Datagrama guztiak iritsi diren egiaztatzeko, iristen direnen *Identification*, *Offset* eta *MF* eremuak begiratzea nahikoa da.

Birmuntatzea, Zatikatzeko Ez-Garden guztietan bezala, Destinoan bakarrik egingo da. Horretarako, Destinoko IP entitateak *identification* berdineko datagrama guztiak iristea itxaron beharko du, eta orduan, Offset-aren arabera, Erabiltzaile Datu guztiak birmuntatuko ditu SDU originala lortuaz. Orduan, gainera TCP edo UDP entitateari pasatzea bakarrik faltako zaio .

Akatsen Informea

Nodo batek, edozein arrazoiengatik datagrama bat bidali ezin balu, komunikazioaren iturriko makinari bere arazoaren berri eman beharko lioke. Mota horretako errore eta kontrol mezuak kudeatzen dituen protokoloa, **ICMP** (*Internet Control Message Protocol*) deitzen da.

ICMP paketeak IP datagrametan Erabiltzaile Datu modura sartzen badira ere (IP-n enkapsulatzen direla esaten da), IP maila berdinean dagoela kontsideratzen da. ICMP mezuen adibideak ondokoak dira:

- Ezin da Destinora iritsi: adibidez, zatikatu ezin daitekeen datagrama baten (DF=1) tamaina, bideratu behar deneko sareko tamaina maximoa baino handiagoa delako.
- Denbora agortua: TTL Ora iritsi da.

3.3.3.- X.25 PLP eta IP arteko alderatzea

X.25 PLP eta IP protokoloak Paketeen Kommutaziorako sare mailako protokoloak badira ere, beraien arteko ezberdintasunak nabariak dira:

- IP-k ez du errore edo fluxu kontrolik egiten, X.25 PLP-ek berriz bai.
- X.25 PLP-ek funtzio asko egiten ditu, Garraio maila sinpleago egiten delarik. IP-k berriz, Garraio Mailari uzten dio konplexutasuna.
- X.25 PLP-ren azpiko, Maila Fisiko (X.121, X.121 bis) eta Lotura Mailako (LAPB) protokoloak guztiz zehaztuta daude. IP berriz, lotura eta medio fisiko ezberdin askoren gain lan egiteko diseinatuta dago (puntu-puntu edo puntu-multipuntu loturak).