

3. Ikasgaia: Lotura-kontrola

1. Lotura-kontrolaren betebeharrak
2. Errore-kontrola
3. Birtransmisio-teknikak
4. Lotura-kudeaketa
5. Linea-protokoloak

Oinarrizko bibliografia:

Tanenbaum, 3. atala
Stallings, 7. atala
Halsall, 4. eta 5. atalak

1. Lotura-kontrolaren betebeharrak

Maila fisikoa --> datu-transmisioa

Lotura-maila --> datu-transmisio FIDAGARRIA:

- Errore-kontrola
- Fluxu-kontrola
- Lotura-kontrola
- Errore-kontrola: detekzioa + zuzenketa
- Detekzioa: kontrol-bitak eranstea



Tramaketa

Kontrolerako bitak = f (informazio-bitak)

Igorlea: kontrol-bitak kalkulatu eta eransten ditu

Jasotzailea: kontrolerako bitak kalkulatu eta jasotakoekin konparatzen ditu

Adibidea: paritate-bita

Kostua:

Transmisio-ab. fisikoa \gt informazioa transmititzeko abiadura

Ez dago guztiz fidagarria den sistemarik: fidagarritasun handiagoa nahi bada, kontrol-bit gehiago behar dira eta abiadura errealak gutxitzen da

- **Fluxu-kontrola**

Helburua: jasotzailea ez itotzea

Igorlea geldiarazteko mekanismoak ematen zaizkio jasotzaileari

Karakterekako kontrola: oihartzuna, XON/XOFF, RTS/CTS

Tramakako kontrola: errore-kontrolarekin batera egiten da fluxuarena (bidali eta itxoin, leihoak)

- **Lotura-kudeaketa**

Linearen erabilpena antolatzea

2. Errore-kontrola

2.1 Detekzioa:

- karaktereka: paritatea

- tramaka:

paritate gurutzatua (gero eta gutxiago erabiltzen da)

funtzio matematikoak: erabilienak CRC polinomioak dira
(Cyclic Redundancy Check)

Estandarizatuak: CRC-16, CRC-32

CRC-16-ak detektatzen ditu:

- Bit bakar bateko errore guztiak

- 2 biteko guztiak

- 16 biteko edo laburrago segida guztiak

- 17 biteko segiden % 99'997

- 18 biteko edo laburrago diren segiden %99'998

Hardwarez egiten dira

2.2 Zuzenketa

Joerak:

1. Oihartzuna

Distantzia laburreko terminal asinkronoetan bakarrik

Eraginkortasun gutxikoa eta garestia beste edozein eratan

2. Kode egiaztatzaile-zuzentzaileak (FEC, *Forward Error Correction*)

Oso garestiak: informazioko bitak/tramaren bit guztiak erlazioa oso baxua da => emandako transmisio abiadura txikia

Sinplex-lineatan eta ATM-n erabiliak

3. Birtransmisioak (ARQ, *Automatic Repeat Request*)

Jasotzaileak antzematen ditu erroreak eta eskatzen dio igorleari hondatutako tramaren kopia berri bat

3. Birtransmisio-teknikak

Igorleak eta jasotzaileak bi motako tramak trukutzen dituzte:

- Informazio-tramak, igorletik jasotzailerantz
- Onespen-tramak (ACK), jasotzailetik igorlerantz

Honek zera eskatzen du:

- Bi norantzetako komunikazioa (duplex edo semiduplex)
- Kontrol-bitak (buruan), trama motak bereizteko
- Errore-detekziorako kodeen erabilpena (trama-bukaeran)
- Birtransmisorako denboragailuen erabilpena
- Bufferren erabilpena igorlean
- "Igorle" eta "jasotzaile" hitzak informazio trukeari bakarrik dagokie

Komunikazioetarako arkitekturaren maila guztietan erabiltzen diren teknikak dira

3.1 Bidali eta itxoin (stop&wait)

Igorleak:

- 1. Trama bat bidaltzen du**
- 2. Denboragailua martxan ipintzen du**
- 3. ACK denboragailua amaitu baino lehen heltzen bada, hurrengo trama bidaltzen du. Bestela, bufferrean dagoen trama birbidaltzen du**

Jasotzaileak:

Jasotako trama ondo baldin badago, ACK bidaltzen du

Arazoa: ACK bera hondatzen bada?

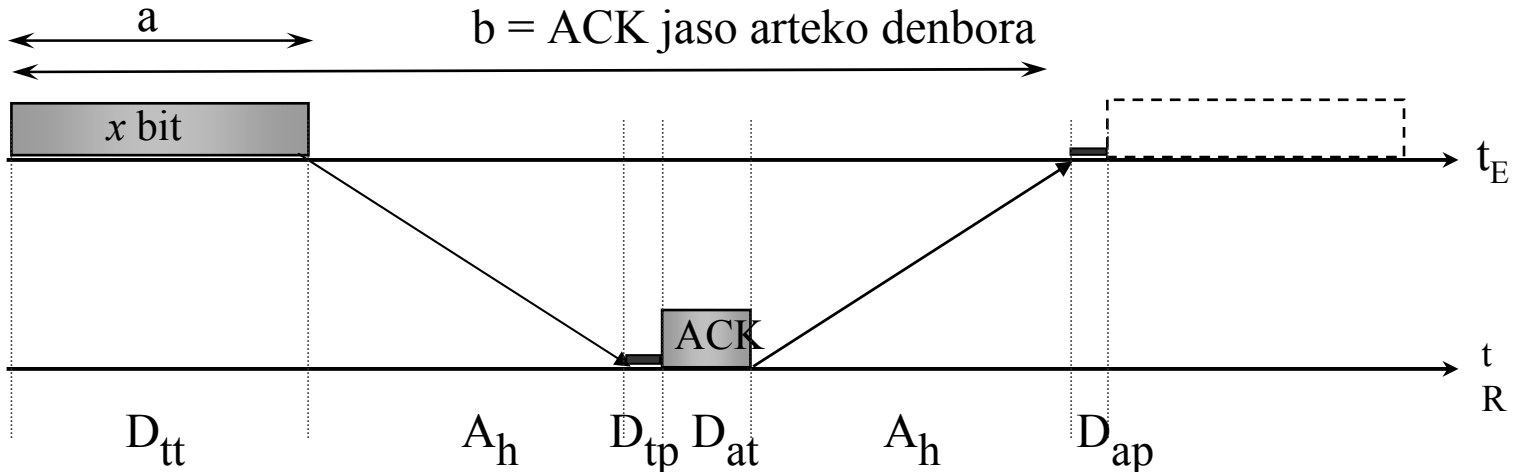
Irtenbidea: Informazio tramak identifikatzea

Galdera: Zenbat bit sartu behar dira informazio-trama baten buruan, trama hori identifikatzeko?

- **Protokoloaren eraginkortasuna:**

Abiadura erreal eta abiadura izendatuaren (linearena) arteko erlazioa

Trama bat fisikoki bidaltzeko behar den denbora (denbora baliagarria) eta errore-kontrola kontuan hartuta behar den denboraren (denbora osoa) arteko erlazioa bezala adieraztea ere badago.



D_{tt} = Trama transmititzeko denbora

A_h = Hedakuntzako atzerapena

D_{tp} = Trama prozesatzeko denbora

D_{at} = ACK transmititzeko denbora

D_{ap} = ACK prozesatzeko denbora

a = x bit A_t b/s-tan fisikoki transmititzeko behar den denbora

b = x bit transmititzeko protokoloak behar duen denborarik motzena (errorerik ez daudenean)

$$\text{eraginkortasuna} \quad = \frac{D_{tt}}{2A_h + D_{tt} + D_{tp} + D_{at} + D_{ap}} \approx \frac{D_{tt}}{2A_h + D_{tt}} = \frac{a}{b}$$

(maximoa)

eraginkortasun maximoa = $f(A_h, D_{tt})$

= $f(\text{Distantzia}, A_t \text{ izendatua})$

eraginkortasun erreala = $f(\text{BER})$

Adibidea: Bidali eta itxoin protokoloa, 1.000 bit-eko tramak.

Eraginkortasun maximoa kalkulatu honako kasu hauetan:

- a) 1 km-ko kablea
- b) 200 km-ko alokatutako linea
- c) 50.000 km-ko satelite-lotura

Kasu guztietan, hedapen abiadura 200.000 km/s-koa da.

Kontsidera itzazu honako transmisio abiadurak:

- 1) 1 kb/s
- 2) 1 Mb/s

(a.1) $D_{tt} = (1.000 \text{ bit}) / (1.000 \text{ b/s}) = 1 \text{ segundo}$

$A_h = (1.000 \text{ m}) / (2 * 10^8 \text{ m/s}) = 5 * 10^{-6} \text{ segundo}$

Eraginkortasuna = $1 / (2 * 5 * 10^{-6} + 1) \approx 1$

(a.2) $D_{tt} = (1.000 \text{ bit}) / (1.000.000 \text{ b/s}) = 0,001 \text{ segundo}$

$A_h = 5 * 10^{-6} \text{ segundo}$

Eraginkortasuna = $0,001 / (2 * 5 * 10^{-6} + 0,001) \approx 1$

(b.1) $D_{tt} = 1$ segundo

$$A_h = (200.000 \text{ m}) / (2 * 10^8 \text{ m/s}) = 0,001 \text{ segundo}$$

$$\text{Eraginkortasuna} = 1 / (2 * 0,001 + 1) \approx 1$$

(b.2) $D_{tt} = 0,001$ segundo

$$A_h = 0,001 \text{ segundo}$$

$$\text{Eraginkortasuna} = 0,001 / (2 * 0,001 + 0,001) = 0,33$$

(c.1) $D_{tt} = 1$ segundo

$$A_h = (5 * 10^6 \text{ m}) / (2 * 10^8 \text{ m/s}) = 0,25 \text{ segundo}$$

$$\text{Eraginkortasuna} = 1 / (2 * 0,25 + 1) = 0,67$$

(c.2) $D_{tt} = 0,001$ segundo

$$A_h = 0,25 \text{ segundo}$$

$$\text{Eraginkortasuna} = 0,001 / (2 * 0,25 + 0,001) = 0,002$$

3.2 Leiho labainkorrak

Bidali eta itxoin protokoloa:

(+) Sinplea: trama bakarreko bufferrak, trama identifikatzeko bit bakarra, algoritmo sinpleak. Eraginkortasun altua distantzia laburretan

(-) Oso eraginkortasun baxua transmisio abiadura handia edo hedapen atzerapen handiak daudenean ($a \ll b$)

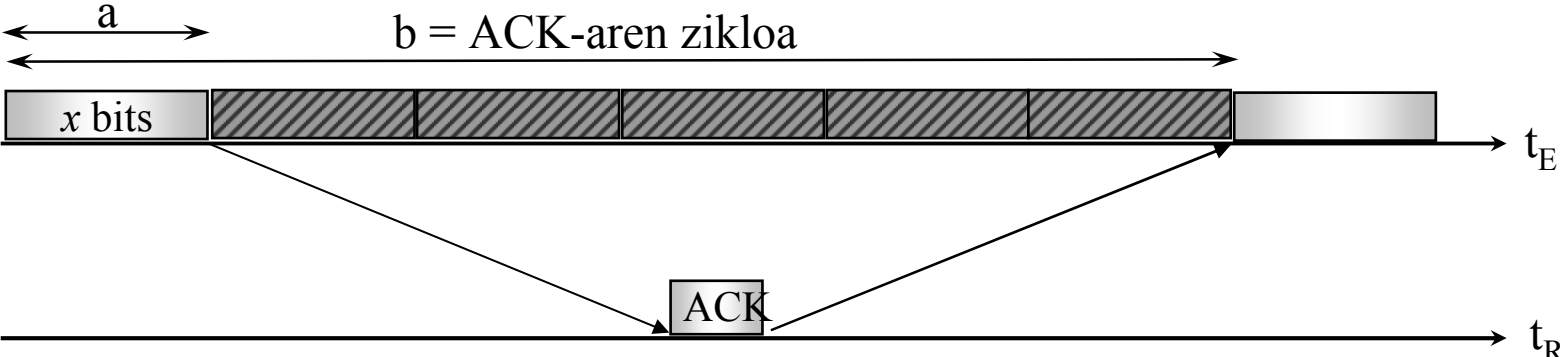
Irtenbidea: igorlea geldirik inoiz ez egotea, ACK-ren zain.

Eskakizunak:

- Igorleak bidalita baina onespelik jaso gabe dituen trama guztien kopia gorde beharko ditu (bufferrak beharko dira)**
- Tramak identifikatzeko bit gehiago beharko dira**

Etengabeko transmisioa lortzen bada, eraginkortasuna %100ekoa izango da, kontrol-bitak eta erroreak kontutan hartu gabe

- Eraginkortasun maximoa lortzeko beharrezko buffer kopurua:

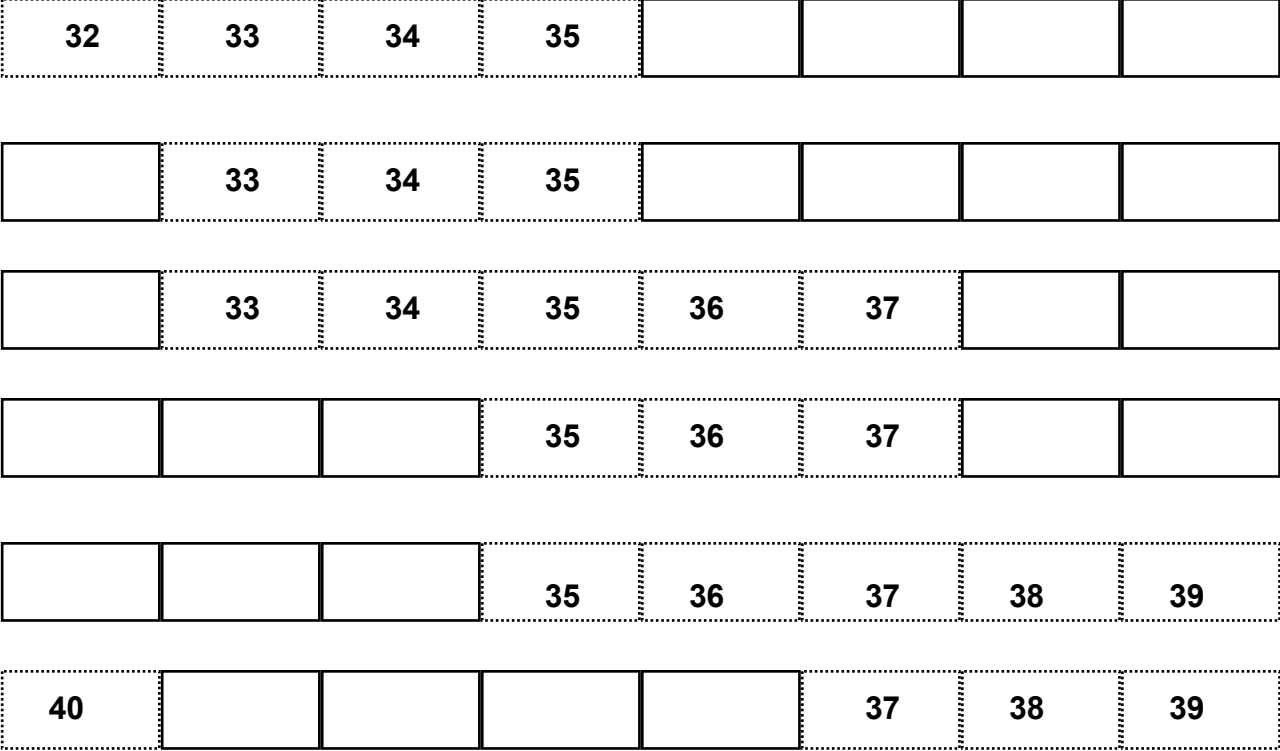


$b = \text{ACK-aren zikloa} = \text{Kopiak buferretan gordeta egon behar diren denbora}$

Buffer kopuru minimoa = $\frac{\text{ACK-aren zikloa}}{\text{Trama transmititzeko denbora}}$

**bidaltzeko leihoaren tamaina minimoa,
etengabeko transmisioa lortzeko**

Leiho labainkorrak. Funtzionamendua (8 buffer erabiliz):



Buffer leihoaren izaera "labainkorra"

• **Birtransmisorako politikak (errore-kontrola):**

1. Hautatua

- **Errorea izatekotan, erroredun trama bakarra birtransmititzen da**
- **Jasotzaileak trama desordenatuak onartu beharko ditu, eta beraz, buferrak beharko ditu**
- **Errore asko ez badaude, ez da erabiltzen**

2. Blokeka

- **Jasotzaileak ez ditu onartzen ordenan ez datozen tramak => Errorea dagoenean, igorleak birtransmititu beharko ditu errorea duena eta ondoren bidalitako trama guztiak**
- **Jasotzaileak buffer bat bakarrik beharko du**
- **Normalean erabiliena, askoz errazagoa izateagatik**

Galdera : Aztertu zenbat denbora irabazten den hautatutako birtransmisioa erabiltzearekin errore bat gertatzen denean.

Leiho labainkorrak. Hobekuntzak:

- **Piggybacking**

Kontrako norantzako trafikoa aprobetxatzen da ACK-k bidaltzeko: norantza bateko tramen barruan, beste norantzako ACK sartzen da

Tramaren formatua:

Z(s)	Z(a)	informazio-bitak	CRC
------	------	------------------	-----

- **Multzokako ACK**

ACK(x) => x zenbakiko tramara arte, onartzeke zeuden tramak onartzen dira. Adibidea:

ACK(8) -> 0-8 tramak onarturik

ACK(10) -> 9 eta 10 tramak onarturik

ACK(15) -> 11-15 tramak onarturik

ACK(15) -> Ez du ezer berririk onartzen (piggybacking dago)

Multzokako ACK teknikaren hobekuntzak:

- Trama bat onartzeko batezbesteko denbora laburtzen da (kasurik txarrena mantentzen da: denboragailuarena)
- Piggybacking-ekin kontrako norantzako trafikoa ez dagoenean, bidali behar diren ACK tramen kopurua gutxitzen da.

- Tramen identifikazioa

Bit-kopurua = f (leihoaren tamaina)

Tamaina = $N \Rightarrow \log_2 N$ bit ? \longrightarrow Anbiguotasuna

- Blokekako birtransmisioa: N buffer $\rightarrow N+1$ ident. behar dira
 k bit $\rightarrow 2^k - 1$ trameko leihoa
- Hautatuko birtransmisioa: N buffer $\rightarrow 2*N$ ident. behar dira
 k bit $\rightarrow 2^{k-1}$ trameko leihoa

- **Eraginkortasuna**

- Etengabeko transmisioa lortzen bada: %100 (erroreak eta kontrol-bitak kontutan hartu gabe)
- Bestela, $E =$ denbora baliagarria / denbora osoa:

Piggybacking badago:
$$\frac{L \cdot D_{tt}}{2D_{tt} + 2A_h}$$

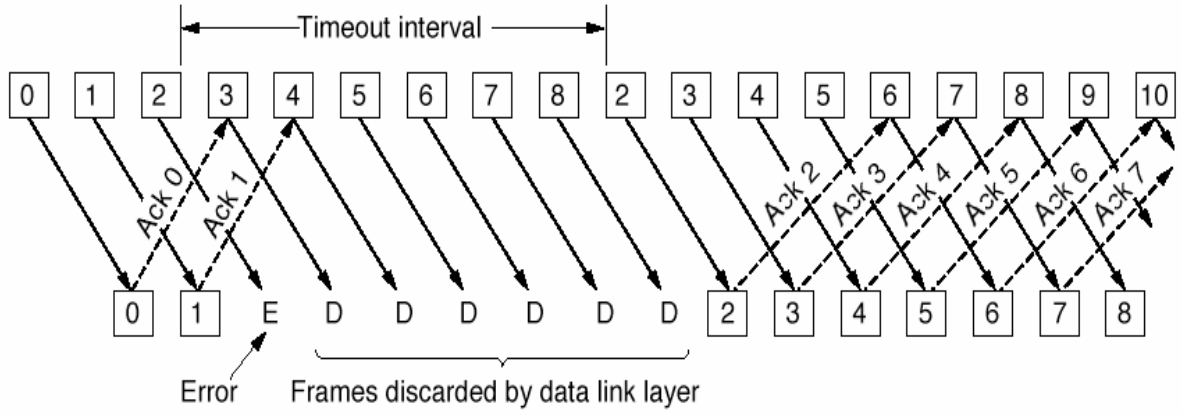
Piggybacking ez badago:
$$\frac{L \cdot D_{tt}}{D_{tt} + 2A_h}$$

($L =$ Leihoaren tamaina, trametan)

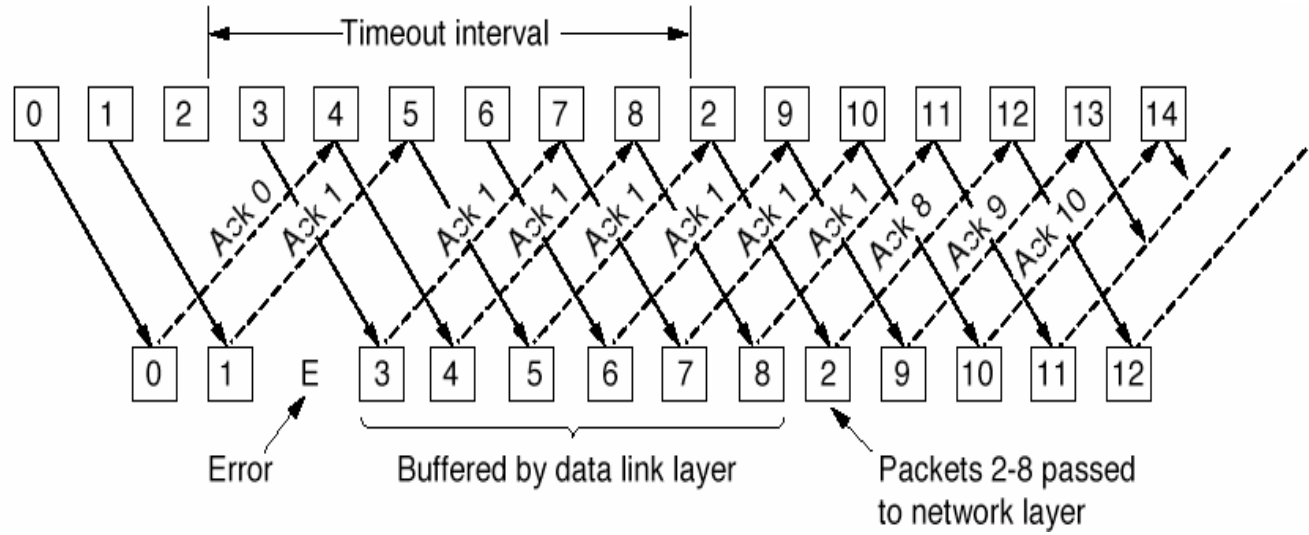
Etengabeko transmisioa $\Leftrightarrow L \cdot D_{tt} \geq (2)D_{tt} + 2A_h$

Errore baten eragina, hartzailearen leihoaren tamainaren arabera:

Leihoaren tamaina = 1



Leihoaren tamaina = n



4. Lotura-kudeaketa

Eman behar diren urratsak linearen mutur batetik bestera informazioa bidali behar denean. Erabaki beharrekoa:

- nork bidal dezake
- noiz bidal dezake
- zer urrats eman behar diren (nola)

Hori guztia erabakitzerakoan, bereziki kontutan hartu behar da zer zerbitzu mota eskaintzen duen protokoloak eta zein den linearen konfigurazioa

4.1 Zerbitzu-motak

- Konexiorik gabeko zerbitzua

Edozeinek bidal dezake nahi duenean.

Ezinezkoak dira fluxu-kontrola eta errore-kontrola.

Informazio-tramak bakarrik erabiltzen ditu protokoloak.

Sinplex eta difusio-lineetan bakarrik erabiltzen da.

- **Konexiodun zerbitzua**

Bi muturren arteko komunikazioa hiru urratsetan egiten da:

- 1. konexioa ezartzea**
- 2. informazioa transmititzea**
- 3. konexioa ixtea**

Informazio- eta ACK-tramez gain, beste trama-multzo bat beharko da kontrolerako, protokoloaren arabera desberdinak izango direnak: konexio-eskaera, konexio-onespena/ukapena, konexio-etena, konexio-berritzea, konexio-amaiera, ...

Kontrolerako bit gehiago beharko dira trametan:

Z(s)	Z(a)	mota	aldakorra, trama-motaren arabera	informazioa	CRC
------	------	------	----------------------------------	-------------	-----

⇒ **Trama guztiak bidalitako ordenan eta errepikaturik gabe iritsiko direla bermatzen da.**

4.2 Linea-konfigurazioa

- **Orekatua: Edozein muturrek har dezake ekimena konexio bat ezartzeko (konexiodun sistemetan) edota transmititzeko (konexiorik gabeko sistemetan).**
- **Ez-orekatua edo nagusi/morroia (zerbitzari/bezero eredua)**
 - Terminal-sareetan eta puntuanitzeko lineetan, morroien arteko konexioa ez dagoenean
 - Linearako atzipenak inkesta/hautaketa (polling) sistemarekin kudeatzen da.

Hautaketa: nagusia ---> morroia(k) komunikazioak

Inkesta: morroia(k) ---> nagusia komunikazioak

Beti dira sistema konexiodunak: inkesta/hautaketa tramek konexio-eskaerarena egiten dute.

5. Linea-protokoloak

Linea-kontrolerako protokolo bat diseinatzerakoan honako hau egin behar da:

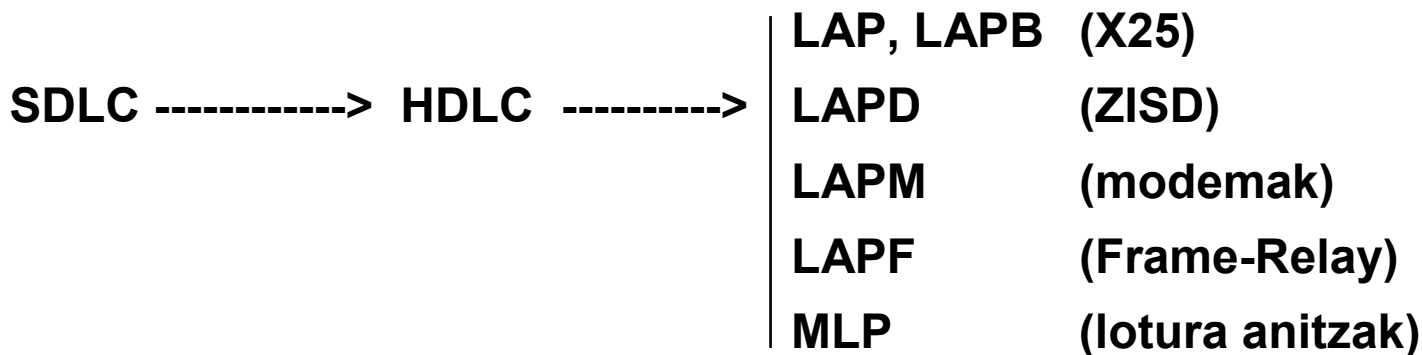
- Erabili behar diren tramak definitu
- Trama bakoitzaren formatua definitu
- Trama horien erabilpenerako prozedurak definitu

Eragina handia duten faktoreak:

- Errore- eta fluxu-kontrolerako politikak: erroreak detektatzeko teknika, erroreak gainditzeko teknika, leihoen tamaina, birtransmisioetarako politika, piggybacking edota multzokako ACK tekniken erabilpena ...
- Lotura-kudeaketa: zerbitzu-mota, linearen konfigurazioa
- Tramen barneko egitura: karakteretan oinarritutako protokoloak, edota bitetan oinarritutako protokoloak.

5.1 HDLC familia (*High-Level Data Link Control*): ISO 3309 eta 4335

Protokolo multzorik erabiliena:



- **LAPM** (*Link Access Procedure for Modems*)

Pakete mihizatzaile/desmihizatzailearena (PAD) egiten du. Horrek posible egiten du LAPM erabiltzea X25ean sartzeko OSTren bidez pakete moduan.

Errore-zuzenketa duten modemekin bakarrik erabil daiteke (V.32tik aurrera).

X32 estandarraren oinarria da (4. ikasgaia).

5.2 Linea-protokoloak Interneten

Sare bakoitzak bere protokoloak ditu, baina kanpoko konexioetan SLIP edo PPP erabiltzen da.

Kanpoko konexioak bi motakoak izan daitezke: bi sarearteko konexioa, bideratzaileen bidez (routerrak), edo hornitzaile (ISP) baten bidezko atzipenak, erabiltzaile baten makinatik.

- SLIP (Serial Line IP). RFC1055 (1984).**

Izugarri sinplea: Egiten duen gauza bakarra IP paketei flag bat eranstea da, tramak haien artean desberdintzeko, eta transmititzea da.

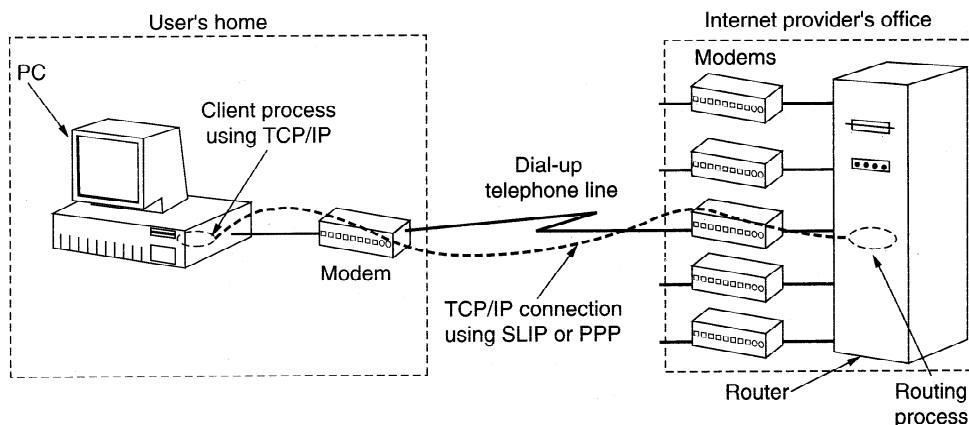


SLIP-en arazoak:

- Ez du errore-detekzioa egiten**
- IP trafikorako bakarrik balio du; TCPren azpian beste protokoloak (ad: IPX Novellen) erabiltzen dituzten sareek ezin dute erabili.**

SLIP-en arazoak (jarraipena):

- Bi muturretako IP helbideak finkoak dira.
 - Ez du egiten nortasun-egiaztapena. Linea alokatuetan ez da arazoa, baina bai sare konmutatu publikoen bidez egindako atzipenetan.
 - Ez dago onartuta Internet estandar bezala; horregatik bertsio ezberdin eta bateraezin ugari daude.
- PPP (Point to Point Protocol, RFCs 1661, 1662, 1663)
- SLIPen arazo guztiak konpontzen dituen protokolo multzoa.**



Tanenbaum pp-230