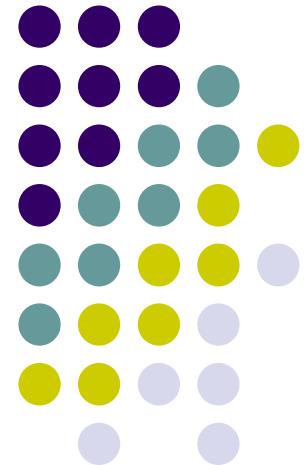
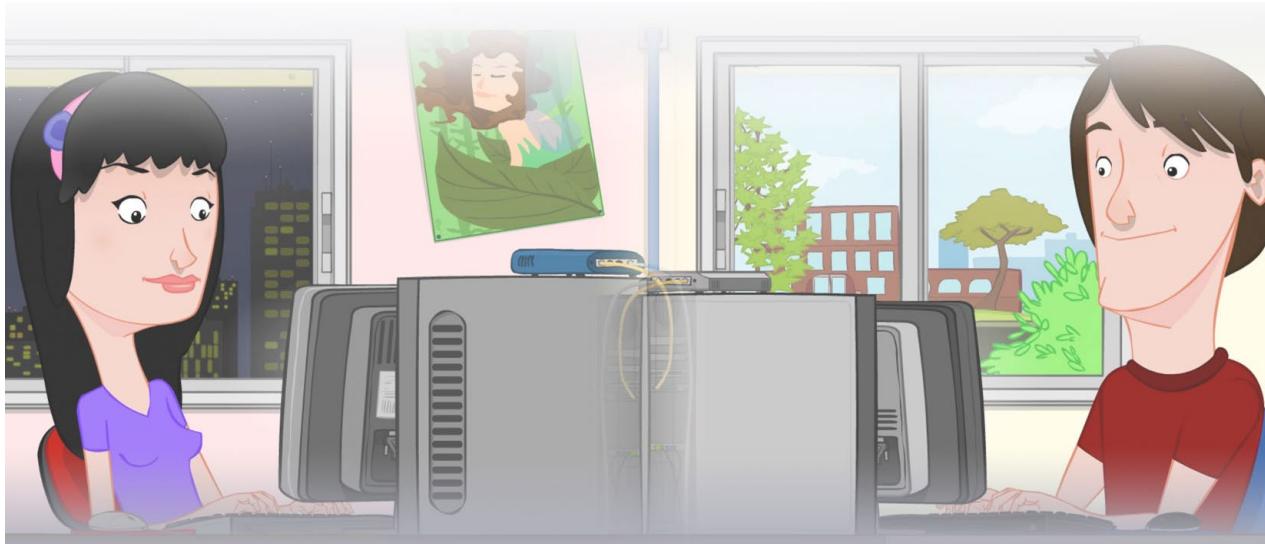


# 2. gaia: Transmisioa

## Garraio Sareak

Telekomunikazio Teknologiaren Ingeniaritzako Gradua (3. maila)



**TELEK:O**  
UPV/EHU Bilbao



## 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

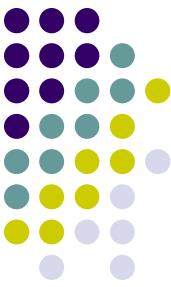
### 2.1 Sarrera

- 2.1.1 Transmisio sareei sarrera
- 2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

### 2.2 Transmisio sareetako teknologiak

- 2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera
- 2.2.2 TDM multiplexazio hierarkia digitalak
  - 2.2.2.1 PDH (transmisio sareetan zaharkitua dago)
  - 2.2.2.2 SDH/SONET
- 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)
  - 2.2.3.1 OTN/WDM
  - 2.2.3.2 MPLS-TP

### 2.3 Sare eta zerbitzuen konbergentzia: NGN



# Bibliografia

- **ITU-T series G-ren Gomendioak. Eskuragarri daude hemen:** <http://www.itu.int/en/publications/ITU-T/Pages/default.aspx>
- **ITU-T-ren eskuliburua:** “**Redes ópticas de transporte**”, ITU-T 2012 (CD formatuan eskuragarri duzue liburutegian)
- Stamatios V. Kartalopoulos, “**Next Generation Intelligent Optical Networks**”, **Springer**, 2008 (bertsioa elektronikoa eskuragarri dago liburutegian <http://dx.doi.org/10.1007/978-0-387-71756-2>)
- **John Bellamy**, “**Digital Telephony**”. *Wiley Series in telecommunications*, 2nd.Ed, 1990



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

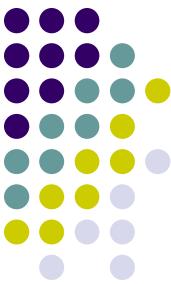
- 2.1.1 Transmisio sareei sarrera
- 2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisio sareetako teknologiak

- 2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera
- 2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak
  - 2.2.2.1 PDH (transmisio sareetan zaharkitua dago)
  - 2.2.2.2 SDH/SONET
- 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)
  - 2.2.3.1 OTN/WDM
  - 2.2.3.2 MPLS-TP

## 2.3 Sare eta zerbitzuen konbergentzia: NGN

# Sarrera



## ● Transmisioa

- Puntu batetik besteraino informazioa garraiatzen du
- Non dago?
  - Sarbide sarea
  - Garraio sarea\*
- Helburuak
  - Mota guztietako seinaleak jasateko gardentasuna
  - Baliabideen erabilera eraginkorra (multiplexazioa)
  - Transmisio ingurunetarako egokitzea
  - Kudeaketa, operazio eta mantenu optimoak

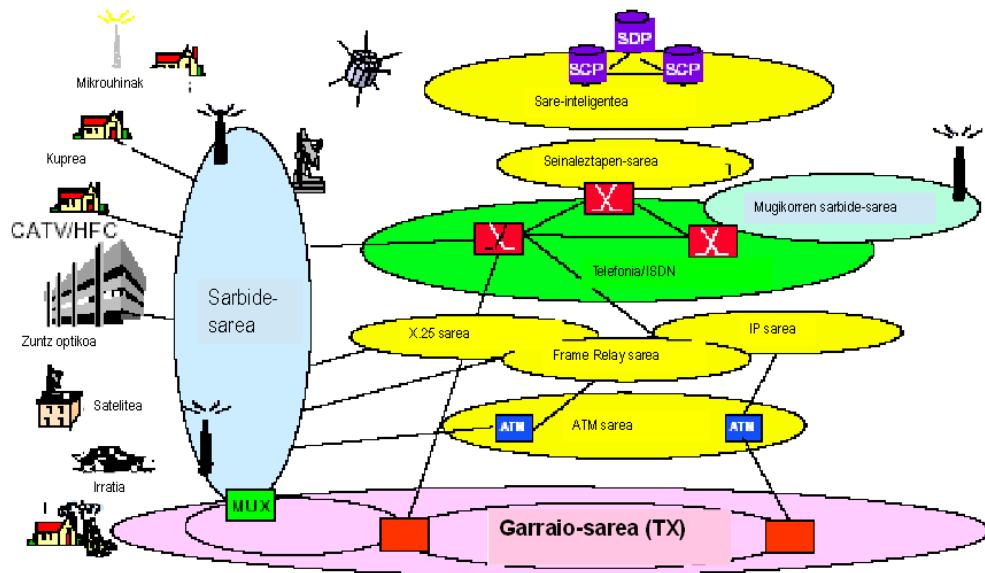




# Testuingurunean jartzea (I)

- Transmisioa vs Kommutazioa
- Garraio Sarea (Tx): kommutazio-sareetako zerbitzu gama osoaren transmisiorako euskarria:

- RTC
- ISDN
- ATM
- IP
- Ethernet
- DVB

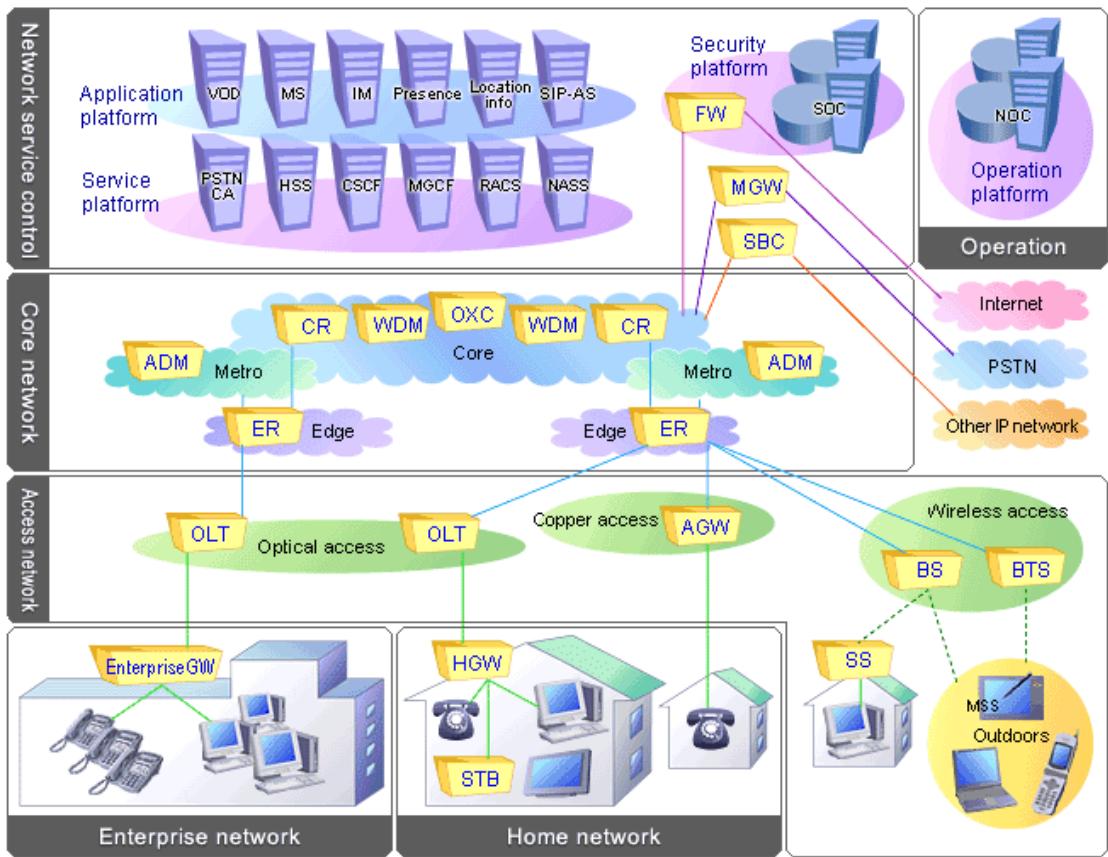


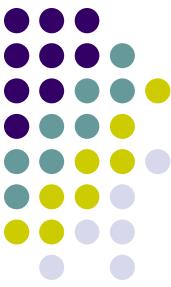
# Testuingurunean jartzea (II)



Funtzionaltasunaren menpe:

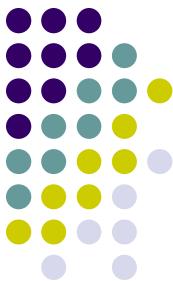
- Sarbide Sarea
- Core network:
  - Garraio sarea
  - Sare espezifikoak: zerbitzu nodoak
- Eduki zerbitzuen eta kontrolezko azpiegitura
- Kudeaketa, operazio eta mantenua





# Osagaiak

- Osagaiak garraio sarean (Tx)
  - Transmisio inguruneak
    - Zuntz optikoa (sare optikoak garraio sareetan)
  - Transmisio ekipoak/funtzioak
    - Multiplexazioa
    - Sartzea/Ateratzea
    - Transkonexioa
    - Anplifikazioa



# Garraio Sareen garapena

- Trafiko ezaugarriei moldaketa

LEHEN	ORAIN
Zirkuituen kommutazioa	Paketeen kommutazioa
Ahotsa 64Kbps-ko kanal finkoetan	Datuak banda zabalera handiko boladetan
Saoaren iraupena batezbeste 3 minitu	Saoaren iraupena batezbeste 30 minitu
Trafikoaren profila aurretik jakin daiteke	Trafikoaren profila aurretik jakin daiteke (ez dago gain/aran den ordurik)
Trafikoaren banaketa geografikoa	Trafikoa ez dago geografiaren menpe

Iturria: <http://www.rediris.es/rediris/boletin/66-67/ponencia5.pdf>

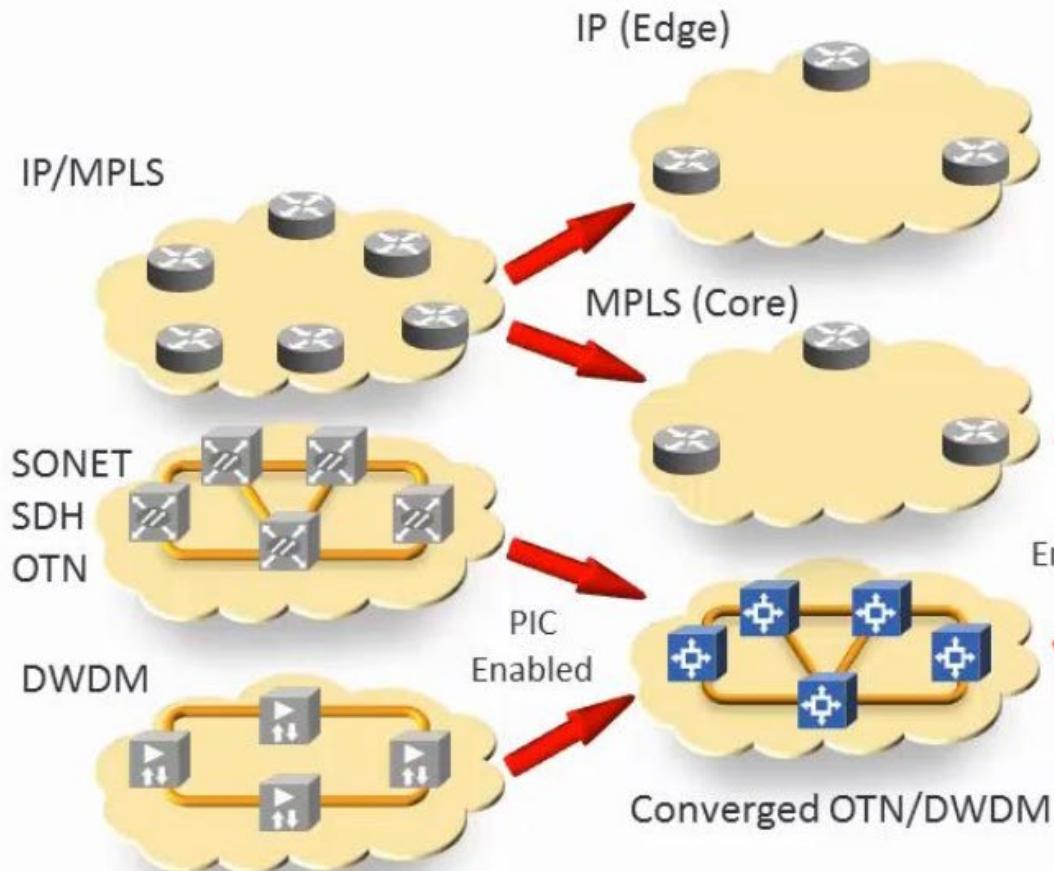
- Zerbitzu aniztundun sareak





# Garraio Sareen garapena (II)

## Gaur egungoa

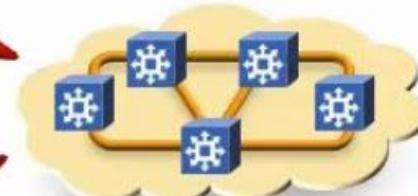


## I Fasea

## II Fasea

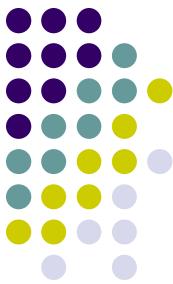


Copyright © Infinera Corporation 2013



Converged  
MPLS/OTN/DWDM  
<https://www.cisco.com/c/en/us/products/collateral/optical-networking/network-convergence-system-4000-series/datasheet-c78-729222.html>

# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia



## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisio sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisio sareetan zaharkitua dago)

2.2.2.2 SDH/SONET

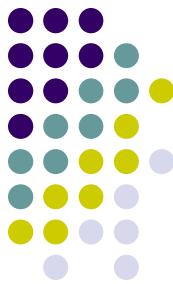
2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

2.2.3.1 OTN/WDM

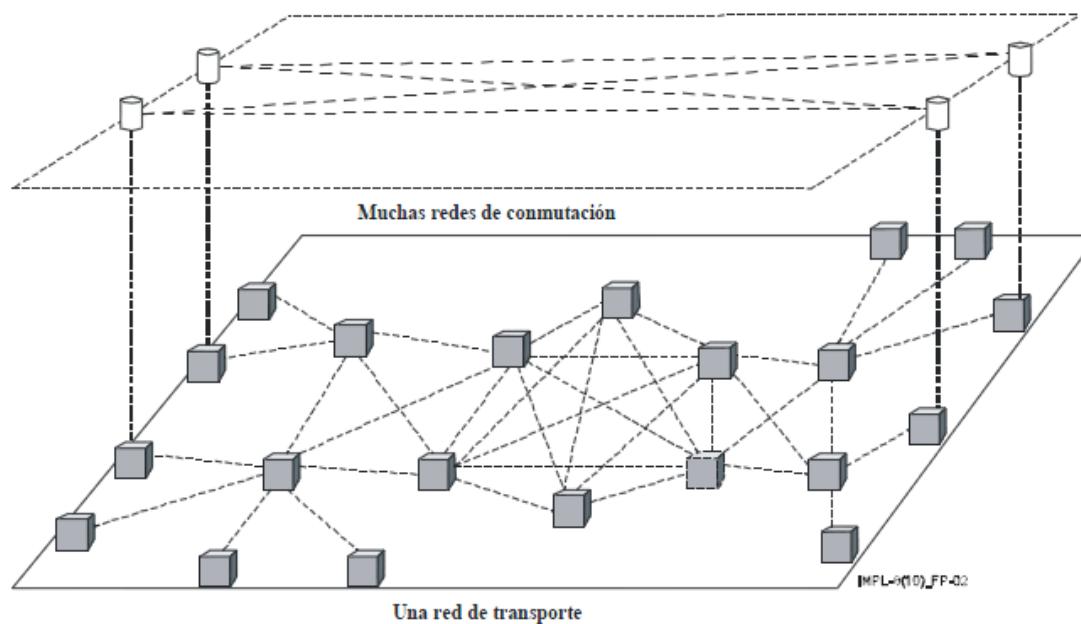
2.2.3.2 MPLS-TP

2.3 Sare eta zerbitzuen konbergentzia: NGN

# Zerbitzu anitztundun garraio sare optikoak



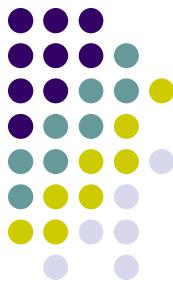
- Garraio sare optiko baten ezaugarri bereizgarri bat **edozein bezero seinalerentzat duen garraio eskaintza** da, bezeroaren ezaugarri espezifikoak kontuan izan gabe. Hau da, garraio sare optiko baten funtzioak, bezero seinaleak daraman informazio bereizgarrien independentea da.



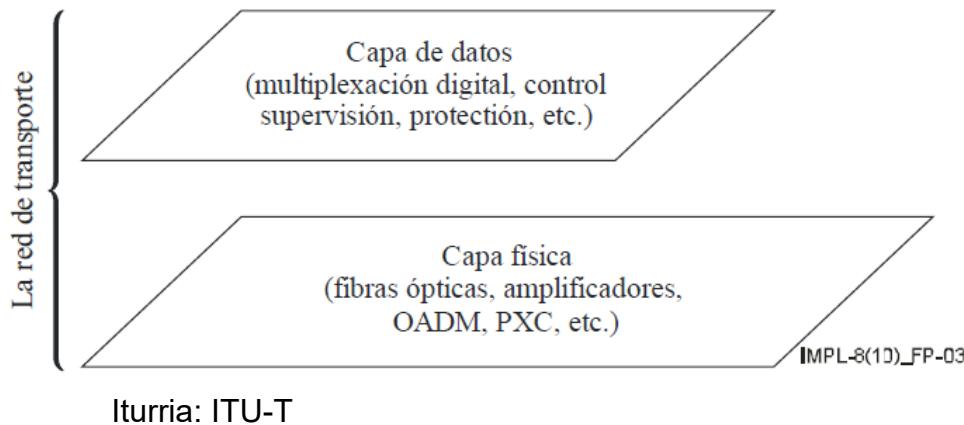
Iturria: ITU-T



# Garraio sare optikoetako geruzak

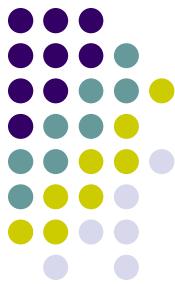


- **Bezero geruza (datuak):** datuak eremu elektrikoan prozesatzen ditu eta sarearen seinalearen multiplexazio, bideratze, kudeaketa, zaintze eta biziraupen funtzioko betetzen dituen ekipamendu baten bidez aplikatzen da.



- **Geruza optikoa:** bezero geruzari argi ibilbideak ematen dizkio. Argi ibilbideak bezero geruzako sare osagaien arteko loturak izanik.

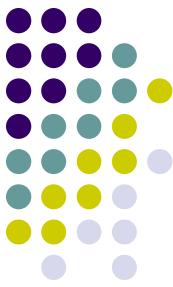
# Garraio sare optiko baten ezaugarriak



- Garraio sare optiko baten bezero geruza (datuak) honako honek karakterizatzen du:
  - Sare arkitektura
  - Multiplexazio hierarkia
  - Gainbegiratze teknika
  - Sare sinkronizazio teknika
  - Sarearen biziraupen prozedurak

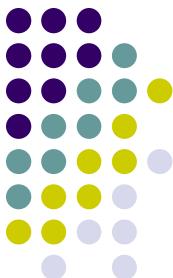
## ***Zergatik garraio sare “optiko” bat?***

- Zuntz optikoaren gaitasunak
- Anplifikadore optiko berriak
- WDM
- OXC
- Zerbitzu eta garraio abiaduren konbergentzia



# Garraio teknologiak

- **PDH (Plesiochronous Digital Hierarchy)**: telekomunikazio sare publikoetan oso erabilia izan da, baina gaur egun garraio sareetan zaharkitua dagoela kontsidera daiteke.
- **SDH (Synchronous Digital Hierarchy )**: garraio azpiegitura publikoetan nagusitu da. SDH-k abiadura baxuko seinaleentzat denbora-banaketa multiplexazio eraginkorra ematen du, eta seinale hauek sarean era fidagarri eta ondo kudeatuan garraiatzea posible egiten du.
- **OTN (Optical Transport Network)**: gaur egungo multiplexazio hierarkia nagusian bihurtzen ari da 1Gbps eta 100Gbps arteko zerbitzu banda zabaleradun bezeroentzat erabilia.
- **MPLS-TP (Multiprotocol Label Switching - Transport Profile)**: Zirkuituetan eta pakeetan oinarrituko sareen garraio zerbitzua bateratzeko diseinatua. NGN-etan teknologia nagusi bezala garatzen ari da.



# Erreferentzia dokumentazioa

- Garraio sare optikoen Gomendioak:

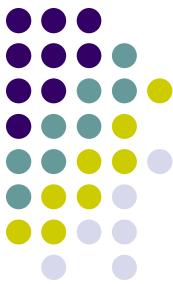
	SDH	OTN	EoT	MPLS-TP
<b>Definizioak</b>	UIT-T G.780	UIT-T G.870	UIT-T G.8001	UIT-T G.8110.1
<b>Trama egiturak, korrespondentziak eta multiplexaziona</b>	UIT-T G.707	UIT-T G.709		
<b>Tramaketa generikoaren prozedura</b>		UIT-T G.7041		3. MINTEGIA
<b>Lotura kapazitatearen doitze eskema</b>		UIT-T G.7042		

IMPL.8(10)\_F2-02



Iturria: ITU-T

# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia



## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisio sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (transmisio sareetan zaharkitua dago)

2.2.2.2 SDH/SONET

2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

2.2.3.1 OTN/WDM

2.2.3.2 MPLS-TP

2.3 Sare eta zerbitzuen konbergentzia: NGN



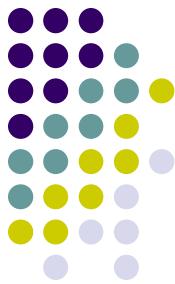
# TDM multiplexazio hierarki-digitalak

- PDH-ren eta SDH-ren sekuentzia historikoa:

PDH		SDH	
2 Mb/s	1966	155 Mb/s	1992
8 Mb/s	1970	622 Mb/s	
34 Mb/s	1973	2488 Mb/s	1994
140 Mb/s	1980	9976 Mb/s	1999
565 Mb/s *	1985	39813 Mb/s	2005

- PDH: Garraio sareetan zaharkitua.
- SDH: Oso ezarria eta bere NG-SDH bertsioaren garapenean.

# PDH : Hierarkia Digital Plesiokronoa

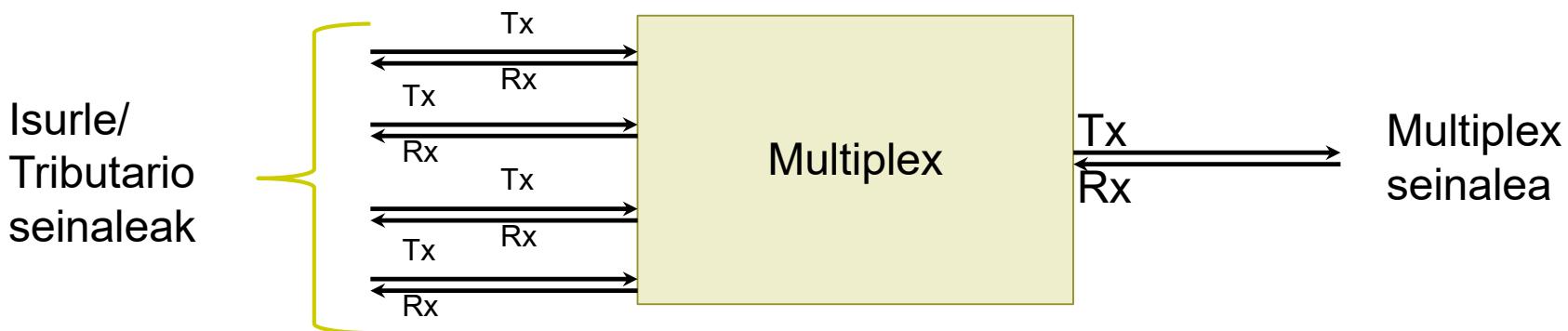


- 2 Mbits/seg –ko oinarri-bandako seinaleetan oinarrituriko (PCM-aren jatorrizko seinalea) seinale plesiokronoen multiplexaziorako ITU-T-ek gomendaturiko **TDM multiplexazio plana**.
- **Plesiokronoa:** Maila desberdinako erloju frekuentziak beraien artean sinkronizaturik EZ daudela adierazten du. Erlojuak “ia-sinkronoak” dira.
- Mux-aren erlojua azpiko mailako seinale tributarioen erlojuen **independentea** da.
- **Bitez-biteko** multiplexazioa.

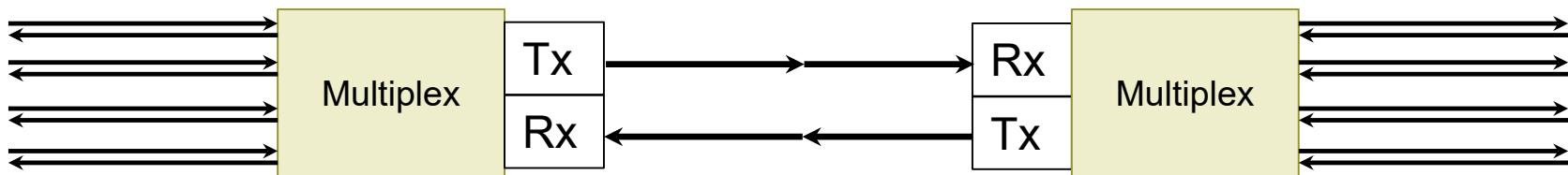


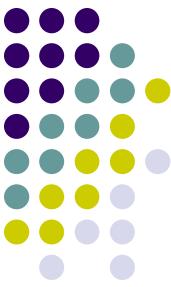
# PDH ezaugarrriak (I)

- Multiplexazioak, abiadura bitar altuagoko fluxu bat (**multiplex seinalea**) lortzeko azpiko mailako **lau isurle edo tributario** multzokatuz egiten dira.



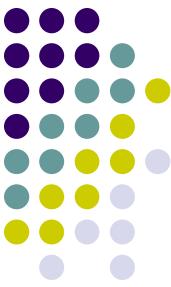
- Transmisio sistemak (2 MUX ekipo)





# PDH ezaugariak (II)

- **2, 8, 34 eta 140 Mbps-eko abiadurentzat** ITU-T-ak araututako interfazeak eta interkonexioa banatzaileen bitartez egitea gomendatzen ditu.
- **565 Mbps-ko abiadurarentzat** ez da interfazerik arautu. Kasu honetan multiplexorearen irteera zuzenean ETL-ra (Linea Amaierako Ekipamendua) konektatzen da.
- Bitez-biteko multiplexazioa.
- PDH posible izan dadin betetze edo justifikazio teknikak erabiltzen dira.

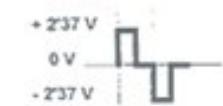
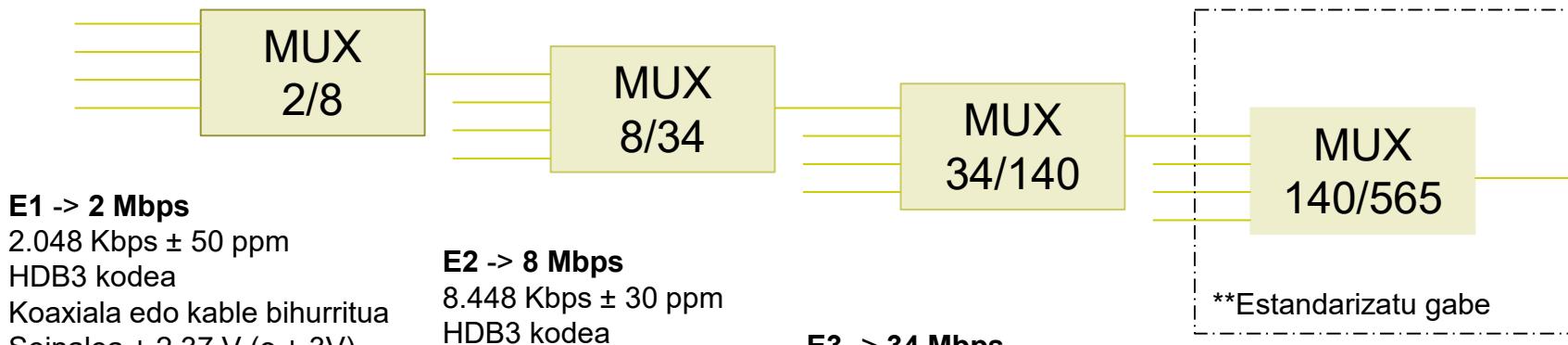
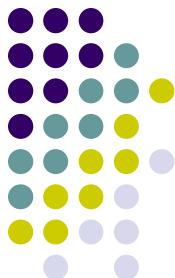


# PDH ezaugarriak (III)

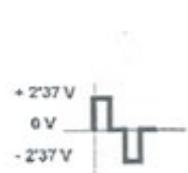
## ● Multiplexen ezaugarriak:

- Justifikazio positiboa erabiliz multiplexatzen dituzte isurle plesiokronoak.
- Bi seinale beraien artean plesiokronoak direla esaten da antzeko abiadura bat dutenean baina ez denean bera.
  - ADIBIDEA:
    - 2 Mbps-ko interfazea (2.048 Kbits/segundokok  $\pm 50$  ppm-ko tolerantzia bat du, hau da, isurle bakoitzak 2047898 eta 2048102 bits/seg arteko abiadura izan dezake)

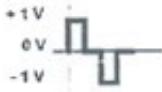
# PDH ezaugarrriak (IV)



$V_b = 2.048 \text{ Kbps} \pm 50 \text{ ppm}$   
Kodea: HDB-3



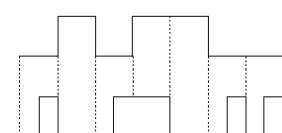
$V_b = 8.448 \text{ Kbps} \pm 30 \text{ ppm}$   
Kodea: HDB-3



$V_b = 34.366 \text{ Kbps} \pm 20 \text{ ppm}$   
Kodea: HDB-3

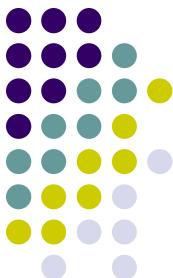


$V_b = 139.264 \text{ Kbps} \pm 15 \text{ ppm}$   
Kodea: CMI

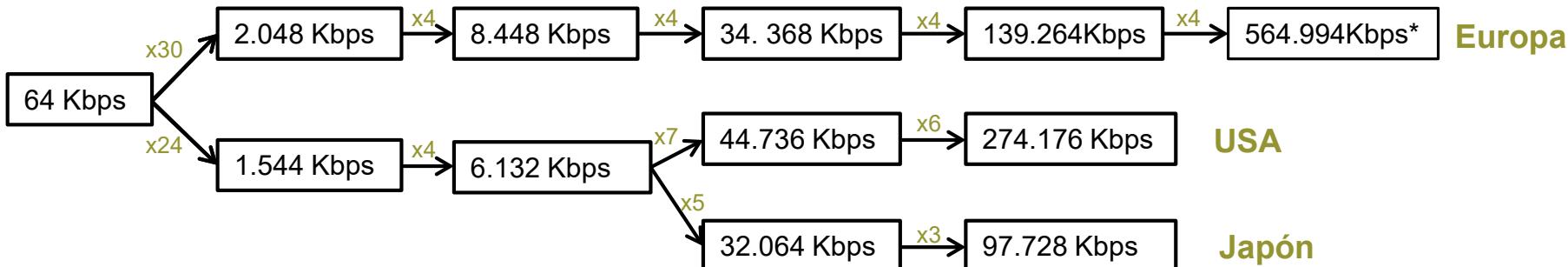


NRZ

CMI



# PDH hierarkia digitala

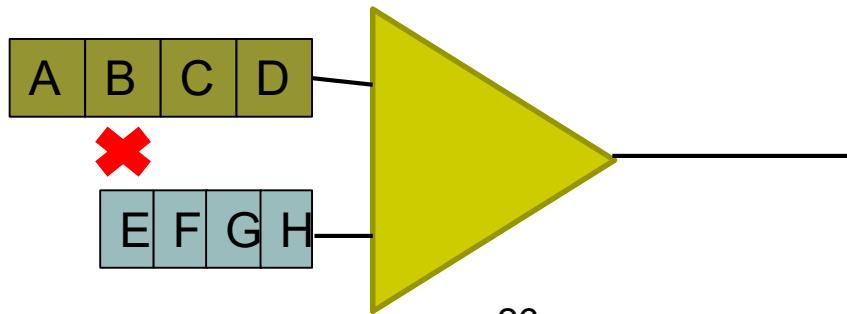


Maila hierarkiko digitala	Abiadura bitarrak (kbps)		
Lehen mailako abiadura bitarra	1544ko lehen mailako abiadura bitarrean oinarritutako hierarkia digitala	2048ko lehen mailako abiadura bitarrean oinarritutako hierarkia digitala	
0	64		64
1	1544		2048
2	6132		8448
3	32064	44736	34368
4	97728	274176	139264



# Isurleen TDM multiplexazioa

- PDH ekipoak ez daude erloju bakarrarekin sinkronizatuak. Abiadura berdineko baina tolerantziadun erloju desberdinekin sinkronizatzen dira.  
Tolerantzia horien adibide gisa, E1 seinalea:  
 $2048 \pm 102 \rightarrow 2.047.898$ -tik  $2.048.102$ -ra.
- TDM multiplexazioan dagoen arazoa: Lau jatorrizko seinaleek (isurleek) abiadura bitar bera izan behar dute eta multiplex seinaleak lau aldiz jatorrizkoena.
- Seinale plesiokronoekin arazo hau dago:



# Sinkronizaturiko isurleen TDM multiplexazioa



## • Soluzioa:

- Isurle plesiokronoen multiplexazioa justifikazio positiboarekin (edo negatiboarekin).
- TDM multiplexazioa egin orduko lau isurleak justifikazio metodoak erabiliz sinkronizatuko dira.
- Sinkronizaturiko isurleen abiadura multiplex seinalearen  $\frac{1}{4}$  da zehazki.
- Justifikaziona seinale digital baten abiadura bitarra era kontrolatuan aldatzean datza, daraman informazioa galdu gabe, berea ez den beste abiadura batera egokitutako.



# Justifikazio positiboa

- Seinale digital baten abiadura bitarra era kontrolatuan aldatzean datza, daraman informazioa galdu gabe, berea ez den beste abiadura batera egokitu ahal izateko.

$$V_0 = 1000 \text{ bits/sg}$$

$$V_R = V_0 * 5/4 = 1.250 \text{ bits/seg}$$

$$V_r = 1 \text{ bit/ 4 ms} = 250 \text{ bits/seg}$$

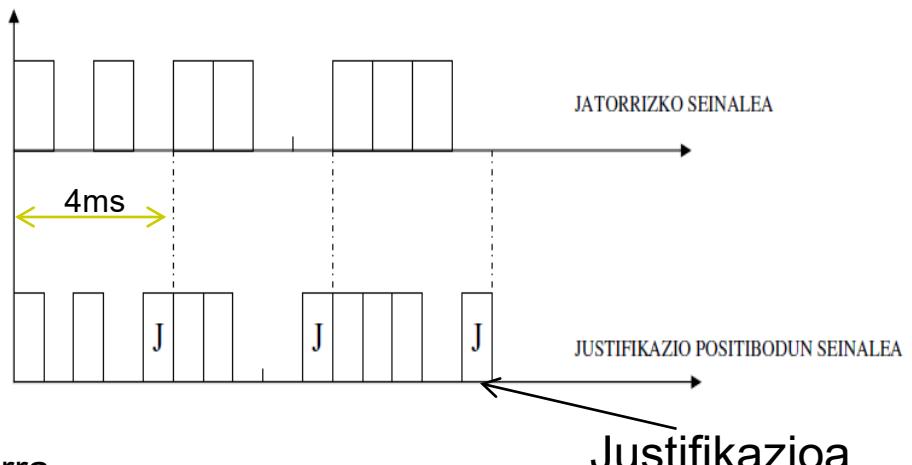
$$V_R = V_0 + V_r$$

- Non:

$V_0$  - Jatorrizko seinalearen abiadura bitarra

$V_R$  - Lorturiko seinalearen abiadura bitarra

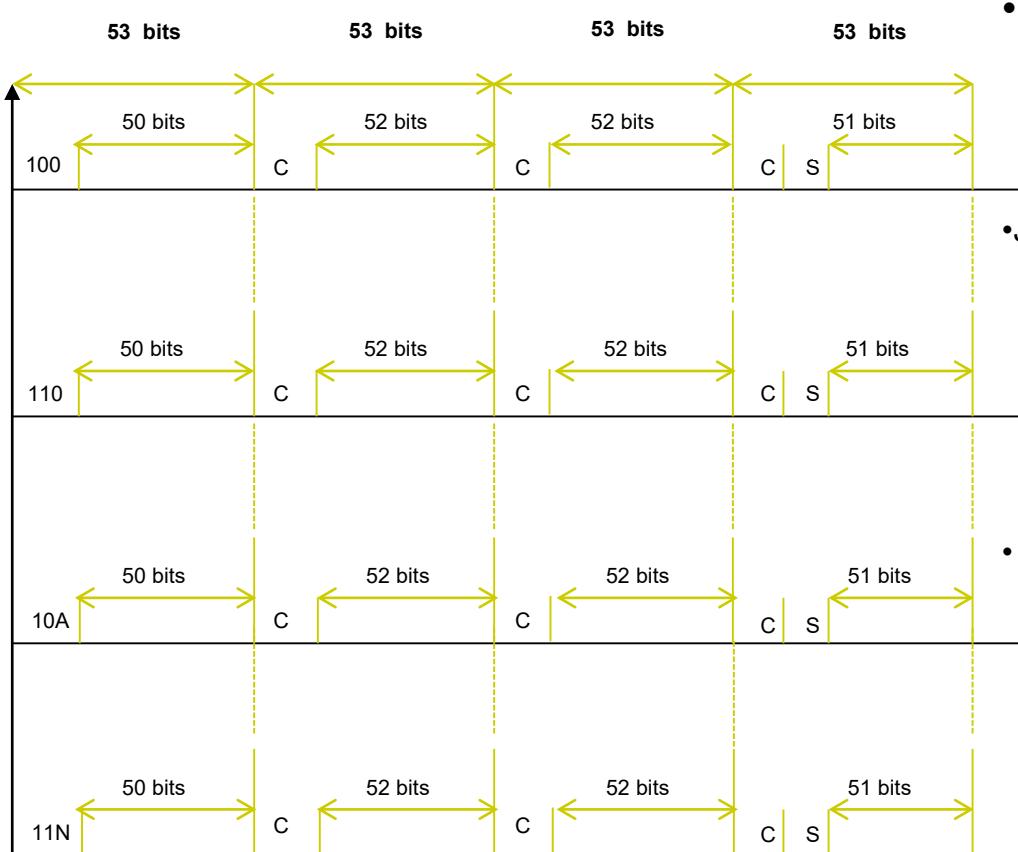
$V_r$  - Erredundantziaren abiadura bitarra ->>> *Eta informazio bitak sartzen badira?*





# Isurleen sinkronizazioa

- 2.112 kb/seg-ko isurle sinkronizatuak



•  $V_{\text{nominal isurlearena}} = 2,048 \pm 50 \text{ ppm Mbps}$   
 $(2,047898 - 2,048102)$

• Justifikazioarekin:  
 $\text{VaR} = 205 \text{ bits}/100,379 \mu\text{seg} =$   
**2,04226 Mbps**

• Justifikazio gabe:  
 $\text{VaR} = 206 \text{ bits}/100,379 \mu\text{seg} =$   
**2,052262 Mbps**



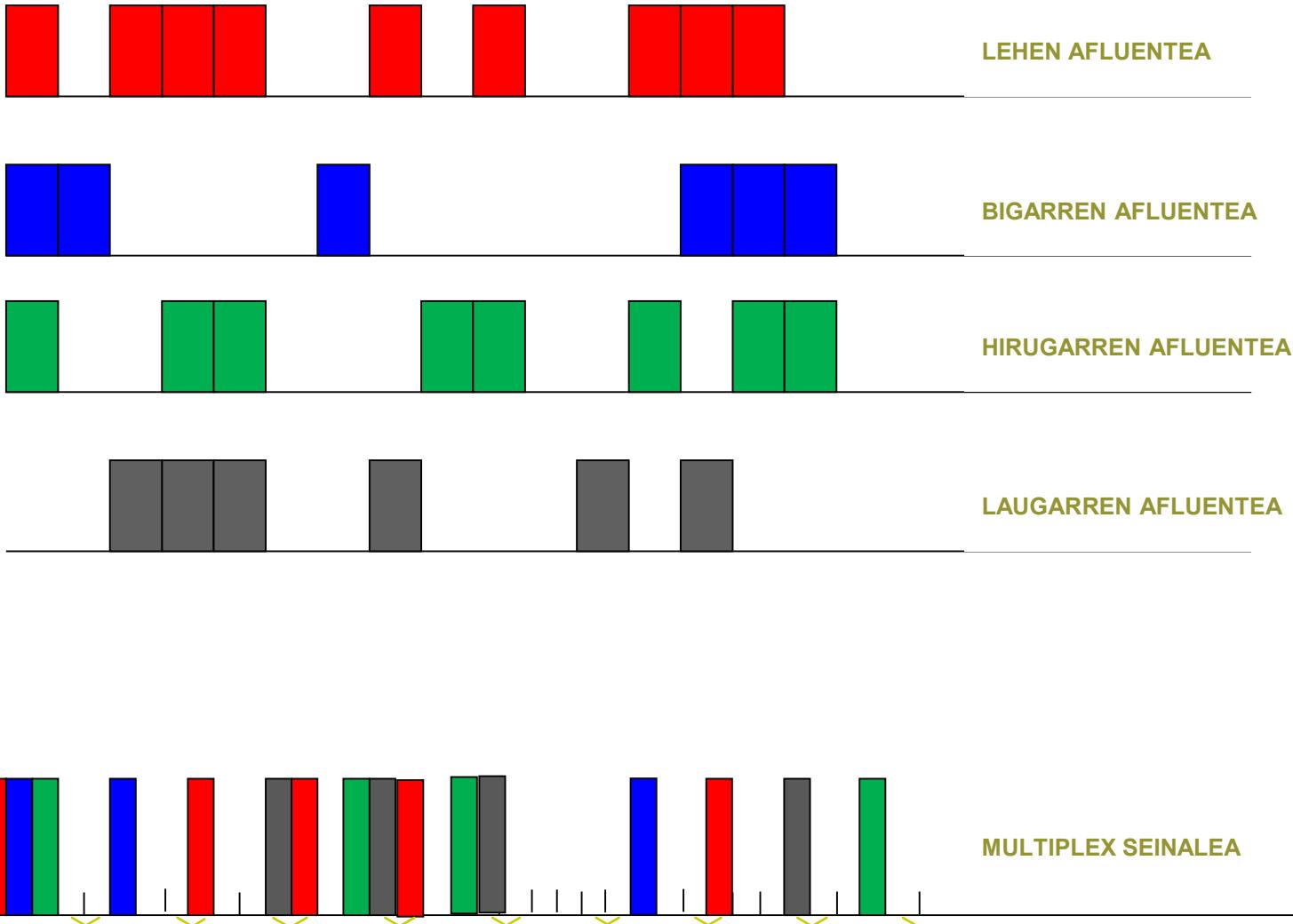
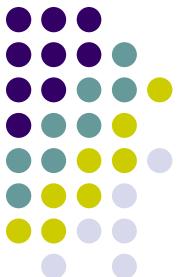
# S eta C Bitak

- **Justifikazio aukera ematen duten bitak (S):** isurlearen informazioa edo betetze informazioa eraman dezake.
- **Justifikazioaren kontrolerako bitak (C)**
  - 111=S-k justifikazioa da. Hartzaileak ezikusi egingo du S bita.
  - 000=S-k isurlearen informazioa darama. Hartzailean prozesatu egingo da.
- **Justifikazio gabe:** idazten dena baino azkarrago irakurtzen da.  
 $2.052,22 \text{ Kbps} > 2.048 \text{ Kbps}$
- **Justifikazioarekin:** idazten dena baino geldoago irakurtzen da.  
 $2.042,26 \text{ Kbps} < 2.048 \text{ Kbps}$
- **Abiadura nominalaz** justifikazioa tasa hau izango da: %42,42

1. MINTEGIA



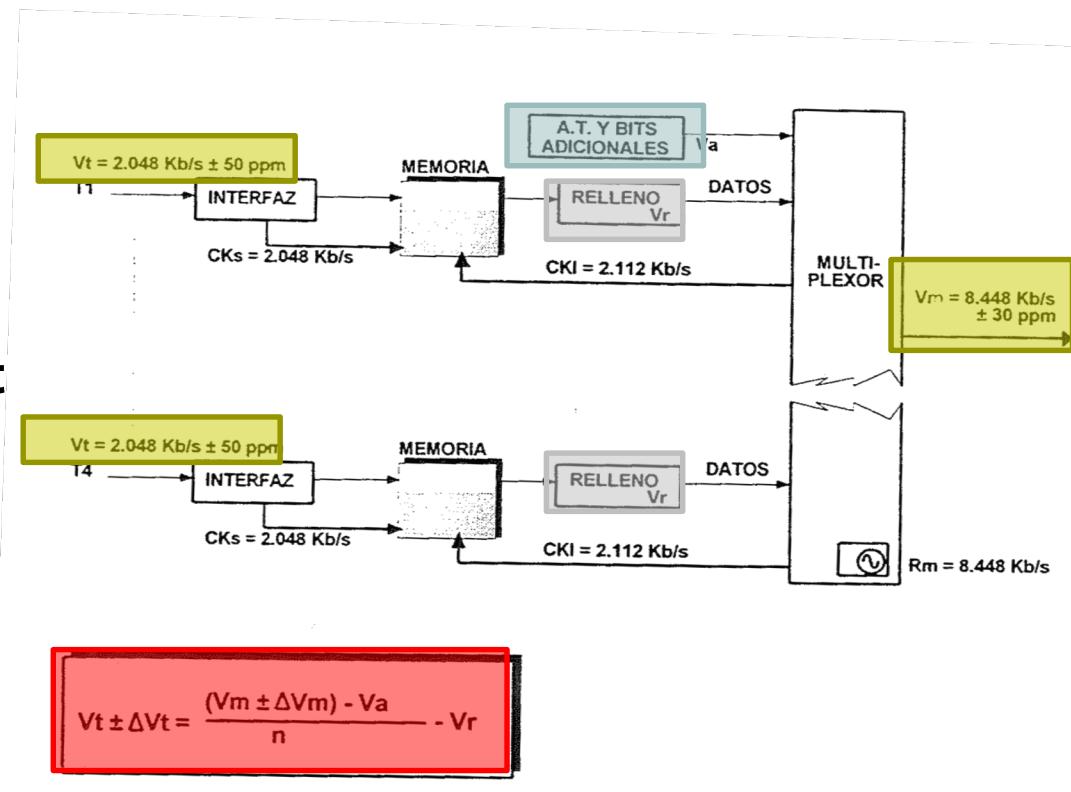
# MDT bitez-biteko multiplexazioa





# Tributarioaren abiadura

- Tributarioaren abiadura:  $V_t$
- Justifikazioa:  $V_r$
- Trama lerrokatzearen eta justifikazio kontrolaren abiadura:  $V_a$
- Plesiokronotasuna:  $\Delta V_m, \Delta V_t$



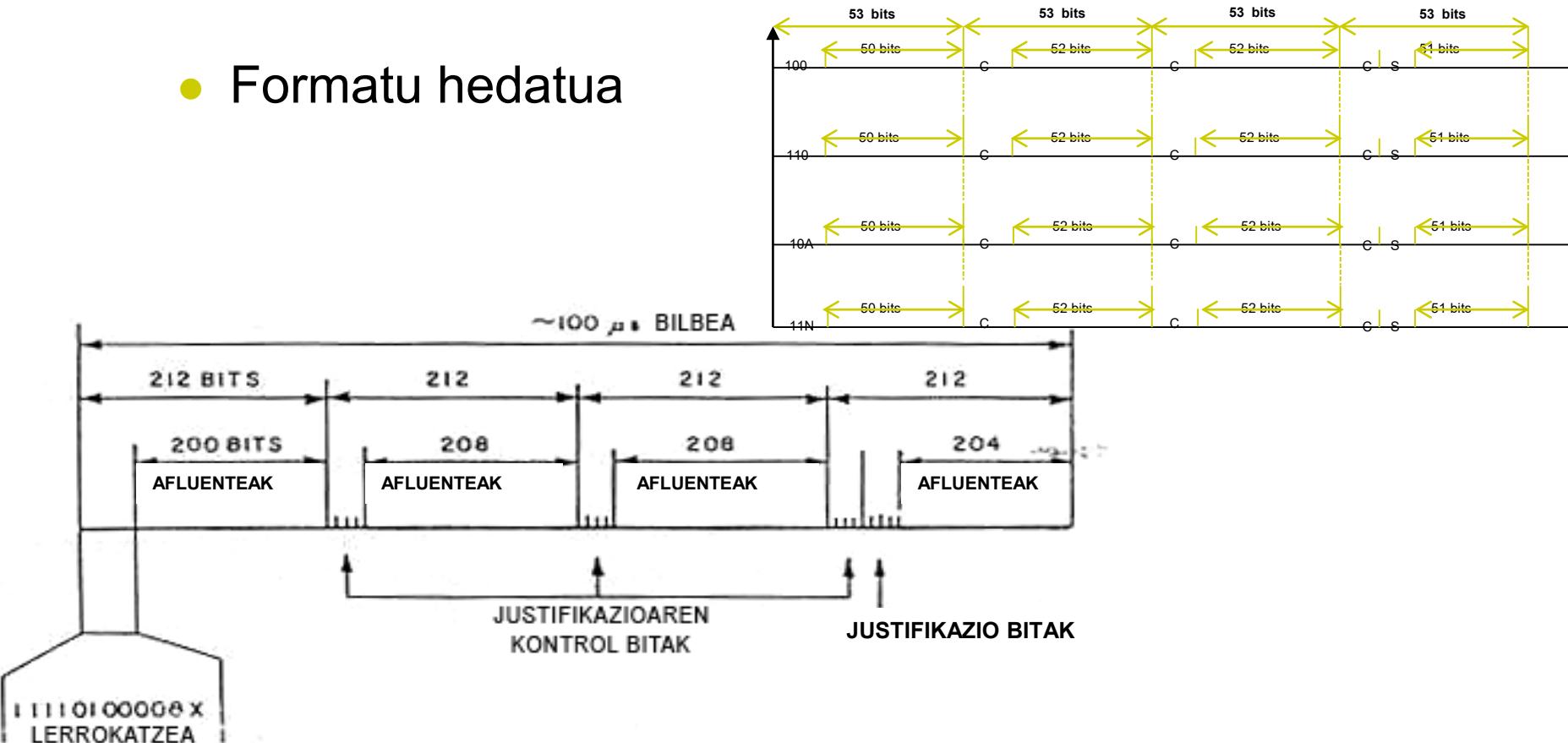
$$V_t \pm \Delta V_t = \frac{(V_m \pm \Delta V_m) - V_a}{n} - V_r$$



# 2/8 multiplex digitala (I)

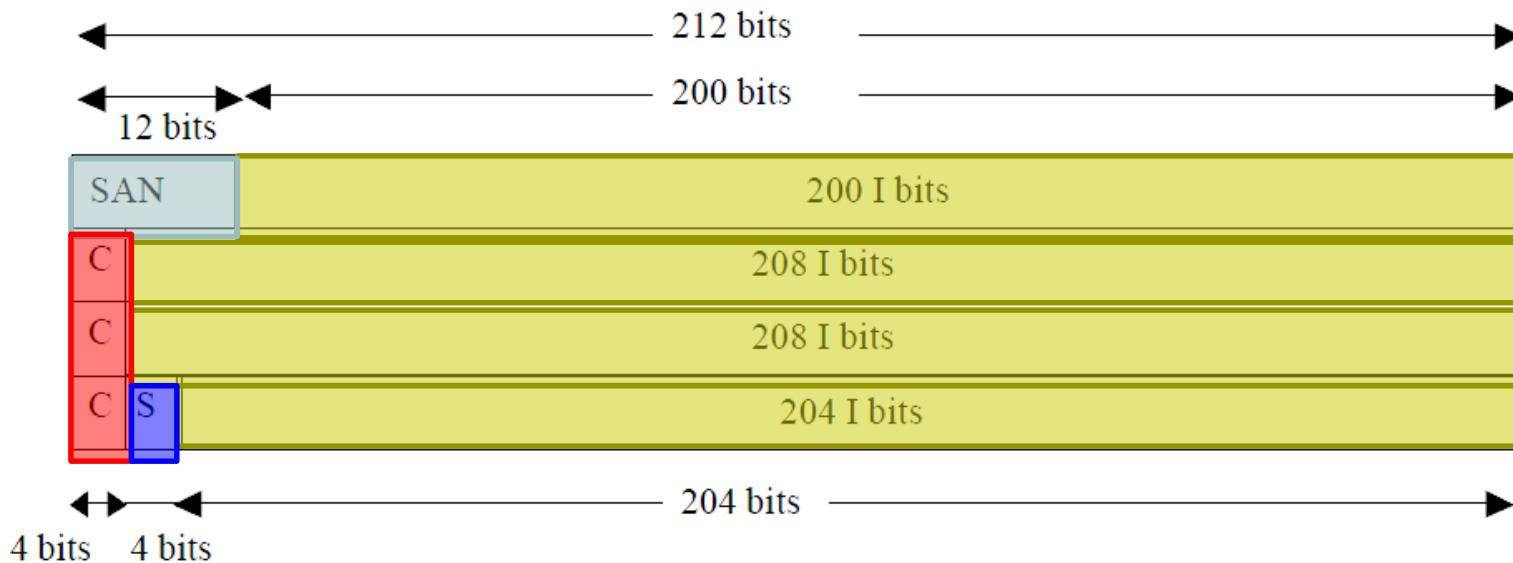
- 8 Mbps-ko trama egitura (lerroak)

- Formatu hedatua



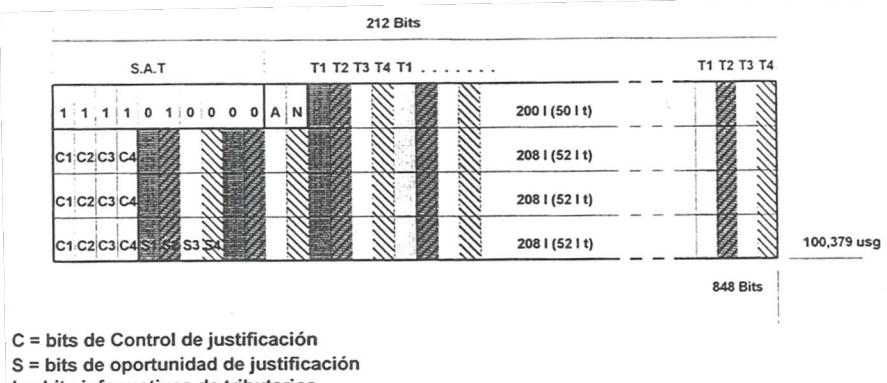


# 2/8 multiplex digitala (II)



SAN: trama lerrokatzea: 1111010000AN.  
 C: Justifikazioaren kontrola: C1 C2 C3 C4 1: just. 0: ez  
 S: Justifikazio aukera ematen dutenak: S1 S2 S3 S4

8.448 kbit/s  
 100,4  $\mu$ segundos





# 2/8 multiplex digitala (G.742)

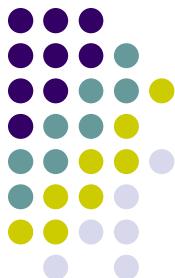
- 8 Mbps-ko trama egitura

Velocidad binaria de los afluentes (kbit/s)	2048
Número de afluentes	4
Estructura de trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (1111010000) Indicación de alarma destinada al equipo múltiplex digital distante Bit reservado para uso nacional Bits procedentes de los afluentes	<i>Grupo I</i> 1 a 10 11 12 13 a 212
Bits $C_{j1}$ de control de justificación (véase la nota) Bits procedentes de los afluentes	<i>Grupo II</i> 1 a 4 5 a 212
Bits $C_{j2}$ de control de justificación (véase la nota) Bits procedentes de los afluentes	<i>Grupo III</i> 1 a 4 5 a 212
Bits $C_{j3}$ de control de justificación (véase la nota) Bits justificables provenientes de los afluentes Bits procedentes de los afluentes	<i>Grupo IV</i> 1 a 4 5 a 8 9 a 212
Longitud de la trama Bits por afluente Velocidad máxima de justificación por afluente Relación nominal de justificación	848 bits 206 bits 10 kbit/s 0,424

Iturria: ITU-T

Nota –  $C_{ji}$ , designa el bit número  $i$  de control de justificación del afluente número  $j$ .

# Multiplex digital 8/34 (G.751)

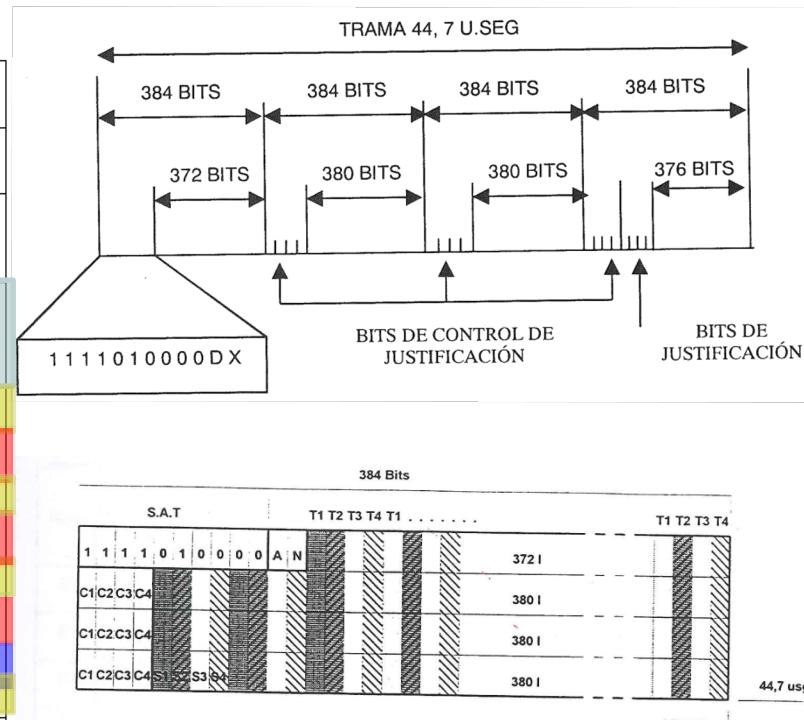


- 34 Mbps-ko trama egitura

Velocidad binaria de los afluentes (kbit/s)	8448
Número de afluentes	4
Estructura de trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (1111010000) Indicación de alarma hacia el equipo múltiplex digital distante Bit reservado para uso nacional	Grupo I 1 a 10 11 12
Bits procedentes de los afluentes	13 a 384
Bits de servicio de justificación $C_{j1}$ (véase la nota)	Grupo II 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes	5 a 384
Bits de servicio de justificación $C_{j2}$ (véase la nota)	Grupo III 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes	5 a 384
Bits de servicio de justificación $C_{j3}$ (véase la nota)	Grupo IV 1 a 4
Bits procedentes de los afluentes, disponibles para la justificación	5 a 8
Bits procedentes de los afluentes	9 a 384
Longitud de trama Bits por afluente Velocidad máxima de justificación por afluente Relación nominal de justificación	1536 bits 378 bits 22 375 kbit/s 0,436

Nota –  $C_{jn}$ , designa el enésimo bit de servicio de justificación del  $j$ -ésimo afluente.

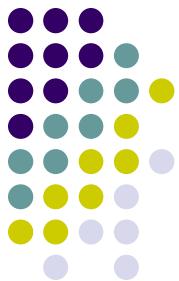
Iturria: ITU-T



C = bits de Control de justificación  
S = bits de oportunidad de justificación  
I = bits informativos de tributarios

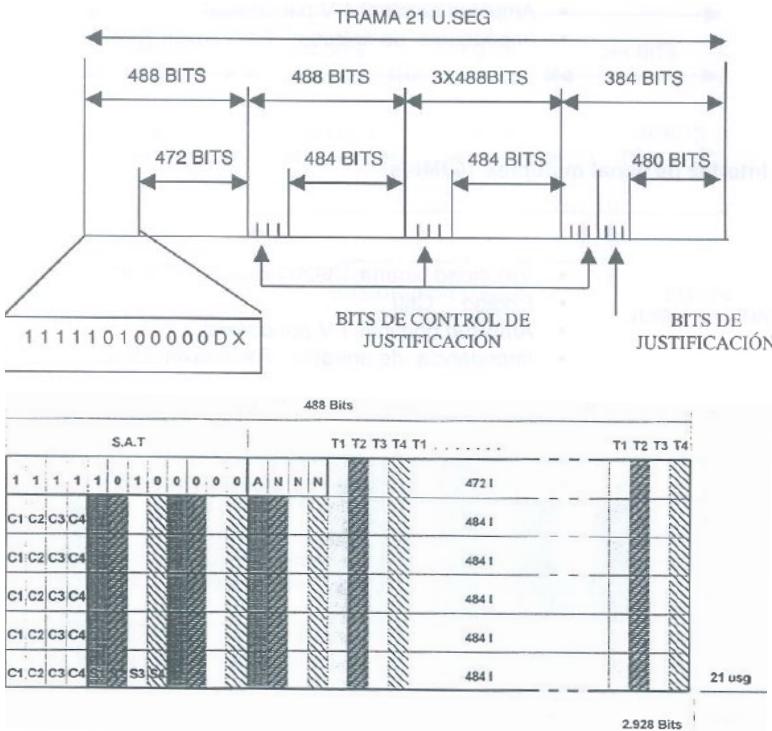
Iturria: Telefónica

# 34/140 Multiplex digitala (G.751)



- 140 Mbps-ko trama egitura

Velocidad binaria de los afluente (kbit/s)	34 368
Número de afluente	4
Estructura de trama	Plan de numeración de los bits
Señal de alineación de trama (111110100000) Indicación de alarma hacia el equipo múltiplex digital distante Bits reservado para uso nacional Bits procedentes de los afluente	<p><i>Grupo I</i> 1 a 12 13 14 a 16 17 a 488</p> <p><i>Grupo II a V</i> 1 a 4 5 a 488</p> <p><i>Grupo VI</i> 1 a 4 5 a 8 9 a 488</p>
Bits de servicio de justificación $C_{jn}$ ( $n = 1$ a 4) (véase la nota) Bits procedente de los afluente	
Bits de servicio de justificación $C_{j5}$ (véase la nota) Bits procedentes de los afluente, disponibles para la justificación Bits procedentes de los afluente	
Longitud de trama Bits por afluente Velocidad máxima de justificación por afluente Relación nominal de justificación	2928 bits 723 bits 47 563 bit/s aproximadamente 0,419



Iturria: Telefónica

Nota –  $C_{jn}$ , designa el enésimo bit de servicio de justificación del  $j$ -ésimo afluente.

Iturria: ITU-T

# PDH tramen laburpena



BETETZEKO!!



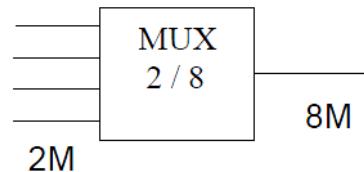
Maila	Abiadura bitarra (Kb/s)	Trama luzera (bits)	Trama iraupena (μsg.)	Lerrokatze Bitak	“C” Bitak (tributarioko)	Bit informatzaileak (tributarioko)	Informatze abiadura (tributarioko )
E1	<b>2.048</b>						
E2	<b>8.448</b>						
E3	<b>34.368</b>						
E4	<b>139.264</b>						



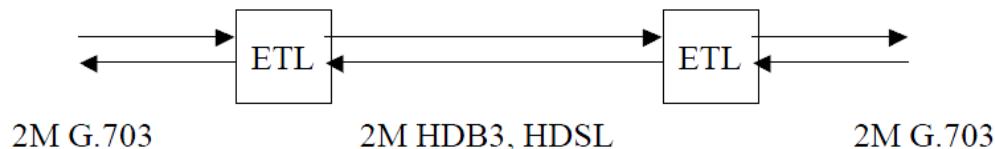
# PDH ekipamenduak

- Ekipamenduak

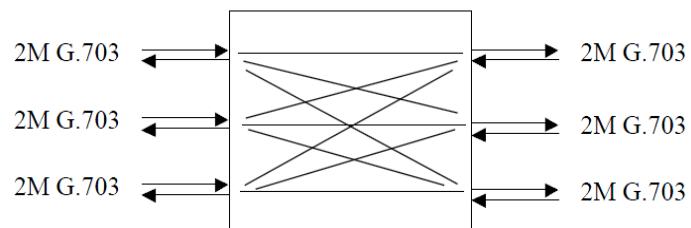
- MUX

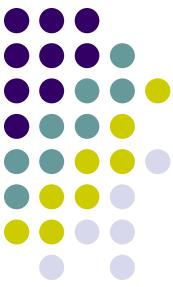


- ETL: Linea Amaierako Ekipamendua



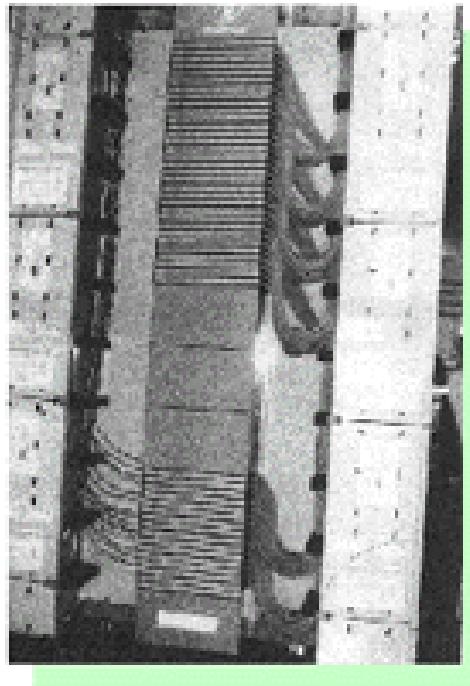
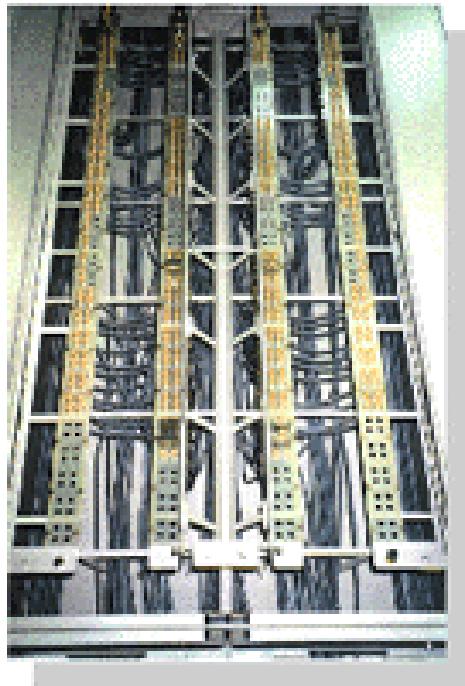
- DXC: banatzailea ordezkatzen du



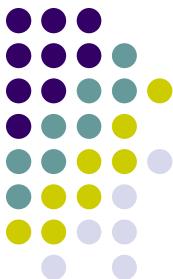


# Banatzaileak

- Transmisio ekipoak interkonektatzeko erabilitako banatzaileak

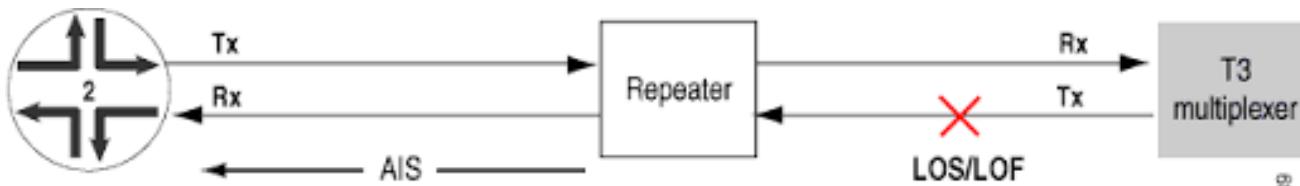


# Alermen kudeatzea PDH-en (G.775)



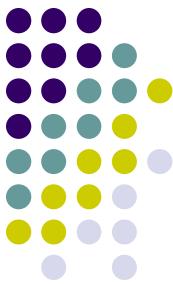
- LOF
- LOS
- AIS
- RDI

- **LOS (Loss Of Signal)**
  - *Sarrerako seinalearen galera: 10<sup>-3</sup> baino errore tasa altuagoa dagoenean*
- **LOF (Loss Of Frame)**
  - *Trama lerrokatzearen galera: 4 hitz jarraian akatsarekin detektatzen direnean trama lerrokatze galera LOF ematen da.*
- **AIS (Alarm Indication Signal)**
  - *Alarma adierazteko seinalea: trafiko arruntak akatsdun baldintza bat duenean, trafiko hori ordezkatzen sortua da, honekin, akatsak saihesten dira.*
- **RDI (Remote Defect Indication)**
  - *Urrutiko defektu adierazlea: transmititzen duen ekipoari bidaltzen zaio Lost of Frame, Lost of Signal edo AIS bezalako alarmak detektatzen direnean.*
- **HBER (Hard BER)**
  - *Errore larri baten tasa : 10<sup>-6</sup> baino errore tasa altuagoa dagoenean*

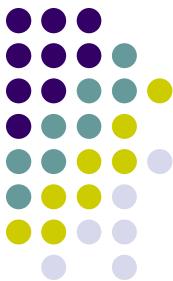


1789

# Alarma Adierazteko Seinalea (AIS)



- **Matxurak detektatzeko** erabiltzen da:
  - Afluentes batean sarrerako seinale galera detektatzen bada, multiplex seinaleko isurle horri dagozkion bitetik AIS seinale bat bidaltzen da, beti ere isurle horren abiadura nominala errespetatuz.
  - Seinale anitztunean seinale galera detektatzen bada, edo lerrokatze galera, edo AIS seinalea jasotzen bada, isurle guztien irteeretik AIS seinalea bidaliko da.



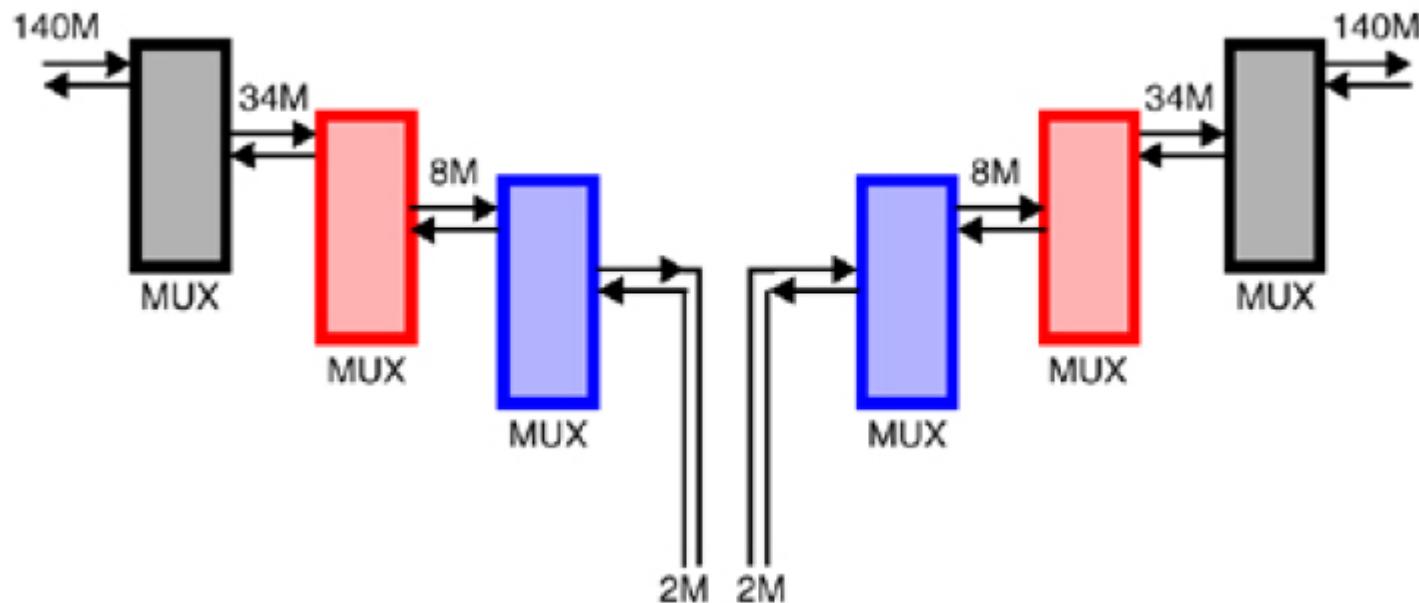
# PDH-ren mugak (I)

- Goi mailako hierarkietatik kapazitate baxuko isurleak ateratzea ez da erraza.
- Interkonexio nodoen konplexutasuna.
- Operazio, kudeaketa eta mantenu zailak.
- Goi mailako hierarkiak ez daude arautuak.
- Estandar desberdineko sareen interkonexioa zaila da.
- Gaitasun baxua.



# PDH-ren mugak (II)

- Afluenteak ateratzearen arazoa





# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisioko sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisioko sareetan zaharkitua dago)

### 2.2.2.2 SDH/SONET

2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

2.2.3.1 OTN/WDM

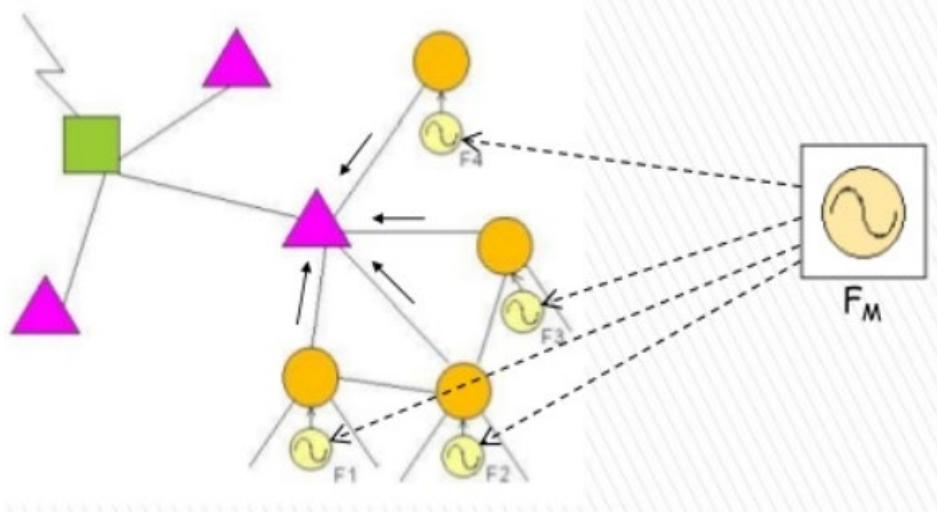
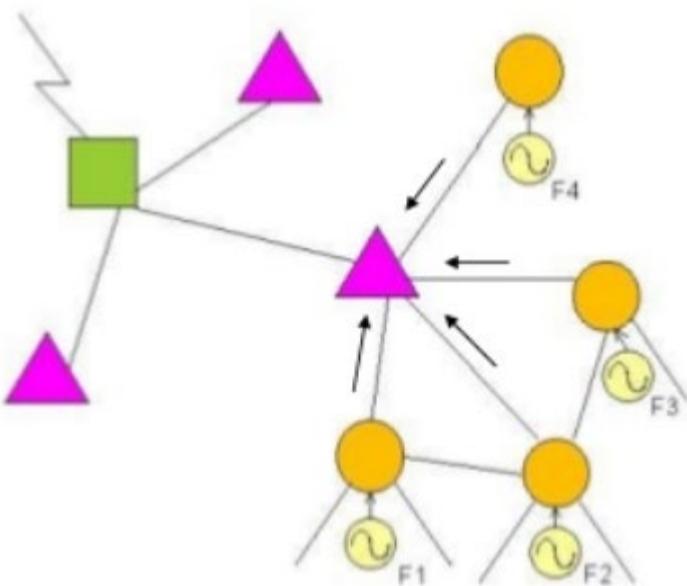
2.2.3.2 MPLS-TP

## 2.3 Transmisioko sareetan

2.3.1 Sarrera

2.3.2 Ethernet garraio mailaren gainetik (EoT)

# SDH: Sarrera



- Sare Plesiomorpha
  - Afluenteak sinkronizatu behar dira

- Sare Sinkronoa
  - Erloju bakar batek sinkronizatzen du sarea



# PDH vs SDH konparaketa

PDH	SDH
Abiadura desberdinak zonalde geografikoaren menpe (Europa, Amerika, Japon)	Transmisió – abiadura unibertsalak
Oinarrizko abiadura: 2 Mbps	Oinarrizko abiadura: 155 Mbps
$V_{\text{MUX seinalearena}} > 4 \times V_{\text{isurleen seinalearena}}$	$V_{\text{MUX seinalearena}} = n \times V_{\text{STM-1}}$
MUX bitez bit	MUX bytez byte
Abiadura baxuak	Abiadura ertainak
Transmisió bideak: pareak, koaxiala, zuntz-optikoa	Transmisió bideak: batez ere zuntz-optikoa
MUX/DEMUX pausoz pauso eskatzen den mailaraino	Tributarioak ateratzeko malgutasun osoa
Puntuz puntuko topologia	Eraztun topologia
Bateragarritasun eza fabrikatzaile $\neq$ artean	Bateragarritasun orokorra
Sare plesiokronoa	Sare sinkronoa
32 bitetik 2 kudeatze eta seinaleztapenerako erabiliak	Bateragarritasuna efizientziaren gainetik dago
Alarmen kudeaketa murriztua	Kudeaketa sendoa



# SDH: Historia

- 1985-ean SONET (Synchronous Optical NETwork - Sare Optiko Sinkronoa) sarearen definizioa, Amerikan erabilitako hierarkia sinkronoa.
- 1986-ko ekainean CCITT-ak SDH arauen definizio lanak hasten ditu (Synchronous Digital Hierarchy – Hierarkia Digital Sinkronoa).
- 1988-ko amaieran transmisio arauak definitzen zituzten G.707, G.708, G.709 arauak onartu ziren.
- 1988-ren eta 1990-en artean CCITT-en SDH mundu-estandarra definitzen da.



# Ezaugarriak

- SDH trama garraio sinkronoko STM modulua da
- Tramaren iraupena uniformea da, 125 µsegunduko (abiaduraren independientekei)
- Karga erabilgarria edukiontzian
- Multiplexazio erraza: bytez byte
- Afluentek eskuragarri daude demultiplexazio beharrik gabe
- Erreferentzia erlojua bera da sare guztirako
- Estandarizazio maila altua
- 155 Mbps eta 40 Gbps bitarteko abiadura bitarrak
- Byte mailako tratamendua
- Erakusleen erabilera
- Zerbitzu eta gainbegiratzeak burutzeko edukiera handiko kanalak
- Banda zabala eta DWDM zerbitzuetara egokitzeko erraztasuna
- Hiru sare daude: Transmisioa, Sinkronizazioa eta Kudeaketa



# Abiadurak: SONET vs SDH

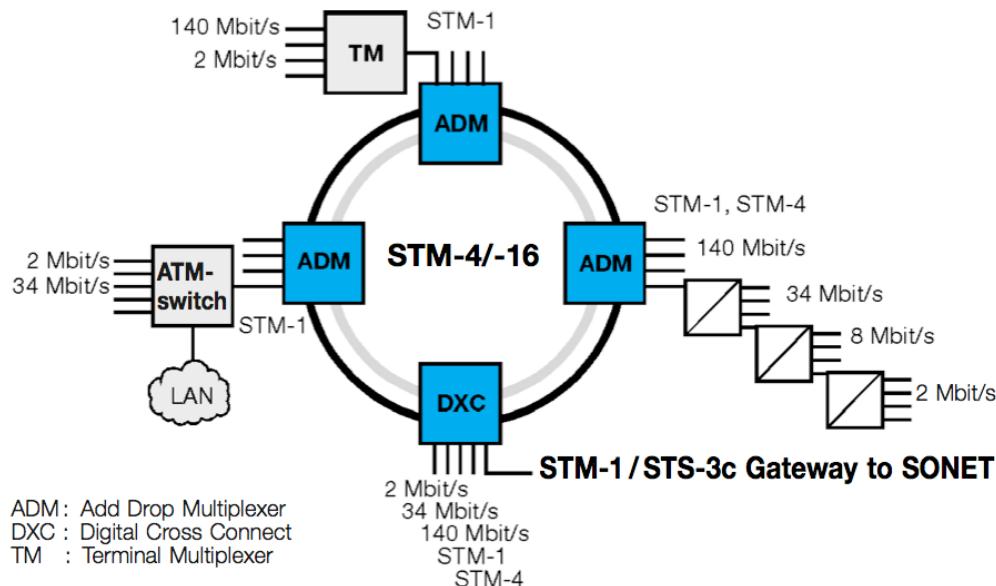
SONET	SONET	SDH	Biak
Amerika: STS maila	Amerika: OC maila	Europa: STM	Abiadurak (Mbps)
STS-1	OC-1	N/A	51.84
STS-3	OC-3	STM-1	155.52
STS-12	OC-12	STM-4	622.08
STS-48	OC-48	STM-16	2,488.32
STS-192	OC-192	STM-64	9,953.28
STS-768	OC-768	STM-256	39,813.12





# SONET eta SDH

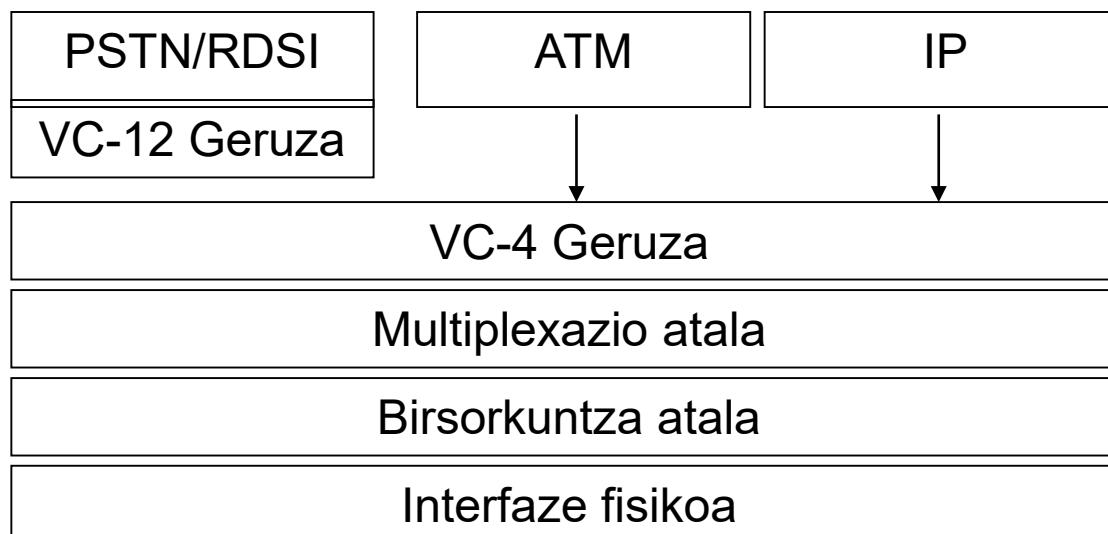
- Hasiera batean, 1.5, 2, 6, 34, 45 eta 140 Mbps-ko PDH seinaleak garraiatzeko diseinatuak: edukiontzien tamainak seinale horietarako egokiak.
- Banda zabalerako seinaleetara moldatua.



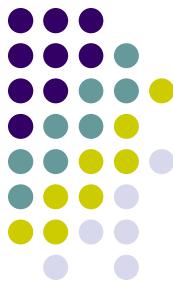


# Sarearen geruzak

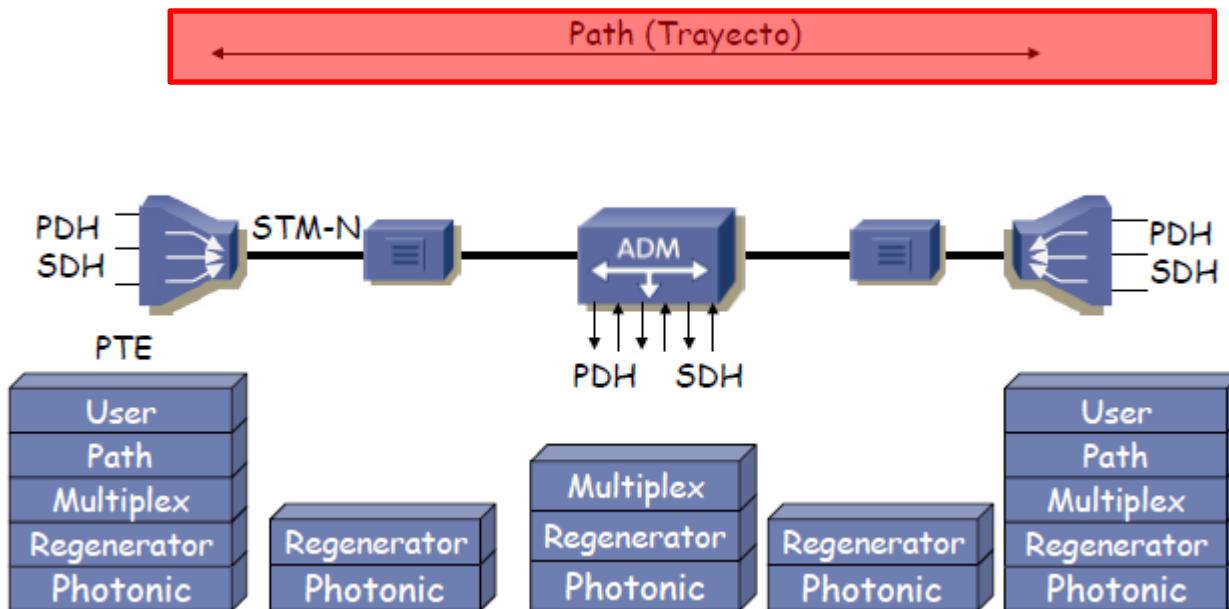
- SDH sareak geruza desberdinak ditu:
  - Interfaze fisikoa:** Transmisio bidea.
  - Birsorkuntza atala:** Birsortzaileen arteko tarte. RSOH.
  - Multiplexazio atala:** Multiplexadoreen arteko tarte. MSOH.
  - Ibilbidea:** Edukiontzi birtualen (VC Virtual Container) mutua eta desmutua puntuen arteko tarte.



# Sarearen atalak: Ibilbidea



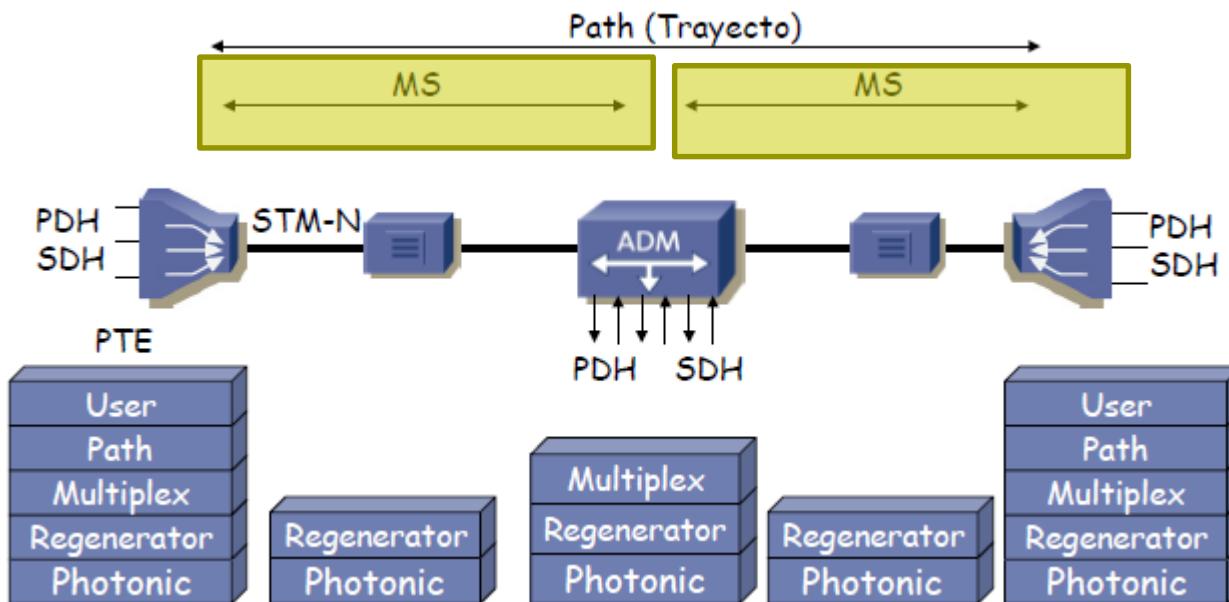
- Edukiontzi birtualen muntaia eta desmuntaia puntuen artean dagoen transmisió sarearen atala.
- POH (Path OverHead)-ren sartzea/ateratzea



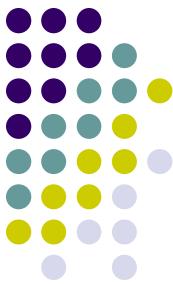


# Sarearen atalak: Multiplexazio atala

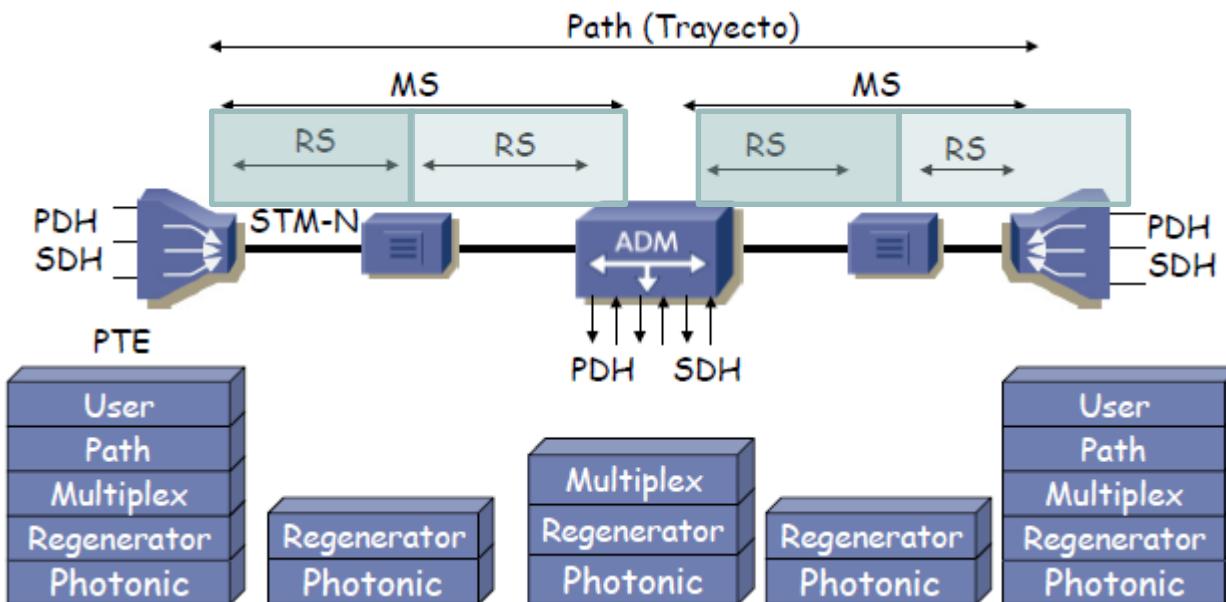
- STM-Naren multiplexazio/demultiplexazio puntuen artean dagoen transmisio sarearen atala.
- MSOH (Multiplex Section Overhead)-ren sartzea/ateratzea



# Sarearen atalak: Birsorkuntza atala

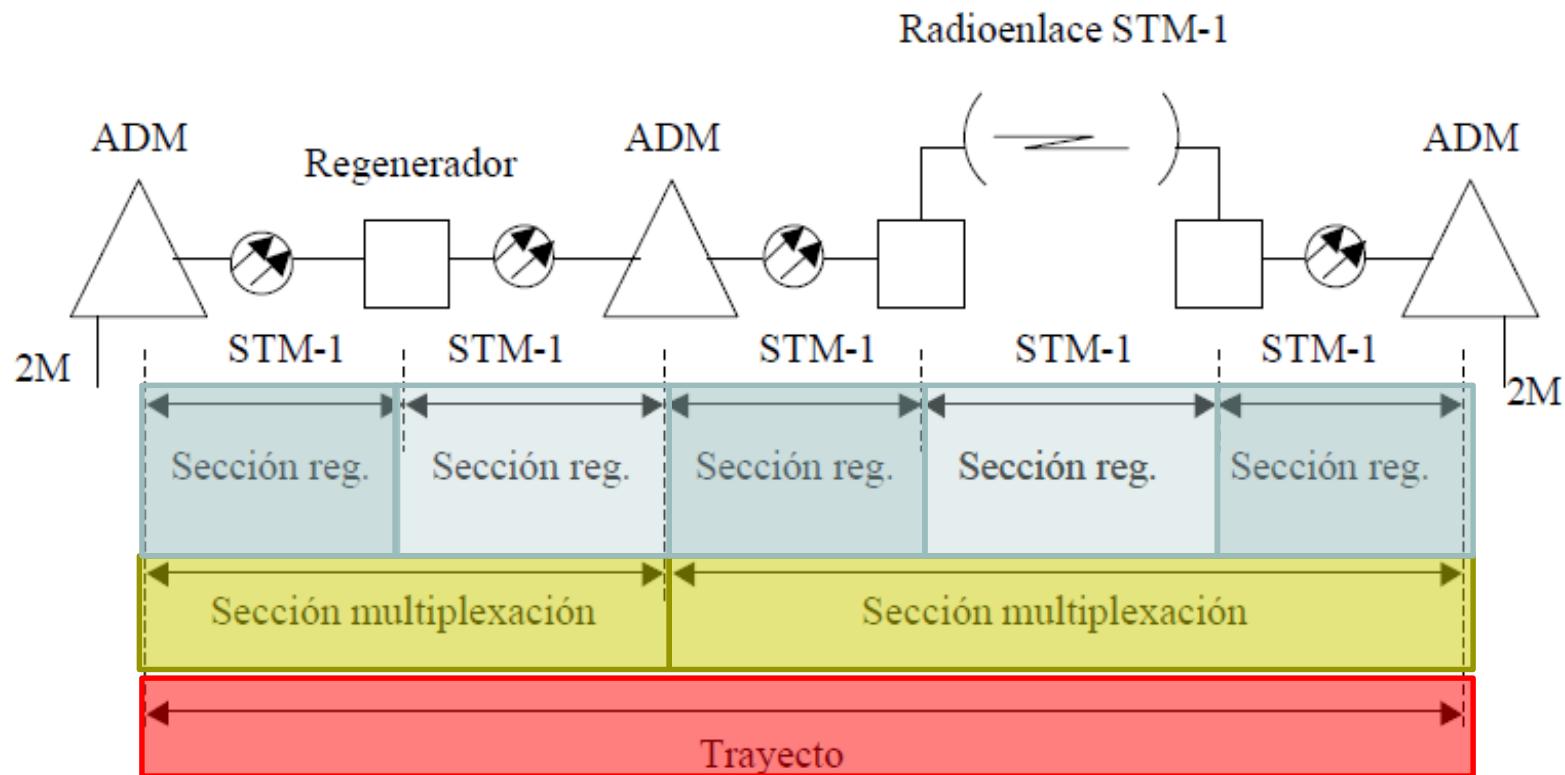


- Seinalea birstortzen duten bi transmisió ekipamenduren artean dagoen transmisió sarearen atala.
- RSOH (Regeneration Section Overhead)-ren sartzea/ateratzea

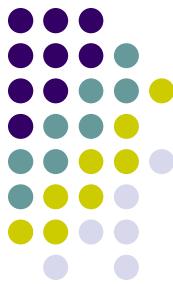




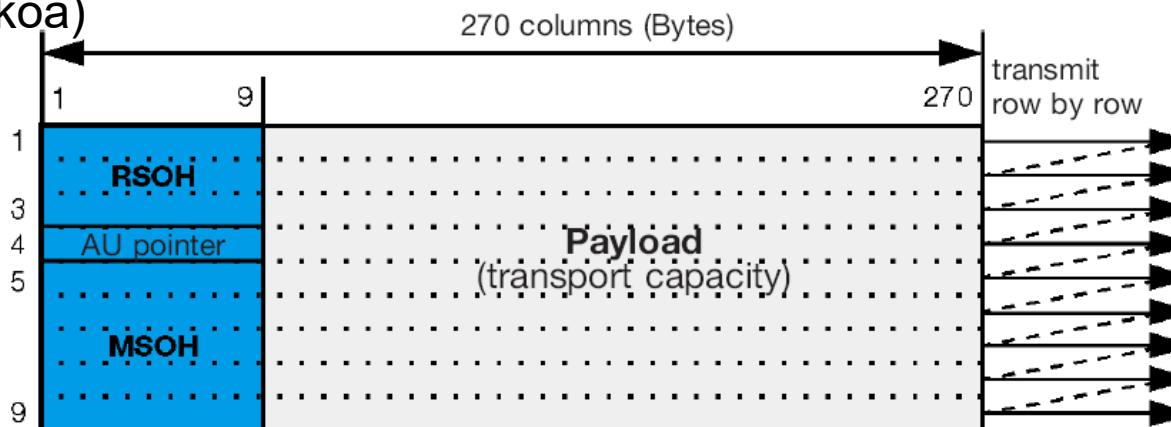
# Sarearen atalak: Laburpena



# Garraio sinkronoko STM-1 moduluua

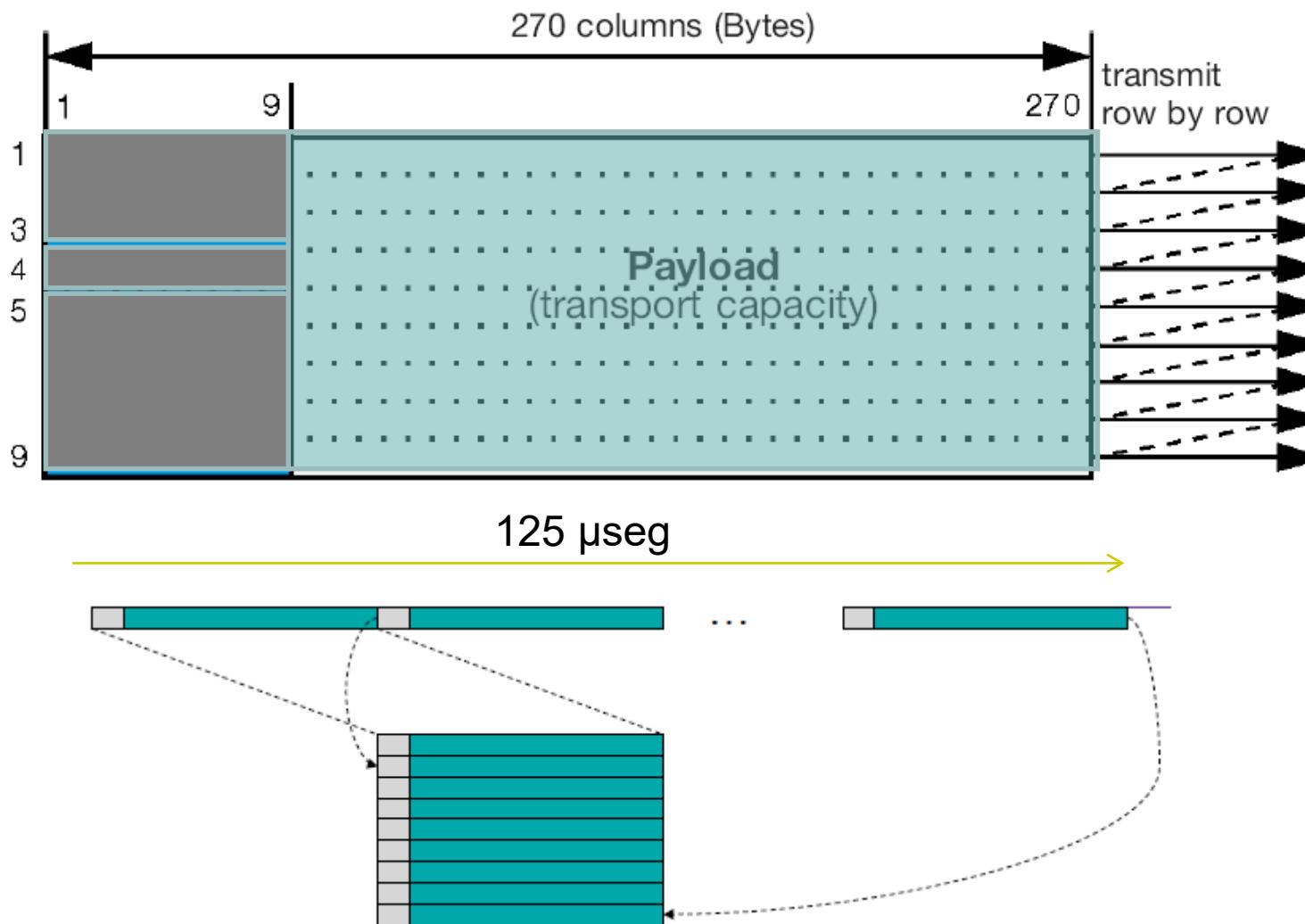


- Hierarkiaren lehen maila
- Informazio eremuz eta kudeaketa eremuz osatua
- 125 µseg-ko trama luzera
- 2.430 byte-ko luzera
- Abiadura bitarra:  $155.520 \text{ Kb/s} (2.430 * 8)/125 * 10^{-6} = 155.520 \text{ Kb/s.}$
- Araututako bi interfaz:
  - Interfaz elektrikoa (G-703) (CMI kodea)
  - Optikoa (G-957)
- Abiadura bitar handiagoko STM egituren interfazea beti da optikoa (ez elektrikoa)



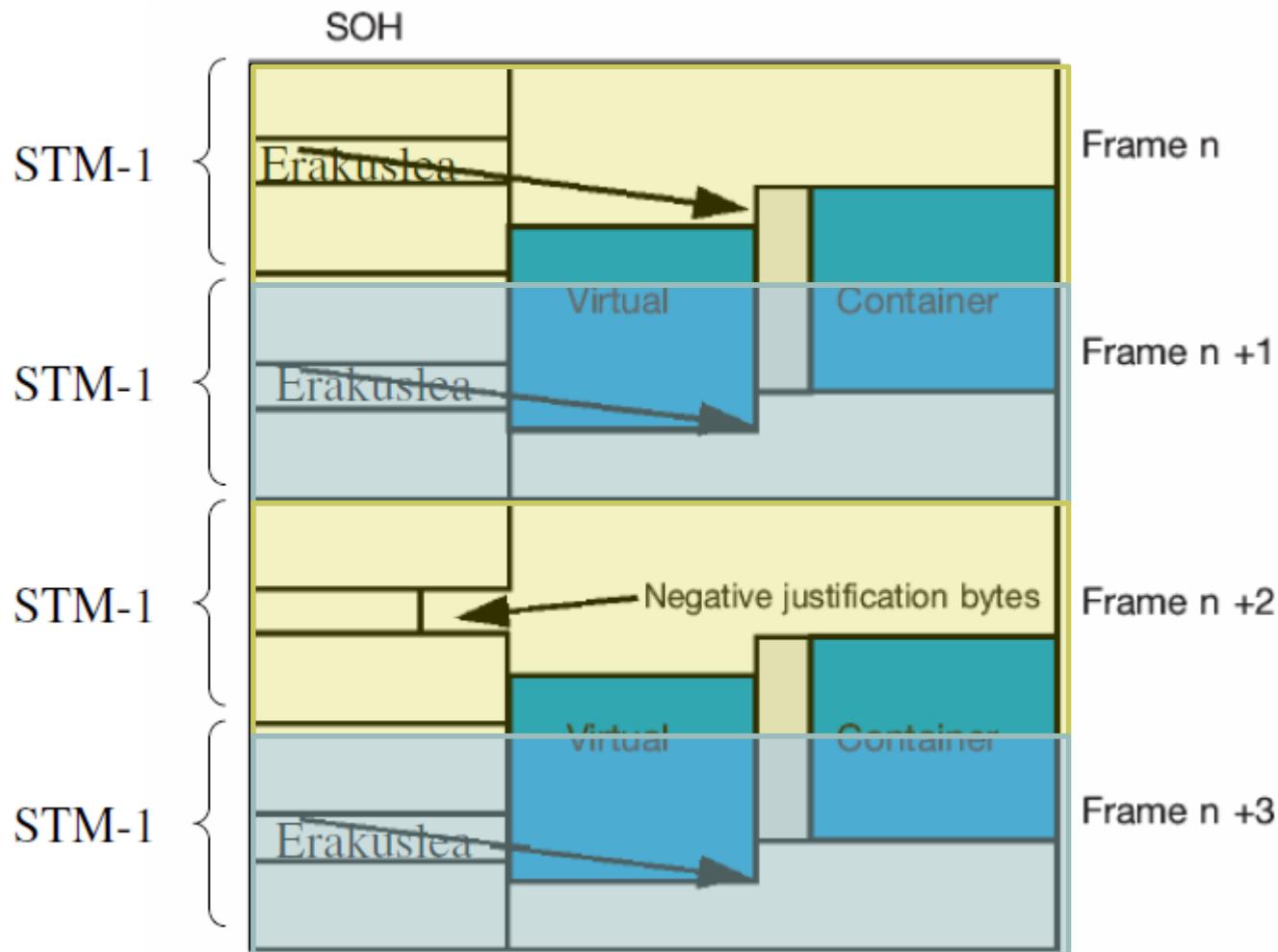


# STM-1en adierazpena



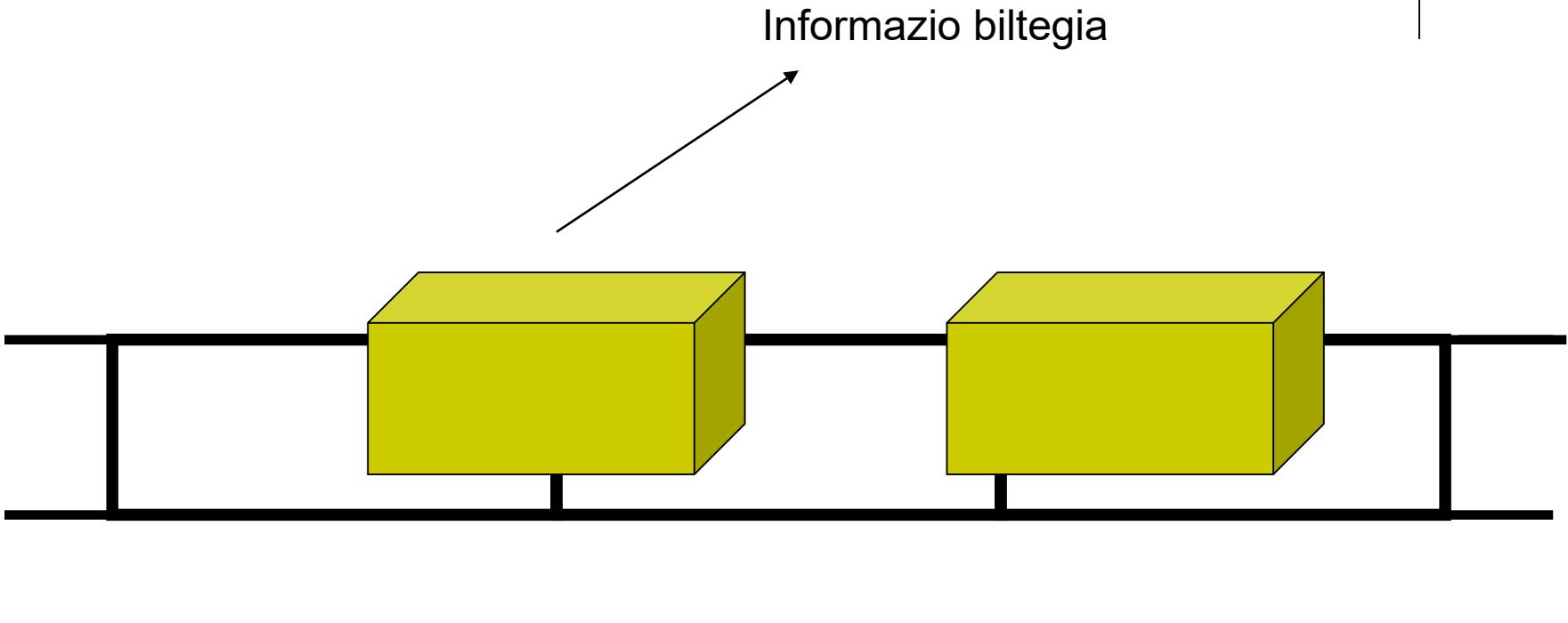


# STM-X sekuentzia





# Deskribapen orokorra





# Edukiontzia (C)

- PDH seinaleak eta banda zabaleko beste seinale batzuk garraiatu ahal izateko dimentsionatutako karga erabilgarria duen unitate definitua.

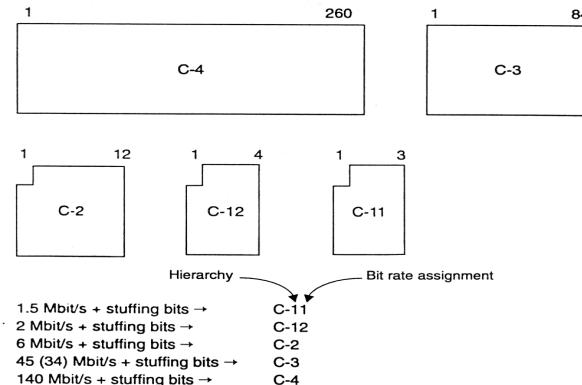




# Edukiontzi motak

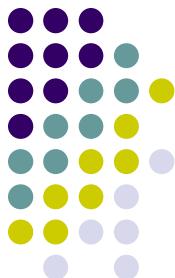
- Europa

- VC-4
- VC-3
- VC-12



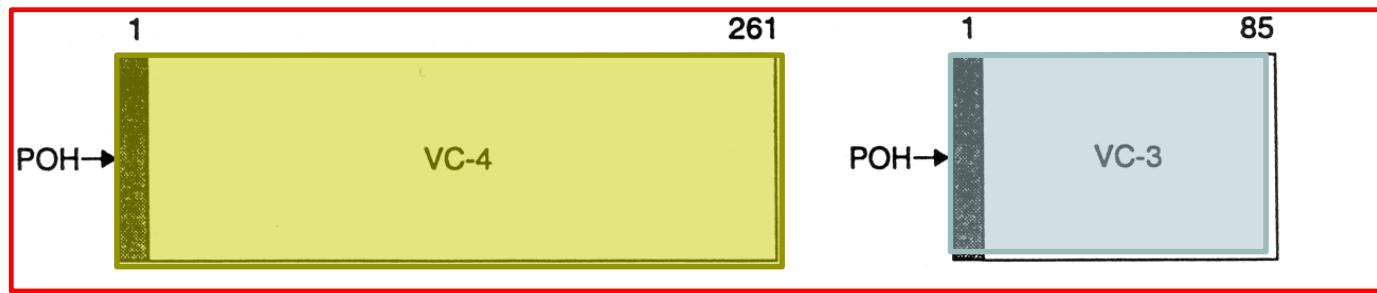
VC type	VC bandwidth	VC payload
VC-11	1 664 kbit/s	1 600 kbit/s
VC-12	2 240 kbit/s	2 176 kbit/s
VC-2	6 848 kbit/s	6 784 kbit/s
VC-3	48 960 kbit/s	48 384 kbit/s
VC-4	150 336 kbit/s	149 760 kbit/s
VC-4-4c	601 344 kbit/s	599 040 kbit/s
VC-4-16c	2 405 376 kbit/s	2 396 160 kbit/s
VC-4-64c	9 621 504 kbit/s	9 584 640 kbit/s
VC-4-256c	38 486 016 kbit/s	38 338 560 kbit/s

# Edukiontzi birtuala (VC)

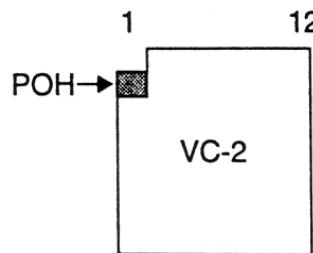


- STM-1 traman garraiatutako SDH tributario bati deritzo, (C+POH).

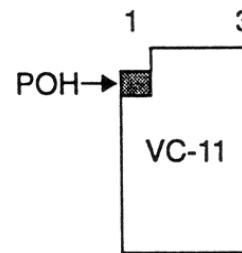
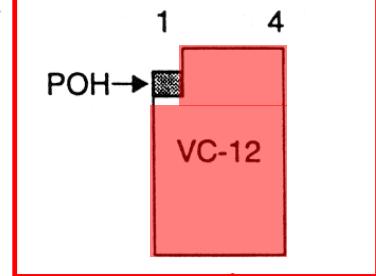
GOI  
MAILAKO  
VC



OINARRIZKO  
VC



C-11 + POH → VC-11  
C-12 + POH → VC-12  
C-2 + POH → VC-2  
C-3 + POH → VC-3  
C-4 + POH → VC-4

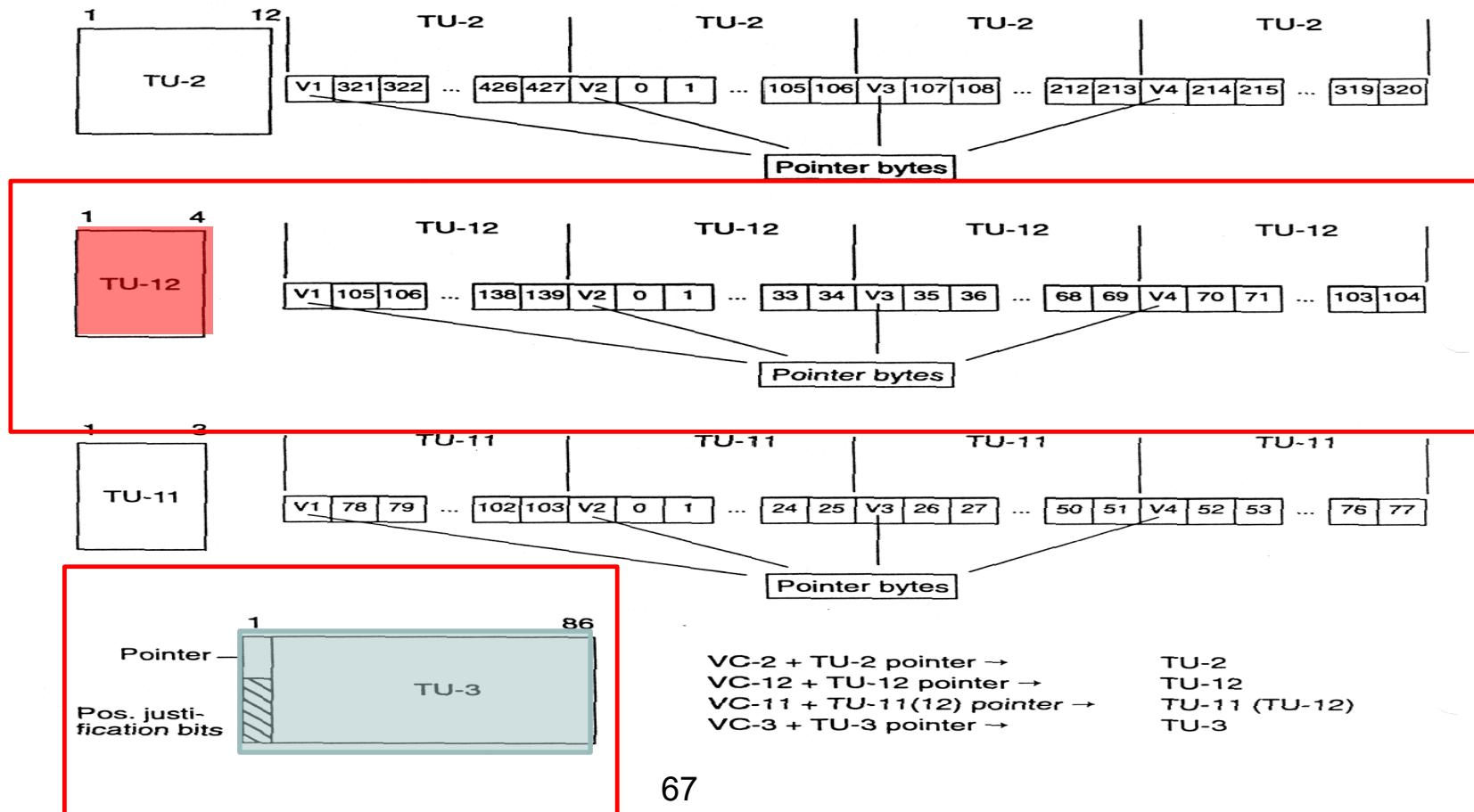


EUROPA



# Unitate Tributarioa (TU)

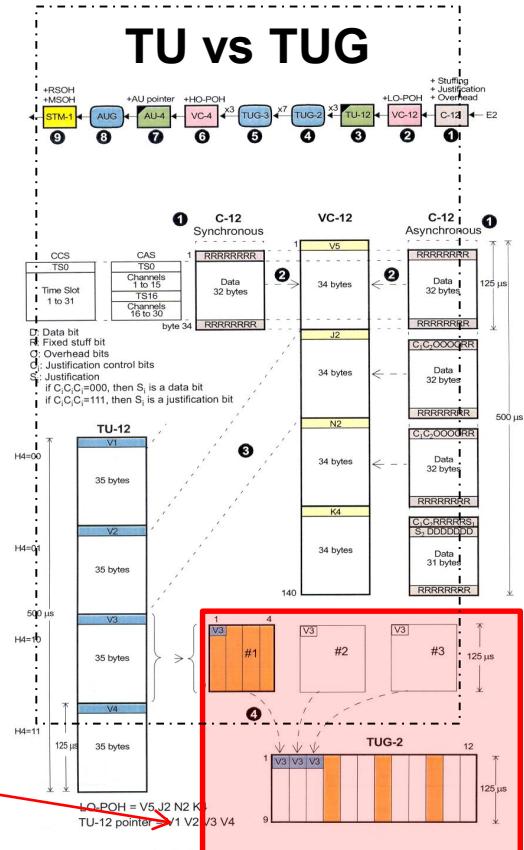
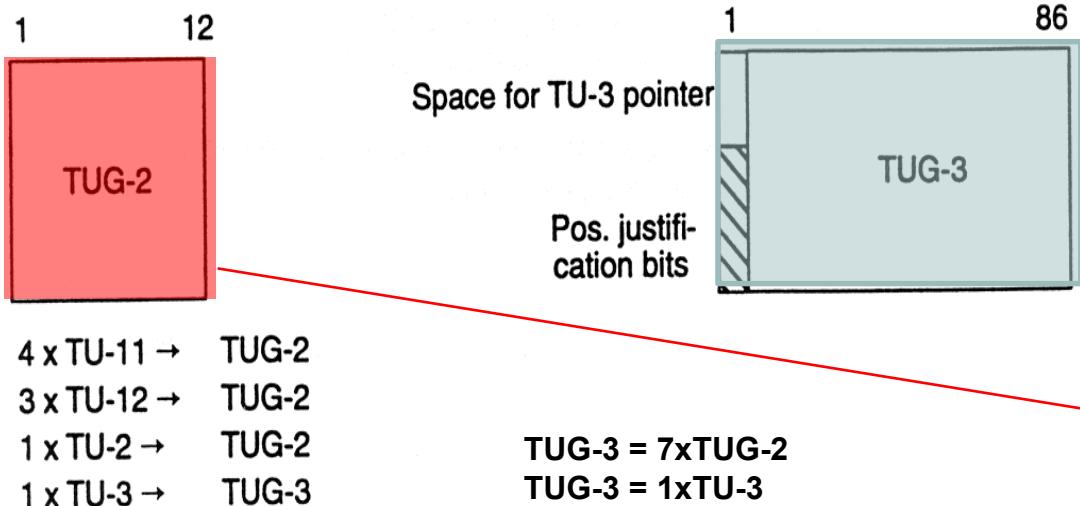
- Goi mailako edukiontzi birtual batean, informazio erabilgarria daraman eremuaren zatiketa da (Oinarrizko VC + erakuslea).



# Unitate tributario taldea (TUG)



- Goi mailako edukiontzi birtual batean kokapen finko eta definitu bat duen TU bat edo batzuen multzoa.





# Kudeaketa Unitatea (AU)

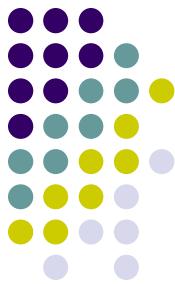
- STM-1-en kargan duen informazio erabilgarriaren eremuaren zatiketa (Goi mailako VC+erakuslea).



VC-4 + ERAKUSLEA -> AU-4

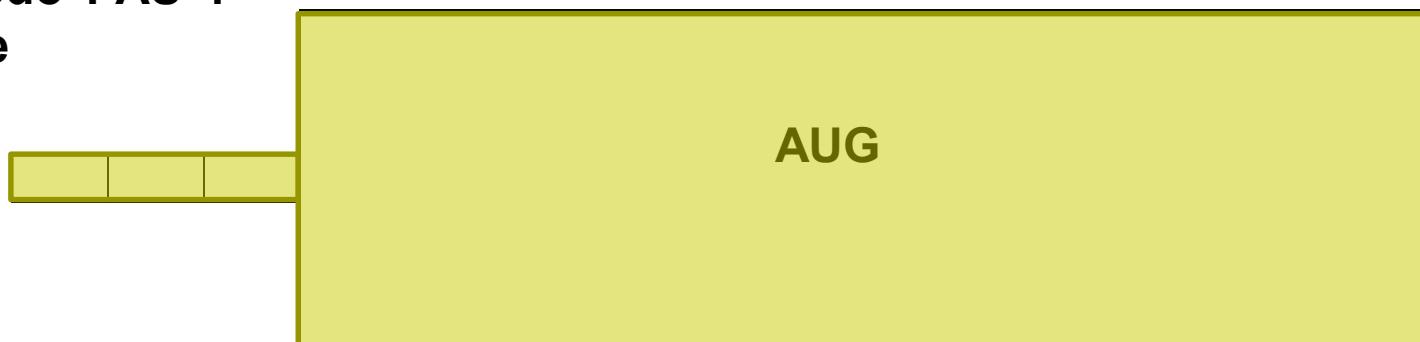
VC-3 + ERAKUSLEA -> AU-3 (Bakarrik USAñ)

# Kudeaketa Unitate Taldea (AUG)



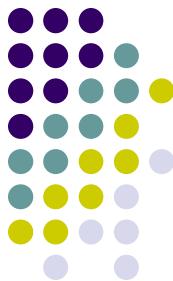
- STM tramaren informazio erabilgarri barruan kokapen finko bat duten AU bat edo batzuen multzoa.

3 AU-3 edo 1 AU-4  
erakusle



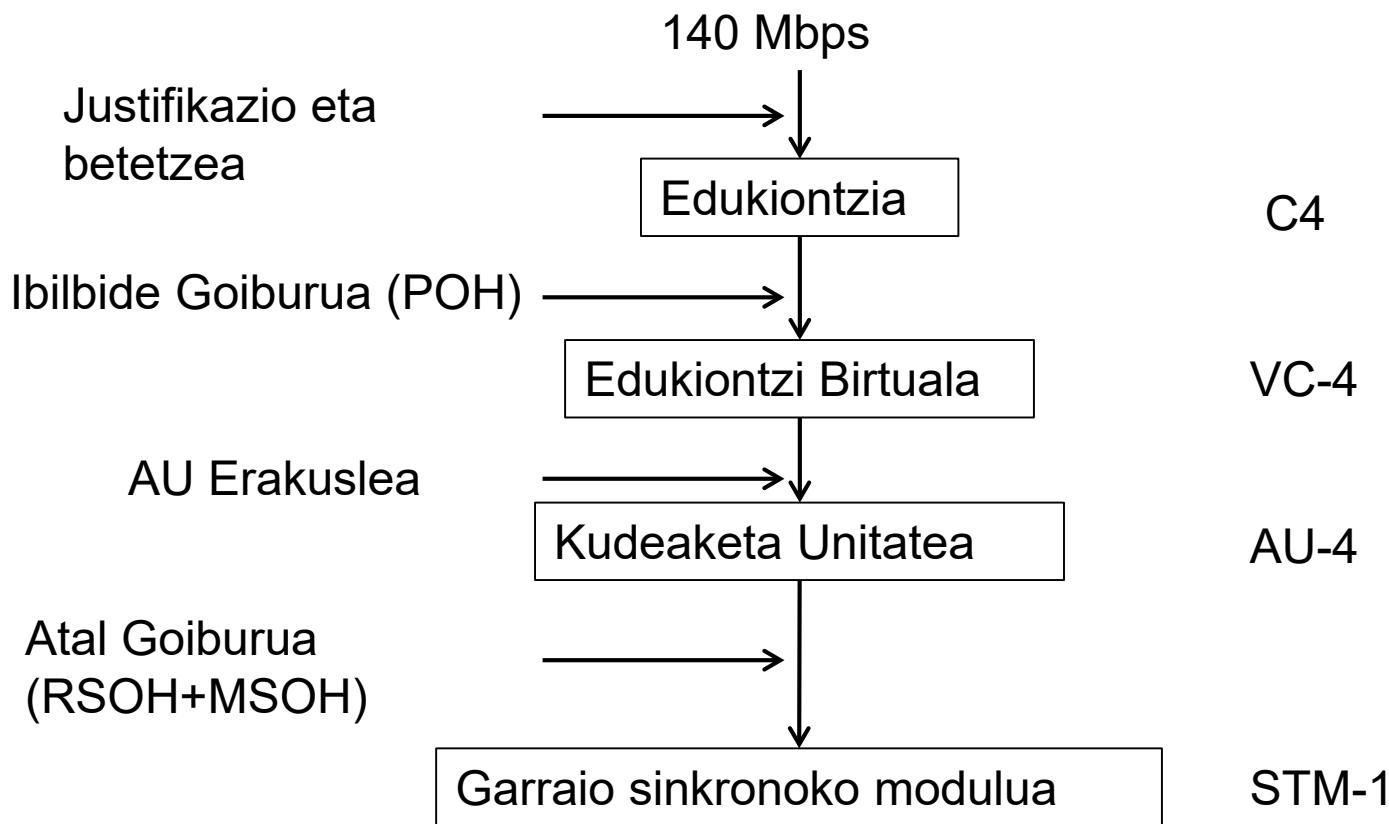
1 AU -4 ->AUG  
3 AU -3 ->AUG

# STM-1 TRAMAREN ERAKETA FLUXUA (UT gabe)



- AU-4: VC-4 + Erakuslea

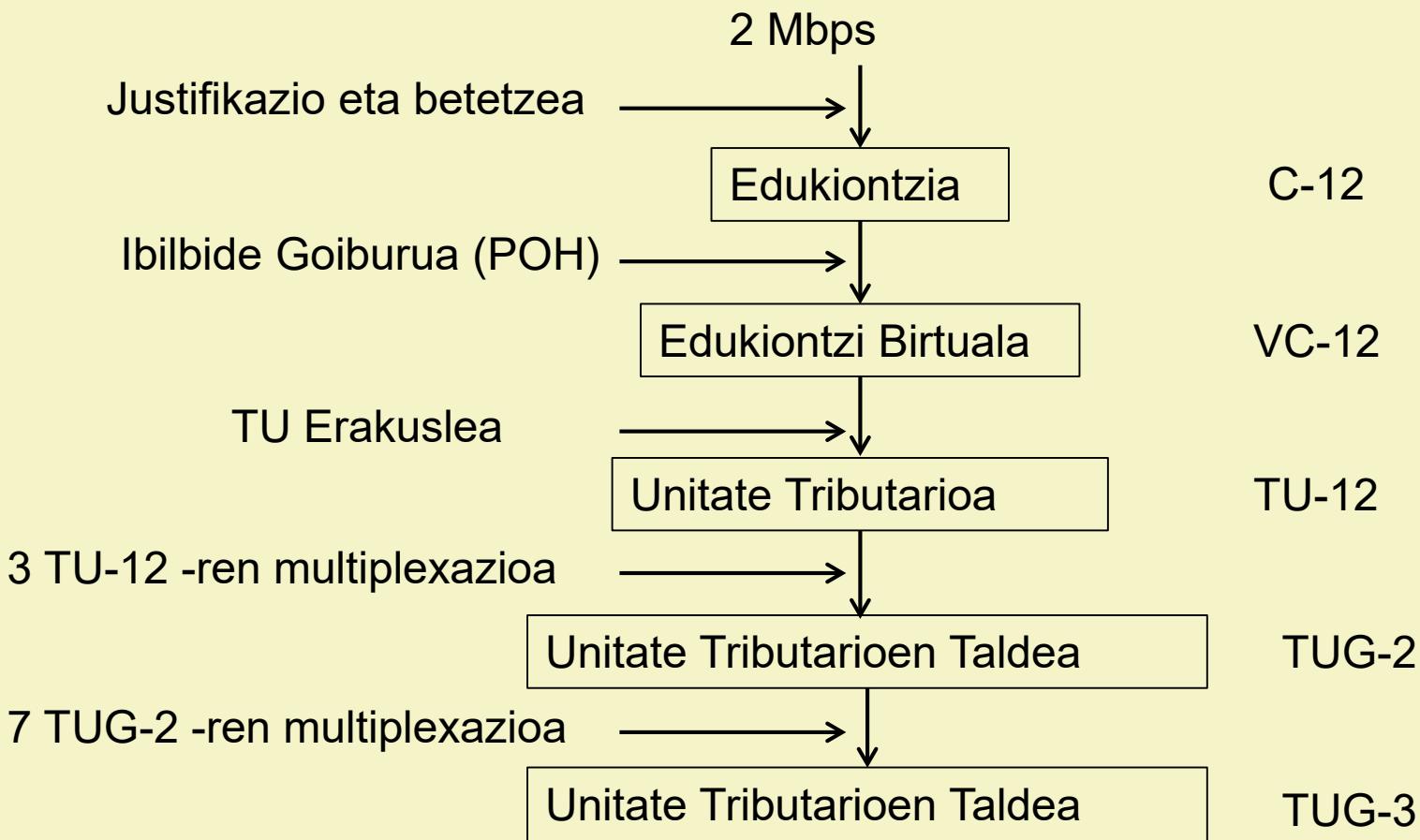
Tributary Unit (TU): Maila baxukoa  
Administrative Unit (AU): Maila altukoa



# STM-1 TRAMAREN ERAKETA FLUXUA (UT-rekin)



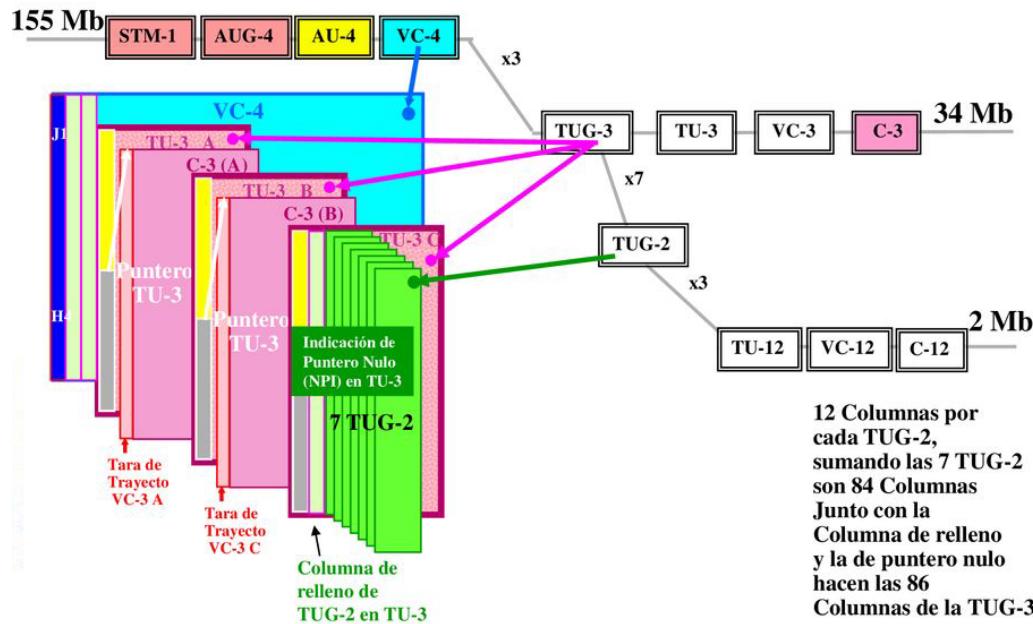
- **TUG = TU multiplexazioa.**



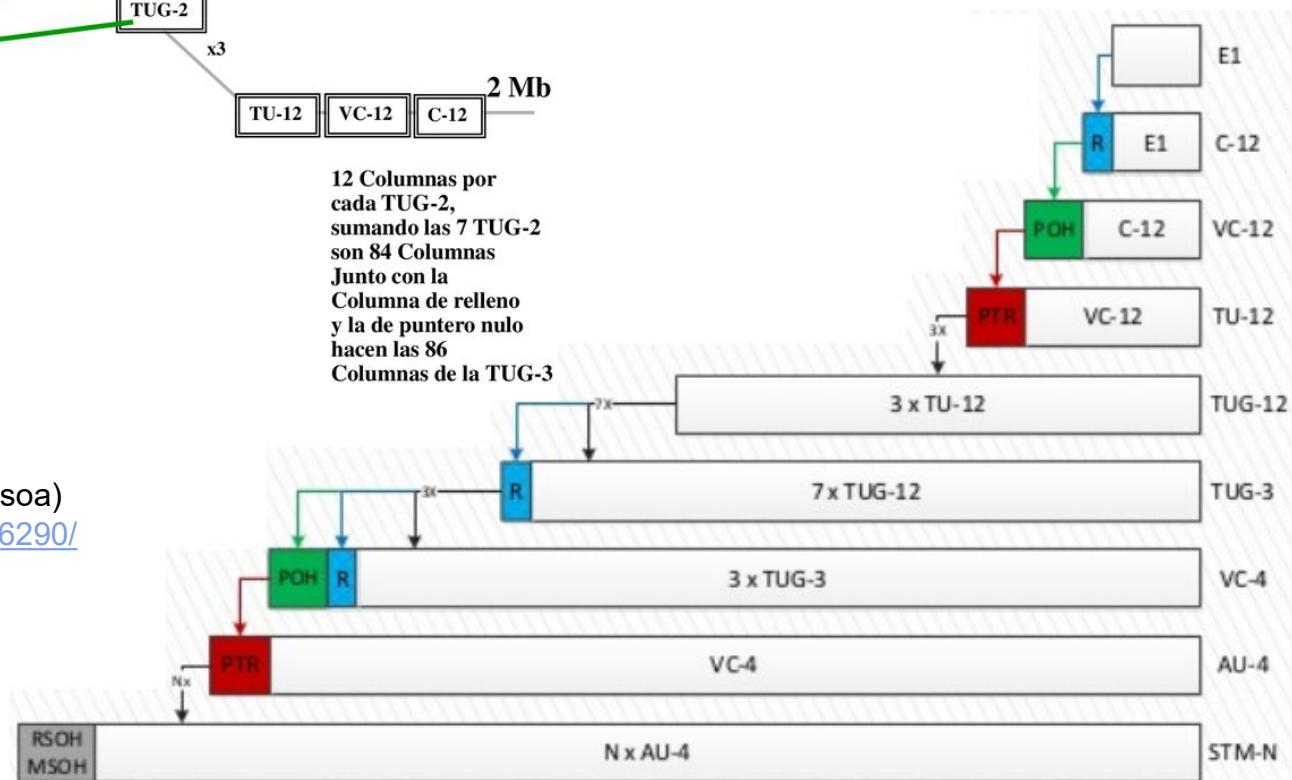


# STM-Nren eraketa

- Grafikoki

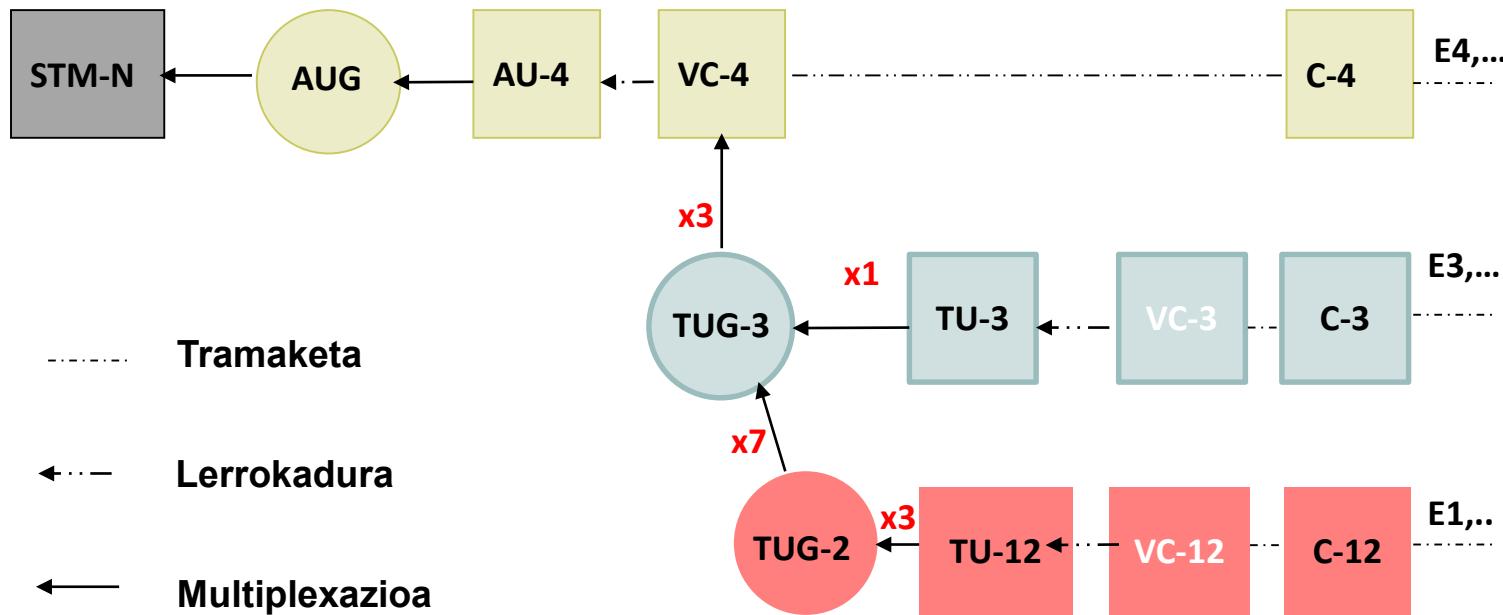


12 Columnas por cada TUG-2, sumando las 7 TUG-2 son 84 Columnas Junto con la Columna de relleno y la de puntero nulo hacen las 86 Columnas de la TUG-3



Iturria: Jorge F. Gallo (SDH kurtsoa)  
<https://slideplayer.es/slide/13846290/>

# Simplifikaturiko SDH multiplexazio-hierarkia (ETSI)



# Konfigurazio adibideak (PDH tramaketa)

BETE!!

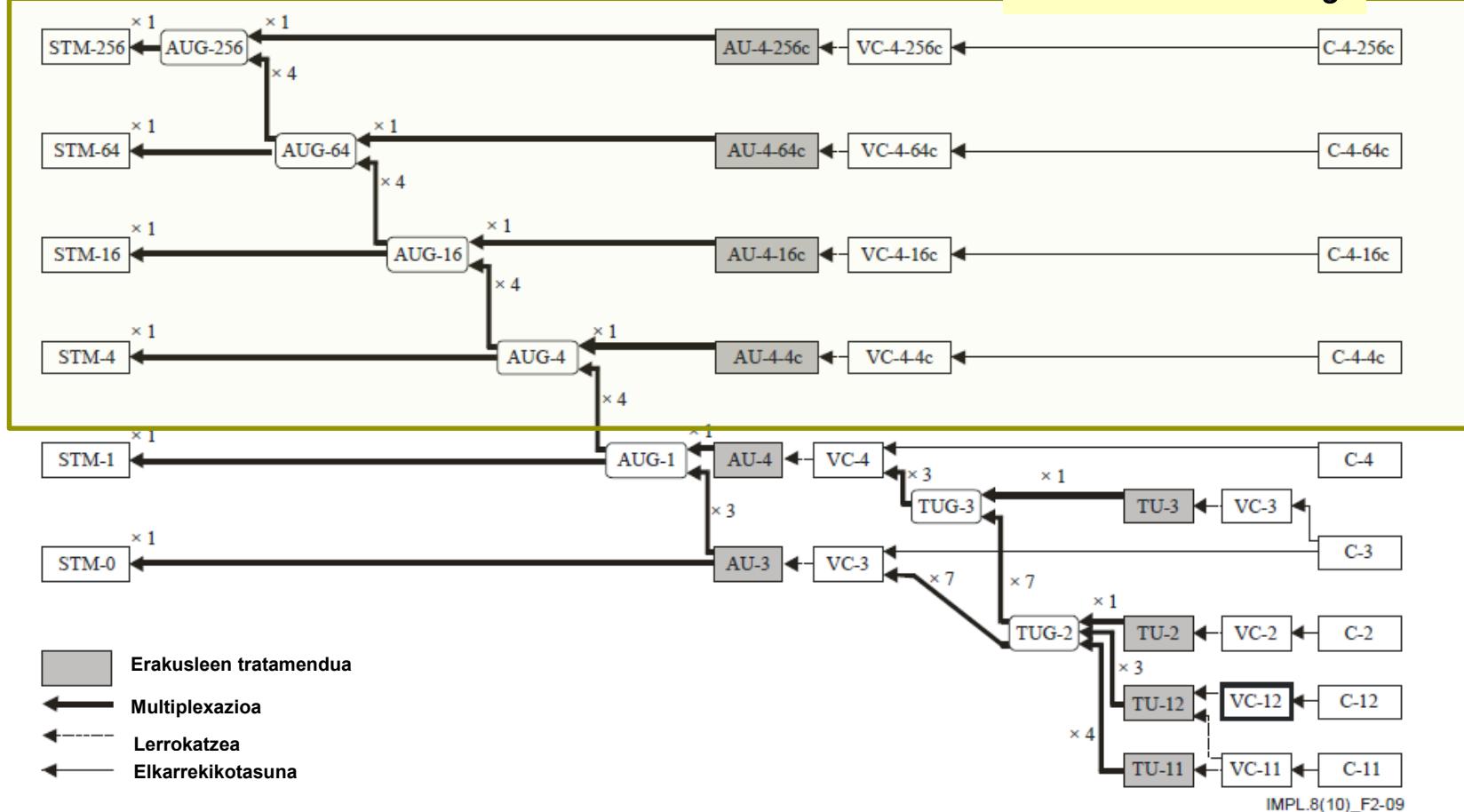


MUX Aukera	2 Mbps	34 Mbps	140 Mbps	Garraiatu diren 2 Mbps-ko taldeak
1-Aukera	0	0	1	
2-Aukera	0	3	0	
3-Aukera	21	2	0	
4-Aukera	42	1	0	
5-Aukera	63	0	0	

# NG-SDH hierarkia (ITU-T Rec. G.707/Y.1322)



## 3. MINTEGIA



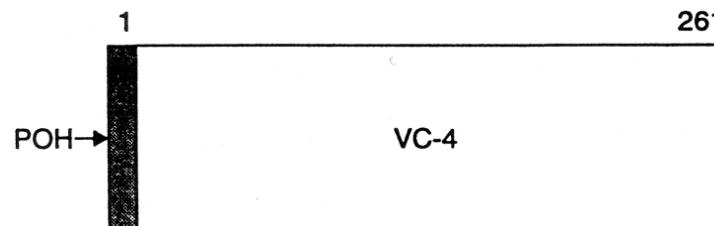
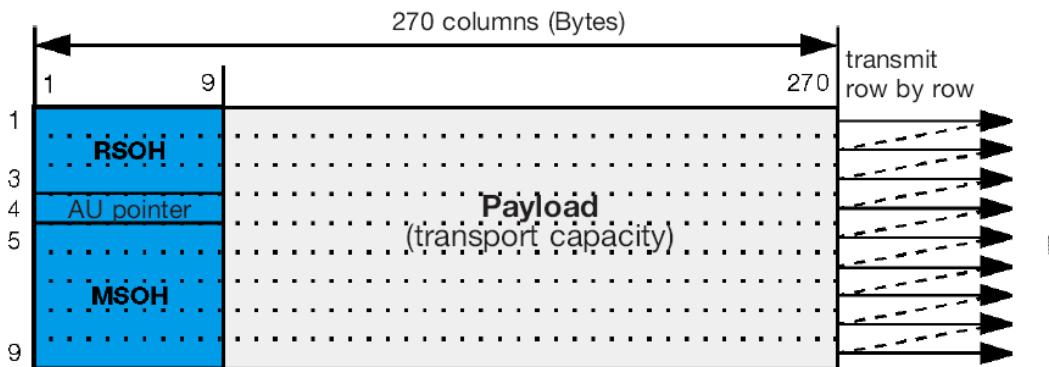
Iturria: ITU-T

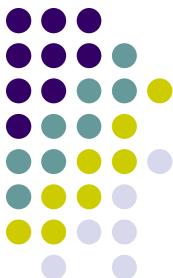


# Goiburuak (Over Head)

- Sistema bera kudeatzeko gordeta dauden byte-ak (kalitatea, erroreen kudeaketa, alarmen kudeaketa, ...).
- Bi mota:
  - **Ibilbide goiburua (POH):** multiplexatzean karga erabilgarriari lotzen zaio eta edukiontzi horri lotua mantentzen da demultiplexatzen den arte.
  - **Atal goiburua (SOH):** STM tramaren parte da eta bi atal ditu:
    - RSOH = Regeneration Section Over Head
    - MSOH = Multiplexation Section Over Head

## 3. MINTEGIA



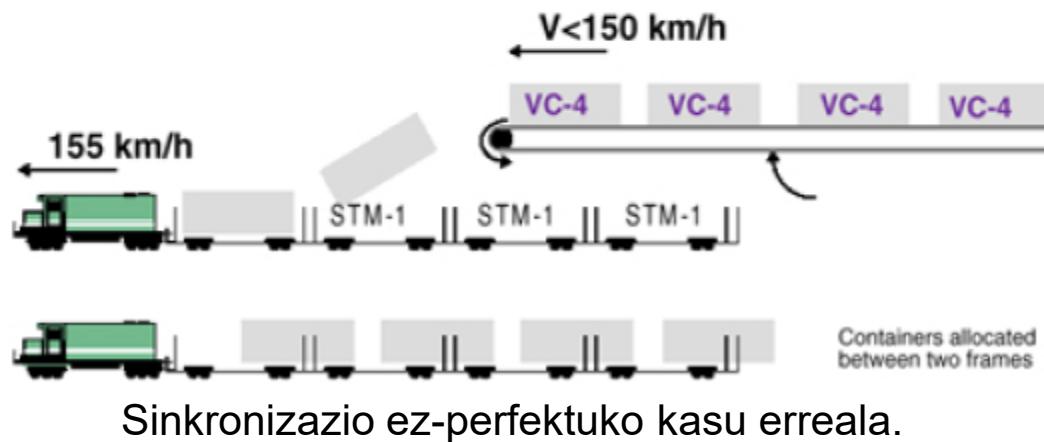


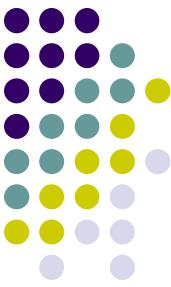
# Erakusleen beharrizana

- Sinkronoa da “idealki”
  - ITU-T G.811
    - Primary Clock
    - Accuracy:  $10^{-11}$
    - $\approx 300\mu\text{s/year}$



S1 Byte	
0000	Quality unknown
0010	G.811 PRC
0100	G.812 transit
1000	G.812 local
1011	G.813 SETS
1111	Do not use

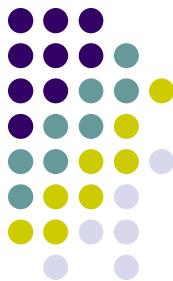




# Erakusleak

- Kokapen finkoa duen zenbaki bitarra, **VC-ren lehen zortzikotea, informazio erabilgarriaren hasieratik non kokatzen** den adierazten du.
- Bi funtziotzituzte:
  - **VCreñ kokapena** adierazi tramaren barruan.
  - VC-en **abiadura bitarra** transmisio bidearen (AU edo TU) abiadura bitarrera **egokitu**, horretarako justifikazioa erabiliz.

# SDH-ren garraio sinkronorako beharrezkoak diren prozesuak



- **TRAMAKETA/MAPAKETA:**

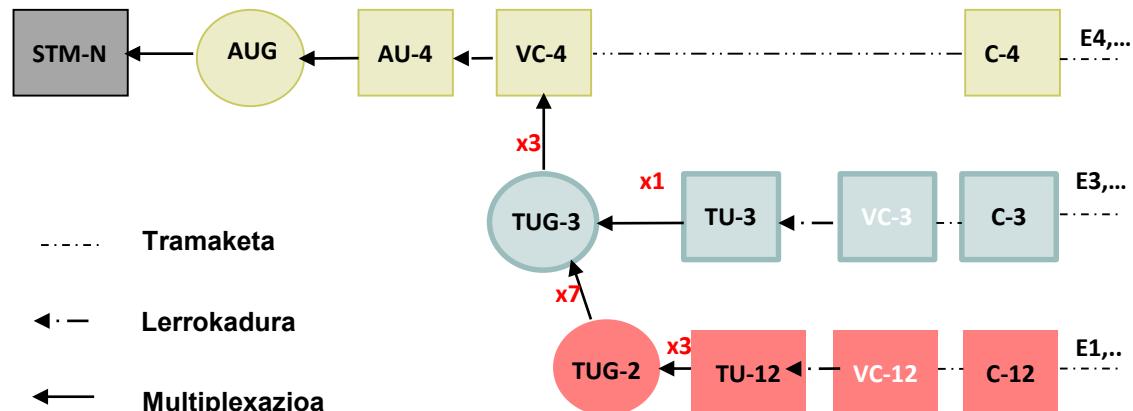
PDH seinaleak, ATM zelulak eta beste seinale batzuek edukiontzi birtualetan egokitzeko prozedura.

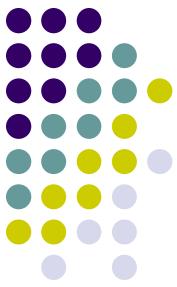
- **LERROKATZEA:**

Erakusleen teknikan oinarritutako prozedura, honi esker, VC-ak beraien garraiatsu dituen tramaren zein posiziotan dauden identifikatzea posiblea da.

- **MULTIPLEXAZIOA:**

TU batzuk TUG bat eratzeko, edo TUG batzuk beste TUG bat edo goi mailako VC bat eratzeko batzean datza, horretarako byte-n elkarlotze sinplea erabiliz.





# Tramaketa

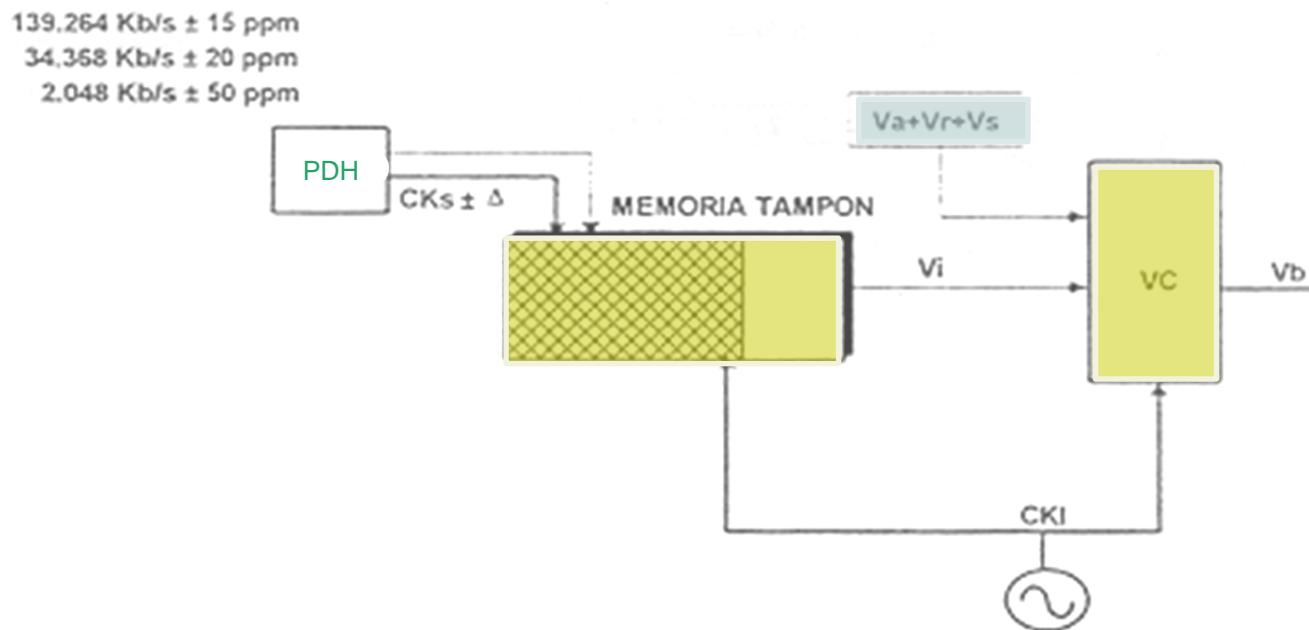
- Edukiontzi egokietan sarbide seinaleak (PDH, DVB, Ethernet...) esleitzean datza.
  - Adibidez:
    - PDH: justifikazioetan oinarritutako tramaketa 4. MINTEGIA
    - Ethernet: GFP-F (General Framing Procedure-Framed). G.7041/Y.1303 2. MINTEGIA
    - DVB, GBEthernet, ESCON, FICON: GFP-T(General Framing Procedure-Transparent). G.7041/Y.1303





# PDH-tramaketa

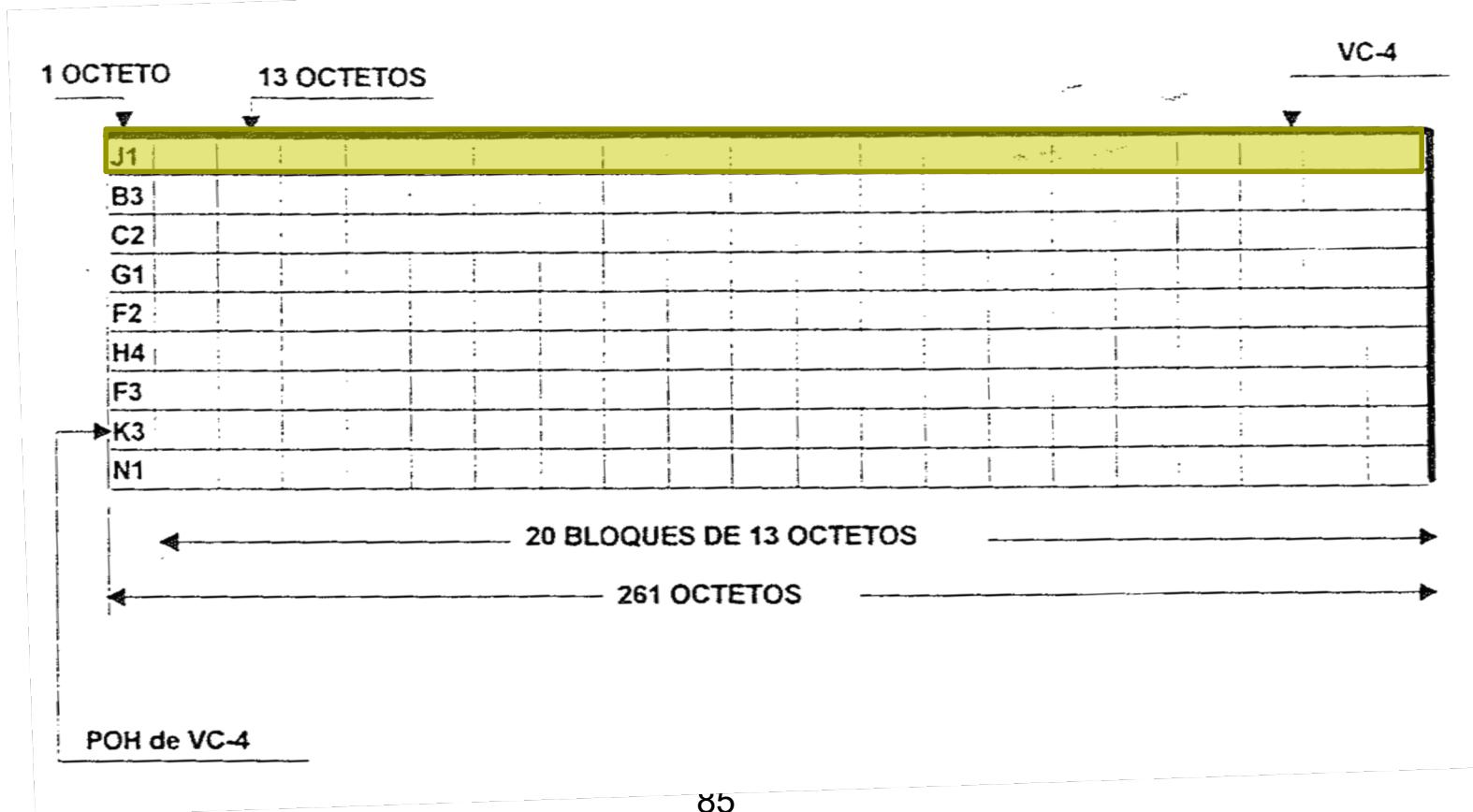
- Edukiontzi egokietan sarbide seinaleak (plesiokronoak) esleitzean datza.





# 140 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-4-en

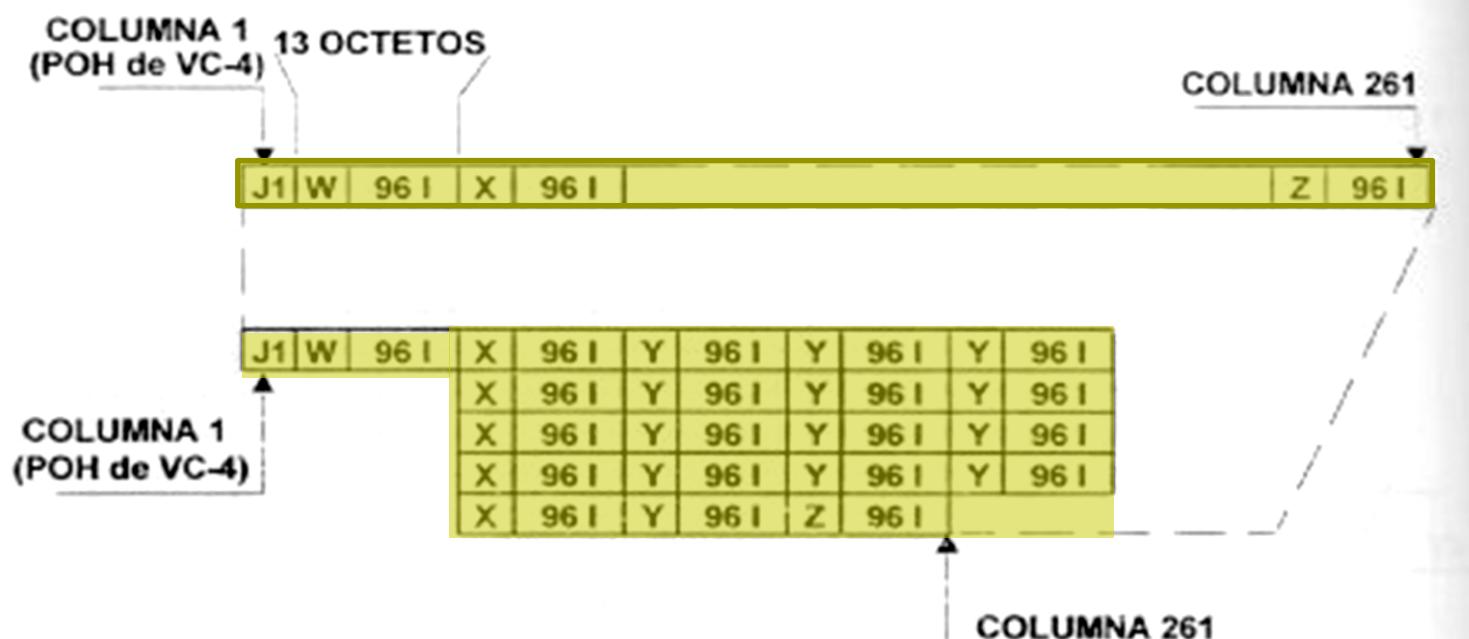
- 13 byteko 20 blokeko 9 lerro (POHrik gabe)





# 140 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-4-en

- Justifikatzeko 9 aukera (bat lerroko)



I = Bit de Información

C = Control de Justificación

S = Bits de Oportunidad de Justificación

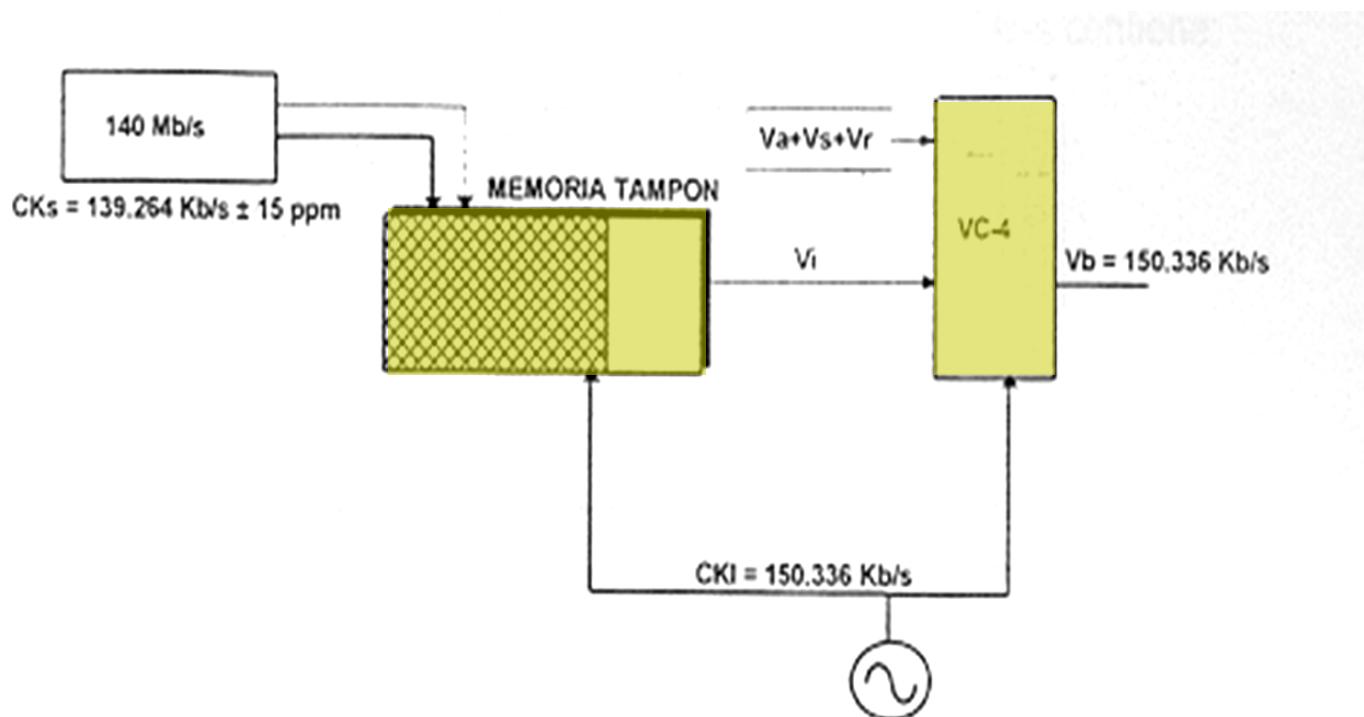
R = Bits de Relleno

O = Bits de Tara (Uso futuro)



# Erlojuaren doitzea

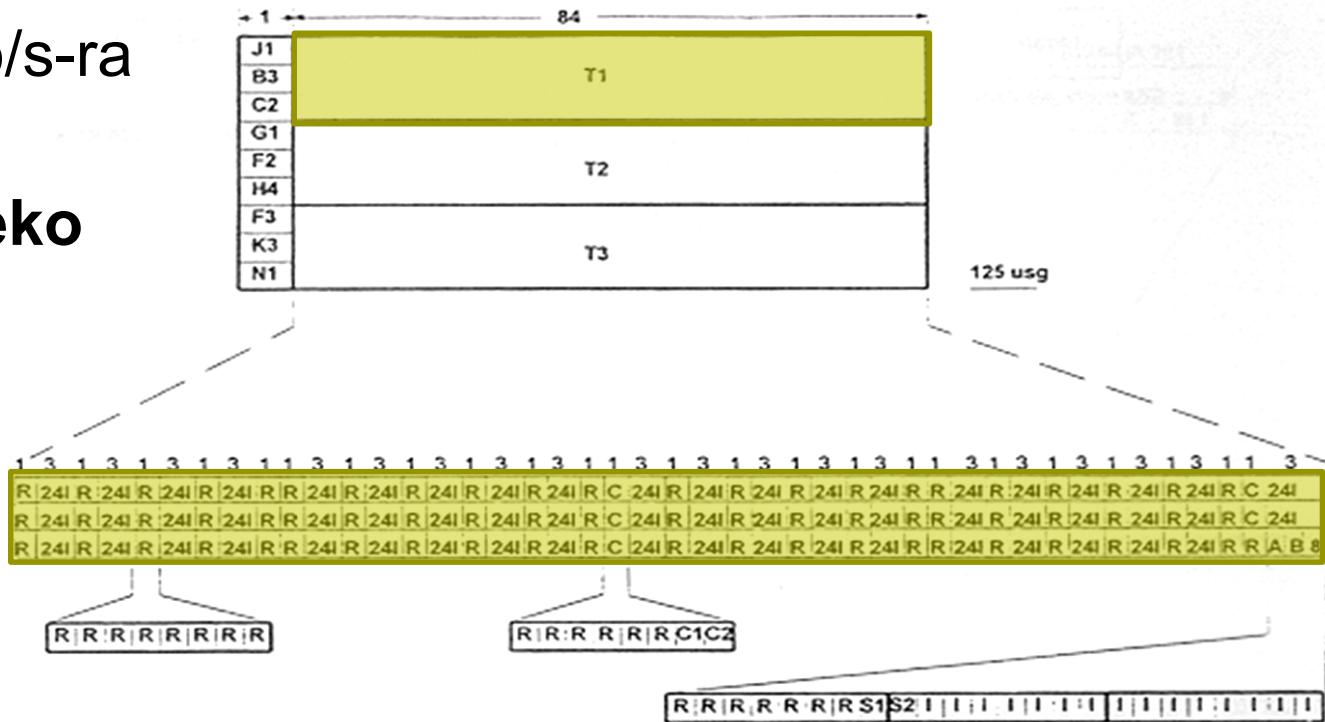
- 140 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-4-en





# 34 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-3-n

- Betegarri asko (VC-3 45Mb/s-ra egokituta).
- Justifikatzeko sei aukera.

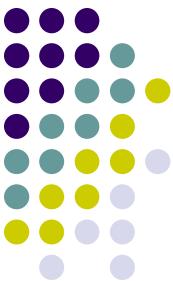


I = Bits de Información

R = Bits de relleno fijo

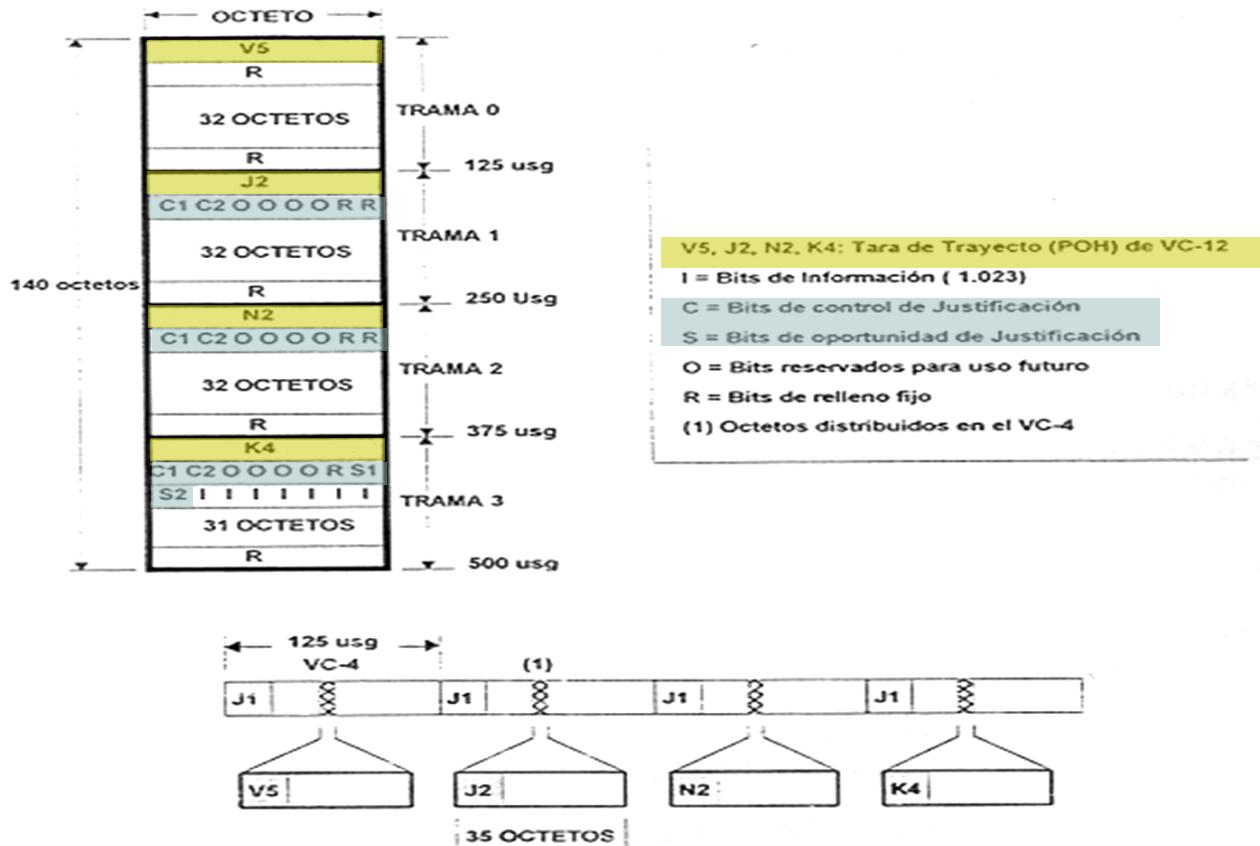
C = Bits de Control de Justificación

S = Bits de Oportunidad de Justificación



# 2 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-12-n

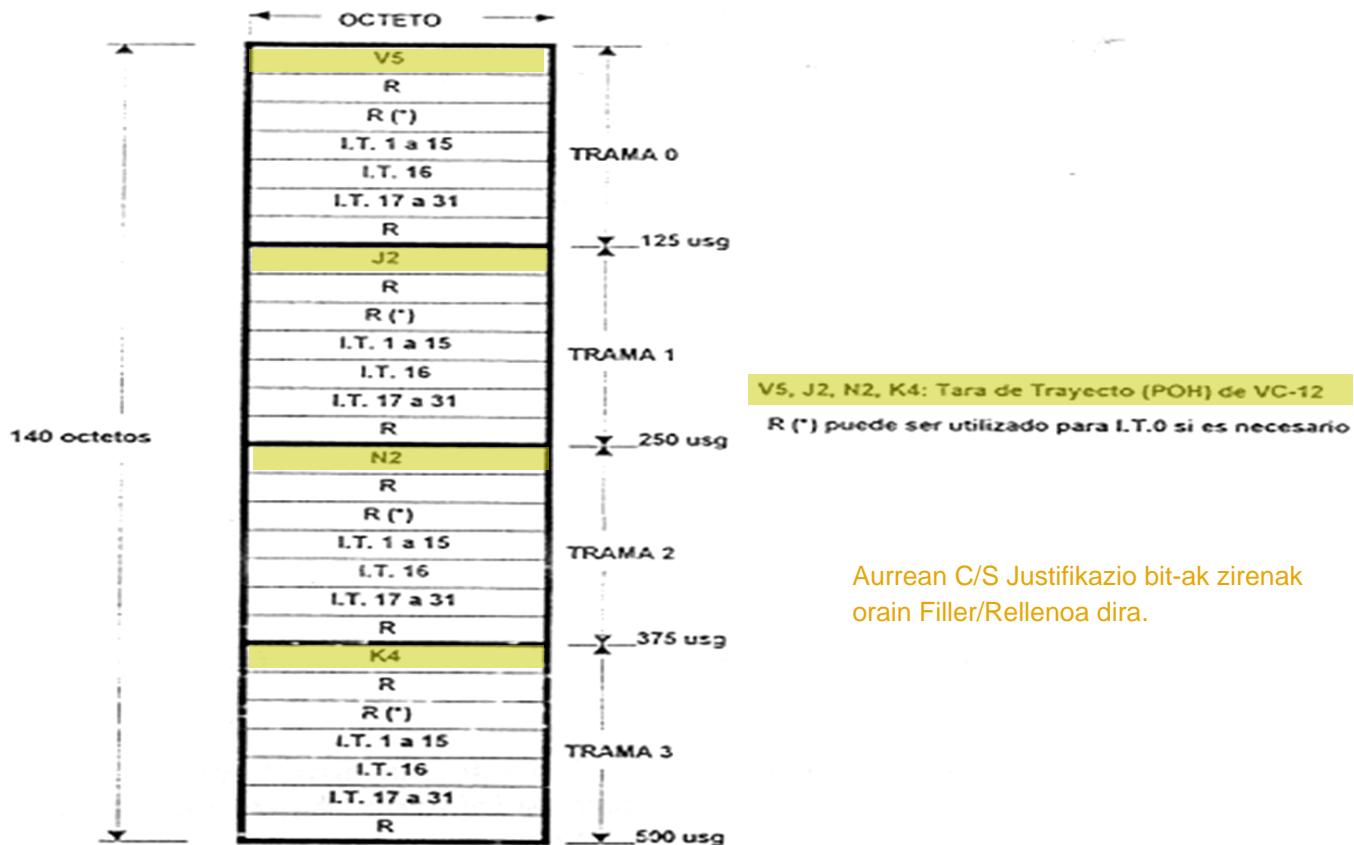
- Tramaketa asinkronoa

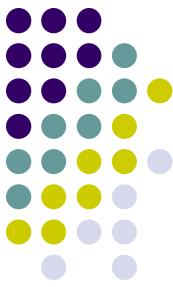




# 2 Mb/s-ko seinalearen tramaketa VC-12-n

- byte sinkronoko tramaketa





# Lerrokatzea

- Edukiontzi birtual (VC) bat erakusle batekin lotzean datza, kudeaketa unitate (AU) edo eta tributario unitate (TU) bat osatzeko.
- ETSI erakundeak gomendatutako lerrokatze prozedurak:
  - 4 mailako kudeaketa unitatea (AU-4)
  - 3 mailako unitate tributarioa (TU-3)
  - 12 mailako unitate tributarioa (TU-12)



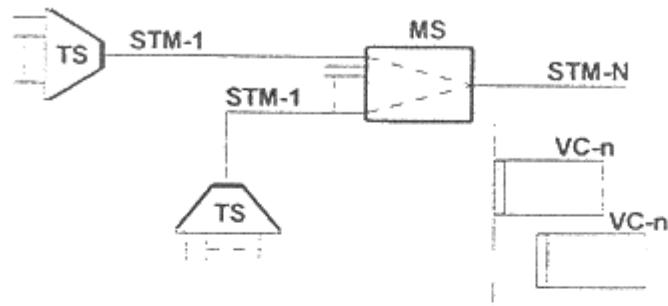
# Erakusleen funtziokoak

- Unitateen karga tokian VC desberdinak **era malgu eta dinamikoan esleitzea** baimentzen du.
- Frekuentzia desberdintasunak** justifikazio positibo/negatibo erabiliz **xurgatzea** posible egiten du.

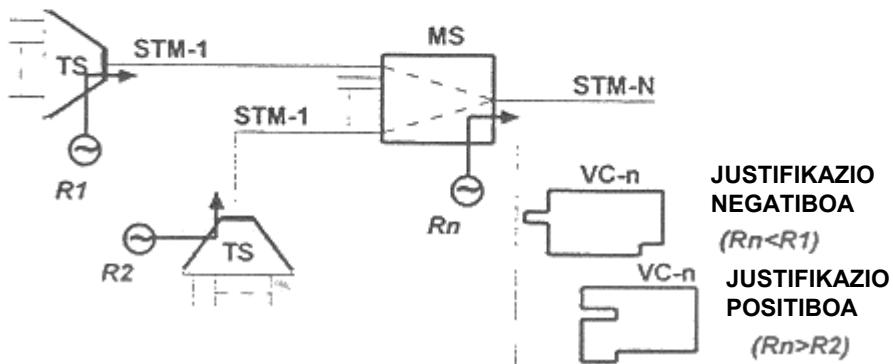
Justifikazio negatiboa:

Goiburuaren atal bat datuetarako erabiltzea baimentzea

a) Edukiontzien esleitze malgua

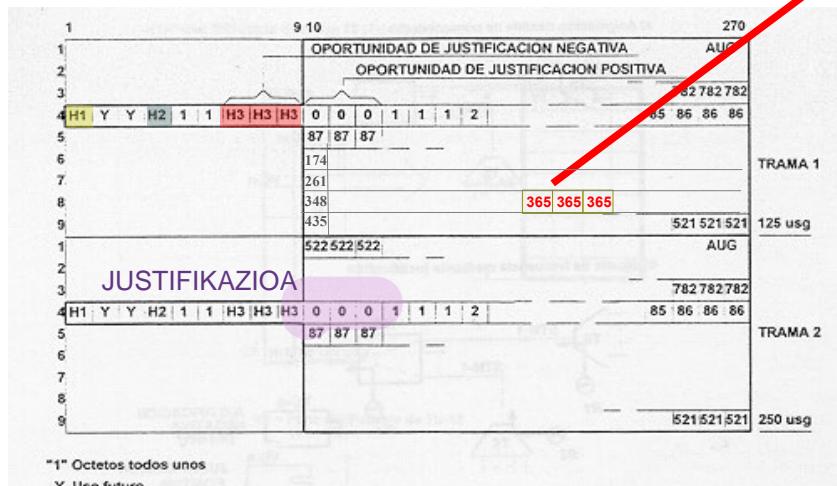
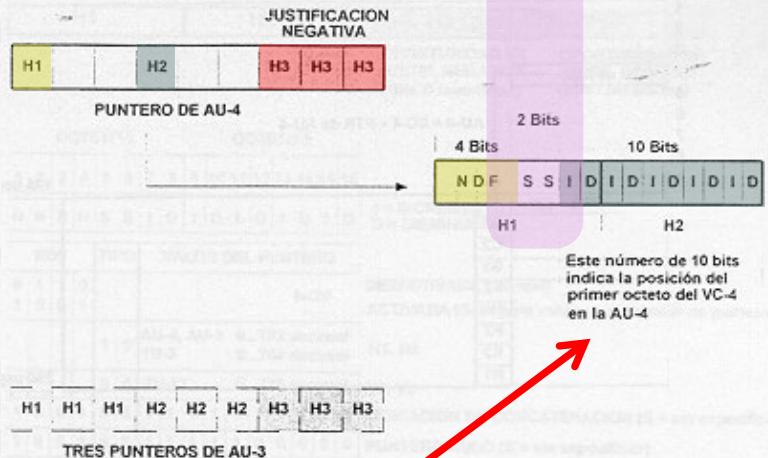
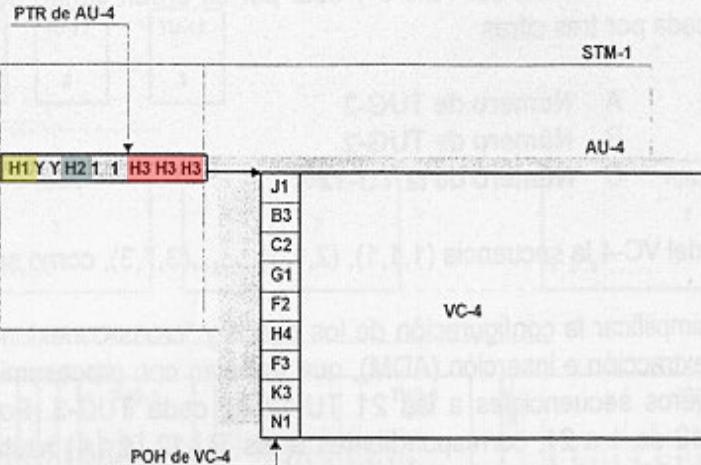
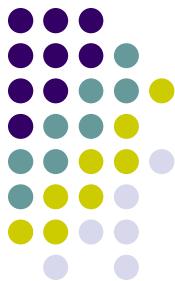


b) Frekuentzia doitza justifikazioa erabiliz



# AU-4-ren lerrokatzea

Balio eStatiko  
bat daramaten  
bitak, EZ  
JUSTIFIKAZIOKOAK



Justifikazioa egitean:

3 bit hutsik utzi dira, mezuaren beste guztia 3 bitetan atzera desplazatuz.

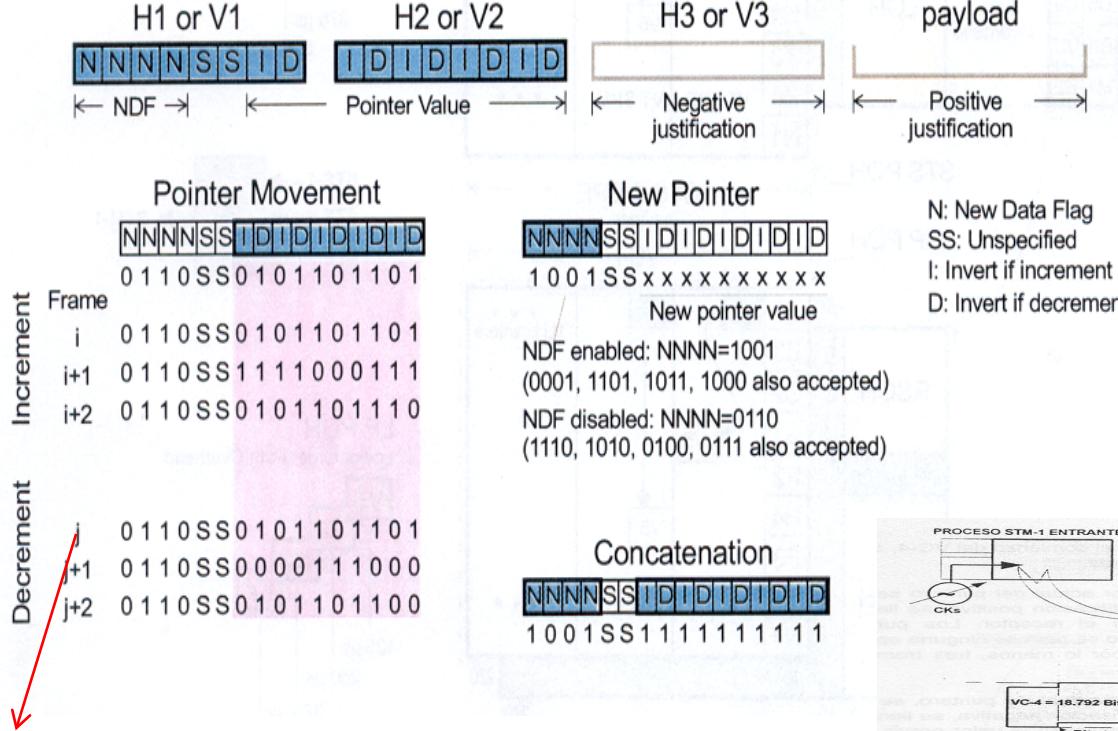
Gogoratu bitez-bit-eko MUX egiten dela, 3 tramarenak!!

Horregaitik daude ZUTABEAK HIRUNAKA ZENBATUTA!

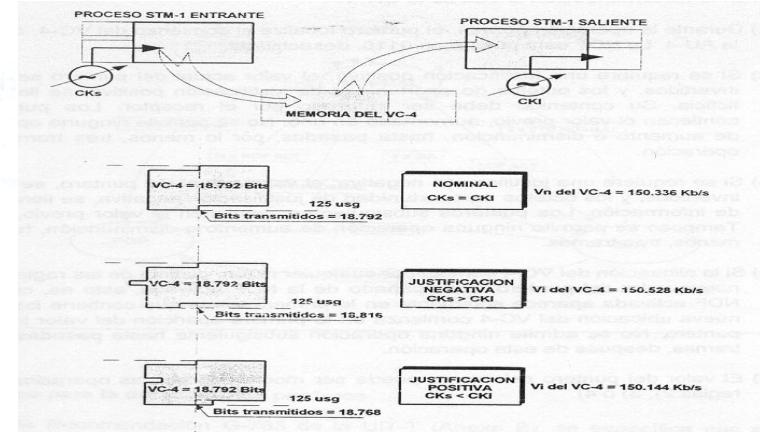
"pointer movement"

Mugimendu hauek era independentean sortutu daitezke!!

# Justifikazio eta erakusle adibideak

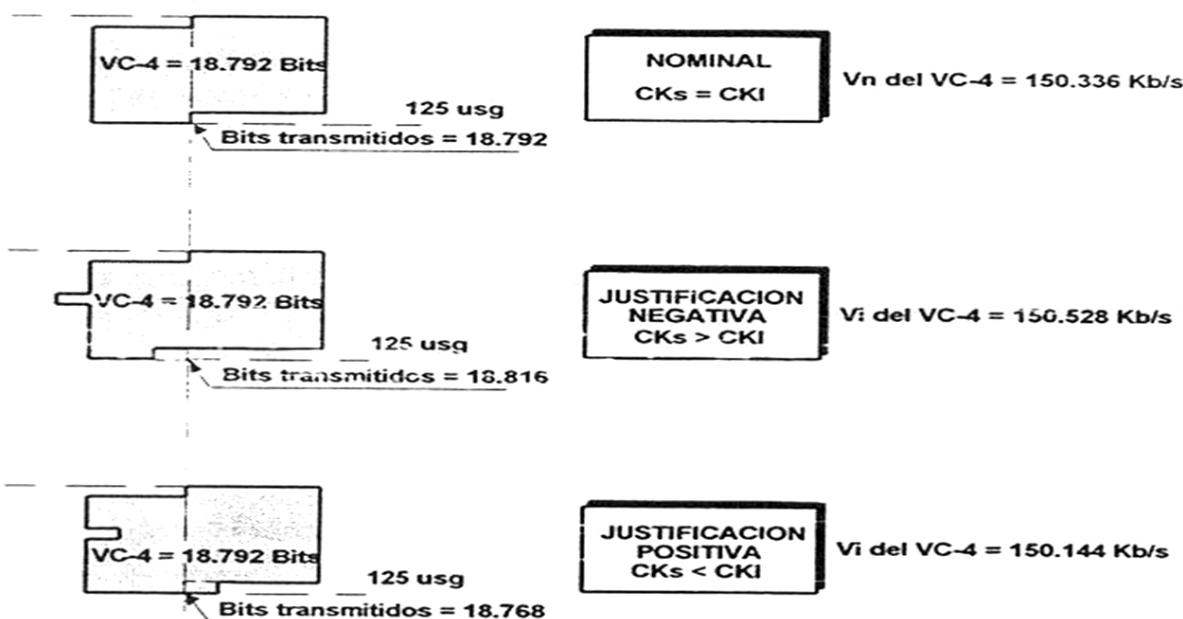
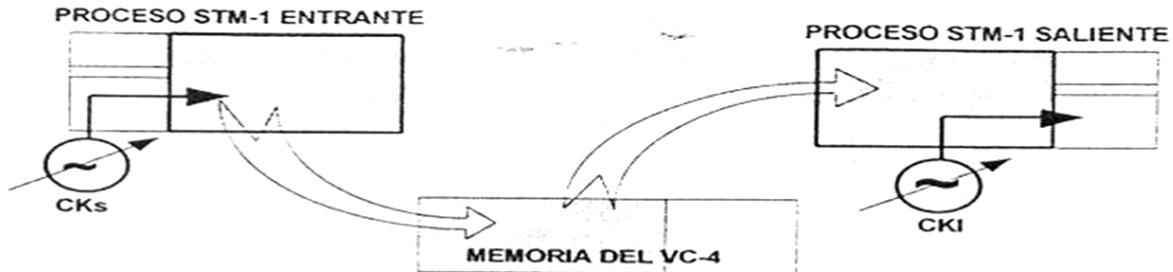


Erakuslearen hasierako balioa: 365



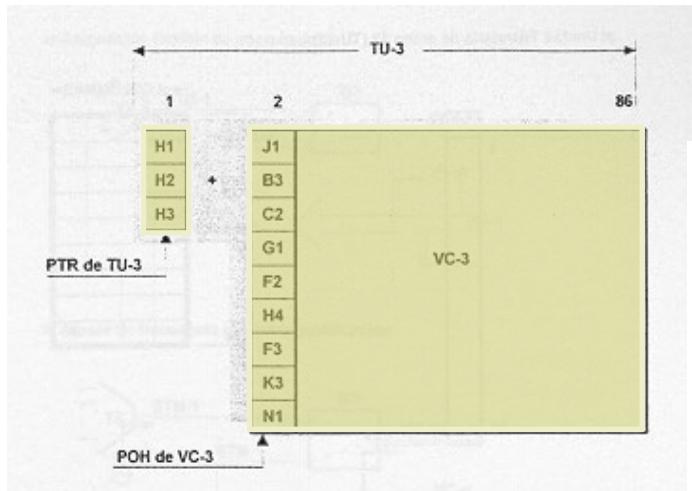


# Abiadura eta justifikazioak

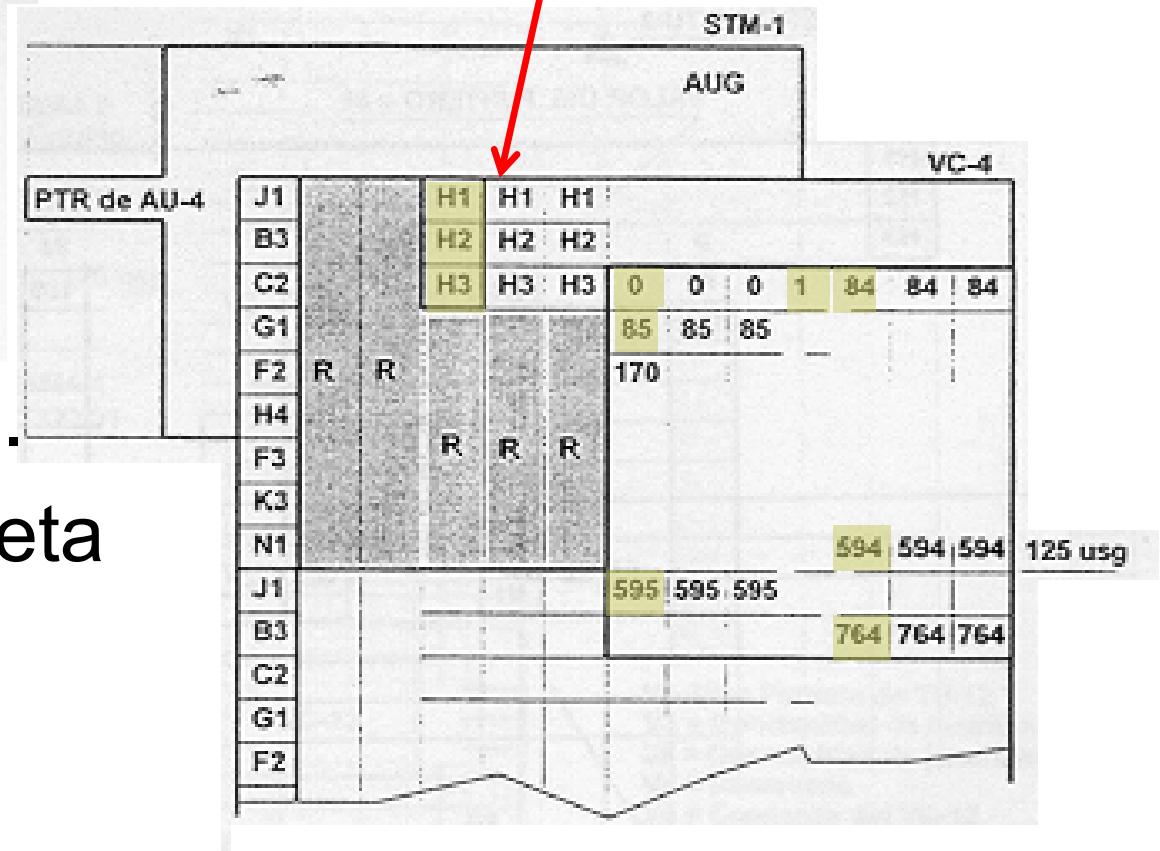
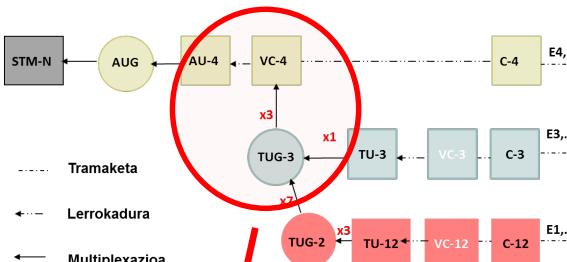




# TU-3-ren lerrokatzea



- 3 TU-3 erakusle.
- Byteak: H1, H2 eta H3

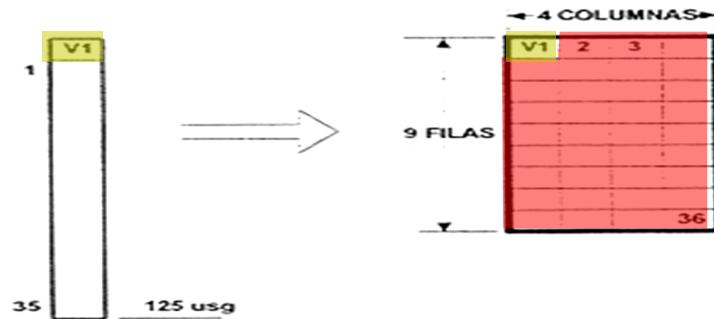




# 12 mailako Unitate Tributarioa TU-12

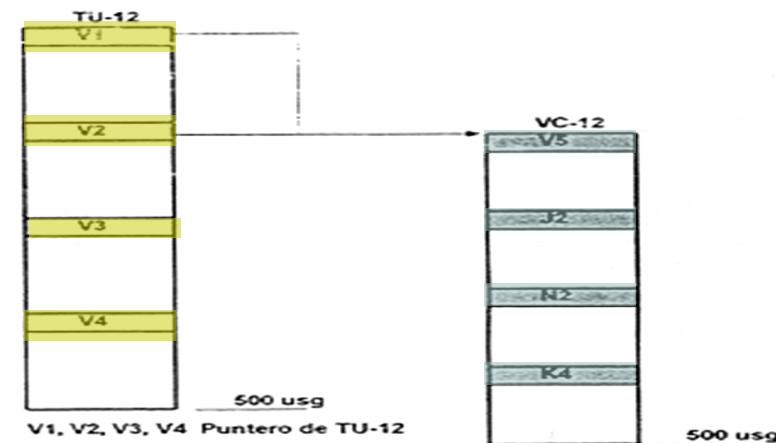
- Lau tramatan zehar lerrokatzen da (multitrama).
- Erakuslea multitraman zehar ematen da.
- V1, V2, V3, V4

a) Unidad Tributaria de orden 12 (TU-12)



V1 = Parte del Puntero de TU-12

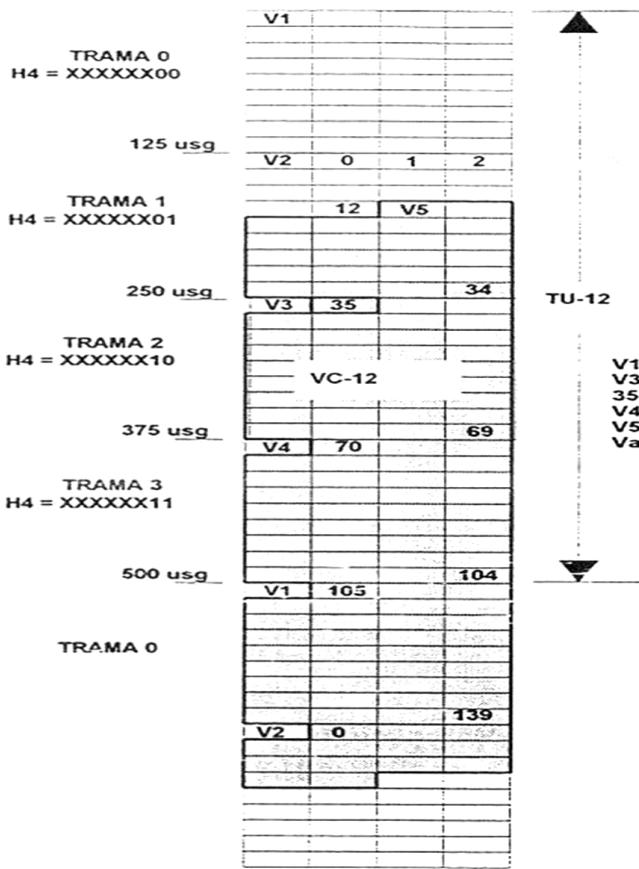
b) Alineamiento del VC-12 con la TU-12 en la multitrama



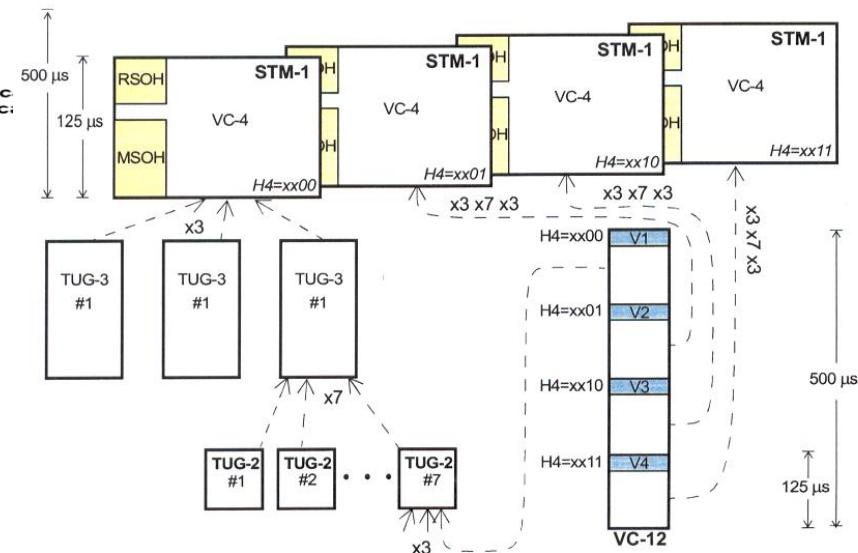


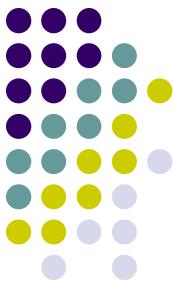
# TU-12ren erakuslea

- Multitraman zehar.
- VC-4aren POHko H4 byteak multitramaren hasiera adierazten du.



V1, V2 = Puntero de TU-12  
 V3 = Oportunidad de justific.  
 35 = Oportunidad de justific.  
 V4 = Reservado  
 V5 = Comienzo del VC-12  
 Valor del Puntero = 13

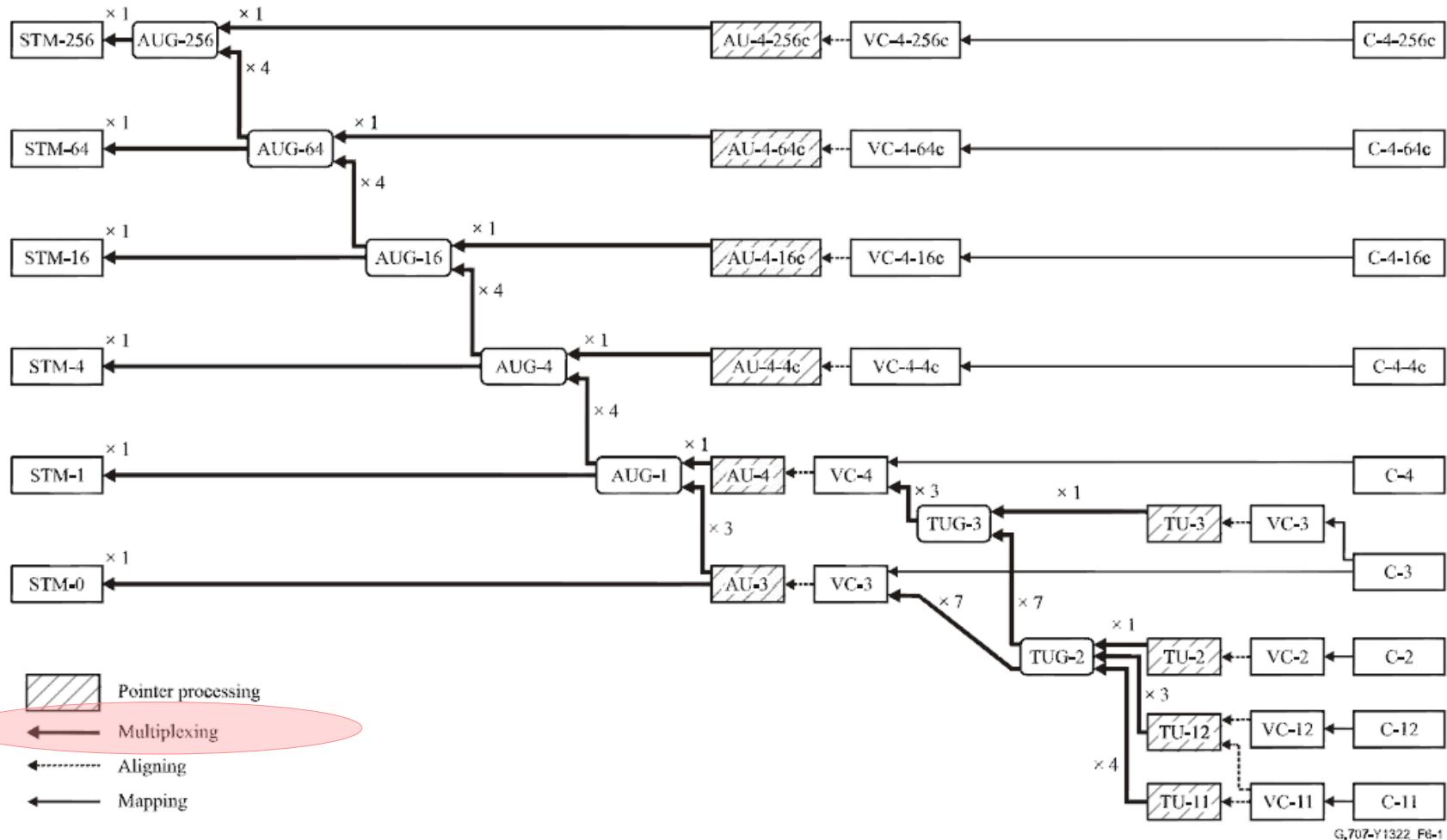
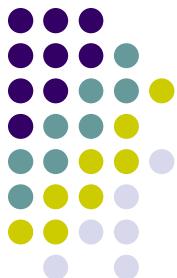




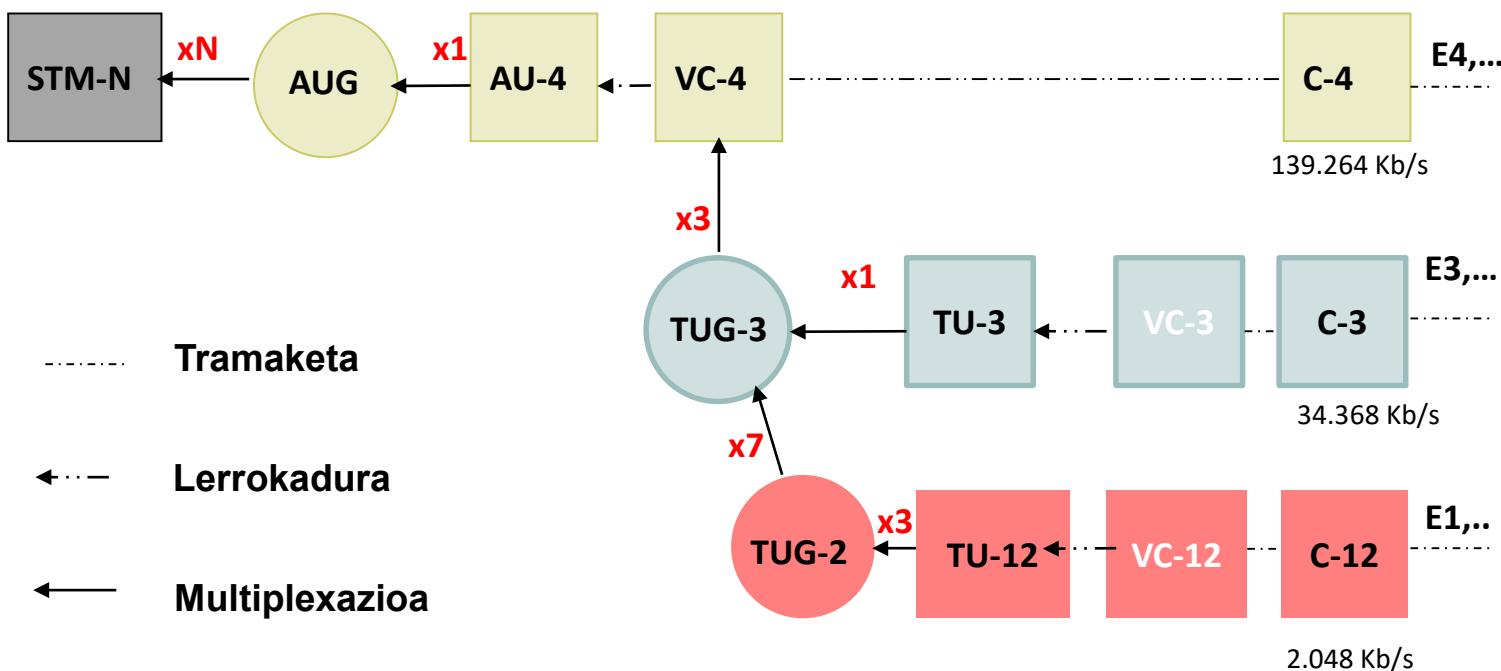
# Multiplexazio – egitura

- Multiplexatu beharreko elementu desberdinaren byteak elkarlotzeko prozedura da.
- TUG lortzeko edo eta TUG ezberdinak beste TUG batean edo goi mailako VC batean sartzeko.
- Guztiz sinkronoa den prozesamendua da.

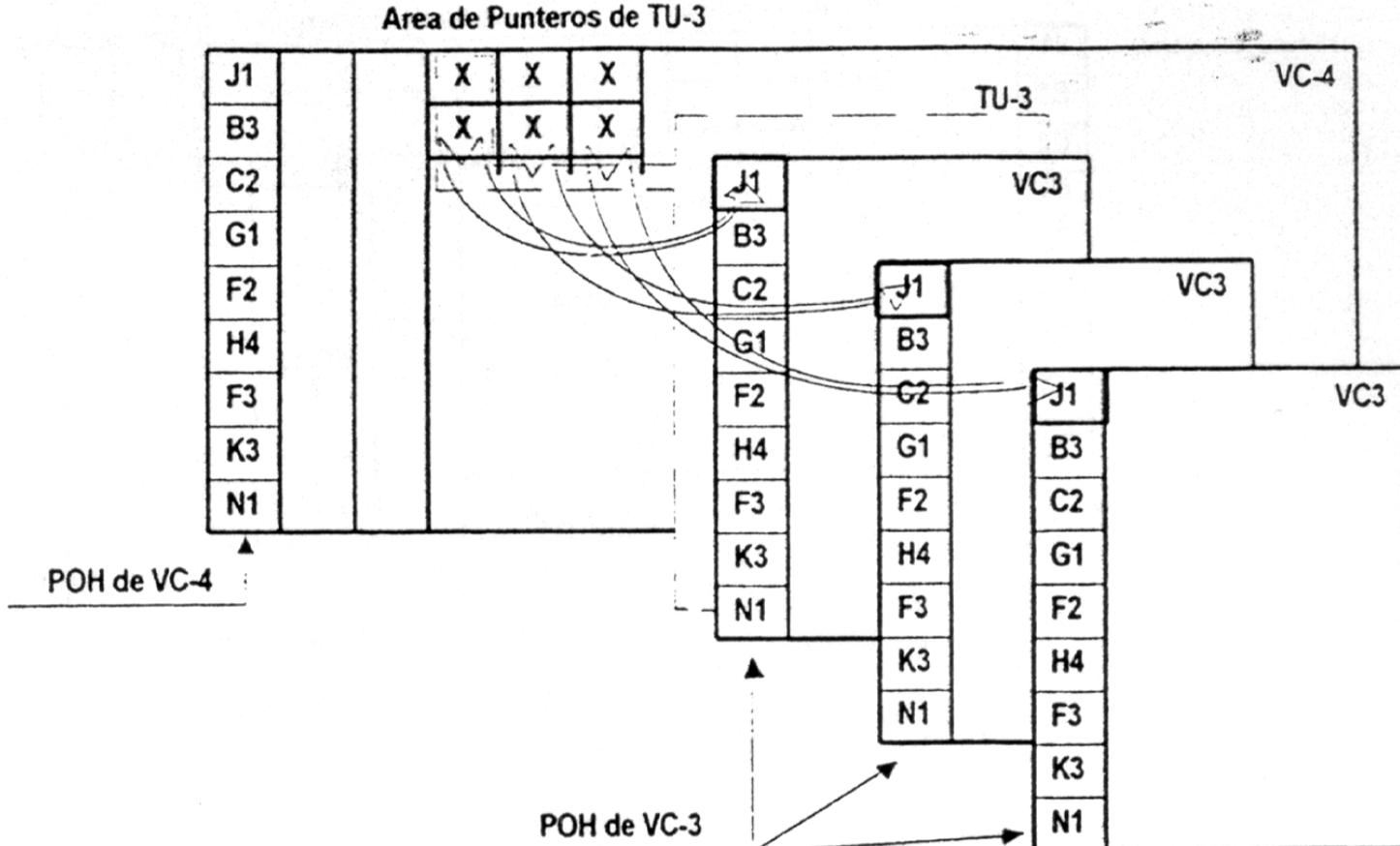
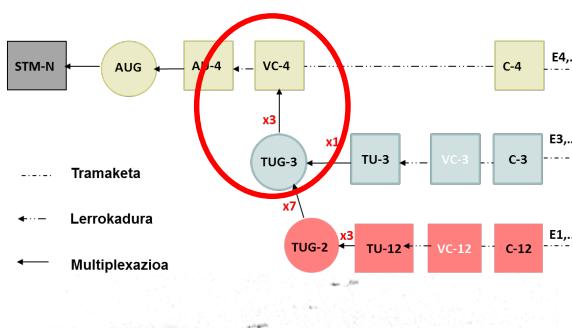
# Multiplexazioa SDH-n



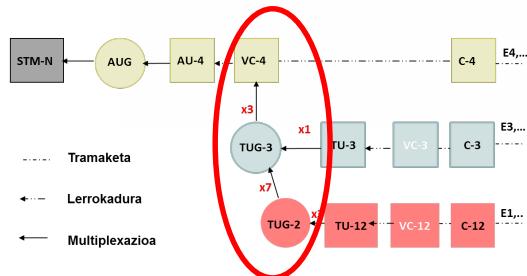
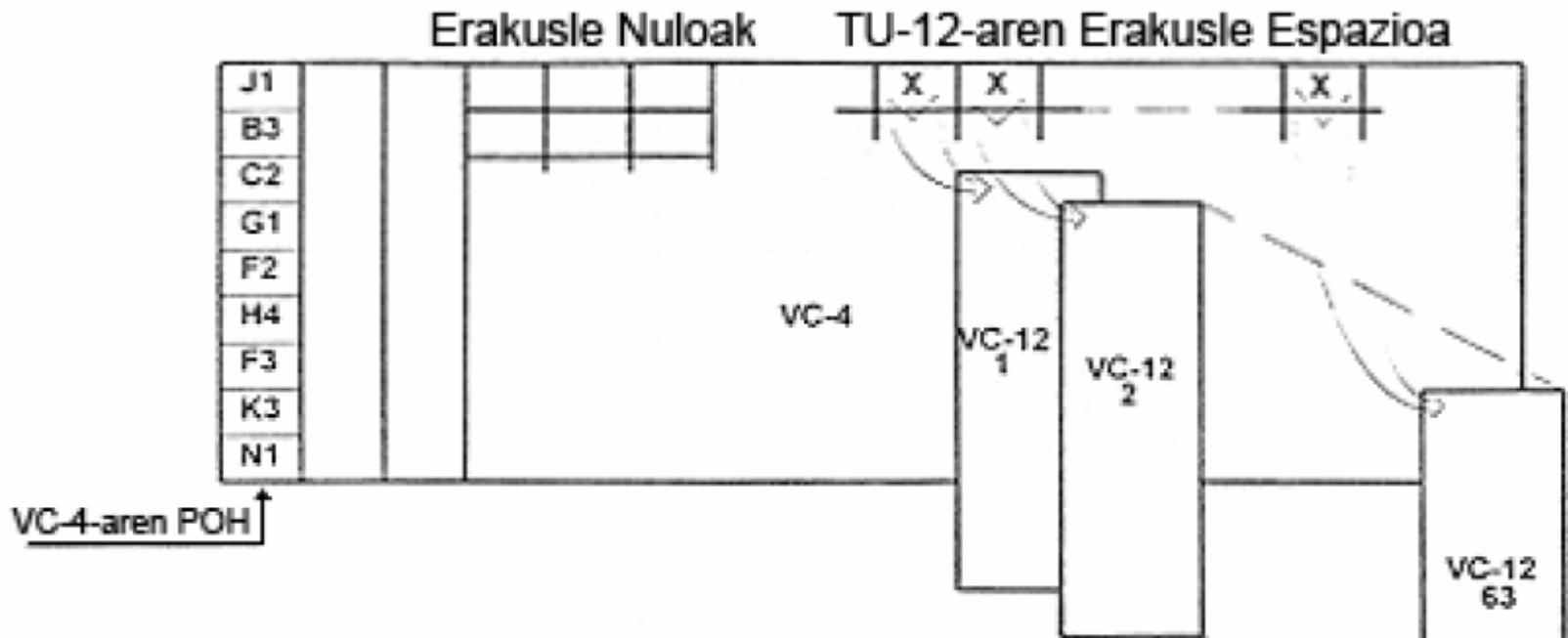
# ETSI-ren multiplexazio-eskema



# 3 VC-3 VC-4 batean multiplexatu

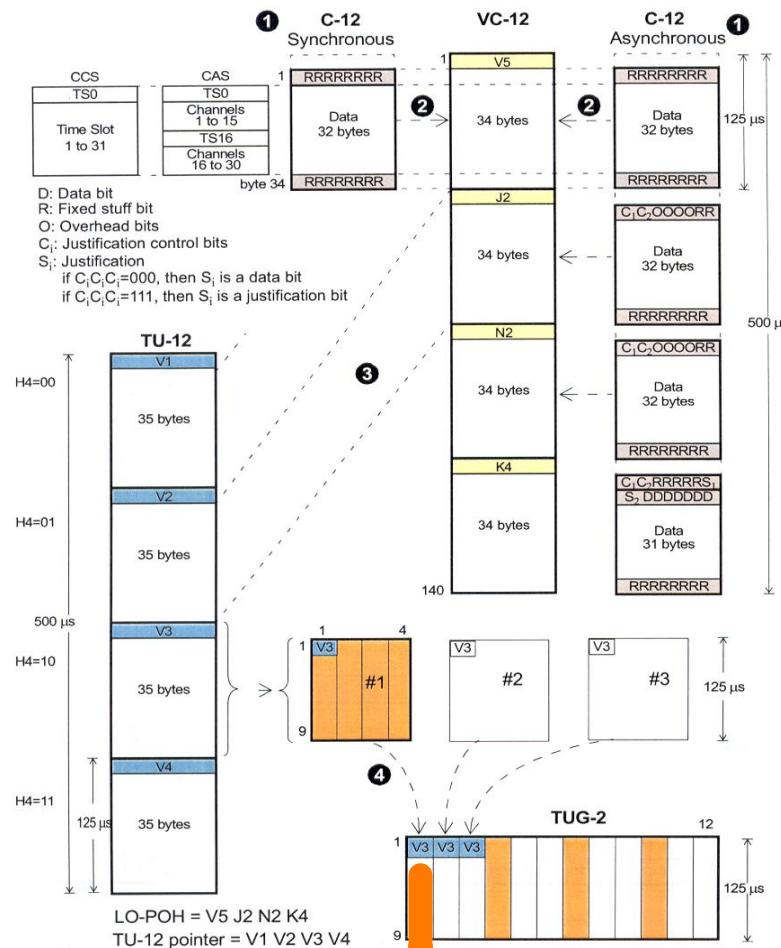
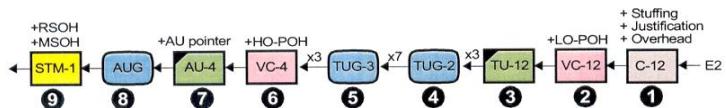


# 63 VC-12-ren multiplexazioa

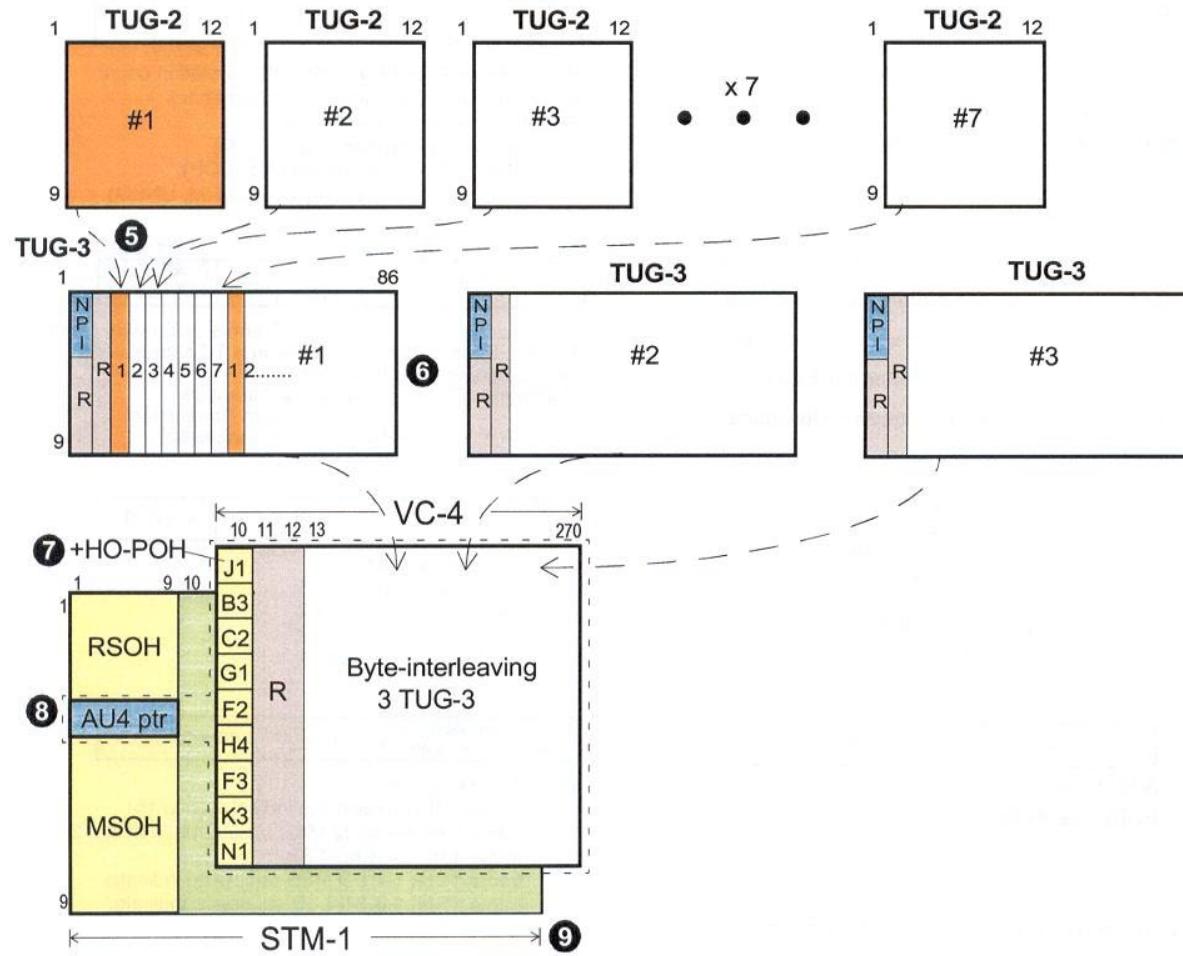




# 63 TU-12-ren multiplexazioa

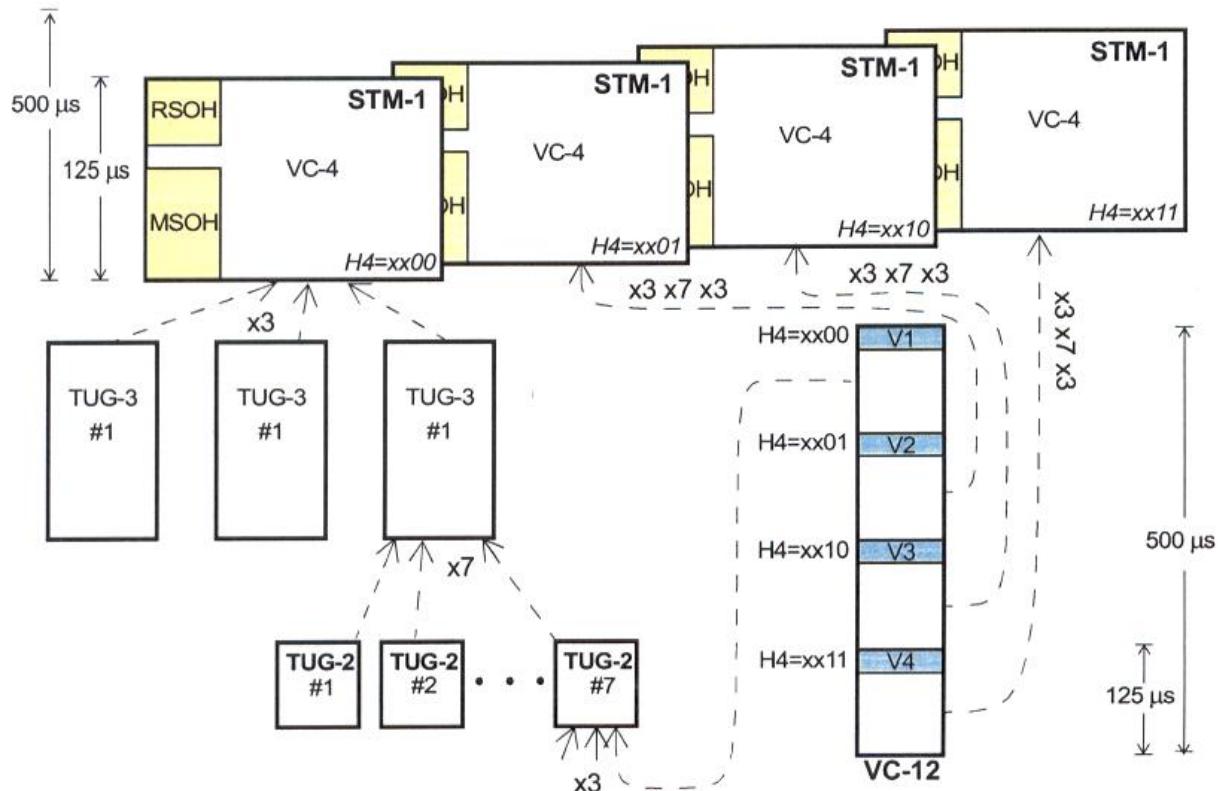


# TUG-ren MUX adibidea



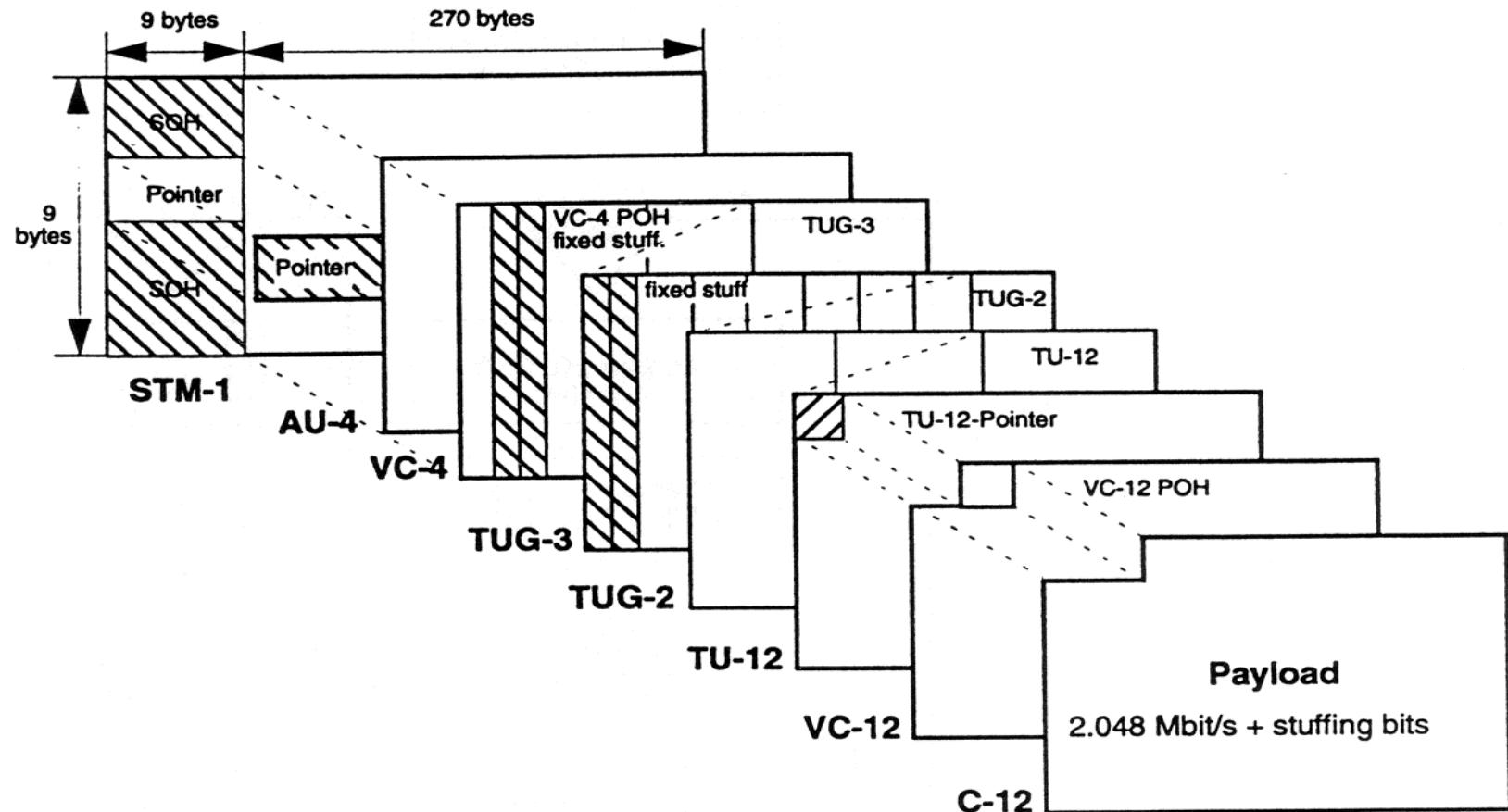


# 63 TU-12-ren multiplexazioa

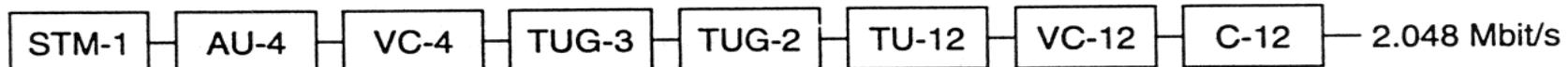




# STM-1 tramaren eraketa



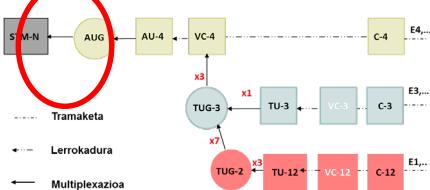
x 1                    x 3                    x 7                    x 3



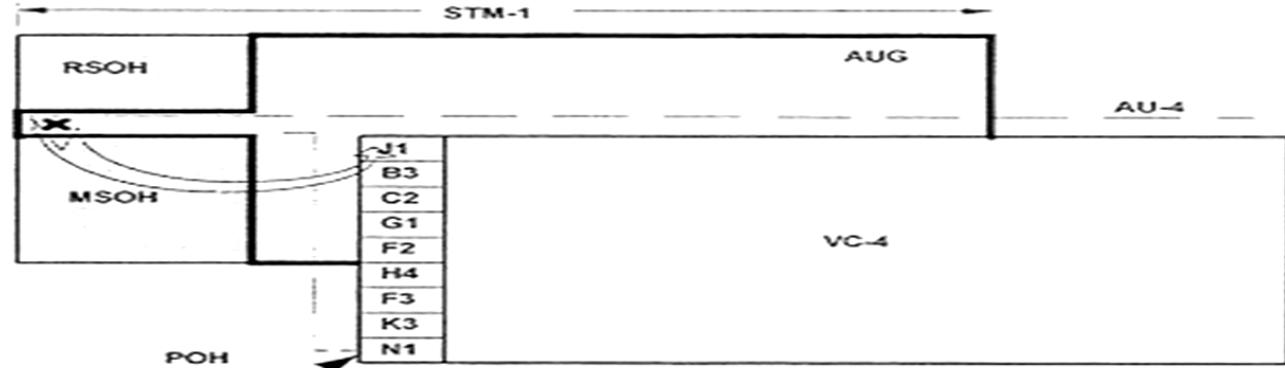


# STM-1-en karga erabilgarria

a) STM-1 AU-4 batekin



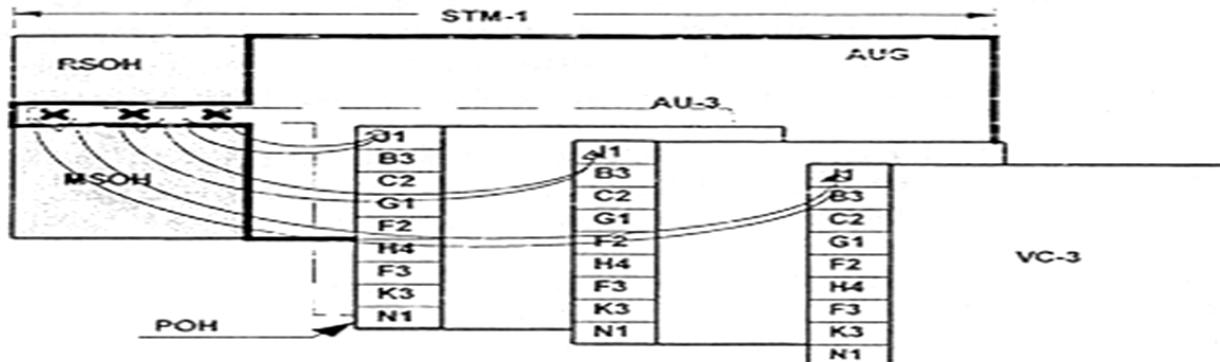
AU-4



b) STM-1 3 AU-3-rekin

- “b” aukera ez da Europaren erabiltzen.

AU-3

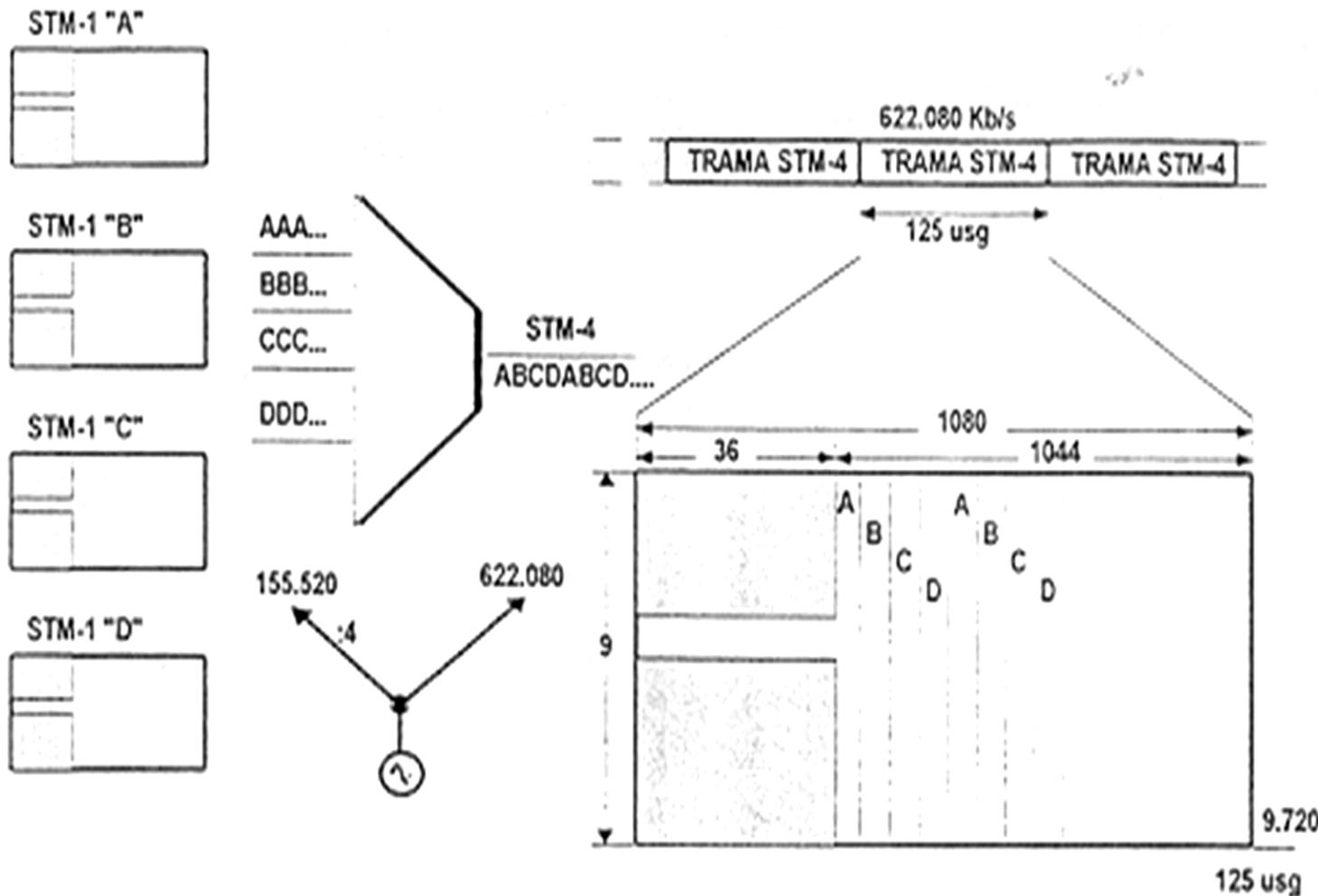


AU-n-ren erakuslea

AU-n = AU-n-ren erakuslea + VC-n



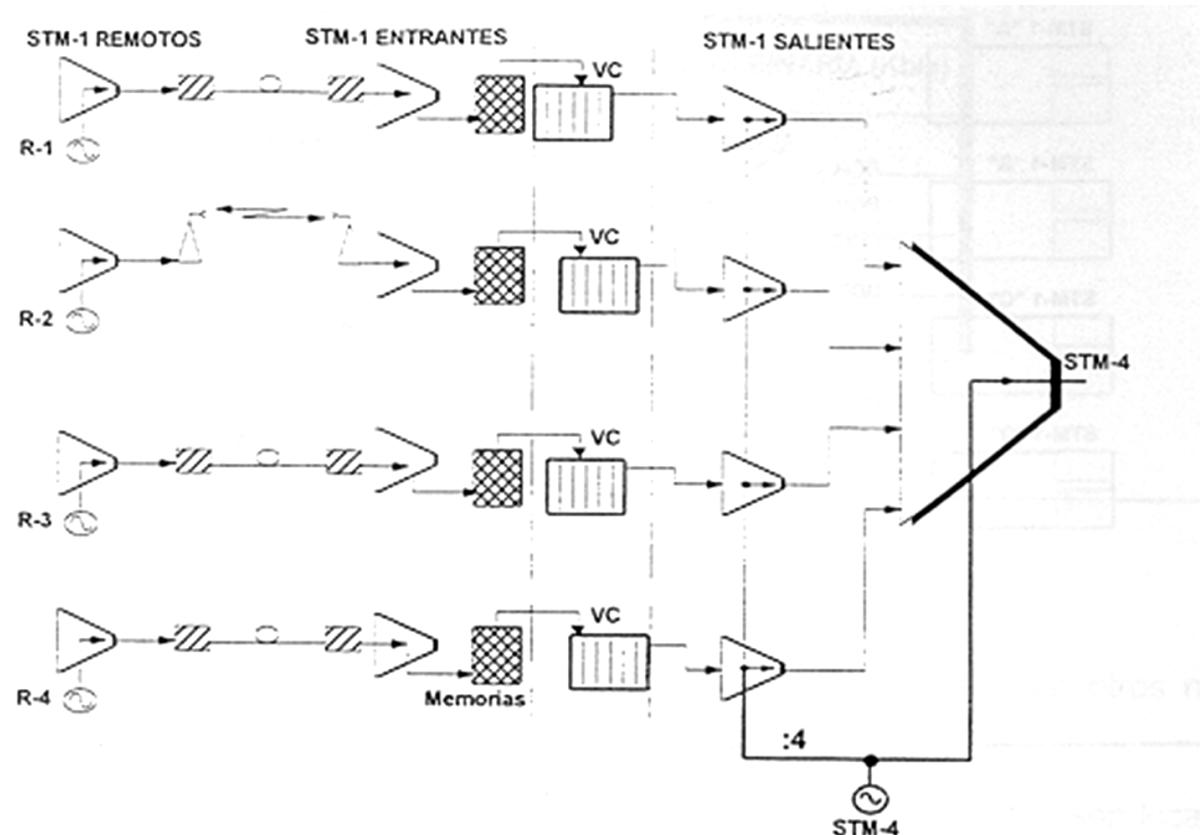
# STM-4 tramaren eraketa (STM-1 MUX-aren adibidea)





# Kargaren ateratze eta sartzea multiplexazio sinkrono batean

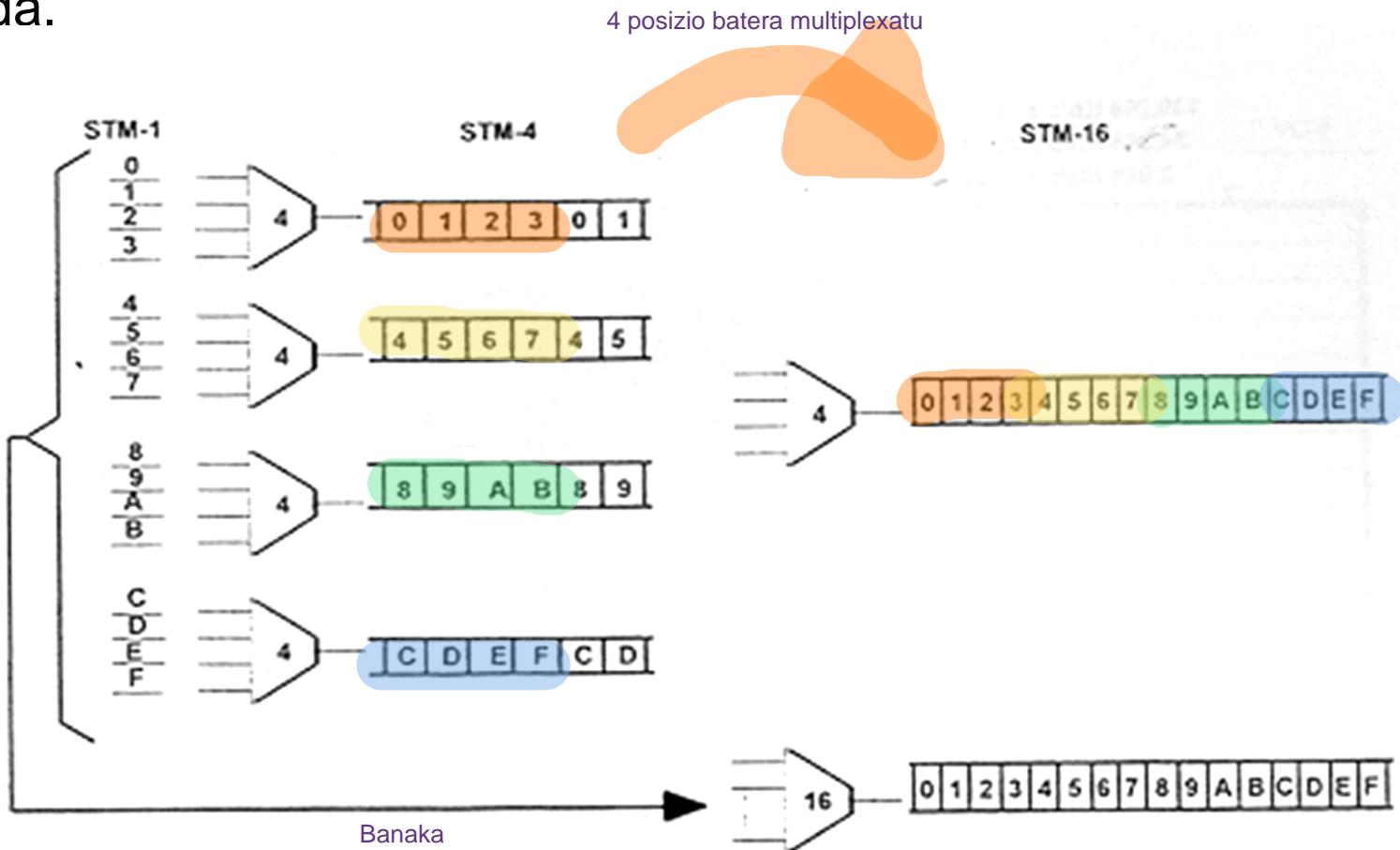
- Lau STM-1 prozesu lokal multiplexatuz eratzen den STM-4a, STM-1 horiek urruneko eta bakoitzak sare desberdin batean jatorria duen beste lau STM-1 prozesatz sortu dira.

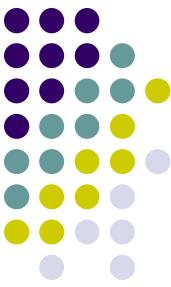




# STM-16 seinalearen eraketa

- STM-16 bat eratzeko lau STM-4 multiplexatzen direnean elkarlotzea lau zortzikoteko blokez egiten da. Horrela izanik, 16 STM-1 multiplexatzean edo 4 STM-4 multiplexatzean seinale berdina lortuko da.





# Multiplexazio aukerak

- TUG-2 bat lortzeko hiru TU-12-ren multiplexazioa
- TUG-3 bat lortzeko zazpi TUG-2-ren multiplexazioa
- TUG-3 bat lortzeko TU-3 baten multiplexazioa
- VC-4 bat lortzeko hiru TUG-3-ren multiplexazioa
- AUG bat lortzeko AU-4 baten multiplexazioa
- STM-N batean AUG-en multiplexazioa
- VC-3 batean zazpi TUG-2-ren multiplexazioa



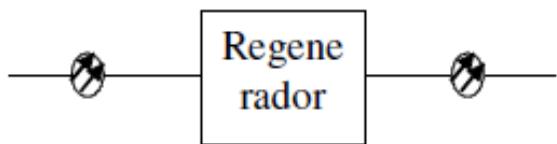
# SDH-ko ekipamendua

- REGENERATOR  
Erlojua birsortzen dute eta baita datuen anplitudea ere.
- ADM (ADD-DROP MULTIPLEXER)  
Abiadura altuagoko SDH fluxu batetatik SDH abiadura baxuagoko seinaleak **atera (drop)** edo **sartu (add)**.  
Babes automatikoa ahalbidetzen duten eratzun egiturak gaitzen dituzte.
- TS (SYNCHRONOUS TERMINAL)  
Sarrerako SDH eta PDH seinaleak konbinatzen dituzte STM-N abiadura altuagoko tramak eratzeko.
- DXC/DCS (DIGITAL CROSSCONNECT SYSTEM)  
Portu jakin bateko kanala beste portu bateko edozein kanalekin elkarlotzen dute.

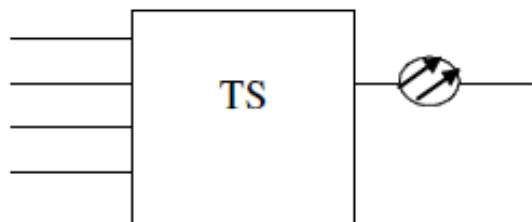
Zuntz optikoko eratzun ezberdinaren (adibidez) dauden bideragailu-antzekoak



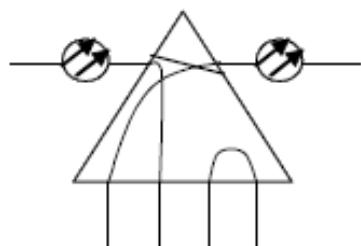
# SDH-ko oinarrizko ekipamendua



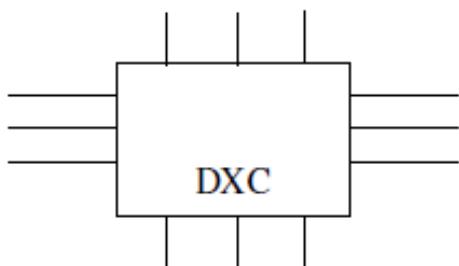
Regenerator



Synchronous Terminal (TS)



Add-Drop multiplexer (ADM)

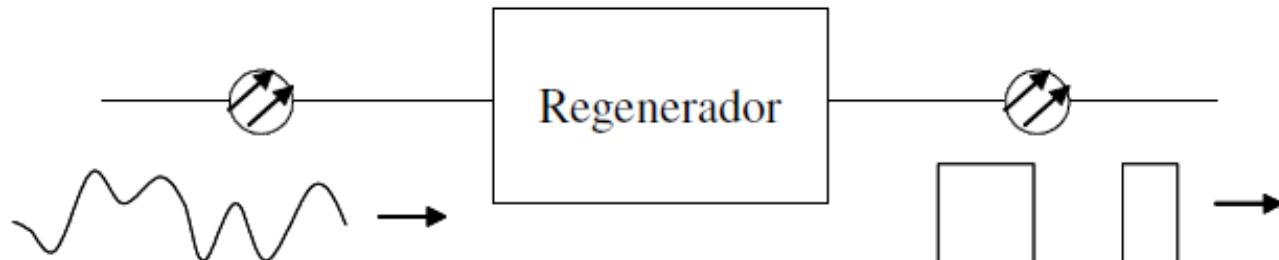


Cross-connect (DXC)

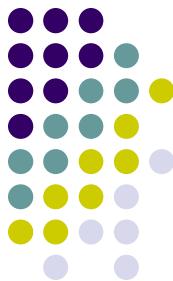


# Birsortzaile (Regenerator)

- Regenerator
  - Seinale digitala berreskuratzen du (0 eta 1ak) eta lineako kodigoa erabiliz berriz kodifikatzen du.
  - RSOH goiburua prozesatzen du.

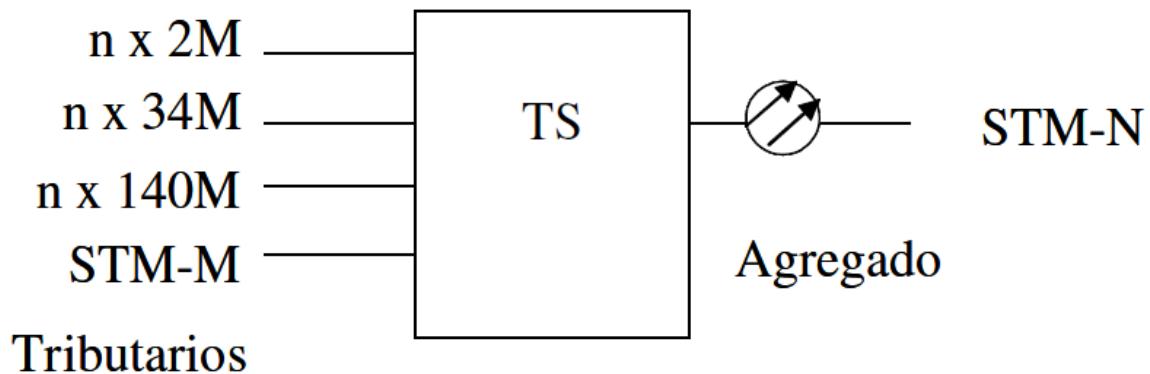


# Terminal sinkronoa (Synchronous Terminal)



## ● Synchronous Terminal

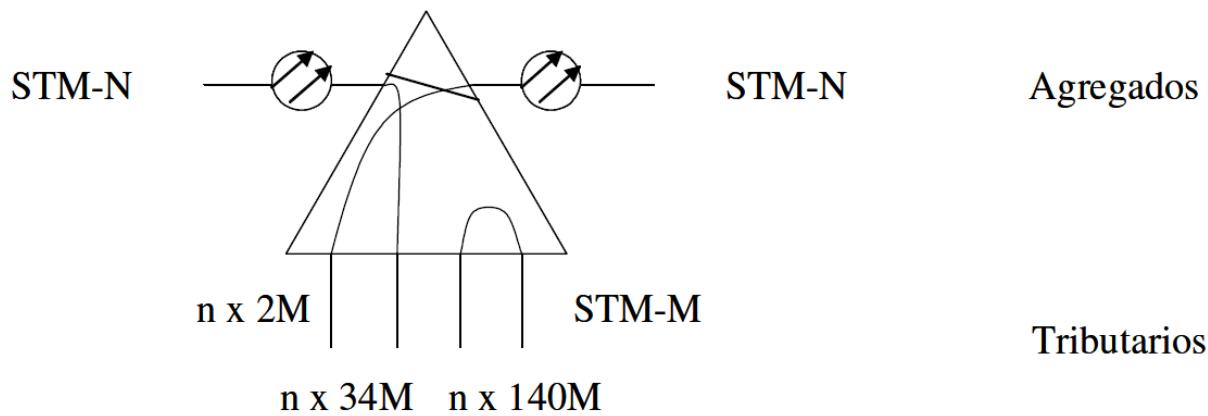
- Seinale plesiokronoak multiplexatzen ditu (2, 34, 140) STM-N trama batean
- SDH-ren egitura osoa prozesatzen du



- Fabrikatzaile batzuk ez dute birsortzailerik ezta TS espezifikorik: ADM-ak erabiltzen dituzte

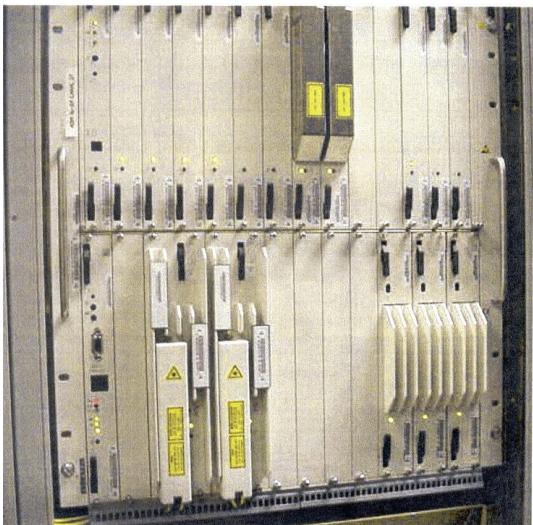


- ADD-DROP multiplexer
  - TS baten funtzio berdinak burutzen ditu
  - VC-ak interfaze ezberdinekin konektatzen dituzte
    - Tributarioa abiadura altuagoko tramarekin
    - Abiadura altuko egiturak beraien artean
    - Tributarioak beraien artean





## ADM STM-1



Eraztun  
nagusia

Rx  
Tx

Babes  
eraztuna

Rx  
Tx

STM-1 txartel nagusia

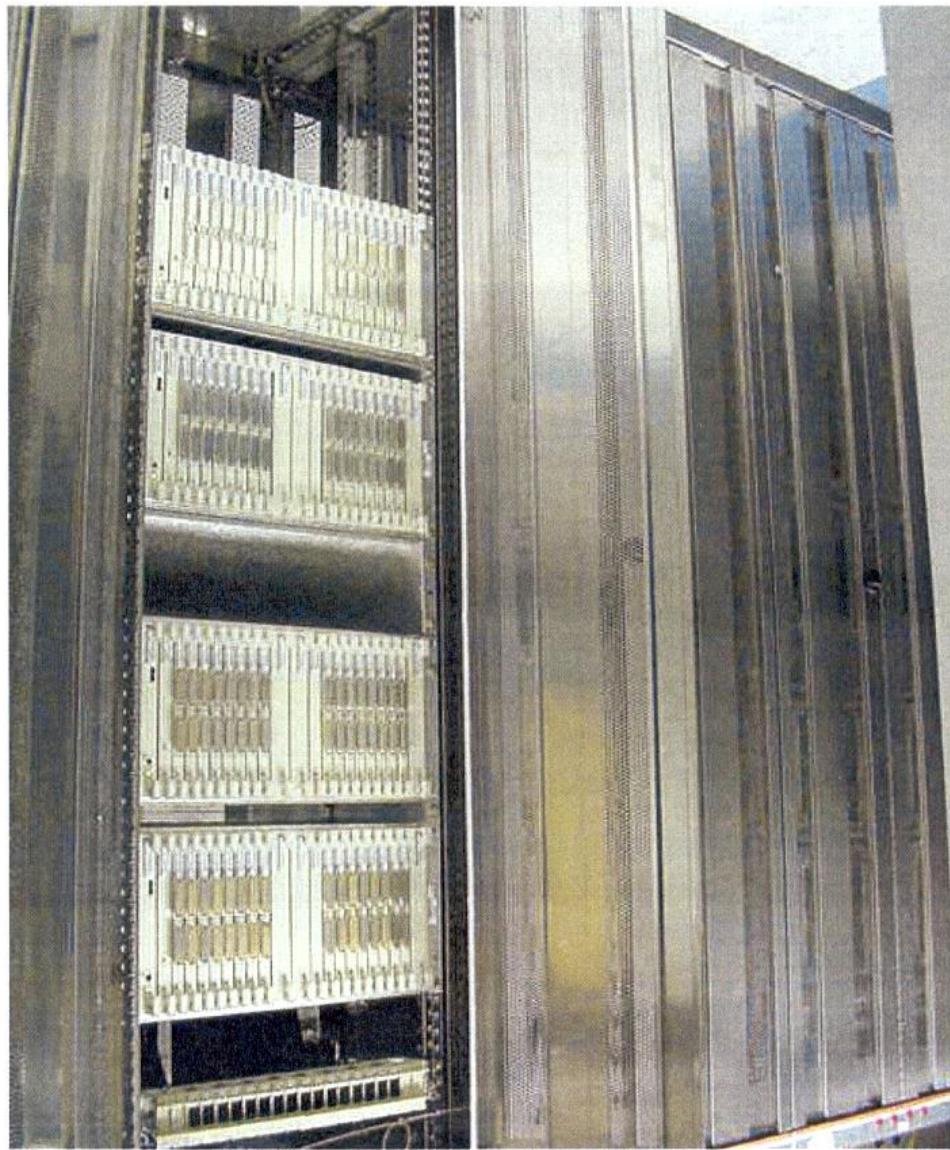
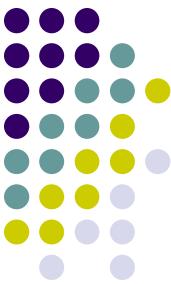
Babeseko STM-1 txartela



Universidad de Valencia

Ampliación Redes 5-21

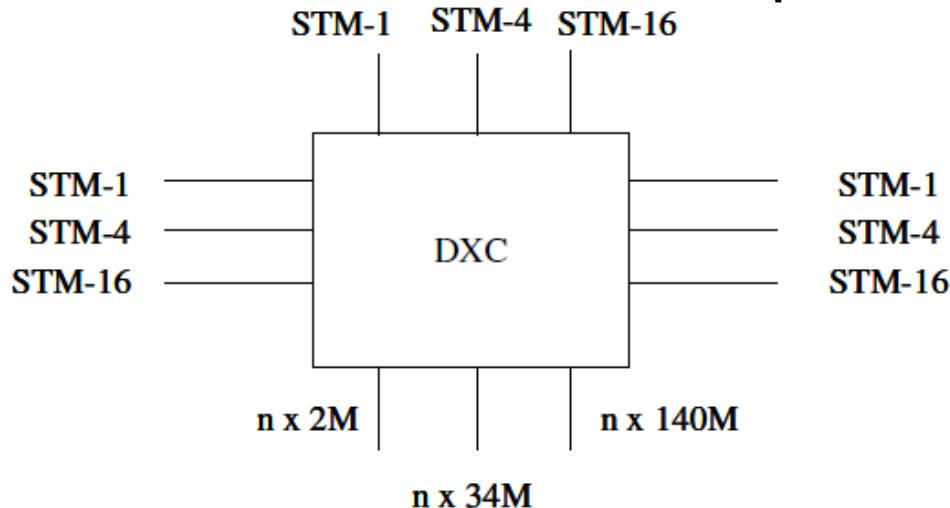
Rogelio Montañana



# DXC



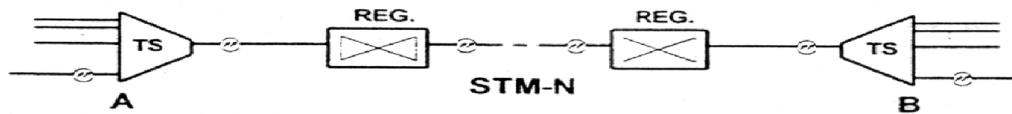
- Digital Cross-Connect 4/1 edo 4/3/1
  - ADM baten funtzioko berdinak burutzen ditu baina N agregaturekin
  - STM-1 interfaze elektriko edo optikoa
  - STM-4 eta STM-16 interfazeak optikoak



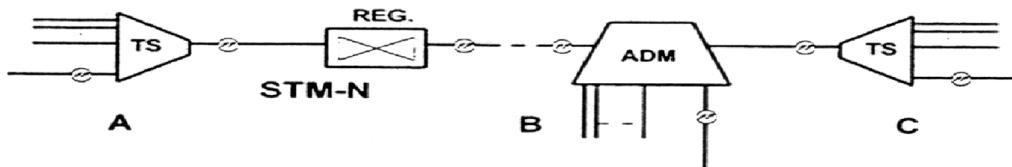


# SDH topologiak

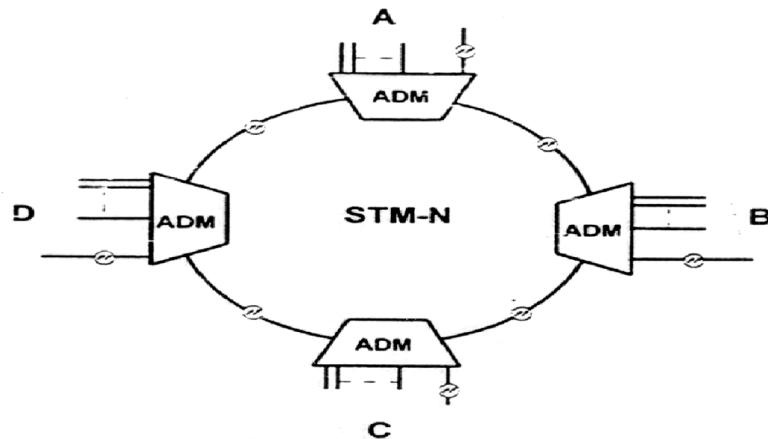
a) PUNTUZ-PUNTU motako konfigurazioa



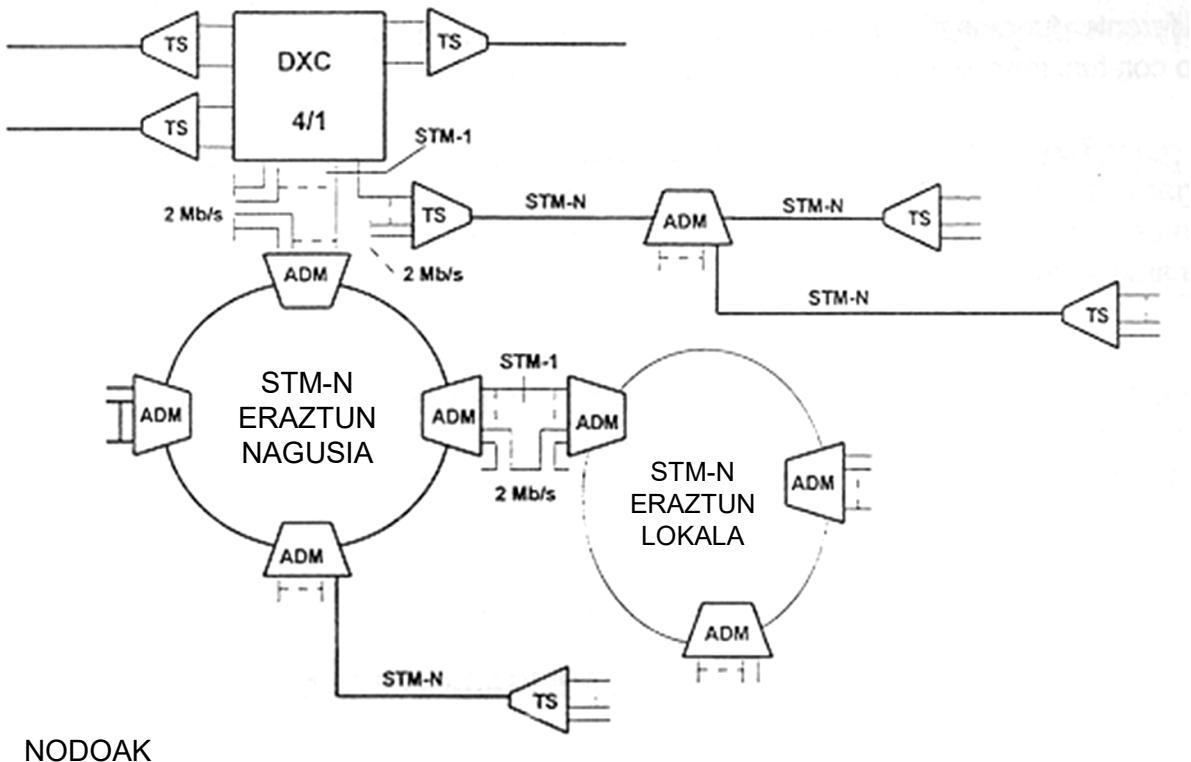
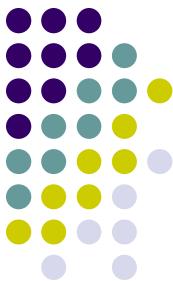
b) BUS motako konfigurazioa

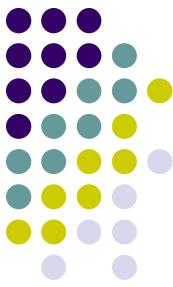


c) ERAZTUN motako konfigurazioa



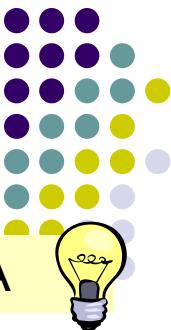
# Sarearen osagaiak konfigurazio desberdinetan





# SDH-ren abantailak

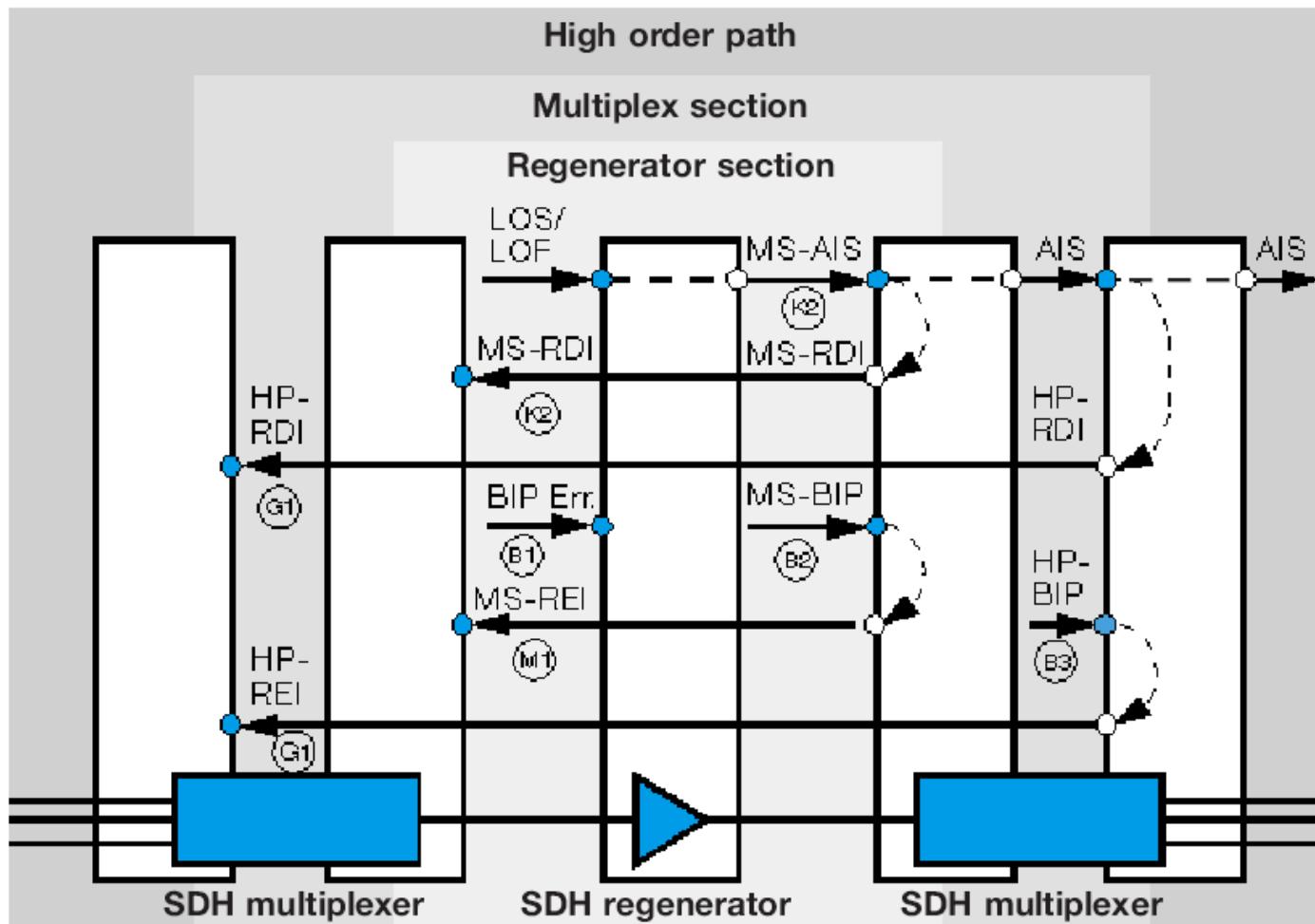
- Kontrolerako, kudeaketarako eta operaziorako informazio asko.
- Babes eta berrezarpen automatikorako erraztasunak (eraztun optikoak).
  - Lineala
  - Dedikatua
- Banda zabaleko zerbitzu berrietarako moldaketa (NG-SDH)



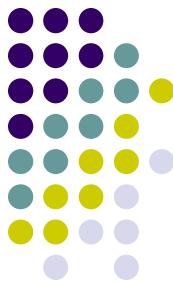
# Informazio asko: SDH Alarma

3. MINTEGIA

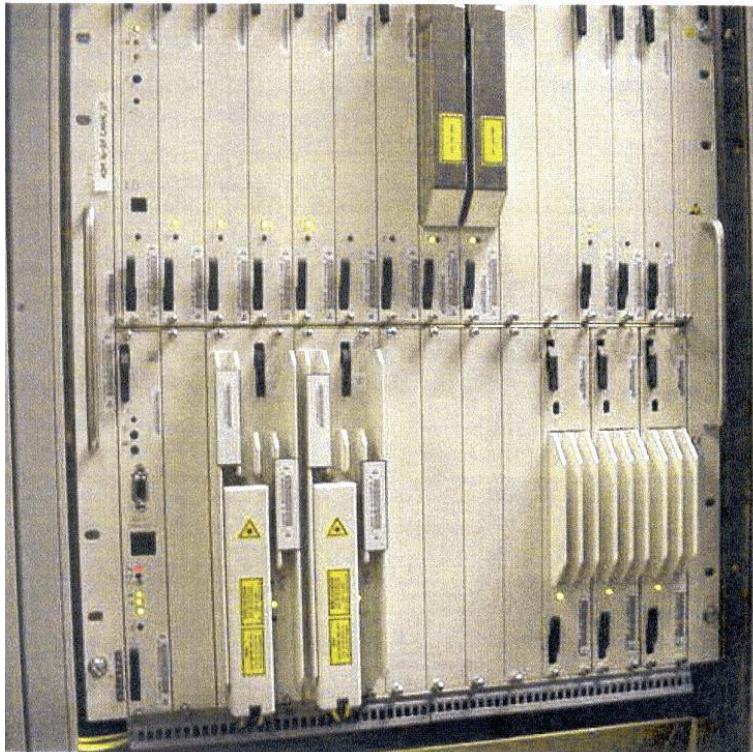
SDH goiburuak



# Segurtasuna SDHn: Ekipamenduaren babestea



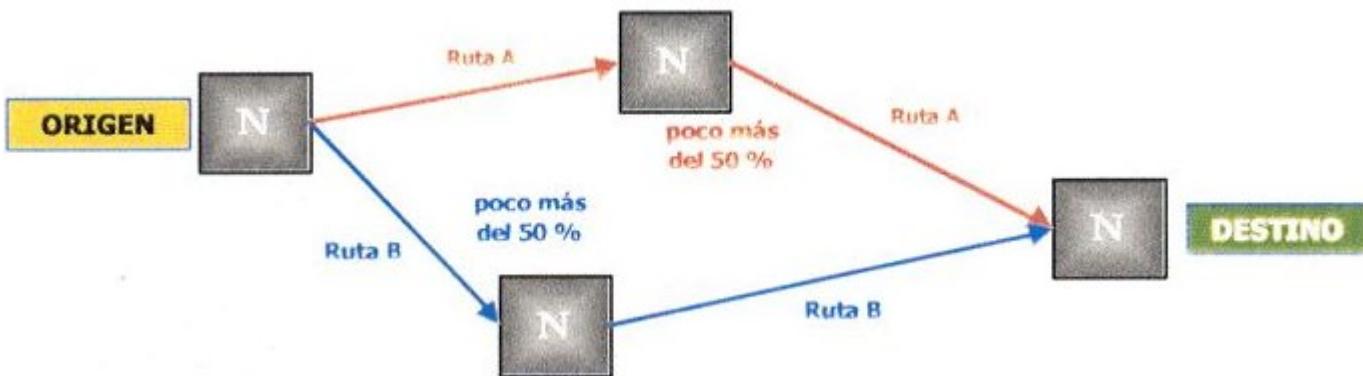
- EKIPAMENDUAREN BABESTEA:
  - Txartelen akatsei aurre egiteko gordekineko unitatea.



# Segurtasuna SDHn: Dibertsifikazioa



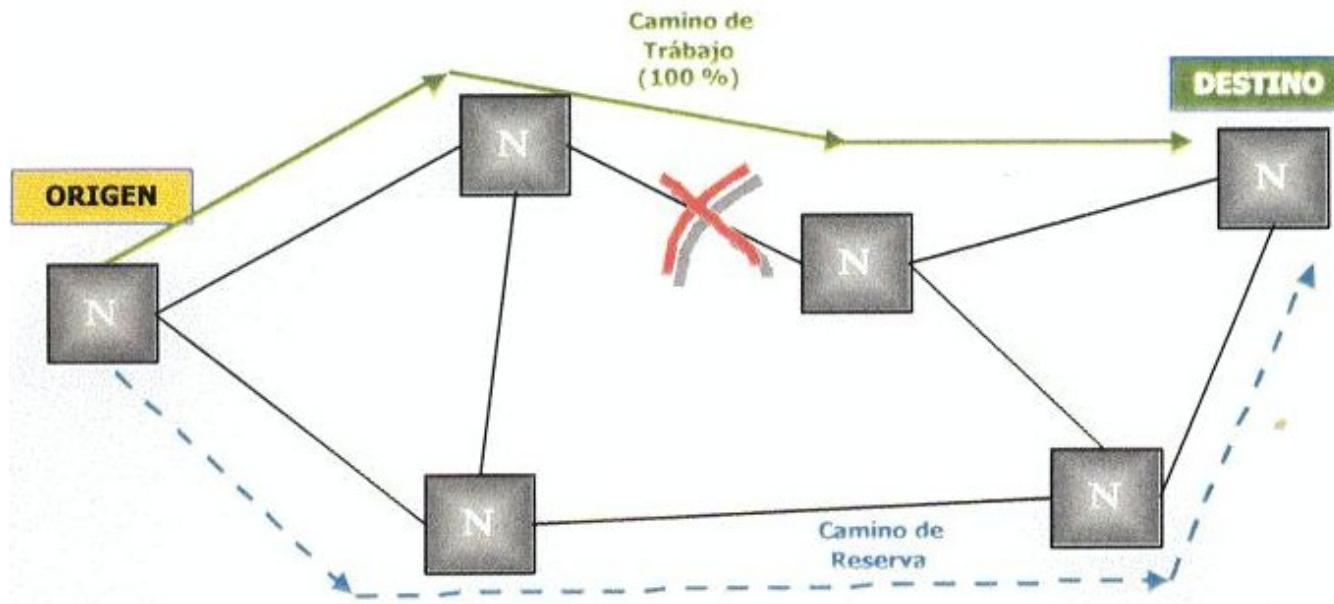
- Zirkuitu kopurua bi ibilbide gaitzeko banatzean datza, ibilbide horietako bakoitzaren trafiko kapazitatea %50a baino pixka bat altuagoa izango da.
  - Akatsek %50ari bakarrik eragiten diote.
  - Akatsak dauden kasuetarako %50eko gordekineko kapazitatea gutxi-gora-behera.



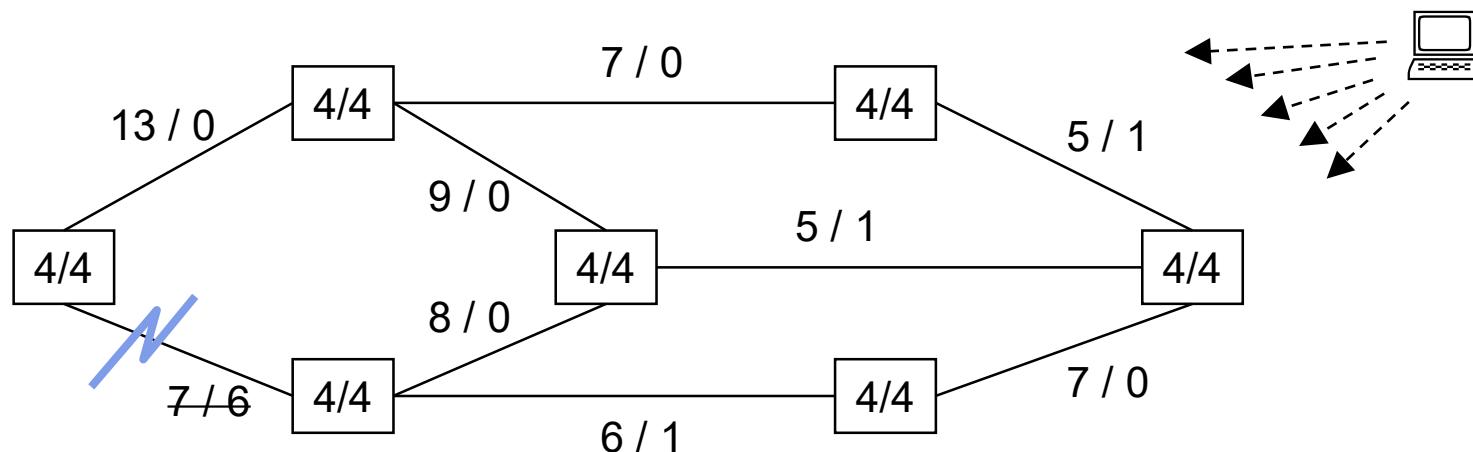
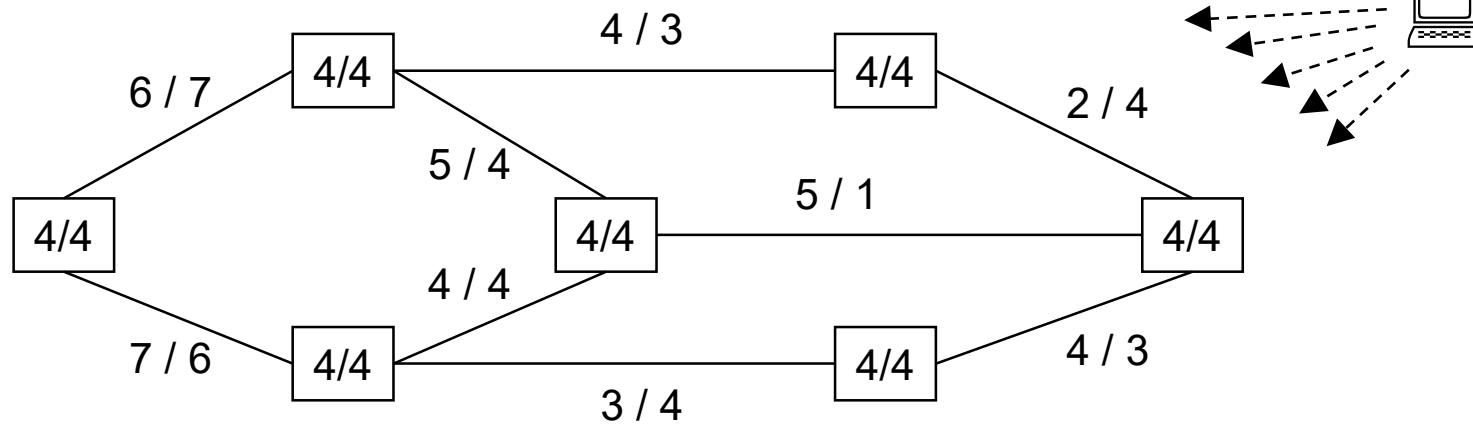
# Segurtasuna SDHn: Berrezarpena (I)

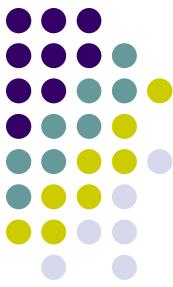


- Akatsa badago ordezko bideak bilatzea (nodotik nodora).
  - Banatutako kapazitatea: erabilia + gordekin
  - Gordekineko kapazitatea



# Segurtasuna SDHn: Berrezarpena (II)





# Segurtasuna SDHn: Babes erraztasunak (I)

- Automatikoki berreskuratzen da akatsak daudenean: seinalearen galera, BER nahiko altua, etab.
- Konponketa “urreikusia” dago (erantzuna ms-tan).
- Goiburueta **K** byteak erabiliz APS (Automatic Protection Switching) protokoloaren mezuen bidez ematen da.
- Motak:
  - **Multiplexazio ataleko** (lineala, eratzunean) babes.
  - **Ibilbideko** babes
  - **Azpisareko** babes

MINTEGIKOA



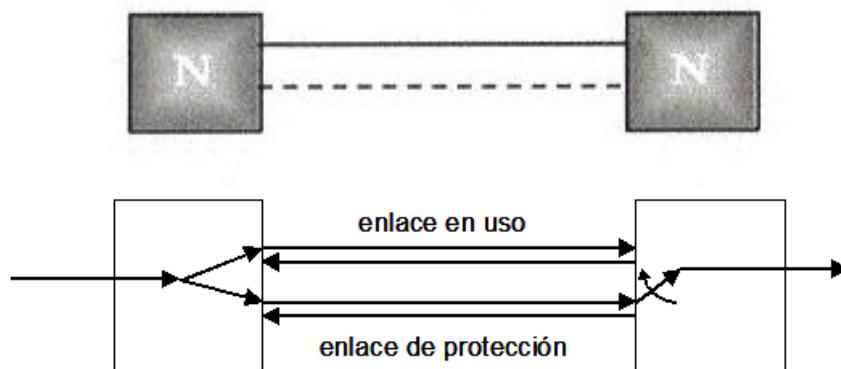
# Segurtasuna SDHn: Babes erraztasunak (II)

## MSP (Multiplex Section Protection)

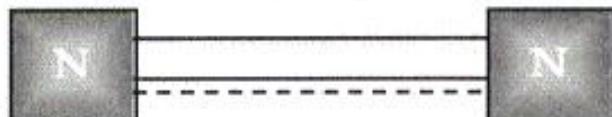
- Bi nodoen artean

- ✓ 1:1 babesia
- ✓ 1:N babesia
- ✓ N:M babesia

**1+1= los dos caminos ocupados por la señal de trabajo**



**1:N= 1 camino no se emplea, los otros N sí contienen señal de trabajo**

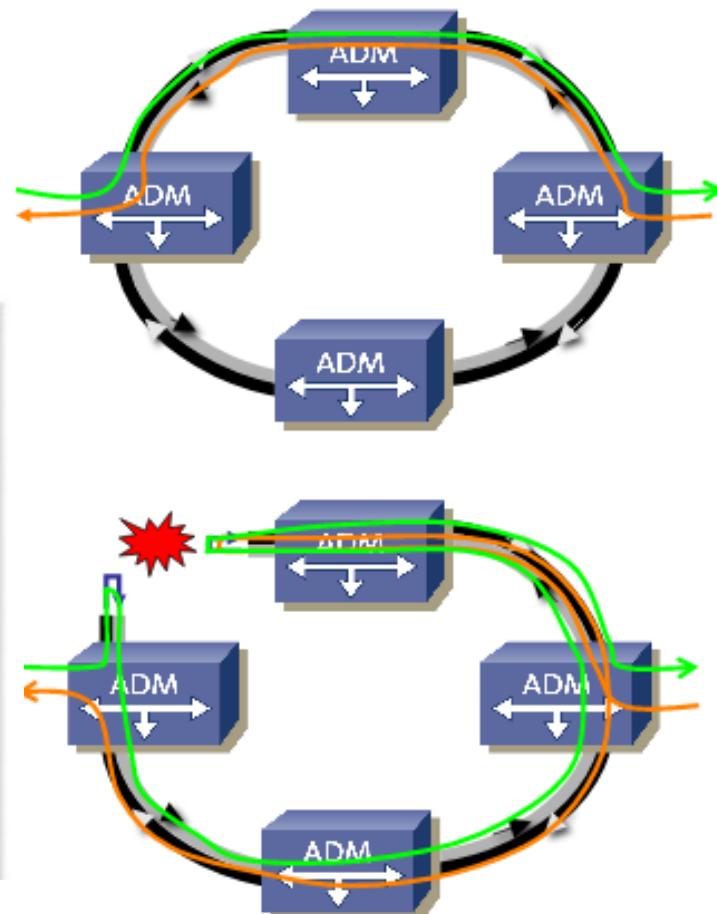
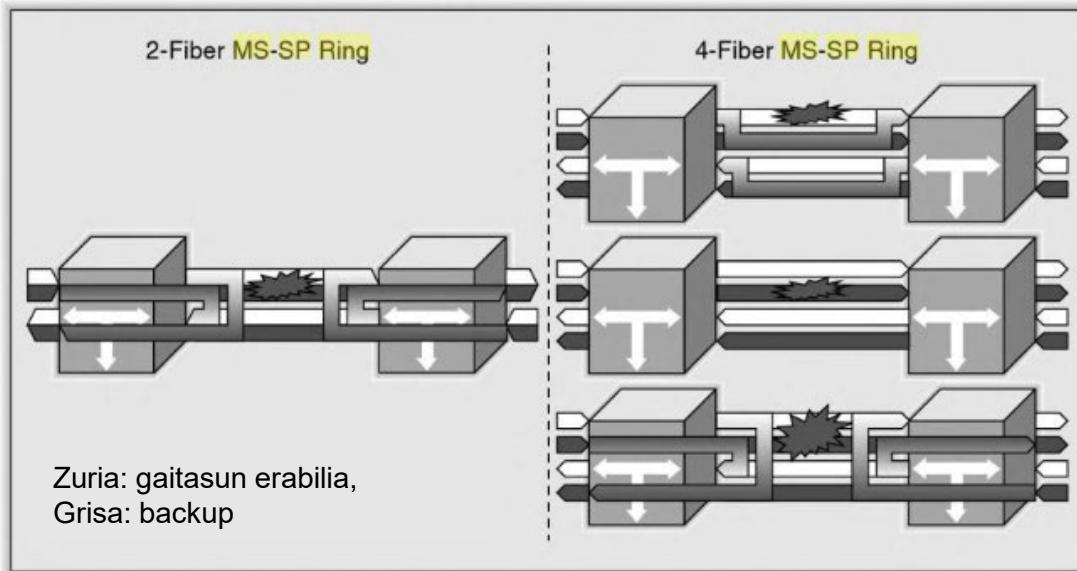


# Segurtasuna SDHn: Babes erraztasunak (II)



## MS-SP RING

- *Multiplex Section-Shared Protection Ring*
- Gaitasunaren erdia bakarrik erabiltzen da noranzko bakoitzean
- Hutsegitea suertatzen bada:
  - ✓ Aldameneko nodoek detektatzen dute
  - ✓ Trafikoa beste noranzkotik babesten dute

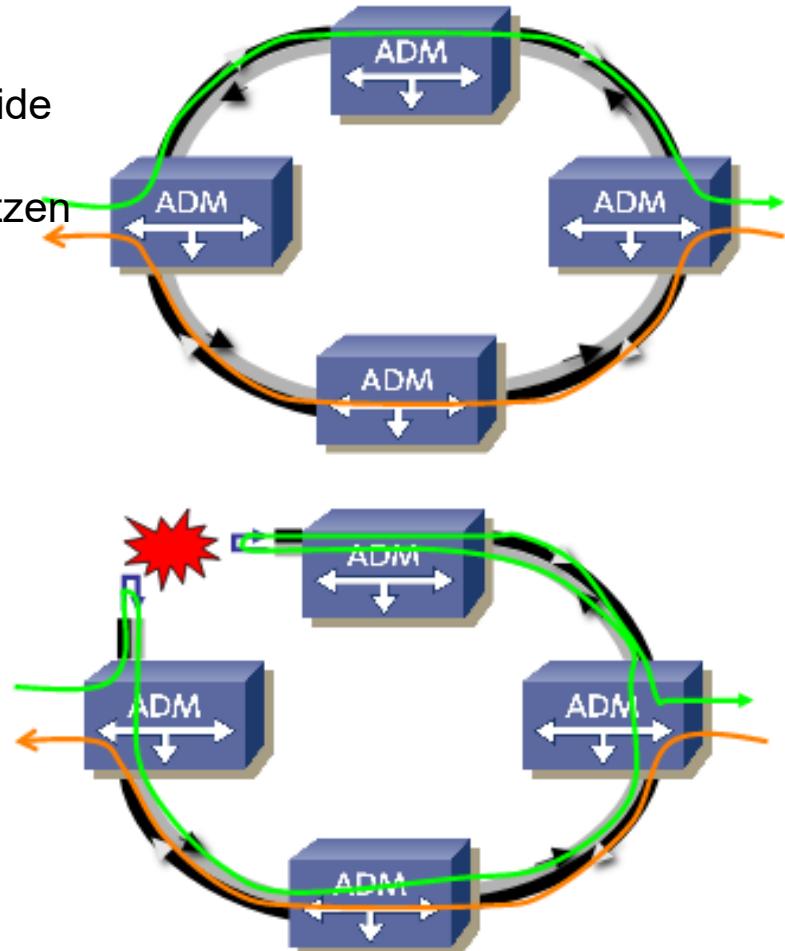




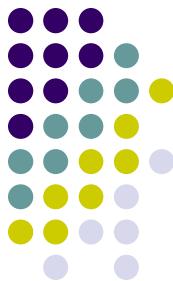
# Segurtasuna SDHn: Babes erraztasunak (III)

## MS-DP RING

- *Multiplex Section-Dedicated Protection Ring*
- Noranzko biko konexio baten noranzko bakoitzak bide ezberdin bat erabiltzen du eraztunaren norazko bat jarraituz. Kontrako noranzkoa backup bezala erabiltzen da.
- Eragozpena: noranzko biko konexioak BW kontsumitzen du eraztun guztian

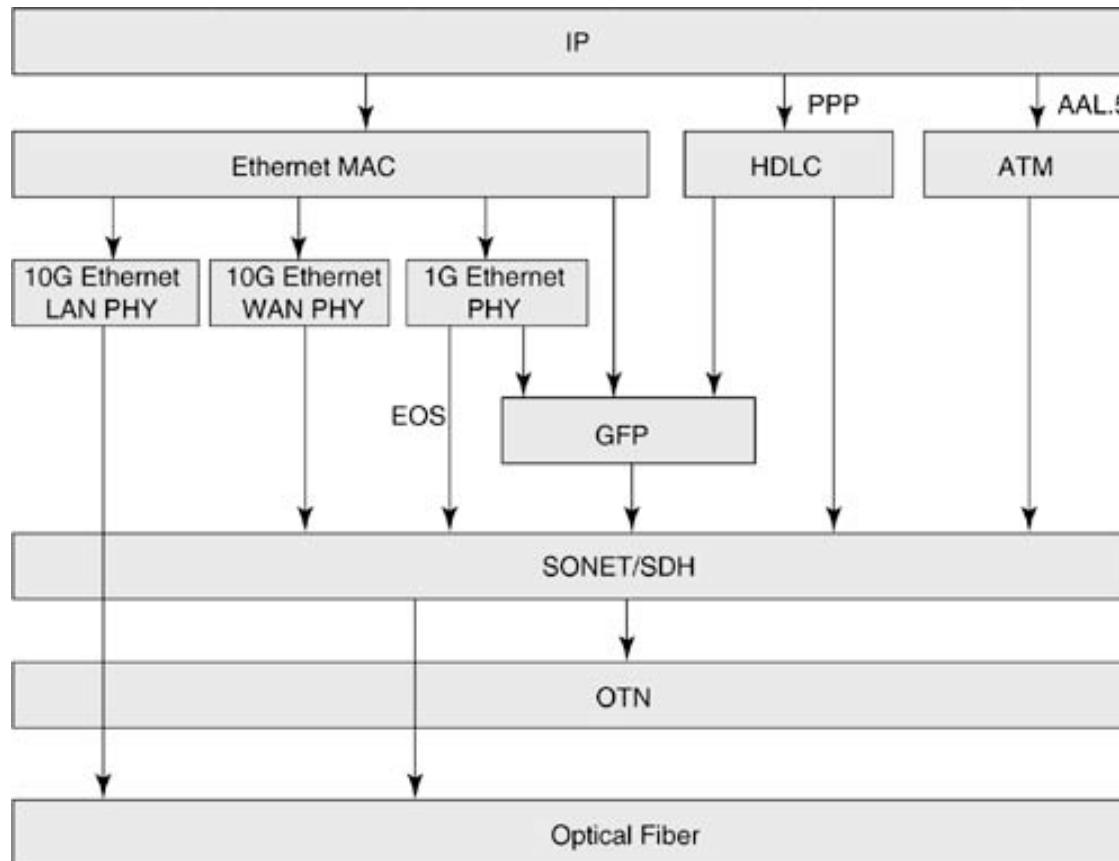


# Banda zabaleko zerbitzu berrietarako moldaketa



## ● NG-SDH

2. eta 3. MINTEGIA



- NG-SDH
- VCAT
  - LCAS
  - GFP



# SDH-ren mugak

- Gaur egun STM-256 = 40 Gbps-ko muga du SDH-k. Sarbide sareak muga horretara iristen dira dagoeneko eta teknologikoki oso zaila da SDH-n muga horretatik gora joatea.

Horren ordez OTN ezartzen da.



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisió sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

    2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisió sareetan zaharkitua dago)

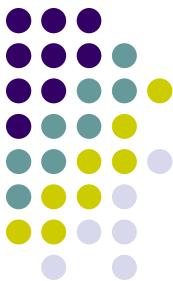
    2.2.2.2 SDH/SONET

### 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

    2.2.3.1 OTN/WDM

    2.2.3.2 MPLS-TP

## 2.3 Sare eta Zerbitzuen konbergentzia: NGN



# Garraio Sareen garapena

- Trafiko ezaugarriei moldaketa

LEHEN	ORAIN
Zirkuituen kommutazioa	Paketeen kommutazioa
Ahotsa 64Kbps-ko kanal finkoetan	Datuak banda zabalera handiko boladetan
Saoaren iraupena batezbeste 3 minitu	Saoaren iraupena batezbeste 30 minitu
Trafikoaren profila aurretik jakin daiteke	Trafikoaren profila aurretik jakin daiteke (ez dago gain/aran den ordurik)
Trafikoaren banaketa geografikoa	Trafikoa ez dago geografiaren menpe

Iturria: <http://www.rediris.es/rediris/boletin/66-67/ponencia5.pdf>

- Zerbitzu aniztundun sareak

- PDH → SDH → NG-SDH → OTN/WDM → MPLS-TP



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisió sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisio sareetan zaharkitua dago)

2.2.2.2 SDH/SONET

## 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

2.2.3.1 OTN/WDM

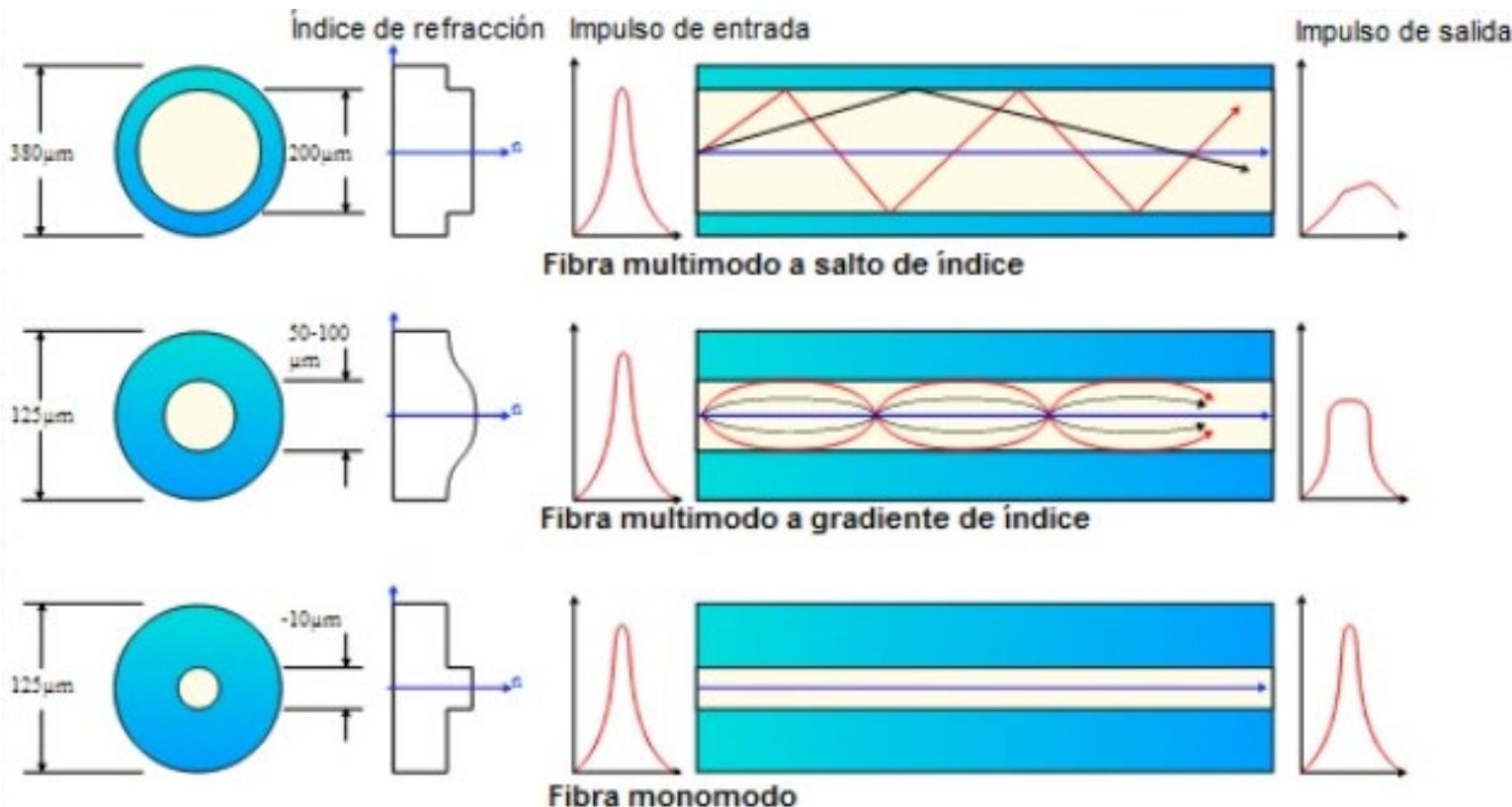
- **WDM Sarrera**
- OTN Sarrera
- OTN tramaren egitura
- OTN hierarkia: mapeatzea eta multiplexaziona
- Kanala optikoaren unitateak: OPU-ODU-OTU

2.2.3.2 MPLS-TP



# WDM – Aldez aurreko kontzeptuak

- Seinaleen transmisioa zuntz-optikoa erabiliz



# WDM- Wavelength Division Multiplexing

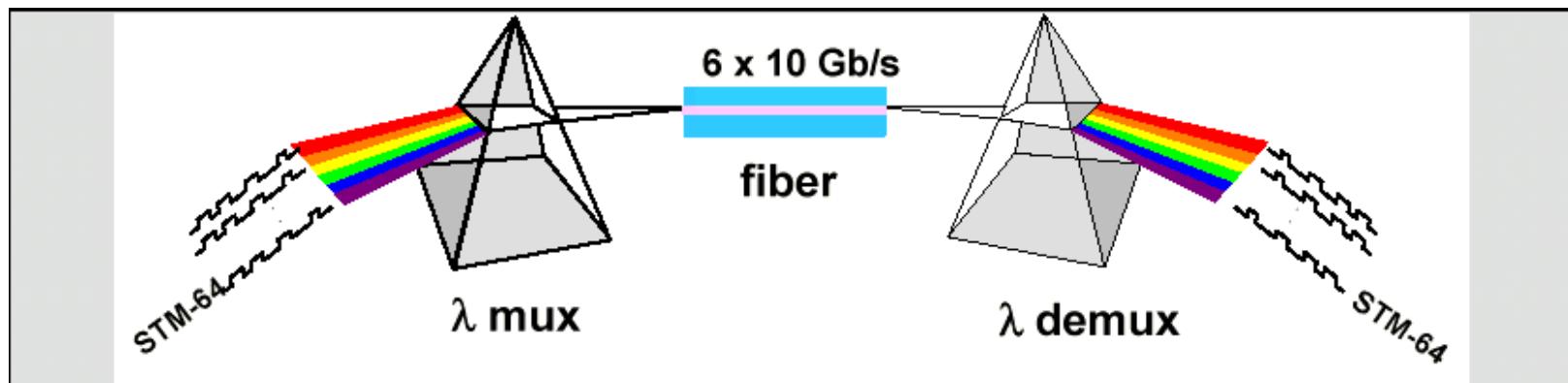


SDH-ek duen 40 Gbps mugarentzat soluzioa



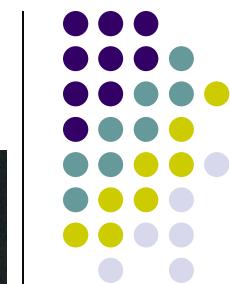
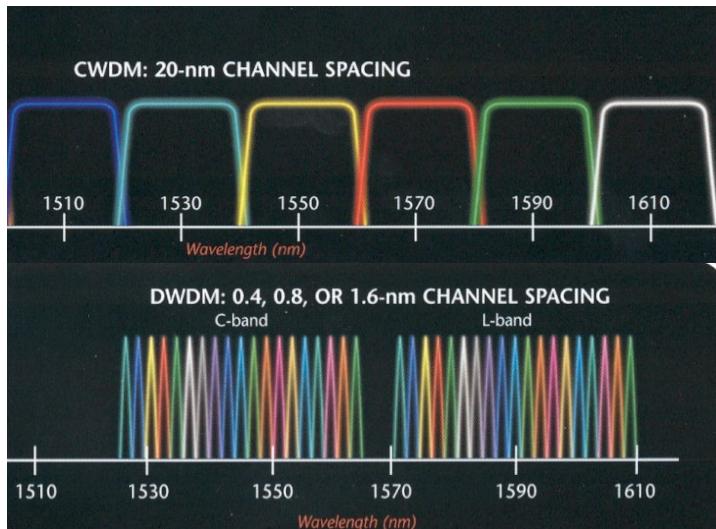
- **Uhin-luzera banaketa bidezko multiplexazioa (WDM)**

Uhin-luzera desberdineko eramaile optiko bidez, seinale batzuk zuntz-optiko bakarrean multiplexatzen ditu.

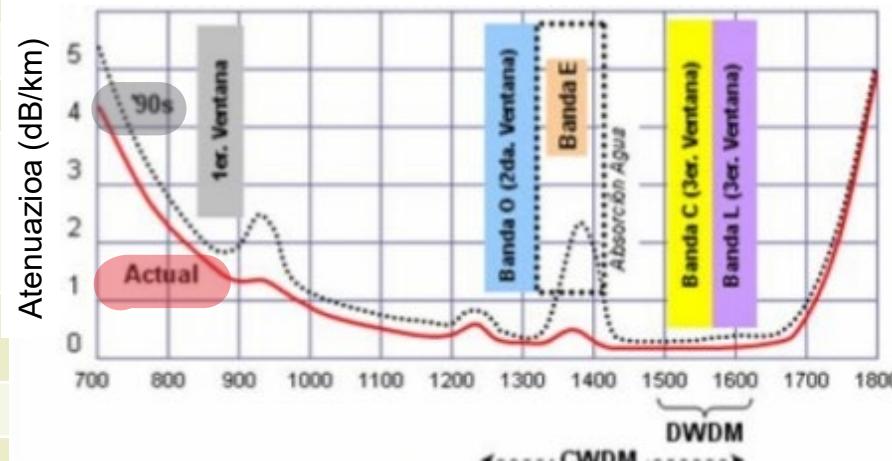


# WDM: Motak

- CWDM (*Coarse WDM*)
- DWDM (*Dense WDM*)



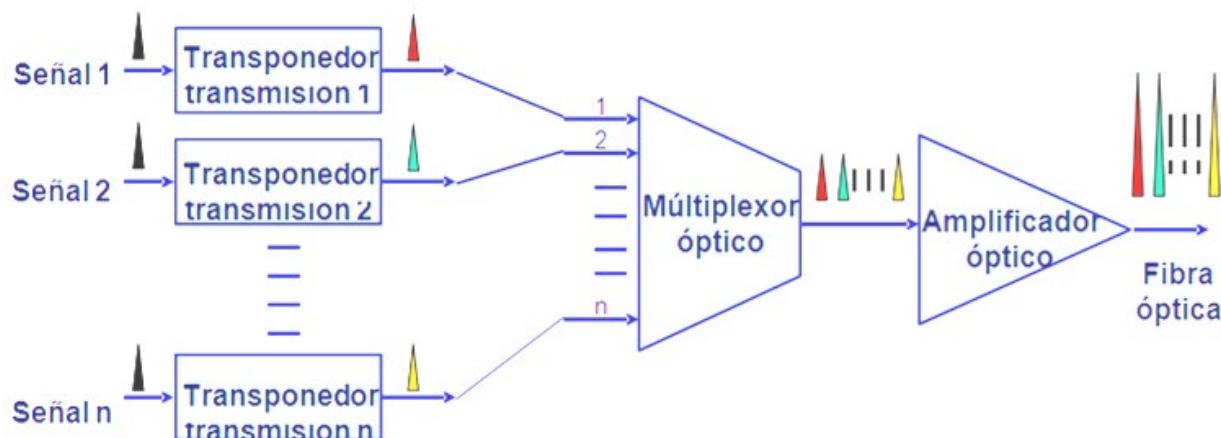
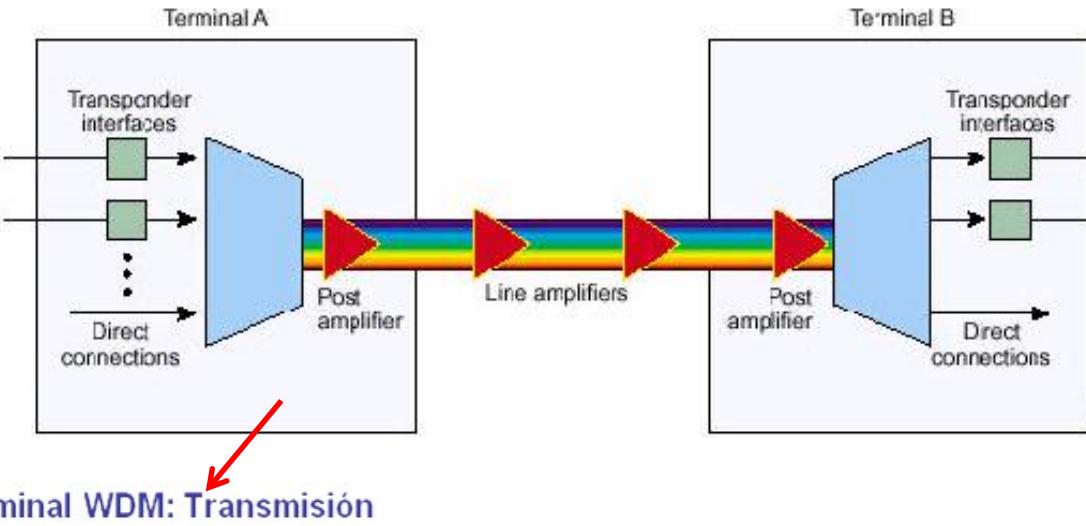
Ezaugarriak	CWDM	DWDM
Kanal kopurua	18	40 – 320
Uhin-luzerak	1270 – 1610 nm	1530 – 1625 nm
ITU-T-ko estandarra	G.694.2	G.694.1
Kanalen arteko tartea	20nm	0,8nm (100 GHZ): 40 kanal 0,4nm (50 GHZ): 80 kanal 0,2nm (25 GHZ): 160 kanal 0,1nm (12,5 GHZ): 320 kanal
Distantzia maximoa	60 Km (inguruko)	Murritzua (anplifikadore eta errepikatzaile bidez) >80 km
Aplikazioa	LAN, MAN	MAN, WAN
Kostua	Baxua	Erdizkoa – Altua





# WDM sistema baten osagaiak

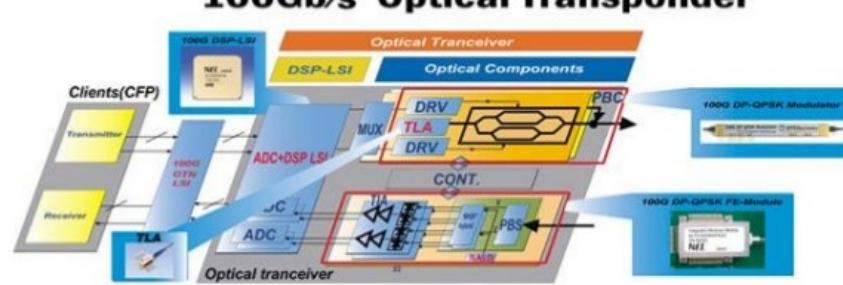
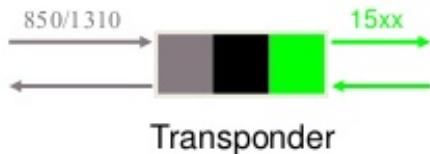
- Transpondedorea
- Multiplexorea
- Amplifikadorea





# Transpondedorea

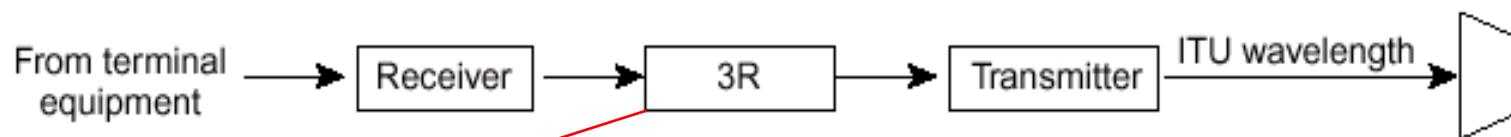
- Transpondedoreak bezero sistemek (PDH, SDH, Ethernet, etab.) seinale elektrikoak WDM sistemetan eskuragarri dauden uhin luzera ( $\lambda n$ ) gaineko seinale optiko bihurtzen ditu. Banda zabaleko eremu optikoko sarrerako seinalea badu, transpondedorea jasotako uhin-luzerak, estandarizaturiko, egonkorturiko eta multiplexatu eta demultiplexatu daitekeen uhin-luzera batera moldatzearen arduraduna da. Bezero sistema sare optikora konektatu/moldatzzen du, hots, itzulpen Optiko-Elektriko-Optikoa egiten du.
- Seinalearen birstortaileak dira: 2R (Reamplifying, Reshaping) o 3R (Reamplifying, Reshaping, Retiming).
- WDM sistema batetako transpondedore bakoitzak, “bezero” seinalea pixkat desberdina den uhin-luzera batera itzultzen du.
- Sistema batetako transpondedore guztietatik etorritako uhin-luzerak optikoki multiplexatuak dira.





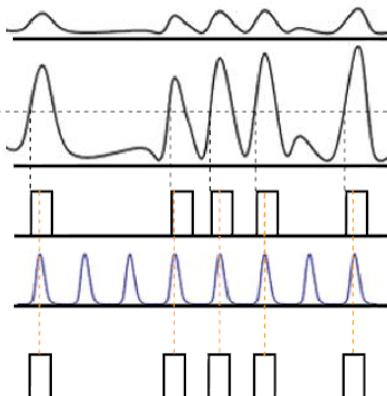
# Transpondedoreen garapena: Lineako birstotzaileak (90 hamarkada)

- Hiru belaunaldi: 1R, 2R eta 3R.
- 3R-ren funtzioak (Biranplifikazioa, denboran jartzea eta birstotzea)
- OEO bihurtzea



\*Distantzia  
batetik aurrera  
nahitaezkoa da  
kanal optikoko  
seinaleak  
birsortzea

*Reamplification,  
Reshaping,  
Retiming*



Jasotako seinalea

Anplifikatutako seinalea

2R (birformatua baina desfasatua)

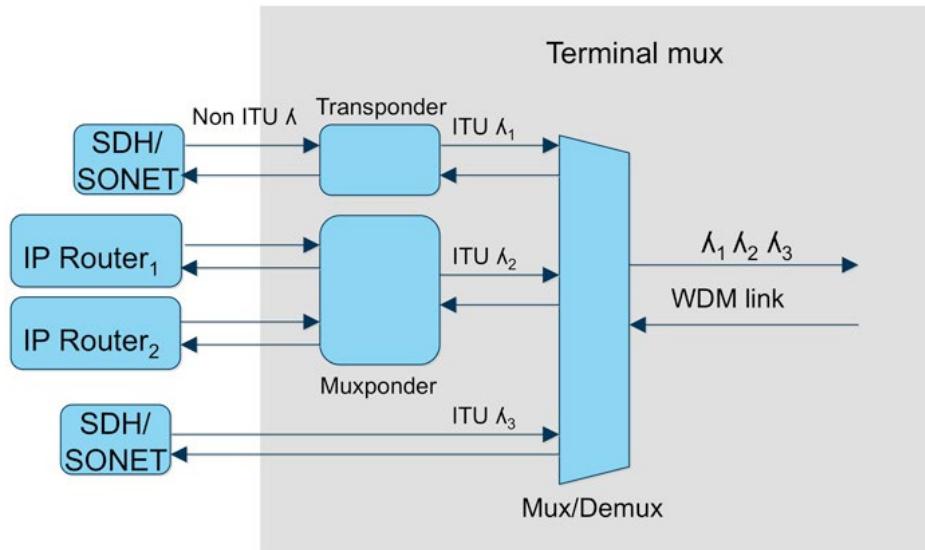
Erlojua

3R



# Muxponder

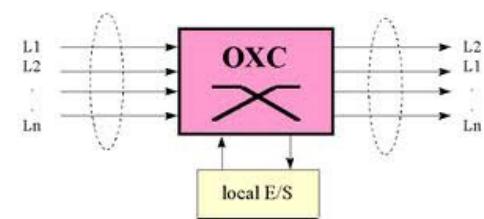
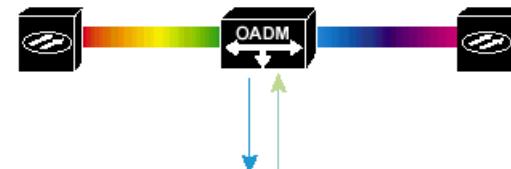
- **Muxponder** bat **transponder** bat da zeinek gehigarri bezala hierarkia baxuagoko bezero seinaleak hierarkia altuagoko batean multiplexatzen dituen multiplexadore bat du.

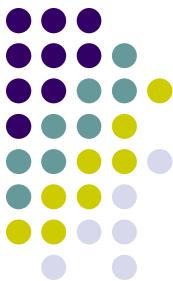




# Multiplexore optikoa

- Transpondedoretik/sarreratik datozen uhin-luzerak, seinale optiko bakarrean multiplexatzen ditu.
  - Ekipo multiplexoreak
    - WDM Multiplexorea
    - OADM (Ateratze/Sartze multiplexore optikoa)
  - Interkonexiorako beste ekipo batzuk
    - OXC (Optical Cross-Connect-ak)



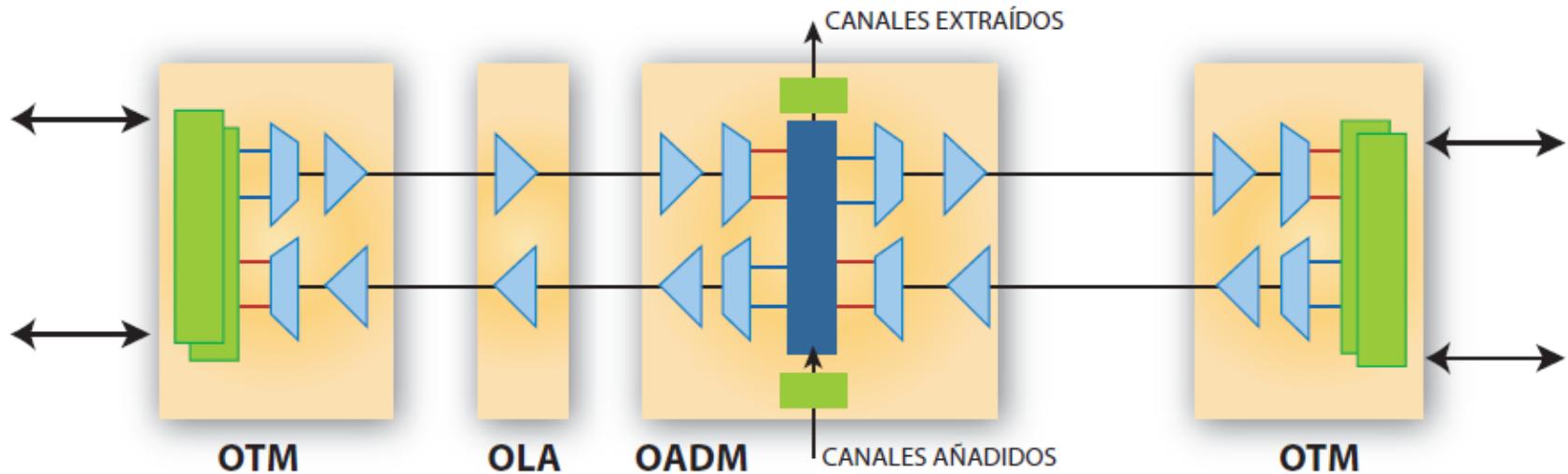


# Anplifikadore optikoa

- Anplifikadore optiko batek uhin-luzera multzo bat anplifika dezake. Multiplexaturiko seinale optikoa anplifikatzen du zuntz-optikotik bidali orduko.
  - **SOA (Semiconductor Optical Amplifier). Banda-zabaleko anplifikadorea** bigarren leihoko edo CWDM (4 lambda gehienez) aplikazioentzat da. Irteerako potentzia baxua dute (11 dBm gehienez), zarata nahiko dute (zarata altuko irudiak > 6 dB) eta ez linealak dira. Erabilera murriztua dute.
  - **EDFA (Erbium Doped Fiber Amplifier).** Kanal bakarreko edo kanal anitzeko DWDM C edo L bandetako eta Blue edo Red azpibandetako aplikazioentzat **anplifikadore optikoa da**. Irteerako potentzia 21 dBm baino altuagoa izan daiteke, irabazi altuko preanplifikadoreak ( $G > 30$  dB) eta zarata baxua edo lineazko anplifikadore (loturaren erdian errepikagailuak dituena). Anplifikadore erabilienak dira.
  - **RAMAN. Zarata ultrabaxuko anplifikadore optikoak.** EDFA-ekin elkarlanean erabiltzen dira distantzia ultra luzerako loturentzat eta kanal bakarreko edo DWDM aplikazioetan, beti ere, erdibideko birsortzea edo anplifikazioa posible ez denean. Loturaren zuntz-optikoa erabiltzen dute anplifikaziorako.



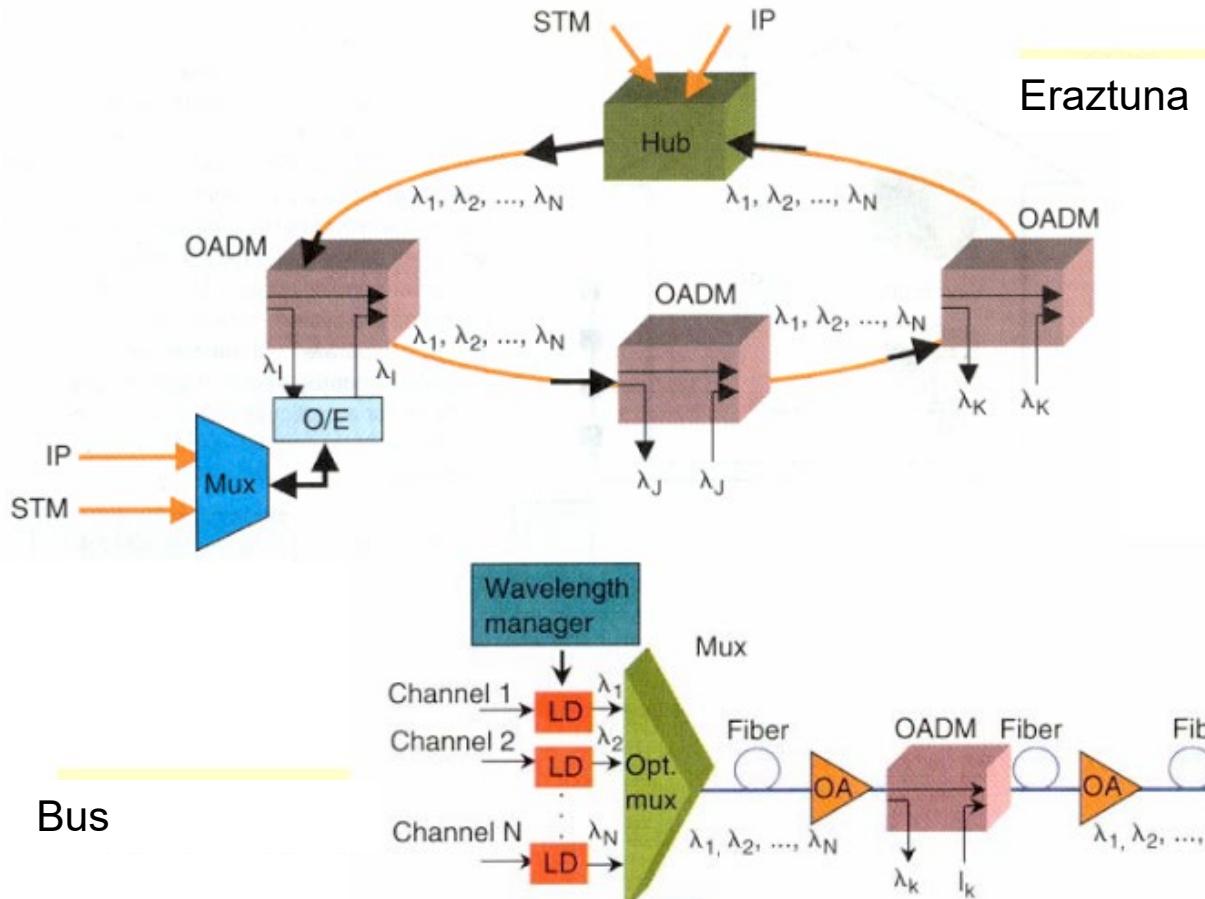
# WDM lotura baten eskema



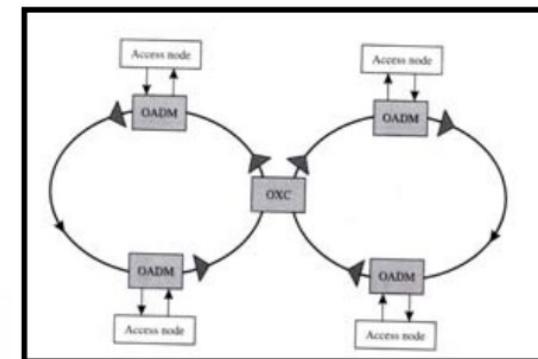
■ TRANSPONDORES    ▲ AMPLIFICADOR/PREAMPLIFICADOR    □ MULTIPLEXOR/DE MUX    ■ COMPONENTES EXTRACCIÓN/INSERCIÓN

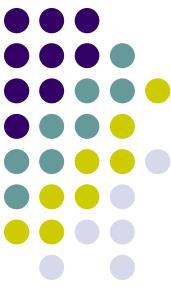
- OTM (Optical Terminal Multiplexer)
- OLA (Optical Line Amplifier)
- OADM (Optical Add & Drop Multiplexer)

# Topologiak



Eraztunen interkonexioa





# WDM-ren arazoak

- WDM-k EZ du kudeaketa eta babeste mekanismorik eskaintzen

## *Soluzioa:*

- **OTN** – Optical Transport Network (G.709)  
SDH-k bezala, mutur bietako eta loturaren atal desberdinako konexioen kontrolerako goiburua ematen du. Goiburu honek, seinalearen identifikazioa, akatsen neurtzea eta alarmen informazioa du bere baitan.



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisió sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisio sareetan zaharkitua dago)

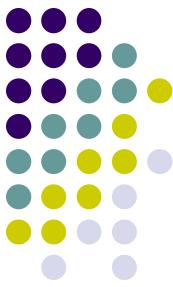
2.2.2.2 SDH/SONET

## 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

### 2.2.3.1 OTN/WDM

- WDM Sarrera
- **OTN Sarrera**
- OTN tramaren egitura
- OTN hierarkia: mapeatzea eta multiplexaziona
- Kanala optikoaren unitateak: OPU-ODU-OTU

### 2.2.3.2 MPLS-TP



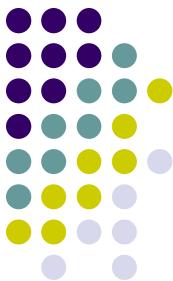
# OTN: Garraio sare optikoa

- OTN-k, edozein zerbitzu, edukiontzi digital optiko batean inguratzeko (“digital wrapper”) aukera ematen du. Horrela, zerbitzuaren gardentasuna ahalbidetzen da, edozein motako trafikoa (ahotsa, bideoa eta datuak) jasateko malgutasuna emanet.
- OTN teknologiak, multiplexazio optikoa eta elektrikoa bateratzen ditu; azpiegitura komun batean eta hierarkia digitalek dituzten kudeaketa funtzionaltasunekin etorkizunerako prestatua.
- 2001ean OTN-ren Gomendioen lehen bertsioa argitaratu zen.



# OTN eta ITUren Gomendioak

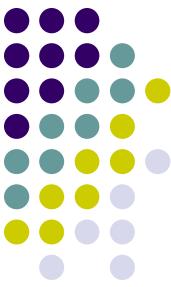
Equipment management	G.874	Management features of NEs on an OTN network
	G.874.1	OTN network: Protocol-neutral management information model for the network element
Jitter and performance	G.8251	Jitter and shift control on an OTN network
	G.8201	Bit error performance parameters and specifications on international channels of multiple carriers on an OTN network
Network protection	G.873.1	Linear protection on an OTN network
	G.873.2	Ring protection on an OTN network
Equipment functions and features	G.798	Features of function blocks of equipment on an OTN network
	G.806	Transport network equipment features: description methods and general functions
Structure and mapping	G.709	Ports on an OTN network
	G.7041	Generic frame protocol (GFP)
	G.7042	Link capacity adjustment scheme (LCAS) for virtual concatenation signals
Physical layer features	G.959.1	Physical layer ports on an OTN network
	G.693	Optical ports for intra-office systems
	G.664	Optical security rule and requirements in an optical transport system
Structure	G.872	OTN network structure
	G.8080	ASON network structure



# OTN ezaugarrriak: G.709

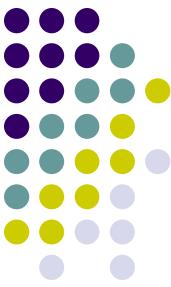
- Datuen garraio abiadura altuentzat eratua izan da OTN hierarkia digitala.
- OTN-ren OTH (Garraio Optikoaren Hierarkia)-ko lineako abiadurak OTU1, OTU2, OTU3 eta OTU4 dira. OTU4-a 2009an normalizatua izan zen 112 Gbit/s-ean, zuntz batetako uhin-luzera bakarrean 100Gbps-ko Ethernet bezeroen datuak garraiatzeko. Geroago OTUCn eta OTU25 eta OTU50 gaitasun handiagoko tramatik definitu dira.

OTU mota	OTU-ren tasa nominala	OTU-ren tolerantzia
OTU1	$255/238 \times 2\ 488\ 320$ kbit/s	
OTU2	$255/237 \times 9\ 953\ 280$ kbit/s	
OTU3	$255/236 \times 39\ 813\ 120$ kbit/s	
OTU4	$255/227 \times 99\ 532\ 800$ kbit/s	$\pm 20$ ppm
OTUCn	$n \times 239/226 \times 99\ 532\ 800$ kbit/s	
OTU25	$61677/58112 \times 24\ 883\ 200$ kbit/s	
OTU50	$61677/58112 \times 49\ 766\ 400$ kbit/s	



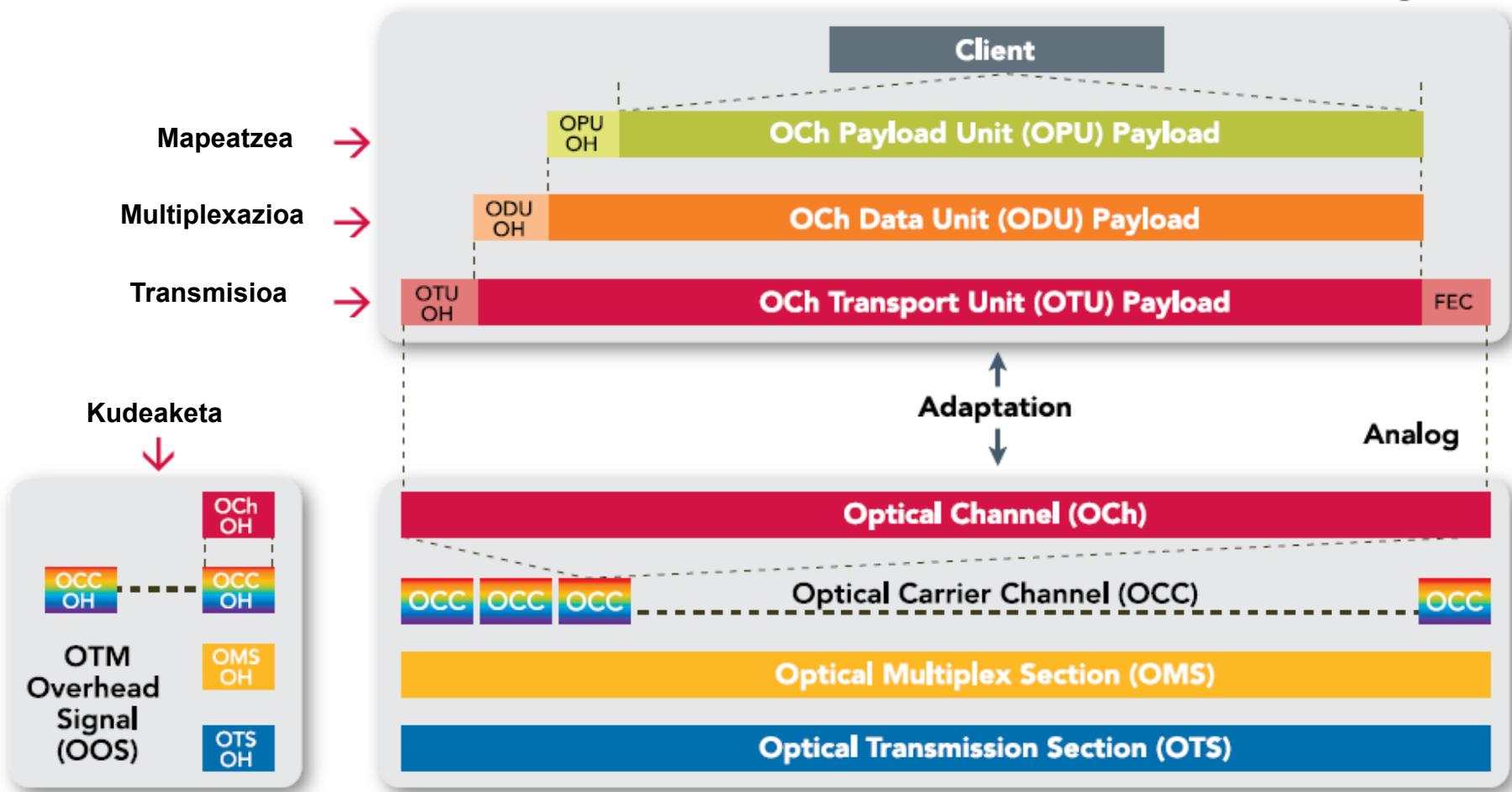
# OTN ezaugariak: G.709 (II)

- OTN-k, bere bezeroentzat gardenak diren funtzionamendu, administrazio eta kudeaketa ahalbidetzen ditu. Edozein motako datuen pakete-trafikoa garraia dezake, IP, MPLS eta Ethernet barne.
- Gainera, OTN tramek SDH trama osoak garraia ditzakete, bezero-seinalearen goiburua, aldaerarik gabe, barne.
- OTN-ren linea abiadurak, SDH-ren abiadura bitarren %7a inguru handiagoak dira, goibururako eta FEC (Forward Error Correction) informaziorako beharrezkoa den banda zabalera gehigarria hain zuen ere.
- OTN berez asinkronoa da, bezeroek ateratzen dute sinkronismoa OTNk garriatzen dituen seinaleetatik (STM-N, Ethernet...).



# OTNren egitura orokorra

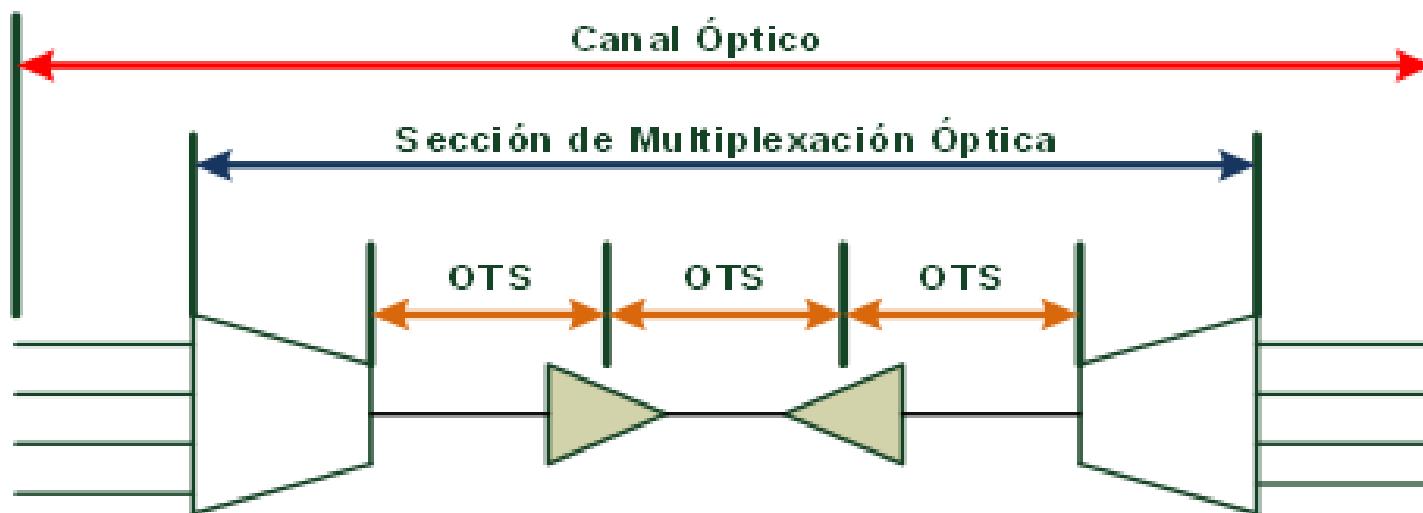
Digital





# OTN: Sare atalak

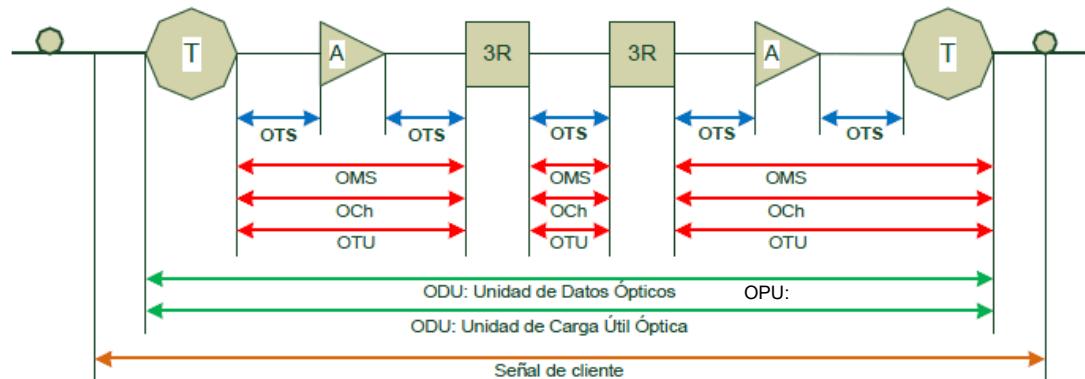
- Garraio optikoaren atala (OTS)
- Multiplexazio optikoko atala (OMS)
- Kanal optikoa (Och)





# OTN: Sare atalak

- **Kanal optikoa OCh (Optical Channel)** bi erabiltzaileren arteko konexio bat da eta bide optiko oso bat hartzen du. Kanal optikoak multiplexatzen dira eta seinale bakar bat balitz bezala transmititzen da zuntz bakar batetatik.
- Multiplexore eta demultiplexore baten arteko tarteari, zeinetan, seinale multiplexatua garraiatzen da, **Multiplexazio optikoko atala OMS** deritzo.
- Seinale multiplexatua transmititzen den bi sarbide puntuen arteko garraioari, **Garraio optikoaren atala OTS (Optical Transmission Section)** deritzo.



T: Punto de acceso de clientes

A: Amplificador Óptico

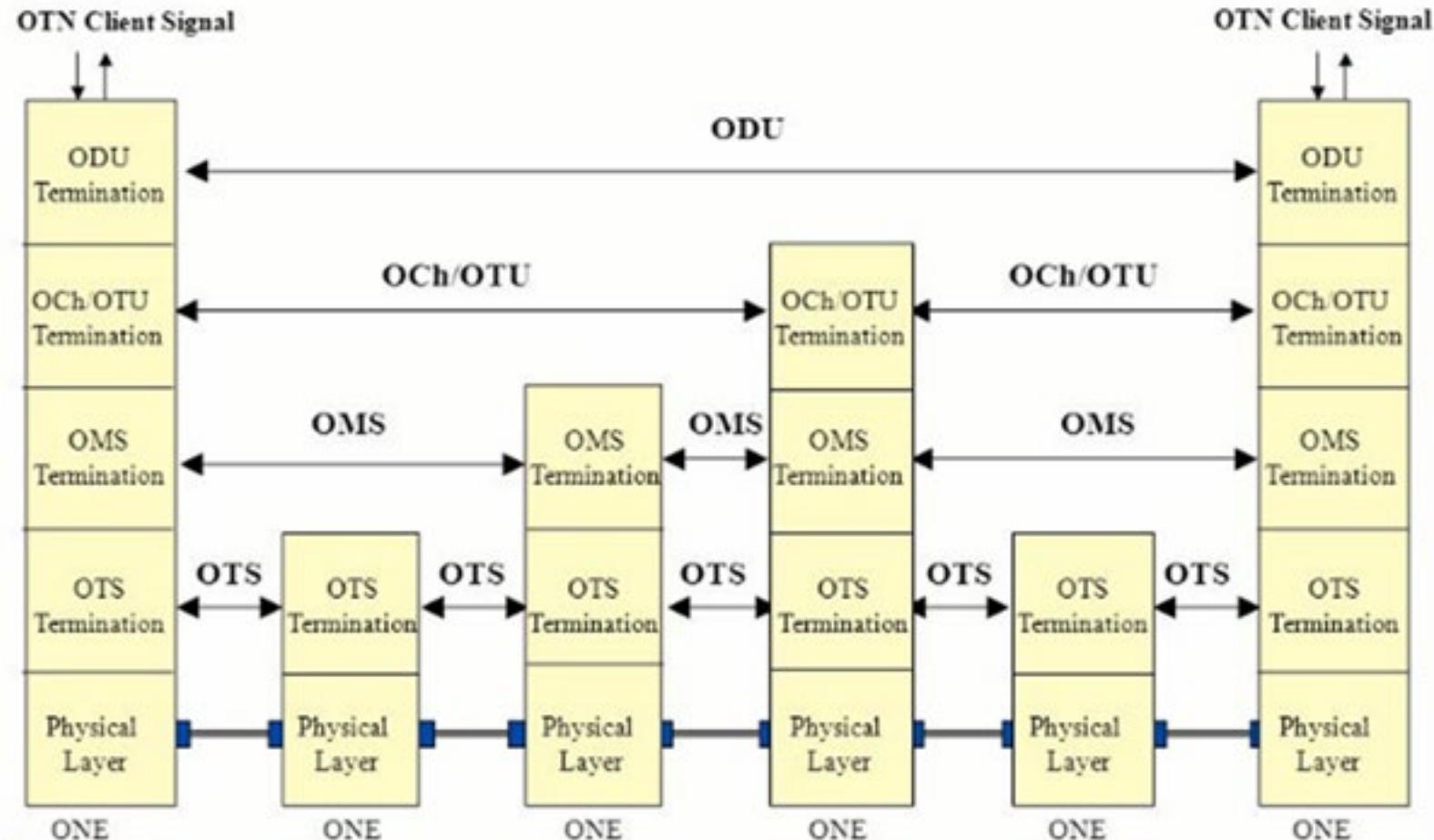
3R: Reformación, Reamplificación y Resincronización



# OTN: Datuen unitateak

- **1.- Kanal optikoko karga erabilgarriaren unitatea (OPU):**  
*OTN tramaren barnean eramateko bezeroen seinaleen karga erabilgarria eta goiburua (OH) ditu.*
- **2.- Kanal optikoko datuen unitatea (ODU):**  
*Kanal optikoko datuen unitateak (ODU) OPUaren ibilbide mailarako garraio funtzioak hornitzen ditu, horretarako diseinaturiko ODU goiburu bat gehituz.*
- **3.- Kanal optikoko garraio unitatea (OTU):**  
*ODUa prestatzen du kanal optikoko sare konexioetatik garaiatua izan dadin. Funtsean ODUa eta seinalearen jasotzean erroreak zuzentzeko FECean datza. Geruza fisikoak OTUari uhin-luzera bat edo multiplexaturiko WDM sistema bat esleitzten dio.*

# OTN konexioak (G.709)





# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisió sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisió sareetan zaharkitua dago)

2.2.2.2 SDH/SONET

## 2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

### 2.2.3.1 OTN/WDM

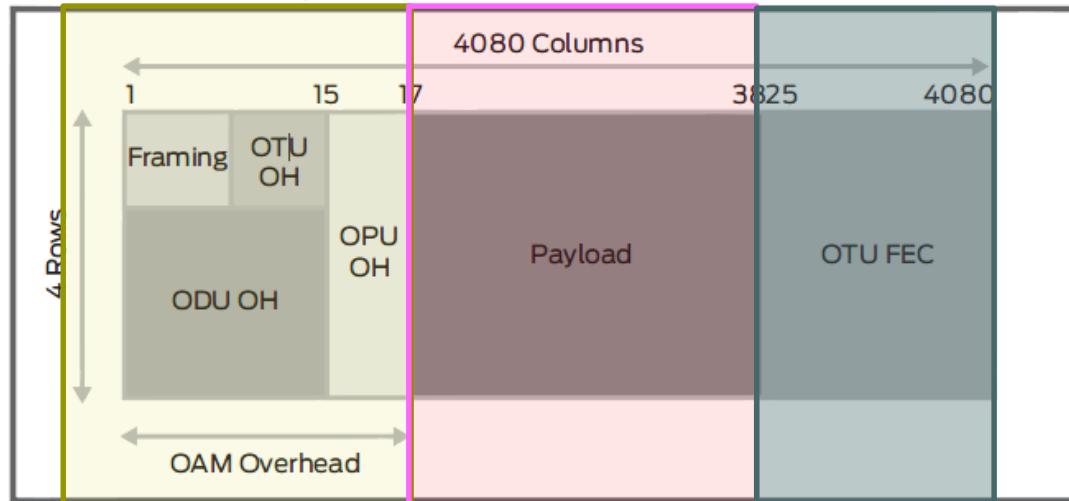
- WDM Sarrera
- OTN Sarrera
- **OTN tramaren egitura**
- OTN hierarkia: mapeatzea eta multiplexazioa
- Kanala optikoaren unitateak: OPU-ODU-OTU

### 2.2.3.2 MPLS-TP



# OTN tramaren egitura

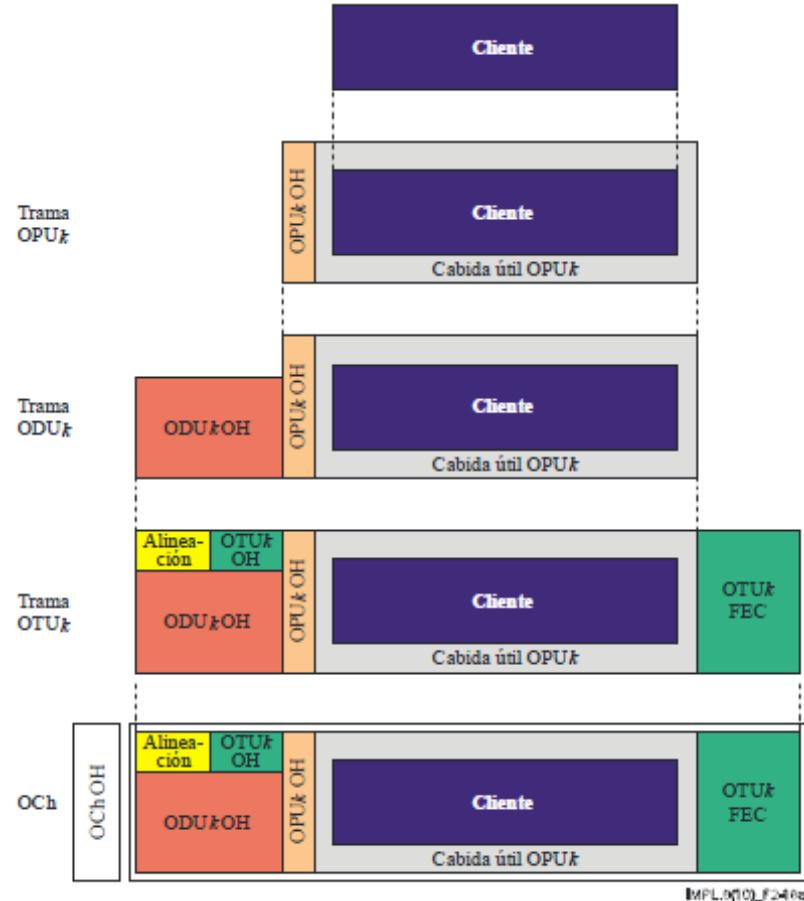
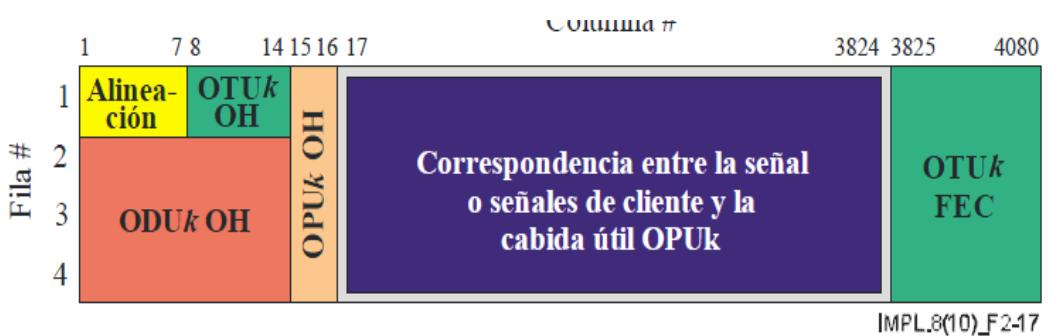
- OTN trama hiru atal desberdinduz eratua dago:
  - Kudeaketa goiburuak
  - Karga erabilgarria
  - FEC datuak (Forward Error Correction)



# OTH tramaren egitura (II)

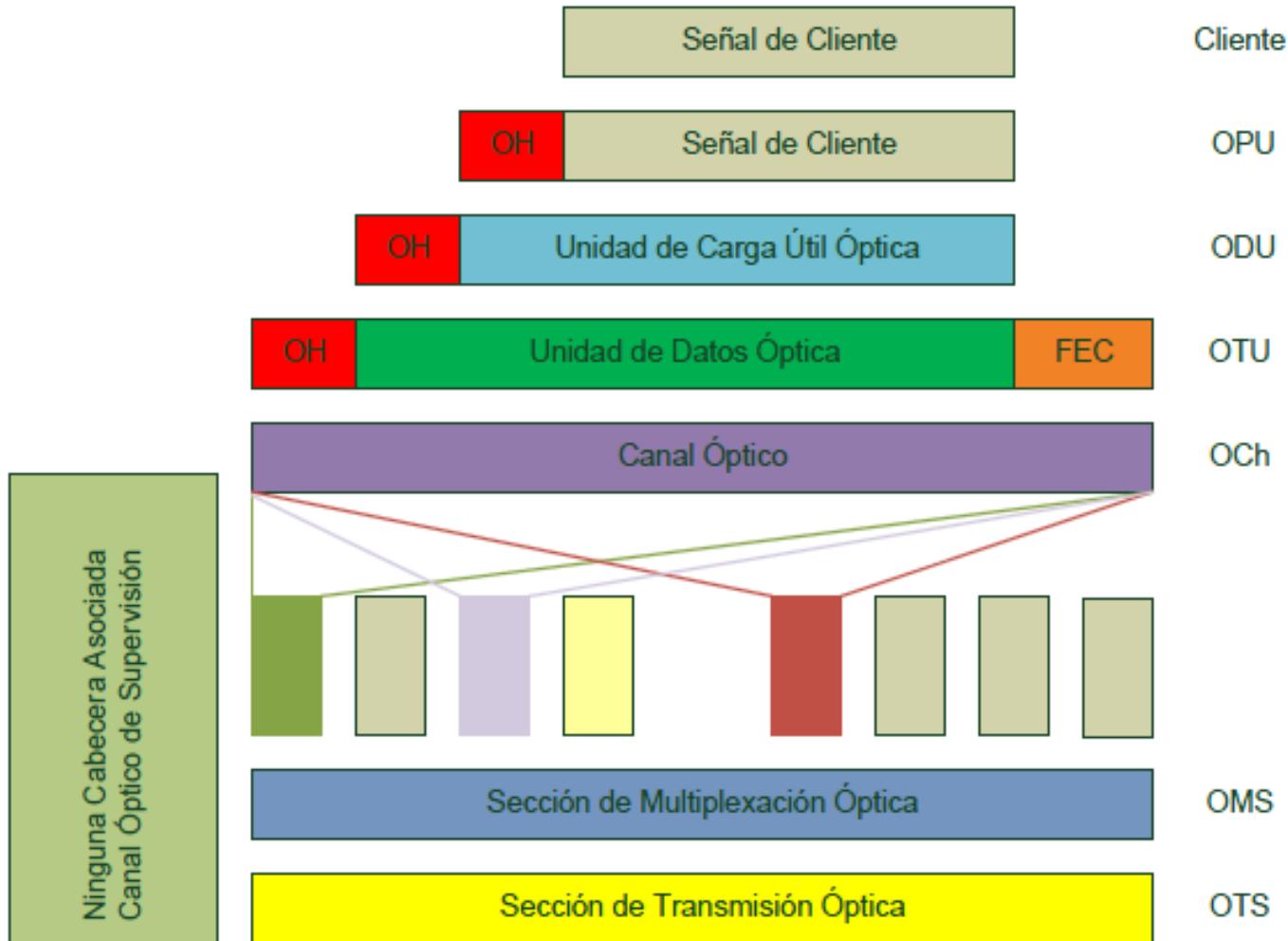


- Goiburuak:
  - OPU OH
  - ODU OH
  - OTU OH



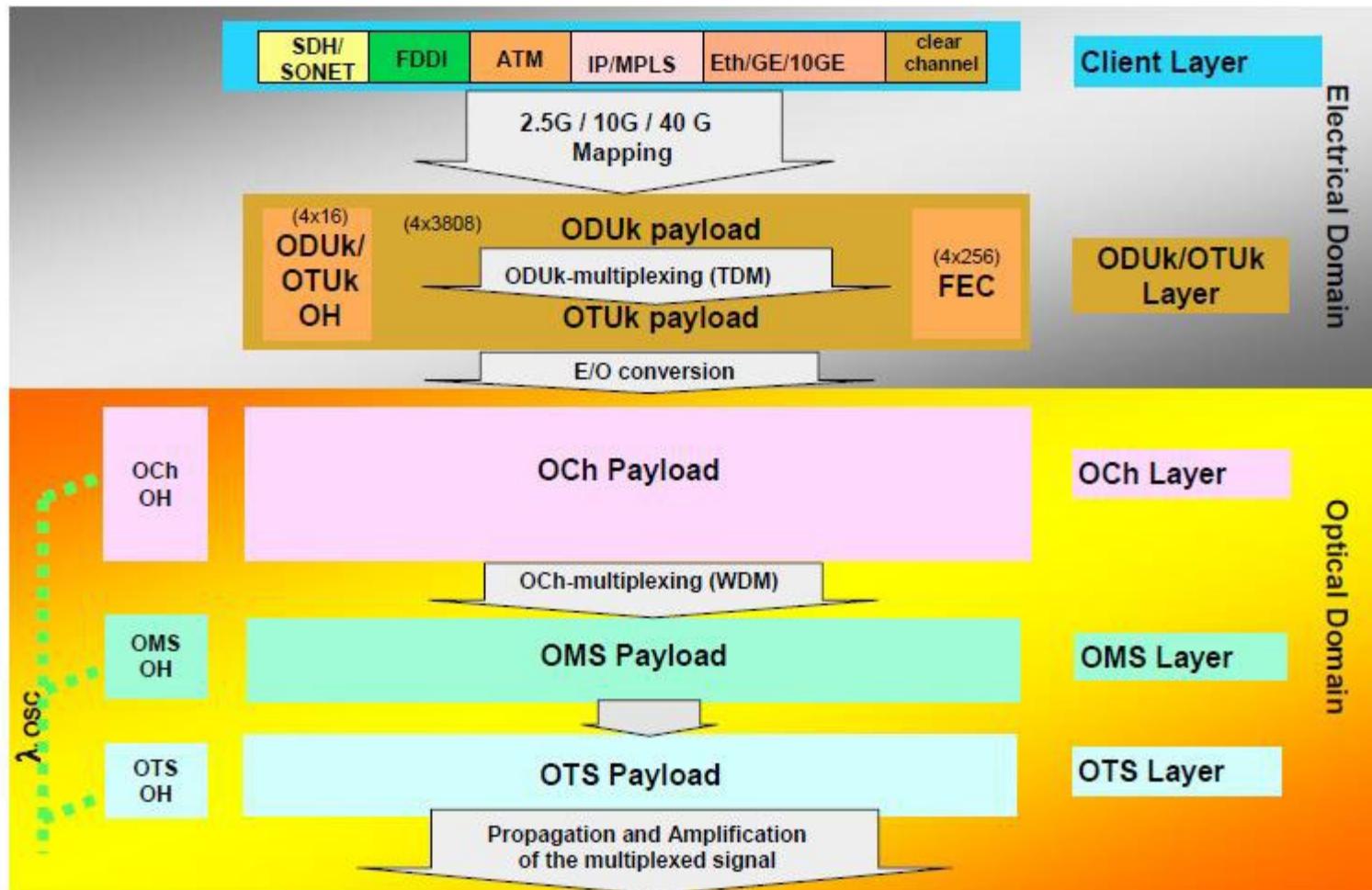


# Tramaren eraketa

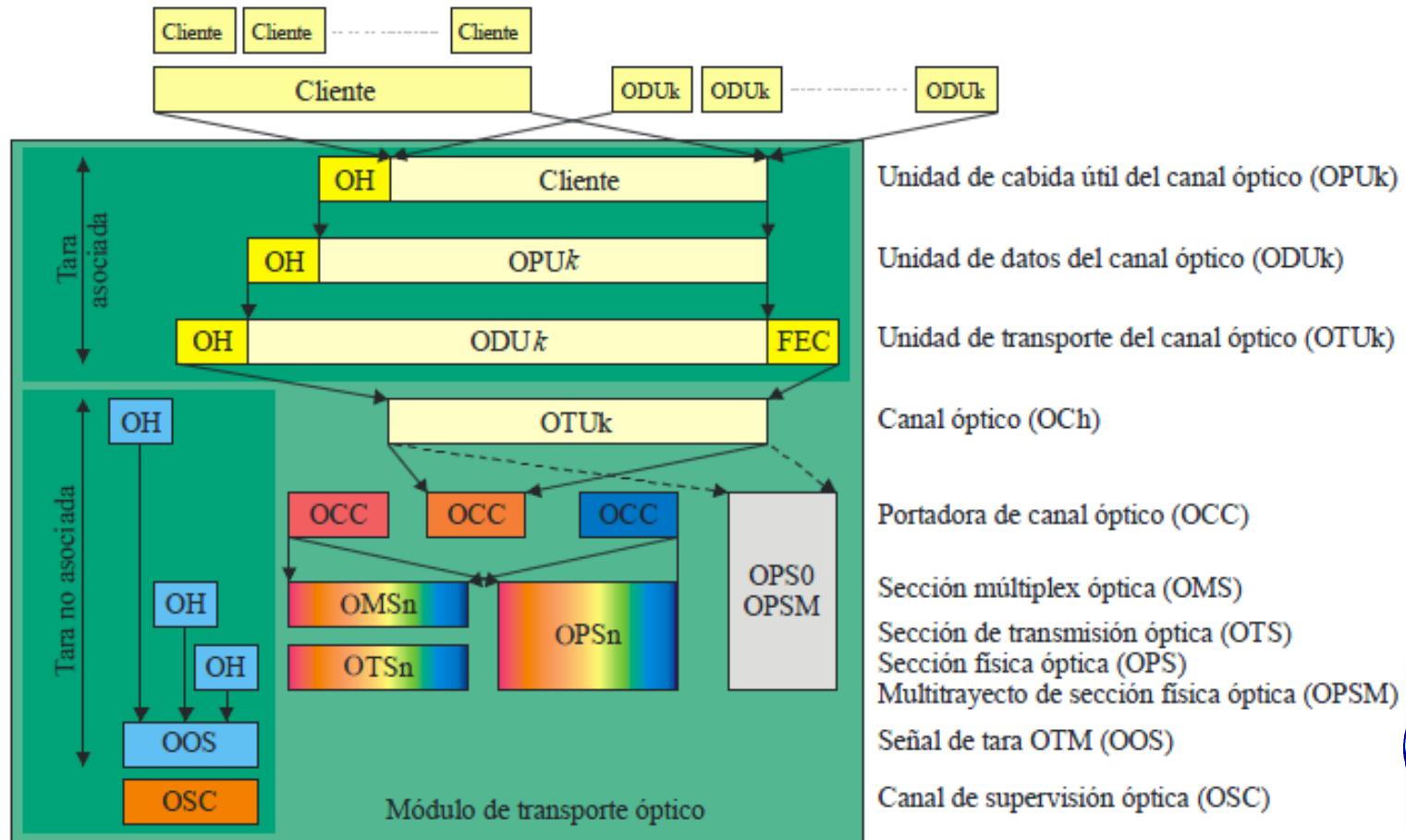
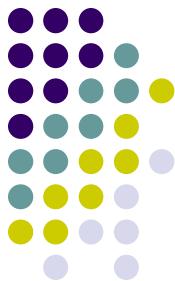




# Tramaren eraketa



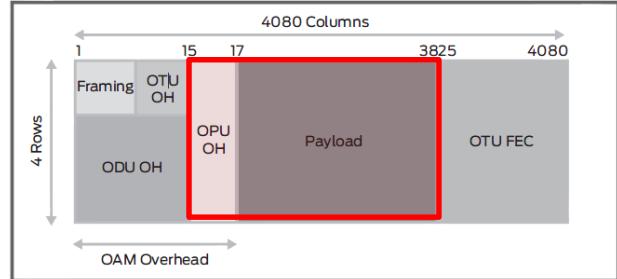
# OTH tramaren eraketa (II)



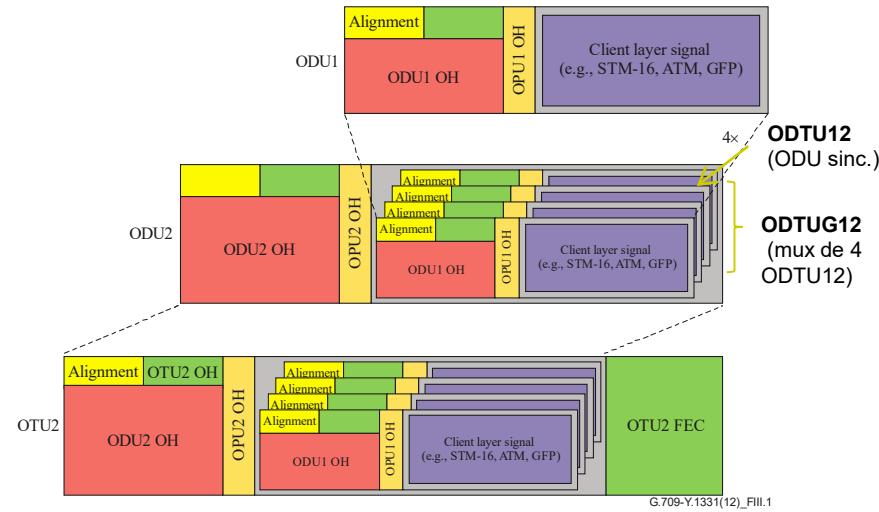
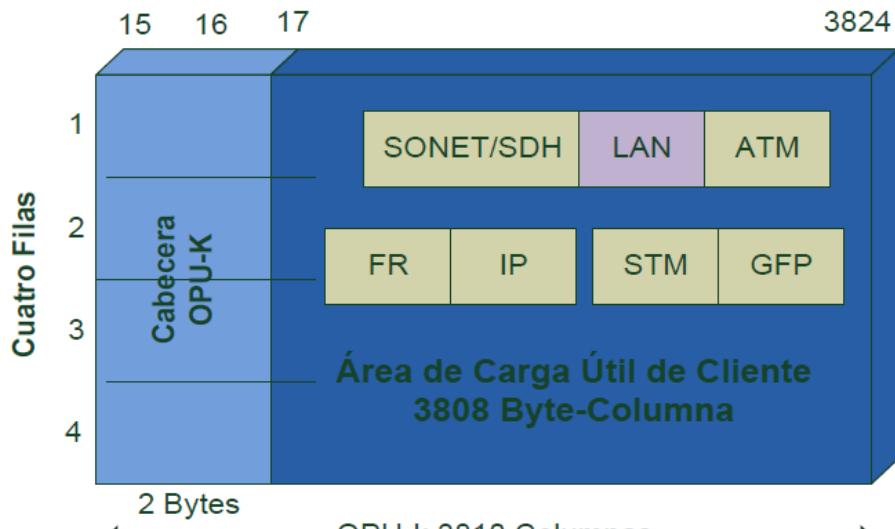
IMPL\_8(10)\_F2-11



# OPU – Karga optikoaren unitatea



- Unitate honetan zama erabilgarria mapeatzen da: izan **bezeroaren seinalea** edo beheragoko mailako **datu-unitate isurleen taldeak (ODTUG)**.
- Abiadurak** hasiera batean SDH-ri egokituta ( $238/(239-k) \times STM-N$ ) eta geroago Ethernet-erako optimizatuak.



# OPU motak

## (ITU-T G.709)



OPU type	OPU payload nominal bit rate	OPU payload bit-rate tolerance
OPU0	238/239 × 1 244 160 kbit/s	±20 ppm
OPU1	2 488 320 kbit/s	
OPU2	238/237 × 9 953 280 kbit/s	
OPU3	238/236 × 39 813 120 kbit/s	
OPU4	238/227 × 99 532 800 kbit/s	
OPU25	7339563/6944384 × 24 883 200 kbit/s	
OPU50	7339563/6944384 × 49 766 400 kbit/s	
OPUCn	$n \times 238/226 \times 99 532 800$ kbit/s	
OPU2e	238/237 × 10 312 500 kbit/s	±100 ppm
OPUflex for CBR client signals	239/238 × client signal bit rate	client signal bit-rate tolerance, with a maximum of ±100 ppm
OPUflex for GFP-F mapped client signals	238/239 × ODUflex signal rate	±100 ppm
OPUflex for IMP mapped client signals	$s \times 5 156 250$ kbit/s $s = 2, 8, n \times 5$ with $n \geq 1$	±100 ppm
OPUflex for FlexE-aware client signals	$103 125 000 \times 240/239 \times n/20$ kbit/s ( $n = n_1 + n_2 + \dots + n_p$ )	± 100 ppm

**NOTE 1 –** The nominal OPU payload rates are approximately:

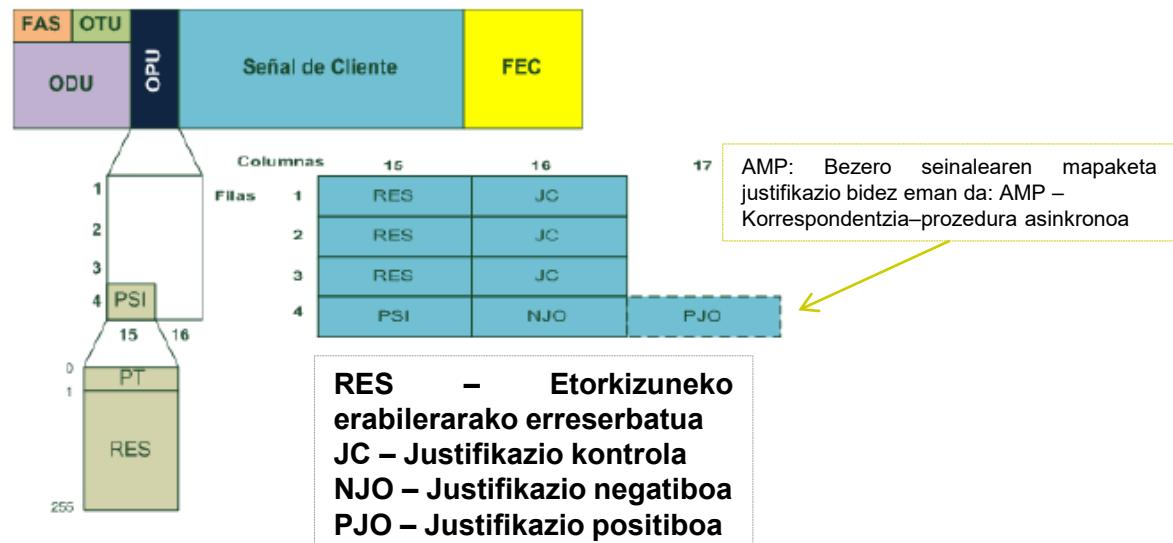
- ✓ 1 238 954.310 kbit/s (OPU0 Payload)
- ✓ 2 488 320.000 kbit/s (OPU1 Payload)
- ✓ 9 995 276.962 kbit/s (OPU2 Payload)
- ✓ 40 150 519.322 kbit/s (OPU3 Payload)
- ✓ 104 355 975.330 (OPU4 Payload)
- ✓ 10 356 012.658 kbit/s (OPU2e Payload)
- ✓ 26 299 210.130 kbit/s (OPU25 Payload)
- ✓ 52 598 420.261 kbit/s (OPU50 Payload)
- ✓ 10 356 012.658 kbit/s (OPU2e Payload)
- ✓  $n \times 104 817 727.434$  kbit/s (OPUCn Payload).

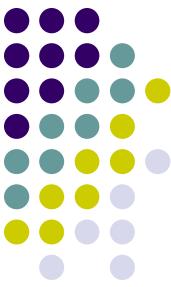
**OPUk abiadura =  $238/(239-k) \times STM-N$**   
 238/237, 238/236, 238/227...  
 Erabiltzen diren faktoreak (OPUren zama erabilgarria) / (zama erabilgarria betetzea kenduta) adierazten dute.  
 Adibidez OPU-2an 16 bit betegarri erabiltzen dira, beraz  $(3808 \times 4) / [(3808 - 16) \times 4] = 238/237$   
 OPU0ren kasuan 238/239 faktoreak  
 OPU0ren zama erabilgarria / ODU0  $(3808 \times 4) / (3824 \times 4) = 238/239$  da.



# OPU goiburua (OPU–OH)

- **PSI** (Payload Structure Identifier): ODU multitramarekin lerrokatutako 256 byte-ko mezu bat garaiatzen du
- PT: Bezero seinale mota





# Mapaketa motak

- 4 mapaketa motak erabiltzen dira OTNn:
  - **AMP** - Asynchronous Mapping Procedure
  - **BMP** - Byte Synchronous Mapping Procedure
  - **GMP** - Generic Mapping Procedure
  - **GFP-F** - Generic Framing Procedure/Framing



# OTN-ren mapeatze motak

Mapeatze – prozedura	Erabilera
<b>BMP</b> Bit-synchronous Mapping Procedure	<ul style="list-style-type: none"><li>Bezeroaren sinkronismo seinalea, OTN sarearen sinkronismo seinalearekin fase berean edo sinkronizatuta egon <b>BEHAR</b> da.</li><li>Sinkronismoaren edozein desberdintasun (bezero – seinalearen eta OTN seinalearen artean) betetza erabiliz leunduko da.</li><li>Mapeatzeko prozedura hoherena da (jitter gutxienekoa)</li></ul>
<b>AMP</b> Asynchronous Mapping Procedure	<ul style="list-style-type: none"><li>Bezero – seinalearen sinkronismo seinalea <math>\pm 45</math> ppm-ren tarteetan sinkronizatuta egon <b>BEHAR</b> da OPU-k seinalearen sinkronismo seinalearekiko (OTN sarea).</li><li>Beraz, bezero-seinalea, dagokion OPUaren edukiera erabilgarriarekiko pixkat desfasatuta egon daiteke.</li><li>Ez da BMP mapeatzea bezain ona justifikazioek jitter gertaerak sortzen dituztelako.</li></ul>
<b>GMP</b> Generic Mapping Procedure	<ul style="list-style-type: none"><li>Bezero – seinalearen biten tasa, <b>EZIN DA HANDIAGOA IZAN</b> mapeatuko den OPUaren edukiera erabilgarria baino.</li><li>Ez dago sinkronismo betebeharrik edo desfaserik.</li><li>Karga erabilgarria eta betetze byteak dagokion OPUaren edukiera erabilgarrian zehar banatzen dira jitter-a hobetzeko asmoz.</li></ul>

**OHARRA** – Paketeetan oinarrituriko bezero – seinaleak (ethernet, IP, etab.) **GFP-F** (**Generic Framing Procedure – Framed**) erabiliz egingo da beraien tramaketa, OTN tramaren edukiera erabilgarrian zuzenean jarriz.





# AMP eta BMP mapeatzea

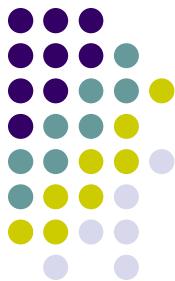
## • AMP (Asynchronous Mapping Procedure)

- CBR seinaleak (Constant Bit Rate), CBR2G5 (SDH STM-16 ), CBR10G (STM-64) eta CBR40 (STM-256) adibidez, OPU-k-n mapeatzen dira.
- AMPan **OPU goiburuko NJO eta PJO byteak erabiltzen dira** bezero-seinalea OPUan mapeatzeko justifikazio positiboa eta negatiboa erabiliz.
- Mapeatze hau egin daiteke erlojuen tolerantzia  $\pm 45$  ppm bada.

## • BMP (Byte Synchronous Mapping Procedure)

- OPUen erlojua CBR2G5, CBR10G, CBR40G bezero-seinaletatik erausten da.
- Bezero-seinalea OPUn mapeatzen da justifikaziorik erabili gabe (kasu honetan NJO byteak justifikazioa darama, PJO-k datuak eta justifikazio kontroleko byteak zeron jartzen dira).
- Mapeatze hau egin daiteke erlojuen tolerantzia  $\pm 20$  ppm bada.

# CBR bezero-seinaleen AMP/BMP mapeatzea



	15	16	17	18	Column #	.....	3824
Row #	1	RES	JC	D	D	3805D	D
	2	RES	JC	D	D	3805D	D
	3	RES	JC	D	D	3805D	D
	4	PSI	NJO	PJO	D	3805D	D

CBR2G5 (STM-16) baten mapeatzea OPU1-an

G.709-Y.1331(12)\_F17-2

	15	16	17	.....	1904	1905	.....	1920	1921	.....	3824
Row #	1	RES	JC		118 × 16D		16FS			119 × 16D	
	2	RES	JC		118 × 16D		16FS			119 × 16D	
	3	RES	JC		118 × 16D		16FS			119 × 16D	
	4	PSI	NJO	PJO	15D + 117 × 16D		16FS			119 × 16D	

CBR10G (STM-64) baten mapeatzea OPU2-an

G.709-Y.1331(12)\_F17-3

	15	16	17	.....	1264	1265	...	1280	1281	.....	2544	2545	...	2560	2561	...	3824
Row #	1	RES	JC		78 × 16D		16FS		79 × 16D		16FS		79 × 16D				
	2	RES	JC		78 × 16D		16FS		79 × 16D		16FS		79 × 16D				
	3	RES	JC		78 × 16D		16FS		79 × 16D		16FS		79 × 16D				
	4	PSI	NJO	PJO	15D + 77 × 16D		16FS		79 × 16D		16FS		79 × 16D				

CBR40G (STM-256) baten mapeatzea OPU3-an

G.709-Y.1331(12)\_F17-4

FS-Fixed Stuff

D-Data

JC-Justificatoin Control

NJO-Negative Justification Opportunity

PJO-Positive Justification Opportunity

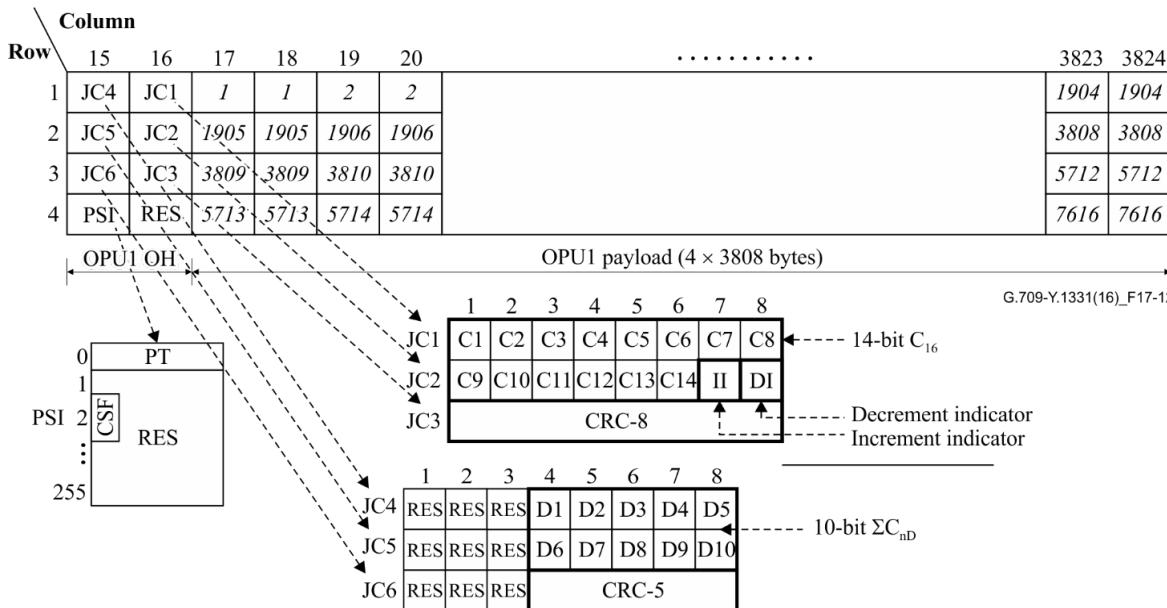
Iturria: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709-202006-I/en>



# GMP mapeatzea

- **GMP (Generic Mapping Procedure)**

- Bezero-seinaleen abiaduretara egokitzeko, AMP/BMP-k baino gaitasun handiagoa ematen du.
- Informazio eta betetze bytak era uniformean banatzen dira tramatik (Sigma/Delta algoritmoa erabiliz). Hartzailak datuak eta betegarria desberdindu dezake algoritmo bera erabiliz.



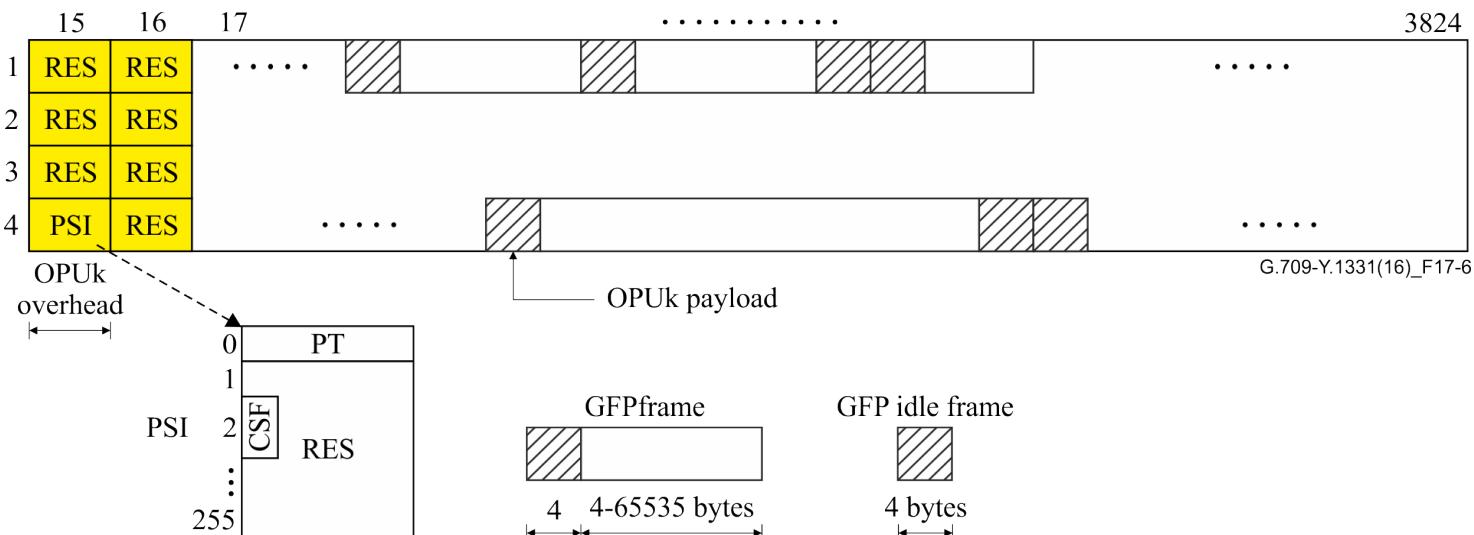
ESCON seinale baten mapeatzea OPU1an



# GFP-F mapeatzea

- **GFP-F (Generic Framing Procedure)**

- GFP motako tramen egitura lerrokatzen da OPUk-ren zama erabilgarriaren byte egiturekin.
- GFP tramak luzera aldakorrekoa direnez trama batek OPUk ( $k = 0, 1, 2, 3, 4$ , flex) baten mugak gaindi ditzake. Mapeatzeak ez du limiterik jartzen tramaren gehienezko luzeran.



# Bezero-seinaleen mapeatzea OPU-tan



	OPU0	OPU1	OPU2	OPU2e	OPU3	OPU4	OPUflex
STM-1	GMP						
STM-4	GMP						
STM-16		AMP,BMP					
STM-64			AMP,BMP				
STM-256					AMP,BMP		
1000BASE-X	GMP						
10GBASE-R				BMP			
40GBASE					GMP		
100GBASE						GMP	
FC-100	GMP						
FC-200		GMP					
FC-400							BMP
FC-800							BMP
FC-1200				BMP			
FC-1600							BMP
FC-3200							BMP
ESCON	GMP						
DVB-ASI	GMP						
CM_GPON		AMP					
CM_XGPON			AMP				
INFINIBAND							BMP
SDI	GMP						
1.5 G/3G SDI							BMP
Packet streams (adb.Internet,MPLS,IP)	GFP	GFP	GFP		GFP		GFP

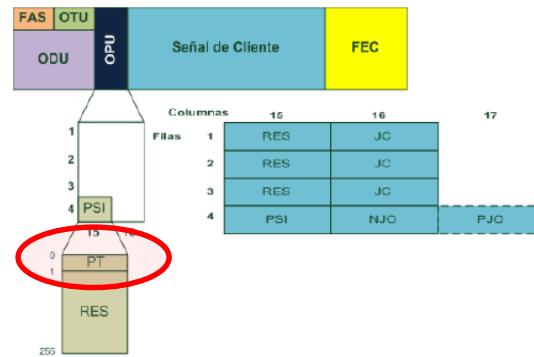
# OPUren goiburuko PT- Payload Type



**Table 15-9 - Payload type code points**

MSB 1 2 3 4	LSB 5 6 7 8	Hex code	Interpretation
0 0 0 0	0 0 1 0	02	Asynchronous CBR mapping, see clause 17.2
0 0 0 0	0 0 1 1	03	Bit-synchronous CBR mapping, see clause 17.2
0 0 0 0	0 1 0 1	05	GFP mapping, see clause 17.4
0 0 0 0	0 1 1 1	07	PCS codeword transparent Ethernet mapping: 1000BASE-X into OPU0, 40GBASE-R into OPU3, 100GBASE-R into OPU4
0 0 0 0	1 0 0 0	08	FC-1200 into OPU2e mapping, see clause 17.8.2
0 0 0 0	1 0 0 1	09	GFP mapping into extended OPU2 payload, see clause 17.4.1 (Note 5)
0 0 0 0	1 0 1 0	0A	STM-1 mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 0	1 0 1 1	0B	STM-4 mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 0	1 1 0 0	0C	FC-100 mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 0	1 1 0 1	0D	FC-200 mapping into OPU1, see clause 17.7.2
0 0 0 0	1 1 1 0	0E	FC-400 mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 0	1 1 1 1	0F	FC-800 mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	0 0 0 0	10	Bit stream with octet timing mapping, see clause 17.6.1
0 0 0 1	0 0 0 1	11	Bit stream without octet timing mapping, see clause 17.6.2
0 0 0 1	0 0 1 0	12	IB SDR mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	0 0 1 1	13	IB DDR mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	0 1 0 0	14	IB QDR mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	0 1 0 1	15	SDI mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 1	0 1 1 0	16	(1.485/1.001) Gbit/s SDI mapping into OPU1, see clause 17.7.2
0 0 0 1	0 1 1 1	17	1.485 Gbit/s SDI mapping into OPU1, see clause 17.7.2
0 0 0 1	1 0 0 0	18	(2.970/1.001) Gbit/s SDI mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	1 0 0 1	19	2.970 Gbit/s SDI mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	1 0 1 0	1A	SBCON/ESCON mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 1	1 0 1 1	1B	DVB_ASI mapping into OPU0, see clause 17.7.1
0 0 0 1	1 1 0 0	1C	FC-1600 mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 0 1	1 1 0 1	1D	FlexE Client mapping into OPUflex, see clause 17.11
0 0 0 1	1 1 1 0	1E	FlexE aware (partial rate) mapping into OPUflex, see clause 17.12
0 0 0 1	1 1 1 1	1F	FC-3200 mapping into OPUflex, see clause 17.9
0 0 1 0	0 0 0 0	20	ODU multiplex structure supporting ODTUjk only, see clause 19 (AMP only)
0 0 1 0	0 0 0 1	21	ODU multiplex structure supporting ODTUk.ts or ODTUk.ts and ODTUjk, see clause 19 (GMP capable)
0 0 1 0	0 0 1 0	22	ODU multiplex structure supporting ODTUCn.ts, see clause 20 (GMP capable)
0 0 1 1	0 0 0 0	30	25GBASE-R mapping into OPUflex, see clause 17.13
0 0 1 1	0 0 0 1	31	200GBASE-R mapping into OPUflex, see clause 17.13
0 0 1 1	0 0 1 0	32	400GBASE-R mapping into OPUflex, see clause 17.13
0 0 1 1	0 0 1 1	33	50GBASE-R mapping into OPUflex, see clause 17.13
1 1 1 1	1 1 0 1	FD	NULL test signal mapping, see clause 17.5.1
1 1 1 1	1 1 1 0	FE	PRBS test signal mapping, see clause 17.5.2

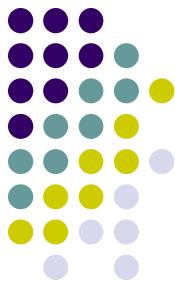
# OPUren goiburuko PT- Payload Type



- **Payload Type = 20** 1,25 edo 2,5 Gbps time slot-ak erabiltzen dituzten ODUak mapeatzeko. Bakarrik mapeatze asinkronoa (AMP) onartzen du.
- **Payload Type = 21** 1,25 Gbps-ko time slot-ak erabiltzen dituzten ODUak mapeatzeko. Ia beti mapeatze prozesu generikoa (GMP) erabiltzen du.
- **Payload Type = 22** 5 Gbps time slot-ak erabiltzen dituzten ODUak mapeatzeko. Mapeatze prozesu generikoa (GMP) erabiltzen du.



# Mapeado de ODU en área de cabida superior según PT

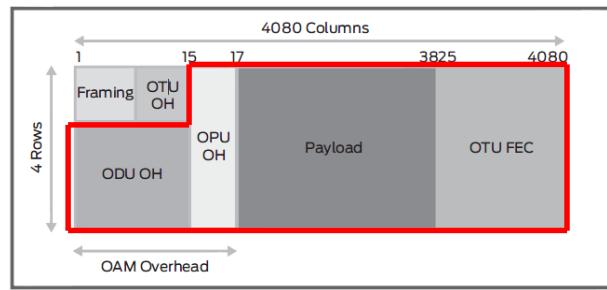
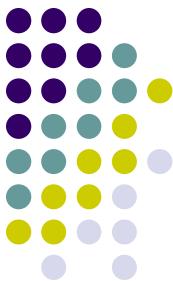


	5G tributary slots <b>OPUCn (PT=22)</b>	2.5G tributary slots		1.25G tributary slots			<b>OPU4 (PT=21)</b>
		<b>OPU2 (PT=20)</b>	<b>OPU3 (PT=20)</b>	<b>OPU1 (PT=20)</b>	<b>OPU2 (PT=21)</b>	<b>OPU3 (PT=21)</b>	
ODU0	GMP	—	—	AMP	GMP	GMP	GMP
ODU1	GMP	AMP	AMP	—	AMP	AMP	GMP
ODU2	GMP	—	AMP	—	—	AMP	GMP
ODU2e	GMP	—	—	—	—	GMP	GMP
ODU3	GMP	—	—	—	—	—	GMP
ODU4	GMP	—	—	—	—	—	—
ODUflex	GMP	—	—	—	GMP	GMP	GMP

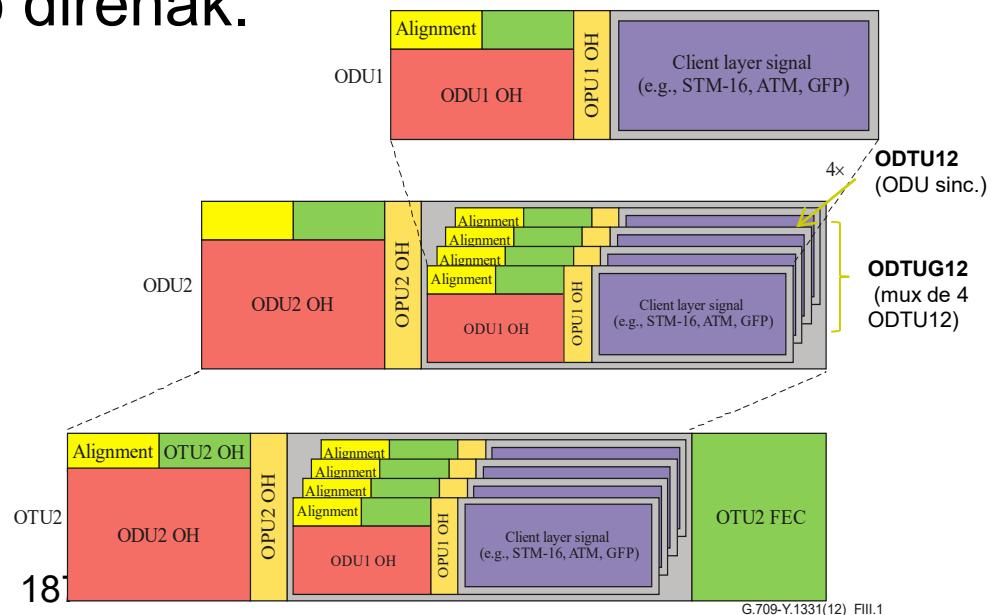
NOTE – Mapping ODU0 and ODU1 into a 5G tributary slot of the OPUCn does not fully occupy the tributary slot's bandwidth.

PT - Payload Type

# ODU – OCh Data Unit



- Kanal optikoaren datu unitatea Garraio Unitatean (OTU) transmititzen dena, edo...
- Abiadura baxuko ODU-k seinaleak multiplexatzen dira ***isurle datu-unitate taldeak (Optical Data Tributary Unit Group, ODTUG)*** sortzeko, edukiera handiagoko OPU batean mapeatuko direnak.

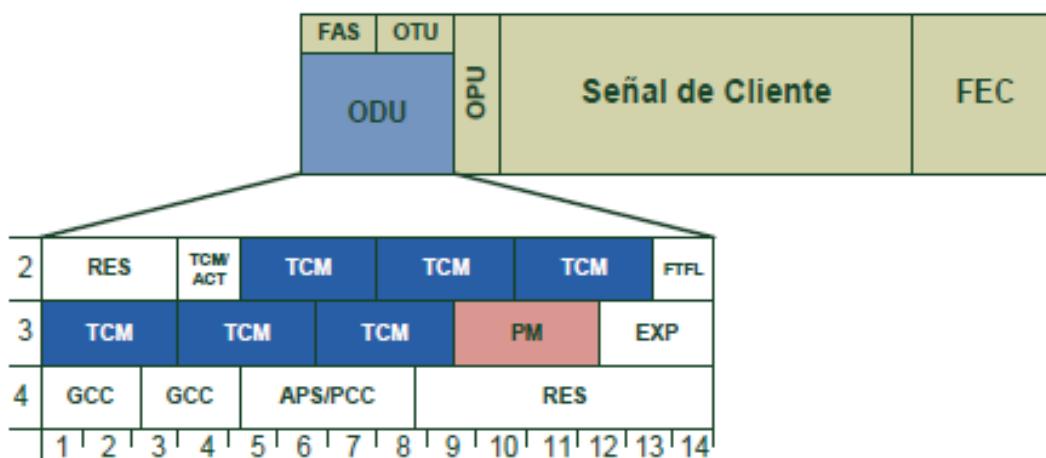




# ODU – Datu optikoen unitatea

- **ODU goiburua:**

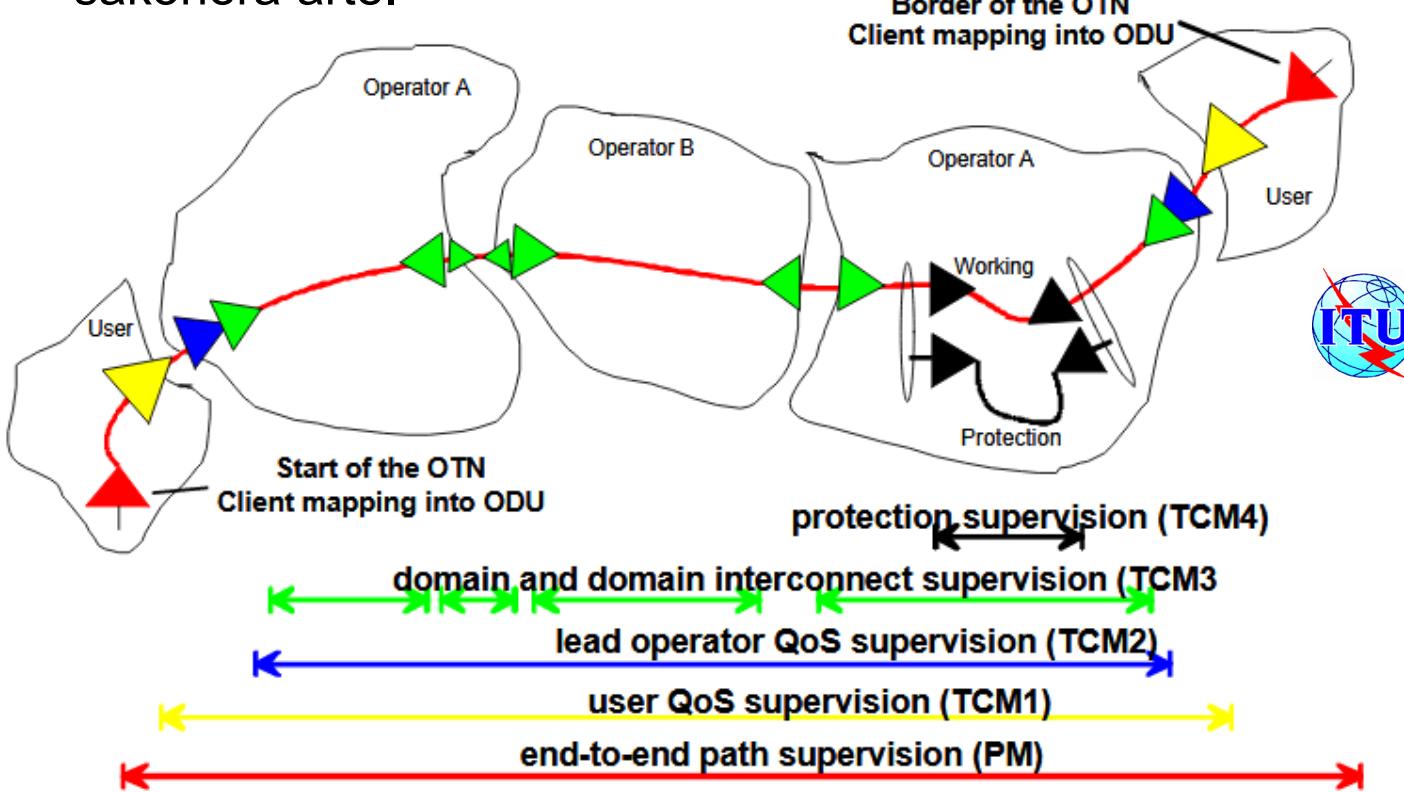
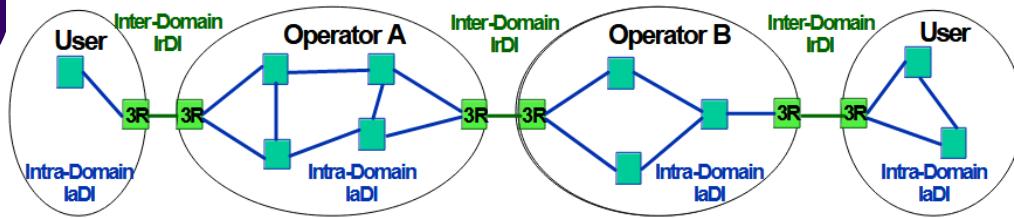
- **PM (Path Monitoring):** ODU ibilbide-gainbegiratze goiburuak sareko atal konkretuen eta sarearen gertatzen den arazoaren kokapenaren monitorizazioa ahalbidetzen du, horretarako, PM goiburuan deskribaturiko byteak erabiltzen ditu.
- **TCM (Tandem Connection Monitoring):** Kaskadan ematen den konexioa gainbegiratzeko balio du, sare bat baino gehiagotatik pasatzen den seinalearen kudeaketa ahalbidetzen du. Honek ere, paritate-byteak akatsak konprobatzeko erabiltzen ditu.



# OTN: Interfazeak eta Tandem connection (TC)



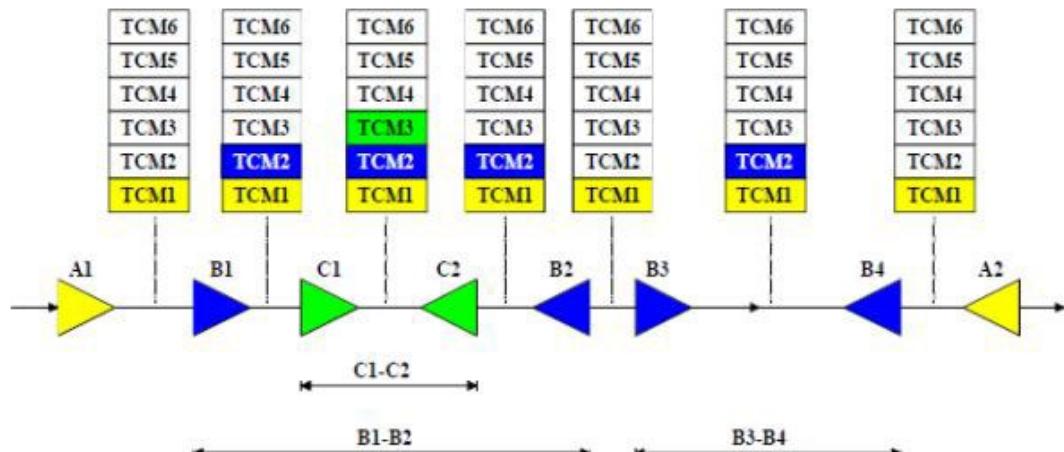
- **Inter-domain interface (IrDI)**
- **Intra-domain interface (IaDI)**
- **Tandem Connection (TC):** Mekanismo honen bidez erabiltzaileek zein operadoreek transmisio kalitatea monitoriza dezakete, 6 mailetako sakonera arte.



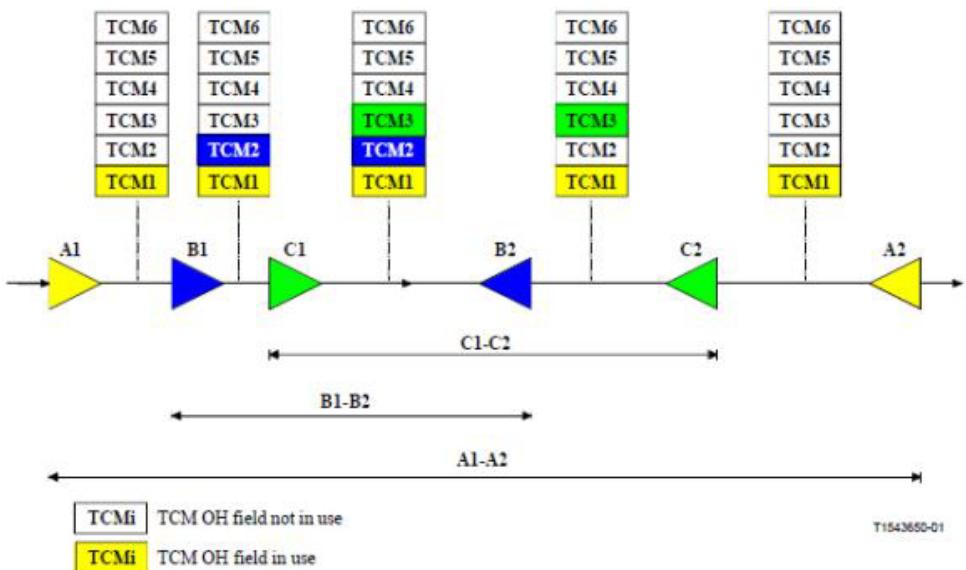
<https://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>



# TCM



**TCMi** TCM OH field not in use  
**TCMfi** TCM OH field in use



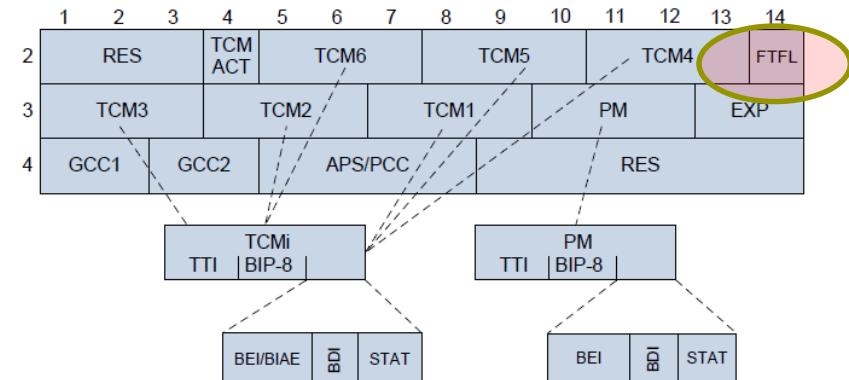
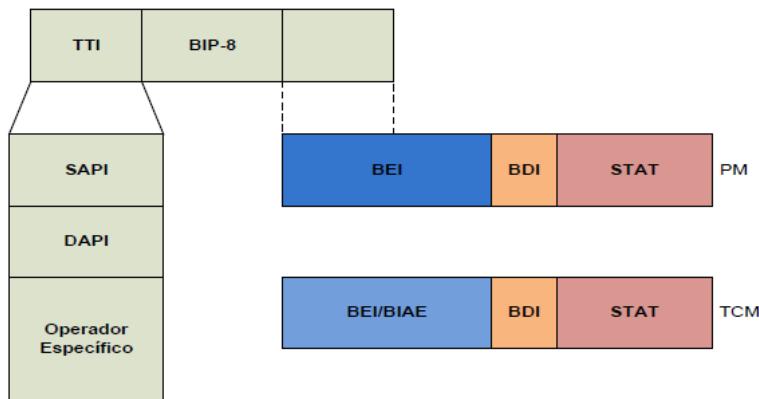
**TCMi** TCM OH field not in use  
**TCMfi** TCM OH field in use

T1543650-01



# ODU goiburua (PM eta TCM)

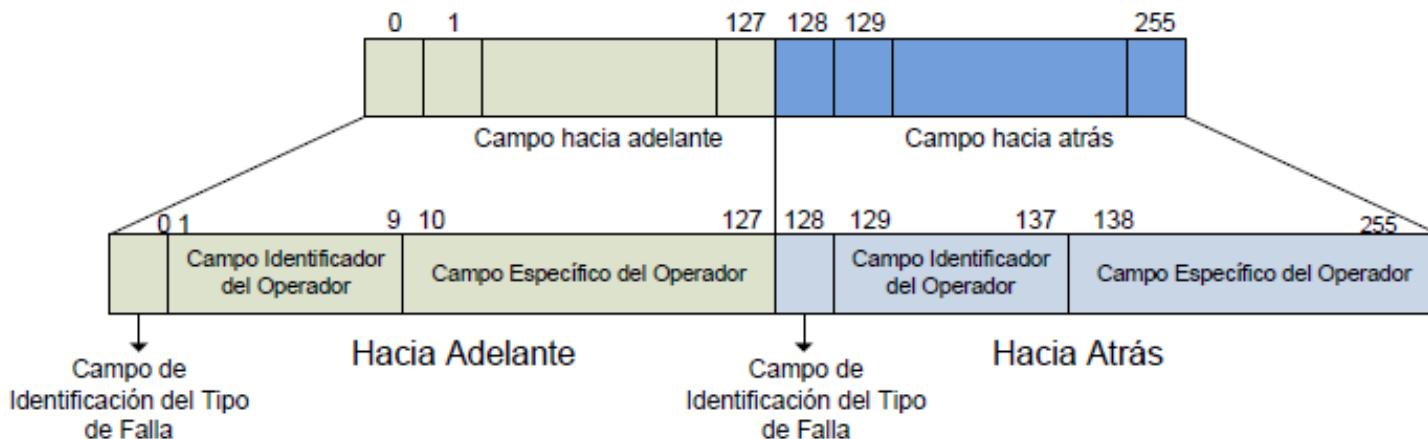
- PM eta TCM-k hiruna byte dauzkate, hurrengo eremuekin:
  - **Ibilbide aztarna identifikatzailea (TTI-Trail Trace Identifier).** Iturburutik helmugarako seinalea sarean ezagutzeko erabilia: Iturburuko sarbide-puntu identifikatzailea (SAPI- Source access point identifier) eta Helmugako sarbide-puntu identifikatzailea (DAPI-Destination access point identifier).
  - **8 mailako biten gurutzelarkatua paritatea BIP-8 (Bit Interleaved Parity).** Errore detekziorako erabiltzen den byte bat da.
  - **Atzerantzako defektu adierazlea (BDI- Backward Defect Indication).** Seinalearen akats informazioa atzerantzako norabidean adierazten duen bit bat da.
  - **Atzerantzako errore adierazlea (BEI- Backward Error Indication) eta atzerantzako sarrerako lerrokatze errorea (BIAE- Backward Incoming Alignment Error).** Atzerantzako norantzan errorea detektatu zaien gurutzelarkaturiko bit blokeen informazioa darama.





# ODU goiburua (FTFL)

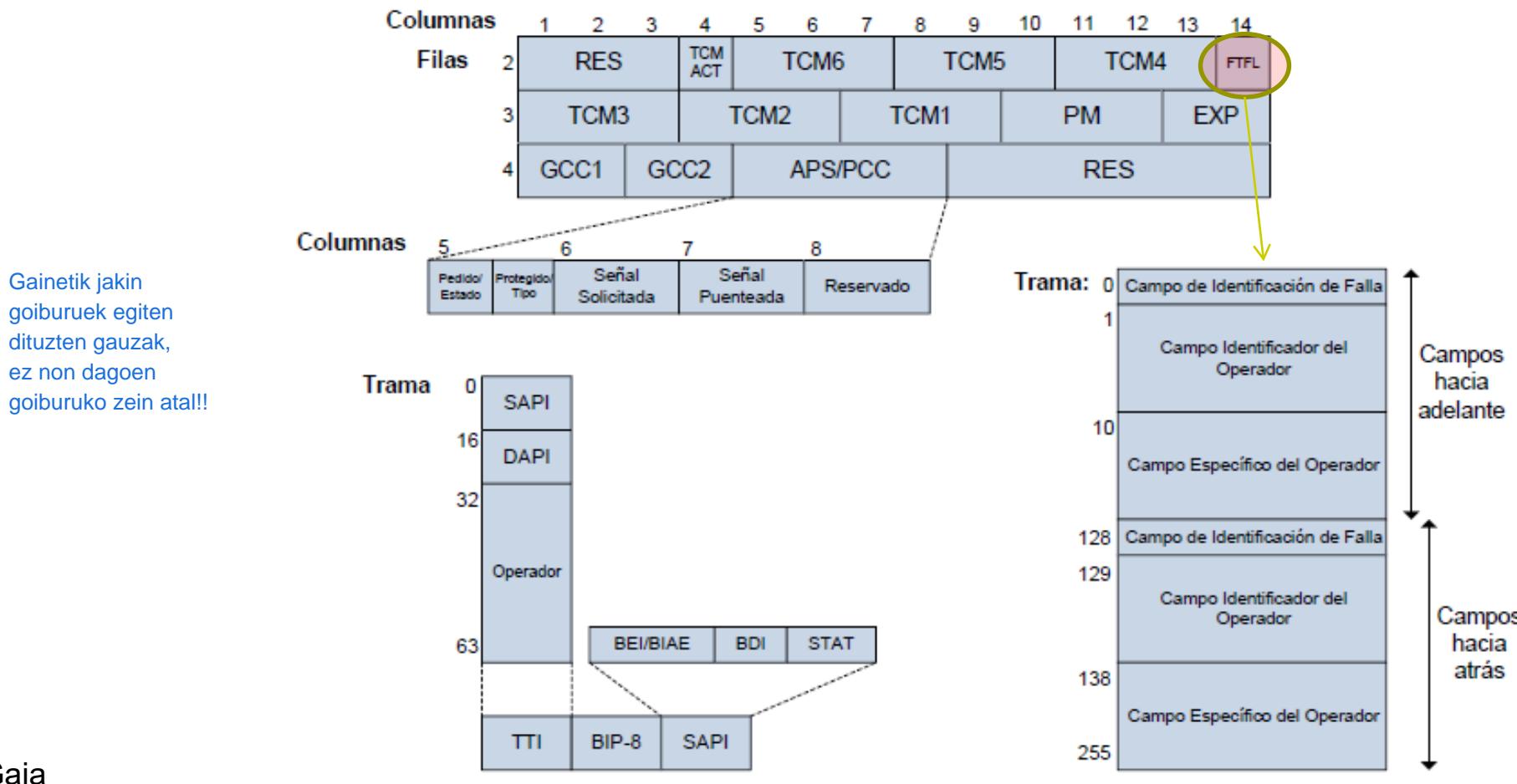
- **Akats kokalekuari eta motari buruzko datuen komunikazio kanala (FTFL-Fault Type y Fault Location channel).** Akatsaren egoerari buruzko 256 byteko mezua garraia dezake, akatsaren motari eta kokaguneari buruzko informazioa emanet (bere erabilera eten daiteke).





# ODU goiburu osoa

- APS/PCC: automatic protection switching & protection communication channel
- GCC1 & GCC2 General communication channel





# ODU motak (ITU-T G.709)

ODU type	ODU nominal bit rate	ODU bit-rate tolerance
ODU0	1 244 160 kbit/s	
ODU1	239/238 × 2 488 320 kbit/s	
ODU2	239/237 × 9 953 280 kbit/s	
ODU3	239/236 × 39 813 120 kbit/s	
ODU4	239/227 × 99 532 800 kbit/s	
ODU25	61677/58112 × 24 883 200 kbit/s	
ODU50	61677/58112 × 49 766 400 kbit/s	
ODUCn	$n \times 239/226 \times 99 532 800$ kbit/s	
ODU2e	239/237 × 10 312 500 kbit/s	±100 ppm
ODUflex for CBR client signals	239/238 × client signal bit rate	±100 ppm (Notes 2, 3)
ODUflex for GFP-F mapped client signals	Configured bit rate (see Table 7-8)	±100 ppm
ODUflex for IMP mapped client signals	$s \times 239/238 \times 5 156 250$ kbit/s $s = 2, 8, n \times 5$ with $n \geq 1$ (Note 4)	±100 ppm
ODUflex for FlexE-aware client signals	$103 125 000 \times 240/238 \times n/20$ kbit/s ( $n = n_1 + n_2 + \dots + n_p$ )	± 100 ppm

NOTE 1 – The nominal ODU rates are approximately: 2 498 775.126 kbit/s (ODU1), 10 037 273.924 kbit/s (ODU2), 40 319 218.983 kbit/s (ODU3), 104 794 445.815 kbit/s (ODU4), 10 399 525.316 kbit/s (ODU2e),  $n \times 105 258 138.053$  kbit/s (ODUCn).

NOTE 2 – The bit-rate tolerance for ODUflex(CBR) signals is specified as ±100 ppm. This value may be larger than the tolerance for the client signal itself (e.g., ±20 ppm). For such case, the tolerance is determined by the ODUflex(CBR) maintenance signals, which have a tolerance of ±100 ppm.

NOTE 3 – For ODUflex(CBR) signals with nominal bit rates close to the maximum ODTUk.ts payload bit rate and client rate tolerances less than ±100 ppm (e.g., ±10 ppm), the ODUflex(CBR) maintenance signal bit rates may exceed the ODTUk.ts payload bit rate. For such cases either an additional tributary slot may be used (i.e., ODTUk.(ts+1)), or the nominal bit rate of the ODUflex(CBR) signal may be artificially reduced to a value of 100 ppm below the maximum ODUflex(CBR) signal bit rate.

Signal	Data rate (Gb/s)	Optimized for
ODU0	1.24416	Transport of a timing transparent transcoded (compressed) 1000BASE-X signal or packets over GFP
ODU1	2.49877512605042	Transport of two ODU0 signals or a STS-48/STM-16 signal or packets over GFP
ODU2	10.0372739240506	Transport of up to eight ODU0 signals or up to four ODU1 signals or a STS-192/STM-64 signal or a WAN PHY or packets over GFP
ODU2e	10.3995253164557	Transport of a 10GbE signal or a timing transparent transcoded (compressed) 10G Fibre Channel Signal
ODU3	40.3192189830509	Transport of up to 32 ODU0 signals or up to 16 ODU1 signals or up to four ODU2 signals or a STS-768/STM-256 signal or a timing transparent transcoded 40GbE signal or packets over GFP
ODU3e2	41.7859685595012	Transport of up to four ODU2e signals
ODU4	104.794445814978	Transport of up to 80 ODU0 signals or up to 40 ODU1 signals or up to ten ODU2 signals or up to two ODU3 signals or a 100GbE signal
ODUflex (CBR)	$239/238 \times$ client bit rate	Transport of a constant bitrate signal such as Fibre Channel 8 GFC or Infiniband or video
ODUflex (GFP)	Any configured rate	Transport of packets over GFP

Iturria: CIENA

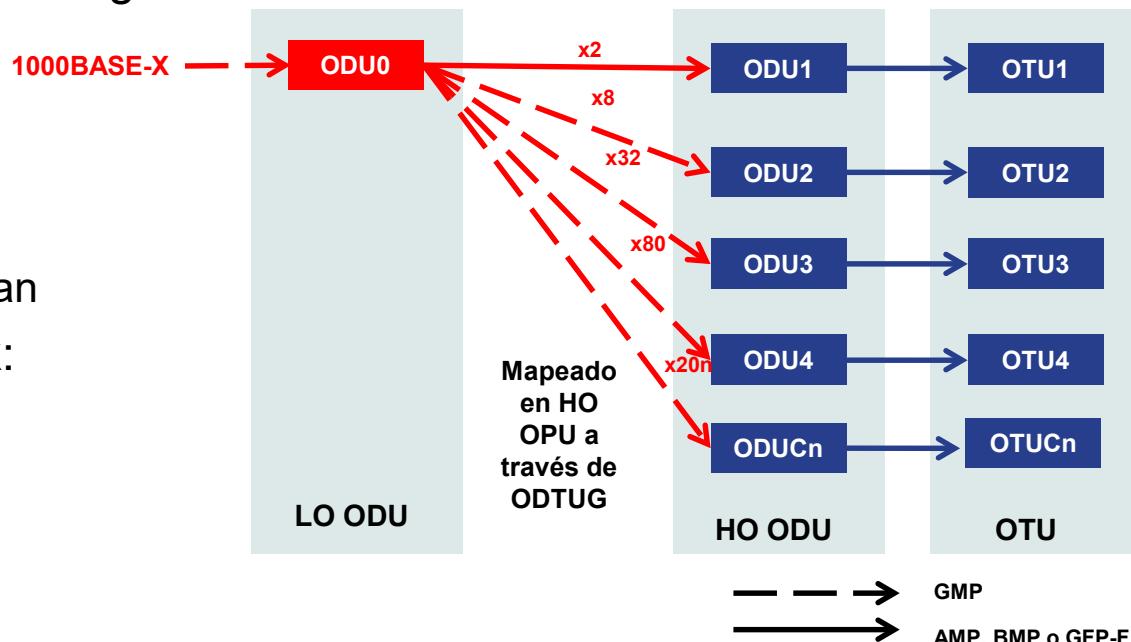
[https://media.ciena.com/documents/Experts\\_Guide\\_to\\_OTN\\_ebook-Utilities-Edition.pdf](https://media.ciena.com/documents/Experts_Guide_to_OTN_ebook-Utilities-Edition.pdf)

# Datu unitateak eta mux ODU0



- Datu unitaterik txikiena Rec. G.709 definituta
  - Edukiontzia tamaina  $1,25 \text{ Gbps}$  ( $1.244160 \text{ Gbit/s} \pm 20 \text{ ppm}$ )
  - 2009an definitu zen 1000BASE-X (Gigabit Ethernet) garraiatzeko.
- Existitzen zen OTN hierarkiari egokitzeko

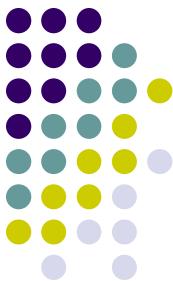
- x2 ODU1 baten barruan
- x8 ODU2 baten barruan
- x32 ODU3 baten barruan
- x80 ODU4 baten barruan
- x20n ODUCn baten barruan



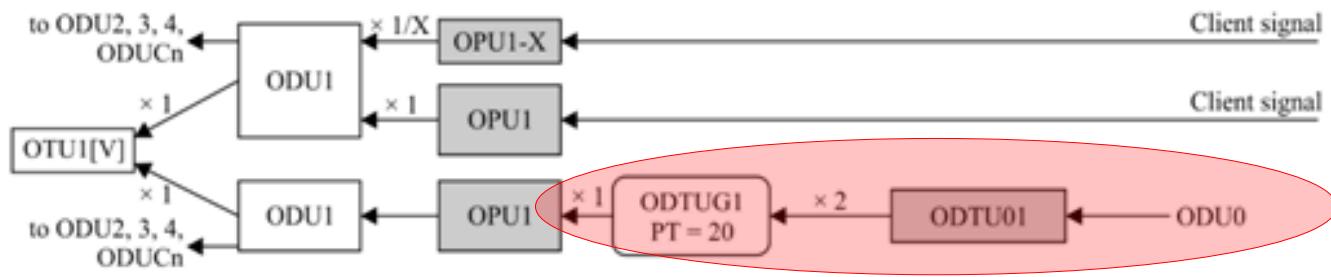
- Garraia ditzaken seinaleak:
  - 1000Base-X (1GbE)
  - STM-1
  - STM-4
  - FC-100
- Ez da existitzen OTU0 garraio optiko unitaterik
  - Bakarrik behe-ordeneko edukiontzia 1000BASE-X seinalentzako.



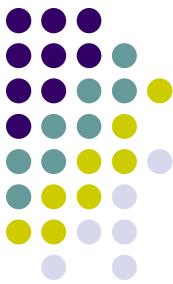
# Datu unitateak eta mux ODU1



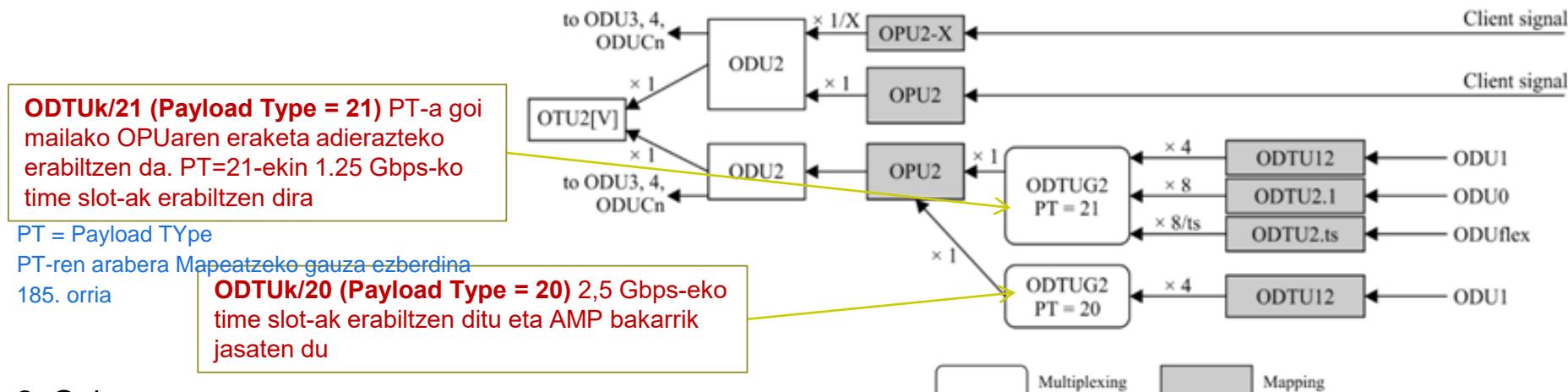
- Jatorrizko oinarrizko seinalea 2,5 Gbps seinaleak garraiatzeko
  - ODU1 = 2.498775 Gbit/s
  - OTU1 = 2.666057 Gbit/s
- Dagokion **OPU1-ak** garraia ditzake
  - STM-16
  - FC-200
- 1,25 Gbps-ko 2 unitate tributarioen multiplexazioa onartzen du baita:
  - 2 ODTU01: **ODTU (Optical channel Data Tributary Unit)-a** isurlearen ODU-a da baina “sinkronizatua” justifikazio bytei esker (ez dago erakuslerik).
  - ODU0 bakoitza ODTU batean mapeatzen da (ODTU01) eta gero multiplexatzen dira denboran (TDM) **ODTUG (Optical channel Data Tributary Unit Group)-a** sortuz.



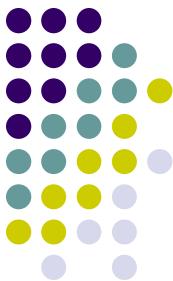
# Datu unitateak eta mux ODU2



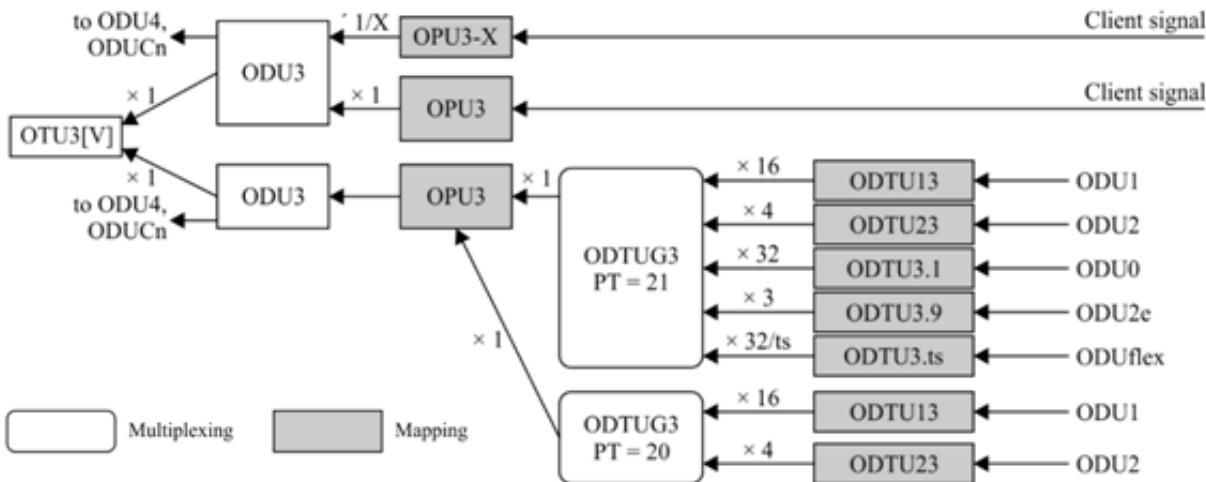
- Jatorrizko oinarrizko seinalea 10 Gbps seinaleak garraiatzeko
  - ODU2 = 10.037273 Gbit/s
  - OTU2 = 10.709224 Gbit/s
- OPU2-ak garraia dezake
  - STM-64
  - XG-GPON
- ODTUG2-a sortuz, multiplexa ditzake:
  - 8 ODTU2.1: ODU0 bakoitza ODTU2.1 (1,25 Gbps) batean mapeatuta
  - 4 ODTU12: ODU1 bakoitza ODTU12 (2,5 Gbps) batean mapeatuta
  - 1etik 8ra ODTU2.ts: ODUflex bakoitza 1etik a 8ra ODTU2.ts-tan mapeatuta



# Datu unitateak eta mux ODU3

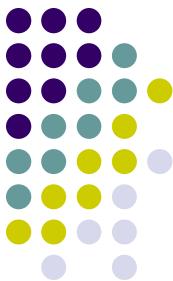


- Jatorrizko oinarrizko seinalea 40 Gbps seinaleak garraiatzeko
  - ODU3 = 40.31921 Gbit/s
  - OTU3 = 43.018410 Gbit/s
  - HO ODU bezala erabil daiteke LO ODU-ak garraiatzeko.
- **OPU3-ak** garraia ditzake
  - STM-256
  - Transcoded 40GB
- Multiplexatu ditzake, ODTUG3 osatuz:
  - 32 ODTU3.1: ODU0 bakoitzak ODTU3.1 batean mapeatuta ( $32 \times 1.25$  Gbps)
  - 16 ODTU13: ODU1 bakoitzak ODTU13 (2,5 Gbps) batean mapeatuta
  - 4 ODTU23: ODU2 bakoitzak ODTU23 (10 Gbps) batean mapeatuta
  - 1etik 32ra ODU3.ts (tributary slots) abiadura aldakorreko ODUFlex mapeatu baten bidez
  - 3 ODTU3.9: ODU2e bakoitzak 1,25 Gbps –ko 9 ts-tan mapeatuta

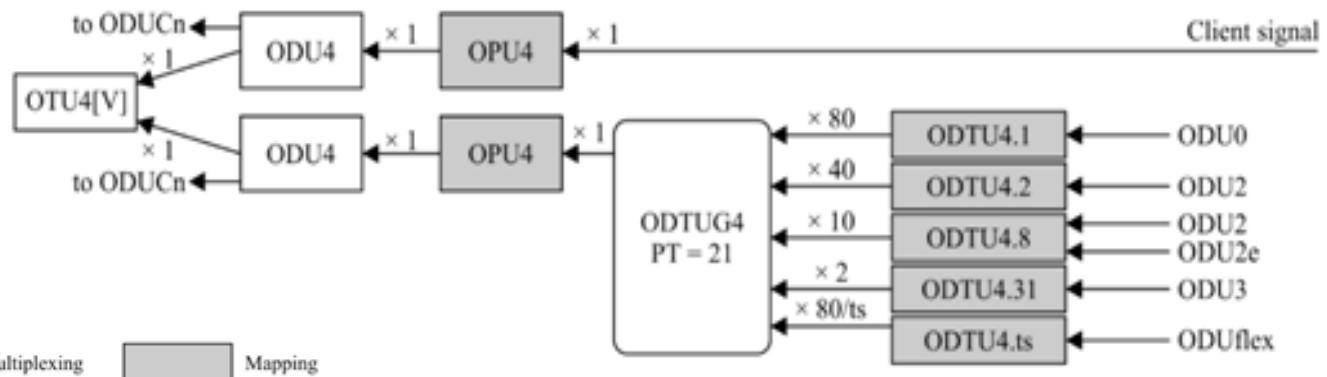


Egitura guziak ez dira jakin behar  
Baina egitura baten honelako  
eskematan zer gertatzen  
den ulertzeko gai izan behar gara.

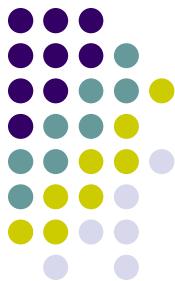
# Datu unitateak eta mux ODU4



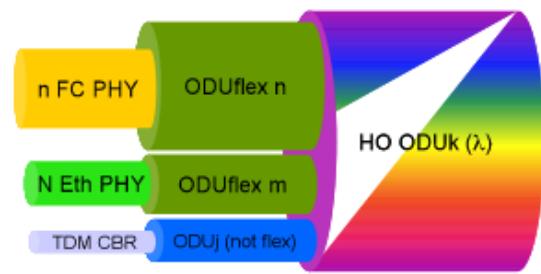
- 2009an definitu zen seinale berria 100 Gbpsko seinaleak garraiatzeko
  - ODU 4 = 104.794445 Gbit/s
  - OTU 4 = 111.809973 Gbit/s
  - HO ODU bezala erabil daiteke LO ODU-ak garraiatzeko.
- Multiplexatu ditzake, ODTUG4 osatuz:
  - 80 ODTU4.1 (1,25 Gbps)
  - 40 ODTU4.2
  - 10 ODTU4.8
  - 2 ODTU4.31
  - 1-80 ODUTU4.ts
- **OPU4-k** garraia dezake
  - 100GBase-R



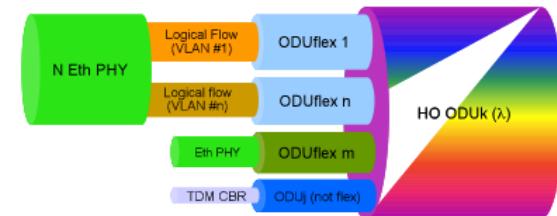
# ODUflex



- 2009an definitu zen eta 2 modu dauzka:
  - **ODUflex zirkuituetara zuzenduta**
    - Zirkuituen kommutazio sareen edozein bezero-seinale garraia dezakete
    - CBR bezero-seineleek (Constant Bit Rate) BMP/AMP mapeatzea darabilte (239/238x bezero-seinalearen abiadura)
  - **ODUflex paketeetara zuzenduta**
    - Ahalmen aldakorreko fluxuak sortzen dituzte (GFP-F pakete mapeatuta dituztenak) maila baxuko ODUak erabiliz.
- VCAT-en antzerakoa da.



Alcatel-Lucent



ODU K	ODUK
ODUflex	Circuit ODUflex
ODUflex	Packet ODUflex

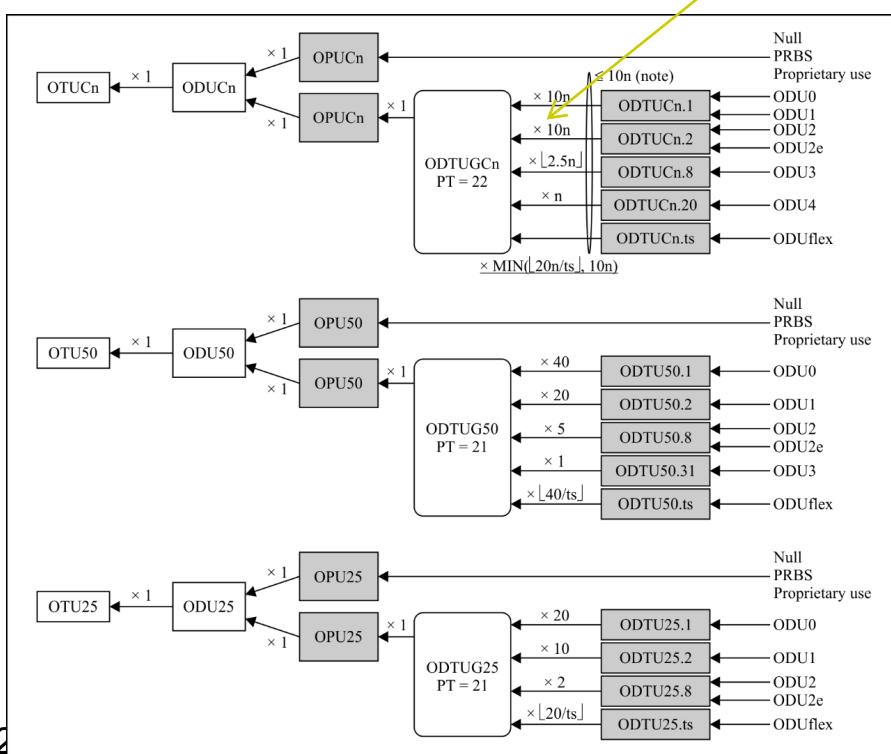


# Datu unitateak eta mux ODUCn, ODU25 eta ODU50



- 2016an ODUCn eta 2020an ODU25 eta ODU50 definitu ziren Etherneteko bezero-seinale berriak eta abiadura handikoak garraiatzeko:
  - 25 Gbpsko Ethernet: ODU25
  - 50 Gbpsko Ethernet: ODU50
  - 100 Gbps baino handiagoak (200-1000Gbps): ODCn
- ODUCn-k multiplexa dezake, ODTUGCn bat eratuz
  - 20n ODTUCn.1
  - 10n ODTUCn.2
  - 2.5n ODTUCn.8
  - n ODTUCn.20
  - 20n/ts ODUTUCn.ts
- **OPUCn-k** garraia ditzake
  - Seinale propietarioak, probakoak
  - berriak garraiatzeko:
- **ODU50: Multiplexatzea baimentzen du (ODTUG50 eratuz):**
  - 40 ODTUCn.1
  - 10n ODTUCn.2
  - 2.5n ODTUCn.8
  - n ODTUCn.20
  - 20n/ts ODUTUCn.ts

**ODTUG/22 (Payload Type = 22)**  
5Gbps-ko time slot-ak eta GMP  
erabiltzen dituen ODU  
multiplexazioa adierazten du



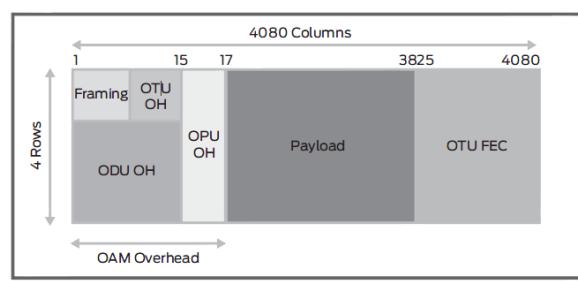
# Datu unitateak eta mux ODU2e



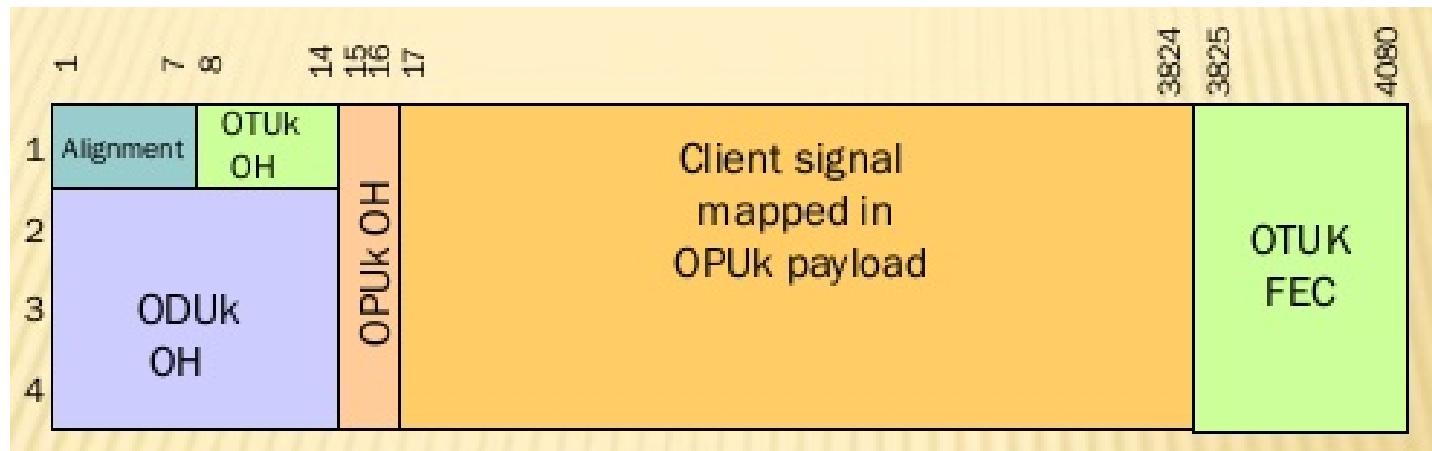
- Behe ordeneko (LO) seinale berria 10 Gbpsko jabedun seinaleak garraiatzeko.
  - 10GBASE-R seinalearen “inguratzaile digitala” bezala erabiltzen da OUT3 edo OTU4etan garraiatzen denean.
  - OTU2=10,709224 Gbps
- 10 isurle mapatu daitezke OPU4 batean (100GBASE-R seinaleak garraiatzeko diseinatuta)
- ODUflex seinaleak mapatzea ahalbidetzen du OPU3ren 9 x 1.25G isurle espazioan (gehienez 3 ODU2e OPU3 bakoitzeko).
- OPU2e-k garraia dezake
  - 10GBase-R
  - Transcoded FC-120



# OTU- Och Transport Unit



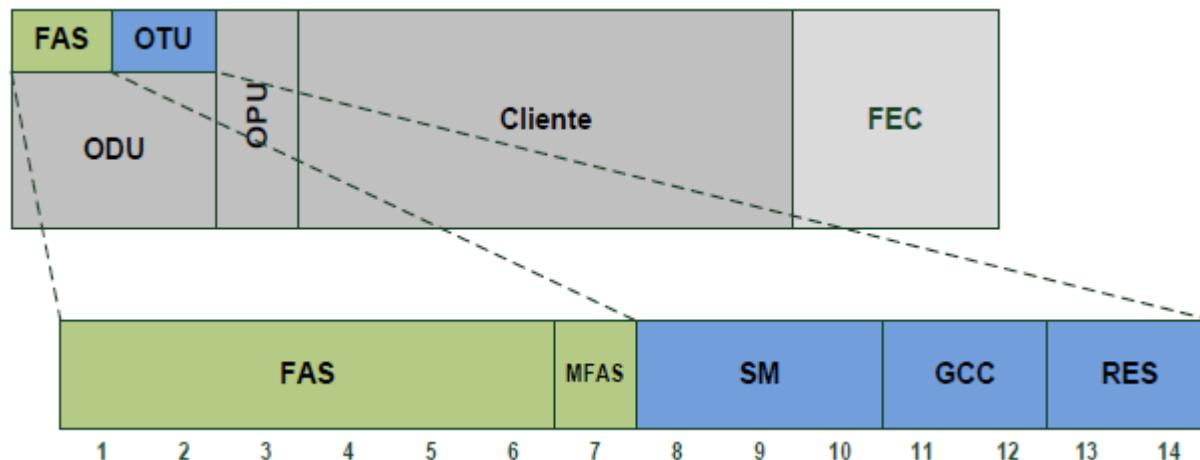
- Geruza digitaleko garraio unitatea.
- OTUk bakoitza **4 lerro x 4080 zutabez** osatuta dago (3808 x4 byte zama erabilgarria)



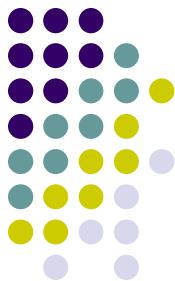


# OTU goiburua (OTU-OH)

- Monitorizazio atalaz (SM) (8-10 byteak), 0 komunikazio kanalaz (GCC0) (11 eta 12byteak), eta gordetako 2 bytez (13 eta 14 byteak) osatua.



# OTU motak eta abiadura nominala (ITU-T G.709)



OTU type	OTU nominal bit rate	OTU bit-rate tolerance
OTU1	255/238 × 2 488 320 kbit/s	±20 ppm (Note 5)
OTU2	255/237 × 9 953 280 kbit/s	
OTU3	255/236 × 39 813 120 kbit/s	
OTU4	255/227 × 99 532 800 kbit/s	
OTUCn	n × 239/226 × 99 532 800 kbit/s	
OTU25	61677/58112 × 24 883 200 kbit/s	
OTU50	61677/58112 × 49 766 400 kbit/s	
<p>NOTE 1 – The nominal OTU rates are approximately: 2 666 057.143 kbit/s (OTU1), 10 709 225.316 kbit/s (OTU2), 43 018 413.559 kbit/s (OTU3), 111 809 973.568 kbit/s (OTU4), 26 409 711.013 kbit/s (OTU25), 52 819 422.026 kbit/s (OTU50) and n × 105 258 138.053 kbit/s (OTUCn).</p> <p>NOTE 2 – OTU0, OTU2e and OTUflex are not specified in this Recommendation. ODU0 signals are to be transported over ODU1, ODU2, ODU3, ODU4, ODU25, ODU50 or ODUCn signals, ODU2e signals are to be transported over ODU3, ODU4, ODU25, ODU50 and ODUCn signals and ODUflex signals are transported over ODU2, ODU3, ODU4, ODU25, ODU50 and ODUCn signals.</p> <p>NOTE 3 – The OTUk (k=1,2,3,4) signal bit rates include the FEC overhead area. The OTUCn signal bit rates do not include a FEC overhead area.</p> <p>NOTE 4 – The OTU25 [OTU50] bit rate can be based on the OTU25-RS [OTU50-RS] bit rate as follows:  <math>514/544 \times 41118/41120 \times \text{OTU25-RS}</math> [OTU50-RS] bit rate = <math>514/544 \times 41118/41120 \times 255/227 \times 24 883 200</math> [49 766 400] kbit/s.</p> <p>NOTE 5 – Refer to clause 12.2.1.1 for the bit rate tolerance of synchronous OTUk (k=1,2,3,4), OTU25/50 and OTUCn.</p>		

Signal	Approximate data rate (Gb/s)	Optimized for
OTU1	2.66	SONET OC-48 or SDH STM-16 signal transport
OTU2	10.70	SONET OC-192 or SDH STM-64 or 10GbE Wide Area Network (WAN) physical layer (PHY) transport
OTU2e	11.09	10GbE Local Area Network (LAN) PHY transport (for IP/Ethernet switches/routers ports) at full line rate (10.3 Gb/s)
OTU3	43.01	SONET OC-768 or SDH STM-256 or 40GbE signal transport
OTU3e2	44.58	Transport of up to four OTU2e signals
OTU4	112	100GbE signal transport

Iturria: CIENA

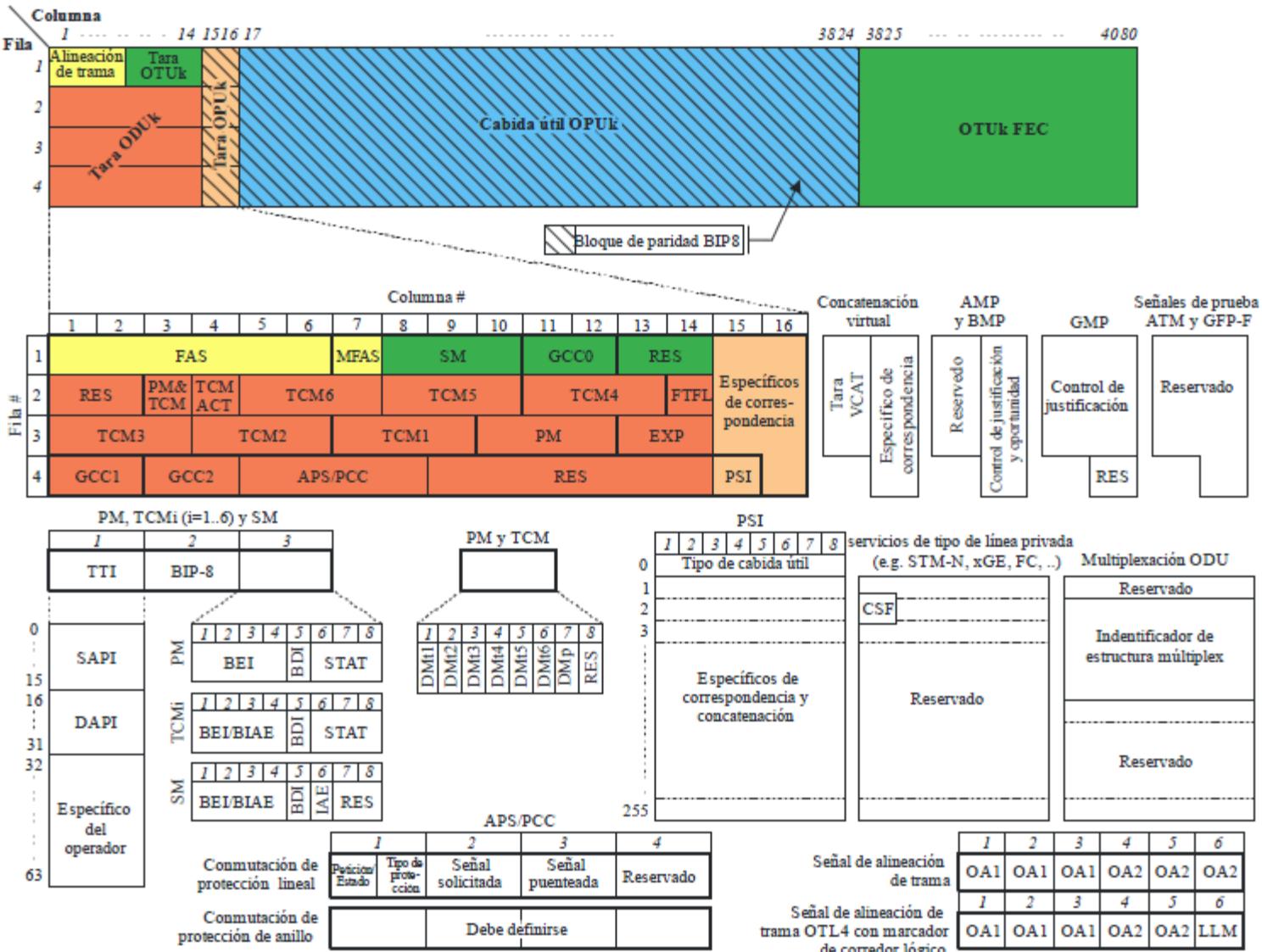
[https://media.ciena.com/documents/Experts\\_Guide\\_to\\_OTN\\_ebook-Utilities-Edition.pdf](https://media.ciena.com/documents/Experts_Guide_to_OTN_ebook-Utilities-Edition.pdf)



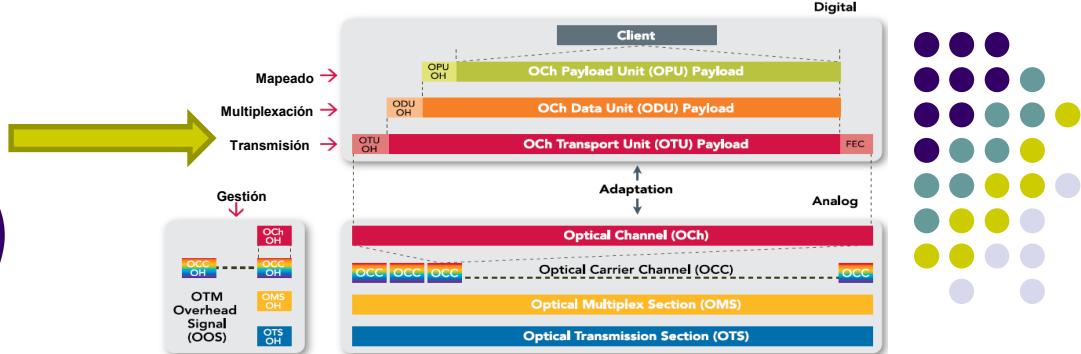
Iturria: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709-202006-1/en>

- **OTUCn berria 2016an definitua, ahalmen handiagoetarako, hala nola 200G, 300G, 400G, e.a. .... (ez dauka FEC-ik goiburuan)**
- OTU25 eta OTU50 2020an definituak Ethernet seinale berritarako (ez daukate FEC-ik goiburuan)

# OTU/ODU/OPU goiburuaren laburpena



# OTU motak (ITU-T G.709)



- **Abiadurak** hasieran SDHra moldatuta eta geroago (2009) 100Gb Ethernet-erako moldatuta (OTU-4) 2016an Etherneteko abiadura handiagotarako (OTUCn) eta 2020 .
  - **255/238, 255/237, 255/236, 255/227** faktoreak OTUk abiadura nominaletan erabiltzen direnak, OTU/zama erabilgarria tasa adierazten dute
    - **OTU1:**  $(4080 \times 4)/(3808 \times 4) = 255/238$ . OTU1en abiadura STM-16arena bider 255/238 da
    - **OTU2:** STM-64-a OPU2 batean mapeatzen denean 16 zutabe betegarriarekin gehitzen zaizkio -> Post-FEC/Pre-FEC tasa hurrengoa da:  $(4080 \times 4)/[(3808 - 16) \times 4] = 255/237$ . OTU2ren abiadura STM-64aren 255/237koa da
    - **OTU3:** STM-256-a OPU3 batean mapeatzen denean 32 zutabe betegarriarekin gehitzen zaizkio. -> Post-FEC/Pre-FEC tasa hurrengoa da:  $(4080 \times 4)/[(3808 - 32) \times 4] = 255/236$ . OTU3ren abiadura STM-256aren 255/236koa da
    - **OTU4** abiadura STM-64aren 255/227 x10 da eta OTUCn-rena STM-64arena baino 239/226 x n aldiz handiagoa



# OTH abiadura bitarrak (II)

Maila [k]	Kanal optikoko garraio unitatea [OTUk]	Abiadura bitar hierarkikoa (kbit/s)	Kanal optikoko datu unitateak [ODUk]	Abiadura bitar hierarkikoa (kbit/s)	Periodoa (mikro-segundo)	Tolerantzia (ppm)
0	-	-	ODU0	1.244.160	98,354	±20
1	OTU1	255/238 x 'STM-16' (≈ 2.666.057)	ODU1	239/238 x 'STM-16' (≈ 2.498.775)	48,971	±20
2	OTU2	255/237 x 'STM-64' (≈ 10.709.225)	ODU2	239/237 x 'STM-64' (≈ 10.037.273)	12,191	±20
3	OTU3	255/236 x 'STM-256' (≈ 43.018.413)	ODU3	239/236 x 'STM-256' (≈ 40.319.218)	3,035	±20
4	OTU4	255/227 x 'STM-640' (≈ 111.809.973) 3. oh	ODU4	239/227 x 'STM-640' (≈ 104.794.445)	1,168	±20
	OTU25	61677/58112 × 24 883 200 kbit/s	ODU25	61677/58112 × 24 883 200 kbit/s	4,633	±20
	OTU50	61677/58112 × 49 766 400 kbit/s	ODU50	61677/58112 × 49 766 400 kbit/s	2,317	±20
2e	-	-	ODU2e	239/227 x '10GBASE-R' (≈ 10.399.525)	11,767	±100
Flex	-	-	ODUflex (CBR)	239/238 x CBR bezeroaren abiadura bitarra	(1. oharra)	gehienez ±100
Flex	-	-	ODUflex (GFP)	Balio bat 1.244.160tik OPUk-ren eduki erabilgarriaren abiadura altueneraino	(2. oharra)	±20

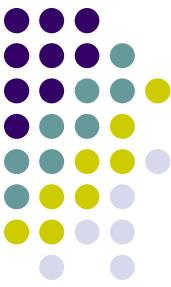
1.Oharra – Periodoa 121856/client\_signal\_bit\_rate da.

2.Oharra – Periodoa 122368/ODUflex\_bit\_rate da.

3. Oharra – 'STM-640'-k, 'STM-16'-k duen abiadura bitarra baino 40 aldiz altuagoa du. Dena den, SDH-k STM-640 seinalerik definitzen ez duela esan beharra dago.

4. Oharra – Gomendaturiko balioentzat 2-7 taula ikusi.





# OTH abiadura bitarrak

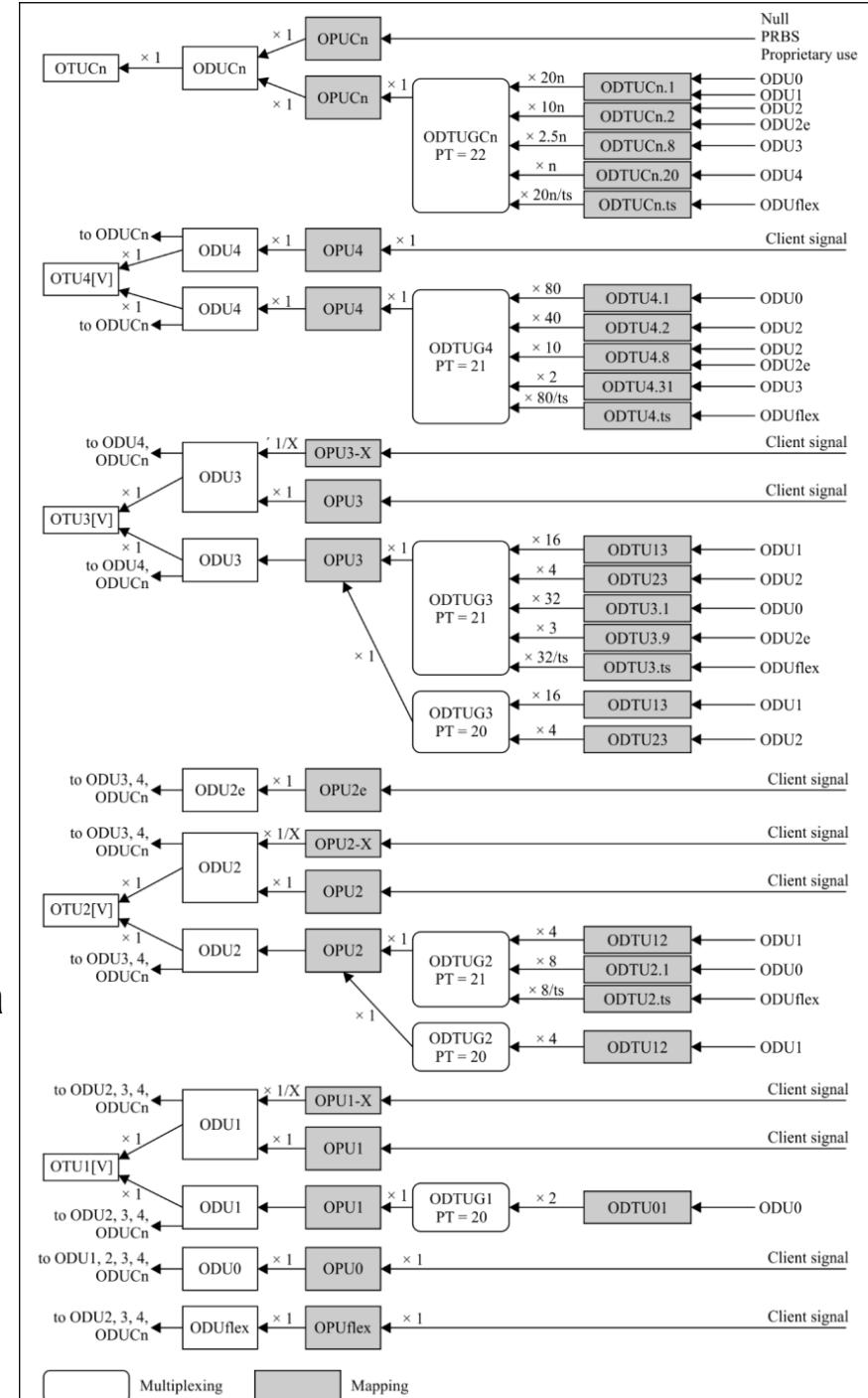
- Ez dago seinale optikorik (**OCh/OTUk**) **ODU0**, **ODU2e** eta **ODUflex**-ekin lotuta. ODU seinale hauek abiadura altuagoko ODUs seinale baten tarte bat edo gehiagotan garriatzen dira, zeinek bai izango baitu dagokion OTUk bat.
  - **ODU0** abiadura Ethernet 1 Gbps bezero-seinale bat garriatzeko prestatu da, eta horrelako bi ODU0 sartzen dira ODU1 batean.
  - **ODU2e** abiadura Ethernet 10 Gbps bezero-seinale bat garriatzeko prestatu da.
  - **ODUflex** abiadura edozein balio izan dezake 1,244160 Gb/s-tik OPUk-ren zama erabilgarriaren abiadura bitar handienera arte, OPU4 baten zama erabilgarriaren abiadura, 104 Gbps, alegia. ODUflex sartu izan dute etorkizuneko edozein CBR edo pakete seinalea era eraginkorrenean garriatzeko.

# Multiplexazio hierarkia



Iturria: <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709-201606-I/en>

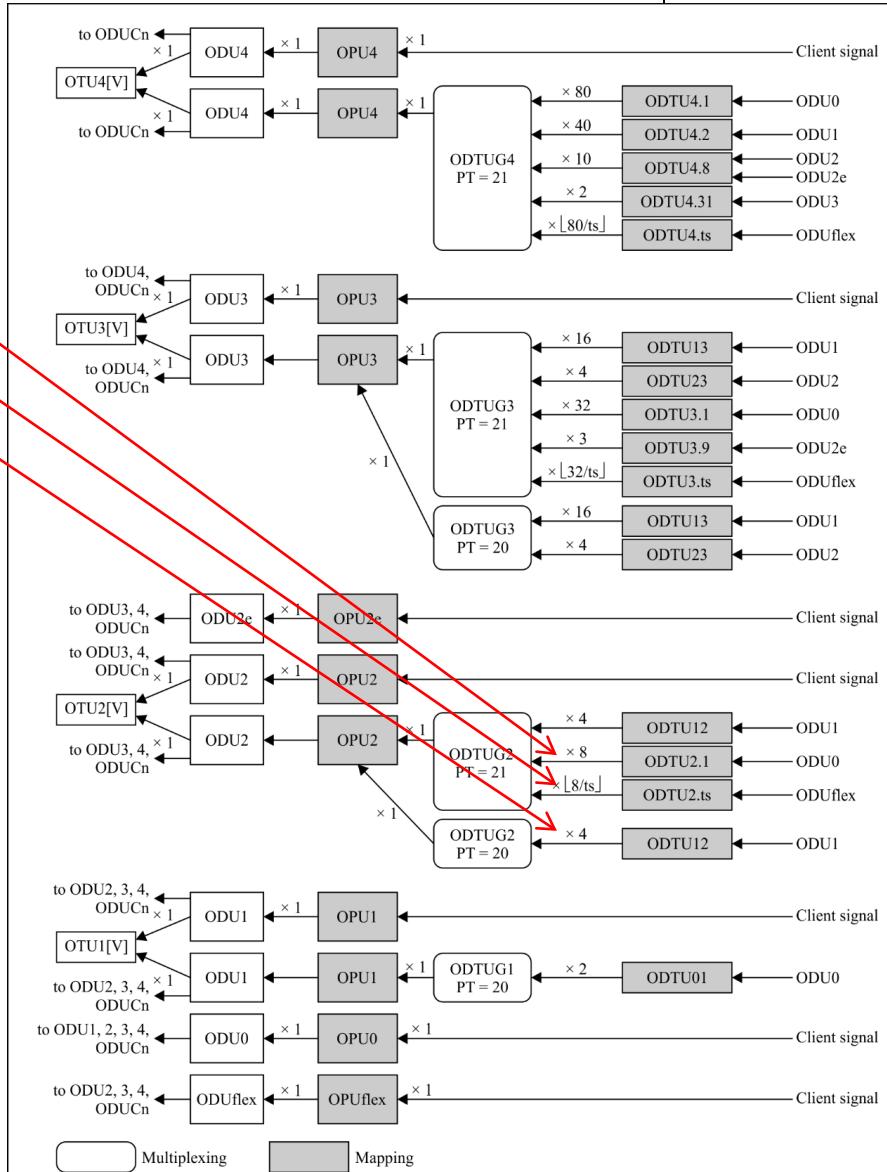
- Hasieran TDM multiplexazioa ez zegoen OTN-n aurreikusita, baina gerora definitu izan da.
- Multiplexazioa**
  - ODUj isurle bat maila handiagoko OPUk batean multiplexatzeko, lehenengo “Optical channel Data Tributary Unit” (**ODTUjk**) batean bihurtu behar da. ODTU-a ODU “sinkronizatu” bat besterik ez da, justifikazio byteak horretarako erabiliz (ez dago erakuslerik)
  - ODTUjk-en multiplexazioa TDM bidez egiten da “Optical channel Data Tributary Unit Group” (**ODTUGk**) emanez.
  - ODTUG seinalea **mapeatzen** da OPU batean eta handik ODUsa eta dagokion OTUsa.



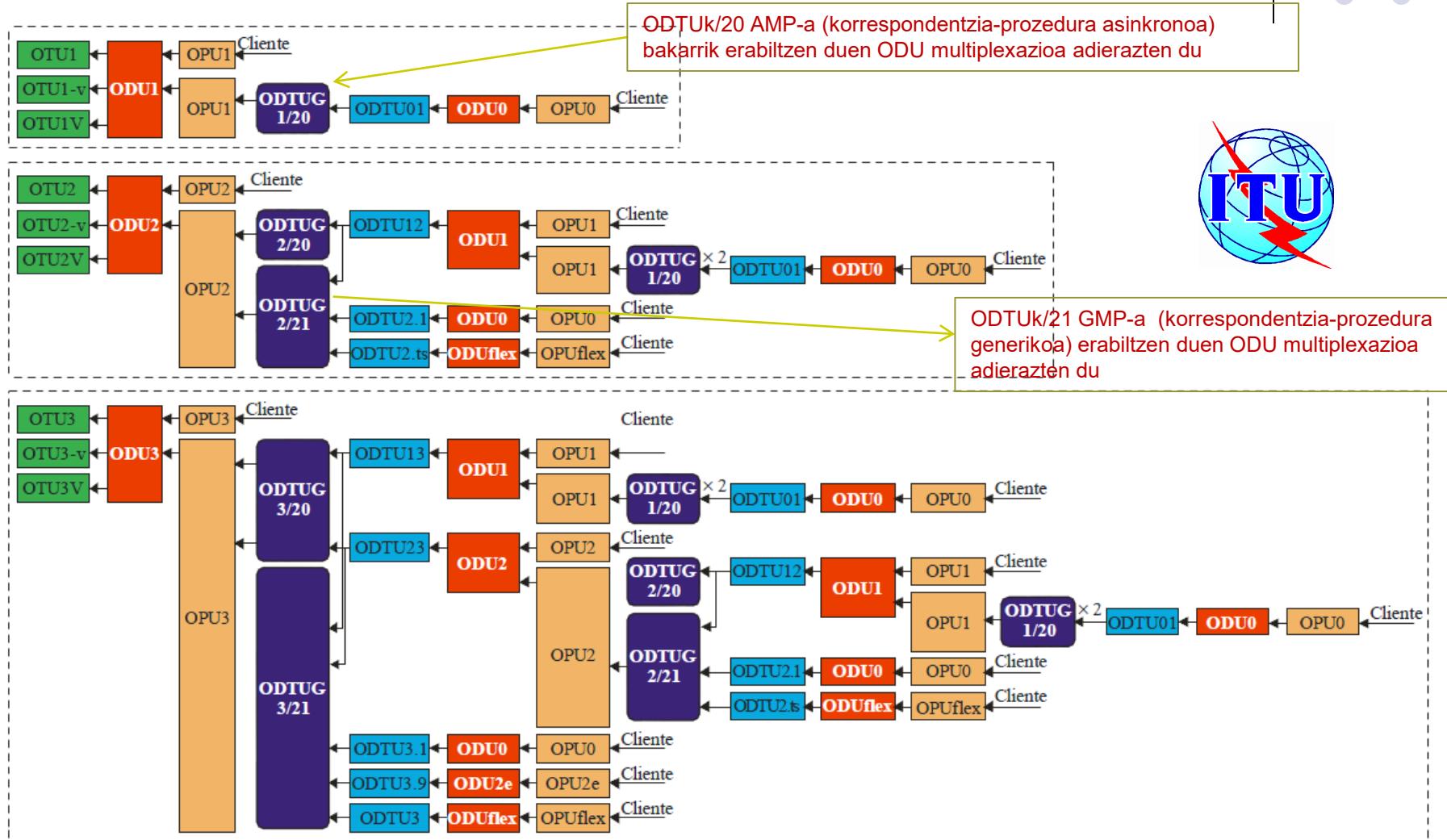


# ODU-tik ODTU-ra mapeatzreak

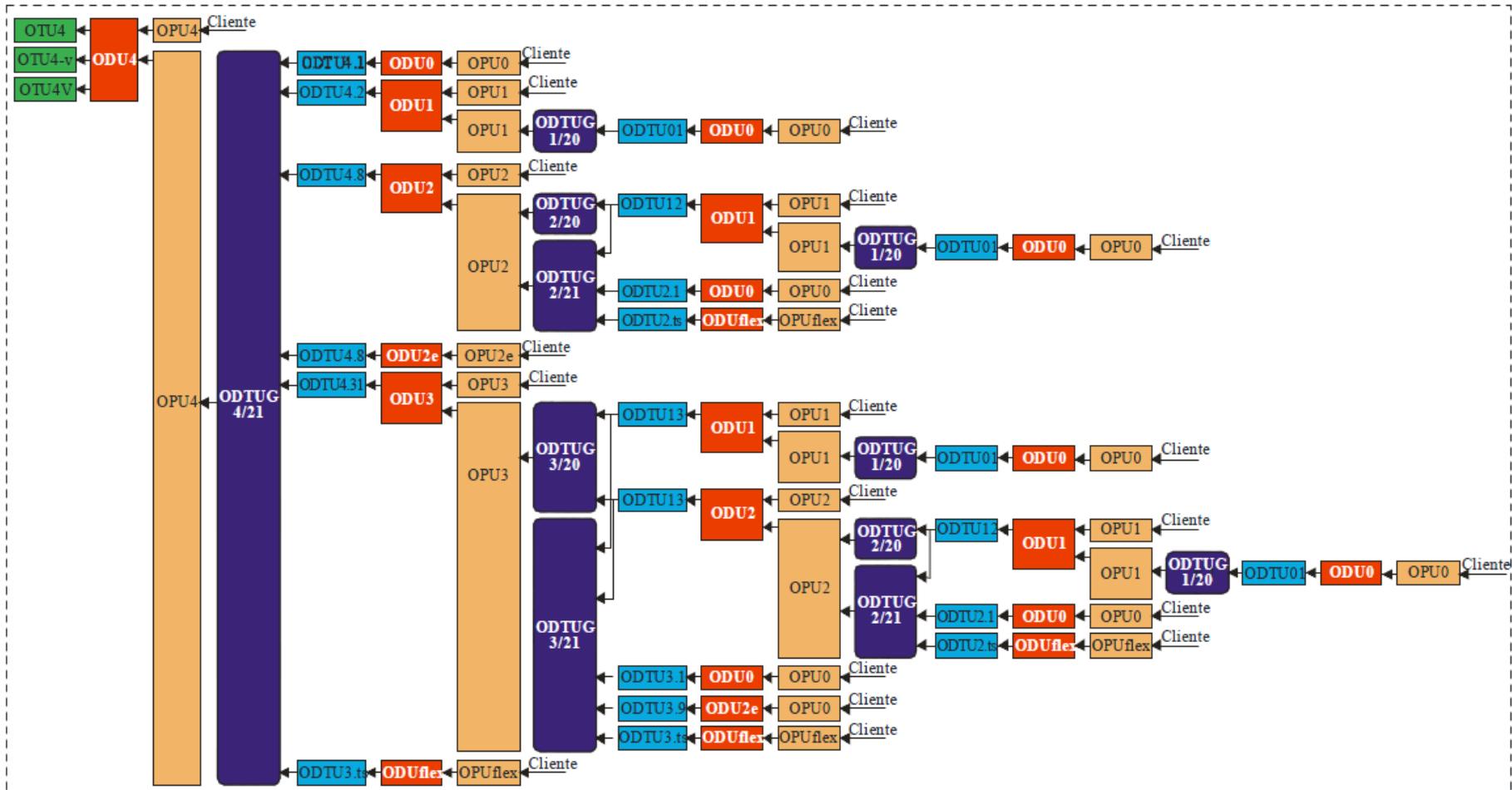
ODUj Signal	Mapping Structure	Mapping Method	Number of ODUj Signals	Intermediate Structure	ODUk/OPUk Signal
ODU0	ODTU2.1	GMP	8	ODTUG2	ODU2/OPU2
ODUflex	ODTU2.ts	GMP	1 to 8	ODTUG2	ODU2/OPU2
ODU1	ODTU12	AMP	4	ODTUG2	ODU2/OPU2
ODU0	ODTU3.1	GMP	32	ODTUG3	ODU3/OPU3
ODUflex	ODTU3.ts	GMP	1 to 32	ODTUG3	ODU3/OPU3
ODU1	ODTU13	AMP	16	ODTUG3	ODU3/OPU3
ODU2	ODTU23	AMP	4	ODTUG3	ODU3/OPU3
ODU2e	ODTU3.9	GMP	3	ODTUG3	ODU3/OPU3
ODU0	ODTU4.1	GMP	80	ODTUG4	ODU4/OPU4
ODUflex	ODTU4.ts	GMP	1 to 80	ODTUG4	ODU4/OPU4
ODU1	ODTU4.2	GMP	40	ODTUG4	ODU4/OPU4
ODU2	ODTU4.8	GMP	10	ODTUG4	ODU4/OPU4
ODU2e	ODTU4.8	GMP	10	ODTUG4	ODU4/OPU4
ODU3	ODTU4.31	GMP	2	ODTUG4	ODU4/OPU4



# OTU3, OTU2, OTU1 seinaleen egitura possibleak beraien OTU, ODU, OPU, ODTUG eta ODTU seinale osagaiekin

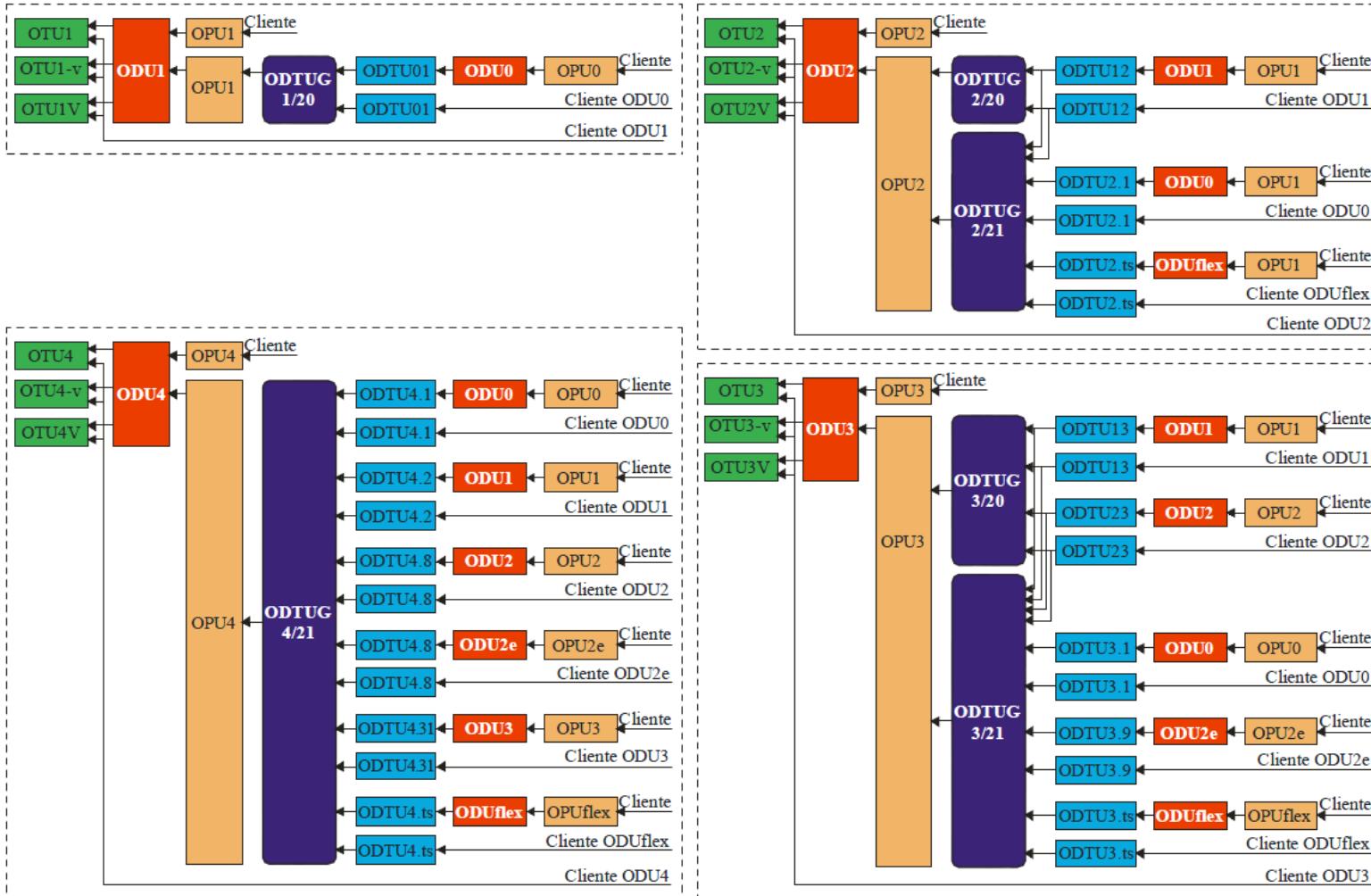


# OTU4 seinaleen egitura posibleak beraien OTU, ODU, OPU, ODTUG eta ODTU seinale osagaietan



IMPL.8(10)\_F2-21b

# OTU1, OTU2, OTU3, OTU4 seinale-egituratan oinarrituriko etapa bakarreko ODU multiplexazioa



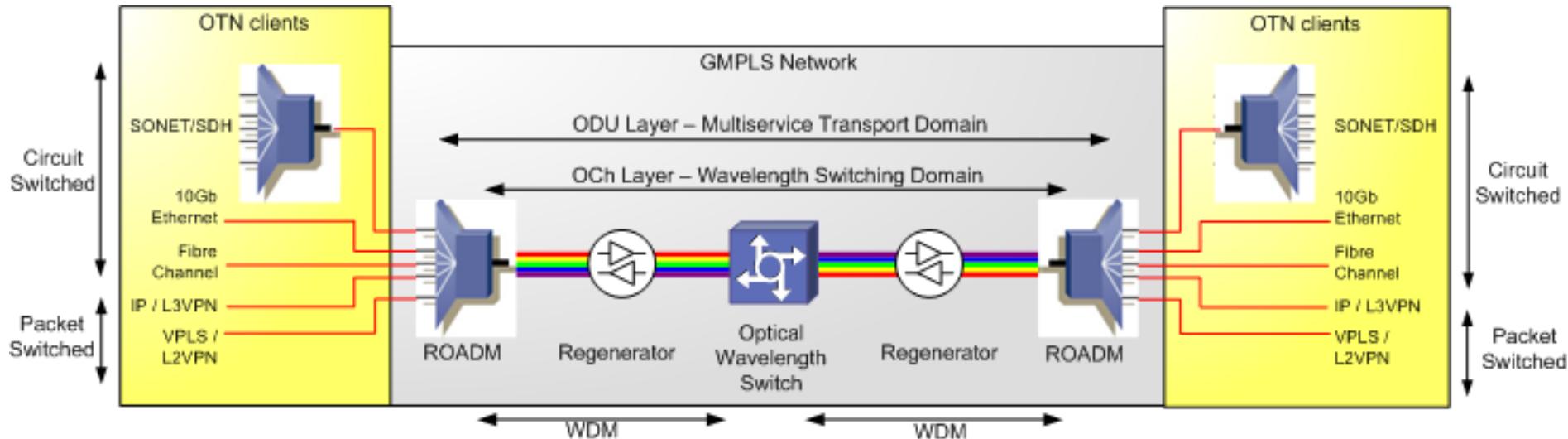
IMPL.8(10)\_F2-22



# OTN-ren kontrolezko planoa (G.709): GMPLS



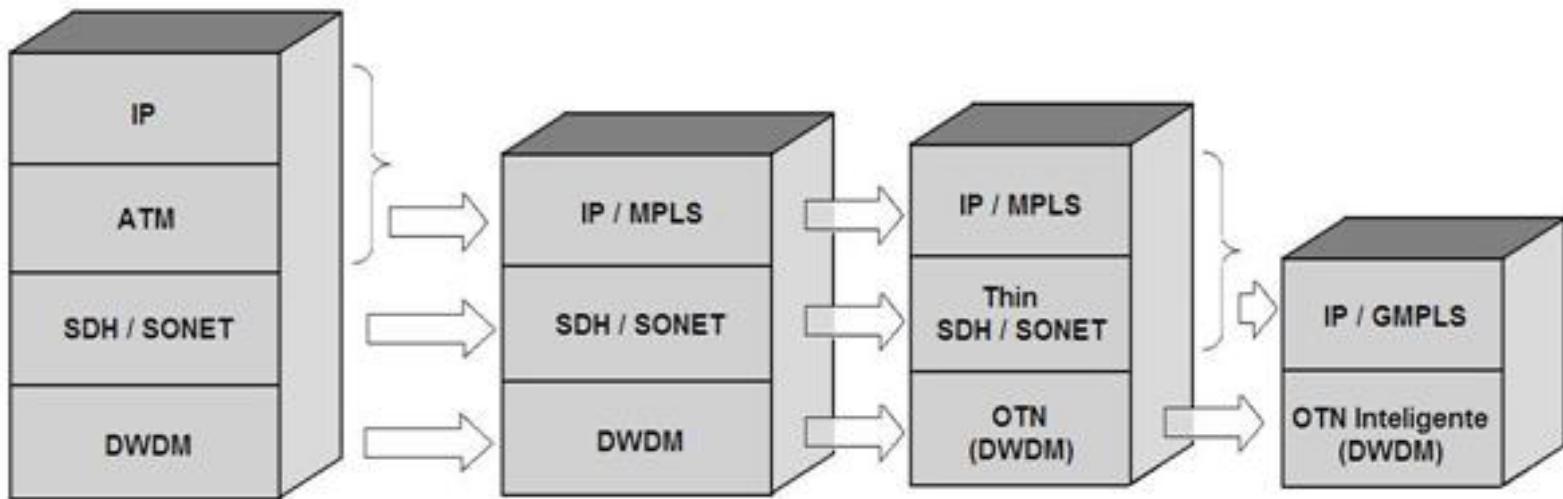
- Generalized MPLS (GMPLS): Kontrolezko planoarekin bezero seinalearentzako bide optimoa automatikoki kalkulatzea posible da.



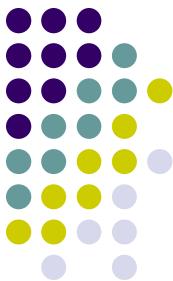


# OTNrainoko garapena

- OTN edozein motatako seinaletara moldatzen da
- Gaur egungo garapena



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia



## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisió sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

    2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisió sareetan zaharkitua dago)

    2.2.2.2 SDH/SONET

2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

    2.2.3.1 OTN/WDM

**2.2.3.2 MPLS-TP**

## 2.3 Sare eta Zerbitzuen konbergentzia: NGN

# Garraio sareen (Tx) garapena 2000 hamarkadan



- 2001: G.709-ren estandarizazioa (OTN)
- 2002: 10 GbE-ren estandarizazioa
- 2009: OTU-4 (100 GbE)-ren estandarizazioa
- **2009: MPLS-TP** estandarizazioa hasten da  
**(MultiProtocol Label Switching-Transport Profile)**





# Garraio sareen egoera 201x-an

- TDM-tik Ethernet-erako trantsizioa
- P2P eta Cloud Computing eredu berriak
- Pakete-sareetan oinarrituriko zerbitzuen hazkuntza (L2/L3 VPN, IPTV, VoIP, etab.)
- Banda zabalera- eta QoS kudeaketa-eskaeraren handiagotzea

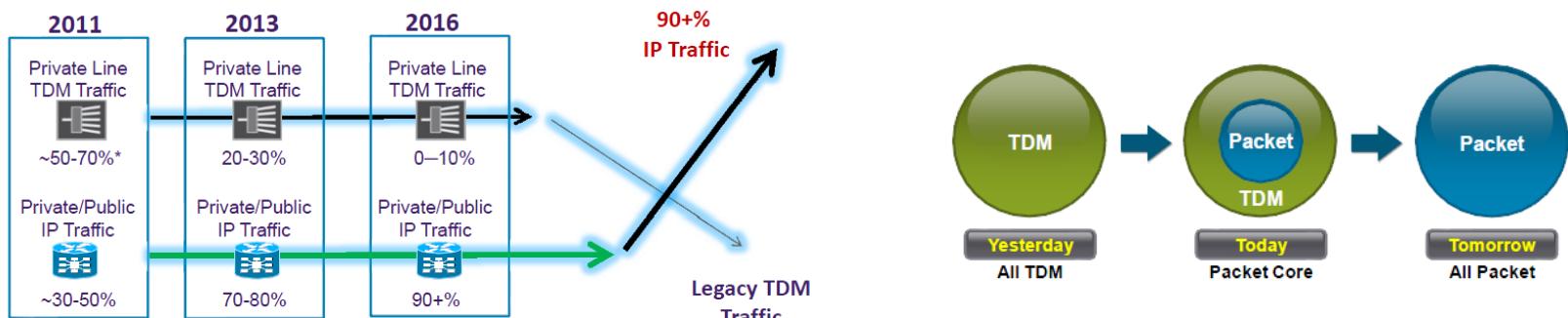
**IP, ETHERNET**

**SDH, WDM, OTN**

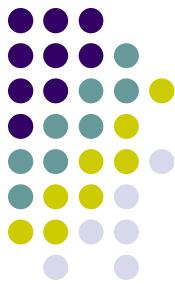


# Trantsiziorako arrazoiak

- Gaur egungo sareetan trafiko gehiena boladatan ematen den datu trafikoa da
- SDH-ren kapazitate muga: STM-256
- Ohiko TDM sareen eta sare berrien arteko bizikidetza oso garestia eta eragiketak burutzeko konplexua izan daiteke



# Next Generation Transport Networks (NG-TN)

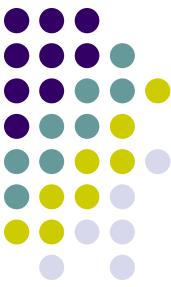


- **Pakete** garraio sareak
- **MPLS-TP** da teknologia nagusia
- **10/40/100 G-DWDM** eta **10/40/100 G-Ethernet** seinaleak garraioan
- **Sarearen osagaiak:**
  - OTN WDMrako “digital Wrapper” bezala
  - *Ethernet* 2. mailako teknologia bezala
  - *MPLS-TP*: datu planoko teknologia
  - *MPLS PWE3* (Pseudowire Emulation Edge to Edge): beharrezkoa denean zirkuituak emulatzeko
  - *GMPLS* (Generalized MPLS): Sarearen kontrolezko planoa

# MPLS-TP (MPLS-Transport Profile)



- MPLS funtzionaltasunen azpimultzo bat (“profile”) **bakarrik** erabiltzen du
- Garraio sareetan MPLS-ren ezartzea posible egiten du, gaur egungo TDM-en oinarritutako garraio sareek (SONET/SDH) duten kudeaketa, fidagarritasun eta O+M antzeko batekin.
- IP/MPLS-rekin **bateragarritasuna** bermatzen du



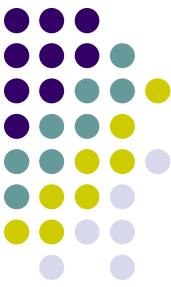
# MPLS-ri sarrera (I)

- Internet Engineering Task Force (IETF)-ek definitua 1998an
- MPLS, lehentasunaren eta/edo kalitatearen (QoS) menpeko paketeen etiketatzearan oinarritzen da
- MPLS-ren ideia zera da, paketeen edo datagramen kommutazioa 2. geruzan gehituriko etiketen menpe egiten du eta pakete horiek QoS-an jarritako klasifikazioaren menpe etiketatzen ditu



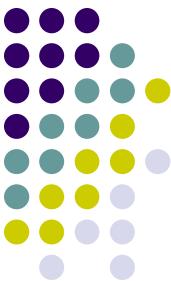
# MPLS-ri sarrera (II)

- MPLS-k konexiora ez zuzenduriko sareei konexiora zuzenduriko sareen ezaugarri batzuk eman nahi dizkio
- IP-ren ohiko bideratzean (konexio gabea), pakete batek bideragailu bat zeharkatzen duen bakoitzean bere helmugako helbidea eta goiburuko beste parametro batzuk aztertuak dira
- Nodo bakoitzeko bideratze-taulen egoeraren menpe paketearen ibilbidea moldatzen da, baina ibilbidea ezin denez aurrejakin, QoS-a beteko duten baliabideen erreserba egitea zaila da
- Bideratze-tauletan egiten diren bilaketek, taularen luzeraren menpe handiagotzen den denbora-galera bat suposatzen dute



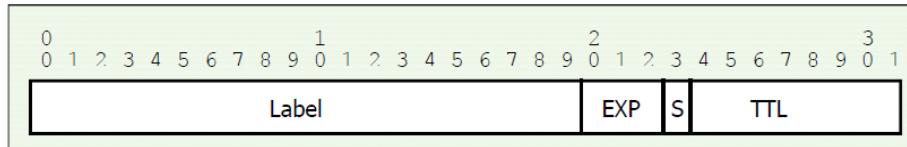
# MPLS-ri sarrera (III)

- MPLS-k, nodo bakoitzak –bai switchak bai bideragailuak– taulako osagai bakoitzari etiketa bat jartzea eta auzoko nodoei komunikatzea ahalbidetzen du
- Etiketa hau tamaina finkoko balio labur bat da eta goiburuan garraiatzen da FEC (*Forward Equivalence Class*) bat identifikatzeko. Hau, sarean bide berberetik birbidaltzen diren pakete multzo bat da, beraien helmugak desberdinak direnean ere
- Esanahi lokala duen konexio-identifikatzailea da etiketa eta trafikoaren eta FEC espezifiko baten arteko korrespondentzia definitzen du. Paketeari etiketa hau esleitzen zaio bere helmuga helbidearen, zerbitzu motaren parametroaren, VPN baten parte izatearen, edo beste irispide baten menpe.
- MPLS, IP soluzio garbi bat edo 3. mailakoa bezala implementaturik dagoenean, bere etiketa pakete hasieran gehituriko informazio atal bat da



# MPLS goiburuaren eremuak

- **Label** (20 bit): Etiketaren identifikatzaila.
- **Exp** (3 bit): Bit esperimentalak ere deituak, beste testu batzuetan QoS bezala agertzen da, paketeen ilaratzean eta baztertzean eragina duen eremua.
- **S** (1 bit): Ingeleseko *stack*-etik, etiketen pilatze hierarkikorako balio du. S=0 denean paketeak etiketa gehiago dituela adierazten du. S=1 denean hierarkiaren azpian gaude.
- **TTL** (8 bit): Time-to-Live, IP-en duen funtzionaltasun bera du, bideragailu bakoitzean gutxiagotzen da eta 0 baliora iristean, paketea baztertzen da. Orokorrean, IP goiburuko TTL eremua ordezkatzen du.



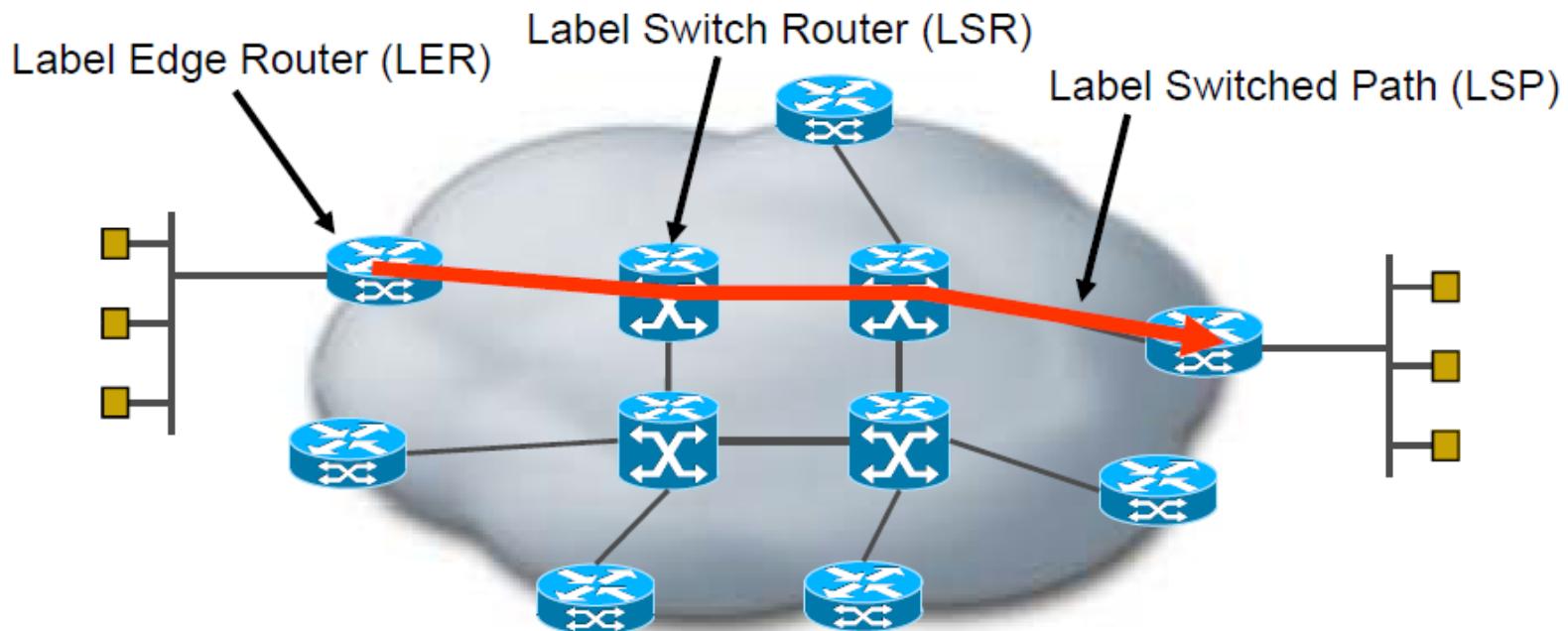
- IP/MPLS-eko etiketen pilaren adibidea



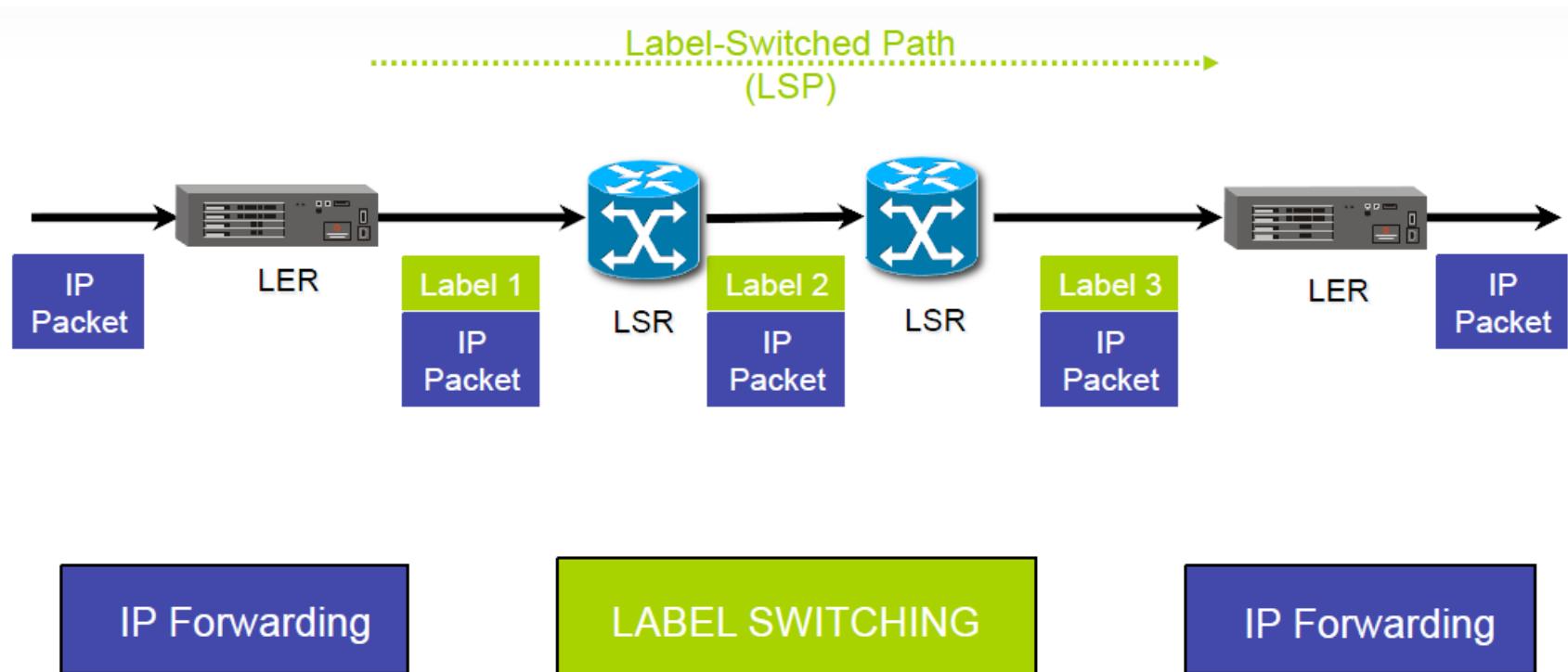


# MPLS terminologia

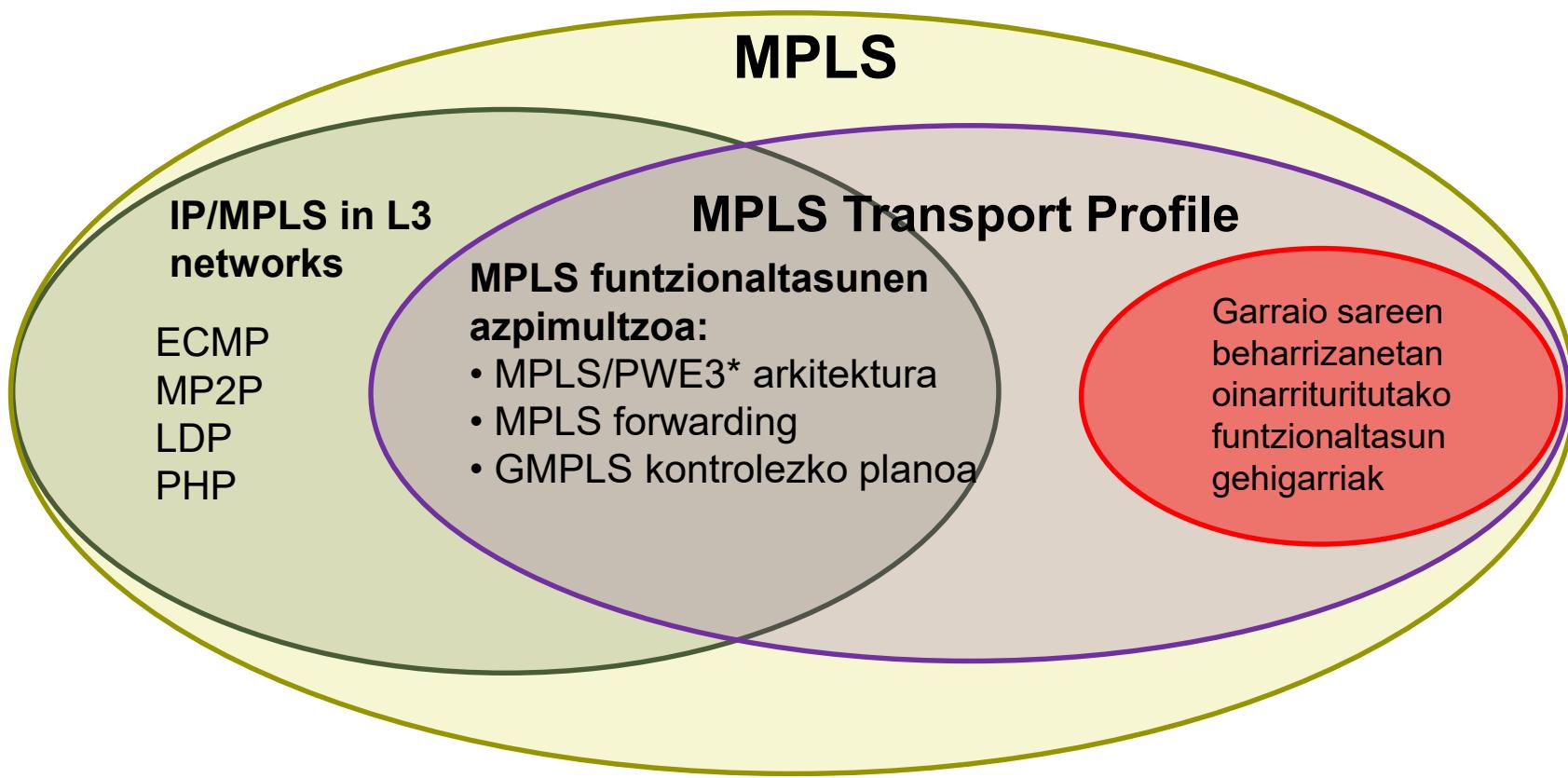
- LER: Label Edge Router
- LSR: Label Switch Router
- LSP: Label Switched Path



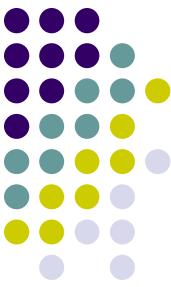
# LSP- Label Switched Path



# MPLS-TP vs IP/MPLS



\* Pseudowire Emulation Edge to Edge

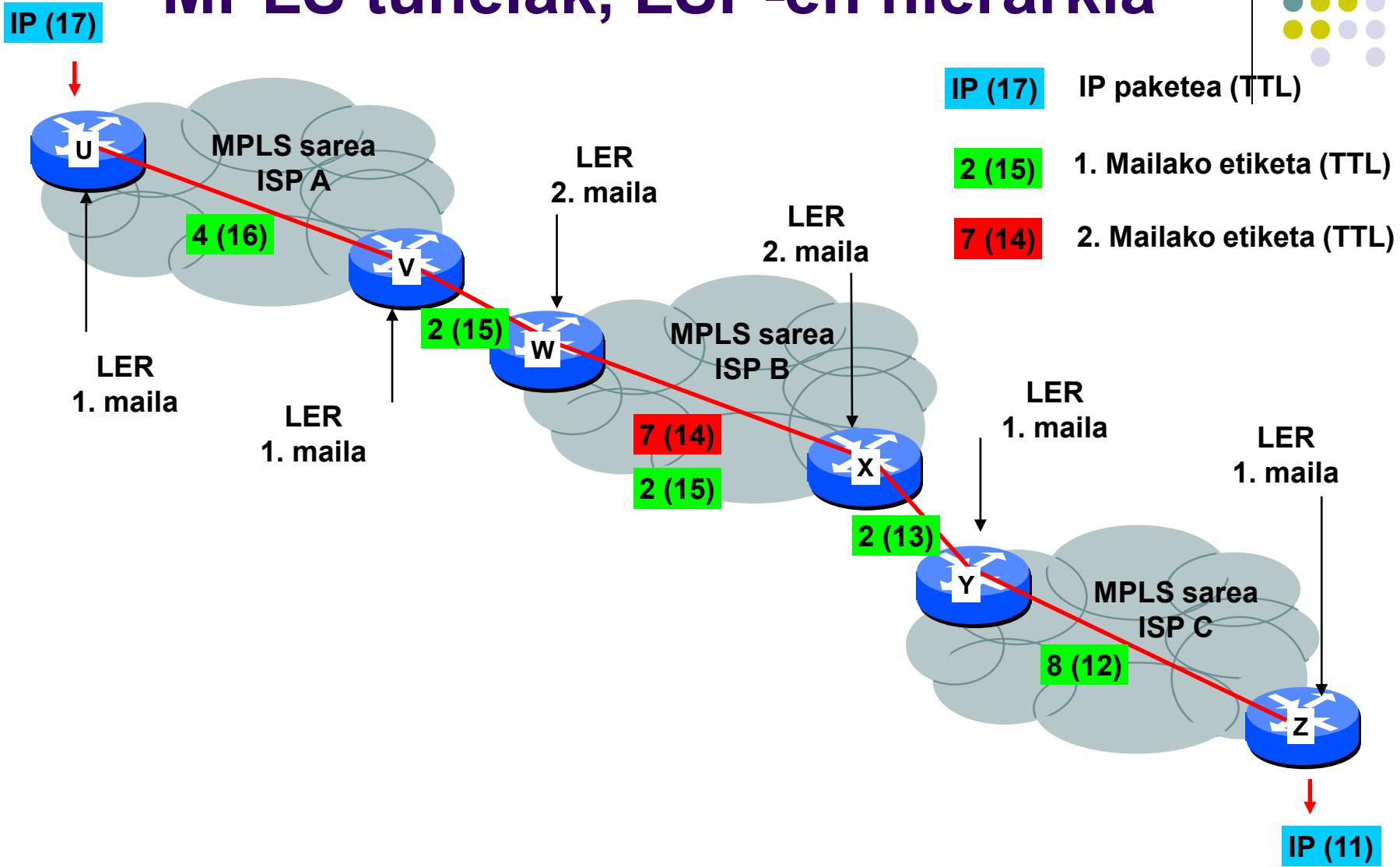


# MPLS-TP-ren funtzionaltasunak

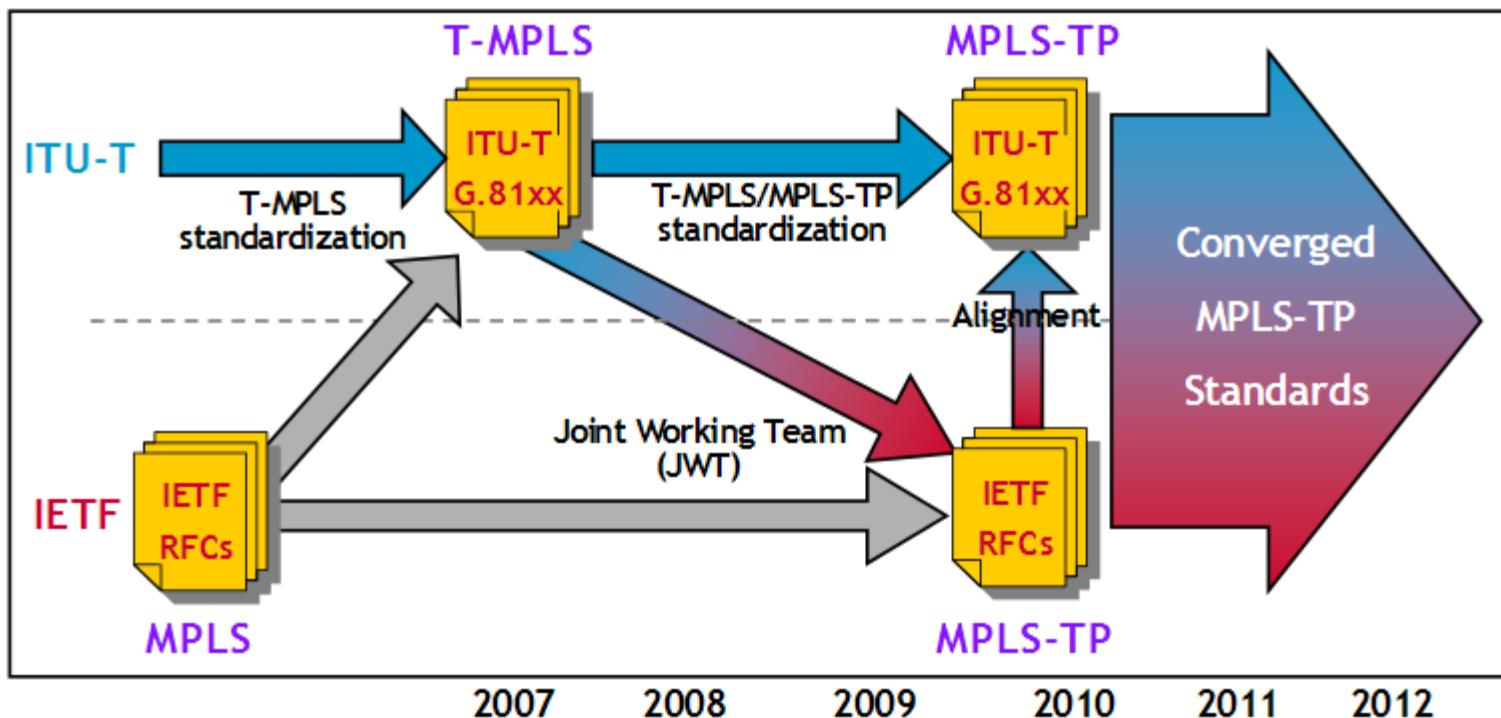
- MPLS “Label forwarding”-en oinarrituriko **datu planoa**:
  - Push: irteerako etiketa gehitzen da
  - Pop: sarrerako etiketa kentzen da
  - Swap: sartzen ari den etiketa irteerako etiketagatik ordezkatzen da
- GMPLS (Global MPLS)-en oinarrituriko **kontrolezko planoa**



# MPLS etiketen pilaratzea MPLS tunelak, LSP-en hierarkia



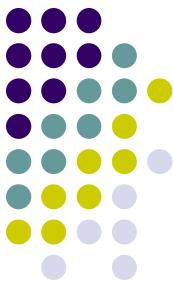
# T-MPLS/MPLS-TP-ren estandardizazioa



# Dokumentazio gehigarria



- RFC 6423: Using the Generic Associated Channel Label for Pseudowire in the MPLS Transport Profile (MPLS-TP)
- RFC 5654: Requirements of an MPLS Transport Profile
- RFC 5718: An In-Band Data Communication Network For the MPLS Transport Profile
- RFC 5860: Requirements for Operations, Administration, and Maintenance (OAM) in MPLS Transport Networks
- RFC 5951: Network Management Requirements for MPLS-based Transport Networks
- RFC 5960: MPLS Transport Profile Data Plane Architecture
- RFC 6370: MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Identifiers
- RFC 6426: MPLS On-Demand Connectivity Verification and Route Tracing
- RFC 6378: MPLS Transport Profile (MPLS-TP) Linear Protection
- RFC 6427: MPLS Fault Management Operations, Administration, and Maintenance (OAM)
- RFC 6428; Proactive Connectivity Verification, Continuity Check, and Remote Defect Indication for the MPLS Transport Profile
- RFC 6435: MPLS Transport Profile Lock Instruct and Loopback Functions



# 2. Gaia. TRANSMISIOA Edukia

## 2.1 Sarrera

2.1.1 Transmisio sareei sarrera

2.1.2 Testuinguruan jartzea, eboluzioa eta funtzionamendua

## 2.2 Transmisio sareetako teknologiak

2.2.1 Garraio sare optikoei sarrera

2.2.2 TDM multiplexazio hierarki-digitalak

2.2.2.1 PDH (sarrera soilik: transmisio sareetan zaharkitua dago)

2.2.2.2 SDH/SONET

2.2.3 Multiplexazio optikoko hierarkiak (garapen prozesuan dauden sareak)

2.2.3.1 OTN/WDM

2.2.3.2 MPLS-TP

## 2.3 Sare eta Zerbitzuen konbergentzia: NGN



# Konbergentziaren motibazioa

- Komunikazioen hasieran, komunikazio eredu bertikala
- Gaur egun eredu horizontal baterantz eboluzionatu da
  - Sare, zerbitzu eta terminalen arteko independentzia
  - Multizerbitzu sareak, zerbitzu guztientzat sare komun bat

## Redes Clásicas vs. Redes de Nueva Generación <sup>(2)</sup>



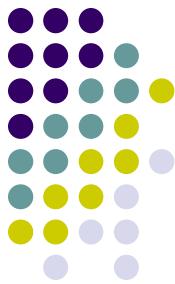


# Konbergentzia: NGN-ren jatorria

- NGN-ren sorrera bultzatzen duten konbergentziak
  - Sareen konbergentzia: finkoak eta mugikorrik
  - Zerbitzuen konbergentzia: ahotsa, datuak eta bideoa
  - Terminalen konbergentzia
  - Konbergentzia zerbitzuen eskaintzan

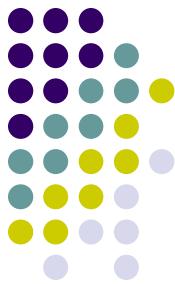


# Konbergentzia eremu guzietan



- Sare konbergentzia
  - Mota guzietako zerbitzuak jasateko gai diren sareak
  - IP-n oinarritutako banda zabaleko sareetaraneko eboluzioak bultzatua
- Gailuen konbergentzia
  - Gaur egungo gailu gehienek mikroprozesagailu bat, gordetzea tarte, pantaila, sarrerako gailua, sare – konexio... dute, horrela, funtzi eta komunikazio aplikazio anitz eskain ditzakete
- Zerbitzuen konbergentzia
  - Erabiltzaileari, interfaze bakarrarekin, nonahi, era gardenean, kalitate egokiarekin eta testuinguru anitzetan multimedia informaziorako sarbidea ematen dion zerbitzuan konbergente deritzo
  - Sare konbergentziatik eta terminal berriatik eratorria
- Konbergentzia eskaintzan
  - “triple play” edo “quadruple play” paketeak (datuak, TB, telefonia finkoa – telefonia mugikorra).

# Next Generation Networks- NGN



- ITU-T-ren definizioa (Y.2001):

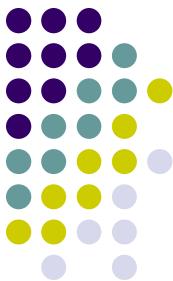
*Zerbitzuak horni ditzakeen, Telekomunikazio zerbitzuak barne, eta QoS-a ahalbidetzen duen banda-zabaleko garraio teknologia anitz erabil ditzakeen pakete-komutazioan oinarritutako sarea. Zeinetan, zerbitzuekin erlazionaturiko funtziak, azpiko garraio kapazitateekin erlazionaturiko teknologien independente diren. Erabiltzaileak sareetara eta zerbitzu-hornitztaileetara edo beraien aukerako zerbitzuetara eragozpen gabeko sarbidea izatea gaitzen du. Mugikortasun orokortua jasaten du, honi esker, erabiltzaileei zerbitzuak nonahi eta koherenteki ematea posible izango da.*



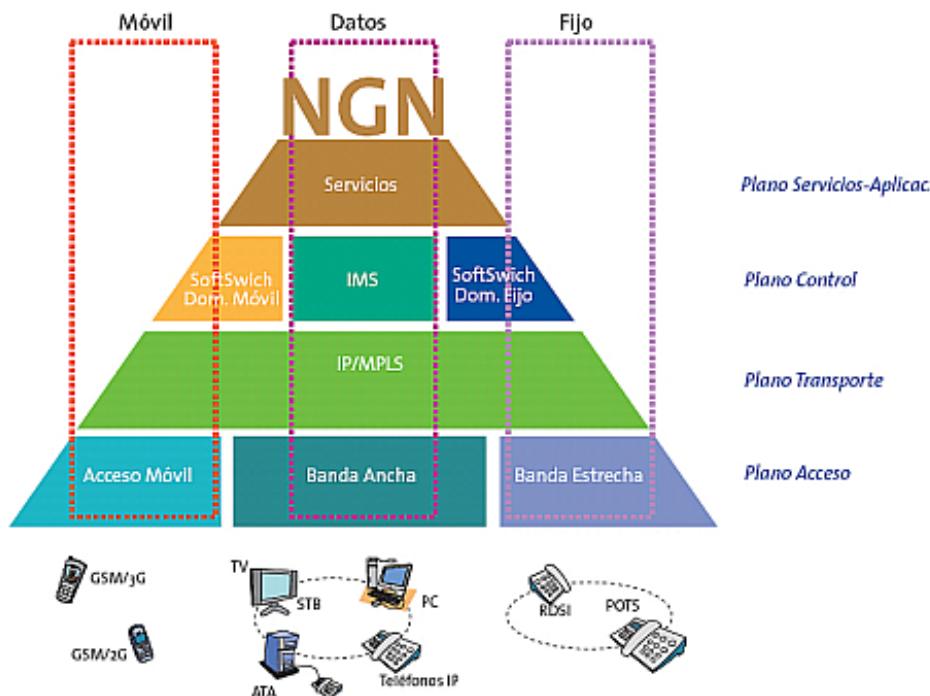
# NGN - Arkitektura

- Garraiozko, kontrolezko eta aplikaziozko planoen banaketa garden batean oinarrituriko sare arkitektura horizontala.
- Kontrolezko, sarbideko eta zerbitzu komunen exekuzioko azpisistemari **IMS "IP Multimedia Subsistema"** deritzo. Belaunaldi berriko arkitektura ereduko aplikazio guztientzat estandarra da, belaunaldi berriko sare baten kontrolezko geruza da.

# Next Generation Networks- NGN



- NGN-ren definizioko ideia orokorra
  - Sare batek informazio eta zerbitzu guztiak garraiatzen ditu (ahotsa, datuak, eta bideoa bezalako euskarri mota guztiak)
  - Internet-en protokoloaren (IP) gainetik eraikitako sare bat





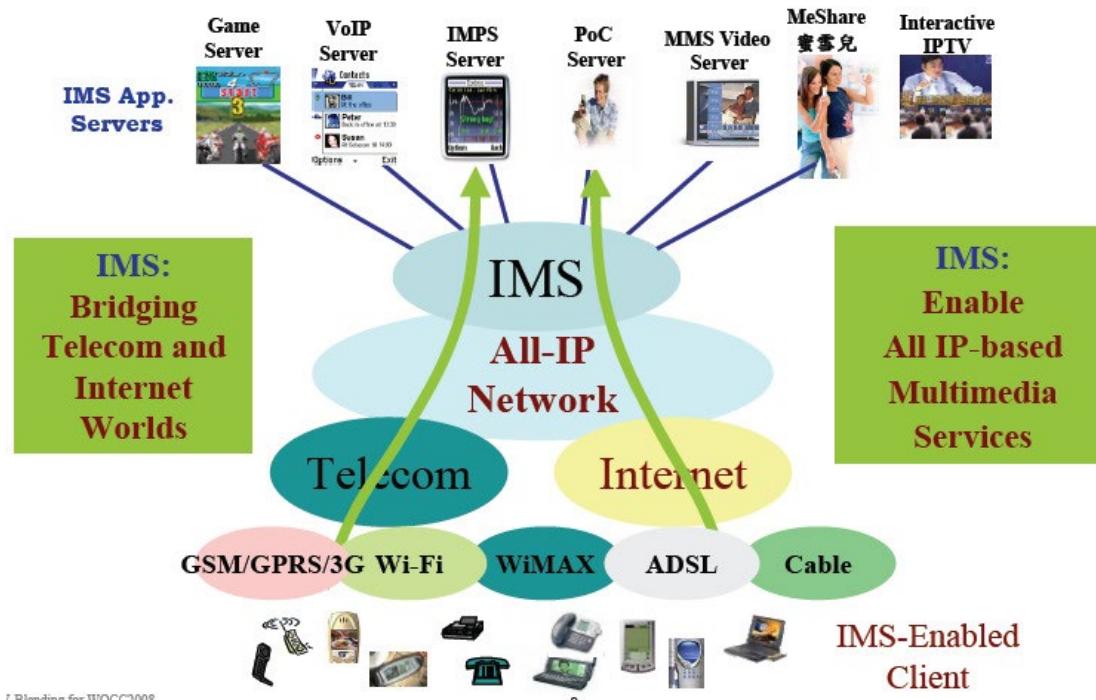
# NGN - Ezaugarriak

- Pakete kommutazioan oinarriturik.
- Kontrolezko, garraiozko eta zerbitzuzko funtzioen banaketa.
- Interfaze irekiak.
- Zerbitzuen integrazioa.
- End-to-end Zebitzuaren Kalitatedun banda-zabaleko kapazitateak.
- Integrazioa gaur-egungo sareekin.
- Mugikortasun osoa.
- Erabiltzaileek Hornitzaire desberdinatarako sarbidea izango dute.
- Erabiltzaileak identifikatzeko eskema desberdinak.
- Zerbitzu konbergenteak eta erabiltzailearen pertzepzioa kontuan hartuz diseinatuak.
- Finko-Mugikor zerbitzuen konbergentzia.
- Sor daitezkeen arautze beharrizanekin bat datorrena.



# IMS arkitektura

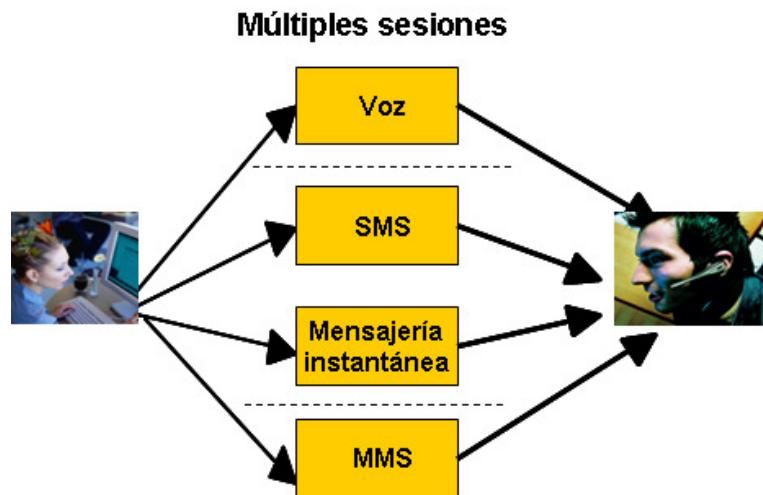
- IP azpiegituran multimedia zerbitzuak emateko erreferentzia arkitektura generikoa, 3GPP-ren eta IETF-ren estandarra, ETSI-k eta 3GPP2-k hartua



# IMS baino lehen, IMS eta gero



## Antes de IMS



Servidores dedicados y replicación de funciones comunes por servicio

1 Elección del tipo de comunicación

2 Comienzo de la sesión

## Después de IMS

Única sesión



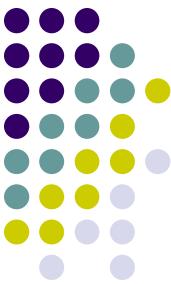
Servidores comunes y funciones comunes integradas por servicio

1 Elección del modo inicial

2 Comienzo de la sesión

3 Elección de los modos de comunicación dentro de la misma sesión

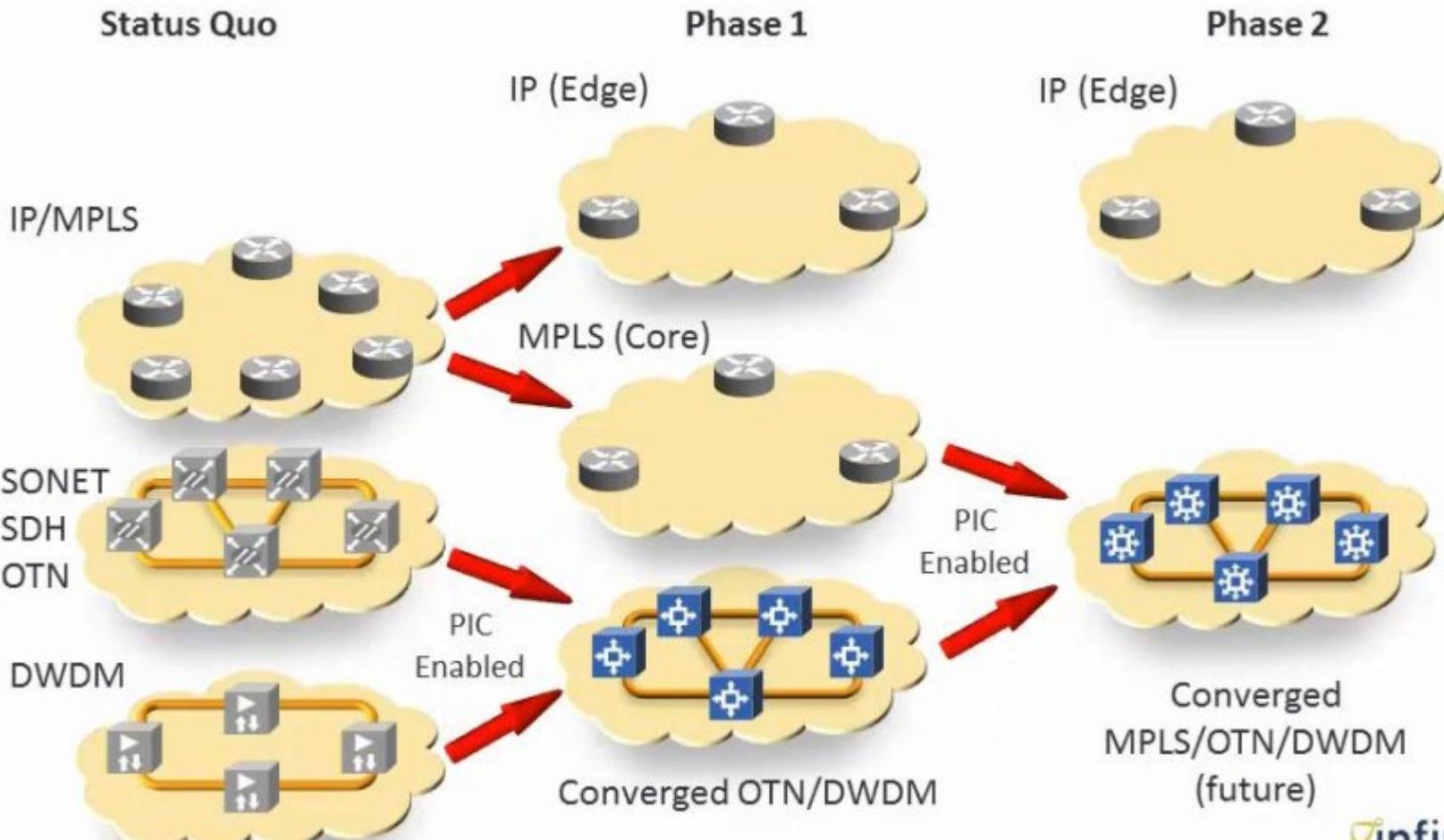
# Sare optikoen integrazioa - NGN



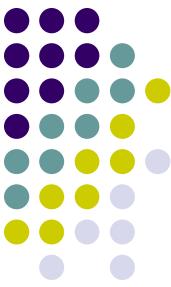
- WDM teknologiek, instalaturiko zuntzetatik kapazitate ia infinitu bat lortzea gaitzen dute
- IP ekipoak sare optikoekin integratzeak, hurrengo belaunaldiko sareentzat oinarrizko diren bi ezaugarri ematen ditu:
  - *Bizkortasuna horniketan* – Bideragailuek seinalaztapen bidez garraio optikoaren kapazitate handiago bat eska dezakete, eskaeraren menpe bide berriak sortuz. Era berean, erabiltzen ez den kapazitate optikoa ere automatikoki aska daiteke.
  - *Berrezartze mekanismoen koordinazioa* – Maila bakoitzak bere mekanismoak ditu akatsetatik berreskuratzeko. Mekanismo guztien konbinazioak eta koordinazioak erantzun azkarragoak eta baliabide merkeagoak ematen ditu.
- GMPLS teknologiari esker IP eta sare optikoen arteko konbergentzia eman daiteke. Teknologia honek, MPLS etiketen kontzeptua orokortzen du, bere erabilera pakete-kommutazio egiten ez duten gailuetara hedatuz, hots, zirkuitu-, uhin-luzera-, zuntz-, ... – kommutazioa egiten dutenetara.



# NGN sare optikoen garapena



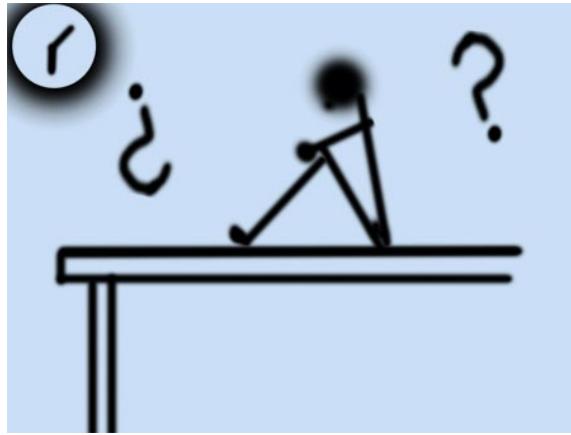
infinera®



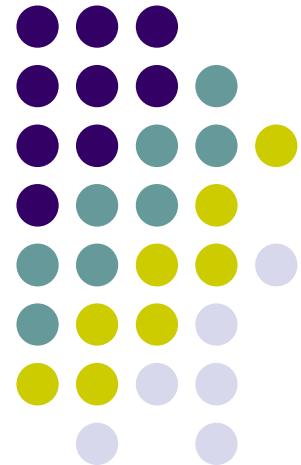
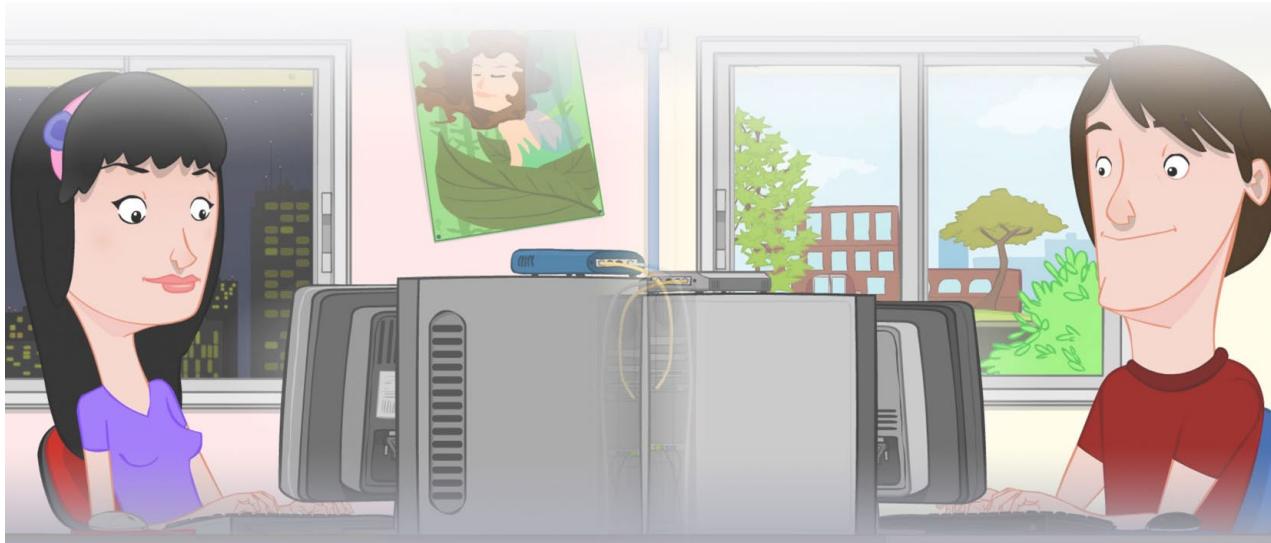
# Erreferentziak

- OTN: *Manual ITU-T: Redes Ópticas de Transporte (liburutegian CDa eskuragarri dago)*
- *OTN tutoriala (ITU)*: <https://www.itu.int/ITU-T/studygroups/com15/otn/OTNtutorial.pdf>
- NGN
  - <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn/Pages/default.aspx>
  - <http://www.itu.int/en/ITU-T/gsi/ngn>
  - <http://www.3gpp.org/article/ims>

Oharra: Irudi batzuk bibliografia honetatik ateratakoak dira



# Zalantzari?



**TELEK:O**  
UPV/EHU Bilbao