

Redes de Telecomunicações

IP sobre SDH
2006/2007

IP sobre SDH

- Tipos de concatenação:
 - Contígua standard;
 - Contígua arbitrária;
 - Virtual.

Signal Designation			Line Rate (Mbps)
SONET	SDH	Optical	
STS-1	STM-0	OC-1	51.84
STS-3	STM-1	OC-3	155.52
STS-12	STM-4	OC-12	622.08
STS-48	STM-16	OC-48	2,488.32
STS-192	STM-64	OC-192	9,953.28
		OC-768(?)	39,813.12

Concatenação contígua

•Este mecanismo é fornecido para permitir transportar sinais com uma capacidade superior ao contendor C-4.

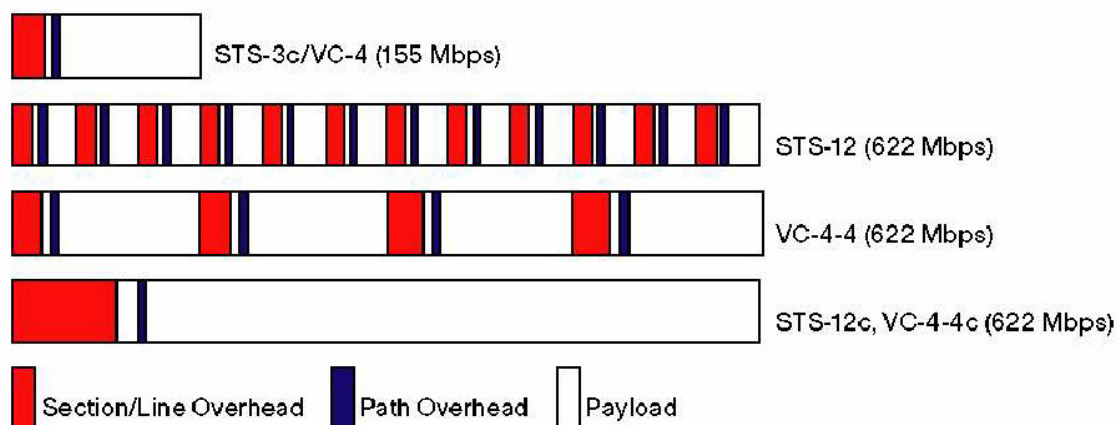
A vantagem deste método é que a carga digital correspondente a várias AU-4 consecutivas é amarrada através da atribuição de um valor fixo a todos os ponteiros das AU-4 do conjunto, com exceção do ponteiro da primeira.

Permite sincronizar todas as AU-4 em conjunto.

O ponteiro do cabeçalho de caminho só é transportado na primeira AU-4, nos restantes AU-4 são preenchidos com bits sem informação.

AU-4-xc conjunto de x AU-4

AU-4-4c que é transportada em tramas STM-4 é usada para o transporte de tráfego ATM.



Concatenação contígua standard

- **Regras**
- Os sinais que são concatenados são VC-4 e VC-4-Xc (X=1,4,16,64) (conjunto de X VC-4 concatenados contíguamente)
- Quando os sinais STM-Nc são multiplexados para gerar um sinal STM-M, (M=4,16,64,256), o sinal STM-Nc só pode ocorrer nas fronteiras de STM-M.
- Por exemplo:



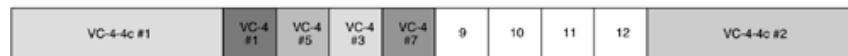
(a) Empty STM-16 (OC-48) signal



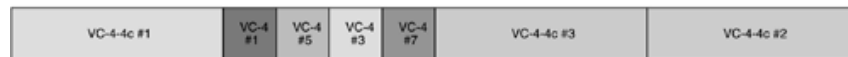
(b) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and seven VC-4s (STS-3cs)



(c) STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



(d) Re-groomed STM-16 (OC-48) signal with two VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)



(e) STM-16 (OC-48) signal with three VC-4-4cs (STS-12cs) and four VC-4s (STS-3cs)

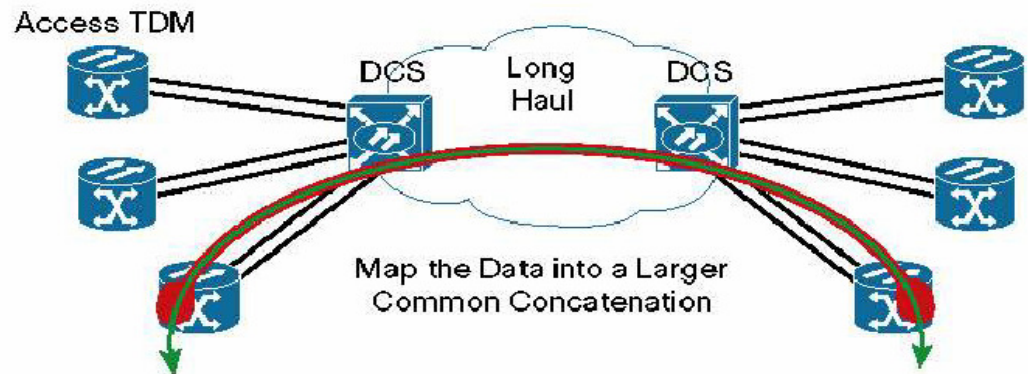
Foram retiradas 3 VC-4, mas no entanto não é possível colocar um VC-4-4C

Foi feito *regrooming* e agora é possível colocar um VC-4-4C

A operação de regrooming implica que o serviço tem de ser interrompido.

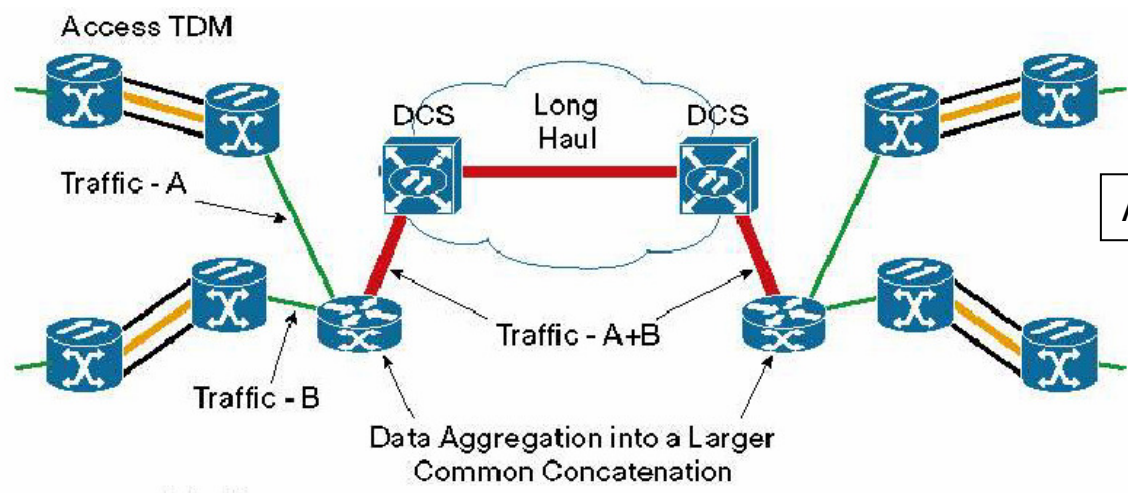
Todos os dispositivos no caminho de transmissão devem de suportar a concatenação

Uma possível solução é usar uma trama STM de ordem superior dedicada



Ineficiente em termos de utilização de largura de banda

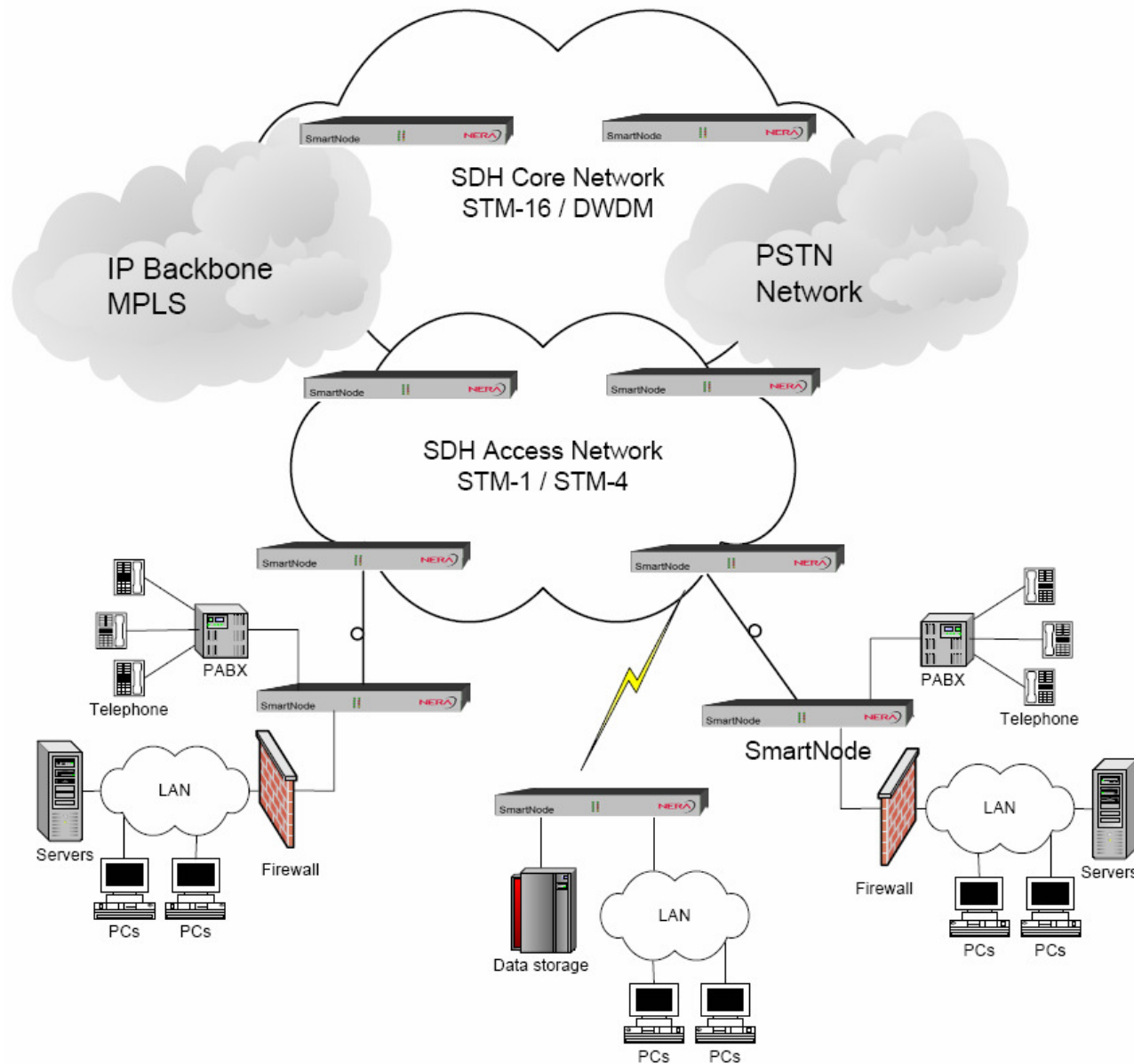
- OC-48c 2,488.322 Mbit/s
- Gigabit Ethernet 1 Gbit/s



Aumento de custo e complexidade

- OC-48c
- Gigabit Ethernet
- STS-24c

Cenário de rede



Comparação das taxas de transmissão

Tamanho do contendor SDH/ Taxa de Transmissão vs. Data bit-rates

SDH - TDM		Data	
C-11	1.600 Mbit/s	10 Mbit/s	Ethernet
C-12	2.176 Mbit/s	25 Mbit/s	ATM
C-2	6.784 Mbit/s	100 Mbit/s	Fast Ethernet
C-3	49.536 Mbit/s	200 Mbit/s	ESCON
C-4	149.760 Mbit/s	400 Mbit/s 800 Mbit/s	Fibre Channel
C-4-4c	599.040 Mbit/s	1 Gbit/s	Gigabit Ethernet
C-4-16c	2.396 160 Mbit/s	10 Gbit/s	10 Gb Ethernet
C-4-64c	9.584 640 Mbit/s		
C-4-256c	38.338 560 Mbit/s		

Eficiência do Transporte

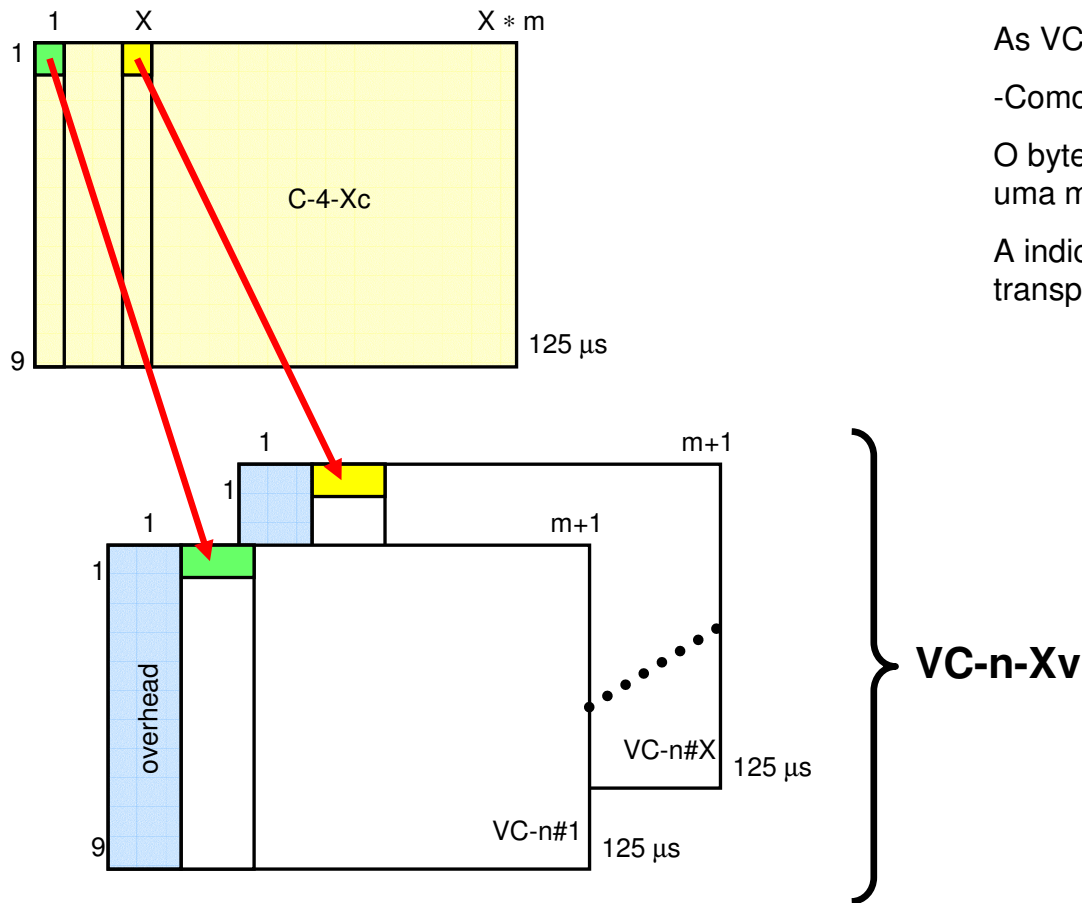
Data		SDH	Efficiency
Ethernet	10 Mbit/s	C-3	20%
ATM	25 Mbit/s	C-3	50%
Fast Ethernet	100 Mbit/s	C-4	67%
ESCON	200 Mbit/s	C-4-4c	33%
Fibre Channel	400 Mbit/s	C-4-4c	67%
	800 Mbit/s	C-4-16c	33%
Gigabit Ethernet	1 Gbit/s	C-4-16c	42%
10 Gb Ethernet	10 Gbit/s	C-4-64c	100%

A solução:

Concatenação Virtual

Concatenação virtual de contêdores de alta ordem

Mapeamento de C-4-Xc em X * VC-4: a VC-4-Xv



As VC-n-Xv são transmitidas separadamente

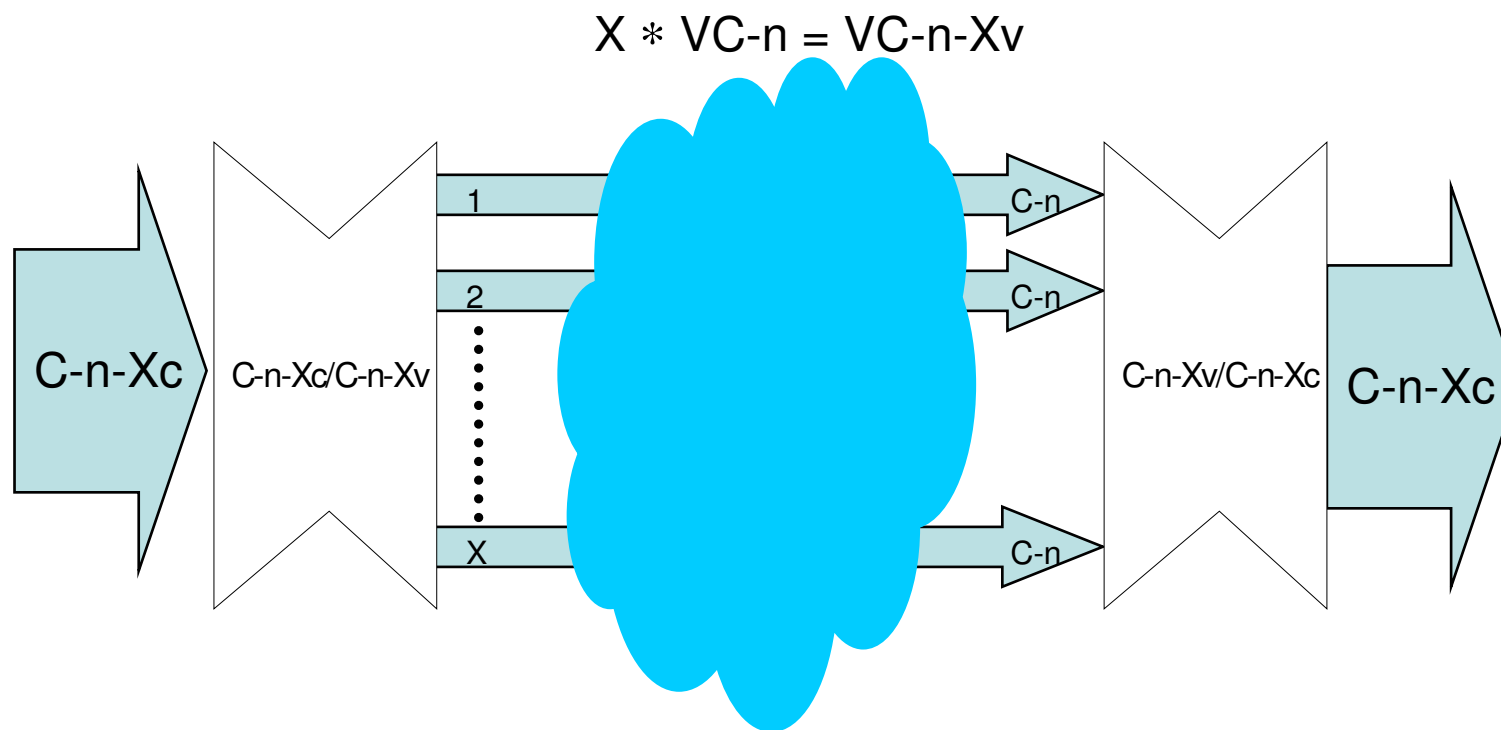
-Como é possível reagrupá-las na devida ordem?

O byte H4, do cabeçalho indica que se trata de uma multitrama.

A indicação da sequência dos VC-n-Xv também é transportada no byte H4.

Concatenação virtual

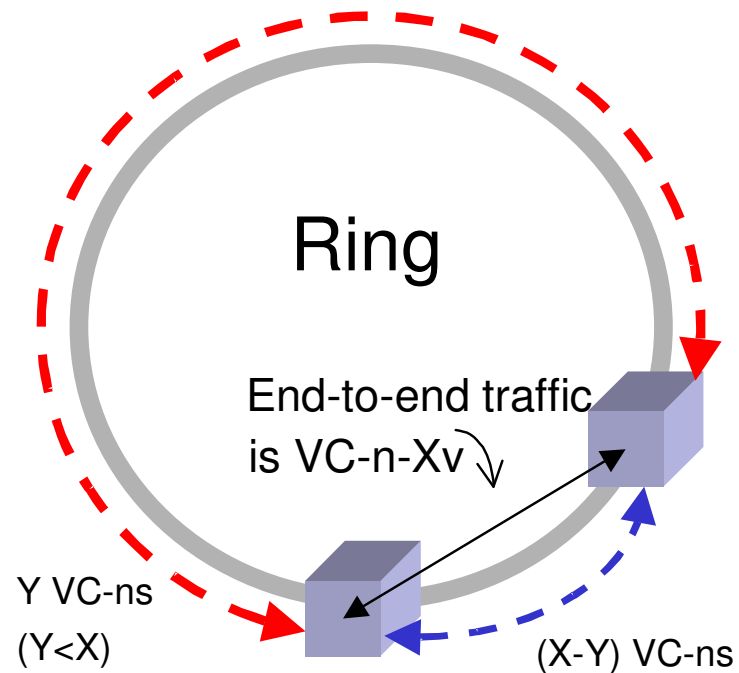
VC-n-Xc são transportadas independentemente através de uma rede que suporta comutação de VC-n



Concatenação Virtual

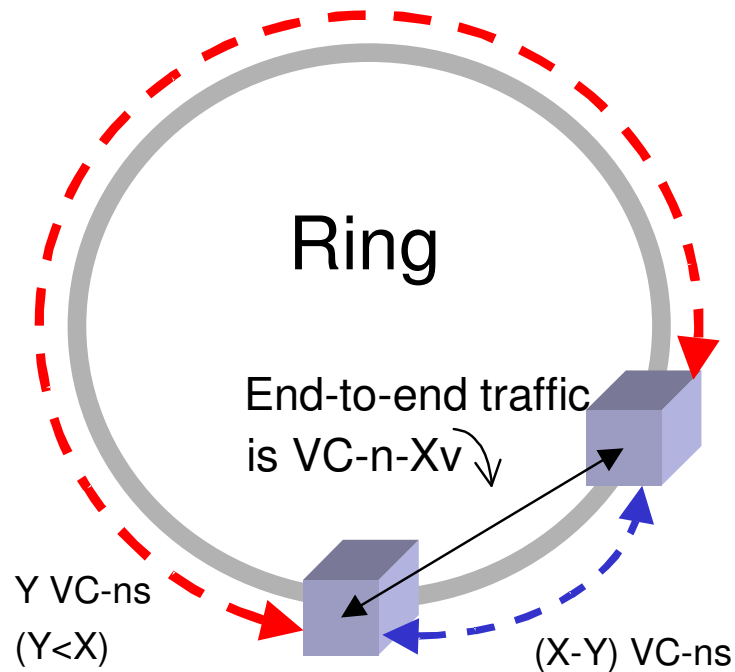
Atraso diferencial causado por:

- caminhos diferentes que são percorridos por VC-n distintos, o atraso é maioritariamente diferença de atraso de propagação ($\sim 5 \mu\text{s}/\text{km}$)

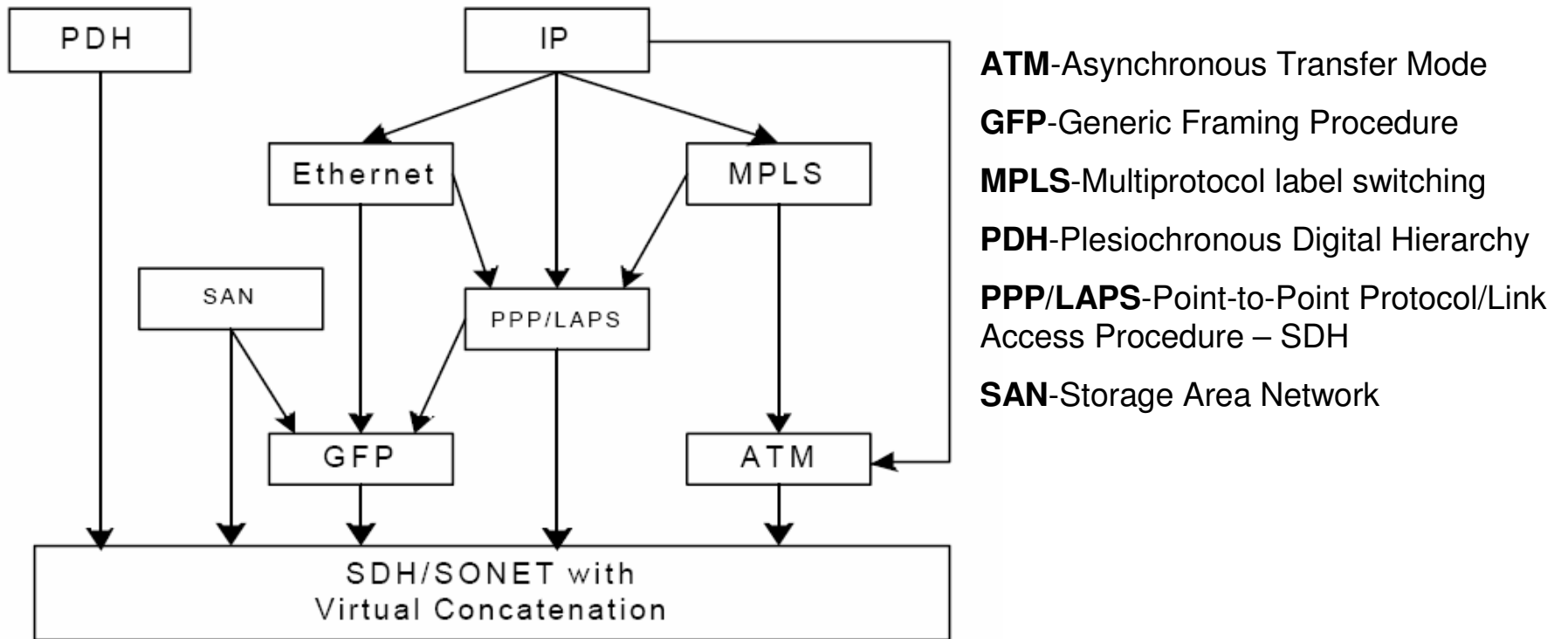


Concatenação Virtual

Como é que os diferentes VC-n são ordenados no receptor?
É criada uma multitrama composta no máximo por 256 tramas, H4 transporta a informação que se trata de uma multitrama e a sequência da trama dentro da multitrama.

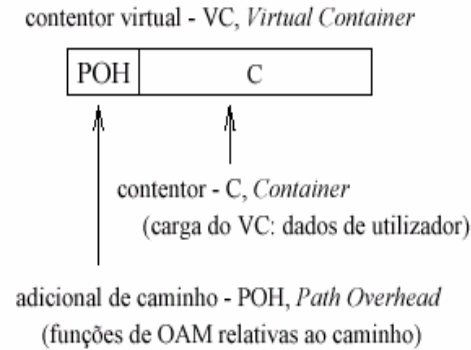


Mapeamento de protocolos



Concatenação de contentores de baixa ordem

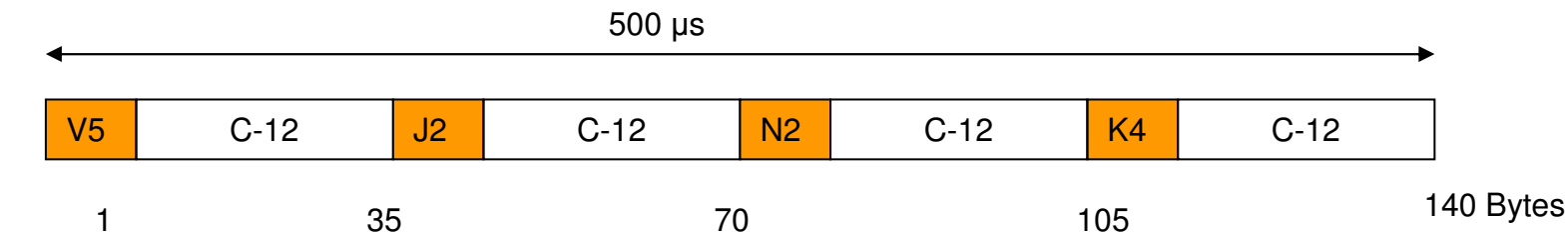
Signal Designation			Line Rate (Mbps)
SONET	SDH	Optical	
STS-1	STM-0	OC-1	51.84
STS-3	STM-1	OC-3	155.52
STS-12	STM-4	OC-12	622.08
STS-48	STM-16	OC-48	2,488.32
STS-192	STM-64	OC-192	9,953.28
		OC-768(?)	39,813.12



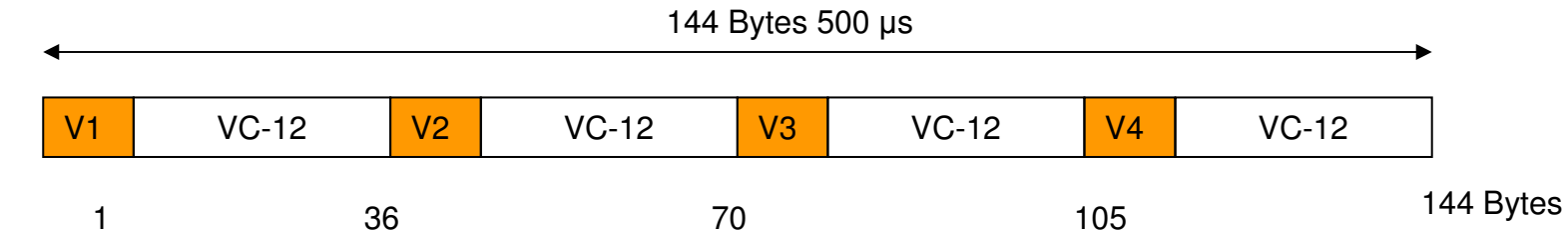
	Contentor	Capacidade (kbit/s)
Baixa Ordem	C-11	1 600
	C-12	2 176
	C-2	6 784
	C-3	48 384
Alta Ordem	C-3	48 384
	C-4	149 760

Criação do VC-12

1ª operação: adicionar o cabeçalho de caminho inferior, que consiste de 4 bytes (V5, J2, N2 e K4), devido à pequena dimensão do C-12, não é eficiente concentrar todos os 4 bytes num único contentor virtual, são distribuídos por 4 contentores virtuais, formando uma multitrama com duração de 500 μ s. O cabeçalho de caminho inferior permanece ligado ao C-12 desde o ponto onde é gerado até ao ponto onde o C-12 deixa o rede SDH.

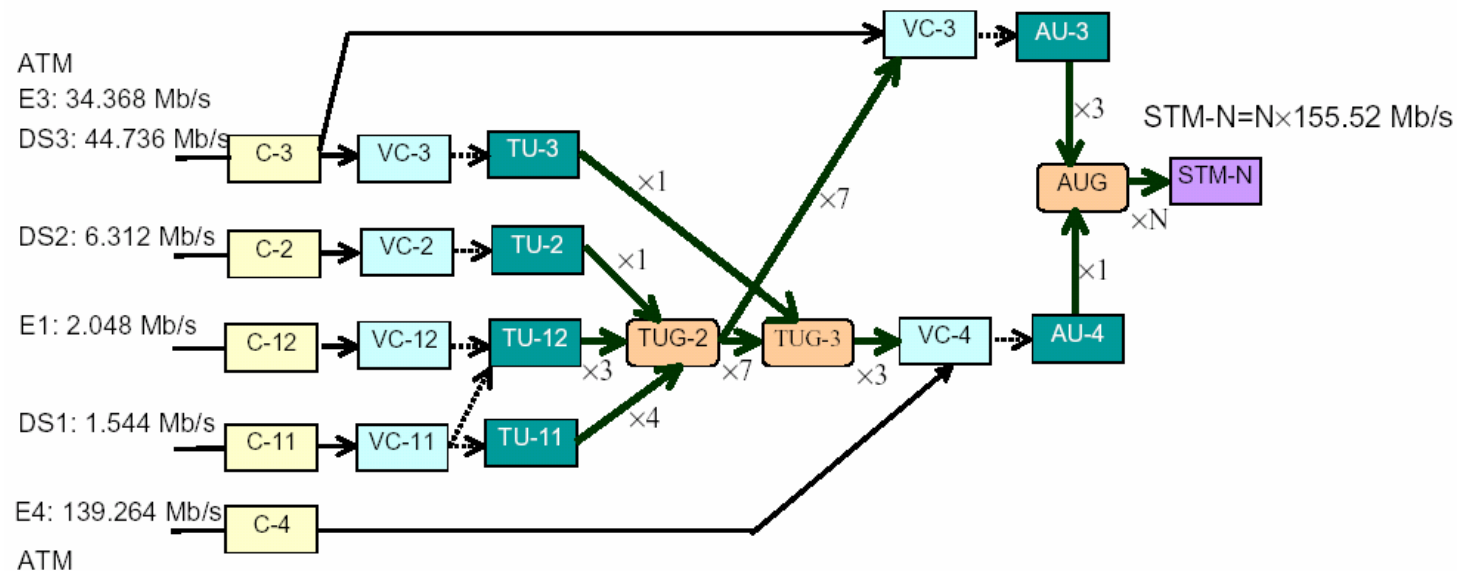


2ª operação: Criação da unidade tributária TU-12



V1, V2 e V3: ponteiro de unidade tributária TU-12, indicam o início do contentor virtual apontando para o V5

V5 na concatenação virtual tem o mesmo papel que o H4 na concatenação de ordem superior, indica que se trata de uma multitrama e a sequência da trama dentro da multitrama



Concatenação virtual

Permite tamanhos de transporte flexíveis:

contendor	X	em passos de	até
C-11-Xc	1 - 63	1.6 Mbit/s	100.8 Mbit/s
C-12-Xc	1 - 63	2.0 Mbit/s	137.1 Mbit/s
C-3-Xc	1 - 256	49 Mbit/s	12.7 Gbit/s
C-4-Xc	1 - 256	150 Mbit/s	38.3 Gbit/s

Virtually Concatened Group (VCG)- Grupo de X contenedores virtuais concatenados virtualmente.

Concatenação virtual

Eficiência do transporte

Data		SDH	Eficiência
Ethernet	10 Mbit/s	C-12-5c	92%
ATM	25 Mbit/s	C-12-12c	98%
Fast Ethernet	100 Mbit/s	C-12-46c C-3-2c	100% 100%
ESCON	200 Mbit/s	C-3-4c	100%
Fibre Channel	400 Mbit/s 800 Mbit/s	C-3-8c C-4-6c	100% 89%
Gigabit Ethernet	1 Gbit/s	C-4-7c	95%
10 Gb Ethernet	10 Gbit/s	C-4-64c	100%

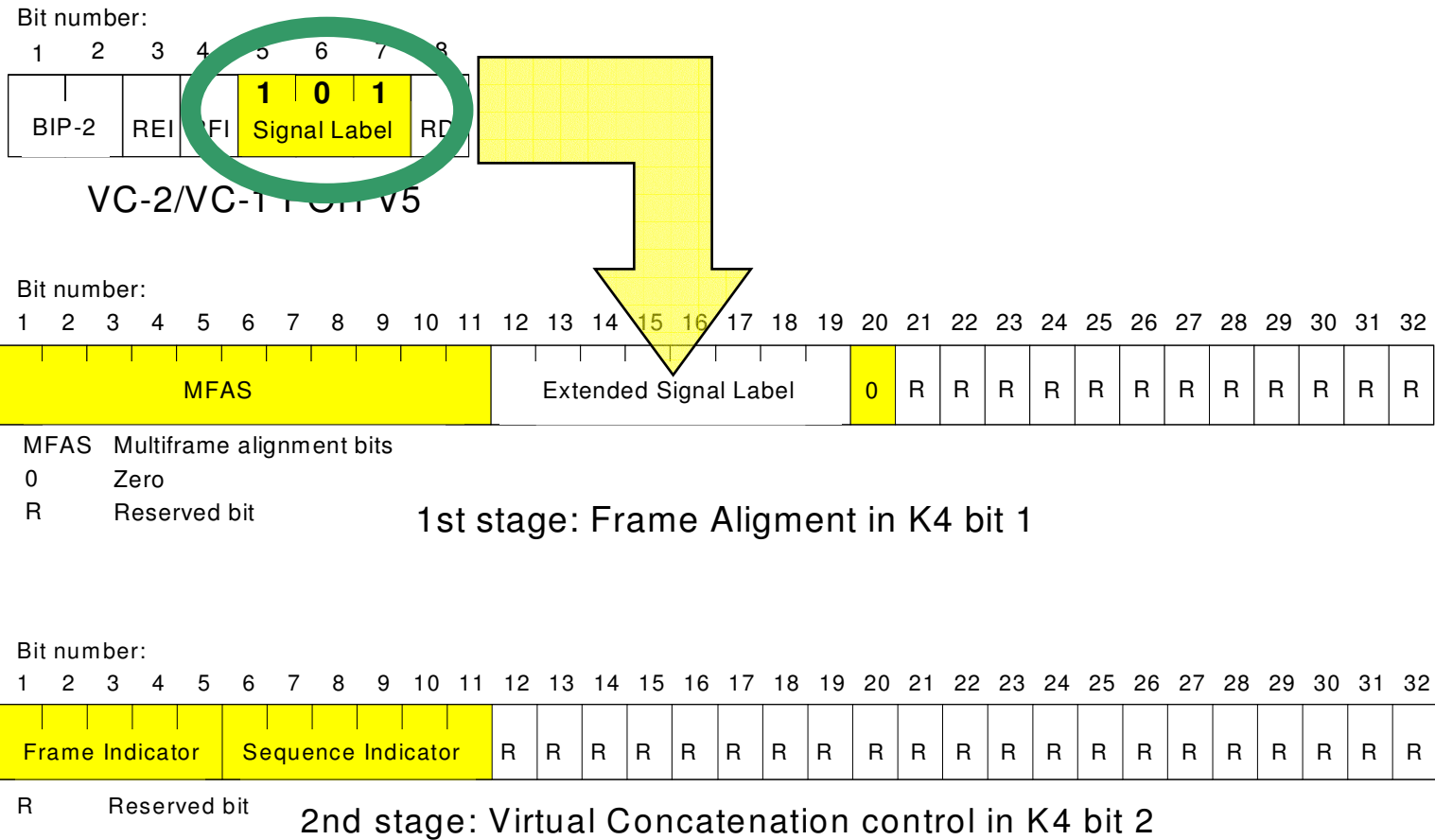
Concatenação Virtual

Overhead de ordem alta VC-4/3 POH H4

H4 Byte								1 st multi-frame number	2 nd multi-frame number
Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8		
				1 st multiframe indicator MFI1 (bits 1-4)					
Sequence indicator LSB (bits 5-8)				1	1	1	1	15	n-1
2 nd multiframe indicator MFI2 MSB (bits 1-4)				0	0	0	0	0	n
2 nd multiframe indicator MFI2 LSB (bits 5-8)				0	0	0	1	1	
Reserved ("0000")				0	0	1	0	2	
Reserved ("0000")				0	0	1	1	3	
Reserved ("0000")				0	1	0	0	4	
Reserved ("0000")				0	1	0	1	5	
Reserved ("0000")				0	1	1	0	6	
Reserved ("0000")				0	1	1	1	7	
Reserved ("0000")				1	0	0	0	8	
Reserved ("0000")				1	0	0	1	9	
Reserved ("0000")				1	0	1	0	10	
Reserved ("0000")				1	0	1	1	11	
Reserved ("0000")				1	1	0	0	12	
Reserved ("0000")				1	1	0	1	13	
Sequence indicator SQ MSB (bits 1-4)				1	1	1	0	14	
Sequence indicator SQ LSB (bits 5-8)				1	1	1	1	15	
2 nd multiframe indicator MFI2 MSB (bits 1-4)				0	0	0	0	0	n+1

Concatenação Virtual

Overhead de ordem baixa



Concatenação Virtual

Vantagens

- os VC-ns individuais não estão limitados a uma única secção de trama
- os operadores podem implementar canais apropriados ao tráfego fazendo uso da granularidade da largura de banda
- utiliza as técnicas de protecção já implementadas para SDH
- é transparente para os nós intermédios da rede. Por isso pode ser implementado sem custos adicionais na rede actual.

Concatenação Virtual

Pontos fracos

- se um dos VC-n de um grupo de concatenação virtual falha todo o grupo VC-n-Xv falha
- a largura de banda necessária pode variar ao longo do dia e/ou semana, estação do ano, etc.

A solução:

LCAS

LCAS-Link capacity adjustment scheme

LCAS

Características:

- as suas funções de adaptação estão somente localizadas na fonte e no destino da contactanação virtual.
- fornece mecanismos de controlo para aumentar ou diminuir a capacidade de um VCG de acordo com as suas necessidades sem o interromper
- capacidade de remover temporariamente remover elementos que estejam sujeitos a falhas.

Necessidades:

- LCAS necessita de um Elemento de Gestão da Rede.

LCAS

Funcionamento:

- usa operação da concatenação virtual para compensar atraso diferencial e de/re-construir a payload.
- utiliza pacotes de controlo para sincronizar mudanças de capacidade entre o emissor (So-source) e receptor (Sk-sink)

Estado de cada elemento do VCG no emissor:

Multi Frame Indicator (MFI)

Sequence Indicator (SQ)

Control (CTRL): IDLE - ADD - NORM – DNU-REMOVE

Group Identification (GID)

IDLE: não participa no VCG

ADD: membro está no processo de ser adicionado ao VCG

NORM: está a participar no VCG e em bom estado

DNU: está alocado para o VCG mas tem uma falha no path

REMOVE: está no processo de ser eliminado do VCG

Estado de cada elemento do VCG no receptor:

Control (CTRL): IDLE – OK-FAIL

X_{MAX} - nº máximo de elementos do VCG

Palavras de controlo da Origem para o Destino

F_ADD: Adiciona este elemento ao VCG

F_DNU: Retira este membro do grupo

F_IDLE: Indica que este VC não é um membro do grupo

F_EOS: Este elemento tem o número mais elevado da sequência do grupo

F_NORM: elemento normal

Palavras de controlo do Destino para o Fonte

R_FAIL: Falha

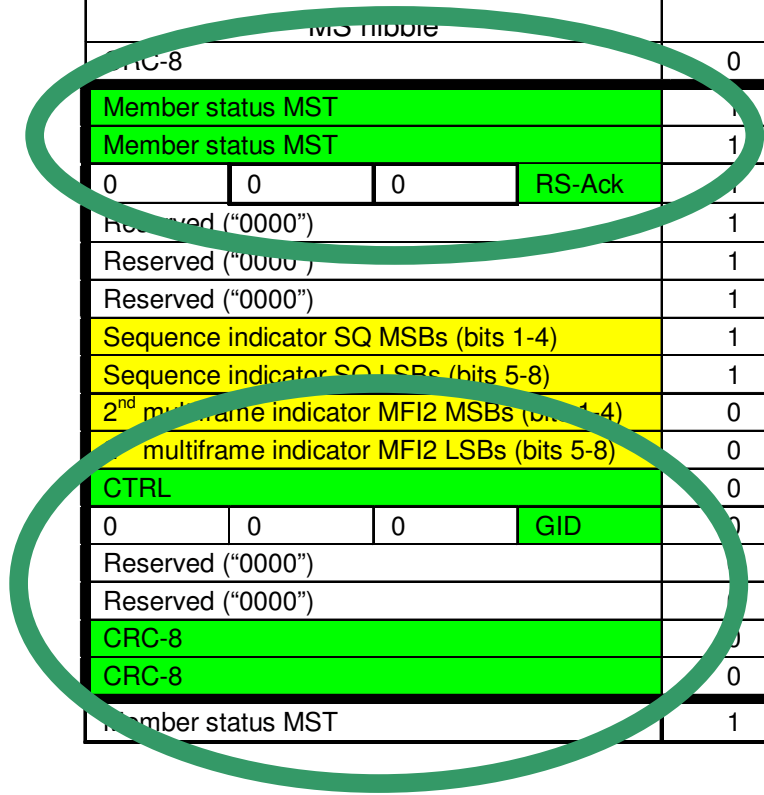
R_OK: Funcionamento normal

R_RS_ACK: Reconhecimento de uma alteração da numeração devido a alteração da constituição do VCG

Como são transmitidas as mensagens de controlo

Overhead de ordem elevada

H4 byte				1 st multi-frame no.	2 nd multi-frame no.
Bit1	Bit 2	Bit3	Bit 4		
MS nibble				1 st multiframe indicator MFI1 LS nibble (bits 1-4)	
CRC-8				0	1
Member status MST				0	1
Member status MST				1	0
0	0	0	RS-Ack	1	0
Reserved ("0000")				1	0
Reserved ("0000")				1	1
Reserved ("0000")				1	0
Sequence indicator SQ MSBs (bits 1-4)				1	1
Sequence indicator SQ LSBs (bits 5-8)				1	1
2 nd multiframe indicator MFI2 MSBs (bits 1-4)				0	0
2 nd multiframe indicator MFI2 LSBs (bits 5-8)				0	0
CTRL				0	0
0	0	0	GID	0	1
Reserved ("0000")				0	1
Reserved ("0000")				0	1
CRC-8				0	1
CRC-8				0	1
Member status MST				1	0

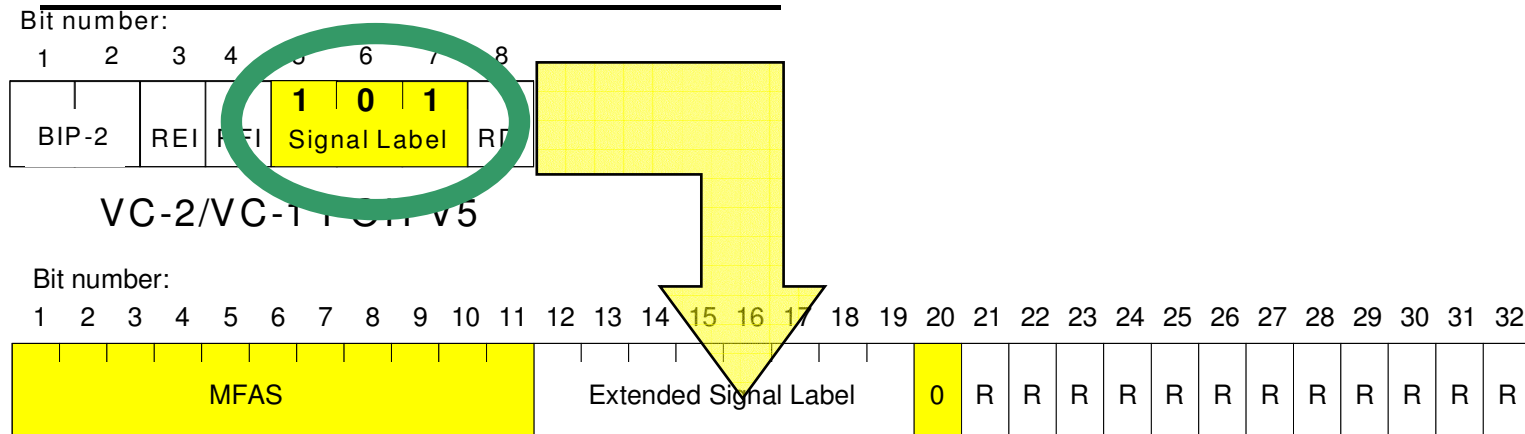


n

n+1

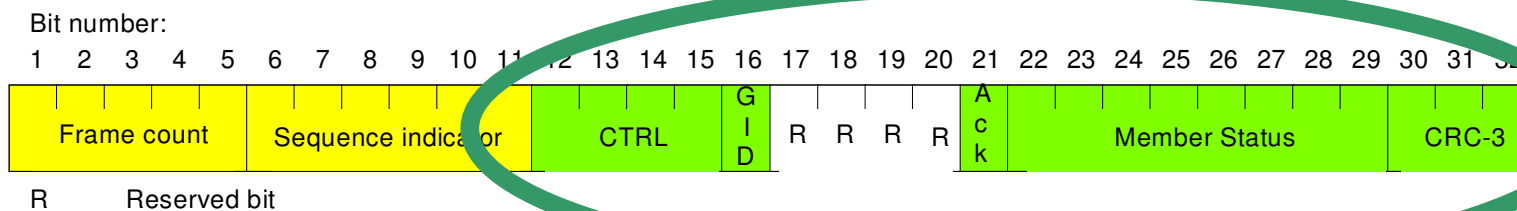
Como são transmitidas as mensagens de controlo

Overhead de ordem baixa



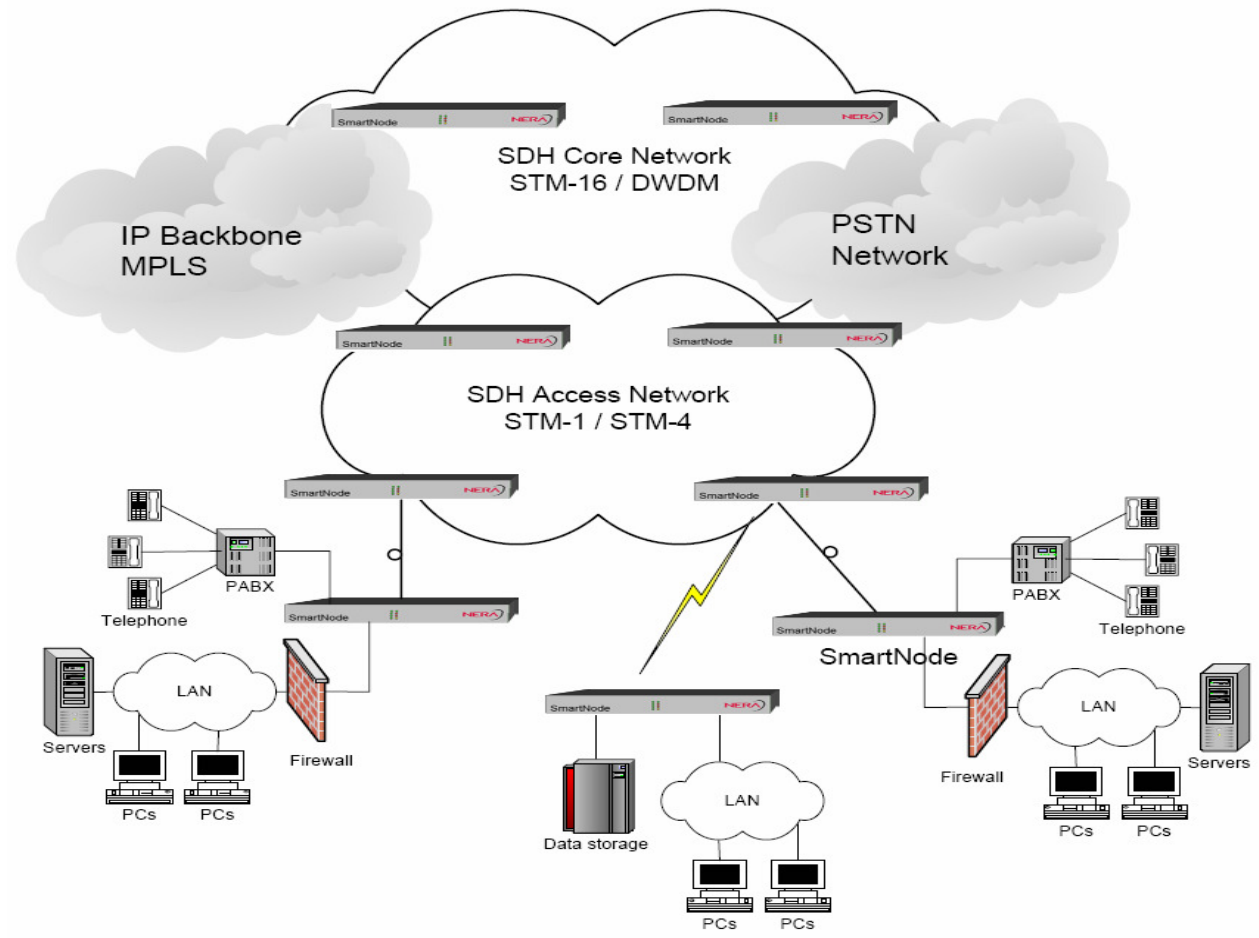
MFAS Multiframe alignment bits
 0 Zero
 R Reserved bit

1st stage: Frame Alignment in K4 bit 1

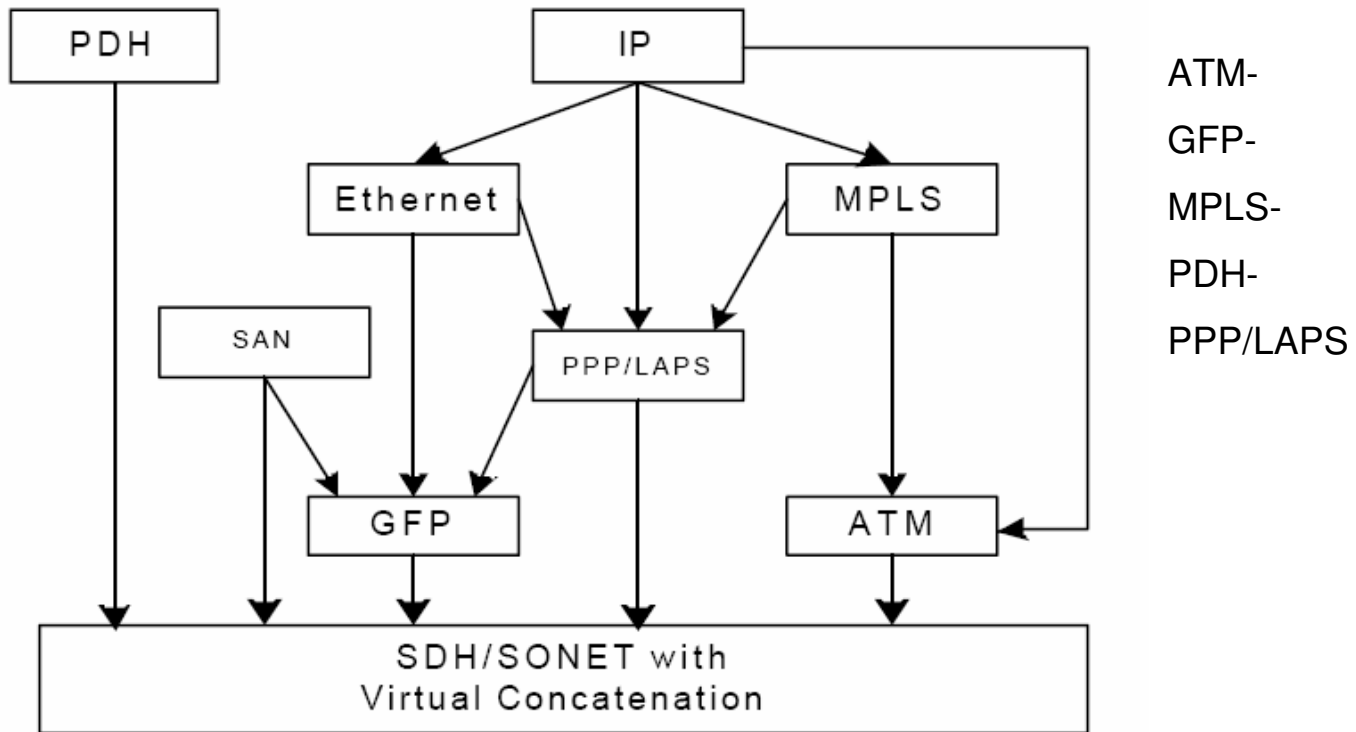


2nd stage: Virtual Concatenation + LCAS control in K4 bit 2

Aplicações



Mapeamento de protocolos



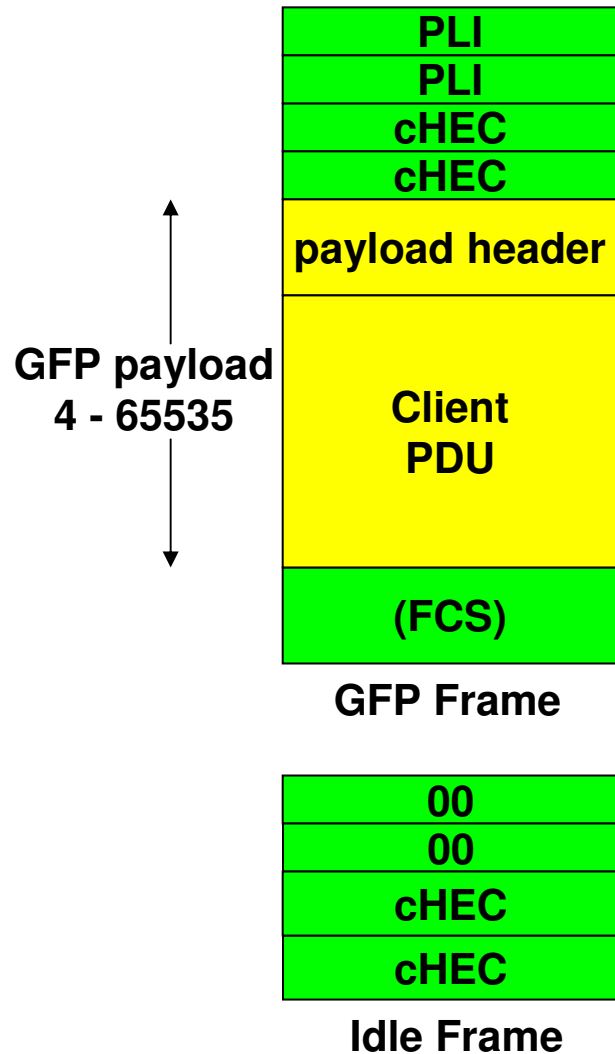
Mapeamento do Tráfego

- Tráfego maioritariamente transportado em pacotes.
- SDH, SONET e OTN (Optical transport network) fornecem canais com largura de banda fixa.
- Concatenação virtual e LCAS fornecem largura de banda dinâmica.
- O mapeamento dos diferentes tipos de Dados num canal de largura de banda fixa é feito através da:
Generic Framing Procedure (GFP)
i.e. ITU-T recommendation G.7041/Y.1303
- **GFP é o mecanismo genérico que permite transporte de tráfego de pacotes (Ethernet, Fiber channel, ESCON) através de canais VC-n, VC-n-Xc, VC-n-Xv e LCAS fornece o ajuste flexível de canais VC-n-Xv.**

Generic Framing Procedure

Ethernet	IP/PPP	Fibre Channel	FICON	ESCON	other client signals
GFP - Client Specific Aspects (payload dependent)					
GFP - Common Aspects (payload independent)					
SDH/SONET path		other CBR path		OTN path	

Generic Framing Procedure



Mapeamento de tramas:

Tramas de cliente são mapeadas em tramas GPF.I

Mapeamento (8B/10B) transparente:

Informação do cliente é mapeada em tramas GPF de tamanho fixo.

Quando não são recebidas tramas de cliente são inseridas tramas inactivas.

PLI: PDU Length Indicator

PDU: Protocol Data Unit

cHEC: core - Header Error Control

FCS: Frame Check Sequence (optional)

Standards

ITU-T

- Concatenation G.707 (10/2000)
corr 1, corr 2*, add
1*
- Link Capacity Adjustment Scheme
(LCAS) G.7042/Y.1305
(11/2001)*
- Generic Framing Procedure (GFP) G.7041/Y.1303
(11/2001)*
- Equipment
- Equipment
- Equipment Management Function G.783 (02/2001)*
G.709 (02/2001)
G.798 (11/2001)