

光传送网 (OTN) G. 709培训资料

- OTN基本原理
- OTN网络层次划分
- OTN多级连接监视
- OTN信号结构
- OTN维护管理信号
- OTN客户数据映射
- OTN复用过程
- OTN虚级联
- OTN Over SDH
- OTN标准

- OTN基本原理

- OTN网络层次划分

- OTN多级连接监视

- OTM信号结构

- OTN维护管理信号

- OTN客户数据映射

- OTN复用过程

- OTN虚级联

- OTN Over SDH

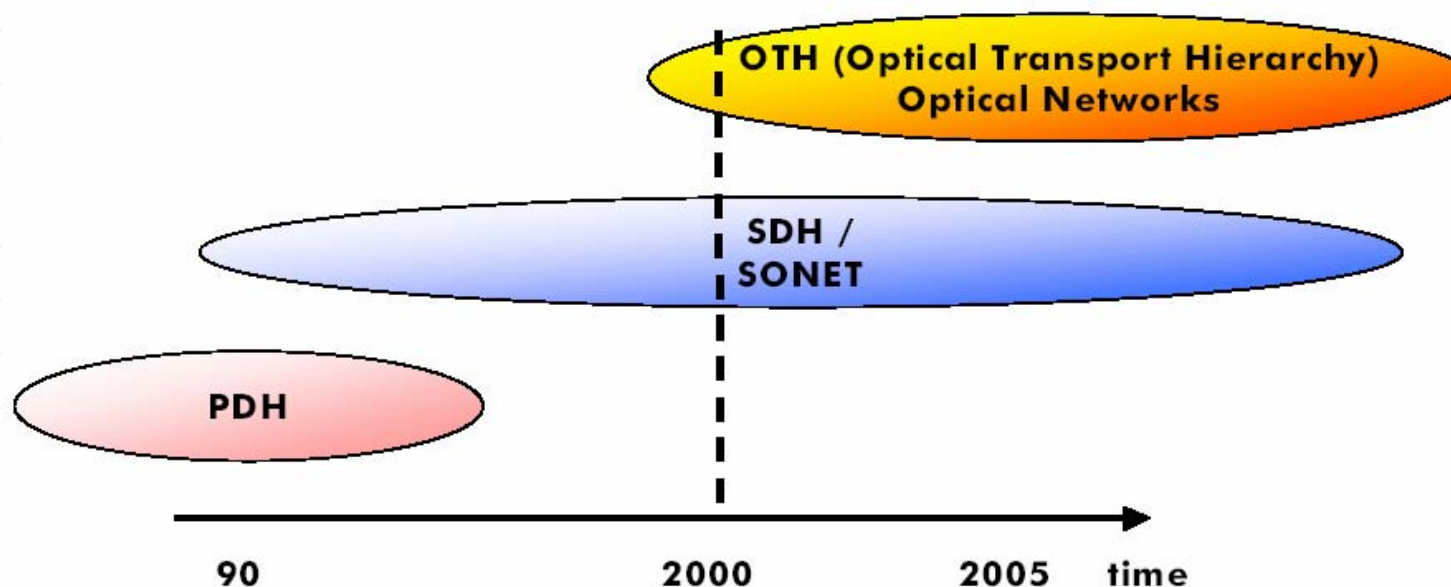
- OTN标准


- OTN特点

- OTN的网络定位和演进

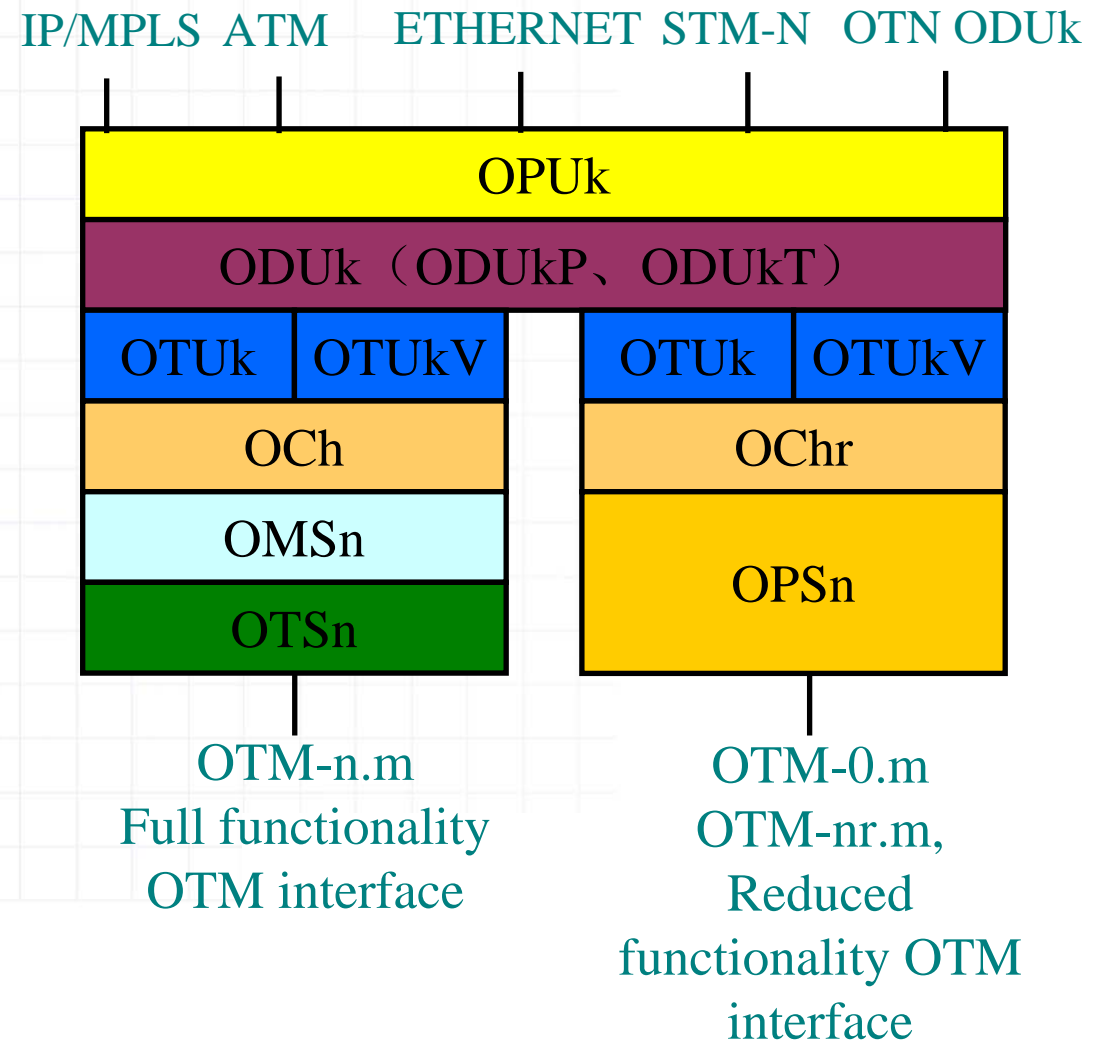
- OTN是一种全新的传送网络体制（OTH, Optical Transport Hierarchy）
 - ◆ 满足数据带宽爆炸性的增长需求；
 - ◆ 通过波分功能满足每光纤Tb/s传送带宽需求；
 - ◆ 提供2.7Gb/s、10.7Gb/s乃至43Gb/s高速接口；
 - ◆ 透明传送各种客户数据，如SDH/SONET、以太网、ATM、IP、MPLS、甚至OTN信号自身（ODUk）；
 - ◆ 提供独立于客户信号的网络监视和管理能力，有效解决国际以及运营商之间网络争端问题；
 - ◆ 提供多级嵌套重叠的TCM连接监视；
 - ◆ 支持灵活的网络调度能力和组网保护能力；
 - ◆ 满足未来骨干网节点的Tb/s以上的大容量调度；
 - ◆ 具有与SDH/SONET同样的健壮性，对于SDH信号完全的透传能力，包括SDH开销和定时；
 - ◆ 支持虚级联传送方式，以完善和优化网络结构；
 - ◆ 后向兼容能力：使运营商充分利用现有网络资源；
 - ◆ 前向兼容能力：提供对未来各种协议的高度适应能力（完全透明）；
 - ◆ 提供强大的带外FEC功能，有效的保证了线路传送性能。

- OTN的技术特性：
 - ◆ 完善的性能监视、
 - ◆ 带外FEC、大容量、粗颗粒的调度，
 - ◆ 适合骨干网络的应用；
- 可扩展的容量很大，最适合组骨干的MESH网络；
- 从未来的理想情况，传送网络应该是全OTN的网络；
- 从近期来看，各厂家主要利用OTN技术来改造DWDM或改造OCS。

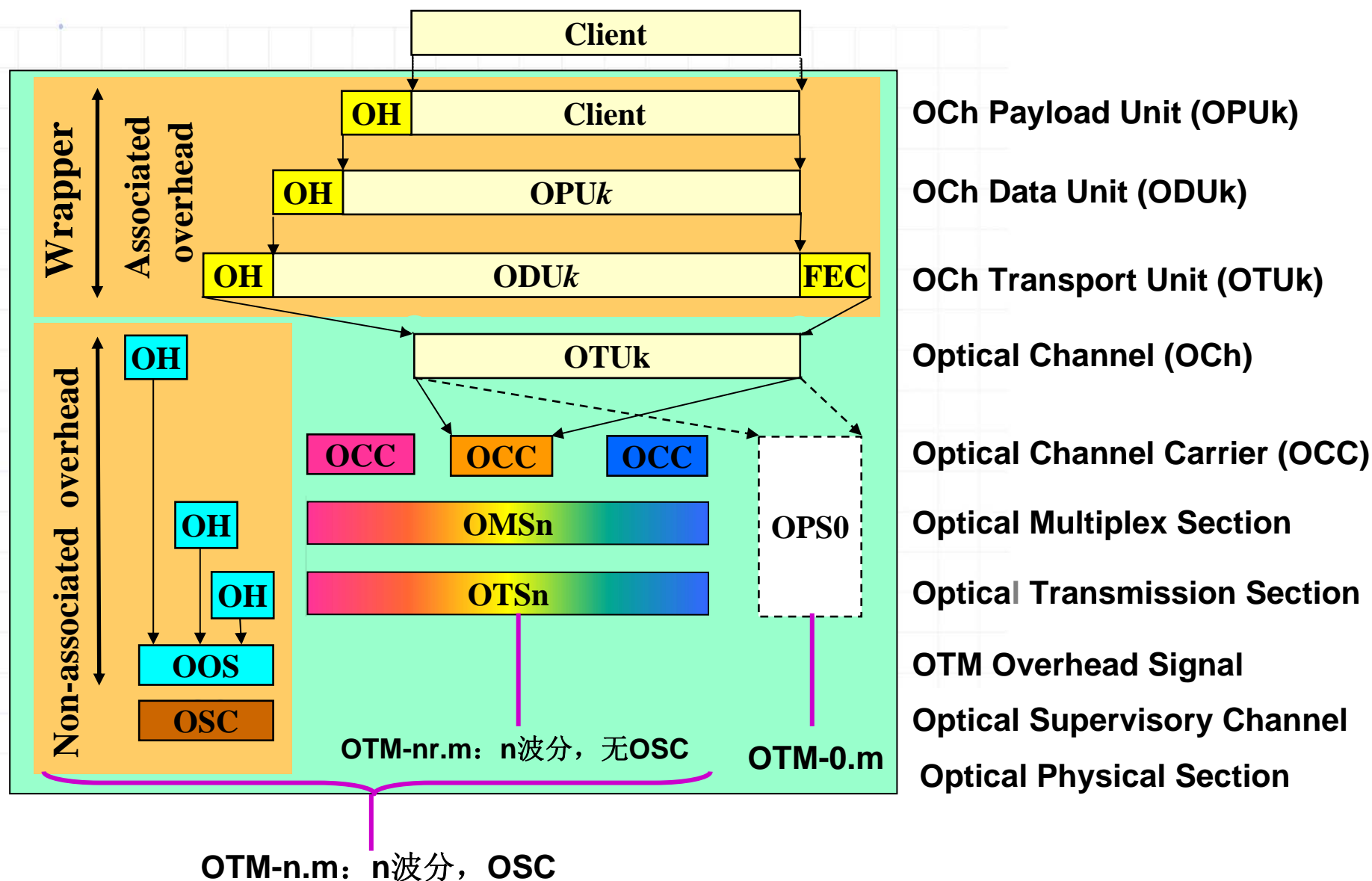


- 
- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- OTN层次结构及接口
 - OTN结构关联关系
 - OTN网络分段管理
 - OTN接口

- OPUk: Optical Channel Payload Unit-k
- ODUk: Optical Channel Data Unit-k
- OTUk: complete standardize Optical Channel Transport Unit-k
- OTUkV: functionality standardize Optical Channel Transport Unit-k
- OCh: Optical Channel with full functionality
- OChr: Optical Channel with reduced functionality
- OMS: Optical Multiplex Section
- OTS: Optical Transport Section
- OPS: Optical Physical Section
- OTM: Optical Transport Module
- Client: e.g. IP, ATM, Ethernet, STM-N

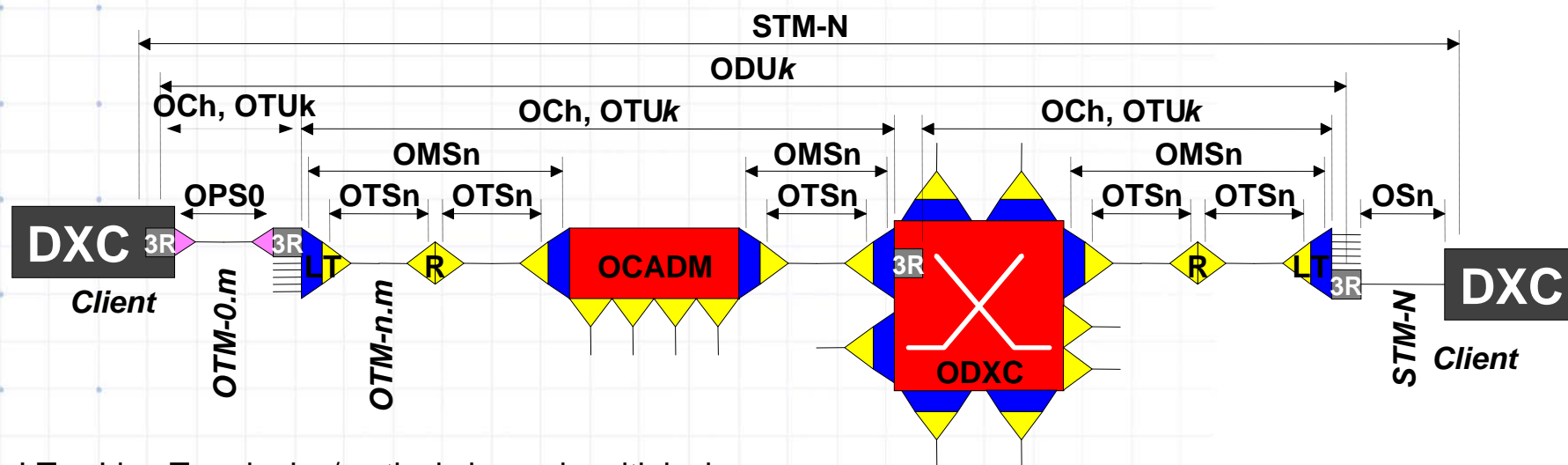


OTN结构关联关系



● 以下是OTS_n, OMS_n, OCh, OTU_k, ODU_k, OPS0分段管理的例子

◆ 通过OTM-0.m、OTM-n.m和STM-N 线路传送客户信号



LT: Line Terminal w/ optical channel multiplexing

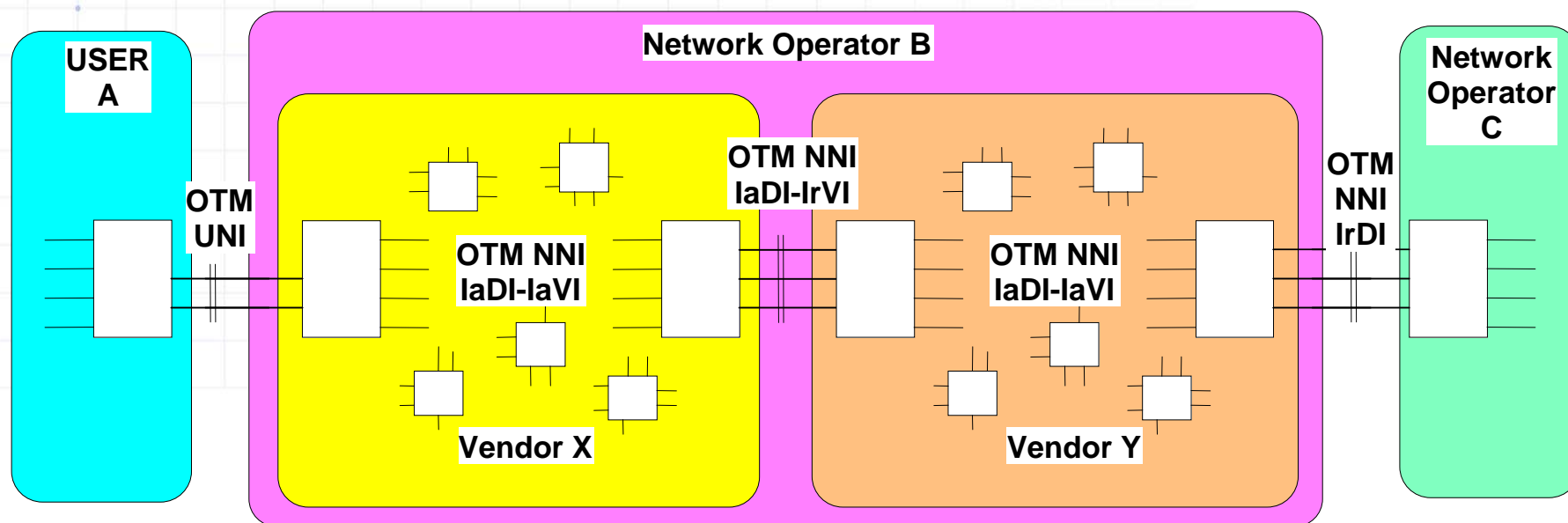
OCADM: Optical Channel Add/Drop Multiplexer


ODXC: ODU Cross-Connect

3R: O/E/O w/ Reamplification, Reshaping & Retiming and monitoring

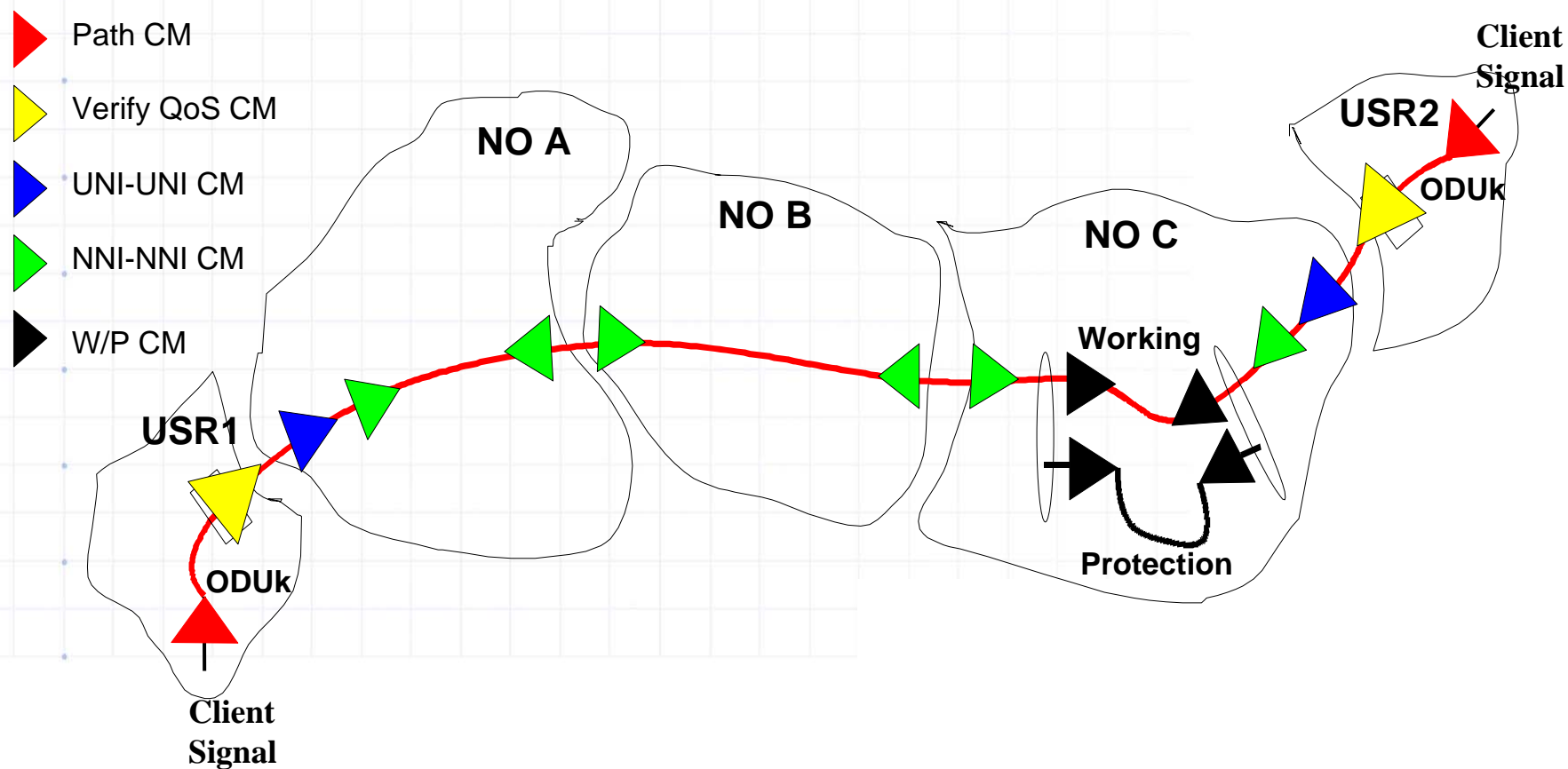
R: Repeater

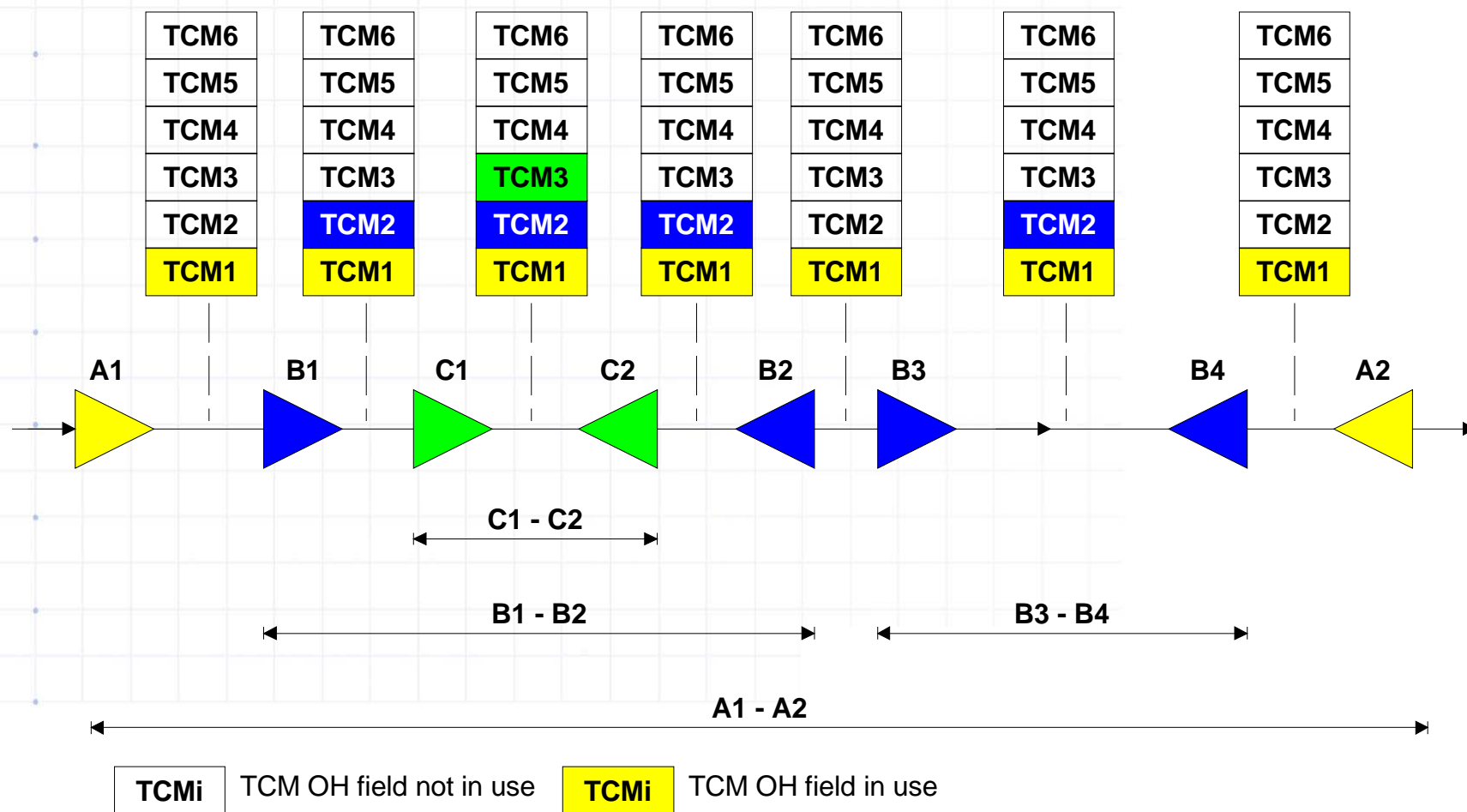
- 用户网络接口: User to Network Interface (UNI)
- 网络节点接口: Network Node Interface (NNI)
 - ◆ 域间接口: Inter Domain Interface (IrDI)
 - ◆ 域内接口: Intra Domain Interface (IaDI)
 - 不同厂家设备间接口—between equipment of different vendors (IrVI)
 - 相同厂家子网内接口—within subnetwork of one vendor (IaVI)

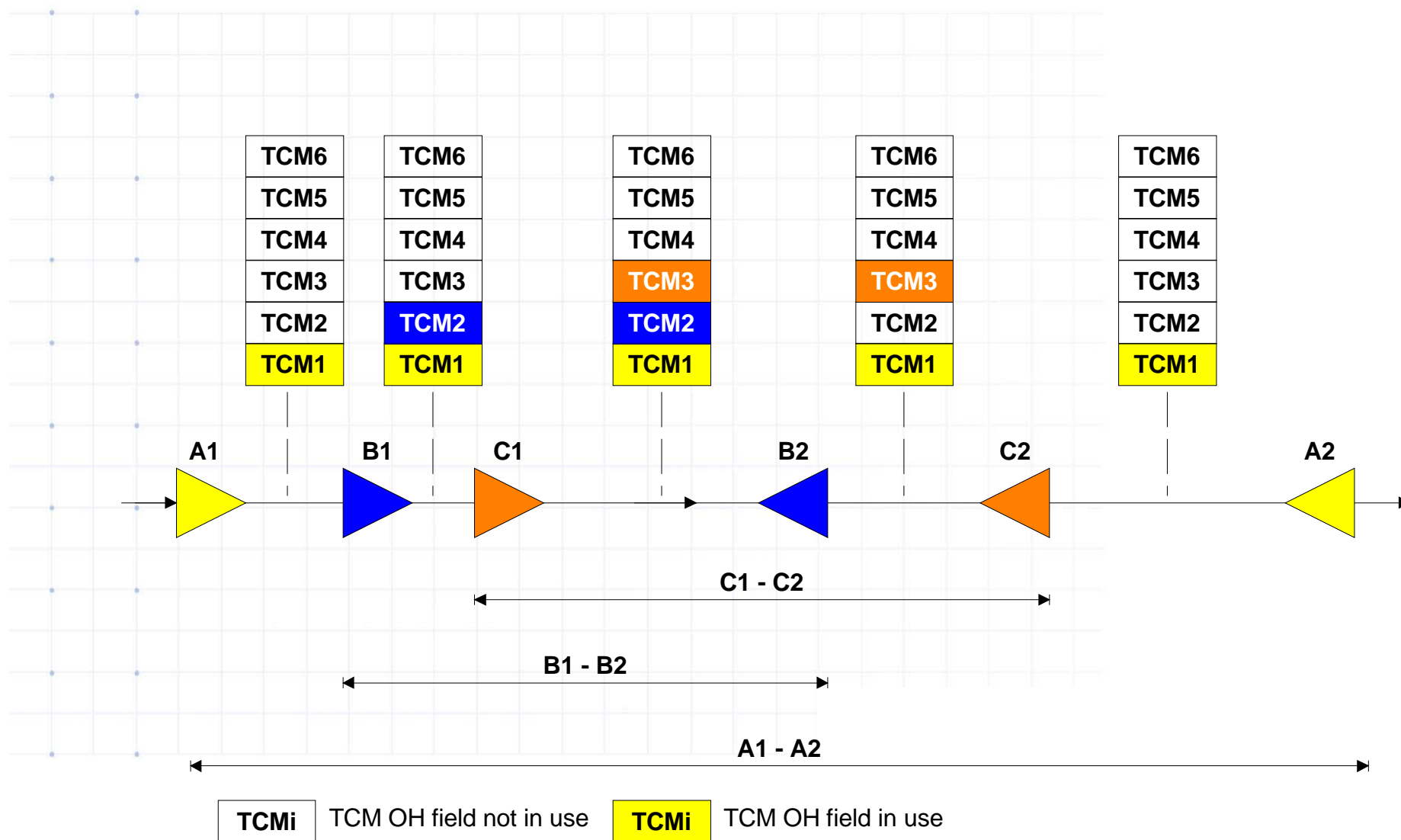


- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- 多级TCM应用
 - 多级TCM嵌套
 - 多级TCM重叠

ODUk switched circuit: UNI-UNI CM to initiate "connection re-establishment"

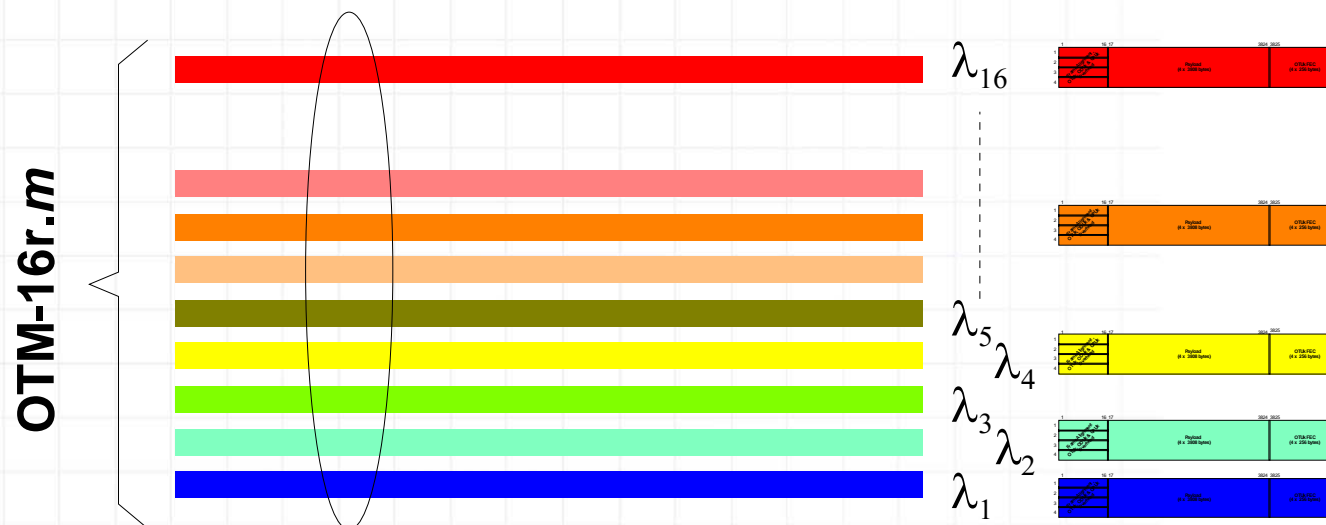






- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- OTM接口信号
 - ◆ OTM-16r.m
 - ◆ OTM-0.m
 - ◆ OTM-n.m
 - OTM开销信号
 - OTUk/ODUk帧结构
 - OTUk/ODUk开销

OTM-16r.m 信号 ($m=1,2,3,12,23,123$)



- 16波分传送通道，200GHz固定间隔，与信号速率无关（2G5, 10G, 40G）
- 光口参数符合ITU-T G. 959.1建议
- 信号速率和帧格式符合ITU-T G. 709建议
- 无光监控信道（Optical Supervisory Channel, OSC）

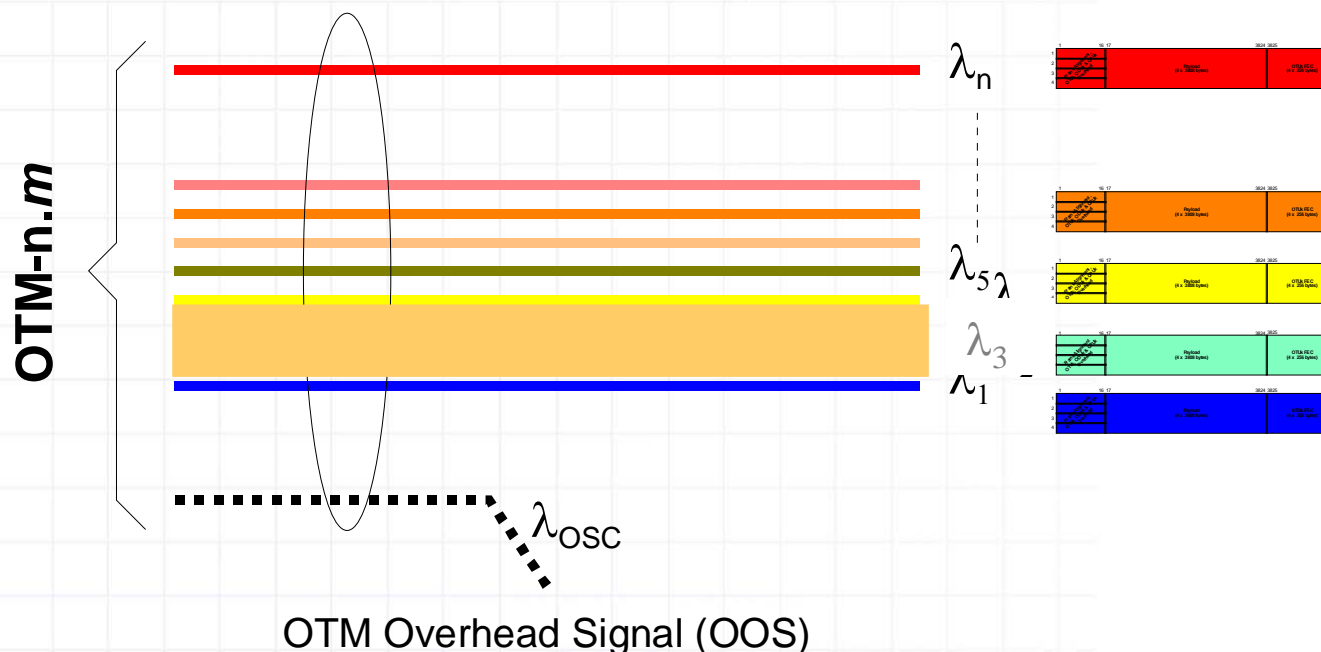
OTM-0.m Signal ($m=1,2,3$)

OTM-0.m



- 单通道信号，黑白光口（1310 nm或1550 nm）
- 光口参数符合ITU-T G. 959.1建议
- 信号速率和帧格式符合ITU-T G. 709建议
- 无光监控信道（Optical Supervisory Channel, OSC）

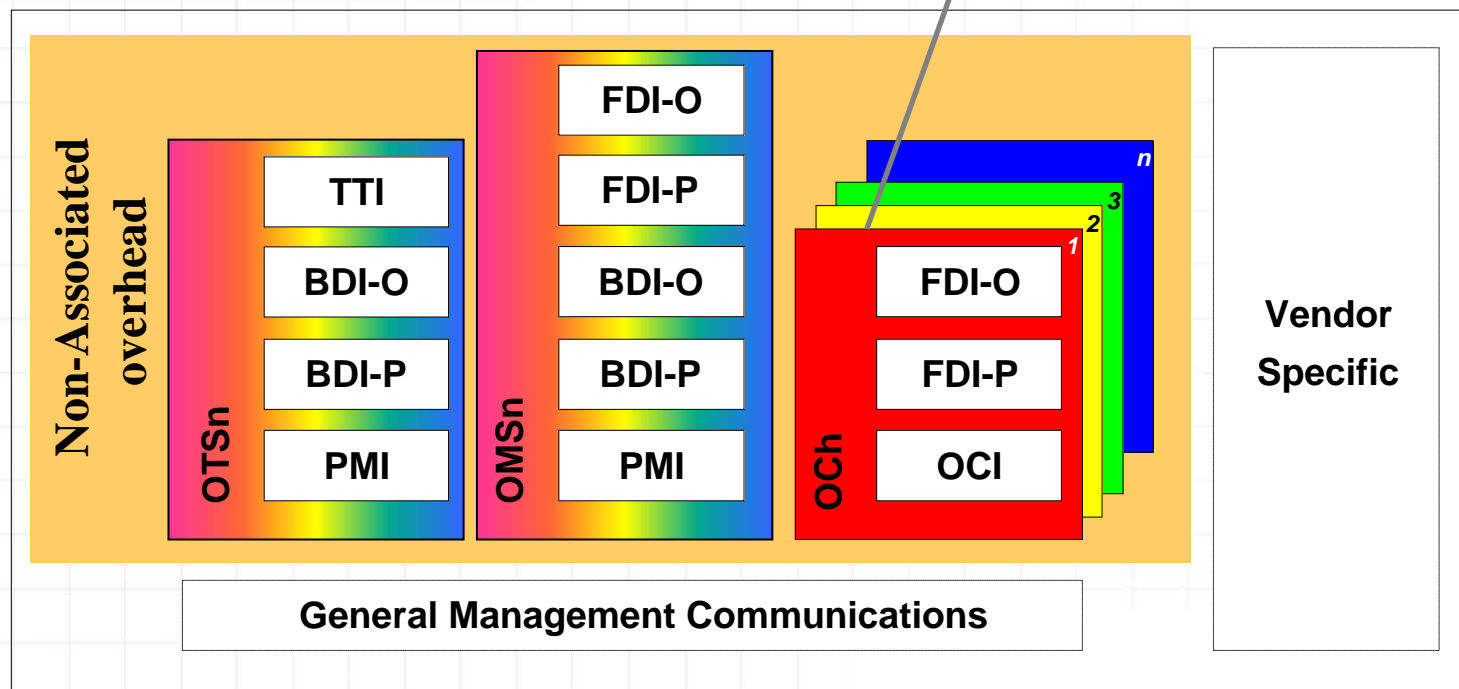
OTM-n.m Signal ($m=1,2,3,12,23,123$)



- N波分传送通道，固定信道间隔，与信号速率无关
- 1路独立的光监控信道 (OSC) 用于传送OTM开销信号 (OOS)
- OTM开销信号包括OTS、OMS、OCh开销以及通用管理信息等

- OOS功能符合标准要求
- OOS速率和格式无标准要求

OCh OH 将来可扩展支持OCh保护功能，例如 OCh SP Ring

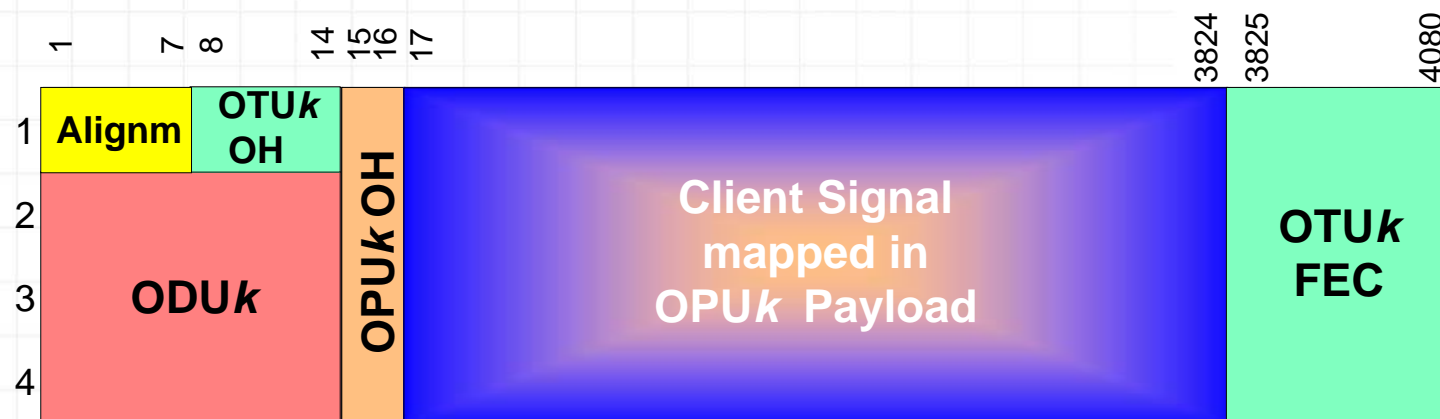


BDI: Backward Defect Indication
FDI-O: Forward Defect Indication - Overhead
FDI-P: Forward Defect Indication - Payload

OCI: Open Connection Indication
PMI: Payload Missing Indication
TTI: Trail Trace Identifier

OTU_k/ODU_k 帧格式 (*k*=1,2,3)

ODU_k bit rate: $239/(239-k) * \text{"STM-N"}$



- Client Signal — 客户信号
- OPU_k — 光通道净荷单元
- ODU_k — 光通道数据单元
- OTU_k — 光通道传送单元
- 帧定界

K代表速率级别:

- 1 2.5G
- 2 10G
- 3 40G

OTU_k bit rate: $255/(239-k) * \text{"STM-N"}$

OTU_k/ODU_k/OPU_k 开销 ($k=1,2,3$)

Column																		
Row	1						7	8						14	15	16
1	FAS						MFAS	SM		GCC0		RES		RES	JC			
2	RES		TCM ACT	TCM6		TCM5			TCM4			FTFL	RES	JC				
3	TCM3		TCM2		TCM1			PM		EXP		RES	JC					
4	GCC1	GCC2	APS/PCC				RES						PSI	NJO	PJO			

ACT: Activation/deactivation control channel

APS: Automatic Protection Switching
coordination channel

EXP: Experimental

FAS: Frame Alignment Signal

FTFL: Fault Type & Fault Location
reporting channel

GCC: General Communication Channel

MFAS: MultiFrame Alignment Signal

PCC: Protection Communication Control channel

PM: Path Monitoring

PSI: Payload Structure Identifier

RES: Reserved for future international
standardisation

SM: Section Monitoring

TCM: Tandem Connection Monitoring

OTU_k/ODU_k/OPU_k速率 ($k=1,2,3$)

OTU_k bit rate: $255/(239-k) * \text{“STM-N”}$

OTU type	OTU nominal bit rate	OTU bit rate tolerance
OTU1	$255/238 \times 2\,488\,320 \text{ kbit/s}$	$\pm 20 \text{ ppm}$
OTU2	$255/237 \times 9\,953\,280 \text{ kbit/s}$	
OTU3	$255/236 \times 39\,813\,120 \text{ kbit/s}$	
NOTE – The nominal OTU _k rates are approximately: 2 666 057.143 kbit/s (OTU1), 10 709 225.316 kbit/s (OTU2) and 43 018 413.559 kbit/s (OTU3).		

ODU_k bit rate: $239/(239-k) * \text{“STM-N”}$

ODU type	ODU nominal bit rate	ODU bit rate tolerance
ODU1	239/238 × 2 488 320 kbit/s	± 20 ppm
ODU2	239/237 × 9 953 280 kbit/s	
ODU3	239/236 × 39 813 120 kbit/s	
NOTE – The nominal ODU _k rates are approximately: 2 498 775.126 kbit/s (ODU1), 10 037 273.924 kbit/s (ODU2) and 40 319 218.983 kbit/s (ODU3).		

OPU_k Payload bit rate: $238/(239-k) * \text{“STM-N”}$

OPU type	OPU Payload nominal bit rate	OPU Payload bit rate tolerance
OPU1	2 488 320 kbit/s	± 20 ppm
OPU2	$238/237 \times 9\,953\,280$ kbit/s	
OPU3	$238/236 \times 39\,813\,120$ kbit/s	
OPU1-Xv	X * 2 488 320 kbit/s	± 20 ppm
OPU2-Xv	X * 238/237 * 9 953 280 kbit/s	
OPU3-Xv	X * 238/236 * 39 813 120 kbit/s	
NOTE – The nominal OPUk Payload rates are approximately: 2 488 320.000 kbit/s (OPU1 Payload), 9 995 276.962 kbit/s (OPU2 Payload) and 40 150 519.322 kbit/s (OPU3 Payload). The nominal OPUk-Xv Payload rates are approximately: X*2 488 320.000 kbit/s (OPU1-Xv Payload), X*9 995 276.962 kbit/s (OPU2-Xv Payload) and X*40 150 519.322 kbit/s (OPU3-Xv Payload).		

OTU_k/ODU_k 开销 (*k*=1,2,3)

● 帧定位信号 — FAS (6 Bytes)

OA1=F6h, OA2=28h

FAS OH Byte 1								FAS OH Byte 2								FAS OH Byte 3								FAS OH Byte 4								FAS OH Byte 5								FAS OH Byte 6							
1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
OA1								OA1								OA1								OA2								OA2								OA2							

T1542510-00

● 复帧定位信号 — MFAS (1 Byte), 256帧构成一个复帧序列 (256Byte)

MFAS OH Byte							
1	2	3	4	5	6	7	8

:							
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1
0	0	0	0	0	0	1	0
0	0	0	0	0	0	1	1
0	0	0	0	0	1	0	0
:							
1	1	1	1	1	1	1	0
1	1	1	1	1	1	1	1
0	0	0	0	0	0	0	0
0	0	0	0	0	0	0	1

MFAS sequence

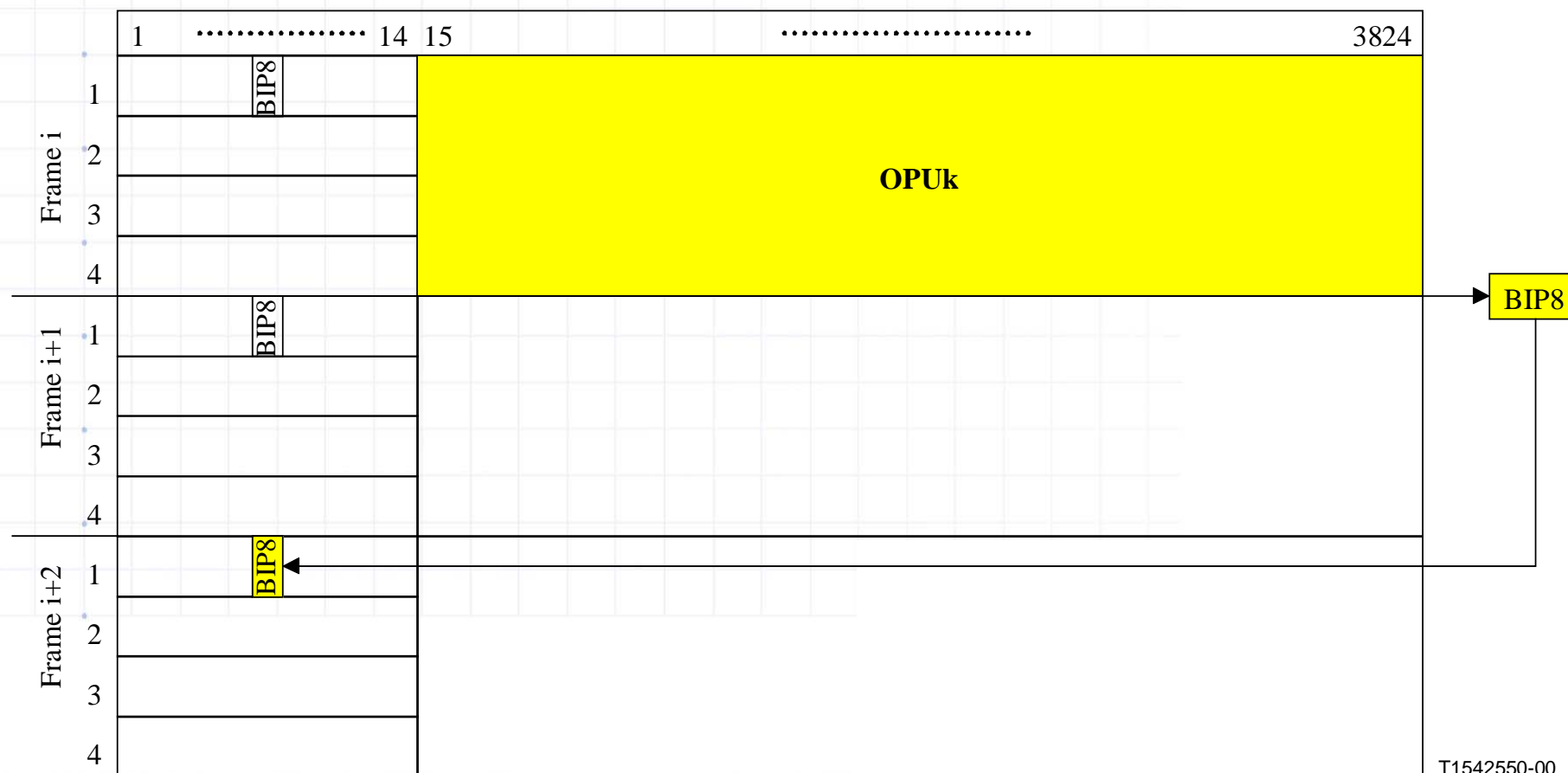
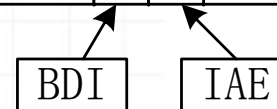
T1542520-00

OTU k 开销 ($k=1,2,3$)

OTU k SM开销 (3 Bytes)

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8
TTI								BIP-8								BEI/BIAE						RES	

OTU k SM开销中的 BIP-8字节 (1 Byte)



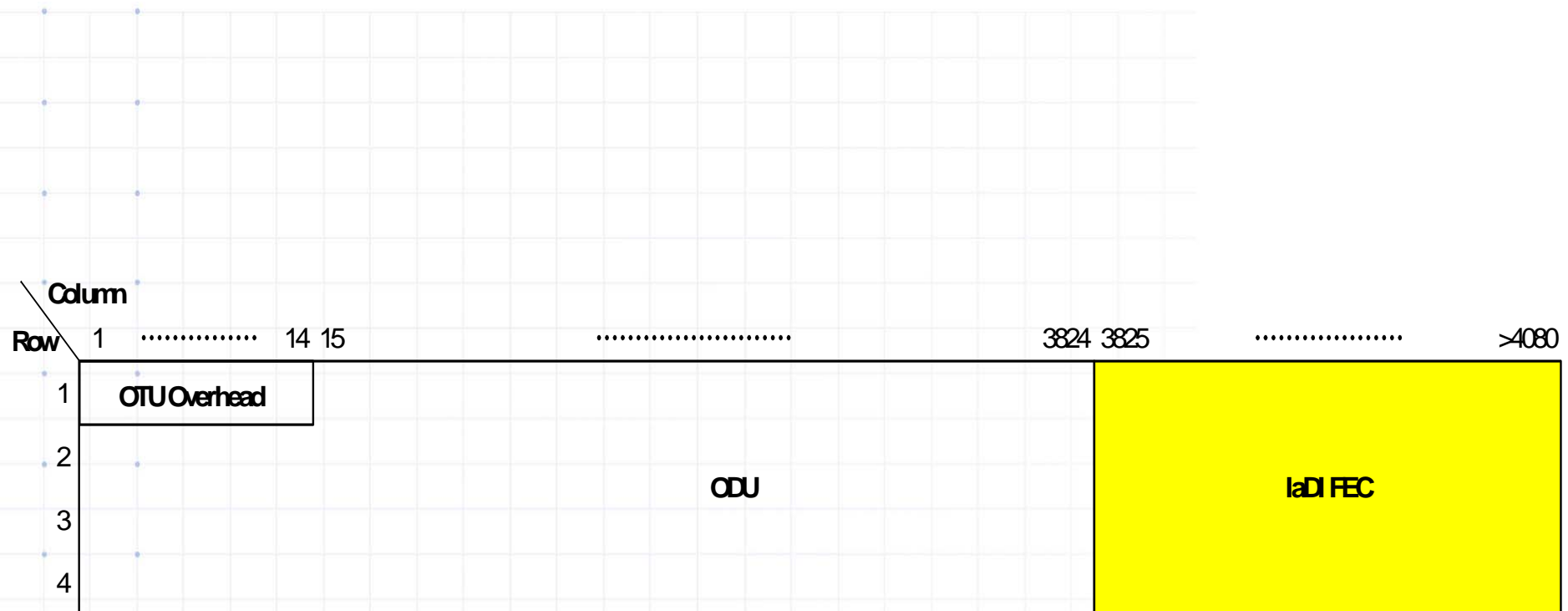
● OTU k SM开销中的后向错误指示和后向定帧错误 (BEI/BIAE)

◆ 用于回送OTU k 接收到的BIP-8错误和定帧错误 (IAE)，当为“0011”时表示BIAE

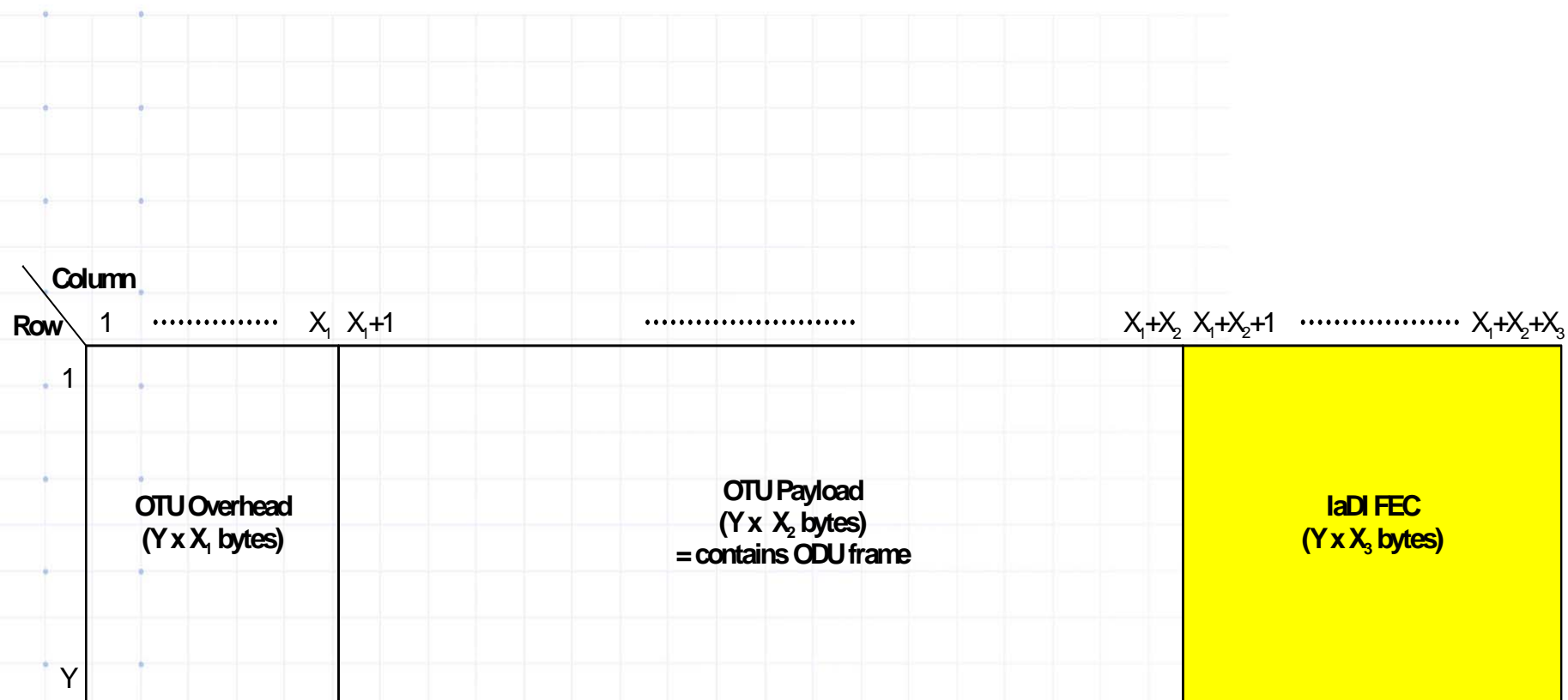
OTU k SM BEI/BIAE bits 1234	BIAE	BIP violations
0000	false	0
0001	false	1
0010	false	2
0011	false	3
0100	false	4
0101	false	5
0110	false	6
0111	false	7
1000	false	8
1001,1010	false	0
1011	true	0
1100 to 1111	false	0

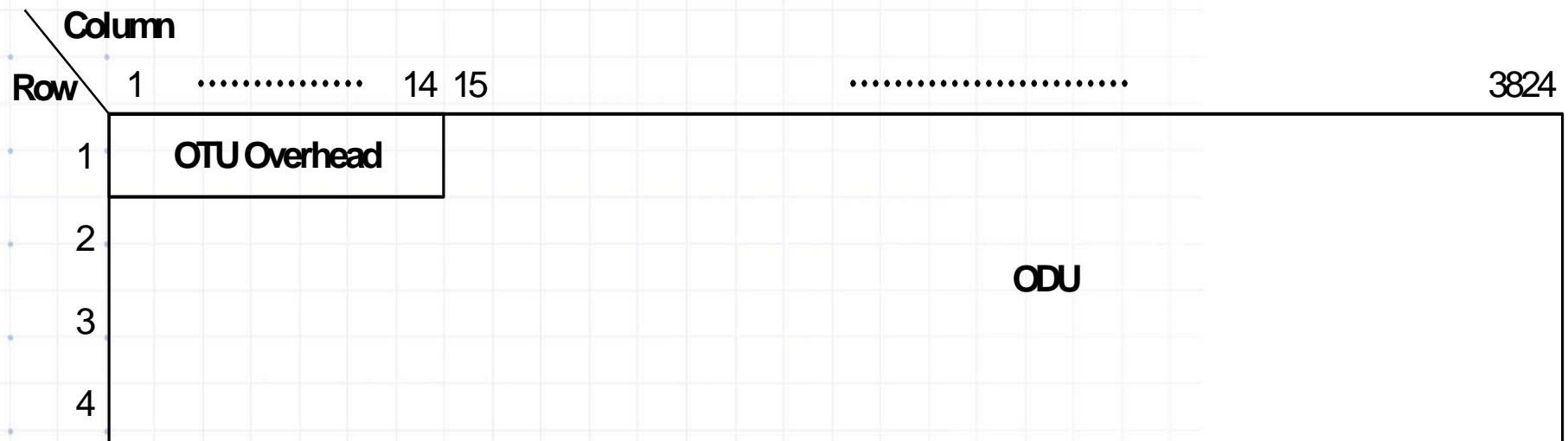
- OTU k SM开销中的后向缺陷指示(BDI)
 - ◆ 用于回送OTU k 接收到的信号缺陷 (SD) 状态;
 - ◆ 为“1”时表示缺陷状态, 否则为“0”
- OTU k SM开销中的定帧错误开销 (IAE)
 - ◆ 用于指示OTU k 接收到的定帧错误状态;
 - ◆ 为“1”时表示定帧错误, 否则为“0”

- OTU k V: 功能标准化的光传送单元
 - ◆ 帧格式由厂家自定义，可以定义和标准OTU k 帧完全不同的帧结构
 - ◆ FEC编码由厂家自定义，FEC大小可以比标准OTU k 的FEC区域大，或者可以不需要FEC区域
 - ◆ 以下开销需要支持：
 - Trail Trace Identifier (TTI)
 - Error Detection Code (e.g. BIP-8)
 - Backward Defect Indicator (BDI)
 - Backward Error Indicator (BEI)
 - (Backward) Incoming Alignment Error (IAE/BIAE)
 - ◆ 其他开销由厂家自定义
 - ◆ ODU k 向OTU k V的映射由厂家自定义



OTUkV—非标的帧结构





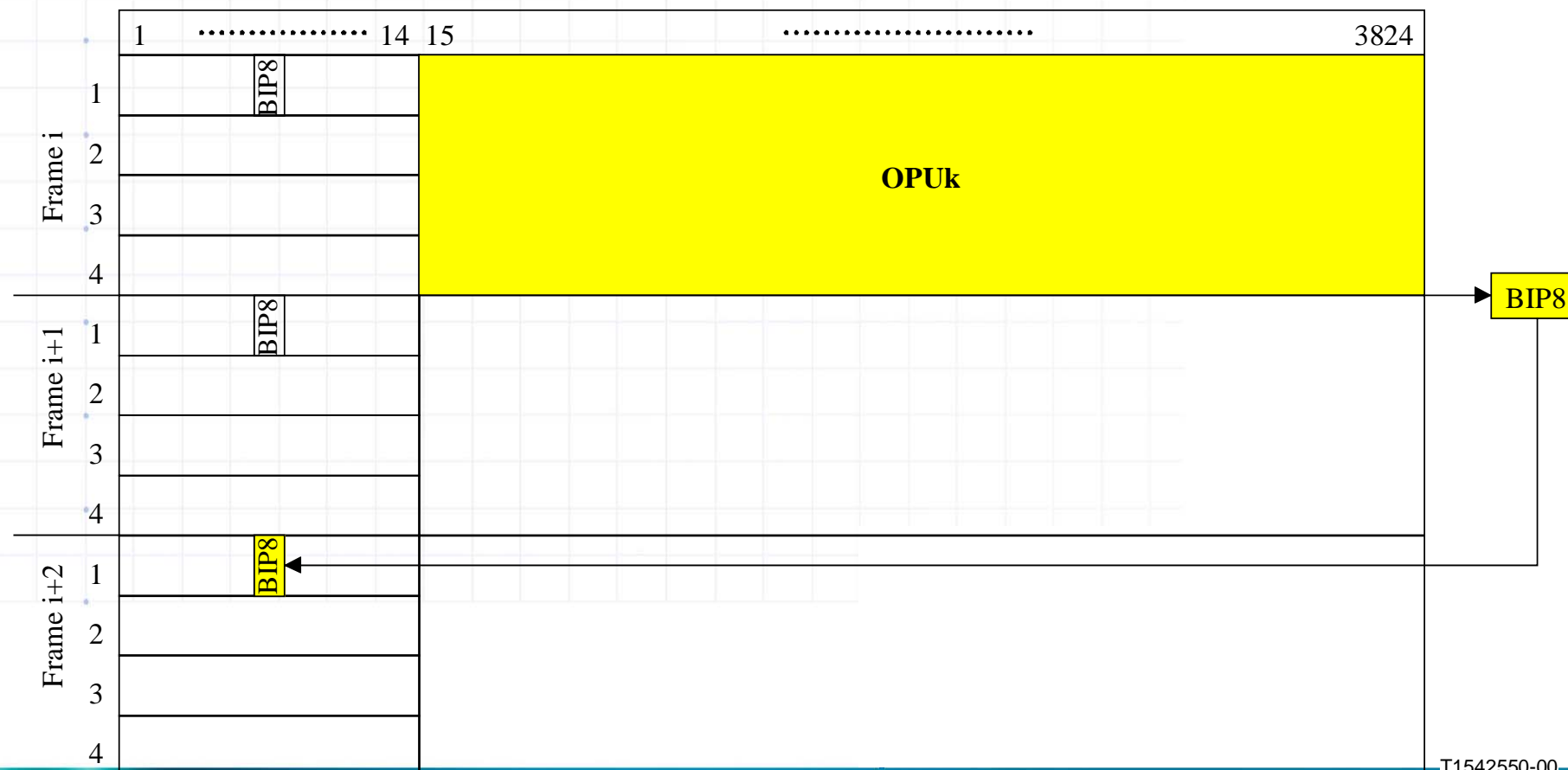
ODU k 开销 ($k=1,2,3$)

ODU k PM开销 (3 Bytes)

1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	1	2	3	4	5	6	7	8	
TTI								BIP-8								BEI					STAT			

ODU k PM开销中的 BIP-8字节 (1 Byte)

BDI



- ODU k PM开销中的后向错误指示和后向定帧错误 (BEI)

- ◆ 用于回送ODU k 接收到的BIP-8错误

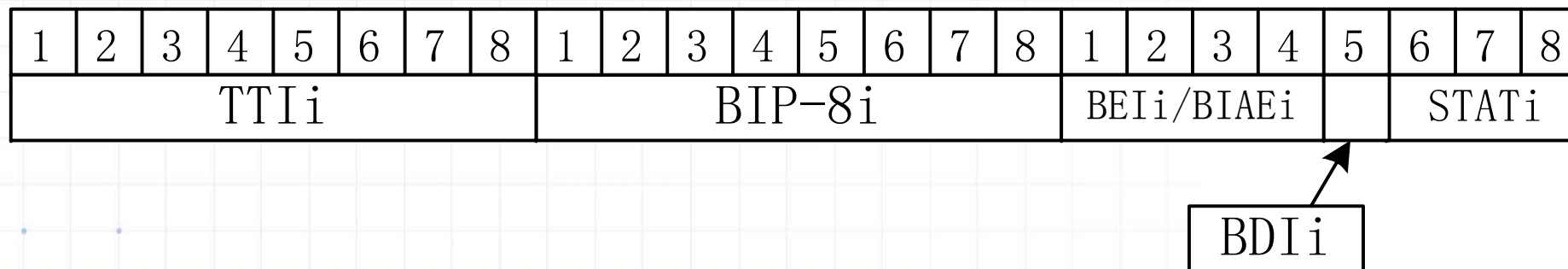
ODU k PM BEI bits 1234	BIP violations
0000	0
0001	1
0010	2
0011	3
0100	4
0101	5
0110	6
0111	7
1000	8
1001 to 1111	0

- ODU k PM开销中的后向缺陷指示(BDI)
 - ◆ 用于回送ODU k 接收到的信号缺陷状态;
 - ◆ 为“1”时表示缺陷状态, 否则为“0”
- ODU k PM开销中的通道状态指示(STAT)
 - ◆ 用于指示ODU k 通道状态;

PM byte 3, bits 678	Status
000	Reserved for future international standardization
001	Normal path signal
010	Reserved for future international standardization
011	Reserved for future international standardization
100	Reserved for future international standardization
101	Maintenance signal: ODU k -LCK
110	Maintenance signal: ODU k -OCI
111	Maintenance signal: ODU k -AIS

● ODU k TCM i 开销 ($i=1\sim6$)

◆ 开销功能同SM/PM开销功能基本类似，在此不再赘述



- ODU k 自动保护倒换和保护通信通道开销 (APS/PCC)

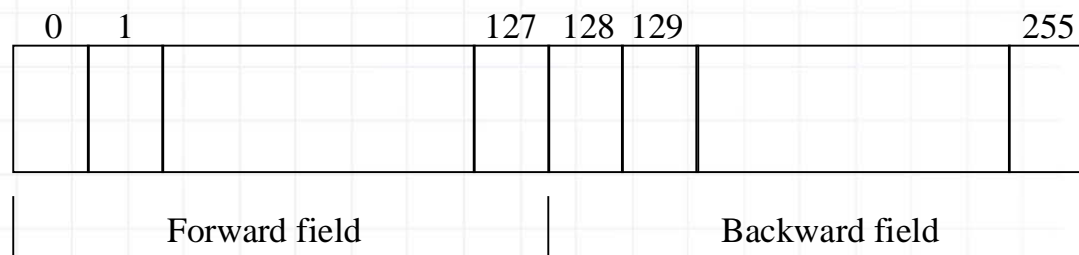
- ◆ 通过MFAS复帧可以支持8种级别的保护嵌套

MFAS bit 678	APS/PCC channel applies to
000	ODU k Path
001	ODU k TCM1
010	ODU k TCM2
011	ODU k TCM3
100	ODU k TCM4
101	ODU k TCM5
110	ODU k TCM6
111	ODU k SNC/I APS

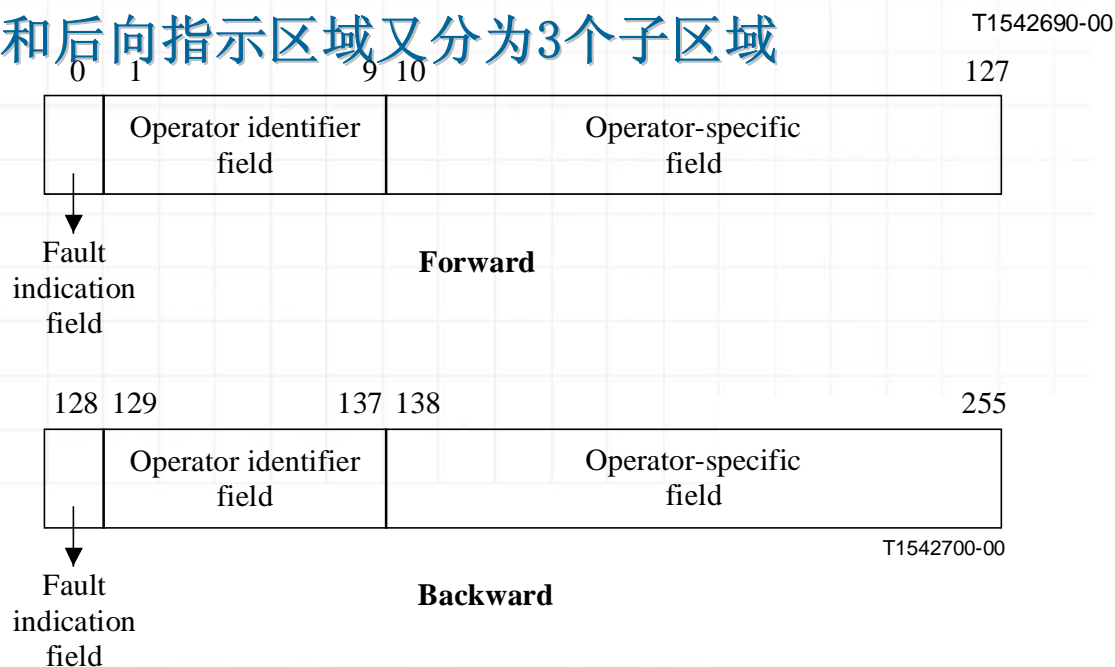
● ODUk 故障类型和故障位置开销 (FTFL)

◆ 256帧的FTFL字节构成256Byte的FTFL信息

◆ 第0~127Byte为前向指示区域, 第128~255Byte为后向指示区域



◆ 前向和后向指示区域又分为3个子区域



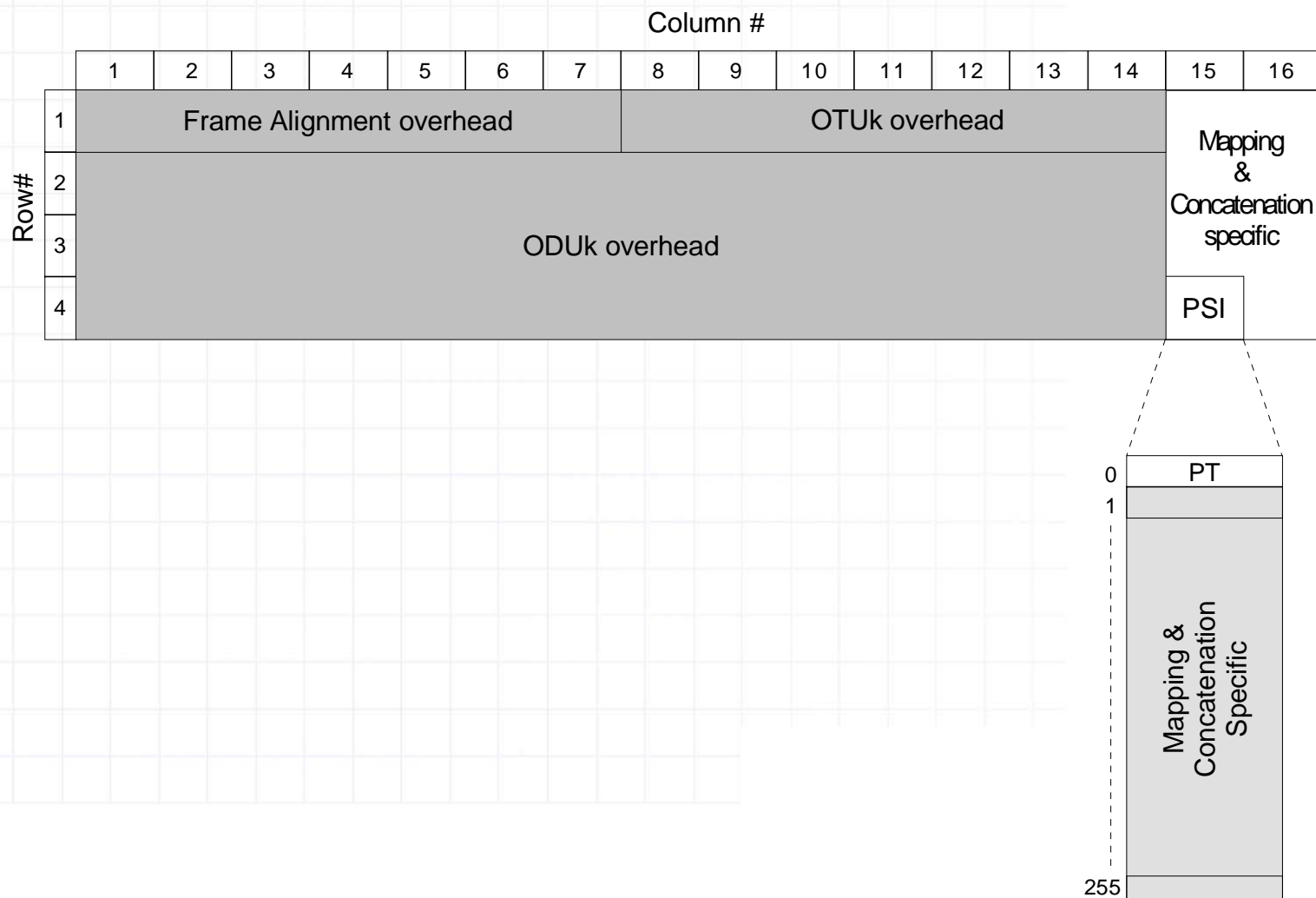
◆故障指示代码, Fault Indication Code

Fault indication code	Definition
0000 0000	No Fault
0000 0001	Signal Fail
0000 0010	Signal Degrade
0000 0011 . . . 1111 1111	Reserved for future international Standardization

◆前向和后向运营商标识域, Forward/Backward operator identifier Field

- 指示前向和后向国家地区代码以及运营商代码

● OPU k 区域的PSI和PT开销



◆ OPU k 净荷结构标识 (PSI)

- 通过复帧构成256Byte的PSI信号，PSI[0]位于MFA="0000 0000"帧位置，PSI[1]位于MFA="0000 0001"帧位置，依此类推

◆ OPU k 净荷类型 (PT)

- 位于PSI[0]位置，开销说明见下表

OPU_k净荷类型 (PT) 开销说明:

MSB 1 2 3 4	LSB 5 6 7 8	Hex code (Note 1)	Interpretation
0 0 0 0	0 0 0 1	01	Experimental mapping (Note 3)
0 0 0 0	0 0 1 0	02	Asynchronous CBR mapping, see 17.1
0 0 0 0	0 0 1 1	03	Bit synchronous CBR mapping, see 17.1
0 0 0 0	0 1 0 0	04	ATM mapping, see 17.2
0 0 0 0	0 1 0 1	05	GFP mapping, see 17.3
0 0 0 0	0 1 1 0	06	Virtual Concatenated signal, see 18 (NOTE 5)
0 0 0 1	0 0 0 0	10	Bit stream with octet timing mapping, see 17.5.1
0 0 0 1	0 0 0 1	11	Bit stream without octet timing mapping, see 17.5.2
0 0 1 0	0 1 1 0	20	ODU multiplex structure, see 19
0 1 0 1	0 1 0 1	55	Not available (Note 2)
0 1 1 0	0 1 1 0	66	Not available (Note 2)
1 0 0 0	x x x x	80-8F	Reserved codes for proprietary use (Note 4)
1 1 1 1	1 1 0 1	FD	NULL test signal mapping, see 17.4.1
1 1 1 1	1 1 1 0	FE	PRBS test signal mapping, see 17.4.2
1 1 1 1	1 1 1 1	FF	Not available (Note 2)

NOTE 1 – There are 226 spare codes left for future international standardization. Refer to Annex A/G.806 for the procedure to obtain one of these codes for a new payload type.

NOTE 2 – These values are excluded from the set of available code points. These bit patterns are present in ODU_k maintenance signals.

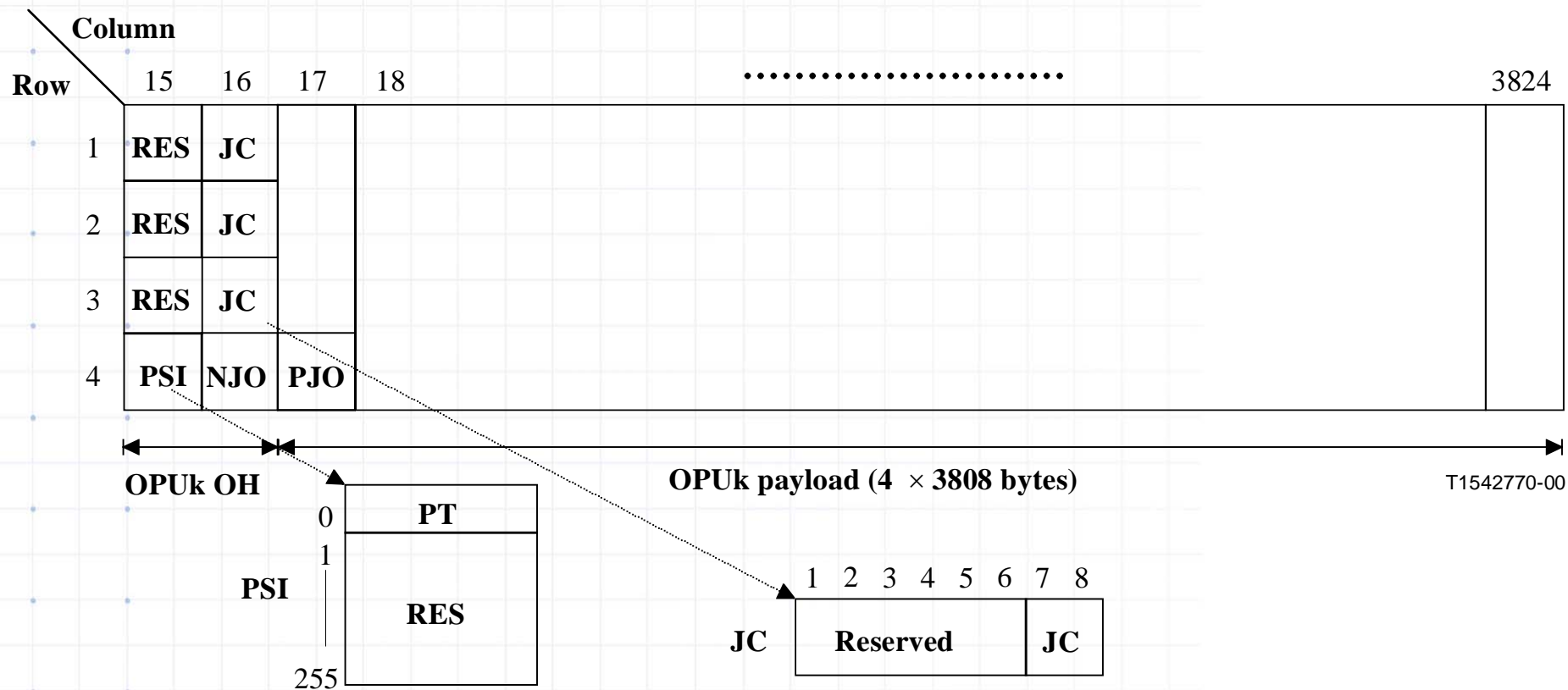
NOTE 3 – Value "01" is only to be used for experimental activities in cases where a mapping code is not defined in this table. Refer to Annex A/G.806 for more information on the use of this code.

NOTE 4 – These 16 code values will not be subject to further standardization. Refer to Annex A/G.806 for more information on the use of these codes.

NOTE 5 – For the payload type of the virtual concatenated signal a dedicated payload type overhead (vcPT) is used, see 18.

OPUk开销 ($k=1,2,3$)

◆ OPUk开销区的正负调整机会



◆ OPU k 映射调整控制 (JC) 开销



- 指示客户数据同OPU k 之间的正负调整状态
- OPU k 映射分为异步映射和比特同步映射两种

◆ 比特同步映射时，JC和正负调整字节的关系

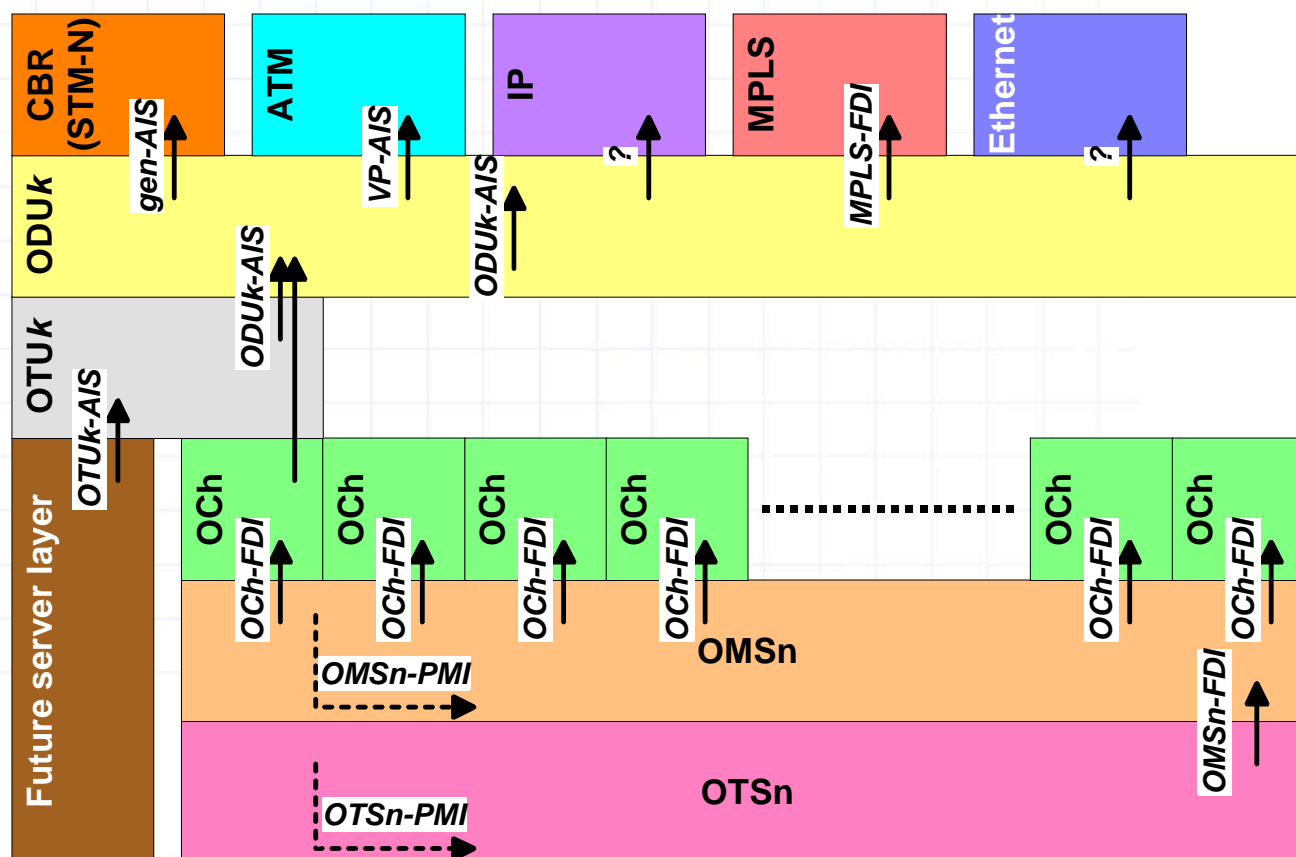
JC [78]	NJO	PJO
00	justification byte	data byte
01	not generated	
10		
11		

◆ 异步映射时，JC和正负调整字节的关系

JC [78]	NJO	PJO
00	justification byte	data byte
01	data byte	data byte
10	not generated	
11	justification byte	justification byte

- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- 
- 前向缺陷指示 (FDI, AIS)
 - 后向缺陷和错误指示 (BDI, BEI)
 - 开连接指示 (OCI)
 - 锁定 (LCK)
 - 缺陷类型和缺陷位置 (FTFL)

- AIS/FDI at clients (Alarm Indication Signal / Forward Defect Indication)
- AIS at ODUk (Alarm Indication Signal)
- AIS at OTUk (Alarm Indication Signal)
- FDI at OCh (Forward Defect Indication)
- FDI/PMI at OMSn (Forward Defect Indication / Payload Missing Indication)
- PMI at OTSn (Payload Missing Indication)

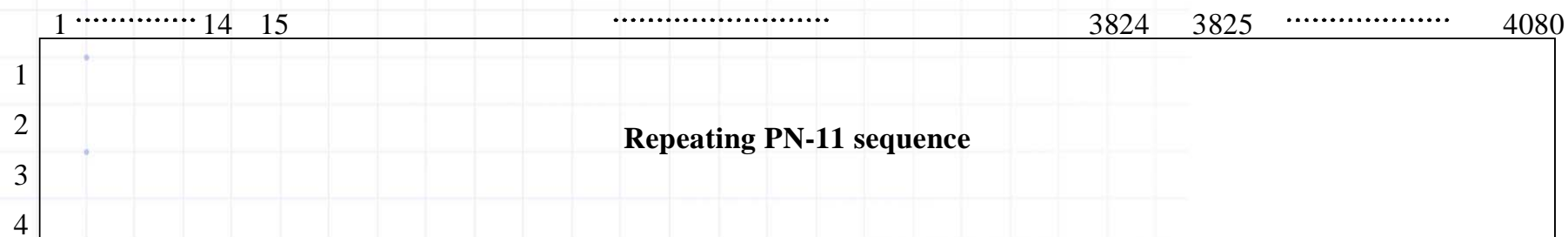


- OTS-PMI (Payload Missing Indication)
 - ◆ 指示OTS净荷中不包含光信号
- OMS-FDI-P (Forward Defect Indication - Payload)
 - ◆ 指示OTS网络中的OMS服务层缺陷
- OMS-FDI-O (Forward Defect Indication - Overhead)
 - ◆ 指示因为OMS中信号失效导致的OMS OH传送失败
- OMS-PMI (Payload Missing Indication)
 - ◆ 指示OCC中均不包含光信号
- OCh-FDI-P (Forward Defect Indication - Payload)
 - ◆ 指示OMS网络层中OCh服务层信号缺陷
 - ◆ 如果OTUk终结, 此告警将产生ODUk-AIS信号
- OCh-FDI-O (Forward Defect Indication - Overhead)
 - ◆ 指示因为OMS中信号失效导致的OCh OH传送失败
- OCh-OCI (Open Connection Indication)
 - ◆ 指示下游节点断连接状态, 用于区分缺陷和断连接

- OTUk-AIS

- ◆ 填充PN-11序列产生OTUk-AIS

- ◆ PN-11: $1 + x^9 + x^{11}$



T1543670-01

ODUk-AIS

- ◆ 产生: All “1”, 除 FA OH、OTUk OH和 FTFL外
- ◆ 检测: PM和TCMi中的 STAT开销, 为 “111”



ODUk-OCI

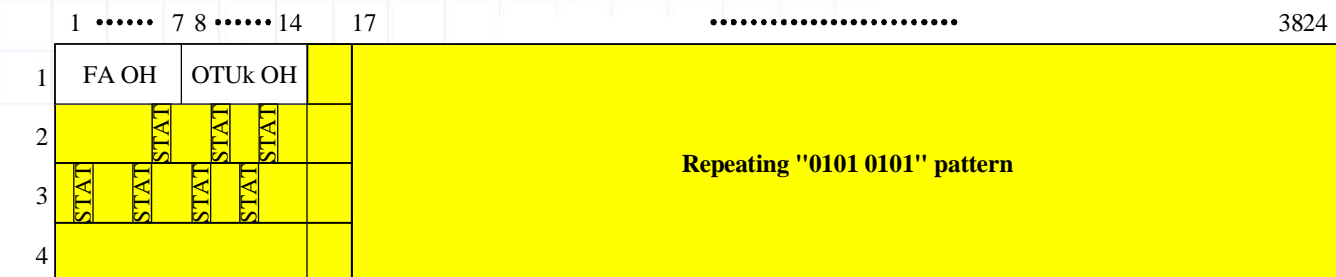
- ◆ 产生: 重复的 “0110 0110”图案填充, 除FA OH和 OTUk OH外
- ◆ 检测: PM和TCMi中的 STAT开销, 为 “110”



T1543690-01

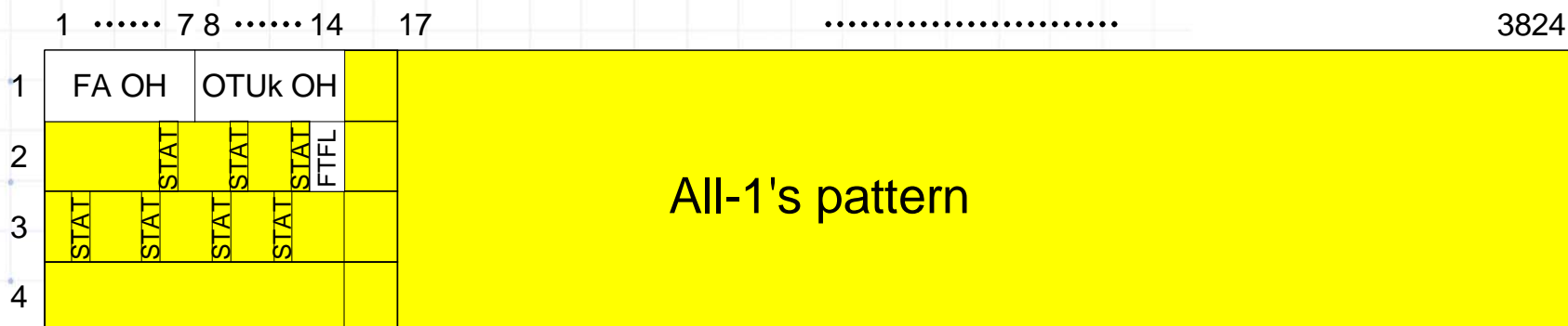
ODUk-LCK

- ◆ 产生: 重复的 “0101 0101”图案填充, 除FA OH和 OTUk OH外
- ◆ 检测: PM和TCMi中的 STAT开销, 为 “101”

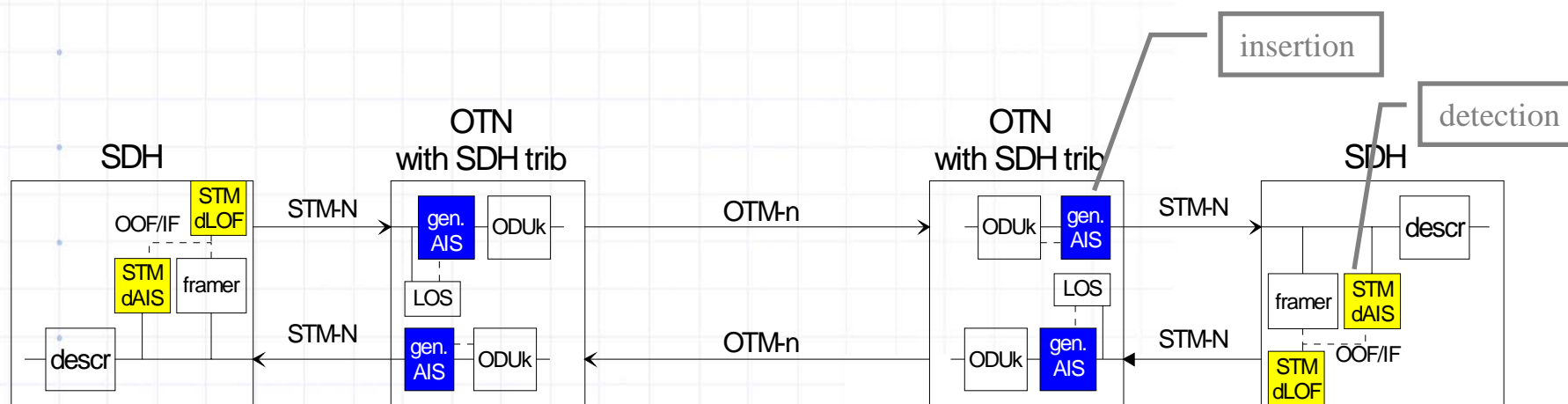


T1543700-01

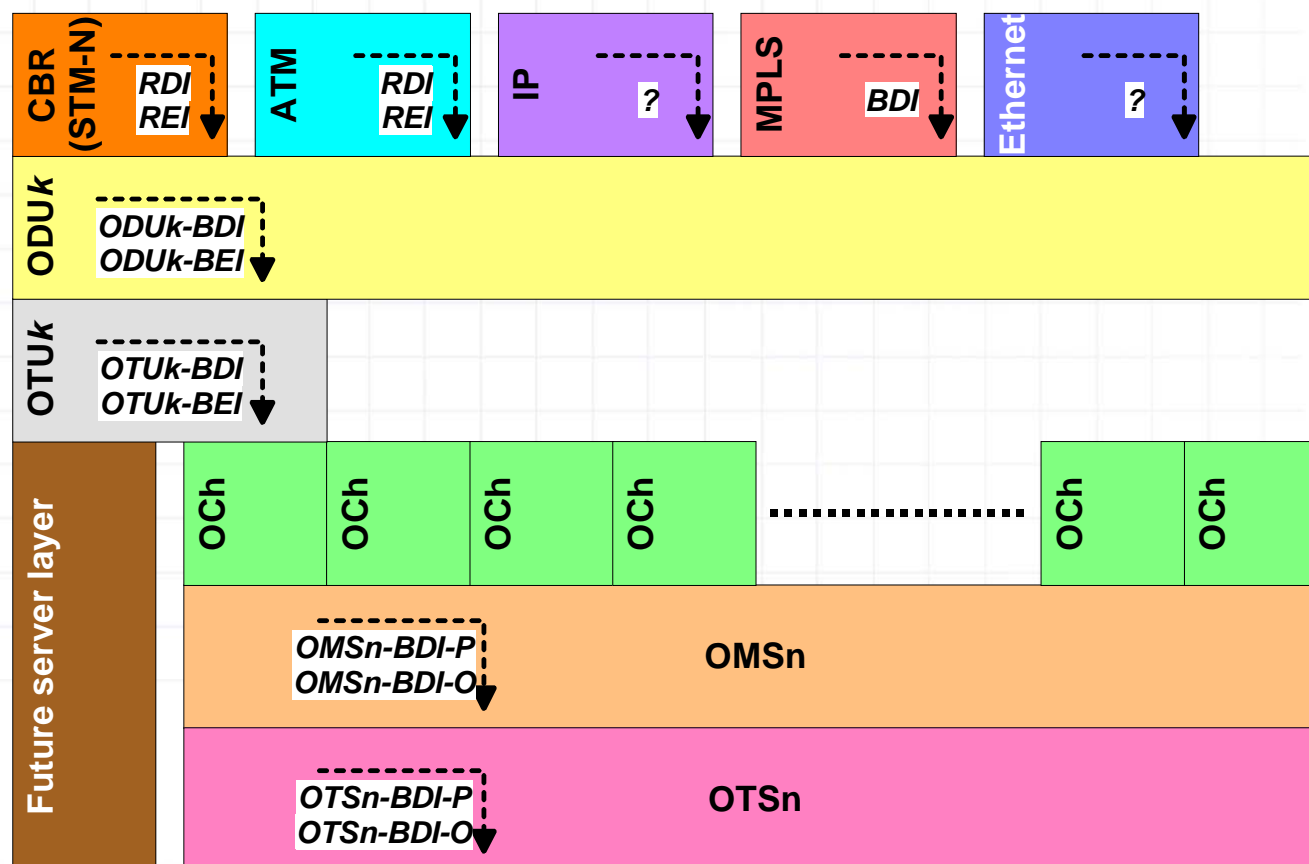
- OMSn, OCh 和 ODUk连接的出口方向产生
- 检测到信号失效时产生
- OMSn-FDI和OCh-FDI时产生
- ODUk-AIS, ODUk信号图案为0xff时产生



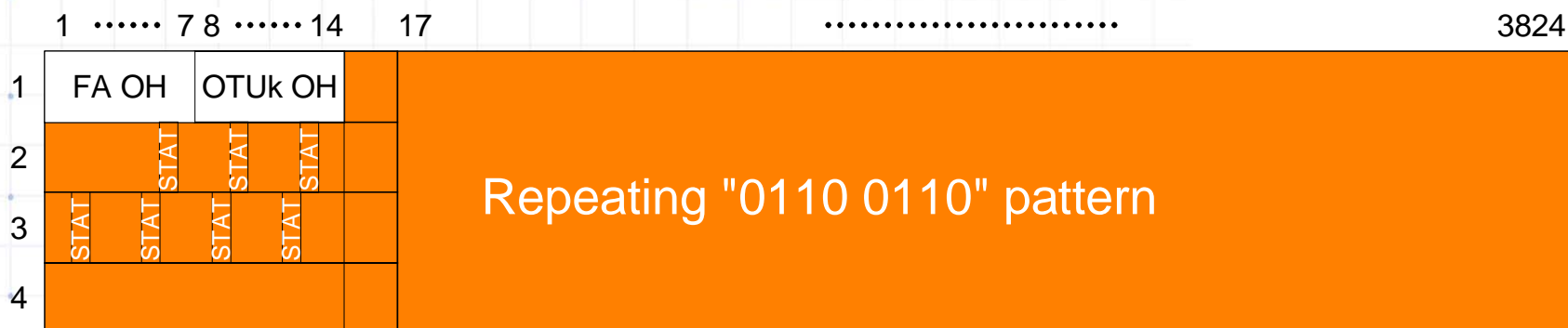
- 在OTN的支路端口侧产生
 - ◆ 支路入口：检测到STM-N LOS/LOF等
 - ◆ 支路出口：检测到ODUk信号失效
- 在SDH线路侧检测STM-N AIS



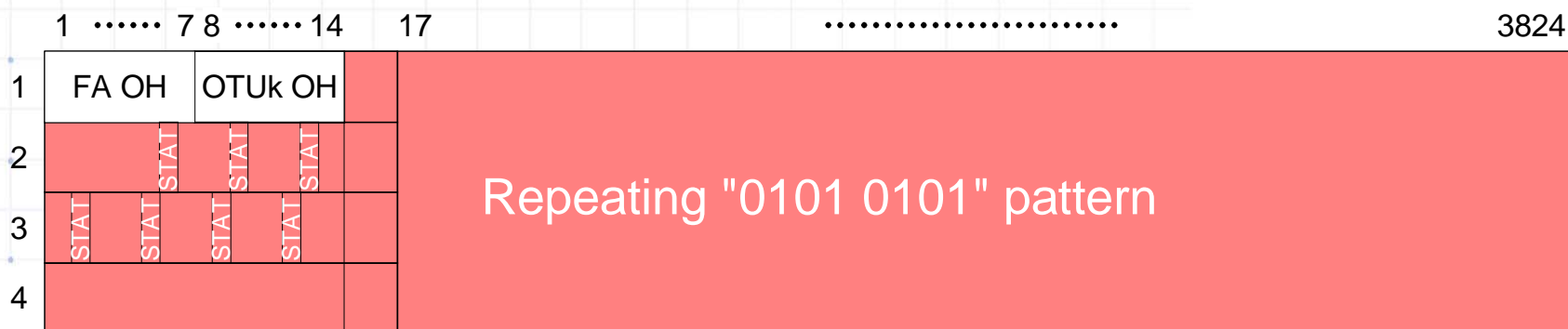
- RDI/REI at Clients
- BDI/BEI at ODUk and OTUk
- No BI at OCh
- BDI at OTSn and OMSn



- 开连接，由于光纤断连产生
- 输入端和输出端连接断开时产生OCI
- 0Ch-OCI时产生
- ODUk-OCI，ODUk图案为0x66

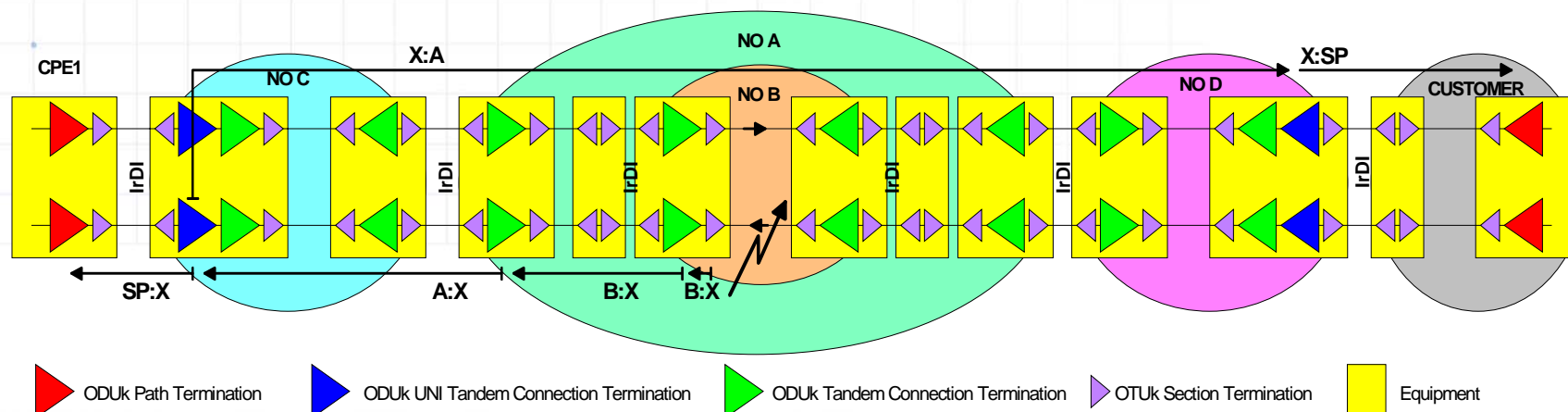


- 锁定，在ODUk Tandem Connection的端点产生
- 管理状态锁定时插入ODUk-LCK
 - ◆ 阻止用户接入该连接
 - ◆ 防止网络中的测试信号进入用户域
- ODUk-LCK，ODUk信号图案为0x55



故障类型和故障位置 (FTFL)

- 帮助服务提供者 (SP) 自动的定位故障到网络运营商区域
- 当检测到SD/SF事件时，在OTUk段和ODUk TC连接的端点向前向和后向插入FTFL，包括SD/SF事件、运营商信息等
- FTFL特殊功能
 - ◆ 在UNI接口中FTFL的特殊功能
 - ◆ 抽取FTFL前向信息，并且把它作为后向信息向相反方向传送
 - ◆ 滤除网络流入和流出的FTFL信息(出于安全考虑)
 - ◆ 特殊FTFL抽取功能
 - ◆ 在网络中间节点读取某个ODUk连接的FTFL前向和后向信息



- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- CBR信号 (e. g. STM-N)
 - IP、以太网信号
 - ATM信号
 - 测试信号
 - 非字节形式比特流
 - 未知比特速率的CBR信号

STM-N信号映射 (N=16,64,256)

- G. 709 提供两种STM-N的映射方式

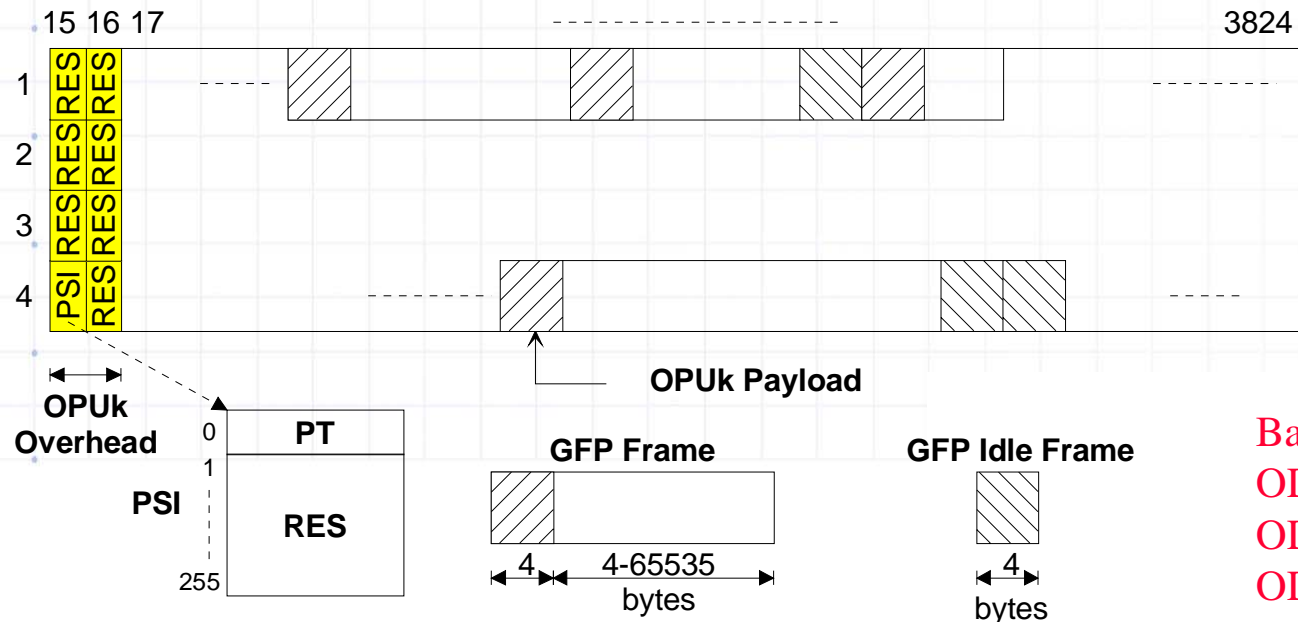
◆ 比特同步

◆ 异步

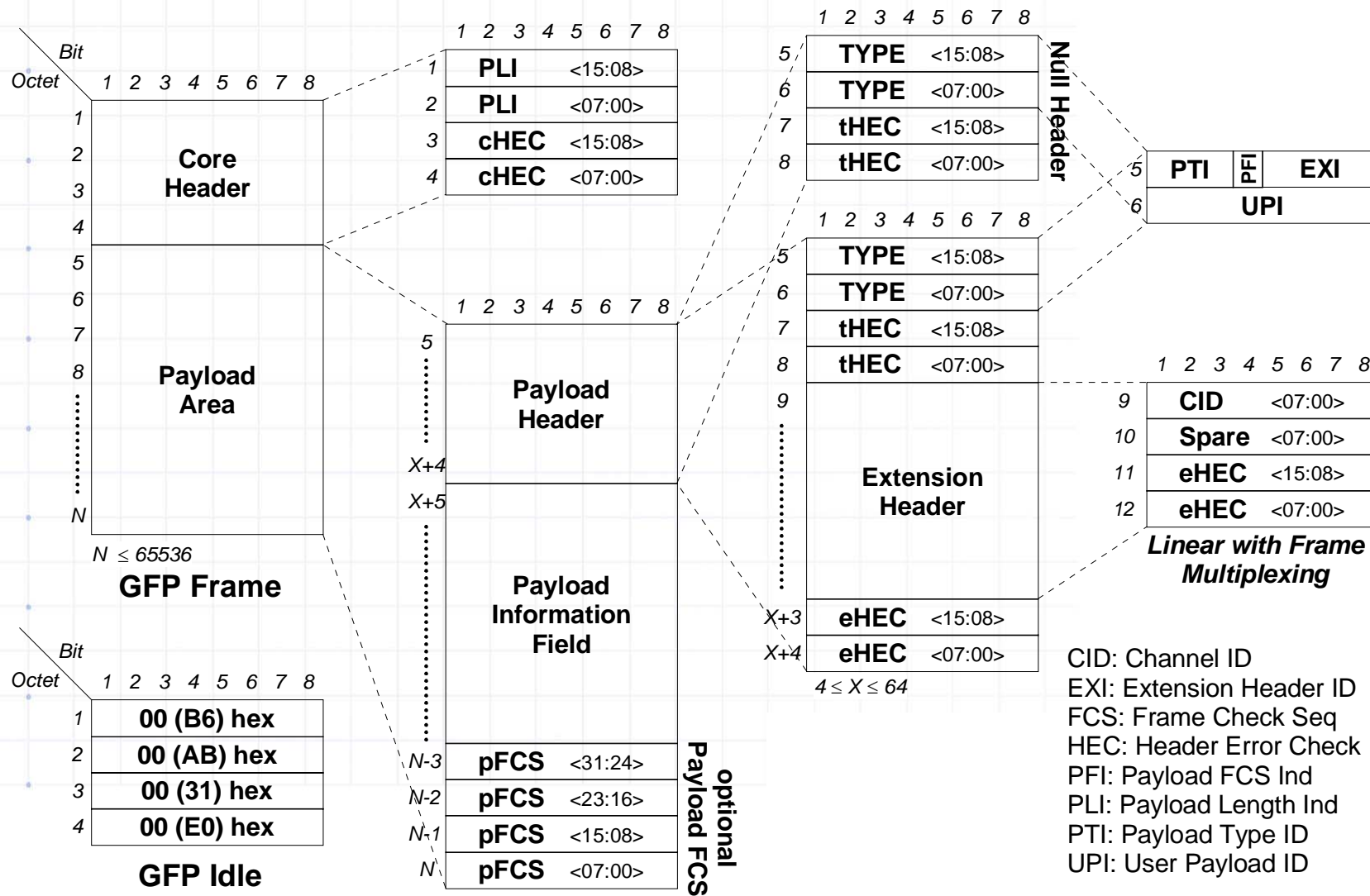
STM-16		15 16 17 18	1 2 3 4	PSI RES RES RES JC JC JC JC NJO JC JC JC PJO D D D D	3805D 3805D 3805D 3805D	D D D D	3824
STM-64		15 16 17 1904 1905 1920 1921 3824	1 2 3 4	PSI RES RES RES JC JC JC JC NJO JC JC JC PJO 118 x 16D 118 x 16D 118 x 16D 15D + 117 x 16D	16FS 16FS 16FS 16FS	119 x 16D 119 x 16D 119 x 16D 119 x 16D	3824
STM-256		15 16 17 1264 1265 1280 1281 2544 2545 2560 2561 3824	1 2 3 4	PSI RES RES RES JC JC JC JC NJO JC JC JC PJO 78 x 16D 78 x 16D 78 x 16D 15D + 77 x 16D	16FS 16FS 16FS 16FS	79 x 16D 79 x 16D 79 x 16D 79 x 16D	3824

D: Data, FS: Fixed Stuff, JC: Justification Control, N/PJO: Negative/Positive Justification Opportunity

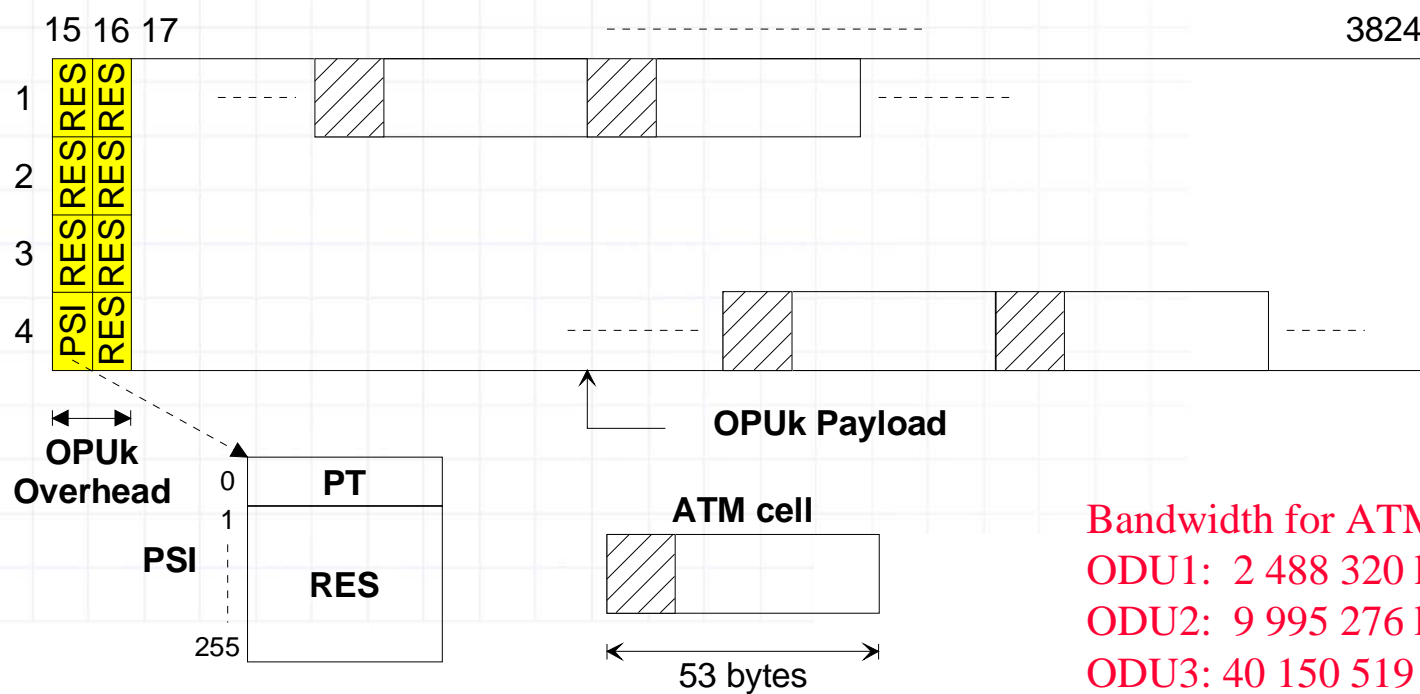
- G. 709支持基于包的客户数据的封装
- 不需要SDH或者10G以太网，可以直接封装IP信号
- 使用GFP封装协议：
 - 把任意包信号封装到固定速率信号(例如，SDH/SONET、ODUk)上的一种通用的方法



Bandwidth for GFP stream in
ODU1: 2 488 320 kbit/s
ODU2: 9 995 276 kbit/s
ODU3: 40 150 519 kbit/s

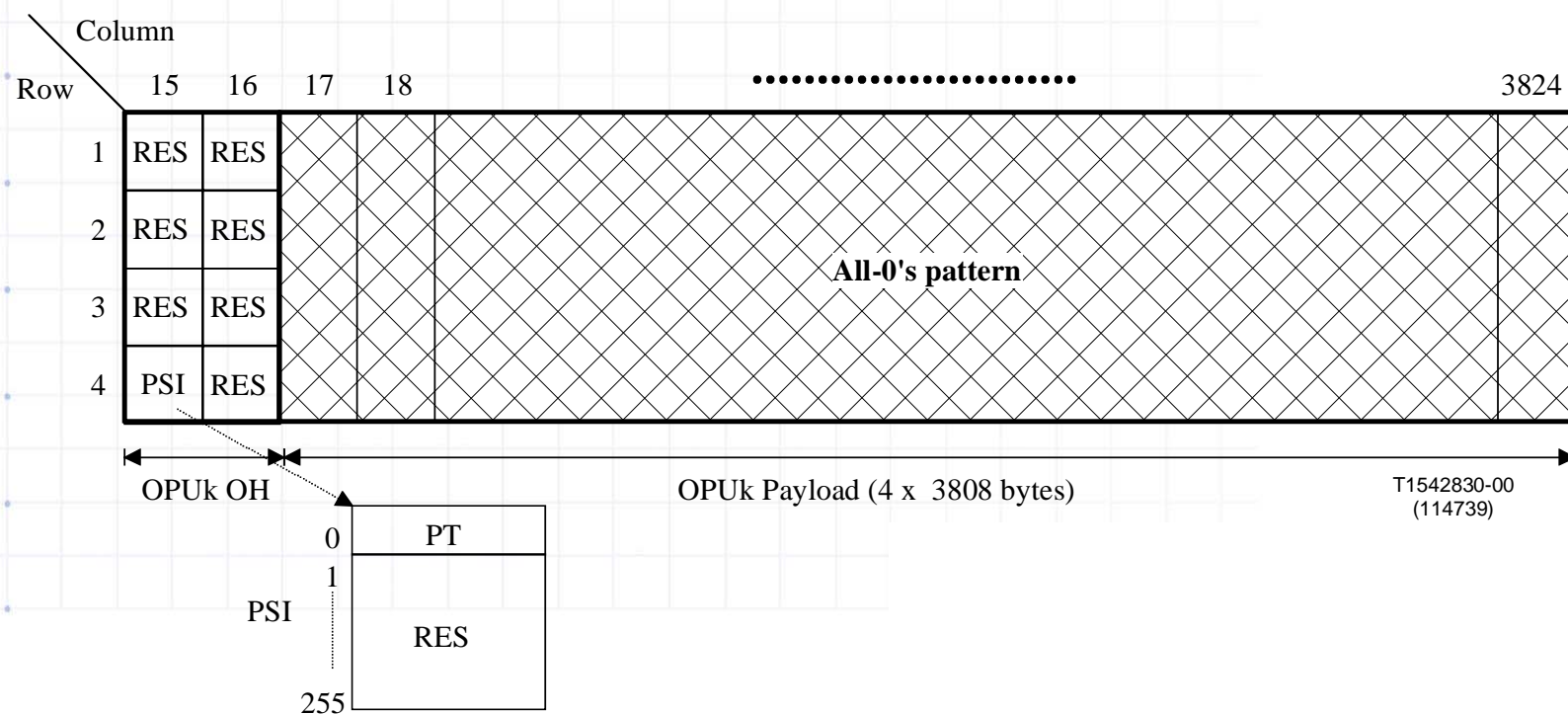


- G. 709支持基于信元的客户信号的映射
- ATM映射到ODUk同映射到SDH一样简单



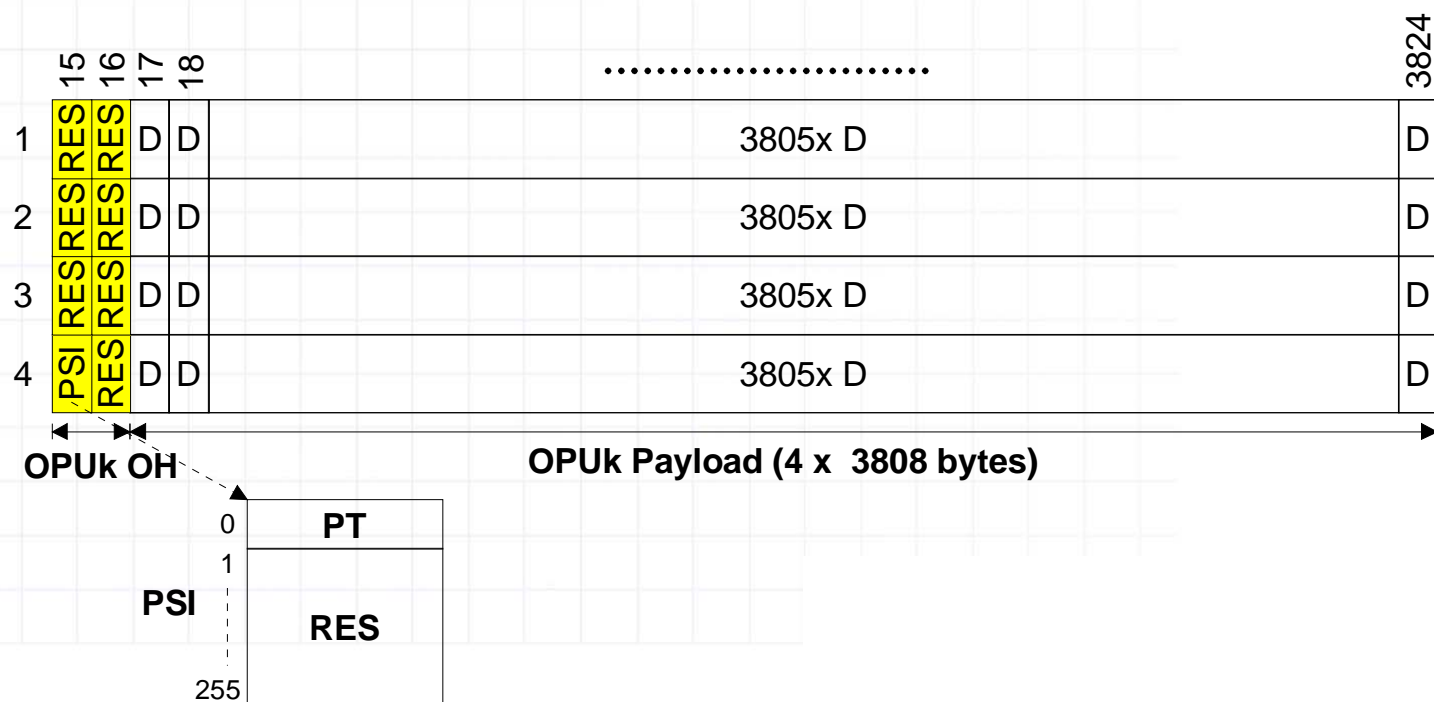
- G. 709支持测试信号的映射
- 定义了两种测试信号

◆ 空序列 (All “0”)

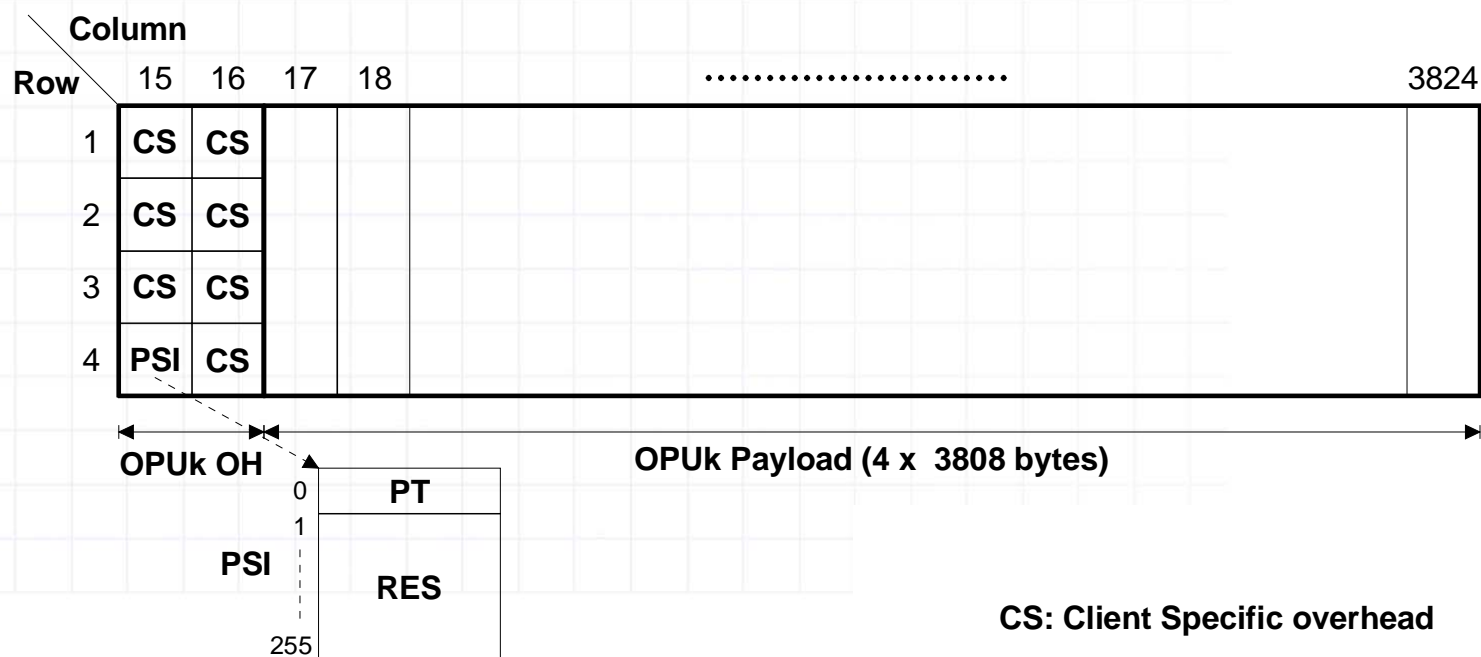


◆ 伪随机序列 $1 + x^{28} + x^{31}$

◆ 连续8bit的PRBS映射为一个字节 (D)



- G. 709支持字节或者非字节形式比特流的客户数据的映射
- 需要定义OPUk的客户专用开销（CS）

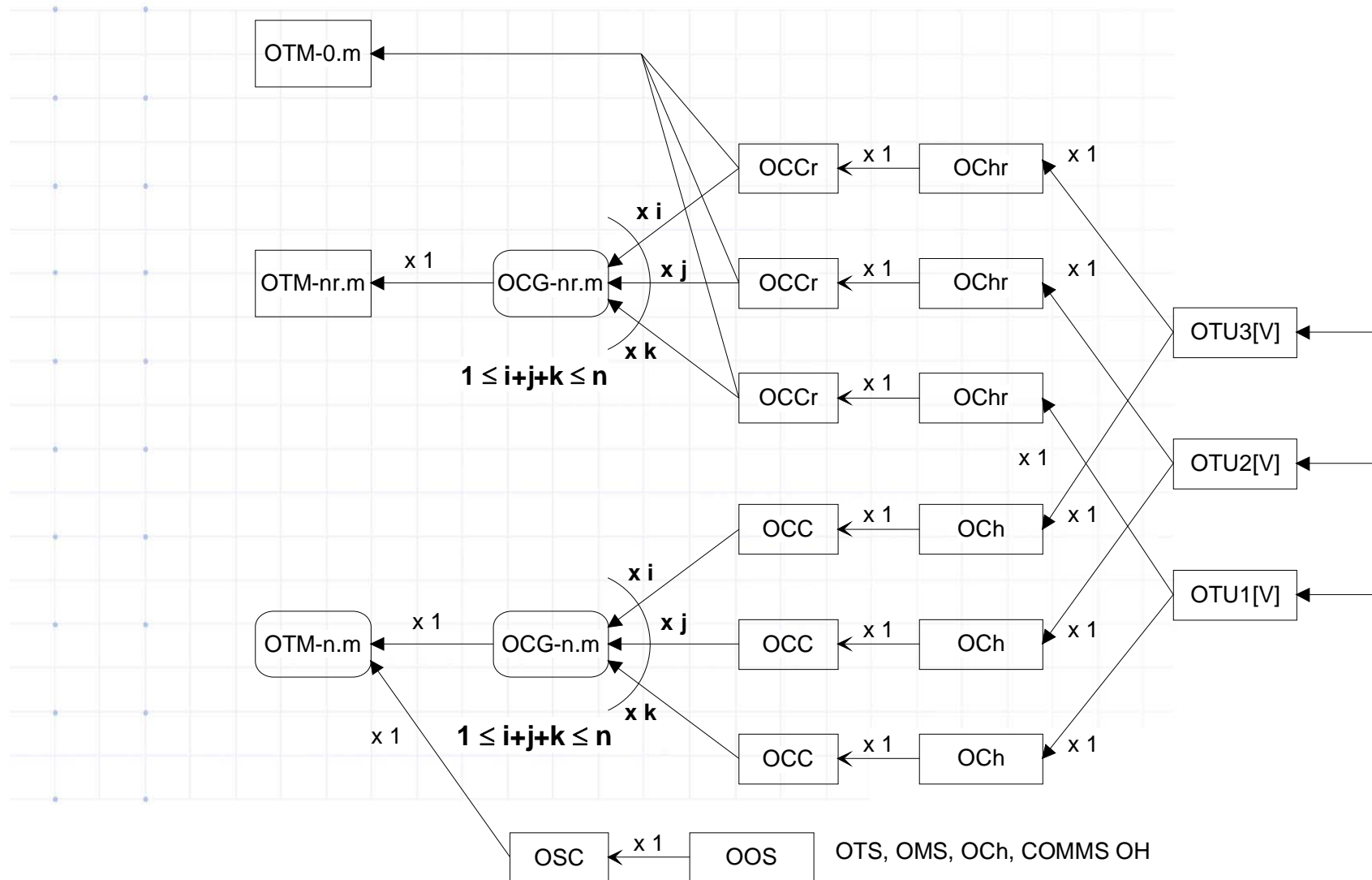


- 新的映射任意速率CBR信号的方法（要求速率在OPUk净荷容量的一定范围内）
- 比特速率固定，而且具有较小的频偏范围
- G. 709 v2版本继续讨论

- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- 波分复用 (WDM)
 - 时分复用 (TDM)
 - TDM映射
 - TDM Tributary Slots子信号
 - TDM开销

- OTM-16r.m信号
 - 16通道
 - 与0Ch信号速率无关，固定200 GHz通道间隔
 - 无监控信道
- OTM-n.m信号
 - 未定义通道数
 - 未定义通道间隔
 - 带监控信道

波分复用复用路径



- OTN中的时分复用应用于：
 - 采用更低速率信号传送
 - 提高吞吐率
 - 降低管理的复杂性
 - 更低成本的网络
- 时分复用由于引入了子信号，增加了复杂性
 - 在交叉网片周围需要完成复用和解复用功能

- 时分复用把ODUk信号复用到更高级别的ODUk信号
 - ODU1 复用到 ODU2
 - ODU1 和/或者 ODU2 复用到 ODU3
- 复用通过字节间插的方式

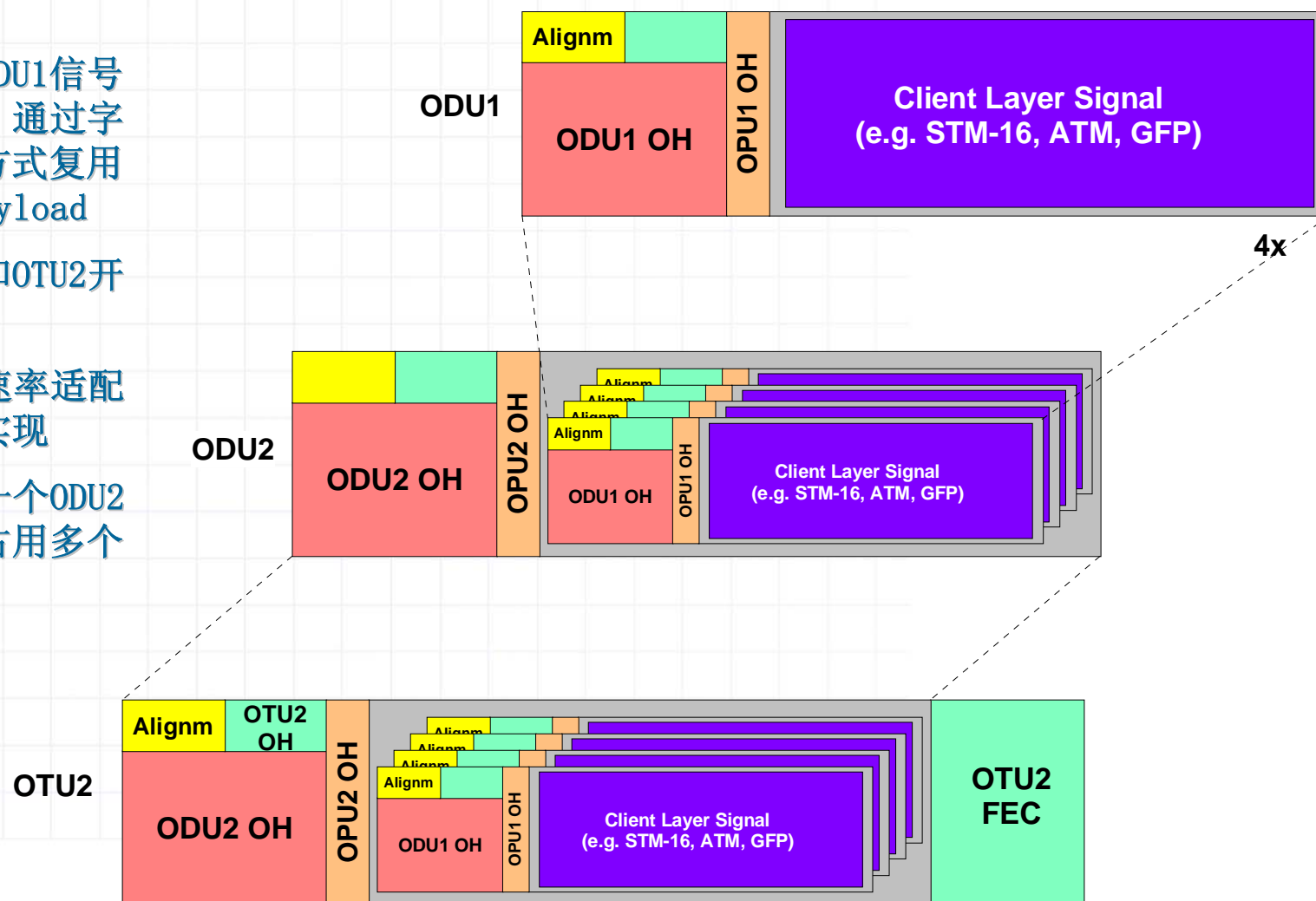
时分复用 (TDM) 粗略图示

- 4*ODU1→OPU2 Payload
→ODU2→OTU2

◆ 调整后的ODU1信号 (ODTU12) 通过字节间插的方式复用到OPU2 Payload

◆ 加入ODU2和OTU2开销及FEC

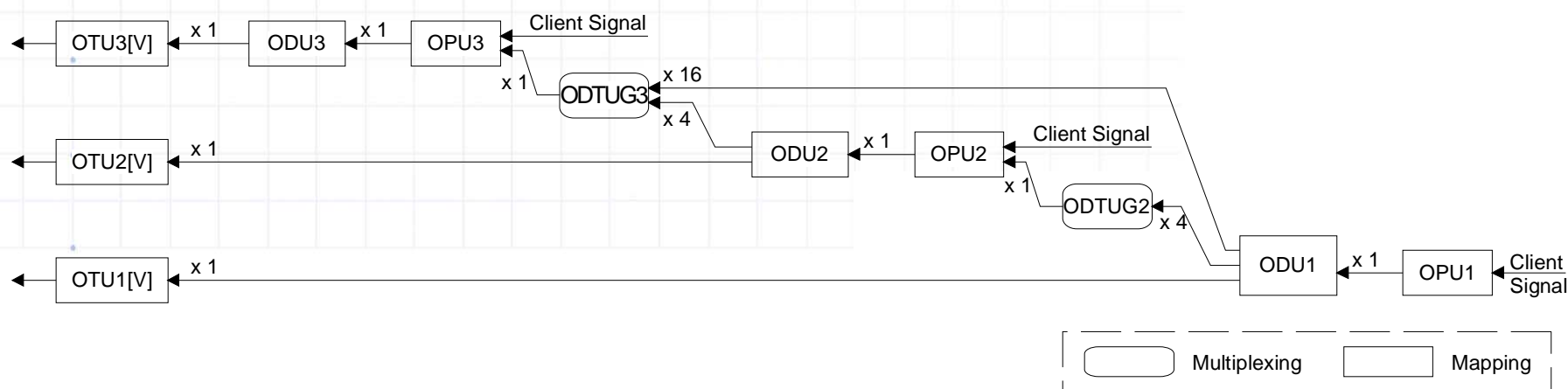
- ODU1和ODU2的速率适配通过正负调整实现
- ODU1帧将跨越一个ODU2帧的帧边界, 占用多个ODU2帧



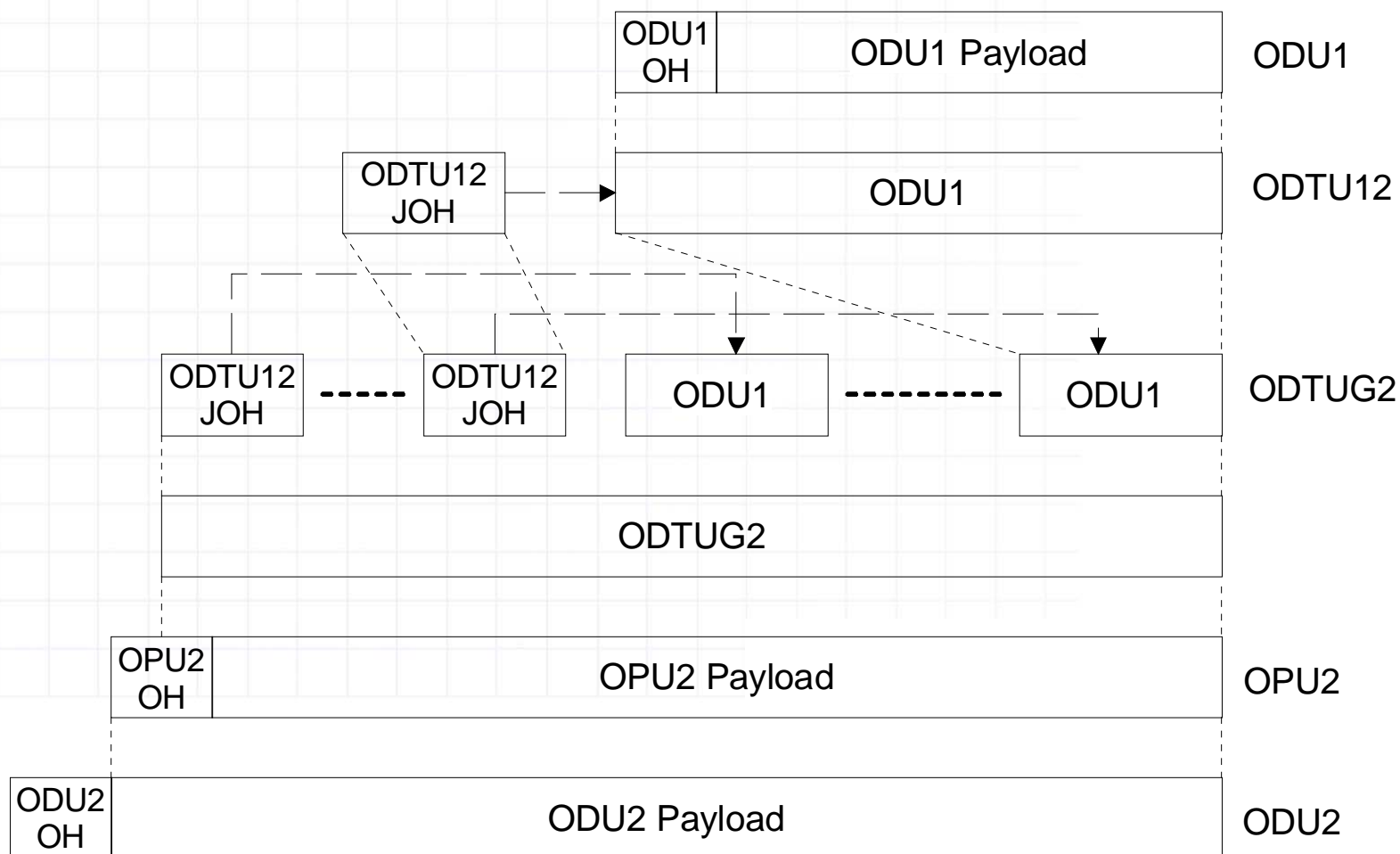
NOTE - The ODU1 floats in $\frac{1}{4}$ of the OPU2 Payload area. An ODU1 frame will cross multiple ODU2 frame boundaries. A complete ODU1 frame (15296 bytes) requires the bandwidth of $(15296/3808 =) 4.017$ ODU2 frames. This is not illustrated.

时分复用映射路径

- 4*ODU1 → ODTUG2 → OPU2 → ODU2映射过程：
 - ◆ 4*ODU1映射到OPU2 Payload TS (Tributary Slot) , 4 TS ;
 - ◆ ODTU12 Justification OH映射到OPU2 OH区域。
- 16*ODU1 → ODTUG3 → OPU3 → ODU3映射过程：
 - ◆ 16*ODU1映射到OPU3 Payload TS (Tributary Slot) , 16 TS ;
 - ◆ ODTU13 Justification OH映射到OPU2 OH区域。
- 4*ODU2 → ODTUG3 → OPU3 → ODU3映射过程：
 - ◆ 4*ODU2映射到OPU3 Payload TS (Tributary Slot) , 4 TS ;
 - ◆ ODTU23 Justification OH映射到OPU3 OH区域。

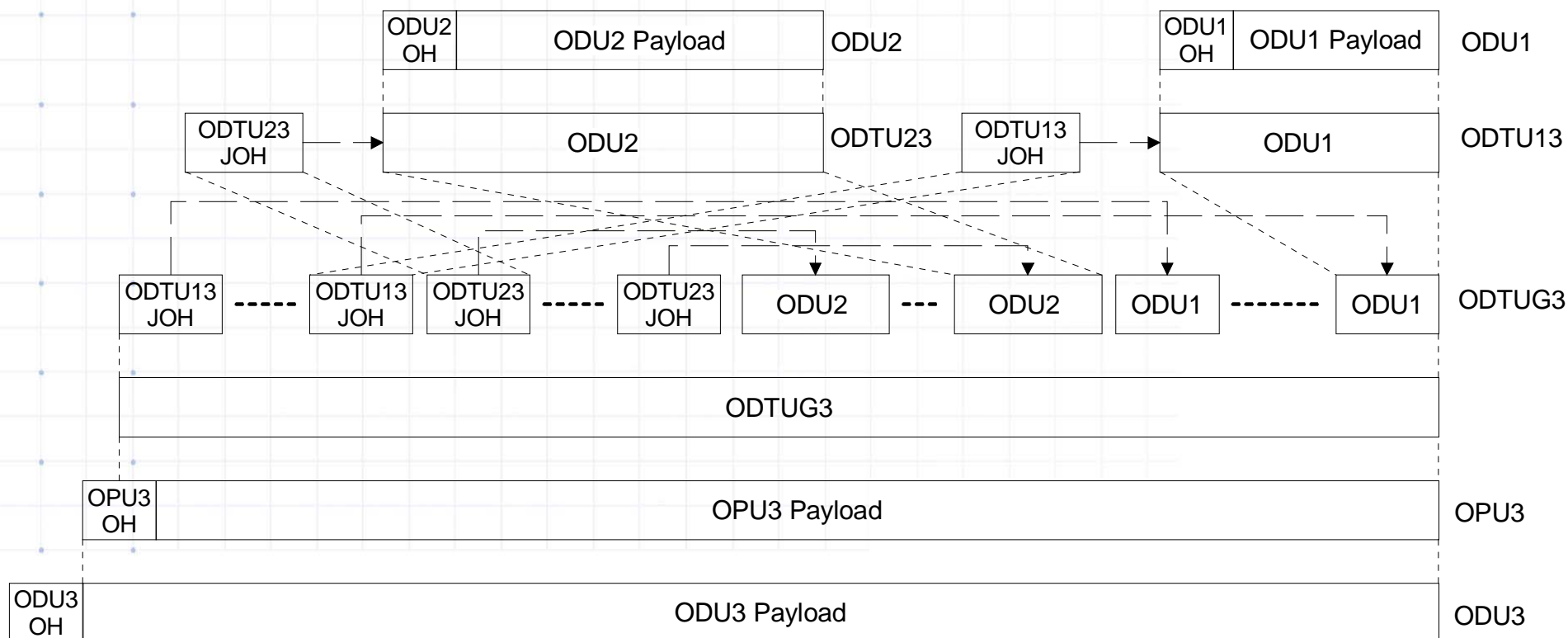


- $4 \times \text{ODU1}$ 映射到 $1 \times \text{ODU2}$
- ODTU12: Optical Data Tributary Unit 1 into 2



时分复用映射方法

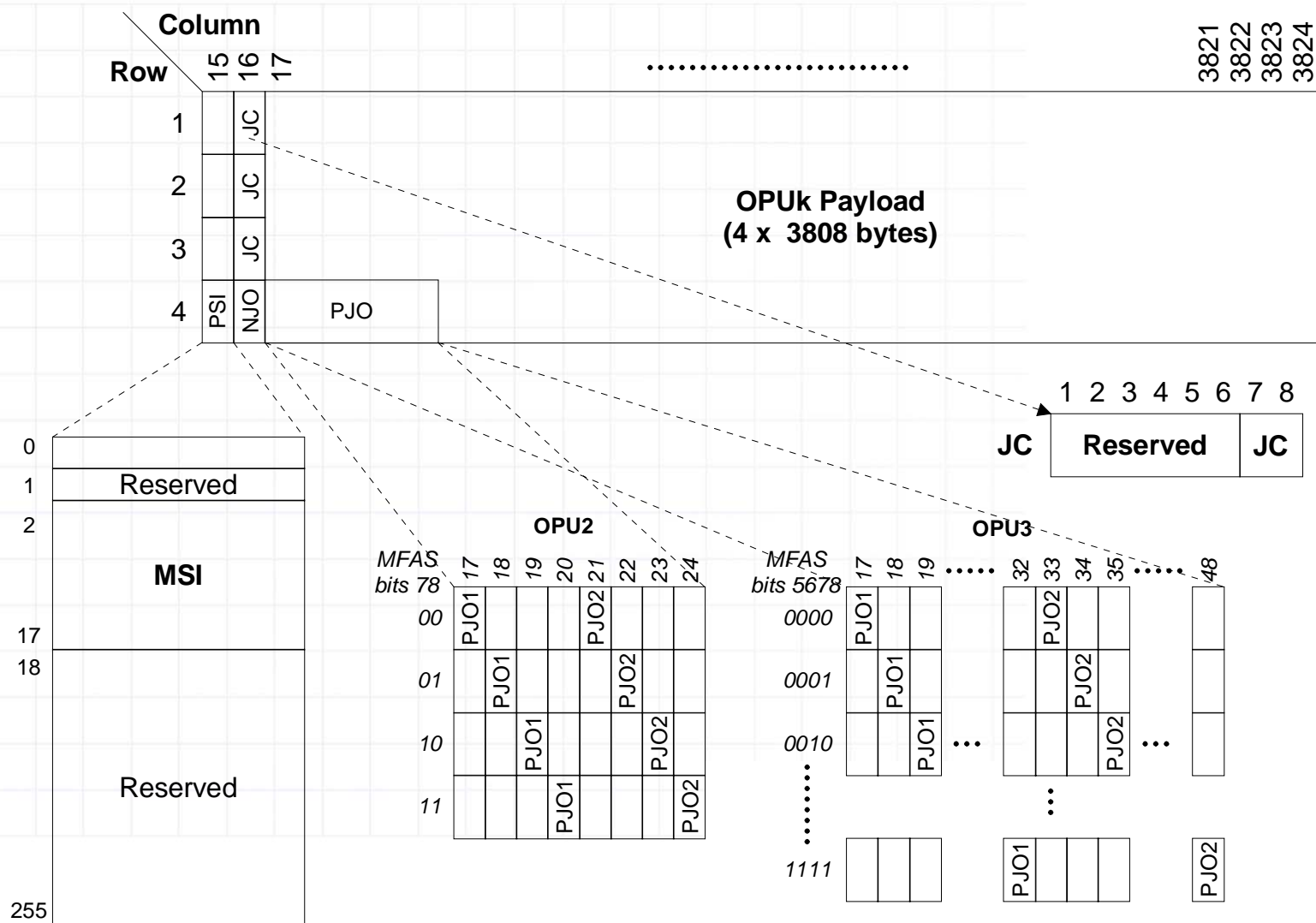
- $X \times \text{ODU2}$ 和 $(16-4X) \times \text{ODU1}$ 映射到 $1 \times \text{ODU3}$ 【 $0 \leq X \leq 4$ 】
- ODTU23: Optical Data Tributary Unit 2 into 3
- ODTU13: Optical Data Tributary Unit 1 into 3



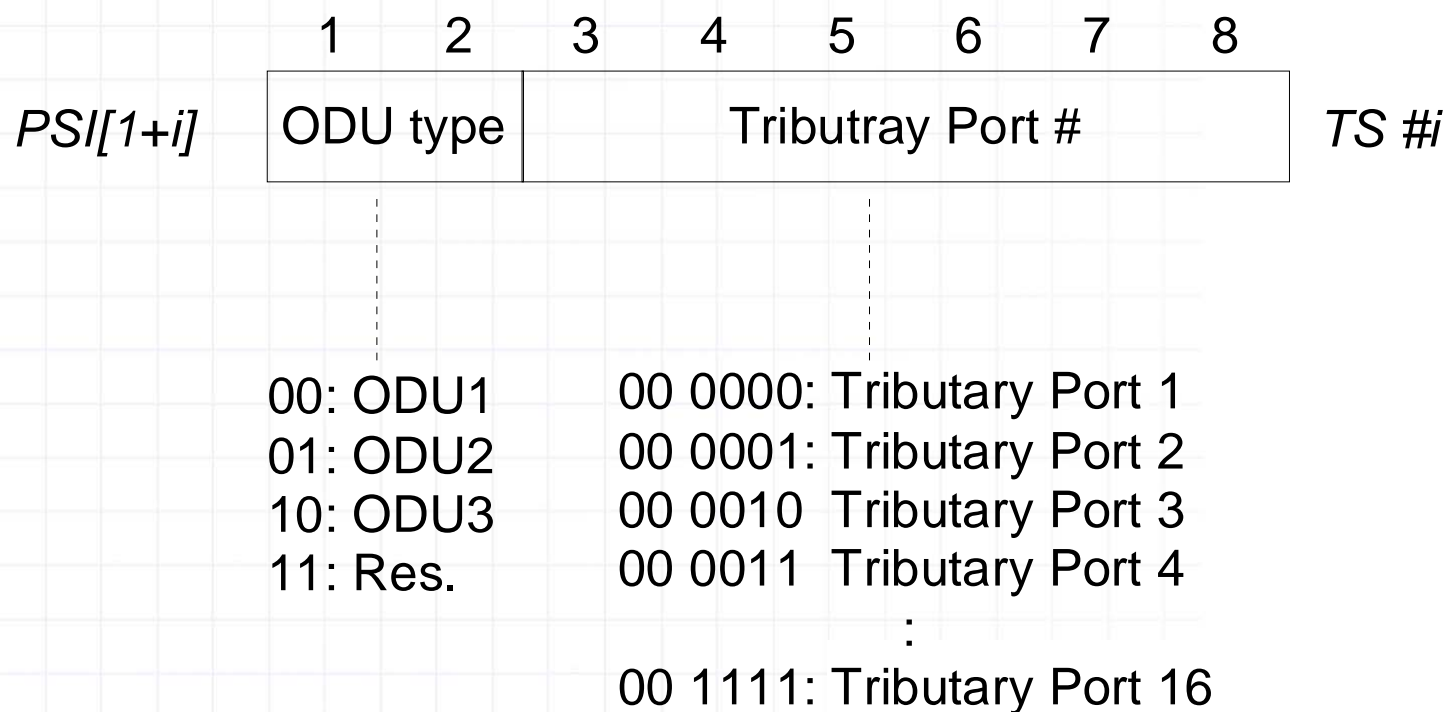


73

时分复用—开销及调整字节

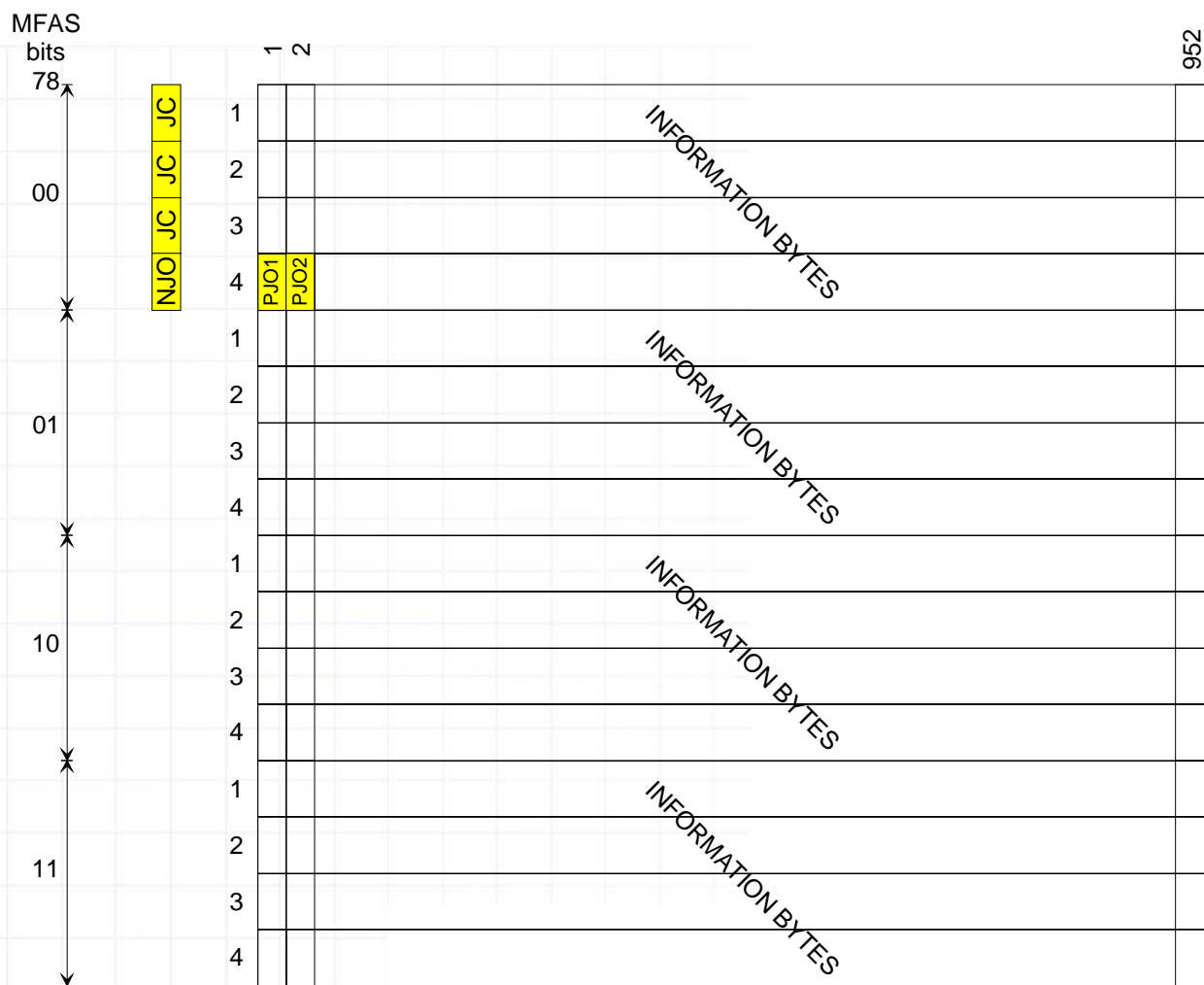


- ODU type表示TS中传送的ODU类型

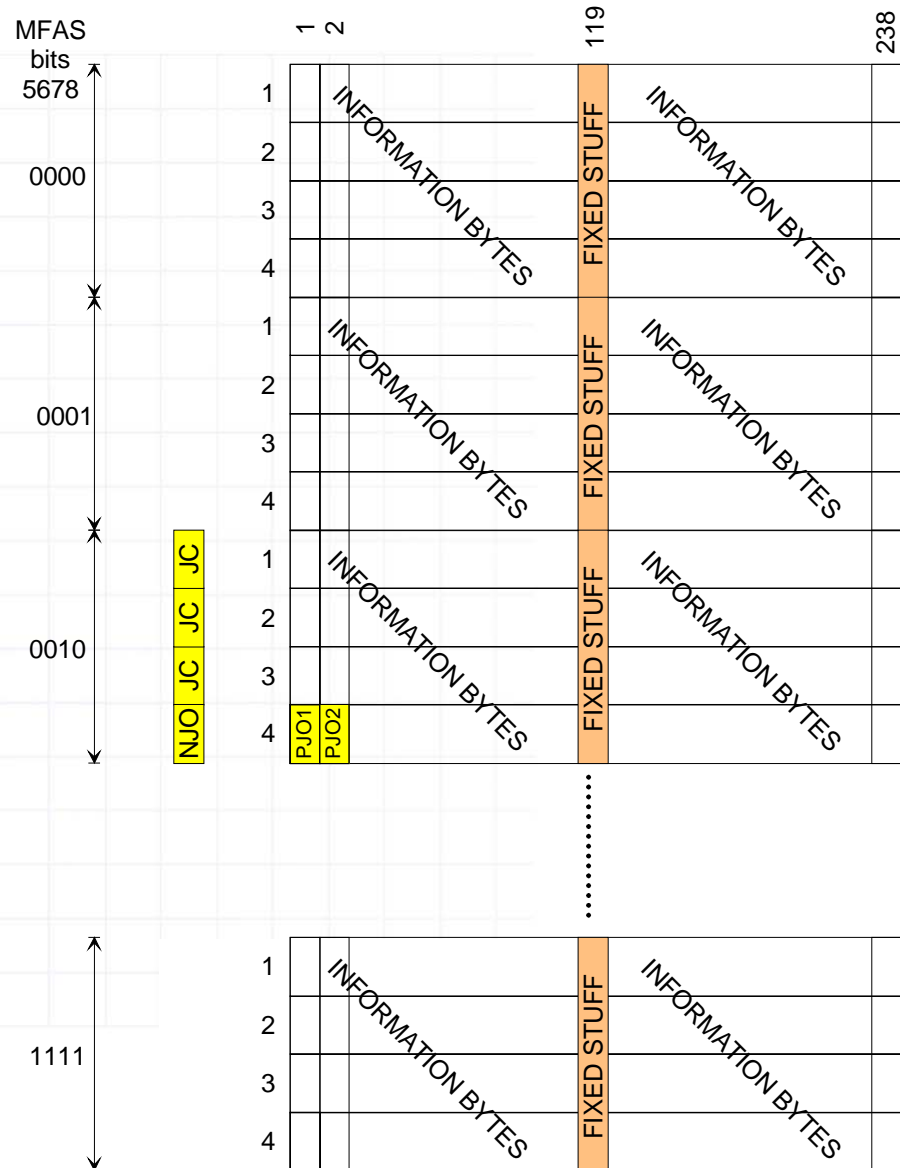


ODU1映射到ODTU12

- ODU1信号增加FA OH, OTU1 OH开销区填充“00”, 形成扩展的ODU1信号;
- 每个扩展ODU1信号异步映射到一个ODTU12, 使用ODU2的时钟, 采用正负调整机会平衡频差 (-1/0/+2 Byte 机会)
- 图中表示TS1

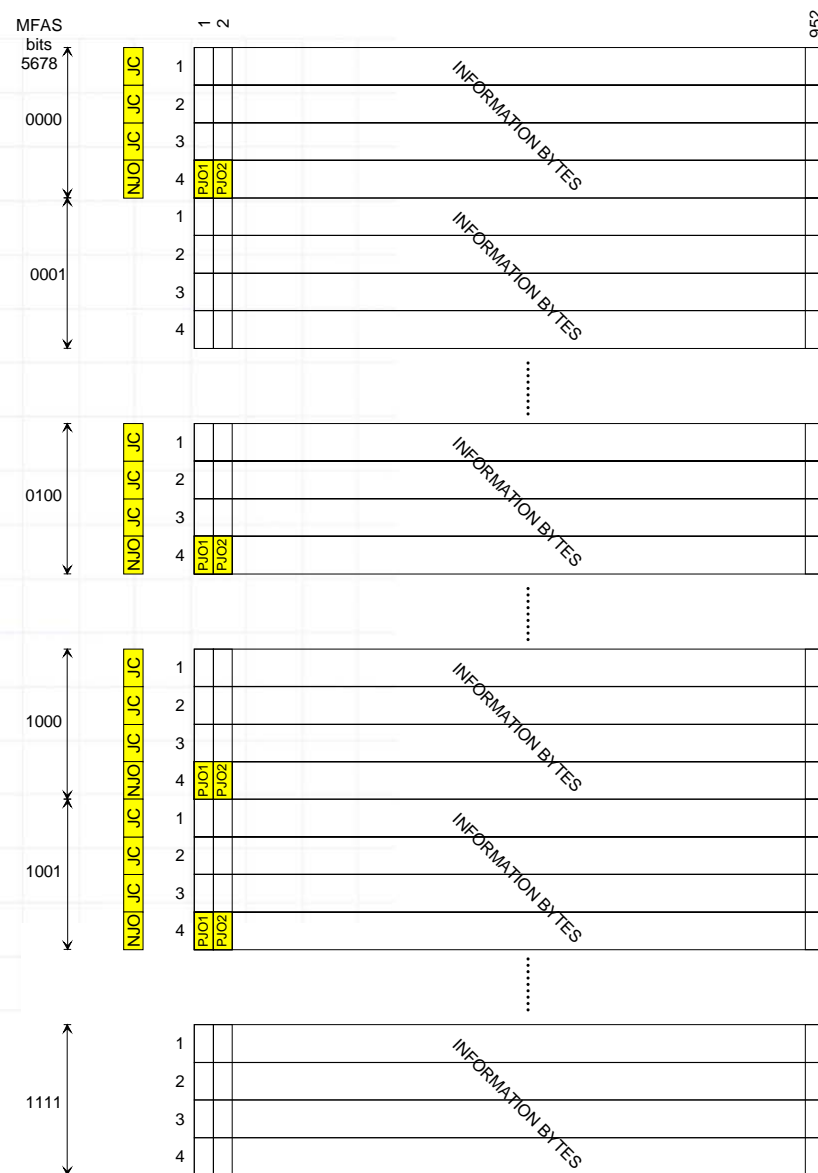


- ODU1信号增加FA OH, OTU1 OH开销区填充“00”，形成扩展的ODU1信号；
- 每个扩展ODU1信号异步映射到一个OTU13，使用ODU2的时钟，采用正负调整机会平衡频差（-1/0/+2 Byte 机会）
- 图中表示TS3
- 119列为填充



ODU2映射到ODTU23

- ODU2信号增加FA 0H, OTU1 0H开销区填充“00”, 形成扩展的ODU2信号;
- 每个扩展ODU2信号异步映射到一个ODTU23映射到, 使用ODU2的时钟, 采用正负调整机会平衡频差 (-1/0/+2 Byte 机会)
- 图中表示TS1, 5, 9, 10



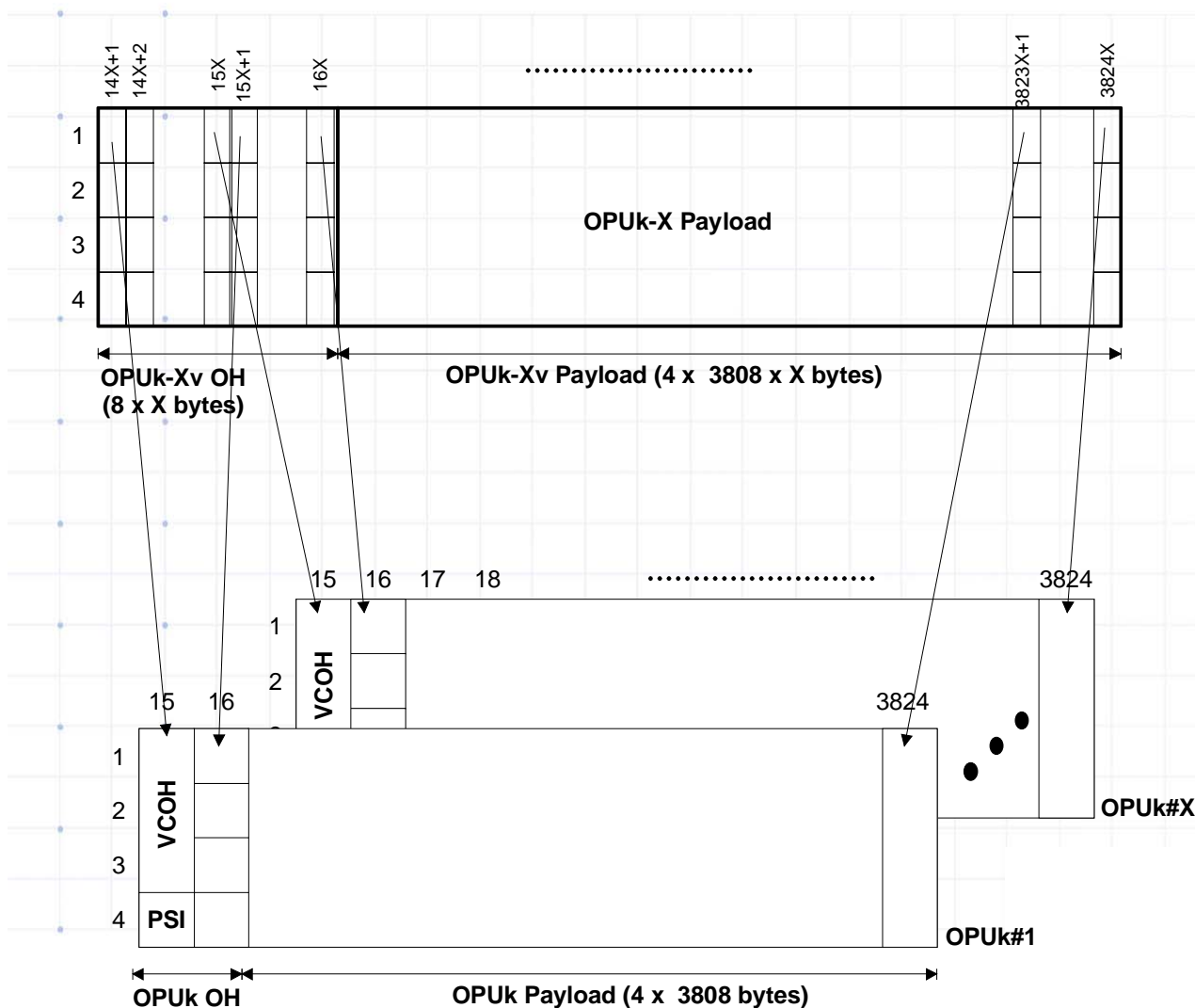
- ODU1到ODU3映射包含16个固定填充列
- ODU1到ODU2 以及 ODU2到ODU3的映射无固定填充

	Column
Row	1 16 17 31 32 33 1904 1905 1919 1920 1921 3808 3809 3823 3824
1	
2	
3	
4	
	PSI
	JOH
	OPU3 TribSlot 1
	OPU3 TribSlot 15
	OPU3 TribSlot 16
	OPU3 Payload transporting 16x ODU1
	OPU3 TribSlot 1
	FIXED STUFF
	OPU3 TribSlot 15
	OPU3 TribSlot 16
	OPU3 Payload transporting 16x ODU1
	OPU3 TribSlot 1
	OPU3 TribSlot 15
	OPU3 TribSlot 16

- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- OPUk-Xv开销
 - ODUk-Xv
 - 客户数据映射

- ODUk支持虚级联
 - ◆ ODUk-Xv, with X=1..256
- 应用范围及作用
 - ◆ 在不支持10G/40G波长调度的网络中，传送STM-64和STM-256信号
 - STM-64 into ODU1-4v
 - STM-256 into ODU2-4v or ODU1-16v
 - ◆ 对数据业务采用最佳粒度进行调度
 - 应用LCAS
 - 无损带宽变化
 - 内置弹性存储器以适应信号传送路径的延迟差异

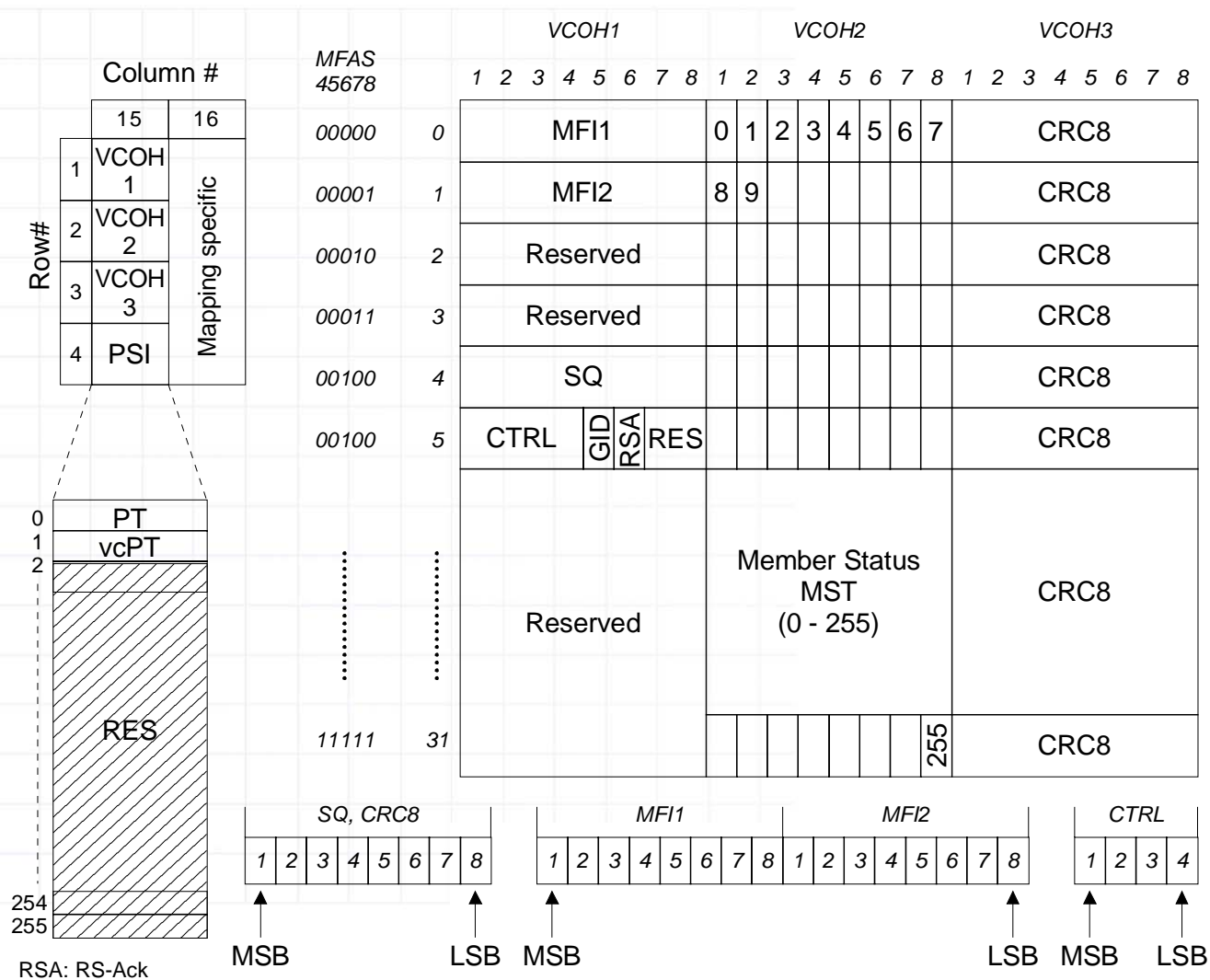
虚级联—反向复用



- 客户信号映射进 OPU_k-X_v 净荷区域
- 反向复用 OPU_k-X_v 到 $X \times OPU_k$ 信号
- ODU_k 开销分别加入每个 OPU_k 信号上，形成 $X \times ODU_k$ 信号
- 对 $X \times ODU_k$ 进行调度和传送，在收端进行重组，解映射处客户信号

虚级联—开销

- PSI[1]
 - vcPT
- VCOH
 - MFI1, MFI2
 - SQ
 - LCAS
 - CTRL
 - GID
 - RSA
 - MST
 - CRC8
 - Res



● vcPT: vc Payload Type

MSB 1 2 3 4	LSB 5 6 7 8	Hex code (NOTE 1)	Interpretation
0 0 0 0	0 0 0 1	01	Experimental mapping (NOTE 3)
0 0 0 0	0 0 1 0	02	asynchronous CBR mapping, see 18.2.1, 18.2.2
0 0 0 0	0 0 1 1	03	bit synchronous CBR mapping, see 18.2.1, 18.2.2
0 0 0 0	0 1 0 0	04	ATM mapping, see 18.2.3
0 0 0 0	0 1 0 1	05	GFP mapping, see 18.2.4
0 0 0 1	0 0 0 0	10	bit stream with octet timing mapping, see 18.2.6
0 0 0 1	0 0 0 1	11	bit stream without octet timing mapping, see 18.2.6
0 1 0 1	0 1 0 1	55	Not available (NOTE 2)
0 1 1 0	0 1 1 0	66	Not available (NOTE 2)
1 0 0 0	x x x x	80 - 8F	reserved codes for proprietary use (NOTE 4)
1 1 1 1	1 1 0 1	FD	NULL test signal mapping, see 18.2.5.1
1 1 1 1	1 1 1 0	FE	PRBS test signal mapping, see 18.2.5.2
1 1 1 1	1 1 1 1	FF	Not available (NOTE 2)

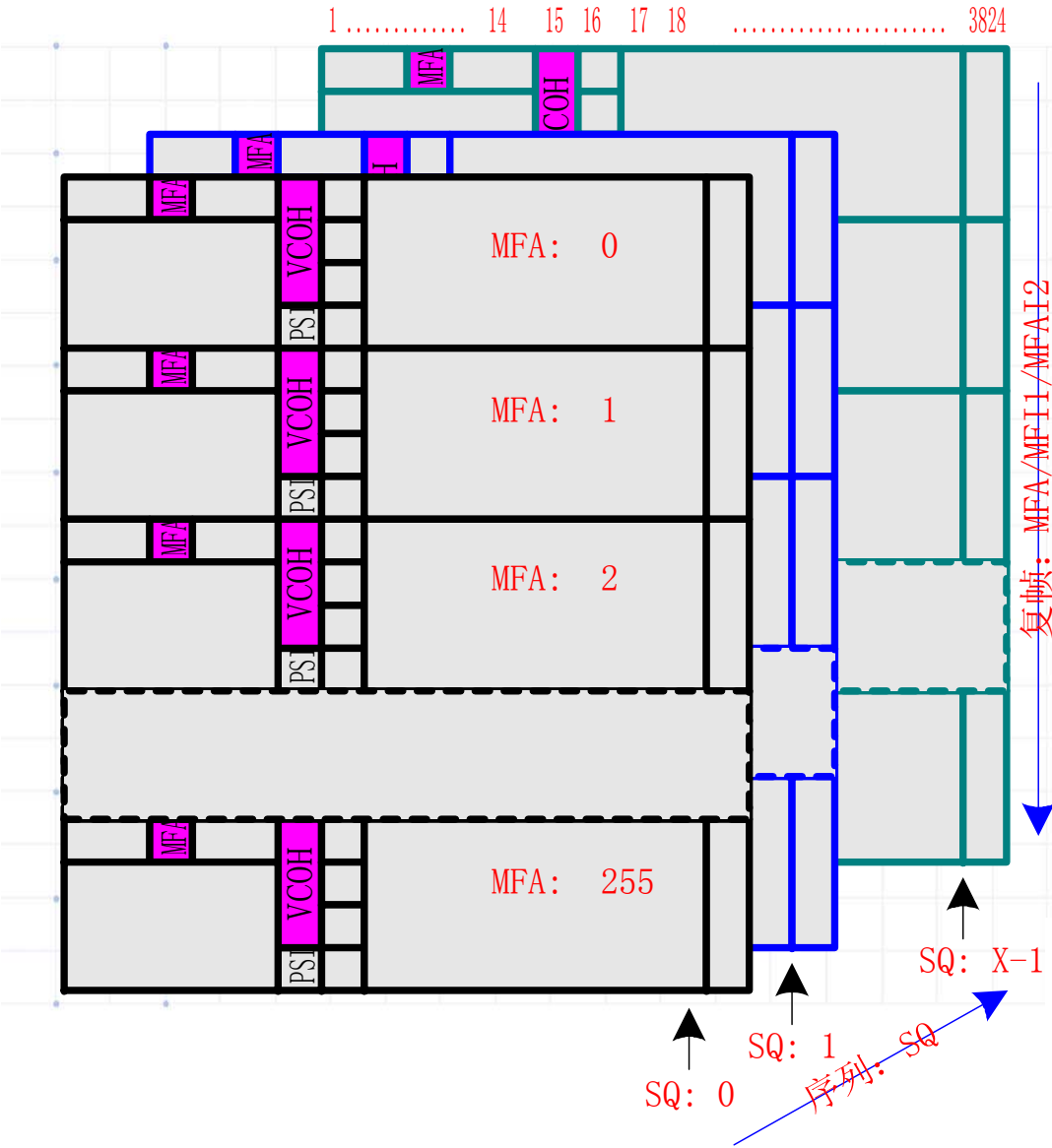
NOTE 1 - There are 228 spare codes left for future international standardization. Refer to Annex A/G.806 for the procedure to obtain one of these codes for a new payload type.

NOTE 2 - These values are excluded from the set of available code points. These bit patterns are present in ODUk maintenance signals.

NOTE 3 - Value "01" is only to be used for experimental activities in cases where a mapping code is not defined in the above table. Refer to Annex A/G.806 for more information on the use of this code.

NOTE 4 - These 16 code values will not be subject to further standardization. Refer to Annex A/G.806 for more information on the use of these codes.

虚级联—ODUk-Xv



- 提供两级复帧计数，满足成员信号同虚级联组的延迟差异，在收端进行补偿
- 第一级复帧计数为MFA，8bit ODUk复帧指示，每个ODUk帧加1，0~255
- 第二级复帧计数器为MFI1_MFI2，共16bit复帧指示，MFA=0时加1，0~65,535
- 因此结合两级复帧计数器，总共可以支持16,777,216个ODUk帧长度

虚级联—映射

STM-N客户信号支持

- 异步映射
- 比特同步映射

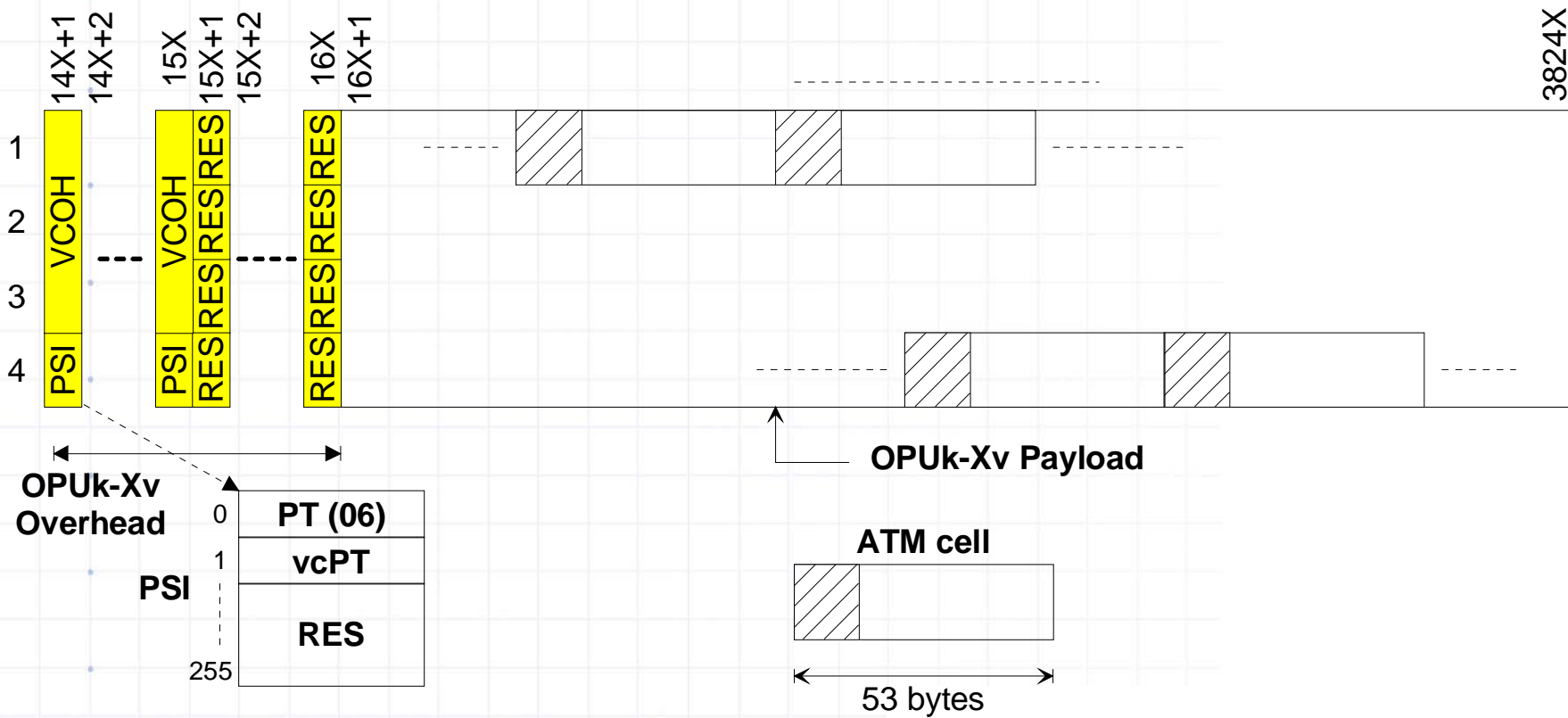
		X=4	STM-64 into OPU1-4v	3824X
1	VCOH	14X+1	4 x 3808D - 1	
2	VCOH	14X+2	4 x 3808D - 1	
3	VCOH	14X+3	4 x 3808D - 1	
4	PSI	15X	4 x 3808D - 1	

														STM-256 into OPU2-4v									
	14X+1	14X+2	14X+3	15X	15X+1	15X+2	15X+3	16X	16X+1	16X+2	16X+3	17X	1904X	190X+1	1920X	1920X+1	3824X			
1	VCOH	VCOH	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	4 x 118 x 16D - 1	4 x 16FS				4 x 119 x 16D				
2	VCOH	VCOH	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	4 x 118 x 16D - 1	4 x 16FS				4 x 119 x 16D				
3	VCOH	VCOH	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	4 x 118 x 16D - 1	4 x 16FS				4 x 119 x 16D				
4	PSI	PSI	PSI	PSI	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	JC	4 x 118 x 16D - 1	4 x 16FS				4 x 119 x 16D				

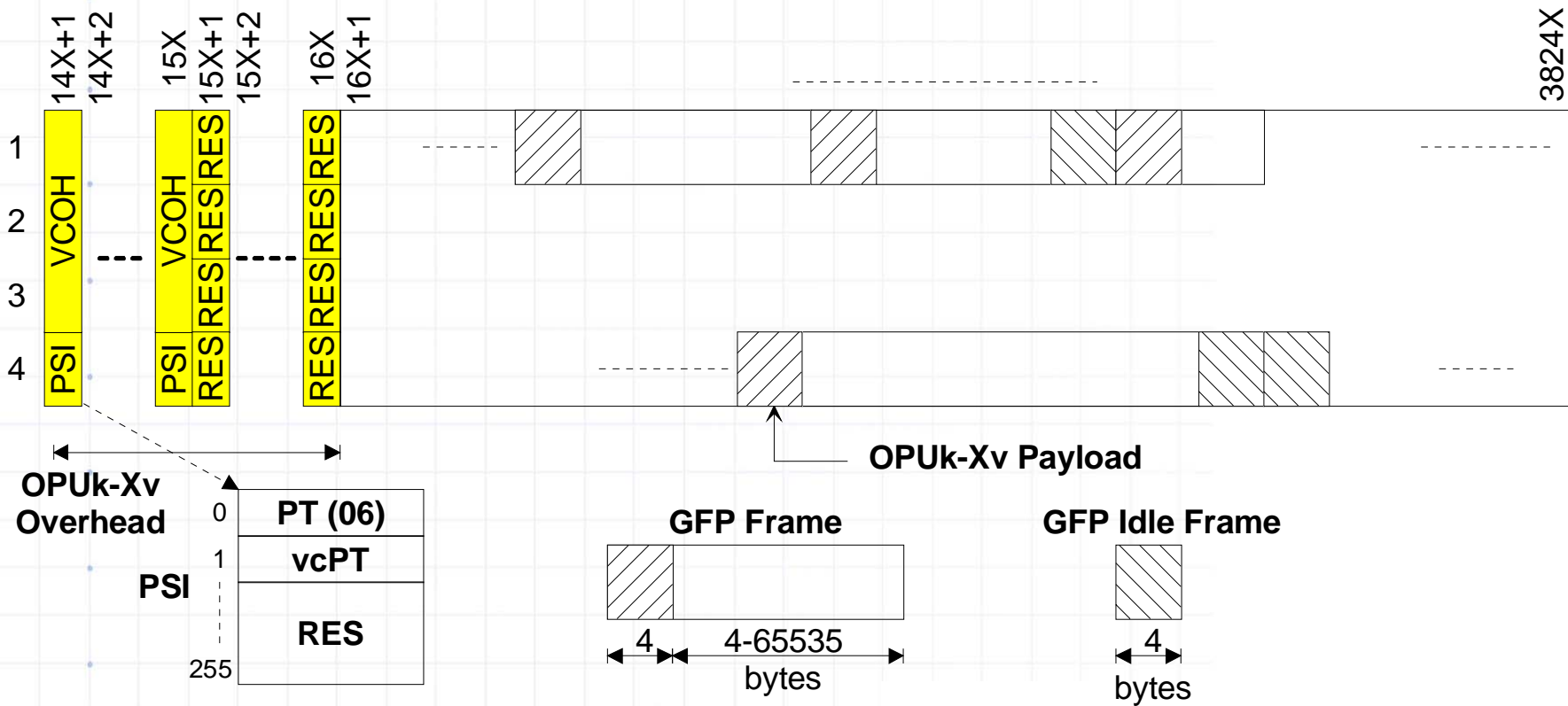
STM-256 into OPU1-16v

		14X+1	15X	15X+1	15X+5	X=16	967X+4	968X+9	1919X+9	1919X+13	2871X+13	2871X+18	3824X
1	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	15231D	JC	JC	JC	JC	15231D	JC	15231D
2	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	15231D	JC	JC	JC	JC	15231D	JC	15231D
3	VCOH	VCOH	JC	JC	JC	15231D	JC	JC	JC	JC	15231D	JC	15231D
4	PSI	PSI	JC	JC	JC	15231D	JC	JC	JC	JC	15231D	JC	15231D

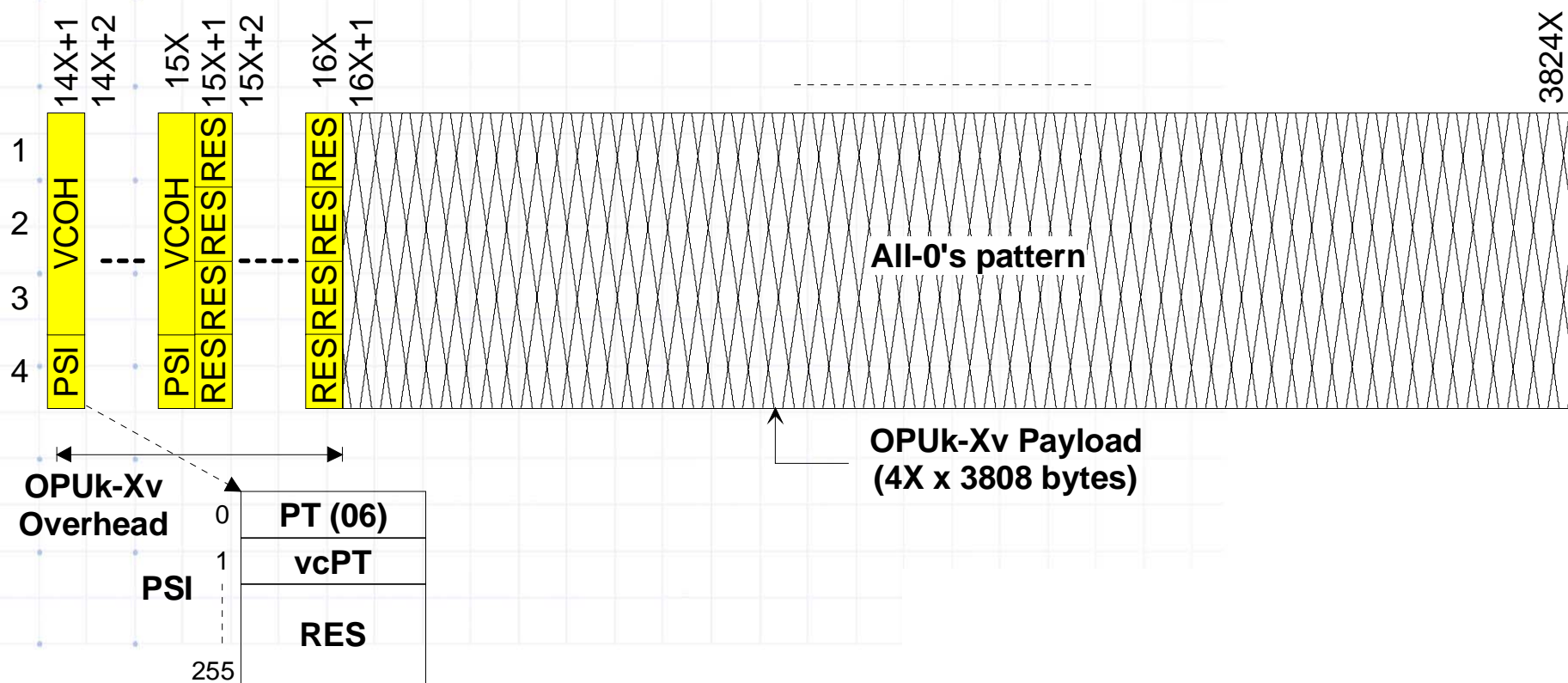
ATM Cell into OPUk-Xv



GFP Frame into OPuk-Xv

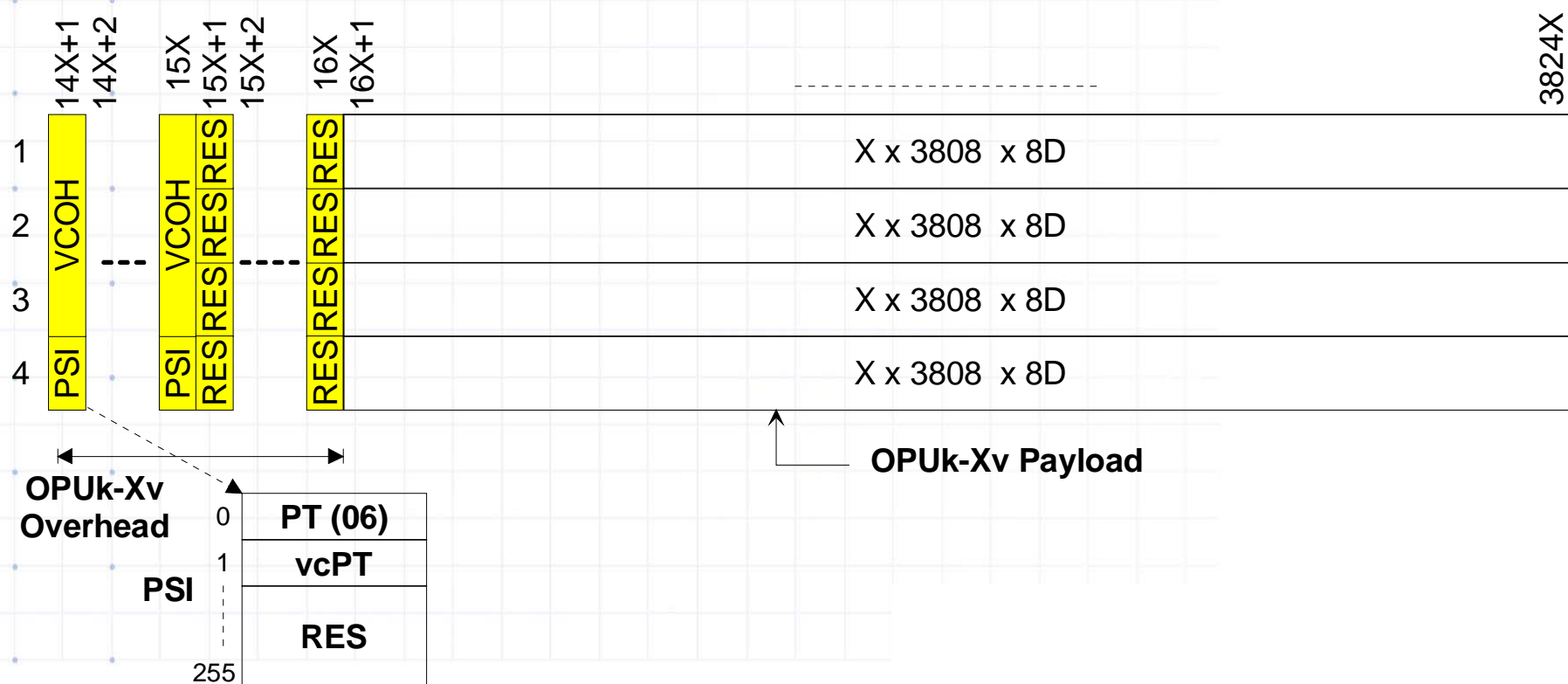


Null Client Signal into OPuk-Xv



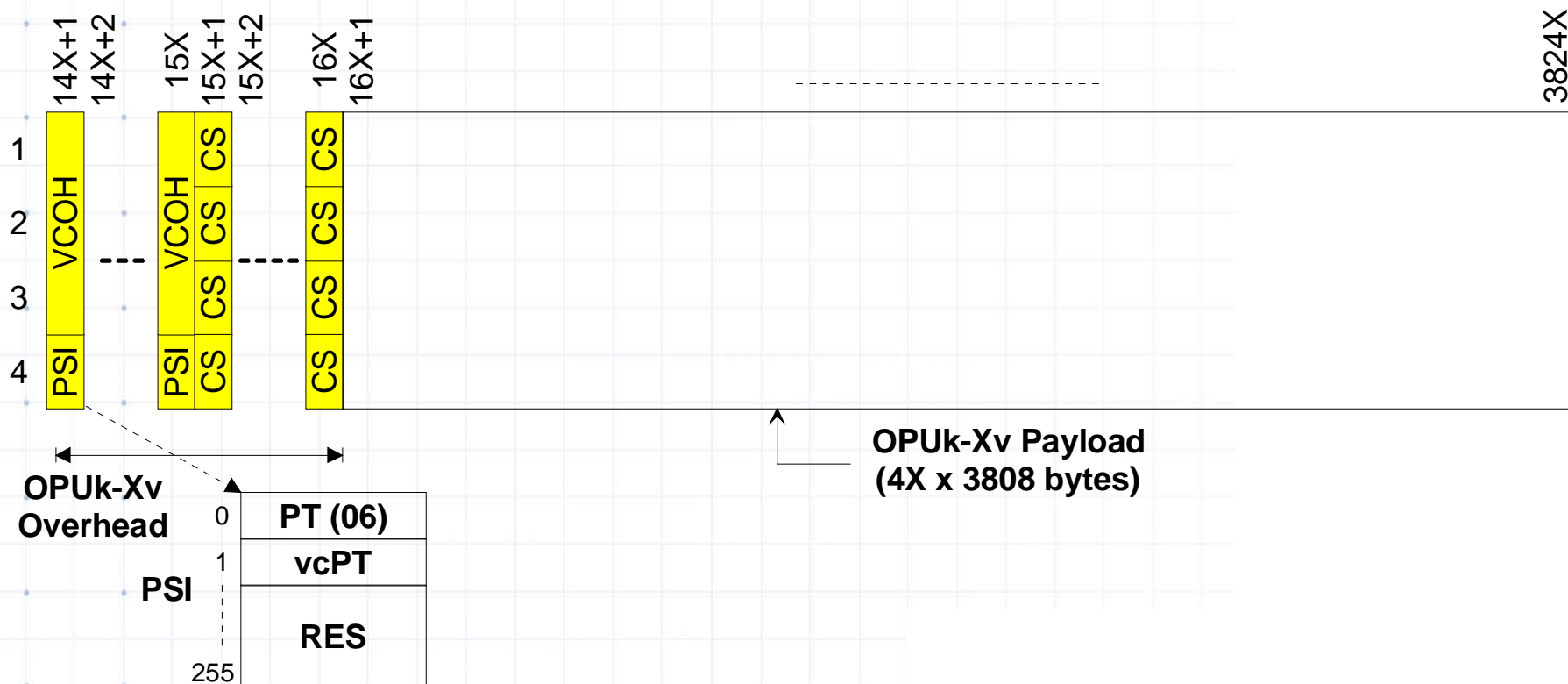
PRBS Test Signal into OPuk-Xv

SQ: $2^{31}-1$ ，序列的8个连续bit构成8 Data bit (8D)



A non-specific client bit stream into OPUk-Xv

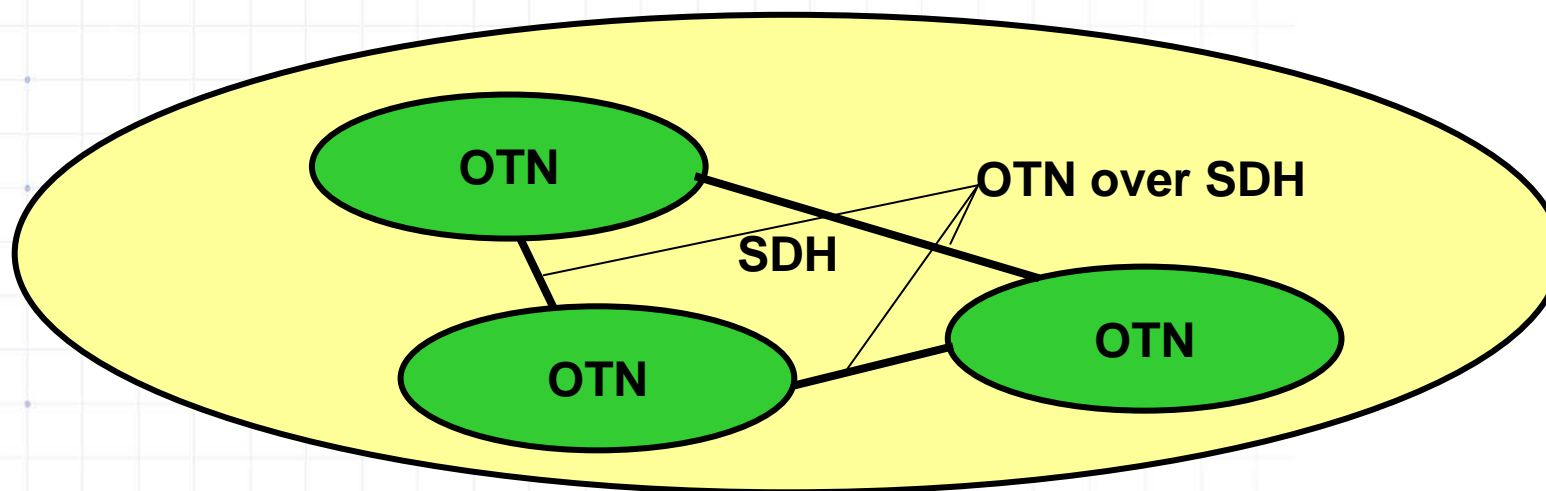
CS: Client Specific, 由比特流的封装协议规定



- OTN基本原理
 - OTN网络层次划分
 - OTN多级连接监视
 - OTM信号结构
 - OTN维护管理信号
 - OTN客户数据映射
 - OTN复用过程
 - OTN虚级联
 - OTN Over SDH
 - OTN标准
- 
- SDH vs OTH
 - OTN Over SDH应用
 - ODUk Over VC-4-Xv

SDH vs OTH

	SDH	ODU/OTU
Line rates	51M/155M/622M/ 2,5G/10G/40G/?	2.7G/11G/43G/?
Client signals	PDH, ATM, IP, 10GbE, ...	IP, SDH, ODU , 1/10 GbE, ATM, ...
FEC	In-band 3-4 dB out-of-band FEC (e.g. G.975) is possible	Out-of-band ~6 dB (standard) and higher
Tandem Connection Monitoring	1 level	6 levels multi-operator, protection
Cross connect level	1.5/2/7/48/145M (622M/2.5G) VC-4-Xc does not allow lower signal multiplexing	2.7/11/43G scales with higher line rates



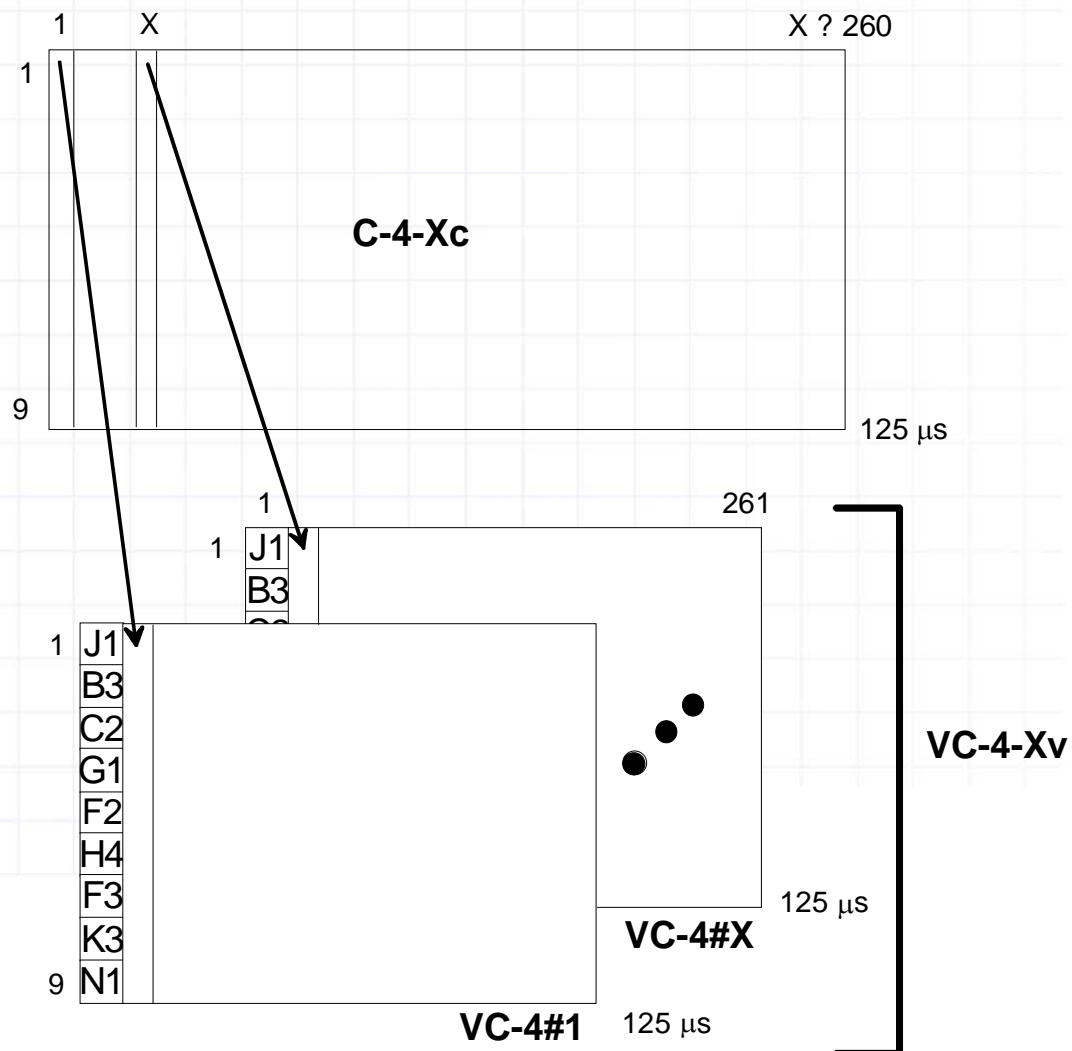
SDH网络内部OTN孤岛的互联

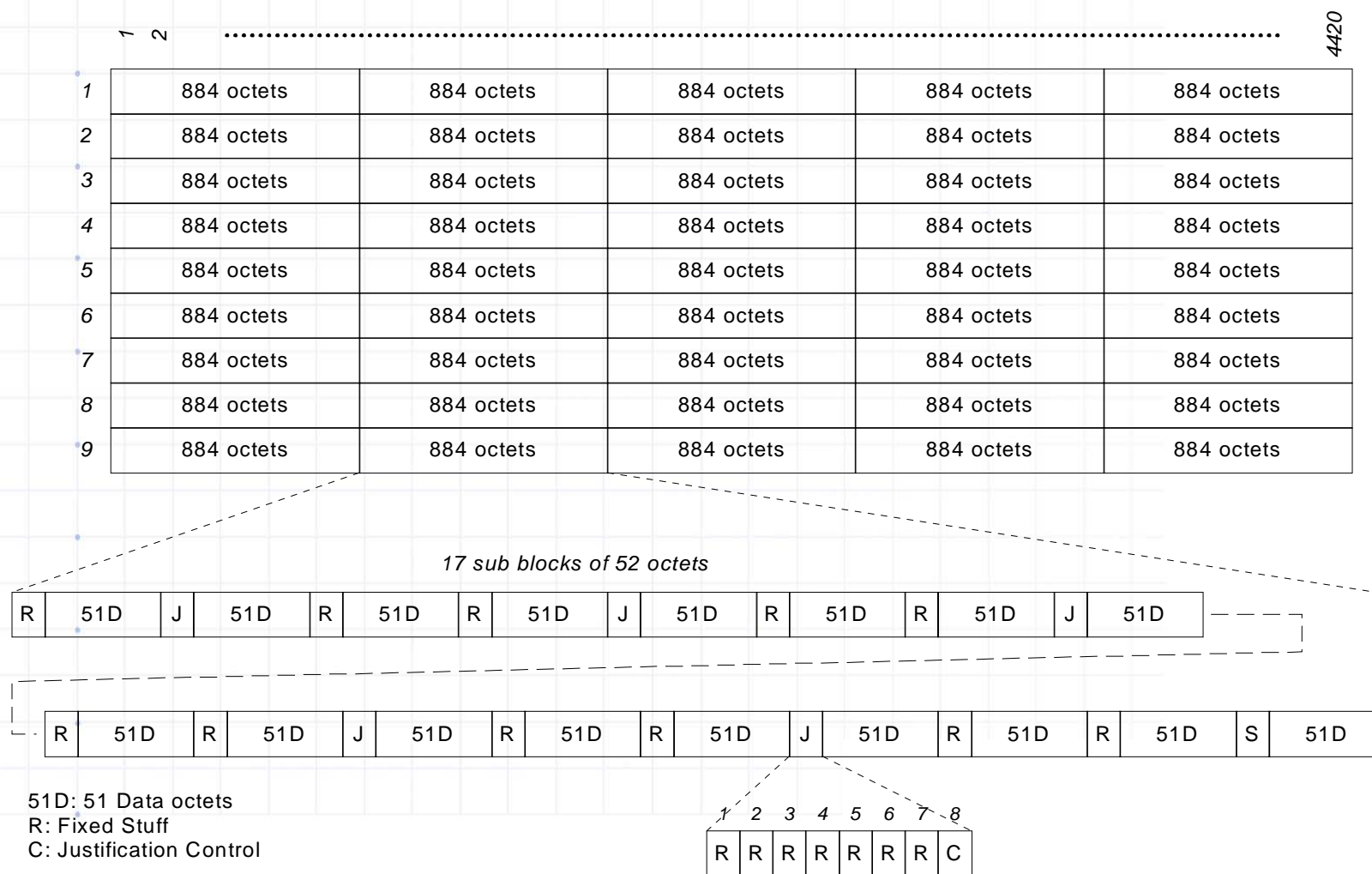


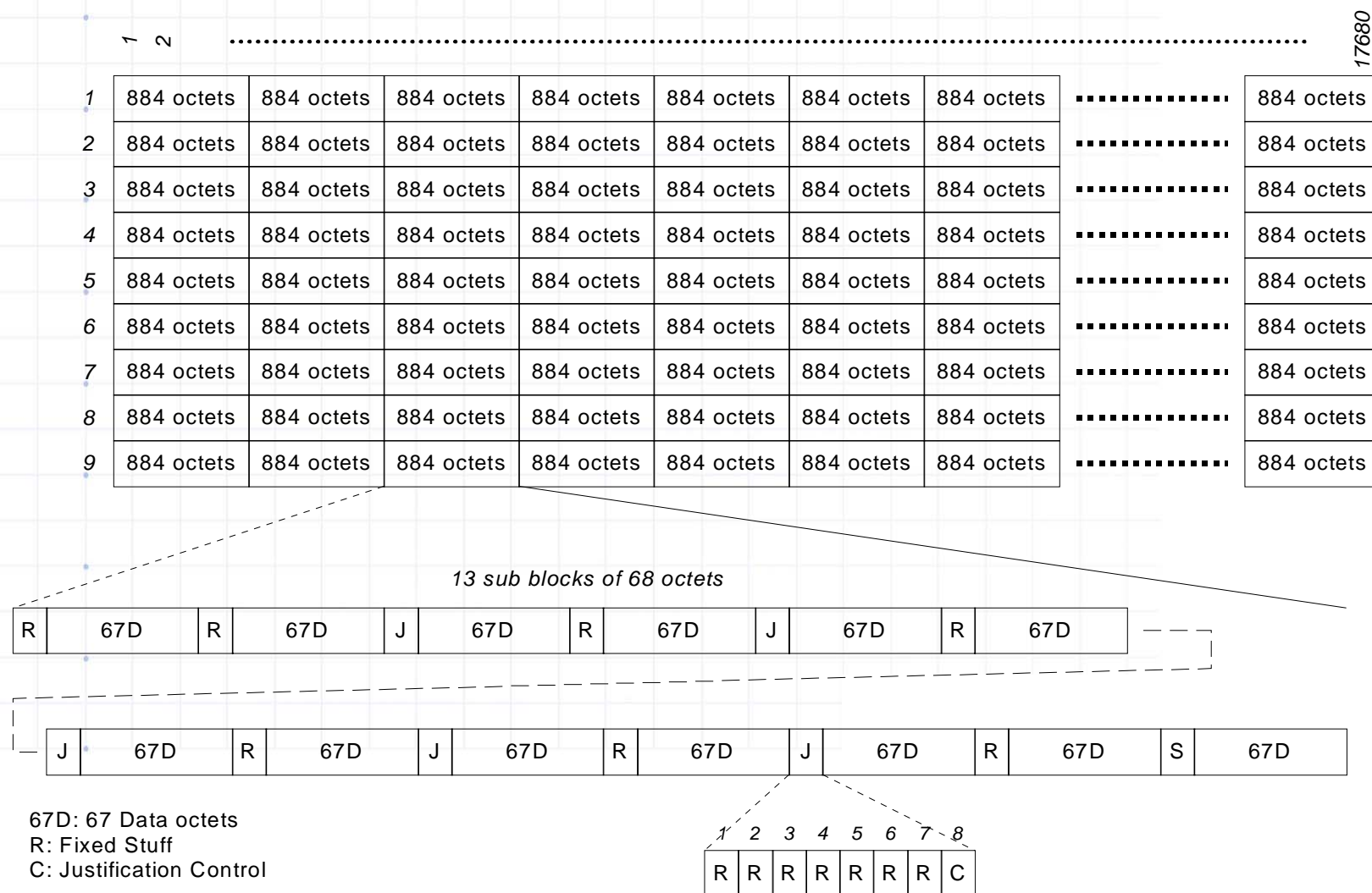
OTN信号基于SDH的跨洋连接

- ① 扩展ODUk帧（增加帧和复帧定帧序列）
- ② 对扩展ODUk信号进行自同步扰码 ($x^{43}+1$)
- ③ 字节塞入方式把ODUk异步映射进入VC-4-Xv
 - ODU1 → VC-4-17v
 - ODU2 → VC-4-68v

- C-4-17v: $17 \times 260 = 4420$ 列 \times 9行
- C-4-68v: $68 \times 260 = 17680$ 列 \times 9行



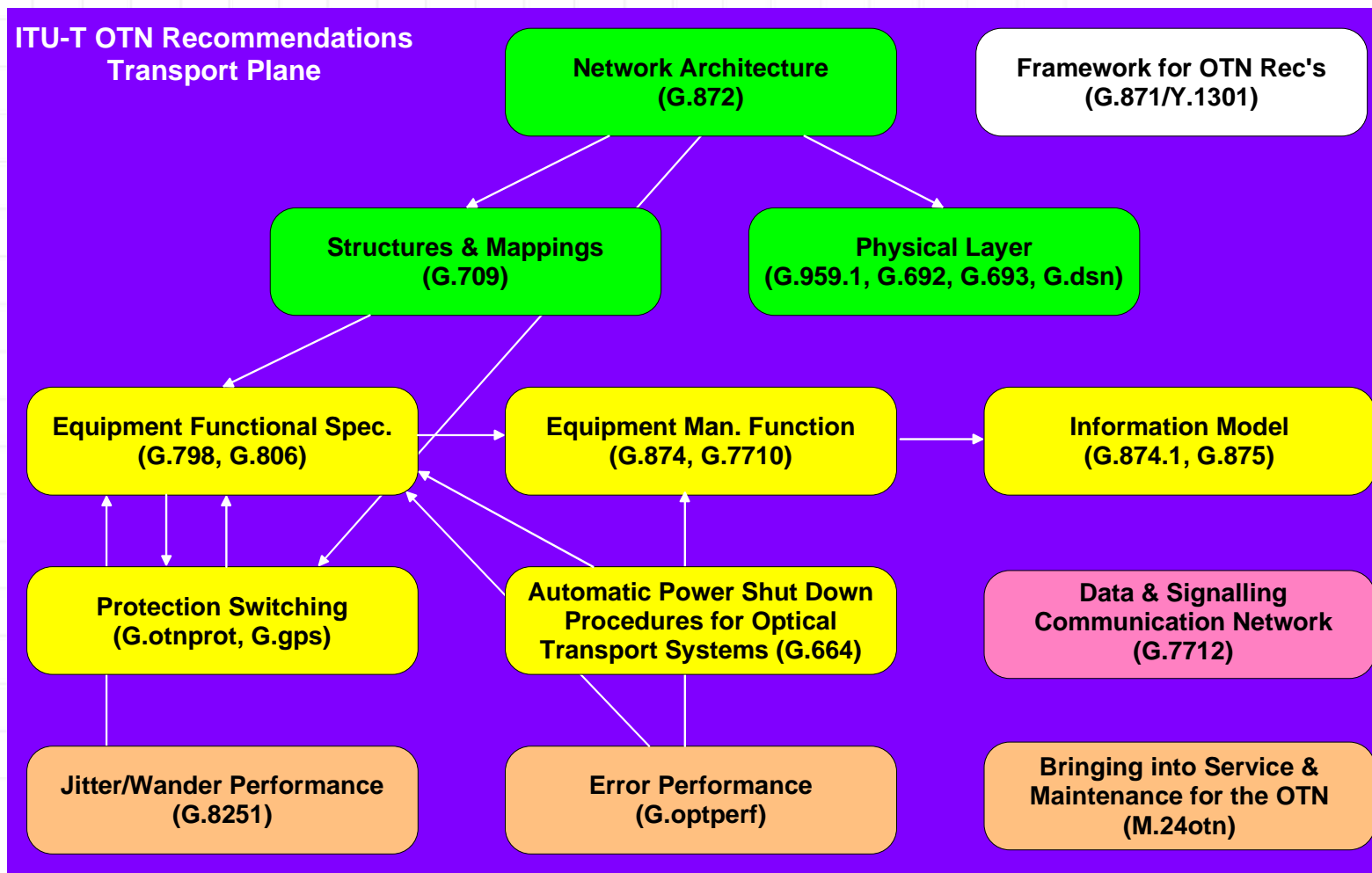




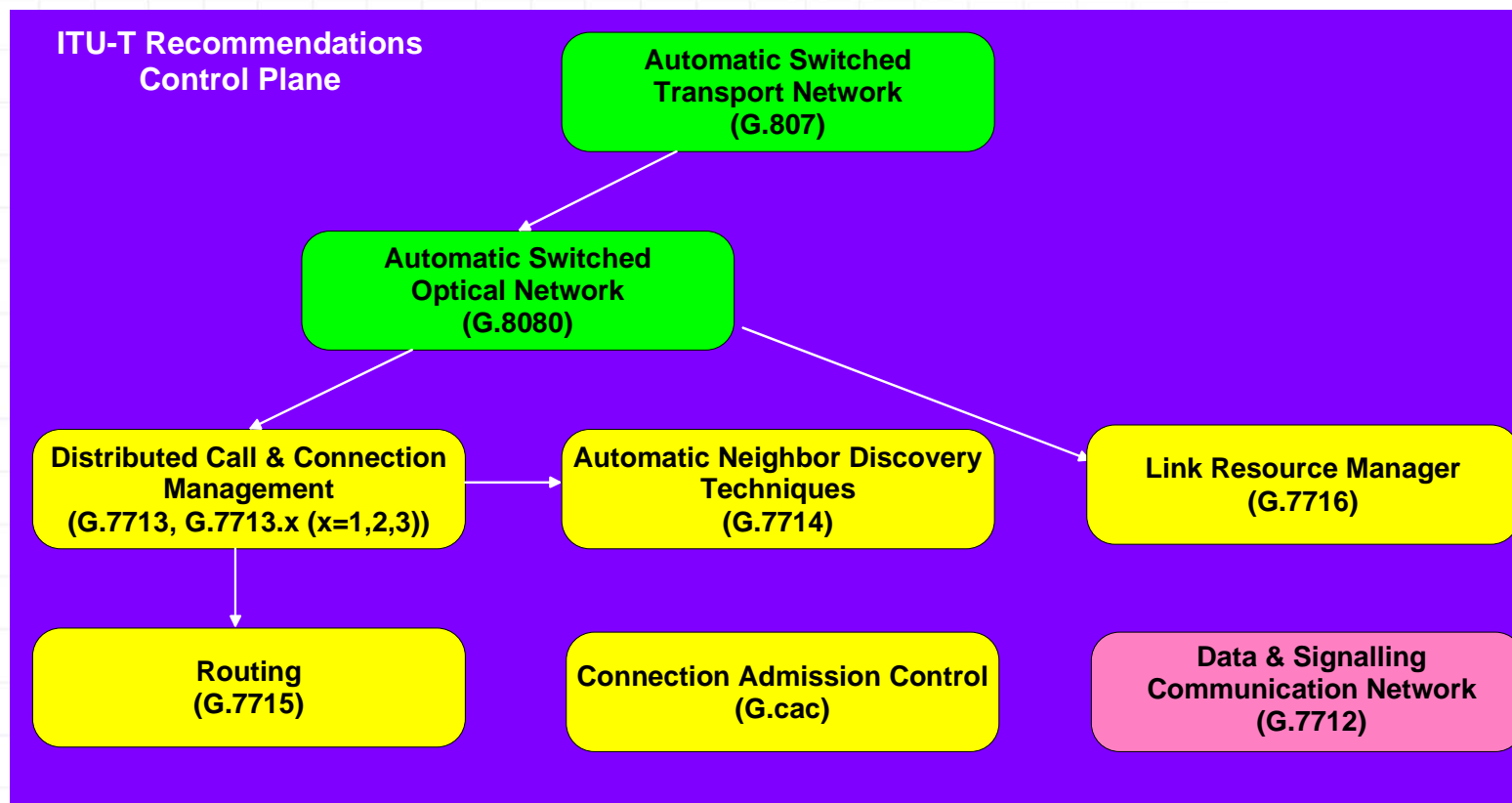
- OTN基本原理
- OTN网络层次划分
- OTN多级连接监视
- OTM信号结构
- OTN维护管理信号
- OTN客户数据映射
- OTN复用过程
- OTN虚级联
- OTN Over SDH
- OTN标准



● Framework	G. 871 (10/00)
● Network Architecture	G. 872 (10/01)
● Structures and bit rates	G. 709 (02/01), G. 709 am. 1 (10/01)
● Equipment	G. 798 (10/01)
● Equipment Management Function	G. 874 (10/01), G. 7710 (11/01)
● Protection	G. gps (2002), G. otnprot (2002)
● Data Communication Network	G. 7712 (10/01)
● Jitter & Wander Performance	G. 8251 (2002)
● Error Performance	G. optperf (2002)
● Physical	G. 959. 1 (02/01), G. 693, G. dsn (2003)
● Information Model	G. 874. 1 (10/01), G. 875 (2002)
● Optical Safety	G. 664 (06/99)
● Generic Framing Procedure	G. 7041 (10/01)
● Link Capacity Adjustment Scheme	G. 7042 (10/01)
● Bringing into Service & Maintenance	M. 24otn (2003)
● Q factor measurement	O. qfm (?)



- | | |
|--|-------------------|
| ● Automatic Switched Transport Network | ● G. 807 (05/01) |
| ● Automatic Switched Optical Network | ● G. 8080 (10/01) |
| ● Distributed Connection Management | ● G. 7713 (10/01) |
| ● Automatic Discovery Techniques | ● G. 7714 (10/01) |
| ● Routing | ● G. 7715 (2002) |
| ● Signalling Communication Network | ● G. 7712 (10/01) |
| ● Link Resource Manager | ● G. 7716 (2002?) |



Thanks for your attending!