

FlexO 接口应用探讨

Discussion on Application of FlexO Interface

满祥锟,马小梅,王光全,沈世奎,魏步征(中国联通研究院,北京 100048)

Man Xiangkun, Ma Xiaomei, Wang Guangquan, Shen Shikui, Wei Buzheng (China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘要:

系统梳理了 FlexO 接口产生背景、标准情况,详细介绍了 FlexO 接口的关键技术,主要包括 OTN 接口的电层信号结构、FlexO 接口的信号结构、OTUCn 帧格式、FlexO 帧格式、OTUCn 到 FlexO 的映射、OTUCn、FlexO 与光模块的关系、FlexE 与 FlexO 的关系,并给出了 FlexO 接口在电信运营商网络中的应用场景建议。

关键词:

光传送网; FlexO; OTUCn; FlexE

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.08.011

文章编号: 1007-3043(2021)08-0055-05

中图分类号: TN913

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The generation background, standards and key technologies of FlexO interface are systematically reviewed. The key technologies are introduced in detail, which mainly include signal structure of OTN interface, signal structure of FlexO interface, frame structure of OTUCn, frame structure of FlexO, mapping of OTUCn signal into FlexO interface relationship of OTUCn, FlexO and optical module, relationship of FlexE and FlexO. The application scenarios of FlexO interface in telecom operator network are suggested.

Keywords:

Optical transport network; Flexible OTN; OTUCn; FlexE

引用格式: 满祥锟,马小梅,王光全,等. FlexO 接口应用探讨[J]. 邮电设计技术, 2021(8): 55-59.

1 FlexO 产生背景

2016年 OIF 推出了 FlexE, 在传统以太网架构的基础上, 引入全新的 FlexE Shim 层, Shim 层实现了 MAC 和 PHY 的解耦, 具备多端口捆绑和单端口通道化特性, 打破以前以太网接口速率从 GE→10GE→40GE→100GE 发展中 PHY 层和 MAC 层速率耦合的规律。OTN 技术的客户侧业务多是以以太网, 因此, 为了适配超 100G 以太网, OTN 上开发了 FlexO 接口。FlexO 即是 Flexible OTN, FlexO 接口通过绑定标准光口, 实现

了 OTUCn 与光模块速率解耦。

2 标准情况

OTUCn 是超 100G OTN 的帧格式, 在 ITU-T G.709 中定义; FlexO 接口是 FlexO-x-<fec>-m 接口的简称, 是一种用于 OTUCn 互联的接口, 通过绑定多个标准速率接口(例如 $m \times 100G$) 来提供 OTUCn ($n \geq 1$) 信号的适配功能, FlexO-x-<fec>-m 接口中 FEC 主要包括 G.709.1 和 G.709.3 规范中的类型, 不同的 FEC 类型的传送距离不同, 适用于不同的应用场景。

FlexO 短距离接口的类型应用代码 4I1-9D1F、4L1-9D1F、C4S1-9D1F、4L1-9D1F、C4S1-4D1F、

收稿日期: 2021-06-25

8R1-4D1F、4I1-4D1F 和 8I1-4D1F 所涵盖。这些应用代码见 [ITU-T G.695] 和 [ITU-T G.959.1]。FlexO 长距离接口的应用代码见 [ITU-T G.698.2]。

3 关键技术

3.1 信号结构

3.1.1 OTN 接口电层信号结构

OTU 接口数字结构如图 1 所示。OTN 数字结构包括 3 类 OTU, 即 OTU_k、OTU_{Cn}、OTU₂₅ 和 OTU₅₀。OTU_k 帧结构由 4 行 4 080 列构成, 其中包含分配给 FEC 的 256 列, 其工作速率用 k 表示。OTU_{Cn} 由 n 个 4 行 3 824 列的帧交织构成, 其中不包含 FEC 区域, 其工作在 n 倍的 OTUC 基本速率。

OTU_{Cn} 包含一个光数据单元 (ODUC_n), ODUC_n 包含一个光净荷单元 (OPUC_n)。OTU_{Cn} 和 ODUC_n 仅完成数字段层功能。ODU_k (和 ODU_j) 完成通道层功能。

3.1.2 FlexO 接口信号结构

FlexO- x -<fec>- m 的信息结构由信息包含关系和

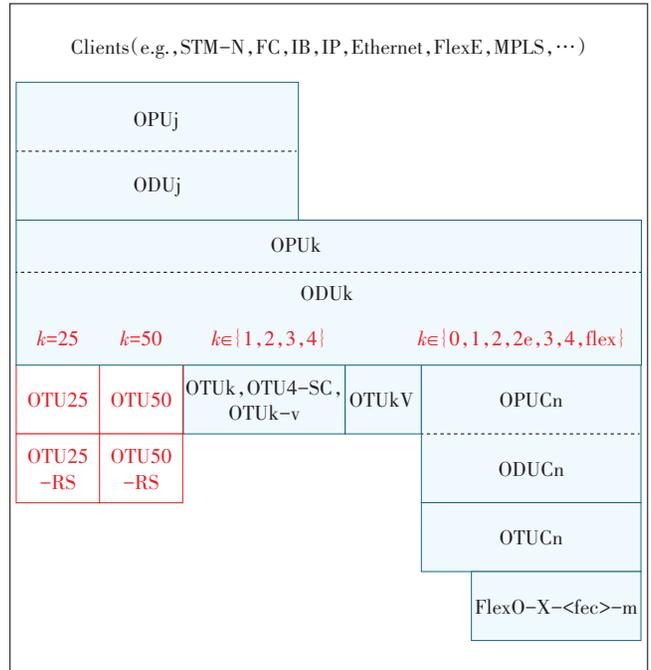


图 1 OTU 接口数字结构

流表示。图 2 以 FlexO- x -<fec>- m 接口为例, 描述了

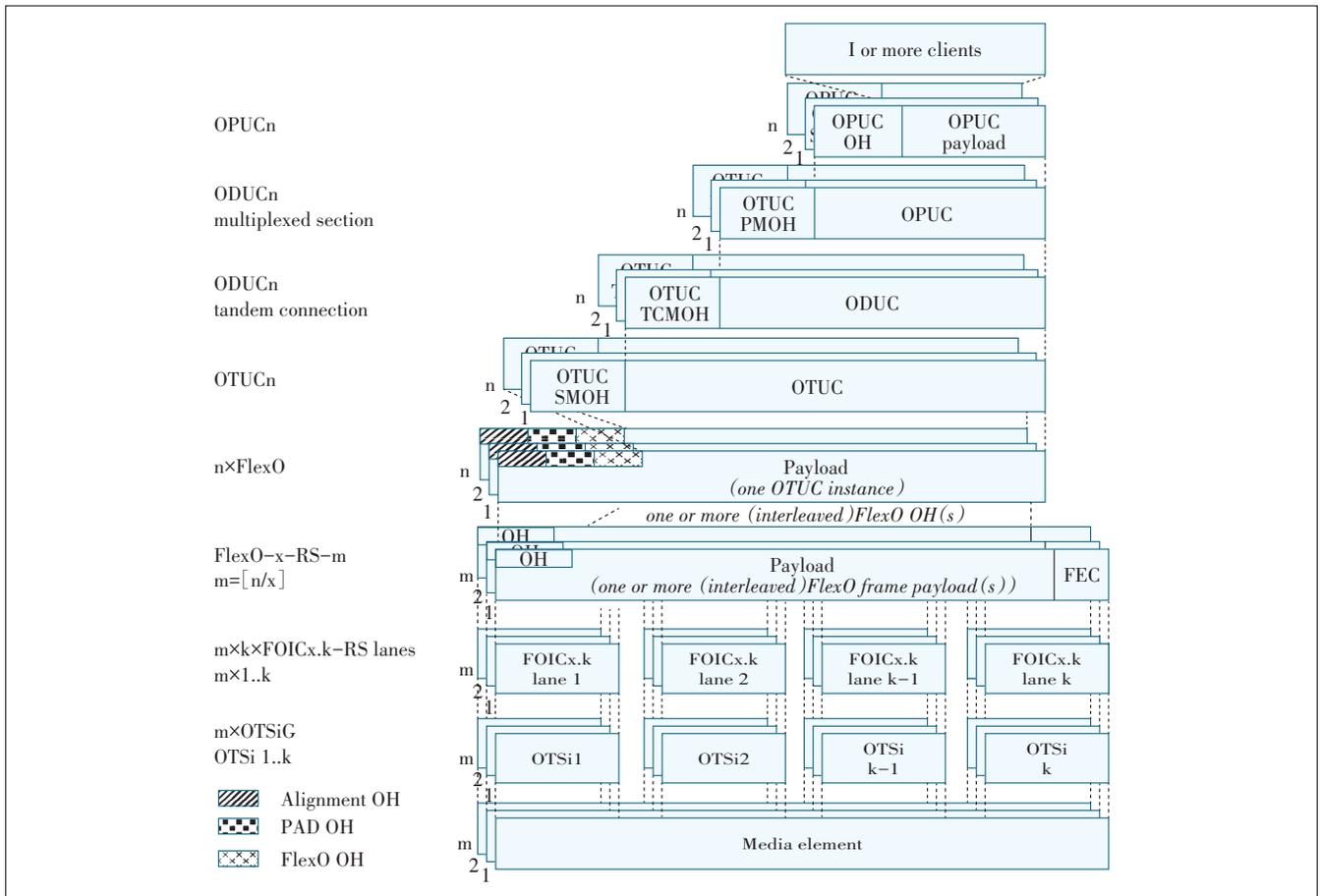


图 2 FlexO 接口信号结构

主体信息包含关系。

一个 OTUC_n 信号被映射成 n 个 FlexO 信号,每个 FlexO 信号包含一个 OTUC 实例。 n 个 FlexO 实例被映射到 m ($m \leq n$) 个 FlexO-x-RS 接口,每个 FlexO-x-RS 接口包含一个 FlexO 实例或多个交错的 FlexO 实例和 FEC。每个 FlexO-x-RS 接口被分成 k 个 FlexO-x-RS 通道信号。每个通道信号被调制到一个 OTS_i 上,而 k 个 OTS_i 作为一个 OTS_{iG} 通过一个传输媒质进行传输。

3.2 帧格式

3.2.1 OTUC_n 帧格式

OTUC_n 帧结构如图 3 所示。

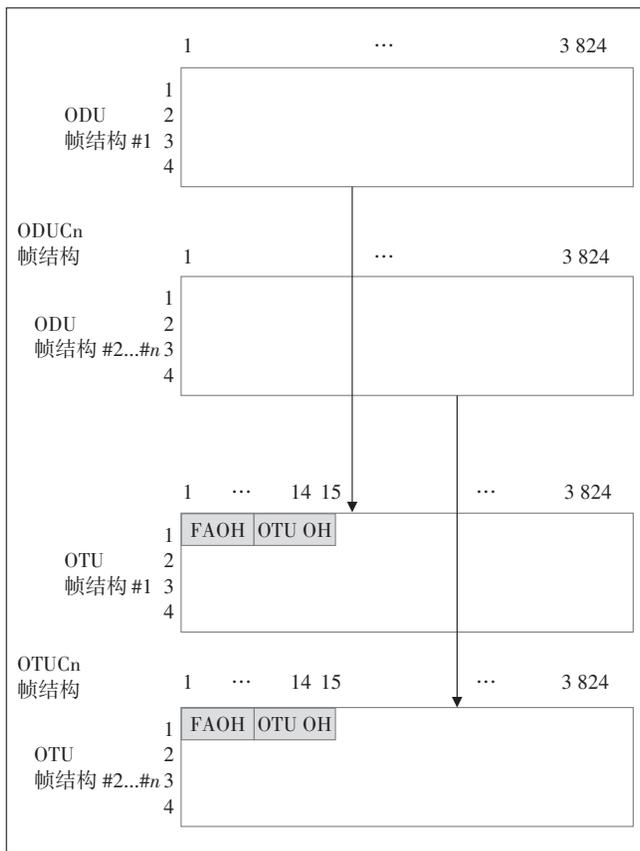


图3 OTUC_n 帧结构

OTUC_n 帧结构基于 ODU_n 帧结构,ODUC_n 的每个 ODU 帧结构中第 1 行的第 8~14 列为 OTUC_n 开销字节。它是 8 比特字节为基本单元的块状帧结构,由 $n \times 4$ 行 3 824 列字节数据组成,MSB 为比特 1,LSB 为比特 8。

3.2.2 FlexO 帧格式

FlexO 帧结构由 128 行 5 140 列组成。它包含第 1 行第 1 列至 480 列帧对齐标识区 (AM) 区域,第 1 行第

481 列至 960 列的填充 (PAD) 区域,第 1 行第 961 列至第 1 280 列中的开销区域以及剩余的 656 640 bit 净荷区域。FlexO 帧结构如图 4 所示。

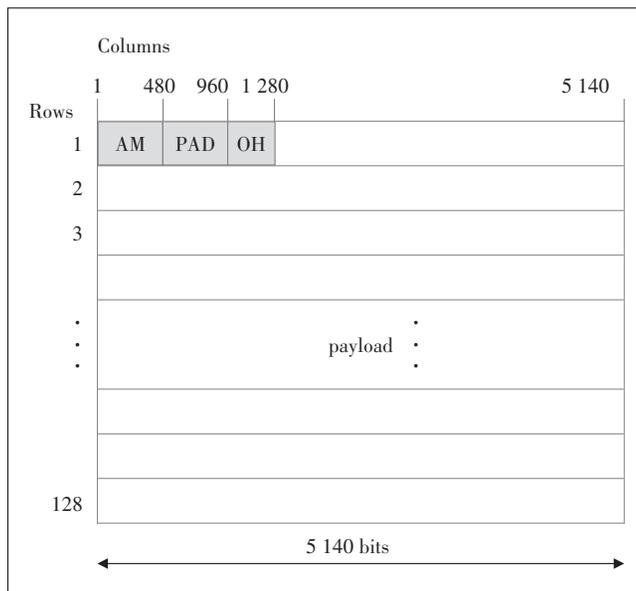


图4 FlexO 帧结构

FlexO 帧结构源自 100 Gbit/s 以太网标准 IEEE 802.3-2015 第 91 章 FEC 对齐和 lane 架构,没有任何 66b 对齐或 256b/257b 转码功能。

3.3 OTUC_n 到 FlexO 的映射

OTUC_n 帧结构在 ITU-T G.709 第 11.3 章规定,并包含 n 个 OTUC 帧结构同步实例。如图 5 所示,FlexO 源适配包含将 OTUC_n 帧分割为 $n \times$ OTUC 实例。类似地,宿适配将 $n \times$ OTUC 实例合并到 OTUC_n 中。然后,根据 FlexO-x-<fec> 接口速率,将单个或多个 OTUC 实例关联到 FlexO-x-<fec> 接口。对齐和偏移校正是在 OTUC 实例上执行的。

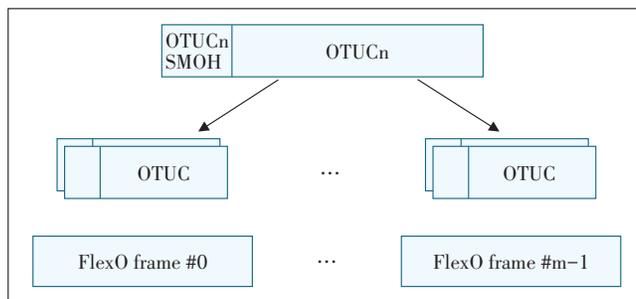


图5 OTUC_n 分发为 n 个 FlexO 帧实例

FlexO 帧结构净荷区域分为 128-bit 块。128-bit 块对齐到 FlexO 净荷区域的起点 (在 AM 和 OH 之后)。FlexO 帧净荷由 5 120 块 (复帧的 1~7 号,有固定填充的

净荷)和5 130块(复帧的8号,没有固定填充)组成。

使用ITU T G.709第17条中规定的比特同步映射(BMP)机制,OTUC信号的128个连续位(16字节)组被映射到FlexO帧净荷区域的128位块。OTUC的128位组与OTUC帧结构对齐。

OTUC信号的串行位流被插入到FlexO帧净荷中,因此,串行位流将在FlexO-x-<fec>接口上以与输入时映射功能相同的顺序进行接收。

OTUC和100G FlexO实例之间存在一对一的关系。FlexO净荷区域划分为128位块。OTUC映射在连续的128位段中。

每个FlexO复帧有 $(5\ 140 \times 128 \times 8 - 1\ 280 \times 15) / (239 \times 16 \times 8 \times 4) = 42.85$ OTUC帧。每FlexO帧约5个OTUC帧,或约每24行FlexO帧对应1个新的OTUC帧。

3.4 OTUCn、FlexO与光模块的关系

OTUCn是OTN接口上的传输单元,由n个OTUC帧组成,是不带FEC的超100G OTN帧格式。

FlexO帧用于与OTUC实例一一对应,由具备m个接口FlexO-x-<fec>-m接口组承载的FlexO帧是在源点帧对齐或复帧对齐。多个FlexO帧实例交织构成FlexO接口。

FlexO接口是FlexO-x-<fec>-m接口的简称,是一种用于OTUCn互联的接口,OTUCn和FlexO接口之间是客户层与服务层的关系。

FlexO接口与光模块之间的接口是FOICn.k-<fec>, FlexO接口通过绑定多个标准速率光接口来提供OTUCn($n \geq 1$)信号的适配功能,光模块数量与FlexO接口速率无关,例如OTUC4信号由FlexO-4-<RS>-1接口承载,表示OTUC4由RS FEC的单光口400G速率光模块承载。OTUCn、FlexO与光模块的关系示意图如图6所示。

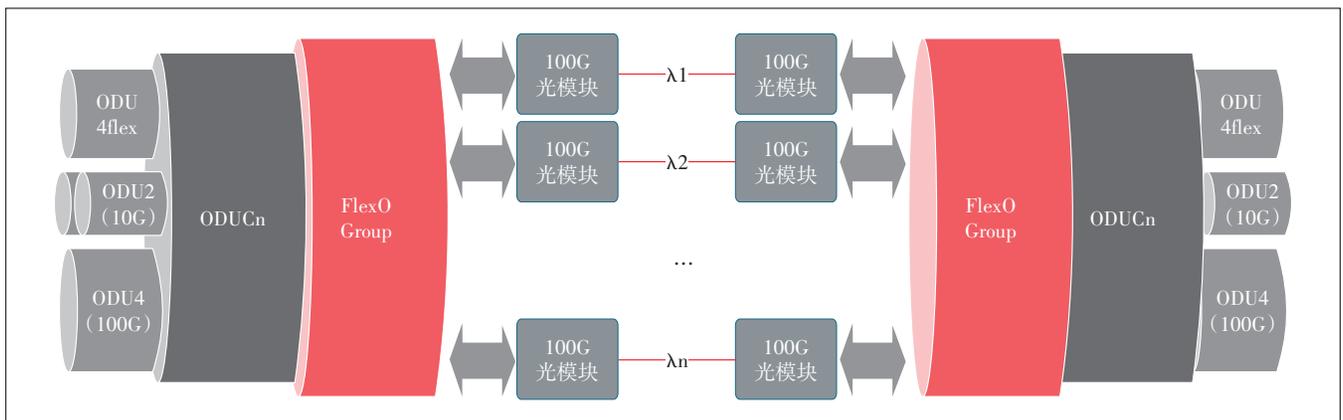


图6 OTUCn、FlexO与光模块的关系示意图

3.5 FlexE与FlexO的关系

FlexE到OTN有3种映射方式。

a) 终结模式。OTN网络需要实现FlexE Shim功能,可将FlexE Client承载至OTN,OTN网络带宽利用率高;该模式下映射方式为IMP。

b) 感知模式。传输网络感知FlexE业务,保留FlexE Shim,可进行压缩空闲时隙,节省传输带宽;该模式下业务映射方式为BGMP。

c) 不感知模式。传输网络不识别FlexE业务,将其当做 $n \times 100\text{GE}/200\text{GE}/400\text{GE}$ 进行映射/解映射,OTN网络带宽利用率低;该模式下映射方式为BMP(25G/50G/200G/400G BASE-R)或GMP(100G BASE-R)。

FlexE映射至OTN方式如表1所示。

4 应用场景

如图7所示, FlexO接口的应用有如下3种方式。

方式1: OTN域内接口应用。

表1 FlexE映射至OTN方式

业务接口	封装容器	映射方式	PT值	FlexE映射至OTN的模式
100GBASE-R	OPU4	GMP	7	不感知模式
FlexE Client	OPUflex	IMP	1D	终结模式
FlexE aware	OPUflex	BGMP	1E	感知模式
25GBASE-R	OPUflex	BMP	30	不感知模式
200GBASE-R	OPUflex	BMP	31	不感知模式
400GBASE-R	OPUflex	BMP	32	不感知模式
50GBASE-R	OPUflex	BMP	33	不感知模式

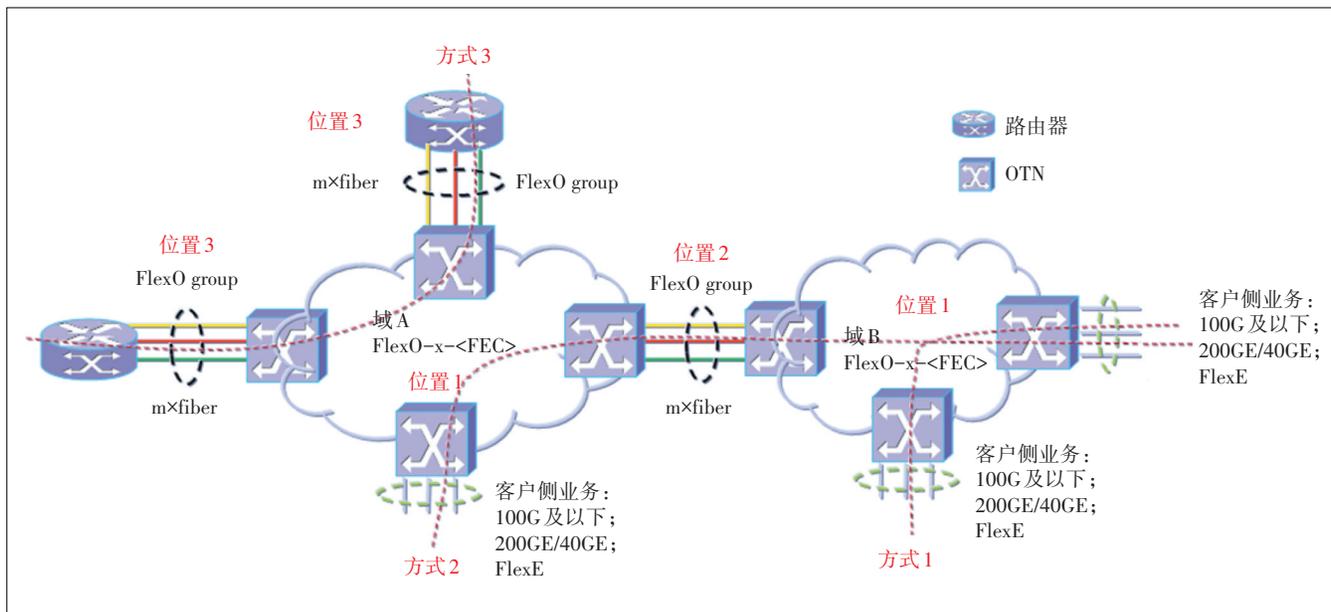


图7 FlexO接口应用场景

方式2:OTN网络的域间接口应用。

方式3:OTN网络与路由器或交换机的对接应用。

FlexO-x-<fec>组接口的FEC类型种类多样,工作距离多种,具体如表2所示。本文建议:

表2 FlexO接口

FlexO接口	FEC类型	工作距离/km	应用场景
FlexO-x-RS (x=1, 2, 4)	RS(544, 514)FEC	10	400G单光口,方式2和方式3
FlexO-x-SC (x=1)	Staircase FEC	80~120	NA
FlexO-x-SC (x=1)	Staircase FEC	200~450	100G,县乡升级应用
FlexO-x-DSH (x=1, 2, 4)	CFEC(staircase+Hamming级联)	80~120	NA
FlexO-x-DO (x=1, 2, 4)	oFEC	200~450	400G单光口,方式1

a) FlexO-4-DO接口(200~450 km),波分采用单光口,用于本地OTN网络升级为400G OTN,承载业务包括原来100G以下速率业务、200GE/400GE业务和FlexE业务。

b) FlexO-4-RS接口(10 km),采用单光口,用于域间接口。

c) FlexO-1-SC接口(200~450 km),用于县乡100G OTN应用。

参考文献:

[1] ITU-T. Interfaces for the Optical Transport Network (OTN): ITU-T

G. 709 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709/en>.

[2] ITU-T. Flexible OTN short-reach interfaces: ITU-T G.709.1 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709.1/en>.

[3] ITU-T. Flexible OTN long-reach interfaces: ITU-T G.709.3 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709.3/e.n>.

[4] ITU-T. Optical interfaces for coarse wavelength division multiplexing applications: ITU-T G.695 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/search/#?q=G.695&fl=0&ex=false&target=All>.

[6] ITU-T. Optical transport network physical layer interfaces: G.959.1 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/search/#?q=G.959.1&fl=0&ex=false&target=All>.

[7] ITU-T. Amplified multichannel dense wavelength division multiplexing applications with single channel optical interfaces: ITU-T G.698.2 [S/OL]. [2021-03-09]. <https://www.itu.int/search/#?q=G.698.2&fl=0&ex=false&target=All>.

[8] IEEE. Standard for Ethernet: IEEE 802.3-2015 [S/OL]. [2021-03-09]. https://innovate.ieee.org/interested-in-a-subscription-for-your-organization/?LT=XPLLG_XPL_2021_SUB_SignIn_Purchase.

作者简介:

满祥银,毕业于西安电子科技大学,高级工程师,硕士,主要研究方向为高速光通信网络新技术应用;马小梅,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要研究方向为光通信技术应用;王光全,毕业于南京邮电大学,教授级高级工程师,学士,主要研究方向为光通信系统、数据通信和云化网络等;沈世奎,毕业于北京理工大学,高级工程师,博士,主要研究方向为高速光通信系统和器件;魏步征,毕业于北京交通大学,工程师,博士,主要研究方向为高速光通信网络新型器件、表面等离子体技术与应用。