

匡国华

著

漫谈 光通信

模块卷



上海科学技术出版社
SHANGHAI SCIENTIFIC & TECHNICAL PUBLISHERS

漫谈光通信

模块卷

匡国华 著

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

漫谈光通信. 模块卷 / 匡国华著. -- 上海: 上海科学技术出版社, 2023. 1

ISBN 978-7-5478-6005-2

I. ①漫… II. ①匡… III. ①光通信 IV. ①TN929. 1

中国版本图书馆CIP数据核字(2022)第217684号

漫谈光通信·模块卷

匡国华 著

上海世纪出版(集团)有限公司 出版、发行
上海科学技术出版社

(上海市闵行区号景路159弄A座9F-10F)

邮政编码 201101 www.sstp.cn

常熟高专印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 30

字数 474 千字

2023年1月第1版 2023年1月第1次印刷

ISBN 978-7-5478-6005-2/TN·35

定价: 98.00 元

本书如有缺页、错装或坏损等严重质量问题, 请向印刷厂联系调换

前言

从2015年写公众号开始,一晃儿就进入第7个年头了,日子过得真快,体会也不同。

2018年出版的《漫谈光通信》,主要是2015年和2016年公众号中的一部分内容,本书主要是2017—2019这3年的学习笔记。

这些散乱的笔记,有个乱中有序的规律,从对一个技术点的疑惑开始,收集相关资料,分析,整理,输出,反馈,修订。

收集-分析-整理-输出,是很多人的学习方式,我也一样,第一步的输出,虽然包括了一些前期资料的理解和转化,但错误频出,接纳这些错误是我这些年受益匪浅的心理过程。

在没有公开之前,那些是不是错误,其实我并不知道,换句话说,也许这些错误会伴随我度过未来的中老年日子。

当有机会公开,就有机会得到反馈,虽然反馈有正向积极的,也有负面消极的,去除情绪干扰,剩下的就是让我知道哪些地方是要改正的,这个步骤对我来说很重要,因为有了成长的契机,下一步就会去修订错误知识点,得到改进和提升。

收集-分析-整理-输出-反馈-修订-提升……螺旋曲线就是工作之余学校之外碎片化时间,碎片化学习的一条隐藏曲线。

匡国华

目 录

波分与骨干网

高速通信为什么选光-电的趋肤效应	2
区别 传送网/承载网,有线接入/无线接入/城域接入, 城域传送网/IP 承载网	4
IP 与 IP 承载,传送网与承载网	6
传送网 OTN 与 PTN 的区别	8
Telecom, Datacom, Access	10
什么是环网	15
区分客户侧与线路侧	18
干线光通信系统容量	20
网络传输距离	21
从直调直检的强度调制到相干通信	23
四波混频	25
四波混频的危害	30
波长调度	33
为什么 DWDM 系统,高速率不能用 NRZ?	36
100 G 光模块 CFP, CFP2, CFP - DCO, CFP2 - ACO	38
相干接收之平衡探测器	41
相位调制与解调	45
四相位的调制与解调	48
相干光模块中的本振光源	51
DP - QPSK	53
QPSK 星座图与 IQ 眼图的对应	55

QPSK 和星座图	58
相干光模块	63
混频器	67
200 G 400 G 系统中的相干接收是什么	69
什么是 DST 色散支持传输	75
相位与相位调制	80
DMT	82
奈奎斯特滤波、脉冲整形、升余弦滤波器	84
无线基站之 BS, BTS, NB, eNB, gNB	92
D-RAN 与 C-RAN	93
5G 之彩光与无色	97
彩光模块之有源波分、无源与半有源波分	100
一个基站前传到底是用 6 个还是 12 个, 或者是 24 个模块	102
基站之宏蜂窝、微蜂窝	107
无线基站与直放站的区别	109
用于 5G 前传的 DSFP 光模块封装	111
关于 5G 前传 Open-WDM、半有源及彩光模块	113
5G 前传 中传 回传	117
调顶	119
10 G TOSA 用于 25 G 传输	124

光模块中 KR, CR, SR, DR, FR, LR, ER 与 ZR	130
Infiniband 光模块 SDR/DDR/QDR/FDR/EDR/HDR/NDR	131
数据中心服务器——塔式、机架式、刀片式	134
数据中心 TOR	137
数据中心的杠杆作用	140
IDC/DCI 与光模块的关系	141
交换机的收敛比	142
数据中心光模块/器件的可靠性标准,是否可放宽	145
阿里浸没式数据中心	148
数据中心光模块的波长选择	152
Co-packaging	154
Lumentum 观点: 用于 800 G/1.6 T 光模块的单波 200 G 激光器有望实现	158
数据中心光模块能耗需求	161
400 G 光模块 MSA 多源协议	164
COBO	168
bidirectional	171
几个 400 G 光模块 MSA 的优缺点分析	173
单波 100 G MSA	174
400 G MSA 新增 CWDM8	177
8×50 G 多模 400 G BiDi 技术规格	179
短距传输从单波 25 G 向单波 50 G 技术演进	182
PAM4 与 NRZ 到底是几倍的关系? 2 倍、3 倍还是 4 倍	183
华为虚拟单边带载波 PAM4 实现 100 G Bd, 200 Gb/s 传输	187
100 G 光模块的 LWDM 和 CWDM	189
CWDM4 - OCP 光模块规格	191
100 G 短波(850~940 nm)波分复用多源协议	192
40 km 以下 100 G 光模块标准发展	195
为何 100 G 光模块发射光功率估算是单通道+6	198
40 G/100 G 的 Skew	200

PON 光模块	ONU ONT 区别	206
	OLT C++	209
	Combo PON 中 D1, D2 的来龙去脉	214
	Google fiber 的下一代光接入架构	217
	无色 ONU 的“无色”	220
	什么是光猫	223
	何为 8B10B 64B66B	226
	下一代 PON 融合	229
光学透镜	硅微透镜(一)	232
	硅微透镜(二)	234
	硅微透镜(三)	237
	C-lens 与 G-lens	241
	自聚焦透镜	244
	平面透镜的聚焦	246
DeMUX 合分波 MUX /	基于 MZ 结构的波分复用器	252
	用 PBS 做 CWDM4 的合分波	257
	罗兰圆	262
	闪耀光栅	264
	布拉格光栅	268
	镀膜厚度与反射率	271
隔离器	法拉第旋光片	276
	磁光效应、法拉第磁光效应、光隔离器	283
	偏振片	287
	激光器前端为什么要加隔离器	289

制 冷 器	TEC 热电	294
	TEC	296
(WSS)	LCOS WSS	302
	波长选择开关	
电 接 口	SERDES	312
	区分光模块电接口 XAUI, XLAUI, CAUI 和 CDAUI	314
	SFI 与 XFI	314
	光模块中的 gearbox	315
	电接口 AUI 中的 C2C 和 C2M	318
	直流耦合与交流耦合	318
	光模块高速电接口 CEI 分类	320
发 射 端	驱动器	324
	光模块中的 CDR	326
	激光器 AC 驱动, 为什么用 $\frac{1}{2}$ mod 电流计算	329
	预加重与去加重	332
	预加重与均衡——S 参数分析	335
	自动功率控制	341
	APC 单闭环与双闭环	342
Bias - T	345	

接收端 电路简析	前向纠错 FEC	348
	HCB 与 MCB	351
	突发 TIA	352
	TIA 增益	354
	bit by bit 的突发 TIA	358
	PHY 与 TIA 的区别	362
	RSSI 之 MON, Sink, Source	364
	RSSI 之光电流镜像	370
	升压电路的控制	373
	为何 APD 的电压输入端会串联一个电阻	375
	APD 的升压电路原理	382
	信号的 1R, 2R 和 3R	385
	高速信号处理	光模块电路之高速信号为何要考虑反射
PAM4 的 CDR		392
如何用两路 NRZ 合成 PAM-4		395
高频线缆之无氧铜		398
25 G TOcan 的高频信号处理方法		401
高频差分低阻抗(连接激光器)的过孔处理		405
高频差分信号处理		409
用于 5G 基站前传 TOcan 管脚偏心度对带宽的影响		412
高速信号的 PCB 传输速度、时延与危害		416
光器件 25 G 信号与 PCB 连接的阻抗不连续处理		420
单波 100 G 差分线的串扰解决方案		422
为何高频电路中,介电常数变得非常重要		424
高频探针 射频探针		428
史密斯圆图(一)		432
史密斯圆图(二)		436
光传输的信号损伤与补偿	440	

光模块电路之高速布线串扰 3W 原则	441
光模块的电路设计——为什么考虑 EMC	443
区分“旁路电容”和“去耦电容”	446
为何 400G 的高频耦合电容都是 pF 级别	447
高速光模块里的硅电容	450
光模块的 EMI 为什么选用磁珠而不是电感	454
磁珠或电阻的硫化	456
缩略语	459

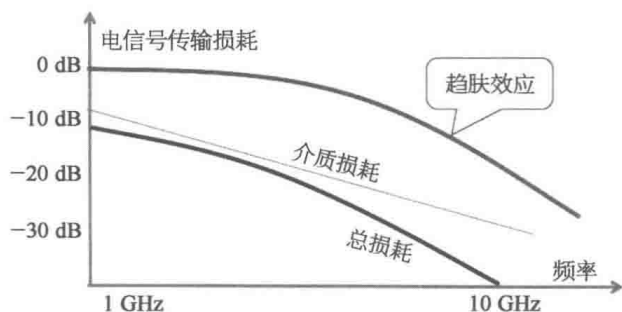
波分与骨干网



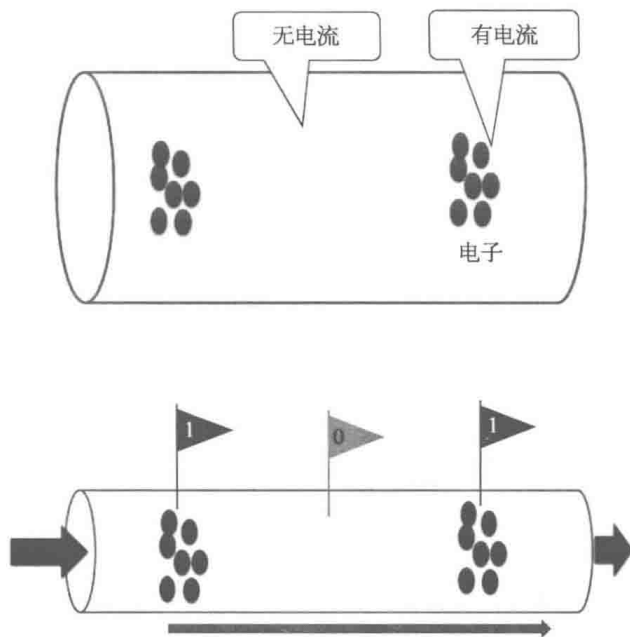
高速通信为什么选光—电的趋肤效应

光通信选光,是因为信号速度增加电就传不远,有趋肤效应、介质损耗等。本节详细聊聊什么是趋肤效应。

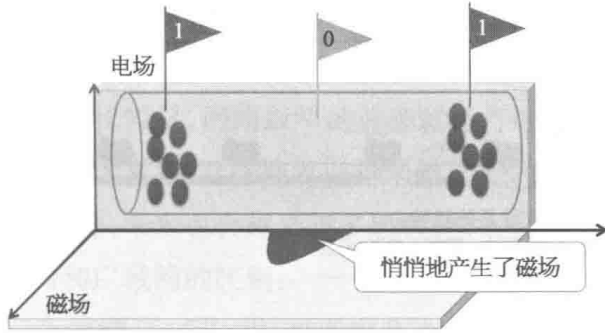
很多时候,大家看到的电传输是下图这样的。



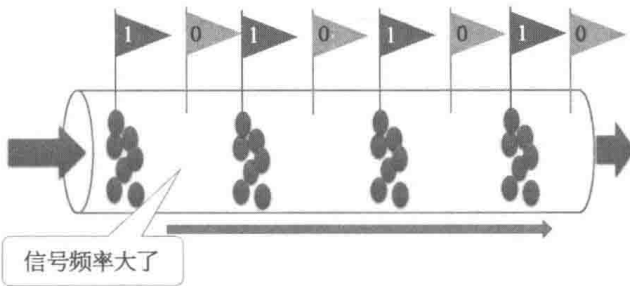
电信号,有电流、无电流,在数字通信领域,就是代表二进制的两个态。



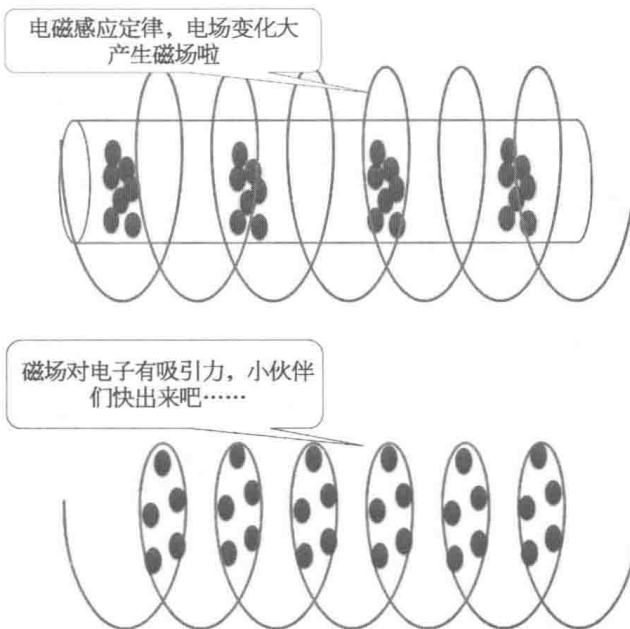
当电场变化时会产生磁场,想当年,上初中咱们就天天攥着拳头算方向……曾经都是学霸。



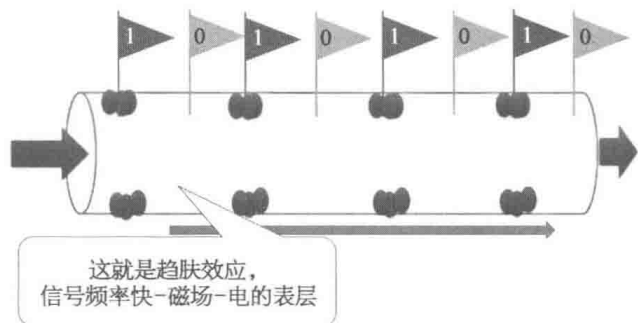
咱们想提高信号传输的频率。



磁场也悄悄地变大啦。



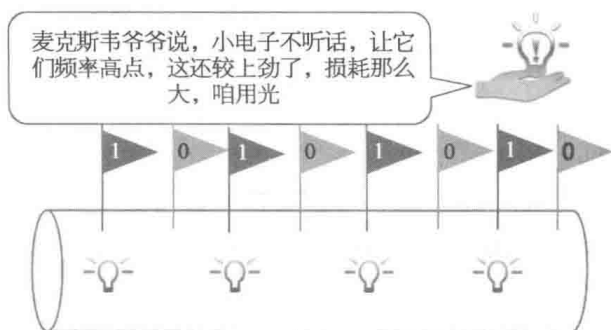
然后就这样儿了。



电子们都挤一堆儿,不管东家给了多粗的电线,我就用一层。这等于有效导电面积降低,电阻增加了。

导线希望是0电阻,畅行无阻,可看样子电阻增加,电流还能传多远呢,几秒钟就消耗掉了。

话说,电不听话,咱们不较劲,换个更好的平台。



光也好,电也好,都在宇宙最霸气的麦克斯韦方程组中。

**区别 传送网/承载网, 有线接入/
无线接入/城域接入, 城域
传送网/IP 承载网**

传送网与承载网的区别:

传送网,主要对象是语音业务,也就是传说中要保证电话打得通、听得清……

承载网,主要基于 IP 承载,主要对象是互联网业务,也就是要保证咱们上网得快……

传送网,这个词儿比较早,网络最早的业务就是打电话啊,固话最早,后来有了移动电话,最近的十来年,互联网发展越来越重要,也就更多关注承载网。

二网的业务有重叠,未来也会越来越多地融合。

局域网、城域网和广域网的区别:

局域网,是一个学校、一个公司,或者咱几个人连个网,就是局域网,很小范围内的网络。

城域网,就是一个城市的网络。

广域网,比城域网大的网络,可以是好多好多个城市的省,甚至可以是一个国家的网络。

这是基于地域的概念。

无线接入、有线接入与城域接入的区别:

与终端相连的网络,就是接入网。

与有线终端相连的网络,就是有线接入网,也叫固网接入,家里的座机就是固定电话。

与无线终端相连的网络,就是无线接入网,也是移动接入,手机是无线电话,也是移动电话。

各种 PON 网络是有线接入,各种基站发射的无线信号就是无线接入。

城域网,一个城市里的网络架构,分为城域接入、城域汇聚、城域核心网。

城域网中的有线接入和无线接入,就叫城域接入,再一层层传到省级、国家级、国际网络。

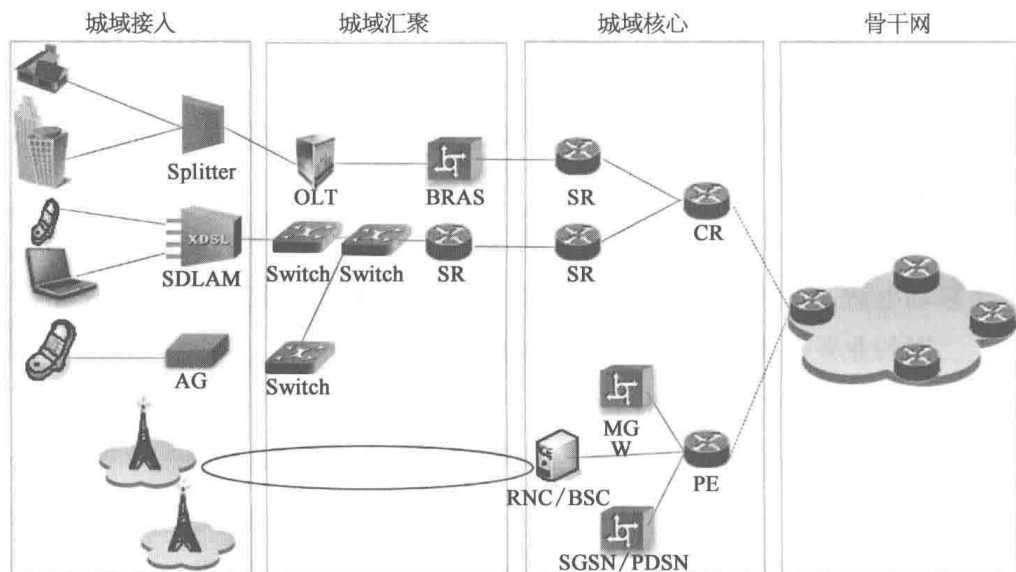
城域传送网与 IP 城域网的区分:

城域网,是地域概念。

传送网与承载网是业务概念,承载就是承载的 IP 业务。

这个城域网的业务以电话语音为主要的就叫城域传送网,或者叫城域传输网。

这个城域网的业务以上网为主,就叫 IP 城域网。



小结:

传送网与承载网,是业务的不同。

局域网/城域网/广域网,是地域的概念。

有线接入与无线接入,是终端类别的不同。

IP 与 IP 承载, 传送网与承载网

语言是人们交流的基础工具,在古代交通不发达的时候,会说当地语言即可。比如,粤语是广东一带的局域语,闽南语是福建一带的局域语,反正不出门,在这个局域内信息交流无障碍。再扩大一些,意大利有意大利的语言体系,汉语也有自己的语言体系……

人类进入如今国际化的时代,一个意大利人、一个英国人和一个中国来的广东人,坐在一起也可以交流,一般选择用英语。

英语,这时候就成为国际语。

汉英词典、意英词典等,这种语言协议,就是翻译,可以称之为国际语言协议,有了这个协议,信息交换就能实现。