

# Optical Communication System & History of Communication

Xiyun Hu, Chenxi Hui, Hexiang Feng, Hao Chen, Ditong Zhou, Jie Wang

The Chinese University of Hong Kong, Shenzhen

GEB2001  
October 2019

# 光通信简介

Brief Introduction of Optical Communication



噪音

编码/解码

引入

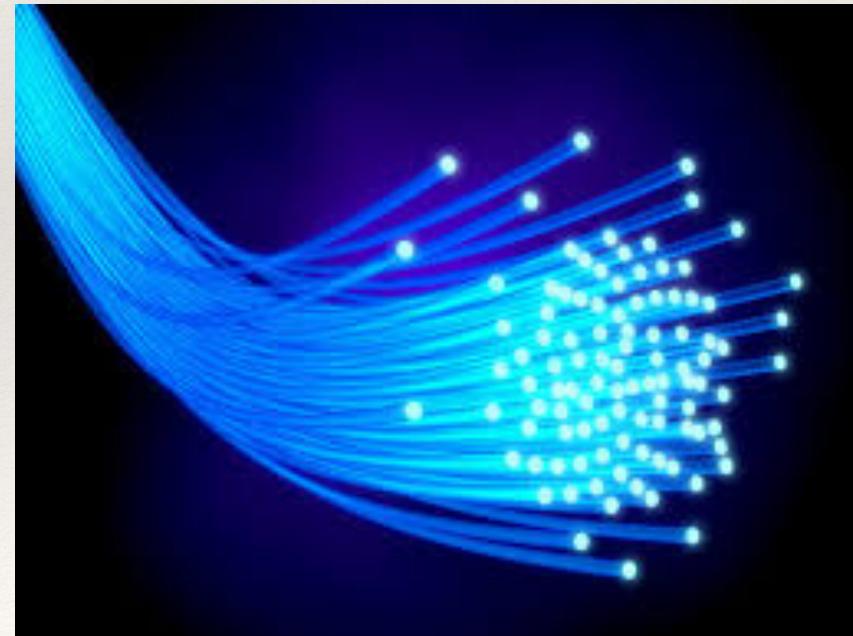
# 什么是光通信

- 烽火台
- 旗语
- 信号灯
- 光电话 <https://www.youtube.com/watch?v=17jED0zmR48>

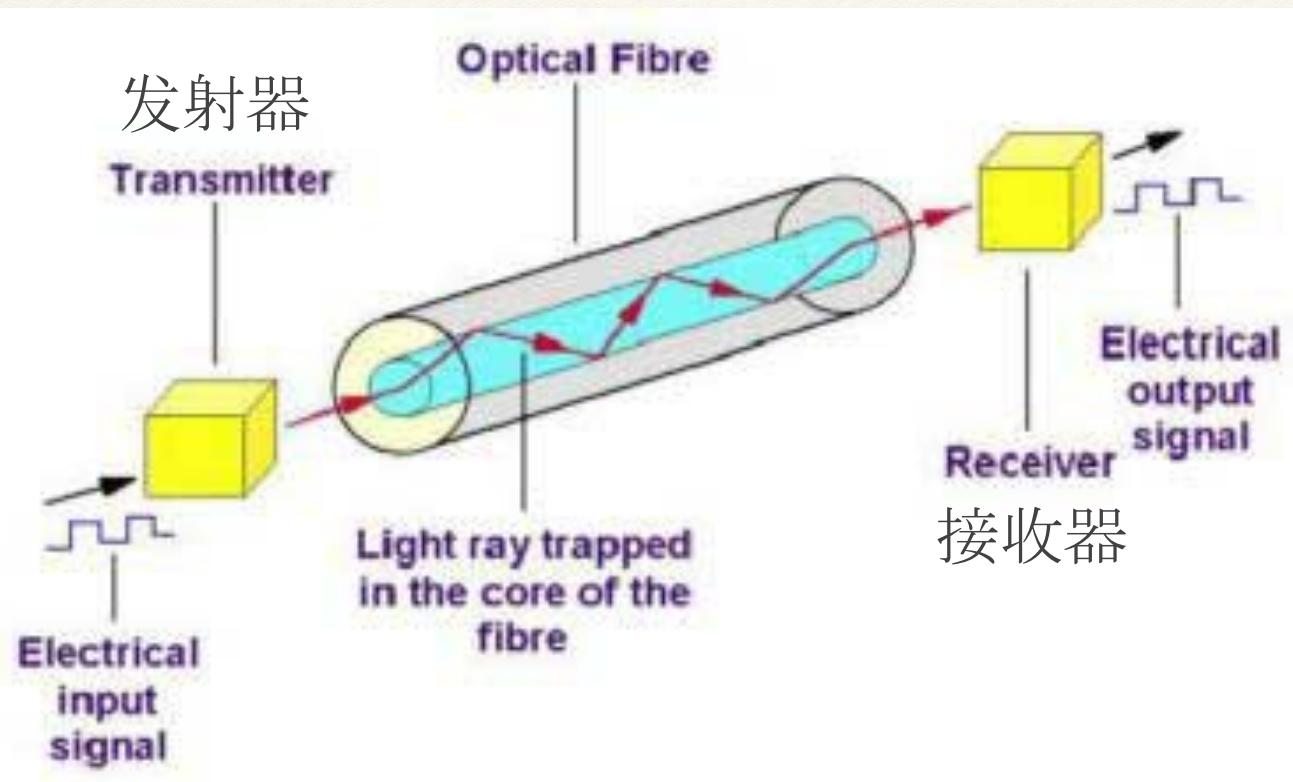
利用光来携带讯息（利用电子仪器传收或以肉眼直接观察光）

# 光通信与光纤通信

- 光通信指的是一切运用光作为载体而传送信息的所有通信方式的总称，而不管传输所使用的媒质是什么；而光纤通信则是单纯地依靠光纤作为媒质来传送信息的通信方式。

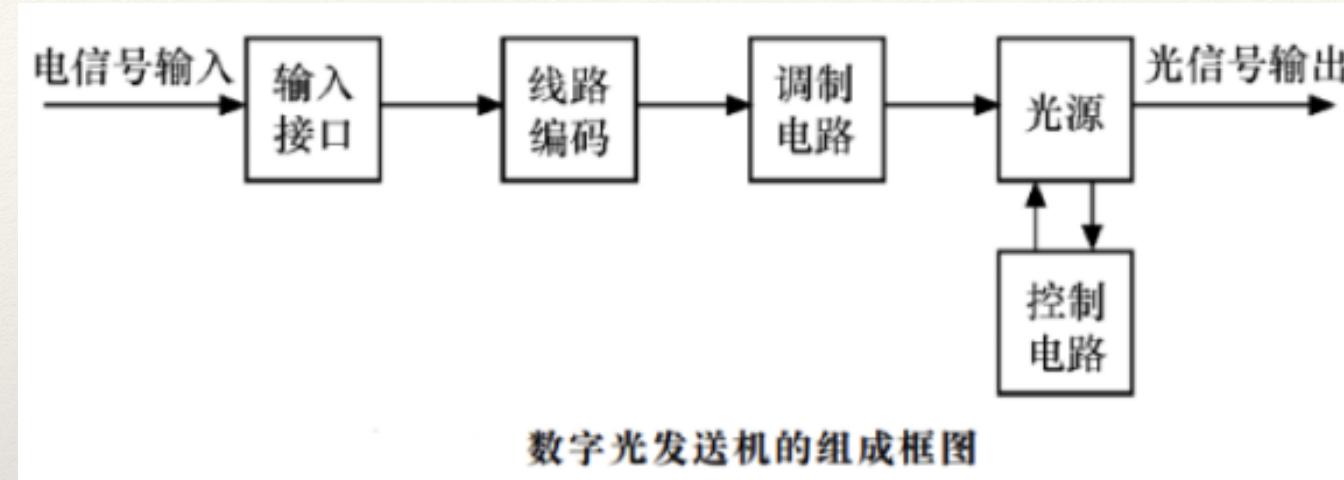


# 光纤通信



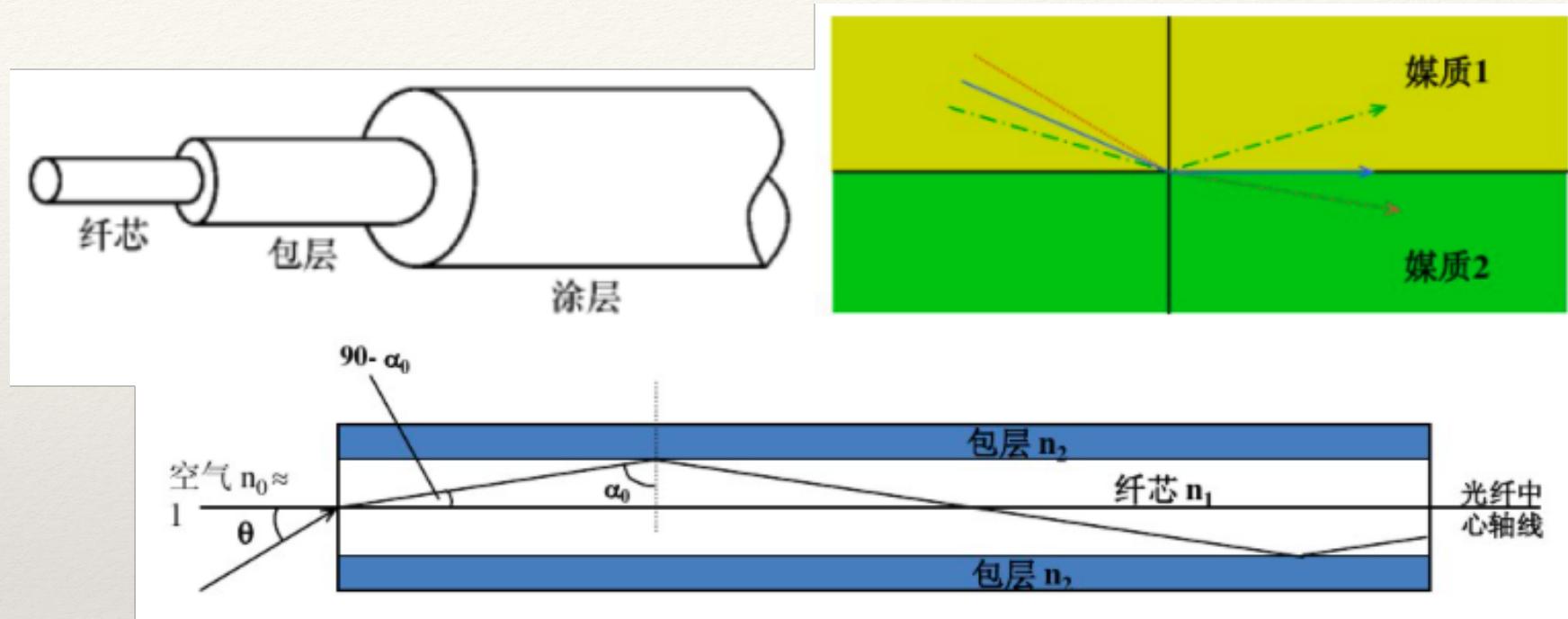
- 光纤通信：以光波作为信息载体，光纤为传播媒介。
- 优越性：传输距离长（海底电缆）；传输信息量大；通信速度快；保密性高

# 发射器



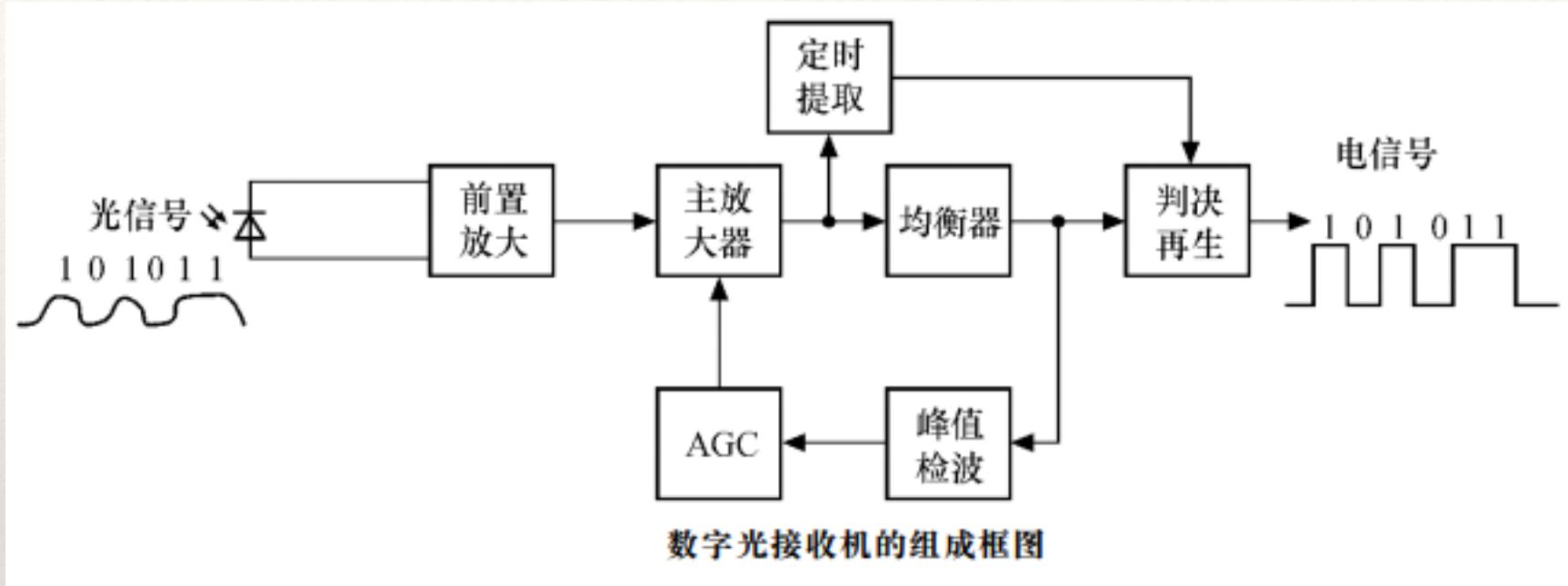
- 调制器：对光源进行调制，把要发送的信息从电信号转换为光信号，并用耦合技术有效注入光纤线路。
- 光源：发光二极管（LED）和激光二极管（常用）发出光束。

# 光纤

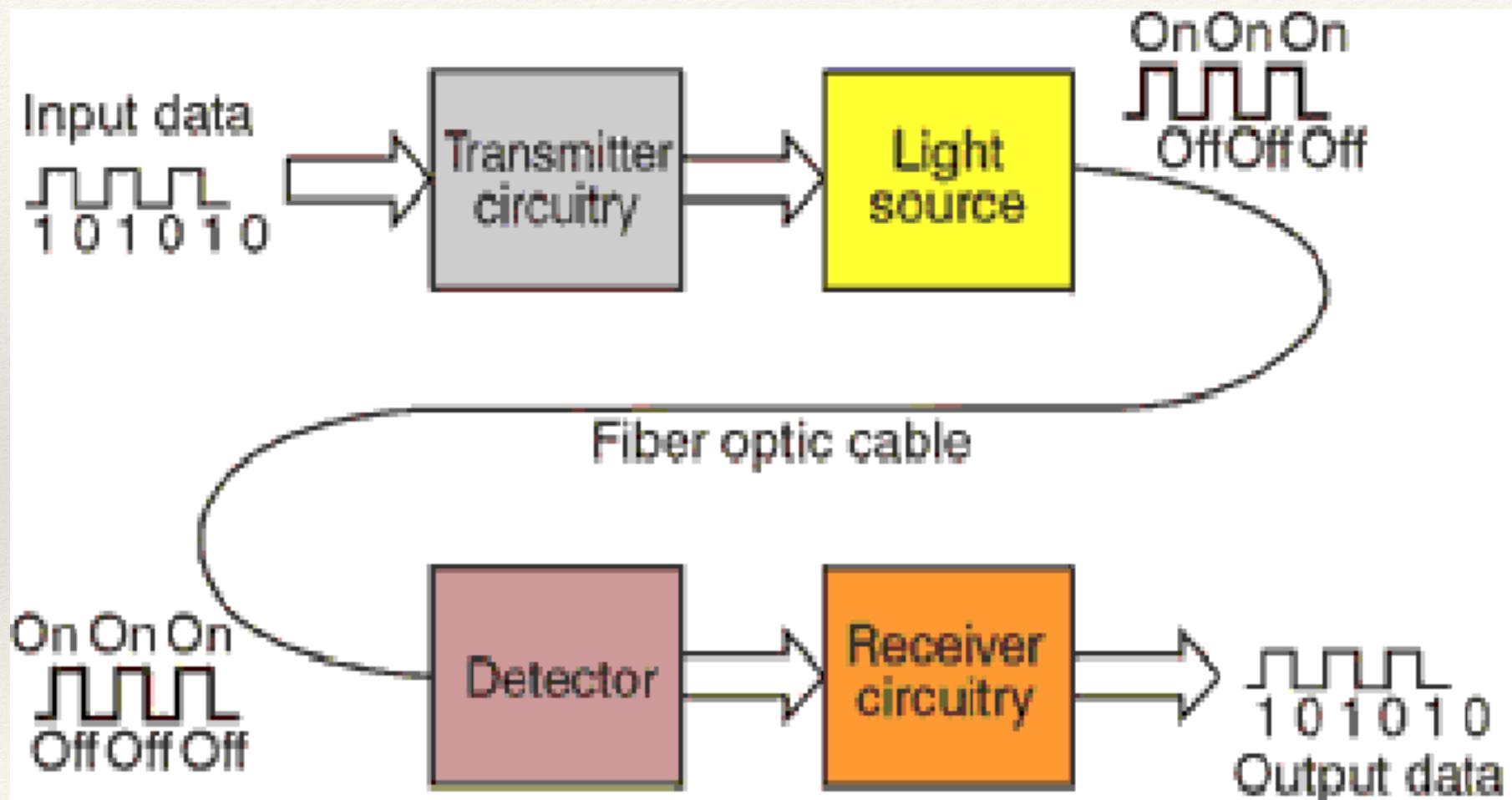


- 光纤线路：光纤是由纯石英拉制而成的高度透明的玻璃丝缆线，包含折射率略高的纤芯、折射率略低的包层和表面涂层。
- 光纤通信系统用光纤作为传输媒质，将光信号从光发射机传送到光接收机。

# 接收器

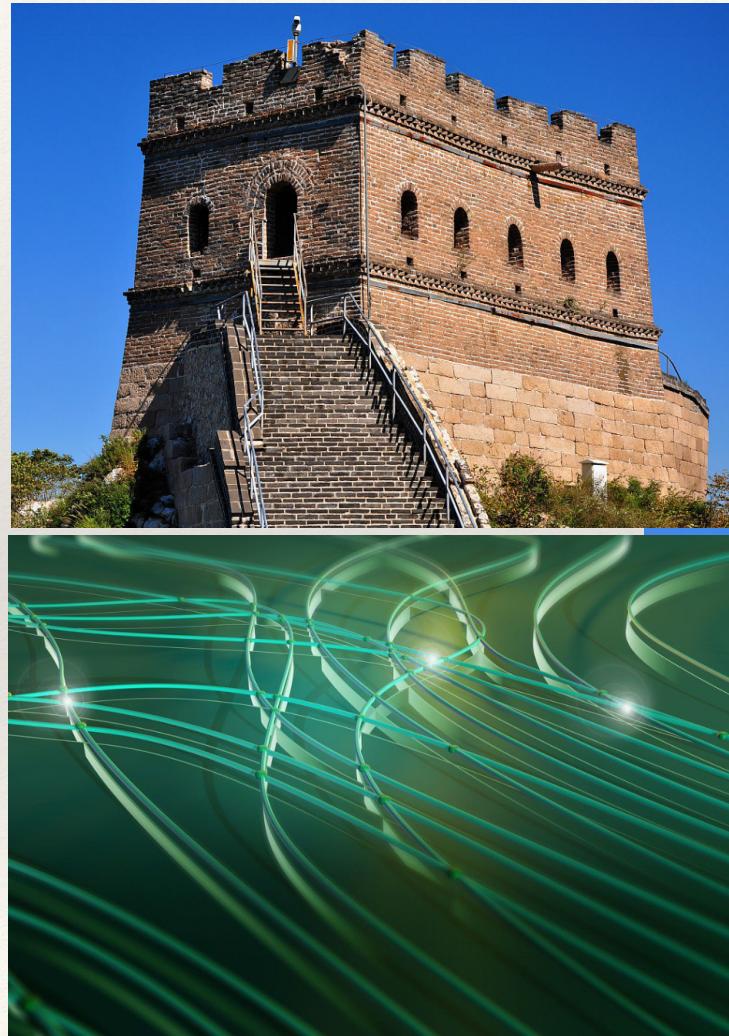


- 将接收到的光信号转换成电信号，并经放大和处理后恢复成发射前的电信号。



# 光通信中的编码解码

# 什么是光通信中信息的发送和接收？



烽火台

光纤通信

烽火台——光信号  
大气——光通道  
燃起烽火——发送信息  
（电信号转化为光信号）  
看到烽火——接收信息  
（光信号转化为电信号）  
事先约定烽火的含义——  
对信息编译与解码的方式——现代编码

——激光  
——光纤  
——信息→电信号→光信号  
光信号→电信号→信息

# 信息→电信号

❖ 信息处理

信息→电信号

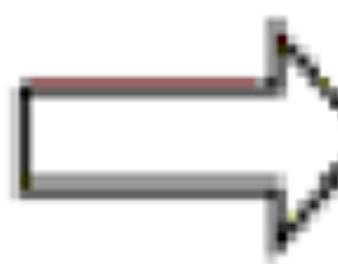


10010100110101101100  
01010010101001010010  
01010101010100100101  
10100101010010101001  
01010010101010010110  
01010100101010101001  
10111001001010010101  
01010110110010110101

❖ 电信号转化

Input data

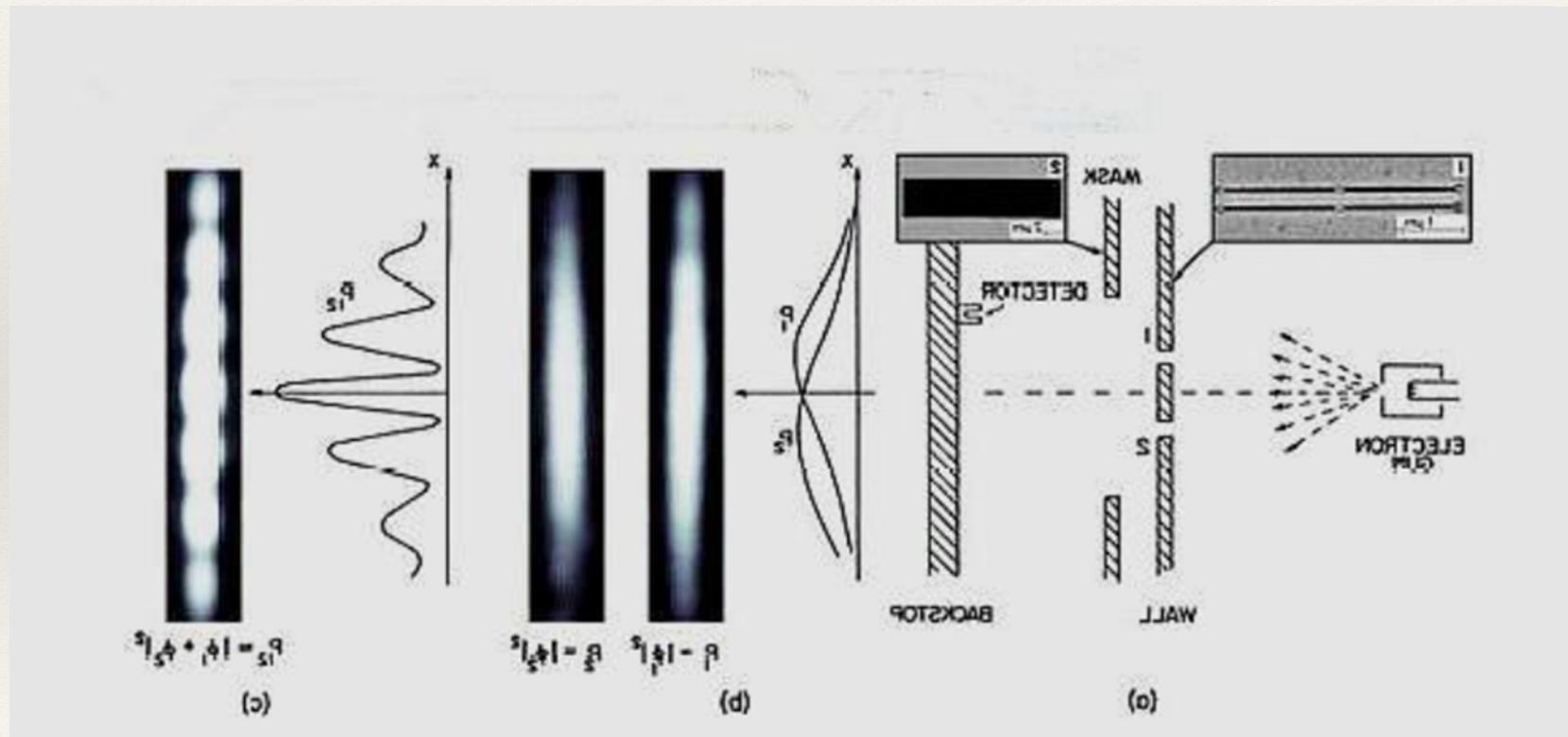
101010



On On On  
Off Off Off

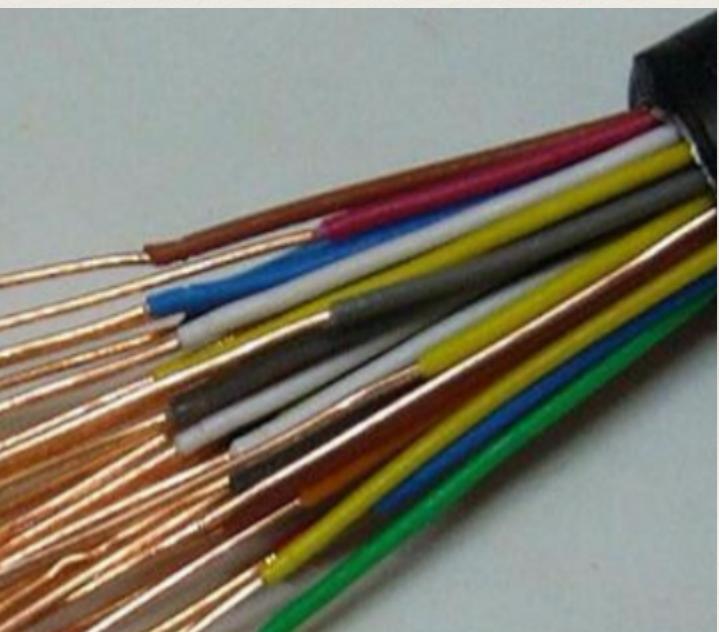
# 电信号→光信号

- 将电信号调制到激光器发出的激光束上，使光的强度随电信号的频率变化而变化

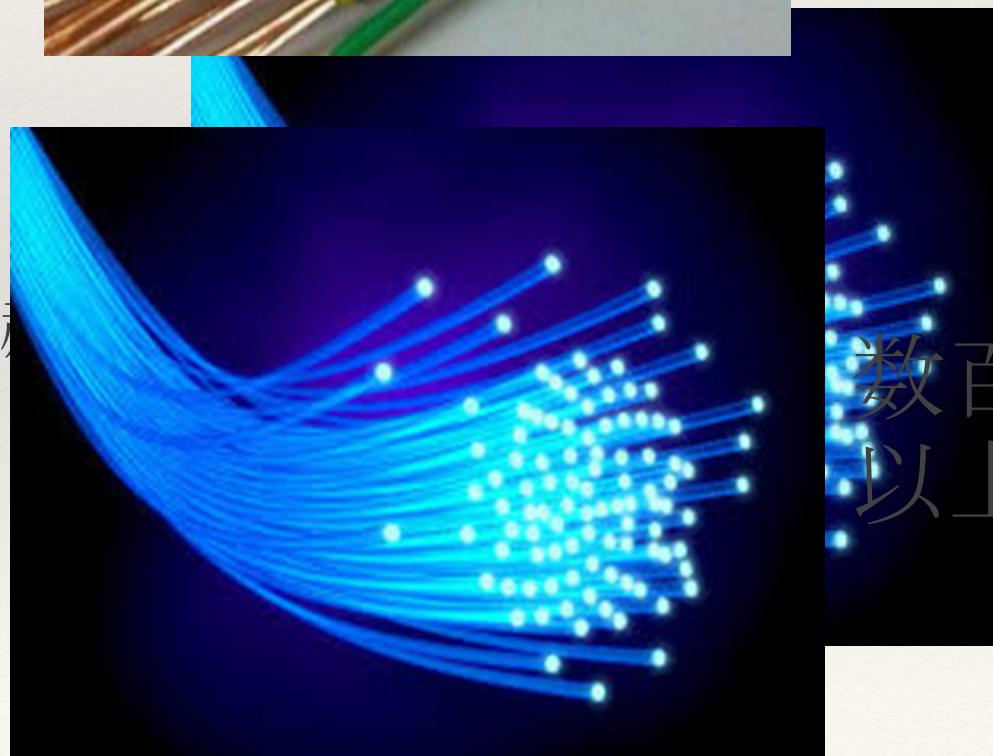


# 优点

→光信号传输的优点



9~24兆赫



1.5公里

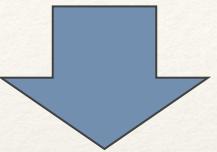
$10^{14} \sim 10^{15}$   
赫兹  
以上

# **What is noise?**

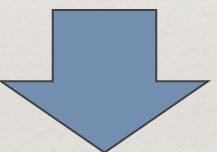
# What is noise?



**1000 dB/km**



**20 dB/km**



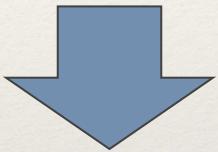
**0.18 dB/km**

## Tips. About dB

If A is bigger than B by 3 dB, then  $A = 2B$ .

Given by "  $y \text{ dB} = 10 \lg(A/B)$ "

**1000 dB/km**



**" Quality"**

**20 dB/km**

**\* Pure**

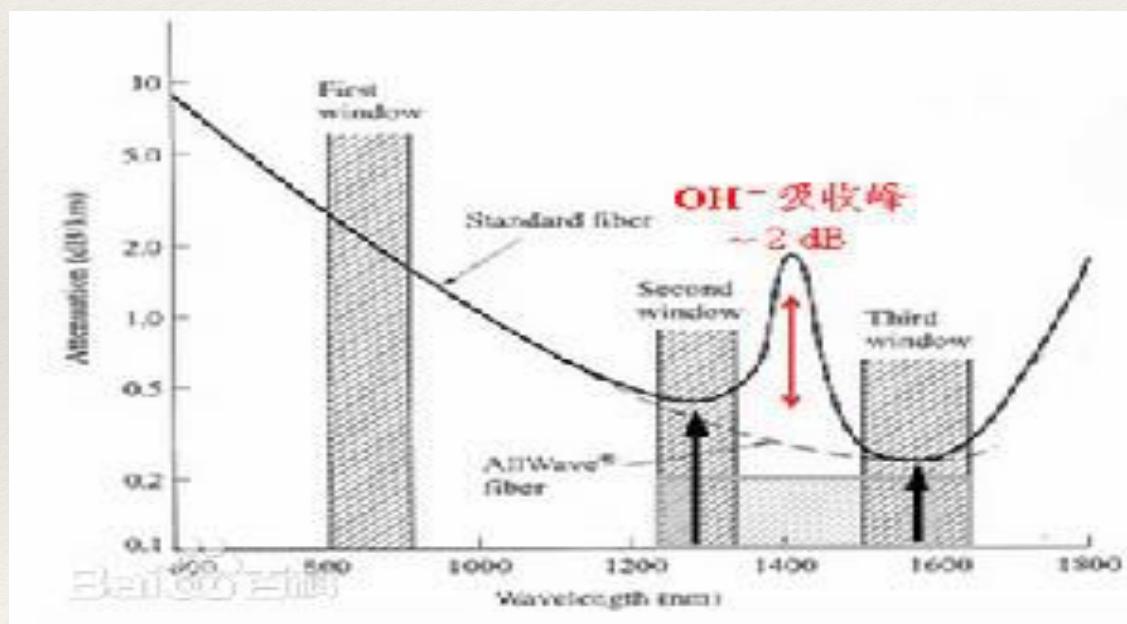
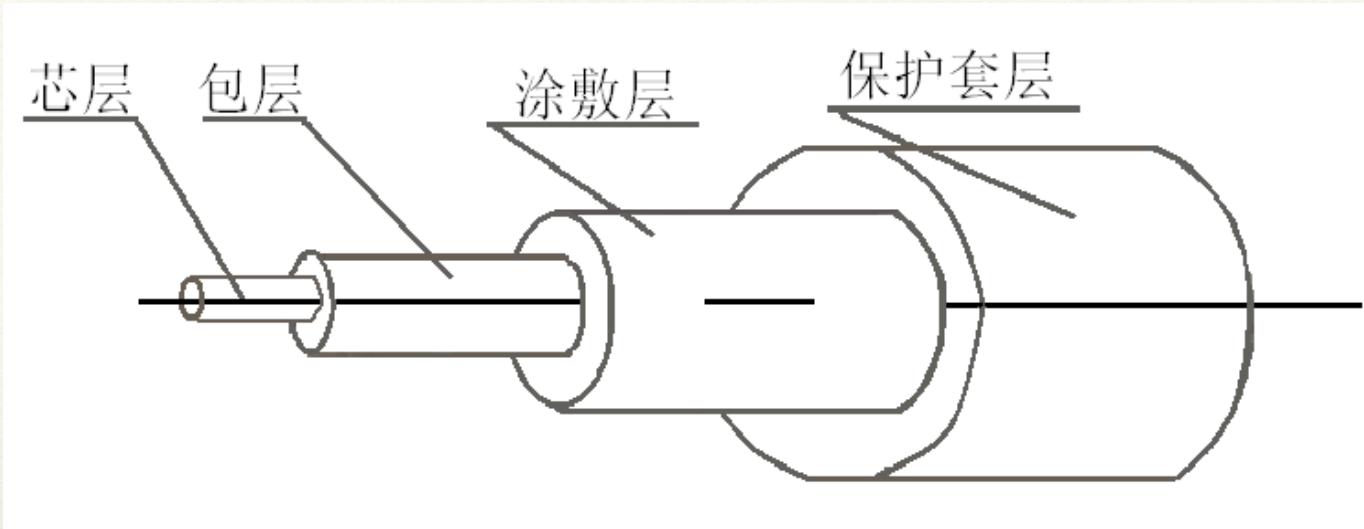
**\* uniform**

**0.18 dB/km**



**0.00 dB/km**





**强电磁干扰**

**啾唧噪音**

**瑞利散射**

**转角散射**

**本征损耗**

# How to prevent then ?

**44 MB**

**10,485,760 MB !**

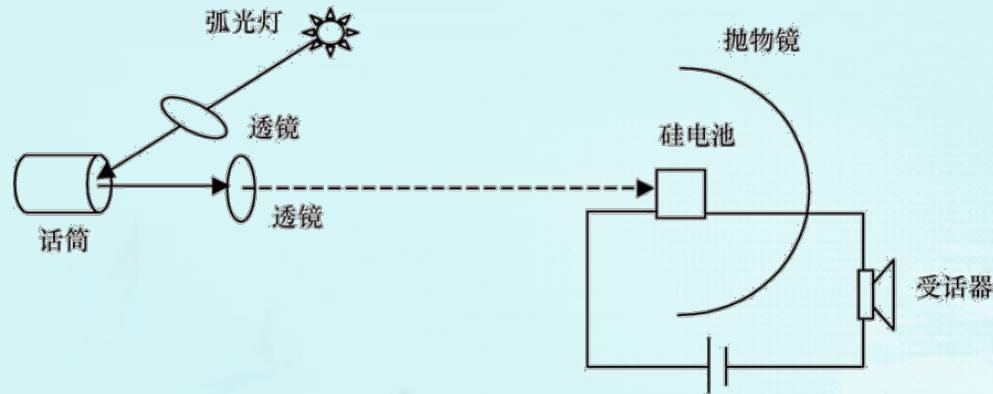
**10 TB**

The background features a lush, tropical-themed illustration. On the left, there's a cluster of colorful flowers, possibly Bird of Paradise, in shades of yellow, orange, and red. Next to them are large, detailed leaves in various shades of green, blue, and purple. A small, colorful bird with a pink crest and orange body is perched on a large, curved blue leaf. The overall aesthetic is bright and organic.

# 通信的发展史

History of Communication

# 光通信的早期尝试



光源：太阳光

发送：话筒的音膜上随声音的振动  
而得到强弱变化的反射光束

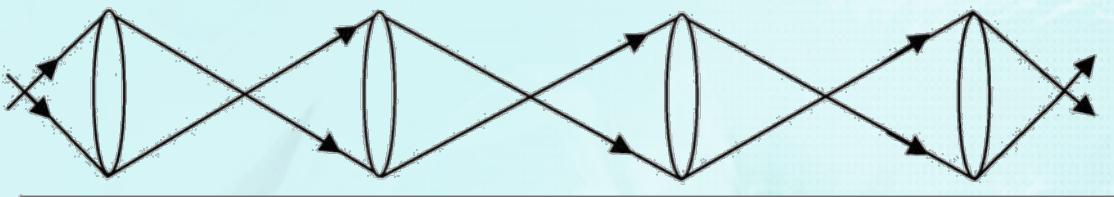
接收：硅晶体

意义：光通信历史上的第一步；  
现代光通信系统的雏型

局限：光源，介质不稳定



(a) 反射镜波导





如何定量分析通信系统的性能？



克劳德·香农 (Claude Shannon, 1916-2001)

《通信的数学原理》  
(A Mathematical Theory of Communication ,1948)

# 什么是信息



图像？

春風閣遍野棠笙  
燕子歸來寒食雨

楊生

音频？

文字？

# 信息量与不确定性

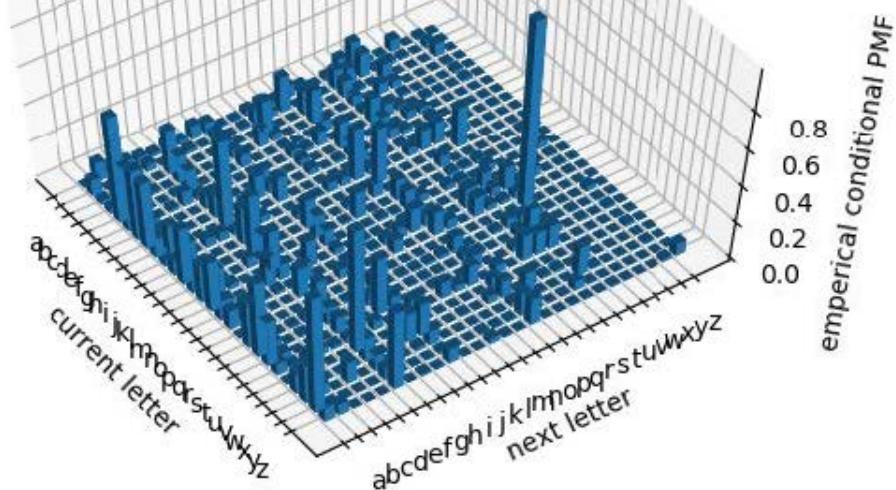
信息量 (quantity of information)



不确定性 (uncertainty)  
概率分布 (probability distribution)



Conditional PMF of next letter given current letter



# 信息量的数学性质

独立性

(1)  $I$  和事件具体的内容或意义无关，只和其发生的概率有关；

单调性

(2)  $I$  和事件发生的概率负相关，即  $I$  是关于事件概率  $P$  的减函数；

连续性

(3)  $I$  是关于事件概率  $P$  的连续函数；

可加性

(4)  $I(P_X P_Y) = I(P_X) + I(P_Y)$ ,  $P_X$  和  $P_Y$  为两个独立信源发出信号  $X$ 、 $Y$  的概率。

# 信息量与信息熵

$$I(p) = -K \log(p)$$

K为系数，可以令K=1

P为事件概率

对数底数为编码的进制数，  
当对数底数为2，  $I(p)$ 的单位为bit

$$H(X) = -\sum_i P_i \log_2 P_i$$

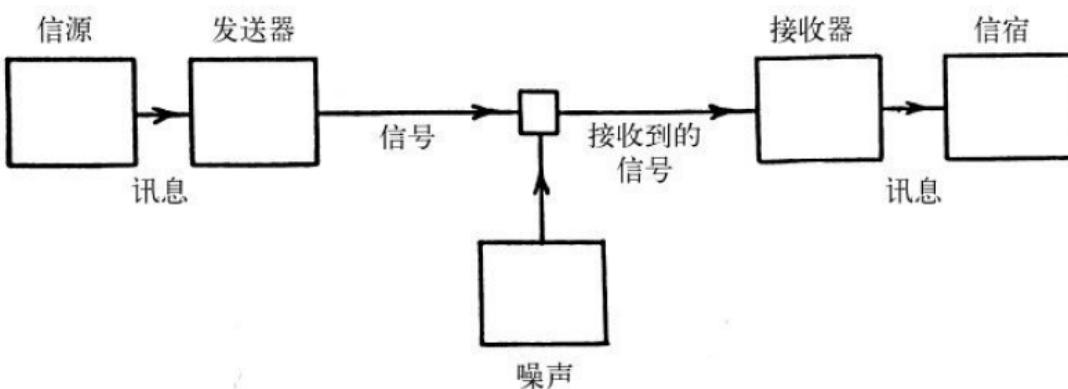
信息量的期望

分配信源的容量

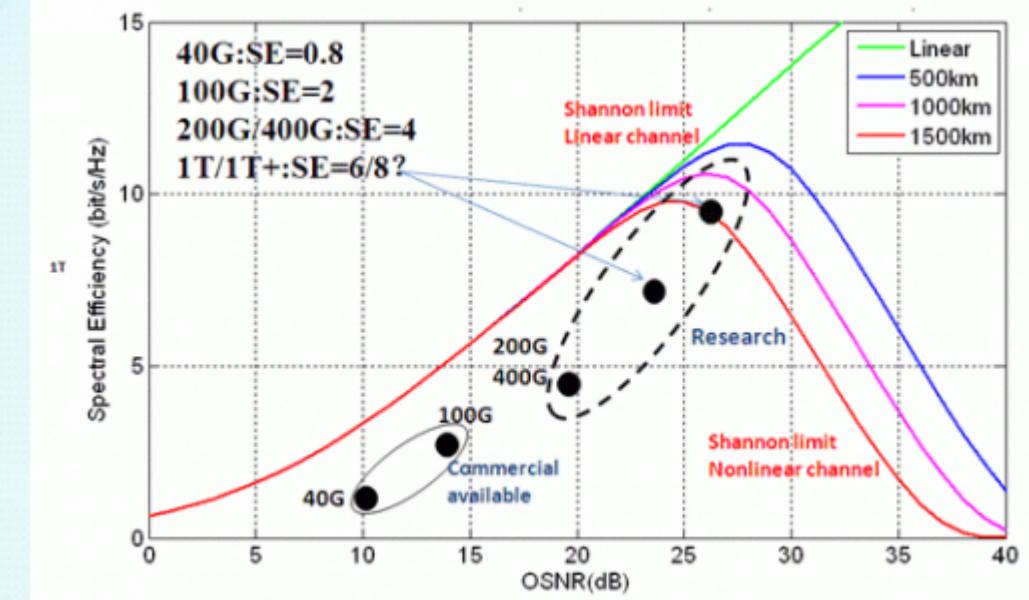
计算传输速率，达到无损传输

带宽

# 其他成就



通信系统模型



香农极限

## 参考文献

Shannon, C.E. (1948), A Mathematical Theory of Communication. *The Bell System Technical Journal*, 27: 8-9.

Gleick, J.(2011), The Information: A History, A Theory, A Flood. *IEEE Transactions on Information Theory*, 57(9): 6332-6333.

常宏宇.(2005).信息量和熵的关系. 数学的实践与认识, 35(5), 137-140.

徐金暉.(2017).现代信息论应用与发展. 电信快报:网络与通信, 5, 42-44.

从1G到5G

# G是什么？

G是generation

1G就是第一代移动通讯技术

# 1G

1986年，在芝加哥诞生

模拟信号传输 —— 容量有限

语音传输，语音品质低、讯号不稳定

覆盖范围不全面

标准多

美国——AMPS

英国——TACS

北欧——NMT

地区性明显

# 2G

1991年，芬兰率先开始

数字信号——传输速度达到9.6-14.4kbit/s

可以发短信

标准？

美国——CDMA

欧洲——GSM

GSM

# 3G

传输速度可达384kbit/s

浏览网页、收发邮件、视频通话

移动多媒体时代

# 3GPP

欧洲与日本等国家联合成立

为制定3G标准

# 国际电信联盟

美国——CDMA2000

欧洲——WCDMA

中国——TD-SCDMA

# 4G

网速极大提升——理论速度可达1Gbit/s

高清电影 视频直播 移动支付等应用

标准

TD-LTE

FDD-LTE

# 5G

理论下行速度为10Gbit / s

Vr技术 无人驾驶 物联网

# 标准

3GPP会议

中国华为为主导  
Polar code

美国高通主导  
LDPC码

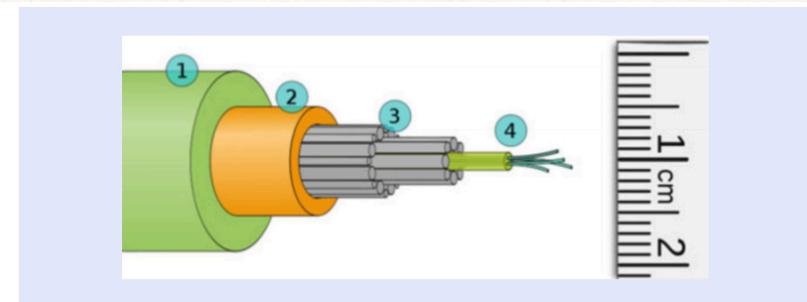
欧洲主导  
Turbo码

信源编码 : LDPC code  
信道编码 : Polar code

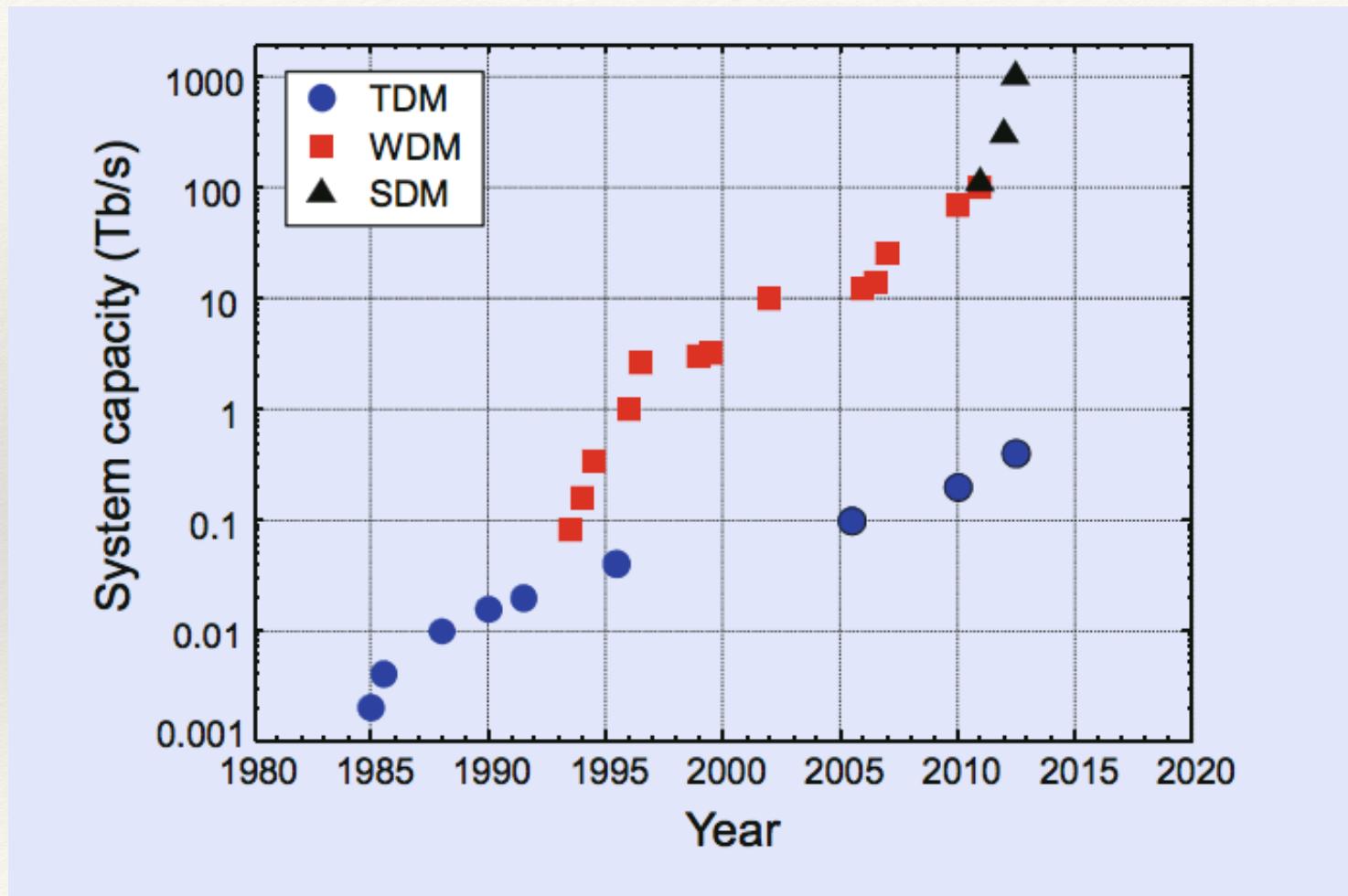
# Theory could be Misleading

Table 8.2 High-capacity submarine fiber-optic systems

System name	Year	Capacity (Tb/s)	Length (km)	WDM channels	Fiber pairs
VSNL transatlantic	2001	2.56	13,000	64	4
FLAG	2001	4.8	28,000	60	8
Apollo	2003	3.2	13,000	80	4
SEA-ME-WE 4	2005	1.28	18,800	64	2
Asia–America Gateway	2009	2.88	20,000	96	3
India-ME-WE	2009	3.84	13,000	96	4
African Coast to Europe	2012	5.12	13,000	128	4
West Africa Cable System	2012	5.12	14,500	128	4
Arctic fiber	2015	8.0	18,000	50	4



# Generations of Optical Communication



# Brief History of Communication



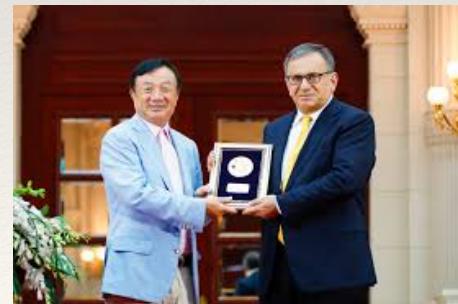
1837 Telegram  
1847 Phone/AT&T



1949  
Mathematical Theory

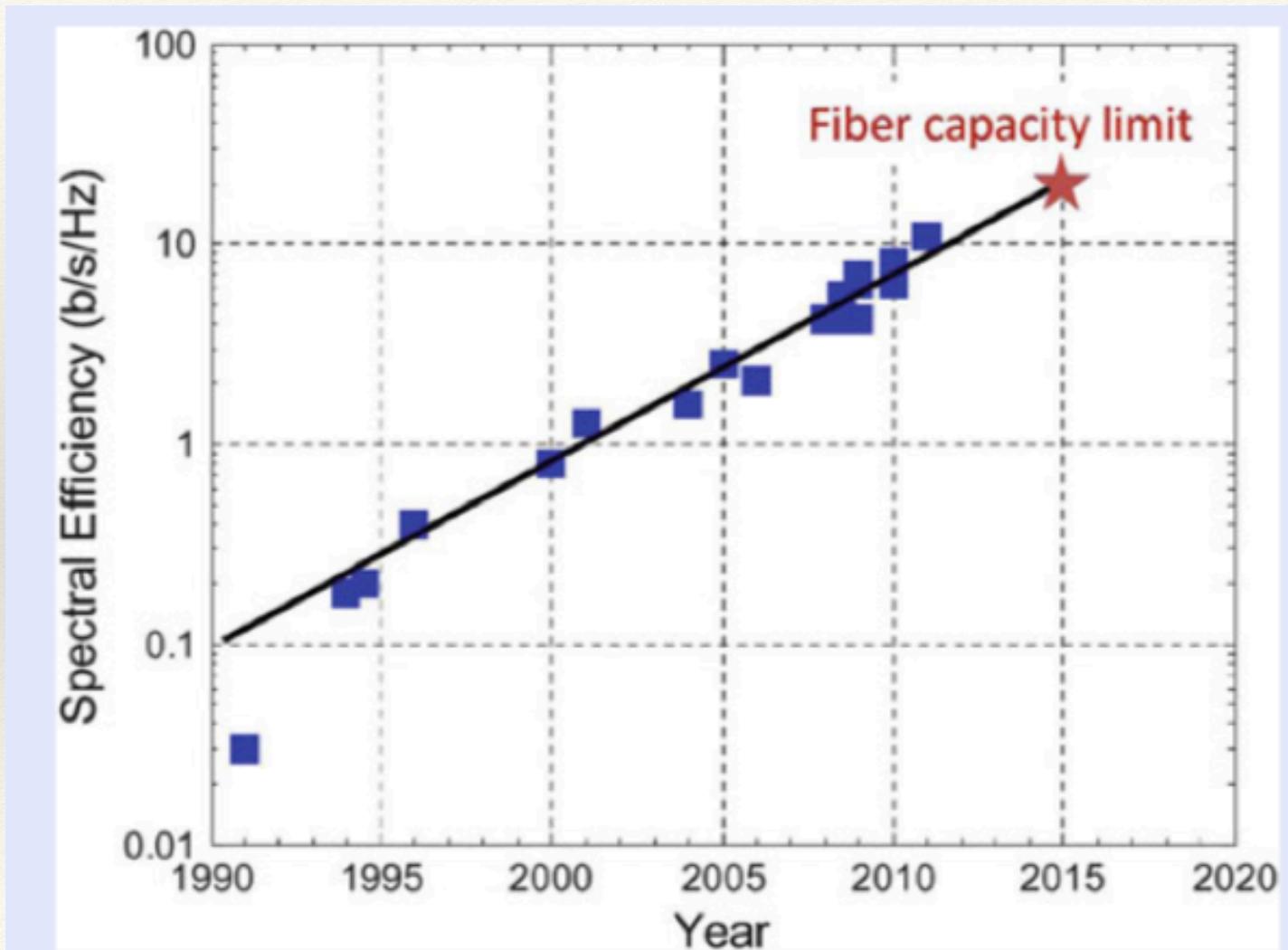


1960  
LDPC: First code  
that reach the  
Shannon's limit



2010  
Polar Code: The  
second code that  
reach the Shannon's  
limit

# Future Direction of Communication



Thanks! Any questions?