



2024

第一章 宽带通信 网概述

- 张喆
- 南京邮电大学
- 2024.2



联系方式

Contents



邮箱: zhezhang@njupt.edu.cn

办公室: 三牌楼校区科研楼1408

答疑时间: 周五第五节

个人主页:
<https://petrelli.github.io/zhe/>



课程理念



- 我们希望你们能有所学有所收获
- 不要不好意思问问题 (Be bold)
- 务实, 切记表面功夫、形式主义
- 课堂积极表现, 鼓励参与课堂讨论
- 充分发挥**主观能动性**



成绩计算方式



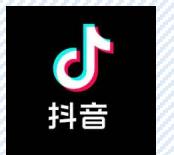
- 30%平时成绩+70%考试成绩
- 平时成绩依据出勤率、课堂表现而定
- **No curve!**



主线任务

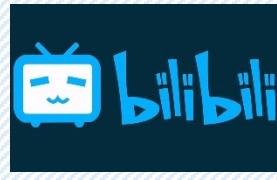


- **历史背景**
- 端到端通信的通信模式->内容为中心的通信模式



手机里常用 App?

FLAG Companies



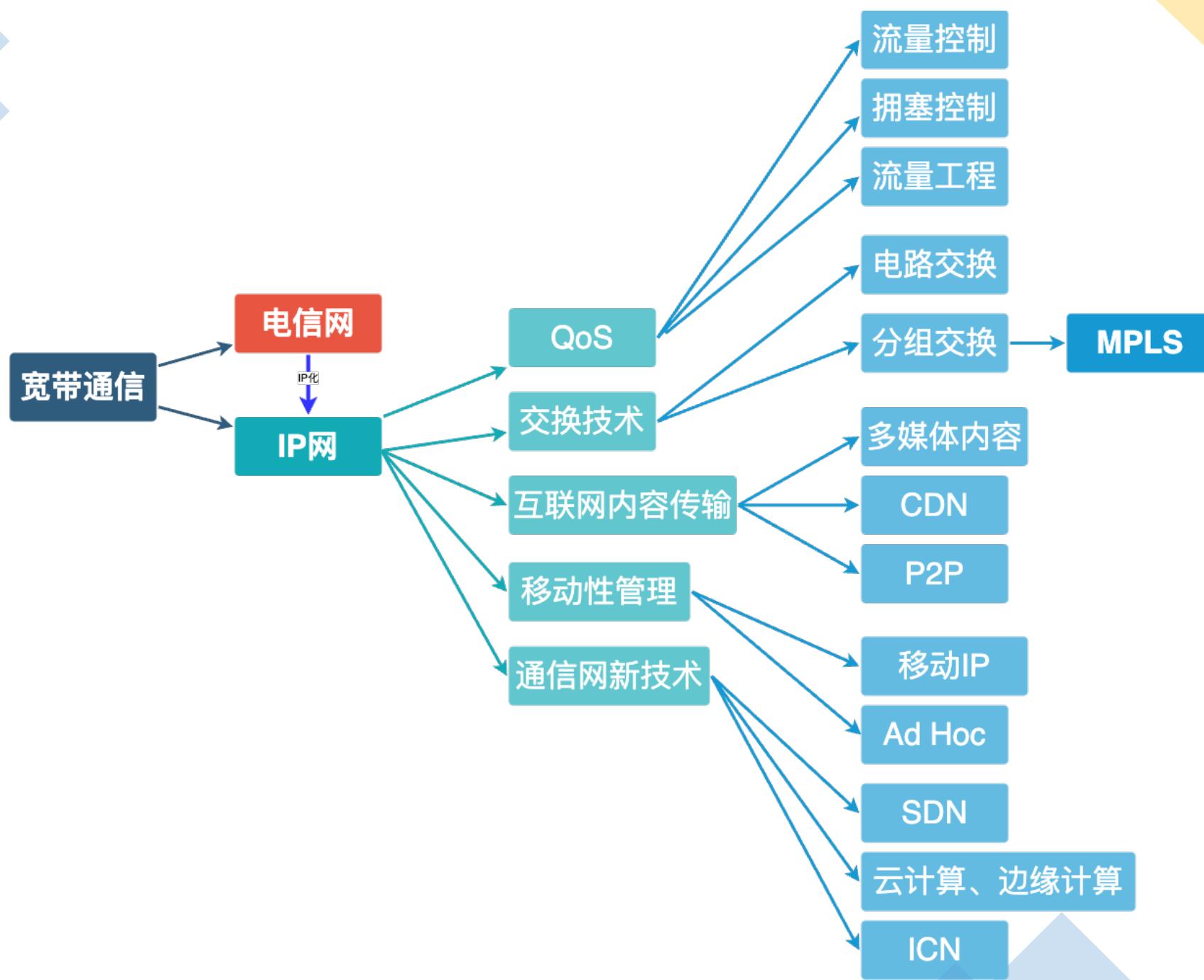
电脑常用应用?

国外常用App

主线任务



- **历史背景**
 - 端到端通信的通信模式->**内容为中心的通信模式**
 - **传统的电信网不适用于内容传输！**
 - 引发了一系列的变动
 - 这也是本门课要研究的重点





目录

CONTENTS

- 1 引言-电信界面临的各种挑战
- 2 交换技术分类及其发展
- 3 通信网演进趋势
- 4 未来网络

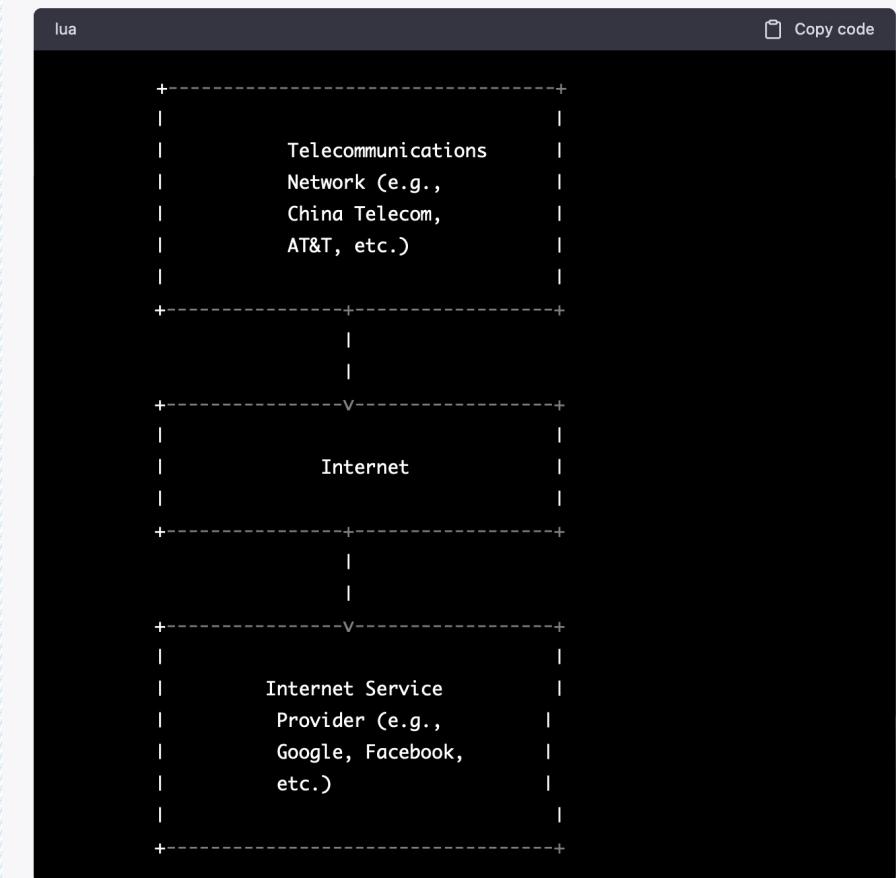
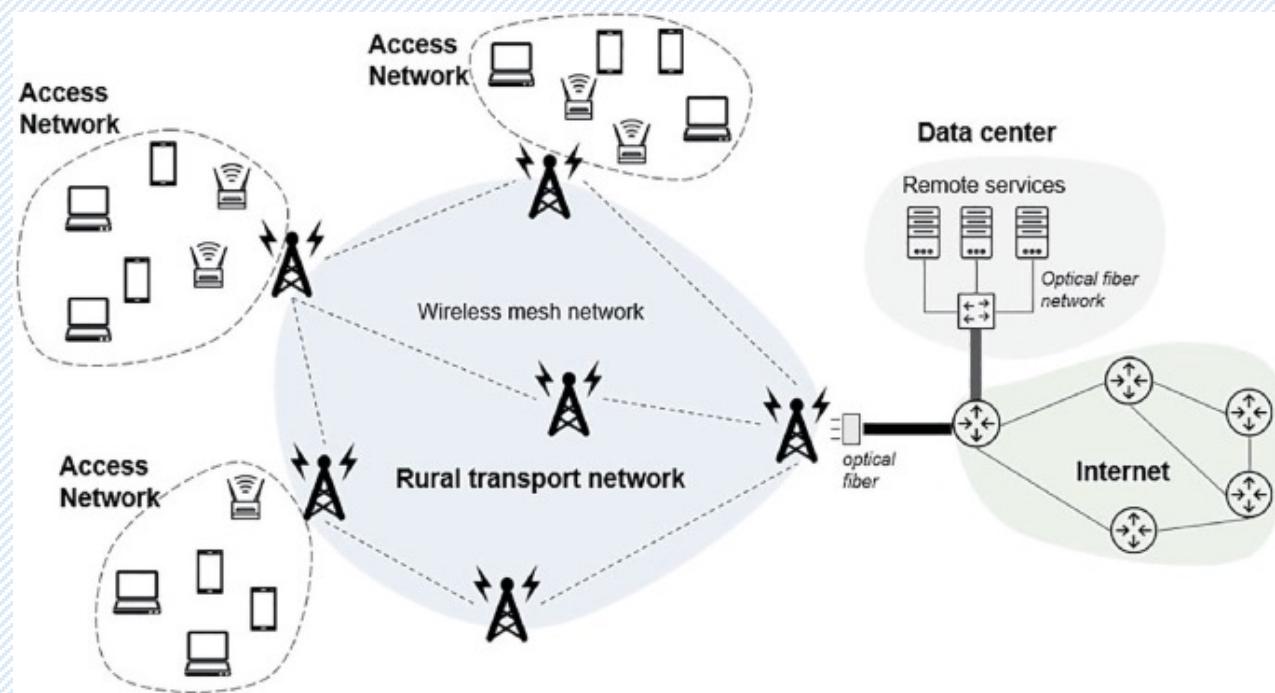
PART 01

引言-电信界面临的各种挑战

电信网与互联网

- 电信网是由电信运营商建设和管理的传统通信网络，主要提供语音通信、短信和数据传输等基础通信服务。
- 互联网（Internet）是指全球范围内由各种计算机网络相互连接而成的网络系统。
- 电信网和互联网是两个不同的网络系统，电信网主要提供传统的通信服务，而互联网则提供各种类型的应用和服务。随着技术的不断发展，两者之间的边界也在逐渐模糊。

电信网与互联网



全球电信网发展面临的挑战-- 业务的角度

- 业务主体: 语音->数据;
- 网络流量的快速增长, 一位数转向两至三位数;
- 电信运营商“管道”化;
- 千行百业的数字化、智能化转型。

运营商商业模式的变化

- 运营商的商业模式将从“**Bit Pipe**”向“**Service**”转变。
- 面对消费者市场，其商业模式从“**分享用户的通讯消费(Share of communication minutes)**”向“**分享用户的所有消费行为(Share of total consumer spending)**”转变；
- 面向商业用户市场，其商业模式从“**提供租用线路**”向“**帮助用户优化商业流程**”转变。

挑战-网络的数据化趋势

- 电信网络业务结构发生着巨变，数据业务发展迅速，其中视频已占据**超过79%的网络流量**。业务构成根本性的变化要求电信网络的结构进行相应的变化来适应网络业务。
- 我们正迎来一个**产业与技术跃迁的关键节点**，千行百业的**数字化、智能化转型**将催生更多新业态、新应用、新场景，ICT基础设施的升级换代迫在眉睫。
- 网络从最初的文字、语音传输，发展为数据、视频传输，到未来触觉、味觉、智能的传输。
- 巨大的带宽发展趋势给未来网络的发展带来极大压力，需要在技术、成本和环境等方面采用一系列创新技术来应对这一变化。

挑战-语聊软件狂切运营商蛋糕—微信

- 随着腾讯微信、WhatsApp等一系列语聊软件的普及，成为一种新的通信手段。随着微信在移动端的顺势爆发，人们对传统电信服务的使用发生了巨大改变。**1M 流量可以发送约1000条文字消息或15分钟语音。**
- **运营商加速管道化成为趋势。**
- 工信部公布的**2014年5月份**通信业经济运行情况：中国用户平均每月发送的短信数量为**39.8**条，即每天发送的短信量仅为**1.3**条。
- 电信运营商的本地话音业务同样也受到了巨大冲击。移动本地话音业务增速回落明显，移动本地和长途平均每户每月通话时间持续下降。



业务转型 是基本驱 动力

从话音为主逐渐向话音、数据和视频的融合业务转变；

从固话业务向移动业务拓展（狭义的全业务）；

从传统公网业务市场向企事业单位市场渗透；

从电信业务向包括有线电视业务在内的广义全业务发展

移动互联网推进产业链变革



- 移动通信技术和互联网技术的相互融合，将人们带入一个全新的移动互联网时代（2009年3G的商用），并带来一个全新的产业格局。目前移动互联网上正在形成以消费者为核心的价值网，终端制造商和内容提供商可以直接面对客户。
- 移动互联网的快速发展还拉动了上下游产业链的发展，各类移动互联网应用层出不穷，覆盖社会生活的方方面面。
- 电信专家侯自强指出，包括中国移动在内的运营商不甘心“沦为通道供应商”，正在面向移动互联网谋“变”。

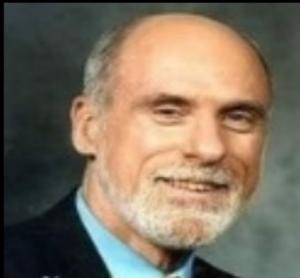
互联网+时代面临的挑战

- BAT运营模式
- 移动互联网的创新模式不依赖于移动网络和运营商，导致运营商彻底沦为“管道工”角色，难以从活跃的移动互联网创新中获得持续的收益。
- 传统电信网络**专用设备多**，相对IT网络更高昂的建设费用、更庞杂的运维开支和更封闭的业务形式，使电信运营商在收支两端都陷入了窘境。

从互联网到物联网



罗伯特·卡恩 (美国)
Arpanet, 1969
2004图灵年奖

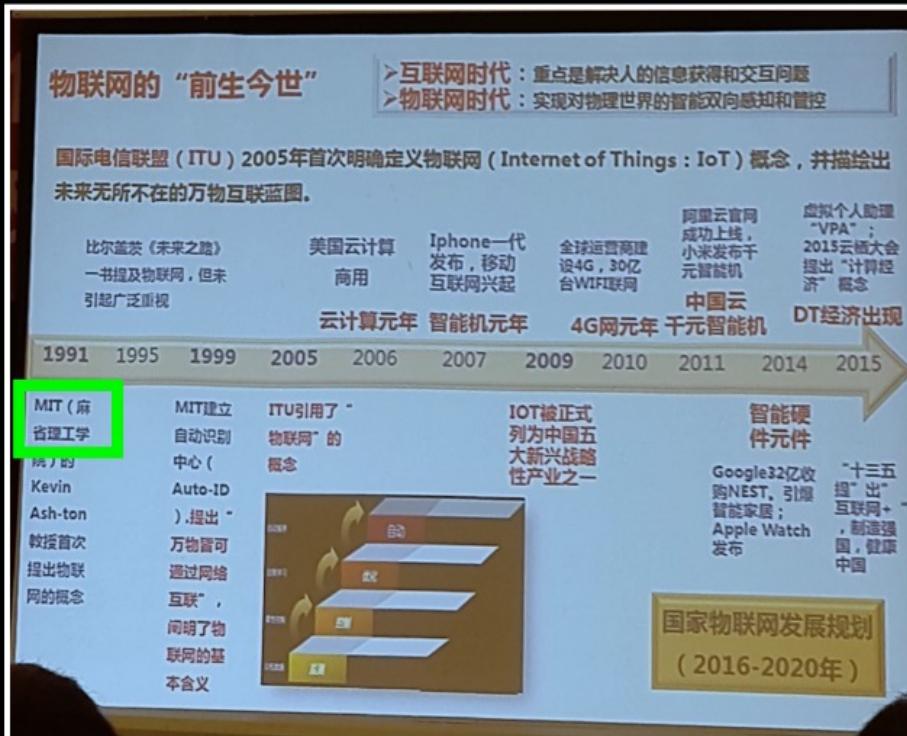


温顿·瑟夫 (美国)
TCP/IP, 1974
2004年图灵奖



伯纳斯·李 (英国)
WWW, 1989
2016年图灵奖

internet → Internet → WWW

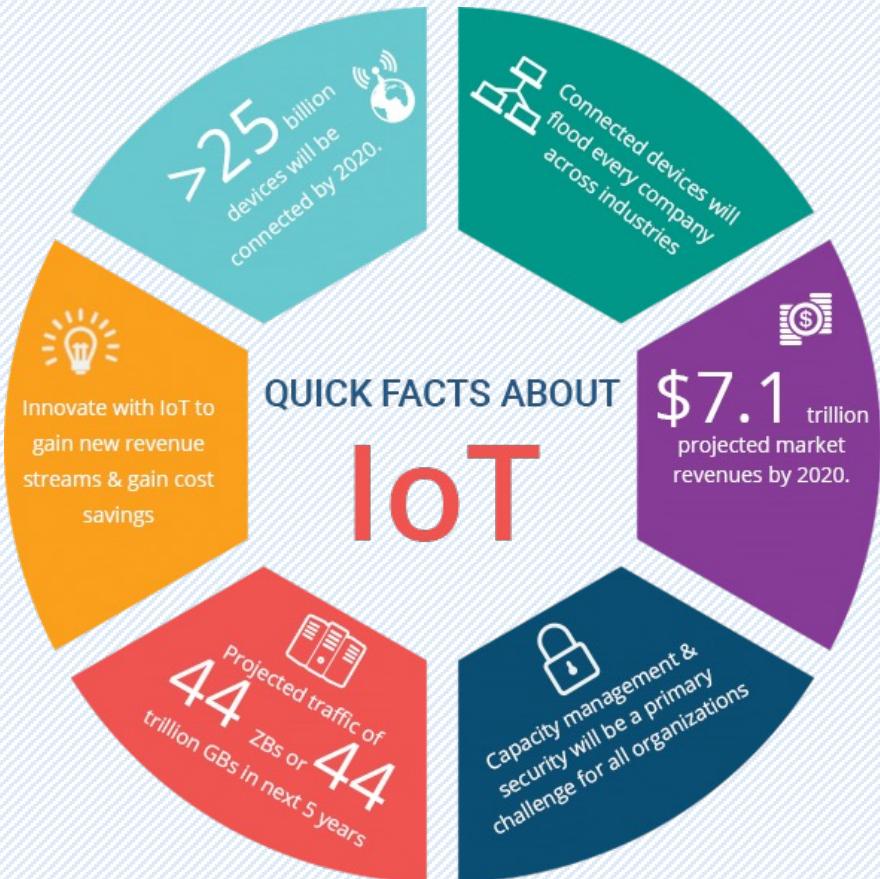


物理世界虚拟世界融合成为必然

- 1.“人”的连接转变为“人、机、物”连接
 - 2.信息传输到服务，信息化向智能化
 - 3.通信网络自身价值到拓展边缘价值

尹浩.物联网发展面临的问题, 南京: 2018.7.26

物联网：通过射频识别（RFID），全球定位系统等信息传感设备将任何物品与互联网相连，实现智能化识别和管理。



物联网时代的信息产业发展重点向互联网的“末梢效应”及其“边缘价值”转移



物联网将推动信息产业从以**信息传输**为中心向以**信息服务**为中心转移
物联网迅猛发展倒逼传感技术更深入发展和应用，驱动数字孪生时代到来

网络向Web 3.0, 语义网, 元宇宙的进化

- Blockchain技术的发展->网络去中心化
- 向人工智能进化的道路->语义网成为可能
- 低时延、高可靠的网络->元宇宙的根基

新一代移动通信技术：从1G到5G

- **1G**: 美国AMPS, 英国TACS; 语音通话
- **2G**: 欧洲GMS, 亚洲IS-95; 短信文本
- **3G**: WCDMA, CDMA2000, TD-SCDMA; 图片音乐
- **4G**: LTE, LTE-Advanced; 视频娱乐
- **5G**: 5G NR; 万物互联

高数据速率

大于1Gbps



UHD 3D视频



增强现实



移动云平台

海量连接

100万/km²



M2M设备



可穿戴设备



智能手机

超低时延

小于10ms



工业制造



智能家居



智慧健康

移动互联网:

连续的广域覆盖场景、热点的高容量场景

物联网:

低功耗的大连接场景、低时延的高可靠场景

5G To Transform Lives



2G

- 1991 -



SMS



0.1
MB/Second

3G

- 1998 -



SMS



Internet



0.1-8
MB/Second

4G

- 2008 -



SMS



Internet



Video



15 MB/Second

5G

- 2020 -



HD, 3D and
ultra Video



SMS



Internet



1-10
GB/Second



internet
of things



技术转型 是基础和 先导

交换网以**IMS、SDN**等技术为核心的下一代交换网演进；

接入网向多元化的下一代无缝宽带接入网演进（**FTTP, Wi-Fi, GPON**和家庭联网以及多媒体业务应用）；

互联网向智能化、语义化、低时延、高可靠的下一代互联网演进；

移动网向以**6G**为代表的下一代移动网；

传送网向以光联网为基础的下一代传送网演进；

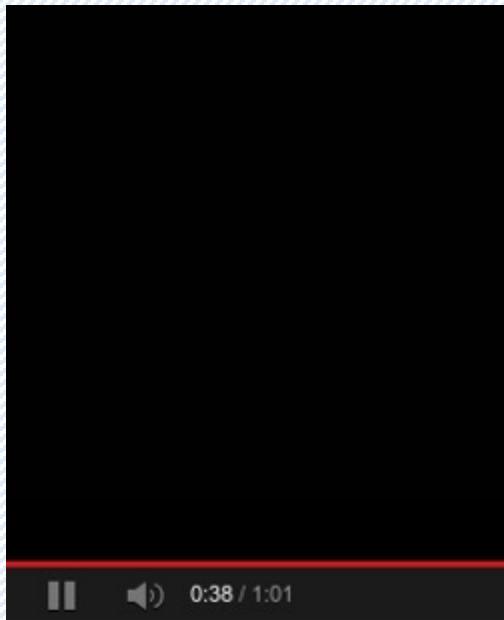


目录

CONTENTS

- 1 引言-电信界面临的各种挑战
- 2 交换技术分类及其发展
- 3 通信网演进趋势
- 4 未来网络

网络时延的直接感受



人民电竞    

今天 01:49 来自微博 weibo.com

【#EDG夺冠#】#英雄联盟S11# 恭喜@EDG电子竞技俱乐部 夺得2021英雄联盟全球总决赛冠军，成就荣誉大满贯！欢迎大家私信投稿你们的庆祝视频！#7号的EDG#

A promotional image for EDG's victory in the 2021 League of Legends World Cup. It features the EDG team members in their jerseys, the trophy, and the text "骑士归来" (The Knight Returns) and "巅峰立新王" (Establishes a New King at the Peak).

如何解决呢？

知乎 首页 会员 发现 等你来答 爱优腾十年烧光 1000 亿元

第五代移动通信 (5G) 王者荣耀 5G 手机

关注者 9 被浏览 17,492

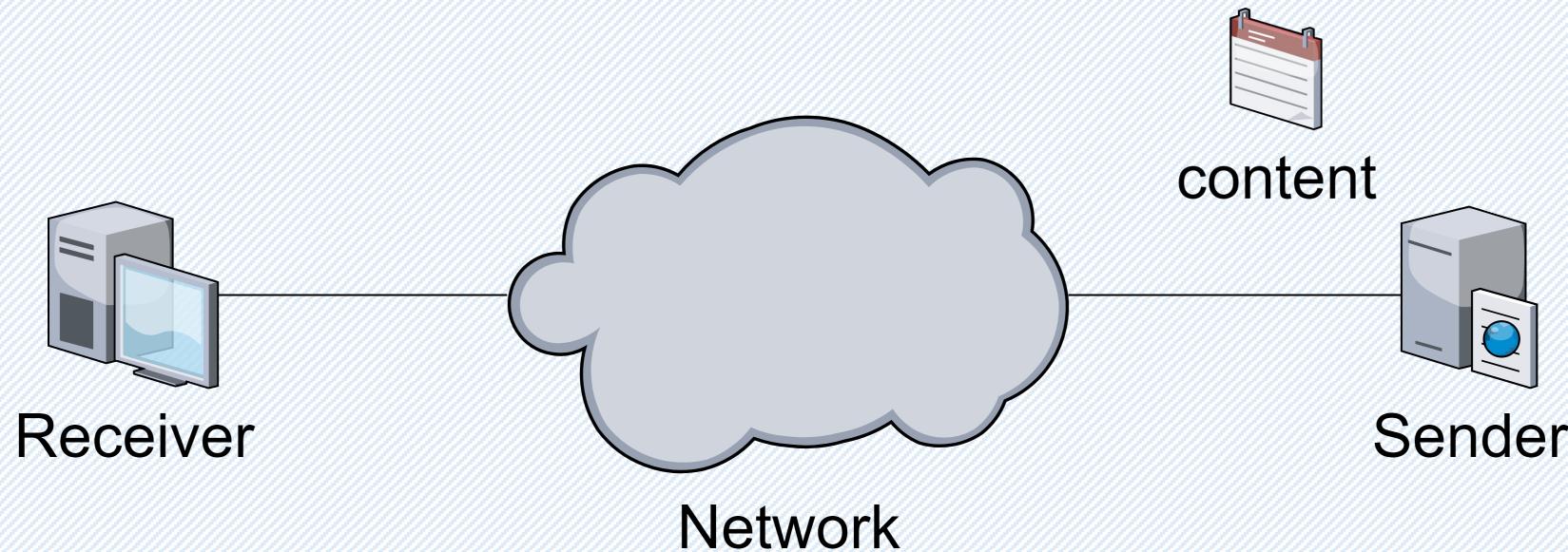
为什么我打王者荣耀用的5g还卡？

 王者荣耀 53% 知友推荐 · 30.4 万人评价
多人联机在线竞技游戏 (MOBA) / 2015-11-26 发布 / iOS · Android / ...

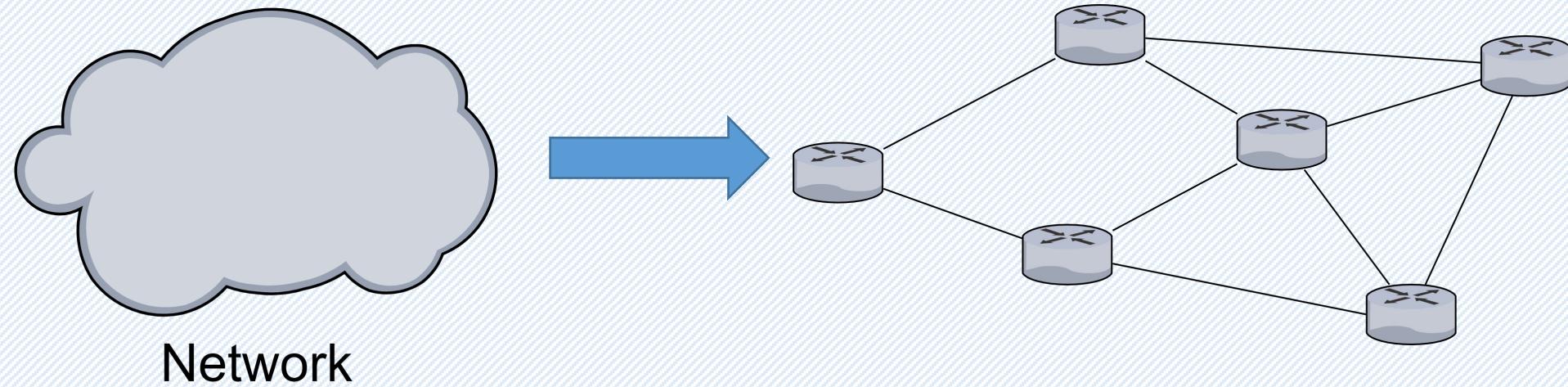
5g卡，有基站，数据，对面有一个职业卡啥玩意的玩家，举报没有用，到底是我的手机问题还是王者荣耀的问题？[显示全部](#)

关注问题 写回答 邀请回答 好问题 添加评论 分享 ...

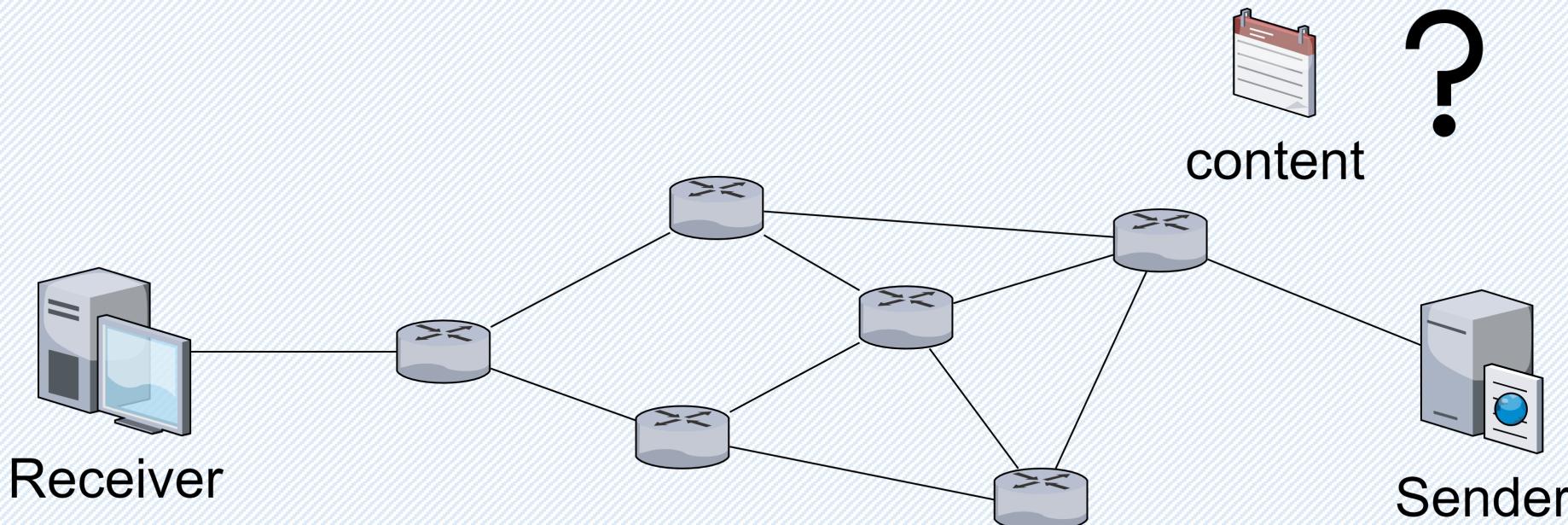
在网络中如何传输内容？



然而实际的网络是这样的



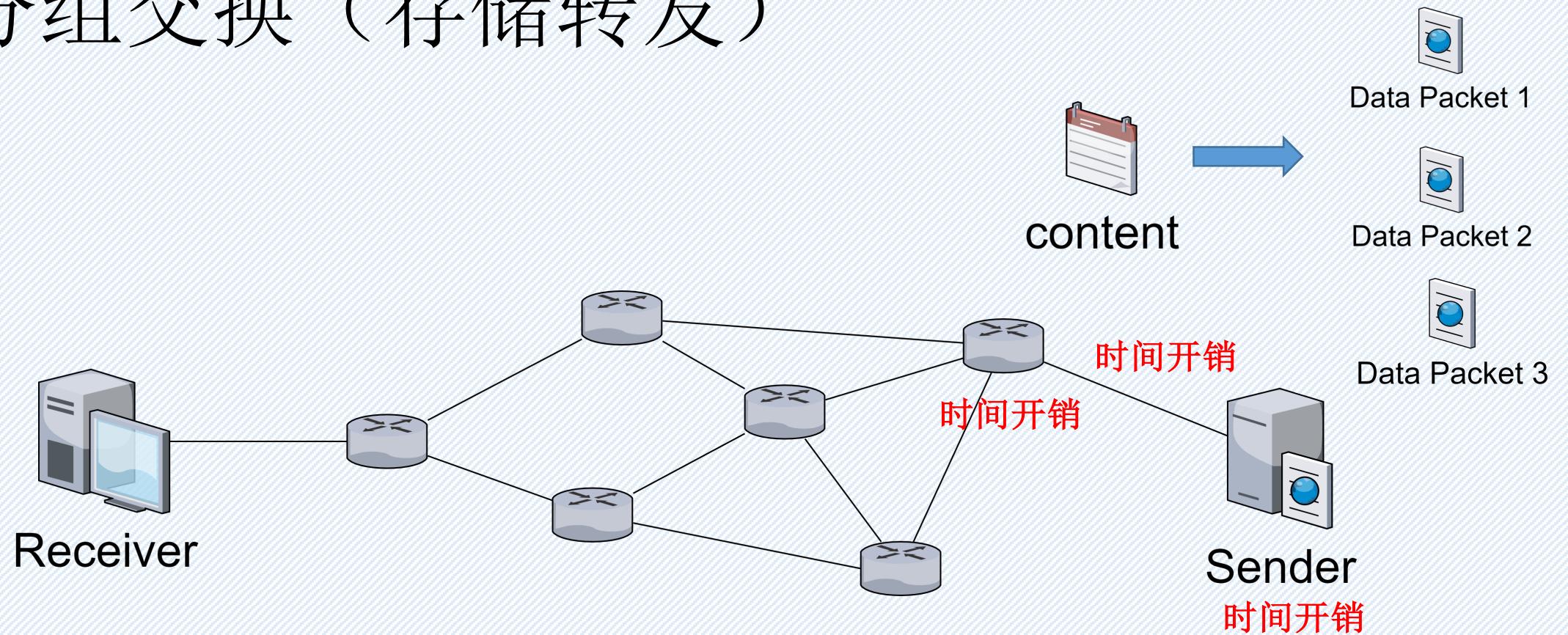
在网络中如何传输内容？



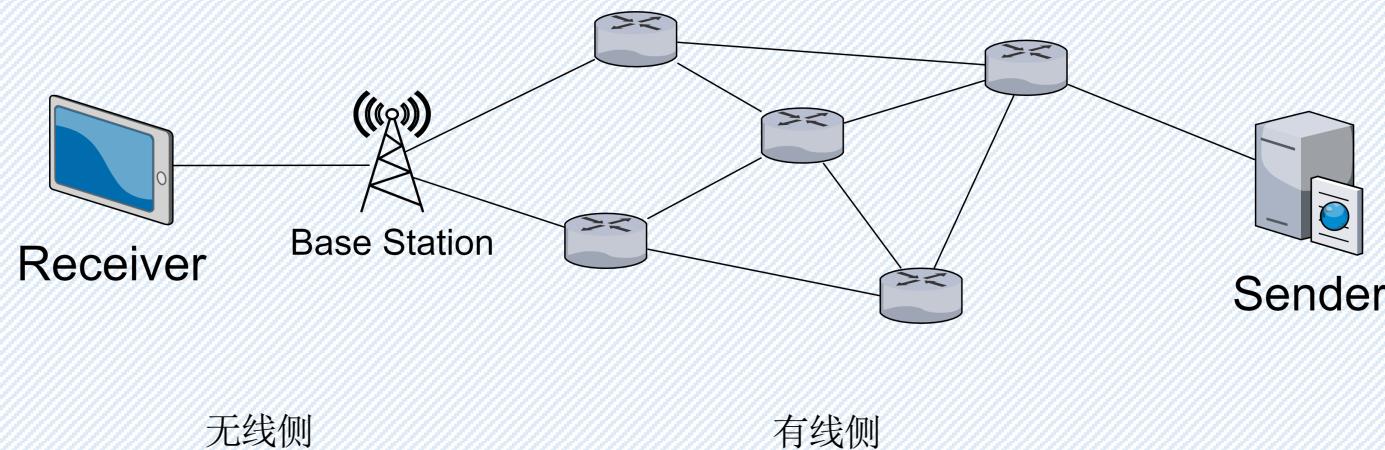
在接收者与发送者之间存在多种路径选择，应该如何选路呢？

交换技术

分组交换（存储转发）

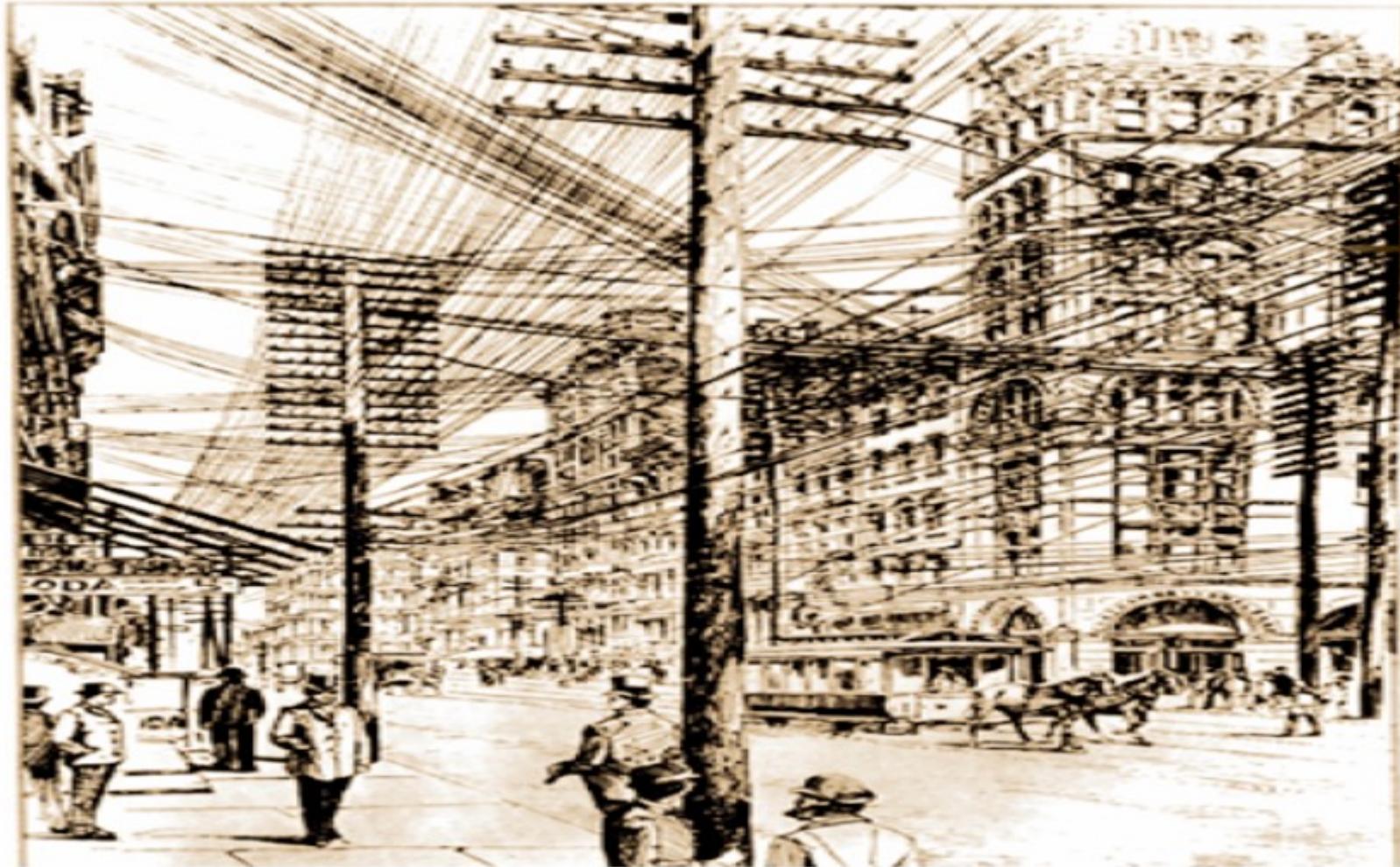


回到最初的问题 ——5G可以完全解决时延问题吗？



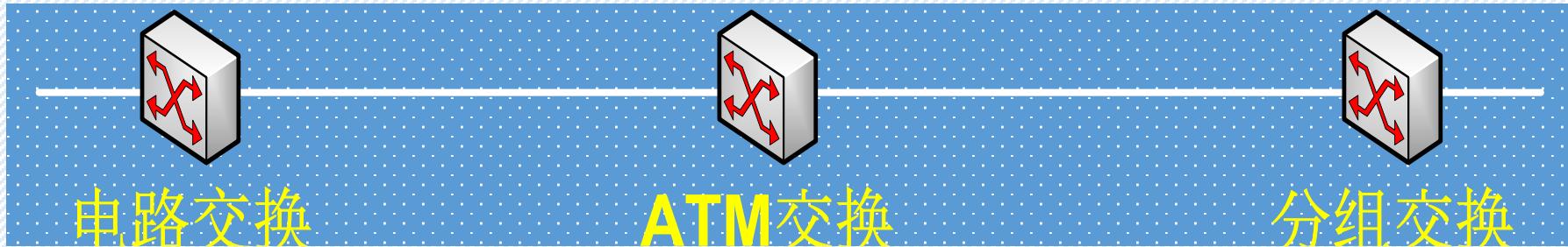
什么是交换(回顾)

- 交换源于电话通信，基本任务：在大规模网络中支持用户间的话音、文本、数据、图像等媒体信息端到端的有效传递。
- 由于交换机的作用为切换信息的传输路径，因此英文为：**switch**；



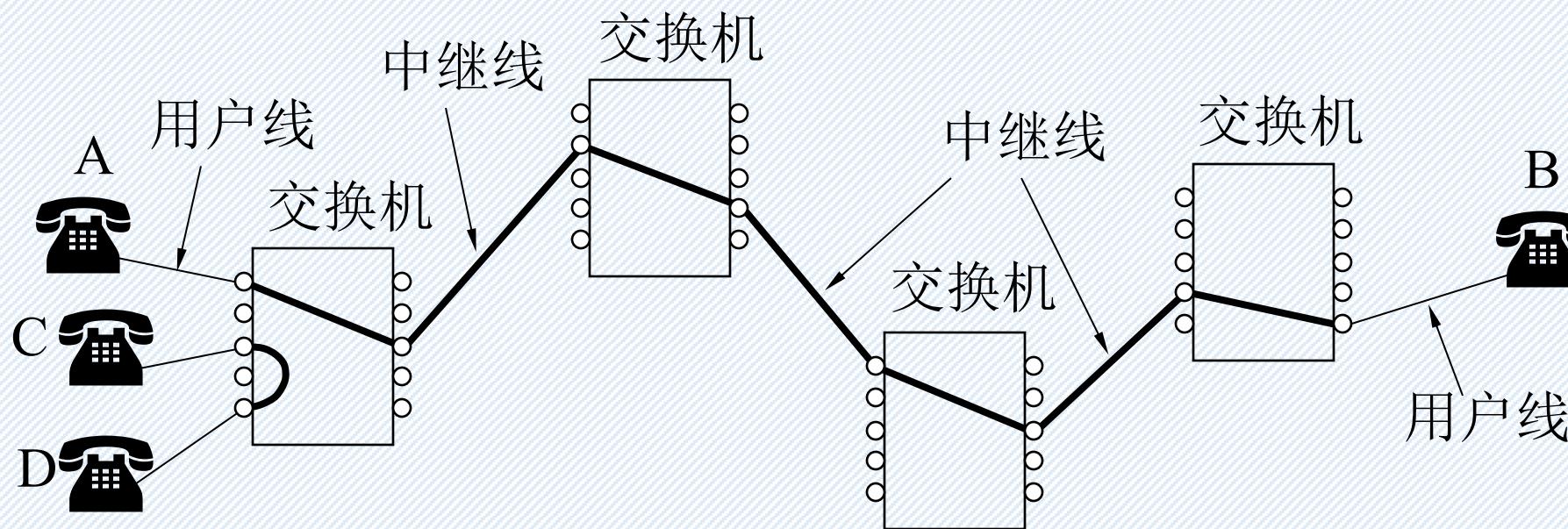
**Initial Deployment of the Telephone Network
Overhead Wires at Broadway and John Street,
New York**

交换方式



- 电路交换
- 多速率交换
- 快速电路交换
- ATM交换
- 快速分组交换
- 帧交换
- 分组交换

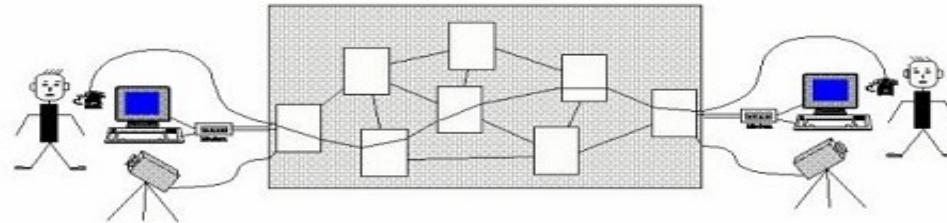
电路交换：示意图



- 通信前，建立物理连接。
- 通信完成，释放连接。
- 面向连接(**connection-oriented**)：建立连接，通信，释放连接。

电路交换VS分组交换

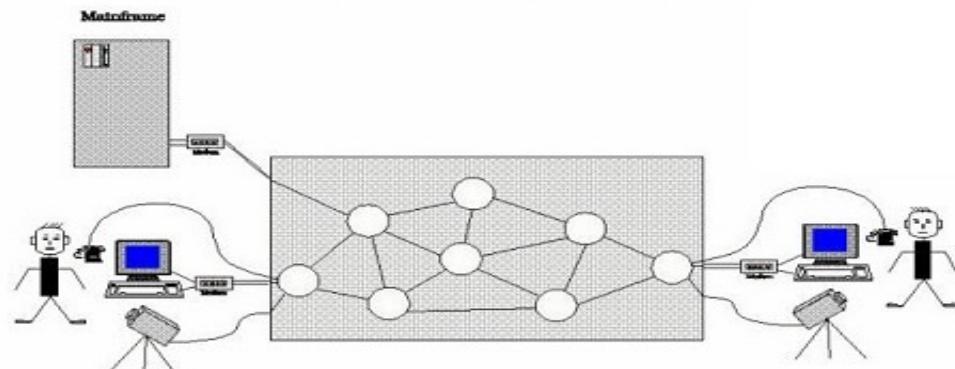
Circuit Switched Network



Receiver

Caller

Packet Switched Network



Receiver

Caller

分组交换会带来什么问题？

- A 较大的时延
- B 不稳定的时延
- C 数据包的丢失
- D 数据包的错序

提交

关于电路交换与分组交换的说法正确的是：

- A 电路交换是面向连接的,带宽利用率高
- B 电路交换的时延低,通话质量高
- C 电路交换适合于传输数据
- D 分组交换动态分配带宽

提交

电路交换 Vs 分组交换

对比的方面	电路交换	分组交换
时延	实时交换；时延及时 延抖动小	存储转发，非实时交换。 无法保障时延和时延抖动
带宽分配	固定分配 带宽，利用率低	动态分配 带宽，利用率高
可靠性	数据透明传输，可靠性不高	数据传输时有差错控制， 可靠性高
抗毁性能	较差	较强
适合业务	电话业务， 实时 业务	突发业务、 数据 业务

(3) 快速分组交换—异步传递方式 (ATM)

- 快速分组交换是一个概念，它包含多种不同的实现方式，且所有的方式都有一个共同的特征，就是具有最小网络功能的分组交换。
- **ATM (Asynchronous Transfer Mode)**是一种采用**异步时分复用方式**、以固定信元长度为单位、面向连接的信息转移（包括复用、传输与交换）模式。兼具电路交换（面向连接，使用虚电路）与分组交换（异步时分复用）的特点。

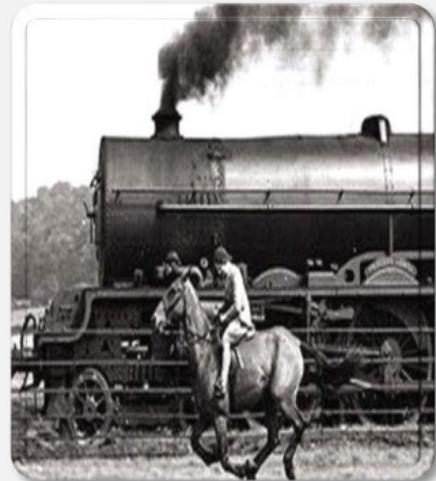


目录

CONTENTS

- 1 引言-电信界面临的各种挑战
- 2 交换技术分类及其发展
- 3 通信网演进趋势
- 4 未来网络

第一次工业革命



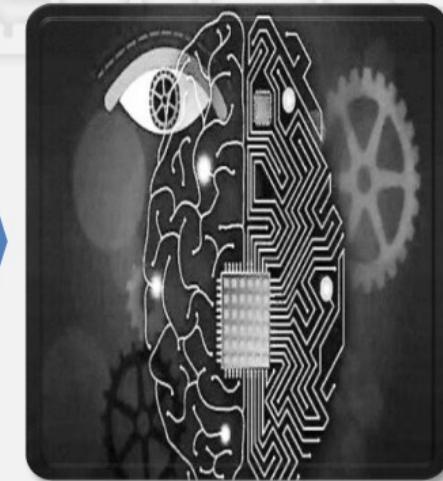
第二次工业革命



第三次工业革命



第四次工业革命



蒸汽时代

1760-1840年，蒸汽机，大工业生产

电气时代

1840-1950年，发电机，电气与自动化

信息时代

1950年代~，信息系统，电子信息化

智能时代

未来：人工智能、智能信息系统

运营商核心网改造

- 核心网扁平化
- ALL IP 架构
- 电信网络将发生端到端的变化，这种变化包括业务网、控制网、承载网、接入网和终端等各个层面，甚至运营商的市场定位和商业模式也会随之改变。
- 可控，可管理的IP网络；
- “带围墙的花园”

水平分割： 智能外移

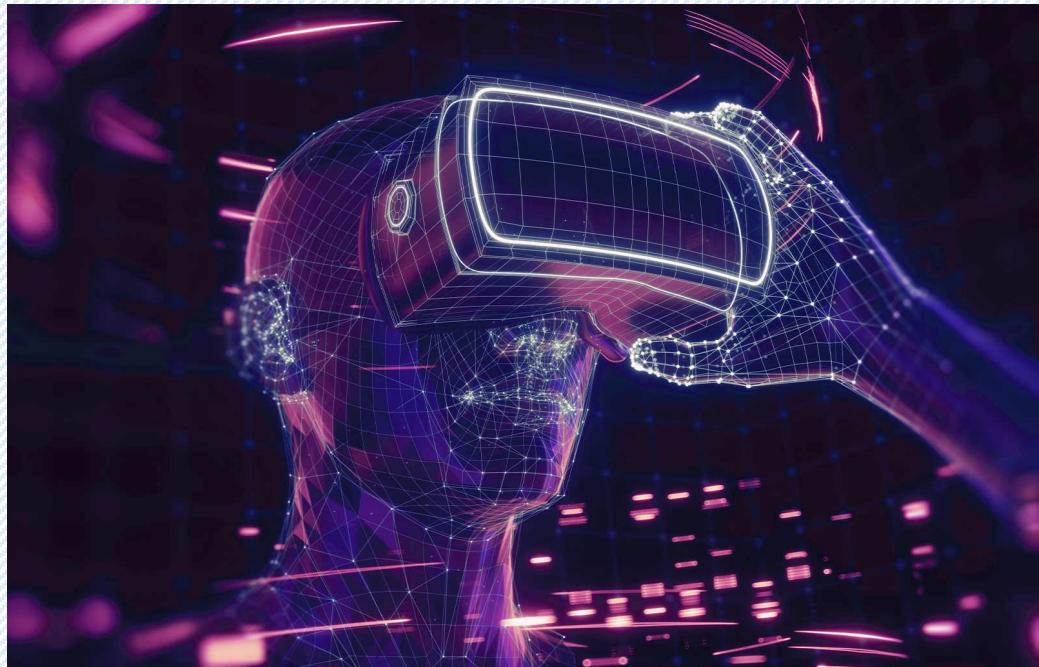
- 网络智能外移：核心-->边缘；边缘路由器-->边缘服务器
- 多种边缘服务器：业务控制服务器；策略服务器；计费服务器等
- 边缘形成一个智能层和服务层：提供丰富的增值宽带业务；保证可靠性和QoS；改善网络性能和端口密度
- 核心网：独立于业务和应用的大容量、低成本、高可靠的传送平台，专职于信号比特流的传送

网络发展趋势

电信网



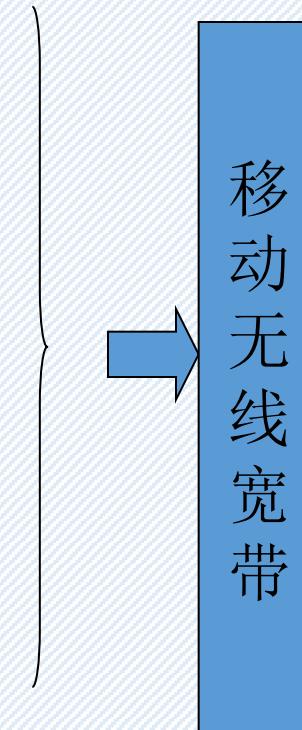
互联网



网络发展趋势-电信网

无线宽带化、宽带无线化

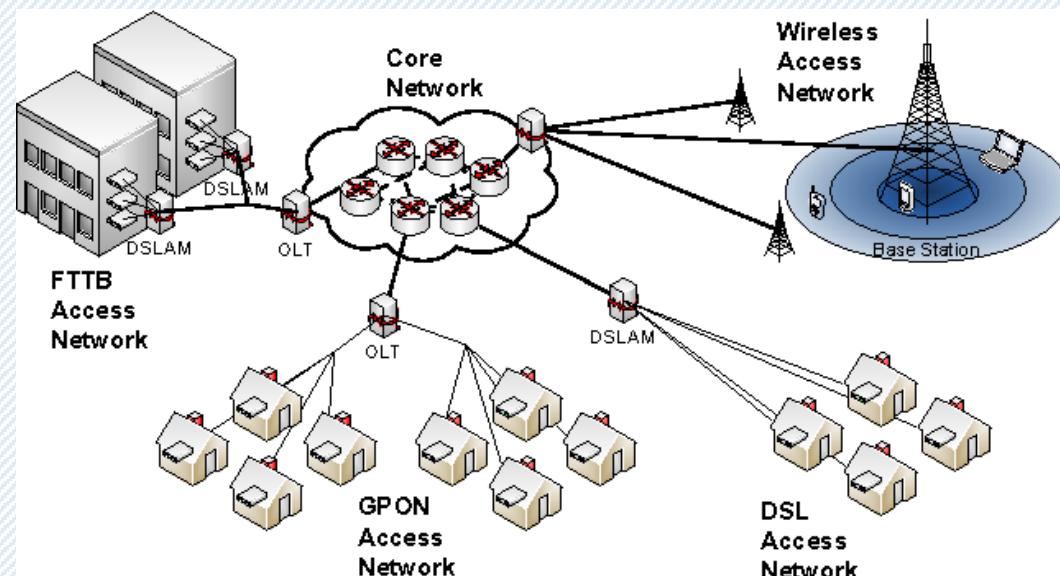
- 传统移动通信网络
 - **2G(9.6kbps)->3G(移动144kbps、固定384kbps)**
→4G(固定1Gbps、移动100Mbps)->5G->6G
- 新兴宽带无线接入
 - **IEEE 802.16d/e/m、802.11a/b/g/n/ax (基于802.11的Wi-Fi Mesh)、802.20**



网络发展趋势-电信网

用户接入泛在化

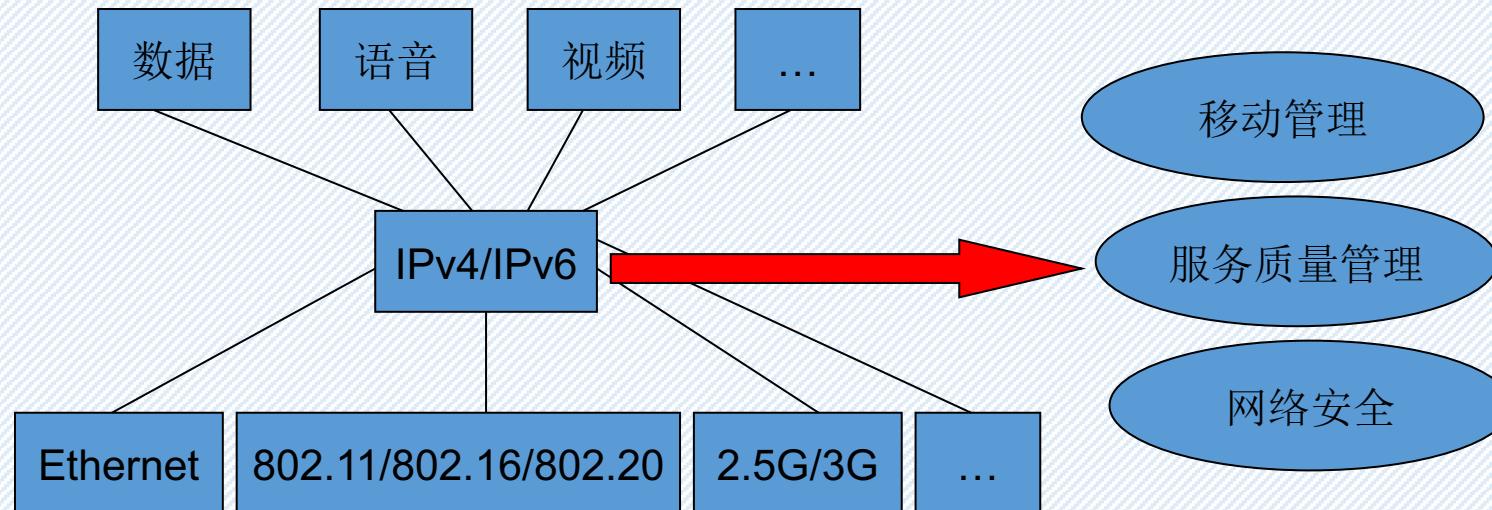
- 网络技术，特别是无线技术的发展，使得用户无论何时、何地都能使用任何方式接入到网络
- 实现泛在接入首先要解决网络融合问题
 - 网络设备异构
 - 网络终端具有的带宽、存储、处理等资源差异很大
 - 从高性能智能终端到只具有网络功能的简单终端
 - 网络技术异构
 - 各种无线接入技术
 - 802.11/802.16/2.5G/3G...
 - 各种类型的网络
 - 基础设施网络、自组织网、传感器网络...
 - 网络应用异构
 - 数据业务
 - 话音业务
 - 流媒体业务
 - 其它类型的媒体业务...



网络发展趋势-电信网

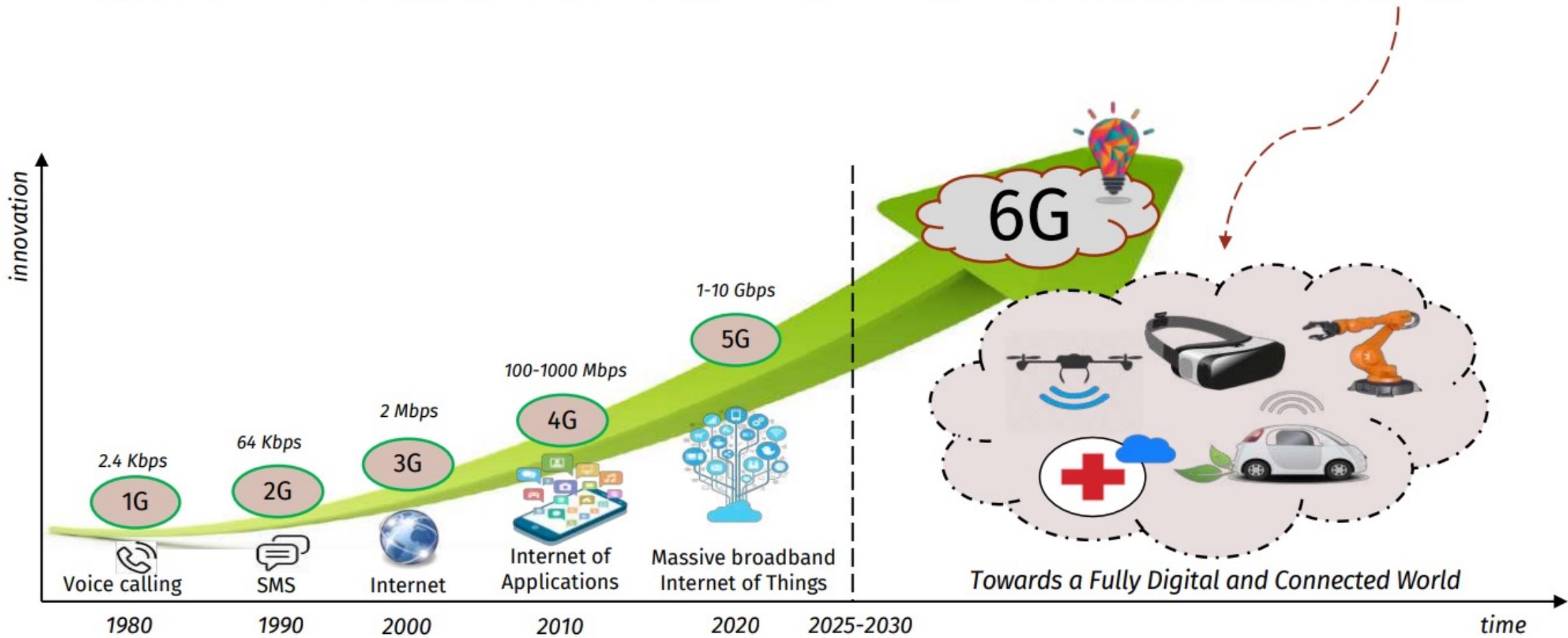
网络业务的IP化

- 向下IP可以适应不同的接入技术，向上IP可以承载多种业务
 - 话音、数据、视频等多种媒体



IP提供的是尽力传送业务

- From 1G to 5G, passing through UMTS and LTE innovations, each generation of mobile technology has tried to meet the **needs** of network operators and final consumers
- The rapid development of **data-centric** and **automated processes** may exceed even the capabilities of emerging 5G systems, thereby calling for a **new wireless generation**



网络发展趋势-互联网

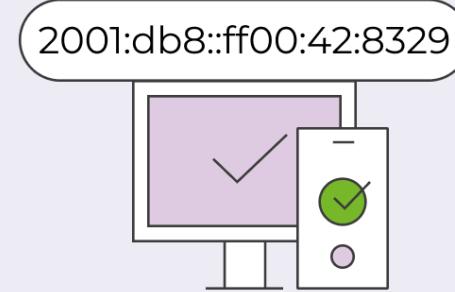
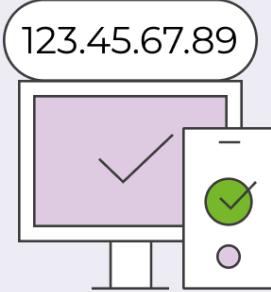
网络智能化、
低时延高可靠

- **IPv6/IPv6+的发展**
- 云计算、边缘计算的大规模商用
- **DetNet (Deterministic Networking, 确定性网络)**
- 触觉互联网
- **Web 3.0**
- **Metaverse (元宇宙)**
- **ICN (Information-centric Networking, 信息中心网络)**

网络发展趋势-互联网

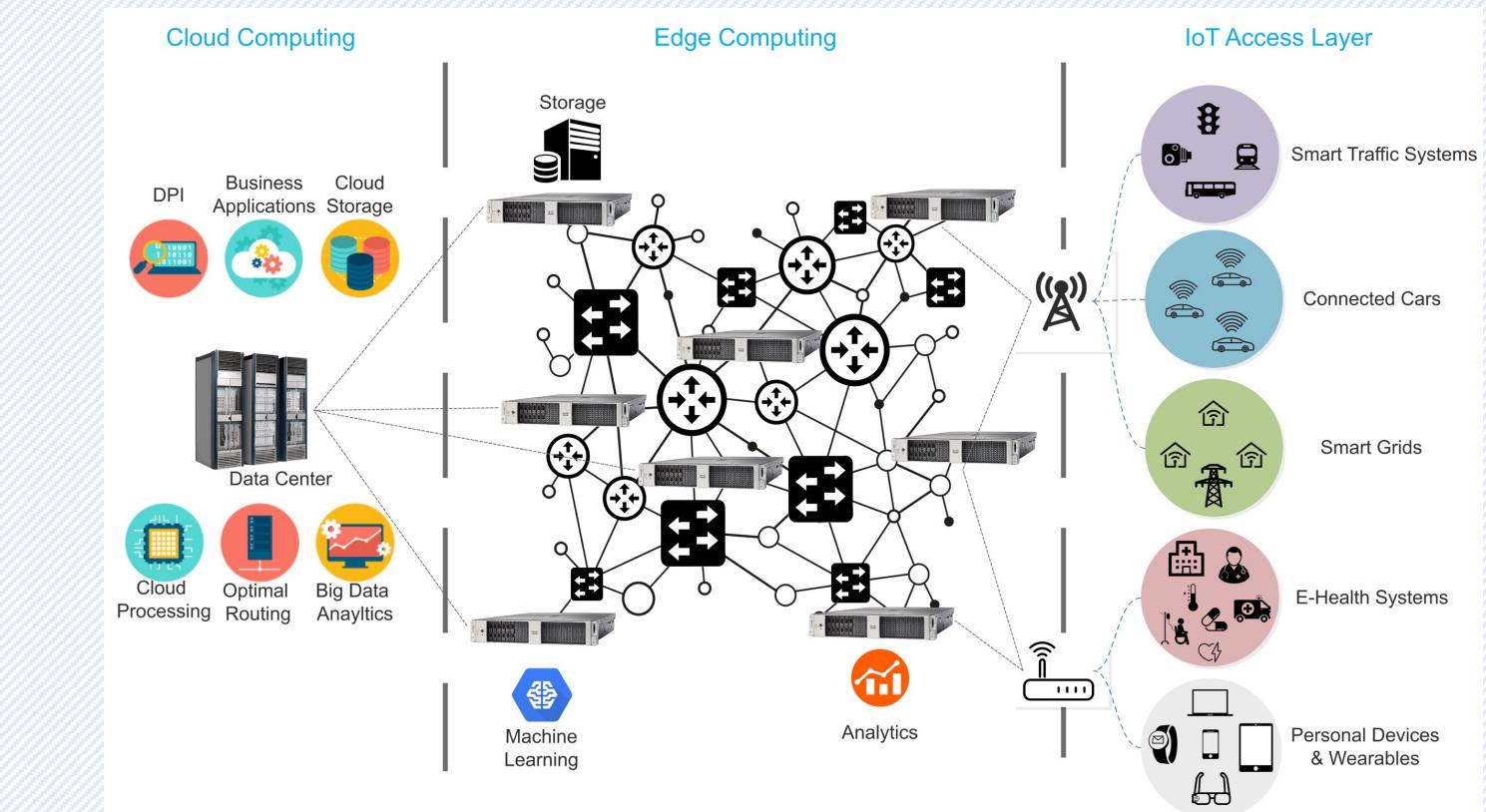
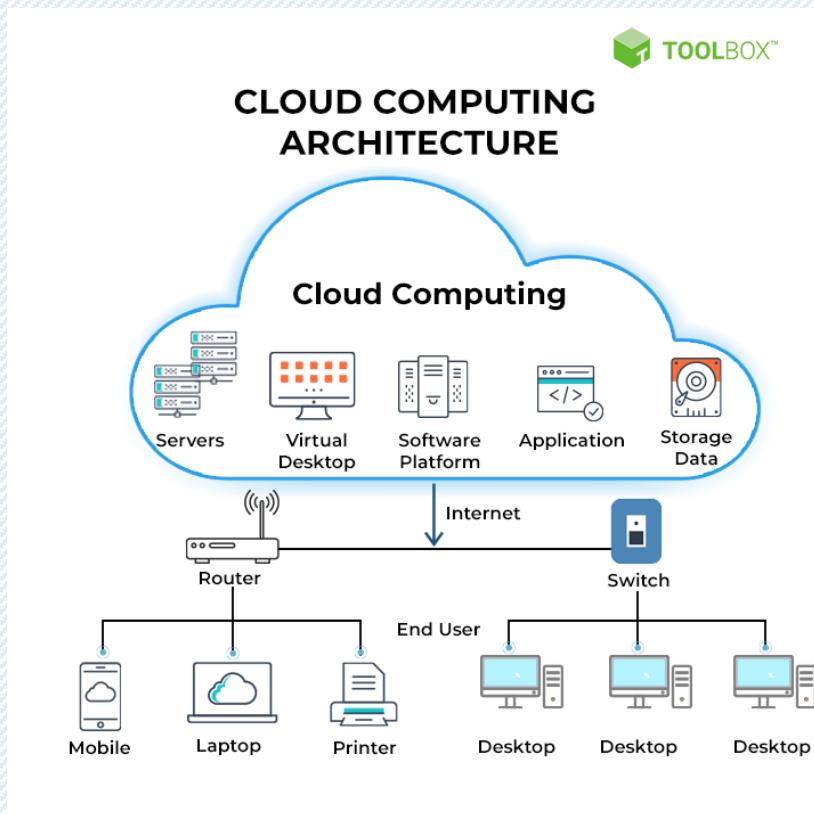
-从IPv4到IPv6

IPV4 VS IPV6



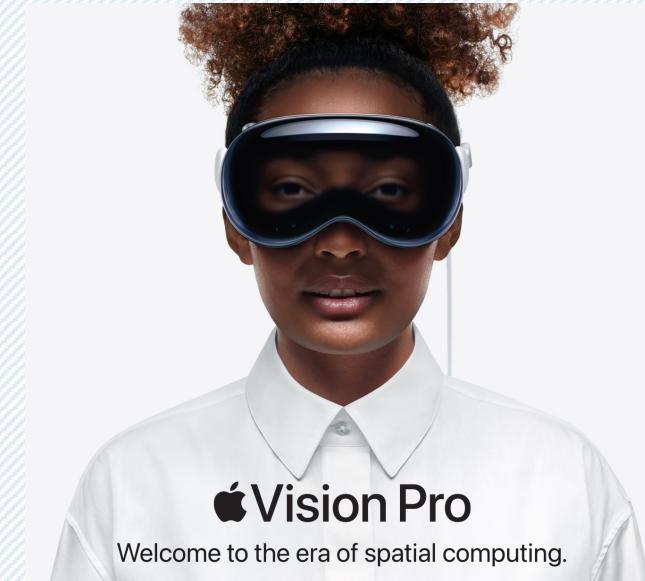
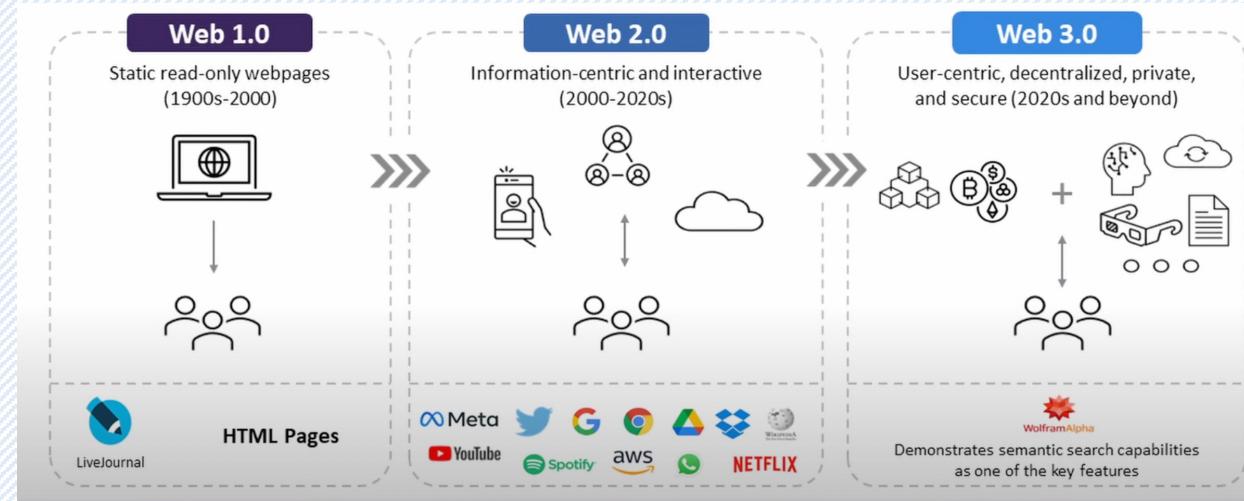
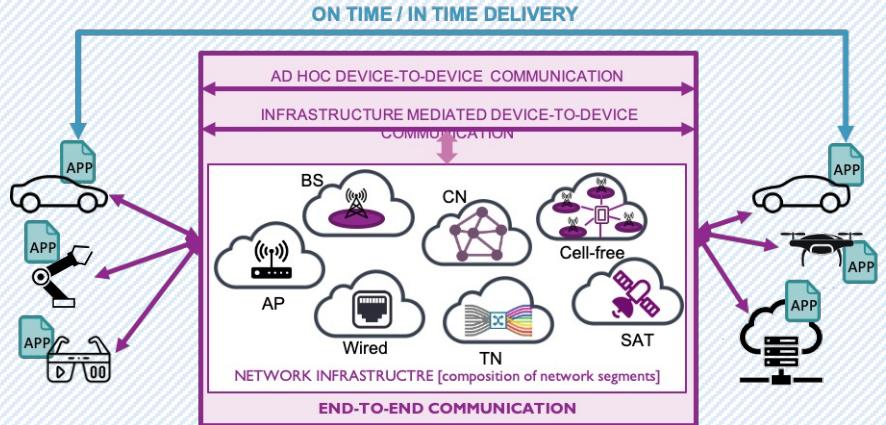
网络发展趋势-互联网

-从云计算到雾/边缘计算



网络发展趋势-互联网

-DetNet, 触觉互联网, web3.0, 元宇宙, ICN



2024

Thank You

