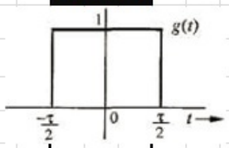
5G系列报告①:通信相关概念

子沐 张涛

光速=波长×频率，即 c=λv

时域信号



均可完全准确还原信号

时域：自变量是时间，纵轴是信号的变化（振幅）.

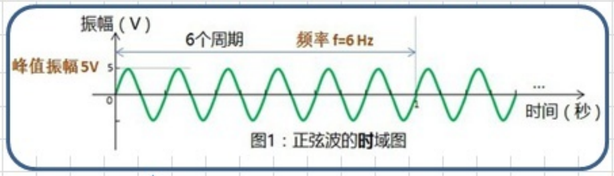


图1：正弦波的时域图

对应　　转换(傅里叶变换)

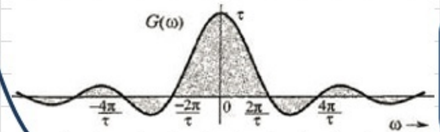
时域信号变化快⇒对应的高频分量权重就大

时域实信号是频域信号$e^{-j2\pi ft}$加权求和，其中频率f的在其中的权重为G(f).(了解即可)

Σ (也可以理解成不同的谐波的线性叠加)

频率：单位时间内完成周期性变化的次数.

即变化的速度：变化快/慢⇒频率高/低.



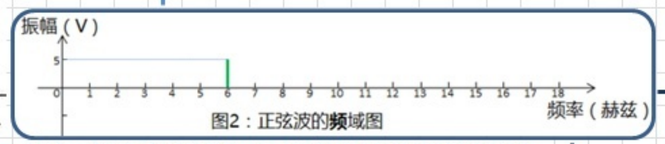


图2：正弦波的频域图

横轴上的点

(注：对于确定信号可以这么说，但对随机信号只能用功率谱来描述，这是另一个话题了)

频域信号

频域：自变量是频率，纵轴是该频率信号的幅度.

时域信号对应的频域信号都会占用一段频谱(频段或频道)

频谱图：横坐标(频率)，纵坐标(功率)

横轴上的区间：**频段**

频谱：频率的分布曲线，即频域信号.

无线通信发展

频谱资源稀缺

全球频谱资源的统一管理需求

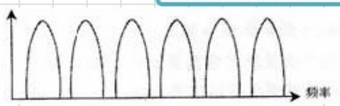
1865,国际电报公约,1934改称ITU

调制解调

基带信号⇒调制(将频域信号等比例挪动f_0)⇒带通信号

周期不同，就将两个电视台的信号在频域上区分开了

eg:CCTV1用f_1,CCTV2用f_2　　分频复用FDM



传统的分频复用多载波技术

调制频率f_0是非常关键的参数

无线通信⇒必须⇒调制⇒必须⇒选取合适的调制频率

正确解调不同的信号源⇒必须⇒正确选取调制频率

规定不同的无线通信的频谱

国际电信联盟ITU

如果A用了这个频率，B就不能用这个频率通信

(无线频谱宝贵的原因)

【结论】在量子通信等新兴通信技术还没发展起来之前，频段永远是无线通信最宝贵的战略资源。

在ITU规范下　**国际电信联盟ITU**

国际电信联盟ITU　每3-4年召开　世界无线电通信大会(WRC)　审议并修订《无线电规则》

用于指导并规范世界各国的无线电频谱使用.

1.将无线电频谱分为14个**频带**

带号	频带名称	频率范围	波段名称	波长范围
-1	至低频（TLF）	0.03－0.3Hz	至长波或千兆米波	10000－1000 兆米（Mm）
0	至低频（TLF）	0.3－3Hz	至长波或百兆米波	1000－100 兆米（Mm）
1	极低频（ELF）	3－30Hz	极长波	100－10 兆米（Mm）
2	超低频（SLF）	30－300Hz	超长波	10－1 兆米（Mm）
3	特低频（ULF）	300－3000Hz	特长波	1000－100 千米（km）
4	甚低频（VLF）	3－30kHz	甚长波	100－10 千米（km）
5	低频（LF）	30－300kHz	长波	10－1 千米（km）
6	中频（MF）	300－3000kHz	中波	1000－100 米（m）
7	高频（HF）	3－30MHz	短波	100－10 米（m）
8	甚高频（VHF）	30－300MHz	米波	10－1 米（m）
9	特高频（UHF）	300－3000MHz	分米波	10－1 分米（dm）
10	超高频（SHF）	3－30GHz	厘米波	10－1 厘米（cm）
11	极高频（EHF）	30－300GHz	毫米波	10－1 毫米（mm）
12	至高频（THF）	300－3000GHz	丝米波或亚毫米波	10－1 丝米（dmm）

3GHz(分米波)以下瓜分完毕,5G优先工作在3.5G频段和毫米波频段.(我国4G频谱:1.8GHz-2.6GHz.)

授权频谱

得到工信部的授权之后才能使用.

eg:2G/3G/4G/5G

授权给移动、联通和电信.

无线通信频谱

非授权频谱

不需要经过工信部同意.eg:WIFI

频谱的使用

FDD(频分复用) 可同时收发

终端的发射和接收频率不同(频分)

TDD(时分复用) 不可同时收发

终端的发射和接收频率相同

2.把全球分为3个区域来管理

不同区域的频谱分配上有所不同

5G系列报告3:移动通信标准演进

移动通信标准演变(3GPP制定,ITU发布)

		欧洲	美国	中国
1990	2G	GSM	CDMA	
2000	3G	WCDMA	CDMA2000	TD-SCDMA
2010	4G	FDD-LTE		TDD-LTE

LTE标准中的FDD和TDD两个模式实质上是相同的,相似度90%.

TD-SCDMA是CDMA技术;TD-LTE是OFDM技术.两者从编解码,帧格式,空口,信令,网络架构,都不一样。

注 ①1G使用模拟蜂窝技术(已淘汰);②WCDMA占3G的80%份额;③3G时,我国使用欧美中标准的分别是联通,电信,移动;④码分多址(CDMA);时分多址(TDMA);正交频分复用(OFDM).

	FDD	TDD
3G时代	FDD是主流	中国政府力推TDD
	推动TDD	中国移动承接,成立GTI联盟.
5G时代	需要更多频谱资源;频谱资源有限.放弃FDD,转向TDD	

TDD成为主流　对TDD理解深刻.

运行网络复杂度高.　中国移动

有2G的GSM,3G的TD-SCDMA,4G的TD-LTE.

对网络的理解更为深刻.

在网络上除了承载语音,数据,还有大量的物联网服务.

通信系统设备

3G时代	华为,中兴借助TD-SCDMA技术积累,在WCDMA进行研发.	核心网络管理系统	核心网
4G时代	华为,爱立信,诺基亚,中兴,三星.	基站	基站
		天线铁塔	
		终端	5G终端
	优势:技术+服务+价格	制造商	手机
	中国,美国,韩国.		

端到端(5G)

芯片需求

计算芯片,存储芯片.

专用芯片.(管理控制)

感应芯片.

计算芯片,基带芯片,存储芯片.

我国运营商网络部署能力

网络覆盖能力.

我国4G基站数350万;总基站数640万;

美国4G基站30万,印度总基站数70万.

SA独立组网(欧美NSA非独立组网)

国家强力推动&市场庞大(助于降低成本).

5G提升社会管理能力&社会效率,降低社会成本.

5G是多项应用的基础:

移动互联;智能感应;大数据;智能学习;……

芯片,模块;硬件产品;研发+生产

eg.小米智能家居;环境监测产品.

5G系列报告2:5G设备产业链

各国制定国内的无线电规则

我国由工信部规定5G频段

中频:3.3-3.6GHz,4.8-5GHz

高频(拟):

24.75-27.5GHz,37-42.5GHz

	标准	峰值速率	工作频谱带宽	Massive MIMO	调制阶数
3G	WCDMA	14.4Mbps	5MHz	无	16QAM
		21Mbps			64QAM
4G	FDD LTE	150Mbps	20MHz	2×2MIMO@20MHz	64QAM
5G		1Gbps	≥3.5GHz	8流/16流或更多	

香农定理(峰值速度)

$C = Blog_2(1+SNR)$

C:信道容量;

B:工作频谱带宽;

SNR:信噪比.

电磁波频谱：

	电波	过渡频带	光波			
频率(Hz)	10^6,10^8,10^{10}	10^{12}	10^{14}	10^{16}	10^{18}	10^{20}
	无线电波		红外线	紫外线	X射线	γ射线
			可见光			

可用于移动通信的频谱：

频率(Hz)　0.3M　3M　30M　300M　3G

中频　高频　甚高频　特高频

趋势： **1G到5G,频率越来越高**

波长越短　频率越高　频段越大

衍射差　传播衰减大　速度越快

覆盖能力变弱,基站数量大增➔**微基站**(降低成本)

eg.中频频段宽度=3-0.3=2.7(MHz);超高频=2.7GHz

天线长度=波长的1/10~1/4

Massive MIMO

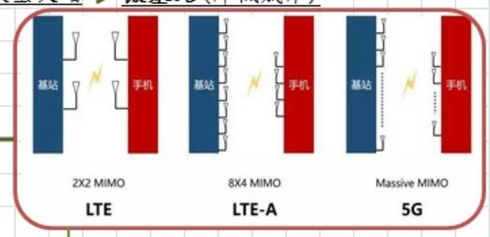
大规模天线技术

天线数量：

4G:4➔8➔16;

5G:64➔128➔256

天线阵列(基站)



表达: n×m MIMO或nTmR,T:发射;R:接收.

波束赋形　**变化：** 全向信号覆盖➔精准指向性服务

电磁波指向所提供服务的手机,跟据手机的移动而转变方向.

波束之间不会干扰;

相同的空间中提供更多的通信链路;

极大地提高基站的服务容量.

计算芯片：

美国最强,英特尔是华为&中兴最重要的供应商.

存储芯片：

美国,韩国,中国台湾省.

专用芯片：

美国较强(未垄断),除英特尔,高通外,还有大量企业生产各种专用芯片.(海思,展锐,中兴微电子)

智能手机芯片：

4G时代:高通,联发科.

苹果,三星,华为研发旗舰机的芯片,不采用高通.

5G时代:三星5G手机采用高通.华为采用自己的5G芯片.联发科会坚持,展锐会在5G中低端产品芯片上发力.

感应器：

数量将大增.恩智浦,村田制作所有一定优势.

知乎 @张子沐

通信系列报告②:5G设备产业链

子沐 张涛

4G网络架构图

上行/后向→ 终端 ⚡ 下行/前向←

现阶段:

基站: 天线 — 馈线 — 射频拉远单元RRU — 光纤 — 中心主机房: 室内基带处理单元BBU — 光纤 — 核心网: 分组核心演进EPC

天线 → 天馈系统

射频拉远单元RRU: 将基带光信号转成射频信号放大传送出去.

光纤: 公共无线电接口CPRI: 定义RRU和BBU间的接口标准

室内基带处理单元BBU: 集中放置在机房,进行基带信号和IP数据包转换.

前传:从RRU到BBU间的连接,采用CPRI规范.

1根光纤串联多个RRU(省钱)

回传:从BBU到EPC间的连接,其传输优化是运营商关注的焦点.

分组核心演进EPC: 4G核心网包括用户接入MME/用户管理HSS/转发数据SGW/对外接通PGW等,而SGW和PGW都有控制面CP和用户面UP.

基站建在本地网 → 增加时延 ← 核心网挂在省公司

投资领域❻:终端-天线

4.5G阶段:4×4 MIMO(iPhoneX是2×2 MIMO)

三星Note7,华为P10,小米MIX2.

终端天线阵列继续扩容

5G初期或不向下兼容(另准备4G/3G天线)

空间限制更严格(手机轻薄化)

技术: LDS天线(激光直接成型)

FPC天线(柔性电路板)

焦点不是技术,而是材料

LCP材料(液晶聚合物) — 设计和制作难度很高

可解决5G高频,手机全面屏等问题,符合天线向射频前端集成的趋势.

生产商: 村田(日),安费诺(美),嘉联益(台),立讯(台).

注:信维通信17.11下跌,18.01消息称其不是苹果2018新机天线供应商.

结论:以宏站为主业的综合性通信厂商将继续占领.

投资领域❷:基站-小站

小站特点:小,要素基本与宏基站相同.

RRU,BBU,有源天线,直放站.

4G时代:宏站覆盖为主,小站定向补充.

5G时代:小站数量大幅增加.

原因:

① 5G频率高,波长短,覆盖范围小.

② 室分系统换血.

用室内分布方案来保证指定区域拥有理想的信号覆盖.

4G时代多加一个配套RRU即可,但旧有室分器件不支持5G高频.

解决方案:有源室分系统.

① 中移动计划新型室分占比到70%.

② 华为很早就在推有源室分 LampSite解决深度覆盖问题.

射频前端(RFFE)

射频芯片传送接收器 — 基带芯片

功率放大器 → 双工器 → 开关 → 天线调谐器 → 天线

低噪声放大器 ← 滤波器 ← 开关

投资领域❼:终端-射频前端

趋势:集成化

5G所需元件增加→电路板空间紧张.

主要做法:并购以求关键技术互补.

天线 / 射频前端 / 芯片 / 手机后盖 — 终端

关键点:功率放大器&滤波器

功率放大器(PA)

射频信号需放大到足够的功率才能送到天线上辐射出去.

直接决定手机无线通信距离,信号质量甚至待机时间.

5G时代对PA带来的改变:

单机需求数量和复杂制作成本↑↑

集成化的多发地,开关和双工器以加入,单机成本:4G $2.6;5G $7.

制作工艺变迁:GaAs/GaN制程工艺将逐渐替代CMOS,利润↑

硅单晶材料 → →	砷化镓 → →	氮化镓
Si CMOS,低端商用	GaAs,高端民用	GaN高端军用

高端被领跑,但中高端代工有向国内转移趋势.

芯片厂商三种模式:①Fabless,只做设计,eg.高通;②Foundry,代工厂,eg.台积电;③IDM:全产业链一条龙,eg.射频三寡头Skyworks,Qorvo,Avago.

滤波器(Filter)

(让有用信号通过,反射无用信号,最终得到一个特定的频率)

整个射频前端RFFE最大的蛋糕→射频前端整体集成的最高门槛

几何级数的增长

① 新型天线MIMO架构可能在每根天线后都加滤波器,手机终端同频段的滤波器同步增加.(数字概念:单机数量从4G的30+颗增到5G的100+颗)

② 5G高频段对滤波器性能要求非常苛刻,必须用新滤波器.(新旧并存)

进化之路

声表面波SAW(低端产品)

电信号→声信号→电信号输出

①低频段表现优异,技术成熟,成本低;②高频段没戏;③温度变化对性能影响很大.

热补偿SAW(TC-SAW)

过渡产品,没有解决高频适用性,制作工艺和成本亦是介于中间.

体声波BAW(BAW对24GHz以上仍无能为力,前瞻技术采用毫米波MEMS滤波器)

适用于5G高频段,对温度变化不敏感,体积非常小,制作工艺和成本均高.

现状:Murata和TDK垄断SAW,Avago和Qorvo垄断BAW.(附:小基站对BAW的需求(体积))

国内(SAW低端产品毛利率并不好看,但国内产能缺口非常非常之大)

中电26所(重庆声光电):华为,中兴SAW供应商,提供军工产品,与麦捷科技合作.

中电55所(德清华莹):有产品&技术,无市场,与信维通信合作开发终端滤波器.

低温陶瓷共烧工艺LTCC:可理解为RF模块集成必选之路(元件尺寸趋小),领军:村田(日).

信维通信搞定射频电子材料,磁性材料和LTCC工艺;麦捷科技LTCC射频元器件国内市场份额第一.

5G网络架构图

基站: 有源天线AAU → 天线+RRU,馈线消失.

光纤(前传) OTN — BBU-DU — 光纤(中传) — BBU-CU — 光纤 — Core-UP — 光纤(回传) SDN — 核心云 Core-CP

分布式单元DU → DU往RRU下沉

负责满足实时性需求,同时具有部分底层基带协议处理功能.

减小前传容量,降低前传成本

集中式单元CU

具有非实时的无线高层协议功能,支持核心网下沉到接入网.

边缘云MEC: BBU-CU, Core-UP

本地网

指令 → 控制面CP

软件定义网络SDN

建立核心云与边缘云间的连接,并集中控制网络切片.

部署新功能不再被硬件限制.

SDN化

投资领域❶:基站-天线

Massive MIMO大规模天线技术

MIMO:多根发射天线和接收天线.	Massive:产生维度飞跃.
4G时代已熟练运用	射出更强信号

相对独立不太需要等标准制定,在Pre-5G阶段就可以上线.

事件:2017.4,中移动正式采购.

优点:大幅提升频谱效率进而提高网络容量,降低干扰,降低时延,降低基站成本.

上游:原材料

部分向中游展业.

中游:寡头

华为,凯瑟琳,康普:65%

下游:寡头

运营商/设备商采购.

结论:竞争激烈,且龙头不在二级市场(华为).

天线阵列不便用馈线连接.

集成所需的射频器件技术.

有源天线AUU(有源/无源:有没有电源.)

=接收天线模块(无源天线)+低噪声放大模块+电源供给模块

有源器件用来进行信号放大和变换,无源器件用来进行信号传输.

优势:

①RRU和天线合并,简化配套要求,可快速安装/更换.

②馈线部分损耗减小,提升网络覆盖性能.

③尺寸小,选址难度低.(小站时代降临)

打通产业链做集成

馈线需求减少

光传送网OTN

运用波分复用技术WDM(用于光纤骨干网),成倍提高容量.目前主要用在光纤受限和时延要求高的场景.

精雕细琢一根纤.

相关标准尚在制定和讨论之中

OTN并没有把光纤踢掉

只是在相同条件下减少光纤用量.

结论:对光纤需求量并没有太多的冲击.

投资领域❹:传输-光纤光缆

光纤:没有技术革命,全部靠量.

需求:基础行业周期+5G时代预期

2016触底,2017上升

2017扩产+2年扩产周期

5G需求不好估算,但光纤增量是必然的

国产化程度较高的单一核心(光棒)产业链条

拼的就是龙头企业规模效应

需求量:进口替代已经基本完成,可内可外.

中移动光缆安装量=北美+西非+东欧+中东

产业链

光棒(光纤预制棒)(除小部分,均自给)

原料(锗矿石,多晶硅)+(H_2,He_2)=石英玻璃棒

产业链利润占比70%,技术最高,有壁垒.

光纤(光棒拉丝制成光纤)

光缆(光纤加上保护套制成光缆)

投资领域❺:核心网

减少时延 必须下沉

硬件 ← 解耦 → 软件

(硬件软件拆散)

结论:解耦后,运营商理论上会有更多选择,目前还未确定.

软件 → 上云端

NFV化

网络功能虚拟化NFV

把网络从物理基础设施分离出来搞到虚拟机上,

灵活性↑成本↓.

衍生出多个虚拟网络适配不同场景应用,叫做网络切片.

移动边缘计算MEC

部署在中央机房,在靠近数据源头的网络边缘侧实时处理数据,降低时延和网络负担.

网络去中心化,将核心网功能下沉

数据 → **用户面UP**

下沉,缓冲数据压力,接近用户,降低时延

5G:海量数据 → 前传部分的流量绝对会爆表 → 带宽的需求↑

投资领域❸:传输-光模块

光模块(进行光电转换的器件):

升级历程:10GE→25GE→50GE→100GE

对应速率:40Gbps→100Gbps→200Gbps→400Gbps

4G时代用10GE,5G早晚得用100GE

选25/50 GE做过渡(省钱)

新增:AAU和DU之间光纤连接

直接用CPRI:烧光纤又烧100G光模块的钱

新需求:云服务商

其数据中心对带宽和时延的要求比运营商更高,高端光模块需求增加.

结论:量价齐升,美好时代.

光模块是接口,光纤是线.

BBU-DU靠近AAU,为前传带宽需求缓冲,可降低接口速率要求(eCPRI)

投资领域❽:终端-芯片

更偏向芯片板块

产业变迁:美→日→韩台→大陆

产业链

芯片设计:日美垄断;

芯片制造:设备制造&晶圆代工.

封装测试:技术最低.

国内不能自足

投资领域❾:终端-手机后盖

5G硬性要求:金属板对电磁波有屏蔽,所以天线不能被金属后盖挡住.

后盖材料趋势:玻璃和陶瓷

氧化锆陶瓷壁垒比较高,着眼能够整合的老玩家即可.(三环集团)

通信系列报告③:移动通信标准演进

子 張
沐 涔

摩托罗拉(二战时加尔文公司,电子管电台)

模拟信号
连续的信号,抗干扰弱.

FDMA

1973,第一部类手机.
1984,手机面世

应用领域
公司业务,车载电台呼叫,跨国的无线对无线远程通讯需求不强.

标准混乱
1国有1个或多个1G标准.

1G

数字信号
离散的信号,抗干扰强.

催生2G研发

80s,民用领域数字信号转音频有一定积累.

eg.1982,索尼&飞利浦推CD光碟.

通信网络是高精尖科技

单一国家无力,抱团

欧洲

1982,欧洲统筹2G开发,整合1G时混乱的标准.
基本要求:跨国组网.

1990:首个GSM规范说明完成

技术:CDMA系统容量是GSM的10倍以上.

欧洲研究3G ← GSM的巨大成功

1988-1992,RACE I程序
1992-1995,RACE II程序
1995,ACTS
1998.12,成立3GPP.

3GPP:以GSM核心网为基础推3G.

方案已尽可能地避开高通专利

1998,提交3GPP

	GSM	IS-95
工作频段	900/1800MHz	800MHz
无线接口	TDM	CDMA(窄带)
核心网	MAP协议	IS-41协议
商用时间	1991年	1995年
延续	GPRS,EDGE	EVDO

变革:国际漫游,SIM卡,160字短信

VS:欧洲大力投资GSM;CDMA起步较GSM晚,美国国内资源被分散.

理论速率<1Mbps

结果:GSM商用更早,市场份额大(80%)

2G

2000.5,ITU确定WCDMA,CDMA2000,TD-SCDMA三大主流无线接口标准,写入3G技术指导性文件IMT-2000

高通授权FDD

CDMA

2000开始用3G,直到07,08才真正普及.(**原因:智能手机,各种应用**)

为了抗衡CDMA1XEV-DO

HSDPA高速下行分组接入
亦称为3.5G(3½G).在WCDMA下行链路中提供分组数据业务,传输速率可达8-10Mbit/s.

合称为HSPA

HSUPA高速上行链路分组接入
采用多码传输,HARQ,基于Node B的快速调度等关键技术,单小区最大上行数据吞吐率:5.76Mbit/s.

无线技术

WCDMA
CDMA/FDD/MIMO
R99/R4:理论上可达2Mbit/s
在R5规范中引入了HSDPA;
在R6规范中引入了HSUPA.
HSPA:**5.76Mbps/14.4Mbps**
HSPA+增强型高速分组接入技术
HSPA强化版,最高下行21Mbps.
结果:①WCDMA完爆CDMA2000;
速率格式:理论最高上行/下行.

CDMA 2000
CDMA/FDD
CDMA EV-DO Rev.0:153.6Kbps/2.4Mbps
CDMA EV-DO Rev.A:**1.8Mbps/3.1Mbps**
CDMA EV-DO Rev.B:9.3Mbps
结果:②CDMA2000只在北美,最大海外网是中国电信;

可从原有CDMAOne直接升级到3G,建设成本低廉.
1x EV-DV技术实现难度较大,不具备商用化条件.

高通挫折,但专利费很赚

TD-SCDMA
CDMA/TDD
TD-SCDMA R4
MC-HSDPA
HSUPA
HSPA+
结果:③...

3G

专利流氓手段:
① 建立垄断的专利布局;
② 将专利技术(CDMA)套入通信标准;
③ 将CDMA演算法整入芯片(SoC).

美国

1985,高通成立 → 收专利费

1989,改善CDMA

制定2G标准

CDMA比TDMA有优势,但技术复杂,运营商怀疑技术可行性.

1997.4,ITU公开征集3G标准,要求有一定数量专利.

2G:高通败
1999.1,成立3GPP2

3GPP2:以CDMA为基础,推CDMA2000

对抗WCDMA,美国支持TD-SCDMA,高通部分授权.

中国

1998,香山会议,跟进3G

大唐电信 ← 国企私化,1998成立即上市

专利数不足 ← 购买西门子TD-CDMA

专利数达标

TD-SCDMA提交3GPP → 建设TD-SCDMA

背景:1998,我国2G方兴未艾
① 硬件从零开始;
② 技术储备落后;
③ 外国不理,只能自己搞.

大唐(主) + 中兴 + 华为

踢皮球

溜去WCDMA,CDMA2000

2000,韩国开3G;2001,日本开3G;2004初,美国发放3G牌照

2002,施压大唐 → 全力投入TD-SCDMA

运营商重组,2009.1,同年发放3G牌照

电信	联通	网通	移动	铁通
CDMA	GSM			
新电信	**新联通**		**新移动**	
	被削弱		最强	
CDMA2000	**WCDMA**		**TD-SCDMA**	

2008.5,3G试点

XG	无线蜂窝制式	上行速率	下行速率	无线接口
2G	GSM(EDGE)[2.75G]	118kbps	236kbps	TDMA
	CDMA 2000(1X)	153kbps	153kbps	CDMA
3G	CDMA-2000(EVDO RA)	1.8Mbps	3.1Mbps	CDMA
	TD-SCDMA(HSPA)	2.2Mbps	2.8Mbps	CDMA
	WCDMA(HSPA+)	5.76Mbps	42Mbps	CDMA
3.9G	LTE-TDD	50Mbps	100Mbps	OFDM
	LTE-FDD	50Mbps	150Mbps	OFDMA

频分多址(FDMA)
总频段划分为若干个等间隔,互不交叠的频道分配给不同的用户使用,每个频道的宽度都能传输一路话音信息,在相邻频道间无明显的串扰.

时分多址(TDMA)
把时间分割成周期性不交叠的帧,每一帧分割成若干个不交叠的时隙,根据一定的时隙分配原则,使各个移动台在每帧内按指定的时隙发送信号.

无线技术简述

码分多址(CDMA)
用不同码型地址码划分信道,地址码对应信道,各信道对时间及频率共享.在发射端,信息数据被高速地址码调制;在接收端,用一与发端相同的本地地址码控制的相关器进行相关接收,其它与本地地址码不同码型的信号被作为多址干扰处理.

正交频分复用技术(OFDM)
3G时代:当时看,CDMA频谱利用率高,OFDM的关键问题是高速情况下的多普勒效应难克服.后续情况:电子器件处理速度没有预想高,CDMA下,多用户检测技术由于器件处理速度不够没法使用,导致3G预期远低于理论.实际应用中,慢速/静止占绝大比例,让OFDM的问题不是问题,且孤岛式的应用更适合OFDM.OFDM调制和解调是分别基于IFFT和FFT实现(IFFT成本↓).

发展进度
2004.12,3GPP多伦多会议立项&启动LTE.
2007.3,LTE/系统架构演进测试联盟(LSTI)成立.
供应商+运营商全球性合作的产物.
2008.Q4,3GPP在Release 8首次提出LTE.
在Release 9版本中进行少许改良.
2009.12,首张LTE网络.
TeliaSonera电信在挪威,瑞典提供.
2011,北美运营商开始LTE商用.
2011,3GPP提出LTE-A作为4G技术标准.
准备把W-CDMA汰换掉,采用OFDM.(**防高通**)

继承关系更小

OFDM被再次重视.

4G:高通+3GPP2推UMB
众厂商弃坑,高通放弃.
2008.11,UMB卒.

声称继续支持WiMAX

英特尔:WiMAX
2007,ITU接受.

欧洲:不给设备
中国:不给市场

属3G标准,使用OFDM.

无法攒用户基数.
2010,英特尔解散WiMAX部门.

3.9G **LTE-FDD**(商业名称:FD LTE)
无线技术:OFDMA/MIMO/SC-FDMA
理论下行最大传输速率为201Mbps
20M带宽2X2MIMO在64QAM情况下.
FDD优势
速度快
对称业务
广域覆盖

长期演进技术LTE
未匹配ITU要求的4G标准;
给予GSM/UMTS网络运营商最平滑的升级路线;
LTE-FDD与LTE-TDD相似度90%.

结果	4G网(张)	用户终端设备	4G网络(国)
FDD	95%	655款	20国
TDD	5%	166款	13国
		2013.4.	2013.12.

12国(混合)

3.9G **LTE-TDD**(商业名称:TD LTE)
TDD优势
省资源
非对称业务
FDD频谱利用率降低约40%.
热点区域覆盖

与TD-SCDMA继承不大;帧结构参照TD-SCDMA

大唐电信发布业界首款TD和TD-LTE-A双模芯片.

发展进度
2005.6,3GPP会议,大唐移动提出演进方案.
2005.11,3GPP通过大唐移动主导LTE TDD提案.
2006.6,LTE规范制定阶段开始启动.
2010,高通联手中国移动作出LTE TDD产品演示.
2013.4,爱立信演示TD-LTE上行单用户MIMO技术.
2013.12,工信部向三大运营商颁发TD-LTE牌照.
2015.2,中国电信&中国联通获得LTE FDD牌照.

LTE-Advanced FDD → 2010.10,ITU确定LTE-A(包含我国提交的TD-LTE-A)和802.16m为4G标准 ← **TD-LTE-Advanced**
技术:沿用SC-FDMA(**DFT-S-OFDM**)技术(上行),Enhanced UL/DL MIMO.
技术参数:带宽:100MHz;**峰值速率:500Mbps/1Gbps**;峰值频谱效率:上行15bps/Hz,下行30bps/Hz.

4G

第一阶段:Release-15 5G NR(新空口)规范.
2017.12,3GPP完成,旨在支持随后的5G大规模试验和预商用
内容:制定非独立部署5G NR的技术规范.
侧重:提供增强型移动宽带(eMBB)服务.
非独立部署5G NR
利用现有的LTE无线和核心网,将其作为移动性管理的锚点并提供网络覆盖,同时增加5G NR载波.
第二阶段:Release-16将在2019年底发布.
真正的5G标准.

5G

高通观点:虽然最早的商业部署从2019年就开始,5G真正大范围普及预计要等到2025年.

2015,ITU-R确定5G三大主要的应用场景

❶ **增强型移动宽带(eMBB)**
覆盖范围更广(更好)
sp.大规模建筑中的体验提升
网络容量的提升(带宽提高)
支持多设备同时使用大量数据.
经济价值而言,逊于另两个场景.
eg.VR和AR(虚拟现实和增强现实)

❷ **关键任务服务(MCS)**
也称**高可靠低时延连接URLLC**
技术:自包含集成子帧,
可伸缩传输时间间隔.
时延:显著降低,低于1毫秒,
可靠性远超4G.
eg.无人机,工业流水线,自动驾驶汽车.

❸ **海量物联网(Massive IoT)**
3GPP定义:≥100万台设备/km²时刻连接
物联网设备很简单,传输信息量也不大,少量的低频频段带宽即可.
硬件成本↓,网络低功耗+低成本连接
全新应用领域,5G变革性的影响.
eg.资产跟踪,智能农业,智慧城市,能源/公用事业监控,实体基础设施,智能家居,远程监控,信标,联网购物.

传感器,调制解调器

我国5G进展
2013,中国信通院成立IMT-2020推进组.
3个小组:5G需求,5G无线技术,5G网络技术.
2014,IMT-2020推进组:《5G愿景和需求》,4个场景:
广域连续覆盖,热点高容量小区,低时延高可靠,低功率海量物联网.
提交ITU并采纳
2015,发布无线技术和网络技术白皮书
主要技术:UDN,Massive MIMO,新型波形与多址,新编码,NFV,SDN,网络切片.
2015.9,工信部领导的5G技术研发试验正式开始
2015,第一阶段:单项技术验证
2016,第二阶段:验证基站到终端通信能力
2017,第三阶段:将验证多厂商的互通能力

天线 无线发射/接收设备
所有无线接口特有的信号处理部分

媒体资源处理
承载控制功能
媒体转换
支持各种不同呼叫相关业务.

GSM 全球移动通信系统

基站子系统

MS 移动台 — Um — **BTS** 基站收发台 — Abis接口 私有接口 — **BSC** 基站控制器

MGW 媒体网关 — **MGW** 媒体网关 — **PSTN** 电话网

网络子系统

MSC/VLR Server 移动交换服务器 拜访位置寄存器 — **GMSC Server** 移动交换服务器

直线:承载信道
用于语音,视频,数据或多媒体传播.

虚线:信令通道
信令,专门控制电路的信号.

空中接口
定义终端设备与网络设备间电波链接的技术规范.
GSM:Um;UMTS:Uu.

BTS和MSC的连接点,为BTS和MSC交换信息提供接口.BSC通常控制若干个BTS.

MSC:转换所有移动电话,PSTN,其他移动电话之间的呼叫.

HLR 归属位置寄存器 — **AuC** 鉴权中心

用于管理和控制下面的多个基站.

UE 用户设备 — Uu HSDPA — **Node B** 移动基站 — Iub接口 (IP) — **RNC** 无线网络控制器 — Iu接口 (IP) — **SGSN** 服务GPRS支持节点 — Gn — **GGSN** 网关GPRS支持节点 — **Internet** / **IMS** IP多媒体子系统

UMTS 通用移动通信系统;
完整的3G移动通信技术标准.

核心网和RNC之间的信令交互.

GSM/GPRS/EDGE网络核心网的网元,它为鉴权和加密流程提供三参数组,以保证非授权的用户不能使用相应业务.

网关作用
网关:类似翻译器,用在不同通信协议,数据格式,体系结构的两种系统之间.

一种网络结构,植根于移动领域.

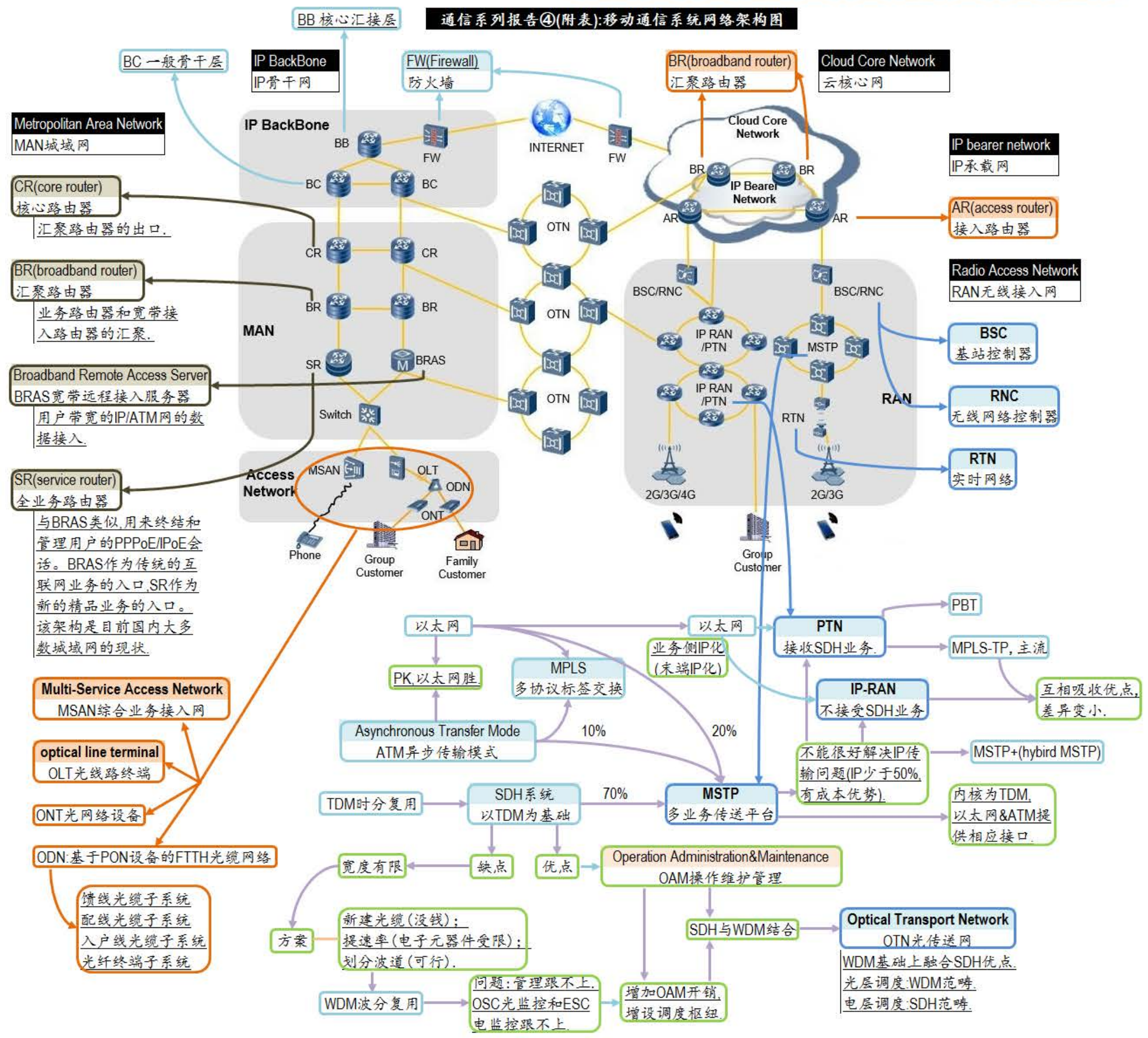
R99:UMTS的第一个版本为R99(99年发布).
与GSM类似,包括终端+接入网+核心网.
R4:在Uu上增加TD-SCDMA标准;
在核心网侧的电路域部分,使用移动软交换架构.
R5:在Uu引入HSDPA;
在接入网中引入IP承载,实现全网IP传输,即全IP;
引入IMS.

RNC功能
无线资源管理功能
保持无线传播的稳定性和无线连接的服务质量.
控制功能
所有和无线承载建立+保持+释放相关的功能.

VLR:动态数据库,VLR与**MSCS**合设,协助MSCS记录当前覆盖区域内的所有移动用户的相关信息. — 动态位置信息 ⇆ 永久签约数据 — **HLR**:永久存储+记录所辖区域内用户的签约数据,并动态地更新用户的位置信息.
动态更新和调整 — 不随用户位置不同而变/删除.
+
AuC:安全性管理单元,存储用以保护移动用户通信不受侵犯的必要信息.向HLR提供鉴权参数

子 張
沐 涔

通信系列报告④(附表):移动通信系统网络架构图



通信系列报告⑤
Internet发展史

子張沐涔

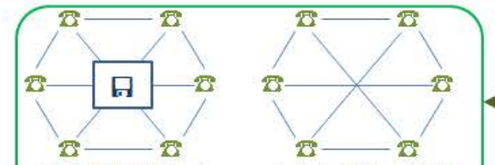
1957.10.4.苏联发射人类第一颗人造地球卫星Sputnik.
严重刺激
美国国防部(DoD)
指挥中心一旦被核弹袭击,全军瘫痪.
指挥去中心化
将科技用于军事领域
1958 高级研究计划局(ARPA)组建.
指令控制研究(CCR)

1958.安纳多利·基托夫提出"红书方案".
红书方案
建立国家计算机网络中心,全国各机构联网,军事与国民经济管理纳入其中.
1959.安纳多利·基托夫写信给赫鲁晓夫介绍"红书方案".
结局:信被军方截下,对军民结合共享网络方案气愤,认为威胁国家防御.后将安纳多利·基托夫开除党籍.

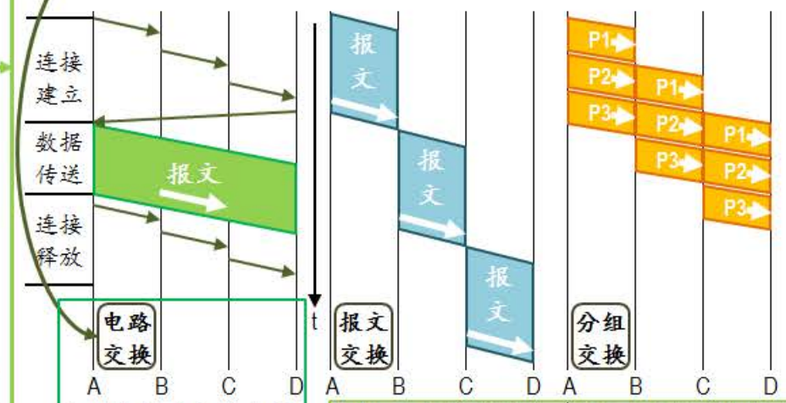
苏

1962.古巴导弹危机
核弹会破坏电离层,长波失效.需用分布式网络进行远距离通信.
苏联当时需要100万人从事数据统计与管理.
1962.维克多·格卢什科夫,苏联信息技术之父
计划建立国家计算和信息处理自动化系统OGAS.
OGAS设想
剥离军事部分,将注意力转移到国民经济生产方面.
以电话线为依托,连接欧亚大陆的所有工厂企业,
莫斯科设中央主机,连接200多个大中城市的二级中心,
二级中心各自连接数万个电脑终端.
建立企业间结算,同时辅助追查现金流动的电子货币系统.
1965.维克多的研究所网络诞生虚拟国家"赛博托尼亚"
颁布宪法,
举办活动,
发行货币,
颁发护照.
1970.维克多完成OGAS的数据准备工作,递交给苏联领导人.
财政部不满OGAS削弱自己地位,造成百万人失业.
高层激烈讨论,将规模大幅缩水.
结局:只有一些城市网络,但没有互相连接.

约瑟夫·利克莱德
全球互联网公认的开山领袖之一,MIT心理学和人工智能专家.
1962.约瑟夫·利克莱德离开MIT,加入ARPA,后将CCR更名IPTO,成为IPTO首席执行官.
双重身份:军方+学界
任内,据估计美国计算机科学领域研究的70%由ARPA赞助.
信息处理处(IPTO)
电脑图形
网络通讯
超级计算机等
说服:用数据包而非电路进行通信在理论上可行.
1964.伊凡·沙日尔兰德.
1965.1969,鲍勃·泰勒.
ARPA网(阿帕网)立项
美
拉里·罗伯茨
阿帕网之父,后负责IPTO.
1967.加入ARPA.设计整个阿帕网
1968《资源共享的计算机网络》
基于包交换理论的去中心化网络系统(分布式)



1876.2.亚历山大·贝尔(美)提交电话专利.
1877.贝尔电话公司成立.
1878.人工交换机出现.
1889.A.B.史端乔(美)发明步进制电话交换机.



实时性好,稳定性高,因双方独占通信资源,线路利用率很低.
1960s.唐纳德·戴维斯(NPL)和保罗·巴兰(美)分别发明分组交换.
采取存储转发技术,传送前,不需提前建立连接,不会持续占用链路.
1960s.英国国家物理实验室(NPL)提出商用网络概念.因商用数据量庞大,戴维斯发明分组交换.
英

骨干网

斯坦福研究院
犹他大学
加州大学圣巴巴拉分校
加州大学洛杉矶分校
LO
LOGIN
1969.ARPAnet建立.
AT&T提供速率为50kpbs的通信线路.
通信处理机:交换处理机(IMP,路由器前身)
终端交换处理机(TIP)
IMP子网络
Internet的早期骨干网
美国国防部高级机密保护之下,技术上不具备向外推广的条件.
1971.添加夏威夷大学Aloha网,后添加伦敦和挪威的几个网,节点增至15个.

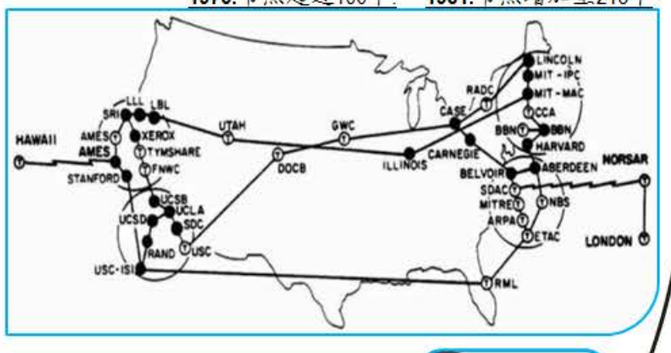
协议
大部分电脑互不兼容.
陆军:DEC;空军:IBM;海军:Honeywell.
底层软硬件差异,需统一网络传输规则
1970.12.通信协议:Bob Kahn开发,Vint Cerf参与:网络控制协议NCP.
NCP仅能用于同构环境
只有深入理解各种操作系统的细节才能建立一种对各种操作系统普适的协议.
1969.S.Crocker创建请求注解(RFC)系列注释文档.
RFC文档开放访问.
能够自由获取基本文档(esp.各种协议规格),加速互联网发展.
RFC:发行协议的标准模板
RFC2026:RFC文件成为官方标准过程:因特网草案→建议标准→草案标准→因特网标准

1971.Ray Tomlinson(美)发明电子邮件.
把一个可在不同电脑网络之间进行拷贝的软件和一个仅用于单机的通信软件进行功能合并.

Bob Kahn & Vint Cerf
关注
1973.Kahn和Cerf开发出TCP协议和IP协议.
基于CYCLADES理念
1974.12.Kahn和Cerf正式发表TCP/IP协议,并进行详细说明.
四层协议
验证实验:使一个数据包由一端发出,经近10万km后到达服务端,数据包没有丢失一个字节.

法
1970s.Louis Pouzin(法)建立CYCLADES.Pouzin多次赴美学习ARPAnet
1973.Pouzin巴黎和法国东南部城市Grenoble公开建立首个网络连接.
CYCLADES
经费不如阿帕网,因此侧重于与其他网络的相互连接.
1974.法国总统乔治·蓬皮杜去世.
1978.政府大幅精简CYCLADES项目预算.

1975.节点超过100个.
1981.节点增加至213个



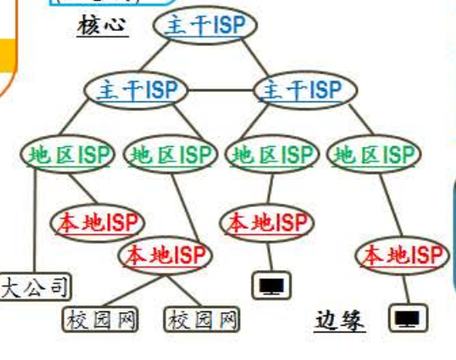
Tim Berners Lee(英)
万维网之父
1980.构建问询计划,试图将大量数据按照内容关联组织起来,方便查找.但思想没有流传开.
1989.Tim Berners Lee(英)建议使用一种全球超链接系统.
1991.该协议称为World Wide Web,即万维网.
通过因特网访问,由许多互相链接的超文本组成的系统.
应用

万维网三项关键技术
URL统一资源定位符(网页地址)
协议名+主机地址+端口号+文件路径
eg. http://home.baidu.com/index.html
协议 服务器 文件路径
HTML超文本标记语言
定义超文本文档的结构和格式.
网页中哪里是标题,哪里是超链接.
HTTP超文本传输协议
规定客户端和服务器之间如何交流

1993.4.30.欧洲核子研究组织宣布万维网免费.同年Mosaic浏览器推出,可现实图片,万维网流行.
1994.Lee赴麻省理工组件万维网联盟W3C,负责万维网标准制定.

1981.9.IPv4在IETF发布的RFC 791中被描述.
1983.1.1.TCP/IP协议正式替代NCP.自此,TCP/IP成为大部分因特网共同遵守的一种网络规则.
TCP/IP前,多规则并存
1974.IBM发布系统网络体系结构(SNA),按分层方法制定.
1970s末.DEC公司发布数字网络体系结构(DNA).
1984.美国国防部肯定TCP/IP协议,成为多数计算机共同遵守的标准.
TCP/IP版本
TCP v1;TCP v2;1978年TCP v3和IP v3;稳定的TCP/IP v4(当今使用).
2019.11.26.全球43亿个IPv4地址分配完毕,没有更多的IPv4地址可分配给ISP和其他大型网络基础设施提供商.
1996.用于定义IPv6的RFC发表,最初版本为RFC 1883.
2011.用于PC和服务器上的操作系统基本都支持高质量IPv6配置产品.
IPv6地址长度128位,是IPv4的4倍.号称可以为全世界的每一粒沙子编上一个地址.
IPv6与IPv4并存

ISP:互联网服务提供商(运营商)



1983.美国国防部将阿帕网分为军网(MILnet)和民网(APRAnet).
1990.2.28.APRAnet硬件被移除.
局域网和广域网的发展进一步推动互联网.
1986.美国国家科学基金会ASF(National Science Foundation)建立NSFnet.
建立
全美国按地区划分的计算机广域网
连接
NSF超级计算机中心
NSFnet
PK
WIN
1990.6.NFSnet彻底取代ARPAnet成为Internet主干网,演化成今天的互联网.
1990.9.Merit,IBM和MCI公司联合建立一个非盈利的组织:先进网络科学公司ANS(Advanced Network & Science Inc.).
ANS目的:建立一个全美范围的T3级主干网,可以45Mbps传送数据.
1991.底.NSFnet的全部主干网都与ANS提供的T3级主干网相联通.

通信系列报告⑤:网络协议

子張沐涛

应用层 功能:规定应用程序的数据格式

TCP协议可为各种程序传递数据,如Email,WWW等.规定电邮,网页数据的格式的各种应用程序协议,构成应用层.

用户数据 ⇩⇩⇩⇩
Appl头 | 用户数据 ⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩
TCP头 | 应用数据 ⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩
IP头 | TCP头 | 应用数据 ⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩⇩
以太网头 | IP头 | TCP头 | 应用数据 | 尾

[IP地址]⇨标记主机;[协议+端口号]⇨标记进程(应用).

各种程序的数据格式

如何标识🖳上的应用程序?
答案:端口,即应用与网卡关联的编号.

TCP/IP四层	TCP/IP五层	OSI七层协议
应用层	应用层	应用层
		表示层
		会话层
传输层	传输层	传输层
网络层	网络层	网络层
网络接口层	数据链路层	数据链路层
	物理层	物理层

应用层

用户数据
Appl头 | 用户数据
TCP头 | 应用数据
IP头 | TCP头 | 应用数据
帧头 | IP头 | TCP头 | 应用数据 | 尾

应用层: 规定程序的数据格式.

传输层: 标记应用.

网络层: 标记主机.

数据链路层: 广播&网关转发.

物理层: 电信号传输.

10101010101010…

应用层	用户
表示层	
会话层	
传输层	
网络层	
数据链路层	
物理层	硬件

不同语言无法沟通.
↓
通信须统一标准
↓
互联网协议
定义计算机如何接入internet,以及接入internet的计算机通信的标准.

下层为上层的基础.

传输层 功能:建立端口到端口的通信

端口范围0-65535,0-1023为系统占用端口.

TCP协议

可靠传输,长度:TCP数据包≤IP数据包.

TCP包没有长度限制;为保证效率,确保单个TCP数据包,不必再分割.

TCP包: head | data

以太网包: 以太网头 | IP头 | TCP头 | 数据

UDP协议

不可靠传输,"报头"部分8字节,总长度≤65,535字节,正好放进一个IP包.

以太网头 | IP头 | UDP头 | 数据

TCP报头

源端口(16bit)						目的端口(16bit)
序列号(32bit)						
确认序列号(32bit)						
数据偏移(4bit)	保留	URG	ACK	PSH	RST	SYN	FIN	窗口(16bit)
校验和(16bit)						紧急指针(16bit)
选项和填充						

数据包的第1个字节的序列号.

URG⇨紧急指针有意义. RST:复位TCP连接.
ACK⇨确认序列号有意义. SYN:SYN报文(建立TCP连接).
PSH:Push功能. FIN:没有数据要发送(关闭TCP连接).

告诉TCP连接对端我能接收的MAX数据长度.

TCP工作方式

①建立连接
- 🖳 → SYN报文 → 🖫 — 进入SYN_SEND状态.
- 🖳 ← SYN-ACK报文 ← 🖫 — 进入SYN_RECV状态.
- 🖳 → ACK报文 → 🖫 — 进入Established状态.

②连接终止
- 🖳 → FIN → 🖫 — 🖳执行主动关闭.
- 🖳 ← ACK ← 🖫 — 🖫接收并确认,执行被动关闭.
- 🖳 ← FIN ← 🖫 — 🖫关闭套接字socket(见右下角).
- 🖳 → ACK → 🖫 — 🖳接收并确认.

每层运行常见物理设备

传输层	四层交换机,四层路由器
网络层	路由器,三层交换机
数据链路层	网桥,以太网交换机,网卡
物理层	中继器,集线器,双绞线

通信步骤主线

① 分配地址;
② 打包数据;
③ 明确目标;
④ 建立通信。

网络层 功能:引入新地址来区分不同的**广播域/子网**.(该地址即网络地址)

IP协议 → 规定**网络地址**的协议,定义的地址称为 **IP地址** → 网络部分:标识**子网**; 主机部分:标识**主机**

作用:①为**每台**计算机分配**IP地址**;
②确定哪些地址在**同一子网络**.

广泛采用v4版本:IPV4,
规定网络地址由32位2进制表示.
范围:0.0.0.0-255.255.255.255
一个IP地址通常写成四段十进制数,例:172.16.10.1

子网掩码 子网属同一广播域.
表示子网络特征的一个参数.
形式与IP地址相同(32位二进制数字).
网络部分=1,主机部分=0.

例 IP地址172.16.10.1,假设网络部分是前24位,主机部分是后8位.
子网络掩码:11111111.11111111.11111111.00000000,十进制记做255.255.255.0
根据子网掩码**判断**任意两个IP地址是否处在同一子网络:
1st.将两个IP地址与子网掩码分别进行AND运算;
2nd.结果相同⇒在同一个子网络中,否则就不是.

AND运算:两个数位都为1,运算结果为1,否则为0.

例 已知IP地址172.16.10.1和172.16.10.2的子网掩码都是255.255.255.0,是否属同一子网?
IP1:172.16.10.1:10101100.00010000.00001010.000000001
255255.255.255.0:11111111.11111111.11111111.00000000
AND运算结果:10101100.00010000.00001010.000000000→172.16.10.0
IP2:172.16.10.2:10101100.00010000.00001010.000000010
255255.255.255.0:11111111.11111111.11111111.00000000
AND运算结果:10101100.00010000.00001010.000000000→172.16.10.0
→ 结果相同,在同一个子网络.

IP数据包 分为head和data部分,IP包直接放入以太网包的data部分.

若IP包>1500字节,需要分割成几个以太网包分开发送.

IP包: head (20~60Bytes) | data (最长为65,515Bytes)

以太网包: 以太网头 (18Bytes) | IP头 | IP数据 (46~1500Bytes)

通信基于mac广播方式实现,如何获取目标主机的mac?

ARP协议 协议工作方式:**每台主机IP都是已知的**.

例 主机172.16.10.10/24访问172.16.10.11/24

1st.通过IP地址和子网掩码区分出自己所处的子网.

场景	数据包地址
同一子网	目标主机mac,目标主机IP.
不同子网	网关mac,目标主机IP.

ARP协议

主机将包含目标IP地址的ARP请求广播到网络上所有主机,并接收返回消息,以此确定目标mac.

2nd.分析172.16.10.10/24与172.16.10.11/24处于同一网络.

	源mac	目标mac	源IP	目标IP	数据部分
发送端主机	发送端mac	FF:FF:FF:FF:FF:FF	172.16.10.10/24	同:172.16.10.11/24 异:172.16.10.1	数据

若不是同一网络,则上表中目标IP为172.16.10.1,通过ARP获取的是网关的mac:

🖳1 → 广播 → 网络A 网关A → 目标不在A → 网络B 网关B → 广播 → 🖳2
响应 ← 网络A 网关A ← 网络B 网关B ← 响应

网关:一个网络通向其他网络的IP地址.

互联网由彼此隔离的局域网组成,须区分哪些🖳属于同一广播域.
是⇨广播方式发送;
不是⇨路由方式(向不同广播域/子网分发数据包).

物理层 功能:发送高低电压(电信号).
高电压:数字1;低电压:数字0.

电信号(0,1)无意义,需规定多少位为一组,每组什么意思.

早期分组方式众多,后标准化.

数据链路层 功能:定义**电信号分组**方式.**以太网协议(Ethernet)**

以太网规定 帧:1组电信号构成1个数据包.
帧的组成:报头head+数据data.

发送端&接收端地址即网卡的地址(mac地址).

规定接入互联网的设备都必须具备网卡.

帧:

head	data
发送者/源地址:6Bytes 接收者/目标地址:6Bytes 数据类型:6Bytes	数据包的具体内容
固定18Bytes	46~1500Bytes
64~1518Bytes	

超过限制就分片发送.

mac地址
每块网卡拥有唯一的mac地址.
长度:48位2进制,由12位16进制表示.
[前6位:厂商编号,后6位:流水线号]

IEEE802.1Q

6Bytes	6Bytes	2Bytes	2Bytes	2Bytes	46~1500Bytes	4Bytes
目标MAC地址	发送源MAC地址	TPID	TCI	类型	数据部分	CRC

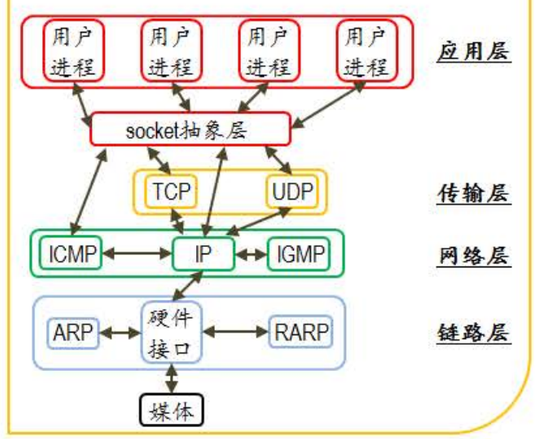
0x8100 内含12bit的VLAN标识. CRC经重新计算.

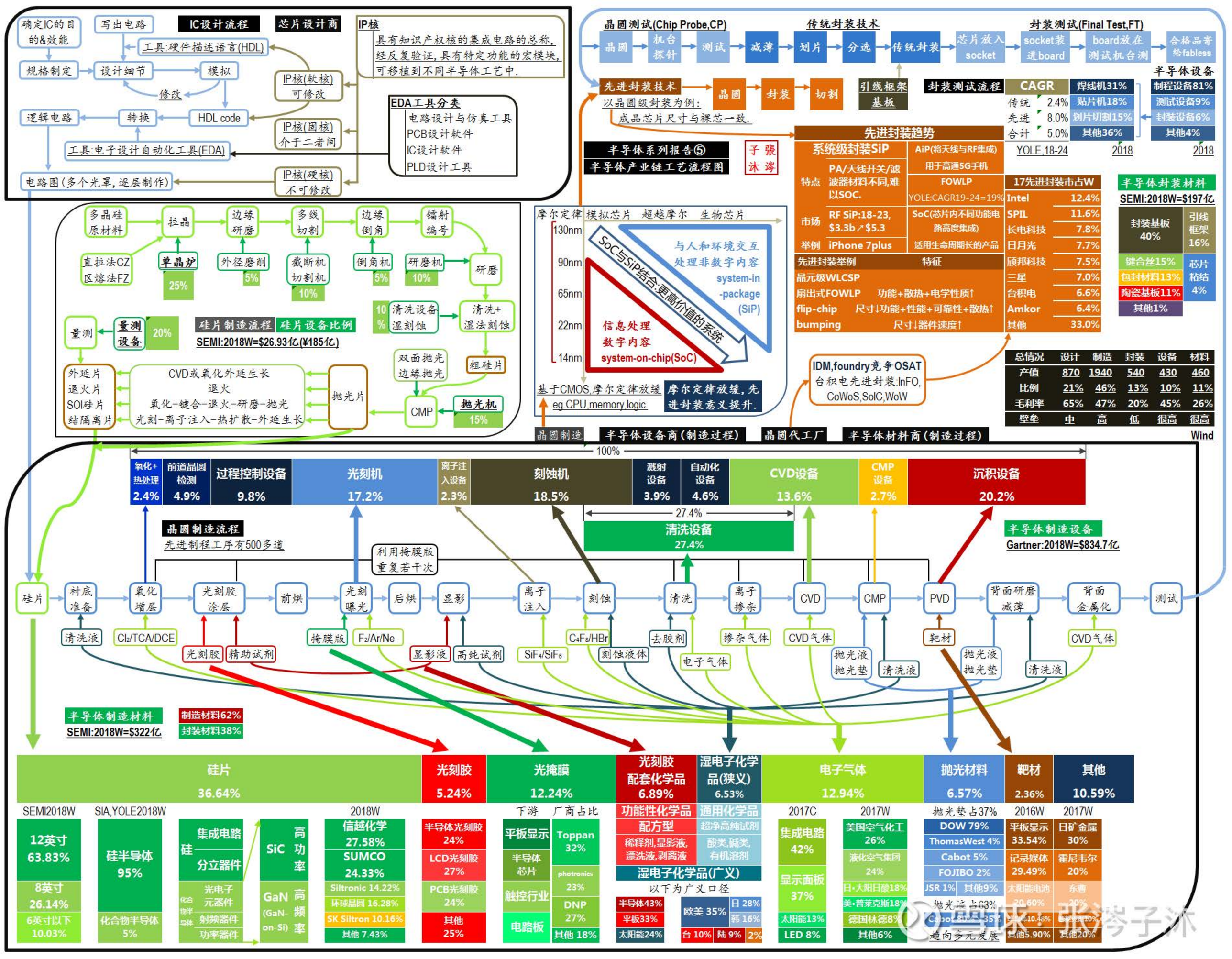
广播
广播示意图: ← 按此格式
🖳1 发送以太网包 目标🖳4 → 🖳2,🖳3,🖳4,🖳5 都收到 → 查看目标mac → 🖳4:是,响应 / 🖳其它:不是,丢弃

此通信方式要求PC在同一网络内.

socket套接字 在应用层和传输层之间的抽象层.
TCP/IP层复杂的操作→抽象→简单的接口.

供应用层调用已实现进程在网络中通信,通讯结束时关闭.




IC设计流程
芯片设计商
确定IC的目的&效能
写出电路
工具:硬件描述语言(HDL)
规格制定
设计细节
模拟
修改
逻辑电路
转换
HDL code
工具:电子设计自动化工具(EDA)
电路图(多个光罩,逐层制作)
IP核(软核)可修改
IP核(固核)介于二者间
IP核(硬核)不可修改
IP核
具有知识产权核的集成电路的总称,经反复验证,具有特定功能的宏模块,可移植到不同半导体工艺中.
EDA工具分类
电路设计与仿真工具
PCB设计软件
IC设计软件
PLD设计工具
晶圆测试(Chip Probe,CP)
传统封装技术
封装测试(Final Test,FT)
晶圆
机台探针
测试
减薄
划片
分选
传统封装
芯片放入socket
socket装进board
board放在测试机台测
合格品寄给fabless
先进封装技术
以晶圆级封装为例:
成品芯片尺寸与裸芯一致.
晶圆
封装
切割
引线框架
基板
封装测试流程
CAGR
传统 2.4%
先进 8.0%
合计 5.0%
YOLE,18-24
焊线机31%
贴片机18%
划片切割15%
其他36%
2018
半导体设备
制程设备81%
测试设备9%
封装设备6%
其他4%
2018
半导体系列报告⑤
半导体产业链工艺流程图
子 張 沐 涛
先进封装趋势
系统级封装SiP
特点 PA/天线开关/滤波器材料不同,难以SOC.
市场 RF SiP:18-23, $3.3b↗$5.3
举例 iPhone 7plus
AiP(将天线与RF集成)用于高通5G手机
FOWLP
YOLE:CAGR19-24=19%
SoC(芯片内不同功能电路高度集成)
适用生命周期长的产品
先进封装举例 特征
晶元级WLCSP
扇出式FOWLP 功能+散热+电学性质↑
flip-chip 尺寸↓功能+性能+可靠性+散热↑
bumping 尺寸↓器件速度↑
17先进封装市占W
Intel 12.4%
SPIL 11.6%
长电科技 7.8%
日月光 7.7%
顾邦科技 7.5%
三星 7.0%
台积电 6.6%
Amkor 6.4%
其他 33.0%
半导体封装材料
SEMI:2018W=$197亿
封装基板40%
引线框架16%
键合丝15%
芯片粘结4%
包封材料13%
陶瓷基板11%
其他1%
摩尔定律 模拟芯片 超越摩尔 生物芯片
130nm
90nm
65nm
22nm
14nm
SoC与SiP结合:更高价值的系统
与人和环境交互
处理非数字内容
system-in-package (SiP)
信息处理
数字内容
system-on-chip(SoC)
基于CMOS,摩尔定律放缓
eg.CPU,memory,logic.
摩尔定律放缓,先进封装意义提升.
IDM,foundry竞争OSAT
台积电先进封装:InFO, CoWoS,SoIC,WoW
总情况 设计 制造 封装 设备 材料
产值 870 1940 540 430 460
比例 21% 46% 13% 10% 11%
毛利率 65% 47% 20% 45% 26%
壁垒 中 高 低 很高 很高
Wind
晶圆制造
半导体设备商(制造过程)
晶圆代工厂
半导体材料商(制造过程)
多晶硅原材料
拉晶
边缘研磨
多线切割
边缘倒角
镭射编号
直拉法CZ 区熔法FZ
单晶炉 25%
外径磨削 5%
截断机 切割机 10%
倒角机 5%
研磨机 10%
研磨
清洗设备 湿刻蚀 10%
清洗+湿法刻蚀
量测
量测设备 20%
硅片制造流程
硅片设备比例
SEMI:2018W=$26.93亿(¥185亿)
双面抛光 边缘抛光
粗硅片
外延片 退火片 SOI硅片 结隔离片
CVD或氧化外延生长 退火 氧化-键合-退火-研磨-抛光 光刻-离子注入-热扩散-外延生长
抛光片
CMP
抛光机 15%
100%
氧化+热处理 2.4%
前道晶圆检测 4.9%
过程控制设备 9.8%
光刻机 17.2%
离子注入设备 2.3%
刻蚀机 18.5%
溅射设备 3.9%
自动化设备 4.6%
CVD设备 13.6%
CMP设备 2.7%
沉积设备 20.2%
27.4%
清洗设备 27.4%
晶圆制造流程
先进制程工序有500多道
利用掩膜版重复若干次
半导体制造设备
Gartner:2018W=$834.7亿
硅片
衬底准备
氧化增层
光刻胶涂层
前烘
光刻曝光
后烘
显影
离子注入
刻蚀
清洗
离子掺杂
CVD
CMP
PVD
背面研磨减薄
背面金属化
测试
清洗液
Cl2/TCA/DCE
光刻胶
精助试剂
掩膜版
F2/Ar/Ne
显影液
高纯试剂
SiF4/SiF6
C4F8/HBr
刻蚀液体
去胶剂
电子气体
掺杂气体
CVD气体
抛光液 抛光垫
清洗液
靶材
抛光液 抛光垫
清洗液
CVD气体
半导体制造材料
SEMI:2018W=$322亿
制造材料62%
封装材料38%
硅片 36.64%
光刻胶 5.24%
光掩膜 12.24%
光刻胶配套化学品 6.89%
湿电子化学品(狭义) 6.53%
电子气体 12.94%
抛光材料 6.57%
靶材 2.36%
其他 10.59%
SEMI2018W
12英寸 63.83%
8英寸 26.14%
6英寸以下 10.03%
SIA,YOLE2018W
硅半导体 95%
化合物半导体 5%
硅 集成电路 分立器件
化合物半导体 光电子元器件 射频器件 功率器件
SiC 高功率
GaN (GaN-on-Si) 高频率
2018W
信越化学 27.58%
SUMCO 24.33%
Siltronic 14.22%
环球晶圆 16.28%
SK Siltron 10.16%
其他 7.43%
半导体光刻胶 24%
LCD光刻胶 27%
PCB光刻胶 24%
其他 25%
下游 厂商占比
平板显示
半导体芯片
触控行业
电路板
Toppan 32%
photronics 23%
DNP 27%
其他 18%
功能性化学品
配方型
稀释剂,显影液,漂洗液,剥离液
通用化学品
超净高纯试剂
酸类,碱类,有机溶剂
湿电子化学品(广义)
以下为广义口径
半导体43%
平板33%
太阳能24%
欧美 35%
日 28%
韩 16%
台 10%
陆 9%
2%
2017C
集成电路 42%
显示面板 37%
太阳能13%
LED 8%
2017W
美国空气化工 26%
液化空气集团 24%
日·太阳日酸18%
美·普莱克斯18%
德国林德8%
其他6%
抛光垫占37%
DOW 79%
ThomasWest 4%
Cabot 5%
FOJIBO 2%
JSR 1%
其他9%
抛光液占63%
Cabot 65%
35%
趋向多元发展
2016W
平板显示 33.54%
记录媒体 29.49%
太阳能电池 20.60%
其他5.90%
2017W
日矿金属 30%
霍尼韦尔 20%
东曹 20%
其他20%
雪球·张子沐