



邬贺铨, 中国工程院院士, 曾任中国工程院副院长, 主要从事光纤传输系统和宽带网研发、中国下一代互联网(CNGI)和 3G/4G/5G 等研究。

数字机遇与创新生态

邬贺铨

中国信息通信科技集团有限公司, 北京 100083

1 信息化时代仍将延续

1990年, 互联网开始商用标志着人类社会进入信息化时代。信息化已经发展了40年, 是否要转型到下一个时代了? 笔者认为信息化还会持续,

信息化伴随的信息化时代也将会持续很长时间, 可能会延续到21世纪末。

数字技术的基础首先是微电子技术, 微电子技术经过几十年的演进还维持着摩尔定律。图1所示红线是摩尔定律, 集成电路上可容纳的晶体管数

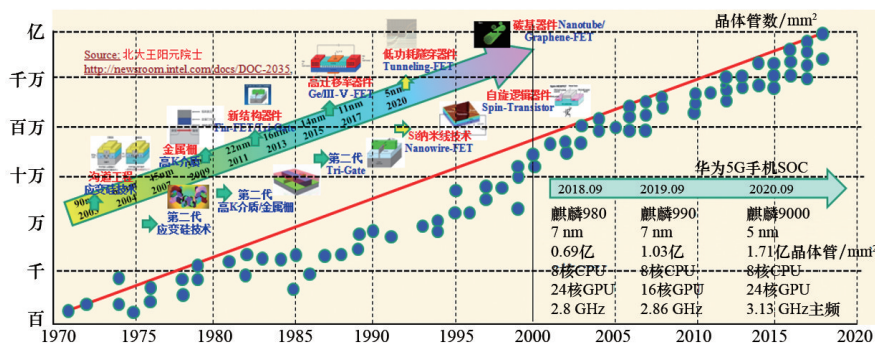


图1 摩尔定律还在持续推动微电子技术发展

收稿日期: 2020-11-09; 修回日期: 2020-12-09

引用格式: 邬贺铨. 数字机遇与创新生态[J]. 科技导报, 2021, 39(2): 42-47; doi: 10.3981/j.issn.1000-7857.2021.02.009

目每 18~24 月增加 1 倍,蓝点是实际芯片做得水平。以华为 5G 手机芯片为例,从 2018 年 9 月的麒麟 980 到 2019 年 9 月麒麟 990,再到 2020 年 9 月的麒麟 9000,在 5 nm 工艺上 1 mm² 有 1.7 亿晶体管。集成电路的技术进步在 4G 之前主要是计算机驱动,而 5G 要求更高的集成度,2020 年 5G 终端开始使用 5 nm 芯片,2025 年可能出现 1 nm 芯片量产。目前计算机中央处理器(CPU)相当于老鼠大脑的水平,2030 年有望接近于人脑水平,2021 年超算能力达到每秒百亿亿次,2025 年将是千亿亿次,每十年增加千倍。

2 互联网的发展演进

通信发展需要宽带,光通信一个单波长可以做出很多个信道,还可以用波分复用、X-偏振、Y-偏振技术,还有多窄波复用技术。多种多样的技术使光通信的能力不断提升,原来因存在干扰,单模光纤只能传一个模,现在 DSP 抵消了干扰,一个模可以变成几个模。通过多种维度的复用,光的通信能力不断增强,而且网络的能力也在提升,例如铁路网从普通的电话拨号到 ADSL 到 10 GP,到现在已经达到 100 GP。5G 对通信前传技术、回传技术带来新的挑战,目前单纤的容量 20 年提高 1 万倍,水平单波长 800 G,单纤 100 T。随着相干光通信与硅光技术结合,未来干线单波长可达 Tbit/s 量级,单纤可达 Pbit/s 量级,长距离为 100 Tbit/s 量级,光通信还有很大的发展空间。

第一代移动通信是模拟的蜂窝小驱依靠频率不同区分用户,频分多次。以 GMSA 代表的 2G 数字的以时序不同区分用户的时分多址,3G 是码分多址 CDMA,4G 把频率时间码道利用起来竞争频分多址,5G 基本上也是竞争频分多址。移动通信发展差不多 10 年一代,移动通信峰值速率 10 年 1000 倍,5G 依靠相融定理把容量扩大,首先把基站做得更多成密集组网,天线做得更多,加入空分复用技术,将频谱展的更宽,改进物理层技术,支持增强移动宽带高可靠、低时延、广覆盖、大连接,同时网络技术也从云化、虚拟化、软件定义切片。与 4G

相比,5G 在多性能上有 1~2 级的提升。

5G 作为无线传输技术,宽带化、低时延、大连接,同时联结云计算、大数据、人工智能、物联网、区块链与工业互联网,打通了数据从采集、存储、传送、处理、分析到决策的全过程,盘活数据,发挥数据作为生产要素的作用,这是 5G 能力的表现所在。

再说算力。图 2 所示为全球 TOP500 超级计算机能力,最上面线是 TOP500 的最强能力,中间是低位的水平,最下面线是第 500 名的水平。按照横标时间轴关系,无论第 1 名还是第 500 名,能力-时间关系都是 10 年 1000 倍,预计到 2025 年有望超过每秒千亿亿次。2020 年 6 月全球超算重新排名中,最高能力达到 415 Pflops,前 5 名是日本富岳、美国“顶点”和“山脊”,中国神威与天河 2 号,虽然中国排到了第四和第五,但在超算 500 强中占 45%。根据 OpenAI 统计,从 2012—2019 年人工智能所需要的计算量已经增长 30 万倍,当然未来人工智能的发展一种方式是把超算的能力加大,另一种方式做专用计算机,因为人工智能本身与数学计算不同,它用的精度和指令集相较并不十分复杂。

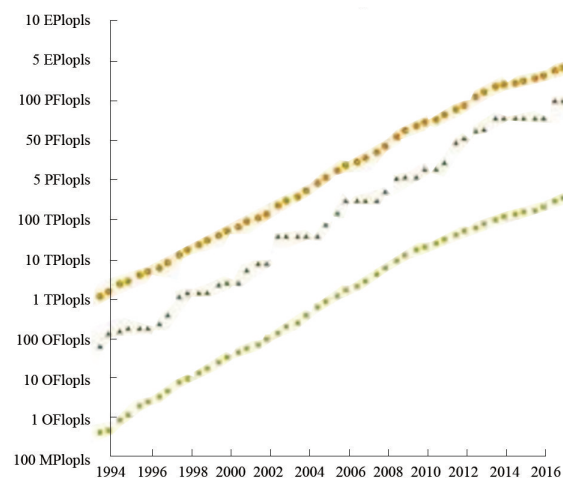


图2 全球TOP500超级计算机能力

随着算力发展,算法现在目前比较地广泛应用于深度神经网络,把所有照片、视频送到神经网络中,第一层判断动物是静止、活动的,第二层动物植物,第三层大动物小动物,第四层耳朵特征、眼睛什么特征,分到 100 多层,把最小的分类找出来,当然计算机不知道分出来是什么,这时候需要人介入监

督学习。通过分类可以训练,同样的过程可以把分出来与跟预存比较,这是很形象的。但实际上工业里面的数据就没有那么形象,需要标注、清洗,这里想表达的是第一代人工智能的发展基本是基于专家系统知识驱动;而目前第二代人工智能主要基于神经网络学习,基于数据驱动来做感知。实际上第一代和第二代人工智能都有它的局限性,希望出现第三代 AI 知识与数据双驱动,还可能需结合人认知机理(类脑),解决目前“大数据大算力小任务”,稳定性、可解释性差,应用场景窄等难题。但是毕竟现在人对自己的脑袋是否思考也缺乏认识,所以

还需要一个漫长的过程。

回顾互联网的发展历史,从互联网出现到前 20 年基本上是在学术研究阶段。20 世纪 90 年代中互联网商用化,中国也在那时成功接入互联网,开启了互联网网络化的时代,诞生了一批中外互联网企业。随着移动通信进入 4G,进入移动互联网时代,伴随着智能化发展,出现了大数据、人工智能、物联网等一些标准。现在随着 5G 到来,说互联网要进入泛在化的时代,工业互联网、可信互联网、价值互联网(图 3)。

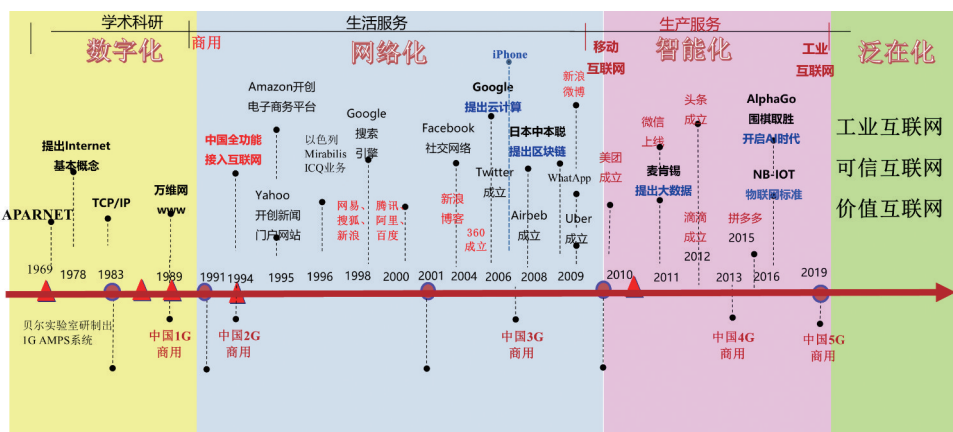


图3 互联网的发展演进

3 从物联网到宽带大连接智联网,工业互联网成为互联网发展的主场

随着互联网发展,物联网也变化,2016年通过NB-IoT(窄带物联网)国际标准,开启移动物联网时代。5G到来把窄带的20/250 kbits/s的能力扩展到100 Mbits/s,实现了超清视频通过物联网传送。另外连接数也扩展到了每1 km²可以接入100万个传感器,同时认为5G高速使得物联网检测数据第一时间送到后台进行人工智能处理,再返回来第一时间执行,解决了过去感知到决策不同步、物联网作用无法发挥的问题,现在物联网在第一时间就能发挥作用(表1)。IoT发展到智联网阶段,可以解决物联网跟人的对话等问题。更进一步,可以把人

工智能的芯片、操作系统、软件嵌入到物联网中,这实际上是把前端处理搭上来,还可以把区块链能力加进去,提升了物联网的安全性。

表1 移动通信关键参数对比

关键参数	2G/3G/4G		5G	
	NB-IoT		宽带 IoT	mIpT
载波带宽	3.75 kHz/15 kHz		(100/n)MHz	5 MHz/ 10 MHz
数据率	20 kbit/s/250 kbit/s		100 Mbit/s	—
连接数	48(每个 GSM 载波)		5万/km ²	100万/km ²

据麦肯锡预测,2025年整个工业物联网收入可以达到11.1万美元,工业互联网现在已经成为互联网发展主场,底上有边缘层,有通信基础设施包

括互联网数据中心,重要的是PaaS层有大数据分析软件、人工处理的软件,当然里面有很多的工业APP,这些构成了工业互联网平台(图4)。到2025

年工业PaaS有望标准化,工业模组与工业APP基本齐备,工业互联网将应用到中国一半以上的规上企业。

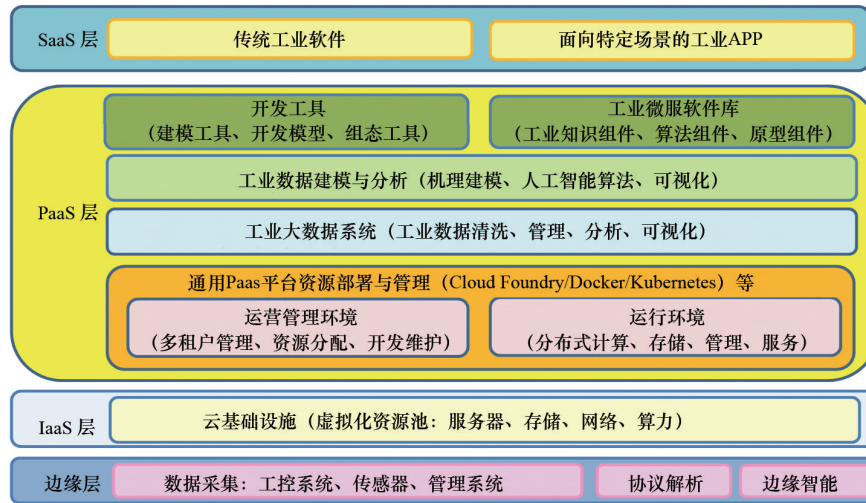


图4 工业互联网成为互联网发展的主场

4 5G 营造创新生态

回顾历史,全球2G开始于1991年,中国的2G始于1994年。得益于2G数字终端的能力,有了短信、QQ、支付宝。全球3G始于2001年,中国3G始于2007年,得益于数据传输能力,3G之后有了智能手机、移动电子商务、微博、O2O、微信。中国微信在中国3G商用4年以后开始的,在3G开始的时候根本没办法预知智能手机和微信的出现。全球4G始于2010年,中国4G始于2013年,4G宽带能力支

持了支付宝、网约车、拼多多、头条、快手、抖音,但在4G刚开始时,是无法精准预见这些应用的产生。全球5G始于2019年,中国与发达国家同步,云端智能融合能力使超清视频、虚拟现实、物联网、工业互联网、车联网出现并迅速发展,然而这些可能远远不够,移动通信新业态是网络能力具备后催生的,5G一定会产生现在还想象不到的新应用,会渗透到各行各业,包括金融2G对应网上银行、3G手机银行、4G数字银行、5G智慧银行,所以数字经济还会有很多新技术、新模式、新业态出现(图5)。



图5 5G 营造创新生态

5 数字经济的影响测算

2019年IHS预测报告称,2035年5G使全球增加13.2万亿美元产出,2035年5G贡献GDP增加7%。

麦肯锡预见,2030年AI为全球GDP增加1.2个百分点,经济活动增加13万亿美元;埃森哲公司也有一个预测,2035年AI使全球利润率提高38%,相当于经济增长14万亿美元;到2030年工业互联网能够为全球经济带来14.2万亿美元的经济增长。

可以预计,到2035年,工业互联网、5G、人工智能这3个主要的应用和技术会使全球经济增加40万亿美元,中国信息通信研究院也做了数字经济的

预测,一个是数字产业化,信息技术对信息的直接贡献占GDP7.2%,另外一个信息技术在传统产业的附加值占29%,综合经济的贡献和增加的产值、质量提升等方面是36.2%,这是一种计算方法。另外一种计算方法是麦肯锡的G20国家互联网经济GDP占比,主要根据进出口、消费、投资、政府4方面计算,中国2016年占6.9%,已经超过美国,中国在数字化方面的投入(包括政府、企业和消费者)比例超过美国。麦肯锡是计算在创造和使用互联网及服务中的个人消费、政府支出、企业支出及贸易平衡,2013年中国和美国的相关数据相当(图6)。

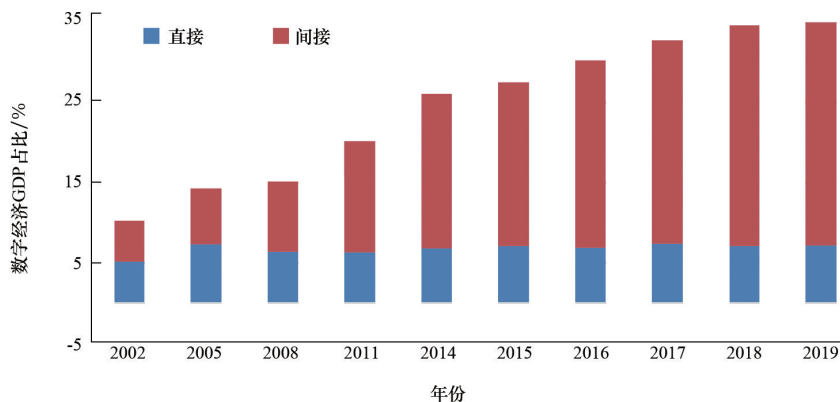


图6 中国数字经济GDP占比(数据来源:《中国数字经济发展与就业白皮书2018》)

埃森哲公司按数字技能、数字技术(含软硬件)、数字加速器(营商环境、文化、从事数字工作人口占比、数字资本占比等,也就是数字软环境)衡量。对中国的评价是低于全球水平,中国软数字经济发展的软环境还是值得考虑的。

另外测量数字经济是难的,对数字经济的定义尚未取得共识,一个国家的数字化转型包括社会、经济、文化和民生等方面,需要从多个维度来衡量。

首先,对数字经济的定义尚未取得共识。一个国家的数字化转型包括社会、经济、文化和民生等方面,需要从多个维度来衡量。数字经济与非数字经济部分模糊的边界导致难以明确数字经济的内涵。例如,电子商务在生产、流通与消费环节中仅改变流通交易方式,通常产品就变为数字经济的产

品了吗?

其次,与数字经济有关的数据缺乏或难以测算。数字产业化的数据容易得到,但产业数字化的效果需要统计数字化转型的附加值,较难计算。尤其难以统计数字经济的软环境评价的数据,导致无法准确进行国际比较。

再次,电子产品与信息服务的价格下降。近5年来中国固定宽带手机流量平均资费下降95%,因此价格不能准确反映数字经济规模变化。

最后,许多数字使能的经济活动具有不可见性。比如企业间、消费间的中间服务,特别是跨境数字贸易和以数字消费作为产品情况下,难以计算附加值。

6 发展数字经济需要着力完善创新生态

研究数字经济很有必要,但是还缺乏一些基础。据埃森哲的《数字颠覆:增长倍增器》,2015年美国数字化比例分别为:劳动力75%,资本26%,金融业57%,商业54%,通信47%。通信行业比例还低于金融业、商业等行业。

中国在数字软环境培育方面,包括劳动者数字化素质和数字资本存量的资本总存量占比相比发达国家有差距,未来需要着力完善创新生态。中国面向消费的数字化转型走得比较快,但产业数字化转型滞后,需要进一步推动数字技术和数字经济的融合。企业数字化转型需要企业流程再造来适应,实现企业知识结晶,工程师与工匠精神是不可替代的,人才是关键。工业互联网需要IT与OT结合,善于与产业链上下游协作。发展工业互联网需要

有效市场与有为政府结合,企业是主体,政府营造发展环境的作用必不可少。数字经济的潜力寄托在中小微企业,政府扶持建立工业互联网技术支撑与服务创新中心,以优惠或免费方式普惠服务中小微企业,夯实数字经济的基础。

7 发展数字经济建设,建设数字强国

当今世界正经历百年未有之大变局,新一轮科技革命和产业变革深入人心。坚持创新在中国现代化建设全局中的核心地位,把科技自立自强作为国家发展的战略支撑。以创新驱动、高质量供给引领和创新新需求。要畅通国内大循环,促进国内国际双循环,全面促进消费,拓展投资空间。坚定不移建设制造强国、质量强国、网络强国、数字中国。

(责任编辑 刘志远)