

软件定义时代的基础软件

廖湘科

国防科技大学

关键词：基础软件 软件定义

软件的演进

基础软件的平台化演进

最基本、最核心的计算机软件就是操作系统。操作系统有三大任务：高效管理计算机系统的硬件资源，为应用软件提供共性的基础服务，为用户提供友好易用的人机交互手段。多年来，操作系统的三大任务一直没有变。操作系统发展的驱动力来源于硬件平台的升级、应用场景的演化、人机界面的革新，这三个方面的变化一直驱动着操作系统的发展。不同于硬件的替代性发展，操作系统以内涵扩展式发展为主轴，上层应用软件的共性功能不断沉淀融入到操作系统中，操作系统的功能越来越丰富，整体越来越庞大，逐步从“单个产品”的操作系统发展成为“信息系统体系基石”的基础软件平台，呈现出明显的平台化演进特征。

软件商业形态的演进

与此同时，软件的商业形态也在不断演进，先后经历了大小型机时代的硬件附属阶段、PC时代的独立软件产品阶段、“互联网+”时代的“软件即服务”阶段，以及数字经济时代的“软件定义”阶段。在硬件附属阶段，软件仅仅是作为计算机硬件的附属物而存在，没有独立的商业形态，软件的代码通常是向使用者开放的，便于用户自己进行修改与优化。在PC时代，出现了软件许可证（License）的概念，售卖软件许可证成为一种新型的商业模式，

软件作为一个独立的产品销售，软件代码成为核心竞争力而不再对使用者开放，标志性的成功案例就是微软的 Windows 操作系统。在这一时期，为了反对源代码不开放的“闭源文化”和许可证销售模式的 Copyright 保护，开源软件蓬勃升起，诞生了以 Linux 操作系统和 GNU GCC 编译器为代表的一批优秀的开源软件，以及以 GPL 为代表的 Copyleft 许可证规则，形成了一整套可以与商业软件体系竞争的开源软件体系。基于这种开放、免费的开源软件体系，一大批信息服务企业得以起步与发展，促使软件进入到“软件即服务”阶段，诞生了谷歌、脸书等国外互联网巨头，以及 BAT 等国内互联网巨头。在这一阶段，大量的软件企业不再售卖软件产品，而是直接向最终用户提供某类信息服务，即“软件即经营”，运营服务成为了软件产业的核心竞争力，而不是代码。不提供服务，就无法成为软件业里面的老大，也无法成为软件生态的掌控者，这也是如今学术界做基础软件难以找到“抓手”的重要原因。

今天，我们正在进入一个新时代，新的概念层出不穷：信息产业的人士称之为“互联网+”的时代，制造业的人士称之为“+互联网”时代，我们从事软件研究的人士将其称为“软件定义”的时代。

今天的时代

互联网+：互联网从业者角度

实际上，大家对这一新时代的描述，是各自从

有利于自己专业的角度来描述的。比如，为什么叫“互联网+”时代？因为今天互联网成为了社会基础设施，任何行业的产业形态，包括服务业和传统行业，都会因“上网”而发生改变。例如滴滴公司就是互联网与出租车行业的结合。你能说滴滴是出租车公司吗？它其实是一家IT公司，滴滴通过IT平台颠覆了出租车行业。雷军称小米为一个“新物种”的原因，就是因为它做的是生态链。小米打造了一个生态平台，所有IOT硬件厂商只是生态链中的一部分，而整个生态链属于小米。IT行业有两个特点，一个是一日千里，即发展非常快；第二是无所不在。这两个特点导致它在某些行业是倍增器，在某些行业是颠覆者。所以，IT界的人认为，只要推动互联网技术与各个领域结合，就可以跨界扩大各自的地盘，从而颠覆原有行业老大获取蓝海利润。

IT行业有两个著名定律，一个是硬件方面的摩尔定律，一个是软件方面的麦卡夫定律（一个系统的价值等于用户数的平方）。这两个定律既体现了IT技术爆炸性的指数进步与组合进步，也反映出巨大通用市场的重要性。因为芯片和基础软件领域都具备一个同样的特点，即研发成本很高，但是扩大规模时的成本并不大。比如做一个信息系统，服务10万人和服务100万人的成本差距不大。但信息系统的价值是用户数的平方，比如说用户数量扩大10倍，它的成本增加可能只有1倍，而价值却增加了100倍。芯片也是一样，研发成本很高，如果找不到巨大的通用市场，就获取不了巨大的回报来覆盖巨大的研发投入。所以，“互联网+”时代商业模式的三大精髓就是营造巨大的通用市场、经营掌控生态链、跨界竞争获取蓝海效益，其中营造巨大的通用市场是前提，也是基础。

+ 互联网：制造业从业者角度

制造业的人所说的“+互联网”，其实也是指这个发展趋势。工业企业单纯购买软件产品来解决问题的时代已经过去，国际领先的工业企业转型为软件公司已是大势所趋。以波音为例，最开始是购

买几个流体力学软件来设计飞机，后来逐渐将整个生产流程全部数字化。现在制造业企业的思路是将高端制造牢牢控制在自己手上，并且基于统一的数据标准，以及互联网与全球数据中心建设，对全行业的生态链业务、管理与服务进行重构，构建基于软件平台的服务体系。“高端制造+基于软件平台”的服务体系成为领先工业企业的两大核心竞争力。信息技术和制造业融合的主要特征就是个性化定制、网络化协同、智能化制造、服务化延伸、数字化管理，智能化的制造也在向服务化延伸，也就是“卖服务”。

软件定义时代：软件从业者角度

软件定义时代的标志性特征就是系统的功能主要由软件来体现。其实“软件定义时代”一词主要想表达的是软件的重要性，突出软件无处不在，软件日趋重要。软件定义，其本质特征就是软件与各行各业的结合，尤其是和工业的结合，定义一切的软件成为了基础设施。以前做完一个产品以后，它的功能基本上就固化了，但是现在产品的功能主要由软件来实现，而软件的特点是可成长、可配置、可演化，这样就带来了数字世界产品的不同特点。

在我国，软件与制造业的融合大有发展机会。我国的工业体系是我国经济中最具核心竞争力的部分。工业领域一直在讲去产能，所谓的去产能，就是活干得过于好了，能力过于强了。现在我国的集成电路备受重视，就是因为做得还不够好。我国集成电路的整个体系，实际上是依托全球的体系，与国际产业链对接，国内的企业之间反而无法对接起来。但是我国工业体系几乎都是与国内对接。软件定义是推动中国工业体系高质量转型的强力引擎。

信息技术的发展趋势

基础软件平台是整个信息技术共性支撑的沉淀。信息技术的未来发展将呈现出如下四个发展趋势：无处不在的感知、跨域多维的关联、超越人脑的智能、虚拟和真实世界的交融。

无处不在的感知

人类通过自身器官感知世界的能力十分有限,技术的进步大幅拓展了人类感知世界的能力。移动互联网、无线传感器网和工业互联网的快速发展使我们对世界的感知,如对人类行为的感知,对制造流程的感知等,开始变得无处不在。

如果 CPU 是设备的大脑,传感器就是设备的五官,智能传感器有望成为半导体行业的下一个增长引擎。但智能传感器领域存在“昆虫纲悖论”,尽管应用市场巨大,但碎片化也很严重,导致目前仍找不到一个能支撑摩尔定律指数式进步的巨大的、统一的智能传感器芯片应用场景。感知领域如何实现感知的低功耗、低成本、高灵敏,如何实现微小化、节能,如何实现异构互联的融合,以及如何处理物理世界与信息世界安全问题的相互影响,仍是技术挑战。

跨域多维的关联

复杂系统的特性,不是简单地等于子系统特性之和,子系统间的关系才是复杂系统特性的关键。我们一直缺乏对复杂系统研究的有效科学手段,即研究事物之间联系的手段。但是现在,因为无处不在的感知,我们可以把物理世界所有的物件通过感知采集到虚拟世界中,通过大数据技术对进入虚拟世界的数据进行跨域多维的关联分析,来研究事物之间的复杂联系,发现数据内藏的规律。

大数据解决的是对跨域多维关联的处理。对复杂系统所产生的数据集合的表示、采集、传输、存储、处理,不能通过对现有技术的简单拓展来实现,必须具有跨域多维的关联分析能力。比如要对一个人进行分析,过去医院只能分析医疗数据,淘宝可以分析购物数据,电信运营商掌握你的移动数据。如果把几个域关联起来分析,就可以精准地刻画此人的多维度画像,从而发现许多他本人有意隐藏的社会关系,以及他本人也没有意识到的行为特征。

超越人脑的智能

人工智能有三大支柱:计算、数据、模型算法。

以前的计算科学要依靠人的知识来设计算法,然后通过计算能力处理数据得到结果。但现在,由于算力的大幅提升以及大数据时代的到来,导致我们可以利用无所不在的感知带来的丰富数据,用计算能力对数据进行分析处理,得出新的模型,算出新的算法。计算科学是利用科学知识设计算法,使用计算能力处理数据,得到结果。数据科学则是广泛采集物理世界数据,使用计算能力分析数据,得到算法,再使用算法去处理数据。数据科学的算法是计算机算出来的,使得人工智能在很多领域可以超越人类。

同时,脑科学的进步使得我们对大脑的活动可以进行精细扫描,有可能为人脑仿生计算技术带来新的方法与质的飞跃。

虚拟和真实世界的交融

过去的计算机有一个特点,即在计算机上计算,计算完成后输出一个结果就行。未来的世界,尤其是 IT 与制造业和工业结合,感知、计算、控制反馈要形成一个闭环,算完的结果要通过虚拟现实、增强现实、混合现实等技术反馈到真实世界去。比如动力外骨骼计划:通过传感器收集信息来判断人的动作意图,使人跳得更高、更远;人造皮肤计划:基于碳纳米管的压力感应,人可以感受到来自虚拟世界的触摸。

在信息技术领域,未来的世界将通过无处不在的感知,将真实世界感知到的数据引入到虚拟世界,在虚拟世界中进行跨域关联的分析,进行智能处理,然后再通过虚实融合的技术反馈作用于真实世界,实现真实世界和物理世界密切结合的闭环。



软件定义时代的挑战

回顾软件技术与产业的发展,我们发现,今天我们面临的问题与挑战,与40年前的电脑行业“如出一辙”。40年前的电脑行业,硬件标准化的工作刚刚开始,软件缺乏通用的操作系统。独立于硬件的操作系统出现,提供了一个通用的基础软件平台,促进了计算机硬件的标准化,也实现了计算机软件的重用,从而促进了计算机产业的高速发展。今天的工业行业高度分散,缺乏统一的标准和平台,硬软件技术难以实现共享,造成了整个行业烟囱林立,业界迫切需要通过打造统一的基础软件平台,促进各个领域的标准化、模块化与平台化,实现基础软件技术的共享。只有通过这种统一的基础软件平台,才能形成一个巨大的通用市场,避免碎片化的“昆虫纲悖论”,实现数字经济的“指数进步”与“组合进步”。

呼吁新的软件形态

新的基础软件平台将引入新的软件形态,实现计算机领域成果的软件形态和工业领域成果的软件形态充分融合。计算机领域成果的软件形态将是一种新的操作系统,其本质是一个软件框架,类比于浏览器,它解决软件的架构设计、可信确保、互连通信、实时、大数据处理、智能处理等共性支撑问题;而工业领域成果的软件形态将是软件框架中的插件,类比浏览器插件,承载的是各行各业的知识和技术诀窍。只有这种“软件框架+插件”的形态,才能应对碎片化严重的巨大市场,实现计算机领域处理“通”与各行各业处理“专”的平衡。

催生新的软件架构

新的基础软件平台在设计之初就要考虑云边端的运行环境,而不是在云和端分别设计一个软件,再将它们连接。新的软件架构,横向上是分布式结构,统一设计、分布运行在云边端。云提供海量资源、承载重载计算,是软件定义时代的大脑。边提供就近服务访问、按需计算卸载,是软件定义时代

的中枢神经。端支持移动便携交互、离线自主协同,是软件定义时代的感知末梢。纵向上是层次式架构,在传统的资源管理层上引入行为管理层。资源管理层管理物理域、信息域、认知域和社会域的资源,行为管理层提供观察、判断、决策、行动控制的共性支撑,形成“观察—判断—决策—行动控制”的OODA闭环行为链。OODA模型能很好地反映引入智能与控制闭环后一切软件的执行流。

采用新的人机交互

新的基础软件平台将需要新的交互方式。传统信息系统的交互方式,输入是命令和数据,输出是结果数据。新的交互方式下,输入是任务和环境,输出是行动,这就要求未来的交互方式将是“新三互”:以无线通信为基础的“互操作”;机—机互理解、人—机互理解的“互理解”;遵守物理定律等物理规则、遵守信息域协议等信息规则、遵守道德法律等社会规则的“互遵守”。

发展思考

云化、平台化、服务化

对计算机领域来说,早就是云化、服务化、平台化了,但是在工业领域还没做到。只有云化才能使得计算的资源无所不在。平台化,是指开发一个共性的软件平台,实现大部分共性的软件功能,其目的是营造一个巨大的通用市场。开源软件平台是实现平台化的重要手段,目前很多企业都将自己的软件框架开源,提供一个共性的基础软件平台,支持开发者在上面做插件。服务化就是指从“以产品为中心”向“以服务为中心”转型。

掌控生态链

掌控产业生态链是“轻资产”的“互联网+”发展模式的精髓,即在一个巨大的通用市场中通过一个软件平台控制生态链,把其中的每个制造企业变为生态链的一份子。工业企业“重资产”的产业

发展模式，也要向掌控产业生态链的“轻资产”模式转变。工业企业的“+ 互联网”和互联网企业的“互联网+”，起点与方向不同，但殊途同归，都是要掌控生态链，尤其在当今时代，更应该实现以产业安全和效率并举的新型全球化，建设中国人自主可控的生态链，替代过去以美国为基础、全球资源高效配置的全球化。

交叉融合

互联网思维是硬件追求速度，软件追求规模，产品追求用户体验；工业思维是追求积累和求精的工匠精神。这两种思维一定要融合发展。以前所有的知识必须能用数学描述才能叫知识；现在所有的知识，也得能用软件来表示才能叫知识，软件应成为我们的知识和技术诀窍、商业模式等核心竞争力沉淀的载体，需要计算技术、软件技术、管理科学、工业知识等多领域的交叉融合。

补齐国产工业软件短板

没有经历完整的工业化进程，就没有工业技术的深厚积累；没有工业技术的深厚积累和大手笔的研发投入，就难以开发出优秀的工业软件；没有优秀的工业软件，就无法开发出优秀的工业品。只学过计算机的软件工程师，是设计不出先进的工业软件的。我国拥有完整的工业门类，拥有一流的 IT 企业，只要融合 IT 的互联网思维和精益求精的工匠精神，补齐国产工业软件的短板，大有可为。 ■

（本文根据 CNCC 2020 特邀报告整理而成）



廖湘科

CCF 会士，CCF 奖励委员会委员、候任主席。国防科技大学研究员。中国工程院院士。主要研究方向为高性能计算机与操作系统。
xkliao@nudt.edu.cn

CCF TC

CCF 系统软件专委会 & 软件工程专委会 & 形式化方法专委会

首届 CCF 中国软件大会召开

2020 年 11 月 20~22 日，首届 CCF 中国软件大会（CCF ChinaSoft 2020）在重庆召开。本次大会由 CCF 主办，CCF 系统软件专委会、CCF 软件工程专委会、CCF 形式化方法专委会、重庆大学共同承办，是第 19 届全国软件与应用学术会议（NASAC）与第 5 届全国形式化方法与应用学术会议（FMAC）的联合体。

CCF 中国软件大会是中国软件领域融学术、工业和教育于一体的顶级盛会，今年线上、线下的总参会人数超过 4200 人。大会邀请林惠民、陈左宁、何积丰、梅宏、吕建、郑志明、王怀民等 7 位院士作大会特邀报告，并出席主题为“软件定义智能、支撑创新时代”的院士高峰论坛，以及《软件科学与工程—学科发展战略》发布仪式。

本次大会组织的活动涵盖学术、教育、工业、竞赛等多个方面，包括院士高峰论坛、大会特邀报告、青年学者论坛、顶会 / 顶刊论坛、国产工业软件前沿与发展论坛、面向工业的操作系统论坛、优秀博士生论坛、百答论坛等 30 余个论坛，以及全国开源软件创新大赛等一系列创新竞赛，会议报告场次总计超过 200 场；在软件教育方面，汇集了系统软件教学论坛、软件工程教学论坛、形式化方法教育论坛、程序设计教学论坛、计算机通识教育论坛等，成为软件教育工作者重要的交流和学习平台。