

软件测试面临的挑战与发展趋势

朱少民

(同济大学 软件学院, 上海 201804)

摘要: 结合当今软件研发模式的改变以及软件新技术的发展, 特别是人工智能、大数据、云计算、区块链、物联网等新技术的普遍应用, 阐述了软件测试所受到的各种挑战, 包括在系统功能测试、性能测试、安全性测试、可靠性测试等各个方面所面临的挑战。最后, 展望未来, 描绘出软件测试发展的五大趋势——敏捷化、高度自动化、云化、服务化和智能化。

关键词: 软件测试; 敏捷开发; 人工智能; 信息物理系统

中图分类号: TP606 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-8829 (2020) 01-0001-04

doi: 10.19708/j.ckjs.2020.01.001

1 背景

当今, 已进入一个快节奏、碎片化的移动互联网时代, 面对新的软件应用环境, 其中最为显著的变化体现在人工智能、大数据、云计算、区块链、物联网等新技术的兴起, 这些新技术甚至改变了传统的软件形态, 以至于今天一切皆服务 (Everything as a Service), 例如:

- 基础设施即服务 (Infrastructure as a Service, IaaS);
- 平台即服务 (Platform as a Service, PaaS);
- 软件即服务 (Software as a Service, SaaS)。

这些新技术、新环境自然给软件测试带来新的挑战。

软件形态的变化自然催生了软件工程环境的变化, 也深深影响着软件研发模式、流程和实践, 其中最突出的是敏捷开发模式的兴起。软件开发的节奏越来越快, 力争做到持续交付, 但只有做到持续构建、持续集成、持续测试才能做到持续交付。其中最为困难的就是如何做到持续测试——高效、及时地完成测试工作, 这也给软件测试带来新的挑战。

2 挑战

2.1 AI 系统的测试

对 AI 软件的测试, 需要增加一个时间维度, 因为 AI 系统的能力是动态的, 系统具有自身学习能力, 随着时间增长, 其系统能力必须显著增强, 例

如谷歌公司的 AlphaGo。针对这样的一个黑盒测试过程, 其测试代价不小, 测试周期长, 不容易实现自动化测试。

像 AlphaGo 这样的系统还相对简单, 而智能语音应答系统的测试则更为复杂, 需要模拟各种上下文场景、用户的提问, 如图 1 所示, 很难判断其应答能力是否有明显提升。虽然可以通过大量的应答测试数据的统计结果确定语音识别、语义理解的正确率, 但其测试样本还是有较大的局限性。

深度神经网络学习算法, 通常被认为是黑箱模型, 即其具有不可解释性, 且鲁棒性差, 结果不稳定。因此, 一般需要借助大量的数据或实验来进行普适性验证, 这与传统的测试相差甚远。测试 (Test) 从本质上看就是“样本性的试验验证活动”, 传统测试可以借助“等价类划分”等类似方法来大幅降低样本量, 但对于 AI 软件, 这类方法已经失效。AI 软件的测试还依赖大数据, 基于大数据的自动产生、分析、呈现等技术, 能有效地验证 AI 软件的合理性, 但测试的工作量较大。例如, 为了测试 Numenta (工作模式更接近人的大脑的 AI 软件), IBM 资深研究员 Winfried Wilcke 带领 100 人的团队对其算法进行测试。面对俄罗斯的控制机器人集群的智能软件包 Unicum, 又如何测试呢? 它被称为“机器人之上的机器人”, 可以独立分配集群内部的机器人角色、确定集群中的核心、替换脱离的单位, 还会自动占据有利位置、搜寻目标, 并在自动模式下向操纵员申请作战与摧毁目标的许可。

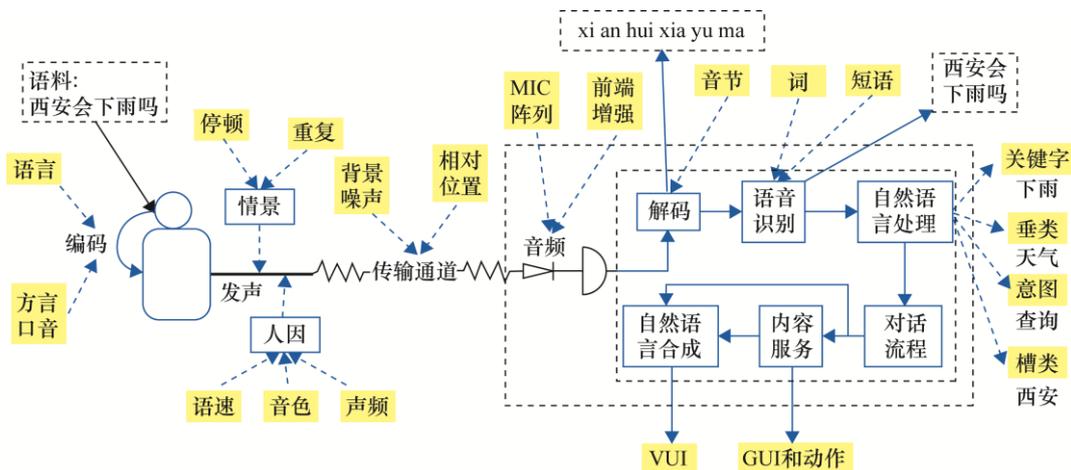


图1 智能语音应答系统的测试流程示意图

2.2 大数据的测试

大数据测试，并不比 AI 软件测试简单，更准确地说，大数据离不开 AI、AI 也离不开大数据。大数据的体量大、多样化和高速处理所涉及的数据生成、存储、检索和分析使得其测试也极具挑战。针对大数据的测试，主要面临的挑战有：

① 难以确定其测试预言 (Test Oracle) ——测试结果的判断准则，因为大数据的处理结果是否正确，有时很难确定。

② 大数据的多样性给测试数据准备、测试数据的组合带来极大的工作量，如何高效或有效地进行测试，也极具挑战。

③ 数据经过采集、存储、检索和分析后，在体量大、多样性和变化快、实时性的情况下，如何验证数据的一致性和完整性，需要开发相应的工具。

④ 在大数据的性能测试、安全性测试等方面，也会遇到业务场景过多的困难。

2.3 云服务测试

今天的云服务包含私有云、公有云、混合云等不同的形态，而其测试所面临复杂的系统架构、复杂的配置、大量的计算或存储节点等方面所带来的挑战，例如：配置参数的组合数能够达到几千万、几个亿甚至几十亿，如何完成这巨量的组合测试？虽然可以采用两两组合、三三组合等方法缩减组合数，但覆盖率相对较低，存在较大的质量风险。

其次，云服务的性能测试也很有挑战，主要体现在：

- 海量云端压力的模拟将面临高昂代价、甚至无法模拟；
- 需要网络运营商、CDN 服务提供商的配合与支持；
- 传统测试工具难以适应云计算平台的性能测试。

一般采用替代项——系统的可伸缩性（弹性）验证，以避免超大规模的性能测试。而且，云服务平台的容错性或可靠性测试也会面临挑战，例如：

- 错误类型过多；
- 错误信息表达不够充分；
- 业务错误码与 HTTP 错误码含义不匹配；
- 相同错误不同云产品表达不一致；
- 错误码超越可枚举集合。

因此诞生了一门新的工程方法（领域）——混沌工程。

2.4 区块链测试

区块链一般分为公有链、私有链、联盟链等不同类型，它们在管理、用户身份认证、节点数、共识机制、智能合约等许多方面均有不同，其测试所面临的挑战有所不同，但也面对一些共同的挑战。例如，安全性测试就很具挑战性，因为安全性始终是“矛与盾”的问题，没有绝对安全的技术、系统或平台，因此很难把握其安全性测试的度，更何况区块链技术平台还涉及基础设施（网络、存储设备等）安全性、加密算法安全性、网络协议安全性、共识机制安全性（包括共识算法漏洞）、智能合约安全性（如代码实现中的安全漏洞）、应用安全性（包括 Web/移动客户端软件、数字钱包等）、身份认证与鉴别等。

作为一个区块链的系统，则是一个完全去中心化的分布式网络——P2P 网络，而且这个网络很可能跨越多个子网、多个数据中心、多个运营商甚至多个国家，其边界是模糊的。但区块链测试，不仅涉及前端 API 与某个区块链节点之间的测试，还涉及大量区块链节点与节点之间的测试。因此，边界模糊、网络及其交易的复杂性都给系统的功能测试、兼容性测试、数据一致性验证、安全性测试和性能测试等带来挑战，特别是在共识算法的合法性、完整性、可终止性的验

证方面。另外一个挑战来自智能合约的验证，因为智能合约执行过程中，一切均需听命于事先设定好的代码，而且智能合约类似法律，事先设定好的代码一旦上线就不能轻易修改。如何确保智能合约百分之百正确？测试的一项重要原则就是测试是不能穷尽的，测试不能保证没有缺陷或百分之百正确。

2.5 物联网测试

在工业 4.0 和 5G 时代，万物互联变得司空见惯，Gartner 预计今年将有超过 200 亿台物联网设备投入使用。当这么多设备接入物联网中，需要实现异构互联互通，也意味着物联网会支持更为广泛的工业协议，如 MQTT、OPC UA、ModBus-TCP 等行业标准，并与现有的互联网系统连接起来，形成规模更大的系统，这必然给软件测试带来新的挑战，主要体现在如下方面。

① 测试环境复杂性，如异构互联、M2M 互联、软硬件结合紧密等，需要构建全新的仿真实验环境等。

② 高可靠性测试，因为系统涉及生命安全，需要确保系统的高可靠性，包括可靠性模拟、可靠性估算和可靠性监控等。

③ 实时性，如时间敏感网络（TSN）、实时数据采集、实时数据同步传输等，对测试环境、测试工具都有更高的要求。

④ 兼容性测试，如 EMI/EMC 共存测试，以及各种通信协议、数据采集方式等验证。

⑤ 网络安全策略的测试、配置组合测试，这方面测试工作量也很大，如何提高测试的有效性和高效性，也有很大挑战。

⑥ 另外还应对系统的可伸缩性、可扩展性、协同感知、大数据处理性能、智能特性等进行验证。

2.6 敏捷测试

快速迭代、快速交付，迫使人们能高效地完成软件测试，因此人们寄希望于自动化测试，毕竟工具的执行效率高。但从自动化测试的调查结果来看，大多数软件公司的自动化测试实际做得还不够好，只有 4% 的公司能做到 90% 以上的测试实现自动化，所以测试常常是敏捷开发的最大瓶颈，如图 2 所示。

自动化测试做得不够好有多方面的原因，不同的团队有不同的原因，但根据调查，主要的原因有：需求变更频繁、产品的可测试性差、单元测试不足、测试人员能力不足、测试工具不够强大等。

3 未来发展趋势

未来，软件测试发展有以下五大趋势。

3.1 敏捷化

无论是传统开发的测试，还是敏捷开发的测试，

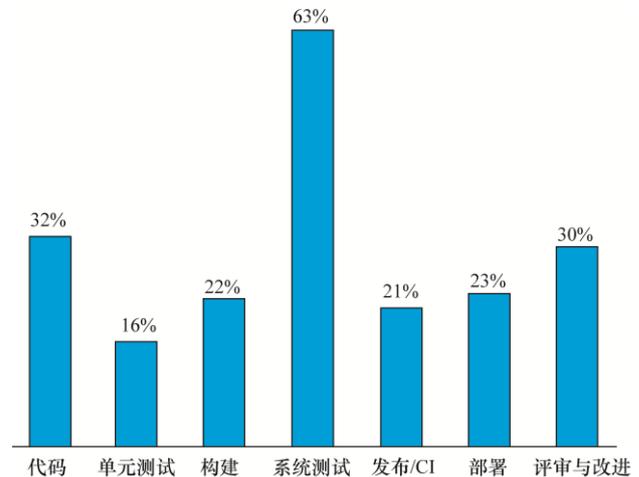


图 2 影响产品交付的主要软件研发环节

在这快节奏的、竞争激烈的时代，测试敏捷化都会成为一种趋势。为此，2019 年初中国电子工业标准化技术协会信息技术服务分会（ITSS）发布了《测试敏捷化白皮书》。测试敏捷化有助于企业持续改进各种测试实践，快速反馈软件质量，提升测试效率，实现自我驱动、灵活赋能、加速价值交付、高效稳定的目标，具体表现为：

- 测试左移，加强需求评审、设计评审，推行验收测试驱动开发（ATDD），以及测试驱动设计，让开发做更多的测试，至少做好单元测试和代码评审；

- 测试右移，开展在线测试（含性能、安全、易用性、可靠性）、日志/数据分析，反向改进产品；

- 激发软件交付和运维团队全员的测试主观能动性，与需求、开发和运维等工作相互促进，使测试成为驱动交付质量与效率持续提升的最主要力量之一。

3.2 高度自动化

不久前，Gartner 立足于“以人为本的智慧空间”，发布了 2020 年十大战略性技术趋势，排在第一的就是“超级自动化（Hyper-automation）”，即运用包括机器学习在内的先进技术，不仅包括一系列的自动化工具，还涉及自动化过程的成熟度。在软件研发中，追求高度的自动化测试也是顺理成章的事情。

通常所说的“自动化测试”，其实只能算“半自动化测试”——只有测试执行是自动化的，甚至执行都不能真正做到自动化，因为执行是不稳定的，需要人工干涉，执行的结果也需要人工分析，而且自动化测试的脚本需要人工开发，不能自动生成。

真正的软件测试自动化，不局限于使用工具执行测试，更应涵盖测试目标定位、测试分析、测试设计、质量度量、测试过程监控与评估和测试结果评估等全流程的自动化，让自动化无处不在，覆盖测试的各个

方面，这其中需要全面引入基于模型的测试（MBT）。基于测试模型生成测试数据、测试脚本，从而真正实现测试自动化。而且，应借助自动化测试流程的改进、自动化基础设施的夯实，持续提高自动化测试的成熟度。

3.3 云化

测试的基础设施采用当今的虚拟机、容器技术，这使测试环境更容易维护、系统更容易部署，从而更好地支持自动化测试，有利于整合测试资源、提高资源使用的效率，降低企业成本。而且，可以更好地融

合开发、测试和运维，收集更多的研发数据，更好地支持测试服务化、智能化。

3.4 服务化

让软件测试成为一种服务（Test as a Service, TaaS），简单地说，就是让所有的测试能力可以通过 API 来实现，构建测试中台。例如腾讯公司 WeTest 事业部已经建立较完整的测试中台服务，如图 3 所示，任何研发人员均可以按需自动获取测试的能力，这样也使研发人员愿意做更多的测试，实现测试左移。

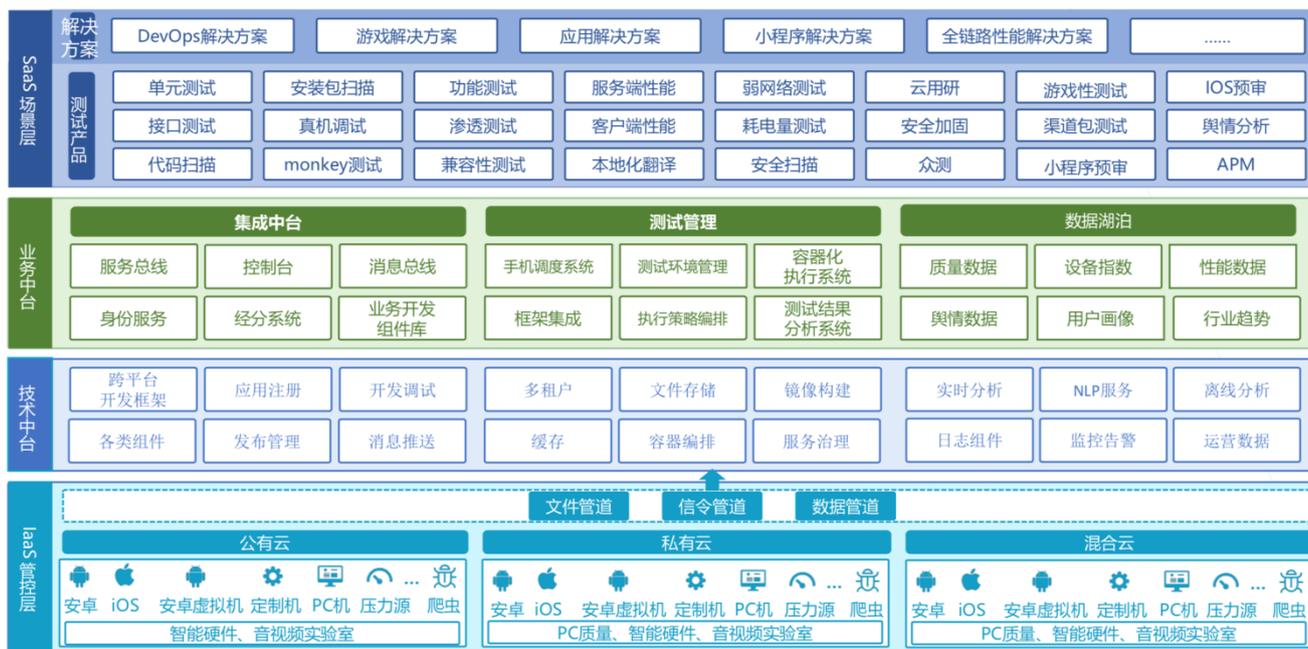


图 3 腾讯 WeTest 事业部测试中台服务

3.5 智能化

今天，互联网、存储能力、技术能力和大数据将 AI 推向第三次浪潮，AI 能够服务其他行业，自然能够服务于测试，而且在上述自动化、云化、服务化的基础上，容易收集更多的研发数据，并构建统一的代码库，把所有的代码放在一起更有利于机器学习，使 AI 能更好地发挥作用，包括测试数据的自动生成、自主操控软件、缺陷和日志的智能分析、优化测试分析与设计等。例如，Eggplant AI 导入已有测试资产创建模型、使用智能算法选择最佳测试集运行测试，基于模型算法能最大程度减少构建与维护的成本，其测试覆盖率与之前相比也提高了 80%~90%。

另外，人机交互智能更有价值，不能完全依靠机器，未来的测试机器人是需要人去训练的，即相当于把测试工程师的经验和知识、对业务流程和业务场景的理解赋能给机器人。现在人类可以给工具做按钮、菜单、文字、图标的识别训练，但这些工

具还不能真正认知业务流程。未来基于知识图谱和 MBT 的发展，在特定的业务领域可以帮助计算机提高认知，实现从感知智能向认知智能演化，让测试机器人对业务有良好的认知能力，这才算是实现真正意义上的智能测试。

□



作者简介

朱少民，国内知名测试专家、同济大学特聘教授、中国科技大学教指委委员。近 30 年来一直从事软件工程、质量管理等工作，先后获得多项科技进步奖，出版了 20 多部著作，代表作主要有《软件测试方法和技术（第 3 版）》《全程软件测试（第 3 版）》等，近 5 年帮助国内近百家企业提升其软件研发能力水平，并经常在国内外学术会议或技术大会上发表演讲，曾担任 IEEE QRS 等多个国际学术会议程序委员、IEEE ICST 2019 工业论坛主席、《软件学报》审稿人等。