



NFC 端到端兼容性测试研究

高一维, 孙 宇

(中国联合网络通信有限公司研究院 北京 100032)

摘 要:近场支付由于其产业链过长、相关硬件厂商众多的特点,给其兼容性带来了巨大挑战。在 NFC 一致性测试的基础上,提出了严格的一致性测试、仪表兼容性测试、R/W 兼容性测试、POS 兼容性测试等 4 种提高 NFC 终端与 POS 之间兼容性的测试方法,并分析了其优缺点。行业相关方可结合自身资源及需求,采用其中一种或几种方法相结合的测试手段,提高 NFC 端到端兼容性,优化 NFC 支付生态环境。

关键词:NFC;POS;一致性测试;兼容性测试

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2015079

Research on NFC End-to-End Compatibility Test

Gao Yiwei, Sun Yu

(China Unicom Research Institute, Beijing 100032, China)

Abstract: NFC has a long industry chain with many manufacturers involved in, which brings a significant challenge to the compatibility. Four testing methods were presented to improve the compatibility of NFC terminals and POS terminals. These testing methods include more rigorous conformance testing method, instrument compatibility testing method, R/W compatibility testing method and POS compatibility testing method. Industry participants can use one or more of these four methods to improve NFC end-to-end compatibility based on their own needs, which can help optimize the NFC mobile pay environment.

Key words: NFC, POS, conformance test, compatibility test

1 引言

2014 年 9 月,搭载 NFC(near field communication,近场通信)功能的 iPhone6 的上市,使得 NFC 成为真正意义上的高端手机标配;在此之前,华为、OPPO、魅族、小米等国内终端厂商也纷纷在中低端市场推出了不同价位的 NFC 手机。NFC 终端的全线覆盖使得 NFC 应用有了直接的载体并快速发展,除规模最大的行业应用——公交应用在全国大部分城市开通外,沃尔玛、星巴克、麦当劳等零售

业、餐饮业的行业龙头也已纷纷在不同国家和地区开通近场支付业务,用户手机支付习惯已初步养成。为了配合 NFC 支付的迅猛发展,中国银联也于 2014 年 12 月初完成了 500 万部“闪付”POS(point of sale,销售终端)的布置。可以看出,在统一了 NFC 射频标准之后,经过产业链各方积极布局,基于 NFC 的移动支付或将在两年内迎来爆发式增长。

但 NFC 支付由于其先天产业链过长、相关硬件厂商众多等原因,其硬件性能差异、实现技术差异、标准差异等

收稿日期:2015-02-05;修回日期:2015-03-10

论文引用格式:高一维,孙宇. NFC 端到端兼容性测试研究. 电信科学,2015079

Gao Y W, Sun Y. Research on NFC End-to-End Compatibility Test. Telecommunications Science, 2015079



带来的兼容性问题成为 NFC 支付业务发展的巨大障碍。在 2014 年进行的 NFC 终端外场测试中发现,仅北京一地与某款 NFC 终端存在兼容性的“一卡通”行业 POS 就多达 400 余部。除此之外,兼容性测试的缺失也是影响 NFC 终端与 POS 端兼容性的重要原因。在整个 NFC 支付硬件测试链条上,SWP(single wire protocol,单线协议)卡、NFC 终端、POS 机分别由不同的生产或采购方进行测试,SWP 卡与 NFC 终端之间的兼容性大多由运营商进行测试,唯独缺失了重要的终端——POS 之间的端到端兼容性测试。NFC 测试链及参与方如图 1 所示。

鉴于 NFC 端到端兼容性对近场支付的影响,GSMA、NFC 论坛等国际标准化组织已将其列入规范更新计划之内;部分卡厂商、NFC 芯片厂商、终端厂商等也开始在力所能及的范围内进行兼容性测试。总体来说,NFC 生态系统已日趋成熟,单纯的射频、尺寸、存储等差距已越来越小,而真正制约支付 NFC 用户体验、决定 NFC 发展前景的核心点已转向终端和 POS 端的兼容性层面。

本文以 SWP-SIM 为基础,在分析相关技术标准及测试标准的基础上,提出了几种提升 NFC 终端与 POS 端兼容性的测试方法。ESE-NFC(embedded security element-NFC,嵌入式安全模块的 NFC)、SD-NFC (secure digital memory card-NFC,基于安全数字存储卡的 NFC) 以及将来的 HCE (host-based card emulation,基于主机的卡模拟) 只是 SE (security element,安全模块)的存储方式不同,其端到端兼容性的测试均可以参照以下方法。

2 NFC 终端标准与一致性测试

2.1 NFC 标准研究

2.1.1 NFC 技术规范

在国际上,NFC 技术标准主要的制定组织有 NFC 论坛、ETSI、GSMA 和 ISO 4 个组织^[1]。NFC 论坛是由主要的移动通信、半导体、消费电子产品公司建立的非盈利行业协会,定义了 NFC 的模拟规范、数据交换所需数据结构及协议、标签操作规范等;ISO 组织主要定义了射频协议规范;ETSI 是欧洲电信标准化协会,制定了内部实现标准,对于 SWP-SIM 方案即 NFC 芯片与智能卡的接口规范;GSMA 是全球运营商的联合体,主要定义 NFC 需求规范。NFC 技术标准具体包括以下 4 个方面。

(1) 射频非接标准

NFC 作为一种新的无线连接技术,是由 13.56 MHz 的射频识别(RFID)技术发展而来的,其标准大部分是基于 ISO/IEC 14443、ISO 18092 及 ISO 15693。NFC 射频非接标准包括 NFC 论坛定义的模拟规范、数字协议规范以及 ECMA 定义的 ECMA 340/NFCIP-1 和 ECMA 352/NFCIP-2 规范^[2]。

(2) 内部实现标准

NFC 设备内部实现接口标准也就是 NFC 芯片和智能卡芯片的接口标准。NFC 在终端上的实现有不同的架构,目前国内运营商使用的是由 ETSI 定义的 SWP/HCI 标准,将安全模块 SE 放置在电信 SIM 卡上。ETSI 对 NFC 设备内

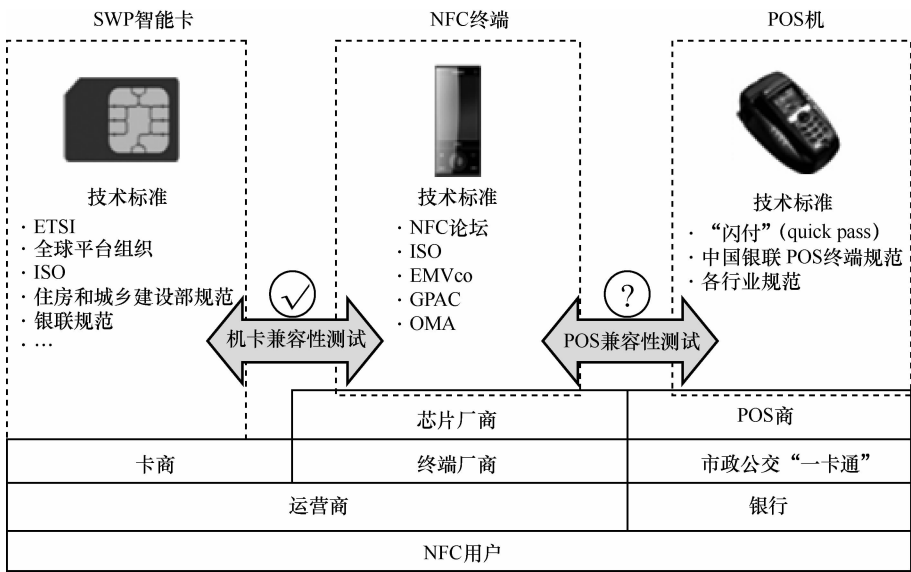


图 1 NFC 测试链及参与方

部实现接口定义的标准是:ETSI TS 102 613 和 ETSI TS 102 622。在此技术规范下,NFC 中的 SE 基于 ETSI 制定 UICC 标准,而 UICC 与 CLF 之间遵循 SWP 及 HCI 标准要求,这样就可以达到 NFC 设备要求^[1]。

(3) 标签操作规范

NFC 论坛定义了 NFC 标签的规范,包括 4 类标签,分别为标签 1、标签 2、标签 3、标签 4。标签 1 是基于 14443A 协议,内存最小为 96 byte,标签 2 支持 Mifare 卡,标签 3 支持 Sony 的 FeliCa 技术,标签 4 兼容 14443A/B 协议,存储空间较大。对于每类标签,NFC 论坛都定义了相应的标签规范。

(4) 需求规范

GSMA 作为全球运营商的联合体,致力于推广基于电信 SIM 卡的 SWP 方案。GSMA 关于 NFC 的标准主要集中在需求规范,更多地是从应用角度提出需求规范。GSMA 规范包括 NFC 手机 API 需求规范及 NFC UICC 需求规范^[2]。

2.1.2 NFC 测试规范

运营商主导的 SWP 方案的 NFC 终端测试内容涉及射频性能测试、协议测试、机卡接口测试、软件功能测试、兼容性测试等方面。目前国际标准主要对射频性能测试、协议测试、机卡接口测试发布了测试规范,基于测试规范可以开展一致性测试,验证 NFC 终端与规范和标准的一致程度。

对于 NFC 射频性能测试,其目的是测试 NFC 终端是否符合标准所规定的强制性要求,涉及频率功率和场强等参数,NFC 论坛定义了射频测试规范《NFC Forum Analogue Test Specification》。射频一致性测试需要使用认证设备进行测试,测试设备包括校准线圈,用来产生磁场的场源天线,用于测量被测设备所发射出信号的感应线圈,用于测量发起设备的功率和调制的参考装置以及数字取样示波器^[3]。

NFC 协议一致性测试是保证协议实现的一个重要手段。协议一致性测试规范包括 NFC 论坛发布的《NFC Forum-Test Cases for Digital Protocol》。

SWP 协议标准为 ETSI 102 613,测试标准为 ETSI TS 102 694,在测试标准中,102 694-1 是对 UE 的测试标准、102 694-2 是对 UICC 的测试标准^[3]。HCI 协议标准为 ETSI 102 622,测试标准为 ETSI TS 102 695。在测试标准中,102 695-1 是对 UE 的测试标准、102 695-2 是对 UICC 的测试标准、102 695-3 是主机控制器(host controller)的测试标准^[3]。

北美和欧洲的标准化组织 GCF (Global Certification Forum,全球认证论坛)和 PTCRB (PCS Type Certification Review Board,个人通信服务型型号认证评估委员会)成立了

工作组(GCF WI-133.PTCRB RFT 094)对 NFC 标准进行跟进,并对支持 NFC 功能的移动终端做出了测试要求,选取了 ETSI 102 694-1 和 ETSI 102 695-1 中的部分测试用例作为认证测试的要求^[3]。

在国际组织里,如 ISO/IEC、NFC 论坛等,定义了技术规范和对的一致性测试规范,但是并没有明确的关于兼容性测试的规范文档^[4]。在 GSMA 的规范体系里,有终端的功能性要求文档,如《TS_27_NFC_Handset_test_Book》,暂未对 NFC 兼容性测试的规范做出定义。

2.2 NFC 终端一致性测试

终端的一致性测试是指利用一组测试序列,在特定的测试环境下,对被测实体(IUT)进行黑盒测试,通过比较被测终端的实际输出与标准和规范中规定的预期输出的异同,验证被测终端是否符合相应的标准或规范。一致性测试一般都有标准规范进行约定,并使用标准认证的仪表来进行测试。

从标准层面来讲,排除卡、终端、POS 在实现或封装时的差异,只要各自严格遵循相关射频、协议规范,即可在一定程度上保证 NFC 各设备之间的数据交互。因此,在运营商、终端厂商已有射频、协议等相关标准测试环境的情况下,可以使用严格的一致性测试提升 NFC 终端与 POS 端之间的兼容性。

例如,常见的可变 POS 传输参数有:发射载波功率、发射载波频率、通信速率、调制的时间参数、传输间隔时间、传输帧大小等,卡片的可变参数有传输间隔、传输速率等^[5]。在常规的一致性测试中,只测试了终端在最大、最小磁场情况下的接收能力等少量参数组合。而在磁场大小固定的情况下,还有如下的可变因素:天线线圈大小、天线线圈负载阻抗、传输速率、磁场频率、比特调制、终端在磁场中的位置。在实际的 POS 中,会因这些参数的不同组合而发生不同变化,这就要求在更严格的一致性测试中把这些可变参数会用到的所有组合都测试到。

普通一致性测试只测试了 106 kbit/s 传输速率的情况,具体见表 1。但是在实际使用中会用到的传输速率有 106 kbit/s、212 kbit/s、424 kbit/s、848 kbit/s 等情况,需通过更加严格的一致性测试,提高 NFC 终端兼容性^[6]。

另外,在普通协议一致性测试中是通过 DTA(device test application,设备测试应用)辅助程序完成测试的,在更严格的一致性测试中,可以使用模拟 SWP 卡片和手机的支付功能来测试协议。



表 1 射频一致性的测试值(测试单一的变化因素)

测试项	测试条件
符合 NFC 论坛规定的 NFC 设备	编号为 0,3,6 的参考天线
调制环境侦听设备负载设备	820 Ω
传输电压	最大值
传输速率	106 kbit/s, NFC a/b 212/424 kbit/s, NFC f
载波频率	推荐常用值
调制	调制参数 1
测试位置	参考位置定义表 31

在加入模拟 SWP 卡片后,传输命令和响应的间隔时间、协议安装过程中卡片的实际参数定义会影响到终端与 POS 的交互能力。在更严格的测试中,需要把会用到的间隔时间、参数设置都尽量全面测试,从而提高 NFC 终端的兼容性。如有的终端在命令和响应的间隔超过一定的时间后,其协议栈可能会进入死循环。如卡片返回交易响应的时间超过 40 ms,终端出现协议异常情况。

综上,更加严格的一致性测试的实施有利于提高 NFC 终端与 POS 端的兼容性。但由于不同的硬件性能和封装技术等差异,实际 POS 要比实验室环境下更为复杂,一致性测试的结果往往与用户实际使用情况存在不小的差异。

3 端到端兼容性测试

端到端的兼容性测试是指对 NFC 终端在 CE 模式下

与不同 POS 端之间的刷卡成功率及刷卡性能的考察与评测,是反映终端用户真实刷卡体验的重要指标。除用更严格的一致性测试来提高 NFC 与 POS 兼容性外,真正意义上的端到端兼容性测试主要有仪表兼容性测试、R/W 兼容性测试、POS 兼容性测试 3 种。

3.1 仪表兼容性测试

仪表兼容性,即使用仪表模拟不同传输参数的 POS 机,对终端的兼容性进行测试。常见的 POS 传输参数主要有发射载波功率、发射载波频率、通信速率、调制的时间参数、传输间隔时间、传输帧大小等。仪表可以通过以上传输参数的不同组合模拟不同的 POS 机,以测试终端的兼容性^[7]。以数据传输速率 106 kbit/s 为例,可测试的 POS 参数组见表 2。

图 2 提供了一种常见的仪表兼容性测试示意。NFC 终端预置入 SWP-SIM 卡,通过空口或电缆与模拟不同 POS 参数的仪表进行数据交互,以评测 NFC 终端的兼容性。

仪表兼容性测试通过不同传输参数的组合,可以模拟大部分的 POS 终端,复现实际 POS 刷卡过程中遇到的故障,帮助分析定位并解决兼容性问题。除此之外,还可以在仪表上根据需要开发不同的测试脚本,测试效率及准确性要远远高于其他兼容性测试方法。

但由于 POS 电路中电容、电感的性能差异,如用于耦合的电感允许存在 $\pm 10\%\sim 15\%$ 的偏差,不同 POS 所产生的

表 2 106 kbit/s 数据传输速率下的 POS 测试参数

参数编号	功率	速率/(kbit·s ⁻¹)	频率/MHz	下降时间/ μ s	停止宽度/ μ s	上升时间/ μ s
参数 1-1	3 A/m	106	13.56	2.99-0.52	0.52	1.18
参数 1-2	3 A/m	106	13.56	2.99-1	1	1.18
参数 1-3	3 A/m	106	13.56	2.99-2	2	1.18
参数 1-4	3 A/m	106	13.56	2.99-2.5	2.5	1.03
参数 1-5	3 A/m	106	13.56	2.99-2.8	2.8	0.74
参数 1-6	3 A/m	106	13.56	2.99-2.9	2.9	0.52
参数 1-7	1.5 A/m	106	13.56	2.99-0.52	0.52	1.18
参数 1-8	1.5 A/m	106	13.56	2.99-1	1	1.18
参数 1-9	1.5 A/m	106	13.56	2.99-2	2	1.18
参数 1-10	1.5 A/m	106	13.56	2.99-2.5	2.5	1.03
参数 1-11	1.5 A/m	106	13.56	2.99-2.8	2.8	0.74
参数 1-12	1.5 A/m	106	13.56	2.99-2.9	2.9	0.52
参数 1-13	2 A/m	106	13.56	2.99-0.52	0.52	1.18
参数 1-14	2 A/m	106	13.56	2.99-1	1	1.18
参数 1-15	2 A/m	106	13.56	2.99-2	2	1.18
参数 1-16	2 A/m	106	13.56	2.99-2.5	2.5	1.03
参数 1-17	2 A/m	106	13.56	2.99-2.8	2.8	0.74
参数 1-18	2 A/m	106	13.56	2.99-2.9	2.9	0.52

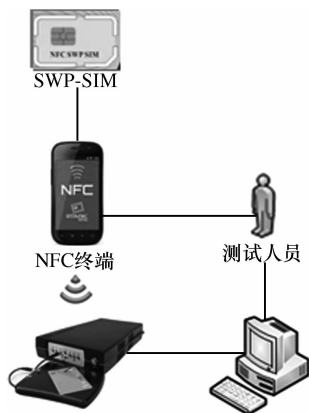


图2 仪表兼容性测试示意

谐振频率也不相同,包括POS机在实际封装过程中实现技术的差异等,实际环境下的POS情况要更为复杂,测试者需要在仪表测试的过程中予以考虑。

3.2 R/W 兼容性测试

R/W 兼容性测试,即使用不同的 reader/writer 对 NFC 终端的兼容性进行测试。由于去除上层应用的影响,实际的POS机可以看作一台R/W,终端只需完成与R/W的数据交互,即可视为通过测试。测试者可以参照市场典型POS的型号,选取不同芯片及天线尺寸的R/W。目前芯片厂商、终端厂商、卡商的兼容性测试多依照此方案进行。

在R/W兼容性测试中,测试者可以方便地从R/W中获取测试数据,统计测试信息,除进行接触条件下不同R/W一次刷卡成功率测试外,还可以借助机械臂,方便、精确地进行盲区、不同距离刷卡成功率(0~40 mm)、不同角度刷卡成功率(0°、45°、90°)、中心点偏移刷卡成功率(上、下、左、右)等测试,如图3和图4所示。

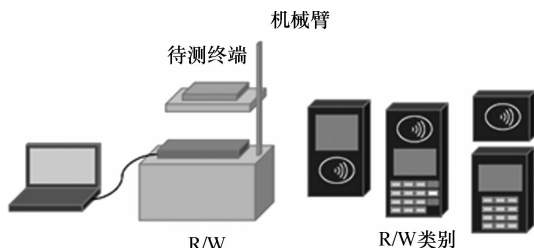


图3 R/W 兼容性测试示意

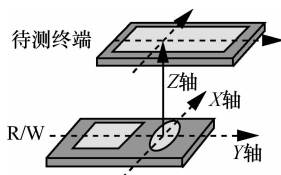


图4 中心点偏移测试示意

此测试方案的优点在于测试环境简单,测试效率较高,测试结果易于判断。缺点在于由于忽略了不同POS实现方式(协议差异、封装技术等)、上层应用开发、业务流程等对兼容性的影响,只能检测NFC终端与有限类别R/W之间的兼容性,无法完全覆盖真实的用户使用体验。

3.3 POS 兼容性测试

实验室POS兼容性测试以市场POS占有率或POS线圈大小、芯片类别为依据,选取市面使用的典型POS机,进行离线或在线刷卡测试。

由于POS机大多为嵌入式系统,测试时除需要在NFC终端和POS端预置或新开发应用外,POS端还要根据需要进行导入证书或插入PSAM卡。在线的刷卡测试还需要搭建后台计费服务器,用于充值等测试。在POS兼容性测试中,POS覆盖率是影响NFC兼容性测试结果准确度的重要因素,测试者要根据POS市场份额及型号特性,尽可能地多提高实验POS覆盖率,并制订合理的结果评价方法。

受POS端接口、证书、业务流程等限制,此类实验室一般由业务主管部门或POS采购部门进行建设,如国内的“一卡通”实验室、住房和城乡建设部实验室以及日本的JR实验室等。

典型的POS兼容性测试场景如图5所示。其中仪表1为抓包器,用于抓取SWP-SIM与NFC终端之间的数据。

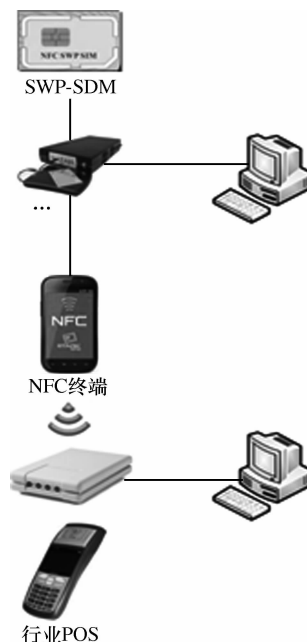


图5 POS 兼容性测试示意



据,仪表 2 为非接抓包器,用于抓取终端与 POS 之间的容器数据。

鉴于 POS 兼容性测试是 NFC 终端与真实商用 POS 之间的测试,所以能最真实、直观地反映 NFC 端到端的兼容性。但由于 POS 数据的获取需要由 POS 厂商开放数据接口,导致难以开发自动化测试工具,盲区、成功率等测试需要耗费大量人工,且结果不够精确。另外,当遇到偶发性问题时,测试场景难以复现,不利于兼容性问题的定位及分析。

4 结束语

基于以上分析,更严格的一致性测试容易实现,但完全基于对终端的测试,忽略了 POS 等在实现时的差异;仪表兼容性测试通过仪表来模拟 POS 终端,可以复现实际 POS 刷卡过程中遇到的故障,但是实际使用的 POS 终端要比仪表模拟的 POS 终端更加复杂;R/W 兼容性测试使用不同的 reader/writer 对 NFC 终端的兼容性进行测试,测试环境简单,测试效率较高,但是却无法覆盖不同 POS 实现方式、上层应用开发、业务流程等对兼容性的影响;POS 兼容性测试选取市面使用的典型 POS 机,进行离线或在线刷卡测试,最能真实、直观地反映 NFC 端到端的兼容性,但是需要由 POS 厂商开放数据接口。各种兼容性测试的方法各有优劣,行业各方需要根据自身实验环境及需求进行选择。

传统卡片行业也需要正视自身问题,不要因手机支付导致的传统卡片购卡费用减少、卡片管理权利转移、购卡押金减少等问题而抵触移动支付,消极对待兼容性问题。

优化 NFC 支付环境,提高 NFC 兼容性需要整个产业链集体协作,共同努力。仅有运营商、终端厂商及卡商的努力是远远不够的。NFC 与 POS 的兼容性必须有 POS 厂商以及住房和城乡建设部、银联等产业链相关方的大力支持与参与。

在标准层面,需要产业链各方努力推动 NFC 终端与 POS 机兼容性标准的制定。实际使用层面,服务提供方应及时收集用户问题及反馈,并通过兼容性测试对问题进行定位,修改问题以防相同原因的问题再次发生。测试层面,希望产业链各方能够有开放的态度,互相共享资源,共同合作,尽快推进 NFC 兼容性测试,保证用户良好的使用体验,促进整个 NFC 产业健康发展。

参考文献

- 1 Maierhuber M, Ebner M. Near field communication. International Journal of Interactive Mobile Technologies, 2013, 7(4)
- 2 李庆艳, 张文安, 谢云. NFC 技术标准体系揭秘. 电信技术, 2013(6):62~68
Li Q Y, Zhang W A, Xie Y. Introduction to NFC technical standards and specifications. Telecommunications Technology, 2013(6):62~68
- 3 杨军. NFC 技术的应用、标准进展及测试. 现代电信技术, 2009(10):1~5
Yang J. The application, standards and tests of NFC technology. Modern Science & Technology of Telecommunications, 2009(10): 1~5
- 4 董原, 买望. NFC 技术与测试标准. 世界电信, 2013(9): 75~80
Dong Y, Mai W. NFC technical and test specifications. World Telecommunications, 2013(9): 75~80
- 5 郭寰. NFC 技术与 NFC 手机测试方法. 信息通信技术, 2012(4): 58~62
Guo H. The test methods for mobile phone with NFC feature. Information and Communications Technologies, 2012(4): 58~62
- 6 孙倩, 夏丽娇. 近场通信测试简介. 电信网技术, 2013(5): 60~64
Sun Q, Xia L J. Introduction to NFC testing. Telecommunications Network Technology, 2013(5): 60~64
- 7 刘鑒. 基于 SWP 接口的 NFC-SIM 芯片的测试方法及验证(硕士学位论文). 西安电子科技大学, 2014
Liu L. The test and verification of NFC-SIM chip based on SWP interface(master dissertation). Xidian University, 2014

[作者简介]



高一维,女,现就职于中国联合网络通信公司研究院,主要研究方向为 SWP-NFC 终端测试、移动支付、终端用户体验测试等。



孙宇,男,现就职于中国联合网络通信公司研究院,主要研究方向为 NFC 终端测试、移动支付等。