2019年7月，我参与了某医疗信息系统有限公司移动护理项目的开发，担任项目技术负责人，负责系统分析与设计工作。该系统主要包含患者信息查对，医嘱执行，体征数据采集，护理文书管理等功能。本文以移动护理项目为例，介绍了软件系统测试技术在项目中的具体应用。在系统测试阶段，我们主要从功能测试、用户界面测试以及性能测试三个方面对项目进行测试工作。在功能测试方面，主要验证业务流程的正确以及表单数据的合法输入；在用户界面测试方面，主要验证界面与原型的匹配以及不同PDA设备的兼容性；在性能测试方面，主要验证系统最大在线人数的并发。通过以上测试技术的实施，我们完成了软件项目设计开发工作，保证了项目质量。最终项目在某省三甲医院成功落地，而后也陆续收到其它医院的上线申请。

移动医疗时代的到来，为实现医疗无纸化，实现医嘱的全生命周期的跟踪，有效解决护士站到病房的＂最后１０米＂的信息延伸问题提供了更好的解决方案．最终达到改变医疗的存在方式，改善医疗业务流程，提升医疗服务质量，提高医疗安全性的目的．

2019年７月，某医疗信息系统有限公司启动了移动护理系统项目。此系统以电子病历系统ＥＭＲ和医嘱录入系统ＣＰＯＥ为平台，借助无线手持终端设备PDA进行信息的实时化传输和移动采集，实现患者信息查对，医嘱执行，体征数据采集，护理文书管理等功能．患者信息查对主要实现PDA扫描患者床头卡二维码或患者腕带条形码查询患者基本信息，核对患者身份；医嘱执行主要实现PDA扫描药品信息二维码，进行药品领取核对、记录护士医嘱执行过程，完成皮试药品双人核对，进行检验样本管扫码采集等功能。体征数据采集主要实现体征任务提醒，患者体征数据录入存库。护理文书管理主要实现患者量表，特护单，通用单，评估单等文档的编辑。我在项目中担任技术负责人，负责系统分析与系统设计工作，最终项目在某省著名三甲医院成功落地。

系统测试的主要内容包括功能测试、健壮性测试、性能测试、用户界面测试、安全性测试、安装和反安装测试等。其中，最重要的工作是进行功能性测试和性能测试。功能性测试主要采用黑盒测试，主要目的是检查功能是否按照SRS的要求正常使用，软件是否能够恰当地接收输入数据并产生正确的输出信息，软件运行过程中能否保持外部信息的完整性；性能测试主要验证软件系统在承担一定负载的情况下所表现出来的特性是否符合客户的需要，主要指标有响应时间、吞吐量、 并发用户数和资源利用率等。性能测试主要目的验证软件系统是否能达到用户和提出的性能指标，同时发现软件系统中存在的性能瓶颈，并优化软件，最后起到优化系统的目的，包括发现缺陷，性能调优，评估系统的能力，验证稳定性和可靠性等方面。

在移动护理项目的系统测试阶段，我们综合考虑各种测试方法的优势特点，并认真分析了移动护理项目的实际业务场景，决定对系统进行功能测试、用户界面测试以及性能测试。下面分别从这三个方面展开具体说明。  
1.功能性测试

系统的功能测试主要通过黑盒测试的方法验证系统是否符合需求规格说明书上的业务。核心目标是能够覆盖用户提出的所有需求。由于功能测试的方法很多，我们主要采用了功能分解，等价类划分，边界值分析来进行测试。首先，根据项目在需求分析阶段整理的需求分析文档（SRS），我们对每个功能模块进行细化分解，建立功能测试用例并编写测试用例文档。例如，医嘱执行模块，包括药品医嘱执行、输液医嘱执行以及治疗医嘱执行。根据医嘱类型不同具有不同的执行步骤，测试用例就需要拆开进行编写。具体医嘱类型的执行步骤，根据执行结果的不同需要进一步拆分。继续拆分就是每个业务功能中包含具体的数据输入和保存等操作功能。经过这种自上而下的梳理和拆分，功能测试用例对整个系统基本全部覆盖，保证功能不缺失。然后，针对具体的数据输入项，为了保证数据输入的合理有效，我们又针对特殊字段进行了等价类划分的用例测试。譬如，药品，腕带等扫描条形码以及体温值，血压值等输入项，进行了有效类和无效类划分，同时，结合边界值的分析，确保了系统输入数据和扫码条码的正确有效。  
2.用户界面测试

用户界面测试主要测试系统的用户界面是否符合用户的要求，用户要求是界面简洁大方、能够快速使用、以及能够兼容不同品牌的PDA设备。对于界面要求，测试人员主要根据美工提供的页面原型和实际的系统页面进行对比，测试效果是否和页面原型的效果一致。对于不同的品牌的PDA的兼容性测试，测试人员拿到各家医院常用多款PDA设备，下载移动护理系统的客户端。验证在各个PDA设备中系统是否有不兼容的情况，比如界面变形、有些验证失效以及表格对齐等。在PDA端主要考虑护理文书的显示，护理文书文档主要在PC端展示，不利于移动端设备的展示，需要根据移动端屏幕大小进行自适应调整，因此需要着重对文档内容进行测试，包括文档内容是否展示完全，编辑框、下拉选择框的编辑功能是否正常。在界面测试时发现护理文档表格的样式与美工提供的原型相差较大，不支持自适应PDA的界面。最后将这些界面上的测试问题整理后反馈到QC系统。  
3.性能测试

性能测试主要测试系统在一定负载的情况下表现出来的性能是否达到客户的性能指标。移动护理系统每天有大量护士在工作中使用，需要保证系统在满足正常功能的前提下，不会因为使用护士的人数增加而受影响。因此该系统的主要的性能指标是单台服务器在400人同时在线的情况下系统是否能提供正常的服务。为了完成这个测试，测试人员要求开发人员单独在一台配置为4核16G内存硬盘为机械硬盘的服务器上部署该系统，然后通过性能测试软件loadrunner对系统进行性能测试。针对并发场景较多的登录模块进行重点测试，利用逐渐增加并发人数的方式编写并发测试用例。并发的人数以10、50、100、200、300、400的方式依次增加，进行系统的登录和退出测试，并记录TPS、响应时间、点击率、数据库CPU负载、应用服务器CPU负载以及服务器吞吐量。在系统测试的过程中当并发达到300的时候，系统的性能明显下降了很多，通过向开发人员反映，经过几次优化后，最终在并发为400的时候，系统的性能没有明显的下降，达到了客户提出的性能要求。

基于软件系统测试方法的运用，项目顺利开发测试完成，于2021年1月在某省三甲医院的成功上线。项目运行期间，各项性能指标均达标，系统保持95%的使用率，获得患者，护士及医院领导的一致好评。可以说软件的系统测试方法在此项目中的运用是一次成功的实践．为我们提供了一套理论结合实践的成功经验。

虽然如此，项目具体运行过程中，由于医嘱扫描执行的场景考虑不足，性能属性不达标。医院每天集中在早上8点和下午4点给患者用药，此时系统的并发量陡然增加，请求的响应速度变慢。为了解决这个性能问题，我们一方面在应用服务器与数据库之间增加缓存服务，使用Redis对患者的基本信息和医嘱信息做缓存，同时搭建主从数据库，实现读写分离，减轻数据库服务的压力，另一方面使用Nginx提供负载均衡服务，对后端服务进行集群化部署，提高系统服务的并发能力，最终达到了性能目标。通过这次系统分析设计工作，让我认识到优秀的理论知识和实践相结合才能成就好的软件项目，这敦促我在工作中也不忘提升理论知识，最终成为一名优秀的系统分析师。