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，负责系统整体架构设计及开发工作。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，介绍了高可靠性系统中软件容错技术的应用。在应用服务层面，我们采用集群部署方式提高软硬服务的可靠性；在数据库服务层面，我们采用主备部署的方式提高数据库的可靠性；在程序设计层面，我们采用防卫式程序设计、降低复杂度设计以及错误日志记录等方案来提高业务服务的健壮性和可靠性。通过以上三个方面的措施，我们完成了软件项目开发工作，保证了系统的可靠性。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，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扫描患者床头卡或患者腕带的二维码查询患者基本信息，校对患者身份；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，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；我在项目担任技术负责人，负责系统整体架构设计及开发工作，最终项目在某省著名三甲医院成功落地．

系统的可靠性设计主要包含避错技术、检错技术、容错技术以及降低复杂度设计。其中容错技术主要有冗余技术、软件容错技术、双机容错技术以及集群技术。冗余技术包括了结构冗余、信息冗余和时间冗余；软件容错技术主要有N版本程序设计、恢复块方法和防卫式程序设计；双机容错技术有双机热备、双机互备和双机双工形式。另外可以通过简化软件结构，缩短程序代码长度以及优化软件数据流向等策略来降低软件复杂度设计，提高系统的可靠性。

为保证移动护理项目的高可靠性，我们采用了多种容错技术。下面着重讨论系统集群部署、数据库主备部署以及程序设计方面在该项目中容错方面的具体应用和效果。

1、系统集群部署容错

系统能否提供可靠性服务受到很多方面的影响。仅仅提供部署一台服务器提供系统服务很难保证7x24小时系统的可靠性。一旦发生电力供应异常、网络异常以及系统崩溃等情况，系统无法向用户提供正常的服务，会对用户产生巨大的损失。根据可靠性的串并联模型可知，多个系统并行运行可以提高系统的可靠性。因此，可以在不同的服务器上对系统服务做集群部署，即使某个服务器出现故障无法正常提供服务，其它服务也能提供服务。在实际项目中，我们在多台服务器上部署移动护理服务，使用Nginx做负载均衡进行请求的分发。为了保证业务的一致性，我们尽量将请求服务做出无状态服务，对于只能是有状态的服务，我们使用本地缓存保存session信息，向服务端发送请求时携带session信息保证了业务的一致性。另外，我们采用分布式服务监控系统来监视系统服务的运行状况，一旦发现问题立即向管理人员发出警报信息，以便快速的进行维护处理。通过集群方案和各种辅助措施，大大提高了整个系统的可靠性。

2、数据库主备部署容错

数据库作为整个系统的基础服务，所有的患者、医嘱、护理文书等信息数据直接存储在数据库中，一旦数据库不能提供正常服务，那么所有上层服务都将瘫痪。采用数据库主从部署的方案可以解决这个问题。多数情况下将请求读写服务交个主数据库进行处理，业务读写操作增加的情况下，为了减轻主数据的压力，可以将读写操作交个从数据库处理。当主数据发生故障无法提供正常服务时，从库代替主库继续提供读写服务，从而不影响业务的正常运行。另外，还可以通过磁盘阵列技术对数据进行备份，防止磁盘损坏造成数据丢失。通过主备部署和磁盘阵列方案，大大提高了数据库服务的可靠性。

3、程序设计方面容错

程序设计方面的错误一般隐秘性强、追溯困难、费时费力。因此程序设计方面的容错设计可以使用防卫式程序设计以及降低系统复杂度的策略。防卫式程序设计一方面对不可信的输入参数进行合法性校验，才能进行后续的业务处理。另一方面对不可预知的异常需要使用try catch进行捕获，打印相关日志，并进行友好提示。例如，pda扫码的条码需要遵循条码规范，患者条码规则为“功能码&患者ID”，医嘱条码为“类型码&患者ID&医嘱ID”，对扫码的条码需要先进行判断是否是患者条码和一致条码，如果不是直接拦截提示非法的条码，业务流程不能进行下去。另外程序的复杂度高则缺陷数会急剧上升，严重影响了程序的可靠性，因此我们对开发人员的代码制定相关标准，要求代码的层次深度不超过5层以简化软件结构；单个方法体的行数不能超过50行以缩短程序代码的长度；通过防卫式程序设计以及降低复杂度策略，大大提高了系统程序的可靠性。

应用可靠性设计方案及相关容错技术，项目顺利开发完成，于2021年1月在某省三甲医院的成功上线。项目运行期间，各项可靠性指标均达标，系统保持95%的使用率，获得患者，护士及医院领导到一致好评。另外，在系统的后续维护过程中，我们对监控系统进行了更换，新的监控系统提供更加细致全面的监控服务；日志系统也进行升级，更加容易排查、定位及修复程序中问题，进一步完善了系统，进一步提高了系统的可靠性。可以说明可靠设计中系统容错技术在此项目中的运用是一次成功的实践，也为我们提供了一套理论结合实践的成功经验。

尽管如此，在系统的设计和后期维护过程中，也陆续发现一些问题和不足之处。比如应用集群和主从多数据库的部署更加复杂繁琐，管理维护成本大大增加，因此，我们考虑使用jekins自动化部署功能和docker容器化部署技术解决这些问题。在通过这次软件开发工作，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学习理论知识，最终成为一名优秀的软件架构师。