

文章编号: 1672-2892(2010)03-0336-05

基于 UML 的 UDP 通信仿真测试软件设计与实现

李 巨, 罗永红

(中国工程物理研究院 电子工程研究所, 四川 绵阳 621900)

摘 要: 针对在搭建某控制及通信软件的仿真测试平台时出现的有关用户数据报协议(UDP)通信的测试用例、故障难以注入的问题, 提出了 UDP 通信仿真测试软件解决方案, 并采用统一建模语言(UML)对该软件进行设计和描述, 实现了对多个与被测件进行 UDP 通信的外围软件的通信功能仿真, 方便了用户在所搭建的仿真测试平台中注入与 UDP 通信相关的测试用例、故障, 提高了软件测试的效率及有效性。

关键词: 统一建模语言; 用户数据报协议; 仿真测试平台

中图分类号: TN915

文献标识码: A

Design and implementation of UDP communication simulation testing software based on UML

LI Ju, LUO Yong-hong

(Institute of Electronic Engineering, China Academy of Engineering Physics, Mianyang Sichuan 621900, China)

Abstract: The testing cases or fault of User Datagram Protocol(UDP) communication are difficult to be injected into the testing environment when testing some control and communication software. This paper presents a new approach of building UDP communication simulation testing software using Unified Modeling Language(UML), and introduces the implementation technique of multiple UDP communication software interacting with the software under test. With this simulation testing platform, users can easily input the testing case or fault into the simulation testing environment, moreover, the efficiency and effectiveness of testing are improved.

Key words: Unified Modeling Language; User Datagram Protocol; simulation testing environment

某控制及通信软件是某控制系统的一个组成部分, 其通信软件系统有时序软件系统、指挥软件系统及耦合软件系统; 网络环境有以太网和 CAN 总线; 控制设备有电机等 CAN 总线设备。如果在真实环境下对该软件做配置项测试, 不仅需要庞大的外围支撑设备, 而且很难进行故障注入。因此, 在进行测试方案设计时, 根据被测软件的实际需要, 自主开发、外购相关硬件及测试工具软件, 搭建仿真测试平台。搭建仿真测试平台时, 由于该控制及通信软件涉及到的外围控制及通信软件系统较多, 需要注入的测试用例较为特殊, 常用的 UDP 控制及通信软件满足不了测试用例注入的需要, 需要对测试环境中所涉及到的 UDP 通信进行建模, 仿真真实环境下 UDP 通信功能, 实现特殊测试用例的注入。

1 仿真测试平台搭建

1.1 仿真测试平台设计

某控制及通信软件的主要功能是接收外围系统的 UDP 命令, 对 UDP 命令进行解析后, 进行命令转发或者通过 CAN 总线控制电机等 CAN 设备。因此, 在搭建仿真测试平台时, 需要模拟的与某控制及通信软件的外围接口系统有: 时序软件系统、指挥软件系统、耦合软件系统和 CAN 总线控制系统, 如图 1 所示。

CAN 总线模拟系统由 CAN 总线、CAN 卡、工控机(安装 CANOE 软件)构成, 通过 CANOE 软件可以实现对 CAN 设备的仿真^[1], 方便完成测试用例注入、故障注入。

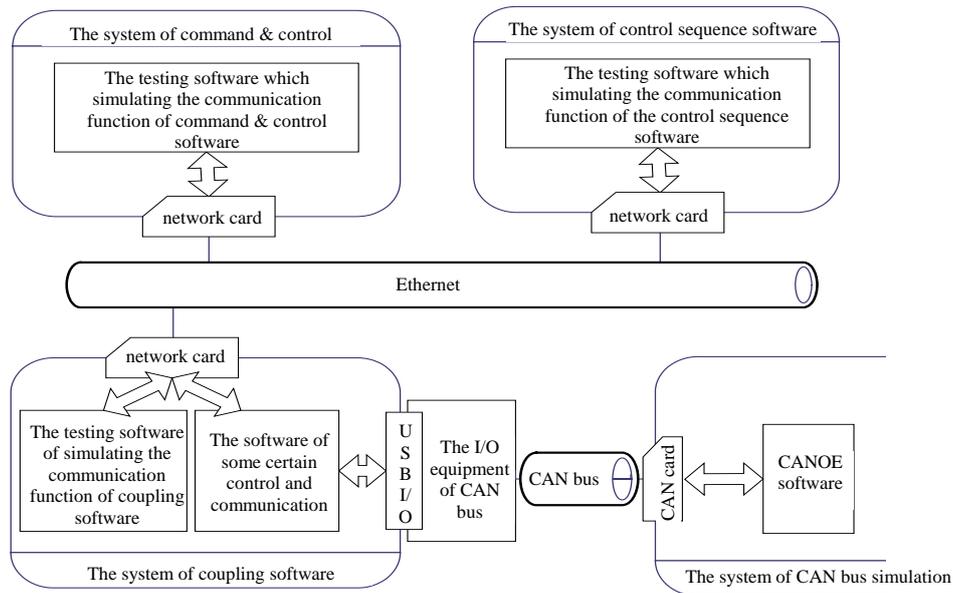


Fig.1 Simulation test bench of some certain control and communication software

图1 某控制及通信软件仿真测试平台

由于指挥软件系统、时序软件系统和耦合软件系统间的基于UDP的通信数据帧针对不同系统有不一样的定义，而现有的UDP通信软件不能方便地根据测试要求实现测试用例注入、故障注入。因而该3大系统均由工控机以及运行在该工控机上自主研发的UDP通信仿真测试软件构成。UDP通信仿真测试软件是在通过对3大系统所涉及到的UDP通信行为(包括用例、故障注入行为)进行建模的基础上自主开发的，该软件能分别在指挥软件系统、时序软件系统和耦合软件系统中运行，并能方便测试人员注入测试用例、注入故障。

1.2 仿真测试平台对UDP通信仿真测试软件的要求

仿真测试平台对UDP通信仿真测试软件有功能、性能以及界面设计的要求。

a) 功能要求：该软件能模拟指挥软件通信功能，模拟时序软件通信功能以及模拟耦合软件通信功能；具有设置发送方以及发送方的IP地址及端口功能；能根据用户要求，编辑发送数据，方便完成测试用例的注入、故障注入；可以发送错误数据帧，例如帧格式错误、数据错误、发送错误、接收数据后反馈数据错误等。

b) 性能要求：在进行故障注入时，需要设置反馈确认信号的响应时间。根据测试需要，要求该软件在收到UDP数据后，完成数据解析并反馈确认信号的响应时间不得大于20ms。

c) 界面设计要求：要求界面简洁实用，针对指挥软件系统、时序软件系统、耦合软件系统能够为用户提供3种不同的工作模式，在每个工作模式下，均能完成测试用例注入、故障注入；能够实时显示接收到的UDP数据包。

2 基于UML的UDP通信仿真测试软件设计

2.1 模型设计

UML是一种表达能力丰富的强有力的建模语言。作为一种通用的统一建模语言，它的目标是以面向对象的方式来描述任何类型的硬件系统，可以对任何具有静态结构和动态行为的系统进行建模描述，适用于系统开发过程中从需求规格描述到系统完成后测试的不同阶段^[2]。

对用以模拟指挥软件系统、时序软件系统和耦合软件系统通信功能的UDP通信仿真测试软件的概念模型进行设计时，也要从静态结构和动态行为2个方面进行。在UDP通信仿真测试的概念模型中，静态结构主要通过实体及其可执行的行动与动作的类与对象来表现；动态行为主要体现在对任务的分解中，即通信执行动作以及执行UDP通信动作间交互的动态过程。在3种工作模型下均能进行UDP通信功能、注入测试用例功能、采集测试结果功能的UDP通信仿真测试软件概念模型也是分别用UML的静态和动态建模机制来设计，并描述模型中各种实体行动的各类静态和动态关系。

2.1.1 静态结构模型设计

设计UDP通信仿真测试软件统一抽象模型的静态结构时，根据UML语法，可以将UDP通信仿真测试模型

中具有相同特性(属性)和形态行为(方法)的对象的集合——类通过三元组进行描述^[3]:

实体 ::= <实体名称, 实体属性集合, 实体能力集合>

实体名称是对该实体的标示, 实体属性集合由实体区别于其他实体的若干静态特征来描述, 实体能力集合由若干实体可执行的动作描述。UDP 通信仿真测试模型中的静态结构设计如图 2 所示。

2.1.2 动态结构模型

UDP 通信仿真测试软件的概念模型描述了 3 种工作模式行为动作, 因此, 可以由统一的行为视图和交互视图表达从 3 种模式中抽象出统一的系统行为动作^[4]。

在系统的分析和设计中应当对主要的用例和对象类绘制图形。对 UDP 通信仿真测试软件动态结构模型进行描述时采用活动图进行描述, 不单独对交互进行 UML 建模描述。UML 活动图本质上是个流程图, 描述了实体行动流, 图 3 是 UDP 通信仿真测试软件概念模型实体行动活动图。

2.2 软件设计

在 UDP 通信仿真测试软件模型设计的基础上对该软件的两个核心模块: 通信功能模拟模块和故障设置模块的实现流程进行详细设计并通过 UML 时序图进行描述。

2.2.1 模拟模块

通信功能模拟模块主要实现 UDP 通信仿真测试软件中对指挥软件通信功能、耦合软件通信功能以及时序软件通信功能的模拟。通过该功能模块可以设置通信参数, 编辑并发送测试用例, 接收并显示 UDP 数据。其时序图如图 4 所示。

2.2.2 故障设置模块

故障设置模块主要是实现故障注入, 根据对被测件以及与之交互软件的了解, 需要通过 UDP 通信软件注入的故障有 3 种:

- 1) 反馈数据帧错误: 在不同工作模式下, 能编辑反馈数据帧注入非法反馈数据帧的故障异常。
- 2) 响应时间超时: 在不同工作模式下, 能设置反馈数据帧的响应时间的功能, 注入响应时间无限长、超过规定时长等故障异常。
- 3) 通信线路故障: 能模拟通信线路故障, 可以注入接收数据帧字节数多于或少于发送数据帧字节数、发送数据帧中某些数据发生跳变、接收数据帧校验和出错等故障异常, 其时序图如图 5 所示。

2.2.3 软件的实现

本软件采用 3 层体系结构, 借鉴 Model-

Simulation object of UDP communication simulation testing software based on UML	
Tab	
<IP>	The IP address of sending
<IP>	The IP address of receiving
<Port>	The Port of Sending
<Port>	The Port of receiving
<Fault model >	The model of test fault
<Fault model >	The model of communication fault
<Feedback data>	The returned data
<Time>	The delayed time
Function()	
	Set the fault of communication
	Set test case
	Set the test fault

Fig.2 Static structure of model of the testing software
图 2 UDP 通信仿真测试软件模型中静态结构

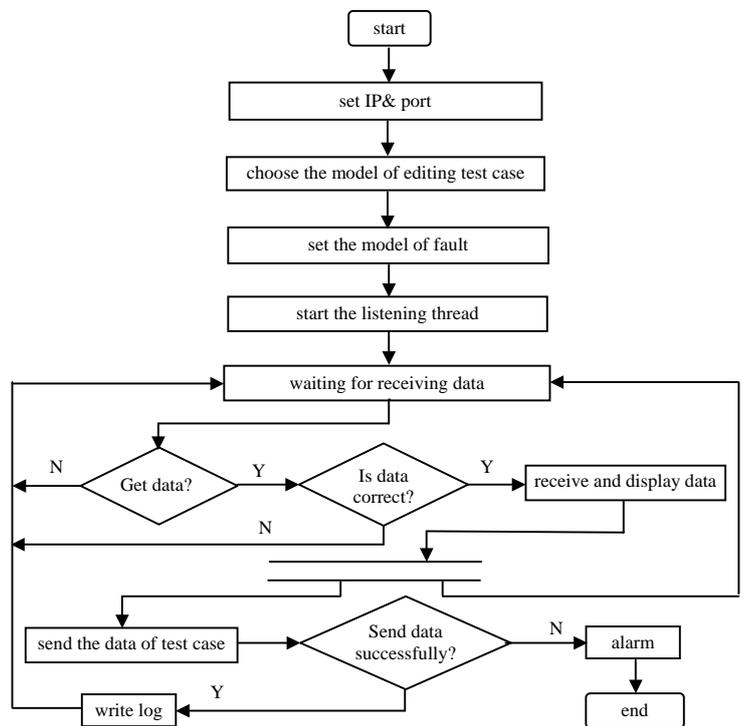


Fig.3 Activity diagram of the model of the simulation testing software
图 3 UDP 通信仿真测试软件概念模型实体行动活动图

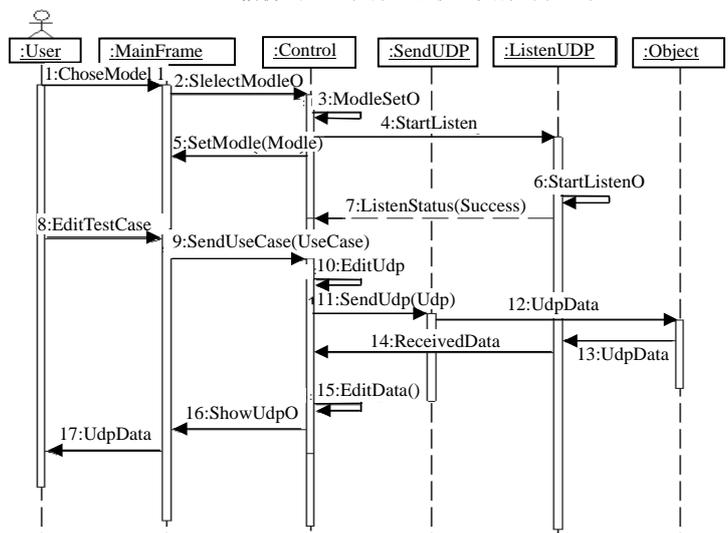


Fig.4 Sequence diagram of the communication simulation block
图 4 通信功能模拟模块时序图

View-Controller(MVC)设计模式思想将显示、控制和业务分开^[5],大大提高了 UDP 通信仿真测试软件的可维护性、可扩展性、灵活性以及封装性。图 6 是本系统的实现框架图。

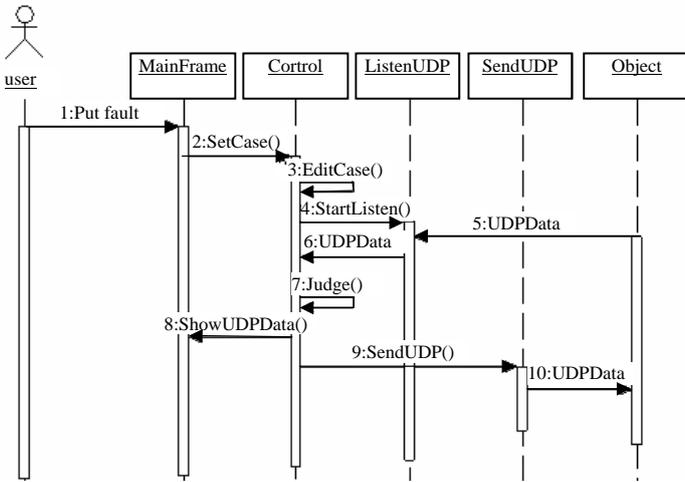


Fig.5 Sequence diagram of the fault setting block
图 5 故障设置模块时序图

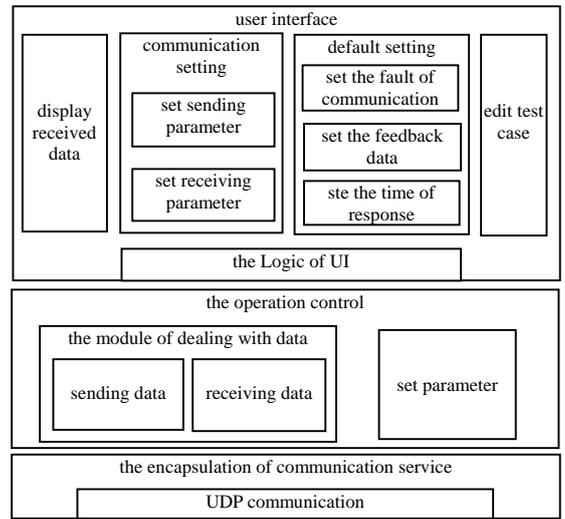


Fig.6 Frame diagram of the software implementation
图 6 软件实现框架图

本软件的 3 层体系结构分别是用户接口(User Interface, UI)界面、业务控制层以及底层数据通信^[6]: 1) UI 界面主要通过通信设置类(Commset)获取用户输入的发送端、发送端的参数; 通过用例编辑类(TestCaseEdit)获取用户注入的测试用例; 通过故障设置类(ErrSet)获取用户注入的故障; 通过显示接收数据类(ReceiveData)实时显示本软件接收到的 UDP 数据。2) 业务控制层主要是通过调用数据处理类(DataDeal)对接收到的 UDP 数据进行分析并上传到 UI 层显示; 对用户输入的测试用例进行分析后编辑成 UDP 数据包进行发送; 通过参数设置类(ParaSet)设置底层发送参数。3) 底层主要是通过 UDP 通信类(UDPComm)接收被测软件发送的数据, 将其上传到业务控制层进行处理; 根据设置发送下载来的 UDP 数据。本软件主要类图如图 7 所示。

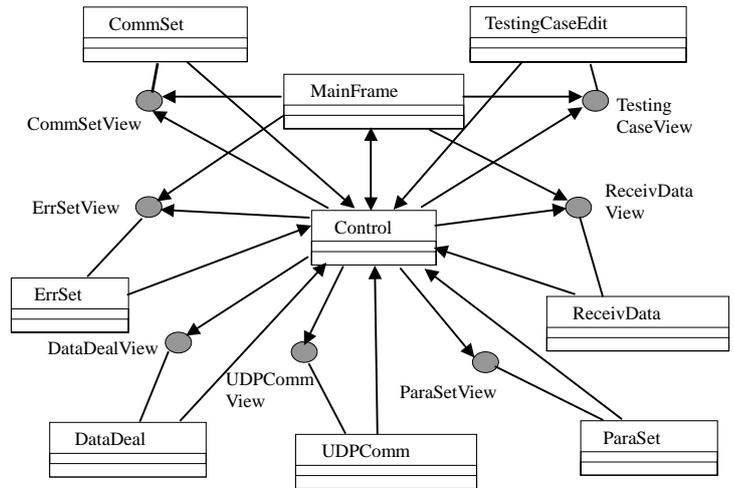


Fig.7 Class diagram of major classes
图 7 本软件主要类图

3 软件验证

将 UDP 通信仿真测试软件放在仿真测试平台中进行验证: 安装在 3 台工控机上的 UDP 通信仿真测试软件分别处于模拟指挥软件通信功能模式、模拟耦合软件通信功能模式和模拟时序软件通信功能模式, 在被测软件机上安装 UDP 通信监控软件, 监测收到数据是否与发送数据一致。通过测试, 该软件在 3 种不同模式下, 都能正确收发数据, 实现反馈数据帧错误、响应时间超时以及通信线路故障的设置, 且测试结果均满足仿真测试平台对 UDP 通信模拟软件的要求。

4 结论

基于 UML 的 UDP 通信仿真测试软件, 是针对搭建某控制及通信软件仿真测试平台的 UDP 通信部分功能的需求进行设计和实现的。在设计和实现过程中采用了 UML 语言对该软件进行建模和描述, 该软件实现了对指挥软件通信功能、耦合软件通信功能以及时序软件通信功能的仿真。通过测试, 该软件收发数据正确, 能完全满足仿真测试平台对 UDP 通信功能的需求。通过该软件, 用户能方便注入相关测试用例、故障, 提高了软件测试效率及有效性。

参考文献:

- [1] 恒润科技. CAN 总线开发流程与测试工具[EB/OL]. (2009-08-22). http://www.hirain.com/Vector产品介绍_CAN总线开发与测试测试.pdf.
- [2] Object Management Group. Unified model language(UML):Superstructure version 2.0.OMG Document:formal[EB/OL]. (2005-07-04). <http://www.omg.org/docs/formal/05-07-04.pdf>.
- [3] Object Management Group. UML profile for schedulability,performance,and time specification. OMG Adopted Specification, formal[EB/OL]. (2005-01-02). <http://www.omg.org/docs/formal/05-01-02.pdf>.
- [4] 冀振燕. UML 系统分析设计与应用案例[M]. 西安:西安电子科技大学出版社, 1996.
- [5] Erich Gamma. 设计模式 ISBN 7-111-07575-7[M]. 北京:机械工业出版社, 2000.
- [6] 王文新. 基于模型-视图-控制器的 Web 应用程序框架设计[J]. 信息与电子工程, 2009,4(7):358-360.

作者简介:



李 巨(1979-), 男, 四川省绵阳市人, 助理研究员, 主要研究方向为软件工程、嵌入式软件系统仿真及验证.email:kevin.lj@163.com.

罗永红(1968-), 男, 湖北省仙桃市人, 研究员, 主要研究方向为计算机软件、复杂系统仿真和验证.

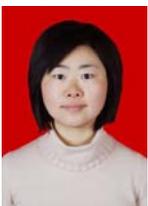
(上接第330页)

3) 如果屏蔽材料不能有效吸收散射光子, 鉴于低能散射光子在空气中的衰减较明显, 那么屏蔽盒内部电子元器件的位置最好不要紧贴屏蔽材料, 以减少散射光子的影响。

参考文献:

- [1] 杨怀明,徐曦,邓建红,等. N80C196KC20 芯片的 X 射线剂量增强效应[J]. 核技术, 2006,29(3):198-201. (YANG Huaimin, XU Xi,DENG Jianhong,et al. X-ray dose enhancement effects on NSOC196KC20 chips[J]. NUCLEAR TECHNIQUES, 2006,29(3):198-201.)
- [2] Norman J Rudie. Principles and Techniques of Radiation Hardening[M]. North Hollywood,California:Western Periodicals Co., 1976.
- [3] 杜川华,许献国,赵洪超. 计算 X 射线通量的几种方法的比较[J]. 核电子学与探测技术, 2009,29(4):849-852. (Du Chuanhua, Xu Xianguo,Zhao Hongchao. A comparison of computational methods in X-ray fluence[J]. Nuclear Electronics & Detection Technology, 2009,29(4):849-852.)
- [4] 杨家福,王炎森,陆福全. 原子核物理[M]. 上海:复旦大学出版社, 2006. (Yang Fujia,Wang Yanseng,Lu Fuquan. Nuclear Physics[M]. Shanghai:Fudan University Press, 2006.)
- [5] 许淑艳. 蒙特卡罗方法在实验核物理中的应用[M]. 北京:原子能出版社, 2006.
- [6] X-5 Monte Carlo Team. Monte Carlo N-Particle Transport Code System[R]. Los Alamos:Los Alamos National Laboratory, 2005.
- [7] Solberg T D,DeMarco J J,Chetty I J,et al. A review of radiation dosimetry applications using the MCNP Monte Carlo code[J]. Nuclear Data for Medical Applications, 2001,89(4-5):337-355.
- [8] 徐榭,赵自强,石成玉,等. 基于美国可视人项目图像的成年男子解剖模型及其在医学虚拟仿真上的应用[J]. 中国基础科学, 2002,3(6):25-30.

作者简介:



杜川华(1977-), 女, 四川省绵阳市人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为抗辐射加固技术及理论计算.email:chhudu@sina.com.

许献国(1971-), 男, 河南省安阳市人, 博士, 副研究员, 研究方向为抗辐射加固技术及理论计算.