

TD-LTE 网络协议一致性测试的软件开发

杭小飞 程方 雷宏江

(重庆邮电大学通信与信息工程学院, 重庆 400065)

摘要: 在研究 LTE 网络演进过程、网络架构及接口协议特性的基础上提出了一种针对 X2 和 S1 接口的协议一致性测试的软件开发方案。在该软件架构中, 提供开放的用户接口以支持自定义的测试例扩展和自定义协议开发, 采用实例注册技术的协议仿真, 支持多对多的多接口多实例仿真, 能仿真被模拟网络设备的各种控制行为和业务能力。

关键词: 协议; 一致性; 软件; 测试; 长期演进; TD-LTE

中图分类号: TN929.5

文献标志码: A

Software Development of Conformance Test for TD-LTE Network Protocol

HANG Xiao-fei, CHENG Fang, LEI Hong-jiang

(School of Communication and Information Engineering, Chongqing University of Posts and Telecommunications, Chongqing 400065 China)

Abstract: Based on the research of LTE network evolution process, network architecture and interface protocol, the authors propose a software program solution for the conformance testing of X2 and S1 interface protocol. From the perspective of product realization, the software and hardware platform architecture of the solution is introduced. This solution provides an open user interface to support the custom test case extension and custom protocol development for the evolving network support in networking. Protocol emulation can support multi-instance-many of the multi-interface simulation. Emulation is a true simulation of a variety of control behaviors of network equipments and operational capabilities.

Key words: protocol; conformance; software program; testing; LTE; TD-LTE

ISO/IEC 于 1991 年推出 ISO 9646 系列标准^[1], 为协议的一致性测试提供了基本方法和框架。为了适应下一代网络协议的测试要求, 欧洲电信标准化协会(ETSI)发布了新一代测试描述语言 TTCN-3 (the testing and test control notation version 3) 修订版标准^[2]。TTCN-3 可以更加灵活地描述测试集和测试用例。Davinci communication 公司致力于 TTCN-3 与 Java 的结合。Open Environment Software 公司已经开发出 OpenTTCN 时钟机构。Testing Tech 公司开发了基于 Java 的 TTCN-3 编译器 TThree。TThree 支持 TTCN-3 的所有特性, 是目前应用最广泛的 TTCN-3 编译器。而在集成开发工具方面, 目前应用最广泛的是瑞典 Telelogic 公司的可视化软件开发工具 Telelogic Tau^[3], 其中

的 TTCN Suite 已经支持 TTCN-3 标准。

与上述的网络协议一致性测试平台类似, 本方案的软件平台包括了测试例生成、扩展的二次开发接口。作为 LTE 这一新型网络的协议一致性测试仪, 本文针对 S1 和 X2 接口设计出了协议仿真技术, 采用实例注册技术, 支持多对多的多接口实例仿真, 能仿真被模拟网络设备的各种控制行为和业务能力。

协议栈架构, 如图 1 所示。基于 S1 和 X2 接口协议栈传输网络层一致的情况, 采用多用户注册架构的 SCTP 协议栈。采用同样的架构, 同时支持注册多个上层应用, 可以为支持 S1/X2 接口实例的同时测试提供支撑。

SCTP 协议栈、S1-AP 协议栈与 X2-AP 协议栈采

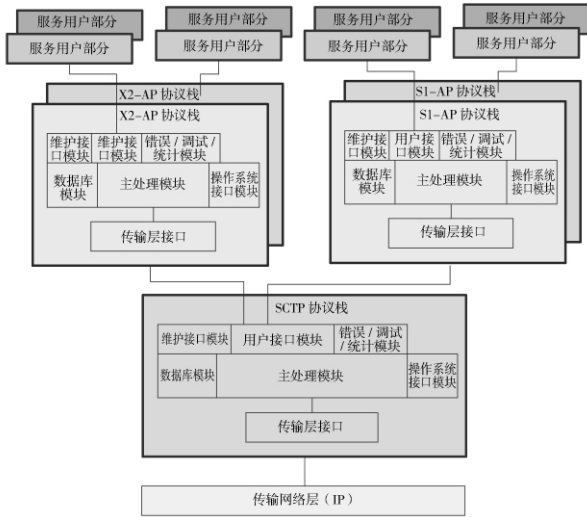


图1 协议栈架构

用一致性架构,具有良好的扩展能力和友好的维护接口,而且支持不同层次的监测,在协议栈内部各模块间提供监测接口。其中 S1-AP 同时支持 EPC 侧和 eNB 侧,并根据注册实例决定协议栈的行为能力。主要模块功能如下: 1) 主处理模块,用于协议栈的具体实现,接口协议的对外体现; 2) 维护接口模块,用于接受服务用户的配置和管理,维护协议栈的运行; 3) 数据库模块,用于维护注册实例的信息、运行数据和工作状态; 4) 用户接口模块,是服务用户的接口,对注册实例提供行为能力支持,并且提供二次开发接口,支持测试例和新协议的开发。

1 网络 S1/X2 仿真技术

协议仿真由 3 个部分构成: EPC-S1-EVAP, eNB-S1-EVAP, eNB-X2-EVAP。其中, EPC-S1-EVAP、eNB-S1-EVAP 为 S1 协议栈的用户部分, eNB-X2-EVAP 为 X2 协议栈的用户部分。协议仿真最大限度地独立于协议栈,与支撑协议栈之间采用松耦合接口关系。协议仿真需模拟测试核心网和接入网 eNB 节点的大部分一致性测试功能。本文采用逐层逐项遍历仿真方法进行协议仿真。

1.1 核心网 S1 协议仿真

图 2 所示为 S1 接口核心网模拟软件的总体架构,包括测试模拟、输入输出、MME 协议栈和各个功能实体实现、协议栈各层监测分析、S-GW 和 P-GW 的协议栈和各功能实体实现及各层监控、核心网支撑软件、应用服务器、多业务模拟。主要分为如下几类。

输入输出部分: 完成脚本输入和其他测试命令的输入,结果的输出和保存以及测试结果的分析总结。

MME 协议模拟部分: 1) 协议栈监测分析部分,

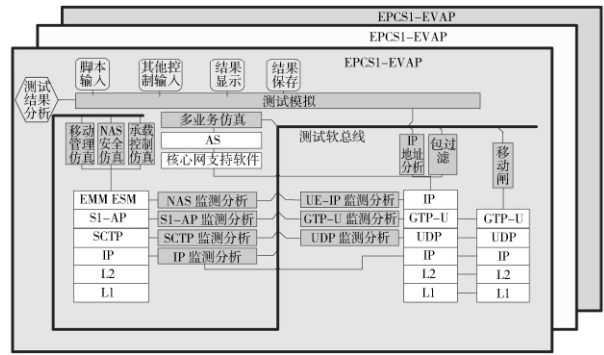


图2 核心网仿真结构图

主要是对 SCTP、S1-AP 和 EMM、ESM 协议的工作情况进行监测,提示其工作情况和错误原因; 2) MME 功能实现包括 NAS 信令安全、应用服务器(application server, AS) 安全控制、3GPP 接入网络间的核心网间移动信令处理、空闲模式下 UE 可达性、公用数据网(public data network, PDN) 网关和服务网关选择功能、MME 改变下切换的 MME 选择、漫游、承载管理功能、PWS 支持。

S-GW 和 P-GW 部分: 1) 协议栈监测分析部分,主要是对 GTP-U 和 IP 协议的工作情况进行监测,提示其工作情况和错误原因; 2) 核心网支撑软件、应用服务器和多业务模拟,实现核心网的会话控制、资源控制等功能并通过应用服务器完成服务支持并以多业务模拟部分实现所需业务; 3) IP 地址分配、包过滤等功能。

1.2 接入网 eNB S1 协议仿真软件

图 3 所示为 S1 接口接入网 eNB S1 模拟软件的总体架构,包括测试模拟主控、输入输出、控制面和用户面的协议栈和各个功能实体实现、协议栈各层监测分析、UE 控制模拟和 UE 业务模拟。主要分为如下几类。

输入输出部分: 完成脚本输入和其他测试命令

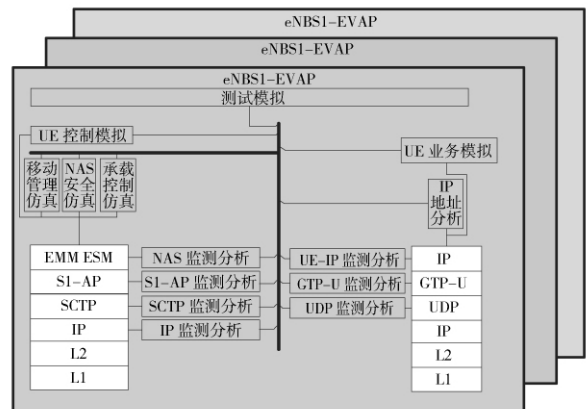


图3 eNB S1 仿真部分结构图

的输入,结果的输出和保存以及测试结果的分析总结。

控制面协议模拟: 1) 协议栈监测分析部分,主要对 SCTP、S1-AP 和 EMM、ESM 协议的工作情况进行监测,提示其工作情况和错误原因; 2) 控制面功能实现包括 NAS 信令安全、AS 安全控制、3GPP 接入网间的核心网间移动信令处理、空闲模式下 UE 可达性、PDN 网关和服务网关选择功能、MME 改变下切换的 MME 选择、漫游、承载管理功能、PWS 支持; 3) UE 用户控制模拟,主要模拟用户产生和接收及应答控制面信令。

用户面协议模拟: 1) 协议栈监测分析部分,主要对 GTP-U 和 IP 协议的工作情况进行监测,提示其工作情况和错误原因; 2) UE 地址分配,完成 IP 地址分配的请求; 3) UE 业务的模拟,主要模拟业务数据并支持多业务的情况。

1.3 eNB X2 协议仿真软件

图 4 所示为 X2 接口模拟软件的总体架构,包括测试模拟主控、输入输出、协议栈和各个功能实体实现、协议栈各层监测分析、X2 接口模拟。主要分为如下几类。

输入输出部分: 完成脚本输入和其他测试命令的输入,结果的输出和保存以及测试结果的分析总结。

X2 接口模拟: 1) 协议栈监测分析部分,主要对 SCTP、X2-AP 和 IP 协议的工作情况进行监测,提示其工作情况和错误原因; 2) 功能实现包括小区间协商模拟、数据交换模拟、负载管理模拟等功能。

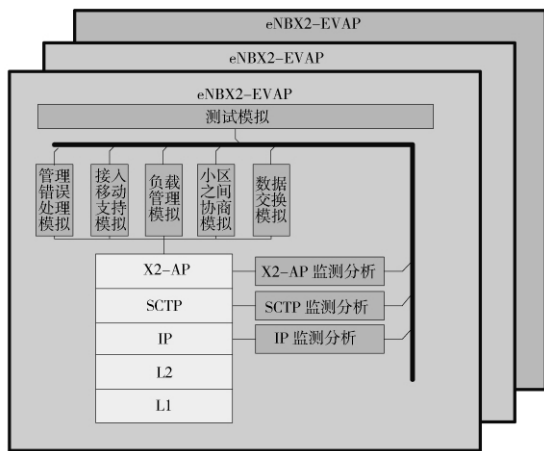


图 4 eNB X2 仿真部分结构图

1.4 功能遍历仿真

以 NAS 安全模式消息为例说明测试的流程,图中左侧或右侧可以分别为核心网或接入网设备。

MME 使用 NAS 安全模式命令流程建立一条 MME 和 UE 间的 NAS 安全连接,该连接用来保护之后的 NAS 信令消息。

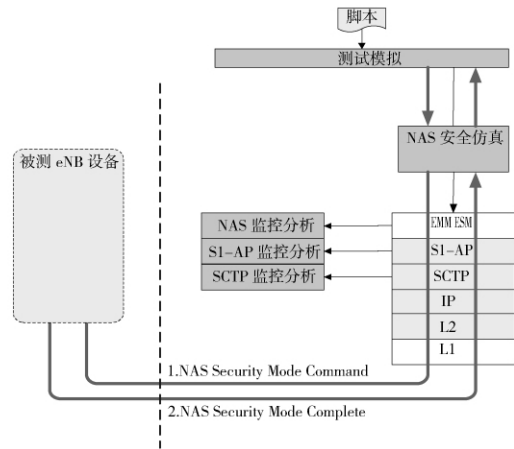


图 5 功能遍历仿真示例(S1 接口核心网模拟)

图 5 为 S1 接口核心网模拟情况: 1) 测试模拟主要处理根据脚本确定的测试流程启动该测试,发送相关测试命令请求和所需参数到 NAS 安全模拟单元; 2) NAS 安全模拟单元生成 NAS 安全模式命令(NAS security mode command) 消息并发送 NAS 安全模式命令消息到协议栈; 3) 协议栈编码逐层处理发送到 eNB。

图 6 为 S1 接口接入网模拟情况: 1) 协议栈收到 NAS 安全模式命令(NAS security mode command) 消息解码并指示到 NAS 安全模拟单元; 2) NAS 安全模拟单元检验该消息并送到 UE 行为控制模拟进行处理; 3) UE 行为控制模拟并回复消息 NAS 安全模式完成命令给 NAS 安全模拟单元; 4) 生成对应消息到协议栈,协议栈编码并发送该消息。

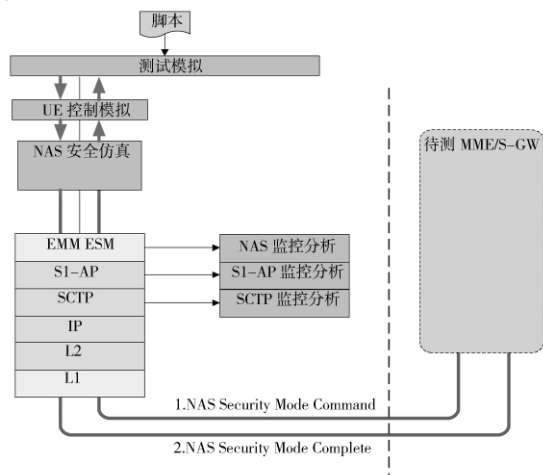


图 6 功能遍历仿真示例(S1 接口接入网模拟)

2 支持多业务的协议仿真技术

2.1 逐层仿真

每层协议都包括有协议的自测试功能,例如分层协议的连接建立、释放、各维护管理信息的交互^[4]。各协议层的测试仿真功能由测试管理单元管理,可以逐层进行或者每层分别进行^[5]。

为降低设备投入使用后出现协议连通性故障的几率,需要模拟真实网络场景,主要包含了正常、异常的仿真协议消息以及大业务量的仿真消息,对设备进行协议一致性测试验证。并且为了提高系统重用度,减小网络运营商的设备购置开支,测试平台还在软件架构中加入了协议检测模块。

正常协议仿真研究关键在于协议消息生成规则,所设计规则生成的测试消息需要同时符合 3GPP 标准与实际场景。除了支持 3GPP、国际标准化组织(international organization for standardization, ISO)等标准组织所定义的协议一致性规范测试用例,还根据各个协议功能定义和基本过程等特性设计具有可实现性与有效性的测试用例的自动生成规则^[6]。

2.2 多业务和异常仿真

LTE 网络具有大流量、多业务特点^[7],采用高速海量的语音、数据、视频多媒体全业务数据据包对设备进行协议一致性测试除了可以发现设备在实际通信场景下协议故障,还可对设备性能中影响网络容量的关键因素进行验证。多业务包括实时类业务和非实时类业务^[8]。多业务模拟功能需要支持单 UE 多业务的模拟或多 UE 多业务的模拟^[9]。具体包括各类业务承载的建立、释放,多业务情况下的 UE 切换实现。通过对设备关键性能的最频繁使用操作,最容易一起并发的、大量用户的同时使用操作和需要消耗大量时间或资源的操作进行压力测试,来检测设备在高业务强度、压力的情况下的承受能力和响应时间,判断其是否满足预期的性能要求。协议分析对发现的问题进行分析定位。由于软件架构更趋于复杂,需要研究软件架构组织、各模块间的隔离度及耦合度问题。

异常协议主要关注设备面对异常协议消息的鲁棒性,检查系统对错误报文的反应,错误提示是否清晰和充分,是否能处理网络用户的异常操作,是否能做出正确的响应。

3 结束语

TD-LTE 的网络测试验证于 2009 年完成了概念验证,而技术验证也进入了后期。2010 年下半年已经逐步启动规模试验。这是一个全面推动网络技术、设备与测试仪表、组网技术等方面技术进步的关键阶段。通过规模试验可以及早发现和解决问题。本文通过重邮东电通信技术有限公司在通信测试仪表软硬件开发上的积累,提出了一种 LTE 协议一致性测试的产品方案。目前该方案已经进入了实际开发阶段,并且将联合泰尔实验室、中国移动设计院等单位进行标准化测试和试运行。该方案可为避免协议一致性测试仪市场一两家垄断的局面、推动 LTE 合理化产业布局产生积极的作用。

参 考 文 献

- [1] ISO/IEC 9649-2. Information Technology-Open Systems Interconnection-Conformance Testing Methodology and Framework-Part3: General Concepts[S].
- [2] ETSI ES 201 873-6 V1. 1. 1. Methods for Testing and Specification (MTS); The Testing and Test Control Notation-Version3; Part6: TTCN-3 Tabular Presentation Format(TC) [S].
- [3] 宋茂强. 通信软件设计基础[M]. 北京: 北京邮电大学出版社 2001.
- [4] Protocol Conformance Testing Overview [R]. Sunnyvale: Spirent Communications, Inc., 2003.
- [5] Ana Cavalli, Dario Vieira. An Enhanced Passive Testing Approach for Network Protocols [C]//Proceedings of IEEE International Conference on Networking, Florida: IEEE 2006: 169.
- [6] Zhong Jing, Xiong Jiang. Protocol Conformance Test Suite for Home Agent of Mobile IPv6 [C]//2009 International Conference on Electronic Commerce and Business Intelligence. Beijing: IEEE 2009: 45 - 48.
- [7] Qiu Qin-long, Chen Jian, Zhang Qi-fei, et al. LTE/SAE Model and Its Implementation in NS2 [C]//Mobile Ad-hoc and Sensor Networks, 2009. Fujian: IEEE 2009: 299 - 303.
- [8] Cai Qipeng, Zhao Zhao, Sczyslo S, et al. A Novel Simulation System for the Performance Evaluation of 3GPP LTE System in Indoor Scenarios [C]//Wireless Pervasive Computing, 2008. Santorini: IEEE, 2008: 415 - 419.
- [9] Liu Yi-chang, Chen Ying-hui, Qi Feng, et al. A Model-driven Conformance Testing Method for 3G Network Management North Bound Interface [C]//IEEE International Conference on Software Engineering and Service Sciences (ICSESS), 2010. Beijing: IEEE 2010: 323 - 326.

(编校: 饶 莉)