

学校编码: 10384 分类号 密级  
学号: X2011222005 UDC

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

基于 LTE 网络的信令采集分析网络监测系统  
设计与实现

Design and Implementation of Signal Collecting and  
Analysis Network Monitoring System Based on LTE Network

李锋凡

指 导 教 师 : 黄 联 芬 教 授

专 业 名 称 : 电 子 与 通 信 工 程

论 文 提 交 日 期 : 2 0 1 6 年 月

论 文 答 辩 日 期 : 2 0 1 6 年 月

学 位 授 予 日 期 : 2 0 1 6 年 月

答 辩 委 员 会 主 席 :

评 阅 人 :

2016 年 9 月

厦门大学博硕士学位论文摘要库

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为( )课题(组)的研究成果,获得( )课题(组)经费或实验室的资助,在( )实验室完成。(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):



2016年9月3日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

- ( ) 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于 年 月 日解密，解密后适用上述授权。
- () 2. 不保密，适用上述授权。

声明人（签名）：



2016年9月3日

# 基于LTE网络的信令采集分析网络监测系统设计与实现

## 摘要

随着科技进步,移动终端的智能化不断提升,用户对移动数据网络的要求也越来越高,特别是即时通讯、在线游戏、视频直播等应用的出现和普及,对移动数据网络的各方面性能提出了新的要求。在前代的移动网络中,传统的网络监测主要面向网络设备的运行情况,由于数据网络接口多、流量大、组网复杂等原因,在用户对网络的感知方面缺乏全面的监测手段。在用户对移动数据网络的要求和依赖性逐渐攀升的4G LTE时代,急需一种更加全面、快速、准确的网络监测体系。本文基于厦门移动TD-LTE核心网,提出一套基于信令采集分析的网络监测系统,保证网络的稳定运行,及时发现并处理影响用户感知的网络问题。

本文首先分析了厦门移动TD-LTE核心网的组网结构、网络接口,分析LTE中的典型信令流程。信令作为移动网络中信息交互的媒介,在用户与网络、网络网元之间传递控制消息,以保证用户业务处理和网络运行的准确、快速和高效。通过对信令的采集监测,快速发现影响用户感知的网络异常现象及其原因。接着,根据网络的结构提出信令采集监测系统的硬件组网方案,简述信令数据在系统中进行协议解封装、表格化等处理的步骤,以及最终数据的存储方案;介绍系统开发的应用软件,包括面向不同专业的操作人员的信令指标分析模块,以及能够自主监测网络、主动通报异常的监测预警模块。随后,在系统应用过程中进行测试,对处理的典型排障案例进行描述和分析,印证了系统对维护网络稳定、提高用户感知的作用与潜力。

本课题进一步工作可从如何将现网GSM/CDMA/LTE/VOLTE网络的采集分析融合成一个更集中的网络监测系统进行深入研究。

**关键字:** TD-LTE; 信令采集; 网络监测

# **Design and Implementation of Signal Collecting and Analyzing Network Monitoring System Based on LTE Network**

## **Abstract**

With the development of technology and intellectualization in mobile phone, The demand of users in mobile data network is getting higher and higher. Especially with the emergence and widespread of applications like instant messaging, online game and live streaming, more requirements for mobile data network are proposed. Traditional monitoring methods mainly focus on the operation of network devices, however, due to the large number of interfaces, great data stream and complex structure of the network, there is a lack of comprehensive methods for monitoring the quality of user experience. With the coming of 4G era, users' demand and dependence on mobile network are rising gradually, a comprehensive, rapid, accurate network monitoring system comes to be an acute demand to discover. Based on the TD-LTE core network of CMCC in XIAMEN, This thesis presents a signal collecting and analyzing network monitoring system that can keep the network operating stably and figure out problems that affect the quality of user experience.

Firstly, this thesis introduces the structure and interfaces of the TD-LTE core network in XIAMEN and analyzes typical signaling processes. As a medium to exchange information in mobile network, signaling transmits control messages between users' terminals and

network elements to ensure network operations and services going accurate, fast and efficient. By collecting and monitoring network signaling messages, network problems and the reasons that affect user experience can be discovered rapidly. Then, it proposes the solutions of hardware networking and show how signaling data to be collected, decoded, tabulated and stored. Furthermore , the thesis introduce the software developed, including analysis modules for different professionals, and a module that can monitor and warn network problems automatically. This monitoring system is put into operation after builtd, the thesis show some typical troubleshooting cases that the system engaged to confirm it's effect and potential for mobile data network maintenance and the promotion of the quality of user experience.

Further work on this thesis can be a more comprehensive monitoring system that can merge GSM/CDMA/LTE/VOLTE network signal collecting and analyzing.

**KEY WORDS** TD-LTE, signaling collection, network monitoring

## 缩略词

TD-LTE	Time Division Long Term Evolution	分时长期演进
TDD	Time Division Dual	时分双工
EPC	Evolved Packet Core	演进的分组域核心
CSFB	Circuit Switched FallBack	电路域回落
BSC	Base Station Controller	基站控制器
RNC	Radio Network Controlle	无线网络控制器
eNodeB	evolved NodeB	演进的节点基站
MME	Mobility Management Entity	移动管理实体
SGW	Serving GateWay	服务网关
PGW	Public Data Network GateWay	公共数据网关
HSS	Home Subscriber Server	归属用户服务器
EMM	EPS Mobility Management	移动性控制
ESM	EPS Session Management	承载上下文管理
MSC	Mobile Switching Center	移动交换中心
TAU	Tracking Area Update	跟踪区更新
IAM	Initial Address Message	初始化地址消息
NAPTR	Naming Authority Pointer	名称权威指针
FQDN	Fully Qualified Domain Name	完全合格域名
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
SYN	Synchronize Sequence Numbers	同步序列报文
HTTP	HyperText Transfer Protocol	超文本传输协议
SMTP	Simple Mail Transfer Protocol	简单邮件传输协议
MSISDN	Mobile Subscriber International ISDN/PSTN number	移动台识别号码
IMSI	International Mobile Subscriber Identification Numbe r	国际移动用户识别码
SSR	Session Signaling Record	会话信令记录
XDR	External Data Representation	外部数据表示



## 目 录

<b>第一章 前言</b> .....	1
1.1 研究背景和意义 .....	1
1.2 移动网络信令采集监测的现状和发展趋势 .....	2
1.3 章节安排 .....	4
<b>第二章 LTE 核心网的组网、接口与关键信令流程</b> .....	5
2.1 LTE 核心网组网 .....	5
2.2 LTE 核心网控制面接口协议 .....	8
2.3 控制面典型信令流程 .....	10
2.3.1 ATTACH 流程 .....	10
2.3.2 TAU 流程 .....	13
2.3.3 业务请求流程 .....	16
2.3.4 CSFB 被叫流程 .....	17
2.3.5 DNS 解析流程 .....	19
2.4 用户面消息流程 .....	20
2.4.1 TCP 协议流程 .....	20
2.4.2 HTTP 协议流程 .....	21
2.4.3 SMTP 协议流程 .....	24
2.5 本章小结 .....	26
<b>第三章 信令采集分析网络监测系统的架构</b> .....	27
3.1 系统综述 .....	27
3.2 端口接入 .....	29
3.3 数据处理 .....	31
3.4 数据合成存储服务器 .....	33
3.4.1 中间表数据合成 .....	33
3.4.2 数据库 .....	35

3.4.3 数据的共享接口 .....	35
<b>3.5 应用服务器 .....</b>	<b>36</b>
<b>3.6 本章小结 .....</b>	<b>36</b>
<b>第四章 软件系统开发 .....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 软件系统功能目标 .....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 接口分析 .....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 流程优化 .....</b>	<b>42</b>
4.3.1 模块功能 .....	42
4.3.2 承载分析 .....	42
4.3.3 业务分析 .....	43
<b>4.4 投诉处理 .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5 指标的多维度分析和监测预警 .....</b>	<b>44</b>
4.5.1 模块功能 .....	44
4.5.2 指标的多维度监测模块 .....	45
4.5.3 自定义的预警模块 .....	47
<b>4.6 营销分析 .....</b>	<b>48</b>
4.6.1 小区分析 .....	48
4.6.2 用户分析 .....	48
<b>4.7 本章小结 .....</b>	<b>48</b>
<b>第五章 系统测试与分析 .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1 综述 .....</b>	<b>50</b>
<b>5.2 ATTACH 类案例 .....</b>	<b>50</b>
5.2.1 客户终端异常引起大量 ATTACH 失败案例 .....	50
5.2.2 充值方式停用引起大量欠费用户 ATTACH 失败案例 .....	52
<b>5.3 DNS 类案例 .....</b>	<b>54</b>
5.3.1 DNS 查询失败引起 ATTACH 成功率降低案例 .....	54
5.3.2 DNS 遭 DDOS 攻击引发 DNS 查询失败案例 .....	58
<b>5.4 HTTP 类案例 .....</b>	<b>59</b>

5.4.1 某门户网站浏览成功率下降案例.....	59
5.4.2 某APP 图片打开速度缓慢案例.....	60
5.5 本章小结 .....	63
<b>第六章 总结与展望 .....</b>	<b>64</b>
6.1 总结 .....	64
6.2 展望 .....	65
参考文献.....	67
致 谢.....	70

厦门大学博硕士论文摘要库

## CONTENTS

<b>Chapter1 Introduction</b> .....	1
<b>1.1 Background and Significant of Researching</b> .....	1
<b>1.2 Current Situation and Development Trend of Signal Collecting and Analyzing Network Monitoring System</b> .....	2
<b>1.3 Chapter Arrangement</b> .....	4
<b>Chapter2 Network Structure, Important Interfaces and Typical Signal Procedures of LTE Core Network</b> .....	5
<b>2.1 Network Structure of LTE Core Network</b> .....	5
<b>2.2 Interface Protocol in Control Plane of LTE Core Network</b> .....	8
<b>2.3 Typical Signal Procedures in Control Plane</b> .....	10
2.3.1 ATTACH Procedure.....	10
2.3.2 TAU Procedure.....	13
2.3.3 Service Request Procedure.....	16
2.3.4 CSFB Called Procedure.....	17
2.3.5 DNS Resolution Procedure.....	19
<b>2.4 Typical Signal Procedures in User Plane</b> .....	20
2.4.1 TCP Protocol Procedure .....	20
2.4.2 HTTP Protocol Procedure .....	21
2.4.3 SMTP Protocol Procedure.....	24
<b>2.5 Chapter Summary</b> .....	26
<b>Chapter3 Architecture of Signal Collecting and Analyzing Network Monitoring System</b> .....	27
<b>3.1 Overview of the System</b> .....	27
<b>3.2 Interface Access</b> .....	29
<b>3.3 Data Processing</b> .....	31
<b>3.4 Data Storage Server</b> .....	33
3.4.1 Staging Table Synthesis .....	33
3.4.2 Database .....	35

3.4.3 Interface for Sharing.....	35
<b>3.5 Application Server .....</b>	<b>36</b>
<b>3.6 Charpter Summary.....</b>	<b>36</b>
<b>Charpter4 Software System Development.....</b>	<b>38</b>
<b>4.1 Targets of the Software System Development.....</b>	<b>38</b>
<b>4.2 Interface Analysis.....</b>	<b>40</b>
<b>4.3 Procedure optimazation.....</b>	<b>42</b>
4.3.1 Module Function .....	42
4.3.2 Bearing Analysis .....	42
4.3.3 Service Analysis.....	43
<b>4.4 Complaint handling.....</b>	<b>43</b>
<b>4.5 Multidimensional Analysis and Monitoring of Indicators .....</b>	<b>44</b>
4.5.1 Module Function .....	44
4.5.2 Multidimensional Analysis Module.....	45
4.5.3 Customized Monitoring Module.....	47
<b>4.6 Marketing Analysis.....</b>	<b>48</b>
4.6.1 Cell Analysis .....	48
4.6.2 User Analysis .....	48
<b>4.7 Charpter Summary.....</b>	<b>48</b>
<b>Charpter5 System Testing and Case Analysis .....</b>	<b>50</b>
<b>5.1 Overview.....</b>	<b>50</b>
<b>5.2 ATTACH Cases .....</b>	<b>50</b>
5.2.1 Case of Scores of ATTACH Failed Caused by a Abnomal Terminal.....	50
5.2.2 Case of Scores of ATTACH Failed Caused by a Disabled Recharge Mode.....	52
<b>5.3 DNS Cases .....</b>	<b>54</b>
5.3.1 Case of Scores of Faild DNS Queries Caused by ATTACH Failed.....	54
5.3.2 Case of Scores of Faild DNS Queries Caused by DDOS Attacks.....	58
<b>5.4 HTTP Cases.....</b>	<b>59</b>
5.4.1 Case of Browse Success Rate Dropping of aCertain Portal Site .....	59

5.4.2 Case of Picture Transmission Slowing of a Certain APP.....	60
<b>5.5 Charpter Summary</b> .....	63
<b>Charpter6 Summary and Expectation</b> .....	64
6.1 Summary.....	64
6.2 Expectation.....	65
<b>References</b> .....	67
<b>Acknowledgement</b> .....	70

厦门大学博硕士论文摘要库

## 第一章 前言

### 1.1 研究背景和意义

随着科技进步,移动终端的智能化不断提升,终端对移动数据网络的需求也越来越高,进一步推动了移动网络的发展。在2G时代,话音业务是移动网络的重心,数据业务刚刚引入移动网络,可用性、传输速率都比较差;发展到3G时代,移动网络的数据业务能力大幅加强,用户对数据业务的速率、质量有了一定要求;到了4G时代,数据业务已经成为移动网络的绝对重心,能够为多样化、差异化的移动终端应用提供高带宽、低时延、QoS保证的数据业务<sup>[1]</sup>。

TD-LTE (Time Division Long Term Evolution分时长期演进) 是TDD (Time Division Dual时分双工) 版本的4G LTE技术,是我国“十二五”重点创新发展的项目之一。中国移动于2011年完成了TD-LTE试验网的规模建网和测试,并于2013年正式商用<sup>[2]</sup>。TD-LTE核心网采用扁平化的网络结构,减少了网元层次和接口数量,核心网元集成度更高,不仅降低了信令和数据的传输时延,也更有利于进行全网接口采集和监控。

移动网络的发展日渐满足了越来越专业化、多样化的用户需求;另一方面,用户对移动网络的要求也越来越高,特别是即时通讯、在线游戏、视频直播等应用的出现和普及,对网络的速率和可靠性提出了新的要求。在前代的移动网络中,传统的网络评估主要面向设备的运行情况,对用户使用网络的体验缺乏全面的评估手段和衡量标准,端到端业务需要多节点信令同时跟踪、组网结构庞大、信令流程复杂、IP化网络等因素都加大了网络全局监控的难度。在用户对移动数据网络的要求和依赖性逐渐攀升的4G时代,急需一种更加全面、快速、准确的网络监测体系,以保证用户对网络的良好感知,及时发现并处理影响用户感知的网络问题。

在移动网络中,除了传输用户实际需要的业务数据,还有一些与用户非直接相关的、具有固定格式的信令数据。用户与网络、网络中不同功能的网元,在网络中都要通过信令交互信息,建立、管理、删除网络连接,以保证用户的业务数据能

在移动网络中安全、可靠、高效地传送到目的地。这些信令消息以相关协议规范中规定的格式,将消息封装到信令数据中进行传递。信令中包括了不同网元对网络、用户、连接等状态的描述,这些描述被信令使用的协议以一定的协议格式进行封装;通过采集、解封装信令数据,可以获得完整的、能够反映用户和网络状态的信息。网络维护人员通过观察特定的指标波动情况,可以判断出网络运行的情况,及时发现影响用户感知的网络问题;也可以对具体网络事件的进行信令回溯,寻找问题及其原因。因此,信令的采集和分析,是监测、处理用户感知问题最直接、最全面的手段。

然而,信令监测系统要做到全面、快速、准确的网络监测,还需要做到以下几个要求。

(1) 信令采集的完整性。网络中不同的网元、不同的接口功能各不相同,传递的信息也不相同,如果遗漏了某个接口,接口内传递的指标及产生的问题将无法被监测,影响采集监测的完整性。

(2) 信令分析的准确性。采集所得到的信息,需要进行协议解封装、加密数据解密、关键数据识别提取、原因值映射等分析操作,分析的准确性将直接影响网络监测的准确性。

(3) 系统的易操作性。信令监测能为网络维护、网络优化、投诉处理等不同专业人员提供工作支撑。这些人员对信令的熟悉程度不一,大部分人难以快速、准确的阅读原始信令数据。若能对原始信令进行处理,提供更直观、简洁的信令和指标展现形式,降低系统的使用难度,可以让系统使用深入相关人员的日常工作中,使其价值最大化。

(4) 自主发现网络问题的能力。通过信令中的指标发现网络问题实际是对大量繁复数据的对比计算操作,相较于花费大量人工进行各项指标的巡查,计算机可以做到更加快速、准确,可以进行高频次、不间断的巡查工作,不仅能减少人力成本,更有利于快速、准确地发现网络问题。

## 1.2 移动网络信令采集监测的现状和发展趋势

移动数据网络普遍通过网元内部开启信令跟踪进程和挂表采集两种方式采



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.