

LTE学习笔记

从无线优化到端到端优化

郭宝 张阳 刘波 李春明 等编著

- 立足用户使用感知，研究不同业务端到端优化流程方法论
- 构架端到端业务性能评估体系，支撑一线网络优化
- 跨系统、跨网元，关联核心网、无线、终端进行联合分析



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



LTE 学习笔记

——从无线优化到端到端优化

郭宝 张阳 刘波 李春明 等编著



机械工业出版社

本书着重讲解 LTE 网络各种业务的端到端优化分析方法,对数据、语音业务从终端支持的方式开始讲解,从不同接口的协议栈框架到端到端流程涉及的信令流程进行详尽的阐述,尤其是对 LTE 网络语音业务的支撑情况从临时解决方案 CSFB 到 VoLTE 都进行了细致的分析。此外,对不同业务实现过程中各类性能指标、感知指标生成的过程,涉及的无线参数以及新业务对传统业务的影响等方面展开深入的讨论。本书立足于网优分析方法论,依据“遇到问题,展开分析,优化解决,实施规避”的闭环流程,对快速定位、定界问题进行全方位的阐述,并给出了多个实际案例供读者参考,力争达到触类旁通的效果。

本书主要读者对象为从事移动通信技术与产品开发的人员、网络规划设计工程师、网络优化工程师、系统运营管理人员、移动互联网分析工程师、大数据研发人员、客户感知分析人员、咨询公司行业分析师以及高等院校通信专业的师生。

图书在版编目 (CIP) 数据

LTE 学习笔记:从无线优化到端到端优化/郭宝等编著. —北京:机械工业出版社,2016.3

ISBN 978 - 7 - 111 - 53196 - 8

I. ①L… II. ①郭… III. ①无线电通信 - 移动网 - 最佳化
IV. ①TN929.5

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 046727 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑:李馨馨 崔利平 责任校对:张艳霞

责任印制:李 洋

北京振兴源印务有限公司印刷

2016 年 4 月第 1 版·第 1 次印刷

184mm × 260mm · 16.25 印张 · 398 千字

0001 - 3000 册

标准书号:ISBN 978 - 7 - 111 - 53196 - 8

定价:49.80 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

服务咨询热线:(010) 88361066

机工官网:www.cmpbook.com

读者购书热线:(010) 68326294

机工官博:weibo.com/cmp1952

(010) 88379203

教育服务网:www.cmpedu.com

封面无防伪标均为盗版

金书网:www.golden-book.com

前 言

中国移动 2014 年完成 60 万个 TD-LTE 基站的建设。由于频谱资源的独特优势，TD-LTE 预期向好，吸引了全球主流产业资源逐步向 TD-LTE 聚集投入。越来越多的主流运营商加入 TD-LTE 阵营，包括传统 FDD 运营商如日本软银；所有系统设备厂家都推出了 TD-LTE 商用解决方案；主流的芯片厂家都推出了多模多频单芯片融合方案，支持各种制式，支持 FDD 的同时也就支持 TDD。在网络建设过程中，越来越多的运营商尝试建设运营 TDD 与 FDD LTE 融合组网，相关 LTE 的新技术层出不穷，需要在现网试验过程中积极总结经验。

LTE 网络是纯 IP 网络，在支持现有通信业务以及高宽带的视频、实时语音类业务时，单纯的无线网络优化已不能表征用户的使用感知。在保证用户不同业务的通信需求时，需要逐步建设端到端的分析手段，建立跨部门、跨专业、多部门协作的维护优化体制，培育不同业务端到端的问题定界分析能力，积累多专业共同定位分析某一具体问题的优化方法，逐步完善端到端业务质量的优化方法论。

本书属于“LTE 学习笔记”系列中的一本，该系列专注于 TD-LTE 现网优化，针对实际优化工作中遇到的问题，以及解决的方法进行了详细的阐述，并且对新技术、特殊场景、信令与参数、语音数据业务端到端优化进行了详尽的阐述。对涉及的专题分析都给出来自现网的实际优化案例，便于加深读者的理解。本书中特有的指标及信令分析详细阐述了通信过程的信令交互以及各项 KPI 指标的由来。

与已面市的同类书籍明显不同的是，本书从无线优化工程师的角度出发，以实际应用为主，对涉及的理论知识及推导过程介绍较少。在整体架构上突出了语音、数据、CSFB、VoLTE 业务端到端质量优化方法论，以及在实际网络优化过程中的应用，在本书的章节中体现了端到端优化工作的定界与协作，甚至多网之间的协同优化。

本书主要由郭宝、张阳、刘波、李春明编写，参加本书编写工作的同志还有杜晓宁、王西点、王磊、程楠、赵文娟、沈鹜、刘毅、石建、王明君、李武强、仇勇、张建奎、陈康、王国志、顾安、徐林忠、刘少聪、刘大洋、秦炎、用徐、王晓琦、孙磊、卞恒坤、陈平、白彪玉等。此外，中兴通讯的陈波、弥岳峰对本书的出版也给予了大力支持。

由于 TD-LTE 系统建设优化时间并不长，优化经验相对不足，端到端优化经验尚在尝试摸索中，书中难免存在不妥之处，敬请读者谅解，并提出宝贵意见。意见及建议请发送至：sunailk@139.com。

目 录

前言

第 1 章 移动互联网业务端到端感知体系.....	1
1.1 移动互联网端到端感知体系	1
1.1.1 移动互联网业务分类	1
1.1.2 通用质量评估体系	2
1.1.3 分业务的质量评估体系	3
1.2 端到端质量体系关联定界	7
1.2.1 端到端感知关联定界理论和总体分析思路	7
1.2.2 端到端业务质量关联定界方法	8
第 2 章 语音业务端到端质量分析	11
工程师笔记：移动互联网时代的语音业务质量优化	11
2.1 语音业务协议.....	13
2.1.1 2G 语音业务协议	13
2.1.2 3G 语音业务协议	14
2.2 TD - LTE 测试评估体系	18
2.2.1 覆盖类指标	19
2.2.2 干扰类指标	20
2.2.3 调度类指标	21
2.2.4 移动类指标	24
2.2.5 接入类指标	25
2.3 语音业务端到端优化.....	27
2.3.1 A/Iu - CS 接口语音码流解析	28
2.3.2 MSC Server 与 MGW 高频拨测	30
2.3.3 无线部分单通定位	31
第 3 章 数据业务端到端质量分析	38
工程师笔记：端到端，看起来很美	38
3.1 现有数据业务协议架构.....	39
3.1.1 2G、3G 数据业务协议	39
3.1.2 4G 数据业务协议	46
3.2 数据业务端到端质量评估体系.....	49
3.2.1 数据业务 KPI/KQI 指标	49
3.2.2 基于时延的感知评估	53
3.2.3 基于业务的感知评估	55
3.3 数据业务端到端过程.....	57

3.3.1	Attach 与 Detach 过程	57
3.3.2	业务请求过程	61
3.3.3	专用承载建立、修改、释放过程	64
3.4	基于业务过程的数据业务端到端优化.....	68
3.4.1	基于业务过程的分析法	68
3.4.2	不同业务的分析过程	70
3.4.3	投诉处理实际案例	77
第 4 章	CSFB 端到端质量分析	80
	工程师笔记: CSFB 是第一个严格要求协同、端到端优化的业务.....	80
	工程师笔记: 对寻呼的理解	81
4.1	CSFB 附着、更新流程	82
4.1.1	CSFB 联合附着流程	82
4.1.2	联合 TA/LA 更新流程	83
4.2	CSFB 主叫流程	84
4.2.1	连接态的 CSFB 主叫流程, 支持 PS handover	84
4.2.2	连接态的 CSFB 主叫流程, 不支持 PS handover	86
4.2.3	空闲态的 CSFB 主叫流程	88
4.3	CSFB 被叫流程	88
4.3.1	空闲态的 CSFB 被叫流程	89
4.3.2	连接态的 CSFB 被叫流程, 支持 PS handover	91
4.3.3	连接态的 CSFB 被叫流程, 不支持 PS handover	92
4.4	CSFB 指标体系	93
4.4.1	基于感知的 CSFB 指标	93
4.4.2	CSFB 被叫三大指标	99
4.5	CSFB 端到端优化.....	101
4.5.1	CSFB 寻呼优化	101
4.5.2	CSFB 回落优化	107
4.5.3	精简 2G 频点、精确回落	110
4.5.4	CSFB 无法启动自主 FR 返回 4G	114
第 5 章	VoLTE 端到端质量分析	116
	工程师笔记: VoLTE 是一件让人头疼的工作	116
5.1	VoLTE 网络架构	116
5.1.1	IMS 域网络架构	116
5.1.2	基于业务层面的 VoLTE 架构	120
5.1.3	IMS/CS 域主要接口及协议	125
5.1.4	IMS 域用户及业务标识	130
5.2	VoLTE 业务过程	131
5.2.1	VoLTE 注册信令流程	131
5.2.2	VoLTE 主叫信令流程	139

5.2.3	VoLTE 被叫信令流程	146
5.3	VoLTE 移动性管理	154
5.3.1	SRVCC 过程	154
5.3.2	SRVCC 信令流程	156
5.3.3	eSRVCC 过程	162
5.4	VoLTE 指标体系	164
5.4.1	VoLTE 语音业务指标	164
5.4.2	IMS 网络指标	177
5.4.3	PCC 网络指标	179
5.4.4	VoLTE 相关参数	182
5.5	VoLTE 端到端优化案例	186
5.5.1	网络侧下发 UPDATE 导致 VoLTE 未接通	186
5.5.2	网络侧下发 UNAVAILABLE 导致 VoLTE 未接通	189
5.5.3	eSRVCC 切换失败分析	194
第 6 章	面向市场、感知的端到端质量分析	197
	工程师笔记：“杂货铺”的春天来了	197
6.1	面向市场的端到端质量分析	198
6.1.1	连接态出 4G、空闲态入 4G 的驻留分析	199
6.1.2	热点区域人流量监控	205
6.2	面向感知的端到端质量分析	208
6.2.1	CSFB 由 4G 回落 3G 的接通率及时延分析	208
6.2.2	MTRF 功能开启后 MSC POOL 边界 CSFB 测试分析	215
	缩略语	226
	参考文献	250

第 1 章 移动互联网业务端到端感知体系

本章介绍移动互联网业务端到端感知体系，是学习本书后续内容的必要准备。

1.1 移动互联网端到端感知体系

1.1.1 移动互联网业务分类

移动互联网是互联网的技术、平台、商业模式和应用与移动通信技术结合并实践的活动的总称。移动互联网是一种通过智能移动终端，采用移动无线通信方式获取业务和服务的新兴业务，包含终端、软件和应用三个层面。终端层包括智能手机、平板计算机、电子书、MID 等；软件包括操作系统、中间件、数据库和安全软件等；应用层包括休闲娱乐类、工具媒体类、商务财经类等不同应用与服务。随着技术和产业的发展，未来，LTE（长期演进，4G 通信技术标准之一）和 NFC（近场通信，移动支付的支撑技术）等网络传输层关键技术也将被纳入移动互联网的范畴之内。

随着宽带无线接入技术和移动终端技术的飞速发展，人们迫切希望能够随时随地乃至在移动过程中都能方便地从互联网获取信息和服务，移动互联网应运而生并迅猛发展。然而，移动互联网在移动终端、接入网络、应用服务、安全与隐私保护等方面还面临着一系列的挑战。其基础理论与关键技术的研究，对于国家信息产业整体发展具有重要的现实意义。常规上移动互联网业务模式分类如下。

1) 移动社交：在移动网络虚拟世界里面，服务社区化将成为焦点。社区可以延伸出不同的用户体验，提高用户对企业的黏性。

2) 移动广告：手机广告是一项具有前瞻性的业务形态，可能成为下一代移动互联网繁荣发展的动力因素。

3) 手机游戏：随着产业技术的进步，移动设备终端上会发生一些革命性的质变，带来用户体验的跳跃。加强游戏触觉反馈技术，可以预见，手机游戏作为移动互联网的杀手级盈利模式，无疑将掀起移动互联网商业模式的全新变革。

4) 手机电视：手持电视用户主要集中在积极尝试新事物、个性化需求较高的年轻群体，这样的群体在未来将逐渐扩大。

5) 移动电子阅读：因为手机具有功能扩展、屏幕更大更清晰、容量提升、用户身份易于确认、付款方便等诸多优势，移动电子阅读正在成为一种流行迅速传播开来。

6) 移动定位服务：随着随身电子产品的日益普及，人们的移动性在日益增强，对位置信息的需求也日益高涨，市场对移动定位服务需求将快速增加。

7) 手机搜索：手机搜索引擎整合搜索概念、智能搜索、语义互联网等概念，综合了多种搜索方法，可以提供范围更宽广的垂直和水平搜索体验，更加注重提升用户的使用体验。

8) 手机内容共享服务：手机图片、音频、视频共享被认为是未来 3G 手机业务的重要应用。

9) 移动支付：支付手段的电子化和移动化是必然趋势，移动支付业务发展预示着移动行业与金融行业融合的深入。

10) 移动电子商务：移动电子商务可以为用户随时随地提供所需的服务、应用、信息和娱乐，利用手机终端便捷地选择及购买商品和服务。

1.1.2 通用质量评估体系

网络质量是移动通信企业的生命线，为了保障无线网络高质量运行，在传统上形成了以无线侧 KPI 为核心的移动通信质量评估体系。但随着移动互联网业务种类的日新月异，底层网络指标与用户感知之间的直接相关程度在不断下降。在日常的网络运维过程中逐渐感觉到，传统的网络 KPI (Key Performance Indicator, 关键性能指标) 已不能完全反映终端用户的感受。很多情况下，整网 KPI 指标良好，但单用户投诉依然繁多，如何将终端用户的感知的好坏与指标联系起来是网络运维面临的一个难题。因此当前对用户感知的评价，越来越多地依靠组合指标，各个组合指标均面对某一类业务的特点量身定制。

ITU E800 最早开始制定 KQI (Key Quality Indicator, 关键质量指标) 体系的架构，该协议从可接入性、可保持性、可完整性三个方面来定义业务的可用性 (即 KQI)。后续的其他标准组织的 KQI 体系基本都是在 ITU E800 的框架基础上进行的丰富和完善。

TMF (电信管理论坛) 是一个为电信运营和管理提供策略建议和实施方案的世界性非营利组织。TMF 所推动建立的电信运营模型和相关国际标准，被全球范围内的电信运营商、设备制造商、电信运营支撑系统和软件开发商广泛接受，成为业界统一标准。TMF GB923 Wireless Service Management Handbook (无线通信服务管理手册) 是应 2.5G/3G 无线数据通信服务的兴起所提出的一套 KPI/KQI 设计思路与架构，以及相对应的服务质量管理模型。GB923 中定义了两类 KQI：用于定义向最终用户所提供产品质量的产品 KQI 和关注组成通信产品的某一单一业务的业务 KQI。产品 KQI 由多个业务 KQI 组成，而业务 KQI 通常由提供业务的多个网元的 KPI 组成。KQI 到 KPI 的映射模型如图 1-1 所示。

ETSI TS 102 250 系列协议针对不同业务对业务 KQI 有详细的定义，对 KQI 指标有更进一步的定义。欧洲 P3 公司参考 ETSI TS 102 250 规范建议制定 KQI。P3 测试主要包括语音与数据业务两部分。由于数据业务的多样性，P3 主要关注 Web 浏览、Youtube 视频、基于 HTTP 的文件上传与文件下载。P3 测试主要针对主动的路测，华为公司定义了主动路测与网络侧被动测试两套基线。SEQ 系统中主要使用华为网络侧的被动测试基线。P3 的 Web 浏览测试包括主要针对 Kepler 制定的 URL 网址进行静态网页浏览的测试项和针对 Top10 的用户访问网址进行活动网页浏览的测试项。其中主要的 KQI 包括：Web 页面接入时延 (HTTP Web Page Access Time)、Web 页面传输时长 (HTTP Web Transfer Time)、页面中断率 (Cut-off Ratio) 等。P3 的 Youtube 视频包括高清 (HD) 与标清 (SD) 两类测试项，KQI 完全一样，主要包括视频接入阶段的 KQI 与视频播放阶段的 KQI，如播放开始等待时延等。

华为公司的业务 KQI 体系是在参考了 ITU 标准、ETSI 标准与 P3 测试指标基础上制定出来的，KQI 体系从业务发生时刻开始到业务结束时刻整个阶段来评估业务质量。华为公司在电信管理论坛 (TMF) 中主导用户体验管理解决方案，提出了一套“基于用户感知的语音

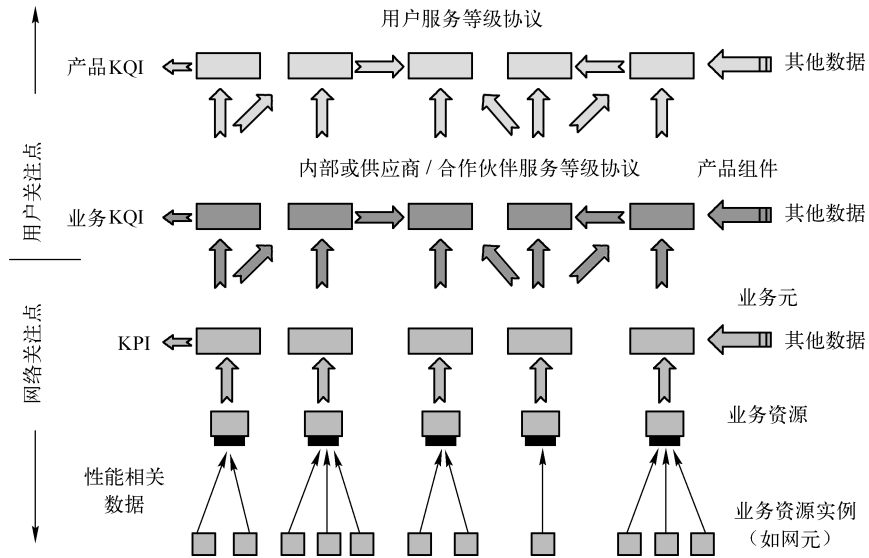


图 1-1 TMF 质量体系及映射模型

业务质量指标评价体系”，通过建立 QoE（用户感知）- KQI（业务指标）- KPI（网络指标）的三层映射关系模型，先将主观的 QoE 客观化为 KQI，再将 E2E 的 KQI 分解为有利于实际维护的 KPI。并在继承原有的网络 KPI 的基础上，对其进行优化改良（非推翻 KPI 体系重新改革），形成一套能够表征用户感知的 KQI 体系。在 2013 年 10 月发布了 GB962，在其中描述了用户使用业务的全生命周期的用户体验指标（CEI），在使用阶段，定义了各类业务的 KQI 体验点和计算公式。

因此通用质量评估体系是通过建立一套健全的业务质量评价体系：QoE - KQI - KPI，从端到端视角审视影响业务质量的指标，全面监测用户感知。KQI 直接对应终端用户的业务感受体验，解决当前“网络指标好，用户感知不好”的问题。建立市场和网络维护针对移动语音业务质量统一的评价和评估体系，整合力量，提高运营效率；变被动的投诉受理为主动的网络体验管理。对网络级和端到端拉通无线、核心网、承载网，基于业务进行全流程的语音质量评估和优化。指导整体优化，提高优化的有效性。

1.1.3 分业务的质量评估体系

保持基础网络性能良好是网络优化工作的基本要求，因此每天需对网络运行的各种指标进行监控，了解网络质量状况，发现网络性能问题，加以分析解决。统计历史数据，了解网络指标的变化趋势，进行性能突变分析、趋势分析，发现并解决网络隐藏问题。建议充分应用网络评估模型，首先观察网络显性指标，其次追踪隐性指标，由表及里，由宏观到微观对网络进行细致分析。日常工作的性能指标及关键业务指标包括以下几个方面。

覆盖类指标：如平均 RSRP、室外连续覆盖率等。4G 覆盖率是反映 4G 网络建设和覆盖水平的基础指标，其综合了接收场强和信干比，描述全网的覆盖情况。定义为：条件采样点/总采样点 * 100%。

TDL 条件采样点： $RSRP \geq -110 \text{ dBm}$ 且 $RS_SINR \geq -3 \text{ dB}$ 。

干扰类指标：如评估全网的平均干扰强度的平均（RS - SINR）参考信号信干噪比；评

估服务小区无线信道环境的 RSRQ（参考信号接收质量）；反映系统保证传输数据的准确性和稳定性的 MAC 层上、下行 BLER、HARQ 重传比率；反映网络结构水平的重叠覆盖度。干扰类指标最关注的是两个，微观上直接体现网络质量的 SINR，即参考信号平均接收信号与干扰噪声比；宏观上评估网络结构合理性的重叠覆盖度。

重叠覆盖度定义：指与最强信号电平差距在 6dB 范围内的电平数量，且最强信号大于 -105 dBm；道路重叠覆盖率 = 重叠覆盖度 ≥ 3 的采样点/总采样点 $\times 100\%$ 。

调度类指标：如评估不同场景下所采用的传输方式的传输模式（TM）时长占比和双流时长占比；评估了当前信道状况优劣的下行 CQI 平均值；评估采用的平均调制编码方式和调度效率的 MCS 平均值、64QAM 占比等。

移动类指标：系统内的同频、异频切换成功率，切换时延；异系统间的重定位成功率、重选成功率、重选时延；TAC/LAC 更新成功率、时延等。

接入类指标：如 ATTACH 成功率、CSFB 寻呼成功率、CSFB 呼叫回落成功率等。

在底层网络指标基础上，还关注与具体业务相关的指标，即客户感知评估指标，见表 1-1。

表 1-1 移动互联网客户感知评估指标

序号	指 标	定 义	说 明	单 位	涉及业务类型
1	应用层平均下载速率（含掉线）	应用层总下载量（含掉线）/下载总时长（含掉线）	评估 TD-LTE 网络下行传输性能的重要指标，直接影响用户感受	Mbit/s	FTP 下载业务、HTTP 浏览业务、HTTP 下载业务、流媒体业务
2	应用层平均下载速率（不含掉线）	应用层总下载量（不含掉线）/下载总时长（不含掉线）	评估 TD-LTE 网络下行传输性能的重要指标，直接影响用户感受	Mbit/s	FTP 下载业务、HTTP 浏览业务、HTTP 下载业务、流媒体业务
3	应用层平均上传速率（含掉线）	应用层总上传量（含掉线）/上传总时长（含掉线）	评估 TD-LTE 网络上 行传输性能的重要指标，直接影响用户感受	Mbit/s	FTP 上传业务、邮件发送业务
4	应用层平均上传速率（不含掉线）	应用层总上传量（不含掉线）/上传总时长（不含掉线）	评估 TD-LTE 网络上 行传输性能的重要指标，直接影响用户感受	Mbit/s	FTP 上传业务、邮件发送业务
5	每 RB 平均下载量（含掉线）	应用层数据下载量（含掉线）/下载时间内调度 RB 数总数（含掉线）	评估 TD-LTE 网络下行传输性能指标，体现下行传输效率	kbit/RB	FTP 下载业务
6	每 RB 平均下载量（不含掉线）	应用层数据下载量（不含掉线）/下载时间内调度 RB 数总数（不含掉线）	评估 TD-LTE 网络下行传输性能指标，体现下行传输效率	kbit/RB	FTP 下载业务
7	掉线率	各制式掉线次数总和/（成功次数 + 各制式掉线次数总和） $\times 100\%$ ；其中，掉线的定义为测试过程中已经接收到了一定数据的情况下，超过 3 min 没有任何数据传输	评估 TD-LTE 网络业务保持性能指标，直接影响用户感受	%	FTP 上传下载业务

(续)

序号	指 标	定 义	说 明	单位	涉及业务类型
8	数据掉线比	应用层数据下载量（含掉线）/各制式掉线次数总和	从传输效率角度评估 TD-LTE 网络业务保持性能指标	KB/次	FTP 上传下载业务
9	边缘 PDCP 下行吞吐量（含掉线）	用户 PDCP 层下行吞吐量（含掉线）CDF（累计概率分布）为 5% 对应统计值	评估 TD-LTE 网络边缘用户传输性能指标（含掉线）	Mbit/s	FTP 下载业务
10	边缘 PDCP 下行吞吐量（不含掉线）	用户 PDCP 层下行吞吐量（不含掉线）CDF（累计概率分布）为 5% 对应统计值	评估 TD-LTE 网络边缘用户传输性能指标（不含掉线）	Mbit/s	FTP 下载业务
11	边缘 PDCP 上行吞吐量（含掉线）	用户 PDCP 层上行吞吐量（含掉线）CDF（累计概率分布）为 5% 对应统计值	评估 TD-LTE 网络边缘用户传输性能指标（含掉线）	Mbit/s	FTP 上传业务
12	边缘 PDCP 上行吞吐量（不含掉线）	用户 PDCP 层上行吞吐量（不含掉线）CDF（累计概率分布）为 5% 对应统计值	评估 TD-LTE 网络边缘用户传输性能指标（不含掉线）	Mbit/s	FTP 上传业务
13	接通率	各制式主叫接通次数总和/各制式试呼次数总和 × 100%	评估 TD-LTE 网络语音业务接通情况	%	语音业务、并发业务（先数据后语音）
14	掉话率	各制式主被叫掉话次数总和/（各制式主叫接通次数总和 × 2）× 100%	评估 TD-LTE 网络语音业务掉话情况	%	语音业务、并发业务（先数据后语音）
15	平均呼叫时延	主叫呼叫时延总和/主叫呼叫成功次数总和；主叫呼叫时延包括以下三项的时延。TD-LTE：从发送 Extended Service Request 到收到 Alerting 的时间；TD-SCDMA：从发送 RRC Connection Request 到收到 Alerting 的时间；GSM：从发送 CM Service Request 到收到 Alerting 的时间	评估 TD-LTE 网络语音业务主叫接通时延	s	语音业务、并发业务（先数据后语音）
16	返回 TD-LTE 平均时延	返回 TD-LTE 平均时延 = 主被叫返回 TD-LTE 平均时延总和/主被叫呼叫成功次数总和；其中，返回 TD-LTE 时延为从 Channel Release 到 TAU Accept 的时间	评估 TD-LTE 网络语音业务结束后返回 TD-LTE 网络并驻留 TD-LTE 小区的时间	s	语音业务、并发业务（先数据后语音）
17	数据可续传比例	并发业务（先数据后语音）主被叫数据可续传次数/并发业务（先数据后语音）数据业务发起次数 × 100%；其中，先做数据业务，后做语音业务，待语音业务结束后，原数据业务可继续进行的比例	评估 TD-LTE 网络并发业务（先数据后语音）数据续传情况	%	并发业务（先数据后语音）

(续)

序号	指 标	定 义	说 明	单 位	涉及业务类型
18	并发业务（先语音后数据）数据业务发起成功率	并发业务（先语音后数据）主被叫数据业务成功次数/并发业务（先语音后数据）主被叫数据业务发起次数 $\times 100\%$ ；其中，先做语音业务，后做数据业务，观察数据业务是否进行以及成功率；而 CS-FB 终端在语音业务占到 GSM 网络时无法进行数据业务	评估 TD-LTE 网络并发业务（先语音后数据）数据业务发起成功情况	%	并发业务（先语音后数据）
19	短信发送成功率	短信发送成功率 = 短信发送成功次数/短信发送尝试次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络短信业务情况	%	短信发送业务
20	短信发送时延	短信发送时延为发出短信发送请求到收到短信发送成功所需时间	评估 TD-LTE 网络短信业务情况	秒	短信发送业务
21	彩信发送成功率	彩信发送成功率 = 彩信发送成功次数/彩信发送尝试次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络彩信业务情况	%	彩信发送业务
22	彩信发送时延	彩信发送时延为发出彩信发送请求到收到彩信发送成功所需时间	评估 TD-LTE 网络彩信业务情况	s	彩信发送业务
23	HTTP 登录成功率	HTTP 登录次数/HTTP 尝试次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络 HTTP 浏览业务情况	%	HTTP 浏览业务
24	HTTP 浏览成功率	HTTP 完全浏览次数/HTTP 登录次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络 HTTP 浏览业务情况	%	HTTP 浏览业务
25	HTTP 登录时延	发送 HTTP 请求到收到第一个数据包为止	评估 TD-LTE 网络 HTTP 浏览业务情况	s	HTTP 浏览业务
26	HTTP 浏览时延	发送 HTTP 请求到收到最后一个数据包为止	评估 TD-LTE 网络 HTTP 浏览业务情况	s	HTTP 浏览业务
27	HTTP 下载成功率	HTTP 下载成功次数/HTTP 下载尝试次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络 HTTP 下载业务情况	%	HTTP 下载业务
28	流媒体业务成功率	流媒体业务成功次数/流媒体业务发起次数 $\times 100\%$	评估 TD-LTE 网络流媒体业务情况	%	流媒体业务
29	流媒体加载时延	从点击流媒体播放到实际播放的时间	评估 TD-LTE 网络流媒体业务加载时延情况	s	流媒体业务
30	流媒体时长	流媒体本身文件时长	固定值	s	流媒体业务
31	流媒体缓冲时长	流媒体播放后中断的总时	评估 TD-LTE 网络流媒体业务播放中的缓冲情况	s	流媒体业务

(续)

序号	指 标	定 义	说 明	单 位	涉及业务类型
32	流媒体缓冲次数	流媒体播放后中断的总次数	评估 TD-LTE 网络流媒体业务播放中的缓冲情况	次	流媒体业务
33	流媒体播放总时长	从点击流媒体播放到实际播放完成的总时间；单次流媒体业务播放总时长 = 流媒体加载时延 + 流媒体时长 + 流媒体缓冲时长	评估 TD-LTE 网络流媒体业务播放总时长情况	s	流媒体业务
34	邮件发送成功率	邮件发送成功次数/邮件发送尝试次数 × 100%；其中，邮件发送需携带大小为 5MB 的文件作为附件	评估 TD-LTE 网络邮件发送业务情况	%	邮件发送业务
35	邮件发送时延	发出邮件发送请求到邮件发送成功所需时间	评估 TD-LTE 网络邮件发送业务时延情况	s	邮件发送业务

1.2 端到端质量体系关联定界

1.2.1 端到端感知关联定界理论和总体分析思路

业务质量评估体系可以简化为两条主线：一条主线是业务在用户端到端使用过程中涉及各个重点网元运行指标；另一条主线是用户体验的三大标准，即有效性、通信效率、用户满意度。对端到端业务的质量评估，不能再采取传统的评估方法，比如只衡量移动网络或业务平台的质量，或者只衡量业务本身的质量，而是应立足于用户的业务体验来设计运营商的质量评估体系。通过以下步骤建立评估体系。

1. 将端到端业务质量分解到各重点网元

业务质量存在着从业务层、承载层、接入层向用户层逐层传递的特点，若将业务层定义为最上层，用户层定义为最下层，则上一层的 1 个或多个指标体系中的指标变动会影响下一层中的质量指标，理论上，业务质量指标 = 用户层 QoS × 接入层 QoS × 承载层 QoS × 业务层 QoS。

2. 确定各层的 QoS 值

对需要测试的端到端业务产品的内涵和特点进行深入研究，从用户体验的角度剖析其需求特点；不同的端到端业务，用户的体验需求是不同的，比如短信，用户的质量体验是转发速度、接通成功率。比如彩铃，用户的质量体验包括放音准确性、有无噪声、接续是否快速准确、铃音定制是否能及时更新到个人手机等。需要对不同的业务制定不同的用户体验指标，体验指标必须紧密围绕“有效性、通信效率、用户满意度”这三大标准来制定。

3. 确定每一层各指标的权重值

对各项 QoS 指标互相进行比较，确定各项指标的重要性，利用各种方法确定各 QoS 指标的权重。

4. 实际测试

模拟用户行为进行业务测试，严格按照预定的指标进行测试，实时记录测试结果，必要时可以通过一些自动化的测试手段获得测试指标值。

5. 修正

根据实际测试指标，与理论指标进行比较，修正理论值和实测值之间的偏差，得到一套在网络可实现前提下的质量等级评价表。

建立评估体系的目的和意义：

- 1) 可以获得现网业务网络可实现的最优指标集合，即现网网络可以达到的最好质量。
- 2) 对现网的业务运行可起到监督作用，评估标准是很有效的参考依据，当发现现网业务指标未达到评估标准，则可考虑启动合适的优化流程。
- 3) 真正模拟用户感知，了解用户对业务质量的感受，以保证质量评估与优化做到有的放矢。

1.2.2 端到端业务质量关联定界方法

QoE 分为客观性指标和主观性指标两部分，客观性指标可以映射到 KQI，主观性指标可直接根据主观评测结果指导业务优化，无需映射到 KQI。

下面给出一个主观性指标的例子。

在 3G 上网用户满意度分析中，统计影响用户感知的原因中 62% 为“无法打开网页和下载速率低”，见表 1-2，因此由用户具体业务下行速率作为用户感知标准入手来划分和优化无线小区具有很强的代表意义。典型的，以视频类业务来测评大速率数据业务感知速率门限，采取目标客户测试打分的方法采集基础数据，在此基础上确定感知门限的方法。

表 1-2 主观性指标示例

级 别	主观评价值	主观感知说明
优	4.0 ~ 5.0	播放视频成功并且流畅。
良	3.0 ~ 4.0	播放视频成功并且缓冲可以接受
中	2.0 ~ 3.0	播放视频缓冲较长或画面存在马赛克
差	1.0 ~ 2.0	播放视频画面缓冲过长或画面模糊
劣	0 ~ 1.0	播放视频失败

通过对采集数据曲线拟合计算，用户感知曲线满足反正切函数，得到手机作调制解调器时，视频下行速率和用户感知度的关系函数表达式如下：

$$y = 1.543083 \times \arctan[0.010456 \times (x - 272.403209)] + 2.539805$$

其中， y 为用户感知平均分，代表用户感知度； x 为下行速率，如图 1-2 所示。

结论：当视频用户感知分数达到 3.5 时，利用拟合公式计算下行速率为 341 kbit/s。结合测试具体情况，移动 3G 网络环境下，视频业务感知速率门限定为 330 kbit/s。

对客观性指标，在 1.1.3 节已经有比较详细的阐述，值得强调的是，有时针对特定场景，会制定与之相匹配的评价体系，例如针对高铁用户的感知评价，制定以下指标组合，见表 1-3。

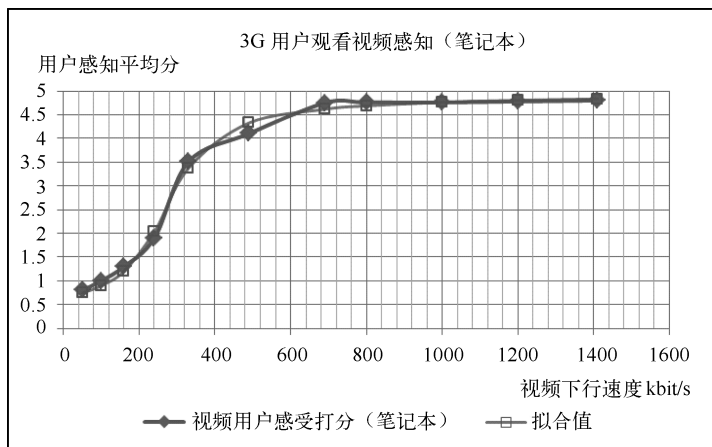


图 1-2 3G 用户观看视频感知模型

表 1-3 客观性指标示例

指标类别	底层组合指标			
省、市边界场景	切换成功率	TAC 更新成功率		
网络结构	切换链小区故障率、RRU 退服率	切换链以外小区占用比例	超短占用时长小区比例	频繁切换小区比例
网络覆盖	4G 覆盖率	弱覆盖小区比例	4G 占网时长占比	
网络接入性	RRC 建立成功率	RRC 连接建立时延	被叫 CSFB 回落成功率和接通率	
网络性能	平均下载速率	下载速率大于 10Mbit/s 占比		
网络拥塞水平	小区 RRC 连接用户数	小区 PRB 利用率		
业务保持性能	切换成功率	掉线率	异系统返回 TAU 次数 (或占比)	重定向到 2G、3G 占比

为了科学评价全网质量，运营商提出了网络健康度的整体评价方法。针对全网的健康度水平，可以细分为 2G、3G、4G、WLAN、流量、传输、互联网等类别的健康度构成要素，见表 1-4，涉及优化、维护、建设、网管等各个专业的主要工作。

表 1-4 网络健康度构成要素

指标项目		网优	维护	建设	网管
网络健康度	GSM 网络健康度	√	√	√	√
	GPRS 网络健康度	√	√	√	√
	TD 网络健康度	√	√	√	√
	WLAN 网络健康度	√	√	√	√
	LTE 网络健康度	√	√	√	√
	四网流量健康度	√			√
	传输网健康度		√	√	
	互联网健康度	√	√		√

例如针对 GSM 网络，GSM 健康度评估体系包含“高可靠”“更安全”“感知好”“效益佳”和“易融合”五大类，29 小类指标，其中核心网指标 14 项、核心网与无线网关联 3 项、无线网 12 项，指标归属见表 1-5。

表 1-5 GSM 网络健康度构成要素

评估维度	复合指标	具体指标	类别
高可靠	设备老化率	核心网元超过 7 年设备数量占比	核心网
	设备冗余度	组 POOL 比例	核心网
		MSC POOL 均衡度	核心网
		MGW 备份有效性	核心网
		HLR 备份有效性	核心网
		BSC 容灾比例	核心网
		核心网元重要单板备份有效性	核心网
更安全	主叫及 MO 短信鉴权	是否开启主叫及 MO 短信鉴权	核心网
	虚假主叫白名单	网内 PBX 白名单设置比例	核心网
感知好	接入性	寻呼成功率	核心网、无线网
		长途来话接通率	核心网、无线网
	保持性	应答掉话率	无线网
		2G 到 2G 入局切换成功率	核心网、无线网
	完整性	全省高干扰小区比例	无线网
		省会高干扰小区比例	无线网
		全省高质差小区比例	无线网
		省会高质差小区比例	无线网
		SCTP 偶联数据块重传率	核心网
	用户业务感知度	语音质差端局，包括对 MOS 值、丢包率、单通率、无声率等指标的综合评定	核心网
		GSM 网络质量引起的万人投诉比	无线网
效益佳	基站数	自身 GSM 基站数	无线网
	无线利用率	同比增加基站数	无线网
	高无线利用率小区占比	无线利用率	无线网
	PDCH 承载效率	高无线利用率小区占比	无线网
	半速率话务占比	PDCH 承载效率 (kbit/s/PDCH)	无线网
		半速率话务占比	无线网
易融合	A、IU-CS 接口 IP 化	各省 A 接口 IP 化比例	核心网
		IU-CS 接口 IP 化比例	核心网
	端局、关口局 IP 化	各省端局、关口局 IP 化比例	核心网

网络健康度提供了系统化评价网络质量的方法，是一项全面评价网络的综合指标集，需要落地到日常维护优化工作中，既减少额外的工作量，又确保网络质量的持续提升。通过分解和分析健康度指标，依托网优平台、话务网管、经营分析系统以及 EOMS 流程等手段建设，支撑健康度分析常态化分析和短板优化，提升分析效率。通过建立工作流程和机制，定期进行专业自查和短板分析，有助于从总体上把握网络质量和科学决策。