

4G/5G 语音业务质差小区 判别关键技术研究

Research on Key Technologies for Identifying Poor-Quality Voice Service Cells in 4G/5G Network

王 勇¹,赵振桥²,刘喜卿²,程新洲²(1. 中国联合网络通信集团有限公司,北京 100033;2. 中国联通研究院,北京 100048)
Wang Yong¹,Zhao Zhenqiao²,Liu Xiqing²,Cheng Xinzhou²(1. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China; 2. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘 要:

针对当前日趋复杂的网络架构及日益提升的网络优化难度,提出并实现一种新型的基于多域数据融合的算法系统。该系统通过关联 IMS、5GC 及 EPC 域的 XDR 数据,实现对 VoLTE、VoNR 及 EPS FB 等语音业务的精准区分。在此基础上,系统通过构建各业务的质量劣化阈值模型,并采用滑动窗口算法,从而精准筛选重点质差小区。经 X 市现网连续 5 天的实际数据验证表明,该系统能够有效识别重点质差小区,充分验证系统的可行性与实用性。

关键词:

VoNR;VoLTE;EPS FB;网络智能运营
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2025.03.013
文章编号:1007-3043(2025)03-0071-04
中图分类号:TN915
文献标识码:A
开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

In response to the growing complexity of network architectures and the challenges in network optimization, it proposes a novel algorithm system based on multi-domain data fusion. The system leverages the correlation of XDR data across IMS, 5GC, and EPC domains to accurately distinguish VoLTE, VoNR and EPS FB voice services. Furthermore, it constructs service-specific quality degradation threshold models and employs a sliding window algorithm to screen key under-performing cells with high precision. Through the data verification of a 5-day period in X city, the system can pinpoint key under-performing cells, thereby confirming its feasibility and practical applicability.

Keywords:

VoNR;VoLTE;EPS FB;Network intelligent operation

引用格式:王勇,赵振桥,刘喜卿,等. 4G/5G 语音业务质差小区判别关键技术研究[J]. 邮电设计技术,2025(3): 71-74.

1 概述

语音业务作为运营商的传统业务,是最影响用户体验与评价的业务。随着 5G 网络的蓬勃发展和 2G 网络的逐渐退出,当下语音业务研究重点是 VoLTE 语音业务、EPS FB 语音业务和 VoNR 语音业务^[1]。

目前,由于多种语音业务解决方案共存、网络制式复杂、网间切换频繁,语音业务的网络优化需求强烈、难度增加,判别语音业务重点质差小区成为语音业务网络优化工作的重中之重。目前判别质差小区

的常用方法主要有路测、基于网元配置数据和网元性能数据挖掘、基于测量报告挖掘、基于信令流程数据挖掘等。其中,运营商为了提升网络建设、网络维护的水平,在指定的网络接口链路进行旁路分光,实时分析链路中的数据并生成信令/流量详细记录(X Detail Record, XDR)。XDR 数据能够便捷、精细地分析和评价网络质量,所以基于 XDR 数据的网络优化技术蓬勃发展。

文献[2]基于 XDR 数据提出了一种网络自动化、智能化的故障诊断方法,提高了运维效率,保证了用户感知。文献[3]基于 XDR 数据构建面向用户、业务、终端的多维大数据运营体系,可定制各类视频应用业

收稿日期:2025-02-20

务需求分析,支持运营商资源精准投放,助力OTT视频企业营销。文献[4]基于XDR数据的运动轨迹变化,完成车主与车辆的绑定,完成用户画像构建,能够有效助力新能源汽车产业精准营销,助力运营商与新能源汽车产业创新合作场景落地。

经过持续优化,目前网络的整体质量有了明显提升,网络优化建设进入切小划分、局部针对性优化阶段,需要对质差小区进行精准判别和优化。同时,由于移动通信环境的复杂性,存在由于数据异常或终端异常等突发原因导致部分正常小区被误判为质差小区的情况,所以本文提出了基于多域数据持续监测判别语音业务重点质差小区的技术。通过多种数据相互印证,避免数据异常导致的错误判断;通过持续多天监测数据,避免突发异常或终端问题导致的错误判断,从而实现对语音业务质差小区的精准定位,提高网络优化效率,提升网络质量。

2 关键技术研究

本文设计的基于多域数据持续监测判别语音业务重点质差小区的系统涵盖VoLTE、EPS FB、VoNR语音3种业务场景。针对现网中网络质量优秀和普通2种不同情况,系统设计2套业务质差阈值,可以有效判别出在连续几天内频繁出现质差情况的小区,即重点质差小区。

2.1 系统设计

本系统包含数据预处理模块、数据关联模块、语音业务分离模块、统计分析模块和重点质差小区判别模块。各模块的设计思路如下。

a) 数据预处理模块。在系统中设置需要筛选质差小区、提升网络质量的区域[省分、地(市)],本系统向XDR存储系统订阅指定区域最近 N 天($N \geq 5$)的IMS、5GC、EPC域的XDR数据,这些数据被周期性传输,从而实现数据的自动化采集。将采集到的数据进行清洗,筛选XDR中编号相同的话单,只保留其中时间最靠前的一条话单,剔除剩余话单。

b) 数据关联模块。系统关联IMS、5GC、EPC域XDR数据,根据VoLTE、EPS FB、VoNR语音业务信令流程,关联形成用户语音呼叫的端到端记录话单。

c) 语音业务分离模块。将端到端XDR话单记录分为VoLTE语音业务、VoNR语音业务和EPS FB语音业务三大类。

d) 统计分析模块。分别对3类XDR话单按天进

行小区维度的语音业务指标统计分析。

e) 重点质差小区判别模块。针对优秀和普通2种网络情况,系统设置了2种不同的语音业务质差阈值,用于判别出单日出现质差情况的质差小区。系统对质差小区进行滑动窗口监测,以5天为移动观察窗口判别出频繁出现(≥ 3)质差情况的语音业务小区,并将其定义为重点质差小区。

基于多域数据持续监测判别语音业务重点质差小区的系统架构如图1所示。

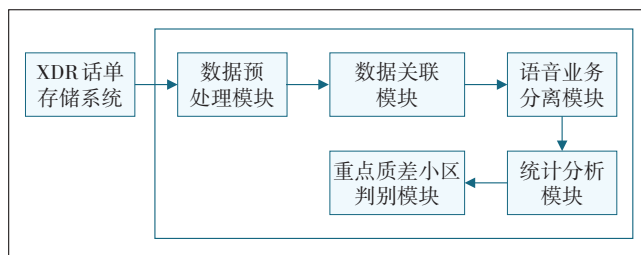


图1 系统架构

2.2 系统实现

语音业务分离模块、统计分析模块和重点质差小区判别模块是本系统设计的核心模块,重点质差小区判别算法是系统的核心算法。

2.2.1 语音业务分离模块

将数据关联模块关联好的用户话单进行语音业务分类。如果用户在EPC域完成初始注册、在IMS域完成语音呼叫,则定义此条话单为VoLTE话单;如果用户在5GC域完成初始注册、在IMS域完成语音呼叫,则定义此条话单为VoNR话单;如果用户在5GC域完成初始注册,在5GC域发起语音呼叫后回落到EPC域,再在IMS域完成语音通话,则定义此条话单为EPS FB话单。

2.2.2 统计分析模块

接下来对3种语音业务分别按天和小区维度进行质量情况统计,具体的分析指标如下。

a) VoLTE语音业务网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延。

b) VoNR语音业务网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延。

c) EPS FB语音业务网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延、平均回落时延。

涉及的指标定义如下。

a) 网络接通率。用户发起呼叫后听到振铃声的概率,网络接通率=语音振铃次数/语音呼叫次数。

b) 掉话率。用户语音通话过程中断的概率,掉话率=用户通话过程中掉话总次数/用户应答总次数。

c) 平均呼叫建立时延。用户发起呼叫至听到振铃的平均时长,平均呼叫建立时延=呼叫建立总时长/呼叫建立成功总次数。其中,呼叫建立总时长为一段时间内,从用户发起呼叫到用户听到振铃之间的时长总和;呼叫建立成功总次数为一段时间内,呼叫建立成功(用户发起呼叫后到用户可以听到振铃)的次数总和。

d) 平均回落时延。EPS FB 语音业务用户发起呼叫后,从 5G 网络回落到 4G 网络发起呼叫的时长,平均回落时延=回落总时长/回落成功总次数。其中,回落总时长为一段时间内,EPS FB 语音业务用户从 AMF 收到 gNB 发起 5G 到 4G 的切换请求以及发起携带重定向或者回落原因值的 UE 上下文释放到 4G 网络发起 TAU Request 消息的时长总和,回落成功总次数为一段时间内,EPS FB 语音业务用户回落成功后在 4G 网络发起 TAU Request 消息次数。

对 VoLTE 语音业务按天进行小区维度的网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延 3 个主要指标的统计分析,获得每个小区每天的 VoLTE 语音业务指标情况。对 VoNR 语音业务按天进行小区维度的网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延 3 个主要指标的统计分析,获得每个小区每天的 VoNR 语音业务指标情况。对 EPS FB 语音业务按天进行小区维度的网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延、平均回落时延 4 个主要指标的统计分析,获得每个小区每天的 EPS FB 语音业务指标情况。

2.2.3 重点质差小区判别模块

2.2.3.1 VoLTE 语音重点质差小区判别模块

针对现网中网络质量优秀和普通 2 种不同情况,设置了 2 种 VoLTE 语音业务质差的阈值标准,具体如表 1 所示。

表 1 2 种 VoLTE 语音业务质差的阈值标准

网络质量	VoLTE 语音业务质差小区阈值		
	网络接通率/%	掉话率/%	平均呼叫建立时延/ms
优秀	99	0.05	3 400
普通	98	0.10	4 000

对统计分析模块得到的 VoLTE 语音业务统计数据进行分析,按天筛选 VoLTE 语音业务质差小区。

对于现网中网络质量优秀的区域,当 VoLTE 语音

业务网络接通率小于 99% 时,定义为 VoLTE 语音业务网络接通率质差小区;当 VoLTE 语音业务掉话率 > 0.05% 时,定义为 VoLTE 语音业务掉话率质差小区;当 VoLTE 语音业务平均呼叫建立时延 > 3 400 ms 时,定义为 VoLTE 语音业务平均呼叫建立时延质差小区。

以上这 3 种小区合集称为 VoLTE 语音业务质差小区。在这个小区合集中,存在 2 项或者 3 项指标同时质差的小区,它们会被优先关注,并被定义为 VoLTE 语音业务优先关注质差小区。

以 5 天为滑动窗口,对指定区域的每个小区进行 VoLTE 语音业务指标情况连续监测。当一个小区网络接通率、掉话率、平均呼叫建立时延 5 天内出现 3 天及以上质差情况时,被定义为 VoLTE 语音业务网络接通率重点质差小区、掉话率重点质差小区、平均呼叫建立时延重点质差小区。以上这 3 种重点质差小区合集称为 VoLTE 语音业务重点质差小区。

同样,对于现网中网络质量为普通的区域,VoLTE 语音业务重点质差小区判别流程参照上述方案,只是阈值放宽至网络接通率 98%、掉话率 0.1%、平均呼叫建立时延 4 000 ms。

2.2.3.2 VoNR 语音业务重点质差小区判别

参照 VoLTE 语音业务重点质差小区的判别流程,判别出 VoNR 语音业务重点质差小区。VoNR 语音业务质差小区阈值如表 2 所示。

表 2 VoNR 语音业务质差小区阈值

网络质量	VoNR 语音业务质差小区阈值		
	网络接通率/%	掉话率/%	平均呼叫建立时延/ms
优秀	99	0.05	3 400
普通	98	0.10	4 000

2.2.3.3 EPS FB 语音业务重点质差小区判别

参照 VoLTE 语音业务重点质差小区的判别流程,筛选出 EPS FB 语音业务重点质差小区。EPS FB 语音业务质差小区阈值如表 3 所示。

通过重点质差小区判别模块,系统筛选出的 VoLTE 语音业务重点质差小区、VoNR 语音业务重点

表 3 EPS FB 语音业务质差小区阈值

网络质量	EPS FB 语音业务			
	网络接通率/%	掉话率/%	平均呼叫建立时延/ms	平均回落时延/ms
优秀	99	0.05	5 000	1 400
普通	98	0.10	5 000	1 400

质差小区、EPS FB 语音业务重点质差小区即为语音业务重点质差小区,亟需网络优化调整。

3 现网应用验证

本文针对 X 市连续 5 天的 VoLTE 语音 XDR 数据进行算法验证。这 5 天 X 市发生过 VoLTE 语音呼叫业务的共 23 317 个小区,统计出 96 647 条小区级业务记录。该市的 VoLTE 语音业务的整体情况如表 4 所示。

表 4 X 市 5 天内发生过 VoLTE 语音业务小区的业务整体情况

日期	整体情况		
	语音始呼网络接通率/%	平均呼叫建立时延(V-V)/ms	语音掉话率/%
第 1 天	99.64	2 491.38	0.077
第 2 天	99.61	2 490.58	0.082
第 3 天	99.63	2 464.72	0.081
第 4 天	99.64	2 483.85	0.072
第 5 天	99.66	2 455.92	0.077
汇总	99.63	2 477.65	0.078

从整体上看,VoLTE 语音始呼网络接通率均在 99% 以上,平均呼叫建立时延(V-V)均小于 3 000 ms,语音掉话率在 0.08% 左右,X 市整体情况较好。

采用表 1 中网络质量为普通的区域的 VoLTE 语音业务质差的阈值标准,统计出 X 市质差小区情况如表 5 所示,其中某指标质差小区占比为该项质差小区数量/X 市 5 天发生过 VoLTE 语音业务的小区数量(即 23 317)。

对表 5 中 5 天的质差小区的重叠情况进行分析,可以看到每个类型的质差小区 5 天内都存在一定程度

表 5 X 市 5 天的质差小区情况

VoLTE 业务	始呼网络接通率质差小区		语音掉话率质差小区		平均呼叫建立时延质差小区		出现质差情况小区(去重)	
	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%	数量	占比/%
第 1 天	836	3.59	1 037	4.45	425	1.82	2 199	9.43
第 2 天	932	4.00	996	4.27	434	1.86	2 243	9.62
第 3 天	846	3.63	918	3.94	425	1.82	2 086	8.95
第 4 天	851	3.65	979	4.20	369	1.58	2 117	9.08
第 5 天	881	3.78	1 028	4.41	472	2.02	2 279	9.77
去重汇总	3 724	-	3 473	-	1 993	-	7 781	-
小区数量数值累和	4 346	-	4 958	-	2 125	-	10 924	-
质差小区重合率/%	16.70	-	42.76	-	6.62	-	40.39	-

的重叠,尤其是语音掉话率高的小区,重叠率达到了 42.76%,说明本文提出的基于多域数据滑动窗口监测判别语音业务重点质差小区的系统切实可行。其中,对 5 天内各指标的质差小区出现质差的天数情况进行统计,结果如表 6 所示,5 天内出现 3 天及以上质差天数的小区即为本文筛选的重点质差小区。

表 6 各指标的质差小区出现质差的天数情况统计

5 天内出现质差天数	5 天	4 天	3 天	2 天	1 天	汇总
掉话质差小区数量	46	93	205	612	2 517	3 473
接通质差小区数量	0	9	54	487	3 174	3 724
时延质差小区数量	0	0	2	128	1 863	1 993

4 结束语

本文针对当前语音质差小区识别难、语音业务用户感知差等问题,设计了基于多域数据持续监测判别语音业务重点质差小区的技术,该技术关联 IMS、5GC、EPC 域 XDR 数据形成端到端的语音业务通话记录,通过连续监测判别出频繁出现质差的小区,减少突发因素影响,有效提升质差小区判别的准确性。现网 X 市某 5 天的数据验证了本系统切实可行,能够更加精准地判别出重点质差小区,提高网络优化效率。

参考文献:

[1] 陈俊明,张洁,王岱. 运营商语音业务发展探讨[J]. 广东通信技术,2021,41(1):41-46+74.
[2] ZHOU S, WANG Y, LIU X, et al. A Method of 5G Core Network Service Fault Diagnosis[J/OL]. [2024-09-08]. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9968-0_109.
[3] CAO L. Comprehensive Analysis Scheme of Video Service Based on XDR[J/OL]. [2024-09-08]. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9968-0_147.
[4] ZHENG Y, ZHANG T, LIU G, et al. Research of New Energy Vehicles User Portrait and Vehicle-Owner Matching Model Based on Multi-source Big Data[J/OL]. [2024-09-08]. https://doi.org/10.1007/978-981-19-3387-5_171.

作者简介:

王勇,毕业于北京大学,高级工程师,硕士,主要从事核心网数字化运营、大数据分析、移动网端网业协同等方面的工作;赵振桥,毕业于交通大学,初级工程师,硕士,主要从事核心网数字化运营、大数据分析等方面的工作;刘喜卿,毕业于北京邮电大学,教授级高级工程师,硕士,主要从事核心网数字化运营、大数据分析等方面的工作;程新洲,毕业于北京邮电大学,教授级高级工程师,中国联通研究院网络智能运营研究中心总监,硕士,主要从事通信大数据分析架构等工作。