

基于无线技术的 VoNR网络感知提升研究

Research on VoNR Network Perception Improvement Based on Wireless Technology

李耀斌¹,王杉杉¹,李岩岩²(1. 中国联通河南分公司,河南 郑州 450000;2. 中国联通开封分公司,河南 开封 475000)
Li Yaobin¹,Wang Shanshan¹,Li Yanyan²(1. China Unicom Henan Branch,Zhengzhou 450000,China;2. China Unicom Kaifeng Branch,
Kaifeng 475000,China)

摘要:

VoNR是基于IMS网络的5G语音最终解决方案,可充分利用5G大带宽、低时延的特性,给用户带来更佳的通话体验。通过介绍VoNR网络架构,对比VoNR、EPS Fallback、VoLTE等语音技术的关键指标,深入研究了提升网络覆盖、网络质量、无线互操作性能的关键技术,从网络覆盖、质量、互操作3个方面提升用户网络使用感知,为后续VoNR网络无线优化提供技术指导。

关键词:

VoNR;无线优化;5G网络;网络感知

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2023.11.009

文章编号:1007-3043(2023)11-0044-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

VoNR is the final solution of 5G voice based on IMS network, which can make full use of the characteristics of 5G large bandwidth and low delay, and bring users a better call experience. By introducing the VoNR network architecture and comparing the key indicators of VoNR, EPS Fallback, and VoLTE, it deeply studies the key techniques to improve network coverage, network quality, and wireless interoperability, which can improve user perception from three aspects of network coverage, quality, and interoperability, and provide technical guidance for the subsequent VoNR network wireless optimization.

Keywords:

VoNR; Wireless optimization; 5G; Network perception

引用格式:李耀斌,王杉杉,李岩岩. 基于无线技术的VoNR网络感知提升研究[J]. 邮电设计技术,2023(11):44-48.

1 概述

新空口承载语音(Voice over New Radio, VoNR)是5G网络的目标语音解决方案^[1-5],即用户可以基于NR网络直接进行语音业务,无需回落到LTE网络,从而获得更高质量的语音业务体验和更高速率的数据业务体验。

数据业务已成为当前网络发展的主要驱动力,但语音业务作为通信网络基础业务仍占有至关重要的地位。传统2G/3G语音业务承载于CS域,从4G网络

开始,语音业务迁移至基于IMS Server的VoLTE网络,在当前4G网络为主力承载、5G网络高速发展的情况下,形成了语音业务VoLTE与VoNR并存的局面,并具有向VoNR全面快速过渡的发展趋势。

2 VoNR网络架构

语音业务是无线通信网络服务的基本业务,3GPP在R15版本定义5G时,明确了5G仍以IMS为基础提供语音业务的设计原则,并要求5G部署要尽量减少对现有IMS的影响^[6]。基于上述原则,根据5G NSA和SA两大方式,5G语音有3种部署方案:VoLTE、EPS Fallback和VoNR,3种部署方案的MOS与时延指标对比如

收稿日期:2023-10-11

表1所示。从表1可以看出,VoNR的优势在于通话质量更好,接续时延更低。

表1 不同语音业务类型MOS与时延对比

语音业务类型	理论值		某地(市)拉网实测值	
	MOS	接入时延/s	MOS	接入时延/s
VoNR	4.6	1.5~2	4.01	1.74
EPS Fallback	4.1	3~4	3.88	3.54
VoLTE	4.1	2	3.93	2.33

2.1 NSA VoLTE 方案

在NSA组网下,采用双连接方式,将5G NR控制面锚定于4G LTE,并利用旧4G核心网EPC^[7],网络架构如图1所示,语音服务依然由VoLTE提供,并可以通过SRVCC实现VoLTE和2G/3G CS网络之间语音呼叫的无缝切换。

2.2 SA EPS Fallback 方案

在5G SA部署初期,5G网络未能形成连续覆盖的情况下,需要引入EPS Fallback方案,以保障语音业务的连续性^[8]。EPS Fallback在语音业务起呼阶段将用户重定向至4G网络,利用4G VoLTE网络承载语音业务,业务完成后再通过Fast Return功能使用户快速返回5G网络,网络架构如图2所示。

2.3 SA VoNR

在SA组网下,5G网络不再依赖4G核心网EPC,通过5G NR、5GC和IMS端到端独立承载5G语音业务,即VoNR(Voice over NR)^[9]。网络架构如图3所示,VoNR通过端到端的Voice QoS流,确保了语音数据的优先级和延时。与NSA VoLTE和EPS Fallback相比,VoNR呼叫建立时长更短,并支持5G语音和5G数据业务并发,即支持在5G网络下同时打电话和上网。

3 VoNR网络感知提升

VoNR基于IMS网络,涉及网元众多,任何一个网元或者环节存在问题都可能对业务感知产生影响。本文重点从无线侧进行分析,通过对网络特性功能及技术应用的探讨,从覆盖、质量、无线互操作3个维度,分析如何提升VoNR网络的使用感知。

3.1 网络覆盖提升关键技术

3.1.1 ROHC技术

鲁棒性头压缩技术应用于IP网络,可以对数据包头压缩,具有降低网络资源消耗、减少误码率、缩短业务时延等优点,应用ROHC相关技术,能够有效提升网络覆盖能力。

a) ROHC语音包头压缩:VoNR承载于IP网络,存

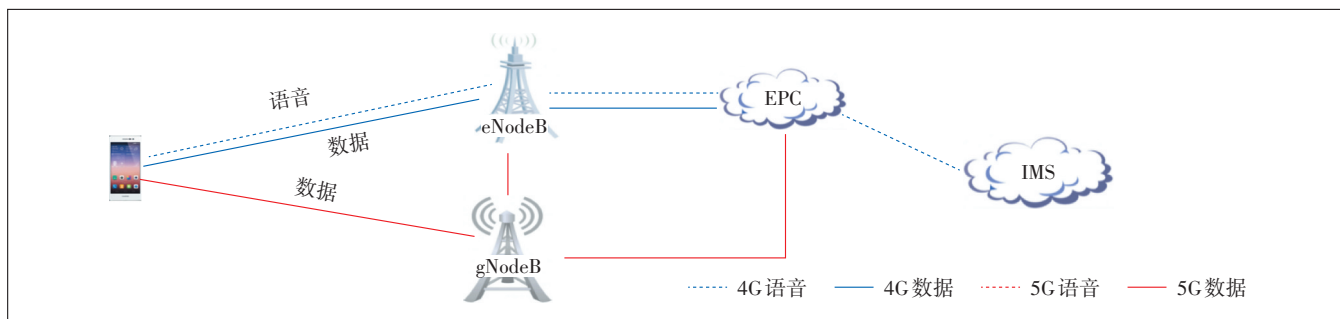


图1 NSA VoLTE方案网络架构

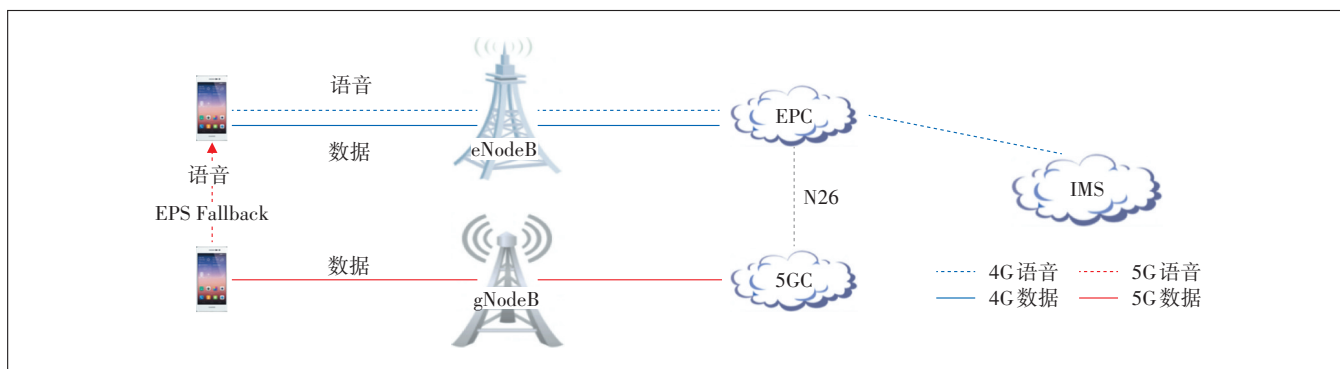


图2 SA EPS Fallback方案网络架构

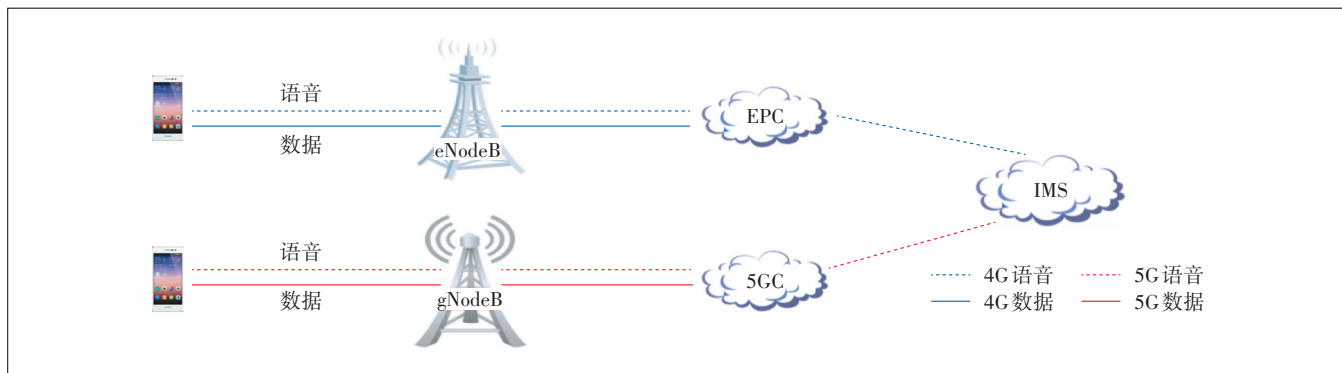


图3 SA VoNR方案网络架构

在2种类型数据包,一种为用于SIP信令的数据包,由于信令传输并不频繁,对此类数据包使用头压缩技术虽然可以节省一定资源,但也会带来额外的处理增益,实际使用效果并不明显;另一种为用于语音的数据包,语音业务占用数据量较小,但传输非常频繁,以24.4 kbit/s编码速率为例,采用IPv6时,压缩前语音帧为984 bit,开启ROHC功能后,整个语音帧由984 bit减小至544 bit,压缩比可达55.28%,无线覆盖能力提升2~3 dB。

b) ROHC包头解压失败恢复:采用了ROHC功能的语音包头解压时,如果有关键压缩包丢失(TS_Scaled的更新或者TS_Stride的更新等),ROHC解压容易出现错误导致解压失败。ROHC头解压失败恢复功能适用于RTP协议,主要针对Timestamp进行恢复,解压恢复成功率为0%~15%,成功率主要取决于终端的ROHC实现机制。ROHC包头解压失败恢复功能,使ROHC解压失败的包恢复正确,减少丢包,降低MOS值恶化的概率,同时可避免在远点退出ROHC时引起的语音中断丢包,进一步发挥ROHC提升覆盖的效果。

3.1.2 增加HARQ重传次数

混合自动重传请求(HARQ)结合了前向纠错编码(FEC)和自动重传请求(ARQ),应用于MAC层,接收方在解码失败时,会要求发送方重传数据,将重传数据与先前接收的数据进行合并编码,从而提高解码成功的概率^[10]。在无线环境较差的条件下,HARQ相比传统ARQ可以带来一定的分集增益,补偿多径衰落对信号传输的影响,提高数据传输速率,降低传输时延。

针对VoNR业务,gNodeB针对语音用户进行最大4次HARQ重传,如果用户处于小区边缘,重传4次也无法确保数据能在接收端被正确解码。基于增加

HARQ重传次数的上行覆盖增强,可以将最大HARQ重传次数调整为8次,从而提高弱覆盖场景数据被成功解码的概率,无线覆盖能力提升2~4 dB。

3.1.3 MAC CE语音调速

VoNR采用EVS编码,该编码方式下CMR字段位置不固定,导致基站无法通过CMR实现编码速率的自适应,因此5G网络需要采用新技术来实现编码速率的自适应功能^[11]。在RRC阶段,对于支持ANBR能力的UE,UE通过MAC CE进行空口能力上报,gNodeB根据上报的空口能力,向UE提供推荐的语音速率信息,从而实现语音速率调整的功能。gNodeB推荐的空口速率消息,既可以是gNodeB主动发送给UE,也可以是UE主动发送查询请求后再发送给UE。

基于MAC CE的自适应语音调速功能在小区边缘通过降低语音编码速率使语音业务对无线速率的要求降低。当语音编码速率在9.6~128 kbit/s自适应调整时,增益最高可达6 dB。

3.1.4 时隙聚合

时隙聚合功能与LTE TTI Bundling作用机制类似^[12],对于上下行共享信道,在一个语音帧中,基站侧同时在多个时隙上传输同一TB的不同冗余版本,在终端侧对这些不同的冗余版本合并,并使用一个ACK/NACK做统一回应,从而提升弱场条件下用户的解调性能。采用时隙聚合技术,无线覆盖能力提升4~6 dB。

3.2 网络质量提升关键技术

3.2.1 上行预调度

VoNR上行预调度属于MAC层功能,为语音用户预留特定位置和数量的RB资源,语音用户优先使用预留的RB资源,预留的RB资源被占满以后可以使用非预留的RB资源,非预留的RB资源按照正常的

调度流程分配^[13]。而对于非语音用户,则不能使用上行预调度所预留的RB资源。为了防止预调度的空包过多导致上行PRB利用率过高或者上行干扰升高,可以针对每TTI设置合理的预调度用户数上限或者预调度用户数占用的PRB利用率上限。

上行预调度可以节省终端侧的SR流程,减少VoNR建立时延,在终端侧SR发送异常、弱场SR发送失败、SR周期配置过大等情况下,提升语音业务稳定性,改善语音业务感知。

3.2.2 上行MCS选阶优化

调制与编码策略(MCS)通过不同的索引值对应了不同的调制方式与传输速率,MCS索引值越高,对应更高阶的调制方式与传输速率,同时对传输质量的要求更高^[14]。使用合理的MCS索引值可以保证调制方式合理,从而保障数据包的可靠传输,在传输质量不足的情况下使用高阶调制,会导致丢包率抬升。

VoNR上行MCS选阶优化功能,通过降低语音业务初传上行MCS阶数,改善上行语音业务丢包率,保障传输可靠性,从而提升语音业务质量。

3.2.3 上行RLC分段优化

当UE上行发射功率受限时,上行动态调度分配的传输块大小会随之调小,使得RLC分段增多,分段增多会引起调度次数增加,RLC/MAC头开销增加,CCE资源和RB资源消耗增加,导致VoNR语音包时延增大、丢包率抬升、上行开销增多等问题。

上行RLC分段优化功能通过限制上行动态调度分配的TBS来控制上行RLC分段数量,从而提高在信道质量较差条件下的语音质量。

3.2.4 上行频选调度

上行频选调度指gNodeB根据UE上行频带不同的信道质量,为每个UE选择最合适的频带资源。预期增益的计算主要依据滑动窗口期内的上行频谱效率和信号SINR值,如果上行频选调度功能开启,则同时取决于上行频谱效率和信号SINR值,如果上行频选调度功能关闭,则仅取决于窗口期内的上行频谱效率。在干扰场景中上行频选调度能够带来明显的增益,提升语音业务质量。

3.2.5 PUSCH功率差异化配置

在传输语音小包业务时,由于用户功率不足可能导致丢包。为提高语音小包业务的可靠性,通过PUSCH功率差异化配置功能,设置不同的PUSCH功率偏置,可以在用户存在功率余量的条件下,保证发

送小包业务时满功率发送,从而提高VoNR小包业务的可靠性。

3.2.6 下行半静态调度

gNodeB为UE调度PDSCH/PUSCH资源,gNodeB和UE根据指定的参数在PDSCH/PUSCH上传输资源,而无需在每次传输中都使用DCI,可以有效降低gNodeB用于调度的负载。

gNodeB通过RRC信令(RRC建立或RRC重配置)配置PDSCH调度所需的所有参数。UE监听PDCCH,在type1方式下无需DCI触发,UE在处理RRC信息后直接发送PUSCH,在type2方式下通过DCI触发,当gNodeB需要授权调度PUSCH时,会发送带有CS-RNTI的DCI指示,UE用CS-RNTI处理DCI,然后按照RRC中的调度信息发送PUSCH。每一个固定周期内,终端在相同的时频域资源内发送和接收数据。在UE侧,无论gNodeB使用何种方式,都需要始终监控PDCCH,以防止gNodeB发送其他类型的DCI。

3.2.7 DRX长周期

5G网络中DRX分为2种模式:空闲模式和连接模式^[15]。空闲模式下UE被周期性唤醒以监听寻呼消息,如果寻呼消息不是针对它的,则UE返回休眠模式;连接模式下,如果没有引入DRX,UE需要在每个子帧中监视PDCCH,而引入DRX后,允许UE定期进入休眠,进入休眠期间无需监视PDCCH,从而降低UE功耗。可以针对VoNR特点配置专用的DRX参数,一方面保障了语音质量,另一方面也降低了终端功耗,提升用户使用感知。

3.2.8 BWP切换策略

UE进行VoNR业务时既可以使用大BWP也可以使用小BWP,可以针对语音业务配置独立的BWP切换策略,保障语音业务持续阶段的业务感知。如果语音业务建立在小BWP上,当小BWP负荷较高时,触发小BWP到大BWP的切换,以保障业务质量。如果语音业务建立在大BWP上,在语音业务释放以前,不允许向小BWP的切换。

3.2.9 VoNR和非VoNR边界优化

当VoNR功能未能全网连续部署的场景下,在VoNR和非VoNR边界,当VoNR语音用户重定向接入或重建接入至非VoNR小区后,基站会将5QI=1的承载删除,语音业务发生掉话。当VoNR和非VoNR边界优化功能开启后,VoNR语音用户重定向接入或重建接入至非VoNR小区后,该小区会先正常接纳用

户的语音承载,然后尝试触发迁移流程将用户迁出本小区。

3.2.10 VoNR 用户异频/异系统周期测量独立配置

当需要进行网络覆盖评估或者网络覆盖比较时,通常会打开周期性异频/异系统测量,当UE处于测量Gap期间不会发送和接收任何数据。VoNR业务对实时性和丢包率要求较高,测量Gap会增大语音包的调度时延和丢包率,影响语音业务质量,VoNR用户异频/异系统周期测量独立配置功能可以在VoNR业务期间关闭周期性测量,优先保障语音业务感知。

3.3 无线互操作特性功能

3.3.1 基于覆盖的VoNR和EPS Fallback自适应

当前5G网络仍处于建设期,5G网络覆盖水平与4G网络相比仍存在不足。当网络同时支持VoNR和EPS Fallback功能时,为充分利用网络资源,提升5G弱覆盖场景下语音业务感知,可以在5G覆盖较差的条件下强制用户使用EPS Fallback将语音业务切换至4G网络。

该功能仅应用于Idle态和Inactive态的UE,在UE发送呼叫建立请求、5QI1承载尚未建立之前,通过是否上报A2测量来判断UE是否处于覆盖弱场。如果没有上报A2测量,gNodeB侧判断5G当前覆盖良好,使用VoNR进行语音业务可以满足质量要求;如果上报A2测量,则gNodeB侧判断当前5G覆盖较弱,在收到核心网发送的PDU Session Resource Modify Request消息要求建立5QI1语音承载时,gNodeB向核心网回复PDU Session Resource Modify Response消息,携带失败原因值IMS Voice EPSfallback or RATfallback Triggered,拒绝建立5QI1语音承载,进入EPS Fallback语音呼叫流程。

3.3.2 基于语音质量的异频/异系统切换

普通切换基于网络覆盖,当没有合适的同频小区,且覆盖值达到基于覆盖的异频/异系统切换门限时,会触发基于覆盖的切换,切换到合适的异频/异系统邻区。基于覆盖的切换没有充分考虑信道质量的影响,当覆盖较好,信道质量较差时,用户实际业务体验较差。

5G网络支持基于语音质量的异频/异系统切换,该功能打开时,可以基于丢包率进行切换判决,当语音业务上行丢包率或者下行丢包率大于基于语音质量的异频/异系统丢包率门限时,认为语音质量较差,触发基于语音质量的异频/异系统切换。当语音业务

上行丢包率或者下行丢包率小于或等于语音质量恢复的丢包率门限时,认为语音质量变好,停止基于语音质量的异频/异系统测量。

4 结束语

VoNR作为5G时代最新的语音通话技术,具有语音通话质量好、接续时延低、可直接播放视频电话等优势,是5G语音业务的最终解决方案。在5G网络高速发展的背景下,充分挖掘网络能力、提升用户感知成为亟需研究的课题。

参考文献:

- [1] 张海霞,魏书伟,范敏. 5G语音业务解决方案研究[J]. 电子元件与信息技术,2021,5(9):183-184,188.
- [2] 刘博士,董丽华,桂霖. 5G用户语音业务解决方案[J]. 电信工程技术与标准化,2019(3):55-60.
- [3] 李晶,李志军,周阅天. 5G共建共享语音业务解决方案研究[J]. 电子技术应用,2020(4):6-9.
- [4] 李青. 5G组网方案研究[J]. 电信科学,2020(5):125-137.
- [5] 顾浩,方雅雯. 中国广电5G发展研究与预测[J]. 电脑知识与技术,2019(32):274-275.
- [6] 魏芹. VoNR的演进策略研究与实践[J]. 江苏通信,2022,38(03):22-26.
- [7] 曾凯. 浅谈第5代移动通信技术[J]. 电脑知识与技术,2020(6):22-23.
- [8] 张晨,韦国锐. 移动通信4G/5G互操作中的配置研究与优化[J]. 通信技术,2021,54(4):1015-1020.
- [9] 石红晓,刘佳,钱华. 5G核心网VoNR语音演进方案研究[J]. 电信快报. 2021,(11):27-30.
- [10] 高月红,杨昊天,尹宁. 5G系统中CBG HARQ技术的分析与展望[J]. 通信技术,2021(2):363-368.
- [11] 胡春雷,侯佳. VoNR无线覆盖能力研究[J]. 移动通信,2022(3):73-79.
- [12] 许华东. VoLTE的覆盖与容量研究[J]. 电信快报,2014(9):10-14.
- [13] 唐晓翔. VoNR超高清语音方案及优化研究[J]. 通信世界,2022(5):46-48.
- [14] 张新超,李荣琳. VoNR无线优化策略研究[J]. 电信科学,2022(9):177-186.
- [15] 李贝,刘光海,肖天. VoNR语音解决方案应用研究[J]. 电信科学2022(5):149-157.

作者简介:

李耀斌,工程师,硕士,主要从事移动通信网络运维、VoNR语音质量分析及优化等工作;王彬彬,高级工程师,硕士,主要从事移动通信网络运维、VoNR语音质量分析及优化等工作;李岩岩,工程师,硕士,主要从事无线网络优化、网络规划等工作。