

基于业务保障的 5G 基站智能关断方法分析

Guaranteed Services Based 5G gNB Intelligently Closing Algorithm

慕少锋¹,肖清华²(1. 中国移动通信集团贵州有限公司,贵州 贵阳 550081;2. 华信咨询设计研究院有限公司,浙江 杭州 310014)

Mu Shaofeng¹, Xiao Qinghua²(1. China Mobile Group Guizhou Co., Ltd., Guiyang 550081, China; 2. Huaxin Consulting Co., Ltd., Hangzhou, 310014, China)

摘要:

通过资源利用率门限,筛选目标关断基站候选集,在此基础上,计算业务的时延余值和丢包余值,借助综合评估值对业务进行等级划分。结合业务性质对用户进行标记,进而通过业务关断门限对目标基站进行标识。核算目标基站的所有邻区,在所有邻区处于轻载,并且在实施负载转移后仍然不过载的前提下采取对目标基站的关断措施。最后采用 Matlab 工具对 GSIC 算法进行了仿真验证。结果表明,无论是单站关断还是簇关断,均可以实现比较理想的节能目标。

关键词:

5G;资源利用率;基站关断;GBR;业务保障
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.07.003
文章编号:1007-3043(2022)07-0011-04
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:

Based on the resource utilization threshold, 5G gNB candidate set to be closed is chosen. On this basis, the delay and drop rate residual value of services are computed, and these services are classified by the comprehensive evaluation values. The user is marked according to the nature of the service, and then the target base station is identified through the service closing threshold. All of the neighbor cells of the target gNBs are checked, when all neighbor cells are under light load and are still not overloaded after load transfer, the target base station will probably be closed. At last, the GSIC algorithm is simulated and verified by Matlab, and the results show that GSIC can all achieve the ideal emerging saving performance whether facing one single gNB or group gNBs.

Keywords:

5G; Resource utilization rate; NodeB closing; GBR; Service guarantee

引用格式:慕少锋,肖清华. 基于业务保障的5G基站智能关断方法分析[J]. 邮电设计技术,2022(7):11-14.

1 概述

5G^[1-2]在带来了高速率、低时延的业务体验的同时,也带来了更加智能化和多样化的应用场景,人与人之间的通信逐渐迈向物与物之间的万物互联。但由于5G网络采取更高的频段,相比4G而言,实现相同面积的覆盖需要部署2~3倍以上数量的基站(gNB)。

另外,由于5G天线采用Massive MIMO^[3]天线阵列,单站功耗是4G的3倍左右。就网络部署而言,5G利用超密集网络(Ultra Dense Network, UDN)^[4]提高网络容量和频谱效率的同时,也带来了严重的网络能耗问题。由此可见,如何降低5G能耗不仅功在当代,更是利在千秋^[5]。刘友波^[6]等人提出了能源互联网背景下的5G基站能耗模型,从能量效率和成本效率的角度提出对5G能耗的管控,但涉及层面过多,偏于理想化。帅农村等人^[7]则基于多元线性回归分析了5G能耗模型,可

收稿日期:2022-05-16

以相对准确估算5G基站建设的能耗,但模型的精度取决于拟合的精度。对于5G商用过程中的节能应对策略可以参考文献[8]和文献[9]。杨拓等人^[10]则另辟蹊径地分析了5G终端环节的节能技术。从以上研究也可看出,解决5G网络的能耗问题有2种方法^[11]:硬节能和软节能。硬节能主要通过新技术、新材料和优化硬件架构来降低功耗,而软节能的方法则更灵活多变,包括符号关断、通道判断、载波关断,以及深度休眠和节能调度等多种方式,更适用于目前AI化的应用^[12-16]。为此,本文从不同用户对不同业务需求不同资源的角度出发,提出一种基于业务保障的5G基站智能判断方法(Guaranteed Services based 5G gNB Intelligently Closing Algorithm,GSIC),借助差异化的5G业务等级,根据业务的不同属性,有条件地实施5G基站间的用户迁移,实现低价值、低负载基站的关断,从而达到优化能耗的目的。

2 GSIC模型

2.1 目标基站

为了叙述方便,假设有 u 个基站: $gNB_{tar} = \{gNB_1, gNB_2, \dots, gNB_u\}$,每个基站 $gNB_k (gNB_k \in gNB_{tar})$ 上运行 k_v 个用户, $US_{k,i}$ 是第 i 个用户, $US_{k,i} \in \{US_{k,1}, US_{k,2}, \dots, US_{k,k_v}\}$,每个用户开展 k_w 个业务, $SV_{k,i,j}$ 是第 j 个业务, $SV_{k,i,j} \in \{SV_{k,i,1}, SV_{k,i,2}, \dots, SV_{k,i,k_w}\}$,则用户 $US_{k,i}$ 运行的业务为 $SV_{k,i} = \{SV_{k,i,j}, j \in (1, 2, \dots, k_w)\}$ 。

2.2 关断方法

步骤1:筛选目标基站。

对于每个基站 gNB_k ,首先判断是否满足以下条件:

$$PRB_k \leq Thr_L_k \quad (1)$$

式中:

$PRB_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ ——每个基站 $gNB_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ 统计时刻的

PRB利用率

$Thr_L_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ ——相应的基站关断资源利用率门限

限

如果满足,则将 gNB_k 纳入关断目标候选集 gNB_{tclose} 。

步骤2:判断业务等级。

对于 gNB_{tclose} 中的每个基站 $gNB_{t \in \{1, 2, \dots, u\}}$ 中每个用户所开展的每个业务,计算:

$$\nabla Delay_{t,i,j} = Delay_{t,i,j} / DelayM_{t,i,j} \quad (2)$$

式中:

$\nabla Delay_{t,i,j}$ ——用户 $US_{t,i}$ 的业务时延余值

$Delay_{t,i,j}$ ——每个业务所对应的时延

$DelayM_{t,i,j}$ ——每个业务所对应的时延容忍度计算:

$$\nabla Drop_{t,i,j} = Drop_{t,i,j} / DropM_{t,i,j} \quad (3)$$

式中:

$\nabla Drop_{t,i,j}$ ——用户 $US_{t,i}$ 的业务丢包余值

$Drop_{t,i,j}$ ——每个业务所对应的丢包率

$DropM_{t,i,j}$ ——每个业务所对应的丢包容忍度计算:

$$EV_{t,i,j} = \delta_{t,i,j} \times \nabla Delay_{t,i,j} + (1 - \delta_{t,i,j}) \times \nabla Drop_{t,i,j} \quad (4)$$

式中:

$EV_{t,i,j}$ ——用户 $US_{t,i}$ 的第 j 个业务的综合评估值

$\delta_{t,i,j}$ ——业务等级权值,满足 $\delta_{t,i,j} \leq 1$

步骤3:用户标记。

每个用户开展的业务分为2种:GBR业务和Non-GBR业务。对于基站 $gNB_{t \in \{1, 2, \dots, u\}}$,假设每个用户运行的GBR业务集为 $SV_GBR_{t,i} = \{SV_{t,i,m}, m \in \{1, 2, \dots, k_w\}\}$,则剩余的Non-GBR业务集为:

$$SV_NGBR_{t,i} = SV_{t,i} - SV_GBR_{t,i} \quad (5)$$

步骤4:分级判断。

对于每个基站 $gNB_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ 中的每个用户 $US_{k,i}$,判断以下条件是否成立:

$$SV_{t,i} = SV_NGBR_{t,i} \quad (6)$$

即用户 $US_{k,i}$ 开展的业务是否均为Non-GBR业务,如果是,则将其所在的基站智能关断标识置为1,即:

$$Close_t = 1 \quad (7)$$

否则,计算:

$$EV_{t,i} = \sum_{j=1}^{k_w} EV_{t,i,j} \quad (8)$$

式中:

$EV_{t,i}$ ——基站 $gNB_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ 中用户 $US_{t,i}$ 的关断

评估值

计算:

$$EV_t = \sum_{i=1}^{k_v} EV_{t,i} = \sum_{i=1}^{k_v} \sum_{j=1}^{k_w} EV_{t,i,j} \quad (9)$$

式中:

EV_t ——基站 $gNB_{k \in \{1, 2, \dots, u\}}$ 的评估值

判断下式是否成立:

$$EV_i \leq EV_THR_i \quad (10)$$

式中:

EV_THR_i ——基站 $gNB_{i \in \{1,2,\dots,u\}}$ 的业务关断门限
 若是,同样将基站 $gNB_{k \in \{1,2,\dots,u\}}$ 的关断标识置为 1,
 见式(7)。

否则:

$$Close_i = 0 \quad (11)$$

步骤 5:执行关断。

收集满足 $Close_i = 1$ 条件的基站集 gNB_u , 并且满足:

$$gNB_u = \{gNB_z\}, gNB_z \in gNB_{close} \quad (12)$$

对其中的每个 gNB_z , 核算其所有邻区负载, 若所有邻区负载均超过超载门限 OvL_{thr} , 则本次关断行为取消。

否则, 找到 gNB_z 邻区中资源利用率最小的基站 gNB_{nb} , 若满足:

$$PRB_z + PRB_{nb} > OvL_{thr} \quad (13)$$

则仍然不执行本次判断。

只有在满足 $Close_i = 1, gNB_z \in gNB_{close}$, 以及 $PRB_z + PRB_{nb} \leq OvL_{thr}$ 的条件下, 才将 gNB_z 的用户迁移到 gNB_{nb} 中, 并将基站 gNB_z 关断。

3 仿真

3.1 仿真环境

本文采用 Matlab 对 GSIC 算法进行仿真, 具体参数如表 1~表 3 所示。

3.2 仿真结果与分析

3.2.1 单站关断

对 $gNB2$ 基站进行关断仿真, 主要针对其中的 Non-GBR 业务如 AR 和直播下行流, 所得的仿真结果

表 1 仿真参数

项目	数据
工作频率/GHz	2.6
工作带宽/MHz	100
小区 RB 总数	273
基站关断的资源利用率门限 $Thr_L_{k \in \{1,2,\dots,u\}}/\%$	20
业务等级的权重 $\delta_{i,j}$	0.36
基站 $gNB_{i \in \{1,2,\dots,u\}}$ 的业务关断门限	1
超载门限 $OvL_{thr}/\%$	60
单站基础功耗/W	2 000
单站 50% 负载下的业务功耗/W	1 500

表 2 仿真业务的 5QI 值

5QI 取值	资源类型	优先级	时延容忍/ms	丢包容忍	典型应用
1	GBR	20	100	10^{-2}	语音
2	GBR	40	150	10^{-3}	语音视频
4	GBR	50	300	10^{-6}	非语音视频
3	GBR	30	50	10^{-3}	实时游戏
65	GBR	7	75	10^{-2}	PTT
5	Non-GBR	10	100	10^{-6}	IMS 信令
71	Non-GBR	56	150	10^{-6}	直播上行流
72	Non-GBR	56	300	10^{-4}	直播下行流
79	Non-GBR	65	50	10^{-2}	V2X
80	Non-GBR	68	10	10^{-6}	AR

表 3 各基站及其仿真用户和业务

基站	用户	申请业务	时延/ms	丢包率	资源利用率/%
$gNB1$	u1	语音	80	0.006 000 0	15
$gNB2$	u1	语音视频	120	0.000 900 0	56
	u2	AR	9	0.000 000 6	
	u3	直播下行流	250	0.000 000 5	
$gNB3$	u1	语音	90	0.008 000 0	19
		V2X	48	0.009 000 0	
$gNB4$	u1	AR	8	0.000 000 5	18
$gNB5$	u1	语音视频	130	0.000 600 0	25
$gNB6$	u1	实时游戏	40	0.000 400 0	47
		语音	90	0.007 000 0	
		非语音视频	280	0.000 000 4	

如图 1 所示。

从图 1 可以看出, 在 GSIC 算法关闭的情况下, 单

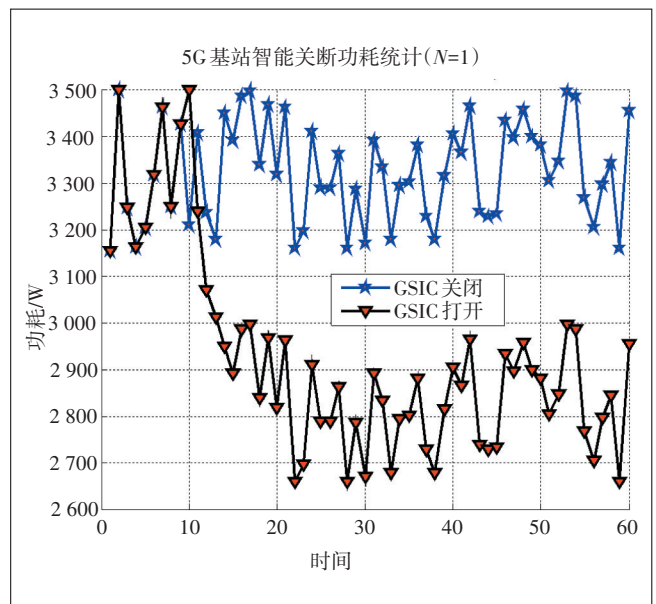


图 1 单基站关断

站功耗始终维持在3 100~3 500 W的高位运行,而在GSIC打开后,由于部分业务转移,功耗下降至2 600~3 000 W的低位区间,下降比率约15%。功耗不是一成不变的,它也随着小区的环境,如信噪比,误码率等指标而波动。一般来说,小区吞吐率越大,或维持相应用户感知而RSRP越低的情况下,功耗也会越大。

3.2.2 簇关断

对仿真数据表中的6个基站执行条件判断,所得的仿真结果如图2所示。

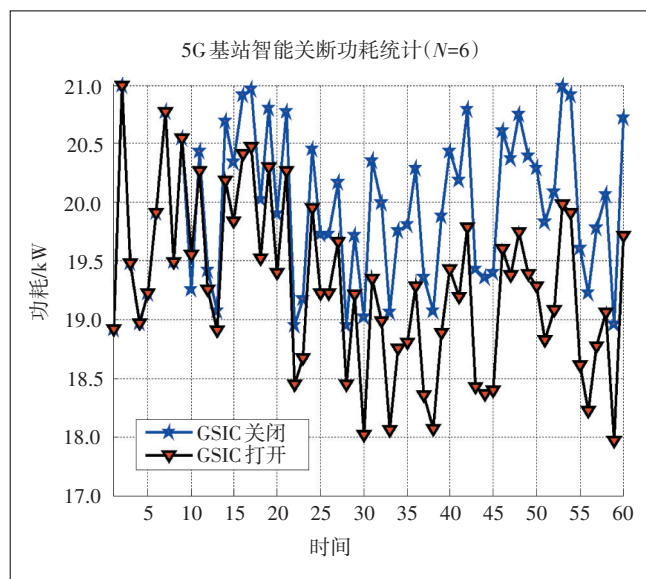


图2 小区负载

对仿真基站簇进行关断仿真,统计相应的功耗峰谷值。在GSIC关闭时,功耗平均峰值约为20.8 kW,GSIC打开后的平均峰值约为20.5 kW;在GSIC关闭时,功耗平均谷值约为20 kW,而在GSIC打开后,平均谷值约为18.2 kW,分别下降14.4%和9%。

4 结束语

5G节能是响应国家实现碳中和政策重要的一面,在优化5G基站性能的同时,应从软硬结合的角度出发,更优地实现节能减排^[17-21]。本文只是单纯结合基站的用户开展业务的差异性,适时给出合理的关断策略,但在更细颗粒度的符号判断、通道判断等方面仍然有待研究,实现5G基站的自组织能耗优化,并兼顾无线网络KPI。

参考文献:

[1] 3GPP. 5G; NR; physical layer; general description; 3GPP TS 38.201

[S/OL]. [2021-12-14]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.

[2] 汤建东,肖清华. 5G覆盖能力综合分析[J]. 邮电设计技术,2019(6):28-32.

[3] 汤建东,肖清华. 5G容量能力分析[J]. 邮电设计技术,2020(3):50-53.

[4] 曹一侃. 面向5G超密集网络的能效问题研究[D]. 镇江:江苏科技大学,2018.

[5] 江玉环. 异构网络中的能耗均衡[D]. 杭州:浙江大学,2015.

[6] 刘友波,王晴,曾琦,等. 能源互联网背景下5G网络能耗管控关键技术及展望[J]. 电力系统自动化,2021,45(12):174-183.

[7] 帅农村,邵泽才. 基于多元线性回归算法的5G基站能耗模型[J]. 移动通信,2020,44(5):32-36,41.

[8] 王江汉,刘修军,鲁军. 5G基站高能耗分析与应对策略[J]. 无线互联科技,2021,18(6):1-2.

[9] 廖仕剑,邓漫龄,刘华,等. 5G基站节能策略研究及应用[J]. 广西通信技术,2020(3):42-49.

[10] 杨拓,胡丽洁,王飞. 5G终端节能关键技术研究[C]//5G网络创新研讨会(2019)论文集. 2019:368-372.

[11] 毛翊君,陆敏,陈国军. 利用软关断功能的5G智能节能方法的研究与应用[J]. 通信世界,2020(26):32-34.

[12] 刘阳. 面向5G的M2M通信中能效优先的无线资源管理的研究[D]. 北京:北京交通大学,2017.

[13] 张志荣,许晓航,朱雪田,等. 基于AI的5G基站节能技术研究[J]. 电子技术应用,2019,45(10):4.

[14] 张青. AI技术在5G基站节能应用的展望[J]. 广东通信技术,2019,39(10):4.

[15] 陈健. 基于AI技术下的5G基站智能节能科技研究[J]. 科学大众:科技创新,2020(2):1.

[16] 陈蔚驰. 5G基站节能AI技术研究[J]. 通信电源技术,2020,37(S01):5.

[17] 薛龙来,夏伟,李轲,等. 5G基站节能策略[J]. 移动通信,2021,45(5):7.

[18] 郑佳欢,向勇. 基于个性化场景的5G基站节能方法[J]. 移动通信,2021,45(3):6.

[19] 曾攸旻. 5G基站节能方案探析[J]. 通信电源技术,2021,38(17):3.

[20] 范恒,王正洪,李智. 基于5G网络的微基站智能节能研究[C]//2018中国信息通信大会(CICC 2018). 2018.

[21] 徐孟强. 基于AI深度学习的面向业务5G基站节能系统研究[J]. 电信科学,2021,37(11):9.

作者简介:

慕少锋,中国移动贵州公司网络部总经理,主要从事网络运维管理工作;肖清华,毕业于浙江大学,华信咨询设计研究院有限公司网研院副院长,教授级高级工程师,博士,主要从事无线网络规划与设计相关工作。

