

Discussion on Energy-saving Technology and Application of 5G Base Station Main Equipment

Teng Liu

China Information Consulting & Designing Institute Co., Ltd., Nanjing, Jiangsu, 210000, China

Abstract

The 5G bandwidth is more than 5 times that of 4G, and the outdoor equipment is mainly 64/32 channel Massive MIMO equipment with high complexity, resulting in extremely high power consumption of 5G base station. The power consumption of a single station is about 3~4 times that of 4G base stations, and the high power consumption brings great cost pressure to operators' large-scale deployment and operation of 5G. To save 5G network operating costs, 5G network to improve the overall efficiency of the network, more low carbon, green, efficient development of 5G network, meet the requirements of development and operation, this paper to 5G base station, the system energy saving principle, in turn analyzed the symbol off, carrier off, channel off and deep dormant technology implementation principle and characteristics, and according to the current network coverage, base station configuration, busy idle load, etc., how to develop energy saving measures, and how to maximize the energy saving effect has carried on the preliminary analysis.

Keywords

symbol off; channel off; carrier off; deep dormancy; co-coverage recognition

5G 基站主设备节能技术及应用探讨

刘腾

中通服咨询设计研究院有限公司, 中国·江苏南京 210000

摘要

5G带宽是4G的5倍以上,且室外主要以复杂度较高的64/32通道Massive MIMO设备为主,导致5G基站功耗极高。单站功耗约为4G基站的3~4倍,高功耗对运营商大规模部署运营5G带来较大的成本压力。为节省5G网络运营成本,5G网络提高网络整体效能,更加低碳、绿色、高效地发展5G网络,满足发展及运营要求,论文对5G基站主设备节能原理进行了系统梳理,依次分析了符号关断、载波关断、通道关断以及深度休眠的技术实现原理和特点,并就根据现网多制式网络覆盖、基站配置、忙闲负荷等情况,如何分步制定节能措施,并如何实现最大化的节能效果进行了初步分析探讨。

关键词

符号关断; 通道关闭; 载波关断; 深度休眠; 共覆盖识别

1 引言

Massive MIMO、灵活空口等复杂性较高的新技术在5G中被引入,用以满足eMBB、mMTC、URLLC三种5G典型业务场景并保证良好的峰值速率、频谱效率、低时延、高可靠性、连接密度等更苛刻的技术指标,这也带来了5G能耗的大幅增长。

在缺乏5G杀手级应用的情况下,仅依靠当前的应用无法带来用户ARPU值的大幅提升,难以实现5G收入的快速增长,5G高能耗导致运营成本增加成为运营商面临的棘手问题。除此之外,降低网络能耗和碳排放,更是移动运营商的一种社会责任与承诺。

【作者简介】刘腾(1986-),男,中国山东菏泽人,本科,高级工程师,从事移动通信规划咨询设计研究。

2 5G 主设备节能措施及原理

5G主设备中射频单元AAU能耗占比80%以上,是节能的主要分析对象,AAU功耗主要包含电源功耗、基带/数字中频、小信号与功放,其功耗随着业务负荷的变化而变化,满载时功放能耗占比最高,可达60%或以上;空载时基带/数字中频部分的能耗占比最高,平均可达40%或以上,其节能调度颗粒度从小到大依次有符号关断、通道关断、载波关断和设备深度休眠^[1]。

2.1 符号关断

5G NR时频结构中,OFDM符号是信令及用户传输数据的最小颗粒度调度单元,其时域位置位于0.5ms时隙内,常规循环前缀配置时,每个时隙包含14个OFDM符号,频域上则占据15kHz带宽。符号关断节能原理就是在OFDM符号颗粒度上进行调度,除导频CSI-RS、SSS,PSS和PBCH

等控制信号仍保持正常 PA 电源开启外，其余承载传输信号的 OFDM 符合在没有功率的符号周期时刻关闭 PA 电源开关，在有功率的符号周期时刻打开 PA（射频功率放大器）电源开关，从而实现节能的目的。未开启符号关断功能时，每个符号周期时刻 PA 电源均为打开，如图 1 所示。开启符号关断功能时，没有功率的符号周期 PA 电源为关闭状态，如图 2 所示。

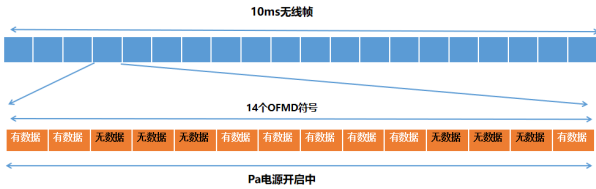


图 1 未开启符号关断功能时 PA 电源开关状态

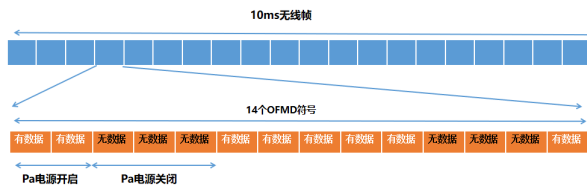


图 2 开启符号关断功能时 PA 电源开关状态

2.2 通道关断基本原理

以常用的 64T64R 配置的 AAU 为例，上下行各 64 个通道，设备可支持关断的通道步长数为 16，可支持关闭 16、32、48 个通道，其中上下行通道关断数可独立配置，可以选择关闭下行发射通道或上下行通道同时关闭如图 3 所示。8 列 × 4 行 × 2 极化，每通道对应 3 个阵子，每个阵子对应一个 PA 电源。

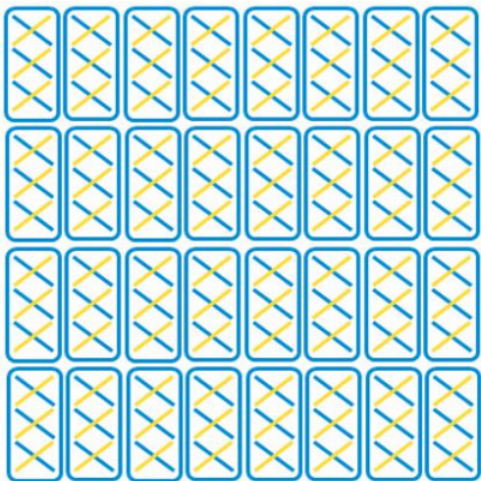


图 3 64T64R 天线通道示意图

2.3 载波关断原理

5G NR 支持全频道部署，现网中采用高低频联合组网策略，低频段穿透能力强，作为基础层实现连续覆盖；高频

段具有高带宽的优势，作为容量层负责吸收用户负荷。载波关断原理即对 PRB 利用率、RRC 连接数、语音用户数等负荷状态信息设置一定的阈值，当高频容量层小区利用率低于阈值时触发载波关断，将用户迁移至基础覆盖层小区，以达到节能的效果；当基础覆盖层小区负荷升高时，则触发唤醒容量层小区。载波关断按覆盖关系可以分两种场景：纯 NR 小区覆盖场景和 LTE 小区与 NR 小区共覆盖场景（见图 4、图 5）。

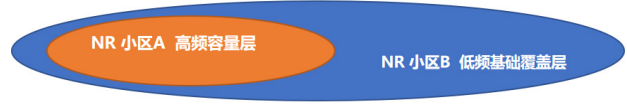


图 4 纯 NR 小区覆盖场景

A 小区为容量层小区，B 小区为基础覆盖层小区，当 A 小区负荷低于阈值时，触发载波关断，用户迁移至 B 小区；B 小区负荷升高时，触发唤醒 A 小区。

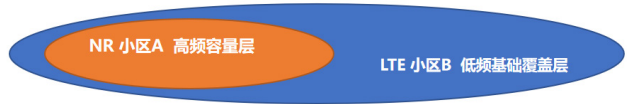


图 5 LTE 和 NR 共覆盖场景

与纯 NR 覆盖场景相比，基础覆盖层小区 B 为 LTE 网络，当 A 小区负荷低于阈值时，触发载波关断，用户迁移至 LTE B 小区；B 小区负荷升高时，触发唤醒 A 小区。

2.4 深度休眠原理

基站关闭 AAU 功放等大部分射频及数字通路，仅保留 AAU 上最基本的电源模块和 eCPRI 接口处理模块，使 AAU 进入深度休眠状态以达到节能最大化的目的。深度休眠功能适用于 5G 低负荷场景或者时段，在 AAU 进入深度休眠前会进行相应的用户迁移以保证用户体验不受影响，但其恢复时间约 5~10 分钟，属于慢恢复功能。在宏微组网的场景下，同样可以对微站进行深度休眠，尤其针对 Qcell 室内覆盖场景，每个 pRRU 均可以分别独立控制，在低负荷时段进行 pRRU 深度休眠。

3 节能技术应用探讨

为达到最佳整体节能效果，实现 5G 能耗与性能之间的平衡，保障用户感知，上述在节能措施的选择制定时，要按照网络评估、制定实施、保障优化的步骤依次进行。

3.1 网络评估

网络评估需要对现网小区级流量、话务数据进行统计，分析出业务的潮汐效应时，不同小区对应的时段，以便在保障用户体验的基础上实现全网的智能节能与调优。不同的场景，其潮汐效应存在很大差异，典型场景情况如下：

①商业区。由于一般晚间 0 点至第二天 9 点停止业务，所以有明显的潮汐效应，夜间话务低，用户体验要求高。

②居民区。全天话务量大，话务波峰波谷不明显，对容量要求高。

③郊区及农村。话务量低，站点稀疏，覆盖远，站点容量较低。

因此，首先要分析无线典型业务场景，识别网络话务模型及节能依赖，制定针对性的场景化节能策略。在降能耗的同时，在策略设计上需要识别网络忙闲时的 KPI 指标基线，确保节能不影响 KPI 指标，保障用户感知。在此基础上，再充分考虑覆盖区域内网络间不同制式不同频段的协同，进一步提升节能效果，达到节能最大化^[2]。

3.2 制定实施

具体的节能措施实施时，在网络评估的基础上，要重点对现网设备型号以及 5G 网络之间以及 5G 和 4G 之间的共覆盖区域进行精准识别，制定一站一策的节能措施，以最大化实现节能效果。

目前 5G 现网中存在多种组网类型，例如 SA/NSA、电联共建共享、移动广电共建共享、不同的硬件设备型号（包括同硬件是单模/混模）、不同的网络组网拓扑（如 4G/5G 共 BBU 框、4G/5G 分 BBU 框等），通过分析基站、小区的配置识别来可以区分设备类型，及服务小区信息和邻区关系信息等^[3]。

通过综合工程参数信息和 MR 数据统计，分析统计现网中多频多制式小区、寻找区域内同 4G 与 5G 及 5G 网络之间覆盖小区关系（包括大部分重叠覆盖）。工程参数信息主要是包含站点名称、所处经纬度、天线挂高及方向角等信息；MR 通过终端上行测量信号携带小区标识、信号强度、TA，并以此计算小区的覆盖范围，并判断是否存在上下行弱覆盖等情况^[4]。

将上述结果结合历史话务忙闲特点，可以初步归纳出站点所处的不同网络部署场景，在节能措施应用选择时，可以首先基于小区历史数据确定负荷闲时时段；然后基于小区闲时总体负荷水平确定节能出发门限；最后根据用户负荷门限确定不同的节能策略应用场景，按照负荷由高到低依次作为符号关断、通道关断、载波关断、深度休眠的触发条件，同时确定每个小区适用的节能时间段，最终实现 5G 网络整体的节能措施综合应用。

3.3 保障优化

在实施环节制定出的基站关断策略，包括基站关断方式、基站关断的时间和周期等。通过网管统一配置后下发给基站，基站在固定的时间段/统一的节能门限设置下执行关断操作，但统一的策略及参数配置，无法匹配每个站点的真实需求，会存在节能效果不足或影响 KPI 指标的现象，同时网络的工参信息也在不断的变化，为了使节能策略可以自适应话务负荷，业内主流厂家引入了 AI，功能包括基于历史数据的负荷预测、KPI 在线迭代调整优化等，但是针对多制式多频层组网的场景，还有一定的局限性，无法进一步

发挥基础节能的作用。例如，网络闲时，基于各频层分别判断话务负荷，所有频层都有少量的用户分布，各频层只能启动符号关断或通道关断，但是如果将所有用户都集中到部分频层，其他频层就可以启动载波关断或者深度休眠，明显后者的节能效果会更好^[5]。

因此在保障优化环节，需要重点针对多制式多频层的组网场景，制定小区簇选择、用户选择、用户迁移等优化手段以进一步提升节能效果。

①小区簇选择。小区簇选择过程中需要考虑的主要因素包括源小区簇和目标小区簇之间存在覆盖重叠区域、源小区簇中存在可以迁移到目标小区簇的用户、源小区簇通过迁移用户，可以启动更多的基础节能功能、目标小区簇不会因为用户迁移而关闭已经启动的基础节能功能。

②用户选择。选择待迁移的用户时，主要目的是不能影响业务体验，需要考虑的主要因素包括用户所有业务能够由目标小区簇承载综合终端能力，核心网配置的移动性限制，网络切片等因素，只有满足这些条件，才能作为迁移的备选用户，迁移用户的过程中不需要保证业务体验完全不变，但是要保证用户迁移到目标小区后，业务体验还能够满足预期。

③用户迁移。完成频率选择，用户选择后，在执行用户迁移时，不仅需要迁移已选定的处于连接态的用户，还需要处理空闲态用户的分布。针对连接态用户迁移根据目标小区簇的不同，选择系统内异频切换或异系统切换，部分场景受限于终端能力，或组网场景的限制，采用异频重定向或异系统重定向。对于已经迁移到目标小区簇的用户，为避免用户后续通过小区重选再次驻留并接入源小区簇，还需要将这些用户的小区重选专用优先级设置为最低。

4 结语

5G 网络支撑更加丰富的业务场景和应用的同时，也产生了能源的高消耗，现阶段 5G 基站已大规模建成，同时 4G 网络部署也已完整成熟，结合 5G 基站主设备的节能原理，通过网络评估、制定实施、保障优化等步骤，可以针对性制定出基站级或小区级的节能措施，最终实现最大化的 5G 网络节能效果。

参考文献

- [1] 苏晓堂,周力,曾思慧,等.省域范围5G基站碳排放情景分析[J].低碳世界,2022,12(11):34-36.
- [2] 应仲乾.基于回归算法的5G基站节能策略研究[D].广州:华南理工大学,2021.
- [3] 王桂林,汤卓凡,张娟,等.基于基站协作调度开关的通信基站节能模型研究[J].电力信息与通信技术,2023,21(2):34-39.
- [4] 高海堂.5G设备基站设备应用选型讨论[J].广东通信技术,2020,40(12):75-77.
- [5] 冉博.5G基站并网供电系统成本优化与ADN低碳研究[D].银川:宁夏大学,2023.