

解决方案简介

网络智能化
5G 云化基站
英特尔® 至强® D 处理器
英特尔 BigDL Chronos 框架
英特尔 P/C-state

intel®

亚信科技借助英特尔® 软硬件产品与技术， 为基于 5G 云化技术架构的基站产品打造全新智能节能方案



“更为开放的 5G 云化技术架构，正为网络智能化探索提供通途。我们基于 5G 云化技术架构推出的 5G RAN 产品，在为用户打造卓越的产品体验之余，也提供了用于绿色网络建设的高可用基站智能节能方案。来自英特尔的至强® D 处理器、Chronos 框架以及英特尔 P/C-state 等软硬件产品与技术，给予我们产品强劲的算力支持和有效的 AI 方案加速。”

欧阳晔 博士
首席技术官、高级副总裁
亚信科技(中国)有限公司

5G 网络高速发展，在提供速度更快、体验更优和应用更广的网络服务之外，也以其开放架构，使算力部署、数据汇集和人工智能 (Artificial Intelligence, AI) 技术融合变得快捷，进而为网络智能化发展提供良好助力。亚信科技(中国)有限公司(以下简称“亚信科技”)基于英特尔® FlexRAN™ 参考架构，借助英特尔® 至强® D 处理器、英特尔® vRAN 加速器 ACC100 适配器等产品提供的强劲算力，推出一系列基于 5G 云化技术架构的 5G 无线接入网 (RAN) 产品，并获得用户好评。

为更好助力实现“碳中和”等目标，帮助用户打造绿色 5G 网络，亚信科技与英特尔一起，采用英特尔 Chronos 框架与英特尔 P/C-state 等技术，为基站等新一代 5G RAN 产品打造全新的智能节能方案。新方案以 Chronos 框架内置的多种时间序列预测 AI 和机器学习 (Machine Learning, ML) 模型为核心，构建了包括时序数据采集、模型训练、基站性能指标预测以及能耗指令调整的完整工作闭环。通过一系列测试与实验室验证表明，新方案不仅能在保证基站业务不受影响的前提下，带来 15%-30% 的综合节能¹，也能有效应对流量负载剧增等突发情况，为 5G 云化基站节能标准的制定提供有效参考。

背景概述: 基于 5G 云化技术架构，亚信科技打造全新 RAN 产品 并开展智能节能探索

正获得广泛部署与应用的 5G 网络，在提供高带宽、广连接和低时延的新一代网络服务能力之余，也以其更为开放的网络架构，为面向网络智能化打造新场景、新应用提供更多可能。以 RAN 网络为例，3G、4G 时代的 RAN 网络通常由不同厂商提供的各

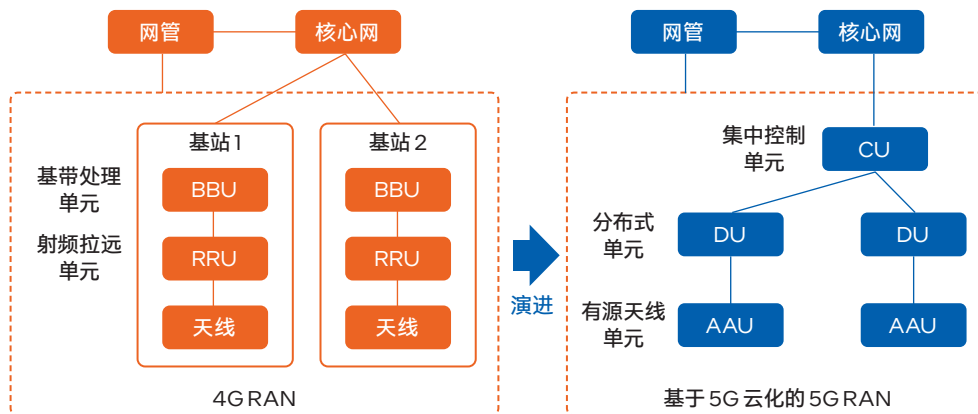


图 1 演进中的 5G 云化基站网络架构

类专用设备组成, 由于接口、协议的差异, 不仅设备间的互操作性较差, 网络设备的虚拟化和资源池化也不易实现, 无法为基于大数据聚合的智能应用提供高可用的基础设施平台。

5G 时代, 各种全新的网络设计和架构正为上述难题提供解决之道。这其中, 全球诸多运营商、设备商都提出了有别于传统 RAN 网络的设计理念。如图 1 所示, 在 4G RAN 中, 由基带处理单元(Baseband Unit, BBU)、射频拉远单元(Remote Radio Unit, RRU)和天线等组成的基站系统通常由单一厂商提供, 而在基于 5G 云化的 5G RAN 设计中, 取而代之的是运行在通用 x86 平台服务器之上的集中控制单元(Centralized Unit, CU)、分布式单元(Distributed Unit, DU)和有源天线单元(Active Antenna Unit, AAU)等网元设备。

这种变化带来的收益显而易见。只要遵循统一的接口标准, 更多第三方软硬件厂商都可参与到设备的研发与构建中, 并实现互联互通, 这帮助用户在构建 RAN 网络时有了更多选择, 使采购和运营成本有效降低。

更为重要的是, 5G 云化技术架构以开放特性, 让用户能通过统一的接口标准, 从各个网元中获取丰富而稳定的数据, 如无线信令、控制指令、资源占用率等。而这些数据正是部署 AI 或 ML 应用的良好“原料”。借助日趋成熟的 AI/ML 模型, 用户可

以在网络运营中融入更多智能元素, 提升网络运行效率和质量, 更好地探索网络智能化之路。

作为 ICT 领域的技术引领者, 亚信科技正凭借其深耕移动通信领域多年所积累的经验, 通过丰富的产品体系与创新技术探索, 助力用户打造更优的 5G 网络环境。在 RAN 产品构建上, 亚信科技通过与英特尔开展深入技术合作, 基于英特尔® FlexRAN™ 参考架构, 并引入英特尔® 至强® D 处理器和英特尔® vRAN 加速器 ACC100 适配器, 推出了新一代基于 5G 云化技术架构的基站等 RAN 产品, 如下页图 2 所示, 产品具有以下优势:

- 充分发挥软硬件协同潜能, 实现单 BBU 支持 1600 个活跃用户的大容量, 以及最高 1.5Gbps 的下行峰值速率, 为构建高品质 5G 网络提供坚实基础;
- 以灵活的部署形态, 实现 CU/DU 分离设计, 支持 CU/DU 分离或集中部署, 以及 RAN 与核心网的一体化部署;
- 内置实时与非实时的 RAN 智能控制器 (RAN Intelligent Controller, RIC)、xAPP (实时应用程序) 及 rAPP (非实时应用程序) 等组件, 具有基站内生智能化能力;
- 遵循 O-RAN option 7.2 前传接口规范, 实现 BBU 与 RRU 解耦, 可灵活对接不同类型的 RRU 产品。

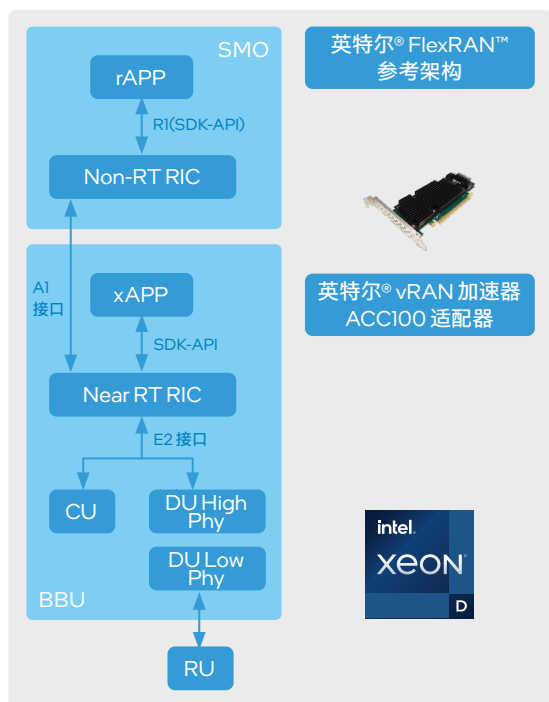


图 2 基于 5G 云化技术架构的亚信科技基站产品

值得一提的是, 为了让新一代基于 5G 云化技术架构的基站等 RAN 产品具备强劲的计算处理能力, 并能有效应对 5G 网络中多样化的需求处理, 亚信科技选择英特尔® 至强® D 处理器作为产品的核心算力引擎。英特尔® 至强® D 处理器是英特尔为满足边缘计算网络、传输网络、无线网络等应用场景需求, 推出的系统级芯片 (System on Chip, SoC) 处理器平台, 其以至强® 处理器为基础, 集成了网络传输、加解密、存储、安全等一项或多项功能, 并根据应用场景对功耗、频率、内存通道等进行了定制, 可充分满足边缘网络和无线网络中对处理器的多样化需求。

得益于以上优势, 目前亚信科技基于 5G 云化技术架构的自研 5G 专网产品不仅已在某超大型企业获得规模化商用, 也以其卓越的产品性能和可靠的稳定性获得用户的高度认可。同时, 面对用户节能减排、建设绿色网络等需求, 亚信科技还与英特尔合作, 通过引入 AI/ML 模型, 对基站产品智能节能开展探索。

在这一过程中, 亚信科技与英特尔一起, 基于对 5G 云化技术架构以及 5G RAN 网络特有的性能和质量指标的精准把握, 采用英特尔 Chronos 框架, 通过底层数据采集、AI 建模与预

测等环节来对基站性能负载做出预测, 形成相应策略后使用英特尔 P/C-state 等技术对处理器频率等参数进行调优, 实现了对基站功率的有效管控。验证测试结果表明, 新的基站智能节能方案可将用户综合能耗降低 15%-30%³。

解决方案: 借助 Chronos 框架, 亚信科技构建智能化的基站节能方案

随着“碳中和”等节能减排目标在越来越多的领域获得响应, 更多用户希望通过降低 5G 网络能耗来实施绿色网络建设。众所周知, 基站能耗在整个 5G 网络能耗中有着巨大占比。以运行在 x86 平台服务器上的 CU 或 DU 产品为例, 单台服务器能耗就可达数百瓦 (W), 而 5G 网络中数量众多的基站显然会带来巨大的能耗支出。据统计, 在 5G 移动网络中, 基站的能耗可超过总能耗的 50% (有时甚至超过 80%)⁴。

在传统的基站节能方案中, 工程师需通过对各项网络指标进行人工监控、采集和汇总, 并凭借丰富的经验来制订调整策略, 例如统一开启或关闭功率放大器 (Power amplifiers, PA)、射频收发器 (Transceivers) 等设备来实现功率控制。

但 5G 时代多样化的网络状况和用户需求, 显然是传统方案无法满足的。例如, 在一些热点地区或应用场景中, 5G 网络流量具有突发性, 瞬时爆发性流量负载时常出现, 而传统方案往往根据经验和数据在固定时间进行开关, 就不能适应这种网络流量的动态变化。同时, 基站位置不同也会造成流量状况差异化, 如果统一而非独立地对每个基站进行功率控制, 不能动态地改变配置, 就很难实现性能与节能的平衡。另外, 传统人为配置管理的方式过于复杂, 需要工程师具备较高的知识储备和丰富的经验。统计表明, 5G 网络中通过传统方式所能实现的节能水平很难超过 5%⁵。

应对传统方案面临的问题, 引入 AI/ML 方法来实现基站的智能节能正获得越来越多的关注。良好的智能方案不仅可以预测每

个基站的未来流量(例如 10 分钟、60 分钟、1 天以及 1 周后), 同时能兼顾实时流量的突然变化, 实现智能学习、自动执行电源管理调整指令。这种调节频率最快可以达到秒级, 而且更精细化的调节能在不影响业务效率的前提下实现最大化节能, 不仅能减少用户能耗, 也可大幅降低运维复杂度和管理维护成本。

如前所述, 亚信科技基于 5G 云化技术架构的 RAN 产品所具备的内生智能化能力, 使其天然成为用户借助 AI/ML 模型实现基站智能节能的有效载体。但节能 AI 应用的构建也并非易事, 从数据采集、预处理、特征工程再到模型训练, 不仅需要完备的技术积累, 还需要投入大量的人力和时间资源。此外, 为提升模型的准确性, 方案还需要经历长期的迭代和调优过程, 耗时费力。与此同时, 为了在降低能耗的基础上保证用户业务质量不受影响, 亚信科技也需要考虑方案的周全和稳妥性。

为此, 亚信科技首先对可采集的数据源, 包括基站协议栈数据(例如接入用户终端数量、物理资源块(Physical Resource Block, PRB) 利用率以及流量负载等)、x86 平台服务器系统数据(例如处理器利用率、功耗、处理器频率等)等进行了全面的分析, 这些数据都是一组随时间变化的数据序列。

一般地, 时间序列数据分析可被广泛应用于各个领域的预测性分析, 如网络流量负载、无线资源占用率等。与传统预测方法相比, 基于 AI/ML 模型开展的时间序列任务在预测准确性与灵活性上更具优势。因此, 亚信科技将基于 AI/ML 模型的时间序列预测性分析作为新方案的核心策略。

基于这一思路, 亚信科技基站智能节能方案基本工作流程如图 3 所示, 分为以下几个步骤:

1. 系统初始化配置, 采集历史时序数据, 并得出不同数据源(基站协议栈数据、x86 平台服务器系统数据等)之间的关系;
2. 从不同数据源采集数据, 作为 AI/ML 模型训练输入数据集;
3. AI/ML 框架初始化训练得出 AI 推理模型, 并输出结果至智能节能 rAPP/xAPP;
4. 智能节能 rAPP/xAPP 基于 AI 模型并结合大时间尺度的配置, 预测未来的 KPI 指标并进行节能控制动作;
5. AI/ML 模型根据配置时间以及 BBU 实时 KPI 指标, 进行算法模型的学习与迭代更新;
6. 智能节能 rAPP/xAPP 根据更新后的 AI/ML 输出结果进行指标预测, 并通过英特尔 P/C-state 等技术作出相应的节能控制与执行。例如, 预测到未来用户终端数量少、流量负载低、PRB 利用率低时, 可以通过调整降低处理器频率, 甚至关闭部分物理核来降低基站的能耗。

基于上述流程, 融合智能节能新方案的亚信科技基站新架构如下页图 4 所示, 其中橙色部分为新方案所增设组件, 主要包括:

- 为了更高效地从不同数据源采集数据, 亚信科技引入了基于英特尔® 架构优化的 Telegraf 加强工具以及其它第三方开源时序采集工具, 这些工具可通过标准的 E2 接口或私有接口将数据推送至时序数据库 InfluxDB;



图 3 亚信科技基站智能节能方案基本工作流程

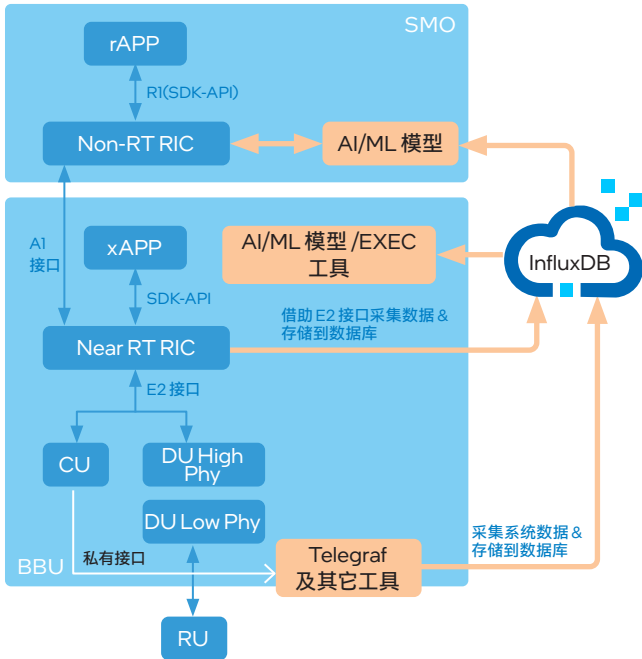


图 4 融合智能节能新方案的亚信科技基站新架构

- 部署于 BBU 或 SMO 的时序预测 AI/ML 模型可以借助 Chronos 框架提供的一系列增强功能进行模型训练, 并对 RAN 网络中的用户终端数量、流量、PRB 利用率等关键指标进行预测;
- 加入用于大尺度节能控制及配置的 EXEC 程序, 其一方面可通过获取 AI/ML 模型的预测数据, 进行大尺度的节能控制与执行, 另一方面也可反向输入参数给 AI/ML 模型, 用以配置 AI/ML 模型的计算频率等;
- 采用 R1 标准接口的非实时应用程序 rAPP, 其部署于 SMO 中, 可根据 AI/ML 模型的预测结果及配置, 进行非实时的大时间尺度节能控制;
- 实时应用程序 xAPP, 其部署于 BBU 中, 进行近实时节能控制, 可以有效防止业务突发、异常突发时导致的 AI/ML 算法模型失效, 同时还可根据系统信息来控制用户终端进行无线小区、载波等的切换。

可以看到, 构建并高效训练用于时序预测的 AI/ML 模型是新方案的关键因素。为帮助亚信科技更高效地在方案中构建大规

模时间序列预测应用, 英特尔为之提供了 Chronos 框架, 这一框架源自英特尔开源的统一大数据分析和人工智能平台 BigDL, 如图 5 所示, 其主要提供了数据处理与特征工程、内置模型及可选的超参数优化三个组件, 功能分别为:

- **数据处理与特征工程 (Data Processing & Feature Engineering) 组件:** 内置了 70 多个数据处理和特征工程工具, 通过 TSDataset API 接口来供亚信科技新方案方便地调用, 从而快捷高效地完成数据预处理和特征工程流程;
- **内置模型 (Built-in Models) 组件:** 内置 10 余个可用于时间序列预测、检测和模拟的独立深度学习和机器学习模型, 功能涵盖预测器 (Forecasters)、检测器 (Detectors) 以及模拟器 (Simulators);
- **超参数优化 (Hyperparameter Optimization) 组件:** 高度集成、可扩展和自动化的工作流 (通过 AutoTSEstimator 等 API 实现), 能帮助新方案开展从数据预处理、特征工程到模型训练、模型选择和超参调优等全栈的自动化机器学习过程。

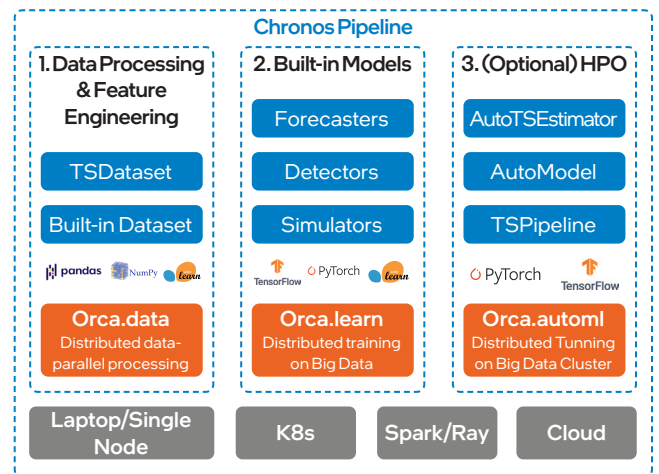


图 5 Chronos 框架基本架构

Chronos 框架提供了十多种不同种类的 ML/DL 内置模型, 为不同应用场景提供高精度的预测。与此同时, 英特尔提供的多种优化方式, 例如框架所集成的 ONNX runtime, OpenVINO™

工具套件以及英特尔® oneAPI AI Analytics Toolkit 等, 均能对 AI 模型优化和推理、训练提供更好的性能支持。

如图 6 所示, 亚信科技使用英特尔 Chronos 框架进行时间序列预测的基本流程如下:

1. 由 Chronos 框架提供的 TSDataset 接口对加载的 5G 小基站负荷数据集进行快速的数据预处理, 例如填充、缩放、特征工程等操作。
2. 然后, 利用预处理的时间序列数据进行建模, 并通过 Chronos 的 AutoTSEstimator 接口, 实现自动化超参数搜索、特征选取、模型优化来对算法进行调优并生成时间序列预测模型。
3. 最终, 使用这一模型对 5G 小基站负荷数据进行推理, 获得实时的 5G 小基站负荷预测数据。

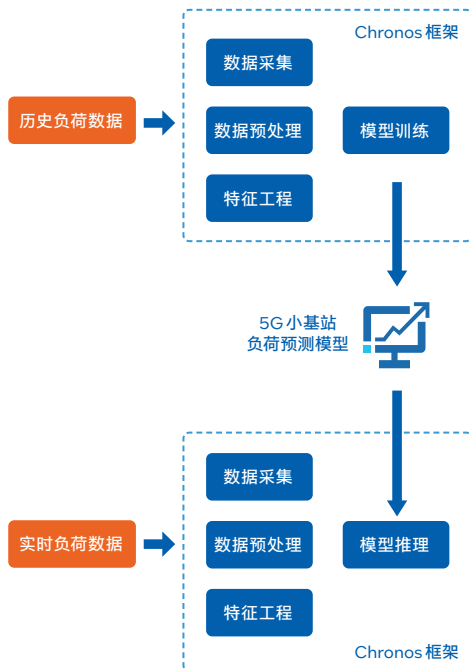


图 6 基于英特尔 Chronos 框架的时间序列预测方案基本流程

通常而言, 处理器每个物理核的处理能力与频率是正相关的, 且频率越高带来的功耗更高。因此, 借助 AI/ML 模型获得良

好的预测结果后, 亚信科技还引入英特尔 P/C-state 等技术, 对英特尔® 至强® D 处理器的频率等参数进行动态调整, 从而实现基站能耗智能控制。这一技术可以通过相应的配置工具, 对处理器的每个物理核进行静态或半静态的频率配置, 从而实现性能和功耗的平衡。例如, 当智能应用预测到基站即将进入低负载状态时, 就可以借助该技术来降低处理器一个或多个物理核的频率, 从而实现能耗的动态降低, 或者将部分物理核放置到休眠状态, 取得更大的节能效果。

方案收益: 节能成效符合预期, 为 5G 云化基站节能标准制定提供有效参考

为了让上述智能节能方案具有可信赖的实战能力, 且不对繁忙的基站业务产生影响, 亚信科技又与英特尔一起, 围绕英特尔® 至强® D 处理器、Chronos 框架以及英特尔 P/C-states 技术等软硬件特性开展了大量的优化工作, 并通过反复迭代实验, 使新方案能够在各种场景中 (例如突发的海量业务带来的流量负载急剧增大等) 都运用自如。

在双方携手进行的验证测试中, 新方案表现出了高度的准确性、敏捷性和及时性。例如在某业务场景中, 如下页图 7 所示, 当系统预测到基站满足下面任一条件且用户终端数量低于 15 个, 即流量负载低于 40Mbps、PRB 利用率低于 10% 或处理器利用率低于 15% 时, 就使用英特尔 P-state 技术将英特尔® 至强® D 处理器设置为节能模式, 使其工作在 1GHz; 而当预测到基站满足下面任一条件, 即流量负载高于 40Mbps、PRB 利用率高于 10% 或用户终端数量高于 15 个, 则使用英特尔 P/C-state 技术将英特尔® 至强® D 处理器设置为高性能模式, 使其工作在 1.9GHz。基于类似的一系列调整策略, 验证测试结果表明, 新的基站智能节能方案可为用户带来 15%-30% 的综合节能, 在推动绿色网络建设理念之外, 也帮助用户有效降低了运营成本。

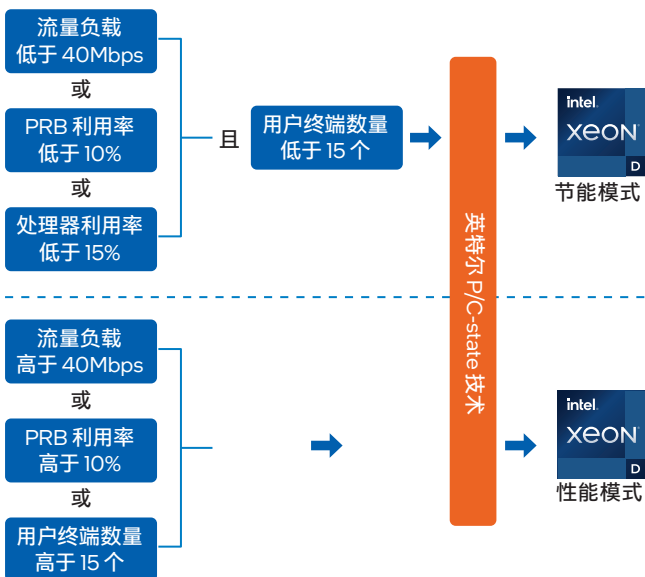


图7 基于节能新方案设计的处理器调整策略

此外, 在本方案的设计、构建和验证过程中, 亚信科技和英特尔一起, 通过大量的测试数据, 充分观测了处理器实时降频等操作对基站业务负载的影响, 也为 5G 云化基站的节能标准制定提供了有效参考。

未来展望

5G 云化等新一代开放的网络架构, 结合日趋成熟的 AI 技术, 正推动网络智能化方案在各个应用场景中落地。本方案中, 由亚信科技与英特尔合作推出的基站智能节能新方案为整个产业拥抱这一趋势做出了实践探索。面向未来, 双方还计划将在构建基站智能节能方案中积累的经验、技术和方法论, 进一步应用到其它 5G RAN 产品、核心网产品以及算网网元、数据中心等网络产品上, 驱动绿色网络建设之路在 AI 能力的支持下变得更为顺畅高效。



^{1, 2, 3, 6} 数据援引自亚信科技内部测试数据。

^{4, 5} 数据援引自中兴《PowerPilot: 5G 与 4G 协同节能》白皮书: https://res-www.zte.com.cn/mediarres/zte/Files/PDF/white_book/202011271651.pdf

实际性能受使用情况、配置和其他因素差异影响。更多信息请见 www.intel.com/PerformanceIndex

本文并未(明示或默示、或通过禁止反言或以其他方式)授予任何知识产权许可。英特尔未做出任何明示和默示的保证, 包括但不限于, 关于适销性、适合特定目的及不侵权的默示保证, 以及在履约过程、交易过程或贸易惯例中引起的任何保证。

英特尔运营所需的任何商品和服务预测仅供讨论。就与本文中公布的预测, 英特尔不负有任何购买责任。本文中提供的所有信息可在不通知的情况下随时发生变更。关于英特尔最新的产品规格和路线图, 请联系您的英特尔代表。

英特尔技术特性和优势取决于系统配置, 并可能需要支持的硬件、软件或服务得以激活。产品性能会基于系统配置有所变化。没有任何产品或组件是绝对安全的。更多信息请从原始设备制造商或零售商处获得, 或请见 intel.com

在特定系统的特殊测试中测试组件性能。硬件、软件或配置差异将影响实际性能。当您考虑采购时, 请查阅其他信息来源评估性能。关于性能和基准测试程序结果的更多信息, 请访问: www.intel.com/benchmarks

英特尔并不控制或审计第三方数据。请您自行审核该内容、咨询其他来源, 并确认提及数据是否准确。

英特尔、英特尔标识以及其他英特尔标识是英特尔公司或其子公司在美国和/或其他国家的商标。文中涉及的其他名称及品牌属于各自所有者资产。