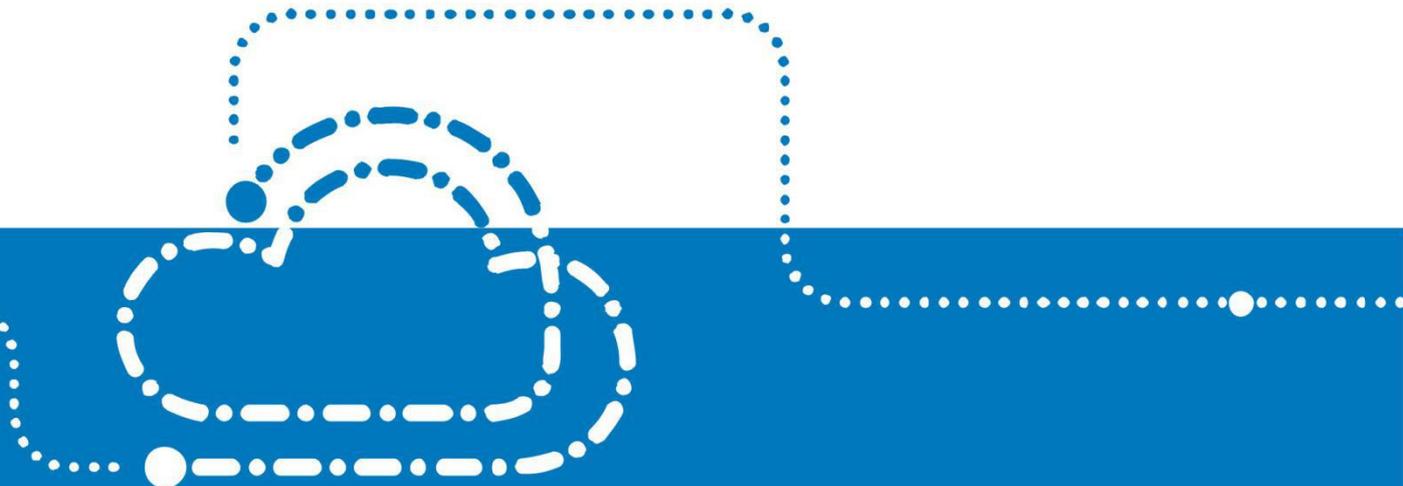


ZTE中兴

5G 网络智能化白皮书



5G 网络智能化白皮书

版本	日期	作者	审核者	备注
V1.0	2018/08/01	ZTE	ZTE	

© 2018 ZTE Corporation. All rights reserved.

2018 版权所有 中兴通讯股份有限公司 保留所有权利

版权声明:

本文档著作权由中兴通讯股份有限公司享有。文中涉及中兴通讯股份有限公司的专有信息，未经中兴通讯股份有限公司书面许可，任何单位和个人不得使用 and 泄漏该文档以及该文档包含的任何图片、表格、数据及其他信息。

本文档中的信息随着中兴通讯股份有限公司产品和技术的进步将不断更新，中兴通讯股份有限公司不再通知此类信息的更新。本文档信息仅供参考，不构成任何要约或承诺。

目录

1 趋势和挑战	6
2 中兴通讯 5G 网络智能化	7
2.1 5G 网络智能化需求分析.....	7
2.2 5G 网络智能化总体方案.....	9
3 智能 5G 网络，构建智联中枢	11
3.1 网元智能.....	12
3.1.1 射频指纹.....	12
3.1.2 Massive MIMO.....	14
3.1.3 智能节能.....	15
3.2 预测智能.....	16
3.2.1 小区负荷预测.....	16
3.2.2 突发高负荷预测.....	16
3.2.3 性能预测.....	17
3.2.4 承载网流量预测及调优.....	18
3.3 运维智能.....	19

3.3.1 无线网络规划.....	19
3.3.2 场景识别和参数自优化.....	20
3.3.3 智能 KPI 指纹定位.....	20
3.3.4 智能异常检测.....	21
3.3.5 智能告警分析.....	22
3.3.6 智能一线服务.....	22
3.4 边缘智能.....	23
3.4.1 无线感知服务.....	24
3.4.2 应用使能服务.....	26
4 智能 5G 切片，行业高效赋能.....	28
4.1 端到端切片智能部署.....	29
4.2 E2E 切片智能保障.....	31
4.3 E2E 切片智能运营.....	33
5 展望及建议.....	34
6 缩略语.....	35

图目录

图 2-1	5G 智能化总体方案.....	9
图 2-2	5G 网络 AI 能力架构.....	10
图 3-1	中兴通讯 5G 网络智能化典型应用场景.....	11
图 3-2	逻辑栅格示意图.....	12
图 3-3	NSA 架构中 SN 选择.....	14
图 3-4	网络异常检测示意图.....	21
图 3-5	告警智能化示意图.....	22
图 3-6	异系统频谱资源共享示意图.....	25
图 3-7	TCP 跨层优化示意图.....	27
图 4-1	5G 网络切片示意图.....	28
图 4-2	3GPP 定义的 5G 网络切片管理网元及模型.....	29
图 4-3	E2E 切片 SLA 拆分示意图.....	30
图 4-4	E2E 切片保障示意图.....	32
图 4-5	智能切片运营.....	33

表目录

表 3-1 栅格索引示例.....	13
-------------------	----

1 趋势和挑战

随着 5G 技术标准的加速完善，以及全球 5G 预商用测试的深入开展，5G 网络部署的步伐正在全球范围内加快。5G 的大连接、低时延、高速率等特性，以及云化、切片化的网络形态，将成为产业数字化转型的重要驱动力，在产业链的共同努力推动下，围绕 eMBB、mMTC 和 uRLLC 三大核心场景，5G 网络将会让越来越多的产业形态和创新应用成为可能。

同时，随着电信网络虚拟化云化转型、5G 和 IoT 等技术的融入，以及行业应用的多样化发展，5G 时代，电信网络的运营运维也将面临前所未有的挑战。比如：

网络复杂化：2G/3G、4G、5G 多制式共存带来的协同和互操作难度；分层解耦架构下的故障定界定位困难；虚拟化云化网络的动态变化所带来的资源统一调度和运营管理挑战等。

业务多样化：人与人通信的单一模式逐渐演化为人与人、人与物、物与物的全场景通信模式，业务场景将会更加复杂，业务场景复杂将带来对服务协议（SLA）的差异化需求，比如高带宽、大连接、超高可靠性和低时延等，以及与之配套的网络管理的复杂性等。

体验个性化：依托 5G 网络能力和丰富的业务发展，业务体验也将随之呈现出多元化、个性化发展态势，比如沉浸式体验、实时交互、情感和意图精准感知、所想即所得等，网络对于体验的支撑保障，将颠覆传统模式，迎来全新挑战。

所以，伴随 5G 时代而来的网络运营运维挑战将是全方位的，依靠专家经验为主的运营运维模式，同网络的先进性之间，正逐渐形成差距，自动化、智能化的网络运营运维能力，将成为 5G 时代电信网络运营运维的刚需。人工智能（AI）技术在解决高计算量数据分析、跨领域特性挖掘、动态策略生成等方面，具备天然优势，将赋予 5G 时代网络运营运维新的模式和能力。

未来，基于云化基础架构，融合了 5G、AI 和 IoT 共同发展的电信网络，将逐渐成为数字

社会发展和经济增长的智能中枢，推进社会步入万物智能互联的新时代。

2 中兴通讯 5G 网络智能化

作为全球领先的综合通信解决方案提供商、5G 领先者，中兴通讯在 5G 高低频系列无线基站、5G 承载、5G 核心网等领域的产品研发，以及端到端解决方案、标准制定、预商用验证等多维度均实现了行业引领。同时，凭借 5G 领域的领先和对行业发展的深入理解，中兴通讯积极将 AI 技术同电信领域做深度结合，开展 5G 无线技术、云化、切片、承载、运维服务等相关领域的自动化、智能化创新研究和实践，并积极参与推进相关标准规范的制定和开源技术贡献。

依托于 uSmartNet 网络智能化系列解决方案，中兴通讯致力于为电信网络提供完备的数据感知、意图洞察、智能分析能力，助力电信运营商顺应趋势、迎接挑战，打造具备“网络自治、预见未来、随需而动、智慧运营”能力的智能化 5G 和未来网络。

2.1 5G 网络智能化需求分析

5G 网络作为基础服务设施，为各行业数字化发展提供支撑，将面向全行业场景提供差异化服务。为了按需、灵活地支撑各种行业应用和业务场景，5G 网络将以云化、服务化架构来构建，满足面向未来的长期发展需求：

- RAN 侧实现 CU/DU 分离，CU 可支持云化或专用硬件部署，灵活适应各场景需求；
- 基于服务化架构（SBA），实现 2G/3G、4G、5G 融合核心网，满足平滑演进、协同发展和长期共存需求；
- 承载网络向高带宽、低时延、连接泛在、按需匹配方向演进，SPN、OTN 等多样化的 5G 承载解决方案，灵活适配 5G 建网需求；

5G 网络云化、服务化的架构，具备了支撑各种行业应用和业务场景的基础，如何让其实现高效、灵活、低成本、易维护的运营运维，并且具备便捷的开放、创新能力，将是运营商在 5G 时代竞争力的核心所在，也是 5G 网络智能化的重点方向，主要体现在如下几个方面的需求：

- **灵活的无线及云化资源管理**

支持无线空口资源的按需分配，包括频谱、帧结构、物理层、高层处理流程等；实现处理能力的软硬件解耦，实现处理资源按需分配、网络能力敏捷创建和调整；

云化资源和承载网络资源的按需、动态分配，及全局性策略自动化、智能化管理；

端到端切片的自动化管理；

- **空口协调和站点协作**

5G 密集网络下的干扰优化、站点间协调与合作的优化；高密度网络下如何设计更有效、更智能的移动性管理机制，是未来无线接入网络面临的迫切需求；

- **功能灵活部署及边缘计算**

AR/VR、工业互联网、车联网等，对通信时延、可靠性、安全性提出了更高要求。5G 网络将部分功能从核心层下沉至网络边缘，构成边缘计算能力。通过缩短链路距离和提升边缘网络的智能能力，达到节约回传带宽、降低网络时延、智能支撑用户体验的效果。

- **增强网络智能化管理**

5G 时代，无线网络多制式并存协同、云化分层解耦故障定位、业务服务化后状态的全息感知、承载网的按需适配调度等，使得网络管理和优化的复杂度、难度都将大大增加，需要引入 AI 提升管理的自动化、智能化水平，降低人工干扰因素，节约成本，提升网络的服务质量和业务体验。

2.2 5G 网络智能化总体方案

结合 5G 网络发展所面临的挑战，以及对智能化的引入需求，人工智能和电信网络的结合发展，在 5G 网络中的整体引入和呈现，将是泛在化的。通过在网络不同层级分别引入算法模型和不同等级的智能引擎，实现 5G 整网的智能化。如图 2-1 所示。

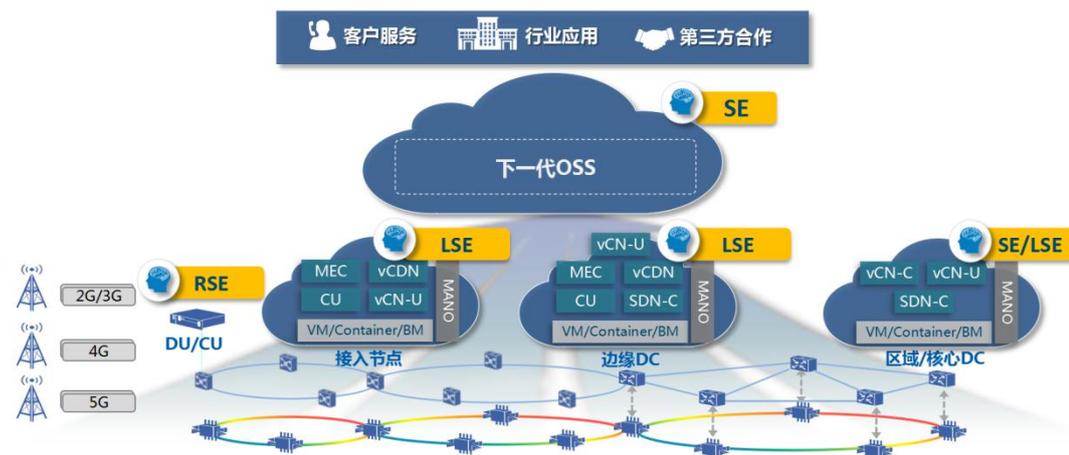


图 2-1 5G 智能化总体方案

基于云化、服务化架构的 5G 网络，不同网络层级具有明显的特征差异。越上层、越集中化，对跨领域分析调度能力要求越高，比如对于 E2E 切片的编排和管理、全局云资源协调调度等，需要依赖集中式的智能引擎（SE，Smart Engine），进行全局性策略的集中训练及推理；越下层、越接近端侧，更侧重对专业子网或单网元的智能能力增强，比如接入网、承载网、核心网引入轻量级智能引擎（LSE，Lite SE）增强子网或子切片领域的智能能力，如网管策略、智能运维等；或者针对边缘设备，MEC、5G gNB 等，引入实时/准实时智能引擎（RSE，Real-time SE）实现边缘的实时、准实时智能。

AI 算法模型和各级别的智能引擎，可以基于 5G 网络中不同的硬件计算环境引入部署，同时，通过引擎、模型组件、应用算法的组合，与不同的网络功能实体结合，实现 5G 网络的智能化赋能。如图 2-2 所示。

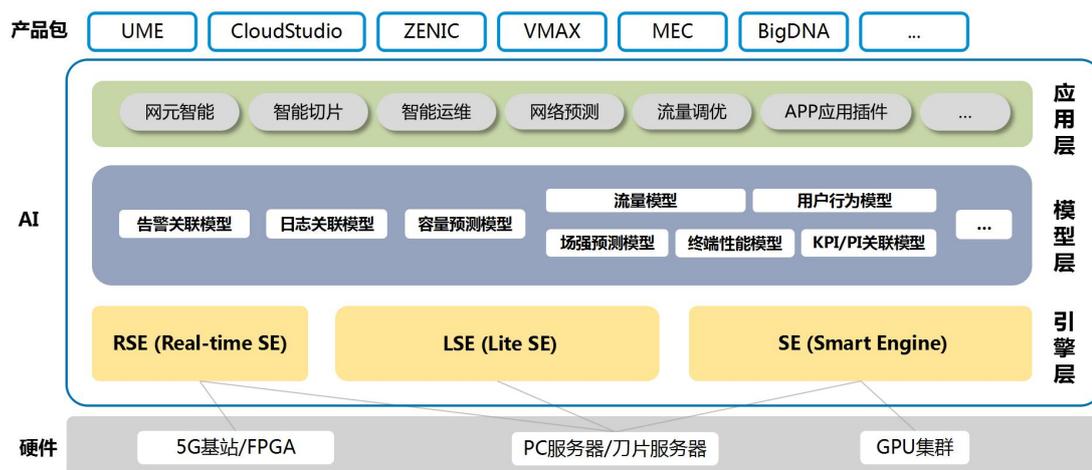


图 2-2 5G 网络 AI 能力架构

5G 网络中部署 AI 能力的基础硬件环境，可以是集中式的 GPU 集群，也可以是通用服务器或刀片服务器，或者是 5G 基站。智能化能力层（AI 层），包含引擎层、模型层、应用层等关键部分：

引擎层：

支持不同级别的智能引擎，包括集中式的 AI 和大数据智能引擎 SE、轻量级智能引擎 LSE 和实时准实时的智能引擎 RSE，以及可视化建模组件 AI Explorer 和机器学习、深度学习框架等，灵活支持不同的部署场景需求。

模型层：

支持丰富的 5G 网络通用能力模型组件，比如告警关联模型、容量预测模型、用户行为模型、流量模型等。用于灵活支撑应用层的调用。

应用层：

面向 5G 智能化的具体应用，灵活支持多种应用场景，比如：智能预测、射频指纹、智能切片、根因分析等等。

各种 AI 能力组合，根据具体的网络部署需求，集成到中兴通讯 5G 的系列化产品中，比如

5G 基站、5G 云核心网、UME 网管、CloudStudio、控制器 ZENIC、VMAX 和 BigDNA 大数据、MEC 等等。

3 智能 5G 网络，构建智联中枢

5G 网络智能化的应用，总体可以分为两个方向：一个是运营运维层面的自动化、智能化增强，比如无线的 SON+AI、各种参数自动调优、特征智能关联、精准意图分析及规划、健康状态预测及自愈等；另一个是网络自身功能和特性的增强，将网络中原本基于事后统计触发的优化流程，通过 AI 的介入后转变为事前预测和主动性的优化，以减少应激动作所带来的滞后影响，并且通过关联状态分析，做到资源和性能的动态最优化，比如基于预测的移动性管理、动态路径优化等。

5G 网络智能化典型应用场景，可分为如下四大类别。如图 3-1 所示。



图 3-1 中兴通讯 5G 网络智能化典型应用场景

网元智能侧重的方向是综合考虑整个网络中的制式、设备、用户的表现而执行的最优策略；

预测智能侧重于将执行策略的行为从“事后”变为“事前”；运维智能侧重 5G 网络运营运维的自动化和人力投入的减少；边缘智能侧重网络边缘高实时性的智能应用。

3.1 网元智能

3.1.1 射频指纹

传统无线网络都是以小区为单位进行管理的，与邻区相关的移动性、双连接、CA、移动负荷均衡等都是按照小区为单位进行选择。由于小区覆盖范围较大，以小区为单位进行相关操作粒度较为粗糙，不满足网络精细化管理要求。如果将网络按照无线信号强度进行逻辑栅格划分，并记录逻辑栅格上一些重要信息，用来给位于该逻辑栅格上 UE 的行为提供参考，则可以达到对网络进行精细化管理，提升用户体验的目的。如图 3-2 所示。

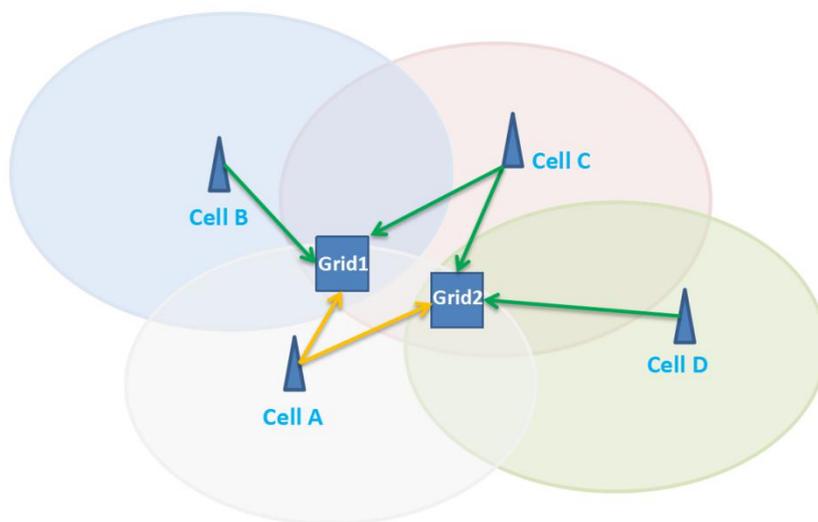


图 3-2 逻辑栅格示意图

逻辑栅格划分为两部分，一部分是逻辑栅格索引（射频指纹索引），另外一部分是逻辑栅格记录的信息（射频指纹信息），这两部分加起来构成的完整结构，也称为射频指纹。如表 3-1

所示。

表 3-1 栅格索引示例

栅格	栅格索引			
	序号	服务小区及其强度	最强同频邻区 1 及其强度	最强同频邻区 2 及其强度
Grid1		Cell A, -85dBm	Cell B, -90dBm	Cell C, -95dBm
Grid2		Cell A, -90dBm	Cell C, -90dBm	Cell D, -100dBm

射频指纹库的构建必须基于长期统计具有稳定指纹信息的射频指纹，比如稳定的邻区参考信号接收功率(RSRP ,Reference Signal Receiving Power)信息。基于周期性的测量报告(MR , Measurement Report) 或最小化路测技术 (MDT , Minimization of Drive-tests) 等数据可以建立初始的射频指纹库，并挑选出信号强度信息稳定的组成可用的射频指纹库，可按需进一步记录针对特定应用的指纹信息，例如切换次数、成功率、邻区的重叠度等。利用射频指纹库可以指导如下典型应用：

应用一：DC 的辅助节点选择

以 5G 的 NSA 架构为例，为 UE 选择辅助节点时，通常按照小区级重叠度来优选最佳的辅助节点。如图 3-3 所示，如果按照小区级重叠来选择，UE1 和 UE2 都应该选择 Cell21 小区为辅助节点；如果按照栅格级信息来进行选择，UE2 会选择 Cell22 小区为辅助节点；可以看出 UE2 选择 Cell22 小区比选择 Cell21 小区当辅助节点效果好。

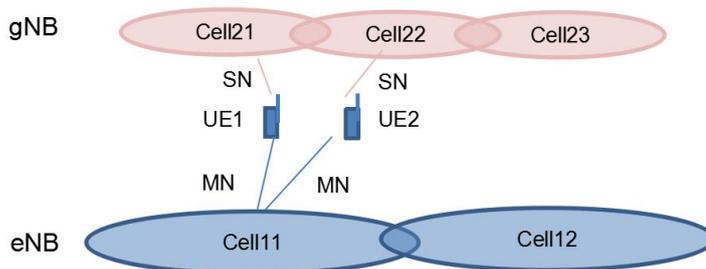


图 3-3 NSA 架构中 SN 选择

应用二：辅助异频免测量盲切

通常执行异频切换时，UE 需要先执行异频测量。异频测量会造成 UE 和原服务小区业务短暂中断。可以根据 UE 的射频指纹信息，比如邻区负荷、重叠度、邻区 RSRP、切换成功率等，来判定是否可以进行异频免测量盲切，以避免原异频测量切换流程带来的短时业务中断。

应用三：负荷均衡时挑选执行负荷均衡的 UE

在执行移动负载均衡(MLB, Mobile Load Balance)时，会挑选执行负荷均衡的目标 UE，如果盲目挑选，则部分 UE 由于不满足切换条件而不会进行负荷迁移；或对于异频邻区需要下发异频测量带来 UE 业务的短暂中断。根据 UE 的射频指纹信息来挑选合适的 UE 执行负荷均衡，可以避免前面提到的两个问题。

3.1.2 Massive MIMO

利用 Massive MIMO 波束调整的原理，可以针对高楼的垂直面、场馆、具备潮汐效应的区域（如高校宿舍区、食堂和教室，CBD 和住宅，商场和街道）等场景，根据用户的分布规律，灵活调整广播/控制信道的波束分布，达到覆盖和容量的最优，减少干扰。

比如针对固定场馆类的场景，由于人员的分布在长时间内相对固定不变，可以根据这一特

点设计广播权值自适应来达到最优覆盖。基于网管、MR 等数据，结合场景识别和相关算法，识别出是体育赛事场景还是演唱会等场景，并计算出基于此场景和当前用户分布下的最优权值，以提升场馆区域内的信道质量指示（CQI，Channel Quality Indicator）、信号与干扰加噪声比（SINR，Signal to Interference plus Noise Ratio）等指标。同时，建立权值组合与 KPI、用户分布信息等关联的信息库，便于后期同类场景可以快速匹配获取优化权值。

对于具备潮汐效应的区域，还可以根据每个区域内的话务分布特点，结合潮汐效应时段进行智能化调整。

3.1.3 智能节能

传统的节能技术都会事先配置一个节能生效的开始时间和结束时间，在该时段内当负荷降低到一定程度并且持续一定时长后触发对应的节能技术，一旦负荷冲高即退出相应的节能技术。由于节能时段是人工根据大多数场景设置的，没有个性化设置，节能时段的设置通常比较保守；另外低负荷持续一段时间才触发节能，虽然避免了乒乓效应，但也降低了节能效果。可见，传统的节能技术属于事后触发，总体策略趋于保守。

根据小区负荷预测，可以识别出网络中将出现的低负荷小区（节能小区）及其出现低负荷时段（节能时段），同时可以识别出能够分担节能小区在节能时段负荷的邻区。

基于小区负荷预测的节能，是在预测的节能小区和节能时段，立即触发该小区的负荷转移到其邻区，负荷转移完成后立即触发该小区的节能。如存在多个节能时段，则在每个节能时段都激活节能。与传统手段相比，每个小区都能个性化充分利用其节能时段，从而提高整网的节能效率。

3.2 预测智能

3.2.1 小区负荷预测

除了突发事件，小区的负荷实际是有规律的。比如可以按周建立模型进行分析和预测，根据过去小区负荷的历史数据，分析每天/某时间粒度下的负荷分布的规律性，建立针对每个小区的一周七天的负荷预测模型。以此类推，可以得到网络中所有小区所有时段的负荷分布。

根据全网的小区负荷预测可以用于改善传统负荷均衡效果以及传统节能效果。

传统的移动负载均衡都是在高负荷发生时才执行，即事后触发，意味着发生的高负荷可能已经对网络的性能以及用户体验带来不利的影响；同时，传统的负荷均衡无法预知高负荷什么时候结束，过程中可能出现乒乓效应；另外，传统负荷均衡是在高负荷发生时选择低负荷小区，后续低负荷小区自身负荷可能发生变化从而产生新的高负荷。

根据小区负荷预测，可以识别出网络中出现高负荷小区及其高负荷时段，负荷均衡的动作可以在预测的高负荷发生前执行，并且会持续到高负荷时段结束，从而避免传统负荷均衡事后触发带来的不利影响以及可能产生的乒乓调整。同时，在预测高负荷小区以其高负荷时段时，也从整体上预测了可以分担其负荷的低负荷邻区以及低负荷时段，避免传统负荷均衡可能出现的低负荷小区选择不合理而产生新的高负荷。

3.2.2 突发高负荷预测

在移动通信网络中突发高负荷的情况，通常包括下述两种场景：

持续时间较长（小时级别）的突发高负荷

比如体育馆的赛事、演唱会、集会等，出现持续时间较长（比如小时级别）的高负荷。通

常应对手段为运维人员提前进行参数优化或降负荷策略，需要投入一定的人力，并且参数和策略的设定不具备个性化的匹配能力，可能无法满足突发状况的需求。

持续时间相对较短（分钟级别）的突发高负荷

通常跟用户行为、热点事件等关联性较高，表现为在平均负荷已经相对较高的场景，短时间内用户集中进行业务的下载或者上传，导致短时间突发负荷，比如赛事的进球、庆典开场等。传统应对手段通常以专家现场保障为主，实时监测、按需保障。投入人力成本较高，事后处理模式用户体验很难最佳保障。

智能化 Burst 预测，可以根据历史的事件特性、发生前后关键指标或特征的变化分析、以及多小区关联数据的变动分析等关联特征挖掘分析，构建突发负荷预测模型，进行突发负荷预测，指导前瞻式预防优化。在设备和网络的稳定性、用户体验、降低人力成本等方面带来收益。

3.2.3 性能预测

性能预测关注网络中可能发生的性能变化，从传统的事后优化转化为事前的预测和调整。包括指标趋势预测和指标异常预测。

指标趋势预测

关注中长期性能走势预测，结合业务发展需求、网络能力状态、关键事件等信息关联分析，预测性能中长期发展趋势，及性能达到非健康阈值的时间点，指导提前规划、资源调整或故障处理等。

指标异常预测

关注中短期指标异常、劣化，结合历史数据中的指标异常事件特性，及相关指标劣化的关联特征挖掘，预测网络健康度在中短期范围内的下一步数值，并通过判断预测值是否超过阈值

来指导异常预判与提前处理。

性能预测可以在网络建设规划不足、备品备件管理、阈值设置优化、前瞻式监控优化等方面带来收益。

3.2.4 承载网流量预测及调优

5G 时代网络的灵活性和业务形态的差异化，对承载网络提出了更高的要求。如何进行更合理、敏捷的资源分配和优化调度，实现网络整体流量均衡以及高效的资源利用率，以满足不同网络切片及行业用户的业务需求，将是 5G 时代承载网络智能化的重要应用之一。

智能网络流量预测及调优，可以掌握全网流量流向动态，合理规划，及时响应业务需求的变化。利用 AI 进行数据算法建模，综合考虑业务特性、历史流量、人口迁徙、节假日、流量套餐等因素，对网络中关键业务、节点和区域进行流量仿真预测。同时，结合策略匹配的控制信息、网络状态信息等，利用 AI 算法进行最优路径计算和资源调度来指导流量调优。

应用一：切片网络内部分段路由（SR，Segment Routing）隧道流量调优

当单个切片网络中开通 SR 隧道来承载业务，隧道带宽不能满足业务承载需求时，通过网络调优流程实现自动的隧道带宽按需分配带宽（BOD，bandwidth on demand）和带宽日历，实现自动弹性和带宽适配。

应用二：切片网络之间流量调优

多个切片网络由控制器统一管控时，可以根据状态监控，利用 AI 跨切片分析，同时兼顾流量预测趋势，实现多个切片的资源合理调度调配，达到物理资源利用率最优化。

3.3 运维智能

3.3.1 无线网络规划

5G 的无线网络规划其难点在于不仅标准有 SA 和 NSA 两种组网方式，同时在频段上也要考虑低、中、高频及非授权频谱，站型也存在 4G/5G 频谱共享和多阵列天线。因此，其网络规划的因素维度在各方面均有增加，带来的复杂性呈指数级增长。基于现有 4G 网络所积累的容量、覆盖数据信息，结合 5G 自有特性，并利用 AI 算法进行关联分析、仿真推算，将对 5G 无线网络的规划具有指导意义。

应用一：智能化容量评估

以 4G 现网网管、MR 等数据为基础，结合 AI 算法，分析得到各种场景下热点的特性，对 5G 的引入和发展策略提供指导；

对于高带宽业务场景，以 4G 现网数据为基础，结合工参、场景特征、无线参数配置、用户业务模型、套餐、网络性能负荷等信息，排除由于网络性能负荷压抑的影响，建立纯用户需求的预测模型，为 5G 的容量建设和规划提供指导。

应用二：自动站址规划及覆盖效果评估

在 5G 建网初期，可基于 4G MR 数据结合 AI 算法进行 5G 覆盖评估和站址选择。结合 5G 需求的覆盖强度和质量门限、4G 与 5G 之间的频段与发射功率差异、室内外覆盖特性、现网工参等，通过 AI 最优化算法，从现有 4G 站址中推荐优选列表，优先考虑纳入 5G 站址规划。

同时，基于 4G 现网的频段、MR 数据、高精度电子地图、邻区关系、邻区信号强度、传播路径上的遮挡物位置和高度等信息和特性，利用 AI 技术进行无线覆盖特性的学习与建模，并根据 5G 的频段、环境特性等给出对应的覆盖效果评估，以及补站建议。后续入网后可根据实

际覆盖效果做进一步的模型调优。

3.3.2 场景识别和参数自优化

AI 技术在特征分析和挖掘上具备天然优势，5G 网络中业务和场景具有多样性，AI 将有助于更好地了解用户和网络的行为，并作出对应优化。

应用一：场景识别及参数自适应

针对高铁、高速、地铁、热点商圈、校园、密集城区等不同场景，利用 AI 算法可以通过场景特性分析和群体用户行为画像，自动进行场景识别。并在不同场景下基于关键 KPI 和 MR、CDT 等感知数据，分析场景、参数、指标的关联因果关系，利用算法对无线网络参数进行与场景相匹配的精细优化，提升各场景下的服务质量和业务体验。

应用二：自组织网络 (SON, Self-Organizing Network) 策略参数自优化

在 SON 算法中，经常需要人工配置一些策略参数，而这些策略参数可能需要针对不同场景、网络开通的不同阶段等，进行人工识别和调优，这样会给运维人员带来额外的工作量以及额外的技能要求。利用 AI 技术，可以自动识别场景并进行参数自动配置，降低运维人员的技能要求以及工作量。比如，SON 中的 ANR 功能中黑列表涉及到的参数设定，需要根据实际外场不断进行调优，人工进行黑列表判决策略配置工作繁琐而且不容易准确。可以基于网管统计数据，利用 AI 算法自动生成每个小区的进入黑列表的失败次数门限(进入黑列表的切换失败率门限)，指导切换次数少、但切换失败率高的邻区能优先进入邻区黑列表。

3.3.3 智能 KPI 指纹定位

不同 KPI 的值在某一个时间段形成的组合，每个组合意味着一种原因和一种业务现象，这

种组合称为 KPI 指纹。对于这些组合通过 AI 算法进行学习，把学习得到的每个 KPI 指纹建立 KPI 指纹库。当发生网络质量劣化时，把当前的 KPI 组合与存储的 KPI 指纹进行分类推理，找出与当前实际值最接近的 KPI 指纹作为最有可能的问题根因，指导运维。

这个处理过程，可以极大的减少相同操作下的人力消耗，缩短 KPI 优化的分析过程，减少运维时间和投入。

3.3.4 智能异常检测

智能异常检测依赖网络状态感知能力，能够持续自动收集网络中各类状态数据，并进行智能化分析，对异常状态做出检测判别和上报。示意图如图 3-4 所示。

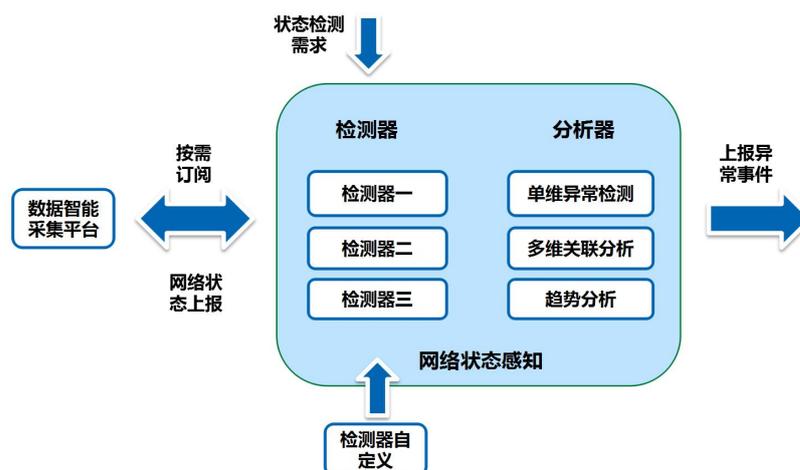


图 3-4 网络异常检测示意图

根据不同的网络状态感知任务，抽象生成不同的检测器，按照需求启动相应的感知任务，将指标订阅下发给数据采集平台，比如性能、告警、日志、配置等，并启动相关分析器，利用 AI 算法做异常分析和检测，比如动态阈值、单维分析、多维关联分析、时序预测分析等。

比如承载网的同缆异常排查，同缆现象是影响承载网络可靠性的潜在因素之一，而光纤这类哑资源的管理手段较为薄弱，依靠常规的管理手段无法对这类异常现象进行主动检测，完全

的人工排查方式费时费力。采用 AI 算法对光纤相关的历史数据进行扫描，通过数据特征、位置特征、故障特征等因素进行比对和关联分析，通过数据指标间的相似性找出疑似同缆现象，结合专家排查，可以快速发现这类隐患问题，及时进行优化处理。

3.3.5 智能告警分析

智能化告警分析手段，目的是在多样性告警中提取共性特征，快速导向共性的故障点，优先解决，降低运维难度，提升处理效率。可以基于人工智能特征挖掘算法和大数据分析，综合多维度历史数据，如告警、性能、配置数据、操作日志、故障解决历史记录、故障处理经验库等，自动挖掘出依靠人工经验很难总结归纳的潜在特征和规则，并输出故障事件和特征的匹配规则库。应用于现网中后，根据故障特征自动匹配规则进行诊断，实现故障的有效定位，并给出判断和处理建议。另外，可以配合工单系统，实现高效派发。如图 3-5 所示。

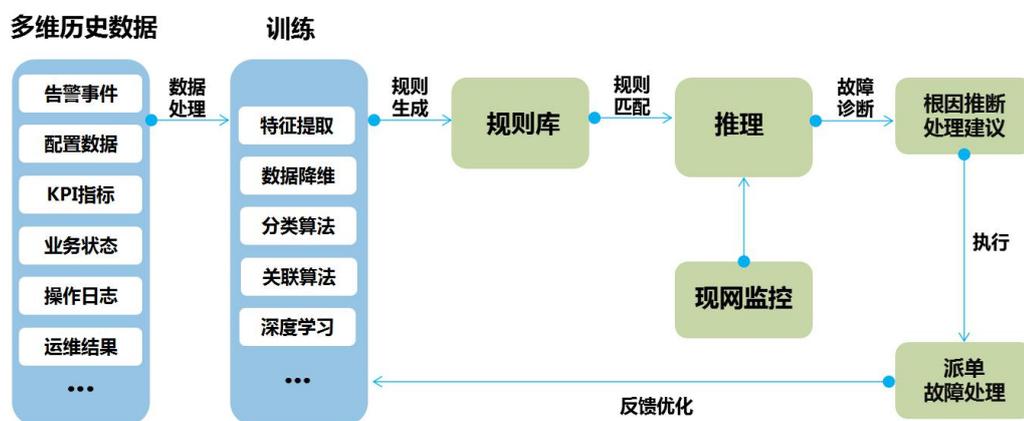


图 3-5 告警智能化示意图

3.3.6 智能一线服务

除了常规网络运维，如规划优化、告警处理、根因分析、异常检测等方面的智能化能力提

升，在一线运维服务方面，有效的自动化、智能化工具、系统等，也是提升运维效率、降低运维成本的重要手段。

应用一：智能调度

站点工程师的运维通常是区域制，易于划分职责，但人力和资源没有得到充分的利用和共享，运维成本有进一步优化空间。智能调度的目的是在大区域内，动态调度每一个站点工程师，根据工单信息、人员信息、车辆状态及位置信息、备件信息等等，计算出满足服务 SLA 的最佳路径和安排，对工程师的维护行为统一编排和调度。

应用二：智能备件管理

5G 时代的到来，更多制式、形态的设备会引入运营商网络，并较长时间共存，备件管理的压力和成本随之增加。对备件存储和调用的智能化管理手段越来越重要。利用 AI 技术可以综合考虑多维因素对仓储、调用的影响，比如仓库覆盖的站点、地区的气候、物流信息、历史工单信息、网络健康度、重点事件和趋势预测等等，利用算法寻求最优仓储方案，并结合推荐算法，实施精准调用。有效提升备件管理效率和降低成本。

3.4 边缘智能

5G 网络将面向丰富的垂直行业应用提供服务，带来更多的边缘服务需求。多接入边缘计算（MEC，Multi-Access Edge Computing）是 5G 重要技术之一，它在靠近移动用户的位置上提供信息技术服务环境和云计算能力，可以更好的支持 5G 网络中低时延和高带宽的业务要求。同时，MEC 和 5G 基站、边缘大数据系统配合，并结合 AI 技术，在边缘业务场景智能化、无线网络的开放化等方面，将发挥重要作用。

3.4.1 无线感知服务

应用一：无线上下文环境感知

MEC 通过从多个 4G/5G 站点，获取无线上下文信息 RNIS，构建无线上下文环境。无线上下文 RNIS 有两种类型：控制面上下文信息 RNIS-C 和用户面上下文信息 RNIS-U，可以从控制面和用户面分别感知获取不同信息，同时这两种上下文对于上报的周期和处理的要求也存在差异，RNIS-C，上报周期较慢，100ms 量级；RNIS-U，上报周期较快，10ms 或 100ms 量级。

结合 AI 对 RNIS Context 的感知分析，可以进一步支撑更多应用，比如无线网络感知控制、TCP 优化等。

应用二：频谱感知

频谱感知技术，根据对无线信道进行测量，通过改变不同无线制式的工作参数，来动态适应异构无线网络中信道的变化，提高无线频谱利用率，提升网络容量，优化网络的覆盖范围。

边缘计算节点，可以基于不同无线系统长时间的频谱测量结果，利用 AI 技术，对各无线系统在不同区域的无线环境特征、不同时间段内的用户行为特征，以及不同用户的业务特征等，进行分析建模，支撑具体场景应用。

场景一：系统快速频谱共享

多种制式混合组网时，不同制式小区在同一时刻的忙、闲程度不同，在算法统筹下，可以在多制式（即异系统）间，分时共享频谱资源。如图 3-6 所示，eNB/gNB/BSC/RNC 可以与部署在边缘计算节点中的 iCS（智能协调服务器）建立连接，通过 iCS 内置的 AI 能力，结合历史数据和当前频谱资源使用情况进行分析决策，动态调整设置，实现一定区域内的异系统的频谱资源共享。

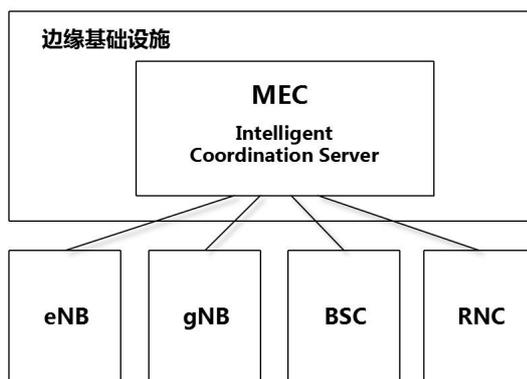


图 3-6 异系统频谱资源共享示意图

场景二：异系统干扰协同

对于同频干扰和邻道干扰，边缘计算节点可以通过较长时间段内统计和分析不同系统在不同位置、不同时间段的频谱射频信号特征、业务负荷特征和用户行为特征，建立网络特征模型。并根据实时的无线频谱测量特征，优化各系统的频谱资源规划与调度策略，降低系统间干扰。

对于互调干扰，边缘计算节点通过为不同无线系统在不同频段建立频谱特征库，根据实时的无线频谱测量特征来识别和确认造成干扰的无线系统和基站位置，为解决互调干扰提供决策依据。

应用三：业务感知

在边缘节点上部署高算力的硬件解析资源，例如 FPGA 等，为业务提供高实时性、高性能解析能力，支撑 5G NR 的低时延、高吞吐需求，成为 5G 业务感知的方向之一。同时，结合 AI 和大数据能力，分析挖掘数据、业务和无线环境之间的内在关联，为不同无线环境下的业务感知提供更为准确、智能的业务特性识别，从而为更精准的差异化业务服务策略提供支撑。

应用四：用户感知

网络整体性能的变化是由网络无线环境变化、网络负荷变化、用户终端特性、用户业务特性和用户签约属性等共同起作用决定的。

边缘计算节点通过统计和分析用户终端的协议能力、性能表现和用户业务特性，建立不同用户的特征模型库，并根据实时收集到的用户级别测量与用户特征库进行匹配，更为准确的预测其业务变化趋势，以及用户行为对网络负荷的贡献，支撑准实时的用户算法策略和参数配置优化。通过个体用户的预测可以对个体的网络质量进行保障，提供业务的更好体验。

3.4.2 应用使能服务

应用一：定位

无线通信系统中常用的定位方式包括小区标识(C-ID ,Cell-ID) ,增强型小区标识(E-CID , Enhanced Cell-ID) , 观察到达时间差 (OTDOA , Observed Time Difference of Arrival) , 上行到达时间差 (UTDOA , Uplink Time Difference of Arrival) 和指纹定位。自动化的指纹采集和更新方案是指纹定位实现网络级商用的关键技术。LTE 系统中，借助终端的 MR 上报和辅助全球卫星定位系统 (AGPS , Assisted GPS) 测量能力，已经能够完成室外环境指纹库的建立和更新。但是室内场景环境下指纹库的建立依然需要依靠人工。

随着 5G 网络建设和 IoT 终端的规模使用，物联网终端可以作为无线通讯系统的射频信号传感器被广泛的部署。通过这些位置已知的物联网终端测量的各无线通信系统信号特征，借助 AI 和大数据收集分析，能够对指纹库的收集和完善起到重要的作用，并借助边缘计算节点的实时计算能力，利用指纹信息指导实际应用中的终端定位。

应用二：传输控制协议 (TCP) 优化

目前业务端优化无法感知网络状态，通常业务端对网络状态进行猜测式优化，无法适配波动的无线网络环境，从而难以进行有效调控和充分利用无线网络资源，尤其对于视频、游戏等对时延、带宽有较高要求的业务，无法充分保障体验需求。

边缘计算节点基于 RNIS 信息，获取当前基站资源状况及各个视频用户端的带宽信息，同时基于 TCP 透明代理、DPI 分析，通过 AI 识别，对业务流和端到端信息进行分析（比如用户终端、空口资源、请求业务的类型及服务器等），将用户的业务从终端状态、无线资源、应用协议等各方面建立大数据规则分析，通过学习训练，形成相应的业务行为与无线网络环境匹配的智能化模型。将该模型应用到业务中，辅助应用端进行 TCP 窗口调整及优化。如图 3-7 所示。

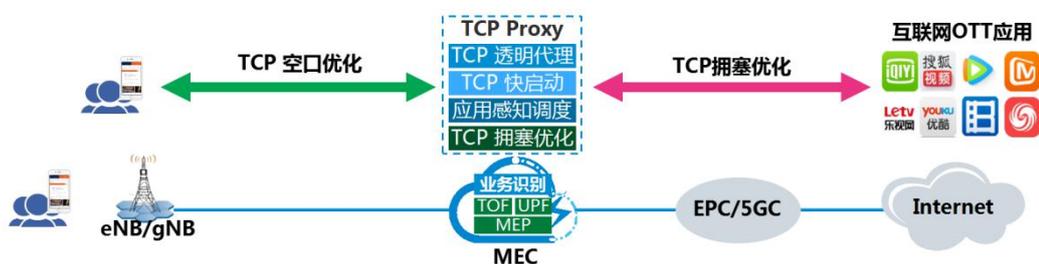


图 3-7 TCP 跨层优化示意图

应用三：本地缓存

传统内容分发网络（CDN，Content Delivery Network，）位置相对较高，MEC 可进一步使 CDN 更加贴近边缘用户，可提供诸如本地转发、业务优化、能力开放等服务。

对于 MEC 的内容分发，业务体验时延与缓存命中率之间是矛盾的，需要在满足时延要求情况下，设计尽可能高效的缓存算法，优化缓存性能、提升缓存命中率。为了提高缓存的效率，可以基于 AI 对用户的业务流进行预测分析，有针对性地确定预存内容。同时，为了提高主动缓存的性能增益，可以利用 AI 对用户特性进行分析（比如喜好、用户的活跃程度等），对覆盖区域内内容请求的概率进行预测，同时对同一内容的不同清晰度和码率进行内容再生，匹配不同的清晰度需求。智能缓存可以有效减小对后端网络和源服务器的压力，以节省计算存储资源。

4 智能 5G 切片，行业高效赋能

网络切片被公认为是 5G 时代理想的网络形态，可以广泛满足于包括 eMBB、mMTC 和 uRLLC 三大核心场景在内的众多应用场景的需求，通过将 5G 物理网络切分出不同的逻辑的端到端网络，为差异化 SLA 需求提供按需、安全、高隔离度的网络服务。如图 4-1 所示。

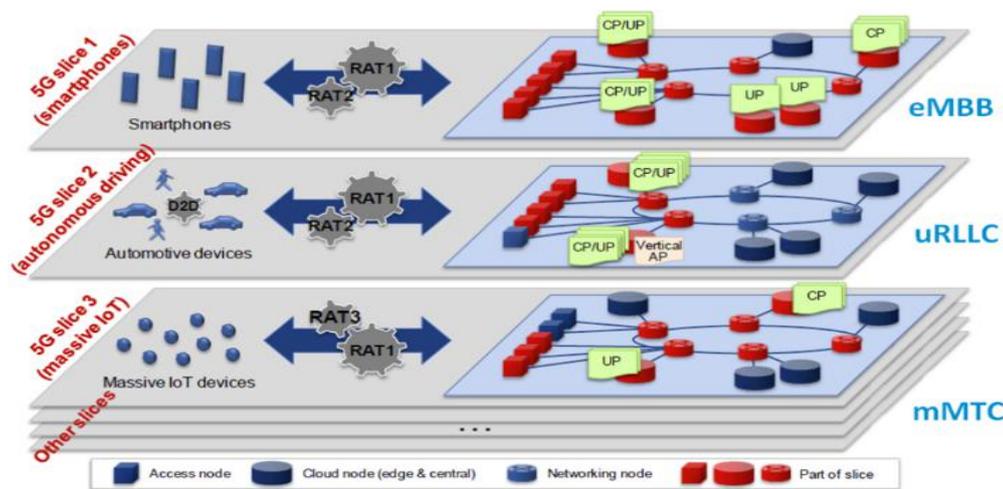


图 4-1 5G 网络切片示意图

网络切片的引入给网络带来了极大的灵活性，使网络可以按需定制、实时部署、动态保障，3GPP 标准也定义了通信业务管理功能（CSMF，Communication Service Management Function）/网络切片管理功能（NSMF，Network Slice Management Function）/网络子切片管理功能（NSSMF，Network Slice Subnet Management Function）等专用的管理网元，来实现切片实例的全生命周期管理，包含设计、实例化、配置、激活、运行、终结（去激活）等，如图 4-2 所示。端到端切片的实现和管理，需要综合考虑从物理层，到资源层、切片层，再到应用层的跨层次关联性管理。跟传统网络相比，网络切片带来了灵活性，但同时也带来了管理和运维方面的复杂性，基于 AI 技术来增强切片自动化、智能化管理的的能力，将是重要的发展方向。

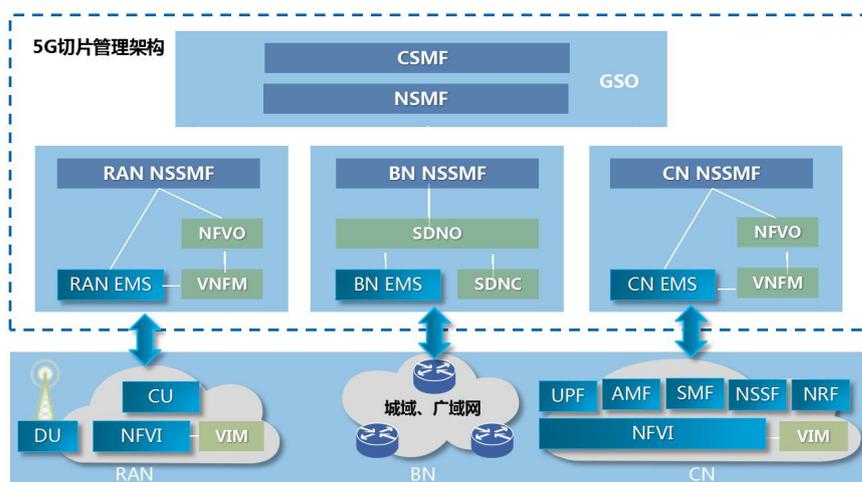


图 4-2 3GPP 定义的 5G 网络切片管理网元及模型

中兴通讯在 2017 年于业内率先推出端到端切片解决方案，全面阐述了在端到端切片的部署、管理和应用方面的技术和方案领先。同时，在切片自动化、智能化发展领域，中兴通讯也长期投入研究、积极推动标准组织立项。旨在将 AI 技术同网络切片技术做深度结合，助力运营商实现网络切片的智能部署、智能保障、智能运营，更高效地服务于行业应用。

4.1 端到端切片智能部署

端到端切片部署，需要由 CSMF、NSMF、NSSMF、NFVO、SDNO、EMS 等多个管理网元协同完成。

应用一：智能 SLA 拆分

如图 4-3 所示，在 E2E 切片部署过程中，NSMF 将 E2E 切片的 SLA 拆分为各子切片的 SLA 是关键的一个环节。E2E SLA 有很多参数，主要包含 QoS 相关参数（时延、速率、丢包率、抖动等），容量相关参数（用户数、激活用户数），业务相关参数（覆盖区域、应用场景、安全隔离）等。以时延为例，拆分是否合理将直接影响 E2E 切片部署的时延是否能满足设计需求。

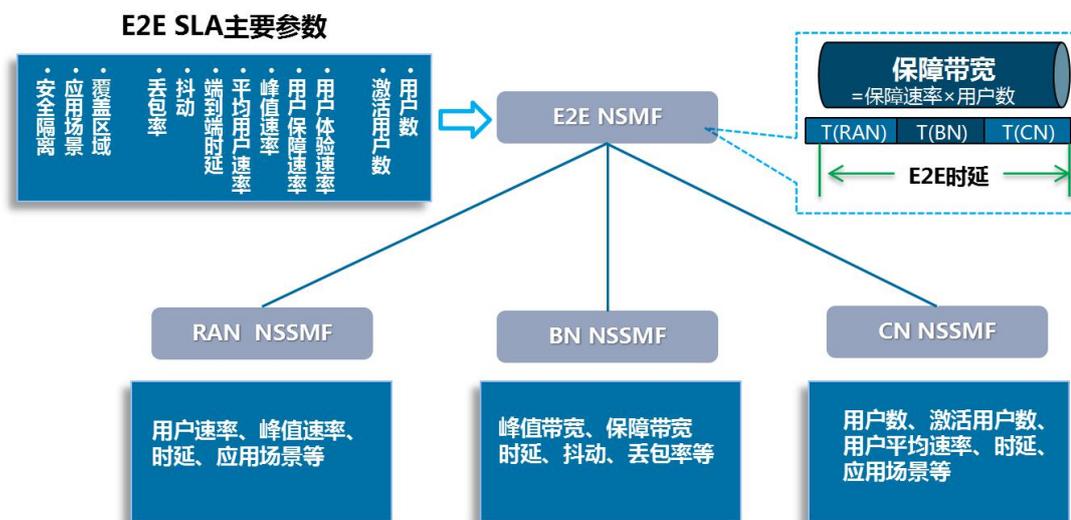


图 4-3 E2E 切片 SLA 拆分示意图

时延拆分，通常可采用模板预置法，在 NSMF 进行 E2E 蓝图编排时，根据端到端时延、业务场景（eMBB、uRLLC 等）要求等，从 NSSMF 获取候选的子切片模板。这种方法实现起来比较简单，但实际上核心网、无线子切片的实际时延，与切片实例化时获取的硬件资源以及配置参数等有很大的关系，比如各地区、各运营商采用的云资源基础硬件能力不尽相同，因此切片实例化后的实际能力与模板预置的预期能力，通常会存在一定的差异。

智能化的 SLA 拆分，可以有效改善上面的情况。基于切片部署的历史数据，利用 AI 算法，对业务类型、模板信息、实际关联的云网资源特性、配置参数等上下文信息，以及无线、核心网、承载等子切片实例 SLA 测量数据（如时延、带宽、用户数、速率等）进行建模分析，挖掘切片模板、云网资源、配置参数和 SLA 指标之间的关联关系。在实际应用时，根据需求输入，推理给出最优 SLA 拆分建议及资源部署建议，最大化匹配客户需求和提升资源使用效率。

应用二：资源智能调度

网络切片部署过程中，多个切片可以共享一个子切片，多个子切片又可以共享网络功能，所以切片之间存在较灵活的资源共享。切片部署时是否允许共享，是从 NSMF 到 NSSMF，再

到 NFVO/SDNO 逐步传递的，切片对可共享的子切片实例的选择，在其他 SLA 参数都满足的情况下，主要可以参考容量和带宽的需求。比如，在总容量满足的情况下，可以共享某个子切片或者网络功能；总容量不满足的情况下，则重新创建。

这是比较简单的判断逻辑，但如果切片之间，由于业务分布特性的不同，业务高峰是存在错峰和互补可能性的，这种情况下，原有的静态逻辑，实际上不能实现资源的最优化利用。利用 AI 对业务类型、分布特性等多维信息进行建模分析，动态评估各切片资源的可复用性，可以指导实现切片之间的资源最优调度。

4.2 E2E 切片智能保障

端到端切片智能保障的基础是自动化闭环控制系统，能够通过数据自动化采集和分析、策略自动化决策、策略自动化执行实现端到端切片的 SLA 保障。同时，闭环控制系统可以分层，包括端到端闭环保障、子切片闭环保障、网络功能闭环保障，网络功能保障是子切片保障的基础，子切片保障又是端到端切片保障的基础，各层次能够独立实现自动化保障，关注的对象和 KPI 可以存在差异。

E2E 切片智能保障的示意图，如图 4-4 所示，主要依赖自动化闭环来实现，同时对于物理性维护和必要的外线干预，提供人工闭环的保障途径。

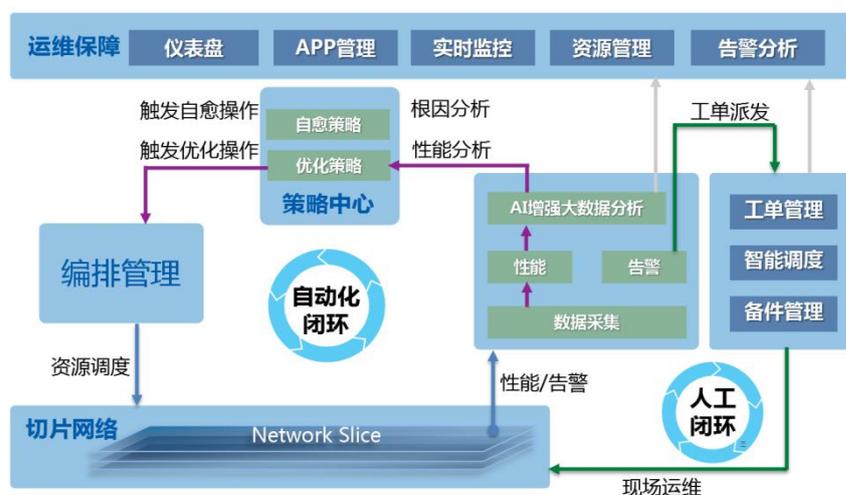


图 4-4 E2E 切片保障示意图

监控采集部分，切片 SLA 性能统计主要有两种来源：一方面来自业务网管的参数上报，例如核心网切片的在线用户数、每秒试呼次数（CAPS，Call Attempt Per Second）、吞吐量等；另外一方面来自软探针或者硬探针的测量，例如切片的带宽、时延、丢包率、抖动等。故障主要依靠网管上报。

基于监控采集的数据，通过 AI 增强的数据分析，触发预定义事件上报到策略中心，由策略中心进行自动化的自愈和自优处理，最后下发编排执行。需要预先设置可自动化处理的事件类型和代码，以及事件触发的条件和策略规则。其余非自动化处理事件通过工单等方式走人工闭环。

其中，切片相关的根因分析（RCA，Root Cause Analysis）规则挖掘、故障关联分析和预测、策略触发的动态阈值设定、策略规则的动态迭代、跨切片的策略协同、子切片自优自愈等方面，都可以结合 AI 技术进行增强。

另外，目前尚处于 3GPP 标准化早期阶段的网络数据分析功能（NWDAF，Network Data Analytics Function），有望成为 5G 核心网的核心功能，对网络切片运行状态的监测和智能保

障，将起到重要作用。除了 3GPP 目前在研究的几大用例领域，NWDAF 在切片的智能选择、切片自动负荷分担、网络功能备份的自动调整等切片保障方面，将有望带来更多的可能性。

4.3 E2E 切片智能运营

切片运营是 5G 网络新特性，与 4G 时代流量运营主要以个人用户为对象不同的是，切片运营主要针对垂直行业客户提供差异化 SLA 服务，同时也可以结合垂直行业应用，打包提供给个人客户，用户使用某类应用时，即自动享受绑定的切片服务，构建 B2B2C 的商业模式。

通常来讲，切片运营需要通过切片能力开放平台进行支撑，如图 4-5 所示。



图 4-5 智能切片运营

中兴通讯切片能力开放平台基于 PaaS 云化架构，可以向第三方提供切片服务的能力封装，帮助第三方自助定制、开通、运维切片，同时可以提供 DevOps 平台能力供第三方在线开发和运维切片相关的应用。

在端到端切片运营中，可以通过以下方面引入基于 AI 的智能能力增强：

基于意图的规划设计

引入意图引擎，将用户对切片的需求意图，自动转译为具体的网络语言和配置策略，指导

切片网络的规划、设计、构建和激活，实现切片运营的所想即所得。

行业用户智能画像

针对具体垂直行业的切片，对于同类切片的海量数据分析和挖掘，建立行业专用的切片画像，指导个性化的优化设置及行业应用拓展。

切片服务智能客服

对于切片自助服务门户，引入切片服务智能客服，提供智能化的交互、咨询、切片套餐推荐、个性化切片自助定制等服务。

5 展望及建议

2018 年世界电信和信息社会日 (WTISD-18) 的主题为：推动人工智能 (AI) 的正当使用，造福人类。人工智能技术正在与电信行业发展深度结合，带来电信领域智能能力的加速进化。

5G 时代的来临，电信网络也将从服务于人，走向全面服务于数字化社会。伴随 5G、AI、IoT 的融合发展，电信网络将成为新一代智能化信息中枢，为推动数字社会产业变革、塑造全新产业形态提供关键支撑，为社会发展和经济增长带来全新助力，推进人类社会进入万物智能互联的新时代。

挑战与机遇并存，5G 网络的智能化演进，将是一个长期的过程，需要结合运营商网络现状、云化转型进度、5G 及 IoT 等技术成熟度以及运营商网络演进策略等，分阶段逐步推进。在 5G 网络智能化领域，中兴通讯将持续投入研究和创新，为运营商 5G 网络建设和 5G 智能化发展提供全方位的专业支撑，以开放、合作、共赢为宗旨，与运营商及合作伙伴共筑智能新生态。

6 缩略语

缩略语	英文说明	中文说明
AGPS	Assisted GPS	辅助全球卫星定位系统
C-ID	Cell-ID	小区标识
CA	Carrier Aggregation	载波聚合
CAPS	Call Attempt Per Second	每秒试呼次数
CDN	Content Delivery Network,	内容分发网络
CQI	Channel Quality Indicator	信道质量指示
CSMF	Communication Service Management Funtion	通信业务管理功能
E-CID	Enhanced Cell-ID	增强型小区标识
MEC	Multi-Access Edge Computing	多接入边缘计算
MDT	Minimization of Drive-tests	最小化路测技术
MLB	Mobility Load Balancing	移动性负荷均衡
NSMF	Network Slice Management Function	网络切片管理功能
NSSMF	Network Slice Subnet Management Function	网络子切片管理功能
NWDAF	Network Data Analytics Function	网络数据分析功能
OTDOA	Observed Time Difference of Arrival	观察到达时间差
LSE	Lite SE	轻量级智能引擎

RCA	Root Cause Analysis	根因分析
RNIS	Radio Network Information Service	无线网络信息服务
RSE	Real-time SE	实时/准实时智能引擎
RSRP	Reference Signal Receiving Power	邻区参考信号接收功率
SE	Smart Engine	智能引擎
SINR	Signal to Interference plus Noise Ratio	信号与干扰加噪声比
SLA	Service-Level Agreement	服务等级协议
SN	Secondary Node	辅助节点
SON	Self-Organizing Network	自组织网络
SR	Segment Routing	分段路由
UTDOA	Uplink Time Difference of Arrival	上行达到时间差



扫码下载白皮书在线版