

ZTE中兴

中兴通讯

精准无线网解决方案
白皮书



目录

01

5G 使能垂直行业潜力巨大

02

垂直行业对 5G 网络带来新的挑战

03

精准无线解决方案

- 04 专网模式选择
 - 05 精准业务保障
 - 06 精准规划
 - 09 精准切片
 - 10 精准识别
 - 12 精准调度
 - 14 精准度量
 - 15 精准运维
-

04

精准无线方案实践

- 17 南方电网
 - 18 陕煤集团
 - 19 天津港
 - 19 湛江钢铁
 - 20 广州地铁
 - 21 南京滨江
 - 21 京东物流无人仓库
-

05

总结

06

缩略语

图目录

- 04 图 3-1 三种 5G 行业专网模式
- 05 图 3-2 精准业务保障需要的六大能力
- 08 图 3-3 垂直行业 5G 应用网络精准规划流程
- 11 图 3-4 业务流识别与 QoS 模板匹配
- 12 图 3-5 包特征识别
- 13 图 3-6 动态保守调度流程图
- 13 图 3-7 基于时延调度流程图
- 13 图 3-8 调度编排分类
- 14 图 3-9 时延分布和时延抖动分布图示
- 15 图 3-10 时延排障需要逐段分析
- 16 图 3-11 AAPC 天线权值自优化流程图
- 16 图 3-12 KPI 异动检测流程图
- 17 图 4-1 精准网络在电力专网中的应用
- 18 图 4-2 煤矿行业 5G 专网网络架构
- 19 图 4-3 天津港 5G 应用案例
- 19 图 4-4 湛江钢铁 5G 专网网络架构
- 20 图 4-5 5G+ 智慧地铁 1+3+X 架构
- 21 图 4-6 南京滨江 5G 智能制造
- 21 图 4-7 京东物流无人仓库 5G 应用案例

表目录

- 07 表 3-1 ToB 网络规划和公网规划的同异
- 08 表 3-2 精准业务建模典型用例



当前，新一轮科技革命和产业变革正在全球范围孕育兴起，以 5G、大数据、云计算、人工智能为代表的新一代数字技术日新月异，传统行业数字化智能化转型是大势所趋。2020 年初，政府明确提出加快 5G、工业互联网等新型基础设施的建设进度。作为新基建的核心引擎，5G 在支撑社会经济数字化、网络化、智能化转型方面潜力巨大。

全球领先运营商已经开始了这方面的探索。中国移动提出“5G+AICDE”融合创新的理念，推进“5G+Ecology”的生态共建，聚焦智慧工厂等 15 个细分行业；中国电信依托 5G+ 云网融合基础设施，打造数字化能力平台作为开放合作的核心载体，在智能电网、机器视觉、装备制造等领域做了开创性的探索；中国联通发布了“5G+ 工业互联网”行动计划，提出从数字赋能、创新驱动、生态协作等多个方面，全方位服务企业数字化转型升级。

垂直行业千差万别，对通信网络的需求也多种多样，在时延、可靠性、速率、自服务能力等方面与传统 ToC 领域有较大的差异。为了应对垂直行业应用带来的挑战，中兴通讯提出了“精准无线网”，通过精准规划、精准切片、精准识别、精准调度、精准度量、精准运维，为垂直行业的 5G 应用提供精准的业务保障，并为使用方提供可视的业务质量监测和自主运维能力，夯实 5G 应用千行百业的基础。



垂直行业对 5G 网络带来新的挑战

当前，行业数字化席卷全球，能源、工业制造、港口、交通等不同行业都在积极探索数字化转型。在数据传输环节，5G 技术以其特有的移动性，高带宽，低时延高可靠，广连接等优势，有望成为支撑行业应用的重要基础设施。

工业

工业领域的产值规模巨大，在智能制造升级的变革中，传统有线网络难以满足协同制造，柔性生产的要求，无线网络的优势开始浮现。机器视觉、自动搬运车、协作机械臂等应用和 5G 网络紧密结合，极大提升生产效率，降低了产品成本，是工业制造领域极具价值的应用。

电力

在智能电网的发展过程中，电力通信网作为智能电网的重要基础设施，保证电力业务的安全性、实时性、准确性和可靠性。智能电网的业务类型丰富，有无人机、智能巡检等大带宽的视频类业务，也有差动保护等低时延的控制类业务，还有高级计量、新能源等大连接业务。传统的电力通信网，覆盖不全面，建设维护成本高。依托 5G 公网，电力业务可实现快速接入，同时成熟的产业链可以大幅降低电网使用 5G 网络的成本。

行业应用对网络的需求千差万别，对 5G 网络带来的挑战主要体现在如下方面：

时延和可靠性：行业的一些高精尖业务要求网络 E2E 时延 <12ms，可靠性 >99.999%。例如智能电网的差动保护，工业的实时控制等。传统网络难以达到这个指标要求。

港口

现代港口随着时代的变迁，其功能也在不断变化和升级，自动化、网联化、智能化是港口变革的趋势。智慧港口在升级过程中出现了无人集卡、岸桥远控、智能理货等多个应用场景，5G 网络都在其中发挥着重要的作用。

矿业

采矿行业目前正进行着信息化的转型升级，智能矿山，无人矿山是其发展目标。矿山的生产环境恶劣，需要一个高效可靠的无线网络，使能矿山的人员和设备全面互联，提升作业效率，保障安全生产。

速率：行业应用的数据传输主要使用到网络的上行链路，例如工业领域的机器视觉和港口的远程岸桥类应用，主要传输图片和视频流，提出了单用户上行速率 100Mbps 甚至更高的要求，同时要求网络提供稳定的速率，速率波动会导致业务卡顿，生产受阻。



精准无线解决方案

“

面对行业应用提出的挑战，面向公众用户提供基础通信服务的通用移动网络显然是不适用的，通信运营商希望提供既能够快速部署，又满足业务极端要求，同时还有成本竞争力的专用 5G 网络。“精准无线网”正是中兴通讯针对行业应用场景提供的 5G 专网技术方案。

”

专网模式选择

5G 引入的网元虚拟化、架构开放化、编排智能化等发展方向，为 5G 行业专网服务能力的灵活化、定制化提供了有力的技术保障。5G 专网需要根据不同的应用场景进行定制化设计，以实现网络时延、安全隔离度、网络可靠性、网络带宽、上下行配比、峰值速率等重点因素的差异化能力，满足行业用户生产、办公、管理等应用的通信服务需求。

专网模式的选择需要充分考虑公网专网隔离度、部署成本、部署时间、运维模式等各方面因素。其中专网需要使用独立硬件，独立载波资源时一般称作物理专网；公网专网可以共享硬件或共享载波（包括基站 / 载波均共享，或者基站共享 / 频谱专用）时称作虚拟专网；虚拟专网又可以根据服务范围划分为：广域虚拟专网和区域虚拟专网。

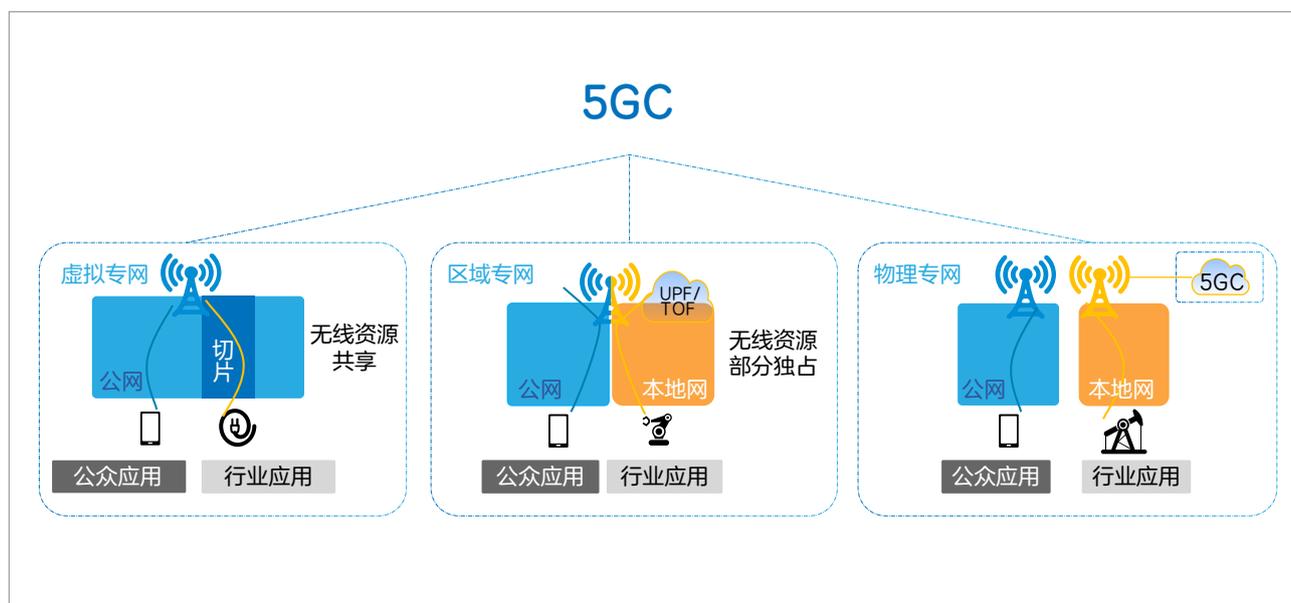


图 3-1 三种 5G 行业专网模式

5G 广域虚拟专网

5G 广域虚拟专网是指基于运营商 5G 基础网络资源，利用网络切片相关技术，为客户提供一张时延和带宽有保障的、与基础网络普通用户数据隔离的虚拟私有网络。从无线接入网、承载网到核心网，广域专网与公网端到端共享 5G 基础网络，通过灵活配置网络切片和资源预留等技术，按需为专网用户提供带宽、时延保障，及其他网络能力和服务。

5G 广域虚拟专网适用于覆盖范围广泛的专网业务，例如智能电网、智慧城市、智慧景区、新媒体、车联网等场景。

5G 区域虚拟专网

5G 区域虚拟专网是指以本地数据分流技术为基础，通过无线和控制网元的灵活定制，为行业用户构建的一张增强带宽、低时延、数据不出园区的网络。5G 区域虚拟专网通过 UPF 下沉或者部署 NodeEngine，为行业用户提供部分物理独享的 5G 专用网络，满足行业用户大带宽、低时延、数据不出园区的需求。

5G 区域虚拟专网产品适用于局域园区，例如：工业制造、交通物流、港口码头、高端景区、城市安防等。

5G 物理专网

5G 物理专网是指利用 5G 组网、切片和边缘计算等技术，采用专有无线设备和小型化核心网设备，为行业用户构建一张增强带宽、低时延、物理封闭的基础连接网络，实现用户数据与运营商公众网络数据完全隔离，且不受公众网络影响。

该模式下行业用户网内业务数据及终端 / 用户行为信息完全保密，物理专网与运营商公众网络端到端完全隔离，从无线接入网、承载网，到核心网用户面 + 控制面，端到端均为行业用户单独建设，提供物理独享的 5G 专用网络，满足行业用户大带宽、低时延、高安全、高可靠的数据传输需求。

5G 物理专网适用于局域封闭区域，例如矿井、油田、核电、高精制造等。

精准业务保障

尽管行业应用种类多，差异大，但是具体到单个终端、单个应用，其部署场景、业务流特征、业务流的传输要求又是非常明确且稳定的。因此对于行业应用的业务保障，就必须在明确场景、明确业务属性、明确业务传输要求的基础上，恰当应用无线网络功能，合理分配无线资源，并且持续根据运行状态进行调整，才能实现既保障业务体验，又有较高的无线资源利用效率，使 5G 行业专网具备必要的商用竞争力。

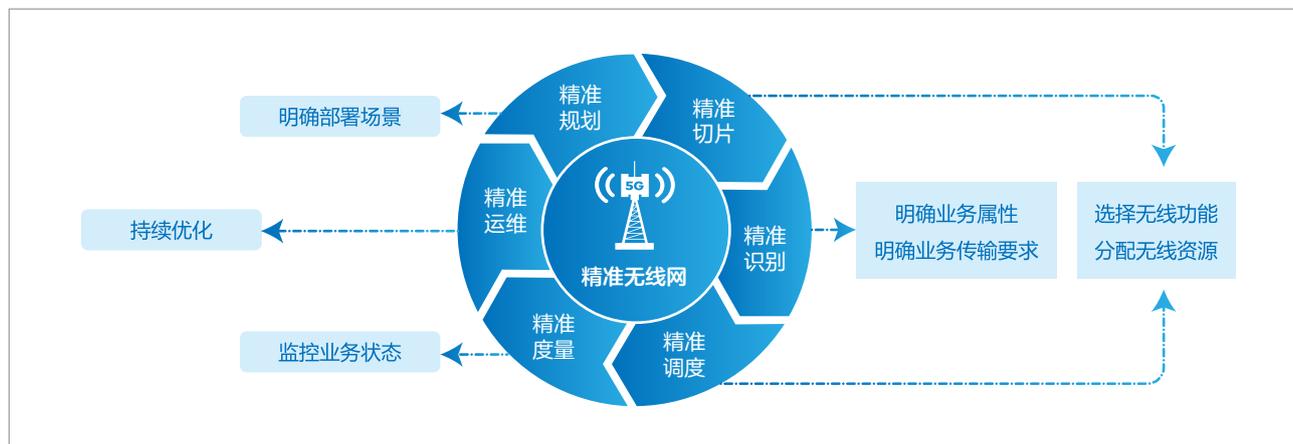


图 3-2 精准业务保障需要的六大能力

精准规划

网络能力设计

行业应用场景广泛，业务种类繁多，对网络性能指标提出了超高的标准，需要针对性地进行网络能力的设计和匹配。

• 超低时延

普通消费者应用对业务时延不敏感，而行业应用包括工业控制、远程控制等业务，对网络时延普遍明确要求在 20ms 以下。针对时延要求高的业务，可考虑在靠近行业应用的位置按需部署本地分流，实现行业应用的本地处理，减少回传时延，提高响应实时性。另外对于 <10ms 的极致时延要求，现有 eMBB 业务难以满足，需要引入 5G URLLC（如引入 mini-slot、低码率 MCS 表、slot 重复等新技术）特性来继续提升网络的低时延能力。

• 超高可靠性

行业应用场景涉及到工业生产、远程控制等业务，对业务的可靠性提出了更高的要求（99.99% - 99.9999%）。为了达到给定的业务可靠性，系统可用性和链路可靠性都需要满足需求：

系统可用性：受限于其中每个节点的可用性，如某个节点的硬件可用性不满足要求时，可以通过硬件备份，如 CPE 主备、BBU 主备等提升设备的可用性指标；

链路可靠性：受限于每段承载的可靠性，各段承载应采用相应的技术来保障可靠性，例如针对空口承载的双层网技术，针对地面承载的多路冗余传输技术。

• 上行大带宽

大量的行业应用如高清视频监控、机器视觉等感知类业务，需要把实时视频流或采集信息回传至服务器，所以对上行容量要求较高。针对行业的大上行带宽需求，可优先采用保障上行容量的帧结构如 1D3U、载波聚合技术等对上行容量进行增强。

极致的可靠性和时延能力对应无线网络的物理层增强设计，是以整个无线频谱的效率下降为代价的，可靠性、大带宽、低时延三者是一个可以资源互换的关系，也就是网络的能力在时延 / 可靠性 / 带宽三个维度是具有弹性的，实际网络需要通过精准的网络规划，精准的资源分配和业务编排，从而达到优化容量、提升效率的目标。

网络规划

区别于传统 eMBB 网络规划，针对行业应用的精准网络规划有明显的差异：

- **由面到点**

传统 eMBB 的网规主要关注网络整体的性能，而针对行业的精准网规关注单个终端为粒度的性能。

- **需求模型从一维到三维**

传统 eMBB 的网规是基于假定的业务带宽作为话务模型，而针对行业的精准网规基于明确的业务带宽、时延、可靠性三维需求来规划。

- **场景从假设到明确**

传统网络无线覆盖以建筑物高度和密度划分无线覆盖环境类型，而行业无线环境明确且复杂，需要针对具体场景进行特征分析。

如前所述，5G 专网包含广域虚拟专网、区域虚拟专网以及物理专网 3 种模式，针对不同的组网模式，专网的规划各有侧重。

ToB 网络规划和公网规划的异同评估如下表：

5G 网络规划要素分析	ToC 网络	广域虚拟专网	区域虚拟专网	物理专网
模式特征	大网络提供服务	依托大网提供 ToB 服务	ToB/ToC 混合组网，UPF/NodeEngine 下沉至园区	物理隔离，定制的专用网络
频率	ToC 频率	与 ToC 共用频率	与 ToC 共用频率或采用专用频率	
无线覆盖环境	密集城区，一般城区，郊区，农村，特殊场景	与 ToB 无线环境相同	工业园区，矿井，隧道，港口，海洋，高空等	
业务种类	视频，游戏，文件传输，Web 浏览，即时通信等	无人巡检，电力差动保护，储能接入，机器视觉，视频监控，远程控制，无人车等		
QoS 要求	终端用户尽力而为，网络级 KPI	明确 QoS，用户级保障		
覆盖规划标准	区域统一覆盖标准，连续覆盖	基于 QoS 提供差异化覆盖，覆盖业务区域		
容量规划标准	区域整体容量需求	满足所有接入终端带宽需求		
站点规模规划	满足容量和覆盖的最大值	计算容量和覆盖耦合后站点规模		
规划工具	仿真工具 Atoll/Planet/CXP/Aircom，大数据平台			

表 3-1 ToB 网络规划和公网规划的异同

精准网络规划的工作流程如下：

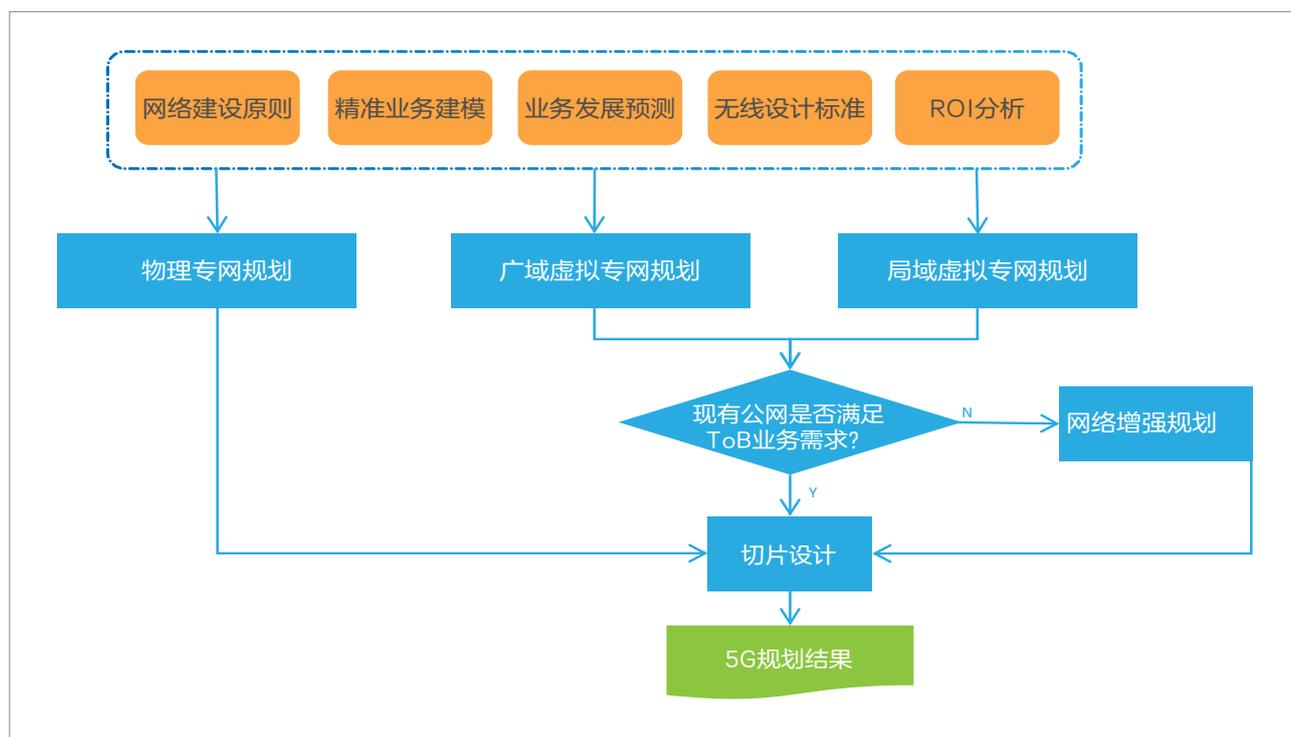


图 3-3 垂直行业 5G 应用网络精准规划流程

精准网络规划综合分析包含网络建设原则，精准业务建模，业务发展预测，无线设计标准和 ROI 分析：

网络建设原则：行业客户明确是建设 5G 物理专网还是虚拟专网；

精准业务建模：基于大数据的 AI 学习和算法可以实现 ToB 业务的精准建模，给出明确的业务带宽，时延，可靠性需求，业务建模举例如下：

	行业类型	具体应用	时延	带宽	可靠性
行业专网 2B 典型业务	智能制造	远程操控	≤ 20ms	上行 ≥ 50Mbps 下行 ≥ 20Mbps	99.99%
		实时控制	<10ms	>3Mbps	99.99%
		机器视觉	<100ms	上行 100M~1Gbps	
	智能电网	配网差动保护	≤ 12ms	2~10Mbps	99.999%
	智能交通	远程遥控驾驶	2ms~20ms	-	99.999%
	AR/VR	远程专家指导	< 200 ms	上行 25Mbps 下行 25Mbps	

表 3-2 精准业务建模典型用例

业务发展预测：网络规划在设计空口容量时，需要为未来网络业务发展预留空口资源。ToB 业务来源于行业客户对于未来上线业务种类，数量的规划。如果网络同时承载 ToC 业务，可以基于历史数据进行智能预测。

无线设计标准：在完成行业覆盖环境特征分析，业务建模和预测后，明确无线网络设计标准，即明确覆盖电平，小区可提供容量，频率策略，增强技术选择等。

ROI 分析：为实现 ToB 网络的价值投资，基于大数据 +AI 的规划平台，针对不同 SLA 等级的网络建设投入、运维投入进行成本建模核算，网络效益综合考虑运营模式、效益提升、分成模式、量化分析，网络投资回报一目了然，最大化的利用现网资源，实现高效的 ROI 投资收益比。

精准网络落地规划包括物理专网规划和虚拟专网规划：

物理专网主要承载行业业务，基于行业业务分布地图(包含带宽、时延、可靠性等 QoS 要素)进行网络拓扑设计、站点选型、站点选址等。

虚拟专网包含广域和区域专网，主要是依托现有 ToC 网络进行网络规划，根据行业业务分布地图(包含带宽、时延、可靠性等 QoS 要素)，网络 ToC 占用资源评估，地理化分析现有公网是否可以满足 ToB 业务需求，如果不能满足，需要进行局部的网络增强规划，进行产品选型，拓扑设计，站址规划，频谱策略等，并完成切片资源的精准计算。

精准切片

网络切片是将运营商网络进行逻辑划分，从而把一个物理网络虚化出多个逻辑上的虚拟网络。不同等级的业务数据可以在不同逻辑层面的网络切片上传输，从而满足不同业务场景对网络的数据传输速率、安全性、可靠性等多方面的差异化需求。

在一个物理网络承载多个逻辑切片的环境下，怎样精准地分配、管理和调度系统资源，以便更好地满足各切片不同需求是实现规模商用的关键。

切片资源管理

无线网络切片的资源管理涉及切片所需资源的精确计算和相应的无线资源的分配及管理。

① 切片资源精准计算

基于前述网络规划的切片资源精准计算，可以准确配置各网络切片所需的无线资源。

② 无线资源精准分配及管理

无线资源一般按照用户数、DRB、PRB 等方式来划分，系统按照各切片的业务资源需求来划分相应的无线资源，从而优先保障切片的业务需求，同时也进一步提高切片网络的安全性。除了常规的单切片独立配置资源以外，系统还支持将多个切片划分为一个切片用户组，并支持为其预留一定无线资源。无线切片预留的资源一般可配置为三部分：

专用资源：仅切片用户组内用户可用。

优先资源：优先保障切片用户组内用户的业务需求，有剩余时非该切片组内用户可用。

共享资源：所有用户基于 QoS 公平使用。

上述三种切片资源除静态配置以外，还可以针对有明显业务周期性特征的情况，采用日历化的切片资源预留方式来提升整体资源利用率。

针对不同切片组之间差异化的保障需求，系统通过切片组的接纳控制和资源调度来进行细化管理。

切片业务编排

5G 切片网络承载了大量不同种类的业务，各种业务的性能指标要求差异较大，切片网络需要借助智能化的切片业务编排来实现基于业务特性的切片级系统参数配置。除了定义每个切片的资源占用以外，运营商还可以灵活定义每个切片可以使用的业务类型及数量，我们可通过 QoS 模板来定义业务类型，每个 QoS 模板主要包括业务描述和无线功能描述：

① 业务的描述

业务流 QoS 属性和需求的参数；

标识业务流的信息，比如特定的 5QI，或 IP 五元组以及应用类型，例如视频业务，AR/VR 业务，控制类业务等；

② 无线功能的描述

保障 QoS 需求的无线资源调度功能集合，以及对应的参数配置；

精准识别

在行业应用的场景中，涉及的业务类型多，差异大，无线网络要实现业务的精准保障，首先要准确了解业务属性，以及各业务对数据传输的要求，才能匹配适用的无线资源调度功能，设置恰当的参数，达到预期的结果。

在 5G 基于流（QoS flow）的 QoS 框架下，指示业务属性和传输要求的 QoS 属性和参数都是在核心网静态配置的，以保证用户发起业务时能获得相应的 QoS 保障。在行业应用的场景中，因为涉及的业务类型多，差异大，变化快，完全通过切片 +5QI 静态配置 QoS 属性和参数不能实现高效且精准的业务保障，为此，需要考虑动态业务流特征识别，以及更进一步的包特征识别。

业务流识别

业务流识别包括静态匹配和动态匹配两种方式：

- ① **静态匹配业务流：**针对部分已在核心网签约中明确配置的业务流，一般会使用特定 5QI，RAN 可直接通过 QoS flow 的“切片 +5QI”信息匹配到 QoS 模板；一般适用于业务属性要求已很明确的场景，例如 ToC 网络中的语音业务的属性和保障方式都已经很明确，即可以通过特定 5QI 固化下来。静态匹配的优点是简单固化，但也存在一些缺点：

细分粒度不够：

3GPP 协议中标识业务类型的 5QI 一共只有 255 个：其中 1~127 用于 3GPP 有明确定义的标准 5QI；128~255 用于运营商可以预定义的 5QI，面对千行百业的各种业务，仅从时延和可靠性的角度来看，这些 5QI 也是不够的；

效率较低，增加运维成本：

基于用户签约静态配置 QoS 属性和参数，也就是说网络提供的 QoS 保障是与 SIM 卡绑定的，这就需要：

签约发卡时：需要充分了解行业应用的实际业务，确定并匹配差异化的 QoS 属性和参数，这对运营商和行业客户都是较大的挑战；

部署业务时：需要做到 SIM 卡、无线终端、业务设备的准确匹配，任何的不匹配或者变更都会影响业务的 QoS 保障，对行业客户的运维提出了较高的要求；

- ② **动态匹配业务流**：针对没有在核心网签约中明确配置的业务流，一般会使用默认 5QI，RAN 通过分析数据流，确定 IP 五元组，应用类型，然后匹配 QoS 模板；动态匹配的普适性较高，特别是专网部署初期，网络和业务之间尚处于磨合期。动态业务流识别对运营商和行业客户带来的主要收益包括：

扩展业务类型

支持针对每一种业务定制 QoS 保障策略，不再局限于 3GPP 定义的 5QI。

简化运维，提升运维效率

QoS 保障自动匹配到对应的业务流，这样签约发卡时，所有 SIM 卡都可以配置为默认 5QI；业务部署时，可实现 QoS 保障与 SIM 卡、无线终端的解耦，大大降低运营商和行业客户的运维管理工作。

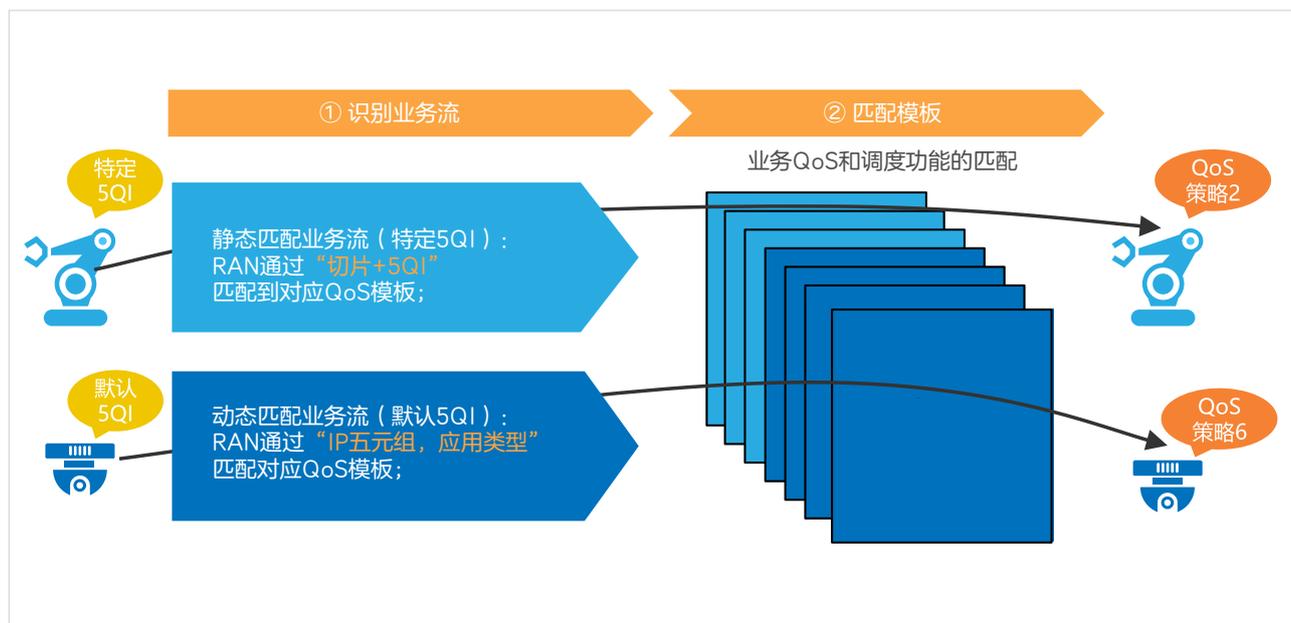


图 3-4 业务流识别与 QoS 模板匹配

包特征识别

在行业应用的场景中，虽然涉及的业务类型多、差异大，但是单个业务流承载应用数据却更单一。从数据包特征来看特点也更明确，进行针对性优化的空间也越大。因此为了进一步提升无线资源的使用效率，无线网络不仅需要识别业务流，还需要更精细化的包特征识别，并针对包特征匹配无线资源调度功能和参数。

① 包识别的方法：

基于 DPI：对数据包各种协议特征进行分析、提取、识别数据报文类型。

基于在线推理：针对特定业务的包特征预先进行离线学习，获得能够识别包特征的模型，然后在线部署并在线推理，获得包特征。

② 包识别结果:

包属性:

包间隔 / 包大小 / 上层协议类型

包类型: 视频 - I 帧 / P 帧、远程操控 - 控制指令 / 任务信息

包要求:

包时延: 基于包间隔确定包时延

包可靠性: 基于包类型确定包可靠性。例如: 视频业务中 I 帧的丢包率为 10^{-6} , P 帧的丢包率为 10^{-3}

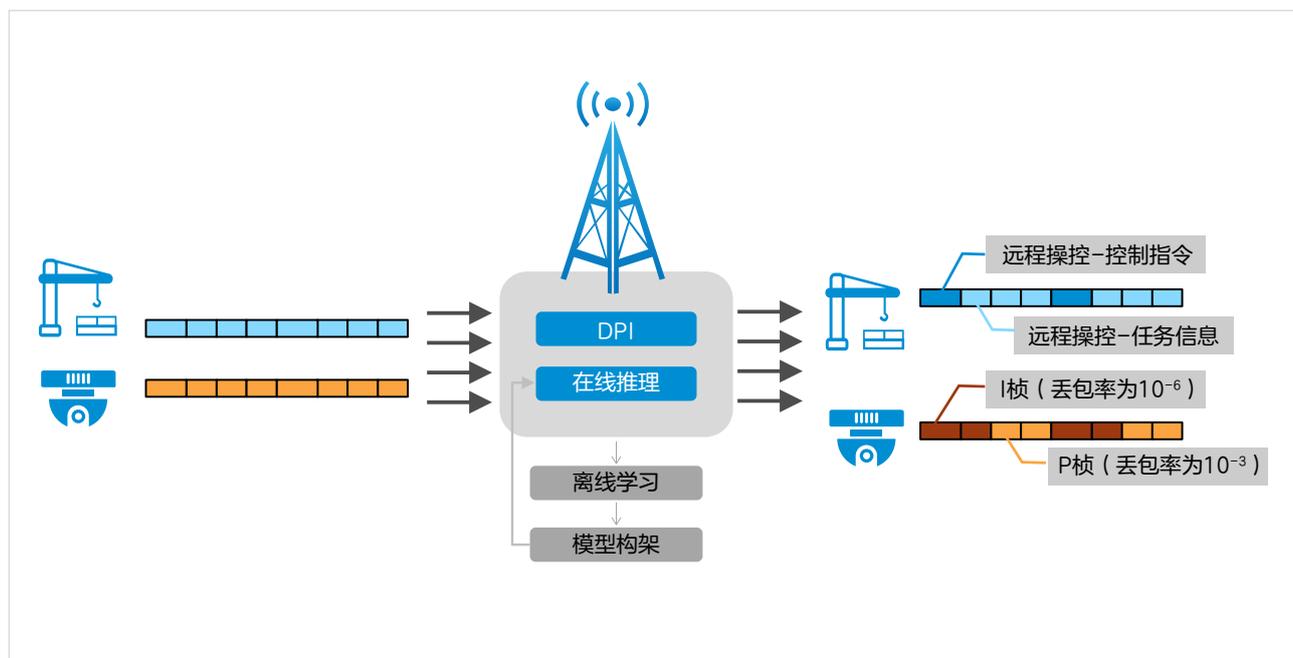


图 3-5 包特征识别

精准调度

在行业应用场景中，关键业务往往对传输时延和可靠性的要求特别高，无线网络要提供有商业竞争力的精准保障方案，不仅要支持精准识别，还要增强调度能力，完善调度编排，以实现高效的业务保障。

调度增强

在行业应用场景中，部分业务因为涉及生产作业的安全和效率，对数据传输和时延的可靠性非常高，这就需要无线网络进一步增强无线资源管理调度的能力，切实保障业务的低时延和高可靠，主要功能包括：

① 动态保守调度

在保障业务可靠性要求的基础上，根据空口状态调整调制编码参数，例如：

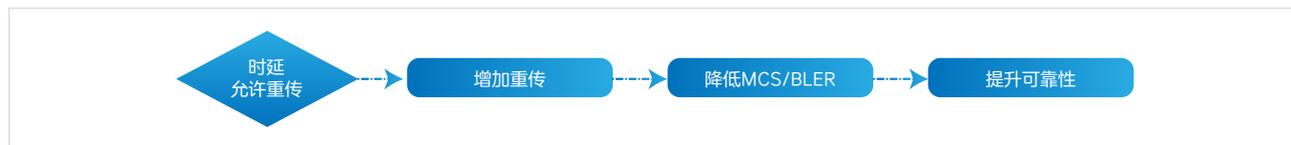


图 3-6 动态保守调度流程图

行业应用 99.999% 甚至更高的可靠性要求，完全依赖保守的调制编码参数，会导致无线频谱效率过低，影响无线网络的商用价值。

② 预调度增强

在精准配置预调度周期和数据量的基础上，动态调整预调度的起始时间，匹配实际业务数据上行发送的时刻，以进一步减少上行数据传输时延。

③ 基于时延调度

如下图所示，根据等待调度的时间，动态选择按优先级排队，或直接调度分配资源。在保障业务时延要求的基础上，优化无线资源利用效率。

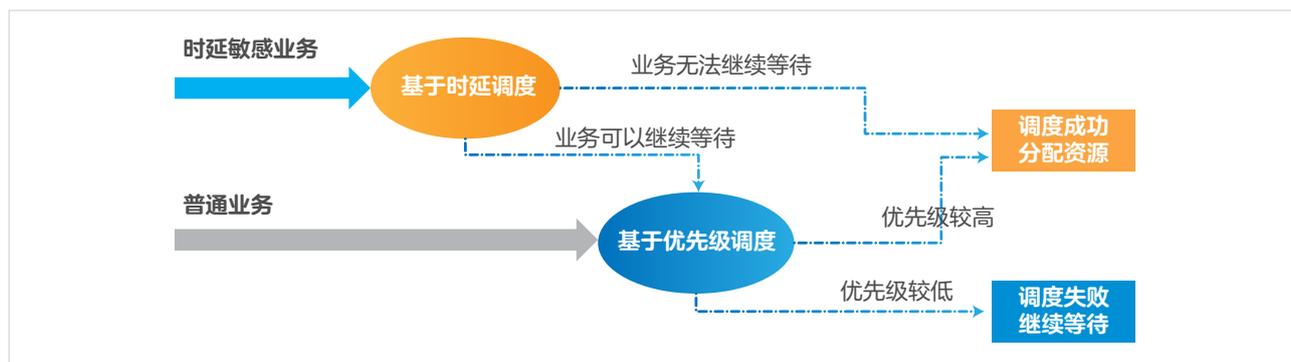


图 3-7 基于时延调度流程图

调度编排

调度编排是指为了高效的实现 QoS 保障，基于无线环境感知，进行“业务属性和传输要求”与“无线资源管理调度功能和配置”之间的精准匹配，按应用场景和实现机制的不同，可分为以下几种：



图 3-8 调度编排分类

精准度量

在行业应用场景中，通信的主体以机器为主，业务 QoS 的达成度直接决定机器是否正常工作。所以行业客户十分关注业务体验，关注数据传输的时延可靠性，这就要求无线网络不仅需要通过精准调度保障业务的传输要求，还需要将性能统计的粒度细化到每个业务流，尤其需要在时延方面提供更精细的呈现，以便行业客户更好的监控业务状态。

流级性能统计

在行业应用场景中，无线网络需要提供业务流级的性能统计，才能满足行业客户监控业务体验的要求，因为：

- ① 行业客户要求每一个业务的数据传输要求都得到满足，度量粒度精准到每一个业务流，才能有效监控业务体验；
- ② 行业应用很多业务用于机器和机器之间的通信，无线网络提供的业务流性能统计，可以有效呈现业务状态；

在 5G 基于流（QoS flow）的 QoS 框架下，业务流级的性能统计就是针对每个 QoS flow 都可以提供性能统计，其中主要的指标包括：

- 业务速率（上行，下行）
- 报文数量（上行，下行）
- 丢包率（上行，下行）
- 报文时延（上行，下行）
- 报文时延抖动（上行，下行）
- 保持时间

时延度量

在行业应用场景中，很多业务的传输时延会直接影响生产作业过程的效率和安全，如果时延度量的结果只呈现统计周期内的平均值，既不能准确反映业务状态，也不能有效进行时延优化。因此时延度量还需要支持其他统计指标，主要包括时延分布和时延抖动分布：

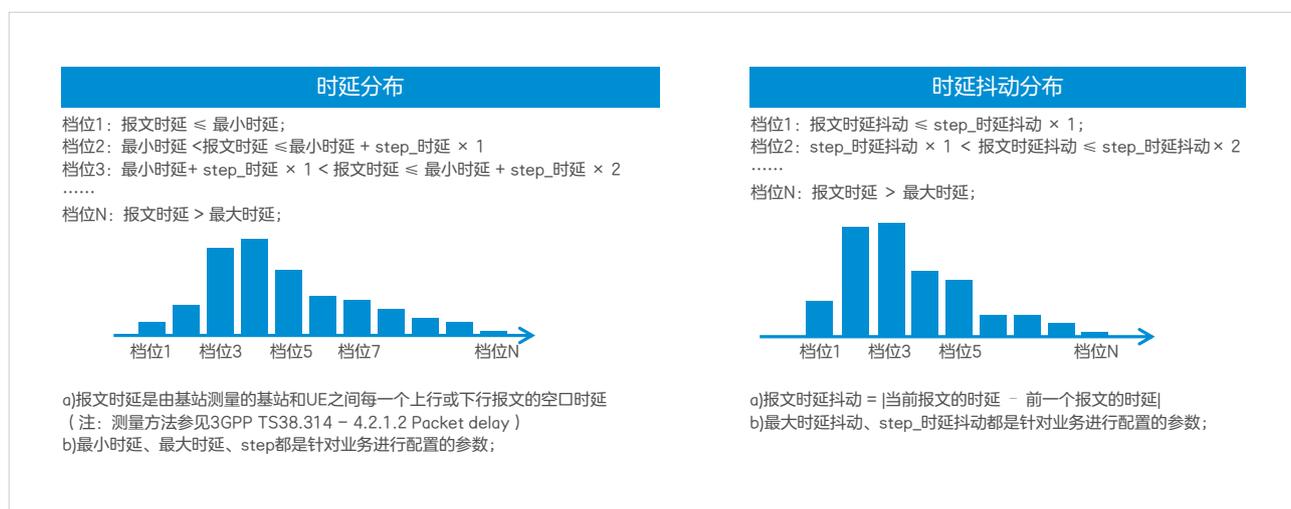


图 3-9 时延分布和时延抖动分布图示

精准运维

针对 ToB 的场景和需求,中兴通讯在现有运维系统里面,进行了针对性的各类功能的增强,提升 ToB 网络运维的针对性和效率。

切片自配置

ToB 业务有六大典型场景:上行大带宽业务、低时延抖动业务、低时延大带宽业务、高可靠业务、广域上行大带宽业务和大连接业务。因业务种类繁多,切片配置策略多变,切片参数复杂,对人员技能要求高,而 ToB 建网初期,缺乏熟悉 ToB 业务的工程师,如何有效的解决切片配置任务,必须借助高效的切片工具来完成;

切片管理工具会将切片子网的 SLA 要求转换成基站配置参数并通过 UME 网管下发到基站完成自主开通,大幅降低人员技能需求,有效提高了切片部署的效率。

时延排障

ToB 业务对时延的敏感程度远超 ToC 业务,如何进行有效的时延问题端到端排障,分段说明各网元的时延问题占比情况,是解决时延问题排障的关键。

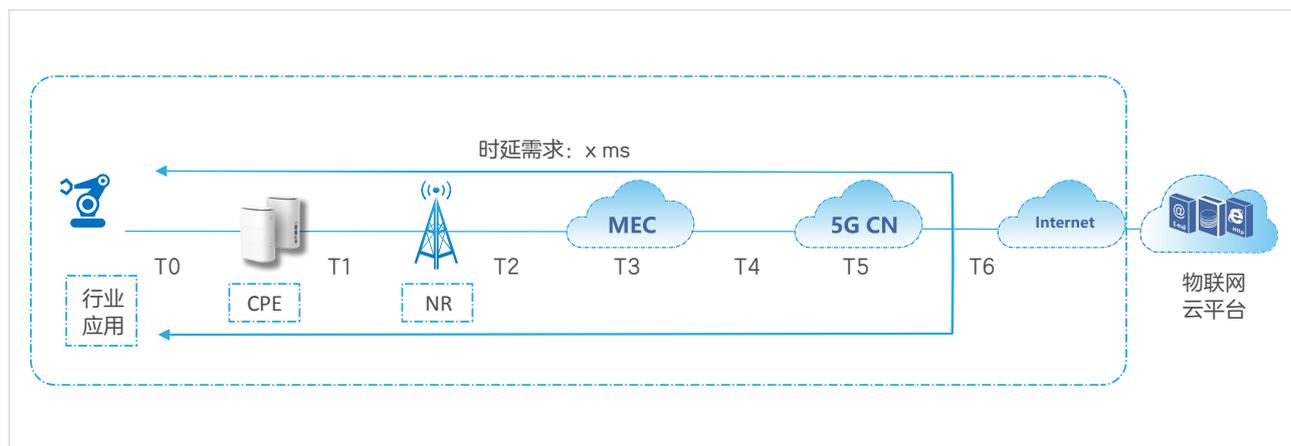


图 3-10 时延排障需要逐段分析

中兴通讯有多种时延问题解决方案,如:

NodeEngine 解决方案,可以按需对业务接入小区和链路进行 ms 级时延监控,对监测的时延抖动,可进一步做统计处理,上报网管平台,并能进一步对接运营商 NSMF 等能力开放平台;

QoS Monitoring 技术测量的解决方案,能帮忙行业用户进行端到端的时延问题定界定位,可提供切片级和用户级的切片时延管理;

天线权值自优化

AAPC(Antenna Automatic Pattern Control)方案采用人工智能搜索算法,基于测试报告数据实现自动采集数据、自动优化分析、自动下发权值和自动验证结果的全流程自动优化,使得 Massive MIMO 上万种天线参数权值的优化成为可能,大大提高了网络优化效率,并可以结合 ToB 业务的 UE 位置、轨迹和运动周期进行优化,提升 ToB 网络的灵活性和针对性。

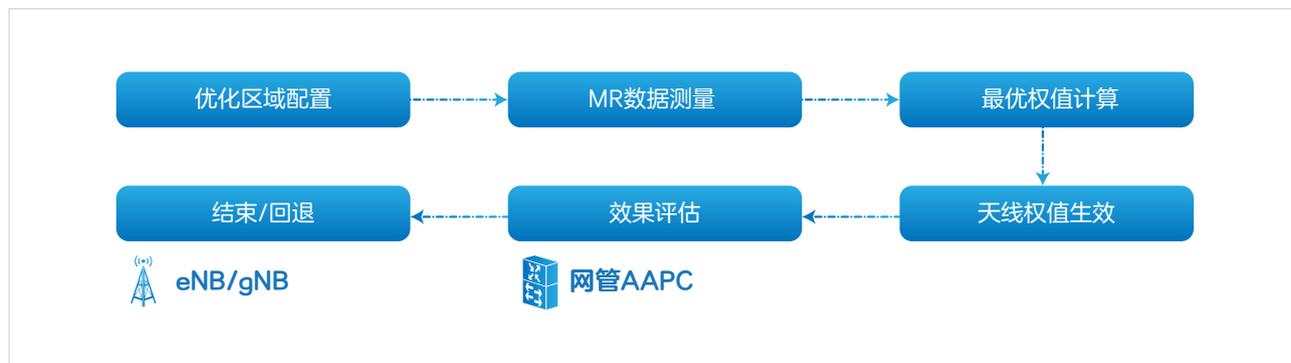


图 3-11 AAPC 天线权值自优化流程图

KPI 异动检测

KPI 异动往往预示着网络某个层面出现问题,运维人员每天面对成百上千 KPI 变化和大大小小的告警处理,很多时候疲于奔命,对 KPI 监控无法做到精确化和快速化处理,经常等到用户投诉了才发现 KPI 的异常,才启动处理流程,十分被动。中兴通讯无线智能运维系统借助 AI 人工智能,结合机器学习和专家规则来实现无线网络 KPI 的异常检测和故障诊断的自动化,相当于一个 24 小时运行的“网络健康监测和诊断仪”,为网络医生们提供数据分析和根因诊断。在 ToB 场景下可以提供基于业务流级的 KPI 异动检测分析功能。

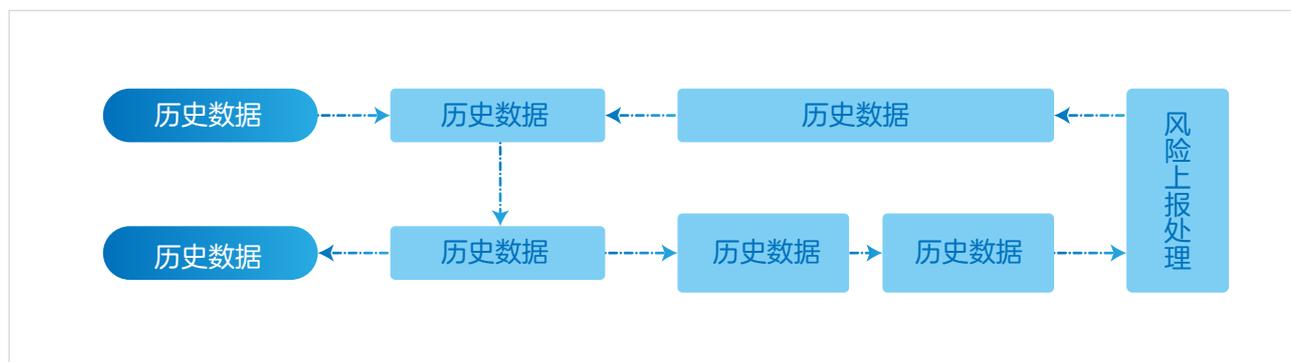


图 3-12 KPI 异动检测流程图



南方电网

电力 5G 应用包含“发输变配用”环节，覆盖区域广、业务种类多、QoS 差异大，终端数量达到 10 亿量级；同时电力系统有安全分区物理隔离要求。在运营商 5G 商用网上如何识别和分别保障所有业务具有很大的挑战。

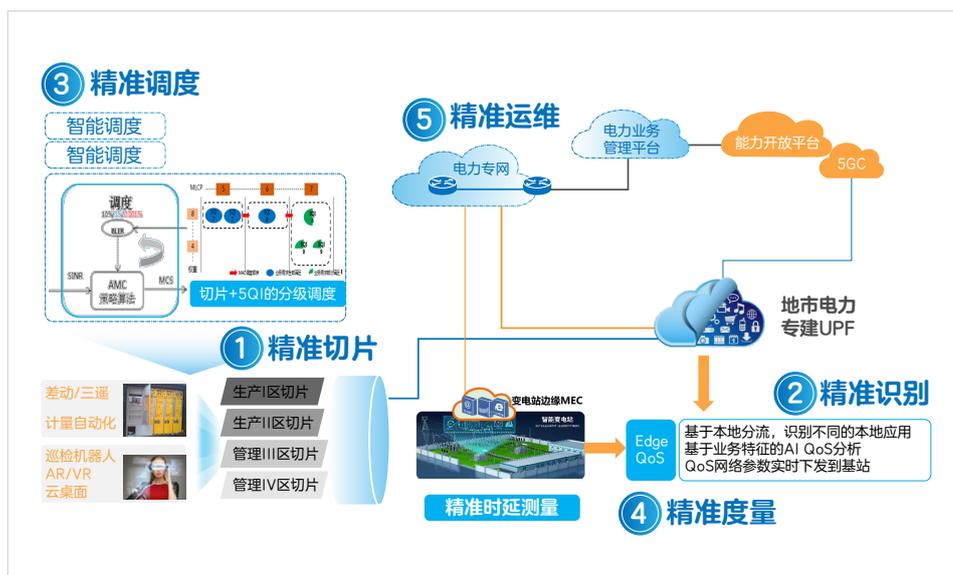


图 4-1 精准网络在电力专网中的应用

南方电网联合运营商，在广州南沙区域建立了以明珠湾为核心的全球规模最大、覆盖场景最全的 5G+ 智能电网应用示范区。中兴通讯作为该区域的无线设备供应商，验证了无线精准方案对电力场景的支持：精准切片下按安全分区划分电力切片，切片 +5QI 颗粒度的参数设计满足电力单切片内多业务的需求；精准调度保障差动业务在运营商商用网下 15ms 单向延时及 99.99% 可靠性的指标要求；精准度量为时延敏感电力业务提供 ms 级时延分布测量手段；精准识别可以降低电力广域虚拟专网的资源消耗；精准运维让电力用户在电力平台上可以清晰地看到网络通道及终端的运行状态。

陕煤集团

矿山行业由于环境复杂危险，安全生产第一位，对少人化、无人化的智能化转型具有迫切要求。陕煤集团联合运营商、中兴通讯打造 5G 示范区，验证 5G 精准网络服务智慧矿山的能力。

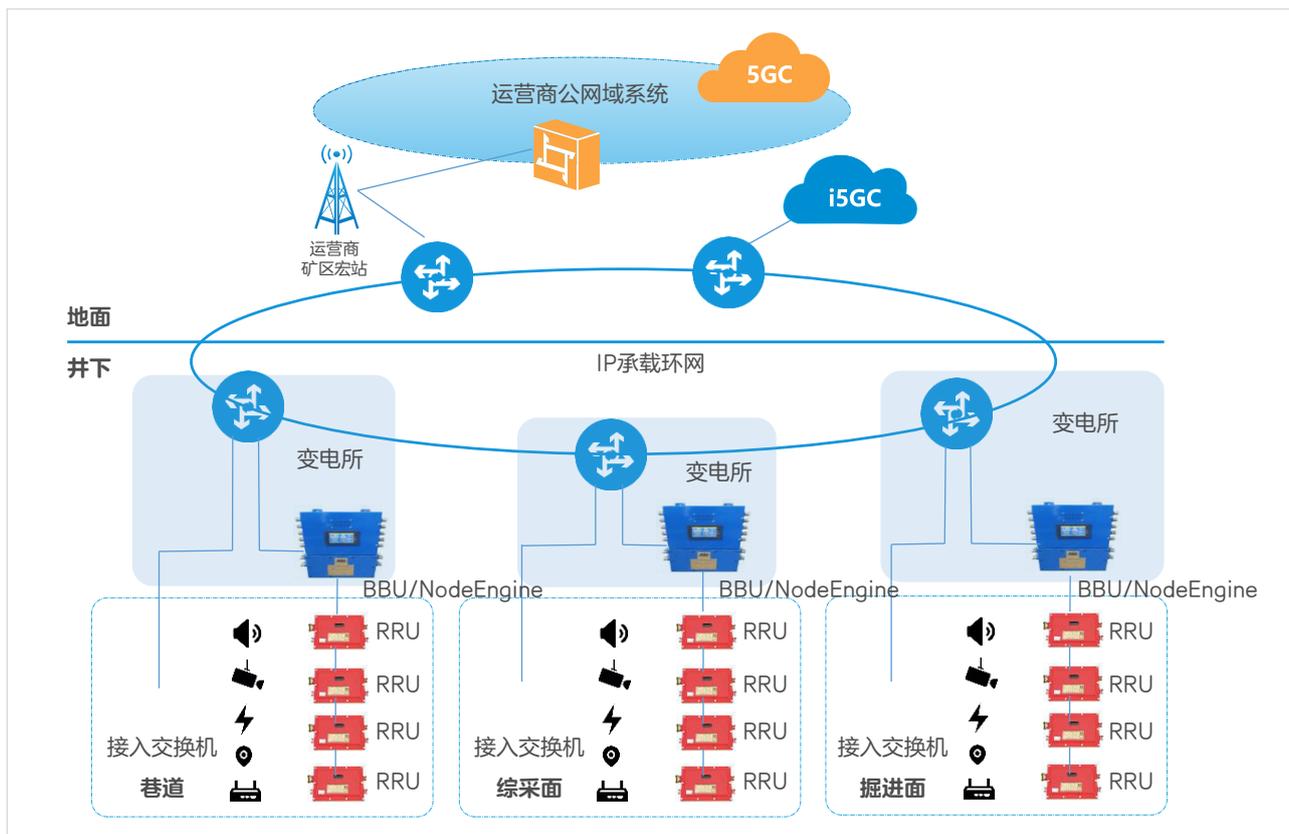


图 4-2 煤矿行业 5G 专网网络架构

矿山分为地面和井下，在 5G 网络架构选择上，地面选择 5G 虚拟专网，采用切片的方式进行隔离；井下选择 5G 物理专网，独立建设 5G 网络。在业务应用保障方面，针对矿山环境摄像头密集的视频监控场景，使用 1D3U 帧结构，满足矿井复杂环境对无线网络上行大带宽的需求；同时，针对矿井控制类应用，比如远程操控，自动驾驶等，5G 精准无线网络可以提供精准的时延和可靠性保障，减少生产现场的人员需求。

天津港

无人集卡、智能理货、远程岸桥和轮胎吊等智能应用能大幅提升港口协同作业能力和工作效率，但这些应用在使用传统的光纤或 WIFI 网络中都遇到了很多的问题。为此，天津港联合运营商和中兴通讯，在天津港部署 5G 物理专网基础设施。

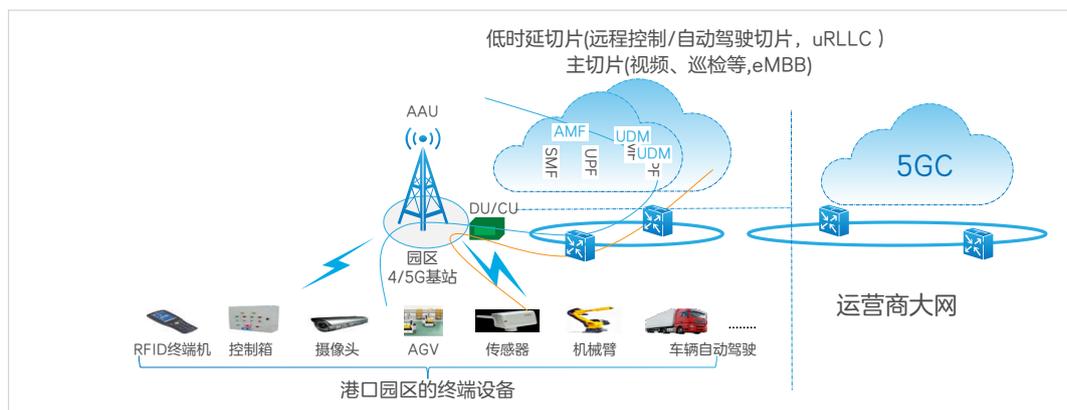


图 4-3 天津港 5G 应用案例

港口的业务集中，在一个 5G 小区下会集中远程岸桥，智能理货，无人集卡等多个业务。精准规划通过对港口各项业务建模，精准规划站点和配置参数；精准调度充分保障远程岸桥操控的端到端时延低于 20ms，并针对多视角视频回传提供稳定的速率保障；港区内 25 台无人集卡在 5G 网络使能下已能实现港区内自动驾驶。天津港 5G 精准网络已经完成试点验收，投入商业运营，初步实现了港区自动化、智能化的目标，作业效率持续提升。

湛江钢铁

为贯彻落实国家《中国制造 2025》行动纲领，宝武钢铁湛江钢铁有限公司和运营商、中兴通讯合作，希望借助 5G 技术实现钢铁行业工厂、设备的智能化升级和转型，提升生产效率、管理效率，减少人工投入。

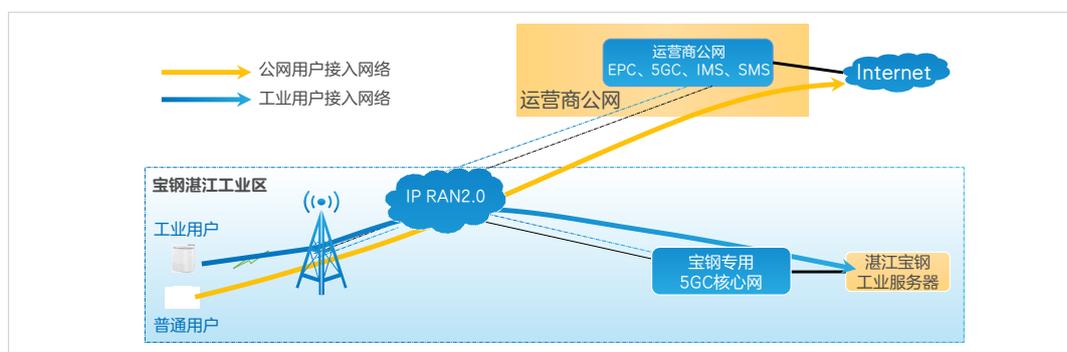


图 4-4 湛江钢铁 5G 专网网络架构

湛江钢铁 5G 专网采用了核心网专建、传输和无线与公网共享的组网方式。试点业务为高炉部分皮带机智能监测，该场景通过皮带机旋转设备在线监测、皮带机轨道巡检机器人、尾轮失速检测等技术，实现关键设备在线监测及诊断。针对试点业务需求，利用精准切片，在网络上部署了公网默认切片、专网默认切片、专用机器人切片，实现公网的业务隔离，达到差异化保障需求。该项目在完成对炼钢、轧钢、焦炉等设备的数据监控及智能化改造后，将减少危险岗位的人员投入；并提升管理效率。

广州地铁

针对地铁运营管理中面临的监控视频常拥塞、应急响应时延大、网络灵活性不足、客流预测准确率低、客流监测滞后等痛点，2019年中兴通讯联合运营商、广州地铁启动了5G智慧地铁示范项目。

项目创新地采用了“1 + 3 + X”整体架构，包括：

一张基于地铁业务量身定制的5G专享网络：以运营商5G网络为基础，通过专用MEC + UPF下沉、站厅站台5G QCell数字室分精准覆盖和端到端地铁业务精准切片，实现了地铁多业务的融合承载和不同业务差异化网络性能需求的精准保障。

三大应用领域的X应用场景示范：项目聚焦车站运营管理、乘客出行服务和列车基地维修三大领域，验证和示范了5G智慧安检、5G移动高清视频监控、5G AR眼镜安防、5G地铁边门求助、5G高精度室内定位和5G列车基地维修等多个地铁应用场景。



图 4-5 5G+ 智慧地铁 1+3+X 架构

南京滨江

在工业应用实践中，5G 仍然面临着网络安全、可靠性、时延抖动、上行带宽等一系列问题。中兴通讯联合运营商，依托中兴通讯南京滨江 5G 智能制造基地，在滨江工厂内建设了一张基于精准网络的 5G 企业虚拟专网，践行“利用 5G 制造 5G”理念。

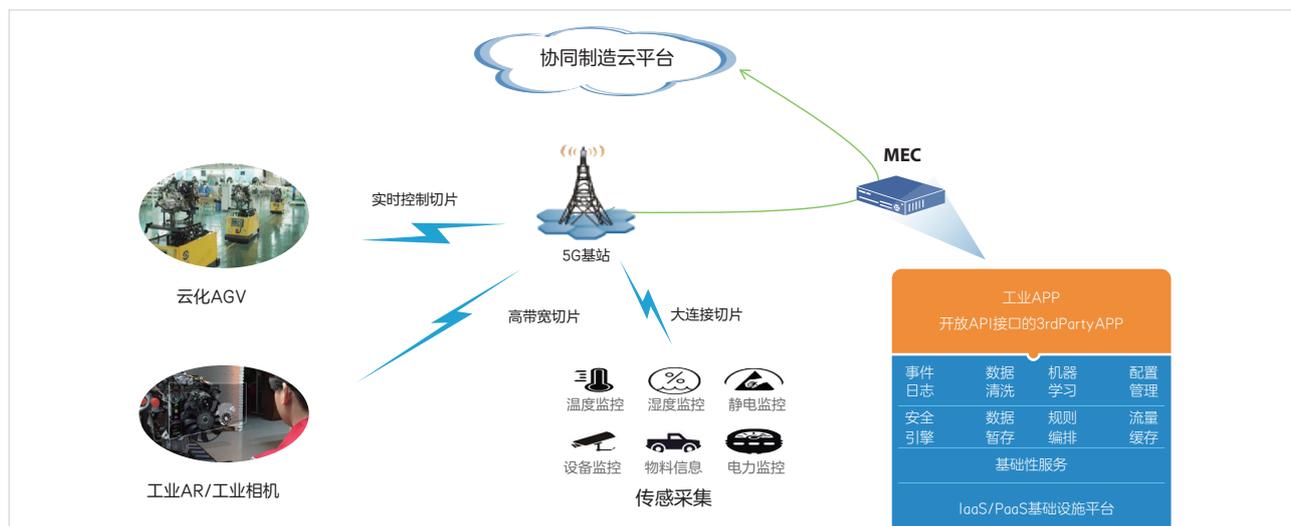


图 4-6 南京滨江 5G 智能制造

项目依托中兴通讯自身在 5G 技术方面的优势，以构建先导应用场景为切入，以虚拟企业专网为基础，推动 5G 技术与工业网络、工业软件、控制系统融合，集成打造特定场景下的 5G 工业应用，包括工厂数据采集、5G 机器人、5G 云化 AGV、基于 5G 的云化视觉质检、5G 生产监控、基于 5G 的工业 AR/VR、基于 5G 的数字孪生、5G 智慧园区等创新型应用。

京东物流 无人仓库

无人仓库，是物流运输流程中一个重要的枢纽，仓库内典型的业务场景，例如多穿立体仓储、云化 AGV 高密度部署、仓储可视化及数字孪生、机械臂智能分拣等，其环境特征、终端数量、QoS 要求都有很大的差异，需要定制化的无线网络解决方案。为此，京东物流联合运营商、中兴通讯，针对京东物流无人仓库定制了物流专用无线网络方案。

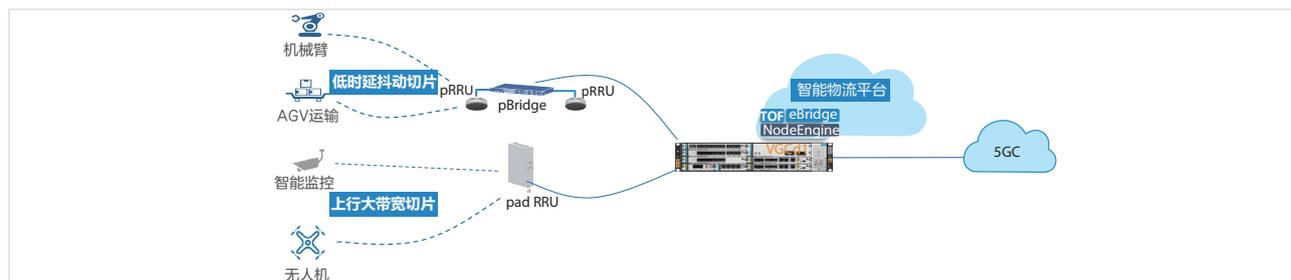


图 4-7 京东物流无人仓库 5G 应用案例

根据无人仓库业务区域形状，终端业务需求、数量和运行轨迹，精准规划无线站型、天线规格、站点部署、配置参数。通过精准切片，为 AGV 配置低时延高可靠切片策略模板，为智能监控、无人机配置上行大带宽切片策略模板；精准调度保障上百台 AGV 小车高密度执行搬运任务；精准运维可以实时监控仓库内运行的所有 5G 终端。随着无人仓库的智能化升级持续进行，5G 精准网络也能持续扩展能力匹配更高的要求。



总结

“

在移动通信的代际更替史上，5G 是第一次把重点转向了对垂直行业应用的支持。面对业务需求差异化和等级确定化的要求，5G 以全新的空口能力、服务化的网络架构、端到端的网络切片和边缘计算，深度赋能垂直行业应用。基于精准无线的设计理念，通过精准规划、精准切片、精准识别、精准调度、精准度量、精准运维，5G 可以为各垂直行业应用场景提供精准的网络保障。

目前 5G 发展已进入融合创新的关键阶段，基础电信、设备制造、垂直行业等多主体协同推进态势正在形成。智能电网、智慧矿山、智慧港口、智能工厂、智能轨交等行业成为热点领域，5G 应用场景不断丰富。5G 正成为推动数字化转型的加速引擎，将开启经济社会全面数字化转型的新时代。

”

缩略语

缩略语	英文全称	中文全称
5QI	5G QoS Identifier	5G QoS 标识符
AAPC	Antenna Automatic Pattern Control	天线权值自调整
AGV	Automated Guided Vehicle	自动导引运输车
BBU	BaseBand Unit	基带处理单元
BLER	Block Error Rate	块差错率
DPI	Deep Packet Inspection	深度报文检测
DRB	Data Radio Bearer	数据无线承载
eMBB	enhanced Mobile Broadband	增强移动宽带
FDD	Frequency Division Duplex	频分复用
KPI	Key Performance Index	关键性能指标
MEC	Multi-access Edge Computing	多接入边缘计算
NSMF	Network Slice Management Function	网络切片管理功能
PRB	Physical Resource Block	物理资源块
ROI	Return on Investment	投资回报率
SLA	Service Level Agreement	服务等级协议
TDD	Time Division Duplex	时分复用
UPF	User Plane Function	用户面功能
URLLC	Ultra Reliability Low Latency Communication	高可靠低时延通信

中兴通讯版权所有

转载、编摘或利用其他方式使用本白皮书的全部或部分内容的，应注明来源违反上述声明者，
著作权方将追究其相关法律责任



中兴通讯股份有限公司
ZTE CORPORATION

地址：深圳市高新科技产业园科技南路中兴通讯大厦

电话：+86-755-26770000 传真：+86-755-26771999

邮政编码：518057

网址：www.zte.com.cn