



面向智慧工厂智能应用的 5G 虚拟专网 测试床

引言/导读

(一)本测试床提出背景和存在的难题、挑战

专网不可视不可管：5G 虚拟专网涉及无线基站、UPF、交换机等设备，企业无权查看、管理这些专网设备，不利于企业根据业务需要进行设备能力维护和使用。

网成本较高：5G 虚拟专网成本成为行业最为关心的问题之一，推动 N4 接口解耦，引入轻量化 UPF 是降低专网成本的一种可行方案。

专网使用便捷度有待提升：为行业构建的 5G 虚拟专网，如何让企业“用的好”、“用得方便”？需要打通异厂家、跨专业的接口，实现专网各系统的统一运维、运营。

(二)5G+工业网络能力未来发展趋势

工业应用千差万别，能否根据业务需要，对 5G 网络能力进行获取、管理，让企业更自主，让网络和工业业务深度融合。

1. 开放更多 5G 网络自主管理权给企业

- 自主开户开卡：自主开通 SIM 卡，自主认证，即开即用
- 流量自由调配：根据终端流量使用情况，在虚拟流量池中自由调配，让企业更自主。

2. 5G 虚拟专网可视、可管

- 网络状态能力开放：企业可调用网络信息，实时展现全局的网络状态、负荷等
- 自主维护虚拟专网：基本故障可自主快速处理，复杂故障可上报运营商协助处理

3. 5G 网络能力可按需调用，使用更灵活

- 特定业务可动态保障：由工业平台或终端按实际需要动态调用网络能力，实现大带宽或低时延的质量保障。
- 灵活自主配置策略：企业可根据实际需要，灵活配置虚拟专网策略，快速生效。

一、 关键词

5G 虚拟企业专网、5G 虚拟专网自服务平台、轻量化 UPF

二、 测试床项目承接主体

2.1. 发起公司和主要联系人联系方式

中国电信：朱红禄，zhuhongl@chinatelecom.cn

2.2. 合作公司

天津海尔洗衣机互联网工厂：提供智能工厂典型应用场景环境，参与现场测试床验证

天翼物联科技有限公司： 5G 虚拟企业专网典型应用场景测试验证

三、 测试床项目目标

(一)测试床项目目标

探索企业自主运营运维专网模式：探索企业可自主开户开卡、自主监控专网运行状态、处置网络初级告警的运营和维护管理模式。

验证面向企业的运营级虚拟专网技术：探索轻量化 UPF 部署和虚拟专网服务能力平台部署，验证 5G 虚拟专网网络架构、专网自服务平台相关的标准、方案可行性。

(二)测试床计划解决哪些问题、价值点

保障企业数据本地化：保障企业数据不出园区/厂区。

让专网可运维运营：提供可自主运维、运营的虚拟专网管理手段。

降低专网成本：降低 5G 虚拟专网成本。

四、测试床方案架构

4.1. 测试床应用场景

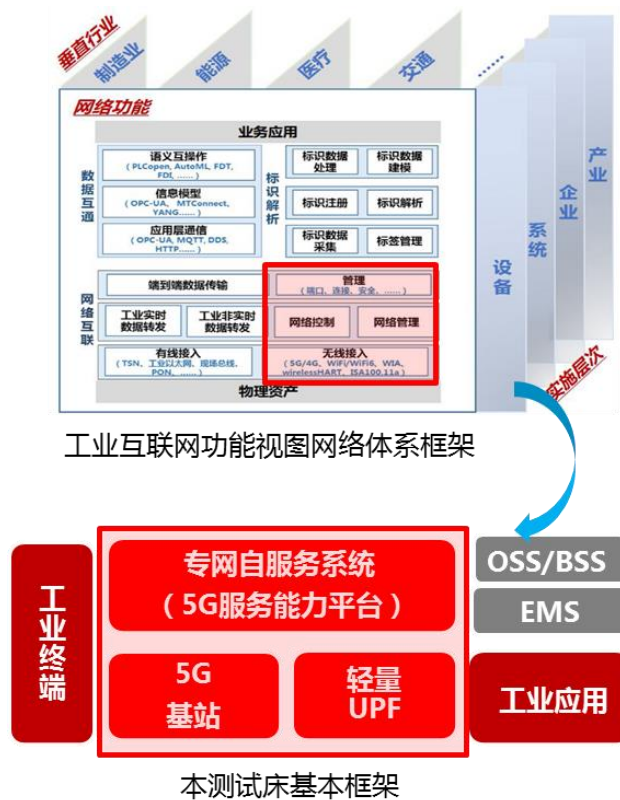
本测试床在企业本地建设轻量化 UPF，构建满足数据不出厂的 5G 行业虚拟专网，建设 5G 虚拟专网服务能力平台，面向企业提供专网可视化、运维管理、自主开户开卡等服务，实现 5G 专网服务能力平台与企业系统动态交互，让企业自主调用网络能力，提升企业对虚拟专网的使用效率和自主掌控能力。

测试床适用于支撑智能工厂中的工业智能应用场景的工厂专网、园区专网方案。

4.2. 测试床架构

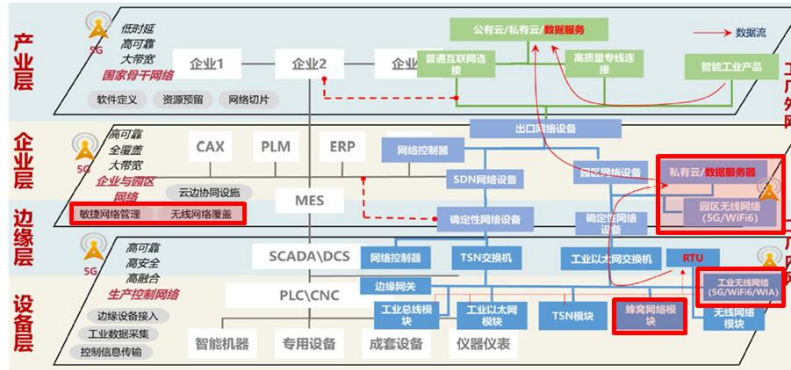
1. 在工业互联网体系架构的位置

本测试床在工业互联网功能视图网络体系框架中的位置如下图所示，通过无线接入、网络控制实现 5G 虚拟专网，通过网络管理、管理实现企业对专网的自主管理、自主开户开卡。

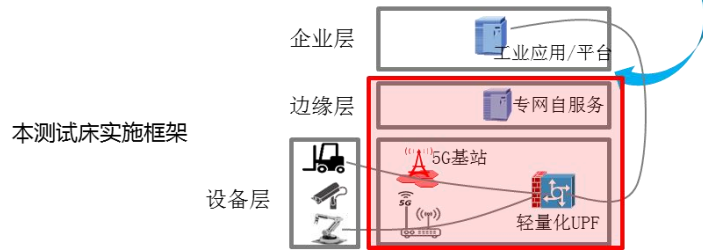


2. 在工业互联网实施框架的位置

在工业互联网网络实时框架中，本测试床内容包含设备层的工业终端（5G 蜂窝网络模块）、边缘和企业层的 5G 无线网络、本地边缘计算（私有云）等，如下图所示：

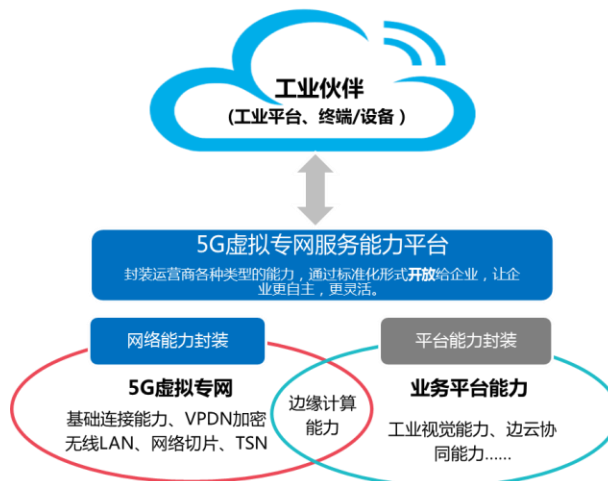


工业互联网网络实施框架



3. 本测试床架构

本测试床主要包括 5G 虚拟专网和专网自服务平台，通过构建 5G 虚拟专网和专网自服务体系，满足企业数据本地化（数据不出厂区）和用户控制本地化（企业自主开户开卡、网络监测、管理），测试床架构如下图所示：



4.3. 测试床方案

面向智慧工厂智能应用的 5G 虚拟专网测试床功能架构如下图所示：



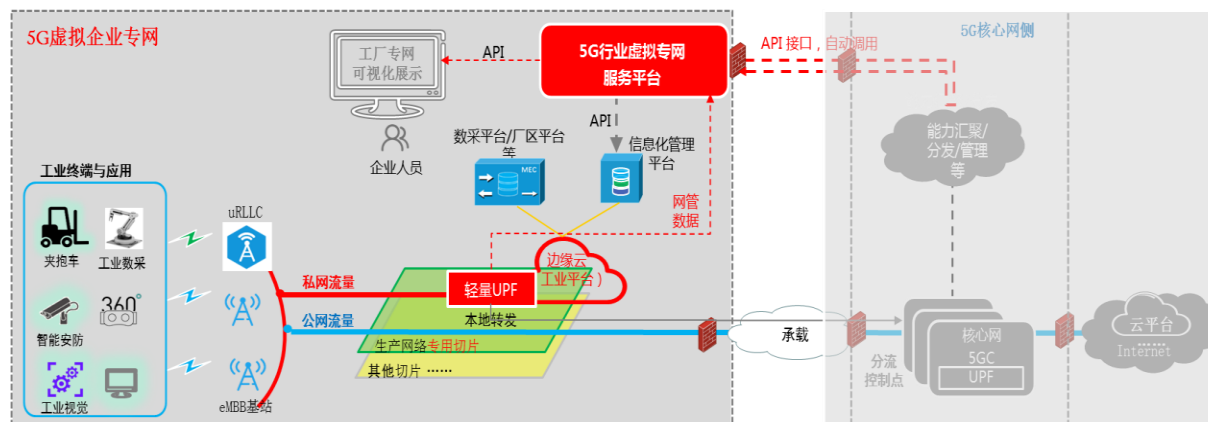
1. 5G 专网自服务平台

- 自服务能力：企业可以自主开通 5G 工业卡号、自主停机复机、查询流量、余额等。
- 自运维能力：提供专网整体视图和各设备运行状态、监控设备告警，并提供初级处置能力和在线申请运营商协查等。
- 自管理能力：企业根据业务发展需要，自主申请、调整网络资源、终端等级、带宽、路由策略等。

2. 5G 虚拟专网

- 数据本地化：在企业部署下沉的 UPF，实现数据本地化。
- 低成本方案：通过部署轻量化 UPF，实现异厂家核心网 N4 接口解耦，验证低成本虚拟专网方案。
- 分流策略探索：对公众用户流量、企业本地流量、企业云端流量的分流策略进行研究探索。

面向智慧工厂智能应用的 5G 虚拟专网测试床技术实施方案如下图所示：



4.4. 方案重点技术

- **能力开放技术：**开放网络管理、开通等能力，服务企业场景。
- **网络适配技术：**屏蔽网络复杂性，降低企业使用网络能力成本
- **边缘计算技术：**UPF 设备下沉部署，保障企业数据安全。
- **轻量化 UPF 技术：**N4 接口解耦，引入轻量化 UPF，实现专网低成本

1. 自主运维，实现专网可视可管

建立 OT（Operational Technology）与 IT 融合的网络统一管理系统，打造可自主运维管理的虚拟专网服务能力，实现分级、分权、分域监测专网运行状态，对全网拓扑、设备、质量、数据进行集中管理和大屏展示。

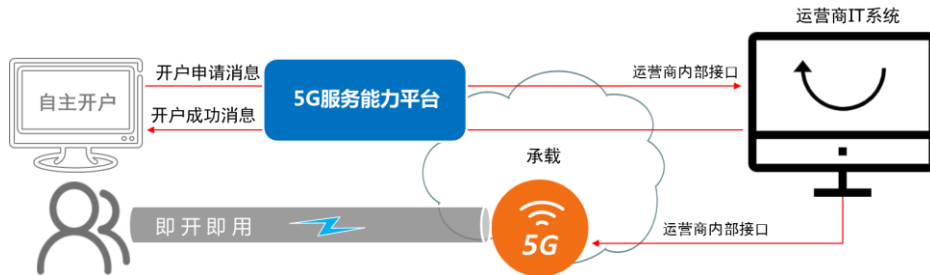
通过虚拟专网的“数字孪生”，可以让工业企业实时了解当前网络运行状态、实时处理一般性告警等，如：

- **网络监控信息：**工厂专用 UPF 负荷监控；MEC 负荷、资源监控；故障告警监控；
- **终端监控信息：**当前联网数量、类型；终端位置及历史轨迹；
- **配置管理信息：**IP 白名单策略配置；本地分流策略配置等。

2. 自主服务，实现 5G 能力即开即用（自主开卡）

连接能力即开即用：工厂新到一批工业终端，将通过 5G 进行作业，此时，由工厂 IT 运维人员或则管理人员通过在线开卡开户界面对运营商发放的白卡进行在线实时激活开通，甚至进行企业流量池的流量划拨，申请请求到运营商 IT 系统流转后业务自动开通，实现即时激活即时使用，提升工业客户申请使用 5G 网络的效率。

工厂可自建运营系统：通过系统调用运营商 5G 服务能力平台接口，进行 SIM 卡的实时激活、认证、开通，或则由运营商构建该 web 系统，由工业企业自助使用。



3. 自主管理，实时对重要设备进行保障（QoS 管理）

不作业时用普通 5G 连接：无人夹抱车车待机（未作业）状态，通过 5G 普通连接与平台建立心跳，实现保活度。

作业时有保障的可靠连接：无人夹抱车平台需要叉车进行作业时，发起网络能力调用指令，通知网络夹抱车即将作业。

网络实时响应应用需求：网络实时建立 QoS 保障专属通道，给夹抱车的 5G 连接进行提速、保障，以确保叉车视频数据、图像数据的可靠传输到平台。



4.5. 方案自主研发性、创新性及先进性

技术创新：首次打通异厂家、异系统接口，让工业企业客户可在一个平台实现对基站、UPF 等网络系统的监测，用行业语言描述网络管理方式，更容易管理专网。

模式创新：首创 5G 虚拟专网自主运维管理模式，让企业具备对专网的全局状态监测、性能监测、告警基本处置等能力，企业网络使用更自主。

管理创新：率先面向行业提供自主开户开卡能力，让企业具备一定的运营能力，企业可以根据业务发展需要，自行决定开通卡号、停机复机、查询余额流量，甚至分配流量等。

五、测试床实施部署

5.1. 测试床实施规划

本测试床实施分为三个阶段：



- **第 1 阶段：2020.11-2020.12**
开展测试床场景梳理、可行性评估、测试床架构设计等工作。
- **第 2 阶段：2021.01-2021.06**
开展测试床实施方案设计、设备选型与环境建设、5G 服务平台&轻量 UPF 测试等工作。
- **第 3 阶段：2021.07-2021.10**
开展测试床部署、5G 虚拟企业专网典型应用场景验证、输出 5G 虚拟企业专网实施方案等工作。

5.2. 测试床实施的技术支撑及保障措施

本测试床参与方分工协作，共同支撑与保障本测试床的实施工作：

中国电信股份有限公司研究院与天津电信共同负责 5G 虚拟企业专网搭建、5G 虚拟专网自服务平台、测试床部署与验证等工作。

天津海尔洗衣机互联工厂负责提供智能工厂典型应用场景环境，参与现场测试床验证等工作。

天翼物联科技有限公司负责 5G 虚拟企业专网典型应用场景（如机械臂的数据采集与设备监控）测试验证工作。

5.3. 测试床实施的自主可控性

本测试床实施各项关键技术均为自主研发，具有良好的自主可控性。

六、测试床预期成果

6.1. 测试床的预期可量化实施结果

1. 自主开户开卡

实施前：如果给使用 5G 网络的工业设备开户开卡，需要联系运营商并提供必要材料通过审核后，方可由运营商完成开户开卡操作，平均耗时 5-10 个工作日。

实施后：使用 5G 服务能力平台进行开户开卡操作，上传必要材料通过系统审核后，由工厂自己完成开户开卡操作，平均耗时 0.5 个工作日。

2. 自主管控网络能力

实施前：仅知道网络是否正常连接，需通过第三方测速软件可知道当前网络运行速度，需通过专业网络探针软件可知道当前网络运行的质量。

实施后：5G 服务能力平台实时检测网络运行情况并采用可视化的方式进行显示，如：吞吐率、丢包、时延、不同区域设备接入密度、网络故障告警等。

3. 自主配置网络能力

实施前：客户无此功能。

实施后：使用 5G 服务能力平台可对网络进行虚拟切片的配置，使得不同网络性能的切片承载不同需求的工业应用和工厂业务。

4. 数据不出工厂

实施前：无法实现。

实施后：通过 UPF 下沉到工厂，让使用 5G 虚拟专网能力的工厂数据本地分流，实现数据不出工厂。

6.2. 测试床的商业价值、经济效益

全球首个具备自主运维能力的 5G 虚拟企业专网：解决行业 5G 落地推广中遇到的网络运维管理等棘手问题，验证 5G 虚拟专网在落地过程中的各系统对接和应用效果。

让工厂用得起的 5G 虚拟企业专网：自研轻量化 UPF，预计解决部署成本约 50%-70%。

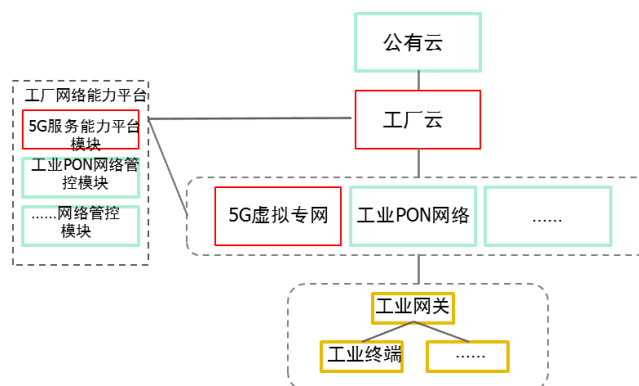
让工厂用得方便的 5G 虚拟企业专网：实现企业对网络的自主管控、灵活配置及自主开户开卡，使用效率显著提升。

6.3. 测试床可推广性

1. 形成可推广解决方案

可以 5G 虚拟企业专网为核心，结合电信云网产品，形成面向智慧工厂的全连接解决方案：

- 5G 虚拟企业专网产品（红框）
- 全连接云网产品：5G 虚拟企业专网+工业 PON/其他（红框+绿框）
- IT/OT 融合产品：5G 虚拟企业专网+工业终端（红框+黄框）
- 面向智慧工厂全连接集成产品：端+网+云+管理（黄框+红框+绿框）



2. 可推广垂直行业

以天津海尔测试床为基础，向家电制造行业推广，如空调制造、冰箱制造等。

以家电制造行业实施为基础，向其他行业推广，如钢铁、煤炭、冶金、电子产品制造、高端装备制造等。

八、与已存在 AII 测试床的关系

无关系

九、测试床成果交付

9.1. 测试床成果交付件

- 具备自主运维能力的 **5G 虚拟企业专网实施方案**，普遍适用于企业/园区等类型的行业专网需求。
- 自研 **5G 服务能力平台**，普遍适用于 5G 虚拟企业专网管理、运维、网络能力开放。
- 典型 **5G 无人夹抱车场景的工业终端及边缘应用平台部署方案和设备**。
- 形成行业标准 1 项。

9.2. 测试床可复制性

本测试具有较好的复制推广性。一方面以天津海尔测试床为基础，向家电制造行业复制推广，如空调制造、冰箱制造等；另一方面，以家电制造行业实施为基础，向其他行业推广，如钢铁、煤炭、冶金、电子产品制造、高端装备制造等。

9.3. 测试床开放性

本测试床可开放给更多通讯提供商、运营商和离散制造企业共同参与测试床验证与推广工作。

十、其他信息

10.1. 测试床使用者

欢迎所有的 AII 成员企业参与和使用本测试床项目。然而，在初始阶段，由于试验站点的访问权限有限，本测试床将仅限于现有的合作伙伴。之后，本测试床将逐步开放给更多 AII 成员企业使用。

10.2. 测试床知识产权说明

中国电信与天津海尔洗衣机互联工厂共同对测试床的建设、运营以及使用拥有产权。

10.3. 测试床运营及访问使用

测试床的部署和运营将在天津海尔洗衣机互联工厂进行。现阶段访问控制和管理权限仅限于测试床参与企业。

10.4. 测试床资金

测试床的资金将来自于测试床参与企业。

10.5. 测试床时间轴

第 1 阶段（2020.11-2020.12）：完成测试床场景梳理、可行性评估、测试床架构设计等工作。

第 2 阶段（2021.01-2021.06）：完成测试床实施方案设计、设备选型与环境建设、5G 服务平台&轻量 UPF 测试等工作。

第 3 阶段（2021.07-2021.10）：完成测试床部署、5G 虚拟企业专网典型应用场景验证、输出 5G 虚拟企业专网实施方案等工作。