

TPUNB全景： **技术与应用白皮书 V1.0**

2023年11月



目录

前言	7
一、物联网技术现状分析	9
1.1 LPWAN 物联网技术特点	9
1.2 国内 LPWAN 现状及问题	10
1.2.1 技术碎：难以支撑多样化应用	10
1.2.2 基座软：缺乏底层自主技术	11
1.2.3 系统弱：缺乏 IoT 通信系统能力	11
1.2.4 卡脖子：安全架构受制于人	11
二、TPUNB 技术特点	13
2.1 TPUNB 概述	13
2.2 TPUNB 技术优势	14
2.2.1 坚实安全的底层通信能力	14
2.2.2 高效灵活的感知系统能力	15
三、TPUNB 技术体系	17
3.1 TPUNB 底层通信技术	17
3.1.1 多模式技术	18
3.1.2 灵活频谱接入技术	19
3.1.3 S-FSK 调制技术	20
3.1.4 物理层认证技术	21
3.1.5 低功耗空中唤醒	22
3.1.6 底层通信技术芯片化	22
3.2 TPUNB 系统架构技术	24
3.2.1 TPUNB 物联感知系统架构	25
3.2.2 TPUNB 网络架构	27
3.2.3 TPUNB 协议架构	29
3.2.4 TPUNB 安全架构	31
3.2.5 TPUNB 标准体系架构	33
3.2.6 TPUNB TPaaS 平台架构	33
3.2.7 系统定制	34
四、TPUNB 产品体系	36
4.1 终端层	37
4.1.1 通信模组 TP1107	37
4.1.2 通信模组 NSM-U1	38
4.2 传输层	38
4.2.1 基站 TP9102	38
4.2.2 网关 TP9216	39
4.2.3 网关 TP8606	40
4.2.4 网关 TP2208	40
4.2.5 车载北斗网关 TP9208	41

4.2.6 网关 TP2108-M1CL	41
4.2.7 网关模块 TP2210	42
4.2.8 中继 TP5200	42
4.2.9 DTU TP5600 系列	43
4.3 TPaaS 感知平台	44
4.3.1 TPUNB-NC 平台	44
五、典型应用场景案例	46
5.1 城域物联专网：广域安全的基础连接	46
5.2 局域物联专网：伸缩可变的弹性连接	48
5.3 工业智控专网：精准确定的控制连接	49
5.4 终端自组网：开放灵活的自组连接	50
5.5 生态合作相关案例	51
5.5.1 用电行为安全智能监控项目	51
5.5.2 城市护栏 AIoT 可视化监测项目	53
5.5.3 道路安全智能监测项目	54
5.5.4 古建筑物联感知智能监管项目	56
5.5.5 古树名木智能监管项目	57
5.5.6 旧改社区监测项目	59
5.5.7 “智慧河长”数据服务项目	60
5.5.8 城市智慧停车项目	62
5.5.9 智慧养老项目	63
5.5.10 全景多维感知智能配电系统	64
5.5.11 工厂能源监控管理项目	66
5.5.12 广州市自来水水表集抄试点项目	67
六、生态体系	69
附录：缩略语汇编	70
法律声明	73

图目录

图 1	TPUNB 技术体系及能力	17
图 2	TPUNB 多模式控制原理图	18
图 3	TPUNB 灵活频谱接入技术	20
图 4	TPUNB S-FSK 调制	20
图 5	TPUNB 物理层认证技术	21
图 6	TPUNB 空中唤醒机制	22
图 7	“象芯 1 号” TP580X	23
图 8	TPUNB 物联感知系统架构	25
图 9	TPUNB 网络架构	28
图 10	TPUNB 协议架构	30
图 11	TPUNB 系统安全架构	31
图 12	TPUNB 标准体系架构	33
图 13	TPUNB 感知平台 TPaaS 架构	34
图 14	TPUNB 的固件 OTA 升级方案	35
图 15	TPUNB 产品体系	36
图 16	TPUNB 物联感知系统	37
图 17	通信模组 TP1107	37
图 18	通信模组 NSM-U1	38
图 19	基站 TP9102	39
图 20	网关 TP9216	39
图 21	网关 TP8606	40
图 22	网关 TP2208	41
图 23	车载北斗网关 TP9208	41
图 24	网关 TP2108-M1CL	42
图 25	网关模块 TP2210	42
图 26	中继 TP5200	43
图 27	DTU TP5600 系列	43
图 28	感知平台示意图	44
图 29	城域物联专网架构	47
图 30	局域物联专网架构	48
图 31	工业智控专网架构	49
图 32	终端自组网架构	50
图 33	TPUNB 网关和智能预警监测主机安装效果图	51
图 34	城市护栏 AIoT 监测	53
图 35	井盖智能感知终端安装现场图	54
图 36	古建筑物联感知智能监管	56
图 37	古树名木智能监管	57
图 38	广州市某城区的旧改社区	59
图 39	城市河道数据监测	60
图 40	地磁传感器在路面停车场的应用	62
图 41	养老院呼叫系统示意图	63

图 42 某地市智能配电站房无线巡检系统.....	64
图 43 工厂能源监控平台示意图.....	66
图 44 试点项目 TPUNB 网关架设图.....	67
图 45 TPUNB 生态体系.....	69

表目录

表 1	TPUNB 技术特性	14
表 2	TPUNB 三种工作模式	19
表 3	“象芯 2 号” 芯片能力	23
表 4	TPUNB 系统特性	24

前言

物联网是在互联网及移动互联网基础上发展起来的一种新型连接模式，是以智能感知技术和网络通信技术为主要手段，实现人、机、物的泛在连接，提供信息感知、信息传输、信息处理等服务的基础设施。物联网通过泛在网络、传感技术、嵌入式技术、边缘计算、云计算等技术，将世界万物连接在一起，通过“感”、“传”、“知”、“用”，感知世界、认识世界、改造世界，进而推动人类社会的进步。

近年来，随着物联网技术和相关产业的迅速发展，我国高度重视并将之提升至国家战略高度。2021年，十三届全国人大四次会议表决通过的《中华人民共和国国民经济和社会发展第十四个五年和2035年远景目标纲要》，要求“推动物联网全面发展，分级分类推进新型智慧城市建设，将物联网感知设施、通信系统等纳入公共基础设施统一规划建设。”工业和信息化部等八部门联合印发的《物联网新型基础设施建设三年行动计划（2021-2023年）》也指出，到2023年底，在国内主要城市初步建成物联网新型基础设施，社会主义现代化治理、产业数字化转型和民生消费升级的基础更加稳固。

物联网已经成为新型基础设施的重要组成部分，大量的行业场景被创新重构，智慧城市、智慧制造、智慧农业、智慧物流、智慧医疗等众多领域有了无限发展的可能。但是，我国物联网产业发展仍然存在一些需要持续推进解决的问题，如关键核心技术存在短板、产业生态不够健全、碎片化应用不足以支撑体系化发展，难以满足产业发展需要等。

本白皮书在当前我国物联网行业发展挑战与机遇并存的背景下，从物联网技术发展现状出发，结合当下行业发展情况，主要介绍广州技象科技有限公司（以下简称技象科技）100%国产自研的LPWAN（Low-Power Wide-Area Network，低功耗广域网）无线窄带物联通信系统——TPUNB（Techphant Ultra-Narrow Band）。技象科技专业聚焦物联网底层关键技术，成立于2018年，是中国电子科技集团有限公司（以下简称中国电科）科技成果转化和混合所有制的科技企业。

本白皮书正是由技象科技对TPUNB技术的深度解剖，旨在增进业界对

TPUNB 技术的了解，促进物联网产业上下游生态的建设。

本白皮书分为六章：第一章分析物联网技术现状，第二章介绍 TPUNB 的两大技术特点与优势——坚实安全的底层通信能力及高效灵活的感知系统平台能力，第三章从底层通信技术及系统架构技术两方面来阐述 TPUNB 技术体系，第四章介绍 TPUNB 产品体系，第五章介绍典型场景及应用案例，最后，第六章描述生态体系。

一、物联网技术现状分析

1.1 LPWAN 物联网技术特点

近年来，物联网市场持续保持高速增长态势。根据 2023 年 IDC 发布的《全球物联网支出指南》(IDC Worldwide Internet of Things Spending Guide) 所显示，2022 年全球物联网总支出规模约为 7300 亿美元，2027 年预计接近 1.2 万亿美元，2023 ~ 2027 年的复合增长率达 10.4%。物联网行业的稳步高速增长态势，对物联网通信技术提出了新要求。一方面，尽管以 NB-IoT 为代表的蜂窝技术具有覆盖广、移动性强、数据承载量大的特点，但是对移动性较低、通信频次较低、传输数据量较小、功耗要求较高的低功耗广域物联网应用而言，蜂窝技术与之并不匹配。另一方面，短距离传输技术如 WiFi、蓝牙、ZigBee 等受限于过短的通信距离、有限的终端容量，也无法满足 LPWAN 物联网广覆盖、大连接的要求。在此背景下，物联网技术应运而生并迅速发展兴起。

2015 年，法国 IoT 新创企业 SigFox 获得高达 1 亿欧元的投资。资本市场的关注，让众多企业察觉到了其中所蕴含的巨大商机，如 SigFox、LoRa 等各种 LPWAN 物联网技术如雨后春笋般涌现。我国也萌生出了 TPUNB、ZETA、WIoTA 等多种 LPWAN 物联网技术，这些技术正处在不同发展阶段，说明我国的物联网生态正快速迭代发展中。

LPWAN 物联网技术主要具备以下四个特征：

广覆盖：低功耗广域物联网要求无线通信距离为公里甚至十公里级。传统的 WiFi、蓝牙或小无线通信技术在通信距离方面难以满足该要求，而 LPWAN 物联网技术通信距离可达几十公里，填补了小无线通信距离的短板，为物联网大规模的应用部署提供了技术基础。

低速率：与对人的高速率信息传输需求不同，对物的信息传输，数据速率并非越快越好。例如，抄表等应用通信频次低，传输的数据量非常少，数据速率一般不超过 5 kbps，每天甚至每月仅几次的通信频次，以及低速率的应用需求使得低功耗、低成本终端成为可能。

低功耗：窄带广域物联网终端部署大多面临取电困难的问题，需要内置电池并要求寿命长达几年甚至更久，传统蜂窝技术难以满足要求。而针对信息传输数据速率低、传输频次低的终端应用的低功耗设计，使终端节点仅需要少量的电能就可以维持长时间工作，增加终端节点无维护使用寿命。

大容量：物联网的连接密度远大于传统蜂窝网络。对基站/网关的容量要求与覆盖距离成正比，特别对于城市应用环境，在同一区域内存在水、电、温湿度、烟雾等数十种传感器，要求网络支持的容量非常大。基于物联网业务数据小、时延要求低的特征，LPWAN 物联网系统的设计需要满足大容量要求。

1.2 国内 LPWAN 现状及问题

尽管近年来我国物联网行业技术随产业升级而得到进一步发展，但我国物联网技术发展碎片化、产业结构发展偏“软”、技术体制单一导致系统偏“弱”、底层核心技术依附性强，安全架构受制于人等问题仍十分突出。具体分析如下：

1.2.1 技术碎：难以支撑多样化应用

随着互联网从 PC 时代到万物互联时代的发展，成长于互联网土壤的物联网正处于高速度、大规模的发展态势。随着行业应用需求的不断增长，行业应用碎片化趋势明显。

碎片化应用催生出碎片化技术。据统计，目前常见的物联网无线通信技术标准、感知标准及网络传输类标准超过数十种，应用领域的常见标准协议多达上百种。不同应用场景中所涉及到的感知终端、网元设备等产品种类及数量众多，所支持的传输协议和连接标准千差万别，甚至同一场景下不同厂家的传感终端都难以互联互通。由于缺乏对通信系统的系统性设计，导致行业应用场景的物联网解决方案的整体综合性能无法充分发挥，难以支撑多样化的应用。

此外，由于国内的窄带物联网通信系统起步较晚，无论是通信系统本身，还是围绕通信系统的完整生态（感知终端、网元设备、软件平台等），都存在着各自为政的现象。平台应用烟囱林立，应用与传感紧耦合，难以复制推广。

1.2.2 基座软：缺乏底层自主技术

近年来，以互联网平台公司为主力军，推动了我国物联网产业的发展并初现成效，尤其在物联网应用开发方面发展迅速。随着我国物联网政策支持力度不断加大，技术创新成果接连涌现，各领域应用持续深化，产业规模持续快速增长。

然而，我国对物联网的底层技术研究相对匮乏，缺少对关键技术的掌握和创新，自主创新开发能力弱，底层核心技术依附性强。在物联网应用开发方面，国内物联网厂商更多直接套用互联网思维，更多从应用层出发，对通信的系统能力考虑欠缺，技术发展的视角浮于表面。尤其底层技术偏弱，缺乏可深度定制的自主通信系统技术，导致我国物联网产业结构发展偏“软”，难以进一步深入需求，解决痛点问题，生态产业发展难以形成良好循环。

1.2.3 系统弱：缺乏 IoT 通信系统能力

此前，我国物联网网络传输技术主要基于小无线技术或依赖于国外垄断技术的二次开发，LPWAN 无线通信技术体制相对单一且薄弱。且国内厂商往往将物联网简单理解成“物体”之间的联网，只关注终端芯片和模组的性能，缺乏对 IoT 通信的系统性设计。

在行业应用场景愈发复杂多样的背景下，这种薄弱的技术体制使得网络部署困难，实际应用难以达到预期效果，无法满足复杂的、规模化的通信系统应用需求，何况整体通信架构的可靠性、拓展性和安全性。

1.2.4 卡脖子：安全架构受制于人

在底层通信技术领域，由于国内窄带物联网通信技术自主创新开发能力弱，底层核心技术依附性强，缺乏行业话语权和核心技术掌握能力，导致我国在底层通信技术和标准制定上受制于人。

我国在物联网信息安全的把控能力也相对较弱，缺乏安全的终端接入认证方案和全面的安全保障体系，数据传输过程中容易收到窃听、篡改和恶意攻击的威胁，安全可信传输问题显著，数据安全难以得到真正有效保障。随着物联网快速部署所产生的海量数据，也面临着储存和使用过程中的安全风险，不仅给用户

的隐私保护带来巨大威胁，也从根本上制约了我国物联网产业的健康发展。

二、TPUNB 技术特点

2.1 TPUNB 概述

TPUNB 是技象科技聚焦物联网底层硬核关键技术，采用基于国际首创的 S-FSK 低功耗广域物联网技术的超远距离无线传输技术，100%自主研发的 LPWAN 无线窄带通信系统。通过 TPUNB 基站、网关、模组等网元设备，采用多种组网方式，灵活搭建多种场景的安全物联专网，实现网络覆盖范围内大量感知终端的超低功耗连接，具备高安全性、抗强干扰、多并发、低成本、易部署等特点，可广泛应用于智慧城市、智慧园区、智能电力、工业物联网等众多领域。

TPUNB 是目前国内真正从物理层、链路层到平台层统一设计，由“底层”和“系统”两大能力共同驱动的全栈式物联网窄带通信系统。通过“底层”硬核通信技术提供坚实安全的通信能力，解决行业偏“软”的技术问题；通过“系统”架构能力，提供高效灵活的系统能力，解决行业偏“弱”的系统能力问题。

在物理层，技象科技的首款全国产化物联网芯片“象芯 1 号”于 2020 年 8 月研制成功。该芯片具有低功耗、超远距离传输等特点，并已实现规模化应用。目前，第二代自研芯片于 2023 年 1 月完成预流片，支持更高阶的调制方式、更高性能的算法及更高速率的传输，实现更灵活的组网模式。

在链路层，技象科技基于 100%自主知识产权的 TPUNB 无线通信协议以及芯片，自主研发了涵盖基站、网关、通信模组等完备的网络传输核心产品体系，已实现规模化商用。

在平台层，技象科技搭建的 TPaaS 平台支持多种协议设备高效接入，轻松处理结构复杂的业务规则数据，同时保证开放性，为用户提供连接、设备、业务、应用等一站式的物联网人工智能解决方案和专业服务。

技象科技基于坚实的底层技术，专门针对应用特征，提供下至帧结构优化、上至应用接口协议转换的全局化网络设计能力，充分满足用户应用需求。

TPUNB 结合面向应用定制化的通信组网协议，支持 433 MHz、470 ~ 510 MHz 非授权频段，同时也支持定制开发的 230 MHz、800 MHz 等授权频段，具备高安全性、抗强干扰、多并发、低成本、易部署等特点。

TPUNB 技术特性如表 1 所示：

调制方式	S-FSK	网络拓扑	星型，Mesh
发射功率	网关：最大30 dBm 模组：最大20 dBm	可唤醒控制类设备 通信模组最低功耗	10 μ A
通信覆盖	城区：3 km 郊区：10 km	通信模组静态功耗	不大于3 μ A
空口速率	2.4 ~ 76.8 kbps	芯片自主可控情况	自主可控
DSME并发容量	2秒40个	是否支持二次开发定制	支持
灵敏度	-134 dBm@2.4 kbps -127 dBm@76.8 kbps		

表 1 TPUNB 技术特性

2.2 TPUNB 技术优势

TPUNB 无线窄带通信系统技术优势体现在两个方面：“底层通信能力”和“系统平台能力”。在底层能力方面，基于 MuFFS¹空中接口技术及芯片技术，TPUNB 技术提供坚实安全的底层通信能力；在系统能力方面，基于底层通信系统，面向上游提供泛协议接入能力，面向下游提供即插即用的高效灵活系统平台能力。既能运用灵活的多模协议控制技术，系统性地支持多样化应用，也能满足多应用场景的深度定制需求，同时保证了通信数据的安全性。

2.2.1 坚实安全的底层通信能力

- S-FSK：高增益的 S-FSK 调制技术

技象科技凭借中国电科数十年的通信能力积累，突破了物联网低复杂度、低功耗要求下的高性能无线传输关键技术，研制了 S-FSK 调制技术，采用联合 SIMS 扩频与 FSK 调制的联合扩频调制，在保持低功耗无线传输的同时，实现比传统 DSSS 扩频更高的扩频处理增益，进一步通过扩频码本设计，可以实现更高的多

¹ MuFFS: Multi-mode Flexible Frequency access with S-FSK 多模式灵活频谱安全接入技术，详见 3.1 章节。

用户并发，并基于此开发了适合垂直行业多应用模式、频谱接入灵活、扩频增益高的 MuFFS 空中接口。

- **自主可控的底层通信芯片**

技象科技依托中国电科全面的、专业的电子信息产业链，通过自主研发超低功耗窄带物联网芯片，将 MuFFS 物理层空口技术芯片化，实现高功效与高谱效相结合，同时引入底层物理层安全认证，实现芯片级通信安全。

- **轻量化安全认证**

技象科技在密钥协商协议（AKA）基础上，加入物理层认证，采用对称密钥机制，国密、ZUC 密钥生成算法，形成适用于窄带物理层的、高效安全的安全架构，从物理层入口到应用提供全方位的安全保障。

- **低功耗空中唤醒**

技象科技通过将防串音干扰技术融入底层通信协议，实现了终端设备在低功耗空中唤醒模式下的创新性应用，支持单个模组的精准唤醒，而其他模组不会受到干扰，不额外产生干扰功耗，从而有效延长了终端设备的电池使用寿命。在大规模组网情况下，防串音干扰技术的应用使功耗优势更加显著。

- **确定性时延传输**

针对复杂场景中提出的确定性并发时延控制通信需求，技象科技对 DSME 调度算法进行了定制优化，利用时隙分配和时隙保留机制来避免碰撞和冲突，提高网络的吞吐量和可靠性。目前技象科技支持 30% 的高速节点 2 秒内接入，70% 的低速节点 15 秒内接入的确定性并发控制，为行业领先。

2.2.2 高效灵活的感知系统能力

- **解耦系统架构：解耦解决方案能力组件**

技象科技从底层设计物联网感知系统平台，采用灵活解耦架构设计，以 TPUNB 通信系统为核心，通过 TPUNB-X 协议栈实现应用与系统解耦，将协议栈从项目定制转为可复用的插件工具；以 TPaaS 为平台，通过标准化、组件化

设计，为合作伙伴提供开放的生态接口。使物联网行业解决方案从“项目型”转化为“工具型”，以此实现快速推广和复制。

- **TPUNB-X 协议栈：面向应用的定制化协议技术**

技象科技基于 MuFFS 空中接口的多模灵活特性，设计面向 X 应用（某指定应用）的协议栈技术体制，通过对应用相关协议控制的资源预编排，为不同应用提供从底层空口控制参数到高层的垂直化无线资源管理，以实现深入行业底层需求的全栈式定制化协议栈，有效解决行业用户的痛点问题。

- **弹性灵活：可延伸的混合网络**

技象科技在 MuFFS 空中接口的基础上设计了适配多业务传输的组网协议，支持星型、树型、Mesh 及点对点等组网模式，同时突破多场景混合组网技术，采用中心与无中心混合组网，实现灵活可延伸的组网拓扑。

- **TPaaS 平台：面向生态的开放接口平台**

技象科技 TPaaS 平台从三个层面提供开放的接口，实现感、传、知、用的解耦：面向产业上游，开放 TPUNB 通信能力，实现感知终端与通信模组的解耦，通过南向标准化数据采集接口，简化感知终端入网对接；面向产业中游，开放 TPUNB 通信能力，开放模组、网关、基站等网元设备二次开发接口，赋能中游生态伙伴；面向产业下游，开放 TPUNB 通信能力，实现顶层硬件和应用的解耦，通过北向标准化数据接口实现云平台 and 上层应用的高效对接。

三、TPUNB 技术体系

本章从“TPUNB 底层通信技术”及“TPUNB 系统架构技术”两方面，分别介绍 TPUNB “底层通信能力”和“系统平台能力”两大优势能力。

3.1 TPUNB 底层通信技术

如图 1 所示，TPUNB 底层技术体系主要由 MuFFS 空口构成。MuFFS 空口采用 S-FSK 调制，提供面向服务的物理层，供上层 TPUNB-X 协议栈调用。MuFFS 空口提供丰富的工作模式、配置参数支持不同的应用场景，使 TPUNB-X 协议能针对特定应用场景（在 3.2.3 节详述），封装 MuFFS 空口参数集，形成应用 X 协议栈，对用户形成“切片”式协议栈插件，降低应用门槛。

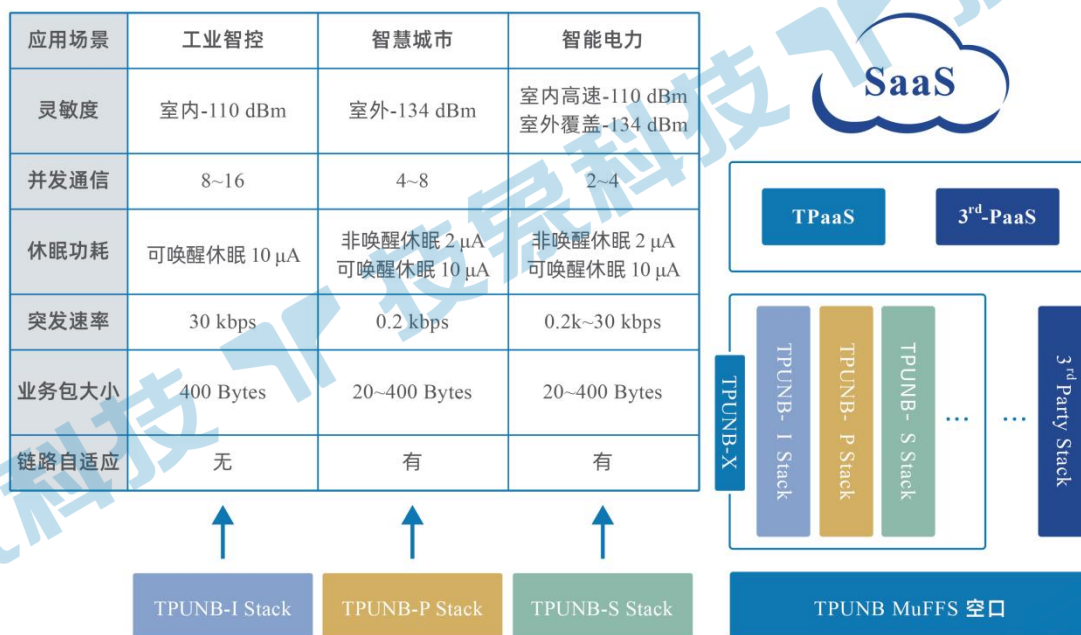


图 1 TPUNB 技术体系及能力

MuFFS 空口包括：

- 多模式统一物理层封装：使 TPUNB 可以为公众服务、工业控制、特种应用提供无线服务；
- 灵活频谱接入：使用滤波器组技术，实现超窄带、窄带的灵活频谱接入，以实现最高的并发容量；

- S-FSK 调制：包括序列索引调制扩频/解扩频 (SIMS) 及联合扩频调制解调技术 (JSM) 技术，是高性能扩频技术，比传输直接序列扩频提高 10 dB 以上增益，具备更强的抗干扰能力；

- 物理层认证：采用安全物理层接入认证技术，从底层保障接入设备合法性。

3.1.1 多模式技术

如图 2 所示，TPUNB 高层协议栈统一控制、调度 MuFFS 物理层，通过配置物理层参数，实现不同通信能力的控制，支持不同应用场景。

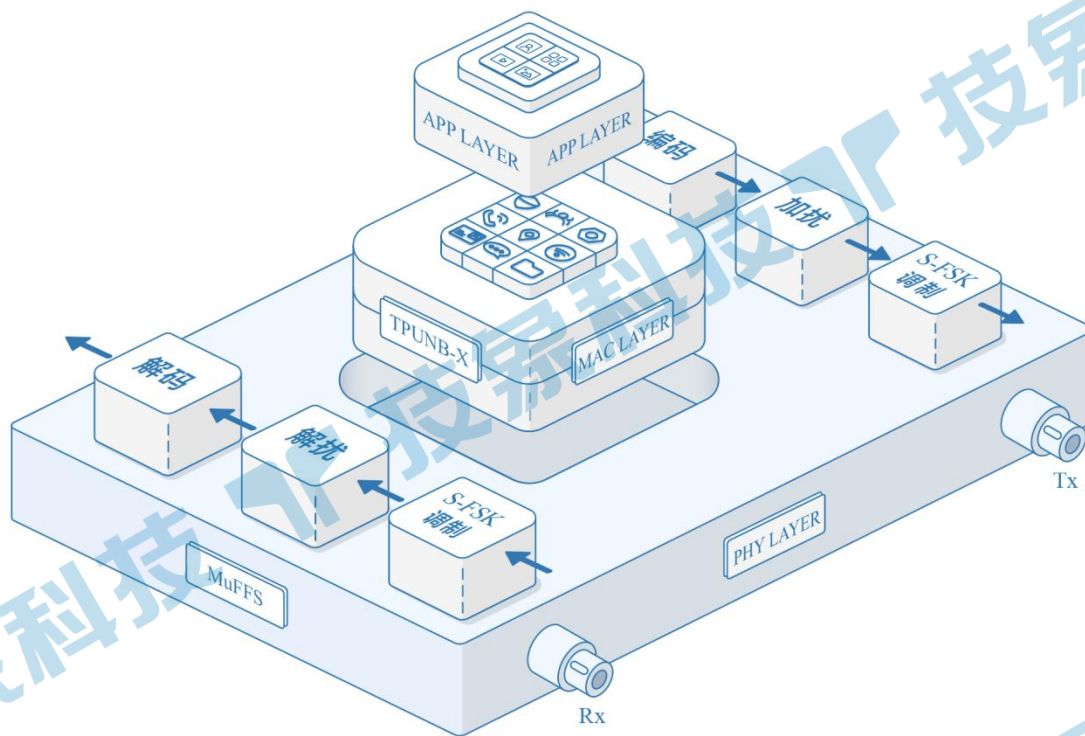


图 2 TPUNB 多模式控制原理图

MuFFS 通过定义统一服务接口实现通信即服务，对协议层提供通信能力调度服务，支持 TPUNB-X 协议及第三方协议。其中，

服务功能包括：

- 通信能力调用：包括数据速率能力、抗干扰能力、系统链路预算能力等；
- 收发时刻控制：同步、异步事件触发；
- 空口参数控制：包括灵敏度与传输数据速率控制相关的带宽、扩频因子

等参数。

通信能力包括：

- 数据传输能力：单次传输包大小，帧长；
- 并发通信能力：网络侧用户并发数，由信道数，扩频因子决定；
- 延时控制能力：网络传输时延保证；
- 空口探测能力：环境探测，先听后传。

表 2 列举了 TPUNB 协议针对物联网终端设备的特性，设计了 Type-A（极低功耗）、Type-C（低功耗）与 Type-D（电源模式）三种终端唤醒模式，以适应不同使用场景中的功耗和时延要求。在 Type-A 模式中，终端长时间处于深度睡眠状态，功耗很低，模组待机典型功耗小于 $2 \mu A$ 。

工作模式	工作特点	静态功耗	应用场景
Type-A	超低功耗模式，终端大部分时间处于休眠模式，主动上报数据时才进入短时间的收发工作模式。	$2 \mu A$	适用于对终端功耗要求高且下发控制要求较低的场景，例如，烟感、门磁、管道传感器等。
Type-C	低功耗模式，终端支持空中唤醒，主动上报和主动下发数据时都可以进入短时间工作模式。	$10 \sim 45 \mu A$	适用于对终端功耗及下发控制都有一定要求的场景，例如，水表、燃气表、智能门锁、智能穿戴等。
Type-D	常连接工作模式，终端可遵循网络调度实时收发数据，实现确定性时延通信。	8 mA	适用于终端有电源供电的场景，例如，电表、智能开关、采集器等。

表 2 TPUNB 三种工作模式

3.1.2 灵活频谱接入技术

如图 3 所示，针对复杂的极窄带宽控制问题，TPUNB 通过网关侧设计基于滤波器组的多载波方案，将复杂的极窄带滤波采用数字方式实现，与终端模组侧 GFSK/GMSK 调制配合。在接收端采用高效的多用户检测方案，最终使系统实现谱效高于传统系统四倍以上，而且，在并发性能上远超传统系统。

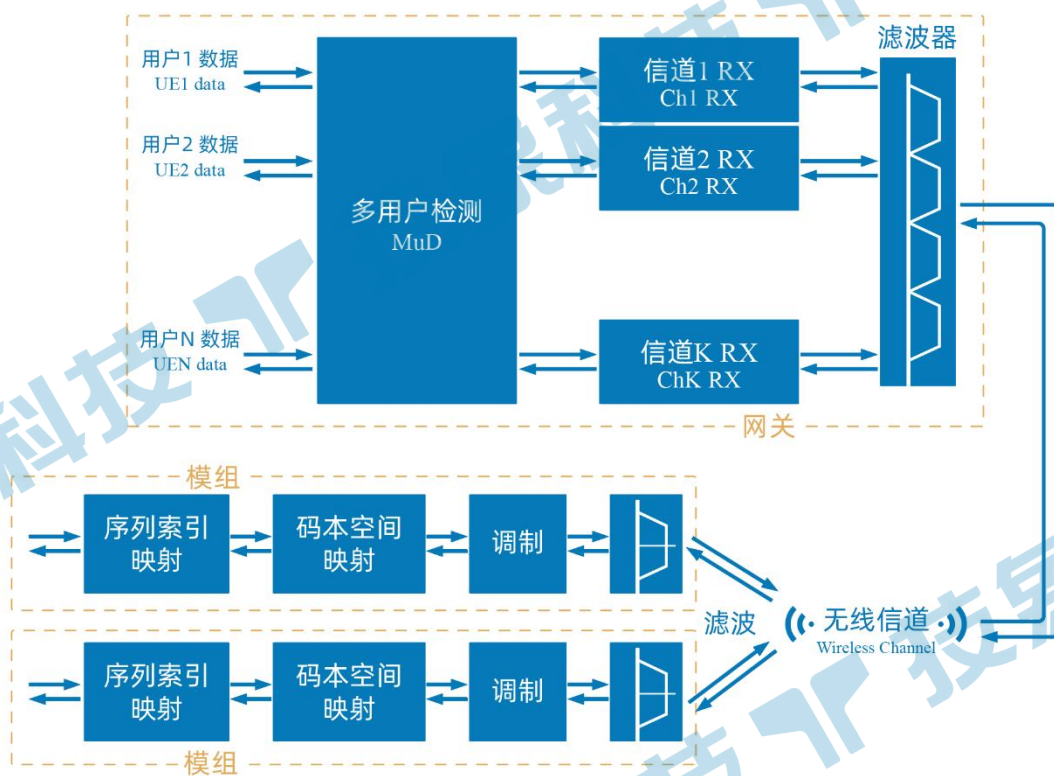


图 3 TPUNB 灵活频谱接入技术

3.1.3 S-FSK 调制技术

S-FSK 由序列索引扩频 (SIMS) 及 FSK 调制组成, 如图 4 所示, SIMS 通过将—个设备的 N bits 信息映射到与设备相关的码本空间中的一个长度为 M bits 的序列上, 实现扩频。由于码本空间的序列满足弱相关条件, 因此还可以获得额外的处理增益及多用户增益。与 FSK/MSK 调制结合, 配合接收机联合解扩频调制 (JSM) 技术, 将获得超过 3 dB 的解调处理增益。因此, SIMS 技术可以在增加扩频处理增益的同时, 提升用户并发数。理论上, SIMS 技术在 $SF=10$ 时, 获得的扩频增益超过 10 倍, 多用户增益超过 16 倍。



图 4 TPUNB S-FSK 调制

3.1.4 物理层认证技术

物理层安全认证技术，是技象科技的另一项核心专利技术。如图 5 所示，它通过在无线信号中嵌入水印，接收机通过对水印检测而认证发射机合法性。这一系列操作都在物理层信号检测过程中完成，因此，可以有效阻止非法接入，阻断其后续对网络进行攻击的可能性。将物理层认证融入到安全体系架构中，可以实现最底层的入口认证。

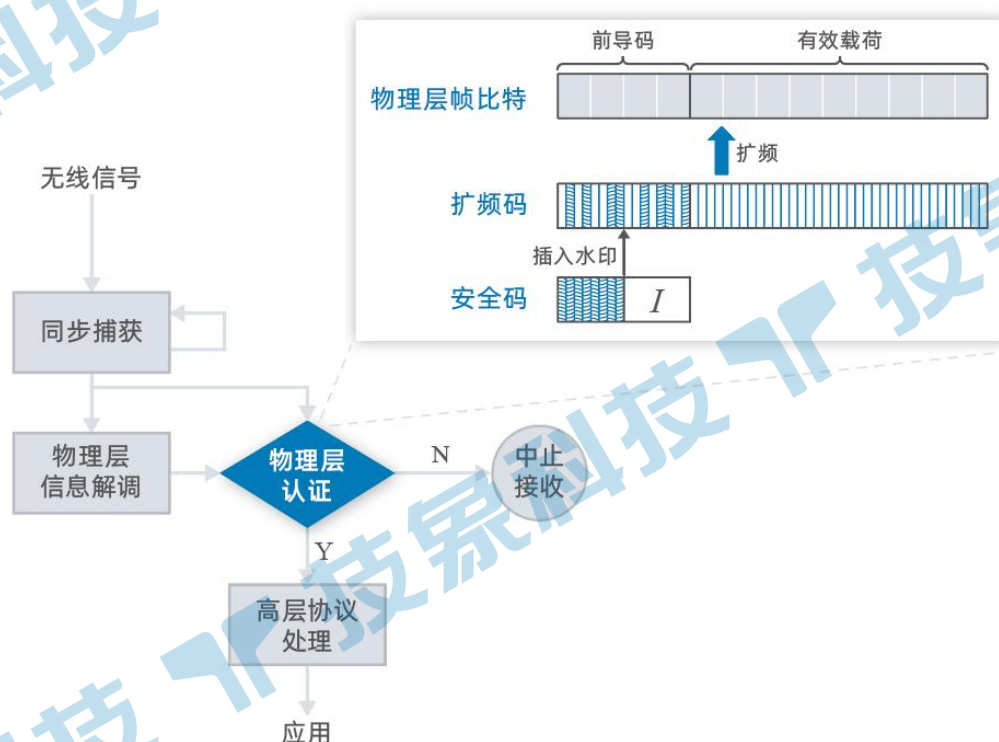


图 5 TPUNB 物理层认证技术

物理层认证水印序列采用 ZUC 或者 SM4 等算法生成，该序列按设定图案插入到物理层信号的时域和频域上。在物理层上下行传输信号中按图案周期性插入特定的密钥标识，该标识和原物理层信号一起发送。接收机按约定图案和周期对密钥标识进行识别检测验证，只有成功检测到该标识，才确认对端发射设备为合法设备，同时物理层会进行后续物理层帧头、数据帧进行解码。如果确认对端发射设备为非法设备，会终止正在进行的任何流程，并上报检测到非法设备告警。

通过物理层加密认证功能，可以有效地增加物理层安全性，在原有的接入安全性基础上有效地降低系统受到攻击的风险。

3.1.5 低功耗空中唤醒

TPUNB 具备物理层空中唤醒能力，可以极低功耗代价将模组从休眠状态唤醒，实现控制类终端的低功耗。



图 6 TPUNB 空中唤醒机制

TPUNB 采用物理层帧头来对模组进行唤醒，根据应用需求，一次可以唤醒一个或多个模组。同时支持群组唤醒，以提高唤醒的效率。模组被唤醒后，可以进入接收或发射模式，侦听网络侧的指令。采用物理层唤醒，可以有效避免唤醒串音，降低接入冲突概率，使系统功耗降至最低。

3.1.6 底层通信技术芯片化

技象科技基于自主协议架构及 MuFFS 空中接口，在“象芯 1 号”及“象芯 2 号”两颗芯片中分步实现具有国际领先物联网通信水平芯片的自主研发。

如图 7 所示，“象芯 1 号” TP580X 系列芯片具备自研高性能扩频调制技术 S-FSK 调制能力，拥有较高的解调性能，再加上物理层认证水印添加能力、灵活频谱接入能力、超低功耗唤醒、调度能力。“象芯 1 号”是一款高性能、超低功耗、低成本的物联网芯片，支持超低功耗休眠、唤醒操作，具有低功耗、超远距离传输的能力和丰富的外设接口，以适应不同功耗及覆盖距离的物联网应用需求。



图 7 “象芯 1 号” TP580X

“象芯 2 号” TP680X 系列芯片将会在 TP580X 基础上全面具 S-FSK 调制解调能力、物理层认证水印添加及检测能力、高阶调制及链路自适应能力，将从性能上全面超越主流技术。

类型	参数	备注
频段	sub1G	230MHz, 433MHz, 470MHz, 860MHz
带宽	25k~300kHz	25kHz滤波器指标满足165号文要求
双工模式	TDD半双工	
数据速率	突发速率0.1k~200kbps 平均速率最大100kbps	
突发包长	最大3KB	
发射功率	20dBm	
灵敏度	-145dBm@0.1kbps -95dBm@200kbps	
天线数	单天线	
低功耗	睡眠电流<2uA 接收电流<20mA 发射电流<90mA	
跳频	慢跳频	
调制	S-FSK: (G)FSK/(G)MSK	
扩频	DSSS, SIMS扩频 符号级联合解调扩频 扩频因子SF≤12	
物理层认证	插入及检测认证水印	

表 3 “象芯 2 号” 芯片参数

3.2 TPUNB 系统架构技术

当前物联网行业项目和应用牵引特征明显，呈现出烟囱式发展形式。针对当前系统耦合性大、解决方案碎片化严重，不利于快速复制推广的问题，TPUNB 自下而上，从芯片到 TPaaS 平台实现高效协同，同时采用解耦架构设计，以整体系统的物联网架构提升了通信系统整体效能。使系统具备从芯片到网络的深度系统定制能力，同时还增强了系统复制能力。TPUNB 系统不仅可以提供一张可伸缩的通信网络，还能实现垂直应用的深度定制，为用户解决痛点问题。其系统主要能力与性能指标如表 4 所示。

系统能力	特性描述	性能指标
支持确定性传输的资源调度协议技术	支持三种无线资源分配： <ul style="list-style-type: none">• 确定性时延资源预分配• ALOHA 随机调度• 动态资源调度	<ul style="list-style-type: none">• 网络时延最低达 0.3 秒• 单网关 2 秒内 40 个并发传输成功率 99%
深入底层需求的系统级控制	<ul style="list-style-type: none">• FOTA 差分升级• 低功耗控制• 物理层+系统的多维度安全认证	<ul style="list-style-type: none">• 固件升级时间不超过 3 分钟• 可唤醒休眠电流 10~45 μA• 不可唤醒休眠电流 3 μA
开放的感知平台	<ul style="list-style-type: none">• 多协议支持• 快速接入• 安全可靠• 性能稳定	<ul style="list-style-type: none">• 支持 MQTT、HTTP、gRPC 等超过 5 个主流协议• 提供 Java、Golang 等主流语言的 SDK• 多种认证方式及传输加密协议• 毫秒级解析延迟，支持弹性扩展
灵活可靠的多模式网络架构	<ul style="list-style-type: none">• 星型组网• 点对点组网• 链型自组网• 树型自组网	<ul style="list-style-type: none">• 秒级网络接入时延• 网络应用无死角覆盖

表 4 TPUNB 系统特性

下面分别从 TPUNB 物联感知系统架构、网络架构、协议架构、安全架构、标准体系架构、TPaaS 平台架构的角度，介绍 TPUNB 系统架构技术。

3.2.1 TPUNB 物联感知系统架构

TPUNB 物联感知系统总体架构如图 8 所示，主要包含感知网络与感知平台（传输网络及物联网应用两部分由生态提供）。TPUNB 感知网络主要负责为感知要素提供数据连接，实现可信采集；然后由物联网网关/基站把感知数据传输到 TPUNB 感知平台，实现可信传输。TPUNB 感知平台负责感知数据的数据解析及管理，同时与应用层连接，为各种物联网应用业务提供可信数据服务。而且，TPUNB 感知平台也完成设备联动功能，以实现关联对象进行控制的能力。



图 8 TPUNB 物联感知系统架构

(1) 感知网络

在感知网络中，面向不同的感知要素，传感器对关联的目标对象进行状态感知与数据采集，并通过通信模组接入物联网通信系统，将感知数据通过物联网通信网络传递到 TPUNB 感知平台。

- 感知终端

在传感终端内嵌入 TPUNB 通信模组或使用 TPUNB 数据采集器，通过 TPUNB 网关/基站或中继设备进行通信，将数据上报 TPUNB 网关/基站。

- 感知控制系统

包含各种传感系统，如传感信息采集系统、标签识别系统、位置信息系统、智能化设备接口系统等，完成入口末端信息的采集。

- 物联网通信系统

通过通信连接，支撑感知控制系统与物联网云平台互联，为终端提供数据接入、接入合法性认证、终端调度、数据转发等功能，是连接系统的神经。

(2) 感知平台

感知平台 TPaaS 实现物联网设备接入与管理、数据解析与转发、用户接入和业务基础支撑服务等功能，具体包括：

- 支持设备接入、管理与存储等基本功能；
- 支持安全中心功能，保障用户数据安全；
- 支持监控运维功能，对通信设备的通信与网络状态进行监控与运维；
- 支持物模型定义及设备实体，从属性、服务和事件三个维度定义产品的数据模型；
- 支持规则引擎功能，即对感知数据进行数据过滤、解析并转发至应用层；
- 支持多种场景联动，对设备状态和事件进行不同的场景联动，对关联对象进行控制、转发、邮件提醒、微信机器人告警等；

- 向应用层开放 API 网关功能，应用层可通过 API 网关调用云平台的开放功能模块实现相应的功能。

TPaaS 感知平台具备感知数据的分析及管理、大容量用户管理、设备管理的服务能力，可提供感知数据平台服务，以支持如市政井盖监管、停车场管理、加油站检测管理、市政围栏监管、水电气自动抄表系统、地质灾害防控等各种物联网应用场景，提升城市管理水平。

3.2.2 TPUNB 网络架构

TPUNB 网络既支持星型组网、点对点组网模式，也支持 Mesh 组网、树型自组网，在复杂地形组网时，可以为用户提供灵活可延伸的网络，实现无盲区覆盖。TPUNB 网络具备干扰协调与负载均衡能力，同时具备 OAM（操作维护管理）平台，为网络运行提供操作、维护与控制能力。

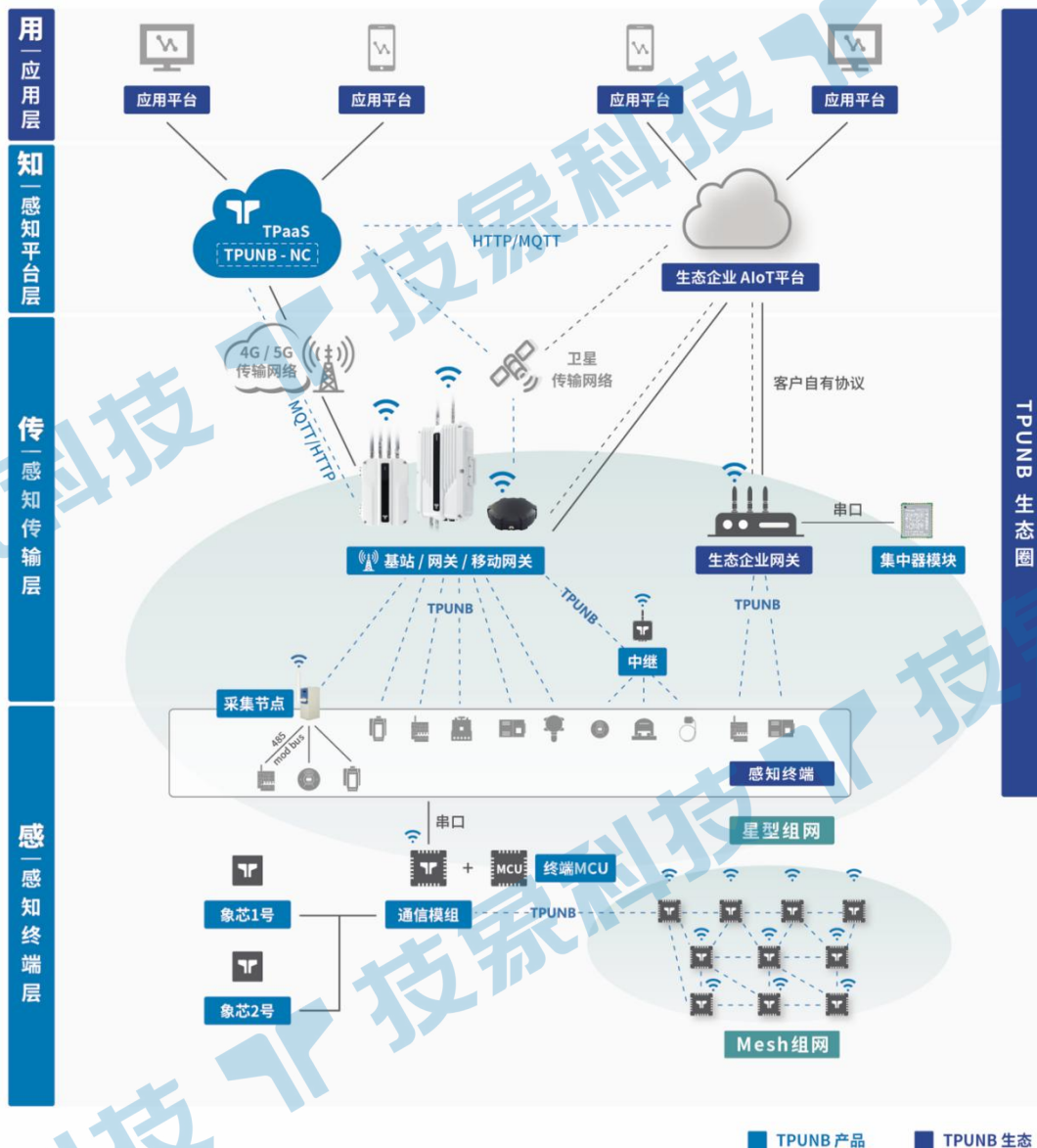


图 9 TPUNB 网络架构

TPUNB 网络架构如图 9 所示，它由感知终端层、感知传输层、感知平台层及应用层四部分组成，分别解决用户的“感”、“传”、“知”、“用”问题。其中，感知终端层、感知传输层构成了感知网络，主要负责通信连接，包含物联网网关和终端模组。终端模组外接数据采集模块或设备，将采集数据通过 TPUNB 无线通信协议直接或间接（通过中继）回传至物联网网关，再通过 MQTT（消息队列遥测传输）协议传递至云平台，完成“感”与“传”功能。感知平台层提供数据汇集及分析服务，为应用层提供感知数据支撑，实现“知”的功能。

TPUNB 网络具有以下特点：

- 可信采集：底层感知通信模组使用具备物理层安全认证能力及可靠传输 MuFFS 物理层协议的芯片，具备独家 WOR 低功耗唤醒能力及 FLOTA 高效固件升级能力，使设备高效易用、可维护性强，保证可信采集；

- 高效连接：数据传输采用 TPUNB-X 空中接口传输协议，在网关覆盖范围内可一跳高效接入，传输时延稳定可控，通过不同的协议资源及参数的编排配置，可实现不同应用场景；

- 灵活伸缩：网络拓扑是以中心组网为主，多跳延伸为辅的混合组网，为实际网络部署覆盖盲区提供灵活覆盖延伸，实现可伸缩网络及超远距离回传，解决部署盲点覆盖问题；

- 灵活开放：TPaaS 感知平台，采用组件化设计思路，实现数据抽象与应用解耦，通过高效的应用协议解析，北向提供传感协议透明的感知能力，南向提供即插即用感知入口，更好地支持生态协同深入应用；

- 生态服务：开放的生态接口，对应用提供传感平台服务，屏蔽无线技术细节；对通信厂家提供通信模组开发套件，屏蔽复杂基带处理；对传感器厂家提供简易标准接口，推动生态协同共赢。

3.2.3 TPUNB 协议架构

如图 10 所示，TPUNB 的空中接口协议主要由 TPUNB-X 协议栈及物理层 MuFFS 协议组成。

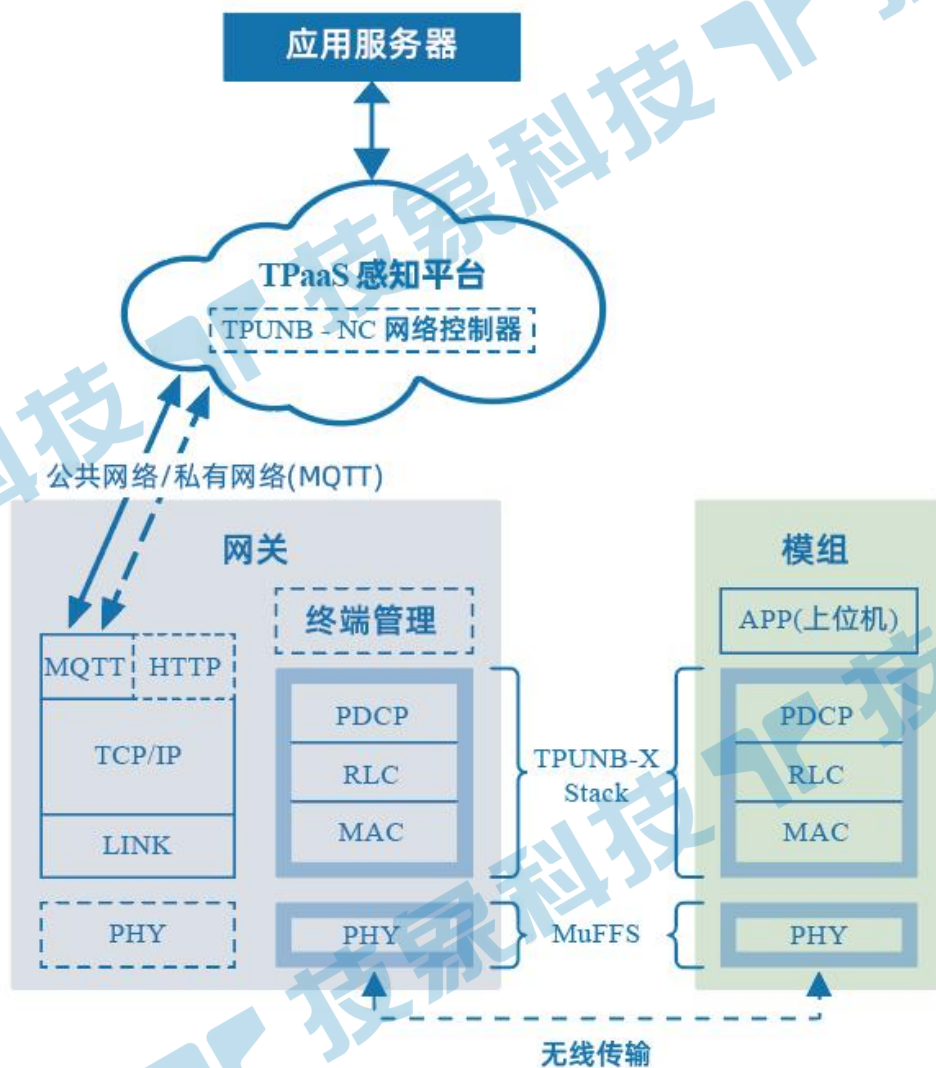


图 10 TPUNB 协议架构

(1) TPUNB-X 协议栈

为应用 X 封装适配性通信协议栈，从网关/基站角度看，主要包括南向及北向两部分协议栈，南向协议栈与终端连接，北向协议栈与 TPaaS 或第三方云平台的接口连接。

- 北向协议栈

- PHY：以太网或 4G/5G 通信协议；
- LINK：对应 PHY 的链路控制协议；
- TCP/IP：传输层协议；

- MQTT: 数据应用协议。
- 南向协议栈
 - MAC: 负责空口资源调度、附着过程处理、终端小区切换和加解密, 以及完整性保护等;
 - RLC: 负责大包分片和重组、按序提交等;
 - PDCP: 负责应用层数据包, 下行传输分片、重传, 上行数据透传等。

(2) MuFFS 物理层

面向应用的物理层协议, 为多模式应用提供灵活稳定的物理层无线连接, 对上层协议层提供与应用匹配的物理层传输服务及物理层安全认证服务。MuFFS 技术细节在 3.1 节中描述。

3.2.4 TPUNB 安全架构

(1) 系统安全框架

如图 11 所示, TPUNB 安全框架分为接入域安全和网络域安全两部分。

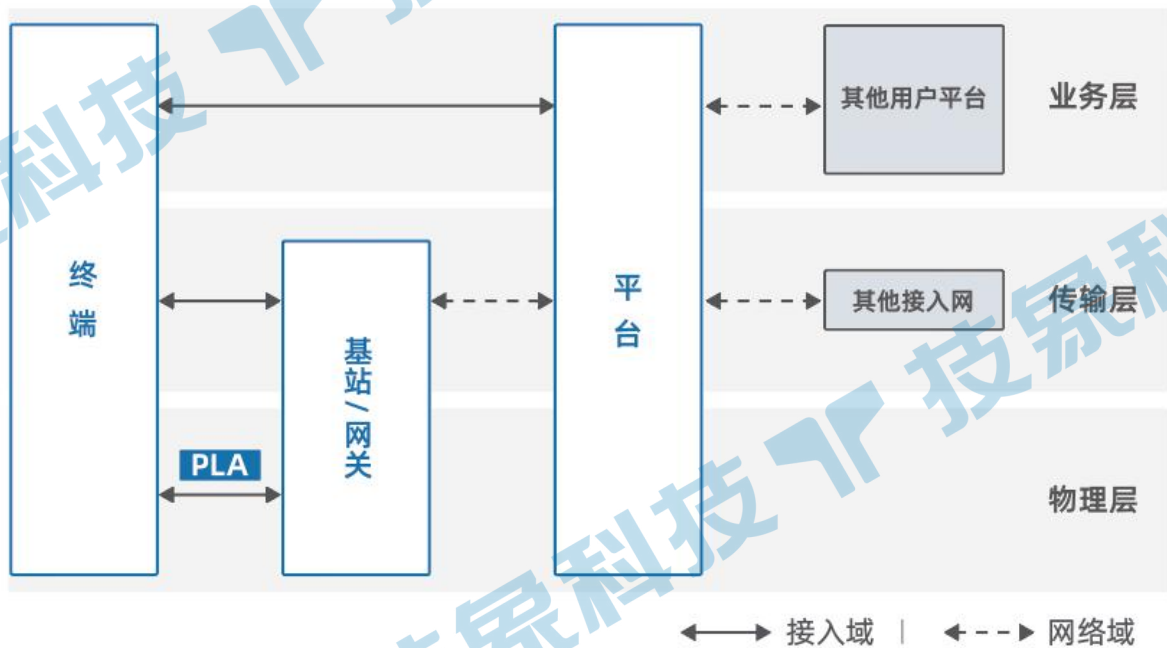


图 11 TPUNB 系统安全架构

对这两个部分功能分别描述如下:

- 接入域安全

接入域安全保障用户接入网络的数据安全,包括数据安全性与终端认证两部分。

数据安全用于保证终端设备与网络之间信令/数据的机密性和完整性,包括终端与基站/网关、平台之间的信令/数据保护。

终端认证用于认证网络接入的合法性,TPUNB 认证框架分为物理层认证(PLA)功能和 AKA 认证框架两部分。其中,AKA 认证是必要部分,PLA 物理层认证功能是补充加强部分。即单独采用 AKA 认证框架,也能完成终端安全认证功能,但加入 PLA 物理层认证会让认证更加快捷与安全。

- 网络域安全

保障网元之间信令和用户数据的安全交换,包括(无线)接入网与平台网络节点之间信令和数据交互的安全性。

(2) 终端安全认证框架

- 物理层 PLA 认证功能

PLA 通过在物理层物理波形上隐藏传输密钥标识,接收端在物理层通过信号处理识别密钥标识,最终验证对端是否为合法设备。该功能可在物理层进行单向认证,也可实现双向认证。

当系统开启 PLA 后网关可以在终端与后台建立连接前认证终端身份,提高安全认证效率,并降低网络攻击的可能性。

- AKA 框架

使用 AKA 框架进行收发两端的互连认证和密钥分配,其中加密和完整性保护算法采用国密 SM4 算法或与 LTE 兼容的 ZUC 算法(祖冲之算法)、AES 算法。

3.2.5 TPUNB 标准体系架构

如图 12 所示，TPUNB 标准体系主要在整体参考架构、通信模组系列标准、物联网网关-基站系列标准、云平台系列标准等方面进行标准规范，涵盖了从通信协议到云平台的接口、互操作规范。



图 12 TPUNB 标准体系架构

- 整体架构系统标准为物联网参考架构标准，提供架构参考设计。
- 模组系列标准包括模组接口规范、技术要求及测试规范，定义模组的互操作特性；
- 物联网网关-基站系列标准包括空中接口协议规范、网关技术要求及测试规范，定义网关与模组间的互操作特性。
- 云平台系列标准包括与网关间以及与其他平台间的接口规范，定义了云平台互操作特性。

由技象科技牵头起草，联合数家研究机构、企业等单位共同制定的《窄带低功耗物联网网关设备在 470 MHz -510 MHz 频段的射频指标与测试指南》和《城域物联网云平台软件参考架构》等两个团体标准已于 2022 年 7 月和 10 月由广东省物联网协会正式发布。技象科技推动窄带低功耗物联网领域标准化文件的发布，对推动窄带低功耗物联网应用具有重要的标志性意义。

3.2.6 TPUNB TPaaS 平台架构

TPUNB 感知平台 TPaaS 平台架构如图 13 所示。TPUNB 感知平台由 TPUNB-NC 网络控制器、规则引擎、API 网关、安全中心和监控运维中心等组成，可以为上、中、下游生态提供灵活开放的接口。



图 13 TPUNB 感知平台 TPaaS 架构

TPaaS 平台主要包含五个功能模块：

- **TPUNB-NC 网络控制器：**负责物联网设备接入与管理、数据解析和转发、用户管理等功能，是实现物联网通信设备组网和响应业务的最小功能单元集合，是平台的核心组成部分。
- **API 网关：**提供访问物联网平台的开放统一接口，下游生态企业可实现与平台的灵活对接。
- **规则引擎：**支持对感知数据进行过滤、解析与转发，并实现设备联动功能。
- **安全中心：**保障基础设施和用户的个人信息数据安全。
- **监控运维中心：**负责对设备通信、网络状态进行实时监控与高效运维。

3.2.7 系统定制

TPUNB 系统可以提供从通信芯片、通信模组、协议、算法到软件平台的完备的端到端系统解决方案，无论是芯片端、模组端还是平台端，针对 LPWAN 行

业痛点和通用需求，均具备一套完整的实现和配套方案，为用户实现解决方案的深层定制，真正解决用户痛点问题。

如图 14 所示，TPUNB 系统给客户完善的模组 OTA 远程升级方案，涉及到协议优化、平台管理各层面。TPaaS 平台可以采用单播或者广播方式对模组进行升级，支持断点续传补包、差分升级、失败回退，升级过程兼顾业务数据下发场景或业务数据避让等特点。给用户提供高效便捷的升级功能，兼顾高可靠成功率以及低功耗的需求，解决客户 OTA 升级痛点，满足行业对远程 OTA 的需求紧迫性及通用性要求，可以给客户提供端到端的快速迭代优化产品的服务能力。

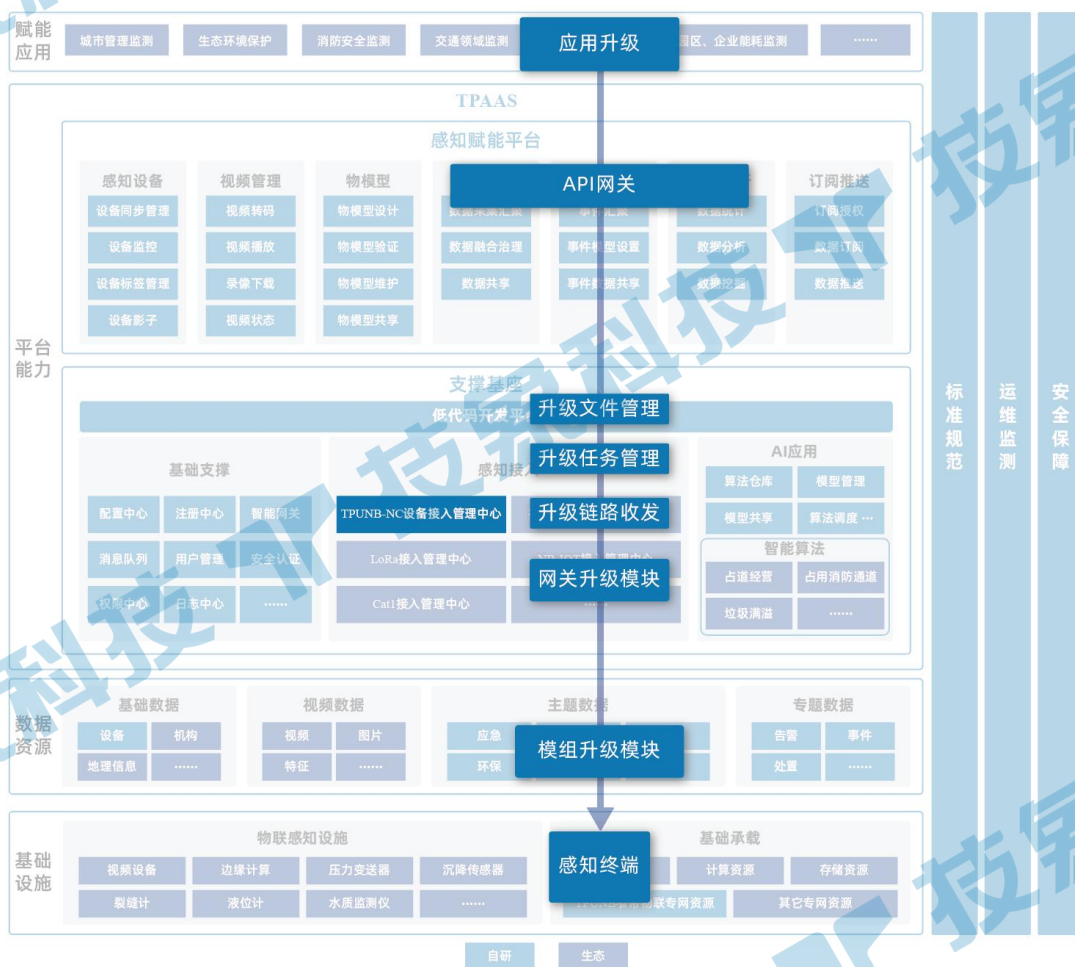


图 14 TPUNB 的固件 OTA 升级方案

通信网络方面，网关针对升级业务，为终端模组配置高速下行信道，通过广播方式下发升级数据包。对于个别传输错误的终端，提供点播信道，重传升级数据包。模组能对无线承载进行识别，对升级业务进行专门处理。

四、TPUNB 产品体系

技象科技拥有 TPUNB 无线通信协议的 100%自主知识产权，聚焦全国产化 LPWAN 无线窄带通信系统的持续开发，在物理层已开发出首款全国产化物联网芯片“象芯 1 号”，并以此为基础开发出可适应不同物联网应用场景的网元设备产品；在链路层形成了较为完善的产品体系，打通从感知终端层到感知传输层的数据传输问题；在感知平台层，推出拥有强大平台管理能力的 TPaaS 感知平台。技象科技依托完整的产品体系（如图 15）构建完备的 TPUNB 物联感知系统（如图 16），支持各种物联网行业解决方案。



图 15 TPUNB 产品体系



图 16 TPUNB 物联感知系统

4.1 终端层

4.1.1 通信模组 TP1107

内置 TP580X 通信芯片及 TPUNB 无线窄带通信协议，标准接口封装，可嵌入众多感知终端，实现采集数据的超低功耗远距离传输；可灵活切换 Type-A(极低功耗)、Type-C（低功耗）、Type-D（电源模式）三种功耗模式，同时具备高性能、易扩展、高性价比等特点，以适应物联网众多复杂场景的应用。目前已广泛应用于智慧城市、智能电网及工业控制等领域。



图 17 通信模组 TP1107

4.1.2 通信模组 NSM-U1

NSM-U1 是一款高性能、超低功耗的 TPUNB 窄带物联网无线通信通用模块，具有远距离通信、低功耗、高并发、实时调动和 OpenCPU 等特点，可进行联合自组网采集，主要用于物联网智能产品、自动抄表、智慧城市、工业控制、智能家居等应用场景。



图 18 通信模组 NSM-U1

4.2 传输层

4.2.1 基站 TP9102

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的基站设备，拥有超远距离网络覆盖能力，低功耗、高并发的无线传输能力，南向提供大量物联网终端数据传输接入和监控功能，北向提供数据回传功能，适用于搭建大、中型城域级物联专网，可广泛应用于智慧城市、智慧园区、智慧农业、边境防控等众多场景。



图 19 基站 TP9102

4.2.2 网关 TP9216

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的网关设备，拥有中远距离网络覆盖能力，低功耗、高并发的无线传输能力，南向提供大量物联网终端数据传输接入和监控功能，北向提供数据回传功能，适用于搭建大、中型城域级物联专网，可广泛应用于智慧城市、智慧园区、智慧农业、边境防控等众多场景。



图 20 网关 TP9216

4.2.3 网关 TP8606

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的高可靠性工业级网关，同时支持并灵活切换时隙 DSME 模式和竞争模式两种调度方式，并通过数据接收确认和重传机制，确保网络可靠性的同时，实现数据传输的高并发和低延时，满足工业控制自动化的严苛需求，适用于搭建灵活的工业智控专网，可广泛应用于工业物联网领域的众多场景。



图 21 网关 TP8606

4.2.4 网关 TP2208

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的室内型网关设备，拥有局域型网络覆盖能力，低功耗、高并发的无线传输能力，南向提供物联网终端的有效监控，北向提供数据回传功能，适用于搭建灵活的楼宇级物联专网，以及城域级专网覆盖的优化，可广泛应用于智慧城市、智慧园区等众多场景。



图 22 网关 TP2208

4.2.5 车载北斗网关 TP9208

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的车载型移动网关设备，南向提供车辆、货物、人员等多种关键信息的数据传输接入和监控功能，北向通过北斗和 4G 提供数据回传功能，采用主机天线一体化设计及增强型散热设计，适用于严苛室外环境下的物流、智慧交通等场景。

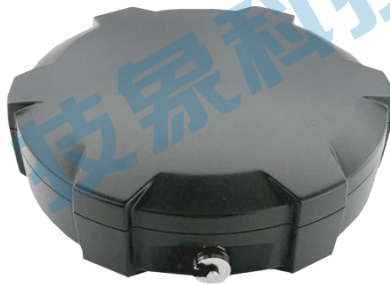


图 23 车载北斗网关 TP9208

4.2.6 网关 TP2108-M1CL

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的室内型单通道网关设备，具备局域、小规模灵活组网能力，南向提供物联网终端的有效监控，北向提供数据 4G 回传功能，也支持数据本地化处理，使用串口进行数据收发，降低了无线应用的门槛，可实现星型组网通信。适用于对成本要求极致的小规模组网、室内物联专网、城域级专网补盲等场景。



图 24 网关 TP2108-M1CL

4.2.7 网关模块 TP2210

基于 TPUNB 无线窄带通信协议开发的一款高性价比、高性能、小尺寸的单通道网关模块。模块内置 TP580X 通信芯片，支持星型组网通信协议和 AT 指令配置参数与数据收发；数据本地处理，不需要接入平台。众多应用场景中的智能网关通过内嵌 TPUNB 网关模块，实现一对多通信，具有 TPUNB 网关的组网能力和网络管理服务能力，适用于小规模、小范围组网场景。



图 25 网关模块 TP2210

4.2.8 中继 TP5200

基于 TPUNB 无线窄带通信协议的中继设备，可实现 TPUNB 物联专网信号的中继，从而延伸专网的覆盖范围。产品支持 4 级 3 跳的网络拓扑结构，单跳覆盖距离可达 1~2km，支持低功耗模式，电池使用寿命在 3 年以上，南向最多可接入 400 个终端，支持无串扰双向空中唤醒，可有效降低系统的整体功耗。



图 26 中继 TP5200

4.2.9 DTU TP5600 系列

DTU TP5600 系列是基于国产 TPUNB 超窄带通信技术打造的轻量化、具备星型组网、点对点通信双协议栈能力的数传类产品，能以即插即用的形式实现无线通信数据与有线通信数据的双向透明传输，并且具备跳频抗干扰、随机退避重传等技术特性。



图 27 DTU TP5600 系列

4.3 TPaaS 感知平台

如图 28 所示，技象科技 TPaaS 感知平台，是集成了设备管理、数据安全通信和消息订阅等功能，实现物联网设备轻松上云，帮助行业用户快速搭建自定义的物联网应用平台，具备高效、稳定、安全、开放、灵活等特点。

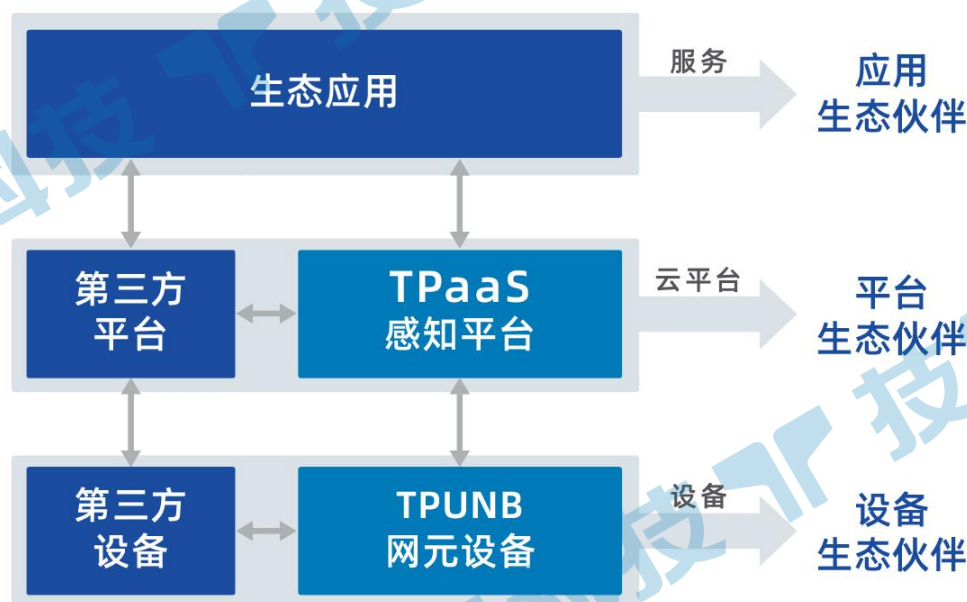


图 28 感知平台示意图

TPaaS 感知平台支持物联网设备接入与管理、数据解析与转发、用户接入和业务基础支撑服务等功能，向上提供云端 API，服务端可通过调用云端 API 将指令下发至设备端，实现远程控制，向下支持连接海量设备，采集设备数据上云。

TPaaS 感知平台通过感知网络为上游生态提供数据入口，通过数据分析管理，为下游云平台及应用生态提供数据服务。同时，也为中游通信系统合作生态提供网络设备管理服务，形成全方位生态服务平台。

4.3.1 TPUNB-NC 平台

TPUNB-NC 是一个物联网设备管理平台，提供海量、位置离散的物联网设备连接、北向应用通信、通信数据安全中心、组织数据隔离保护、设备 OAM、OTA 升级、运行状态监控、系统日志管理、告警和推送等能力，帮助物联网行业用户快速完成设备联网和业务集成。

- 对接简单

屏蔽 TPUNB 通信复杂性，可直接调用平台接口。

- **设备 OAM**

集中管理、远程操作、批量配置。

- **OTA 升级**

支持 TPUNB 设备的升级、上位机设备的升级文件传输。

- **灵活组网**

支持星型和树型组网模式。

- **流量控制**

解决系统网元之间存在宽进窄出速率不匹配的矛盾，防止设备过载损坏。

- **参数热补丁升级**

设备参数变更无需重新部署或重新启动平台。

- **多协议接口支持**

支持 HTTP、MQTT、gRPC 协议，支持长连接保持。

- **模块化灵活部署**

低配置主机可仅部署部分平台组件。

- **资源占用少**

低资源需求，支持树莓派 3B。

- **自动切换网关**

模组失步后会自动从其他网关入网。如设备位置发生变更，会计算推荐频点，并在扫频时优先使用。

五、典型应用场景案例

TPUNB 物联专网，通过组合搭配基于 TPUNB 无线通信协议开发的基站、网关、通信模组等多种网元设备，灵活搭建多种自主可控、安全稳定、高性价比的专有网络，连接网络覆盖范围内的海量感知终端，实现物联网感知数据的有效传输与监控，满足物联网应用的多样性需求，同时具备易部署、易运维、低成本等特点，可广泛应用于智慧城市、智慧园区、智能电力、工业物联网、智慧农业等众多领域。以下分别以城域物联专网、局域物联专网、工业智控专网、终端自组网为例，展示 TPUNB 无线组网的具体方案。

5.1 城域物联专网：广域安全的基础连接

针对广域物联的建设需求，采用 TPUNB 基站/网关搭建广域覆盖的城域级物联专网，搭建安全可靠的城市关键基础设施，并能与 5G、北斗及光纤网络有机结合，对物联专网进行灵活有效的扩展；同时，通过 TPUNB 通信模组实现网络覆盖范围内海量感知终端的超低功耗无线数据传输，广泛采集物联网应用场景中的可信关键数据，实现广域安全的基础连接，构建深度互联的数据协同智理平台，适用于智慧城市、智慧交通、边境防控、智慧农业等众多场景，助力安全可靠的城市关键基础设施建设。

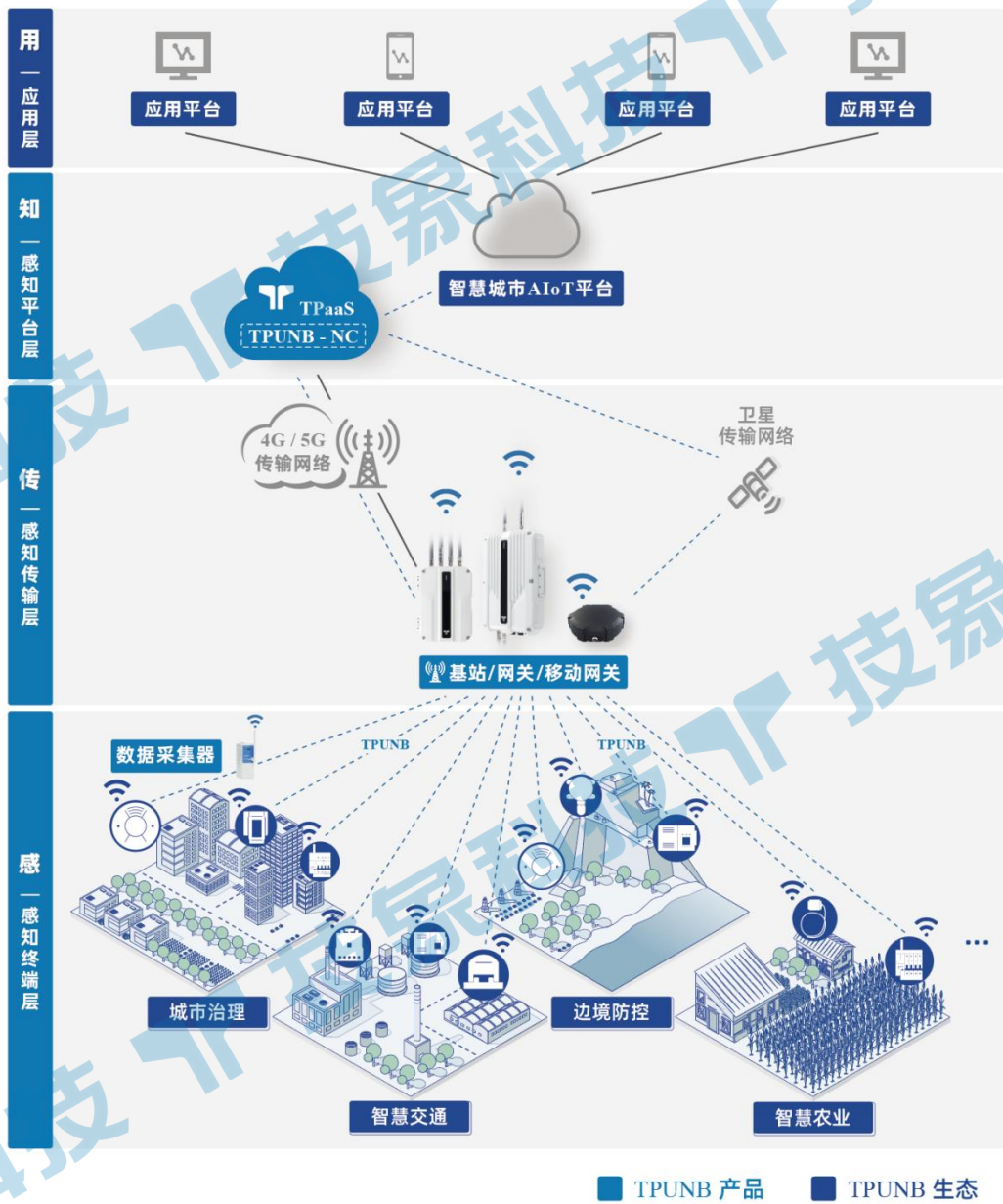


图 29 城域物联专网架构

5.2 局域物联专网：伸缩可变的弹性连接

针对分散式局域场景的多应用数智化建设需求,采用 TPUNB 网关系列产品,灵活搭建可深度定制的局域物联专网,一方面,持续创新、不断完善的 TPUNB 产品体系,可满足中小型区域中多元化垂直应用场景的定制需求,另一方面,多种类型的 TPUNB 网关/中继设备组合使用能大大降低物联网的建设及运维成本,如网关模块在针对性定制开发后,可以实现超高性价比的局域物联网覆盖效果。具备多跳延伸的中继设备及链型/树型多跳自组延伸的通信模组,使 TPUNB 局域物联专网能快速实现伸缩可变的弹性连接,高性价比、易部署、易运维,可广泛应用于智慧楼宇、智慧配电房、智慧仓储、智慧机房等众多场景,帮助企业实现产业数字化升级。

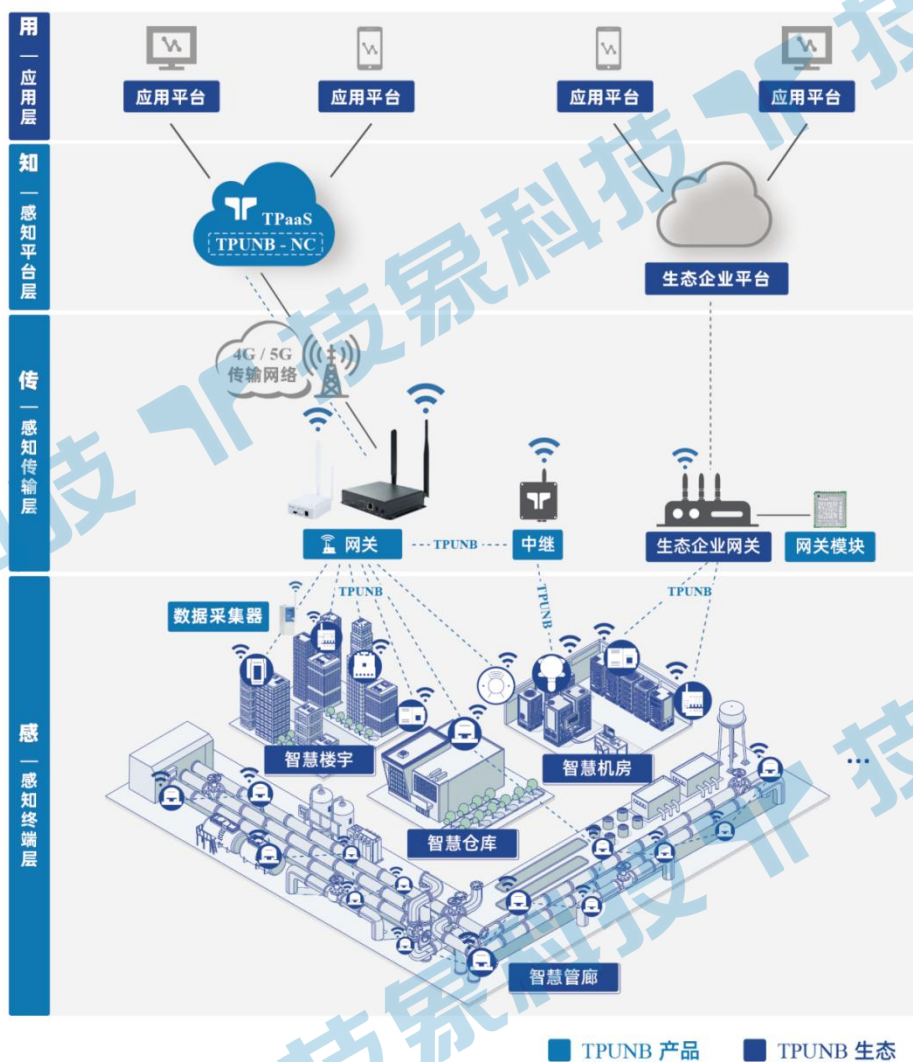


图 30 局域物联专网架构

5.3 工业智控专网：精准确定的控制连接

结合工业物联网的飞速发展背景，以及对工业物联网中复杂的多业务接入和高效传输的要求，通过高性能的 TPUNB 工业级网关等网元设备，构建指标可确定的大容量、高并发、低时延的工业智控专网，满足工业物联网应用对网络的严苛要求；同时，采用了 DSME 调度算法，确保工控数据上报和指令下达的实时可靠，支持切换 ALOHA 和 DSME 调度方式，可广泛应用于工业环境治理、综合能源供给、智慧节能系统和智慧仓储等众多场景，助力实现工业数智化转型升级。

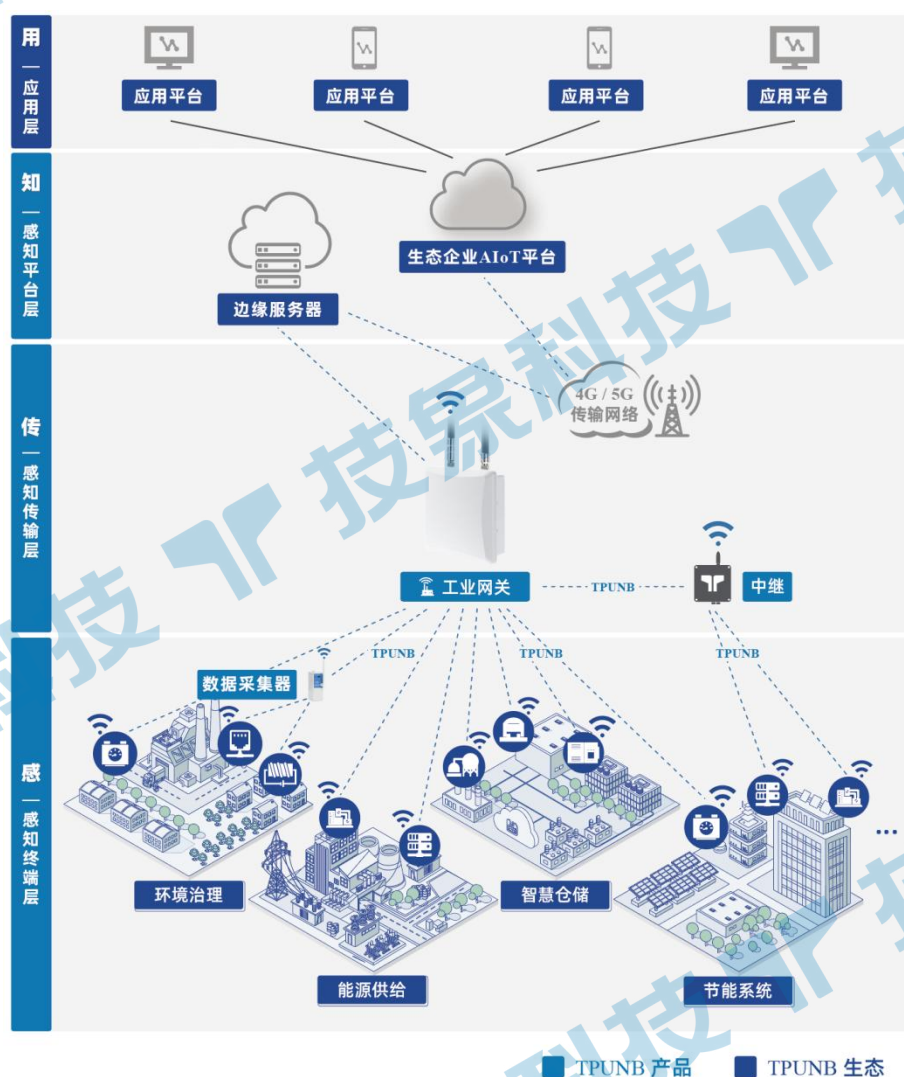


图 31 工业智控专网架构

5.4 终端自组网：开放灵活的自组连接

TPUNB 终端自组网是依托于终端节点之间的自组网，实现传输信号的扩展延伸。TPUNB 终端支持 TP-Mesh 组网协议，最多支持 15 次数据智能路由转发，轻松满足各种组网需求。通过开放灵活的自组连接，在终端节点之间实现信息远距离、高灵敏度的无线快速收发，同时具有简易部署、超低成本、灵活应用的优势，可广泛应用于智能搜救、智慧管廊、隧道交通和智慧路灯等场景。



图 32 终端自组网架构

5.5 生态合作相关案例

基于 TPUNB 无线窄带通信技术应用与产品体系，技象科技已与多家生态合作伙伴围绕各类行业场景联合打造了智慧物联解决方案并得到广泛应用，如古建筑智能监测、古树名木智能监管、用电行为安全监测、工厂能源监控、智慧表计、道路安全监测等，具体如下：

5.5.1 用电行为安全智能监控项目



图 33 TPUNB 网关和智能预警监测主机安装效果图

背景：国家消防救援局发布的 2022 年全国消防救援队伍接处警与火灾数据显示，2022 年共接报火灾 82.5 万起，同比上升 7.8%；电气仍然是引发火灾的首要原因，在自建住宅火灾起火原因中，因电气故障引发火灾占比高达 42.8%；在各类场所火灾和非自建住宅火灾中由电气引发的占比也高达 30.9% 和 32.9%；居住场所内因蓄电池（电动自行车充电电池居多）故障引发的火灾 3242 起，同比

2021 年上升 17.3%。面对如此残酷的数据，政府、企事业单位乃至个人均需给予高度的重视，做好消防防火工作，保护人民群众的生命财产安全。

痛点：电气火灾究其原因，大多是因为电线老化出现漏电、短路，或是用电不慎、违规使用电器设备等原因引起的火灾，近年由电动自行车电池充电引起的火灾也呈现逐年上升趋势。因此亟需找到合理有效的办法，不仅在电气火灾发生时及时采取有效措施，迅速将火灾扑灭，更重要的是在火灾发生前就及时发现火灾隐患，从根本上解决电气火灾发生的原因，最大程度上减少损失，保护人民群众的生命财产安全。运用物联网、人工智能和大数据等技术的用电行为安全智能监控系统电气安全进行全面、有效监测是避免火灾发生的第一步。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的用电行为安全智能监控系统，是运用物联网、人工智能、云计算和移动互联网等新一代信息技术，对社区各方面的用电行为进行全面、有效监控的智能监测预警系统。利用 TPUNB 网关和智能预警监测主机，实时监测商铺电路的电流、电压、漏电、线缆温度等电气线路隐患，识别违规电瓶车充电等违规用电情况，从而实现电力数据实时监测、电气火灾预警、地图呈现、信息通知、用电数据统计、故障提示、隐患跟踪等功能。

成效及优势：该项目配备用电行为监测装置，运用大数据、物联网、云计算、AI 预警等先进技术手段将案例建设范围地区的消防监督管理、电器管理、线路状况及各类要素和所需的消防信息链接起来，实现实时、动态、互动、融合的消防信息采集、传递、分析、处理。当系统发现违规用电行为（如电瓶车违规充电）时进行预警，同时实时检测工作电流状态，如工作电流发生异常及时处置，实现短路或过载故障点无危险性火花发生，并在紧急情况下可自动关闭电源，实现项目监测区域电气火灾危险源统一监测，有效提升电气火灾防控水平。AI 引擎赋能消防管理各环节，智能诊断技术完成智能诊断和预警，实现消防智能化升级，大幅降低火灾发生几率；减少或替代商圈、物业巡检的人工值守和巡检，降低消防监控的人工监测运维成本，实现商业价值闭环。系统集数据采集、预警、防控、处置、分析于一体，大幅度提高运维保护工作的质量和效率。

5.5.2 城市护栏 AIoT 可视化监测项目



图 34 城市护栏 AIoT 监测

背景：道路护栏是城市道路上不可缺少的安全防护设施，城市道路护栏的设立不仅能减缓交通拥堵状况，维持交通秩序，提高大众出行的便捷性，而且将行人与机动车道进行分离，防止行人跨越坠落机动车道，减少交通安全隐患。城市道路护栏遭到损坏后不及时修复，很容易出现道路交通秩序混乱、车辆随意掉头、违法停车、行人横穿马路等不文明的交通行为，将直接导致人员和财产的损失。

痛点：以往道路护栏倾倒或遭破坏后，主要依靠城管人员执法巡查、群众发现报告等维护方式，这种维护方式时间周期长，容易漏报误报，存在一定的交通安全隐患，亟需采取智能化的监测手段，通过对道路护栏开展连续、可靠、有效的监测，及时发现道路护栏的受损情况，及时处置，消灭交通安全隐患。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的城市护栏 AIoT 可视化监测系统利用城市道路护栏撞击倾倒发生震动的特点，采用 TPUNB 网关和多种智能感知终端实时感知人为或非人为的城市道路护栏遭破坏、撞击、拆卸、倾倒的行为；实现城市护栏信息采集、破坏报警及取证回溯等功能。

成效及优势：该项目改变了道路护栏倾倒或遭破坏依靠城管人员执法巡查、群众发现报告的传统维护方式，智能传感器数据报警，取证回溯、快速处置的可视化监管方式，大大降低了人工成本，降低道路交通安全风险。TPUNB 物联专网运用自主可控的窄带通信技术保障数据传输安全可信可靠，实现数据异常及时发现，快速响应处置，大幅度提升运维监管工作的质量和效率。

5.5.3 道路安全智能监测项目

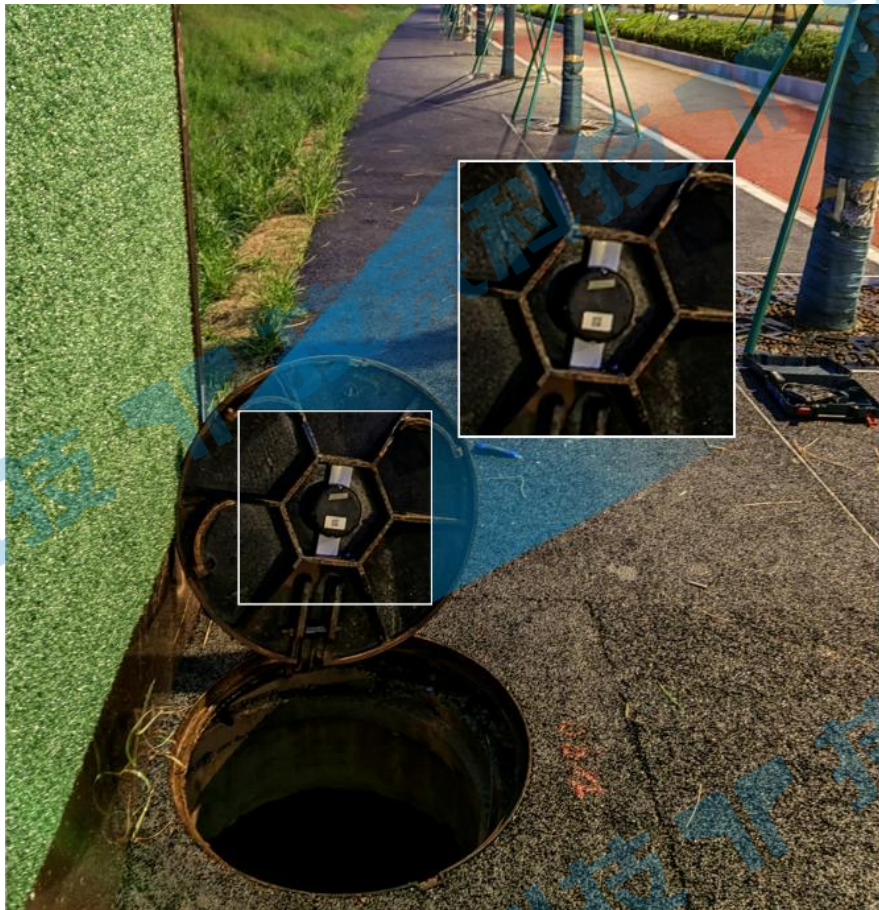


图 35 井盖智能感知终端安装现场图

背景：在国务院安委会办公室印发的《“十四五”全国道路交通安全规划》中，强调了“打造安全有序的道路通行环境”的重要性。规划提出，探索通过城

市智慧基础设施建设提升道路安全性，实现道路设施、驾驶行为、车辆和天气等多源数据融合的道路安全风险评估，不断提升主动、系统、精准防控道路安全风险隐患的能力和水平。

痛点：城市交通网覆盖广泛，道路沿线环境多变，如何打造覆盖城市交通道路的物联感知网络，对城市交通干线道路护栏、易浸点、空气质量、道路噪声、井盖等影响市民出行安全的重要因素进行实时监测和预警，是一项重大挑战。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的道路安全智能监测系统，建设城市物联感知体系，连接一系列的智能感知终端如震动侦测传感器、液位传感器、微气象传感器、噪声监测传感器、智能井盖传感器等，实现可靠数据的实时感知汇聚，为交管部门提供有力的道路数据支撑。当感知终端的监测数据超出设定阈值时，还将及时产生告警，以便交管部门及时处置。

成效及优势：该项目改变了以往道路交通、气象部门、市政部门等多部门的数据孤岛情况，通过城市物联感知体系的建设，打造城市统一安全的数据底座，实时感知汇聚城市道路及周遭环境的相关数据，实现对城市交通干线的道路护栏、易浸点、空气质量、道路噪声、井盖等影响市民出行安全因素的全天候智能监测，为交管部门提供可靠的道路数据支撑，升道路安全管理的智能化、精细化水平，助力城市的智慧交通体系建设。

5.5.4 古建筑物联感知智能监管项目



图 36 古建筑物联感知智能监管

背景：古建筑是珍贵的历史文化遗产，具有历史、文化、科技、艺术等价值。一座保存完好的古建筑不仅是研究某一阶段历史文化的重要物，也是社会文化变迁的历史见证。依据《中华人民共和国文物保护法》《非物质文化遗产保护法》《中华人民共和国文物保护法实施条例》《历史文化名城和历史文化街区、村镇保护条例》等相关要求，需依法对古建设进行保护与管理。

痛点：由于大多数古建筑因人力、成本等问题无人照管，加之长期受风吹雨淋，荒废倒塌问题严重。目前古建筑的保护工作过于表面化和粗浅化，亟需对古建筑开展现代化、精细化的监测保护工作。通过对古建筑采取无损、连续、可靠、有效的监测分析手段，以便提前对古建筑进行诊断，及时发现并积极采取预防措施进行保护和修复。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的古建筑物联感知智能监管项目，围绕古建筑监测保护的痛点问题，利用 TPUNB 网关和多种智能感知终端如双轴倾角计、压差式变形传感器、裂缝计等，实时感知与采集古建筑及周遭环境相关数

据，监测古建筑的倾斜、沉降、裂缝变化等情况，并传输至智能监管系统中，实现对历史古建筑全天候的智能监测，助力保护古建筑安全。

成效及优势：该项目解决了古建筑传统监测方法成本高、时效性差、受环境和人为因素影响大、标准难统一的问题，建立了以预防为主的、由内而外的常规化的古建筑主动式保护监测体系，利用 TPUNB 通信技术，结合感知技术、大数据分析等技术，真实、及时、准确、连续、可量化、便捷地展现古建筑的实时情况，分析古建筑的动态变化，及时预警，避免倒塌风险；构建历史古建筑“人防”+“技防”的文物安全管理模式，助力提升历史古建筑保护的智能化、精细化水平，对确保古建筑安全、保护历史文化遗产有着至关重要的作用。

5.5.5 古树名木智能监管项目



图 37 古树名木智能监管

背景：古树名木是历史的见证者，植物界的活化石，是大自然留下的宝贵财富，是城市人文景观和自然景观的综合载体，具有弥足珍贵的历史文化价值、科研价值以及旅游观赏价值，记录了大自然的历史变迁，传承了人类发展的文化。保护古树名木是各级各有关部门的责任和每个公民应尽的义务，同时依据《中华

《中华人民共和国森林法》的相关规定，禁止破坏古树名木和珍贵树木及其生存的自然环境。

痛点：由于目前社会对古树名木保护意识不强，倒卖、砍伐、损坏、移栽古树名木的行为时有发生，且古树名木受自然灾害和病虫害影响较大，一旦受灾受害后没有及时处理，极易出现枯萎、死亡等情况。因此亟需对古树名木开展现代化、精细化的监测保护工作，通过对古树名木采取无损、连续、可靠、有效的监测保护手段，及时发现影响古树名木生长的相关因素并积极采取预防措施进行保护。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的古树名木智能监管项目，针对古树名木监测保护痛点问题，利用 TPUNB 网关和多种智能感知终端如倒塌撞击检测器、土壤监测传感器等，实时感知与采集古树名木周遭环境相关数据，对古树生长态势、突发险情等进行智能监控，实现对古树名木全覆盖、全要素、全天候、全过程的智能安全监测，为古树名木的生长保驾护航。

成效及优势：该项目为古树名木资产实现电子信息化管理，建立了“一图一表、一树一档”的可视化电子档案，减少或替代名木古树保护的人工值守和巡检。利用 TPUNB 通信技术，结合感知技术、大数据分析等技术，建立集数据采集、预警、防控、处置、分析于一体的古树名木监管保护系统，实现资产化管理、智能巡检、自动报警等一体化综合智能监管，大幅度提高运维保护工作的质量和效率，精准精细地开展古树名木养护和复壮工作。

5.5.6 旧改社区监测项目



图 38 广州市某城区的旧改社区

背景：随着城市化进程的加速，城市老旧小区改造逐渐成为国家和地方政府的重点工作之一。旧改工程是城市化建设的重要内容，在维护城市生态环境、保障市民安居乐业等方面具有极其重要的意义。这些城市“老小区”的老旧建筑量大、年代久远，普遍存在使用寿命长、设施老旧、管理松散、安全隐患等问题，给社区居民的人身和财产安全带来了巨大风险。

痛点：旧改社区的安全管控问题涉及到社区环境、垃圾分类、安全用电、消防安全等多方面，需要采用现代化的物联网技术对社区进行全面监测，依据监测数据形成预测模型，及时发现问题并处理，为旧改社区安全管理提供支撑和保障。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的旧改社区监测项目，针对旧改社区安全监测问题，尤其是用电、消防、垃圾分类点等容易对社区居民生命财产造成潜在威胁的场景，通过在社区相关位置部署监测终端，包括用电监测、消防烟感

监测和垃圾分类点监测等物联感知终端，实时采集和记录用电、烟感、垃圾分类等关键数据，并面向社区、物业等相关管理部门提供综合的安全监测数据和分析服务，帮助管理部门更好地了解和管控社区内的安全情况，以保障社区居民的安全。

成效及优势：该项目改变了旧改社区传统安全监测的成本高、时效性差、数据误差大、标准难统一等痛点问题，利用 TPUNB 窄带物联网通信技术，结合感知技术、大数据分析等新一代信息技术，对旧改社区的垃圾分类、消防安全、社区异味、烟雾探测、用电安全等监控场景，建立起真实、高效、统一的社区安全智能感知体系，对旧改社区的动态变化实时监测、及时预警，避免安全风险，有效提升旧改社区安全管理的智能化、精细化水平。

5.5.7 “智慧河长”数据服务项目



图 39 城市河道数据监测

背景：随着城市化进程的加速，河道作为城市的重要生态组成部分，所面临的挑战也日益严峻。由于流域内工业和农业活动所带来的大量有害物质释放所造成水污染问题、由于城市化进程所造成河道枯水线上调、排水不畅等问题日益显现，严重威胁着河道环境的安全。水利部 公安部印发的《关于加强河湖安全保护工作的意见关于加强河湖安全保护工作的意见》提出对于加强防洪安全保障、加强水资源水生态水环境保护的要求。

痛点：在我国，虽然重点河段的水环境管理相对规范，但是非重点河段的水质净化与监管却难以保证，河道水质恶化和水位波动会对周边生态环境及附近居民、企业的安全构成严重威胁。亟需对河流进行实时的数据监测，监测河流变动趋势、水质变化、水位波动等情况，以便更好地管理河流和水源，确保水资源的可持续利用。

方案：技象科技联合生态合作伙伴为“智慧河长”提供数据监测分析服务，通过在河道部署相关的感知终端，实时监测河流液位、水质等数据，并在监测数据达到设定的阈值时，可即时发送警报消息，以实现河流信息的实时监测和即时反馈，为有关部门对河流日常管理和突发事件应对提供可靠的数据支持。

优势及成效：该项目通过 TPUNB 窄带物联网通信技术，结合感知技术、大数据分析等新一代信息技术，可以实时监测和管理河道的安全状况，及时发现并处理潜在的风险，避免水质污染和水位波动带来的不利影响。该项目的实施将有力地推动河道安全监测工作的现代化和智能化，提升河道安全管理的效率和效果，有利于保护和改善河道生态环境，确保水资源的可持续利用，为城市的可持续发展提供坚实的支撑。

5.5.8 城市智慧停车项目



图 40 地磁传感器在路面停车场的应用

背景：随着我国经济快速发展、城市化进程不断加速，人们的生活水平日益提高，对机动车需求不断攀升，机动车保有量趋于饱和，而基础设施供给不足，从而导致停车供需矛盾突出。以江苏省为例，截止 2022 年小汽车保有量约 1900 万辆，停车泊位缺口 300 万个左右。大力推进智慧停车建设，可以有效缓解广大群众停车难问题。

痛点：传统的停车监测设备安装困难、维护成本高、而且易受环境影响，无法提供精确的停车信息。人工巡查的方式效率低下、成本高昂、无法满足现代城市的常规停车需求，且人工巡查存在一定的主观性，这往往会导致停车管理的公正性和公平性受到质疑。采用地磁传感器采集停车相关信息，并进行精准计时计费，是城市智慧停车建设的有效举措。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造 TPUNB 智慧停车管理方案，在城市的路面停车场上安装地磁停车传感器，用于监测路面停车场上的停车情况，TPUNB 窄带物联专网为城市道路上的地磁停车传感器提供通信服务，并将数据

汇聚至智慧停车服务平台，以便管理方实时管控路面停车情况，提升停车管理的精细度和效率。

成效及优势：该项目改变了城市路面停车场的管理精度差、管理成本高、管理效率低的痛点。地磁传感器可以为管理者提供精确的停车信息，而 TPUNB 技术的超强覆盖能力和低功耗特性，使地磁传感器的安装和维护成本大幅降低。通过实时监控停车情况，可以有效预防和解决违规停车等问题，从而提升城市交通管理的效率和质量。

5.5.9 智慧养老项目



图 41 养老院呼叫系统示意图

背景：随着社会老龄化趋势的加剧，养老服务需求不断增长。养老院作为老年人的居住和生活场所，其安全和应急管理的重要性不言而喻。由于老年人的身体机能下降，在遇到紧急情况时可能无法及时寻求帮助，因此养老院需要设立应急按钮，以便老人在需要时可及时通知工作人员。然而，传统的应急按钮系统通常需要布线，安装和维护成本高，且对养老院的建筑结构有一定的要求，不易于普及和应用。

痛点：传统的应急按钮系统一般基于有线网络，需要在养老院的各个房间和公共区域铺设电缆，安装工作量大，成本高。而且，有线网络的稳定性和可靠性受到电缆质量、电缆老化、电缆损伤等因素的影响，可能会出现信号中断、系统故障等问题，影响应急按钮的正常使用。此外，有线网络的覆盖范围有限，难以满足养老院内部和周边区域的应急需求。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的 TPUNB 无线应急呼叫系统，在养老院和公共区域安装了基于 TPUNB 通信的无线应急呼叫按钮，当老人按下按钮时，无线应急呼叫按钮会将求救信号返回到系统，通过 PC 端及手机端的信息预警，可让工作人员在第一时间响应，有效提升响应速度。

成效及优势：该项目利用 TPUNB 技术的超强覆盖能力和低功耗特性，使得应急按钮的安装和维护成本大大降低，并且可实现对养老院内部和周边区域的全覆盖，大大提高了应急管理的效率，通过实时监控应急按钮的使用情况，可以有效提高养老院的应急响应速度和服务质量。

5.5.10 全景多维感知智能配电系统



图 42 某地市智能配电站房无线巡检系统

背景：随着电力输、变、配网的升级改造和建设发展，处于 35KV 以下的中低压配网设施如开关房（开闭所）、配站房、环网箱、箱式开关房等大量增加，这些配电站具有数量庞大、建设分散，覆盖面广，现场应用环境复杂多变等特点。当前，电力配电三遥自动化系统在配电站房的部署已非常成熟，基本实现了

配电站房的无人值守。但配电站房及设备的自动监测仍然是空白，配电站房及设备的日常监测主要依靠人工定期巡检进行。

痛点：由于配电站房数量众多，而且在地域上分布非常分散和广泛，导致对站房的巡检工作量急剧增加，在目前运维人力物力有限的情况下，存在存在监测周期长，异常状况难以及时发现和快速处理等问题，也难以满足日益复杂的运维要求。打造并建设配电站自动化远程监控系统，实现配电站及设备的实时监控和自动巡检以取代传统的人工巡检，不仅是电网企业数字化经营转型的需求，也是我国未来新型电力系统高质量发展的迫切要求。

方案：技象科技利用 100% 国产自主可控的 LPWAN 无线窄带物联通信技术 TPUNB、边缘计算、AI 算法等先进技术，搭建灵活、安全、可靠的全景多维感知智能配电系统，实现对配电房运行环境及设备状态的智能监控。

通过在配电房中部署多种感知终端和智能边缘网关，利用国产自主可控的 TPUNB 物联专网实现边端数据采集通信、故障监测上报等操作，准确掌握配电房内的实时环境及设备状态，实现远程监控，减少或替代人工巡检，提高运维管理工作的质量和效率。

成效及优势：全景多维感知智能配电系统改变了传统配电站房改造建设成本高、人力投入大、运维工作量大、无线通信系统易受环境干扰、关键技术卡脖子的痛点问题。采用全景多维感知配电系统通过优化系统的边端交互传输方式，提升配电站房的系统可靠性和运维效率，不仅能够实时监控配电房环境和设备状态，还能对所采集到的数据进行诊断分析，一旦发现异常及时告警，助力运检人员决策判断更精准、措施更及时、工作更高效。

5.5.11 工厂能源监控管理项目



图 43 工厂能源监控平台示意图

背景：2022 年 8 月，工信部等三部门联合发布《工业领域碳达峰实施方案》，要求到 2025 年，规模以上工业单位增加值能耗较 2020 年下降 13.5% 的总体目标，并要求单位工业增加值二氧化碳排放下降幅度大于全社会下降幅度。制造业作为我国经济增长的重要引擎，也是实现“双碳”目标的主力军。基于节能减排、绿色环保的生产目标，制造业积极迎接与应对碳履约，通过打造绿色低碳工厂来实现转型升级。

痛点：如何对工厂生产过程中的水电油气等资源能耗进行精细监控，在力争不影响产能的前提下，完成节能减排任务是困扰制造企业转型升级的共同问题。打造工厂能源监控管理系统，不仅要求对工厂能源消耗数据的实时采集、监控和分析，解决工厂人工抄表成本高、巡检监控难、数据不准确、人工统计分析难等问题；而且要求终端数据的传输安全可控可信，且满足数据上报和指令下达的实时性需求。

方案：技象科技联合生态合作伙伴打造的工厂能源监控物联专网案例利用 TPUNB 采集器、TPUNB 网关和各类智能感知终端，实时采集工厂的能耗相关数据；对重点耗能设备的启停时间、工作电流电压参数、累计运行时间、故障报警、维护保养记录等进行监测，实现工厂全天候的能耗监控，精准掌握每一种能源的

具体运行情况，结合图形化分析，让工厂能源管理变得更简单，实现产线合理安排调度的调整；同时实现了无人抄表，水电表集抄等功能。

成效及优势：该项目实现了工厂对自身能耗项目的统一管理和监测，智能化告警功能，协助运维人员快速定位，及时处置，迅速排除各种安全隐患，降低运维成本；数据可视化分析，推动合理安排调度生产，指导安全规范及高效运行，有效提升运行效率。应用物联网、大数据等技术，对复杂、多元的大数据挖掘分析，将企业的海量数据转化成高价值的决策与业务支持信息，实现各种能耗设备的实时监控及优化调度，提高能源的有效利用。

5.5.12 广州市自来水水表集抄试点项目



图 44 试点项目 TPUNB 网关架设图

背景：自来水水表是家庭生活中必不可少的重要设备，它可以监测家庭用水量，控制水费支出。以往自来水公司会定期对用户的水表进行抄表，以便按照实

际的用水量进行计费。随着智能化水务系统的普及，不少地区也开始采取远程自动抄表的方式来完成对水表的读数。

痛点：广州的部分老旧小区，自来水水表安装环境非常复杂，且安装位置零散，公网信号覆盖弱导致没有办法实现自动计量及水质监测，人工抄表不仅费时费力效率低下，也容易造成漏抄、误抄等数据不准确的情况发生。广州水投集团亟需一种专网形式的远传水表，与公网水表形成有效补充，实现老旧小区的连续、可靠、准确的自来水自动计量，提高工作效率，节省人力资源和时间成本，提升自来水司的业务水平。

方案：技象科技联合广州水投集团共同研发的基于 100% 自主知识产权 TPUNB 无线窄带物联通信技术的无线远传电子式物联专网冷水水表，目前已在广州落地应用。该款 TPUNB 无线远传水表不但可以解决不能布线小区的智能水表远传通讯问题，建立适合广州水司的无线智能水表技术标准和采集通讯规范，逐步扩充和完善广州水司现有的智能水表抄表方案。同时还可以通过建立通用的无线智能水表技术标准和采集通讯规范，逐步统一各远传通讯设备，大大降低广州水司远传设备的投资费用，提高远传系统的安全性、稳定性。

成效及优势：该款 TPUNB 无线远传水表和 TPUNB 自来水水表集抄系统通过突破传统无线智能水表采取主动上报的工作模式，实现系统召测的工作模式，有效的规避水表主动上报时产生的通讯拥堵，在保证抄表成功率的同时水表电池使用寿命达到 8 年。在 TPUNB 技术的加持下系统实现 98%抄表成功率。集抄系统网络建设成本（包括建设设备成本、安装成本和流量资费成本）比采用行业主流窄带通信技术网络运营商系统同等数量水表的资费成本降低。在打造智能水表集抄系统的同时，为广州水司研究和打造了一个同步支撑广州智慧水务物联监测业务所需的无线物联网通信系统样板。

六、生态体系

技象科技是物联网底层通信技术和设备提供商，围绕 TPUNB 无线窄带通信技术，以 TPUNB 技术为核心，以开放的态度为起始，以应用场景为驱动，以多维创新为目标，联合从芯片、模组、网关、终端到垂直行业应用的众多企业，面向上、中、下游全产业链，共同促进自主可控 LPWAN 产业发展。

如图 45 所示，目前，已有过百家企业的数百种终端设备汇聚于 TPUNB，应用在城市治理、公共安全、智慧能源、工业互联网、智慧农业等众多物联网数智化建设领域。

欢迎志同道合的企业加入 TPUNB 生态圈，将生态圈打造成共同生长的技术交流平台，应用方案平台和市场合作平台，共同促进自主可控的物联网产业发展。



图 45 TPUNB 生态体系

附录：缩略语汇编

缩略语	全称	中文释义
ALOHA	Aloha	美国夏威夷大学开发的一种链路层随机接入协议
AKA	Authentication and Key Agreement	3GPP 组织制定的认证与密钥协商协议
API	Application Programming Interface	应用程序编程接口
DSME	Deterministic and Synchronous Multichannel Extension	确定性和同步多通道扩展
ESN	Equipment Series Number	设备序列号
FSK	Frequency-Shift Keying	频移键控
FLOTA	File Over The Air	无线固件更新
FFA	Flexible Frequency Access	灵活频谱接入技术
GFSK	Gaussian Frequency Shift Keying	高斯频移键控
GMSK	Gaussian Filtered Minimum Shift Keying	高斯最小频移键控
IoT	Internet of Things	物联网
IP	Internet Protocol	国际互连协议
JSM	Joint Spreading Modem	联合扩频调制解调

LPWAN	Low-Power Wide-Area Network	低功耗广域网
MuFFS	Multi-mode Flexible Frequency access with S-FSK	多模式灵活频谱安全接入
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport	消息队列遥测传输协议
MAC	Medium Access Control	介质访问控制
OAM	Operation Administration and Maintenance	操作维护管理
PDCP	Packet Data Convergence Protocol	分组数据汇聚层协议
PHY	Physical layer	物理层
PLA	Physical Layer Authentication	物理层认证
RLC	Radio Link Control	无线链路控制
S-FSK	Frequency-shift keying with SIMS	扩频的频移键控技术
SIMS	Sequence Index Modulation Spreading	序列索引扩频调制技术
SM4	Shang Mi 4.0	国家商用密码算法
TPUNB	Techphant Ultra-Narrow Band	技象科技自主研发的 LPWAN 无线窄带通信系统
TPUNB-X	TPUNB protocol stack for X applications	TPUNB X 应用协议栈
TPUNB-I	TPUNB protocol stack for Industrial applications	TPUNB 工业应用协议栈

TPUNB-P	TPUNB protocol stack for Public applications	TPUNB 公众应用协议栈
TPUNB-S	TPUNB protocol stack for Special applications	TPUNB 特殊应用协议栈
TPaaS	Techphant cloud Platform as a Service	技象科技研发的感知云平台。
TDMA	Time Division Multiple Access	时分多址
TDD	Time Division Duplexing	时分双工
TCP	Transmission Control Protocol	传输控制协议
Type-A	Type-A mode	A 类极低功耗模式
Type-C	Type-C mode	C 类低功耗模式
Type-D	Type-D mode	D 类电源模式
WOR	Wake Over Radio	空中唤醒
ZUC	ZU Chongzhi	祖冲之密码算法

法律声明

广州技象科技有限公司提醒您在使用本白皮书之前仔细阅读、充分理解本法律声明各条款的内容。如果您阅读或使用本白皮书，您的阅读或使用行为将被视为对本声明全部内容的认可。

1、本白皮书中出现的任何文字叙述、文档格式、图片、方法及过程等内容，除另有特别注明外，其著作权或其它相关权利均属于广州技象科技有限公司。非经广州技象科技有限公司书面许可，任何单位和个人不得以任何方式和形式对本白皮书内的任何部分擅自进行摘抄、复制、备份、修改、传播、翻译成其它语言、将其全部或部分用于商业用途。任何未经授权使用本白皮书的相关商业行为都将违反《中华人民共和国著作权法》和其他法律法规以及有关国际公约的规定。

2、TPUNB 商标为广州技象科技有限公司所有。对于本白皮书中可能出现的其它公司的商标及产品标识，由各自权利人拥有。

3、由于产品版本升级、调整或其它原因，本白皮书内容有可能会不定期更新。广州技象科技有限公司保留在没有任何通知或提示下对本白皮书的内容进行修改的权力，并在官方授权渠道中不时发布更新后的文档。除非另有约定，本白皮书仅作为使用指导，本白皮书中的所有陈述、信息和建议不构成任何明示或暗示的担保。

4、注意您购买的产品、服务或特性等应受广州技象科技有限公司商业合同和条款约束，本白皮书中描述的全部或部分产品、服务或特性可能不在您的购买或使用权利范围之内。除非合同另有约定，广州技象科技有限公司对本白皮书内容不做任何明示或暗示的声明或保证。

5、如需转载或使用本白皮书中部分或全部内容，必须联系广州技象科技有限公司获得书面授权。获得书面授权的单位或个人在转载、使用本白皮书中的内容时，须显著注明相关内容的来源等版权信息，同时严禁篡改、歪曲本白皮书中

的数据等内容，对于侵犯广州技象科技有限公司著作权等知识产权的行为，必将依法追究其法律责任。

广州技象科技有限公司对于本白皮书及声明条款拥有修改权和最终解释权。