
基于免授权频谱的 LTE 工业无线互联专网窄带方案

华为技术有限公司

网络改造技术篇/成熟技术/工厂内网改造

1 概述

物联网技术是个很大的范畴，任何物与物的联接都可以纳入物联网的概念。从速率的维度其大概可以分为三大类：

- 低速率 (<100kbps)，主要网络技术包括 LPWA、ZigBee、蓝牙等，其典型业务为抄表、传感监测、智能停车等场景
- 中速率 (<1Mbps)，主要网络接入技术为 GSM/GPRS/CDMA 和 LTE MTC(R12, R13 Machine Type Communication, 3GPP 中 M2M 被称为 MTC)，典型业务为可穿戴、智能家居等应用
- 高速率 (>10Mbps)：即目前主流的 3G、4G 技术和 WiFi 技术，其典型业务为视频监控、车联网、智慧医疗等

其中，RFID（射频身份识别），ZigBee（IEEE 802.15.4X）是上个世纪 90 年的物联技术，属于上述的“低速率<100kbps”，且覆盖距离短（一般 10 米~100 米），主要用于室内物联（如物流，智能家居）。

eLTE-IoT 是一种 LPWA（Low Power Wide Area）技术，属于上述的“低速率<100kbps”应用场景。LPWA 技术是近几年出现的

新的物联网技术，主要技术特点是低速率、低功耗、远距离覆盖、海量连接，类似的技术有 NB-IoT、SigFox、LoRa。其中，NB-IoT 是 3GPP 标准定义的基于 license 频谱的 LPWA 技术，适合运营商或有 license 频谱的客户部署；sigFox、LoRa、eLTE-IoT 是基于免授权频谱的 LPWA 技术，适合无法获取频谱的企业客户使用。

此外，3GPP 标准除了 NB-IoT 还定义了 eMTC 和 EC-GSM 物联技术，其中 EC-GSM 是基于 GSM 系统演进的 IOT 物联技术；eMTC 是基于 LTE 演进的 IOT 物联技术，且 eMTC 是 LTE 宽带系统的一个特性，最小系统带宽是 1.4MHZ；而 NB IOT 支持窄带系统带宽 200KHZ。

1.1 背景

3GPP 标准定义了基于授权频谱的蜂窝 IoT 技术，包括 NB-IoT, EC-GSM 和 eMTC，具体的演进路标如下：

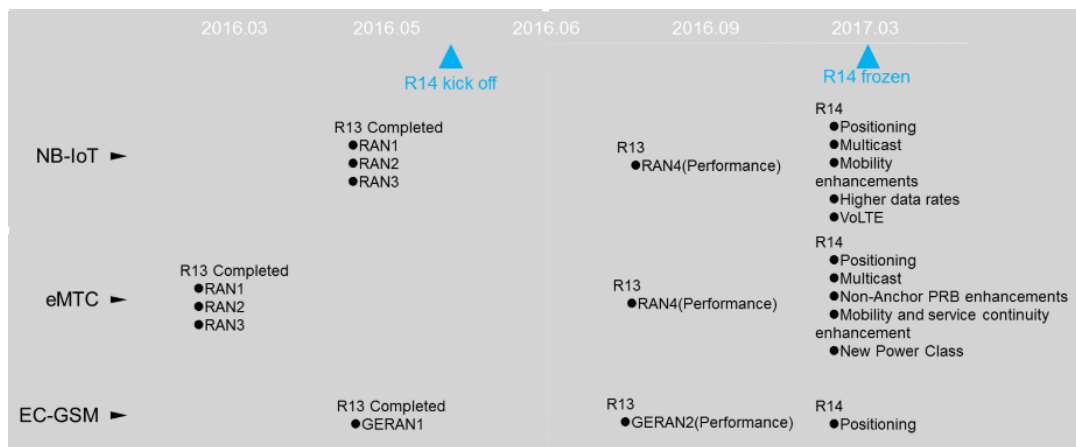


图 1 NB-IoT、eMTC 及 EC-GSM 演进路线

对应的终端类型包括：R12 定义了 cat-0 (MTC) ,R13 定义了 cat-M1 (eMTC)，以及 cat-NB1 (NB-IoT)。

	LTE Rel-8 Cat-1	LTE Rel-12 Cat-0	LTE Rel-13 Cat-M1	NB-IoT Rel-13	EC-GSM-IoT Rel-13
DL peak rate	10 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
UL peak rate	5 Mbps	1 Mbps	1 Mbps	~0.2 Mbps	~0.5 Mbps
Duplex mode	Full	Half or full	Half or full	Half	Half
UE bandwidth	20 MHz	20 MHz	1.4 MHz	0.18 MHz	0.2 MHz
Maximum transmit power	23 dBm	23 dBm	20 or 23 dBm	23 dBm	23 or 33 dBm
Relative modem complexity	100%	50%	20-25%	10%	Not evaluated
Note: peak data rates refer to full duplex operation for Cat-0 and Cat-M1					

图 2 终端类型及性能

1.2 实施目标

因为企业用户普遍没有 3GPP 授权频谱，而非 3GPP 物联网方案又普遍 QoS 较难保证；本 eLTE-IoT 解决方案，基于免授权频谱引入高性能 4G/5G 蜂窝无线技术，提升工业无线网络性能，匹配工业互联业务诉求，加快行业数字化进程，助力工业领域产业升级，推进加快中国智能制造 2025 宏伟目标的进程。

1.3 适用范围

eLTE-IoT 蜂窝无线专网解决方案主要适用于以下领域（见图 3）：

- | | | | |
|---|---|--|--|
| <p>1、公共事业</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 智能水表 ● 智慧水务 ● 智能气表 ● 智能热表 | <p>2、智慧城市</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 智能停车 ● 智能路灯 ● 智能垃圾桶 ● 智能窰井盖 | <p>3、消费电子</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 独立可穿戴设备 ● 智能自行车 ● 慢病管理系统 ● 老人小孩宠物管理 | <p>4、设备管理</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 设备状态监控 ● 白色家电管理 ● 大型公共基础设施 ● 管道管廊安全监控 |
| <p>5、智能建筑</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 环境报警系统 ● 中央空调监管 ● 电梯物联网 ● 人防空间覆盖 | <p>6、智慧物流</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 冷链物流 ● 集装箱跟踪 ● 固定资产跟踪 ● 金融资产跟踪 | <p>7、农业与环境</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 农业物联网 ● 畜牧业养殖 ● 空气实时监控 ● 水质实时监控 | <p>8、其它应用</p> <ul style="list-style-type: none"> ● 移动支付 ● 智慧社区 ● 智能家居 ● 文物保护 |

图 3 eLTE-IoT 蜂窝无线专网解决方案适用领域

eLTE-IoT 技术可满足对低功耗、长待机、深覆盖、大容量有所要求的低速率业务，更适合静态业务、对时延低敏感、非连续移动、弱实时传输数据的业务场景。

1、自主异常报告业务类型：

如烟雾报警探测器、设备工作异常等，上行极小数据量(十字字节量级)，周期多以年、月为单位。

2、自主周期报告业务类型：

如公共事业的远程抄表、环境监测等，上行较小数据量(百字节量级)，周期多以天、小时为单位。

3、远程控制指令业务类型：

如设备远程开启/关闭、设备触发发送上行报告，下行极小数据量(十字字节量级)，周期多以天、小时为单位。

4、软件远程更新业务类型：

如软件补丁/更新，上行下行较大数据量需求(千字节量级)，周期多以月、年为单位。

1.4 在工业互联网网络体系架构中的位置

eLTE-IoT 无线专网解决方案除了用于智慧城市之外，在工业园区，针对《工业互联网体系架构》内的工厂内网场景，通过为传感器提供物联网连接，进行信息采集，实现工人、机器、物料的跟踪与监控，最终支撑生产自动化、无人工厂、无人货架和无人码头等的落地。

通过无线组网，避免了布线的麻烦，特别是解决了机器、人

员、资产等的移动跟踪问题，提升了工业领域的实时管理能力。

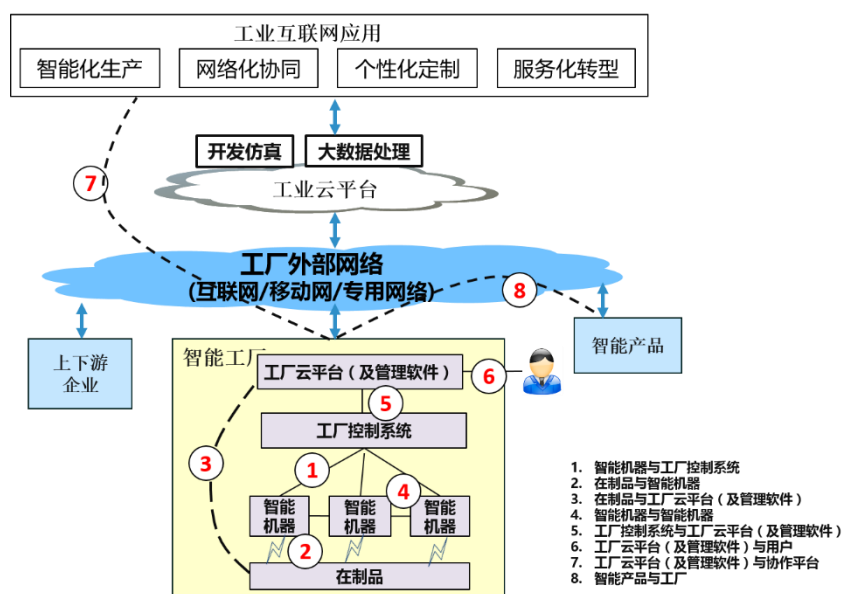


图 4 工业互联网互联示意图

2 需求分析

2.1 智能仓储

库存管理：MES 系统将物料、载具、栈板等的标码与 eLTE-IoT 模块匹配，根据 eLTE-IoT 上报信息完成库存管理、物料查找、盘点等业务

自动出入库：借助物联网提供的资产跟踪功能，管理平台根据物品上报的精确位置信息的变更，自动完成物料出入库流程。

2.2 智造工厂生产可视化

生产可视化的典型应用：

- 可视化产线：结合 3D 建模，全场景呈现生产线实际状态，实现设备信息、生产数据等实时呈现
- 预防性维护：实时监测 I/O、能耗等数据，实现预防性维护和节能降耗

-
- **远程诊断**: 通过远程视频回传, 实现现场疑难问题专家远程定位, 提升效率

为实现上述功能, 需要把物联网 IoT 模组嵌入现场设备内部或对接控制器; 设备的 I/O、能耗等信息上传, 最终能实时监控设备状态; 低功耗物联技术, 实现生产物料和设备、甚至生产人员的海量联接和监控。

2.3 智慧路灯

智慧路灯的基础应用是智能照明, 即利用物联网实现对路灯的远程控制, 如路灯的开关控制和调光控制。除此之外, 能够对电压、电流、功率因数、亮度、亮灯率、温度进行监控, 在用户计算机上自动获得路灯的各种参数状态, 实现自动巡检, 可以判别出路灯的故障状况、老化程度、亮灯状况等。

除了智能照明外, 充分利用灯杆资源, 部署摄像头、基站、广告牌等设备, 从而实现了城市监控、公共传媒等功能, 为城区居民, 从业者和商家提供服务, 产生更大的社会和经济价值。

2.4 智慧消防

智慧消防物联网监测系统采用采用物联网和多传感器信息融合技术, 实现关键消防设施的实时监测, 起到保证关键消防设备完好率以及火灾隐患探测与预警的作用。

物联感知层通过传感器判断烟雾浓度及消防栓水压来确认是否触发告警, 一旦触发, 数据流通过物联网传输至消防云平台, 平台根据业务需求以 TTS 语音或微信的形式推送给相关责任人,

并根据需要推送消防接处警平台进行联动。

2.5 智慧水务

智慧水务是通过数采仪、无线网络、水质水压表等在线监测设备实时感知城区供排水系统运行状态和水文信息，采用可视化的方式有机整合水务管理部门与供排水设施，实时监测水库河道信息，并可将收集的水务信息进行及时分析与处理，并做出相应的处理结果辅助决策建议。智慧水务提供智能抄表、水位监测等应用。

1) 智能抄表

传统的人工抄表费时费力、误差大、效率低，造成电网利润流失等缺点，智能抄表可用于实时数据采集、故障判断、数据传输等。使用 eLTE-IoT 物联网络无线回传方式替代人工抄表和其他短距离回传方式，在降低人力成本的同时，通过实时高效的数据采集，可以更合理的实现能源分配，提高能源使用效率。

2) 水位监测

通过 eLTE-IoT 物联网络，实时监测动态水位变化，保存历史记录，实时曲线显示，历史曲线，历史报表，支持水资源调配决策，实现以水源取水、输水、供水、用水、耗水和排水等水资源开发利用主要环节的监测和水资源信息的交换与共享。

3 解决方案

3.1 方案介绍

eLTE-IoT 解决方案整体网络架构包含四个部分：终端接入

层、网络接入层、业务引擎、第三方应用平台，网络拓扑如下：



图 5 eLTE-IoT 网络拓扑

业务引擎 Service Engine (eSE6201) 包括三大功能，即接入认证管理、操作维护管理和应用接口管理三大功能。其中接入认证管理功能模块主要用于基站的接入控制、认证和鉴权，信令和数据处理，操作维护等功能。应用接口管理主要负责提供与上层物联网平台或者行业应用之间的接口。Service Engine 对外可提供基于标准的 IoT 接口 (MQTT/IP 转发) 对接上层物联网平台，起到数据转发、IP 代理的功能。操作维护管理指的是对于下辖的 AirNode、CPE 进行管理的能力。

eLTE-IoT 室外型基站 eAN3710A 外接高增益天线，支持抱杆安装。AirNode 支持有线方式和 Service Engine 直连，也可通过外置 3G/4G 无线回传模块 (第三方提供) 通过无线网络回传，或 eLTE CPE 专网无线回传。

终端接入层包含了两种形态：模组以及 CPE。

eLTE-IoT CPE (eA300-8a) 是窄带 CPE，最大支持的上行吞吐率为 10kbps，下行 10kbps，用于通过 RJ45 接口或者串口(RS485)对接低速率的集中器或电力框表。

eLTE-IoT 模组 (eM300) 数据模块主要提供给行业客户进行终端的二次开发。模组提供串口及 AT 命令集，支持被集成到不同类型的终端中以接入 eLTE-IoT 网络。

3.2 系统架构和网络拓扑

eLTE-IoT 基于 3GPP NB-IOT 技术，并增加适配免授权频谱法规约束的新特性。

其网络架构和协议栈如下：

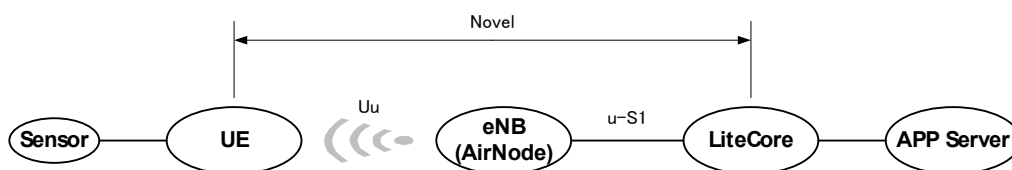


图 6 eLTE-IoT 网络架构

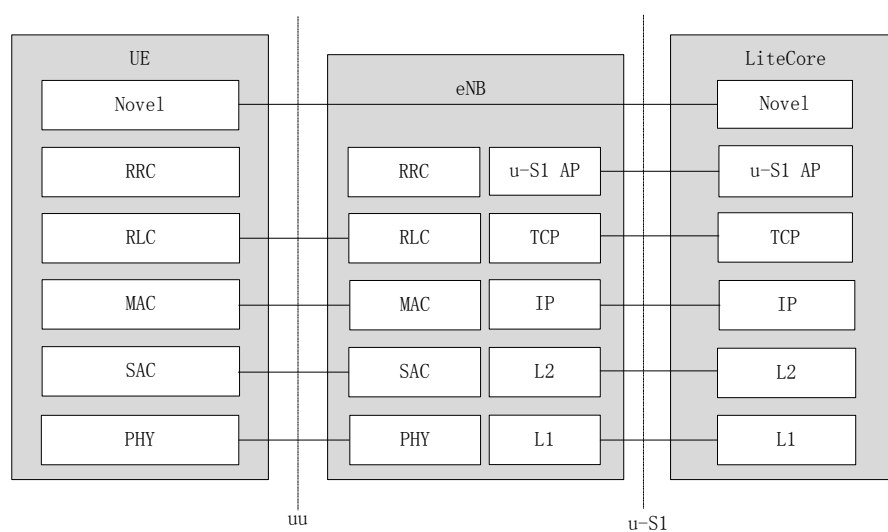


图 7 eLTE-IoT 协议栈

表 1 eLTE-IoT 网元功能

网元	功能	接口
UE	空口广播、接入/释放、数据传输、小区更新等	Uu
	接入/释放、TAU、数据传输	Novel
eNB	空口广播、接入/释放、数据传输、小区更新等	Uu
	S1 连接建立、释放	u-S1
LiteCore (业务引擎)	S1 连接建立、释放	u-S1
	接入/释放、TAU、数据传输	Novel

SAC 层为业务适配层，以实现灵活配置物理层资源，适配不同速率和覆盖的应用场景。

eLTE-IoT 的关键技术如表 2 所示：

表 2 eLTE-IoT 关键技术

领域	关键技术	备注
3GPP NB-IOT 物理层基础技术	采样率： 1.92MHz 上行/下行：OFDM 子载波：上行 3.75kHz，下行 15kHz OFDM 符号：Normal/Extended CP 调制编码：3GPP LTE 标准调制编码 时隙划分：0.5ms/2ms	完全重用 3GPP NB-IOT 的芯片硬件（目前基于海思芯片 Boudica V120）
法规和频谱适配增强技术	跳频 FH-OFDM UL 竞争式数据发送 SLOT ALOHA TDD 帧结构 Duty cycle 控制	跳频同时具备提升覆盖和抗干扰能力； SLOT ALOHA 同时具备提升系统连接数的作用
长距覆盖 10Km	跳频频率分集，时间分集，子帧间循环移位，时域重复增强信噪比，蜂窝技术的无线链路技术（卷积码和 Turbo 码，BPSK/QPSK 相位调制，HARQ/ARQ 传输控制）	
海量链接 50K	多个窄带 channel 自适应速率适配	
低功耗 10 年	PSM 低功耗模式； eDRX 低功耗 Paging 唤醒模式	同 3GPP NB IoT
可靠链接 & 抗干扰	强 FEC+两级重传(HARQ+ARQ)，小包快传，UL 功控	

3.3 功能设计

物联网时代将有数百亿物体接入网络中，传统的接入技术有

近距离无线接入技术和移动蜂窝网技术两类，这两类技术都有其优势与不足。如 WiFi、蓝牙、ZigBee 等近距离无线接入技术在特定空间范围下拥有稳定性高、接入速度快等优势，但其覆盖能力有限，对回传网络依赖严重，又因为抗干扰能力不足以及机制设计等因素，使得终端功耗较大，无法长时间使用。而移动蜂窝网技术，虽然可以满足大范围或者移动性的应用需求，但其最大的问题是系统容量的限制，物联网应用的接入与公众用户的接入无法完全隔离，在容量上相互制约，后续难以独立应对物联网市场的迅猛发展，并且其是依托移动核心网进行终端节点的管理，对号码资源消耗量过大。同时，无论是 2G、3G 还是 4G 的物联网终端仍然存在模块成本高与电池使用寿命短的问题。事实上，物与物的通信并不像人与人的通信一样总是要追求高速率带宽的方式，大量设备接入网络后仅需少量的数据传输或数据传输频率很低；也不像人与人的通信要频繁进行充电，很多设备因其所处环境的特殊性和数量巨大，对支撑其通信的功耗需求较低，例如大量的水表抄表、烟雾报警、路灯控制、水文监测、智能停车、环境监测等，对于这些传感装置的联网要求选择一个低带宽、低功耗且大范围覆盖的网络是其最有效的解决方案。

LPWA (Low Power Wide Area, 低功耗广域技术) 是一种能适配 M2M 的业务，具有流量小、连接数量大等特性的新型无线接入技术，可形成一张广覆盖、低速率、低功耗和低成本的无线接入网络，目前 LPWA 主流技术是以 3GPP 为代表的 NB-IoT 技术。华

为 eLTE-IoT 解决方案基于 3GPP NB-IoT 技术标准，采用灵活易部署的轻量化设备，支持标准物联网协议与企业上层应用平台进行对接，并基于 1GHz 以下的 ISM 免授权频谱进行了法规适配，无需授权频谱即可快速部署广域物联网络。主要技术特点如下。

1) 长距覆盖

eLTE-IoT 通过窄带频域占用以适配法规要求，通过提升功率谱密度来提升覆盖，同时将待发送的数据调制后在多个时域内进行重复发送，在接收机侧会将重复的信号进行累积从而获得更高的信噪比，从而提升灵敏度和覆盖范围。最远可实现 10Km 的覆盖能力。

2) 海量连接

因每个终端的物联业务数据包并不是很多大，所以 eLTE-IoT 提供更小的资源分配粒度，特别是上行，每个信道 30 kHz，这样单位带宽内可以有更多的上行信道，支持并发，而且为了提供海量联接，允许多个用户复用一個信道，并使用 Slot ALOHA 机制时分复用，大大提高信道利用效率和接入容量，最大可支持每小区 5 万连接接入。

3) 低功耗

终端发送完数据后，就进入 PSM 低功耗休眠态，待机电流 uA 级。对于 1 天 1 次，或半小时 1 次的物联业务，PSM 模式极大的降低了功耗，最长可支持 10 年的电池寿命。如果终端进入休眠后，可能会有下行的业务下发，此时通过寻呼机制唤醒终端，同

时为了降低功耗，采用 eDRX 机制，即终端在给定的窗口内检测寻呼消息，该窗口接收后进入 PSM 休眠态，然后直到下次寻呼接收窗口到来。这种方式相比以前一直保持能侦听寻呼 paging 的状态，加入了一个 PSM 状态，使得终端有更多的时间处于低功耗模式，从而达到省电的目的。

4) 可靠连接

无线信道在传播过程中会受到系统内，系统外的各类干扰，所以 FEC（前向纠错编码）技术具备超强的纠错能力，将收干扰影响的信号纠正过来，从而提供可靠的链接。本系统的 FEC 技术采用 3GPP 的 Turbo 编码技术，纠错能力强，抗干扰效果好。对于超出 FEC 能力范围，发生输出错误时，系统将采用 HARQ 以及 ARQ 机制进行重传。eLTE-IoT 支持上行物理层快速反馈特性，可在一个上行传输时隙完成后对上行信道数据传输是否正确进行反馈。通过快速反馈可确保空口的丢包率满足可靠性要求。但由于重传会带来时延的增加，eLTE-IoT 可通过配置上行信道是否支持 HARQ 来适配不同的业务可靠性诉求，达到时延与丢包率的权衡。该特性的配置可针对每个信道组（上行虚拟信道组合）进行单独配置。

5) 安全性

eLTE-IoT 继承了 LTE 系统的端到端加密算法，并结合物联网业务进行增强。在免 SIM 卡的情况下，空口侧通过通信模块内的专用存储来实现端到端鉴权、认证和加密，在基站与业务引擎

之间的传输也有 TCP+SSL 的加密保护机制，同时支持加密算法的客户化定制，保障易受攻击的物联网业务安全通信

6) 行业适配性

eLTE-IoT 不仅支持上报类业务，还支持查询类、控制类业务，TDD 帧结构设计为行业应用提供更好的业务响应，更好适配行业需求，而现有的其它私有技术以上行业业务为主，且速率和传输效率的缺失，使其在应用场景（容量、速率、上下行并发业务等）受限，无法满足各行业规模使用的需求。提供 MQTT 等外部接口，用于跟各行业的应用服务对接。

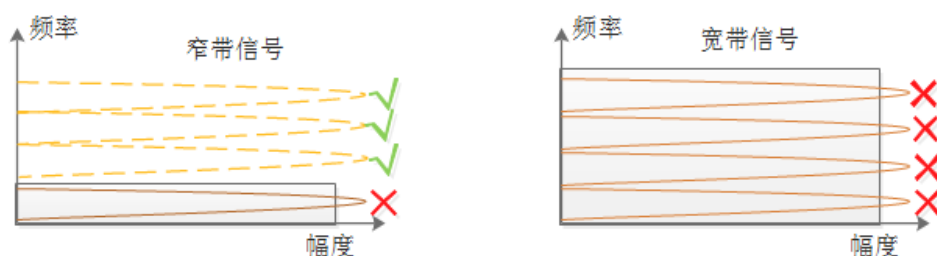
3.4 关键技术

3.4.1 抗干扰技术

1) 窄带频谱

在无线领域有多种抗干扰技术，而窄带跳频被多数厂商公认为最行之有效的抗干扰技术。

窄带信号的使用不仅可以降低对网络中其他系统的影响，同时降低了在频域上被干扰的概率，如下图所示：



从上图可以看出，当窄带干扰信号在任意频率数出现的概率相等时，干扰信号落在窄带信号内的机会将要小于宽带信号。

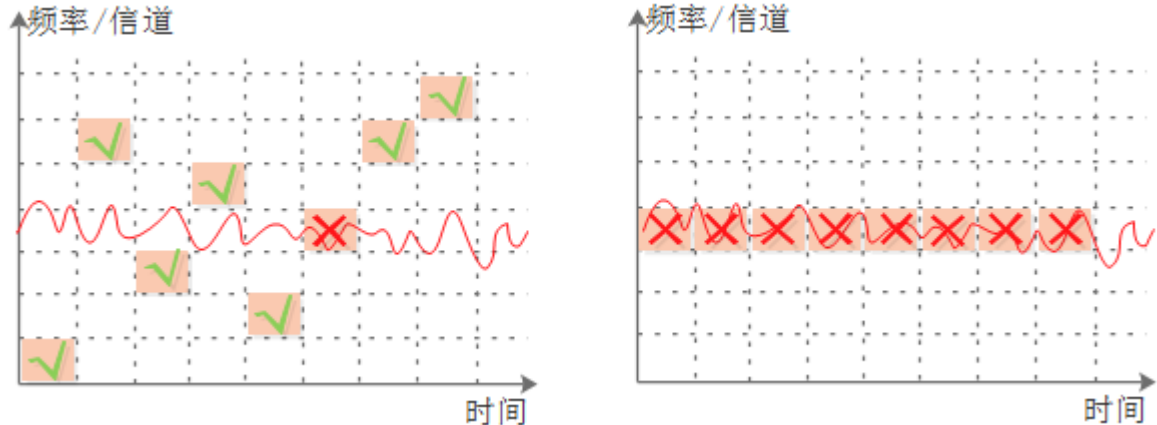
2) 跳频

跳频，通过在多个信道间进行随机选择信道进行数据发送，通过跳频技术可以解决突发的随机干扰，获得抗干扰增益。

eLTE-IoT 系统包含了上行跳频以及下行跳频两大特性。

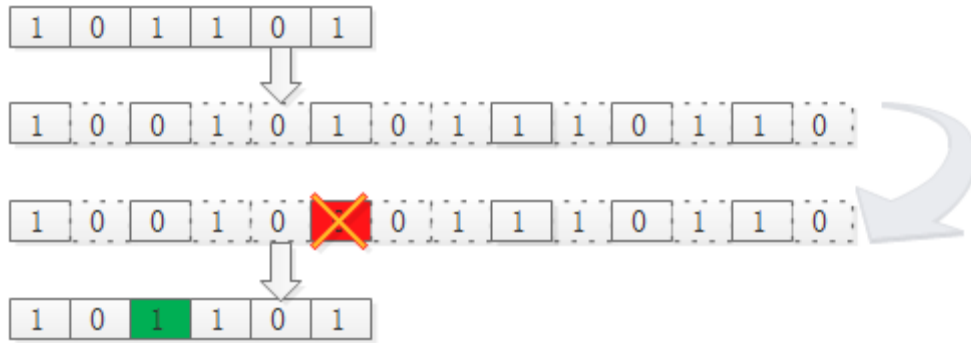
系统将时域资源划分为多个时间窗，终端在每个发送机会窗里，都根据伪随机的跳频机制，在系统所配置的信道范围内，选取一个信道来发送，从而实现上行跳频；

通过跳频，数据发送时使用的频率资源不断发生变化，避免在某个频率存在干扰时被持续干扰，出现连续数传失败；同时在不同的频率信道上发送，在接收端可以获得频率分集增益，利于提升覆盖。



3) eFEC

FEC（前向纠错编码）技术具备超强的纠错能力，在无线传输过程中，由于干扰存在可能导致数据发生比特位翻转，通过FEC技术可以对收干扰影响的数据进行纠正，从而提供可靠的链接。本系统的FEC技术采用3GPP的turbo编码技术，纠错能力强，抗干扰效果好。



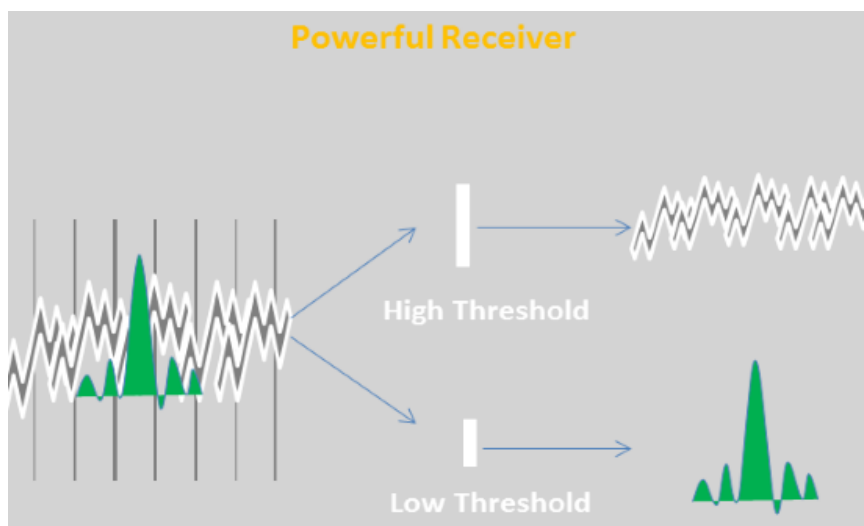
4) 两级重传技术

适配物联网行业上行业务为主的特性，eLTE-IoT 支持上行物理层 HARQ，确保通信底层每个数据传输的正确性，对于物理层除传错误的数据包进行再次重传，确保正确率。

eLTE-IoT 同时支持上下行信道的 ARQ 特性，即一个完整应用数据传输完成后发送状态指示，标示每个分片是否传输正确，传输失败的数据将进行重传，进一步确保数据的准确性，降低由于干扰导致数据错误的比例。eLTE-IoT 支持对上下行信道是否开启 ARQ 特性进行配置，满足不同业务可靠性要求。

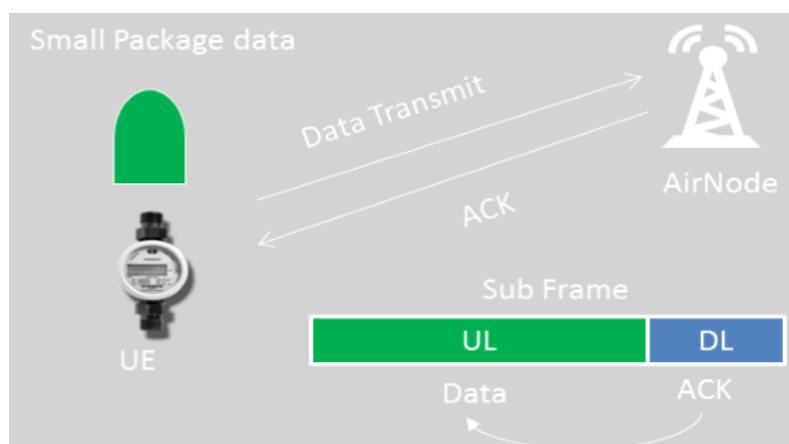
5) 低解调门限

eLTE-IoT 引入重复+合并解调技术，降低了信号解调的信噪比要求，理论上有用信号可以比噪声低 10dB 以上，即干扰信号可以比有用信号的功率大 10 倍，可以解决由于干扰导致的底噪抬升问题。



同时重复与合并引入，在时间上离散了干扰信号，突发的干扰信号仅影响一个或者部分重复分片，通过合并仍可解调出正确信号，极大的提升了抗突发干扰能力。

6) 小包快传



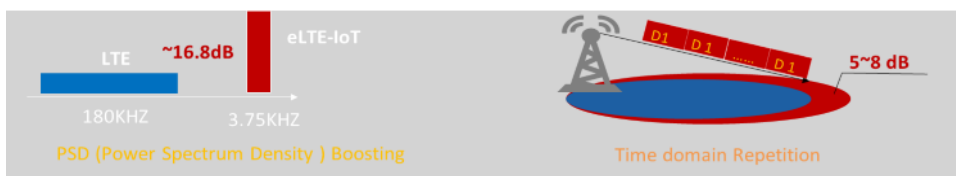
为了保证终端发送的业务包在无线传输过程中的可靠性，一般都会进行纠错编码，并且针对传错的包都会进行重传；如果无线链路中发送的包很长，即使其中只错了一两个比特，还是要重传整个包，从而使系统做了很多无效工作。

所以本系统采用小包快传机制，即将将无线链路发送的包长控制在较小的范围，一般是几十字节，然后针对每个小包，基站

快速反馈其是否成功接收(一般几毫秒内就可反馈),如果失败,则终端重传;否则继续发送。

小包快传机制,控制了发包长度,减少数据包发送过程中的被干扰的概率,同是快速反馈接收结果,从而提升了上行的传输效率,缩短了终端的发送时间,也进而降低了终端功耗。

3.4.1.1 长距覆盖



- 窄带 power boosting

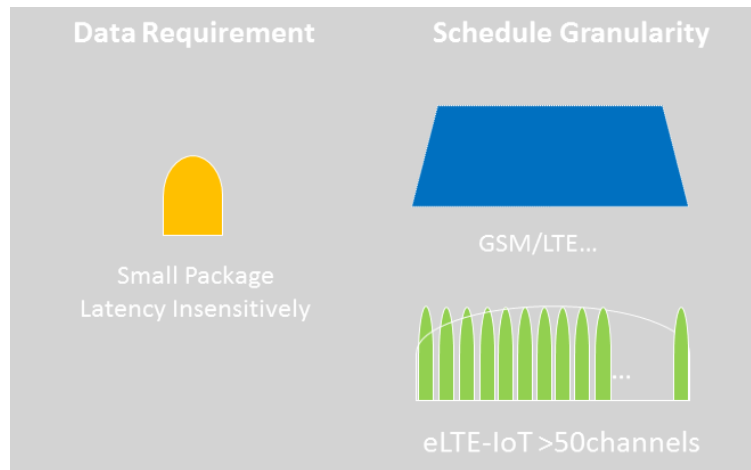
频域信道窄,适配法规要求,同时提升功率谱密度从而提升覆盖,相对底噪获得更好的工作信噪比,结合低解调门限,进而获得更大的MCL;结合OFDM技术,提升系统频谱效率,并且具有抗多径干扰的能力。

- 时域重复

将待发送的数据调制后进行多次重复,在接收机侧,会将重复的信号进行累积从而获得更高的信噪比,从而提升灵敏度和覆盖范围。

3.4.1.2 海量链接

- OFDM 窄带信道



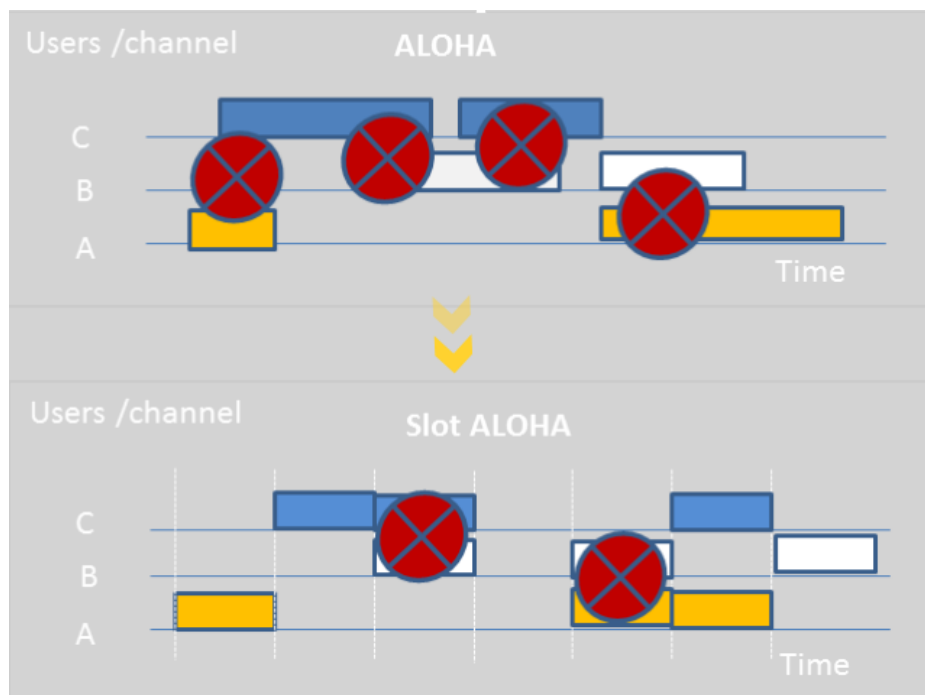
eLTE-IoT 提供更小的资源分配粒度，定义了窄带信道，这样单位带宽内可以有更多的上行信道，支持并发，而且为了提供海量链接，允许多个用户复用一个信道；

引入 OFDM 技术，在相同的频谱上通过正交的方式获得更多的载波资源，更高效率的利用了频率资源，提供更多信道。

● Slot ALOHA

eLTE-IoT 终端采用竞争接入的方式发起上行业务，这样相比基站调度的方式，可以进一步减少下行调度指令的开销和复杂度，减少时延，适合 IOT 业务。（另外，FCC 法规不允许中心调度模式）。

当终端有上行数据要发时，随机获取上行发送机会；各终端之间的竞争机制是 Slot-ALOHA，比完全随机的 ALOHA 系统频谱效率提升一倍，最终转化为系统容量的增加。



对于一个基站下的多个用户，且多个用户随机发起上行业务；如果多个用户在同一个时频资源上发送数据时，就会冲突，导致基站无法正常解调数据，且导致系统资源浪费；为了降低多个 UE 随机发送数据时的碰撞冲突概率，本系统采用 slot ALOHA 机制，即基于同步的竞争接入，可提升上行系统效率。

采用 slot ALOHA 机制，终端所竞争的在时域上的发送机会窗，都是以一定的时间粒度为单位的，对于一个给定的上行信道，该时间粒度是固定的，不同的上行信道可以配置不同的时间粒度。当终端有很多数据要发，一次竞争最多只能占用一个时间粒度，后续数据还需继续竞争；且每次竞争的时间窗的起始都是一个完整的时间粒度的起始；该起始的时间点由系统的同步信道提供。

本系统上行信道支持两种反馈/退避方式：

- UL confirm 模式

如果终端所选取的上行信道是 confirm 信道，即基站针对物

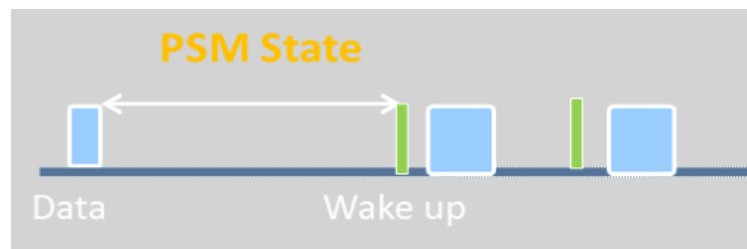
物理层的每个数据包都会反馈 ACK/NACK 给终端时；如果前一个上行包反馈 ACK (即当前没有用户与之竞争)，则终端可以继续发送下一个包，反之，如果前一个包反馈 NACK (即可能发生了冲突)，则要退避一段时间后，再继续发送；

- UL Unconfirm 模式

如果终端所选取的上行信道是 Unconfirm 信道，即基站针对物理层的每个数据包都不会反馈 ACK/NACK 给终端时；因没有反馈，无法判断是否发送碰撞，所以终端在发送每个上行数据包之前，都要随机退避，以避免多个用户同时发起导致冲突。

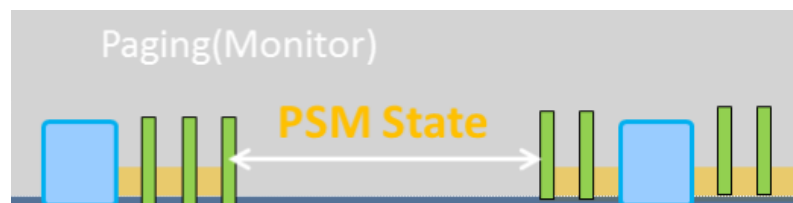
3.4.1.3 低功耗

- PSM 低功耗模式



终端发送完数据后，就进入 PSM 低功耗休眠态，待机电流 μA 级。对于 1 天 1 次，或半小时 1 次的物联业务模型，PSM 模式极大的降低了功耗。

- eDRX 低功耗 Paging 唤醒模式

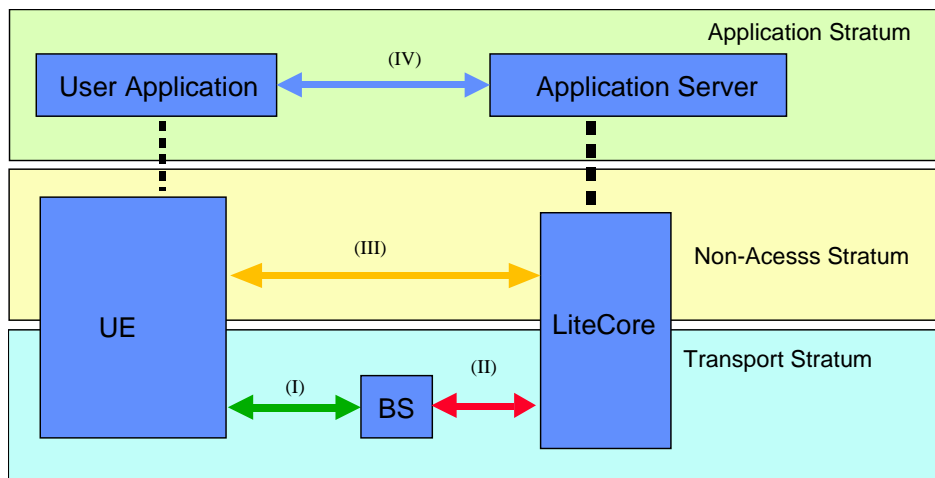


如果终端进入休眠后，可能会有下行的业务下发，此时通过 paging 机制唤醒终端，同时为了降低功耗，采用 eDRX 机制，即

终端在给定的窗口内检测 paging 消息，该窗口接收后进入 PSM 休眠态，然后直到下次 paing 接收窗口到来。这种方式相比以前一直保持能侦听 paging 的状态，加入了一个 PSM 状态，使得终端有更多的时间处于低功耗模式，从而达到省电的目的。

3.5 安全及可靠性

3.5.1 安全性



在上述典型的安全架构中，针对物联网 IoT 终端成本低、处理能力弱，且每个终端的信息量有限的特点，物联网网络主要提供接口 III, 接口 II 的安全；解决 UE 入网鉴权、E2E 信息安全，以及基站的入网鉴权和基站与 Litecore 之间的信息安全；

- Network access security (I)：空口安全，由于大部分安全由高层保证，空口安全优先级较低。
- Network domain security (II)：u-S1 接口安全，经由有线和无线回传公共网络，安全主要由回传网络安全机制保证，如 SSL/TCP。
- Network Non-Access Stratum security (III)：UE 和

LiteCore 之间的安全通道，尤其防护 Novel 信令攻击。
是 eLTE-IoT 解决方案主要的安全防护通道。

- Application domain security (IV)：应用层安全，在本解决方案中不涉及。

eLTE-IoT 业务面安全亮点特性：

- 1) 免 SIM 卡安全机制，即在不使用硬 SIM 卡的方式下，仍然支持安全机制，（支持更低成本，更低功耗）
- 2) 电信级的安全机制，包括用户身份双向鉴权，用户数据 E2E 加密及完整性保护
- 3) 安全机制所使用的根密钥，支持由客户写入（每个终端都使用独立的根密钥），即客户可以从根本上控制每个 IOT 链接的安全能力
- 4) 硬件化的安全核，内置于海思芯片内，完成密钥写入/存储，以及加密/解密操作，确保信息安全
- 5) 安全算法：信令和数据同时加密，端到端安全（终端侧信息加密，直到核心网侧才进行解密，中间的无线网络以及传输过程中都是加密后的暗文），128-EEA2（3GPP TS38.401）
- 6) 完整性算法：信令和数据同时保护，端到端完整性保护，128-EIA2（3GPP TS33.401）

3.5.2 可靠性

- 基站可靠性：

支持全面故障检测功能，包括硬件、软件、天线、传输、小区。

支持故障隔离和自愈功能，确保局部故障不影响系统中的其他部分。此外，还支持降规格建立小区，将故障对业务的影响降至最低限度。

- 核心网可靠性

eLTE-IoT 核心网具有以下软、硬件可靠性：

1) 分布式设计：采用分布式的硬件结构，通过功能的模块化设计实现分布式处理，各模块功能相对独立，并分别由不同的处理机负责控制，一个处理机的故障不会影响整个系统的正常运行。

2) 冗余设计：硬件广泛采用主备用、负荷分担、冗余配置等可靠性设计方法，确保了硬件系统的可靠性；关键部件均采用多处理机冗余技术，采用主备进程运行方式。在正常情况下，主用处理机控制模块的运行，备用处理机则实时与主用处理机保持同步；一旦主用处理机故障，备用处理机将立即投入运行接替主用处理机控制模块，从而保证系统的业务不中断。业务模块与接口模块采用负荷分担的设计方式，两块或多块模块在正常工作时，均承担相同的处理功能，而当其中一个模块出现故障时，在保证一定性能指标（如呼损）的前提下，由其它模块完成故障模块的处理任务，不影响系统正常工作。IP 接口支持物理备份，确保与 IP 承载网之间的 IP 路由的可靠性。

3) 供电可靠性：采用分布式供电方案，冗余备份的双供电系

统，具有防雷、断电保护、电压和电流的过高过低保护等功能。若系统掉电，系统支持整机掉电重启时间小于 5 分钟。机框的电源模块采用 1+1 备份的冗余设计，确保在一个电源模块出现故障时，不影响系统的正常工作。

4) 容错能力:通过对关键软件资源定时检测、实时任务监控、存储保护、数据校验、操作日志信息保存等手段，可有效地防止小软件故障对系统所造成的冲击，提高软件系统的容错能力（即软件错误情况下的自愈能力）。

5) 故障监视及处理:核心网具备自动检测与诊断系统软硬件故障的功能，可对故障硬件实施自动隔离、倒换、重新启动、重新加载等处理。

6) 支持热补丁:在设备的运行过程中，支持对主机软件打热补丁的功能，可以在不影响系统业务的情况下实现对主机软件的动态在线升级，有利于提高通信服务质量。

3.5.3 系统可靠性指标:

指标名称	指标值
典型配置系统可用度	≥99.999%
系统平均故障间隔时间 MTBF	≥24 年（满配置） ≥42 年（单框）
系统平均故障修复时间 MTTR	≤1 小时（不含准备时间）
冗余备份机制	1+1 备份

3.6 解决方案亮点

3.6.1 双向认证，更安全

eLTE-IoT 解决方案，通过如下关键技术手段确保具备更高的安全性：

- 双向鉴权：终端与业务引擎/核心网之间双向鉴权，任何一方未通过鉴权则拒绝接入。防止伪基站等方式骗取用户信息。
- 先进算法：支持 AES 加密算法，支持数据和信令端到端加密，保障全流程网络数据安全。
- 创新协议：专为企业物联网定制的轻量级 Novel 协议，更好满足 UE 与 eSE 之间安全通信的同时，提升通信效率。

3.6.2 覆盖距离更远

同等配置和安装条件下，eLTE-IoT 实测的覆盖距离是竞争方案的 1.2 倍，有利于在工业园区、车间内部面临建筑物和设备遮挡的情况下，仍获得良好的覆盖。

3.6.3 容量更大

单站能支持高达 50000 个链接，能同时接入各种类型的终端，有效降低工业园区、智慧城市的物联网建网成本。

3.6.4 支持永久在线与低时延二种工作模式

其他技术如 LoRa 等方案，只支持高时延的低功耗模式。

而 eLTE-IoT 除支持低功耗模式外，还支持永久在线工作模式。永久在线工作模式适合有交流供电，但要求低时延以便快速响应的场景，例如开关控制。

4 成功案例

eLTE-IoT 网络解决方案已成功服务于山东省淄博市高青智慧城市项目，用于一跳远程抄表和城市防涝监控等。并助力高青获得 2017 中国智慧城市示范城市奖。

直接收益：

- 700 多村头机械表智能化改造，节省成本 60 万元/年
- 抄表频率由每月缩短至每小时，及时发现管网漏损
- 水资源、水环境、水安全可视化管理，防洪排涝提前预警

