

锐米 LoRa-TDMA 技术白皮书

1 背景概述

无线通信技术在物联网应用中大致分为三大阵营，它们的特征如下表所示：

无线技术	市场份额	适合场景	不适合
2G/3G/4G	10%	长距离，高速率	电池供电，低价格
WiFi/ZigBee/BT	35%	短距离，室内通信	电池供电，长距离
LoRa 等	55%	长距离，低价格，低功耗	高速率

LoRa 以其“一长三低”（长距离，低功耗，低价格，低速率）的特点，特别适应大量的物联网需求：表计集抄、资产管理、环境监测等场合。

锐米 LoRa 系统实现“端管云”三个层次的产品系列，便捷地将 Smart Object（智能物体）接入 Internet，实现“低成本，高可靠”的物联网解决方案，主要应用如下：

主要功能	应用场景
采集数据	能源表计、工业测量、环境监测、资产管理
远程控制	开关：灯光、电机、阀门、门禁等

2 系统优点

2.1 超低功耗唤醒

支持超低功耗唤醒技术，特别适合：终端电池供电，同时需要支持用户远程控制。基于 CAD 和地址过滤技术，节能高效；支持广播和单播唤醒，灵活便捷。

2.2 超长通信距离

空旷环境可覆盖半径 5km 的区域，抗干扰和链路稳定性优于 FSK 技术。

2.3 超低功耗

基于超低功耗设计，终端休眠功耗低至 1.4uA，特别适合电池供电的产品。典型的抄表应用中，2 节 5 号电池可以有效工作 10 年。

2.4 TDMA(时分复用)

基于 TDMA（时分复用）通信技术，网络内所有终端通信**无碰撞**，最大化利用带宽，没有重传延时，提高网络整体 QoS，降低网络整体功耗。

2.5 自组网

仅需对网关进行简单配置；终端不用配置与维护，与网关自动组网，极大降低用户的使用复杂度和维护成本。

2.6 健壮性

内嵌多种无线通信健壮性技术，智能解决：通信碰撞、微弱信号、外界干扰、断网继连等挑战，提供一个长期稳定运营的物联网系统。

3 产品架构

锐米 LoRa 系统在物联网的“端管云”系统中，主要提供“管道”，将 Smart Object 接入 Internet。为此，提供如表 3-1 的产品；为帮助用户使用该系统，提供表 3-2 的资源；系统整体架构如图 3-1 所示。

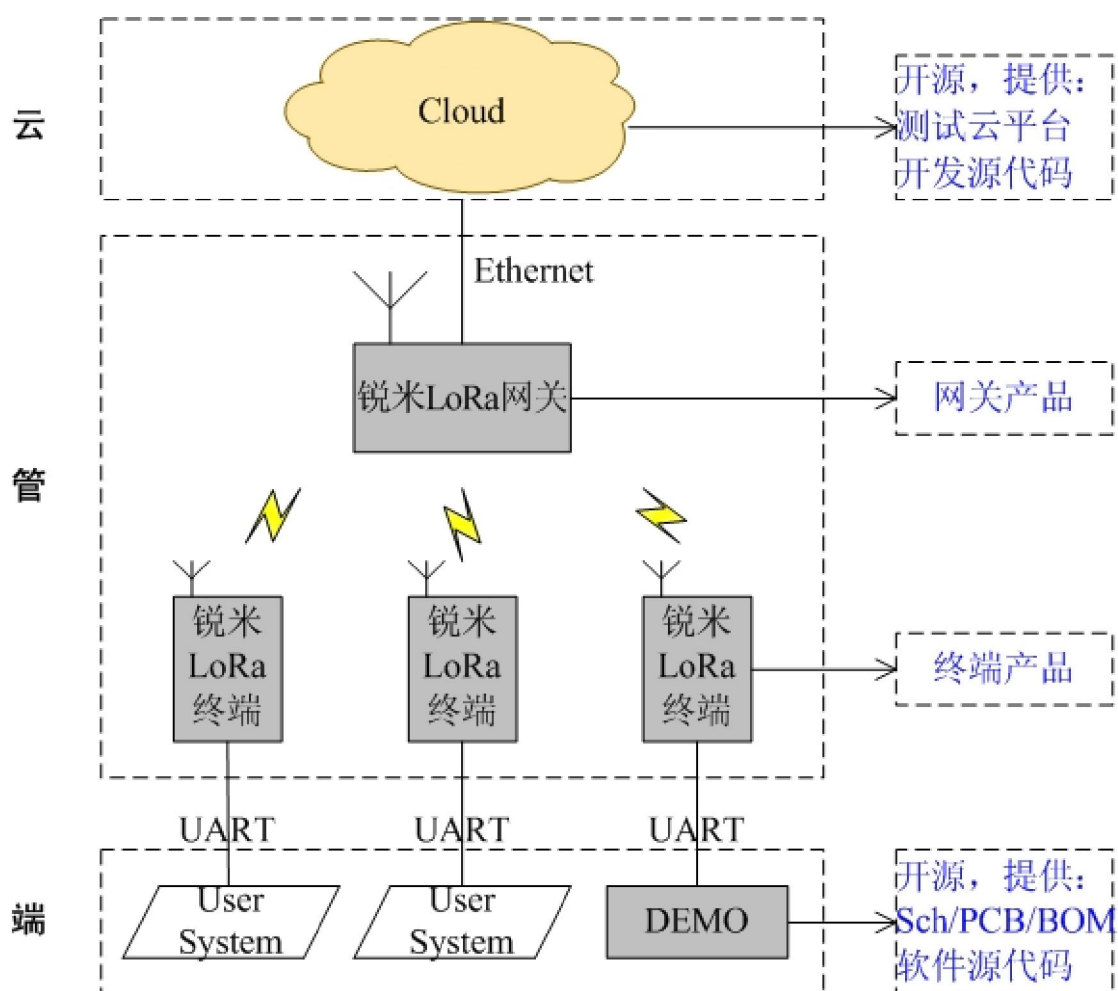
表 3-1 提供产品

产品	接口	第功能
锐米 LoRa 网关	Ethernet	主动上报+唤醒下发
	RS485	主动上报+唤醒下发
锐米 LoRa 终端	UART	主动上报+唤醒下发

表 3-2 提供资源

产品	资源	用途
云服务器	测试云平台、开发源代码、接口协议	方便网关接入云服务器
DEMO	DEMO 板、软件源代码、原理图/PCB/BOM	方便用户系统接入终端

图 3-1 锐米 LoRa 系统整体架构

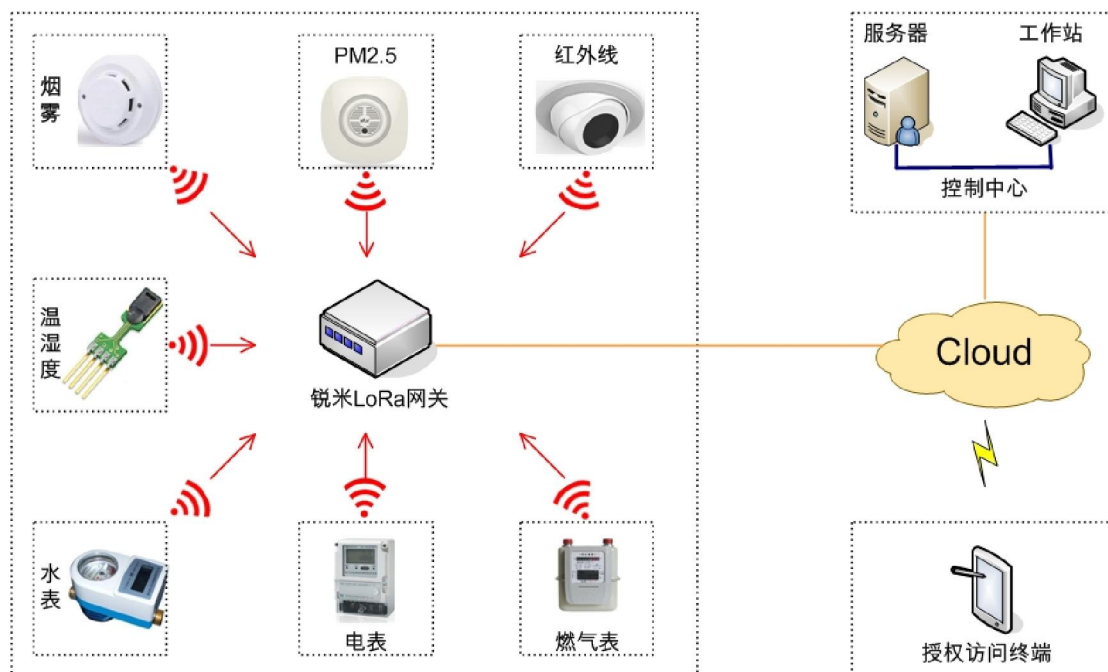


4 应用场景

4.1 采集数据

如图 4-1 所示：电/水/燃气表计、温湿度、烟雾、PM2.5 和红外线的传感器数据都需要接入 Internet，即 WSN（Wireless Sensor Network）无线传感器网络。一般而言，传感器数据具备：采集量少、间隔均匀、主动上报的特点，锐米 LoRa 系统满足此应用需求。

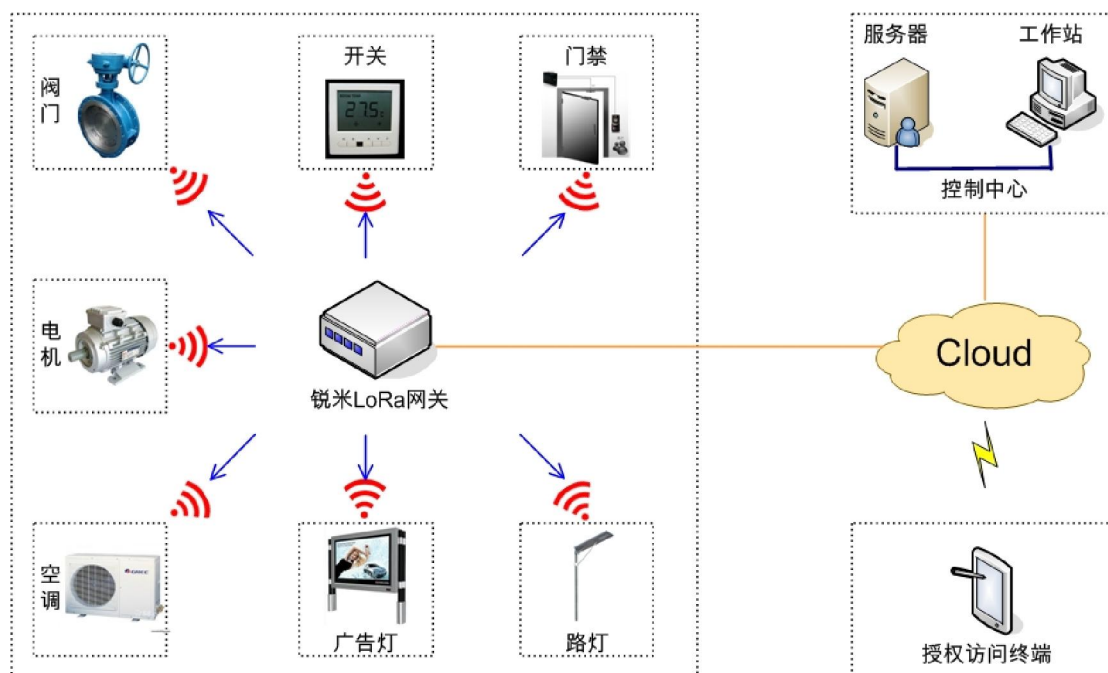
图 4-1 采集数据



锐米LoRa采集系统拓扑图

4.2 远程控制

图 4-2 远程控制



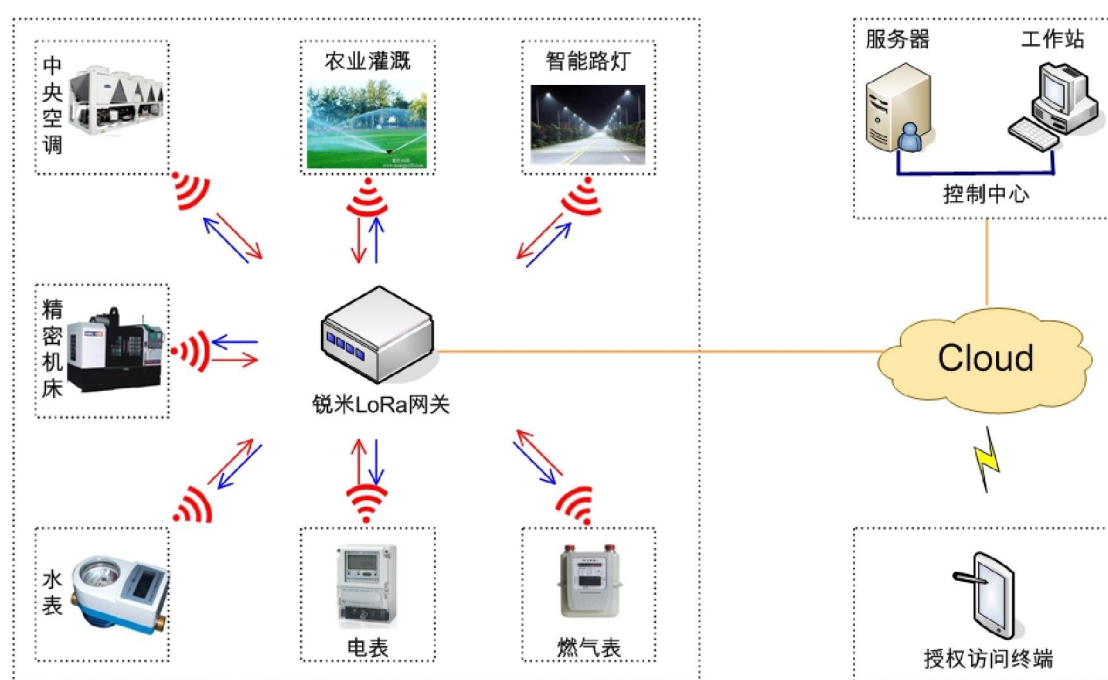
锐米LoRa远程控制拓扑图

现实应用中，需要远程控制设备：路灯、广告灯、空调、电机、阀门、门禁和开关等。这种通信拓扑如图 4-2 所示，需要支持唤醒下发，即：平时 LoRa 终端处于休眠节能状态，远程控制时，唤醒该终端并通信。

4.3 采集+控制

如图 4-3 所示，有这样一类设备：电/水/燃气表计、精密机床、中央空调、农业灌溉、智能路灯等，它们既需要“主动上报”传感器数据，又需要“唤醒下发”实现远程控制；锐米 LoRa 系统支持这 2 种通信需求。

图 4-3 采集+控制



锐米LoRa采集+控制系统拓扑图

5 功能指标

5.1 通信距离

基于 LoRa™ 扩频调制技术，安装高增益 470MHz 天线，网关与终端有效通信距离空旷可达 5km。网关和终端可以设置空中速率档位，它的规律是：距离越远，速率越低。以下是实测数据：

模式	空中速率	空空传输	小区环境	楼道通信
远距离	443bps	5000m	绕射 4 栋 32 层建筑物，120m	36 层
中距离	2876bps	2000m	绕射 3 栋 32 层建筑物，100m	20 层
近距离	20334bps	1000m	绕射 2 栋 32 层建筑物，90m	10 层

5.2 通信速率

同一个子网（星型网）内，所有终端共享 LoRa 无线带宽，如“远距离”模式下，整个子网的最大带宽为 443bps，保留给用户最大 95%（420bps）使用带宽（无线通信协议消耗部分带宽），体现 LoRa “长距离，低速率”的特征。

5.3 终端功耗

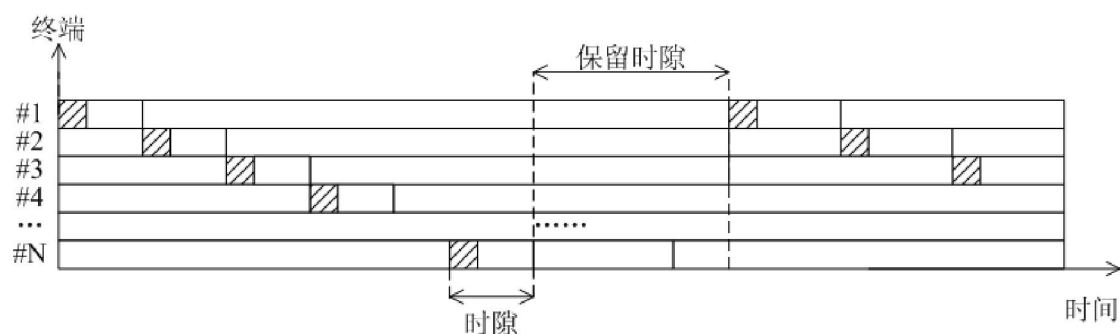
对于电池供电的无线通信设备，功耗是极为重要的指标。锐米 LoRa 终端基于超低功耗设计，在硬件选型和软件节能上做足功夫。终端功耗指标如下：

工作模式	测试条件	最大值	典型值	最小值	单位
低功耗模式	射频关闭，MCU 休眠		1.4		μA
CAD 侦听	射频侦听，MCU 运行	11.3	7	6.7	mA
接收模式	射频接收，MCU 运行	17.3	13	12.7	mA
发送模式	射频发送，MCU 运行	92.3	88	87.7	mA

5.4 主动上报

同信道无线通信一般有 CSMA 和 TDMA 两大技术。考虑到 LoRa 远距离时速率较低（小于 1kbps）而采集系统天生具备定时上报的特性，我们选用 TDMA 做为主动上报技术。

图 5-1 TDMA 示意图



它的原理如图 5-1 所示：N 个终端将一段时间分成 N 个时隙(Slot)，每个终端在自己分配的时隙与网关通信。时隙(Slot)依赖于：通信速率和主动上报数据长度，它的实例如表 5-1 所示。

根据大量的实测和应用，我们坚信这是符合 LoRa 特性的。实际上，当网络负荷达到中载（带宽利用率超过 50%）时，CSMA 的效率大减且耗能增大，因为大量的终端通信冲突，不得不延时重传。

表 5-1 时隙(Slot)实例

速率	1Byte(ms)	10Byte(ms)	100Byte(ms)	247Byte(ms)
高	93	97	130	184
中	213	234	469	848
低	1390	1472	2947	5404

5.5 唤醒下发

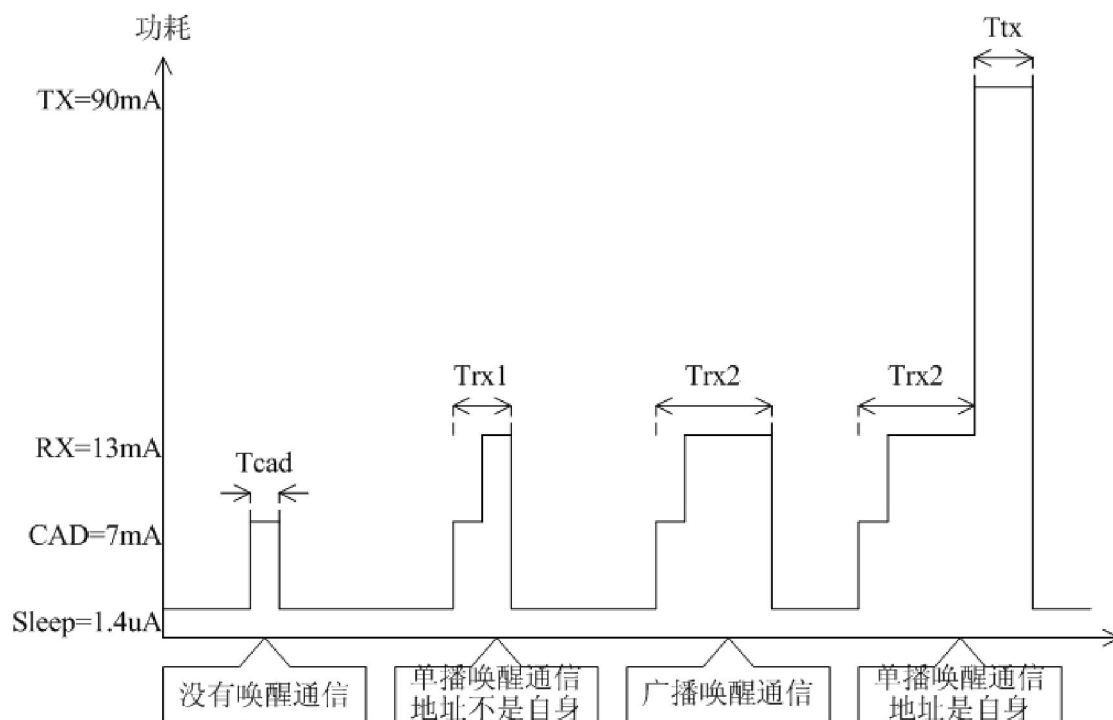
唤醒通信大致分成 4 种情形，它们的功耗和时间分别如图 5-2 和表 5-2 所示。

- ① 没有唤醒：终端 CAD 侦听信道空闲，立即进入休眠；
- ② 单播唤醒，地址不是自身：终端执行地址过滤，立即进入休眠；
- ③ 广播唤醒：终端打开射频，接收完广播数据帧，再进入休眠；
- ④ 单播唤醒，地址是自身：终端接收数据帧，回复 ACK 帧，最后进入休眠。

表 5-2 唤醒通信时间

速率	Tcad(ms)	Trx1(ms)	Trx2(ms)(依赖数据长度)			Ttx(ms) (依赖 ACK 长度)		
			1Byte	10Byte	247Byte	1Byte	10Byte	247Byte
高	21	25	50	53	140	25	29	115
中	26	62	114	145	749	62	83	687
低	201	414	828	992	4842	414	578	4510

图 5-2 唤醒通信终端功耗



5.6 子网划分

用户可以划分不同频段来组织不同的子网，这就是 **FDMA**（频分复用）技术。如：一个子网工作在 **470MHz**，另一个子网工作在 **471MHz**，这 2 个子网互不干扰。每一个频段称为一个信道，网关信道划分与空中速率档位有如下对应关系：

模式	信道带宽	常用实例		
远距离，低速率	200kHz	469.8MHz	470.0MHz	470.2MHz
中距离，中速率	300kHz	469.7MHz	470.0MHz	470.3MHz
近距离，高速率	1000kHz	469.0MHz	470.0MHz	471.0MHz

6 使用导航

尽管我们最大可能地降低使用 LoRa 系统的复杂度，毕竟它是一个物联网系统，具备一些评估和开发工作量。一般而言，一种无线网络只适应某些通信需求，因此，我们建议用户按“三步走”方法规划物联网。

第一步：提取需求，按“距离、带宽、功耗、规模、拓扑和成本”规划无线网络；

第二步：采购 1 套锐米 LoRa 系统，评估是否满足需要建设的物联网；

详情请参阅《评估与开发锐米 LoRa-TDMA 导航图》

第三步：将 Smart Object（Sensor or Actuator）连接锐米 LoRa 终端，

将 Cloud 连接锐米 LoRa 网关，组建一个物联网系统。

销售与服务

公司名称：长沙市锐米通信科技有限公司

公司网站：www.rimelink.com

产品销售：sales@rimelink.com

技术支持：support@rimelink.com

联系电话：0731-82231246

公司地址：长沙市普瑞大道 278 号 48 座 2504