

芯资讯

低功耗广域网（LPWAN） LoRa 远距离无线技术

（ 第一版 ）

王志杰

2016-05-05



版权所有，翻版必究

目录

1	简介.....	2
2	低功耗广域网（LPWAN）.....	2
2.1	低功耗广域网（LPWAN）的特点.....	2
2.2	LPWAN 无线技术比较.....	3
2.3	LoRa 联盟.....	4
2.4	中国 LoRa 应用联盟 - CLAA.....	5
3	LoRa 技术.....	6
3.1	LoRa 技术.....	6
3.2	LoRa 无线技术主要特点.....	6
4	LoRa 和 LoRaWAN 技术概览.....	9
4.1	简介.....	9
4.2	LoRa®是什么？.....	9
4.3	LPWAN 适合在那里？.....	10
4.4	LoRaWAN 是什么？.....	11
4.5	LoRaWAN™ 区域概述.....	14
4.6	比较 LPWAN 技术选项.....	16
4.7	LPWAN 成本对比传统系统.....	17
5	LoRaWAN 解决方案.....	18
5.1	简介.....	18
5.2	解决方案平台架构.....	19
5.3	产品.....	20
5.4	网络服务器（Network Server）.....	21
5.5	网关（Gateway）.....	21
5.6	节点模块.....	23
5.7	测试节点（Test Node）.....	25
5.8	开发设计.....	26
5.8.1	NP-LINK Mote SDK.....	28
5.8.2	开源资源.....	29
6	LoRa 应用案例.....	29

1 简介

低功耗广域网（LPWAN）的是物联网领域中一个新的发展热点，由于其低功耗、广域的特点，非常适合于物联网大规模的部署。在中国制造 2025 和智慧城市建设发展过程中，低功耗广域网应用将会越来越多。下面可以从几个方面了解一下低功耗广域网：

近距离和远距离：常见的近距离无线通信技术，如 Wi-Fi、蓝牙等，通信距离一般几十米，若要覆盖一个地区一个城市的网络，则部署成本会较高。而低功耗广域网无线通信距离可达几公里，甚至几十公里。无线通信距离的增加，为物联网应用带来了新的发展空间，补上了物联网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支撑。

高数据速率和低数据速率：电脑、手机上网浏览网页、视频等应用需求追求的是高数据速率，速度越快越好。而另一方面，物联网的一些应用中，数据速率并非越快越好，通讯频次低，传输的数据量也非常少，如抄表等。

电源和低功耗：高数据速率带来的是高功耗，需要有充足的电源供应。而低功耗广域网的数据速率低，终端节点仅需要少量的电能就可以维持工作，这样就可以使用电池供电或其他的能量收集的方式供电，这有助于在一定范围内使终端节点可以大规模地接入网络。

公网和私网：相对于电信运营商遍布全国的网络，低功耗广域网方兴未艾。电信网络运营商有成熟的商业模式，而低功耗广域网没有现成的商业模式可以参考，需要不断探索创新。低功耗广域网的建设相对电信运营商的网络来说成本小很多，可以以较小的投入搭建起一个小的运营网络来，可以做一些项目的商业化运营。但若要大面积铺设网络，覆盖一个城市甚至一个国家，还是离不开电信运营商的参与和支持（如现在的铁塔公司）。若电信网络的称之为“公网”，商业化运营的低功耗广域网络则可称为“私网”或“小网”，在小范围内独立化商业化运营，未来可能会出现一种“私网”的运营商。

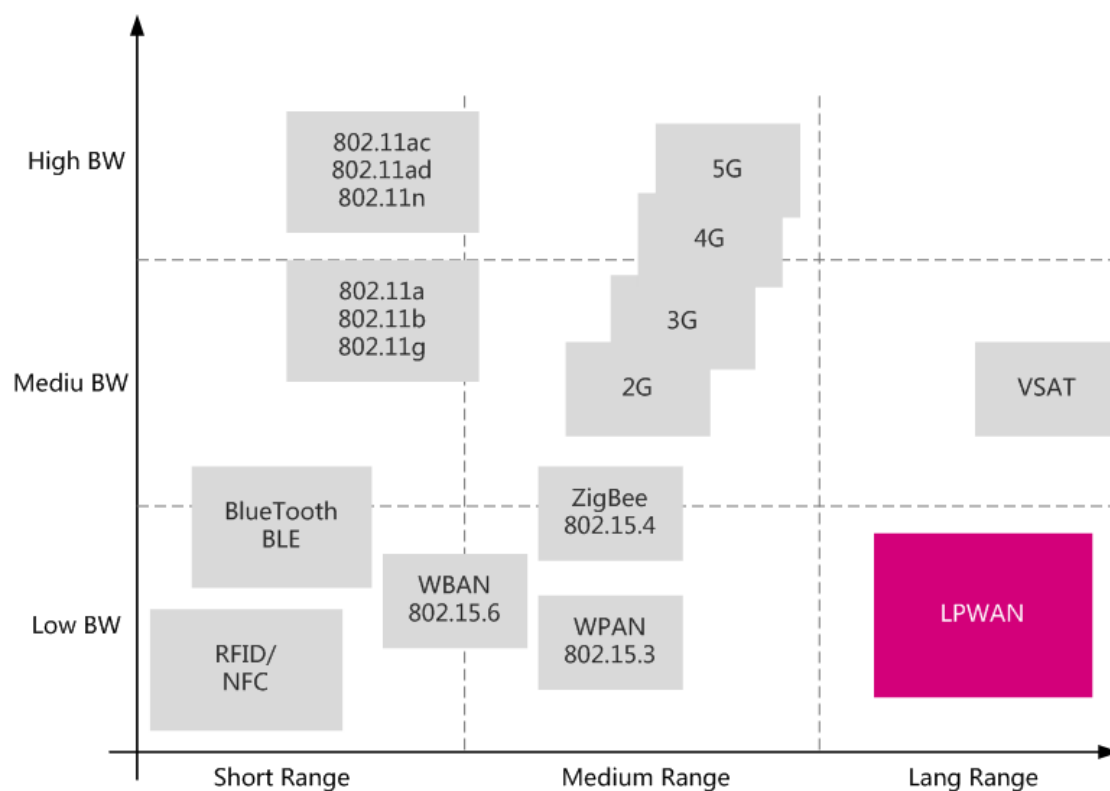
2 低功耗广域网（LPWAN）

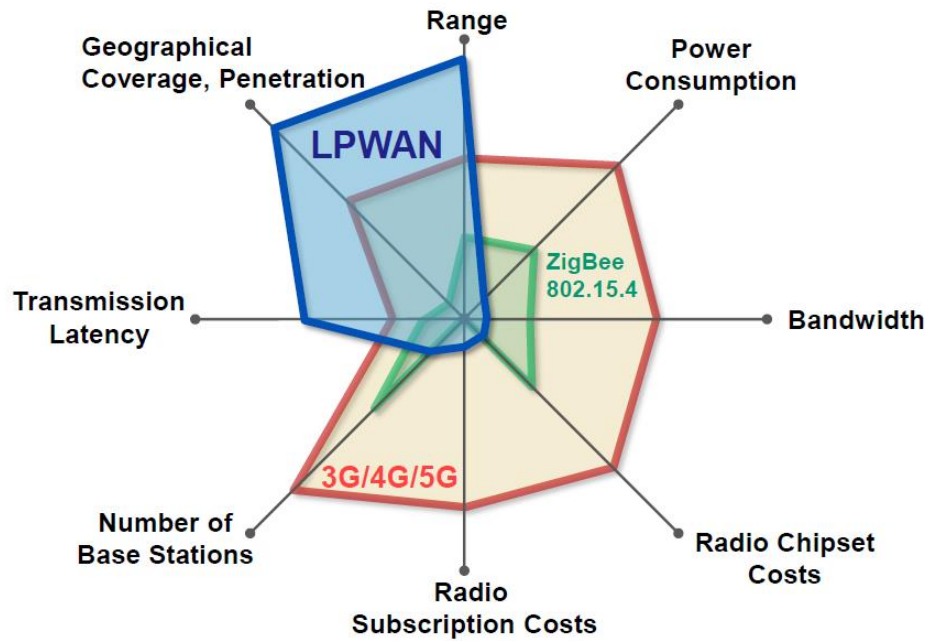
2.1 低功耗广域网（LPWAN）的特点

- 长距离：根据部署环境不同，一个网关或基站可以覆盖几公里，甚至几十公里
- 低数据速率：数据速率一般不超过 5kbps，每天几次的通信频次，每次几十到几百个字节不等。
- 低功耗：电池供电或其他能量收集供电，可以维持几年，甚至更久。

特性	LPWAN技术目标值
长距离	5-40km，开放平坦的地方
超低功耗	10年的电池寿命
吞吐量	依赖于应用，典型地几百个字节每秒，或更少
芯片成本	< \$2.00
传输延迟	不是LPWAN的基本要求，一般地，IoT应用对数据延迟不敏感
所需覆盖的基站数量	非常少。LPWAN基站能服务成千上万的设备
地域覆盖	在偏远和农村地区也有良好的覆盖范围。建筑内和地面的穿透力强（如读电表）

2.2 LPWAN 无线技术比较





下面列出了一些 LPWAN 无线技术的详细对比表：

Technical capabilities	Low Power Wide Area Networks (LPWAN)							Short Range Networks				
	LoRaWAN	Neul	NWave	SigFox	Weightless -N	Weightless -P	Cellular	BLE	WiFi	Thread	ZigBee	Z-Wave
Range (km/m)	2-5 urban; 15 suburban; 45km rural	up to 10km	up to 10km	up to 10km urban; 50km rural	5km	2km	35km GSM; 200km 3G/4G	80m	50m	Mesh	100m/Mesh	30m/Mesh
Deep Indoor Performance	Yes	ISM yes, Whitespace no	Yes	Yes	Yes	Yes	No	No	No	No	-	-
Freq. Band	Varies, Sub-GHz	ISM or Whitespace	Sub-GHz	Frequency independent; 868/902MHz	Sub-GHz	Sub-GHz	900/1800/1900/2100MHz	2.4GHz	2.4GHz	2.4GHz	915MHz/2.4GHz	900MHz
ISM?	Yes	Yes, depends on base-station	Yes	Yes	Yes	Yes	Depends	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Fully Bi-Directional	Yes, depends on mode	Yes	No	No	Uplink only	Yes	Yes	Yes	Yes	-	Yes	Yes
Data Rate	0.3 - 50 kbps adaptive	10 - 100kbps	100bps	10 - 1000bps	30kbps - 100kbps	up to 100kbps adaptive	35-170kbps GSM/ 3 - 10mbps LTE	< 1mbps	600mbps max	-	250kbps	10 - 100kbps
Power Profile	Low	Low	Low	Low	Low	Low	Medium	High	High	Low	Low	Low
Authentication	Yes	-	Yes	Yes	Yes	Yes	High security, back by major telecoms	Trusted devices problematic	Yes	Yes	Yes	Yes
E2E Encryption	Yes	-	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes
Over the Air Software Upgrades	Yes	-	No	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	-	Yes	Yes
Supports sensors moving between hubs	Yes	-	No	No	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	No	Yes, mesh-based	Yes, mesh-based
Location Aware	Yes	-	No	No	No	-	Yes	No	Yes	-	-	-
Operational Model	Public or private	-	Public or private	Public	Public or private	Public or private	Public or private	Public or private	Public or private	Private/WiFi backbone	Public or private	Public or private
Standard	LoRaWAN	Weightless	Weightless	No	Weightless	Weightless	GSM, LTE etc	Bluetooth 4.0	IEEE802.11	Thread, based on 6LOWPAN IEEE802.15.4	ZigBee	Z-Wave
Scalability	Yes	Yes	Yes	Yes	Limited	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Yes	Limited

2.3 LoRa 联盟



LoRa 联盟是一个开放的，非营利性协会，其成员认为现在是物联网的时代。联盟是有业界的领导者发起，其使命是规范正在全球部署的低功耗广域网 (LPWAN)，以促进物联网 (IoT)、机器对机器 (M2M) 以及智慧城市和工业应用。联盟成员通过分享知识和体验用一个开放的全球的标准保证运营商之间的互操作性。

联盟成员来自于世界各地的各种类型组织，解决生态系统的各个方面。成员包括多国的电信运营商、设备制造商、系统集成商、传感器生产商、创业型企业和半导体公司。在非洲、亚洲、欧洲、北美地区，联盟成员跨国家和大陆开发、部署和使用，推动物联网的实现。

LoRa 联盟是一个组织，其成员解决一些公司的需求，成员划分成赞助商、贡献者和采用者组。

LoRa 联盟网站：<http://www.lora-alliance.org>

LoRaWAN™是一个低功耗广域网网络(LPWAN)规范，适用于无线电池供电的设备，针对的是物联网的一些重要需求，如安全双向通信、移动定位服务等。标准提供智能设备间无缝的互操作而无需复杂的本地化安装，让用户、开发者和企业可以灵活快速部署物联网应用。

LoRa 联盟使命是确保开放的 LoRaWAN 规范安全、电信级、低功耗广域网，这将使所有终端设备能够按照预定的方式连接一个 LoRaWAN 网络，并与所有网关产品进行交互操作。认证计划将会提供给最终用户一个保证，他们的专用终端设备可以在任何的 LoRaWAN 网络上操作，这对于使用 LPWAN 进行全球物联网的部署是一个重要的要求。

LoRaWAN 网络结构是一个典型的星型拓扑结构，网关是一个透明的桥接，在终端设备和后台中央网络服务器之间转送讯息。网关通过标准 IP 连接连接到网络服务器，而终端设备使用单跳无线通信到一个或多个网关。所有终端的通信一般都是双向的，但还支持诸如组播操作，可以实现软件升级空中下载或其他大量分发讯息以减少空中通信时间。

终端设备和网关之间的通信以不同的频率通道和数据速率传出去。数据速率的选择在通信距离和通信时间做一个权衡。由于扩频技术，不同数据速率的通信相互不会干扰，并会创建一组“虚拟”通道，增加了网关的容量。LoRaWAN 的数据速率范围从 0.3kbps 到 50kbps。为最大限度地提升电池寿命和网络容量，LoRaWAN 网络服务器通过一个自适应数据速率 (ADR) 的方案分别为每个终端设备管理数据和 RF 输出。

2.4 中国 LoRa 应用联盟 - CLAA

中兴微电子与美国 Semtech 签署战略合作 推进中国 LoRa 产业发展。中兴微电子与美国 Semtech 公司签署了战略合作协议，双方将在 LoRa 芯片及应用层面进行深入合作，并在智慧城市领域开展网络的建设，促进产业链的发展。期间，中兴微电子与二十余家合作厂商共同建立中国 LoRa 应用合作生态圈。

随着智慧城市的全面部署以及城市智能化、感知与互联的 M-ICT 发展需求，城市越来越多的碎片化终端设备需要低功耗长距离传输的接入网络。以 LoRa 为代表的低功耗、远距离网络技术的出现，有机会打破物联网在互联方面的瓶颈，促进物联网端对端的成本大幅下降，引爆物联网的大规模应用。

Semtech 作为国际 LoRa 联盟的发起者，是高质量模拟和混合信号半导体产品的领先供应商，其芯片在通信、计算机和计算机界面、自动检测设备、工业和其它商业应用中得到广泛采用。LoRa 技术是目前物联网 LPWAN 技术中产业链最为成熟，终端成本，功耗和信号渗透能力最优秀的技术之一。

中兴微电子以及各厂家将围绕 LoRa 技术在各行业应用创新展开工作。积极推动标准进展，制定统一的 LoRa 应用规范。积极打造中国 LoRa 应用的“技术交流平台”、“方案验证平台”、“市场合作平台”、“资源对接平台”和“创新孵化平台”。

作为全球领先的通讯设备厂商，中兴通讯正在实施 M-ICT 万物移动互联战略，推动信息产业与各产业的跨界、融合。凭借 30 年的通信技术积累，中兴通讯正在积极探索开展智慧城市物联网领域的创新应用与产业发展，打造低成本低功耗多业务平台的可运营级物联网，实现城市物联网智能化信息化的创新突破。未来中兴通讯将联合更多合作伙伴，构建可持续发展的运营级 LPWAN 城市物联生态圈，实现多方共赢。

CLAA 联盟是在 LoRa Alliance 支持下，由中兴通讯发起，各行业物联网应用创新主体广泛参与、合作共建的技术联盟，是一个跨行业、跨部门的全国性组织。其会员由国内外各类有低功耗、广覆盖物联网需求的企事业单位和专业社团组成，加强产业链厂家合作，构建 LoRa 技术应用生态圈。联盟的宗旨是推动 LoRa 产业链在中国的应用和发展，建设多业务共享、低成本、广覆盖、可运营的 LoRa 物联网。联盟口号：合作共赢，建设中国 LoRa 钻石联盟！

3 LoRa 技术

3.1 LoRa 技术

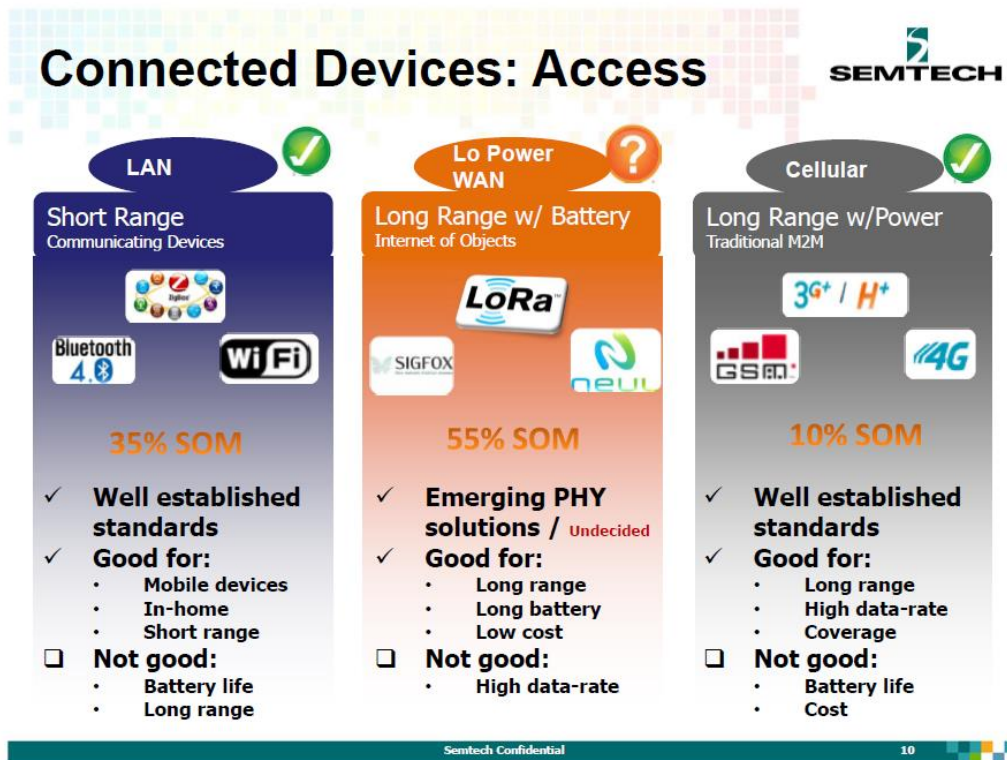
LoRa 是“Long Rang”的意思，是一种低功耗长距离无线通信技术，主要面向物联网（IoT）或 M2M 等应用，是低功耗广域网（LPWAN）一种重要的无线技术。

3.2 LoRa 无线技术主要特点

- 长距离：在密集的城市环境和市内，LoRa 基站或网关具有较强的穿透能力。在空旷郊区连接传感器距离可以达到 15-30KM，甚至更远。

- 低成本：LoRa 前期的基础建设和运营成本低，终端节点传感器的成本也低。
- 标准化：LoRaWAN 保证了应用之间的互操作性，物联网方案提供商和电信运营商可以加速采用和部署。
- 低功耗：LoRaWAN 协议专门为低功耗而开发，电池寿命可达多年。

LoRa 与其他无线技术的区别，如下图所示：



LoRaWAN™ 是一种低功耗广域网络（LPWAN）规范，适用于在地区、国家或全球网络中的电池供电的无线设备。LoRaWAN 以物联网的关键要求为目标，如安全的双向通讯、移动化和本地化服务。该标准提供智能设备间无缝的互操作性，不需要复杂的本地安装，给用户、开发者、企业以自由，使其在物联网中发挥作用。

LoRaWAN 网络结构通常地布局为一个星型拓扑结构，其中网关是一个透明桥接，在终端设备和后台中央网络服务器之间转送讯息。网关通过标准 IP 连接连接到网络服务器，而终端设备使用无线通信单跳到一个或多个网关。所有终端节点通信一般都是双向的，但还支持诸如组播操作以实现软件空中升级（OTA）或其他大量信息分发以减少空中通信时间。

终端设备和网关之间的通信以不同频道和数据速率传播。数据速率的选择需要在通信距离和通信时延间做一个权衡。由于扩频技术，不同数据速率的通信相互间不会干扰，并会创建一组“虚拟”通道，增加了网关的容量。LoRaWAN 的数据速率范围从 0.3kbps 到 50kbps。

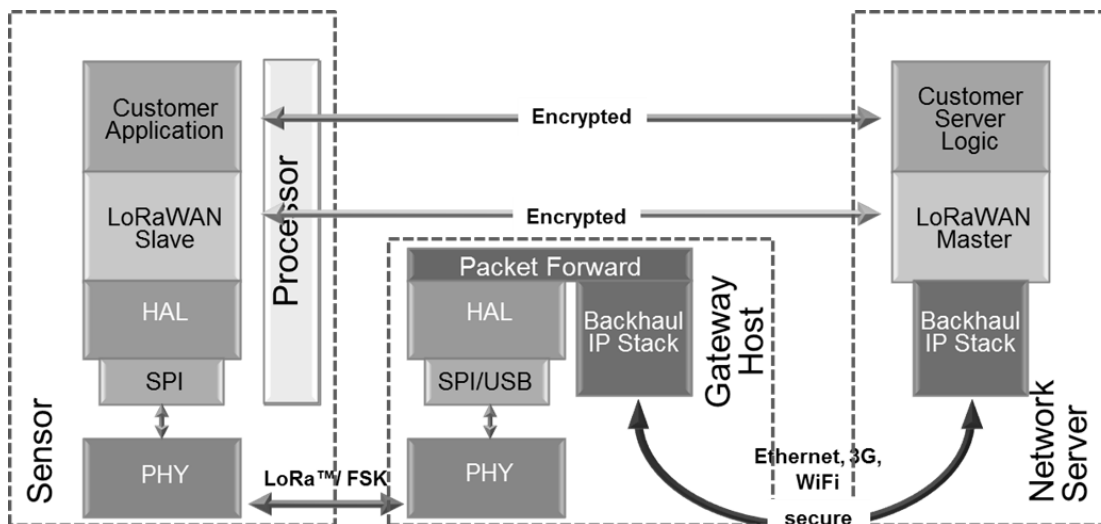
为最大限度地提升终端设备的电池寿命和整体网络容量，LoRaWAN 网络服务器通过一种自适应数据速率（ADR）的方法分别为每个终端设备和 RF 输出管理数据。

针对物联网的全国范围的网络，如重要的基础设施、保密的个人数据或对安全通信有特殊需求的社会重要功能。这已通过几层的加密解决了。

- 唯一网络密钥（EU164），保证在网络层上的安全
- 唯一应用密钥（EU164），并保证在应用层上端到端的安全
- 设备专用密钥（EUI128）

LoRaWAN 分了几种不同类型的终端设备以解决反映在广泛应用中的不同需求：

- **双向通讯终端设备（A 类）**：A 类的终端设备允许双向通信，因此每个终端设备的上行链路传输跟着两个短的下行链路接受窗口。传输时隙由终端设备基于其自身的通讯需求安排，根据随机时基有一个小的变化（ALOHA 类型协议）。对于在终端设备发送一个上行链路传输后，仅简短地要求服务器的下行链路通讯的应用来说，这种 A 类操作是功耗最低的终端设备的系统。在其他任何时间来自服务器的下行链路通讯必须等到下一个调度的上行链路通讯。
- **具备调度接受时隙的双向通讯终端设备（B 类）**：除 A 类随机的接受窗口外，B 类设备另外还在调度时打开了接受窗口。为使终端设备打开其接受窗口，在调度时接受网关的一个时间同步信标。这使得服务器知道终端设备什么时候在侦听。
- **具备最大接受时隙的双向通讯终端设备（C 类）**：C 类终端设备几乎是连续地打开接受窗口，仅在发送时关闭。



4 LoRa 和 LoRaWAN 技术概览

4.1 简介

本文的目的是针对 LoRa® 和 LoRaWAN™ 做一个介绍性的技术概览。低功耗广域网 (LPWAN) 预计将会支持物联网预测的数十亿设备的一个主要部分。LoRaWAN™ 自下而上设计，为电池寿命、容量、距离和成本而优化了 LPWAN。对于不同地区给出了一个 LoRaWAN™ 规范概要，以及在 LPWAN 空间竞争的不同技术的高级比较。

4.2 LoRa® 是什么？

LoRa® 是物理层或无线调制用于建立长距离通信链路。许多传统的无线系统使用频移键控 (FSK) 调制作为物理层，因为它是一种实现低功耗的非常有效的调制。LoRa® 是基于线性调频扩频调制，它保持了像 FSK 调制相同的低功耗特性，但明显地增加了通信距离。线性扩频已在军事和空间通信领域使用了数十年，由于其可以实现长通信距离和干扰的鲁棒性，但是 LoRa® 是第一个用于商业用途的低成本实现。









长距离 (LoRa®)

LoRa® 的优势在于技术方面的长距离能力。单个网关或基站可以覆盖整个城市或数百平方公里范围。在一个给定的位置，距离在很大程度上取决于环境或障碍物，但 LoRa® 和 LoRaWAN™ 有一个链路预算优于其他任何标准化的通信技术。链路预算，通常用分贝 (dB 为单位) 表示，是在给定的环境中决定距离的主要因素。下面是部署在比利时是 Proximus 网络覆盖图。随着小量的基础设施建设实施，可以容易地覆盖到整个国家。



4.3 LPWAN 适合在那里？

一种技术不能满足物联网所有项目应用和量。WiFi 和 BTLE 是被广泛采用的标准，非常好地满足了与个人设备通讯相关的应用。蜂窝技术非常适合那些需要较高数据吞吐量并配有电源的应用。LPWAN 提供多年的电池寿命，是专为那些需要发送少量数据的传感器和应用而设计，从不同环境中通过长距离每小时发送几次。

	Local Area Network Short Range Communication	Low Power Wide Area (LPWAN) Internet of Things	Cellular Network Traditional M2M
	40%	45%	15%
	Well established standards In building	Low power consumption Low cost Positioning	Existing coverage High data rate
	Battery Live Provisioning Network cost & dependencies	High data rate Emerging standards	Autonomy Total cost of ownership
	Bluetooth 4.2  	LoRa 	GSM  3G+ / H+ 

LPWAN 中的重要因素

LPWAN 中最关键的因素是：

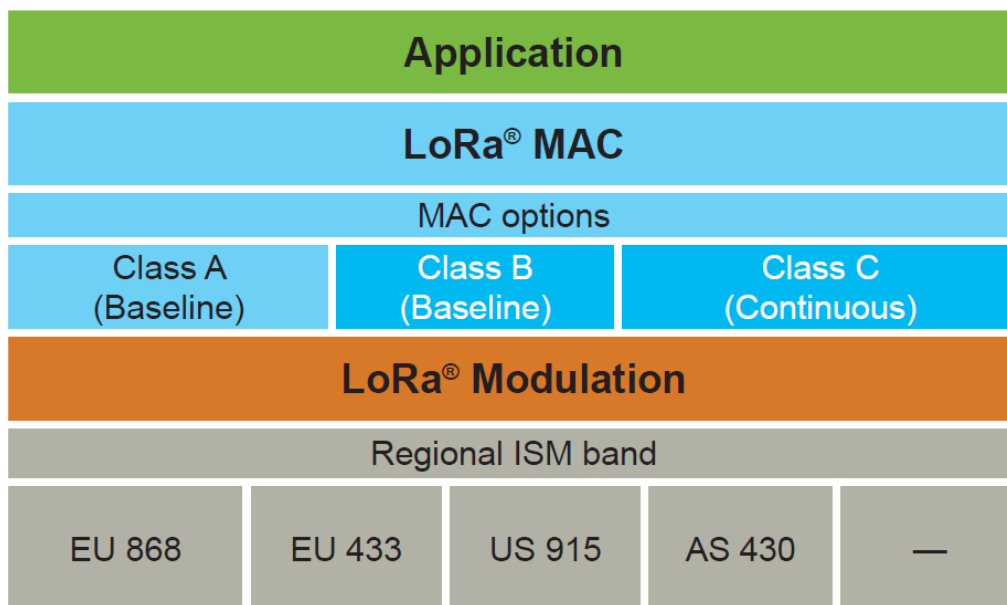
- 网络架构

- 通信距离
- 电池寿命或低功耗
- 干扰的鲁棒性
- 网络容量（网络中的最大节点数）
- 网络安全
- 单向与双向通信
- 各种服务应用



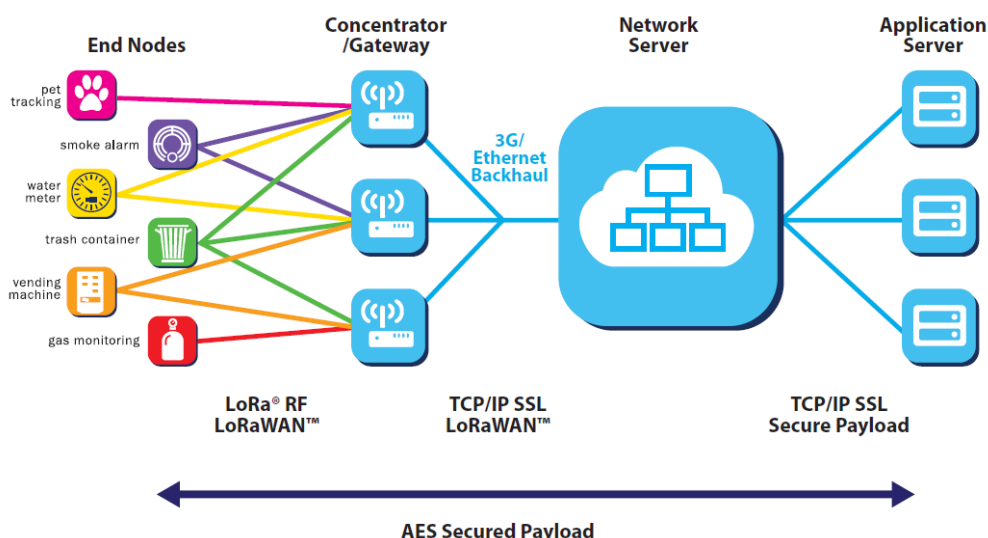
4.4 LoRaWAN 是什么？

LoRaWAN™定义了网络的通讯协议和系统架构，而 LoRa®物理层能够使长距离通讯链路成为可能。协议和网络架构对节点的电池寿命、网络容量、服务质量、安全性、网络的各种应用服务质量等影响最大。



网络架构

许多现有部署的网络采用了网状网络架构。在网状网络中，个别终端节点转发其他节点的信息，以增加网络的通信距离和网络区域规模大小。虽然这增加了范围，但也增加了复杂性，降低了网络容量，并降低了电池寿命，因节点接受和转发来自其他节点的可能与其不相关的信息。当实现长距离连接时，长距离星型架构最有意义的是保护了电池寿命。



在 LoRaWAN™ 网络中，节点与专用网关不相关联。相反，一个节点传输的数据通常是由多个网关收到。每个网关将从终端节点接所接受到的数据包通过一些回程（蜂窝、以太

网、卫星或 Wi-Fi)转发到基于云计算的网络服务器。智能化和复杂性放到了服务器上，服务器管理网络和过滤冗余的接受到的数据，执行安全检查，通过最优的网关进行调度确认，并执行自适应数据速率等。如果一个节点是移动的或正在移动，不需要从网关到网关切换，这是一个重要的功能，可以应用于资产跟踪---物联网一个主要的目标垂直应用。

电池寿命

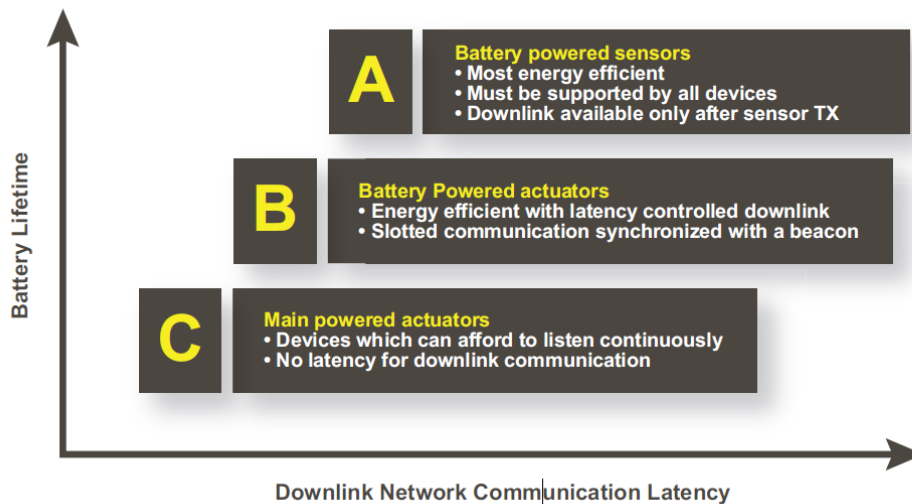
在 LoRaWAN™网络中的节点是异步的通信的，当其要发送的数据准备好的时候通信，无论是事件驱动还是时间调度。这种类型的协议通常称为 Aloha 方法。在网状网络或同步网络，如蜂窝，节点必须经常唤醒以同步网络，并检查消息。这个同步明显消耗能量，是减少电池寿命第一推手。在最近一项研究中，GSMA 对不同解决 LPWAN 空间的技术进行了比较，LoRaWAN™比其他技术选择有 3 到 5 倍的优势。

网络容量

为了使远距离星型网络能够实现，网关必须具有非常高的容量或性能，从大量的节点接收消息。高网络容量利用自适应的数据速率和网关中的多通道多调制收发器实现，因此可以在多信道上同时接受消息。影响容量的关键因素是并发通道数、数据速率（空中时间）、负载长度以及节点如何经常发送数据。因为 LoRa®是基于扩频调制，当使用不同扩频因子时，信号实际上是彼此正交。当扩频因子的发生变化，有效的数据速率也会发生变化。网关利用了这个特性，能够在同一时间相同信道上接受多个不同的数据速率。如果一个节点有一个好的连接并靠近网关，它没有理由总是使用最低的数据速率，填满可用的频谱比它需要的时间更长。数据传输速率越高，在空气中的时间就越短，可以为其他要传送数据的节点开放更多的潜在空间。自适应数据速率也优化了节点的电池寿命。为使自适应的数据速率工作，对称的上行链路和下行链路要求有足够的下行链路容量。这些特点使得 LoRaWAN™有非常高的容量，网络更具有可扩展性。用最少量的基础设施可以部署网络，当需要容量时，可以添加更多网关，变换数据速率，减少串音次数，可扩展 6~8 倍网络容量。其他 LPWAN 技术没有 LoRaWAN™的可扩展性，缘于技术上的权衡，其限制了下行链路的容量，使下行链路距离与上行链路距离不对称。

设备类 – 并非所有节点都相同

终端设备服务不同的应用，有不同的要求。为优化各种终端应用规范，LoRaWAN™使用了不同的设备类别。设备类别权衡了网络下行通信延迟与电池寿命。在控制或执行器类型应用中，下行链路通信延迟是一个重要因素。



双向终端设备（A类）：A类的终端设备允许双向通信，因此每个终端设备的上行链路传输跟随两个短的下行链路接受窗口。传输时隙由终端设备调度，基于其自身的通讯需求并有一个基于随机时基的微小变化（ALOHA 类型协议）。对于在终端设备已发送一个上行链路传输后，仅需要从服务器下行链路简短地通讯的应用来说，这种 A 类操作是最低功耗的终端系统。在任何其他时间从服务器下行链路通讯必须等下一个调度的上行链路。

具备调度接受时隙的双向终端设备（B类）：除 A 类随机接受窗口外，B 类设备在调度时间上打开了额外的接受窗口。为使终端设备在调度时间上打开其接受窗口接受网关同步信标一次。这允许服务器知道什么时候终端设备在侦听。

具备最大接受时隙的双向终端设备（C类）：C 类终端设备几乎是连续地打开接受窗口，仅在发送时关闭。

安全

加入安全对于任何的 LPWAN 来说是极其重要的。LoRaWAN™使用了两层安全：一个是网络层安全；另一个是应用层安全。网络安全保证了网络节点的可靠性，而应用层的安全性确保了网络运营商不能访问终端用户的应用数据。密钥交换使用了 AES 加密的 IEEE EUI64 标识符。每种技术选择都会有所权衡，但 LoRaWAN™在网络架构中的特性，设备类别，安全性，容量可扩展性以及为移动优化满足了各种各样的潜在的物联网应用。

4.5 LoRaWAN™ 区域概述

LoRaWAN™ 规范根据不同的地区频谱分配和监管要求而略有不同。欧洲和北美已制定了 LoRaWAN™ 规范，但其他区域仍在由技术委员会制定中。加入 LoRa®联盟作为贡献者成员并参与技术委员会，对以亚洲市场解决方案为目标的公司有明显的优势。

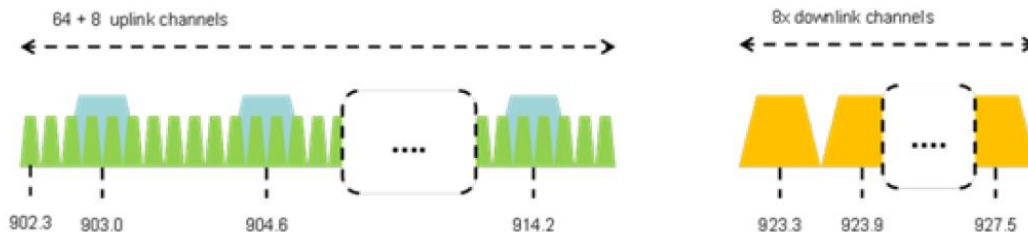
	Europe	North America	China	Korea	Japan	India
Frequency band	867-869MHz	902-928MHz	470-510MHz	920-925MHz	920-925MHz	865-867MHz
Channels	10	64 + 8 + 8	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee	In definition by Technical Committee
Channel BW Up	125/250kHz	125/500kHz				
Channel BW Dn	125kHz	500kHz				
TX Power Up	+14dBm	+20dBm typ (+30dBm allowed)				
TX Power Dn	+14dBm	+27dBm				
SF Up	7-12	7-10				
Data rate	250bps- 50kbps	980bps-21.9kbps				
Link Budget Up	155dB	154dB				
Link Budget Dn	155dB	157dB				

欧洲 LoRaWAN™

LoRaWAN™定义了 10 个信道，其中 8 个是从 250bps 到 5.5bps 的多数据速率信道，一个以 11kbps 高数据速率 LoRa®信道，一个以 50kbps 的 FSK 信道。欧洲 ETSI 允许的最大的输出功率是+14dBm，除 G3 频段允许+27dBm 之外。根据 ETSI 规定有占空比限制，但没有最大传输或信道停留时间限制。

北美 LoRaWAN™

北美 ISM 频段是 902-928MHz。LoRaWAN™定义了 64，125kHz 的上行链路信道以 200kHz 增量从 902.3 到 914.9MHz。还有另外 8 个 500KHz 的上行链路信道，以 1.6MHz 的增量从 903MHz 到 914.9MHz。8 个下行链路信道是 500kHz 宽，从 923.3MHz 开始到 927.5MHz。北美 902-928MHz 频段最大输出功率是+30dBm，但对于大多数设备+20dBm 就足够了。根据 FCC 规定没有占空比限制，但每个信道有 400 毫秒最大停留时间限制。



北美 LoRaWAN™ 混合模式

大多数人都熟悉 FCC 的跳频要求，在 ISM 频段需要使用大于 50 个相等的信道。LoRaWAN™定义了超过 50 个信道以便利用可用频谱，允许最大输出功率。

LoRa®调制作作为一种数字调制技术，因此不必遵循在混合模式的操作下由 FCC 指定的所有跳频要求。在混合模式下，最大输出功率被限制到+21dBm，在混合模式下仅使用 64 上行链路信道中的 8 个信道的部分子集。

来自于 FCC:

“在同一载波同一时间上，混合系统使用数字调制和跳频两种技术。如章节 15.247 (f) 中图示，当跳频功能关闭时，混合系统在任何的 3kHz 频段必须遵守 8dBm 的功率密度标准。当跳频功能打开时，传输也必须遵守 0.4 秒/信道最大驻留时间。这种类型的混合系统没有规定遵循通常与一个 DTS 传输相关联的 500kHz 最小带宽的要求。还有，与这种类型的混合系统相关联的跳频信道的最小数没有规定。

4.6 比较 LPWAN 技术选项

在物联网领域有许多从技术比较同时也从商务模式前景角度比较 LPWAN 选型的活动。现在 LPWAN 网络正在部署，因为有强大的商业案例可以支持立即部署，在免授权频段部署网络的成本需要甚者比 3G 软件升级更少的资金。要比较不同的 LPWAN 技术，应回答的问题是：

- 针对各种大型应用的灵活性
- 通信协议是安全的吗？
- 技术方面 — 距离、容量、双向通信、干扰的鲁棒性
- 网络部署成本，终端节点 BOM 的成本、电池的成本（BOM 最大的贡献者）
- 解决方案提供商的生态系统提供灵活的商业模式
- 可用的终端产品确保网络部署的投资回报率（ROI）
- 生态系统的优势确保质量和解决方案的寿命

Feature	LoRaWAN	Narrow-Band	LTE Cat-1 2016 (Rel12)	LTE Cat-M 2018 (Rel13)	NB-LTE 2019(Rel13+)
Modulation	SS Chirp	UNB / GFSK/BPSK	OFDMA	OFDMA	OFDMA
Rx bandwidth	500 - 125 KHz	100 Hz	20 MHz	20 - 1.4 MHz	200 KHz
Data Rate	290bps - 50Kbps	100 bit/sec 12 / 8 bytes Max	10 Mbit/sec	200kbps – 1Mbps	~20K bit/sec
Max. # Msgs/day	Unlimited	UL: 140 msgs/day	Unlimited	Unlimited	Unlimited
Max Output Power	20 dBm	20 dBm	23 - 46 dBm	23/30 dBm	20 dBm
Link Budget	154 dB	151 dB	130 dB+	146 dB	150 dB
Battery lifetime - 2000mAh	105 months	90 months		18 months	
Power Efficiency	Very High	Very High	Low	Medium	Med high
Interference immunity	Very high	Low	Medium	Medium	Low
Coexistence	Yes	No	Yes	Yes	No
Security	Yes	No	Yes	Yes	Yes
Mobility / localization	Yes	Limited mobility, No loc	Mobility	Mobility	Limited Mobility No Loc

4.7 LPWAN 成本对比传统系统

LoRaWAN™ 在部署和要求的基础设施上与现有系统相比成本节省比较明显。下面
是由 Talkpool 公司做的分析, 其在部署 WMBus 和基于 LoRa 的解决方案上有着丰富的经验。

2000 apartments
80 buildings/staircases
Sensor cost equal

An average of 5 sensors/apartment (temperature, humidity and warm water consumption).
Fire detection optional.
Potential IoT revenue with LoRa.

400 repeaters
80 concentrators

WM-Bus

CAPEX	Design, prep	4 000	€100/hour
	Repeaters	32 000	€80/each
	Concentrators	20 000	€250/each
	Installation	24 200	€55/hour
SUM		€ 80 200	

REVENUE	Business logic & Statistics	36 842	Yearly occurring
	Billing, Invoice		

LoRa Network Operator

CAPEX	Design, prep	1 600	€100/hour
	GW	6 000	€1500/each (500apts/GW)
	Installation	880	€55/hour
SUM		€ 8 480	

REVENUE	Business logic & Statistics		Yearly occurring
	Billing, Invoice		Yearly occurring
	Other IoT services		Occuring

5 LoRaWAN 解决方案



LoRa 作为低功耗广域网（LPWAN）的一种长距离通信技术，近些年受到越来越多的关注。随着物联网从近距离到远距离的发展，必将会产生一些新的行业应用和商务模式。思科 (Cisco)、IBM、升特(Semtech)及微芯(Microchip)等 LoRa 联盟成员正在积极推广 LoRa 技术。ST 已与 Semtech 达成合作，将会推出基于 LoRa 的参考设计，提供给 LoRa 开发者更多的产品和服务资源，以帮助开发者进行基于 LoRa 技术的物联网设计开发

在部署 LoRa 物联网应用时，需要有较强的技术基础，尤其是 LoRaWAN 协议，设计一个稳定可靠的产品系统，仍有一定的技术门槛。为减少 LoRa 开发者的基础工作的工作量，加速物联网系统的设计和部署，本文推荐一个基于 LoRa 极速的物联网平台解决方案。

5.1 简介

物联网应用中的无线技术，除通信网的 2G/3G/4G 外，还有局域网和短距的多种通信技术，比如 2.4G 频段的 WiFi，蓝牙、Zigbee 和 Sub-Ghz 等等。这些短距无线技术，优缺点也都非常明显。而且从无线应用开发和工程运维人员角度来看，一直以来都存在这样一个两难问题：即设计人员在更长的距离和更低的功耗两者之间只能二选一。而采用 LoRa 技术之后，设计人员现在可做到两者都兼顾，最大程度地实现更长距离的通信与更低的功耗，同时还可节省额外的中继器成本。

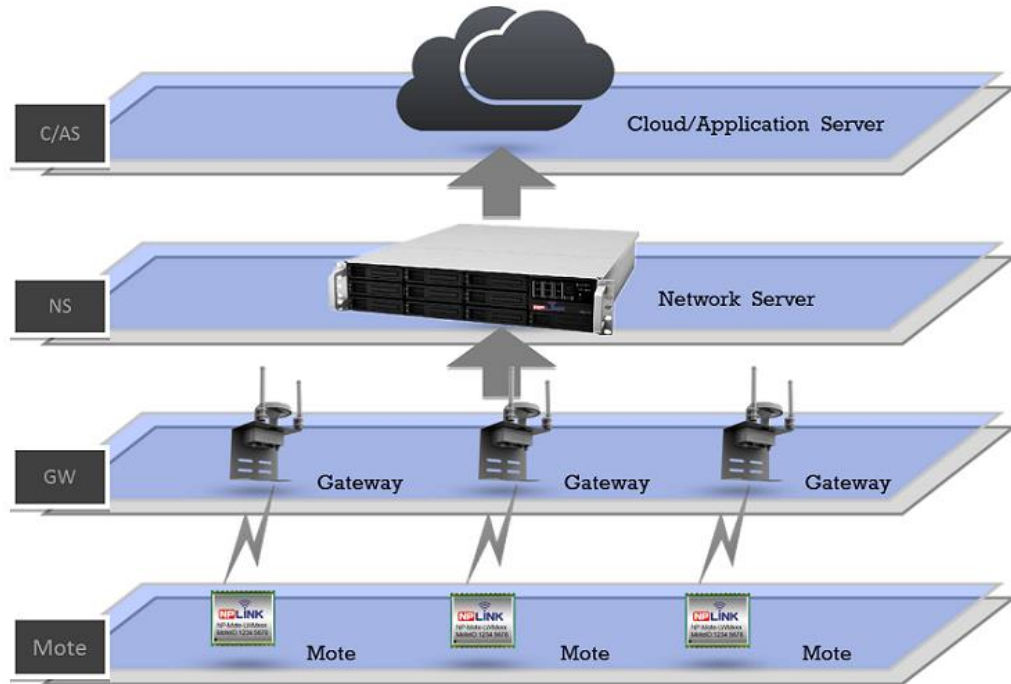
基于 LoRa 扩频通信技术，NPLink 打造从感知器节点端到物联网云端，两者之间完整物联网通讯解决方案，NPLink 解决方案具有广域通讯、高容量、低功耗、低成本、抗干扰特性，适合无线感测网络 WSN（Wireless Sensor Network）应用。除此之外，NPLink 亦适用于智慧城市物联网通讯、行业大数据的采集、计费计量服务业、人/物追踪定位服务、监测与安全领域等等的的应用。

物联网平台解决方案包括：通讯网络服务器(Network Server)、通讯网关(Gateway)、智能尘埃(Mote)、开源的云端 SDK 开发包、开源的 Mote 端 SDK 开发包，以及配套的测试工具&协议分析软件（Sniffer）。



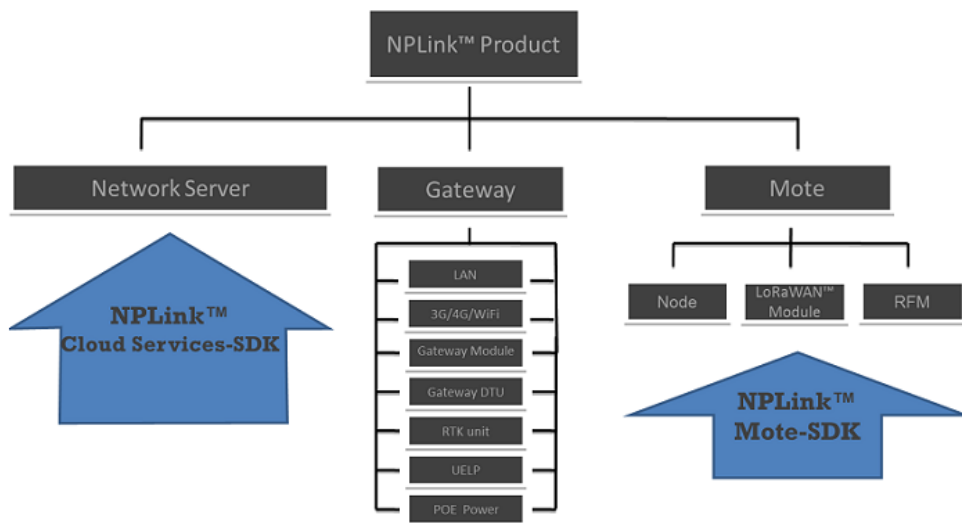
5.2 解决方案平台架构

解决方案系统架构为：云/应用服务器、LoRa 网络服务器、LoRa 网关、LoRa 节点等。如下图所示：



5.3 产品

解决方案中提供的产品有：网络服务器(Network Server)、网关（GateWay）和终端节点(Note)。为部署方案，还提供了测试终端节点（TN）。为方便应用评估，NPLink 提供了阿里云服务器接口用于测试演示，云服务器也可以自己来独立架设。解决方案提供了远程的无线通信部分，中间封闭，两端开放的模式。两端的网络服务器和节点提供相应开放的 SDK 软件开发包，开发者可基于 SDK 开发自己的应用。



5.4 网络服务器（Network Server）



网络服务器使用运行 Linux 的服务器，也可以部署到阿里等云服务器上。本解决方案部署了阿里云的一个服务器，方便用户测试和验证。

- 全称：NPLink™ Network Server
- 型号：NP-NS-R007
- 遵循 LoRaWAN™ specification
- 实现中心网管平台功能
- 与应用服务器数据交互
- 实现 LoRaWAN™ MAC 部门
- 负责 Gate way 网管及配置工作
- Mote 配置及 OTA
- 与应用服务器数据交互
- 基于源数据选择最佳的下游路径
- RTCM 高精度定位差分数据广播(选购)
- 调度下行流量
- Gateway 接入数据：2000 台
- Mote 接入数量：>500 万

注：

- 网络服务器中已含 5000 个 Mote 接入许可（Licenses permit）,如需增加接入量请咨询
- 支持云服务器

5.5 网关（Gateway）

LoRa 网关（Gateway），或者称之为 LoRa 基站。



- 全称：NPLink™ Gateway
- 型号：NP-GW433/470/490/780/868/915MHz
- 可同时接收同一信道流量
- 8 个 channel，每个 channel 可同时收发多个数据
- 易于扩展，增加网络容量
- 可同时解调 2MHz 的带宽
- 简单的星形网络、无延迟、无损失
- 自适应链路速率
- 同时通讯节点 10 万指标
- 回传接入方式：LAN*1 个、3G/4G 模块 1*个（可选）
- 发射功率：27dBm (可调)
- 链路灵敏度：-157dBm
- 距离：1.5KM
- 频率支持:433/470/490/780/868/915MHz
- 电源：POE
- 尺寸：250（L）X230（W）X970（H） mm
- 工作温度范围：-40° C 到+85° C

网关的部署方式：



分布式部署

适用于：城市，楼宇高密度区等



链路式部署

适用于：石油、天然气管道，江、河、湖泊，边防线等



宏基站部署

适用于：油田，码头，森林等



移动式部署

适用于：应急指挥系统，无人机飞控、监测等

5.6 节点模块

LoRaWAN™ 模块（LoRaWAN™ Module）

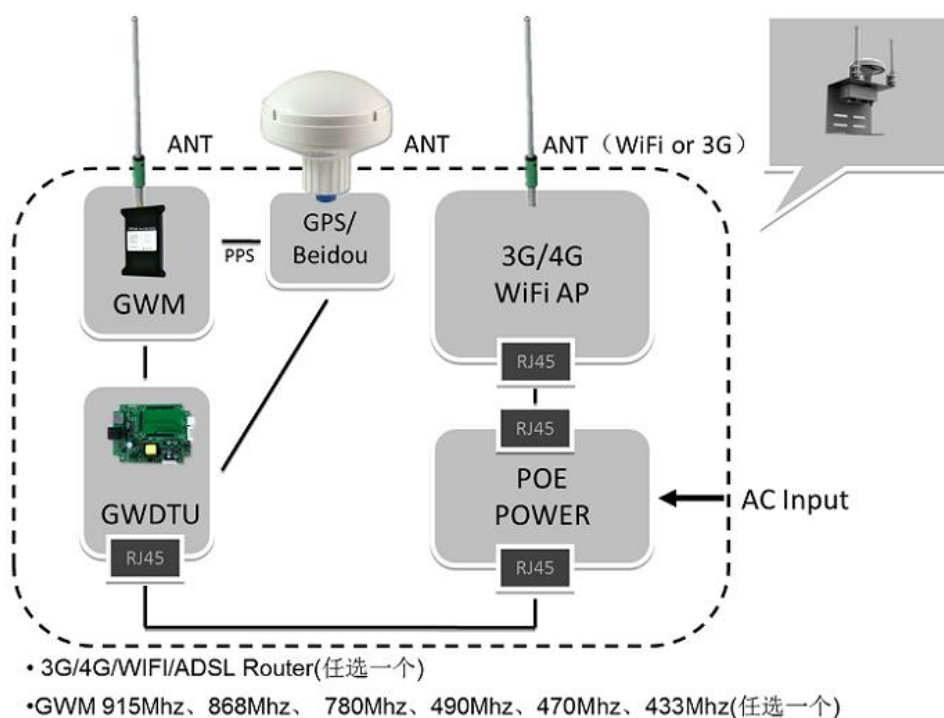


主要特点：

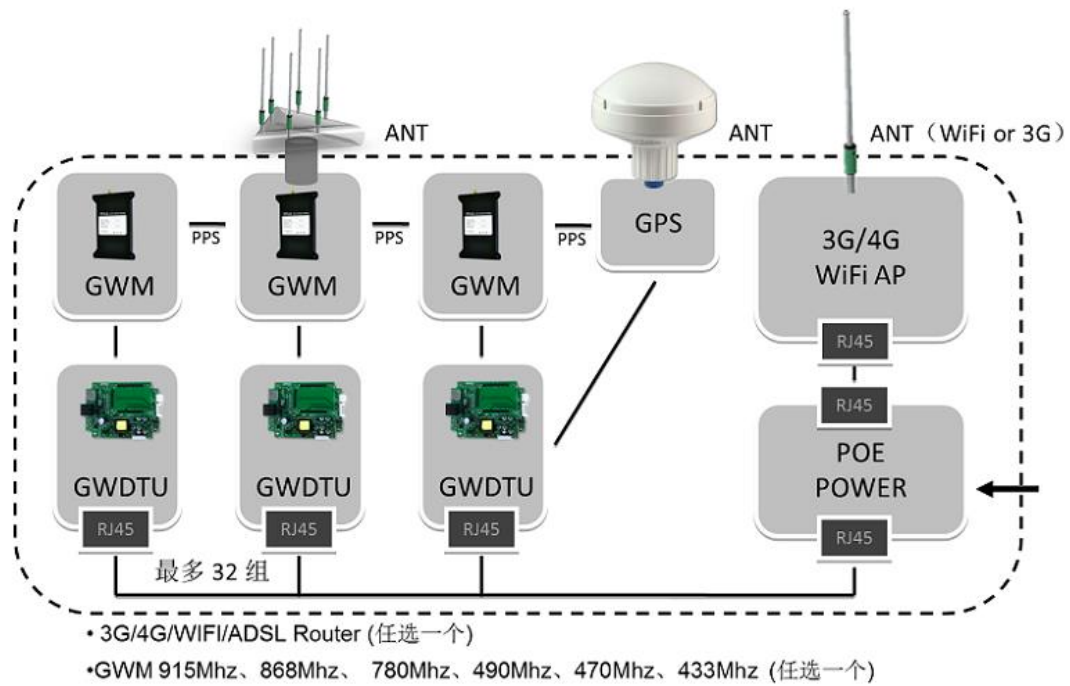
- LoRaWAN™ Module 内置 STM32L051C8T6 CPU
- 完整实现 LoRaWAN™ 1.0 协议栈

- 板载 STM32L051C8T6 CPU
- 支持 LoRaWAN™ Class A、Class B、Class C
- 使用 TCXO
- 168db 动态范围 RSSI
- 9.9mA 低 RX 电流，200nA 寄存器保持
- FSK, GFSK, MSK, GMSK, LoRaTM and OOK 调制
- 频率范围: 433/470/490/780/868/915MHz
- 输出功率: +20dBm (100 mW)
- 电源: 2.4~3.6V
- 灵敏度: -147dBm
- 距离: >1.8km
- 尺寸: 27(L)X23(W)X2.5(H)mm
- 工作温度范围: -40~+85 ℃
- 模块提供 SDK 开发包

网关架构



宏网关架构



5.7 测试节点（Test Node）



主要特点:

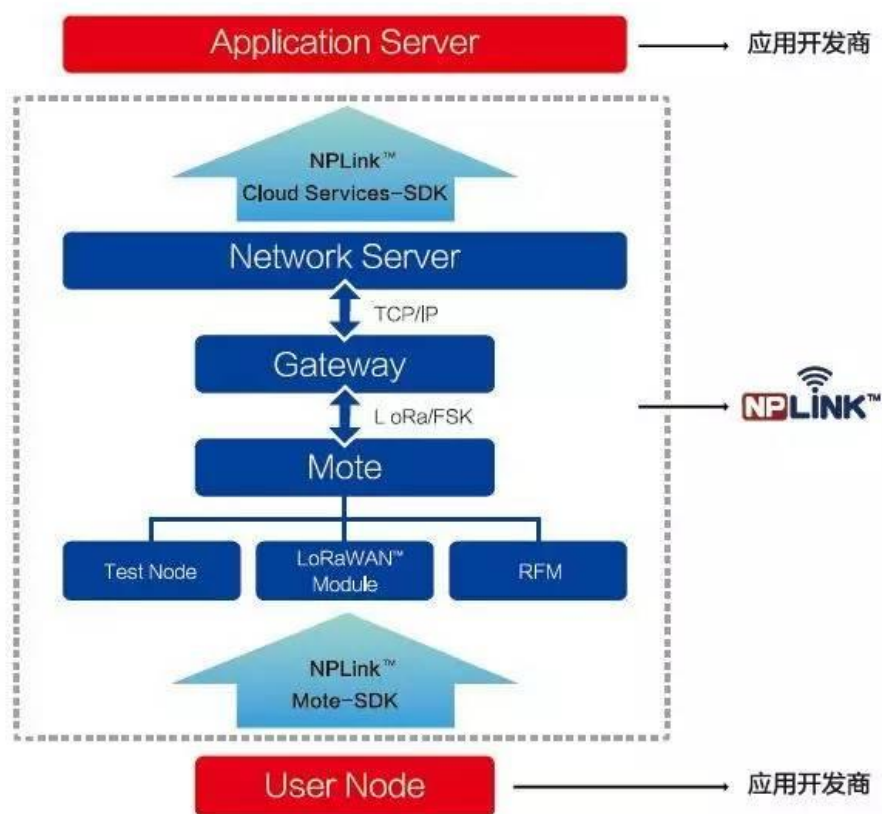
- Test Node 适用于网络覆盖质量评估
- Test Node 适用于网络 Sniffer
- 内置 0.96 寸 OLED 屏
- 红色指示灯一个

- 按键一个
- 外接端口 15pin (RS232 SPI I2C I/O)
- 外接 USB 接口和编程接口
- 串口支持 MAVLINK 协议透传
- 串口支持 AT 指令集配置工作参数及 IO 口工作模式
- 频率: 433/470/490/780/868/915MHz
- 输出功率: +20dBm
- 电源: 5V / 200mA
- 灵敏度: -147dBm
- 距离: >1.5 km
- 尺寸: 49(L)X35(W)X12(H)mm
- 工作温度范围: -40~+85 °C

5.8 开发设计

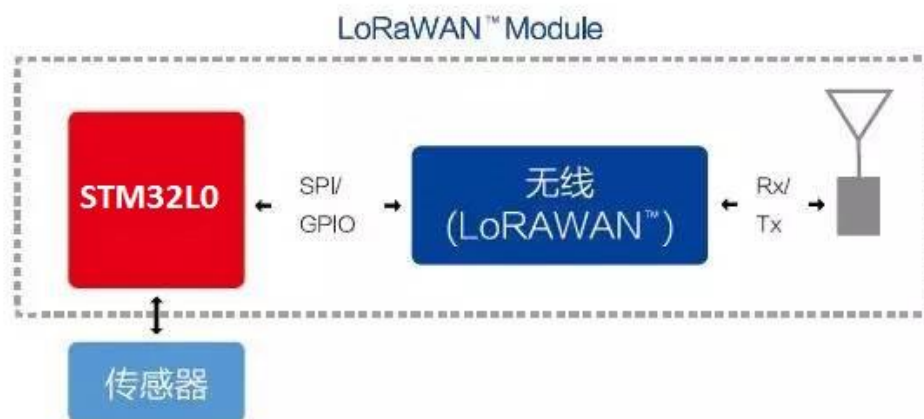
应用层快速开发

NPLink 为应用开发者提供了云端及 Mote 端的开源 SDK 开发包，物联网应用开发商基于这两个 SDK 开发包，可快速完成物联网应用开发工作，而无需关心网络层所要解决的问题。



感知层快速开发

NPLink 为感知件的开发提供了 LWM 模块(LoRaWAN Module)，核心 MCU 采用了意法半导体公司（ST）的基于 ARM Cortex-M0+内核的超低功耗 32 位单片机，可以通过 I2C/SPI/GPIO/ADC/DAC 等连接传感器及控制器，结合 NPLink 提供的 Mote 端开源 SDK 开发包，即可快速实现具备 NPLink 物联网通讯能力的产品。



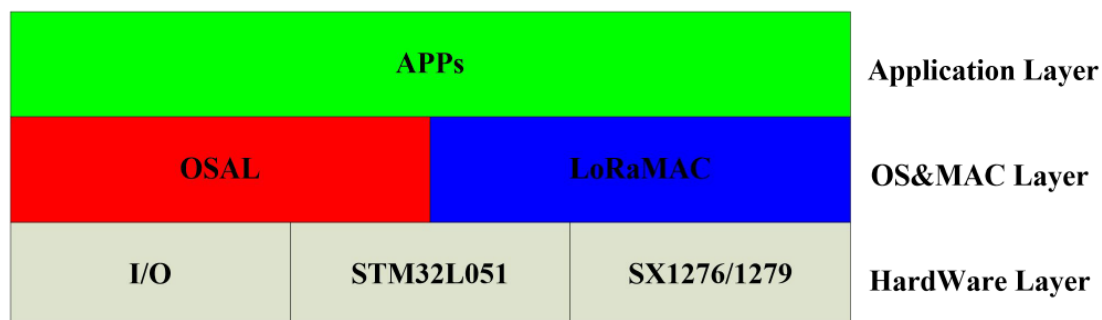
5.8.1 NP-LINK Mote SDK

NPLINK-Mote-SDK 的整体代码体系结构整体可分为 3 层，分别为：

第 1 层：硬件层，主要包括外设 IO 的驱动、STM32L051 的驱动库文件、以及通信芯片 SX1276/79 的驱动。

第 2 层：OSAL 及 MAC 层，实现了 OSAL 的管理及 MAC 的核心代码，LoRaMAC 以 lib 的形式提供服务。

第 3 层：应用层，包括了自带的 APP task 及用户可自定义的业务逻辑 task。



5.8.2 开源资源

SDK 开发包通过开源的方式发布，当前发布的开源 SDK 包含以下（SDK 不定时更新，敬请关注）：

- NPLink-Cloud-SDK 云服务端开发包
- NPLink-Mote-Ambiq-SDK Mote 端开发包
- NPLink-Mote-STM32-SDK Mote 端开发包

开发者从 GitHub 上下载 SDK：<https://github.com/NPLink>

6 LoRa 应用案例



智慧交通流量实时监测系统

城市道路拥堵，交通信息无法实时掌控，靠人员、视频监控收集缺乏准确性；智慧交通流量实时监测系统通过前端地磁车辆感应器收集准确车流信息，经 NPLink 物联通讯系统回传，后台管理系统分析、智能处理，实现道路车流量、占道率、拥堵度分析功能，决策层依据精准数据作出对应措施，用户层通过 APP 实现信息共享、数据发布、预警信息发布等，有效改善交通拥堵情况。

应用价值：
准确地提供平均速度、车头时距、道路占有率、排队长度、车辆流量和车型统计等交通状态数据，为决策层提供参考依据。
数据分享发布，为用户层提供出行道路选择。



www.iczhihui.com





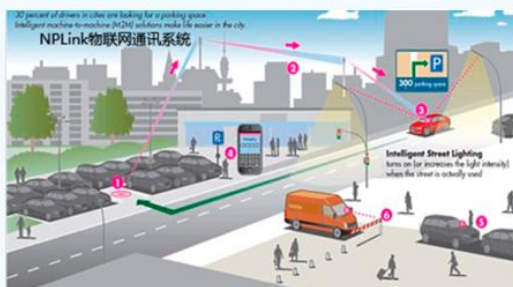
“互联网+” 城市停车新模式

针对城市道理停车难、收费乱、上下信息不对称等管理问题，采用“互联网+”的模式打造全新的城市智慧停车系统。该系统在停车位安装“地磁车辆检测器”，通过NPLink物联网通讯网络将数据回传至管理中心，管理平台就能掌控城市所有车位信息，用户通过手机APP实现预约停车、车位导航、精准自动计费、在线付费等功能。



应用价值：

车位状态实时监测
信息透明，流程简洁，收费精准
杜绝城市停车管理混乱问题
提升城市形象



www.iczhihui.com



平安城市-路灯杆快速定位及报警

灯杆定位报警是指每个路灯杆都有一个类似“身份证”的无线定位报警模块，群众遇到困难、需要救助时，找到最近路灯杆，按下“SOS”紧急报警按钮，通过NPLink物联网通讯平台，快速将警情发送至接警中心，接警人员根据指挥中心的地图信息，快速定位报警人的准确位置，既方便了方便群众，也提高了警务处置能力。

应用价值：

快速响应警情
快速定位报警人位置
提高平安城市的服务体验



www.iczhihui.com





桥梁健康实时监测

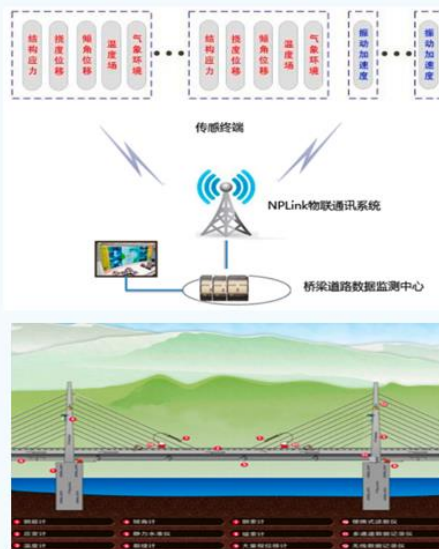
桥梁正常运营过程中，在关键结构部位安装传感器，通过NPLink物联网通讯网络回传数据至管理中心，实时监测桥梁的整体和局部行为，对桥梁的损伤位置 and 程度进行诊断，对桥梁的服役情况、可靠性、耐久性和承载能力进行智能评估，为桥梁突异常作出预警，为桥梁维修决策依据和指导，并为桥梁的运营安全管理积累原始性数据。

应用价值：

对桥梁应力应变、桥梁挠度、桥梁温度、桥梁裂缝、桥梁支座位移、桥梁桥墩倾斜、桥梁振动等重要数据实时监测

在线评估桥梁使用状态

避免桥梁事故发生



www.iczhihui.com



城市智能井盖联网监测系统

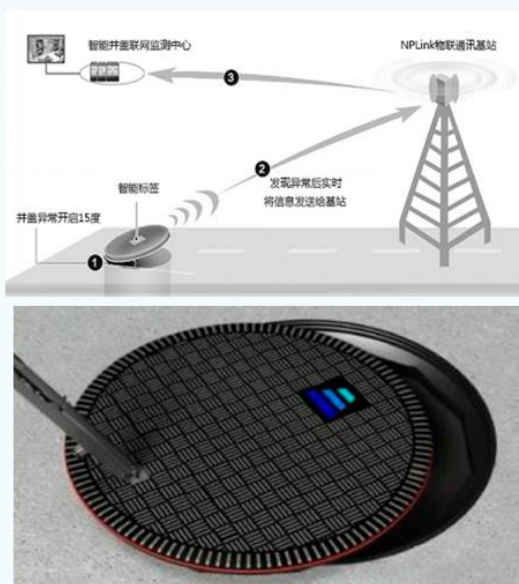
由于缺乏管理资源，传统井盖丢失、地下电缆被盗引发的人员伤亡、车辆事故、电力故障等问题，智能井盖逐步替代了传统井盖，通过智能井盖上的智能标签采集状态信息，通过NPLink物联网网络回传数据至管理中心，系统对城市井盖的“位置信息、异常丢失、异常开启、破损”等状态信息作数据分析和预警。

应用价值：

防止井盖丢失后处于长期无监管状态，导致人员伤亡、车辆事故问题。

防止强降雨情况下的井盖丢失导致严重事故。

防止地下电力、通讯设施被盗或破坏。



www.iczhihui.com





智能无线消防监测预警系统

对于化工生产、仓储，文物古建筑，物流园区，工业园区的智能消防系统较为薄弱，一般缺少火灾预警，只有火灾严重后才被人发现，因此这类区域的消防监控极为重要，传统通过有线线路部署遇到技术困难。通过NPLink物联网通讯系统，可以快速实现前端“烟雾、燃气、温度”报警器的无线快速部署，并通过平台实时监控，一旦异常迅速预警，从而抑制重大事故发生。



应用价值：

对不具备消防监控的古建筑、旅游老街区的火灾预警
对物流仓储区的主动式智能火灾预警
对工业园区、化工厂的主动式智能火灾预警

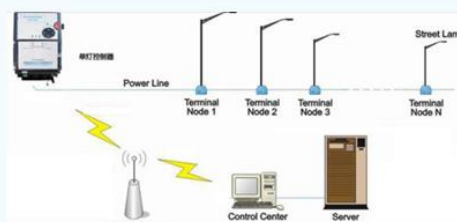


www.iczhihui.com



智慧道路照明管理系统

路灯智能控制系统的应用已经非常成熟，但在实现方式、管理成本上成本一直过高，主要体现在通讯建设与运维成本上的开支。通过采用具备城域覆盖能力的NPLink物联通讯专网，低成本通讯方式直接替代原有GPRS、电力载波、2.4GWIFI的高昂通讯费用的投入。在单灯控制器中植入NPLink终端节点，通过NPLink物联网基站实现城域级通讯距离，经中心管理平台实现单灯控制，并进行能耗智慧管理，动态照明等自动化能力。



应用价值：

实现远距离单灯控制、单灯故障检测、线路监测。
实现动态照明、节能管理等。
无线快速部署能力
低廉的通讯建设投入

www.iczhihui.com





智慧医疗大数据收集系统

智慧医疗的应用随先进的电子制造，已经催生一些能够实现生命体征监测、临床追踪的微型生物标签，该生物标签内置信息采集，传输机制；医院通过覆盖 NPLink 物联通讯网，实时收集病人数据，进入医疗大数据存储；为医疗专家提供长期的临床跟踪数据，为医疗研究作出参考数据。



应用价值：

对临床的实时跟踪，汇入医疗大数据，为医疗研究作出参考依据。

实时监控病人的生命体征，避免紧急情况发生



www.iczhihui.com



免责声明

本文仅代表个人看法。对于本文中的错误或不当之处，本人不承担任何的责任。对于内容或软件的更改、修正，本人也不承担通知的义务。本人不会对任何原因造成的特殊的、偶然的或间接地损坏负责。对于使用所出现的任何结果或效果，本人不承担任何的责任。本文仅供参考。

未经本人同意，不得用于任何的商业目的或用途。

版权©2016 王志杰
微-信: iwangzhijie

保留所有权利

《芯在路上》

跟随芯片发展的脚步
追寻产品发展的轨迹
探索市场发展的趋势
记录工作中的所见所闻所思所想
与芯同行 芯在路上