

LORA 测试平台

“LoRa”是英文长距离的缩写（Long Range），也特指低功耗广域物联网通信技术中的一种，该技术方案由美国 Semtech 公司采用和推广，是基于扩频技术的超远距离无线传输技术。该技术标准在全球免费频段运行，由于极低的功率消耗，使其成为物联网数据传输的理想方案，可运用在工业、物流、环保技术、智能农业、智能城市、智能家居等众多领域。

设备在接入 LoRa 网络之前，必须根据各国无线通信标准进行测试。本文为开发和生产设备的人员和公司展示了，如何使用罗德与施瓦茨公司的测量设备进行 LoRa 射频收发信机测量。

1 技术背景及产品简介

1.1 LoRa 技术基础

LoRa 设备功耗极低同时具备在低速率传输条件下高达 15KM 的无线覆盖范围，使用 Chirp 扩频（线性调频扩频）的调制技术。顾名思义，该调制技术的基础是 Chirp（线性调频信号），在此基础上进行扩频调制，由于 Chirp 也是频率调制的一种，它保持了类似 FSK 的低功耗特性，在同样的功率消耗下，明显地增加了通信距离，同时还具有良好的鲁棒性和抗多普勒频移的能力。目前该调制方式已经被纳入 IEEE 标准 802.15.4a 的物理层规范中。

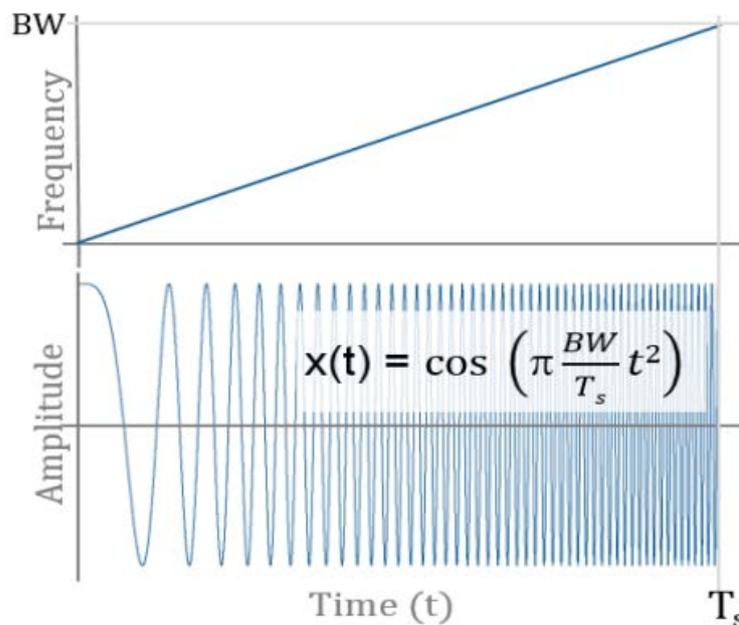


图 1 一个线性调频脉冲内上升斜率信号示意

在实际的 LoRa 信号传输过程中，每个图 1 中的脉冲代表一个传输符号，许多个按时间顺序排列的上升或下降斜率脉冲序列代表了特定的符号序列。

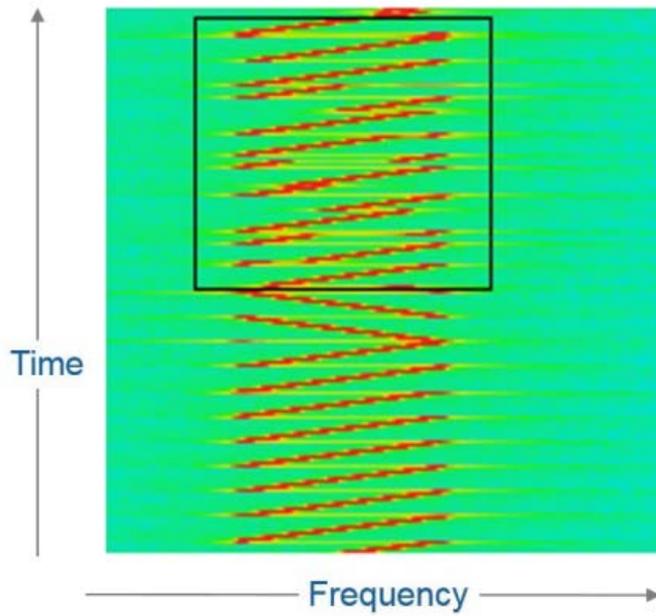


图 2 由上升/下降斜率的多个脉冲构成的 LoRa 信号

1.2 LoRaWAN

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信链路成为可能。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。

LoRa MAC 层和 LoRa 波形、地区因素之间的定义和交互由“LoRa Alliance”标准化组织定义和管理，所有的芯片制造商、无线模块生产商、传感器制造商、网络运营商、IT 服务商和测试机构都需要根据此标准化协议进行设计开发和测试。

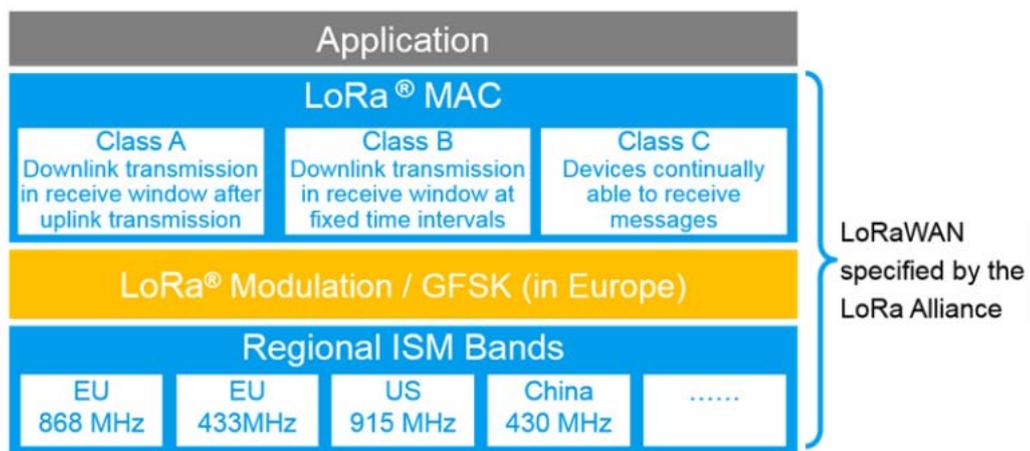


图 3 LoRaWAN 协议栈

1.3 LoRaWAN 系统架构

LoRa 无线技术，可在使用一台无线基站在方圆数公里的范围内构建无线网络，LoRaWAN 网络是星形组网结构，LoRa 物联网终端与网关无线通信，网关将数据传送至网络服务器，物联网上层应用和网络服务器连接和交互。

为保证通信安全，终端设备和网关，网关和网络服务器之间均采用 128 比特的 AES 加密。

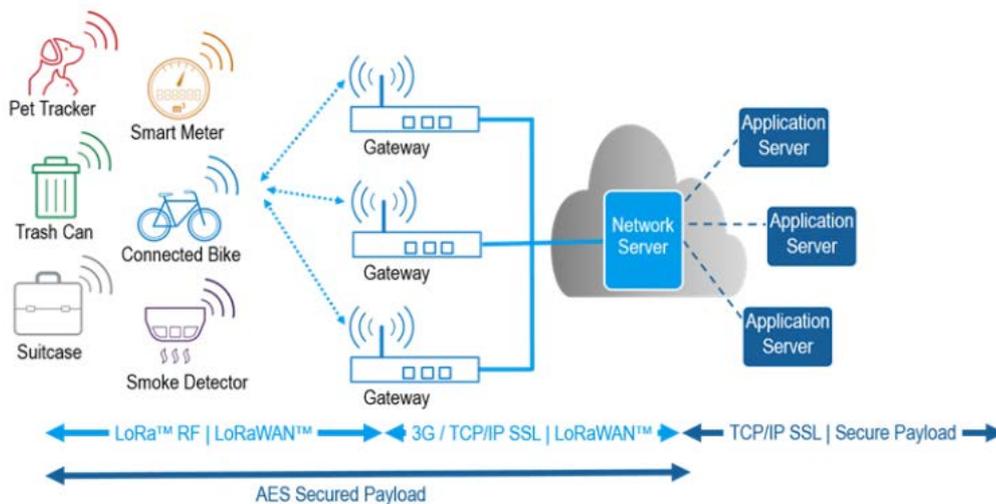


图 4 LoRaWAN 网络架构

2 LoRa 设备测试

本文中的射频发射机测试均根据 FCC Part15 15.247 测试规范为例，其它国家和地区的测试项目和规范 (ETSI, ARIB)和 FCC 基本一致。使用的仪表为罗德与施瓦茨公司的频谱与信号分析仪和矢量信号源。下图 5 中为 FCC 规定的发射机测试限值。

Digital modulation mode (TX-Test)		
FCC Anforderung	Parameter	Limit
15.247(a)(2)	6 dB bandwidth	≥ 500 kHz
15.247(b)(3)	Emission output power	+ 30 dBm
15.247(e)	Power spectral density	+ 8 dBm / 3 kHz
15.247(d)	Emissions in non-restricted bands	-30 dBc
Frequency hopping spread spectrum mode (TX-Test)		
FCC Anforderung	Parameter	Limit
15.247(a)(1)	20 dB bandwidth	≤ 500 kHz
15.247(d)	Emissions in non-restricted bands	- 30 dBc
Hybride mode (TX-Test)		
FCC Anforderung	Parameter	Limit
15.247(e)	power spectral density	+ 8 dBm / 3 kHz

图 5 LoRa FCC 发射机测试指标

针对接收机测试，FCC 并未做任何定义和要求，但 Semtech 公司给出了典型的接收机测试推荐方法，包含接收灵敏度和阻塞测试。

2.1 发射机测试

Emission output power, Spectral density, FM Time Domain, etc.

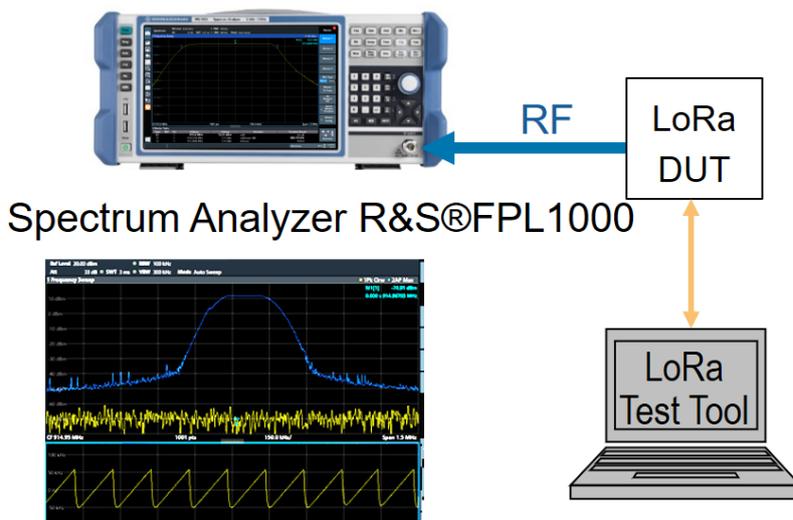


图 6 LoRa 发射机测试连接

针对图五中的测试要求，罗德施瓦茨公司的频谱与信号分析仪具备强大的测试测量功能，如下图 7 中所示，根据被测信号的测试频率，调整合适的频谱仪中心频率和带宽，加入测量 Marker 点后，使用 Marker 功能自带的 6dB 带宽统计功能可自动计算 LoRa 发射信号的带宽。针对具体测试项目，需要使用 LoRa 测试工具，控制发射机使用不同扩频因子的情况下测量其不同的占用带宽。



图 7 6dB 带宽结果统计

针对 FCC 的发射功率测试，频谱与信号分析仪具备信道功率统计功能，该功能通过对整个发射带宽内的功率进行积分统计，直接读取整个信道内发射功率。其他测试项目如功率密度和杂散发射等指标也可以直接通过频谱与信号分析仪的测量功能直接实现。



图 8 扩频系数=12 发射功率

2.2 接收机测试

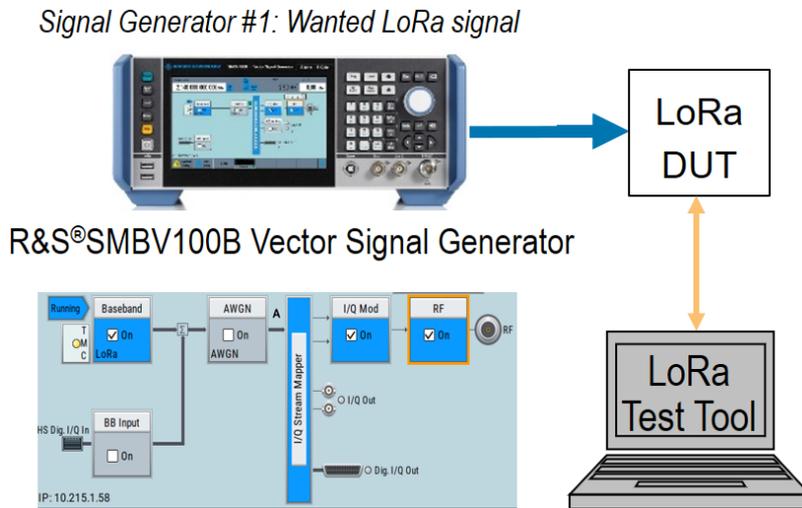


图 9 LoRa 接收机灵敏度测试布置

进行 LoRa 接收机灵敏度时，Semtech 为罗德与施瓦茨公司的矢量信号源提供了一系列特定的 LoRa 波形文件，这些波形文件包含了各种不同的信号带宽和扩频系数，射频载波通过装载在信号源内的实时基带发生器产生实时 LoRa 信号或者 ARB 内基带波形信号矢量调制，输出至接收机。通过不断降低信号源输出功率，使用 LoRa 测试工具监测接收机的误包率，针对不同的扩频系数，接收机的接收灵敏度范围大致为-137dBm 至-117dBm。

如下图 10 所示，可根据测试频率调整矢量信号源输出频率和输出电平，将波形文件加载后调制至射频输出。

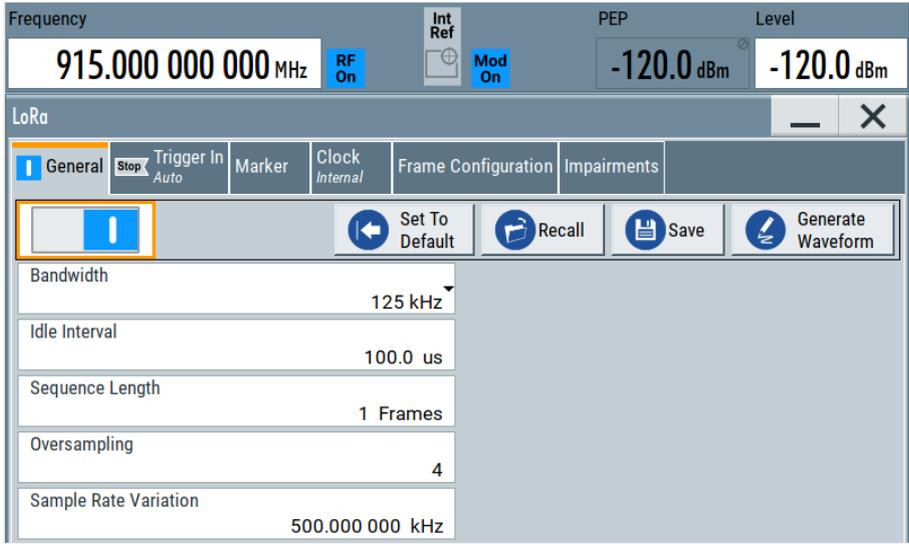


图 10 矢量信号源设置界面

接收机测试的另外一项关键指标是阻塞测试，该项测试主要考察接收机在接收到强干扰信号的情况下的性能。该项测试在需要有用信号的同时，还需要增加一路干扰阻塞信号。可通过模块化信号源 SGS100A 提供干扰信号，和矢量信号源产生的有用信号合路后馈入接收机输入口，针对特定的阻塞电平和频率，使用 LoRa 测试工具观测接收机误包率，典型误报包率数值要求为<1%。

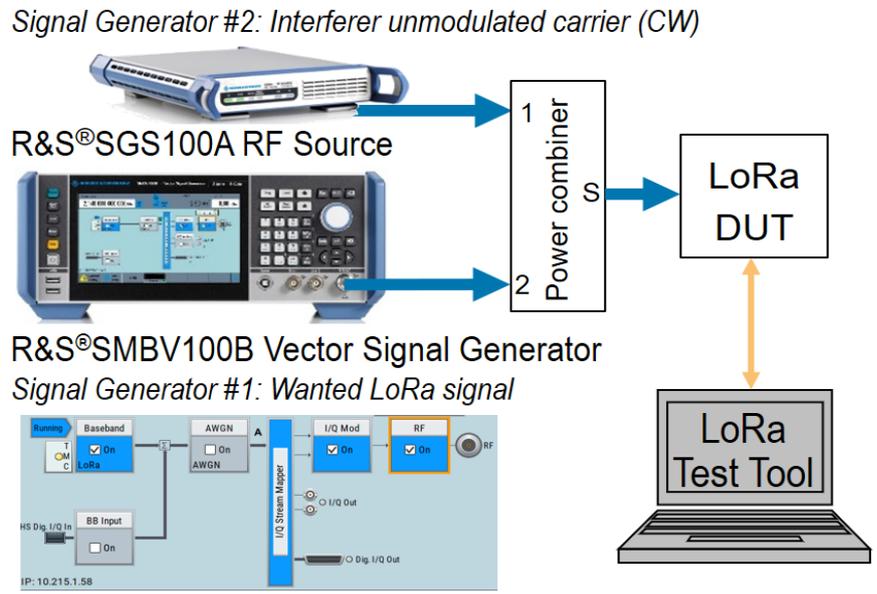


图 11 LoRa 接收机阻塞等测试布置

3 小结

罗德与施瓦茨公司凭借无线通信测试领域的丰富经验，为 LoRa 无线通信制式测试提供了收发信机的完整测试解决方案，针对发射机的带宽、功率密度、杂散等指标可直接使用统计和统计功能实现测量；针对接收机

灵敏度测试和接收机阻塞测试，使用矢量信号源和模拟干扰源可轻松搭建实验环境，同时针对生产型客户，罗德与施瓦茨还提供了丰富的低成本仪器，降低客户拥有成本，轻松实现测试线的建立。

罗德与施瓦茨公司自成立至今的八十多年间，一直致力于为无线电通信提供高性能的测试与测量仪器。请访问罗德与施瓦茨公司中文网站：www.rohde-schwarz.com.cn 或就近联系罗德与施瓦茨公司各地的代表处，我们将为您提供符合您需要的测试方案和仪器。

4 订购信息

高端矢量信号源 SMW200A

描述	选件名	数量	货号
Baseband Generator with ARB (64 Msample) and Digital Modulation (realtime), 120 MHz RF bandwidth	SMW-B10	1	1413.1200.02
Signal Routing and Baseband Main Module, two I/Q paths to RF	SMW-B13T	1	1413.3003.02
100 kHz to 6 GHz	SMW-B106	1	1428.4800.02
Lora	SMW-K131	1	1414.6464.02
Lora waveform	SMW-K431	1	1414.6441.02
Bit Error Rate Tester	SMW-K80	1	1414.6187.02

通用矢量信号源 SMBV100B

描述	选件名	数量	货号
8 kHz to 3 GHz	SMBVB-B103	1	1423.6270.02
Frequency extension to 6 GHz	SMBVBKB106	1	1423.6370.02
Baseband realtime extension	SMBVB-K520	1	1423.7676.02
LORA	SMBVB-K131	1	1423.8720.02
Lora waveform	SMBVB-K431	1	1423.8737.02
Bit Error Rate Tester	SMW-K80	1	1415.8890.02

高端频谱仪 FSW 8G / 13.6G / 26.5G / ...

描述	选件名	货号
OCXO Precision Frequency Reference	FSW-B4	1313.0703.02
RF Preamplifier	FSW-B24	
Transient Measurement Application	FSW-K60	1313.7495.02
Transient Chirp Measurement	FSW-K60C	1322.9745.02

通用频谱仪 FSV 4G / 7G / 13.6G / ...

描述	选件名	货号
RF Preamplifier	FSV-B22 / FSV-B24	1310.9616.13
OCXO Reference Frequency	FSV-B4	1310.9522.02
Analog Modulation Analysis for AM, FM,φM	FSV-K7	1310.8103.02

经济型频谱仪 FPL1000 3G / 7G ...

描述	选件名	货号
RF Preamplifier	FPL1-B22	1323.1719.02
OCXO Reference Frequency	FPL1-B4	1323.1902.02
Analog Modulation Analysis for AM, FM,φM	FPL1-K7	1323.1731.02

综合测试仪 CMW500/270

描述	选件名	货号
Measure Unit Advanced	CMW-S100H	1202.4701.09
Spectrum Analyzer	CMW-KM010	1203.5953.02
Low Rate Wan(Lora), waveform for ARB	CMW-KW683	1211.4081.02

综合测试仪 CMW290

描述	选件名	货号
R&S CMW290 Basic Assembly	CMW-PS291	1211.2050.08
Low Rate Wan(Lora), waveform for ARB	CMW-KW683	1211.4081.02

综合测试仪 CMW100

描述	选件名	货号
R&S CMW100 Hardware Kit	CMW-PS16	1210.7629.03
Spectrum Analyzer	CMW-KM010	1203.5953.02
Low Rate Wan(Lora), waveform for ARB	CMW-KW683	1211.4081.02