

LoRa在智能家居中的应用探讨

杨亚宁¹ 李勇强²

1. 大连理工大学城市学院 辽宁 大连 116600

2. 北京奥凌数据科技有限公司 北京 北京 100107

摘要: LoRa是面向物联网应用的一种窄带无线接入方式,采用扩频通信无线信道调试方式,通过跳频及碰撞重发机制解决信号传输QoS。具有简化的通信协议及低功耗的芯片设计,可以满足电池供电。本文介绍了LoRa无线技术特点,并实际推出一款震动传感器原型机,用于验证LoRa在智能家居的应用。

关键词: 物联网;智能家居;物联网;LoRa

1 引言

智能家居系统综合现今的计算机、通信、传感和控制技术,以家用电器、住宅设施和家庭事务为基础平台,构建出集服务、管理为一体的安全、环保、智能的控制管理系统,改变了传统的家居模式,给人们的日常生活带来了便利^[1]。

参考《智能家居自动控制设备通用技术要求,GB/T 35136-2017》,提到了低速无线接入方式^[2],主要采用2.4GHz频段的无线接入方式。2.4GHz是广泛使用的ISM频段,即工业科学医学免授权频段,在允许的发射功率下使用。目前常见的有标准有Wi-Fi、ZigBee、蓝牙等。2.4GHz频段穿透性能较差。根据自由空间损耗公式(1):随着无线信号频率增加,损耗成指数增加。

$$L_s(\text{dB}) = 32.45 + 20\lg(d) + 20\lg(f) \quad (1)$$

式中f:无线信号的频率;

L_s:损耗。

地板和隔间穿透损耗可以用一个简单的模型来粗略概括:

$$P_r = P_t + K - 10\gamma \log_{10} \frac{d}{d_0} - \sum_{i=1}^{N_f} FAF_i - \sum_{i=1}^{N_p} PAF_i \quad (2)$$

式中γ:同一个楼层中的信号衰减参数;

FAF_i:信号穿透第i个楼层时的衰减;

PAF_i:信号穿透第i个隔间时的衰减;

N_f:楼层数量;

N_p:隔间数量。

无线系统收到建筑物遮挡、反射影响,无线信号在建筑物内的信号覆盖是比较难以解决的,以蜂窝网络通信3G系统为例。由于3G工作在超短波频段,而且电波绕射能力差,穿透损耗较大,因此网络的深层次覆盖存在着缺陷。3G网络会有更多弱信号区出现,特别是在建筑物内部,更是存在着盲区多、易断线、网络表现不稳定的缺点^[3]。在建筑物内,距离对路径损耗的影响将明显大于自由空间。一般来说,10米距离上,半开放环境下路径损耗比全开放环境下增加10dB,封闭环境下路径损耗比半开放环境下增加10dB^[4]。

相比较而言,采用工作在UHF频段的LoRa无线系统,在室内的覆盖情况要优于2.4GHz无线系统。随着家居条件改善,房间间隔增加,面向智能家居应用的窄带无线系统,需要增加穿透能力。LoRa系统工作在低频段,并且具备更好的信道链路预算,值得探索LoRa系统在智能家居系统中的应用。

2 LoRa 系统介绍^[5]

2.1 概述

LoRa是一种面向低功耗远距离小数据量传输的物联网无线技术,核心技术专利由美国Semtech公司与2012年3月从法国Cycleo公司购买。

表1 LoRa的技术特点

特点	优势	劣势
接收灵敏度-148dBm 通信距离 > 15 km	远距离	工作UHF频段,广播等无线系统可能存在互调干扰、邻信道抑制或者其他系统杂波泄露干扰。LoRa设备和网络相互之间也可能存在频谱干扰。
系统网元简单,只有节点、网关及云化核心网服务器,网关成本低。免牌照的频段,	网络规模可控,建网方便	目前还很少有专门的LoRa运营商
低功耗芯片设计,协议开销小,功耗低	支持电池供电,用于无供电的场景	数据带宽窄,传输次数少,响应慢,不支持实时控制

LoRa适用场景包括:

智能公用事业: 通过自动和远程读表, 引领水管理的数字化转型, 识别、定位和维修漏水, 提高水务网络效率。

智能物流: 用于冷链制冷资产管理, 替代人工监测食品核心温度, 创建改造解决方案以跨越旧系统。

智能家居和建筑自动化: LoRa技术适用于家居、楼宇和工厂自动化, 提供开发者套件和物联网套件, 帮助加速智能建筑和资产追踪解决方案的开发。

在实际应用中, 相比较依赖蜂窝网络覆盖的场景, LoRa自建网络对所管理区域专门进行覆盖, 相对而言更灵活。对于地下室、冷库、城市地下管廊、郊区工厂等的物联网应用提供了一种思路。

本文实践在智能家居的应用, 包括功能实现以及覆盖情况。

2.2 采用的核心技术

LoRa核心技术是采用了线性扩频, 该技术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得到广泛应用。LoRa也是采用线性扩频, 以提高链路预算, 增加了覆盖距离

所谓的链路预算, 是指对于无线通信系统, 在特定发射机发射功率下, 系统的调试方式和接收机灵敏度等决定了无线信道预留出的路径损耗的空间链路预算越大, 同等无线信道条件下, 信号传输越远。下面介绍LoRa的无线链路预算。

$$\text{链路预算} = \text{发射机发射功率} - \text{接收机灵敏度} \quad (3)$$

接收机灵敏度计算公式:

$$\text{sensitivity(dBm)} = -174(\text{dBm}) + 10\log_{10}(BW) + NF + SNR \quad (4)$$

其中:

-174: 为热噪声常数

BW: 信道频谱带宽

NF: 接收机灵敏度

SNR: 接收机解调信噪比

发射机采用14dBm发射功率, 带宽采用125 kHz, 采用扩频参数12时, 接收机信道解调门限为-20dB, 接收机噪声系数6dB, 灵敏度求出为-137dBm。

$$\text{链路预算} = 14\text{dBm} - (-137\text{dBm}) = 151\text{dB}$$

如果在自由空间传输, 151dB链路预算可以覆盖800km距离。受限于实际环境影响, 比如家居环境的钢筋混凝土墙壁影响, 覆盖距离将减少很多。本文将探讨在家居实际环境下的使用情况。

3 LoRa 系统在智能家居中应用实例

3.1 方案概述

采用私有协议栈, 实现LoRa网关, 采集LoRa传感器数据。

应用场景说明如下, 设计LoRa震动传感器, 固定在门窗上, 感受门窗震动, 发送无线信号到LoRa网关, LoRa网关通过4G网络回传到服务器, 提供告警信息。

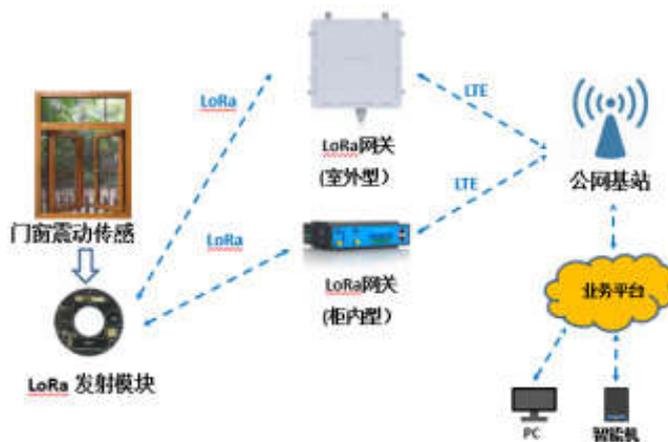


图1 基于LoRa的智能家居应用场景示意图

工作原理介绍如下: 门窗震动触发传感器, 传感器通过LoRa发射模块把信号汇聚到LoRa网关, 比如室外型或者柜内型LoRa网关, LoRa网关接收信号, 并通过4G LTE系统, 回传到服务器, 经服务器, 把数据呈现在PC或者智能手机。

3.2 系统网元介绍

首先是震动传感器结构框图, 如下

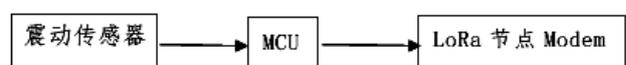


图2 LoRa震动传感器框图



图3 LoRa震动传感器实物

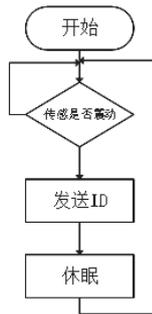


图4 MCU流程图

网关架构：网关采用简单收发协议，收到传感器发送的信号，通过4G网络转发给应用服务器。网关功能包括以下部分：



图5 LoRa功能框图

应用服务器：应用服务器接收网关发送的震动触发信息，核对ID，得到对应的报警安装位置。报警信息及安装位置，推送到手机上，及时提醒用户^[5]。

实际测试情况，LoRa传感器发射功率10dBm，只测试LoRa传感器上报报警信息。

室外城市环境，>500米距离，连续测试72小时以上，丢包率小于0.01%，即万分之一。



室内穿透情况，可以穿透3层钢筋混凝土楼板。工作频段470~510MHz

表2 LoRa测试结果

工作频段	穿透情况	震动传感器发送告警包数量	网关接收告警包数量	传送成功率
470~510	1层楼板	50	50	100%
470~510	2层楼板	50	50	100%
470~510	3层楼板	50	49	98%
470~510	4层楼板	50	30	60%

结论：LoRa系统采用线性扩频技术，提供151dB链路预算，采集数据的节点以10dBm低功率发射，城市环境下，室外可以覆盖500米以上，室内可以穿透3层钢筋混凝土楼板，一个网关足以覆盖普通家居。LoRa系统可以在智能家居领域得到应用。

参考文献

[1]郭奇青, 李伟. ZigBee与Wi-Fi融合的智能家居系统设计. 通信与信息处理, 2018, 7:

[2]中华人民共和国国家标准 GB/T 35136-2017

[3]董靖宇. 3G室内分布系统解决方案. 移动通信, 2006, 2: 73-76

[4]范晓静, 室内无线传播模型的研究与仿真, 高校理科研究2016, (26), 131-133

[5]WWW.SEMITECH.COM

[6]董靖宇 3G室内分布系统解决方案 移动通信 2006, 2:73-76