产 品 规 格 书

PRODUCTS SPECIFICATION

型号 MODEL:SK-6LoWPAN-DK-II

名称 NAME :6LoWPAN 物联网开发系统

湘潭斯凯电子科技有限公司

一、 背景介绍

物联网被认为是下一个巨大的机遇，现在支持 IP 的嵌入式设备的数量也正在迅速增加，而 6LoWPAN（面向低功耗无线个域网的 IPv6）正是其中非常关键的技术。6LoWPAN 是一种基于 IPv6 的低速无线个域网标准，即 IPv6 over Low power Wireless Personal Area Network。

6LoWPAN 的技术优势：

- ✧ 普及性：IP 网络应用广泛，作为下一代互联网核心技术的 IPv6，也在加速其普及的步伐，在低速无线个域网中使用 IPv6 更易于被接受。
- ✧ 适用性：IP 网络协议栈架构受到广泛的认可，低速无线个域网完全可以基于此架构进行简单、有效地开发。
- ✧ 更多地址空间：IPv6 应用于低速无线个域网时，最大亮点就是庞大的地址空间。这恰恰满足了部署大规模、高密度低速无线个域网设备的需要。
- ✧ 支持无状态自动地址配置：IPv6 中当节点启动时，可以自动读取 MAC 地址，并根据相关规则配置好所需的 IPv6 地址。这个特性对传感器网络来说，非常具有吸引力，因为在大多数情况下，不可能对传感器节点配置用户界面，节点必须具备自动配置功能。
- ✧ 易接入：低速无线个域网使用 IPv6 技术，更易于接入其他基于 IP 技术的网络及下一代互联网，使其可以充分利用 IP 网络的技术进行发展。
- ✧ 易开发：目前基于 IPv6 的许多技术已比较成熟，并被广泛接受，针对低速无线个域网的特性对这些技术进行适当的精简和取舍，可以简化协议开发的过程。

随着 LR-WPAN 的飞速发展及下一代互联网技术的日益普及，基于 IEEE 802.15.4 的嵌入式 IPv6 技术以其得天独厚的优势，将广泛应用于智能家居、环境监测等多个领域，使人们通过互联网实现对大规模传感器网络的控制和应用成为可能。例如：

- ➢ 智能家居。可将 LR-WPAN 设备嵌入到家具和家电中，通过无线网络与因特网互连，实现智能家居的管理；
- ➢ 环境监测。可利用 LR-WPAN 监视农作物灌溉情况、土壤空气情况、牲畜和家禽的环境状况等，也可对未知环境进行探测；
- ➢ 健康监控。可利用 LR-WPAN 监测人体的各种生理数据、跟踪和监控患者的行动、药物管理等。
- ➢ 工业自动化。在国际工业无线标准 ISA100.11a 中采用 6LoWPAN 作为其网络层。
- ➢ 目前已在道路监控、污水处理、应急救援等多种产品中成功应用。
- ➢ 此外，凡是要求设备具有体积小、省电、可密集分布等特征，而不要求设备具有很高传输速率的应用，都可以考虑采用 6LoWPAN 技术来实现，例如建筑物状态监控、空间探索等方面。

6LoWPAN 技术得到学术界和产业界的广泛关注，如美国加州大学伯克利分校、瑞典计算机科学院，以及思科 Cisco、霍尼韦尔 Honeywell 等知名企业，并推出相应的产品。6LoWPAN 协议已经在许多开源软件上实现，最著名的是 Contiki、TinyOS，分别实现了 6LoWPAN 的完整协议栈，并得到广泛测试和应用。

Contiki 是由瑞典计算机科学院领导开发的嵌入式开源操作系统，,针对小型微控制器体系架构设计,在一个较为典型的配置中，Contiki 操作系统只需要 2Kb 的 RAM 与 40Kb 的 ROM，广泛用于 AVR、8051 和 MSP430 等控制器。Contiki 包含小型 IPv4 实现，称为 uIP，以及有 6LoWPAN 支持的 IPv6 实现，称为 uIPv6 协议栈，支持 TCP/UDP，还提供了线程、定时器、文件系统等功能。Contiki 操作系统和 Uip 协议栈被广泛应用于世界上各种公司项目中。Contiki 体系结构支持低功耗射频 IP 网络，以及其他网络接口。操作系统由 C 语言编写，可在大多数平台上编译运行。

Contiki 是一个专门针对物联网或者无线传感器网络应用的操作系统和协议栈，在科研以及产业化方面得到广泛的应用。Contiki 与 TinyOS 都实现了网络协议，两者的比较如下：

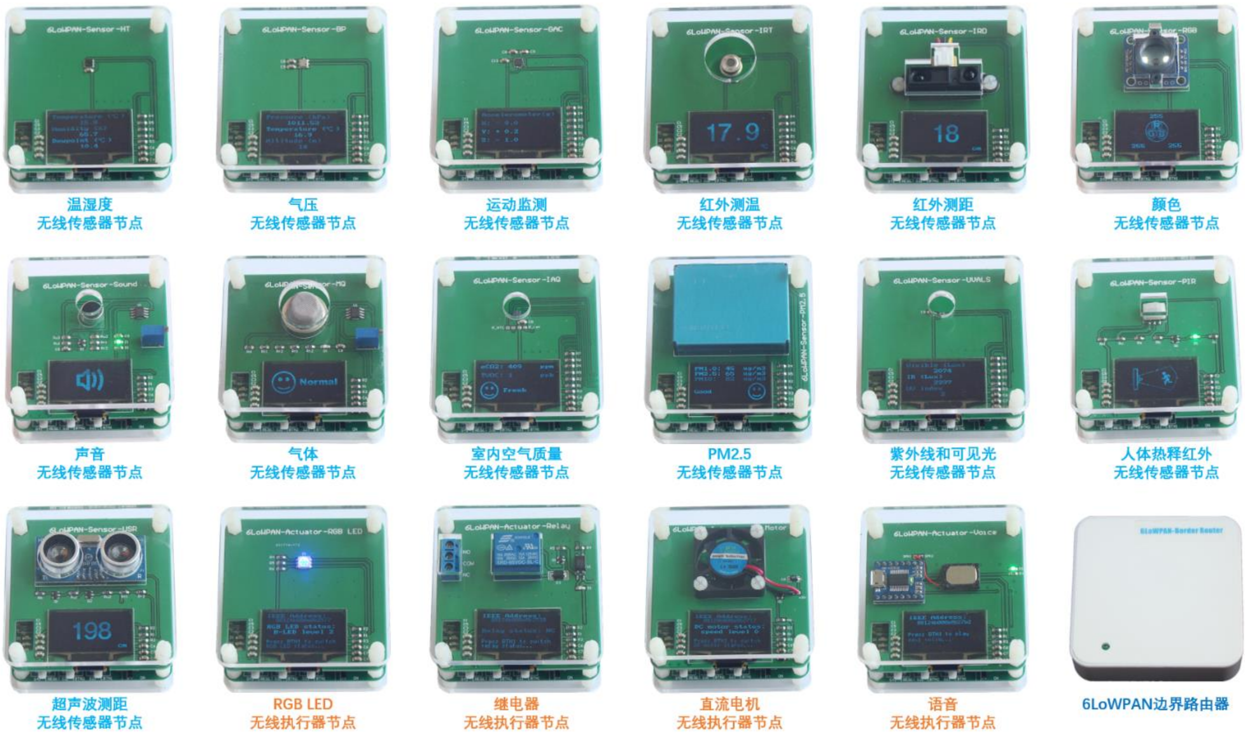
性能指标	Contiki	TinyOS
所属领域	无线传感器网络、物联网	无线传感器网络、物联网
软件类型	小型 OS+无线网络协议栈	小型 OS+无线网络协议栈
OS 特性	非抢占、共享栈空间	非抢占、共享栈空间
协议支持	802.15.4、6LoWPAN、RPL、CoAP	802.15.4、6LoWPAN、RPL、CoAP
开发语言	通用的 C 语言，入门容易，在各领域广泛使用	专用 NesC 语言，入门较难，其他领域几乎不使用（有可能导致失业）
编译器	通用的 C 编译器，如 GCC、IAR 等	专用的编译器，性能和稳定性未经过验证，目前无商用编译器支持
开发环境	Linux Eclipse、或者 Windows IAR	Linux、Cygwin，命令行模式，开发调试困难，门槛高
可移植性	C 语言很好移植	需要移植编译器，很难
支持的硬件	8 位、16 位、32 位几乎所有的处理器类型	少数几种类型的处理器
开发团队	由 LWIP 的作者 Adam dunkels 团队以及 ETH 大学开发，目前已经成立公司全职开发，每周都有代码更新	主要由 Berkeley 大学开发，目前核心人员已经去 CISCO，不再开发，目前 TinyOS 很少更新代码
发展趋势	Contiki 可以做科研，也有不少产品，2014 年 Adam 团队的目标是要将 Contiki 作为物联网领域的首要选择	TinyOS 从一开始就主要做科研仿真，用户逐年骤减，基本上无产品

二、 SK-6LoWPAN-DK-II 物联网开发系统简介

SK-6LoWPAN-DK-II 是湘潭斯凯电子科技有限公司最新推出的一款用于物联网学习、研究以及产品原型设计的开发系统。用户使用该系统可进行 6LoWPAN 标准和 Contiki 开源操作系统的学习和研究，进而实现基于 Contiki 的物联网应用产品的快速开发。本产品特别适合高校物联网实验室建设，从实验设备的易用性、灵活性、可靠性、易维护性、易管理性以及教学实践等方面都进行了针对性设计。

SK-6LoWPAN-DK-II 主要包含以下三类组件：

- **6LoWPAN-Border Router 边界路由器**（6LoWPAN-Border Router）
- **6LoWPAN 无线传感器节点**（6LoWPAN-Node-II + 6LoWPAN-Sensor-XXX）
- **6LoWPAN 无线执行器节点**（6LoWPAN-Node-II + 6LoWPAN-Actuator-XXX）



6LoWPAN/Contiki 物联网开发系统配套视频：产品演示
http://www.sikai-tech.com/service/video/2889.html

三、硬件资源

1、 6LoWPAN-Border Router 边界路由器（6LoWPAN-Border Router）

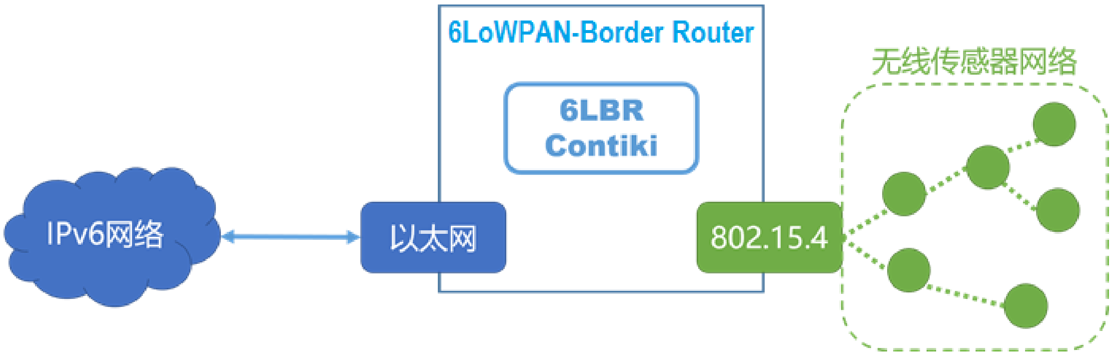
6LoWPAN-Border Router 边界路由器采用 TI 公司的 CC2538 作为核心微控制器。CC2538 是一款适用于 2.4GHz IEEE 802.15.4，6LoWPAN，ZigBee 应用的功能强大的无线微控制器片上系统。

6LoWPAN-Border Router 边界路由器

6LoWPAN-Border Router 包含以下资源：

- 用户按键
- 用户 LED
- RJ45 以太网接口
- Micro USB 接口（供电和调试接口）

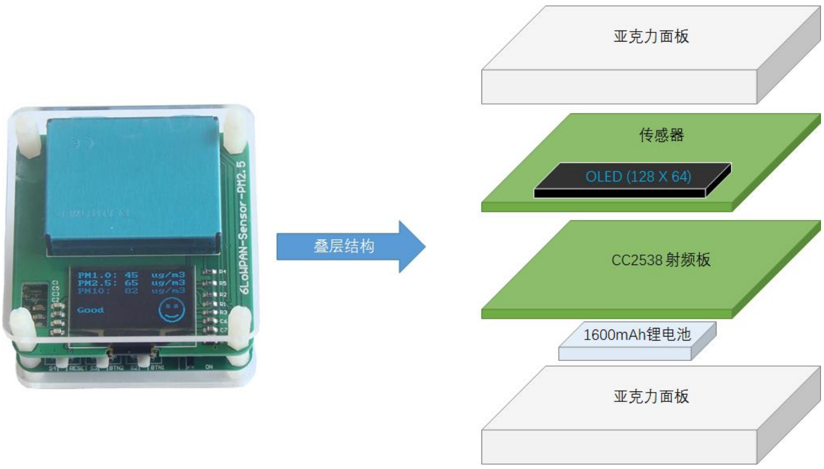
6LoWPAN-Border Router 的软件核心采用 CETIC 6LBR 的 6LoWPAN/RPL 边界路由器解决方案。6LBR 设计灵活，可被配置支持各种网络拓扑结构的无线传感器网络，并将它们巧妙地与 IP 世界互连。



2、 6LoWPAN 无线传感器节点

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统中包含了大量的 6LoWPAN 无线传感器节点，基本覆盖了物联网应用产品所需的各类传感器。6LowPAN 无线传感器节点采用 TI 公司的 CC2538 作为核心微控制器。CC2538 是一款适用于 2.4GHz 802.15.4、6LoWPAN、ZigBee 应用的功能强大的无线微控制器片上系统。

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统所包含的 6LoWPAN 无线传感器节点

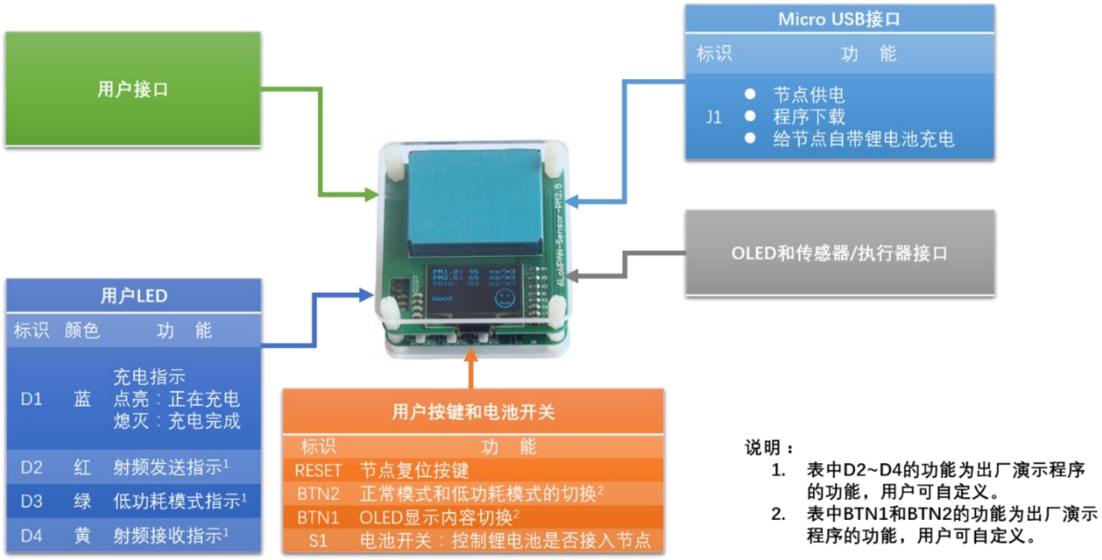


6LoWPAN 无线传感器节点的叠层结构

为方便用户使用，6LoWPAN 无线传感器节点采用了叠层结构设计，这种设计既满足了节点对移动性的需求，又可在节点意外跌落时减少对节点造成的损害。

节点的叠层结构由以下几个部分构成：

- 顶部和底部的亚克力保护面板
- 1600mAh 可充电锂电池
- CC2538 核心射频板：包含用户接口、用户按键、用户 LED、OLED 和传感器/执行器接口、MicroUSB 供电/充电和调试接口、电池充电电路以及电池开关
- 传感器板：包含各种传感器和 128*64 OLED 屏幕（方便观察传感器数据等信息）



6LoWPAN 无线传感器节点的资源

各种无线传感器节点的指标参数

温湿度无线传感器节点	温度和相对湿度一体测量，出厂前完全标定，提供 I2C 数字接口，低功耗，测量精度高且具有优异的长期稳定性。
气压无线传感器节点	高精度数字式气压传感器，支持 IIC 通信协议，可输出高精度的压力和温度测量数据，并计算出海拔高度。可应用于增强 GPS 导航、天气预报、垂直速度指示等。
运动监测无线传感器节点	低功耗九轴（三轴加速度计、三轴陀螺仪、三轴磁力计）运动监测传感器。加速度计特性：数字输出 X，Y 和 Z 轴加速度，用户可编程测量范围（±2g, ±4g, ±8g 和 ±16g）；陀螺仪特性：数字输出 X，Y 和 Z 轴角速率，用户可编程测量范围（±250, ±500, ±1000, 和 ±2000°/s）；磁力计特性三轴硅单片霍尔效应磁传感器和磁选矿机，输出数据分辨率 :14 bit (0.6μT/LSB) 或 16 bit (15μT/LSB)，满量程测量范围：±4800μT。可应用于 TouchAnywhereTM 技术，MotionCommandTM 技术，手机和便携式游戏，数字电视和机顶盒的 3D 遥控器、3D 鼠标，用于健康、休闲和运动的可穿戴传感器。
红外测温无线传感器节点	集成了红外敏感热电堆探测器芯片和信号调理电路的非接触式测温传感器，具有数字 PWM 和 SMBus 输出接口。环境温度测量范围：-40～125℃，物体温度测量范围：-70～380℃。红外测温是根据被测物体的红外辐射能量来确定物体的温度，不与被测物体接触，不影响被测物体温度场，并且温度分辨率高、响应速度快、稳定性好等特点。
红外测距无线传感器节点	集成了位置敏感探测器、红外发光二极管以及信号处理电路的模拟输出测距传感器，探测距离为 10-80cm，可用于机器人的测距、避障以及高级的路径规划。
颜色无线传感器节点	可以通过数字 I2C 接口输出红、绿、蓝（RGB）数值的颜色传感器。

声音无线传感器节点	灵敏度高，可调输入强度。可用于声控灯，配合亮度传感器做声光报警，以及声音检测的场合。
气体无线传感器节点	探测范围 300～10000ppmm，可应用于家庭和工厂的气体泄漏监测装置， 适宜于液化气、丁烷、丙烷、甲烷、酒精、氢气、烟雾等的探测。
超声波测距无线传感器节点	高精度，盲区（2cm）超近，感应角度：不大于 15 度，探测距离为 2cm-450cm，可应用于机器人避障、物体测距、液位检测、公共安防等。
人体热释红外无线传感器节点	双元数字型热释电红外传感器，可用于安防产品、人体感应玩具、人体感应灯具、工业自动化控制等。
紫外线和可见光无线传感器节点	低功耗、具有数字 I2C 接口、用户可编程中断输出的紫外线指数和环境光传感器。
室内空气质量无线传感器节点	一款集成了金属氧化物（MOX）气体传感器的极低功耗数字气体传感器，可用于监测室内空气质量（挥发性有机化合物）。
PM2.5 无线传感器节点	基于激光散射原理的数字式通用颗粒物浓度传感器，可连续采集并计算单位体积内空气中不同粒径的悬浮颗粒物个数，即颗粒物浓度分布，进而换算成为质量浓度，并以通用数字接口形式输出。可测量 PM1.0、PM2.5 和 PM10。

3、 6LoWPAN 无线执行器节点

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统中包含了四种 6LoWPAN 无线执行器节点。6LowPAN 无线执行器节点采用 TI 公司的 CC2538 作为核心微控制器。CC2538 是一款适用于 2.4GHz 802.15.4、6LoWPAN、ZigBee 应用的功能强大的无线微控制器片上系统。

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统所包含的 6LoWPAN 无线执行器节点

6LoWPAN 无线执行器节点采用与 6LoWPAN 无线传感器节点相同的叠层结构设计，包含相同的固定资源。

各种无线执行器节点的指标参数

直流电机无线执行器节点	通过 PWM 进行调速。
RGB LED 无线执行器节点	通过 PWM 调光，可以控制 RGB LED 灯的发光颜色。
5V 继电器无线执行器节点	采用大电流优质继电器，提供 1 路输入与输出，最高可接 250V/10A 的交流设备或 30V/10A 的直流设备，能够用来控制电灯、电机等各种家用电器及大电流负载设备。
语音无线执行器节点	支持 MP3、WAV 高品质音频格式，Micro USB 接口更新语音文件，无需安装上位机软件，支持 UART 异步串口控制。

四、软件资源

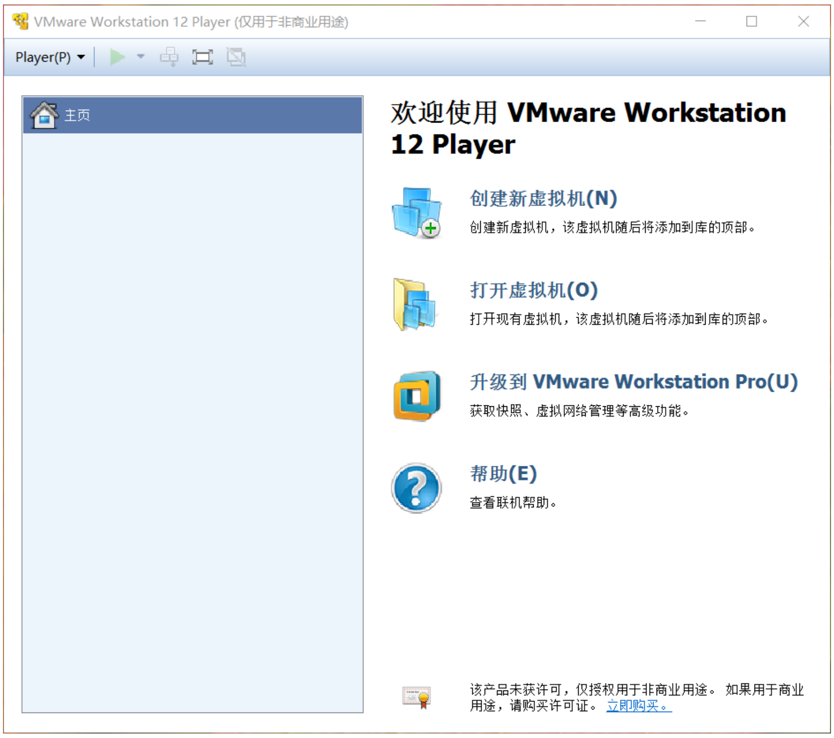
3.1 Contiki 开发环境

为了方便用户对 Contiki 进行研究和应用开发，Contiki 官方组织提供了 **Instant Contiki**。Instant Contiki 将 Contiki 开发过程中所需的工具、编译器、仿真软件等全部整合进了一个压缩包，从而无需用户为每一个开发系统安装复杂的编译器工具链。

Instant Contiki 目前最新版本为 3.0，用户可在 Contiki 官方下载。另外，SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统配套提供的 Instant Contiki 是官方 3.0 版本基础上的修改版，其中添加了 SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统中各组件（6LoWPAN-Border Router 边界路由器、6LoWPAN 无线传感器节点以及 6LoWPAN 无线执行器节点）的驱动代码。

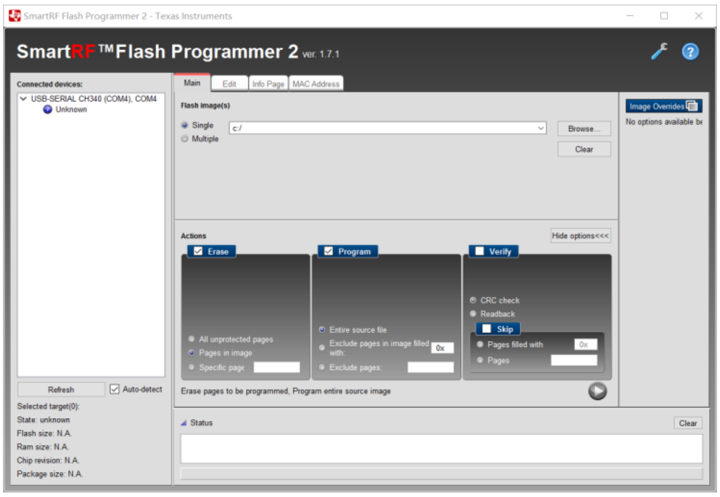
Instant Contiki 实际上是一个 Ubuntu Linux 虚拟机，因此需要运行在 **VMware Workstation 12 Player** 软件中。

3.2 VMware Workstation 12 Player



3.3 Flash Programmer 2

使用 Flash Programmer 2 工具软件可将实验 BIN 文件烧写到 6LoWPAN 无线传感器/执行器节点。

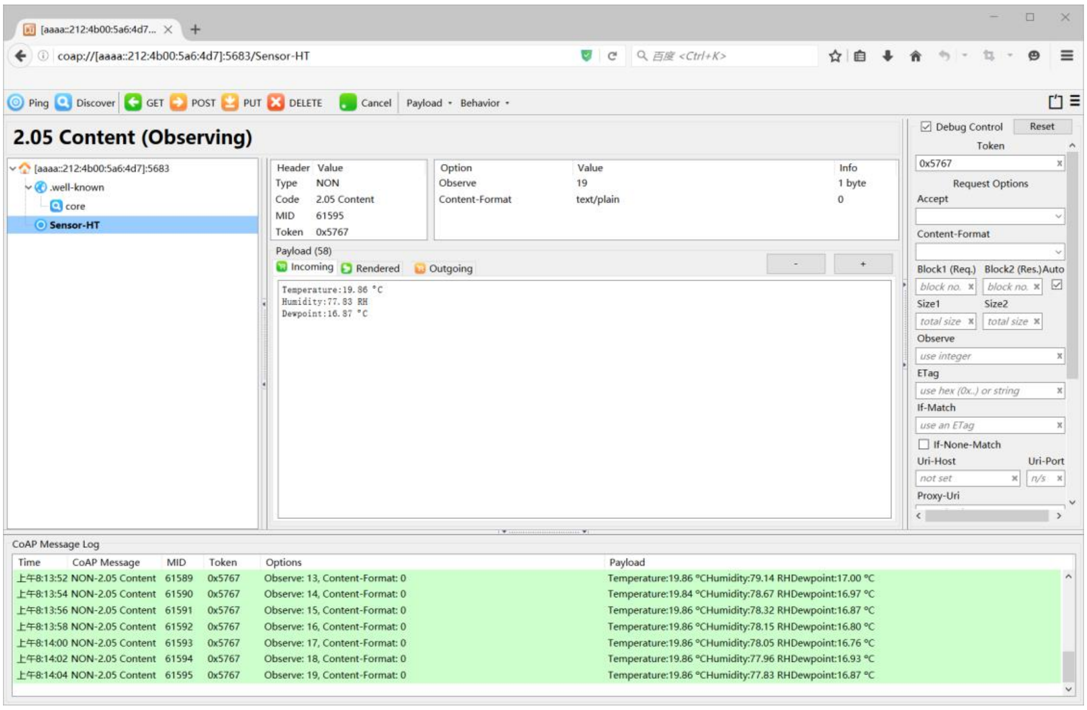


3.4 串口工具软件

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统中的大部分实验都会输出串口信息（调试信息和应用信息）以便用户更好地观察实验运行结果。这需要用户在 PC 端安装串口工具软件，该类型的工具软件网络上有很多可以免费下载，推荐用户使用“串口调试助手高级版 V1.4”工具软件。

3.5 Firefox 浏览器

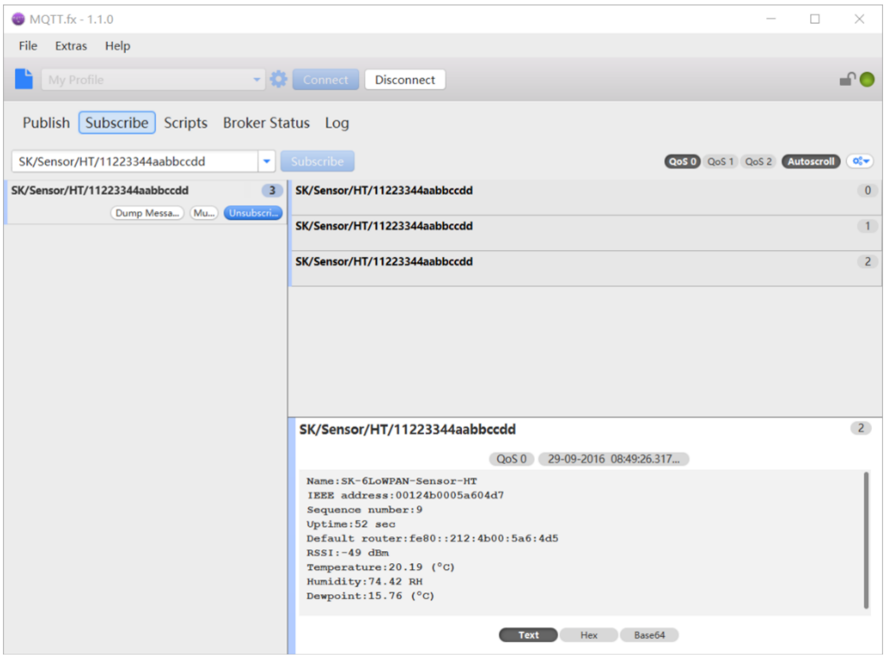
在 SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统配套提供的 CoAP 相关实验中，6LoWPAN 无线传感器/执行器节点一般都作为 CoAP 服务器使用，因此用户需要一个 CoAP 客户端来观察实验结果。用户可以使用安装了 Copper 插件的 Firefox 浏览器作为 CoAP 客户端来观察实验结果。



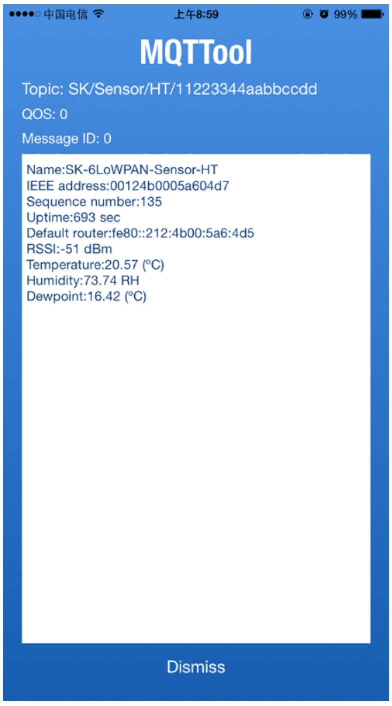
3.6 MQTT 客户端工具软件

在 SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统配套提供的 MQTT 相关实验中，6LoWPAN 无线传感器/执行器节点一般都作为 MQTT 客户端，它周期性地向 MQTT 服务器（例如百度开放云）发布主题信息。用户可以在 PC 端、移动端（Android、iOS）安装相应的 MQTT 客户端工具软件向 MQTT 服务器订阅相应主题。

PC 端的 MQTT 客户端工具软件推荐使用 MQTT.fx。

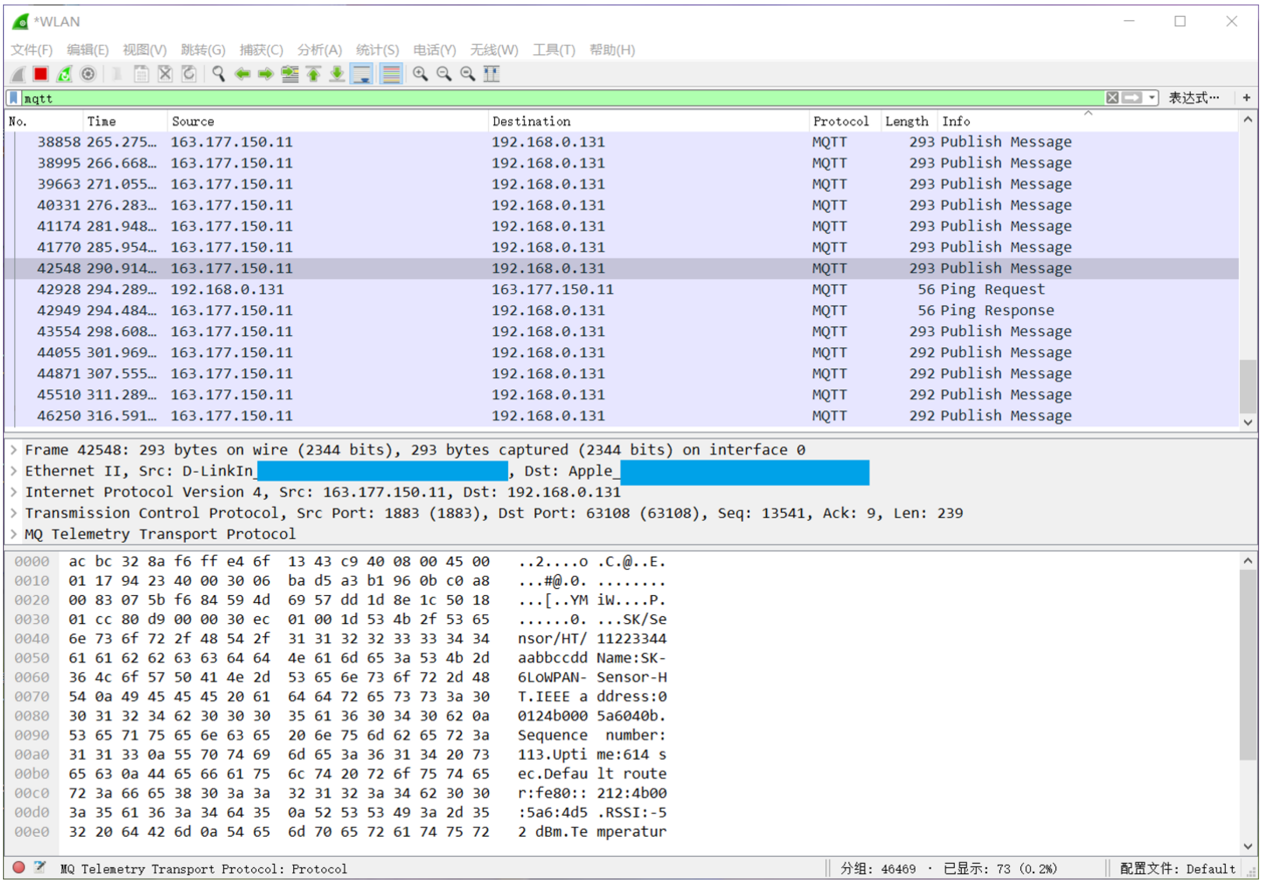


用户还可以在移动端（Android、iOS）安装相应的 MQTT 客户端工具软件。



3.7 Wireshark 工具软件

Wireshark 工具软件是当前公认的最强大的开源数据包抓取及协议分析器 。



五、配套实验

SK-6LoWPAN-DK-II 开发系统包含了大量的配套实验，分为以下几类：

基于 Contiki 的基础实验 **（共 7 个）** 观看视频	实验 01 最简单的 Contiki 实验（hello-world） 实验 02 Contiki 的进程调度和事件驱动机制实验（led-blink） 实验 03 在 Contiki 应用程序中实现多个进程实验（led-uart-oled） 实验 04 用户进程间的事件投递实验（event-post） 实验 05 Contiki 系统中的 Timer 定时器实验（timer-test） 实验 06 Contiki 系统中的 Ctimer 定时器实验（ctimer-test） 实验 07 OLED 和简单 GUI 演示实验（oled-gui-test）
Rime 协议栈实验 **（共 10 个）**	实验 01 rime-abc-demo 实验：匿名广播(ABC) 实验 02 rime-announcement-demo 实验：通告(announcement-demo) 实验 03 rime-bc-demo 实验：广播 实验 04 rime-mesh-demo 实验：MESH 网络 实验 05 rime-multihop-demo 实验：多跳转发 实验 06 rime-neighbors-demo 实验：如何使用广播和单播 实验 07 rime-polite-demo 实验：使用 Rime polite 模块 实验 08 rime-runicast-demo 实验：可靠的（具有重传机制的）单跳单播 实验 09 rime-trickle-demo 实验：trickle（可靠的单源多跳洪泛） 实验 10 rime-unicast-demo 实验：尽最大努力的（即不可靠的，无重传机制的）单跳单播
传感器类出厂演示实验（out-of-box-demo） **（共 13 个）** 观看视频	实验 01 温湿度无线传感器节点的出厂演示实验 实验 02 气压无线传感器节点的出厂演示实验 实验 03 运动监测无线传感器节点的出厂演示实验 实验 04 红外测温无线传感器节点的出厂演示实验 实验 05 红外测距无线传感器节点的出厂演示实验 实验 06 超声波测距无线传感器节点的出厂演示实验 实验 07 声音无线传感器节点的出厂演示实验 实验 08 气体无线传感器节点的出厂演示实验器 实验 09 人体热释红外无线传感器节点的出厂演示实验 实验 10 颜色无线传感器节点的出厂演示实验 实验 11 紫外线和环境光无线传感器节点的出厂演示实验 实验 12 室内空气质量无线传感器节点的出厂演示实验 实验 13 PM2.5 无线传感器节点的出厂演示实验
执行器类出厂演示实验（out-of-box-demo） **（共 4 个）**	实验 01 继电器无线执行器节点的出厂演示实验 实验 02 直流电机无线执行器节点的出厂演示实验 实验 03 RGB LED 无线执行器节点的出厂演示实验

	实验 04 语音无线执行器节点的出厂演示实验
IPv6 相关实验 **（共 7 个）** 观看视频	实验 01 UDP 链路本地多播实验（udp-link-local-multicast） 实验 02 UDP 回送服务器实验（udp-echo-server） 实验 03 UDP 客户端实验（udp-client） 实验 04 TCP 回送服务器实验（tcp-echo-server） 实验 05 TCP 客户端实验（tcp-client） 实验 06 TCP Socket 实验（tcp-socket-echo-server） 实验 07 HTTP Socket 实验（http-socket-demo）
CoAP 基础实验 **（共 7 个）**	实验 01 GET 方法实验（coap-method-get-demo） 实验 02 PUT 方法实验（coap-method-put-demo） 实验 03 POST 方法实验（coap-method-post-demo） 实验 04 块传输实验（coap-blockwise-demo） 实验 05 分段传输响应实验（coap-separate-demo） 实验 06 观察模式（由事件触发）实验（coap-observe-event-demo） 实验 07 观察模式（周期触发）实验（coap-observe-periodic-demo）
无线传感器类 CoAP 应用演示实验 **（共 13 个）** 观看视频	实验 01 温湿度无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 02 气压无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 03 运动监测无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 04 红外测温无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 05 红外测距无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 06 超声波测距无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 07 声音无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 08 气体无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 09 人体热释红外无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 10 颜色无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 11 紫外线和环境光无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 12 室内空气质量无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 13 PM2.5 无线传感器节点的 CoAP 服务器应用实验
无线执行器类 CoAP 应用演示实验 **（共 4 个）**	实验 01 继电器无线执行器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 02 直流电机无线执行器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 03 RGB LED 无线执行器节点的 CoAP 服务器应用实验 实验 04 语音无线执行器节点的 CoAP 服务器应用实验
快速体验 MQTT 实验	
无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验（共 13 个）	实验 01 温湿度无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 02 气压无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 03 运动监测无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 04 红外测温无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验

	实验 05 红外测距无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 06 超声波测距无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 07 声音无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 08 气体无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 09 人体热释红外无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 10 颜色无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 11 紫外线和环境光无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 12 室内空气质量无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 13 PM2.5 无线传感器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验
无线执行器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 **（共 4 个）**	实验 01 继电器无线执行器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 02 直流电机无线执行器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 03 RGB LED 无线执行器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验 实验 04 语音无线执行器节点基于 MQTT 和 test.mosquitto.org 测试服务器的应用实验
基于 MQTT 和百度开放云的无线传感器/执行器节点应用场景实验 观看视频	
构建一个无线协议分析仪 观看视频	
智能家居演示实验（smart-home-demo）	

六、实验代码和典型应用示例

```
oled-show-sensor-data.c
/* 在OLED上显示传感器数据 */
/*------------------------------------------------------------------------------*/
void oled_show_sensor_data(void)
{
  /* 用于存储压力、温度、海拔 */
  int pressure;
  int temperature;
  float altitude;

  /* 当地海平面气压（Pa）*/
  float pressure_at_sea_level = 101325.0;

  /* 字符串缓冲区 */
  static char str_buf[24];

  /* 获取BMP085/BMP180传感器的压力和温度数据并计算海拔 */
  pressure = bmpx8x_sensor.value(BMPx8x_READ_PRESSURE);
  temperature = bmpx8x_sensor.value(BMPx8x_READ_TEMP);
  altitude = (44330.0 * (1.0 - pow((float)pressure / pressure_at_sea_level, 1.0/5.255)));

  /* 清屏 */
  gui_clear_screen();

  /* 绘制传感器数据名称（压力）和单位*/
  gui_show_string_8_8(0, 0, "Pressure (hPa)");
```

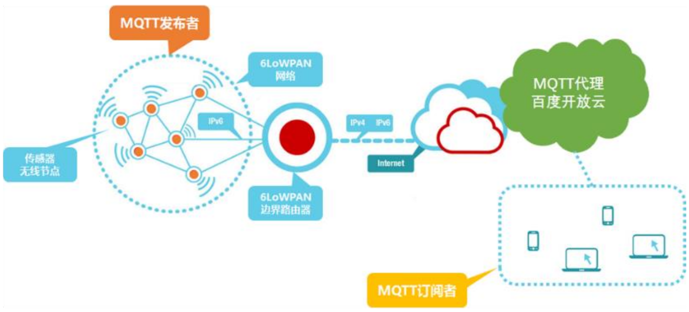
实验代码展示

sensor-bp-demo.c

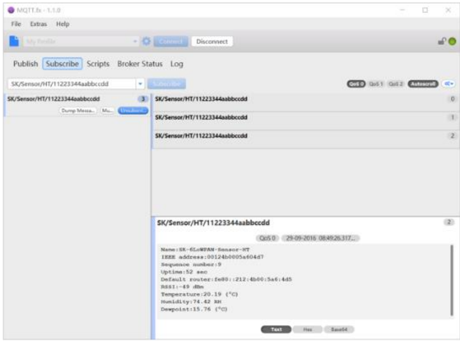
```
      /* UART输出传感器数据 */
      uart_output_sensor_data();

      /* 设置et_uart_output_sensor_data事件 */
      etimer_set(&et_uart_output_sensor_data, UART_OUTPUT_SENSOR_DATA_PERIODIC);
    }
    /* 否则， 如果是et_oled_show_sensor_data事件 */
    else if(data == &et_oled_show_sensor_data) {
      /* 在OLED上显示传感器数据 */
      oled_show_sensor_data();

      /* 设置et_oled_show_sensor_data事件 */
      etimer_set(&et_oled_show_sensor_data, OLED_SHOW_SENSOR_DATA);
    }
  /* 否则， 如果产生了传感器事件 */
  } else if(ev == sensors_event) {
    /* 如果是用户按键事件 */
    if(data == &button_user_sensor) {
      /* Rime广播计数加1 */
      bc_counter++;

      /* 将Rime广播计数值广播出去 */
      packetbuf_copyfrom(&bc_counter, sizeof(bc_counter));
      broadcast_send(&bc);
    }
```

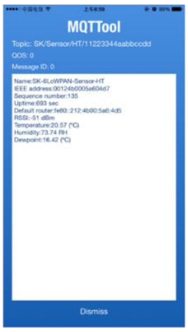
实验代码展示

使用 mosquitto 工具软件并借助其官方测试网站进行 MQTT 协议体验

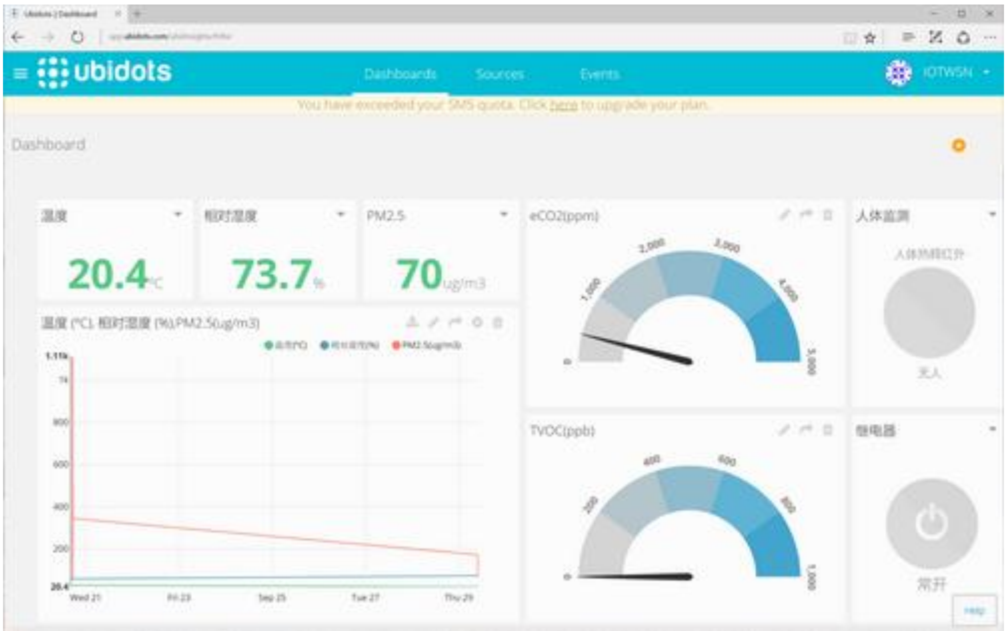


- MQTT代理：用户免费注册申请百度云
- MQTT发布者：提供实验代码
- MQTT订阅者：使用现成的软件工具
  - PC端：mqttfx
  - iOS端：MQTTool
  - Android端：MQTT Dashboard





使用百度云发布和订阅信息



在 ubidots 网站查看传感器数据和控制执行器

七、配套资料

本开发系统配套提供《用户指南》和《实验手册》，并同时提供相关 PPT。

相关介绍视频请查看：http://www.sikai-tech.com/service/video/