

A Comparative Study and Analysis of Three IoT OS 三种物联网操作系统分析与比较

Allan He 何小庆

单片机与嵌入式系统应用杂志社

March 21 2019

1

发言内容

- 物联网操作系统发展历程
- 三种物联网操作系统分析
- 物联网操作系统发展趋势
- 总结和未来工作

物联网操作系统发展历程

嵌入式实时操作系统发展历史

RTOS 名称	公司名称	网站	近况
VRTX	Ready System/Microte		被mentor 收购
pSoS	ISI		被Windriver 收购
OS-9	Microware		被Metorwork 收购
SMX	Mico Digital	www.smxrtos.com	
vxwork	Wind River	www.wrs.com	被 intel 收购
LynxOS	Lynuxwork	www.lynx.com	
QNX	QNX	www.qnx.com	被黑莓公司收购
CMX	CMX system	www.cmx.com	
Nucleus	ATI/Mentor	www.mentor.com	被Mentor 收购
ThreadX	Expresslogic	www.rtos.com	
uc/OS	Micrium	www.micrium.com	被Silicon Lab 收购
Integrity	Gree Hill	www.ghs.com	
OSE	Enea	www.enea.com	
Zephyr	Linux Foundation	www.zephyrproject.org/	现在Linaro 在主导维护
Nuttx	Gregory Nutt 2007 BSD 授权	http://www.nuttx.org/	POSIX API 无人机应用

OS-9



VRTX
Real-Time Operating System



WIND RIVER



嵌入式操作系统始于和发展于RTOS，RTOS 有超过30年历史
全球兴旺的时候有几百家，中国也有几个RTOS



嵌入式系统联谊会
www.esbf.org

物联网OS的起源和发展过程

- 起源于两个开源传感网OS
 - TinyOS - 1999年加州大学伯克利分校开源项目
 - Contiki-Adam博士2003年在瑞典工学院计算机研究所开发项目，是Thingsquare 创始人 u/IP和LWIP 作者
- 2013年欧洲有了面向物联网OS-RIOT
- 2014年1月微软宣布物联网版本Windows 10 IoT Core
- 2014年10月 ARM 物联网平台mbed OS
- 2014年10月Micrium 物联网方案Spectrum (uc/OS)
- 2014年庆科联合阿里发布MiCO OS
- 2015年华为发表了Lite OS
- 2015年谷歌在宣布IoT OS Brilo OS (Android Things)
- 2016年Linux 基金会推出Zephyr
- 2017年10月 阿里在云栖大会上宣布 AliOS Things
- 2017年12月 亚马逊宣布Amazon FreeRTOS



2014年国际媒体对IoT OS 报道

物联网操作系统的定义

- 物联网OS英文称为 IoT OS 和 Operating System for Internet of thing
- 学术和产业届对于物联网OS 还没有明确的定义、准确的内涵和外延的阐述。
- 目前可以看到几篇论文对物联网操作系统做了初步分析
 - *A Comparative Study and Analysis of Operating System for the Internet of Things* C Mayurbhai p. Zezariya computer Science Department, C.U. Shah University
 - *Operating systems for resource constraint Internet of Things devices: An evaluation* Rebin B. Khoshnaw University of Salahaddin
 - *A Review on Internet of Things' Operating Systems, Platforms and Applications* Andreas Elvstam Daniel Nordah Malmö University

产业界的定义如下:



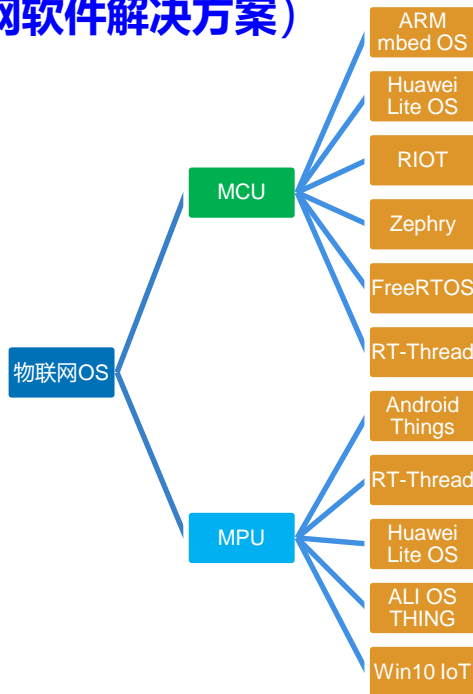
轻量级物联网操作系统，物的智能化使能平台



物联网操作系统总览

市场上有三类物联网OS（或者称为物联网软件解决方案）

- 专门为物联网应用开发的OS 平台
 - ARM mbedOS、Android things
 - 分为支持MCU和MPU(处理器) 两类
- 以嵌入式OS为基础，扩展支持物联网应用
 - Linux 和Android
 - FreeRTOS、uc/OS-III、ThreadX、Zephyr、Vxwork和 RT-Thread
- 从云端布局，拓展支持IoT 应用OS
 - AliOS things
 - Amazon FreeRTOS



物联网操作系统的技术特征

▪ 管理物的能力

- “物”是“嵌入式实时的低功耗设备”

▪ 泛在的通信功能

- 支持各种无线和有线，近场和远距离的通信方式和协议

▪ 物联网设备的可维护性

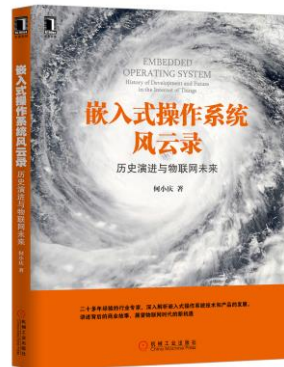
- 支持设备的安全动态升级和远程维护

▪ 物联网安全

- 物联网安全包含设备、通信和云安全，具备防御外部安全入侵和篡改能力

▪ 物联网云平台

- 通过云物联网平台完成远程设备管理，数据存储和分析，安全控制和业务支撑，这是物联网大数据和人工智能的基础



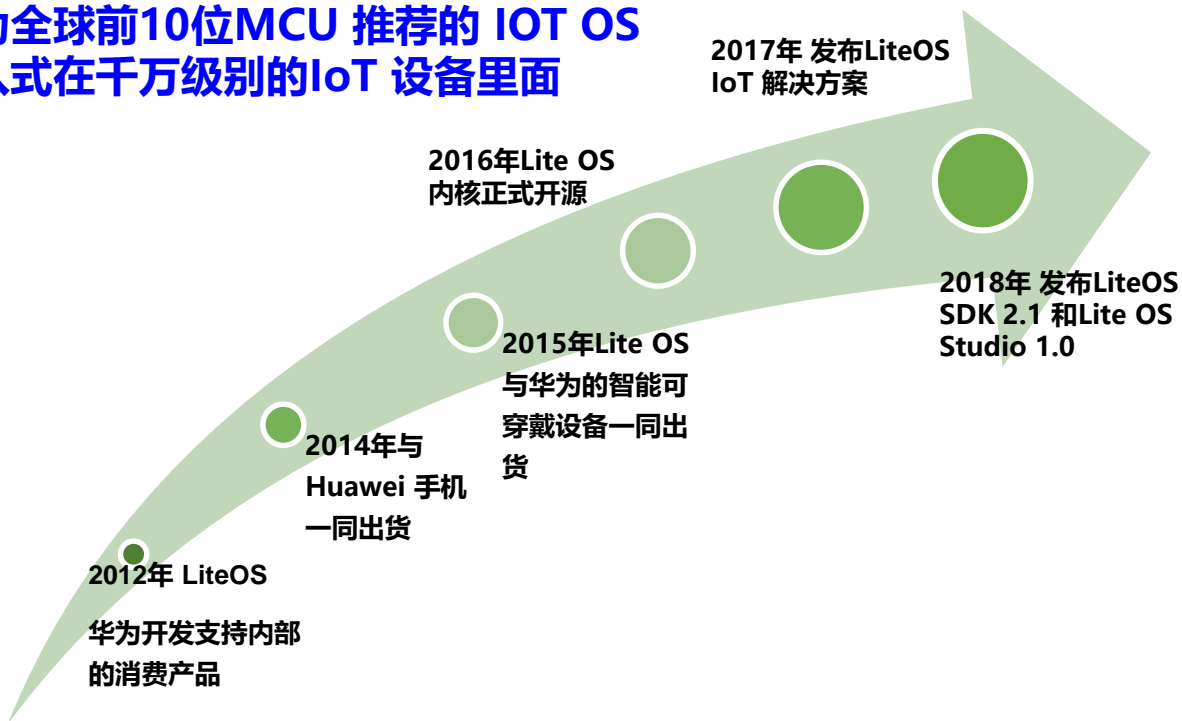
具备低功耗、实时性和安全的传感、连接、云端管理服务软件平台

三种物联网操作系统分析

Huawei LiteOS 发展过程

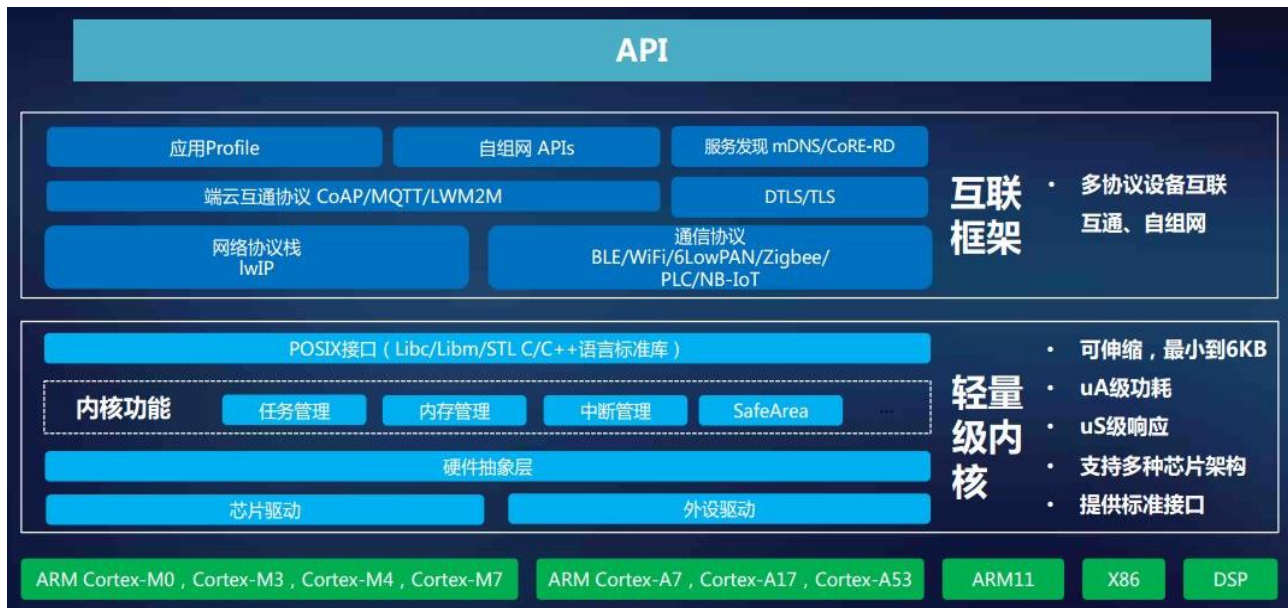
目标

- 成为全球前10位MCU 推荐的 IOT OS
- 嵌入式在千万级别的IoT 设备里面



Huawei LiteOS架构

Huawei LiteOS 的内核分为两个层次，第一层是基础内核，第二层是扩展内核，源代码是开源的，除LiteOS 开源项目外，还有LiteOS Studio、LAB、IEC 和第三方等几个开源项目

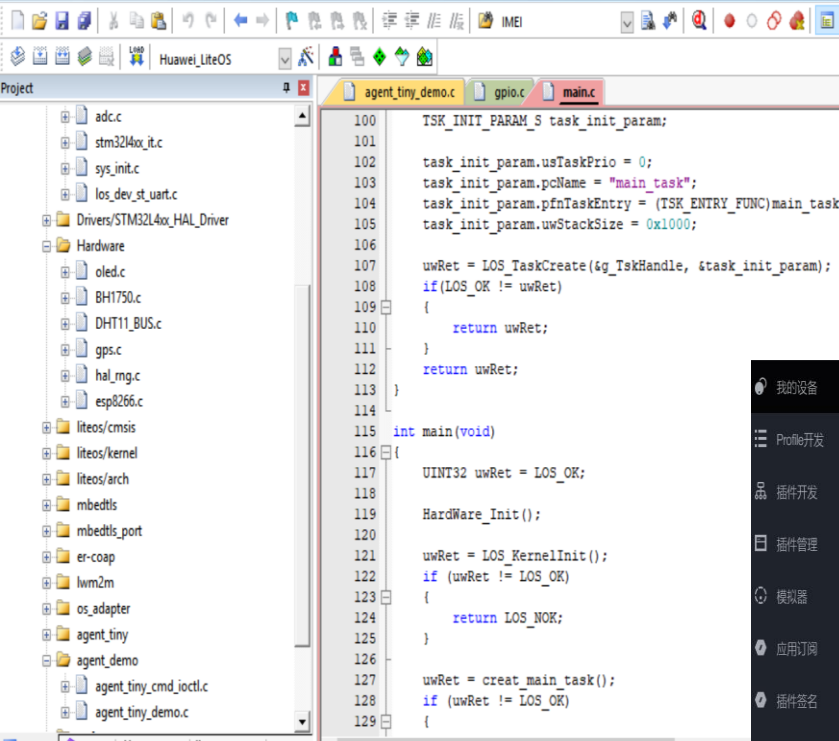


<https://github.com/LITEOS>

Huawei Lite OS 端云解决方案



Huawei LiteOS 开发体验



KEIL 开发环境



IOT CLUB NB开发板



华为 Ocean Connction

Huawei LiteOS 的优缺点

▪ **Advantages:**

- 作为国际知名企业，Huawei LiteOS 在国际上有一点名气
- Huawei LiteOS、NB-IoT模组、OC和电信一体化平台是特色!
- 轻量型的RTOS 内核，内核和协议低功耗管理
- 使用开发者熟悉KEIL和IAR环境
- Agent Tiny 轻量级互通中间件机制
 - 适合广域网架构，协议丰富，低功耗支持
- 定期有黑客松大赛，鼓励开发者参与和贡献代码

▪ **Disadvantages:**

- 华为OC平台为开发者提供是测试实验室!
- 支持CPU 架构比较少，开源代码看只有ARM M0-M7
- 给大众更多的印象的NB-IoT 的配套和捆绑方案

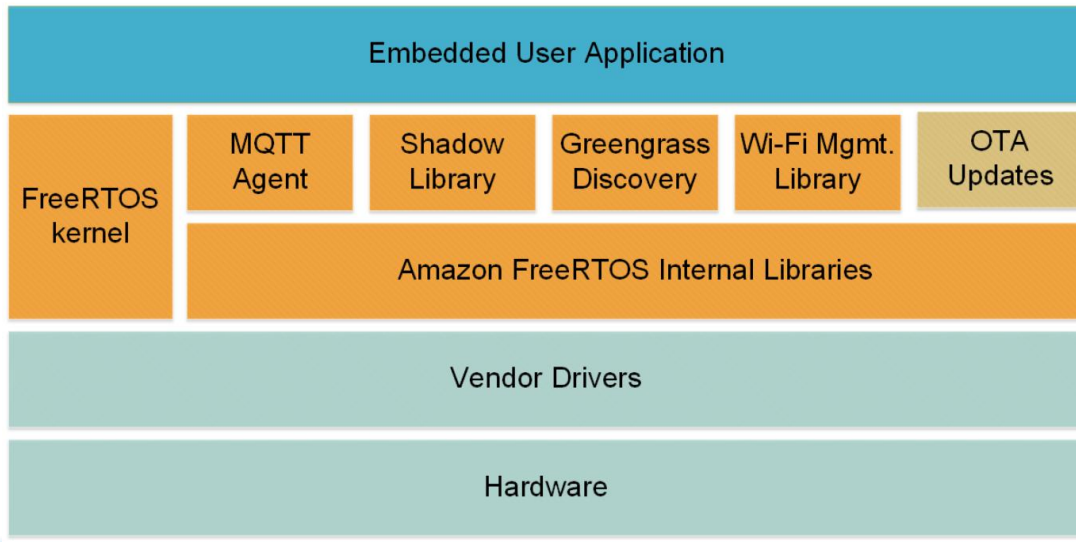
FreeRTOS的故事

- 英国人Richard Barry 2003年发布的开源的实时内核-FreeRTOS，后续由Real Time Engineers Ltd公司开发和维护FreeRTOS代码
- FreeRTOS 支持超过35 CPU 架构，在2017年 每3 分钟就有一次下载，FreeRTOS成为世界最受开发者欢迎的RTOS
- IoT把FreeRTOS推到了风口浪尖，各家MCU芯片公司的开发板、SDK开发套件都移植上了FreeRTOS
- 2017年FreeRTOS 成为AWS 开源项目，Richard 成为亚马逊AWS IoT 首席架构师。FreeRTOS v10.0 MIT 授权方式 亚马逊发布了 Amazon FreeRTOS 1.0
- Amazon FreeRTOS 使用FreeRTOS v10 内核，增加了IoT应用组件，比如OTA、TLS 和 MQTT 连接到亚马逊AWS云
- 系列产品：FreeRTOS（开源）、OpenRTOS（授权）、SaftRTOS（安全）和 Amazon FreeRTOS（开源IoT OS）



Amazon FreeRTOS 的架构

- Amazon FreeRTOS 是一款适用于微控制器的操作系统，可让您轻松地对低功耗的小型边缘设备进行编程、部署、安全保护、连接和管理。Amazon FreeRTOS 以 **FreeRTOS 内核为基础**，并通过**软件库对其进行扩展**，从而让您可以轻松地将小型低功耗设备**安全连接到 AWS 云服务或运行 AWS Greengrass** 的功能更强大的边缘设备，开源系统，可以免费使用



<https://github.com/aws/amazon-freertos>

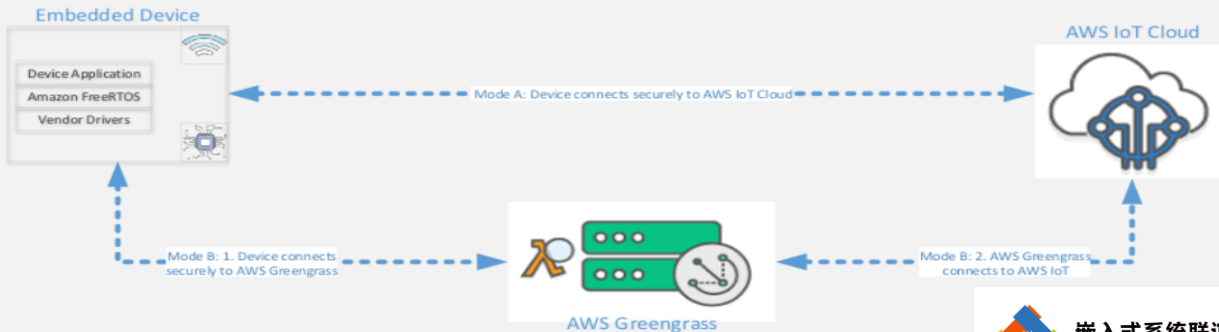
Amazon FreeRTOS 开发过程

Embedded Software Development Workflow



Build, Test
and Deploy
Device
Application

Embedded Device Runtime Workflow



Amazon FreeRTOS 的开发体验

■ 应用案例

- MQTT Echo
- Shadow
- Greengrass Discovery
- OTA demo



LPC54018 IoT KIT

```
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 7 ACK
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:35 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 7
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:30 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 6 ACK
freertos/demos/echo Jan 26, 2018 8:50:26 PM +0800 Export Hide
We cannot display the message as JSON, and are instead displaying it as UTF-8 String.
Hello World 6
```

AWS IoT 云端信息

```
COM9 - Tera Term VT
File Edit Setup Control Window Help
8 34422 [MQTTEcho] Echo successfully published "Hello World 4"
9 34524 [Echoing] Sending command to MQTT task.
0 34525 [MQTT] Received message c0000 from queue.
1 34830 [MQTT] MQTT Publish was successful.
2 34830 [MQTT] Notifying task.
3 34830 [Echoing] Command sent to MQTT task passed.
4 34830 [Echoing] Message returned with ACK: "Hello World 4 ACK"
5 39422 [MQTTEcho] Sending command to MQTT task.
6 39422 [MQTT] Received message d0000 from queue.
7 39727 [MQTT] MQTT Publish was successful.
8 39727 [MQTT] Notifying task.
9 39727 [MQTTEcho] Command sent to MQTT task passed.
0 39727 [MQTTEcho] Echo successfully published "Hello World 5"
1 39829 [Echoing] Sending command to MQTT task.
2 39830 [MQTT] Received message e0000 from queue.
3 40236 [MQTT] MQTT Publish was successful.
4 40236 [MQTT] Notifying task.
5 40236 [Echoing] Command sent to MQTT task passed.
6 40237 [Echoing] Message returned with ACK: "Hello World 5 ACK"
7 44727 [MQTTEcho] Sending command to MQTT task.
8 44727 [MQTT] Received message f0000 from queue.
9 45032 [MQTT] MQTT Publish was successful.
```

NXP 板上运行信息

Amazon FreeRTOS 开发要点

▪ AWS 云侧

- 创建AWS 账户，第一个12月是免费的。
- 进入AWS IoT Console
- 管理-创建事物-注册-证书-下载证书
 - xxxxxxxxxxx-certificate.pem.crt
 - xxxxxxxxxxx-private.pem.key
- 管理-安全-创建策略
- 关联证书和策略

▪ 嵌入式侧

- IAR Embedded workbench 和 Segger J-link
- 进入Amazon FreeRTOS console
- 选择LPC54018 IoT Module 下载（或者直接到github 下载）
- 配置你的 证书-
/demo/common/include/aws_clientcredential.h
- 配置AWS IoT 端点信息: IOT thing 地址、thing 名字、SSID/PW
- 格式化 key
demo/common/devmode_key_provisioning/
- 运行CertificateConfigurator.html
- IAR 构建-下载-运行

Amazon FreeRTOS 的优缺点

▪ **Advantages:**

- 历史悠久、开发者众多、全球市场份额最大
- 获得全球顶尖MCU和IOT芯片企业支持
 - ST、TI、NXP、Microchip、Infineno、Renesas、Xilinx和 Espressif (乐鑫)
，以及Mediatek的认证开发板，许多还不是ARM 架构!
- 亚马逊AWS 提供商业级的云计算平台和安全保证
- FreeRTOS 10 为提升通信支持增加 Stream Buffers Message Buffers, POSIX API 和 FreeRTOS+TCP 等功能
- 支持边缘计算的功能 (Greengrass)

▪ **Disadvantages:**

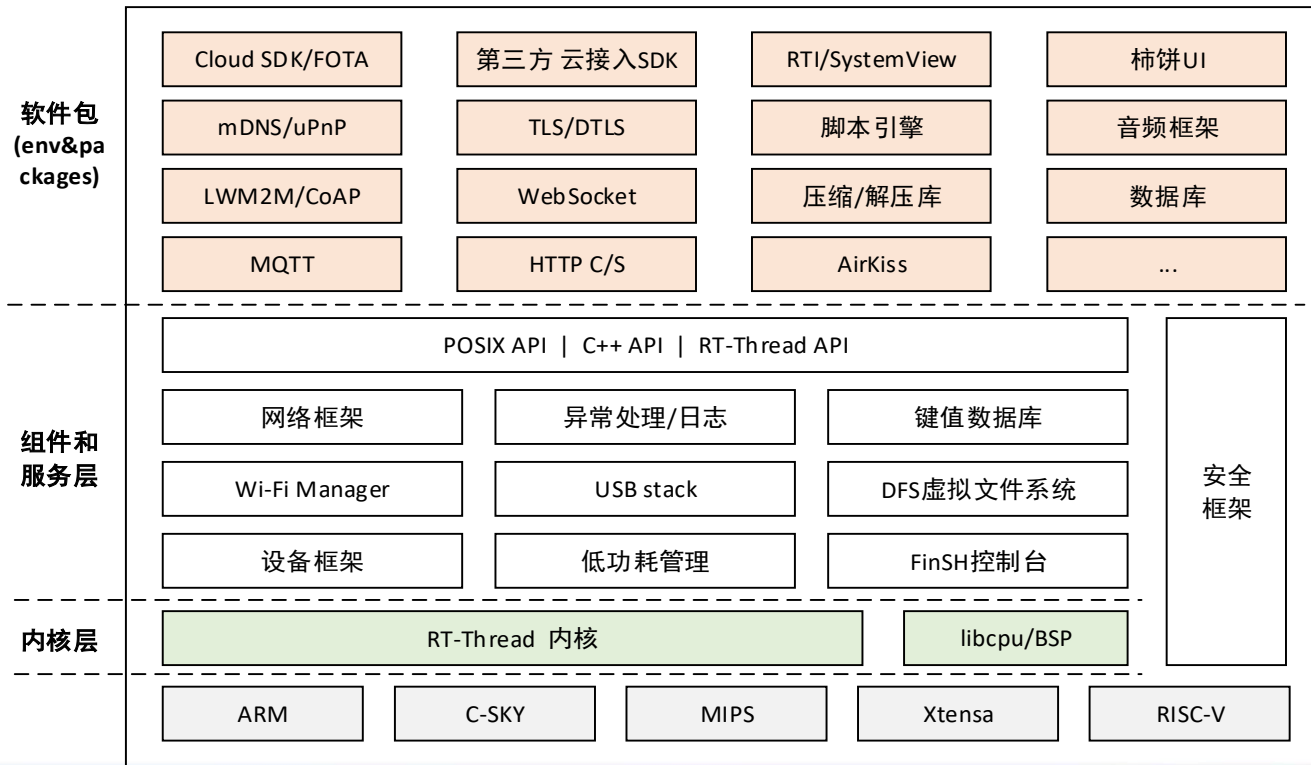
- 除了AWS，官方没有支持第三方云平台
- 物联网通信协议支持比较少
- 没有本地生态环境互动

RT-Thread的发展历程

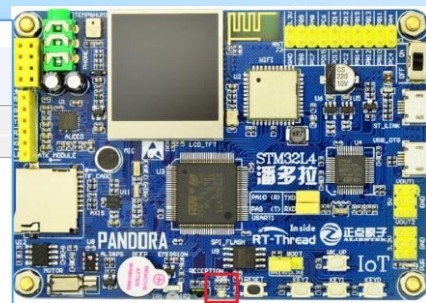
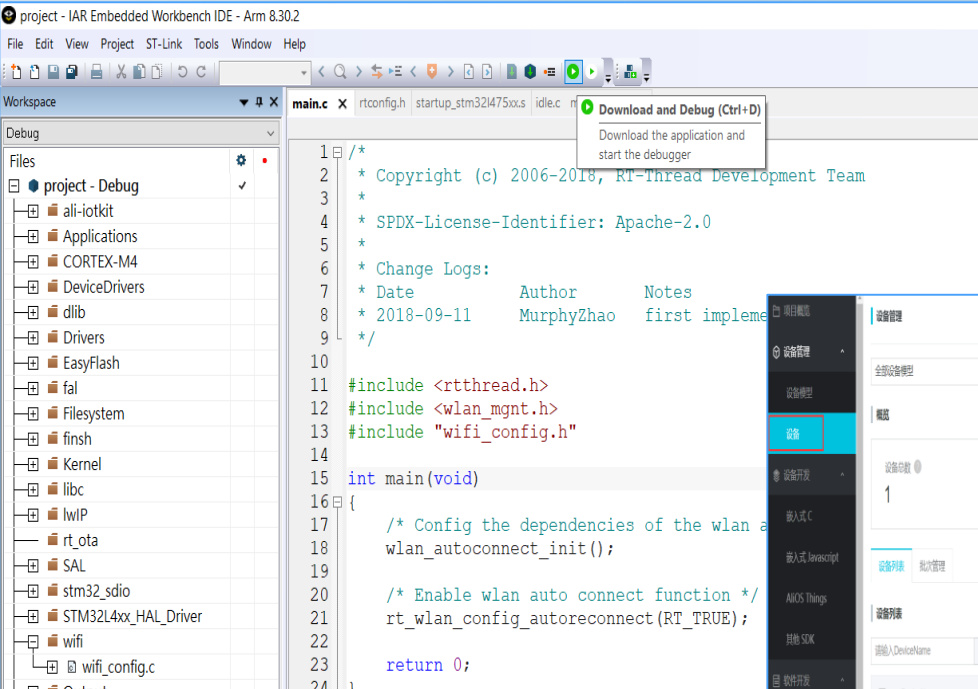
- 熊谱翔于2006年从零开始创建RT-Thread(RTT)开源实时操作系统项目，现在是上海睿赛德电子科技有限公司创始人。技术出身的他是一个性格沉稳、做事扎实的人。在他的坚持下，RT-Thread一点点完善和发展起来，在国内颇有影响力



RT-Thread 的架构



RT-Thread 接入阿里云物联网平台体验



正点原子潘多拉IOT KIT

```
msh />[I/cld] The device has been activated successfully!
[I/cld.mqtt] CloudSDK MQTT server is startup!
[I/cld] RT-Thread CloudSDK package(V2.0.0) initialized!
[I/WLAN.lwip] Got IP address : 192.168.1.107
[I/MQTT] MQTT server connect success
[I/MQTT] Subscribe #0 /device/51f001b55da1948c8/a83be33327714431/# OK!
[I/cld.shell] Web Shell : start up success.
```



阿里IoT云

RT-Thread 的优缺点

▪ **Advantages:**

- 由国人自主开发，是一个集RTOS内核、中间件组件和开发者社区于一体的技术平台，2017年获得融资后发展迅速！
- 集成不少Linux 特征和工具，比如内置CLI-msh 和裁剪 menuconfig
- 支持90余款MCU和MPU，架构覆盖架构 ARM-x86-PPC- RISV-V
- RT-Thread 是一家独立软件公司，不是云计算公司，开放支持第三方云
 - 移动的ONENET, 阿里云、微软Azure 和RT-Thread 自己云
- 开发者大会和开源社区，RT-Thread深受草根们的喜爱！

▪ **Disadvantages:**

- 全球独立嵌入式软件公司规模不大，IoT OS 在设备端很难有收费模式，商业模式是RT-Thread 发展主要问题，作为平台选择大公司会有所顾忌
- 缺少英文网站和资料介绍，国际上知名度不高！

物联网操作系统的比较

Huawei LiteOS

Amazon FreeRTOS

RT-Thread

OS	Huawei LiteOS	Amazon FreeRTOS	RT-Thread
License	BSD	MIT	APACHE
Architecture	ARM Cortex M	Many MCU	ARM/X86/RISC-V MCU and MPU
Program Language	C/C++ EXT JS	C/C++	C/C++ EXT JS ,Python and Mini Program of Wechat
IDE	KEIL/IAR	KEIL/IAR/CCS/GCC/e2studio/MPLAB	KEIL/IAR/GCC
Power management	Kenrnel Tickless	Kernel Tickless	RT-Thread PM
Program mode	Multi-Threading	Multi-Threading	Multi-Threading
Wireless Connection	WiFi/NB-IoT/CoAP/LWM2M2	WiFi/MQTT	WiFi/BLE/ MQTT
Security	DTLS	TLS/Security Socket/ Permission	TLS
OTA	FOTA	Full support and OTA abstraction layer	OTA example
Footprint	IOTSDK RAM 32k FLASH 128k	Kernel RAM 10K FLASH 12K	RT-ThreadNano RAM 1.04KB FLASH 3.25K
Middleware	Very few	TCP/IP,FAT and Many thirdparty	GUI/FAT/JAFFS/SqLite/CANOPEN/FreeModbus
CLI	~	FreeRTOS Plus CLI	mash
Reliability	~	FreeRTOS MPU and SaferRTOS	~

物联网操作系统发展趋势

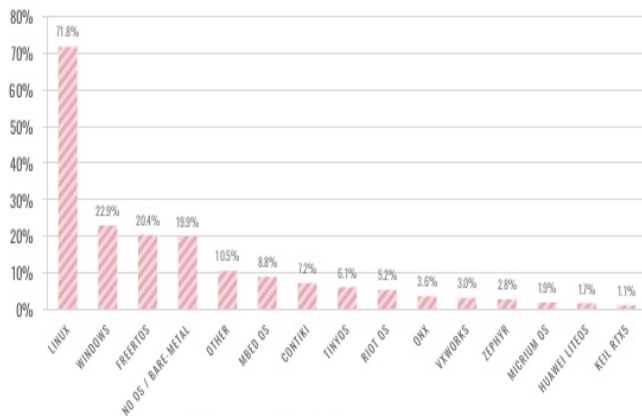
物联网操作系统的现状

- 目前活跃的IoT OS：ARM mbed、Huawei LiteOS, Amazon FreeRTOS, AliOS things, Zephyr, RIOT
- Linux、FreeRTOS 和 Android 还是主流



IoT OPERATING SYSTEMS

Which operating system(s) do you use for your IoT devices?



Copyright (c) 2016, Eclipse Foundation, Inc. | Made available under a [Creative Commons Attribution 4.0 International License \(CC BY 4.0\)](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

25

大公司在布局、小公司在投石问路

物联网操作系统发展新趋势

① 边缘计算

- ARM推出了Mbed Edge, 与ARM mbed Cloud和Mbed OS 组成边缘计算的IoT 方案； 华为有 LiteOS IEC 项目； 微软有Azure IoT Edge 与 Windows/Linux 和Sphere OS 配合； Amzon FreeRTOS 有边缘计算Greengrass 应用案例
- 人工智能技术将透过边缘计算与IoT OS融合起来

② 物联网安全

- 多数IoT OS 集成了Mbed TLS, IoT 云具备认证和证书管理
- 多数IoT OS 支持安全的OTA 机制
- 传统的信息安全技术无法适合IoT 安全, 需要产业链的通力合作: 芯片-云的完整方案
- 未来的物联网将一定信息安全和功能安全的融合体

总结

- 物联网操作系统一种面向“物”通讯软件和管理平台
- 物联网操作系统推动力来自企业和大众
- 物联网操作系统还需要长时间的市场培养
- 物联网操作系统成功的商业模式还待探索
- 物联网操作系统如何进入高校课程还是难题
- 物联网操作系统有三个重要部分：
 1. 嵌入式实时操作系统
 2. 物联网的通讯协议
 3. 物联网系统的安全

关于物联网OS研究才刚刚开始、欢迎大家参与

Thank you !

Any question please feel free to contact:

xiaoqinghe@live.com

@何小庆微博

www.hexiaoqing.net

