

物联网操作系统研究与思考*

Deep dive into operating system for IoT

作者 / 何小庆 嵌入式系统联谊会秘书长 (北京 100191)

摘要: 探讨了为什么需要物联网操作系统, 物联网操作系统的内涵与外延, 物联网操作系统的现状, 及发展建议。

关键词: 物联网操作系统; RTOS; Linux; Android

DOI: 10.3969/j.issn.1005-5517.2018.1.004

何小庆, 著名的嵌入式系统专家, 麦克泰软件公司创始人, 《单片机与嵌入式系统应用》编委会副主任。
*本文来源于“嵌入式系统联谊会主题讨论会(总第22次)——物联网操作系统现状与发展前景研讨会”上何小庆老师的报告, 已经过作者确认。该会议主办方: 嵌入式系统联谊会, 时间: 2017年11月12日, 地点: 北京航空航天大学。

1 物联网操作系统的产生

1.1 RTOS的发展历史

提到物联网操作系统(物联网OS), 肯定离不开嵌入式操作系统, 更离不开RTOS(实时多任务操作系统)。因为嵌入式操作系统的内核大都使用RTOS

来实现, 当然也有不用RTOS来实现的物联网OS, 例如谷歌Android Things、微软Windows 10 IoT Core 等。

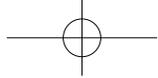
RTOS始于上世纪七十年代, 最早始于北美, 截至2017年约有30年的发展历史。兴盛时有几百家, 即使在今天在全世界范围当中也有几十家RTOS公司, 中国也有几家RTOS公司。

表1列举了一些依然活跃的公司(注: 指有商业公司对RTOS进行商业运作, 以提供产品或服务的公司), 并以时间排序, 也标注了近况, 例如有些已经被收购了, 诸如风河(Wind River)在2009年被英特尔(Intel)收购, 但其产品依然还在; 还有些产品被收

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	OS-9		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

RTOS始于70年代初 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

表1 RTOS发展史



Focus Technology

热门技术

趋势：嵌入式（设备）操作系统演进之路

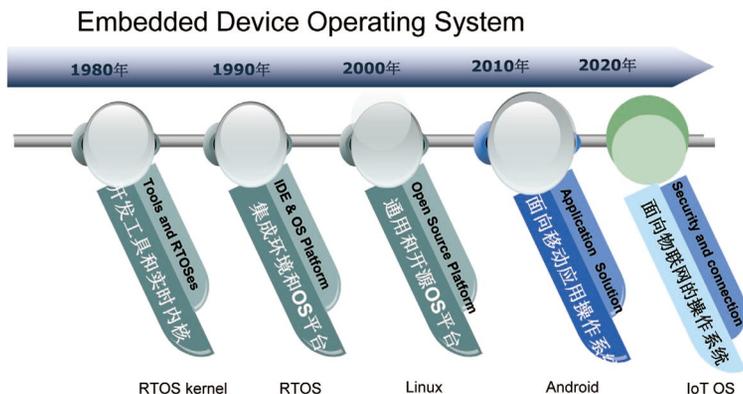


图1 嵌入式（设备）操作系统约每十年演进一代

购了，但产品基本上不存在了，诸如VRTX已经不存在了，pSoS被Wind River收购后也不在了。表1下面几列是几家较新的企业，例如Zephyr、NuttX等是新一代的开源嵌入式操作系统，也基本属于RTOS操作系统。

值得说明的是，中国也有几家不错的RTOS，除了熊谱翔先生创立的RT-Thread之外，中国最近有一家叫Sylix的RTOS公司，在一些军工的项目非常活跃^[1]。

1.2 嵌入式操作系统的演进之路

在我的《嵌入式操作系统风云录》书^[1]中，有1/3的章节详解了RTOS的历史，其结论是：嵌入式操作系统（也有称为设备操作系统，device OS）（注：含手机）从1980年开始计算，每隔十年大概会有一次革命，会产生一代具有标志性的嵌入式操作系统（如图1）。其中，上世纪80年代是RTOS kernel（内核），代表产品有uC/OS和FreeRTOS。上世纪90年代有RTOS，代表产品有Vxwork，因为Vxwork出来时没有把kernel单独拿出来，它把文件系统、网络、shell、甚至工具IDE（集成开发环境）都配置好了，打包给用户，让用户使用起来非常方便。

但进入2000年之后，以Linux为代表，通用OS（GOS）进入嵌入式领域，是通用型的甚至开源的。当然微软嵌入式Windows（注：指Windows 10

IoT Core）也是GOS。2010年之后是以Android（安卓）为代表。Android是面向移动应用的操作系统，因为Android最早的设计来自Andy Rubin，就是定位于使用Linux操作系统做手机，而在之前也有许多人为手机做过操作系统，例如Montavista，但是做得不是很好，甚至做起来非常困难。Android出来之后，其实也不是很容易，但到现在基本占了手机操作系统的八成的市场份额^[2]。

最新的是物联网操作系统。如果按十年为一个周期，2020年或许会有几家知名或者流行的面向物联网的操作系统出现。

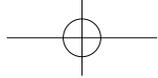
1.3 为什么需要物联网操作系统？

无论是传统嵌入式的还是通用的OS，都无法满足物联网的需求，因为物联网太复杂了，需要一个从端到云的整套解决方案。

2016年在德国纽伦堡举办的“嵌入式世界”大会上，风河公司在会议发言中列出了物联网设备有8大需求：模块可升级的架构，不同级别的设备软件可伸缩，物联网设备安全，虚拟化，性能和可靠性，连接性，丰富的UI，认证。这说明需要一种新型操作系统，或者需要在现有的嵌入式操作系统上进行改造，来满足物联网操作系统的需求。

目前市面上多数产品能够部分满足这8大需求，例如“模块可升级架构”，传统嵌入式OS是不能满足的；“UI”方面，RT-Thread的UI非常好；再有“认证”，目前很多国内OS产品还没有通过认证，因此如果用在工业领域里，这些产品可能还有距离。

物联网操作系统的概念始于2014年，但是直到2016-2017年才得到广泛的关注，根据Gartner预测的2017-2018年10大IoT技术，物联网操作系统（IoT Operating System）也位列其中（如图2），这说明至少从产业界对此有一个共识：物联网操作系统需要有人去做。



Gartner 预测 2017-2018 10 大 IoT 技术

- IoT Security
- IoT Analytics
- IoT Device Management
- Low-Power, Short-Range Networks
- Low-Power, Wide-Area Networks
- IoT Processors
- IoT Operating Systems
- Event Stream Processing
- IoT Platform
- IoT Standards and Ecosystem

图2 Gartner预测2017-2018 10大IoT技术
来源：Gartner

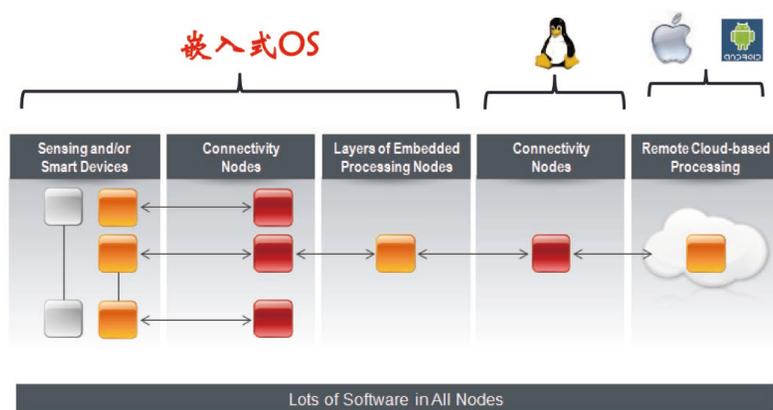


图3 物联网OS的分类

1.4 物联网OS的起源和发展过程

物联网操作系统起源于传感网的两个开源OS——TinyOS和Contiki。今天的IoT对二者有相当的继承性。至今还有个别的学校物联网专业仍在讲传感网的OS。Contiki项目目前依然还很活跃，因为其作者是Adam Dunkels，是为名人，他原来是瑞典工学院计算机研究所的博士，后来创立了Thingsquare公司，是LWIP/uIP项目的作者，这个项目现在一直是他在维护。欧洲一些高校关于传感网的课程还是基于该系统在讲。TinyOS是美国加州大学伯克利分校的开源项目，至今已经停止维护了。

2010年欧洲有了面向物联网的OS——RIOT，但影响力很小。

2014年物联网OS开始热闹起来。《连线杂志》(Wired)和IEEE的《频谱》杂志2014年对物联网操作系统都有报道。为什么是在此时？因为两家有影响

力的公司推出了产品，它们是：Arm的Mbed OS，微软的Windows 10 IoT Core。2014年10月陆续有一些小公司推出产品，包括Micrium公司的物联网方案Spectrum（基于uC/OS）、庆科发布MiCO OS。但有些产品还是换汤不换药，即把自己原有的RTOS增加一些功能组件，然后再对接一下亚马逊云或微软云等，就成为一套物联网的软件解决方案。

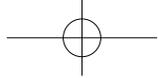
2015年华为发表了LiteOS，不过影响力有限。影响力最大的是2015年初谷歌在其“I/O 开发者大会”上宣布的Brillo OS。其诞生的背景是之前刚把智能家居设备公司Nest收购，因此很快能推出Brillo OS。现在谷歌要把Brillo OS改名为Android Things。这时业界热闹起来，大家都觉得物联网OS一定是下一个风口，一定要跟风冲。所以在此之后，阿里也有YunOS（注：不主要针对物联网市场，开始是手机，后来手机不成，就转做汽车）。

2016年Linux基金会推出Zephyr。我国的海尔在2017年1月CES（美国消费电子展）上展出了基于Ulhome OS的大冰箱，冰箱上镶了一个大平板（人机界面），海尔在冰箱旁边有了一个很大的宣传牌：Your Home OS。2017年10月，阿里在云栖大会上宣布支持IoT的AliOS。

1.5 物联网OS的分类

物联网OS涵盖从设备到网关、再到服务器、最后再到终端，只要有服务器/云和终端的地方都可以使用。由图3可见，一大类是嵌入式操作系统，另一类是Linux开源去做，还有一些是Android和苹果iOS（注：在此包含了手机）。

但是很有意思的是，据2016年IoT Developers Survey报告，Linux占70%以上的份额，其他小OS也不少，没有用操作系统的也很多。可见Linux和



Focus Technology

热门技术

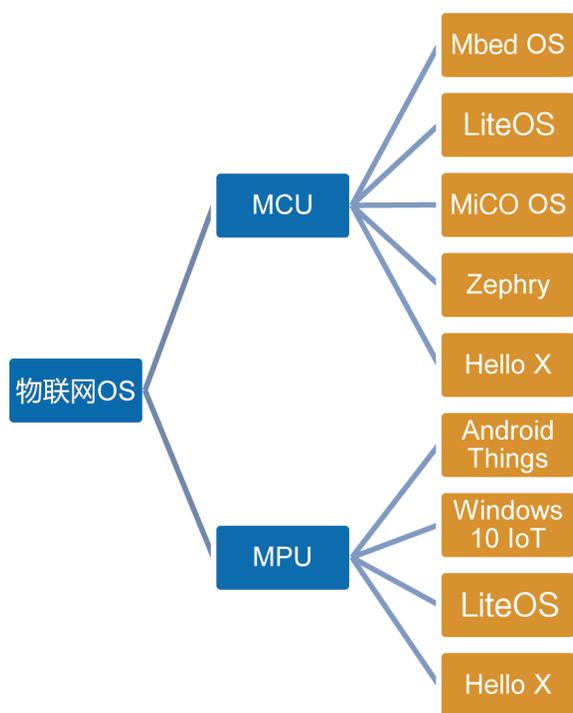


图4 为物联网而生的物联网OS的分类

Android的占有率是很高的。另外如果去看RTOS的机会，未来应该是通用OS的3倍，因为多数物联网设备将使用MCU 作为主控单元，MCU 无法运行Linux OS。

以上可见，目前物联网世界中是多种OS并存的。

2 什么是一个物联网操作系统？

目前在学术界很难找到物联网操作系统的定义。ELSEVIER出版社的杂志《Next Generation Computing System》计划出版IoT专辑——Special Issue on Internet of Things，该专辑的征稿说明中定义了物联网OS (IoT OS) 的一些关键特性，诸如协议设计和验证技术，还有模块、能耗、调度（基于能耗的调度）、硬件支持、架构、网络、协议栈、可靠性（即互通性）、通用API、实时性的能力等。

在产业界，微软网站称之为：The operating system built for Internet of Things（为物联网打造的操作系统），谷歌网站的Android Things谈

的不是OS，而是“Build connected devices for a wide variety of consumer, retail, and industrial applications，”大意是针对所面向的应用。Arm认为是开源的嵌入式的操作系统，是针对Thing（物）的设计，当然一定是包含Arm Cortex-M的物。

《嵌入式操作系统风云录》一书^[1]对物联网操作系统做出了一个基本定义，就是具备低功耗、实时性和安全的传感、连接、云端管理服务软件平台。前三个（低功耗、实时性和安全性）是技术，后三个（传感、连接和云端管理）是指从端到云的一套方案。

3 物联网OS的现状

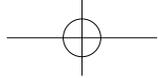
物联网OS目前的情况还是大公司在布局，小公司在投石问路^[3-5]。这是因为技术和产品好做，商业模式还需要很多摸索。

物联网OS可以分成两类：一类是为物联网而生的OS，即针对物联网去做的OS，之前并没有，代表产品是Mbed OS、MiCO OS、Android Things等，它们还可以再分成支持MCU和支持MPU（嵌入式处理器）的两种，如图4。

第二类是以嵌入式OS为基础，把它扩展成支持物联网应用的，这一类的最大市场份额是Linux和Android。除此之外，FreeRTOS经过加固、改造也能用于物联网应用^[6]，最近亚马逊推出Amazon FreeRTOS，uC/OS-III、ThreadX也可以用，例如瑞萨的Arm MCU平台——Synergy就是基于ThreadX。Vxwork称也有自己的嵌入式OS。Nucleus和RT-Thread 3.0等也都是适合物联网的OS。

但是目前市场上十余种物联网OS都处于发展初期。例如Arm Mbed OS已出了三个版本——1.0/2.0、3.0和5.0(最新是5.6.3)版本，但如果浏览Arm Mbed的官方网站，其中会有一句中文提示：Mbed操作系统仍处于开发阶段。说明Arm还是在摸索和发展中。

庆科MiCO OS的市场定位还处于调整期。MiCO OS商标没有了，之后庆科的MiCO SDK（软件开发



包)是以什么样的市场品牌出来?大家正在观望。因为如果只为自己的智能硬件模块提供SDK,不能称作物联网OS。一个操作系统要求能够支持不同的硬件平台,这是操作系统的最基本条件。

Windows 10 IoT Core在向云端发展。我参加过多次微软研讨会,认为微软更强调“云管端”的云,即上面的云怎么对IoT设备进行控制,而淡化操作系统在设备端的作用。

AliOS正在进入IoT市场。AliOS开始和恩智浦(NXP)和ST等公司合作。

MCU厂商在2015年之后与物联网OS的互动较少,例如ST没怎么宣传要支持Mbed,但是最近比较积极地表示要支持AliOS。

只有市场互动起来,才可能带动更多的用户来用。华为LiteOS也做了黑客松大赛,但目前用户和合作伙伴规模相对较小,依靠NB-IoT发展的策略偏于单调。

本节的结论是:很少看到和听到国内和国外企业宣传在使用某种物联网OS(注:这里指原生态的,诸如 Arm Mbed,而不是指本节开始所提到的第二类,诸如RT-Thread。因为第二类在物联网出现之前已经有了,因此已积累了很多应用和用户),传统的RTOS和Linux还是主流。当然,被用户接纳是一个漫长的过程,但如果这个过程有了,那么后期客户会愿意主动地用它,这种前仆后继的浪潮就会产生,像海浪似的一浪推着一浪。

4 思考与建议

第一,无论是物联网操作系统还是其他操作系统,一个操作系统的普及,需要很长时间的市場引导,用户不太会在短时间决定选用哪一种,也不会轻易更换。即客户换多家公司的芯片可能也比换一个操作系统容易,所以一旦用起来,操作系统的黏性/忠诚度是很高的。

第二,目前物联网OS的内涵和外延还不是很清晰。有一种趋势是厂商都想做大,那么对于规模相对

较小的团队,就要由小到大、由简到繁地展开,而不要什么都做、一步到位。例如RT-Thread的创始人熊谱翔先生称并没有做安全,这是一个很好的选择,因为安全又是另外一类技术,没有相当的技术储备和积累不一定能做,或许你可以从外部引入一些安全技术。

第三,重视物联网OS的安全研究。因为安全是物联网中必备的功能,所以如果有一套安全方案,还是会很吸引用户的。例如FreeRTOS也没有现成的安全方案,如果增加了安全功能,会更易吸引人们去使用这套物联网操作系统。

第四,高校对物联网操作系统的研究和关注还要加强。2017年我曾在几次物联网教育会议上介绍过物联网操作系统,认为反响不太大。传统的嵌入式操作系统的课程改进目前处于窗口期了,未来可能升级,现在有些学校也开始考虑开设基于RTOS的嵌入式课程。实际上物联网OS是有机会进入到高校的,因为进到高校之后才可能影响产业界,高校计划企业要积极主动。

最后,企业要想将物联网操作系统普及开来,需要注意以下两点。首先确定好物联网OS的边界,不要什么都做。其次还要坚持,例如有些企业做着做着就不开源了;有些企业刚开始时热热闹闹地做生态,之后不做了,因为做生态投资投入很大,很难短时间见到产出,因此一些企业做几次开发者大会后就停下了,回头还是去做大客户。

5 结论

随着物联网应用落地和逐渐成熟,物联网OS正在兴起,目前处于百花齐放的繁荣期,产业届需要耐心培育。



参考文献:

- [1]何小庆.嵌入式操作系统风云录[M].北京:机械工业出版社,2016
- [2]Kantar. 2017年中国智能手机市场Android份额高达87%[R/OL].(2017-5-12).http://tech.sina.com.cn/roll/2017-05-13/doc-ifyfecvz1148686.shtml
- [3]江文瑞,何小庆.嵌入式计算设备[J].单片机与嵌入式系统应用,2014(9)
- [4]何小庆.物联网操作系统浅析[J].单片机与嵌入式系统应用,2015(1)
- [5]江文瑞,何小庆.物联网与实时操作系统[J].单片机与嵌入式系统应用,2014(12)
- [6]何小庆.谈谈FreeRTOS及其授权方式[J].单片机与嵌入式系统应用,2015(10)