



嵌入式实时操作系统TRON

何 冰

摘要：目前嵌入式系统已经渗透到我们生活中的每个角落，工业、服务业、消费电子……。作为目前世界上应用最多的操作系统之一，TRON系统也渐渐被人所熟知，凭借其优势，其后继产品也将大量运用于将来的泛在网上。

关键词：嵌入式、实时操作系统、TRON、ITRON、T-Engine/T-Kernel

The Embedded Real-time Operating System-TRON

He Bing

Abstract: Embedded systems have now penetrated into every corner of our lives, industry, services, consumer electronics As the world's most widely used operating systems, TRON system has gradually been known, with its advantages, its successor will also be applied to the future Ubiquitous Network.

Keywords: Embedded type, Real-time Operating System, TRON, ITRON, T-Engine/T-Kernel

1 概述

TRON是一项开放式的实时操作系统内核设计项目，它是"The Real-time Operating system Nucleus"（实时操作系统内核）的缩写。该项目由东京大学的坂村健教授于1984年发起，宗旨是为全社会的需要开发一套理想的计算机结构和网络。

到2003年，TRON系统（更具体地说是由TRON发展出的ITRON）是世界上应用最多的操作系统之一，出现在数以百万计的电子设备上。虽然在世界范围内该操作系统的应用也越来越多，但目前日本企业是它的主要追随者。

1.1 TRON的发展

TRON系统规范的目的是想构筑一种理想的计算机结构，实现新的计算体系——“普遍存在的计算环境”，亦称“泛在计算环境”。所谓“泛在计算环境”是指将微型计算机嵌入到日常生活中的所有机器、设备、工具中，通过网络相互通信，协调运行，以实现高度计算机化的社会环境。为了使计算机嵌入到包括移动通信器等在内的各种机器中，需要这种计算机结构必须小型化并有很好的实时性能。为此，1984年坂村健提倡由产业界与学术界联合启动了“TRON项目计划”。

“TRON项目计划”推行了20年，先后推出了ITRON（嵌入式系统用实时操作系统规范）、JTRON（Java与ITRON的混合操

作系统规范）、BTRON（计算机及手机信息终端等最终客户直接操作的操作系统规范体系）、CTRON（以通信控制及信息处理为目的的操作系统接口规范）及TRON HMI（面向各种电子机器的人机界面标准）等规范。

由于用TRON作为实时操作系统的嵌入式计算机结构的实时性能超群（与PC机相比实时响应速度要快1000倍），被广泛应用于汽车电子、移动电话、传真机、电视机、录像机、数码相机和其他数字家电等多个领域，成为低价高性能嵌入式系统的典范。将来也有可能成为卫星控制、工业控制、医疗器械等领域的重要技术。

1984年：TRON项目正式启动。

1985年：NEC公司宣布基于ITRON/86规范第一个实现了ITRON操作系统。

1986年：TRON 居议会（不联盟的TRON协会）正式成立。日立公司发布了基于ITRON/86K规范的系统。第一届TRON论坛举行。

1987年：富士通公司发布基于ITRON/MMU规范的系统。三菱电器发布基于ITRON/32规范的系统。日立公司在Gmicro/200 32位微处理器上实现TRON VLSI CPU规范系统。

2003年底, 微软加入TRON阵营, Windows CE与TRON系统开始兼容。

1.2 TRON系统的结构

TRON规定了设计内核的接口和规范, 它本身并不指定内核的源代码。所以基于这个规范, 不同的公司都可以根据自己不同的微处理开发自己的TRON操作系统版本。

TRON规范是可以公开获取的, 但是基于TRON规范开发出的源代码并不被要求公开。这一点与GNU公共许可证不一样。TRON项目允许基于TRON的源代码成为专利软件。

TRON框架为各种不同的计算单元定义了完整的结构。TRON系列目前包括面向嵌入式系统的ITRON、面向Java实现的JTRON、用于较大系统(如PC和PDA)的BTRON和针对通信系统的CTRON。

(1) ITRON (Industrial TRON): 为嵌入式系统设计的实时操作系统结构, 是运用最广泛的TRON结构

(2) JTRON ITRON的一个子项目, 可以使用Java平台

(3) BTRON (Business TRON): 为个人电脑, 工作站, 个人数字助手(PDAs)设计的结构, 主要用于ITRON结构网络系统的人机界面

(4) CTRON (Central and Communications TRON): 为主流电脑, 数字交换设备设计的结构

(5) MTRON (Macro TRON): 分布式计算中不同TRON系统间通信

2 TRON

2.1 ITRON的发展及应用领域

操作系统(OS)技术规范差别之大及实用微控制器品种之繁多, 使RTOS(实时操作系统)的标准化成了一个大问题。另外, 低档微控制器硬件资源的欠缺, 也使软件开发成为难题。设在东京的Industrial TRON(the RTOS Nucleus, 实时操作系统中心)或叫ITRON(工业实时操作系统中心), 组织制订嵌入式系统RTOS的标准。该组织于1987年发布了第一个ITRON规范, 即ITRON1。其后, 又着手开发针对8位和16位 μ C、有较小的功能集的 μ ITRON规范和用于32位处理器的ITRON2规范, 并于1989年发布了 μ ITRON和ITRON2两个技术规范。

μ ITRON规范是ITRON规范高度深缩后的一种版本。设计师们不仅在8位 μ C上而且也在16位和32位 μ C上实现了 μ ITRON规范OS。ITRON的创始人是想把嵌入式系统的RTOS规范标准化, 他们不得不在优化硬件系统和提高软件效率之间权衡。

ITRON是在TRON基础上提出的实时多任务系统规范。它具有标准的实时内核, 适用于任何小规模嵌入式系统, 日本国内现有很多基于该内核的产品, 其中消费电器较多, 目前已成为日本事实上的工业标准。ITRON和日本的精密机械工业相结合, 使日本在数据系统、工业机器人、办公机器方面处于世界领先地位。

ITRON系统具有以下特点: 多任务支持、事件驱动基于优

先级的调度、任务间的通信与同步、实时时钟控制、完全可抢占内核实时响应。

ITRON系统的主要应用领域集中在娱乐/教育设备、通信设备、AV设备、测量仪器、医疗设备、航空设备的数据收集以及数据计算系统、家用电器等。在上述应用领域中, ITRON规范的操作系统的的使用率比较高, 普遍超过40%, 除去其中没有使用操作系统的设备, 这些领域中的ITON的使用率将超过60%, 因此ITON规范的操作系统的还是得到了广泛的认可和应用的。

2.2 ITRON的系统构成

ITRON系统主要由内核、接口库、辅助工具这三个基本子系统组成。

内核: ITRON的核心部分, 和处理程序一起组装到目标系统中, 进行实时、多任务控制。主要包括调度程序、Task管理、同步管理、初始化以及各种资源的管理等。

接口库: 用外部函数的形式提供系统服务, 实现将外部函数形式发行的系统调用转变为内核识别管理的形式的接口程序。

辅助工具: 包括编译工具、Task Debugger等, 为用户方便使用系统提供了可能。

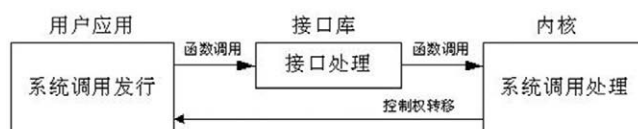


图1 ITRON系统

2.3 ITRON的体系结构

建立在ITRON基础上的系统根据功能来分层, 每一层都使用下一层提供的功能, 系统硬件构成了系统的最底层, 紧接着上一层包括了最简单的大多是硬件相关的操作系统, 功能最上层是应用程序。



图2 ITRON的体系结构

3 T-Engine/T-Kernel

TRON项目为了向世界推广, 一直采用自由开源、弱标准化的方针, 也曾经出现过多种版本的开发环境及操作系统式样。随着嵌入式系统的高功能、网络化、高度HMI化, 软件开



发和调试都变得非常复杂。TRON相关软件的可移植性、可重用性出现了问题。加之嵌入软件开发技术人员严重不足，缺乏可以兼容的软件中间件。

为了实现更为有效的实时操作系统的嵌入式计算结构，TRON项目启动了T-Engine项目。T-Engine是为了在短时间内高效开发实时嵌入式系统而设计的，由标准化硬件结构(T-Engine)与标准开源实时操作系统核心(T-Kernel)组成的嵌入式系统的开放式标准平台。

在T-Engine开发过程中，搭载的CPU为可变的，而规定了其他硬件结构规范、操作系统核心界面规范、对象数据格式规范等要素，使TRON在标准化的基础结构上，具备充分的外围资源及开发环境。这个开放式标准平台结构的最大目标是将CPU从基础结构中独立出来，使在T-Kernel上开发的中间件可不依存于CPU结构而移植。

T-Engine由硬件和软件环境组成，其中软件环境又包括设备驱动、中间件、开发环境、安全系统等部分，是一个完整的嵌入式计算平台系统。

3.1 T-Engine 硬件结构规范

根据应用范围，T-Engine硬件平台分为以下4个系列产品。

(1) 标准T-Engine (标准T引擎)

面向便携型信息机器及高功能手机电话等，软件规模比较大，且硬件资源也较丰富的嵌入式机器的开发平台。T-Kernel与MMU一起运行。

(2) μ T-Engine (微型T引擎)

面向家电及计量测绘机器等，软件规模较小的嵌入式开发平台，T-Kernel可以以没有MMU的模式运行，主要是为了进行机器控制的开发用平台，用于可移动信息机器、家用电气及计量测绘机器等的设计开发。

(3) nT-Engine (微毫T引擎)

用于照明器具、开关、锁、阀门等小型家电机器中使用的硬币大小的嵌入式机器平台。

(4) pT-Engine (微微T引擎)

为了在传感器节点及静止物体控制中使用的单个芯片机器的平台。它根据低耗电型的无线协议进行数据的收发，可以组装到泛在计算环境的所有物体中。

3.2 T-Engine软件结构规范

T-Engine的软件环境主要包括T-monitor、T-Kernel、T-kernel的各种扩展、标准设备驱动以及中间件等外围软件几个部分。

(1) T-monitor

作为启动实时OS核心及支援调试的软件。实现对T-Engine的基本操作，包括运行应用程序，将其载入内存，功能类似于系统中的BootLoader。

(2) 标准设备驱动

一种用来吸收每个T-Engine机器的硬件差别的软件。在

T-Engine上搭载的标准的驱动，规定了标准的API规范。另外，为了便于开发新设备以及专用设备的驱动软件，还将公开设备驱动的参考代码。

(3) 中间件

指在T-Kernel上运行的各种中间件，包括各种网络用的协议堆栈、文件系统、日语处理、假名汉字变换、eTRON相关的安全软件、GUI、声音处理、Java等。为了保证中间件的兼容性，这些可以组合的中间件信息根据T-Format在T-Engine计划的数据库中集中管理，并根据T-Licenst的规定利用T-dist体系广泛传播配发。

(4) 开发环境

在T-Engine基础结构规范中，不对开发环境进行标准化。但为了确保软件的兼容性，有必要规定源代码及二进制代码的标准规范形式。因此，关于源代码及对象代码的形式，规定以gcc中的内容为准。

3.3 T-Kernel

T-Kernel也是坂村健提出的，并是以T-Engine系统为核心的一款免费标准开源的实时操作系统，T-Kernel继承了 μ ITRON的技术，并进一步强化了实时OS。T-kernel是在标准T-Engine、 μ T-Engine上运行的标准实时操作系统核心软件。其优点是：第一，对外部要求的高速应答（实时性能）；第二，可以通过动态资源管理功能及单源码原则等，实现在T-kernel上构筑的中间件及应用软件的高度兼容性。它是单一源代码软件，具有强标准化特点。

T-Kernel从功能上可以分为T-Kernel/OS (Operating System)、T-Kernel/SM (System Manager) 和t-kernel/DS (Debugger Support) 3部分。

(1) T-Kernel/OS是T-Kernel的核心部分，实现其任务管理和同步控制等作为实时OS的基本功能。相当于过去 μ ITRON功能部分，主要由T-Kernel/OS负责。

(2) T-Kernel/SM提供设备驱动程序和系统内存的管理等系统总体管理功能，其功能是在T-Kernel中由 μ ITRON扩展的功能。

(3) T-Kernel/DS提供调试器开发工具的功能，因此，如果进行通常的编程，就不需要意识到T-Kernel/DS的存在。

为了提供更广泛功能的OS的扩展部分，T-Kernel提供了强大的扩展功能，分为“自身扩展部分”(Native Extension)与“移植扩展部分”(Ported Extension)两种。自身扩展部分包括有T-Kernel/TE(Tiny Extension)、T-Kernel/SE(Standard Extension)和T-Kernel/EE(Enterprise Extension)三种。移植扩展部分是将已有的中间件及Kernel移植到T-Kernel上的部分。现在已经开发出或者正在开发的有以下一些：Windows CE、.NET/T-Kernel、T-Wireless、T-Java、T-Linux、T-Integrator等。

4 TRON的普及及应用

2009年12日，中国政府设立了“T-Engine Forum China”

(暂称), 主要参与者为中国科学院计算技术研究所和中国家用电器研究院。另外, 一个关于TRON的技术支持中心在新加坡成立, 以应对来自世界各国的T-Engine/T-Kernel用户的各种技术疑问。欧盟支持的一个RFID相关技术研究项目组“CASA-GRAS”讨论了uID架构, TU-U(国际电信联盟远程通信标准化组)也建议将uID的若干技术制定成国际标准。

T-Engine的设计目标就是随时随地的计算, 组网的目的也是为了计算。它的这种泛在计算环境特性十分适合应用于智能家居。为了获得舒适便利的居住环境, 在住所安装各种nT-Engine设备和pT-Engine传感器, 它们通过有线或无线的方式相互通信, 构成大规模的分布式处理系统。光线弱的时候, 光线传感器将通知灯光控制器开启照明; 当气温不在设定的舒适范围时, 温度传感器将通知空调控制器开启空调, 同时还可以对空气湿度、空气质量等进行监控; 当发生火灾时, 烟感等传感器会通知发出报警信号, 报告着火位置, 并做出相应的处理, 如开启喷水消防管等。佩戴有电子标签的人在室内活动可被完全监视, 房门可自动开启或禁入, 钟爱的音乐会自动响起, 还可以通过声音等方式直接控制各种家用设备。当人们离开家时, 同样可以通过通信网络掌控家中的一切。

自1989、2008年的活动以后, 2009年8月, TRON项目在中国台湾的台北市设立了u-home, 这是一个电脑住宅的第三个版本。电脑住宅项目的目的是研究如何通过利用泛在技术使得人类的住宅不仅高度环保, 而且居住方便舒适。电脑住宅系统构建的传感器网络可以追踪识别人在室内的所处位置, 如果人不在室内就会自动将照明系统关闭; 还可以将电力消费情况实时显示在终端等。电脑住宅系统构建的网络包括了开关, 传感器, 执行机构, 服务器等等, 该网络按照由芬兰研究推广的水平分布式系统构成法“NoTA”(Net-

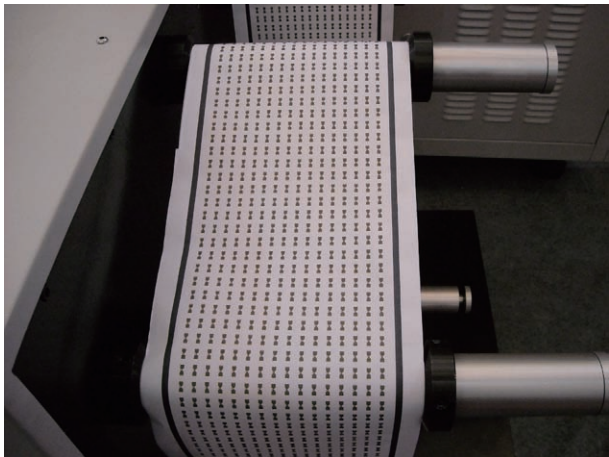
work on Terminal Architecture)来建立。从2008年开始, TRON项目与芬兰政府展开合作, 研究NoTa与T-Kernel技术的结合应用, 新版本的电脑住宅系统可以看作是研究成果之一。

在工业上, TRON也有着广泛的应用。基于TRON的泛在代码标签(Ubiquitous code tags), 可作为RFID或超微型传感器安装在各种各样的物体中。由于体积的限制, 泛在代码标签存储信息有限, 大量的信息被存储在网络数据库中; 通过各种泛在通信器(Ubiquitous Communicator)读取代码标签的身份信息; 然后通过有线或无线网络查询分布式关系数据库, 获取更详尽的信息; 通过地址协议、网关或高速缓存保证了查询的高效性。除了条形码这种被动式的信息读取外, 泛在代码标签还可实现主动式的信息交互, 在数据安全性和可操作性方面优势明显。这样也就实现了实时的泛在身份(Ubiquitous ID)系统。这种泛在身份技术已经应用在食品追踪系统中, 利用它可以获取食品在生产、加工、运输、销售和消费全过程的详细信息, 不仅用来提高物流效率, 还可有效地加强食品安全管理。TRON的架构特点及实时的优点使之成为连接虚拟信息世界和真实世界的桥梁。**RFID**射频世界

参考文献:

- [1] 嵌入式实时操作系统TRON及其应用综述
- [2] 刘巍, 黄秋元, 陈伟, 实时操作系统工业标准ITRON的分析[J], 中国电子科学院研究院学报, 2006年4月
- [3] 蒲勇, 周兴社, 王宇英等, 实时嵌入式开放标准平台T-Engine及其应用[J], 计算机集成, 2008年9月
- [4] http://baike.baidu.com/view/2351085.html?tp=1_11
- [5] <http://zh.wikipedia.org/wiki/TRON>

RFID芯片封装的STRAP(搭桥)方式悄然升温



大连佳峰电子成功开发封装设备



日本哈理资的封装速度仍是世界之最