

实时嵌入式开放标准平台 T-Engine 及其应用

蒲勇^{1,2}, 周兴社^{1,2}, 王宇英^{1,2}, 张凯龙^{1,2}

(1. 西北工业大学计算机学院, 西安 710072; 2. 陕西省嵌入式重点实验室, 西安 710072)

摘要: T-Engine 是构建泛在计算的下一代实时嵌入式标准开放平台, 由标准化硬件结构 T-Engine 和标准开源实时操作系统核心 T-Kernel 组成, 平台速度快、可移植性强。该文介绍 T-Engine 软硬件结构规范, 并通过基于指纹识别的便携式信息查询系统设计, 给出平台在嵌入式开发中的应用。测试结果表明, T-Engine 平台能够很好地满足系统在体积、功耗以及实时性方面的要求。

关键词: T-Engine 平台; 实时嵌入式系统; 泛在计算; 指纹识别

Real-time Embedded Open Standard Platform T-Engine and Its Application

PU Yong^{1,2}, ZHOU Xing-she^{1,2}, WANG Yu-ying^{1,2}, ZHANG Kai-long^{1,2}

(1. School of Computer, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072;

2. Embedded System Key Lab of Shaanxi, Xi'an 710072)

【Abstract】 T-Engine is an open standard platform for next generation real-time embedded system of ubiquitous computing system, which consists of standard hardware architecture T-Engine and standard open-source operating system kernel T-Kernel. It has excellent performance in executing speed and porting. This paper introduces the specifications of T-Engine hardware and software. An instance for the platform's application in the area of embedded system development is given according to the design of a portable individual information searching system based on fingerprint recognition. The results show that the T-Engine platform meets the demands in system volume, power restrict and real-time requirement.

【Key words】 T-Engine platform; real-time embedded system; ubiquitous computing; fingerprint recognition

1 概述

T-Engine 是面向泛在计算(又称普适计算)环境的下一代实时嵌入式系统标准构架。其前身是计算机操作系统规范 TRON(The Real-time Operating system Nucleus), 目的在于构筑一种理想的计算机结构, 实现“泛在计算环境(ubiquitous computing environment)”^[1]。经过多年发展, TRON 已成为日本电子产业现行的基础构架, 占据了全球微处理器操作系统市场超过 60% 的份额。

和常见的嵌入式实时系统相比, T-Engine 实时性和可移植性强, 自由而开放。遵循相应规范, 用户可根据需要, 随意构建系统; 同时, 用户可以免费获得操作系统核心, 并直接将其应用于商品中, 而不需要公开自己的源码。T-Engine 对开发板级的硬件进行标准化, 但搭载的 CPU 是可变的, 因此, 要对某个系统进行移植, 只需要重新编译源文件即可。

基于 T-Engine 的 UID(Ubiquitous ID)技术已成为目前世界上主要应用的两种 RFID 标准之一, 被广泛应用于智能家居、食品/药品跟踪管理, 泛在导航、生物特征电子支付、后勤保障、物流以及多媒体图书等各个领域。

2 T-Engine 硬件结构规范

对于不同应用, T-Engine 系统硬件规范不尽相同, 但共享标准化功能规范, 以确保相同软件可以运行于不同系统上。一方面, T-Engine 硬件系统规范严格定义并标准化了开发板的尺寸、连接器类型, 以加强扩展板的复用性; 另一方面, 规范允许并推荐基于不同的物理规范来安装产品系统, 只要

满足功能规范即可。对于不同的 CPU, T-Engine 论坛发布了融合各种不同微控制器总线的开放式 FPGA 逻辑架构。采用这种接口逻辑, 即使改变内核芯片, 在 T-Engine 主板上开发的软件仍可应用于新内核。

T-Engine 拥有 4 个不同级别的硬件类别, 用户可以根据应用对象尺寸和功耗的不同, 选择合适的开发平台。

(1)标准 T-Engine: 适用于便携式信息处理设备、多功能通信设备等软件规模较大, 硬件资源也相对较丰富的嵌入式开发平台。适用的设备通常具有图形显示和输入设备, 并具备无线通信功能。平台开发板的尺寸大小为 75 mm×120 mm, 需要 LCD, MMU, USB 以及串口等通用接口。

(2)mT-Engine(micro T-Engine): 面向家电及计量测绘仪器等软件规模较小的嵌入式开发平台, 平台的尺寸大小一般为 60 mm×85 mm, 不需要 MMU。对于扩展板接口, 使用与标准 T-Engine 相同的规范和操作系统核心 T-Kernel。

(3)nT-Engine(nano T-Engine): 用于照明器具、开关等小型家电, 是一款低价且只有硬币尺寸大小的硬件平台。它包括一个处理核心, 网络接口, 并具有外设扩展功能, 可作为标准硬件或处理核心, 结合必要的外围硬件来构建一个功能

作者简介: 蒲勇(1981 -), 男, 硕士研究生, 主研方向: 嵌入式系统; 周兴社, 硕士、博士生导师; 王宇英, 助教、博士; 张凯龙, 讲师、博士

收稿日期: 2007-12-25 **E-mail:** puyong@mail.nwpu.edu.cn

更复杂、运算能力更强的目标系统。

(4)pT-Engine(pico T-Engine)：这是一个在传感器节点及静止物体控制中使用的单芯片机器平台，仅仅只有毫米大小。根据低功耗无线协议进行数据收发，可以嵌入到泛在计算环境的所有物品中。和单纯RFID不同的是，pT-Engine具有处理能力，它能利用电磁感应获得能量来驱动芯片运行^[2]。

3 T-Engine 软件结构规范

T-Engine软件结构规范主要包括：T-monitor, T-Kernel, T-Kernel标准扩展，设备驱动，以及中间件和应用软件^[3]。其结构如图1所示。

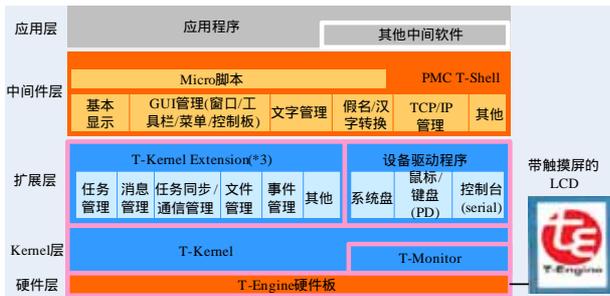


图1 T-Engine 基本结构

(1)T-monitor：作为启动实时 OS 核心及支持调试的软件，实现对 T-Engine 的基本操作，包括运行应用程序、将其载入内存，功能类似于其他嵌入式系统中的 BootLoader。

(2)T-Kernel：运行于标准 T-Engine/ μ T-Engine 硬件平台上的标准实时操作系统核心软件。与其他开源软件所不同的是，它是单一源代码软件，具有强标准化特点，以保证其作为各种中间件发布的平台。获取源码后，用户可以对其进行任意修改并用于自己的系统中，用其开发的产品软件也不要求源码公开。

(3)T-Kernel 标准扩展：它是提供更高级的标准功能的自身扩展部分，使得 T-Kernel 能够使用诸如内存管理、多任务管理、进程通信与同步、文件系统等多种高级功能。分为“自身扩展(native extension)”部分与“移植扩展(ported extension)”部分。自身扩展部分包括 T-Kernel/TE(Tiny Extension), T-Kernel, T-Kernel/EE(Enterprise Extension)。

(4)设备驱动：用来吸收不同 T-Engine 平台的硬件差别，在 T-Engine 上搭载的标准驱动规定了标准的 API 规范，用于屏蔽各种硬件异构性。

(5)中间件：在 T-Kernel 上运行的各种中间件，通过用户定义的系统调用、应用任务和 T-Kernel 库，为应用软件提供服务，包括各种网络用的协议堆栈、文件系统、GUI，以及声音处理。

4 基于指纹识别的个人信息查询系统

作为一个开放式实时嵌入式开放平台，T-Engine 系统成本低、功耗小、开发快、运行稳定、在实时任务调度和信号处理上具有强大的功能，可广泛应用于各种便携式设备的二次开发与算法设计。

以基于指纹识别的个人信息查询系统为例，说明该系统在网络化嵌入式系统开发中的应用。

4.1 系统总体硬件结构

该系统由 T-Engine/SH7727 硬件评估板、FPS200 指纹传感器、T-Engine/SH7727 网络扩展板，以及指纹模板存储服务器组成。该系统总体硬件结构如图2所示。

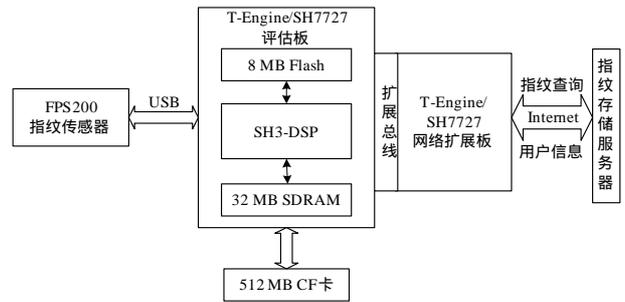


图2 指纹识别系统总体硬件结构

(1)T-Engine/SH7727 硬件评估板：它由日本 PMC(Personal Media Corporation)公司遵循 T-Engine 硬件规范设计开发。采用瑞萨 SH3-DSP 处理器，内部时钟频率 96 MHz，支持 MMU，并拥有 8 MB Flash, 32 MB SDRAM，以及 240 mm \times 320 mm TFT 256 色彩色触摸屏，同时，评估板还提供丰富的外围扩展接口，如 USB, PCMCIA 插槽。在平台上运行 T-Kernel 实时操作系统，对获取的图像做处理运算，具有处理速度快、实时性强、功耗低、开发简单等特点。

(2)FPS200 指纹传感器：它是基于标准 CMOS 工艺的触摸式指纹传感器，其传感区域为 1.28 cm \times 1.50 cm，256 \times 300 传感阵列，500 dpi 分辨率，内置有 8 bit 的 ADC，可直接输出数字化图像信号，用 8 bit 表征一个像素点，一幅指纹图像只需 75 KB 存储空间。且有微处理器、SPI 和 USB 总线 3 种接口模式可供选择。系统向 FPS200 相应的寄存器中写入控制字，对采集指纹的参数进行设置，其中最主要的是 DCR, DTR 和 PGC 这 3 个寄存器的参数设置，参数不同，得到的指纹图像质量也不同^[4]。

(3)T-Engine/SH7727 网络扩展板：它是对 T-Engine 平台硬件功能的扩展，将评估板的扩展总线与评估板相连，对系统提供网络支持。用户可通过 PMC 公司提供的中间件 PMC T-Shell/sh7727 来进行驱动和 TCP/IP 应用开发。

(4)指纹模板存储服务器：通过数据库方式来分类存储指纹模板，并响应 T-Engine 终端的指纹查询请求，将指纹模板与查询结果相匹配的用户信息发送到终端，通过显示屏显示出来，供用户进行信息比对。

4.2 指纹识别过程

指纹识别过程如图3所示，分为图像预处理、细化处理、特征提取和特征匹配这4个阶段^[5]。

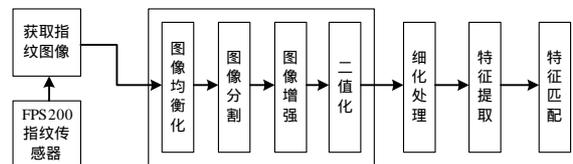


图3 指纹识别过程

(1)图像预处理。包括4个步骤，即图像均衡化、图像分割、图像增强和二值化。

(2)指纹细化处理。是指图像二值化后，在不影响纹线连通性的基础上，删除纹线的边缘像素，直到纹线为单像素宽为止。

(3)指纹特征提取。从细化后的二值化图像中寻找核心点、三角点、基本纹路形状等总体特征及端点、交叉、口形等指纹细节特征，并将这些形状数据、点的类型以及点的位置作为该指纹图像的特征点存储下来。

(4)指纹特征匹配。匹配两幅指纹图像就是比对两幅图像的总体特征和细节特征的相似性。

4.3 基于指纹识别的个人信息查询系统软件设计

在系统操作过程中,友好的人机界面也很重要,通过平台提供的触摸屏,用户可以方便快捷地进行人机对话,如用户个人身份码认证(PIN),指纹指纹库管理与维护以及指纹信息查询。在本系统中,采用 WideStudio 来开发触摸屏界面,它是一种平台无关的界面开发解决方案,后台程序采用 Linux GNU 开发环境结合 PMC T-Shell 中间件的方式进行开发。整个信息查询软件设计流程如图 4 所示。图中的结构体 PersonInfo 是存储用户指纹图像和用户信息的结构体。

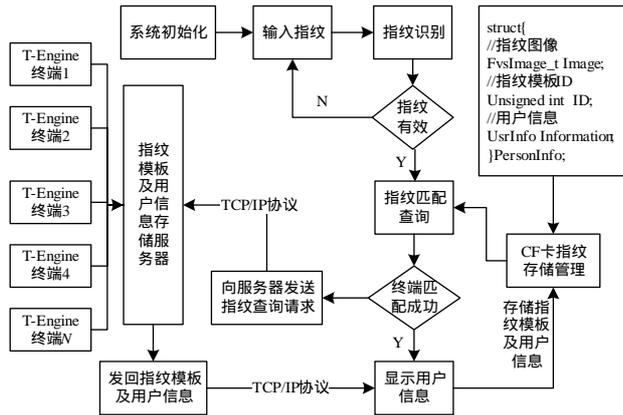


图 4 个人信息查询系统主要程序流程

本指纹识别系统采用单机识别与网络查询相结合的设计模式,T-Engine 平台上运行指纹采集和指纹识别程序,其中,Flash 作为程序存储器,外接一个 512 MB CF 卡作为数据存储器,用于存放经常被查询的指纹模板和用户信息,卡中数据采用双向链表的方式进行管理,并根据被查询的频率进行

排序。当系统采集到用户指纹后,先与 CF 卡中存储的指纹模板进行比对,如果能够找到匹配指纹,则直接将对应用户信息显示出来,如果无法找到,则将该指纹信息通过网络发送到指纹存储服务器进行查询,并将查询结果反馈到终端,同时,将数据存储在 CF 卡上,若 CF 卡存储空间已满,则采用 LFU(Least Frequently Used)算法进行替换。指纹存储服务器采用多线程和指纹队列机制,可同时为多个终端提供查询服务。采用这种设计,不仅能减轻服务器端的运行任务,同时也能保证有较高的识别率。由于 T-Engine 平台还提供基于 eTRON 的安全无线通信机制,因此还可以在系统中加入加密算法,从而保证终端和服务器的通信安全。

5 结束语

本文通过对系统软硬件结构规范及 UID 技术的介绍,描述了系统在泛在计算中的广泛应用,并基于 T-Engine/SH7727 平台,设计一个完整的、可独立运行的嵌入式指纹识别系统,目前,该系统已通过实验室测试,可被广泛应用于公司员工考勤、银行用户认证、门禁防盗系统,通过无线网络改造,还可用作警察对嫌疑分子进行现场身份查询的终端。

参考文献

- [1] Sakmura K. T-Engine: The Open, Real-time Embedded-systems Platform[J]. IEEE Micro, 2002, 22(6): 48-57.
- [2] T-Engine Forum[Z]. (2007-06-30). <http://www.t-engine.org/>.
- [3] Krikke J. T-Engine: Japan's Ubiquitous Computing Architecture Is Ready for Prime Time[J]. IEEE Pervasive Computing, 2005, 4(2): 1268-1536.
- [4] 周宁婕, 付宇卓, 周煜. 基于 DSP 的指纹识别系统硬件平台设计[J]. 计算机仿真, 2005, 22(1): 241-243.
- [5] 曹丽婷, 杨荣, 陈旌. 自动指纹考勤管理系统设计[J]. 计算机系统应用, 2005, 8(1): 10-12.

(上接第 236 页)

出来。这样做的目的是有利于仿真流程过程的管理与优化以及数据的持久化,也便于 workflow 引擎在运行仿真流程时也可以修改属性特性信息,这便于用户的编辑,平台的柔性也相应得到提高,不然 workflow 一旦运行起来就一同执行完毕,不能够进行实时监控仿真流程的运行状态。

4 绘制机械产品静力学仿真流程示例

依据仿真分析过程的步骤将所需要的仿真组件拖入编辑器,并用箭头连接定义好流程的流向,然后设置好各个仿真任务的属性并将流程信息持久化为 XPD 文件,提交给 workflow 引擎进行仿真运行,将属性信息持久化到数据库中等待 workflow 引擎运行时从数据库中读取。图 4 是用已开发出的机械产品流程编辑工具设置好的机械产品静力学分析仿真流程。

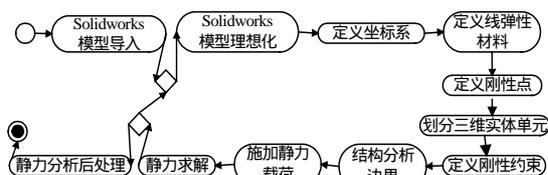


图 4 机械产品静力学仿真流程

5 结束语

本文利用 EMF 和 GEF 技术对机械产品仿真流程建模进行了研究,有效利用了 EMF 的模型驱动开发和自动生成代码功能,节省了时间,提高了工作效率,并解决了 EMF 和 GEF 两种命令堆栈的不匹配问题,将它们结合起来使用可方便地开发出支持 MVC(Model-View-Control)架构的平台。近来由于 GMF^[3](Graphical Modeling Framework)的快速成长,它高度集成了 EMF 和 GEF 两个插件的功能,使用较为方便,但是开发出来的应用程序比较单一,个性化较差。然而由于 EMF 和 GEF 各实现了一套命令机制来操作模型,因此在使用时会削弱 2 种技术结合带来的优点,也给程序员的使用增加了难度。

参考文献

- [1] 宋威. 关注 Eclipse 计划(之八)——EMF 子项目[J]. 开放系统世界, 2005, (10): 98-100.
- [2] 八进制 GEF 入门系列[Z]. (2005-02-05). <http://www.cnblogs.com/bjzhanghao/archive/2005/02/05/102513.html>.
- [3] 张浩. Graphical Modeling Framework 简介[J]. 程序员, 2006, (12): 106-108.