

嵌入式人工智能低代码快速开发生态系统研究

简介

一、问题的提出

嵌入式人工智能（EAI）是以微控制器（MCU）或应用处理器（MPU）为核心，具备基本学习或推理算法，融合传感器采样、滤波处理、边缘计算、通信及执行机构等功能于一体的嵌入式计算机系统，是伴随着机器学习理论与算法的发展、嵌入式芯片性能的提高、嵌入式智能终端的市场需求而提出的，是人工智能产业化落地的主要形式。与一般意义上人工智能（GAI）相比，GAI 是以通用计算机为运行载体进行学习及推理的系统，而 EAI 是以嵌入式计算机为运行载体进行学习及推理的系统。EAI 目前发展处于启蒙阶段，它的发展与应用，将引起先进制造业的深刻变革。

嵌入式人工智能涉及软件、硬件、算法、通信、人机交互等众多技术于一体，技术人员往往从“零”做起，具有门槛高、成本大、周期长等特征，是许多企业技术转型的重要瓶颈之一。若能从技术科学范畴，研究其共性技术，把许多共性抽象处理，增大硬件、软件、算法的编程颗粒度，减少应用编程量，提供开发工具链，封装部分共性硬件、软件、算法，为“照葫芦画瓢”地进行具体应用开发提供共性技术，则可以有效地降低开发门槛、减少开发成本、缩短开发周期，符合人的认识过程由个别到一般，又由一般到个别的哲学原理。

二、基本思路

硬件：提高其颗粒度到通用嵌入式计算机（GEC）级别。借助早期通用计算机概念，GEC 硬件内含基本软件系统（BIOS）提供启动及程序写入手段，延申其功能到基础构件、应用构件、软件构件，目标是通电后可基本运行，为继续编程提供基础。可以融合各种微型传感器、摄像头、NB-IoT、WiFi、4G/5G、WSN 等，形成面向不同嵌入式人工智能与物联网应用领域的系列 GEC 芯片。通过特殊方式，在 GEC 内动态固化所需构件。

软件：提高其颗粒度到构件的 API 级。不再要求寄存器级层次的编程，抽取基础构件、应用构件、软件构件知识要素，采样重定位技术，给出标准构件 API 的标准调用方法，构件以机器码形式驻留于 GEC 内，不在是层层宏定义的 SDK 级别包，而是清晰可见的 API 使用说明，RTOS 也可以驻留，技术分工更加明确，应用开发难度大大降低。

算法：动态方式驻留于 GEC 内。应用编程者不需知道深度学习的卷积层、池化层等概念，而知道其使用的 API 具有学习功能、推理功能，把它看作一个 I/O 系统，可以使得人工智能算法广泛应用，服务于产业界。科学分工更加明确，应用难度也大大降低。

模板：制作一些具有共性的标准模板开源，使得技术达到“六分熟”程度，这样的原型系统，可大幅度地减少开发工作量，技术人员可“照葫芦画瓢”地进行应用开发。

可以实现：向开发 PC 程序一样开发 EAI 软件；向调试 PC 机程序一样调试 EAI 软件；远程更新构件；远程更新程序；远程调试程序；发布构件与 PC 的动态链接库类似。从而达到用户程序的低代码编程之目标。

三、目前的研究情况

(1) 以硬件构件为基础，以快速软硬件开发为目标，借鉴通用计算机发展模式，研究应用于先进制造业的嵌入式计算机共性技术，形成面向不同应用领域的通用嵌入式计算机 GEC 系列。通用嵌入式计算机 GEC 体现在硬件与软件两个侧面，在硬件上，把 MCU 硬件最小系统及面向具体应用的共性电路封装成一个整体，为用户提供 SoC 级芯片的可重用的硬件实体，并按照硬件构件要求进行原理图绘制、文档撰写及硬件测试用例设计，在软件上，把嵌入式软件分为 BIOS 程序与 User 程序两部分。BIOS 程序先于 User 程序固化于 MCU 内的非易失存储器（如 Flash）中，启动时，BIOS 程序先运行，随后转向 User 程序。BIOS 提供工作时钟及面向知识要素的底层驱动构件，并为 User 程序提供函数原型级调用接口。目前已经形成 NB-IoT、4G、Wi-Fi、WSN、物体认知系统等系列。

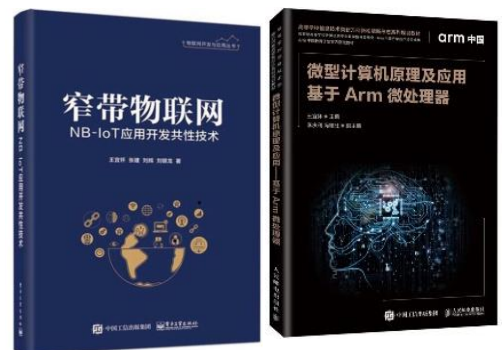


(2) 以构件为基础，以低代码为目标，在 BIOS 驻留基础上，构建嵌入式集成开发环境、实时操作系统驻留、构件驻留、动态命令、远程调试、编译型嵌入式 Python 等于一体的 User 应用开发生态系统，大幅度地降低嵌入式人工智能的开发难度。该系统历经十余年研发，具有常用开发环境兼容性、支持串口下载调试、外接软件功能、丰富的常用工具、简化工程配置等，可扩展支持 NB-IoT、2G、4G 等无线方式实现远程的程序更新；支持动态命令：可将机器码下载到特定的 Flash 区域直接运行该机器码，实现命令的动态扩充。



(3) 以共性技术为基础，涵盖嵌入式智能终端、云平台、人机交互系统等应用要素的“六分熟”原型系统，大幅度地减少开发工作量。这些源码抽取了技术共性形成，相对于完成了一个项目的 60%，为应用开发的低代码编程提供了基础。

(4) 以 GAI 算法为基础，以 EAI 应用场景为切入点，进行嵌入式人工智能算法研究；以 EAI 算法为基础，以快速应用实践为目标，封装人工智能训练与推理构件于 GEC 之中，实现快速开发于应用。这些工作正在加紧进行，若能很好地实现，将对智能产业链产生极大的推动。



(5) 出版相关书籍：窄带物联网 NB-IoT 应用开发共性技术、微型计算机原理及应用-基于 Arm 微处理器。