

Встраиваемые вычислительные системы

Ретроспектива, опыт проектирования и
реализации системы позиционирования
реального времени

Фёдоров А. А.

26 марта 2016

Обо мне

Наука:

- Свойства и характеристики встраиваемых систем.
- Методы и средства: моделирования, проектирования, реализации и верификации таких систем.
- Языки и парадигмы программирования.
- Методики разработки программного обеспечения.

Практика — 8 лет проектирования и реализации:

- Беспроводных сетей датчиков.
- Систем мониторинга.
- RTLS.
- Беспроводных и локальных сетей, протоколов передачи данных.

Характеристики встраиваемых систем

Информационно-управляющие системы, которые по функциональному назначению и конструктивному исполнению тесно связаны с объектом контроля или управления называют встраиваемыми.

Характеризуются:

- взаимодействием с внешним миром;
- работой в режиме реального времени;
- низким энергопотреблением;
- высокими требованиями к надежности;
- ограниченными вычислительными ресурсами;

Встраиваемое ПО

Встраиваемое ПО — основная часть системы.

Встраиваемые системы — реактивные.

При проектировании ПО на первый план выходит проблема конкуренции.

Ограниченность вычислительных ресурсов ведёт к крайне скудному выбору языков программирования и средств разработки ПО.

Язык Си является стандартом в мире встраиваемых систем.

Тогда... 2007 - 2008

RTLS на базе IEEE802.15.4a и технологии nanoLOC от Nanotron Technologies.

Устройства:

- Реперная точка - Atmel Atmega8 2K RAM, 8K FLASH + nanoPAN5375 + Wiznet WZ5100 (TCP/IP + Ethernet)
- Мобильный узел - Atmel Atmega8 2K RAM, 8K FLASH + nanoPAN5375

Встроенное ПО:

- Архитектура - суперцикл => «Спагетти-код»
- Непосредственное обращение к регистрам MCU из любого участка кода => нулевая портабельность.

Средства разработки:

- AVRStudio + avr-gcc, язык Си 89
- Отладка? => printf в UART.
- Командная разработка? => обмен исходниками по e-mail!

Тогда... 2008 - 2010

RTLS + голосовая связь. Роуминг. INCPv0. BOOTP + TFTP.

Устройства:

- Реперная точка - Atmel Atmega32 4K RAM, 32K FLASH + nanoPAN5375 + Wiznet WZ5300 (TCP/IP + Ethernet).
- Интерком - Atmel Atmega32 4K RAM, 32K FLASH + nanoPAN5375 + VLSI.
- Таг - Atmel Atmega32 4K RAM, 32K FLASH + nanoPAN5375.

Встроенное ПО:

- Dataflow, FSM, Protothreads.
- Application layer + HAL, высокоуровневые конфигурируемые драйвера.

Средства разработки:

- avr-gcc, C99. printf в UART. SCM: Subversion

Брайан У. Керниган, Роб Пайк, Практика программирования, Вильямс, 2004

<http://ptolemy.eecs.berkeley.edu/~eal/>

Поликарпова Н.И., Шалыто А.А. Автоматное программирование. — СПб.: Питер, 2009.

FreeBSD netgraph(4), geom(4)

Kohler, E.; Morris, R.; Chen, B.; Jannotti, J. & Kaashoek, M. F. (2000), 'The click modular router', ACM Trans. Comput. Syst. 18 (3) , 263–297

Adam Dunkels, Oliver Schmidt, Thiemo Voigt, and Muneeb Ali. Protothreads: Simplifying Event-Driven Programming of Memory-Constrained Embedded Systems. In Proceedings of the Fourth ACM Conference on Embedded Networked Sensor Systems (SenSys 2006), Boulder, Colorado, USA, November 2006.

Тогда... 2008 - 2010

ИТОГИ:

- Научный подход при разработке и реализации встраиваемых систем.
- Огромный объём теоретических и практических знаний в области программирования, проводных и беспроводных сетей, протоколов, алгоритмов сжатия голоса и т. д.
- Развёрнута тестовая система в УЛК ФТФ ПетрГУ.
- Множество экспериментов, публикации, конференции.
- Система значительно усложнилась.

Тогда... 2010 - 2013

Устройства:

- Переход на более производительные MCU с ядром 32-bit ARM Cortex-m3/m4:
 - ◆ TI LM3S6432: 50 МГц, 64K RAM, 96K FLASH, Ethernet PHY.
 - ◆ ST STM32F405: 168МГц, 256K RAM, 1024K FLASH.
 - ◆ Чип управления питанием TPS6507.
 - ◆ Внешняя SPI FLASH SST25VF, 16 Mbit.
 - ◆ Датчик давления Bosh BMP086.
 - ◆ Акселерометр MMA7660.
 - ◆ I2S аудио кодек CMX7261, с поддержкой G.729A

Типы устройств:

- Точка доступа.
- Интерком.
- Анализатор с жк дисплеем и клавиатурой.

Тогда... 2010 - 2013

Встроенное ПО:

- Точка доступа: Dataflow.
- Интерком и Анализатор: FreeRTOS.
- Уровень абстракции от аппаратуры, явное выделение слоёв.
- Device Driver Framework в стиле ООП.
- Программная реализация TCP/IP стека + DHCP.
- Программная поддержка звукового кодека OGG Vorbis.
- FATFS

Средства и методы разработки:

- C11.
- IAR Workbench for ARM.
- Arm-none-eabi-gcc.
- Continuous integration — Hudson.
- Build artifact repository manager — Apache Archiva.
- Unit-tests.
- **SVN commit => Hudson build/test => Archiva**

Тогда... 2013 - 2015

Устройства:

- Новые MCU:
 - ◆ STM32F429 256K RAM, 1024K FLASH, Ethernet MAC
 - ◆ STM32L151 32K RAM, 256K FLASH, низкое энергопотребление
- Новые Таги, один с поддержкой UWB DW1000 от Decawave.
- Новые точки доступа, точки доступа с UWB.
- IMU: акселерометр, гироскоп и магнетометр.

Встроенное ПО:

- IMU
- Эволюционное развитие
- Модульность
- Портруемость
- ◆ Tickless

Средства разработки:

- Система сборки — Scons.
- Python для интеграционного тестирования.
- Модеолирование: Matlab + Numpy + SciPi

Сейчас

Устройства:

- Три вида Тагов. NanoLOC, UWB, LoRa, Bluetooth.
- Четыре вида точек доступа, работающих в разных стандартах СВЯЗИ:
 - NanoLOC
 - UWB
 - LoRA
 - WiFi
 - Ethernet
- Новое устройство — PDS (proximity detection system).

Встроенное ПО на всём этом работает.

40+ конфигураций.

Автотестирование.