

窄带物联网NB-IoT应用架构研究

(V1.0-20170409, V3.1-20170611)

王宜怀 (yihuaiw@suda.edu.cn)

苏州大学嵌入式系统与物联网研究所
江苏省计算机学会嵌入式系统与物联网专委会

2017年6月11日 无锡

一、概述

- 名词:

中文：基于蜂窝的窄带物联网

中文简称：窄带物联网

英文：Narrow Band Internet of Things

英文简称：NB-IoT

涉及名词：蜂窝、窄带、宽带、物联网

• 物联网连接分类（从通信速率角度）：

（1）高速率（速率 $>1\text{Mbps}$ ）

以视频信息为特征，流量高，一般功耗不敏感。如视频监控、远程医疗、机器人等。主要使用4G。

（2）中速率（ $100\text{Kbps}<\text{速率}<1\text{Mbps}$ ）：

以语音及图片信息为特征，流量中等，一般功耗不敏感。如需语音的可穿戴设备、智能家防等。主要使用GPRS。

（3）低速率（速率 $<100\text{Kbps}$ ）

以文本信息为特征，流量不高，一般功耗敏感。如数据采集与控制类的智能抄表、环境监测、智能家居、物流、不需语音的可穿戴设备、工厂设备远程控制等。若能覆盖较广，需要新型连接方式：NB-IoT。也就是NB-IoT的应用领域

• NB-IoT产生背景:

- (1) 物联网这个名词从概念到落地需要一段时间，目前已经进入应用期
- (2) 对于LPWAN (Low Power Wide Area Network) 市场，即低功耗广域网，运行商如何介入这个物联网领域
- (3) 3GPP于2016年5月完成NB-IoT标准核心部分的制定

涉及名词: 3GPP (The 3rd Generation Partnership Project, 第三代合作伙伴计划)、LPWAN (Low-Power Wide-Area Network, 低功耗广域网络)

- 为什么NB-IoT将会流行？

- (1) 市场需要，原有技术成本过高。原有技术方案：GPRS+WSN，解决LPWAN，成本高。

- (2) 运行商介入

- 三大运行商：中国电信（800M）、中国移动及中国联通（900MHz、1800MHz），正在探讨收费模式。

- (3) 产业设备商介入

- 华为、中兴、Intel、MTK、高通等

- (4) 国际同步

- 几十个国家同步研发布局

• NB-IoT技术特点

概括地说，NB-IoT技术特点有大连接、深覆盖、低成本、低功耗

(1) 大连接：在同一基站的情况下，NB-IoT可以比现有无线技术提供50-100倍的接入数。一个扇区能够支持10万个连接。

(2) 广覆盖：一个基站可以覆盖几公里范围。对农村这样广覆盖需求的区域，亦可满足。

(3) 深穿透：室内穿透能力强。对于厂区、地下车库、井盖这类对深度覆盖有要求的应用可以适用。以井盖监测为例，GPRS方式需要伸出一根天线，车辆来往极易损坏，NB-IoT只要部署得当，可以解决这一难题。

(4) 低成本：体现在三个方面：一是，建设期，可以服用原先的设备，成本低；二是，流量费低；三是，终端模块成本低（目前预计5美元左右，期望经过逐步降低）。

(5) 低功耗：静态功耗目标可达 μA 级。

二、应用架构

为什么要提出NB-IoT应用架构？

在运营商建立起NB-IoT网络布局的基础上，学术界进行NB-IoT应用开发研究，产业界进行NB-IoT应用产品的开发，需要一个从技术科学角度抽象出能涵盖NB-IoT应用开发知识要素的应用架构，使应用开发结构清晰，为实现快速规范的应用开发提供基础。经过分析研究，NB-IoT应用架构可以抽象为NB-IoT终端（UE）、NB-IoT信息邮局（MPO）、NB-IoT人机交互系统（HCI）三个组成部分（见图1）。

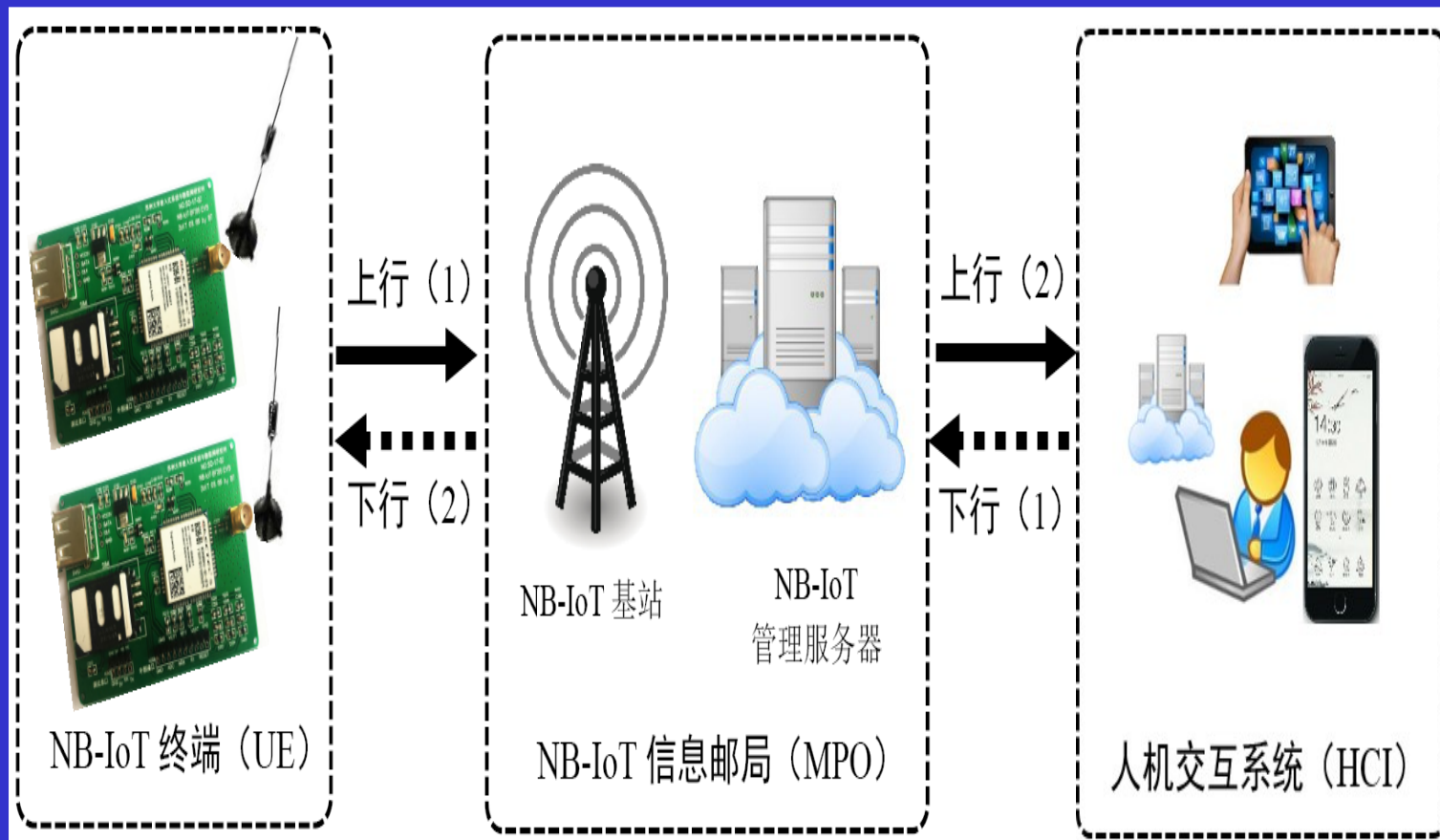
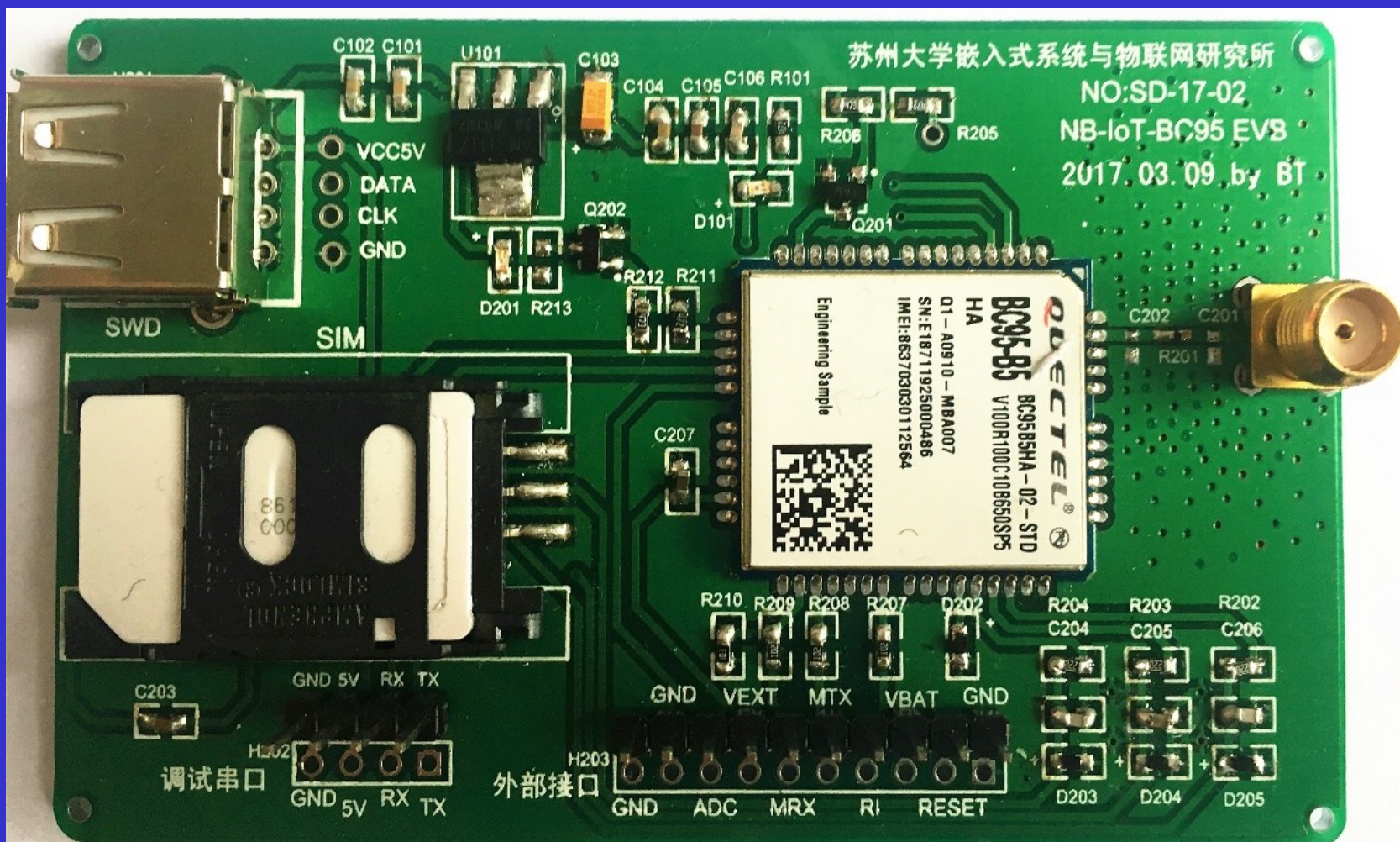


图1 NB-IoT应用架构

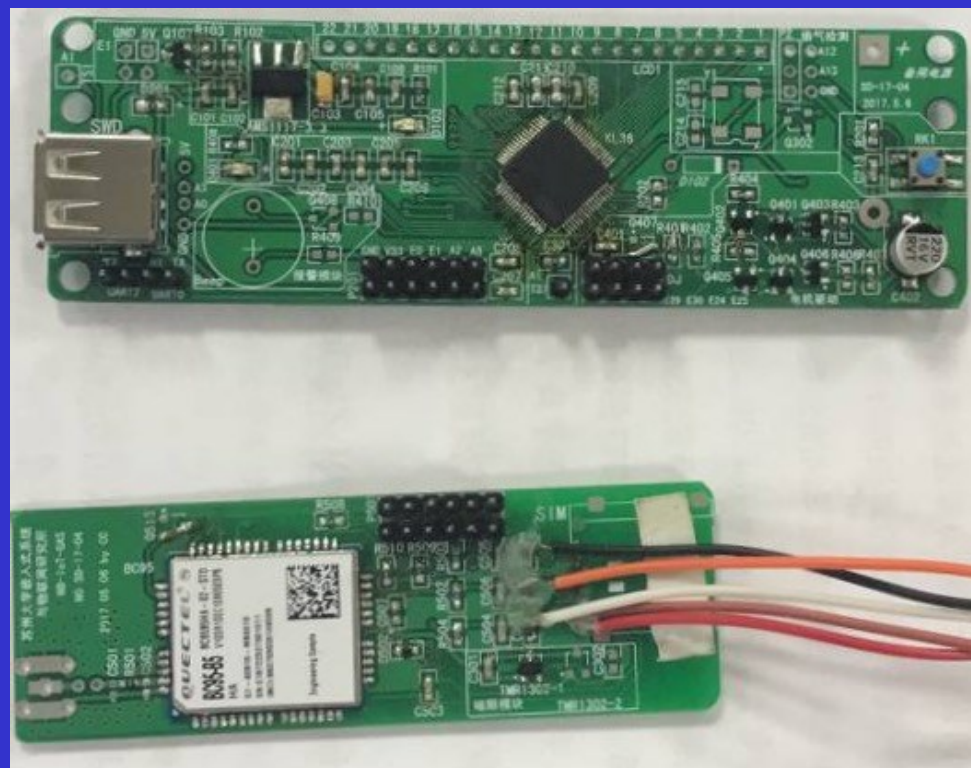
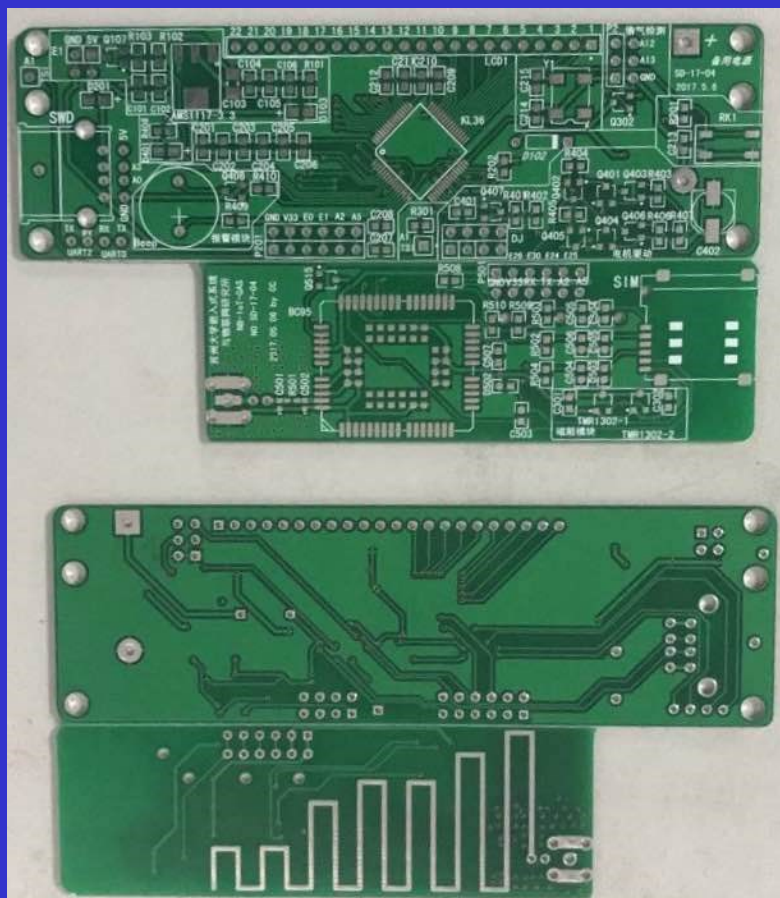
NB-IoT终端（UE）：

定义1 NB-IoT终端（Ultimate-Equipment, UE）是一种带有NB-IoT通信功能，具有数据采集、控制、运算等功能，甚至包含机械结构，用于特定功能的软硬件实体。如NB-IoT燃气表、NB-IoT水表、NB-IoT电子牌、NB-IoT交通灯、NB-IoT智能农业设备、NB-IoT机床控制系统等等。

- NB-IoT终端UE实例（苏大2017年3月制作）：



- NB-IoT终端UE实例（苏大2017年5月制作）：



- **NB-IoT信息邮局（MPO）：**

定义2 NB-IoT信息邮局（Message Post Office, MPO）是一种基于NB-IoT协议的信息传送系统。由NB-IoT基站eNodeB（eNB）与NB-IoT管理服务器组成。在NB-IoT终端（UE）与NB-IoT人机交互系统（HCI）之间起信息传送的桥梁作用。由信息运行商负责建立与维护。

- **NB-IoT人机交互系统（HCI）：**

定义3 NB-IoT人机交互系统（Human-computer interaction, HCI）是实现人与NB-IoT信息邮局（NB-IoT管理服务器）之间信息交互、信息处理与信息服务的软硬件系统。目标是使人们能够利用通用计算机（PC）、平板电脑、手机等设备，通过NB-IoT信息邮局MPO，实现获取NB-IoT终端UE的数据，并可实现对终端UE的控制等功能。

三、关键名词概述

附着（Attach）：

附着是指NB-IoT终端UE进行实际业务前的在网络中注册过程，是一个必要的过程，UE只有在附着成功后才可以接收来自网络的服务。

去附着：

去附着是指注销掉已连接网络的UE。去附着流程可以由UE发起也可以由MPO发起。

数据流向：上行与下行

上行：上行是指NB-IoT终端UE通过信息邮局MP0向人机交互系统HCI传送信息

下行：下行是指人机交互系统HCI通过信息邮局MP0向NB-IoT终端UE传送信息

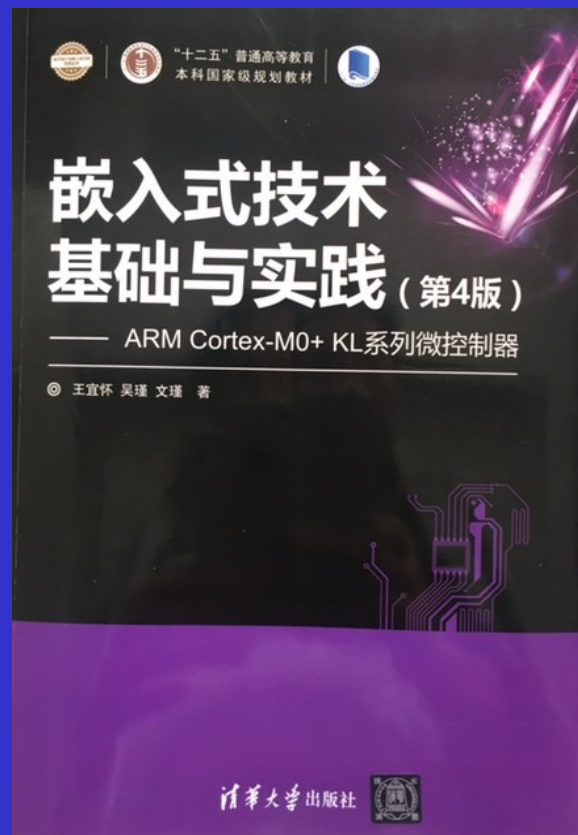
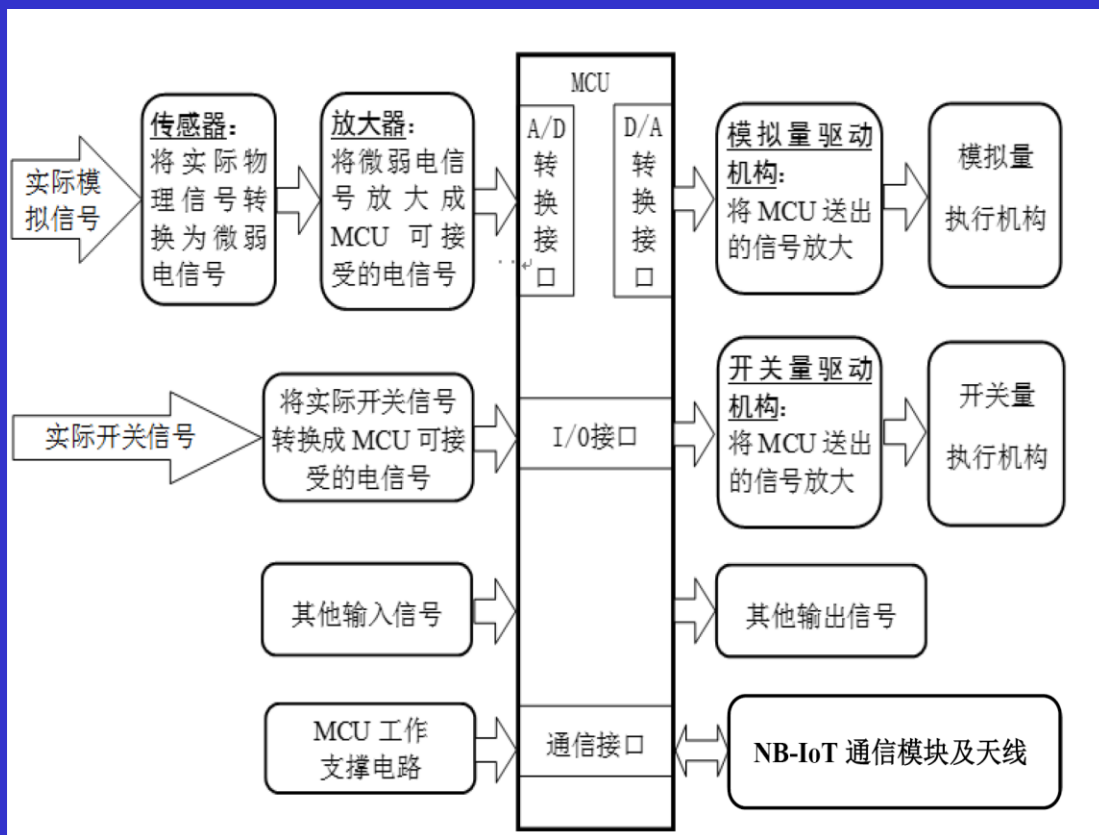
事务：UE-HCI事务与HCI-UE事务

UE-HCI事务：UE通过MP0向HCI索要数据，至少需经历一次上行数据流向与一次下行数据流向

HCI-UE事务：HCI通过MP0向UE索要数据，至少需经历一次下行数据流向与一次上行数据流向

四、NB-IoT应用开发关键技术

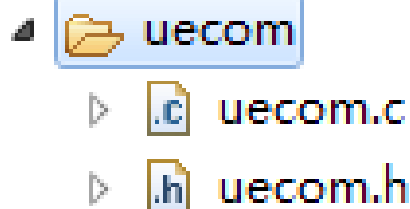
UE的开发：硬件：使用嵌入式测试系统的开发方法



UE的开发：软件：使用基于MQX Lite-RTOS及构件化开发方法

文件夹	文件内容	可修改性	
		文件名	内容
MQX LiteFW	工程根文件夹		
Includes	头文件索引路径		
01_Doc	01_说明文档文件夹	×	根据实际工程内容修改
02_CPU	02_CPU文件夹		ARM公司提供
core_cm0plus.h	CPU头文件		ARM公司提供
core_cmFunc.h	CPU头文件		ARM公司提供
core_cmInstr.h	CPU头文件		ARM公司提供
03_MCU	03_MCU文件夹	√	根据所选MCU不同而修改
MKW01Z4.h	芯片头文件	√	根据所选MCU不同而修改
startup_MKW01Z4.S	系统启动源文件	×	根据所选MCU不同而修改
system_MKW01Z4.c	系统启动源文件	×	根据所选MCU不同而修改
system_MKW01Z4.h	系统头文件	×	根据所选MCU不同而修改
04_Linker_File	04_链接文件夹		
intflash.ld	链接文件	×	根据内存分布不同修改代码
05_Driver	05_底层驱动构件文件夹		
06_App_Component	06_应用构件文件夹		遵守构件制作规则
07_Soft_Component	07_软件构件文件夹		遵守构件制作规则
08_Source	08_源程序文件夹		
09_MQX Lite	MQX Lite文件夹	×	不同工程时修改

UE的开发：通信构件uecom



```
//=====
//函数名称: uecom_init
//函数返回: 0=成功; 1=获取IMEI信息失败; 2=获取IMSI信息失败
//参数说明: *dest: 存储IMEI和IMSI的数组, 前面为IMEI, 后面为IMSI,
//           若信息获取失败则信息无效
//功能概要: uecom模块初始化, 可以读出IMEI和IMSI, 不会建立网络连接,
//           如有需要, 请使用uecom_link
//=====
uint_8 uecom_init(char *dest);

//=====
//函数名称: uecom_link
//函数返回: 0: 成功与基站建立连接; 1: 失败
//参数说明: *dest: 存放基站给本模块的ip地址, 格式为字符串, 中间用"."连接
//功能概要: 建立与基站的连接
//=====
uint_8 uecom_link(uint_8 *dest);
```

```
//=====
//函数名称: uecom_config
//函数返回: 0: 成功建立TCP/UDP连接;1: 失败
//参数说明: IP:待连接服务器的IP地址;port:待连接服务器的端口号
//功能概要: 与指定的服务器端口建立TCP/UDP连接
//=====
uint_8 uecom_config(char *IP,char *port);

//=====
//函数名称: uecom_send
//函数返回: 0: 成功;1: 不成功
//参数说明: data:待发送的数据, 字符串格式
//功能概要: 将数据通过已经建立的TCP/UDP通道发送出去
//=====
uint_8 uecom_send(uint_8 *data);


//=====
//函数名称: uecom_recv
//函数返回: 0: 接收到了通过TCP/UDP发来的数据;1: 未接收到
//参数说明: *data:将接收到的数据存放到该数组串中
//功能概要: 将数据接收缓冲区的数据读出, 并存入data数组之中
//=====
uint_8 uecom_recv(uint_8 *data);
```

接收数据使用中断

UE的开发：软件：使用基于MQX Lite-RTOS及构件化开发方法

文件名	名称	内容
01_app_include.h	任务公共头文件	用于定义任务模板号、任务的声明，文件名不变，内容可修改。
03_task_main.c	MQX Lite自启动任务	用于创建用户自定义的任务，文件名不变，内容随着用户任务变动而修改。
02_task_templates.c	任务模板列表	用于向MQX Lite操作系统登记任务，在模板列表中，任务模板编号、任务函数体、任务栈大小、任务优先级、任务启动属性等；文件名不变，内容随着用户任务变动而修改。
task_XXX.c	自定义任务	该函数用于实现自定义任务的功能，“XXX”被实际任务名取代。

HCI通信接口程序的开发：制作通信接口类

 HCI
 ▶ C# HCICom.cs
 ▶ C# HCIConfig.cs
 ▶ C# HCIDataType.cs

```

///-----
/// <summary>
/// 类      : HCICom:与底层硬件交互类
/// 类 功 能: 与底层硬件通过TCP协议交互
/// 类中函数包含:
///      对外接口函数:
///      (1)recvInit:      接收数据功能初始化
///      (2)sendData:      发送数据到某个设备
///      内部调用函数:
/// 说      明: 与底层硬件通过TCP协议交互
/// </summary>
/// <remarks></remarks>
///-----
4 个引用
class HCICom
{
    static Socket socketWatch = null;
    static Thread threadWatch = null; //负责监听客户端连接请求的线程
    private static HttpListener httpPostRequest = new HttpListener();
    public delegate void delegateRecvData(string deviceId, Socket socket, byte[] data);
    static delegateRecvData recvData;
    public delegate void delegateSocketBuild(string address, Socket socket);
    static delegateSocketBuild socketBuild;
  
```

```

/// <summary>
/// 函数名称: HCICom_Init
/// 功能概要: 接收数据功能初始化
/// 说 明:
/// </summary>
/// <param name="comType">接口类型, 为0时使用NB-IOT, 为1时使用GPRS</param>
/// <param name="listenUrl">所监听的地址, 例如http://192.168.1.4:8085/</param>
/// <param name="function">处理接收到的数据的委托函数</param>
/// <returns></returns>

```

2 个引用

```
static public bool HCICom_Init(int comType, string listenUrl, delegateRecvData function, delegateSocketBuild fuction2)...
```

```

/// <summary>
/// 函数名称: HCICom_Send
/// 功能概要: 发送数据
/// 说 明:
/// </summary>
/// <param name="comType">接口类型, 为0时使用NB-IOT, 为1时使用GPRS</param>
/// <param name="deviceId">设备ID</param>
/// <param name="data">要发送的字符串</param>
/// <returns></returns>

```

2 个引用

```
static public bool HCICom_Send(int comType, string deviceId, Socket socket, byte[] data)...
```

接收数据使用委托加线程

NB-IoT终端UE的测试程序

NB-IoT终端测试程序是运行于用户本机上的软件（SD-NB-IoT-Test）。它通过TTL-USB串口线与NB-IoT终端（UE）相连，测试UE与MPO中基站连接情况，并进而测试UE与MPO中管理服务器的连接（ping管理服务器地址），然后通过它们与HCI中的侦听程序（Monitor）的进行数据交换。

可以获得的基本要素：

通信模块的IMEI号、固件版本号；

手机SIM卡的IMSI号；

基站的基站号、工作频率、信号强度、基站给UE通信模块分配的IP地址；

管理服务器的IP地址（先已知，后Ping）

涉及名词：IMEI：国际移动设备身份码（通信模块标识）、IMSI：国际移动用户识别码（手机SIM卡）

Step1: 获取通信模块信息



Step2: 基站分配IP地址给UE



Step3: UE连接服务器，服务器未打开侦听的情况



Step4: 用户服务器人机接口程序开始侦听

NB-IoT/GPRS通信接口测试软件SD-NBGPRS-Test (V0.91) 苏州大学嵌入式系统与物联网...

GPRS侦听软件SD-NBGPRS-Test (V0.91)

NB-IOT **GPRS**

监听端口: 8085

开始监听

目标地址:

发送的信息:

123456

发送

数据接收栏: 清空提示框

GPRS监听程序初始化成功
正在监听端口: 8085

Step5: UE成功连接服务器



Step6: UE发送数据给服务器



Step7: 服务器接收到UE发来的数据

GPRS侦听软件SD-GPRS-Test (V0.9) 苏州大学嵌入式系统与物联网研究所 2017-...

GPRS侦听软件SD-GPRS-Test (V0.9)

NB-IOT **GPRS**

监听端口: 8085

开始监听

目标地址:

223.104.254.99:20653

发送的信息:

123456

发送

数据接收栏: 清空提示框

发来的数据为: 123456789

Step8: 通过人机接口程序给UE发送数据

GPRS侦听软件SD-GPRS-Test (V0.9) 苏州大学嵌入式系统与物联网研究所 2017-...

GPRS侦听软件SD-GPRS-Test (V0.9)

NB-IOT GPRS

监听端口: 8085

开始监听

目标地址:

223.104.254.99:20653

发送的信息:

123456

发送

数据接收栏:

清空提示框

发送成功

Step9: UE收到服务器发来的数据



UE与HCI服务器进行数据交互



其他开发研究要素:

- (1) 应用技术开发研究: WEB程序、智能手持设备APP、微信、短信
- (2) 系统性能研究: 能量分布、基站切换、UE移动性分析
- (3) NB-IoT应用系统的安全问题研究
- (4) NB-IoT应用系统可靠性研究
- (5) 各种具体应用案例

2017 年暑假《ARM 嵌入式系统与物联网应用》技术培训通知

ARM 公司设计先进的数字产品核心应用技术，应用领域从无线、网络和消费娱乐解决方案到影像、汽车电子、安全应用及存储装置。ARM 提供广泛地产品，包括：32 位 RISC 微处理器、图形处理器、视频引擎、软件(enabling software)、单元库、嵌入式存储器、高速连接产品、I/O 和开发工具。ARM 公司综合了全面设计、培训、支持和维护方案等服务，通过协同众多技术合作伙伴为业界领先的电子企业提供快速、可靠的完整系统解决方案。ARM 公司成立于 1990 年，总部位于英国剑桥，在全球设立了多个办事处。目前，ARM 中国在上海、北京及深圳的员工已达近两百人，和国内超过一百多家 ARM Connected Community®成员企业一起支持 ARM 技术推广。

ARM 公司有专门团队负责的大学计划（AUP），其目的是在大学、研究所等教育研究机构中，推广普及基于 ARM 技术的教学与科研工作。ARM 公司会在未来的人才培养与储备方面进行持续的投入，帮助教师与学生群体能够有足够的机会在与产业界相同或类似的软、硬件环境下展开教学与科研活动，帮助更多的中国企业利用 ARM 的业务模式和技术来提高竞争优势，完成在价值链上从“中国制造”到“中国智造”的提升。

本培训作为 ARM 大学计划的有效组成部分，促进 ARM 大学计划有效开展及中国嵌入式与物联网产业发展。主要参加对象为：高等学校从事嵌入式系统与物联网相关教学与科研的教师、设计单位的工程技术人员。

本次培训重点在于嵌入式与物联网学习的方法论、构件化开发体系，分享构件化学习开发资源。本次技术培训主要内容为：《嵌入式技术基础与实践（第 4 版）—ARM Cortex-M0+ KL 系列微控制器》及 MOOC 解析、基于 M0+内核的窄带物联网 NB-IoT 及 GPRS 应用开发板的快速应用设计方法、程序架构及基本编程方法；介绍相关硬件、软件、工具、文档等资源的使用方法。

培训时间：2017 年 8 月 19-26 日

培训地点：苏州市干将东路 333 号苏州大学本部理工楼

具体安排如下表:

日期	上午 (9:00~11:30)	下午 (2:00~5:00)	晚上 (7:00~10:00)
8 月 19 日	自行入住附近宾馆		
8 月 20 日	综合介绍有关软件、硬件、文档资源及使用方法	《嵌入式技术基础与实践 (第 4 版) —ARM Cortex-M0+ KL 系列微控制器》解析	开放实践 (有老师及研究生辅导)
8 月 21 日	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 NB-IoT 应用框架	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 NB-IoT 应用框架	
8 月 22 日	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 NB-IoT 应用框架——现场编程	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 NB-IoT 应用框架——现场编程	
8 月 23 日	框架原理分析	框架原理分析	
8 月 24 日	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 GPRS 应用框架	基于 ARM Cortex-M0+ 内核的 GPRS 应用框架——现场编程	
8 月 25 日	开发实例演示	考试、答疑、颁发证书等	
8 月 26 日	返程		
上课地点	苏州市干将东路 333 号苏州大学校本部理工楼		
住宿 (自行联系入住)	苏州大学莘园宾馆 (校本部内): 0512-65112051, (东区) 67157418 苏州凯莱酒店、苏州北疆饭店		
费用	交通、食宿费自理; 收取技术培训费 800 元。(开户名: 江苏省计算机学会; 开户银行: 工商银行南京大方巷分理处; 开户账号: 4301011109002000471)		
证书	通过考试的人员, 由江苏省计算机学会颁发“技术培训合格证书”		
交通	火车“苏州站”、火车“苏州北站 (苏州高铁站)”: 乘地铁 2 号线在广济南路直接转地铁 1 号线 (钟南街方向) 到相门站下, 1 出口, 沿干将东路向东步行约 2 分钟到达苏州大学校本部北门, 进门即是本部理工楼; 火车“苏州站”乘地铁 4 号线到乐桥转地铁 1 号线更快。		
回执	参加培训的人员请填写附件回执于 2017 年 7 月 1 日之前发送到: szwanglin@suda.edu.cn , 联系人: 王林老师, 电话: 13862127339		

主办: 江苏省计算机学会嵌入式系统与物联网专委会

ARM 大学合作部

承办: 苏州大学-ARM 嵌入式与物联网技术培训中心

2017 年 6 月 8 日

2017 年暑假《ARM 嵌入式系统与物联网应用》技术培训 回 执 表

姓名	性别	职称	单位	Email	手机
↵	↵	↵	↵	↵	↵
发票抬头	↵				
转账凭证	(账凭证图片粘贴处) ↵				
说明	<p>(1) 由于 NXP 已经撤销大学计划部门，从今年开始苏大嵌入式培训改为与 ARM 合作进行《ARM 嵌入式系统与物联网应用》技术培训。</p> <p>(2) 预交费标准与说明：培训工作上课仍为免费，为了保证培训效果，接受许多老师建议，收取 800 元 RMB 技术培训费（用于培训资料、NB-IoT/GPRS 应用开发套件各一份，培训结束自行带回）。</p> <p>(3) 预交费方法：</p> <p>----- 银行转账（支持网银）</p> <p>----- 开户名：江苏省计算机学会</p> <p>----- 开户银行：工商行南京大方巷分理处</p> <p>----- 开户账号：4301011109002000471</p> <p>----- 附言填写：SDPX2017+单位+姓名</p> <p>----- 请将转账凭证图片粘贴到本回执中“账凭证图片粘贴处”</p> <p>(4) 预交费时间截止为 2017 年 7 月 1 日，以便于安排材料印刷及实验套件制作生产。如果预交费学员未能参加培训，可委托参加，也可在培训结束后的一周之内索取资料、开发套件及技术培训发票，无法退费。也不进行现场缴费工作，务必注意。</p> <p>(5) 发票统一由江苏省计算机学会开具，发票项目为技术培训费。注意在回执中正确填写发票抬头（报销单位）。</p> <p>(6) 苏州大学附近有火车票、机票代售点，建议上课间隙自行购买。</p> <p>(7) 参加培训的人员请填写附件回执于 2017 年 7 月 1 日之前发送到： szwanglin@suda.edu.cn，联系人：王林老师，电话：13862127339</p>				

