

# 基于 LoRa 的智能抄表系统设计与实现

赵太飞<sup>1</sup>, 陈伦斌<sup>1</sup>, 袁 麓<sup>2</sup>, 胡小乔<sup>2</sup>

(1. 西安理工大学 自动化与信息工程学院, 西安 710048;

2. 千江(上海)信息科技有限公司, 上海 200051)

**摘要:** 针对 ZigBee 在无线抄表中通信距离短、网络路由复杂、抗干扰能力弱的缺点, 提出了一种基于 LoRa 的无线智能抄表系统的设计方案; 该方案以 SX1278 的 LoRa 调制技术为核心, 采用星型、链型网络进行自组网设计, 构建了通信距离远、可抵抗多种干扰源等复杂网络环境下的智能抄表系统; 介绍了系统网络拓扑结构、LoRa 节点硬件和应用层自定义通信协议的设计过程, 实现了对智能电表的能耗数据采集和远程管理, 最后对系统进行了测试分析; 实验结果表明, 该方案具有通信距离远、功耗低、组网便捷、实时性好的特点, 有着广泛的应用前景。

**关键词:** LoRa; 智能抄表; 数据采集; STM32

## Design and Implementation of Smart Meter Reading System Based on LoRa

Zhao Taifei<sup>1</sup>, Chen Lunbin<sup>1</sup>, Yuan Lu<sup>2</sup>, Hu Xiaoqiao<sup>2</sup>

(1. Faculty of Automation and Information Engineering, Xi'an University of Technology, Xi'an 710048, China;

2. Qianjiang Information Technology Co. Ltd., Shanghai 200051, China)

**Abstract:** Targeting for the shortcomings of ZigBee technology in wireless meter reading network, which offers short communication distance, complexity of network routing and poor ability of anti-interference, a new scheme of LoRa technology based wireless smart meter reading system is proposed. The system is based on long communication distance and resists the interference, using LoRa modulation technology of SX1278 as the core and ad-hoc network is designed using star networks and chain networks. The design process of network topology for the system, the node hardware and software for the LoRa, and the application-layer protocol are introduced to implement the energy consumption data acquisition and remote management of smart metering. The final tests indicate that the scheme has the long communication distance, low power consumption, easy networking and full practicability.

**Keywords:** LoRa; smart metering; data acquisition; STM32

### 0 引言

物联网时代, 越来越多的物体接入网络, 逐渐实现“万物互联”这一宏伟蓝图。低功耗广域网 LPWAN 技术, 作为蜂窝 M2M 连接的有效补充方案<sup>[1]</sup>, 加速了物联网在低功耗、低成本、广覆盖、大容量方面的发展。LoRa 作为 LPWAN 的一种长距离通信技术, 解决了传统无线传感网络传输距离远与低功耗不能兼得的问题。LoRa (Long Range, 远程) 是一种新型无线通信技术, 利用了先进的扩频调制技术和编解码方案, 增加了链路预算和更好的抗干扰性能<sup>[2-3]</sup>, 对深度衰落和多普勒频移具有更好的稳定性<sup>[3]</sup>。SX1278 射频模块采用了 LoRa 远程调制解调器, 适合于要求长距离通信、抗干扰能力、低功耗的物联网网络环境。

由于 Zigbee 技术的通信频率高, 信号传输中衰减非常快, 同一频段 WIFI、蓝牙信号的使用, 导致 Zigbee 传输距离短<sup>[4]</sup>、易受干扰和网络结构复杂。本文将 LoRa 通信技术应用到远距离无线抄表中, 实现电表的远程抄取、远程监控和故障

排查等一系列智能管理, 解决了人工抄表耗费大量的人力、物力与财力, 既不方便, 也容易发生漏抄、错抄的情况<sup>[5]</sup>, 方便了居民用电的自动化管理。LoRa 远距离通信, 大大减少了中继的使用, 节约了成本。本系统可应用于居民小区、学校、工业生产等场景, 实现对电表远程集中管理和控制。

### 1 系统总体设计

系统总体网络拓扑结构如图 1 所示, 主要包括电表集抄管理中心、LoRa 射频传输模块、GPRS 公网和网络节点, 其中网络节点包括汇聚节点、中继节点和终端采集节点。该系统采集节点和汇聚节点之间采用 LoRa 无线一对多的通信方式分布在楼宇电表内, 采集电表用电信息及状态信息; 汇聚节点负责收发采集节点的数据, 并通过 GPRS 公网, 将数据上传到电表集抄管理中心。采集节点向下与智能电表根据 Modbus 通信规约通过 RS485 方式连接<sup>[6]</sup>, 向上借助 LoRa 网络的超长距离无线通信能力与汇聚节点通信, 将采集的电表数据通过汇聚节点传回电表集抄管理中心。若遇障碍物严重遮挡, 导致采集节点和汇聚节点不能正常通信时, 可加入中继节点完成采集节点数据转发至汇聚节点。

集抄管理中心通过对采集数据处理, 智能分析每个接入电表的状态, 并转换成有价值的信息, 供授权用户访问使用。由此可见, 该系统可实现上电即用、网络简单、数据上传、数据下发、抗干扰等功能, 实现电表数据采集与管理。该设计不仅为集抄管理中心提供查询和管理的便捷, 还能提供智能决

收稿日期: 2016-04-11; 修回日期: 2016-05-19。

**基金项目:** 国家自然科学基金委员会—中国民航局民航联合研究基金资助项目(U1433110); 陕西省科技计划工业公关项目(2014K05-18); 陕西省教育厅产业化培育项目(2013JC09)。

**作者简介:** 赵太飞(1978-), 男, 河南鹤壁人, 副教授, 硕士研究生导师, 主要从事紫外光通信和物联网方向的研究。

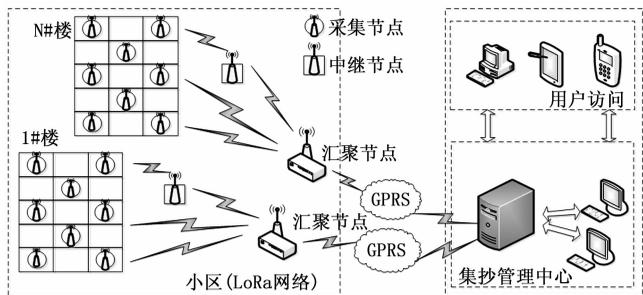


图 1 系统总体结构

策, 帮助管理中心提高服务水平。

## 2 系统网络拓扑设计

相比于网状网络, LoRaWAN 网络架构是一个典型的星形拓扑结构<sup>[7]</sup>, 消除了同步开销和跳数, 具有结构简单和低功率等特点, 因此在小区电力抄表中采用星型、链型网络, 就可以满足实际需求。理论上, LoRa 网络中, 一个父节点可以容纳最多 300K 个终端节点。但是在实际使用中, 较多的终端节点会使协调器负担过重, 以至于导致网络瘫痪或误码率增加<sup>[8]</sup>。因此, 通过对 SX1278 射频模块通信通道进行设置, 将一个区域的 LoRa 网络分成若干个网络, 从而降低通信链路的开销。

本文对同一区域内网络节点进行分区, 设置成不同频道, 降低信号间相互干扰。系统中同区域汇聚节点和采集节点处于同一通信频道, 节点上电即加入网络。同时 SX1278 射频模块可在线监听射频空中信道, 使用无线防碰撞和硬件物理机制, 有效解决了周围其他无线系统同频干扰问题。大区域网络分组, 有效的降低了误码率, 增强了网络稳定性。

## 3 系统平台设计

### 3.1 系统硬件设计

本系统 MCU 主控芯片 STM32F103ZET 是基于 ARM 32 位的 cortex-M3 架构的微处理器, 最高 72 MHz 工作频率, 内置 512 K 字节大容量存储器以及高速 SRAM, 轻易满足电力无线集抄系统所需的空空间。同时 STM32F103 睡眠、停止以及待机 3 种低功耗工作模式<sup>[9]</sup>, 方便了系统低功耗设计, 并且具有优越的计算性能和中断响应系统。硬件设计中, SX1278 射频模块是一种高度集成低功耗半双工小功率无线数据传输模块, 具有传输距离远、信号的穿透性强、数据接收和发送稳定等特点。

#### 1) 采集节点和中继节点设计:

符合国家电网规定的电子式电度表, 具有电能计量、数据存储和 RS-485 与外界通信的接口等功能。本设计采集节点和中继节点硬件结构如图 2 所示。中继节点主要用于转发汇聚节点和采集节点之间的指令及数据信息, 扩展无线抄表传输范围。采集节点的任务, 一方面负责电表数据的采集和控制, 另一方面响应汇聚节点下发的指令, 将采集的数据上传汇聚节点, 实现对电能表的电能数据采集以及远程费控等功能。其中采集节点 RS-485 接口采用 ADM2483 芯片设计。

#### 2) 汇聚节点设计:

汇聚节点负责无线网络指令的下达、数据的接收与上传、系统的检测以及管理等功能, 其硬件结构如图 3 所示。汇聚节点通过 LoRa 无线网络接收区域内采集节点上传的电表数据,

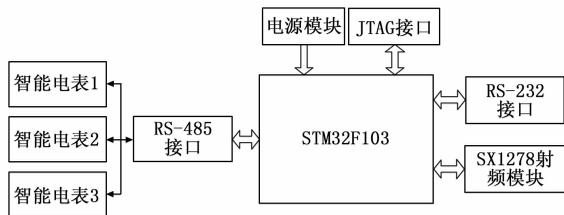


图 2 采集/中继节点结构示意图

并通过 GPRS 网络, 将数据上传至集抄管理中心; 同时下发集抄管理中心的命令到 LoRa 网络任意采集节点。

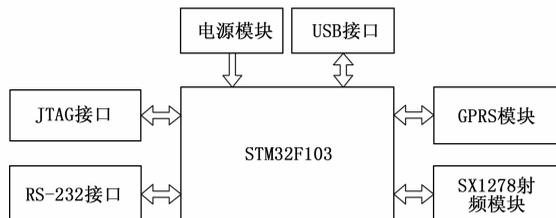


图 3 汇聚节点结构示意图

### 3.2 系统软件设计

本系统软件设计采用 uCOS-III 实时操作系统, 它以任务调度机制为核心, 保证了多任务在 uCOS-III 系统上并发执行。首先系统调用 OS\_Init () 函数初始化  $\mu C/OS-III$  操作系统, 创建空闲任务和统计任务; 其次调用 BSP\_Init () 函数对系统硬件初始化, 调用 OSTaskCreate () 建立了一个 TaskMain 任务, 且在其任务内创建 2 个子任务, 分别是 a\_task、b\_task; 最后执行 OSSStart (), 由 uCOS-III 内核执行多任务。同时, 设计了应用层自定义数据协议, 保证了数据准确无误。采集节点采用休眠-唤醒-休眠的循环工作模式, 有效降低了系统功耗。

#### 1) 应用层通信协议设计:

协议设计的优劣直接决定了本系统的智能化程度<sup>[10]</sup>。本系统对应用层进行了自定义协议设计, 对本文数据报打包与解析, 实现数据的透明传输。数据传输方式采用数据帧模式, 传输序列为二进制字节流。同时, 数据传输中对数据采用 CRC16 校验算法, 做到传输数据的准确无误。在抄表中, 集抄管理中心通过汇聚节点、采集节点下发满足电能表通信规约 DL/T645-2007 协议指令, 等待一段时间待电表响应后, 将数据返回给采集节点, 采集节点将数据打包封装上传给汇聚节点, 最后由汇聚节点上传至集抄管理中心。

本系统无线抄表方式可分为定时抄表, 以及单播、广播抄表。抄表网络环境搭建后, 汇聚节点与采集节点之间能立即建立一对多的映射关系, 以实现采集节点上电就能采集电表数据, 为网络的远程管理提供了便利。本系统抄表数据报文格式为: 报文长度为 32byte 定长字节, 即设备号 (2byte) + 包头 (12byte) + 包体 (18byte) = 32 字节。其中, 单播抄表实现对汇聚节点下单一采集节点电能表的远程抄表, 如当帧命令为 0x0801、0x0802 等命令时, 表示对电表正向有功总电能、电表冻结情况进行远程操作。采集节点地址即设备号, 根据每个 SX1278 射频模块分配给各个采集节点独一无二的设备地址, 如汇聚节点下发报文中设备号为 0x55AA, 即采集节点地址为该设备号的做出响应。其次, 广播抄表实现对一个区域内汇聚节点下整个采集节点电能表进行远程统一管理。本设计还可通

过发送抄表报文帧命令如 0x0601、0x0602 等，查看电表的设备基本信息、实时时间、功能状态等信息，方便远程管理和故障检测。部分抄表帧命令及含义如表 1 所示。

表 1 抄表帧命令及含义

发送端			接收端返回	
发送帧命令	含义	包体	回复帧命令	包体
0x0801	正向有功总电能	18 字节保留位	0x0811	00 01 电表实时电能数据+N 字节保留字补齐 18 字节
0x0802	电表冻结功能	18 字节保留位	0x0812	00 01+电表冻结返回数据+N 字节保留字补齐 18 字节
0x0601	读取设备基本信息	18 字节保留位	0x0611	00 01+设备型号、生产日期+N 字节补齐 18 字节
0x0602	校时/实时时间查询	18 字节保留位	0x0612	00 01+实时时间+N 字节补齐 18 字节

2) 节点软件设计:

采集节点既要完成采集电能表的数据，也需通过 LoRa 网络上传和接收数据及命令。采集节点接收汇聚节点下发的命令后，首先对数据进行 CRC16 校验确保数据准确无误，其次根据报文中帧命令执行相应的操作，执行完将相应数据信息上传给汇聚节点，采集节点软件工作流程如图 4 所示。

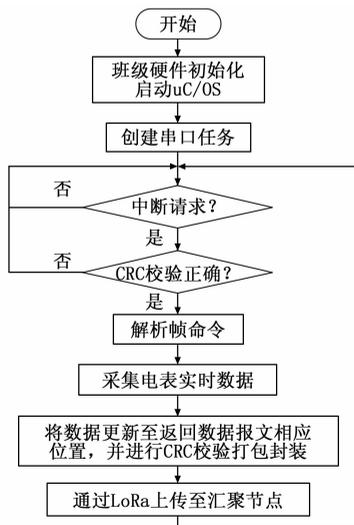


图 4 采集节点流程图

汇聚节点需与 LoRa 无线网络通信，也需与 GPRS 公网进行通信，其软件设计流程图如图 5 所示。汇聚节点接收到集抄管理中心下发报文或采集节点上传报文数据时，也会对报文数据进行 CRC 校验确保数据准确无误。同时通过报文中命令，判断是集抄中心下发的报文还是采集节点上传的报文。如为下发报文，则通过设备号判断是自己还是对采集器操作；如为上传报文，且对接收的数据 CRC 校验正确，则通过 GPRS 上传集抄管理中心。

4 系统测试与分析

搭建系统测试环境，验证该智能抄表系统的实际运行效

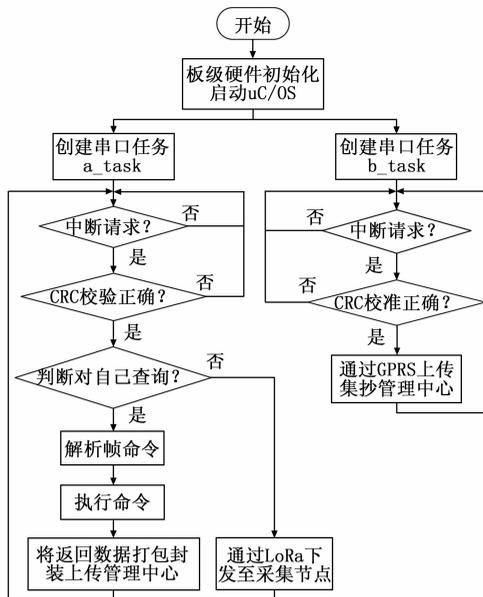


图 5 汇聚节点流程图

果。模拟网络包括 1 个汇聚节点、3 个采集节点，汇聚节点与 PC 机之间通过 RS-232 方式相连，利用串口调试工具软件给采集节点发送数据报文，查询电能表实时电能情况。测试中，设备节点的射频中心频率为 470 MHz、发射功率为 20 dbm、串口波特率为 9 600 bps 等。

为了测试汇聚节点与采集节点之间的有效传输距离，在空旷街区、楼宇内（以一层楼梯口为起点）2 种环境下的不同位置，进行了大量的数据收发测试，每次下发数据包 100 个。测试结果如表 2、表 3 所示。

表 2 空旷街区测试结果

组数	距离/km	接收数据包	丢包率
1	0.21	100	0%
3	0.54	100	0%
4	0.80	100	0%
5	1.10	98	2%
6	1.26	97	3%
7	1.39	97	3%
8	1.71	94	6%
9	1.82	92	8%
10	2.15	88	12%
11	2.43	60	40%

表 3 楼宇内测试结果

组数	测试场景	接收数据包	丢包率
1	2 层	100	0%
2	3 层	98	2%
3	4 层	90	10%
4	5 层	78	22%
5	6 层	45	55%

由表 2、表 3 可知，随着通信距离的增加数据丢包率逐渐

增加。其中,在空旷街区,当通信距离小于2.15 km,数据丢包率小于12%;在楼宇内,能在一层与四层间良好的通信。此外,使用最简单的串联电流表的办法,对系统功耗进行了测试。当使用低功耗设计模式时,系统电流相比未使用低功耗模式功耗大大降低。

测试结果表明,该系统具有通信距离远、抗干扰能力强、功耗较低以及较高的系统稳定性。为电力部门远程智能管理电能表,提高了工作效率、管理水平和服务质量。

## 5 结束语

本文将低功耗广域网技术应用于远距离无线智能抄表中,通过低功耗、远距离LoRa无线网络和GPRS公网实现集抄管理中心与电能表之间的通信,达到管理中心远程抄取电能数据和管理各个电表运行状态。

文中对系统总体架构、应用层通信协议以及节点的软硬件设计等进行了详细分析。从实验结果可知,系统运行状态良好、通信距离远、功耗较低、组网便捷,并且成本低,能很好的满足无线智能抄表系统需求,具有广泛的应用前景。

### 参考文献:

[1] 王晓玲,田洪川. 国际通信运营商在产业互联网领域加紧布局

[J]. 世界电信, 2015 (5): 14-18.

[2] Lewark U J, Antes J, Walheim J, et al. Link budget analysis for future E-band gigabit satellite communication links [J]. CEAS Space Journal, 2013, 4 (1), 41-46.

[3] Mohamed Aref, Axel Sikora. Free Space Range Measurements with Semtech LoRaTM Technology [A]. 2014 2nd International Symposium on Technology and Applications (IDAACS-SWS) [C]. Offenburger, 2014: 19-23.

[4] 徐松松,周西峰,郭前岗. 基于ARM平台的ZigBee网关设计[J]. 微型机与应用, 2013: 16: 51-53.

[5] 闵华松,程志强,黄磊,等. 基于RF的无线抄表系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2014 (2): 639-642.

[6] 王鹏,王文庆. 基于3G的能耗数据采集器设计[J]. 计算机测量与控制, 2015 (12): 4202-4206.

[7] LoRaWANTM Specification 1R0 [Z].

[8] 周鑫,朱向东,于秀波. ZigBee远程无线抄表系统的设计[J]. 自动化仪表, 2013 (3): 31-33.

[9] 王永虹,徐炜,郝立平. STM32系列ARM Cortex-M3微控制器原理与实践[M]. 北京:北京航空航天大学出版社, 2008.

[10] 侯琛,赵千川,冯浩然,等. 一种物联网智能数据采集系统的研究与实现[J]. 电子测量与技术, 2014, 37 (6): 108-114.

(上接第297页)

送数据就可以了。发送程序比较繁琐,这里就不写出,下面写出较为简单的接收程序:

```
Void GET(void)
{ unsigned char data_over=0;
  T0_10ms_count=0;
  RI=0;
  do{while(! RI)
  {if(T0_10ms_count==3000) { data_over=1;
  break; }
  };
  RI=0;
  * i=SBUF;
  if(* i==0x0A&&* (i-1)==0x0D)
  {if(* (i-2)=='K' || * (i-2)=='R' || * (i-2)=='T' } if(* (i-3)=='O' || * (i-3)=='C' || * (i-3)=='E')
  data_voer=1; }
  i++;}
  while(data_over!=1);
  i=AT_BUFF;
  Delay(50000);
}
```

## 5 实验结果分析

让可燃性报警器预热3分钟,装置运行正常,警灯警铃都没有出现报警状况,在空气中加入适量的民用煤气10秒钟左右,开始报警,显示屏上显示出大于阈值的气体浓度(实验时浓度达到22%,报警器阈值设置是20%),且手机也正常收到了报警短信,把装置拿到正常空气下约一分钟停止报警。从以上实验可以证明该可燃性报警器可投入工业使用,或者民用。

## 6 结束语

可燃性气体报警器主要用于检测所在工业现场中的可燃性气体的浓度,然后将测得的气体浓度信号通过GPRS发送给报警平台,通过LCD显示气体浓度值。当浓度值超过报警回差时,可以通过继电器输出控制警铃和警灯,以告知现场工作人员并及时采取措施。它可以广泛运用于工业场合,具有较高的实用价值及发展前景<sup>[3]</sup>。

### 参考文献:

[1] 高京卫,李军,韩毅,等. 基于AD $\mu$ C812单片机的可燃性气体监测报警仪的设计[J]. 现代电子技术, 2008, 31 (2): 189-191.

[2] 王华,陆常舟,史士杰,等. 可燃性气体泄漏防护系统[J]. 科技资讯, 2001, (31): 97-99.

[3] 刘竹琴,白泽生. 一种高精度可燃气体检测报警器设计[J]. 传感器与微系统, 2013, 32 (7): 71-73.

[4] 李景民. 基于AT89C51的可燃性气体报警器设计[J]. 硅谷, 2010, (24): 40-40.

[5] 路立平,鹿晓力,胡智宏,等. 可燃性气体泄漏智能化监控系统[J]. 煤气与热力, 2005, 25 (10): 16-18.

[6] 瞿旻. 可燃性气体报警系统的研究与开发[D]. 南京信息工程大学, 2008.

[7] 江贤志,刘华章,饶伎云,等. 基于C8051F020单片机的RS485串行通信设计[J]. 电子测量技术, 2014 (3), 121-124.

[8] 张玉茹,苏晓东. 基于C8051F020远程数据采集系统的设计[J]. 电测与仪表, 2008 (9).

[9] 古博,黎敬斌,叶仕通. 基于SIM300通讯模块城市智能交通系统[J]. 电子设计工程, 2015 (3): 83-85.

[10] 陈杰. 智能传感器平均滤波方法改进[J]. 武汉工程大学学报, 2010 (12): 102-104.

## 我国首款 650 公斤推力涡扇发动机问世

我国首款 650 公斤推力量级、拥有自主知识产权的涡扇发动机问世。该发动机适用于长航时、宽范围民用小型飞行器，可为民用无人机和小型公务机提供可靠动力。

据悉，这款双转子涡轮风扇发动机由 31 所团队自主研制，采用了高效前掠风扇、轴流+斜流组合压气机、大扩张通道高低压涡轮一体化设计，电动燃油滑油泵、起发电机内置等多项关键技术，以及先进的电气、控制系统及健康管理系统。其具有性能高、结构紧凑等特点，达到了国内小型发动机领先水平。

该发动机代号为 CTF-3，在不久前举办的中国国际航空航天技术与设备展上，该发动机首次亮相，受到了中科院、中航、清华等单位同行的关注和高度评价，吸引了来自海警、农业、无人机公司、政府部门等多个领域的客户咨询洽谈。

十年磨一剑，设计队伍通过十年的努力，完成了发动机的设计、试制、生产，并完成了大量的部件、整机试验，性能达到设计要求，近期开展了整机耐久性试验和高空台试验，验证了设计方案的正确性。下一步，研究团队将根据客户需求完成适应性改进，为民用无人机和小型公务机提供可靠动力。

## 中科院云计算中心虚拟现实研究院和智能制造研究院在东莞挂牌。

8 月 8 日，中科院云计算产业技术创新与育成中心（下称中科院云计算中心）在东莞松山湖举行“虚拟现实研究院和智能制造研究院”挂牌仪式，标志着中科院云计算中心深耕于东莞、立足于全国，放眼于世界，着力在人才、载体和项目三大创新要素上下功夫，加强技术研发，有力地推动了东莞的产业转型和创新发展。

中科院云计算中心主任季统凯表示，虚拟现实研究院和智能制造研究院是在已经成立的 9 个分中心和研究院的基础上，针对当前经济和科技发展的形势和热点，顺势而为，以创新驱动为指引，以技术人才为抓手，精心打造的高科技公共服务和产业育成平台，努力占领技术高地和产业高地，聚合技术和人才，在“创新、创业、创富”方面走在时代的前列。

虚拟现实技术被称为“下一代互联网”，是通往多个产业至高点的重要渠道。虚拟现实技术近几年进入了一个高速发展阶段，目前，整个 VR 的生态圈初步形成，用户、技术、硬件、内容、开发者、渠道、资本共同推进 VR 产业发展的生态圈。据预测，5 年内全球虚拟现实产业的规模将达到 1 500 亿美元。

“虚拟现实技术与东莞的智能制造相互结合将会是国内未来工业 4.0 的一个发展趋势，主要结合点凸现在工业集成、兼容集成、生态集成、信息整合、虚实结合、国际标准等方面。法诺虚拟现实将为抢占东莞制造业新的制高点的‘再工业化’战略，提供多方面的技术支持”樊继金表示。

东莞市机器人及智能制造产业已形成了产业链，整个产业的发展已走到了全国前列。由于缺乏核心技术及共性技术，研发资源分散，自主创新能力较差。智能制造研究院的成立，对于东莞这个“世界制造之都”来说，是恰逢其时，名至实归。研究院将致力于机器人名牌系列产品、中国制造 2025 和工业 4.0 集成技术、下一代互联网通讯技术的研究、开发及推广，旨在通过三到五年的时间成为东莞市智能制造经济发展的核心支撑平台，为东莞市的科技创新打造又一引擎。

中科院云计算中心是由中国科学院和东莞市政府共建的大型院地合作机构，汇聚了云计算相关领域的技术、人才、科研设备和网络等核心科技创新资源，形成中科院云计算研发、创新与运营基地。作为国内首家自主知识产权的云计算平台的运营商，拥有国内首个自主产权的云计算平台，自主研发的 G-Cloud 云操作系统获 2011 年工信部安全可控云计算典型示范项目，技术处于国内领先地位，并且得到了广泛的实际应用。

## 凌华科技与美国风河公司建立策略联盟并设立联合实验室共同促进 NFV 在网络通信产业中的应用，加速服务创新与运用

全球智能云计算服务平台、网关、嵌入式计算机及行业应用平台供应商——凌华科技与美国风河系统公司（后简称风河公司）今日宣布在中国上海及美国加州圣何塞成立联合实验室，并针对 NFV（网络功能虚拟化）建立新的策略联盟。此研发中心将把风河公司的 Wind River Titanium Server 软件运行在凌华科技基于 MICA 开放架构的硬件平台上，通过预先的平台验证和系统优化，为软件厂商、系统设备商和系统服务商提供可快速进行软件测试的平台，从而加速 NFV 在通信产业中的应用。

独步业界，Wind River Titanium Server 是功能完备的商用级网络功能虚拟化（NFV）软件平台，能够为电信网络提供运营商级的超高可靠性和卓越性能。通过将 Titanium Server 与凌华科技稳固可靠的硬件平台相集成，不论是在接入侧还是数据中心，都可以迅速实现 NFV 功能，让用户拥有更多的机会，最大限度地发挥 NFV 的性能与带宽容量，同时还能进一步降低成本。以 Titanium Server 作为软件基础，整个电信行业都可加速达成 NFV 目标，且确保达到运营级正常运行时间和严苛的可靠性要求。

具有近 20 年电信级工业计算机与以太网产品设计及制造经验的凌华科技，于 2016 年 3 月发布全新的开放式模块化工业云计算架构 MICA（Modular Industrial Cloud Architecture），且为支持 SDN（软件定义网络）和 NFV（网络功能虚拟化）进行了特别的设计，整合了多种最新的硬件加速技术，可以加速网络数据包和视频流的处理。所有的功能都整合到了这种开放的、模块化的计算架构中，满足云计算时代资源按需分配的关键需求，尤其是在电信网络以及移动互联网行业。

## 凌华科技在 PICMG 协会中主导新版 COM Express 3.0 规范的制定新版 Type 7 引脚以低功率、高性能与增加 10 GbE 容量的设计，成为小型封装规格的翘楚

全球智能云计算服务平台、网关、嵌入式计算机及行业应用平台供应商——凌华科技是 PCI 工业电脑制造商协会（PICMG）的执行委员，并主导了这次新版 COM Express 3.0 规范的制定。凌华科技最近发布的新款嵌入式模块化电脑 Express-BD7，即采用新版 COM Express 3.0 标准中的全新 Type 7 引脚。新版 Type 7 引脚以低功率、高性能与增加 10 GbE 容量的设计，成为小型封装规格的翘楚，将有利于工业自动化与数据通信等产业。

PICMG 次级委员会于 2015 年下半年开始进行新版 COM