

# 基于非均匀分簇的无线传感器网络路由协议

苏 兵, 张钰婧

(常州大学 信息科学与工程学院, 江苏 常州 213164)

**摘要:** 在无线传感器网络中, 分簇技术是一种有效延长网络生命周期的方法; 但是这种多跳的网络模型, 如果节点均匀分布并且簇的大小相等, 则靠近基站的簇头由于要中继更多的数据, 则会导致能量空洞现象; 因此提出一种非均匀分簇方法来缓解能量空洞问题; 首先, 通过节点的剩余能量、到基站的距离以及邻居节点数量来选择簇头; 簇一旦形成之后, 通过单跳和多跳的混合机制将数据发送到基站; 实验结果表明, 此协议能有效地延长网络的生命周期, 均衡网络能耗, 有效延缓能量空洞的形成速度。

**关键词:** 无线传感器网络; 非均匀分簇; 多跳通信; 路由算法

## Unequal Clustering Algorithm for Wireless Sensor Networks

Su Bing, Zhang Yujing

(School of Information Science and Engineering, Changzhou University, Changzhou 213164, China)

**Abstract:** In wireless sensor networks, clustering is an effective technique to extend the network lifetime. However, in the multi-hop clustering model, if the nodes are uniformly distributed and the clusters are of equal size, the cluster heads closer to the sink have to relay more data, leading to the energy hole problem. Unequal clustering methods have been proposed to mitigate the energy hole problem. We first selected cluster heads based on the residual energy of nodes, the distance to the sink and the number of neighbors. Once the cluster is formed, the data are forwarded to the sink through the one-hop and multi-hop mechanism. Experimental results show that this algorithm can effectively prolong the network life cycle, balance the network energy consumption, and effectively delay the forming speed of energy hole.

**Keywords:** wireless sensor network; unequal clustering; multi-hop communication; routing algorithm

## 0 引言

无线传感器网络 (wireless sensor network, WSN) 就是由部署在监测区域内大量的廉价微型传感器节点组成, 通过无线通信方式形成的一个多跳的自组织的网络系统<sup>[1]</sup>。无线传感器网络定期收集数据, 传感器节点每隔一段时间感知环境并将感知数据发送到基站。由于靠近基站的节点需要中继其他节点的数据, 能量消耗较快, 导致节点较快死亡, 形成能量空洞<sup>[2]</sup>。研究表明, 由于能量空洞的影响, 网络死亡后, 网络中剩余的能量大于 70%, 中等以上网络高于 90%<sup>[3]</sup>。

为了有效抑制能量空洞现象, 专家学者提出了较多研究, UCS<sup>[4]</sup>提出了非均匀分簇的方法来均衡簇头节点的能量消耗, 簇内通信能耗与簇内节点数量有关; 文献 [5] 提出一种基于可变扇区的非均匀分簇的方式, 利用可变扇区和同心圆合理划分网络; 文献 [6] 提出一种基于非均匀分簇的无线传感器网络多跳路由协议。

采用非均匀分簇和簇间多跳路由机制, 提出一种能量有效的非均匀分簇路由协议。

## 1 网络及能量模型

### 1.1 能量模型

为了估算通信中的能量消耗, 采用自由空间模型和多路衰减模型<sup>[7]</sup>, 如果通信节点之间的距离小于临界值  $d_0$ , 则使用自由空间模型, 如果通信节点之间的距离大于临界值  $d_0$ , 则

使用多路衰减模型。因此当该无线信道发送  $l$  bit 数据到距离为  $d$  的接收器时, 所需能量消耗如式 (1):

$$E_{Tx}(l, d) = E_{Tx-dec}(l) + E_{Tx-amp}(l, d) = \begin{cases} lE_{elec} + l\epsilon_{fs}d^2 & d < d_0 \\ lE_{elec} + l\epsilon_{amp}d^4 & d \geq d_0 \end{cases} \quad (1)$$

其中: 临界值  $d_0$  的值为式 (2):

$$d_0 = \sqrt{\frac{\epsilon_{fs}}{\epsilon_{amp}}} \quad (2)$$

接收器接收  $l$  bit 数据时所需能耗为式 (3):

$$E_{Rx}(l) = E_{Rx-dec}(l) = lE_{elec} \quad (3)$$

其中:  $d$  为传输距离,  $d_0$  为临界距离,  $E_{Tx}(l, d)$  为发送器发送数据时的能量消耗,  $E_{Rx}(l)$  为接收器接收数据的能量消耗,  $E_{elec}$  为发射电路的能量消耗,  $\epsilon_{fs}$  和  $\epsilon_{amp}$  分别为两种不同信道模型下的功率放大所需能量。

另外, 节点对  $l$  bit 的数据进行聚合时, 所消耗的能量为式 (4):

$$E_{DA} = lE_{da} \quad (4)$$

其中:  $E_{da}$  为聚合  $l$  bit 数据所消耗的能量。

### 1.2 网络模型

无线传感器网络由随机分布在目标区域的节点组成, 本文对无线传感器网络假设如下:

- 1) 节点随机分布在监测区域, 且位置固定;
- 2) 基站唯一且位置固定, 并且能量不受限;
- 3) 节点具有唯一的标识 ID, 节点初始能量相等, 且能量有限;
- 4) 节点通信功率可调, 可以通过距离来调整发射功率大小;
- 5) 如果传输功率已知, 节点可以根据接收到的信号强度

收稿日期: 2015-09-09; 修回日期: 2015-10-09。

基金项目: 国家自然科学基金项目 (61572085)

作者简介: 苏 兵 (1972-), 男, 江苏常州人, 副教授, 硕士生导师, 主要从事传感网控制、网络安全和软件工程方向的研究。

来计算距离;

## 2 非均匀分簇算法

网络部署完之后, 节点被分配到各层中, 并且每个节点根据所在的层数被分配一个唯一的 id 号。基站广播“Hello”消息至所有节点, 节点根据接收到的信号强度计算与基站的距离。

文中网络都是按轮运行, 每一轮包括分簇阶段和数据传输阶段。分簇阶段又分为 3 个子阶段: 1) 候选簇头节点选择 (CCHS); 2) 簇头竞争 (CHC); 3) 簇的形成 (CF)。数据传输阶段被分为  $n$  个主要步骤, 每个主要步骤又被分为  $n$  个子步骤, 每个子阶段是真正的数据传输阶段, 包括 TDMA 调度、簇头节点收集来自成员节点的数据、簇头节点融合数据和传输数据到基站。主要步骤还执行簇头轮换工作, 并将簇成员节点以及数据传输路径移交交给新的簇头节点。本文所有的操作过程如图 1 所示。

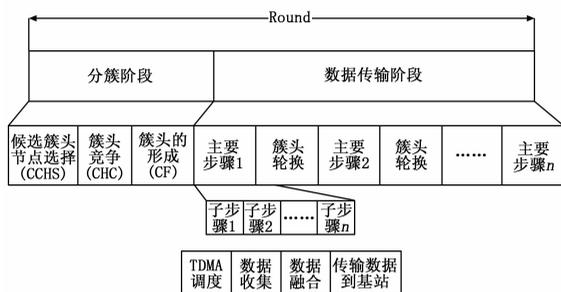


图 1 非均匀分簇算法执行过程

### 2.1 分簇阶段

在分簇阶段, 网络被分成  $n$  个簇, 簇的形成共需要 3 个阶段, 每个阶段都需要一定时间去完成, 假设所需时间分别为  $T_1$ ,  $T_2$  和  $T_3$ , 则完成网络的分簇总共所需时间为  $T$ ,  $T = T_1 + T_2 + T_3$ , 时间  $T$  之后开始数据传输。

首先从节点中选出剩余能量较高的节点成为候选簇头节点。节点根据概率  $p$  决定是否成为候选簇头,  $p$  的表达式为 (5):

$$p = \epsilon \frac{E_{rem}}{E_{max}} \quad (5)$$

其中:  $E_{rem}$  表示节点当前的剩余能量;  $E_{max}$  表示网络中节点的最大初始能量;  $\epsilon$  表示  $[0, 1]$  的随机值。从表达式 (5) 可以看出簇头的选择与剩余能量有关, 保证了最终簇头具有较高的剩余能量; 并且可以通过控制  $\epsilon$  的值改变候选簇头的数目, 避免由于候选簇头过多影响最终簇头的选择。

$T_1$  时间后, 候选簇头节点竞争簇头, 候选簇头节点成为簇头的等待时间为  $T_w$ , 其表达式为:

$$T_w(s_i) = \frac{E_{init}(s_i)}{E_{rem}(s_i)} \times \frac{1}{\alpha |NL(s_i)|} \times T_2 \times k \quad (6)$$

其中:  $E_{init}$  和  $E_{rem}$  分别表示节点的初始能量和剩余能量,  $\alpha$  表示节点成为簇头的次数,  $|NL(s_i)|$  表示节点  $s_i$  的邻居节点数,  $k$  是  $(0.1, 0.2)$  之间的随机数。如果节点在其所在区域的剩余能量较大, 则成为簇头的等待时间较短。

簇头节点的竞争半径为  $R_c$ ,  $R_c$  的表达式为:

$$R_c = \left[ 1 - a \frac{d_{max} - d(s_i, sink)}{d_{max} - d_{min}} - b \left( 1 - \frac{E_{rem}}{E_{max}} \right) \right] R_{max} \quad (7)$$

其中:  $d_{max}$  和  $d_{min}$  分别表示节点到基站的最大和最小距离;  $d(s_i, sink)$  表示候选簇头节点  $s_i$  到基站的距离;  $a$  和  $b$  分别表示

取值  $[0, 1]$  的常量;  $R_{max}$  表示竞争半径的最大值;  $E_{rem}$  表示节点  $s_i$  的剩余能量。根据式 (7) 可以看出, 候选簇头节点的竞争半径取决于  $d(s_i, sink)$  和  $E_{rem}$ , 当候选簇头节点到基站的距离越小并且剩余能量也越少时, 竞争半径  $R_c$  越小。

为了节约节点的能量消耗, 以簇内通信代价作为重要的竞选因素。候选簇头  $s_i$  的竞选计算表达式为 (8):

$$\omega_s = \frac{\sum_{i=1}^{s_i} dist(s_i, s_j)}{|NL(s_i)|} \quad (8)$$

其中:  $s_j$  是节点  $s_i$  在竞争半径  $R_c$  内的邻居节点;  $dist(s_i, s_j)$  表示节点  $s_j$  到  $s_i$  的距离;  $|NL(s_i)|$  表示邻居节点的数量。

每个候选簇头节点以广播半径  $R_c$  广播包括自身 ID、竞争半径和权值  $\omega_s$  的 Head\_Msg 消息, 而普通节点进入睡眠状态直至簇头竞选结束。每个候选簇头节点根据收到的 Head\_Msg 消息创建一个候选簇头表。如果候选簇头节点的权值  $\omega_s$  低于表中任一候选簇头权值, 则节点  $s_i$  成为最终簇头节点; 当多个候选簇头节点的权值一样小时, 优先选择 id 最小的候选簇头节点。簇头节点以竞争半径  $R_c$  向邻居节点广播 Head\_Msg 消息, 收到 Head\_Msg 消息并且在竞争半径内的所有候选簇头节点均不能成为最终簇头节点, 并广播一个 Quit\_Msg 消息退出簇头的竞选, 收到 Quit\_Msg 消息的邻居簇头更新自己的候选簇头表, 删除相应的候选簇头节点, 最终网络中所有的节点都确定自己是簇头节点还是普通节点。

### 2.2 簇间通信

分簇结束后, 数据传输阶段开始, 首先簇头节点准备 TDMA 调度并分配给簇成员节点。簇头收集簇成员节点发来的数据, 并进行融合, 然后根据最优路径发送到上一层簇头节点。在数据传输过程中, 上一层簇头节点接收下层簇头发送来的数据, 需要检测数据是否被压缩, 如果是, 直接发送到下一次簇头; 否则, 进行融合处理后再发送。

数据传输采用簇内单跳和簇间单跳多跳混合的通信方式。

簇内成员节点采集数据并直接发送到簇头节点, 簇头节点对簇成员的数据进行融合处理后, 以单跳和多跳混合的通信方式发送至基站。即设定一个阈值  $d_0$  表达式 (2) 表示, 当簇头节点  $i$  到基站的距离  $d(i, sink) \leq d_0$  时, 节点采用单跳方式将数据发送至基站; 当簇头节点  $i$  到基站的距离  $d(i, sink) \geq d_0$  时, 节点采用多跳方式将数据发送至基站。

在构建两簇头节点之间是否建立通信时, 利用权值来选择下一跳节点, 充分考虑距离和剩余能量问题, 具体步骤如下:

步骤 1: 簇头节点  $i$  ( $i=1, 2, \dots, K$ ,  $K$  为簇头数量) 广播一条消息, 消息包括簇头 ID、剩余能量、成员节点数和与基站距离。

步骤 2: 邻居簇头节点  $j$  接收到簇头节点  $i$  的消息后, 根据信号强度计算出与簇头  $i$  的距离, 并将自身 ID、剩余能量、到基站的距离、到簇头  $i$  的距离和成员节点数回复给簇头  $i$ 。簇头  $i$  建立一个邻居簇头信息表。

步骤 3: 簇头  $i$  将接收到信息存入邻居簇头信息表中, 然后簇头  $i$  根据权值 (9) 选择下一跳簇头节点。

$$\omega_{ij} = \alpha \frac{E_{current}(j)}{E_{wighor}(i)} + \beta \frac{\bar{N}_{non-CH}(i)}{N_{non-CH}(j)} + \gamma \frac{d_{i-sink}^2}{d_{i-j}^2 + d_{j-sink}^2} \quad (9)$$

其中:  $\bar{E}_{nei}(i)$  表示簇头  $i$  的邻居簇头平均剩余能量;  $E_{cur}(j)$  表示簇头  $j$  的剩余能量;  $N_{non-CH}(j)$  表示簇头  $j$  的成员

节点数;  $\bar{N}_{mn\_CH}(i)$  表示簇头  $i$  的邻居簇头成员节点数量的均值;  $d_{i-j}$  表示簇头  $i$  到  $j$  的距离;  $d_{j-sink}$  表示簇头  $j$  到基站的距离;  $d_{i-sink}$  表示簇头  $i$  到基站的距离;  $\alpha, \beta, \gamma$  为加权系数, 且满足  $\alpha + \beta + \gamma = 1$ ; 权值表达式 (9) 就表示取剩余能量较大, 簇内成员节点较少且通信路径最短以及到靠近基站的簇头作为下一跳簇头节点。

因此, 簇头节点首先根据到基站的距离与阈值  $d_0$  比较, 小于  $d_0$  则直接发送数据至基站; 否则, 簇头节点根据权值  $w_{ij}$  将数据发送至中继节点, 实现簇间多跳。

### 2.3 簇头轮换

最后, 节点发送剩余能量到簇头节点, 簇头节点根据剩余能量和节点到现在簇头的距离选择新的簇头, 簇头节点将簇成员信息和路径信息发送给新的簇头节点。

## 3 仿真实验与分析

为了验证协议的性能, 利用 NS2 作为实验平台在相同条件下仿真 LEACH 和本协议, 并对多项性能进行对比分析。实验中参数设置如表 1 所示。

表 1 参数设置

参数	取值
区域大小	200 m × 200 m
基站位置	(100, 250) m
节点数目	400
节点初始能量	0.3 J
数据包大小	2 000 bits
$E_{elec}$	50 nJ/bit
$\epsilon_{fs}$	10 pJ/bit · m <sup>2</sup>
$\epsilon_{amp}$	0.001 3 pJ/bit · m <sup>4</sup>
$d_0$	87 m

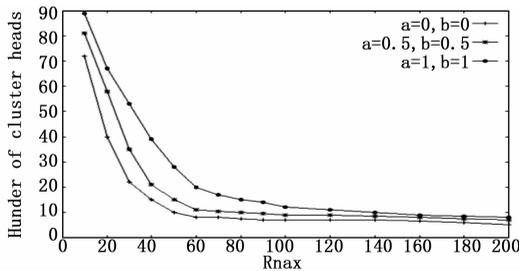


图 2 簇头数量与  $R_{max}$  的关系

图 2 给出了当  $a$  和  $b$  取值不同时簇头数量与  $R_{max}$  的关系。由图 1 可知, 曲线  $a=1, b=1$  高于曲线  $a=0.5, b=0.5$ ; 并且曲线  $a=0, b=0$  最低。原因是当  $R_{max}$  相等时, 增大  $a, b$  的值会导致竞争半径变小; 并且随着  $R_{max}$  的增大簇头数量会变少。由此可以看出簇头的数量取决于  $R_{max}$ ,  $a$  和  $b$  的取值。

图 3 显示了存活节点数量与轮数之间的关系, Af-opt 是本协议的仿真结果, 并且与 LEACH 协议进行了比较。从图中可以看出, 提出的协议明显优于 LEACH 协议, 这是因为在簇头选择时, 考虑了节点的剩余能量、密度以及到基站的距离, 使得能量大、密度大和距离基站近的节点有较大的概率成为簇头节点, 从而均衡能耗, 延长网络的生命周期。

图 4 显示了节点剩余能量与轮数的关系, 并与 LEACH 协议进行比较。从图中可以看出, 提出的算法能量消耗较慢, 生存时间较长。这是因为当节点的能量较低或很低时, 节点的竞

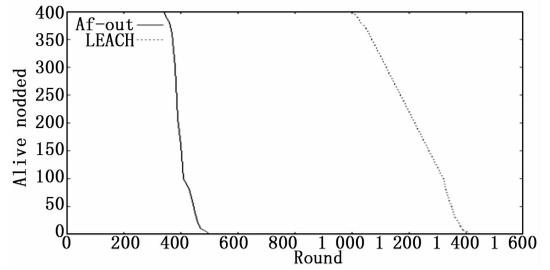


图 3 每轮节点存活个数

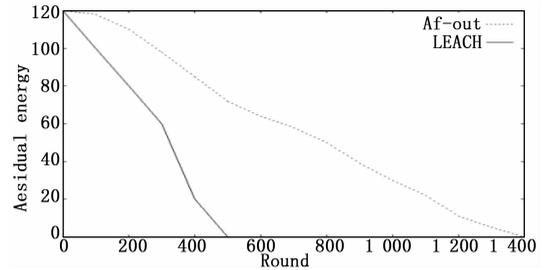


图 4 每轮总的剩余能量

争半径较小且成为簇头的概率很低, 因此避免了节点能量的过度消耗。

## 4 结束语

提出一种能量有效的非均匀分簇路由协议。根据剩余能量和簇内通信代价选择最终簇头节点, 并依据节点到基站的距离以及剩余能量提出了节点不等竞争半径构建不等簇机制, 使得越靠近基站且能量较小的簇半径越小, 包含的成员节点越少, 因此可以节省能量进行簇间通信。并提出簇间单跳和多跳混合的路由机制, 当簇头到基站的距离小于阈值时, 进行单跳通信; 当大于阈值时, 根据引入的权值, 选择最优的下一跳簇头节点。实验结果表明, 此协议能有效延缓能量空洞出现效率, 均衡网络能耗, 延长网络生命周期。

### 参考文献:

- [1] 孙利民, 李建中, 陈渝, 等. 无线传感器网络 [M]. 北京: 清华大学出版社, 2005.
- [2] Ee C T, Baccis R. Congestion control and fairness for many-to-one routing in sensor networks [A]. Proc. of the 2nd ACM Con. on Embedded Networked Sensor Systems [C]. 2004: 148-161.
- [3] Song C, Liu M, Cao JN, et al. Maximizing network lifetime based on transmission range adjustment in wireless sensor networks [J]. Computer Communication, 2009, 32 (11): 1316-1325.
- [4] Soro S, Heinzelman W B. Prolonging the lifetime of wireless sensor networks via unequal clustering [J]. IEEE Computer Society Press, 2005: 236-244.
- [5] 蒋华, 韩平梅, 王鑫. 基于可变扇区的非均匀分簇算法 [J]. 计算机测量与控制, 2015, 23 (4): 1291-1295.
- [6] 李成法, 陈贵海, 叶懋, 等. 一种基于非均匀分簇的无线传感器网络路由协议 [J]. 计算机学报, 2007, 30 (1).
- [7] Heinzelman W B, Chandrakasan A P, Balakrishnan H. An application-specific protocol architecture for wireless microsensor networks [J]. IEEE Trans. on Wireless Commun., 2002, 1 (4): 660-667.

## 《2016 NI 趋势展望》解析工业物联网全球新趋势

2016年1月12日,NI公司近日发布了《2016 NI 趋势展望》。这份连续第三年发布的年度前瞻性报告探究了物联网(IoT)相关的一系列主题及其如何影响各个领域的数据管理方式——从软件消费化到通过原型验证实现5G网络。

“随着全球日益互联化,目前可获取的海量真实数据使得工程师和科学人员能够获得大量有用的信息,但是获取这些信息的过程也充满了挑战。”NI全球销售和市场营销执行副总裁Eric Starkloff表示,“我们研究了工业大数据相关的趋势,致力于帮助用户处理数量庞大且日益复杂的信息,以便他们及时做出正确的决策,从而始终走在大数据潮流的前端。”

《2016 NI 趋势展望》主要探索了以下主题:

通过原型验证让5G从概念变成现实—5G无疑将会使我们的无线网络升级到从未想象过的高度,但是5G实现之路并非平坦,而是充满各种挑战。

工业大数据的未来:从智能终端设备到企业系统—随着传感和网络连接技术的普及,在系统中添加测量功能从未如此简单经济。

工业物联网的网络标准演进—网络技术必须不断进步才能满足下一代工业系统的需求,从根本上改进运行机器、电网和交通轨道系统的方式。

测试爆炸式增长的智能设备—测试领导者并不会针对每个待测设备设计一套独特的测试系统,而是设计可适应且可测试所有智能设备的智能测试系统。

软件消费化,如何才能不一样?—在一个亟需汇聚融合的市场中,最佳的应对之策是软件供应商给出解决方案。

### 是德科技为实时示波器推出串扰分析应用软件

2016年1月25日,是德科技公司推出最完整的N8833A和N8833B串扰分析应用软件,用于帮助诊断串扰。应用软件不仅能探测和量化串扰,而且能确认哪些入侵信号负主要责任。此外,应用软件实际上还可从受害波形中消除串扰,让工程师对同类原始波形和干净波形进行可视化比较,并且比较来自其他示波器分析工具的结果,例如实时眼图或抖动分析。这让工程师能够直接对减少不同串扰源的改善程度做出量化判断。

串扰分析应用软件能够提供大量有价值的设计洞察。例如,应用软件能够帮助工程师确认在没有串扰的情况下,设计恢复的裕量。此外,还能帮助确认未达到设计技术规范的信号能否在消除串扰后达标。这会影响重要的设计决策,例如决定是否值得花费时间和精力来改善串扰影响或应该对设计进行哪些改进。

数据通信系统更高的传输速度需求,要求更高的数据速率和并行数据线路,而且线路有必要更紧密的放置。更高比特率和间隔更紧密的线路会使串扰量增加。因此,串扰正在成为一个需要诊断的更重要的问题。电源也是一个重要的元器件。它们会以噪声和抖动的形式对所驱动的数据线路制造干扰,而它们本身也易受数据相关噪声的影响,例如会导致地跳的同步切换噪声。

串扰分析应用软件能够同时分析最多4个信号(入侵或受害信号)。无需额外仿真输入或文件。应用软件能够处理不同类型的串扰,包括传输线近端串扰(NEXT)和远端串扰

(FEXT),以及电源入侵信号,包括电源引起的抖动(PSIJ)、压敏振幅噪声和同步切换网络。串扰清除波形可以与示波器工具配合使用,例如E2688A SDA眼图分析、N5400A EZJIT Plus 抖动分析软件、N5465A InfiniiSim 去嵌入工具和N5461A 串行数据均衡软件。

### 是德科技推出首款面向航空航天无线电通信领域的PXI参考解决方案

2016年2月1日,是德科技公司日前推出首款面向军事和公共安全无线电领域的PXI开放式无线电测试参考解决方案和无线电音频测试库。该款是德科技参考解决方案可以帮助工程师快速评测对无线电的核心测试测量功能,并将其集成到验证、生产或运维测试系统中。

新无线电设备的设计师和制造商面临着一个非常严峻的挑战——如何让更多通道和更宽带宽等新技术与传统标准的长期支持有机结合起来。无线电测试参考解决方案提供出色的灵活性、模块化特性和升级能力,无需大幅修改测试系统,即可添加新的功能并提升性能。

除了传统的模拟和数字无线电标准之外,参考解决方案还支持现代通信标准的信号生成和分析,包括提供更宽的数据带宽,在新一代公共安全无线应用中得到了广泛使用的LTE标准。参考解决方案还能生成和分析用户自定义波形,并支持高达27 GHz的杂散发射等高级测量功能。

硬件选件涵盖从经济型的M9290A CXA-m信号分析仪到高性能的M9393A矢量信号分析仪。软件选件包括KeysightX系列测量应用软件,支持通用的AM、FM和数字无线电的标准测量,例如APCO P25和TETRA信号。M9560A无线电音频测试库完成音频信号的生成和分析。

### 泰克科技推出简便易用的图形源测量单元(SMU)仪器

2016年1月14日,泰克科技公司日前宣布,推出一款简便易用的图形源测量单元(SMU)仪器,用以优化和分析高功率材料、器件和模块的特性。

Keithley 2461高电流源表SMU仪器为创建精确控制的10 A/100 V、1000 W高电流脉冲提供了许多先进的功能,最大限度地降低功率器件热量效应,保持器件的完整性。双18位高速模数转换器可以简便地测量待测器件特点,并在前面板上直接以图形方式显示,立即进行分析。

开发下一代高功率材料和器件的科研人员、科学家和设计师工程师必需能够在各种DC和脉冲功率上进行测量,检验待测器件性能,同时使器件自热效应达到最小,因为自热经常导致器件或模块故障。这适用于材料研究、半导体器件、电路保护装置、高级照明技术、能源贮存和生成器件及消费电子中使用的功率管理电子等市场。

与泰克其他吉时利图形SMU一样,2461提供了简单直观的Touch, Test, Invent®用户体验,最大限度地缩短学习周期,加快测试设置,更快地获得所需信息。通过图形触摸屏界面,用户可以像在智能手机和平板电脑上一样,使用自然手势在前面板上直接与结果交互,迅速放大和缩小数据,同时进行详细的分析。内置开放源脚本语言使得用户能够为专门的测量应用创建可以重用、可以量身定制的测试软件库。

2461的10A/100V、1000W脉冲功率使得工程师可以在更

短的时间内对待测器件应用更多的功率,最大限度地降低待测器件的自热效应,相比之下,DC 电流测试则可能会掩盖待测器件的真实特点。如果应用电流的时间太长,DC 测试还可能会损坏待测器件。由于 18 位双 1 MS/s 模数转换器,2461 可以同时测量和查看待测器件特点、波形以及电流和电压的瞬态事件。全新的快速“接触检查”功能可以帮助用户最大限度地降低测量误差,减少与接触疲劳、探头尖端杂质、连接松动或断开和继电器故障有关的产品误判。这些功能让用户对测试结果更自信,从而可以更快地做出设计和工程决策。

### 是德科技推出一款基于 14 插槽 AXIe 主机的 多通道比特误码率测试仪

2016 年 1 月 19 日,是德科技公司宣布推出一款基于 14 插槽 AXIe 主机的多通道比特误码率测试仪解决方案,适用于多路测试。最新比特误码率测试仪使用最新的 M8070A 系列软件(3.0 版本)。M8000 系列比特误码率测试解决方案提供了对多通道应用更快速的洞察。

电子设备与系统不断增加的复杂性,更高的数据速率,使这些设备的测试面临更多挑战。当速率较低时,单路测试即可满足要求。但是,如果数据速率较高,工程师可能会遇到更多的串扰问题。因此,针对不同干扰源和干扰信号应用多路测试就变得十分重要。例如 PCIe 3 具有高达 16 个差分 8 Gb/s 通道,还有 10 Gb/s PON、40 GbE 和 100 GbE,要求 4 至 10 个 10 Gb/s 通道。在测试设置中广泛使用射频开关切换会增加信号的额外损耗和反射。工程师现在使用新的 M8030A 多通道比特误码率测试仪,无需再使用这些射频开关。

14 插槽 AXIe 主机增强了广泛使用的 J-BERT M8020A 的能力,支持从 4 通道扩展至 10 通道,这意味着主机能够同时有效支持最多 8 个 PCIe 通道进行 ASIC 测试。其他应用包括内含多个光网络单元(ONU)的多通道无源光网络(PON)系统测试。M8070A 软件新的 3.0 版本集成了众所周知的 M8070A 用户界面下的所有模块,因此能够确保已有用户快速掌握。

除了完善的 ParBERT 81250 延迟解决方案,新的 M8030A 多通道比特误码率测试仪提供了面向每个通道的集成的抖动注入、8 分接去加重和可调的码间干扰(ISI)功能。在分析仪方面,每个通道都拥有时钟恢复和 CTLE。高集成度可以帮您节省占地面积,提高测试结果的可重复性。

M8030A 多通道比特误码率测试仪可提供两种机箱和控制器套件:M8030A-BU1,包括机箱和一台 AXIe 嵌入式控制器;以及 M8030A-BU2,可用于从外部 PC 通过 PCI Express 进行远程控制。

### 艾德克斯推出首款交/直流电子负载产品

2015 年 10 月 1 日,艾德克斯推出首款交/直流电子负载——IT8615,该产品为 420V/20A/1800W,频率 45HZ~450HZ 可调,体积仅有 3U。IT8615 拥有比市场上同类产品更齐全的功能,并具有四大特殊优势,成为极具竞争力的产品,带给工程师们专业、方便、灵活的使用体验。

完善的谐波测量/分析功能 为了保证电网环境的纯净,在设计之初就需要进行谐波的测试与分析。IT8615 可编程交/直流电子负载具有这项功能,不仅可以测量谐波,更可以对 50 次以内叠加的谐波做单次谐波分析,且可以用柱状形式(BAR)或

列表(LIST)显示各次谐波所占百分比的分析结果。市场上的很多产品都不具备这一功能,还有的产品是将这项功能作为额外收费选配的功能,相对而言,IT8615 标配完善的谐波测量/分析功能,是工程师们更好的选择。

方便的示波器波形显示功能 在电子测试中,工程师们通常需要借助示波器来观察实时的电压、电流波形。如果使用艾德克斯 IT8615 可编程交/直流电子负载,就可以省去昂贵的示波器费用。因为 IT8615 独特的示波器波形显示功能,可以选择显示或隐藏待测物的输入电压和电流波形,屏幕上只观察必要波形,更为直观。同时还可以通过人性化的截屏功能键,将当前屏幕图片截图并通过前置 USB 接口保存到外围设备存储盘中,方便对数据及波形进行二次分析。

并联/三相控制 IT8615 具备多台并联的功能来达到更大电流的输入。同时,IT8615 可编程交/直流电子负载可以进行三相连接,还具有并联三相的功能,可以实现对于三相交流电源或者更大功率电源的测试应用。在三相并联应用中,用户可以根据实际需求实现 Y 型和  $\Delta$  型的连接方式,进行自由灵活的搭配。市场上有一些交流电子负载,虽然也可以做到这一点,但 Y 型连接时电压不能够达到 380V,而国内是标准的 220V 供电,这样一来此类产品就无法应用于国内某些产品的测试。而 IT8615 可以实现交流 380V 的输入,全球通用,满足多元的测试需求。

可调的 CF/PF 值 艾德克斯 IT8615 可编程交/直流电子负载的交流负载操作模式有 CC/CR/CW 模式。当工程师在使用 CC 或 CW 操作模式的时候,可以根据测试需求对功率因素(PF)或峰值因素(CF)或两者同时进行编辑,PF 设定值范围是 0~1(超前或滞后),CF 设定范围为 1.414~5,此外还有多种设定模式(优先级)可供选择,这些自由灵活的调整功能都是为了让工程师实现对实际电流更为真实的模拟,从而达到更加严谨的测试结果。

### 新无线电力传输系统可隔空高效充电

俄罗斯圣彼得堡大学的研究人员推出一种新的无线电力传输(WPT)系统,可以在距离 20 厘米内保持 80% 的电力传输效率,且期间传输效率随着距离增加衰减极小。该研究成果刊登在最新一期的《应用物理快报》上,可用于需要隔空进行无线充电的领域。

WPT 最早由著名的特斯拉公司在 20 世纪提出,直到 2007 年麻省理工学院的科学家才展示出其可行性,以 45% 的转化效率驱亮了两米以外的一个 60 瓦灯泡。

据物理学家组织网 26 日报道,新的 WPT 系统基于共振耦合原理,类似于一个歌剧演唱者发出强大的声音足以将能量传递到一个有着相同共振频率的葡萄酒玻璃杯,致使其粉碎。在同一频率的线圈共振条件下,一个共振的铜线圈可以转移能量到另一个二次谐振的铜线圈,且要求附近没有相同共振频率的其他物体以保证其不受影响。由于磁场对包括人体在内的大多数其他对象耦合作用弱,故 WPT 系统使用磁场耦合可进一步减少意外的相互作用。

研究人员通过两种方法减少了电力传输中的功率损耗,从而提高了 WPT 系统的效率。首先,用“高介电常数且低损耗介质谐振器”取代传统的铜圈。其次,与通常使用的磁偶极子模式不同,研究人员采用磁四极模式,减少了辐射损耗。