

无线网络传感器 能量收集 管理技术

摘要：电源问题是无线网络传感器中的关键问题。只有提供长期有效的能源才能使网络传感器降低维护运行成本，进一步体现其巨大优势。本文首先以机械振动和光能收集的两种具体方法为例，对无线传感器的能量收集进行介绍；在能量管理中引进先进的电源动态管理技术，对能量实现有效利用，对储存元件 - 电池储存能量关键技术进行研究；最后对降低电能消耗的几种途径进行探讨。本文对无线网络传感器的能源设计具有重要的理论和应用意义。

关键词：无线网络传感器；能量收集；电源管理

中图分类号：TP212 **文献标识码：**A **文章编号：**1006-883X(2006)03-0033-004

胡冠山 姚彦青

一、前言

随着无线网络传感器技术的发展，其在工业、商业、医学、消费和军事等领域的应用逐步深入，而电源问题一直成为无线网络传感器延长应用寿命和降低成本的关键。在环境恶劣或其他人类无法到达的场合或网络节点移动变化时，电池的更换变得非常困难甚至不可能，因而有效的为无线网络传感器提供能量是设计者所首先面对的。现在受到人们关注的有效的方法是采用能量收集的方法对环境能源采集，对能量进行储存以提供给无线网络传感器。本文介绍利用机械振动和光能收集的两种能量采收方法，采用电源动态管理技术的概念进行能量管理，用电池实现储存能量时的关键问题，并对降低电能消耗的多种途径进行探讨，从而实现整个网络的长期有效的工作。

二、能量收集

能量收集是利用环境中的能量进行收集并实现应用^[1]。从环境收集的能源转换后进行储存，随后分配到网络传

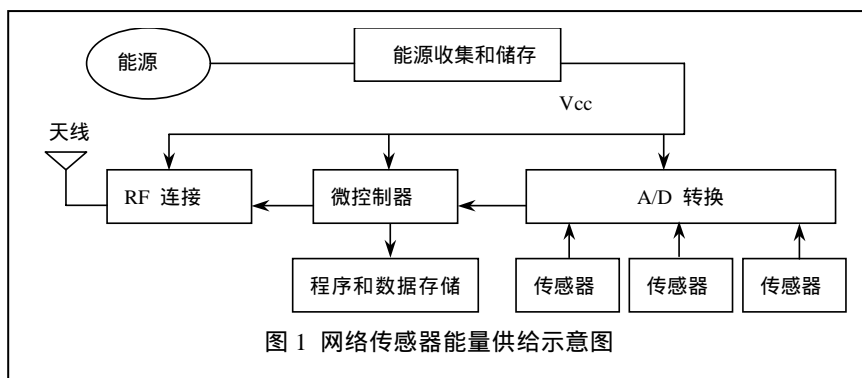


图 1 网络传感器能量供给示意图

感器的模数转换器、微控制器、射频收发器各部件，保证传感器的电源需求，实现长期有效的供电。能量采收为网络传感器部件供给电能如图 1。

能量收集可利用机械震动、光能、温度变化、电磁场、化学能、风、热等方法。前两种方法的应用技术成熟，应用范围广，相关器件的产品较多，现阶段具有较强竞争力和应用前景。此处介绍基于机械能和光能的两种收集方法。

1、机械振动能量收集法

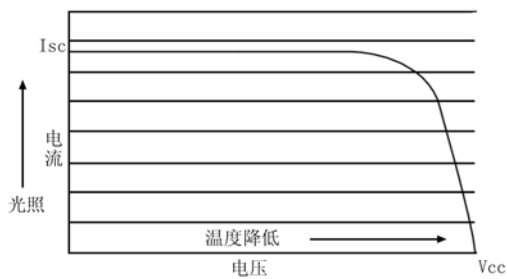
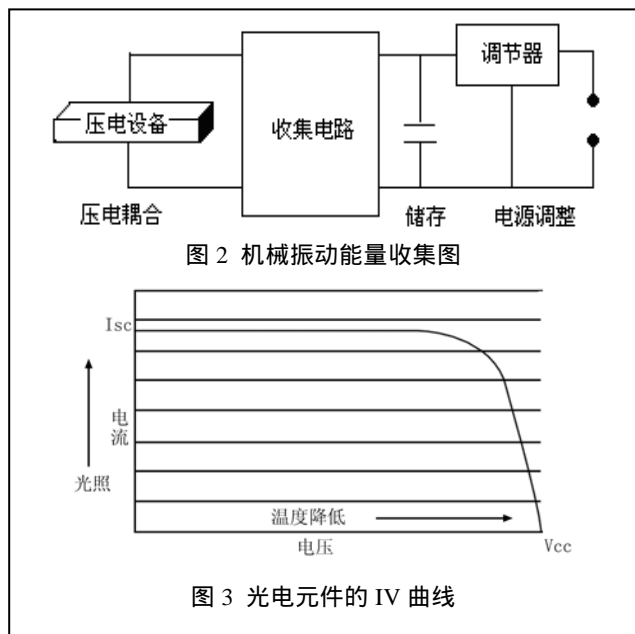
依靠机械振动作为能源是一种人们颇为熟悉的方法。机械振动是普遍存在且其能量收集有效、敏感。振动能量输入振动以 为单位,用手轻拍在桌子上就相当 0.02 的振动。例如由新兴公司制造的能量收集器在环境振动 28Hz 和 100m 时,收集器直径 1.8in 高 1.8in 产生 9.3mW 的电量输出。增加收集器 1 倍的体积会相应比例的能量增加 1 倍,电量输出也和振动频率增加成线性关系,同振动力的增加成指数关系。为了方便有效的利用能量,收集到的能量储存在电容或电池中去为系统供电。

压电材料的应用发展使其成为收集振动能量的直接有效的元件。利用压电材料受到压力变形产生电荷的特性,将动能转换成电压后经过收集进行幅度调整送入储存电路。一种典型的工作示意如图 2。环境振动的能量收集方法为消耗电量低的传感器提供一种长久的能源。

2、光能收集法

光电材料的新进展使光能收集成为无线网络传感器能量来源的另一种耗之不竭的新方法,光电元件的安装和运行费用随着大规模的应用也可大大减少。

光电采集的基本原理是利用光电材料吸收大量的光子,如果光子足够多从而能激活光电池中的电子,经过适当的设计结构,电子可被获取。光电元件相当于解码器,在光的照射下产生电压,结合相应的调整和储存电路可为负载实现供电。电量的多少是收集的光能的函数,为获取较多的电量,光电元件通常置于光照好的环境,并增大光照面积。通常的光电池可产生电压 0.5VDC,但实际电压输出随运行温度的不同而变化,一般说来温度越低输出电压



越高,光照越强电流输出越大。使用时为了产生系统需要的电压需要将多个光电元件进行串行连接。如图 3 是一种典型光电元件电流、电压与光照、温度关系的 IV 曲线^[2]。

光电技术发展从最初的硅晶体制造到今天微粒子沉积在感光基片上,这种新材料可在室内或室外工作,重量轻易安装,并受环境温度的影响减小,非常适于为小的、远程的传感器提供电源。

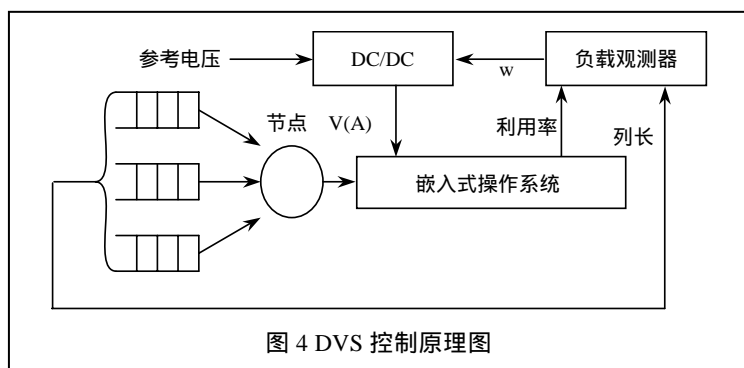
三、能源的管理和储存

能量采收的电必须通过有效的管理和存储才能得以连续有效的为传感器提供电源,否则能量收集将无功而返。电源管理是现在能源利用的一个热点,采用动态电源管理是一种有节电潜力的方法。电源的储存元件是电池或电容,化学电池由于储存稳定有效成为在网络传感器中的首选。将能量收集到电池中的限制是电池的寿命问题,如何使电池的工作寿命能满足用户的可接受期望,为延长电池的寿命采用正确的充电方法是关键问题。

1、电源管理

网络传感器的电源管理采用动态功率管理和动态电压调节^[3]的动态管理模式是降低系统耗能的有效设计方法。

动态功率管理(dynamic power management)是动态地分配系统资源,以最少的元件或元件最小工作量的低耗能状态完成系统任务的一种降低功耗的设计方法。“动态电源管理”技术中包括使系统能达到有效节能的一系列方法。这些方法控制“电源管理”在系统元件空闲时,系统元件是否进入低耗能状态和何时进入。动态功率管理技术适用的基本前提是,系统元件在工作时间内有着不相同的工作量。大多数的系统都具有此种情况。另一个前提是,可以在一定程度上确信能够预知系统、元件的工作量的波动性。这样才有转换耗能状态的可能,并且在对工作量的观察和预知的时间内,系统不可以消耗过多的能量。在网络传感器电源管理中其工作特点非常适于采用动态功率管理。因为传感器网络的各个节点并不是一直在工作,许多时间处于休眠模式所需耗电量较低,当传感器采集数据、控制器数据处理和进行数据通讯时系统耗电增大。设置进入空闲时,可以关闭设备,进入低耗能的休眠状态;当再次接到请求后,设备被唤起。动态功率管理系统中,不同元件的工作状态要动态地适应不同程度的性能要求,只有这样才能最小化空闲时间浪费的能量或者无用元件浪费的能量。对于电源管理实施时间的判断,要用到多种预测方法,例如静态预知方法、动态预知方法,根据历史的工作量预测即将到来的工作量,决定是否转换工作状态和何



时转换。

动态电压调度(dynamic voltage scheduling)策略的主要原理是基于负载状态动态调节供电电压来减少系统功耗，已经被应用到便携式个人移动设备上。基于此我们可以应用到传感器网络中，其控制原理如图 4。节点上的嵌入式操作系统负责调度来自不同任务队列的请求接收服务，并实时监测处理器的利用率和任务队列的长度，负载观测器依据这两个参数的序列值计算负载的标称值，直流/直流变换器参照该值输出幅值为的电压，支持处理器的工作。这实际构成了闭环反馈系统，应用控制理论的方法可以进行各个模块的设计。

2、能量储存元件 - 电池的有效充电方法

在网络传感器中采用可重复充电化学电池与能量收集相结合是实现长期供电的有效手段，作为能量储存的电池，延长电池的使用寿命是保证网络传感器长期工作的前提，经过大量的试验研究表明正确恰当的充电方法可以增加几倍电池的寿命。

简单的充电方法不可逆的改变改变了电池的结构。这是由于化学电池的自身结构所造成的，电池的烧结板的微观结构就像起伏不平的山峰和山谷，充电以山峰的指示为准，当电池仅充电 10%时，电池板的山峰已经是过充电状态。此时由于氢和氧组成的气泡产生，阻碍充电的继续进行，氢氧放热反应的结合又进一步产生热量增高温度，内部压力也随之上升。而氧的存在会对金属板造成腐蚀，使其不能再被充电。此时如果持续的电流继续施加，最终会造成电池的损坏。

最多使用于 NiCd 和 NiMH 电池的充电技术是负电压变化中断法，当检测到电池的电压减少时终止充电。温度和压力在此之前就急剧上升，为此电池有压力释放机构。另一方面这种方法会造成电解液的损失，而在无线网络中此损失是无法弥补的。对于 Lithium ion 电池不能应用负电压变化法，否则会导致其严重过充电。它用一定的限制电压并监测电流，当电流减少到初始值的设定百分比时终止充电。很明显这种方法不能使电池免受腐蚀影响。

如何能有效减少充电的损坏所有的化学电池采用充电回路中施加负脉冲法会大大有益于电池的寿命。在 1s 的周期中加负脉冲和 2 倍的前向幅度，金属板的电量会重新分配导致平均的电量分布、更快的充电速度和更少的腐蚀。在 NiCd 电池，采用此种方法会发现充电过程中温度和压力降低，因为此时充电过程实际上是吸热的。对于 NiMH 和 Lithium ion 电池也会导致在低的温度压力下充电。采用此种技术大大减少了对电池损坏。快速中断是减少电池充电损坏

的另一要点。在充电初期电压快速增长，然后进入一个近似线性区直到接近电池充电完成，随后电压加速增加，当进入过充时电压快速降低。在电池进入过充前必须快速中断充电。

四、能耗的降低措施

提高系统效率增加网络传感器生命力的另一方面是降低能源的消耗，这也是对能量收集和存储的重要支持。能耗的降低涉及方面较多，这里从基本的几点进行探讨。

1、采用不同的通讯协议能够有效的降低电源的消耗^[4]。无线射频的物理层分为窄带和宽带频谱，窄带分为单频和复频两类，宽带分为 FHSS(Frequency-hopping spread spectrum) 和 DSSS (Direct-sequencing spread spectrum) 两种。宽带比窄带提供好的通讯性能，但以耗电高、尺寸和投资大为代价。宽带传输以高电耗换取了高传输灵敏度，而使用 DSSS 比 FHSS 更有大的过程增益，这也是以能耗为代价的，例如采用 DSSS 的 IEEE 802.11b WAN 标准比采用 FSSS 的 Bluetooth 标准耗电大。当然协议标准的选用是一个折衷问题，和环境的干扰、传输速度要求、传输距离、成本等都是相关的，在进行网络设计时必须综合考虑协议的采用。

2、巧妙的天线排列也能降低能量的消耗。精确的设计无线收发器的横梁排列增加了方向增益，积极的能量控制信号被用于减少远程收发器的电量，节省电能。

3、减少传输误差也能降低能量的消耗。误差发生常需要重新发送信息包而增加能耗。在误差率、传送电耗、前向误差校正和其他提高信息传送的技术之间需要平衡，以使系统设计严格减少电耗，增加传感器网络的寿命。对前向误差校正采用动态分配新技术可减少误差的发生从而降低能耗，例如当环境噪声低时系统提高信息输送量，当环境噪声高时减少输送，以减少信息丢失的数量。

4、系统芯片技术、微机电系统技术、特定用途集成电路等新技术的发展应用也是减少电量消耗的策略。通过新技术可以大大减少网络传感器部件如收发器、测量传感器、



回路板的尺寸增加集成度以提高效率。

五、结束语

无线传感器网络正成为多种应用领域富吸引力的解决方案，但能源问题一直是设计者和使用者所困扰的，若更换电池抵消了其优势。本文论述了将能量收集法、电能管理策略、在线电池充电和传感器节能方法相结合大大延长传感器寿命，从而能够极大地扩大无线传感器网络的市场。如何随着电源技术相关研究的进一步发展和新的通讯标准的制定而增大电源的寿命是无线网络传感器推广应用的关键。

参考文献：

- [1] Tod Riedel. Power Considerations For Wireless sensor Networks[J]. sensors, 2004 21(3).
- [2] Paul M.Wormser. The Impact of Photovoltaic Technology on Sensor Design[J]. sensors, 2003, 20(3)
- [3] 任丰原, 黄海宁, 林闯. 无线传感器网络[J]. 软件学报, 2003, 14(7): 1282-1291.
- [4] Christopher Mclean. Intelligent Wireless Condition-Based Maintenance[J]. sensors, 2002, 19(6).

The Energy Harvesting And Management Of The Wireless

Sensor Networks

Abstract: Energy is the critical component of the wireless sensor networks. Only to provide efficiency and long using time energy, the wireless sensor networks could run in low cost to embody its advantage and be widely used. The paper introduces two way of energy harvesting by the mechanical vibration sources and solar energy to scavenge energy, introduces dynamic power management and battery storage to manage the power and discuss the methods of saving power. The paper has important significance to the energy theory design and application of the wireless sensor networks.

Keywords: Wireless Sensor Networks; Energy Harvesting; Power Management

作者简介：

胡冠山，山东交通学院信息工程系教师，工程师，研究方向自动化、传感器及先进测控技术。

联系方式：胡冠山，山东省济南市交校路5号 山东交通学院信息工程系，邮编 250023，

电话 13688608208，E-mail：hgs188@sina.com.cn

姚彦青，山东省农业厅，中级职称。

本文编辑：陈明 读者服务卡编号 008