



第1章 无线传感器网络概述





1.1 无线传感器网络的体系结构

无线传感器网络是由部署在监测区域内的大量的廉价微型传感器节点组成，通过无线通信的方式形成一个多跳的自组织的网络系统，其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖的地理区域中感知对象的信息，并发布给观察者。





无线传感器网络由无线传感器、感知对象和观察者三个根本要素构成。无线是指传感器与观察者之间、传感器之间的通信方式，能够在传感器与观察者之间建立通信路径。无线传感器的根本组成包括如下几个单元：电源、传感部件、处理部件、通信部件和软件等。此外，还可以选择其他的功能单元，如定位系统、移动系统以及电源自供电系统等。图1-1所示为传感节点的物理结构。传感节点一般由传感单元、数据处理单元、定位装置(GPS)、移动装置、能源(电池)及网络通信单元(收发装置)等六大部件组成，其中传感单元负责被监测对象原始数据的采集，采集到的原始数据经过数据处理单元的处理之后，通过无线网络传输到一个数据会聚中心节点(Sink)，由Sink再通过因特网或卫星传输到用户数据处理中心。



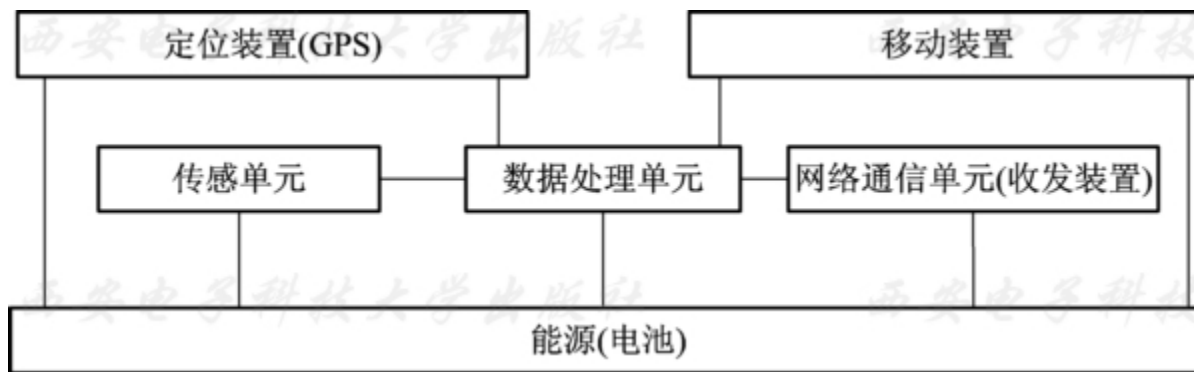


图1-1 传感节点的物理结构





理论的提出，传统的电池被参加了许多新的元素，太阳能电池、微光电池、生物能电池、地热能电池等一系列可以从自然界中汲取能量转换为电能的电池的出现，使得能量的自补充成为可能。从理论上来讲，新型电池能持久供给能量，但由于工程实践中生产这种微型化的电池还有相当的难度以及受到节点部署区域特定地理环境等限制，其效果并不理想，如何进一步缩小其体积是目前研究的重点。为了尽可能地延长整个传感器网络的生命周期，在设计传感器节点时，保证能量供给的持续性是一个重要的设计原那么。传感器节点能量消耗的模块主要包括传感器模块、信息处理模块和无线通信模块，而绝大局部的能量消耗集中在无线通信模块上，



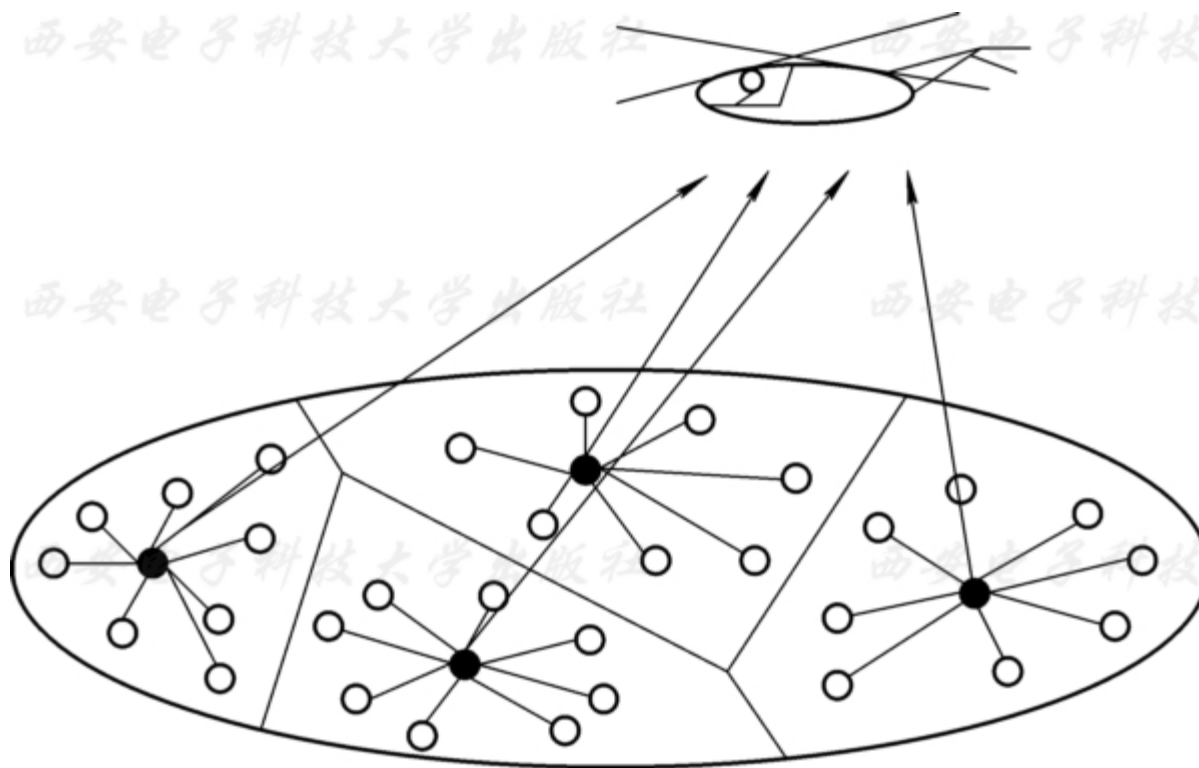


图1-2 节点部署图



第1章 无线传感器网络概述



借助于节点内置的、形式多样的感知模块，可测量所在环境中的热、红外、声纳、雷达和地震波信号，从而探测包括温度、湿度、噪声、光强度、压力、土壤成分以及移动物体的大小、速度和方向等众多我们感兴趣的物质现象。节点的计算模块先对数据进行简单处理，再采用微波、无线、红外和光等多种通信形式，通过多跳中继方式将监测数据传送到会聚节点。会聚节点将接收到的数据进行融合及压缩后，最后通过因特网或其他网络通信方式将监测信息传送到管理节点。同样的，用户也可以通过管理节点进行命令的发布，通知传感器节点收集指定区域的监测信息。图1-3给出了一个无线传感器网络的体系结构，图中，网络的局部节点组成了一个与Sink进行通信的数据链路，再由Sink把数据传送到卫星或者因特网，最后通过该链路和Sink进行数据交换并借此使数据到达最终用户手中。



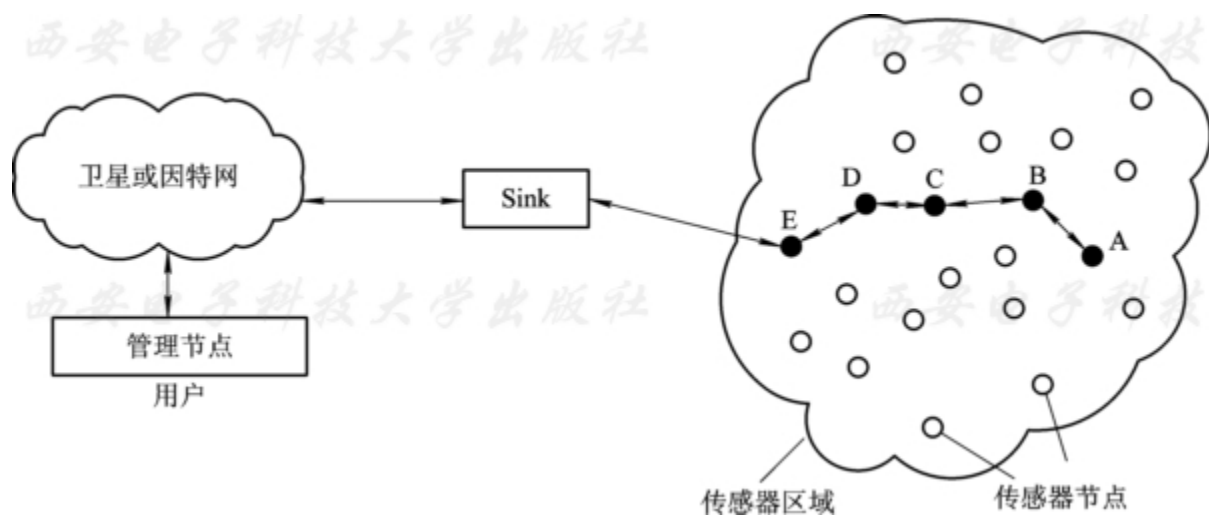


图1-3 无线传感器网络的体系结构





依据传感器网络节点的连接特点，在研究中，一般利用图论的概念将传感器网络抽象成一种单位圆平面图(Unit-Disk Graph)，即假设传感节点具有相同的有效传输半径 R ，那么认为彼此处于传输半径范围内(半径为 R 的平面圆内)的节点之间存在一条单位长度的无向边。按照源节点的分布情况，传感器网络模型可分为事件半径模型和随机源节点模型两种。图1-4与图1-5分别给出了传感器网络的事件半径模型和随机源节点模型。

在图1-4所示的事件半径模型中，星形符号表示要监测的事件，在以该事件为圆心、半径为 R 的圆内的所有非Sink节点的传感节点被选择为数据源。而在图1-5所示的随机源节点模型中，随机选择 K 个非Sink节点的传感节点作为数据源。



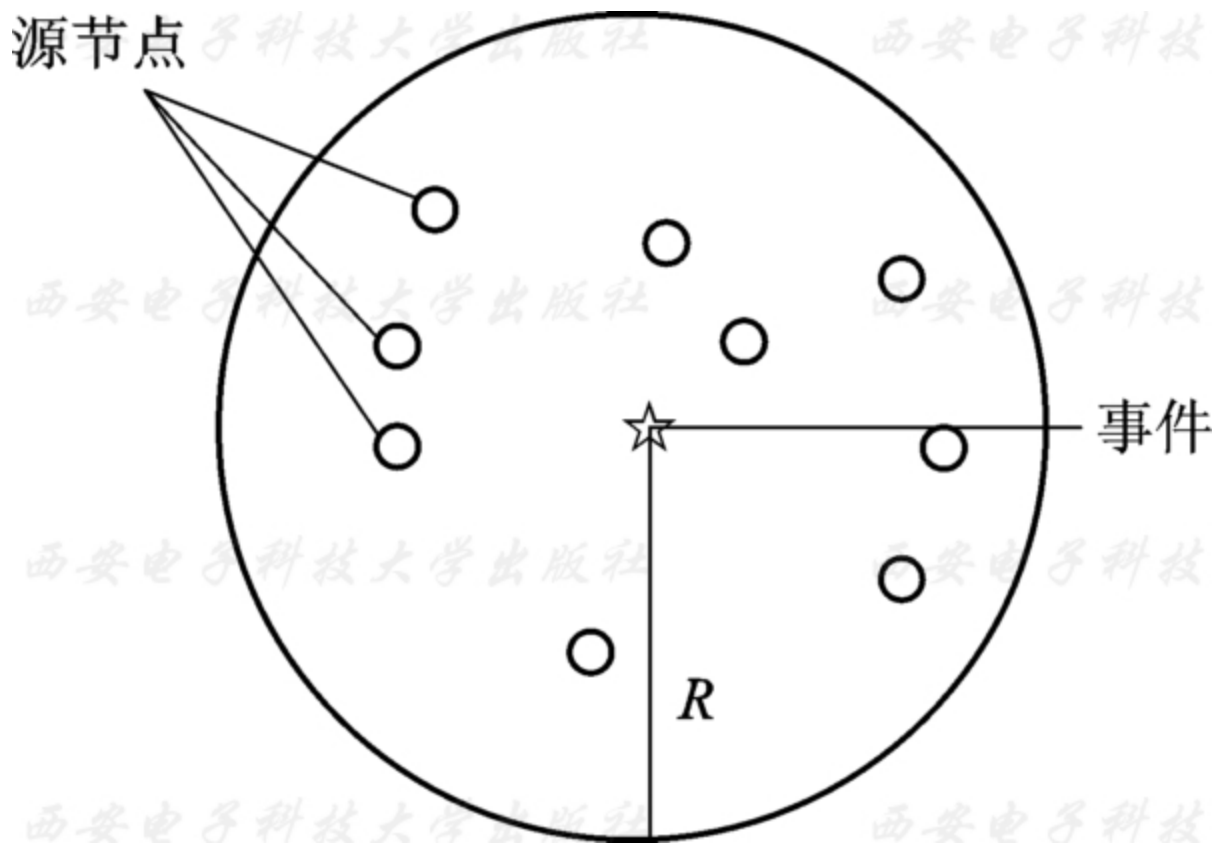


图1-4 传感器网络的事件半径模型



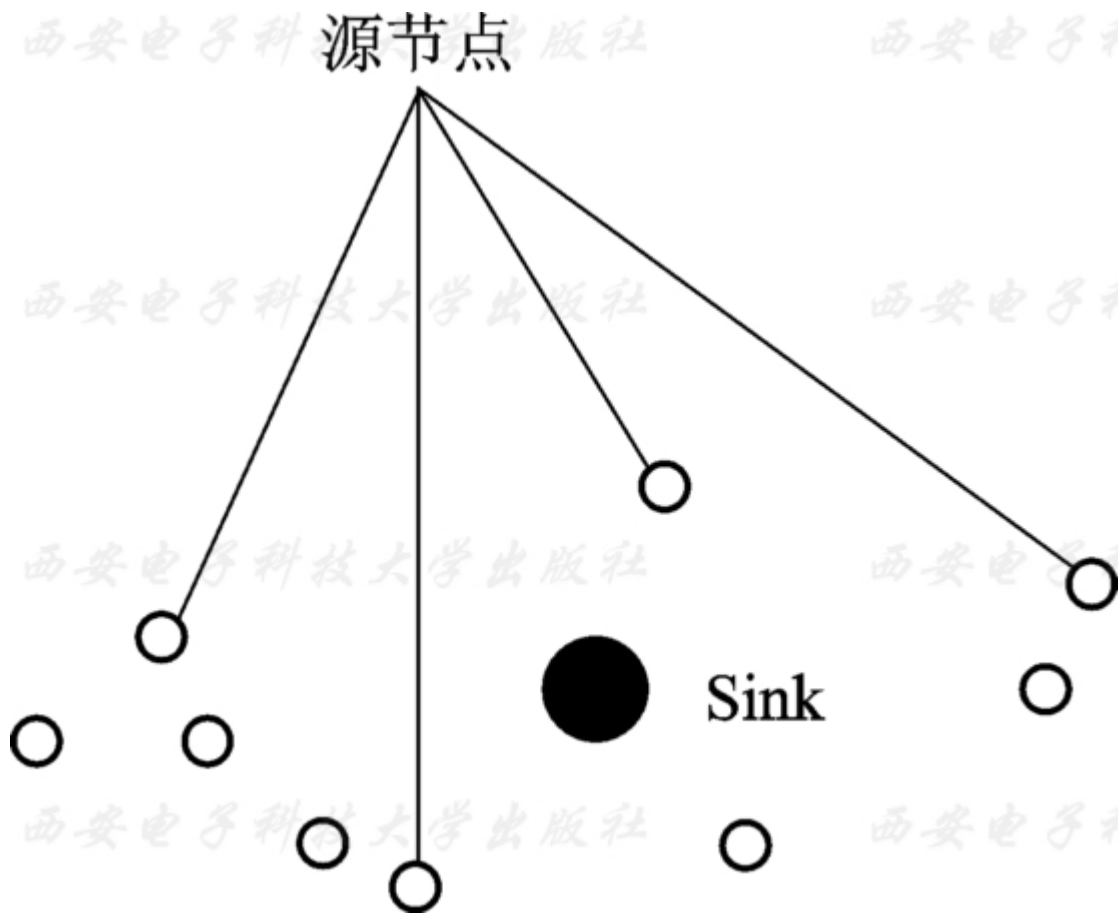


图1-5 传感器网络的随机源节点模型





传感器网络虽然与无线自组网有相似之处，但同时也存在很大的差异。传感器网络是集成了检测、控制以及无线通信的网络系统，节点数目更为庞大(上千甚至上万个)，节点分布更为密集；由于环境影响和能量耗尽，节点更容易出现故障；环境干扰和节点故障易造成网络拓扑结构的变化；通常情况下，大多数传感器节点是固定不动的。另外，传感器节点具有的能量、处理能力、存储能力和通信能力等都十分有限。传统无线网络的首要设计目标是提高效劳质量和高效地使用带宽，其次才考虑节约能源，而传感器网络的首要设计目标是能源的高效使用，这也是传感器网络与传统网络最重要的区别之一。





1.2.2 传感器节点的限制

传感器节点在实现各种网络协议和应用系统时，存在以下一些实现的约束。

1. 电源能量有限

传感器节点体积微小，通常只能携带能量十分有限的电池。由于传感器节点个数多、本钱要求低廉、分布区域广，而且部署区域环境复杂，有些区域甚至人员不能到达，所以传感器节点通过更换电池的方式来补充能源是不现实的。如何高效地使用能量来最大化网络生命周期是传感器网络面临的首要挑战。





传感器节点消耗能量的模块包括传感器模块、处理器模块和无线通信模块。随着集成电路工艺的进步，处理器和传感器模块的功耗变得很低，绝大局部能量消耗在无线通信模块上。

传感器节点传输信息时要比执行计算时更消耗电能。无线通信模块存在发送、接收、空闲和休眠4种状态。无线通信模块在空闲状态时，一直监测无线信道的使用情况，检查是否有数据发送给自己；而在休眠状态时，关闭通信模块。无线通信模块在发送状态时的能量消耗最大；在空闲状态和接收状态时的能量消耗接近，略少于发送状态时的能量消耗；在休眠状态时的能量消耗最少。如何让网络通信更有效率，减少不必要的转发和接收，以及在不需要通信时如何使网络尽快地进入休眠状态，是传感器网络协议设计时需要重点考虑的问题。





2. 通信能力有限

无线通信的能量消耗与通信距离的关系为

$$E = k \cdot d^n$$

其中，参数 n 满足关系 $2 < n < 4$ 。 n 的取值与很多因素有关，例如传感器节点部署贴近地面时，障碍物多、干扰大， n 的取值就大；天线质量对信号发射的影响也很大。考虑诸多因素，通常 n 取3，即通信消耗与距离的三次方成正比。随着通信距离的增加，能耗将急剧增加，因此，在满足通信连通度的前提下应尽量减少通信距离。一般而言，传感器节点的无线通信半径在100 m以内比较适宜。





考虑到传感器节点的能量限制和网络覆盖区域范围大的特点，传感器网络通常采用多跳路由的传输机制。传感器节点的无线通信带宽有限，通常仅有每秒几百千位的传输速率。由于节点能量的变化受建筑物、障碍物等地势地貌以及风雨雷电等自然环境的影响，无线通信性能可能经常变化，频繁出现通信中断的现象。在这样的通信环境和节点有限通信能力的情况下，如何使网络通信机制满足传感器网络的通信需求是传感器网络设计时面临的挑战之一。





3. 计算和存储能量有限

传感器节点是一种微型嵌入式设备，要求它的价格低、功耗小，这些限制必然导致其携带的处理器能力比较弱、存储器容量比较小。为了完成各种任务，传感器节点需要完成监测数据的采集和转换、数据的管理和处理、应答会聚节点的任务请求和节点控制等多种工作。如何利用有限的计算和存储资源完成诸多协同任务成为传感器网络设计的挑战之一。





1.2.3 无线传感器网络的特点

1. 计算和存储能力有限

传感器节点是一种微型嵌入式设备，要求它的价格低、功耗小，这些限制必然导致其携带的处理器能力比较弱，存储器容量比较小。为了完成各种任务，传感器节点需要利用有限的计算和存储资源完成监测数据的采集和转换、数据的管理和处理、应答会聚节点的任务请求和节点控制等多种工作。





2. 动态性强

传感器网络的拓扑结构可能因为以下因素而改变：环境因素或电能耗尽造成的传感器节点出现故障或失效；环境条件变化可能造成无线通信链路带宽变化，甚至时断时通；传感器网络的传感器、感知对象和观察者这三个要素都可能具有移动性；新节点的参加。这就要求传感器网络系统要能够适应这种变化，具有动态的系统可重构性。





3. 网络规模大、密度高

为了获取尽可能精确、完整的信息，无线传感器网络通常密集部署在大片的监测区域内，传感器节点数量可能达到成千上万个，甚至更多。大规模网络通过分布式处理大量的采集信息能够提高监测的精确度，降低对单个节点传感器的精度要求；通过大量冗余节点的协同工作，使得系统具有很强的容错性并且增大了覆盖的监测区域，减少了盲区。





4. 可靠性高

传感器网络特别适合部署在恶劣环境或人类不宜到达的区域，传感器节点可能工作在露天环境中，遭受太阳的暴晒或风吹雨淋，甚至遭到无关人员或动物的破坏。传感器节点往往采取随机部署，如通过飞机撒播或发射炮弹到指定区域进行部署。这些都要求传感器节点非常稳固，不易损坏，能适应各种恶劣环境条件。由于监测区域环境的限制以及传感器节点数目巨大，不可能人工“照顾”到每一个传感器节点，因此网络的维护十分困难，甚至不可能。传感器网络的通信保密性和平安性也十分重要，要防止监测数据被盗取和获取伪造的监测信息。因此，传感器网络的软硬件必须具有鲁棒性和容错性。



以上内容仅为本文档的试下载部分，为可阅读页数的一半内容。如要下载或阅读全文，请访问：<https://d.book118.com/885044024031011333>