

# 传感器网络

- 无线传感器网络 (Wireless sensor network, **WSN**)

无线传感器网络 (Wireless sensor network, **WSN**) 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。

其目的是协作地感知、采集和处理网络覆盖区域中感知对象的信息并发送给观察者。

- 无线自组织网 (**Ad-hoc**)

一个由几十个到上百个节点组成的、采用无线通信方式、动态组网的多跳的移动性对等网络。

其目的是通过动态路由和移动管理技术传输具有服务质量要求的多媒体信息流。

通常节点具有持续的能量供给。

- 比较

传感器网络是集成了监测、控制以及无线通信的网络系统, 节点数据更为庞大, 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。

传感器节点具有的能量、处理能力、存储能力和通信能力都十分有限。

## 重要区别

传统无线网络的首要设计目标是提供高服务质量和高效带宽利用, 其次才考虑节约能源;

传感器网络的首要设计目标是能源的高效利用

- 无线传感网络的应用: 温度, 湿度, 车辆运动, 闪电条件 (? lightning condition), 压力, 土壤组成, 噪音水平, 附着物体的机械应力水平, 物体的当前特征如速度、方向和大小

- 军事应用

- 监视友军、装备和弹药
- 战场监视
- 侦察敌方部队和地形
- 战斗损伤评估
- 探测和侦察核、生物和化学攻击

- 环境监测和预报

- 森林火灾探测
- 洪水检测
- 精准农业

- 医疗护理

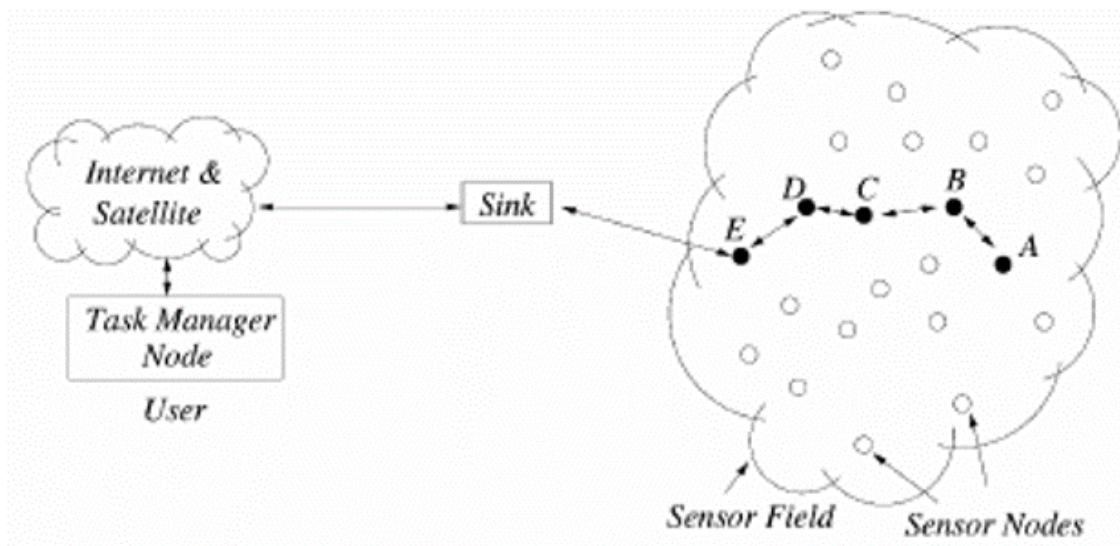
- 远程监测人体生理数据
- 跟踪和监控医院里的病人
- 医院的药品管理

- 智能家居

- 家庭自动化

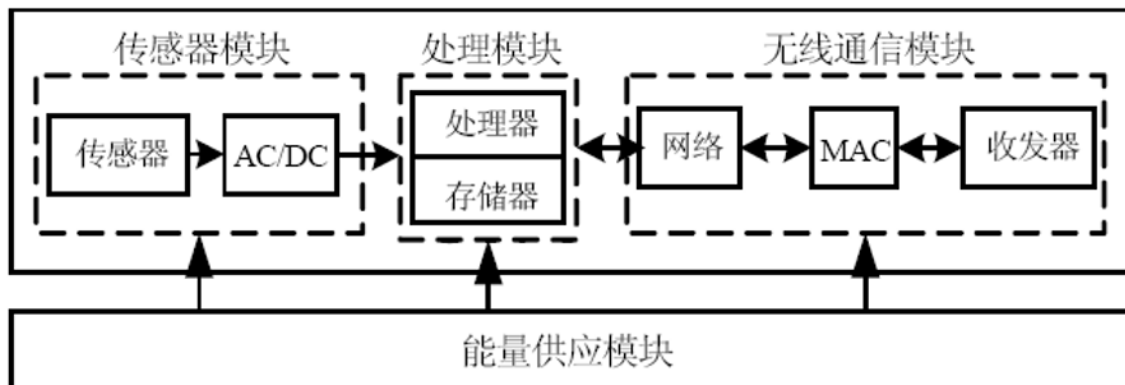
- 智能环境
- 其他
  - 办公楼环境控制
  - 库存控制管理
  - 车辆跟踪与检测
  - 检测和监控汽车盗窃
- 传感器网络结构

- 通常包括**传感器节点**、**汇聚节点**和**管理节点**。



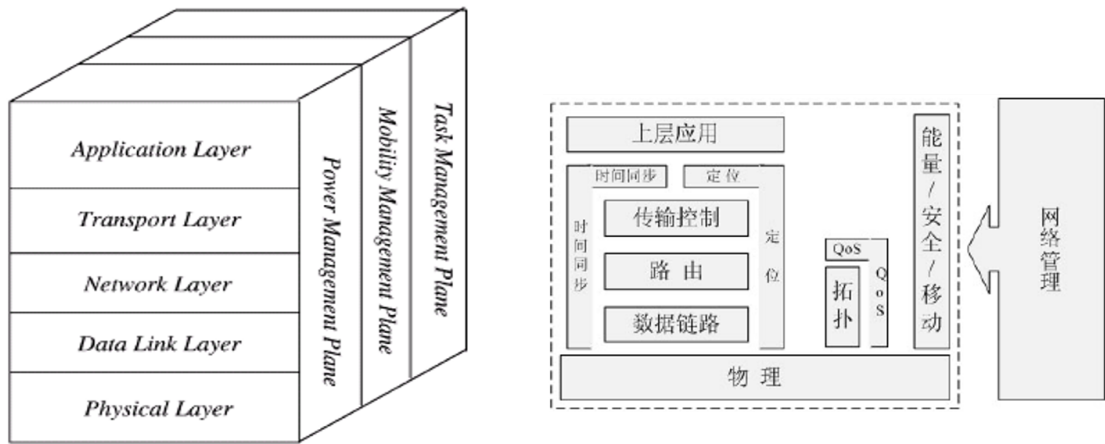
- **大量传感器节点** (sensor nodes) 都**随机**部署在**监测区域** (sensor field) 内部或附近，能够通过**自组织方式**构成网络。
- 传感器节点监测的数据沿着其他传感器节点**逐跳**地进行传输，在传输过程中监测数据可能被多个节点处理，经过多跳后路由到汇聚节点，最后通过互联网或卫星到达管理节点。
- 用户通过**管理节点**对传感器网络进行**配置和管理**，发布监测任务以及收集监测数据。
- **传感器节点**是一个微型的嵌入式系统，处理能力、存储能力和通信能力相对较弱。每个传感器节点兼顾传统网络节点的**终端和路由**功能，除了进行**信息收集和数据处理**外，还要对其它传感器节点发出来的**数据进行存储、管理和融合**等处理，同时与其它节点**协作**完成一些特定的任务。
- **汇聚节点** (sink node) 的处理能力、存储能力和通信能力相对较强，它连接无线传感器网络与Internet等外部网络，实现两种协议之间的**通讯协议转换**，同时发布管理节点的监测任务，并把收集到的信息数据转发到外部网络上。

#### ● 传感器节点结构



- **传感器模块**负责监测区域内信息的**采集和数据转换**；
- **处理模块**负责控制整个传感器节点的操作，**存储和处理**本身采集的数据以及其他节点发来的数据；
- **无线通信模块**负责与其他传感器节点进行**无线通信**，交换控制消息和收发采集数据；
- **能量供应模块**为传感器节点提供运行所需的能量。

- 传感器网络协议栈



- 左图:

- **物理层**提供简单但健壮的信号调制和无线收发技术，主要解决编码调制、通信速率，通信频段的选取等问题。
- **数据链路层**负责数据成帧、多路复用、帧检测、媒体访问和差错控制，保证了传感器网络内点到点和点到多点的连接。
- **网络层**负责路由生成与路由选择。
- **传输层**负责数据流的传输控制，是保证通信服务质量的重要部分。
- **应用层**包括一系列基于监测任务的应用软件。
- **能量管理平台**管理传感器节点如何使用能源，在各个协议层都需要考虑节省能量。
- **移动管理平台**检测并注册传感器应用的移动，维护到汇聚节点的路由，使得传感器节点能够动态跟踪其邻居的位置。
- **任务管理平台**在一个给定的区域内平衡和调度监测任务。

- 右图: 细化了左图

- **定位和时间同步子层**，既要依赖于数据通道进行协作定位和时间同步协商，同时又要为网络协议各层提供信息支持（如基于时分复用的MAC协议，基于地理位置的路由协议等都需要定位和同步信息。）
- 右边的诸多机制一部分融合到各层协议中，用以优化和管理协议流程；另一部分独立在协议外层，通过各种收集和配置接口对相应机制进行配置和监控。
- **QoS管理**在各协议层设计队列管理、优先级机制或带宽预留等机制，并对特定应用的数据给予特别处理。
- **拓扑控制**利用物理层、链路层或路由层完成拓扑生成，反过来又为它们提供基础信息支持，优化MAC层协议和路由协议的协议过程，减少网络能量消耗。
- **网络管理**则要求协议各层嵌入各种信息接口，并定时收集协议运行状态和流量信息，协调控制网络中各个协议组件的运行。

- 无线传感网络的特点

- **大规模网络**：为了获取精确信息，在监测区域通常部署大量传感器节点，传感器节点数量可能达到成千上万，甚至更多。

传感器网络的大规模性包括两方面的含义：一方面是传感器节点分布在很大的地理区域内，如在原始大森林采用传感器网络进行森林防火和环境监测，需要部署大量的传感器节点；另一方面，传感器节点部署很密集，在一个面积不是很大的空间内，密集部署了大量的传感器节点。

- **自组织网络**：在传感器网络应用中，通常情况下传感器节点被放置在没有基础结构的地方。传感器节点的位置不能预先精确设定，节点之间的相互邻居关系预先也不知道，这些都要求传感器节点具有自组织能力，能够自动进行配置和管理，通过拓扑控制机制和网络协议自动形成转发监测数据的多跳无线网络系统。

- **动态性网络**：传感器网络的拓扑结构可能因为下列因素而改变：①环境因素或电能耗尽造成的传感器节点出现故障或失败；②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；③传感器网络的传感器、感知对象和观察者这三要素都可能具有移动性；④新节点的加入。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**。
- **可靠的网络**：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。传感器节点往往采用随机部署，这些都要求传感器节点非常**坚固，不易损坏，适应各种恶劣环境条件**。
- **应用相关的网络**：不同的应用背景对传感器网络的要求不同，其硬件平台、软件系统和网络协议必然会有很大差别。所以传感器网络不能像Internet一样，有统一的通信协议平台。对于不同的传感器网络应用虽然存在一些共性问题，但在开发传感器网络应用中，更关心传感器网络差异。
- **以数据为中心的网络**：传感器网络是任务型的网络，脱离传感器网络谈论传感器节点没有任何意义。传感器网络中的节点采用节点编号标识，节点编号是否需要全网惟一取决于网络通信协议的涉及。网络在获得指定事件的信息后汇报给用户。这种**以数据本身作为查询或传输线索的思想**更接近于自然语言交流的习惯。所以通常说传感器网络是一个以数据为中心的网络。
- **无线传感网络面临的挑战**
  - **电源能量有限——如何高效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。**
    - 传感器体积微小，只能携带能量十分有限的电池。
    - 由于电源能量的原因**经常失效或废弃**。
    - 电池能源约束是传感器网络应用的障碍。
    - 处理器和传感器模块的功耗低，绝大部分能量消耗在无线通信模块上，传感器节点传输信息是要比执行计算时更消耗电能。
  - **通信能力有限——如何设计网络通信机制以满足传感器网络的通信需求是传感器网络面临的挑战之一。**
    - 无线通信能耗与通信距离的关系为： $E = kd^n (2 < n < 4)$ 。因此，在满足通信联通度的前提下应尽量**减少单跳通信距离**。
    - 节点带宽有限，而且经常变化。
    - 节点通信覆盖范围只有几十至几百米，而且经常变化。
  - **计算和存储能力有限——如何设计同时最小化能源、时间、空间和通信复杂性的分布式算法，以利用有限的技术和存储资源完成诸多协调任务。**
    - 传感器网络中传感器通常都具有嵌入式处理器和存储器，具有计算能力。
    - 处理器性能、存储器容量和能源都很有限，导致传感器的**计算能力十分有限**。
  - **节点移动、断接频繁——通信路径重构成为突出问题，路由算法必须具有自适应性。**
    - 节点可能**移动**，某些节点甚至频繁移动。
    - 节点间通信的**断接频繁**，导致通信失败。
    - 经常受到高山、建筑物、障碍物等地形地貌以及风雨雷电等自然环境的影响，因此传感器可能会长时间**脱离网络、离线工作**。
  - **多源、多跳是主要通信方式——如何为多源信息传输选择优化通信路径。**
    - 多个传感器节点向一个目标传送信息。
    - 一次多源信息传输需要多条由多个传感器节点组成的路径。
  - **传感器数量大、分布范围广——如何使传感器网络软硬件具有高强度性和容错性。**
    - 传感器网络中传感器节点**密集，数量巨大**，可能达到几百、几千万，甚至更多。
    - 传感器网络可以分布在**很大区域**，也可以分布在**险恶环境**下。
    - 传感器数量大、分布广的特点使得网络的维护十分困难甚至不可维护。
  - **大规模分布式控制器——如何管理成千上万分布式控制器。**
    - 很多传感器网络需要**对感知对象进行控制**（如温度控制）。
    - 传感器需要配备**回控装置和控制软件**。

- **感知数据流无限——如何设计高效率、能源有效、实时的海量感知数据流的查询、分析和挖掘的分布式算法。**
  - 传感器网络每个传感器都产生无限的流式数据，并具有**实时性**。
  - 每个传感器仅具有**有限的存储器和计算资源**，难以处理巨大的实时数据流。
- **以数据为中心——如何向用户和应用提供感知数据。**
  - 以感知数据管理和处理为中心。
  - 把**数据管理和处理技术与网络技术融为一体**。
  - 为用户提供有效的感知数据空间或感知数据库。
  - 使用户如同使用通常的数据库系统和数据处理系统一样自如地使用感知数据。
- **多种多样的传感器——如何建立新型传感器概念、理论、技术来正确感知对象，使用什么样的传感器网络协议、技术和算法满足特定传感器类型和应用场景的需要。**
  - 物理传感器、生物传感器、化学传感器、.....
- **其他挑战：**传感器的投放或撒播理论与技术、传感器的定位问题、时钟同步问题、组网连通可靠性研究和探测覆盖率研究、传感器网络安全性问题和抗干扰问题、信号的协作处理