



无线传感器网络

主讲教师：章阳
课件制作/版权：许毅
计算机科学与技术学院





课程介绍

- 考核方式：考试
- 成绩构成：平时成绩30%+期末考试70%
- 参考教材：《无线传感器网络技术原理及应用》
- 参考书目：《无线传感器网络原理与实践》





课程介绍（续）

■ 平时成绩

- 考勤
- 作业/思考题
- 论文阅读与讲解分析

■ 课程特色

- 发展的学科
- 包容的学科





任课教师介绍

- 联系方式: yangzhang@whut.edu.cn
- 办公地点: 余区东配楼307
- 课程主页: <http://yzhang.org> (目前无内容)
- 当前研究方向:
 - 随机优化、博弈、点过程建模
 - 无线充电系统
 - GPU与ML





第 1 章 绪论

学习目标

- ◆ 掌握无线传感器网络的基本知识（定义、组成）
- ◆ 理解无线传感器网络特点
- ◆ 了解无线传感器网络的关键性能指标
- ◆ 了解传感器的类别
- ◆ 了解无线传感器网络应用
- ◆ 了解传感器网络的研究历史



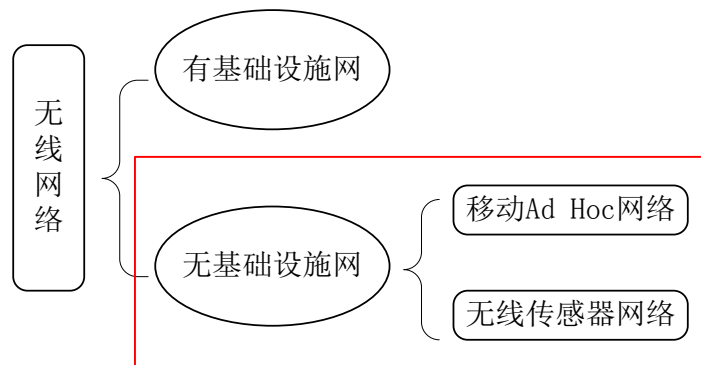


1.1 WSN的基本概念

1.1.1 无线网络的描述

- 无线网络的**定义**：
1. 全球语音和数据网络；
 2. 红外线技术及射频（RF）技术；
 3. **最大的不同**在于传输媒介的不同：

无线网络的**分类**，分为两种：





1. 1. 1 无线网络的描述（继）

- 无基础设施网络分类（两类）
 - 1、移动Ad Hoc网络；
 - 2、无线传感器网络
- 移动Ad Hoc网络的终端是快速移动的；
- 无线传感器网络的结点是静止的或者移动很慢。
- 无线Ad hoc网具体定义是？





- Ad hoc网络是一种多跳的、无中心的、自组织无线网络，又称为多跳网、无基础设施网或自组织网。
- IEEE definition
 - A **mobile ad hoc network (MANET)** is a continuously self-configuring, infrastructure-less network of mobile devices connected wirelessly





1.1.2 WSN的定义

无线传感器网络的标准**定义**：无线传感器网络是大量的静止或移动的传感器以**自组织和多跳的方式**构成的无线网络；

目的：是协作地探测、处理和传输网络覆盖区域内感知对象的监测信息，并报告给用户。

英文及缩写：是Wireless Sensor Network，简称WSN。

单跳是指直接通信；

多跳是指间接通信。





1.1.2 WSN的定义

- Wiki:

- Wireless sensor networks (WSN), sometimes called wireless sensor and actuator networks (WSAN), are spatially distributed autonomous sensors to monitor physical or environmental conditions, such as temperature, sound, pressure, etc. and to cooperatively pass their data through the network to a main location. The more modern networks are bi-directional, also enabling control of sensor activity. The development of wireless sensor networks was motivated by military applications such as battlefield surveillance; today such networks are used in many industrial and consumer applications, such as industrial process monitoring and control, machine health monitoring, and so on.





1.1.2 WSN的定义（继）

图1-2的理解：WSN与现代信息技术的关系

数据采集、处理、传输
----对应着----传感器技术、
计算机技术、通信技术
----分别构成了信息系统----
----“感官”、“大脑”、
“神经”。

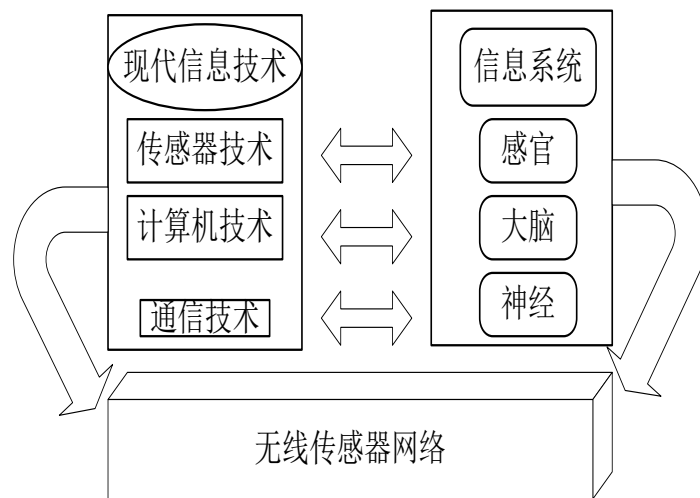


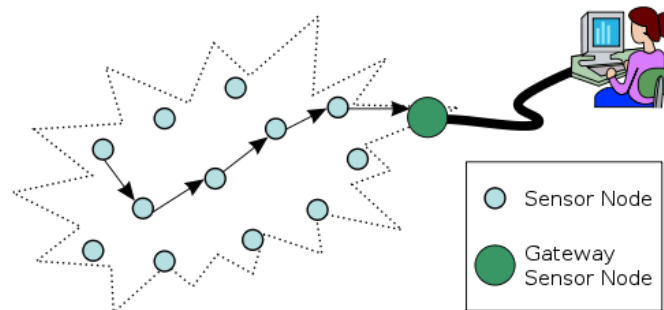
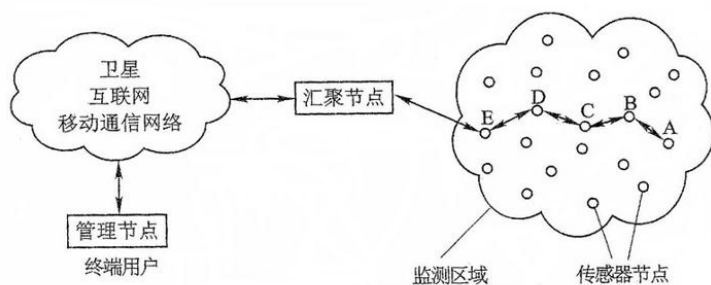
图1-2 现代信息技术与无线传感器网络之间的关系





1.1.3 WSN系统的组成

无线传感器网络由分布在监测区域内的大量无线传感器节点、具有接收和发射功能的汇聚节点（又称基站、网关节点、Sink节点、）、互联网或通信卫星和任务管理节点构成，如图图1-3所示。



1. 传感器节点

传感器节点兼作传统网络的终端和路由器双重功能，

2. 汇聚节点（Sink）

汇聚节点实现两个通信网络之间数据的交换，实现两种协议栈之间的通信协议转换，

3. 管理节点

直接面向用户，汇聚节点通过用户外部网络将传感器节点采集的数据传递给任务管理节点，用户就可以管理数据，并发布监测信息。





1.2 WSN的特点

1.2.1与无线自组网的区别

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别，主要表现在如下三个方面：

- (1) 节点数目更为庞大(上千甚至上万)，节点分布更为密集；
- (2) 通常情况下，大多数传感器节点是固定不动的；
- (3) 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。





1.2.2 与现场总线的区别

1.现场总线是指以工厂内的测量和控制机器间的数字通讯为主的网络，也称现场网络。也就是将传感器、各种操作终端和控制器间的通讯及控制器之间的通讯进行特化的网络。

2.现场总线是指安装在制造或过程区域的现场装置与控制室内的自动装置之间的数字式、串行、多点通信的数据总线。

3.现场总线作为一种网络形式，专门为实现现在严格的实时约束条件下工作而特别设计的。





1.2.2 与现场总线的区别(继)

4.由于严格的实时性要求，这些现场总线的网络构成通常是有线的

。

5.由于现场总线通过报告传感数据从而控制物理环境，所以从某种程度上说它与传感器网络非常相似，所以可以将无线传感器网络看作是无线现场总线的实例。





1.2.3 传感器节点的限制

1. 电源能量有限

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。

图1-4:无线通信模块存在发送、接收、空闲和睡眠四种状态。

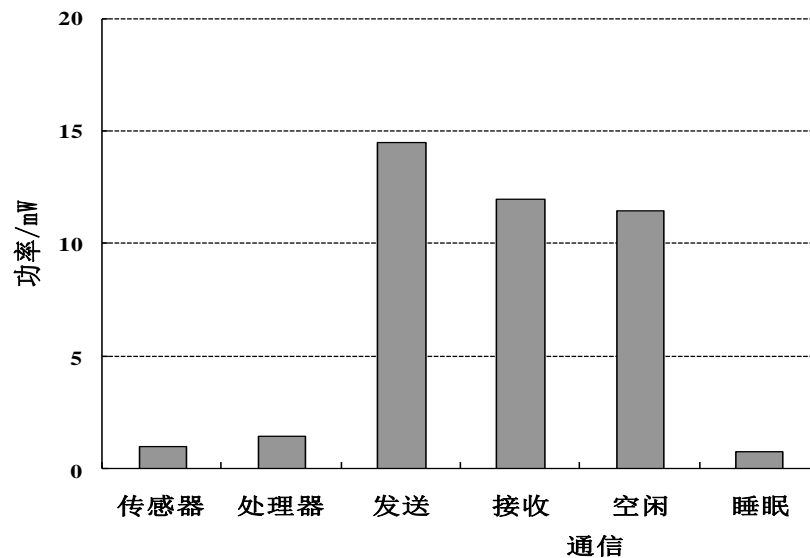


图1-4传感器节点能量消耗情况







POWERCAST





1.2.3 传感器节点的限制（继）

2. 通信能力有限

无线通信的能量消耗与距离的关系为：

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

其中 k 是系数，参数 n 满足 $2 < n < 4$ （或 $2-5$ ）， n 的取值与很多因素有关。

一般而言，传感器节点的无线通信半径在100m以内比较合适。

传感器节点的无线通信带宽有限，通常仅有几百kbps的速率。





1.2.3 传感器节点的限制（继）

3. 计算和存储能力有限

传感器节点是一种微型嵌入式系统，它的处理能力、存储能力和通信能力相对较弱。

每个节点兼顾传统网络终端和路由双重功能。

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所必须考虑的问题。





1. 2. 4 WSN的特点

1. 自组织性
2. 以数据为中心
3. 应用相关性
4. 动态性
5. 网络规模大
6. 可靠性





1.3 WSN的关键性能指标

1. 网络的工作寿命
2. 网络覆盖范围
3. 网络搭建成本和难易程度
4. 网络响应时间





1.4 传感器的类型

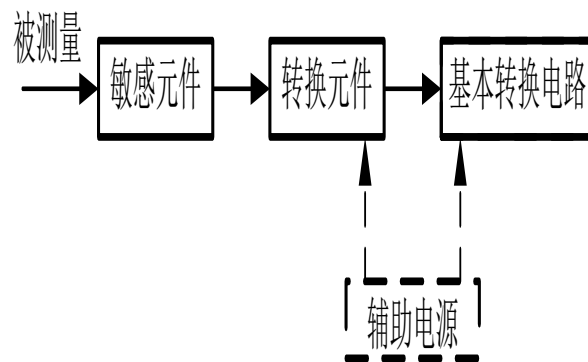
1.4.1 传感器的基本知识（定义、组成、接口技术）

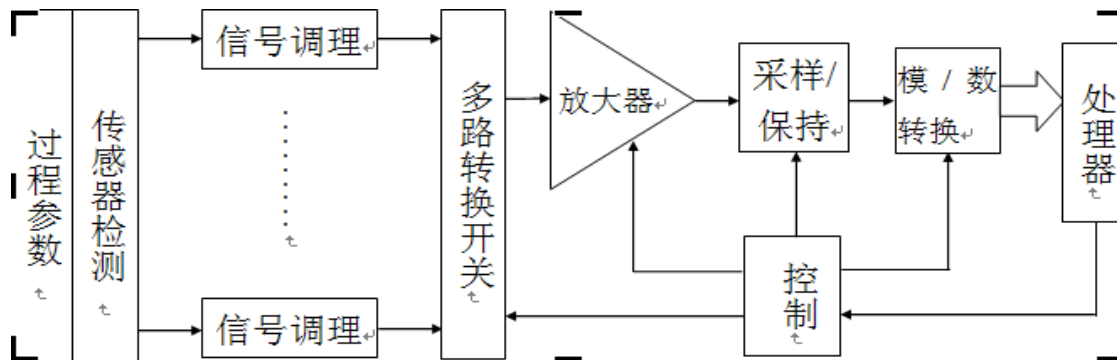
什么是传感器？ 一般来说能够把特定的被测量信息（物理量、化学量、生物量等）按一定规律转换成某种可用信号（电信号、光信号等）的器件或装置，我们把它称为传感器。

传感器的组成

传感器一般由敏感元件、转换元件和基本转换电路组成。

敏感元件是传感器中能感受或响应被测量的部分。转换元件是将敏感元件感受或响应的被测量转换成适于传输或测量的信号（一般指电信号）部分。基本转换电路可以对获得的微弱电信号进行放大、运算调制等。另外，基本转换电路工作时必须有辅助电源





传感器接口技术是非常实用和重要的技术。各种物理量用传感器将其变成电信号，经由诸如放大、滤波、干扰抑制、多路转换等信号检测和预处理电路，将模拟量的电压或电流送A/D转换，变成数字量，供计算机或者微处理器处理。





1.4.2 传感器的分类

- 按被测量与输出电量的**转换原理**划分，可分为能量转换型和能量控制型两大类。
- 传感器按**测量原理**分类，主要有物理和化学原理，包括电参量式、磁电式、磁致伸缩式、压电式和半导体式等。
- 按被测量的**性质不同**划分为位移传感器、力传感器、温度传感器等。
- 按输出**信号的性质**可分为开关型（二值型）、数字型、模拟型。
- 传感器按被**测参数分类**如下：尺寸与形状、位置、温度、速度、力、振动、加速度、流量、湿度、黏度、颜色、照度和视觉图像等非电量传感器。





1.4.3 常见传感器的类型介绍

- 1. 能量控制型传感器
- 2. 能量转换型传感器
- 3. 光敏传感器
- 4. 气、湿敏传感器
- 5. 集成与智能传感器





1.4.4 传感器的基本特性

- 根据传感器的基本特性正确选用是保证不失真测量的首要环节，传感器的基本特性有如下9种：

1. 灵敏度

$$K = \text{输出变化量} / \text{输入变化量} = \Delta y / \Delta X = dy/dz$$

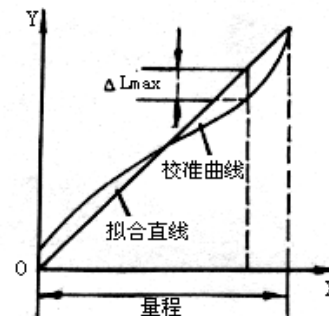
2. 响应特性

传感器的动态性能是指传感器对于随时间变化的输入量的响应特性。

3. 线性范围

所谓线性度是指传感器的实际输入输出曲线(校准曲线)与拟合直线之间的吻合(偏离)程度

$$e_L = \frac{\Delta L_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$$





1.4.4 传感器的基本特性(继)

■ 4. 稳定性

- 稳定性表示传感器经过长期使用之后，输出特性不发生变化的性能，影响传感器稳定性的因素是时间与环境。

■ 5. 重复性

- 重复性是指在同一工作条件下，输入量按同一方向在全测量范围内连续变化多次所得特征曲线的不一致性，

$$\delta = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^n (Y_i - \bar{Y})^2}}{n-1} \quad \delta_k = \pm 2 \sim 3\delta / y_{FS} \times 100\%$$

■ 6. 漂移

$$\text{零漂} = \frac{\Delta Y_0}{y_{FS}} \times 100\%$$





1.4.4传感器的基本特性(继)

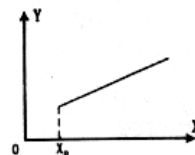
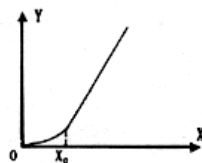
■ 7. 精度

- 传感器精度指测量结果的可靠程度，

$$\text{精度} = \frac{\Delta A}{y_{FS}} \times 100\%$$

■ 8. 分辨率(力)

- 分辨力是指能检测出的输入量的最小变化量，即传感器能检测到的最小输入增量。



■ 9. 迟滞

- 迟滞是指在相同工作条件下作全测量范围校准时，在同一次校准中对应同一输入量的正行程和反行程间的最大偏差。

$$\delta_H = \pm \frac{\Delta A_{\max}}{y_{FS}} \times 100\%$$

$$\delta_H = \pm \frac{\Delta A_{\max}}{2 \times y_{FS}} \times 100\%$$





1.5 WSN的应用

1. 军事应用
2. 环境科学
3. 空间探索
4. 医疗健康
5. 智能家居
6. 建筑物和大型设备安全状态的监控
7. 紧急援救
8. 其他商业应用

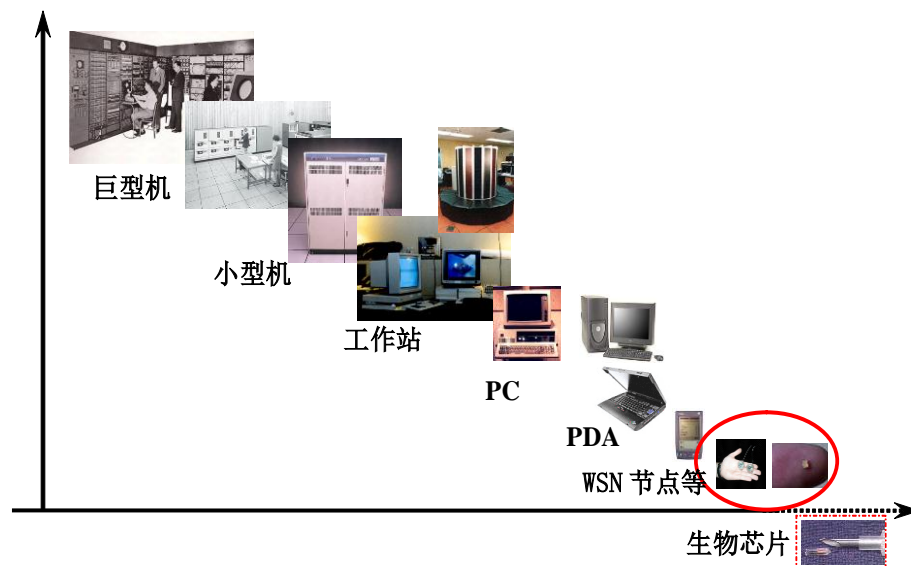




1.6 WSN 研究历程

1.6.1 计算设备的演化历史

图1-2直观描述了计算设备的演化历史.





1. 6. 2无线传感器网络发展的三个阶段

1. 第一阶段：传统的传感器系统
2. 第二阶段：传感器网络结点集成化
3. 第三阶段：多跳自组网





1. 6. 3无线传感器网络的发展趋势

1. 无线多媒体传感器网络
2. 泛在传感器网络
3. 具有认知功能的传感器网络
4. 基于超宽带(UWB)技术的无线传感器网络
5. 基于协作通信技术的无线传感器网络





小结





■ 作业

