



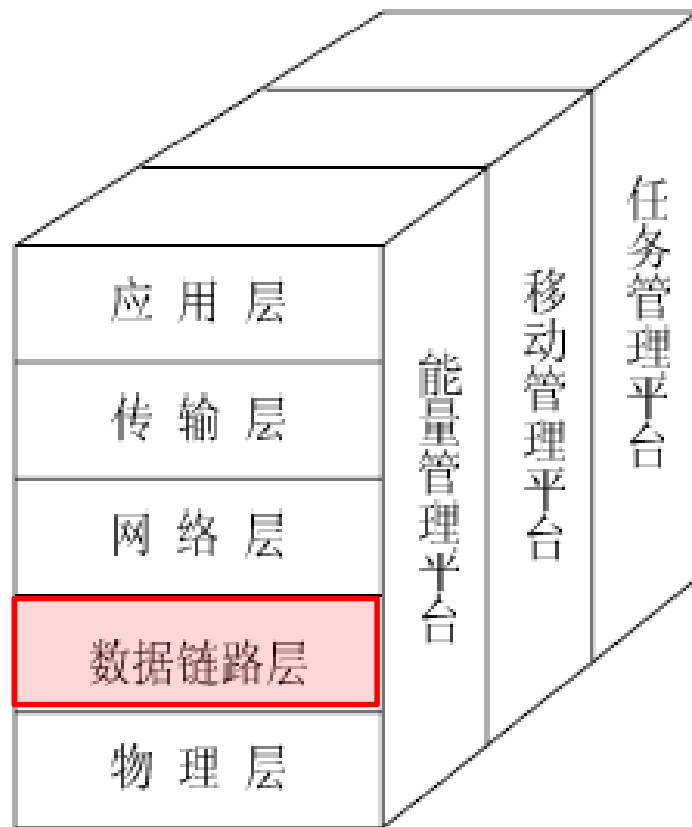
无线传感器网络简介



2、无线传感器网络的MAC协议

传感器网络的协议栈

- 数据链路层
 - 数据成帧、差错校验和帧检测
 - **MAC协议**：媒体访问和错误控制；建立可靠点对点或点对多点的通信链路，减少无效能量损耗。



无线传感器网络mac协议

传统MAC协议		WSN的MAC协议	
特点	考虑因素	特点	考虑因素
节点能够连续地获得能量供应；整个网络的拓扑结构相对稳定，网络的变化范围和变化频率都比较小。	传统网络的MAC协议重点考虑节点使用带宽的公平性、提高带宽利用率以及增加网络的实时性等因素。	传感器节点的能量、存储、计算和通信带宽等资源有限，单个节点的功能比较弱，传感器网络的强大功能是由众多节点协作实现的。	1、能量有效性 2、可扩展性 3、冲突避免 4、信道利用率 5、延迟 6、吞吐量 7、公平性



MAC协议设计影响因素

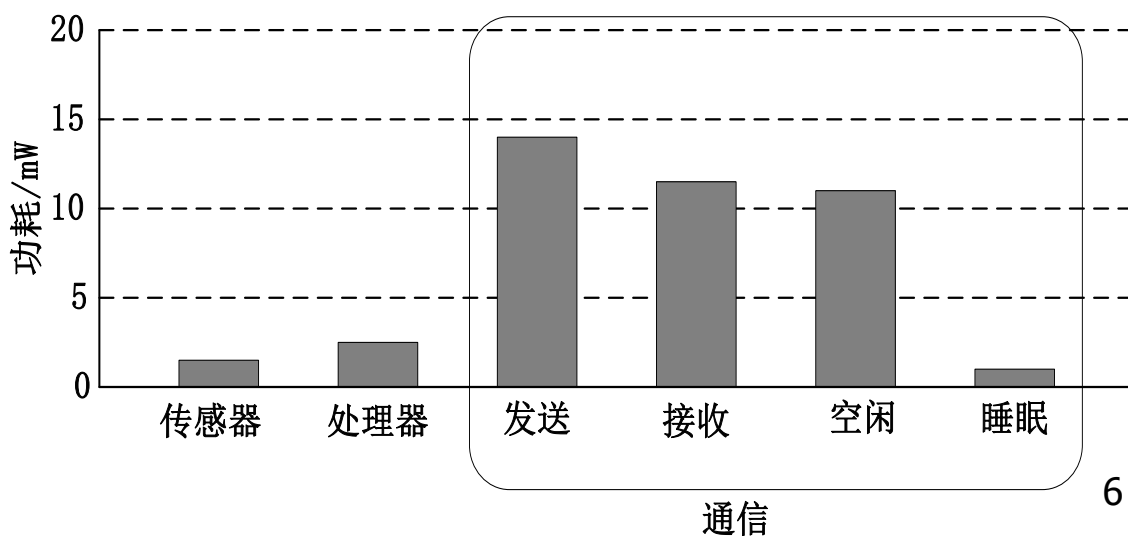
- 无线传感器网络是一种面向特殊应用的自组网。
 - 共性问题：多跳通信、无基站接入点等
 - 个性需求：节点能量受限、网络负载低等

MAC协议设计影响因素

■ 无线传感器网络特点

- 网络流量特征
- 节点结构特点
- 能量消耗问题

- 1. 传感器?
- 2. 处理器?
- 3. 发送?
- 4. 接收?
- 5. 空闲?
- 6. 睡眠?



MAC协议的信道接入

频分多址 (**FDMA**)
时分多址 (**TDMA**)
码分多址 (**CDMA**)

信道接入方式

按需分配接入方式

固定分配接入方式

混合接入方式

分布式控制

集中式控制

随机竞争方式

轮替方式

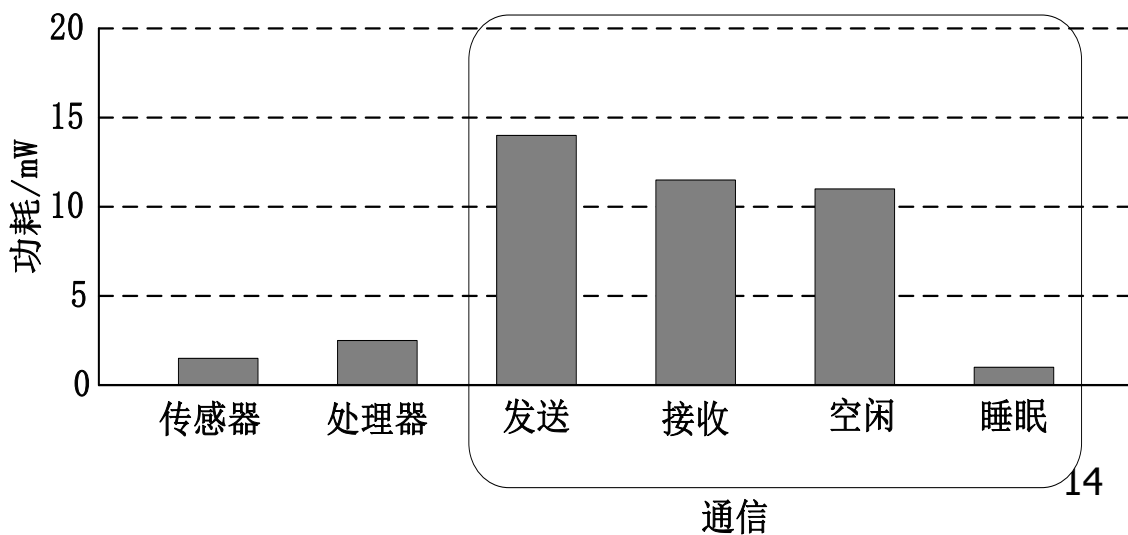
申请方式

轮询方式

MAC协议节能策略

■ 主要耗能因素

- 冲突：多节点竞争，冲突重传。
- 空闲侦听：空闲节点侦听信道，但是业务一直没有到来
- 串扰：非期望接收节点收到业务分组。
- 控制开销





MAC协议节能策略

■ 主动唤醒方式

- 发送无线信号时发送节点能够采用的唯一唤醒方式
- 节点通常需要两套收/发信机，由低功耗的收/发信机侦听信道专门等待唤醒信号
- 优点：保证节点最大化休眠
- 缺点：增加硬件复杂度



MAC协议节能策略

- 被动等待方式

- 依据何种方式定时激活是被动等待方式的核心问题
- 同步机制
 - 收发节点预先约定共同激活时间
- 异步机制
 - 接收节点以某时间安排定时激活，发送节点等到接收节点激活时开始发送业务



典型MAC协议—竞争型

- 基本思想

- 发送时主动抢占，CSMA方式
- 按需分配

- 优点

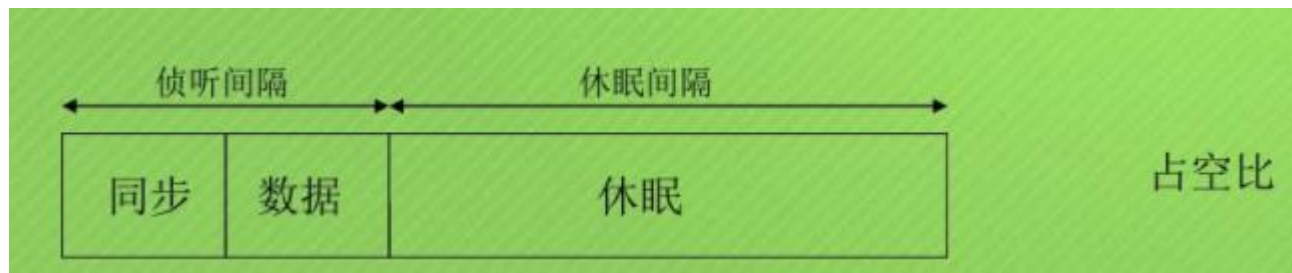
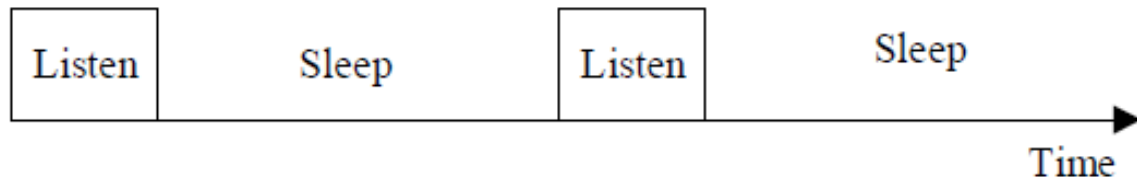
- 网络流量和规模变化自适应
- 网络拓扑变化自适应
- 算法较简单

- 典型协议

- S-MAC、T-MAC、Sift 、 WiseMAC等

S-MAC协议

- 周期性休眠和监听
 - 周期休眠和监听避免空闲监听
 - 节点之间协同，保持监听同步
 - 保存多份休眠时间表
 - 周期广播同步信息





S-MAC协议

■ 自适应监听

- 在一次通信过程中，通信节点的邻居在此次通信结束后唤醒并保持监听一段时间。如果节点在这段时间接收到**RTS**帧，则可以立即接收数据，而不需要等到下一个监听周期，从而减少了两个节点间的数据传输延迟。

■ 串扰避免

- 信道忙时睡眠，避免接收串扰数据包。



S-MAC协议

- 消息传递
 - 将长的信息包分成若干个短的**DATA**段
 - 所有**DATA**使用一个**RTS / CTS**控制分组占用信道
 - 每个**DATA**都有**ACK**保障传输成功



典型MAC协议—分配型

■ 基本思想

- 将一个物理信道分为多个子信道
- 将子信道静态或动态地分配给需要通信的节点，避免冲突
- 根据网络通信流量最大限度地节省能量

■ 优点

- 无冲突、无隐藏终端问题、易于休眠

■ 典型协议

- SMACS、TRAMA、DMAC



DMAC协议

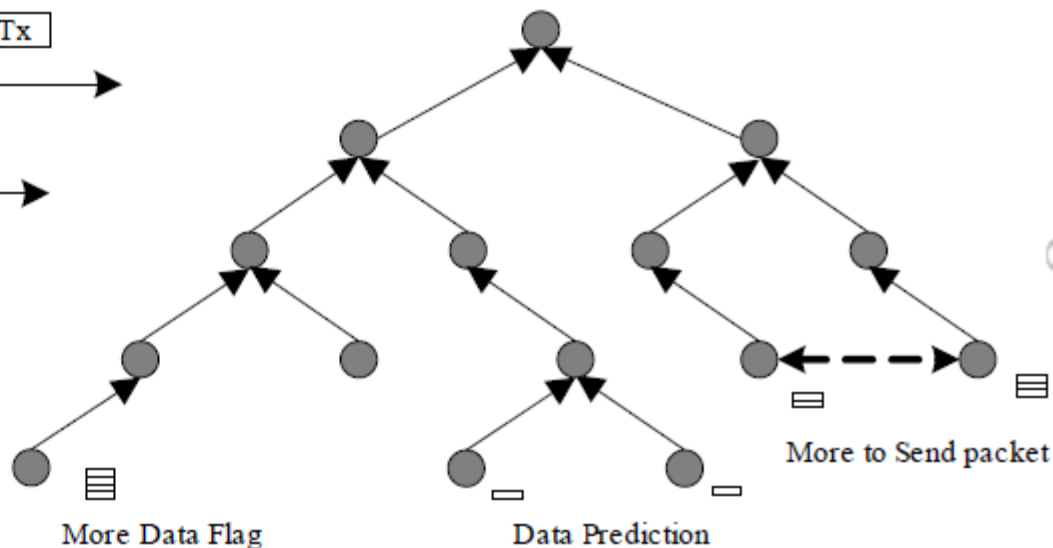
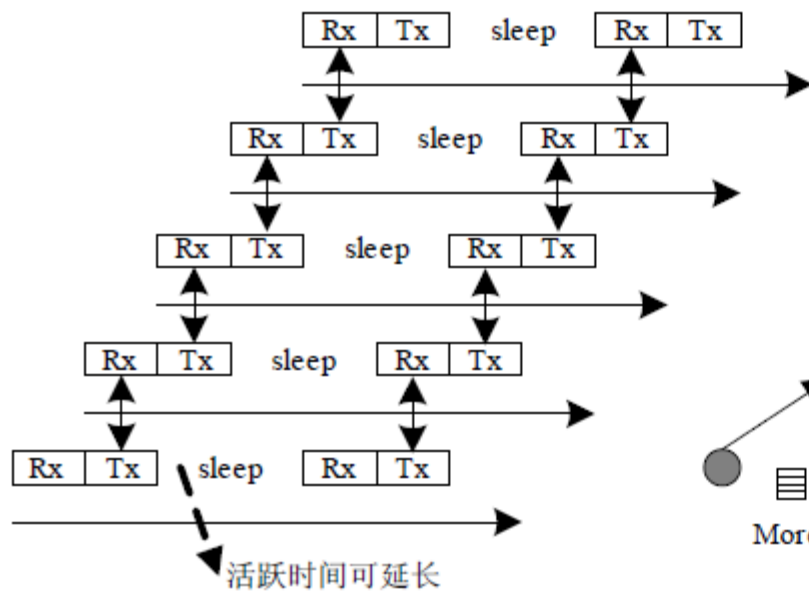
- 交错唤醒机制

- 假设网络中的节点保持静止，且路由节点有足够的存活时间，可以在较长时间内保持网络路径不发生变化
- 假设数据由传感器节点向唯一的**sink**单向传输
- 假设各个节点之间保持时钟同步

DMAC协议

■ 交错唤醒机制

- 在一个多跳传输路径上，各个节点交错唤醒，如同链锁一样环环相扣，保证数据在树状结构上能持续传输，不被睡眠所中断
- 节点周期分为接收时间、发送时间和睡眠时间。



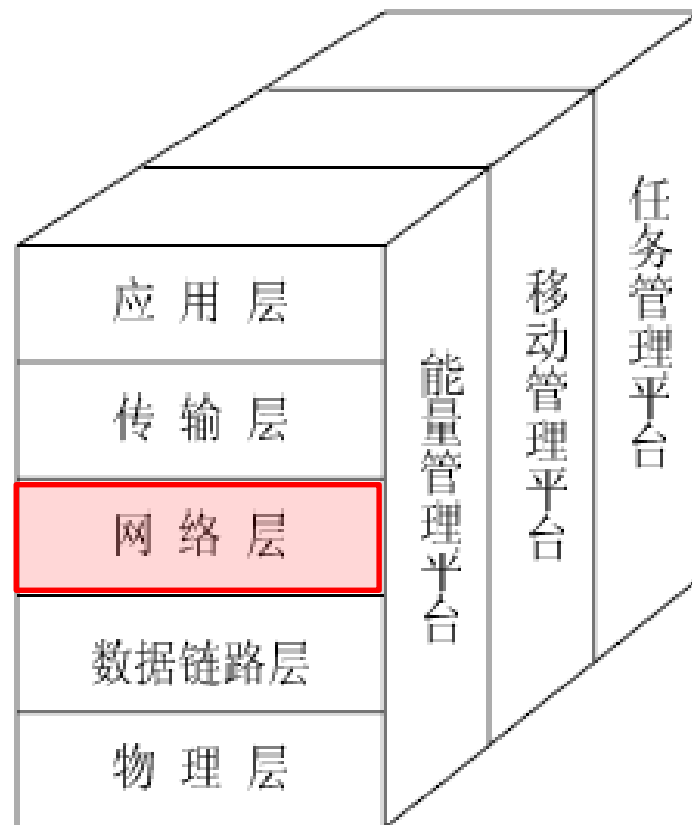


3、无线传感器网络的路由协议

传感器网络的协议栈

- 网络层

- **路由协议**：用于监控网络拓扑变化，定位目标节点位置，产生、维护和选择路由，以及节点间路由信息交换。





WSN路由协议概述

■ 定义

- WSN路由协议是一套将数据从源节点传输到目的节点的机制。

■ 特点

- 自组织的网络（随机部署）
- 数据的冗余性（多节点监测同一事件）
- 基于局部拓扑信息（硬件限制）
- 网络功能（数据收集）
- 数据为中心



WSN路由协议概述

- 关键问题
 - 能量有效性
 - 节能
 - 能耗均衡
 - 可扩展性
 - 网络性能不随节点数量的变化而明显变化
 - 数据传输可靠性
 - 多路径路由
 - 选择可靠链路



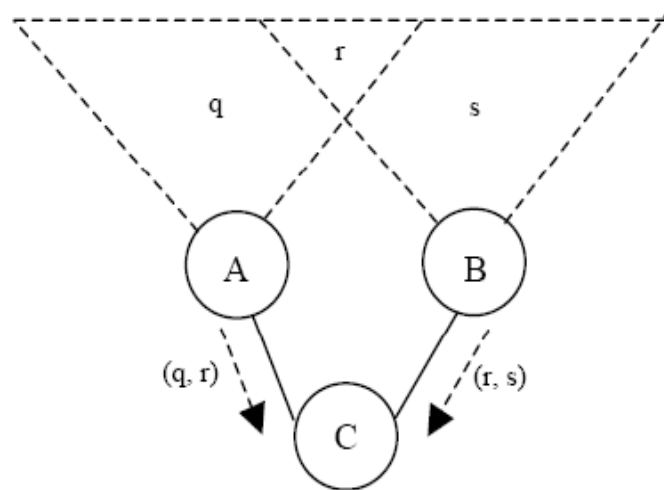
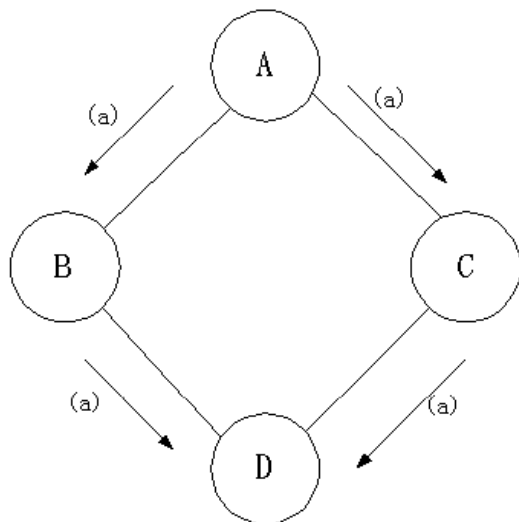
WSN路由协议分类

- 平面路由协议
 - **Flooding and Gossiping、SPIN、DD**
- 层次化路由协议
 - **LEACH、TEEN**
- 地理信息路由协议
 - **GPSR、GEAR**

Flooding and Gossiping

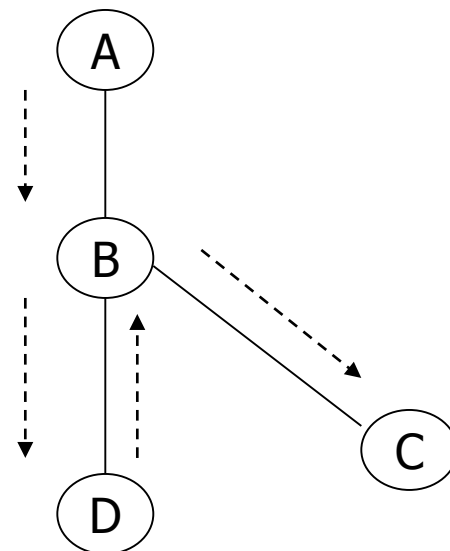
■ Flooding协议

- 该协议以广播的方式把消息从源节点发送到某个目的节点或全网所有节点。
- 每个分组被赋予生存时间TTL
- 内爆和重叠问题



Flooding and Gossiping

- Gossiping协议
 - Gossiping协议是对Flooding协议的改进，节点将产生或收到的数据随机转发给一个或若干个相邻节点
 - 避免了内爆，但是无法避免重叠问题
 - 增加了端到端的延时





LEACH

- LEACH (Low Energy Adaptive Clustering Hierarchy)
 - WSN中最早的分层路由算法
 - 基本思想是通过随机循环地选择簇头节点，将整个网络的能量负载平均分配到每个传感器节点，从而降低网络能源消耗，提高网络整体生存时间。



LEACH

■ LEACH算法:

- 簇头节点作为一定区域所有节点的代理，负责和**Sink**的通信
- 非簇头节点可以使用小功率和簇头节点通信
- 簇头节点可以对所辖区域节点数据进行融合，减少网络中传输的数据；
- 簇头选举算法的设计，要求保证公平性



LEACH

- 网络按照周期工作，每个周期分为两个阶段
 - 簇头建立阶段
 - 节点运行算法，确定本次自己是否成为簇头；
 - 簇头节点广播自己成为簇头的事实；
 - 其他非簇头节点按照信号强弱选择应该加入的簇头，并通知该簇头节点；
 - 簇头节点按照**TDMA**的调度，给依附于他的节点分配时间片；
 - 数据传输阶段
 - 节点在分配给他的时间片上发送数据；



LEACH

- 优点

- 优化了传输数据所需能量;
- 优化了网络中的数据量;

- 缺点

- 节点硬件需要支持射频功率自适应调整;
- 无法保证簇头节点能遍及整个网络



分簇传输协议

- 如何分簇
- 簇首如何选举
- 避免簇首先死亡



GEAR

- GEAR (Geographic and Energy Aware Routing)
 - 采用查询驱动数据传输模式，根据事件区域的地理信息位置，建立基站或者汇聚节点到事件区域的最优化路径
- 前提
 - 已知目标区域的位置信息
 - 节点知道自己位置信息和剩余能量

- 查询命令传送到目标区域

- 贪婪算法—选择邻居
- 节点到达指定区域的代价
- 估计代价

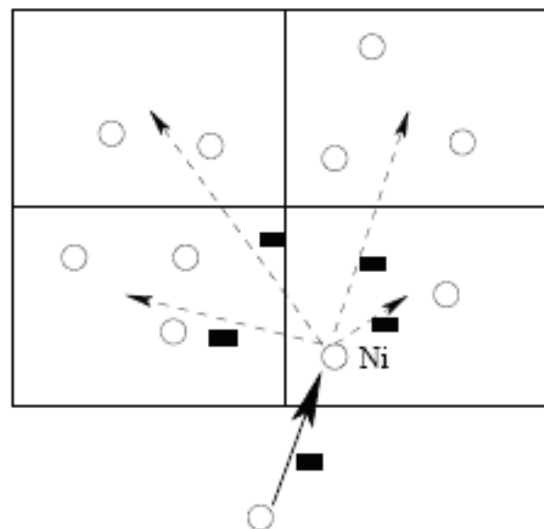
$$F(N_i, R) = a \cdot \text{Distance}(N_i, R) + (1-a) \cdot \text{Left_Energy}(N_i)$$

- 实际代价

$$F(N_i, R) = a \cdot \text{Energy_Cost}(N_i, R) + (1-a) \cdot \text{Left_Energy}(N_i)$$

N_i 为有转发需求的节点的邻居节点， R 为目标区域的中心位置。当 N 不知道 N_i 的实际代价时使用估计代价

- 查询在监测区域内传送
 - 洪泛方式
 - 迭代地理转发
 - 将目标区域分解为若干子区域、向子区域的中心位置转发





GEAR

■ 优点

- 利用了位置信息，避免了查询消息的Flooding
- 考虑了消耗的能量和节点剩余能量，均衡消息
- 路径选择可达到局部最优
- 迭代地理转发对泛洪机制的补充

■ 缺点

- 可能出现路由空洞
- 不适合在移动WSN使用



4、无线传感器网络的定位技术



WSN定位技术

- 定位就是确定位置
- 定位的两种意义
 - 一种是确定自己在系统中的位置；
 - 一种是系统确定目标在系统中的位置。
- 位置信息的类型
 - 物理位置指目标在特定坐标系下的位置数值，表示目标的相对或者绝对位置。
 - 符号位置指在目标与一个基站或者多个基站接近程度的信息，表示目标与基站之间的连通关系，提供目标大致的所在范围。



定位的技术指标

- 最重要的指标，指定位系统提供的位置信息的精确程度。
 - 绝对精度指以长度为单位度量的精度。
 - 相对精度，通常以节点之间距离的百分比来定义。
- 覆盖范围是另一个重要指标，它和精度是一对矛盾。



定位的技术指标

- 刷新速度是提供位置信息的频率。比如GPS每秒钟刷新1次
- WSN相关的指标
 - 功耗，WSN是功耗受限制的
 - 带宽，协议栈开销+数据的有效载荷
 - 节点密度，节点密度要求越高，单次定位的通信开销越大，消耗的电能量越多



定位算法的分类

- 根据定位过程中是否测量实际节点间的距离，把定位算法分为：
 - 基于测距的（**range-based**）定位
 - 利用测量节点间实际距离或方位计算未知节点位置
 - 无需测距的（**range-free**）定位
 - 利用节点间的估计距离计算未知节点位置

信标节点 & 未知节点



基于测距的定位技术

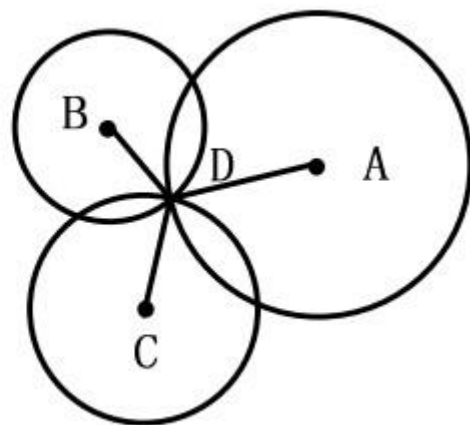
- 基本思想（**range-based**）
 - 通过测量节点与信标节点间的实际距离或方位进行定位
- 三个阶段
 - 测距阶段：未知节点首先测量到邻居节点的距离或角度，然后进一步计算到邻近信标节点的距离或方位
 - 定位阶段：未知节点在计算出到达三个或三个以上信标节点的距离或角度后，利用三边测量法、三角测量法或极大似然估计法计算未知节点的坐标
 - 修正阶段：对求得的节点的坐标进行求精，提高定位精度，减少误差

基于测距的定位技术

■ 三边测量算法

- 已知A、B、C三个节点的坐标，以及它们到节点D的距离，确定节点D的坐标为：

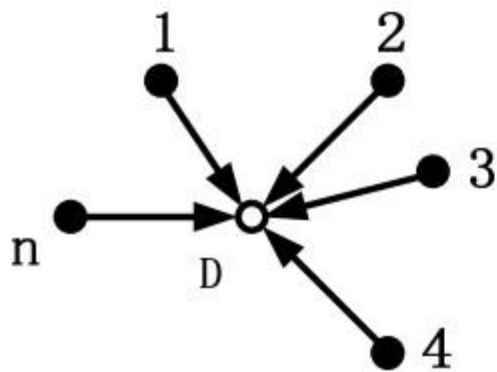
$$\begin{cases} \sqrt{(x-x_a)^2 + (y-y_a)^2} = d_a \\ \sqrt{(x-x_b)^2 + (y-y_b)^2} = d_b \\ \sqrt{(x-x_c)^2 + (y-y_c)^2} = d_c \end{cases}$$



基于测距的定位技术

■ 多边测量估计法

- 知1、2、3、...等n个节点的坐标，及它们到节点D到距离，确定节点D的坐标；
- 最小均方差估计算法；



$$\begin{cases} (x_1 - x)^2 + (y_1 - y)^2 = d_1^2 \\ \vdots \\ (x_n - x)^2 + (y_n - y)^2 = d_n^2 \end{cases}$$



基于测距的定位技术

- 三边定位和多边定位
 - 信号强度 (**RSS**)
 - 信号传播时间/时间差 (**TOA/TDOA**)
 - 接收信号相位 (**PDOA**)
- 接收信号角度定位



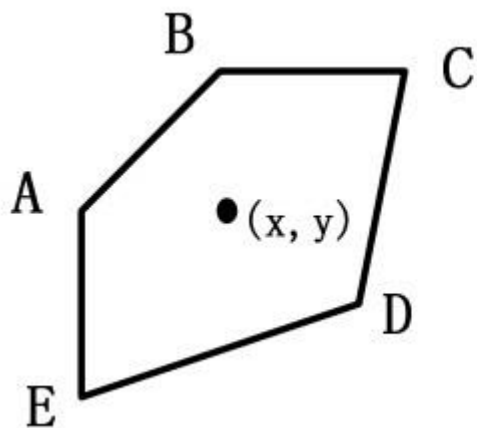
无需测距的定位技术

- 质心算法
- DV-Hop算法
- APIT算法

质心算法

■ 基本思想

- 多边形的几何中心，称为质心，多边形顶点坐标的平均值就是质心节点的坐标。
- 质心定位算法首先确定包含未知节点的区域，计算这个区域的质心，并将其作为未知节点的位置



$$\left(\frac{x_1 + x_2 + x_3 + x_4 + x_5}{5}, \frac{y_1 + y_2 + y_3 + y_4 + y_5}{5} \right)$$



质心算法

■ 基本过程

- 信标节点周期性向邻近节点广播信标分组，信标分组中包含信标节点的标识号和位置信息
- 当未知节点接收到来自不同信标节点的信标分组数量超过某一个门限 k 或接收一定时间后，就确定自身位置为这些信标节点所组成的多边形的质心



质心算法

■ 评价

- 简单：基于网络连通性，无信标节点和未知节点协调
- 假设节点都拥有理想的球型无线信号传播模型，而实际上无线信号的传播模型复杂
- 位置估计精确度和信标节点的密度和分布有很大关系

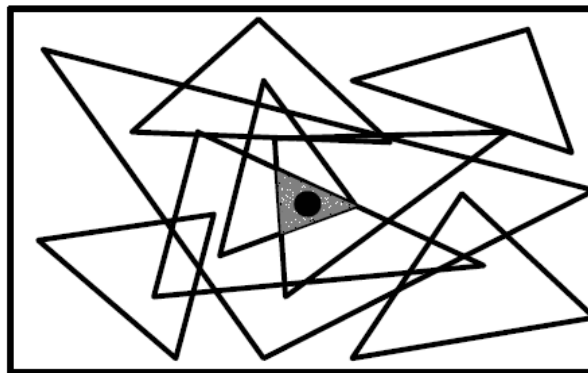


DV-Hop

- Distance Vector—Hop，类似于传统网络中的距离向量路由机制
- 基本思想
 - 首先：计算未知节点与信标节点的最小跳数；
 - 然后：估算平均每跳的距离，利用最小跳数乘以平均每跳距离，得到未知节点与信标节点之间的估计距离，
 - 最后：利用三边测量法或极大似然估计法计算未知节点的坐标

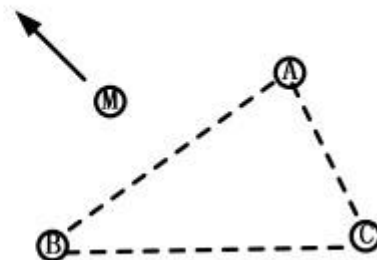
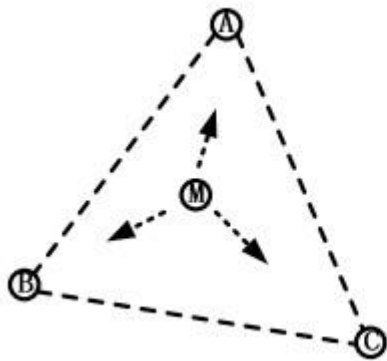
APIT

- 近似三角形内点测试法 (APIT, Approximate Point-In-Triangulation test)
 - 找到若干个由参考节点构成的三角形，则节点必然在这些三角形的交集内。使用这个交集的重心估计节点的位置。



APIT

- PIT: 最佳三角形内点测试法
- PIT原理
 - 假如存在一个方向，节点M沿着这个方向移动会同时远离或接近顶点A、B、C，那么节点M位于 $\triangle ABC$ 外；否则，节点M位于 $\triangle ABC$ 内；





谢谢！
