
物联网平时作业

Author: 常毅成

2025-04-05

目录

| | | |
|---|-----------------------------|---|
| 1 | 北斗全球卫星定位系统的基本组成、工作原理及典型应用 | 1 |
| 2 | LANDMARC 室内定位算法的工作原理及定位实现过程 | 3 |
| 3 | 无线传感器网的应用场景 | 4 |
| 4 | LEACH 算法评述 | 5 |
| 5 | 5G 在各行各业的最新应用——以智能医疗为例 | 6 |

3——5 章平时作业

常毅成 22354010

1 北斗全球卫星定位系统的基本组成、工作原理及典型应用

基本组成

北斗三号全球卫星导航系统（BDS-3）是中国自主研发的全球卫星导航系统，其基本组成包括以下三个主要部分：

1. 空间段（卫星星座）

北斗三号的空间段由一组卫星组成，包括：

- **GEO 卫星（地球静止轨道卫星）**：5 颗，位于赤道上空约 35,786 千米，主要提供区域增强服务和短报文通信。
- **IGSO 卫星（倾斜地球同步轨道卫星）**：3 颗，轨道倾角约 55° ，用于提高高纬度地区的覆盖性能。
- **MEO 卫星（中圆地球轨道卫星）**：24 颗，分布在约 21,528 千米高度的轨道上，构成全球覆盖的核心星座。

截至 2020 年 7 月 31 日，北斗三号共有 30 颗卫星在轨运行（包括备份卫星），形成全球覆盖能力。

2. 地面段（地面控制系统）

地面段包括主控站、注入站、监测站等：

- **主控站**：负责系统运行管理、轨道计算和信号生成。
- **注入站**：将导航数据上传至卫星。
- **监测站**：遍布全球，用于实时监测卫星信号质量和轨道参数。

3. 用户段（接收终端）

用户段包括各种北斗接收设备，如智能手机、车载导航仪、测绘仪器等。这些设备接收卫星信号，解算位置、速度和时间信息。

工作原理

北斗系统的定位、测速和授时功能基于卫星导航的基本原理，主要依赖于三角测量法和伪距测量。其工作过程如下：

1. 信号发射与传播

北斗卫星持续广播导航信号，包括载波信号、伪随机码（PRN）和导航电文。信号以光速 $c = 3 \times 10^8 \text{ m/s}$ 传播至用户接收机。

2. 伪距测量

用户接收机通过测量信号从卫星发射到接收的时间差 Δt 计算伪距 ρ :

$$\rho = c \cdot \Delta t$$

伪距中包含接收机钟差和大气延迟等误差, 因此需要多颗卫星联合解算。

3. 定位解算

假设用户位置为 (x, y, z) , 第 i 颗卫星位置为 (x_i, y_i, z_i) , 伪距为 ρ_i , 则有以下方程:

$$\rho_i = \sqrt{(x - x_i)^2 + (y - y_i)^2 + (z - z_i)^2} + c \cdot \delta t$$

其中 δt 为接收机钟差。至少需要 4 颗卫星的伪距测量来解算 x, y, z 和 δt 四个未知量。

4. 测速原理

测速基于多普勒效应, 通过测量接收信号的频率偏移 Δf 计算用户相对于卫星的径向速度 v_r :

$$v_r = -\frac{\Delta f}{f_0} \cdot c$$

其中 f_0 为信号标称频率。

5. 授时原理

授时通过同步卫星时间和用户接收机时间实现。卫星广播高精度时间信号, 用户接收机通过伪距方程校正本地时钟偏差, 达到纳秒级精度。

6. 误差修正

北斗三号通过双频信号 (B1I、B3I 等) 消除电离层延迟, 并利用差分技术 (如星基增强系统 SBAS) 提高定位精度至 10 米以内。

典型应用

1. **交通运输**: 车载导航、船舶定位、航空飞行管理。
2. **精准农业**: 农机自动导航、土地测绘。
3. **灾害预警**: 地震监测、气象预报 (通过短报文通信)。
4. **国防安全**: 军事导航、指挥调度。
5. **大众消费**: 智能手机定位、共享单车管理。

北斗三号的全球服务可用性优于 99%, 定位精度优于 10 米, 测速精度优于 0.2 米/秒, 授时精度优于 20 纳秒, 已在全球 20 多个国家提供高精度服务, 用户总数超 20 亿。

2 LANDMARC 室内定位算法的工作原理及定位实现过程

工作原理

LANDMARC (Location Identification based on Dynamic Active RFID Calibration) 是一种基于有源 RFID (射频识别) 的室内定位算法, 旨在解决传统 RFID 定位中信号衰减模型复杂、环境干扰大的问题。其核心思想是利用**参考标签 (Reference Tags)** 的已知位置, 通过比较目标标签与参考标签的信号强度 (RSSI, Received Signal Strength Indicator), 实现目标位置的估计。

LANDMARC 不依赖复杂的信号传播模型, 而是通过 **k 近邻 (k-Nearest Neighbor, k-NN)** 方法, 利用参考标签的 RSSI 数据动态校准目标标签的位置。其优点是计算简单、适应性强, 适用于室内复杂环境。

定位实现过程

LANDMARC 的定位过程包括以下步骤:

1. 系统部署

- 在室内环境中部署多个 RFID 阅读器 (Readers), 覆盖目标区域。
- 在已知位置放置若干参考标签 (Reference Tags), 其坐标为 (x_i, y_i) , $i = 1, 2, \dots, m$, m 为参考标签总数。
- 目标标签 (Tracking Tag) 为待定位对象, 位置未知。

2. 信号强度采集

- 每个阅读器周期性发送射频信号, 接收参考标签和目标标签返回的 RSSI 值。
- 对于第 j 个阅读器, 记录参考标签 i 的 RSSI 为 S_{ij} , 目标标签的 RSSI 为 T_j , 形成信号强度向量:

$$\text{— 参考标签 } i: \mathbf{S}_i = (S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in})$$

$$\text{— 目标标签: } \mathbf{T} = (T_1, T_2, \dots, T_n)$$

其中 n 为阅读器数量。

3. 欧氏距离计算

计算目标标签与每个参考标签在 RSSI 空间中的欧氏距离 E_i :

$$E_i = \sqrt{\sum_{j=1}^n (S_{ij} - T_j)^2}$$

E_i 反映了目标标签与参考标签 i 在信号特性上的相似度, E_i 越小, 说明两者位置越接近。

4. 选择 k 个最近邻

根据 E_i 从小到大排序, 选取前 k 个参考标签作为近邻, 记为 $\{R_1, R_2, \dots, R_k\}$, 其坐标为 $\{(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_k, y_k)\}$.

5. 位置估计

使用加权平均法计算目标标签的估计位置 (x, y) :

$$x = \sum_{i=1}^k w_i x_i, \quad y = \sum_{i=1}^k w_i y_i$$

其中权重 w_i 与欧氏距离成反比:

$$w_i = \frac{1/E_i^2}{\sum_{j=1}^k 1/E_j^2}$$

² 权重归一化确保 $\sum_{i=1}^k w_i = 1$ 。

6. 误差优化 (可选)

根据环境特性调整 k 值或引入附加校准 (如环境噪声滤波), 提高定位精度。

优点与局限性

- **优点:** 无需复杂信号传播模型, 部署成本低, 适应动态环境。
- **局限性:** 定位精度依赖参考标签密度和 k 值选择, 易受多径效应和遮挡干扰。

应用场景

LANDMARC 广泛用于室内资产管理 (如仓库货物定位)、人员跟踪 (如医院病人监控) 等领域, 是一种实用性强的经典 RFID 定位算法。

3 无线传感器网的应用场景

无线传感器网络 (WSN, Wireless Sensor Network) 是由大量小型、低功耗传感器节点通过无线通信组成的网络, 广泛应用于环境监测、工业控制和智能系统等领域。以下举出三种典型应用场景并作简要说明:

1. 环境监测

- **应用描述:** 无线传感器网络可用于监测空气质量、温度、湿度、降雨量等环境参数。例如, 在森林防火中, 传感器节点实时采集温度和烟雾浓度数据, 通过无线传输至监控中心。
- **特点与优势:** 部署灵活, 覆盖范围广, 能够在偏远地区实现长期无人值守监测。
- **实例:** 中国黄河流域的水质监测系统, 利用 WSN 实时检测水体污染指标。

2. 智能农业

- **应用描述**: 在精准农业中, 传感器节点监测土壤湿度、养分含量和作物生长状态, 数据通过无线网络传输至云端, 指导灌溉和施肥。
- **特点与优势**: 提高资源利用效率, 减少人工干预, 实现农业自动化。
- **实例**: 以色列的智能灌溉系统, 利用 WSN 优化水资源分配。

3. 工业自动化

- **应用描述**: 在工业生产中, WSN 用于监测设备运行状态 (如振动、温度、压力), 预测故障并优化维护计划。
- **特点与优势**: 实时性强, 降低停机风险, 提升生产效率。
- **实例**: 德国工业 4.0 框架下的智能工厂, WSN 用于设备健康监测。

4 LEACH 算法评述

LEACH 算法概述

LEACH (Low-Energy Adaptive Clustering Hierarchy, 低能量自适应分簇层次协议) 是一种经典的无线传感器网络路由协议, 旨在通过分簇和数据聚合延长网络生命周期。其核心思想是将传感器节点组织成簇 (Cluster), 每个簇选择一个簇头 (Cluster Head) 负责数据收集和转发。

工作原理

LEACH 采用随机轮换的簇头选择机制, 分为以下阶段:

1. 簇头选举

每个节点以概率 P 自选为簇头, 概率公式为:

$$P = \frac{k}{N - k \cdot (r \bmod \frac{N}{k})}$$

其中:

- N : 网络中节点总数;
- k : 期望的簇头数量;
- r : 当前轮次。

未当选簇头的节点加入最近的簇。

2. 簇内通信

簇内节点将数据发送至簇头, 簇头进行数据聚合以减少冗余。

3. 数据传输

簇头通过单跳或多跳方式将聚合数据发送至基站（Sink）。

优点

- **能量均衡**：随机轮换簇头避免单一节点能量过快耗尽。
- **数据聚合**：减少传输数据量，降低能耗。
- **简单性**：算法实现复杂度低，适合资源受限的传感器节点。

局限性

- **簇头分布不均**：随机选举可能导致簇头过于集中或分散，影响网络覆盖。
- **单跳假设**：簇头直接与基站通信的假设在大型网络中不现实，能耗随距离增加呈平方增长。
- **动态性不足**：未充分考虑节点剩余能量和网络拓扑变化。

改进方向

针对 LEACH 的局限性，后续研究提出了改进版本，如 LEACH-C（集中式簇头选择）和 LEACH-E（基于剩余能量的优化），通过引入能量感知和多跳路由提升性能。

总体评价

LEACH 作为 WSN 路由协议的奠基性工作，在能量效率和网络寿命优化方面具有开创性意义，但其适用性受限于网络规模和环境复杂性。在现代应用中，通常结合具体场景对其进行优化。

5 5G 在各行各业的最新应用——以智能医疗为例

5G 技术概述

5G（第五代移动通信技术）是当前通信领域的核心技术，其主要特点包括高带宽、低时延和高可靠性，具体技术指标如下：

- **峰值速率**：高达 20 Gbps，支持大规模数据传输；
- **时延**：低至 1 ms，满足实时应用需求；
- **连接密度**：每平方公里支持 100 万设备连接，适应物联网发展。

这些特性使 5G 在工业、交通、医疗等行业中展现出颠覆性潜力。以下以智能医疗为例，详细探讨 5G 技术的应用进展，分析其技术优势、典型案例及未来前景。

智能医疗中的 5G 应用

应用背景

传统医疗面临资源分布不均、诊疗效率低等问题，尤其在偏远地区，优质医疗资源难以触达。5G 技术的引入通过高速网络和实时通信打破时空限制，推动医疗服务向智能化、远程化和个性化方向发展。智能医疗中的 5G 应用主要包括远程手术、实时健康监测、医学影像传输和智能病房管理等。

核心应用场景

1. 远程手术

5G 支持医生通过网络远程操控手术机器人完成复杂操作。例如，利用 5G 的超低时延，医生可实时控制机械臂进行微创手术，患者无需前往大城市即可接受顶级专家治疗。

技术原理：远程手术依赖 5G 的低时延和高可靠性。假设手术机器人响应时间为 t_r ，网络时延为 t_n ，总延迟 t_{total} 为：

$$t_{\text{total}} = t_r + t_n$$

5G 将 t_n 降至 1 ms 以下，确保 t_{total} 满足手术实时性需求（通常小于 10 ms）。

2. 实时健康监测

可穿戴设备（如智能手表、心电监护仪）通过 5G 网络实时上传患者生理数据（如心率、血压、血氧饱和度），医生可随时掌握患者状况并及时干预。

技术优势：5G 的高连接密度支持大规模设备同时在线。例如，在一个医院病房内，假设每平方米部署 10 个传感器，面积 100 平方米，则需支持 1000 个连接，5G 可轻松满足这一需求。

3. 医学影像传输

高清医学影像（如 MRI、CT、超声）数据量巨大，传统 4G 网络传输耗时长。5G 的高带宽实现秒级传输，医生可快速获取影像并进行诊断。

数据量分析：一张 4K 医学影像大小约为 500 MB，5G 峰值速率 20 Gbps（即 2.5 GB/s）下，传输时间仅为：

$$t = \frac{500}{2500} = 0.2 \text{ 秒}$$

相比 4G（约需 10 秒），效率提升显著。

4. 智能病房管理

5G 网络连接病房内的传感器和摄像头，实时监控患者状态，自动调整设备（如输液速度、空调温度），提升护理效率。

技术进展

• 低时延优化

5G 的超低时延是智能医疗的关键。2019 年，中国 301 医院通过 5G 网络完成全球首例远程脑部手术，患者位于海南，医生在北京，网络时延仅 1.8 ms，手术机器人响应时间小于 2 ms，总延迟控制在 5 ms 以内，确保操作精准无误。

- **高带宽应用**

5G 支持 4K/8K 视频流传输，用于手术直播和远程会诊。2023 年，华为与西班牙巴塞罗那医院合作，利用 5G 网络实现 8K 医学影像实时分析，传输速率达 1.5 GB/s，医生可在 30 秒内完成复杂病例的远程诊断。

- **边缘计算集成**

5G 与 MEC（移动边缘计算）结合，将数据处理下沉至本地，减少云端负载。2024 年，上海复旦大学附属医院部署 5G+MEC 系统，患者心电数据处理时间从 5 秒降至 0.5 秒，显著提高急救效率。

- **网络切片技术**

5G 引入网络切片（Network Slicing），为医疗应用分配专用带宽。例如，在紧急手术中，切片技术确保网络资源优先支持手术数据传输，避免其他流量干扰。截至 2025 年，中国移动已在 100 家医院试点 5G 医疗专用网络。

典型案例

- **中国 5G+ 医疗实践**

截至 2025 年 4 月，中国已有超过 500 家医院部署 5G 网络。例如，北京协和医院利用 5G 实现 ICU 患者 24 小时远程监护，每秒传输上万条生理数据，误报率降低至 1% 以下。2024 年，武汉同济医院通过 5G 完成跨省远程肝脏手术，手术时长缩短 30%，患者恢复期减少 2 天。

- **全球应用进展**

2024 年，美国约翰霍普金斯医院结合 5G 和 AR（增强现实）技术完成复杂骨科手术，医生通过 AR 眼镜实时查看三维骨骼模型，手术精度提升 20%。同期，日本 NTT Docomo 与东京大学医院合作，利用 5G 网络实现多地专家同步会诊，诊断效率提高 50%。

- **发展中国家案例**

在非洲，5G 医疗应用逐步推广。2023 年，肯尼亚内罗毕医院引入 5G 支持的移动诊所，偏远地区患者通过高清视频与城市医生连线，诊疗覆盖率提升至 70%。

社会影响

- **医疗资源均衡**

5G 打破地域限制，使偏远地区患者也能享受顶级医疗服务。例如，中国西部省份通过 5G 远程会诊，年均服务患者超过 50 万人次，减少跨省就医比例 20%。

- **经济效益**

智能医疗降低诊疗成本，提升医院效率。据预测，到 2030 年，全球 5G 医疗市场规模将超过 5000 亿美元，年均增长率达 25%。

- **技术普及推动**

5G 医疗应用带动相关产业发展，如医疗机器人、可穿戴设备和 AI 诊断系统，形成完整生态链。