

## 第8章 目标定位技术



中国科学院 信息工程研究所  
INSTITUTE OF INFORMATION ENGINEERING, CAS

2023年10月21日

# 目录

---

1

• 目标定位技术的定义与分类

2

• 室外定位技术

3

• 室内定位技术

# 1.目标定位技术的定义与分类

① 定位就是确定目标的位置

② 定位的两种意义：

- 一种是确定自己的在系统中的位置；
- 一种是确定目标在系统中的位置。

③ 位置信息类型：

- **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。



8-1：定位示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

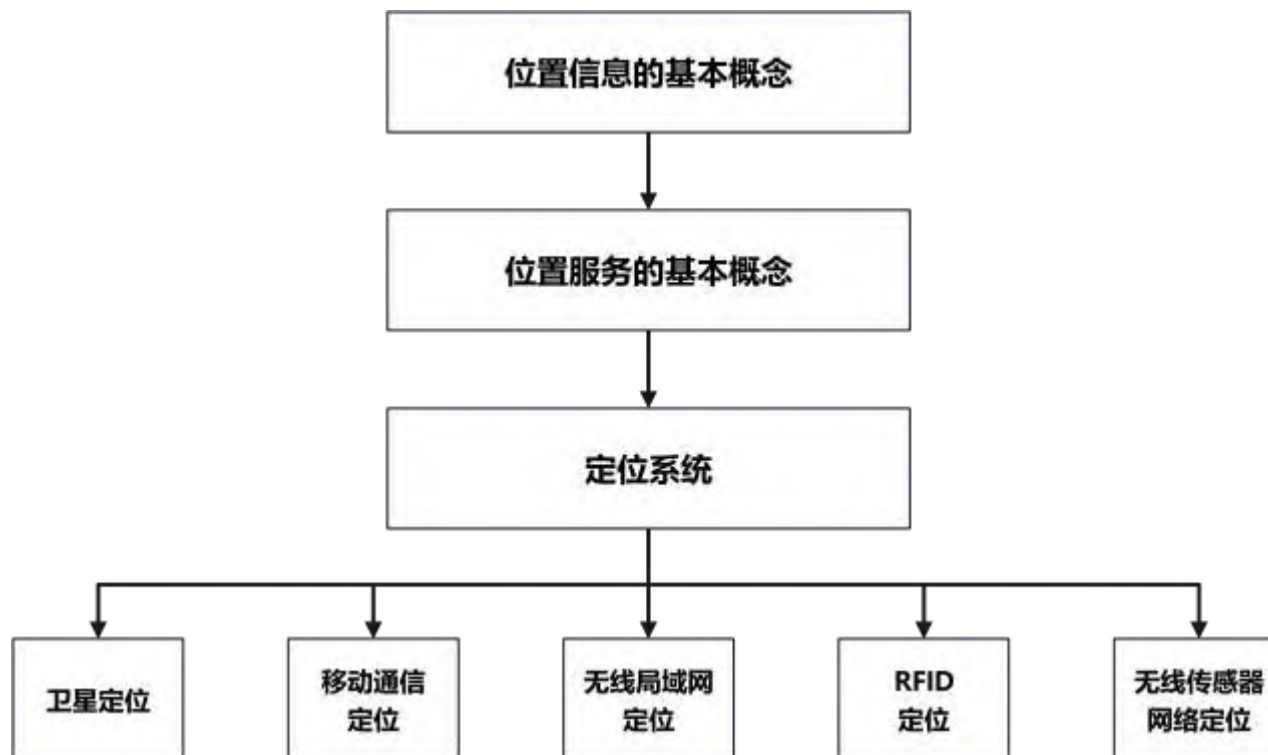
## ④ 定位的含义

根据不同的依据，定位方法可以进行如下分类：

- (1) 根据是否依靠测量距离，分为基于测距的定位和不需要测距的定位；
- (2) 根据部署场合的不同，分为室外定位和室内定位；
- (3) 根据收集信息的方式，网络收集传感器数据称为被动定位、节点主动发出信息，用于定位称为主动定位；

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑤ 定位技术的架构



8-2：定位体系架构图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑥ 为什么需要定位?

### 例如-基于位置的服务

- ✓自动导航
- ✓搜索周边服务信息
- ✓基于位置的社交网络：微信摇一摇

### 位置信息和我们的生活息息相关

**位置信息**不是单纯的“位置”

- 地理位置（空间坐标）
- 处在该位置的时刻（时间坐标）
- 处在该位置的对象（身份信息）



8-3：定位相关服务图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的具体应用领域

- 导航：了解移动物体在坐标系中的位置，指导移动物体成功到达目的地的工作；
- 跟踪：系统实时地了解物体所处位置和移动的轨迹；
- 虚拟现实：定位物体的位置和方向；
- 基于地理位置的路由：优化的路由可以提高系统性能、安全性，节省宝贵的电能；
- 基于位置的服务（LBS, Location Based Service）：新的增值服务。



8-4：定位应用示意图



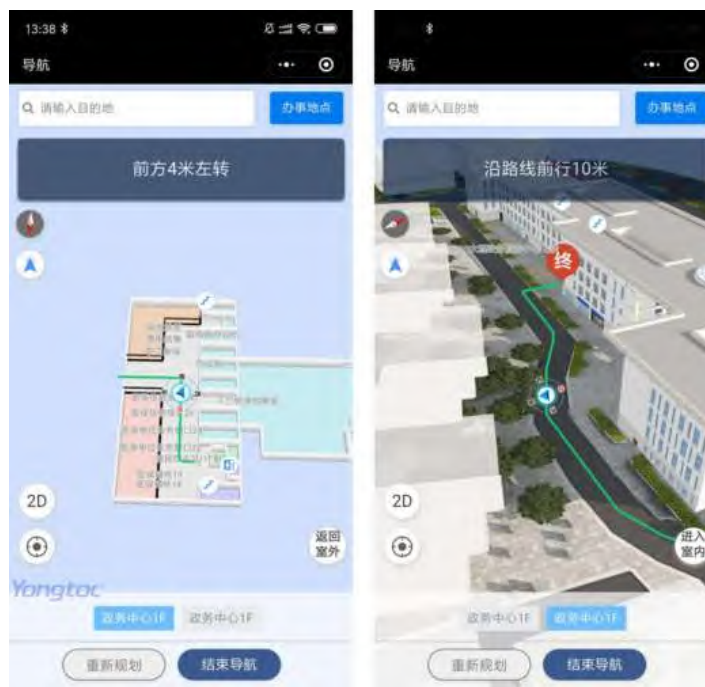
# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的应用领域-导航

导航定义：导航是定位技术的一种应用，用于帮助人们确定位置并提供准确的路线指引。

导航方式：通过使用**卫星定位系统**（如GPS）和**其他传感器技术**（如惯性导航系统），导航系统可以追踪用户的位置，并根据用户目的地提供最佳路径规划。

导航实际作用：导航应用广泛用于汽车导航、手机导航、航空导航等领域，使用户能够快速、准确地找到目的地，提供实时导航指引、交通信息和预计到达时间等功能，为人们出行提供了便利和安全性。



8-5：室内外定位导航示意图



# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的应用领域-跟踪

跟踪定义：跟踪是指通过定位对目标的实时位置和移动轨迹进行监测和记录。目标可以是人、车辆、动物或物体等。

跟踪方式：跟踪可以通过多种方式实现。其中，最常见的方式是利用**全球定位系统**（如GPS）来获取目标的经纬度坐标，并将其实时传输到监控中心或移动设备上。此外，还可以使用**无线传感器网络**、**射频识别**（RFID）技术、**WiFi感知**等方法来进行目标的定位和跟踪。

跟踪实际作用：在个人领域，跟踪技术可以用于个人安全和健康监测，如老年人的定位跟踪、运动员的实时位置监控等。在安全领域，跟踪技术可以用于失踪人员搜寻、犯罪调查等，提供关键的位置信息。



8-6：人员跟踪示意图

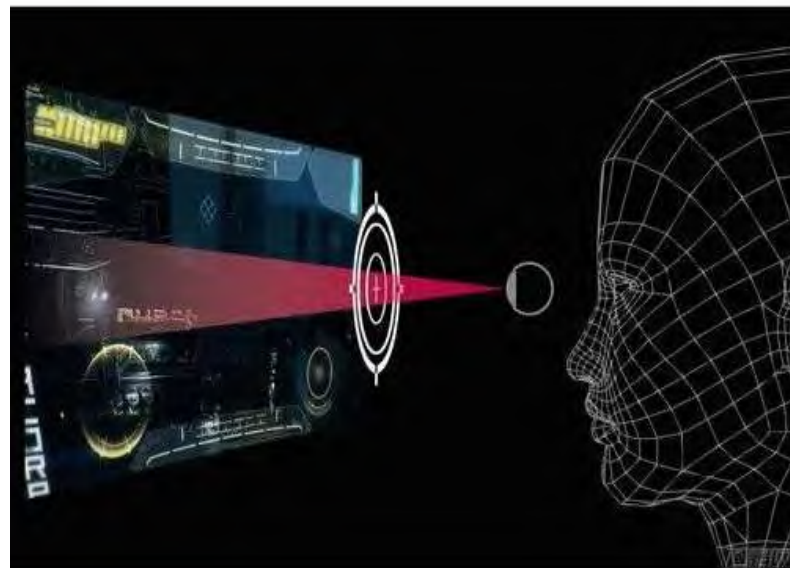
# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的应用领域-虚拟现实

虚拟现实定义：虚拟现实是一种通过计算机技术创建的模拟环境，其中实现准确的关键是定位，它允许用户在虚拟环境中自由移动、感知空间和与虚拟对象进行交互。

虚拟现实方式：通过使用**传感器技术**，如惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）、加速度计和陀螺仪等，来感知用户的头部和身体的运动。另一种是外部定位系统，如光学追踪系统、电磁定位系统或基于摄像头的视觉跟踪系统，以获取用户在虚拟空间中的位置和姿态信息。

虚拟现实实际作用：通过将虚拟对象与现实世界相结合，提供准确的定位和叠加效果，为用户带来更丰富的交互和体验。



8-7：虚拟现实示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的应用领域-地理路由

地理路由定义：地理路由是一种基于位置信息的路由技术，它利用网络中节点的地理位置来进行数据包的传输和路由选择。

地理路由方式：通过使用**GPS或其他定位技术**，来获取节点的地理位置信息。

地理路由实际作用：地理路由利用节点的地理位置信息，可以在这些网络中实现高效的数据传输和路由选择。地理路由还可以应对网络拓扑的动态变化和节点移动的情况，提供更稳定和可靠的路由选择，适用于复杂的环境和移动节点的场景。



8-8：地理位置路由示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑦ 定位的应用领域-位置服务

位置服务定义：位置服务是基于用户的地理位置信息，提供与位置相关的各种服务和功能。

位置服务方式：位置服务的实现方式多种多样。其中，最常见的方式是利用**全球定位系统（如GPS）**或**基站三角定位技术**，获取用户的地理位置信息。这些位置信息可以通过移动设备（如智能手机、平板电脑）的GPS芯片或基站信号强度进行获取，并传递给位置服务的服务器。

位置服务实际作用：在导航和地图领域，位置服务可以为用户提供准确的路线导航、地点搜索、实时交通信息等功能，帮助用户更轻松地找到目的地。此外，位置服务还在安全和紧急救援、旅游和文化遗产保护等领域发挥着重要作用。

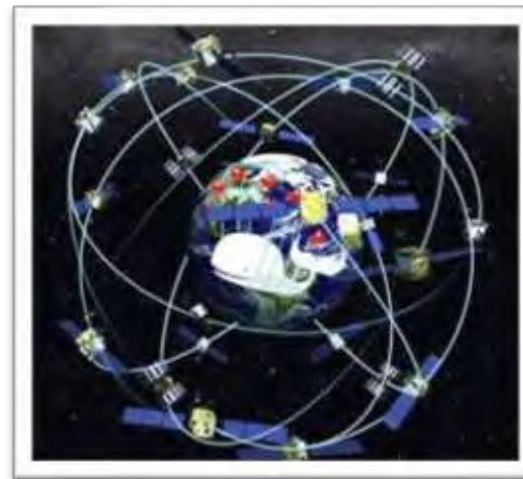


8-9：位置服务示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统

- 卫星定位：GNSS
- 蜂窝基站定位
- 无线室内环境定位
- 新兴定位系统：A-GPS，网络定位



8-10：定位系统示意图



# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-卫星定位系统（后续课时会重点介绍）



中国：  
北斗一号（区域）  
北斗二号（全球）

8-11：各国各自的卫星定位系统示意图

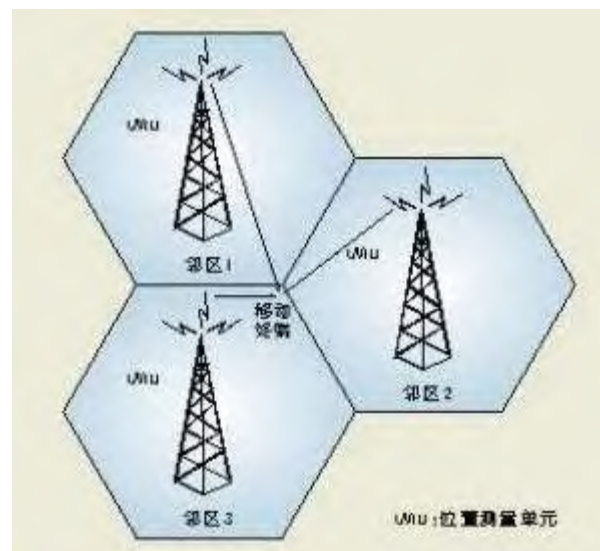
参考网址:<http://www.beidou.gov.cn/>

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-蜂窝基站定位

### ➤ GSM蜂窝网络

- ✓ 通讯区域被分割成蜂窝小区
- ✓ 每个小区对应一个通讯基站
- ✓ 通讯设备连接小区对应基站进行通讯



利用基站位置已知的条件，可对通讯设备进行定位。

8-12：蜂窝基站定位示意图



# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-蜂窝基站定位

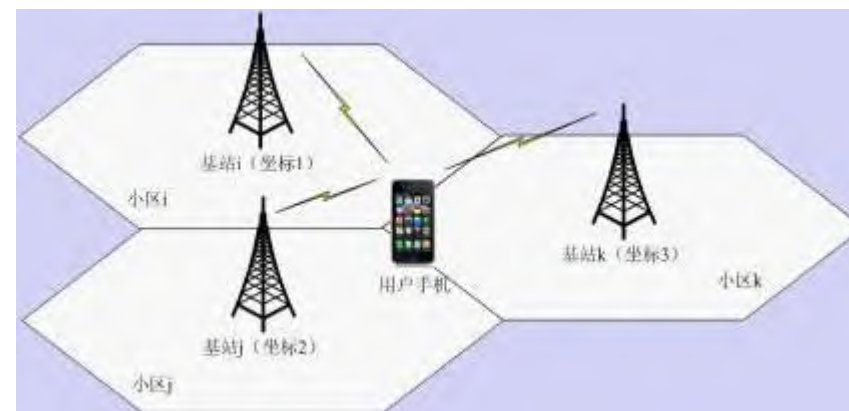
蜂窝定位方法分类：

➤ 单基站定位



8-13：蜂窝单基站定位示意图

➤ 多基站定位



8-14：蜂窝多基站定位示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-蜂窝基站定位

### ➤ 单基站定位方法-COO定位 (Cell of Origin) :

- 将移动设备所属基站的位置视为移动设备的位置;
- 精度直接取决于基站覆盖的范围;
- 基站分布疏松地区, 一个基站覆盖范围半径可达数公里, 误差巨大。

优点: 简单、低成本、快速、适用紧急情况。

缺点: 精度相对较低、受信号干扰影响、依赖基站覆盖范围。

# 1.目标定位技术的定义与分类

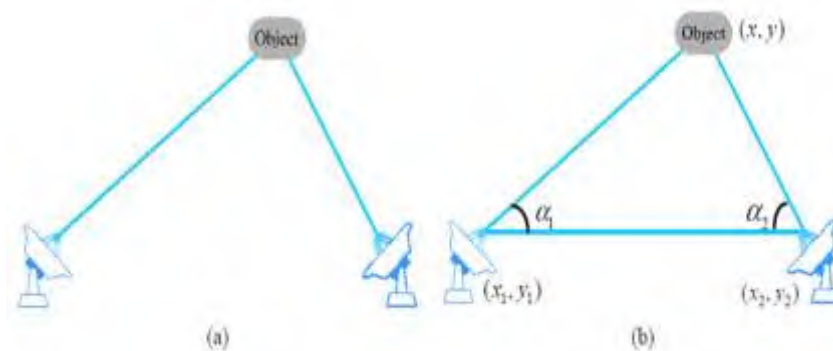
## ⑧ 现存主流定位系统-蜂窝基站定位

### ➤ 多基站定位-ToA/TDoA/AoA:

- 需要三个基站才能定位;
- 稀疏地区可能只能收到两个基站的信号, 不适用。

优点: 不需要GPS接收机、信号穿透能力强。

缺点: 精度相对较低、需要多个基站硬件成本高。

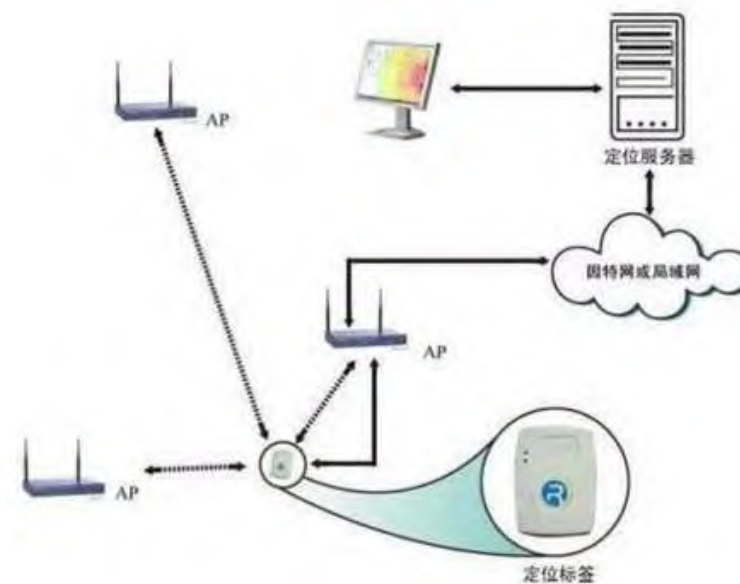


8-15: 蜂窝多基站定位原理示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-无线室内环境定位（**后续课时会重点介绍**）

简介：无线室内定位是一种利用无线通信技术来确定室内环境中移动设备的位置的方法。通过利用WiFi、蓝牙、RFID等无线信号的特性，结合信号强度、到达时间差、指纹匹配等算法，可以实现对室内位置的准确定位。无线室内定位技术在室内导航、场所管理、智能家居、商场定位营销等领域具有广泛应用，为人们提供了方便、精准的室内定位服务。



8-16：无线室内环境定位示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-新兴定位系统

### ➤ A-GPS

- GPS定位和蜂窝基站定位的结合体;
- 利用基站定位确定大致范围;
- 连接网络查询当前位置可见卫星;
- 大大缩短搜索卫星的时间。



8-17: A-GPS定位示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑧ 现存主流定位系统-新兴定位系统

### ➤ 无线局域网定位

- 利用无线局域网实现对设备在覆盖范围内的位置定位；
- 利用无线设备的信号参数，如信号强度、时延和相位等；
- 低成本、易于部署和广泛覆盖。



8-18：无线局域网定位示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑨ 定位基本术语-1

- **锚点**：指通过其它方式预先获得位置坐标的节点，有时也称作信标节点。网络中相应的其余节点称为非锚点。
- **测距**：指两个相互通信的节点通过测量方式来估计出彼此之间的距离或角度。
- **连接度**：包括节点连接度和网络连接度两种含义。节点连接度是指节点可探测发现的邻居节点个数。网络连接度是所有节点的邻居数目的平均值，它反映了传感器配置的密集程度。
- **邻居节点**：传感器节点通信半径范围以内的所有其它节点，称为该节点的邻居节点。



# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑨ 定位基本术语-2

- **跳数**：两个节点之间间隔的跳段总数，称为这两个节点间的跳数。
- **基础设施**：协助传感器节点定位的已知自身位置的固定设备，如卫星、基站等。
- **到达时间**：信号从一个节点传播到另一个节点所需要的时间，称为信号的到达时间。
- **到达时间差(TDoA)**：两种不同传播速度的信号（例如，电波和声波）从一个节点传播到另一个节点所需要的时间之差，称为信号的到达时间差。
- **接收信号强度指示(RSSI)**：节点接收到无线信号的强度大小，称为接收信号的强度指示。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑨ 定位基本术语-3

- **到达角度(Angle of Arrival, AoA)**: 节点接收到的信号相对于自身轴线的角度, 称为信号相对接收节点的到达角度。
- **视线关系(Line of Sight, LoS)**: 如果传感器网络的两个节点之间没有障碍物, 能够实现直接通信, 则这两个节点间存在视线关系。
- **非视线关系**: 传感器网络的两个节点之间存在障碍物, 影响了它们直接的无线通信。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑩ 定位技术指标-1

- **精度**：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。
- **刷新速度**：提供位置信息的频率。比如GPS每秒钟刷新1次。

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑩ 定位技术指标-2

### ➤ 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。
- 节点定位误差：设节点*i*的估计坐标与真实坐标在二维情况下的距离差值为 $\Delta d_i$ ，则N个未知位置节点的网络平均定位误差为：

$$\Delta = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \Delta d_i$$

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑪ 定位技术的关键：

依据上述定位的技术指标，一个成功的定位技术的关键因素包含以下四点：

- 精度和准确性：定位技术的关键是提供精确和准确的位置信息。技术应能够在各种环境条件下提供高度准确的位置定位，以满足用户的需求和应用场景的要求；
- 可靠性和稳定性：定位技术需要在各种条件下保持可靠性和稳定性，不受环境干扰、信号衰减或其他不确定性因素的影响。技术应能够提供持续稳定的定位结果，以使用户能够准确地了解位置信息；
- 可扩展性和适应性：成功的定位技术应具备可扩展性，能够适应不同规模和复杂度的应用场景。无论是室内定位还是大范围的室外定位，技术应能够适应各种规模和范围，并具备灵活性以应对不同需求；
- 可扩展性和适应性：成功的定位技术应具备可扩展性，能够适应不同规模和复杂度的应用场景。无论是室内定位还是大范围的室外定位，技术应能够适应各种规模和范围，并具备灵活性以应对不同需求。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑫ 定位技术的步骤：

依据上述定位的技术指标，一个成功的定位技术的关键因素包含以下六点：

- 信号采集：定位技术首先需要采集定位目标周围的信号数据；
- 数据处理和特征提取：采集到信号数据需要进行处理和特征提取，以从中提取有用的信息；
- 定位算法和模型选择：根据特定的定位需求和场景，选择适合的定位算法和模型；
- 位置计算和估计：在选择定位算法和模型的基础上，进行位置计算和估计；
- 定位精度评估和优化：对定位结果进行评估和优化；
- 位置输出和可视化：将定位结果以合适的方式进行输出和可视化，以使用户理解和使用。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑬ 定位技术的标准化-1

定位技术的标准化是为了确保不同定位系统和设备之间的互操作性、数据交换和统一规范。

- GNSS标准化: GNSS (Global Navigation Satellite System, 全球导航卫星系统) 是包括GPS、GLONASS、Galileo和Beidou在内的全球卫星导航系统。GNSS标准化主要由国际民航组织 (ICAO)、国际电信联盟 (ITU) 和国际标准化组织 (ISO) 等机构负责, 确保不同GNSS系统之间的互操作性和相互兼容性。
- 定位数据格式标准化: 定位技术产生的定位数据需要进行标准化以便互操作和数据交换。例如, 美国NMEA (National Marine Electronics Association, 国家海洋电子协会) 制定了一套数据格式标准, 用于GPS接收器输出的定位数据, 以实现不同设备之间的数据兼容和交互。



# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑬ 定位技术的标准化-2

- 室内定位标准化：室内定位技术的标准化是为了确保不同室内定位系统的兼容性和一致性。例如，IEEE 802.11标准委员会制定了用于WiFi室内定位的标准，定义了WiFi网络中获取位置信息的方法和数据格式，以实现不同设备和供应商之间的互操作性。
- 定位精度和准确性标准化：为了评估和比较不同定位技术的精度和准确性，相关标准化组织制定了一系列指标和方法。例如，CEP（Circular Error Probable，圆形误差概率）和PE（Position Error，位置误差）是常用的评估定位精度的指标，用于衡量定位结果与真实位置之间的误差范围。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑬ 定位技术的标准化-3

- 定位服务接口标准化：为了实现定位技术的开放性和互操作性，定位服务接口的标准化变得关键。例如，Open Geospatial Consortium (OGC) 制定了一系列定位服务接口标准，如 Web Map Service (WMS) 和 Web Feature Service (WFS)，以促进地理信息的交换和共享。
- 定位技术评估和认证标准化：为了保证定位技术的质量和性能，定位技术的评估和认证标准也是必要的。相关标准化工作旨在定义评估指标和测试方法，以确保定位技术符合预期的性能要求，并获得相关认证和认可。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑭ 新的定位技术-多维标度技术MDS

MDS技术介绍：MDS(Multidimensional Scaling)——多维定标

- 它是一种数据分析技术，常用于探索性数据分析或信息可视化；
- 把各个对象之间的相异性或相似性程度转换为低维空间（2维或3维）上的点坐标；
- MDS可用在很多领域，如数学心理学、行为科学、聚类分析、机器学习、定位等方面。

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑭ 新的定位技术-多维标度技术MDS

经典MDS方法介绍：

1. 列出P矩阵（各目标间的相似/相异程度用Euclidean距离表示）；

假设区域内N个未知点N1到NN，Ni和Nj之间的距离为Lij，那么，可以用矩阵形式表示出来，记为P：

$$P = \begin{bmatrix} L_{11} & L_{12} & \cdots & \cdots & L_{1N} \\ L_{21} & L_{22} & & & \\ \vdots & & \ddots & & \\ \vdots & & & \ddots & \\ L_{N1} & & & & L_{NN} \end{bmatrix}$$

理想情况下，P成为一个对角元素为0的对称矩阵。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑭ 新的定位技术-多维标度技术MDS

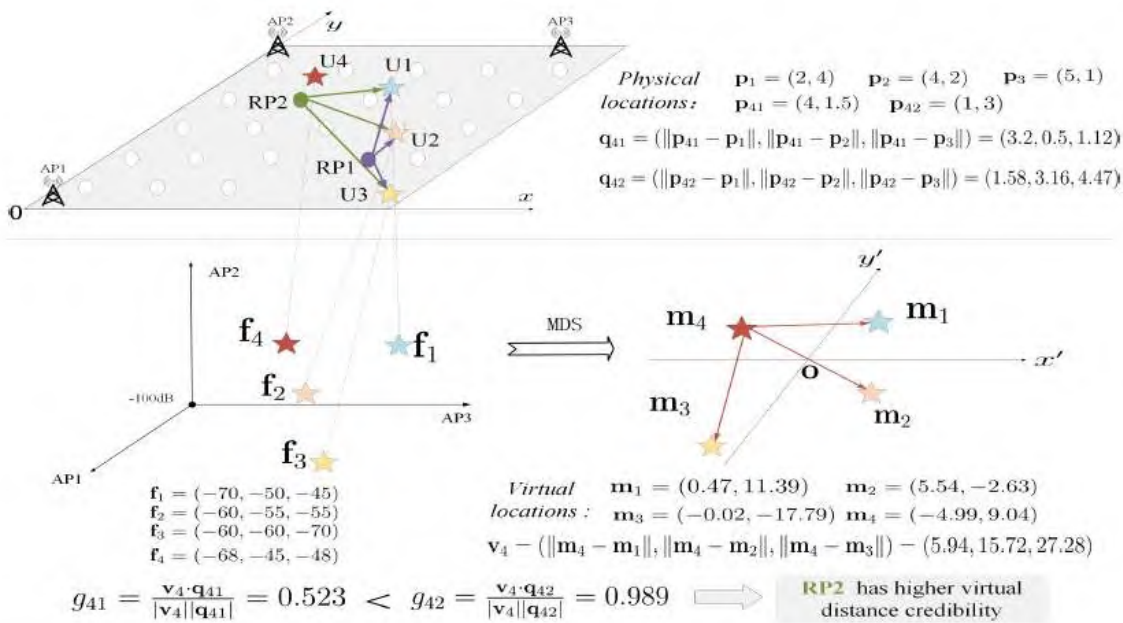
经典MDS方法介绍：

2. 对节点间距矩阵应用经典MDS技术得到最大的2个或3个特征值和特征向量，生成整个网络各节点相对坐标的2维或3维相对图；
3. 当拥有足够数量的锚节点时将相对坐标图通过平移、旋转、翻转等转化为绝对坐标图。

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑭ 新的定位技术-多维标度技术MDS

MDS方法示例:



该方法一般服务于多个用户同时请求定位的场景，具体为利用信号空间和物理空间的对应关系来进行用户集体的定位校准。首先采用多维尺度缩放（MDS）将用户的在线指纹降维到二维空间，用以表示用户的虚拟位置。然后根据用户的虚拟位置计算每个参考点（RP）的虚拟位置置信度。最后融合其它多个可信度来综合输出用户最终的RP权重。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑮ 新的定位技术-压缩感知技术

压缩感知技术介绍：CS (Compressive Sensing)

- 压缩感知技术是一种用于从稀疏观测中恢复信号的新兴信号处理方法；
- 压缩感知的基本原理是利用信号的稀疏性或稀疏表示性质。许多实际信号具有较少的非零元素，可以用较少的信息来表示；
- 压缩感知技术的应用领域非常广泛。在图像和视频领域，压缩感知可以用于高效的图像和视频压缩、图像恢复和增强，以及图像和视频的传输和存储。在无线传感器网络中，压缩感知技术可以降低能耗和带宽需求，提高网络的能效和生命周期。此外，压缩感知还在医学成像、雷达信号处理、音频信号处理等领域得到广泛应用。



# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑮ 新的定位技术-压缩感知技术

压缩感知方法介绍-1:

- 压缩感知定位算法：压缩感知定位算法基于观测信号的稀疏表示，通过选择适当的测量矩阵和稀疏重建算法来实现定位。通常，观测信号是从稀疏信号经过压缩感知采样得到的。然后，通过求解优化问题，例如L1范数最小化问题，可以恢复出稀疏信号，从而获得目标位置的估计；
- 基于压缩感知的多传感器定位：多传感器定位使用多个传感器共同获得观测信号，并通过压缩感知技术将观测信号合并来实现定位。传感器可以是不同类型的，如WiFi、蓝牙、RFID等。每个传感器采集到的观测信号都是不完整的，但通过压缩感知技术的联合处理，可以恢复出稀疏信号，从而实现准确的定位。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## ⑮ 新的定位技术-压缩感知技术

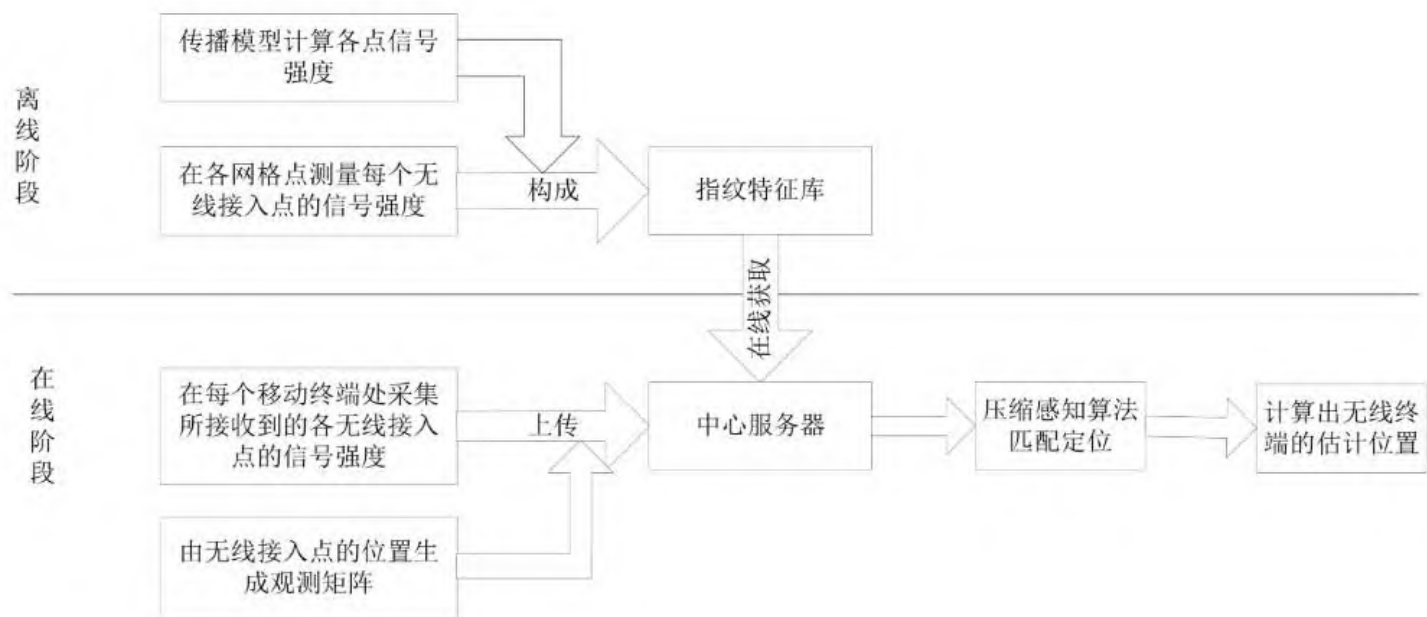
压缩感知方法介绍-2:

- 环境模型辅助的压缩感知定位：这种方法利用环境模型来辅助压缩感知定位。环境模型可以是已知的地图或信号特征分布模型。通过将环境模型与压缩感知测量结合起来，可以提高压缩感知定位的准确性和稳定性。环境模型提供了对观测信号的先验信息，可以帮助减少定位误差并提高定位的鲁棒性。
- 基于合作定位的压缩感知：合作定位是指通过多个设备之间的协作来实现定位。在压缩感知中，多个设备可以共享各自的观测信号，并通过合作处理来提高定位准确性。合作定位方法可以基于分布式压缩感知算法，通过设备之间的信息交换和联合优化来恢复稀疏信号和估计目标位置。

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑮ 新的定位技术-压缩感知技术

CS方法示例：



8-19：CS定位示例图

# 1.目标定位技术的定义与分类

## ⑩ 物联网下定位技术的新挑战

### ➤ 信息安全与隐私保护:

- 位置信息内涵丰富且隐私息息相关;
  - 高精度位置信息泄露的后果严重;
- 如何既保证信息精度, 又保护个人隐私。

### ➤ 大规模应用

- 物联网时代, 接入网络的设备将超过500亿台;
- 如何应对庞大的数量增长。
- 如何让定位技术为简单设备 (如RFID标签) 所用。



8-20: 物联网挑战示意图

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## 本章小结

### 内容回顾

本章介绍了定位的基本概念，重点讨论了主流定位系统以及应用领域，探讨了定位术语、指标、关键步骤、标准，最后探讨了新兴定位技术和物联网对定位技术的新挑战。

### 重点掌握

- 了解定位的基本概念与流程。
- 了解定位的主流系统与应用领域。
- 了解新兴定位技术以及面临的新挑战。

# 1.目标定位技术的定义与分类

---

## 参考文献

1. Bahl, Paramvir, and Venkata N. Padmanabhan. "RADAR: An in-building RF-based user location and tracking system. "
2. Youssef, Moustafa, and Ashok Agrawala. "The Horus WLAN location determination system."
3. Ni, Lionel M., et al. "LANDMARC: Indoor location sensing using active RFID. "
4. Wang, Ju, et al. "LiFS: Low human-effort, device-free localization with fine-grained subcarrier information. "
5. Azizyan, Martin, Ionut Constandache, and Romit Roy Choudhury. "Surroundsense: mobile phone localization via ambience fingerprinting."

# 目录

---

1

• 目标定位技术的定义与分类

2

• 室外定位技术

3

• 室内定位技术

## 2.室外定位技术

---

### ① 室外定位技术简介

室外定位技术是一种用于在户外环境中确定设备或个体位置的技术。它通过利用全球导航卫星系统（GNSS）如GPS（Global Positioning System）、GLONASS（Global Navigation Satellite System）、Galileo和Beidou等卫星系统的信号，以及其他辅助定位技术，如无线通信基站、惯性导航系统等，来实现准确的室外定位。

室外定位技术的基本原理是通过接收来自多个卫星的信号，并通过测量信号的到达时间差或信号强度等参数来计算设备的位置。GNSS卫星系统是室外定位的主要依赖，它们通过空间分布在地球轨道上的卫星向接收器发送精确时间和位置信息。接收器通过接收多个卫星的信号，并利用三角测量或多边定位算法计算设备的位置。



## 2.室外定位技术



8-21：四大卫星定位系统示意图

### ② 卫星定位系统简介

全球导航卫星系统（GNSS）将从单一的GPS系统时代转变为多系统并存的全球导航卫星系统时代。

GNSS的四大全球系统分别为美国的GPS、俄罗斯的GLONASS、欧洲的Galileo和中国的北斗卫星导航系统。

- GPS于2013年左右完成现代化进程，并不失时机地实施GPSⅢ计划；
- GLONASS快速复苏，2007年底达到17颗工作卫星的基本星座规模，2010年实现24颗星完全工作，并在实施现代化计划；
- Galileo几经曲折，目前也在抓紧部署；
- 中国的北斗卫星导航系统已于2012年形成区域覆盖能力，2020年左右实现全球覆盖。

## 2.室外定位技术

---

### ③ GPS简介

目前主流的室外高精度定位技术通常采用的是卫星定位技术，而当前最为成熟的卫星定位系统为GPS，因此我们接下来将主要介绍GPS相关的知识。

定义：GPS的英文全称是“Navigation Satellite Timing And Ranging Global Position System”，简称GPS，有时也被称作NAVSTAR-GPS。

含义：其意为“导航星测时与测距全球定位系统”，或简称全球定位系统。

## 2.室外定位技术

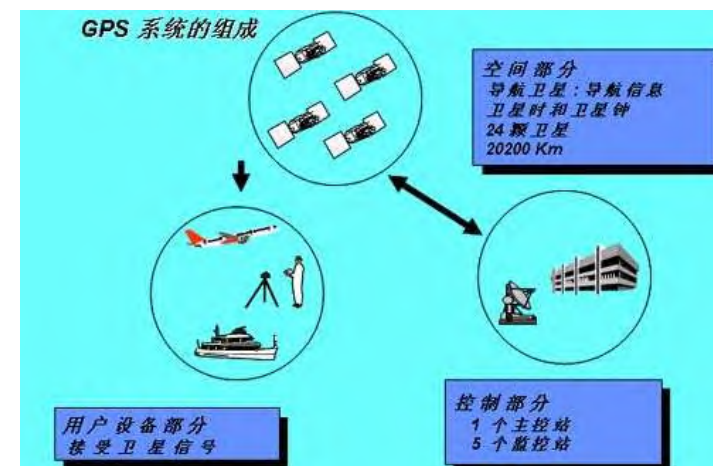
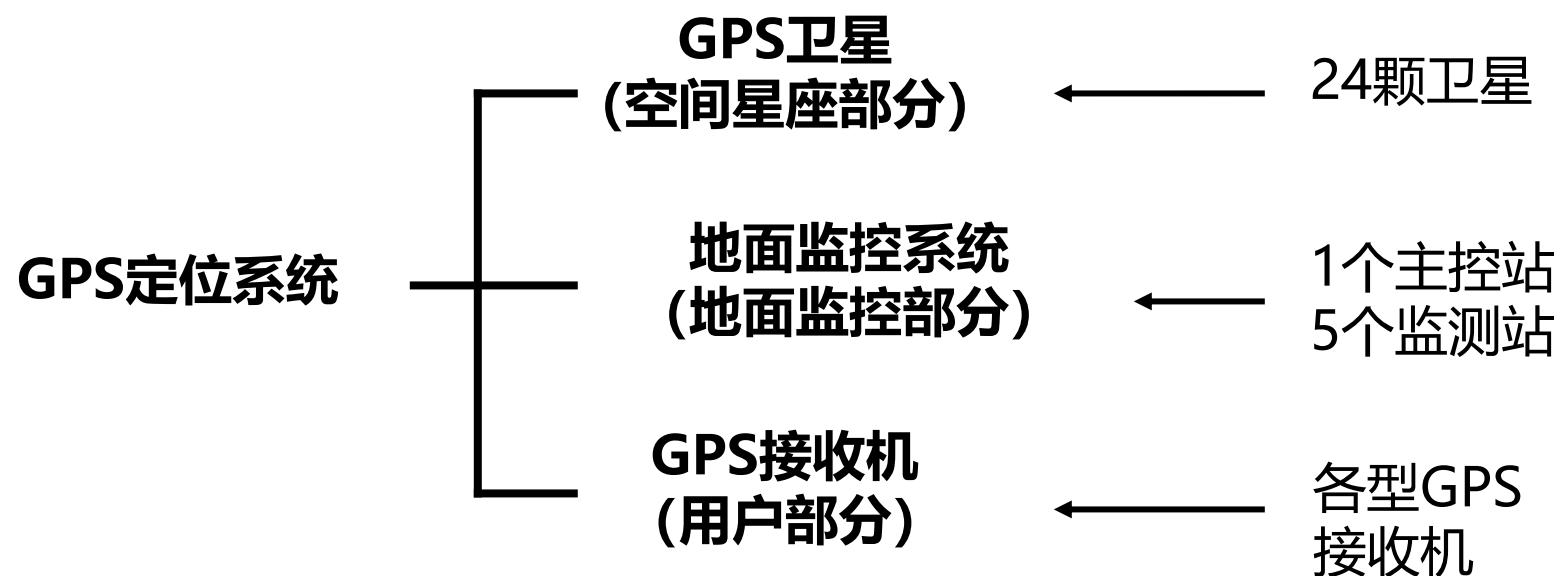
---

### ④ GPS发展简史

- 1973年，美国国防部开始GPS计划；
- 1983年，里根承诺将来对民间开放使用；
- 1989年，正式开始发射GPS工作卫星；
- 1994年，卫星星座组网完成，投入使用；
- 2000年，克林顿下令取消军用/民用信号的精度差别对待。

## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-简介



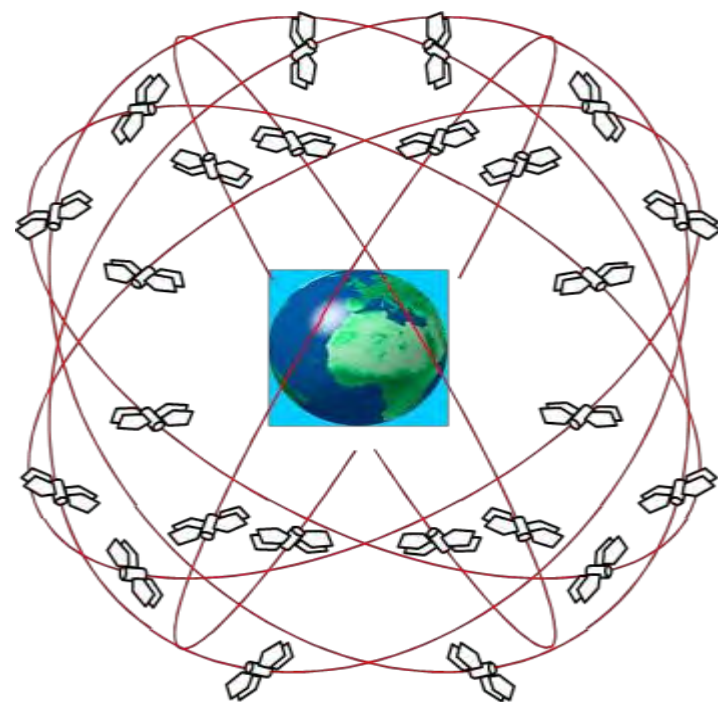
8-22：GPS系统组成示意图

## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-空间星座组成

空间星座部分：

- 24颗卫星(21+3)
- 6个轨道平面
- $55^\circ$ 轨道倾角
- 2万km轨道高度(地面高度)
- 12小时(恒星时)轨道周期
- 5个多小时出现在地平线以上(每颗星)



8-23：GPS空间星座示意图

## 2.室外定位技术

---

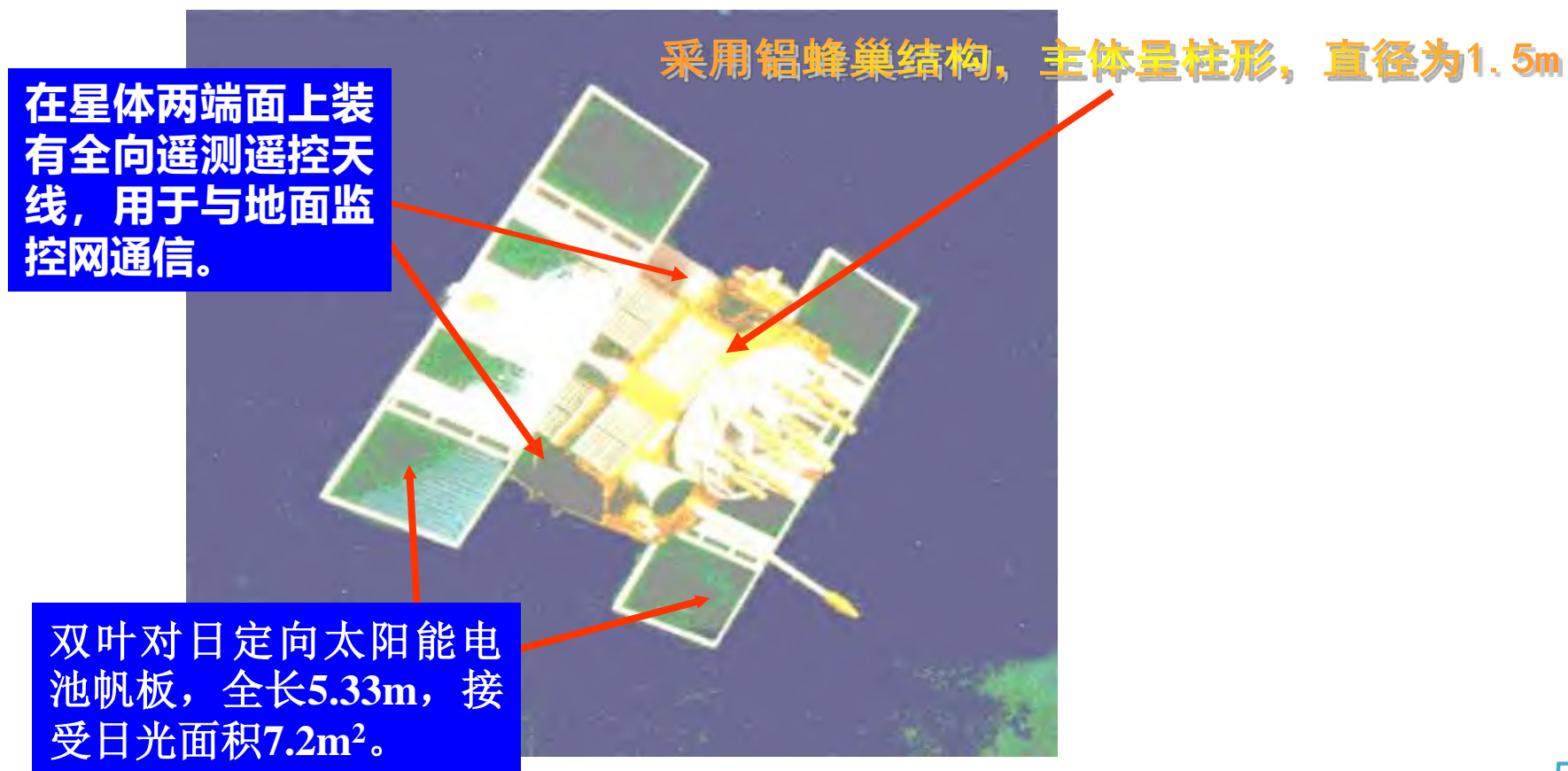
### ⑤ GPS系统结构-空间星座功能

- **主要包括:**

- (1) 接收和存储由地面监控站发来的导航信息，接收并执行监控站的控制指令；
- (2) 卫星上设有微处理机，进行部分必要的数据处理工作；
- (3) 通过星载的高精度铷钟、铯钟产生基准信号和提供精密的时间标准；
- (4) 向用户发送导航定位信号。包括：① 两种载波（L1 和L2）② 调制在L1上的伪噪声码C/A码（Coarse Acquisition Code粗捕获码）③ 调制在L1和L2上的伪噪声P码(Precise Code精密码)；
- (5) 在地面监控站的指令下，通过推进器调整卫星的姿态和启用备用卫星。

## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-卫星结构



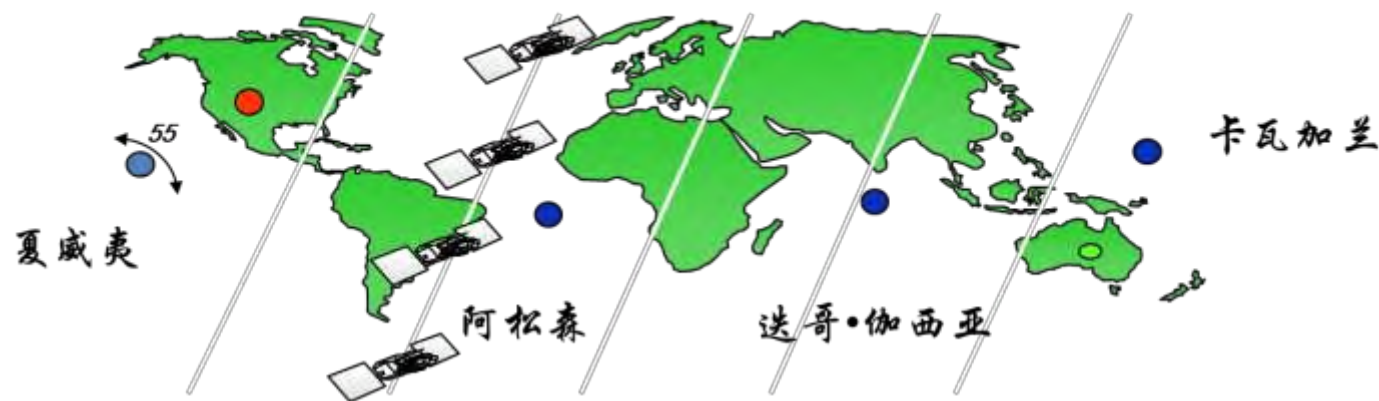
8-24：卫星结构示意图

## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-地面监控系统

- 1个主控站:Colorado springs(科罗拉多)。
- 3个注入站:Ascencion(阿森松群岛)、 Diego Garcia(迭哥伽西亚)、 kwajalein(卡瓦加兰)。
- 5个监控站: 以上主控站、注入站及Hawaii(夏威夷)。

科罗拉多·斯必灵司



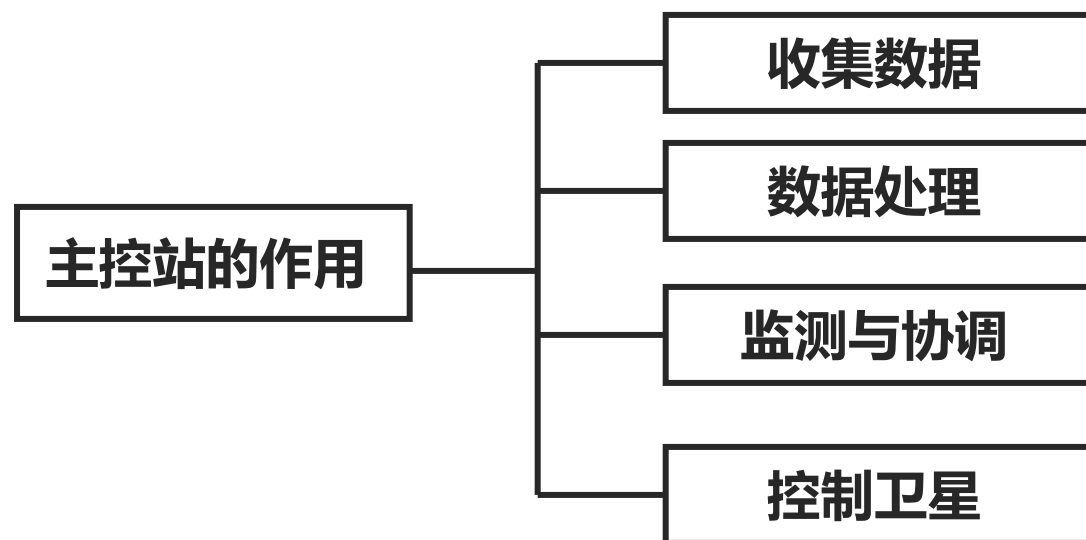
8-25: 地面监控系统示意图



## 2.室外定位技术

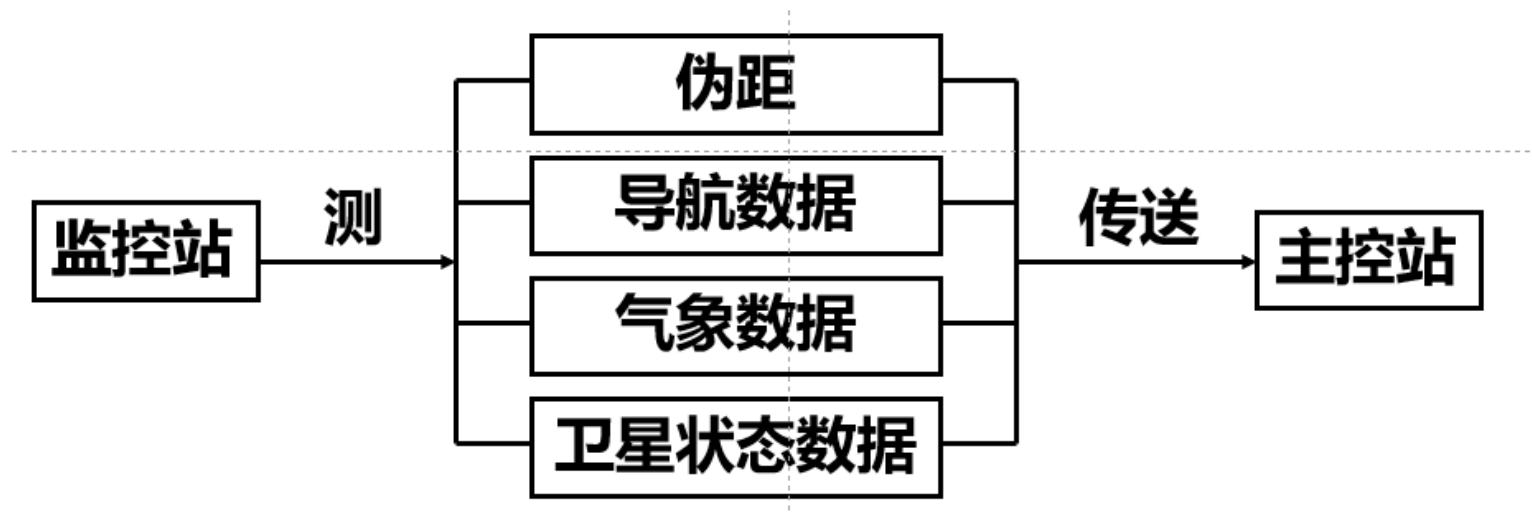
### ⑤ GPS系统结构-地面主控站作用

主控站在美国科罗拉多空军基地，它收集监控站的跟踪数据，计算卫星轨道和钟差参数，然后把这些数据发送给注入站。同时，它也会诊断卫星的工作状态并进行调度。



## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-地面监控站作用



监控站的作用是对所收到的卫星进行连续的P码伪距跟踪测量，并将观测结果传送到主控站。

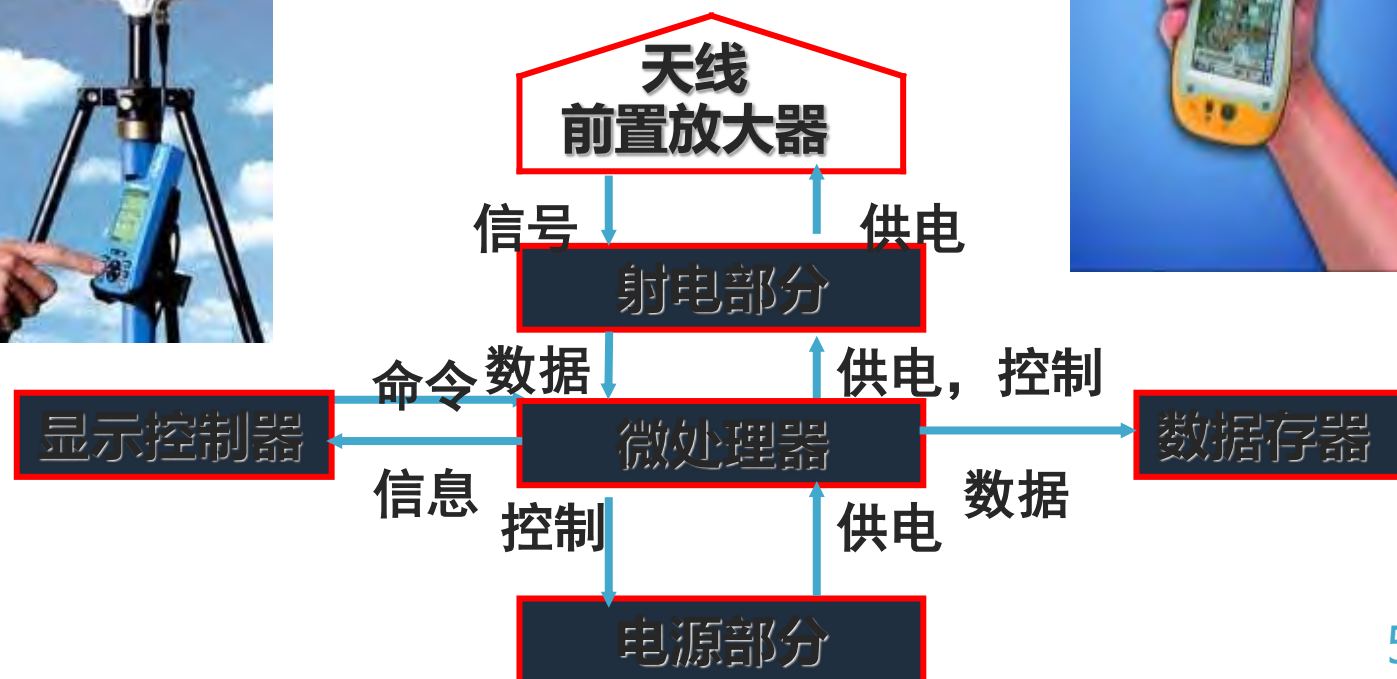
## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-用户接收部分

GPS定位中用户接收部分主要指GPS接收机,它装载在用户的定位设备上,功能是接收GPS卫星发射的无线电导航信号,对信号进行处理和解码,计算获得用户的精确位置、速度以及时间信息,这些信息可为用户设备提供导航和定位服务。GPS接收机主要包括天线、前端放大过滤电路、频率转换跟踪电路、数字信号处理器等部分,通过对卫星信号的获取、追踪、导航解算等处理过程,完成对用户精确定位信息的测算。

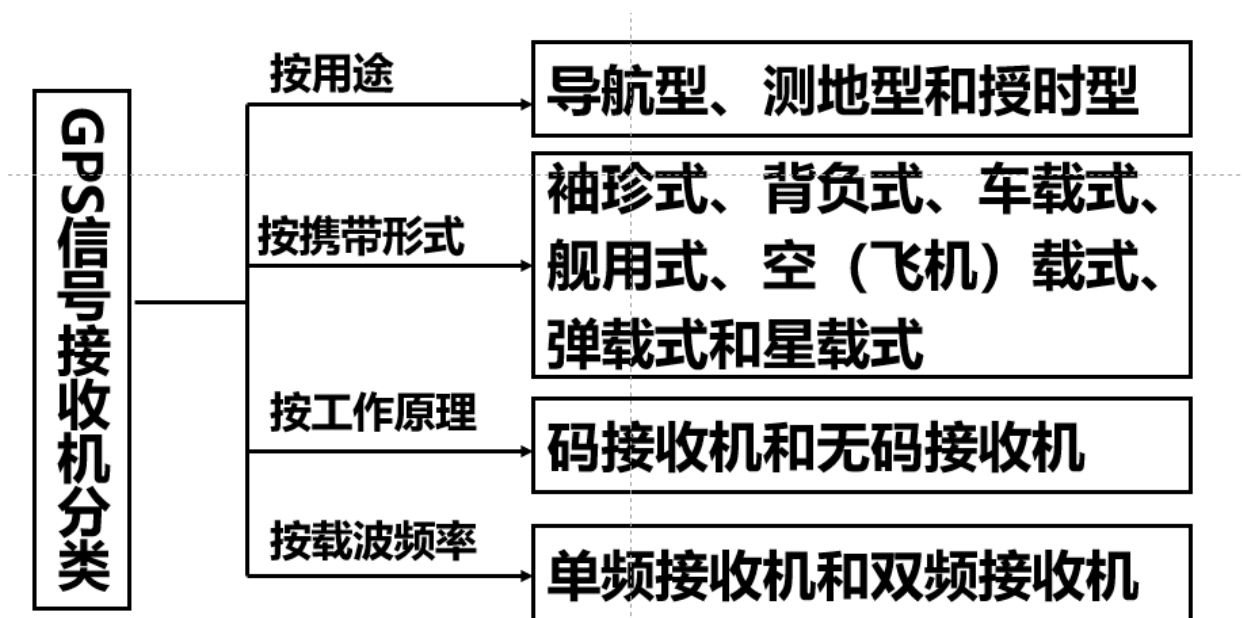


#### GPS信号接收机



## 2.室外定位技术

### ⑤ GPS系统结构-用户接收设备类别划分



## 2.室外定位技术

### ⑥ GPS定位原理

- GPS卫星在空中昼夜不停地连续发送带有时间和位置信息的无线电信号，供GPS接收机接收，卫星时间是由星载原子钟产生的，卫星的位置信息（卫星轨道参数，又称为**星历**）则是由地面控制站定时发送给卫星，称为“**注入**”，然后通过卫星广播给用户接收机。
- GPS实施的是“到达时间差”（时延）的概念：利用每一颗GPS卫星的精确位置和连续发送的星上原子钟生成的导航信息获得从卫星至接收机的到达时间差。
- GPS卫星在空中连续发送带有时间和位置信息的无线电信号，供GPS接收机接收。由于传输的距离因素，接收机接收到信号的时刻要比卫星发送信号的时刻延迟，通常称之为时延，因此，也可以通过时延来确定距离。
- 卫星和接收机同时产生同样的伪随机码，一旦两个码实现时间同步，接收机便能测定时延；将时延乘上光速，便能得到距离。图中显示了GPS系统的时延原理。

## 2.室外定位技术

### ⑦ GPS伪随机码

- GPS信号利用码分多址（CDMA）方式，所有的卫星都工作在同样的频率上，采用伪随机噪声码（PRN）。
- GPS有两种伪随机码：
  - 第一种为粗捕获（C/A）码，主要提供给民用，它调制在L1载波上。其调制频率是1.023MHz，每1ms（1023比特）码将重复一次。每个GPS卫星有其独特的伪随机码。粗捕获码的码元宽度较大，通常测距误差为29.3 ~ 2.93米。
  - 第二种为精准（P）码，是和粗捕获码对应的精测码，它每7天才重复一次，以10.23MHz的频率调制在L1和L2载波上。这种码供军事应用，是加密的。当它加密时，则被称为“Y”码。
  - 由于精准码比粗捕获码复杂得多，所以信号捕获要困难得多，这就是为什么许多军用接收机开机后常常是首先显示粗捕获码，然后过渡到精准码捕获。当然，由于技术的不断进步，美国人已解决了精准码的直接捕获问题，不一定需要有粗捕获码向精准码过渡的过程。

## 2.室外定位技术

### ⑧ GPS定位方法

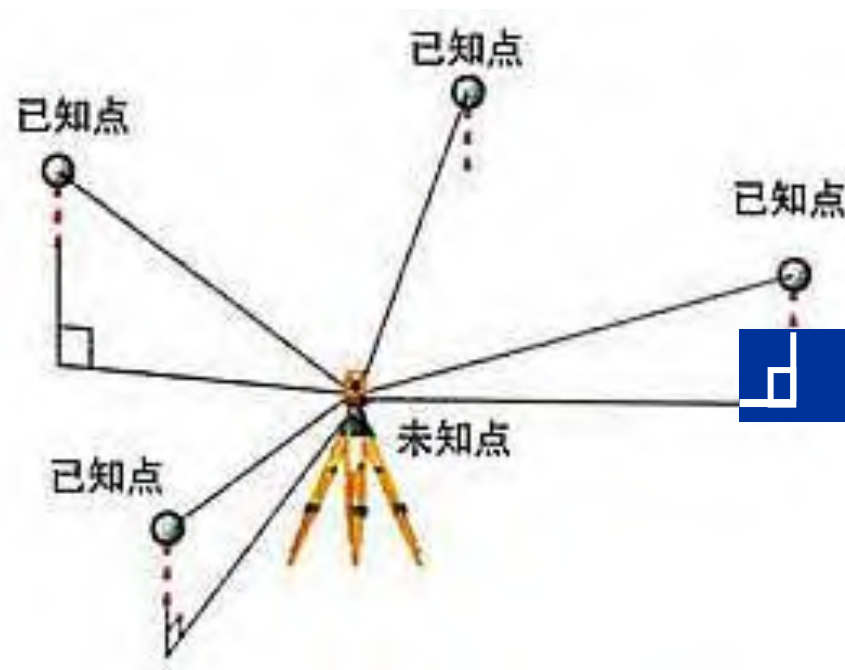
- (1) 伪距单点定位(point positioning)——确定观测点在WGS-84系中的坐标, 即绝对位置。
- (2) 相对定位(relative positioning)——确定观测点相对另一已知点的相对坐标增量即相对位置。

**WGS-84的定义:** WGS-84坐标系的原点在地球质心, Z轴指向BIH1984.0定义的协定地球极 (CTP) 方向, X轴指向BIH1984.0的零度子午面和CTP赤道的交点, Y轴和Z、X轴构成右手坐标系。它是一个地固坐标系。

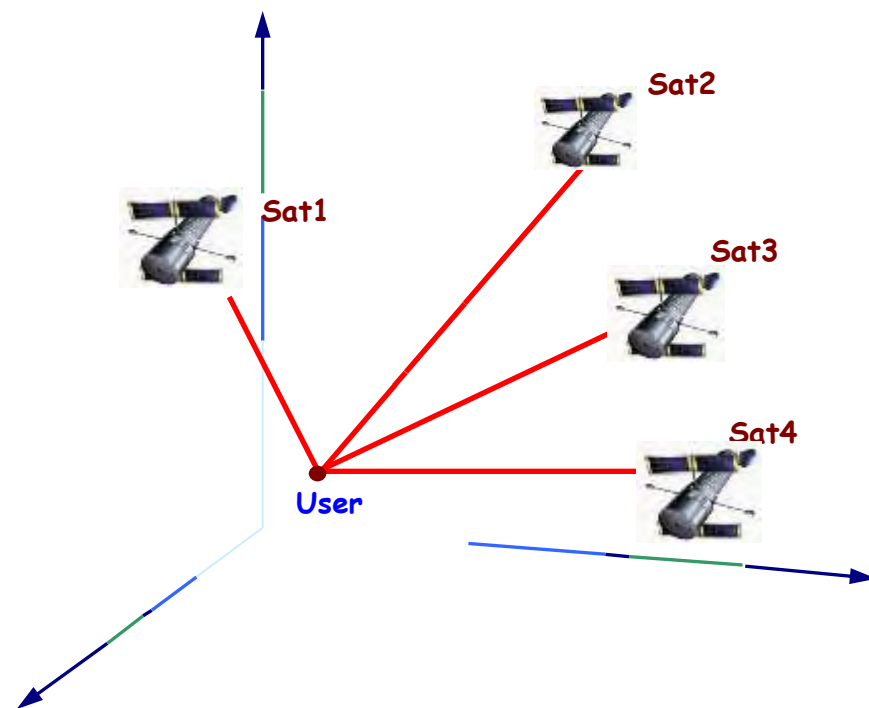
相对定位	{	post - process surveying( 后处理测量)	{	static surveying( 静态测量)
		kinematic surveying( 动态测量)		
		RTK(real - time kinematic 实时动态测量)		

## 2.室外定位技术

### ⑧ GPS定位方法-伪距单点定位



8-26: 伪距单点定位原理示意图



8-27: 伪距单点定位实际场景图

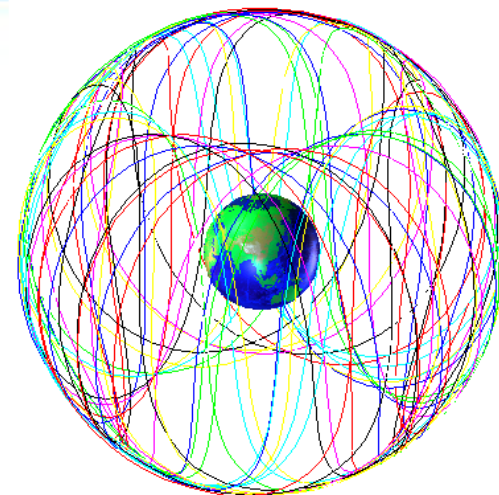


## 2.室外定位技术

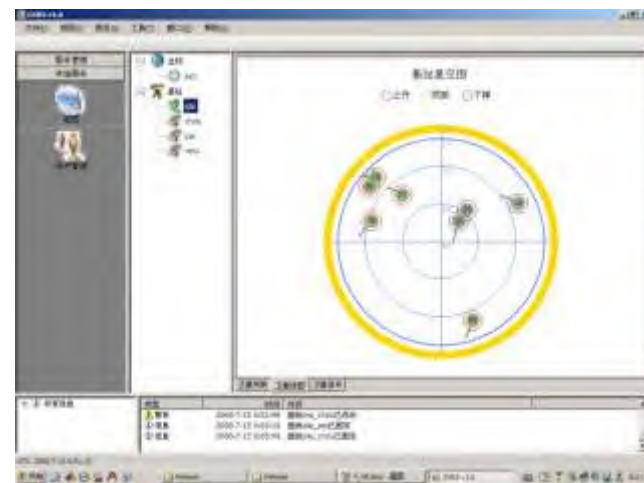
### ⑧ GPS定位方法-观测多颗卫星的单点定位方程

$$\begin{bmatrix} v_1 \\ v_2 \\ \vdots \\ v_s \end{bmatrix} = - \begin{bmatrix} l_1 & m_1 & n_1 & -1 \\ l_2 & m_2 & n_2 & -1 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\ l_s & m_s & n_s & -1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} dX \\ dY \\ dZ \\ \delta t_u \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} R_1 + \delta A_1 - \delta t^1 - \rho_1 \\ R_2 + \delta A_2 - \delta t^2 - \rho_2 \\ \vdots \\ R_s + \delta A_s - \delta t^s - \rho_s \end{bmatrix}$$

1. GPS接收机同时观测多个(一般4颗以上)GPS卫星, 测量每个卫星到接收机的距离(伪距)。
2. 根据各卫星的导航信息(包括卫星位置、信号发射时间等), 可以建立每个卫星到接收机的距离方程。
3. 利用多个距离方程以及卫星位置信息, 可以通过最小二乘法形式建立观测方程组, 解求出接收机的三维坐标位置以及接收机钟差。
4. 即实现了基于多颗GPS卫星观测的三维单点定位。



8-28: 单点定位仿真图



8-29: 单点定位仿真结果图

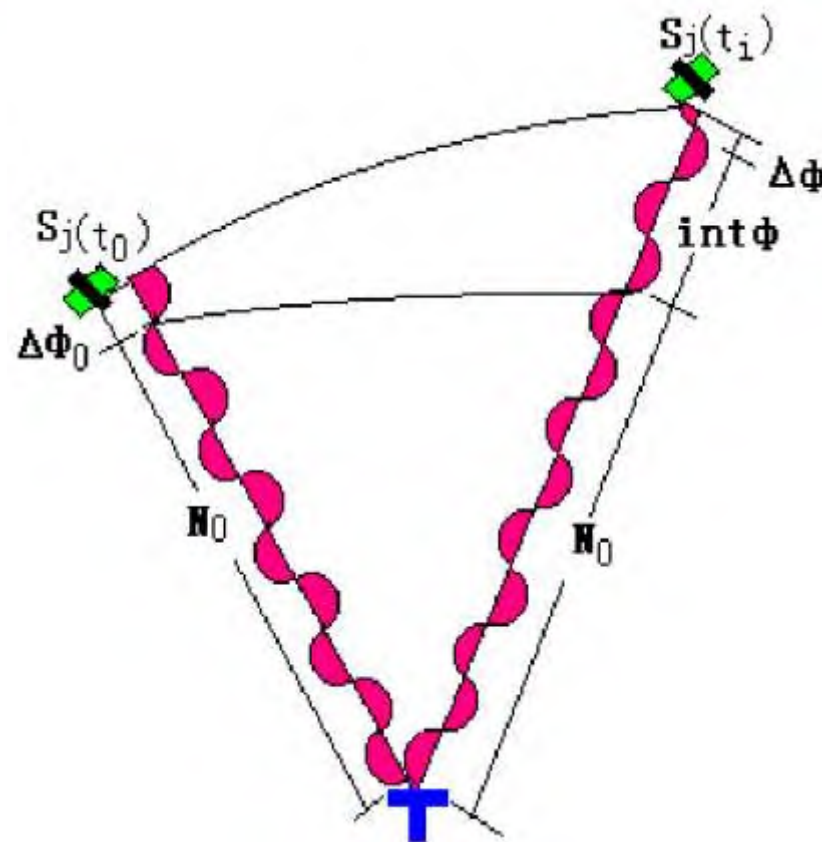
## 2.室外定位技术

### ⑧ GPS定位方法-相对定位

载波相位测量的特点

- 定位精度比伪距定位精度高
- 可用于进行
  - 静态绝对定位
  - 静态相对定位
  - 差分动态定位

GPS相对定位中的载波相位测量是比较两个GPS接收机对同一颗GPS卫星信号的精确相位观测，通过多电台共视的相位比较实现两接收机之间极高精度的相对距离或矢量测量,是实现GPS 厘米级精确相对定位的核心技术之一，具有不需要绝对距离、抗干扰强的优点。



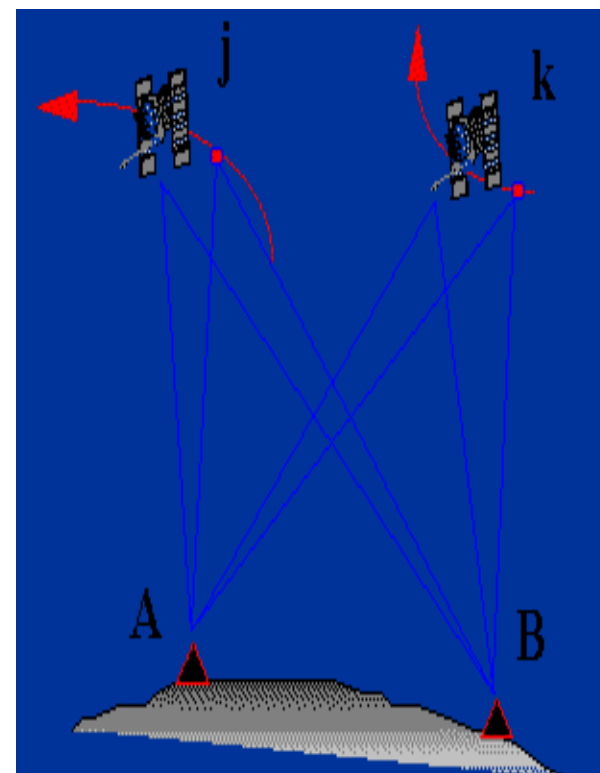
8-30：相对定位载波相位测量图

## 2.室外定位技术

### ⑧ GPS定位方法-相对定位

相对定位原理：

- 相对定位是用两台（或多台）接收机分别安置在一条（或多条）基线的两端，同步观测相同的GPS卫星，以确定基线端点的相对位置或基线向量。
- 在相对定位时，通过对观测量求差，可以消除观测量中相同的未知误差的影响，如卫星钟差、接收机钟差，削弱电离层和对流层折射的影响，提高测量精度。



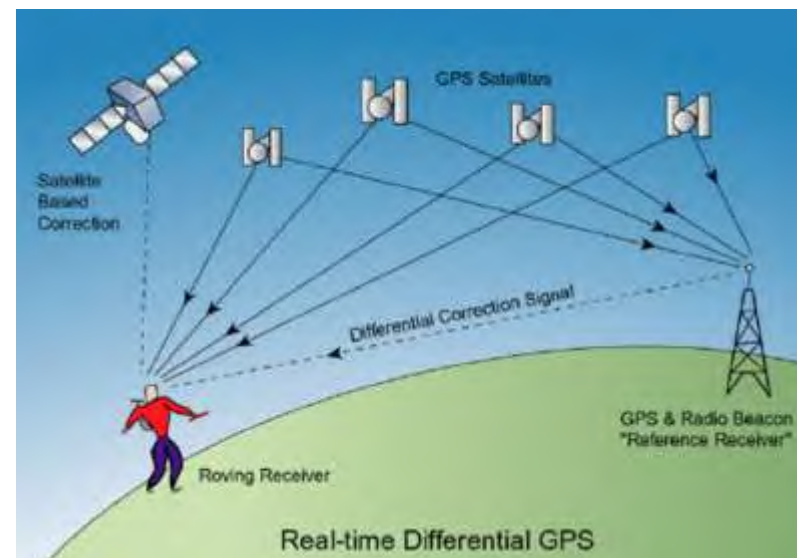
8-31：相对定位原理图

## 2.室外定位技术

### ⑧ GPS定位方法-相对定位

DGPS差分定位原理：

将一台GPS接收机安置在基准站上观测，根据基准站已知的精确坐标，计算出基准站到卫星的距离和由于误差的存在基准站接收机观测的伪距离之间存在一个差值，这个差值（改正值）由基准站实时地发送出去，用户接收机在进行GPS观测的同时，也接收到基准站的改正数，并对定位结果进行修正消除公共误差。



8-32：DGPS定位原理图

## 2.室外定位技术

### ⑨ GPS定位方法-GPS定位精度

精度的定义，是指一个参量的估算值或者测量值与该量的真实值间的统计差值。对于GPS民用或者军用性能标准和空间信号而言，这些参量是指伪距、伪距变化率（速度）和伪距加速度。

伪距：GPS观测而得的GPS观测站到卫星的距离；伪距变化：率用于计算接收机与卫星之间的距离变化率；伪距加速度：GPS接收机测量的卫星到接收机距离(伪距)的时间导数。

影响定位精度的因素：

- 卫星几何：GPS接收器接收到的卫星数量和它们的分布对定位精度有重要影响；
- 接收器质量：GPS接收器的质量和性能对定位精度起着重要作用；
- 多路径效应：多路径效应是指GPS信号在传播过程中受到建筑物、树木、地形等物体的反射和散射，导致信号的多次到达接收器；
- 大气条件：大气条件对GPS信号的传播也会产生影响。

## 2.室外定位技术

---

### ⑩ GPS定位方法-GPS定位优缺点

#### •优点

- ✓精度高
- ✓全球覆盖，可用于险恶环境

#### •缺点

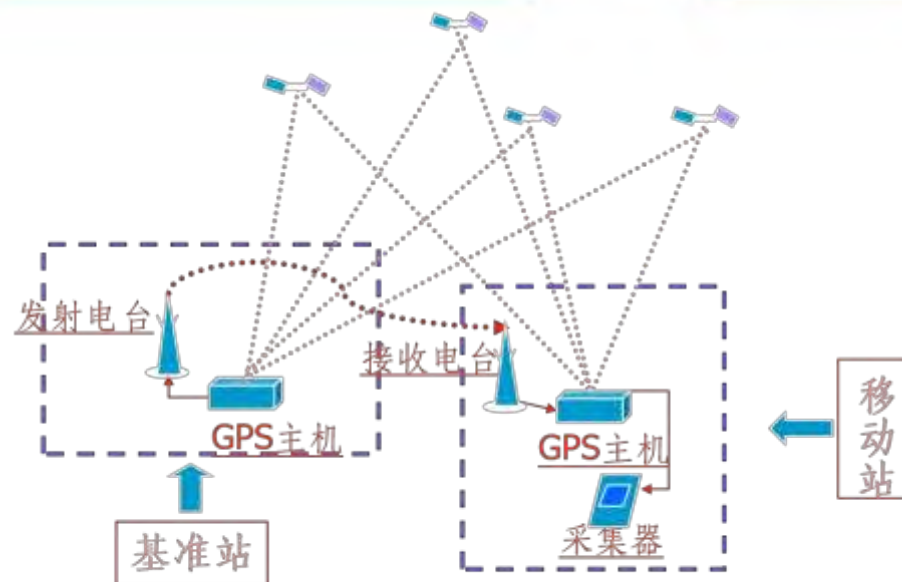
- ✓启动时间长
- ✓室内信号差
- ✓需要GPS接收机

## 2.室外定位技术

### ⑪ GPS定位方法-RTK技术

常规GPS的测量方法，如静态、快速静态、动态测量都需要事后进行解算才能获得厘米级的精度，而RTK是能够在野外实时得到厘米级定位精度的测量方法，它采用了载波相位动态实时差分(Real - Time Kinematic)方法，是GPS应用的重大里程碑，它的出现为工程放样、地形测图，各种控制测量带来了新曙光，极大地提高了外业作业效率。

RTK定位时要求基准站接收机实时地把观测数据(伪距观测值，相位观测值)及已知数据传输给移动站接收机。



GPS定位的载波相位动态实时差分方法：是通过在基准站进行精确的载波相位观测以确定其坐标，以无线方式实时将观测结果传输给移动站，移动站与本地观测进行差分以消除误差后实时解算相对基准站的精确矢量坐标，再利用基准站坐标转换为移动站绝对坐标，可实现厘米级精度的动态定位。



## 2.室外定位技术

### ⑬ GPS定位方法-GPS测量精度

国家测绘局1992年制订的我国第一部“GPS测量规范”将GPS的精度分为A—E五级(见下表)。其中A、B两级一般是国家GPS控制网。C、D、E三级是针对局部性GPS网规定的。

项目 \ 级别	A	B	C	D	E
固定误差 $a(\text{mm})$	$\leq 5$	$\leq 8$	$\leq 10$	$\leq 10$	$\leq 10$
比例误差系数 $b(\text{ppm})$	$\leq 0.1$	$\leq 1$	$\leq 5$	$\leq 10$	$\leq 20$
相邻点最小距离(Km)	100	15	5	2	1
相邻点最大距离(Km)	2000	250	40	15	10
相邻点平均距离(Km)	300	70	15~10	10~5	5~2



## 2.室外定位技术

---

### ⑮ GPS定位方法-GPS的应用

- GPS在交通运输中的应用
- GPS在公安工作中的应用
- GPS在军事上的应用
- GPS在生活上的应用
- GPS的其他应用



## 2.室外定位技术

---

### ⑮ GPS定位方法-GPS的应用

GPS在交通运输中的应用：三维导航：GPS的首要功能，为船舶,汽车,飞机等运动物体进行定位导航。

- 车辆跟踪
- 提供出行路线规划和导航
- 信息查询
- 话务指挥
- 紧急援助
- 船舶远洋导航和进港引水
- 飞机航路引导和进场降落
- 汽车自主导航
- 地面车辆跟踪和城市智能交通管理

## 2.室外定位技术

---

### ⑮ GPS定位方法-GPS的应用

GPS在公安工作中的应用：

- 将跟踪定位、报警、监控、指挥调度系统融为一体，形成现代化、动态化的公安通信指挥系统；
- 采用GPS技术装备了定位追踪报警指挥系统和部分巡逻警车，建立警用移动目标卫星定位指挥系统；
- 金融保卫部门中建立了运钞车等运动目标和金库等固定目标的卫星定位跟踪监控系统，提高了处理突发事件的快速反应能力。

## 2.室外定位技术

---

### ⑮ GPS定位方法-GPS的应用

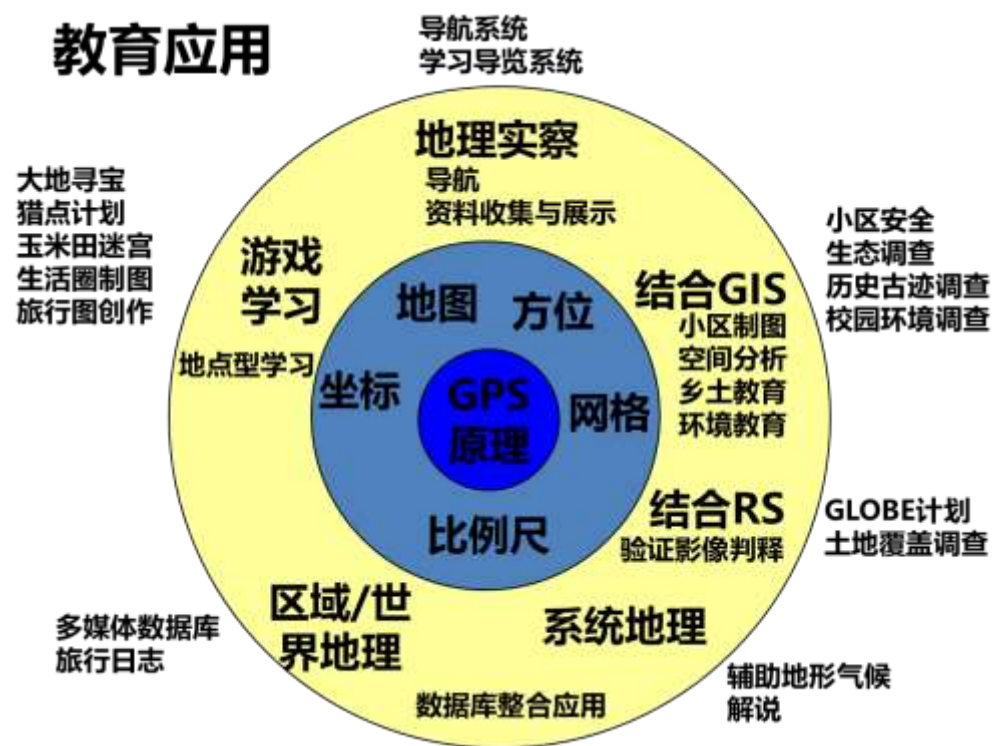
GPS在军事上的应用：

- **1.GPS在海湾战争中的应用**
- **2.GPS应用于B-52、F-16**
- **3.精确标定战场重点设施的位置**
- **4.用于空战指挥和控制**
- **5.GPS用于地面部队**
- **6.用于扫雷**

## 2.室外定位技术

### ⑮ GPS定位方法-GPS的应用

GPS在生活中的应用：



8-37: GPS在生活中的应用图

## 2.室外定位技术

---

### ⑩ GPS定位方法-GPS应用未来发展趋势

GPS未来的发展趋势：

- 与其他导航定位系统联合导航定位；
- 与地理信息系统GIS、遥感RS等组成一个综合应用系统，即“3S”集成技术；
- 定位精度进一步提高；
- GPS技术在物联网领域的应用。

## 2.室外定位技术

---

### 本章小结

#### 内容回顾

本章介绍了卫星定位的基本概念，重点讨论了GPS定义、系统结构、定位方法，探讨了GPS使用、测量、设计原则，最后探讨了GPS在各领域的应用和发展趋势。

#### 重点掌握

- 了解卫星定位的基本概念。
- 了解GPS定位的定位、组成、方法等。
- 了解GPS的使用、测量、设计原则以及相关应用和发展趋势。

## 2.室外定位技术

---

### 参考文献

1. Vo, Quoc Duy, and Pradipta De. "A survey of fingerprint-based outdoor localization."
2. Aly, Heba, and Moustafa Youssef. "Dejavu: an accurate energy-efficient outdoor localization system."
3. Oguejiofor, Obinna, et al. "Outdoor localization system using RSSI measurement of wireless sensor network."
4. Valgren, Christoffer, and Achim J. Lilienthal. "Sift, surf and seasons: Long-term outdoor localization using local features. "
5. Decurninge, Alexis, et al. "CSI-based outdoor localization for massive MIMO: Experiments with a learning approach."



# 目录

---

1

• 目标定位技术的定义与分类

2

• 室外定位技术

3

• 室内定位技术

### 3.室内定位技术

#### ① 室内定位技术的由来

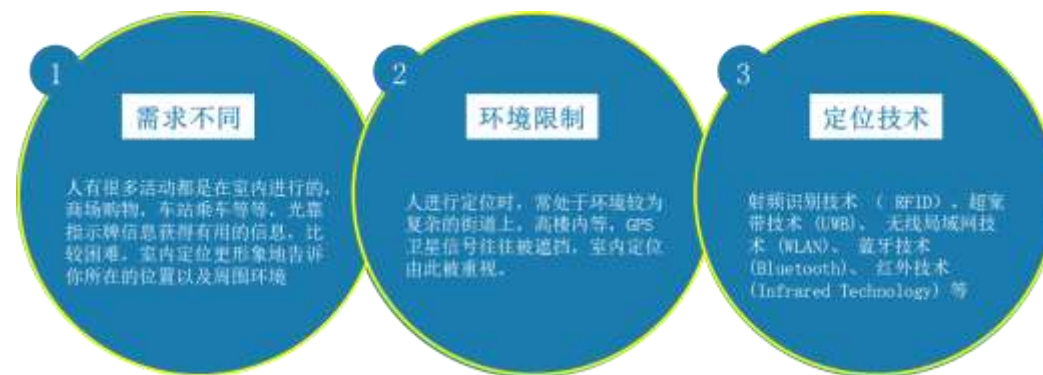
思考两个问题：

- GPS定位、基站定位能否用于室内定位？
- 室内定位是否要更复杂？

#### ② 室内定位与室外定位的关联与差异



8-38：室内定位与室外定位的关联图



8-39：室内定位与室外定位的差异图

## 3.室内定位技术

---

### ③ 室内环境

#### 室内环境的复杂性

- 多径效应

- ✓原因：障碍物反射电磁波，反射波和原始波在接收端混叠

- ✓室内障碍物众多，多径效应明显

- 对电磁波的阻碍作用

- ✓长波信号（GPS）传播能力强，穿透能力弱

- ✓室内应选用短波信号来进行定位

# 3.室内定位技术

## ④ 室内定位技术的重要性

### ? 找不到

大型商场内（写字楼、体育馆、车站），找不到洗手间，一家小店铺，外卖送餐员，甚至走失的孩子

### ? 管理

监狱犯罪人员的管理，防止越狱、电子点名；  
矿井人员管理，日常管理、监控入井人数，防止人员进入危险区域，及时发现未升井人员，防范意外发生，



### ? 怎么做

大型建筑物内部突发紧急情况（比如火灾），怎么选择正确合理的路线逃生

### 游戏!

捉迷藏

JUST A JOKE....

### 3.室内定位技术

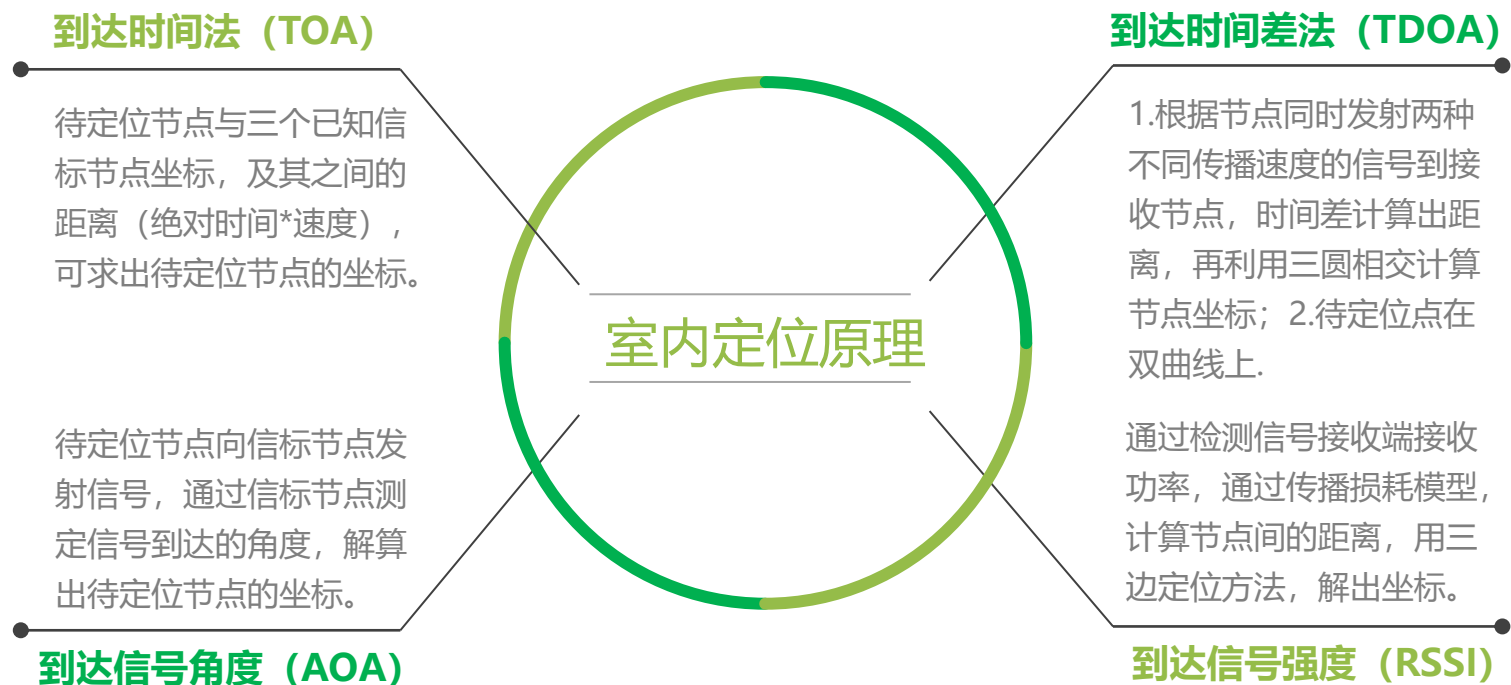
#### ⑤ 室内定位技术的定义



室内定位，顾名思义，在室内采用RFID、UWB、Wi-Fi 等多种技术，利用指纹模型、传播模型，解算坐标，获得位置服务的一种定位。

# 3.室内定位技术

## ⑥ 室内定位原理



利用信标节点间信号的到达时间、到达时间差、到达信号角度、和到达信号强度信息确定位置坐标的方法。

## 3.室内定位技术

### ⑥ 室内定位原理-TOA

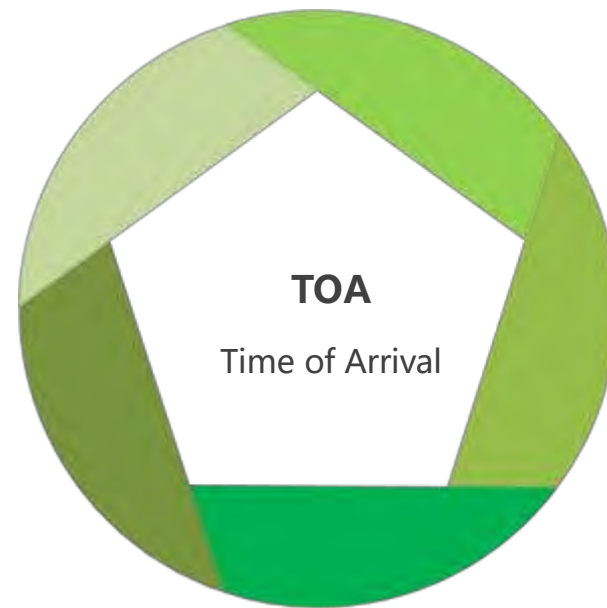
到达时间法（TOA, Time of Arrival）定位的原理是：测量待定位节点 $(x_0, y_0)$ 与已知至少3个信标节点 $(x_i, y_i)$ 之间的信号到达时间 $t_i$ ，再乘以信号速度 $v$ ，计算出待定位节点与各信标节点之间的距离 $R_i$ ，分别以信标节点 $(x_i, y_i)$ 为圆心， $R_i$ 为半径做圆，各圆的交点为待定位节点 $(x_0, y_0)$ 的坐标。

$$\begin{cases} (x_1 - x_0)^2 + (y_1 - y_0)^2 = R_1^2 \\ (x_2 - x_0)^2 + (y_2 - y_0)^2 = R_2^2 \\ (x_3 - x_0)^2 + (y_3 - y_0)^2 = R_3^2 \end{cases}$$

TOA定位方法缺点：

时钟同步误差和测量误差。如果信标节点与待定位节点无法做到精确的时钟同步，则所测得的信号到达时间会有时间误差，导致 $R_i$ 存在偏差，使三个圆无法交汇，或交汇处不是一点而是一片区域，造成定位误差。

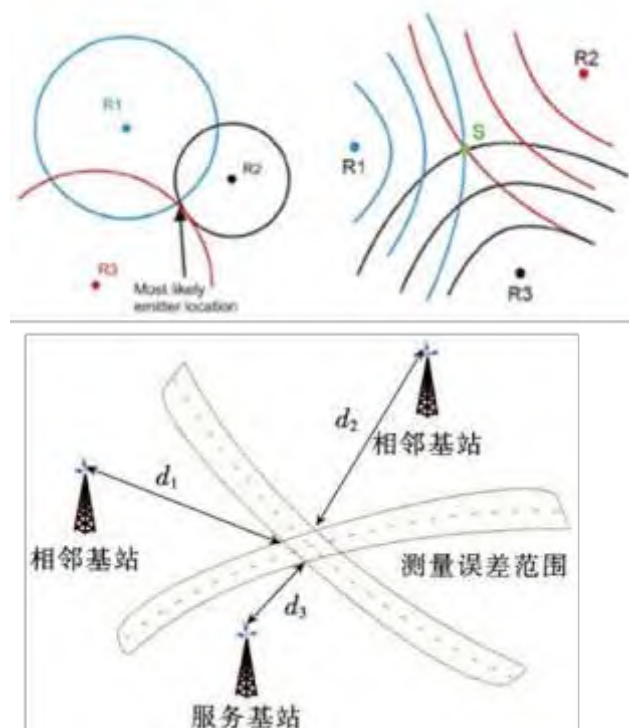
时钟同步：把分布在各地的时钟对准（同步起来）





# 3.室内定位技术

## ⑥ 室内定位原理-TOA



8-40: TDOA定位示意图

T

D

O

A

### 方式一

发射节点同时发射两种不同传播速度的无线信号，接收节点根据已知的这两种信号的传播速度以及两种信号的到达时间差，计算待定位节点和信标节点之间的距离，通过计算待定位节点和至少3个信标节点之间的距离，用三圆相交法确定待定位节点的坐标位置。

### 方式二

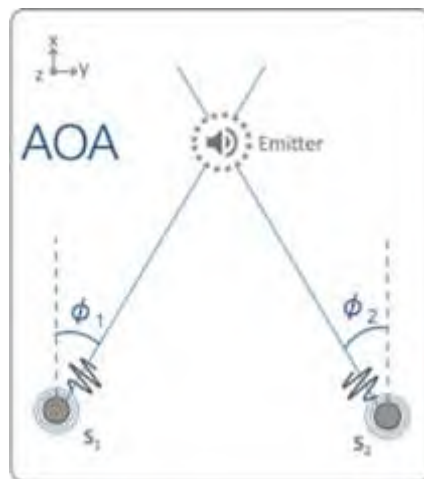
由待定位节点( $x_0, y_0$ )向两个信标节点( $x_1, y_1$ )、( $x_2, y_2$ )同时发射信号，由于待定位节点与两个信标节点之间的距离不同，通过已知信号的传播速度 $v$ 和两个信标节点接收到信号时间差 $\Delta t$ 相乘，可确定待定位节点在以两个信标节点为焦点、距离差为 $v\Delta t$ 的双曲线上。通过测量至少三个信标节点之间的信号到达时间差，构成一组关于待定位节点坐标的双曲线方程组，求解该双曲线方程组可得到移动台的估计位置。



### 3.室内定位技术

#### ⑥ 室内定位原理-AOA

到达角度法定位原理：  
待定位节点向信标节点  
发射信号，通过信标节  
点测定信号到达的角度，  
解算出待定位节点的坐  
标。在二维空间中，测  
得两个信号到达信标节  
点的到达角度AOA，  
信标节点根据各测得  
的AOA直线方向取其交  
点，解出待定位节点的  
坐标



8-40：AOA定位示意图

$$\begin{cases} \tan \theta_1 = \frac{x_0 - x_1}{y_0 - y_1} \\ \tan \theta_2 = \frac{x_0 - x_2}{y_0 - y_2} \end{cases}$$

求解方程组,得到待  
定位节点位置  $(x_0, y_0)$ 。  
AOA法定位精度  
受天线测角精度影响,  
增加信标节点布点密度  
或使用天线阵列可提高  
定位精度。

### 3.室内定位技术

#### ⑥ 室内定位原理-RSSI

信号强度法（RSSI, Received Signal Strength Indication）定位原理：  
通过检测信号接收端接收功率 $P_r$ ，通过传播损耗模型，计算节点间的距离 $d$ ，  
根据三边定位方法，解出信标节点的位置坐标。

室内信号传播具有复杂性，不能用理想传播模型计算出精确的距离。因此，系统设计经常使用以下简化路径损耗模型：

$$P_r = P_t K \left[ \frac{d_0}{d} \right]^\gamma$$

# 3.室内定位技术

## ⑦ 室内定位技术的类别-1



### 红外线室内定位

第一种是被定位目标使用红外线IR标识作为移动点，发射调制的红外射线，通过安装在室内的光学传感器接收进行定位；

第二种是通过多对发射器和接收器织红外线网覆盖待测空间，直接对运动目标进行定位。



### 超声波定位技术

超声波室内定位系统，由待定位接收机和已知位置信标节点组成。利用超声波和射频信号的TDOA测量两点间距离，再用三边定位方法计算节点位置。



### 蓝牙技术

利用在室内安装的若干个蓝牙局域网接入点，把网络维持成基于多用户的基础网络连接模式，并保证蓝牙局域网接入点始终是这个微微网(piconet)的主设备，然后通过测量信号强度对新加入的盲节点进行三角定位。



### 射频识别技术

基于RFID的室内定位系统采用基于信号强度分析法，检测待定位标签和读卡器之间的信号强度，再由已知标签和读卡器之间的信号强度，解算待定位标签的位置。

## 3.室内定位技术

### ⑦ 室内定位技术的类别-2



#### 超宽带技术 UWB (Ultra-Wide-Band)

超宽带定位技术是一种全新的、与传统通信定位技术有极大差异的新技术。它利用事先布置好的已知位置的锚节点和桥节点，与新加入的盲节点进行通讯，并利用三角定位或者“指纹”定位方式来确定位置。



#### ZigBee技术

ZigBee室内定位技术通过若干个待定位的盲节点和一个已知位置的参考节点与网关之间形成组网，每个微小的盲节点之间相互协调通信以实现全部定位。



#### Wi-Fi技术

Wi-Fi定位技术有两种，一是通过移动设备和三个无线网络接入点的无线信号强度，通过差分算法，对人和车辆的进行三角定位。另一种是事先记录巨量的确定位置点的信号强度，通过用新加入的设备的信号强度对比拥有巨量数据的数据库，来确定位置（“指纹”定位）

# 3.室内定位技术

## ⑧ 室内定位技术对比

技术名称	精确度	穿透性	抗干扰性	布局复杂程度	成本
红外线室内定位	★★★★☆	☆☆☆☆☆	☆☆☆☆☆	★★★★★	★★☆☆☆
超声波定位	★★★★★	★☆☆☆☆	★★★★☆	★★☆☆☆	★★★★★
射频识别定位	★★★★★	★★★★☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆	★★☆☆☆
蓝牙	★★★★☆	★★★★☆	★★☆☆☆	★★★★☆	★★★★☆
Wi-Fi	★☆☆☆☆	★★★★☆	★★★★★	★☆☆☆☆	★☆☆☆☆
ZigBee	★★☆☆☆	★★★★★	★★★★☆	★★☆☆☆	★★★★☆
UWB	★★★★★	★★★★★	★★★★☆	★★★★☆	★★★★☆

### 3.室内定位技术

#### ⑨ 室内定位技术计算模型

传播模型

依靠分析信号传播过程中的特性来推算传播距离。常用的特性包括: RSSI, AOA, TOA。由于所有参数难以在同一模型内考虑, 所以精度有限。另外, RSSI 的数值不是常数, 由于很多原因会导致 RSSI 值不同。传播模型得益于已知无线电信号的传播和 AP 接入点的位置。但不能很好地处理信号的不确定性。

指纹模型

WiFi 室内定位技术需要多个 WiFi 接入点。第一步是构建指纹地图, 按照 < 指纹, 地点 > 的形式在不同位置收集数据, 并写入指纹地图的数据库。其中指纹可以包括信号强度、方向以及接入点的 MAC 地址等信息。第二步是定位, 被测物体上安装 WiFi 信号接收器, 在某一位置接收到信号之后, 用当前位置的指纹信息到指纹地图库中匹配, 即可得出所在位置。

### 3.室内定位技术

#### ⑩ 室内定位应用-1



# 3.室内定位技术

## ⑩ 室内定位应用-2

01

### 监狱管理

有效区分、识别、跟踪、定位和监控在押人员将每个在押人员的个人信息与他们的日常行为等动态紧密联系起来，充分发挥科技手段的作用，才能有效减少和杜绝监狱场所越狱脱逃、监内暴力、罪犯自伤自残等事件的发生，真正实现监狱管理科技信息化

02

### 矿井工作

能够进行实时监控（遏制超定员生产、防止人员进入危险区域等）、日常管理（考勤管理、持证上岗管理等）、应急救援

03

### 医疗监管

实时监控病员，预防意外的事故发生

。 。 。

更多。。。





# 3.室内定位技术

## ⑩ 室内定位应用-3

### 个人定位导航&位置感知

处于大型商场、医院、车站内部，可随时掌握自己的位置以及周边的人事物。

商家可根据定位信息，向周边用户推送消息，以增加客流量

苹果的WiFiSLAM、iBeacon以及iOS 8 将M7 协处理器和 iPhone运动传感器加入到coreLocation 的应用程接口

以及其他手机都能够做到室内定位



### 3.室内定位技术

#### ⑪ 常用的室内定位算法

质心算法:

- 质心 (Centroid) 指多边形的几何中心, 是多边形顶点坐标的平均值。设多边形定点位置的向量表示为  $p_i = (x_i, y_i)^T$ , 则质心为:

$$(X_{est}, Y_{est}) = \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i, \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n y_i \right)$$

- 连通度和RSSI信息的质心定位加权算法 (W-Centroid) :

$$(X_{est}, Y_{est}) = \left( \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n w_i}, \frac{\sum_{i=1}^n w_i y_i}{\sum_{i=1}^n w_i} \right)$$

## 3.室内定位技术

---

### ⑪ 常用的室内定位算法

#### DV-HOP算法：

- 测量确定分布在2个参考节点之间的待定节点构成的多跳网络的跳数，估算出每一跳的距离，从而确定每个节点的位置。
- 精度：网络平均连通度为10，参考节点比例为10%的各向同性网络中定位精度约为33%。
- 缺点：仅仅在各向同性的密集网络中，校正才能合理地估算平均每跳距离。

### 3.室内定位技术

---

#### ⑪ 常用的室内定位算法

##### LANDMARC算法：

- LANDMARC定位算法是一种经典的基于有源RFID的室内定位算法，核心思想是建立在接受信号强度指示（Received Signal Strength Indicator,RSSI）之上的质心权重算法，通过实时获取的参考标签的RSSI值作为参考，消除了邻近位置的环境因素对这些标签信号传播的共同干扰，从而提高对物体定位的精度。
- LANDMARC利用无线信号强度的空间衰减特性建立动态信号强度地图,, 进行模式匹配（一般是KNN算法）以实现室内定位。

### 3.室内定位技术

---

#### ⑪ 常用的室内定位算法

近似三角形内点测试法:

- 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算法分四步: (1) 信标交换, (2) 三角形内点测试 (PIT, Point-In-Triangulation testing), (3) 交集运算计算三角形的重合区域, (4) 重心 (COG, Center of Gravity) 计算求节点的位置。

### 3.室内定位技术

#### ⑫ 室内定位相关的其它技术

贝叶斯滤波：

- 滤波可以看作是根据观测数据，推断系统内部状态的过程。顺序估计就是通过后验密度（Posterior Density）：



- 给定了滤波密度就可以通过估计子计算系统的状态。估计子有很多种，最常用的是均值估计子：



# 3.室内定位技术

---

## ⑫ 室内定位相关的其它技术

### 卡尔曼滤波：

- 要求：线性系统，高斯噪声；
- 非线性非高斯系统：扩展卡尔曼滤波
  - ✓ 线性化运动方程和观测方程
  - ✓ Jacobian矩阵计算协方差
- 非察觉型卡尔曼滤波器（Unscented Kalman filter）
  - ✓ 更加精确的捕捉真实的均值和方差的方法
  - ✓ 使用一个确定的采样技术选取均值附近的采样点的最小集合（Sigma Points, SP）

## 3.室内定位技术

### ⑫ 室内定位相关的其它技术

- 模式匹配
- 数据融合等算法数据压缩
- 数据库
- 多媒体技术

以RADAR系统为例，该系统采用RSS方式进行实时定位，定位主要分成两个阶段：

（1） 离线阶段测量并记录移动节点在现场不同位置情况下各个参考节点的RSS，构成RSS指纹库（footprint）；（2） 实时阶段将收到的信号强度与指纹库中的数据进行比较，估计出节点位置。

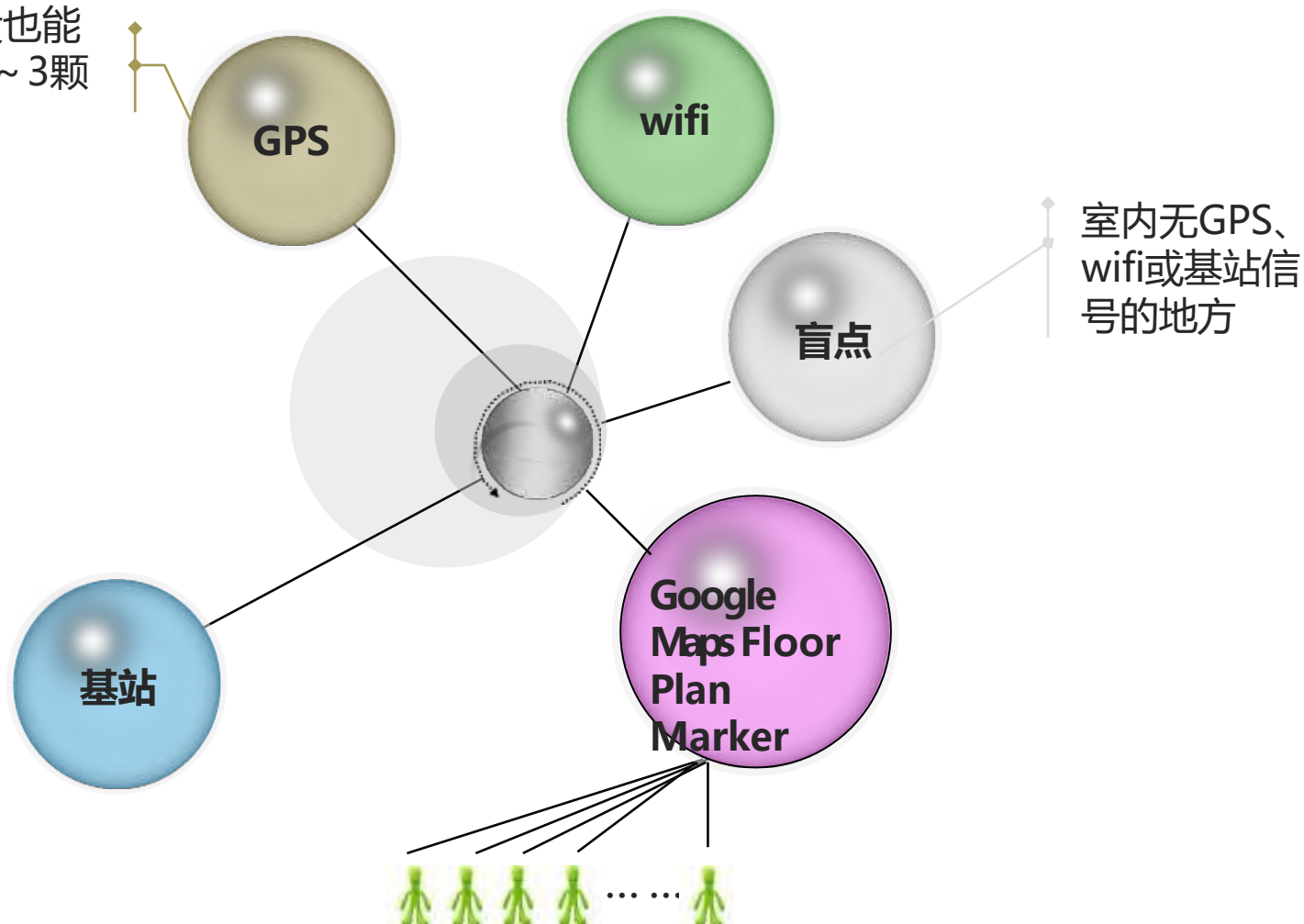


### 3.室内定位技术

#### ⑬ 室内定位方案

谷歌方案

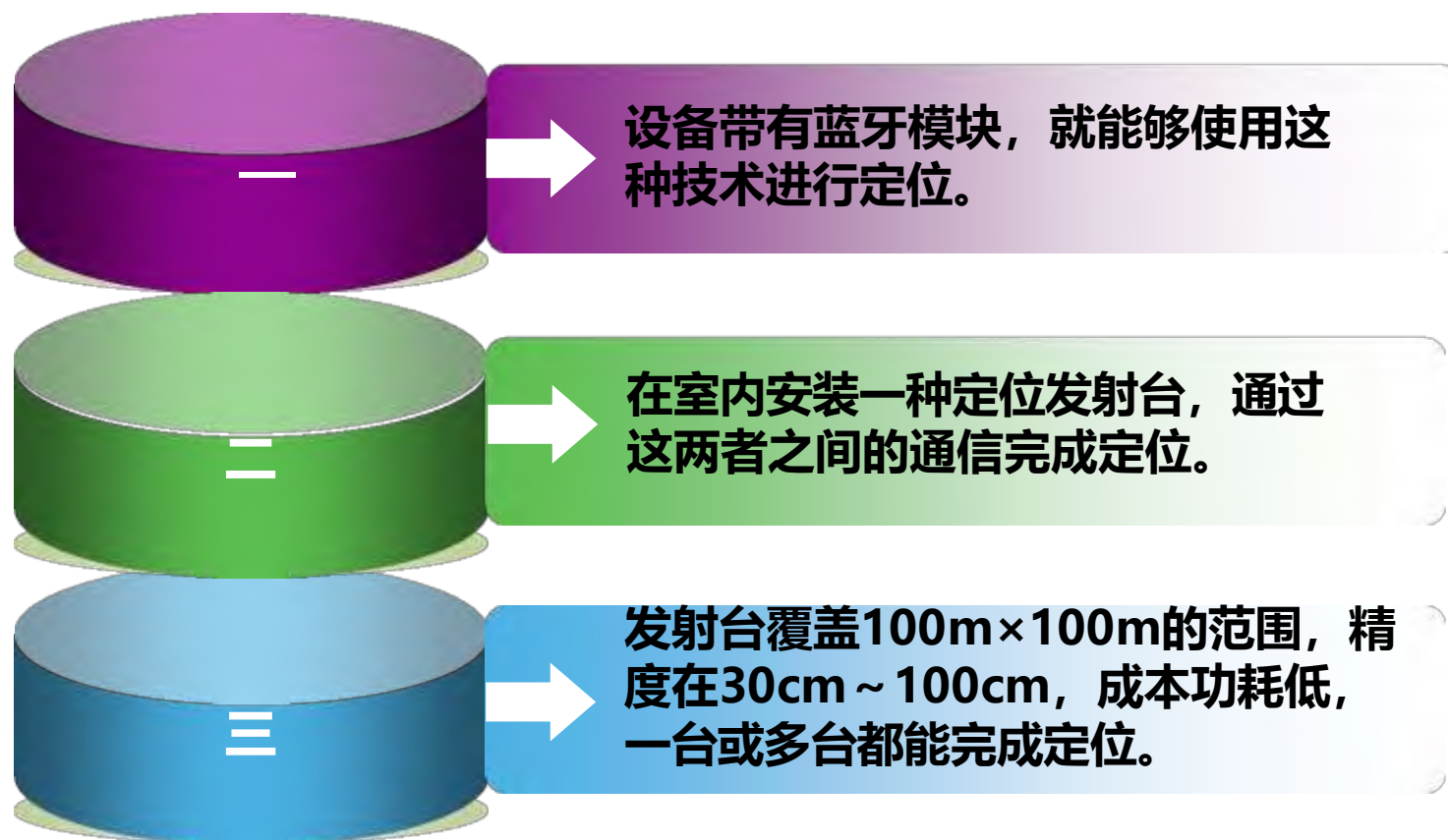
室内一般也能  
搜索到2~3颗  
卫星



### 3.室内定位技术

#### ⑬ 室内定位方案

诺基亚方案：诺基亚在研究室内定位技术时，研发出名为 *High Accuracy Indoor Positioning* (HAIP) 的装置。



### 3.室内定位技术

#### ⑬ 室内定位方案- IndoorAtlas方案

- InDooRatlas是有芬兰奥卢大学(University of Oulu)的一个研究团队开发的移动地图应用,可以通过识别不同地点的地磁,帮助用户进行室内导航。
- IndoorAtlas通过识别地球每个位置独特的地磁进行定位,它甚至可以在没有无线信号的区域进行工作。

- 现代建筑的钢筋混凝土结构会在局部范围内对地磁产生扰乱,指南针可能也会因此受到影响。原则上来说,非均匀的磁场环境会因其路径不同产生不同的磁场观测结果。
- 地球上每一栋建筑物、每一个楼层、甚至每一个角落,它们的地磁都是不一样的。正因如此,通过探测其地磁就可以对它们进行定位。

❖ 研究团队已经在—个4593英尺深(约合1380米)的矿洞中完成测试,该应用运行良好。而该应用在建筑物中运行的精确范围在0.1米-2米;用户无需安装其他配套软硬件即可使用,也可以配合其他地图应用获得更精确的位置信息。

### 3.室内定位技术

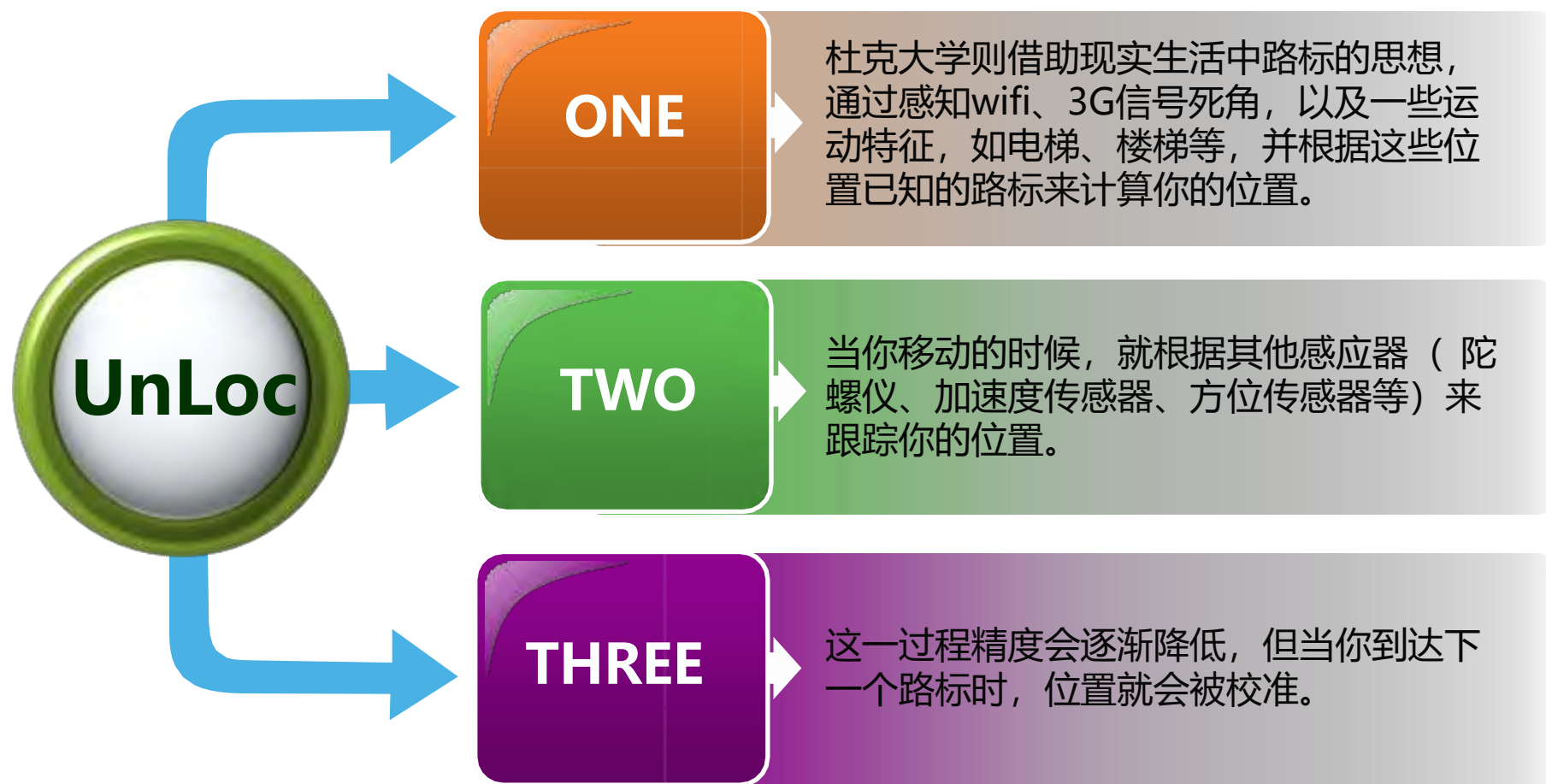
#### ⑬ 室内定位方案-杜克大学方案1



UnLoc是杜克大学开发的一种室内定位系统。UnLoc使用WiFi信号和惯性传感器等多种技术进行室内定位，旨在提供高精度的室内定位解决方案。UnLoc的关键思想是将WiFi信号和传感器数据结合起来，利用机器学习和优化算法进行位置估计和路径跟踪。

### 3.室内定位技术

#### ⑬ 室内定位方案-杜克大学方案2



### 3.室内定位技术

#### ⑭ 室内定位当前问题

现在已有大量技术应用于室外和室内定位，如GPS、射频识别、Wi-Fi等。然而，这些技术都必须通过各自的协议使用自带的应用程序接口。严重阻碍异构方案的发展。

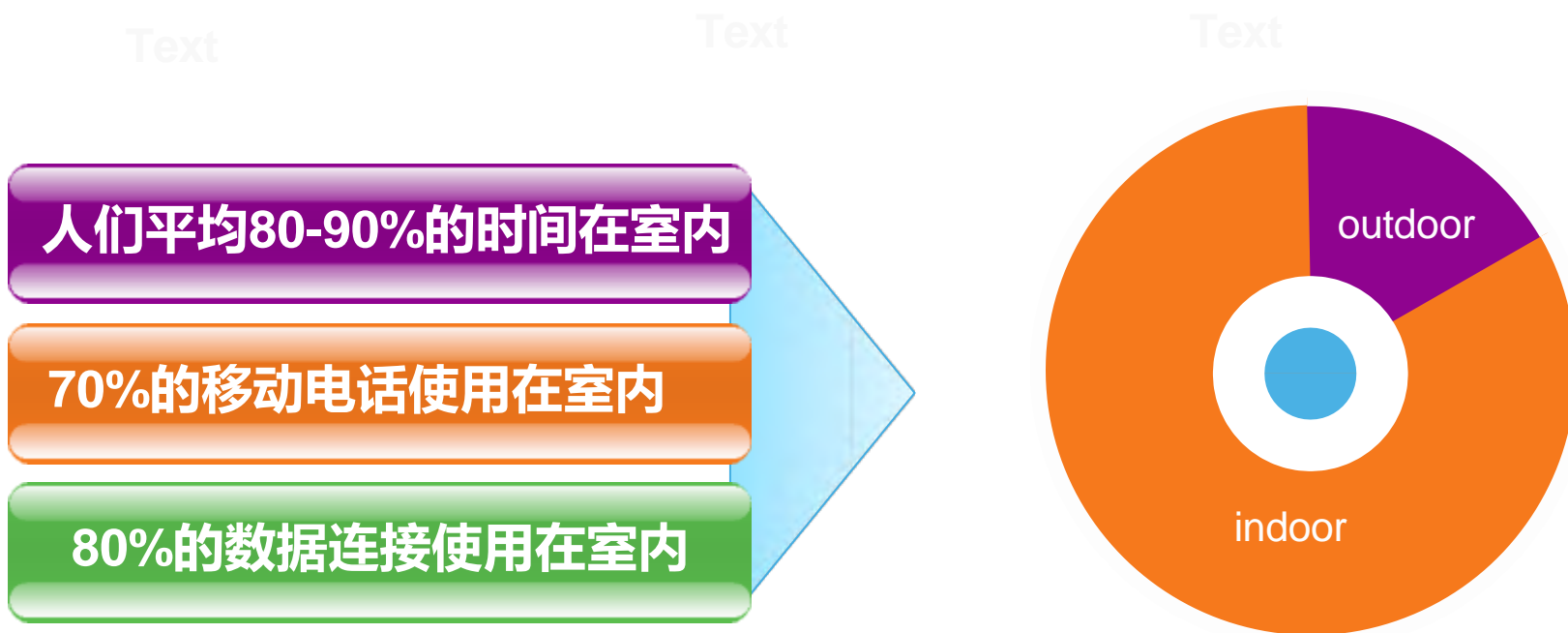
精度问题仍然是无法快速普及应用的主要原因。

位置共享的安全性

### 3.室内定位技术

#### ⑮ 室内定位的应用前景

❖ 随着智能手机的普及，以及移动互联网的发展，地图与导航类软件将进入一个新的时代——室内导航。





### 3.室内定位技术

#### ⑮ 室内定位的应用前景

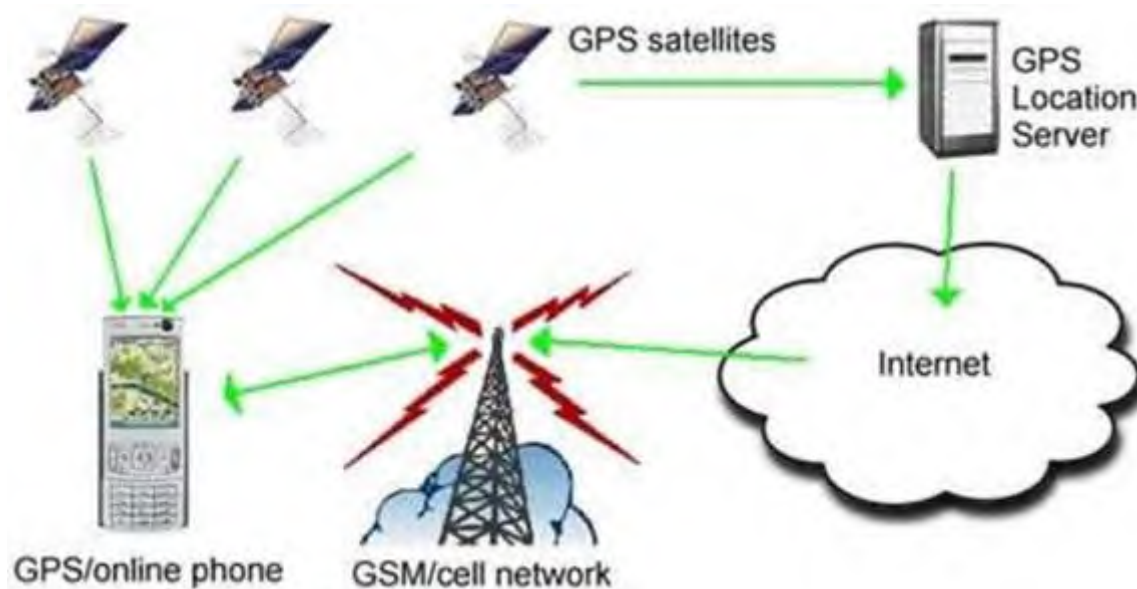
- 面向大型建筑物应急疏散、公共安全、及灾后救援重大应用需求，突破了基于无线与传感网的大型复杂建筑物室内精确定位和位置服务等关键技术，研制出大型建筑复杂环境室内定位系统，并在国家大剧院得到应用，实现了高精度室内外无缝定位，为大型建筑物定位导航监控与应急服务管理提供了技术支撑。





### 3.室内定位技术

#### ⑮ 室内定位的应用前景



- 首先，公共安全和应急响应。在紧急情况下，每一个人都想被救援人员精确定位到，大到建筑物的位置，甚至是楼层或者房间号。
- 其次，可以应用于手机购物、移动电子商务、个性化广告/优惠信息等。

# 3.室内定位技术

## ⑩ 室内定位的技术前景-多模式融合

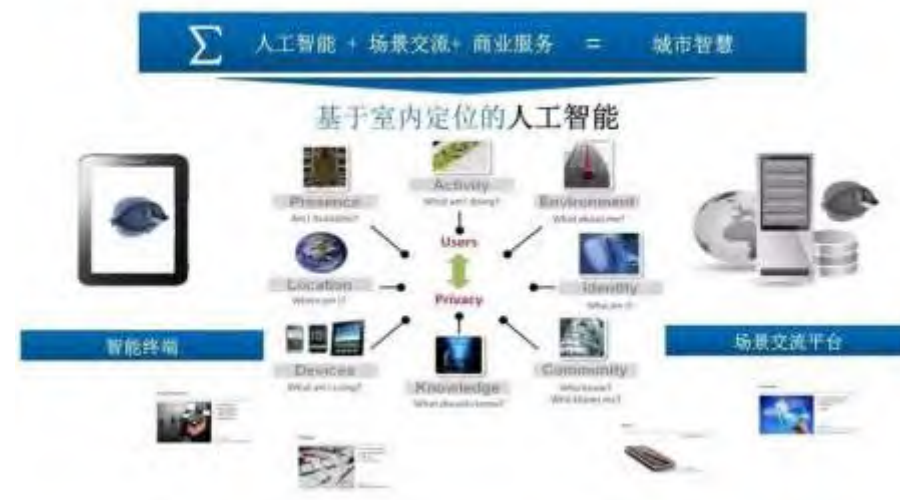
5G室内融合定位框架图：整个系统分为终端层、网络层、平台层、业务层，不同层需要对应的技术发展支撑，定位终端感知赋能业务应用层。



### 3.室内定位技术

#### ⑩ 室内定位的技术前景-深度学习和人工智能

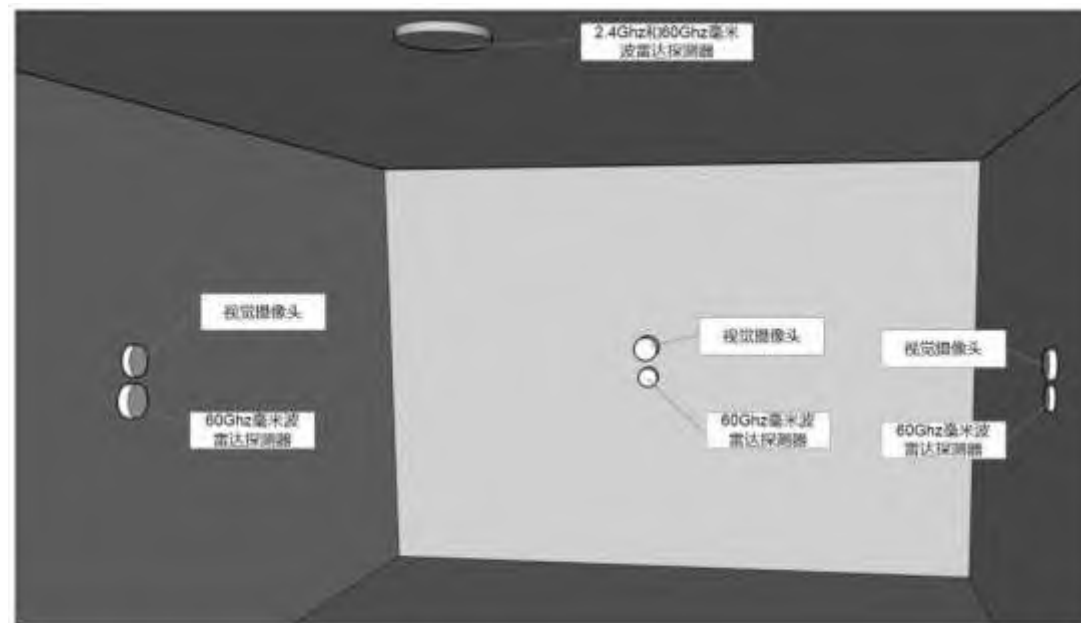
- 深度学习和人工智能：应用深度学习和人工智能技术，通过大数据的分析和模式识别，改进室内定位算法和模型。这将提高定位系统对复杂环境和不确定性的适应能力，提供更准确的室内定位结果。



### 3.室内定位技术

#### ⑩ 室内定位的技术前景-三维定位和姿态估计

三维定位和姿态估计：将定位扩展到三维空间，并结合姿态估计，提供更全面的室内定位服务。通过精确测量设备的位置、方向和姿态，可以支持更多应用场景，如虚拟现实、增强现实和室内导航。



## 3.室内定位技术

---

### 本章小结

#### 内容回顾

本章介绍了室内定位的基本概念，重点讨论了其定义、原理、定位方法，定位方案等相关内容，最后探讨了室内定位发展。

#### 重点掌握

- 了解室内定位的基本概念。
- 了解室内定位的基础知识。
- 了解室内定位相关应用和发展趋势。

### 3.室内定位技术

---

#### 参考文献

1. Chintalapudi, Krishna, Anand Padmanabha Iyer, and Venkata N. Padmanabhan. "Indoor localization without the pain."
2. Yassin, Ali, et al. "Recent advances in indoor localization: A survey on theoretical approaches and applications."
3. Chen, Yin, et al. "FM-based indoor localization."
4. Wu, Kaishun, et al. "CSI-based indoor localization. "
5. Wu, Chenshu, et al. "WILL: Wireless indoor localization without site survey."



中国科学院 信息工程研究所  
INSTITUTE OF INFORMATION ENGINEERING, CAS

感谢各位老师！