

基于商用WiFi信号的高精度实时室内定位系统

University name: 中国科学技术大学



目录/Contents

- 作品背景
- 设计方案
- Demo演示
- 应用场景

作品背景

由于需求增加，室内定位出现了多种实现方案，他们的 **定位精度** 与 **实现复杂度** 各有不同：

➤ **超声波/UWB:**

定位精度高，实现难度大，需要依赖于特定设备，硬件成本高

➤ **蓝牙/ZigBee:**

定位精度可以满足，需要在环境中部署大量定位节点，人力物力资源消耗大。



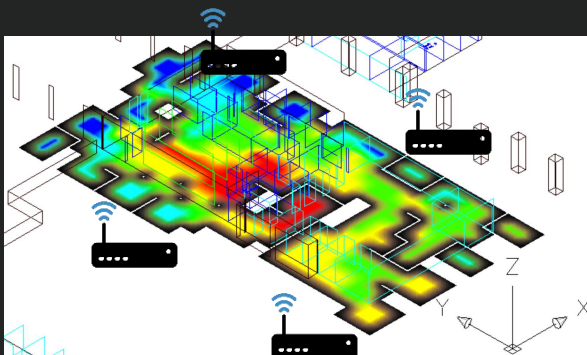
成本



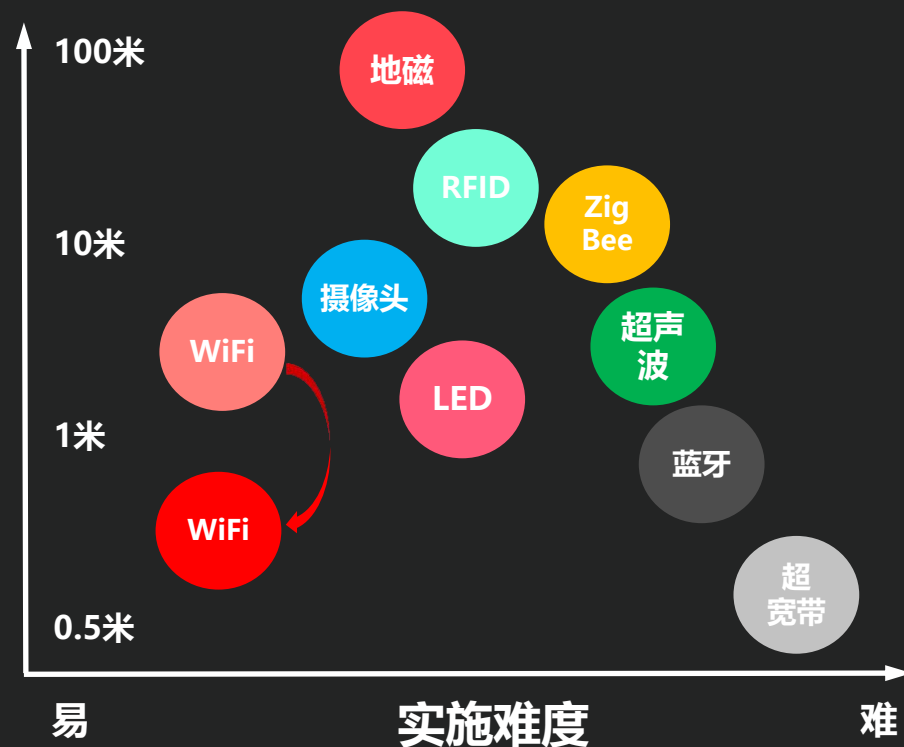
精度

WiFi定位的机会

- AP(网络接入设备)部署广泛
- 设备普适，可大规模应用
- 适合普适应用场景

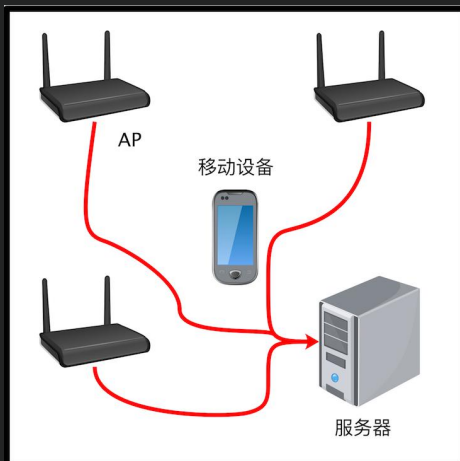


定位精度



基于WiFi, 高精度, 低开销, 易部署
的室内定位技术

基于商用WiFi信号的高精度实时定位系统



1

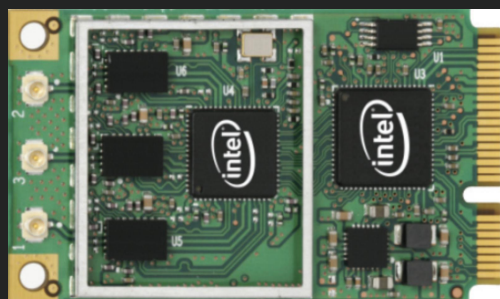
在空间中部署多个节点来收集移动端发送的CSI信息，并传输到云端服务器。

CSI收集

CSI收集



工控机(无线信号收发器, AP, 定位节点)



Intel 5300 网卡

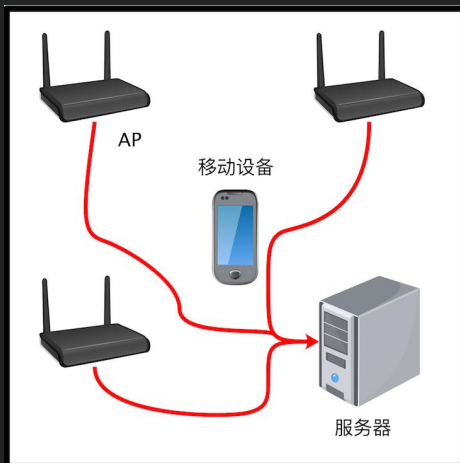
Channel State Information

信道状态信息：指通信链路的信道属性，它描述了信号在每条传输路径上的衰弱因子。IEEE 802.11n 标准的商用无线网卡 (如Intel 5300)能以 CSI 的形式提供不同子载波详细的幅度和相位信息。

$$m \times n \begin{bmatrix} CSI_{1,1} & CSI_{1,2} & \dots & CSI_{1,30} \\ CSI_{2,1} & CSI_{2,2} & \dots & CSI_{2,30} \\ CSI_{3,1} & CSI_{3,2} & \dots & CSI_{3,30} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ CSI_{m,1} & CSI_{m,2} & \dots & CSI_{m,30} \end{bmatrix}$$

MIMO-OFDM系统，利用CSI TOOL工具，无线网卡在AP模式下，可以从网卡中获取子载波的信道状态信息。

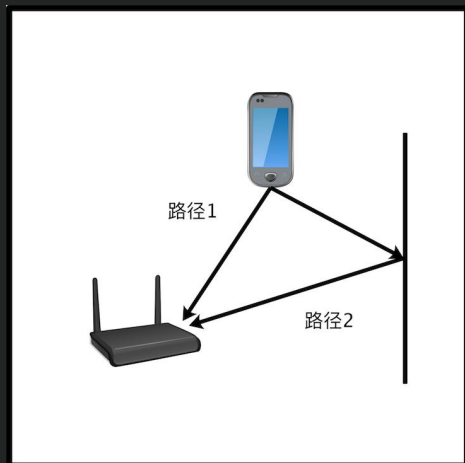
基于商用WiFi信号的高精度实时定位系统



1

在空间中部署多个节点来收集移动端发送的CSI信息，并传输到云端服务器。

CSI收集

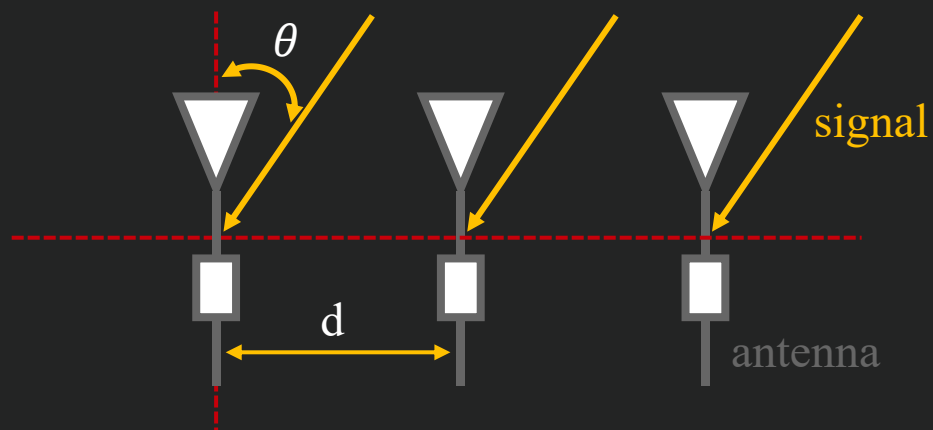


2

对于每个节点，通过运行在服务器端的算法获得信号到达节点的角度和两者的距离信息

波达角计算

波达角计算



波达角(AoA): 信号到达接收端, 与接收端天线法线所成的角度。

飞行时间(ToF): 信号从发送端到接收端的传输时间。

$$X_i(t) = A(\theta)S(t) + N(t)$$

$$A(\theta) = [a_1(\theta_1), a_2(\theta_2) \dots a_N(\theta_N)]$$

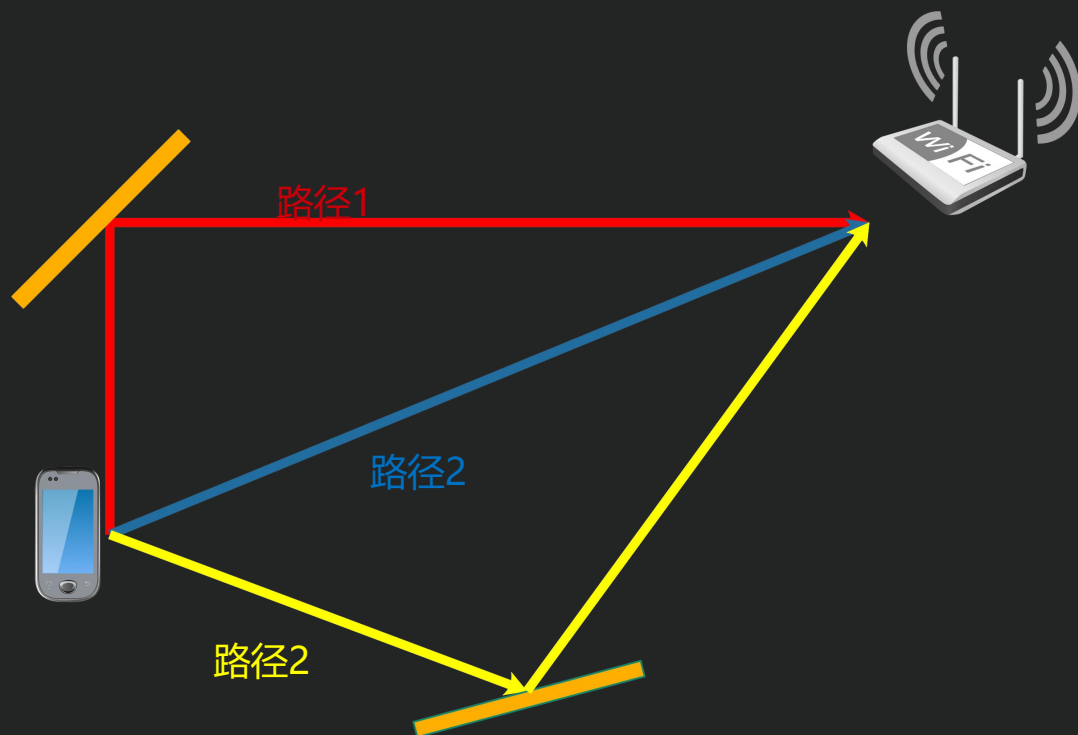
$$a_i(\theta_i) = [1, e^{-j2\pi d \sin \theta_i / \lambda}, \dots, e^{-j2\pi (N-1) d \sin \theta_i / \lambda}]$$

此时相位只与信号的到达角 θ 相关, 相关算法典型代表为MUSIC算法:

对以上向量特征分解, 遍历求峰值。

限制: 信号传播路径数 < 天线数目

波达角计算



由于室内环境的复杂性，信号传播时会受多径的影响，如何准确的计算出每一条传播路径对应的波达角(AoA)和飞行时间(ToF)?

超分辨率的AOA和TOF联合估计定位算法

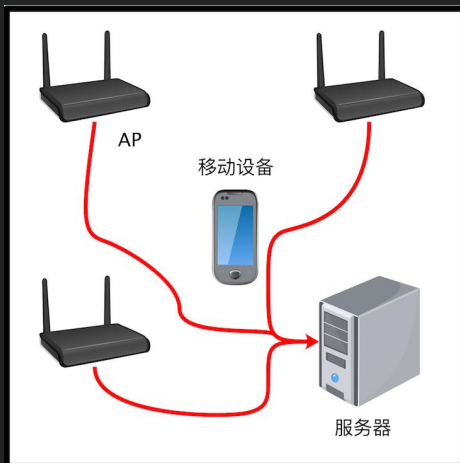
信号的相位与AoA和ToF两个变量相关，遍历求解：

引入TOF引起的相位偏移

$$\begin{bmatrix} 1 & \Omega(\tau_k) & \dots & \Omega(\tau_k)^{N-1} \\ \phi(\theta_k) & \phi(\theta_k)\Omega(\tau_k) & \dots & \phi(\theta_k)\Omega(\tau_k)^{N-1} \\ \vdots & \vdots & & \vdots \\ \phi(\theta_k)^{M-1} & \phi(\theta_k)^{M-1}\Omega(\tau_k) & \dots & \phi(\theta_k)^{M-1}\Omega(\tau_k)^{N-1} \end{bmatrix}$$

AOA引起的相位偏移

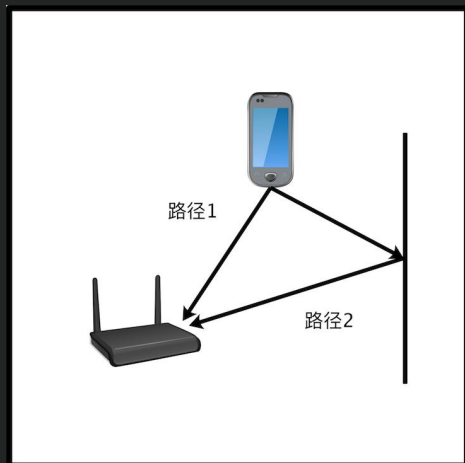
基于商用WiFi信号的高精度实时定位系统



1

在空间中部署多个节点来收集移动端发送的CSI信息，并传输到云端服务器。

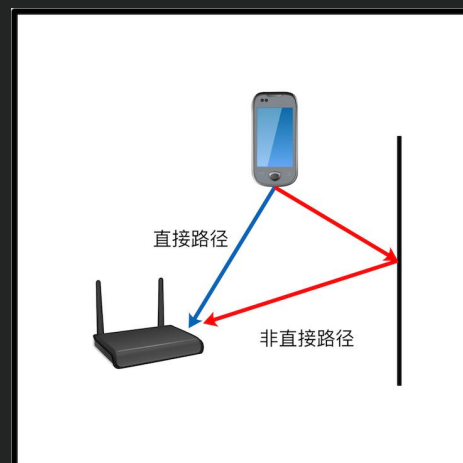
CSI收集



2

对于每个节点，通过运行在服务器端的算法获得信号到达节点的角度和两者的距离信息

波达角计算

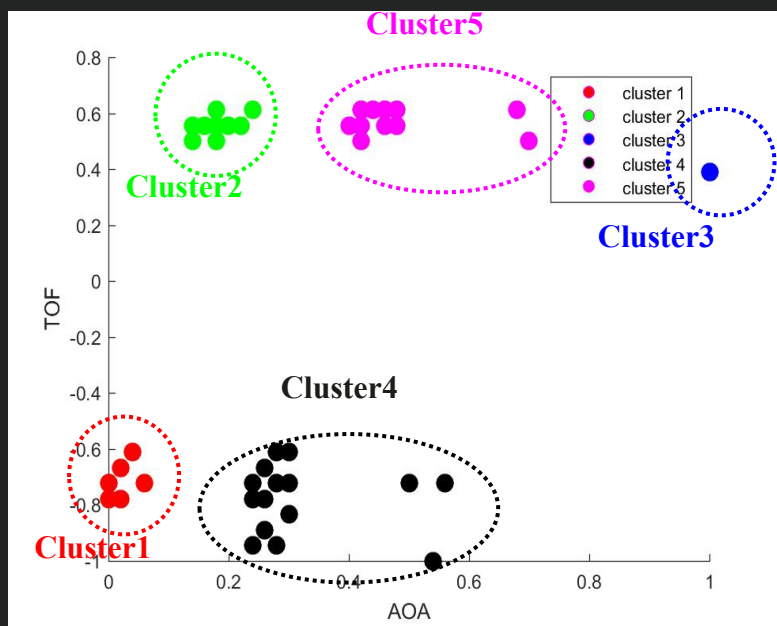


3

通过基于权重分配的直接路径识别算法在多条路径中找到直接路径

直接路径识别

基于权重分配的直接路径识别



K均值聚类

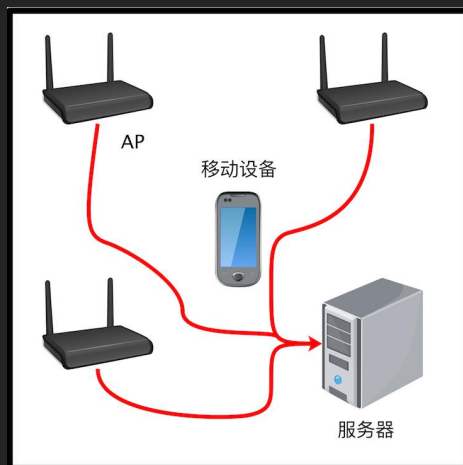
发现：直接路径上的CSI包比非直接路径上的CSI包具有更小的AOA和TOF方差。

对于第k条路径而言，它是直接路径的可能性表示为：

$$\text{likelihood}_k = \exp(\omega_n c_n - \omega_\theta \sigma_\theta - \omega_\tau \sigma_\tau - \omega_m X_m)$$

ω_n , ω_θ , ω_τ , ω_m 分别表示对应项的权重； c_n 表示簇中点的数目， σ_θ 表示簇中点的AOA的方差， σ_τ 表示簇中点的TOF方差， X_m 表示簇中点的TOF的均值。

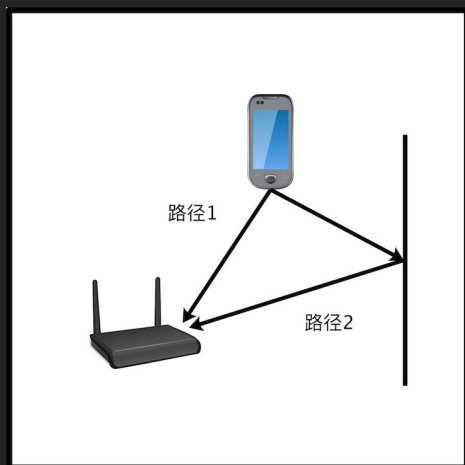
基于商用WiFi信号的高精度实时定位系统



1

在空间中部署多个节点来收集移动端发送的CSI信息，并传输到云端服务器。

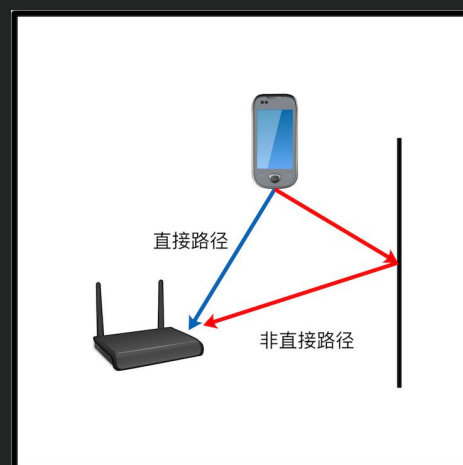
CSI收集



2

对于每个节点，通过运行在服务器端的算法获得信号到达节点的角度和两者的距离信息

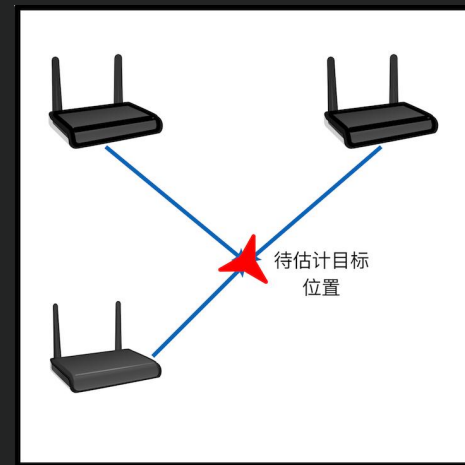
波达角计算



3

通过基于权重分配的直接路径识别算法在多条路径中找到直接路径

直接路径识别

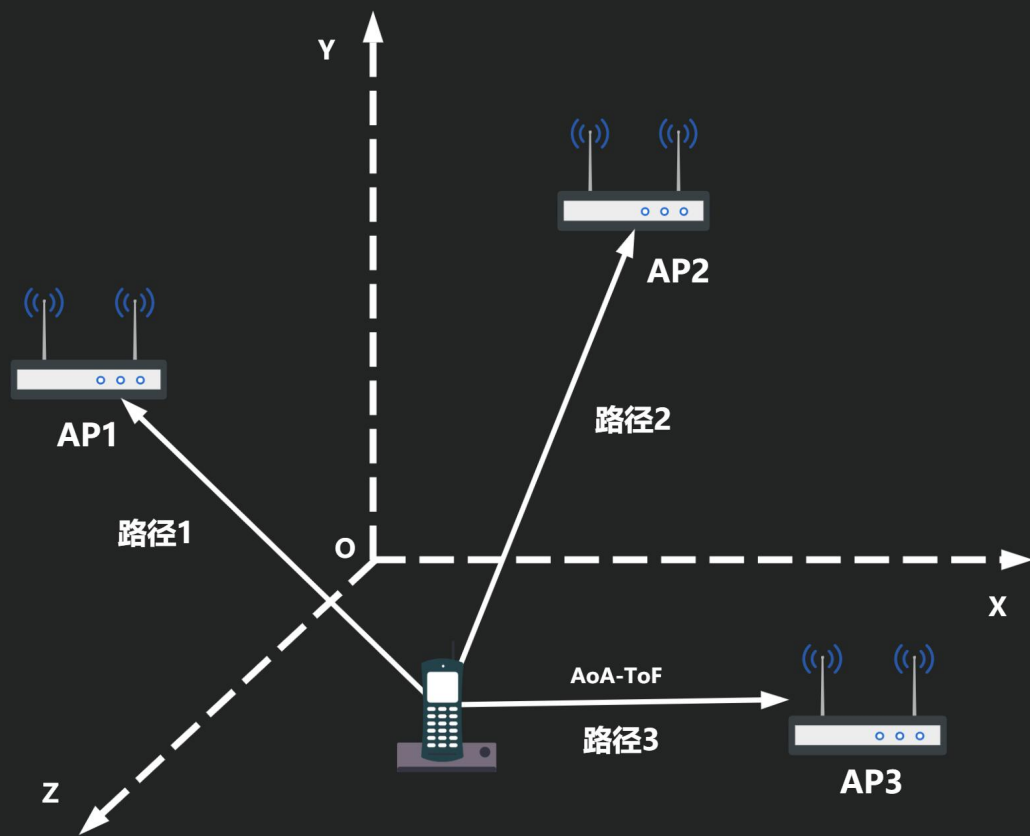


4

多个节点根据信号到达自身的波达角和距离信息来实现区域多节点联合定位

多AP定位

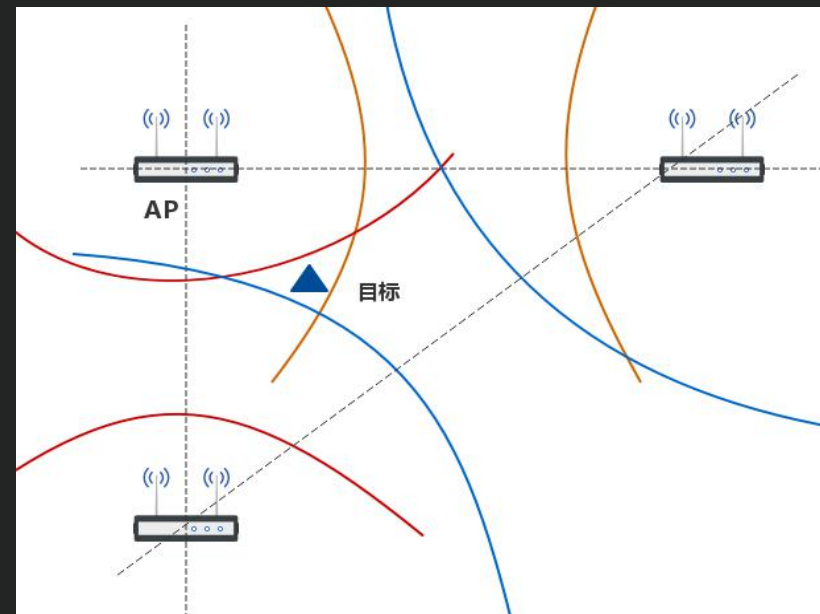
多节点定位



3维-2维



三角几何定位

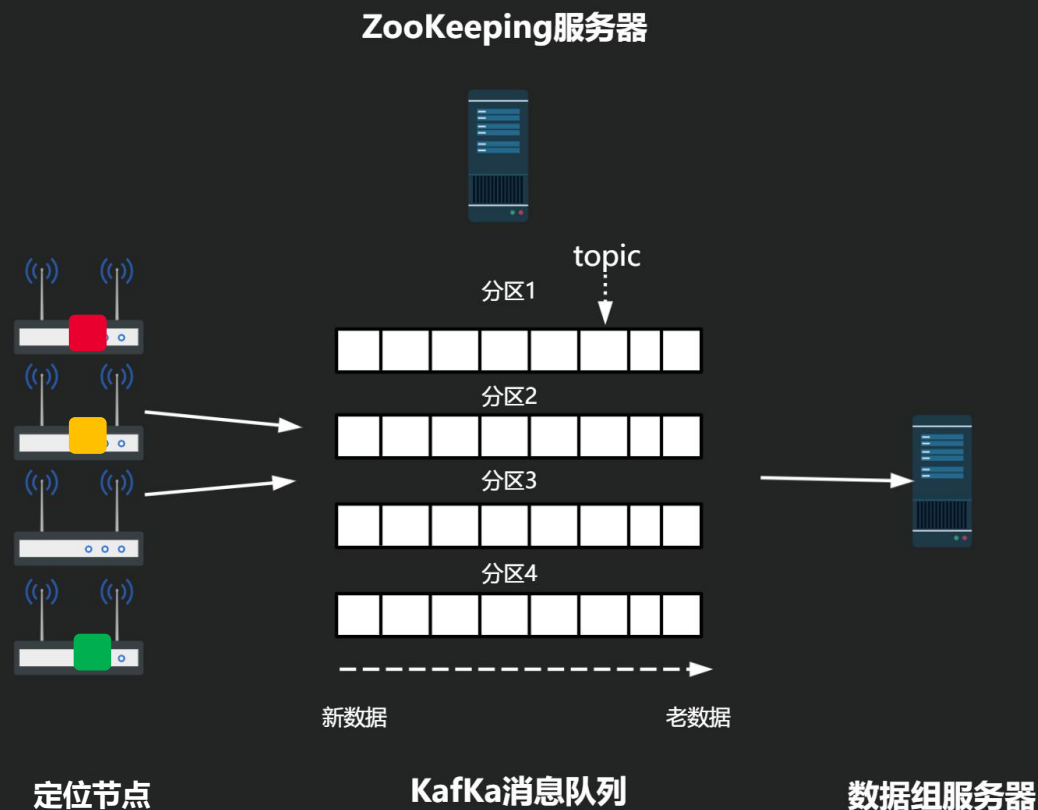


系统的性能负载均衡

KafKa消息发布订阅系统

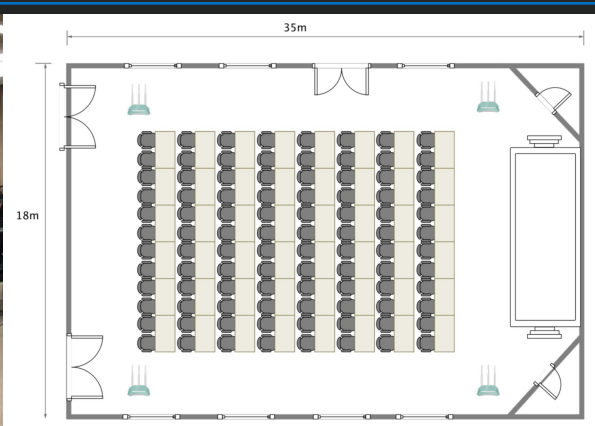
实时系统在工作过程中面临实时数据处理的问题，中间数据不断产生，又不断被使用，这类数据转发和及时处理的能力都是实时系统的重要考量。

生产者：定位节点 消费者：服务器

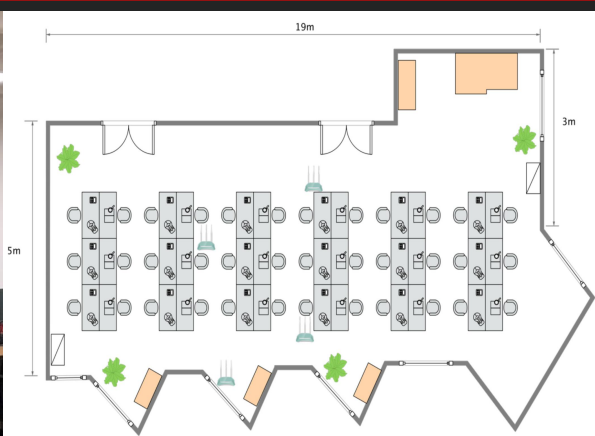


保证正确的数据以正确的形式出现在正确的地方

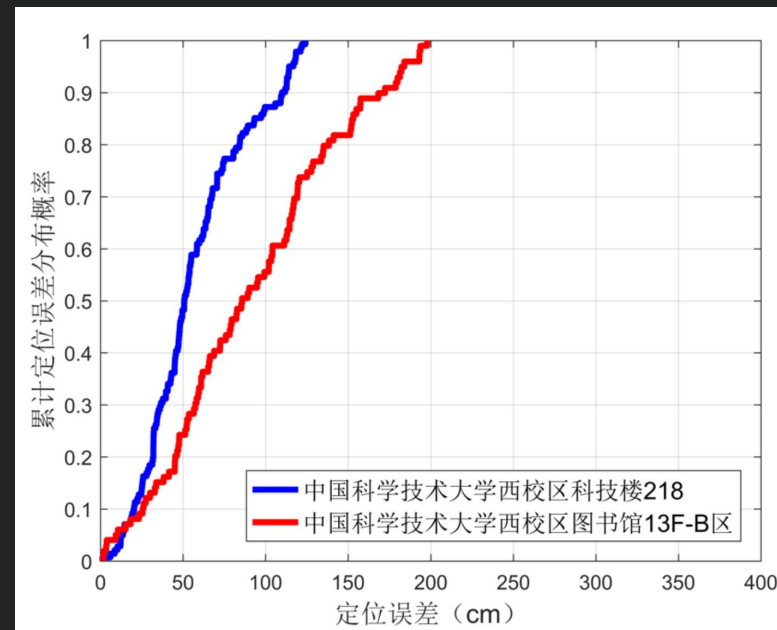
效果展示



科技楼218会议厅 场景图(左), 平面图(右)



图书馆13F学生办公室 场景图(左), 平面图(右)



系统在两种环境下的定位精度累积误差分布概率图

作品优势

● 不需要对硬件进行修改，仅使用当前商用WiFi设备（三根天线）便可以对室内物体进行分米级定位，易部署。

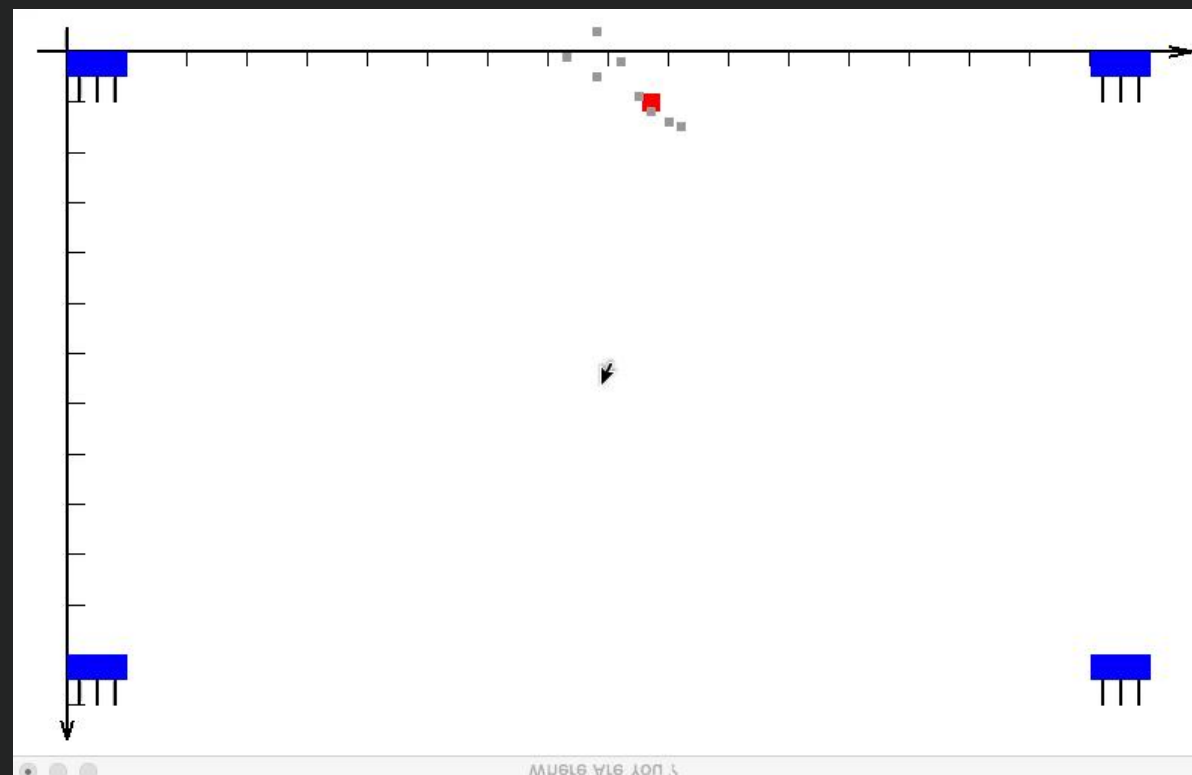
使用Kafka消息发布订阅系统，将单区域定位扩展为多区域定位，核心数据处理部分部署在华为云服务器，定位速度 $<2s$ 。

● 解决了室内环境中存在严重的信号多径问题，通过权重分配的直接路径识别方法准确找到直接路径。

● 无训练使用，用户凭借具有WiFi模块的设备即可接入系统，既连即用。

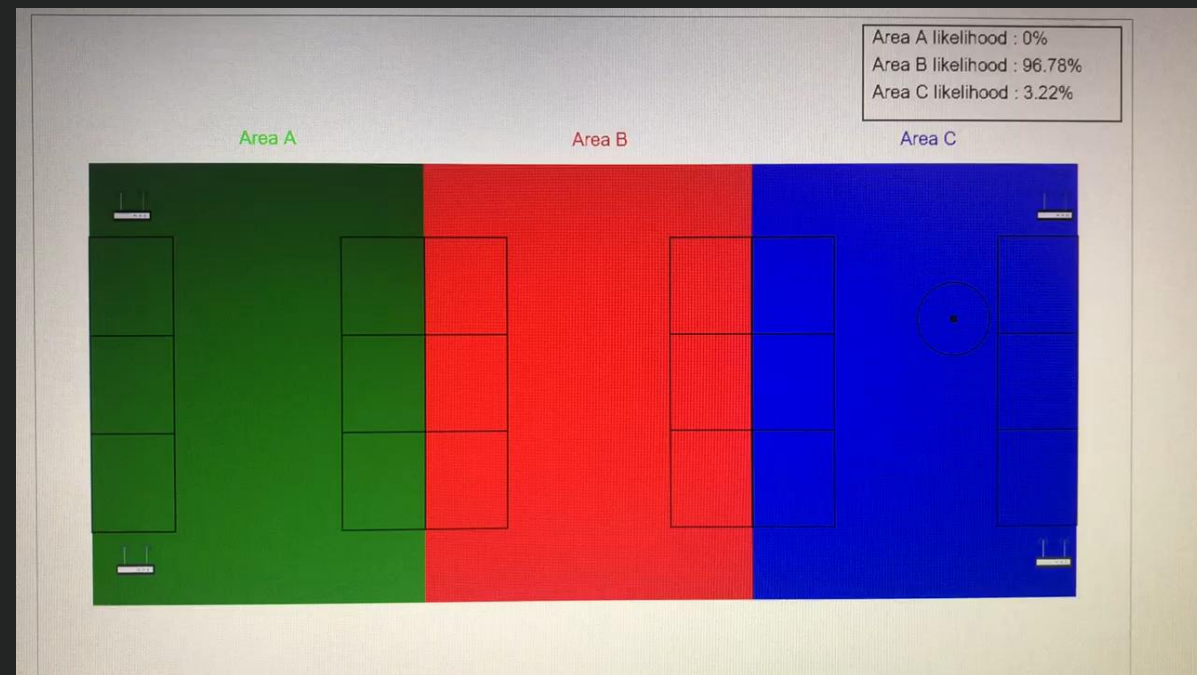
Demo演示

场景一：在一个可容纳40人的中型会议室



Demo演示

场景二：在一个可容纳30人的办公室



应用场景

利用定位技术获得终端位置信息，并通过通信网络向终端提供与位置相关的信息服务

智慧工业

工厂人员定位

智慧工厂仓库中高精度人员、物资、车辆定位管理



隧道交通

维修人员定位

公路、铁路、地铁隧道施工人员定位、考勤、围栏



物流运输

仓储物流定位

为人员、叉车、资产提供高精度定位、导航解决方案



公共安全

流量安全检测

在大型公共场所中提供人流量监控，预防潜在的安全隐患



生活服务

人员定位导航

在商场中的店铺导航
停车场中的车辆定位
体育场中的座位导航



Thank you.

把数字世界带入每个人、每个家庭、
每个组织，构建万物互联的智能世界。
Bring digital to every person, home, and
organization for a fully connected,
intelligent world.

**Copyright©2019 Huawei Technologies Co., Ltd.
All Rights Reserved.**

The information in this document may contain predictive statements including, without limitation, statements regarding the future financial and operating results, future product portfolio, new technology, etc. There are a number of factors that could cause actual results and developments to differ materially from those expressed or implied in the predictive statements. Therefore, such information is provided for reference purpose only and constitutes neither an offer nor an acceptance. Huawei may change the information at any time without notice.

