

工业互联网无线室内定位技术概述

常娥¹, 冷卫杰²

(1. 中兴通讯股份有限公司, 天津 300300; 2. 中国汽车技术研究中心有限公司, 天津 300300)

摘要: 工业制造的蓬勃发展不断推动我国制造领域的技术变革, 智慧工厂成为推动工业转型的关键。而智能化生产离不开精确的位置识别技术, 为人员、物料、设备甚至车辆提供准确的位置信息。从工业无线定位的技术需求入手, 对多种定位技术进行详细地分析和对比, 梳理当前定位技术的局限性, 最终提出未来工业无线定位技术的发展趋势。

关键词: 无线室内定位; 工业互联网; RSSI; TOA; TDOA; AOA; 多径

中图分类号: TN929

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.2096-3750.2020.00144

Summary of wireless indoor positioning technology in industry Internet

CHANG E¹, LENG Weijie²

1. ZTE Corporation, Tianjin 300300, China

2. China Automotive Technology and Research Center, Tianjin 300300, China

Abstract: With the rapid development of industry in China, the manufacture needs technological change, and smart factory becomes the key during the changes. Smart factory needs the indoor positioning technology to position the staffs, the materials, the equipment and the vehicles precisely. The requirement of wireless positioning technology was analyzed in industry at first, then the multiple wireless positioning technologies were contrasted, and the development trend of wireless positioning technology in industry was proposed at last.

Key words: wireless indoor positioning, industry Internet, RSSI, TOA, TDOA, AOA, multipath

1 引言

我国作为全球最大的发展中国家, 加速工业发展对推动国家实力增长具有深远的意义。目前, 我国工业在产业规模、产业结构和自主创新方面都已经取得了长足发展, 但随着人力储备不足问题的日益突出以及国际化竞争的日益激烈, 自动化生产、智能化管理、高效成本管理成为提升竞争力的关键。而在智能化改造中, 传统工业生产面临许多困难, 如不能实时追踪和调配人员, 导致无法提高工作效率; 无法严格监控特殊厂房, 难以杜绝隐患等。

借助定位技术, 根据人员、物料、设备甚至车辆的准确位置信息, 可以解决智能化生产中遇到的

上述难题。在化工、油田等高危场所, 采用定位技术来保障人员和生产安全, 并提高生产效率。AGV (automated guided vehicle) 周转车基于室内定位技术, 实现了智能物料周转和物流。此外, 针对位置信息的大数据分析, 可以为生产流程的优化提供有力帮助。

2 工业室内定位技术要求

在工业场景中, 很多生产流程离不开室内定位。智慧工厂利用定位技术完成园区人员的实时监控和动态调度, 从而杜绝隐患, 提高工作效率。基于室内定位, 工厂可以获取物料和车辆的实时位置信息, 实现物料的自动调拨、周转和货物运输。同

时，在危险区域和敏感区域设置电子围栏，实现对全厂区的无盲区安全监控，全面保障生产安全。此外，工业机器人运用高精度的定位技术，可以实现自动化生产。

工业生产首先需要解决的问题是“人”的问题，即实时监督员工的在岗状态、工作信息，并高效调配工作。其次是解决“物”的问题，即监控物料、设备的位置信息，实现智能周转和调拨。人员定位主要包括人员实时定位和跟踪、室内导航、电子围栏、位置分析（人员分布）等；物品定位主要包括物品实时定位、货物跟踪、车辆导航和智能物流等。

根据以上工业定位应用场景，室内定位需要满足的性能指标包括精度、覆盖范围、可靠性、成本、复杂度、功耗、可扩展性和响应时间等指标。

1) 精度：不同的工业应用对精度的要求差别很大，如仓储对物料的定位精度要求约为 10 cm，周转对车辆的定位精度要求约为 3~5 m。

2) 覆盖范围：指定位技术在多大范围内满足定位精度要求，一般需要专用的基础设施结合定位终端，在一定范围内满足定位精度要求。

3) 可靠性：在工业生产中，车间环境不仅布局复杂，而且经常随着加工产品的不同而调整。定位系统应该不受环境影响，提供可靠的定位性能。

4) 成本和复杂度：指在定位系统中，基础设施、定位终端以及建网和维护的成本，如定位设施的建设与维护、相关数据库的采集和维护等。

5) 功耗：对于移动设备而言，功耗是一项重要指标，特别是配置电池的移动设备。

6) 可扩展性：指定位系统扩展到不同环境和应用的能力、与工业应用或者系统配合的能力。

7) 响应时间：指定位系统输出位置更新所需要的时间，快速移动的车辆需要极短的响应时间，以免发生事故。

3 工业室内定位技术研究现状

3.1 室内定位技术

根据美国国家环境保护局数据，人们 70% 以上的时间是在室内度过的，而对于工业生产而言，90% 以上的工业生产是在室内完成的。全球卫星定位系统可以为户外用户提供高精度的定位服务，但由于受建筑物阻挡，导致卫星信号到达室内后快速衰减，无法满足室内覆盖要求。其次，室内环境复杂，特别是在工业生产环境中，无线电波受障碍物阻挡，发生反射、折射或散射，形成非视距（NLOS, non-line of sight）传播，严重影响定位精度。另外，室内生产环境布局和拓扑易受人为因素影响，导致声、光、电等传播发生变化，从而降低基于特征匹配原理的定位技术性能^[1]。

针对室内定位面临的困难，一些公司推出了定位技术，苹果公司研发了低功耗蓝牙定位技术，谷歌公司研发了机器视觉定位技术，百度携手芬兰 IndoorAtlas 公司推出了基于地磁匹配的室内定位方案，Unisense 公司推出了超宽带（UWB, ultra wide band）定位技术等。室内定位技术种类较多，按照定位信息源分类，通常可分为基于无线信号定位、基于非可见光定位、基于惯性导航定位等，工业室内定位系统如图 1 所示^[2]。

为了实现人员的有效管理，提高生产效率，可以采用 Wi-Fi 定位、蓝牙定位、蜂窝定位等技术完成工业生产人员的实时定位，针对人员定位的室内定位技术对比如表 1 所示^[3]。

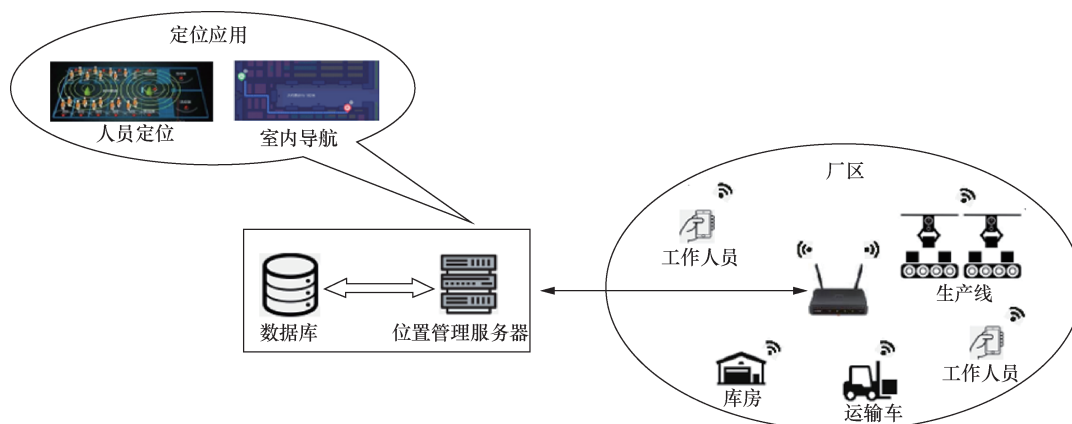


图 1 工业室内定位系统

注：不限于Wi-Fi、蓝牙、蜂窝、RFID、UWB、红外线等，不包括传感器定位

表 1 针对人员定位的室内定位技术对比

定位技术	定位精度	覆盖范围	成本	可靠性	适用性
Wi-Fi 定位	传播模型法: 3~10 m 指纹匹配法: 2~5 m	100 m	低	抗干扰能力较强, 安全性能弱	适用于人员和移动设备定位, 易集成, 通信能力强
蓝牙定位	2~10 m	10~100 m	低	抗干扰能力弱, 安全性能较弱	适用于人员和移动设备定位, 易集成
蜂窝定位	1~10 m	2 km	低	抗干扰能力强, 安全性能强	适用于人员和移动设备定位, 支持室内外无缝覆盖, 支持定位与通信合一, 易集成, 通信能力强

1) Wi-Fi 定位: 是指基于 WLAN, 根据无线信号强弱实现定位。由于 WLAN 已完成大量部署, 并且智能终端普遍配置 Wi-Fi 模块, 因此, 适用性强, 部署成本低, 适用于人员定位。定位方法包括传播模型法和指纹匹配法。由于室内环境复杂易变, NLOS 传输严重, 传播模型法难以准确评估信道模型, 导致定位精度较低。指纹匹配法不依赖于信道模型, 定位精度有所提高, 但需要采集大量指纹数据, 维护成本较高。此外, Wi-Fi 的信息安全和数据保护性能是影响其在工业领域推广的关键因素。

2) 蓝牙定位: 是指基于 WPAN 的定位技术。蓝牙信号覆盖范围小, 传输距离约为 10 m, 新的 BLE 4.0 协议支持最大传输距离为 100 m。蓝牙定位可实现 2~10 m 的定位精度, 成本低、体积小且多数智能终端均配置蓝牙模块, 适用于人员定位。

3) 蜂窝定位: 是指基于移动网络的定位技术, 可实现通信与定位的有效合一, 并支持室内外无缝定位。5G 网络针对定位需求进行了多方面的优化, 在最高移动速率为 30 km/h 的前提下, 可实现室内 95% 服务区域 1 m 的定位精度。同时, 蜂窝定位具备很强的抗干扰能力, 安全性和保护能力强, 适合在工业生产中进行大规模推广。

高效的物料周转和调配是提高生产效率的关键因素, 工业生产离不开有效的物料和设备定位。对于工业物料和设备定位, 可采用射频识别 (RFID, radio frequency identification) 定位、UWB 定位、惯性导航定位等技术, 针对物料、设备定

位的室内定位技术对比如表 2 所示^[4-6]。

1) RFID 定位: 是指基于 RFID 技术实现定位的技术, 其定位精度高, 可实现厘米级定位, 并且成本低、能耗小。但 RFID 定位可识别范围小, 因此, 适用于门禁和库房物料管理等场景。

2) UWB 定位: 是指基于 UWB 无线通信实现定位的技术, 其定位精度约为 5~10 cm, 具有精度高、功耗低、抗多径、安全性高、复杂度低等优点。另一方面, UWB 传输距离较短, 无法实现大范围的室内覆盖。同时, 为了保证定位精度, UWB 定位要求有 4 个定位基站可接收标签发出的脉冲信号, 因此, 定位基站部署密度高、建设成本高, 适用于小范围物料和设备的高精度定位。

3) 惯性导航定位: 是指基于陀螺仪、加速度传感器等组件, 通过采集定位终端运动数据计算终端位置的定位技术。惯性导航定位不依赖于外界通信, 抗干扰能力和安全性能较强。同时, 惯性导航定位基于航位推算方法, 定位误差会随着运行时间增加而累积, 为了保证定位精度, 需要融合其他定位技术来矫正定位结果。惯性导航定位适用于工业运输车辆的定位场景。

3.2 室内定位算法

室内定位有多种定位技术, 不同的定位技术采用不同的观测量和计算方法。室内定位算法包括 RSSI (received signal strength indicator) 算法、TOA (time of arrival) 算法、TDOA (time difference of arrival) 算法、AOA (angle of arrival) 算法、方向和距离算法, 定位原理如图 2 所示。

表 2 针对物料、设备定位的室内定位技术对比

定位技术	定位精度	覆盖范围	成本	可靠性	适用性
RFID 定位	10 cm	5 m	低	抗干扰能力弱	适用于库房物料定位, 无通信能力, 不易集成
UWB 定位	5~10 cm	10 m	高	抗干扰能力强	适用于小范围物料和设备高精度定位, 不易集成
惯性导航定位	2~5 m	不受限	低	抗干扰能力强, 存在累积误差	适用于运输车辆定位

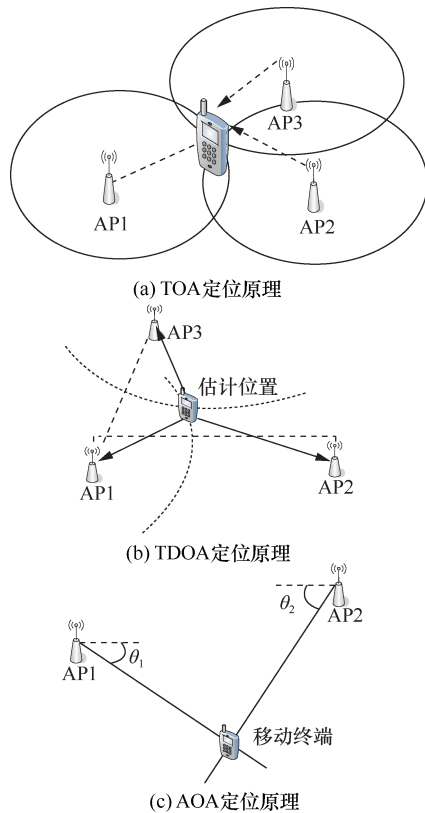


图 2 定位原理

1) RSSI 算法：是指基于理论或者经验信道模型，将信号传播损耗转化为距离，计算定位终端的位置。

2) TOA 算法：是指根据信号在发射点和定位终端之间的单程或来回传播时间，将传播时间转化为距离，计算定位终端的位置，该算法要求发射点和定位终端之间时钟同步。

3) TDOA 算法：是指基于接收信号到达时间差实现定位计算，并利用双曲线交点确定定位终端的位置。因此，不要求发射点和定位终端的时钟精确同步。

4) AOA 算法：是指接收机通过天线阵列测量电磁波的入射角度，包括发射点信号到定位终端的角度或者定位终端信号到发射点的角度。根据两个入射角得到两条方向线，其交点即定位终端的位置。

5) 方向和距离算法：是指测量定位终端的运动方向和距离，并基于测量结果进行位置计算，多用于航位推算定位。该算法通过传感器获取移动设备的物理信息，计算运动方向和距离，从而在已知上一时刻位置的基础上计算当前的位置^[7]。

3.3 工业室内定位遗留问题

1) 工业生产环境复杂，多径干扰是无线定位的

主要难题。受多径衰落的影响，定位终端可能接收到多条路径下的接收信号或到达时间（TOA），终端难以判断哪条路径下的接收信号或 TOA 能够正确反映终端与发射站之间的传输路径，从而影响定位精度。

2) 工业领域存在多种定位场景，不同场景对定位的技术要求也不同。目前，室内定位技术如 Wi-Fi、蓝牙、UWB 等，都存在一定的局限性，不能满足所有工业应用的需求，因此，无法在行业内广泛推广。

3) 蜂窝定位覆盖广，可实现通信与定位的合一，同时支持室内外无缝定位，适合在工业领域进行推广。但 4G 网络由于系统架构没有考虑定位需求，导致定位精度较低，不能满足工业需求。

4 工业室内定位技术发展趋势

室内定位作为定位导航的“最后一公里”，面临着许多技术难题，国内外公司和高校纷纷开展研究，针对各定位技术的优势和缺陷，进行相关技术的优化和改进，涉及定位方法、定位算法、数据处理、安全保护等方面。其中，深度学习、视觉识别、大数据分析等热门技术也被大量引入室内定位技术中。

Wi-Fi 定位因为覆盖范围广、普及率高而备受关注。针对 Wi-Fi 指纹定位噪声大导致精度下降的问题，可以对指纹数据进行多级滤波，降低数据噪声，提高定位精度，也可以采用加权算法优化定位性能。另外，如何提高 Wi-Fi 定位的可靠性和用户信息安全性也是 Wi-Fi 定位的研究热点。针对 UWB 定位，可以采用 UWB 天线技术提高 UWB 的覆盖范围和定位可靠性。同时，基于 UWB 与惯性导航的融合定位，可以提高 NLOS 和多径条件下 UWB 的定位精度。针对 RFID 定位，可以采用多天位置位算法和滤波算法来优化定位数据，提高其定位精度和覆盖区域。除此之外，定位与通信一体化设计也是提高定位精度及稳健性、降低定位成本的有效解决方案^[8-10]。

4.1 多径补偿

针对多径干扰，可采用多径补偿算法以减少多径衰落导致的测量误差，并提高定位精度，包括基于峰值检测门限的相关峰值检测算法和基于相关图的前沿比率算法等。

1) 相关峰值检测算法

由于首径信号比其他多径信号更早到达接收

机，故接收机接收到的第一个码元也就是波峰的 TOA，即首径 TOA。因此，使用相关峰值检测算法进行 TOA 估值并优化，可以更准确地计算 TOA。

2) 前沿比率算法

在复杂多径环境下，由于多径噪声的干扰，相关峰值检测算法的精度和稳健性下降，可采用前沿比率算法。首先，接收机输入信号的自相关函数为

$$c(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} s(t)s^*(t-\tau)dt = F^{-1}[|S(f)|^2] \quad (1)$$

其中， F^{-1} 是傅里叶逆变换， $S(f)$ 是信号函数 $s(t)$ 的傅里叶变换。

假设标称无限带宽相关图是相关图上的三角形，是振幅为 1、宽度为正负 1 的码片。将无限带宽相关图归一化到单位振幅，相关时间归一化到码片周期，则

$$c(\tau) = 2\beta \int_{-1}^1 c_0(t) \text{sinc}[2\beta(\tau-t)]dt \quad (2)$$

其中， $\beta = \beta\tau_0$ ， τ_0 是码片周期。

由于多径信号相对于首径信号始终是有时延的，因此，有效的最小化跟踪误差的方法是跟踪相关图的前沿，从接收信号中提取有用信号，即根据有用信号与随机噪声的相关性绘制相关图，首径算法相关图例如图 3 所示。

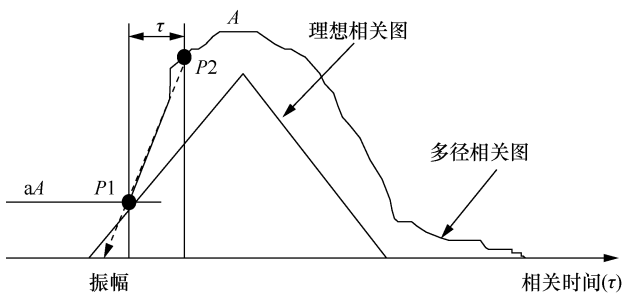


图 3 首径算法相关图例

4.2 融合定位

受限于各种定位技术自身的局限性，未来工业场景下的定位技术应该是以融合定位为核心的异构架构，即多种定位技术融合提供多场景、广覆盖、高精度的定位。同时，结合其他技术，如高清地图、惯性导航定位、视觉定位等辅助技术，实现室内外的全覆盖、全天候无缝定位，融合定位方案如图 4 所示。

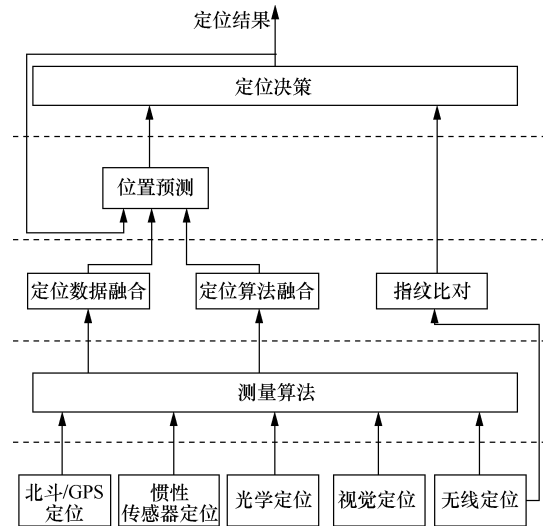


图 4 融合定位方案

融合定位技术需要支持多层次的融合，包括室内与室外定位融合、不同定位技术融合、不同定位数据融合、基本定位与辅助定位融合等。因此，融合定位需要建立分层的异构体系架构，通过有效评估和决策机制，输出最优的定位结果。此外，融合定位需要支持反馈式决策，即根据实际位置和预测结果之间的差别，调整各种定位数据的权重，从而提高定位的可靠性和稳定性。

另外，当定位信号不稳定时，融合定位可以基于滤波技术（粒子滤波或者卡尔曼滤波等）对采集的定位数据进行滤波，从而提高定位的精度。如将 Wi-Fi 定位数据与陀螺仪的传感器数据经过卡尔曼滤波后进行融合，既能保证某时刻定位结果的准确性，又能保持定位数据时序的相关性，有效提高了定位精度。

无线定位性能依赖于传输信道，当室内环境复杂、收发信号干扰严重时，定位精度会下降。基于惯性传感器的室内定位不依赖于外界环境，不受气候和外部干扰因素的影响，在无线信号传输困难时，同样可以实现短期的高精度定位。因此，无线定位技术与惯性传感器定位技术的融合成为目前工业定位研究的热点。

此外，针对融合定位开展的研究工作还包括 Wi-Fi 与高清地图、Wi-Fi 与惯性导航传感器、UWB 与惯性导航传感器、Wi-Fi 与视觉传感器等多种融合方案，以提高定位的精度和可靠性。

4.3 视觉定位

由于无线定位存在多径效应以及 NLOS 传输，导致无法精确计算终端位置，特别是在复杂的工业环

境下。随着数字图像处理和计算机视觉技术的迅速发展，基于摄像头的视觉定位由于不受无线传输环境以及电磁干扰的影响，逐渐成为热门的研究方向。

在视觉定位过程中，首先，利用 CCD (charge-coupled device) 摄像机拍摄定位终端图像，完成图像预处理，包括灰度化、降噪、滤波、二值化、边缘检测等。其次，完成基于定位终端特征的深度学习，从而在预处理后的图像中准确识别终端的边界与中心^[11]。最后，根据定位终端在二维图像中的像素坐标，计算其实际三维坐标信息，视觉定位流程如图 5 所示^[12]。

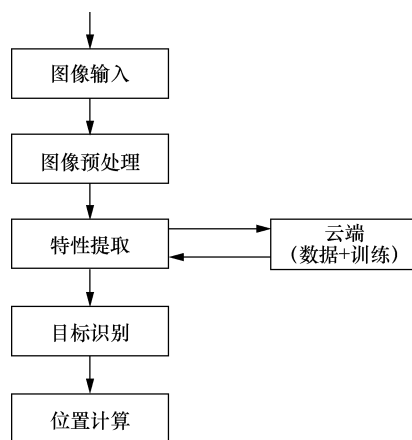


图 5 视觉定位流程

现实世界是三维的，而投射于摄像镜头 CCD/CMOS (complementary metal oxide semiconductor) 上的图像是二维的，视觉定位的最终目的是从二维图像中提取三维位置信息。以双目视觉为例， X 为被定位终端， C 和 C' 为两个摄像头的投影中心， x 和 x' 为定位终端在图像 1 和图像 2 上的成像，则根据 C 和 C' 、 x 和 x' ，可以计算 X 的位置信息，三维坐标计算原理如图 6 所示，计算如式(3)所示^[13]。

$$s \begin{bmatrix} u \\ v \\ 1 \end{bmatrix} = A \begin{bmatrix} r_1 & r_2 & r_3 & t \end{bmatrix} \begin{bmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{bmatrix} \quad (3)$$

其中， u 、 v 为 x 点的像素坐标， X 、 Y 、 Z 为 X 点的空间位置坐标， s 为尺度因子， r_1 、 r_2 、 r_3 为旋转参数， t 为平移参数。将 u 、 v 、 X 、 Y 、 Z 、 s 、 r_1 、 r_2 、 r_3 、 t 统称为相机的外参， A 为相机的内参矩阵。

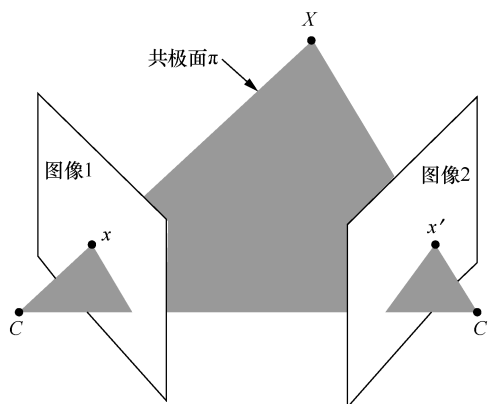


图 6 三维坐标计算原理

此外，视觉定位也存在一定的不足，如在黑暗或者光线强烈的环境中，无法有效提取视觉信息，因此，视觉定位需要与其他定位技术融合，如 Wi-Fi、蓝牙、雷达等，从而实现全天候室内定位。

4.4 基站定位增强

为了提高 5G 网络的定位能力，3GPP 针对 5G 网络在多方面做了优化，以保证室内外 95% 服务区域实现小于 1 m 的定位精度。

根据定位需求，5G Rel-15 标准版本提出如下内容：

- 1) 支持独立于通信网络和基于通信网络两种定位方案；
- 2) 支持与位置相关的 inter-RAT 测量的测量间隙和空闲周期；
- 3) 支持基于网络的 NR CID 和部分小区定位。5G 最新的 Rel-16 标准版本提出如下内容：
 - 1) RAN1 定义下行及上行定位参考信号的设计，定义 UE 和基站定位测量；
 - 2) RAN2 完成对 RTK-PPP 定位的支持，讨论对 UE-based 模式定位的支持以及定位辅助信息的广播；

3) RAN3 完成 NR Rat-Dependent 的系统架构及协议修改，定义 CU-DU 分离架构下的 TP 和 LMU 位置。优化后的 5G 定位网络架构如图 7 所示。

在图 7 中，NR-Uu 是连接 UE 和 gNB 之间的空中接口，也是用于 NR 接入的 UE 和 NG-RAN 之间的定位协议传输接口。LTE-Uu 是连接 UE 和 ng-eNB 的空中接口，也是用于 LTE 接入的 UE 与 NG-RAN 之间的定位协议传输接口。gNB 和 AMF、ng-eNB 和 AMF 之间的 NG-C 接口，作为定位协议的传输连接。LMF 和 AMF 之间的 NLs 接口，作为 LPP 和 NRPPa 协议的传输接口。

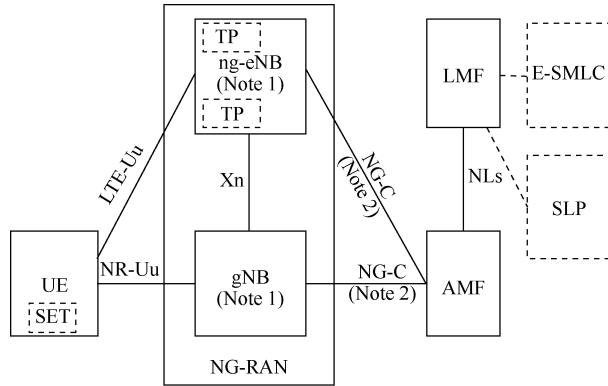


图 7 优化后的 5G 定位网络架构

5 结束语

本文从工业互联网中室内定位的必要性、应用场景和需求入手,详细分析了工业制造对室内定位的技术要求。其次,针对主流的室内定位技术,包括 Wi-Fi、UWB、基站定位、惯性导航等技术的性能以及优缺点进行对比分析,进而梳理出目前室内定位技术的局限性。最后,对未来工业室内定位技术的发展趋势进行展望,无线信道补偿技术、视觉识别和深度学习与无线定位技术的融合以及不同定位技术之间的融合,将成为未来无线定位技术的发展重点。

参考文献:

- [1] 邓中亮,尹露,唐诗浩,等. 室内定位关键技术综述[J]. 导航定位与授时, 2018, 5(3): 14-23.
DENG Z L, YIN L, TANG S H, et al. A survey of key technology for indoor positioning[J]. Navigation Positioning and Timing, 2018, 5(3): 14-23.
- [2] 龚淑蕾,李莹,童恩,等. 基于蜂窝工业物联网的智能工厂解决方案[J]. 物联网学报, 2019, 3(2): 108-114.
GONG S L, LI K, TONG E, et al. Smart factory solutions based on cellular industrial Internet of things[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2019, 3(2): 108-114.
- [3] 赵龙,陶冶. 基于 Wi-Fi 指纹库的室内定位研究进展和展望[J]. 导航定位与授时, 2018, 5(24): 6-13.
ZHAO L, TAO Y. Research progress and prospect of indoor positioning based on Wi-Fi fingerprint database[J]. Navigation Positioning and Timing, 2018, 5(24): 6-13.
- [4] 童基均,金利剑,赵英杰,等. 基于自适应卡尔曼滤波的超宽带室内定位系统[J]. 测试技术学报, 2018, 32(2): 93-99.
TONG J J, JIN L J, ZHAO Y J, et al. The UWB indoor positioning system based on adaptive Kalman filtering[J]. Journal of Test and Measurement Technology, 2018, 32(2): 93-99.
- [5] 毋杰. 基于 RFID、惯性传感器、磁场特性的室内定位关键技术研究[D]. 上海: 华东师范大学, 2018.
WU J. Research on key technologies of indoor positioning based on RFID, inertial sensor and magnetic field characteristics[D]. Shanghai: East China Normal University, 2018.

- [6] 陈伟森,裴海龙,夏睿灿. 基于超宽带技术的室内定位系统设计[J]. 计算机测量与控制, 2017, 25(11): 179-182.
CHEN W S, PEI H L, XIA R C. Indoor positioning system design based on UWB technology[J]. Computer Measurement & Control, 2017, 25(11): 179-182.
- [7] 李明,潘俊臣. 超宽带室内定位原理及 TDOA 定位算法[J]. 科技创新与应用, 2017(2): 57.
LI M, PAN J C. UWB indoor positioning principle and TDOA positioning algorithm, technological innovation and application[J]. Technology Innovation and Application, 2017(2): 57.
- [8] 吴赞,蒋新华,齐雁飞,等. 基于加权余弦相似度的 Wi-Fi 指纹室内定位[J]. 上海师范大学学报, 2017, 46(1): 124-128.
WU Y, JIANG X H, QI Y F, et al. Wi-Fi fingerprint indoor localization based on weighted cosine similarity[J]. Journal of Shanghai Normal University, 2017, 46(1): 124-128.
- [9] 连宗凯,袁飞,祁伟. 改进 K 均值聚类 BP 神经网络超宽带室内定位方法[J]. 现代计算机, 2017: 16-20.
LIAN Z K, YUAN F, QI W. Improved K-means clustering BP neural network UWB indoor location method[J]. Modern Computer, 2017: 16-20.
- [10] 郑卜松,朱燕飞. 基于 RFID 室内定位算法的研究[J]. 电子世界, 2017: 23-24.
ZHENG B S, ZHU Y F. Research on indoor location algorithm based on RFID[J]. Electronics World, 2017: 23-24.
- [11] 陈岷,徐伟芳. 基于图像匹配的高精度室内定位技术研究[J]. 北京测绘, 2017(5): 104-108.
CHEN M, XU W F. Indoor positioning technology based on image matching with high accuracy[J]. Beijing Surveying and Mapping, 2017(5): 104-108.
- [12] 翟光耀,陈蓉,张剑锋,等. 基于毫米波雷达和机器视觉信息融合的障碍物检测[J]. 物联网学报, 2017, 1(2): 76-83.
ZHAI G Y, CHEN R, ZHANG J F, et al. Tramway obstacles detection based on information fusion of MMV radar and machine vision[J]. Chinese Journal on Internet of Things, 2017, 1(2): 76-83.
- [13] 敖龙辉,郭杭,万旻. 基于双目相机的室内定位方法研究[C]//卫星导航定位与北斗系统应用. 2018: 186-189.
AO L H, GUO H, WAN M. Research on indoor positioning method based on binocular camera[C]//Satellite Navigation and Positioning and Beidou System Application. 2018: 186-189.

[作者简介]



常娥(1977-),女,天津人,中兴通讯股份有限公司工程师,主要研究方向为无线通信技术及应用。



冷卫杰(1977-),男,天津人,中国汽车技术研究中心有限公司工程师,主要研究方向为无线通信技术的行业应用。

高级顾问

国际电信联盟秘书长

赵厚麟

中国科学院院士

李 未 姚建铨 朱中梁 陈国良 吴培亨 何积丰
吴一戎 徐宗本 梅 宏 王 巍 吕 建 郝 跃
陆建华 房建成 黄 如

中国工程院院士

倪光南 孙 玉 薛禹胜 邬贺铨 贲 德 邬江兴
柴天佑 刘韵洁 戴 浩 于 全 吴曼青 段宝岩
王广基 何 友 费爱国 桂卫华 余少华 姜会林
钱 锋 樊邦奎

第一届编辑委员会

主任委员：尹 浩

常务副主任委员：朱洪波

副主任委员：

刘 多 郭英杰 刘海涛 刘云浩 刘明亮 宋 彤 刘华鲁

委 员：（按姓氏笔画排序）

丁进良 丁志国 丁恩杰 于宏毅 卫 国 马华东 马建国
马建峰 王 伟 王 翔 王文博 王永建 王汝言 王红刚
王丽宏 王现斌 王金龙 王承祥 王重钢 王祖林 王新兵
韦 岗 牛志升 毛军发 仇洪冰 卢光跃 兰巨龙 吕卫锋
朱 艳 朱 琦 乔 辉 刘 飞 刘 云 刘元安 江 涛
安建平 孙 怡 孙玲玲 阳春华 杜文莉 李安民 李建东
李宣东 李德识 杨 旻 杨 健 杨龙祥 时龙兴 吴启晖
冷甦鹏 汪一鸣 沈八中 沈连丰 宋令阳 张 平 张 伟
张 彦 张 瑞 张云勇 张文生 张宏科 张英海 张钦宇
张海林 张朝阳 张登银 陆宇平 陈 岚 陈 钟 陈山枝
陈少平 陈仪香 陈后金 陈如山 陈前斌 陈晓华 陈积明
范九伦 范平志 林金朝 易东山 罗军舟 金 石 金 海
周兴社 周建江 郑 淦 郑志彬 赵小强 郑福春 赵晓晖
胡清阳 胡瑞敏 钟章队 施 毅 姜 斌 洪 文 姚 力
夏香根 钱 毅 高 跃 高飞飞 郭 庆 郭贵生 黄继杰
崔曙光 隆克平 续合元 葛 宁 葛俊祥 程崇虎 曾凡仔
谢 斌 詹 杰 潘 炜

《物联网学报》专题征稿启事

随着我国物联网产业的不断成熟，物联网相关技术和应用发展迅速。物联网与先进技术，如6G、云计算、人工智能、大数据等的深度融合，是工业物联网和智能制造的研究核心；物联网与传统行业，如医疗、交通、能源、生态、制造、农业等的融合也越来越密切。《物联网学报》秉承“服务科学发展，传播科学知识，促进科技创新，培养科技人才”的办刊宗旨，根据期刊内容定位，刊载物联网及相关交叉学科研究领域具有创新性的基础理论、关键技术、研究热点及基础与应用研究成果的学术论文。

《物联网学报》也紧跟发展趋势，服务国家战略。“加快推动区块链技术和产业创新发展”，迈向“健康中国2030”，建设“交通强国”，坚持“绿水青山就是金山银山，生态优先、绿色发展”的理念，落实“智能制造2025”，加快推进信息化与工业化深度融合，发展工业互联网，推动新一代信息技术与实体经济结合。

为了更好地突出《物联网学报》的学科内容优势，聚焦行业新热点，便于读者查找和引用稿件，2020年期刊以专题形式进行组稿。根据目前行业发展热点及物联网领域细分情况，设置了8个专题。

“物联网与6G”和“区块链赋能物联网”专题已出版，欢迎广大读者订阅！“智能交通”专题征稿已接近尾声，正式出版敬请期待！下面5个专题仍在广泛征稿中，欢迎产学研各界的专家学者进行投稿。

一、征稿范围

（一）物联网+能源

1. 专题方向

- (1) 能源领域物联网新型架构、平台及应用
- (2) 基于语义的工业信息描述方法及领域知识库构建
- (3) 新型传感技术与工业自治
- (4) 边缘计算、云计算及其融合在能源领域中的应用
- (5) 安全生产中设备的协同管控与智能调度方法与应用
- (6) 工业环境中安全状态预测预警方法

2. 时间安排

2020年7月15日前到稿，拟2020年12月出版。

3. 特邀编委

丁恩杰，教授，中国矿业大学

刘俊勇，教授，四川大学

王卫东，教授，北京邮电大学

张 达，研究员，北京矿冶研究院

刘统玉，教授，齐鲁工业大学

马文忠，教授，中国石油大学（华东）

（二）智慧农业

1. 专题方向

- (1) 农业精准感知
- (2) 农业精确诊断与调控
- (3) 农业精准控制与智能决策

(4) 食品安全检测与溯源

(5) 农业传感器与智能装备

(6) 农业大数据与人工智能

(7) 农业电子商务

(8) 农业休闲旅游

(9) 农业信息服务

2. 时间安排

2020年7月15日前到稿，拟2020年12月出版。

（三）智能制造

1. 专题方向

(1) 5G与智能制造

(2) 物联网与智能制造

(3) 智能制造中物联网安全

(4) 云计算与智能制造

(5) 边缘计算与边缘智能

(6) 其他相关领域

2. 时间安排

2020年7月15日前到稿，拟2020年12月出版。

3. 特邀编委

姜 斌，教授，南京航空航天大学

丁进良，教授，东北大学

阳春华，教授，中南大学

杜文莉，教授，华东理工大学
刘飞，教授，江南大学
陈积明，教授，浙江大学

(四) 智慧生态

1. 专题方向

- (1) 江河湖海的水质监测技术
- (2) 大气污染物监测技术
- (3) 荒漠化监测预警
- (4) 智慧生态农业相关技术
- (5) 地震监测预警与风险防范
- (6) 地质灾害快速识别与风险防范
- (7) 气象监测预警与风险防范
- (8) 水旱灾害监测预警与风险防范
- (9) 智慧生态所需的通信技术
- (10) 智慧生态背景下的物联网相关理论研究
- (11) 其他与智慧生态相关的理论及技术

2. 时间安排

2020年7月15日前到稿，拟2020年12月出版。

3. 特邀编委

魏佳华，教授、长江学者，青海大学

二、征文要求

1. 论文属于作者的原创性科研成果，数据真实可靠，具有重要的学术价值与推广应用价值，未在国内公开发行的刊物或会议上发表或宣读过，也不在其他刊物或会议的审稿过程中，不存在一稿多投问题。作者在投稿时，需向编辑部提交投稿声明。

2. 论文正文用中文撰写，论文包含中英文的标题、作者信息（姓名、单位、所在省市和邮编）、摘要、关键词、基金项目（名称和编号）和参考文献。

3. 论文需附所有作者的个人简介（姓名、出生年、性别、籍贯、民族（汉族不写）、学位、工作单位、职称、职务、研究方向）和彩色清晰照片，以及通信作者的联系地址、电话或手机及E-mail地址。

4. 论文请通过《物联网学报》期刊网站（<http://www.wlwx.com.cn>）进行投稿，并注明所投的专题名称（否则按自由来稿处理）。暂不支持其他投稿方式，投稿须知及文稿模板请参见网站说明。

5. 《物联网学报》已引入知网查重系统，所投论文与已发表论文（包括硕博学位论文）的文字重复率不超过20%。

6. 支持知网网络首发，到稿早的稿件可以不受出版日期的限制，先进行网络首发。希望各位投稿者尽早到稿。

三、联系方式

通信地址：北京市丰台区成寿寺路11号邮电出版大厦8层《物联网学报》编辑部 **邮政编码：**100078

联系电话：010-81055683, 010-81055483, 010-81055691

官方网站：<http://www.wlwx.com.cn>

电子邮箱：wlwx@bjxintong.com.cn

赵小强，教授，西安邮电大学
窦银科，教授，太原理工大学
柯熙政，教授，西安理工大学
李士宁，教授，西北工业大学
郝占军，教授，西北师范大学
伍忠东，教授，兰州交通大学
黎锁平，教授，兰州理工大学

(五) 智慧健康医疗

1. 专题方向

- (1) 医疗大数据技术研究
- (2) 医学人工智能技术研究
- (3) 医学信息标准化与信息安全技术研究
- (4) 疾病智能服务体系研究
- (5) 可穿戴设备在医疗方面的应用标准研究
- (6) 区块链技术在医疗行业中的应用研究
- (7) 医疗信息区域共享研究
- (8) 5G技术在医疗卫生方面的理论及应用实践研究
- (9) 其他与医疗卫生信息化建设、应用相关的内容

2. 时间安排

2020年8月15日前到稿，拟2021年3月出版。

物联网学报

Chinese Journal on Internet of Things



2020年6月30日出版 定价：60.00元

ISSN 2096-3750



9 772096 375201