

5G 室内融合定位白皮书

2020 年 10 月



编写单位

中兴通讯股份有限公司

中国移动通信有限公司研究院

清研讯科（北京）科技有限公司

蓝色创源（北京）科技有限公司

紫光展锐(上海)科技有限公司

北京百度网讯科技有限公司

上海赛图计算机科技股份有限公司

合肥银蚁智创科技有限公司

北京京东乾石科技有限公司

北京寅时科技有限公司

北京智慧图科技有限责任公司

中科劲点（北京）科技有限公司

前言

随着 5G 网络规模建设，网络运营商主导的 5G 二期建设完成后将为全国所有地级以上城市提供 5G 商用服务，部分发达省份实现县城热点区域的 5G 覆盖，预计到 2022 年底，将基本建成一张全国连续的 5G 网络。5G 网络的大带宽、低时延、高可靠的特性，为业务提供必要的网络基础，推动业务的不断丰富。业务应用场所有 80%以上发生在室内，而室内定位 GPS 信号弱无法满足室内业务位置服务的需求，随着 5G 网络促进业务丰富发展，室内定位的需求越来越强烈。

本白皮书描述各个垂直行业领域应用不同场景下定位需求，阐述定位系统中终端层、网络层、平台层、应用层等端到端产业链技术现状，探索各种定位技术在 5G 网络发展的背景下如何更好的满足各种场景的定位需求，5G 网络提供万物泛在连接，通过融合各种不同定位技术方案满足垂直行业应用各种定位精度的位置服务需求。

目录

前言.....	1
1. 背景概述.....	2
2. 室内定位应用场景.....	4
2.1. 企业服务领域.....	4
2.1.1. 智慧商超.....	4
2.1.2. 智能制造.....	4
2.1.3. 仓储物流.....	5
2.1.4. 电力能源.....	7
2.2. 政府与公共服务领域.....	8
2.2.1. 交通枢纽.....	8
2.2.2. 医疗养老.....	9
2.2.3. 公检法司.....	10
2.2.4. 博物展览.....	10
2.2.5. 矿井、隧道、地下管廊.....	11
2.3. 应用场景小结.....	12
3. 定位端到端技术分析.....	14
3.1. 网络层-定位技术.....	14
3.2. 终端层-定位芯片.....	20
3.3. 定位平台.....	22
3.4. 业务层.....	23
3.5. 地图服务.....	24
3.6. 室内外地图融合.....	25
3.7. 室内定位服务和运营.....	26
3.8. 总结.....	28
4. 定位解决方案.....	28
4.1. 5G NR 定位.....	30
4.2. 5G+UWB/蓝牙 AOA 高精度室内定位.....	31
4.3. 5G+传统蓝牙室内定位.....	32
4.4. 5G+Wi-Fi 室内定位.....	33
4.5. 5G+SLAM 融合定位.....	34
4.6. 总结.....	36
5. 典型应用示例.....	36
5.1. 汽车装配.....	36
5.2. 电力能源.....	38
5.3. 机场应用.....	39
5.4. 医疗应用.....	41
5.5. 商场应用.....	42
5.6. 仓储物流.....	43
6. 机遇和挑战.....	45

1. 背景概述

随着移动通信技术的飞速发展，用户在满足基本语音业务的同时，对数据业务的需求不断提升，而用户业务场景大部分是发生在室内，5G网络的大带宽、低时延、广连接为室内业务提供必要的网络基础，推动室内业务的不断丰富。室内作为业务的主要应用场所，其网络完善成熟发展是未来5G网络决胜关键。室内应用多样化，网络需满足业务对网络移动性、定位能力等诉求，目前室内业务发展遇到的挑战：

场景的复杂性

现代都市高楼林立，大型楼宇室内结构复杂并且容纳大量的属性信息，而我们80%的活动都是在室内进行，室内情况远比室外复杂。室内定位系统应用设计需要具备解决复杂场景中的业务数据可视化问题，保证各个业务环节处理流畅。

商业化室内应用的智能化需求

室内场景业务纷繁，现代社会的现代市民更加倾向于享受量贩级别的服务。例如商业室内产品最好能应用于客户从停车，导航，付费，购物，取车的一条龙流程，在某些商业场景里还要负责扮演消费引导的角色；医疗场景的室内应用要涉及到用户从导航、挂号、排队、办理业务的功能。这就要求室内地图应用具有很高的集成能力或者系统自身涵盖的功能要比传统应用的功能广，因此要求产品需向智能化的方向靠拢，数据呈现形式更加灵活，数据投放更加精准。

新业态、新经济对室内数据的需求

5G、智慧城市、共享经济、移动互联网等新业态和新经济的兴起是未来社会和城市发展的风向标，大数据分析和呈现支撑这些业态的“神经中枢”，高效汇聚海量数据，通过“神经中枢”整合不同行业的数据和能力，展示出数据汇聚和融合的价值，并展示跨部门协调指挥的作用。位置数据是其中不可或缺的数据组成部分，而室内数据作为位置大数据的重要组成部分，是基础性的信息资源，又是相关信息交换共享与协同应用的载体，为其他信息在三维空间和时间交织构成的四维环境中提供位置基础，实现基于统一位置信息基础下的规划、布局、分析和决策。这就要求室内地图应用不只是考虑解决场景中的问题，更要符合社会新的发展方向，向外支撑各行各业的业务需求。这促使室内地图应用平台从技术架构和产品功能上都要焕然一新。室内地图应用场景是联系业务和场景参与者的深刻沟通，室内地图结合定位可以创造出不胜枚举的应用价值，室内应用在面对新挑战的同时亦会推陈出新，这对整个行业是一个有益的生态循环。

室内数据更新

室内应用上线后，室内场景往往会发生一系列变动，这种变化表现在室内布局的变化和室内对象属性的变化、业务变化。例如商场内出现的楼层装修，设备修理，店面更换，这种变化占整个商场业态变化的40%。对于C端用户而言可能会出现导航到目标点后发现目标不存在或者导航中途发现设备维护或出现此路不通现象。B端用户也会遇到真实环境和室内应用有偏差，导致相应的行动任务不能被正确发布。如何应对布局的变化，需提供地图快速自编辑工具，可以让非专业开发者编辑后自动发布二三维一体化室内地图，达到快速更新数据。同时要求室内应用支持图层添加，目标标注，属性数据编辑，这样会有效的解决室内数据更新的问题。这在实际应用中，是很重要的数据核心问题。

室内定位精度提升

在室内定位应用中，大部分为商业应用，在定位系统选择上要兼顾定位精度与定位系统的商业成本的平衡，所以很多场景下不可能选择高精度的昂贵系统，需要考虑提升定位精度。同时避免位置点出现在不可思议的位置上，需要进一步对空间智能优化算法，整体对轨迹进行分析，实现统一的纠偏，以达到在已有的定位条件下，提升定位精度的目标。

5G网络为各种应用业务提供必要的传输通道，未来业务丰富度势必依赖定位技术。目前室外定位技术主要以卫星定位为主，GPS在室外定位占据重要地位，几乎所有的通讯终端都自带了GPS定位芯片。而在室内环境、密集城区由于遮挡了GPS卫星信号，无法使用GPS定位，需要考虑这些场景下如何满足定位需求。

目前虽然有无线蜂窝、蓝牙、UWB、Wi-Fi、红外等定位技术作为卫星定位的补充提供定位能力，但多种定位技术间缺乏有机的和深层次应用的融合，仅仅解决定位精度或者定位范围等某一方面的问题，缺乏一种能够将多种定位技术融合在一起的、全面的、系统的、层次化的融合定位技术框架，无法无缝解决GPS无法到达区域的人或物的位置定位问题。

本文涉及定位相关从终端到网络到上层服务，介绍各种定位技术原理，分析在交通枢纽、物流、商场、机场、博物馆、矿井等行业的不同场景下的定位相关的应用定位精度的需求，提出5G融合各种定位技术的解决方案，更好的匹配业务定位需求，助力室内业务场景应用的丰富，驱动创新新业务。

2. 室内定位应用场景

目前各种室内定位技术已经慢慢渗透进入到企业服务、政府与公共服务领域，在多种行业得到关注。

2.1. 企业服务领域

2.1.1. 智慧商超

我国有数千个大型商超/购物广场，最大的商超/购物广场面积达121.5万平米，日消费者超20万人。商超作为最重要的室内商业环境之一，室内定位技术将为其智慧化转型提供重要支撑，定位技术在商超中发挥的重要作用主要体现在两个方面：



图 2-1 个人位置服务：商品推送、定位导航、反向寻车

提升消费者购物体验，对于消费者来说，通过室内定位技术，为广大手机用户提供精准的商品推送、定位导航、停车场反向寻车等服务。

优化经营活动，对于商超经营者来说，通过室内定位技术，为其提供了位置大数据商业分析工具，来优化其经营活动，在为消费者提供精准的商场定位、导航、导购服务的同时，为商场提供客流量、停留时长、到访频次等分析核心信息，动态模拟商场的业态规划和布局调整后带来的人流及销售收入的变化等。

商超领域，利用位置信息提高消费者购物体验，产品推送及运用位置数据优化运营，主要特点是定位终端在消费者侧，需要要求定位终端具有通用性、成本低的特点，同时其对定位精度要求1~3米，可以定位到车位或者商超区域。

2.1.2. 智能制造

高精度的位置数据作为智能工厂数据流的重要组成，是智慧工厂业务流中时间、空间、状态三大数据指标之一，空间位置数据的精确性、实时性以及覆盖完整性，是智能工厂前端

感知质量的重要评价维度。构建基于室内定位技术的高精度定位管理系统，从不同类型制造企业管理的难点痛点出发，可借助室内定位技术，实现对工厂内的人、车、物、料等的精确定位、无缝追踪、智能调配与高效协同，用来大幅提升工厂的精益生产及精细化管理水平。目前航空航天、汽车制造与装配、电子制造、家电制造等智能制造应用领域均在积极引进室内定位技术实现厂区内的管理。定位技术在智能制造中发挥的重要作用主要体现在三个方面：



图 2- 2 智能制造工作现场

人员高效管理，基于对人员的实时定位数据，进行人员考勤、工时统计、到岗/离岗等工作状态的管理等。

物资物料定位追踪，生产过程追溯，通过采用室内定位技术，实现对每个产品生产流转过程（包括订单接收、确认产品ID、生产组装、测试、厂内仓储、厂外物流等环节）的全程追溯及作业过程的高度透明化，规范作业流程的同时，大幅提高作业效率。

适配工具查找与防错，通过在设备工具上安装独有的ID位置标签，并根据移动终端推送的执行信息，根据实时显示的工具位置快速获取工具，以实现在正确的时间、正确的地点、针对特定的部件，获取正确的操作工具，执行正确的操作程序等，提高工作效率并防止工具错配影响产品质量。

智能制造领域，位置信息主要用来提升生产效率及供应链管理，对工具防错以此提高产品质量。智能制造对定位精度具有较高要求，需要10~30cm定位精度，且其作业场景也对定位技术的抗干扰、抗遮挡能力也有较高要求，对于定位终端主要面向的是设备和企业员工，终端可以定制，但功耗尽量低。

2.1.3. 仓储物流

经济全球化步伐加快、物流活动日益庞杂的背景下，仓储物流作为货物流通过程的中枢环节，越发成为决定企业发展及产业链竞争力的关键。制造业、电商业、第三方物流等各类型物流在港口码头、仓库的作业场景，通过室内定位技术与RFID、二维码等结合，使得周转过程中的每一个元素都可以被感知和被追踪，结合不断优化的大数据分析平台进行分析，使

企业的物流能力进一步优化和提高。室内定位技术在仓储物流中发挥的重要作用主要体现在以下方面：

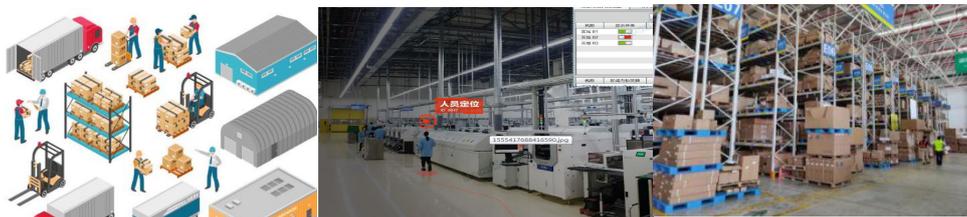


图 2-3 仓储物流定位场景

货物实时动态有序管理，通过室内定位技术对仓储物流众多数量及品种的物资进行实时动态有序管理，实现物资的入库、出库、移动、盘点、查找等流程的智能化管理水平及物资流转速度，最大程度避免入库验收时间长、在库盘点乱且数量不准、出库拣货时间长且经常拣错货，以及货物损坏、丢失或过期等索赔问题。基于对每个货物的精准定位，结合CV（计算机视觉），可以快速定位到破损或者滑落滑道的异常货品，以及对于滑道口堵塞、运输不畅通等作业进行预警。同时对于上架作业的布局合理性、拣货的最佳路径结合方面做最优化库房上架管理，并且流转至分拣中心时，可以有效防止货物被分拣到错误的网点或者分拣中心。

车辆设备智能调度与安全管理，针对存储量大、流转量大、占地面积较大的物流仓库、港口码头等，通过定位技术实现对叉车/拖车的统筹管理，通过实现智能调配及合理路径规划防止走错位等情况，以此提高叉车/拖车利用效率；通过设置安全距离及电子围栏，最大程度防止人车碰撞事故发生。精准定位使得仓库内叉车、地牛、笼车的管理更加简单，可操作性更高。实际应用方面，比如对叉车作业时托盘货物的装卸、码垛、短距离运输，以及车辆的反向寻找、路径规划导航等，以及基于实时位置精准追踪可以作用于人车安全、车车安全，减少仓内事故。

高效人员管理，基于对人员的实时定位数据，进行人员考勤、工时统计、到岗/离岗等工作状态的管理等。有了精准室内定位的加持，可以作用于提升仓库工作人员的实时调度、作业区域管理、安全通道聚集预警的准确率。比如库内常见的复核、拣货操作，可以根据人员和包裹的位置提前做好拣选路径优化，实现货物拣选的成本最优化。同时，不断记录人员的轨迹信息，和货物拣选行为做数据分析，通过无监督学习，持续优化拣货路径推荐结果。同时，通过人员热力的呈现，也能辅助仓储内管理人员更加合理的人力布局以及做考勤等业务管理。

载具管理与自动化，对承载货物的可移动货架、托盘、料箱等载具进行定位，通过对载具的有效管理，间接实现对其承载货物的有序化管理。另外，面对AGV等自动化设备应用越来越广泛的今天，可通过定位技术实现AGV与载具的高效协作，实现自动化取货等功能，进一步释放自动化设备的价值。

在仓储物流作业场景中，位置信息主要用来提升仓储秩序与物资流转效率，对定位精度具有较高要求，对定位终端或者定位标签要求体积小、功耗小，尤其对货物上的定位终端。物流仓储应用场景结合5G、定位、IoT、AI等技术，协同推动物流智能化发展，共同驱动物流行业的降本增效。

2.1.4. 电力能源

电力能源行业作为支撑国民生产生活的基础性行业，不论从国家政策法规要求、企业发展内在需求、自身社会责任担当等任何层面，安全生产一直是贯穿在企业发展中的主旋律。电力能源行业作业场景具有生产现场人员组成复杂、工况环境监管存在真空、危险区域安防保障难落实、人员及设备工作运行情况不易监控等特点，需将室内定位技术与业务管控流程要求充分融合，做到主动安全管控。



图 2-4 电力能源定位场景

人员高效管理，基于定位数据的实时采集，实现了人员岗位管理、考勤管理、点名统计、调度管理的智能化。

提升安全监管可靠性，根据不同工作人员进行进出区域权限设置，并结合电子围栏，避免人员误入禁区导致安全事故，设置超时告警以及紧急救援功能，实现事前预防警告、事后及时察觉并实时救援。另外，即使在事件发生后，历史轨迹、视频联动可提供数据支撑，使得安全责任有效追溯有据可依。

工器具安全检查，克服传统人工统计检查的工器具管理弊端，最大可能杜绝工器具到检未检（出现漏检、过期未检）情况发生，特别是杜绝了由于电动工具未经检查在现场使用导致人员触电伤亡事故。

外来车辆与人员管理，外来车辆进出情况、轨迹，外来访客进出时间、位置、行进轨迹，访客访问人员、事宜等进行实时管控与有效安全防范。

在电力能源行业的作业场景中，位置信息主要用来保证人员的安全及巡检管理，对定位精度要求较高，且作业环境相对复杂，具有强遮挡、强电磁辐射的特点，要求定位技术具有较强的抗干扰及穿透能力，定位终端要求便携式。

2.2. 政府与公共服务领域

2.2.1. 交通枢纽

随着城市的发展，机场、火车站、地铁站等交通枢纽越建越大，越建越复杂，因此“找路难”成了很多人面对的难题。例如在北上广深等一线城市中，处于线路交汇的地铁枢纽通常具有多个出入口，每天的人流量极其庞大，室内定位技术可以为其智慧化转型提供应用技术基础能力，可以主要考虑的服务：



图 2-5 交通枢纽定位场景

方便乘客出行，为广大客户提供精确定位与导航，更准确地找到进出地铁站路线等，机场、火车站、地铁站等交通枢纽通过为用户提供导航和线路规划，科学引导分流车辆、人群，保障运营安全、提升运营效率。

提升管理水平，通过客流热力分析，人流规律、人流走向等，智能引导客流量，提前部署应对，避免客流滞留等问题。

交通枢纽主要用于个人的导航、出行指引，同时使用人流热力图分析客流量，总体对定位精度要求不高，3~5米定位精度可以满足需求，同时主要面向个人提供服务，定位终端要求普遍适用性。

2.2.2. 医疗养老

医疗及养老行业作为能够体现一个社会对尊重生命及人文关怀水平的重要行业，近年来也正经历着快速的变革，技术创新步伐也在加快，除了不断研发创新治疗/护理方法之外，也在积极寻找改善医疗养老机构日常运营方式的创新方法，从而使得员工能够更加高效和安全地保障患者/被护理人。室内定位技术主要发挥以下方面的作用：



图 2- 6 医疗养老定位场景

医疗机构导航服务，医院楼层多，诊室多，病人或者探视人员可以通过室内导航服务进行路线导航指引，快速找到对应的诊室或者病房，节约时间，直达诊室或病房。

医护人员移动护理查房管理，通过为医护人员佩戴定位微标签，实现对医护人员查房等业务的实时管理，自动记录医护人员的查房路线、查房时间、查房次数，也可与预设的任务计划进行比对，进行医生查房的管理跟踪。另外，将定位系统与医院现有系统进行对接，根据为每个病人佩戴的定位标签的位置信息，系统实时推送病人的基础信息及病人病历、护理病历及LIS、PACS、心电系统等患者的检验检查报告单等相关病情信息到PAD等手持的终端上，方便医护人员查看，实现使用手持终端进行查房看病功能。

医护人员手部卫生合规管理，尽管医院每天都会进行常规消毒，但每天仍然有成千上万人死于医疗机构中发生的感染，由于医护人员手部卫生较差导致的交叉感染则是重要原因之一。而针对这个问题，可考虑在医院中部署实时定位系统，用于检查确保医生和护士接触不同的患者之前始终洗手，减少感染转移，从而避免身体状况本已虚弱的患者被二次交叉感染的可能。

救生物资高效利用及物资追踪管理，对拥有从病床到专业医疗设备等成百上千项重要资产的医院，通过对资产的实时定位及动态管理，优化物资管理水平的同时，大幅缩减设备查找时间，特别是在胸痛中心、卒中中心等场景下，紧急救援争分夺秒，提高操作效率对于紧急救援车、呼吸机、麻醉机、心跳机等救生资产来说则更为重要，实时定位可以实现对救生物资更加高速有效地进行部署利用。

特殊人群定位监测与及时护理，通过精神病人、突发病患者、新生儿等佩戴具有测量体温、心率等临床基础生命体征的定位腕带，并在系统平台上实时显示，实现体征数据观察、

分析及超阈值报警功能；同时病人可利用定位腕带的按键报警功能自主呼叫。可以实现基于实时位置，进行人员统计与电子点名；设置电子围栏，擅自离开或进入非法区域系统自动报警；采集并记录人员历史行动轨迹，可随时查看与追踪，实现对特殊人群监测以及护理。

新生儿身份识别与防盗，新生儿的高度相似性导致发生抱错事件，通过为新生儿佩戴具有体征监测功能的定位脚腕（防拆卸），实时定位并监测体征数据，保障婴儿安全。

室内定位技术在医院中主要用来进行人员管理及救生医疗器械快速定位，定位要求米级定位，较适合采用定位标签的外部使能方式，为人员佩戴定位标签、为医疗器械装配定位标签，对定位终端要求功耗低、便于携带。

2.2.3. 公检法司

公检法司行政系统作为体现国家社会治安及公平正义的代表，包括智慧监狱监所、戒毒所、办案中心、法院、检察院等众多场景，涉及到的人员众多，迫切需要借助室内定位技术提升信息化智慧化水平。

人员定位，定位技术应用在监狱监所，可以支持全天候点名；对危险犯人进行位置管理、轨迹分析；防拆定位手环可实时监测在押人员的生命体征；同时具有电子围栏和视频联动功能，在关键出入口及周界布置禁入边界，非法进入即主动告警，降低监管执法的风险，使监管工作智能化，提升立体防控能力，快速响应突发事件。另外，可为狱警佩戴定位标签，杜绝犯人提审会见等过程中无人看守的不规范问题。

车辆管理，对外来人员及车辆等进行定位，解决来访人员或车辆出入违禁区域无法快速有效监管、历史轨迹无法追溯的问题。

室内定位技术在公检法司系统主要发挥人员监管的作用，解决警力紧张、工作压力大且无法全局监控的难点，定位精度要求不高，要求定位终端便携、功耗低。

2.2.4. 博物展览

对于博物馆、会展中心等大型展览活动场所，动辄就会聚集成千上万的观众，展览中涉及众多贵重文物或展品等，对于场馆的安防管理提出了较高要求；另外观众对参展体验的要求也在不断提高。室内定位技术在博物展览领域应用在以下方面发挥重要作用：



图 2-7 博物展览定位场景

智能导航导览，在大型展览馆及博物馆中为参观者提供智能导航及导览服务，帮助参观者合理规划参观路线，并找到自己想要参观或欣赏的展品，同时根据参观者的位置，提供展品语音解说，为参观者提供导览服务。

贵重展品与文物等防盗管理，对展品、文物等资产进行定位，通过电子地图显示资产、文物的分布位置及具体信息；对文物、资产等使用防拆除的功能的定位设备，当拆除定位设备时系统会发出声光报警；当文物、资产发生位移时，系统会发出声光报警，并将该文物、资产的实时运动轨迹标记在地图上。同时可在地图绘制重要区域（如文物库房），设置电子围栏，设置人员进出权限，如非授权人员进入以及监护人员工作时间离岗等违规操作时发出声光报警。

安保人员管理与智能调度，采用室内定位技术实时定位安保人员位置，进行人员自动考勤、区域统计与电子点名、智能巡查等工作状态管理，并可存储历史轨迹与回放。同时将定位系统与场馆内视频监控、火灾报警、入侵报警等系统进行集成应用，实现场馆内的安防联动，高效智能调度安保人员，大幅提升对突发事件的应急处理能力。

室内定位技术在博物展览等大型活动场所主要用于安防智能化和提升参观者体验，在该场景中定位终端类型分两种：安保人员、贵重展品等佩戴定位标签；而对于参观者则使用手机等自带终端智能设备。定位精度要求亚米级别，考虑到需要利用参观者个人手机进行导航导览服务，定位终端要求通用、成本低。

2.2.5. 矿井、隧道、地下管廊

在矿井、隧道、地下管廊等工作场景中，通常具有环境艰苦恶劣、危险系数高的特点，同时还存在多工种、多工序巡查检修等情况，为保证作业秩序及人员安全，室内定位技术成为其迫切需要引入的技术，主要从以下两个方面发挥重要作用。



图 2-8 矿井、隧道、地下管廊定位场景

人员日常管理，实时定位人员位置，并基于位置数据实现人员考勤、跟踪定位、优化调配、智慧巡检等。

安全预警与灾后急救，对特定区域设置人员权限及电子围栏，防止越界作业；对车辆实时定位，防止超速、人车碰撞现象发生；危险情况发生时，系统可按区域对作业人员下发撤离命令，作业人员也可通过定位标签SOS按键自主报警，安全救援实时保障；可进行多种人员行为监测，有效预防安全事故发生；统计任意时刻特定区域人员分布情况，在发生危险时，为及时救援提供数据支撑。

在矿井、隧道、地下管廊等场景下，主要是基于人的定位，精度要求基本1~3米，终端要求通用性、功耗低等，便于携带。

2.3. 应用场景小结

各种行业应用场景中，主要分为对人的定位和对物的定位。在ToB场景下，比如智能制造、仓储物流、电力能源、公检法司等场景，主要是面向物的定位，提供AGV导航、资产追踪管理、电子围栏等服务，定位终端通常考虑为专用标签，这些场景下的业务需要为了特定客户和场景部署不同定制应用，建议定位业务主动权在网络侧，同时定位终端考虑低成本、低功耗。ToC场景下，比如博物展览、智慧商超、交通枢纽等，主要面向人的定位，提供室内导航、导览业务等服务，定位终端通常考虑使用手机终端；同时这些场景下的业务需要普适业务，定位业务考虑定位主动权在用户侧，尊重和保护个人隐私。

在不同的场景定位应用对定位要求不同，需要根据业务场景的实际需求、应用范围、定位精度、成本要求、终端功耗等具体分析使用对应的适合的定位技术。

表2.1 各种行业下应用场景下定位需求

行业领域	应用场景	定位精度	定位成本接受度	终端形态	终端功耗要求	业务网络需求	定位模式
	商品推送	米级	低	手机	无	有	主动模式

	定位导航	米级	低	手机	无	有	主动模式
	反向寻车	米级	低	手机	无	有	主动模式
	客流分析	3~5 米	低	手机	无	无	被动模式
智能制造	人员管理	3~5 米①	高	手机	无	无	被动模式
	物料管理	<1 米		定制	低	无	被动模式
	工具管理	<1 米		定制	低	无	被动模式
仓储物流	人员考勤	1~3 米	中	定制	无	无	被动模式
	物品管理	<1 米		定制	低	无	被动模式
	车辆调度	1~3 米		定制	无	有	被动模式
	自动 AGV	<1 米		定制	无	有	被动模式
电力能源	人员考勤	1~3 米	中低	定制	无	无	被动模式
	电子围栏	<1 米		定制	无	无	被动模式
	工具监控	<1 米		定制	低	无	被动模式
	车辆管理	1~3 米		定制	低	无	被动模式
交通枢纽	站内导航	1~3 米	低	手机	无	有	主动模式
	出行指引	3~5 米		手机	无	有	主动模式
	热力分析	3~5 米		手机	无	无	主动模式
医疗养老	医护人员	3~5 米	中	定制	无	有	被动模式
	医疗设备	1~3 米		定制	低	无	被动模式
	病人定位	1~3 米		定制	低	无	被动模式
	新生儿	1~3 米		定制	低	无	被动模式
公检法司	人员定位	1~3 米	中	定制	低	无	被动模式
	车辆管理	1~3 米		定制	无	无	被动模式
博物展览	安保管	3~5 米	中	定制	低	无	被动模式
	展品定位	<1 米		定制	低	无	被动模式
	展馆导览	3~5 米		手机	无	有	主动模式
矿井等	考勤管理	1~3 米		定制	无	无	被动模式

	电子围栏	<1 米		定制	无	无	被动模式
	紧急救助	1~3 米		定制	低	无	被动模式

①备注：考勤管理1~3米，指的是生产线工人在岗的定位信息，可用于工厂内检测工人在岗情况。

3. 定位端到端技术分析

面向行业应用的定位服务，整个系统分为终端层、网络层（定位网络&通讯网络）、平台层、业务层四层，不同的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，实现现实世界的数字化与智能化。5G网络浪潮的到来，各种技术、设备、应用逐渐完善和成熟，多样化的应用服务不断涌现，为定位端到端产业链带来机遇，同时为了满足各个应用场景的特性需求，对定位精度要求、灵活性、可复制性、维护性等方面提出新的要求。



图 3-1 定位分层架构图

3.1. 网络层-定位技术

GNSS卫星导航系统等传统GPS定位方式，在室内环境存在较大的局限，无法满足各行各业的室内应用的需求，各种室内定位技术如雨后春笋般涌现，百花齐放。目前主流的几种室内定位技术有蓝牙定位、蜂窝定位、UWB定位、WIFI定位、SLAM定位等，几种定位技术的描述如下：

1、蓝牙定位技术

蓝牙技术是一种短距离的无线通信技术,由于蓝牙技术发展迅速,蓝牙模块产业链成熟,发展出不少利用蓝牙技术的定位方案。

a) 传统蓝牙iBeacon定位

iBeacon蓝牙信标周期广播包含iBeacon的UUID等信息数据包,当开启蓝牙终端进入蓝牙信标覆盖的区域,蓝牙终端接收到广播包,根据RSSI算法计算出蓝牙终端到iBeacon的粗略距离。

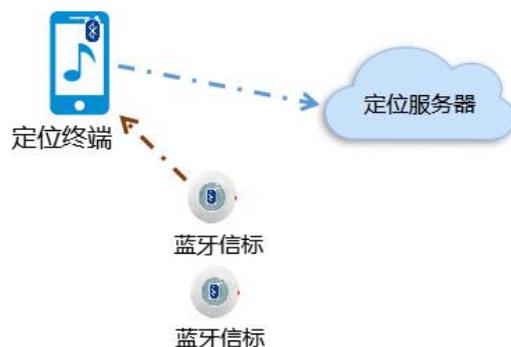


图 3-2 蓝牙iBeacon定位组网

b) 蓝牙网关定位

蓝牙定位终端周期广播包含蓝牙终端的UUID等信息数据包,蓝牙定位网关接收广播包,并将数据回传到定位服务器,定位服务器根据RSSI算法计算出蓝牙终端到蓝牙定位网关的粗略距离。

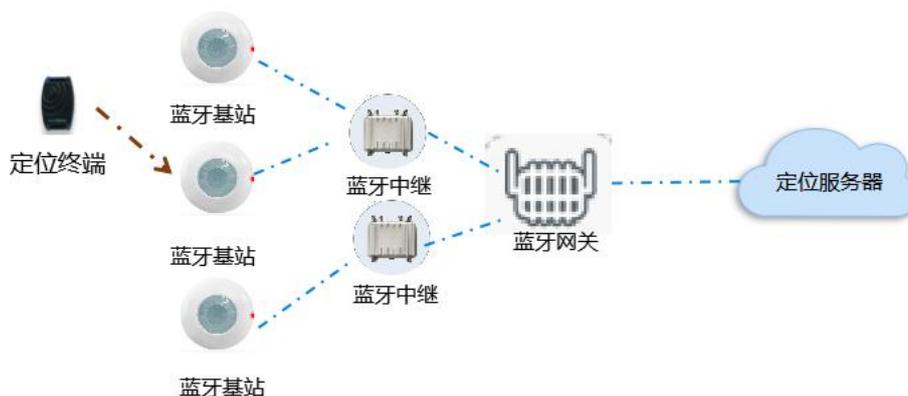
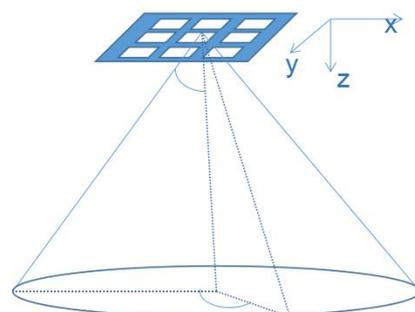


图 3-3 蓝牙网关定位服务

c) 蓝牙AoA定位

蓝牙定位基站使用天线阵列接收蓝牙信号,计算出蓝牙信号到达角(AoA)。蓝牙定位基站将数据回传到服务器,服务器可以利用已知的蓝牙定位基站高度 h 、到达角AoA计算出蓝牙终端的位置。一个蓝牙定位基站可定位蓝牙终端,多



个蓝牙定位基站联合定位可以获取更好的定位效果，定位精度可以到20~30厘米。

图 3-4 蓝牙 AoA 定位算法

2、蜂窝定位技术

运营商的蜂窝网络规模大、覆盖广，为蜂窝网络进行定位应用奠定了较好的基础。随着蜂窝网络的逐步演进，运营商在蜂窝网络的定位技术上，也进行了大量的尝试，定位方案的精度逐步提高，主要有：

第一种 基站估算定位方法

a) NCGI粗定位

NCGI定位即5G基于小区ID (Cell ID) 定位。该定位方法是使用UE所在5G小区的位置信息来粗略估计UE的位置。在定位过程中，通过寻呼等方法确定UE所在的小区ID，进一步得到小区的位置信息，从而得到UE的粗略位置。Cell ID方法的定位误差是小区半径级别。优点是定位成本较低，搜索时间较短，可信度较高。

b) E-CID定位方法

ECID定位在Cell ID定位方法的基础上使用UE和/或E-UTRAN测量数据来进一步提高定位精度。在使用ECID定位方法时，可能会用到RRC要求UE测量的一些测量量；在整个定位过程中，定位服务器不会因为要完成定位而要求（临时重配）UE做一些额外的测量，也就是说定位过程不提供测量配置或测量控制信息，UE只是上报它已经测到的测量量。该方法支持单站定位和多站联合定位，由于测量是UE和单个基站间独立完成，因不受基站间同步精度的影响。

c) NR E-CID定位

NR E-CID是指使用额外的UE测量、NR无线测量的数据来改进UE位置估计精度的技术。其测量数据包括UE测量的下行参考信号SSB/CSI-RS的RSRP/RSRQ。该方法可以与DL-AoD或UL-AoA定位进行联合定位，综合AoD或AoA和RSRP/RSRQ测量数据进行位置计算，提升定位精度。

第二种 时间测量定位方法

a) OTDoA

5G R15版本规范中定义了观察到时间差OTDOA (Observed Time Difference of Arrival) 定位方法。其基本思想是UE接收不同基站的下行定位参考信号 (PRS)，与本地产生的已知定位参考信号序列做时域或频域相关，寻找首达径来估计到达时间，计算不同基站的到达时间与参考基站的到达时间差RSTD，并采用适当的位置求解算法杰出UE的位置坐标。

b) UL TDoA

在上行使用的基于TDOA的定位方法称为上行到达时间差（UL TDOA或UTDOA, UpLink Time Difference of Arrival）。UTDOA使用多个位置测量单元（LMU，通常就是eNB）测量从UE发送的上行参考信号定时。定位基本原理与OTDOA定位方法类似，同样是计算多个RSTD测量量来求解UE的位置坐标，不同的是OTDOA测量的是下行参考信号到UE的时间差，而UTDOA测量的是上行参考信号到LMU的时间差。

c) DL TDoA

下行TDOA的方法类似OTDOA，其基本思想是UE接收不同基站的下行定位参考信号（DL-PRS），与本地产生的已知定位参考信号序列做时域或频域相关，寻找首达径来估计到达时间，计算不同基站的到达时间与参考基站的到达时间差RSTD（Reference Signal Time Difference），同时利用可能测量到的DL-PRS-RSRP，采用适当的位置求解算法计算UE的位置坐标。

d) Multi-RTT

Multi-RTT是5G R16版本新增的上下行结合的定位方法。其基于UE和多个基站/信号收发点（Transmission-Reception Point）互发参考信号，根据测量所得的UE Rx-Tx time difference、gNB Rx-Tx time difference、上下行参考信号的RSRP以及UL AoA等数据对UE的位置进行估计。该定位方法虽然需要同时配置上下行参考信号，但不受站间同步精度影响，且其定位精度也更高。

第三种 角度测量定位方法

a) DL AoD

DL AoD（Downlink Angle-of-Departure）定位方法采用5G基站或者信标通过天线阵列发射信号，被定位终端使用单个天线来接收信号，并将信号解码以计算出相对信号方向。定位时需要至少对两个基站或信标的参考信号的波束方向进行测量，两个方向的焦点即为理论终端位置。

b) UL AoA

到达角度（Uplink Angle Of Arriving, UL AoA）定位，需要在每个蜂窝小区站点上放置天线阵列，这些天线阵列一起工作，因为每个接收天线到发射天线的距离不同，从而接收器可以得出相位差，确定终端发送信号相对于蜂窝基站的角度。当有若干个蜂窝基站都得到了信号角度时，在CELLID基础上，他们分别从基站沿着得出的角度引出射线，这些射线的交点就是终端的位置。

基站估算定位技术是一种简单的定位技术，方案简单，适用性广，可以在蜂窝基站的覆盖范围内定位到用户的位置，但精度较差。使用SRS上行参考信号进行定位，在蜂窝基站密集部署的情况下，定位精度可以到五米到十米定位精度。5G时代RTT、TDOA (OTDOA/UTDOA)、AoA/AoD等技术的标准化，蜂窝技术的定位精度有望进一步提高。

3、UWB定位技术

UWB(Ultra Wideband)是一种无载波通信技术，利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。UWB信号的频率高，功耗低，多径分辨能力强，对信道衰落不敏感，这些特性特别适合UWB技术在室内定位领域的应用，是UWB定位技术精度较高的基础条件。

在定位区域内固定位置部署UWB定位微基站，UWB定位微标签主动发送UWB超窄脉冲。定位系统基于UWB信号进行位置分析计算，UWB定位技术中常用的定位算法有TOF、TDOA等。

a) TOF算法

当定位微标签进入定位微基站覆盖的区域后，定位微标签和定位微基站进行双向通信，利用TOF算法计算出定位微标签和定位微基站的距离。定位微基站将数据回传到服务器，服务器根据距离计算出定位微标签的具体位置。TOF算法的精度稳定可靠。

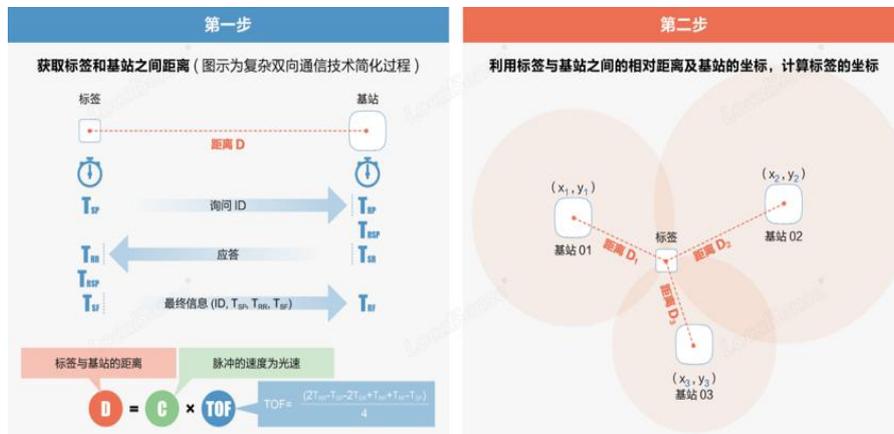


图 3-5 UWB TOF 算法

b) TDOA算法

当定位微标签进入定位微基站覆盖的区域后，定位微标签主动向定位微基站发射信号。定位系统根据不同基站收到同一帧信号的时间差，计算出定位微标签所在的双曲线，多条双曲线相交得到标签的坐标值。和TOF算法相比，TDOA算法消耗的通信帧数较少，能容纳更多的定位微标签同时通信，但是定位的精度与稳定性逊于TOF算法。

将以上两种算法有机结合，可以得到更好的适用性，并保持高精度的定位效果。UWB定位技术的精度较高，稳定性高，同时成本也比较高。

4、WIFI定位技术

Wi-Fi 作为主要的网络通讯技术之一，已经普遍存在于人们的生活中。同时，它也作为一个定位技术被广泛使用。Wi-Fi的定位应用以前主要有两种方式：

a) Wi-Fi指纹库定位：这种方式充分利用Wi-Fi信号无处不在的便利，预先构建无线信号指纹库。指纹库主要通过收集区域内Wi-Fi信号的标识信息（BSSID）和信号强度信息，结合采样点位置信息来产生。在使用中，再对定位设备收集的信号和指纹库数据进行指纹匹配，估算出设备位置。这种技术利用了现有环境中的Wi-Fi设施，无需搭建任何定位系统，非常便捷。缺点是指纹数据主要使用信号强度指标，定位精度不高，受周围环境影响大，而且需要经常重新搜集指纹数据来维持准确性，Wi-Fi指纹库定位的精度一般在5-20米范围。

b) Wi-Fi基站定位：Wi-Fi基站同时作为定位基站使用，Wi-Fi基站通过获取移动设备发射信号的信号强度，估算出设备的相对距离。当多个基站侦测到同个移动设备时，采用三边定位技术估算出设备的绝对位置。该方式是无线网络接入系统的衍生功能，在硬件上利用了无线接入框架，无需构建和维护专门的定位系统。缺点是无线信号的精度和稳定性不高，建筑物、人体都会影响信号强度的准确性，定位精度一般在10-20米范围。

随着Wi-Fi技术的不断进步，特别是WiFi5和WiFi6技术成熟，Wi-Fi作为定位技术有了新的突破，其中两个精度达到亚米级的定位技术开始进入实际应用中：

1) Wi-Fi 信号到达角度（AoA）技术：AoA技术在信号接收端使用特殊设计的天线阵列，利用无线波形的相差计算出信号到达角度。当多个基站一起使用时，通过三角定位的方式估算出设备位置。一般天线数量的多少会影响定位的精度和稳定性，因为WiFi5和WiFi6基站已经是多天线阵列，可以在不改变硬件成本的情况下，通过优化天线设计，即可让Wi-Fi接入基站同时能提供高精度定位服务。在应用中，WiFi6 AoA的角度精度可以达到1度，实现亚米级定位。AoA技术只需基站或设备中的一方支持天线阵列，另一方无需硬件或软件调整，非常适合对种类繁多的智能手机，无线笔记本，和Wi-Fi 物联网设备提供跟踪定位。

2) Wi-Fi信号飞行时间（TOF）技术：TOF技术通过获取无线信号传播时间来估算无线基站和设备间的距离。该技术又叫Fine Time Management（FMT）或Round Time Trip（RTT）技术，是802.11mc Wi-Fi技术标准的一部分。随着WiFi6的普及，Wi-Fi通讯频道的频宽可以达到160Mhz，使得RTT技术的理论精度达到1米，多个TOF基站即可提供厘米级或亚米级精度的定位。

以上四种Wi-Fi定位技术既可单独使用，也可组合使用，从而提供单基站定位，自学习定位等更多样式的定位服务。随着Wi-Fi技术的发展，这些定位技术性能还将不断提升，硬件成本不断降低，使Wi-Fi定位继续成为一个重要的无线定位手段。

5、SLAM定位

SLAM（同时定位与地图构建）技术概念始于上个世纪九十年代，SLAM技术研究运动体在陌生环境中同时完成定位与地图构建的工作。SLAM技术能同时解决定位与地图构建的工作，对于陌生环境的初次探索极为高效，但SLAM技术的要求也导致技术实现较为复杂，需要多学科交叉应用才能取得较为理想的效果。

按照传感器区分，SLAM主要包括激光SLAM和VSLAM（视觉SLAM）。激光SLAM使用激光雷达获取周围环境信息，这种方案起步较早，较为成熟。视觉SLAM使用摄像头获取周围环境信息，根据图像和位置构建地图，生成点云地图，后续实时拍摄图片和构建的点云地图进行匹配从而进行定位。近年来得益于摄像头、视觉识别技术的发展加持，SLAM方案有了快速的发展。相对其他定位技术，无论是激光SLAM还是视觉SLAM都能获取到较高的定位精度，但成本相对较高，对环境的适应性有待进一步提升。

6、小结

各种室内定位技术百花齐放，各种定位技术都有其独到之处，我们从定位精度、方案总体成本、定位方案环境适应性等角度对各种室内定位技术进行粗浅的评价。

表 3.1 各种定位技术对比

定位技术	蓝牙 iBeacon	蓝牙 AoA	蜂窝定位技术（5G）	UWB	Wi-Fi	vSLAM
定位精度	米级	亚米	米级	分米	亚米级/米级	厘米级
终端及基站成本	较高	较高	高	高	较低	高
网络成本	高	高	高	较高	较高	较低
环境适应性	较高	较高	较高	高	较高	较低

3.2. 终端层-定位芯片

当前主流的定位技术包括蓝牙、Wi-Fi、UWB、基于移动通信网的定位等。定位芯片作为定位生态链中终端产品的关键部件，极大地影响导航定位终端产品的核心竞争力，定位芯片

的技术方向一定程度上代表着定位终端产品的发展方向。各类定位芯片在不同场景和环境参数下的性能各有优劣，所能提供的定位方式、定位能力、定位范围、接续性和精度也各不相同。

低功耗蓝牙技术BLE 4.0的出现解决了无线连接设备功耗高的难题，低功耗技术使得蓝牙市场迎来规模性发展，各蓝牙芯片厂商相继推出了各自的低功耗蓝牙芯片，可支持基于RSSI的室内定位，定位精度可达2~3米。蓝牙5.1标准引入了AoA和AoD的角度定位算法，通过蓝牙设备感知发射节点信号的到达/发送方向，计算接收节点和发射节点之间的相对方位或角度，可将位置精度提升至厘米级。目前国内外主流蓝牙芯片厂商已相继发布了可支持蓝牙5.1标准的芯片产品，部分厂家甚至已推出蓝牙5.2标准的芯片。2019年蓝牙联盟开始探讨新的定位技术HADM(High Accuracy Distance Measurement)，提高现有室内定位方案的定位精度和可靠性，未来蓝牙芯片可能需要支持HADM定位能力。

Wi-Fi定位包括RSS测距，RTT测距及指纹匹配三种常用的定位方法，目前这些方法无法满足室内亚米级的定位需求。IEEE802.11已经开始对下一代定位技术进行研究，称之为802.11az，将支持2.4GHz、5GHz和60GHz的传输频段，提出了90%的情况下需达到1cm的精度需求。Wi-Fi定位芯片未来将向支持多频段、大带宽、高频率的方向演进。由于定位市场的应用存在较大的差异化，Wi-Fi芯片定制化趋势会越来越明显，对于芯片在定位能力的要求越来越高。

在5G时代，高精度室内定位是非常重要的需求，作为5G芯片的第一个版本，NR R15阶段在不借助Wi-Fi/BT等技术的情况下，无法实现高精度的定位。随着3GPP标准的演进，NR R16阶段5G芯片将可初步满足80%的时间能实现室内3米的定位精度要求，而NR R17将在NR R16基础上继续演进，根据在TS 22.804中定义的工业物联网定位需求，NR R17将实现亚米级定位精度，可以满足0.2米以内的绝对精度要求。

UWB利用其物理层高带宽、窄脉冲的优势，通过TOF\TDoA等方式实现高精度定位，能够达到10cm级的定位精度，是目前基于无线通信技术定位能够达到的最佳精度。IEEE 802.15.4z协议推动UWB技术更加安全的通信、更加精密的测距方向演进，同时，UWB Alliance、Fira等组织正推动UWB芯片实现标准化和互联互通。由于其成本高，UWB芯片主要应用于ToB市场，而随着苹果、三星、小米等手机对UWB芯片的嵌入，在ToC市场也在快速发展。

综上所述，各类芯片的定位方式和定位性能有所差异，定位芯片的应用场景也不一样。不管是哪类定位芯片，从芯片的共性角度来看，低成本、低功耗、先进工艺、高安全性，是

未来定位芯片发展的方向。由于当前定位产业链生态还不成熟，市场处于探索阶段，一定程度上也制约了芯片的发展，需要产业界上下游联合协作，通过广泛的应用来推进定位芯片的发展。

3.3. 定位平台

定位平台主要考虑多层次定位融合能力，基于MEC边缘云平台提供定位解算服务能力、LBS定位能力、业务应用平台服务三方面能力，形成融合开放系统，提供基础定位服务。

在各垂直行业的实际应用中，现场环境和需求场景不同，根据其定位空间维度的不同需求，提供不同的定位模式，目前普遍使用的定位模式有如下几种。

表 3.2 常用室内定位模式

定位模式	含义	基站部署特点	常用场景
零维定位	存在性检测，也可称为“点定位”，可以准确判断标签是否存在于小区域内。	1 个基站，摆放在区域正中心位置。	小房间
一维定位	单轴方向上的定位。也可称为“直线定位”，能够精确定位标签在直线上的运动轨迹，不定位反映平面运动情况。	沿着需要定位的轴部署基站，间隔不超过 30m，拐角、路口另加。	狭长的通道
二维定位	能够精确定位标签在两个坐标轴上的位置。也可称为“平面定位”，能够反映标签的平面运动轨迹。	基站部署一般按照网格化规则部署，基站间距不超过 30 米。	空旷区域或大房间
混合定位	基于复杂场景下的上述零维定位、一维定位、二维定位的结合		

不管哪种定位模式，最终都有定位解算平台进行计算。在定位解算服务平台，通过终端上报的无线蜂窝通讯、蓝牙、UWB或者SLAM多个定位信息，通过位置解算算法，最终获得终端当前位置，完成提供零维定位、一维定位、二维定位不同维度的位置信息，匹配不同精度、复杂场景需求。

LBS定位平台即移动位置服务，它主要功能是通过网络运营商的无线电通讯网络获取移动终端的位置信息（地理坐标），其同时支持各种网络制式，帮助运营商节省投资、简化运

维，支持CELLID、TA、RTT、ECID、OTDOA、A-GPS等各种定位方法，支持虚拟化/云化部署，支持弹性可伸缩，降低运营商CAPEX/OPEX，实现业务平滑升级。

MEC边缘计算平台，提供边缘计算资源，结合5G网络，贴近用户部署，进一步降低用户网络时延。MEC边缘云可为定位技术提供解算平台，满足定位解算服务统一部署，并提供统一对外接口将位置信息供第三方应用服务实时调用。同时MEC边缘计算平台为各种定位解算服务、应用服务提供算力，协同融合多种定位内容，实现多种不同定位技术的组合的可能性，更好的为各种定位应用提供位置服务，通过位置大数据提供更有价值服务。

整个定位平台可以下沉部署在边缘云平台，同时也可以部署在核心网后端核心机房，运营整张网络的运营商具有管理整个定位平台的先天优势，可以为各种应用提供定位信息基础接口。目前各个运营商积极探索定位平台的统一管理，定位服务商业模式，构建整个定位产业链的基础平台。

3.4. 业务层

室内场景业务纷繁，业务层依赖于平台层提供的定位服务、地图服务等，为各个应用场景下提供丰富的服务业务。应用层是最终用户层需求的体现，定位能力作为一个原子能力开放给各行各业的应用平台，应用层的发展依赖于整个生态链的发展，例如终端芯片、企业平台，直接面向最终用户，满足需求。室内位置服务关联应用业务，虽陆续已有企业部署定位相关应用，但目前并没有一个统一的应用平台，需要产业链推动应用的标准化，规范化，以便快速满足企业各种多样化、场景化的需求。

室内应用一种是基于人的定位，提供考勤、轨迹跟踪、导航服务、热力分析等应用服务，一种是基于物的定位，提供电子围栏、物品轨迹跟踪等。业务应用主要涉及原子功能：

1) 环境物理结构全局化展示，提供室内地图浏览功能，方便在多种场景中呈现环境整体结构。

2) 提供路线路径规划及导航，为用户提供室内导航，定位当前位置，并可根据目的位置进行路线规划。

3) 轨迹大数据分析，基于室内定位数据和室内地图平台，从时间和空间多维度分析挖掘海量人员定位数据。分析需要关注的个人或者人群在特定时期或时段内的活动轨迹，借助于室内地理信息系统空间分析，可以生成基于地图的用户行为分布报告地图，可以在地图上可视化渲染出用户的位置分布情况，输出用户位置分布色谱图、点密度图等各类专题地图，上

层应用基于大数据分析进行人流分析、设备轨迹分析等进行企业管理。

4) 电子围栏, 实现在地图上定义需要重点监控的危险区域或需进行商业推送的区域, 该区域可以是一个圆、矩形, 或者是一个任意形状的多边形区域。如果指定终端靠近该区域, 自动触发条件, 产生报警信息或进行信息的推送。

业务层直接面对各行各业企业客户, 不同场景的客户需要不同, 即使相同场景下不同客户的需求也有会有些不同, 形成应用层本身的原子能力, 适应需求。同时 5G 网络建设下, 运营整个网络的运营商, 势必推动产业链的业务层标准化、规范化, 能够更快的匹配客户的多样化需求。

3.5. 地图服务

在室内位置应用中, 室内地图是底层必需的定位数据承载平台, 基于实时位置大数据, 一方面进行室内人流、物流、车流的可视化展现, 同时可结合商业数据、物联数据后进行高级分析得到蕴含商业价值的的数据, 这些数据都需要通过可视化的手段在地图中展示。在 B 端, 楼宇管理者结合室内地图应用完成楼宇应用业务系统, 优化管理水平, 提升运营效率, 制定业务策略; 同时在 C 端, 室内地图及定位数据的外部公众服务平台可以帮助引导客户消费, 提升客户服务质量, 消费者利用地图工具做出更好的选择。室内地图的二维形式可以对目标区域进行全局化的展示, 三维形态相比二维形态更加直观, 可以达到立体化了解室内情况的效果, 对目标区域进行一眼观山的展示, 二三维一体化的地图应用可以全面准确的呈现室内环境及位置轨迹的规律。

定位应用最终离不开地图技术, 室内地图目前还没有和室外地图一样, 具有极高的空间应用价值, 为了提升用户友好度, 提供统一的室内地图, 快速开启应用开发, 与定位系统快速对接, 本章节主要描述室内地图解决方案, 同时可以利用惯导、大数据分析定位数据。

系统运用二三维一体化技术, 首先满足业务需求, 有友好、直观的展现形式, 同时保证工作效率以及在较低成本的情况下可以快速成图, 迅速发布, 需保证实现室内外地图无缝切换。可视化设计工具, 灵活、快速地满足不同用户对数据不同角度的可视化需求, 以多维度、多种方式把数据分析结果直观展现给用户。

如果面对大批量室内数据统一管理的需求, 运用位置大数据中台的架构, 在数据入库、抽取、输出以及挖掘中, 一方面实现数据的统一管理, 另一方面为 C 端及 B 端客户快速输出地图及定位数据, 以便服务于前端快速、复杂、多变的业务需求。

四 提供室内地理信息系统应用功能的原子能力

1) 室内地图提供，提供地图浏览、图层显隐等基础功能，支持多种坐标系，坐标配准，便于多种室内外定位技术接入。

2) 室内外地图无缝切换

室内地图与室外地图进行坐标系配准，室内外地图融合为“一张图”，依据室外定位源及室内定位源的变化切换，允许地图联动，实现室外到室内/室内到室外的无缝切换，也可以通过点击进入等其他方式进行切换。



图 3-6 室内室外无缝切换

5G会带来速度突破，云计算和边缘计算会革新室内资源部署，为前端的室内位置应用提供了更加高效和便捷的体系架构。人工智能会为我们带来前所未有的交互手段，我们在使用室内应用的同时产品也在适应我们，理解我们的行为，为我们的规划填上最优解。室内地图及位置服务应用可以突破以往的方式，更快捷地享受室内应用带给我们的便利，无论在C端还是B端都是刚需和高频应用需求，在为大众提高服务水平的同时还助力保证复杂室内环境的人、物、车井然有序。在大数据时代更是复杂室内场景当之无愧的基础系统，与5G前沿技术结合，室内地图应用会在其中发挥巨大的价值。

3.6. 室内外地图融合

室内地图服务的基础是能够提供室内空间位置信息的室内地图，与室外地图相比，其在小区域内反映相同平面坐标系下不同高度上的人工构筑物的内部元素，比例尺大、精度要求高，特别是对高程信息的表达，是显著区别于室外地图的特点。针对室内地图的特点，研究室内地图通用或标准的表达方式，以支持大型场馆建筑的室内定位服务，显得尤为重要。基于现有电子地图，并结合GPS定位技术，位置服务为人们的日常出行提供了完善和便捷的定位导航服务。但是，现有电子地图表示的都是室外区域，当将其延伸到室内领域时，碰到了

两个难题：1) 传统的GPS定位技术在室内环境下无法正常工作；2) 传统定位导航地图均是平面地图。但是对于室内场馆，不仅具有平面坐标系统，而且高程系统也同样重要。同一楼层内具有水平交通，楼层间也具有竖向交通，如何解决立体地图的设计并实现立体交通的导航是室内位置服务急需解决的难点之一。

相比室外地图，室内地图需要在相对小的范围内展现复杂的室内元素和信息，同时由于室内场景的变化频率要远高于室外场景，所以室内地图的更新需求和频率也比室外地图要高。随之室内场景业务满足范围越广，室内和室外地图无缝融合切换是一个重要的需求，可以考虑室内地图和室外地图使用同样的投影体系、坐标体系，地图表现形式2D、2.5D、3D几种类型，室内POI数据不同于室外POI，要想使室内结构一目了然，用户有良好的室内体验，需要采集包含电梯、扶梯、商铺等高精度地图元素，使用户轻松找到室内ATM、问询处、店铺等位置，同时支持室内2D/3D精细地图渲染和呈现。同时，应用层面需要各个楼层切换流畅，POI数据精准展示需要不断的产品迭代打磨。大型商超和交通枢纽以及重要场馆因其商业化价值高成为室内地图的优先采集场景。目前百度地图高精度室内地图覆盖全国5000多家大型商超的室内建筑，逐步完善室内室外地图的感知。

室内定位位置服务端到端的产业链中，支持室内定位的地图应用成为C端用户感知室内定位重要性和便利性的第一门户，诸多衍生场景的孵化离不开C端用户对大众出行应用的感知认可。为了满足不同业务场景的定位需求，室内导航应用需要在信息通路建立的基础上为不同行业打造个性化的解决方案，提供一站式的产品与服务，将传统场景融入智慧物联，解决行业痛点，助力产业迭代升级。

3.7. 室内定位服务和运营

室内定位服务的需求来源于用户的真实出行体验，用户进入某陌生的大型室内建筑时，如购物中心、机场、展馆等，由于面积较大室内布局复杂，常常会遇到无法得知自身所处环境位置类似困扰，并且由于室内外网络覆盖的空间不连贯性，常常造成定位信息不能平滑过渡，用户体验差的问题。这就要求地图厂商打磨产品的过程中实现室内外地图无缝衔接，从算法技术的角度打破用户出行的室内外“屏障”，需要一个完善的室内外一体化的地图应用的技术架构，架构层面包括客户端与服务端。

客户端的物理载体包括：PC、android手机、ios手机，以及其他封闭式系统，客户端的逻辑实现包括如下类型：Native应用、小程序、网页。客户端与服务端一般通过http等网络方式进行交互。

服务端包括前台、中台和后台。前台用于与客户端建立网络连接，将客户端的定位请求接入，一般使用linux下的http服务器实现，典型的包括Apache、Nginx等。中台用于实际定位解算，其具体实现逻辑依赖于定位算法，最主要的两类逻辑主动定位与被动定位。主动定位情形下，客户端上传全部获取到的定位依据，中台服务需要基于定位依据请求后台服务，确定每个定位依据的位置或者指纹服务的位置，并依照定位算法进行位置解算。被动定位情形下，中台服务则需要请求设备附近的信号源（探针），通过汇总多个信号源感知到的设备信号，形成对设备的信号场描述，进而请求后台服务进行定位解算。

从服务端的服务范围角度，分成内网部署和外网部署两类，前者面向局域网服务，后者面向公众服务，后者要考虑更多的防攻击、防劫持需求。

从服务端的运维角度，分成自建服务集群（IAAS）与云平台（PAAS）两类，前者需要室内定位开发者自行调配物理服务器并搭建定位服务，后者则建立在资源池的基础上，实现重业务逻辑、轻物理运维的云计算模式。

室内定位服务开发者也可以将定位逻辑剥离出来，构成定位SDK的模式，即开发者不需要关注服务端的构建，只需要调用客户端的相关API接口，即可在应用中实现室内定位能力。目前大型地图厂商，如百度地图、高德地图都支持Android定位SDK的对外开放，该SDK是为Android移动端应用提供的一套简单易用的定位服务接口，通过该定位SDK，开发者可以轻松为应用程序实现智能、精准、高效的定位功能。实际室内外定位场景中，可能会存在很多的位置抖动，地图应用通过构建平滑策略算法逻辑优化步行场景下部分抖动情况，真正实现室内外定位的平滑无缝过渡。同时，地图厂商还需在服务端为B端用户提供室内定位管理平台，提供工具进行室内定位数据更新，及时检测数据准确性，基于定位服务，建立精准营销方案，从而实现从技术到用户体验全方位的打通落地。

此外，在环境复杂、信号不稳的室内场景，上层应用还可利用诸如视觉定位与增强现实服务 VPAS（visual positioning and augmenting service）辅助技术实现室内导航。VPAS技术通过基于图像的大尺度SFM技术构建商场的高精几何地图，然后利用场景理解算法、3D视觉定位算法实时计算用户的准确位置，在实际复杂环境的实测定位精度可达1米。用户仅需进入AR实景导航，抬起手机扫描周围实景即可快速获得自己的精准定位，跟着稳定、流畅的导航到达目的地。应用厂商还可进一步优化室内步行AR导航中的AR引导路线、AR前进方向

的虚实融合效果体验,并支持在导航过程中的AR商品互动或AR游戏互动,让室内导航更有趣,更具商业化价值。

3.8. 总结

室内定位依托端到端产业链的发展,受限终端芯片普及以及成本,室内地图的个性化复杂化需求,应用业务的个性化,定位精度要求高等等方面,端到端产业链发展还需要进一步成熟,其中终端成本降低是基础,地图构建是重要支撑,运营整个端到端定位应用还需要很长的路需要走,随着定位技术的不断发展,端到端的定位技术不断的成熟,相关的应用也会不断丰富。

基于位置服务从产业链情况来看,结构较清晰,各环节划分比较明确,上游产业链包括芯片、模组和相关配套组件的制造商;中游产业链包括终端、基站、服务器等设备生产商;下游包括方案集成商、系统开发商及网络运营商等。芯片及高性能硬件等研发欧美厂商优势明显,国内企业的业务集中在硬件集成、系统集成、商业系统开发等下游环节。芯片是整个产业中有能力整合各方关系的主要因素,其发展程度直接影响整个生态系统服务能力的高下,近年来室内定位技术不断成熟,更多的应用市场不断被开发,国内企业开始着力于向上游环节扩展。

目前蓝牙、UWB等多种位置服务和通讯服务相互隔离,维护、部署成本高,各种定位技术满足的应用场景不同,各类定位技术各有侧重,单一的某一种定位技术不能满足复杂的室内高精度定位能力的需求,5G与其它定位技术的融合是定位技术发展的方向。

4. 定位解决方案

利用5G的大带宽低时延特性及站点密集部署,蓝牙\Wi-Fi\UWB\SLAM定位技术与5G相结合,有利于更多的传感器接入,大量传感器数据及位置信息数据及时上传。5G室内网络可以与多种室内定位技术融合,一起提供面向5G网络的多层次融合定位解决方案,期望在定位精度以及覆盖范围上实现定位性能的整体提升,整体融合架构如下。



图 4-1 融合定位架构

从定位基站部署维护方面，开放 5G 智能室分系统级联供电能力，级联非 3GPP 定位设备，形成 5G 小基站和定位基站松耦合部署方式；或者，开放智能室分系统级联供电能力同时开放级联数据通道，级联非 3GPP 定位设备，形成 5G 小基站和定位基站紧耦合方式。5G 小基站和定位基站松耦合和紧耦合部署方式，可以共部署，同时提供无线通讯以及高精度定位能力，可以大大减少部署和维护成本，部署 5G 网络同时以最小成本部署定位基站。

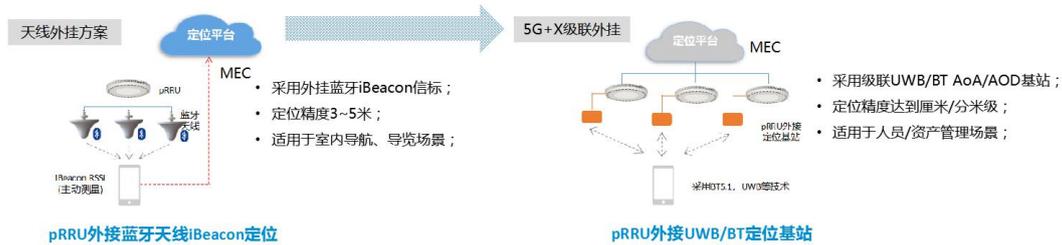


图 4-2 融合部署方式

从定位解算平台考虑，边缘计算MEC支持边缘应用的部署，将定位解算应用部署到边缘平台，一方面通过将计算能力下沉到移动边缘节点，提供网络服务能力、硬件加速能力等，为移动边缘入口的服务创新提供了可能，另外一个方面各种定位解算统一放置边缘云，提供各种定位阶段融合的可能性，定位能力更加灵活，改善业务体验。通过定位解算平台，融合各种定位技术，并对路径进行拟合，最终做出动态定位结果，预判定位终端运动方向、当前准则位置等，使得定位服务更灵活，定位位置数据更准确。

应用平台考虑，统一部署平台，并使用定位解算平台提供的位置服务和地图服务，为各种应用场景提供地图呈现、轨迹导航、电子围栏、目标寻物等原子能力，为面向使用者提供多样化位置服务。

5G 室内融合定位架构利用定位和通讯基站共部署、融合定位解算平台、应用业务融合

等关键技术，提供室内应用场景解决方案，期望降低整体部署、维护成本要求，满足各个应用场景的定位多样化的需求。

4.1. 5G NR 定位

5G NR定位基于5G蜂窝通讯网的定位技术，蜂窝网络为终端提供无线通讯功能同时提供定位服务，满足不同应用场景下通讯和定位需求，满足企业、个人用户应用的需求，网络运营商提供网络服务的同时提供位置服务的增值服务。5G NR基站结合5G 网络大带宽和多波束的特性，可以支持multi-RTT、AoA 和OTDOA 等多种定位技术，不同的算法实现的定位精度各不相同，本章节主要介绍4G开始已有的场强指纹定位以及R16中提出的定位技术之一multi-RTT定位两种定位方式，其他定位技术不再一一列举。

基于蜂窝信号的场强定位从4G室分网络开始已有研究，5G网络室分场强定位集成已有4G网络实现，基于上行SRS场强测量的指纹库匹配定位算法，完成终端定位。基于MEC边缘云部署定位算法引擎，对应用服务层提供统一的对外定位查询接口，提供网络定位服务的原子能力。业务应用获取到定位信息，结合地图、大数据分析实现人流统计、轨迹追踪等应用。

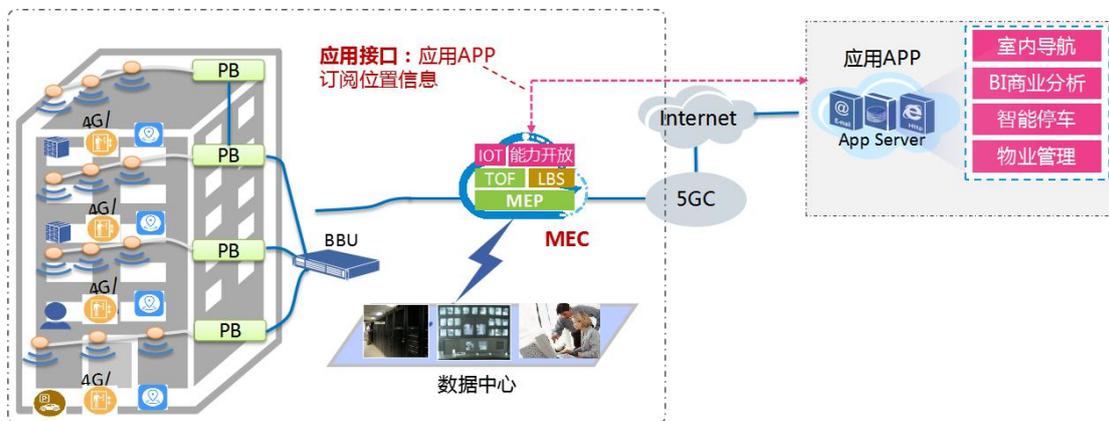


图 4- 35G NR 蜂窝场强组网

基于信号场强测量定位，定位精度在 $1/4 \sim 1/3$ 站间距，可以用于商场的人流统计、个人商场导航各种场景，对于消费者，可以满足个人定位导航需求。

multi-RTT定位基于多个基站单独轮流发送不同的PRS，引入邻区测量SRS技术完成的定位算法，其算法的主要步骤测量终端用户到至少3个基站的传输时间RTT，并根据 $TOA=RTT/2$ 的关系以及并根据定位解算公式计算用户的位置。RTT（Round trip time）算法通过将测量基站到UE的传输时间分解成两个步骤，化解基站之间、基站和终端之间的时钟同步的要求，

测量过程：1、基站的传输接收时间不同gNB Rx-Tx time difference；2、UE的传输接收时间不同UE Rx-Tx time difference。并基于这两个变量得到RTT。

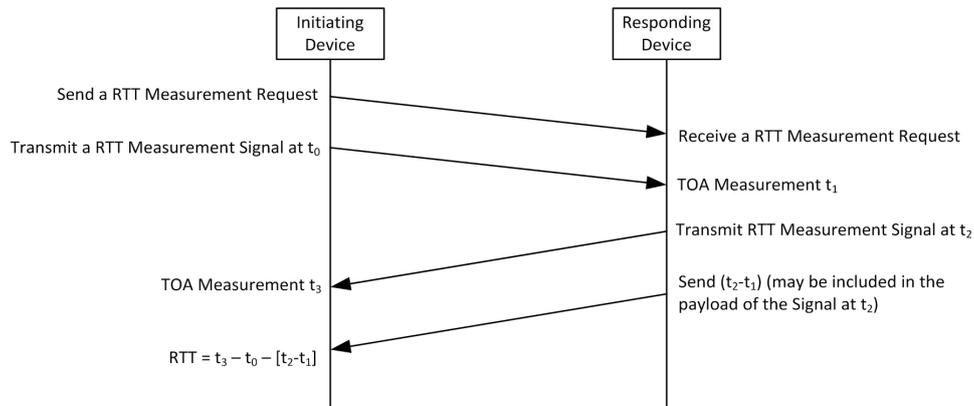


图 4- 4 RTT定位交互示意图

定位测量量传输到定位解算平台，最终解算得到5G 终端位置信息，定位解算平台开放位置服务接口供应用服务调用。5G NR RTT定位精度理论能够达到米级定位，对于定位精度要求不是特别高，特别是室内外定位保证连续性的场景特别适用。

R16协议中重点提出对垂直行业应用的支持，基于5G NR基站的定位是关键技术点之一，5G精准定位对于推动和开拓诸多垂直应用发展至关重要，例如公共安全和室内导航，基于蜂窝技术的定位可与现有的全球导航卫星系统（GNSS）互补，通讯和定位基站合一，大大节约了成本，通讯和定位终端合一，满足定位的要求。

4.2. 5G+UWB/蓝牙 AOA 高精度室内定位

5G技术大大提升移动网络性能，提供大带宽、低时延、广连接的网联能力，为垂直行业的数字化提供必要的技术保障，蓝牙、UWB高精度定位可以达到厘米级别定位精度，结合通讯和定位精度的需求，5G融合高精度室内UWB、蓝牙AoA等室内定位解决方案应运而生。本方案主要考虑定位基站与5G分布式皮基站结合共同部署，定位基站复用5G皮基站的站址资源、供电资源和传输资源，同时结合边缘计算、大数据等领先技术，提供亚米级定位精度，满足智慧园区、交通枢纽、工业智能制造、大型展馆等室内场景下的各种定位业务需求。

5G融合UWB/蓝牙AoA定位方案定位基站连接5G智能室分的级联口，提供定位基站设备的供电，同时UWB/蓝牙AoA基站的数据经过5G智能室分系统（BBU、PB和PRRU），最终传输到部署在MEC上定位解算服务。

该系统融合由硬件层、网络连接层、数据解算层和应用层四部分组成。

硬件层是融合定位系统实现通信、定位功能的主体部分，包括定位微基站、定位微标签、5G智能室分系统（BBU、PB和PRRU）。其中，定位微基站和定位微标签，为定位功能硬件单元。BBU、PB和PRRU为5G通信功能硬件单元。

网络连接层主要功能是为定位微基站采集的数据回传至MEC，提供网络链路。5G融合UWB/蓝牙AOA定位融合方案组网架构如图所示：

5G融合室内定位方案组网架构

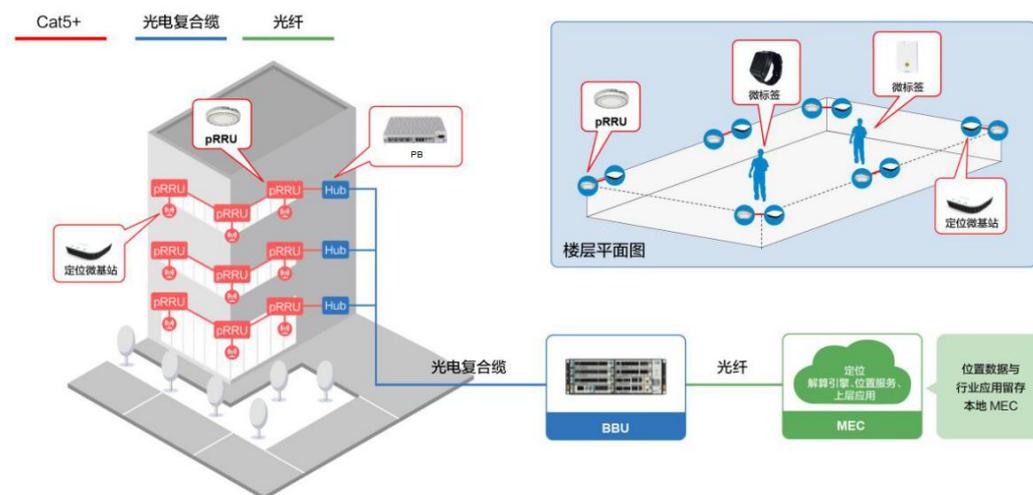


图 4-5 5G 融合 UWB/蓝牙 AOA 组网架构

数据解算层是实现标签位置计算的关键，位置解算引擎将定位微基站回传的数据，经过数据清洗，依据不同的定位算法（TOF/TDOA/AOA/AOD等），解算出标签位置坐标。解算引擎部署在MEC，可以充分利用MEC平台提供的计算资源、存储容量、处理能力，发挥5G网路高速率，低时延，大链接的优势，进而提升网络利用效率和增值价值。

应用层针对行业客户的需求，利用5G融合室内定位技术，完成业务层面的呈现，实现海量位置数据赋能千行百业。个人服务方面，定位技术助力个人室内导航，车库导航，电子导诊等位置服务；企业服务方面，定位技术通过提供人与物的定位，助力企业安全管控和生产效率提升；在公众服务方面，定位技术能够提供基于精确位置信息的人流量统计、紧急救助、紧急搜救，助力公共安全与应急救援。

4.3. 5G+传统蓝牙室内定位

传统的蓝牙信标安装时自带电池信标，施工中不涉及弱电拉线等工作，施工难度大大降低，但无法实时监控信标设备运行状态，后期需定期更换电池等，给维护带来极大不便。运

营商部署5G室分系统时，外置天线内置蓝牙功能，蓝牙网关支持授电并通过馈缆为蓝牙信标供电，同时蓝牙网关通过监控馈缆中蓝牙信号变化，判断无源器件工作状态，通过以太网回传集中管控，蓝牙网关配置蓝牙信标定位参数，实现iBeacon ID随机变化，防止定位信号被盗用。这样融合方案既能满足蓝牙定位的部署的需求，同时解决了蓝牙信标状态监控，无需考虑供电。

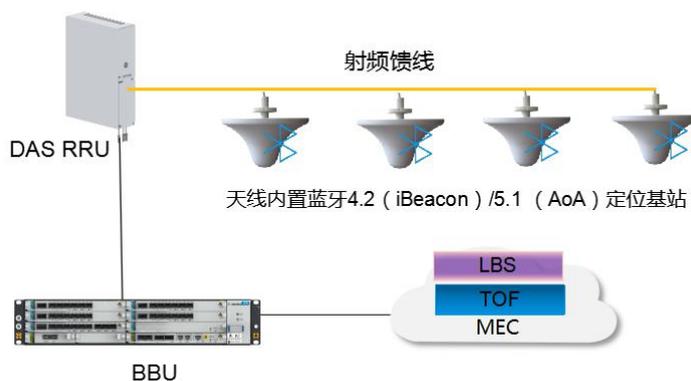


图 4-6 5G+传统蓝牙组网架构图

5G+蓝牙定位方案，共部署、共维护，通讯+定位结合使用，维护简单，运维成本低，已经成为智能手机标配的硬件设备，蓝牙iBeacon定位被应用于室内定位的场景应用中。

4.4. 5G+Wi-Fi 室内定位

随着5G网络的发展，Wi-Fi基站可以作为5G网络系统的扩展层，将Wi-Fi基站和5G皮基站结合部署。Wi-Fi基站和5G采用紧耦合的方式，利用5G皮基站的供电和数据接口，既可提供无线接入服务，也可提供亚米级定位服务。主要注意以下问题：

管理框架：Wi-Fi有多种组网框架，无线控制器AC + 瘦AP框架更适合5G场景。定位服务可作为无线控制器的扩展服务，和无线控制器AC一起，安装在后台MEC上。

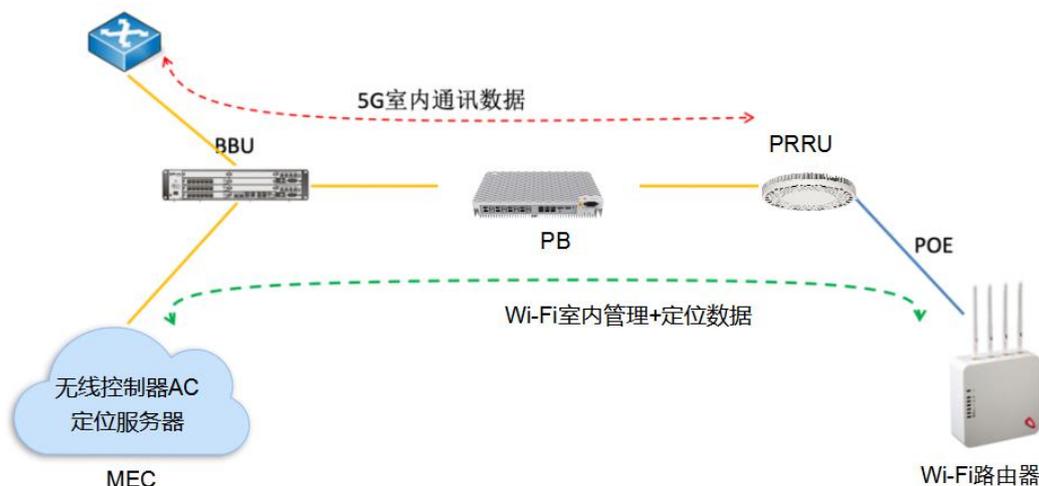


图 4-75G+Wi-Fi 组网架构图

数据回传：通过5G室分基站预留通道将管理数据、定位数据优先传输。

5G和Wi-Fi融合部署网络共同部署，可以大大节约部署维护成本，同时MEC提供统一的定位融合平台和管理平台，更加灵活满足各种业务场景的需求。

4.5. 5G+SLAM 融合定位

SLAM是一种高精度的制图和定位融合的方案，是智能机器人设备常用的定位手段，单纯基于SLAM定位算法容易出现一些挑战：其一是，位置丢失，当地图未能及时更新，或者未能提取位置特征时，导致位置丢失，需要重新定位，所以SLAM往往配套一些全局定位方法，比如在室外，SLAM+北斗/GPS是常用的方式；其二，SLAM算法复杂度高，应用的终端除了对终端传感器有很高的要求，对终端算法和终端计算资源都有较高的要求。

SLAM云化计算处理是目前趋势，SLAM 算法放置云端，大大降低本地算力，根据图像和位置构建地图，适配实时创建更新动态地图。SLAM云化处理，将实时传输采集的传感数据，数据融合特征提取统一放置服务器，传感终端和计算服务器直接需要有支持移动性的大带宽、低时延、高可靠无线网络支撑。

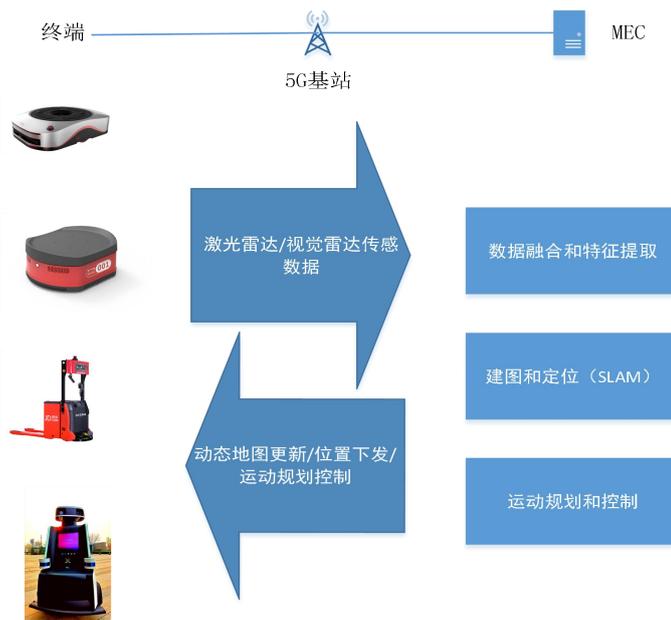


图 4-8 5G+SLAM 定位方案

如图显示的是5G+SLAM+边缘云的融合定位方案，5G网络提供大带宽、低时延、高可靠的无线网络，可以满足SLAM云化数据传输的网络诉求，该方案具有如下特征和优势：

云上计算，终端设备成本更低：激光雷达/视觉雷达以及各类传感器数据经由5G网络大带宽、低时延地上传到MEC边缘云平台，由边缘云平台对多设备的传感器数据进行融合和特征提取，以及地图构建和定位（SLAM）。通过云上的协同建图，以及可能的云上定位，能够减少终端侧的算力需求。并且，通过设备协同的信息感知，潜在有助于降低单体设备的感知设备要求。整体上，降低智能机器人设备的成本；同时云端边缘云平台可对多个设备处理，可以满足复杂的多终端协同，同时周围环境变化能够实时更新，更加准确进行定位判断。

5G辅助定位，减少位置丢失：5G不仅是一种通信手段，也是一种定位手段。5G定位能够作为一种全局以及较为稳定的定位，和SLAM高精度定位配合，形成稳定的高精度定位方案。首先使用5G定位相对粗粒度定位在哪里，圈定一个小范围，这样SLAM定位在地图上根据圈定范围进行视觉定位完成精细化高精度定位，从而解决SLAM位置丢失问题。

5G+SLAM可利用各自优势促进智能机器人设备在室内环境更稳定的运行，更容易适应环境的变化，智能机器人设备的应用场景更加丰富。同时未来可以考虑SLAM高精度定位位置数据作为定位原子能力开放，服务于上层应用业务，满足各种业务场景下高精度的定位需求。

4.6. 总结

5G网络和各种室内定位技术融合，使网络部署更灵活、维护更方便，定位应用范围更广，不同融合技术提供的定位精度不同，根据应用场景的特性，匹配最佳最合适的满足应用定位融合方案。5G融合室内定位解决方案，选择不同的技术提供不同能力的定位，下表描述各种融合定位技术的对比，以及建议应用场景，当然最终选择的方案需要根据自身特性，定位精度需求、定位终端成本要求等综合因素考虑。

表格4.1 各种融合方案对比

融合定位方案	优势	劣势	应用场景建议
5G NR 定位	实现简单	特殊专业极高定位精度要求不适用	商场、交通枢纽、博物展览
5G+UWB/蓝牙 AoA	定位精度 30~50 厘米，部署、维护成本低	定位基站单独部署，成本相对高	智能制造
5G+传统蓝牙定位	蓝牙终端通用、成本低，维护方便，生态成熟完善	定位精度一般，1-3 米	医院、商超、交通枢纽
5G+Wi-Fi	定位方式的多样、组网灵活，5G 泛在连接	Wi-Fi 定位更偏向专网模式。	商场、交通枢纽
5G+SLAM	定位精度高	技术待进一步发展	AGV 自动牵引车、物料仓储、智能制造

5. 典型应用示例

基于位置服务的应用业务，目前已开始初步发展，后面主要介绍基于定位服务的应用示例，利用5G室内融合定位方案可以满足各个场景的应用。

5.1. 汽车装配

汽车装配是智能制造的一个典型的具体的应用场景。

1) 场景需求

汽车流水线作为汽车整车生产的必要环节，涉及零部件众多、工序繁多，对保证汽车质量和生产进度起着重要的作用。汽车产线管理方式往往存在以下方面问题：人员管理效率和

时效性差；工器具防错管理不善间接影响产品质量；传统人工及RFID识别方式导致车辆装配进度追踪与监控较易出错，且成本较高等。因此需要通过实时定位技术，实现对车间流水线每一辆汽车的全程追溯及作业过程的高度透明可视化，规范作业流程的同时，大幅提高作业效率。

2) 解决方案思路

将“5G+蓝牙AOA高精度室内定位技术”融合应用，提供5G室内数字化分布式微功率基站级联蓝牙定位基站的解决方案，借助5G通信网大宽带、低时延特性，以及蓝牙定位基站的大规模组网，多基站横向角度联合解算方式，实现对流水线、车间等区域的亚米级定位覆盖，利用蓝牙AoA精准位置感知技术帮助汽车制造与装配各细分场景进行空间智能化建设，并一定程度上满足低成本、低功耗、多类型终端、亚米级定位需求。与此同时，还可结合位置大数据平台，为场景提供可视化展示与管理，提高汽车制造与装配作业效率，更好地保证产品质量。

3) 应用场景

5G+蓝牙AOA高精度室内定位方案通过位置解算引擎将定位微基站回传的数据，依靠高角度分辨率的专利算法，解算出标签位置坐标，解算引擎部署在MEC，可发挥5G网路高速率、低时延、大连接的优势，进而提升网络利用效率和增值价值。具体应用功能如下：

实现在装修车辆的实时定位及信息自动化推送，通过在生产线上安装定位和通讯基站，对即将上线的装配车辆进行定位标签绑定，确认唯一ID标识，从而实现产线上各个工位的车辆信息的高精度、实时推送，指导操作人员根据提示的车型及操作流程，实现车辆在产线上的快速装配，降低装配出错率。

返修车辆状态跟踪，对于返修车辆，可实时在地图上快速定位到需要返修的特定车辆。同时，基于车辆位置信息，车辆维修状态信息等多维度数据，实现返工区车辆状态的实时监控。

工器具防错，针对汽车装配中的紧固件与工具匹配防错问题，通过在电动工具中增加UWB位置传感器，实时定位重要工器具在车间中的位置，快速检索及查找合适工具所在位置，增加查找效率；另外通过工器具上的UWB位置传感器，检查零部件的拧紧部位，设定拧紧顺序，作业顺序防错，以此保证正确的拧紧部位、拧紧精度。通过判断具体生产区域是否有车，无车状态工器具状态仍为锁定，且操作人员无法私自启动。

利用5G+蓝牙AOA定位技术，将蓝牙AOA定位技术与5G相结合，解决汽车产线业务管理方面存在的不足，既有效解决汽车装配场景大规模标签应用的高成本与并发容量不足的问题，

通过5G的大带宽、低时延技术特性，解决定位数据传输问题，同时5G基站和蓝牙基站共部署，并共数据传输通道，大大降低部署成本以及维护成本。

5.2. 电力能源

1) 场景需求

电厂以往采用传统的管理方式，存在外委人员安全管理隐患大、无法有效监督和统计人员的到岗到位情况、高危作业场景或重点区域的监督防范的可靠性得不到切实保证、电厂工器具管理粗放且存在到检未检的漏洞、外来车辆与人员缺少实时监控等诸多问题，因此需要借助高精度定位技术进行实时管理。但与此同时，电力能源作业场景不仅具有高电磁辐射、高遮挡等特点，同时作业范围大且环境复杂，存在布线难、弱电成本高等问题。

2) 解决方案思路

针对上述需求现状，通过5G网络通讯和UWB高精度定位结合，充分发挥运营商5G室内网络建设的规模优势，通过5G网络通讯、MEC边缘计算、切片能力为能源电力厂区提供一个虚拟无线专网，从终端到网络接入、厂区应用等可以实现端到端的安全和高可靠性。与此同时，5G基站支持定位设备融合部署，一次部署完成通信网、定位网2张网格，定位系统充分复用5G基站的供电资源、传输资源和后期维护资源，完美的合并建设，节省成本。

3) 应用场景描述

位置地图服务，呈现整个电厂的地理结构图，对整个电厂升压站、汽机平台、趸船码头等区域布设能够一目了然的呈现给用户。

实时轨迹显示，厂区人员、设备运行轨迹实时跟踪，并回溯。可以实现电力厂区的人员跟踪、工具跟踪、外来车辆跟踪。

电子围栏告警，在电厂危险区域，设置电子围栏，当靠近该区域，自动触发报警信息。

安防摄像联动，摄像头实时监测周围环境，多目标多画面同时跟踪指定人员或者物品，客户端的WEB浏览器方式访问摄像头实时视频画面，跟踪指定人员或者物品的实时位置和摄像头拍摄区域联动，LED大屏分屏实时动态展示指定人员或物品联动的摄像头的视频联动画面，无需手动设置，即可跟踪查看对应行动过程中周末环境的视频。

自动考勤与工时统计，电厂工作人员进行工作厂区自动进行考勤记录，实现自动考勤。

自动化巡检管理，按时间范围、部门、人员、巡检任务、巡检路线多维统计结果输出；人员进出巡检点时间全记录；巡检结果导出到EXCEL文件，作为量化管理和绩效考核的重要依据。

通过将UWB定位技术与5G融合应用，实现对电力能源人员、车辆、工具等的实时定位，并将位置数据实时地将人、车、物的位置信息显示在电力能源企业的控制中心，并结合电子围栏、应急救援、智能调度等功能，实时定位产生的位置首先能直观地显示各类元素的位置，方便电力能源企业管理者对各类生产元素的监督。融合定位系统开放位置API接口，可考虑与已有系统进行无缝对接，实现对电厂区域作业管理、高风险作业监控、到岗到位管理、巡检过程管理、工器具管理及车辆实时轨迹监控等环节的智能精确管控。

5.3. 机场应用

1) 场景需求

(1) ToC场景，机场内部空间大、业态多，为了给来到机场的乘客或者接站人员提供更便利的服务，需要以地图为载体，以定位为驱动，为C端用户提供导航、站内搜索等服务。

(2) ToB场景，在机场内的工作人员众多，既有航空公司的员工，也有机场的员工；而且机场很多工作都是移动性较强的。机场在员工管理和调度方面需要高效的手段。机场内还有为数众多的手推车、地勤车、清洁车等可移动的设备，如何能实时获知这些可移动设备的位置并实施有效的调度，是机场管理工作中的一个重要方面。

2) 解决方案思路

为了解决机场在ToC场景和ToB端场景的应用需求，采用基于5G网络+蓝牙定位融合技术。通过网络采集各种信息传感设备的位置信息以及传感数据。基于5G网络+蓝牙系统末端传感收集数据，将机场庞大的环境的人、物、环境建立高效连接，极大的增强机场平台的管理能力。

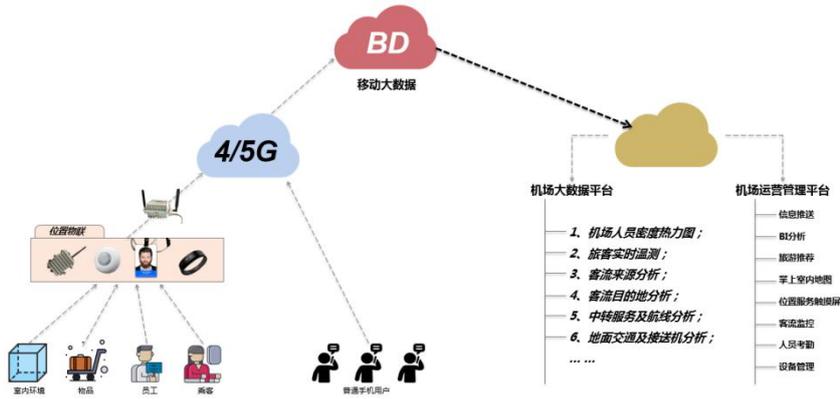


图 5-1 连接管理示意图

3) 应用场景描述

(1) 地理化信息服务

地理化信息服务负责提供数字化地图，以及基于地图上的POI信息、导航服务，其应用最为广泛，如提供机场设施查找、登机口引导、出口引导，可以提供围绕乘客提供餐饮、购物、娱乐场所消费指引。

(2) 基于位置的人员管理

快速了解员工位置、物品分布、配合中控进行整体调度管理，迅速分配资源和实现团队配合。机场工作人员佩戴工卡，实现人员位置管理，实时人员位置查找，提高对员工的监控管理，有效提高人员安全监管、人员调度。

(3) 安全/监控

视频联动，基于实时人流数据的热力图，分区域重点监控，异常变化及时推送给相关工作人员，结合视频联动，快速辨别事件，进行远程调度指挥。

一键求助，工卡支持一键报警按键，当工作人员出现生命危险或者突发情况时，可以通过触发一键报警按键，结合定位系统，快速定位人员位置，调度周边相关工作人员，防止恶性意外发生。

动态监测，智能工卡配备有重力传感器，当在工作时间内，监测到长处于静止状态，有可能是工作人员休克或是摔倒状态，在当事人没有自己出发“一键求助”的情况下，平台也可及早处理或确认现场情况，防止恶性事故发生。对于工作人员，将时刻处于安全监护状态。

围栏监测，平台提供基于地图的围栏设定，机场中对室内和室外预先设定围栏，对于长时间停留、进入/离开围栏都可发出告警提示，防止作业偏离或是事故发生。合理的围栏使用，可以让地面作业更加规范，从而让空管更加高效安全。

(4) 设备资产管理

对设备资产进行定位，实现入库、借用、归还、库存等智能化盘点，告别人工盘点的痛苦与失误。设备位置实时定位，移动轨迹随时查看，超出围栏智能预警，防拆卸告警，防止被盗。监管设备的使用次数、时长、状态等，分析使用率、闲置率、折旧率、维护率，为机场设备采购、配置、维保提供合理优化。

利用5G+蓝牙定位技术，5G网络为机场内乘客、管理人员提供大带宽无线网络，满足个人出行导航、娱乐上网需求，同时满足机场管理网络需求，5G泛在连接汇聚多种传感数据结合蓝牙提供的位置服务，满足机场内乘客导航、工作人员以及设备管理等业务需求。

5.4. 医疗应用

1) 场景需求

现代医疗的专业化程度越来越高，各科室分工不断细化，目前绝大部分医院采用人工、固定的导医模式（导医台和指引标牌），对于一般患者，在就医过程中，往往产生不知道下一步应该去哪里的困惑。同时医院医疗设施众多，人员出入频繁，对医疗设施管理、病人管理、医生查房、危险区域控制等，都需要高效的管理手段。

2) 解决方案思路

通过构建5G+蓝牙融合定位方案，在医院室内部署5G智能室分系统同时部署蓝牙基站、蓝牙网关，构建基于5G网络+蓝牙技术的医院位置服务系统。本系统的特点是融合组网、低维护成本等，满足医院内各种应用业务场景的需求。

在5G+蓝牙融合定位系统中，工作人员（包括医生、护士、保安等）可通过蓝牙工牌获取人员、设备的实时位置信息，并可进行历史轨迹追溯。患者可获得地图及位置服务。在医院室内部署基于温度、湿度、红外等传感器部件，通过网络回传系统，获取部署点位的环境信息。同时基于矢量化医院室内地图，提供患者导诊服务，可在地图中绘制电子围栏，设定进出规则（长时间驻留、进入、离开），获取医院贵重设备的违规行为，并进行预警。

3) 应用场景描述

(1) 电子导诊

患者可以查看医院电子地图，并可获取当前在医院的位置信息，可进行导诊、科室搜索等功能，提供定位导航、信息推送、智能分诊等功能。

(2) 工作人员管理

医院工作人员（如医生、护士等）佩戴蓝牙工卡，实现人员位置管理，实时人员位置查找，提高对员工的监控管理，有效提高人员安全监管、人员调度。

（3）病患管理

在住院楼，为住院患者佩戴蓝牙工卡，可对患者实时定位，设置电子围栏区域。

（4）医疗设备资产管理

对全院的设备资产进行定位，实现入库、借用、归还、库存等智能化盘点，告别人工盘点的痛苦与失误。设置电子围栏，设备位置实时定位，移动轨迹随时查看，超出围栏智能预警，防拆卸告警，防止被盗。统计监管设备的使用次数、时长、状态等，分析使用率、闲置率、折旧率、维护率，为医院设备采购、配置、维保提供合理优化。

（5）医疗废弃物管理

为每个垃圾桶安装定位标签，可实现院内实时定位，在后台可监管所有垃圾桶的移动轨迹，停留时间及位置，一旦发生可疑轨迹及时预警，防患于未然。

（6）应急告警

蓝牙工卡支持一键报警按键，当患者出现生命危险或者医患纠纷出现时，医护人员可以通过触发一键报警按键，结合定位系统，快速定位人员位置，调度周边相关工作人员，防止意外情况发生。

5G+蓝牙融合定位方案，助力构建医院可视化管理系统，为患者导航、病人检测提供便利，同时为医院医疗设施提供管理便利。

5.5. 商场应用

1) 场景需求

商场需要构建可视化室内地图应用平台，将商场、人、产品、数据融合于室内地图应用中，为消费者提供路径规划、跨楼层导航、跨平台（APP/微信/web）应用等服务，完成室内导航、运营支撑、停车服务等客户需求，同时也需要满足商场本身的管理、营销需求。

2) 解决方案思路

本场景定位精度要求3~5米，5G NR场强定位方案可以满足业务需求。部署的5G网络，不仅仅只提供通讯服务同时提供定位服务，同时业务满足通讯、定位需求。定位解算平台MEC部署，实现对商场楼层、停车场等区域定位覆盖。利用地图平台构建室内高清地图，室内地图与室外地图进行坐标系配准，室内外地图融合为“一张图”，依据室外定位源及室内定位

源的变化切换，实现地图联动，实现室外到室内/室内到室外的无缝切换，结合位置大数据平台，为场景提供可视化展示与管理，提高商场服务，提供更好的营销手段。

3) 应用场景描述

查询导购，顾客在商场时，通过手机微信或者 APP 授权位置信息，可以方便快捷下载商场地图，并提供查询导购服务，可以快速根据导航服务，找到要去的地方。消费者使用 5G 手机通过微信或者 APP 查看室内情况，顾客使用导航定位技术到达室内停车场和目标门店。

商场运营，根据手机定位信息，通过大数据分析平台，推算出停车场流量、顾客停留时长、行走轨迹、客户性别比例等，为商场提供广告营销，引导顾客消费。

共享停车等应用中停车引导，整个系统使用可视化三维地图与室内定位技术，通过 5G 智能车分系统提供的网络、定位服务，依据车辆实时位置提供语音导航服务，便于用户快速停车。

反向寻车，消费者在商场消费结束离场时，可在移动端查询或记录车辆停放位置，系统基于用户当前位置规划最近取车路线，实现精准找车，快速离场。

5G NR 场强定位方案，通讯基站提供网络服务的同时提供定位服务，大大降低了部署的成本，满足商场应用业务的位置服务需求。

5.6. 仓储物流

1) 场景需求

物流行业存在人员作业密集、无人化设施也一直在渗透，不过在相当一段时间，大量仓库依然存在人员密集作业、资产流转频繁、仓库人车混合作业等情况，存在如下痛点问题：

1) 人员：难以有效监督和统计人员在岗时间、人员忙闲状态、人员离岗报警，以及进一步的优化人员绩效管理；2) 生产：难以掌握人员和各类物流资产（托盘、容器、仓库车辆等）的位置信息，并实现高效的人员和资产生产调度管理；在复杂仓库环境下，新人、包括仓库拣货等环节工作人员、叉车司机等，工作效率较低；3) 资产和货物：物流资产和货物的定位和查找不便；4) 安全：车辆和人员定位和防撞预警。本章节以京东物流定位实践为背景描述其解决方案和业务应用场景。

2) 解决方案思路

仓储物流解决定位引入5G+蓝牙5.1定位融合技术，将定位系统与业务管控流程相融合，实现人员、物资及安全管理的智能化升级。

5G组网与定位组网融合方案如下图所示，高精度定位采用蓝牙AoA高精度定位技术，可以满足低成本、低功耗、多类型终端、亚米级定位需求。位置解算引擎部署在MEC，通过5G通道接收定位微基站回传的数据，并依靠高角度分辨率的专利算法，解算出标签位置坐标，可发挥5G网路高速率，低时延，大链接的优势，进而提升网络利用效率和增值价值。5G+蓝牙AoA融合定位系统整体架构如下图所示。

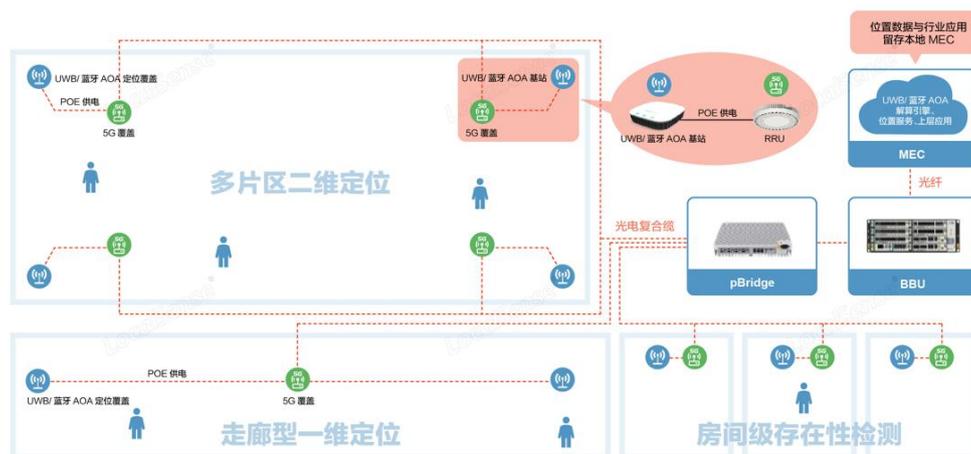


图 5-2 系统整体部署架构

5G+蓝牙AoA定位联合部署，一次部署完成通信网、定位网2张网格，定位系统充分复用5G基站的供电资源、传输资源和后期维护资源，合并建设，节省成本，充分发挥运营商5G室内网络建设的规模优势，从传统语音和数据业务提供商转型为室内定位业务和物联网业务提供商。

3) 应用场景描述

自动化仓储管理，根据货物的定位信息，对货物进行立体化存储、拣选、包装、输送、分拣等环节智能化处理，每个环节基于位置服务使用自动化设备、机器人、智能管理系统，快速掌握出库入库情况，大大降低成本和提升效率。

智能仓储管理，基于人员定位和货架储位的位置信息，结合AR技术，对入库上架、拣货出库、在库盘点等库内操作环节进行智能化处理，以拣货为例，通过定位标签对人员实时定位，结合WMS系统推荐的拣货路径，在智能设备上呈现拣货路径诱导，引导操作人员到指定货架储位进行拣货操作，避免走错路径，降低拣货难度，提高拣货效率，并通过对拣货历史轨迹数据的分析，进一步优化货品的储位布局。

电子围栏触碰告警，在仓库中存放手机手表、黄金首饰、皮包等奢侈品的高值货品区域，通过设置电子围栏结合CV监控，当非授权人员靠近该区域，自动触发报警信息，提高安防监控级别；在高值货品上放置定位标签，当操作人员完成出库操作时，需要对定位标签进行回收，重复利用，提高标签利用率，降低使用成本。

大件仓货品定位跟踪，在大件仓的货物暂存区，会有货物临时堆放，通过货物上的定位标签结合RFID技术，可以快速找到需要拣货出库的商品、完成出库操作或进行盘点操作，避免找货时间过长，提高作业效率。

配送物品实时跟踪，基于位置服务，掌握配送员以及配送物品的行为轨迹，同时可以为配送员提供定位服务，快速找到对应的配送物品，并送达到收件人手中；同时可以根据人员、物品轨迹进行大数据分析，可以呈现配送员工作量，观察货物分布，调整快递员人力分布，更高效利用人力资源；同时可以通过位置考勤服务，满足人员管理的诉求。

智能自动配送，自动配送无人车根据配送地址规划路线，配送机器人根据定位导航信息到指定位置配送，无人化送货，定位系统可以对无人车行驶路线轨迹进行实时跟踪和查看，同时可以提供路线轨迹历史回溯。

5G+蓝牙AoA高精度定位技术，满足物流行业定位需求，以高精度位置驱动人员、车辆、资产的管理优化，在5G网络大带宽保障下，充分发挥蓝牙AoA定位的优势：终端低成本、超低功耗、兼容大量不同类型的终端（包括手机/PDA等）等，方便赋能定位能力给海量的设备。5G+蓝牙融合定位方案提供位置服务，支撑智能化物流管理，大大驱动物流行业作业效率、管理效率、安全监管的人员、物资和车辆的贴近实用的丰富应用，驱动物流行业丰富应用。同时通信定位一体化协同，各类物流作业终端具备5G高速率、大并发通信能力的同时具备高精度定位，满足智慧化物流需求。

6. 机遇和挑战

5G室内融合定位解决方案提供开放的系统，5G网络与多种定位技术融合，并存协同发展，从企业应用实际需求出发，满足不同的定位精度，可根据企业自身的发展决定使用对应的解决方案，从而推动企业的数字化、智能化发展。

现阶段5G融合定位还存在一些问题，5G皮基站外部接口还待进一步完善，室内地图还未普遍，其室内地理信息数据以及个人位置的私密性有待进一步研究，室内和室外的定位如何无缝衔接待进一步发展，定位芯片成本还需进一步降低。随着人工智能和无线技术的发展，

5G网络的大规模部署，未来室内定位技术结合边缘计算、大数据等领先技术，进一步推动室内定位矢量图绘制、室内地图构建、应用平台等标准的制定和统一，整合定位服务从终端到应用端到端的产业链，在5G网络建设的背景下，将会推动和催化产业链的进一步发展，并为新型产业应用提供支撑，驱动室内定位业务发展，赋能千行百业。

