

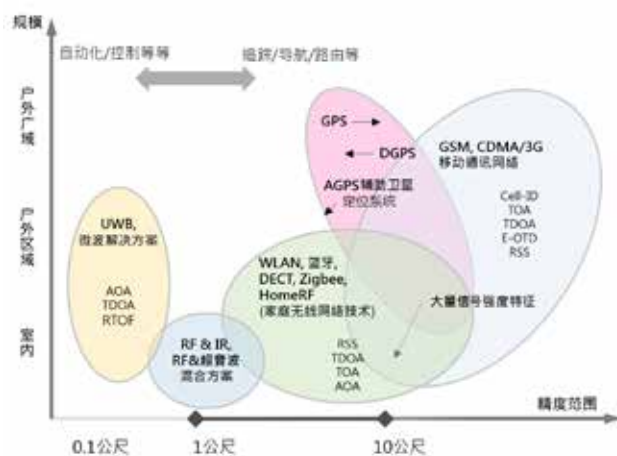
低功耗蓝牙室内定位 Linux 应用

习惯智能手机的我们或多或少都曾经享受过室内定位所带来的便利，小到商店内进行社群软件打卡 (check-in) 或是利用相机扫描二维条码查询所在位置，都是得益于室内定位技术才能实现。实际应用中室内定位 (Indoor Positioning) 服务名称不一定会刻意冠上室内或定位，因此室内定位这个名词反而让人觉得有些陌生又带点熟悉，随着物联网 (IoT) 技术逐渐走向成熟，利用无线资通技术提升定位精度且降低成本，定位对象也从人扩大到物联网的位置感知，基于安全、精确及效率，定位市场需求扶摇直上。

室内定位技术

定位需求伴随着移动行为而产生，依照功能可分类为获取现在位置 (定位，我在哪里) 与指引前往目标地点 (导航，怎么到想去的地方)，室外定位领域 GPS 是现今最为普及定位系统，其精准及覆盖率皆能满足各种定位所需应用；而 GPS 使用者必须在户外无遮蔽环境下，才能接收定位卫星的信号进行定位；GPS 无法在室内或地下室运作。相较于室外，室内定位受环境复杂性影响，目前还没有一种定位技术可以满足所有室内环境需求的方案出现，各种室内定位技术依照精度与成本优势能有不同应用场合。不论是使用 Wi-Fi、蓝牙、UWB 或 RFID 等技术，最主要考量点

仍在于整体环境、应用目的与成本之间均衡。



▲ 定位精度与适用范围

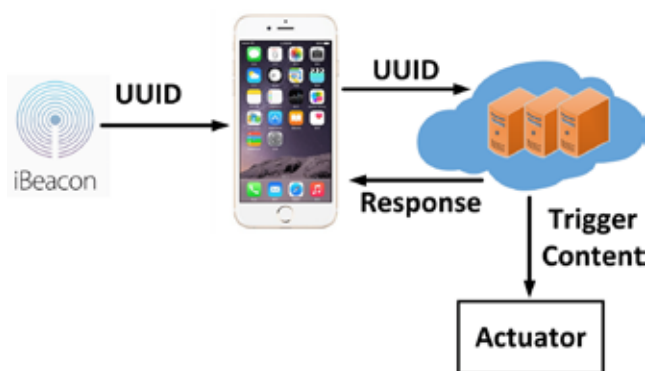
从成本角度考量，室内定位系统若能搭配现有硬体，可有效降低建构成本，也比较容易推广，几乎人手一台的智能手机便成了理

想配套设备。二维条码虽然已经有许多应用，使用时经由相机拍摄条码而限制了使用情境；随处可见的 Wi-Fi 信号也是选项，利用现有 Wi-Fi 信号，无需建设额外硬体设施便可实现定位，但非定位专用 Wi-Fi 基地台配置，定位范围误差较大作为室内定位精度还稍显不足；综合普及性与耗电量与成本考量，不替手机加装新读取、感应装置又能精确、省电定位，看起来蓝牙是很好选择，特别是 Bluetooth 4.0 后的低功耗蓝牙 (Bluetooth Low Energy, BLE) 技术。除了大部份手机内建蓝牙功能，市面上无线耳机与智能手环等周边设备均支持蓝牙做为通讯界面，都是潜在可作为定位使用的现成硬体。

装置端 (正向) 室内定位

装置端蓝牙室内定位系统，通过室内部署若干蓝牙信标 (Bluetooth Beacon) 设备，定时持续发射蓝牙广播包 (封包内嵌辨识数据)，负责微定位信号发射器，手机端接收蓝牙信号后，经由无线网络传输识别数据 (ID) 给服

务器来取得近接资讯 (Proximity/Neighbor) 或利用多个蓝牙信标计算装置端当前地理位置，过程中蓝牙信标仅负责提供识别数据，通讯部分仍需依赖装置端内建的无线网络获得资讯内容，因此蓝牙信标可以非常省电甚至使用电池供电。早期装置端定位应用于防丢器，寻找人或设备，目前应用于零售业与安防打卡应用，功能类似传统二维条码，列印技术的二维条码虽然成本非常低廉，但其应用受限于需在视距内拍摄，蓝牙信标恰好可以弥补二维条码有效范围过短缺陷，也比较不会陷入找不到二维条码的窘境。

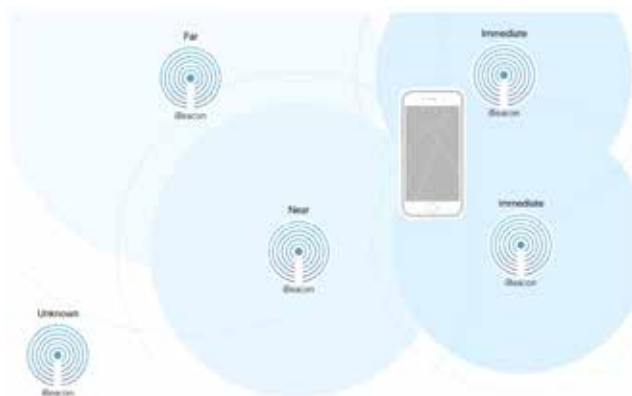


comparison of different technologies for server-based indoor positioning

Technology	Accuracy	Range	Suitable for	Tracking	Transmitter power supply	Battery lifetime
Wi-Fi	 < 15 m	 < 150 m	 area detection		 or	 medium
BLE	 < 8 m (1-3 m with Angle of Arrival)	 < 75 m	 area detection			 high
UWB	 < 30 cm	 < 150 m	 area detection		 or	 low to medium
RFID	 < 10 cm	 < 1 m	 spot detection		 (passive RFID tag)	 (passive RFID tag)

▲ Wi-Fi、蓝牙、UWB 与 RFID 技术的差异。 (Source: ULTRA-WIDEBAND)

市面上已有数个蓝牙信标规范，Apple 公司提出的 iBeacon 技术即属于装置端蓝牙室内定位架构。其特点是低功耗、低成本且能够让附近电子设备容易侦测到信号，优势在于信号发射器装设容易，且使用者只须以手机安装 App 即可。手机内应用软件能够接收附近蓝牙信标，取得信标辨识数据与接近程度，依据 iBeacon 分类由近到远可以区分为：贴近 (Immediate, 1m 以内)、近距离 (Near, 1~3m)、远距离 (Far, 3m 以外) 与无法判断距离 (Unknown)。结合信标辨识数据与接近程度经由无线网络向服务器取得内容服务。



▲ iBeacon 接近程度分类

服务器端 (反向) 室内定位

服务器端室内定位系统运作模式和装置端方案相反，监控场域内设置蓝牙接收器接收站 (Router)，装置端则改为负责发送蓝牙信标讯息，后台主机分析收集接收站收到的蓝牙信标数据，推算该装置端所处大略位置。由于后台主机可以持续追踪蓝牙信标位置与移动状况，服务器端定位系统适合应用于实时定位系统 (Real-time locating system) 或室内定位 (Indoor Positioning System)，经由定位系统追踪物品或人员实时位置。



▲ 服务器端定位系统

本文亦以服务器端低功耗蓝牙室内定位架构为例，采用蓝牙无线通讯、基站定位与三角定位等多种技术，汇集成一套室内定位架构，实现人员 / 物品在室内空间中的位置监控。低功耗蓝牙室内定位应用蓝牙信标主动信号，经由接收站接收，并交由系统找出信号最强的前三个，再采用几何定位演算法 (Triangulation) 的方式，也就是透过蓝牙信标和三个接收站的无线信号交流，辨识蓝牙信标所在位置，如下图所示：



低功耗蓝牙定位器 (Beacon)

无线定位技术中，位置资讯化与自动化是定位系统成败首要关键，蓝牙主动式信标，定时发送无线定位封包，能作为企业针对人员或物品的资讯化与自动化的定位装置。除了专用蓝牙信标，市面上还有许多容易取得的蓝牙信标设备，例如智能手机、智能蓝牙

手环、蓝牙耳机都有机会加入定位系统，感知设备所在位置。



▲ 常见蓝牙设备

低功耗蓝牙接收站 (Router)

接收站由数台低功耗蓝牙接收器组成，主要安装在固定位置持续扫描接收范围内蓝牙信标资讯；另一方面，接收站可将收集多个定位资讯，利用网络传输发送到后台主机、可连网的手机或平板，让无线定位软件 (IPS) 计算信标定位位置。接收器采用 Linux 操作系统的 LinPAC 产品搭配低功耗蓝牙收发器，组成为高性价比接收站硬件，经由 LinPAC 内建网络功能，将收集到的信标资讯实时传递给后台软件，完成室内定位系统。



▲ LinPAC 搭配蓝牙收发器组成接收站

无线定位系统 (Indoor Positioning System, IPS)

无线定位系统是服务器端室内定位的应用

软件，主要具备监控及定位功能，整合蓝牙室内定位系统方案。透过应用蓝牙信标主动信号，分析由接收站收集回传讯息，运算出目标位置，产生有用而且重要的资讯，例如：能分析出商城顾客停留时间或移动率，或顾客喜欢集中在哪些热门区域；实时察觉商业办公室访客，是否进入不允许场域，并适时给予警示；待在危险区域人员是否长时间不动，或正在发送求救信号等等具有特殊意义数据，不仅能实时提供人员所在的区域，更能保护人员安全，降低危害发生。



低功耗蓝牙定位应用

装置端与服务器端定位系统方案，运作模式与建设方式不同，依照定位需求各有适合应用场合，服务器端定位可以达到积极监控效果，连续且实时监控目标所在位置；装置端则较被动，由装置端决定是否要取得定位服务，偏向于不连续的随选服务应用。

	装置端 (正向) 定位	服务器端 (反向) 定位
防丢	适合○○○	○○
近接 / 适地性服务	适合○○○	○
实时定位	○	适合○○○
室内定位	○○	适合○○○

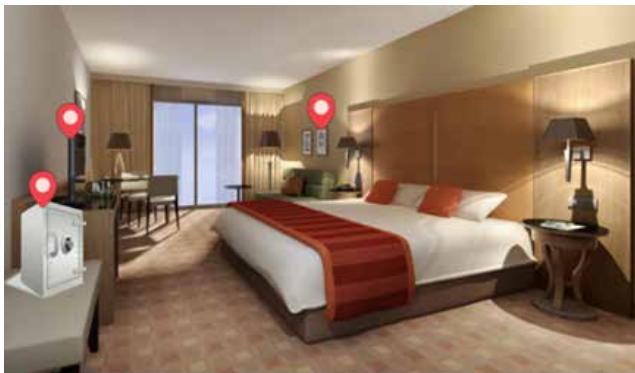
无线标签（近接服务）

社群软件与通讯软件已支持二维条码作为定位与交流，使用智能手机内建相机扫描二维条码取得链接或帐号资讯，甚至于利用二维条码作为移动支付，印刷二维条码成本非常低廉，使用起来也还算便利，缺点就是扫码前需要找到二维条码，且多人需要使用同一个条码还需要等待轮流使用，蓝牙信标恰好可以弥补二维条码的缺点，只需要在蓝牙信标范围内即可完成扫码，而不用打开相机排队等着对二维条码进行拍照。



人员 / 物品管理系统 (Anti-lost, 防丢, 近接服务)

防丢器是蓝牙信标很早期就出现的应用，把一颗铜板大小蓝牙信标黏贴在孩童衣服，或绑在容易遗失小东西，当信标距离超过警示范围，手机马上提醒家长，避免意外发生。场景切换至智慧医疗 (eHealth) 或智慧长照场合，也可以应用定位系统掌握照护对象所在位置，防止危险或是人员走失。



厂房或企业商办访客管理（实时定位）

厂房或企业商办都会有访客或技术会勘，通常是让访客配戴识别证来识别，但访客有可能不小心走到危险区，或是到机密区域进行非法行为，这对管理者是头痛的问题，过去仅能消极地宣导却很难加以防范。室内定位可以实时追踪人员位置，主动控管人员流向，积极防范不安全的访问行为。



适地性服务 (Location Based Services, LBS)

现有适地性服务采用 GPS 搭配地图软件，主要应用于室外定位，导航软件定位设备接近到特定位置后，主动推播厂商提供的广告信息，或是车厂利用提供景点信息的适地性服务，当车辆接近加油站或限速区域，主动提供信息提醒驾驶人。室内定位导入适地性服务后，精度可以从门牌提高至室内等级，例如接近百货公司某柜台，经由室内的适地性服务主动提供该柜台优惠资讯，精准投放广告信息（精准营销）。

卖场百货零售（室内定位）

购物商城管理或促销都以商品为导向，顾客购物行为是无法取得的，每月或每季促销活动，顾客是否真的有逛到该区域，或因为

动向设计造成顾客找不到；或哪些热门商品一直放在顾客较少逛的冷门区域，造成销售成绩不佳，诸如此类销售盲点，可以透过定位系统提供顾客消费行为，决策者便很容易察觉这些问题点，实时调整决策。经由定位推车，分析热门区域，研判该区销售策略是否成功。结帐时，推车商品与定位数据，同时汇入后台数据，型成大数据库，可分析出更多购物行为，为决策者发掘更多参考数据。



物联网技术进步，作为位置感知室所需的室内定位技术亦获得发展，科技大厂均有提出各自的解决方案，各种不同室内定位技术不断推陈出新，但室内定位技术不同于室外定位技术，室内定位领域至今还没有统一的技术方案，蓝牙信标除了 Apple 公司的 iBeacon 还有 Google 的 Eddystone 与 Radius Network 的 AltBeacon 等拟标准 (Pseudo Standards, 非蓝牙技术联盟 (Bluetooth SIG) 所制定)。随着物联网技术逐渐走向成熟，基于安全、精确及效率，定位市场需求扶摇直上，室内定位亦被誉为定位的最后一里路，室内定位应用除已在零售业发光发热外，也开始渗透企业、公共空间

等领域，未来市场产值成长潜力十足。

参考数据

- [1]. "Design of Indoor Positioning System Based on IEEE 802.15.4a Ultra-wideband Technology", Jinkang Cen, June 2013
- [2]. "Robust Indoor Positioning Provided by Real-Time RSSI Values in Unmodified WLAN Networks", IEEE JOURNAL OF SELECTED TOPICS IN SIGNAL PROCESSING, 2009
- [3]. "Indoor Positioning System using Bluetooth Low Energy", International Conference on Computing, Analytics and Security Trends, Dec 2016
- [4]. "A Survey of Indoor Localization Systems and Technologies", Zafari, F.; Gkelias, A.; Leung, K.K., Jan 2019
- [5]. "Indoor Navigation System with Beacons", Andre Compagno, Josh Facchinello, Jonathan Mejias, Pedro Perez, Dec 2014
- [6]. "Technologies for Server-Based Indoor Positioning Compared: Wi-Fi vs. BLE vs. UWB vs. RFID", Infsoft
- [7]. "WHICH POSITIONING TECHNOLOGY IS MOST SUITABLE FOR INDOOR TRACKING?", ultrawideband
- [8]. "Getting Started with iBeacon", Apple Developer, June 2014
- [9]. "Determining the Proximity to an iBeacon Device", Apple Developer
- [10]. "基于 2.4G 的无线定位系统方案", Ives Shen, Johnney Hu, Jan 2017
- [11]. "无线定位技术应用于物品位置的搜寻系统", Johnney Hu, March 2018
- [12]. "eHealth 智慧健康医疗与 Linux 应用", Moki Liu(ICPDAS PACTECH Vol.49), Dec 2015