

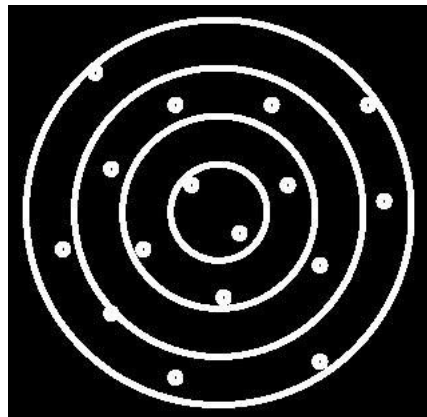
室内定位系统

(精度 $\pm 2\text{cm}$)

适用于自主车辆、机器人、无人机、叉车及人员



待解决的问题



问题

- **GPS 在室内无法正常工作：**
 1. 无法直接接收卫星信号
 2. 定位精度以米为单位，而非厘米（室内场景所需精度）
- 其他室内定位系统——UWB、蓝牙信标、里程计、磁力计、WiFi RSSI、激光三角测量、光学定位等——均存在各自的严重局限性，通常体现在精度、价格或尺寸方面
- 若无法及时、精确地获取位置信息，自主导航将无法实现

解决方案



- 即开即用的现成室内定位系统，基于固定超声波信标，通过免许可证 ISM 频段无线接口互联
- 安装在机器人（车辆、无人机、人员）上的移动信标的位置，通过超声波信号传播至一组固定超声波信标的传播延迟，利用三边测量法计算得出

室内 "GPS" ($\pm 2\text{cm}$)

- **Starter Set 配置:**

- 1 x 移动信标 – 119 欧元
- 4 x 固定信标 – 4x119 欧元
- 1 x Modem/ 路由器 – 119 欧元
- 包含所有所需 SW



即用型 3D (x, y, z) 系统, 售价 599 欧元

Starter Set 覆盖范围最大可达 $1,000\text{m}^2$
获取更多固定信标, 将覆盖范围扩展至 $200,000\text{m}^2$ 及以上

精选客户案例

客户遍布 50 余个国家

自 2014 年起投放市场



PORSCHE



MOTOROLA
SOLUTIONS



株式会社 日進機械

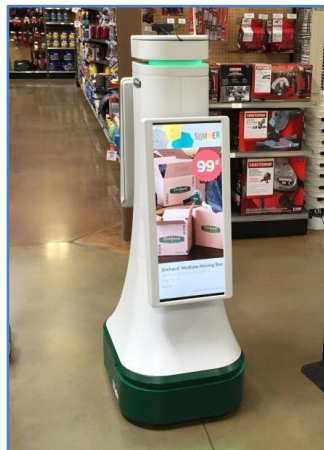


应用场景：自主机器人



- 1) 仓库和装配厂中的自动配送（10-100kg）
- 2) 针对定制化应用的改型版本：扫描、喷涂、检测、光度测量及各类重复性测量

极具科技魅力的广告机器人——适用于展览、购物中心、会议及博物馆



工业环境中的微型配送（1-10kg）：样品、量具、摄像设备



应用场景：自主无人机



用于库存管理与巡检的室内自主无人机

应用场景：车辆

应用场景：

- 在仓库、机场旅客及货运区域、隧道和矿山中追踪车辆、小型电动车、手推车、叉车及其他移动资产

解决的问题：

- 安全事故：碰撞与超速
- 设备与货物损坏
- 移动资产丢失或利用率不足

效益：

- 精确掌握人员在何处从事何种工作 => 提升生产效率
- 关于移动资产的速度、加速度和位置的实时数据 => 提升生产效率
- 预防事故，降低保险及其他可避免的成本



应用场景： 人员

追踪工人在工厂、地下、地铁或隧道、建筑工地、铁路车站或桥梁下方的位置

应用场景：

- 地下 / 矿山 / 地铁
- 建筑工地
- 工厂
- 危险制造业
- 石油炼化厂及燃气公司



- 提高生产效率
- 提升安全性

与起重机及人员协同作业的安全保障

起重机吊臂上的移动地理围栏区域

工业级 Super-Beacon



Super-Modem



Marvelmind a 头戴式



Marvelmind a 安全背心



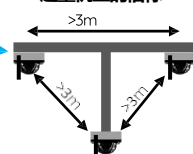
Marvelmind a 安全帽



Super-Modem :

- 中央系统控制器。收集所有信标的数据，并通过外部 4G 调制解调器将其发送至中央 Dashboard

起重机上的信标



货物

报警方式:

- 视觉
- 振动
- 声音

导航 系统服务区域

地理围栏区域:

- 自定义尺寸和选项
- 违反区域规定将触发警报

任务:

- 防止货物与人员之间发生危险接近及碰撞

解决方案:

- 直接安装在起重机上的 Marvelmind Indoor GPS 系统，配备随起重机吊臂移动的移动地理围栏区域

配置:

- N x Industrial Super-Beacon-Plastic (安装于悬臂上)
- N x Marvelmind Headlight (每名工人 1 个，佩戴于安全帽上)
- 1x Super-Modem (放置于中央位置)

工作原理:

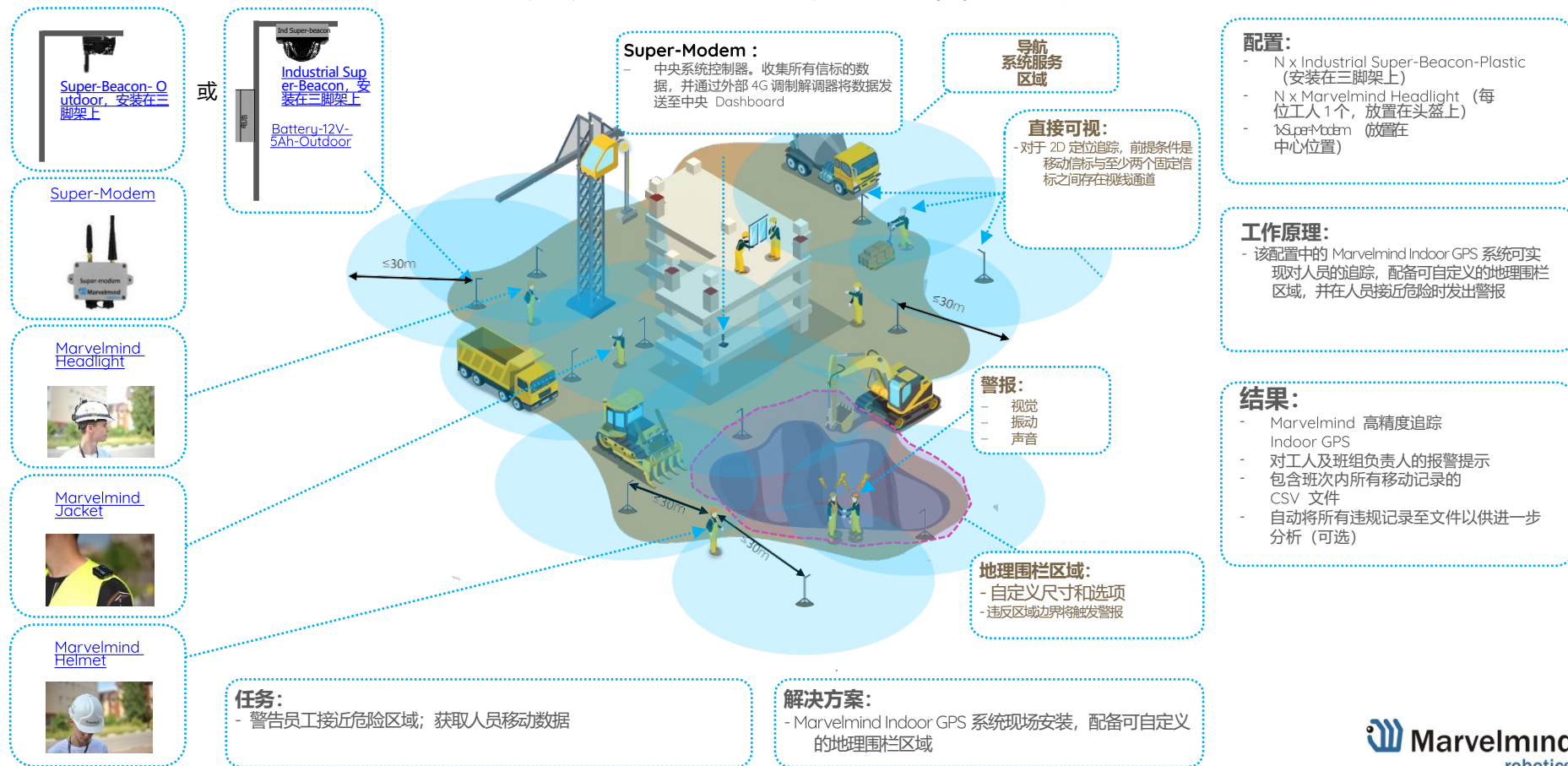
- 在此配置中，起重机吊臂末端作为一个节点，进入其地理围栏区域时将向人员及操作员发出危险接近警报

结果:

- Marvelmind Indoor GPS 高精度追踪
- 对工人及当班主管发出警报
- 包含整个班次所有移动记录的 CSV 文件
- 自动将所有违规记录至文件以供进一步分析 (可选)

建筑工地安全

建筑工地的静态与动态地理围栏区域



室内自主 DJI 无人机

20x20 米子地图 + 1 架无人机的示例

Super-Beacon

(固定信标)



Super-Beacon

(移动信标)

轻量化电池 + 无外壳



Modem HW 5.1



DJI 无人机



DJI 无人机:

- Marvelmind 系统支持从 DJI Mini3 起的 DJI 无人机。集成通过 DJI SDK 实现

Dashboard:

- 用于系统配置。可视化无人机追踪。向您的 ERP 和 WMS 系统推送数据流

Modem HW 5.1:

- 系统的中央控制器。收集所有信标的数
据，并通过 USB/ 虚拟 UART 与
Dashboard 通信

Marvelmind app + DJI RC:

- 专用 Marvelmind Android 应用程序，可
远程控制。可连接至 DJI RC

任务:

- 为 DJI 无人机提供室内自主飞行能力
- 自动拍照、扫描二维码、发送位置数据

解决方案:

- 配备用于自主飞行的 Marvelmind 应用程序的 Marvelmind
Indoor GPS 系统

配置:

- 3-4 x Super-Beacon - 固定信标
- 1 x Super-Beacon - 移动信标
- 1 x Modem HW 5.1 - 中央控制器
- 1 x DJI 无人机 - 可追踪对象
- 1 x DJI RC + 搭载 Marvelmind DJI 应用
程序的 Android 手机 - 无人机自主飞行
模式控制器
- 1 x Windows/Linux 笔记本电脑 - 用于安
装 Dashboard 及系统配置

工作原理:

- 该配置中的 Marvelmind Indoor GPS 系统通
过 DJI SDK 实现对 DJI 无人机的追踪与
自主飞行控制

结果:

- DJI 无人机根据 Dashboard 中的航点自主
飞行，拍摄照片或扫描识别 QR/ 条形码，并
将其连同精确坐标一起发送至 WMS 或 ERP
系统
- 自主返回基地

大型 AGV、运输设备与人员

AGV 上的移动地理围栏区域

Ind Super-Beacon



Super-Modem



Marvelmind
a 车头灯



Marvelmind
a 安全背心



Marvelmind
a 安全头盔



导航
系统服务
区域

Super-Modem :

- 系统中央控制器。收集所有信标的的数据，并通过外部 4G 调制解调器将其发送至中央 Dashboard

配置:

- 4 x Industrial Super-Beacon-Plastic (安装于 AGV 上)
- N x Marvelmind Headlight (每名工作人员 1 个, 安装于安全帽上)
- 1 Super-Modem (安装于 AGV 上)

工作原理:

- Marvelmind Indoor GPS 系统, 其中 AGV 作为移动地图, 进入其地理围栏区域时将警告人员和操作员存在危险接近, 并在极度危险接近时停止 AGV

结果:

- Marvelmind Indoor GPS 高精度追踪
- 针对工作人员及设备驾驶员的警报
- 将违规记录至 CSV 文件以供进一步分析
- AGV 自动停车 (可选)

报警方式:

- 视觉报警
- 振动报警
- 声音报警

地理围栏区域:

- 自定义尺寸和选项
- 违反区域边界时触发报警

任务:

- 防止 AGV 与人员之间发生危险性近距离接触
- 防止 AGV 与人员碰撞

解决方案:

- 将 Marvelmind Indoor GPS 系统直接安装在 AGV 上, 配备移动地理围栏区域

建筑安全、人员与机械

示例：1 台挖掘机与 15 名工人

Industrial Super-Beacon

- 固定于挖掘机上，并通过 Converter-220V-12V-IP67 连接至车载网络



Super-Modem

- 位于挖掘机内部



Marvelmind Jacket

- 由工作人员穿戴



任务：

- 在作业过程中对员工的 2D 移动轨迹及地理围栏区域违规行为进行追踪，以提高安全性和生产效率
- 对挖掘机臂架的运行时间及 3D 运动次数进行追踪，以提高生产效率

Super-Modem : 4G/5G modem :

- 系统中央控制器，位于驾驶室内部。收集所有目标的定位数据，并通过外部 4G 调制解调器将其发送至中央 Dashboard

- 位于驾驶室内，将目标数据跟摄像头数据发送至远端服务器

工业级 Super-Beacon 安装于挖掘机上并连接至车载网络（对挖掘机周围人员进行 2D 追踪）

1 个团队的配置：

- 9 x Industrial Super-Beacon-Plastic（安装于挖掘机上）
- 1x 转接器（用于将固定摄像头 Super-Modem 连接至挖掘机车载网络）
- 15 x Marvelmind Jacket（每名员工 1 件）
- 1x Super-Modem（位于挖掘机驾驶室内）
- 1x 摄像头（每台挖掘机 1 个）
- 1x 4G/5G 调制解调器（每台挖掘机 1 个）

工作原理：

- 该配置下的 Marvelmind Indoor GPS 系统可实现对挖掘机臂架的 3D 追踪，以及对挖掘机周围 30m 半径范围内人员的 2D 追踪。系统具有可自定义的地理围栏区域，能够对人员靠近危险区域（如挖掘机臂架）发出警告

结果：

- 结合可自定义地理围栏区域的 Marvelmind Indoor GPS 高精度追踪
- 向员工及班组长发出报警
- 通过 REST API 使用 JSOW 将数据传输至中央服务器
- 自动将所有安全违规记录保存为 CSV 文件以供进一步分析

地理围栏区域：

- 可自定义的尺寸和参数
- 违反区域边界将触发报警

导航系统服务区域

- 挖掘机臂架的 3D 跟踪
- 周围人员的 2D 跟踪

精确的一维距离测量

适用于建筑工地

带号角天线的接收信标:

- Super-Beacon-Outdoor 或
- Beacon Industrial-RX 或
- Beacon Mini-RX-Outdoor 或
- Ind.Super-Beacon

任务:

- 室内或地下精确距离测量, 范围可达 100 至 150m
- 在雾、粉尘或树叶遮挡、无直视视线但具备声音传播条件的环境中进行精确距离测量
- 无需繁琐的激光校准, 测量操作简便
- 易于部署且经济实惠的 RTK GPS 替代方案



带喇叭天线的接收信标:

- Super-Beacon-Outdoor 或
- Beacon Industrial-RX 或
- Ind.Super-Beacon

发射信标:

- Super-Beacon-Outdoor 或
- Industrial Super-Beacon 或
- Beacon Industrial-TX

带喇叭天线的发射信标:

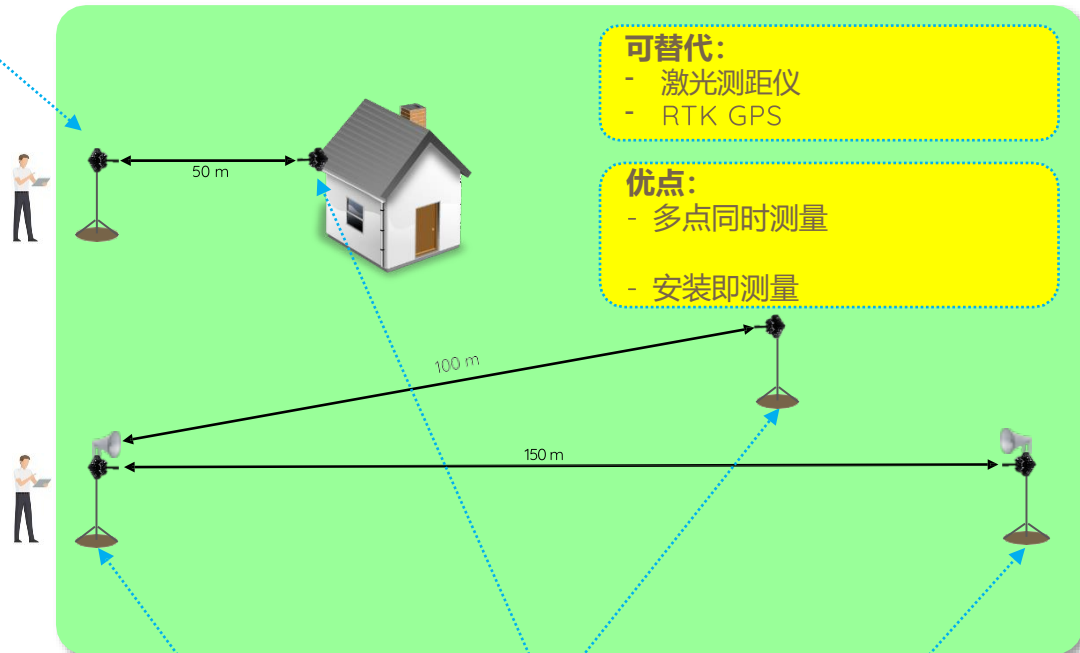
- Super-Beacon-Outdoor 或
- Industrial Super-Beacon 或
- Beacon Industrial-TX

可替代:

- 激光测距仪
- RTK GPS

优点:

- 多点同时测量
- 安装即测量



配置:

- 1 x Super-Beacon (带喇叭天线)
- N x Super-Beacons
- Wi-Fi

工作原理:

- 利用超声波飞行时间, 从超声波发射信标到超声波接收信标进行精确 ($\pm 2\text{cm}$) 的 1D 距离测量
- 数据流更新频率为 3 至 16Hz
- 多个跟踪器同时工作
- 支持多种接口, 从 UART、RS485 到 BT

结果:

- 无需激光的厘米级精度 1D 距离测量, 适用于激光不可行的场景, 例如: 雾天、烟雾、强光、树叶遮挡等
- 在 RTK GPS 不可用或不实用 (成本高昂) 的情况下, 室内或地下的厘米级精度距离测量
- 高精度跟踪 Marvelmind Indoor GPS
- 包含所有记录数据的 CSV 文件, 供后续分析使用
- 自动将所有违规记录保存至文件以供进一步分析 (可选)

服务人员追踪

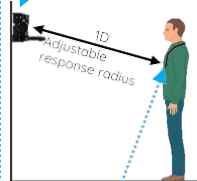
单层购物中心示例

Super-Beacon



卫生间

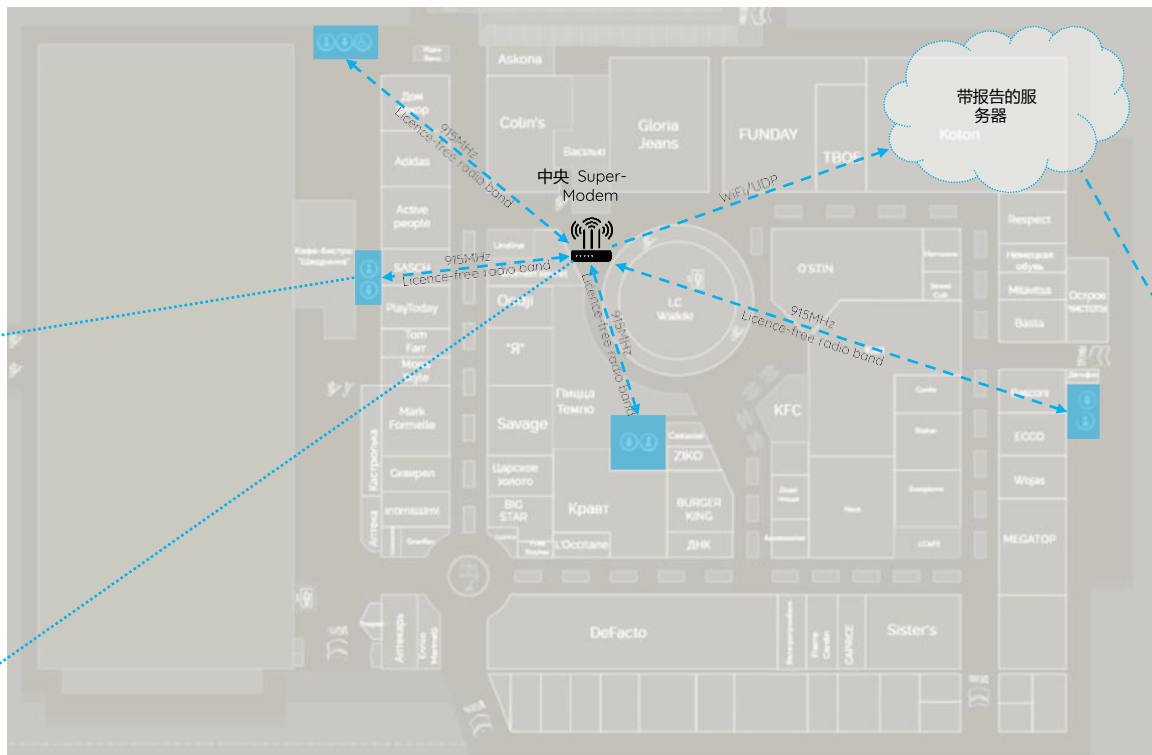
侧视图



Badge



Super-Modem



配置:

- N 个 Super-Beacon (每个卫生间 1 个)
- N 个 Badge (每位工作人员 1 个)
- N+1 个 Super-Modem (每层楼 1 个 + 1 个中央)

结果:

- 自动生成服务人员责任区域内活动报告 (CSV 文件)
- 自动填充表格 (可选)

报告表 (Marvelmind)

- 报告由中央 Super-Modem 生成, 并通过 Wi-Fi 按需或在预设时间 (例如每晚) 发送至您的 IP 地址

时间	工人 1 (>80%)	工人 2 (>50%)	工人 3 (<50%)
8:00-8:15			
11:00-11:15			
20:00-20:15			
21:00-21:15			
22:00-22:15			
23:00-23:15			

任务:

- 服务人员追踪
- 绩效监控

解决方案:

- 采用 Marvelmind Indoor GPS 系统, 以 1D 配置对服务人员的工作进行监控与分析

非逆向架构 (NIA)

针对单个或存在干扰的移动物体进行优化



静止
beacon 1



移动信标:

- 安装于机器人 / 叉车上, 通过 UART、SPI、I2C 或 USB 与其进行交互
- 每秒最多接收 25 次来自路由器的位置更新
- 可内置 IMU (加速度计 + 陀螺仪 + 罗盘模块)

子地图:

- 一项高级功能, 允许在不同房间中构建独立的地图 / beacon 集群, 从而以类似蜂窝网络覆盖的方式覆盖大型建筑 (面积达数千平方米)

固定信标:

- 安装于墙壁或天花板上
- 信标间距离自动测量
- 通过 ISM/SRD 频段与路由器进行无线通信频段

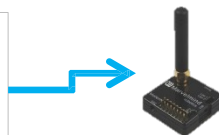


固定
beacon 2

系统正常工作的关键要求——移动 beacon 需同时无遮挡地看到 2 个或更多静止 beacon (类似于 GPS)

路由器 / Modem :

- 系统的中央控制器
- 以最高 25 Hz 的频率计算移动信标的位置
- 通过 USB/ 虚拟 UART 与 Dashboard 或机器人通信



静止 beacon 4

相邻信标之间的距离最远可达 30 米。

静止 beacon 3



室内导航系统

由以下部分组成:

- 2 个或更多固定信标
- 1 个或更多移动信标
- 1 个中央路由器

反向架构 (IA)

针对多个移动物体和人员追踪进行优化



静止 beacon :

- 安装于墙壁或天花板上
- 在逆向系统中, 属于同一子地图的 beacon 应具有不同的超声波频率 (例如, 对于 2D 追踪, 可使用 19 & 25kHz 或 25 & 31kHz)
- 通过以下方式与路由器进行无线通信: ISM/SRD 频段

信标 2 (25 kHz)



系统正常运行的关键要求——移动信标在 30 米范围内同时与 2 个或多个固定信标保持无障碍的听觉 / 视线连通



子地图:

- 一种高级功能, 可在独立房间中构建独立的地图 / 信标集群, 从而覆盖大型建筑物 (面积达数千 m^2), 类似于蜂窝网络覆盖
- 在反向架构中, 每个子地图必须包含具有不重复超声波频率的信标
- 可用频率: 19/22/25/28/31/34/37/45 kHz

移动信标:

- 安装在人员 / 机器人 / 无人机 / 叉车上, 通过 USB 虚拟 UART 与其交互
- 内置 3D IMU (加速度计 + 陀螺仪)
- 与 NIA 不同, 信标的更新频率不直接取决于移动信标的数量
- 自行计算其位置, 而非由 Modem 计算
- 移动信标到固定信标的推荐距离不超过 30m

路由器 / Modem :

- 系统的中央控制器
- 通过 USB/ 虚拟 UART 与 Dashboard 或机器人进行通信
- 从移动 beacon 获取位置数据
- 最多支持 250 个 beacon

室内导航系统由以下部分组成:

- 2 个或多个固定信标
- 1 个或多个移动信标
- 1 个中央路由器

信标 N (22 或 28/ 34 或 37 或 45 kHz)



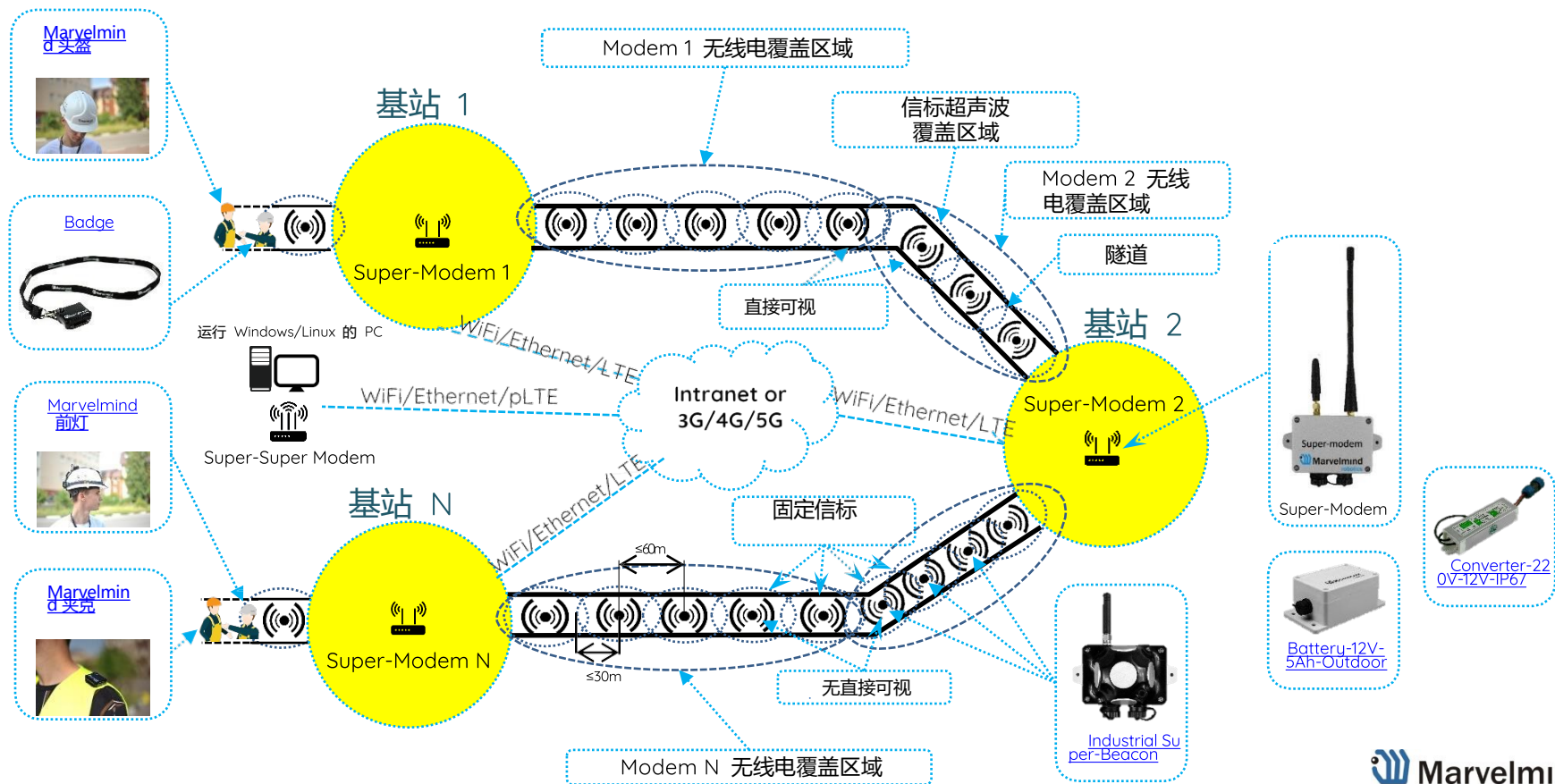
相邻 beacon 之间的距离最远可达 30 米。

信标 3 (31 kHz)



适用于大型网络的多 Modem 架构

地下追踪隧道安全示例



Beacons 对比



	Beacon Mini-RX / Mini-RX-Outdoor	Beacon Mini-TX	Super-Beacon / Super-Beacon-Outdoor	Industrial Super-Beacon-Metal / Industrial Super-Beacon-Plastic	Industrial-RX
特殊用途与主要用途	小型纯接收 (RX) Beacon	小型纯发射 (TX) Beacon	通用双模 Beacon	重型户外型。 支持 RS485 (CAN, 防爆型 - 可选)	重型户外型。 支持 RS485 (CAN, 防爆型 - 可选)
工作模式	仅 RX	仅 TX	双模 (RX 和 TX)	双模 (RX 和 TX)	仅 RX
范围	- 与 Super-Beacon 配合使用, 最远可达 30m	- 与 Super-Beacon 配合使用, 最远可达 30m	- 与 Super-Beacon 配合使用, 最远可达 30m - 配合号角天线最远可达 100m	- 与 Industrial-RX 配合使用, 最远可达 30m - 配合号角天线最远可达 100m	- 与 Industrial-RX 配合使用, 最远可达 30m - 配合号角天线最远可达 100m
超声波频率	- 19/22/25/28/31/34/37/45 kHz	- 31kHz	- RX: 19/22/25/28/31/34/37/45kHz - TX: 每次仅使用一个频率	- RX: 19/22/25/28/31/34/37/45kHz - TX: 每次仅使用一个频率	- RX: 19/22/25/28/31/34/37/45kHz
无线电频段	915/868MHz 频段。 中国频段 - 可按需定制	915/868MHz	915/868MHz 频段。 中国频段 (470/779MHz) - 可按需定制	915/868MHz 频段。 中国频段 (470/779MHz) - 可按需定制	915/868MHz 频段。 中国频段 (470/779MHz) - 可按需定制
外部供电 / 内置电池	USB/750mAh	USB/250mAh	USB/1000mAh	外部 +5V/+6.16V/ 外部电池	外部 +5V/+6.16V/ 外部电池
环境条件	- 室内 / 室外 IP67 - t=0.40C°	- 室内 - t=0.40C°	- 室内 / 室外 ² - t=0.40C°	- 室内 / 室外 ² / 本质安全 ⁵ - t=40.60C°	- 室内 / 室外 ² / 本质安全 ⁵ - t=40.60C°
尺寸与重量	47x42x15mm & 25g	35x35x26mm & 19g	55x55x33(64 ³)mm & 62/75g	83x58x65mm ⁸ & 250g	83x58x33mm ⁸ 及 200g
IMU (3D 陀螺仪 + 3D 加速度计)	是 (6D)	是 (6D)	是 (6D)	是 (6D)	是 (6D)
价格, 欧元	129/149	129	129/149	199/199	179

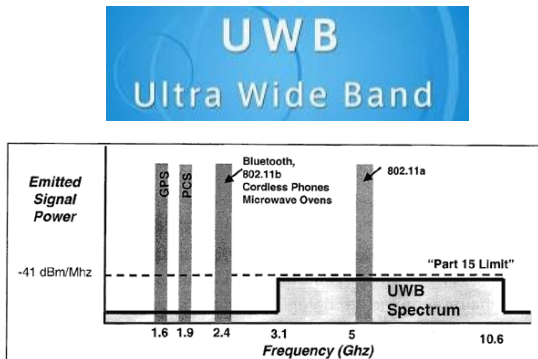
- 1) 可承受 1m 至 30m 深度水下浸泡 (符合 IPx7 要求)
- 2) IP56。此期间性能不作保证
- 3) 1D 模式: RX4 至 RX4 传感器; 其他传感器禁用
- 4) 其他供电选项可根据需求提供
- 5) 具体认证类型须另行协商

- 6) 低至 -40°C 的温度范围仅在使用外部电源时可用, 且需另行申请
- 6) 含天线
- 6) 尺寸不含安装孔
- 6) 不含外壳重 6.3g

替代解决方案

精度：10-30 cm

竞争



全球有数十家 UWB 领域的参与者。
因此，大多数 UWB 解决方案在性能上非常相似



精度：±2cm vs. 10-30cm—— 我们的精度高出约 10 倍，价格同时比 UWB 更具竞争力

互补 / 竞争

LiDAR
惯性光流
结构光激光三角测量里
程计
GPS
磁场

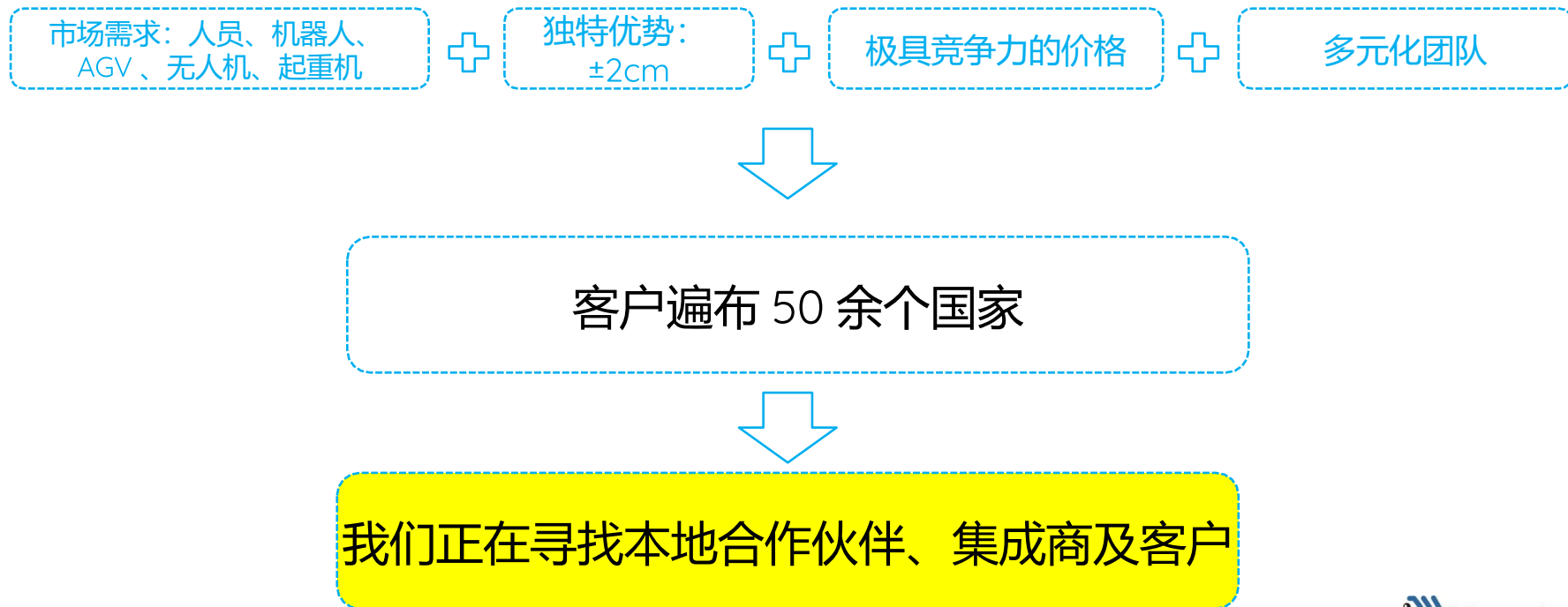
精度：2-5 米

部分竞争



蓝牙和 WiFi 导航领域有数百家参与者，他们具有所有基于 RSSI 技术的相同局限性

总结



附加幻灯片



Marvelmind Robot v100

面向智能仓储及工业应用的自主配送
机器人

最大载重 100 kg
续航时间 >16h
4,990 EUR

理念

- 适用于仓储、零售及工业场景的全自主、经济高效且安全的小型货物配送机器人
- 灵活、模块化且务实的解决方案
- 从 A 点到 B 点准时、可预期且可靠的配送
- 降低对人工的依赖



待解决的问题



- 常见的自动导引车 (AGV) 体积庞大、价格昂贵、集成复杂且存在安全隐患。若 AGV 价格低廉, 则通常在配送路线上灵活性极差 (依赖地面磁性导线)
- 许多企业认为部署高端 AGV 在经济上不可行 => 市场需求未被满足, 潜力尚待挖掘

应用场景：自主配送机器人



Marvelmind 自主配送机器人的核心优势



全自主配送：

- 基于室内 "GPS" 与多种其他系统及传感器相结合的导航与避障功能。实现货物从 A 点到 B 点的稳定可靠自主配送

设计上即具成本效益，集成成本极低甚至为零：

- 采用低成本室内 "GPS" + IMU + 里程计 + 光学方案进行导航与定位，替代昂贵的 LiDAR
- 多个低成本一维 LiDAR 作为近距离传感器，用于碰撞避免与安全防护
- 无需昂贵的第三方组件，无需第三方 SW、许可证或知识产权——仅使用内部自研方案

小尺寸与模块化架构：

- 简洁且高度可定制的框架（"宜家风格"），可在数分钟内灵活选择不同货架结构。可选配额外电池容量。无危险货叉
- 适配不同机器人高度 / 宽度 / 长度及各种货箱 / 货篮尺寸

使用案例

仓储应用：

- 轻松实现仓库不同区域之间，或存储区与装卸 / 组装区域之间的货物配送。实现从 A 点到 B 点、C 点、D 点等的可靠快速货物配送。辅助人员将装载好的货篮或货箱放入机器人，按下对应目的地的单个实体按钮 B，其余的内部配送工作将由机器人全自动完成

工业应用：

- 在中小型工厂（汽车行业、工厂、医院、化工或制药厂、食品行业等）中，对不同尺寸和形状的中小型货物进行准时、可靠的配送

竞争态势

- 价格低廉
- 用途广泛
- 轻便安全



- 仅与 AGV 存在部分竞争关系——更多是互补共存。AGV 具有不同的能力，服务于不同的需求
- 众多常规 AGV 厂商：Kuka/ Swisslog、Egemin、AGVE、Ward、JBT 等。自主配送机器人领域成熟竞争者相对较少，部分仅供自用（Amazon/Kiva）
- 小型配送机器人领域的实质性竞争极少
- 整体解决方案的价格与复杂性是决定其采用与否的关键因素

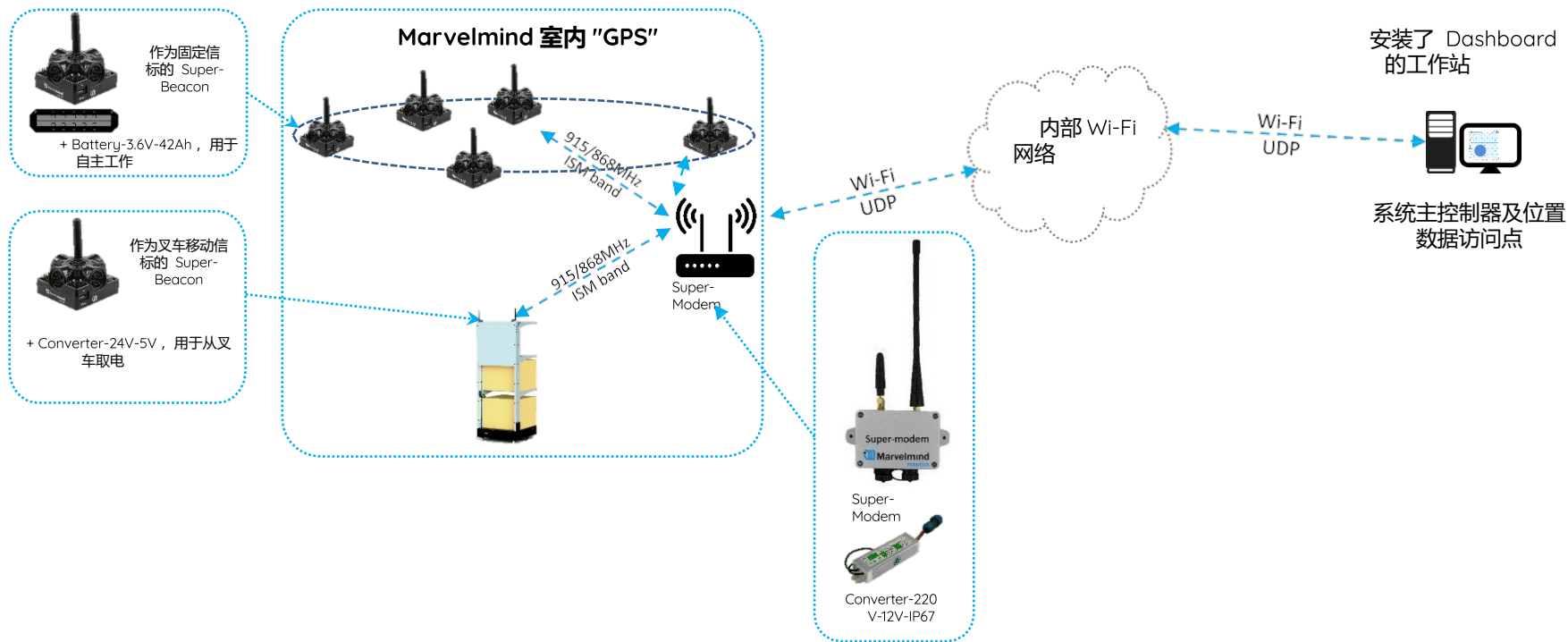


价格：最低仅需 4,990 欧元，而普通 AGV 售价为 20,000 至 100,000 欧元——价格低 10 至 20 倍

尺寸：比普通 AGV 更小巧、更灵活——与人体尺寸相当甚至更小

用途：可用于普通 AGV 根本无法适用的场景

Marvelmind Robot v100 + 室内 "GPS"



谢谢！

Marvelmind Robotics

Marvelmind OÜ

Katusepapi tn 4/2,
Tallinn, 11412,
Estonia

info@marvelmind.com [https://
marvelmind.com](https://marvelmind.com)