非反向架构 (NIA)



固定式
Super-Beacon 1
任意频率

移动 Super-Beacon
若为 Super-Beacon，可采用任意超声波频率；若为 Beacons HW v4.9，则必须使用相同频率





固定式
Super-Beacon N
任意频率

固定信标：
- 高处安装于墙壁或天花板上
- 若为 Super-Beacon，可使用任意超声波频率。若为 Beacons HW v4.9，则使用相同的超声波频率
- 测量至相邻信标的距离，并自动构建子地图
- 通过 ISM 频段与路由器进行无线通信

子地图：
- 高级功能，支持在独立房间或区域中构建独立的信标子地图/集群/单元，从而创建由多个子地图组成并覆盖大型建筑物（面积达数千平方米）的地图，类似于蜂窝网络的覆盖方式

相邻信标之间的距离最大可达 **30 米**。

移动信标：
- 安装在机器人/无人机/叉车上，通过 UART、SPI、I2C 或 USB（虚拟 UART）与其进行交互
- 以最高 f=40 Hz 的频率接收来自路由器的位置更新
- 每个移动信标的位置更新频率取决于移动信标的数量 (n)，即 f/n
- 内置 IMU（3D 加速度计 + 3D 陀螺仪）

NIA 室内定位系统组成：
- 2 个或更多固定信标（接收超声波）
- 1 个或更多移动信标（发射超声波）
- 1 个中央路由器



固定式
Super-Beacon 3
任意频率



固定式
Super-Beacon 2
任意频率

系统良好运行的**关键要求**：移动信标与 2 个（2D）或 3 个及以上（3D）固定信标之间在 30 米范围内保持**无遮挡的视线**——与 GPS 卫星的可见性非常相似

路由器/Modem：
- 系统的中央控制器
- 以最高 **40 Hz** 的频率计算移动信标的位置
- 通过 USB/虚拟 UART 与 Dashboard 或机器人进行通信
- 支持多达 250 个信标和 250 个子地图



Marvelmind robotics

反向架构 (IA)



固定式
Super-Beacon 1
19kHz

固定信标：
- 安装在墙壁或天花板上
- 在 IA 中，属于同一子地图的固定信标必须使用不同的超声波频率（例如 19 和 25kHz 或 25 和 31 kHz）
- 测量至相邻信标的距离，并自动构建子地图
- 通过 ISM 频段与路由器进行无线通信



固定式
Super-Beacon 2
25kHz

系统正常工作的**关键要求**：移动 beacon 与 2 个（2D）或 3 个及以上（3D）固定 beacon 之间在 30 米范围内保持**无遮挡的视线**——非常类似于 GPS 卫星的可见性要求

移动
Super-Beacon
任意频率



移动信标：
- 安装于机器人/人员/叉车上，并通过 UART、SPI、I2C 或 USB（虚拟 UART）与其交互
- 以最高 40 Hz 的频率在设备端计算位置更新
- 每个信标的位置更新率不直接依赖于移动信标的数量
- 内置 IMU（3D 加速度计 + 3D 陀螺仪）

子地图：
- 高级功能，支持在独立房间或区域中构建独立的信标子地图/集群/单元，从而创建由多个子地图组成并覆盖大型建筑物（面积达数千平方米）的地图，类似于蜂窝网络的覆盖方式

IA 中的室内定位系统包括：
- 2 个或更多固定信标（以不同超声波频率发射超声波）
- 1 个或更多移动信标（同时以不同超声波频率接收超声波）
- 1 台路由器

固定式
Super-Beacon N
37kHz



相邻信标之间的距离最大可达 **30 米**。

固定式
Super-Beacon 3
31kHz



路由器/Modem：
- 系统的中央控制器
- 以最高 **40 Hz** 的频率同步信标
- 通过 USB/虚拟 UART 与 Dashboard 或机器人进行通信
- 支持多达 250 个信标和 250 个子地图



Marvelmind robotics

多频 NIA（MF NIA）



固定式
Super-Beacon 1
任意频率

固定信标：
- 安装在墙壁或天花板上
- Super-Beacon 可使用任意超声频率。Beacons HW v4.9 不支持 MF NIA
- 测量至相邻信标的距离，并自动构建子地图
- 通过 ISM 频段与路由器进行无线通信



固定式
Super-Beacon 2
任意频率

系统正常工作的**关键要求**：移动 beacon 与 2 个（2D）或 3 个及以上（3D）固定 beacon 之间在 30 米范围内保持**无遮挡的视线**——非常类似于 GPS 卫星的可见性要求

移动
Super-Beacon
19/22/25/28/31/34/37/45kHz



移动信标：
- 安装于机器人/人员/叉车上，并通过 UART、SPI、I2C 或 USB（虚拟 UART）与其交互
- 以最高 40 Hz 的频率从路由器接收位置更新
- 当移动信标数量不超过 8 个时，每个信标的位置更新率与 IA 相同。超过 8 个时——与 NIA 类似，但更新率最高可提高 8 倍
- 内置 IMU（3D 加速度计 + 3D 陀螺仪）

路由器/Modem：
- 系统的中央控制器
- 以最高 **40 Hz** 的频率计算移动信标的位置
- 通过 USB/虚拟 UART 与 Dashboard 或机器人进行通信
- 支持多达 250 个信标和 250 个子地图



子地图：
- 高级功能，支持在独立房间或区域中构建独立的信标子地图/集群/单元，从而创建由多个子地图组成并覆盖大型建筑物（面积达数千平方米）的地图，类似于蜂窝网络的覆盖方式

MF NIA 模式下的室内导航系统：
- 2 个或更多固定信标（接收超声波）
- 1 个或更多移动信标（以不同的超声波频率发射超声波）
- 1 个中央路由器



固定式
Super-Beacon N
任意频率

相邻信标之间的距离最大可达 **30 米**。

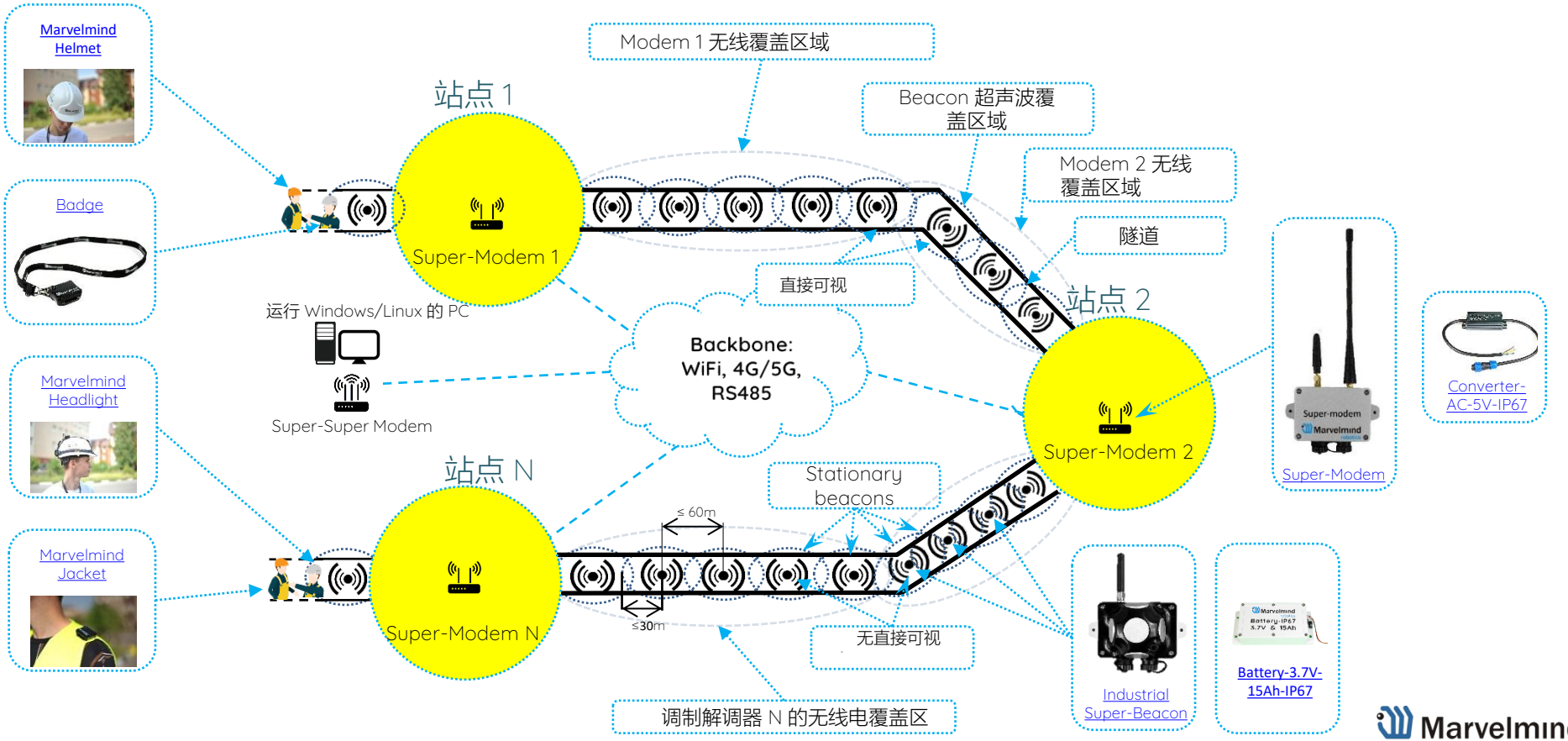


固定式
Super-Beacon 3
任意频率

Marvelmind robotics

用于超大型网络的多 Modem 架构

用于地下跟踪的隧道安全示例



Marvelmind robotics

适用于快速移动物体的 Split-Modem 架构

用于快速跟踪的滑冰示例

Modem HW v5.1



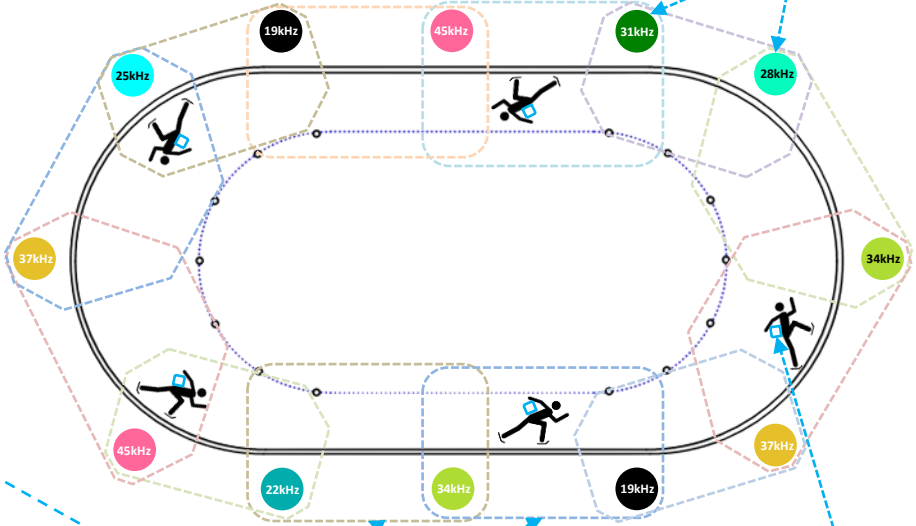
控制 modem:
- 中央系统控制器。从所有 beacon 收集数据并发送到中央 Dashboard。

固定 beacon:
- 负责跟踪移动 beacon。
- 同一子地图中不能存在两个频率相同的 beacon,整个地图中也不能存在超过一对的频率组合。

Super-Beacon



USB-Hub



注意事项:

- 室内场景：运动、卡丁车、自行车
- 接收 Modem 与其中一个移动 Beacon 配对工作。
- 接收 modem 的数量与移动 beacon 的数量相对应
- Dashboard 与专用 modem 模块配合工作

- 即将推出:支持 Split-Modem 架构的 Super-Modem 选项

带 modem 模块的 Dashboard:
- 运行 Dashboard 并带有 modem 模块的 Windows/ Linux,承担控制 modem 的部分功能。

接收 modem:
- 负责从一个移动 beacon 接收数据(如 IMU 数据)并将其发送到 Dashboard。
- 一个 modem 可以从一个移动 beacon 接收数据。

子地图

移动信标:
- 移动 beacon 安装在需要跟踪的目标上。
- 移动 beacon 连接到其自身的接收数据 modem。

Beacon Mini-RX、Omni-Mic-IP67



Marvelmind robotics

室内自主飞行的 DJI 无人机

20x20 米子地图 + 1 架无人机示例

Super-Beacon
（固定信标）



Super-Beacon
（移动信标）
轻量化电池 + 无外壳

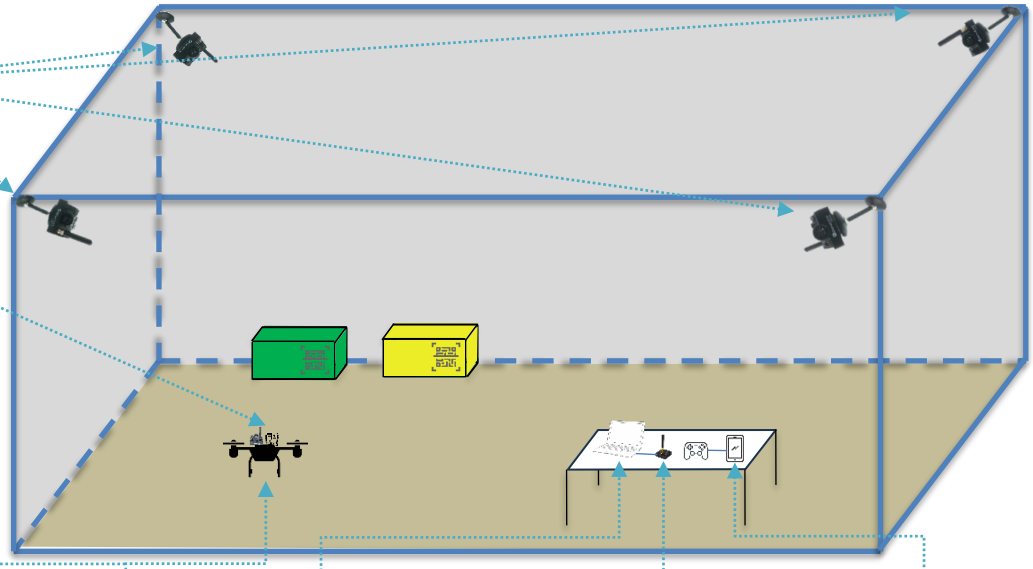


Modem HW 5.1



DJI drone





DJI drone:
- Marvelmind system supports DJI drones starting from DJI Mini 3. Integration works via DJI SDK

Dashboard:
- Used for the setup of a system. Visual drone tracking. Streams to your ERP and WMS

Modem HW 5.1:
- Central controller of the system. Collects data from all beacons and communicates via USB/virtual UART with Dashboard

Marvelmind 应用 + DJI RC:
- 专用 Marvelmind Android 应用，可远程控制系统。连接至 DJI RC

配置：
- 3-4 个 Super-Beacon – 固定信标
- 1 个 Super-Beacon – 移动信标
- 1 个 Modem HW 5.1 – 中央控制器
- 1 架 DJI 无人机 – 被跟踪对象
- 1 个 DJI RC + 安装 Marvelmind DJI 应用的 Android 手机 – 无人机自主飞行模式的控制器
- 1 台 Windows/Linux 笔记本电脑 – 用于安装 Dashboard 并设置系统

工作原理：
- 此配置下的 Marvelmind Indoor GPS 系统使用 DJI SDK 对 DJI 无人机进行跟踪和自主飞行控制

结果：
- DJI 无人机根据 Dashboard 中的航点自主飞行，拍摄照片或扫描并识别二维码/条形码，并将其连同精确坐标一起发送到 WMS 或 ERP
- 自主返回基站

任务：
- 为 DJI 无人机提供室内自主飞行
- 自动拍摄照片、扫描二维码、发送位置数据

解决方案：
- Marvelmind 室内 GPS 系统配合 Marvelmind 应用程序实现自主飞行

Marvelmind robotics

架构对比

	非逆向 (NIA)	逆向 (IA)	多频 NIA（MF NIA）
典型用途	- 1-4 个自主机器人/无人机 - 支持多达 250 个信标（固定+移动） - 当移动信标需要安装在嘈杂的无人机/车辆上，但固定信标位于相对较安静的地方时	- 许多移动用户（人员、机器人、VR）且当每个移动设备的更新率很重要时 - 支持多达 250 个信标（固定+移动组合） - 当移动信标位于较安静的地方时	- 5-16 个自主机器人/无人机 - 支持多达 250 个信标（固定+移动组合） - 实际上，MF NIA 结合了 IA 和 NIA 的优点。但它仍然是"更多 NIA 而不是 IA"，因为移动信标发出超声波
不推荐	- 在不希望移动信标发出超声波的应用中	- 对于无人机 - 因为移动信标接收超声波。范围可能仅限于 2-5m。可通过未来的 SW 版本改进	- 在不希望移动信标发出超声波的应用中
精度	- ±2cm 或更好（通过更多平均）	- ±2cm 或更好（通过更多平均）	- ±2cm 或更好（通过更多平均）
更新率	- 取决于移动信标数量 (n) 的 f/n – 使用 TDMA - 略微取决于无线电配置文件 - 取决于子地图的大小 - IMU 融合由 HW 和 SW 支持	- 不取决于移动信标数量，因为它们同时接收超声波 - 略微取决于无线电配置文件 - （与 NIA 相同） - 取决于子地图的大小（与 NIA 相同） - IMU 融合由 HW 支持。SW 支持即将推出	- 对于 n>8 的移动信标数量 (n) 取决 – 使用 TDMA，即相同数量的移动设备下可提供高达 8 倍的 NIA 更新率。对于最多 8 个移动设备，每个移动设备的更新率等于 IA - 其余 – 如 NIA
范围	- 可以使用子地图覆盖任意大的区域 - 在实际条件下最多 30m，在实验室条件下最多 50m（在单个子地图内），即固定信标应该每 30m 或更近放置一个（在 1D 带喇叭的情况下 – 最多 120m）		
地图构建	- 可以自动和手动构建子地图	- 可以自动和手动构建子地图	- 可以自动和手动构建子地图

版本 2025_01_08

翻译版本。英文原版： https://marvelmind.com/pics/architectures_comparison.pdf

Marvelmind robotics