

# 非反向架构 (NIA)



**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



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

## 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)

## 子地图:

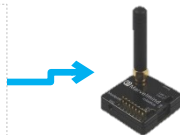
- 高级功能, 支持在独立房间或区域中构建独立的信标子地图 / 集群 / 单元, 从而创建由多个子地图组成并覆盖大型建筑物 (面积达数千平方米) 的地图, 类似于蜂窝网络的覆盖方式

## NIA 模式下的室内定位系统由以下部分组成:

- 2 个或多个固定信标 (接收超声波)
- 1 个或多个移动信标 (发射超声波)
- 1 个中央路由器

## 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



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

# 反向架构 (IA)



## 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)
- 测量与邻近信标之间的距离并自动构建子地图
- 在 ISM 频段中与路由器进行无线通信



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)

## 路由器 / 调制解调器:

- 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 或机器人通信
- 支持最多 250 个信标和最多 250 个子地图

## 子地图 (Submaps):

- 高级功能, 允许在不同的房间或区域中构建独立的 beacon 子地图 / 集群 / 单元, 从而创建由多个子地图组成的地图, 覆盖大型建筑 (面积达数千平方米), 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



信标邻居之间的距离可达 30 米。



# 多频 NIA ( MF NIA )



固定式  
Super-Beacon 1  
任意频率



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



固定式  
Super-Beacon N  
任意频率

相邻信标之间的距离  
最远可达 30 米。



固定式  
Super-Beacon 3  
任意频率

## 固定 beacon :

- 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
- 自动测量与相邻信标的距离并构建子地图
- 在 ISM 频段内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: 移动信标在 30 米范围内对 2 个 (2D) 或 3 个 (3D) 或更多固定信标具有无遮挡的视线——与 GPS 卫星的可见性非常相似

## 移动信标:

- 安装在机器人 / 人员 / 叉车上, 并通过 UART、SPI、I2C 或 USB (虚拟 UART) 与它们交互
- 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 或机器人通信
- 最多支持 250 个信标和 250 个子地图

## 子地图:

- 高级功能, 允许在独立的房间或区域中构建独立的子地图 / 集群 / 单元信标, 从而创建由多个子地图组成、覆盖大型建筑 (面积达数千平方米) 的地图, 如同蜂窝网络覆盖一样

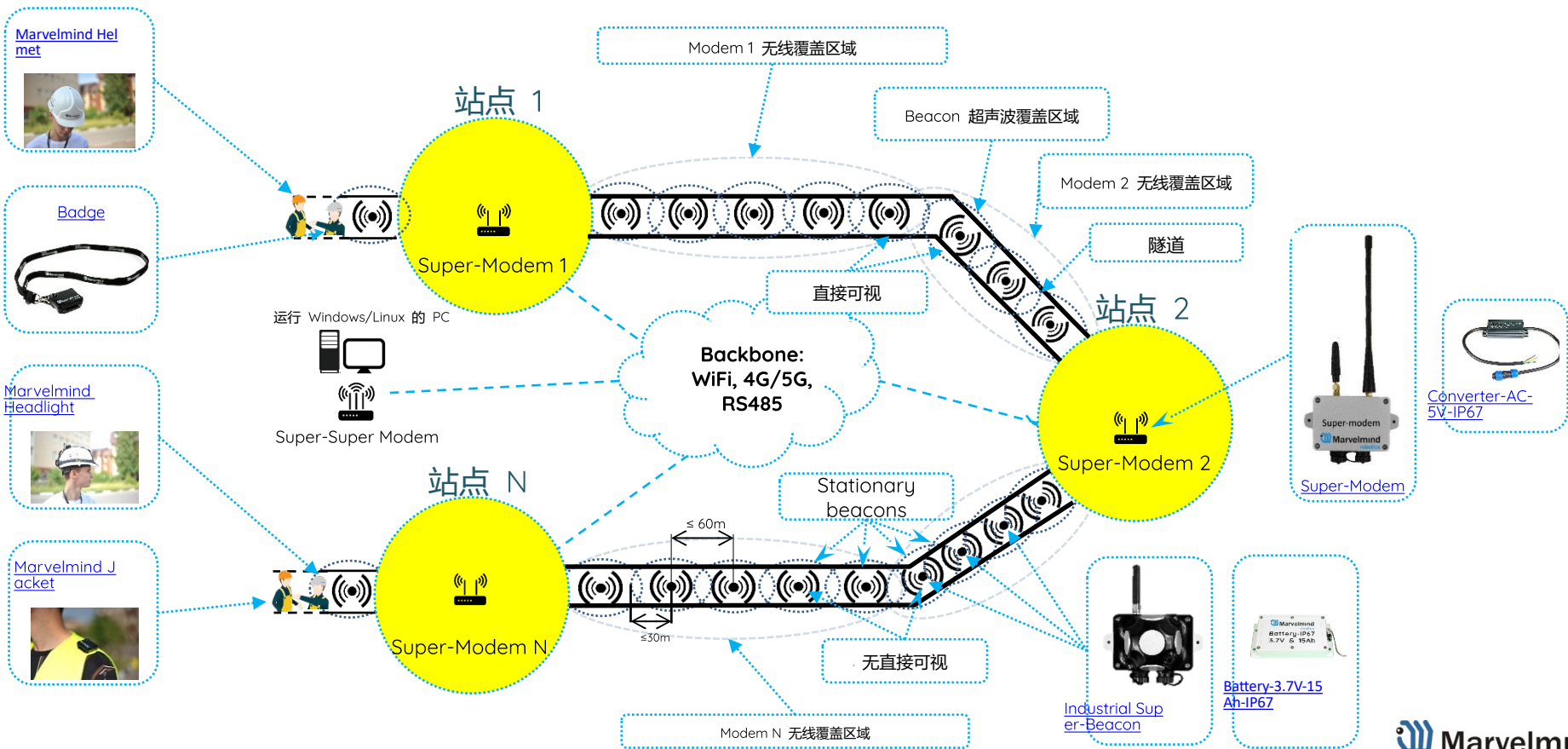
## MF NIA 模式下的室内导航系统:

- 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



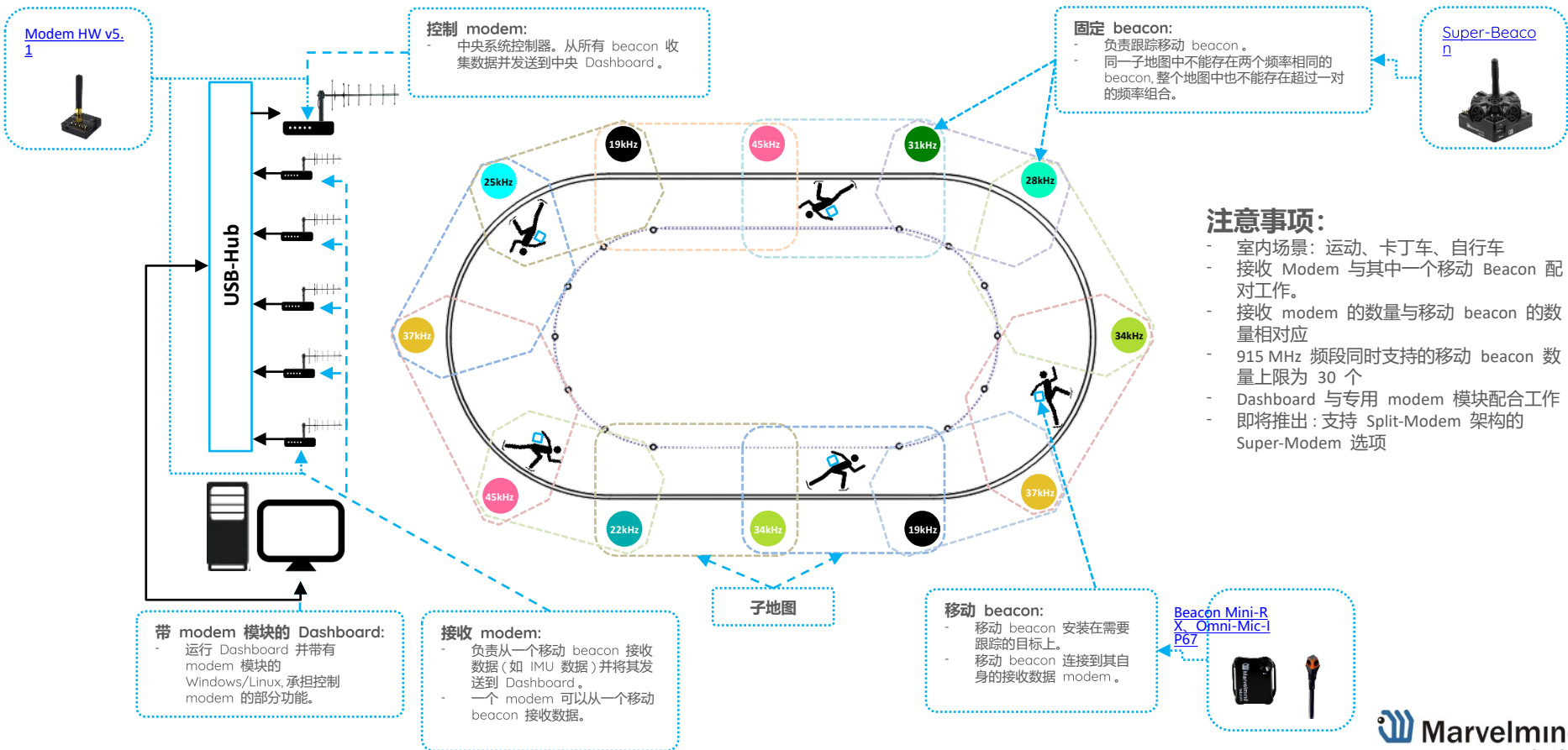
# 用于超大型网络的多 Modem 架构

用于地下跟踪的隧道安全示例



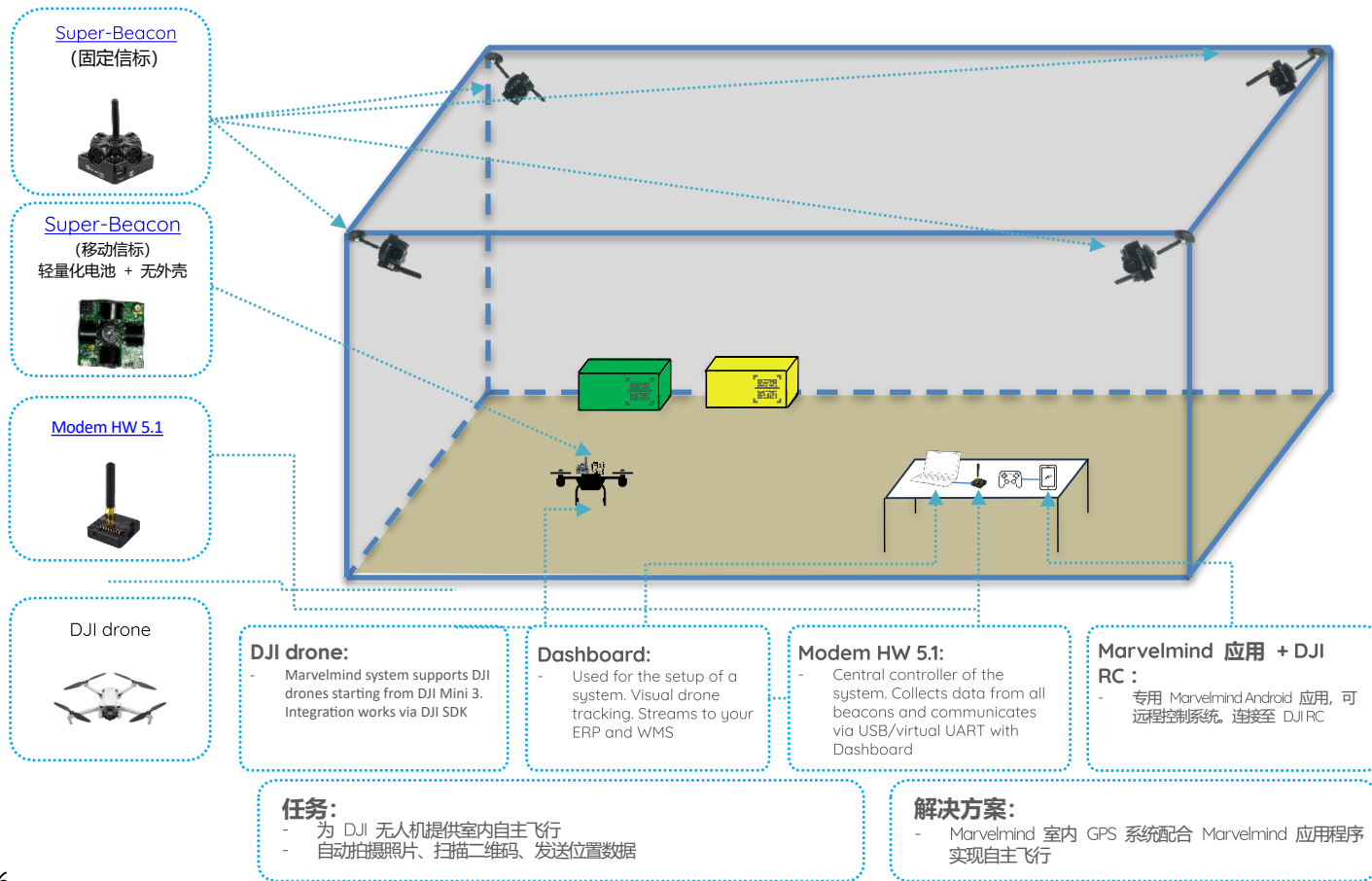
# 适用于快速移动物体的 Split-Modem 架构

## 用于快速跟踪的滑冰示例



# 室内自主飞行的 DJI 无人机

20x20 米子地图 + 1 架无人机示例



## 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

# 架构对比

	非逆向 (NIA)	逆向 (IA)	多频非逆向 (MF NIA)
<b>典型用途</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-4 个自主机器人 / 无人机 - 支持多达 250 个信标 (固定 + 移动)</li> <li>- 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> <li>- 当移动信标位于较安静的地方时</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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)</li> <li>- 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</li> </ul>
<b>不推荐</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 在不希望移动信标发出超声波的应用中</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 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</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 在不希望移动信标发出超声波的应用中</li> </ul>
<b>精度</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 或更好 (通过更多平均)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 或更好 (通过更多平均)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm 或更好 (通过更多平均)</li> </ul>
<b>更新率</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 取决于移动信标数量 (n) 的 <math>f/n</math> - 使用 TDMA</li> <li>- 略微取决于无线电配置文件</li> <li>- 取决于子地图的大小</li> <li>- IMU 融合由 HW 和 SW 支持</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 不取决于移动信标数量, 因为它们同时接收超声波</li> <li>- 略微取决于无线电配置文件 (与 NIA 相同)</li> <li>- 取决于子地图的大小 (与 NIA 相同)</li> <li>- IMU 融合由 HW 支持。SW 支持即将推出</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 对于 <math>n &gt; 8</math> 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</li> <li>- 其余 - 如 NIA</li> </ul>
<b>范围</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可以使用子地图覆盖任意大的区域</li> <li>- 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)</li> </ul>		
<b>地图构建</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可以自动和手动构建子地图</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可以自动和手动构建子地图</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 可以自动和手动构建子地图</li> </ul>

版本 2025\_01\_08