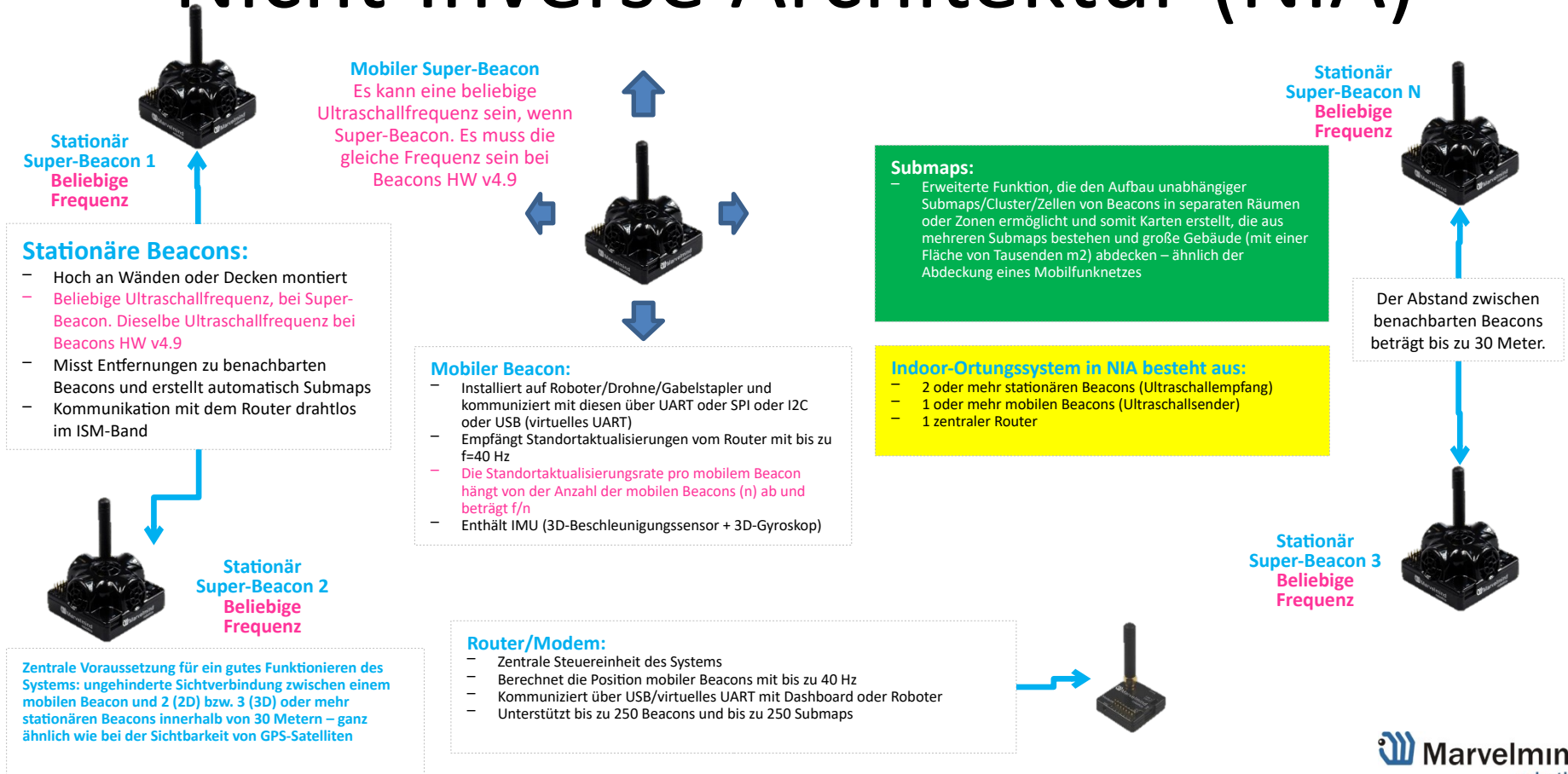


# Nicht-Inverse Architektur (NIA)



# Inverse Architektur (IA)



## Stationäre Beacons:

- An Wänden oder Decken montiert
- In IA müssen stationäre Beacons, die zum selben Submap gehören, unterschiedliche Ultraschallfrequenzen haben (zum Beispiel 19 & 25 kHz oder 25 & 31 kHz)
- Misst Entfernungen zu benachbarten Beacons und erstellt Submaps automatisch
- Kommuniziert drahtlos mit dem Router in einem ISM-Band



Stationär  
Super-Beacon 2  
25 kHz

Wesentliche Voraussetzung für das einwandfreie Funktionieren des Systems: ungehinderte Sichtverbindung eines mobilen Beacons zu 2 (2D) bzw. 3 (3D) oder mehr stationären Beacons innerhalb von 30 Metern – sehr ähnlich der Sichtbarkeit von GPS-Satelliten

Mobil  
Super-Beacon  
Beliebige  
Frequenz

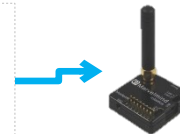


## Mobiler Beacon:

- Wird auf Roboter/Person/Gabelstapler installiert und interagiert mit ihnen über UART, SPI, I2C oder USB (virtuelles UART)
- Berechnet Positionsaktualisierungen onboard mit bis zu 40 Hz
- Die Positionsaktualisierungsrate pro Beacon hängt nicht direkt von der Anzahl der mobilen Beacons ab
- Enthält IMU (3D-Beschleunigungssensor + 3D-Gyroskop)

## Router/Modem:

- Zentrale Steuereinheit des Systems
- Synchronisiert die Beacons mit bis zu 40 Hz
- Kommuniziert über USB/virtuelles UART mit Dashboard oder Roboter
- Unterstützt bis zu 250 Beacons und bis zu 250 Submaps



## Submaps:

- Erweiterte Funktion, die den Aufbau unabhängiger Submaps/Cluster/Zellen von Beacons in separaten Räumen oder Zonen ermöglicht und somit das Erstellen von Karten bestehend aus mehreren Submaps zur Abdeckung großer Gebäude (mit einer Fläche von Tausenden von m<sup>2</sup>) erlaubt – ähnlich der Flächenabdeckung eines Mobilfunknetzes

## Das Indoor-Positionierungssystem in IA besteht aus:

- 2 oder mehr stationären Beacons (die Ultraschall auf unterschiedlichen Ultraschallfrequenzen senden)
- 1 oder mehr mobilen Beacons (die gleichzeitig Ultraschall auf unterschiedlichen Ultraschallfrequenzen empfangen)
- 1 x Router

Stationär  
Super-Beacon N  
37 kHz



Der Abstand zwischen benachbarten Beacons beträgt bis zu 30 Meter.

Stationär  
Super-Beacon 3  
31 kHz



# Mehrfrequenz NIA (MF NIA)



Stationär  
Super-Beacon 1  
Beliebige  
Frequenz

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



## Stationäre Beacons:

- An Wänden oder Decken montiert
- Beliebige Ultraschallfrequenz für Super-Beacon verfügbar. MF NIA wird von Beacons HW v4.9 nicht unterstützt
- Misst Entfernungen zu benachbarten Beacons und erstellt automatisch Submaps
- Kommuniziert drahtlos mit dem Router in einem ISM-Band



Stationär  
Super-Beacon 2  
Beliebige  
Frequenz

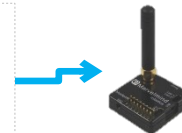
Grundvoraussetzung für ein einwandfreies Funktionieren des Systems: freie Sichtverbindung eines mobilen Beacons zu 2 (2D) bzw. 3 (3D) oder mehr stationären Beacons innerhalb von 30 Metern – sehr ähnlich der Sichtbarkeit von GPS-Satelliten

## Mobiler Beacon:

- Wird an Roboter/Person/Gabelstapler installiert und kommuniziert mit diesen über UART, SPI, I2C oder USB (virtuelles UART)
- Empfängt Positionsaktualisierungen vom Router mit bis zu 40 Hz
- Die Aktualisierungsrate pro Beacon bei bis zu 8 mobilen Beacons entspricht der von IA. Darüber hinaus – wie bei NIA, jedoch mit bis zu 8-mal höherer Aktualisierungsrate
- Enthält eine IMU (3D-Beschleunigungssensor + 3D-Gyroskop)

## Router/Modem:

- Zentrale Steuereinheit des Systems
- Berechnet die Position mobiler Beacons mit bis zu 40 Hz
- Kommuniziert über USB/virtuelles UART mit dem Dashboard oder Roboter
- Unterstützt bis zu 250 Beacons und bis zu 250 Submaps



## Submaps:

- Erweiterte Funktion, die das Erstellen unabhängiger Submaps/Cluster/Zellen von Beacons in separaten Räumen oder Zonen ermöglicht und somit Karten erzeugt, die aus mehreren Submaps bestehen und große Gebäude (mit einer Fläche von Tausenden m<sup>2</sup>) wie die Abdeckung eines Mobilfunknetzes abdecken

## Indoor-Navigationssystem in MF NIA:

- 2 oder mehr stationäre Beacons (Ultraschallempfang)
- 1 oder mehr mobile Beacons (Ultraschallaussendung auf verschiedenen Ultraschallfrequenzen)
- 1 zentraler Router

Stationär  
Super-Beacon N  
Beliebige  
Frequenz



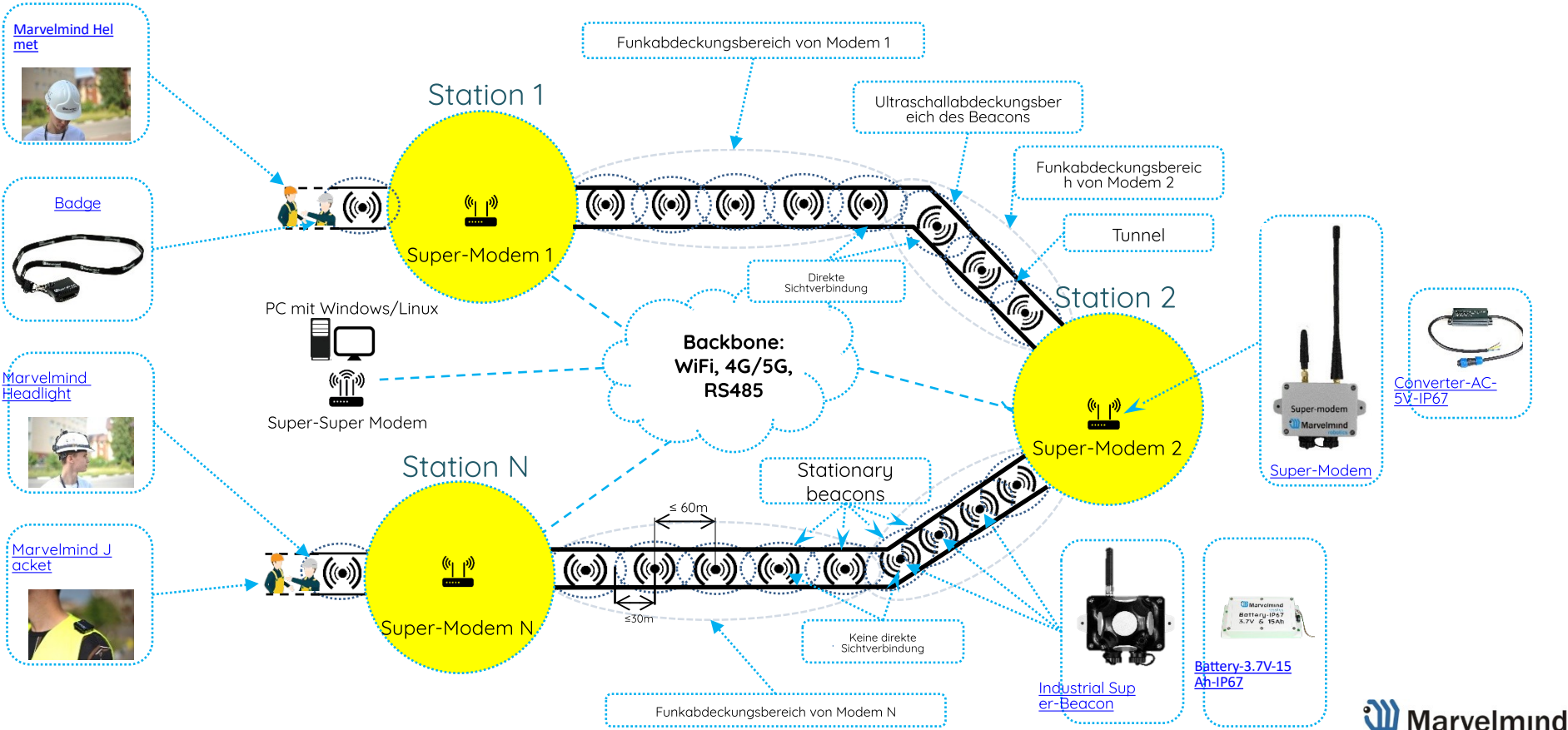
Der Abstand zwischen benachbarten Beacons beträgt bis zu 30 Meter.

Stationär  
Super-Beacon 3  
Beliebige  
Frequenz



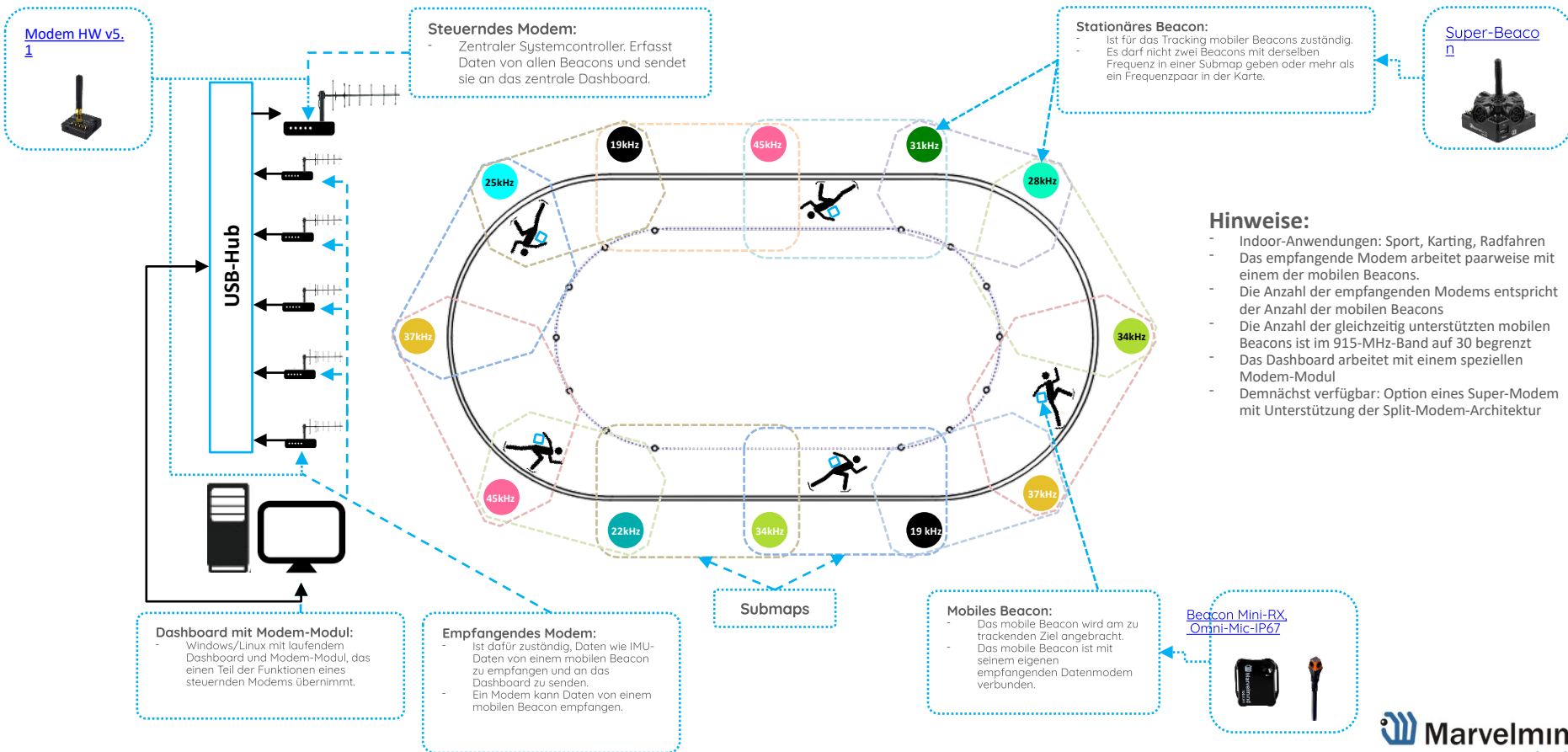
# Multi-Modem-Architektur für sehr große Netzwerke

Tunnelsicherheitsbeispiel für Untertage-Tracking



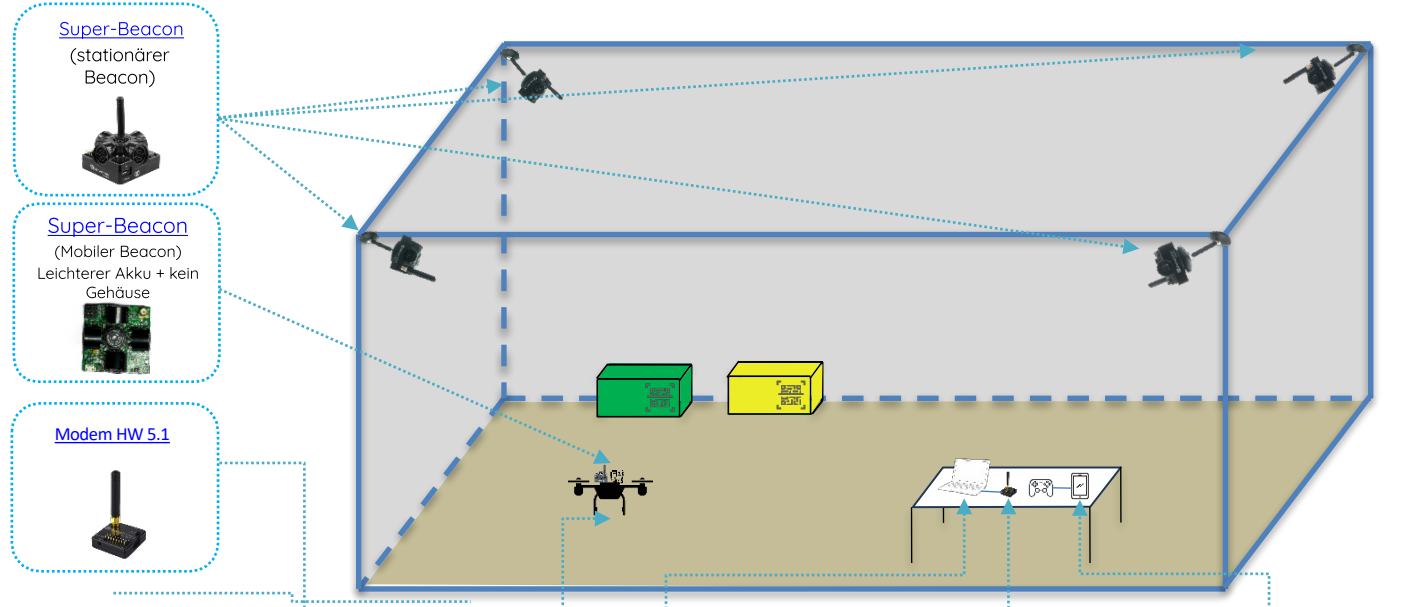
# Split-Modem-Architektur für sich schnell bewegende Objekte

## Eiskunstlauf-Beispiel für schnelles Tracking



# Autonome DJI-Drohnen in Innenräumen

Ein Beispiel für eine 20x20 Meter Submap + 1 Drohne



## Super-Beacon

(stationärer Beacon)



## Super-Beacon

(Mobiler Beacon)  
Leichter Akku + kein Gehäuse



## 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 App + DJI RC:

- Spezielle Marvelmind Android-App, mit der ein System ferngesteuert werden kann. Verbindet sich mit einer DJI RC

### Aufgabe:

- Autonomen Innenflug für DJI-Drohnen ermöglichen
- Automatisches Aufnehmen von Fotos, Scannen von QR-Codes, Senden von Standortdaten

### Lösung:

- Marvelmind Indoor GPS-System mit einer Marvelmind-App für autonomen Flug

### Konfiguration:

- 3-4 x Super-Beacon – stationäre Beacons
- 1 x Super-Beacon – ein mobiler Beacon
- 1 x Modem HW 5.1 – eine zentrale Steuerung
- 1 x DJI-Drohne – ein zu trackendes Objekt
- 1 x DJI RC + Android-Telefon mit Marvelmind DJI App – ein Controller für ein autonomes Flugmuster einer Drohne
- 1 x Windows/Linux-Laptop – wird zur Installation des Dashboards und zur Einrichtung eines Systems verwendet

### Funktionsprinzip:

- Das Marvelmind Indoor GPS-System in dieser Konfiguration ermöglicht das Tracking und den autonomen Flug einer DJI-Drohne mittels DJI SDK

### Ergebnis:

- DJI-Drohnen fliegen autonom gemäß den im Dashboard festgelegten Wegpunkten, machen Fotos oder scannen und erkennen QR-/Barcodes und senden diese zusammen mit ihren präzisen Koordinaten an WMS oder ERP
- Autonome Rückkehr zur Basis

# Vergleich der Architekturen

	Nicht-Invers (NIA)	Invers (IA)	Multi-Frequenz NIA (MF NIA)
Typische Verwendung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-4 autonome Roboter/Drohnen - Unterstützung für bis zu 250 Baken (stationär+mobil)</li> <li>- Wenn ein mobiler Bake auf einer lauten Drohne/einem Fahrzeug installiert werden soll, aber stationäre Baken an relativ ruhigeren Orten sind</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Viele mobile Benutzer (Menschen, Roboter, VR) und wenn die Aktualisierungsrate pro Mobilgerät wichtig ist - unterstützt bis zu 250 Baken (stationär+mobil kombiniert)</li> <li>- Wenn mobile Baken an ruhigeren Orten sind</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5-16 autonome Roboter/Drohnen - Unterstützung für bis zu 250 Baken (stationär+mobil kombiniert)</li> <li>- Effektiv kombiniert MF NIA das Beste aus IA und NIA. Aber es ist immer noch "eher NIA als IA", weil die mobilen Baken Ultraschall ausstrahlen</li> </ul>
Nicht empfohlen	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In Anwendungen, bei denen die Ultraschallabstrahlung des mobilen Bakens unerwünscht ist</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Für Drohnen - weil mobile Baken Ultraschall empfangen. Die Reichweite kann auf nur 2-5m begrenzt sein. Kann durch zukünftige SW-Versionen verbessert werden</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- In Anwendungen, bei denen die Ultraschallabstrahlung des mobilen Bakens unerwünscht ist</li> </ul>
Genauigkeit	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm oder besser mit mehr Mittelung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm oder besser mit mehr Mittelung</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2cm oder besser mit mehr Mittelung</li> </ul>
Aktualisierungsrate	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hängt von der Anzahl der mobilen Bakens (n) als <math>f/n</math> ab - TDMA wird verwendet</li> <li>- Hängt leicht vom Funkprofil ab</li> <li>- Hängt von der Größe der Unterkarten ab</li> <li>- IMU-Fusion wird Hardware- und Software-seitig unterstützt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hängt nicht von der Anzahl der mobilen Bakens ab, da diese gleichzeitig Ultraschall empfangen</li> <li>- Hängt leicht vom Funkprofil ab (gleich wie NIA)</li> <li>- Hängt von der Größe der Unterkarten ab (gleich wie NIA)</li> <li>- IMU-Fusion wird Hardware-seitig unterstützt. Software-Unterstützung kommt</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Hängt von der Anzahl der mobilen Bakens (n) für <math>n &gt; 8</math> ab - TDMA wird verwendet, d.h. es kann bis zu 8-mal höhere Aktualisierungsrate als NIA mit der gleichen Anzahl von Mobilien bieten. Für bis zu 8 Mobiles ist die Aktualisierungsrate pro Mobile gleich IA</li> <li>- Das Übrige - wie NIA</li> </ul>
Reichweite	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann ein beliebig großes Gebiet mit Unterkarten abdecken</li> <li>- Bis zu 30m unter realen Bedingungen und bis zu 50m unter Laborbedingungen innerhalb einer einzelnen Unterkarte, d.h. stationäre Baken sollten alle 30m oder näher platziert werden (in 1D mit Hörnern - bis zu 120m)</li> </ul>		
Kartenerstellung	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann Unterkarten automatisch und manuell erstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann Unterkarten automatisch und manuell erstellen</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Kann Unterkarten automatisch und manuell erstellen</li> </ul>

Version 2025\_01\_08