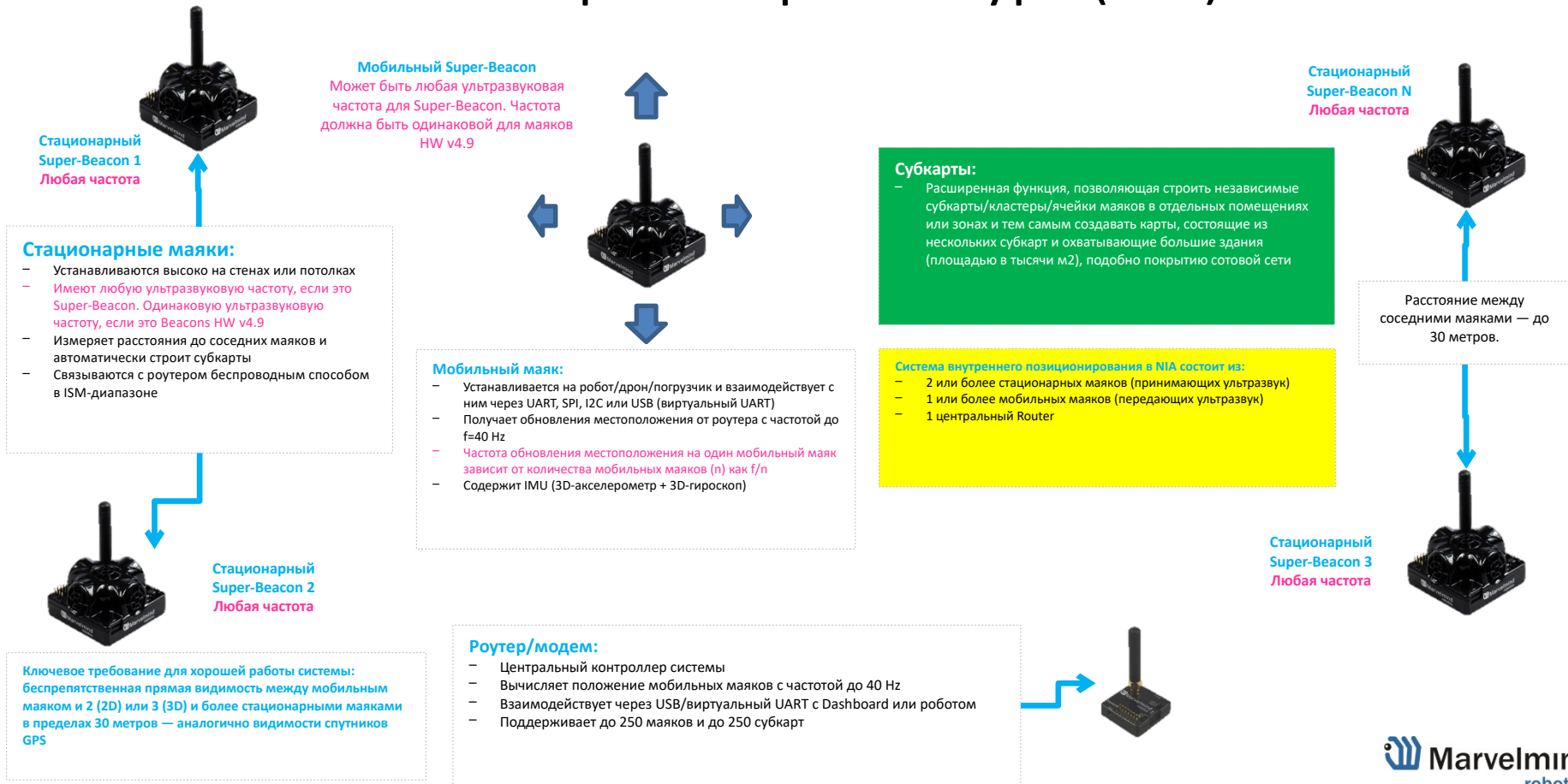


# Неинверсная архитектура (NIA)



# Инверсная архитектура (IA)



Стационарный Super-Beacon 1  
19 кГц



Мобильный Super-Beacon  
Любая частота

Стационарный Super-Beacon N  
37 кГц



Расстояние между соседними маяками — до 30 метров.



Стационарный Super-Beacon 3  
31 кГц

## Стационарные маяки:

- Монтируются на стенах или потолках
- В IA стационарные маяки, принадлежащие одной субкарте, должны иметь разные ультразвуковые частоты (например, 19 и 25 кГц или 25 и 31 кГц)
- Измеряет расстояния до соседних маяков и автоматически строит субкарты
- Беспроводная связь с роутером в диапазоне ISM



Стационарные Super-Beacon 2  
25 кГц

Ключевое требование для корректной работы системы: прямая видимость без препятствий между мобильным маяком и 2 (для 2D) или 3 (для 3D) и более стационарными маяками в пределах 30 метров — аналогично видимости спутников GPS

## Мобильный маяк:

- Устанавливается на робота/человека/погрузчика и взаимодействует с ними через UART, SPI, I2C или USB (виртуальный UART)
- Вычисляет обновления местоположения встроено с частотой до 40 Гц
- Частота обновления местоположения одного маяка не зависит напрямую от количества мобильных маяков
- Содержит IMU (3D-акселерометр + 3D-гироскоп)

## Субкарты (Submaps):

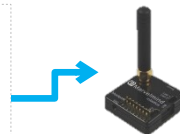
- Расширенная функция, позволяющая создавать независимые субкарты/кластеры/ячейки маяков в отдельных помещениях или зонах и тем самым формировать карты, состоящие из множества субкарт и охватывающие большие здания (площадь в тысячи м<sup>2</sup>), подобно покрытию сотовой сети

## Система внутреннего позиционирования в IA состоит из:

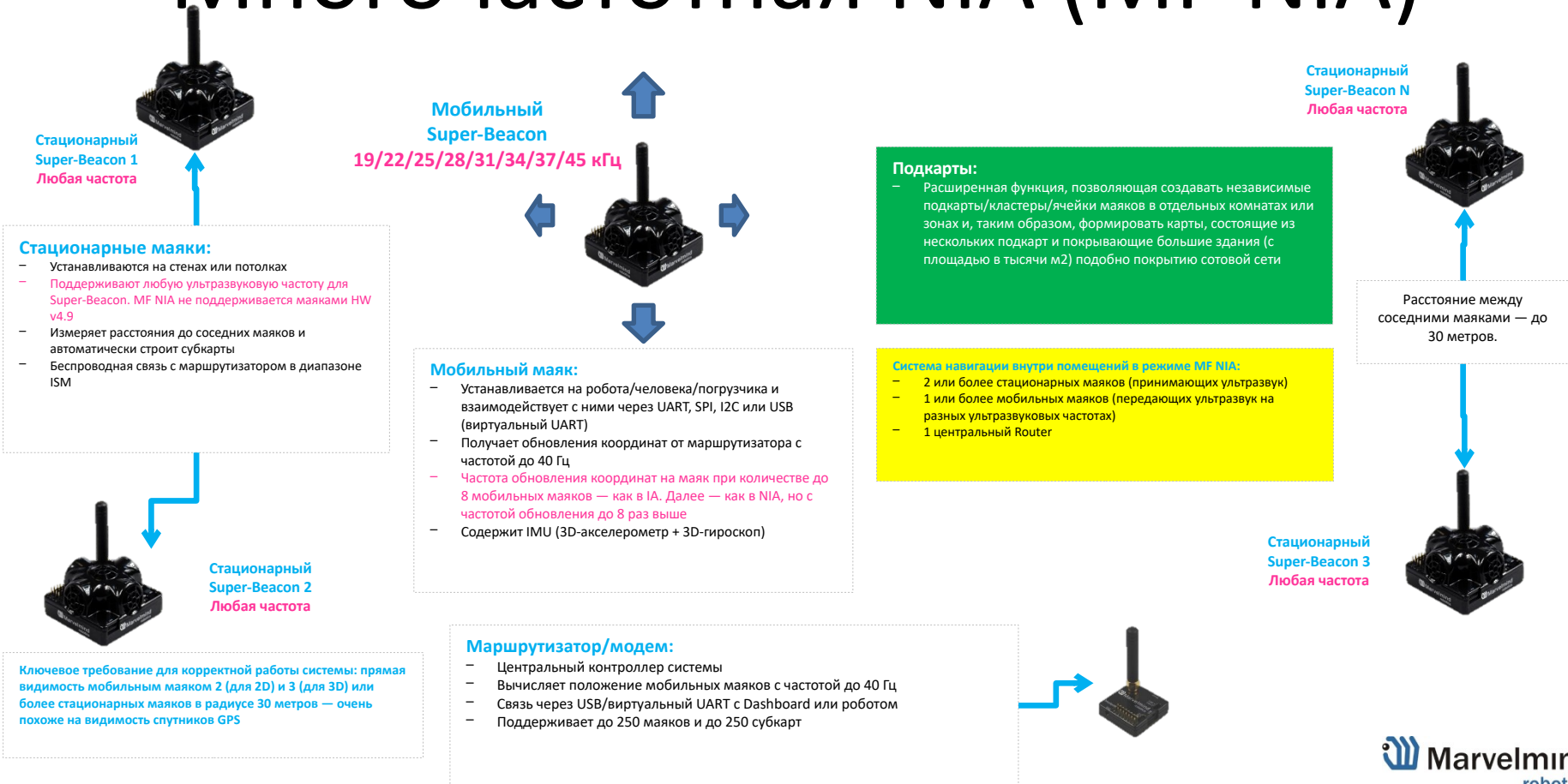
- 2 или более стационарных маяков (передающих ультразвук на разных ультразвуковых частотах)
- 1 или более мобильных маяков (принимающих ультразвук на разных ультразвуковых частотах одновременно)
- 1 роутер

## Роутер/модем:

- Центральный контроллер системы
- Синхронизирует маяки с частотой до 40 Гц
- Связь с Dashboard или роботом через USB/виртуальный UART
- Поддерживает до 250 маяков и до 250 субкарт

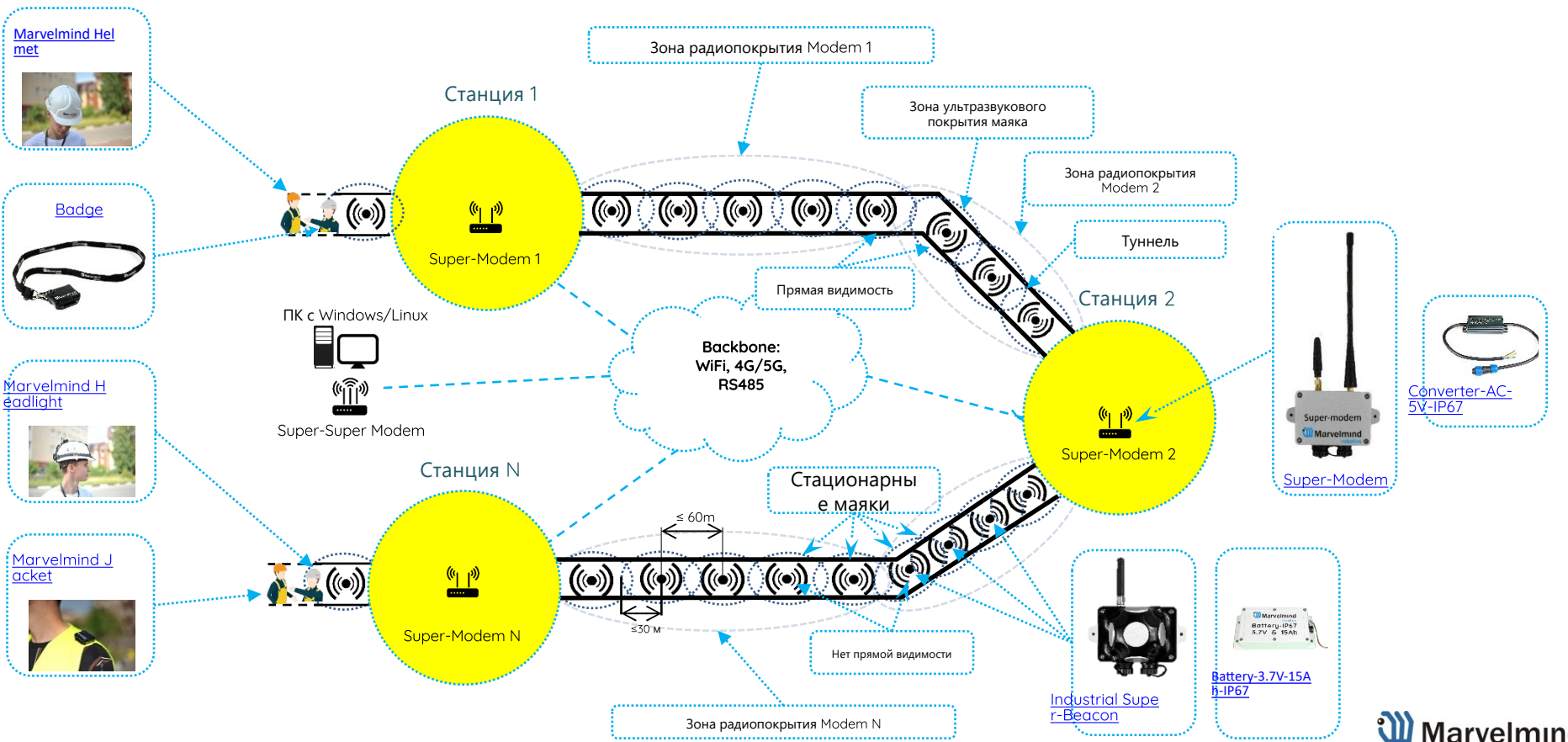


# Многочастотная NIA (MF NIA)



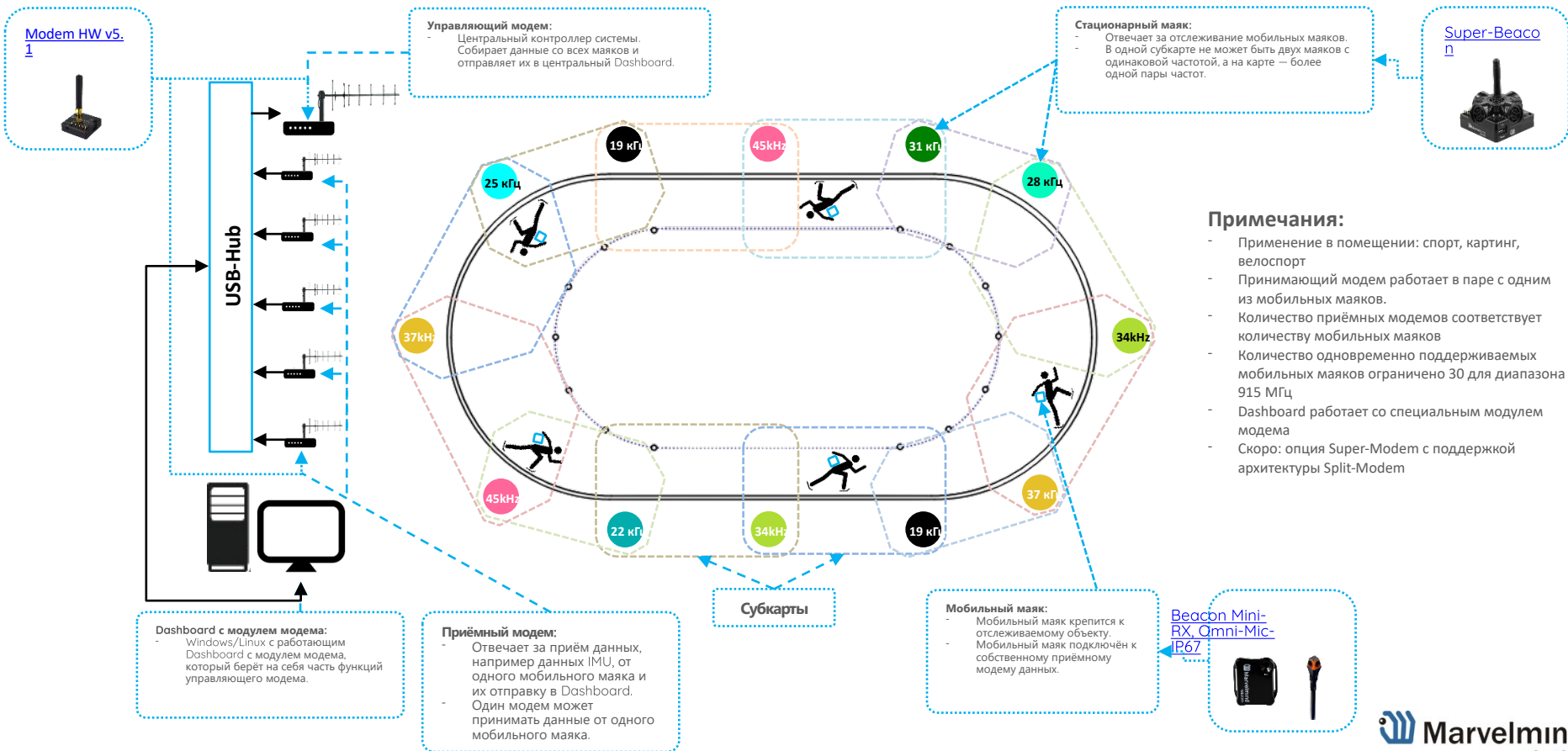
# Архитектура Multi-Modem для очень больших сетей

Пример обеспечения безопасности в туннеле для подземного отслеживания



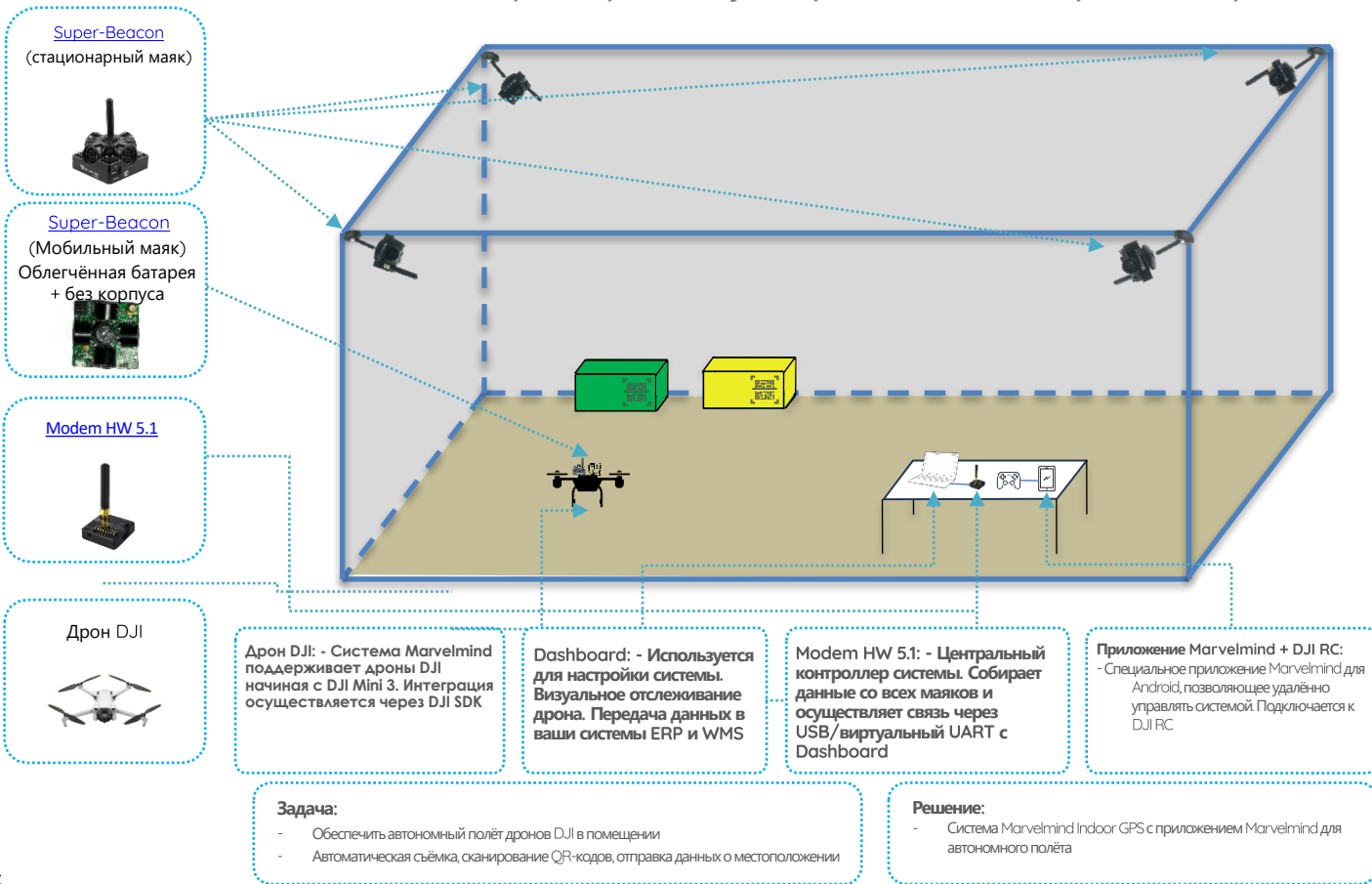
# Архитектура Split-Modem для быстро движущихся объектов

## Пример конькобежного спорта для быстрого отслеживания



# Автономные дроны DJI в помещениях

Пример для субкарты 20x20 метров + 1 дрон



## Конфигурация:

- 3-4 x Super-Beacon – стационарные маяки
- 1 x Super-Beacon – мобильный маяк
- 1 x Modem HW 5.1 – центральный контроллер
- 1 x дрон DJI – отслеживаемый объект
- 1 x DJI RC + телефон Android с приложением Marvelmind DJI – контроллер автономного полёта дрона
- 1 x ноутбук Windows/Linux – используется для установки Dashboard и настройки системы

## Принцип работы:

- Система Marvelmind Indoor GPS в данной конфигурации обеспечивает отслеживание и автономный полёт дрона DJI с использованием DJI SDK

## Результат:

- Дроны DJI автономно летают по путевым точкам в Dashboard, делают снимки или сканируют и распознают QR-/штрихкоды, отправляют их вместе с точными координатами в WMS или ERP
- Автономное возвращение на базу

# Сравнение архитектур

	Неинверсная (NIA)	Инверсная (IA)	Многочастотная NIA (MF NIA)
Типичное использование	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1-4 автономных робота/дрона - поддержка до 250 маячков (стационарные+мобильные)</li> <li>- Когда мобильный маячок должен быть установлен на шумном дроне/транспортном средстве, но стационарные маячки находятся в относительно тихих местах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Много мобильных пользователей (люди, роботы, VR) и когда частота обновления для каждого мобильного устройства важна - поддерживает до 250 маячков (стационарные+мобильные совместно)</li> <li>- Когда мобильные маячки находятся в тихих местах</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 5-16 автономных роботов/дронов - поддержка до 250 маячков (стационарные+мобильные совместно)</li> <li>- Эффективно MF NIA объединяет лучшее от IA и NIA. Но это все еще "больше NIA, чем IA", потому что мобильные маячки излучают ультразвук</li> </ul>
Не рекомендует ся	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В приложениях, где излучение ультразвука мобильным маячком нежелательно</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Для дронов - потому что мобильные маячки получают ультразвук. Дальность может быть ограничена только 2-5м. Может быть улучшена в будущих версиях ПО</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- В приложениях, где излучение ультразвука мобильным маячком нежелательно</li> </ul>
Точность	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2см или лучше с дополнительным усреднением</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2см или лучше с дополнительным усреднением</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- ±2см или лучше с дополнительным усреднением</li> </ul>
Частота обновления	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зависит от количества мобильных маячков (n) как <math>f/n</math> - используется TDMA</li> <li>- Незначительно зависит от радиопрофиля</li> <li>- Зависит от размеров подкарт</li> <li>- Слияние IMU поддерживается аппаратно и программно</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Не зависит от количества мобильных маячков, потому что они получают ультразвук одновременно</li> <li>- Незначительно зависит от радиопрофиля (то же самое, что и NIA)</li> <li>- Зависит от размеров подкарт (то же самое, что и NIA)</li> <li>- Слияние IMU поддерживается аппаратно. Программная поддержка появится</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Зависит от количества мобильных маячков (n) для <math>n &gt; 8</math> - используется TDMA, т.е. может обеспечить до 8 раз более высокую частоту обновления, чем NIA с тем же количеством мобильных. Для до 8 мобильных частота обновления на мобильное устройство равна IA</li> <li>- Остальное - как NIA</li> </ul>
Дальность	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Может охватить территорию любого размера, используя подкарты</li> <li>- До 30м в реальных условиях и до 50м в лабораторных условиях в рамках одной подкарты, т.е. стационарные маячки должны быть размещены каждые 30м или ближе (в 1D с рогами - до 120м)</li> </ul>		
Построение карты	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Может строить подкарты автоматически и вручную</li> </ul>	<p>Версия 2025_01_08</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Может строить подкарты автоматически и вручную</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Может строить подкарты автоматически и вручную</li> </ul>