

# Система точного ( $\pm 2$ см) внутреннего позиционирования

## Руководство по размещению

v2026\_01\_27

Это перевод. Оригинальная версия на английском языке:

[https://marvelmind.com/pics/Marvelmind\\_Robotics\\_ENG\\_placement\\_manual.pdf](https://marvelmind.com/pics/Marvelmind_Robotics_ENG_placement_manual.pdf)

# Изменения версий

2026\_01\_27: Добавлено Простое 3D-отслеживание — для дронов DJI в помещении

2025\_11\_07: Незначительные улучшения

2025\_10\_07: Незначительные улучшения

2023\_07\_07\_v1.2: Незначительные улучшения

2023\_07\_03\_v1.1:

- [Добавлена архитектура Split-Modem](#)
- [Обновлена архитектура Multi-Modem](#)
- Незначительные улучшения

2022\_04\_04\_v1:

- В описание добавлены ссылки
- Все ссылки обновлены на актуальные
- Заменено фото Starter Set
- Все варианты обновлены со Starter Set HW v4.9 на Starter Set Super-MP-3D
- [Добавлена 2D-установка для Starter Set-Super-MP-3D](#)
- [Добавлена простая 3D-установка Starter Set Super-MP-3D](#)
- Mini-RX Starter Set — простая 3D-установка — удалено (продукт снят с производства)
- Слайд Автономный инспекционный дрон (IA, 2D, TDMA, Vertical-XZ) — временно удалён

2020\_07\_13\_v0.09: Переименовано «Room with columns (IA, 2D, TDMA)» -> «Full overlapping submaps (IA, 2D, TDMA)»

2019\_08\_15\_v0.08: Добавлены слайды «Туннель 1200x25 м, автономная инспекция (NIA, 2D)»

2019\_07\_15\_v0.07: Добавлены слайды «Помещение с колоннами (IA, 2D, TDMA)», «Помещения + коридор (IA, 2D, TDMA)», «Помещения с колоннами + коридор (IA, 2D, TDMA)», «Автономный инспекционный дрон (IA, 2D, TDMA, Vertical-XZ)»

2018\_11\_07\_v0.06: Добавлен слайд «Отслеживание в реальном времени: уменьшение задержки»

2018\_10\_03\_v0.05: Добавлен слайд «Шаги за пределами настроек по умолчанию»

2018\_06\_25\_v0.04: Добавлен набор слайдов «Область 100x100 м с отслеживанием с помощью субкарт»

2018\_06\_25\_v0.04: Добавлен набор слайдов «Отслеживание на большом расстоянии — область 30x30 м»

2018\_06\_19\_v0.03: Добавлен пример «Multi-modem 1.5D — отслеживание транспортных средств под землёй»

2018\_06\_07\_v0.02: Добавлен пример «Бизнес-центр»

2018\_05\_30\_v0.01: Первоначальный выпуск

# Описание

Руководство содержит практические советы и примеры по установке системы точного ( $\pm 2$  см) внутреннего позиционирования для достижения наилучших характеристик в различных приложениях и конфигурациях

Перед первым запуском проверьте: 8 основных шагов от распаковки до автономной езды/полёта  
Чтобы узнать больше о системах внутреннего позиционирования, см.: [Как работают системы внутреннего позиционирования](#)

# Содержание

[01a: Простое 2D-отслеживание — например, радиоуправляемый автомобиль в помещении](#)

[01b: Парные маяки 2D — местоположение + направление](#)

[02a: Простое 3D-отслеживание — например, дрон в помещении](#)

[02b: Простое 3D-отслеживание — для дронов DJI в помещениях](#)

[02c: Спаренные маяки 3D — местоположение + направление](#)

[02d: Диаграмма направленности микрофона RX1](#)

[03: Отслеживание тротуаров, туннелей, метро, шахт в 2D](#)

[04: Субкарты в 2D](#)

[05: Колёсный робот на площади 46x5 м \(2D-навигация\)](#)

[06a: Территория бизнес-центра — отслеживание людей в 2D](#)

[06b: Территория бизнес-центра — отслеживание людей в 2D](#)

[7: Территория 100x100 м с отслеживанием с использованием субкарт](#)

[7.1: Большое 2D-отслеживание \(100x100 м\) — несколько субкарт](#)

[7.2: Детальный вид системы](#)

[7.3: Детальный вид монтажа маяков](#)

[7.4: Оптимальная 2D-конфигурация](#)

[7.5: Растянутая 2D](#)

[7.6: Сверхрастянутая 2D](#)

[7.7: Оптимальная 3D](#)

[7.8: Растянутая 3D](#)

[7.9: Сверхрастянутая 3D](#)

[7.10: Сводка — территория 100x100 м](#)

[8a: Полностью перекрывающиеся субкарты \(IA, 2D\)](#)

[8b: Полностью перекрывающиеся субкарты \(IA, 2D, TDMA\)](#)

[9: Комнаты + коридор \(IA, 2D\)](#)

[9a: Комнаты + коридор \(IA, 2D, TDMA\)](#)

[10: Комнаты с колоннами + коридор \(IA, 2D, TDMA\)](#)

[11: Тоннель 1200x25м, автономная инспекция \(NIA или IA, 2D\)](#)

[12: Отслеживание в реальном времени: уменьшение задержки](#)

[13: Стабильная "Z" для дрона — настройки и рекомендации](#)

[14a: Multi-modem 1.5D — для очень больших сетей](#)

[14b: Архитектура Split-Modem — для быстро движущихся объектов](#)

[15a: Отслеживание в зоне 30x30м](#)

[15b: Отслеживание в зоне 30x30м — зоны](#)

[15.1: Шаг 1: Построение карты расстояний \(2, 3\)](#)

[15.1a: Как зафиксировать расстояние для пары](#)

[15.2: Шаг 2: Построение карты расстояний \(3, 4\)](#)

[15.3: Шаг 3: Построение карты расстояний \(4, 5\)](#)

[15.4: Шаг 4: Построение карты расстояний \(2, 5\)](#)

[15.5: Шаг 5: Построение карты расстояний \(2, 4\)](#)

[15.6: Шаг 6: Построение карты расстояний \(3, 5\)](#)

[15.6a: Ручной ввод расстояния](#)

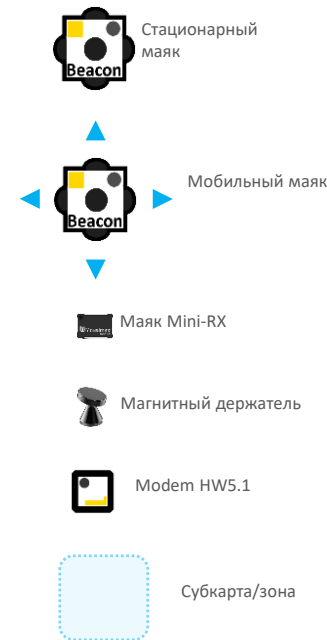
[15.7: Шаг 7\(a\): Итоговая конфигурация \(3D-трекинг\)](#)

[15.8: Шаг 7\(b\): Итоговая конфигурация \(2D-трекинг\)](#)

[16: Starter Set HW v4.9 — простая 3D-установка](#)

[17: Контакты](#)

## Обозначения:

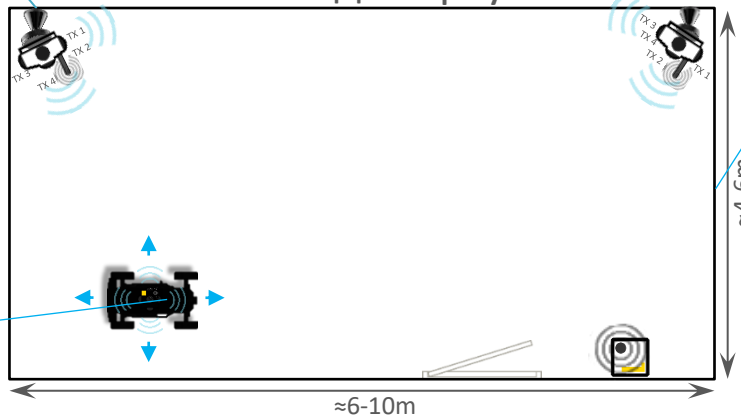


## 01a: Простой 2D-трекинг – например, радиоуправляемая машина в помещении

### Вид сбоку



### Вид сверху



Магнитный держатель  
Повёрнут на 45 градусов от стены

Мобильный Super-Beacon  
- Размещается на погрузчике/роботе, человеке

#### Стационарный Super-Beacon

- Должен быть размещён на специальном магнитном держателе, повернутом от стены на 45 градусов, чтобы минимизировать затенение в ультразвуковом покрытии.
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешнему шуму. Каждый датчик имеет луч ~90°

#### Modem HW v5.1

- Должен быть всегда включён, когда требуется отслеживание
- Может быть размещён на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от антенны и результирующего RSSI

#### Помещение

- Начните со среднеразмерной карты 6x4 до 6–10 м или около того
- Максимальный размер карты для Starter Set — до 1000 м²



Как монтировать Super-Beacon  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D:](#)
  - 2 стационарных Super-Beacon с разными частотами из 8 доступных: 19kHz, 22kHz, 25kHz, 28kHz, 31kHz, 34kHz, 37kHz, 45kHz
  - 1 мобильный Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 2 x Магнитный держатель

### Примечания:

- Предназначено для 2D-трекинга (X, Y)
  - Одна радиоуправляемая машина в помещении
  - Одноколёсный робот
  - Один человек
- Не подходит для дронов – требуется 3D-трекинг (X, Y, Z)

### Архитектура:

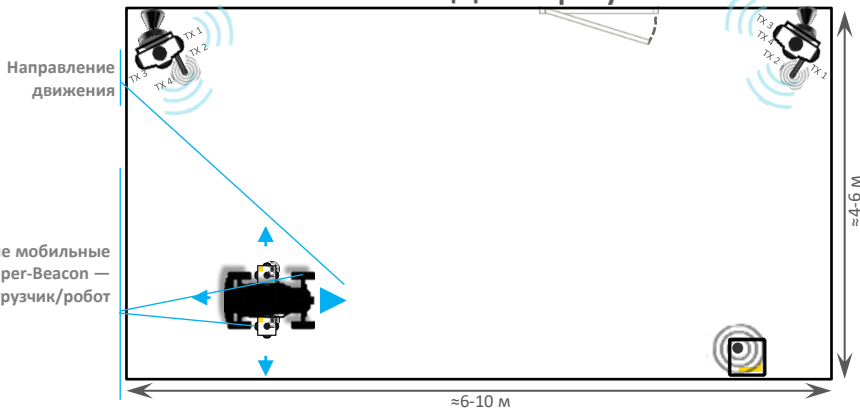
- NIA (Рекомендуется для ознакомления с системой и 1 мобильного маяка)
- IA (Рекомендуется для >2–4 мобильных маяков)

## 01b: Парные маяки 2D – Местоположение + Направление

### Вид сбоку



### Вид сверху



#### Стационарный Super-Beacon

- Должны размещаться на стенах или потолке — для минимизации теней в зоне ультразвукового покрытия
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешним шумам. Каждый датчик имеет луч ~90°

#### Modem HW v5.1

- Должен быть всегда включён, когда требуется отслеживание
- Может быть размещён на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от антенны и итогового RSSI

#### Помещение

- Начните со средней карты размером 6x4 до 6-10 м или около того
- Максимальный размер карты для Starter Set — до 1000 м²



Как установить Super-Beacon  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

#### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D + мобильный Super-Beacon](#)
  - 2 стационарных Super-Beacon с различными частотами из 8 доступных: 19 кГц, 22 кГц, 25 кГц, 28 кГц, 31 кГц, 34 кГц, 37 кГц, 45 кГц
  - 2 мобильных Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 2 магнитных держателя

#### Примечания:

- Предназначено для случаев, когда требуется не только местоположение, как в обычном GPS, но и направление
- Использует парные мобильные маяки, установленные на роботе/дроне, и не полагается на компас, который может давать неверные результаты в помещениях с большим количеством металла вокруг
- Чем больше база между мобильными маяками, тем более точное направление может быть достигнуто. Разумная точность направления при базе >20 см. Настоятельно рекомендуется – 0,5 м и более
- [Демонстрационное видео по настройке функции](#)
- Чтобы узнать больше о направлении/ориентации, см.: IMU

#### Архитектура:

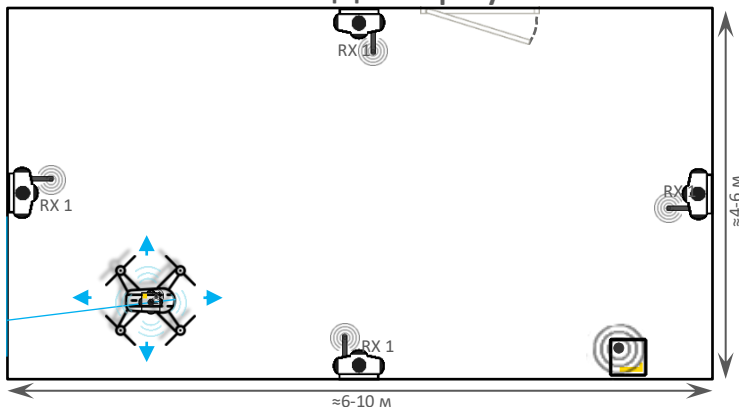
- IA
- NIA (Рекомендуется при >2-4 мобильных маяках)

## 02a: Простое 3D-отслеживание — например, дрон в помещении

### Вид сбоку



### Вид сверху



Мобильный Super-Beacon  
- Размещается на дроне/коптере, человеке

#### Стационарный Super-Beacon

- Должен размещаться на стенах или потолке — чтобы минимизировать тени в ультразвуковом покрытии
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешнему шуму. Каждый датчик имеет диаграмму направленности  $\sim 90^\circ$

#### Modem HW v5.1

- Должен быть всегда включён, когда требуется отслеживание
- Может быть размещён на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от антенны и полученного RSSI

#### Помещение

- Начните со среднего размера карты 6x4 до 6–10 м или около того
- Максимальный размер карты для Starter Set — до 1000 м<sup>2</sup>



Как устанавливать Super-Beacon  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

#### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D:](#)
  - 4 стационарных Super-Beacon с разными частотами из 8 доступных: 19 кГц, 22 кГц, 25 кГц, 28 кГц, 31 кГц, 34 кГц, 37 кГц, 45 кГц
  - 1 мобильный Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 4 магнитных держателя

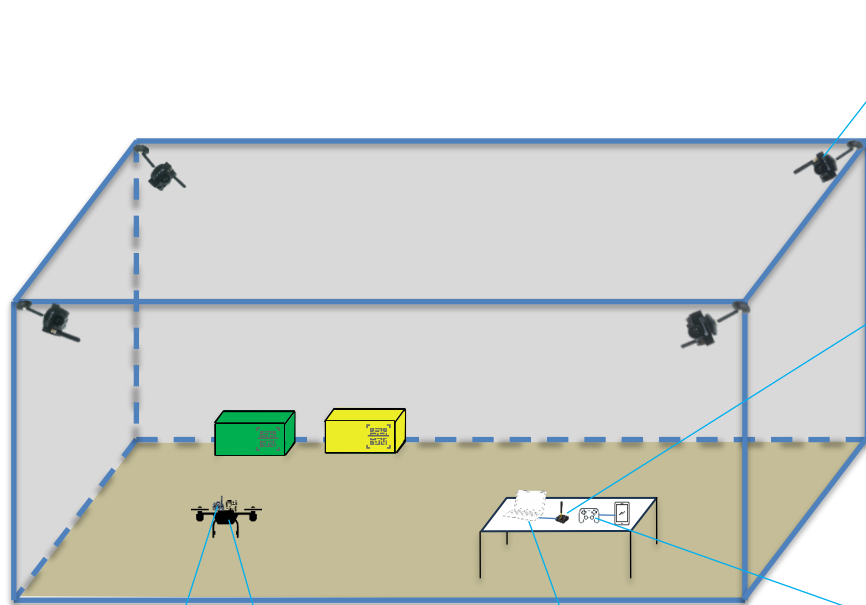
#### Примечания:

- Поддерживает 3D (X, Y, Z) + 1 избыточность
- Предназначено для быстрой оценки точной ( $\pm 2$  см) системы внутреннего «GPS» с IMU:
  - Дроны
  - VR-шлемы
  - Системы, требующие либо высокой частоты обновления, либо работы в сложных условиях, когда ультразвуковую навигацию необходимо проверять с помощью навигации на основе IMU
  - Объединение данных IMU + ультразвукового датчика => поддержка частоты обновления до 100 Гц
  - Полезно для дополнительной фильтрации скачков местоположения в сложных условиях
  - Когда в целом требуется IMU

#### Архитектура:

- IA
- NIA (рекомендуется для дронов и коптеров)

## 02b: Простое 3D-отслеживание — для дронов DJI в помещении



**Мобильный Super-Beacon**  
- Устанавливается на дроне

**Дрон DJI**  
- Интеграция работает через DJI SDK

**Dashboard**  
— Используется для настройки системы. Визуальное отслеживание дронов. Передаёт данные в ваши ERP и WMS

### Стационарный Super-Beacon

- Должен устанавливаться на стенах или потолке — для минимизации теней в зоне ультразвукового покрытия
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешним шумам. Каждый датчик имеет луч ~90°

### Modem HW v5.1

- Должен быть постоянно включён, когда требуется отслеживание
- Может располагаться на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от антенны и получаемого RSSI

### Приложение Marvelmind + DJI RC

- Специальное Android-приложение Marvelmind, позволяющее удалённо управлять системой. Подключается к DJI RC



Как установить Super-Beacon  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## Конфигурация:

- **Starter Set Super-MP-3D:**
  - 4 стационарных Super-Beacon с разными частотами из 8 доступных: 19 кГц, 22 кГц, 25 кГц, 28 кГц, 31 кГц, 34 кГц, 37 кГц, 45 кГц
  - 1 мобильный Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 4 магнитных держателя
- 1 дрон DJI
- 1 x пульт DJI RC + телефон на Android с приложением Marvelmind DJI
- 1 x ноутбук Windows/Linux

## Примечания:

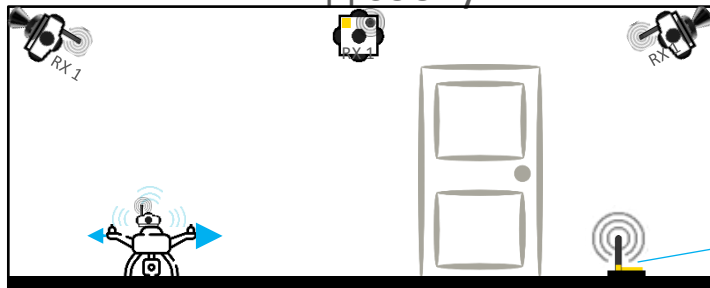
- Дополнительную информацию см. в руководстве Marvelmind DJI Autonomous Flight Manual
- Требование к дрону DJI — поддержка MSDK 5.0+. Для получения дополнительной информации о поддерживаемых дронах см. DJI MSDK Tutorial

## Архитектура:

- NIA
- MF NIA

## 02с: Парные маяки 3D – Местоположение + Направление

Вид сбоку



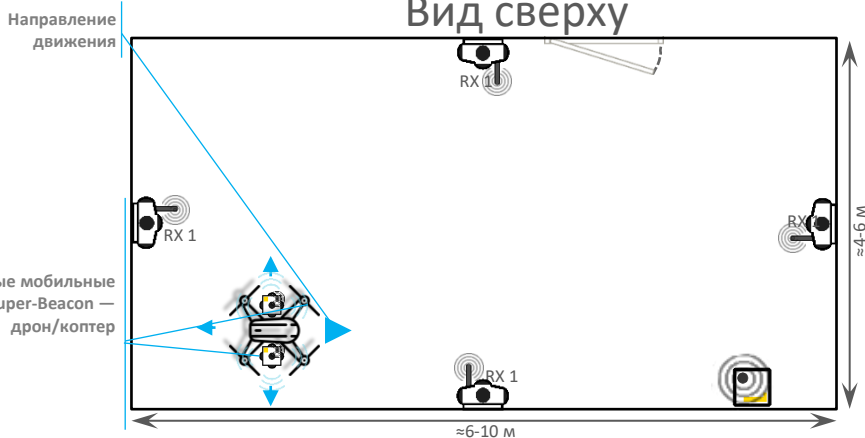
### Стационарный Super-Beacon

- Должны размещаться на стенах или потолке — для минимизации теней в зоне ультразвукового покрытия
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости. Каждый датчик имеет луч ~90°

### Modem HW v5.1

- Должен быть всегда включён, когда требуется отслеживание
- Может располагаться на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от антенны и получаемого RSSI

Вид сверху



### Помещение

- Начните с карты среднего размера 6x4 до 6–10 м или около того
- Максимальный размер карты для Starter Set — до 1000 м²



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D + мобильный Super-Beacon:](#)
  - 4 стационарных Super-Beacon с разными частотами из 8 доступных: 19 kHz, 22 kHz, 25 kHz, 28 kHz, 31 kHz, 34 kHz, 37 kHz, 45 kHz
  - 2 мобильных Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 4 x Магнитный держатель

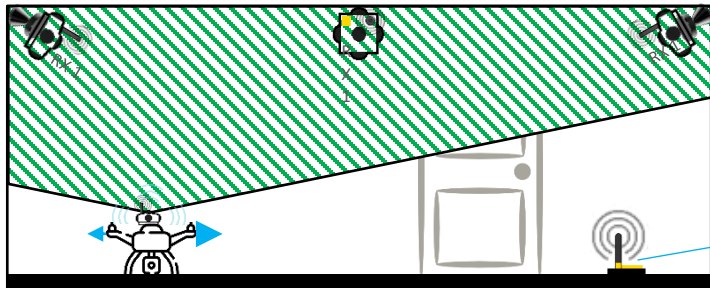
### Примечания:

- Предназначен для случаев, когда требуется не только местоположение, как в обычном GPS, но и направление
- Использует парные мобильные маяки, установленные на роботе/дроне, и не полагается на компас, который в помещениях с большим количеством металла может давать неверные результаты
- Чем больше база между мобильными маяками, тем более точное направление можно получить. Разумная точность направления достигается при базе >20 см. Настоятельно рекомендуется — 0,5 м или более
- [Демонстрационное видео по настройке функции](#)
- Чтобы узнать больше о направлении/ориентации, см.: IMU, Сколько мобильных маяков требуется на один дрон?

### Архитектура:

- IA
- NIA (рекомендуется для дронов и коптеров)

## 02d: Диаграмма направленности микрофона RX1

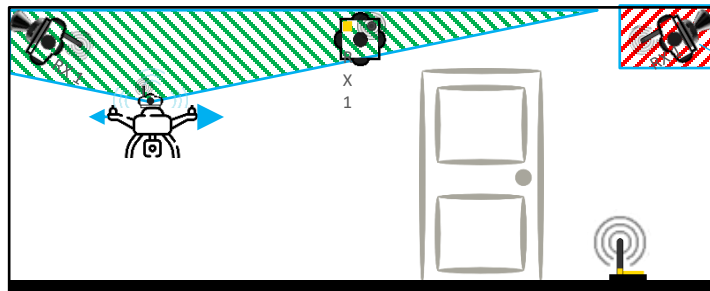


### Стационарный Super-Beacon

- Должен размещаться на стенах или потолке — для минимизации теневых зон в зоне ультразвукового покрытия
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешним шумам. Каждый датчик имеет диаграмму направленности  $\sim 90^\circ$

### Modem HW v5.1

- Должен быть постоянно включён, когда требуется отслеживание
- Может размещаться на расстоянии от десятков до сотен метров от маяков в зависимости от итогового значения RSSI



### Стационарный Super-Beacon

- Super-Beacon невидим для мобильного маяка, поскольку угол к микрофону очень мал
- Это может привести к плохому отслеживанию или его полному отсутствию

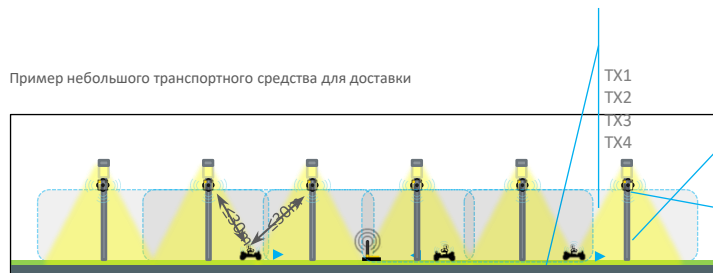
### Примечания:

- На этом слайде показана диаграмма направленности микрофона RX1. Она основана на архитектуре 3D IA. На нижнем рисунке видно, что мобильный Super-Beacon не может услышать стационарный Super-Beacon, поскольку угол к микрофону слишком мал
- Старайтесь избегать таких ситуаций, размещая стационарные маяки как можно выше или не летая слишком близко к плоскости стационарных маяков
- Дополнительную информацию о микрофоне см. в главе 3.6.1 нашего Operating Manual, а также в видео Help: Microphone diagram



Как монтировать стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

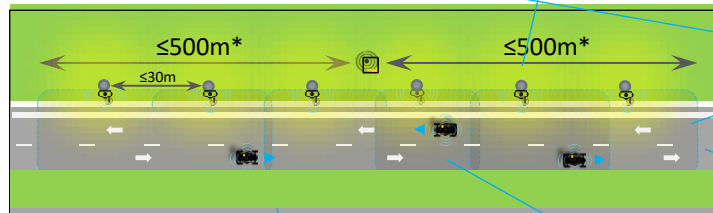
## 03: Отслеживание тротуаров, тоннелей, метро, шахт в 2D



### Стационарный Super-Beacon

- Должны размещаться высоко на фонарных столбах — для минимизации теней в ультразвуке
- Включайте только необходимые датчики — для повышения чувствительности и помехоустойчивости к внешним шумам

Фонарный столб



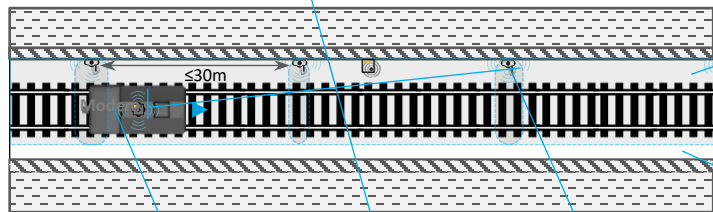
### Modem HW v5.1

- Должен быть всегда включён, когда требуется трекинг
- Может быть размещён на расстоянии от десятков до сотен метров от тротуара

Зона тротуара

Тротуар

Пример подземного железнодорожного транспорта



Субкарта

Туннель (подземелье, шахта и т.п.)

Поезд/Вагонетка

Мобильный Super-Beacon

Стационарный Super-Beacon

### Конфигурация:

#### Starter Set Super-MP-3D + N Super-Beacons:

- N × стационарный Super-Beacon
- N × мобильный Super-Beacon
- 1 × Modem HW v5.1
- N × магнитный держатель
- N × антенна Full-Size
- N × Omni-Microphone-IP67 (рекомендуется)

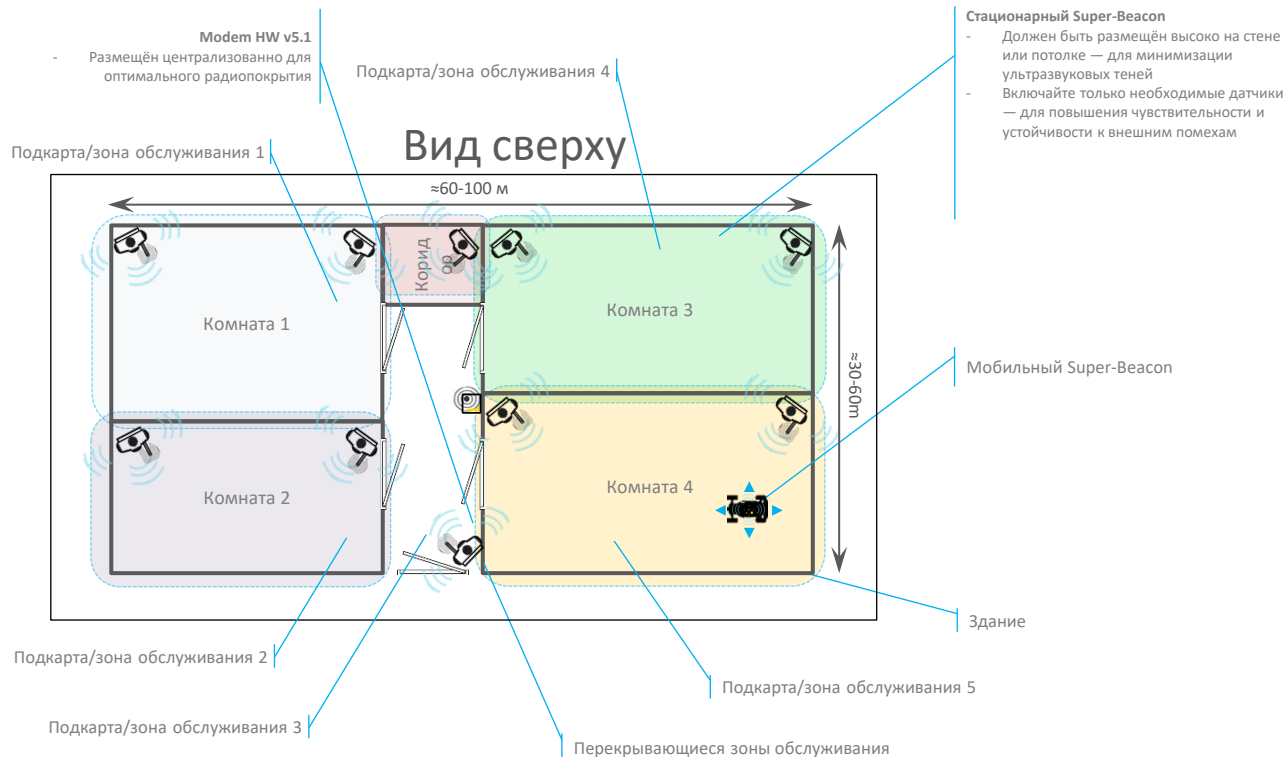
### Примечания:

- Варианты применения на открытом воздухе: парк, парковка, железная дорога
- Варианты применения в помещении: метро, тоннель, протяжённый склад
- 2D-трекинг (линейное расположение)
- Смотрите раздел Help: видео со схемой микрофона
- Для лучшего покрытия может использоваться Omni-Microphone-IP67
- Радиосвязь ограничена до 400 м с полноразмерной антенной и до 1 км со специальной направленной антенной в каждом направлении (2 км открытого пространства)
- Может быть дополнительно расширена в системах Multi-modem



Как монтировать стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 04: Субкарты в 2D



### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D + Super-Beacons:](#)
  - 10 стационарных Super-Beacon
  - 1 мобильный Super-Beacon
  - 1 Modem HW v5.1
- 10 магнитных держателей

### Примечания:

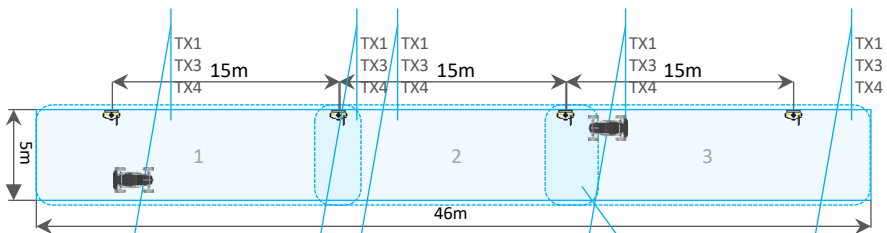
- Предназначено для многоквартирных зданий
- Данная конфигурация поддерживает отслеживание в 2D. Может быть выполнена и в 3D, если вместо 2D-субкарты построить 3D-субкарты. См. Simple 3D Tracking
- См. Operating Manual
- См. Submaps Help Video
- См. Simple 2D Tracking для построения корректных 2D-карт
- Проверьте на нашем сайте <https://marvelmind.com/download/> =>
- [Как создавать карты для внутренней навигации](#)
- [Как строить крупные системы внутреннего позиционирования](#)
- [Как построить карты размером более 30x30 м?](#)



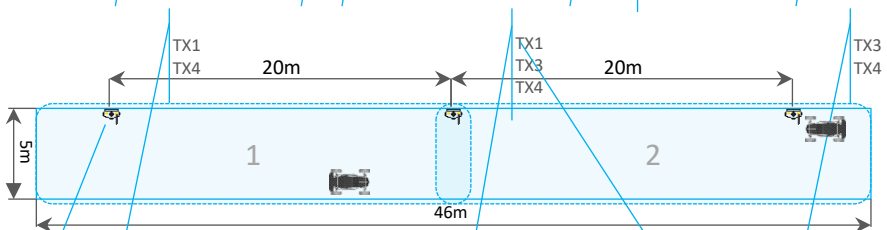
Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 05: Колёсный робот на площади 46x5 м (2D-навигация)

Вариант 1: Оптимальный консервативный, 2D



Вариант 2: Растянутый, 2D

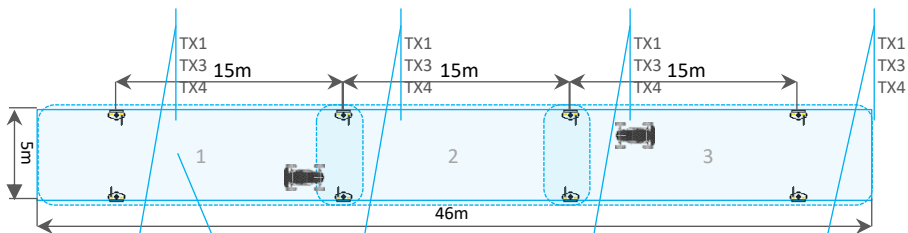


Подкарты/зоны обслуживания  
перекрываются для плавной  
передачи между подкартами

Включите TX1 (направлен вправо) и TX4 (направлен вперёд). А TX2/TX3/TX5 отключите. Они направлены вниз, влево и вверх, где робот находится не может. Отключение ненужных датчиков повышает чувствительность/дальность и уменьшает количество шума/эхо, которые будет принимать маяк

Разместите стационарные маяки разёмом USB вниз. Включите только необходимые датчики на каждом маяке. Здесь, например, включите TX1 (направлен вправо), TX4 (направлен вперёд), TX3 (направлен влево). А TX2/TX5 отключите. Они направлены вверх и вниз, где робот находится не может. Отключение ненужных датчиков повышает чувствительность/дальность и уменьшает количество шума/эхо, которые будет принимать маяк

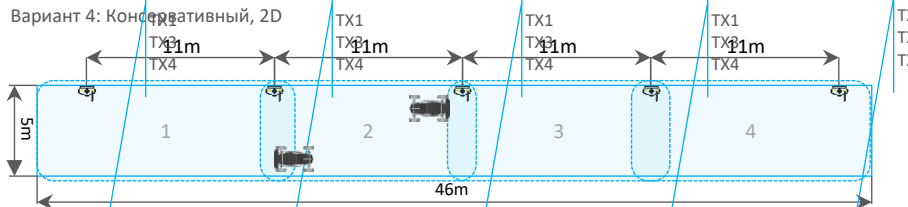
Вариант 3: Оптимальный консервативный, 3D



Как построить подкарты и зоны обслуживания:

[Справочное видео: использование подкарт для построения больших карт](#)

Вариант 4: Консервативный, 2D



### Примечание:

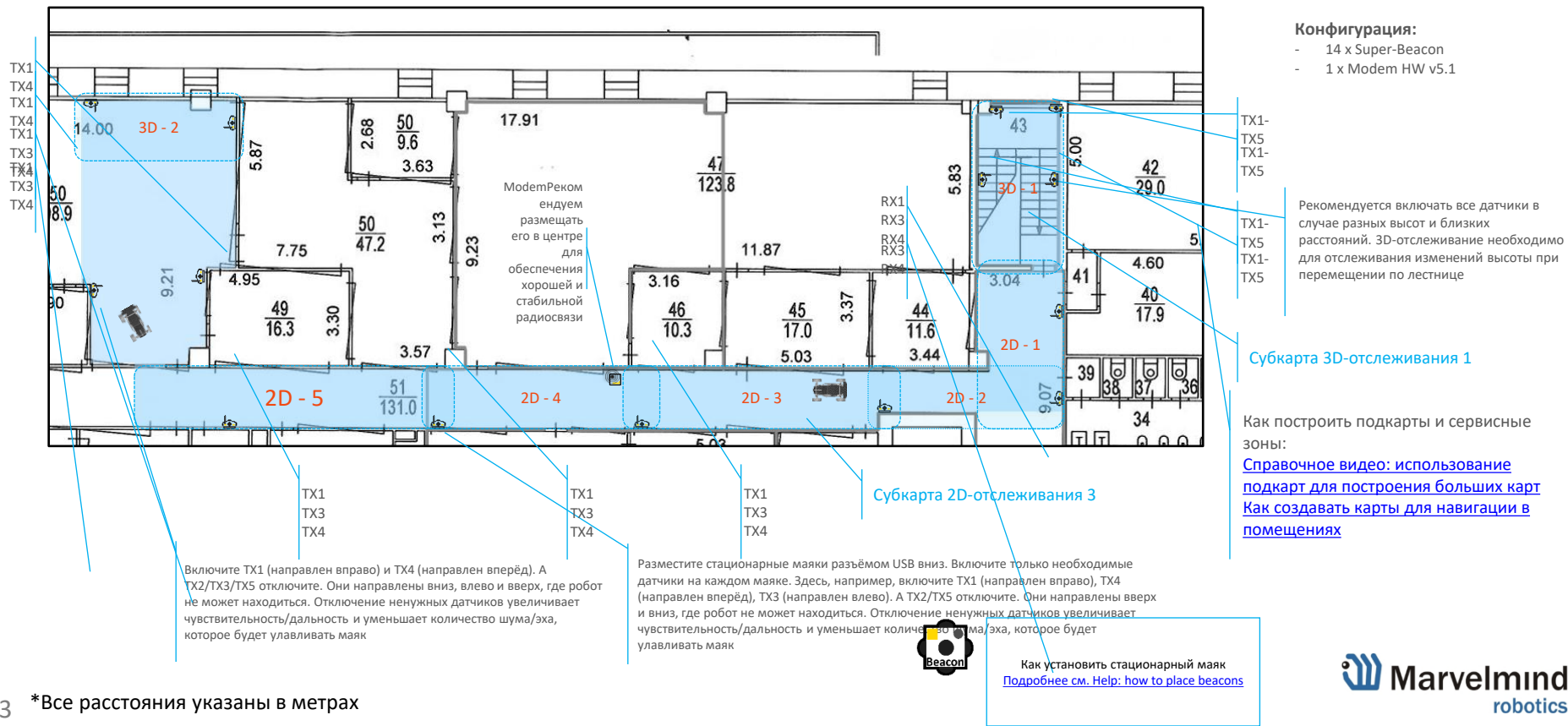
- Проверьте автономного робота-доставщика – вид системы



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)



## Обв: Зона бизнес-центра – Отслеживание людей в 2D



## 7: Зона 100x100 м с отслеживанием с использованием субкарт

Следующие слайды объясняют настройки для отслеживания на больших открытых складах с использованием Marvelmind indoor «GPS» в режиме NIA с функцией субкарт.

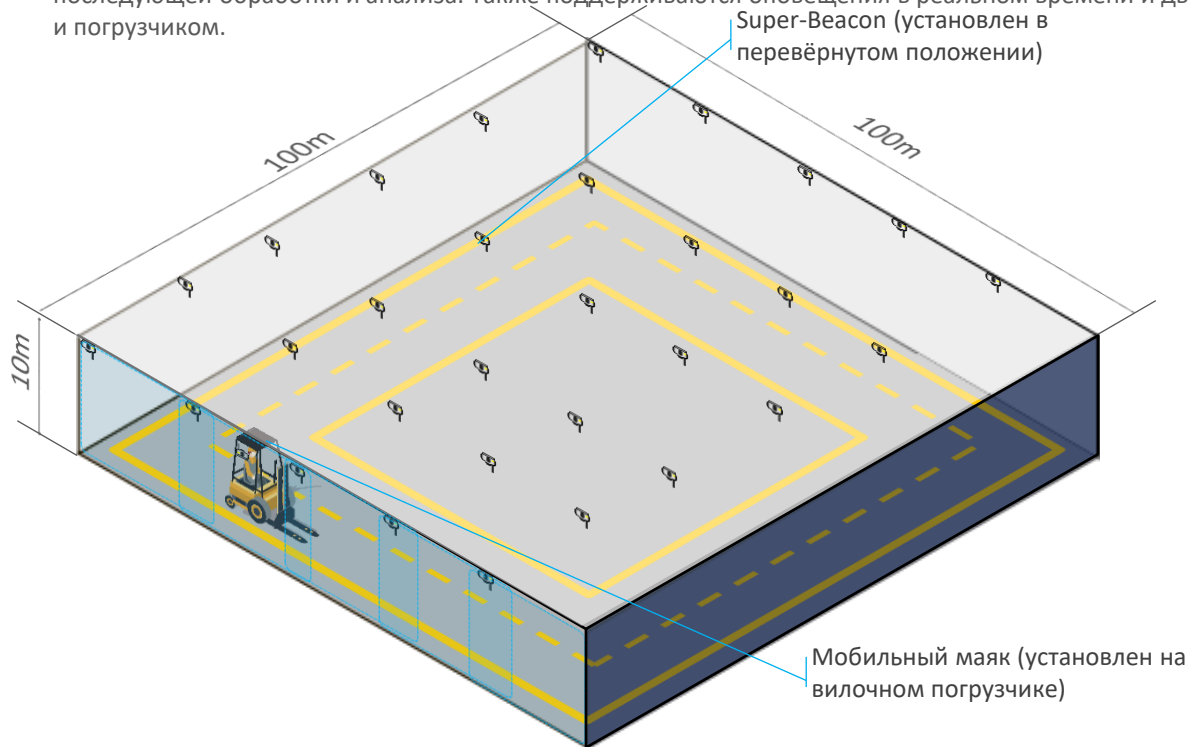
Также содержатся некоторые рекомендации по монтажу и инструкции по настройке. Мы приводим несколько примеров с их преимуществами и недостатками. Поскольку система довольно гибкая, представлены различные варианты.

Узнайте больше в наших статьях:

- [Как построить крупные системы внутреннего позиционирования](#)
- [Как построить карты размером более 30x30 м?](#)

## 7.1: Большое 2D-отслеживание (100x100 м) – несколько субкарт

Вот пример отслеживания в открытом складском помещении с использованием NIA. Стационарные Super-Beacon установлены на потолке в перевернутом положении. Мобильный маяк установлен на погрузчике и направлен вверх. Система обеспечивает точное ( $\pm 2$  см) определение положения мобильного маяка (погрузчика) в реальном времени (1-6 Hz), сохраняет его траекторию и все координаты в файл .CSV для последующей обработки и анализа. Также поддерживаются оповещения в реальном времени и двусторонняя связь (до 1-2 kbps) между системой и погрузчиком.

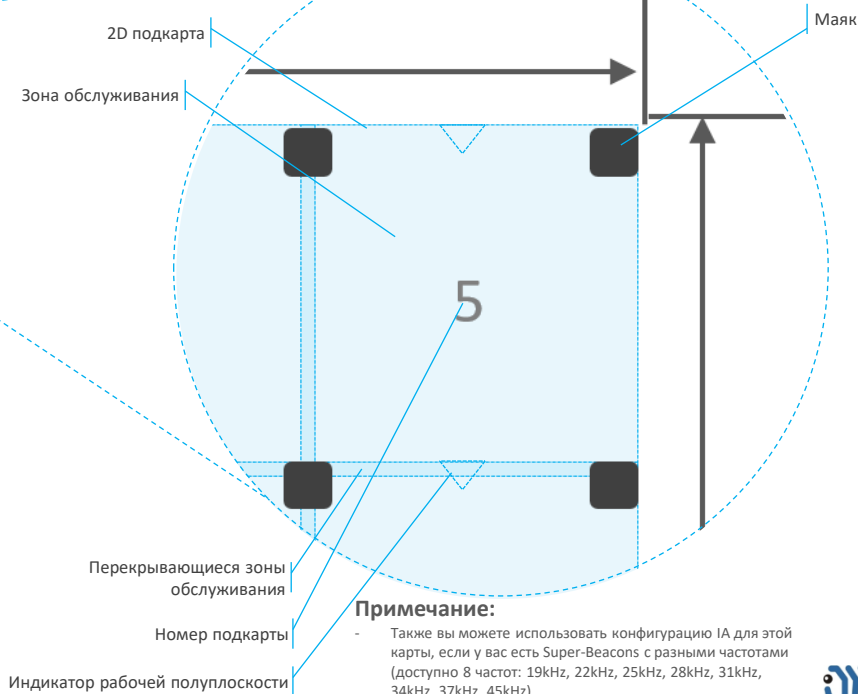
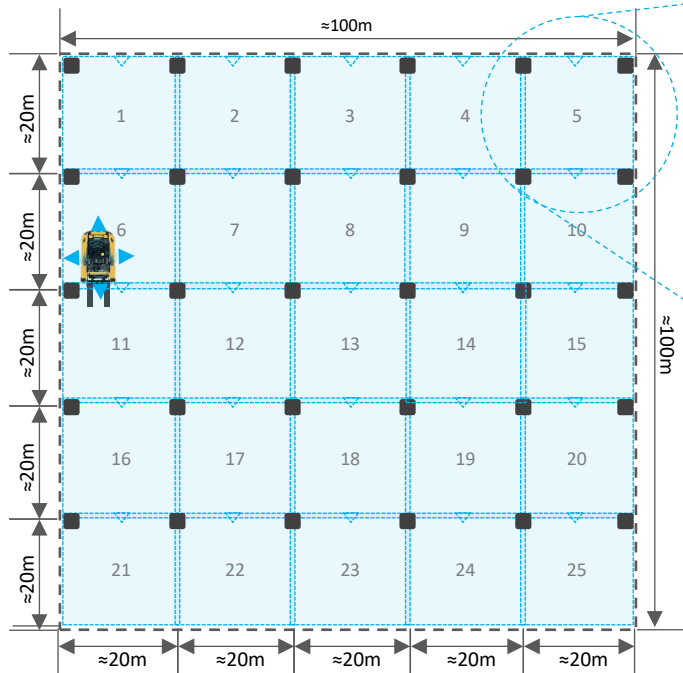


### Примечания:

- Сценарии: большие открытые склады
- 2D (x, y) трекинг
- Несколько субкарт
- Размещение выполнено с использованием NIA
- Также вы можете использовать конфигурацию IA для этой карты, если у вас есть Super-Beacons с разными частотами из 8 доступных: 19kHz, 22kHz, 25kHz, 28kHz, 31kHz, 34kHz, 37kHz, 45kHz

## 7.2: Подробный вид системы

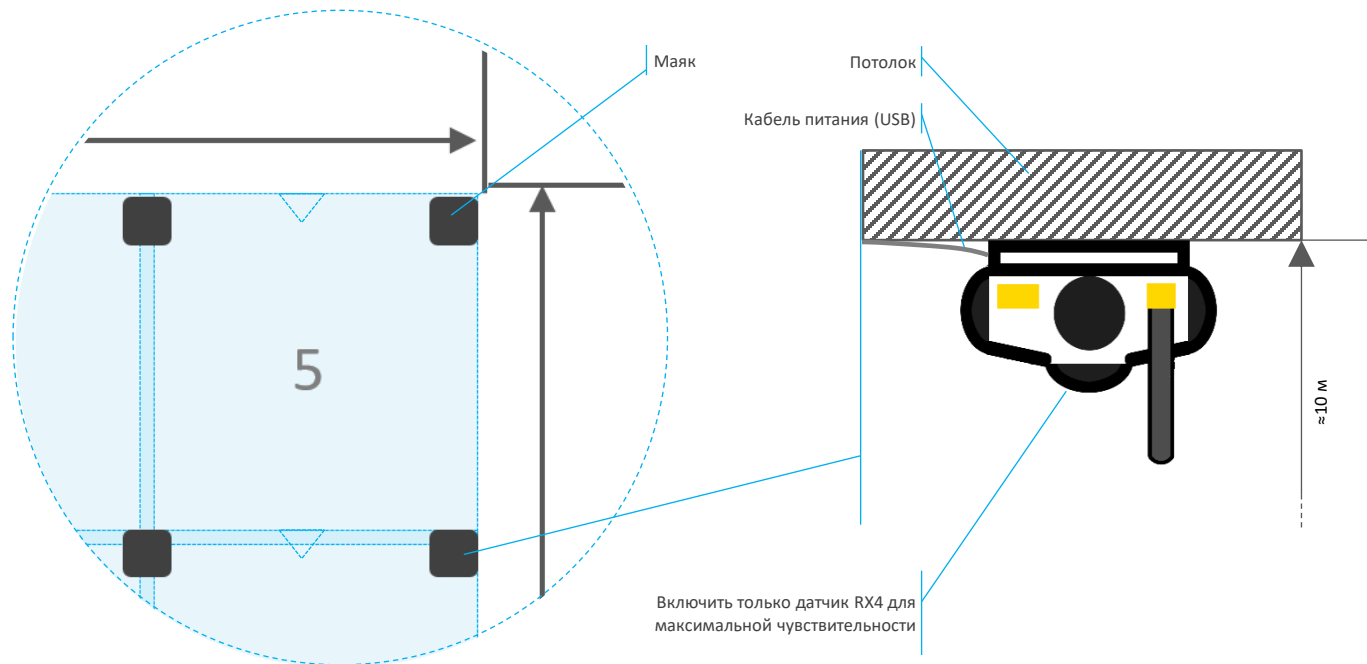
Вся территория, требующая отслеживания, покрыта стационарными Super-Beacons. Маяки размещены на потолке с сеткой, обеспечивающей расстояние менее 30 м от 2 или более стационарных Super-Beacons на потолке до мобильного Super-Beacon на погрузчике в любой точке, где требуется трекинг. Сервисные зоны перекрываются для плавной передачи. Это пример 2D-карты в NIA, поэтому субкарты содержат только два маяка и специальный индикатор, показывающий рабочую зону.



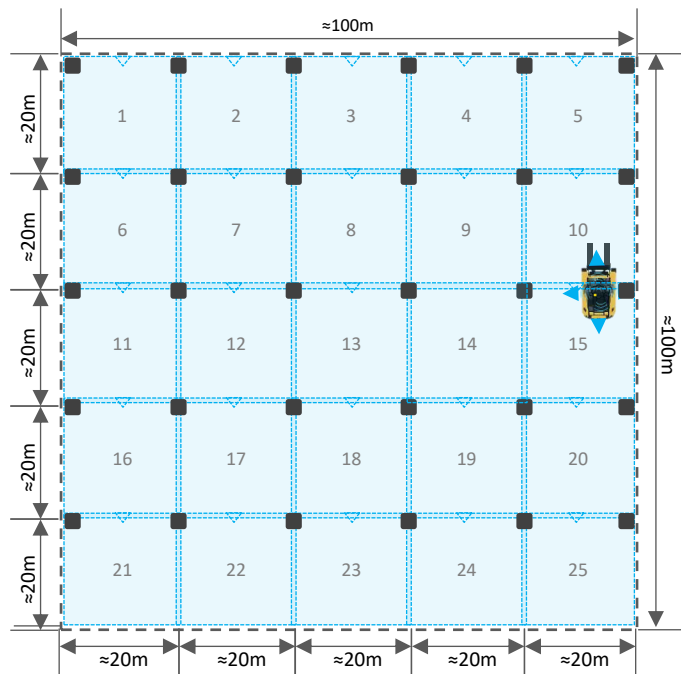
## 7.3: Подробный вид монтажа маяка

Маяки размещаются на потолке вверх дном. Рабочий сенсор — RX4. Когда другие сенсоры (RX1, RX2, RX3, RX5) отключены, маяк имеет наивысшую чувствительность в направлении RX4 и устойчивость к шумам с других направлений. Высота в примере — 10 м.

Маяки могут работать от встроенной LiPoL-батареи, но рекомендуется обеспечить внешний источник питания (обычный USB) или преобразователь  $\sim 110/220 \Rightarrow 5V$  USB



## 7.4: 2D оптимальная конфигурация



### Примечания:

Поскольку конфигурация предназначена для 2D, она выдаёт только координаты X и Y.

Конфигурация предназначена для отслеживания, например, погрузчиков в открытых складах без высоких стеллажей.

### Плюсы:

- Надёжный трекинг
- Очень точно ( $\pm 2$  см)
- Разработана для вилочных погрузчиков

### Недостатки:

- Больше маяков (цена), чем в растянутых конфигурациях

### Конфигурация:

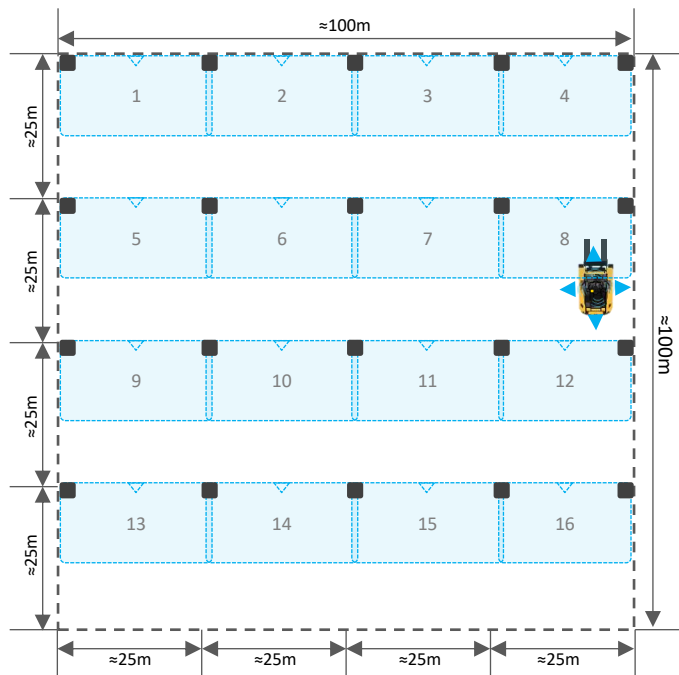
100x100m «2D оптимальная»:

- 30 x стационарный Super-Beacon
- 1 x мобильный Super-Beacon
- 1 x Modem HW v5.1

### Посмотрите видео:

- [Автономный робот доставки — общий вид системы](#)
- [Отслеживание в реальном времени: точное позиционирование в помещениях](#)
- [Как точно \( \$\pm 2\$  см\) отслеживать 10 вилочных погрузчиков](#)

## 7.5: 2D растянутая



### Примечания:

Конфигурация «2D растянутая» фактически аналогична «2D оптимальной», но работает с большими расстояниями между маяками. Однако отслеживание может прерываться из-за внешнего шума или слишком слабого ультразвукового сигнала. Она также является 2D, поэтому даёт только координаты X и Y.

### Преимущества:

- Меньшая общая стоимость по сравнению с оптимальной 2D-конфигурацией

### Недостатки:

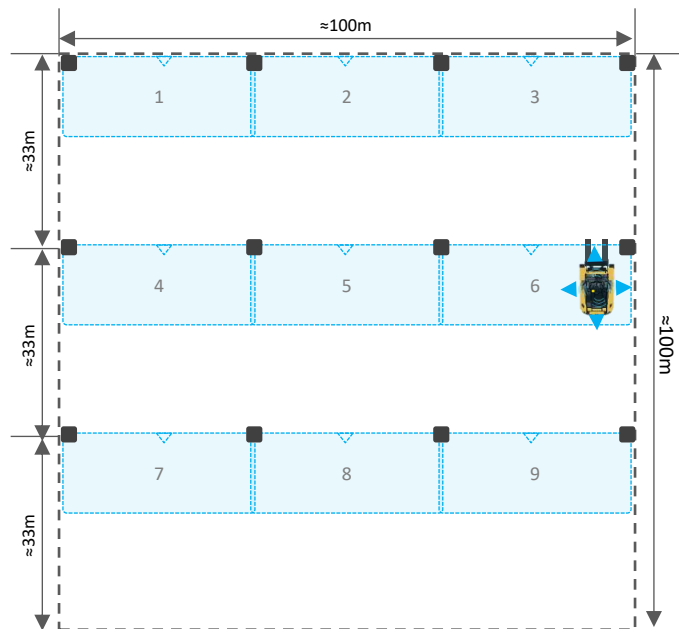
- Потенциально менее стабильное отслеживание по сравнению с оптимальной 2D-конфигурацией

### Конфигурация:

100x100м «2D растянутая»:

- 20 x стационарный Super-Beacon
- 1 x мобильный Super-Beacon
- 1 x Modem HW v5.1

## 7.6: 2D суперрастянутая



### Примечания:

Конфигурация «2D суперрастянутая» имеет наилучшую цену, так как расстояния являются максимальными.

Она является 2D, поэтому даёт только координаты X и Y.

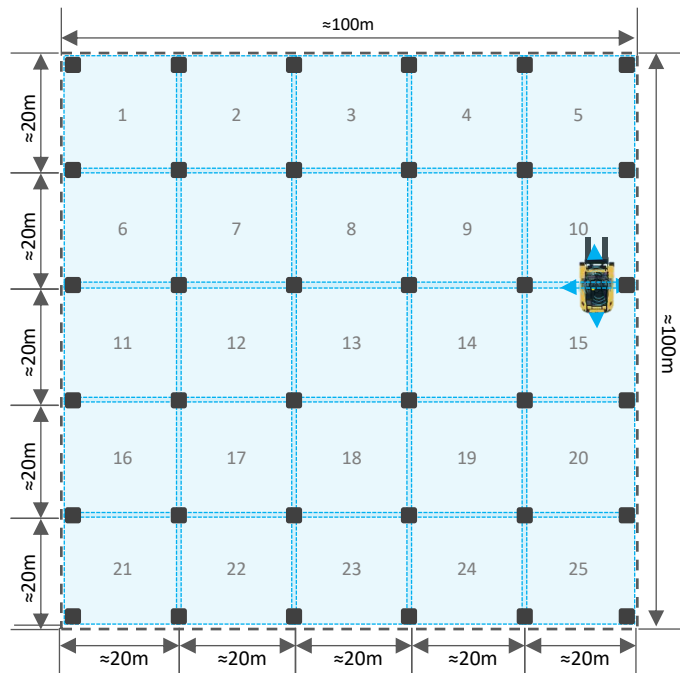
- Преимущества:
- Самая низкая общая стоимость среди трёх конфигураций
- Недостатки:
- Может потребовать больше ручных и точных настроек, чем другие конфигурации

### Конфигурация:

100x100м «2D суперрастянутая»:

- 12 x стационарный Super-Beacon
- 1 x мобильный Super-Beacon
- 1 x Modem HW v5.1

## 7.7: 3D optimal



### Примечания:

Конфигурация «3D optimal» сбалансирована по соотношению цена-производительность. Конфигурация является 3D, поэтому обеспечивает позиционирование (X, Y, Z). Имеет резервирование 3+1. Это означает, что если 1 из 4 маяков в субкарте заблокирован, 3D-трекинг по-прежнему сохраняется. Конфигурация подходит для отслеживания, например, не только погрузчиков, но и дронов в открытых складах без высоких стеллажей.

### Преимущества:

- Надёжный трекинг
- Подходит для дронов — обеспечивает 3D (x, y, z)

### Недостатки:

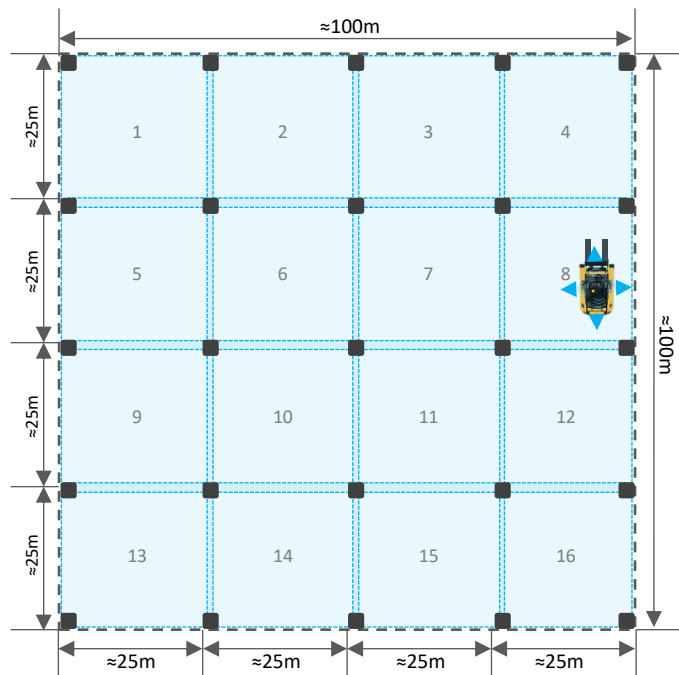
- Больше маяков, чем в растянутых конфигурациях

### Конфигурация:

100x100 м «3D optimal»:

- 36 х стационарный Super-Beacon
- 1 х мобильный Super-Beacon
- 1 х Modem HW v5.1

## 7.8: 3D stretched



### Примечания:

Конфигурация "3D stretched" фактически аналогична "3D optimal", но работает на больших расстояниях. Это даёт преимущество в цене, но отслеживание может прерываться из-за шума. Конфигурация 3D, поэтому обеспечивает позиционирование (X,Y,Z).

Она имеет резервирование 3+1. Это означает, что, если 1 из 4 маяков в субкарте заблокирован, 3D-отслеживание продолжает работать.

Конфигурация подходит для отслеживания, например, не только погрузчиков, но и дронов на открытых складах без высоких стеллажей.

### Преимущества:

- Более низкая стоимость, чем в конфигурации 3D optimal

### Недостатки:

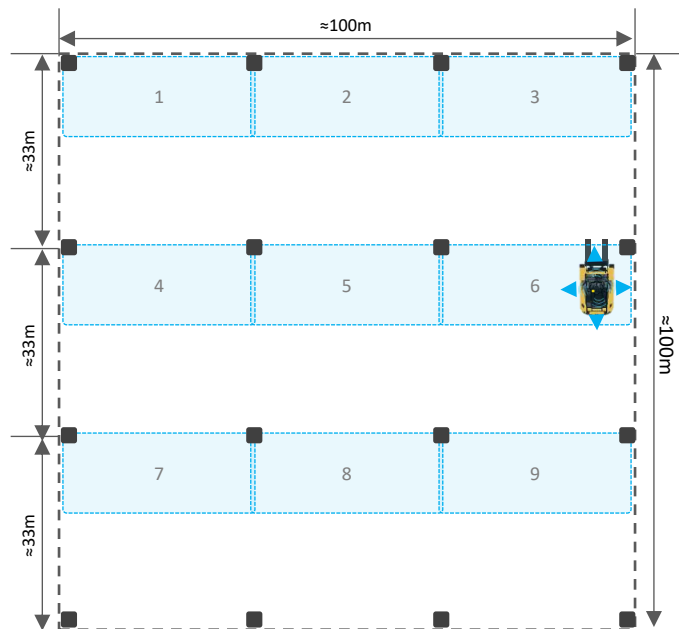
- Более сложные настройки и менее стабильная работа по сравнению с конфигурацией 3D optimal

### Конфигурация:

100x100m "3D stretched":

- 25 x стационарный Super-Beacon
- 1 x мобильный Super-Beacon
- 1 x Modem HW v5.1

## 7.9: 3D суперрастянутая конфигурация



### Примечания:

Конфигурация "3D super-stretched" имеет лучшую цену, так как расстояния самые большие, но в основном предназначена для будущих версий HW/SW. Она 3D, поэтому даёт нам только координаты X и Y. Она имеет резервирование 3+1. Это означает, что, если 1 из 4 маяков в субкарте заблокирован, отслеживание продолжает работать.

### Преимущества:

- Самая низкая общая стоимость среди трёх конфигураций

### Недостатки:

- Может потребовать больше ручных и тонких настроек, чем другие конфигурации

### Конфигурация:

100x100 м «3D супер-растянутая»:

- 16 x стационарных Super-Beacon
- 1 x мобильный Super-Beacon
- 1 x Modem HW v5.1

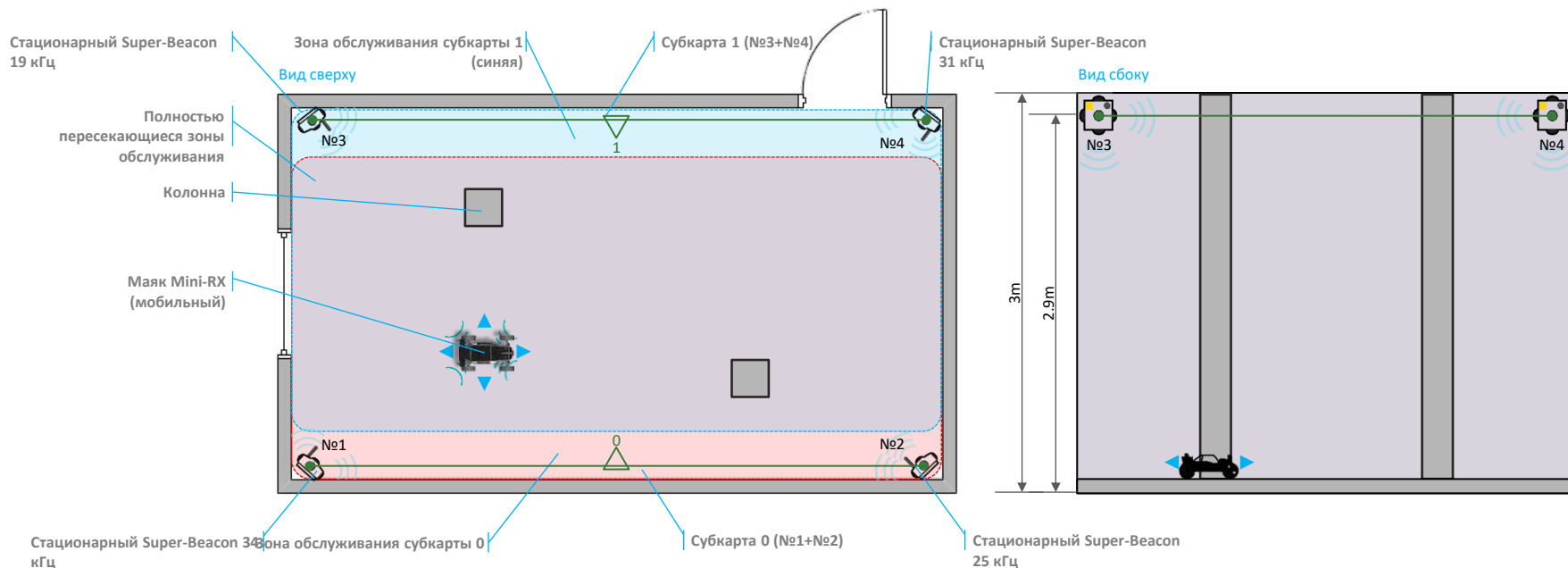
## 7.10: Итоги – площадь 100x100 м

Мы представили различные конфигурации отслеживания мобильных объектов (транспортных средств, погрузчиков, дронов) на складе 100x100 м с точностью  $\pm 2$  см.

Мы также дали несколько рекомендаций по монтажу и настройке системы:

- 2D оптимальная
- 2D растянутая
- 2D супер-растянутая
- 3D оптимальная
- 3D растянутая
- 3D супер-растянутая

## 8а: Полностью перекрывающиеся субкарты (IA, 2D)



### Конфигурация:

- [Inverse Architecture \(IA\):](#)
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 19 кГц
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 25 кГц
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 31 кГц
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 34 кГц
  - 1 x Mini-RX в качестве мобильного маяка (или больше Mini-RX для большего числа мобильных объектов)
  - 1 x Modem HW v5.1

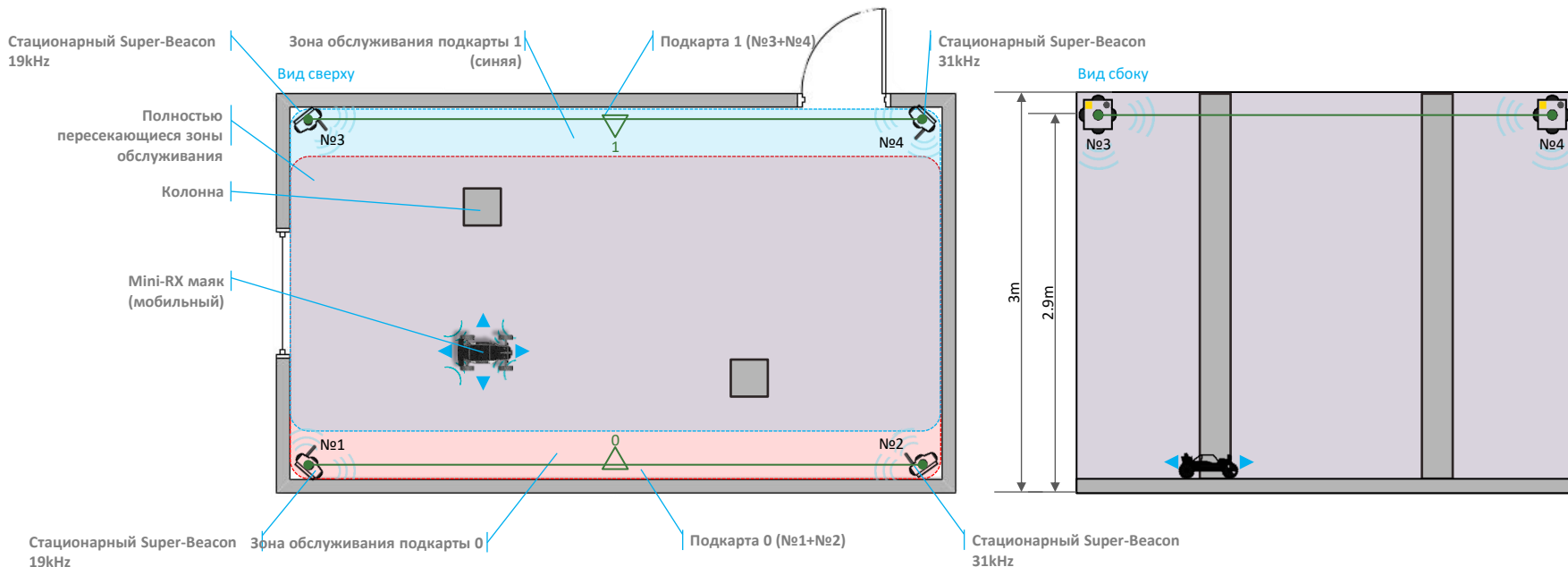
### Примечания:

- Если одна субкарта заблокирована, другая субкарта обеспечит надёжное отслеживание
- В одной субкарте частота каждого маяка не должна повторяться (например, не может быть двух маяков 31 кГц, 37 кГц и т.д. в одной субкарте)
- Посмотрите точное ( $\pm 2$  см) отслеживание посетителей в видео «Музей кино»



Как монтировать стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 8b: Полностью перекрывающиеся подкарты (IA, 2D, TDMA)



### Конфигурация:

- [Inverse Architecture \(IA\) с TDMA:](#)
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 19kHz
  - 2 x Стационарный Super-Beacon 31kHz
  - 1 x Mini-RX в качестве мобильного маяка (или больше)
  - 1 x Modem HW v5.1

### Примечания:

- Функция TDMA, которая помогает улучшить качество трекинга в сложных условиях
- Если одна подкарта заблокирована, другая подкарта обеспечит надёжный трекинг
- В одной подкарте частота каждого маяка не должна повторяться (например, не может быть двух маяков 31kHz, 37kHz и т.д. в одной подкарте)
- Подробнее о TDMA см. в Руководстве по эксплуатации (Глава 6.2)
- Посмотрите видео Track of Marvelmind Jacket indoor
- Посмотрите видео Tracking of visitors in Cinema Museum indoor

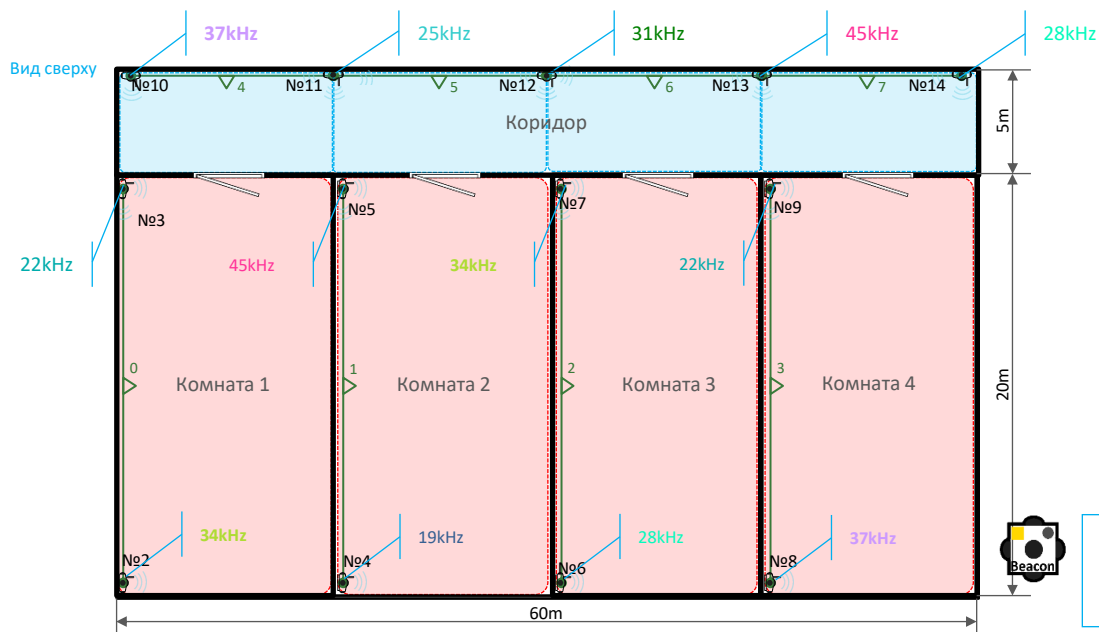
### Настройки TDMA:

- TDMA sequence length = 2
- TDMA position in sequence:
  - Подкарта 0 = 0
  - Подкарта 1 = 1



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 9: Комнаты + коридор (IA, 2D)



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

### Конфигурация:

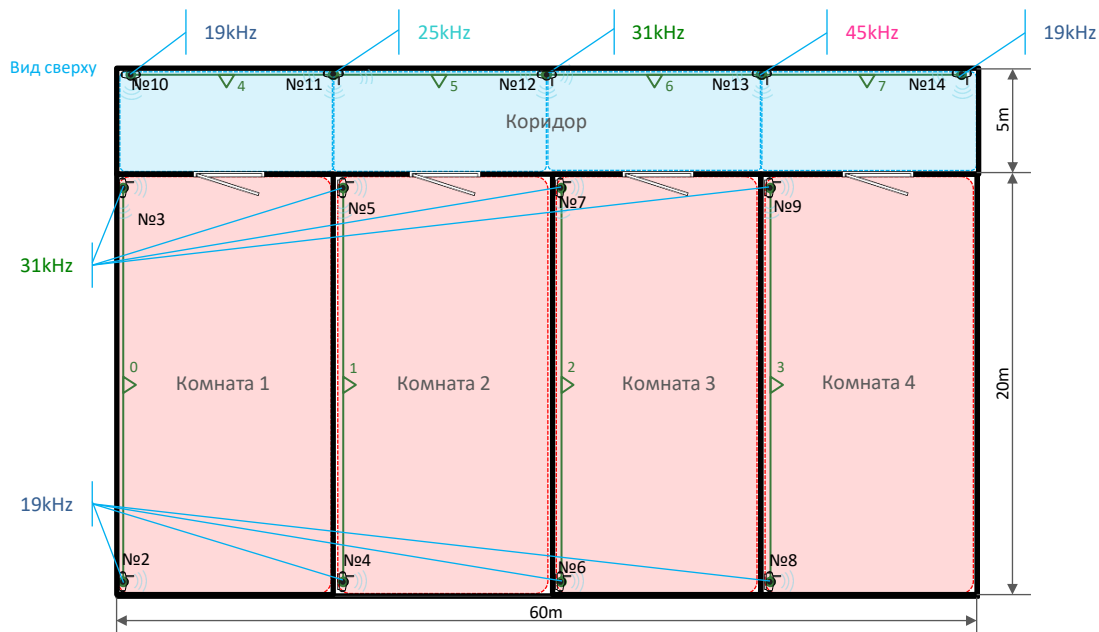
#### - Inverse Architecture (IA) с 8 частотами:

- 1 x стационарный Super-Beacon 19kHz
- 2 x стационарных Super-Beacon 22kHz
- 1 x стационарный Super-Beacon 25kHz
- 2 x стационарных Super-Beacon 28kHz
- 1 x Mini-RX в качестве мобильного маяка (или больше Mini-RX для большего количества мобильных объектов)
- 1 x Modem HW v5.1
- 1 x стационарный Super-Beacon 31kHz
- 2 x стационарных Super-Beacon 34kHz
- 2 x стационарных Super-Beacon 37kHz
- 2 x стационарных Super-Beacon 45kHz

### Примечания:

- Предназначено для отслеживания людей или роботов в офисе
- Данная конфигурация поддерживает 2D
- Вы можете изменять конфигурации по своему усмотрению.
- В одной подкарте частоты маяков не должны повторяться (например, в одной подкарте не может быть двух маяков на 31 кГц, 37 кГц и т. д.)
- Подробнее о TDMA см. в Руководстве по эксплуатации (Глава 6.2)
- Смотрите справочное видео по подкартам
- Смотрите видео Tracking 4 warehouse workers

## 9а: Комнаты + коридор (IA, 2D, TDMA)



### Конфигурация:

- [Inverse Architecture \(IA\) с TDMA:](#)
  - 6 x стационарных Super-Beacon 19kHz
  - 1 x стационарный Super-Beacon 25kHz
  - 5 x стационарных Super-Beacon 31kHz
  - 1 x стационарный Super-Beacon 45kHz
  - 1 x Mini-RX в качестве мобильного маяка (или несколько Mini-RX для большего числа мобильных объектов)
  - 1 x Modem HW v5.1

### Примечания:

- Предназначен для отслеживания людей или роботов в офисе
- Данная конфигурация поддерживает 2D
- В одной подкарте частоты маяков не должны повторяться (например, не может быть двух маяков 31kHz, 37kHz и т.д. в одной подкарте)
- Подробнее о TDMA см. в Руководстве по эксплуатации (Глава 6.2)
- Смотрите обучающее видео по Submaps
- Смотрите видео TDMA в демо Museum
- Смотрите видео Tracking 4 warehouse workers

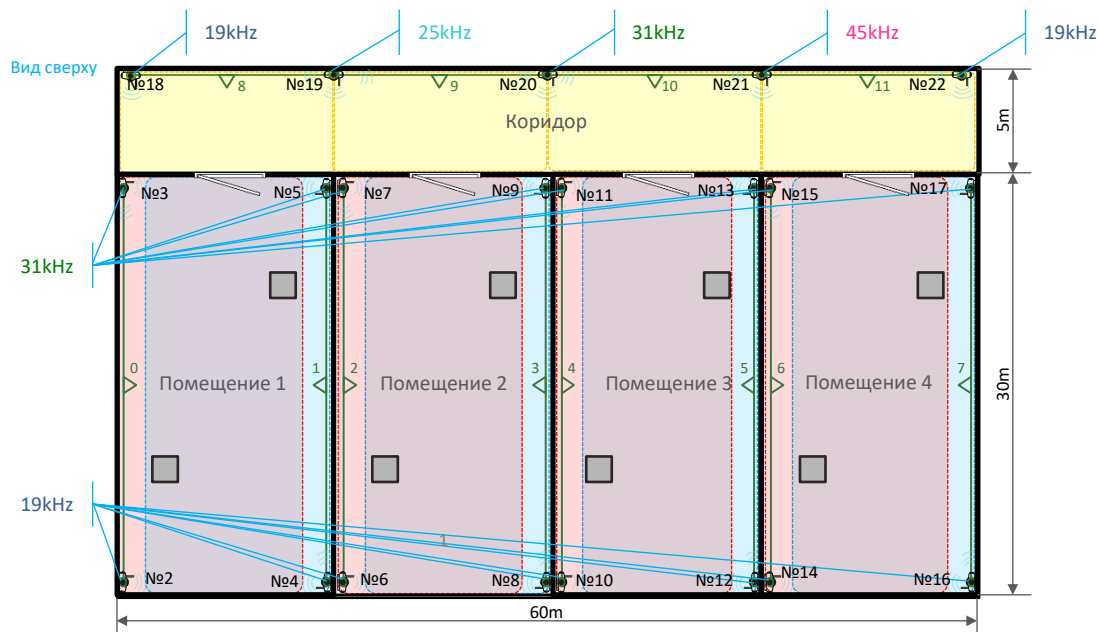


Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

### Настройки TDMA:

- TDMA sequence length = 2
- TDMA position in sequence:
  - Submap 0-3 = 0
  - Submap 4-7 = 1

## 10: Помещения с колоннами + коридор (IA, 2D, TDMA)



### Конфигурация:

- [Inverse Architecture \(IA\) с TDMA:](#)
  - 10 шт. стационарных Super-Beacon 19 кгц
  - 1 шт. стационарный Super-Beacon 25 кгц
  - 9 шт. стационарных Super-Beacon 31 кгц
  - 1 шт. стационарный Super-Beacon 45 кгц
  - 1 шт. Mini-RX в качестве мобильного маяка (или больше Mini-RX для большего числа мобильных объектов)
  - 1 шт. Modem HW v5.1

### Примечания:

- Предназначено для отслеживания людей или робота в офисе
- Данная конкретная конфигурация поддерживает 2D
- В одной субкарте частоты каждого маяка не должны повторяться (например, в одной субкарте не может быть двух маяков с частотой 31kHz, 37kHz и т.д.)
- Подробнее о TDMA см. в Руководстве по эксплуатации (Глава 6.2)
- Смотрите обучающее видео по субкартам
- Смотрите демонстрационное видео TDMA в музее
- Смотрите видео об отслеживании 4 работников склада



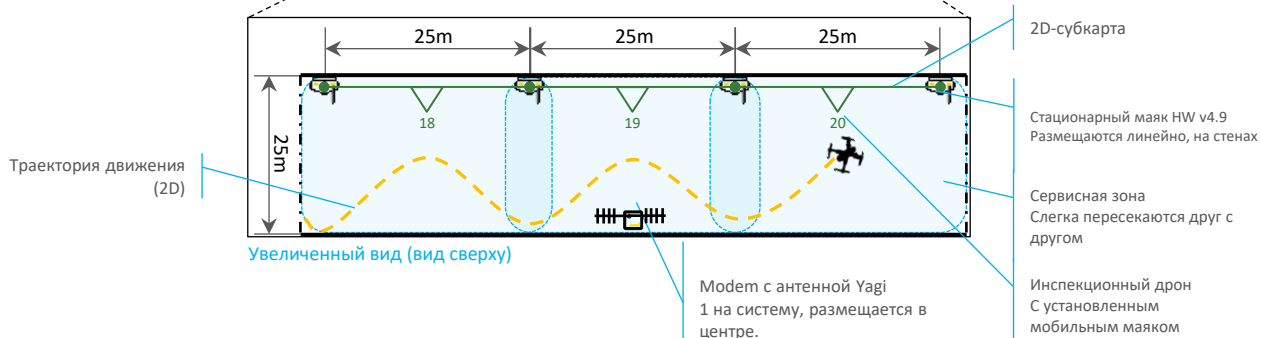
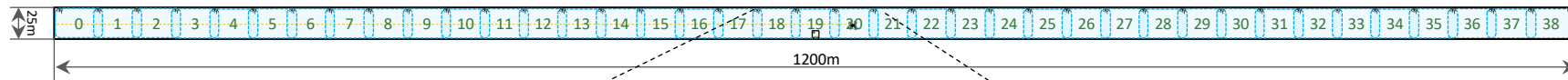
Как монтировать стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

### Настройки TDMA:

- Длина последовательности TDMA = 3
- Позиция TDMA в последовательности:
  - Субкарта 0, 2, 4, 6 = 0
  - Субкарта 1, 3, 5, 7 = 1
  - Субкарта 8, 9, 10, 11 = 2

## 11: Туннель 1200x25 м, автономная инспекция (NIA или IA, 2D)

Общий вид (вид сверху)



### Конфигурация:

- [Non-Inverse Architecture \(NIA\) или Inverse Architecture \(IA\):](#)
  - 40 x стационарный Super-Beacon (с 8 частотами для IA)
  - 1 x Modem HW v5.1
  - N x Super-Beacon в качестве мобильного маяка

### Примечания:

- Предназначено для автономной инспекции туннеля
- В режиме IA в одной подкарте частота каждого маяка не должна повторяться (например, в одной подкарте не может быть двух маяков 31 кгЦ, 37 кгЦ и т. д.)
- Подробнее см. в руководстве по эксплуатации (глава TDMA)
- См. видео-справку по подкартам (Submaps Help Video)



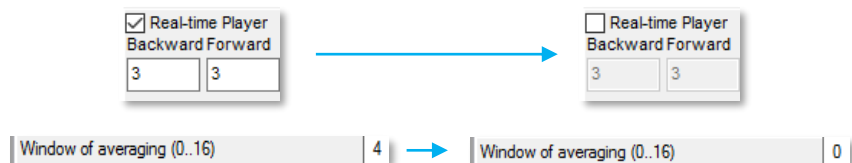
Как монтировать стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 12: Отслеживание в реальном времени: уменьшение задержки

Используйте эту инструкцию, если требуется минимально возможная задержка

### 1. Отключите Real-time player

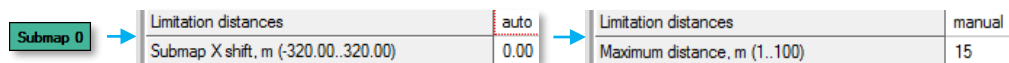
- Real-time player — это функция, которая делает траекторию движения более плавной. Поскольку она анализирует данные в прошлом и будущем, возникает небольшая задержка. Отключите её, если требуется меньшая задержка. Real-time player установите в 0/0 или отключите. Real-time Averaging window в настройках Modem установите в 0 вместо значения по умолчанию 4



### 2. Переведите радиoproфиль на более высокую скорость => 500kbps вместо 38kbps по умолчанию

### 3. Измените ограничение расстояний

- Перейдите в настройки субмапы и измените значение с Auto на Manual, установив наибольшее расстояние между мобильным маяком и стационарными маяками в субмапе — 10–15 m — в зависимости от вашей конфигурации. Задержка составит 1.2..1.5/Update rate, т.е. при ультразвуковой частоте обновления 16Hz задержка будет ~100ms



### Примечание:

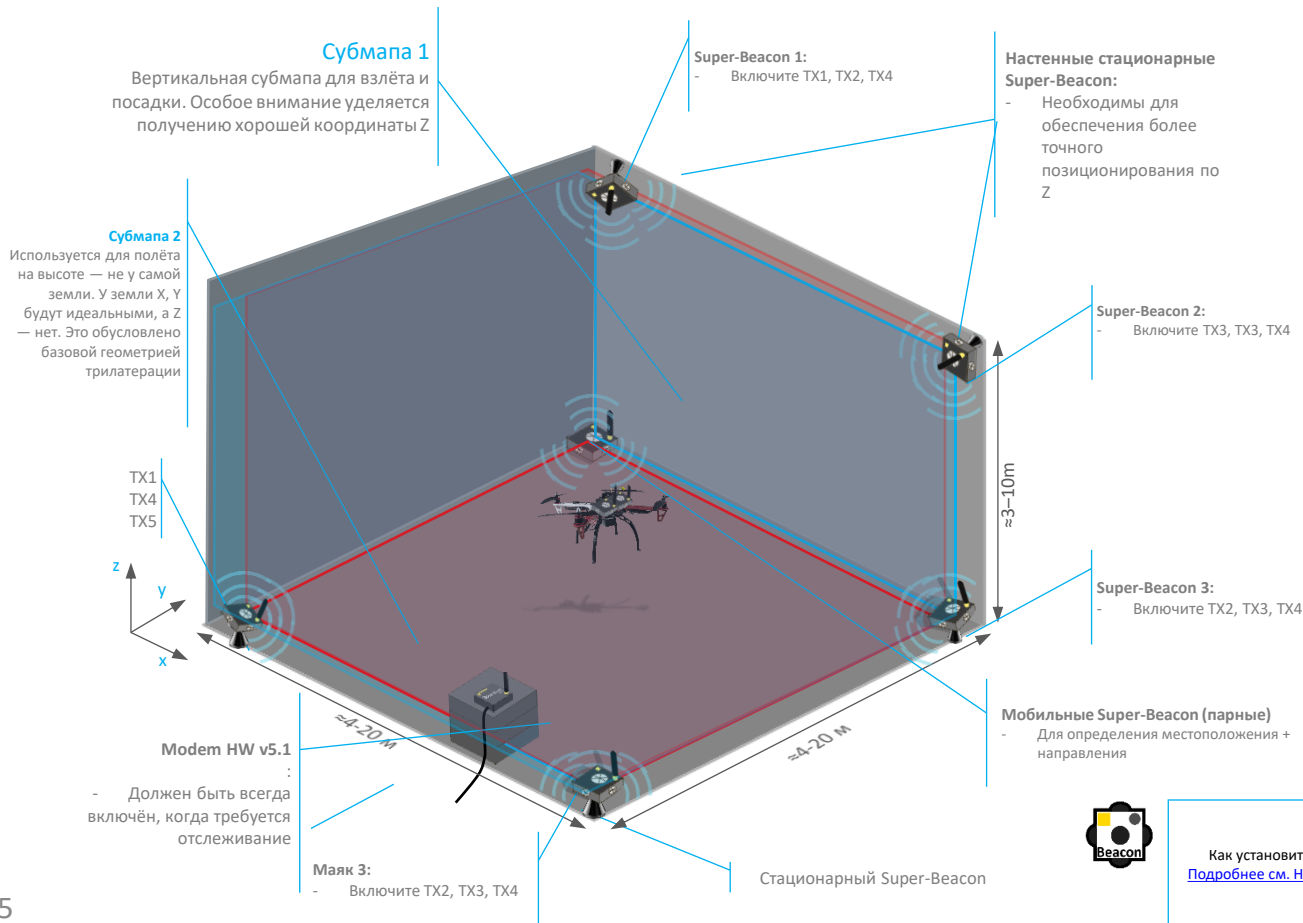
- Ознакомьтесь с нашей статьёй: <https://marvelmind.com/download/> => [Как увеличить частоту обновления местоположения?](#)

### 4. Используйте объединение IMU + ультразвук (sensor fusion).

- Как только частота обновления местоположения достигает 4–8Hz и выше, sensor fusion работает хорошо, и вы получаете итоговую частоту обновления 100Hz с задержкой около 12–15ms

# Расширенные настройки

## 13: Стабильная координата «Z» для дрона — настройки и рекомендации



### Конфигурация:

- **Starter Set Super-MP-3D + Super-Beacon:**
  - 6 стационарных Super-Beacon
  - 1 мобильный Super-Beacon (или 2 мобильных Super-Beacon для поддержки функции Paired Beacon — вы получите местоположение + направление)
  - 1 Modem HW v5.1

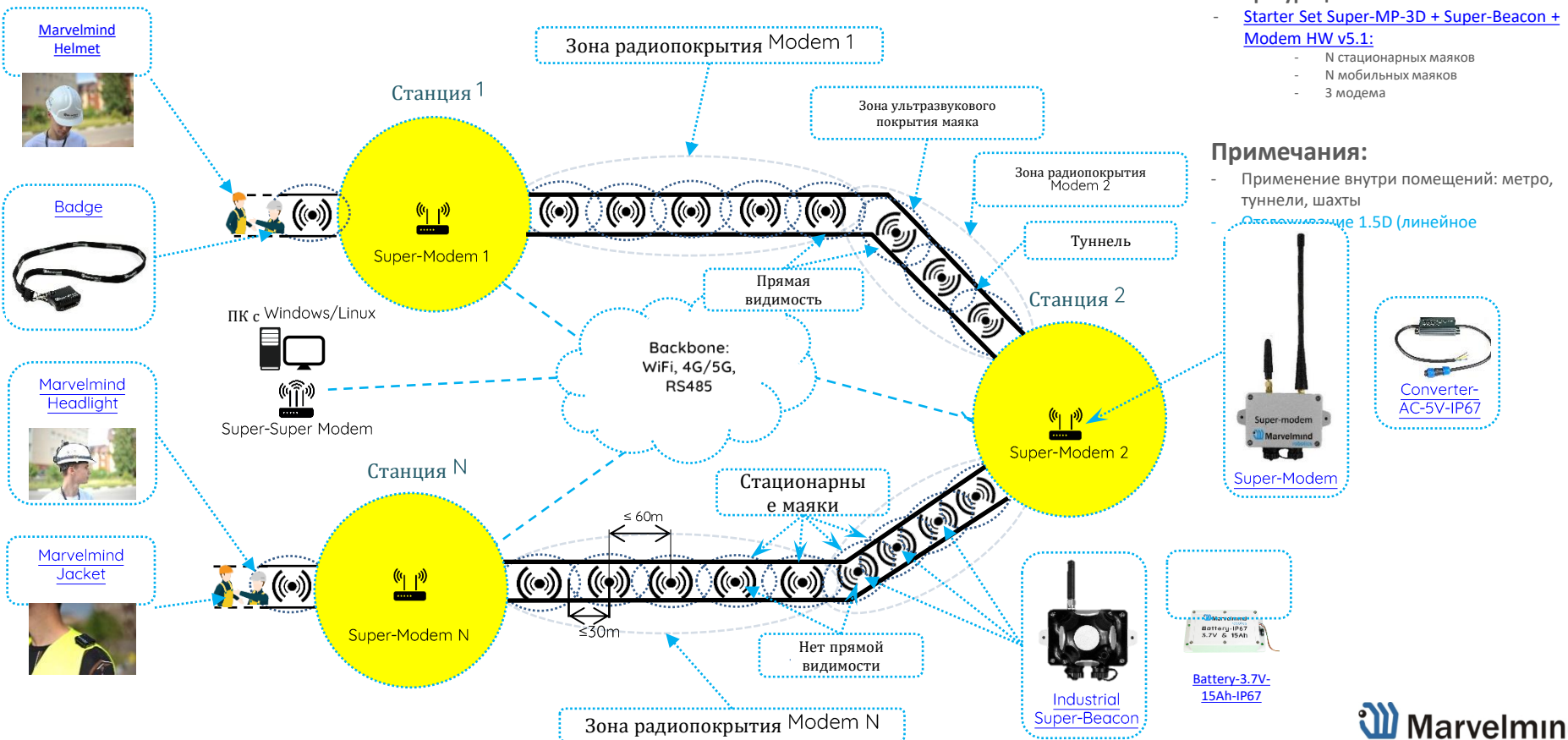
### Примечания:

- Предназначен для полётов автономных дронов в помещении и точного отслеживания координаты Z на всех высотах
- Поддерживает 3D (X, Y, Z) + N-кратное резервирование
- Подробная видеопомощь: [Help: Z-coordinates for copters](#)



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

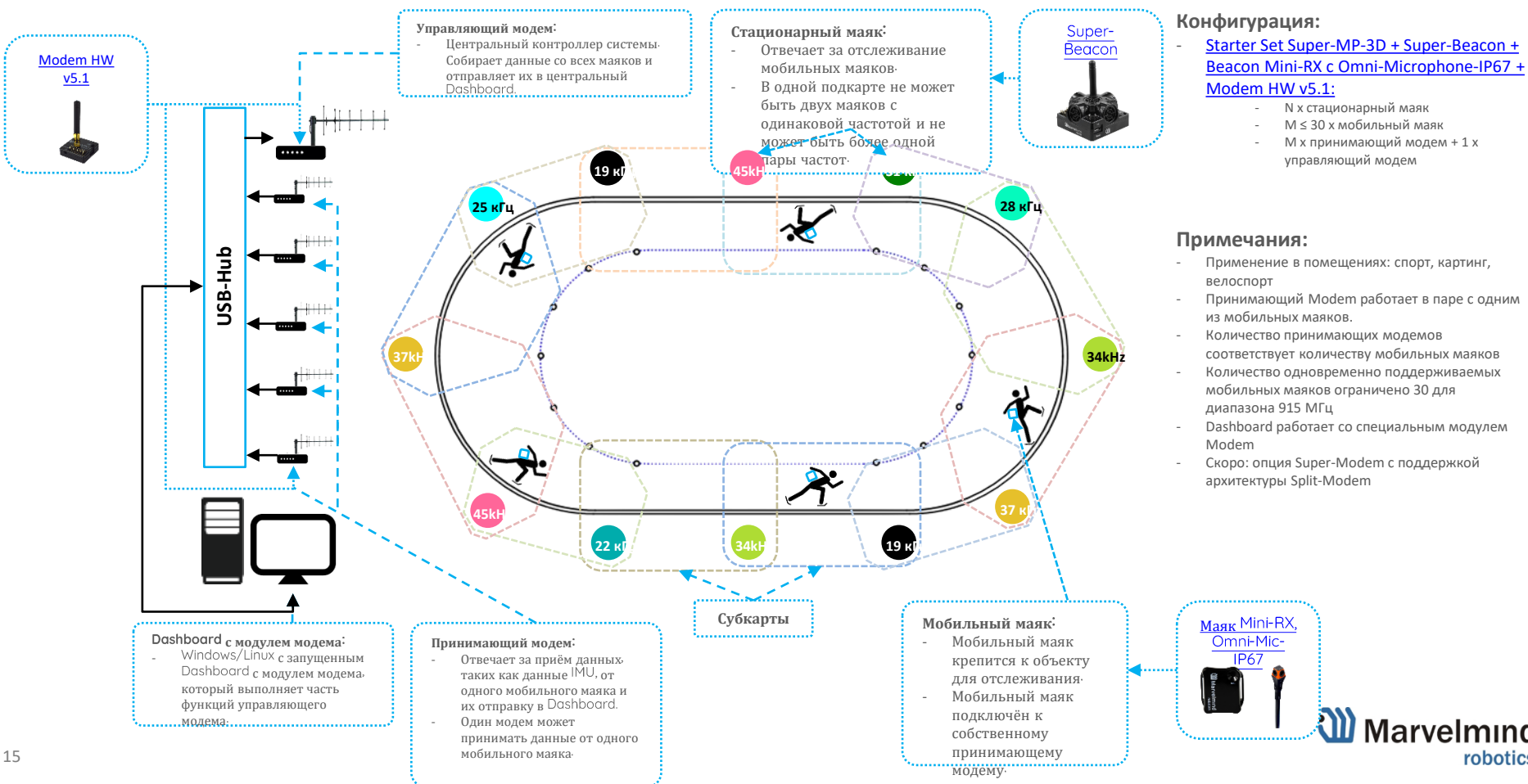
# 14a: Multi-modem 1.5D – для очень больших сетей



- Конфигурация:**
- Starter Set Super-MP-3D + Super-Beacon + Modem HW v5.1:
  - N стационарных маяков
  - N мобильных маяков
  - 3 модема

- Примечания:**
- Применение внутри помещений: метро, туннели, шахты
  - Конфигурация 1.5D (линейное)

## 14b: Архитектура Split-Modem – для быстро движущихся объектов



## 15а: Отслеживание в зоне 30x30 м

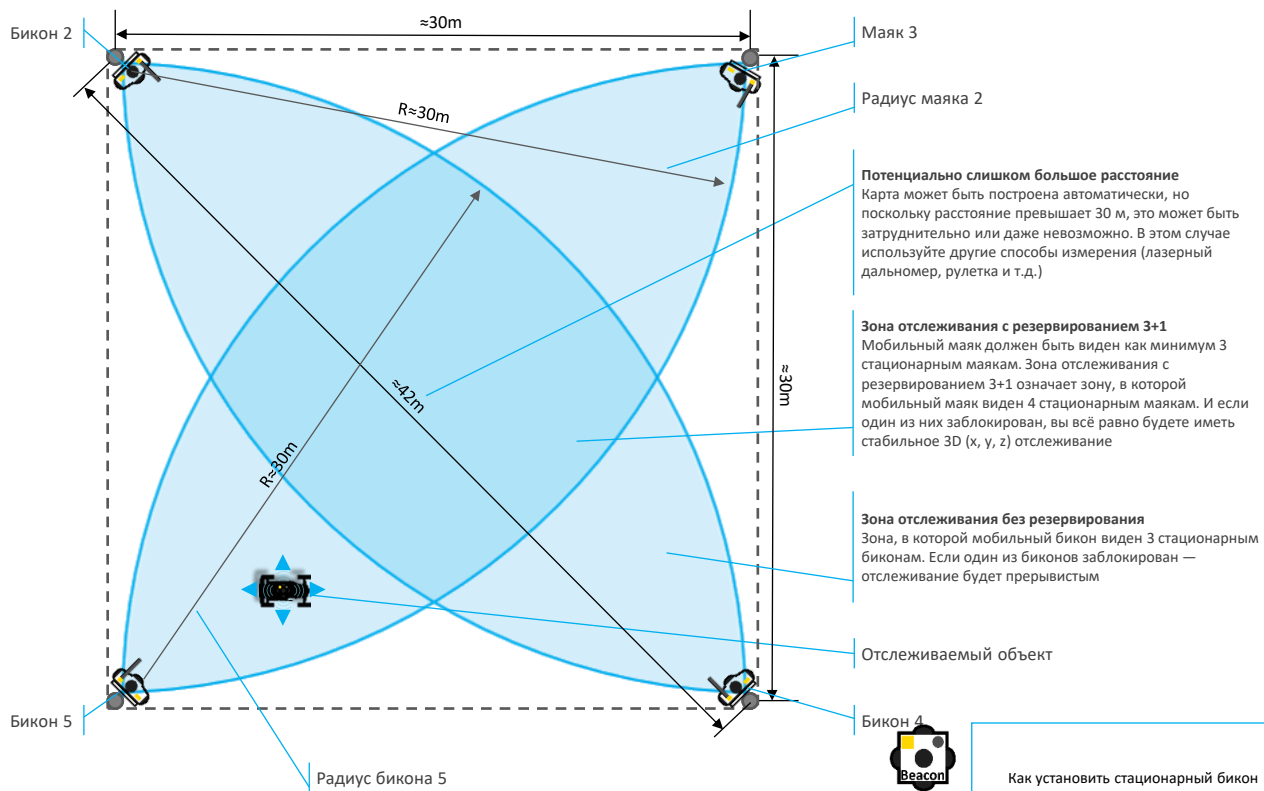
Следующие несколько слайдов содержат инструкции по настройке и монтажу системы для покрытия открытой площадки размером 30x30 м.

Имеются различные конфигурации:

1. [2D \(x, y\)](#)
2. [3D \(x, y, z\)](#)

Выберите тот, который соответствует вашим требованиям.

## 15b: Отслеживание в зоне 30x30 м - зоны



### Конфигурация:

- [Starter Set Super-MP-3D:](#)
  - 4 x стационарных Super-Beacon с разными частотами из 8 (19kHz, 22kHz, 25kHz, 31kHz, 34kHz, 37kHz, 45kHz)
  - 1 x мобильный Super-Beacon
  - 1 x Modem HW v5.1
  - 4 x Omni-Microphone-IP67 (Рекомендуется)

### Примечания:

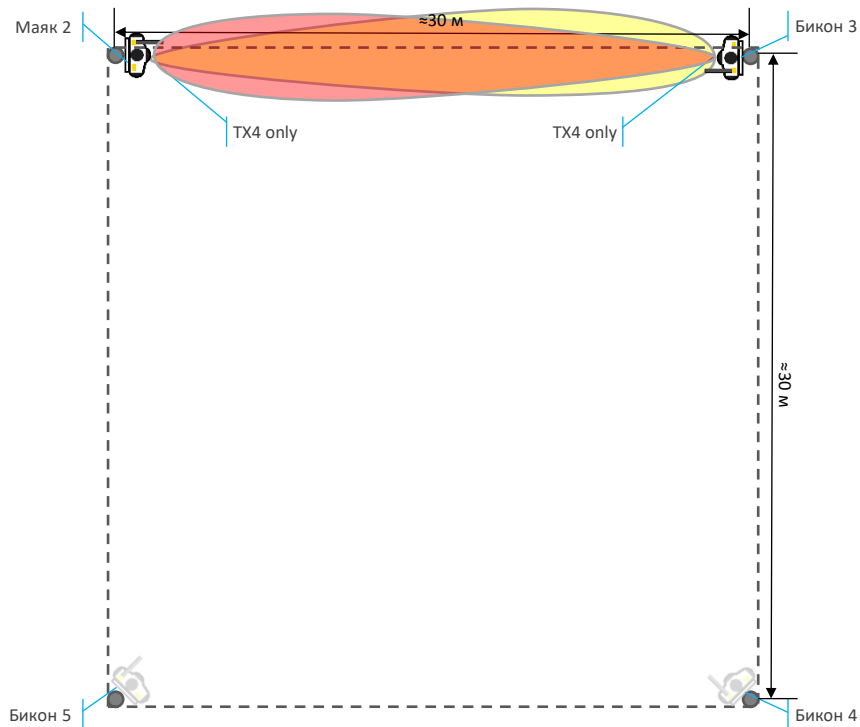
- Поддерживает 3D (X,Y,Z) + 1 резервирование
- Поддерживает 2D (X, Y)

[См. инструкции на следующих слайдах](#)



Как установить стационарный бикон  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## 15.1: Шаг 1: Построение карты расстояний (2, 3)



### Определение расстояния между биконом 2 и биконом 3

- Расположите биконы друг напротив друга (лицом к сенсору TX4) (для получения дополнительной информации см. наш Help: Microphone diagram video)
- Включите только сенсор TX4
- Установите количество периодов = 50
- Задайте сервисную зону

DOTICS



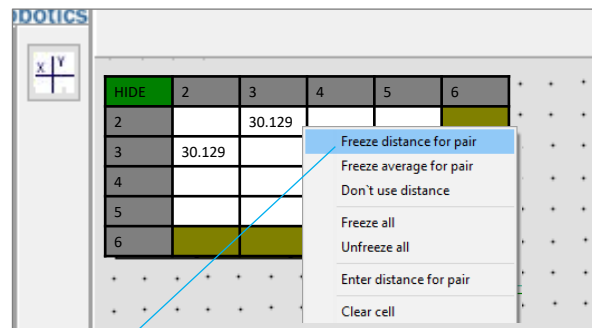
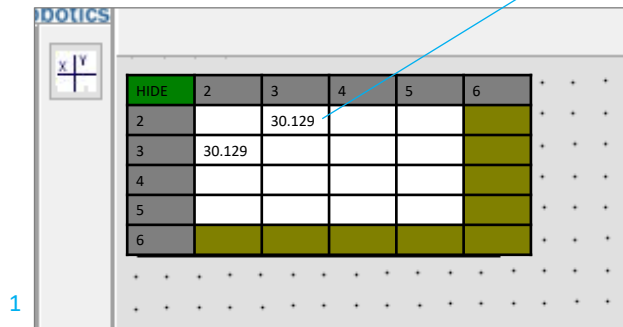
HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129			
3	30.129				
4					
5					
6					

см. на следующем слайде...

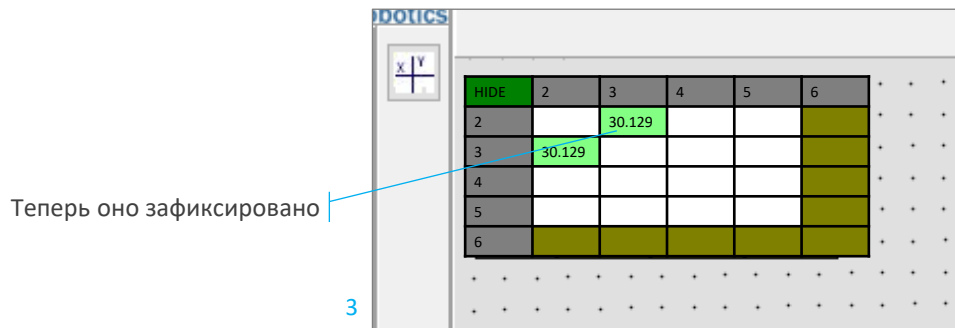
Зафиксированное расстояние

## 15.1a: Как зафиксировать расстояние для пары

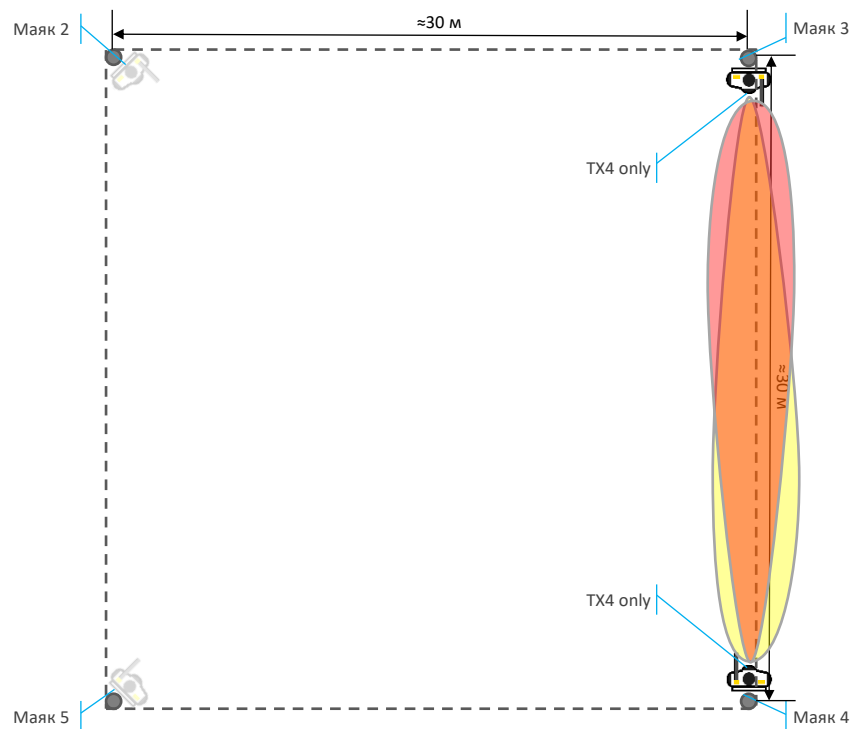
Дождитесь, пока вкладка расстояния станет белой → Щёлкните правой кнопкой мыши по вкладке расстояния



Нажмите Freeze distance for pair



## 15.2: Шаг 2: Построение карты расстояний (3, 4)



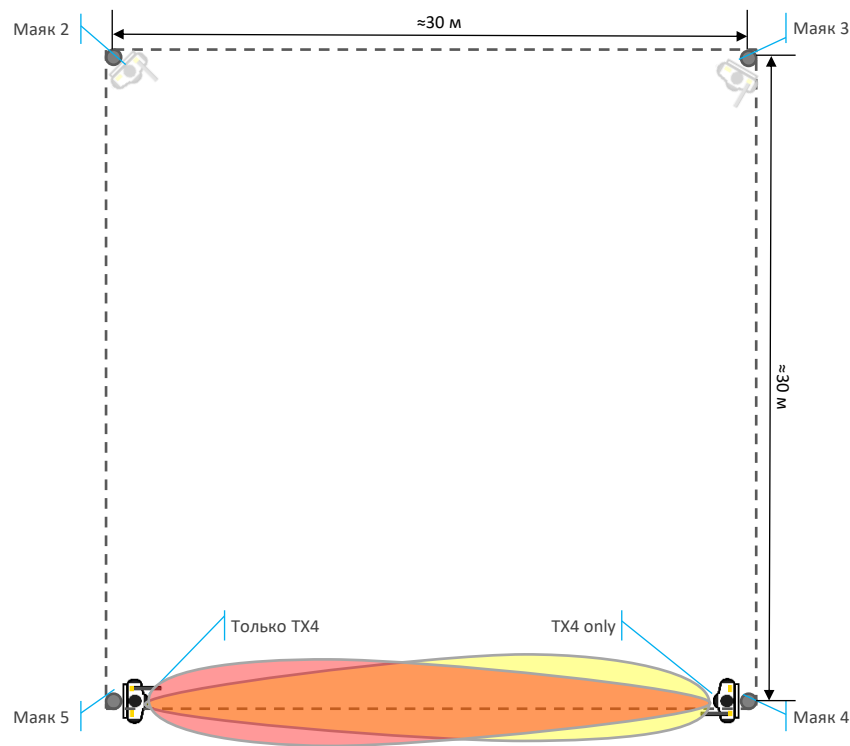
### Определение расстояния между маяком 3 и маяком 4

- Расположите маяки лицом друг к другу (сенсором TX4)
- Включите только сенсор TX4
- Установите количество периодов равным 50
- Не забудьте снять все ограничения по расстояниям (около 45 м)
- Зафиксируйте расстояние. Как это сделать — см. на этом слайде...

DOTICS

HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129			
3	30.129		30.124		
4		30.124			
5					
6					

## 15.3: Шаг 3: Построение карты расстояний (4, 5)



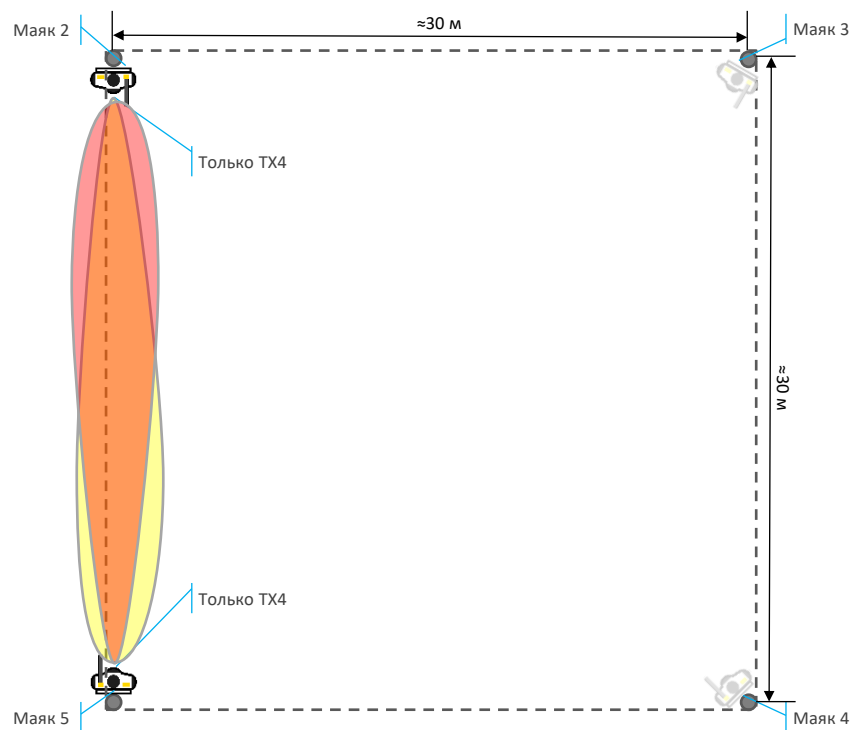
### Определение расстояния между маяком 4 и маяком 5

- Направьте маяки друг на друга (сенсорами TX4 друг к другу)
- Включите только сенсор TX4
- Установите количество периодов равным 50
- Не забудьте снять все ограничения по расстоянию (около 45 м)
- Зафиксируйте расстояние. Как это сделать, см. на этом слайде...

IDOTICS

HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129			
3	30.129		30.124		
4		30.124		30.127	
5			30.127		
6					

## 15.4: Шаг 4: Построение карты расстояний (2, 5)

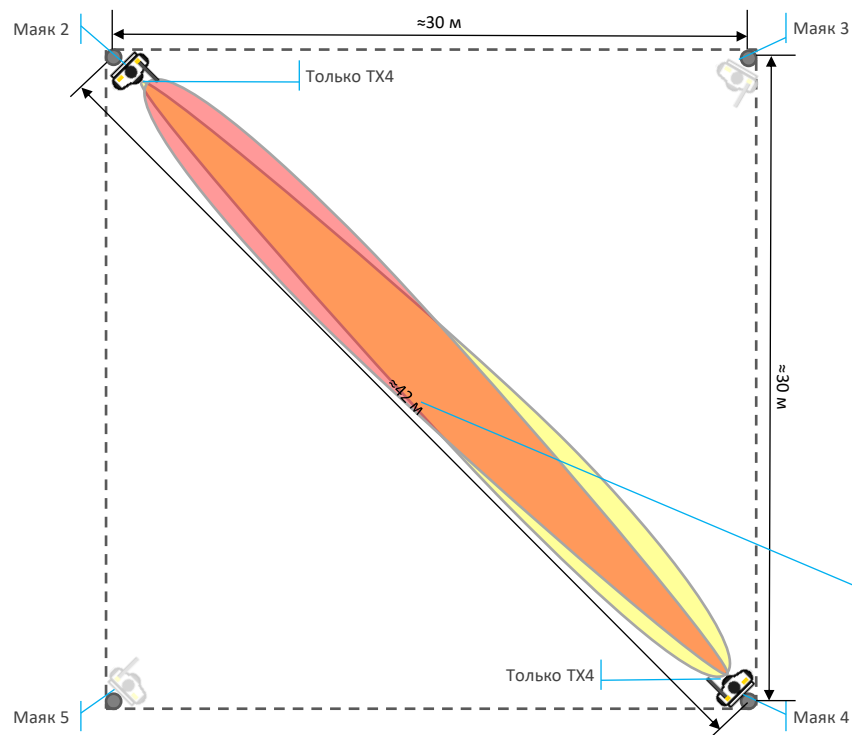


### Нахождение расстояния между маяком 2 и маяком 5

- Расположите маяки лицом друг к другу (направьте их датчиками TX4 друг к другу)
- Включите только датчик TX4
- Установите число периодов равным 50
- Не забудьте снять все ограничения по дальности (около 45 м)
- Зафиксируйте расстояние. Как это сделать, см. на этом слайде...

HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129		30.125	
3	30.129		30.124		
4		30.124		30.127	
5	30.125		30.127		
6					

## 15.5: Шаг 5: Построение карты расстояний (2, 4)



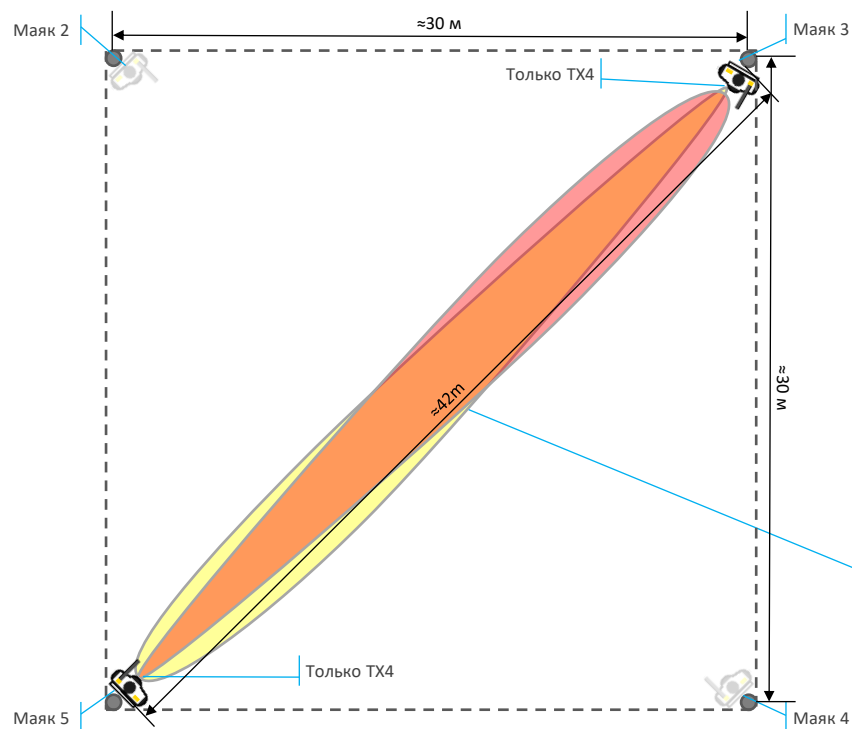
### Нахождение расстояния между маяком 2 и маяком 4

- Расположите маяки лицом друг к другу (направьте их датчиками TX4 друг к другу)
- Включите только датчик TX4
- Установите число периодов равным 50
- Не забудьте снять все ограничения расстояний (около 45 м)
- Зафиксируйте расстояние. Как это сделать — см. на этом слайде...

HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129	42.321	30.125	
3	30.129		30.124		
4	42.321	30.124		30.127	
5	30.125		30.127		
6					

Карта всё ещё может быть построена автоматически, но так как расстояние превышает 30 м, это может быть затруднительно. В этом случае используйте другие способы измерения (лазерный дальномер, рулетку и т. д.). Затем введите его вручную

## 15.6: Шаг 6: Построение карты расстояний (3, 5)



### Поиск расстояния между маяком 3 и маяком 5

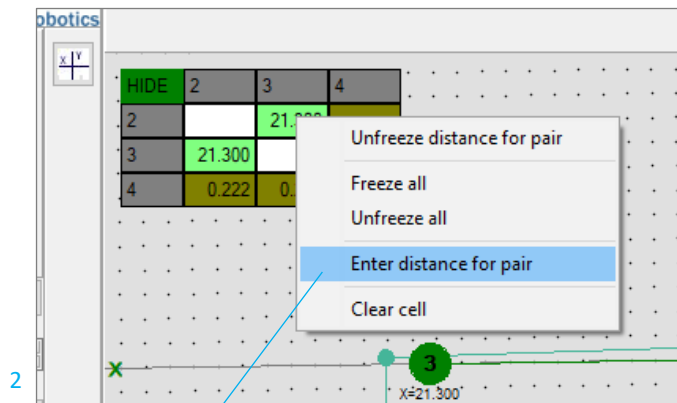
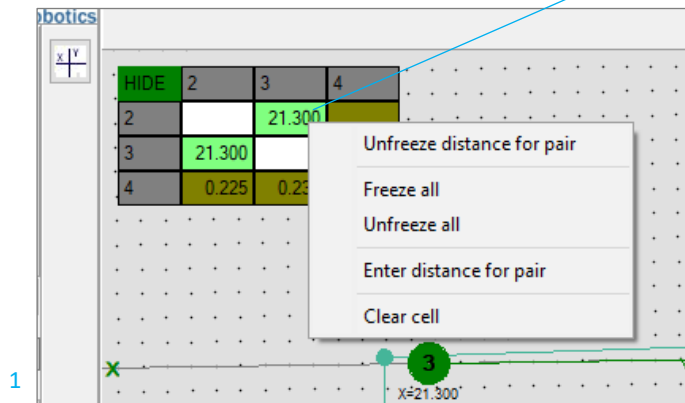
- Поверните маяки друг к другу (сенсором TX4)
- Включите только сенсор TX4
- Установите количество периодов равным 50
- Не забудьте снять все ограничения по расстояниям (около 45 м)
- Зафиксируйте расстояние. Как это сделать, см. на этом слайде...

HIDE	2	3	4	5	6
2		30.129	42.321	30.125	
3	30.129		30.124	42.319	
4	42.321	30.124		30.127	
5	30.125	42.319	30.127		
6					

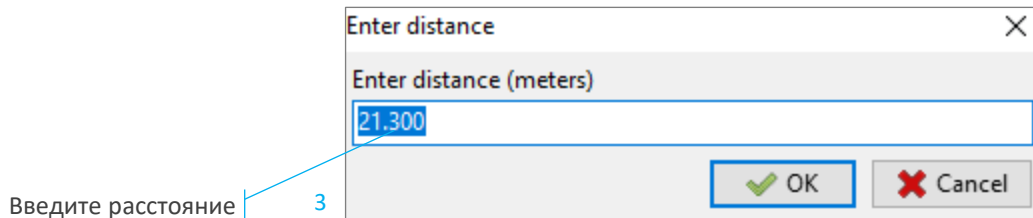
Карта всё ещё может быть построена автоматически, но так как расстояние превышает 30 м, это может быть затруднительно. В этом случае используйте другие способы измерения (лазерный дальномер, рулетку и т. д.). Затем введите его вручную

## 15.6а: Ручной ввод расстояния

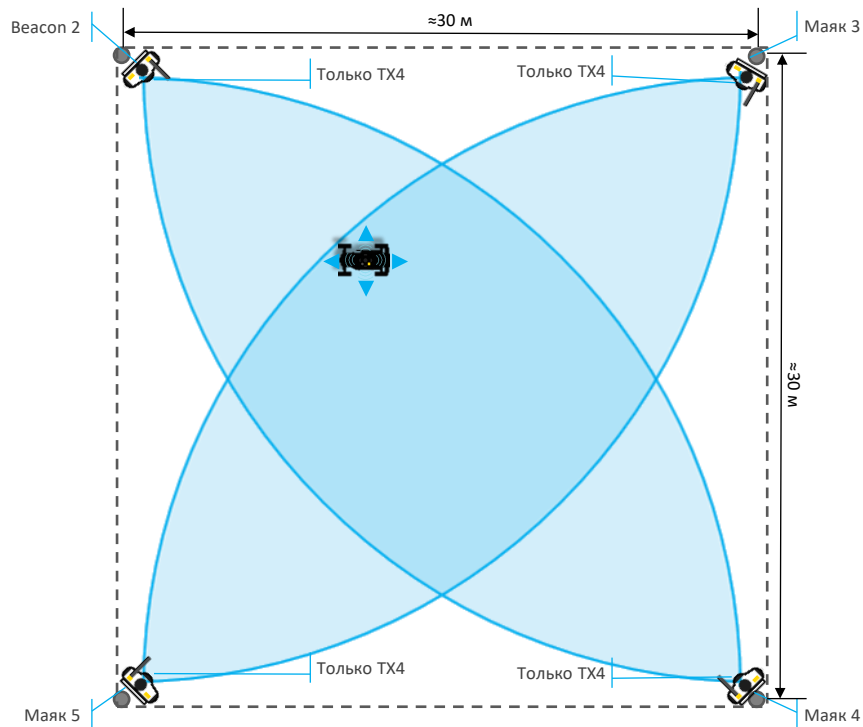
Щёлкните правой кнопкой мыши по вкладке расстояния



Нажмите Enter distance for pair



## 15.7: Шаг 7(а): Итоговая конфигурация (3D-трекинг)



### Итоговая конфигурация для 3D

- Направьте маяки в центр
- Включите только датчик TX4 — вы получите наивысшую чувствительность и максимальную помехоустойчивость с других направлений

DOTICS

Заморозьте карту

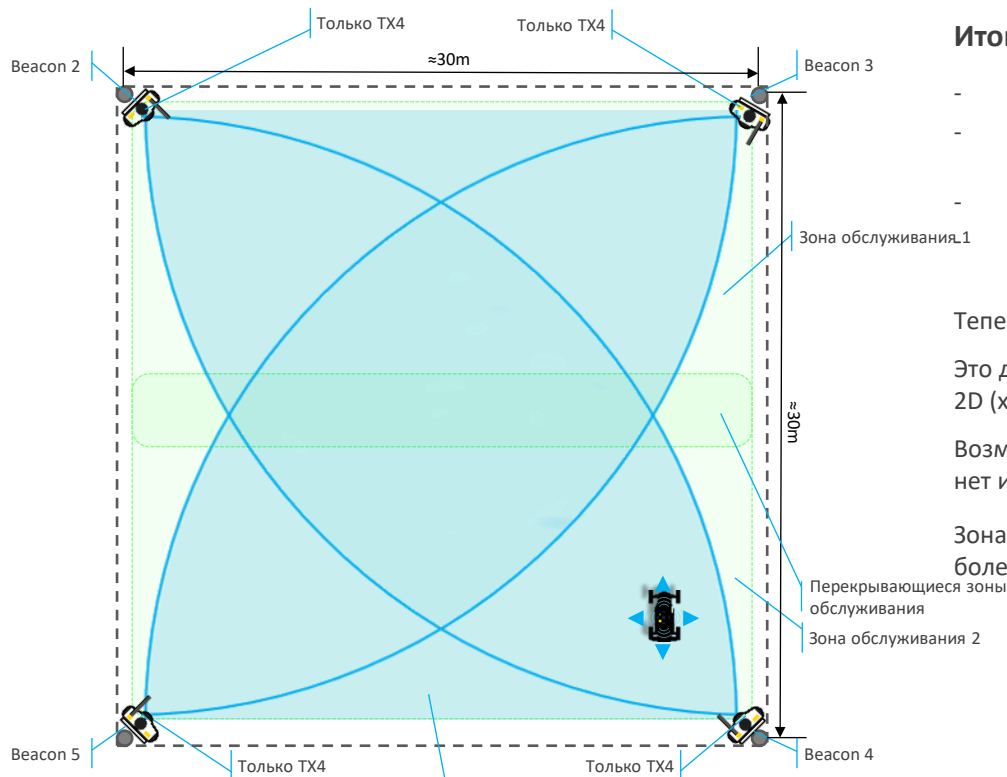
HIDE	2	3	4	5	6			
2		30.129	42.321	30.125				
3	30.129		30.124	42.319				
4	42.321	30.124		30.127				
5	30.125	42.319	30.127					
6								

Теперь мы завершили установку и настройку.

Это дало нам возможность выполнять трекинг на большой площади в режиме 3D (x, y, z) с резервированием 3+1 в некоторой зоне.

Зона трекинга на самом деле не ограничена 30 м, но в пределах 30 м она более уверенная, стабильная и надёжная.

## 15.8: Шаг 7(b): Итоговая конфигурация (трекинг 2D)



### Большая зона покрытия

Как видно, зона отслеживания в 2D-конфигурации больше, но она не обеспечивает координату Z (высоту) и избыточность. Выберите конфигурацию, подходящую для вашего случая

## Итоговая конфигурация для 2D

- Направьте маяки в центр (лицом к датчику TX4)
- Включите только датчик TX4 (другой вариант — включить TX1, TX2, TX3. Зависит от ситуации)
- Постройте две подкарты. Видео о построении подкарт
- Отслеживайте робота, человека, автономный автомобиль и что угодно ещё

Теперь мы завершили установку и настройку.

Это дало нам возможность выполнять трекинг на большой площади в режиме 2D (x, y).

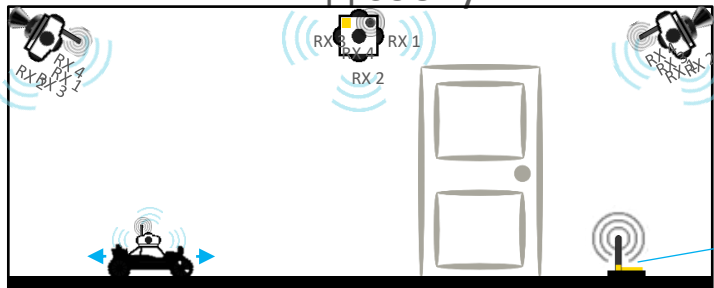
Возможная зона трекинга в 2D больше, чем в 3D — см. синие зоны, но в ней нет измерения по оси Z и резервирования.

Зона трекинга на самом деле не ограничена 30 м, но в пределах 30 м она более уверенная, стабильная и надёжная.

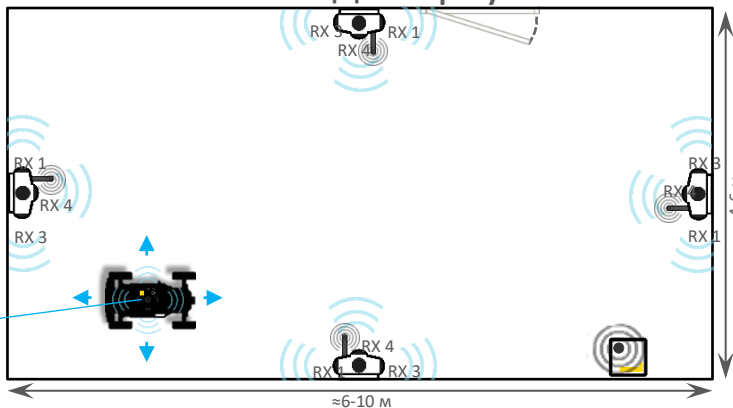
# Устаревшие конфигурации

# 16: Starter Set HW v4.9 – простая 3D-установка

## Вид сбоку



## Вид сверху



### Стационарный Beacon HW v4.9

- Должны размещаться на стенах или потолке — для минимизации теней в зоне ультразвукового покрытия
- Включайте только необходимые сенсоры — для повышения чувствительности и устойчивости к внешним помехам. Каждый сенсор имеет диаграмму направленности ~90°

### Modem HW v4.9

- Должен быть постоянно включён, когда требуется отслеживание
- Может быть размещён на расстоянии до десятков и сотен метров от маяков в зависимости от антенны и итогового значения RSSI

### Помещение

- Начните с карты среднего размера примерно 6x4 до 6-10 м
- Максимальный размер карты для Starter Set — до 1000 м²



Как установить стационарный маяк  
[Подробнее см. Help: how to place beacons](#)

## Конфигурация:

### - [Starter Set – HW v4.9:](#)

- 4 стационарных Beacon HW v4.9
- 1 x Beacon HW v4.9
- 1 x Modem HW v4.9

## Примечания:

- Предназначен для быстрой общей оценки Прецизионной (±2 см) системы внутреннего «GPS»
- Поддерживает 3D (X, Y, Z) + 1 резервный, например:
  - Один погрузчик и склад
  - Один одноколёсный робот
  - Один дрон
  - Один человек
  - Отслеживание одного VR-шлема
- Снят с производства, но ещё доступен для покупки. Предоставляются только SW-обновления с исправлением ошибок.

Beacon HW v4.9  
- Размещается на погрузчике/роботе, человеке

## 17: Контакты

- <https://marvelmind.com/help/>
- [YouTube-канал Marvelmind](#)
- [FAQ](#)
- Для получения дополнительной поддержки отправляйте свои вопросы на [info@marvelmind.com](mailto:info@marvelmind.com)