



# Пространственно-временная синхронизация на пикосекундном уровне

# Стандартизация

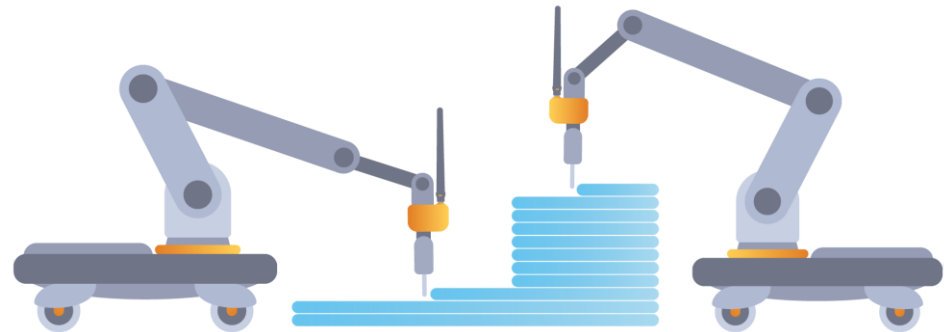
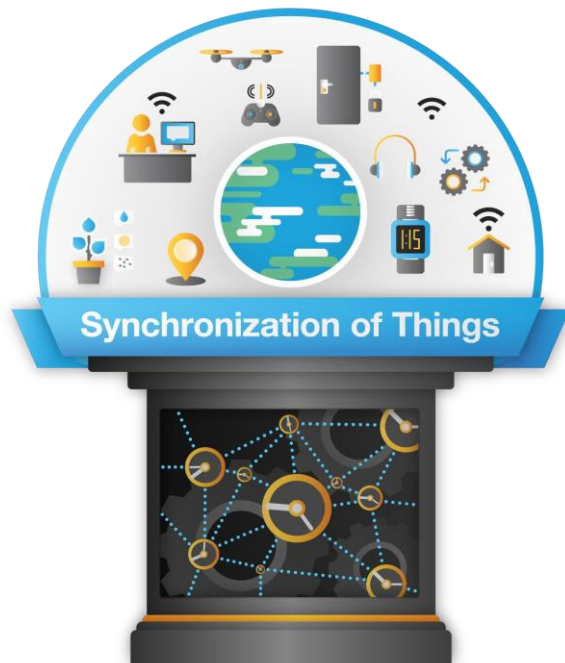


- «Беспроводная пространственно-временная синхронизация» входит в число будущих технологических тенденций IMT 2030.

# Пространственно-временная синхронизация

Наше определение:

Пространственно-временная синхронизация — это коллективное состояние, в котором часы всех устройств синхронизированы, а взаимное расположение является общим.



**Пространственно-временная  
синхронизация**

Позволяет всем устройствам  
использовать универсальные часы  
через беспроводную связь.

# Путь к пространственно-временной синхронизации

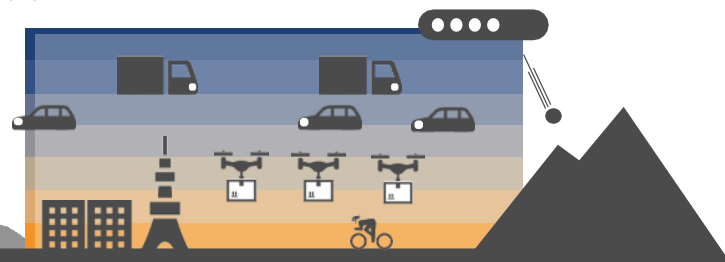
## Органичное взаимодействие вещей

Запуск сервиса

- Верхний уровень синхронизации ST: аутентификация, безопасность, конфиденциальность.

ШАГ 03

~2040



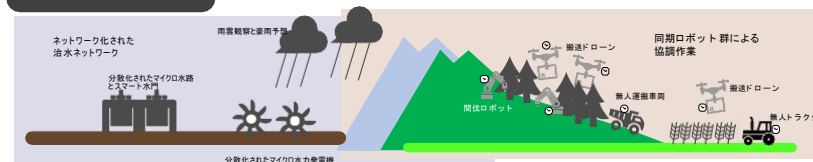
Вертикальный поток людей и вещей

## Инфраструктура для Пространственно-временная синхронизация

- Справочные базовые станции
- Координаты положения

ШАГ 02

~2030



## Синхронизация времени

- Сеть
- Масштабирование

ШАГ 01

~2025



Облачная синхронизация

Вчера

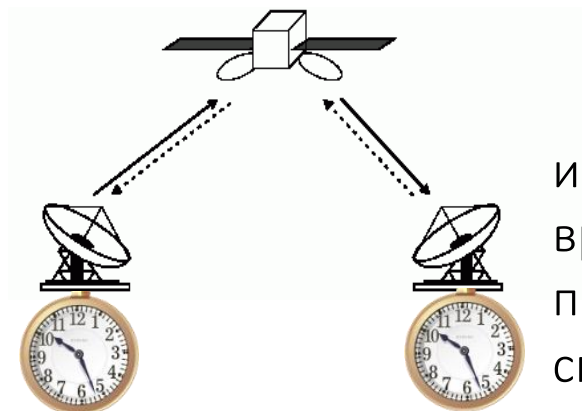
## Неточная синхронизация

- Логические часы

# Беспроводная двусторонняя интерферометрия (WiWi)

Текущие технологии

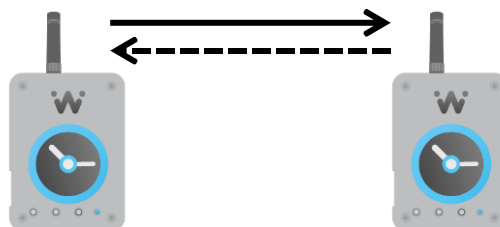
Двусторонняя спутниковая передача времени и частоты (TWSTFT)



измерение разницы во времени и времени передачи через спутниковая связь

New!

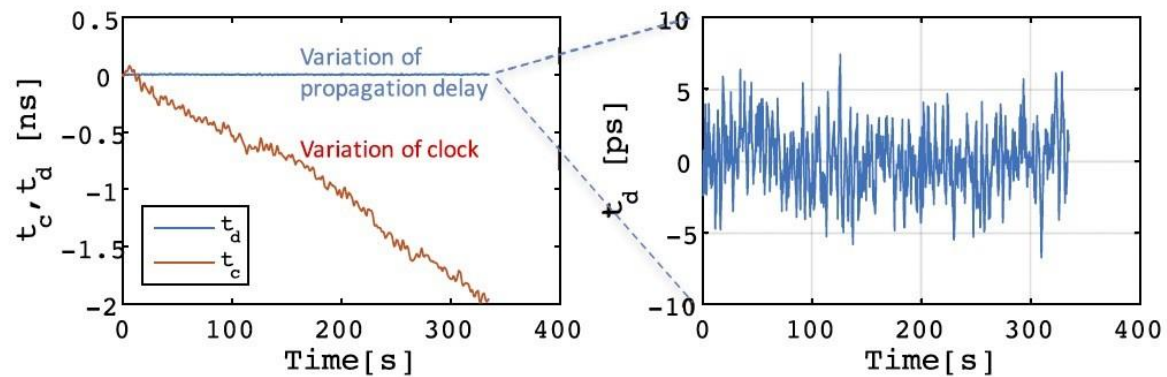
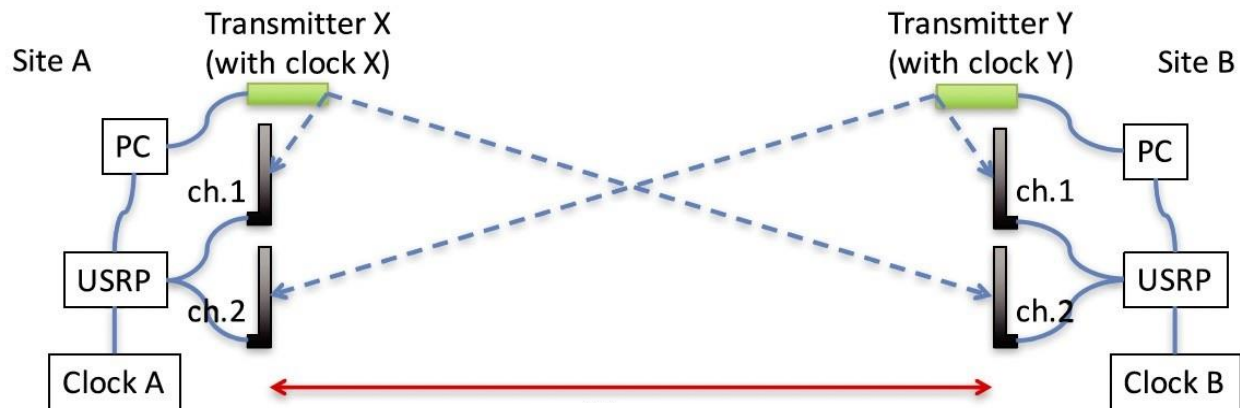
Беспроводная двусторонняя интерферометрия (Wi-Wi)



измерение времени и расстояния с помощью беспроводная связь

Мы разрабатываем спутниковую технологию для синхронизации времени (точностью пикосекунды) и измерения расстояния (точностью в миллиметрах) с чрезвычайно, низкой стоимостью и небольшим размером.

# Доказательство принципа



# Модуль Wi-Wi

Прототип модуля Wi-Wi

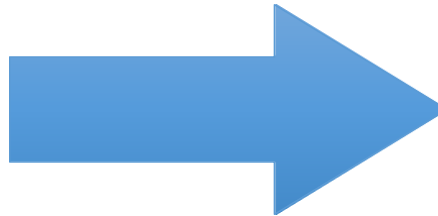
SDR+Rb часы (~\$15k)

PC

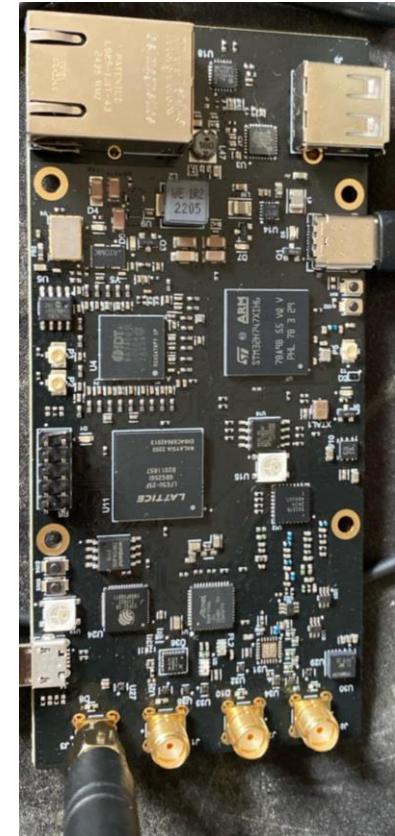


Передатчик

Rb часы

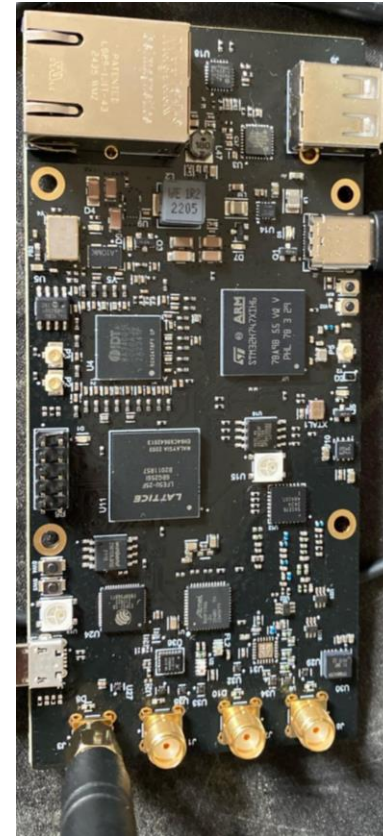
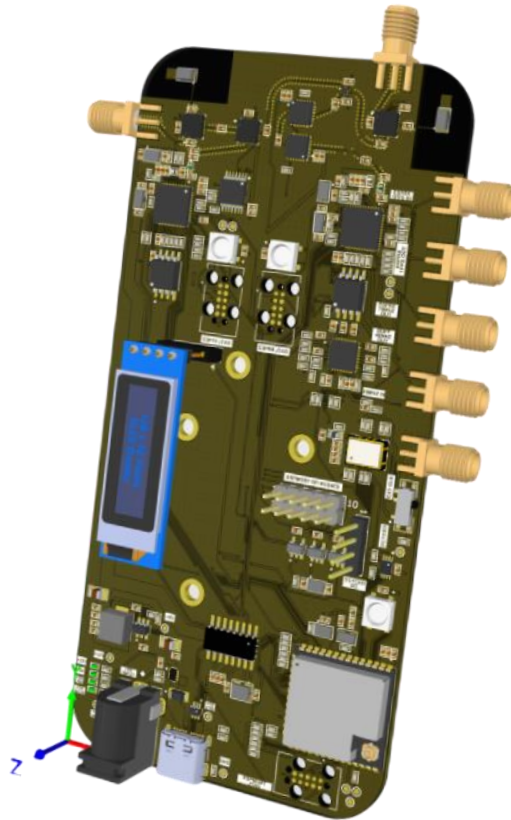


низкая стоимость,  
небольшой  
размер, низкая  
мощность



Мы работаем над снижением стоимости и  
энергопотребления

# Прототип модуля



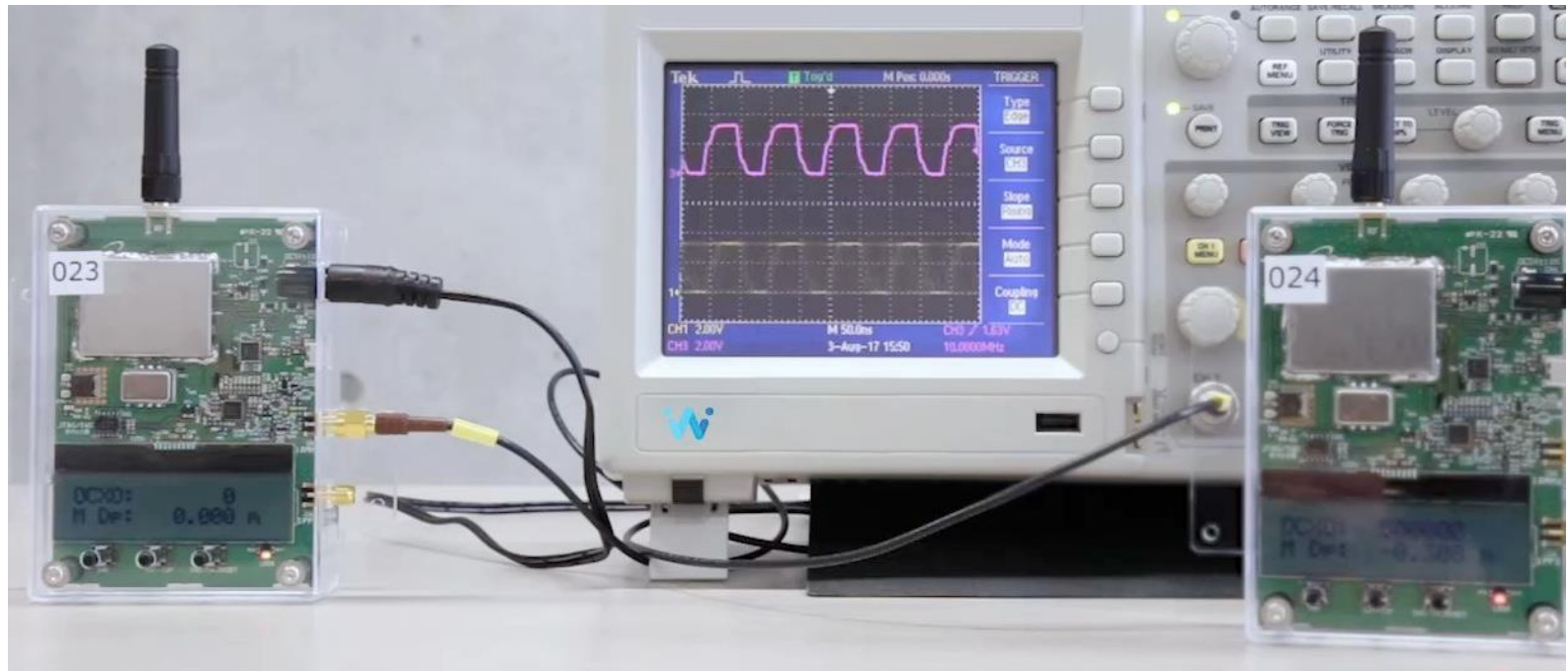
- Модуль беспроводной связи 920 МГц
- Полная совместимость с IEEE 802.15.4.
- Диапазон 100 м (20 мВт)/5 км (250 мВт)
- Точность синхронизации: 35 нс с джиттером 16 пс.



# Демонстрация синхронизации

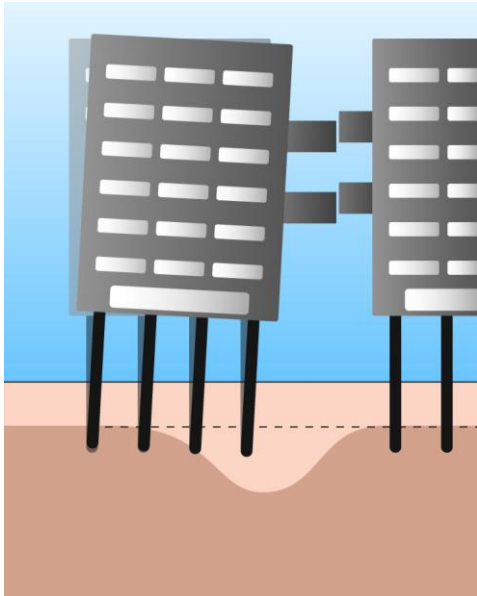
$P = (\Delta T_G + \Delta T_J)/2$  ( $P$  = Сумма обоих измерений.)

$T_J - T_G = (\Delta T_G - \Delta T_J)/2$  ( $T_J - T_G$  = Difference)



# Мониторинг инфраструктуры

Небольшой наклон  
здания



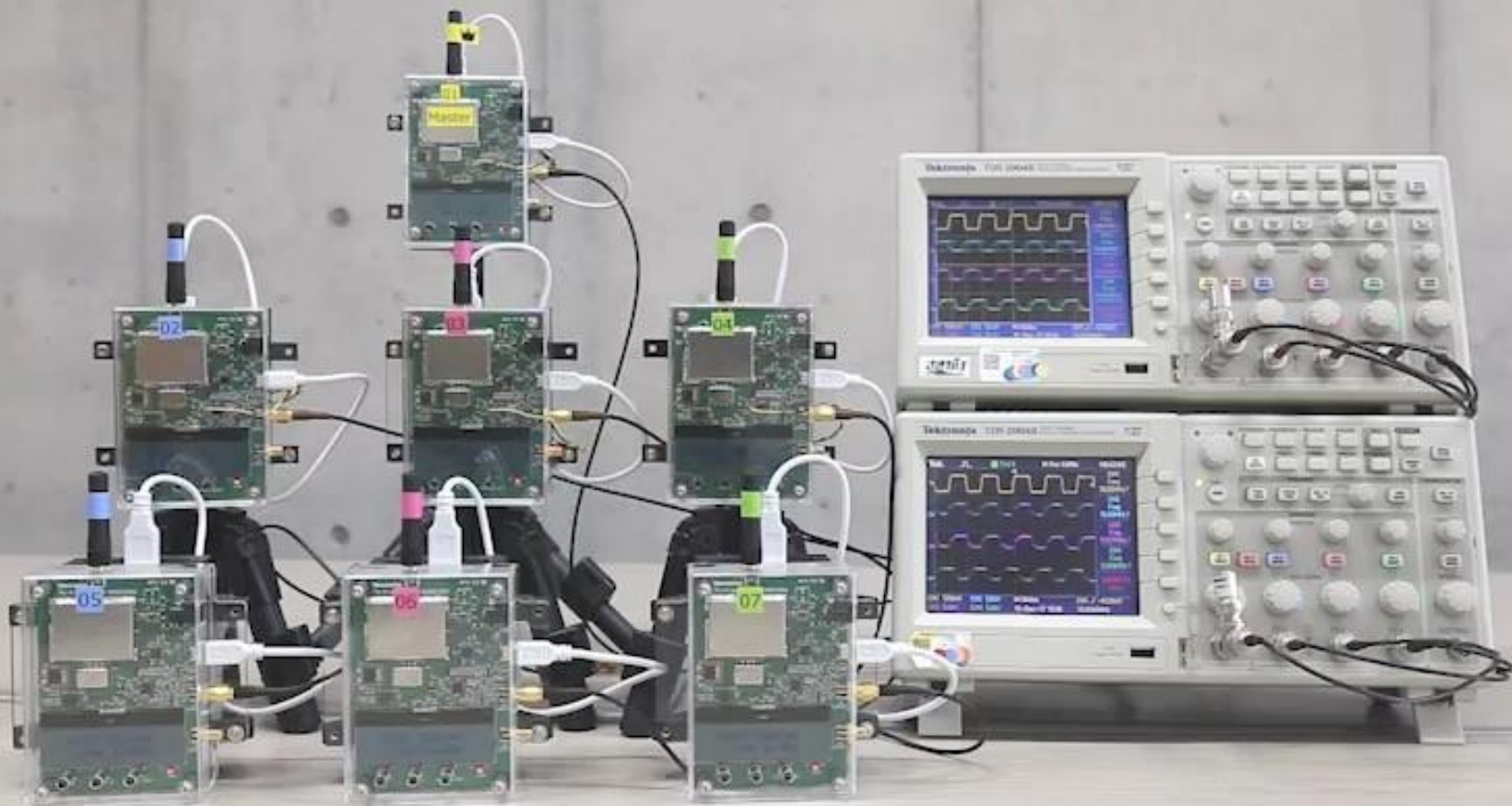
## Текущая проблема

**Не существует другого способа  
отследить небольшое изменение  
расстояния (мм) в долгосрочной  
перспективе.**

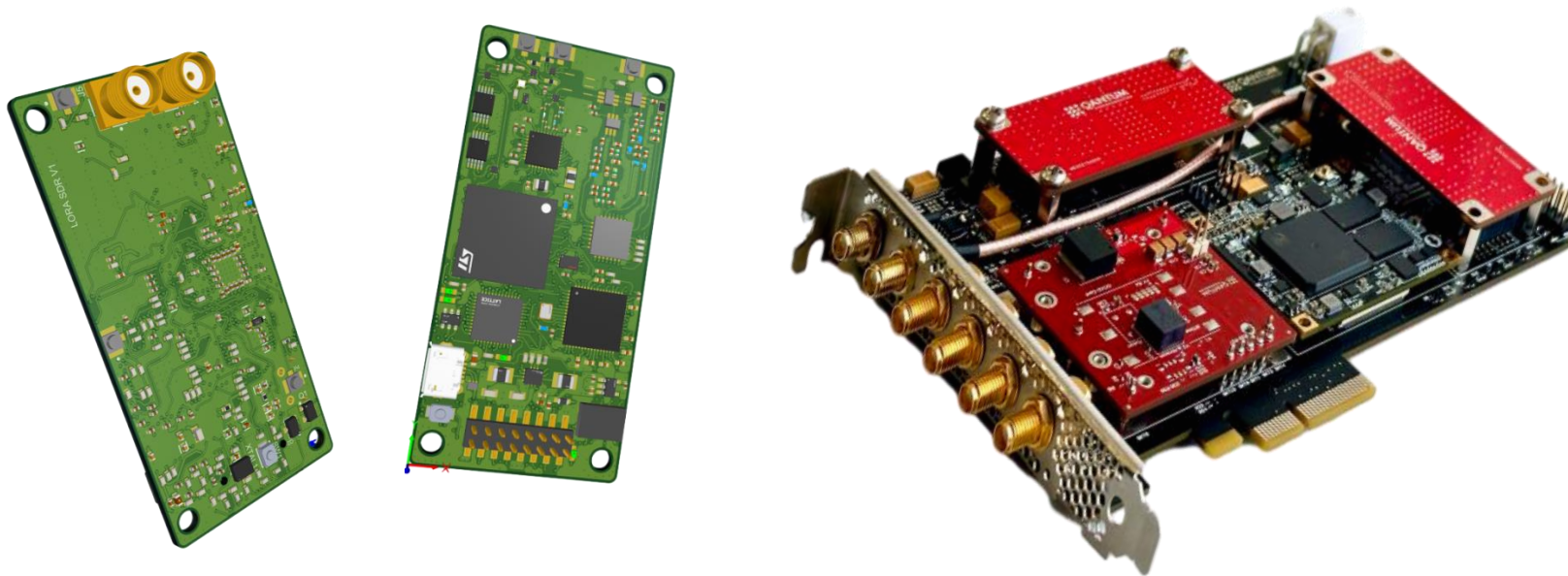
## Wi-Wi технология

**Дешевая и удобная система  
контроля расстояния  
отклонение с точностью до 1 мм**

7 модулей синхронизированы



# Quantum-PCIe xWi-Wi



Мы разрабатываем модуль пространственно  
временной синхронизации Wi-Wi в форм-фактор  
карты Quantum-PCI

# Краткие выводы

- Мы показали реализуемость и экономическую эффективность «Пространственно-временная синхронизация»
- Небольшие, недорогие модули с низким энергопотреблением необходимы для реализации синхронизации пространства-времени.
- Мы стремимся внести свой вклад в решение временной синхронизации и стоим на пороге новой эры.

