

SHIWA NETWORK

Пространственно-временная синхронизация на пикосекундном уровне

Стандартизация и определение



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

Наше определение:

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

Ключевое преимущество

Позволяет всем устройствам использовать универсальные часы через беспроводную связь.

Технологическое значение

Создает основу для точной координации устройств в пространстве и времени на пикосекундном уровне.

Путь к пространственно-временной синхронизации

01

~2025

Неточная синхронизация

- Логические часы
- Облачная синхронизация
- Сеть
- Масштабирование

02

~2030

Инфраструктура для синхронизации

- Справочные базовые станции
- Координаты положения
- Синхронизация времени
- Вертикальный поток данных

03

~2035

Органичное взаимодействие

- Верхний уровень синхронизации ST
- Запуск сервиса
- Аутентификация, безопасность, конфиденциальность
- Взаимодействие вещей

Беспроводная двусторонняя интерферометрия (WiWi)

Двусторонняя спутниковая передача времени и частоты (TWSTFT)

Традиционная технология для измерения разницы во времени и передачи времени через спутниковую связь.

 Высокая точность, но дорогостоящая инфраструктура

 Требуется специализированного оборудования

Беспроводная двусторонняя интерферометрия (Wi-Wi)

Наша инновационная технология для измерения времени и расстояния с помощью беспроводной связи.

 Низкая стоимость и компактные размеры

 Высокая точность на пикосекундном уровне

Ключевое достижение:

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

Математическое доказательство концепции

Основные формулы синхронизации Wi-Fi

$$P = \frac{\Delta T_G + \Delta T_J}{2}$$

Где P — сумма обоих измерений, ΔT_G и ΔT_J — измерения разницы во времени между устройствами.

$$T_J - T_G = \frac{\Delta T_G - \Delta T_J}{2}$$

Где $T_J - T_G$ — разница во времени между устройствами J и G.

Практическое применение: Данный метод позволяет достичь точности синхронизации до 35 нс с джиттером 16 пс.

Математическое доказательство

- 1 Пусть T_G и T_J — истинное время на устройствах G и J.
- 2 При двустороннем обмене сигналами, устройство G отправляет сигнал в момент t_1 , устройство J принимает его в момент t_2 .
- 3 Затем J отправляет ответный сигнал в момент t_3 , который G получает в момент t_4 .
- 4 Тогда $\Delta T_G = t_4 - t_1$ и $\Delta T_J = t_3 - t_2$.
- 5 Если время распространения сигнала в обоих направлениях одинаково, то разница между часами устройств может быть вычислена как $(\Delta T_G - \Delta T_J)/2$.

Результат: Технология обеспечивает прорыв в точности синхронизации для беспроводных систем.

Модуль Wi-Wi

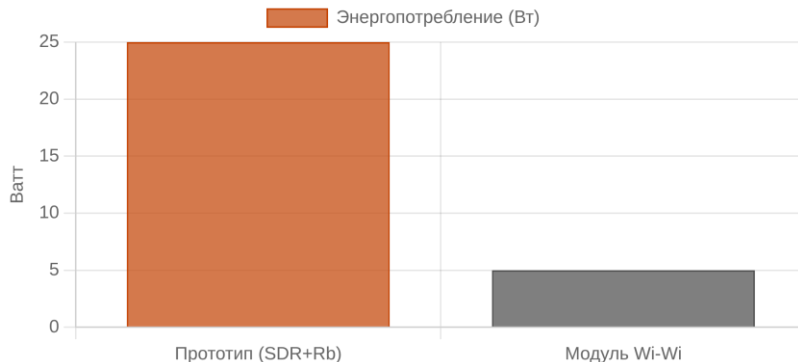
Сравнение технологий

Прототип:	SDR+Rb часы (~\$15k)
Новый модуль:	RF chip + TCXO + MPU + Rb часы
Улучшение:	Удешевление платформы FPGA

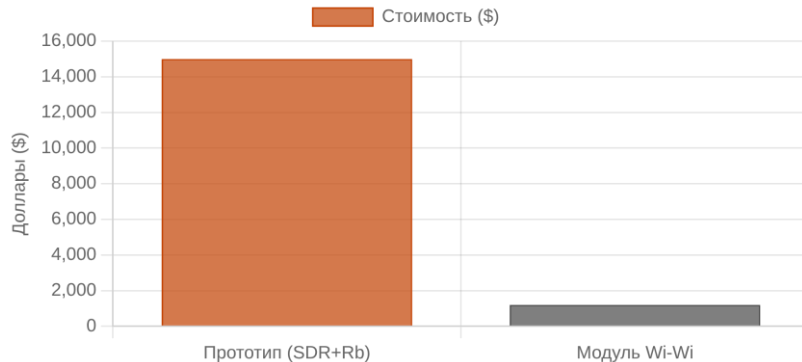
Ключевые преимущества

- \$ Низкая стоимость
- ✂ Небольшой размер
- ⚡ Низкое энергопотребление
- ⚙ Высокая точность синхронизации

Сравнение энергопотребления

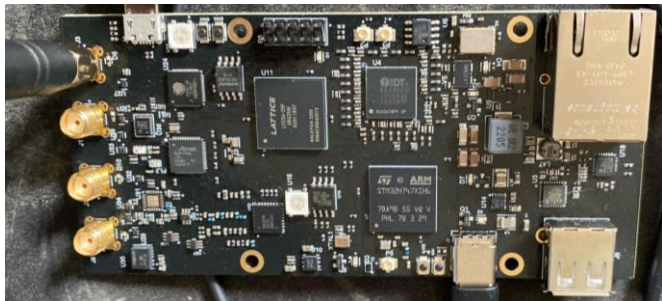


Сравнение стоимости компонентов



Прототип и характеристики

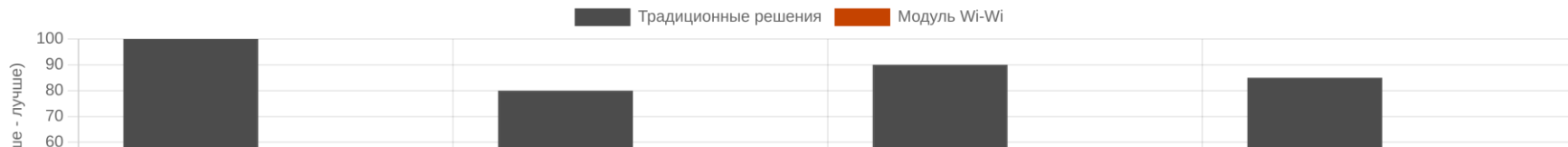
Модуль Wi-Wi



Технические характеристики

- “f” Модуль беспроводной связи 920 МГц - 3 ГГц
- ✓ Полная совместимость с IEEE 802.15.4
- 📶 Диапазон 100 м (20 мВт) / 5 км (250 мВт)
- 🕒 Точность синхронизации: 35 нс с джиттером 16 пс
- 🔋 Низкое энергопотребление благодаря отказу от FPGA

Сравнение производительности



Практическое применение

Мониторинг инфраструктуры

Проблема:

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

Решение Wi-Wi:

Дешевая и удобная система контроля расстояния с возможностью обнаружения небольшого наклона здания.

Точность измерения отклонения

1

миллиметр

Синхронизация сетей датчиков

Обеспечение точной синхронизации между распределенными датчиками для сбора согласованных данных.

Координация автономных систем

Точная координация движения и действий автономных роботов и транспортных средств.

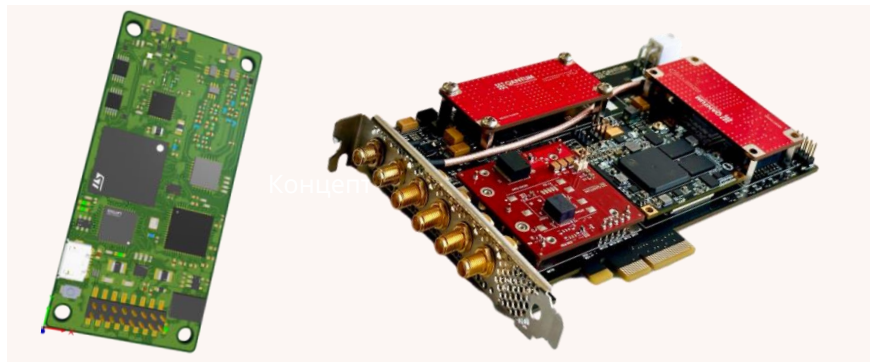
Промышленная автоматизация

Синхронизация производственных процессов с высокой точностью для повышения эффективности.

Будущее развитие

Qantum-PCIe × Wi-Wi

Мы разрабатываем модуль пространственно-временной синхронизации Wi-Wi в форм-факторе карты Qantum-PCI. Это позволит интегрировать нашу технологию в существующие серверные и вычислительные системы, обеспечивая высокоточную синхронизацию для критически важных приложений.



План развития технологии

 Точность синхронизации (пс)  Масштаб внедрения (млн устройств)



Выводы

Ключевые достижения:

Мы показали реализуемость и экономическую эффективность технологии «Пространственно-временная синхронизация» на пикосекундном уровне.



Небольшие, недорогие модули с низким энергопотреблением необходимы для реализации синхронизации пространства-времени



Достигнута точность синхронизации 35 нс с джиттером 16 пс при измерении расстояния с точностью до 1 мм



Технология совместима с существующими стандартами IEEE 802.15.4 и имеет широкий диапазон применения

Перспективы развития: