

# СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «СТРИЖ» И LORA

В этом документе мы сравнили две технологии: отечественный «СТРИЖ» и американскую технологию LoRa

## Технология LoRa

Общая информация о LoRa, особенности технологии, бизнес-модель, цены на рынке.

**LoRa (от англ. Long Range)** — технология класса LPWAN, разработанная американской компанией Semtech.

Когда говорят о технологии LoRa, то чаще всего имеют в виду метод модуляции LoRa, запатентованный Semtech.

Semtech является производителем чипов, и физический уровень PHY LoRa жестко привязан к производимому семейству чипов. Это означает, что любые решения на LoRa должны быть реализованы на чипах Semtech, например, SX1276.

Есть еще две компании, которые производят трансиверы по лицензии Semtech, но это не меняет сути: протокол физического уровня LoRa является закрытым.

---

На физическом уровне (PHY) протокол LoRa является полностью закрытым. Таким образом разработчики жестко привязываются к чипам Semtech.

---

**LoRaWAN** (Long Range Wide Area Network) — это протокол канального уровня (MAC), сетевой стек для систем, использующих LoRa.

Протокол описывает архитектуру сети, правила взаимодействия устройств и базовых станций. С целью популяризации технологии эта часть протокола является открытой. Но отдельные производители разрабатывают свои проприетарные протоколы, адаптируя стек под конкретные решения.

Symphony Link — пример того, как используя открытый уровень (MAC), LoRaWAN интегратор разрабатывает свое решение, «заточенное» под нужды небольших сетей и особенности частотного ресурса в странах США и Европы [1].

**LoRa® Alliance** — организация, созданная Semtech с целью объединения интеграторов и разработчиков, которые могут использовать LoRa в своих решениях.

Бизнес-модель продукта LoRa строится на активной популяризации протоколов LoRa и LoRaWAN в среде разработчиков.

Разработку радиомодулей, конечных устройств и решений Semtech отдает на откуп сторонним разработчикам, ставя основной целью — продажу своих чипов.

Поставщики решений на LoRa заявляют об открытости технологии и создании открытой экосистемы. Однако для конечного заказчика эта «открытость» — условная.

1. Конечные устройства (счетчики, датчики) разных производителей несовместимы и невзаимозаменяемы.

Устройства имеют разное микропрограммное обеспечение и алгоритмы упаковки данных (уровень представления данных модели OSI) у всех производителей свои. При переходе от одного LoRa-провайдера к другому, заказчику необходимо самостоятельно решить вопрос совместимости. Эта задача потребует разработки своего приложения для обработки «сырых» данных от устройств.

2. Ключи шифрования хранятся исключительно на сервере поставщика решения, который поставлял устройства заказчику. При переходе к другому LoRa-провайдеру, без ключей шифрования устройства использовать не получится — решение не заработает.

Конечный клиент, использующий решение одного LoRa-провайдера, остается жестко привязанным к поставщику этого решения. При попытке перехода к другому LoRa-провайдеру он вынужден будет сменить базовые станции, конечные устройства и программное обеспечение, т.е. — всю систему.

3. С целью «удержать» клиента, отдельные производители блокируют станции на программном уровне, по аналогии с сотовыми операторами, которые блокируют свои модемы. Цель блокировки — развитие своей сети и предотвращение «утечек» клиентской базы от одного провайдера к другому.

4. Производитель настраивает свои решения на работу по определенному частотному плану (от 868,7 до 869,2 МГц) на частоты, на которых работают только его базовые станции. Частотные планы производителей не совпадают. К примеру, частоты российских поставщиков LoRa-оборудования совпадают всего на 30-50%. Это означает, что около половины сообщений на базовой станции другого производителя приняты не будут.

При попытке поменять провайдера, клиент: управляющая компания или ТСЖ должны будут поменять и всю систему: от ПО до базовых станций.

В технологической цепочке LoRa присутствует определенное количество участников:

- Semtech — разработчик чипов;
- разработчики радиомодулей;
- разработчики «умных» устройств;
- разработчики БС и шлюзов;
- разработчики приложений;
- операторы сетей, инфраструктуры.

Каждый участник цепочки закладывает свою маржинальность, увеличивая тем самым стоимость конечного решения.

Учитывая, что компонентная база: чипы и радиомодули, а также сетевое оборудование производится за рубежом, а затем импортируется в Россию, то стоимость конечного решения становится существенной. На этом фоне конкурентоспособность от инновации, по сравнению с отечественными традиционными решениями, на GSM/GPRS/M-Bus и т.п. сводится к нулю.

Например, стоимость радиомодулей со склада поставщика в Европейском союзе, в среднем, составляет 940 рублей [3].

## Технология «СТРИЖ»

Решение «СТРИЖ» для Интернета вещей включает в себя все уровни модели OSI от физического (PHY) до прикладного (APP).

Для пользователя это выглядит так:

- Радиопrotocol XNB (Extended NarrowBand)
- Радиомодули «СТРИЖ»
- Готовые «умные» устройства «СТРИЖ»
- Базовые станции «СТРИЖ»
- Национальную LPWAN-сеть «СТРИЖ.Net»
- ПО «СТРИЖ.Cloud»

Система «СТРИЖ» является собственной отечественной разработкой, основанной на компонентной базе российского производства.

В основе технологии передачи данных лежит собственный узкополосный энергоэффективный радиопrotocol, оптимизированный для межмашинного обмена данными на больших расстояниях.

«СТРИЖ» не привязан к определенному поставщику чипов, и использует чипы различных производителей, исходя из коммерческой целесообразности и применимости к конкретному решению.

Имея собственное производство, «СТРИЖ» разрабатывает радиомодули, платформы, устройства, инфраструктуру и программное обеспечение самостоятельно.

Это позволяет полностью контролировать процесс производства и оптимизировать стоимость на каждом этапе, для того чтобы конечная стоимость соответствовала реалиям отечественного рынка.

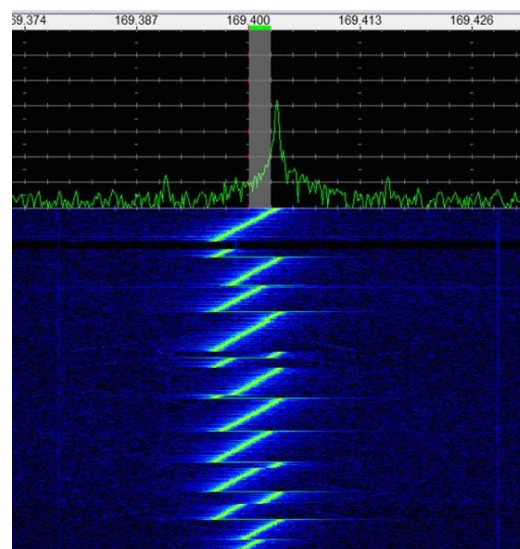
Кроме того, это позволяет применять сквозные технологические ноу-хау, которые, в итоге, положительно сказываются на приемопередающих характеристиках, качестве связи и эффективности готового решения. Параметры по дальности, чувствительности, масштабируемости сегодня превосходят зарубежные аналоги. В первую очередь — за счет комплексного подхода и внедрения

технических ноу-хау (см. Таблицу 1, приложенную в конце документа).

## Технические особенности LoRa и «СТРИЖ»

Физический уровень, особенности модуляции, утилизация спектра, помехозащищенность, защита от интерференций и другие особенности.

LoRa использует собственный метод модуляции, основанный на технике расширения спектра (spread spectrum modulation) и вариацию линейной частотной модуляции (chirp spread spectrum, CSS), при которой данные кодируются широкополосными импульсами.



## Частотный ресурс и использование спектра

LoRa разрабатывалась с учетом особенностей радиочастотного спектра в США и Европе. Например, для свободного использования в США выделена полоса 902 – 928 МГц, т.е. 26 МГц. В России для этих же целей выделено всего 500 кГц на частоте 868,8 МГц.

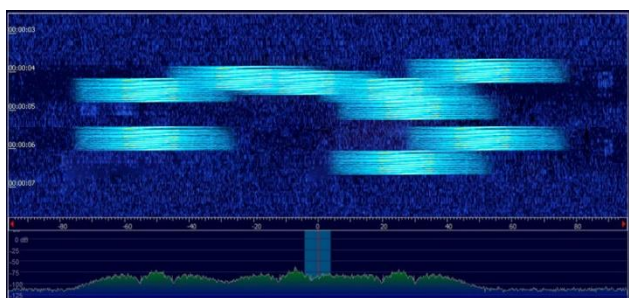
Ширина полосы канала передающего LoRa-устройства составляет 125 кГц, плюс буферная зона для каждого канала увеличивает полосу до 200 кГц.

В США в разрешенный диапазон 26 МГц «помещается» 130 каналов LoRa, а в России — всего 2.

Таким образом, в любом регионе России спектр LoRa будет ограничен 2-мя каналами.

Такое ограничение исключает построение масштабных IoT-сетей на LoRa в России.

При большом количестве LoRa-устройств, работающих в полосе 500 кГц, сеть «захлебнется» от коллизий в эфире. Что приведет к тому, что устройства, находящиеся дальше от базовой станции, не будут «услышаны».



На рисунке приведен пример, когда 10 устройств начинают практически одновременно передавать сигнал в эфир. Часть из них начинают интерферировать: «мешать» друг другу.

На сегодняшний день существуют три адаптации LoRa: для США, Австралии и Европейского Союза. Адаптации для России нет.

Наиболее близкая адаптация для ЕС настроена на использование полосы в 2 МГц (867 – 869 МГц) с 8 каналами и не соответствует требованиям ГРЧ РФ для работы в нелицензируемой полосе 500 кГц.

Базовые станции LoRa, работая в России выходят за пределы разрешенного нелицензируемого диапазона занимая полосу 8 каналов/200 кГц = 1,6 МГц, тем самым нарушая законодательство РФ.

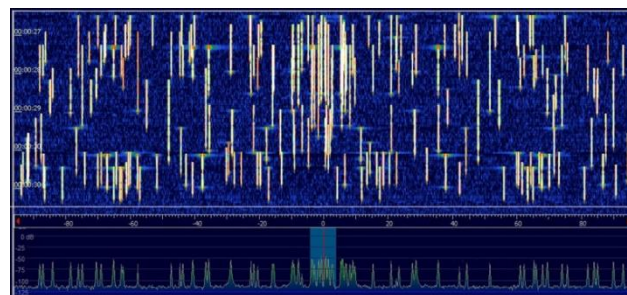
Учитывая ограничения по частотному ресурсу в России, возрастающие потребности в беспроводных решениях и тренд на увеличение количества

беспроводных устройств, «СТРИЖ» использовал узкополосный подход для модуляции сигнала на физическом уровне.

Ширина полосы канала передающего устройства составляет 100 Гц, при минимальной скорости передачи данных 100 бит/сек.

Узкополосный сигнал в 100 Гц и высокая энергетика на каждый бит передаваемой информации обеспечивает бюджет канала связи (link budget) в 174 дБм и высокую помехоустойчивость.

«СТРИЖ» выделяет 5 000 каналов для одновременной работы в заданном районе. 5 000 устройств могут одновременно выходить в эфир с минимальным риском коллизий и потери сигнала.



На рисунке приведен пример, когда 200 устройств передают данные — спектр используется эффективно, коллизий нет.

## Помехоустойчивость от смежных устройств

Защита от помех в случае с LoRa обеспечивается исключительно за счет широкополосного кодирования.

Система становится уязвимой к помехам от других устройств, работающих в этой же полосе. Для широкополосной связи LoRa резко повышается вероятность коллизий с сигналами от таких же устройств. Эту ситуацию уже невозможно компенсировать улучшенным кодированием.

Результат — резкое снижение дальности стабильной работы такой системы: устройства, находящиеся на дальней дистанции, уже не будут «услышаны».



Сравнивая показатели на приеме, отмечаем чувствительность базовых станций «СТРИЖ» -150 дБм, против -142 дБм у провайдеров решений на LoRa [4]. Разница в 8 дБм дает увеличение дистанции в 3 раза или две дополнительные стены в доме.

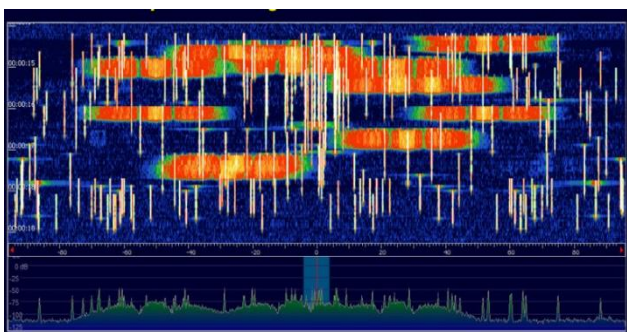
## Одновременная работа частных сетей

Стабильность работы двух и более частных сетей в одном районе — важный параметр для технологии широкого применения.

В случае использования модуляции LoRa, стабильность одновременной работы нескольких сетей сильно падает.

Например, одна частная сеть LoRa ухудшает работу другой частной сети LoRa-системы больше, чем это может сделать сеть «СТРИЖ», работая в этом же районе.

Накладывающиеся друг на друга широкополосные сигналы LoRa — результат такого негативного воздействия. Пакет LoRa из частной сети будет накладываться на пакет LoRa из другой частной сети, увеличивая тем самым PER (Packet Error Rate).



Один пакет LoRa, накладывающийся на другой такой же пакет, имеет большее негативное воздействие, чем шум в радиоэфире, идущий с той же мощностью. На рисунке видно, как сливаются, накладывающиеся друг на друга сигналы LoRa. При этом, сигналы «СТРИЖ» оказывают на них меньшее негативное воздействие. Сигналы «СТРИЖ» не мешают друг другу и не теряются на фоне сигналов LoRa.

## Помехоустойчивость от «чужих» устройств

Принимающие станции LoRa могут определять преамбулы на всех скоростях всех каналов IF3 - IF10. Однако они не могут демодулировать более чем 8 пакетов одновременно.

Это происходит в связи с архитектурными особенностями, когда определение преамбулы, выделения полезных данных и демодуляция сигнала происходят отдельно. Количество одновременных демодуляций равно 8.

Станции LoRa могут определить принадлежность пакета только после того как они демодулируют его. Поэтому станция LoRa принимает все пакеты, а «свои» выделяет после демодуляции. Любой пакет данных даже из «чужой» сети, принятый «своей» станцией блокирует получение любого «своего» пакета на этом же канале до тех пор, пока он не будет полностью принят.

Таким образом, любой желающий может вполне легитимно, отправляя с восьми LoRa-модемов произвольные данные, без остановки, заблокировать все 8 каналов в любой сети LoRa в любом городе. Станция будет вынуждена принимать пакеты, идущие от «чужих» модемов в ущерб пакетам из «своей» сети.

Узкополосный подход «СТРИЖ» позволяет одновременно производить до 5 000 демодуляций.

Свои пакеты станция «СТРИЖ» распределяет адаптивной интеллектуальной логикой. А вероятность наложения «чужих» пакетов ниже на три порядка.

Т.е. если станция LoRa, увидев преамбулу, «заблокируется» на своем канале на всю длину пакета, то на станции «СТРИЖ» прием продолжится для всех пакетов, которые будут идти следом в этом же канале.

## Выводы

LoRa разрабатывалась с учетом наличия широкого диапазона свободного радиочастотного спектра, например, как в Северной Америке — 26 МГц.

В Российских условиях LoRa может работать с 2-мя каналами. Этого явно недостаточно для массового применения, даже в пределах одного квартала.

Модификации LoRa для России нет, а ближайшая версия для ЕС не вписывается в регламенты ГКРЧ о нелицензируемом использовании частот.

Физический уровень LoRa закрыт, производители решений привязаны к чипам одного производителя. Так, например, введение санкций на продажу компонентов Semtech в России остановит дальнейшее развитие сетей LoRa. Разработки систем на LoRa распределены между несколькими производителями.

С одной стороны, это позволяет более гибко внедрять технологию, с другой — ведет к удорожанию решения.

Учитывая экономические реалии, импорт зарубежных комплектующих для радиомодулей и базовых станций увеличивает стоимость решения.

С технической точки зрения, метод широкополосной модуляции, используемый на физическом уровне LoRa имеет ряд особенностей, которые в рамках отечественного законодательства становятся недостатками:

- низкая эффективность использования частотного ресурса;
- недостаточная помехоустойчивость от смежных устройств;
- нестабильность при работе нескольких частных сетей;
- возможность блокировки станции небольшим количеством LoRa-модемов.

## Сравнение характеристик LPWAN-технологий «СТРИЖ» и LoRa

Характеристики	«СТРИЖ»	LoRa
Метод модуляции	Differential Binary Phase-Shift Keying, DBPSK	Direct Sequence Spread Spectrum, DSSS
Ширина полосы канала передающего устройства	100 Гц	125 кГц
Количество каналов в полосе 500 кГц (Россия)	5 000	2
Эффективность использования спектра	Высокая	Низкая
Чувствительность станции на приеме	-150 дБм	-142 дБм
Режим работы станции вверх/вниз	Полный дуплекс	Полудуплекс
Бюджет канала связи	174 дБм	166 дБм
Вероятность коллизий	Низкая	Высокая
Преамбула	4 байта	10 - 100 байт
Скорость передачи данных, битрейт	100 / 1000 / 10 000 бит/сек	0,3 – 50 кбит/сек
Шифрование	ГОСТ Р34.12-2015, XTEA-256	AES 128
Доступность	Наличие PSK модуляции, совместим с трансиверами многих производителей	Semtech, несовместимость оборудования разных производителей
Применение технологии	Частные и публичные сети, локальные и масштабные решения	Частные сети, локальные решения