



СРАВНЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЙ «СТРИЖ» И LoRa

Детальное сравнение двух LPWAN технологий

В этом документе мы провели сравнение двух технологий: отечественной разработки «СТРИЖ» и американской технологии 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 MAC протокол канального уровня, сетевой стек для систем использующих LoRa. Протокол описывает архитектуру сети, правила взаимодействия устройств и базовых станций. Эта часть протокола является открытой, с целью популяризации технологии.

Отдельные производители разрабатывают свои проприетарные протоколы, адаптируя стек под конкретные решения. **Symphony Link**¹ — пример, того как используя открытый MAC уровень LoRaWAN интегратор разрабатывает свое решение, заточенное под нужды небольших сетей и особенности частотного ресурса в США.

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.

¹ Symphony Link™ от Link Labs (США)

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

Таким образом в технологической цепочке присутствует определенное количество участников:

- > Semtech - разработчик чипов
- > Разработчики радиомодулей
- > Разработчики смарт-устройств
- > Разработчики станций
- > Разработчики приложений
- > Операторы сетей, инфраструктуры

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

Учитывая тот факт, что компонентная база (чипы и радиомодули), а также сетевое оборудование производится за рубежом, а затем импортируются 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.

Так, например, стоимость радиомодулей со склада поставщика в ЕС в среднем составляет \$30, варьируется от \$17² до \$44³ и выше.

А стоимость компактных indoor-базовых станций с заявленной емкостью 250 000 устройств, \$950⁴.

Нам не удалось найти готовых решений на LoRa в области удаленного сбора показаний, но импульсный модем для подключения к счетчикам воды, газа, электричества стоит 216,00 €⁵

Технология «СТРИЖ»

Общая информация о «СТРИЖ», особенности технологии, бизнес-модель, сравнение цен.

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

Для пользователя это выглядит следующим образом:

- > Радиопrotocol Marcato 2.0
- > Радиомодули «СТРИЖ»
- > Готовые смарт-устройства «СТРИЖ»
- > Базовые станции «СТРИЖ»
- > Национальную беспроводную телематическую сеть «СТРИЖ»
- > Программное обеспечение

Система «СТРИЖ» является собственной отечественной разработкой, основанной на компонентной базе Российского производства. В основе технологии передачи данных лежит собственный узкополосный энергоэффективный радиопrotocol, оптимизированный исключительно для межмашинного обмена данными на дальних расстояниях.

«СТРИЖ» не привязан к определенному поставщику чипов, и использует чипы различных производителей исходя из коммерческой целесообразности и применимости к конкретному решению: Semtech, Texas Instruments, Axsem, Silicon Labs и др.

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

² Microchip RN2483-I

³ Link-Labs LL-RLP-20

⁴ Link-Labs LL-BST-8

⁵ NKE WATTECO LoRaWAN® Pulse sensor



что бы конечная стоимость соответствовала реалиям отечественного рынка. Кроме того, это позволяет применять сквозные технологические ноу-хау, которые в итоге положительно сказываются на приеме-передающих характеристиках, качестве связи и конечной стоимости решений.

В результате готовое к использованию устройство «СТРИЖ», например, счетчик воды «Аква 1» по стоимости соизмеримо со средней стоимостью радиомодуля LoRa в \$30.

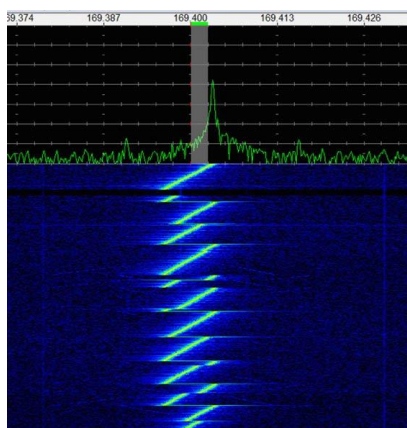
Уже готовое plug-and-play решение «СТРИЖ» стоит столько же сколько радиомодуль LoRa, который еще необходимо интегрировать, запрограммировать, протестировать, а полученное устройство сертифицировать.

Параметры по дальности, чувствительности, масштабируемости сегодня превосходят зарубежные аналоги за счет комплексного подхода и внедрения технических ноу-хау (см. табл. 1 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.

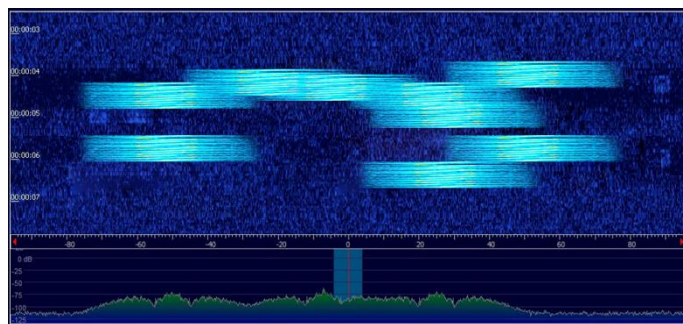


Частотный ресурс и использование спектра

LoRa разрабатывалась с учетом особенностей радиочастотного спектра в США. 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 канала LoRa 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 районе спектр LoRa будет ограничен 2-мя каналами, чего будет явно не хватать для одновременной работы более чем 2 устройств. Попытка запустить большее количество передающих устройств в данный момент времени приведет к коллизиям в эфире, и 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 ГКРЧ РФ для работы в нелегализуемой полосе 500 кГц. Базовые станции LoRa, работая в России выходят за пределы



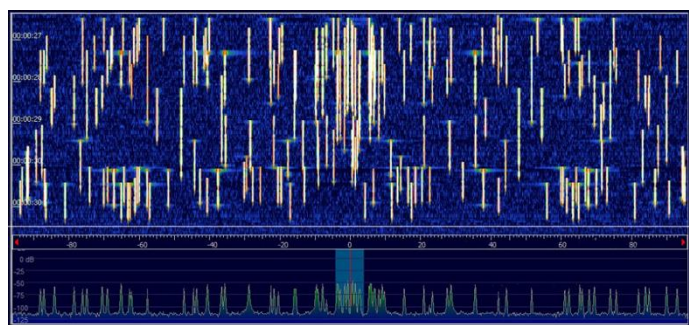
разрешенного нелецензируемого диапазона занимая полосу 8 каналов \times 200 кГц = 1,6 МГц.

LoRa заявляет, что имеет возможность осуществлять 8 одновременных демодуляций в одном канале увеличивая количество каналов до 32, но на практике это приводит к снижению потенциала канала связи (link budget) на -12 дБм и к сокращению рабочего радиуса действия станции.

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.

«СТРИЖ» использует сверхузкополосный сигнал, ширина полосы канала передающего устройства составляет 100 Гц, при минимальном битрейте в 50 бит/сек. Узкополосный сигнал в 100 Гц и высокая энергетика на каждый бит передаваемой информации обеспечивает хороший энергетический потенциал канала связи (link budget) в 178 дБм и высокую помехоустойчивость.

«СТРИЖ» в 500 кГц, имея ширину канала в 100 Гц, выделяет 5 000 каналов для одновременной работы в заданном районе. 5 000 устройств могут одновременно выходить в эфир без риска коллизий и потери сигнала.



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

Помехоустойчивость от смежных устройств

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

Устройства LoRa с широкополосными сигналами при одновременной работе в одном канале позволяют добиться защиты от помех на уровне 10 – 20 дБ.

Трансиверы, используемые «СТРИЖ», дают до 65 дБ защиты от помехи на соседнем канале — 45 дБ разницы по сравнению с LoRa. 45 дБ дают существенную разницу по надежности и помехоустойчивости в реальных условиях.

При большом времени передачи 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» -154 дБм, против -132 дБм у провайдеров решений на LoRa⁶. Теория распространения радиоволн говорит нам о том, что 20 дБм в открытом пространстве дают в 10 раз более длинную дистанцию, или две дополнительные стены в городе.

⁶ LoRa Base Station

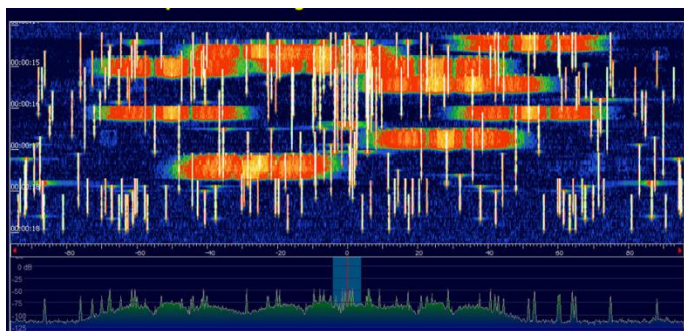


Селективность

Концепция селективности важна, когда мы говорим о взаимодействии нескольких некоординируемых систем одного типа. При низкой селективности характеристики системы будут ухудшаться, из-за помех, вызванных аналогичными системами в большей степени, чем от систем другого типа.

Например, системы LoRa ухудшают работу другой LoRa-системы больше, чем это может сделать система «СТРИЖ», работая в одном районе.

Накладывающиеся друг на друга широкополосные сигналы LoRa без селективности — пример такого негативного воздействия. Пакет LoRa из частной сети будет накладываться на пакет LoRa из публичной сети, увеличивая тем самым PER (Packet Error Rate). Поэтому на пакет LoRa 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 раздельно.

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 5 000 демодуляций. Свои пакеты станции «СТРИЖ» распределяет адаптивной интеллектуальной логикой. А вероятность наложения «чужих» пакетов ниже на три порядка.

При этом процесс демодуляции в станциях «СТРИЖ» сигнала никак не блокирует приемник. 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 свободного радиочастотного спектра в Северной Америке. 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, ближайшая версия для ЕС не вписывается в регламенты ГРЧ о нелецензируемом 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, но с другой увеличивает стоимость решения для конечного клиента, часто в разы.

В дополнение, учитывая реалии текущей экономической обстановки, импорт зарубежных комплектующих (радиомодулей, базовых станций, смарт-устройств) дополнительно увеличивает стоимость конечного 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,
- > меньший бюджет связи,
- > недостаточная помехоустойчивость от смежных устройств,
- > недостаточная селективность системы,
- > возможность блокировки станции небольшим количеством LoRa-модемов.

Сравнение характеристик LPWAN-технологий «СТРИЖ» и LoRa

Характеристики	СТРИЖ	LoRa
Метод модуляции	DBPSK, Сверхузкополосный сигнал	Spread spectrum modulation + chirp spread spectrum(CSS), широкополосное кодирование
Ширина полосы канала передающего устройства	100 Гц	125 кГц
Количество каналов в полосе 500 кГц (Россия)	5 000	4
Эффективность использования спектра	Высокая	Низкая
Чувствительность станции на приеме	-154 дБм	-132 дБм
Режим работы станции вверх/вниз	Полный дуплекс	Полудуплекс
Макс. потенциал канала связи	178 дБм	151 дБм
Защита от помех на соседних каналах	65 дБ	10-20 дБ
Вероятность коллизий	Низкая	Высокая
Преамбула	3 байта	10 - 100 байт
Скорость передачи данных, битрейт	50 – 25 600 бит/сек	0,3 – 50 кбит/сек
Шифрование	AES 128 бит	AES 128 бит
Доступность	Совместим с трансиверами многих производителей	Semtech
Стоимость радиомодуля, за шт.	\$4 (СТРИЖ PM141)	\$17 - 44+
Стоимость смарт-счетчика, за шт.	\$30	\$200+



