

Практическое руководство по фильтрации диапазона 863–868 МГц и защите LoRaWAN-шлюзов

LoRaWAN® активно используется в самых разных сферах — от коммунальных систем и городских сервисов до промышленной телеметрии, агротеха, логистики и систем безопасности. Однако в Казахстане диапазон LoRaWAN 863–868 МГц сталкивается с уникальными проблемами радиосреды, которые выражены намного сильнее, чем в Европе или Азии. Главная причина — соседство LoRaWAN с мощными uplink-сигналами CDMA2000, GSM и LTE, которые работают буквально в нескольких мегагерцах от наших каналов. Это приводит к перегрузке приёмников, ухудшению чувствительности и резкому снижению радиуса действия. Эта статья объясняет, почему так происходит и какие технические решения полностью устраняют проблему.

Почему LoRaWAN испытывает сильные помехи в Казахстане

Рабочие частоты LoRaWAN KZ865 расположены очень близко к мощным uplink-диапазонам мобильных сетей. Всего в нескольких мегагерцах выше находятся:

- CDMA2000 Uplink 869–875 МГц — основной источник помех, сигналы которого на антенне LoRaWAN могут быть всего –65...–85 dBm.
- LTE Band 5 и GSM-900 UL — создают широкий спектр побочных излучений.

В сумме это формирует плотный "шумовой ковер", который в десятки тысяч раз превышает уровень принимаемых LoRa-пакетов. При отсутствии внешней фильтрации входной усилитель шлюза насыщается, шумовой порог поднимается, а чувствительность падает на 8–15 dB. Дальность приёма уменьшается в 2–3 раза, увеличивается число потерянных пакетов и возрастает нагрузка на сеть.

Почему внутренние SAW/BAW-фильтры не помогают

Шлюзы LoRaWAN всегда имеют встроенные фильтры на плате, но их характеристик недостаточно для условий Казахстана:

- подавление вне рабочей полосы всего 20–30 dB,
- низкая стойкость к высоким входным уровням,
- рост потерь при попытке сузить полосу.

Такие фильтры не способны эффективно подавлять мощные uplink-сигналы CDMA и GSM, не защищают LNA от перегрузки и не уменьшают уровень интермодуляций. В условиях Казахстана внутренние фильтры "пропускают" слишком много шума, и шлюз принимает меньше LoRa-пакетов, чем способен технически.

Решение — использование внешних Cavity RF-фильтров

Лучший способ улучшить LoRaWAN в Казахстане — установить внешний высокочастотный фильтр (cavity filter) на антенную линию. Такие фильтры обеспечивают:

- Высокую селективность.** Уровень подавления вне рабочей полосы достигает 40–100 dB, что полностью обрезает CDMA и GSM.
- Минимальные потери.** В рабочей полосе 865–867 МГц затухание составляет всего 1–2 dB.
- Защиту входных каскадов шлюза.** Фильтр принимает на себя мощные сигналы соседних диапазонов и предотвращает перегрузку LNA.
- Снижение шумового фона.** SNR улучшается, а LoRa-пакеты принимаются на значительно большем расстоянии.
- Повышение радиуса покрытия.** На практике дальность увеличивается в 2–4 раза, а количество "не слышащих" узлов уменьшается.

Какие частоты нужно пропускать, а какие — подавлять

Для корректной фильтрации важно учитывать фактический частотный план KZ865.

Uplink-каналы LoRaWAN в Казахстане:

- 865.1 МГц
- 865.3 МГц
- 865.5 МГц

Downlink RX2:

- 866.7 МГц (SF12, 125 kHz)

Эти частоты должны проходить через фильтр без искажений. Выше 869 МГц начинаются CDMA- и LTE-сигналы, которые должны быть максимально подавлены фильтром. Таким образом, оптимальная характеристика — пропускание до 867 МГц и резкий спад начиная с 868–869 МГц.

Как меняется спектр до и после фильтрации

До фильтрации на спектроанализаторе видно:

- характерные пики CDMA2000,
- широкополосный шум LTE,
- гармоники GSM,

После установки фильтра:

- шумовой фон резко падает,
- CDMA/LTE подавлены на 40–60 dB,
- чувствительность шлюза возрастает,
- увеличивается радиус покрытия и стабильность сети.

Рекомендуемые решения

Outdoor-фильтр ST-862/867-Q7S (IP66)
Высокая добротность, герметичный корпус, создан специально для мачтовых установок и сложной городской среды.

Indoor-фильтр ST-864.5B5-H01P1
Компактное решение для помещений, серверных и шкафов уличного исполнения.

Базовые станции TEKTELIC KONA Macro Kazakhstan Edition
Имеют встроенный узкополосный фильтр, разработанный с учётом особенностей радиосреды Казахстана.

Заключение

Казахстан — один из самых сложных регионов для развёртывания LoRaWAN из-за высокой плотности мощных соседних радиосистем. Использование внешних узкополосных фильтров — это не просто рекомендация, а обязательное условие стабильной работы LoRaWAN-сетей. Правильная фильтрация:

- увеличивает дальность,
- снижает уровень потерь пакетов,
- уменьшает потребность в большом количестве шлюзов,
- защищает оборудование от перегрузки.

Компания OrionM2M рекомендует использовать проверенные решения — внешние cavity-фильтры ST-862/867-Q7S (IP66), внутренние фильтры ST-864.5B5-H01P1 для помещений и базовые станции TEKTELIC KONA Macro со встроенной фильтрацией, созданные специально для условий Казахстана.

