

Метрики RF-сигнала LoRa

Шпаргалка для диагностики линков в mesh-сетях · LoRa 433 / 868 МГц · v2

Ориентиры по RSSI / SNR / SF / BW применимы к 433 и 868 МГц, FSPL, антенны и помехи зависят от диапазона.

RSSI — Received Signal Strength Indicator

Уровень принимаемого сигнала в dBm. Чем больше число (ближе к 0), тем сильнее сигнал. RSSI показывает силу сигнала, но не его пригодность к декодированию. Итоговое качество линка оцениваем по RSSI + SNR.

RSSI	Сила сигнала	Что это значит
-30 до -50 dBm	Отлично	Очень близко, мощный сигнал. Возможна перегрузка LNA.
-50 до -80 dBm	Хорошо	Стабильная связь, большой запас по бюджету линии.
-80 до -100 dBm	Норма	Рабочий уровень для средних дистанций в городе.
-100 до -115 dBm	Слабый	Связь работает, но запас невелик. Без SF11+ рискованно.
-115 до -125 dBm	На грани	LoRa справляется только за счёт SF. Потери возможны.
< -130 dBm	Предел	Близко к чувствительности приёмника (SF12/BW125 ≈ -137 dBm).

SNR — Signal-to-Noise Ratio

Отношение сигнал/шум в dB. LoRa декодирует даже при отрицательном SNR, но предел зависит от SF: чем выше SF, тем ниже допустимый SNR.

SNR	Оценка	Что это значит
> +5 dB	Отлично	Сигнал чисто над шумом, идеальные условия.
0 до +5 dB	Хорошо	Сигнал чётко выше шума, обычные городские условия.
-5 до 0 dB	Норма	Стандартный рабочий диапазон LoRa.
-10 до -5 dB	Слабый	Сигнал в шуме, декодируется за счёт SF.
-15 до -10 dB	На грани	SF10+ ещё работает, SF9 ниже -12.5 dB уже нет.
-17.5 до -15 dB	Предел SF11	SF11 у порога; уверенно тянет только SF12.
-20 до -17.5 dB	Только SF12	Декодирует только SF12, остальные SF за порогом.
< -20 dB	Предел	Ниже порога декодирования даже для SF12.

Noise Floor и Spreading Factor

Noise Floor — фоновый шум на входе приёмника без полезного сигнала, в dBm.
Ожидаемый нижний уровень SX1262 (тепловой шум полосы + шум тракта, расчётный ориентир):
• BW250: ≈ -114 dBm • BW125: ≈ -117 dBm • BW62.5: ≈ -120 dBm
Типичные уровни (BW250): тихая точка (загород) -108...-113 dBm.
Город: -100...-108 dBm. Шумно: -90...-100 dBm.
При BW125 / BW62.5 уровни будут на 3 / 6 dB ниже соответственно.
Важно: сравнение noise floor имеет смысл только при одинаковом BW.
Узкая полоса = ниже шум.
CLI MeshCore: stats-radio (Serial only)

Spreading Factor (SF) — устойчивость vs скорость. Выше SF = дальше, но медленнее.
Порог декодирования по SNR (datasheet, табл. 6-1, стр. 38):
• SF7: -7.5 dB • SF8: -10 dB • SF9: -12.5 dB
• SF10: -15 dB • SF11: -17.5 dB • SF12: -20 dB
+1 SF = +2.5 dB чувствительности, но x2 airtime.
Чувствительность SX1262 (datasheet, табл. 3-8 «Receive Mode Specifications», стр. 19, RX Boosted, BW125): SF12: -137 · SF11: ≈ -134.5 · SF7: -124 dBm.

Формулы для расчётов в полевых условиях

Запас по чувствительности: RSSI — Sensitivity. SF12/BW125 ≈ -137 dBm (паспорт), SF11/BW125 ≈ -134.5 dBm, SF7/BW125 ≈ -124 dBm. Каждое уменьшение SF на 1 = +2.5 dB к порогу. На практике с учётом шума антенны и потерь тракта реальная чувствительность хуже на 3–7 dB.

Запас по SNR: SNR_фактический — SNR_порог_SF. Запас > 5 dB = надёжная связь.
Free Space Path Loss: FSPL = 32.4 + 20·log(d_км) + 20·log(f_МГц). Для 868 МГц / 10 км ≈ 111 dB; / 20 км ≈ 117 dB. В городе +15-25 dB на препятствия. На 433 МГц FSPL примерно на 6 dB меньше, чем на 868 МГц, но зона Френеля и размеры антенн больше.

Бюджет линии (с учётом потерь в тракте):

TX_dBm + Gain_TX — Loss_TX — FSPL — Loss_препятствий + Gain_RX — Loss_RX = ожидаемый RSSI

Loss_TX / Loss_RX — кабели, пигтейлы, переходники, плохие разъёмы и прочие потери. Без них расчёт получится слишком оптимистичным.

Правило +6 dB: каждые +6 dB к бюджету = x2 дальности в свободном пространстве, x1.4 в городе.

Куда копать, если связь плохая

Симптом	Вероятная причина	Что делать
RSSI хороший, SNR плохой	Шум/помеха на стороне приёмника	Проверить noise floor у себя, локальные помехи, перегруз входа, антенну/фидер
RSSI плохой, SNR норма	Далеко или препятствия	Поднять антенну, направить точнее, проверить просвет первой зоны Френеля
Оба плохие	Граница покрытия	Сменить точку установки, антенну, кабель или добавить промежуточный узел
RSSI похожий у обеих сторон	Тракт примерно симметричен	Проверить SNR / noise floor, если есть потери пакетов
Свой RSSI лучше, у клиента хуже	Клиент хуже принимает / ты хуже передаёшь	Проверить антенну, кабель, TX power и место установки у обеих сторон
Свой RSSI хуже, у клиента лучше	Ты хуже принимаешь / клиент хуже передаёт	Проверить твою антенну/кабель/место установки и TX power клиента
Noise floor выше -100 dBm	Локальные помехи у приёмника	SDR-обзор диапазона, искать источник помех

Помни

- RSSI = сила сигнала, SNR = запас над шумом. Плохой RSSI при нормальном SNR — слабый, но чистый линк. Хороший RSSI при плохом SNR — искать шум/помеху у приёмника.
- +6 dB к бюджету = x2 дальности в свободном пространстве, x1.4 в городе.
- Высота антенны в городе ценнее усилителя. Метр вверх часто = +3-5 dB.
- Связь работает по худшему направлению. Усиление только TX делает линк асимметричным.
- Шум бьёт по SNR, не по RSSI. Разный RSSI по направлениям = асимметрия тракта.
- Держи запас по SNR хотя бы 5 dB над порогом своего SF. Для SF8 порог -10 dB, значит уверенно — лучше -5 dB.

Пресет SF8 / BW62.5 (быстрый референс)

- SNR-порог декодирования: -10 dB (SF8).
- Ожидаемый noise floor: ≈ -120 dBm (на ~3 dB ниже BW125, на ~6 dB ниже BW250).
- Чувствительность: ориентировочно -130 dBm (SF8/BW125 ≈ -127 dBm + ~3 dB от сужения BW; точнее — datasheet, табл. 3-8, стр. 19).
- Целевой RSSI: > -115 dBm с запасом по SNR > +5 dB над порогом.
- Узкая полоса = больше airtime на пакет, но лучше чувствительность и устойчивость к шуму.



Datasheet SX1262