

1. Региональные параметры.

Для синхронизации используются следующие слова:

Модуляция	Слова синхронизации	Длина преамбулы
LoRa	0x34	8 символов
GFSK	0xC194C1	5 байт

Таб. 1. Синхронизация.

2. Частоты каналов.

Использование радиочастотного спектра ISM определяется ETSI (EN300.220) стандартом. Сетевые каналы могут быть свободно присвоены сетевым оператором. Однако три следующих канала по умолчанию должны быть прописаны в каждом конечном устройстве. Это те каналы, которые все сетевые шлюзы всегда должны прослушивать.

Модуляция	Пропускная способность кГц	Частотный канал МГц	Скорость передачи данных	Номер канала	Рабочий цикл
LoRa	125	864.1 864.3 864.5	DR0 – DR5 (0,3 – 5 Кбит/с)	3	< 0,1 %

Таб. 2. Каналы по умолчанию.

Для того, чтобы получить доступ к физической среде, правила ETSI накладывают некоторые ограничения, такие как максимальное время передачи или максимальное количество передач в единицу времени. Правила ETSI позволяют выбрать и использовать либо ограниченный нагрузочный цикл, либо LBT AFA (Listen Before Talk Adaptive Frequency Agility). Текущая спецификация LoRaWAN использует исключительно дьюти-циклическое ограничение трансмиссии соблюдая правила ETSI.

В частотном плане RU868 конечные устройства должны использовать следующие параметры по умолчанию:

- ERP = 14 дБм.

При использовании частотного плана RU868 конечные устройства должны быть способны работать в диапазоне частот от 863 до 870 МГц и должны использовать структуру данных канала для сохранения параметров по меньшей мере 10-ти каналов. Структура данных канала соответствует частоте и набору скоростей передачи данных, которые можно использовать на этой частоте.

Первые три канала соответствуют 864.1, 864.3, 864.5 МГц (DR0 – DR5) и должны быть реализованы в каждом конечном устройстве. Канал по умолчанию не может быть изменен с помощью команды NewChannelReq и гарантирует канал связи между конечным устройством и сетевым шлюзом.

Модуляция	Пропускная способность кГц	Частотный канал МГц	Скорость передачи данных	Номер канала
LoRa	125	864.1, 864.3, 864.5	DR0 – DR5 (0,3 – 5 Кбит/с)	3

Таб. 3. Частоты для использования конечными устройствами.

3. Скорость передачи данных и выходная мощность конечного устройства.

При использовании частотного плана RU868 нет ограничений по времени задержки для PHY-слоя. MAC-команда TxParamSetupReq должна быть реализована с помощью устройств. Следующее кодирование используется для скорости передачи данных (DR) и выходной мощности конечного устройства (TXPower):

Скорость передачи данных	Конфигурация	Ориентировочный физический битрейт (бит/с)
0	LoRa: SF12/250 кГц	250
1	LoRa: SF11/250 кГц	440
2	LoRa: SF10/250 кГц	980
3	LoRa: SF9/250 кГц	1760
4	LoRa: SF8/250 кГц	3125



Скорость передачи данных	Конфигурация	Ориентировочный физический битрейт (бит/с)
5	LoRa: SF7/250 кГц	5470
6	LoRa: SF7/250 кГц	11000
7	FSK: 50 Кбит/с	50000
8 – 10	RFU	

Таб. 4. Скорость передачи данных.

TXPower	Конфигурация (ERP)
0	20 дБм
1	14 дБм
2	11 дБм
3	8 дБм
4	5 дБм
5	2 дБм
6 – 10	RFU

Таб. 5. Выходная мощность конечных устройств.

4. Список частотных каналов.

RU868 ISM диапазон LoRaWAN реализует дополнительный список частотных каналов (CFList) из 16 байт в сообщении JoinAccept. В этом случае CFList состоит из пяти канальных частот для каналов с 4 по 8, посредством чего каждая частота кодируется в виде 24 битного целого числа без знака, (три байта). Все эти каналы могут использоваться от DR0 до DR5 125 кГц LoRa-модуляции.

Размер (байт)	3	3	3	3	3	1
CFList	Freq Ch4	Freq Ch5	Freq Ch6	Freq Ch7	Freq Ch8	RFU

Таб. 6. Список частотных каналов.

CFList, сохранённый в конечном устройстве, не является обязательным и его новые значения могут быть обнаружены в запросе от устройства join-accept message. Если представленный CFList изменяет все предыдущие каналы,

сохраненные в конечном устройстве, кроме трех стандартных каналов это определяется как ошибка Reference source not found. Вновь определенные каналы сразу включены и готовы к использованию конечным устройством для связи.

5. Команда LinkAdrReq.

RU868 LoRaWAN поддерживает максимум 10 каналов. Когда ChMaskCntl равно 0, ChMask индивидуально включает/отключает каждый из 10 каналов.

ChMaskCntl	ChMask applies to
0	Каналы с 1 по 10
1	RFU
...	...
4	RFU
5	RFU
6	Все каналы на устройстве должны включить все определенные в данный момент каналы независимо от значения поля ChMask
7	RFU

Таб. 7. Таблица значений ChMaskCntl.

6. Максимальный размер полезной нагрузки.

Максимальный размер полезной нагрузки (M) задается следующей таблицей. Он является производным PHY-уровня в зависимости от эффективной скорости модуляции, используемой с учётом уровня повторителя инкапсуляции.

Максимальная длина полезной нагрузки приложения в отсутствие дополнительного поля управления FOpt (N) также даётся только для информации. Значение N может быть меньше, если поле FOpt не пустое:

Скорость передачи данных	M	N
0	59	51
1	59	51
2	59	51
3	123	115

Скорость передачи данных	M	N
4	230	222
5	230	222
6	230	222
7	230	222
8	Не определено	

Таб. 8. Максимальный размер полезной нагрузки.

Если конечное устройство никогда не будет работать с повторением, то максимальное применение полезной нагрузки в отсутствие дополнительного поля управления FOpt должно быть следующим:

Скорость передачи данных	M	N
0	59	51
1	59	51
2	59	51
3	123	115
4	250	242
5	250	242
6	250	242
7	250	242
8	Не определено	

Таб. 9. Максимальный размер полезной нагрузки (not repeater compatible).

7. Окна приёма.

Окна приема RX1 используют один и тот же канал, что и в предыдущем uplink. Скорость передачи данных это функция скорости передачи данных uplink и RX1DROffset, приведены в следующей таблице. Допустимые значения RX1DROffset находятся в диапазоне от 0 до 5. Значения в диапазоне 6 – 7 зарезервированы для будущего использования.

RX1DR	0	1	2	3	4	5
	Снижение скорости передачи данных в слоте RX1					
DR0	DR0	DR0	DR0	DR0	DR0	DR0
DR1	DR1	DR0	DR0	DR0	DR0	DR0
DR2	DR2	DR1	DR0	DR0	DR0	DR0
DR3	DR3	DR2	DR1	DR0	DR0	DR0
DR4	DR4	DR3	DR2	DR1	DR0	DR0
DR5	DR5	DR4	DR3	DR2	DR1	DR0
DR6	DR6	DR5	DR4	DR3	DR2	DR1
DR7	DR7	DR6	DR5	DR4	DR3	DR2

Таб. 10. Окна приёма.

Окна приема RX2 используют фиксированную частоту и скорость передачи данных. Параметры по умолчанию 864,925 МГц/DR0 (SF12, 125 кГц).

8. Настройки по умолчанию.

Следующие параметры рекомендованы для использования в сети RU868:

RECEIVE_DELAY1	1 с.
RECEIVE_DELAY2	2 с. (должно быть RECEIVE_DELAY1 + 1s)
JOIN_ACCEPT_DELAY1	5 с.
JOIN_ACCEPT_DELAY2	6 с.
MAX_FCNT_GAP	16384
ADR_ACK_LIMIT	64
ADR_ACK_DELAY	32
ACK_TIMEOUT	2 +/- 1 с. (произвольная задержка между 1 и 3 секундой)

Таб. 11. Параметры по умолчанию.

Если фактические значения параметров, реализованные в конечном устройстве, отличаются, от значений по умолчанию (например, оконечное устройство использует более длинное время задержки RECEIVE_DELAY1 RECEIVE_DELAY2), эти параметры должны быть переданы в сервер сети, использующий канал вне полосы в процессе ввода в эксплуатацию конечного устройства. Сервер сети может не принимать параметры, отличные от значений по умолчанию.