

# ОБЗОР ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ РАДИОСИГНАЛА В СВЕРХУЗКОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ И ЕЕ ПРИМЕНЕНИЕ В ЭКОСИСТЕМЕ NERO

## 1 ОСОБЕННОСТИ И ПРЕИМУЩЕСТВА ПЕРЕДАЧИ РАДИОСИГНАЛА В СВЕРХУЗКОЙ ПОЛОСЕ ЧАСТОТ

Развитие «интернета вещей» (англ. Internet of Things, IoT) является заметной тенденцией в современном мире. «Интернет вещей» нашел применение во многих сферах деятельности: умные города и инфраструктура, сельское хозяйство, медицина, промышленная автоматизация, умный дом и домашняя автоматизация, энергосбережение, бесконтактные платежи, транзакции и др. Рост числа устройств, подключаемых к «интернету вещей», ставит перед разработчиками устройств новые задачи, требующие эффективных решений.

### Задача 1. Эффективное использование доступного частотного спектра и минимизация помех от других радиосигналов и систем

Для беспроводного обмена данными во всем мире существуют так называемые нелицензируемые радиочастотные диапазоны. В Республике Беларусь на основании Решения Государственной комиссии по радиочастотам при Совете Безопасности Республики Беларусь № 12К/12 от 28.08.2012 для этих целей, среди прочих, выделен частотный диапазон 863,0–870,0 МГц. Эти частоты могут эксплуатироваться без оформления специального разрешения ГКРЧ и совершенно бесплатно при условии соблюдения требований по

ширине полосы, излучаемой мощности (до 25 мВт) и назначению радиопередающего изделия.

### Задача 2. Обеспечение дальности передачи

Радиосигналы, применяемые для передачи данных, должны иметь высокую проникающую способность сквозь препятствия, такие как стены и здания, и сохранять при этом свою стабильность и качество на больших расстояниях.

При фиксированной мощности передатчика модуляция с высокой скоростью передачи данных приводит к созданию более широкополосного и менее энергоемкого сигнала, то есть уменьшается отношение «сигнал/шум», что в свою очередь снижает дальность канала связи (см. рис. 1).

### Задача 3. Обеспечение низкого энергопотребления

Устройства со встроенными элементами питания должны обеспечивать долгий срок службы (от 5 до 10 лет) при периодическом обмене данными (для большинства приборов учета требуется ежесуточная передача данных на верхний уровень).

### Задача 4. Высокая надежность и устойчивость к помехам

Радиосигнал, применяемый для передачи данных, должен быть устойчивым к помехам, чтобы снизить вероятность ошибок и искажений передаваемых данных, особенно в шумных или загруженных радиочастотных средах.

Эти задачи позволяет решить технология передачи радиосиг-

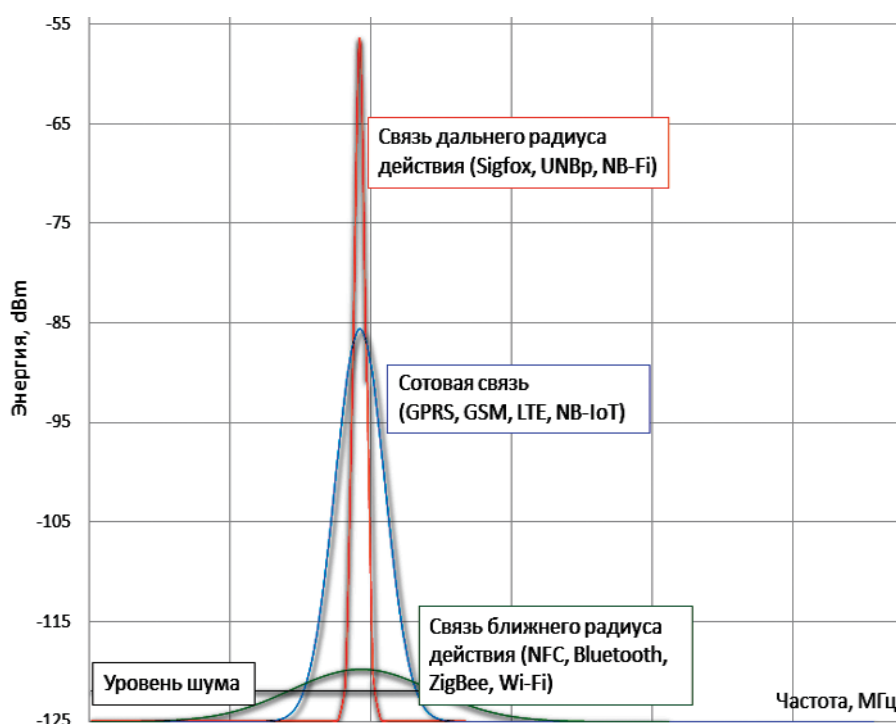


Рисунок 1 – Зависимость мощности полезного сигнала от скорости передачи данных при фиксированной мощности передатчика

нала в сверхузкой полосе частот (далее – технология UNB). Она представляет собой эффективную технологию для сетей LPWAN (англ. Low-power wide-area network – энергоэффективная сеть дальнего радиуса действия) с топологией «звезда», объединяющих маломощные интеллектуальные датчики в таких приложениях, как умный город, коммунальные услуги, инфраструктурные сети, мониторинг окружающей среды, транспорт и здравоохранение.

Суть технологии UNB заключается в использовании очень узкой полосы частот (не более нескольких сотен герц) для передачи данных. Передача данных осуществляется небольшими пакетами на низкой битовой скорости (50–100 бит/с). Это позволяет увеличить энергоемкость радиосигнала, так как на передачу каждого бита тратится больше энергии, что облегчает его «идентификацию» на фоне шумов, и, как следствие, увеличивается дальность связи.

Развитие данной технологии стало возможным благодаря нескольким факторам:

**1. Прогресс в области радиоэлектронных технологий.** Развитие полупроводниковых компонентов, микроконтроллеров, радиотрансиверов, термостабилизированных кварцевых генераторов позволило создавать компактные и энергоэффективные устройства, способные работать в ограниченных режимах энергопотребления.

**2. Компромисс между расстоянием и пропускной способностью.** Технология UNB не предназначена для передачи большого объема данных, но она обеспечивает достаточную пропускную способность для множества устройств. Улучшение алгоритмов модуляции и кодирования позволяет достичь баланса между дальностью передачи и пропускной способностью данных.

**3. Стремительное развитие LPWAN-сетей.** LPWAN-сети нашли

свое применение в области различных проектов Интернета вещей, где требуется долгосрочное и эффективное взаимодействие с устройствами, работающими от встроенных элементов питания.

**4. Стандартизация в области передачи данных.** Разработка стандартов и протоколов передачи данных (LoRaWAN, Sigfox и др.) позволила обеспечить совместимость и взаимодействие между устройствами, сетями и приложениями «интернета вещей».

## АРХИТЕКТУРА ЭКОСИСТЕМЫ NERO

ООО «Неро Электроникс» широко использует технологию UNB в рамках экосистемы NERO – авто-

матизированной системы дистанционного сбора данных с приборов учета.

Основой для построения экосистемы NERO служат приборы учета, базовые станции и устройства сбора и передачи данных, разрабатываемые и производимые ООО «Неро Электроникс». Однако в экосистеме может применяться оборудование и других производителей.

Экосистема Nero состоит из 5 основных уровней (рис. 2):

- управления экосистемой;
- получения данных (источниками данных об используемых ресурсах являются приборы учета);

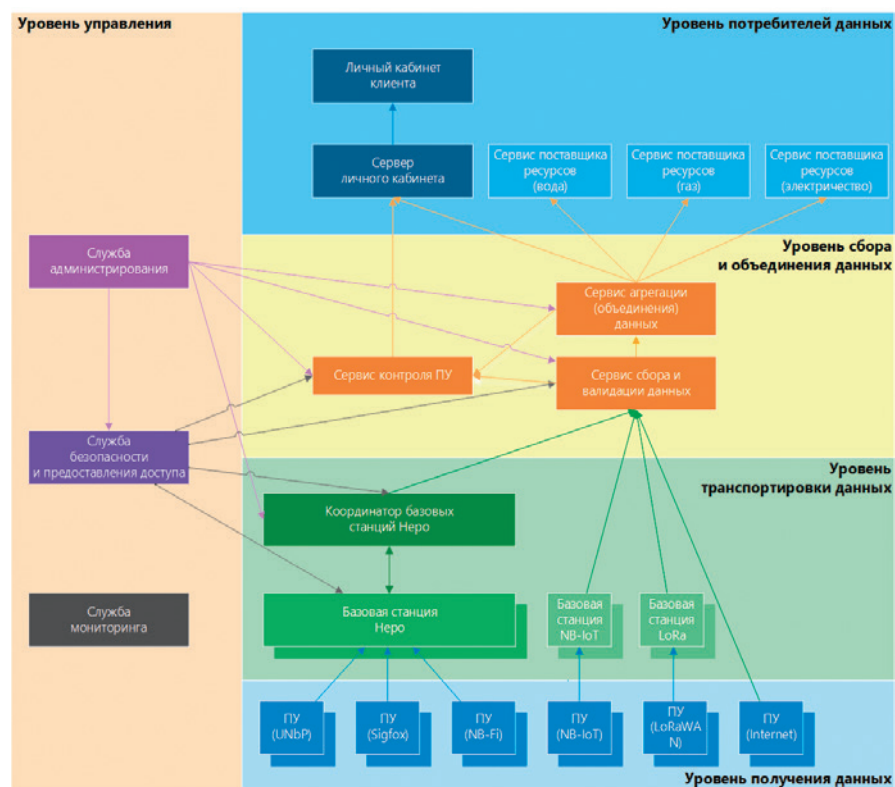


Рисунок 2 – Уровни экосистемы NERO

### Примечание

Приборы учета (ПУ) – средства измерений, используемые для определения количества потребления ресурсов (вода, газ, тепло, электрическая энергия).

Базовая станция (БС) – это программно-аппаратный комплекс, который формирует подсети для ПУ и решает следующие задачи:

- прием данных от ПУ по радиоканалу;
- передача данных на верхний уровень (уровень сбора и объединения данных);
- прием командной и другой информации от уровня потребителей данных и передача ее ПУ.

Например, БС производства ООО «Неро Электроникс» обеспечивает прием/передачу до 1000 сообщений одновременно.

- транспортировки данных;
- сбора и объединения данных;
- потребителей данных.

## ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ МЕЖДУ ПУ И БС В ЭКОСИСТЕМЕ NERO

### 1. Физический уровень передачи данных

Для передачи данных от ПУ к БС (канал восходящей связи – uplink) в экосистеме NERO на физическом уровне используются сверхузкополосные радиосигналы с модуляцией DBPSK (англ. Differential Binary Phase Shift Keying – относительная двоичная фазовая манипуляция). Суть DBPSK заключается в том, что кодируются (инвертируется фаза сигнала) только биты равные 1 (рис. 3).

Это позволяет использовать некогерентные устройства приема радиосигнала, которые не согласованы по фазе с задающим генератором передающего устройства.

### 2. Канальный уровень передачи данных

В качестве одного из протоколов передачи данных в экосистеме NERO используется UNBp (англ. Ultra Narrow Band Protocol – «сверхузкополосный протокол»), разработанный ООО «Неро Электроникс». Основная идея протокола передачи данных UNBp заключается в том, что ПУ отправляют данные короткими сообщениями в виде сверхузкополосных модулированных радиосигналов (uplink-пакетов) размером от 16 до 36 байт на БС, где происходит их демодуляция и дальнейшая передача на верхний уровень.

Uplink-пакеты делятся на пакеты:

- размером 16 байт – для передачи важных коротких сообщений от ПУ с высокой степенью собираемости;
- размером 28 байт/36 байт – для передачи длинных сообщений от ПУ.

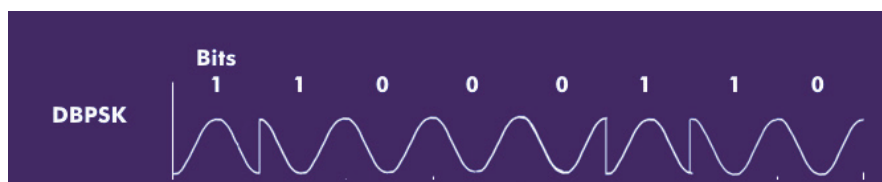


Рисунок 3 – Пример модуляции DBPSK

uplink-пакет				
	syncword	mac	payload	crc
Размер	32 бит	32 бит	от 40 до 200 бит	24 бита

Рисунок 4 – Пример упрощенного uplink-пакета

**Syncword** – последовательность битов, которая используется для синхронизации передачи данных между передатчиком ПУ и приемником БС;

**mac** – MAC-адрес ПУ; **payload** – полезные данные;

**crc** – контрольная сумма для проверки целостности принятого uplink-пакета на стороне БС. В расчет суммы берутся байты, которые относятся ко всем данным в uplink-пакете, кроме syncword. Из рассчитанной суммы длиной 32 бита в uplink-пакет упаковываются последние (младшие) 24 бита.

Упрощенный формат короткого uplink-пакета представлен на рисунке 4.

Следует отметить, что передача данных короткими сообщениями в сверхузкой полосе частот имеет ряд существенных преимуществ:

- энергоэффективность: короткие сообщения требуют меньше энергии для передачи, что делает такой способ передачи данных оптимальным для устройств со встроенными элементами питания;
- низкая задержка передачи данных;
- минимальная нагрузка на сеть: поскольку короткие сообщения требуют меньше пропускной способности, они могут быть эффективно использованы в сетях с большим количеством устройств, не перегружая инфраструктуру;
- надежность: короткие сообщения являются менее подверженными воздействию помех, что позволяет им работать в условиях, где

частотный спектр загружен другими сигналами.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, технология UNB является перспективным направлением в области передачи данных, способным обеспечить надежную, быструю и эффективную связь, а также справляться с растущим спектром потребностей современного общества.

Тем не менее, стоит отметить и существующие ограничения данной технологии, такие как низкая скорость и малый объем передаваемых данных.

ООО «Неро Электроникс» в рамках экосистемы NERO продолжит дальнейшие исследования и разработки в области оптимизации процессов передачи и приема радиосигнала в сверхузкой полосе частот, а также развитие собственного протокола передачи данных UNBp.

**Алексей ЧАЛЕНКО,**  
ведущий специалист  
по сертификации  
ООО «Неро Электроникс»