

Эксперимент по созданию системы мониторинга хозяйственных объектов с использованием LoRaWAN

В начале этого года компании Lase и AURORA Mobile Technologies провели опытное развертывание и тестирование системы мониторинга технологических параметров и состояния сетей и объектов тепловодоснабжения, созданной на основе технологии LoRaWAN. Цель эксперимента — тестирование возможностей одной из стремительно набирающих популярность технологий LPWAN в условиях плотной городской и промышленной застройки. Испытания проходили на тестовой площадке ООО «Тозс» в г. Пермь. Приведена техническая информация по тестовым устройствам, детально представлены результаты исследования.

Олег Гусев
gusev@auroramobile.ru

Задачи и особенности мониторинга систем тепловодоснабжения

Эксплуатация объектов тепловодоснабжения в современных условиях требует, наряду с бесперебойным обеспечением потребителей ресурсами надлежащего качества, акцентировать внимание на снижении издержек. На сегодня в данной области известно немало технологий и мероприятий, направленных на максимально эффективное использование ресурсов. Прежде всего, это соблюдение технологических параметров на всех этапах процесса тепло- и водоснабжения, с недопущением аварийных ситуаций, а в случае их возникновения — быстрой локализацией и ликвидацией, а также экономия тепловой энергии и воды на производстве, транспорте и при потреблении в быту. Все эти меры требуют тщательного контроля параметров технологического процесса, а также создания и внедрения системы наблюдений, оценки и прогноза состояния тепловых сетей, сетей водоснабжения и энергопотребляющих объектов.

Мониторинг технологических параметров и состояния системы тепловодоснабжения — это комплекс программно-аппаратных решений, в который входят системы: сбора данных; хранения, обработки и представления данных; анализа и выдачи информации для принятия решения. Наложённые на паспортные характеристики объекта актуальные данные мониторинга позволяют выявить истинное состояние процесса и объекта, исключить ложную информацию и принять оптимальное управленческое решение, обеспечивающее эффективное функционирование системы тепловодоснабжения.

Систему сбора данных целесообразно выстраивать из двух подсистем:

1. Учет технологических параметров с помощью датчиков температуры и давления.

2. Контроль состояния объектов с помощью датчиков температуры и влажности окружающей среды (в каналах тепловодосети, тепловых пунктах, коллекторах), датчиков шума и контроля напряжения металлоконструкций датчиками деформации и давления.

Для обеспечения эффективного мониторинга зачастую требуется размещение датчиков системы сбора данных в «труднодоступных» местах — там, где отсутствуют электроснабжение и проводные каналы связи. Таким образом, целесообразным является использование беспроводных датчиков с автономным питанием, с длительным сроком эксплуатации от одного источника питания (не менее межповоротного интервала датчика).

Преимущества LoRaWAN

В перечисленных выше условиях наилучшим решением представляется LoRaWAN (Long Range Wide Area Network) — энергоэффективная сетевая технология, которая помогает преодолеть сложности сбора и анализа данных, поступающих с пользовательских устройств и необходимых для принятия управленческих решений, что ранее было невозможно из-за ограниченного срока жизни аккумуляторов, особенностей передачи информации на короткие расстояния, высоких затрат и недостатка необходимых стандартов.

Сейчас уже можно уверенно говорить о таких преимуществах LoRaWAN, как высокая дальность, низкое энергопотребление, открытый стандарт.

Сенсоры LoRaWAN могут передавать небольшие объемы информации на расстояние более 100 км в благоприятной среде и до 5 км в плотной городской и промышленной застройке, обеспечивая скорость обмена данными от 300 бит/с до 32 Кбит/с. Многие из них могут бесперебойно функ-

ционировать до 10 лет, питаясь от одного аккумулятора АА.

Открытость стандарта позволяет разработчикам устройств, в том числе и российским, быстро вывести на рынок свои изделия, обеспечивая необходимый уровень конкуренции.

Решение на основе этой технологии, как показала практика, требует небольших финансовых затрат: расчетная стоимость LoRa-модема — примерно \$22; стоимость базовой станции около \$500; для сравнения стоимость GSM-модема — около \$50; текущие платежи GSM — 22 руб./мес. с точки; абонентская плата при использовании LoRaWAN — 5,5 руб./мес. с точки.

Поскольку технология новая, потребовалась проверка заявленных характеристик в реальных условиях эксплуатации.

Тестовый проект

Цель проводимого исследования — определение зоны покрытия базовой станции (БС) сети LoRaWAN в условиях городской и промышленной застройки. Тестирование проводилось 4–5 февраля 2016 г. в г. Перми. За его ходом следили представители промышленных предприятий города.

Подробно методика и численные результаты замеров, сделанных на каждом этапе, такие как расстояние от БС и соответствующий уровень сигнала, приведены в Протоколе измерений (http://www.auroramobile.ru/userfiles/files/Protokol_LORA.pdf).

Участники эксперимента

- AURORA Mobile Technologies (ООО «АМТ-Электроникс», Санкт-Петербург) — поставщик компонентов и готового оборудования для беспроводных коммуникаций и навигации, проектировщик и производитель устройств с беспроводным каналом связи и спутниковой навигации. www.auroramobile.ru.
- LACE (ООО «Лэйс», Санкт-Петербург) — партнер AURORA Mobile Technologies, российский оператор «Интернета вещей» по технологии LoRaWAN, член LoRa Alliance. Обеспечивает облачную среду передачи и анализа данных. lase.io.
- ООО «Тоэс» (г. Пермь) — партнер AURORA Mobile Technologies, проектировщик и оператор систем АСУТП тепло- и водоснабжения в г. Перми и Пермском крае. toesperm@yandex.ru.

Инициатор проекта — компания AURORA Mobile Technologies. Тестовую площадку, сети и объекты тепловодоснабжения, уже использующие GSM-мониторинг, предоставила «Тоэс». Компания LACE предоставила тестовое оборудование:

- базовая станция (БС) сети LoRaWAN собственного производства, построенная на базе SX1301 от Semtech;
- LoRa demonstrator производства Adeunis RF, построенный на базе SX1272/SX1276 от Semtech;
- электросчетчик производства СПБЗИП с LoRa-модемом на базе SX1272;
- программное обеспечение для контроля качества сигнала.

Измерительный комплекс

Для измерения зоны покрытия БС сети LoRaWAN была создана специальная установка (рис. 1),

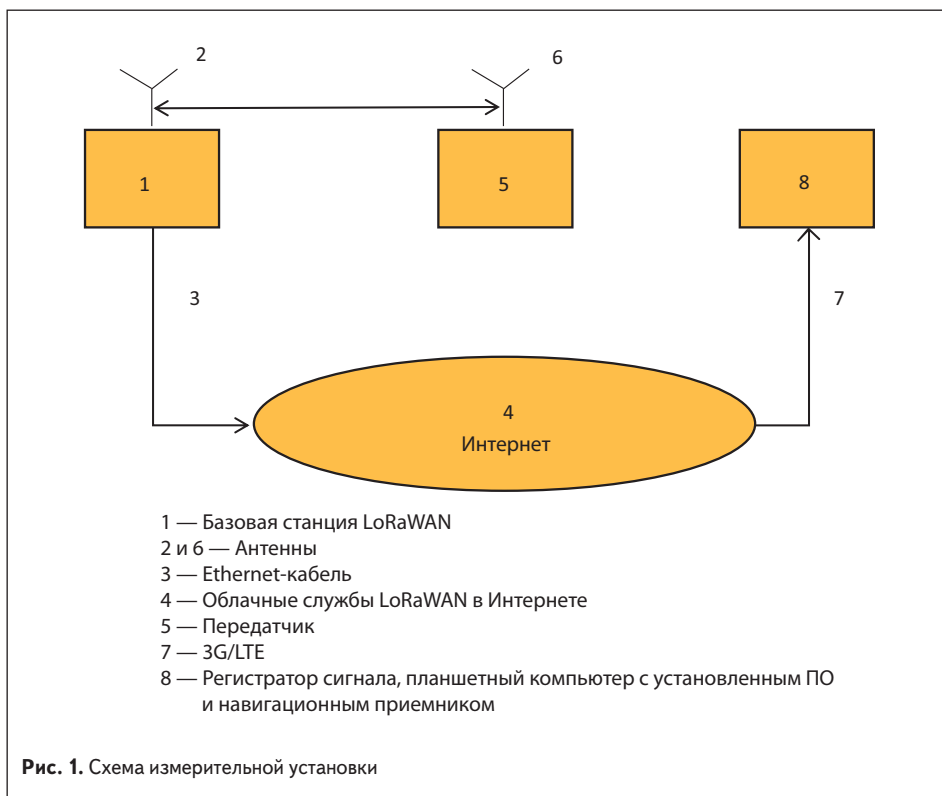


Рис. 1. Схема измерительной установки

Таблица 1. Электрические характеристики антенны

модель	A10-868 (A30330178)
производитель	ООО «Фирма «Радиал»
Рабочий диапазон частот, МГц	864–876
Усиление, dBi	10
КСВ, не хуже	1,3
Поляризация	вертикальная
Допустимая мощность, Вт	50
Сектор излучения в Н-плоскости (–3 дБ)	3600
Сектор излучения в Е-плоскости (–3 дБ)	150
Импеданс, Ом	50
Электрический наклон луча, град	от –1 до –2



Рис. 2. Тестовые устройства, входящие в измерительный комплекс: антенна, БС, передатчик, регистратор

Таблица 2. Базовая станция сети LoRaWAN

Производитель	LACE
Микроконтроллер	ARM926@454Mhz, 128 MB DDRII RAM, 512 MB Flash, PoE 15W
Интерфейсы	LoRa 868Mhz, GPS, 3G, Ethernet, RS 232
Радиочасть	Чип Semtech SX1301
Излучаемая мощность, мВт	25
Эффективная излучаемая мощность, дБм	14
Чувствительность, дБм	-139
Частотный диапазон, МГц	864-870
Модуляция	LoRa
Протокол передачи	LoRaWAN v.1

Таблица 3. Характеристики передатчиков

	Передатчик 1	Передатчик 2
Производитель	Adeunis RF	СПБЗИП, LACE
Модель	LoRaWAN Demonstrator ARF8084BA	Электросчетчик ЦЭ2726А/А1-S-RF-R01
Микроконтроллер	STM32 ARM Cortex-M3	STM32 ARM Cortex-M3
Интерфейсы	LoRa 868 МГц, GPS, USB	LoRa 868 МГц
Радиочасть	Чип Semtech SX1272/SX1276	Чип Semtech SX1272
Излучаемая мощность, мВт	25	
Эффективная излучаемая мощность, дБм	14	
Чувствительность, дБм	-144	
Частотный диапазон, МГц	864-870	
Модуляция	LoRa	
Протокол передачи	LoraWAN v.1	

поскольку готовые устройства такого рода на рынке пока не представлены. Тестирование проходило в условиях, максимально приближенных к условиям реальной эксплуатации датчиков на объектах ЖКХ.

Состав измерительного комплекса (рис. 2):

- антенна (табл. 1);
- БС сети LoRaWAN (табл. 2);
- передатчики, 2 шт. (табл. 3);
- регистратор — планшетный компьютер Apple iPad Air, подключенный к Интернету через 3G/LTE с установленным GPS-приемником и навигационным ПО.

Методика измерений

На рис. 3–6 показаны места замеров. Условия установки БС иллюстрирует рис. 7. Высота установки БС — 16 м.

Измерения проводились в три этапа. На первом этапе операторы производили движение на автомобиле по восьми азимутальным направлениям от места установки БС.

Движение по направлению производилось до момента потери сигнала. Путем последовательного соединения на карте максимально удаленных точек приема сигнала определялись границы зоны покрытия.



Рис. 3. Точка 1 — ул. Карпинского, направление на БС



Рис. 4. Точка 2 — перекресток ул. Мира и 9 Мая

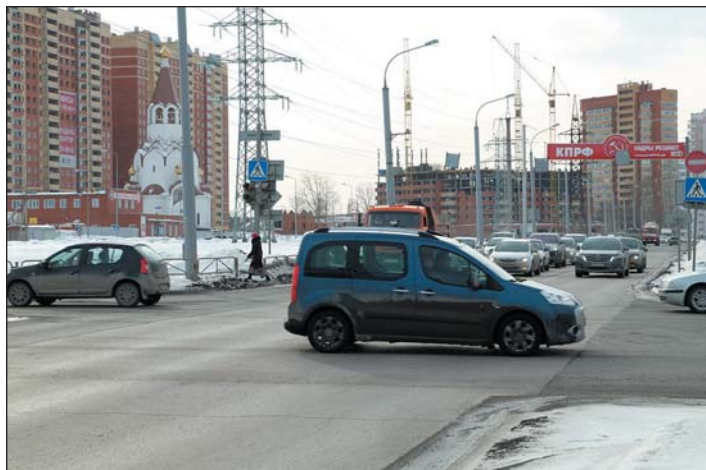


Рис. 5. Точка 4 — перекресток ул. Чкалова и бульвара Гагарина



Рис. 6. Точка 5 — перекресток ул. Братской и Южноуральской

На втором этапе операторы перемещались по местности в пределах определенной на первом этапе зоны покрытия по маршрутам, максимально приближенным к concentрическим окружностям с центром в месте установки БС с радиусами 50, 100, 700, 1000, 1500, 2000 м. В обоих случаях в автомобиле находился постоянно включенный передатчик 1 и регистратор. Каждые 45 с оператор фиксировал наличие и уровень сигнала передатчика на БС через специализированное ПО регистратора. Одновременно с получением информационного пакета с уровнем сигнала осуществлялась фиксация текущего географического положения и нанесение значения уровня сигнала на карту местности. Более подробно методика и численные результаты замеров, сделанных на каждом этапе, такие как расстояние от БС и соответствующий уровень сигнала, приведены в Протоколе измерений. Результаты измерений первого и второго этапа иллюстрирует рис. 8.

На третьем этапе передатчик 2 с присоединенной нагрузкой 0,7 кВт был установлен на первом этаже трехэтажного здания с железобетонными перекрытиями на расстоянии 150 м от БС, а затем — в подвальном помещении жилого дома на расстоянии 1530 м от БС. Оператор сравнивал текущие показания в регистраторе и на экране передатчика 2 в момент окончания каждого этапа измерений. Для обоих мест установки расхождения в показаниях не зафиксированы. В первом случае на БС был зарегистрирован уровень сигнала -81 дБ, во втором — -121 дБ.

Итоги эксперимента

Полученные результаты тестирования совпали с ожидаемыми. Таким образом, была доказана успешность применения технологии LoRaWAN для построения системы сбора данных для мониторинга состояния сетей и объектов тепловодоснабжения.

Современная ситуация с развитием технологии LoRaWAN в Европе характеризуется тем, что операторы LPWAN-сетей и разработчики устройств ориентируются в основном на бытовой сектор (счетчики воды, электричества). Это и понятно: получается ощутимый рост количества точек сети и, соответственно, расширение зоны покрытия, т. е. достигаются параметры, которыми бравируют конкурирующие технологии. В России без принятия специальных директив на государственном уровне охват «бытового» сектора практически невозможен. В то же время сетевые (водяные, тепловые, электрические) компании реально заинтересованы в снижении издержек и вынуждены стремиться к повышению эффективности своих процессов, особенно в сложных экономических условиях. Описанный в статье эксперимент наглядно показал, что технология LoRaWAN является наиболее удачной основой для построения решения по мониторингу состояния хозяйственных объектов, которое выведет генераторов и транспортировщиков энергии на мак-

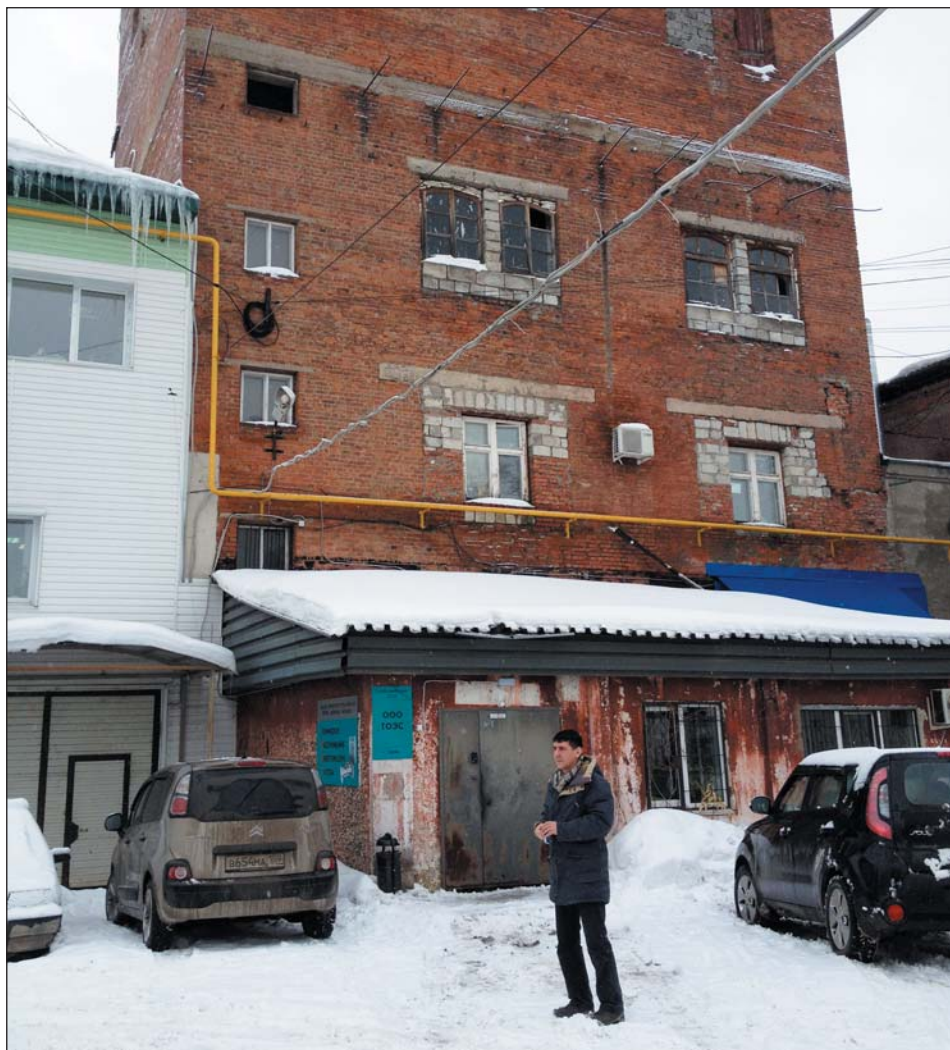


Рис. 7. Место установки базовой станции

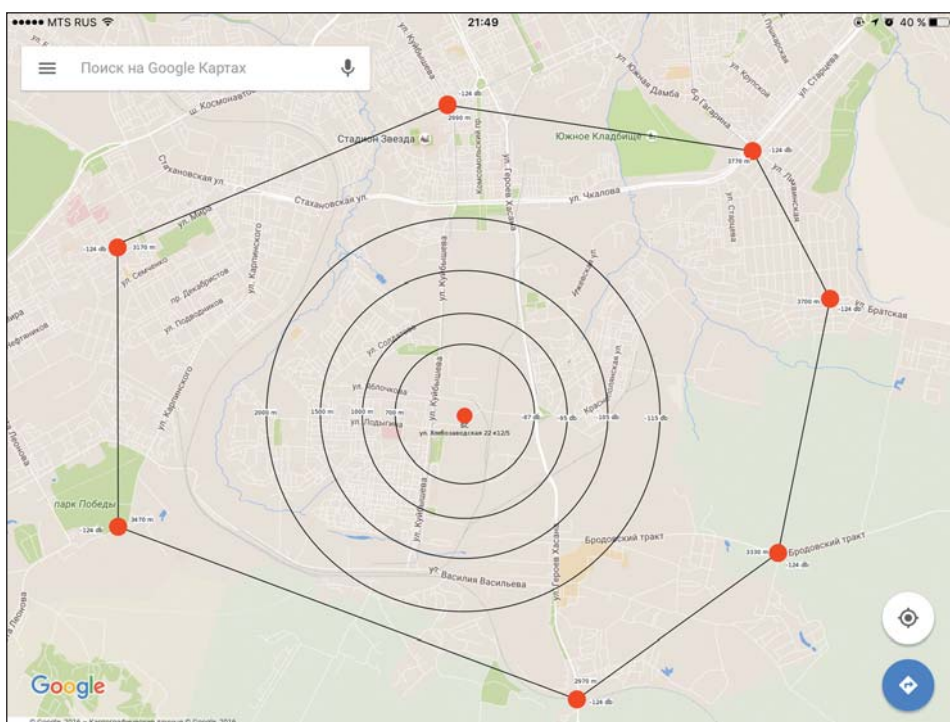


Рис. 8. Данные измерений первых двух этапов на карте местности (г. Пермь)

Таблица 4. Характеристики датчика давления

Верхний предел измерения (ВПИ), МПа	0,6; 1,0; 1,6	
Предел допускаемой основной погрешности измерения \pm , %	0,5	
Предел дополнительной температурной погрешности измерения (10 °С), %	0,15	
Напряжение питания, В	2,0-3,7	
Потребляемый ток, не более, при напряжении питания (3,6 \pm 0,1) В	в режиме передачи, мА	6
	в режиме сна, мкА	45
Средний срок службы от встроенной литиевой батареи, лет	Не менее 5	
Мощность радиопередатчика, дБм, не более	14	
Частота радиопередатчика, МГц	868,7-868,92	
Модуляция	LoRa	

симально эффективное использование ресурсов. В дальнейшем на базе технологии LPWAN следует ожидать формирования системы измерений, технологического и коммерческого учета тепла, воды, пара,

газа, электроэнергии. Учитывая реалии, AURORA Mobile Technologies совместно с партнерами приступила к интеграции LoRa-модемов на базе SX1272 с используемыми ООО «Тюэс» термопреобразователями

Таблица 5. Характеристики датчика температуры

Номинальная статическая характеристика преобразования (НСХ) ТС по ГОСТ 6651-2009	Pt100, Pt500, Pt1000	
Классы допусков ТС	AA, A	
Напряжение питания, В	2,0-3,7	
Потребляемый ток, не более, при напряжении питания (3,6 \pm 0,1) В	в режиме передачи, мА	6
	в режиме сна, мкА	45
Средний срок службы от встроенной литиевой батареи, лет	Не менее 5	
Мощность радиопередатчика, дБм, не более	14	
Частота радиопередатчика, МГц	868,7-868,92	
Модуляция	LoRa	

и датчиками давления с целью получения автономного датчика в едином корпусе с модемом. Основные характеристики проектируемых датчиков представлены в табл. 4 и 5. ■