

Об архитектуре цифровой платформы асинхронной сенсорной системы дистанционного мониторинга ресурсопотребления домохозяйств

1 Актуальность

В современном мире остро стоит проблема эффективного использования природных ресурсов. Ее решение важно, как для сохранения окружающей среды в целом, так и для смягчения последствий глобального изменения климата, вызванного выбросами парниковых газов предприятиями промышленности и энергетики.

Одним из основных типов потребителей энергетических и других видов ресурсов являются домохозяйства. Уменьшение потребления в этом секторе за счет его оптимизации и использования более эффективного оборудования является одной из актуальных задач, на решение которой нацелено научное сообщество.

Одним из первых шагов на этом пути является отслеживание потребления ресурсов с максимально возможной степенью детализации.

2 Общая концепция

Для решения этой задачи применяются системы дистанционного сбора и мониторинга данных со счётчиков, фиксирующих потребление ресурсов (вода, газ, тепло, электроэнергия) в домохозяйствах.

При этом рассматриваются два основных подхода к построению таких систем:

- синхронные системы мониторинга ресурсопотребления;
- асинхронные системы мониторинга.

В синхронных системах счетчик посылает данные через равные промежутки времени Δt . Очевидно, что чем чаще опрашиваются счётчики, тем более подробную информацию можно получить. Такие системы довольно просты в реализации, однако они обладают некоторыми существенными недостатками:

- для получения уровня детализации, который необходим для построения моделей ресурсопотребления и формирования соответствующих рекомендаций по повышению его эффективности, Δt должно быть весьма мало;
- из-за частой отправки данных элементы питания счётчиков быстро разряжаются;
- счётчики избыточно нагружают каналы передачи данных, так как отправка информации производится и в те периоды времени, в которые ресурсы не потребляются.

При асинхронном сборе данных счётчик активируется не по прошествии определённого времени, а при расходе очередной «порции» ресурса. Концепция построения такой системы описана в работе [1].

В асинхронной системе в том случае, если ресурс не потребляется, данные не отправляются. Это позволяет избежать избыточной загрузки каналов передачи данных и разряда элемента питания в паузах, например, если жильцы уехали в отпуск. Как показано в упомянутой работе, асинхронная система мониторинга имеет определенные преимущества перед синхронной системой за счет, прежде всего, более высокой степени детализации данных, которая необходима для построения адекватных моделей ресурсопотребления и формирования рекомендаций по повышению его эффективности, а также за счет меньшей загрузки каналов передачи данных, более длительного периода межсервисного обслуживания, связанного с заменой элементов питания, в целом более высокой надежности и, в частности, за счет меньшей вероятности ущерба при попытке хакерского взлома.

Примеры графиков данных о потребленном ресурсе для синхронной и асинхронной систем мониторинга представлены на Рис.1.

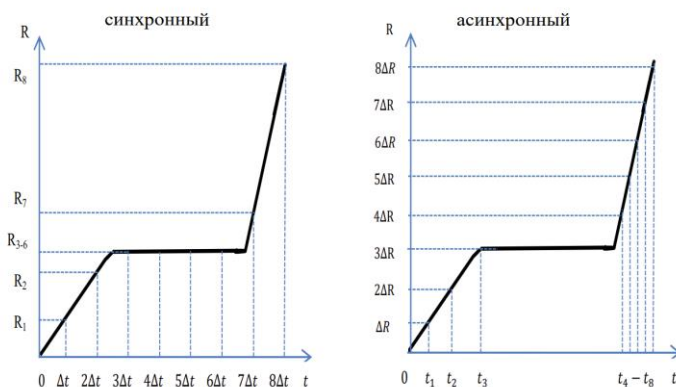


Рис. 1. Типовые графики данных о потребленных ресурсах

Как показали результаты исследований в области NILM-технологии (Nonintrusive appliance load monitoring) [2-6], из полученных данных можно восстановить информацию об используемых приборах и моделях потребления ресурсов различными домохозяйствами, узнать типы устройств, и их характеристики. Примерные типовые графики энергопотребления таких бытовых устройств как холодильник и стиральная машина представлены на Рис. 2.

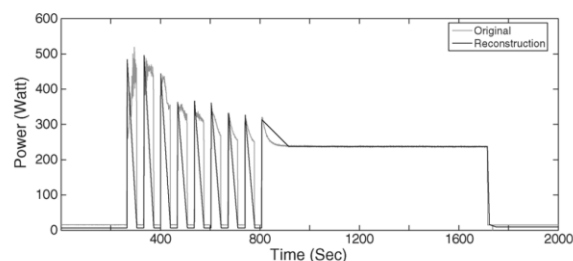
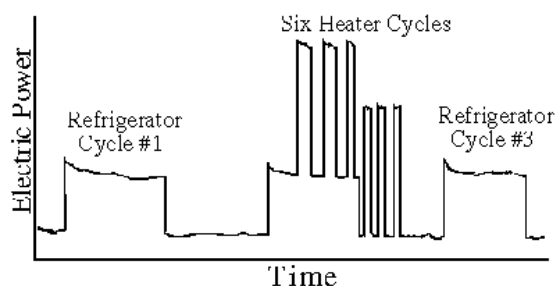


Fig. 9. Category 1 (washing machine).

Рис. 2. Типовые графики энергопотребления бытовых приборов

Анализ показателей потребления сразу нескольких видов ресурсов одним потребителем может дать ещё больше информации, чем анализ потребления одного из ресурсов. На основе этой информации потребителю могут быть сформированы рекомендации по снижению потребления ресурсов как за счет изменения самой модели потребления (например, при использовании день-ночь тарифа), так и за счет замены устройства на более современное (реклама более энергоэффективного товара). Кроме того, можно детектировать нештатные ситуации – прорыв трубы или утечку газа.

3 Архитектура цифровой платформы

Перечисленные выше основные функции системы могут быть реализованы в виде цифровой платформы следующей архитектуры. (Рис. 3)

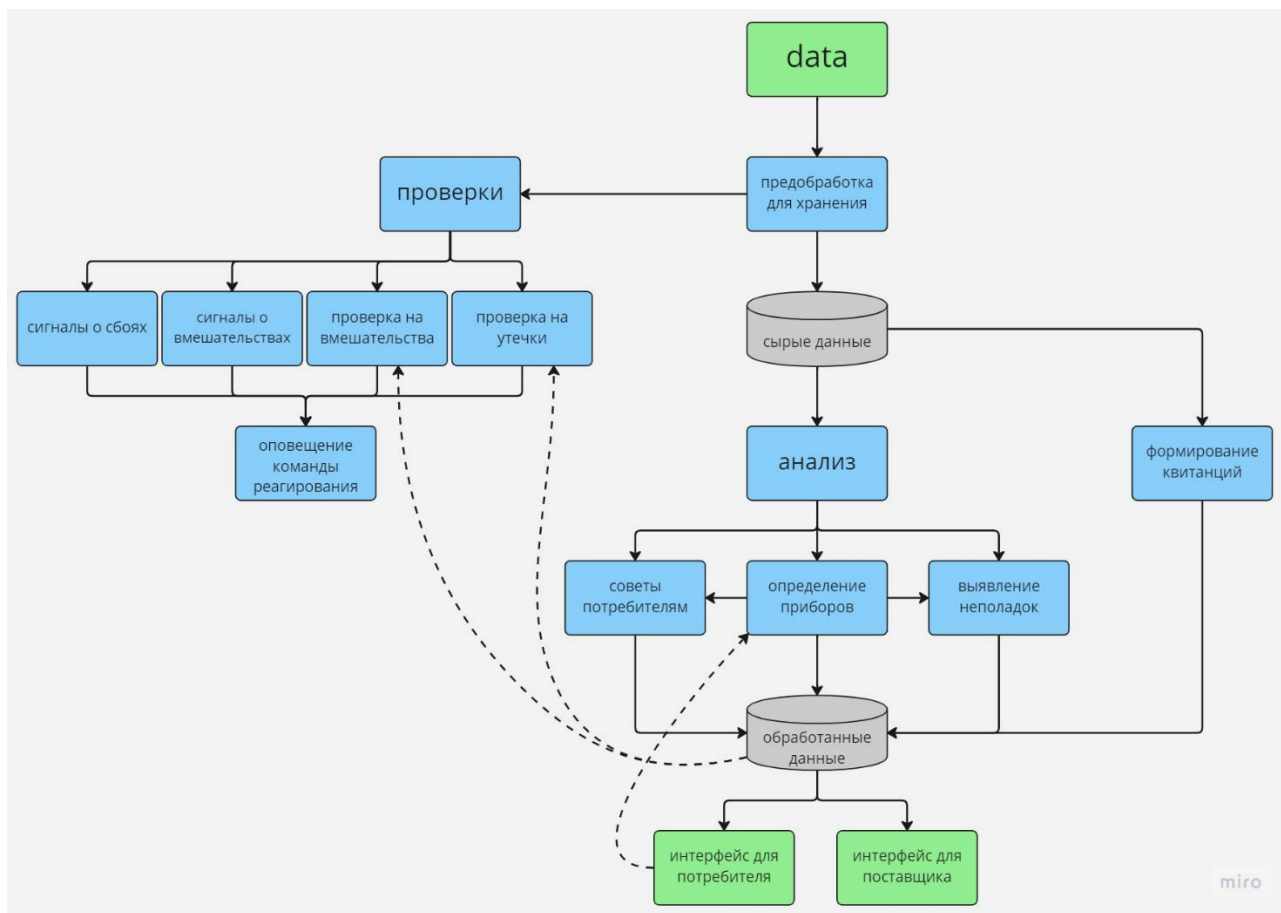


Рис. 3. Схема архитектуры цифровой платформы

Отдельные модули цифровой платформы предназначены для выполнения следующих основных функций.

Data. Информация, поступающая в центр мониторинга.

Предобработка для хранения. Данные приводятся к единому формату для хранения и оперативной обработки.

Проверки. Если возникает ситуация, требующая вмешательства, то система оповещает об этом команду реагирования:

- **сигналы о сбоях и вмешательствах.** Если счётчик посылает особый сигнал, то система на него реагирует;

- **проверка на вмешательства и утечки.** В режиме реального времени происходит анализ получаемой информации для выявления нестандартного поведения, которое может говорить о попытках нанести вред устройству или об утечках, которые могут представлять угрозу для потребителя. Для этого используется информация о предыдущих паттернах потребления.

Сырые данные. Хранилище необработанной информации. Может быть реализовано на основе HDFS или аналогичной системы, предназначенной для хранения больших данных.

Формирование квитанций. Производится на основе сырых данных с временными метками.

Анализ данных. Глубокий анализ данных, требующий вычислительных ресурсов. Используется машинное обучение.

Результаты анализа и квитанции помещаются в хранилище **обработанных данных** для дальнейшего использования в системе. Целесообразно использовать реляционную базу данных, так как объём информации после обработки будет существенно меньше исходного.

Интерфейсы для поставщика и производителя позволят отслеживать потребление в удобном формате – через веб-сайт, мобильное приложение или с помощью уведомлений по электронной почте. Целесообразно предоставить потребителю возможность, например, корректировать данные о своих приборах для повышения качества анализа.

Предложенная архитектура положена в основу разработки прототипа цифровой платформы мониторинга ресурсопотребления домохозяйствами, создание которого планируется в дальнейшем.

4 Источники

1. В.Н. Логинов, И.А. Бычковский, Г.С. Сурнов, С.И. Сурнов. «Smart Monitoring – технология дистанционного мониторинга потребления электроэнергии, воды, тепловой энергии и газа в Smart City». «Труды МФТИ». 2020, Том 12, №1, с. 90-99. https://mipt.ru/upload/medialibrary/ddd/11_loginov_90_99.pdf

2. Бычковский И.А., Мукумов Р.Э., Сурнов Г.С., Сурнов С.И. SMART MONITORING: больше, чем «умный учет» в ЖКХ // Энергосбережение. 2017. N 6. С. 38–41.
3. Hart G. Nonintrusive appliance load monitoring // Proceedings of the IEEE. 1992. V. 80, N 12. P. 1870–1891. doi:10.1109/5.192069
4. Wang Z., Zheng G. Residential Appliances Identification and Monitoring by a Nonintrusive Method // IEEE Transactions On Smart Grid. 2012. V. 3, N 1. P. 80–92. doi: 10.1109/TSG.2011.2163950.
5. Aiad M., Lee P.H. Non-intrusive monitoring of overlapping home appliances using smart meter measurements // IEEE Conferences: Power and Energy Conference at Illinois (PEC). 2017. P. 1–5. doi: 10.1109/PECI.2017.7935717.
6. Kelly J., Knottenbelt W. Neural NILM: Deep Neural Networks Applied to Energy Disaggregation // Sep. 28, 2015. Accessed: Oct. 3, 2019. [Online]. Available: <https://arxiv.org/pdf/1507.06594.pdf>.