

Сбор и анализ технологических данных в системах тепло- и водоснабжения

*С.А. Беленев,
асп.,
Е.В. Волошин,
асп., voloshin@iacp.dvo.ru,
Р.С. Кузнецов,
в.н.с., к.т.н., kuznetsov@dvo.ru,
В.П. Чипулис,
в.н.с., д.т.н., проф., chipulis@vira.dvo.ru,
ИАПУ ДВО РАН, г. Владивосток*

Рассмотрены проблемы проектирования систем сбора данных с приборов учёта. Предложен переход от централизованной к распределенной архитектуре систем сбора данных на примере использования мультиагентной технологии. Показан пример создания системы дистанционного сбора данных КГУП «Приморский водоканал».

Developments of data acquisition systems for heat and water meters are considered. A novel distributed architecture of data acquisition systems based on the multi-agent technology is proposed. The remote data acquisition system for KGUP "Primorsky Vodokanal" is shown as example.

Введение

В системах тепло- и водоснабжения наступило время больших перемен, связанных с приходом информационно-аналитического обеспечения [1] с акцентом на современные средства измерений, дистанционный сбор и анализ результатов измерений. В ИАПУ ДВО РАН с 2000 г. совместно с энерго- и водоснабжающими предприятиями выполняются работы в рамках поэтапного развития информационно-аналитического центра (ИАЦ) приборного учёта в Приморском крае [2]. Основная стратегическая задача ИАЦ – интеграция разработок, связанных с внедрением информационных технологий в промышленности и ЖКХ дальневосточного региона России. ИАЦ базируется на использовании взаимосвязанного комплекса программных, технических средств и информационного обеспечения. Основной интеллектуальной составляющей ИАЦ являются информационно-аналитические системы (ИАС) [3], в которых (в отличие от традиционных информационно-измерительных систем) основной акцент делается на анализ результатов измерений как в реальном времени, так и накапливаемых за значительные периоды времени (месяцы и годы). Создание информационно-аналитических систем ведется с помощью специализированной платформы [4].

При создании систем учёта тепловой энергии и расхода воды первоочередной является задача получения результатов измерений основных параметров функционирования зданий с теплосчетчиков и водосчетчиков. В информационно-аналитических системах для решения этой задачи разработана подсистема сбора данных [5], которая позволяет осуществить считывание архивной информации из приборов учёта.

1. Система автоматизации водоподачи

Обеспечение качественного и надежного водоснабжения в крупных городах – сложная техническая задача, решение которой невозможно без использования достижений научно-технического прогресса, инновационных информационных технологий и современного измерительного и технологического оборудования. Рассмотрим опыт разработки систем мониторинга параметров расхода и давления, а также обработки и анализа данных в системах водоснабжения.

Система сбора данных с насосных станций представлена в виде иерархической структуры на рис. 1. Нижний уровень включает в себя различные датчики, силовую часть, контроллеры с необходимыми аналоговыми и дискретными модулями, а также на некоторых станциях преобразователями частоты. Контроллеры второго уровня выполняют функции сбора, обработки и передачи первичной информации с технологических объектов на сервер сбора с использованием интерфейсных преобразователей, а также выдачи команд управления исполнительным механизмам в автоматическом режиме или дистанционно. Преобразователь частоты используется для каскадного запуска двигателей на станции и ПИД-регулирования. Информация с контроллеров разных насосных станций поступает на АРМ диспетчера (SCADA) с использованием OPC-технологии, где решаются задачи наблюдения и управления всей системой в целом. В диспетчерской выполняется аналитическая обработка данных и телеуправление контроллерами по защищенному каналу.

В качестве примера рассмотрим систему сбора данных Богатинского гидроузла. Система сбора считывает измерения с расходомеров, датчиков давления, датчиков уровня в резервуарах, а также систем управления насосами для диагностики их работы и запуска резервных насосов, в случае неисправности основного насоса (рис. 2). АРМ диспетчера БГУ построен на базе SCADA Vijeo CITECT от компании Schneider Electric. Разработаны мнемосхемы техпроцесса, выведены показания с расходомеров US800 (уровень в резервуаре чистой воды и в Богатинском водохранилище), а также собираемые на плотине метеоданные (осадки, мм) с помощью метеостанции Vantage PRO. Реализовано телеуправление электроприводом открытия шандор на аварийном канале сброса воды. В автоматическом и полуполуприемом режиме с сенсорной панели на щите управления или дистанционно с автоматизированного рабочего места (АРМ) диспетчера БГУ выполнена функция управления процессом фильтрации. Управление осуществляется контроллером Modicon 340. Загрязнение фильтра и необходимость его промывки оценивается по качеству воды в емкости.



рис. 1 Схема сбора и передачи технологической информации

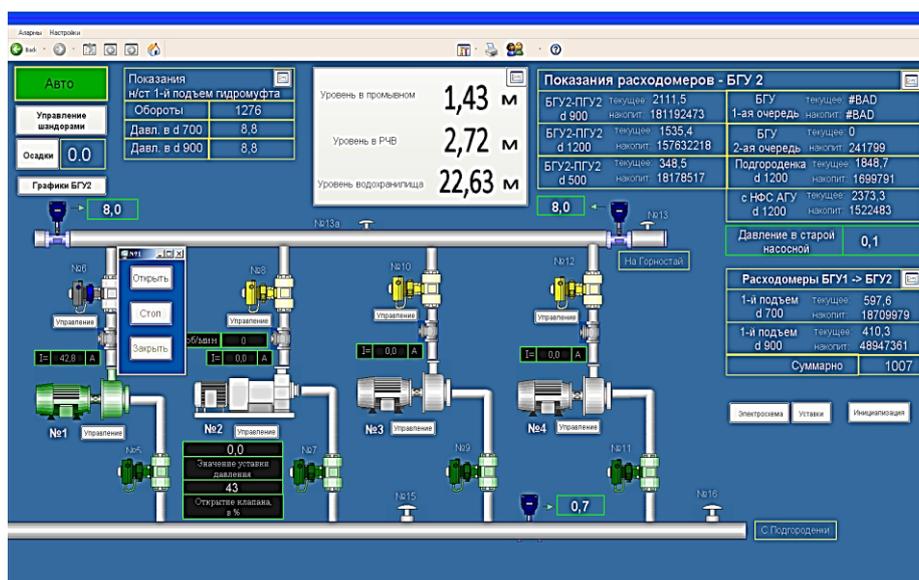


рис. 2 Мнемосхема насосной подстанции Богатинского гидроузла

На следующем этапе начата разработка и внедрение системы дистанционного опроса приборов учета КГУП «Приморский водоканал». При использовании программируемого логического контролера (ПЛК) возникла проблема снятия показаний с расходомера с поддержкой промышленных протоколов MODBUS и DCON, а также с датчиков давления с аналоговыми выходами. Технологически оказалось невозможным снять накопительные показания. Проблему удалось решить путем использования 3G/GPRS терминала TELEOFIS WRX968-R4U при работе с ультразвуковыми расходомерами и устройствами сбора и передачи данных (УСПД) TELEOFIS RTU 102 для работы с импульсными расходомерами (рис. 3). Для организации опроса приборов и передачи данных между узлами используется OPC-сервер с возможностью обмена данными по протоколу OPC-UA. Для организации промежуточного накопления и визуализации данных у операторов/диспетчеров используется Master SCADA. Абоненты-потребители водоснабжения, имеющие приборы учета импульсного типа или ультразвуковые, дополнительно оснащаются GPRS модемами для проведения удаленного опроса с сервера, что позволяет вести учёт почасового расхода. В обычной ситуации, при отсутствии актуальных данных с приборов учёта, производится расчёт по нормативу или усредненным параметрам.

Разработанная информационная система позволяет выполнить дистанционный сбор и архивацию данных со следующих объектов системы водоснабжения:

- с водопроводных насосных станций;
- с общедомовых приборов учёта потребителей;
- с индивидуальных приборов учёта потребителей в многоквартирных домах (при наличии у потребителя приборов учёта, имеющих цифровой или числоимпульсный выход).

Дальнейшее использование измерений, полученных в результате дистанционного сбора, ориентировано на анализ реальных показателей водоподачи, своевременное обнаружение аварийных ситуаций (порыв трубопровода), техническую диагностику насосного оборудования, контроль износа трубопроводов, оценку нагрузки на конкретный участок трубы, определение степени изношенности трубопровода и планирование ремонтных работ по замене определенного участка трубопровода.

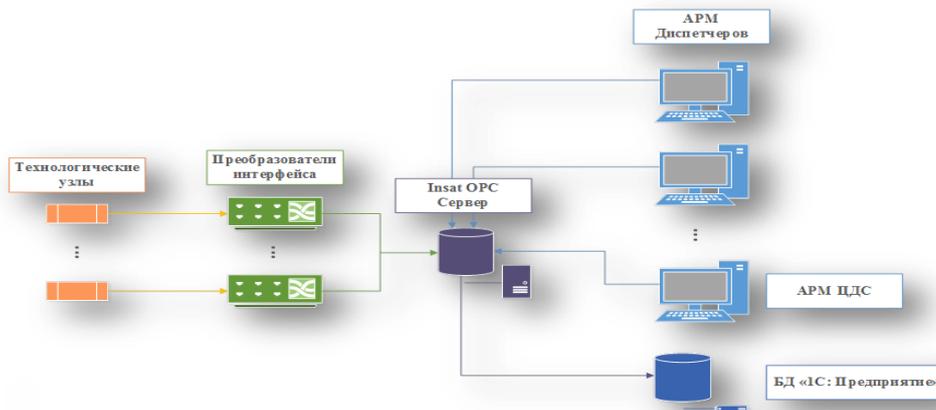


рис. 3 Схема дистанционного опроса приборов учёта воды

2. Сбор данных в системах теплоснабжения

Не менее актуальна задача учёта параметров теплоснабжения. Теплосчетчик [6] обрабатывает значения параметров за заранее определенный промежуток времени (час, сутки, месяц, год) и сохраняет результаты обработки в свою энергонезависимую память в виде готовых архивных данных. Современные теплосчетчики обладают специальными коммуникационными интерфейсами для включения в системы телеизмерений. Эта возможность активно используется при создании центров сбора и обработки данных (рис.4) для организации учёта тепловой энергии и теплоносителя в системах теплоснабжения. Самыми распространенными на практике для сбора данных на промышленных объектах являются SCADA-системы [7] (Supervisory Control and Data Acquisition, диспетчерское управление и сбор данных) и программное обеспечение на базе OPC-технологии [8-9] (OLE for Process Control). Однако использование этих систем проблематично для считывания разнородной информации с большого количества приборов с учётом экономической эффективности затрат на связь (периодический, а не постоянный опрос).

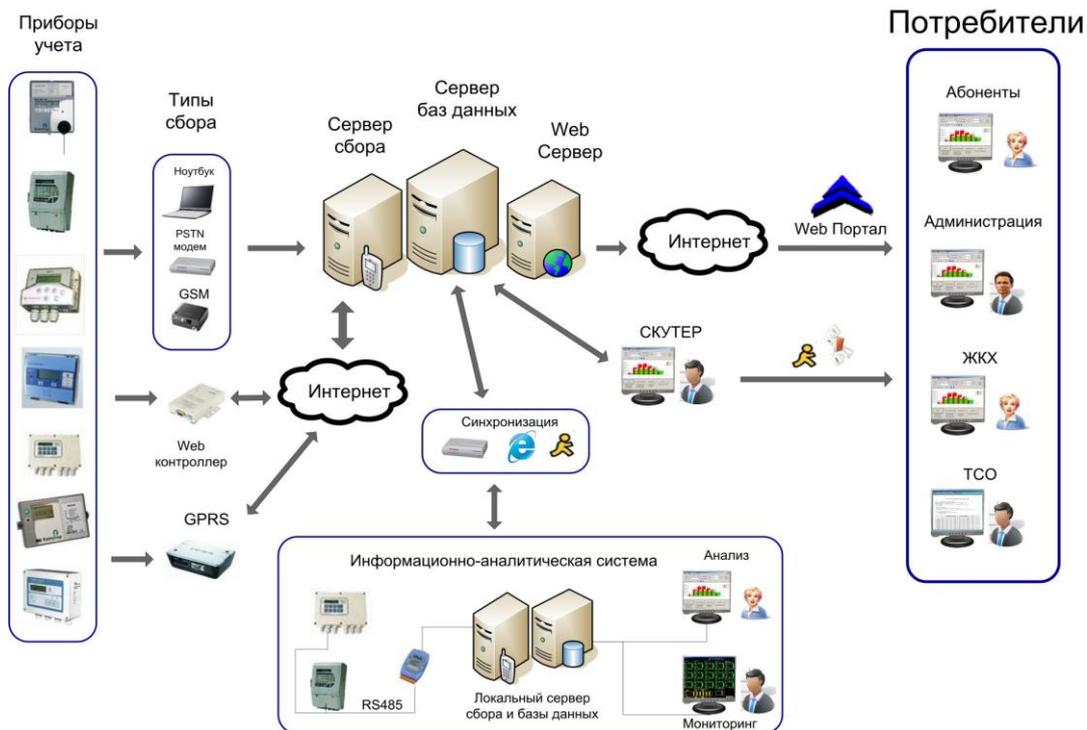


рис. 4 Архитектура центра сбора данных

Системы сбора данных взаимодействуют с приборами через отправку и принятие информационных пакетов (запросов), оформление и обработка которых согласована со специальным набором правил, называемых протоколом обмена. В системе сбора данных можно выделить следующие стадии опроса прибора, представленные на рис. 5. В конце каждой стадии опроса прибора осуществляется сохранение считанных данных в БД. Стоит отметить важность последовательности считывания данных. В первую очередь происходит запрос конфигурационных данных, от которых зависит правильность обработки данных на последующих стадиях опроса. Текущие данные целесообразно считывать во вторую очередь из-за их незначительного объёма, что позволяет реализовать оперативный мониторинг даже при плохом качестве связи и возникновении ошибок при считывании данных на последующих стадиях. Журналы событий, как правило, используются для диагностики и контроля изменений в приборе и считываются достаточно быстро, поэтому целесообразно считывать их в третью очередь. Продолжительность времени считывания архивов зависит от глубины запроса данных и типа архива (часовой, суточный и т.д.). Поэтому целесообразно считывать архивную информацию в самом конце сеанса опроса прибора. Опрос завершается при возникновении нештатной си-

туации (потеря связи с прибором) на любой стадии. Вся считанная информация сохраняется в БД. Система автоматического сбора запускает этот элементарный процесс опроса прибора по очереди в соответствии с расписанием и приоритетом для каждого прибора. Приоритет формируется на основе накопленной статистики успешных и неудачных попыток опроса прибора. Другими словами, чем больше у прибора успешных результатов опроса и меньше неудачных, тем ближе к началу будет его расположение в очереди. Данный способ упорядочивания приборов в очереди на опрос позволяет учитывать постоянно изменяющиеся параметры качества связи и автоматически корректировать работу системы сбора с целью достижения максимальной производительности и снижения затрат на связь, что особенно актуально при использовании сетей мобильной связи.

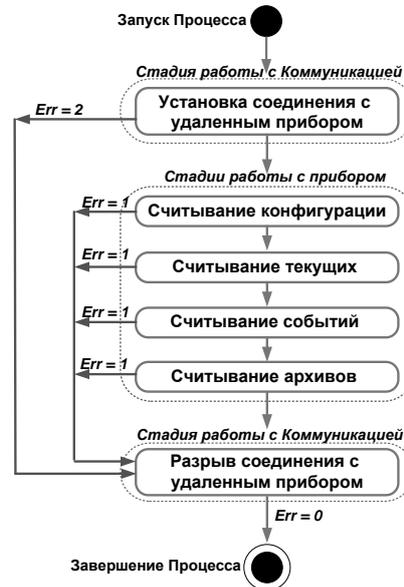


рис. 5 Процесс опроса прибора

Во время эксплуатации системы сбора с централизованной архитектурой в сети территориально распределенных приборов выявлены определенные недостатки. Например, при тиражировании системы сбора с централизованной архитектурой на несколько серверов обнаружена их неоптимальная работа: усложнение расписания, увеличение времени простоя коммуникационного оборудования, возрастание затрат на связь из-за многократного опроса. Система автоматического сбора изначально создавалась для работы на одном сервере сбора, поэтому она не рассчитана на кооперативную работу между несколькими серверами. Для эффективной работы в распределенной сети сбора данных целесообразно применить мультиагентный подход. Мультиагентная технология уже на уровне архитектуры позволяет устранить перечисленные недостатки. В рамках данной технологии решаются задачи повышения эффективности и надежности сбора данных с помощью агентов, каждый из которых учитывает наработки своих «коллег» и применяет их результаты, динамически модифицируя очередь опроса приборов. Агенты системы сбора взаимодействуют напрямую друг с другом по заранее согласованным правилам и протоколу обмена служебной информацией. С целью повышения эффективности системы сбора, а также для устранения «узких» мест односерверной системы автоматического опроса начата разработка мультиагентной системы сбора данных (МАССД) (рис. 6). Важное изменение по сравнению с предыдущей системой автоматического сбора данных заключается в формировании общего списка приборов, который хранится на сервере БД. Любой агент может выполнить процесс опроса любого прибора из списка по мере наличия свободного модема с нужным оператором связи или возможности создания нового сокета на сервере сбора. В рамках мультиагентной технологии подобное нововведение укладывается в теорию общих планов [10]. В МАССД сразу учитываются результаты опроса каждого прибора в действиях любого агента, что позволяет синхронизировать работу системы сбора на нескольких серверах и исключить любые коллизии опроса. Согласованная работа агентов позволяет легко тиражировать и дублировать систему сбора данных в виде виртуальных машин, повышая надежность и не увеличивая затраты на связь из-за многократного опроса одного и того же прибора. Отметим основные преимущества МАССД:

- любой агент берет на себя опрос прибора исходя из доступных коммуникационных возможностей, учитывая историю опроса прибора, в том числе другими агентами;
- опрос всех приборов продолжается даже в случае выхода из строя одного агента или сервера сбора;
- эффективное использование всех коммуникаций и увеличение производительности сбора;
- позволяет избавиться от избыточности в расписании опроса, поскольку используется единый список приборов, больше нет необходимости дублировать приборы на отдельных серверах сбора.

Проведены следующие натурные испытания. Одновременно в работу включали систему сбора с централизованной архитектурой и систему сбора с мультиагентной архитектурой на разных серверах, задавая необходимый сдвиг по времени в расписании опроса. Результаты показали, что система сбора с централизованной архитектурой на одном сервере считывает данные со всей выборки приборов за 4 часа, а с мультиагентной архитектурой считывание данных с этой же выборки на двух серверах составляет 3 часа. При этом система сбора с централизованной архитектурой при запуске на 2-х серверах при увеличении производительности показывает так же повышение затрат на связь и возникновение ошибок при одновременном опросе одного и того же прибора. Таким образом, мультиагентная архитектура системы сбора данных с территориально распределенных приборов позволяет ускорить считывание данных, решить проблему согласования опроса приборов в случае необходимости одновременной работы нескольких серверов. Взаимодействие агентов, работающих на нескольких серверах сбора, позволяет повысить производительность, не увеличивая затраты на связь.

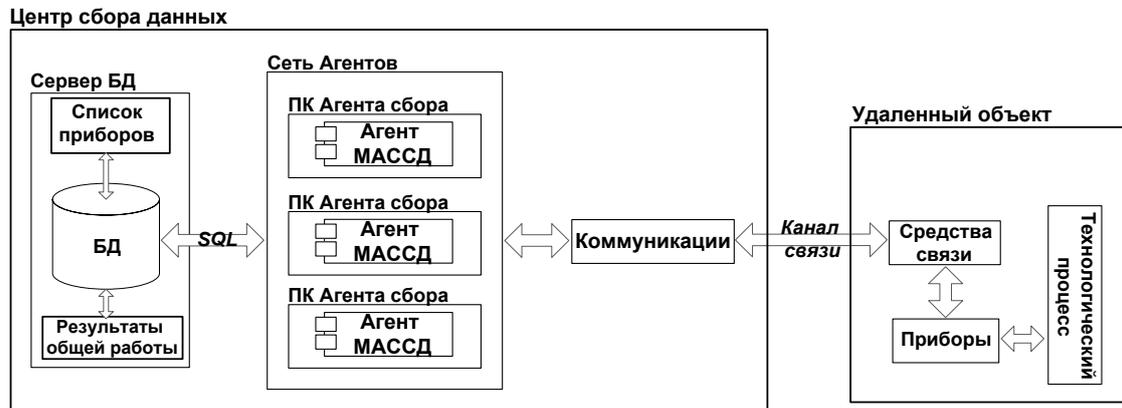


рис. 6 Мультиагентная система сбора данных

Литература

1. Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Информационно-аналитическое обеспечение систем мониторинга, анализа и управления объектами теплоэнергетики // Вестник Дальневосточного отделения Российской академии наук. 2016. № 4 (188). С. 116-124.
2. Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Информационно-аналитический центр объектов теплоэнергетики // В сборнике: Управление развитием крупномасштабных систем (MLSD'2012) Труды Шестой международной конференции (ежегодный сборник). Под общей редакцией С.Н.Васильева, А.Д.Цвиркуна. 2012. С. 362-371.
3. Чипулис В.П., Кузнецов Р.С. Информационно-аналитические системы в теплоэнергетике для повышения энергоэффективности // В сборнике: Информационные технологии в управлении (ИТУ-2016) Материалы 9-й конференции по проблемам управления. Председатель президиума мультikonференции В. Г. Пешехонов. 2016. С. 544-551.
4. Волошин Е.В., Кузнецов Р.С., Чипулис В.П. Автоматизация объектов теплоэнергетики на базе аналитической платформы // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 18-24.
5. Волошин Е.В. Программный модуль для сбора измерительной информации с объектов теплоэнергетики // Промышленные АСУ и контроллеры. 2016. № 9. С. 25-33.
6. Волошин Е.В. Разработка многофункционального программного модуля для сбора измерительной информации с объектов теплоэнергетики // Труды Международного симпозиума Надежность и качество. 2016. №1. С. 213-216.
7. Кузнецов С.П. SCADA TRACE MODE В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЗАЦИИ ОБЪЕКТОВ ДАЛЬНЕГО ВОСТОКА // Автоматизация в промышленности. 2016. № 12. С. 8-10.
8. Колосов М.В. ПРИМЕНЕНИЕ ОРС ТЕХНОЛОГИИ В СИСТЕМАХ ДИСПЕТЧЕРИЗАЦИИ УЗЛОВ УЧЕТА ТЕПЛОЙ ЭНЕРГИИ // Вестник Череповецкого государственного университета. 2016. № 5 (74). С. 10-12.
9. Козак Н.В., Абдуллаев Р.А. Концепция построения средств диагностики и управления устройствами электроавтоматики на базе ОРС технологии // Системы управления и информационные технологии. 2010. № 3. С. 28-32.
10. Городецкий В.И. Теория, модели, инфраструктуры и языки спецификации командного поведения автономных агентов // Искусственный интеллект и принятие решений. – 2011. – №2. – С. 19–30, №3. – С. 34–47.