

УДК 004.75

## КОММУНИКАЦИОННЫЙ МОДУЛЬ БЕСПРОВОДНОЙ КЛАСТЕРНОЙ СИСТЕМЫ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЯ

Петров Н. С.

Технологический институт Южного федерального университета в г. Таганроге

*Рассматривается вариант реализации беспроводной кластерной системы мониторинга энергопотребления, приводится модель и структура системы. Описываются задачи решаемые в кластере и определяются задачи коммуникационного модуля в системе, предлагается версия функциональной и блочной структуры этого модуля для дальнейшего проектирования.*

Необходимой основой для учета энергопотребления и создания механизмов стимулирования энергосбережения на объектах организаций бюджетной сферы и ЖКХ является система мониторинга и оценки пообъектного энергопотребления. Главные принципы организации такой системы мониторинга – это непрерывность пообъектного контроля и учета поступающей информации для дальнейшего планирования затрат по энергопотреблению. При создании системы мониторинга особое внимание уделяется таким важнейшим составляющим, как: организация регулярных потоков информации о энергопотреблении на отдельных объектах, ее анализ и оценка [1].

Системы мониторинга энергопотребления предлагается строить на основе кластеров. Кластер в этом случае – локализованная в пространстве совокупность взаимосвязанных устройств, реализующая решение целевой задачи, то есть, например, сбор информации о потреблении ресурсов на отдельном объекте (квартире, офисе, помещении и т. п.). Математическую модель такого кластера можно представить в виде ярусной схемы решения задач сбора и обработки информации датчиков (СОИД), представленной на рис. 1 [2].



Рисунок 1. Ярусная форма представления процесса СОИД

На рис. 1 обозначены:  $Z_{jd}$  – задачи, решаемые, на каждом  $j$  ярусе ( $j=1,2,3$ ) (количество задач соответствует числу датчиков  $D$ );  $IO_j$  – формируемый на ярусе информационный объект;  $T_{Zj}$  – время решения задач на ярусе.

На ярусе 1 решаются задачи  $Z_{1d}$  аналоговой обработки (АО) и аналого-цифровых преобразований (АЦП), на ярусе 2 – задачи  $Z_{2d}$  первичной цифровой обработки (ПЦО) сигналов датчиков физических величин. На ярусе 3 решаются задачи  $Z_{3d}$  первого уровня вторичной цифровой обработки (1ВЦО), к которым отнесены измерения значений физических величин в соответствующих единицах, определения состояний физических величин и их оценки и т.д. На четвертом ярусе решаются задачи  $Z_4$ , условно обозначенные как задачи второго уровня вторичной цифровой обработки (2ВЦО). В группу 2ВЦО входят задачи, относящиеся к объекту наблюдения, содержание, вычислительная сложность и количество которых определяются методами и алгоритмами реализации целевой функции в коммуникационном модуле. Время решения задач четвертого яруса  $T_{Я4} \geq T_{2ВЦО}$ , т. к. в  $T_{Я4}$  могут входить дополнительные затраты времени на формирование информационного объекта  $T_{ФНО}$  для передачи потребителям [3].

Принятая за основу ярусная схема решения задач отражает упорядоченную декомпозицию задач по уровням в зависимости от очередности их реализации. Задачи  $Z_1 - Z_4$  характеризуют различные целевые функции, математические методы, возрастающая снизу вверх вычислительная сложность, завершенность, заключающаяся в полной реализации соответствующей целевой функции [4].

Разновидности конкретных схем процессов решения задач СОИД определяют версии структур кластера, соответственно, модели датчиков, коммуникационных модулей и особенности сетевых межмодульных соединений. Например, кластерная система мониторинга энергопотребления может строиться на основе топологии «звезда», где периферийными устройствами являются счётчики электроэнергии, газа, тепла, горячей и холодной воды, а центральным устройством – коммуникационный модуль-концентратор (КМК). При этом связь между устройствами осуществляется по беспроводной технологии (например, ZigBee, Z-Wave, Webree). Структура системы в виде схемы решения задач представлена на рис. 2 [5].

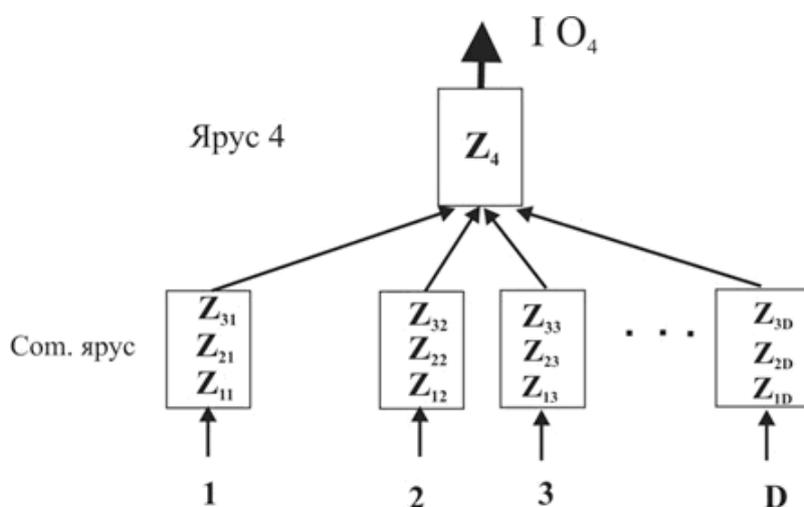


Рисунок 2. Параллельная схема с решением на общем ярусе  $D$  групп задач  $Z_{jd}$  ( $j=1,2,3, d \in \{1,2,\dots,D\}$ )

То есть решение задач  $Z_1-Z_3$  отводится периферийным устройствам, а  $Z_4$  – коммуникационному модулю.

Применительно к коммуникационному модулю беспроводной кластерной системы

5

мониторинга энергопотребления можно выделить следующие задачи:

- 1) приём данных от счётчиков;
- 2) организация сетевого взаимодействия со счётчиками (и между ними);
- 3) обработка полученных данных:
  1. сортировка данных;
  2. преобразование данных;
  3. оценка состояния объекта;
  4. прогнозирование состояния объекта;
- 5) хранение результатов обработки;
- 6) ввод в ИМКМ необходимых данных (коэффициентов);
- 7) отображение результатов обработки и других данных;
- 8) организация сетевого взаимодействия с объектами более высокого уровня;
- 9) инициирование (настройка) различных режимов работы, при которых выполняется та или иная функция (из описанных выше), либо их совместное выполнение.

На рис. 3 представлена функционально-модульная структура коммуникационного модуля кластера, на которой показаны решаемые задачи и связи между ними, причём под сетью 1-го уровня понимается система взаимодействия со счётчиками, а 2-го уровня – связь с объектами более высокого (серверы управляющих компаний, поставщиков ресурсов и пр.) или равнозначного уровней (другие КМК).

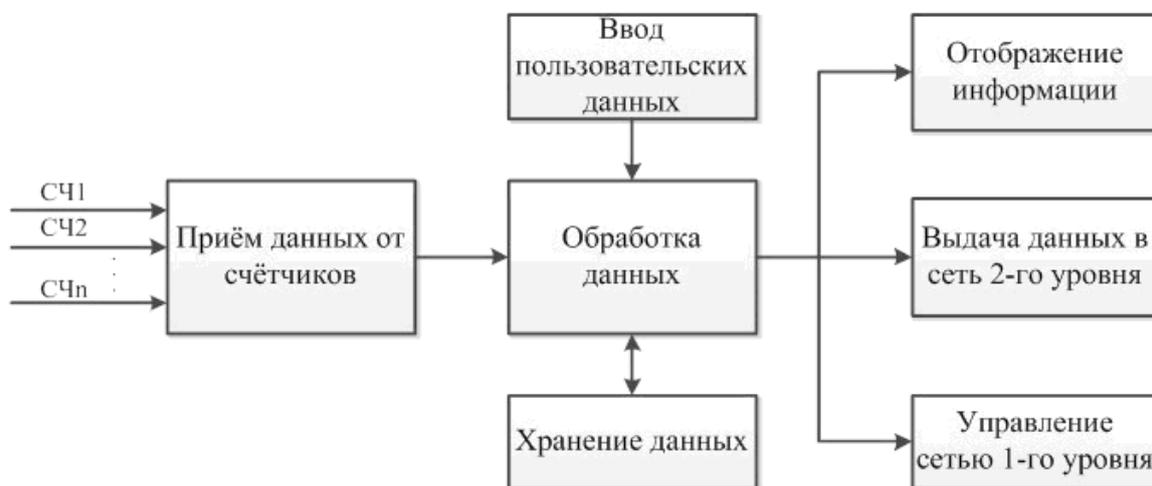


Рисунок 3. Функционально-модульная структура КМК

На рис. 4 представлена версия блочной структуры КМК, синтезированная на основе функционально-модульной структуры. Приём данных от датчиков и управление сетью 1-го уровня осуществляется с помощью беспроводного приёмопередатчика с интерфейсом ZigBee, который выбран по причине низкого энергопотребления (по сравнению с WiFi, например), а так же из-за небольших объёмов данных, передаваемые через относительно большие промежутки времени. Для отображения всей необходимой информации (данные по потреблению каждого из ресурсов за определённый промежуток времени, стоимостное выражение потреблённых ресурсов по заданным тарифам и т. п.) предполагается использовать сенсорный экран (либо обычный ЖК-дисплей с органами ввода/управления). Для хранения длительной истории по потреблению ресурсов нужно

использовать дополнительный модуль энергонезависимой памяти. Для передачи данных на более высокий уровень иерархии можно использовать как проводную сеть Ethernet, так и беспроводной интерфейс WiFi, который необходим там, где нельзя проложить необходимые кабели. Всю обработку данных, а также управление периферийными модулями осуществляет микроконтроллер.

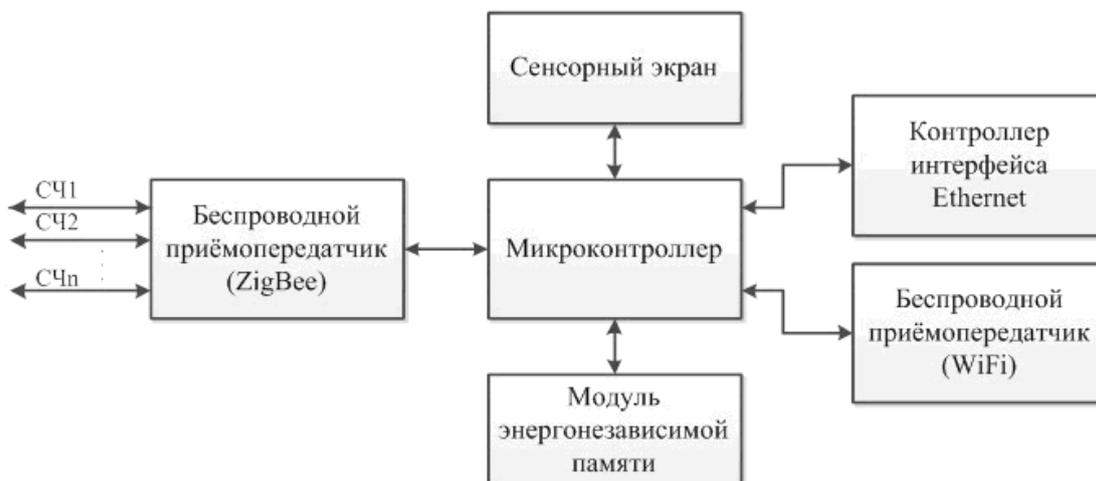


Рисунок 4. Блочная структура КМК

На рис. 5 представлена обобщённая временная диаграмма циклического функционирования КМК, где

- $d$  – порядковый номер счётчика,  $d \in [1, 2, \dots, D]$
- $T_d$  – суммарное время выполнения всех задач  $\{Z_{dj}\}$   $d$ -счётчика;
- $F_d$  – флаг готовности счётчика  $d$  выдать данные;
- $\{T_{снд}\}$  – служебное время, связанное с установлением соединений, проверкой пакетов на ошибки, временем ожидания ответа и прочими задержками имеющими вероятностный характер;
- $T_K$  – время передачи пакета данных длиной  $N_d$  со скоростью  $V_K$ ;

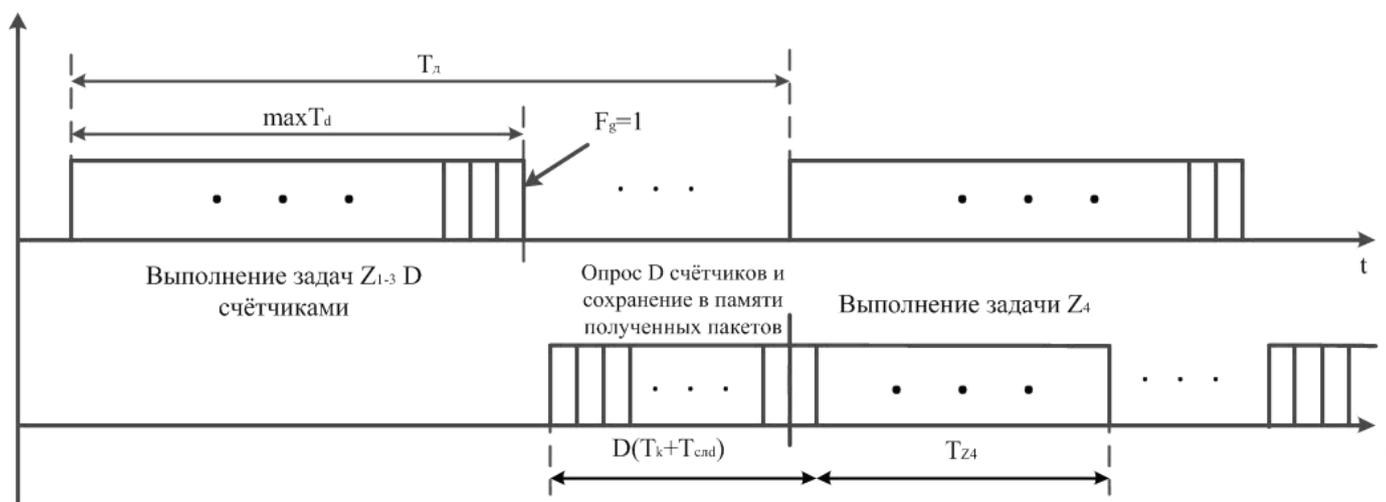


Рисунок 5. Обобщённая временная диаграмма циклического функционирования КМК

Суммарное время решения задач  $Z_{1-4}$  системой, можно определить так (1):

$$T_{S3} = \max_d T_d + \sum_{d=1}^D T_{cd} + T_{Z4}, \quad (1)$$

где  $T_{S3}$  – время решения всех задач  $Z_{1-4}$  для всех датчиков  $d=[1..D]$ ,  
 $T_{cd} = T_K + T_{cld}$  – суммарное время передачи данных по сетевому каналу.

### Выводы

Основной проблемой при реализации систем мониторинга энергопотребления и систем энергосбережения является проведение дорогостоящих монтажных работ по прокладке проводных линий связи и питания, установке датчиков и выключателей в уже существующие и функционирующие здания. Поэтому особое внимание уделяется проектированию систем и, соответственно, устройств с беспроводными технологиями связи и питания. Так же стоит отметить, что внедрение систем мониторинга энергопотребления полезно двум агентам: с одной стороны поставщик обладает всей необходимой ему информацией по каждому потреблённому ресурсу за определённый промежуток времени, с другой – повышается удобство в расчётах для потребителя.

### Перечень источников

- [1] Указ № 889 от 4 июня 2008 года «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».
- [2] Пьявченко О.Н. Распределение системы сбора и обработки информации датчиков динамических объектов. Известия ЮФУ. Технические науки. – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. №5(118). – С.9-15.
- [3] Пьявченко О.Н. Модули и конфигурации последовательных распределенных систем сбора и обработки информации датчиков. Труды Конгресса по интеллектуальным системам и информационным технологиям «IS&IT'11». Научное издание в 4-х томах. – М.:Физматлит, 2011. –Т.1. –С.541-549
- [4] Зори А.А., Клевцов С.И., Коренев В.Д., Пьявченко О.Н., Хламов М.Г. Информационно-измерительные системы. Применение интеллектуальных модулей, методов и средств повышения точности физических измерений: Монография. –Донецк: ДВНЗ «ДонНТУ», 2011. –206 с.
- [5] Петров Н.С. Модель кластера информационно-управляющей системы эффективного энергопотребления. Материалы Всероссийской научной конференции «Актуальные вопросы исследования общественных и технических систем» - часть 2 – Таганрог: Изд-во ТТИ ЮФУ, 2011. – С.50-53