

Профессор Г.В. Абрамов, аспирант И.В. Желтоухов
(Воронеж. гос. унив. инж. технол.) кафедра информационных технологий
моделирования и управления, тел. (473) 255-25-50

Анализ функционирования системы управления энергопотреблением

Разработана система управления энергопотреблением из отдельных модулей с взаимодействием через сеть Ethernet, позволяющая измерять качественные и количественные показатели работы сетевых протоколов обмена данными различного уровня, проводить мониторинг всех показателей в режиме реального времени.

A system for power management of individual modules with interaction via the Ethernet was developed. The system allows to measure the qualitative and quantitative performance of network communication protocols of different levels, monitor all indicators in real time

Ключевые слова: система автоматического управления, алгоритм, распределение времени доставки, энергопотребление, энергосбережение.

Энергосберегающие технологии в последнее время стали особенно востребованы. Для России вопросы энергосбережения имеют особую актуальность, поскольку по климатическим условиям затраты топлива на обеспечение населения теплом в России наиболее высоки.

Снижение энергоемкости процесса теплопотребления за счет совершенствования систем и алгоритмов управления может быть достигнуто на пути создания энергосберегающих систем автоматизированного и автоматического управления, оптимизирующих тепловые режимы зданий, что является одним из наиболее перспективных направлений развития систем управления [1].

В предлагаемой интеллектуальной системе автоматического управления из отдельных модулей с взаимодействием через сеть Ethernet отсутствует разделение устройств на простые и интеллектуальные - все устройства являются интеллектуальными, регулятор не является отдельным модулем, а его функции выполняет устройство управления. Такая структура дает возможность облегчить конфигурирование сети, уменьшить количество рассылаемых пакетов и уменьшить общую стоимость системы.

Работа между устройствами системы ведется только по IP-адресам, причем при включении системы широковещательные пакеты отправляются только датчиками при регистрации на устройстве мониторинга сети.

Перед началом работы датчикам присваиваются IP-адреса устройств, реализующих воздействие на объект управления, с которыми они будут работать, на самих же устройствах

управления находится информация о законе регулирования. Датчики в системе могут быть заменены в случае неисправности без участия сетевого администратора.

Для интеллектуальной системы автоматического управления были разработаны следующие алгоритмы действий:

- алгоритм подключения устройства управления;
- алгоритм подключения датчика;
- алгоритм обновления данных об устройствах;
- алгоритм проверки работоспособности системы.

Работа между устройствами системы ведется только по IP-адресам, причем при включении системы широковещательные пакеты отправляются только датчиками при регистрации на устройстве мониторинга сети.

Для проверки наличия устройства в сети используется протокол SNMP. Это позволяет получить информацию об устройстве, из которой в дальнейшем можно извлечь необходимые настроечные параметры, поэтому является предпочтительным в сравнении с протоколом ICMP, который позволит только обнаружить факт подключения устройства. Обновление данных об устройствах сети производится, например, в случае физического удаления одного устройства из системы, и последующего подключения другого с таким же идентификатором.

Возможны два алгоритма работы регулятора с датчиками: при получении пакета от второго датчика регулятор останавливает отправку пакетов текущим датчиком и начинает работать с новым, либо работает одновременно с несколькими датчиками, например, по среднему значению их показаний.

Предложенный способ построения системы автоматического управления позволяет:

- упростить конфигурирование сети в соответствии с хранением данных о законе управления на устройстве управления;
- уменьшить количество рассылаемых пакетов за счет того, что широковещательные пакеты отправляются только при регистрации на устройстве мониторинга сети, и работа между устройствами ведется только по IP-адресам без дополнительных идентификаторов;
- снизить стоимость системы за счет отсутствия в системе отдельного устройства регулятора.

Эта архитектура позволяет осуществить прозрачное взаимодействие с пользователем и устройствами системы при процессах мониторинга и управления. Предложенная архитектура системы управления может масштабироваться и расстояние между датчиком, устройством мониторинга сети и исполнительным механизмом может быть значительно. Поэтому на время доставки пакетов между датчиками, устройством мониторинга сети и исполнительным механизмом оказывают большое влияние пользовательские данные, которые могут передаваться в сети[2].

Был проведен анализ предложенной архитектуры системы автоматического управления энергопотреблением на примере экспериментального образца системы мониторинга и управления энергопотреблением (рисунок 1). Шкаф автоматического управления содержит в себе отладочные платы SK-MLPC1768/2387/2368 для преобразования сигнала от датчиков внутренней температуры, внешней температуры и температуры отопительного прибора в формат кадров Ethernet.. Экспериментальный образец системы представляет собой локальную вычислительную сеть на базе коммутатора Ethernet 100BASE-T.

Предложенный экспериментальный образец системы управления энергопотреблением позволяет изменять удаление датчиков от устройства мониторинга сети и исполнительных механизмов. Эксперименты проводились на примере многоэтажного здания, в котором в первом случае между устройствами в сети был один коммутатор, а во втором случае между устройствами в сети расстояние было увеличено до 6 коммутаторов. По результатам экспериментов были построены графические зависимости распределений времени доставки пакетов за определенные временные интервалы, где по оси y отмечалось количество пакетов, доставленных за определенный временной интервал, по оси x — временные интервалы, за которые были доставлены пакеты. В каждом эксперименте проводились испытания прохождения в сети 3 313 395 пакетов.



Рисунок 1 - Внешний вид экспериментального образца системы мониторинга и управления энергопотреблением: 1 – датчик внутренней температуры, 2 – электромагнитный преобразователь расхода, 3 – датчик температуры отопительного прибора, 4 – вычислитель количества теплоты ВКТ-2, 5 – шкаф автоматического управления

В случае, когда между датчиком и устройством управления находится один коммутатор (рисунок 2) из 3 313 395 пакетов были доставлены 3 296 637 пакетов, следовательно потери составили в этом случае 16 758 пакетов. По результатам экспериментов были получены графические характеристики распределений времени доставки пакетов, которые представлены на рисунке 3.



Рисунок 2 - Схема подключения в случае, когда между датчиком и устройством управления находится один коммутатор

В случае когда между датчиком и устройством управления находятся шесть коммутаторов (рисунок 4) из 3 313 395 пакетов были доставлены 3 229 605 пакетов, следовательно потери составили в этом случае 83 790 пакетов. По результатам экспериментов были получены графические характеристики распределений времени доставки пакетов, которые представлены на рисунке 5.



Рисунок 4 - Схема подключения в случае, когда между датчиком и устройством управления находятся шесть коммутаторов

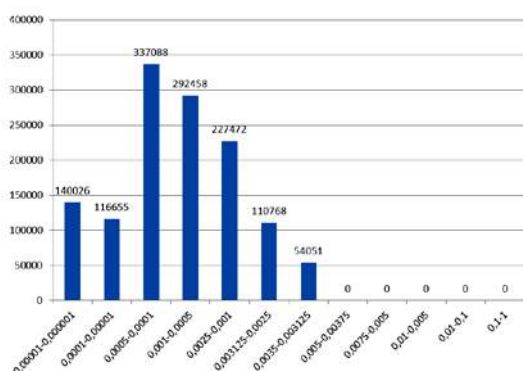


Рисунок 3 - Графическая зависимость распределения времени доставки пакета в случае, когда между датчиком и устройством управления находится

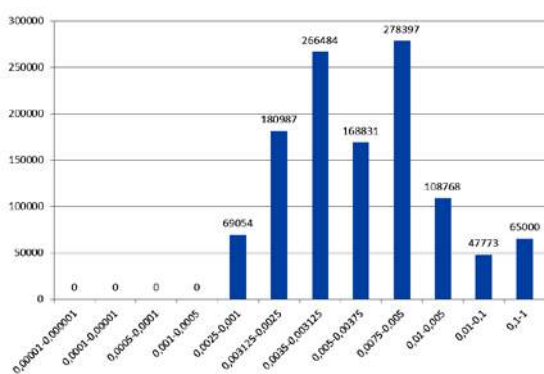


Рисунок 5 - Графическая зависимость распределения времени доставки пакета в случае, когда между датчиком и устройством управления находится

В результате анализа представленных статистических данных можно сделать выводы, что в случае, когда между датчиком и устройством управления находится один коммутатор (рисунок 2), математическое ожидание времени доставки пакета составляет 0,001228 сек. В случае когда между датчиком и устройством управления находятся шесть коммутаторов (рисунок 4) и без дополнительной нагрузки на коммутаторы, математическое ожидание времени доставки пакета составляет 0,007699 сек.

Бегаевым [3] получены данные среднего времени доставки пакета в сети с загрузкой канала в 1,5 мб/с, которая составляет 35 мс. Представленная система автоматического управления энергопотреблением была подключена в общую сеть здания. В представленном случае, когда пиковая нагрузка на коммутаторах доходила до 50 мб/с, математическое ожидание времени доставки пакета возросло до 0,0132 сек.

Созданный лабораторный образец системы позволил измерять качественные и количественные показатели работы сетевых протоколов обмена данными различного уровня, моделировать систему мониторинга и управления энергопотреблением, провести исследования в вычислительных сетях различного масштаба, создать различные условия в общей среде передачи данных, позволяя проводить мониторинг всех показателей в режиме реального времени.

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Абрамов, Г.В. Структура интеллектуальной системы автоматического управления [Текст] / Г.В. Абрамов, И.В. Желтоухов // Сборник научных трудов по материалам I международной научно-практической интернет-конференции «Моделирование энергоинформационных процессов». - Воронеж, 2012. - С. 21-24.

- 2 Абрамов, Г.В. Обоснованность использования стандарта Ethernet в промышленных распределенных системах управления [Текст] / Г.В. Абрамов, А.Е. Емельянов, А.Н. Рязанов, А.Л. Ивашин // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. – 2010. - № 6. - С. 27-30.

- 3 Бегаев, А. Д. Надежная доставка информационных потоков реального времени в IP-сетях [Текст] / А.Д. Бегаев // Первая миля. – 2011. - №4. - С. 14-17.

REFERENCES

- 1 Abramov, G.V. System structure of the automatic control [Text] / G.V. Abramov, I.V. Zheltouhov // Collection of scientific papers on the materials I International Scientific and Practical Internet Conference "Modeling Energy and processes". - Voronezh, 2012. - P. 21-24.

- 2 Abramov, G.V. The validity of the use of Ethernet in industrial distributed control systems [Text] / G.V. Abramov, A.E. Emelyanov, A.N. Ryazanov, A.L. Ivashin // FES: Finance. Economy. Strategy. - 2010. - № 6. - P. 27-30.

- 3 Bagaev, A.D. Reliable delivery information flows in real-time IP-based networks [Text] / A.D. Bagaev // The first mile. - 2011. - № 4. - P. 14-17.