

ПОДХОДЫ К СИНХРОНИЗАЦИИ ДАННЫХ ПРИ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОМ КОНТРОЛЕ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ МИКРОКЛИМАТОМ В КОММЕРЧЕСКИХ ЗДАНИЯХ

Тюков А.П.¹

¹ГОУ ВПО Волгоградский государственный технический университет, 400131, Россия, Волгоград, пр. Ленина, 28, e-mail: anton.tyukov@gmail.com

В статье предлагаются подходы к формированию информационного обмена данными между серверным и клиентским компонентами системы централизованного управления климат-контролем или HVAC-системами. Данная задача рассматривается в контексте решения проблемы оптимизации потребления электроэнергии HVAC-системами с использованием управления с прогнозирующими моделями, использующими прогноз погоды для формирования управляющих воздействий. Для обеспечения функционирования подобных систем необходимо обеспечивать бесперебойный и надежный обмен данными в режиме реального времени. Предлагаются следующие подходы к обмену данными: облачное хранилище данных, база данных, ftp, электронная почта и веб-сервисы. Подходы были протестированы на централизованной системе управления HVAC-системой, установленной в офисном здании и показаны результаты их применения. Рассмотренные методы синхронизации данных могут быть использованы клиент-серверных системах в другой предметной области.

Ключевые слова: HVAC, клиент-серверная, синхронизация данных, встраиваемый компьютер.

SYNCHRONIZATION OF DATA IN CENTRALIZED CLIMATE CONTROL SYSTEMS FOR COMMERCIAL BUILDINGS

Tyukov A.P.¹

¹*Volgograd State Technical University, 400131, Russia, Volgograd, Lenina av., 28, e-mail: anton.tyukov@gmail.com*

The paper proposes an approach to information exchange data between server and client components of the system of centralized climate control or HVAC-systems. This problem is developed to solve the problem of optimizing energy consumption of climate control system using predictive control models including weather forecast for formation of control actions. To ensure the functioning of such systems is necessary to perform smooth and reliable data exchange in real time between server and multiple clients. Offers approaches to data sharing: cloud storage data, database, ftp, email and web services. The approaches were tested on a centralized management system HVAC-system installed in an office building, and shows the results of its performance. The methods of data synchronization can be used in client-server system in other domains.

Keywords: HVAC, client-server, data synchronization, embedded computer

Введение

Системы контроля микроклимата (далее HVAC-системы) управляют климатическим оборудованием в здании для поддержания температуры в заданном интервале, комфортном для человека. Как правило, встраиваемые алгоритмы управления, входящие в состав HVAC-систем, основаны на анализе отклонения текущего значения от желаемого. Однако, используя алгоритмы управления с использованием прогнозирующих моделей, возможно оптимизировать управление HVAC-системами, что позволит сэкономить до 10 % электроэнергии здания [1–3]. Авторы предлагают установить клиент-серверное решение для оптимального управления HVAC-системой, состоящую из: 1) сервера, 2) клиентов, 3) системы синхронизации между ними [13]. Данная статья посвящена исследованию

возможностей синхронизации данных между сервером и клиентами для обеспечения надежности и бесперебойности обмена.

Архитектура централизованной системы управления

Общее описание. Для поддержания внутренней температуры в помещении на желаемом уровне T_{target} в здании устанавливается HVAC-система, контроллер, которой формирует управляющие сигналы компонентами HVAC-системы. Формально управляющее воздействие можно представить в виде функции:

$$U = (T_{target}, T_{int}, T_{ext}, Oh) \quad (1),$$

Где

T_{target} - целевая температура в помещении, T_{int} - температура внутри помещения, T_{ext} - температура вне здания, Oh - температура вне здания.

Для оптимизации алгоритмов управления будем использовать функцию средних потерь C , характеризующую потребление электроэнергии HVAC- системой:

$$C = f_1(U) \quad (2),$$

Для повышения эффективности управления HVAC-системы контроля климата используем алгоритм управления по прогнозированию с использованием прогноза погоды[12], представленный в виде:

$$U' = f(T_{target}, T_{int}, T_{ext}, T_f, Oh, E) \quad (3),$$

Где T_f - прогноз погоды, E - профиль потребления электроэнергии.

HVAC-системы не имеют возможности обновления алгоритмов блока управления HVAC и учета прогноза погоды, но он содержит информационные входы и может управляться внешними устройствами[5].

Для улучшения алгоритмов управления предлагается установка централизованной системы управления в виде клиент-серверного решения, реализующего алгоритм управления HVAC с использованием моделей прогнозирования погоды. Предлагаемое решение состоит из: 1) клиента, подключаемого к системе HVAC, 2) сервера, вырабатывающего прогноз, и 3) системы синхронизации между клиентом и сервером. Функциональная схема управления системой изображена на рисунке 1.

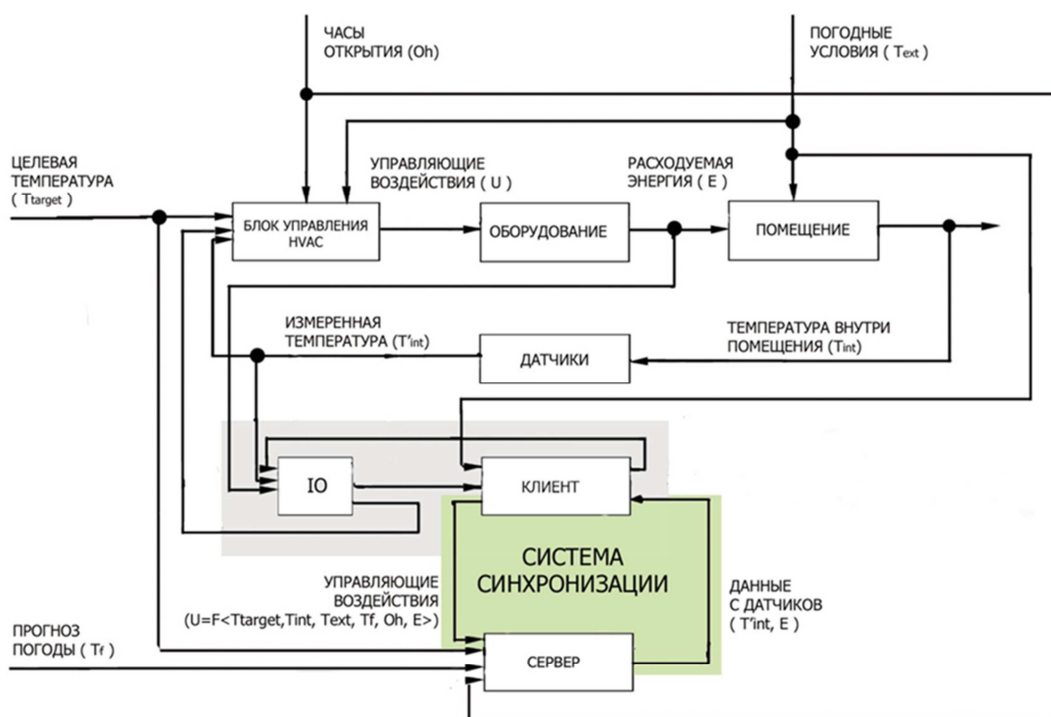


Рисунок 1. - Функциональная схема системы HVAC с установленным сервером.

Аппаратное обеспечение собирается из готового сертифицированного оборудования и управляется операционной системой общего назначения, поддерживающей программное обеспечение, разработанное на C# и Java.

Клиент. Основной функцией клиента является управление HVAC-системой с помощью управляющих сигналов U' , полученных от сервера.

Клиентом является mini-ITX персональный компьютер, управляемый операционной системой общего назначения. К клиенту подключается устройство ввода-вывода через интерфейсы USB, Ethernet, RS232 или RS485. Устройство ввода-вывода подключается к блоку управления HVAC и датчикам. Фотография клиента отображена на рисунке 2. Устройство ввода-вывода подключается к блоку управления HVAC-системой и датчикам.

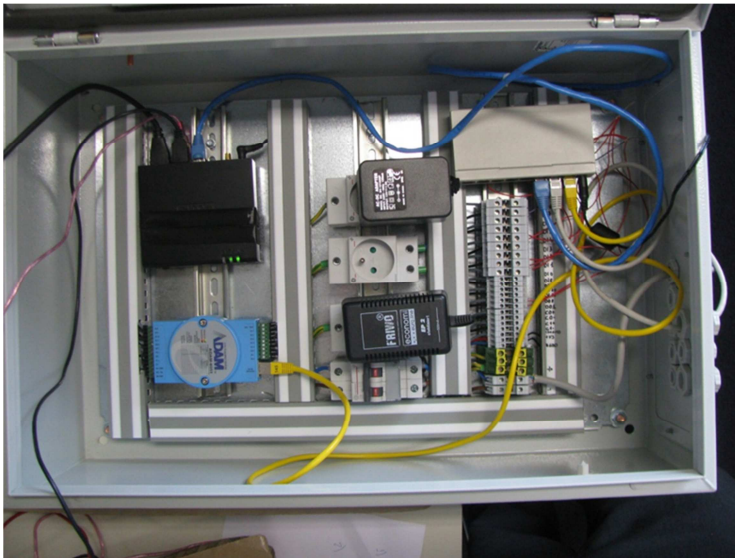


Рисунок 2. - Клиент.

Сервер. Основной функцией сервера является создание управляющих воздействий U' управления HVAC-системами на основе данных о целевой температуре T_{target} , расписании работы здания Oh , данных о температуре внутри помещения T_{int} , температуры с ближайшей погодной станции T_{ext} и прогноза погоды T_f [6].

Сервер выполняет следующие сервисные функции: 1) удаленная конфигурация устройств ввода-вывода, подключенных к клиентам, 2) обновление программного обеспечения и алгоритмов клиента, 3) отслеживание работоспособности подключенных к решению клиентов. Данные, создаваемые сервером, сохраняются в файле и доставляются клиентам через систему синхронизации[4].

Синхронизация данных. Требования. Для обеспечения работы алгоритмов, данные с сервера и клиента должны синхронизироваться в режиме реального времени. В статье проанализировано пять методов синхронизации по следующим пунктам:

1.Резервное копирование данных. В большинстве случаев достаточно создание ежедневной инкрементной копии базы данных, но иногда владельцы данных настаивают на сохранении исходных данных с датчиков.

2.Шифрование данных. Профили энергопотребления относятся к персональным данным и должны быть зашифрованы при передаче и хранении.

3.Резервируемые порты. Встроенный контроллер обычно устанавливается в сети с установленным брандмауэром, что может привести к проблемам при подключении клиента к интернету из-за закрытия необходимых портов. Порты HTTP и HTTPS открыты даже в сетях с высоким уровнем защиты.

4.Инициализация подключения. Подключение может быть синхронным или асинхронным. Подключения являются синхронными, если клиент должен первым инициализировать подключение. В данном случае клиент не имеет публичногоip-адреса, и все данные транслируется во внешнюю сеть через брандмауэр. Подключение является асинхронным, когда как клиент, так и сервер могут установить соединение. В данном случае клиент обязан обладать публичнымip-адресом.

5.Режим синхронизации. Обмен данными между сервером и клиентом может проходить по событию или расписанию. Под событием понимается появление файла с новыми данными. Синхронизация по расписанию используется для обновления данных через фиксированные интервалы времени.

6.Ведение журнала событий. Данная функция необходима для системного администратора, следящего за стабильностью системы передачи данных.

7. Пересылка файлов. Для обеспечения автоматического обновления программного обеспечения, клиенту необходимо иметь возможность скачивать исполняемые файлы.

Методы синхронизации. В статье рассмотрены пять методов синхронизации данных: 1) облачное хранилище данных, 2) базы данных, 3) FTP и 4) электронная почта, 5) веб-сервис.

Облачное хранилище данных.

Приложение облачного хранилища данных (ОХД) установлено как на сервере, так и на клиенте[7, 9].Процесс синхронизации данных состоит из следующих этапов:

Шаг 1.При появлении новых данных в папке, отслеживаемой программой синхронизации, запускается программа синхронизации с он-лайн хранилищем данных.

Шаг 2.Приложение ОХД на других компьютерах обновляет данные папки с он-лайн хранилища данных.

Шаг 3.Данные из новых файлов сохраняются в базу данных.

Синхронизация данных происходит сразу после размещения новых файлов в синхронизируемой папке. Исходные данные хранятся одновременно в трех местах: на встроенном компьютере, в облачном хранилище данных и на сервере. При удалении файлов в одном из источников данных, файл автоматически удаляется на всех, таким образом, система резервного копирования не защищена от случайного удаления данных.

Базы данных

Синхронизация между базой данных сервера и клиента может быть произведена с помощью:

- 1) встроенных в SQL сервер инструментов репликации данных[8];

- 2) набора методов, разработанных сторонними разработчиками[11];
- 3) хранимых процедур [10].

Синхронизация проводится следующим образом:

Шаг 1. Приложение синхронизации данных подключается к базе данных сервера.

Шаг 2. База данных клиента и сервера сканируется на наличие изменений.

Шаг 3. Данные обновляются как на клиенте, так и на сервере.

База данных клиента обладает идентичным набором таблиц, что и на локальном компьютере. Синхронизация производится через порт 1433. Резервирование данных проводится копированием компактной базы данных клиента на внешний носитель. Все события сохраняются в логе транзакций на сервере.

При обновлении программного обеспечения клиента необходимо использовать альтернативный метод синхронизации данных.

FTP

Передача данных от встроенного компьютера к серверу выполняется с помощью приложения, установленного на клиенте и передающим данные по FTP. Процесс передачи данных приложения управляется встроенными средствами FTP сервера. Синхронизация проводится следующим образом:

Шаг 1. Приложение отслеживает изменения в папке, в которой размещаются новые данные.

Шаг 2. При появлении новых данных, приложение устанавливает подключение по FTP для пересылки новых файлов и/или обновления файла конфигурации.

Шаг 3. На стороне FTP сервера, другая программа отслеживает изменения в папке и помещает данные из пришедших файлов в базу данных.

Данные синхронизируются с сервером по расписанию. Процесс передачи данных и протоколирование событий производится встроенными средствами FTP сервера. Приложение подключается к FTP серверу через 21 порт. Возможна организация безопасной передачи данных через протокол FTP сервера.

Данный метод синхронизации данных является единственно возможным в сетях GPRS сети класса Вили С.

Электронная почта

Синхронизация данных может быть произведена как с помощью локального, так и внешнего почтового сервера. Каждый раз, когда клиент или сервер получает новые данные, программа отправляет их на адрес электронной почты. Оттуда данные забираются всеми подписчиками. Синхронизация производится следующим образом:

Шаг 1. Приложение на клиенте/сервере получает данные из папки, в которой размещаются новые данные, отправляет их на почтовый сервер.

Шаг 2. Приложение на клиенте/сервере проверяет электронную почту и загружает новые данные в папку на сервере.

Шаг 3. Программа на сервере отслеживает изменения в папке, анализирует и размещает данные в базе данных.

Данные сохраняются в трех местах одновременно: на встроенном компьютере, в почтовом ящике и на сервере. Синхронизация проводится по расписанию. POP и SMTP порты могут быть заблокированы в подсети, где установлен клиент. Протоколирование событий может быть встроено в синхронизирующую программу.

Веб-сервис

Данные передаются от клиента к серверу с помощью веб-сервиса. На сервер должен быть установлен веб-сервер, например, Apache или IIS. На веб-сервер размещается веб-сервис, получающий информацию от клиентов. Синхронизация данных производится следующим образом:

Шаг 1. Приложение на клиенте проходит авторизацию на сервисе веб-сервера.

Шаг 2. Приложение клиента отправляет данные и получает от сервера, данные сохраняются в папке на сервере.

Шаг 3. Программа на сервере анализирует полученные данные и размещает их в базе данных.

Синхронизация может быть инициализирована только со стороны клиента. Шифрование данных может быть внедрено с помощью сторонних приложений, таких как TrueCrypt [14]. Журналирование событий производится веб-сервером.

ИССЛЕДОВАНИЯ

При сравнении методов синхронизации, описанных выше, авторами было выявлено, что синхронизация данных через облачное хранилище данных является наиболее подходящей для рассматриваемой задачи. Ниже перечислены обоснования такого выбора.

1. Шифрование. Он-лайн файловое хранилище содержит встроенную систему шифрования «на лету», что обеспечит безопасность пересылки данных.
2. Резервное копирование данных. Данные одновременно хранятся в трех местах: на сервере, клиенте и облачном файловом хранилище данных, что обеспечит сохранность данных при выходе из строя одного из элементов системы.
3. Резервируемые порты. Использование 80-го порта при передаче данных позволяет избежать проблем с блокированием портов на брандмауэре.

4. Режим передачи данных. Асинхронная передача данных позволит не только клиенту, но и серверу выступать инициатором подключения.
5. Триггер синхронизации. Синхронизация данных по событию позволит автоматически синхронизировать новые данные между сервером и клиентом, а не дожидаться запланированного времени синхронизации данных.
6. Журналирование событий позволит администратору контролировать возникающие сбои системы передачи данных.
7. Передача файлов. Возможность передачи данных позволит использовать он-лайн файловое хранилище данных так же и для обновления программного обеспечения.

Таблица 1 - сравнительная таблица методов синхронизации данных.

Метод	Облачное хранилище данных	Почта	FTP	Базы данных	Веб-сервис
Шифрование	+	+	+	+	-
Резервное копирование данных	+	+	-	-	-
Резервируемые порты	80, 443	957, 25, 110	21	1433	21
Режим передачи данных	асинхронный	Синхронный	синхронный	синхронный	синхронный
Триггер синхронизации	событие	Расписание	событие	событие	событие
Журналирование событий	+	-	+	+	-
Передача файлов.	+	+	+	-	-

Централизованная система, рассмотренная в статье, была внедрена в офисном здании в г. Эйндховен (Голландия). Клиент собирает данные об энергопотреблении, внутреннюю температуру с пяти разных зон комфорта здания. Так же система измеряет внутреннюю температуру. Клиент осуществляет поддержку алгоритмов контроля HVAC-системы через ModBus.

Заключение. В статье предложен метод повышения эффективности функционирования систем управления климата с помощью установки клиент-серверного решения, осуществляющей управление по прогнозированию. В статье представлена функциональная схема решения и проанализировано 5 методов синхронизации между сервером и клиентами. Выделен критерий надежности и проведена оценка решений по данному критерию.

Решение, установленное в офисном здании, сокращает ежемесячные расходы на энергию в среднем на 8 % в весенне-осенний сезон за счет использования системы прогнозирования погоды и оценки изменения температуры. Исследуемые методы синхронизации могут быть использованы в других предметных областях.

Список литературы

1. Камаев В. А., Щербаков М.В., Бребельс А. Интеллектуальные системы автоматизации управления энергосбережением // 2010. № 2. С. С. 227–231.
2. Камаев В. А. и др. Применение коннективистских систем для прогнозирования потребления электроэнергии в торговых центрах // 2010. № 31. С. 92-109.
3. Щербаков М.В. и др. Методика выявления потенциала энергосбережения на основе интеллектуального анализа данных // 2010. № 2. С. 51-55.
4. Anton Tyukov, Maxim Shcherbakov, Adriaan Brebels. Automatic two way synchronization between server and multiple clients for HVAC system. Ho Chi Minh City, Vietnam: iiWAS, 2011. С. 461-471.
5. Bemporad A., Morari M. Robust model predictive control: A survey // Robustness in identification and control. 1999. С. 207–226.
6. Crawley D.B. Which weather data should you use for energy simulations of commercial buildings? // Transactions-American Society Of Heating Refrigerating And Air Conditioning Engineers. 1998. Т. 104. С. 498–515.
7. John Doe. Online Backup Reviews- Online Data Backup, Remote Offsite File Storage, Small Businesses, Enterprises, Online File Backup, Online Backups Providers Directory [Электронный ресурс]. URL: <http://www.backupreview.info/> (дата обращения: 17.01.2012).
8. Kanter J.P., Scott K. Understanding thin-client/server computing. Microsoft Press, 1998.
9. Kevin Eklund. Ultimate Review List of Best Free Online Storage and Backup Application Services [Электронный ресурс]. URL: <http://tomuse.com/ultimate-review-list-of-best-free-online-storage-and-backup-application-services/> (дата обращения: 17.01.2012).
10. Lamahamedi Н. и др. Data replication strategies in grid environments // Algorithms and Architectures for Parallel Processing, 2002. Proceedings. Fifth International Conference on. , 2002. С. 378–383.
11. Microsoft Corporation. Using the MS Sync Framework // 2007.
12. Yasuo Utsumi, Ken Hatakeyama, Kazuyuki Kamimura. Feed-forward air-conditioning control using a weather forecasting data in school building in heating season // 12th Conference of

International Building Performance Simulation Association. Sydney, 2011.

13. Zavala V.M. и др. On-line economic optimization of energy systems using weather forecast information // Journal of Process Control. 2009. Т. 19. № 10. С. 1725–1736.

14. True Crypt - Free Open-Source Disk Encryption - Documentation [Электронный ресурс]. URL: <http://www.truecrypt.org/docs/> (дата обращения: 05.02.2012).

Рецензенты:

Фоменков Сергей Алексеевич, доктор технических наук, профессор кафедры САПР и ПК, ВолгГТУ, г.Волгоград.

Лукьянов Виктор Сергеевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой ЭВМ и систем ВолгГТУ, г.Волгоград.