

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ СИСТЕМ ТЕМПЕРАТУРНОГО КОНТРОЛЯ

Матяс А.Ю.

Алтайский государственный технический университет им. И.И. Ползунова
г. Барнаул

Хотя сегодня системы "умный дом" находятся на раннем этапе массового распространения, вопросы безопасности, охраны окружающей среды, экономии энергоресурсов и борьбы с глобальным потеплением заставляют людей по-новому взглянуть на такие системы. По мере разработки новых программ экологически оптимального строительства строители и владельцы недвижимости получают новые стимулы для внедрения "умных" технологий.

Общественное мнение, экономические факторы и политика государства - вот главные стимулы, которые побуждают строителей принимать дополнительные меры и вкладывать средства в интегрированные системы управления зданиями для повышения их энергетической эффективности. Грамотная политика государства и новаторские инициативы бизнеса приведут к появлению зданий, в которых интеллектуальные системы не только будут включать и выключать свет, но и существенно сократят эксплуатационные расходы, а, в конечном итоге, и стоимость владения имуществом. По мнению отраслевых аналитиков U.S. Green Building Council, Cisco Systems, The Hartman Co. [1], такие расходы достигают 80 процентов от совокупной стоимости здания за весь его жизненный цикл (включая расходы на строительство). При этом львиная доля таких затрат приходится на энергоснабжение.

Известно, что жизненный цикл здания составляет от 50 до 100 лет. За это время здание потребляет энергию и создает "углеводородный след". При этом 80 % расходов на эксплуатацию здания в течение его жизненного цикла падает на техническую поддержку и энергопотребление. Если бы новые офисные здания потребляли вдвое меньше энергии, то ежегодный выброс углекислоты в атмосферу снизился бы более чем на 6 млн тонн, что эквивалентно сокращению автопарка на 1 млн машин. По итогам проведенных этими же аналитиками исследований, в 2005 году строительная отрасль США потребила 40 квадриллионов BTU (1000 BTU/час $\approx$ 293 Вт) на сумму, превышающую 300 млрд долларов, и в США на долю офисных помещений

и жилых зданий приходится 39 процентов всей выделяемой углекислоты и 70 процентов потребляемой электроэнергии [2]. А КПД отдельных систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха вдвое ниже, чем у интегрированных систем.

Новые достижения в области микродатчиков ("умная пыль" – smart dust) и беспроводных mesh-коммуникаций создают возможности для интеллектуального использования IP-сетей в интересах зданий, их жильцов и владельцев. Тем не менее, несмотря на огромную потенциальную выгоду, "умные здания" остаются загадкой для большинства обывателей. Реалии строительного рынка заставляют его участников максимально сокращать капитальные затраты и вкладывать средства только в проверенные технологии и методы строительства [3,4]. Кроме того, хотя современные технологии действительно помогают интегрировать разные системы, интеграция всех без исключения систем, работающих в современном здании, представляет собой непростую задачу. Этот рынок до сих пор сильно фрагментирован, и на нем практически отсутствуют полные решения «под ключ». Именно поэтому, как считают эксперты, «строительная отрасль и владельцы недвижимости не спешат возводить "умные здания". Большинство компаний готовы к строительству интеллектуальных зданий, но хотелось бы, чтобы они действовали по-прежнему».

"Умным" может быть практически любое здание - от торгового центра до жилого дома и офисного небоскреба. У всех таких зданий есть одна общая черта: они "знают", что происходит в их стенах, и оптимально реагируют на происходящее. "Умные здания" автоматически управляют отоплением, кондиционированием, освещением и другими системами жизнеобеспечения. Кроме того, функции "умных зданий" можно использовать для укрепления безопасности, тушения пожаров и управления лифтовым хозяйством. По мнению Роулсона О'Нила Кинга (Rawlson O'Neil King), представителя Континентальной ассоциации автоматизированных зданий CABA (Cisco входит в состав ее совета директоров),

главное преимущество "умных зданий" состоит в интеграции: "Когда все системы общаются друг с другом, вы получаете более высокую эффективность" [2].

Цель настоящей работы – разработка новых концепций и идей, которые могли бы быть заложены в основу алгоритмов функционирования простых, компактных и дешевых устройств массового применения на основе современных средств микропроцессорной техники, способных работать как в составе сложных интеллектуальных систем типа «умный дом», так и автономно, в случае их применения индивидуальными пользователями, не имеющими достаточных средств для монтажа и развертывания полноценной интегральной системы.

Одним из путей практической реализации системы, позволяющей выявлять и минимизировать источники энергетических потерь, является применение интегрированной системы инфокоммуникаций на основе SCADA – технологии, широко используемой в современном обществе для решения задач автоматизированного мониторинга, контроля и управления различными производственными процессами [5-10]. В частности, подобная технология может быть использована и для решения более широкого спектра задач, связанных с обеспечением безопасности жизнедеятельности и оперативного контроля, учета и управления энергоресурсами [11,12]. При этом в качестве технических средств, непосредственно занимающихся температурным контролем и регулированием, можно использовать линейку терморегуляторов московской фирмы ОВЕН или новосибирской фирмы ЛАЙФ [13-15]. Как уже отмечалось в работе [12], основным недостатком используемых в [13-15] устройств является реализация ими простейших принципов PID – регулирования. Кроме того, устройства фирмы ОВЕН изначально ориентированы только на автономное применение, тогда как приборы фирмы ЛАЙФ рассчитаны на применение преимущественно в системах «Интеллектуальный дом», использующих для связи только сеть Ethernet. Существенно большие функциональные возможности предоставляют устройства, например, немецкой фирмы Viessman [16]. Такие устройства позволяют как через компьютер, так и с пульта автономного терморегулятора задавать суточный график поддержания температурного режима, учитывать температурные свойства зданий в виде фиксированного набора предустановленных типов, задавать

режим работы на выходные и праздничные дни и т.п. Тем не менее, и в основе его работы также заложен алгоритм PID – регулирования температуры с фиксированным набором параметров, выбираемых в процессе настройки системы из конечного множества фиксированных вариантов с учетом особенностей теплового режима автоматизируемого здания.

Однако, как показали проведенные в [12] исследования, методы PID – регулирования далеко не оптимальны при решении задач температурного регулирования. Во – первых, они крайне неустойчивы в воздействию различных случайных возмущений системы, обусловленных, например, процессом проветривания помещений. Еще хуже обстоит дело у систем на базе PID – регуляторов, когда меняются условия их функционирования. Причиной этому может послужить, например, изменение теплопроводности стен за счет замерзания в них влаги или конденсации пара в зимний период эксплуатации. Еще более ярко выраженные нарушения в работе PID – регулятора происходят при попадании в помещение через окно интенсивной солнечной радиации, либо при изменении теплового режима здания под воздействием изменения направления и скорости движения обтекающих стены здания воздушных масс. Ни один из известных на сегодняшний день PID – регуляторов не в состоянии справиться с подобными проблемами, поскольку даже в PID – регуляторах адаптивного типа их коэффициенты настраиваются одновременно во время первоначального запуска [15].

Поэтому, для решения подобной проблемы еще в [12] было предложено в качестве базовых алгоритмов терморегуляции использовать алгоритмы, основанные на методе поиска экстремума. Их суть заключается в том, что при изменении температуры в помещении пропорционально изменяется и интенсивность подвода тепла. Если выясняется, что в новом равновесном состоянии температура отличается от заданной в ту или иную сторону, достаточно соответствующим образом изменить данный коэффициент. Процесс подбора коэффициента можно производить, например, градиентным методом наискорейшего спуска, хотя и обычный метод последовательного уравнивания дает не худшие результаты. Для предложенного алгоритма с применением теории клеточных автоматов были проведены теоретические исследования и их последующая экспериментальная проверка. Проведенные иссле-

дования показали, что при сужении полосы колебаний температуры в помещении примерно в 1.5 раза величина энергопотребления системы уменьшается вплоть до 10%. В большинстве же реальных ситуаций, обусловленных значительными колебаниями наружной температуры воздуха, реальный выигрыш в энергопотреблении составляет 3-4% [12]. Здесь важно отметить, что, как показали результаты натурных испытаний системы, для повышения ее устойчивости в процесс уравнивания необходимо дополнительно вводить довольно существенную задержку, обусловленную инерционностью тепловых процессов, возникающих в стенах помещения при изменении тепловых режимов. Действительно, всем хорошо известно, что даже в самый сильный мороз, после проветривания комнаты температура в ней быстро приходит в норму без включения каких – либо дополнительных источников тепла. И наоборот, если помещение по каким – то причинам было сильно выстужено, нагреть его тепловентилятором можно достаточно быстро, но при выключении тепловентилятора температура так же быстро вернется почти в исходное состояние.

Дальнейший путь повышения эффективности работы систем терморегулирования следует искать в направлении применения для реализации алгоритмов дополнительной информации, поступающих в систему принятия решений извне из других подсистем системы «Умный дом», либо непосредственно с первичных измерительных преобразователей. В первую очередь, такой дополнительной информацией может служить информация о распределении температурных полей внутри помещения. Опять же, хорошо известно, что при проветривании помещения или возникновении сквозняков, перепад температуры по высоте комнаты существенно возрастает. Правильный учет динамики возникновения такого перепада и его продолжительности позволит выявлять аварийные и критические ситуации, обусловленные отключением централизованного теплоснабжения, нарушением целостности оконных проемов и систем вентиляции и т.д. Предварительные исследования показали, что для принятия правильного решения вполне достаточно установить в помещении один – два дополнительных датчика температуры.

Не меньшего эффекта при решении задач, связанных с температурным контролем и регулированием можно достичь, если в реализующих их алгоритмах учитывать величину

относительной влажности помещения. С одной стороны, повышенная влажность позволит выявить аварийную ситуацию, связанную, например, с протечкой батарей отопления. С другой стороны, человеческий организм по разному воспринимает одну и ту же температуру в зависимости от влажности помещения: повышение влажности как бы усиливает действие температуры. Холодный воздух воспринимается как еще более холодный, а теплый – как горячий и душный. Следовательно, учет влажности позволит, при объединении систем температурного контроля с системой вентиляции и кондиционирования, если и не понизить энергопотребление, то сделать температуру в помещении более комфортной для находящихся в нем людей.

Следующим шагом, направленным на дальнейшее развитие алгоритмических решений, является введение в систему информации как об уличной температуре, так и о направлении и скорости ветра. В сочетании с алгоритмами температурного мониторинга экстраполирующего типа такую информацию можно применить для своевременного упреждающего воздействия на изменение интенсивности подогрева помещения. Заблаговременное снижение подвода тепла при прекращении ветра с наветренной стороны позволит дополнительно снизить величину энергозатрат.

Однако, самым эффективным способом экономии энергоресурсов является применение в системах терморегулирования алгоритмов, обеспечивающих снижение температуры в помещении во время отсутствия в нем людей, или во время их сна в ночное время. Проведенный анализ показал, что одним из эффективных способов реализации таких алгоритмов является применение в них информации о текущей освещенности помещения. Действительно, алгоритмы, основанные на применении вводимых вручную температурных графиков, реализуемы только в сложных системах, имеющих встроенные часы реального времени, систему их коррекции и синхронизации, что не всегда удобно. Кроме того, в таких алгоритмах не исключаются ситуации, когда при изменении режима дня или работы (особенно эпизодического) введенный температурный график перестает соответствовать заданной уставке, либо же требует его соответствующей корректировки. А это, с учетом российского менталитета и субъективного фактора, делается далеко не всегда своевременно.

Наличие датчика освещенности позво-

ляет легко и просто решить данный вопрос. Во-первых, совершенно очевидно, что необходимость в подогреве помещения возникает преимущественно в зимнее время суток, когда продолжительность дня мала, и утром и вечером человек, находясь в комнате, включает свет. Во-вторых, в ночное время освещенность помещения гораздо ниже, чем днем, что позволяет, при наличии соответствующей статистической обработки, легко реализовать даже в автономной системе достаточно точную службу времени. В третьих, выключение света в вечернее время и его включение утром позволит системе, опять же с применением соответствующего статистического усреднения, установить границы времени, когда в помещении никого нет, либо когда в нем спят. Следовательно, уменьшать подвод тепла можно сразу же после скачкообразного уменьшения освещенности вечером (сигнал о том, что люди выключили свет и ушли или легли спать). Включать же его нужно заблаговременно до момента просыпания или прихода людей. Правильное применение в подобных алгоритмах соответствующих статистических методов и априорной информации позволит системе не только с высокой долей вероятности различать день и ночь, начало и конец рабочего дня, но даже и выходные дни! При желании в более дорогих реализациях систем их можно снабдить дополнительными ИК или радиоволновыми датчиками присутствия человека в помещении, хотя эффективность их применения невысока.

Еще один дополнительный выигрыш, связанный с включением фотодатчика в систему температурного мониторинга и регулирования, даст его применение для снижения энергопотребления в светлое время суток при попадании в помещение прямого солнечного света. Опять же хорошо известно, что интенсивность такого света на порядки превышает интенсивность искусственного или дневного рассеянного освещения и, следовательно, такая ситуация может легко идентифицироваться системой.

Рассматриваемые далее пути совершенствования алгоритмов функционирования напрямую не связаны с уменьшением энергозатрат, но, тем не менее, могут существенно уменьшить стоимость системы, либо расширить ее сервисные возможности.

Так например, по аналогии с решениями, используемыми для плавного регулирования света (диммерами) можно предложить вариант исполнения микроконтроллерного регу-

лятора температуры, управляемого всего лишь одной кнопкой и одним индикатором (среди прибористов даже ходит шутка о том, что самый хороший прибор – это тот, для управления которым достаточно одной кнопки – включения и выключения прибора). Во время регулирования интенсивность мерцания индикатора может косвенно информировать пользователя о требуемой величине температуры и о направлении изменения величины ее уставки: повышение интенсивности мерцания свидетельствует о том, что устанавливаемая температура повышается и наоборот. Ведь чаще всего, когда Вы подходите к электрообогревателю и поворачиваете ручку по часовой, либо против часовой стрелке, Вы даже не задумываетесь о том, какова же будет температура в помещении. Вы просто хотите сделать так, чтобы стало теплее, или попрохладнее. При этом направление изменения регулирования будет происходить всякий раз после любой паузы в нажатии кнопки, а для выключения обогревателя достаточно, например, ее двукратного быстрого нажатия. Столь простые действия легко запоминаются и быстро осваиваются. Опять же, в более дорогих вариантах исполнения устройства можно применить и полноценный ЖКИ – дисплей и даже клавиатуру.

Еще больший сервис и его перевод на качественно новый уровень можно обеспечить при подключении системы терморегулятора к домашней компьютерной сети и даже к сети Интернет.

С одной стороны, это позволит существенно упростить и удешевить процесс задания графика температурного регулирования, если в таковом все же останется необходимость. С другой стороны, для владельца помещения можно организовать доставку alarm – сообщений о возникновении критических или нештатных ситуаций на мобильный телефон средствами СМС – сообщений или через ICQ при наличии подключения GPRS. Можно также транслировать и температурные графики либо на мобильный телефон, либо же на соответствующий сайт. В частности, на сегодня авторами уже предложено решение, позволяющее передавать и хранить на сайте графики изменения температуры в контролируемом помещении с применением AJAX – технологии и завершается разработка модуля, основанного на применении Flash – технологии как более универсальной и пригодной для воспроизведения практически с любым видом браузера.

Выводы.

В данной работе предложен новый концептуальный подход к созданию алгоритмического обеспечения интеллектуальных контроллеров, предназначенных для решения задач температурного мониторинга и терморегулирования как в составе автоматической системы регулирования микроклимата, так и в автономном режиме. Суть этого подхода заключается в существенном расширении сервисных функций микроконтроллера, применении для обработки информации и принятия управляющих решений алгоритмов, основанных на теории адаптивных и оптимальных систем, классических методов поиска экстремумов, учете физиологических особенностей функционирования организма человека, а также на непосредственном и статистическом учете информации, получаемой контроллером извне с других подсистем, либо с подключенных прямо к нему дополнительных датчиков влажности, температуры и освещенности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Материалы электронных ресурсов www.cisco.ru/ и www.cisco.com/
2. Сетевые решения А-Z, 2008, №8 [Электронный ресурс]/Умные здания могут сократить потребление энергии. Режим доступа: <http://www.nestor.minsk.by/sr/2008/08/sr80807.html>. - Загл. с экрана. - Яз. рус.
3. Ливчак В.И. За оптимальное сочетание автоматизации регулирования подачи и учета тепла. [Текст] / АВОК, 1998, № 4. - С.44-50.
4. Степанов В.С. Резервы энергосбережения в системе отопления. [Текст] / Жилищное строительство, 1999, №10. - С.9-11.
5. Аристова Н.И. Промышленные программно-аппаратные средства на отечественном рынке АСУТП. [Текст] / Н.И. Аристова. - М.: НАУЧТЕХЛИТИЗДАТ, 2001. - 401 с.
6. Прохоров Н.Л. Управляющие вычислительные комплексы: учебное пособие. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Финансы и статистика, 2003. - 350с.
7. Мир компьютерной автоматизации [Текст]: научно-технич. журн. / учредитель «Некоммерческое партнёрство «БЕРА+». - 1995. - М.: Система-Пресс, 1999- .- Двухмес.1999, № 1-6. - 5000 экз.
8. Современные технологии автоматизации [Текст]: научно-технич. журн. - М. : СТА-ПРЕСС, 2005. - Трехмес. - ISSN 0206-975X. 2005, № 1-3. - 15000 экз.
9. Материалы электронного ресурса <http://www.adastra.ru>
10. Материалы электронного ресурса <http://www.asutp.ru>
11. Береговой В.И., Боровцов Е.Г., Сучкова Л.И., Хомутов О.И., Якунин А.Г. Интегрированная система инфо-коммуникаций и безопасности университета. [Текст]: Материалы Шестой международной научно-технической конференции. - Барнаул: АлтГТУ, 2005.-С.135.
12. Сучкова Л.И., Хомутов О.И., Якунин А.Г. Моделирование процессов тепломассопереноса для систем оперативного контроля и учета энергоресурсов. [Текст]: Инфокоммуникационные и телекоммуникационные системы и технологии / Под. ред. А.В. Бабкина, В.А.Кежаева: Труды международной конференции СПб.: Изд-во Политехн.ун-та, 2007.- с.402-407.
13. Байтингер Н.М., Бурцев В.В. Система оптимального теплоснабжения как пример реализации модели энергоэффективного здания в рамках концепции «Интеллектуальное здание»// Проектирование и строительство в Сибири, 2003, №3.-С.57-58.
14. Материалы электронного ресурса <http://www.sibinfo.net/life/index.html> Измеритель-регулятор микропроцессорный. Паспорт. ЗАО НПО «Лайф Новосибирск»
15. Материалы электронного ресурса <http://owen.ru>
16. Материалы электронного ресурса <http://www.viessmann.ru/>