**Разработка информационной системы интеллектуального здания на примере музея-усадьбы Н.Е. Жуковского**

Бондарьков Денис Петрович, средняя школа № 1275, 11 класс

**Введение**

Работа состоит из четырех разделов. В первом рассматривается концепция и определение интеллектуального здания. Во втором проводится анализ различных систем управления и применяемых протоколов взаимодействия устройств. В третьем разделе приведены описания двух проектов системы интеллектуального здания и рассмотрен вариант построения интегрированной системы интеллектуального здания на примере музея-усадьбы Н.Е. Жуковского. Четвертый раздел – заключение.

**1. Интеллектуальное здание и его концепция**

Необходимость появления интеллектуального здания

Любое здание (административное, производственное или жилое) состоит из некоторого набора подсистем, отвечающих за выполнение определенных функций, которые решают различные задачи в процессе функционирования этого здания. По мере усложнения этих подсистем и увеличения количества выполняемых ими функций, управление ими становилось все сложнее. Также стремительно росли расходы на содержание и обслуживание персонала, ремонт и обслуживание этих подсистем. Впервые эти проблемы встали при эксплуатации больших административных и производственных комплексов.

Если мы рассмотрим любое административное здание, то увидим, что в нем действуют все службы, являвшиеся ранее непременными атрибутами городского хозяйства. В таких зданиях обычно существует административная служба или администратор, которые используют или обслуживают эту систему практически круглосуточно. Хотя есть немало средств автоматики, которые сами справляются с возложенными на них задачами, такими, как отопление, вентиляция, поддержание микроклимата, освещение, пожарная сигнализация, дымоуничтожение, контроль входа/выхода и т.п., но управление и обслуживание всех этих систем требует наличие администрирующего персонала. Его обязанностью является контроль работы этих подсистем и принятие мер в случае выхода из строя. Но есть ситуации, когда даже действия квалифицированного персонала могут оказаться неэффективными. Это случаи возникновения угрозы зданию и находящимся в нем людям, имеющие глобальный характер – пожар и другие стихийные бедствия. В подобном случае необходимо быстро принимать экстраординарные меры. Реакция и правильность действий людей в критической ситуации может оказаться недостаточной. В таком случае необходимым становится вмешательство автоматизированной системы управления зданием.

Традиционные системы обеспечения различных аспектов жизнедеятельности в прошлом проектировались как автономные. Такие системы создавались отдельно для каждой функции и объединялись для произвольной части здания. В зданиях устанавливались системы только с теми возможностями и с той степенью сложности, которые были необходимы на текущий момент построения здания. Дальнейшее расширение и модернизация данных систем были сложными и дорогостоящими задачами из-за множества различных факторов.

Затраты на эксплуатацию такой системы складываются из затрат на эксплуатацию каждой автономной системы в отдельности и стоимости обучения персонала.

Стоимость эксплуатации этих систем высока – в силу их автономности каждая из них поддерживается отдельно. Стоимость обучения персонала столь же высока, поскольку операторы должны быть ознакомлены с каждой автономной системой.

Основные положения концепции интеллектуального здания

В настоящее время для комплексного решения вышеперечисленных проблем используется подход, называемый «Интеллектуальное здание». Интеллектуальное здание – не очень точный перевод английского термина «intelligent building». Под интеллектом в этом подходе понимается умение распознавать определенные ситуации и определенным образом на них реагировать. Вместе с тем, в соответствии с буквальным переводом с английского, ИЗ можно интерпретировать как «разумно построенное». В то же время здание должно быть спроектировано так, что все сервисы могли бы интегрироваться друг с другом с минимальными затратами (с точки зрения финансов, времени и трудоемкости), а их обслуживание было бы организовано оптимальным образом.

Концепция интеллектуального здания содержит в себе следующие положения:

Создание интегрированной системы управления зданием – системы с возможностью обеспечения комплексной работы всех инженерных систем здания: освещения, отопления, вентиляции, кондиционирования, водоснабжения, контроля доступа и многих других.

Передача функций контроля и принятий решений подсистемам интегрированной системы управления зданием. В эти подсистемы как раз и закладывается «интеллект» здания – то, как оно будет реагировать на изменение параметров датчиков системы и другие события типа чрезвычайных ситуаций.

Реализация механизма немедленного отключения и передачи при необходимости управления человеку любой подсистемой интеллектуального здания. Вместе с этим человеку должен предоставляться удобный и единообразный доступ к управлению и отображению всех подсистем и частей «Интеллектуального здания».

Обеспечение корректной работы отдельных подсистем в случае отказа общей управляющей системы или других частей системы.

Минимизация стоимости обслуживания и модернизации систем здания, что должно обеспечиваться применением общих стандартов в построении подсистем, автоматическое конфигурирование и обнаружение новых устройств и модулей при их добавлении в систему.

Наличие в здании проложенной коммуникационной среды для подключения к ней устройств и модулей систем. Наряду с этим возможность использования в качестве коммуникационной среды в системе управления различных типов физических каналов: слаботочные линии, силовые линии, радиоканал.

Технические возможности интеллектуального здания

Интеллектуальное здание имеет массу преимуществ перед неинтеллектуальным. Интегрированная система управления зданием позволяет владельцам здания создавать сколь угодно сложные и интеллектуальные процедуры функционирования этого здания, так как все исполнительные системы этого здания могут работать согласованно и совместно. Отсюда следует реализация множества ресурсосберегающих процедур, процедур контроля доступа и обеспечения безопасности здания, учета контроля практически всех параметров систем здания и оперативное реагирование на их критическое изменение, причем реакция является комплексной и мгновенной, процедур удаленного контроля и управления зданием, так как все информационные и управляющие каналы связи в такой системе являются цифровыми.

**2. Системы управления интеллектуальным зданием**

2.1. Рынок технологий систем управления интеллектуальным зданием

Системные решения и оборудование для систем автоматизации зданий представлены многими именитыми и не очень именитыми производителями. В этот перечень входят такие компании как Crestron, AMX, ABB, GIRA, SIEMENS, IBM, MARMITEK и многие другие. Все вышеперечисленные компании используют достаточно ограниченный ряд протоколов передачи команд и данных: EIB, CeBus, X10 и еще несколько, менее распространенных.

По перспективности развития систем автоматизации зданий в России сейчас видится три стандарта:

А. В сфере больших проектов лидирует шина EIB. Имеется также LonWorks, в России этим стандартом занимается лишь два - три инсталлятора, да и в Европе EIB не очень популярна. Хотя из серьезных протоколов LonWorks предпочтительнее, но стоимость реализации проекта на основе этого протокола огромна: стоимость лицензии превышает 250000$, стоимость вступления в ассоциацию EIBA - 50000$, стоимость программного обеспечения приблизительно равна 10000$. Но и EIB, и LonWorks лидируют только на рынке больших проектов, и лишь только в новостройках или при капитальном ремонте зданий, где вся электропроводка и инженерные коммуникации переделываются.

В. На рынке частных проектов (до 2000 кв.м.) перспективным видится CeBus – идеология понятна, реализовать можно систему любой сложности, протоколы открыты. Сигналы передаются по технологии SpreadSpectrum - система сама понимает где помехи, а где данные, сигнал является шумоподобным, так что зашумливать его дальше трудно. Управляющие сигналы на скорости 9600 надежно передаются, и включиться в передаваемую команду постороннему не получится. К тому же существуют переходники CeBus - Х10 и наоборот. Кроме того, протокол передачи управляющих команд CeBus планируют использовать основные производители бытовой электроники - Panasonic, Sony, JVC. Но спектр CeBus-продуктов очень узок, производителей оборудования, поддерживающих базовый протокол передачи команд, мало. Оборудование на 220В испытано только в Норвегии (для этой страны делает оборудование Emerald, Gateaway) и в Австралии.

С. В диапазоне частных и коммерческих проектов (до 1500 кв.м.) у X10 нет конкурентов по соотношению: цена - качество - диапазон представленного оборудования. Недаром свыше 5 миллионов объектов по всему миру оборудованы именно X10.

Из вышеперечисленного следует, что существует большое количество систем по управлению жилыми комплексами. Большинство из них предназначены для инсталляции во вновь строящиеся здания и сооружения. Это связано с тем, что для большинства из них требуется осуществить прокладку кабеля внутри здания и монтаж датчиков, исполнительных модулей и систем управления.

Моя задача усложнялась тем, что данный объект является историческим памятником, и любое проведение строительно-монтажных работ в нем абсолютно исключается.

После проведения анализа возможностей различных систем мой выбор остановился на стандарте X10 – стандарте, который позволяет автоматизировать управление различными системами дома (освещение, охрана, отопление) без прокладки дополнительных кабелей, а с использованием уже существующей электропроводки здания.

2.2. Описание системы управления интеллектуальным зданием по протоколу X10

Возможности протокола X10 по управлению освещением и электроприборами:

дистанционно с радио и инфракрасных пультов управления передать сигнал управления в сеть;

удаленно с помощью телефона и через Интернет;

по временным сценариям с помощью программируемых таймеров;

по датчикам освещенности, движения и температуры.

С точки зрения логики организации сети X10 все устройства можно разбить на две большие группы:

КОНТРОЛЛЕРЫ - отвечают за генерацию команд X10 и, помимо ручного кнопочного управления, могут иметь встроенный таймер или специализированное устройство ввода внешнего воздействия (датчик освещенности, фотоприемник инфракрасного излучения от пульта дистанционного управления и т.д.).

ИСПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МОДУЛИ - выполняют команды, передаваемые тем или иным контроллером, управляют коммутацией электропитания бытового или осветительного прибора, играя роль «умного» выключателя.

Исполнительные модули также можно разделить на два типа:

Ламповые модули (lamp module) - конструктивно представляют собой тиристорные регуляторы мощности. Они обеспечивают, помимо функций включения и выключения, плавную регулировку яркости свечения электроламп.

Приборные модули (appliance module) - оснащены электромагнитным реле для включения или переключения питания, и не предназначены для плавной регулировки подаваемой на нагрузку мощности.

С функциональной точки зрения сеть Х10 включает следующие компоненты:

Передатчики - позволяют передавать специальные коды команд в формате Х10 по электросети. Такими устройствами являются: преобразователь (трансивер) радиосигналов в Х10, программируемые таймеры, посылающие сигналы Х10 в нужное время; компьютерные модули и контроллеры типа « LEOPARD », выполняющие заданные программы по управлению электроприборами; датчики температуры, освещенности, движения и др., которые при наступлении определенных событий посылают X10 сигналы, по сети 220 вольт, приемникам.

Приемники - принимают команды Х10 и выполняют их: включают или выключают свет, регулируют освещенность и т.д. На каждом приемнике имеются селекторы установки его адреса: 16 возможных кодов дома (А - P) и 16 возможных кодов модуля (1-16), то есть всего 256 различных адресов. Несколько приемников могут иметь тот же адрес, в этом случае они управляются одновременно.

Трансиверы - принимают сигналы от инфракрасных или радио пультов дистанционного управления и передают их в электросеть, преобразовав в формат Х10.

Пульты ДУ - по радио или ИК каналам через трансиверы обеспечивают дистанционное управление устройствами Х10 по сети 220 вольт. Наиболее удобны универсальные, обучаемые пульты ДУ, с их помощью можно управлять как по радиоканалу, устройствами Х10, так и по ИК каналу, стандартной аудио/видео аппаратурой.

Линейное оборудование - повторители/ретрансляторы сигналов, фильтры скачков напряжения или тока, противопомеховые фильтры, блокираторы сигналов. Эти устройства используются для повышения надежности и безотказности системы в целом. Хотя в простых системах возможно достижение прекрасных результатов и без использования этих средств, но производители рекомендуют подстраховаться.

Измерительное оборудование - используется для измерения уровней полезных сигналов Х10 и помех в электросети при выполнении монтажных и пуско-наладочных работ.

2.3. Технология передачи сигналов Х10

Х10 - протокол взаимодействия передатчиков и приемников, путем передачи и приема сигналов по силовым линиям (бытовая сеть электропитания). Этими сигналами являются ВЧ - импульсы, которые кодируют цифровую информацию.

Импульсы представляют собой пакеты переменного напряжения амплитудой 5В, частотой 120 КГц и длительностью 1 мс, что определяет бинарную единицу (единичный бит); бинарный ноль - отсутствие импульса. Передача импульсов синхронизирована с переходом переменного тока через нулевой уровень в пределах 200мкс интервала.

Единичный бит передается в виде трех импульсов с интервалом 3,33 мс (для сети с частотой напряжения 50 Гц), которые соответствуют по времени, нулям трех фаз трехфазной электрической сети (рис.1).

Рис. 1.

Для передачи команды Х10 требуется одиннадцать циклов (периодов) силового напряжения. Первые два цикла передают стартовый код, cледующие четыре цикла представляют код дома (с А по Р) и последние пять циклов передают код прибора (с 1 по 16) или код функции (ВКЛ, ВЫКЛ и т.д.), т.е. ключевой код.

Этот полный код ( стартовый код + код дома + ключевой код) всегда передается дважды непрерывным блоком. Между блоками разных команд всегда должен быть перерыв в три цикла силового напряжения.

Исключением из этого правила являются блоки команд ЯРЧЕ/ТЕМНЕЕ, которые передаются последовательно (минимум два блока) без задержек (рис. 2).

Рис. 2.

Внутри каждого блока, код дома и ключевой код должны передаваться с дополняющими до единицы кодами в смежных полупериодах силового напряжения. Например, если единичный импульс передан в первой половине периода, то во второй не должно быть никакого сигнала (нулевой бит) (рис. 3).

Рис. 3.

Таблица (рис.4) показывает возможные значения кода дома и ключевого кода и их двоичные представления.

Рис. 4.

Стартовый код - это уникальный код, всегда равный 1110 и не имеющий дополняющих бит в смежных полупериодах, т.е. значащие биты передаются на каждый переход силового напряжения через нуль.

[1] HAIL запрос (запрос-приветствие) передается для нахождения передатчиков в зоне покрытия. Это позволяет выставить различные коды домов в случае получения ответа Hail Acknowledge.

[2] В коде функции Pre-Set Dim, бит D8 вместе с четырьмя битами кода дома составляет блок из 5 бит {D8H8H4H2H1}, определяющий абсолютный уровень диммера.

[3] Функция Extended Data (дополнительные данные) предшествует последовательности байт (8 бит) произвольной длины, которые представляют аналоговые данные после аналогово-цифрового преобразования.

Код функции и байты данных передаются непрерывно, без пауз. Первый байт данных может указывать на количество байт в последовательности. Если при передаче в последовательности байт допущены паузы, то модуль - приемник может выполнить ошибочную операцию.

Функция Extended Code эквивалентна Extended Data: последовательность байт (без пауз), которые представляют дополнительные коды. Это позволяет разработчикам использовать больше 256 имеющихся кодов.

Первые 16 из ключевых кодов определяют номер модуля, который в дальнейшем будет принимать и выполнять команды (ВКЛ, ВЫКЛ, ЯРЧЕ, ТЕМНЕЕ) до переопределения управляемого модуля.

Бит D16 называется «функциональным битом», если он равен 1, то передается функция, иначе код модуля.

2.4. Недостатки протокола Х10 и борьба с ними

Низкая скорость передачи информации

Передача импульсов синхронизирована с переходом через ноль напряжения электросети, например, команда «ВКЛ», содержащая 94 бита, займет 47 циклов силового напряжения или 0,94 сек. (почти секунда!). Но если после этого послать команду «ВЫКЛ» на этот же модуль, то она выполнится в два раза быстрее, т.к. не надо передавать код устройства.

Низкая помехозащищенность

X10 использует амплитудную модуляцию, поэтому помехи в электросети легко могут «забить» полезный сигнал.

Основные источники помех в электросети - электродвигатели (холодильник, стиральная машина, электродрель и т.п.) и приборы с тиристорными регуляторами (кроме устройств Х10).

Помехоподавляющие конденсаторы электробытовых приборов также могут фильтровать высокочастотный 120КГц сигнал X10.

Для преодоления проблем с помехозащищенностью необходимо соблюдать следующие рекомендации:

устанавливать фильтры (типа FD10) на вводе в объект;

все устройства, могущие создать помехи в электросети (электродвигатели; устройства, содержащие тиристорные регуляторы, кроме Х10) включать в сеть только через дополнительные фильтры (типа FM10);

по возможности избегать кратковременных (длительностью менее 20 сек) отключений напряжения электросети;

электросварочные и подобные работы производить от фаз, к которым не подключены устройства Х10.

Без выполнения этих рекомендаций сеть X10 тоже работать будет, но иногда возможны неожиданные неприятные эффекты.

Проблема ложного срабатывания

Ложные срабатывания от помех в электросети, вызванных бытовыми электроприборами маловероятны. Более вероятны ложные срабатывания, если, например, два устройства Х10 одновременно подают в электрическую сеть свои управляющие сигналы. Так как проблема «столкновений» в протоколе Х10 практически никак не решена, то такие ситуации возможны. Хотя вероятность таких коллизий и мала (длительность одной посылки управляющих сигналов порядка одной секунды), но ненулевая. Преодолеть эту проблему, не меняя сам протокол Х10, невозможно. Просто следует иметь в виду, что, когда в доме работают два или более передатчика управляющих сигналов Х10, такие ситуации возможны, и уменьшать их вероятность путем организационных, а не технических решений.

Отсутствие обратной связи приемника с передатчиком

В X10 нет сигналов квитирования (квитков), которые бы подтверждали принятие и исполнение приемниками команд от передатчиков. Хотя команды повторяются дважды, существует вероятность того, что если помехи электросети «съедят» сигнал, то ожидаемого действия не произойдет. В современных модулях существует возможность запрашивать статус модуля, тем самым контролировать выполнение команд.

Возможны конфликты устройств X10 разных производителей

Изначальное несовершенство протокола Х10 потребовало внесения в него различных дополнений. Одно из таких дополнений - extended codes (расширенные или дополнительные коды). В силу того, что каждый производитель разрабатывал эти коды самостоятельно, устройства разных фирм-изготовителей не всегда корректно ретранслируют и выполняют управляющие сигналы, передаваемые устройствами других фирм.

**3. Система управления интеллектуальным зданием на примере трех типов зданий: многоквартирное, офисное здание и музей-усадьба Н.Е. Жуковского**

Основываясь на предоставляемых сервисах, все аспекты управления инфраструктурой здания сводятся в единую систему, выполняющую многообразные целевые функции, в число которых входят:

пожарная сигнализация;

управление параметрами среды;

контроль доступа в здание;

сигнализация взлома;

управление лифтами;

телевизионное слежение;

регистрация времени пребывания;

управление освещением;

контроль использования электрической энергии;

отопление, вентиляция, поддержание микроклимата.

Кроме выполнения вышеперечисленных целевых функций на нее могут быть возложены и функции управления информационной инфрастуктурой:

контроль доступа к информации и управление безопасностью;

управление событиями;

отображение и поддержка бизнес-процессов;

автоматизированное управление хранением данных;

управление транспортом данных;

управление рассылкой отчетов;

управление проблемами;

управление сетью.

3.1. Система управления многоквартирным зданием

Такая система разделяется на автономные квартирные системы, которые обеспечивают минимальный набор возможностей ( контроль протечки воды, возгорания и проникновения). Описанная система представляет собой упрощенный вариант автономной внутриквартирной системы управления. Такой вариант предусматривает наличие человеческого фактора, то есть присутствие диспетчера, у которого имеется электронное табло, выдающее полную информацию о техническом состоянии каждой из квартир такого здания. Благодаря этому табло диспетчер всегда знает, дома ли хозяин квартиры, нет ли протечки воды, утечки газа, возгорания и пр. При возникновении внештатной ситуации внутриквартирная система управления:

1. Оповещает диспетчера.

2. Осуществляет дозвон по телефонным номерам, определенным хозяином для каждого случая.

3. Она может самостоятельно принять меры: при проникновении в квартиру включить сигнал тревоги, при протечке перекрыть подачу воды электромагнитными клапанами, при утечке газа – перекрыть его, включить вентиляцию и выключить электроэнергию.

Функции системы управления не ограничиваются контролем состояния квартир. В ее ведении находятся также общие помещения здания – холлы, лестницы, гараж и т.д. Она следит, чтобы в технологических помещениях не было протечек воды, контролирует загазованность в помещениях.

3.2. Система управления офисным зданием

Рассматривая систему управления для офиса, необходимо обеспечить в каждом из помещений (входная зона, переговорная комната, кабинет руководителя, зал секретарей, менеджеров и помещения бытового назначения) выполнение соответствующих функций системы управления.

Приведем пример конфигурации системы управления для офисного помещения на примере 2-х этажного торгового центра. Система управления в данной конфигурации обеспечивает выполнение следующих функций:

1. Контроль протечки воды.

2. Управление вентиляцией.

3. Управление освещением.

4. Управление с персонального компьютера.

Интересным образом решен вопрос освещения. Для всего пространства торгового зала достаточен один вид освещения, но при приближении покупателя к витрине включается дополнительная подсветка.

По желанию руководства торгового зала по датчикам движения будут включаться различные группы освещения. Управлять ими можно также с дистанционного пульта.

3.3. Система управления музеем-усадьбой Н.Е Жуковского

Рассмотрим минимальную конфигурацию системы, состоящую из датчиков движения, выключателей и диммеров, подключенных посредством стандартной электропроводки или радиоканала к контроллеру (блоку управления).

Данная система может функционировать как минимум в двух режимах:

1) Система безопасности (охранная система) в ночное время или в выходные дни.

2) Система контроля освещением в рабочее время

Рис.5. Радиус охвата датчика движения

Рис. 6.

Рис. 7.

Для корректного функционирования этой системы нам необходимо в каждом помещении разместить по датчику движения MS-13, имеющий следующую диаграмму направленности (рис. 5), так как этот датчик передает информацию по радиоканалу и имеет автономное питание, которого хватает на один год (используются стандартные алкалиновые батарейки). Он может быть установлен в любом месте помещения, в соответствии с требованиями охвата пространства.

Эти места показаны на схеме (рис. 6). При нарушении охраняемого контура датчик подает сигнал в систему. Может быть создано несколько сценариев дальнейших действий: от включения света в соседней комнате, что может отпугнуть потенциальных нарушителей, до включения тревоги (звуковая сирена PH7208 просто подключается к розетке).

В режиме же контроля освещения, тот же датчик движения может автоматически включать свет в этом помещении и после программируемого промежутка времени отключить его при отсутствии движения в заданном пространстве. Установленные выключатели AW-10 могут управляться не только автоматическими датчиками движения, но и переносными радиопультами, что повышает функциональность всей системы.

В дальнейшем данная конструкция системы может быть дополнена системой контроля отопления и влажности, которая, получив информацию с датчиков температуры, расположенных в разных частях дома, сможет оптимальным образом поддерживать нужный температурный режим. А это очень важно при работе с экспонатами.

Схема размещения датчиков температуры приведена на рис. 7. Как мы видим по схеме, нет необходимости установки датчиков в каждом отдельном помещении, так как комнаты сообщаются друг с другом, и, следовательно, температура в соседних помещениях будет приблизительно одинакова. Использование всего четырех датчиков ADI-000159 позволит контролировать температурный режим во всем доме.

В музее для отопления используется электрический котел, который может автоматически управляться выключателем HD245.

3.4. Экономические аспекты проекта.

Расчет экономии электричества в системе освещения и отопления

Для освещения первого и второго этажа усадьбы требуется 4.8 КВт/ч (сеть 220В). Допустим, что среднее потребление электроэнергии на одну комнату составляет 0,343 КВт/ч (всего 14 комнат). При проведении экскурсии люди, как правило, находятся в одной или двух комнатах, следовательно, освещение в других помещениях не требуется.

Если среднее время экскурсии занимает около двух часов, то экономия электроэнергии за период эксплуатации составит 8,23 КВт/ч или приблизительно 85%.

4,8КВт/ч \*2ч – 0,343КВт/ч \* 2комнаты \* 2ч = 8,23КВт/ч

Использование дневной и ночной схемы отопления с разницей температур в 5 градусов дает возможность экономии до 30% в зависимости от установленного отопительного оборудования.

**Заключение**

Исходя из приведенного анализа различных интеллектуальных систем управления зданиями и учитывая ограничения при инсталляции таких систем в музее-усадьбе можно сделать вывод, что системы, базирующиеся на протоколе X10, являются оптимальными для проектов такого рода.

Принимая во внимание низкую стоимость оборудования, простоту инсталляции, большую расширяемость и высокую экономическую эффективность, системы управления на базе протокола X10 можно смело рекомендовать для использования в проектах по автоматизации музейных сооружений или в помещениях, не имеющих возможности проведения дорогостоящих реконструкций или прокладки новых коммуникаций.