

## РАСПРЕДЕЛЕННАЯ УПРАВЛЯЮЩАЯ СЕТЕВАЯ ПЛАТФОРМА ДЛЯ ПОСТРОЕНИЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ ЗДАНИЙ

Д.А. Демченко, В.Б. Ланский, С.А. Третьяков (ООО НПКФ "ДЭЙТАМИКРО")

Рассматривается структура масштабируемой распределенной управляющей сетевой платформы DDCNP, ее логическая модель, назначение уровней и их сервисы, семейство спецификаций. Описывается основанный на данной платформе интеллектуальный масштабируемый комплекс обеспечения безопасности и автоматизации зданий – scalaBACS ([www.datamicro.ru/download/scalaBACS.html](http://www.datamicro.ru/download/scalaBACS.html)), состав его ПО и аппаратура.

### Введение

Современные здания, где мы проводим большую часть жизни, являются одним из трех главных "загрязнителей" нашей планеты, наряду с производством и автомобилями. Еще в 1995 г. за рубежом было озвучено [1], что все строения в мире в совокупности "съедают" 1/6 часть всей потребляемой человечеством пресной воды, 25% заготовленного леса, 40% произведенных материалов и электроэнергии. "Уменьшение" этих appetites и призвана выполнять доктрина (совсем не хочется называть это модной технологией) Smart Building (Intelligent Building) – Интеллектуальное Здание. За рубежом также часто используют термины: Green Building (Зеленое Здание) и Sustainable Building (экологически рациональное строение).

Зеленое здание подразумевает комплекс решений и мероприятий, которые в конечном итоге должны привести к созданию такого жилища, которое обеспечивает повышение качества жизни человека и формирование комфортных условий работы служащего, намного более эффективно расходует электроэнергию, воду и другие ресурсы, полностью убирает негативное воздействие на окружающую среду [2, 3].

Один из краеугольных постулатов для достижения поставленных задач – непременно использование единого интегрированного подхода и управляющей платформы, которая гарантирует, что здание спроектировано как один комплекс, а не собрание автономных систем. Только единая и обязательно масштабируемая платформа может обеспечить гибкое объединение и управление всех систем и подсистем функционально различных процессов и услуг (тепло-, холодо-, водо- и газоснабжение, вентиляция и канализация, электроснабжение и освещение, охранно-пожарная сигнализация, система контроля доступа в помещения и паркинг, видео и связь, диспетчеризация, мониторинг и управление, контроль состояния конструкции здания и еще многое другое, в общей сложности может входить до 70 систем), оперативно перенаправлять информационные и управляющие потоки данных внутри и за пределы строения, легко наращивать возможности развернутого комплекса.

### Платформа DDCNP

#### Все системы – единая платформа

Распределенная управляющая сетевая платформа DDCNP (Datamicro Distributed Control Network Platform) – это платформа, предназначенная для разработки сложных распределенных гетерогенных встраиваемых

систем мониторинга, контроля и управления. Изначально данная платформа разрабатывалась для систем автоматизации зданий (хотя ее применение не ограничено только этой областью). Такие системы обслуживают большое число помещений и различного оборудования, содержат множество датчиков и актуаторов, узлов и устройств, являются территориально-распределенными и, как следствие, реализуются при помощи нескольких сетевых технологий. Они характеризуются сложными алгоритмами взаимодействия различных подсистем и прикладных объектов, требуют наличия распределенных центров управления и мониторинга, применяют различные сетевые технологии и оборудование разных производителей.

Основные задачи, поставленные при проектировании DDCNP:

- создание единой платформы для разработки распределенных масштабируемых встраиваемых систем управления и мониторинга для различных сфер автоматизации;
- объединение различных сетевых технологий в рамках одной прикладной системы с возможностью будущего расширения за счет новых сетевых технологий, включая и беспроводные;
- обеспечение уровня представления системы с четким разграничением функций по уровням;
- обеспечение описания прикладной системы в терминах области автоматизации, независимое от применяемого оборудования и сетевых технологий;
- стандартизация механизмов описания и взаимодействия узлов и объектов прикладной системы.

#### Модель платформы

Логическая модель платформы DDCNP имеет уровневое представление (рис. 1) и включает два интерпретирующих среза прикладной системы или объекта: логический (объектовый) ALS (Application Logical Slice) и физический (аппаратурный) APS (Application Physical Slice).

Логический срез прикладной системы содержит только уровень распределенного приложения DAL (Distributed Application Layer), который представляет логические объекты, предназначенные для описания системы в терминах области приложения, независимо от применяемых для ее построения технологий и оборудования. На этом уровне определяются алгоритмы функционирования прикладной системы.

Физический срез прикладного объекта содержит три уровня. Уровень сенсорной сети SNL (Sensor Network Layer) представляет сенсорные узлы, предназначенные

для сбора и первичной обработки данных с датчиков и выдачу прямого управления на исполнительные механизмы. Уровень характеризуется большим числом узлов и применением различных сетей (в настоящее время LIN, RS-485, CAN), а также беспроводных сетей (ZigBee и технологии фирмы EnOcean).

*Уровень сети контроллеров CNL (Controller Network Layer)* представляет сетевые модули и устройства, предназначенные для сбора данных с сенсорных узлов, обработки критически важных процессов и управляющих алгоритмов. Уровень характеризуется сравнительно небольшим числом устройств и применением сетей CAN и Ethernet.

*Уровень сети станций WNL (Workstation Network Layer)* представляет рабочие станции и сервера, предназначенные для контроля, мониторинга и управления прикладной системой. Этот уровень отвечает за накопление и сохранение оперативной информации, поддержку всех информационных БД, конфигурирование и настройку целевой системы. Уровень характеризуется применением сетей Ethernet.

#### Уровень сети контроллеров. Протокол CANe

Базовой сетевой технологией, применяемой на уровне сети контроллеров и уровне распределенного приложения, является технология CAN [4] и основанный на ней высокоуровневый протокол CANe, предназначенный для сложных распределенных приложений. Последний работает на прикладном уровне семиуровневой эталонной модели взаимодействия открытых систем ISO/OSI.

На уровне сети контроллеров определено понятие *NAE (Network Area Entity)* – адресуемый объект контроллерной сети – узел сети, адресуемый 24-разрядным идентификатором NAE-ID. Тем самым, платформа поддерживает обслуживание на CNL уровне до 16777215 контроллеров. Узел сети описывается при помощи профиля – описание функциональности, свойств, атрибутов и других характеристик устройства.

На уровне сети контроллеров протокол CANe:

- обеспечивает возможность подключения сенсорных сетей, организуя иерархию сетей и связь с уровнем сенсорной сети платформы DDCNP. Обеспечивается поддержка различных сенсорных сетей и протоколов;

- описывает логические объекты, обслуживаемые сетевым узлом, обеспечивая связь с уровнем распределенного приложения.

Протокол CANe поддерживает слой управления сетью *NM (Network Management)*. Через использование сервисов NM осуществляется инициализация узлов, их запуск и остановка, охрана функционирования узлов, конфигурирование и настройка, а также загрузка прикладного ПО.

#### Коммуникационные объекты NM

- *Управление состояниями узлов.* Каждый узел сети может находиться в одном из предопределенных состояний (*INITIALIZATION, DISCONNECTED,*

*CONNECTED, OPERATIONAL*). Состояния служат для управления поведением узла в сети. Например, они обеспечивают развертывание системы или старт системы после подачи питания.

- *Управление охраной узлов.* Служат для определения неисправных узлов сети. Охрана узлов осуществляется через механизм сердцебиения – периодическая посылка сообщения "я живой".

- *Сетевые событийные объекты.* Служат для оповещения о событиях, происходящих в узлах и связанных с управлением сетью. С помощью сетевых событий обеспечивается идентификация "новых" узлов сети (только что подключенных, не входящих в конфигурацию системы узлов). Такие узлы периодически посылают специальные сообщения. Посредством сетевых событий происходит оповещение о запуске узла.

- *Объекты конфигурирования.* Внутренние объекты данных узла (например, коммуникационные параметры) в соответствии с CANe представляются в виде словаря объектов. Словарь объектов – это группировка объектов данных, доступных по сети в упорядоченном предопределенном режиме. Адресация объектов словаря осуществляется через индекс (16 разрядов) и субиндекс (8 разрядов). Для доступа к объектам словаря служат объекты конфигурирования. Посредством этих объектов осуществляется конфигурирование параметров узла и загрузки прикладного программного обеспечения.

Взаимодействие контроллеров осуществляется по одной из трех моделей: Master/Slave, Producer/Consumer, Client/Server.

#### Уровень сети станций

Рабочие станции и сервера объединяются посредством сети Ethernet и интегрируются в платформу DDCNP либо через шлюзы dmCANeNET фирмы "ДЭЙТАМИКРО" или CAN@net II фирмы IXXAT ([www.ixxat.de](http://www.ixxat.de)), либо посредством различных интерфейсных плат (PCI/CAN, ISA/CAN, PCMCIA/CAN, USB/CAN) фирмы IXXAT, которые поддерживаются единым универсальным VCI драйвером.

#### Уровень распределенного приложения

Одним из уровней DDCNP, поддерживаемым CANe, является уровень распределенного приложения, обеспечивающий описание системы в терминах

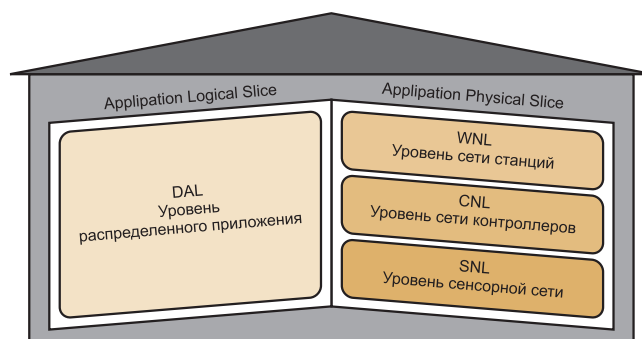


Рис. 1. Модель платформы DDCNP

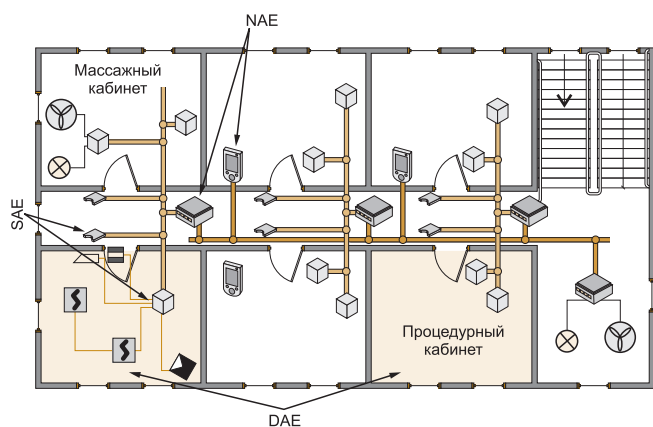


Рис. 2. Фрагмент системы автоматизации здания

области приложения, независимо от применяемых для ее построения технологий (независимо от сетей, узлов, устройств). То есть описывает алгоритмы функционирования прикладной системы.

Уровень определяет понятие *DAE (Distributed Application Entity)* – объект распределенного приложения (логический объект). Логический объект – это функциональность, описывающая алгоритмы поведения объектов прикладной системы. DAE идентифицируется 13-разрядным идентификатором DAE-ID. Тем самым платформа поддерживает обслуживание до 8191 объекта распределенного приложения.

Например (рис. 2), для системы контроля и управления доступом, в качестве логического объекта может выступать комната №105, в которую необходимо ограничивать доступ. Соответственно такой логический объект реализует алгоритм контроля доступа: если к считывателю приложена смарт-карта, ее код есть в списке разрешенных, и дверь закрыта (геркон в пассивном состоянии), то нужно отомкнуть электромагнитный замок.

CANe поддерживает слой управления логическими объектами – *DM (DAE Management)*. Через использование сервисов DM осуществляется взаимодействие логических объектов между собой.

#### Коммуникационные объекты DM

- *Событийные объекты данных.* В процессе функционирования логического объекта в нем могут происходить какие-либо события, о которых необходимо известить другие логические объекты. Например, активация охранного датчика в помещении при установленной охране приводит к выдаче сигнала тревоги, который должен быть принят и обработан службой охраны. События передаются широкоэвентально.

- *Командные объекты данных.* Внутренние объекты данных логического объекта представляются в виде словаря объектов. Словарь объектов – это группировка доступных объектов данных в упорядоченном предопределенном режиме. Адресация объектов словаря осуществляется через индекс (16 разрядов) и субиндекс (8 разрядов). Для доступа к объектам словаря служат командные объекты данных. Посредством этих объектов осуществляется управ-

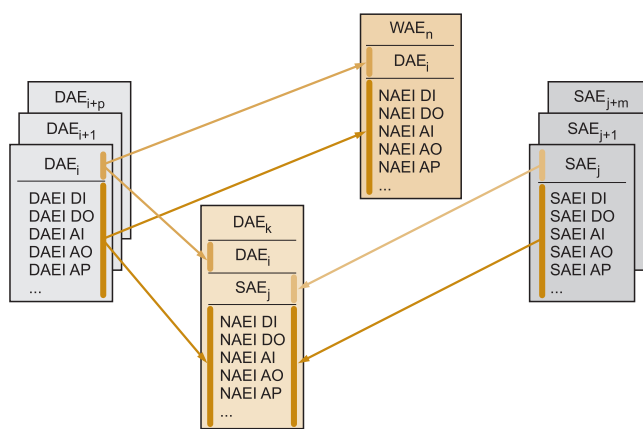


Рис. 3. Связь уровней DDCNP

ление логическими объектами, их конфигурирование и настройка.

- *Охранные объекты.* Служат для определения нефункционирующих логических объектов. Охрана осуществляется через механизм сердцебиения – периодическая посылка сообщения "функционирую".

Взаимодействие объектов осуществляется по одной из двух моделей: Producer/Consumer, Client/Server.

#### Элементы

Для представления датчиков и актуаторов в DDCNP определено понятие элементов (Item). В зависимости от уровня описания элементы делятся на физические (SAEI, NAEI, WAEI – элементы устройств соответственно сенсорного, контроллерного уровня и уровня станций) – датчики и актуаторы, подключаемые к узлам системы и представленные на уровнях сенсорной сети или сети контроллеров; и логические (DAEI – элементы объектов распределенного приложения) – датчики и актуаторы, представленные на уровне распределенного приложения.

Физические элементы определяют технические характеристики датчиков и актуаторов, способы их обработки и управления. Например, термометр как физический элемент может иметь следующие характеристики: напряжение питания – 24 В; тип выхода – аналоговый; диапазон выходного напряжения – 1...15 В.

Логические элементы определяют характеристики датчиков и актуаторов, важные с точки зрения прикладной системы. Логические элементы – это логическое представление физических элементов на уровне распределенного приложения. Термометр как логический элемент может иметь следующие характеристики: единица измерения – °С; диапазон значений – 0...125 °С; ошибки – обрыв, короткое замыкание.

Все множество элементов разбивается на классы: *DI (Digital Input)* – переключатели, концевики и т. д.; *DO (Digital Output)* – приводы, электромеханические замки и др.; *AI (Analog Input)* – термометры, датчики давления и др.; *AO (Analog Output)* – приводы и др.; *AP (Access Point)* – считыватели смарт-карт, таблеток iButton; другие классы элементов.

**Связь уровней DDCNP**

Прикладная система (здание), реализуемая на платформе DDCNP, делится на *физическое представление* — это множество всех узлов, объединенных сетью, и датчиков и актуаторов, подключенных к этим узлам (физические элементы) и *логическое представление* — это множество всех логических объектов и логических элементов. Причем один узел (уровня сети контроллеров) может обслуживать несколько логических объектов.

Для функционирования (получения информации и доступа к элементам на уровне распределенного приложения) системы необходимо связать (замаппировать) физическое и логическое представления (рис. 3). Связь осуществляется путем указания адресов логических объектов для множества объектов, обслуживаемых узлом сети и указания логических адресов для физических элементов.

**Семейство спецификаций**

Чтобы разнообразные сенсорные и контроллерные устройства и рабочие станции, а также все логические объекты могли "видеть" друг друга и адекватно управлять всеми элементами прикладной системы, разработан набор спецификаций dmDS-xxxx, который включает как сами коммуникационные профили всех уровней (в том числе уровень распределенного

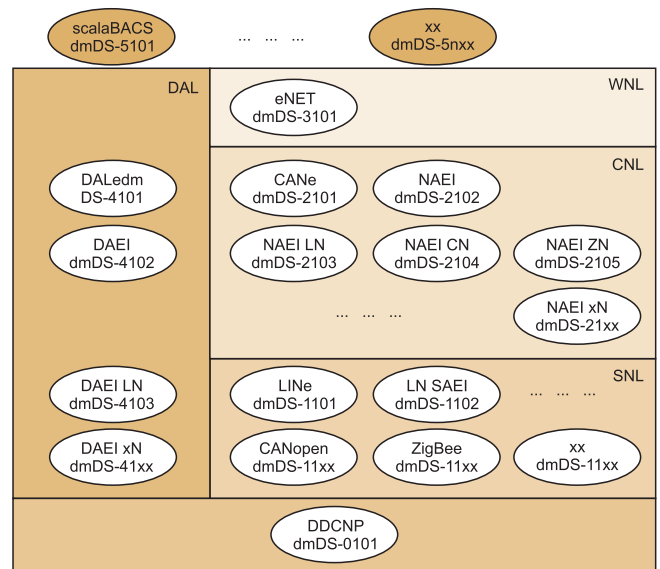


Рис. 4. Спецификации DDCNP

приложения), так и набор профилей элементов и сенсорных сетей (рис. 4). При добавлении в платформу DDCNP и поддержки новых сенсорных сетей и полевых шин этот набор будет постоянно расширяться.

На основе DDCNP реализован масштабируемый комплекс обеспечения безопасности и автоматизации зданий scalaBACS (рис. 5).

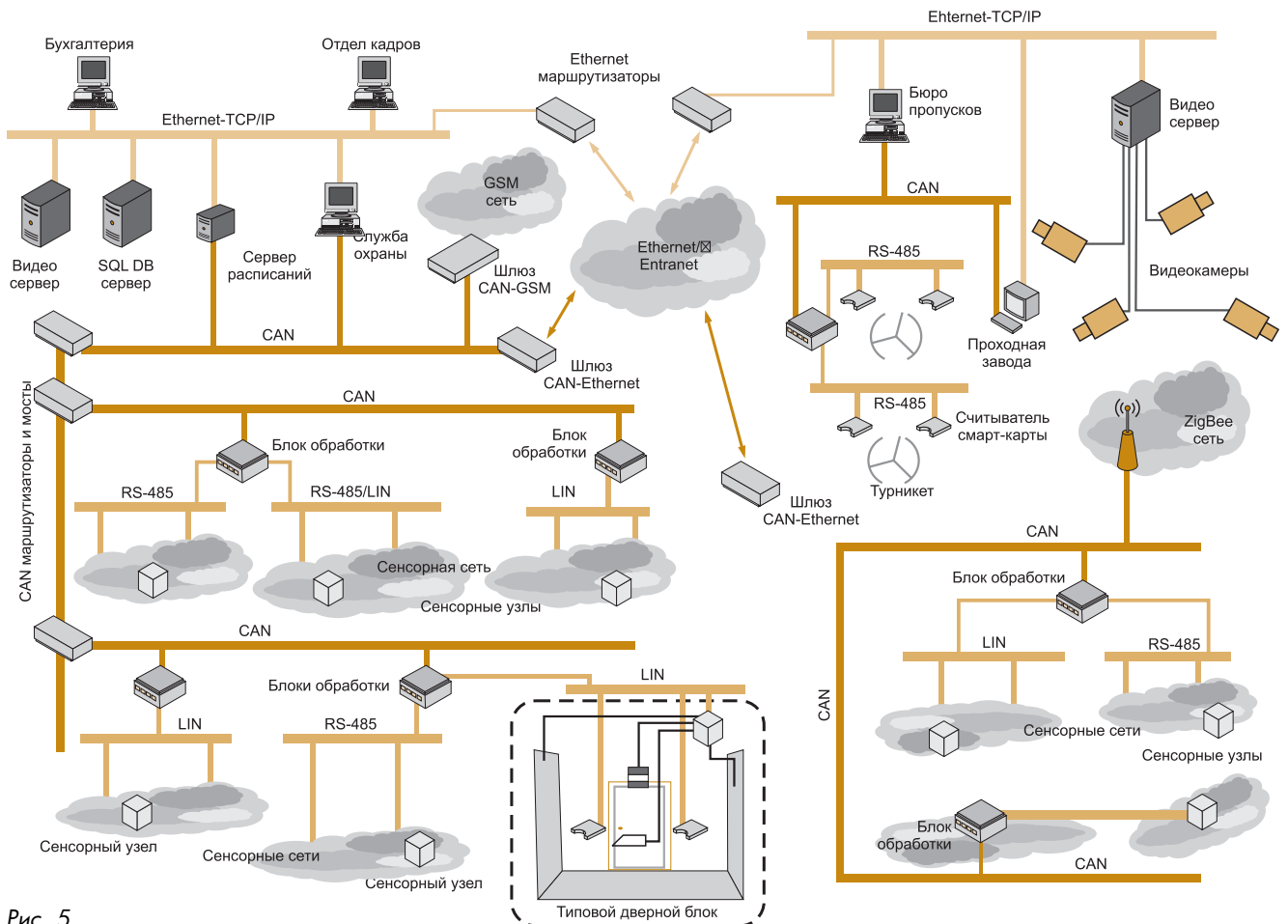


Рис. 5

**scalaBACS**

scalaBACS (scalable Building Automation & Control System) – это интеллектуальный масштабируемый сетевой программно-аппаратный комплекс, разработанный НПБКФ "ДЭЙТАМИКРО" и предназначенный для обеспечения безопасности, жизнеобеспечения и автоматизации различных типов зданий.

Цель комплекса – повышение безопасности, улучшение качества обслуживания и увеличение объема предоставляемого сервиса для проживающих, гостей и персонала, эффективное расходование энерго- и других ресурсов, минимизация воздействия на окружающую среду.

Комплекс scalaBACS включает следующие подсистемы – scalaBACS.xx, где xx – одна из систем: охранной (IAS), пожарной (FAS) или охранно-пожарной сигнализации (IFAS); контроля и управления доступом (ACS); блокирования сотовой связи (CCBS); SMS оповещения и управления (SNCS); учета рабочего времени (TAS); управления освещением (LCS); инициации общей тревоги (AIS); распределения информации (IDS); видеонаблюдения (VCS); управления электронагрузкой (ELMS); единого точного времени (система часофикации) (TMS); контроля и управления доступом по расписанию (SACS); вызова помощи (персонала) (HCS).

По мере разработки новых устройств и при необходимости прикладного компьютерного ПО этот список будет только расширяться. В настоящее время заканчивается отладка блока доступа по отпечатку пальца dmFPReader и системы доступа по отпечатку пальца – scalaBACS.BioACS, а также отладка системы управления микроклиматом (ICCS), системы контроля обхода территории (DCS) и ряда других систем.

**Аппаратные средства scalaBACS**

Аппаратная составляющая scalaBACS Hardware Suite комплекса scalaBACS подразделяется на две группы в соответствии с функциональностью и поддерживаемыми сетевыми протоколами.

**Устройства уровня сенсорной сети**

dmSCReader<sup>CRLU</sup> – считыватель бесконтактных EM-Marin смарт-карт (125 кГц), выпускаемый с интерфейсами CAN<sup>C</sup>, RS-485<sup>R</sup>, LIN<sup>L</sup> и USB<sup>U</sup>.

dmIU-DI8·DO2/1/0<sup>RL</sup> – интерфейсный модуль, 8 дискретных входов, 2/1/0 силовых выходов.

dmIU-DI16·DO4/2/0<sup>RLC</sup> – интерфейсный модуль, 16 входов и 4/2/0 выходов.

dmiBReader<sup>RLC</sup> – считыватель iButton таблеток (Dallas Semiconductor).

dmTurnstile2CU<sup>RL</sup> – блок управления одним или двумя турникетами.

dmIM-DI1·DO1<sup>RL</sup> – интерфейсный модуль с одним универсальным входом (режим "сухой контакт" и токовый) и одним силовым выходом. Бескорпусное и корпусное исполнение.

dmLockR<sup>LC</sup> – узел "Кнопка блокировки" и др.

**Устройства уровня сети контроллеров**

dmDataPU<sup>C</sup> – блок обработки данных, предназначенный для опроса двух сенсорных сетей с интерфей-

сом RS-485 или LIN, обработки данных и обмена информацией по CAN шине.

dmConsole-G<sup>C</sup> – терминал пользователя с графическим экраном 128 64, предназначенный для отображения и сброса возникающих тревог, управления состоянием охраняемых помещений и оперативного управления системами комплекса. Выполняет функции терминала различных служб (служба охраны, служба горничных, портье).

dmConsole-TT<sup>C</sup> – терминал пользователя с TouchScreen TFT экраном, предназначенный для отображения различной сервисной и персональной информации, взаимодействия между службами комплекса и проживающими, гостями, персоналом.

dmSignalCUR<sup>LC</sup> – блок управления сигнализацией, управляющий тревожными оповещателями.

dmCANbrouter<sup>CC</sup> – мост и маршрутизатор, предназначенный для организации шлюза между сетями CAN.

dmCANserver<sup>C</sup> – сервер данных, предназначенный для хранения и оперативной обработки больших объемов данных. Например, для хранения расписаний доступа по всем помещениям и сотрудникам объекта и проверки соответствия этим расписаниям при авторизации; и др.

**Программные средства scalaBACS**

Распределенная сетевая архитектура аппаратной части комплекса scalaBACS требует распределенного и модульного ПО. Программный комплект scalaBACS Software Suite комплекса scalaBACS включает:

- системное ПО: scalaBACS Control Center – управление остальными программами комплекса, организация взаимодействия с аппаратурой комплекса scalaBACS; scalaBACS Data Logger – получение событий от аппаратуры комплекса scalaBACS, создание и сопровождение базы событий;

- программы пользователя: scalaBACS Visualizer (отображение состояния объектов работающей системы, возникающих событий и тревог, отображения тревог на планах, управления объектами системы); scalaBACS Reporter (формирование отчетов о событиях и тревогах, произошедших в комплексе, и получение разнообразной статистической информации); scalaBACS Personnel/Guest (создание и сопровождение базы данных персонала/гостей учреждения, управление выданными персоналу/гостям электронными средствами доступа) и др.;

- инженерные программы – scalaBACS Configurator (конфигурирование, настройка, развертывание, тестирование и диагностика аппаратной части комплекса scalaBACS);

- программы разработчика-инсталлятора: scalaBACS Integrator (проектирование аппаратной и логической структуры комплекса, отображение (маппирование) логической структуры на аппаратную); scalaBACS Layout (создание и редактирование планов этажей, отображаемых в программном модуле scalaBACS

Visualizer); scalaBACS EDS Editor – создание и сопровождение единой базы описаний физических объектов (устройств) и логических объектов (объектов распределенного приложения), используемых для построения проектов комплекса scalaBACS.

#### Векторы развития

По своей функциональной мощности, аппаратному обеспечению и набору прикладных и системных программ платформа DDCNP и комплекс scalaBACS весьма близки к продуктам известных мировых производителей. Чтобы соответствовать такому уровню, описанная платформа и комплекс развивается по трем главным направлениям.

**Открытые протоколы.** Согласно Frost&Sullivan и [5] в системах автоматизации зданий доля устройств на базе BACnet составляет 23%, LonWorks – 6%, TCP/IP – 1% (данные 2004 г.), а на базе "фирменных" протоколов – 68%. Для возможности интегрирования в scalaBACS оборудования других производителей, поддерживающих BACnet и LonWorks технологии, разрабатываются шлюзы dmCANeBAC и dmCANeLon. Не забыты также EIB, C-Bus и "родной" CANopen [4].

**Беспроводные сети.** Платформа DDCNP и комплекс scalaBACS на сенсорном уровне будут активно

*Демченко Дмитрий Александрович – нач. отдела встраиваемых технологий,  
Ланский Владимир Борисович – директор департамента информационных технологий,  
Третьяков Сергей Александрович – ген. директор ООО НПКФ "ДЭЙТАМИКРО".*

*Контактный телефон (8634) 310-990. E-mail: info@datamicro.ru, www.datamicro.ru, www.datamicro.biz*

## ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ ПРИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ЗДАНИЙ

**Н.Г. Махмутов (МГУ), Ю.П. Страшун (ОАО "ИНЭУМ")**

*Рассматривается класс конфигурируемых контроллеров, применяемых в составе систем автоматизации и управления зданиями. На примере автоматизации конкретного узла управления системой отопления показана эффективность использования конфигурируемого контроллера. Рассматриваются варианты развития программно-алгоритмического обеспечения конфигурируемых контроллеров для улучшения их эксплуатационных качеств.*

Вопрос оптимального расходования энергетических ресурсов является одним из наиболее актуальных при построении систем автоматизации и управления зданиями (САиУЗ). Накапливается опыт проектирования, создания и эксплуатации энергоэффективных инженерных систем, и этот опыт находит отражение в стандартах и нормативных документах [1]. Новые энергоэффективные технологии непрерывно вносят свой вклад в совершенствование инженерных систем зданий. Это касается как вновь создающихся систем, так и уже существующих.

Для реализации функций управления инженерным оборудованием зданий сейчас все чаще выступает не человек, а беспристрастный автомат, следящий за параметрами системы и реализующий энергоэффективные алгоритмы управления. Высокая надежность, быстродействие, вычислительная мощность современных средств автоматизации позволяет контролировать огромное число параметров инженерного оборудования и добиваться не только высокой эф-

фективности в применении энергосберегающих технологий, но и предупреждать аварийные ситуации.

использовать беспроводные технологии и, в первую очередь, ZigBee/IEEE 802.15.4 и технологию фирмы EnOcean. Также повышенное внимание вызывает UWB/IEEE 802.15.4a.

#### Список литературы

1. Roodman D.M., and Lenssen N. A building revolution: How ecology and health concerns are transforming construction. World Watch Paper #124, 1995, World Watch Institute, Washington, D.C., [www.worldwatch.org/node/866](http://www.worldwatch.org/node/866), [http://ecolodgical.yourhomeplanet.com/index\\_statistics.php#building\\_impacts](http://ecolodgical.yourhomeplanet.com/index_statistics.php#building_impacts)
2. Sustainable Building Technical Manual: Green Building Design, Construction, and Operations. Public Technology Inc., US Green Building Council. 1996. [www.smartcommunities.ncat.org/pdf/sbt.pdf](http://www.smartcommunities.ncat.org/pdf/sbt.pdf)
3. Charles Heaps, Eric Kemp-Benedict, Paul Raskin. Conventional Worlds: Technical Description of Bending the Curve Scenarios. PoleStar Series Report no. 9. 1998. Stockholm Environment Institute, Stockholm, [www.sei.se/download/seib/btctech.pdf](http://www.sei.se/download/seib/btctech.pdf).
4. CAN in Automation (CiA). [www.can-cia.org](http://www.can-cia.org)
5. Чернобровцев А. Интеллектуальные здания: стандартизация и безопасность // Computerworld Россия. 2004. № 23.

эффективности в применении энергосберегающих технологий, но и предупреждать аварийные ситуации.

Внедрение энергоэффективных технологий в существующие системы, как правило, связано с изменением либо инженерного оборудования, либо алгоритмов работы САиУЗ и, как правило, требует от САиУЗ контроля дополнительных параметров (например, солнечной активности или заполненности помещения), управления дополнительным оборудованием (например, рекуперативной установкой) и отработки специальных режимов (таких, как ночная экономия, утренний натоп и т.п.). Чаще всего необходимость в изменении алгоритмов управления САиУЗ возникает при проведении реконструкции инженерного оборудования, перепрофилировании помещений, а также введении новых правил и норм обеспечения энергоэффективности.

Как следует из [2], конфигурируемые контроллеры весьма удобны для применения в САиУЗ, так