

РАЗРАБОТКА ПРИКЛАДНОГО ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ ПО СТАНДАРТУ IEC 61499

Федотов А.Д.

Томский политехнический университет, Инженерная школа информационных технологий и робототехники, 8ТМ22, e-mail: adf6@tpu.ru

Аннотация

В статье рассматривается применение стандарта IEC 61499, приводятся его недостатки и преимущества в сравнении с более популярным стандартом МЭК 61131-3. Также описываются требования к разрабатываемой распределенной системе управления для исследования надежности, процесса перераспределения нагрузки в распределенных системах на основе IEC 61499.

Ключевые слова: IEC 61499, МЭК 61131-3, распределенные системы управления, надежность, методы проектирования.

Введение

В настоящее время ведущим стандартом для разработки программной части систем автоматического управления (САУ) является МЭК 61131-3. Несмотря на то, что стандарт был принят в 1993 году, он до сих пор не теряет актуальности. Тем не менее, централизованные системы, разработка которых регламентируется в стандарте, имеют ряд негативных особенностей, поэтому на современных производствах иногда используют распределенные системы управления (PCY).

В 2005 году для PCY был разработан стандарт IEC 61499, который предлагал поддержку множества новейших, на тот момент, технологий и определение концепций для разработки современных PCY. К тому же, стандарт предоставляет гораздо более широкий спектр возможных вариантов реализации систем управления. Главным недостатком IEC 61499 является отсутствие конкретных эталонных моделей и методов проектирования систем, что затормаживает массовое применение стандарта на реальных производствах.

Тем не менее, стандарт IEC 61499 предлагает концепции для систем управления, которыми должны обладать современные системы управления. Одними из главных особенностей PCY на IEC 61499 является увеличенная надежность системы, удешевленное резервирование ресурсов и устройств системы, улучшенная масштабируемость и перераспределение вычислительной нагрузки. Достигается это, прежде всего, через переход от централизованной системы по МЭК 61131-3 к распределенной.

Таким образом, целью работы является разработка PCY по стандарту IEC 61499, сравнение ее с централизованной системой управления на МЭК 61131-3 по критериям надежности, возможности масштабируемости, перераспределения вычислительной нагрузки по ресурсам системы, а также сравнение эффективности отработки отказов элементов системы.

Проблема сравнения МЭК 61131-3 и IEC 61499

Продолжительное время ведущим стандартом для разработки программной части систем автоматического управления является МЭК 61131-3, основные положения которого были приняты в 1993 году. Централизованные системы, построенные на основе МЭК 61131-3, обладают рядом негативных сторон. К таким относят низкую надежность и производительность, сложность настройки и поддержки, сложность модификации (наращивания, удаления и изменения компонентов) и построения реконфигурируемых систем, проблемы с масштабируемостью, повторным использованием компонентов, а также дороговизной как самого процесса проектирования, так и всей реальной системы [1].

Так, про стандарт МЭК 61131-3 справедливо утверждать, что несмотря на определенную степень присутствия объектно-ориентированного подхода в виде функциональных блоков (ФБ) языка FBD, невозможно использование глобальных данных и прямое управление порядком выполнения ФБ. Также одной из главных проблем стандарта называют саму централизованность систем управления, разрабатываемых на его основе. Этот факт порождает проблему масштабируемости и реконфигурируемости систем и приводит к деградации показателей производительности [1].

Для преодоления ограничений стандарта МЭК 61131-3 был разработан стандарт IEC 61499, который вводит класс систем управления нового поколения – это интеллектуальные

реконфигурируемые распределенные компонентно-базированные системы. Стандарт IEC 61499 реализует парадигму проектирования приложений для упомянутых систем на основе функциональных блоков (ФБ), позволяет использовать объектно-ориентированный и автоматный подходы в программировании сложных управляющих сетей [1].

К сожалению, для многих разработчиков программной части систем автоматического управления преимущества IEC 61499 неочевидны. Связано это, прежде всего, с тем, что в самом стандарте не предлагаются конкретные подходы для проектирования систем автоматизации. По большей части, стандарт констатирует необходимость движения в сторону разработки более сложных, децентрализованных систем, но не предлагает подходов для программной реализации.

Ввиду вышеописанных причин, в сравнении МЭК 61131-3 и IEC 61499 оба не являются равносильными. Если старший стандарт нацелен на применение «здесь и сейчас», то более молодой предлагает только двигаться в направлении реализации заложенных в нем концепций: повторное использование, портатбельность приложений, совместимость различных устройств.

Разработка систем под IEC 61499

Основными преимуществами использования стандарта IEC 61499 являются: повторное использование компонентов, сокращение сроков проектирования, повышение качества и надежности ПО, легкость реконфигурации, наличие предпосылок к проектированию на основе управления моделями и архитектурно-центрированного подхода [2].

Управляющая система в стандарте IEC 61499 представляет из себя совокупность устройств, находящихся в связи друг с другом через коммуникационную сеть, состоящую из сегментов и линий связи.

Функция системы управления описывается приложением, выполнение которого распределяется по устройствам системы, входящим в ее состав. В свою очередь, устройства – физические сущности, способные выполнять одну или несколько специфицированных функций в определенном контексте и имеющие минимально хотя бы один интерфейс. На практике устройствами являются ПЛК, ПКА, промышленные контроллеры, а с недавних пор микроконтроллеры, вроде ESP32. Устройства содержат в себе один или несколько ресурсов – функциональных единиц, которые имеют независимое управление своими операциями.

Само приложение является программной функциональной единицей, предназначенной для решения определенной задачи в системе управления. Приложение представляется в виде сети связанных ФБ и субприложений. Ниже представлена модель приложения IEC 61499.

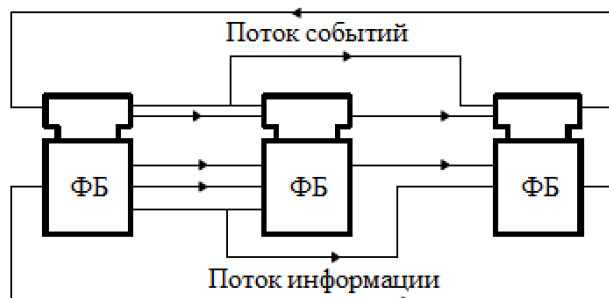


Рис. 1. Модель приложения IEC 61499

Поскольку в стандарте присутствует некоторая неопределенность в определении ФБ, для однозначного определения значения ФБ в приложении и избавления от возможного семантического разрыва, определяют модели выполнения – набор правил, регламентирующих порядок выполнения сети ФБ на ресурсе и устройстве.

Поскольку РСУ значительно отличаются от централизованных САУ, многие инженеры по управлению сталкиваются с незнакомыми понятиями и принципами, которые содержит IEC 61499. Во избежание сложностей в разработке РСУ применяются шаблоны проектирования, среди которых «Модель/Представление/Контроллер» (или MVC), «Распределенное приложение», «Прокси» [3].

Описание проекта разрабатываемой системы

Требования к разрабатываемой системе управления: распределенность (выполнение ФБ приложения на нескольких устройствах); наличие устройств в системе больше 3-х для имитации отказа устройства или ресурса системы, а также возможности демонстрации перераспределения вычислительной нагрузки внутри вычислительной системы.

Требования к приложению распределенной системы: выполнение приложения должно быть распределено по устройствам или ресурсам системы; возможность имитации отказа одного или нескольких модулей приложения и последующее программное распределение нагрузки на другие модули; полная совместимость с аппаратным комплексом; возможность резервирования; соответствие IEC 61499.

Для разработки PCY в данном проекте будет использоваться *Eclipse 4diac* – комплексное решение, предоставляющее среды разработки и выполнения. Программа полностью поддерживает стандарт IEC 61499 и позволяет разрабатывать PCY на его основе. На данный момент – это один из самых доступных вариантов программного обеспечения для разработки PCY.

В программе *Eclipse 4diac* доступны три вида ФБ: базовые, составные и сервисные. Базовые блоки содержат Схему Контроля Выполнения (англ. – *Execution Control Chart*, сокр. – *ECC*) и алгоритмы, которые реализуются в соответствии с *ECC*. Составные блоки содержат сеть ФБ. Сервисные блоки необходимы для доступа к конкретным ресурсам аппаратного оборудования.

Для распределения приложения на несколько устройств используются сервисные блоки. Они позволяют получить доступ ко входам и выходам устройства и ко всем остальным частям устройства для того, чтобы связно выполнять программу на разделенных устройствах. Все блоки содержатся в библиотеке ФБ, которая присутствует в IDE 4diac.

Поскольку стандарт IEC 61499 абстрактный, многие необходимые для надлежащего функционирования системы сведения, такие как, например, связь между устройствами, в него не включены. Тем не менее, в стандарте описано, как следует выстраивать эту связь. Конкретные спецификации называются профилями соответствия. Примером профиля соответствия является профиль соответствия IEC 61499 для демонстрации осуществимости, предоставленный Holobloc Inc. Профили соответствия используются как «заполнение пробелов», возникающих из-за неточных описаний в тексте стандарта.

Устройствами разрабатываемой системы будут являться 4 микроконтроллера ESP32 с операционной системой freeRTOS. Из преимуществ, которые дает эта платформа – встроенные модули для удаленного подключения, богатый выбор дополнительных модулей и компактный размер. На практике некоторыми компаниями, проектирующими системы на IEC 61499, часто используются собственные конструктивные решения на основе ESP32 и других микроконтроллеров. Тем не менее, для исследовательских целей хватит и заводского исполнения.

Заключение

Стандарт IEC 61499 представляет современные концепции для реализации PCY. Среди них увеличенная надежность системы, удешевленное резервирование ресурсов и устройств системы, улучшенная масштабируемость и перераспределение вычислительной нагрузки, в сравнении с МЭК 611313.

В результате работы по теме были рассмотрены особенности разработки систем по стандарту IEC 61499, обозначены требования к разрабатываемой PCY, выбраны программные и аппаратные средства реализации.

Дальнейшая работа предусматривает реализацию программно-аппаратной части проекта и исследования надежности разработанной распределенной системы управления.

Список использованных источников

1. Дубинин В.Н., Вяткин В.В. Модели функциональных блоков IEC 61499, их проверка и трансформации в проектировании распределенных систем управления: монография – Пенза: ПГУ. – 2012. – С. 12-53.
2. Zoitl, A. IEC 61499 Architecture for Distributed Automation: The "Glass Half Full" View" / A. Zoitl, V. Vyatkin // IEEE Industrial Electronics Magazine. – 2009. – Vol. 3. – P. 7–22.
3. Christensen, J.H. Design patterns for systems engineering with IEC 61499 / J.H. Christensen // Fachtagung «Verteilte Automatisierung – Modelle und Methoden für Entwurf, Verifikation, Engineering und Instrumentierung». – Magdeburg : Otto-von-Guericke-Universität. – 2000. – P. 63–71.