

ПРИНЦИПЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И РЕАЛИЗАЦИИ БЮДЖЕТНЫХ РАСПРЕДЕЛЁННЫХ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА И УПРАВЛЕНИЯ ОБОРУДОВАНИЕМ ЭЛЕКТРОСВЯЗИ

М.Л. Zubov,
старший преподаватель Нижегородского филиала ГУ-ВШЭ,
zubov@hse.nnov.ru

Статья посвящена рассмотрению вопросов построения бюджетных систем мониторинга и управления оборудованием электросвязи. Дается характеристика этих систем, приводится обзор технологий, методик и подходов, пригодных для создания систем управления и мониторинга при выполнении условий накладываемых ограничений.

Введение

Автоматизированные системы управления и мониторинга (СМУ) уже нашли своё место во всех областях деятельности человека.

Полезность СМУ, а так же и то, что их роль с каждым годом будет расти, уже не вызывает сомнений. Не смотря на то, что СМУ разрабатываются и используются в течение продолжительного времени, и еще имеется много вопросов, требующих детального исследования. При этом вопросы экономического характера являются наиболее актуальными. К ним относятся как оценка экономической целесообразности внедрения СМУ, так и оценки затрат на всех этапах жизненного цикла системы.

По мере разработки, внедрения и эксплуатации СМУ в различных предметных областях были получены типовые подходы к проектированию СМУ. Примером достаточно хорошо проработанных предметных областей могут служить системы контроля и управления технологическими процессами, охранные системы, системы управления безопасностью полетов и др. Объединяет выше перечисленные предметные области то, что СМУ являются неотъемлемой частью бизнес-процессов, и использование СМУ мотивируется не только экономическими факторами.

Другой класс СМУ — это системы, создание которых мотивировано исключительно экономическими

факторами. Примером может служить учёт и контроль энергоресурсов. Очевидно, что если экономический эффект от внедрения равен нулю, система не будет создана. Создание систем этого класса сопряжено с определёнными трудностями. В частности, необходимо экономическое обоснование создания системы, которое в свою очередь строится на основе прогнозов затрат как на создание системы, так и на эксплуатацию. Прогнозы должны строиться на основе анализа моделей, описывающих этапы жизненного цикла (ЖЦ) систем. К сожалению, не существует полного набора моделей (для всех этапов ЖЦ) для выполнения анализа и получения точных прогнозов. На данный момент единственной моделью, широко используемой для оценки стоимости, является статистическая модель СОСОМО (Constructive Cost Model), предложенная Барри Бозмом в 1981 г. [1]. К сожалению, для вывода формул использовались данные о выполнении реальных программных проектов, ориентированных на конечного пользователя. Доступных данных о результатах создания сложных распределенных систем, к которым относятся СМУ, на момент создания просто не было. Данные о проектах, имеющих как программную, так и аппаратную компоненты, также не учитывались.

Трудности, возникающие в проведении исследований, и проблемы построения моделей, позволяющих получать оценки затрат с приемлемой

точностью, вынуждают искать пути создания системы с предсказуемым уровнем затрат. Ниже описываются подходы и методики, позволяющие создавать БС с заданным качеством при минимальных затратах и сроках разработки за счет введения ограничений на процесс создания системы, её архитектуру и принимаемые дизайнерские решения.

Бюджетные системы мониторинга и управления оборудованием электросвязи

Бюджетная система (БС) – это система, удовлетворяющая критерию экономической целесообразности при экономическом эффекте использования больше или равном нулю. С точки зрения экономического эффекта БС находятся в пограничном слое между понятиями «выгодно» и «не выгодно». Задачи, решаемые БС, имеют вспомогательный характер и не ориентированы на массового потребителя. БС не влияют на процесс основной деятельности предприятия (предоставления услуг или производства). Другими словами, извлечение или повышение прибыли от использования системы не является основополагающим критерием, влияющим на принятие решения о создании системы.

Перечислим примеры бюджетных систем:

- ◆ система управления электроосвещением;
- ◆ система контроля присутствия опасных газов;
- ◆ система контроля резервного электропитания;
- ◆ система контроля температуры в различных точках помещения и др.

Приведённые примеры объединяет то, что нет явных факторов, мотивирующих автоматизацию этих задач. И постановка задачи, и набор требований имеют частный характер. Для пояснения последнего утверждения можно привести следующий пример реальной системы, касающийся контроля опасных газов. В результате утечки газа, особенностей расположения газопровода и здания время от времени газ проникает в помещение. По ряду причин проблема не может быть решена полностью. В результате появилась задача контроля присутствия опасных газов в точке, располагающейся на расстоянии до 1,5 километров от точки наблюдения. Похожие особенности можно привести по остальным примерам.

Из всего спектра областей применения БС мы рассматриваем системы мониторинга и управления оборудованием электросвязи.

В общем случае БСМУ состоят из одной или нескольких сетей распределенных датчиков, актуаторов и центрального узла (ЦУ), выполняющего сбор

и предварительную обработку данных. Доступ к данным обеспечивается через локальные интерфейсы ЦУ. ЦУ также имеет интерфейс для интеграции с внешними системами управления. Дизайн системы содержит как программную, так и аппаратную составляющие. Под аппаратной компонентой подразумевается часть дизайна, ориентированная на разработку нового и/или модификацию существующего оборудования.

Постановка задачи проектирования и разработки бюджетных систем

Выше была дана характеристика БС с точки зрения потребителя. С точки зрения разработки на систему накладываются дополнительные требования:

- ◆ на момент создания предполагается единичное производство, с перспективой выхода на серийное производство. Как правило, изначально система создается для конкретного заказчика и предполагается, что появятся другие;
- ◆ жизненный цикл: короткий (до момента решения частной задачи; до года) или долгий (от нескольких лет);
- ◆ предельно короткие сроки разработки. Независимо от типа жизненного цикла, срок выполнения не может быть более нескольких месяцев;
- ◆ требования к системе определены не полностью;
- ◆ требования изменяются в течение жизненного цикла системы.

С учётом выше обозначенных задача построения бюджетной системы формулируется следующим образом:

Создать программно-аппаратный комплекс, удовлетворяющий заданным требованиям в течение промежутка времени менее 6 месяцев, не превышая заданный бюджет. Требования включают в себя помимо функциональных требований также ограничения на стоимость составляющих системы (например, одной точки контроля) и затрат на ее сопровождение.

Особенности выполнения этапов анализа требований и проектирование БСМУ

Анализ требований и проектирование являются типичными этапами любой системы. Несмотря на то, что в литературе и научных работах уделяется много внимания к формализации выполнения этих этапов, много вопросов остается открытыми.

Одними из таких вопросов являются совместное проектирование программных и аппаратных компонентов, эффективная, с экономической точки зрения, декомпозиция задач и др. По определению БСМУ имеют как программную, так и аппаратную компоненту. Решение этих вопросов является принципиальным для успешного создания ВСМУ. В работах Николоса Вороса [2] и Клауса Бехендера [3] детально рассматриваются вопросы совместного дизайна и текущее состояние дел по этому вопросу. В работе Мухамеда Абида [4] приводится пример, на базе которого рассматривается влияние различных дизайнерских решений для выполнения одной и той же задачи на стоимость решения и ключевые характеристики системы.

Основной вывод, который можно сделать по результатам [2–4] – это необходимость создания прототипа как минимум до момента формирования спецификации системы, и желательно, чтобы он существовал на момент анализа требований. Дополнительные аргументы в пользу создания прототипа приведены в работе Клауса Бехендера [5].

Следует отметить, что достоинства прототипов с точки зрения снижения рисков оценены не только разработчиками, но и заказчиками. В настоящее время наличие прототипа является обязательным условием заключения контракта на поставку систем мониторинга и управления. Прототип с точки зрения заказчика выглядит как реальная система, выполняющая основные функции, и рассматривается как нечто промежуточное между «почти готовым продуктом» и чем-то, что должно быть разработано.

Прототип не является реально существующим продуктом и представляет смесь существующих частей системы и частей, выполняющих эмуляцию и симуляцию не существующих.

Подходы к выполнению этапа реализации подсистем БСМУ

Наиболее часто применяемым подходом для построения различных подсистем системы управления является использование COTS (Commercial-Off-the-shelf) продуктов [6]. Термин COTS полностью определен в [3] и относится к существующим продуктам, которые можно купить у некоторого производителя (например, заказать через каталог). Основными характеристиками подобных продуктов являются:

- ◆ продукты уже существуют на рынке;
- ◆ широко доступны;
- ◆ могут быть куплены (получены в лизинг или лицензированы).

Использование COTS-продуктов позволяет использовать уже готовые части системы, по приемлемой стоимости, которые уже выполняют часть функциональности системы.

Другим подходом для реализации подсистем является использование продуктов, относящихся к категории NDI [2] (nondevelopmental item). Эти продукты обладают своими особенностями:

- ◆ существует полнофункциональная реализация продукта, но она не удовлетворяет всем критериям для широкой продажи на рынке (например, нет качественной упаковки, оцениваемый потребительский спрос слишком мал для широких продаж и т.п.);
- ◆ для конечного пользователя существуют определенные сложности получения информации о том, что продукт существует и какими характеристиками обладает;
- ◆ как правило, продукт может быть приобретен по прямому соглашению с производителем, минуя розничные или оптовые сети.

С точки зрения разработчика системы NDI – это продукт, который им не разрабатывается и рассматривается как «почти готовый». Последнее означает, что, несмотря на то, что NDI-продукт существует, он не обязательно на 100% соответствует спецификации заказчика и требует незначительной модификации, выполняемой по контракту.

Альтернативой COTS- и NDI-продуктам является разработка уникальных компонентов системы с расчетом на получение более дешевого решения.

COTS- и NDI-продукты объединяет то, что стоимость и требуемое время на их интеграцию могут быть оценены с высокой точностью. Разница между ними в том, что NDI-продукты более гибки в интеграции, но менее доступны широкому кругу потенциальных заказчиков.

Разработка уникальных компонентов также имеет свои достоинства и недостатки. Основным недостатком является невозможность с высокой степенью точности оценить затраты на разработку. И опыт показывает, что сравнительно большой процент разработок заканчивается неудачей.

К достоинствам разработки уникальных компонентов можно отнести:

- ◆ безусловное соответствие спецификации;
- ◆ потенциальная возможность изменения/расширения функциональности, в соответствии с изменяющимися требованиями при минимальных затратах;
- ◆ возможность проектирования компонента, обладающего дополнительными возможностями

(«на вырост»), не связанными непосредственно с задачами текущего проекта; это позволяет в дальнейшем его использовать в виде самостоятельного продукта категорий COTS или NDI;

Очевидно, что в реальной системе продукты из всех трех перечисленных категорий должны разумно сочетаться на основе определенной методологии анализа и проектирования. По результатам анализа реальных проектов можно сказать, что в ходе принятия решения о том, что должно использоваться при построении БСМУ, придерживаются следующих эвристических правил:

1. Если существует COTS-продукт, то используется он.
2. Если не существует COTS-продукта и существует NDI-продукт, то используется он.
3. Лишь в том случае, если нет ни COTS- ни NDI-продуктов, то принимается решение о разработке.

Модель быстрой разработки и компонентное конструирование

Модель быстрой разработки приложений (Rapid Application Development, далее RAD) [8] обеспечивает экстремально короткий цикл разработки. RAD-процесс позволяет создавать программные системы за период от 2-х до 3-х месяцев. Основу RAD составляет использование компонентно-ориентированного конструирования. RAD применим только тогда, когда требования к системе определены полностью. Ключевой особенностью RAD является построение моделей предметной области и создаваемой системы с дальнейшей генерацией приложения по этим моделям.

Компонентное конструирование (КК) подразумевает использование как COTS-, так и NDI-продуктов. КК с точки зрения экономической эффективности рассматривается в [9]. Основным достоинством КК является снижение затрат на разработку и сопровождение систем. При этом процесс создания системы смещается из области разработки в область интеграции. Интеграция в свою очередь, в отличие от разработки, хорошо формализованный процесс, позволяющий с высокой точностью оценивать как время требуемое на интеграцию так и затраты сопряженные с ней.

Эволюционирующее аппаратное обеспечение

БСМУ – это сложная распределённая программно-аппаратная система. Именно распределённость диктует необходимость аппаратной компоненты в системе. Для снижения затрат на эксплуатацию системы требуется использование узлов предварительной обработки информации (УПОИ). Кроме того, стоимость этих узлов должна быть минимальной. Помимо этого требуется возможность для УПОИ быть подключенными к разнородному оборудованию электросвязи. Таким образом, необходимо иметь достаточно большую номенклатуру дешевых УПОИ.

Но существует альтернативный вариант – использование эволюционирующего аппаратного обеспечения (ЭАО), подробно рассмотренного в тематическом выпуске журнала «Communications of the ACM» [11 – 12]. Использование ЭАО позволяет, помимо снижения номенклатуры УПОИ, решить и проблемы применимости RAD, быстрого создания прототипов и совместного проектирования программных и аппаратных компонент.

Выводы

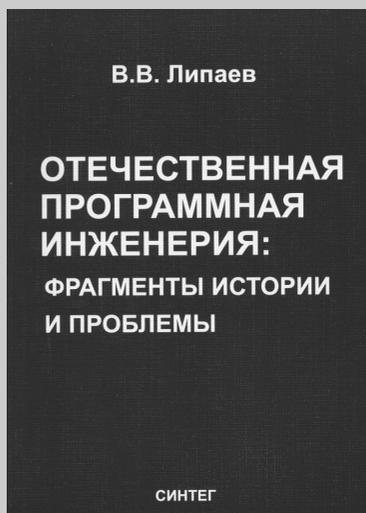
Ввиду специфических особенностей БСМУ не представляется возможным выработка универсальных методик и подходов, пригодных для создания БСМУ для широкого круга предметных областей.

Предлагается следующий подход для построения БСМУ оборудованием электросвязи:

1. Эволюционирующее аппаратное обеспечение должно быть использовано для построения прототипов системы.
2. Должна быть разработана архитектура типовой БСМУ с учетом особенностей использования RAD (быстрое создание приложений) подхода для реализации программных компонент системы.
3. Должны быть построены модели с целью выполнения имитационного моделирования с целью анализа различных вариантов построения системы.
4. Должны быть выработаны методики автоматической/полуавтоматической декомпозиции системы на программные и аппаратные компоненты.
5. Должна быть использована эволюционирующая аппаратная платформа для реализации аппаратных компонент. ■

Литература

1. Boehm B.W., Abts C., Brown A.W., et al. Software Cost Estimation with COCOMO II. – Prentice Hall, 2000. 256 p.
2. Voros N. Hardware/Software Co-design of Complex Embedded Systems // Design Automation for Embedded Systems. 2003. № 8. P. 5 –49.
3. Buchenrieder K. Integration of Reconfigurable Hardware into System-Level Design // Design Automation for Embedded Systems. 2000. № 5. P. 222 –231.
4. Abid M. Exploration of Hardware/Software Design Space through a Co design of Robot Arm Controller // EURO-DAC'96 with EURO-VHDL'96. P. 599.
5. Buchenrieder K. Rapid Prototyping of Embedded Hardware/Software Systems // Design Automation for Embedded Systems. 2000. № 5. P. 215 –221.
6. COTS and Open Systems – An Overview: Software Technology Roadmap // <http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/cots.html#110707> .
7. Federal Acquisition Regulations. – Washington, DC: General Services Administration, 1996. 576 p.
8. McConnel S. Rapid Development. – Microsoft Press; 1st edition, 1996. 347 p.
9. Component-Based Software Development / COTS Integration: Software Technology Roadmap // <http://www.sei.cmu.edu/str/descriptions/cbsd.html>.
10. Andrews D., Niehaus D. Programming Models for Hybrid CPU/FPGA Chips // Computer. 2004. № 1. P. 118 –120.
11. Xin Yao Evolvable Hardware: Introduction // Communications of ACM. 1999. V. 42. № 4. P. 46 –49.
12. Sipper M., Mange D., Sanchez E. Evolvable Hardware: Quo Vadis Evolvable Hardware? // Communications of ACM. 1999. V. 42. № 4. P. 50 –56.
13. Marchal P. Evolvable Hardware: Field-Programmable Gate Arrays // Communications of ACM. 1999. V. 42. № 4. P. 57 –59.
14. Higuchi T., Kajihara N.: Evolvable Hardware: Evolvable Hardware Chips for Industrial Application // Communications of ACM. 1999. V. 42. № 4. P. 60 –66.



*Издательство «Синтег» выпустило новую книгу
Владимира Васильевича Липаева,
профессора кафедры управления
программной инженерии ГУ-ВШЭ
и главного научного сотрудника
Института системного программирования РАН
«Отечественная программная инженерия:
фрагменты истории и проблемы».*

В монографии проанализированы этапы отечественной истории развития вычислительной техники с акцентом на методы и процессы программирования. Первая глава отражает развитие в стране автоматизации программирования в 50–60-е гг. Представлены процессы, начальные проекты отечественной вычислительной техники, развитие программирования и роль ведущих специалистов, заложивших основы в этой области. Выделены особенности развития специализированных вычислительных машин и программирования для оборонных систем реального времени. Формированию программной инженерии в 70-е гг. посвящена вторая глава. В третьей главе отражено развитие программной инженерии в 80-е гг. Изложена история развития экономики, методов и процессов программной инженерии в 70–80-е гг. Значительное внимание уделено реализации ПРОМЕТЕЙ-технологии программной инженерии для создания крупных комплексов программ реального времени оборонных систем. В четвертой главе подведены итоги развития программной инженерии и формирования ее методологии. Представлены проблемы расширения состава и совершенствования международных стандартов и инструментария программной инженерии, а также проблемы обучения методологией программной инженерии студентов и специалистов.

Книга предназначена для специалистов по вычислительной технике и программной инженерии, студентов и аспирантов, интересующихся историей развития и проблемами отечественной науки и техники в этой области.