

СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННАЯ ПОДДЕРЖКА СИСТЕМНОГО ИНЖИНИРИНГА

Запропоновано застосування принципів сервіс-орієнтованої архітектури (SOA) для підтримки системного інжинірингу (SE) у кооперації, яка здійснює побудову складних технічних систем. В якості прикладу розглянуто SE космічних систем. Обґрунтовано основні вимоги до інфраструктури SE з використанням SOA.

Предложено использование принципов сервис-ориентированной архитектуры (SOA) для поддержки системного инжиниринга (SE) в кооперации, осуществляющей создание сложных технических систем. В качестве примера рассмотрен SE для космических систем. Обоснованы основные требования к инфраструктуре SE с использованием SOA.

The usage of service-oriented architecture (SOA) principles for support of system engineering (SE) in cooperation executing creation of complex technical systems is offered. As an example the SE of space systems is considered. The basic requirements to an infrastructure SE with usage SOA are justified.

Введение

Стандарт ECSS-E-00A Европейского сообщества по космической стандартизации (European Cooperation for Space Standardization, ECSS) представляет процесс инженерной разработки космической системы (КС) как деятельность, направленную на удовлетворение требований заказчика путем создания и поставки КС для предполагаемой миссии. При этом рассматриваются три ортогональных направления потенциальных деятельностей [1]:

- процесс системного инжиниринга (System Engineering, SE), который включает функции предметной области, определяющие и обеспечивающие весь процесс инжиниринга и называемые также "интеграция и контроль", а также функции, которые выполняются итеративно на всем протяжении проекта и обеспечивают проектирование и подтверждение удовлетворяющих требованиям заказчика характеристик КС;

- направление, характеризующее инженерные дисциплины (системный, электрический, механический, программный, систем управления, эксплуатационный и т.п. "инжиниринги"), которые вносят свой вклад в общий процесс инжиниринга КС;

- декомпозиция, характеризующая уровень (деталь, сборочная единица, оборудование,

подсистема, система), на котором применяется процесс инжиниринга.

Упрощенно процесс SE, согласно ECSS-E-00A, состоит из пяти видов функций (рис 1.):

- функции интеграции и контроля, которые охватывают все остальные функции и процессы на протяжении всего жизненного цикла проекта с целью оптимизации процессов определения характеристик и реализации системы;

- функции разработки и подтверждения требований, которые обеспечивает их полноту, непротиворечивость, а также соответствие требованиям заказчика;

- функция анализа, состоящая из двух подфункций, которые хотя и связаны между собой, имеют разную природу:

- 1) определение, документирование, моделирование и оптимизация функционального представления системы (функциональный анализ);

- 2) аналитическая поддержка функциональных требований, проектирования и подтверждения характеристик;

- функции конструкции и конфигурации, которые генерируют физическую архитектуру КС и определяют ее в виде сконфигурированного комплекта документации, формирующего исходные данные для процесса изготовления;

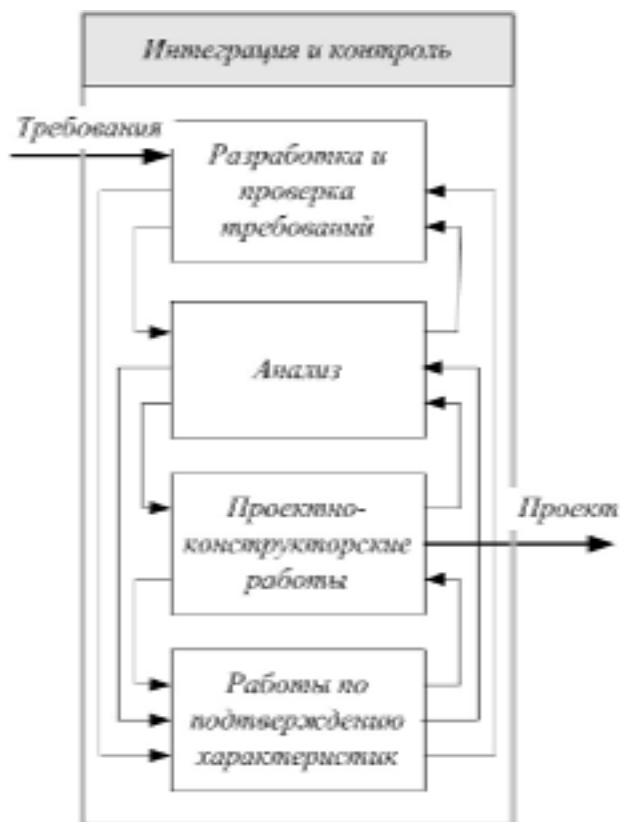


Рис. 1. Процесс системного инжиниринга по ECSS

- функции подтверждения характеристик, которые обеспечивают итеративный процесс сравнения проектируемых характеристик КС с требованиями, функциональной архитектурой и физической конфигурацией, а также определяют и выполняют процессы проверки заверченного проекта КС на предмет выполнения заданных требований.

Работы по системному инжинирингу необходимы на всех уровнях декомпозиции системы космического назначения. Этот процесс обычно называют системным инжинирингом в случае, когда он применяется к верхнему уровню декомпозиции (на уровне системы). Однако, для каждой составной части более низкого уровня декомпозиции на всех этапах разработки должны применяться функции SE. Как правило, на ранних этапах проекта процесс SE выполняется главным образом на высшем уровне и обращается к более низким уровням с большей глубиной проработки по мере развития проекта.

Учитывая, что в реальных проектах требования заказчика изменяются по мере развития проекта, процесс SE должен быть достаточно устойчивым с точки зрения возмож-

ности своевременного ответа посредством контролируемого итерационного процесса, выполняемого для тех областей, на которые повлияло изменение требований. Во всех случаях пересмотр требований включается в процесс SE.

Процесс SE без привязки к конкретным областям применения определен в документах международного сообщества по системной инженерии INCOSE (International Council on Systems Engineering), рис. 2 [2].



Рис. 2. Процесс системного инжиниринга по INCOSE

Так, согласно INCOSE системный инжиниринг – это процесс, состоящий из следующих семи задач: состояние проблемы, исследование альтернатив, моделирование системы, интеграция, запуск системы, оценка эффективности и переоценка. Однако, несмотря на "линейное" изображение, эти задачи выполняются параллельно и с повторениями, пока информация о сущности систем станет доступной в каждой задаче. Этот про-

цесс имеет акроним SIMILAR (по названию перечисленных выше задач: State, Investigate, Model, Integrate, Launch, Assess and Re-evaluate).

Еще одно распространенное представление SE – так называемая Vee-модель разработки системы, показанное на рис. 3 [2]. Левая ветвь модели представляет определение и декомпозицию выбранной "базовой линии" (например, некоторой конкретной подсистемы), а правая – интеграцию и верификацию. Объем, увеличивающийся к основанию модели, отражает уровни декомпозиции базовой линии. Vee-модель подчеркивает также итерационный характер SE. Здесь вводится понятие момента времени в итерации – точка, соответствующая определенной высоте диаграммы модели. Кроме того, диаграмма связывает проектирование базовой линии с ее верификацией.

В условиях конкуренции и высоких темпов в бизнесе необходимы быстрые реструктуризация организаций, изменение состава и интеграция участников для оптимизации показателей бизнеса. При этом в кооперацию могут включаться как участники – структурные подразделения существующего предприятия, так и подразделения и предприятия, которые, благодаря сети Internet, могут находиться географически в любой точке мира. Отсюда возникло понятие виртуальной организации (ВО), участники которой могут интегрироваться динамически и, при этом, быть распределенными в пространстве и времени. Современные информационные технологии (ИТ-технологии) позволяют создавать такие кооперации, в частности, используя Web-сервисы. Особое значение в этой связи получила концепция сервис-ориентированной архитектуры (Service-Oriented Architecture, SOA).

Одно из множества определений SOA такое: это каркас для интеграции бизнес-процессов и поддерживающей их ИТ-инфраструктуры в форме безопасных, стандартизированных компонентов (служб), которые могут использоваться многократно и комбинироваться для адаптации к изменению приоритетов в бизнесе [3]. Обычно технической основой SOA являются Web-службы или Web-сервисы, удовлетворяющие

профилю стандартов WS-I (Web Services Interoperability) и эталонной модели SOA консорциума OASIS [4].

Понятия процесса и сервиса в SOA довольно схожи, потому что сервис реализуется также в ходе некоторого процесса. С другой стороны, многократно повторяющийся процесс можно оформить в виде сервиса. Будем подразумевать под процессом вид деятельности, который используется в одном контексте и служит для достижения некоторой основной цели кооперации. Под сервисом будем понимать вид деятельности, который может использоваться многократно, в разных контекстах, т.е. для множества коопераций и различных процессов [3].

Постановка задачи

При создании КС процесс SE осуществляется в составе кооперации участников, которые являются организациями, заводами-производителями специальной техники, научно-исследовательскими институтами и т.п. Эти участники, как правило, распределены географически, а иногда и во времени, в связи с длительностью жизненного цикла КС.

Поэтому перспективным является разработка распределенной компьютерной системы поддержки процесса SE, учитывая, что множество функций SE связаны с обработкой данных. Многие процедуры SE выполняются повторно в силу итерационного характера SE, что является существенным фактором выбора принципов SOA для построения такой распределенной системы.

Такая система позволит, прежде всего, сократить время и стоимость многочисленного взаимодействия между участниками процесса, а также совместно использовать аппаратные, информационные и программные ресурсы кооперации. Часть взаимодействий между участниками SE вполне можно представить как предоставляемые участниками друг другу сервисы.

В данной работе ставится задача обоснования возможности использования принципов SOA для реализации процесса SE.



Рис. 3. Vee-модель разработки системы

Модель инфраструктуры SESOA

Назовем SOA для поддержки SE как SESOA. Рассматривая три ортогональных направления работ SE, прежде всего, следует понимать, что взаимодействия в кооперации, организованной в виде ВО с использованием сервисов, могут осуществляться на разных уровнях декомпозиции основного продукта – KC. При этом может быть создано множество сервисных шин ВО (Enterprise Service Bus, ESB), каждая из которых обслуживает свою область или домен. Эта декомпозиция образуется естественно при рассмотрении подсистем KC. Так, например, домены подсистемы ориентации и стабилизации, телеметрии, полезной нагрузки. При этом ESB и SOA могут быть как интра-доменные, так и интер-доменные (рис. 4).

В каждом домене все службы могут быть разделены на ряд категорий. К этим категориям можно отнести службы виртуализации ресурсов, основные функциональные службы, службы-утилиты.

Службы виртуализации ресурсов обеспечивают совместное использование аппаратных, прежде всего вычислительных ре-

сурсов, применяя при этом технологии распределенной обработки данных и метакомпьютинга такие, например, как Condor, Grid или облачные вычисления (cloud computing).

Основные функциональные службы – это службы, соответствующие дисциплинам SE. В частности, большая часть работ SE связана с обработкой, верификацией и валидацией подсистем KC с целью подтверждения характеристик KC заданным требованиям, основой которых являются различные виды моделирования. В этой связи можно выделить сервисы контроля соответствия функциональным и нефункциональным (дополнительным) требованиям и управления конфигурацией, например, с помощью инструментов от IBM Rational (RequisitePro, ClearCase, ClearQuest, SoDA).

Важным и перспективным вопросом является создание сервисов, обеспечивающих распределенную обработку подсистем KC с использованием реальной аппаратуры и макетов в составе исследовательских и инженерных стендов, полунатурных моделирующих комплексов и комплексных стендов. При этом необходимо пересмотреть принци-

пы построения этих стендов в части функциональности обеспечивающей аппаратуры, а также требований к бортовым приборам. Здесь имеется в виду наделение их дополнительными технологическими функциями, позволяющими участникам кооперации удаленно и безопасно использовать специальное оборудование в процессе SE KC.

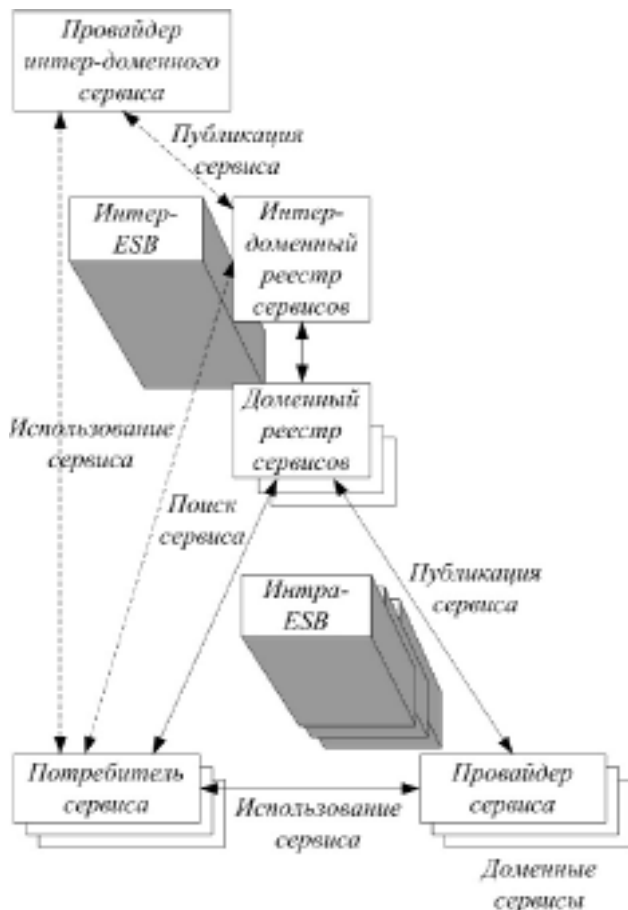


Рис. 4. Интра- и интер-доменные сервисы

Еще одну категорию служб представляют службы-утилиты [3], которые обеспечивают общие функции для доменов и других служб. К этим службам относятся, например, службы управления ESB, контроля версий документов и программного обеспечения, безопасности, хранилища данных и др.

Процесс SE может использовать как сервисы, так и композиции сервисов. Поэтому, рассматривая более низкий уровень абстракции инфраструктуры SESOA, следует учитывать особенности взаимодействия процесса с сервисами и сервисов с сервисами.

С другой стороны, участники SE могут преследовать различные цели в своей деятельности: совпадающие, частично совпадающие и несовпадающие с основной целью SE, соответственно, эти участники могут быть членами кооперации и независимыми участниками.

Если рассматривать кооперацию сервисов как многоуровневую иерархическую систему, то необходимо, чтобы выполнялся постулат сатисфакции [5]. Для примера рассмотрим двухуровневую иерархию сервисов (рис. 5).



Рис. 5. Иерархическая модель предоставления сервисов

Смысл постулата сатисфакции заключается в том, что сервисы второго уровня удовлетворяют процесс тогда, когда они удовлетворяют сервисы первого уровня. В этом случае цели сервисов второго уровня совпадают с целями сервисов первого уровня в части обслуживаемого процесса.

$$(\forall s_2)(\forall s_1)\{\Pi(s_1, S_1(s_2)) \& P(s_1, s_2)\} \Rightarrow \Pi(f(s_1), S_2)\}, \quad (1)$$

где $\Pi(s_i, S_i)$ - предикат " s_i - есть результат сервиса S_i ", т.е. предикат $\Pi(s_i, S_i)$ является истинным тогда и только тогда, когда S_i - сервис, а s_i - результат этого сервиса;

$f(s_1)$ - некоторая полезная функция, которая реализуется в процессе (в данном случае в процессе SE), благодаря сервису первого уровня;

$P(s_1, s_2)$ - предикат, связывающий сервисы первого и второго уровней и являющийся истинным тогда и только тогда, когда существует такой результат s_1 сервиса S_1 , который создается благодаря результату s_2 сервиса S_2 .

Однако этот постулат определяет только одно из структурных требований, а именно, чтобы все составные части кооперации, участвующие в процессе общей деятельности, обеспечивали друг друга необходимыми сервисами. Если рассматривать систему поддержки SE как распределенную компьютерную систему, то возникает целый ряд проблем, которые надо решить для согласованной работы такой системы. Кратко перечислим их.

В зависимости от домена инфраструктуры SESOA может возникнуть необходимость построения гетерогенной среды взаимодействия с использованием различных технологий промежуточного программного обеспечения (middleware) таких, как CORBA, RMI/Java, DCOM, RPC, Web-сервисы (SOAP, WSDL, UDDI) и соответствующих протоколов связи верхнего и нижнего уровней. Выбор будет зависеть от требований к быстродействию и надежности обмена данными, особенно, если в домене, например, выполняется верификация с применением имитационного моделирования и реального оборудования или макетов КС.

От типов сервисов и процессов могут зависеть требования к синхронизации (синхронное и асинхронное взаимодействие), согласованности (строгая, последовательная, причинная, слабая, свободная и др.) [6]. Возможно, является целесообразным проводить систематизацию типов сервисов и требований к ним с точки зрения согласованности взаимодействия в конкретной предметной области при организации кооперации на основе распределенных компьютерных систем и SOA.

Выводы

Анализ SE и принципов SOA показывает возможность создания распределенных компьютерных систем для поддержки процессов SE и, на их основе, коопераций в виде целевых ВО. Структуры таких ВО могут состоять

из доменов, группирующих функции SE и соответствующие им сервисы. Для выбора технологий реализации SOA и ESB внутри доменов необходимы исследования характера взаимодействия сервисов и процессов SE.

Список использованной литературы

1. Space Engineering. Policy and Principles (April 1996). ECSS Secretariat. ESA ECSS-E-00A. - 46 p.
2. Systems Engineering Handbook, v2, July 2000; INCOSE. [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://www.incose.org/pubslist.html>
3. Компас в мире сервис-ориентированной архитектуры (SOA): ценность для бизнеса, планирование и план развития предприятия / [Биберштейн Н., Боуз С., Джонс К. и др.]. – М.: КУДИЦ-ПРЕСС, 2007. – 256 с.
4. Reference Model for Service Oriented Architecture 1.0 (Committee Specification 1,2 August 2006). [Электронный ресурс] – Режим доступа: www.oasis-open.org/committees/tc_home.php?wg_abbrev=soa-rm.
5. Кудерметов Р.К. Концептуальная и формальная модели систем с сервис-ориентированной архитектурой. /Р.К. Кудерметов // Науковий вісник Чернівецького університету: Збірник наук. праць. Вип. 446: Комп'ютерні системи та компоненти. – Чернівці: ЧНУ, 2009. – С.94-99.
6. Таненбаум Э. Распределенные системы. Принципы и парадигмы. / Э. Таненбаум, М. ван Стеен. – СПб.: Питер, 2003. – 877 с.

Получено 10.10.2009



Кудерметов
Равиль Камилович,
канд. техн. наук,
зав. кафедры КСС
ЗНТУ, г. Запорожье,
ул. Жуковского, 64,
тел. (061)-220-28-90
krk@zntu.edu.ua