

УДК 004.75.05

А.В. ГОРБЕНКО

Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского "ХАИ", Украина

АНАЛИЗ ОСОБЕННОСТЕЙ СОЗДАНИЯ И ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАРАНТОСПОСОБНЫХ СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННЫХ СИСТЕМ

В статье рассмотрена концепция сервис-ориентированной архитектуры и выполнен анализ нефункциональных характеристик сервис-ориентированных систем и их компонентов – Web-сервисов, оказывающих значительное влияние на надежность и безопасность предоставления услуг. Представлены результаты исследования особенностей разработки, эксплуатации и интеграции Web-сервисов для создания гарантоспособных сервис-ориентированных систем. Сделан вывод о том, что сервис-ориентированные системы обладают значительной неопределенностью нефункциональных характеристик.

Ключевые слова: web-сервисы, сервис-ориентированные системы, гарантоспособность.

Введение

На сегодняшний день Web-программирование и создание приложений для работы в глобальной сети Интернет является фактически отдельной дисциплиной программирования и индустрией разработки программного обеспечения. В последние годы получил развитие подход к созданию сложных распределенных информационных систем на основе использования стандартных Web-технологий для интеграции удаленных программных компонентов – Web-сервисов, клиентами которых могут быть другие программные компоненты. Такой подход базируется на использовании концепции *сервис-ориентированной архитектуры (COA)*, которая сформировалась в результате эволюции архитектуры «клиент-сервер» и Web-технологий под влиянием компонентно-ориентированной концепции разработки программных систем.

Сервис-ориентированная архитектура (Service-Oriented Architecture) [1] представляет собой модульный подход к разработке информационных клиент-серверных систем, основанный на использовании сервисов (удаленных программных компонентов) со стандартизированными интерфейсами. Причем, информация о деталях реализации интегрируемых сервисов сокрыта от разработчика сервис-ориентированной системы, а сервисам, в свою очередь, не доступна информация о том, кем и в составе каких приложений они выполняются. В основе COA лежат принципы многократного использования функциональных программных компонентов, ликвидации дублирования, унификации типовых операционных процессов и их кросс-платформенной интеграции. Компоненты сервис-ориентированной системы (SOC) могут быть распределены по разным

узлам глобальной компьютерной сети Интернет, а их интеграция выполняется на основе последовательного или параллельного вызова.

Появление концепции COA является очередным этапом эволюции парадигмы *компонентно-ориентированного проектирования (КОП)*, поддерживающей интеграции повторно-используемых OTS-компонентов (“off-the-shelf”). Компонентно-ориентированный подход к созданию программных приложений предполагает разбиение групп классов на модули с возможностью их удаленного и независимого размещения, а также позднего связывания, т.е. возможности подгружать необходимые модули в процессе выполнения программы, а не заранее на этапе компиляции.

В контексте развития сети Интернет и возможности размещения отдельных программных модулей на удаленных компьютерах идея компонентно-ориентированного программирования, впервые практически реализованная в системе Oberon Н. Вирта и Ю. Гуткнехта [2] в конце 80-х, трансформировалась в идею сетевых услуг (web services) и сервис-ориентированных систем.

Известные работы [1, 3, 4], посвященные анализу сервис-ориентированной архитектуры, в основном фокусируются на технологических аспектах построению сервис-ориентированных систем и не уделяют значительное внимание нефункциональным характеристикам таких систем и их компонентов, оказывающих значительное влияние на надежность и безопасность предоставления услуг.

В связи с этим, целью статьи является исследование характеристик Web-сервисов, анализ особенностей их разработки, эксплуатации и интеграции для создания гарантоспособных сервис-ориентированных систем.

1. Сервис-ориентированная архитектура

Организация по распространению открытых стандартов структурированной информации OASIS (Organization for the Advancement of Structured Information Standards) определяет SOA следующим образом [5]: сервис-ориентированная архитектура – это парадигма организации и использования распределенных информационных ресурсов таких как приложения и данные, находящихся в сфере ответственности разных владельцев, для достижения желаемых результатов потребителем, которым может быть конечный пользователь или другое приложение.

Концепция COA определяет стиль архитектуры информационных систем, построенные путём комбинации удаленных слабо-связанных программных и информационных компонентов – сервисов, взаимодействующих на основе некоторого платформенно-независимого и языково-независимого протокола. COA определяет следующий набор базовых принципов построения распределенных информационных систем и их компонентов:

1) инкапсуляция и абстракция – сокрытие деталей реализации сервиса за общедоступным интерфейсом;

2) слабая связанность, т.е. поддержка связей, которые минимизируют взаимную зависимость сервисов и могут быть установлены лишь на основе знания адресной информации. Сервисы не имеют информации о том, какие приложения их вызывают, в то время как клиенты не знают какие другие сервисы или ресурсы использует вызываемый сервис;

3) повторное использование – сервисы представляют функциональные компоненты, способные к многократному повторному использованию в составе различных приложений;

4) возможность интеграции сервисов для реализации сложных композитных приложений без интенсивного использования программных конструкций;

5) автономность – отсутствие непосредственного контроля (и управления) над сервисами со стороны приложений, их вызывающих;

6) способность к автоматическому обнаружению и динамическому использованию (на основе механизма позднего связывания) другими программными компонентами;

7) выразительность и нетривиальность – реализация четко определенной, однозначно-интерпретируемой и нетривиальной функциональности, перенос или реализация которой на стороне клиента невозможна или нецелесообразна.

Архитектура COA фактически является стандартом де-факто для обеспечения взаимодействия

между независимыми программными приложениями и системами, развернутыми на различных аппаратно-программных платформах.

COA предоставляет возможность создания и развертывания открытых систем, в которых процессы обнаружения составных компонентов и их интеграция могут быть отложены до этапа непосредственного выполнения. При этом она может быть реализована с использованием широкого спектра технологий, включая REST, RPC, DCOM, CORBA или Web-сервисы.

Тем не менее, именно развитие и стандартизация технологий Web-сервисов (SOAP, WSDL, UDDI, BPEL и др.) являются основной предпосылкой, обуславливающей широкое практическое использование и реализацию концепции сервис-ориентированной архитектуры.

Стандартизация в области сервис-ориентированных систем и технологий их создания поддерживается организациями OASIS, W3C (World Wide Web Consortium), IETF (Internet Engineering Task Force) и отражается в регулирующих документах этих организаций, а также в сериях документов RFC (Request for Comments) и стандартов ISO/IEC (например, ISO/IEC 26300).

2. Web-сервисы

Web-сервисы являются независимыми функциональными компонентами и представляют собой единицу модульности в контексте использования сервис-ориентированной архитектуры. Каждый web-сервис предоставляет *атомарную* (т.е. неделимую) услугу, которая может быть выполнена полностью или же не выполнена вообще. Web-сервисы информируют другие системы о своём появлении и предоставляемых услугах посредством регистрации в централизованных хранилищах – UDDI-реестрах. UDDI-реестр хранит описание Web-служб, созданные в соответствии со стандартом WSDL (Web Service Definition Language) и предоставляет инструменты для их поиска. После обнаружения необходимого Web-сервиса, он может быть вызван, используя распределенный механизм, предоставляемый SOAP-протоколом, и/или динамически интегрирован в состав композитного приложения.

Базовые принципы COA и Web-сервисов предоставляют основу для поддержки многочисленных современных ИТ-технологий и концепций построения распределенных информационных систем, SaaS (Software as a Service), Grid, Cloud-Computing и др., позволяющих реализовывать гибкие бизнес-информационные процессы и динамические приложения для электронной коммерции, науки, телемедицины и др.

3. Анализ особенностей построения сервис-ориентированных систем

Важнейшим экономическим аспектом применения парадигмы SOA является эффективное повторное использование информационных ресурсов и вычислительных компонентов, повышения гибкости существующих бизнес-процессов и создание новых на основе композиции сервисов (услуг), предоставляемых сторонними организациями.

В то же время концепция сервис-ориентированной архитектуры порождает новые вызовы для инженеров и научного сообщества, которые заключаются в:

1) отсутствие у потребителя/интегратора Web-услуг информации о деталях их реализации, значении характеристик гарантоспособности и оперативности, а также гарантий относительно соблюдения некоторого уровня качества обслуживания;

2) отсутствию у разработчика (интегратора) сервис-ориентированной системы контроля над созданием, размещением и обслуживанием интегрируемых Web-компонентов;

3) отсутствию у брокера Web-услуг механизмов проверки и поддержания актуальности информации о зарегистрированных Web-услугах;

4) глобальной распределенности провайдеров и потребителей Web-услуг затрудняет достоверное измерение надежных характеристик и характеристик оперативности Web-сервисов, поскольку характеристики среды коммуникации «зашумляют» нефункциональные характеристики самих компонентов;

5) использовании в качестве среды коммуникации гетерогенной глобальной сети Интернет, которая характеризуется высокой нестабильностью временных задержек, не гарантирует оптимальности маршрутов передачи информации и является дополнительным источником сбоев и отказов.

6) провайдеры Web-услуг заранее не имеют информации о том, какие потребители и с какой интенсивностью их используют, а также какие они предъявляют требования к уровню надежности и оперативности обслуживания.

Ключевыми особенностями Web-сервисов с точки зрения надежности и безопасности построения и эксплуатации сервис-ориентированных систем являются:

- естественное многообразие и избыточность web-сервисов и услуг;
- недостаточная надежность и безопасность;
- естественная многоуровневая диверсность;
- неопределенность нефункциональных характеристик.

3.1. Естественное многообразие и избыточность web-сервисов и услуг

Сервис-ориентированная архитектура и технологии Web-сервисов и современный уровень развития информационных услуг предоставляют естественную возможность доступа к множеству глобально-распределенных сервисов, реализующих одинаковую или подобную функциональность, предоставляемых разными провайдерами, развернутых (функционирующих) под управлением различных аппаратно-программных платформ и размещенных на разных узлах глобальной сети Интернет. Этот процесс отражает естественное явление рыночной конкуренции, когда различные независимые компании предоставляют множество подобных товаров и услуг по разной цене и с разным качеством.

На сегодня крупнейшим брокером Web-услуг является компания Seekda (<http://www.seekda.com>), предоставляющая описание десятков тысяч сервисов, предоставляемых тысячами компаниями-провайдерами Web-услуг, многие из которых являются функционально-эквивалентными.

Однако, в отличие от покупателей товаров, потребители Web-услуг фактически не осведомлены о деталях реализации используемых Web-сервисов, репутации предоставляющих их провайдеров, а также не имеют априорной оценки качества и надежности.

В то же время, альтернативные Web-сервисы по желанию провайдера могут предоставлять как бесплатные, так и платные услуги, стоимость которых не связана с характеристиками качества обслуживания, оперативности и надежности.

В [6] представлен ряд примеров существующих функционально-эквивалентных Web-сервисов, предоставляющих услуги выполнения биржевых операций (покупки/продажи акций компаний), обмена валют, прогноза погоды и др. При этом пользователь имеет полную свободу выбора между альтернативными Web-сервисами. В условиях, когда множество Web-сервисов предоставляют альтернативные услуги [7] актуальной задачей становится достоверная оценка их гарантоспособности, оперативности и других нефункциональных характеристик, а также предоставление пользователям возможности выбора наиболее оптимальных сервисов, отвечающих предъявляемым требованиям с учетом их цены и качества. С другой стороны, естественная избыточность рынка Web-услуг и диверсность Web-сервисов предоставляет уникальные возможности для повышения надежности композитных сервис-ориентированных систем на основе применения различных механизмов отказоустойчивости.

3.2. Недостаточная надежность и безопасность Web-сервисов

Интерфейс web-сервисов инкапсулирует (скрывает) детали реализации и внутреннюю архитектуру от остальных компонентов сервис-ориентированной системы или от пользователей. В то же время, несмотря на атомарность предоставляемых услуг, Web-сервис не является монолитным программным компонентом. Программное приложение, предоставляющее Web-услугу, функционирует под управлением системного программного обеспечения – сервера приложений. В большинстве случаев, среда, в которой развернут Web-сервис, помимо сервера приложений включает в себя Web-сервер и систему управления базами данных или же отдельный сервер баз данных, что является типичным для многоуровневых Web-приложений. Следует отметить, что каждый из указанных программных компонентов платформы, на которой развернут Web-сервис, является источником дополнительных сбоев, отказов и задержек, оказывающих влияние на характеристики надежности и оперативности предоставляемых Web-услуг.

Таким образом, на надежность и оперативность предоставления услуг существенное влияние оказывает программно-аппаратная среда выполнения Web-сервиса, обуславливающая дополнительный фактор ненадежности. Кроме того, открытость сервис-ориентированной архитектуры и общедоступность Web-компонентов, размещенных в Интернет-среде, создают условия для возникновения и реализации информационных угроз: сетевых атак и информационных вторжений, использующих уязвимости в различных программных компонентах многоуровневой архитектуры Web-сервиса.

3.3. Естественная многоуровневая диверсность Web-сервисов

Технологии построения web-сервисов и сервис-ориентированных систем предоставляют возможность для применения многоуровневой диверсности с большим числом имеющихся вариантов диверсной реализации на каждом уровне.

1. *Диверсность прикладного программного обеспечения.* На этом уровне провайдером web-услуг могут быть использованы разнообразные методы диверсной разработки, включая субъектную, языковую и технологическую диверсность. Кроме того, может быть использована информационная диверсность (диверсность информации и информационных источников, используемых для предоставления web-услуг), а также диверсность используемых «физических» ресурсов и услуг (например, использование разными туристическими web-сервисами разных компаний – операторов авиаперевозок или разных гостиниц).

2. *Диверсность среды функционирования.* Как было отмечено, web-сервис представляет собой прикладное программное обеспечение (в виде сервлетов, скриптов, jbean- и cgi-компонентов, триггеров и хранимых процедур), функционирующее в некоторой операционной среде. Эта среда включает в себя, как правило, аппаратную платформу, операционную систему и набор системных компонентов (web-сервер, сервера приложений и баз данных). В настоящее время существует большое количество диверсных реализаций каждого из указанных компонентов. Например, в качестве операционной системы для развертывания web-сервиса провайдером может быть выбрана одна из операционных систем семейства Microsoft Windows, Oracle/Sun Solaris, Apple MacOS, Linux или UNIX/BSD.

3. *Пространственная диверсность.* Резервные компоненты сервис-ориентированной системы могут быть распределены в глобальной сети Интернет для обеспечения диверсности маршрутов передачи информации. Кроме того, пользователям, как правило, доступны услуги различных компаний – провайдеры Интернет, что также обеспечивает определенный уровень диверсности для избежания общих отказов среды взаимодействия.

Необходимо отметить, что пользователи web-сервисов, как правило, не осведомлены о конкретных особенностях реализации и развертывания используемых ими сервисов, поскольку такая информация не доступна для них в явном виде. Поэтому при выборе функционально-эквивалентных сервисов для построения резервированной сервис-ориентированной системы они не могут быть уверены в степени диверсности этих сервисов. Тем не менее, основываясь на значительном количестве уровней внесения диверсности, а также большом числе диверсных вариантов на каждом уровне, можно предположить, что функционально-эквивалентные сервисы, предоставляемые разными провайдерами web-услуг, будут иметь значительную степень диверсности.

Таким образом проведенный анализ позволяет сделать вывод о наличии естественной избыточности функционально-альтернативных web-услуг, предоставляемых различными провайдерами. С большой вероятностью эти сервисы являются диверсными: имеют диверсную реализацию и/или развернуты на различных аппаратно-программных платформах, что обусловлено многоуровневостью архитектуры Web-сервисов и разнообразием аппаратных и программных компонентов, которые могут быть использованы на каждом уровне этой архитектуры.

Как следует из результатов исследований, представленных в [9], наибольшее количество отказов web-систем происходит из-за несовершенства системных компонентов (операционной системы,

web-сервера, серверов приложений и баз данных). Из них 72-87% являются устойчивыми отказами, и лишь незначительная часть может быть отнесена к случайным сбоям (т.е. самоустраняющимся отказам). Следовательно, диверсность программного окружения в котором функционируют Web-сервисы может быть существенным методом снижения отказов по общей причине, возникающих в резервированных и кластерных web-системах.

3.4. Неопределенность характеристик

Web-сервисы являются гетерогенными компонентами, поскольку при их разработке могут быть использованы разные стандарты, соглашения и технологии. Кроме того, сервис-ориентированные системы представляют собой оверлейные сети, развернутые поверх глобальной сети Интернет. Следовательно, их интеграция и функционирование усложняется тем фактом, что Интернет является изменчивой и непредсказуемой средой коммуникации, не гарантирующей соблюдение временных и надежных характеристик.

СОС могут быть подвержены различным отказам, обусловленными как внутренними причинами (отказами аппаратуры, проявлением дефектов в прикладном и системном ПО), так и отказами среды взаимодействия и внешними воздействующими факторами (ошибками маршрутизации, сетевыми перегрузками, информационными атаками, воздействием помех и др.).

Компоненты СОС могут быть перемещены, изменены или же удалены без предварительного оповещения. Таким образом, пользователи Web-услуг не могут быть уверены в определенном уровне надежности, готовности, достоверности, времени обслуживания и других характеристиках гарантоспособности.

Как показывает опыт создания информационных СОС критического и бизнес-критического применения безопаснее рассматривать Web-сервисы как «грязные ящики» (т.е. негарантоспособные компоненты) [9], заранее предполагая, что они всегда имеют ошибки, неполную и неточную спецификацию, а также не обеспечивают требуемое качество обслуживания.

На основе проведенного анализа особенностей разработки и эксплуатации СОС и web-сервисов, а также с учетом результатов практических экспериментов можно сделать вывод о том, что такие системы обладают значительной степенью неопределенности, обусловленной изменчивостью функциональных характеристик, многовариантностью результатов обслуживания и нестабильностью нефункциональных характеристик (характеристик гарантоспособности и оперативности).

Неопределенность сервис-ориентированных систем и компонентов может быть классифицирована с использованием нижеперечисленных признаков.

1. По месту возникновения неопределенности:

- внутренняя (неопределенность компонентов КИСОС);
- внешняя (неопределенность среды взаимодействия, т.е. Интернет, клиента и сервис-ориентированной системы, а также её компонентов между собой).

2. По времени возникновения:

- неопределенность текущих характеристик сервис-ориентированной системы, компонентов, среды их функционирования и взаимодействия;
- неопределенность будущих характеристик сервис-ориентированной системы, компонентов, среды их функционирования и взаимодействия.

3. По виду (характеру) неопределенности показателей:

- интервальная (известны интервалы изменения показателей);
- вероятностная (известен закон распределения);
- нечеткая (известен интервал изменения и функция принадлежности).

Заключение

Анализ и обобщение опыта практического создания и эксплуатации Web-сервисов и сервис-ориентированных систем позволяет выделить несколько базовых свойств, определяющих их уникальность как объектов разработки и использования с точки зрения обеспечения их гарантоспособности:

- свойство потенциальной ненадежности и небезопасности;
- свойство естественного многообразия и избыточности web-услуг;
- свойство естественной многоуровневой диверсности;
- свойство неопределенности нефункциональных характеристик.

Следствием указанных факторов является отсутствие гарантии верного обслуживания, отсутствие уверенности в функциональных и нефункциональных характеристиках, а также субъективность опыта эксплуатации таких систем.

Например, с точки зрения одного пользователя некоторая сервис-ориентированная система может обладать высокой оперативностью, но низкой надежностью, в то время как другого – высокой надежностью, но низкой оперативностью, что подтверждается результатами практических исследований, представленных в [10].

Литература

1. Krafzig, D. *Enterprise SOA: Service-Oriented Architecture Best Practices [Text]* / D. Krafzig, K. Banke, D. Slama. – Upper Saddle River: Prentice Hall, 2005. – 382 p.
2. Wirth, N. *Project Oberon. The Design of an Operating System and Compiler [Text]* / N. Wirth, J. Gutknecht. – Amsterdam: Addison-Wesley Longman, 1992. – 548 p.
3. Дерезкий, В. *Разработка приложений в сервис-ориентированной архитектуре семантического Веб [Текст]* / В. Дерезкий // *Проблеми програмування*. – 2010. – № 1. – С. 66–78.
4. Шелестов, А.Ю. *Структурно-функциональный анализ сервис-ориентированных систем [Текст]* / А.Ю. Шелестов, О.М. Кукуль, Б.Я. Яйлимов // *Індуктивне моделювання складних систем*. – 2012. – № 4. – С. 224–238.
5. *OASIS Reference Model for Service Oriented Architecture. Ver. 1.0 [Text]* / C.M. MacKenzie, K. Laskey, F. McCabe, etc. – Burlington: OASIS, 2006. – 31 p.
6. Ernst, M.D. *Detection of Web Service substitutability and composability [Text]* / M. D. Ernst, R. Lencevicius // *International Workshop on Web Services Modeling and Testing – WS-MaTe'2006: conference proceedings*. – Palermo (Italy), 2006. – P. 124–135.
7. Al-Masri, E. *Toward Quality-Driven Web Service Discovery [Text]* / E. Al-Masri, Q.H. Mahmoud // *IT Professional: Technology Solutions for the Enterprise*. – Vol. 10, Issue 3. – 2008. – P. 24–28.
8. Chandra, S. *Whither Generic Recovery From Application Faults? A Fault Study using Open-Source Software [Text]* / S. Chandra, P.M. Chen // *Int. Conf. on Dependable Systems and Networks – DSN'2000: conference proceedings*. – New York, 2000. – P. 97–106.
9. Gorbenko, A. *On Composing Dependable Web Services Using Undependable Web Components [Text]* / A. Gorbenko, V. Kharchenko, A. Romanovsky // *International Journal on Simulation and Process Modelling (IJSPM)*. – 2007. – Vol. 3, No 1/2. – P. 45–54.
10. *The Threat of Uncertainty in Service-Oriented Architecture [Text]* / A. Gorbenko, V. Kharchenko, O. Tarasyuk et al.] // *RISE/EFTS Joint International Workshop on Software Engineering for Resilient Systems – SERENE'2008: conference proceedings*. – Newcastle upon Tyne (UK), 2008. – P. 49–54.

Поступила в редакцію 8.02.2013, рассмотрена на редколлегии 6.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. инженерии программного обеспечения Б.М. Конорев, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.

АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ СТВОРЕННЯ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЇ ГАРАНТОЗДАТНИХ СЕРВІС-ОРІЄНТОВАНИХ СИСТЕМ

А.В. Горбенко

У статті розглянуто концепцію сервіс-орієнтованої архітектури та виконано аналіз нефункціональних характеристик сервіс-орієнтованих систем та їх компонентів – Web-сервісів, які значно впливають на надійність та безпеку надання послуг. Представлено результати дослідження особливостей розробки, експлуатації та інтеграції Web-сервісів для створення гарантоздатних сервіс-орієнтованих систем. Зроблено висновок про значну невизначеність не функціональних характеристик сервіс-орієнтованих систем.

Ключові слова: web-сервіси, сервіс-орієнтовані системи, гарантоздатність.

ANALYSIS OF DEPENDABLE SERVICE-ORIENTED SYSTEMS DEVELOPMENT FEATURES

A.V. Gorbenko

In the paper we discuss the service-oriented architecture and analyze non-functional characteristics of service-oriented systems and their components, i.e. Web services, significantly affecting reliability and security of service provisioning. We describe results of instigation of Web-services development and operation features and their integration into dependable service-oriented system. We conclude that service-oriented systems are characterized by significant uncertainty of non-functional properties.

Key words: web-services, service-oriented systems, servicing time, minimization.

Горбенко Анатолий Викторович – д-р техн. наук, доцент, профессор кафедры компьютерных систем и сетей Национального аэрокосмического университета им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина, e-mail: A.Gorbenko @ csn.khai.edu.