

УДК 681.3

В. Деречкий

## РАЗРАБОТКА ПРИЛОЖЕНИЙ В СЕРВИС-ОРИЕНТИРОВАННОЙ АРХИТЕКТУРЕ СЕМАНТИЧЕСКОГО ВЕБ

Семантическая сервис-ориентированная архитектура основана на принципах сервисной ориентации, семантического моделирования, интеллектуальной и автоматизированной интеграции, определяет основу для новой технологии, которая обеспечивает новые средства интеграции сервисов, большую адаптивность к изменениям бизнес-требований и сред выполнения. Архитектура определяется, начиная от абстрактной бизнес-модели семантического сервисного приложения, завершая сервисами, процессами, технологиями и в соответствии с онтологией моделирования Веб-сервисов (WSMO).

### Введение

Для того, чтобы отвечать требованиям бизнеса, гибкости и динамики происходящих процессов, традиционные монолитные приложения требуют замены на более мелкие единицы функциональности, которые можно комбинировать и собирать в сложные программные конструкции. Чтобы соответствовать этой парадигме информационным системам необходимо обеспечивать повторную конфигурацию для создания новых приложений, развиваемых как сервисы и наследуемые системы. Движением в этом направлении является развитие парадигмы сервис-ориентированной архитектуры (SOA) с целью разрешения проблем динамики среды и адаптивности бизнес-процессов. SOA строится как уровневая модель сервисов, которая согласовывается с принципами свободного связывания сервисов, повторного использования, подающихся обнаружению и композиции.

Идеи и существующие решения SOA, направленные на решение задач адаптивности бизнес-требований, являются трудными для измерения без надлежащей степени автоматизации. При современных сервисных технологиях таких как: WSDL, SOAP, UDDI и BPEL, которые реализуют новые возможности SOA, обеспечивая частичную совместимость с помощью унификации технологического окружения, в котором осуществляется согласование на уровне контента и процессов для каждого конкретного случая [1, 2].

Гибкость и расширяемость XML может определить только структуру и син-

таксис данных. Без понятной для машины семантики сервисы могут быть размещены и связаны только во время их проектирования, что в свою очередь ограничивает возможности автоматизации. Для преодоления этих недостатков предлагается расширение SOA семантикой, которая обеспечивает масштабируемую интеграцию и адаптацию к изменениям, происходящим на этапах жизненного цикла программной системы. Семантика позволит определить развитые формальные модели, в которых определяются возможности сервисов и требования их потенциальных потребителей. Семантические данные, посредством которых осуществляется обмен между бизнес партнерами, могут быть однозначно описаны в форме и в терминах онтологий. С помощью семантических средств логического рассуждения SOA обеспечивает полную или частичную автоматизацию поиска сервисов, согласования, посредничества, запуска на выполнение и композицию. Семантические средства SOA не заменяют существующие технологии интеграции. Цель подхода состоит в построении нового уровня сервисов, основанного на принятых существующих промышленных стандартах и технологиях используемых в пределах существующих инфраструктур.

Мы представляем семантическую сервис-ориентированную архитектуру, которая соответствует основным принципам управления и, которая обеспечивает анализ, проектирование и поддержку архитектуры в части посредничества, сервисной

© В. Деречкий, 2010

ориентации и логик обработки приложений. Мы впервые определяем семантическую архитектуру независимо от глобальной перспективы, в основе которой положены сервисные модели. Подробно описываем сервисы и типы обработки, которые обеспечивают архитектуру и технологии, которые используются для построения сервисных приложений.

## 1. Принципы управления на основе знаний

Семантическая сервис-ориентированная архитектура строится с использованием принципов, которые определяют управление на основе знаний, разработку и выполнение приложений. Эти принципы отражают фундаментальные аспекты сервис-ориентированного и распределенного окружения семантической интеграции бизнес-сервисов [3]. Принципы включают:

- принцип сервисной ориентации, обеспечивающий подходы для анализа, проектирования и выполнения приложений, которые основаны на возможностях сервисов – повторное использование, свободное связывание, абстрактное моделирование, композиционность, автономность, поиск и др.;

- семантический принцип, который обеспечивает формальное описание информации и динамические модели, допускающие автоматизацию решения задач с помощью логического рассуждения. Комбинируя этот принцип с принципом сервисной ориентации семантика позволяет определять такие характеристики сервисов: масштабируемость, семантическую интероперабельность, формальные модели сервисов и онтологий, позволяющие обеспечить частичную или полную автоматизацию решения задач, например, поиск сервисов, согласование, композицию сервисов и другие;

- принцип принятия решений, как одно из фундаментальных положений искусственного интеллекта. Он обеспечивает такую характеристику архитектуры, которая основана на целе-ориентированном поиске и выполнении сервисов. Пользова-

тели описывают запросы как семантические цели независимые от самих сервисов, в то время как архитектура с помощью логического рассуждения над целями и описаниями сервисов обеспечивает их наилучшее достижение. Пользователям не нужно быть осведомленным в логике обработки, а заботиться только о результате и его качестве;

- принцип распределенности, который позволяет агрегировать возможности нескольких вычислительных объектов путем сотрудничества. Этот принцип обеспечивает выполнение множества сервисов в сети, обеспечивая масштабируемость и требуемое качество процесса.

## 2. Семантическая сервис-ориентированная архитектура

Семантическая сервис-ориентированная архитектура, построенная на выше-рассмотренных принципах, показана на рис. 1. Архитектура содержит следующие основные уровни: 1) пользователей или группы пользователей; 2) принятия решений; 3) заказчиков сервисов; 4) посредников сервисов, обеспечивающие интеграцию и взаимодействие сервисов; 5) поставщиков сервисов, обеспечивающие публикацию функциональности серверных систем как бизнес-сервисов.

**2.1. Уровень пользователей** представляет группы различных пользователей, использующие функциональность архитектуры для своих целей. Идентифицируют две основные группы пользователей: пользователи приложений и инженеры. Пользователи приложений составляют группу, для которой архитектура обеспечивает доступ к функциональности через специализированные приложения и интерфейсы.

Например, пользователи могут выполнять обмен информацией для приобретения продукции или выполнять размещение заказов, или выполнение финансовых сделок. Задача этого уровня состоит в том, чтобы позволить пользователям взаимодействовать с бизнес-процессами он-лайн и, при этом, сократить физические взаимодействия с процессами сервера.

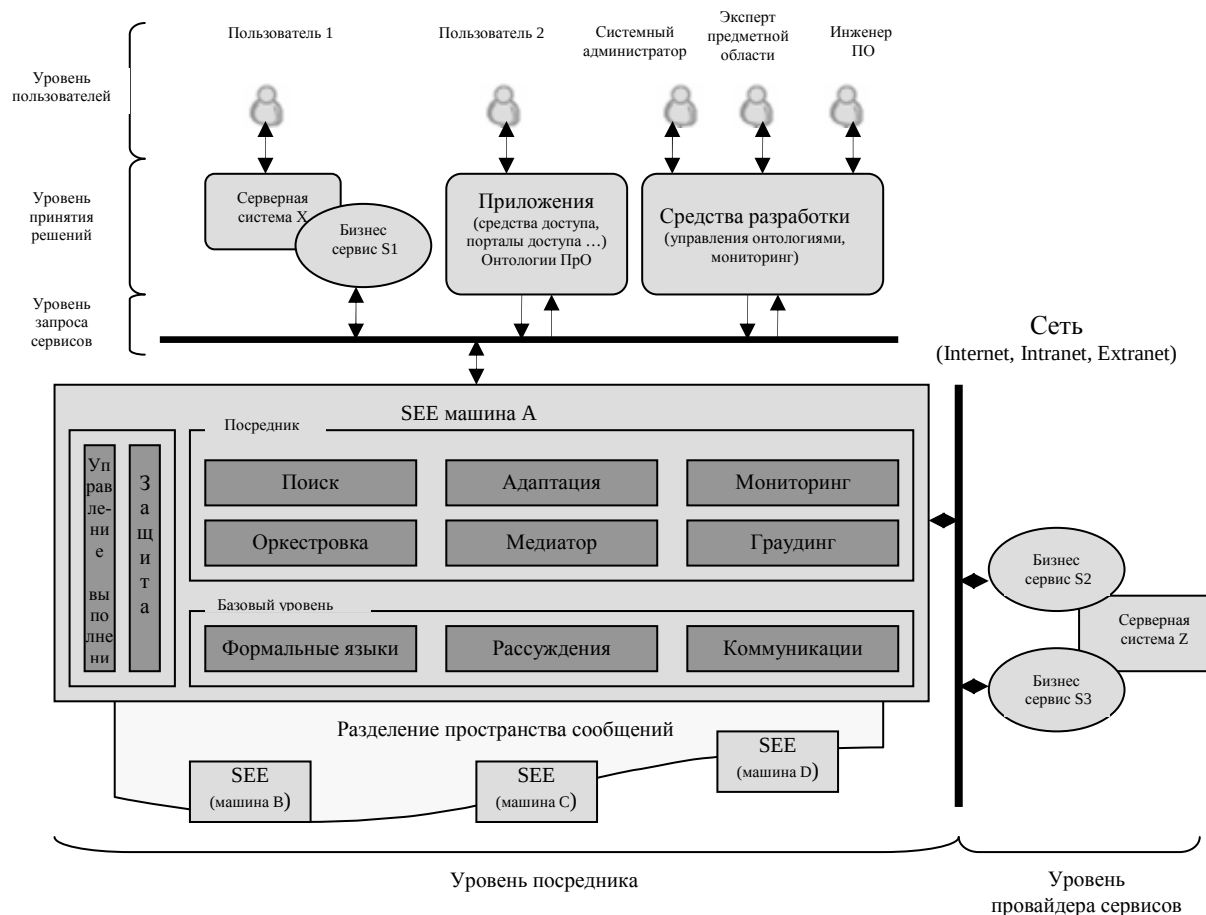


Рис. 1. Глобальная схема архитектуры

Другая группа пользователей – инженеры, которая формирует уровень, обеспечивающий развитие и администрирование задач в архитектуре. Эти задачи должны поддерживать жизненный цикл SOA, в том числе моделирование сервисов, создание, композицию, развертывание (публикация) и управление. В эту группу могут быть вовлечены такие пользователи: эксперты предметных областей (моделирование, создание онтологий), администраторы системы (развертывание, управление); конструкторы программного обеспечения и другие.

**2.2. Уровень принятия решений** представляет приложения и инструменты, которые поддерживают пользователей в части формирования запросов и преобразования их в форму пользовательских целей. Через уровень принятия решений, пользователь сможет формулировать проблему, обеспечивать взаимодействие с ар-

хитектурой в процессе обработки запросов и получать желаемые результаты. Серверные процессы этого уровня обеспечивают интерфейс для бизнес-процессов. Для этого строятся специализированные приложения в требуемой предметной области, используя онтологии предметной области и инструменты разработки, обеспечивающие необходимую функциональность для развития и администрирования задач в пределах архитектуры.

Функциональность средств разработки покрывают этапы жизненного цикла SOA, в том числе моделирование сервисов, создание, композицию, развертывание (публикация), управление и др.

Интегрированная среда разработки (IDE – Integration Design Environment) обеспечивает формирование семантических описаний (сервисы, цели и онтологии), создание схем посредничества между посредником и внешними системами. Объе-

диния эту функциональность, разработчик может создавать и управлять онтологиями, Веб-сервисами, целями и посредниками, создавать онтологии для посредников, встраивать их в среду посредников.

### 2.3. Уровень запросов сервисов.

Клиенты системы формируют цели посредством описания запросов и интерфейсов, через которые осуществляется взаимодействие с потенциальными сервисами. Средства для принятия решений используют семантическую спецификацию сервисов.

**2.4. Уровень посредника.** Посредник является ядром архитектуры, обеспечивающий главную функциональность в части интеграции и взаимодействия бизнес-сервисов. Посредники представляют семантическую среду выполнения сервисов (SEE). SEE определяет необходимую концептуальную функциональность, которая реализуется (полностью или частично) сервисами-посредниками. Функциональность посредника используется на следующих уровнях: вертикальный уровень, уровень посредника и базовый уровень. Среда выполнения основана на средствах WSMX и IRS-III [4, 5].

*Вертикальный уровень* определяет функциональность структуры посредника, которая используется базовыми уровнями, но остается невидимой для них. Эта технология использует так называемый "Голливудский принцип", который подразумевает "не звоните нам, мы позвоним вам" [6]. Функциональность обеспечивает координацию и управление процессами в посреднике.

Управление выполнением основано на управлении различными сценариями, называемыми семантиками выполнения, и реализует распределенное выполнение сервисов.

Безопасность включает средства идентификации, аутентификации конфиденциальности, кодирования данных, поддержку отслеживания и безотказности в пределах сценариев выполнения.

*Уровень посредника* (брокера) обеспечивает:

- поиск бизнес-сервисов, которые соответствуют цели заказчика;

- оркестровку выполнения бизнес-процессов, включая переговоры между заказчиком и поставщиком сервиса в пределах бизнес-процесса;

- мониторинг осуществляет контроль выполнения сервисов и используется для сбора информации о сервисах, например, QoS – показатель качества, идентификация сбоя в процессе выполнения и т.д.;

- управление ошибками обеспечивает обработку ошибок при выполнении Веб-сервисов;

- адаптацию, представляющую собой согласование пользовательских предпочтений в пределах сценария выполнения, например, выбор сервиса обеспечения переговоров, заключение контракта;

- посредничество, определяющее совместимость данных и процессов на функциональном уровне;

- композицию сервисов в процессе выполнения потока работ (бизнес-процессов);

- Граундинг, устанавливающий связь между семантическим уровнем (WSMO) и синтаксическим уровнем (WSDL), используемый при запуске сервисов на выполнение.

*Базовый уровень* включает функциональность, необходимую для успешного выполнения процессов на уровне посредника. Базовый уровень содержит:

- формальные языки, определяющие синтаксические действия (например, анализ–Parsing), семантические языки, использующие семантическое описание сервисов, целей и онтологий;

- рассуждения, определяющие функциональность над семантическими описаниями;

- репозитории для хранения элементов системы – сервисов, онтологий;

- средства, обеспечивающие внутренние и внешние коммуникации посредника.

Посредник среды выполнения сервисов обеспечивает распределенность, в данном случае ряд систем посредника объединяются путем разделяемых сообщений и, таким образом, обеспечивают масштабируемость процессов интеграции.

**2.5. Уровень поставщиков сервисов.** Поставщики сервисов обеспечивают различные серверные (back-end) системы. Серверная система служит для обеспечения функциональности заданной цели бизнес-сервиса. В зависимости от развертывания архитектуры и сценариев интеграции, сервера системы могут обеспечивать одну организацию (один поставщик сервисов) или множество организаций (много поставщиков сервисов), которые связаны по сети (Интернет, Интранет или Экстранет). Архитектура может обслуживать различные модели интеграции: бизнес-бизнесу (B2B), приложение предприятию (EAI) или приложение приложению (A2A). Во всех моделях функциональность серверов представляется как семантическое описание бизнес-сервисов.

### 3. Модель семантических сервисов WSMO

Модель семантических сервисов формирует дополнительный уровень над существующими моделями Веб-сервисов, путем добавления семантической разметки для функциональных, не функциональных и динамических характеристик сервисов. Существует несколько инициатив в этой области, например, онтология моделирования Веб-сервисов (WSMO) [7], Owl-s [8] и WSDL-s [9].

В соответствии с требованиями архитектуры и принципами управления в предложенном подходе мы выбрали модель WSMO. Выбор WSMO, а не других спецификаций (например, Owl-s) основывался на том, что WSMO явным образом сфокусирована на принятии решений и интеграции целей и сервисов, поэтому полностью соответствует принципам семантического принятия решений и семантической организации сервисов. Кроме того, WSMO развивается как структура, которая включает: описание концептуальной модели, определяющей характеристики Веб-сервисов: онтологии, цели, Веб-сервисы и посредники. Язык моделирования Веб-сервисов (WSML) [7, 10] представляет семейство онтологических языков, основанных на логических формализмах и уровнях логической выразительности, в том числе

дескриптивной логики и логики программирования. Среда выполнения Веб-сервисов (WSMX) – представляет собой средства для реализации системы посредника [11]. Инструментарий для моделирования Веб-сервисов (WSMT) используется для разработки описаний таких объектов WSMO: сервисы, цели и онтологии. Обеспечивается также создание проекций посредника на внешние системы. WSMO и его компоненты обеспечивают основы семантического моделирования сервисов и семантической технологии, которая может адаптироваться к требованиям предметных областей (например, путем расширения функциональности WSML, WSMX, WSMT и т.п.).

*Концептуальная модель WSMO* представляет собой модель верхнего уровня, определяющая онтологию, используемую для моделирования бизнес-сервисов. Она же содержит описание онтологии, Веб-сервисов, целей и посредников.

*Онтологии* обеспечивают формальное определение семантики для WSMO. Двумя ключевыми отличиями онтологий являются принципы разделяемой концептуализации и формальной семантики. Общая концептуализация представляет собой средство, обеспечивающие информационную совместимость через независимые цели и описания Веб-сервисов.

*Веб-сервисы* определяют функциональные возможности и один или большее число интерфейсов, которые дают клиентам сервиса возможность обращения к нему. Возможности сервиса моделируются посредством использования пред- условия и предположения о состоянии информационного пространства и внешнего мира перед выполнением, выходные пост- условия и результаты, определяющие состояние после выполнения сервиса. Интерфейсы сервиса разделяются на хореографию и оркестровку. Хореография определяет способ взаимодействия с сервисом, при этом оркестровка определяет декомпозицию его функциональности в терминах других сервисов.

*Цели* представляют описание запросов, которые хочет достичь пользователь. Цели WSMO описываются в терминах

предметной области выполняемого запроса заданного сервиса. Цель WSMO характеризуется возможностью запроса и интерфейсом запроса.

*Посредники* представляют элементы, которые нацелены на разрешение структурных, семантических или концептуальных несоответствий, которые появляются между различными компонентами в пределах среды WSMO.

Сравнение WSMO с его основным конкурентом Owl-s и другими подходами представлено в [12].

#### 4. Сценарий примера семантической сервис-ориентированной архитектуры

В этом разделе рассмотрим пример, на котором исследуются различные аспекты семантической сервис-ориентированной архитектуры. Сценарий примера и его реализация основана на предложениях инициативы SWS Challenge [13], обеспе-

чивающая стандартное множество сложных задач, основанных на индустриальных спецификациях и требованиях. Как показано на рис. 2, сценарий включает различных поставщиков сервисов (например, корпорации «Racer» и «Mueller»), которые предлагают поставки различной продукции через обращение к рынку «Moon». С другой стороны, есть запрашивающая сторона сервисов под названием «Blue», которая намеревается купить определенную продукцию по возможно приемлемой цене [14].

Рынок «Moon» взаимодействует с электронным рынком на уровне системы-посредника семантической сервис-ориентированной архитектуры. Следуя сценарию «Moon» использует системы для взаимоотношений с клиентами (CRM) и расчетную систему (OMS), при этом «Blue» использует стандартную систему RosettaNet8 [15].

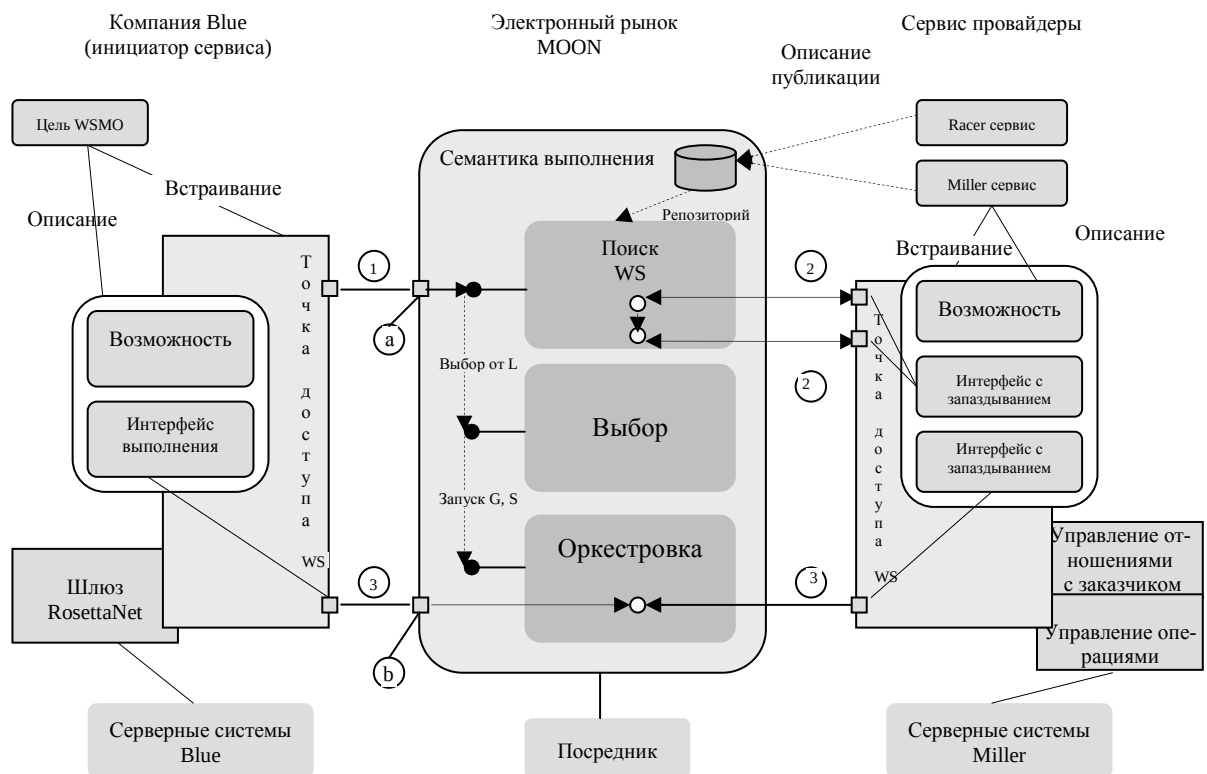


Рис. 2. Пример выполнения сервисной системы

Інженери, представляючі користувачів і постачальників сервісів, використовують моделі WSMO для моделювання сервісів і запитів до сервісів, так же використовуються різні онтології і різні описання хореографії. В частині, «Blue» надсилає запит і очікує отримання відповіді згідно специфікації RosettaNet PIP3A4. С іншої сторони, «Mueller» для того, щоб обробити запит повинен виконувати велике число взаємодій з кінцевими системами, наприклад, для ідентифікації клієнта в CRM, необхідно відкривати замовлення в OMS, додати елементи і закривати замовлення. Тому існують проблеми функціональної сумісності між «Blue» і «Mueller» – «Blue» використовує інформаційну модель і хореографію, визначену PIP3A4, а «Mueller», використовує інформаційну модель і хореографію, визначену системами CRM/OMS.

Користувачі і постачальники сервісів підтримують інтеграцію через реалізацію адаптерів серверних систем. Як компанія «Blue», так і компанія «Mueller» відповідальні за підтримку цих адаптерів і їх інтеграцію з посередниками через семантичні описання і/або через інтерфейси з посередниками.

Інженери, представляючі постачальників і користувачів сервісів відповідно видають онтології, використовуючі для специфікації цілі WSMO і сервісних описань. Крім того, формуються правила проєкції між онтологіями постачальників і користувачів, онтологіями, використовуваними в системі посередника.

Сценарій роботи представлений наступним чином: всі бізнес-партнери, їх моделі і бізнес-сервіси використовують WSMO. «Blue» надсилає запит до посередника системи на поставку обладнання. Запит визначається в цілі WSMO. Посередник отримує цілі. Семантика виконання включає: пошук, вибір і оркестровку. Узгодження сервісів для цільової і потенційних функціональних сервісів виконується на абстрактному рівні як в процесі пошуку, так і на рівні зразка. Абстрактний рівень пошуку дозволяє мінімізувати число можливих

узгоджених Веб-сервісів, які забезпечують задану мету. Пошук на рівні зразка виконує детальне узгодження, розглядаючи як дані зразка сервіса, так і цілі. Вибір найкращого сервіса («Mueller») оснований на перевагах. Процес оркестровки виконує виконання переговорів між сервісами «Blue» і «Mueller», які виконують обробку описань хореографії в відповідності для «Blue» і сервісів «Mueller's».

## 5. Представлення сервіса

Семантична середовище виконання (SEE) забезпечує декомпозицію сервіса, який дозволяє розділити і спростити сервіси, кожен з яких може мати свою власну структуру. Згідно принципам SOA, архітектура SEE виділяє сервіси-посередники таким чином, відокремлюючи описання сервісів і їх інтерфейси від виконання. Таке розділення забезпечує гнучкість і масштабованість при модернізації або заміні функціональності сервісів посередників, які використовують задані інтерфейси.

Сервіси забезпечують необхідну функціональність для визначеної цілі. Сервісна орієнтація дозволяє горизонтальне представлення сервісів, крім того відносять сервіси декількох типів. По типу функціональності розрізняємо два види сервісів:

- бізнес сервіси, представляючі собою сервіси, які забезпечуються різними серверними системами постачальників сервісів. Бізнес-сервіси є предметом інтеграції і взаємодії в межах архітектури і можуть забезпечувати необхідне значення для користувачів. В архітектурі, бізнес-сервіси публікують постачальники сервісів шляхом формування семантичних описань, узгоджених з моделлю WSMO. Бізнес-сервіси видаються і зберігаються в сховищах посередників;

- сервіси-посередники представляють собою допоміжні засоби для інтеграції і взаємодії бізнес-сервісів. Сервіси-посередники встрай-

ваються в систему-посередник.

На рівні абстракції бізнес-сервісів розрізняють наступні два види сервісів:

- Веб-сервіси, представляючі собою загальні сервіси, які мають декілька форм і, які далі можуть конкретизуватися (наприклад, придбають квиток на рейс);

- сервіси, представляючі собою фактичні образці Веб-сервісів і, які забезпечують конкретне значення для користувачів (наприклад, придбають квиток на рейс компанії «Аеросвіт» з Києва до Нью-Йорка).

**5.1. Сервіси-посередники** реалізують загальну або частинну концептуальну функціональність посередника. Ці сервіси відображають середовище реалізації SEE посередника WSMX. Сервіси-посередники можуть комбінуватися з процесами посередника, які забезпечують додаткову функціональність системи. Основними сервісами-посередниками в WSMO є:

*Ядро* можна розглядати як сервіс, який реалізує управління виконанням, моніторинг, обробку помилок і формальні мови концептуального моделювання посередника. Ядро, реалізуюче комунікацію і координацію процесів посередника визначається семантикою виконання, яка визначає взаємодію різних сервіс-посередників, обслуговуючі процес посередника для заданої мети. Кожен процес посередника запускається через зовнішній інтерфейс сервісу комунікації і зв'язаний через інші зовнішні інтерфейси асинхронною зв'язкою в процесі взаємодії з посередником. В посереднику може існувати декілька семантик виконання, які забезпечують процеси моделювання, створення, розгортання і управління, скорочуючи час розробки. Ядро посередника здійснює також підтримку формальної мови – аналізатора, реалізуючий семантичні повідомлення в об'єктній моделі WSMO4J [16]. Крім того, ядро здійснює розподілені дії посередника, дозволяючи взаємодію з множиною фі-

зических машин, використовуючи загальне простір повідомлень. Розподіл області повідомлень забезпечує абстракцію запитів для розподіленої архітектури, яка забезпечує масштабованість процесів інтеграції.

*Комунікаційний сервіс* реалізує комунікацію і Граундінг на рівні концептуальної функціональності посередника. Будь-яке повідомлення направлено або надіслано від посередника системи передається через цей компонент. Інтеграція семантичних Веб-сервісів в систему здійснюється за допомогою повідомлень, супроводжуваних семантичними описами даних в відповідності з моделлю WSMO. Механізм, використовуваний для запуску сервісів, оснований на SOAP і WSDL специфікаціях. Тому, компонент комунікації також реалізує механізми для семантики Граундінга рівня WSMO і фізического рівня запуску сервісів.

*Сервіс висновків* реалізує функціональність висновків в посереднику. Він забезпечує підтримку висновків над семантичними описами ресурсів. Висновок представляє собою важливу функціональність, яка вимагається в процесі виконання, наприклад, пошук, посередництво для даних, посередництво для процесів і т.п. К висновкам застосовуються різні вимоги, які базуються на варіанті мови WSMML, використовуваний для семантичних описів. В основі висновків покладена описувальна логіка, яка потрібна для того, щоб використовувати варіанти мови WSMML, мову Datalog або F-logic, покладені в основу висновків, коли використовується WSMML-flight або WSMML-rule відповідно. Використання різних засобів для висновків залежить від зв'язки застосувань і повноти використовуваних семантичних описів в моделюванні. Компонент висновків в доповнення до існуючих висновків (WSML2Reasoner [17]) пропонує універсальний рівень, який відповідає згаданим вимогам. В залежності від варіанта WSMML, запити передаються машині висновків в прозорій формі. Висновки для WSMML



работоспособны также в WSM L WG [18].

*Сервис хранения* обеспечивает хранение и управление различных объектов, в том числе целей, сервисов, онтологий и посредников (схемы правил). Все объекты описываются с использованием семантического языка WSM L.

*Посредники данных.* Посредник данных реализует концептуальную функциональность уровня посредника, которая помогает реализовать выполнение процесса, в случае если используются различные онтологии при описании сервисов. Также он используется в процессе поиска сервисов в соответствии с запросами целей и сервисами, которые удовлетворяют целям или требуются в процессе переговоров между запросами и провайдерами сервисов. Описания сервисных интерфейсов могут использовать различные онтологии.

Посредничество данных действует в соответствии со схемой правил между онтологиями, которые предварительно должны быть опубликованы в архитектуре перед тем, как реализуется посредничество. Эти правила должны быть созданы на этапе проектирования как часть средств управления онтологиями WSM T. Детальное описание посредника данных для семантических Веб-сервисов рассматривается в [4].

*Процессы посредника* (медиатора) реализуют функциональность уровня посредника. При реализации посредника используются различные интерфейсы хореографии, определенные в описаниях сервисов, которые используются в переговорах. Процессы-посредники применяются вместе с хореографией, медиатором данных и компонентами коммуникации, на этапе связи заказчика и поставщика сервиса. Путем анализа процесса посредник решает возможные конфликты хореографии, в том числе остановки сообщения, в случае когда сообщение не нужно для какой-либо хореографии, и в случае когда сообщения должны обмениваться в определенном порядке обеими сторонами и т.п. Детальная информация о концептуальном определении процесса посредника и конфликтов хореографии рассматривается в [5].

*Усовершенствование цели* представ-

ляет собой процесс создания абстрактной цели на основе конкретной цели. Абстрактная цель не содержит данных образца. Данные образца обеспечиваются отдельно из определения цели синхронно или асинхронно, тогда как конкретная цель непосредственно содержит встроенные данные образца, как часть определения WSM O. Например, WSM O конкретизирует цель, которая может содержать аксиоматику в форме  $?x[namehasValue \text{ "HarryPotter"}] memberOf book$ , тогда как абстрактная цель содержит аксиоматику в форме  $?x memberOf book$ , где образец book (книга) указывается отдельно от определения цели.

*Поиск Веб-сервисов* представляет собой процесс поиска сервисов, удовлетворяющих требованиям заказчиков. Существуют несколько теоретико-множественных отношений между описаниями сервисов, например, точное соответствие, встроенное соответствие, предполагаемое соответствие, разделяемое соответствие и дизъюнктивное соответствие. Детальная информация о поиске Веб-сервисов в WSM O рассматривается в [6].

*Поиск сервиса* представляет собой процесс поиска сервиса, удовлетворяющего цели пользователя. Сервис согласованный на абстрактном уровне, согласовывается на уровне образца, в случае когда была бы получена дополнительная информация от поставщика сервисов, например, цена или пригодность продукта. Такая информация обычно имеет динамические характеристики и не подходит для статических характеристик описания онтологии. Для этой цели выполняется взаимодействие с запаздыванием. Детальная информация о поиске сервисов в WSM O рассмотрена в [7].

*Выбор сервиса* представляет собой процесс, в котором осуществляется выбор одного сервиса из множества сервисов-кандидатов, полученных в результате выполнения операции поиска, который лучше всего удовлетворяет пользовательским предпочтениям. Критерием выбора являются различные не функциональные свойства, например, уровневые соглашения сервиса (SLA), качество сервиса (QOS) и

т.п. которые могут выражать пользовательские предпочтения в виде не функциональных свойств описания цели. Детальная информация о выборе сервисов в WSMO рассматривается в [8].

*Оркестровка.* Процесс оркестровки осуществляет динамические переговоры между заказчиком и поставщиком сервисов, обрабатывая интерфейсы хореографии. Оркестровка использует процессы взаимодействия с посредником и коммуникацию сервисов, которые вызываются каждый раз при обмене сообщениями между заказчиком и поставщиком сервиса.

**5.2. Бизнес-сервисы** содержат спецификацию функциональности серверных (back-end) систем, которые описаны средствами WSMO. Описание бизнес-сервисов издаются и сохраняются в хранилищах посредника и управляются в посреднике как во время разработки (при создании сервиса), так и во время выполнения (связывание с запаздыванием и выполнение сервисов). Важным аспектом фазы создания сервисов является семантическое моделирование бизнес-сервисов, которые определяются на следующих уровнях.

*Концептуальный уровень* содержит спецификацию источников информации, которая используется для моделирования бизнес-сервисов. Эта информация представляет проблемно-зависимую часть, например, схемы базы данных, стандарты сообщений, B2B стандарты или различные классификаторы для классификации промышленных объектов [15]. Информация наследуется из бизнес-процессов организации, существующих стандартов, используемых систем или существующие спецификации организационных систем (например, системы планирования ресурсов предприятия).

*Логический уровень* представляет собой семантическую модель бизнес-процессов на различных стадиях выполнения. Для этой цели используем сервисную модель WSMO вместе с языком семантической разметки WSML. WSMO определяет семантику сервисов, в том числе нефункциональные свойства, функциональные свойства, интерфейсы (определяющие поведение) и онтологии, которые

определяют информационные модели сервисов. Кроме того обеспечивается Граундинг от семантических описаний WSMO к WSDL и XML. Так же должны быть определены схемы для запуска сервисов.

*Физический уровень* представляет физическое окружение, используемое для запуска сервисов. Для этого используются WSDL и SOAP спецификации. Должен быть определен Граундинг между семантическими описаниями сервисов и WSDL. Такое определение Граундинга может быть представлено в описаниях WSMO на уровне интерфейса сервисов или описаний WSDL, используя подход семантических аннотаций для WSDL (SAWSDL) [13]. Определение Граундинга зависит от подхода моделирования.

Семантическое моделирование бизнес-сервисов использует сервисную модель WSMO и дополнительную проблемно-зависимую информацию. Важным аспектом фазы моделирования является переход от семантического описания сервиса (логический уровень) WSMO к WSDL описаниям (физический уровень). В WSMO Граундинг определяется для:

- интерфейса сервиса WSMO и сообщений WSDL. Этот вид Граундинга конкретизирует ссылки для каждого используемого понятия в интерфейсе сервиса к входным или выходным сообщениям, использованных в WSDL.
- WSMO онтологии и схемы XML. Этот вид Граундинга конкретизирует схему подъема и понижения, определяющую проекцию схем XML и онтологий для того, чтобы выполнять преобразования образца в процессе запуска сервисов.

Среди уровней моделирования семантических бизнес-сервисов отличаются два подхода: нисходящий и восходящий.

*Нисходящий подход.* В этом подходе явно не существует представления сервиса в WSDL и, поэтому его нужно создать на этапе создания/моделирования сервиса. В данном случае сервисы проектируются таким образом, чтобы они могли обработать семантические описания онтологий и сервисов. Для Граундинга первого типа используются ссылки на понятия сервиса, которые определяются в интерфейсе

WSDL, его входных и выходных сообщений. Определение Граундинга второго типа связано с реализацией сервиса непосредственно. Семантические сообщения передаются сервису, в котором выполняется понижение. Обратно, подъем выполняется в сервисе для онтологии и передается посреднику, в котором выполняется обработка согласно семантики выполнения. Информация о Граундинге WSMO рассмотрена в [19].

*Восходящий подход.* В этом подходе предполагается, что существует основное представление сервиса в WSDL. Определение Граундинга определяется таким же образом, как в нисходящем подходе. Однако, существуют отличия для определения Граундинга второго типа. К описаниям WSDL прилагается схема, использующая спецификации SAWSDL. В результате понижения создается схема XML, которая передается согласно определенному интерфейсу Граундинга. В результате подъема создаются образцы онтологии, которые используются для последующего выполнения посредником. Информация о WSMO, Граундинге и использовании SAWSDL рассматривается в [20].

## 6. Технология управления выполнением сервисов

Управление выполнением сервисами осуществляет ядро посредника, использующее JMX-расширений Java [21]. Выполнение сервисов соответствует трем главным функциональным требованиям: управление, коммуникация и координация, обработка семантики.

**6.1. Управление.** Мы делаем строгое разделение между операционной логикой и логикой управления, рассматривая их как ортогональные понятия. Ядро системы управления представляет агент управления, который предлагает несколько сервисов. Основным является сервис начальной загрузки, который отвечает за конфигурирование функциональных компонент. Агент управления встраивается непосредственно в приложение. Сервис реализации управления использует методы управления через планируемые действия, и позволяет администрировать независимое

управление и контролируемый интерфейс. Через этот интерфейс для каждой цели сервиса связываются ряд консолей управления. В частности, поддерживается управление через терминальный интерфейс, Веб браузер и Эклипс.

Управление выполнением сервисов также используют виртуальный инструментарий, чтобы управлять производительностью системы и метрикой повышения производительности. Может использоваться общая метрика для всех компонентов, можно использовать метрику к некоторым компонентам.

Принципы управления выполнением сервисов распределенной архитектуры служит средством для распределения компонентов. Однако, предпочитаемый путь к распределению состоит в организации системы как федерации агентов. Каждый агент имеет свой собственный сервис управления выполнением и подмножество функциональных компонентов. Для того, чтобы скрыть сложность федерации по управлению приложением, обеспечивается единый тип агента, т.е. единая точка доступа к управлению и единые интерфейсы администрирования.

**6.2. Коммуникация и координация.** Коммуникация основана на событиях в пределах посредника. В соответствии с [9], обмен сообщениями выполняется через кортежи, которые обеспечивает общее пространство, разрешающее взаимодействие между компонентами без прямого обмена. Это взаимодействие выполняется путем использования механизма «издание-абонирование». Пространство кортежей разрешает коммуникацию между распределенными компонентами, выполняющимися как на локальных, так и на удаленных машинах.

Технология пространства кортежей, используемая в посреднике, основана на подходе, рассмотренном в [10], в котором компоненты опубликованы и выполнена подписка на кортежи. Пространство управления передачи данных обеспечивает синхронизацию и устойчивость процесса. Пространство кортежа может быть композитным, состоящим из множества распределенных и синхронизированных

хранилищ кортежей.

Інфраструктура комунікації взаємодіє з транспортним рівнем. Через транспортний рівень, компонент підписується на określений тип події. Подібний механізм застосовується, коли події опубліковані.

**6.3. Семантика виконання** вирішує виконання функціональних компонентів, визначає логіку посередника, який реалізує поведінку проміжного рівня. Керування виконанням сервісу забезпечується структурою, яка дозволяє виконувати семантику на множині компонентів з множиною виконань. В частині, керування виконанням сервісів забезпечує життєвий цикл семантики виконання, управління і моніторингу. Виконання ґрунтоване на визначенні семантики буде використовувати і виробляти визначені види подій. Одна оболонка ініціює подію з деяким змістом повідомлення, а друга – споживає цю подію і реагує на неї.

### Заключення

Семантична сервіс-орієнтована архітектура, розглянута в цій роботі представляє новий підхід до інтеграції і взаємодії сервісів з допомогою семантичних мов і семантичних моделей сервісів. Надстраиваючи онтологію Веб-сервісу і приймаючи увагу принципи управління сервісами, семантичне моделювання і проблеми прийняття рішень, архітектура забезпечує засоби частково автоматизації завдань, наприклад, пошук, посередництво, вибір і виконання семантичних Веб-сервісів. Важливим аспектом, такої основи є інтеграція, яка ґрунтована на цілі, пошуку і запуску семантичних сервісів, коли користувачі описують запити як цілі незалежно від сервісів, архітектура забезпечує досягнення цілі з допомогою логічного висновку над семантичними описаннями. Користувачеві не потрібно бути освітленим в обробці логіки, а турбуватися тільки про результат і його бажану якість.

Основні принципи підходу

суть в тому, що архітектура визначається з декількох перспектив, представляючи глобальний, сервісний, оброблюваний вид і вид технології. Глобальний вид ідентифікує декілька рівнів архітектури, в тому числі спільне використання ресурсів, проблеми прийняття рішень, замовники сервісів, посередники і постачальники сервісів. Ядро архітектури представлено на рівні посередника, для якого визначена концептуальна функціональність. Сервісна перспектива архітектури визначає типи сервісів як проміжні, так і бізнес-сервіси, кожен тип сервісів забезпечує специфікацію характеристик, сервіси посередники здійснюють функціональність посередника, а бізнес-сервіси можуть моделюватися на основі семантичної моделі WSMO.

Технологія ґрунтована на посередництві, яке слідує за розподіленим принципом і забезпечує підтримку розподіленого управління, комунікації і координації процесів посередника.

Один з головних аспектів архітектури складає в забезпеченні гнучкої інтеграції сервісів, яка адаптивна до змін в бізнес вимогах. Забезпечується здатність до адаптації і змін в серверних системах шляхом змін семантичних описань сервісів. Конечна мета архітектури в нашій роботі складає в визначенні рівня, в якому архітектуру можна адаптувати без змін в коді і конфігурації. Адаптація буде виключно ґрунтуватися на висновках над семантичними описаннями сервісів, моделюванні і зв'язуванні. Представлене розширення рішення направлено на покриття більшості стандартів B2B і об'єднанні інфраструктури, наприклад, управління політиками, гарантія якості сервісів і т.п. В якості цілі можливо використовувати додаткові сценарії інтеграції B2B, зосереджуючись на динамічній композиції сервісів, які розширюють функціональність сервісів посередника по обробці помилок, безпеці, оркеструванню і т.п.

1. *Андон П.І., Дерезький В.О.* Проблеми композиції сервісів в семантичному Web середовищі // Матеріали Міжнар. конф. «50 років Інституту кібернетики імені В.М. Глушкова НАН України». – К.; 24–26 грудня 2007. – К.; 2008. – С. 40–53.
2. *Андон П., Дерезький В.* Проблеми построения сервис-ориентированных прикладных информационных систем в Semantic Web среде на основе агентного подхода // Проблеми програмування. – 2006. – № 2-3. – С. 493–502.
3. <http://www.sws-challenge.org>
4. <http://www.wsmx.org>
5. <http://kmi.open.ac.uk/projects/irs>
6. <http://www.gotdotnet.ru/blogs/bezzus/1211/>
7. *Roman D., Keller U., Lausen et al.* Web Service Modeling Ontology // Applied Ontologies. – 2005. – P. 77–106.
8. *Martin D. et al.* Owl-s: Semantic markup for web services, version 1.1 available at <http://www.daml.org/services/owl-s/1.1/>. Member submission, W3C 2004. available from: <http://www.w3.org/Submission/OWL-/>
9. *Patil A., Oundhakar S., Sheth A., Verma K.* Semantic Web Services: Meteor-SWeb Service Annotation Framework // In: 13th International Conf. on World Wide Web. –2004. – P. 553–562.
10. <http://www.wsmo.org/wsml>
11. *Cimpian E., Mocan A.* Wsmx process mediation based on choreographies // In: Business Process Management Workshops. – 2005. – P. 130–143.
12. <http://www.wsmo.org/TR/d24/d24.2/>
13. <http://www.sws-challenge.org>
14. *Дерезький В., Богданова М., Горошанский С.* Подход к разработке программных приложений с использованием семантических Веб-сервисов // Проблеми програмування. – 2009. – № 4. – С. 59–70.
15. <http://www.rosettanet.org>
16. <http://wsmo4j.sourceforge.net>
17. <http://tools.deri.org/wsml2reasoner>
18. *Web Service Modeling Toolkit.* <http://sourceforge.net/projects/wsm>
19. *Kopecký J., Roman D., Moran M., Fensel D.* Semantic web services grounding // In: AICT/ICIW. – 2006. – P.127.
20. <http://www.w3.org/ws/sawSDL/>
21. *Haselwanter, Thomas* WSMX Core - A JMX Microkernel // PhD thesis, University of Innsbruck. – 2005.

### **Об авторе:**

*Дерезький Валентин Александрович,*  
кандидат физико-математических наук,  
ведущий научный сотрудник.

### **Место работы автора:**

Институт программных систем  
НАН Украины.  
03187, Киев-187,  
Проспект Академика Глушкова, 40.  
Тел.: 38 044 526 4342.  
e-mail: dva@isofts.kiev.ua.

Получено 04.12.2009