

Математическое обеспечение мягких архитектур сервис-ориентированных систем в условиях неопределённости

Л. К. Птицына¹, Н. Н. Эль Сабаяр Шевченко²
Санкт-Петербургский государственный университет
телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича
¹ptitsina_lk@inbox.ru, ²nzs.vus@gmail.com

М. П. Белов
Санкт-Петербургский государственный
электротехнический университет
«ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)
milesa58@mail.ru

А. В. Птицын
Национальный исследовательский университет ИТМО
pticin@inbox.ru

Аннотация. Описаны объективные основания для развития интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Представлены характерные особенности условий априорной неопределённости знаний об изменениях в окружающей среде. Выявлены преимущества мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Рассмотрены альтернативные подходы к организации мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Определён состав математического обеспечения для каждой из возможных альтернатив архитектуры. Приведены ключевые доводы для приобретения знаний о качестве функционирования интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Выделены базовые компоненты профиля качества функционирования интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Проведена типизация функциональностей систем. Сформировано математическое обеспечение для типовой функциональности систем.

Ключевые слова: условия неопределённости, сервис, система, мягкая архитектура, качество, профиль, расширенная модель, метод, вычислительный интеллект, знания

I. АКТУАЛЬНОСТЬ

В настоящее время динамическое позиционирование уровня развития любой национальной экономики находится в непосредственной зависимости не только от политической обстановки, наличия, объёмов и эффективности использования сырьевых ресурсов, распределения рынков результатов труда, инфраструктуры, науки, технологий, но и от профессиональных компетенций субъектов информационного общества. По мере расширения научных и технологических знаний информационного общества в динамическом позиционировании всё в большей мере повышается значимость развития информационной инфраструктуры и устойчивости

конкурентоспособности субъектов цифровой экономики знаний.

Профессиональные компетенции субъектов информационного общества становятся опорной основой для коллективного интеллекта, ставящего и успешно решающего задачи полного жизненного цикла систем искусственного интеллекта, необходимых как для устойчивости конкурентоспособности субъектов цифровой экономики знаний, так и для повышения эффективности деятельности в любых сферах и обеспечения безопасности жизнедеятельности по различным профилям.

Высокой скоростью обновления научных и технологических знаний в информационном обществе предопределяется приоритетность создания, внедрения и развития распределённых многокомпонентных программных систем для организации, реализации и сопровождения различных видов деятельности в наукоемких средах информационных инфраструктур, адекватно и оперативно реагирующих на происходящие изменения, как в их состоянии, так и в состояниях окружающей среды.

В соответствии с приведёнными обстоятельствами высокой востребованностью в информационном обществе с цифровой экономикой знаний отличаются интеллектуальные сервис-ориентированные системы с мягкой архитектурой. В подобных архитектурах организация совместного функционирования компонентов программного обеспечения осуществляется с помощью средств искусственного интеллекта, решающих задачи определения собственного состояния и состояний окружающей среды, планирования действий по интеграции микросервисов и сервисов, оценивания качества функционирования по различным профилям комплексирования микросервисов и сервисов.

II. ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ

Мягкие архитектуры интеллектуальных сервис-ориентированных систем предназначены для обеспечения высокой степени их реактивности по отношению к изменениям в окружающей среде в условиях априорной неопределённости знаний о них. Программное обеспечение интеллектуальных сервис-ориентированных систем с мягкой архитектурой относится к разряду сложных распределённых многокомпонентных систем.

В состав системы могут включаться сервисы, каждым из которых осуществляется своя собственная интеллектуализация реализуемой деятельности на основе конкретной концепции, соответствующих моделей представления знаний и их сквозного объединения, а также способов преобразования моделей согласно выбираемым методам обработки знаний. К указанной группе сервисов добавляются сервисы для преодоления различных видов неопределённостей знаний об изменениях в окружающей среде. Каждый сервис специализируется в соответствии с конкретным видом неопределённости. Представленные группы сервисов расширяются сервисами модельно-аналитического интеллекта для оценивания качества совместного функционирования групп комплексизируемых компонентов программного обеспечения.

Определением состава и конфигурации интеллектуальных сервис-ориентированных систем с мягкой архитектурой занимается планировщик действий реализуемой деятельности. При подобном подходе удаётся достичь высокой степени вариативности в функциональной спецификации интеллектуальных сервис-ориентированных систем. Одновременно с этим каждый вид функциональности поддерживается необходимым набором сервисов, задействованных при функционировании системы. Для каждого вида функциональности могут выполняться требования к качеству функционирования интеллектуальной сервис-ориентированной системы по выбранным профилям.

Первые элементы методологического базиса жизненного цикла мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем рассматриваются в [1]. Вербальные представления альтернативных концепций мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем описываются в [2]. Методологический базис жизненного цикла мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем расширяется посредством определения [3], систематизации и формирования их расширенных объектно-ориентированных моделей, разработки и применения методов анализа предлагаемых моделей [4, 5, 6] в целях оценивания качества реализуемой деятельности.

Модели сервис-ориентированных систем и методы их анализа вводятся в методологию генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем с гарантиями качества [7].

Введение в архитектуру сервис-ориентированных систем вычислительного интеллекта в виде планировщиков представляется как новый этап достижения гибкости по отношению к изменениям в окружающей среде [8].

Последующий этап развития методологических аспектов ассоциируется с интеграцией кластерных сегментов сервис-ориентированных систем на основе мультиагентных технологий [9].

При введении планировщиков в мягкую архитектуру интеллектуальных сервис-ориентированных систем предоставляется возможность повышения их качества функционирования за счёт оптимизации выбора конкретного алгоритма планирования.

В методологический базис жизненного цикла мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем вводятся формализации для оптимизации выбора конкретного алгоритма планирования. При оптимизации учитываются неопределённости относительно зависимостей показателей качества планирования от многочисленного множества факторов [10].

Состав математического обеспечения для каждой из возможных альтернатив архитектуры определяется согласно формальному описанию ключевых процедур методологического базиса жизненного цикла интеллектуальных сервис-ориентированных систем.

Базовые профили качества формируются на основе определения и оценивания плотности распределения дискретного времени выполнения реализуемой деятельности.

Типовые функциональности мягких архитектур выделяются в соответствии с требованиями реализуемой деятельностью, возможностями масштабируемой реализации сервисов, микросервисов и задействованными механизмами синхронизации программных компонентов.

Формирование математического обеспечения вычислительного интеллекта сервис-ориентированной системы выделенной типовой функциональности проводится посредством анализа её расширенной объектно-ориентированной модели. Основными признаками функциональной типизации являются: комплексирование параллельных микросервисов на базе булевой функции синхронизации первого уровня «V» и узлом соединения параллельных групп микросервисов на базе булевой функции синхронизации второго уровня «V».

Для получения плотности распределения времени выполнения поставленной перед интеллектуальной сервис-ориентированной системой задачи выполняются преобразования подпроцессов в её расширенной объектно-ориентированной модели. Среди выделенных элементов модели подпроцессы передачи данных и результатов, подпроцессы реализации микросервисов и подпроцессы реализации групп микросервисов.

Преобразование параллельных подпроцессов реализации микросервисов при их объединении на базе

булевой функции синхронизации «V» осуществляется следующим образом:

$$f_{m,i}(k_{m,1,2,\dots,I}) = \prod_{m,i=1}^{m,I} \left(1 - \sum_{i=1}^{k_{m,1,2,\dots,I}-1} f_{m,i}(k_{m,i}) \right) - \prod_{m,i=1}^{m,I} \left(1 - \sum_{k_{m,i}=1}^{k_{m,1,2,\dots,I}} f_{m,i}(k_{m,i}) \right),$$

$$k_{m,1,2,\dots,I} = \min(\min k_{m,1}, \min k_{m,2}, \dots, \min k_{m,i}, \dots, \min k_{m,I}),$$

$$\dots, \min(\max k_{m,1}, \max k_{m,2}, \dots, \max k_{m,i}, \dots, \max k_{m,I}).$$

где $m=1,2,\dots,M$ – порядковый номер группы микросервисов, $i=1,2,\dots,I$ – номер подпроцесса реализации микросервиса, $I=N$ – количество микросервисов в каждой группе, $f_{m,i}(k_{m,i})$ – плотность распределения $k_{m,i}$ дискретного времени выполнения микросервиса.

Для сокращения сложности обозначений вводятся обозначения:

$$f_{m,v}(k_{m,v}) = f_{m,i}(k_{m,1,2,\dots,I}),$$

$$k_{m,v} = k_{m,1,2,\dots,I}.$$

Преобразование полученной последовательности из действий по передаче исходных данных для микросервисов $f_{m,0}(k_{m,0})$, выполнению параллельных микросервисов $f_{m,v}(k_{m,v})$ и действий по передаче результатов выполнения параллельных микросервисов $f_{m,mN+1}(k_{m,mN+1})$ осуществляется в 2 этапа. На первом этапе преобразуется последовательность из действий, описываемых плотностями $f_{m,0}(k_{m,0})$ и $f_{m,v}(k_{m,v})$:

$$f_{(m,0),(m,v)}(k_{(m,0),(m,v)}) = \sum_{\min k_{m,0}}^{\max k_{m,0}} f(k_{m,0}) f_{m,v}(k_{(m,0),(m,v)} - k_{(m,0)}),$$

$$k_{(m,0),(m,v)} = \min(k_{m,0} + k_{m,v}), \dots, \max(k_{m,0} + k_{m,v}).$$

Итоговая плотность распределения вероятностей времени выполнения поставленной перед группой микросервисов задачи находится путем преобразования последовательности из полученной плотности распределения вероятностей $f_{(m,0),(m,v)}(k_{(m,0),(m,v)})$ и плотности $f_{m,mN+1}(k_{m,mN+1})$:

$$f_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)}(k_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)}) = \sum_{\min k_{(m,0),(m,v)}}^{\max k_{(m,0),(m,v)}} f(k_{(m,0),(m,v)}) f_{m,mN+1}(k_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)} - k_{(m,0),(m,v)}).$$

Для упрощения обозначений вводится следующее равенство:

$$f_m(k_m) = f_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)}(k_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)}),$$

$$k_m = k_{(m,0),(m,v),(m,mN+1)}.$$

Плотность распределения времени выполнения поставленной перед всеми группами микросервисов задачи при объединении параллельных процессов выделенных групп на базе булевой функции синхронизации второго уровня «V» представляется выражением:

$$f_{v,v}(k_{1,2,\dots,M}) = \prod_{m=1}^M \left(1 - \sum_{k_{1,2,\dots,M}=1}^{k_{1,2,\dots,M}-1} f_m(k_m) \right) - \prod_{m=1}^M \left(1 - \sum_{k_{1,2,\dots,M}=1}^{k_{1,2,\dots,M}} f_m(k_m) \right).$$

Плотность распределения вероятностей удовлетворяет условию:

$$\sum_{\min k_m}^{k_{1,2,\dots,M}} f_{v,v}(k_{1,2,\dots,M}) = 1,$$

$$m=1,2,\dots,M.$$

Преобразование полученной последовательности из действий по передаче данных сервисам $f_0(k_0)$, выполнению параллельных групп микросервисов $f_{v,v}(k_{v,v})$ и представлению результатов $f_{N+1}(k_{N+1})$ проводится за 2 этапа. Первый этап осуществляется путем преобразования последовательности из действий, описываемых плотностями $f_0(k_0)$ и $f_{v,v}(k_{v,v})$:

$$f_{0,v,v}(k_{0,v,v}) = \sum_{\min k_0}^{\max k_0} f(k_0) f_{v,v}(k_{0,v,v} - k_0),$$

$$k_{0,v,v} = \min(k_0 + k_{v,v} + k_t), \dots, \max(k_0 + k_{v,v} + k_t).$$

Итоговая плотность распределения вероятностей времени окончания функционирования системы находится на втором этапе путем преобразования последовательности из полученной плотности распределения вероятностей $f_{0,v,v}(k_{0,v,v})$ и плотности $f_{N+1}(k_{N+1})$:

$$f_{0,v,v,N+1}(k_{0,v,v,N+1}) = \sum_{\min k_{0,v,v}}^{\max k_{0,v,v}} f(k_{0,v,v}) f_{N+1}(k_{0,v,v,N+1} - k_{0,v,v}),$$

$$k_{0,v,v,N+1} = \min(k_{0,v,v} + k_{N+1}), \dots, \max(k_{0,v,v} + k_{N+1}).$$

Для снижения сложности обозначений вводится следующее равенство:

$$f_{1,v,v}(k_{1,v,v}) = f_{0,v,v,N+1}(k_{0,v,v,N+1}),$$

$$k_{1,v,v} = k_{0,v,v,N+1}.$$

Дисперсия и математическое ожидание дискретного времени окончания решения поставленной перед системой задачи при параллельном функционировании микросервисов с булевой функцией синхронизации первого уровня «V» и параллельном выполнении групп микросервисов с булевой функцией синхронизации второго уровня «V» имеют следующий вид:

$$E[k_{1vv}] = \sum_{\min k_{1vv}}^{\max k_{1vv}} k_{1vv} f_{1vv}(k_{1vv}),$$

$$D[k_{1vv}] = \sum_{\min k_{1vv}}^{\max k_{1vv}} (k_{1vv} - E[k_{1vv}])^2 f_{1vv}(k_{1vv}).$$

Выведенные аналитические зависимости образуют вычислительный интеллект интеллектуальной сервис-ориентированной системы рассмотренной типовой функциональности.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Научная новизна предложенных решений по организации мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем заключается:

- в определении состава математического обеспечения мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных систем в условиях неопределённости;
- в функциональном связывании агентных технологий и технологий сервис-ориентированных систем;
- в определении классов моделей процессов функционирования мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных;
- в выборе методов анализа моделей процессов функционирования мягких архитектур интеллектуальных сервис-ориентированных в условиях неопределённости;
- в определении зависимостей показателей качества функционирования интеллектуальных сервис-ориентированных систем типовой функциональности от компонентов векторов областей параметрического и характеристического пространств их моделей.

Практическая значимость разработанного математического обеспечения типовой функциональности интеллектуальных сервис-ориентированных систем заключается в обеспечении возможности:

- оценивания показателей и критериев их качества функционирования;
- выбора областей параметрического и характеристического пространств для выполнения предъявляемых требований к качеству функционирования;
- контроля выполняемости предъявляемых требований к качеству функционирования;

- принятия решения о необходимости смены организации интеллектуальной сервис-ориентированной системы;
- изменения областей параметрического и характеристического пространств для выполнения предъявляемых требований к качеству функционирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н.Н. Интеллектуальные профили сервис-ориентированных архитектур // Труды учебных заведений связи 2016. Т.2, № 2. С. 72-77.
- [2] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н.Н. Концептуальные модели интеллектуализации сервис-ориентированных архитектур // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. V Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 3 т.; Т.2 / под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич, Л.М. Минаков. СПб.: Санкт-Петербургский государственный университет телекоммуникаций им. проф. М.А. Бонч-Бруевича, 2016. С. 108-113.
- [3] Птицына Л.К., Смирнов Н.Г. Разработка и анализ моделей интеграции сервис-ориентированных средств в гетерогенных сетях // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2011. № 6.1 (138). С. 71-81.
- [4] Кондратьев Д.А., Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н. Моделирование интеллектуальных сервис-ориентированных систем [Электронный ресурс] // Информационные системы и технологии в моделировании и управлении: материалы I всерос. научно-практической конф., Ялта, 23-24 мая 2016 г. 2016. С. 57-60. URL: <http://istmu2016.csrae.ru/ru/1/publications> (Дата обращения: 14.03.2021).
- [5] Птицына Л.К., Веселов В.О. Анализ интеграции сервис-ориентированных средств в активных инфокоммуникационных средах // Научно-технические ведомости СПбГПУ. 2015. № 2. С. 42-47.
- [6] Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н.Н., Белов М.П., Птицын А.В. Моделирование сервис-ориентированных систем в условиях неопределённости // Международная конференция по мягким вычислениям и измерениям. 2018. № - Секция 2. С. 291-294.
- [7] Птицына Л.К. Методология генерации модельно-аналитического интеллекта сервис-ориентированных систем с гарантиями качества // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. / Под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 3. С. 351-354.
- [8] Птицына Л.К., Кондратьев Д.А., Эльсабаяр Шевченко Н.Н. Выбор алгоритма планирования для интеллектуальных сервис-ориентированных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VI Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. / Под ред. С. В. Бачевского, сост. А. Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2017. Т. 3. С. 277- 282.
- [9] Птицына Л.К., Эль Сабаяр Шевченко Н.Н. Интеллектуальная интеграция кластерных сегментов сервис-ориентированных систем // Актуальные проблемы инфотелекоммуникаций в науке и образовании. VII Международная научно-техническая и научно-методическая конференция: сб. науч. ст. в 4 т. / Под ред. С.В. Бачевского, сост. А.Г. Владыко, Е.А. Аникевич. СПб.: СПбГУТ, 2018. Т. 2. С. 541-544.
- [10] Ptitsyna L.K., Shevchenko N.E.S., Belov M.P., Ptitsyn A.V. Planning Architecture of Service-oriented Systems under Uncertainty // Proceedings of 2020 23rd International Conference on Soft Computing and Measurements, SCM 2020, 2020, с. 101-104, 9198763