МУЛЬТИАГЕНТНАЯ МОДЕЛЬ ОБЛАЧНОЙ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ ДЛЯ СИСТЕМ МОНИТОРИНГА МНОГОМЕРНЫХ ОБЪЕКТОВ

А.В. Скатков, В.И. Шевченко, Ю.П. Николаева

ФГАОУ ВО Севастопольский государственный университет г. Севастополь, ул. Университетская, 33 *E-mail: shevchenko-vika@mail.ru*

В статье предложена модель облачной вычислительной среды, ориентированной на распределенную обработку данных для систем мониторинга объектов контроля окружающей среды. Приведено описание ролей и функций основных агентов модели.

Введение. На сегодняшний день все большее распространение получает модель научной кооперации и разделения труда, основанная на совместной работе территориально распределенных международных коллективов исследователей в рамках концепции «сервис-ориентированной науки». Применение этой концепции для систем мониторинга многомерных объектов, в том числе и объектов контроля окружающей среды, позволяет организовать распределенный доступ к данным о состоянии мониториобъектов, автоматизировать руемых процесс совместных научных исследований по обработке результатов мониторинга как объекта Больших Данных и тем самым повысить эффективность обработки данных [1, 2]. Для консолидации и совместной работы, распределенные научные группы используют технологии облачных вычислительных сред, что в свою очередь порождает ряд проблем, обусловленных спецификой технологий и особенностями задач мониторинга многомерных объектов:

1) Задачи мониторинга многомерных объектов обладают свойствами событийности и ситуативности. Событийность – в системах мониторинга постоянно происходят события, которые требуют внесения корректив в планы вы-

числений, в связи с чем, задачам обработки данных свойственны непредсказуемая динамика спроса/предложения/доступности ресурсов. Ситуативность – отсутствие типовых решений в базах знаний, необходимость их принятия по ситуации. В связи с этим необходима поддержка интерактивных сервисов облачных вычислений в режиме «реального» времени.

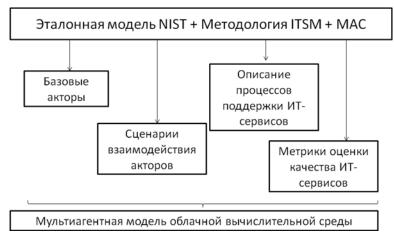
- 2) Управление гетерогенными вычислительными ресурсами в составе облака итеративный процесс определения требований, сопоставления ресурсов и приложений, распределения ресурсов, планирования, балансировки нагрузки и мониторинга, реализуемый в middleware системах кластерных и облачных вычислений.
- 3) Разнообразие прикладных сервисов для науки и образования. Для организации исследований в сфере первичной обработки данных существует достаточно большой выбор программных средств и возникает проблема сопряжения разнородных программных продуктов в распределенной вычислительной среде.
- 4) Участие пользователей в создании и развитии новых сервисов (самоорганизация состава облака).
- 5) Уровень компетенции пользователей. Возникает следующее противоречие, с одной стороны облачные вычисления находят все более широкое применение для решения научных задач, с другой стороны эти технологии требуют особой квалификации для развертывания, конфигурирования и дальнейшей поддержки гарантированного уровня ИТ-сервисов, которой не обладает большинство исследователей.

Задача усложнена тем, что представленный набор проблем во многом взаимосвязан и требует комплексного решения. В этих условиях возникает необходимость в разработке новых моделей управления поддержкой ИТ-сервисов в облачных вычислительных средах (ОВС).

Постановка задачи. В рамках статьи рассматривается предложенная авторами мультиагентная модель облачной вычислительной среды, на общесистемном уровне описывающая процессы вза-

имодействия агентов облачного сервиса, ориентированная на поддержку сервисов в крупномасштабных научных исследованиях для систем мониторинга многомерных объектов.

Цель исследования: разработка методологических основ для построения систем поддержки принятия решений по управлению взаимодействием облачных агентов с целью повышения качества ИТ-сервисов при решении крупномасштабных научных задач мониторинга многомерных объектов. В качестве основных методик и технологий при построении модели облачной среды предлагается использовать (рис. 1): эталонную архитектуру референтной модели облачной инфраструктуры, разработанной в Национальном институте стандартов и технологий США (NIST) [3, 4], методологию ITSM (IT Service Management), описанную в библиотеке передового опыта в области управления ИТ-услугами ITIL (IT Infrastructure Library) [5, 6] и технологии создания мультиагентных систем (МАС) [7, 8].



Р и с. 1. Технологии, применяемые при построении модели ОВС

Предложенная в работе модель предназначена для связи различных облачных сервисов и отображения их в общую концептуальную структуру. Она действует как дорожная карта индустрии ИТ для понимания, выбора, проектирования и/или развертывания облачной инфраструктуры.

Мультиагентная модель ОВС. В мультиагентных системах отдельные типы агентов могут различаться по ролевому признаку, как правило, для систем обработки функциональных задач, к которым относятся и системы мониторинга, выделяют следующие типы агентов [9]:

 Агент-заказчик – формирует запрос и отправляет заказ на выполнение некоторой функциональной задачи. Он инициирует и определяет общую задачу, участвует в выработке решений по выполнению задачи и контролирует процесс выполнения заказа. По окончании работы он ее оценивает и сообщает, удовлетворяет ли она его требованиям.

- Агент-координатор создает и поддерживает сеть запросов и обязательств, необходимых для выполнения работы. Агент-координатор распределяет работу и отбирает требуемые ресурсы для ее успешного выполнения.
- Агент-исполнитель это агент, занимающийся непосредственно выполнением задания.
- Агент-субординатор осуществляет общее управление процессами, протекающими на предприятии.
- Агент-наблюдатель обладает достаточно полной информацией о деятельности предприятия и вырабатывает свои предложения об изменениях в МАС, но может воздействовать на нее только косвенно через агентасубординатора.

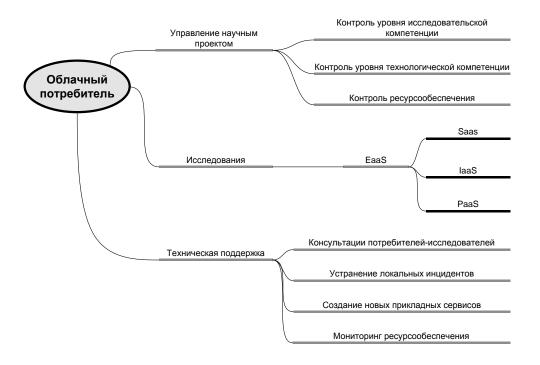
В рамках эталонной архитектуры NIST [3, 4] выделено пять типов субъек-

тов, имеющих специфические роли, функции и сценарии поведения. Это облачные агенты: Брокер, Потребитель, Провайдер, Аудитор и Оператор связи. В рамках модели мультиагентной ОВС для систем мониторинга многомерных объектов предложено расширение функциональности базовых субъектов и ввод новых, с учетом прикладной специфики решения крупномасштабных научных задач. Далее, более подробно рассматриваются отдельные агенты, их роли и функции.

1) Регулятор — интеллектуальный агент-субординатор, осуществляет централизованное управление взаимодействием Потребителей с остальными агентами модели на основе анализа данных об эффективности использования информационно-вычислительных ресурсов, качестве ИТ-сервисов, уровне компетенции Потребителей, получаемых от

Облачного Аудитора и Кризисменеджера. Процессам управления предшествует критериальная деятельность в области управления финансовыми ресурсами и управления научной активностью.

2) Облачный Потребитель (агентявляется представителем заказчик) множества Потребителей - организаций (научных сообществ), взаимодействующих с техническими средствами Провайдера при посредничестве Облачного Брокера. Агент Потребитель проводит научные исследования с использованием сервисов облачной среды, предоставляемых Провайдером. В рамках предлагаемой модели, в зависимости от сценария взаимодействия, Потребитель быть рассмотрен как атомарная сущность, либо как иерархическая структура (рис. 2).



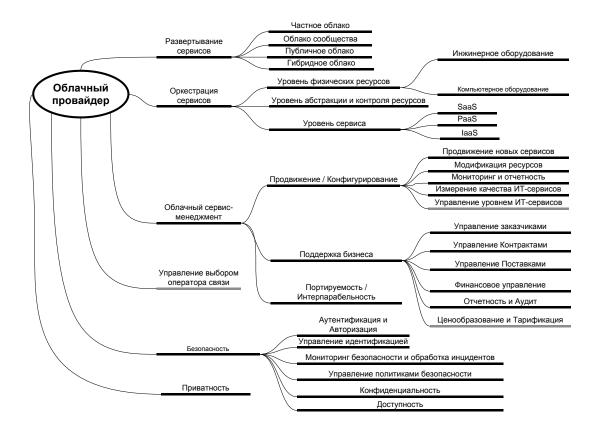
Р и с. 2. Роли и функции интеллектуального агента Облачный Потребитель

С точки зрения уровня полномочий Потребителя в проведении исследований может быть произведена группировка по ролям: руководитель проекта, исследователь, инженер по сбору данных и т.п. В качестве метрик оценки эффективности Потребителя с точки зрения управляющего Регулятора могут быть рассмотрены следующие показатели: уро-

вень исследовательской компетенции; уровень технологической компетенции (степень владения технологией взаимодействия с Провайдером); уровень заинтересованности в результатах научных исследований (мотивированность).

1) Облачный Провайдер – агентисполнитель, который обеспечивает возможность пользования облачными услугами для Потребителя (рис. 3). Предоставляет услуги в соответствии с действующим соглашением об уровне ИТ-сервисов (SLA). В рамках рассматриваемой модели берет на себя функцию

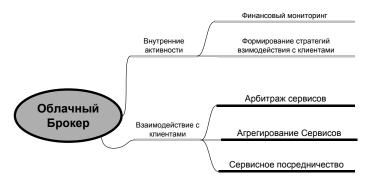
Облачного Оператора Связи. Качество ИТ-сервисов, предоставляемых Провайдером оценивается по метрикам, предложенным в ITIL [10].



Р и с. 3. Роли и функции интеллектуального агента Облачный Провайдер

2) Облачный Брокер – агент-координатор, устанавливающий отношения между Провайдерами и Потребителями, на этой основе управляющий использованием, производительностью и предоставлением облачных услуг (рис. 4). Брокер действует от лица Регулятора, руководствуется его норматив-

ными управляющими воздействиями и целевой функцией с учетом динамически меняющихся ресурсных требований Потребителя. Динамизм ресурсных требований Потребителя обусловлен спецификой решаемых задач мониторинга и уровнем компетенций представителей Потребителя.



Р и с. 4. Функции интеллектуального агента Облачный Брокер

3) Облачный Аудитор – агентнаблюдатель, выполняющий независимую оценку облачных услуг, обслуживания информационных систем, производительности и безопасности реализации облака (рис. 5). С учетом специфики задач мониторинга, которые выполняются на основе ряда формальных правил, определяемых Регулятором, по распределению материальных и финансовых ресурсов, эта сущность осуществляет функции аудита Провайдеров и ценовой политики Брокеров и на основе анализа результатов аудита выделяет наиболее критичных сущностей, с точки зрения выбранных Регулятором метрик качества.



Р и с. 5. Функции интеллектуального агента Облачный Аудитор

4) Кризисный менеджер – совмещает функции агента наблюдателя и агента-исполнителя (рис. 6). Используется для решения функциональных задач в двух направлениях: поддержка ИТ-инфраструктуры в гарантоспособном состоянии и поддержка научных исследований. Этот актор предназначен для использования в случае возникновения критических ситуаций в облачной инфраструктуре. Проводит анализ ИТ-инфраструктуры (уровня качества научных исследований) с целью выявления

слабых и сильных мест и выработки мероприятий, позволяющих Регулятору вывести облачную инфраструктуру (или проводимое научное исследование) из кризиса с минимальными потерями. В условиях бюджетного финансирования ряда научных разработок внедрение такой сущности обосновано необходимостью минимизации нецелевого расходования бюджетных средств и максимизации инновационного эффекта от инвестиций в научные исследования.



Р и с. б. Функции интеллектуального агента Облачный Кризис-менеджер

5) Облачный композитный архитектор – агент-исполнитель, отвечающий за разработку архитектуры композитного приложения для систем мониторинга многомерных объектов и адаптацию его в облачной инфраструктуре для опреде-

ленного научного проекта, повышение уровня компетенций Потребителей с целью эффективной проведения исследований в разработанной композитной среде (рис. 7).



Р и с. 7. Функции интеллектуального агента Облачный Кризис-менеджер

На основе приведенного описания ролей и функций агентов ОВС, обобщенная модель интеллектуального аген-

та может быть представлена в следующем виде:

$$Agent = \langle Name, Type, KB, f, Inp, Out, R, Script \rangle,$$

где Name — имя агента; Type — тип агента из множества возможных типов (ролей) агентов $Type \in T$; KB — база знаний агента; f — цели агента $f \in F$; Inp — входной информационный поток данных для агента; Out — информационный поток, порождаемый агентом; R — ресурсы агента; Script — сценарий поведения агента из множества возможных стратегий $Script \in SC$.

Цели агентов, в рамках процессов поддержки ИТ-сервисов могут быть оценены двумя системными характеристиками [11]: k_{gr} – коэффициент гарантированности ИТ-сервиса; k_{cr} – коэффициент критичности для поддерживаемых процессов. Эти показатели могут быть получены на основе измерения частных метрик качества ИТ-сервисов k_i по методологии ITSM (1).

$$k_{i}(u,s) = \begin{cases} 0, & \frac{l_{i}(u,s)}{k_{i}^{SLA}} \ge 1\\ 1 - \frac{\Delta l_{i}}{l_{i}(u,s)}, & \frac{l_{i}(u,s)}{k_{i}^{SLA}} < 1 \end{cases}, (1)$$

где u — идентификатор информационной технологии обработки данных, полученных от системы мониторинга, $u \in U$; s — идентификатор структуры OBC, $s \in S$; $l_i(u,s)$ — текущее значение пока-

зателя k_i ; k_i^{SLA} – максимально допустимое, директивное значение критерия гарантированности сервисов.

Центральными для методологии ITSM являются две группы процессов: процессы, обеспечивающие поддержку ИТ-услуг и их предоставление. Процессы группы поддержки услуг называют оперативными, поскольку они включают в себя повседневные функции, обеспечиваюшие реализацию ИТ-сервисов, оценка их качества обеспечивается показателем k_{cr} . Процессы второй группы относятся к тактическим процессам, гарантирующим предоставление услуг с заданным качеством, и оцениваются в рамках модели показателем k_{gr} . Коэффициенты k_{gr} и k_{cr} определяются согласно (2) и (3):

$$k_{\operatorname{gr}}(u,s) = \sum_{i=1}^{n} \alpha_{i} k_{i}(u,s), \qquad (2)$$

где α_i — весовые коэффициенты относительной значимости частных критериев k_i .

$$\alpha_{i} > 0, \sum_{i=1}^{n} \alpha_{i} = 1$$

$$k_{cr}(u, s) = \frac{T^{BP}(u, s)}{T^{SLA}}, \quad (3)$$

где $T^{\mathit{BP}}(u,s)$ – время обработки данных при выбранной стратегии композиции параметров u и s; T^{SLA} – предельно допустимое время обработки данных, получаемых в распределенной среде мониторинга.

Заключение. Изложенный подход представляет собой развитие архитектуры референтной вычислительной модели OBC, изложенной в NIST за счет введения новых акторов. Предлагаемая мультиагентная модель расширяет возможности ситуационного моделирования поведения интеллектуальных агентов облачной среды, применительно к задачам мониторинга многомерных объектов. На ее основе в дальнейшем планируется разработка комплекса аналитических и имитационных моделей для системы поддержки принятия решений по эффективному управлению ИТ-сервисами в системах распределенных контроля окружающей среды.

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского Фонда Фунда-ментальных исследований по проекту № 15-29-07936.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Сухорослов О. Реализация и композиция проблемно-ориентированных сервисов в среде MathCloud // Вестник ЮУрГУ, Серия «Математическое моделирование и программирование», 2011. Вып. 8. № 17 (234). С. 101–112.
- 2. Foster I. Service-Oriented Science. Science, 308 (5723), 2005. – P. 814–817.
- 3. Liu F., Tong J., Mao J. NIST Cloud Computing Reference Architecture. Recommendations of the National Institute of Standards and Technology. Cloud Computing Program Information Technology Laboratory National Institute of Standards and Technology

- Gaithersburg, MD 20899-8930 September 2011 Режим доступа: (http://www.nist.gov/customcf/get_pdf. cfm?pub_id=909505)(дата обращения: 17.11.2015).
- 4. Hogan M., Liu F., Sokol A. NIST Cloud Computing Standards Roadmap. Computer Security Division Information Technology Laboratory National Institute of Standards and Technology Gaithersburg, MD 20899-8930 July 2011— Режим доступа: (http://www.nist.gov/customcf/get_pdf. cfm?pub_id=909024) (дата обращения: 17.11.2015).
- 5. *Ингланд Р*. Введение в реальный ITSM: пер. с англ. М.: Лайвбук, 2010. 132 с.
- 6. *Бон Я.В., Кеммерлинг Г., Пондаман Д.* ИТ Сервис-менеджмент, введение. М.: IT Expert, 2003. 215 с.
- 7. *Тарасов В.Б.* От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Едиториал УРСС, 2002. 352 с.
- 8. Андреев В., Виттих В.А., Батищев С.В. Методы и средства создания открытых мультиагентных систем для поддержки процессов принятия решений // Известия РАН. Теория и системы управления. 2003. № 1. С. 126—137.
- Жмурко С.А. Обобщенная модель агента и многоагентной системы // Известия Южного федерального университета, 2008. № 4 (81). C. 115–118.
- 10. *Брукс П.* Метрики для управления ИТ-услугами: пер. с англ. М.: Альпина Бизнес Букс, 2008. 283 с.
- 11. Скатков А.В., Шевченко В.И. Модель управления процессом поддержки гарантированного уровня ИТ-сервисов в бизнес-критических системах // Вестник СевНТУ.: Оптимизация производственных процессов: сб. научн. тр., 2014. Вып. 15. С. 97–102.