ISSN 2079-3316 **ПРОГРАММНЫЕ СИСТЕМЫ: ТЕОРИЯ И ПРИЛОЖЕНИЯ** **т. 9**, №4(39), с. 383–397

УДК 004.75

А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, Т. Д. Широбокова

Стандарты интероперабельности в высокопроизводительной среде

Аннотация. Проведен анализ состояния проблемы интероперабельности в высокопроизводительной среде за рубежом и в нашей стране на основе сравнения суперкомпьютеров, кластеров, ГРИД и облаков. Показано увеличение уровня гетерогенности и активности использования высокопроизводительной среды. Кратко описан имеющийся опыт авторов по решению проблемы интероперабельности, и предложено применить к высокопроизводительной среде разработанную авторами методику по обеспечению интероперабельности для систем широкого класса, которая зафиксирована в ГОСТ Р 55062-2012.

Ключевые слова и фразы: суперкомпьютеры, кластеры, ГРИД, облака, интероперабельность, стандарты.

Введение

При решении сложных практических задач в высокопроизводительной среде вычисления ведутся, как правило, в удаленном режиме. При этом используются разнородные вычислительные платформы, и образуется распределенная высокопроизводительная гетерогенная среда. В такой среде возникает проблема взаимодействия разнородных платформ, получившая название «проблемы интероперабельности». Интероперабельность должна достигаться на основе использования наборов ИКТ-стандартов (профилей), включающих стандарты ГРИД-технологий (далее ГРИД), стандарты облачных технологий (далее облака) и другие стандарты. Достижение интероперабельности — сложная

Статья подготовлена в рамках первого этапа проекта «Исследование проблемы интероперабельности в высокопроизводительной защищенной среде» Программы Президиума РАН № 27 «Фундаментальные проблемы решения сложных практических задач с помощью суперкомпьютеров».

© А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, Т. Д. Широбокова, 2018
© Институт радиотехники и электроники им. В.А.Котельникова РАН, 2018
© Программные системы: теория и приложения (дизайн), 2018

10.25209/2079-3316-2018-9-4-383-397

комплексная научно-техническая и организационно-методическая проблема, имеющая как фундаментальные, так и прикладные аспекты, не получившая окончательного решения во всем мире.

Отметим, что задача развития принципов интероперабельности, стандартов и технологий открытых информационных систем включена в Программу фундаментальных научных исследований государственных академий наук на период 2013–2020 гг. (см. п. 34). Чем выше уровень гетерогенности среды, тем актуальнее достижение интероперабельности, а высокопроизводительная среда является именно такой и может быть отнесена к классу сверхсложных систем (система систем — System of Systems).

Совершенно очевидно, что ввиду важности сложных практических задач, особенно задач предприятий оборонно-промышленного комплекса и стратегических отраслей промышленности, такая среда должна быть обязательно защищённой. Это означает, что проблему интероперабельности следует решать совместно с проблемой информационной безопасности, что еще усложняет проблему. И, в конечном счете, в профиль должны войти стандарты защиты информации. Совместное детальное рассмотрение проблемы интероперабельности с проблемой информационной безопасности составит предмет отдельной публикации. В настоящей статье мы лишь подчеркиваем важность информационной безопасности высокопроизводительной среды.

1. Высокопроизводительная среда

Во всем мире под высокопроизводительной средой понимаются программно-аппаратные мощности, которые позволяют решать задачи высокопроизводительных вычислений (High Performance Computing) абсолютно разных видов с использованием гетерогенных вычислительных сред [**1**, **2**]. Среди основных компонентов высокопроизводительной среды можно выделить 4 группы: суперкомпьютеры, кластеры, ГРИД и облака. Среди «потребителей» можно выделить 4 основных категории: научные исследования, бизнес, управление государством, военное дело. В целом ряде публикаций [**3**–**9**], касающихся высокопроизводительной среды, подчеркивается, что интроперабельность существует внутри отдельных компонентов среды. Совершенно очевидно, что проблема интероперабельности существует и между компонентами, и ее достижение представляет особо сложную задачу.

В РФ ведутся работы по созданию высокопроизводительной среды, в том числе в рамках Национальной суперкомпьютерной технологической платформы. Пока имеется отставание от зарубежного уровня. Первые 5 мест из списка Топ 500 занимают Китай, США и Япония. Самый мощный российский суперкомпьютер «Lomonosov 2» занимает 63 место по данным на ноябрь 2017 года и имеет производительность около 2000 терафлопс [**10**]. С 2014 года в России не появилось ни одной новой отечественной машины, входящей в Топ 500. Отставание отечественных суперкомпьютеров по производительности от первых 10 из списка Топ 500 составляет более 6 лет. В 2017 году были обновлены Межведомственный суперкомпьютерный центр Российской академии наук (МСЦ РАН, Москва) и Сибирский суперкомпьютерный центр Сибирского отделения РАН (ССКЦ СО РАН, Новосибирск), совместная обновленная производительность которых составила около 1000 терафлопс, а средняя загруженность около 90 % [**11**]. При этом производительность лучшего суперкомпьютера из списка Топ 500 составляет около 90000 терафлопс.

Для всех компонентов высокопроизводительной среды актуальна проблема защиты информации [**12**]. Например, для суперкомпьютеров и кластеров имеются исследования со статистическими данными, которые поднимают различные аспекты информационной безопасности и потенциальных угроз [**12**], но анализ данного вопроса не входит в данную статью.

Рассмотрим более подробно, как решается проблема интероперабельности в ГРИД и облаках.

2. Проблема интероперабельности в ГРИД и облаках

2.1. Состояние работ за рубежом

Согласно общепринятому определению «Интероперабельность — способность двух или более систем, или элементов к обмену информацией и к использованию информации, полученной в результате обмена» (ISO/IEC/IEEE 24765:2017). Интероперабельность достигается за счет использования технологии открытых систем и согласованных наборов стандартов — профилей [**13**]. Построение профиля — лишь один из этапов обеспечения интероперабельности. Проблема интероперабельности тем острее, чем выше уровень гетерогенности среды. Обеспечение интероперабельности — сложная научно-техническая

задача, которой занимаются многие организации и исследователи. Основными международными организациями в области ГРИД- систем и систем облачных вычислений следует считать Open Grid Forum (OGF) и Open Cloud Consorcium (OCC). Этими вопросами занимается также IEEE [**14**].

Как известно [**15**], профиль подразумевает согласованный набор стандартов, структурированный в терминах модели интероперабельности, который должен обновляться по мере актуализации входящих в него стандартов и может быть издан как отдельный нормативно-технический документ. Согласно модели интероперабельности [**15**], в профиль интероперабельности в общем случае должны войти стандарты и документы технического, семантического и организационного уровня. Следует отметить, что, по действующим правилам, расположение стандартов на тех или иных уровнях интероперабельности требует коллективного обсуждения экспертного сообщества. Таблица 1 и таблица 2 содержат основные организации и документы, соответственно, связанные с вопросами интероперабельности и стандартизации в ГРИД и облаках [**16**, **17**].

В работе [**16**] «Role of Standards in Cloud-Computing Interoperability» отмечается, что в облачных вычислениях под интероперабельностью обычно понимается возможность простого перемещения «рабочих нагрузок» и данных от одного поставщика облачных служб к другому или между частными и публичными облаками. В [**16**] рассматривается роль стандартов в интероперабельности облачных вычислений. Рассматриваются наиболее важные проекты по интероперабельности облаков, в том числе подходы: NIST, OMG и DMTF. В работе [**17**] «Interoperability and Portability for Cloud Computing: A Guide Version 2.0» содержатся материалы, отражающие обновления стандарта ISO/IEC 19941:2017 «Information technology– Cloud computing– Interoperability and portability», также перечисляются ключевые стандарты, связанные с интероперабельностью облаков. В приложении А работы [**17**] представлена модель интероперабельности облаков.

Результаты работ организаций из таблицы 1 должны войти в профиль (профили) интероперабельности высокопроизводительной среды [**14**].

Отметим, что документы, перечисленные в таблице 2, в первую очередь, отвечают за интероперабельность непосредственно внутри ГРИД или облаков, как замкнутых компонентов.

Таблица 1. Организации, связанные с обеспечением интеорперабельности ГРИД и облаков

Организации	Область применения
Open Grid Forum (OGF) Distributed Management Task Force (DMTF) Organization for the Advancement of Structured Information Standards (OASIS)	ГРИД и облака
European Telecommunications Standards Institute (ETSI) Internet Engineering Task Force (IETF) ITU Telecommunication Standardization Sector (ITU-T) Storage Networking Industry Association (SNIA) TeleManagement Forum (TMF)	ГРИД
Open Cloud Consortium (OCC) Institute of Electrical and Electronics Engineers (IEEE) European Telecommunications Standards (ETSI) Open Virtualization Format (OVF) Open Cloud Computing Interface (OCCI) Storage Networking Industry Association (SNIA) Topology and Orchestration Specification for Cloud Applications (TOSCA) Cloud Application Management for Platforms (CAMP) The National Institute of Standards and Technology (NIST) Object Management Group (OMG)	Облака

Таблица 2. Стандарты, связанные с обеспечением интероперабельности ГРИД и облаков

Стандарты	Область применения
GFD.225 Interoperable Certificate Profile GFD.205 An XACML Attribute and Obligation Profile for Authorization Interoperability in Grids GFD.148 Interoperability Experiences with the OGSA WSRF Basic Profile 1.0 GFD.140 Implementation and Interoperability Experiences with the Job Submission Description Language (JSDL) 1.0	ГРИД
IEEE P2301 Guide for Cloud Portability and Interoperability Profiles'nl IEEE P2302 Standard for Intercloud Interoperability and Federation ISO/IEC DIS 17826:2016 «Information Technology» — Cloud Data Management Interface (CDMI) ISO/IEC DIS 17963:2013 «Web Services for Management» (WS-Management) ISO/IEC DIS 16680:2012 information technology — The Open Group Service Integration Maturity Model (OSIMM) ISO/IEC 19941:2017 Information technology — Cloud computing — Interoperability and portability	Облака

В последнее время проблема интероперабельности проявляется еще более остро, так как для высокопроизводительных вычислений могут быть использованы совместные мощности ГРИД, облаков и суперкомпьютеров, что увеличивает гетерогенность среды. Это нашло отражение в научных публикациях [**8**, **18**–**21**].

В работе [**8**] проводится сравнение трех парадигм высокопроизводительных вычислений, в том числе по параметрам: интероперабельность и гетерогенность. Отмечается отсутствие интероперабельности между облаками. В работах [**8**, **18**, **19**, **21**] проводится сравнение концепций реализации интероперабельности между ГРИД и облаками. В работе [**21**] более подробно рассматриваются четыре варианта сценариев взаимодействия ГРИД и облаков. Исследование данных сценариев было сделано в рамках проектов The European Middlware Initiative (EMI), StratusLab и Worker Nodes on Demand Service (WnoDes) в контексте реализации дорожной карты Distributed Computing Infrastructure (DCI), координируемой European Grid Infrastructure (EGI).

Таким образом, можно сделать вывод, что за рубежом проблеме интероперабельности в высокопроизводительной среде придается большое значение, и имеется целый ряд организаций, подходов и стандартов для ее решения. Выделить какой-либо один подход не представляется возможным.

2.2. Состояние работ в РФ

Публикации российских исследований по интероперабельности (взаимодействию) в высокопроизводительной среде, как например [**22**–**27**] в основном носят обзорный характер по зарубежным источникам. В них подчеркивается важность обеспечения интероперабельности, но не дается конкретных рекомендаций.

В работе [**22**] интероперабельности уделено наибольшее внимание. Подчеркивается, что для создания больших ГРИД-систем важнейшим условием эффективной работы является обеспечение взаимодействия (интероперабельности) между различными платформами, языками и программными средами, что непосредственно следует из определения Open Grid Services Architecture (OGSA). В [**23**] представлена эволюция глобальной сети Интернет (WEB 1.0, WEB 2.0, WEB 3.0, WEB 4.0), которая, можно сказать, отражает временные вехи достижения в интернете уровней интероперабельности: WEB 2.0—

«синтаксический» (технический), WEB 3.0 — «семантический», WEB 4.0 — «прагматический» (организационный).

В работе [24], посвященной концепции ГРИД-вычислений и области применения ГРИД, напрямую не говориться об интероперабельности, но отмечается, что ключевым моментом в разработке ГРИД -приложений является стандартизация, позволяющая организовать поиск, использование, размещение и мониторинг различных компонентов, составляющих единую виртуальную систему, даже если они предоставляются различными поставщиками услуг или управляются различными организациями.

В [25–27] отмечается, что облачные вычисления — это множество платформ, предоставляемых в первую очередь провайдерами: Google, Microsoft, Amazon, Rackspace, Heroku. Провайдеры предоставляют различные услуги по моделям IaaS, PaaS или SaaS, интеграция которых в ту или иную конкретную среду промышленных разработок осуществляется высококвалифицированными инженерами и ИТ-специалистами [26]. В [26] показано также, что по мере виртуализации серверов, систем хранения данных и сетей фокус облачных технологий смещается в направлении модульности и интероперабельности приложений, и приведен пример платформы «Политехническая», где объединены 4 подсистемы.

В [27] констатируется, что развитие облачных вычислений выявило проявление негативных последствий стихийного создания бесчисленного множества информационных систем для локальных целей, задач и функций по разным требованиям и технологиям. Это привело к актуализации проблемы интероперабельности.

Таким образом, можно сделать вывод, что в цитированных отечественных публикациях отмечается важность достижения интероперабельности, но рекомендаций по ее обеспечению не приводится.

Согласно федеральному закону РФ «О стандартизации» на территории РФ должны в первую очередь применяться национальные стандарты, гармонизированные с международными. Процедура разработки национального стандарта достаточно сложная, занимает около 2 лет и требует согласования со всеми заинтересованными организациями (ГОСТ Р 1.2-2004).

У авторов первый опыт решения проблемы интероперабельности в высокопроизводительной среде был получен при разработке национального стандарта ГОСТ Р 51954-2002 «Профиль прикладной

среды организации вычислений на супер-ЭВМ» [28]. Начиная с 2007 года авторами ведутся систематизированные работы по проблеме интероперабельности. Авторы выполнили ряд научных исследований по интероперабельности непосредственно в области ГРИД [14, 29–31] и облаков [32–34] и разработали ряд национальных стандартов [14]:

- ГОСТ Р 55022-2012 «Информационные технологии. Спецификация языка описания представления задач (JSDL). Версия 1.0»;
- ГОСТ Р 55768-2013 «Модель открытой ГРИД-системы. Основные положения»;
- ГОСТ Р 56174-2014 «Информационные технологии. Архитектура служб открытой ГРИД-среды. Термины и определения».

О разработке данных документов дважды (2014 г. и 2016 г.) докладывалось на конференции "Distributed Computing and Gridtechnologies in Science and Education которая проходит в г. Дубна. На данной конференции обсуждается опыт работы в области ГРИД, облаков, высокопроизводительных вычислений, «больших данных» и т.д. [15]. В области развития суперкомпьютеров и ГРИД в РФ важно также отметить ежегодный «Национальный Суперкомпьютерный Форум», на котором обсуждаются вопросы развития суперкомпьютеров, системного и прикладного программного обеспечения для суперкомпьютеров и развитие ГРИД-технологий [35].

При этом актуальность проблемы продолжает возрастать, т.к., например, как мы уже говорили, суперкомпьютеры начинают использоваться как инфраструктура для развертывания облаков [36]. Отдельно обсуждается требуют проблемы реализации высокопроизводительных вычислений в облаках [7]. В указанной работе отмечается, что ключевая проблема — накладные расходы, возникающие при использовании технологий виртуализации.

Вследствие использования суперкомпьютеров для развертывания облачных сервисов возникает необходимость сравнения не только облаков и ГРИД, но также необходимость добавить в сравнение суперкомпьютеры [8]. Таким образом, вопросы интероперабельности для суперкомпьютеров также могут стать более востребованными.

Заключение

Таким образом, на основании изложенного можно заключить, что имеют место следующие тенденции:

(*1*) возрастающее использование высокопроизводительных сред во всем мире и РФ;

(*2*) повышение гетерогенности высокопроизводительной среды, как сверхсложной системы и, следовательно, необходимость решения проблемы интероперабельности;

(*3*) настоятельная необходимость создания отечественных документов по обеспечению интероперабельности в высокопроизводительной среде.

В дальнейшем авторы планируют применить к высокопроизводительной среде разработанный раннее и зафиксированный в ГОСТ Р 55062-2012 подход к достижению интероперабельности с учетом информационной безопасности.

Список литературы

[1] *High-performance computing lens AWS well-architected framework*, 2017. URL ↑384

[2] *European technology platform for high performance computing.* URL ↑384

[3] P. Poonam, J. Anjali, Kh. Harsh. “A comparative analysis of resource management in cloud and grid computing”, *IJARCCE*, **4**:12 (2015), pp. 279–286. URL ↑384

[4] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, Sh. Lu. “Cloud computing and grid computing 360-degree compared”, 2008 Grid Computing Environments Workshop. arXiv: 0901.0131 ↑384

[5] S. M. Hashemi, A. K. Bardsiri. “Cloud computing vs. grid computing”, *ARPN Journal of Systems and Software*, **2**:5 (2012), pp. 188–194. URL ↑384

[6] E. Strohmaier. *Highlights of the 50th TOP500 list*, 2017. URL ↑384

[7] А. О. Кудрявцев, В.К. Кошелев, А. О. Избышев, А. И. Аветисян. «Высокопроизводительные вычисления как облачный сервис: ключевые проблемы», *Труды международной научной конференции "Параллельные вычислительные технологии 2013"*, ПАВТ’2013 (Челябинск, 01–05 апреля 2013 г.), Издательский центр ЮУрГУ, Челябинск, с. 432–438. URL ↑384,390

[8] N. Ali, A. Etawi. “A comparison between cluster, grid, and cloud computing”, *International Journal of Computer Applications*, **179**:32 (2018), pp. 37–42. URL ↑384,388,390

[9] D. M. Sanchez. *Comparison between security solutions in Cloud and Grid computing*, T-110.5290 Seminar on Network Security, Aalto University, 2010, 7 p. URL ↑384

[10] Top500 List, TOP500 Supercomputer Sites, November 2017. URL ↑385

[11] П. Н. Телегин, Б. М. Глинский, О. А. Горбачев. *Суперкомпьютерные технологии для российской науки*, МСЦ РАН. URL ↑385

[12] G. Markowsky, L. Markowsky. *Survey of supercomputer cluster security issues*, 7 p. URL ↑385

[13] А. Я. Олейников (ред.). *Технология открытых систем*, Янус/К, М., 2004, 288 с. URL ↑385

[14] Е. Е. Журавлев, С. В. Иванов, А. А. Каменщиков, В. Н. Корниенко, А. Я. Олейников, Т. Д. Широбокова. «Особенности методики обеспечения интероперабельности в грид/среде и облачных вычислениях», *Компьютерные исследования и моделирование*, **7**:3 (2015), с. 675–682. URL ↑386,390

[15] *ГОСТ Р 55062-2012. Системы промышленной автоматизации и их интеграция. Интероперабельность. Основные положения*, Введ. 2012-11-13, Стандартинформ, М., 2012, 12 с. URL ↑386,390

[16] G. A. Lewis. “Role of standards in cloud-computing interoperability”, *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2013, pp. 1652–1661. doi URL ↑386

[17] *Interoperability and portability for cloud computing: A guide version 2.0*, Cloud Standards Customer Council, 2017, 39 p. URL ↑386

[18] *Interoperability between Grids and Clouds*, 2010. URL ↑388

[19] A. Merzky, K. Stamou, S. Jha. “Application level interoperability between Clouds and Grids”, Workshops at the Grid and Pervasive Computing Conference (2009). doi URL ↑388

[20] *NIST big data interoperability framework: Volume 3, Use cases and general requirements*, NIST Special Publication 1500-3, NIST, 2015, 260 p. doi ↑388

[21] A. Di Meglio, M. Reidel, Sh. Memon, C. Loomis, D. Salomoni. “Grids and Clouds integration and interoperability: an overview”, *PoS*, **31** (2011), 12 p. URL ↑388

[22] А. П. Демичев, В. А. Ильин, А. П. Крюков. *Введение в грид-технологии*, Препринт НИИЯФ МГУ, № 11/832, М., 2007, 87 с. URL ↑388

[23] *Основные определения: Web 1.0, Web. 2.0, Web 3.0*, Creative Solution, 2010. URL ↑388

[24] В. В. Кореньков. «Грид-технологии: статус и перспективы», *Вестник Международной академии наук (русская секция)*, 2010, №1, с. 41–44. URL ↑388,389

[25] Г. И. Радченко. *Распределенные вычислительные системы*, Фотохудожник, Челябинск, 2012, 184 с. URL ↑388,389

[26] В. Заборовский, А. Лукашин. «Высокопроизводительная защищенная облачная среда», *Открытые системы. СУБД*, 2013, №06. URL ↑388,389

[27] В. А. Рубанов. «Смысловое конструирование в облаке возможностей», *Технологический прогноз. Облачные технологии: новая модель роста вашего бизнеса*, 2010, №4. URL ↑388,389

[28] *ГОСТ Р 51954-2002. Информационная технология (ИТ). Профиль прикладной среды организации вычислений на супер/ЭВМ (PSE10-HIP)*, Введ. 2004-01-01, ИПК Издательство стандартов, М., 2002, 22 с. URL ↑390

[29] С. В. Иванов, А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, Т. Д. Широбокова. «Развитие работ по e-science и интероперабельности», *Информатизация и связь*, 2015, №3, с. 5–10. URL ↑390

[30] Е. Е. Журавлёв, С. В. Иванов, А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, И. И. Чусов, Т. Д. Широбокова. «Особенности методики обеспечения интероперабельности в грид-среде и облачных вычислениях», *Журнал радиоэлектроники*, 2014, №11, 17 с. URL ↑390

[31] Е. Е. Журавлев, А. Я. Олейников. «Интероперабельность в e-science», *Информатизация и связь*, 2009, №5, с. 48–55. URL ↑390

[32] Е. Е. Журавлев, С. В. Иванов, А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, Е. И. Разинкин, К. А. Рубан. «Интероперабельность в облачных вычислениях», *Журнал радиоэлектроники*, 2013, №9, 63 с. URL ↑390

[33] Е. Е. Журавлёв, С. В. Иванов, А. Я. Олейников. «Модель интероперабельности облачных вычислений», *Журнал радиоэлектроники*, 2013, №12, 18 с. URL ↑390

[34] С. В. Иванов, А. Я. Олейников. «Методика и алгоритм выбора стандартов для профиля интероперабельности в облачных вычислениях», 7-я Международная конференция «Распределенные вычисления и Grid-технологии в науке и образовании» (Дубна, Россия, 4–9 июля 2016 г.), CEUR Workshop Proceedings, т. **1787**, с. 264–270. URL ↑390

[35] Национальный Суперкомпьютерный Форум, 2018 (дата обращения: 07.05.2018). URL ↑390

[36] J. Appavoo, A. Waterland, D. da Silva, V. Uhlig, B. Rosenburg, E. van Hensbergen, J. Stoess, R. Wisniewski, U. Steinberg. “Providing a cloud network infrastructure on a supercomputer”, *Proceedings of the 19th ACM International Symposium on High Performance Distributed Computing*, HPDC ’10. URL doi ↑390

Поступила в редакцию 13.06.2018
Переработана 30.08.2018
Опубликована 11.12.2018

Рекомендовал к публикации *Программный комитет*
Седьмого национального суперкомпьютерного форума ***НСКФ-2018***

Пример ссылки на эту публикацию:

А. А. Каменщиков, А. Я. Олейников, Т. Д. Широбокова. «Стандарты интероперабельности в высокопроизводительной среде». *Программные системы: теория и приложения*, 2018, **9**:4(39), с. 383–397.

10.25209/2079-3316-2018-9-4-383-397

http://psta.psiras.ru/read/psta2018_4_383-397.pdf

Об авторах:

Андрей Александрович Каменщиков

Кандидат технический наук, старший научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Область научных интересов: интероперабельность, стандартизация, высокопроизводительные и распределенные вычислительные системы

0000-0002-9228-1895

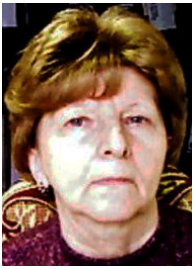
e-mail: prostonau@mail.ru

Александр Яковлевич Олейников

Доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, руководитель подкомитета ПК-206 «Интероперабельность» технического комитета ТК22 Росстандарта, главный научный сотрудник, ИРЭ им. В. А. Котельникова РАН. Область научных интересов: интероперабельность, стандартизация, высокопроизводительные и распределенные вычислительные системы

0000-0003-3778-1413

e-mail: olein@cplire.ru



Тамара Дмитриевна Широбокова

Научный сотрудник ИРЭ им. В.А. Котельникова РАН. Область научных интересов: интероперабельность стандартизация, высокопроизводительные и распределенные вычислительные системы

0000-0001-5838-1246

e-mail: shirobokovatamara@yandex.ru

UDC 004.75

Andrey Kamenshchikov, Aleksandr Oleynikov, Tamara Shirobokova. *Standards of the interoperability in a high-performance environment.*

Abstract. The analysis of the interoperability problem in a high-performance secure environment abroad and in our country was made. This analysis was based on a comparison of GRID, supercomputers, clusters and clouds. The increase in the heterogeneity level and the activity of the use of high-performance secure environment is shown. The authors experience in solving the of interoperability problem is briefly described, and it is proposed to apply the methodology for ensuring interoperability for wide class systems, fixed in GOST R 55062-2012, for a high-performance environment. (*In Russian*).

Key words and phrases: GRID, supercomputers, clusters, clouds, interoperability, standards, information security.

2010 *Mathematics Subject Classification*: 68Q10

References

[1] *High-performance computing lens AWS well-architected framework*, 2017. URL ↑384

[2] *European technology platform for high performance computing.* URL ↑384

[3] P. Poonam, J. Anjali, Kh. Harsh. "A comparative analysis of resource management in cloud and grid computing", *IJARCCE*, **4**:12 (2015), pp. 279–286. URL ↑384

[4] I. Foster, Y. Zhao, I. Raicu, Sh. Lu. "Cloud computing and grid computing 360-degree compared", 2008 Grid Computing Environments Workshop. doi arXiv: 0901.0131 ↑384

[5] S. M. Hashemi, A. K. Bardsiri. "Cloud computing vs. grid computing", *ARPN Journal of Systems and Software*, **2**:5 (2012), pp. 188–194. URL ↑384

[6] E. Strohmaier. *Highlights of the 50th TOP500 list*, 2017. URL ↑384

[7] A. O. Kudryavtsev, V.K. Koshelev, A. O. Izbyshev, A. I. Avetisyan. "High-performance computing as a cloud service: key challenges", *Trudy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii "Parallel'nyye vychislitel'nyye tekhnologii 2013"*, PAVT'2013 (Chelyabinsk, 01–05 aprelya 2013 g.), Izdatel'skiy tsentr YuUrGU, Chelyabinsk, pp. 432–438 (in Russian). URL ↑384,390

[8] N. Ali, A. Etawi. "A comparison between cluster, grid, and cloud computing", *International Journal of Computer Applications*, **179**:32 (2018), pp. 37–42. URL ↑384,388,390

© A. A. Kamenshchikov, A. Y. Oleynikov, T. D. Shirobokova, 2018
© Kotelnikov Institute of Radioengineering and Electronics of RAS, 2018
© Program Systems: Theory and Applications (design), 2018

doi 10.25209/2079-3316-2018-9-4-383-397

[9] D. M. Sanchez. *Comparison between security solutions in Cloud and Grid computing*, T-110.5290 Seminar on Network Security, Aalto University, 2010, 7 p. URL↑384

[10] Top500 List, TOP500 Supercomputer Sites, November 2017. URL↑385

[11] P. N. Telegin, B. M. Glinskiy, O. A. Gorbachev. *Supercomputer technology for Russian science*, MSTs RAN (in Russian). URL↑385

[12] G. Markowsky, L. Markowsky. *Survey of supercomputer cluster security issues*, 7 p. URL↑385

[13] A. Ya. Oleynikov (red.). *Open systems technology*, Yanus/K, M., 2004 (in Russian), 288 p. URL↑385

[14] Ye. Ye. Zhuravlev, S. V. Ivanov, A. A. Kamenshchikov, V. N. Korniyenko, A. Ya. Oleynikov, T. D. Shirobokova. "Features of methods of ensuring interoperability in the grid environment and cloud computing", *Komp'yuternyye issledovaniya i modelirovaniye*, **7**:3 (2015), pp. 675–682 (in Russian). URL↑386,390

[15] *GOST-R 55062-2012. Information technologies. Industrial automation systems and integration. Interoperability. Basic principles*, Vved. 2012-11-13, Standartinform, M., 2012 (in Russian), 12 p. URL↑386,390

[16] G. A. Lewis. "Role of standards in cloud-computing interoperability", *Proceedings of the Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, 2013, pp. 1652–1661. doi URL↑386

[17] *Interoperability and portability for cloud computing: A guide version 2.0*, Cloud Standards Customer Council, 2017, 39 p. URL↑386

[18] *Interoperability between Grids and Clouds*, 2010. URL↑388

[19] A. Merzky, K. Stamou, S. Jha. "Application level interoperability between Clouds and Grids", Workshops at the Grid and Pervasive Computing Conference (2009). doi URL↑388

[20] *NIST big data interoperability framework: Volume 3, Use cases and general requirements*, NIST Special Publication 1500-3, NIST, 2015, 260 p. doi↑388

[21] A. Di Meglio, M. Reidel, Sh. Memon, C. Loomis, D. Salomoni. "Grids and Clouds integration and interoperability: an overview", *PoS*, **31** (2011), 12 p. URL↑388

[22] A. P. Demichev, V. A. Il'in, A. P. Kryukov. *Introduction to grid technology*, Preprint NIIYaF MGU, No 11/832, M., 2007 (in Russian), 87 p. URL↑388

[23] *Basic definitions: Web 1.0, Web. 2.0, Web 3.0*, Creative Solution, 2010 (in Russian). URL↑388

[24] V. V. Koren'kov. "Grid technologies: status and prospects", *Vestnik Mezhdunarodnoy akademii nauk (russkaya sektsiya)*, 2010, no.1, pp. 41–44 (in Russian). URL↑388,389

[25] G. I. Radchenko. *Distributed computing systems*, Fotokhudozhnik, Chelyabinsk, 2012 (in Russian), 184 p. URL↑388,389

[26] V. Zaborovskiy, A. Lukashin. "High-performance secure cloud environment", *Otkrytyye sistemy. SUBD*, 2013, no.06 (in Russian). URL↑388,389

[27] V. A. Rubanov. "Meaning designing in the cloud opportunities", *Tekhnologicheskiy prognoz. Oblachnyye tekhnologii: novaya model' rosta vashego biznesa*, 2010, no.4 (in Russian). URL↑388,389

[28] *GOST-R 51954-2002 Information technology. Supercomputing application environment profile (PSE10-HIP)*, Vved. 2004-01-01, IPK Izdatel'stvo standartov, M., 2002 (in Russian), 22 p. URL↑390

[29] S. V. Ivanov, A. A. Kamenshchikov, A. Ya. Oleynikov, T. D. Shirobokova. “Development of e-science and interoperability”, *Informatizatsiya i svyaz’*, 2015, no.3, pp. 5–10 (in Russian). URL ↑390

[30] Ye. Ye. Zhuravlëv, S. V. Ivanov, A. A. Kamenshchikov, A. Ya. Oleynikov, I. I. Chusov, T. D. Shirobokova. “Features of the technique of ensuring interoperability in the grid environment and cloud computing”, *Zhurnal radioelektroniki*, 2014, no.11 (in Russian), 17 p. URL ↑390

[31] Ye. Ye. Zhuravlev, A. Ya. Oleynikov. “Interoperability in e-science”, *Informatizatsiya i svyaz’*, 2009, no.5, pp. 48–55 (in Russian). URL ↑390

[32] Ye. Ye. Zhuravlev, S. V. Ivanov, A. A. Kamenshchikov, A. Ya. Oleynikov, Ye. I. Razinkin, K. A. Ruban. “Interoperability in cloud computing”, *Zhurnal radioelektroniki*, 2013, no.9 (in Russian), 63 p. URL ↑390

[33] Ye. Ye. Zhuravlëv, S. V. Ivanov, A. Ya. Oleynikov. “Model of cloud computing interoperability”, *Zhurnal radioelektroniki*, 2013, no.12 (in Russian), 18 p. URL ↑390

[34] S. V. Ivanov, A. Ya. Oleynikov. “Methodology and algorithm for selecting standards for the interoperability profile in cloud computing”, 7-ya Mezhdunarodnaya konferentsiya “Raspredelennyye vychisleniya i Grid-tekhnologii v nauke i obrazovanii” (Dubna, Rossiya, 4–9 iyulya 2016 g.), CEUR Workshop Proceedings, vol. **1787**, pp. 264–270 (in Russian). URL ↑390

[35] National Supercomputing Forum, 2018 (accessed: 07.05.2018). URL ↑390

[36] J. Appavoo, A. Waterland, D. da Silva, V. Uhlig, B. Rosenburg, E. van Hensbergen, J. Stoess, R. Wisniewski, U. Steinberg. “Providing a cloud network infrastructure on a supercomputer”, *Proceedings of the 19th ACM International Symposium on High Performance Distributed Computing*, HPDC ’10. URL doi ↑390

Sample citation of this publication:

Andrey Kamenshchikov, Aleksandr Oleynikov, Tamara Shirobokova. “Standards of the interoperability in a high-performance environment”. *Program Systems: Theory and Applications*, 2018, **9**:4(39), pp. 383–397. (*In Russian*).

doi 10.25209/2079-3316-2018-9-4-383-397

URL `http://psta.psiras.ru/read/psta2018_4_383-397.pdf`