

**Впровадження хмарних технологій в систему освіти та створення віртуальних комп'ютерних науково-навчальних лабораторій дослідницького університету**

**Внедрение облачных технологий в систему образования и создание виртуальных компьютерных научно-учебных лабораторий исследовательского университета**

**Implementation of the clouds computing in education and creation of the virtual computer research and training laboratory for universities**

- 1. Номер державної реєстрації теми - 0113U003352, НТУУ «КПІ»-2621-п.**
- 2. Науковий керівник-** д.т.н., проф. Кулаков Ю., Кулаков Ю., prof Yuriy Kulakov.
- 3. Суть розробки, основні результати.**

(укр.)

Розроблені програмно-технічні основи віртуальної комп'ютерної лабораторії (ВЛ) на основі хмарних технологій. Головні відмінності від хмарних сервісів, що пропонуються в Інтернет в останні роки – це розширені функції для користувача з можливістю інтерактивного використання фізичних лабораторних інструментів як з боку сервера так і з боку клієнта, поглиблений менеджмент віртуальних машин та інфраструктур.

Проведений технічний аналіз програмних засобів для створення віртуальної наукової лабораторії дослідницького університету, яка одночасно може використовуватись і як науковий інструмент і як навчальна для студентів-дослідників.

Розроблені декілька базових архітектур ВЛ різного рівня потужності функціональності і надійності. Проаналізовані структури з високою надійністю функціонування та методи надійного доступу через мережу.

Показаний шлях створення ВЛ з можливістю міграції віртуальних машин користувача, показана можливість і технології міграції віртуальних машин на кластери зовнішніх орендованих хмар. Надані рекомендації щодо економічних критеріїв підключення ресурсів зовнішніх хмар.

Одна із значних проблем хмарних сервісів і віртуальних лабораторій також – це надійність мережевого доступу. Хмарні технології, що особливо масово розвиваються останнім часом, поставили нові виклики перед мережею. Якщо зараз проблеми відсутності зв'язку на протязі декількох хвилин компенсуються на прикладних рівнях шляхом буферизації, формування критичних секцій взаємодії та повторення втрачених дій, то впровадження інтерактивної взаємодії та онлайн взаємодія з об'єктами потребує значного зменшення тривалості в перериваннях зв'язку, теоретично до рівня пропаданя декількох пакетів транспортного рівня.

Показані напрямки еволюції комп'ютерних мереж в напрямку забезпечення надійності і безперервності з'єднань користувача з хмарним сервісом, зокрема впровадження функцій SND (software defined network) в мережі.

В НДР запропонований перелік функцій управління гіпервізорами віртуальної платформи, які необхідні для повнофункціональної і ефективної ВЛ, багато з яких не пропонуються провайдерами хмарних сервісів і не реалізовані в програмних засобах хмарних сервісів та дозволять користувачу вільно використовувати ВЛ, починаючи з запуску зупиненої ВМ та закінчуючи підключенням технічних засобів до ВЛ через локальний комп'ютер, які були б доступні з віртуального середовища.

Аналіз показав, що існуючі системи управління функціями гіпервізора і материнською ОС часто не є об'єктно - орієнтованими, а тому не дозволяють забезпечити регламентацію доступу на рівні власника об'єкту. Частина функцій ОС та гіпервізора доступні тільки адміністратору системи. Це потребує модернізації базових програмних засобів для повної об'єктної прив'язки. Показано яким чином можлива модернізація, які функції і в якій мірі обмеження повинні бути доступні для користувача для забезпечення інформаційної безпеки.

Розроблена пілотна модель ВЛ на основі віртуальної платформи KVM та системи керування хмарними сервісами NEBULA. Використані програмні продукти є вільно

розповсюджені, що відповідає загальній стратегії, яка прийнята в системі науки і освіти України. Пілотна система впроваджена в мережі УРАН для освіти і науки в дата центрі УРАН та пропонує послуги для університетів.

**(рос.)**

Разработаны программно-технические основы виртуальной компьютерной лаборатории (ВЛ) на основе облачных технологий. Главные отличия от облачных сервисов, предлагаемых в Интернет в последние годы - это расширенные функции для пользователя с возможностью интерактивного использования физических лабораторных инструментов, как со стороны сервера так и со стороны клиента, углубленный менеджмент виртуальных машин и инфраструктур.

Проведенный технический анализ программных средств для создания виртуальной лаборатории исследовательского университета, которая одновременно может использоваться и как научный инструмент и как учебная для студентов-исследователей.

Разработаны несколько базовых архитектур ВЛ различного уровня мощности функциональности и надежности. Проанализированы структуры с высокой надежностью функционирования и методы надежного доступа через сеть.

Показан путь создания ВЛ с возможностью миграции виртуальных машин пользователя, показана возможность и технологии миграции виртуальных машин на кластеры внешних арендованных облаков. Даны рекомендации по экономическим критериям подключения ресурсов внешних облаков.

Одна из серьезных проблем облачных сервисов и виртуальных лабораторий в особенности - это надежность сетевого доступа. Облачные технологии, которые массово развиваются в последнее время, поставили новые вызовы перед сетью. Если сейчас проблемы отсутствия связи в течение нескольких минут компенсируются на прикладных уровнях путем буферизации, формирования критических секций взаимодействия и повторения потерянных действий, то внедрение интерактивного взаимодействия и онлайн взаимодействие с объектами требует значительного уменьшения продолжительности в прерываниях связи, теоретически до уровня пропадания нескольких пакетов транспортного уровня.

Показаны направления эволюции компьютерных сетей в направлении обеспечения надежности и непрерывности соединений пользователя с облачным сервисом, в частности внедрение функций SND (software defined network) в сети.

В НИР предложен перечень функций управления гипервизорами виртуальной платформы, которые необходимы для полнофункциональной и эффективной ВЛ, многие из которых не предлагаются провайдерами облачных сервисов и не реализованы в программных средствах облачных сервисов и позволят пользователю свободно использовать ВЛ, начиная с запуска остановленного VM и заканчивая подключением технических средств к ВЛ через локальный компьютер, которые были бы доступны с виртуальной среды.

Анализ показал, что существующие системы управления функциями гипервизора и материнской ОС часто не являются объектно - ориентированными, а потому не позволят обеспечить регламентацию доступа на уровне владельца объекта. Часть функций ОС и гипервизора доступны только администратору системы. Это требует модернизации базовых программных средств для полной объектной привязки. Показано каким образом возможна модернизация, какие функции и в какой степени ограничения должны быть доступны для пользователя с одновременным обеспечением информационной безопасности.

Разработана пилотная модель ВЛ на основе виртуальной платформы KVM и системы управления облачными сервисами NEBULA. Используемые программные продукты являются свободно распространяемые, что соответствует общей стратегии, принятой в системе науки и образования Украины. Пилотная система внедрена в сети УРАН для образования и науки в дата-центре УРАН и предлагает услуги для университетов.

**(англ.)**

Were developed the software and technical basis of the virtual computer lab (VL) based on cloud technology. The main difference from the cloud services offered by the Internet in recent years - the advanced features for users with the ability to use interactive physical laboratory tools from both the server and client-side depth management of virtual machines and infrastructures.

Conducted technical analysis software for creating virtual research laboratory research university, which also can be used as a scientific tool and as a training for students and researchers.

Were developed a few basic architectures of various power level of functionality and reliability. Were analyzed the structures with high reliability performance and reliable methods of access over the network.

Showed a way to create VL with possibility of migrating user's VMs. Showed the possibility and technology for migration of virtual machines in the outside rented clouds. Recommended the economic criteria of connection to external clouds resources.

One of the major problems of cloud services and virtual laboratories also - a reliable network access. Cloud technologies specifically developed massively in recent years, put new challenges to network. If the problem is lack of communication within a few minutes compensated for by buffering application layer, forming critical sections interaction and repetition lost actions, the introduction of interactive communication and online interaction with objects requires a significant reduction in the duration of dropouts theoretically to outage of several transport layer packets.

Show evolution directions of computer networks in ensuring the reliability and continuity of user connections cloud services, including the introduction of SND functions (software defined network) in network.

In the research proposed list management functions of the hypervisor virtual platforms that are needed for a fully functional and effective VL, many of this function don't offer cloud services providers and is not implemented in the software-cloud services and allow users to freely use VL, starting with the launch of the stopped VM and ending with connection technical means to the VL over local computer that would be available from the virtual environment.

The analysis showed that the existing system of functions and parent hypervisor OS is often not an object - oriented, and therefore will provide access regulation at the facility object owner. Part of OS and hypervisor features are only available to system administrators. This requires upgrading of basic software for the complete object reference. It is shown how the possible modernization which functions and the extent to which restrictions should be available to the user with information security saving.

Is developed pilot model the VL based on KVM virtual platforms and NEBULA cloud services management system. Used software is distributed freely, subject to the strategy adopted in the system of science and education in Ukraine. The pilot system is implemented in the network for science and education of Ukraine URAN in the data center and offers services to universities.

#### **4. Наявність охоронних документів на об'єкти права інтелектуальної власності.**

- Подання охоронних документів не планувалось і не виконувалось

#### **5. Порівняння зі світовими аналогами.**

Результати відповідають світовому рівню, а пропозиції що до модернізації функцій керування хмарними системами та розширення функцій на використання технічних засобів на рівні створення розосереджених програмно-технічних систем у світовій практиці не виявлені.

#### **6. Економічна привабливість для просування на ринок**

Застосування розроблених технологій у системі наукового пошуку та підготовки фахівців за різними технічними та природничими спеціальностями дозволить:

- підвищити рівень охопту студентів методами лабораторних досліджень ;
- знизити на 20-30% затрати університетів на переоснащення навчальних лабораторій комп'ютерною технікою;

- дасть можливість багатофункціонального і багатопрофільного використання лабораторій для різних спеціальностей причому одночасно;
- дозволить створити лабораторії загально-університетського, або навіть регіонального масштабу використання.
- дозволить використання унікальних технічних приладів та фізичних установок для використання в наукових дослідженнях і тренінгах широкому складу фахівців за рахунок віддаленого доступу з ефектом віртуальної близькості.
- дозволить використання орендованих хмарних ресурсів для ВЛ при умові пікового навантаження на ВЛ на період сесій.
- дозволить зменшити кількість фізичних серверів у 3-4 рази
- дозволить заощадити на ліцензіях прикладних програм за рахунок почергового використання ПП (у 2-3 рази)

#### **7. Потенційні користувачі (галузі, міністерства, підприємства, організації).**

Потенційні користувачі це університети дослідницького рівня, наукові організації, а також інші організації та структури, що використовують технології комп'ютерних класів та лабораторій. Дуже привабливим при цьому є розроблена технологія віртуалізації діючих комп'ютерних лабораторій, що дасть змогу значно зекономити на комп'ютерних технічних засобах та їх обслуговуванню, зменшити кількість терміналів користувачів, замінивши їх власними мобільними терміналами користувачів.

#### **8. Стан готовності розробки.**

Розробка готова до впровадження. Для конкретного впровадження в мінімальному варіанті потрібен сервер середньої потужності. Для забезпечення 10-15 ти робочих місць як правило достатньо сервера з 2-ма 6-ти ядерними 2,2 Гц процесорами, 32 Гб оперативної пам'яті, 2-ма 1000 Гб дисками та 4-ма 1Гбіт Езернет –інтерфейсами, або одним 10 Гбіт.

#### **9. Існуючі результати впровадження.**

Віртуальна лабораторія впроваджена в якості тестового варіанту в дата центрі мережі освіти і науки УРАН. Доступ до лабораторії може бути наданий окремим спеціалістам по запиту при умові планування впровадження ВЛ в університеті..

Матеріал, викладений у звіті дає достатню інформацію для спеціаліста в області комп'ютерних технологій для впровадження розробки по кожній із розроблених структур.

Можуть бути надані також додаткові конкретні посилання на програмні засоби та надані консультації по впровадженню.

Для впровадження розробки в варіанті, що допускає автономну роботу користувача з самого початку виконання завдання потрібна розробка програмного забезпечення розширеного менеджменту, яке спроектоване та описане у звіті по НДР.

#### **10. Назва організації, телефон, E-mail**

НТУУ"КПІ", Факультет інформатики та обчислювальної техніки,  
НДІ Системних технологій, тел. 067-403-18-86, [gal@uran.ua](mailto:gal@uran.ua)

#### **11. Перелік публікацій за тематикою досліджень за період виконання розробки**

Опубліковано навчальний посібник - О.А.Стенін О.І.Михальов К.Ю.Мелкумян Автоматизоване навчання операторів ергатичних систем. Учбовий посібник.-К.:НТУУ КПІ.ВПК. Політехніка .-2013.-180с.

1. А.А. Стенин, А.Н. Губский, О.М. Польшакова. Экспертная оценка деятельности операторов эргатических систем.-:Запорожье.Межведомственный сборник"Радиоэлектроника, информатика, управление-№1, 2013, с.141-143.
2. Стенин А.А., Мелкумян Е.Ю.,Курбанов В.В., Шемсединов Т.Г. Информационно-логическая модель процесса управления инновационным развитием социотехнических систем - HYPERLINK "file:///\\B"В сб. Техніка в сільському господарстві, галузеве машинобудування, автоматизація. - Кіровоград,вип..26, 2013, с.202 -206. .

**В тому числі у виданнях, що входять до міжнародних науково метричних БД Scopus:**

3. А.А.Стенин, Ю.А.Тимошин, Е.Ю.Мелкумян, В.В.Курбанов. Латентно-семантический метод извлечения информации из интернет ресурсов. – Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - №4\9(64) – 2013. – с.19-22 .
4. Галаган В.Г., Домбругов М.Р., Юрченко О.В. та інші. Мульти гігабітні програми і програмні роутери на основі Інтел- процесорів. – IEEE Proceeding, 2013, 12<sup>th</sup> Proceeding of the RoEduNet International Conference 26-28, September 2013, 5p. Електронний ресурс: <http://www.proceeding.com/17953.html>
5. Стенин А.А.,Тимошин Ю.А., Шемседінов Т.Г. Метод динамической интерпретации метамоделей в разработке прикладных информационных систем.-Материалы международной научно- практической конференции “Академическая наука – проблемы и достижения”.-М.-2013.-с.186 -192.
6. Олег Лисовиченко, Юрий Тимошин, Михаил Ткач, Тимур Шемседінов. Распределенная информационная среда роботизированного производства с динамическим связыванием компонентов на основе интерпретации метамоделей.- Bulgaria, Sofia, Technical University-Sofia,Bulgarian Journal for Engineering Design, issue 23, July 2014.-С.111-120
7. Ю.А. Тимошин, А.О. Ріпа Оптимізація розподілення навантаження на бездротову мережу в офісній інфраструктурі компанії // Адаптивні системи автоматичного управління. - 2014.- № 2(25) .-С.41-46
8. Стенін О.А., Тимошин Ю.А., Шемседінов Т.Г., Маленко М.В. Прикладна віртуальна машина // Адаптивні системи автоматичного управління. -2013.- № 2(23) .-С.100-107
9. Стенин А.А., Ткач М.М., Губский А.Н., Курбанов В.В. Вербальный метод смешанных нечетких оценок в задачах принятия решений оценки структурного и функционального рисков сложных технических систем. // Восточно-Европейский журнал передовых технологий, 2014, № ½ (67).-С.14-17
10. Тимошин Ю.А., Шемседінов Т.Г., Ярченко В.П., Мороз А.И. Технология распределенной обработки данных и приложений с использованием динамически интерпретируемых метамоделей // Адаптивные системы автоматического управления. - 2014.- №1(24).-С.128-138
11. Galagan V., Yurchenko O. ; Preobrazhensky E. ; Zhuravkov P. ; Dombrougov M. Multi-gigabit intel-based software routers. • IEEE Xplore Digital Library. 01.2014 <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/abstractAuthors.jsp?reload=true&arnumber=6714193> DOI = [10.1109/RoEduNet.2013.6714193](http://dx.doi.org/10.1109/RoEduNet.2013.6714193)
12. Bogatencov P.; Dombrougov M. ; Galagan V. ; Shkarupin V. E-infrastructures and e-services in the Eastern Partnership Countries. IEEE Xplore Digital Library. 11-13 Sept. 2014. <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/articleDetails.jsp?tp=&arnumber=6955298&queryText%3DInfrast+uctures+and+E-Services+in+the+Eastern>. DOI = [10.1109/RoEduNet-RENAM.2014.6955298](http://dx.doi.org/10.1109/RoEduNet-RENAM.2014.6955298)