View metadata, citation and similar papers at core.ac.uk
brought to you by CORE
provided by Electronic archive of Ternopil National Ivan Puluj Technical University

Сальніков А. Методики відображення внутрішньої структури віртуальних організацій у грід-інфраструктурах / Сальніков А., Корнелюк О., Бойко Ю. // Вісник ТНТУ. — 2012. — Том 66. — № 2. — С.180-190. — (приладобудування та інформаційно-вимірювальні технології).

УДК 004.75

А. Сальніков[1];
О. Корнелюк[2], докт. біол. наук;
Ю. Бойко[1], канд. фіз.-мат. наук

[1]Київський національний університет імені Тараса Шевченка
[2]Інститут молекулярної біології і генетики НАН України

МЕТОДИКИ ВІДОБРАЖЕННЯ ВНУТРІШНЬОЇ СТРУКТУРИ ВІРТУАЛЬНИХ ОРГАНІЗАЦІЙ У ГРІД-ІНФРАСТРУКТУРАХ

Резюме. *Проведено аналіз особливостей внутрішньої структури віртуальних організацій (ВО) та показано їх вплив на ефективне планування ресурсів провайдером грід-інфраструктури. Досліджено методи виділення ресурсів Nordugrid ARC та сформовано методики розмежування доступу за параметрами участі у ВО. Відповідно до методик розроблено програмне забезпечення, яке успішно впроваджено на трьох кластерах українського національного грід (УНГ).*

Ключові слова*: грід, віртуальна організація, провайдер ресурсів.*

A. Salnikov, A. Kornelyuk, Yu. Boyko

VIRTUAL ORGANIZATIONS INTERNAL STRUCTURE PROJECTION METHODS FOR GRID-INFRASTRUCTURES

The summary. *Virtual Organizations (VOs) have an internal structure that was not driven by grid-infrastructure. The structure of the VO is influenced by many factors including number of members, resource usage, grid services usage and moreover social cooperation of researchers. Similarly to ordinary organizations that are usually divided into departments, hierarchical structure is also defined for the VOs. Generally, three parameters are used to describe VO structure: groups, roles and attributes. Grid-infrastructure resource provider's scheduler efficiency relies on VO internal structure recognition.*

Internal structure development process starts with VO particularity analysis. Virtual laboratory MolDynGrid that was established to conduct researches in structural biology and bioinformatics has been chosen as an example to demonstrate such analysis. Different requirements for several laboratory researches (molecular dynamics simulations using GROMACS software, molecular structure modeling using Modeller software, docking using AutoDock software) were described. Production versus testing computation properties were discussed. Based on performed analysis an internal structure for MolDynGrid VO has been settled.

Methods of resource allocation employed by Nordugrid ARC were investigated. Necessity of binding different tasks to distinct queues of local resource management system has been shown. Lack of mechanisms for VO internal structure mapping to scheduler queues was pointed out. Analysis of the job processing algorithm in Nordugrid ARC computing element (A-REX) has shown that per-queue access control based on VO internal structure defined via Virtual Organization Membership Service (VOMS) attributes can be implemented as plug-in called out of A-REX when job gets moved to ACCEPTED state.

Access separation algorithm has been developed and implemented in software. Plug-in introduces additional configuration options in Nordugrid ARC common configuration file that allow to specify access policy in terms of Fully Qualified Attribute Names (FQAN) representing internal structure developed for a VO.

Software implementation of the methods presented has been successfully deployed on three Ukrainian National Grid clusters: Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Taras Shevchenko National University of Kyiv, National Scientific Centre for Medical and Biotechnical Research at the Presidium of NAS of Ukraine.

Example of plug-in configuration considering particularities of Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine cluster has been shown. Methods are applicable to the other grid-enabled clusters.

***Key words**: grid, virtual organization, resource provider.*

Постановка проблеми. Віртуальна організація (ВО) – це динамічне об'єднання користувачів, установ, обладнання та сервісів для доступу до ресурсів грід-інфраструктури [1]. Використання обчислювальних кластерів для конкурентного вирішення різного класу завдань спирається на використання планувальника, завданнями якого є мінімізація часу простою ресурсів. Інформація про вимоги та параметри різного класу грід-завдань напряму пов'язана зі списками ВО грід-інфраструктури, що обслуговуються кластером, та особливостями внутрішньої структури кожної ВО.

Проблема врахування внутрішньої структури ВО на провайдерах ресурсів грід у загальному випадку є не вирішеною у світі й українському національному грід-сегменті (УНГ) зокрема. Розроблення методик вирішення цієї проблеми та їх застосування до УНГ є предметом даної роботи.

Внутрішня структура ВО. Сам термін «віртуальна організація» підкреслює наявність організаційної структури такого об'єднання користувачів. Проте така внутрішня структура не продиктована грід-інфраструктурою, а кожна ВО сама вирішує, яким чином розділяти права та обов'язки поміж її учасників.

Фактори, що впливають на внутрішню структуру ВО, охоплюють її призначення, кількість учасників, масштаб використання ресурсів, грід сервіси, а також час існування такого об'єднання із соціальними аспектами взаємодії дослідників [1, 2].

Щойно засновані ВО мають невелику кількість учасників, тільки набувають досвіду застосування грід-технологій, визначають та формують критерії до грід-сервісів і розвивають свій інструментарій. Для таких ВО внутрішня структура є найпростішою. Соціальна взаємодія базується на усних взаємних домовленостях, а учасників ВО можна розділити на три групи [3]:

- *технічні спеціалісти* – системні адміністратори та розробники програмного забезпечення, завданням яких є створення (адаптація) прикладного програмного забезпечення для проведення розрахунків у грід-середовищі та власних сервісів ВО для автоматизації наукових досліджень;
- *прикладні спеціалісти* – науковці, що спеціалізуються в галузі науки, дослідженнями якої займається ВО. Вони відповідальні за опрацювання даних та отримання наукових результатів. Прикладні спеціалісти є користувачами сервісів, доступних для ВО завдяки роботі технічних спеціалістів;
- *менеджер та керівник* – учасники ВО, що відповідають за організацію взаємодії між технічними і прикладними спеціалістами, формування технічних та наукових завдань, укладання договорів між провайдерами ресурсів та ВО.

Прикладом таких ВО є більшість українських ВО [4], в яких на сьогодні кількість учасників не перевищує десяти, а використання ресурсів грід-інфраструктури мінімальне.

Для віртуальних організацій з більшим досвідом роботи кількість досліджень зростає, а спеціалісти з предметної області мають різну кваліфікацію.

Наприклад, учасниками ВО може бути група студентів, які тільки навчаються використанню технологій, щоб у майбутньому стати фахівцями й досліджувати нові проблеми. Сама організаційна структура має передбачати розділення доступу до ресурсів, що надані ВО провайдерами грід-інфраструктури, таким чином, щоб навчання студентів не заважало реальним дослідженням.

Інший приклад стосується виконання різних досліджень у рамках тієї ж ВО. Деякі з них потребують найпотужніших кластерів, поряд з тим інші можна ефективно обчислити на однопроцесорних системах. Для ефективного використання доступних ресурсів необхідно правильно спланувати розподіл таких завдань.

За аналогією зі звичайними організаціями, що розділені на структурні підрозділи, в кожному з яких у співробітників є свої ролі, для віртуальних організацій також визначають ієрархічну структуру. Для опису ієрархії ВО використовують такі визначення [2, 3]:

- *група* – аналог підрозділу для регулярних організацій. Кожна з груп являє собою функціональне об'єднання учасників ВО. Один і той самий учасник може входити до кількох груп. Кожна група може бути розділена на підгрупи для досягнення складнішої ієрархії. Прикладом груп є: студенти (students), промислові розрахунки (production), тестування сервісів ВО (testing) тощо.
- *роль* – права та обов'язки закріплені за кожним учасником групи. Прикладами ролей є адміністратори (VO-Admin), відповідальні за інсталяцію програмного забезпечення (Software Manager) тощо.
- *атрибут* – характеристика, що притаманна всій групі, учасникам з певною роллю у групі чи безпосередньо певному учаснику. Такі характеристики можуть використовуватись для збереження інформації про доступний машинний час чи квоту дискового простору.

В рамках визначеної термінології, розглянуті вище маленькі ВО представлені однією загальною групою з кількома ролями без зазначення атрибутів. Використання атрибутів притаманне найбільшим ВО зі складною внутрішньою структурою.

Для повноцінної роботи грід із внутрішньою ієрархією повноважень учасників ВО необхідна підтримка з боку сервісів інфраструктури. Сервіси мають розрізняти групи, ролі й атрибути учасників. Така підтримка дозволяє проводити гнучке налаштування провайдерів ресурсів відповідно до домовленостей з кожною ВО.

Метою роботи є розробка методик та засобів підтримки внутрішньої структури ВО грід-сервісами та впровадження їх в УНГ.

Проектування внутрішньої структури ВЛ MolDynGrid. Віртуальна лабораторія (ВЛ) MolDynGrid вирішує завдання в галузях структурної біології і біоінформатики. Для проведення досліджень лабораторії використовується інструментарій та ресурси УНГ. Для керування учасниками, їх правами доступу та роботи в УНГ використовується віртуальна організація moldyngrid [5, 6].

Для створення внутрішньої структури визначальними є фактори вимог до ресурсів (клас задач) та актуальності й пріоритетності розрахунків.

ВЛ MolDynGrid у своїх дослідженнях охоплює:

- задачі розрахунку молекулярної динаміки – програмний пакет GROMACS, паралельне виконання розрахунку на багатьох вузлах протягом кількох тижнів;
- задачі моделювання молекулярних структур – програмний пакет Modeller, паралельне виконання розрахунку на багатьох вузлах (перебір вхідних параметрів кількома екземплярами програми) протягом кількох годин;
- задачі докінгу препаратів – програмний пакет AutoDock, послідовне виконання програми, розрахунок протягом кількох днів.

Параметри запуску та часові рамки вказані для характерних об'єктів та задач, що досліджуються у віртуальній лабораторії [7].

Окрім проведення досліджень в лабораторії проводиться навчання студентів необхідним методам роботи з тестовими об'єктами, робота з якими не потребує великих потужностей та використання ресурсних центрів інфраструктури.

Кожну задачу можна розділити на такі типи досліджень:

- задачі, спрямовані на статистичний пошук та випробовування різних варіантів параметрів;
- цільовий розрахунок наукової проблеми з визначеними параметрами;
- аналіз отриманих результатів.

Серед наведеної класифікації найпріоритетнішими є завдання цільового розрахунку та аналізу. Проте завдання аналізу для завдань структурної біології потребують значно меншої кількості ресурсів порівняно з розрахунком.

Виходячи з проведеного аналізу завдань, сформовано внутрішню структуру ВО. Різні завдання з різними вимогами відображені групами досліджень (формат запису груп згідно з форматом FQAN [2]):

- `/moldyngrid/docking` – завдання докінгу
- `/moldyngrid/md` – завдання молекулярної динаміки
- `/moldyngrid/modelling` – завдання моделювання структур
- `/moldyngrid/students` – тестові завдання для навчання

Типи досліджень у кожній групі відображені ролями `production` (цільовий розрахунок) та `analyses` (проведення аналізу). Відсутність ролі визначає виконання статистичного пошуку. Додатково визначено роль `VO-Admin` для адміністраторів ВО.

Забезпечення доступу до обчислювальних ресурсів. При роботі провайдера ресурсів із завданнями різних джерел виникає необхідність інтелектуального планування з розстановкою пріоритетів поміж учасників. Обчислювальний кластер може використовуватись як локальними користувачами, так і грід-завданнями. Грід-завдання, в свою чергу, надсилаються учасниками різних ВО, кожна з яких має свою внутрішню структуру.

Першим кроком планування послідовності виконання завдань є розділення всіх завдань на категорії з однаковими вимогами до ресурсів. Таке розділення виконується за допомогою використання черг. Кожна черга має свої характеристики та вимоги до ресурсів разом з пріоритетністю та історією використання [8]. Для черги завдань може бути створено резервацію ресурсів для гарантії квоти обчислювальної потужності (наприклад, для певної ВО). Резервації, в першу чергу, актуальні для систем

автоматичного тестування працездатності ресурсів, які повинні завжди мати можливість запустити принаймні одне тестове завдання [9].

Незалежно від алгоритму роботи планувальника, який може враховувати різну кількість факторів різною мірою, наявність систематизації завдань у черги є необхідним механізмом для його роботи.

Український грід-сегмент побудовано з використанням програмного забезпечення проміжного рівня Nordugrid ARC [10].

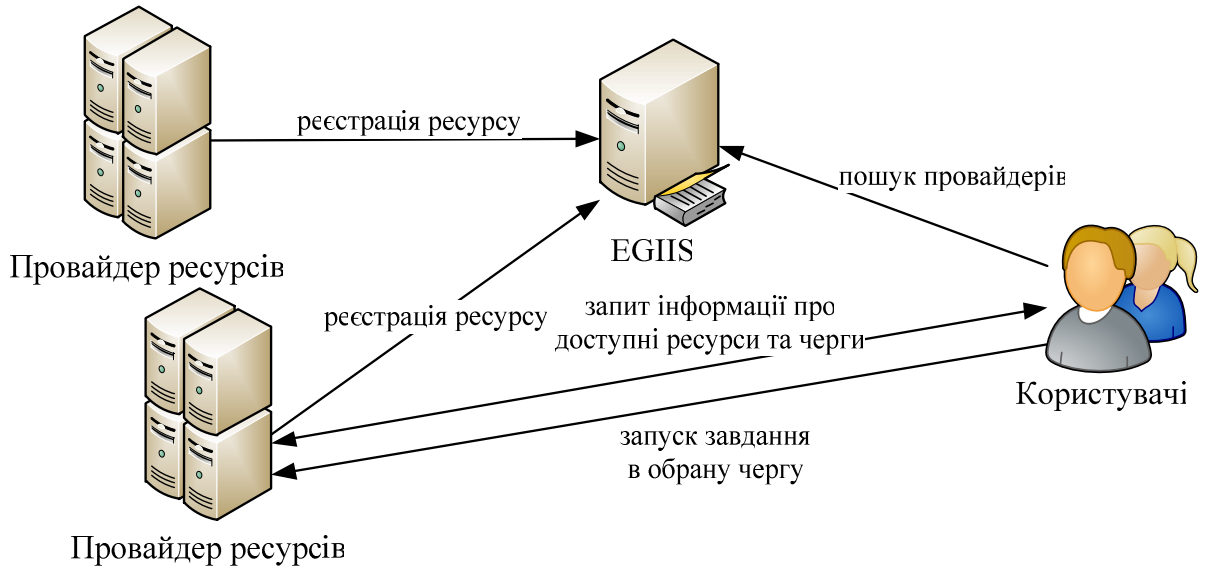

Рисунок 1. Схема взаємодії сервісів з інформаційною системою Nordugrid ARC
Figure 1. Diagram of services integration with Nordugrid ARC information system

Пошук ресурсів для запуску грід-завдання відбувається за допомогою використання сервісів інформаційної системи (рис. 1). Кожен провайдер грід-інфраструктури зберігає інформацію про наявні ресурси, черги та завдання в базі даних ARIS (ARC Resouce Information System). Посилання на ARIS кожного ресурсу реєструються в індексі інформаційних систем (Enhanced Grid Information Indexing Service – EGIIS), який являє собою каталог існуючих провайдерів [11].

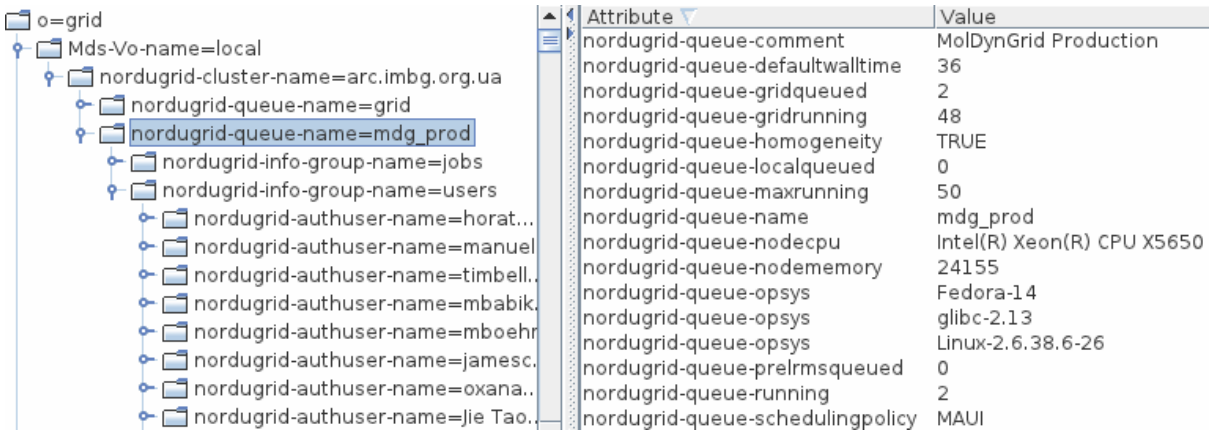

Рисунок 2. Приклад інформації, що публікується в ARIS
Figure 2. Example of information published in ARIS

Кожен ARIS використовує для роботи базу даних LDAP, яка, відповідно до схеми зберігання даних, містить інформацію про точки входу (сервіси) та наявні черги обчислювального елемента (рис. 2).

Для кожної черги публікується перелік грід-завдань, користувачам яких дозволений доступ до черги та список параметрів (кількість вільних процесорів, пам'яті тощо). Використовуючи цю інформацію, клієнт має можливість співставити вимоги завдання до наявних ресурсів і обрати чергу, яка задовольняє потреби. Список допущених користувачів формується виключно з унікальних імен користувачів (Distinguished Name – DN), які вказані у файлі відповідності [11]. Цей підхід орієнтований на застосування класичної авторизації та не враховує механізмів засвідчення участі в ВО і внутрішньої структури ВО.

Для постановки завдання на розрахунок клієнт звертається до сервісу EGIIS й отримує список ARIS провайдерів ресурсів. Звертаючись до кожного ARIS, клієнт отримує інформацію про наявні черги та їх параметри. З усіх черг, для яких користувач є авторизованим за його DN, алгоритм планування обирає таку, що задовольняє вимоги завдання та надсилає завдання на виконання. Якщо надіслати завдання в чергу не вдається, клієнт намагається повторити надсилання його до іншої доступної черги. Якщо не знайдено жодної черги – клієнт повертає помилку [12].

Розділення доступу за параметрами участі у ВО. Засвідчення участі у ВО відбувається за допомогою сертифіката атрибутів (Attribute Certificate – AC), який містить цифровий підпис служби засвідчення та керування участю у ВО (Virtual Organization Membership Service – VOMS). AC додається до проксі-сертифіката делегації. Участь у групах та ролі користувачів у групах відображені за допомогою повних імен атрибутів користувача (Fully Qualified Attribute Name – FQAN).

У схемі інформаційної системи Nordugrid ARC не передбачені механізми індикації доступу, відмінні від DN користувача, а реалізація ARIS є монолітною, без можливості розширення. Таким чином, немає можливості визначити список допущених FQAN на етапі вибору черги завдань.

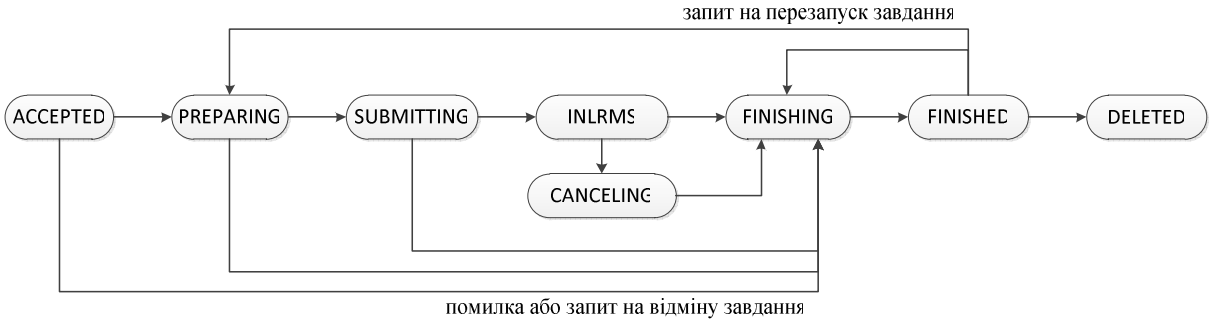

Рисунок 3. Життєвий цикл завдання
Figure 3. Job life cycle

Реалізація обчислювального елемента (сервіс A-REX) передбачає роботу з допоміжними програмами (plug-ins). Робота з завданням у грід-системі може бути представлена скінченим автоматом. Множину станів автомата зображено на рисунку 3. При переході до кожного стану архітектура A-REX надає можливість виклику

допоміжної програми, що зазначається у файлі конфігурації. Перехід до початкового стану (ACCEPTED) відбувається на етапі надсилання завдання до черги клієнтом [10].

Виконання допоміжної програми перед переходом до стану ACCEPTED надає можливість аналізувати FQAN на етапі надсилання до черги та відхиляти завдання у випадку невідповідності політикам доступу, побудованим на основі внутрішньої структури ВО.

Цей підхід було використано для вирішення проблеми розділення доступу за параметрами участі у ВО та розроблено відповідне програмне забезпечення. Для реалізації допоміжної програми використано API бібліотек Nordugrid ARC. Схему роботи алгоритму програми наведено на рисунку 4.

На етапі надсилання завдання до черги A-REX передає допоміжній програмі проксі-сертифікат (надсилається клієнтом разом із завданням та має містити VOMS AC додаток), файл з параметрами завдання (A-REX створює такий файл на базі опису завдання) та файл з описом політик доступу до черг.

Формат файлу конфігурації обрано сумісним з файлом конфігурації сервісів Nordugrid ARC (`arc.conf`), що дозволило використати вбудовані аналізатори параметрів, доступні через API, та додати політики доступу безпосередньо в конфігурацію обчислювального елемента.

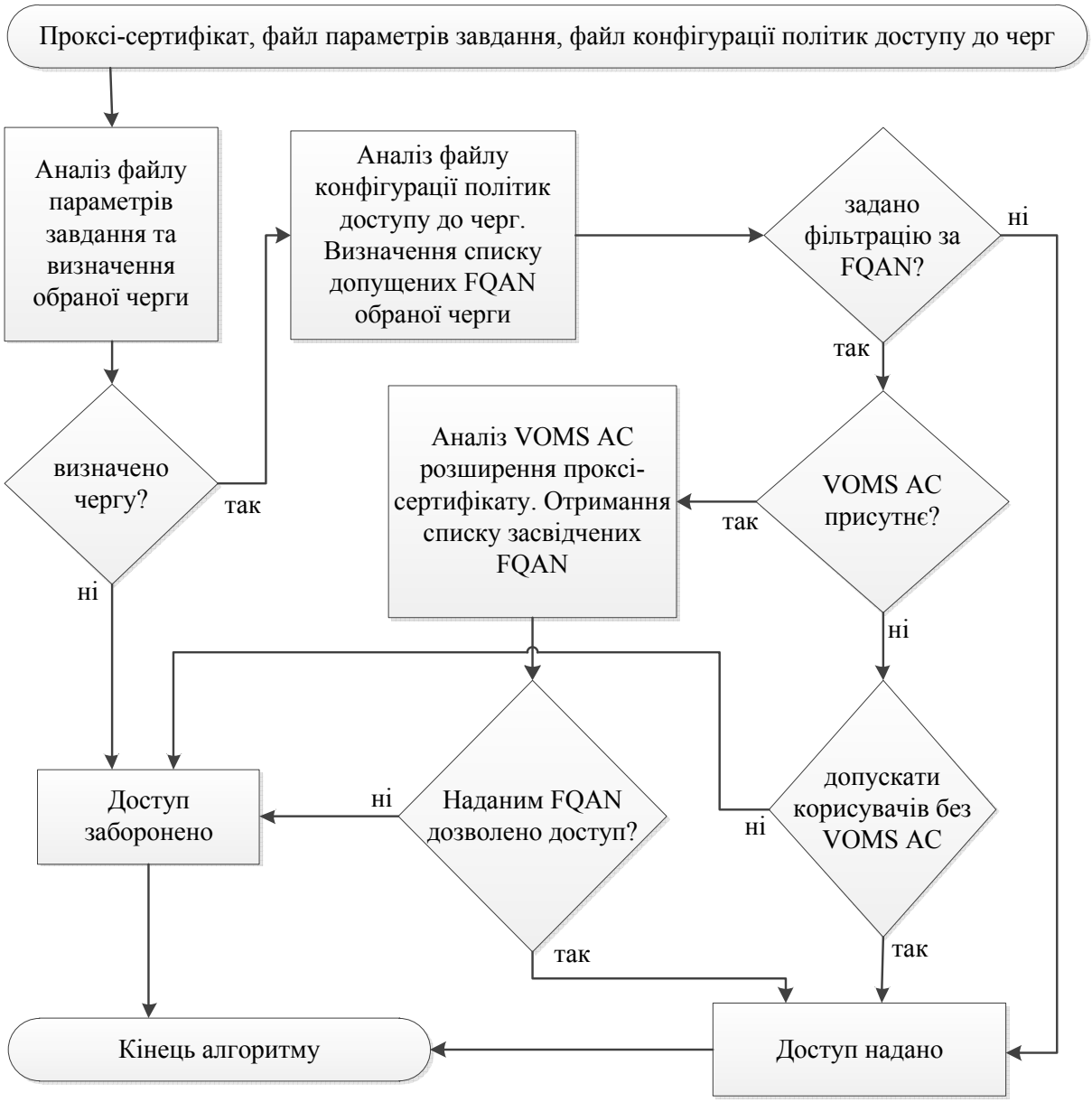

Рисунок 4. Схема роботи алгоритму допоміжної програми для контролю доступу за FQAN
Figure 4. Diagram of FQAN-based access control algorithm used by the plugin

Для опису кожної черги використовується окремий конфігураційний блок, що відокремлено секціями `[queue]`. Пари атрибут-значення визначені ключовим словом «`ac_policy`» всередині блока конфігурації формують політики надання доступу до черги. Правила мають такий формат:

```
ac_policy="[+/-]VOMS: <FQAN, що перевіряється>"
```

Вказаний на початку запису символ ‘+’ визначає надання доступу користувачам із вказаним FQAN, що перевіряється.

Вказаний на початку запису символ ‘–’ визначає заборону доступу користувачам із вказаним FQAN. Відсутність жодного символу інтерпретується як надання доступу.

Правила опрацьовуються в порядку зазначення у файлі конфігурації. Перше правило, FQAN якого співпадає з засвідченими атрибутами сертифіката атрибутів

VOMS, використовується для прийняття рішення, а опрацювання наступних правил припиняється.

Якщо FQAN надані в VOMS AC не відповідають жодному правилу – доступ відхиляється. Якщо для черги не зазначено жодних правил – доступ надається.

Реалізація розділення доступу за параметрами участі у ВО на прикладі обчислювального кластера Інституту молекулярної біології та генетики НАН України. Обчислювальний кластер Інституту молекулярної біології та генетики (ІМБіГ) НАН України розміщує сервіси для роботи віртуальної лабораторії MolDynGrid. Схему інфраструктури обчислювального кластера зображено на рис. 5.

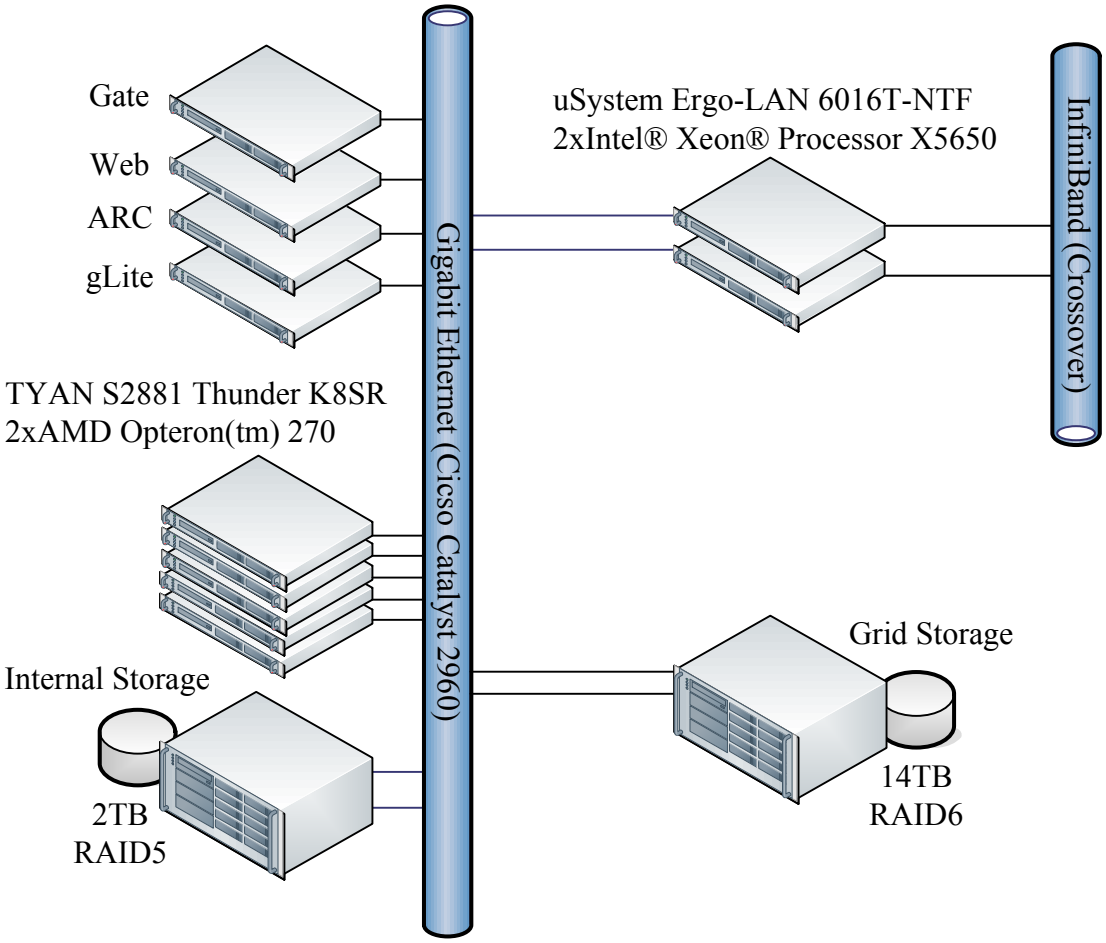

Рисунок 5. Схема інфраструктури обчислювального кластера ІМБіГ НАНУ
Figure 5. Diagram of IMBG NAS of Ukraine computing cluster infrastructure

Вузли для обчислення розрахункових завдань розділені на дві категорії: старе обладнання з малопотужними процесорами та нове обладнання з сучасною апаратною платформою та InfiniBand інтерконектом.

Завдання групи докінгу (`/moldyngrid/docking`) та моделювання (`/moldyngrid/modelling`) доцільно виконувати на старому обладнанні разом із тестовими завданнями студентів (`/moldyngrid/students`). Завдання молекулярної динаміки, виходячи з їх вимог до ресурсів, доцільно обчислювати на нових вузлах. Кластер обладнано лише двома такими вузлами, тому прийнято рішення надавати їх виключно для цільових розрахунків (`/moldyngrid/md/Role=production`). Завдання інших ВО, що підтримуються кластером, надсилаються до старих вузлів на загальних підставах.

Для систем автоматичного тестування (завдання спеціальних службових ВО dteam та ops) створено однопроцесорну резервацію для забезпечення своєчасного виконання тестів. Такі завдання не вимагають потужного обладнання, тому резервацію створено на старих вузлах. Резервація є динамічною (переходить від вузла до вузла) для забезпечення гнучкості та відмовостійкості.

Таким чином, для конфігурації описаної політики створено три черги:

- mdg_prod – цільові розрахунки молекулярної динаміки для ВО moldyngrid;
- grid_rt – черга з резервацією виключно для регулярних тестів;
- grid – загальна черга для інших завдань, що виконуються на старих вузлах.

Конфігурація розробленої допоміжної програми для розділення доступу за параметрами участі в ВО, що дозволяє досягти описаної політики:

```
[queue/grid_rt]
ac_policy="VOMS: dteam"
ac_policy="VOMS: ops"

[queue/grid]
ac_policy="-VOMS: /moldyngrid/md/Role=production"
ac_policy="VOMS: moldyngrid"
ac_policy="VOMS: testbed.univ.kiev.ua"
ac_policy="VOMS: medgrid"

[queue/mdg_prod]
ac_policy="VOMS: /moldyngrid/md/Role=production"
```

Через невелику кількість ресурсів кластера ІМБіГ враховано лише одну особливість внутрішньої структури, що принципово відрізняється від інших типів завдань. Проте запропонований метод дозволяє розділити завдання за пріоритетами для кожної групи та ролі у групі.

Методики були успішно застосовано для інших апаратних конфігурацій, а саме, кластерів Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного наукового центру з медико-біотехнічних проблем при президії НАН України.

Висновки. Проведено аналіз особливостей побудови внутрішньої структури ВО та показано необхідність її проектування для ефективного планування на провайдерах обчислювальних ресурсів у грід. Засвідчення участі у ВО забезпечує механізм індикації класу задач та, відповідно, необхідних обчислювальних ресурсів залежно від роботи дослідника.

Показано методику проектування внутрішньої структури ВО на прикладі віртуальної лабораторії MolDynGrid.

Досліджено методи виділення ресурсів для програмного забезпечення проміжного рівня Nordugrid ARC, що використовується в українській національній грід-інфраструктурі, та показано відсутність підтримки внутрішньої структури ВО базовою поставкою програмного забезпечення.

Розроблено методику розмежування доступу за параметрами участі у ВО на базі використання різних черг для програмного забезпечення проміжного рівня ARC та реалізовано відповідну допоміжну програму для обчислювального елемента.

Методики та програмне забезпечення успішно впроваджені для реалізації політик розділення доступу до ресурсів обчислювальних кластерів Інституту молекулярної біології і генетики НАН України, Київського національного університету імені Тараса Шевченка та Національного наукового центру з медико-біотехнічних проблем при президії НАН України й можуть бути застосовані до інших грід-вузлів.

Conclusions. Particularities of virtual organizations (VO) internal structure development process have been analyzed. Necessity of VO internal structure planning for effective scheduling on resource providers has been shown. VO membership confirmation provides a basis for job class determination and, in accordance, computational resources allocation depending on particular tasks performed by researchers.

Method of the internal structure development has been shown on the case of MolDynGrid virtual laboratory.

Methods of Nordugrid ARC middleware (used by Ukrainian National Grid infrastructure) resource allocation were investigated. Lack of application of VO internal structure information in basic middleware installations has been shown.

Access separation methods based on VO membership parameters has been developed. Methods rely on ability to use several local scheduler queues by the ARC middleware. These methods have been implemented in computing element service as a pluggable module.

Software implementing the methods presented was successfully deployed for resource access separation policies enforcement on the following computing clusters: Institute of Molecular Biology and Genetics NAS of Ukraine, Taras Shevchenko National University of Kyiv, National Scientific Centre for Medical and Biotechnical Research at the Presidium of NAS of Ukraine. Methods developed are applicable to other grid-enabled clusters.

Список використаної літератури

1. Foster, Ian. The Anatomy of the Grid - Enabling Scalable Virtual Organizations / Ian Foster, Carl Kesselman, Steven Tuecke // International Journal of Supercomputer Applications. – 2001. – Vol. 15. – P. 2001.
2. an Authorization System for Virtual Organizations / R. Alfieri, R. Cecchini, V. Ciaschini et al. // In Proceedings of the 1st European Across Grids Conference, Santiago de Compostela. – 2003. – PP. 13–14.
3. EGI Wiki: VO Services/Documentation/VO Policies [online]. – https://wiki.egi.eu/wiki/VO_Services/Documentation/VO_Policies.
4. Список українських ВО. PHP VOMS-Admin [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://grid.org.ua/voms/ – 2012.
5. Інтегроване середовище віртуальної лабораторії MolDynGrid для розрахунків молекулярної динаміки біополімерів [Текст] / А.О. Сальніков, О.О. Судаков, О.В.Савицький та ін. // Медична інформатика та інженерія. – 2010. – Vol. 3, No. 1. – PP.16–22.
6. Virtual Laboratory MOLDYNGRID as a Part of Scientific Infrastructure for Biomolecular Simulations / A.O. Salnikov, I.A. Sliusar, O.O. Sudakov et al. // International Journal of "Computing". – 2010. – Vol. 9, No. 4.
7. Interdomain compactization in human tyrosyl-tRNA synthetase studied by the hierarchical rotations technique / S.O. Yesylevskyy, O.V. Savytskyi, K.A. Odynets, A.I. Kornelyuk // Biophysical Chemistry. – 2011.
8. Maui Cluster Scheduler Administrator’s Guide [online]. – http://www.adaptivecomputing.com.

9. Розробка системи тестування та моніторингу кластерів на базі Nordugrid ARC в Українській грід-інфраструктурі: звіт про науково-технічну роботу, за договором № 100 від 01 жовтня 2010 р. (заключний) (10ДП-052-05); № держреєстрації 0110U006677. – 2011.
10. Ellert, M. Advanced Resource Connector middleware for lightweight computational Grids / M. Ellert et al. // Future Gener. Comput. Syst. – 2007. – Vol. 23, No. 1. – PP.219–240.
11. Kónya, B. ARIS and EGIIS. Installation, Cofiguration and Usage Manual. – The NorduGrid Collaboration [online]. – Ellert, M. The NorduGrid toolkit user interface [online]. – http://www.nordugrid.org/documents/ui.pdf.
12. Konstantinov, A. The ARC Computational Job Management Module - A-REX. [online] – http://www.nordugrid.org/documents/a-rex.pdf.

Отримано 15.02.2012