



УДК 004.75:006.91:389:535.24

Член-кореспондент НАН України С. І. Ляшко, В. С. Ляшко,
П. І. Неежмаков, С. І. Зуб, С. С. Зуб

Грід-технологія для завдань метрології

Розглядаються різні варіанти використання прилад-елемента ІЕ в межах існуючої грід-технології при вирішенні завдань метрології, які для своєї реалізації потребують використання інформаційних технологій. Показано, що грід ІЕ є оптимальним середовищем для ефективного розв'язання задач метрології, що вимагають найвищого рівня безпеки при передачі, зберіганні та обробці даних вимірювань. Розкриваються нові можливості з відстежування результатів вимірювань та забезпечення високого рівня надійності цих результатів.

Розглянемо нові можливості, які надає кібернетика та її новий інструмент грід для розв'язання задач метрології.

У глобалізованому світі метрологічна діяльність має забезпечити простежуваність вимірювань в географічно рознесених регіонах, а також високу міру довіри до даних вимірювань у глобальних мережах [1].

Координація та керування процесами вимірювань, що часто розділені великими відстанями, вимагають підтримки з боку сучасних інформаційних технологій. Вважається, що таку підтримку можуть забезпечити технології інтернету. Проте в цій системі не передбачена можливість керування вимірювальними та обчислювальними процесами, а дані, що передаються, постійно знаходяться під загрозою фальсифікації і, навіть, незворотної втрати.

Проблеми дистанційної взаємодії з приладами, а також захисту даних вимірювань у глобальних мережах вирішуються [2–4], але ці рішення завжди мають частковий характер, вони пристосовані для розв'язання конкретної задачі та вимагають значних спеціальних зусиль. Чи є вихід? Відповідь позитивна. Одним з новітніх інструментів, який втілює в собі останні досягнення в області кібернетичної науки, є грід. Він забезпечує просторово розподілене операційне середовище з гнучким, безпечним та скоординованим розподілом ресурсів для виконання завдань у віртуальних організаціях (ВО) [5], що динамічно утворюються. Його було створено для керування та обміну науковими даними, а також для забезпечення їх колективного використання [6].

На фізично тому самому устаткуванні (тобто на тих самих елементах телекомунікацій, які використовує інтернет) може функціонувати якісно нова система глобальних розподіле-

© С. І. Ляшко, В. С. Ляшко, П. І. Неежмаков, С. І. Зуб, С. С. Зуб, 2013

них обчислень, яка забезпечує найвищий можливий на сьогодні рівень безпеки, що виключає навіть такі хворобливі явища, як віруси та хакерські атаки.

Існує багато реалізацій цієї концепції в США та Євросоюзі. Проте в останні роки лідируюче місце серед реалізацій грид-концепції займає gLite middleware.

Річ у тому, що саме gLite middleware використовується для обслуговування найскладнішої фізичної (водночас вимірювальної) установки, що була створена людством, — Великого адронного колайдера (Large Hadron Collider — LHC) в CERN (Європейська рада з ядерних досліджень) [7]. Там вперше зіткнулися з проблемою обмеженості обчислювальних ресурсів для обробки колосального обсягу інформації, що народжується в експериментах на LHC.

На прес-конференції в CERN, де було повідомлено про відкриття бозона Хіггса, генеральний директор CERN Рольф-Дітер Хойер заявив: “Без всесвітньої мережі розподілених обчислень ми не змогли б отримати необхідні нам результати. Обчислювальні потужності і мережа, які були задіяні CERN, стали дуже важливою частиною досліджень”.

Структура класичного гриду, що базується на gLite middleware, досить добре відома [8, 9]. Зараз gLite middleware набуває широкого поширення не лише для завдань фізики високих енергій, але і для вирішення складних завдань механіки твердого тіла [10], біології, медицини та в інших галузях науки і техніки.

Безпека в грид. Особливе значення для метрології має виключення ненавмисних або навмисних спотворень даних — результатів вимірювань, що передаються по мережах та зберігаються на віддалених пристроях.

Слід підкреслити, що безпека є складовою самого підґрунтя гриду. Її складовими є як спеціальні протоколи безпечної передачі даних, такі, як GSIFTP, Secure RFIO, Gsidcap, так і система авторизації, яка, в свою чергу, є багаторівневою та забезпечує глибоке розмежування прав доступу до ресурсів гриду.

Таким чином, система безпеки гриду має всі відомі на сьогодні засоби криптографії та забезпечена стрункою системою авторизації та розподілу прав, що спирається на електронні сертифікати.

Грид-елемент для засобів вимірювальної техніки. Як вже відзначалося, LHC є найскладнішою не лише фізичною, але і вимірювальною установкою, що створена людством. Здавалося б, на цьому прикладі вирішені всі завдання зі зв'язку засобів вимірювальної техніки (ЗВТ) та грид. Але це не зовсім так. LHC Computing Grid Project (LCG) та його наступник gLite middleware створювалися паралельно з налаштуванням детекторів LHC. Тому обробка даних детекторів є не програмним, а скоріш апаратно-програмним рішенням, що було можливим лише для розробників LCG/gLite. Але сьогодні все частіше “рядові” користувачі грид потребують інтеграції ЗВТ з грид для побудови інформаційно-вимірювальних систем з підвищеним захистом даних, що передаються на значні відстані, а також для дистанційного доступу до ЗВТ, в принципі, з будь-якого сайту в грид.

Для вирішення цих завдань був ініційований проект Grid Enabled Remote Instrumentation with Distributed Control and Computation (GRIDCC) [11]. Мета проекту — використання можливостей гриду щодо безпечної дистанційної спільної роботи команди дослідників із забезпечення моніторингу та керування даними ЗВТ, які генеруються та зберігаються на розподіленому науковому устаткуванні, з застосуванням традиційних ресурсів гриду.

В рамках цього проекту розроблено спеціальний інструмент, так званий ІЕ (або прилад-елемент), який успішно застосовується різними науковими колабораціями для дистанційної взаємодії між ЗВТ та середовищем гриду.

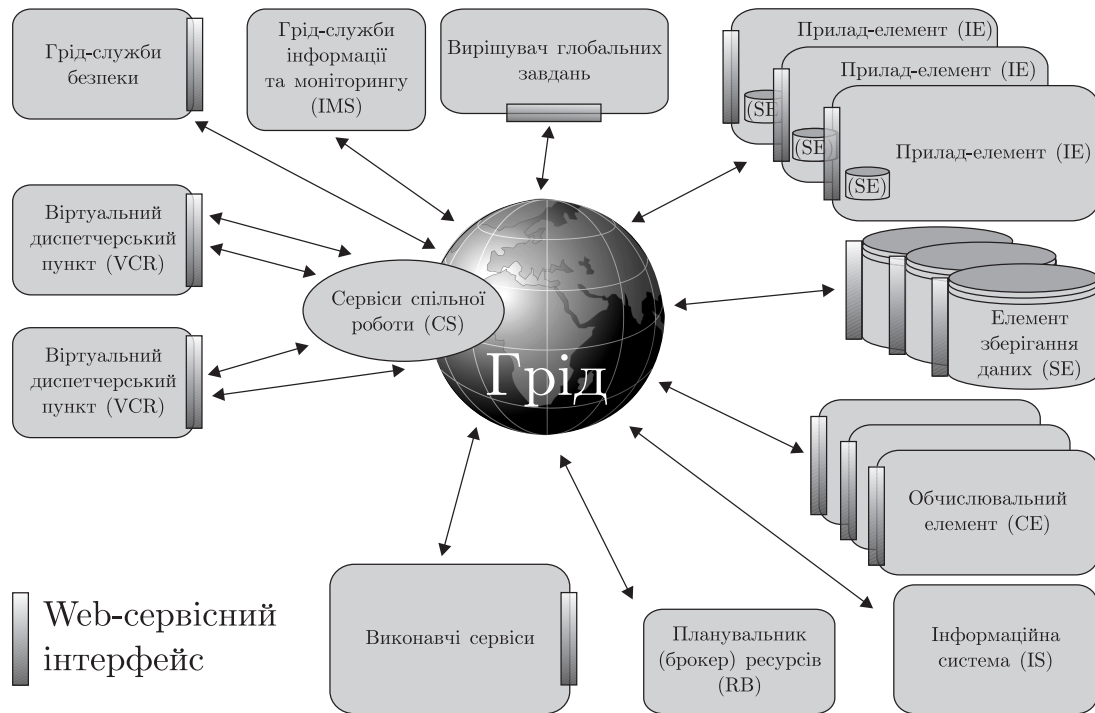


Рис. 1. Архітектура проекту GridCC

Як видно з рис. 1 [12], GridCC істотно розширює можливості традиційного ґрід, компоненти якого розташовані в правому нижньому куті рисунка.

Відносно новим елементом є VCR (віртуальний диспетчерський пункт), який забезпечує багатокористувацький інтерфейс, що розрахований на спільну роботу групи дослідників зі складною інформаційно-вимірювальною системою з розподілом функцій.

Ключовим елементом GridCC є, звичайно, сам ІЕ. Значок елемента зберігання даних (SE) всередині ІЕ показує, що ІЕ розроблявся на основі SE та унаслідував його властивості. Таким чином, ІЕ, як програмний модуль, є сервером, а його взаємодія з елементом SE може здійснюватися традиційним для класичного ґрід чином.

ІЕ складається із пов'язаного набору сервісів, які і забезпечують всю функціональність для конфігурації, керування та моніторингу вимірювальних приладів, що знаходяться за ІЕ інтерфейсом, який забезпечує їх взаємодію з ґрідом.

ІЕ забезпечує такі функціональні вимоги: уніфіковану модель вимірювального приладу; стандартний ґрід-доступ до приладів; можливість взаємодії між різними приладами, що належать різним інститутам у ВО.

Користувач ІЕ може мати одну з таких ролей: спостерігач, оператор або адміністратор.

При розробці абстрактної моделі ЗВТ була введена така класифікація ЗВТ: dummy instrument; smart instrument; smart instrument in an adhoc network.

Уніфікована модель ЗВТ має бути задана за допомогою опису на мові інструкцій, заснованій на XML [12]. Таким чином, ЗВТ в ґрід представляється своєю моделлю і є ґрід-сервісом, який “надає послуги” з вимірювання відповідних величин.

З рис. 2 видно, що між ґрід та ЗВТ знаходиться ІЕ. З одного боку, ми бачимо набори датчиків, ЗВТ або групу ЗВТ, які використовують наявні в них засоби керування і фізично

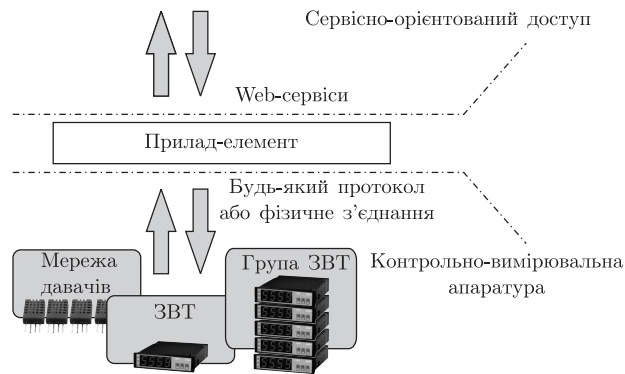


Рис. 2. Схема інтеграції ЗВТ в ґрид

підключені до комп'ютера з встановленим ІЕ. З іншого боку, користувач через ґрид має доступ до ІЕ через безпечний Web-інтерфейс.

ґрид та деякі задачі метрології. Розглянемо проблемні питання метрології, в яких застосування ґрид може привести до істотного підвищення ефективності метрологічної діяльності.

1. Довгострокове зберігання та передача даних вимірювань, а також завантаження нових версій програмного забезпечення (ПЗ) ЗВТ є предметом уваги законодавчої метрології, яка встановлює цілком певні вимоги до цих процесів. В документі WELMEC 7.2 “Настанова з програмного забезпечення” Європейській кооперації в області законодавчої метрології (WELMEC) ці вимоги сформульовані в розширеннях (extension) L, T, D.

ґрид був спеціально створений для вирішення подібних завдань, оскільки при розробці інструментарію ґрид було поставлено за мету не допустити жодних спотворень або втрат даних експерименту. Тому застосування ґрид та його компонента ІЕ автоматично вирішує завдання законодавчої метрології, сформульовані в розширеннях L, T, D Настанови WELMEC 7.2.

2. Дистанційні звірення. Сучасні інформаційні технології у багатьох випадках дозволяють дистанційно звіряти ЗВТ [3, 4]. Існують міжнародні програми з синхронізації часу, навігації та в інших сферах, в яких використовуються дистанційні звірення. ґрид здатний вивести ці підходи на абсолютно новий рівень як якісно, так і кількісно, забезпечуючи більшу продуктивність обробки та одночасний захист даних вимірювань.

3. Ключові звірення еталонів. Такі звірення часто є тривалими, трудомісткими та затратними процедурами. ґрид може надати ефективніші інструменти порівняно із звичайним: інтернет для виконання дистанційних звірень національних еталонів, проведення уніфікованих обчислювальних процедур, безпечного обміну інформацією.

Велика частина роботи, а в деяких випадках і вся, може бути виконана дистанційно. Ці можливості особливо перспективні в світлі неминучого переходу на еталони, що базуються на квантових ефектах і у зв'язку з майбутнім перевизначенням основних одиниць Міжнародної системи SI.

4. Прилади із вбудованою ОС. Складність ПЗ ЗВТ постійно зростає. Все більше застосування знаходять ЗВТ із вбудованою ОС Linux. Деякі з них підпадають під вимоги законодавчої метрології. Складність тестування таких систем та проблеми захисту даних вимірювання — актуальне завдання. Мають бути виконані вказані вище вимоги L, T, D Настанови WELMEC 7.2, що для таких систем є новим і непростим завданням [13].

Наявні інструменти грід у поєднанні з прилад-елементом ІЕ надають всі можливості для ефективного та безпечного вживання ЗВТ із вбудованою ОС Linux.

Як інший підхід до розв'язання задач вимірювань з використанням складного ПЗ ми пропонуємо використовувати концепцію “тонких клієнтів”. Інакше кажучи, прилади повинні мати мінімальне ПЗ, що забезпечує інтеграцію приладу в систему грід, а складна обробка “сирих” даних повинна виконуватися в середовищі грід. Вибір підходу залишається за розробниками вимірювального приладу.

5. Еталонне ПЗ. Одним з основних методів дослідження ПЗ ЗВТ є його порівняння з “еталонним” ПЗ. В той самий час поняття “еталонного” ПЗ не є достатньо визначеним. Крім того, порівняння може відбуватися як за результатами виконання коду, так і через буквальний збіг коду.

Грід в перспективі може надати поняттю “еталонного” ПЗ прозоре і більш прийнятне значення та виконувати порівняння на новому, вищому рівні. На наш погляд, провідні національні метрологічні інститути можуть поставити і виконати завдання створення сховища (repository) еталонного метрологічного ПЗ як одного з ресурсів грід за аналогією з gLite middleware repositories [8]. Саме таке ПЗ й повинно використовуватися при ключових звіреннях еталонів.

6. Еталонні тестові дані. Разом із попереднім завданням актуальною проблемою є створення грід-ресурса “еталонних” тестових даних або, ширше, тестових завдань [14]. Подібні завдання впродовж декількох років застосовувалися для тестування кластерів, що входять у систему комп'ютерного забезпечення експериментів на ЛНС на базі грід.

7. Smart Electrical Grid. Останнім часом велику увагу привертають так звані розумні лічильники, що дозволяють економити енергоресурси. Як наголошується в [15], однією з найважливіших цілей Європейської науково-дослідної програми з метрології (EMRP — European Metrology Research Programme) “є вдосконалення метрологічної інфраструктури в Європі для забезпечення успішної реалізації проекту інтелектуальних силових електричних мереж”. У словосполученні “Smart Electrical Grid” термін “Grid” означає силову електричну мережу, яка, на нашу думку, також може керуватися та обслуговуватися через грід.

Відзначимо, що наявна реалізація концепції грід — gLite middleware — разом з ІЕ надає повний набір інструментів для створення програм, що вирішують перераховані завдання в цій сфері [12].

Таким чином, ряд актуальних завдань метрології вимагає адекватної підтримки на основі найсучасніших інформаційних технологій. Такою технологією, що відповідає глобальним викликам часу і являє новий етап розвитку кібернетичних систем, за нашим переконанням, є грід. Створення компонента грід ІЕ робить цю систему оптимальним середовищем для ефективного моніторингу, керування і обслуговування вимірювальних ресурсів, що забезпечує найвищий рівень безпеки передачі, зберігання та обробки даних вимірювань, відкриває нові можливості для забезпечення метрологічної простежуваності та високого рівня довіри до результатів вимірювань.

1. *Neyezhnikov P. I.* 20 years of COOMET: We measure together for a better tomorrow // OIML Bulletin. – 2011. – **52**, No 3. – P. 32–37.
2. *Neyezhnikov P. I., Zub S. I., Zisky N., Neumann J.* Application of technologies of safe data transfer in metrology // Mathematics, Statistics and Computation to Support Measurement Quality International Seminar. – St. – Petersburg, 2009. – <http://mscsmq.vniim.ru/seminar-2009-en.html>.
3. *Sand A., Parkin G., Stevens M.* A generic approach to distributed instrumentation // PTB-BIPM workshop “Impact IT in Metrology”. – Berlin, 2007. – P. 115–123. – <http://bipm.org/en/events/>.

4. *Matsumoto H., Yoshida H.* Recent status of remote calibration (e-trace) system // *Ibid.* – Berlin, 2007. – P. 112–114. – <http://bipm.org/en/events/>.
5. *Foster I., Kesselman C., Nick J., Tuecke S.* The Physiology of the Grid: An Open Grid Services Architecture for Distributed Systems Integration // <http://www.globus.org/research/papers/ogsa.pdf>.
6. *Глушков В. М.* Кибернетика, вычислительная техника, информатика. ЭВМ – техническая база кибернетики. – Киев: Наук. думка, 1990. – 264 с.
7. *LHC Computing Grid* – Technical Design Report. – Geneva: CERN-LHCC – 2005. – **024**, 2005. – 153 p.
8. *Zub S., Levchuk L., Sorokin P., Soroka D.* Grid middleware configuration at the KIPT CMS Linux cluster // *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research A.* – 2006. – **559**, No 1. – P. 35–37.
9. *Демичев А. П., Ильин В. А., Кроков А. П.* Введение в грид-технологии. – Москва: НИИЯФ МГУ, 2007. – 87 с.
10. *Григор'єва Л. В., Козоріз В. В., Ляшко С. І.* Maple-моделювання динаміки тіла з нерухомою точкою в полі магнітних та електричних сил // *Доп. НАН України.* – 2007. – № 8. – С. 45–48.
11. *GRIDCC project* // <http://www.gridcc.org>.
12. *Lelli F., Frizziero E., Gulmini M. et al.* The many faces of the integration of instruments and the grid // *Int. J. Web and Grid Services.* – 2007. – **3**, No 3. – P. 239–266.
13. *Thiel F., Grottker U., Richter D.* The challenge for legal metrology of operating systems embedded in measuring instruments // *OIML Bulletin.* – 2011. – **52**, No 1. – P. 7–12.
14. *Cook H. R., Cox M. G., Dainton M. P., Harris P. H.* Methodology for testing spreadsheets and other packages used in metrology // *Report to National Measurement System Policy Unit*, 1999. – <http://publications.npl.co.uk>.
15. *Hossain K.* Global challenges for metrology // *NCSL International Workshop and Symposium*, 2010. – P. 12–15. – <http://www.ncsli.org>.

Київський національний університет
ім. Тараса Шевченка

Надійшло до редакції 21.02.2013

Член-корреспондент НАН України **С. І. Ляшко, В. С. Ляшко,
П. І. Неєжмаков, С. І. Зуб, С. С. Зуб**

Грид-технология для задач метрологии

Рассматриваются различные варианты использования приборного элемента IE в рамках существующей грид-технологии при решении метрологических задач, которые для своей реализации требуют применения информационных технологий. Показано, что грид IE является оптимальным окружением для эффективного решения задач измерений, которые требуют наивысшего уровня безопасности при передаче, хранении и обработке данных измерений. Раскрываются новые возможности по отслеживанию результатов измерений и обеспечению высочайшего уровня надежности этих результатов.

Corresponding Member of the NAS of Ukraine **S. I. Lyashko, V. S. Lyashko,
P. I. Neyezhnikov, S. I. Zub, S. S. Zub**

Grid technology for metrology tasks

The article describes the variety of possible IE applications within the available grid technology for those metrology tasks, where IT support is required. The IE grid becomes an optimal environment, which can be used to effectively perform measurement tasks which have the highest level of measurement data transfer, storage, and processing safety, revealing new opportunities to trace measurement results and to ensure a high level of reliability of these results.