УДК 681.123

В.В. Остапів[1], Н.М. Піндус[2], С.А. Чеховський[2], Н.Б. Клочко[2]

[1] *ТОВ «Софтсерв», Івано-Франківськ*
[2] *Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ*

«ВІРТУАЛЬНІ ЕТАЛОНИ» ЯК ЗАСІБ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ВИМІРЮВАНЬ

Розглянуто перспективи використання технології «віртуальних еталонів» з метою підвищення точності вимірювань. Проаналізовано шляхи підвищення продуктивності комп'ютерного моделювання шляхом використання графічних процесорів та розподілених обчислень.

Ключові слова: *віртуальний еталон, хмарні технології, розподілені обчислення, вихоровий витратомір.*

Вступ

Постановка проблеми. Високий рівень розвитку апаратного та програмного забезпечення персональних комп'ютерів, що дозволяє створювати пристрої, здатні обробляти значну кількість інформації практично у реальному часі, став підґрунтям для створення класу приладів, які отримали назву віртуальних.

Найбільш перспективними напрямками розвитку віртуальних вимірювальних приладів на даний час є створення так званих віртуальних еталонів, а також розробка засобів для дистанційного проведення вимірювань, що використовуються як у промисловості, так і в навчальних цілях.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. У 2004 році російською компанією «Виртуальные Эталоны» було запропоновано новий підхід до здійснення повірки ЗВТ, базований на використанні персонального комп'ютера не лише з метою представлення та зберігання вимірювальної інформації, але й у якості засобу збору і передавання даних [1].

Принцип роботи системи "Віртуальні еталони" базується на ряді спостережень вимірюваної величини вимірювальним блоком. При цьому значення вимірюваної величини опрацьовуються із використанням додаткової інформації про можливі значення фізичної величини і похибки вимірювального блоку [2].

Використання описаної технології дозволяє створити пристрої для вимірювання ряду фізичних параметрів з точністю, яка у кілька разів перевищує точність вимірювального блоку.

Розвитком ідеї «віртуальних еталонів» є концепція проведення повірки вихорового витратоміра із використанням його комп'ютерної моделі, реалізованої на базі програмного забезпечення для обчислювальної гідрогазодинаміки.

Результати експериментальних досліджень та моделювання роботи вихорового витратоміра [3] показують достатньо високу адекватність розробленої моделі, що може бути використана у якості елемента «віртуального еталона», а також високу ресурсоємність подібних розрахунків і, як наслідок, підвищені вимоги до продуктивності апаратного забезпечення.

Формулювання мети статті. Загалом можна стверджувати, що для забезпечення одночасно високої швидкодії і точності моделювання, які є необхідними при розробці «віртуальних еталонів», можна використовувати потужну комп'ютерну техніку, або розпаралелювання обчислень і одночасне виконання їх на кількох ПЕОМ. Розглянемо обидва підходи більш детально.

Виклад основного матеріалу

Найпростішим способом досягнення необхідної для «віртуальних еталонів» швидкості та точності обчислень є екстенсивний шлях нарощування продуктивності ЕОМ відповідно до емпіричного закону Мура. Проте на даний момент подальше підвищення обчислювальних можливостей без переходу на кардинально іншу елементну базу є практично неможливим і, як наслідок, сформувалася стійка тенденція реалізації ресурсоємких задач шляхом використання паралельних обчислень навіть у рамках одного комп'ютера (Hyper-Threading, багатоядерні процесори).

Склалося так, що у сучасних ПЕОМ обчислювальна продуктивність графічної підсистеми (GPU) переважає продуктивність центрального процесора (CPU), тому при необхідності розв'язання задачі, що допускає розпаралелювання, виконувати цей процес на базі графічних процесорів.

Базуючись на такому підході, провідні виробники відеоадаптерів представили відповідні програмно-апаратні засоби (NVIDIA CUDA та ATI Stream), призначені для реалізації обчислень загального призначення. Слід зазначити, що для вирішення задачі на GPU необхідно попередньо представити початкові дані у вигляді відповідних двовимірних масивів (або текстур) та задати параметри шейдерів. Тобто

© В.В. Остапів, Н.М. Піндус, С.А. Чеховський, Н.Б. Клочко

графічний процесор розглядається не як альтернатива CPU, а тільки у якості доповнення.

Подальшим розвитком ідеї використання обчислювальних можливостей графічної підсистеми ПЕОМ є широке впровадження спеціалізованих співпроцесорів, виконаних на базі GPU. Типовим представником цього класу пристроїв є NVIDIA Tesla [4], сферою застосування якого є в тому числі і комп'ютерна гідрогазодинаміка.

Більш детально методи підвищення продуктивності комп'ютерів та специфіку використання графічних процесорів для виконання математичних розрахунків наведено у роботі [5].

Основними недоліками розглянутого підходу є досить висока вартість апаратних засобів та необхідність використання спеціального програмного забезпечення (фактично від розробників прикладних програм вимагається реалізація підтримки CUDA та Stream). Стосовно програмного забезпечення для комп'ютерної гідрогазодинаміки, на даний момент підтримка розглянутих технологій спеціалізованими комерційними програмними пакетами є скоріше винятком, аніж правилом.

В той же час, більшість таких засобів дозволяють здійснювати паралельну обробку даних на кількох ПЕОМ, з'єднаних у локальну мережу, що робить перспективною ідею побудови «віртуальних еталонів» із використанням розподілених обчислень.

Розподілені обчислення - спосіб вирішення трудомістких обчислювальних завдань з використанням декількох комп'ютерів, найчастіше об'єднаних в паралельну обчислювальну систему [6]. Особливістю розподілених багатопроцесорних обчислювальних систем, на відміну від локальних суперкомп'ютерів, є можливість необмеженого нарощування продуктивності за рахунок масштабування.

Розподілені обчислення дозволяють використовувати вільні ресурси комп'ютерів, з'єднаних у мережу, і, таким чином, є фактично найкращим рішенням для впровадження комп'ютерного моделювання у якості засобу для дистанційного навчання у межах окремого навчального закладу, або у рамках об'єднання кількох ВНЗ.

Проте використання розглянутого підходу сумісно із комерційними програмними продуктами пов'язане із рядом перешкод.

Першою проблемою є суто фінансова сторона, адже зазвичай для використання комерційного програмного забезпечення на кількох комп'ютерах необхідно придбати ліцензії на кожну копію програми. Зважаючи на те, що, вочевидь, не всі під'єднані до мережі комп'ютери будуть постійно використовуватися для роботи із конкретним програмним продуктом, можна дійти до висновку, що з економічної точки зору вигідніше придбати ліцензію на меншу кількість робочих місць.

Друга проблема полягає у тому, що важко наперед передбачити які обчислювальні ресурси будуть потрібні в певний момент часу, таким чином виникає питання оперативного виділення обладнання під вирішення тих чи інших задач, що вимагає створення додаткової інфраструктури. Через це розподілені обчислення недоцільно використовувати при проведенні нетривалих розрахунків. Крім того розподілені обчислення реалізуються на базі клієнт-серверної архітектури, що передбачає наявність одного (або кількох) центральних вузлів, що суттєво знижує надійність системи у цілому. Суміщення системи розподілених обчислень із підходом, на якому базується технологія «віртуальних еталонів» є фактично нереальним завданням.

Найбільш перспективною технологією для реалізації комп'ютерної вимірювальної системи, придатної для використання як у навчальних, так і в наукових та комерційних цілях, є так звані «хмарні обчислення» - модель мережевого доступу до спільного пулу обчислювальних ресурсів, що надаються користувачам за вимогою [7].

«Віртуальний еталон», реалізований у рамках моделі «хмарних обчислень» дозволить реалізувати гнучку систему із можливістю оперативного доступу до необхідної інформації практично із будь-якої точки світу. Причому користувачі зможуть як отримати необхідні їм дані, так і зберігати у загальній «хмарі» результати власних досліджень.

З точки ж зору використання концепції «віртуальних еталонів» для реалізації віртуальних лабораторій у вищих начальних закладах вказаний підхід володіє ще однією суттєвою перевагою, пов'язаною із ліцензуванням відповідного програмного забезпечення, яке кінцевим користувачам надаватиметься в рамках однієї із наступних моделей розповсюдження: «програмне забезпечення як послуга», «платформа як послуга» та «інфраструктура як послуга».

Програмне забезпечення як послуга (Software as a service, SaaS) — це модель пропозиції програмного забезпечення споживачеві, при якій постачальник розробляє, розміщує і керує програмним забезпеченням (самостійно або через третіх осіб) з метою надання можливості використання його замовниками через мережу Інтернет. Для створення віртуальних навчальних лабораторій може використовуватися як принцип доступу до програм через веб-інтерфейс (у такому випадку розробкою такого програмного забезпечення, реалізованого як правило у вигляді веб-програми (рисунок 1), займається розробник лабораторії), проте для реалізації більш складних з технічної точки зору систем, зокрема «віртуальних еталонів», доцільніше зупинитися на моделі надання у якості послуги платформи чи інфраструктури.

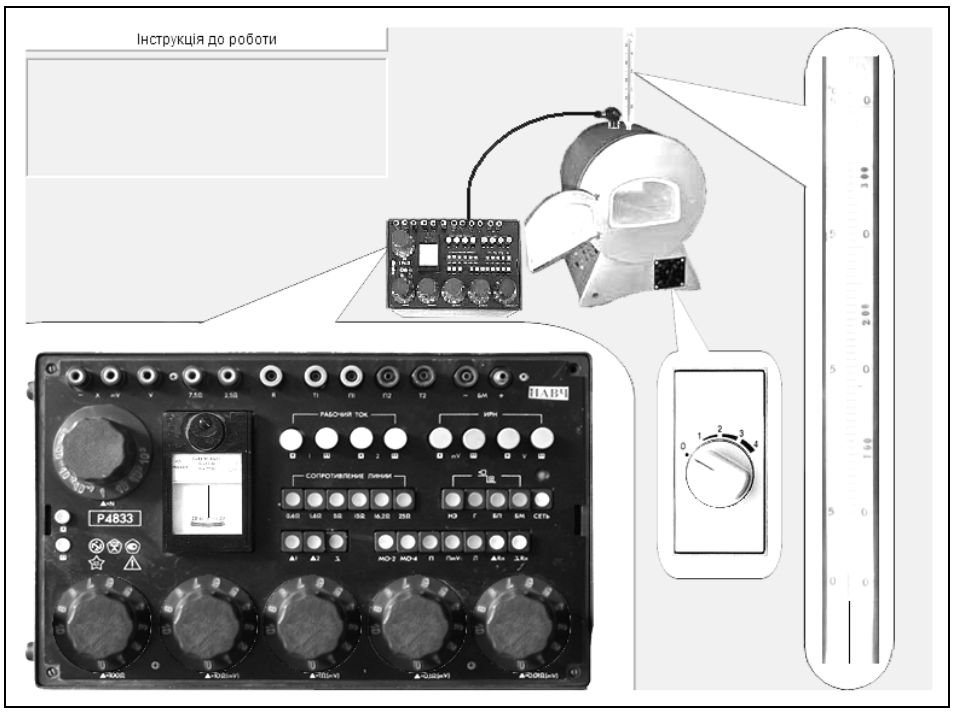

Рис. 1. Віртуальна лабораторна установка для градуювання термометрів опору, розроблена у рамках моделі «програмне забезпечення як послуга» із використанням Java

Платформа як послуга (Platform as a service, PaaS) — це модель обслуговування, в межах якої споживачу надається можливість розгортання на базі хмарної інфраструктури створених ним або придбаних у сторонніх розробників прикладних програм, створених із використанням мов програмування, бібліотек, сервісів та інструментів наданих хмарним провайдером. Споживач не має змоги керувати та контролювати базову інфраструктуру хмари (комунікаційні мережі, сервери, операційні системи), проте контролює розгорнуті прикладні програми та, можливо, налаштування середовища, в якому вони виконуються.

Ця модель надає розробникам значно більше можливостей для реалізації власного програмного забезпечення, обмежуючи лише інструменти, які слід використовувати у розробці. Прикладом реалізації у рамках моделі «платформа як послуга» віртуальної лабораторії можна вважати лабораторні інструменти, створені у середовищі LabVIEW (рис.2), якщо у таких засобах передбачено можливість віддаленого доступу.

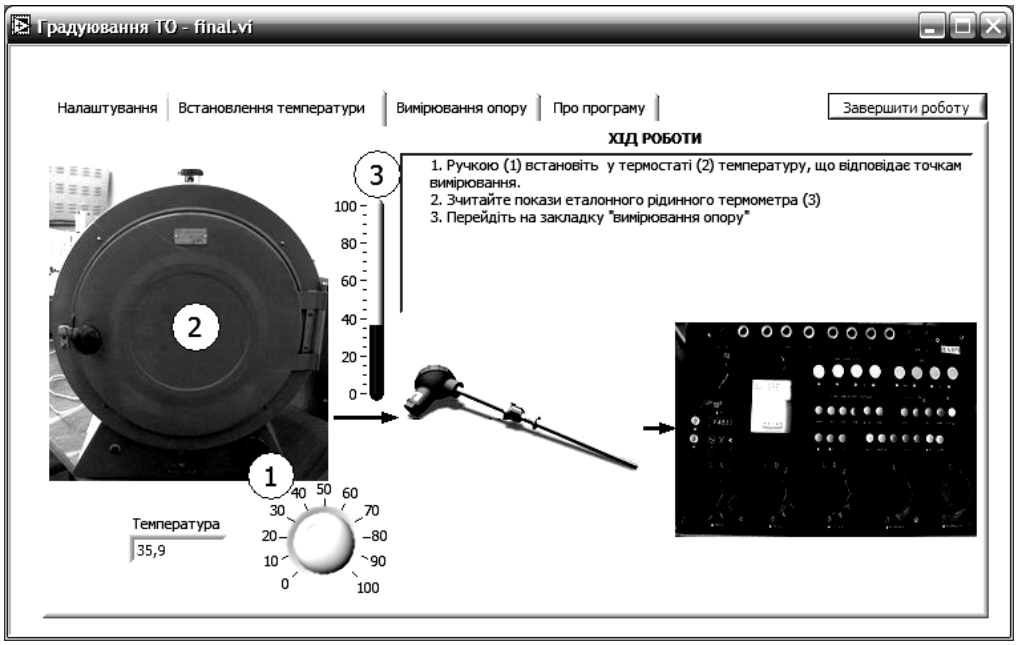

Рис. 2. Віртуальна лабораторна установка для градуювання термометрів опору, розроблена у рамках моделі «платформа як послуга» із використанням NI LabVIEW

Використання моделі «платформа як послуга» спрощує також взаємодію програмного забезпечення із апаратними засобами, дозволяючи використовувати у роботі не лише математичну модель засобу вимірювання, але й інформацію, що надходить від реальних давачів.

В принципі, зазначений підхід є оптимальним для розробки систем, що відповідають концепції «віртуальних еталонів».

Проте на практиці для вирішення багатьох прикладних задач використовується спеціалізоване програмне забезпечення, відтворення або адаптація якого до роботи у мережі може бути тривалим і трудомістким процесом.

Тому у ряді випадків, зокрема при реалізації дистанційного користування програмними продуктами для комп'ютерної гідроаеродинаміки, доцільніше організувати доступ до віддаленого середовища за допомогою спеціалізованого програмного забезпечення (в такому випадку користувач може працювати із будь-яким прикладним ПЗ, не адаптованим для роботи в мережі, за посередництвом програмного забезпечення для віддаленого доступу, наприклад TeamViewer).

Зазначений підхід є прикладом використання моделі «інфраструктура як послуга», в межах якої споживачу надається можливість керувати засобами обробки та збереження, комунікаційними мережами, та іншими фундаментальними обчислювальними ресурсами, на базі яких споживач може розгортати та виконувати довільне програмне забезпечення, до складу якого можуть входити операційні системи та прикладні програми.

Висновки

Викладений у статті підхід стосовно розробки «віртуальних еталонів», робота яких пов'язана із використанням результатів моделювання гідрогазодинамічних процесів у реальному часі, що визначає можливість надання користувачам послуги саме в якості інфраструктури (або комбінації інфраструктури та платформи) є найбільш доцільною.

Список літератури

1. Ермишин С.М. Виртуальные эталоны – новый класс виртуальных приборов / С.М. Ермишин, П.Г. Шабанов // Автоматизация в промышленности. – 2005. – №10. – С. 15-17

2. Чеховський С.А. Розробка віртуальних лабораторних стендів для вимірювання тиску, температури та витрати / С.А. Чеховський, Н.М. Піндус, Л.А. Витвицька, В.В. Остапів, Н.Б. Долішня, С.М. Белей, Б.І. Прудніков // Системи обробки інформації. –2010. – Вип. 4. – С. 77-80

3. Остапів В.В. Критерії оптимізації форми тіл обтікання вихорових витратомірів / В.В. Остапів, Н.М. Піндус, С.А. Чеховський // Системи обробки інформації. – 2010. — № 9. — С. 77-79.

4. High Performance Computing - Supercomputing with Tesla GPUs [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.nvidia.com/object/tesla_computing_solutions.html.

5. Анализ методов повышения производительности компьютеров с использованием графических процессоров и программно-аппаратной платформы CUDA / С.Д. Погорелый, Ю.В. Бойко, М.И. Трибрат, Д.Б. Грязнов // Математические машины и системы. – 2010. – Вип. 1, т .1. – С. 41-54.

6. Таненбаум Е., ван Стеен М. Розподілені системи. Принципи та парадигми = Andrew S. Tanenbaum, Maarten van Steen. "Destributed systems. Principles and paradigms" - Санкт-Петербург: Питер, 2003. - 877 с.

7. National Institute of Standards and Technolog. NIST Definition of Cloud Computing - 2009. – Accessed to: http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/Legacy/SP/nistspecialpublication800-145.pdf.

Надійшла до редколегії 6.04.2016

Рецензент: д-р техн. наук, проф. О.Є. Середюк, Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу, Івано-Франківськ.

«ВИРТУАЛЬНЫЕ ЭТАЛОНЫ» КАК СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ТОЧНОСТИ ИЗМЕРЕНИЙ

В.В. Остапив, Н.Н. Пиндус, С.А. Чеховский, Н.Б. Клочко

Рассмотрены перспективы использования технологии «виртуальных эталонов» с целью повышения точности измерений. Проанализированы пути увеличения производительности компьютерного моделирования путем использования графических процессоров и распределенных вычислений.

***Ключевые слова**: виртуальный эталон, облачные технологии, распределенные вычисления. вихревой расходомер.*

"VIRTUAL STANDARD" AS A MEANS OF IMPROVING THE MEASUREMENT ACCURACY

V.V. Ostapiv, N.M. Pindus, S.A. Chehovskiy, N.B. Klochko

The prospects of "virtual etalon" technology usage in order to improve the accuracy of measurements are carried out. There were analysed ways of improving the performance of computer simulation using graphics processors and distributed computing.

***Keywords:** virtual etalon, cloud technologies, distributed computing, vortex flowmete.*