

УДК 004.42+004.77

**ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМИ КОМП'ЮТЕРНОЇ МАТЕМАТИКИ SAGE
У СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ЧАСУ****Н. А. Хараджян**Криворізький педагогічний інститут ДВНЗ «Криворізький національний університет»
пр. Гагаріна, 54, м. Кривий Ріг, 50086, Україна. E-mail: nata_leonova@mail.ru**О. А. Хараджян**ПВНЗ Запорізький інститут економіки та інформаційних технологій, відокремлений підрозділ у м. Кривий Ріг
вул. Іллічівська, 108, м. Кривий Ріг, 50007, Україна. E-mail: kh_aa@mail.ru

Розглянуто структуру системи комп'ютерної математики Sage та особливості її використання спільно з фізичним обладнанням. Особливістю системи Sage є те, що ядро системи виконується в загальному випадку на віддаленому сервері. Вихідний код програми користувача передається на сервер і там транслюється та виконується. Тому безпосереднє використання системи Sage для обробки даних у реальному часі неможливо. Запропоновано технологію використання Sage у складі обчислювальних комплексів, що працюють у реальному часі. Розроблена технологія обміну даними між програмою користувача, що виконується у середовищі системи комп'ютерної математики Sage, та обладнанням або програмами, що виконуються у іншому середовищі. Технологія передбачає використання клієнт-серверної технології мережевого обміну даними між постачальником і споживачем даних. Запропоноване рішення обміном даними між GPS приймачем і системою Sage. Наведено приклади реалізації даної технології.

Ключові слова: система комп'ютерної математики Sage, системи клієнт-сервер, мережний обмін даними, системи реального часу.

**ПРИМЕНЕНИЕ СИСТЕМЫ КОМПЬЮТЕРНОЙ МАТЕМАТИКИ SAGE
В СИСТЕМАХ РЕАЛЬНОГО ВРЕМЕНИ****Н. А. Хараджян**Криворожский педагогический институт ГВУЗ «Криворожский национальный университет»
пр. Гагарина, 54, г. Кривой Рог, 50086, Украина. E-mail: nata_leonova@mail.ru**А. А. Хараджян**ЧВУЗ Запорожский институт экономики и информационных технологий,
Обособленное подразделение в г. Кривой Рог

ул. Илличевская, 108, г. Кривой Рог, 50007, Украина. E-mail: kh_aa@mail.ru

Рассмотрена структура системы компьютерной математики Sage и особенности ее использования совместно с физическим оборудованием. Особенностью системы Sage является то, что ядро системы выполняется, в общем случае, на удаленном сервере. Исходный код программы пользователя передается на сервер и там транслируется и выполняется. Поэтому непосредственное использование системы Sage для обработки данных в реальном времени невозможно. Предложена технология использования Sage в составе вычислительных комплексов, работающих в реальном времени. Разработанная технология обмена данными между программой пользователя, которая выполняется в среде системы компьютерной математики Sage, и оборудованием или программами, которые выполняются в другой среде. Технология предполагает использование клиент-серверного сетевого обмена данными между поставщиком и потребителем данных. Предложено решение обмена данными между GPS приемником и системой Sage. Приведены примеры реализации данной технологии.

Ключевые слова: система компьютерной математики Sage, системы клиент-сервер, сетевой обмен данными, системы реального времени.

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ. Існує значна кількість систем комп'ютерної математики, що дозволяють виконувати як чисельні, так і символічні обчислення та перетворення. Для кожної із систем існує своя галузь застосування. Більшість із цих систем дозволяють отримувати дані з файлів або баз даних. Проте у деяких випадках виникає потреба отримувати та опрацювати дані, що поступають з різноманітних приладів або датчиків у реальному часі. Використання вузькоспеціалізованого програмного забезпечення для отримання та опрацювання таких даних, наприклад у дослідженнях або навчанні, в більшості випадків є недоцільним. Але й використання систем комп'ютерної математики має деякі особливості, зокрема системи, що поширюються на умовах ліцензії GPL, не дозволяють отримувати дані

безпосередньо від пристроїв, а комерційні системи, що дозволяють це робити, наприклад Matlab коштують достатньо дорого [1].

Створення спеціальних модулів для отримання даних з інших систем для більшості систем комп'ютерної математики є досить складним, як технічно, так і організаційно (зокрема, закритий вихідний код).

Одним зі шляхів розв'язання проблеми може бути використання системи комп'ютерної математики, що є вільнопоширюваною, на умовах ліцензії GPL, та забезпечує інтерфейс між різними математичними бібліотеками. Прикладом такої системи є система комп'ютерної математики Sage, розробленої 2005 року Вільямом Штейном [2].

Метою роботи є розробка принципів і технічних рішень для забезпечення обміном даними між зовнішніми пристроями та програмним забезпеченням у системі комп'ютерної математики Sage.

МАТЕРІАЛ І РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ. Система комп'ютерної математики Sage розповсюджується на умовах ліцензії GPL. Система забезпечує виконання символічних та чисельних обчислень. Інтегровані бібліотеки забезпечують підтримку наступних розділів математики:

- символічне інтегрування та диференціювання;
- розв'язання ЗДР;
- перетворення Фур'є;
- теорія груп;
- лінійна алгебра (вектора і матриці, власні значення і вектора, рішення СЛАР);
- лінійні коди та криптосистеми;
- теорія графів;
- теорія відображень;
- кільця;
- поліноми;
- теорія чисел;
- числові поля;
- обчислювальна геометрія та багато інших.

Sage має власне символічне ядро (рис. 1), проте виступає переважно як інтегратор різних систем, надаючи їм єдиний Web-інтерфейс. Sage об'єднує можливості математичних програм та бібліотек, таких як PARI, GAP, GSL, Singular, MWRANK, NetworkX, Maxima, Sympy, GMP, Numpy, matplotlib та багатьох інших [3].

Однією з архітектурних особливостей системи є серверо-орієнтоване виконання, тобто компіляція, інтерпретація та виконання програмного коду конкретної задачі виконується на сервері, а відображення результатів у Web-браузері.

Після підключення до серверу Sage у вікні Web-браузера відображається домашня сторінка користувача (рис. 2). Web-інтерфейс Sage отримав назву блокового (notebook), тому що він є комп'ютерною моделлю записника, що математики традиційно використовують для виконання математичних розрахунків (рис. 3).

Інтерактивність Web-клієнта забезпечується застосуванням технології AJAX. Для відображення математичної інформації у браузері використовуються шрифти jsMath.

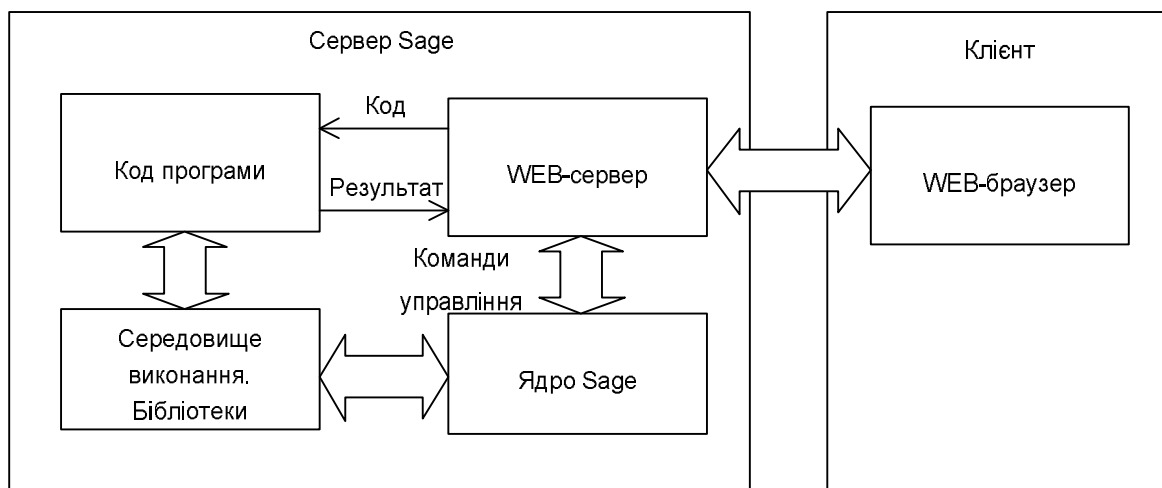


Рисунок 1 – Загальна структура системи Sage

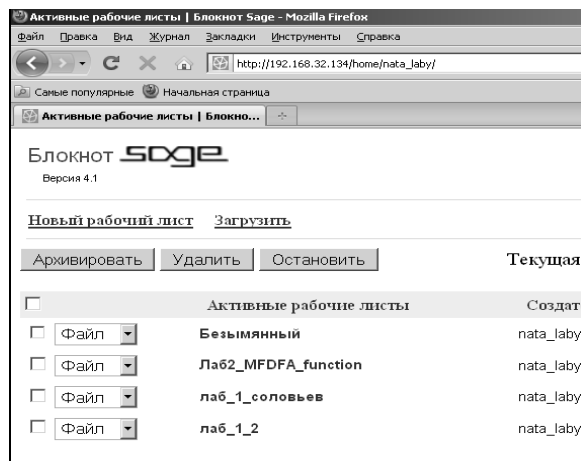


Рисунок 2 – Домашня сторінка користувача Sage (Worksheet List)

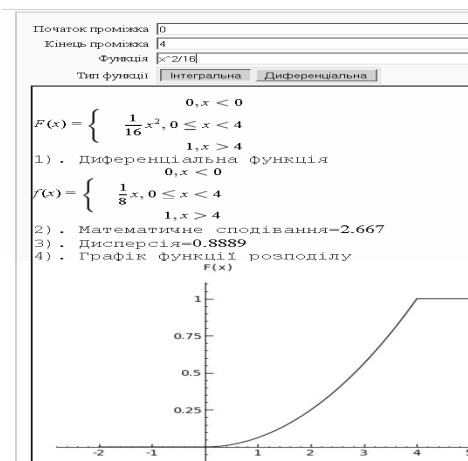


Рисунок 3 – Web-інтерфейс Sage

У СКМ Sage для керування згенерованим вмістом використовується об'єктно-орієнтований сервер додатків Zope.

Можливість виконання на робочому аркуші Sage, процедур та функцій написаних мовами Fortran, Python, Lisp, Java та ін., надає їм високого рівня інтерактивності, без суттєвих вимог до апаратних ресурсів комп'ютера користувача.

Основними складовими Sage є (рис. 4):

- інтерфейси до СКМ, що розповсюджуються за ліцензіями відмінними від GPL;
- пакети та бібліотеки, що інтегровані в систему та розповсюджуються за ліцензією GPL;

- транслятори мов програмування.
- Структура СКМ Sage забезпечує:
- невимогливість до апаратної складової обчислювальної системи;
 - подання математичних виразів у звичній математичній нотації;
 - публікацію робочих аркушів записника Sage у мережі Інтернет;
 - підтримує засоби спільної роботи
- Доступ до СКМ Sage можливий:
- у мережі Internet за адресою <http://sagenb.com>;
 - у локальній мережі;
 - у віртуальній машині.

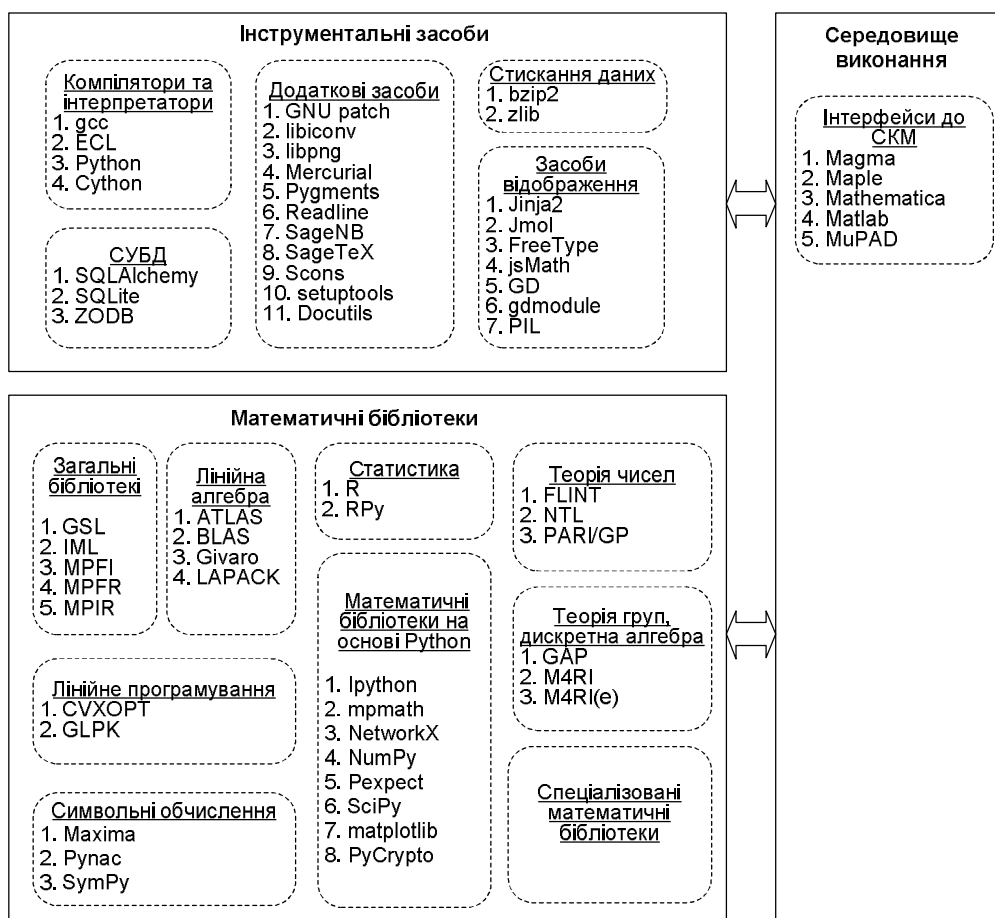


Рисунок 4 – Компоненти системи Sage

СКМ Sage хоча і забезпечує використання обчислювальних ресурсів Matlab, проте не дозволяє використовувати компоненти Matlab, що виконують з'єднання з апаратурою, драйверами та ін.

Не зважаючи на особливості СКМ Sage та її Web-орієнтований інтерфейс, можлива взаємодія з пристроями, зовнішніми по відношенню до СКМ, для обробки інформації і управління, в яких враховуються обмеження на часові характеристики функціонування, тобто у системах реального часу.

У зв'язку зі структурою СКМ Sage дозволяє створювати системи м'якого реального часу, у яких порушення часових обмежень призводять до зни-

ження якості роботи системи. Системи жорсткого реального часу на Sage реалізувати практично неможливо.

Для забезпечення взаємодії Sage з приладами у такому випадку можливо використовувати два підходи: обмін даними за допомогою баз даних та обмін через мережне з'єднання. Для систем, що працюють у реальному часі, найбільш доцільно використовувати саме мережне з'єднання. Такий підхід дозволяє спростити програмне забезпечення, що працює безпосередньо з апаратурою.

Розглянемо можливість опрацювання даних за допомогою СКМ Sage у реальному часі із використанням GPS-приймача.

Особливості використання СКМ Sage обумовили структуру програмних засобів для взаємодії з GPS-приймачем. Оскільки ядро Sage виконується на сервері, програми користувачів також передаються на сервер і вже там вони виконуються ядром. Для зв'язку з програмою, що виконується на сервері, використовуємо мережний доступ. Для забезпечення обміну між GPS-приймачем та програмою, що виконується на сервері Sage, необхідно створити додатковий сервер для опрацювання запитів до GPS-приймача і передачі їх до сервера Sage (рис. 5).

Розглянемо загальну процедуру обміну даними. Повідомлення що надійшло до GPS-приймача, за

допомогою протоколу NMEA потрапляє до транслятора, тобто до програми, що перекладає вихідний текст у внутрішнє уявлення для подальшого багатократного виконання. Потім отримане повідомлення приймає участь у формуванні внутрішнього протоколу, де воно розшифровується і стає в чергу. Звідти розшифроване повідомлення потрапляє до клієнтської програми та опрацьовується на сервері Sage, і потім потрапляє до клієнта.

Особливістю такого підходу є створення додаткового клієнт-серверу, що забезпечує створення каналу між програмою, яка виконується на стороні сервера Sage, та програмою, що виконується на стороні Web-клієнта, або на іншому комп'ютері [4].

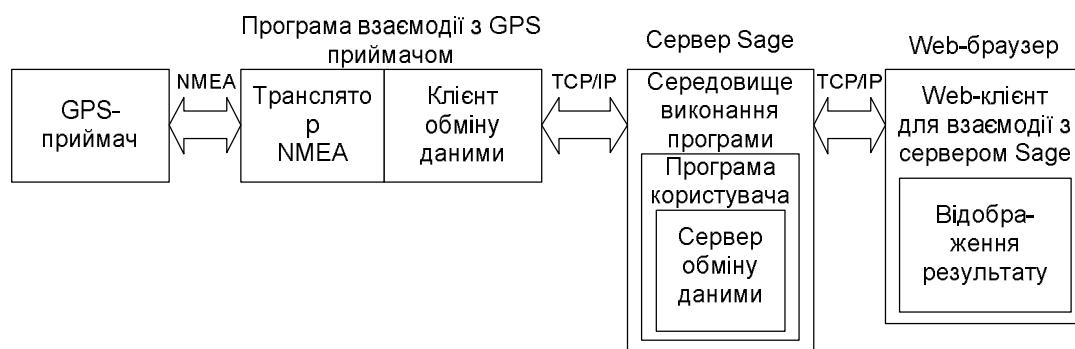


Рисунок 5 – Процедура обміну даними між GPS-приймачем і клієнтом

В СКМ Sage, фрагмент коду на мові Python, для створення каналу обміну даними може виглядати наступним чином:

```
s=socket.socket()
s.connect(("192.168.225.1", 5600))
for i in range(0,nn):
    s.send("get GPS data")
buf=s.recv(10240)
```

За такої реалізації взаємодії з пристроєм, з'являється можливість розподілити функції системи між різними комп'ютерами, наприклад, між трьома комп'ютерами: сервер системи Sage; комп'ютер з Web-браузером, за допомогою якого виконується передача програми на сервер Sage, що ініціює процес обміну даними; комп'ютер, що забезпечує безпосереднє з'єднання з апаратним пристроєм.

Такий підхід до побудови обчислювальної програми у СКМ Sage забезпечує з одного боку використання вільного ПЗ, з іншого використання ресурсів середовища Matlab. При цьому забезпечується можливість отримувати дані у реальному часі з різних фізичних приладів.

Таким чином, у даній роботі запропонована інформаційна технологія використання СКМ Sage в задачах обробки даних з приладів у режимі реального часу, основною особливістю якої є організація незалежного мережного каналу зв'язку для передачі

даних від зовнішніх пристроїв до програми, яка виконується на сервері Sage.

Мета подальшої роботи – визначення часових характеристик взаємодії СКМ Sage із зовнішніми пристроями у реальному часі.

ВИСНОВКИ. Використання мережного доступу до програм користувачів, що виконуються на сервері Sage, забезпечує можливість виконувати обмін даними у режимі реального часу, що дозволяє використовувати систему комп'ютерної математики Sage спільно з різними апаратними джерелами даних (приймачі, датчики та ін.). Така структура обміну даними у обчислювальній системі забезпечує використання функцій, як систем на умовах ліцензії GPL, так і функцій ядра комерційних систем, що входять до складу СКМ Sage.

ЛІТЕРАТУРА

1. Моделювання складних економічних систем / В. М. Соловійов, В. В. Соловійова, Н. А. Хараджян. – Кривий Ріг: Видавничий відділ НМетАУ, 2010. – 119 с.
2. Sage: Open Source Mathematics Software [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.sagemath.org/>.
3. Sage Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.sagemath.org/doc>.
4. Sage Programming Guide / Stein W., Joyner D. – 2008. – 86 p.

USE OF SAGE COMPUTER MATHEMATICS IN REAL-TIME SYSTEMS

N. Kharadzhian

Krivyi Rig Pedagogical Institute «Krivyi Rig National University»
prosp. Gagarin, 20, Krivyi Rig, 50089, Ukraine. E-mail: nata_leonova@mail.ru

A. Kharadzhian

Zaporizhzhia Institute of Economics and Information Technology, Subdivision in Krivyi Rig
vul. Illichivska, 108, Krivyi Rig, 50007, Ukraine. E-mail: kh_aa@mail.ru

The authors have considered the structure of the Sage computer mathematics system and peculiarities of its usage in conjunction with physical equipment. The main feature of the Sage system is that, in general, the system kernel is executed on a remote server. The source code of the user program is to be sent to the server, where it is to be transmitted and performed. Therefore, the direct usage of the Sage for data processing in a real time is impossible. The authors have offered the technology of the Sage implementation in the computer systems that operate in a real time. The technology of data exchange between the user program that runs in the environment of the Sage computer mathematics and equipment or programs running in different environment is also developed. This technology involves the use of client-server network data exchange between a data supplier and a data customer. The solution of the data exchange between GPS receiver and the Sage system is presented, as well as implementation examples of the technology.

Key words: the Sage computer mathematics system, client-server systems, network data sharing, real-time systems.

REFERENCES

1. Kharadzhian, N.A., Soloviov, V.M., Soloviova, V.V. (2010), *Modelivannia skladnykh ekonomichnykh system* [Modeling of complex economic systems], Krivyi Rig, Ukraine.

2. Sage: Open Source Mathematics Software [Electronic resource]. – Access mode:

<http://www.sagemath.org/>.

3. Sage Documentation [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.sagemath.org/doc>.

4. Stein, W., Joyner, D. (2008), *Sage Programming Guide*, 86 p.

Стаття надійшла 15.04.2013.