

РОЗДІЛ 2

КОМП'ЮТЕРНІ СИСТЕМИ, МЕРЕЖІ ТА ЇХ КОМПОНЕНТИ. GRID-СИСТЕМИ

УДК 62-82:658.512.011.56

А. І. Петренко,
доктор технічних наук,
В. В. Ладогубець,
кандидат технічних наук,
О. Д. Фіногенов,
кандидат технічних наук,
Б. В. Булах

ДОСЛІДЖЕННЯ АРХІТЕКТУРИ КОМПЛЕКСУ СХЕМОТЕХНІЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ GRIDALLTED

Розглянуто сучасні тенденції розвитку складних САПР при їх застосуванні в грід-середовищі. Запропоновано архітектуру комплексу схемотехнічного моделювання з використанням грід-сервісів. Виділено структурні елементи комплексу та наведено вимоги щодо їх функціональних можливостей.

Ключові слова: САПР, Грід, схемотехнічне моделювання, маршрут проектування, NetALLTED, PSpice.

Сучасні тенденції збільшення розмірності задач, що постають перед дослідниками, та відповідний розвиток складних програмних комплексів, призначених для їх вирішення, все частіше передбачають застосування значних обчислювальних потужностей. Пошук відповідних ресурсів, зберігання інформації під час її обробки, час вирішення, налагодження та підтримка комплексів — всі ці чинники ускладнюють програмне забезпечення та змушують розробників САПР шукати шляхи подолання цих перешкод.

На сучасний напрям розвитку САПР впливають такі важелі: зростання розмірності задач, потреба в інструментарії міждисциплінарних досліджень, зміна парадигми робочого місця інженера-проектувальника та просторове розміщення груп проектувальників, сумісно задіяних у вирішенні спільних завдань. Україн великі зміни за останнє десятиріччя також відбулися у технічному забезпеченні: збільшення пропускної спроможності каналів зв'язку, зростання швидкодії та широке впровадження багато-процесорних та багатоядерних комп'ютерів, поступовий перехід на 64-бітні додатки, доступність мережі Інтернет та збільшення кількості електронних засобів доступу до неї та ін. Всі ці фактори потребують адаптації САПР до сучасних умов застосування.

Першою спробою вирішення цих завдань була організація концепції віддаленого проектування [1], що використовувала популярну на той час клієнт-серверну технологію. Такий підхід не вирішував проблем пошуку наявності ресурсів і розподілу навантаження, а також потребував встановлення додаткового програмного забезпечення (клієнтської частини), що одразу ставило питання підтримки для різних ОС. Наступним кроком стало застосування веб-браузера у якості клієнта [2–5], що значно спростило супровід оновлень. Але такий підхід здебільшого відносився до клієнтської частини і не мав серйозного впливу на реалізацію серверної частини. Окрім того, більшість відомих реалізацій припинила свою діяльність, оскільки на той час швидкість доступу до Інтернет, а також його розповсюдженість була в десятки разів меншою, що і зумовило занепад цих розробок.

Наступним кроком, безперечно, має стати новий підхід до реалізації серверної частини, що має базуватись на використанні можливостей сучасних грид-технологій [6]. Це потребує перегляду архітектури комплексу з огляду на розділення функціональних можливостей між окремими підсистемами та організацію їх взаємодії.

На основі світового досвіду розробки і реалізації складних мережевих та грид-проектів [7; 8] найбільш придатною архітектурою є архітектура клієнт-сервер з використанням грид-сервісів зв'язки SOAP, WSDL та UDDI. Суть цієї архітектури полягає в тому, що весь обчислювальний процес розбивається на набір незалежних взаємодіючих веб-сервісів, що можуть бути розподілені між різними кластерами. Доступ до веб-сервісів здійснюється через мережу із застосуванням стандартних протоколів типу HTTP. Як і у класичній архітектурі клієнт-сервер, в цьому випадку можна виділити три окремі частини: серверну та клієнтську, а також мережевий рівень (рис. 1).

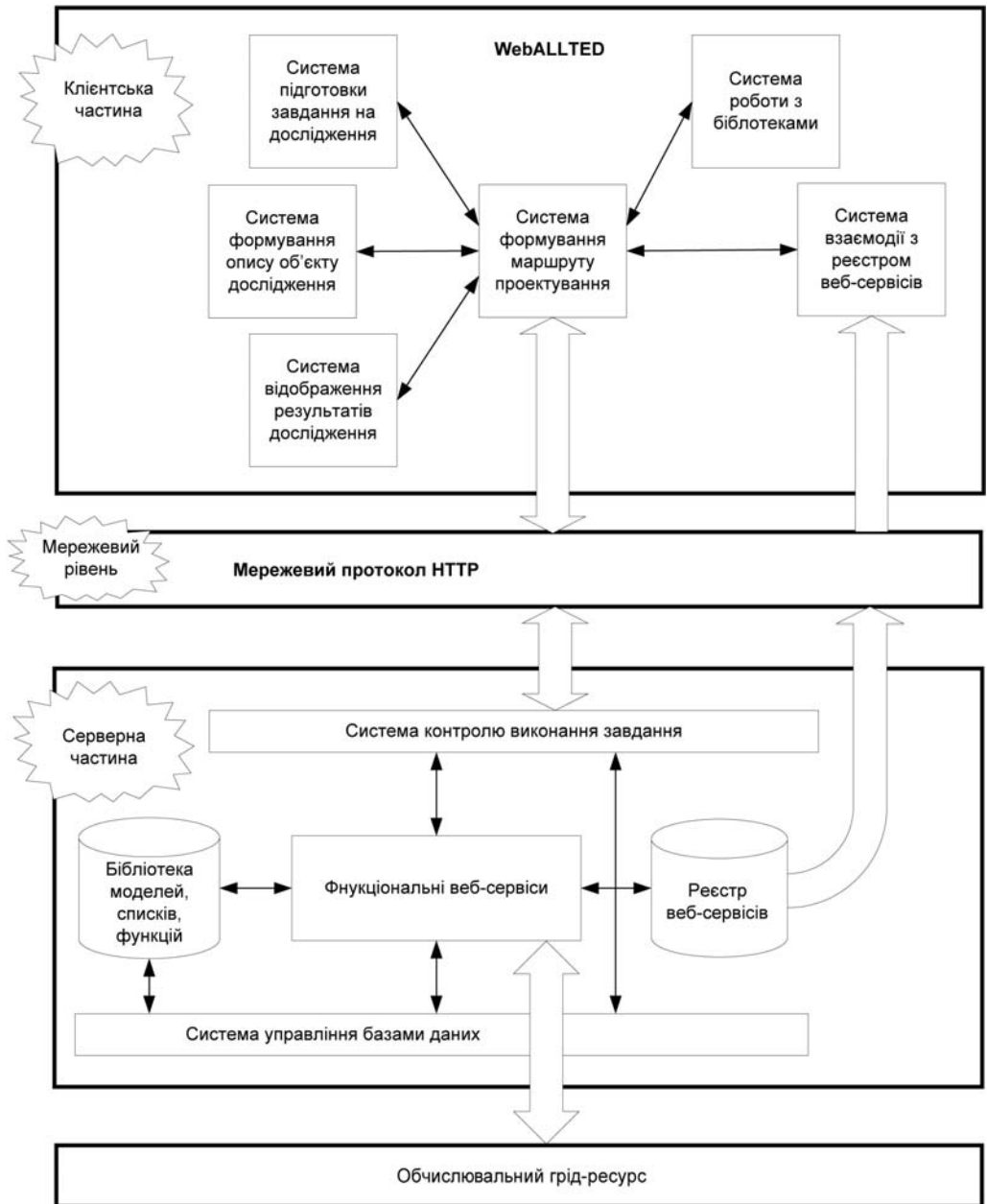


Рисунок 1 — Архітектура GridALLTED

Організація клієнтської частини комплексу ALLTED

Клієнтська частина комплексу ALLTED є інтерфейсом між усією системою і користувачем. До неї висуваються особливі вимоги, головною з яких можна вважати застосування самого лише браузера для роботи із системою. До функцій, що повинна надавати клієнтська частина, можна віднести виконання робіт стосовно: підготовки даних, необхідних для моделювання, у формі, зручній для користувача; перетворення результатів моделювання у форму, зручну для перегляду та аналізу цих даних; взаємодії з компонентами бібліотек моделей списків та функцій; дружнього інтерфейсу користувача; високої швидкості роботи в мережі; кросплатформності.

Згідно з цими вимогами можна поділити клієнтську частину на такі системи:

- **Система взаємодії з реєстром веб-сервісів.** До функцій системи належить надання інформації про доступні веб-сервіси для формування переліку компонентів, з яких користувачу пропонується сформувати маршрут проектування.
- **Система формування опису об'єкта дослідження.** Система може працювати в декількох режимах:
 - автоматичне формування опису об'єкта за його описом у вигляді систем рівнянь (лінійних, алгебро-диференціальних у частинних похідних тощо);
 - формування опису об'єкта за допомогою проблемно-орієнтованої мови;
 - формування опису об'єкта за допомогою проблемно-орієнтованих графічних редакторів.
- **Система підготовки завдання на дослідження.** Метою цієї системи є надання допомоги користувачу з формування необхідних директив, що містять необхідні параметри для кожного з видів досліджень: час спостереження для аналізу перехідних процесів, границі смуги частот для частотного аналізу, початкові значення вузлових напруг тощо.
- **Система відображення результатів дослідження.** Залежно від обраного маршруту проектування, користувач зможе обрати форму представлення результатів за умови наявності належних засобів формування та виду вихідних результатів окремих веб-сервісів, що можна представити як систему формування звітів.
- **Система роботи з бібліотеками.** Система призначена для надання користувачу функцій по роботі з бібліотеками та їх змістом. До переліку головних функцій, що мають бути присутні в системі роботи з бібліотекою належить: створення нової бібліотеки, редагування атрибутів (права доступу, розташування, ін.) існуючої, додавання та видалення елементів, редагування існуючих записів та їх синтаксична перевірка.
- **Система формування маршруту проектування.** Головна система взаємодії із серверною частиною комплексу. Призначення системи:
 - надання користувачу системи для формування маршруту проектування з наявних веб-сервісів, що зареєстровані на вузлі UDDI;
 - збереження маршруту проектування та генерація опису послідовності дій та викликів відповідних веб-сервісів;
 - надання своєрідного «візарду» для введення необхідних даних для початку експерименту: опису об'єкта, завдання на дослідження, початкових умов тощо.

Організація серверної частини комплексу ALLTED

Серверна частина: незалежна обчислювальна грид-система, що не тільки виконує роль обчислювальних потужностей для розрахунків, але й забезпечує пошук необхідних ресурсів для вирішення завдання, організацію взаємодії між веб-сервісами, та виступає системою масового обслуговування, що працює з клієнтським завданнями у багатозадачному режимі.

Головною відмінністю від попередніх розробок віддаленого доступу є реалізація серверної частини комплексу у вигляді грід-сервісів зв'язки SOAP, WSDL та UDDI, що має забезпечити коректну постановку задач у Грід-середовищі із врахуванням вимог безпеки Грід-систем. Структурні елементи серверної частини також повинні забезпечити доступ до статусу задачі, результатів розрахунків, бібліотек тощо. Серверна частина складається з таких компонентів:

- **Система контролю виконання завдання.** Головна система серверної частини, на яку покладаються такі функції:
 - взаємодія з системою перевірки сертифікатів користувача;
 - забезпечення доступу до функціональних веб-сервісів;
 - автоматичне узгоджене виконання функціональних веб-сервісів;
 - взаємодія з системою управління базами даних;
 - контроль статусу виконання задач.
- **Система управління базами даних.** Головним призначенням цієї системи є зберігання проміжних та кінцевих результатів роботи окремих веб-сервісів під час їх взаємодії та надання інструментарію для організації віртуального середовища користувача (система обліку обрахованих задач, архів, налаштування тощо). Взаємодія веб-сервісів через БД надає змогу багаторазового використання результатів розрахунків та дозволяє організувати сумісне проектування груп розробників.
- **Реєстр веб-сервісів.** Система на базі UDDI-реєстру для взаємодії з існуючими (zareєстрованими на вузлі UDDI) веб-сервісами. До функцій цієї системи належить реєстрація та зберігання контрактів сервісів, пошук за критеріями та отримання параметрів виклику необхідних веб-сервісів, що є доступними на відповідному вузлі UDDI. Використання стандарту UDDI може бути доповнене збереженням додаткових метаданих функціональних веб-сервісів задля реалізації розширених можливостей автоматичного пошуку сервісів, їх категоризації та композиції.
- **Бібліотека моделей, списків, функцій.** Ця система повинна забезпечити внесення додаткових елементів бібліотеки без необхідності перекомпіляції всього пакету. Бібліотека містить перелік нелінійних компонентів, списки їх параметрів та нелінійних функцій, які можуть бути складовими об'єктів моделювання. Окрім «стандартної» бібліотеки, що надається всім користувачам, кожен із них має можливість створювати, переглядати, модифікувати та видаляти свою особисту бібліотеку із зміненими стандартними моделями/функціями або із новими, що внесені безпосередньо користувачем.
- **Функціональні веб-сервіси.** Функціональні веб-сервіси формують перелік блоків, що можуть бути використані під час складання маршруту проектування. Функціональними веб-сервісами можуть виступати як окремі програми або навіть набори програм, так і окремі підсистеми однієї системи. Крім того, функціональні веб-сервіси можуть мати альтернативну реалізацію, що надає змогу користувачу обрати більш придатний метод вирішення окремого завдання або скласти альтернативний маршрут із порівнянням результатів дослідження.

До функціональних веб-сервісів слід віднести:

 - окремі частини комплексу ALLTED, що за своєю організацією можуть бути виділені в окремі підсистеми, слабо пов'язані одна з одною;
 - підсистеми роботи із формуванням опису об'єкта;
 - підсистеми з формування результату;
 - окремі підсистеми роботи із БД;
 - окремі підсистеми роботи з бібліотекою та інші.
 Функціональні сервіси (зокрема — першої категорії) реалізуються як грід-сервіси. Тобто виконання безпосередніх розрахунків відбувається у грід-середовищі, що дозволяє використовувати для рішення задач моделювання доступні високопродук-

тивні обчислювальні ресурси, надані у спільне використання під запуск грід-задач. З-поміж іншого, грід-сервісам притаманні такі особливості: підтримка інфраструктури безпеки Грід (GSI, Grid Security Infrastructure) та здатність ініціювати обчислення на ресурсах, підконтрольних програмному забезпеченню проміжного шару (ПЗПШ) Грід.

Інфраструктура безпеки Грід базується на асиметричних алгоритмах шифрування (криптосистеми з відкритим ключем). Мотивацією для прийняття GSI стали потреба у захищеному з'єднанні між елементами обчислювальних Грід, необхідність у налагоджені інфраструктури безпеки між різними організаціями-учасниками, що унеможливорює централізований контроль, та прагнення забезпечити можливість «однократного» входу користувача до грід-середовища (англ. single sign-on). Центральним елементом GSI є сертифікат, який поєднує в собі інформацію про особу-власника, його відкритий ключ, центр сертифікації, який видав цей сертифікат, та його цифровий підпис. Формат грід-сертифікатів дотримується стандарту X.509.

У разі використання запропонованої клієнт-серверної архітектури, серверна частина має включати безпечне сховище проксі-сертифікатів користувача, інтегрованого із системою аутентифікації клієнта. Користувач делегуватиме системі свої права у вигляді тимчасових проксі-сертифікатів, які будуть використані при подальшій автоматичній взаємодії серверної частини із грід-ресурсами.

Грід-сервіси, базуючись на стандартному інтерфейсі веб-сервісів, водночас мають доступ до функціональності ПЗПШ Грід, що дозволяє їм виконувати роль грід-клієнта: ставити завдання у Грід від імені користувача, перевіряти їх статус, вивантажувати результати.

Грід-сервіси та інші функціональні веб-сервіси компонуються у послідовність виконання згідно з маршрутом проектування, заданого користувачем, засобами клієнтської частини архітектури. Завдання виконання динамічно скомпонованої послідовності функціональних веб-сервісів покладається на систему контролю.

Мережевий рівень

Основним протоколом взаємодії клієнтської та серверної частини комплексу передбачається використання протоколу HTTP (HTTPS), що є стандартом для Веб. На окремих етапах взаємодії можливе застосування додаткових мережевих протоколів, що може бути зумовлено використанням їх веб-сервісами (наприклад, протоколи TCP/IP для веб-сервісів, що застосовують паралельні бібліотеки тощо).

Висновки

1. Запропонована архітектура комплексу GridALLTED, що користується грід-сервісами з використанням набору SOAP, WSDL та UDDI, дозволяє застосувати переваги сучасних грід-технологій під час реалізації серверної частини на етапі вирішення завдань пошуку обчислювальних ресурсів, проміжного зберігання даних, забезпечення довготривалих розрахунків тощо.

2. Структура та функціональні можливості запропонованих систем комплексу націлені на формування «маршрутів проектування», що дає змогу представити процес проектування у вигляді набору взаємодіючих веб-сервісів та дозволяє користувачу обирати найбільш вдалі шляхи вирішення завдання.

3. Особливості використання веб-сервісів для системи схемотехнічного проектування проявляються у тому, що певна послідовність дій можлива лише за умови виконання попередніх кроків, наприклад, формування завдання на дослідження здебільшого не має сенсу, якщо не виконано опис об'єкта дослідження тощо.

Рассмотрены современные тенденции развития сложных САПР при их использовании в Грид. Предложена архитектура комплекса схемотехнического моделирования с использованием Grid-сервисов. Выделены структурные элементы комплекса и приведены требования к их функциональным возможностям.

Ключевые слова: САПР, Грід, схемотехническое моделирование, маршрут проектирования, NetALLTED, PSpice.

The modern trends of development of complex CAD systems to be used in grid environment are examined. The architecture of circuit simulation software complex based on grid services is proposed. The basic structure components of this complex are highlighted and the requirements to their functional capabilities are specified.

Key words: CAD, Grid, circuit simulation, design workflow, NetALLTED, PSpice.

Література

1. *Петренко А. І.* Архітектура мереженого комплексу схемотехнічного проектування ALLTED / А. І. Петренко, В. В. Ладогубець, О. О. Воевода // Комп'ютерні системи проектування. Теорія і практика : вісник НУ «Львівська політехніка». — 2005. — № 522. — С. 30–33.
2. *М. Ю. Скрипка* Організація Web-доступу до САПР NetAllted / М. Ю. Скрипка, О. В. Ладогубець : зб. тез першої наукової конференції «Прикладна математика та комп'ютинг ПМК-2009» (Київ, 15–17 квітня 2009 р.) / за ред. С. В. Сироти. — К. : НТУУ «КПІ», 2009. — С. 266–269.
3. *Wilamowski B. M.* SPICE based Circuit Analysis using Web Pages / B. M. Wilamowski, A. Malinowski, J. Regnier // ASEE 2000 Annual Conference, St. Louis, MO, June 18 to 20, 2000. — CD-ROM session 2520. — Режим доступу : http://www.eng.auburn.edu/~wilambm/pap/2000/AS-EE2000_SIP.pdf. — Дата доступу : 01.10.2011.
4. *Vassileva T.* WWW based virtual SPICE simulator / Tania Vassileva, Vassiliy Tchoumatchenko, Miroslav Mladenov, Ilario Asitinov // 7-th International Conference «Electronics '98», Sozopol, Bulgaria, 1998. — Vol. 2. — P. 123–128. — ISBN 954-438-243-7.
5. *Holger Goebel.* WSpice: A web-based SPICE Circuit-Simulation Environment with Schematic Editor / Holger Goebel, Henning Siemund // International Conference on Interactive Computer Aided Learning: «ICL 2004», 29 Sept.–01 Oct., Villach, Austria. — 2004. — ISBN 3-89958-089-3. — Режим доступу : <http://www.ro.feri.uni-mb.si/razno/icl2004/pdf/goebel.pdf>. — Дата доступу : 01.10.2011.
6. *Петренко А. І.* Застосування Grid-технологій в науці і освіті / Петренко А. І. — К. : Політехніка, 2009. — 144 с.
7. *Bojan Anpelkoviж.* Using Grid Computing in Parallel Electronic Circuit Simulation / Bojan Anpelkoviж, Marko Dimitrijeviж, Vaniо Litovski // Electronics'2007, Sozopol, Bulgaria, 19–21 September 2007. — 2007. — Режим доступу : <http://leda.elfak.ni.ac.rs/people/marko/articles/Using%20Grid%20Computing%20in%20Parallel%20Electronic%20Circuit%20Simulation.pdf>. — Дата доступу : 01.10.2011.
8. Центр комп'ютерного моделювання. — Режим доступу : <http://scishop.ru/>. — Дата доступу : 01.10.2011.