

ПРОБЛЕМИ ПАРАЛЕЛЬНОГО МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ ДИНАМІЧНИХ СИСТЕМ

Святний В.А.

Донецький національний технічний університет

svjatnyj@cs.dgtu.donetsk.ua

1. Математичне моделювання в ДонНТУ: коротка історична довідка

Моделювання як метод дослідження технічних і технологічних об'єктів різної фізичної природи зародилось і розвивається в інтердисциплінарному поєднанні, взаємовпливі й взаємозбагаченні фундаментальних досягнень математики, математичної фізики, теоретичної механіки, термодинаміки, аерогазодинаміки, гідравліки, теплотехніки, теоретичної електротехніки, електроніки й мікроелектроніки, теорій хімічних процесів та апаратів, ядерної фізики, теорій аерокосмічних апаратів, біології, біотехнологій, теорії систем, теорії автоматичного керування, кібернетики, теорії алгоритмів і обчислювальних систем. Науково-технічний прогрес в усіх без винятку галузях техніки двох попередніх і поточного століть завдячує фізичному та математичному моделюванню. Фізичні моделі будуються на основі теорії подібності й розмірностей і відтворюють в певному масштабі майбутні реальні об'єкти техніки й технологій, а моделювання є експериментом зі збереженням фізичної суті процесів, що відбуваються в об'єктах моделювання і є визначальними щодо їх ефективного та безпечного функціонування. Математичні моделі являють собою формальний опис структури, фізичних та інформаційних процесів в досліджуваних об'єктах, а моделювання зводиться до розв'язання систем рівнянь, отриманих в результаті формального опису. Дослідження показали, що отримання розв'язків аналітичними методами можливе лише для суттєво спрощених моделей, тому перед математичним моделюванням постала проблема розробки методів і засобів розв'язання систем рівнянь реальних об'єктів з врахуванням їх динаміки, нелінійності, розподіленості параметрів за просторовими координатами, ієрархічності й багатомірності структур, одночасного функціонування безперервних і дискретних процесів різної фізичної природи, впливів зовнішнього середовища і т. ін.

На технологічних кафедрах тодішнього ДП до 1961 р. розроблялись фізичні моделі як лабораторне обладнання. Унікальною є модель ерліфтної установки (В.Г. Гейєр, Г.М. Тимошенко, М.М. Логвінов). На кафедрі рудникової вентиляції було побудовано електричну модель-аналог шахтних вентиляційних мереж (Б.І. Медведєв, Л.О. Склярєв). В 1958 р. доц. С. М. Денисенко побудував і продемонстрував модель „Миша Шеннона”. З 1961 р. почалось застосування аналогових обчислювальних машин (АОМ) в навчальному процесі й наукових дослідженнях. Символічним є той факт, що перша в історії ДП лабораторна робота на АОМ МН-7 відбулась в день польоту Ю. Гагаріна в космос 12-го квітня 1961 року. В період до 1977 р. на факультеті ОТіАСУ відбулось формування в ДП наукової школи математичного моделювання на чолі з проф. Л.П. Фельдманом, творчі здобутки якої були визнані й підтримані провідними академічними, галузевими інститутами та вузами країни. До 1991р. успішно працювала галузева науково-дослідна лабораторія Мінрадіопрому СРСР з розробки структур і програмного забезпечення аналого-цифрових обчислювальних систем. З 1992 р. наукова школа активно досліджує проблематику паралельного моделювання складних динамічних систем (СДС) в співпраці з німецькими колегами.

2. СДС як об'єкти математичного моделювання

Проблематика динамічних систем об'єднує різні предметні області в їх націленості на отримання все ефективніших методів та засобів моделювання та модельного супроводу СДС-проектів та формулюванні вимог до них. **Формальний опис** складних динамічних

систем як об'єктів моделювання (СДС-модель) складається з представлення топології і систем різномірних рівнянь великої розмірності. Сучасною актуальною проблемою є отримання інтегрованого опису СДС на різних рівнях аналізу - від технологічних установок до рівня молекулярного й атомарного розгляду динамічних процесів. Зокрема нанотехнологічні СДС потребують модельної підтримки розробок, досліджень та керування. Саме таке сучасне уявлення про СДС формує вимоги до методів і засобів моделювання: дружність та запобігливість до користувача – спеціаліста предметної області; високоінтелектуальна діалогова підтримка користувача (розробника) на всіх етапах моделювання СДС; спроможність моделювати системи, складність яких задається науковим або індустріальним проектом, та вирішувати при цьому задачі реального часу, включаючи напівнатурне моделювання; об'єктно-орієнтована реалізація моделюючого програмного забезпечення; можливість інтеграції з САПР предметних областей на рівні мов специфікацій об'єктів проектування та їх моделей; сучасна системна організація на основі нових інформаційних технологій, інтеграція з GRID-системами; моделювання динамічних систем з зосередженими (ДСЗП) та розподіленими (ДСРП) параметрами на загальній методичній основі тощо.

3. Проблематика розподілених паралельних моделюючих середовищ

Концепцію розподіленого паралельного моделюючого середовища (РПМС) для складних динамічних систем з зосередженими та розподіленими параметрами запропоновано в 1992 р. в рамках наукового співробітництва факультету ОТІ ДонНТУ та інституту паралельних і розподілених систем (IPVS) Штутгартського університету (Німеччина). РПМС – це така системна організація сумісного функціонування паралельних апаратних ресурсів, системного та моделюючого програмного забезпечення, яка підтримує всі етапи розробки, реалізації та застосування паралельних моделей СДС відповідно до сформульованих вище вимог. Структуру дослідного зразка РПМС показано на рис. 1.

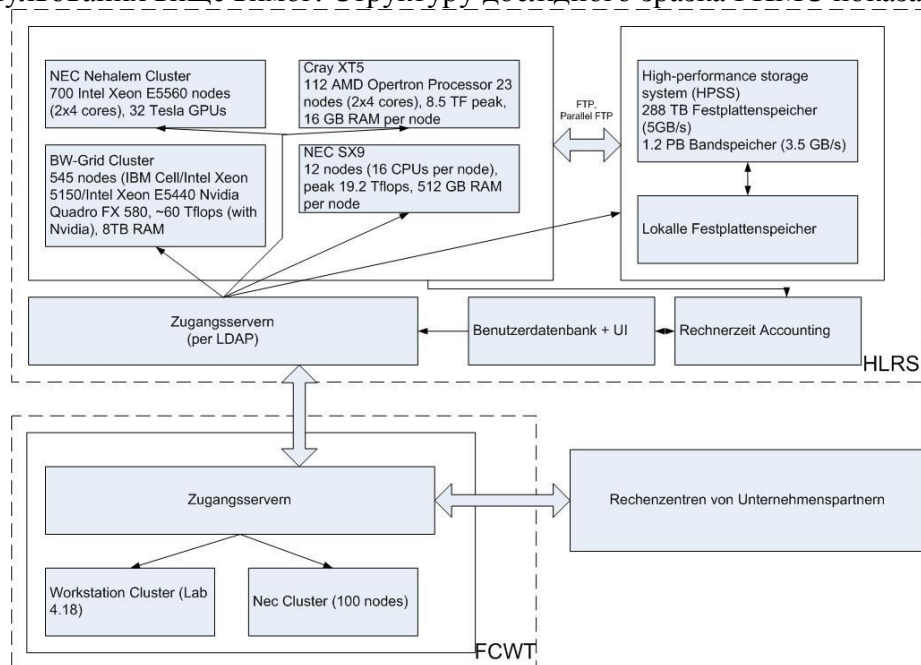


Рис.1. Структура РПМС

Головним положенням РПМС-концепції є необхідність повнофункціональної розробки паралельних методів та алгоритмів функціонування моделюючого програмного забезпечення (Modeling and Simulation Software) для ДСЗП, ДСРП. Концепція передбачає забезпечити користувачів та розробників паралельних моделей мовними та системно-організаційними засобами, які за рівнем сервісу будуть перевершувати системи та мови моделювання п'ятого покоління. В цьому напрямку проведено розробки стосовно

узагальнення топологій СДС, а комплекси „топологічні аналізатори – генератори рівнянь-вирішувачі” транслюють описи СДС рівня предметної області в паралельні програми. РПМС залишається ще мало дослідженим об'єктом розробки та реалізації. Певним внеском тут є запропонована нами декомпозиція середовища на повнофункціональну множину підсистем. Інтенсивно розвиваються теорія та методика комп'ютерної підтримки всіх етапів побудови паралельних моделей і симуляторів складних ДСЗП, ДСРП в рамках РПМС з врахуванням специфіки всіх видів їх топологій.

МІМД-процеси мінімальної гранулярності визначаються як задачі Коші для рівнянь k -го елемента ДСРП, що дискретизовані відносно просторових координат. Віртуальною паралельною моделлю першого рівня (ВІМ-1) є абстрактна алгоритмічна структура МІМД-процесів мінімальної гранулярності для паралельного рішення систем рівнянь (Simulation Model), підготовлених генераторами ДСЗП, ДСРП. Віртуальну (ВІС) та цільову (ЦІС) паралельні системи визначено як функціонуючі за МІМД-принципом необмежені та реальні множини процесорів з локальною пам'яттю, що виконують рішення задачі моделювання рівня ВІМ-1 з відповідним обміном даними між процесорами за допомогою віртуальної (ВІМ) та реальної (РІМ) комунікаційних мереж.

Девіртуалізація віртуальної паралельної моделі являє собою таке її перетворення, що веде до реалізації ВІМ на одній або декількох різних ЦІС і складається з наступних основних функцій: визначення можливих рівнів розпаралелювання ВІМ; апріорний аналіз ВІМ всіх рівнів; аналіз ресурсів наявних ЦІС; розгляд можливих співвідношень «процес(и) – процесор», «ВІМ – РІМ»; вибір варіантів імплементації «ВІМ – ЦІС».

4. Проблемно-орієнтовані РПМС

Можливість моделювати в рамках одного середовища СДСЗП та СДСРП об'єднує, з одного боку, ці дві галузі моделювання, що розвивалися відносно автономно. З другого боку, це універсалізує та ускладнює РПМС. З огляду на цю обставину актуальними залишаються проблемно орієнтовані РПМС, в яких акумулюється досвід моделювання в певних галузях техніки (предметних областях). Наукову та практичну цінність мають розробка й дослідження наступних фрагментів середовищ та питань побудови паралельних моделей і симуляторів: вхідні мови специфікації об'єктів моделювання (ДСЗП, ДСРП) на технологічному рівні; формальне описування топологій та динамічних процесів; топологічні аналізатори; генератори рівнянь; підходи до розпаралелювання, побудова віртуальних паралельних моделей та їх апріорний аналіз; девіртуалізація та відображення моделей на цільові паралельні архітектури; вибір, обґрунтування та розробка методів паралельного рішення рівнянь ДСЗП, ДСРП, побудова вирішувачів; декомпозиція РПМС на підсистеми, побудова підсистем, зокрема, підсистеми діалогу; аналіз ефективності паралельних моделей, оптимізація процесів обміну інформацією та балансування завантаження ресурсів в РПМС; інтеграція моделюючого середовища з САПР динамічних систем даної предметної області; побудова моделюючих сервісних центрів (МСЦ) для предметних областей.

5. Висновки, перспективи

Паралельне моделювання (Parallel Simulation Technology) складних динамічних систем з зосередженими (ДСЗП) та розподіленими (ДСРП) параметрами є інтердисциплінарною проблемою, над вирішенням якої активно працюють інформатики, спеціалісти з моделювання, експерти різних предметних областей. Інтеграція концепцій РПМС з концепціями географічно розподілених GRID-систем є новим напрямком розвитку методів і засобів паралельного моделювання складних ДСЗП, ДСРП.

Комплексне вирішення проблем паралельного моделювання в тісній співпраці з зарубіжними вченими та університетами в рамках GRID-проектів відкриває нові перспективи наукового зростання студентів-магістрантів, аспірантів, викладачів вузів, є суттєвим чинником інтеграції України в європейський та світовий науковий і освітній простори.