

# ДОСЛІДЖЕННЯ СПОСОБІВ ОРГАНІЗАЦІЇ ОБМІНУ ДАНИМИ ЗА ПРОТОКОЛОМ TCP У ПАРАЛЕЛЬНИХ МОДЕЛЯХ ТА РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ СИСТЕМИ SIMULINK

Бурба В.К., Молдованов А.В.  
Донецький національний технічний університет

У цій доповіді розглядається створена підсистема обміну даними для системи Simulink. Ця підсистема вирішує проблеми обміну даними у паралельних моделях для кластерів ЕОМ. Основною метою є розглядання різних способів організації обміну даними у кластерах ЕОМ та вибір найкращого з них для реалізації відповідної підсистеми для Simulink.

## 1. Способи організації обміну даними в кластері ЕОМ.

Кластер - це зв'язаний набір повноцінних комп'ютерів, що використовується як єдиний ресурс. Привабливою рисою кластерних технологій є те, що вони дозволяють для досягнення необхідної продуктивності поєднувати в єдину обчислювальну систему комп'ютери самого різного типу, починаючи від персональних комп'ютерів і закінчуючи потужними суперкомп'ютерами. Продуктивність кластера залежить від двох основних параметрів: продуктивності окремих вузлів кластера й продуктивності комунікаційного середовища. При використанні мережі у якості комунікаційного середовища швидкодія визначається наступними характеристиками:

- пропускна здатність (bandwidth);
- латентність (latency) [1].

Пропускна здатність мережі – це кількість інформації, переданої між вузлами мережі в одиницю часу (байт у секунду). Значення пропускної здатності вимірюється в мегабайтах у секунду (МВ/sec). Латентність – це час, що затрачується програмним забезпеченням і пристроями мережі на підготовку до передачі інформації по даному каналу. Повна латентність складається із програмної та апаратної складових. Значення латентності вимірюється в мікросекундах.

Час  $T(L)$ , необхідний на передачу повідомлення довжини  $L$  байт, можна визначити в такий спосіб:

$$T(L)=s+L/R,$$

де  $s$  - латентність, а  $R$  - пропускна здатність мережі.

Збільшення пропускної здатності досягається за рахунок використання сучасних мережних апаратних технологій. Зменшення латентності можна досягти за рахунок протоколів передачі даних таких як TCP або MPI. При використанні протоколу передачі повідомлень MPI для передачі повідомлень у кластері, всі виклики прийому/передачі перетворюються в ті ж самі системні виклики стандартних мережних протоколів, наприклад TCP. Далі прийом/передача здійснюється по цьому протоколу, тобто має ту ж саму латентність. Однак при цьому додається час перетворення з бібліотечних функцій MPI у стандартні системні виклики. Таким чином, у кластерних системах низкорівневі протоколи передачі повідомлень, такі як TCP в остаточному підсумку мають меншу латентність, ніж протоколи рівня middleware такі як MPI. А тому, використання протоколу TCP збільшує швидкодію обміну даними в кластері в порівнянні з MPI. Для реалізації передачі й прийому даних за протоколом TCP у кластерах доцільно використовувати бібліотеку Windows Sockets, сумісну зі специфікацією сокетів BSD Unix, що дозволяє реалізувати модель у широкому

діапазоні сучасних операційних систем, у тому числі й в ОС реального часу. WinSock API був розроблений як розширення Berkeley Sockets API для середовища Windows, що дає програмам можливість бути перенесеними у формі вихідного тексту [2].

## 2. Підсистема обміну даними для Simulink

Simulink – це один з найпотужніших засобів блочно-орієнтованого моделювання динамічних систем. Найважливішою особливістю системи Simulink є можливість створення своїх власних блоків, у яких можуть бути втілені необхідні алгоритми. Це реалізується за допомогою механізму S-функцій. Simulink-функції (S-функції, S-functions) є описом блоку на одній з мов програмування: MATLAB, C, C++, Ada, або Fortran. Набір стандартних блоків Simulink досить великий, однак у практиці моделювання зустрічаються ситуації, коли потрібного блоку не існує, або структурне моделювання робить модель занадто складною. У цьому випадку необхідно використовувати технологію S-функцій для створення потрібного блоку. За допомогою мов програмування користувач може створити опис як завгодно складного блоку й підключити його до Simulink-моделі, при цьому з погляду взаємодії користувача з моделлю, блок на основі S-функції нічим не відрізняється від стандартного бібліотечного блоку Simulink. Створювані блоки можуть бути безперервними, дискретними або гібридними. S-функції, створені на C, C++, Ada або Fortran компілюються в виконавчі файли (\*.dll), за рахунок чого забезпечується підвищена швидкість виконання таких блоків [3]. Для реалізації паралельних моделей з використанням Simulink необхідно піклуватися не лише про оптимальне розпаралелювання моделі, а й про організацію обміну даними між вузлами моделі. При використанні протоколу TCP для організації обміну даними між вузлами моделі Simulink, доцільно використати модель клієнт-сервер. При використанні такої моделі, скорочується кількість одночасно необхідних з'єднань, тому що немає необхідності кожному блоку посилки (send) установлювати з'єднання з необхідним блоком прийому (recv). Так як для кожного з'єднання необхідно два сокета, а кожен сокет прив'язується до IP-адреси й номера порту, то наявність додаткових з'єднань може привести до додаткових витрат ресурсів. При використанні моделі клієнт-сервер, всі блоки, як посилки (send) так і прийому (recv), установлюють з'єднання тільки із сервером. Після цього блоки посилки (send) відправляють дані на сервер, а сервер, у свою чергу, перенаправляє дані на ті блоки прийому (recv), яким вони необхідні на даному кроці моделювання. Таким чином, при використанні моделі клієнт-сервер, необхідно реалізувати за допомогою механізму S-функцій три блоки:

- блок посилки даних (tcp send);
- блок прийому даних (tcp recv);
- блок, що реалізує функції сервера (tcp server).

Отже, для реалізації паралельних моделей на кластері ЕОМ для підвищення швидкодії передачі даних між вузлами моделі доцільно використовувати низькорівневий протокол TCP, який має високу надійність (факт одержання даних перевіряється) та високу цілісність даних (використовуються контрольні суми).

### Література

- [1] Матеріали інформаційно-аналітичного центру НДОЦ МГУ – [www.parallel.ru](http://www.parallel.ru)
- [2] Джонсон М. Харт. *Системне програмування у середі Win32*. Видавничий дім “Вільямс”, Москва, 2001.
- [3] І.В. Черних. *Simulink: Інструмент моделювання динамічних систем*. [www.matlab.exponenta.ru](http://www.matlab.exponenta.ru)