

МММ-СИМУЛЯТОР ТРЕТЬЕГО УРОВНЯ РАСПАРАЛЛЕЛИВАНИЯ ДЛЯ ДИНАМИЧЕСКИХ СИСТЕМ С РАСПРЕДЕЛЕННЫМИ ПАРАМЕТРАМИ

Громова И.Ю.

Донецкий национальный технический университет

В современных условиях уровень развития вычислительной техники определяет темпы технического прогресса. Многие задачи требуют использование мощных вычислительных ресурсов с мощностью с производительностью сотен Gflops ($\sim 10^{12}$ операций в секунду) и выше.

Такие мощности используются, например, в задачах аэродинамики. На сегодняшний день способ достижения требуемой производительности – использование многопроцессорных вычислительных систем.

Однако достижение высокой производительности при решении реальных прикладных задач на многопроцессорных вычислительных системах оказывается сложным. Такие алгоритмы требуют наличия внутреннего параллелизма, т.е алгоритм должен состоять из нескольких частей, которые выполняются одновременно и независимо друг от друга. Время обмена сообщениями между процессорами в многопроцессорных системах значительно превышает время доступа к своей локальной памяти и время выполнения арифметических операций. Следовательно, каждый процессор должен чаще обращаться к локальной памяти и выполнять арифметические операции, чем производить обмен с другим процессором. Еще одним важным требованием к многопроцессорным вычислительным системам является масштабируемость – способность алгоритма работать на произвольном числе процессоров.

Сетевые динамические объекты распространены во многих областях науки и техники. Реальные сети характеризуются большим количество элементов и нелинейностью параметров. При исследовании и разработке динамических систем с помощью вычислительных машин, к их математическим моделям применяются определенные требования.[1] Т.о., разрабатываемые параллельные моделирующие среды должны удовлетворять поставленным требованиям и решать поставленные задачи в тесном взаимодействии с пользователем.

Третий уровень распараллеливания : 1 ветвь – 1 процесс.

Разработка симмодели СДОРП выполняется с помощью аппроксимации системы уравнений в частных производных системой обыкновенных дифференциальных уравнений на основе метода прямых. Сущность метода заключается в том, что каждая ветвь объекта представляется в виде прямой, разделенной на части длиной Δx .

Система уравнений удобная для использования любого численного метода:

$$\begin{cases} \frac{dQ_{i,M}}{dt} = \alpha(P_{k-1} - P_k) - \beta Q_k^2 \\ \frac{dP_{\text{взп}}}{dt} = \chi(Q_k - Q_{k+1}), \end{cases} \quad (1)$$

$$\text{где } \alpha = \frac{S_j}{\Delta x \rho}; \quad \beta = \frac{r_j S_j}{\rho}; \quad \chi = \frac{\rho a^2}{\Delta x S_j}.$$

$P(x,t)$ - давления в i -й ветки системы;
 $Q(x,t)$ - расход воздуха в i -й ветки системы;
 r - аэродинамическое сопротивление;
 x - пространственная координата;
 F - площадь поперечного сечения выработки;
 a - скорость звука в воздухе;
 ρ - плотность воздуха.

Таблица 1

Сравнение двух вариантов третьего уровня распараллеливания

Критерий	1 вариант	2 вариант
Равномерность загрузки	<p>Загрузка $(QP)_j L_j = 2M_j = l_j / \Delta \xi$ зависит от количества решаемых уравнений и разброса длин l_j веток. Неравномерность $\Delta L = L_{\max} - L_{\min} = 2(M_{j\max} - M_{j\min})$, учитывая диапазон длин выработок ШВС будет существенной.</p>	<p>Каждый из $N_{pj} + 1$ процессов решает не менее чем $M_{\min} = l_{j\min} / \Delta \xi$ пар уравнений. Достигнута формализация планирования и равномерного распределения загрузок процессов по предложенному алгоритму. Алгоритм обобщает данные относительно процессов всех ветвей ШВС.</p>
Соотношение $N_{00} / N_{обм}$	$2M_j \leq N_{00} / N_{обм} \leq 4M_j$	$2M_{\min} \leq N_{00} / N_{обм} \leq 4M_{\min}$
Виртуальное ускорение с учетом операций обмена	$S_{B3}^{(1)} = \frac{T_{ЦП}(1)}{T_{ЦП}(m)} = \frac{1 + (\sum_{k=1}^{m-1} M_k T_{QPk}) / M_{j\max} T_{QPj\max}}{1 + \frac{T_{3Обм}^{(1)}}{M_{j\max} T_{QPj\max}}}$	$S_{B3}^{(2)} = \frac{T_{ЦП}(1) / T_{ЦП}(N_p)}{\sum_{j=1}^m \frac{M_j T_{QPj}}{M_{\min} T_{QP\max}}} = \frac{1}{1 + \frac{T_{uОбм}}{M_{\min} T_{QP\max}}}$
Схема связи между процессами	<p>Предложены виртуальные PQ- и QR-коммутаторы, работа которых организуется таким образом: схема связей между процессами реализуется к началу работы и остается неизменной на весь период моделирования; в i-м цикле вычислений запоминаются компоненты векторов $Q_j(ih)$ $P_j(ih)$ и записываются в исходные регистры Q- и P-процессов; все процессы синхронизируются по моменту завершения самого длинного процесса, синхронно для всех Q- и P-процессов активируются команды обмена, в один такт на входах Q- и P-процессов появляются актуальные значения переменных и следующим тактом записываются в память; запускается $i+1$-й цикл вычислений. На всех уровнях коммутаторы реализуются однотипно на базе переключателей 2×2.</p>	
Количество Q- и P-процессов	$N_{ВИМЗ} = m$	$N_{ВИМЗ}^{(2)} =$

		$\sum_{j=1}^m N_{Pj} + (m - m_{mod})$
--	--	---------------------------------------

Существует 2 варианта реализации третьего уровня распараллеливания[2]. Их сравнение приведено в таблице 1 по следующим критериям:

1. Равномерность загрузки
2. Соотношение Noo/Нобм
3. Виртуальное ускорение с учетом операций обмена
4. Схема связи между процессами
5. Количество Q- и P-процессов

Литература

- [1] Бройнль Т. Паралельне програмування: Початковий курс: Навч. посібник / Переклад з нім. В. А. Святого. - К.: Вища шк., 1997. - 358 с.
- [2] Святний В.А., Молдованова О.В.: Стан та перспективи розробок паралельних моделюючих середовищ для складних динамічних систем з розподіленими та зосередженими параметрами.