

УДК 004.942

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, Ю.И. СЕРГЕЕВА, А.К. КАЙДАЛОВ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***МУЛЬТИЯДЕРНЫЕ СИСТЕМЫ. ВЫБОР КОМПОНЕНТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ, ОЦЕНКА ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ**

Ставится и решается задача обоснования характеристик мультиядерной системы (МС) в процессе ее создания. Формируется множество альтернативных вариантов, которые отличаются количеством ядер и конструктивными решениями. Для выбора рационального варианта МС используется метод целочисленного математического программирования с булевыми переключениями. Для моделирования производительной МС построена имитационная мультиагентная модель. Путем имитации внешних условий, которые приводят к появлению прерываний осуществляется моделирование и оценка производительности МС с переменными вычислениями.

Ключевые слова: мультиядерная система, оптимизация характеристик, мультиагентное моделирование, оценка производительности.

Введение

Увеличение потоков обработки данных привело к созданию мультиядерных систем (МС), которые параллельно обслуживают различные приложения в смартфонах, планшетах, ноутбуках (графика, навигация, игры и т.д.). Создание таких систем связано с поиском компромиссных решений между производительностью, стоимостью, размером экрана дисплея и др. характеристиками. Производительность таких систем зависит от создания условий, связанных с обеспечением параллельной обработки.

В данной публикации рассматривается два основных аспекта создания МС, связанные с выбором компонентной архитектуры (количество ядер в системе) и моделированием, для получения оценки производительности [1].

Постановка задачи исследования

Для выбора компонентной архитектуры системы рассмотрим множество возможных вариантов, которое может быть представлено проектировщиками на рассмотрение заказчику на начальных этапах создания МС [2].

Пусть выбор того или иного варианта связан со значениями булевой переменной $x_{ij} \in \{0, 1\}$, которая принимает единичное значение ($x_{ij} = 1$), когда выбрана для реализации проекта по созданию МС, система с количеством ядер $i = n, n = 1, 2, \dots$, с j -м конструктивным решением ($j = 1, 2, \dots, m_i$), где m_i - количество конструктивных решений для системы с i -м числом ядер.

Пусть эксперты (заказчики, проектировщики) задали следующие оценки МС:

производительность p_{ij} ,

стоимость c_{ij} ,

размер экрана дисплея d_{ij} ,

емкость аккумулятора a_{ij} ,

средний цикл подзарядки аккумулятора z_{ij} .

В качестве основных критериев для выбора архитектуры МС рассмотрим производительность P и стоимость C , а в качестве ограничений – размер экрана дисплея, емкость аккумулятора и др. характеристики. Для выбора архитектуры МС воспользуемся методом целочисленного линейного программирования с булевыми переменными.

Для оценки производительности МС построим мультиагентную модель и проведем моделирование параллельной обработки данных при различных условиях.

Решение задачи исследования

Критерий производительности мультиядерной системы будет иметь следующий вид:

$$P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij}.$$

Стоимость МС:

$$C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij},$$

где p_{ij} - производительность j -го варианта МС с i -м количеством ядер, c_{ij} - стоимость j -го варианта МС с i -м количеством ядер.

При этом $\sum_i \sum_j x_{ij} = 1$, что означает выбор кон-

кретного варианта МС.

Производительность и стоимость МС будут использоваться в качестве целевых функций в поставленных задачах оптимизации. В качестве ограничений используем:

- размер экрана дисплея:

$$D = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij};$$

- емкость аккумулятора:

$$A = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij};$$

- средний цикл подзарядки аккумулятора:

$$Z = \sum_i \sum_j z_{ij} x_{ij}.$$

Сформируем следующие постановки оптимизационной задачи, связанной с выбором архитектуры МС:

1. Обеспечить максимальную производительность МС:

$$\max P, P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

с учетом следующих ограничений:

$$C \leq C', C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij},$$

$$D \geq D', D = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij},$$

где C' – допустимая стоимость МС, D' – ограничение по размеру экрана дисплея;

$$A \leq A', A = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij},$$

где A' – ограничение на емкость аккумулятора;

$$Z \leq Z', Z = \sum_i \sum_j z_{ij} x_{ij},$$

где Z' – ограничения по среднему циклу зарядки аккумулятора;

2. Обеспечить минимальную стоимость МС:

$$\min C, C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij},$$

с учетом следующих ограничений:

$$P \geq P', P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij},$$

где P' – ограничения по производительности;

$$D \geq D', D = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij},$$

$$A \leq A', A = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij},$$

$$Z \leq Z', Z = \sum_i \sum_j z_{ij} x_{ij},$$

3. Найти компромисс между производительностью и стоимостью МС.

Для этого введем комплексный критерий:

$$K = \alpha_p \cdot \hat{P} + \alpha_c \cdot \hat{C},$$

где α_p и α_c – «весовые» коэффициенты, которые показывают значимость критериев производительности P и стоимости C . «Весовые» коэффициенты задаются заказчиком (разработчиком) МС, при этом

$$\alpha_p + \alpha_c = 1.$$

$$\text{Здесь: } \hat{P} = \frac{P^* - P}{P^* - P'}, \hat{C} = \frac{C - C^*}{C' - C^*},$$

где P^* и C^* – экстремальные значения критериев P и C , полученные в результате оптимизации (п.п.1, 2).

Необходимо найти:

$$\begin{aligned} \min K, K &= \alpha_p \cdot \hat{P} + \alpha_c \cdot \hat{C} = \\ &= \alpha_p \frac{P^* - P}{P^* - P'} + \alpha_c \frac{C - C^*}{C' - C^*} = \\ &= -\alpha_p \frac{\sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij}}{P^* - P'} + \alpha_c \frac{\sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij}}{C' - C^*} + \\ &\quad + \frac{\alpha_p \cdot P^*}{P^* - P'} - \frac{\alpha_c \cdot C^*}{C' - C^*}, \end{aligned}$$

с учетом следующих ограничений:

$$P \geq P', P = \sum_i \sum_j p_{ij} x_{ij};$$

$$C \leq C', C = \sum_i \sum_j c_{ij} x_{ij};$$

$$D \geq D', D = \sum_i \sum_j d_{ij} x_{ij};$$

$$A \leq A', A = \sum_i \sum_j a_{ij} x_{ij};$$

$$Z \leq Z', Z = \sum_i \sum_j z_{ij} x_{ij}.$$

Для исследования производительности МС была разработана событийная имитационная модель (СИМ). Архитектура СИМ реализована в виде агентного представления.

На рис. 1 показана схема взаимодействия агентов СИМ. Здесь агент «Описание» служит для задания количества ядер в МС. Агент «Монитор» управляет потоком событий в СИМ. Агент «Приложение» имитирует работу ядра по выполнению конкретного приложения. Агент «Генератор заявок» генерирует заявку для запуска приложения в МС. Агент «Прерываний процессов» имитирует появление неблагоприятного события в МС, которое приводит к нарушению параллельной обработки приложений (прерывания и т.д.). Агент «Результаты моделирования» служит для выдачи оценки производительности по результату моделирования конкретного варианта МС.

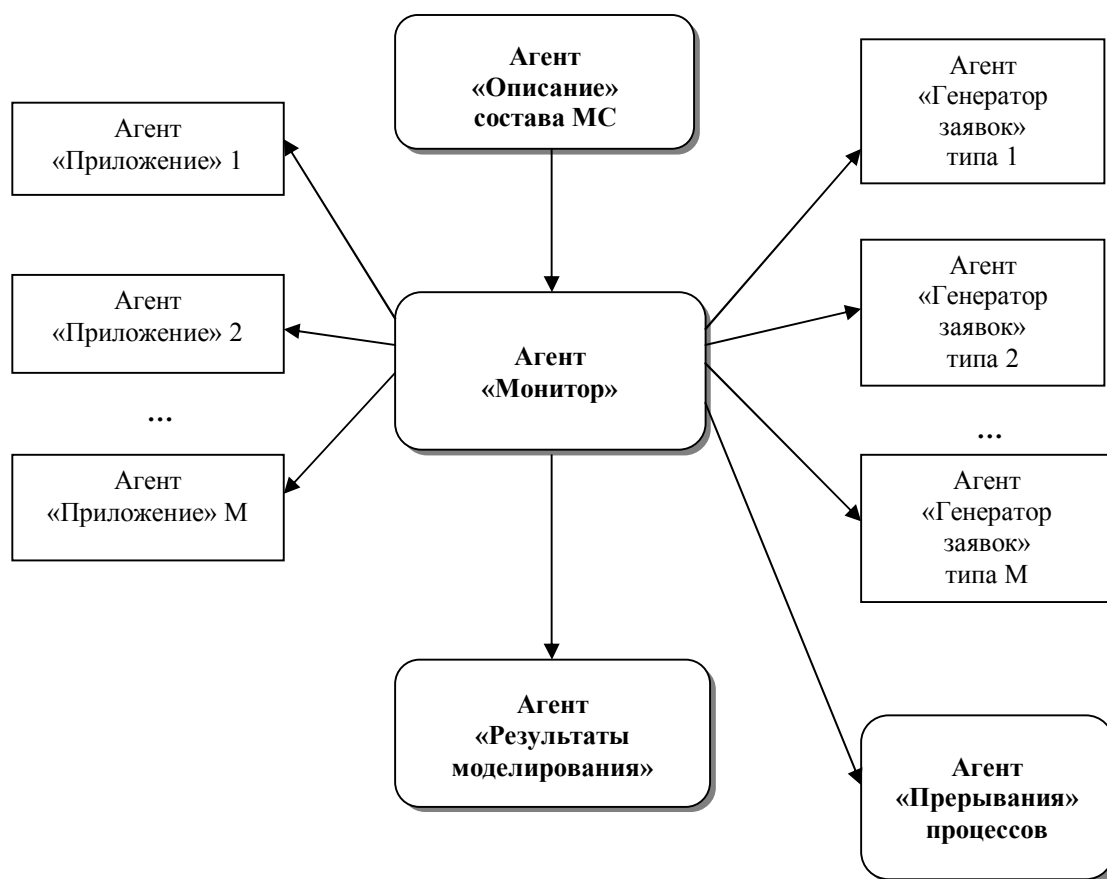


Рис. 1. Схема взаимодействия агентов СИМ

Кратко опишем сценарий моделирования МС, с помощью предложенный мультиагентной системы.

Вначале задается состав МС в виде ядер и приложений, которые обрабатываются в МС. Задаются характеристики приложений в виде времени обработки и закона появления заявок на использования приложений (периодический, случайный и т.д.). Эти характеристики используются для задания параметров агентов «Приложение» и агентов «Генератор заявок». Далее инициируется начальное событие в системе, связанное с появлением первых заявок. Включается агент «Генератор заявок», который выдает на обслуживание МС заявки. Выполнение заявок в МС осуществляется с помощью агентов «Приложение», которые занимают и используют соответствующие ядра в МС. Большое внимание в исследовании в МС, с помощью разработанной СИМ, уделено оценкам влияния прерываний на процессы выполнения приложений.

Характеристики прерываний (закон и количество прерываний) задаются на этапе описания системы и с помощью агента «Описания» через агент «Монитор» передаются агенту «Прерывание процессов». В работе показано, что появление даже небольшого количества прерываний (несколько процентов) приводит к резкому ухудшению произ-

водительности МС. При этом увеличение количества ядер в МС приводит к сильной зависимости производительности от числа прерываний. Практически, система при этом может перейти из режима параллельной обработки приложений к последовательному, что и показывает практика крупных производителей смартфонов (NOKIA, APPLE).

Заключение

Предложенный подход целесообразно использовать на начальных этапах проектирования МС, когда необходимо сформировать мультиядерную архитектуру, выбрать оптимальное конструктивное решение и оценить производительность системы. Для получения реальных оценок производительности необходимо учитывать факторы, связанные с нарушением параллельной обработки (например, прерывание приложений из-за действий пользователей).

Литература

1. Компонентне проектування інформаційних управляючих систем [Текст]: навч. посібник / О.Є Федорович, К.О. Западня, А.В. Попов, Ю.І. Сер-

геева. – Х.: Нац. аерокосм. ун-т «ХАІ», 2009. – 120 с.
2. Федорочич, О.Е. *Методология создания распределенных иерархических систем управления на*

основе компонентного подхода [Текст] / О.Е. Федорович, Л.Д. Греков // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2007. – №2(21). – С. 64 – 69.

Поступила в редакцию 21.05.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., заведующий кафедрой информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Харьков.

МУЛЬТИЯДЕРНІ СИСТЕМИ. ВИБІР КОМПОНЕНТНОЇ АРХІТЕКТУРИ, ОЦІНКА ПРОДУКТИВНОСТІ

О.Є. Федорович, Ю.І. Сергеева, А.К. Кайдалов

Ставиться і вирішується завдання обґрунтування характеристик мультіядерних системи (МС) в процесі її створення. Формується безліч альтернативних варіантів, які відрізняються кількістю ядер і конструктивними рішеннями. Для вибору раціонального варіанту МС використовується метод цілочисельного математичного програмування з булевими перерахуваннями. Для моделювання виробничої МС побудована імітаційна мультиагентна модель. Шляхом імітації зовнішніх умов, що приводять до появи переривань, здійснюється моделювання та оцінка продуктивності МС зі змінними обчислюваннями.

Ключові слова: мультіядерна система, оптимізація характеристик, мультиагентне моделювання, оцінка продуктивності.

MULTICORE SYSTEM. COMPONENT SELECTION ARCHITECTURE, ASSESSMENT OF PRODUCTIVITY

O.Y. Fedorovich, J.I. Sergeeva, A.K. Kaydalov

We pose and solve the problem of justification of the characteristics of multicore system (MS) in the process of creation. Generated a lot of options that differ in the number of cores and design solutions. To select a rational variant of MS using the method of integer mathematical programming with Boolean transfers. To simulate a production MS based multi-agent simulation model. By imitation of external terms that lead to the emergence of an interrupt by modeling and assessment of productivity of MS with variable calculation.

Key words: multicore system, optimization of the characteristics, multi-agent modeling, assessment of productivity.

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, профессор, заведующий кафедрой информационных управляющих систем Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Сергеева Юлия Игоревна – м.н.с. кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.

Кайдалов Антон Константинович – аспирант кафедры информационных управляющих систем, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «Харьковский авиационный институт», Харьков, Украина.