

Декомпозиция задач в группе роботов с использованием технологий облачных вычислений¹

Даринцев О.В., Мигранов А.Б.

Институт механики им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН, Уфа

В работе рассмотрены различные варианты декомпозиции задач в группе роботов с использованием технологий облачных вычислений. Учтена специфика области применения (коллективы роботов) и решаемых задач. В процессе декомпозиции решение одной большой задачи разбивается на решение серии меньших, более простых задач. Предложено три способа декомпозиции на основе линейного распределения, ролевого взаимодействия и синтеза решений. Приведены результаты экспериментальной проверки разработанных алгоритмов декомпозиции, показана работоспособность методов планирования траекторий в облаке. Полученное решение является одной из составляющих комплексной задачи построения эффективных коллективов роботов.

Ключевые слова: декомпозиция задач, группа мобильных роботов, облачные технологии, распределенная система управления

1. Введение

В последние годы интенсивные исследования в области интеллектуальной робототехники ведутся в таких направлениях как: промышленное производство, медицина, разведка и т.д. [1–4]. Зачастую создание интеллектуальных роботов связано с необходимостью их совместной работы с общими аппаратными и программными ресурсами, централизованной обработки заданий, а также решения задач с высокими требованиями к быстродействию бортовых систем управления. В качестве такого примера можно привести навигацию мобильных минироботов в динамической среде с большим количеством препятствий. При планировании движений окружающая мобильного робота среда рассматривается как динамический объект, она известна лишь частично или же полностью неизвестна. Для обнаружения препятствий и предотвращения столкновений в динамической среде навигационная система мобильного робота использует данные, по-

ступающие от бортовых сенсоров, которые в режиме реального времени фиксируют текущее состояние окружающего пространства. Система управления верхнего уровня «склеивает» сырую, полученную от сенсоров, информацию в целостную ситуационную осведомленность и принимает на её основе решения о дальнейшем движении на основе приближенных или интеллектуальных методов планирования [5].

При решении оптимизационных задач, возникающих в процессе синтеза участков программных траекторий перемещения мобильных роботов, с увеличением их количества пропорционально возрастают требуемые вычислительные ресурсы системы планирования, плотность информационных потоков и нагрузка на программно-аппаратные средства обработки данных сенсорных устройств. Также возникают проблемы организации совместной работы с данными и централизованной обработкой заданий. Поэтому является актуальным использование высокопроизводительных вычислительных ресурсов, выделяемых в распределенной среде (облаке) и эффективно разделяемых между отдельными членами группы. В понятие облака включена информационно-технологическая концепция, в соответствии с которой по требованию пользователя обеспечивается распределенный повсемест-

¹Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ (грант № 16-29-04165-офи-м) и Программы фундаментальных исследований Президиума РАН I.31П (подтема «Актуальные проблемы робототехники»).

ный сетевой доступ к общему пулу вычислительных ресурсов [6].

Из проблем распределенного облачного управления группой роботов можно выделить следующие:

- декомпозиция задач между роботами группы;
- организация совместной работы с данными; распределение облачных ресурсов без конфликтов между роботами;
- обеспечение взаимодействия роботов в облачной системе; создание протоколов обмена и языка коммуникации;
- синтез и композиция решений.

Одним из наиболее важных методов в повышении производительности облачной вычислительной системы является декомпозиция общей задачи, поставленной перед группой роботов.

Ранее, в работе [7], были рассмотрены задачи разработки общей архитектуры облачной вычислительной системы, а также построенная на ее основе распределенная система управления группами мобильных роботов. В настоящей статье будут рассмотрены различные варианты декомпозиции задач в группе с использованием технологий облачных вычислений.

2. Декомпозиция задач в облачной среде

Выделим три способа программирования алгоритмов, которые позволяют провести декомпозицию задач, получаемых из системы управления, для их распределения в приложениях виртуальной машины:

- линейное распределение;
- роевое взаимодействие;
- синтез решений.

Линейное распределение (рис. 1(а)). Этот способ предполагает разделение задачи на более мелкие в виде иерархического дерева. Распределение осуществляется до тех пор, пока отдельные подзадачи не будут иметь степень детализации, достаточную для исполнения одним роботом из группы. Алгоритм предполагает существование опыта корректной декомпозиции похожих задач и наличие знаний об их структуре, а для наиболее эффективного распределения необходимо учитывать специализацию отдельных роботов. Выделенные подзадачи нижнего уровня декомпозиции решаются уже в отдельных приложениях облачной среды

(рис. 1(б)). Для повышения эффективности отдельные виртуальные машины могут быть обеспечены аппаратно-программными устройствами ускорения специализированных операций (нейроакселераторы, GPU-процессоры, коммуникационные процессоры и т.д.)

Роевое взаимодействие (рис. 2(а)). В этом случае наиболее крупные задачи решаются индивидуально отдельными роботами из группы (планирование оптимальных траекторий, расчет оптимального плана технологической сборки и т.д.), при этом возможен, а зачастую и необходим, обмен информацией между роботами. Выделенные задачи на каждом уровне декомпозиции решаются в отдельных приложениях (рис. 2(б)). В пределах облачной среды виртуальные машины могут напрямую обмениваться полезной информацией.

Синтез решений (рис. 3(а)). Решения отдельных подзадач интегрируются в общее решение. Этот этап также может быть иерархическим с частными ответами, полученными на разных уровнях абстракции. Для рассматриваемой задачи в качестве примера декомпозиции такого типа можно привести планирование траекторий в группе мобильных роботов: частными ответами будут являться решения, полученные различными методами приближенного или интеллектуального планирования, сводным ответом — оптимальная траектория движения. Решения частных подзадач формируются в отдельных приложениях виртуальных машин облачной среды (рис. 3(б)). Количество приложений при этом соответствует набору методов (подходов), с помощью которых ищется решение частной задачи.

В зависимости от поставленной перед группой роботов общей задачи и функциональных возможностей отдельных роботов проводится выбор одного из способов декомпозиции. На следующем уровне системы управления реализуются эффективные методы распределения ресурсов вычислительной системы с учетом выбранной модели декомпозиции. Так как система управления должна функционировать посредством связи с облаком, предложен единый концептуальный подход, который позволяет осуществить:

- создание вычислительного пула;
- организацию работы и настройку сетевого стека;
- устройство хранилища (опорного центра обработки данных);
- обеспечение комплексной безопасности;
- подключение системы (сервер, ПО, пусконаладка);

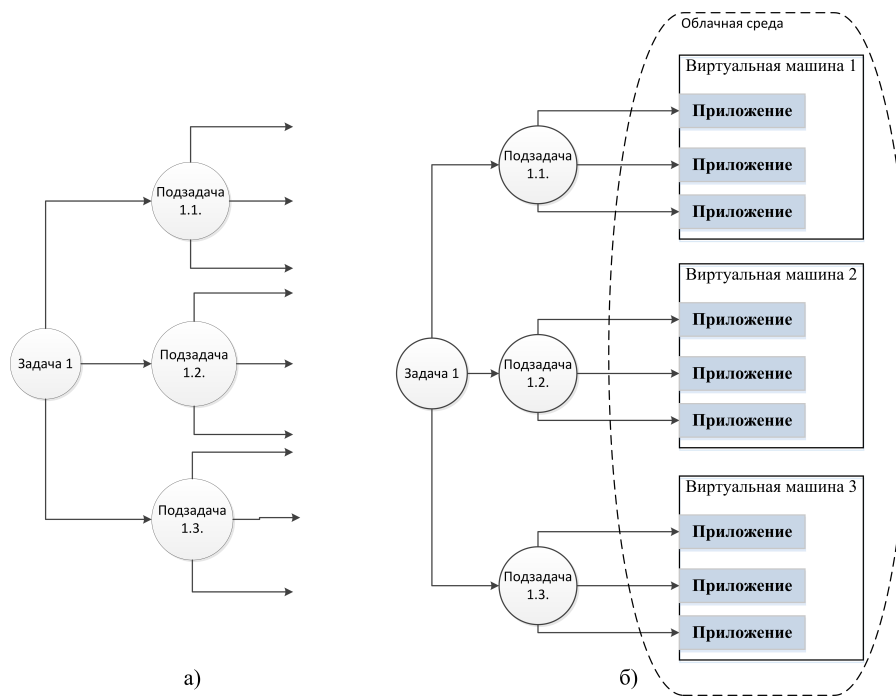


Рис. 1. Декомпозиция методом линейного распределения

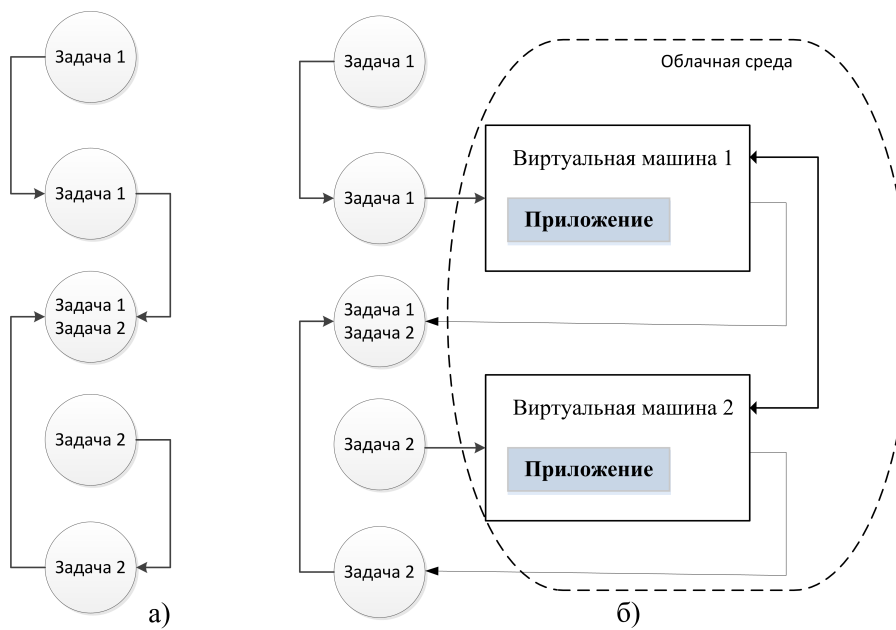


Рис. 2. Декомпозиция методом роевого взаимодействия

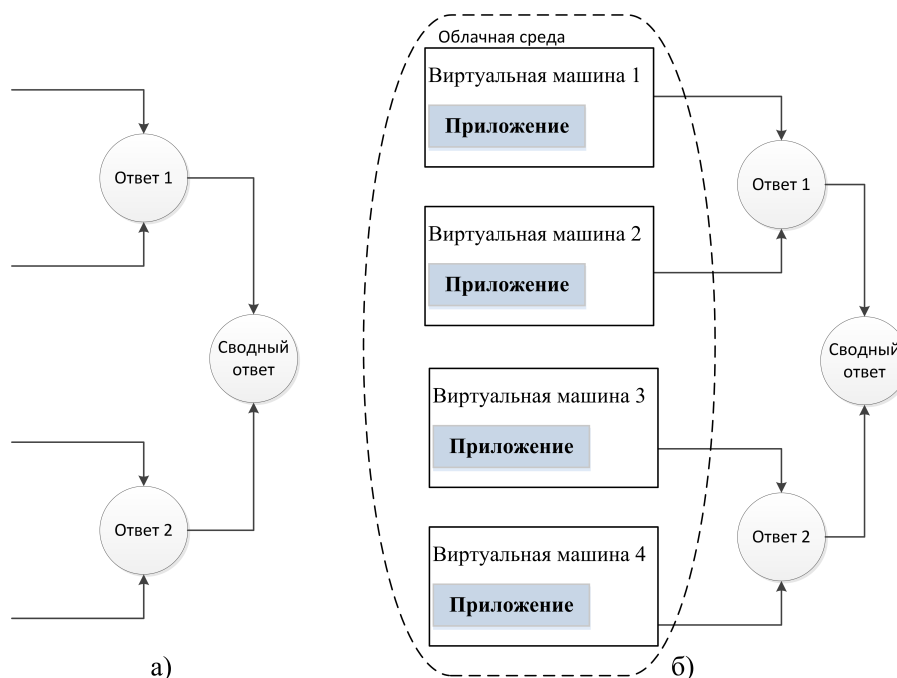


Рис. 3. Декомпозиция методом синтеза решений

- настройку управления роботами;
- виртуализацию;
- автоматизацию;
- самообслуживание оператором (управление группой роботов посредством автоматизированной системы управления (АСУ) через облако).

Конечным результатом предложенной инфраструктуры является отлаженная работа АСУ, которая в состоянии управлять группой роботов в режиме реального времени. С одной стороны, осуществляется бесперебойное взаимодействие с выбранным облачным решением как с базой данных, сервером и центром обработки данных. С другой — АСУ, получая команды через облачную сеть, распределяет и декомпозирует вычислительные задачи между отдельными роботами, соотносит степень их загрузки, своевременно перенаправляет информационные потоки по каналам связи и обмена и вне зависимости от уровня облака выводит получаемый результат непосредственно от виртуальной машины на монитор оператору как показано на рис. 4.

3. Заключение

Для проведения экспериментальной части был использован облачный сервис IaaS, на котором сконфигурированы следующие аппаратные характеристики: 2CPU — 3 ГГц CISCO B200, 4 Гб ОЗУ,

10 Гб SSD, Windows Server 2008 R2 x64. На облачный сервер произведена установка разработанного ранее программного обеспечения [8] для проведения ряда модельных экспериментов с системами планирования в группе мобильных роботов на основе динамического программирования, генетических алгоритмов, нейронных сетей и нечеткой логики. Полученные результаты подтвердили работоспособность разработанных ранее модулей на базе инфраструктуры облачного сервера.

В дальнейшем планируются разработка алгоритмов информационного обмена, создание программных модулей и аппаратно-программного интерфейса между облаком и реальным оборудованием прототипа робототехнического комплекса.

Список литературы

- [1] Abiyev, R. Ibrahim, D. Erin, B. Navigation of mobile robots in the presence of obstacles // *Advances in Engineering Software*. 2010. 41(10). Pp. 1179–1186.
- [2] Jun-Hao Liang, Ching-Hung Lee. Efficient collision-free path-planning of multiple mobile robots system using efficient artificial bee colony algorithm // *Advances in Engineering Software*. 2015. 79. Pp. 47–56.
- [3] Stentz, A. Constrained Dynamic Route Planning for Unmanned Ground Vehicles // *Proceedings of the 23rd Army Science Conference, Orlando, FL, 2002*. Pp. 161–166.

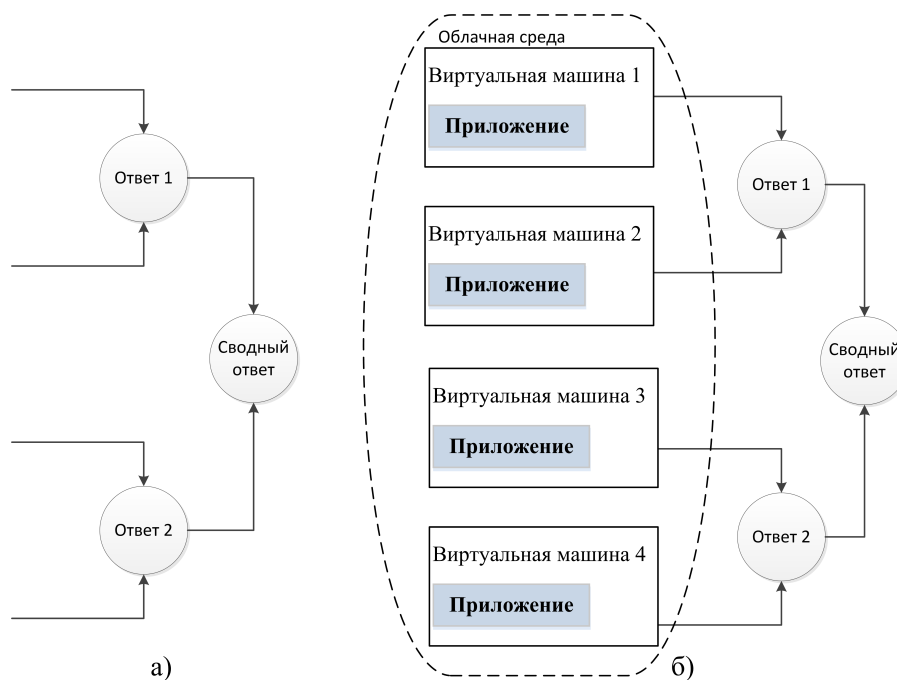


Рис. 4. Облачная инфраструктура с автоматизированной системой управления

- [4] Michael Wooldridge. MultiAgent Systems. Department of Computer Science, University of Liverpool, UK. JOHN WILEY & SONS, LTD, 2010. P. 368.
- [5] Даринцев О.В., Мигранов А.Б. Области применения приближенных и интеллектуальных методов планирования траекторий для групп мобильных роботов // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 6. С. 248–248. URL: www.science-education.ru/120-16542.
- [6] Peter Mell, Timothy Grance. The NIST Definition of Cloud Computing. National Institute of Standards and Technology. 2011. Pp. 2–3.
- [7] Даринцев О.В., Мигранов А.Б. Разработка архитектуры облачной вычислительной системы для управления группами мобильных роботов // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН. 2016. Т. 11, № 1. С. 72–80.
- [8] Даринцев О.В. Мигранов А.Б. Сравнительный анализ интеллектуальных методов планирования // Труды Института механики им. Р.Р. Мавлютова Уфимского научного центра РАН. Вып. 9, Часть II. Уфа, 2012. С. 53–58.

Decomposition of tasks in a group of robots using cloud computing technologies

Darintsev O.V., Migranov A.B.

Mavlutov Institute of Mechanics, Ufa

In this paper, various variants of decomposition of tasks in a group of robots using cloud computing technologies are considered. The specifics of the field of application (teams of robots) and solved problems are taken into account. In the process of decomposition, the solution of one large problem is divided into a solution of a series of smaller, simpler problems. Three ways of decomposition based on linear distribution, swarm interaction and synthesis of solutions are proposed. The results of experimental verification of the developed decomposition algorithms are presented, the working capacity of methods for planning trajectories in the cloud is shown. The resulting solution is a component of the complex task of building effective teams of robots.

Keywords: decomposition of tasks, group of mobile robots, cloud technologies, distributed control system



Многофазные системы:
модели, эксперимент, приложения
ИМех им. Р.Р. Мавлютова УНЦ РАН

Статья рекомендована к публикации
Программным комитетом VI Российской конференции
«Многофазные системы: модели, эксперимент, приложения»