

Е. Н. Тарасов, д-р техн. наук, нач. отдела¹, проф.², entarasov@mail.ru,

¹Научно-производственный центр автоматизации и приборостроения им. академика Н. А. Пилюгина, г. Москва,

²Московский государственный университет информационных технологий, радиотехники и электроники (МИРЭА)

Управление в эргатических распределенных системах обработки данных

Эргатическая распределенная система обработки данных, построенная на вычислительной сети, рассмотрена как объект управления для достижения максимального быстродействия. Сформулирован общий подход к управлению такой системой, представлены основные положения по реализации управления состоянием системы и управления процессом обработки данных.

Ключевые слова: эргатическая распределенная система, объект управления, оптимизация по времени работы, средства управления

Постановка задачи

Рассматривается эргатическая распределенная система обработки данных (ЭРСОД), в которой используется единая база данных, хранящая первичные данные и результаты их обработки. Обработка осуществляется на единичных автоматизированных рабочих местах (АРМ), либо параллельно в группе АРМ.

ЭРСОД построена на вычислительной сети (ВС) с централизованными вычислительными и информационными ресурсами, т.е. это система с применением технологии "тонкий клиент — толстый сервер", в которой присутствуют: сервер данных, сервер приложений и рабочие станции персонала — АРМ.

По условиям применения ЭРСОД может работать в нескольких режимах (штатном, тестовом, учебном и пр.) как с использованием соответствующих для каждого режима баз данных (БД), так и без БД. В последнем случае предусматривается ручной ввод всех необходимых данных для получения конечного результата.

Обработка данных в ЭРСОД проводится путем решения информационно-вычислительных задач (ИВЗ), среди которых различаются:

- задачи, носящие автономный характер, решение которых не связано с другими ИВЗ ни информационно, ни организационно;
- задачи, решаемые в определенных последовательностях, называемых технологическими цепочками обработки данных (ТЦОД). Таких цепочек может быть конечное множество. Число ИВЗ в цепочке отражает глубину обработки данных и определяется целевой задачей для конкретного случая применения.

Каждая ИВЗ реализуется в виде самостоятельного программного изделия. Рабочие места, на которых осуществляется решение ИВЗ, группируются по функциональному назначению, т.е. разные типы АРМ предназначены для решения определенных групп ИВЗ, и при выполнении технологической цепочки обработка данных может переходить от одной группы АРМ к другой. Таким образом, процесс обработки данных может состоять из нескольких стадий, выполнение которых осуществляется на разных группах АРМ. В информатике такие системы носят название многостадийных [1].

К ЭРСОД могут предъявляться различные требования в зависимости от ее назначения. Выделим из этого множества два требования:

- переход в процессе работы от режима к режиму без прерывания работы;
- минимизация времени обработки данных.

Изменение режима связано с изменением состояния системы, которое определяется совокупностью значений ее переменных параметров.

Эффективное функционирование ЭРСОД при наличии изложенных требований может быть обеспечено путем управления системой, т.е. придания ей способности определенным образом в заданном направлении и временных границах реагировать на управляющие воздействия.

Управление ЭРСОД должно обеспечивать:

- изменение состояния системы за минимальное время для получения условий применения, наилучшим образом отвечающих назначению системы, т.е. решению ИВЗ обработки данных;
- минимизацию времени процесса обработки данных;
- устойчивость к внешним и внутренним возмущениям на всех этапах работы системы.

Здесь под устойчивостью эргатической системы будем понимать способность выполнять свои функции при возникновении внешних и внутренних возмущений. К внешним возмущениям относятся такие, источники которых находятся вне системы и которые не связаны непосредственно с процессом обработки данных (отсутствие или некондиционность исходных данных, разрушительные последствия несанкционированного доступа или вирусной атаки и пр.). К внутренним возмущениям относятся: отказ технических средств, неработоспособность отдельных компонентов программного обеспечения, нарушение работоспособности и целостности баз данных, ошибки операторов и др.

Общий подход к управлению ЭРСОД

В качестве объекта управления в ЭРСОД выступает совокупность технических и программных средств, информационного обеспечения и персонала, выполняющая работу по назначению [2]. Управляемость такой системе может придать контур управления, который включает в себя субъект управления (лицо, выполняющее управление — ЛВУ) и средства управления (технические, программные и информационные). На рис. 1 показана

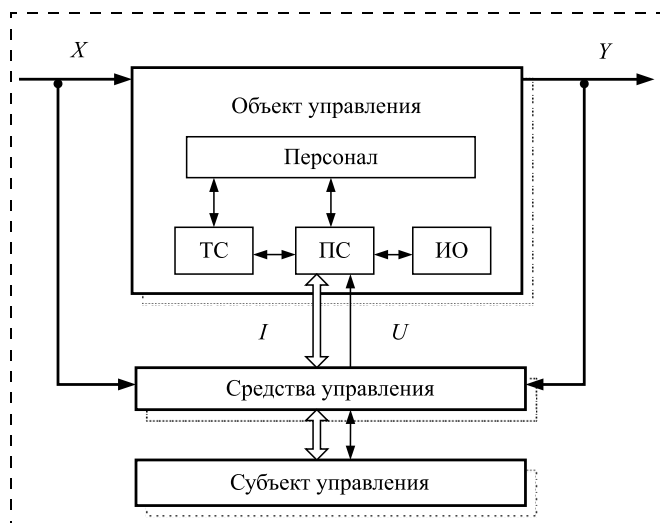


Рис. 1. Общая схема управляемой эргатической системы

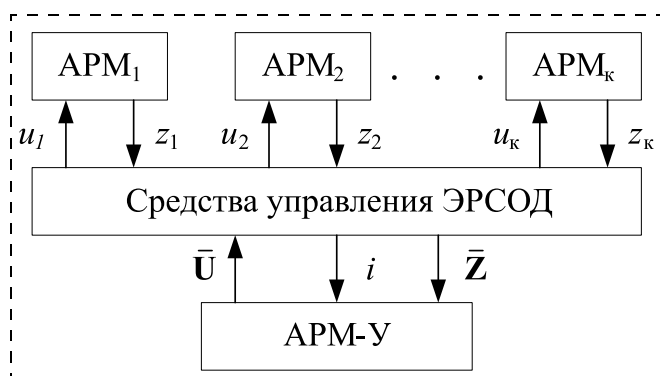


Рис. 2. Схема многоканального управления ЭРСОД

в общем виде схема ЭРСОД, являющаяся объектом управления.

На вход ЭРСОД подается входное воздействие X в виде массива данных, которые в результате обработки в системе преобразуются в выходной массив Y . В отличие от автоматической системы управления техническим объектом управляющее воздействие U в эргатической системе выдается не системой управления, а субъектом управления (ЛВУ) в виде некоторых команд, сообщений или действий с помощью имеющихся программных и технических средств. Через программные средства системы происходит также двухсторонний информационный обмен между объектом и субъектом управления I (рис. 1), на основании которого субъект управления принимает необходимые управленческие решения и формирует управляющие воздействия.

Источниками информации для этих решений являются входные воздействия на систему X и выходное состояние Y , а также информация I , характеризующая в текущий момент времени состояние технических и программных средств и ЭРСОД в целом.

Следует отметить, что каждый пользователь из числа персонала, выполняющего функции системы по назначению, несет на себе в управлении ЭРСОД еще и функции исполнительного органа, реализующего управляющие воздействия со стороны ЛВУ. Таким образом, управляющее воздействие можно рассматривать в векторном представлении U , где каждый элемент вектора u_j ($j = 1, k$) является управляющим воздействием, адресованным пользователю j , работающему на АРМ $_j$:

$$U = (u_1, u_2, \dots, u_k),$$

где k — число АРМ из состава ЭРСОД, применяемых в данный момент времени.

Отсюда следует, что каждое управление u_j осуществляется по своему информационному каналу j между ЛВУ и пользователем АРМ $_j$, по которому от ЛВУ к АРМ $_j$ идут управляющие воздействия u_j , а от АРМ $_j$ к ЛВУ — сигналы обратной связи z_j . На рабочем месте управления (АРМ-У) ЛВУ концентрируется вся информация о выданных управляющих воздействиях U , результатах их исполнения Z и об общем состоянии системы I , что позволяет субъекту управления оценивать ситуацию, принимать управленческие решения и их реализовывать. Схему управления ЭРСОД в этом случае можно представить так, как показано на рис. 2.

Реализация такого многоканального управления осуществляется соответствующими средствами управления ЭРСОД, которые разрабатываются для каждой конкретной системы.

Подход к управлению ЭРСОД как к системе с обратной связью позволяет ставить и решать задачу оптимизации времени работы в разных условиях функционирования системы, в том числе как при изменении ее состояния, так и при обработке данных [3].

Управление состоянием ЭРСОД применяется на этапах перехода от одного состояния к другому. В устойчивом состоянии система выполняет решение задач по назначению, а переход к новому состоянию определяется необходимостью начать решение иных задач, отличных от решавшихся в предыдущем состоянии, в силу различных причин.

Под состоянием ЭРСОД понимается упорядоченная совокупность переменных параметров, внутренних и внешних, определяющих свойства системы и ход процессов, происходящих в ней (например, режим работы, применяемая БД, состав используемых АРМ, состав решаемых ИВЗ и пр.) [4].

В основу управления для перевода ЭРСОД из одного установившегося состояния в другое может быть положена поведенческая модель системы, отражающая в фазовом пространстве параметров состояния все возможные переходы по изменению состояния. Эта модель носит детерминированный характер и может быть описана как конечное множество состояний системы C_s и соответствующее ему множество операторов перехода A_r^q из одного состояния в другое. В свою очередь, каждому оператору A_r^q ставится в соответствие набор процедур pr_v , приводящих к качественным изменениям системы и состоящих из действий d_u , которые выполняются автоматически или пользователями на рабочих местах и реализуют составную часть процедуры для каждого АРМ [4].

Учитывая детерминированный характер всех приведенных составляющих поведенческой модели системы, можно говорить о программной функции эргатического управления изменением состояния ЭРСОД, в качестве которой принимается оператор перехода A_r^q , у которого каждая процедура имеет нормативное время выполнения.

На рис. 3 показано графическое представление программного управления ЭРСОД при переходе системы из состояния C_r в состояние C_q путем последовательного выполнения процедур pr_1, pr_2, pr_v с соответствующими нормативными временами $t_{pr1}, t_{pr2}, t_{prv}$.

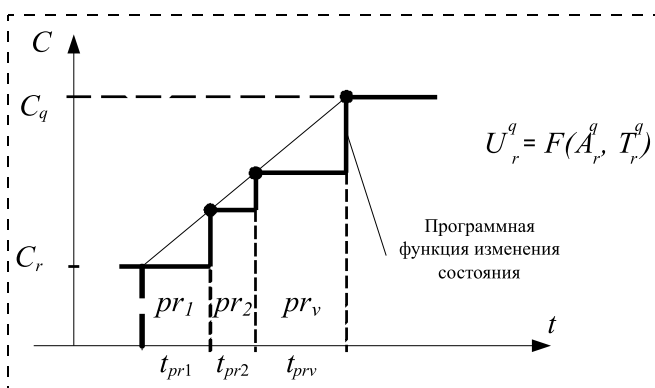


Рис. 3. Графическое представление программного управления состоянием

Процессы обработки данных осуществляются в установившемся состоянии ЭРСОД. Задачи управления при этом состоят в организации этих процессов с минимизацией времени обработки, что является одним из критериев эффективности такой системы. Достижению соответствующего результата препятствуют определенные сложности, а именно:

- эргатический характер системы, где действия персонала могут в значительной степени определять быстродействие ее функционирования;
- распределенный характер системы, который осложняет взаимодействие ее удаленных объектов;
- особенность ЭРСОД как объекта управления, в котором изначально нет эффективных средств управления.

Проблема оптимизации времени подготовки данных может быть сформулирована следующим образом: множество входных данных должно быть обработано ИВЗ в составе технологических цепочек на разнородных АРМ таким образом, чтобы в совокупности весь процесс обработки данных занимал минимальное время.

Оптимальное управление процессом обработки данных при такой постановке может быть представлено в виде

$$U_i^* = \arg \min t(U, X^*, X_i^{ПР}, R_i, T_{ИВЗ}^H),$$

где t — время выполнения задач обработки данных; U — множество векторов управляющих воздействий; X^* — вектор технических характеристик ЭРСОД, выбранный в результате проектирования системы; $X_i^{ПР}$ — вектор технических характеристик, применяемый в конкретном случае решения; R_i — вектор параметров, характеризующих ограничения и условия применения; $T_{ИВЗ}^H$ — вектор нормативных времен решения ИВЗ на АРМ.

Решение проблемы управления, обеспечивающего минимизацию времени обработки данных в ЭРСОД, лежит в области организации вычислительного процесса в вычислительной сети. Добиться желаемого результата здесь возможно путем такой организации этого процесса, при которой распределение ИВЗ на рабочие места (АРМ), используемые для обработки данных, позволяло бы получить минимальное время решения в целом. Организовать вычислительный процесс в вычислительной сети нужным образом можно, определив для каждого АРМ системы состав и последовательность выполнения ИВЗ. Совокупность таких последовательностей для всех АРМ ЭРСОД дает расписание решения ИВЗ в сеансе работы. Если это расписание составить таким образом, что при всех действующих условиях и ограничениях будет достигаться максимальное быстродействие обработки данных по всей системе, то такое расписание следует использовать в качестве программной функции управления ЭРСОД. В этом случае в качестве управления U

здесь выступает многопараметрическая функция расписания $S(t)$. При этом задача нахождения программной функции управления в форме расписания по целому ряду признаков является близкой к задачам планирования, решаемым в *ERP*-системах (системах управления ресурсами предприятий) [5]. Практически она решается методами теории расписаний, позволяющими получить в зависимости от объема входных данных и имеющегося времени на составление расписания оптимальное $S_{\text{опт}}(t)$ или квазиоптимальное $S_{\text{опт}}^*(t)$ расписание обработки данных [1].

Средства управления ЭРСОД

Представленные два вида управления ЭРСОД являются независимыми друг от друга, так как их применение не может совпадать по времени — они используются на разных этапах работы системы. Поэтому в основе управления ЭРСОД лежит парадигма использования нескольких контуров управления, каждый из которых применяет для характерного этапа работы соответствующий метод.

Реализуется управление ЭРСОД программными средствами управления, которые размещаются как на централизованном вычислительном ресурсе (сервере) сети, так и на функциональных АРМ. Программные средства субъекта управления (лица, выполняющего управление) реализуют для каждого контура свои управляющие воздействия в виде программных функций и дополнительных команд, обеспечивающих устойчивость системы. Программные средства пользовательского управления предназначены для исполнения этих управляющих воздействий.

Управление ЭРСОД включает в себя также информационное обеспечение, в котором можно выделить неизменяемую консервативную часть (описание системы, поведенческая модель системы и пр.) и оперативную часть, используемую для формирования, накопления и обработки временных данных в процессе работы.

Заключение

Управление эргатической распределенной системой обработки данных для обеспечения минимизации времени обработки может быть построено как многоконтурное на основе программных функций, в качестве которых выступают поведенческая модель и оптимальное расписание выполнения информационно-вычислительных задач. Формирование управляющих воздействий осуществляется лицом, выполняющим управление, а их реализация — персоналом системы.

Список литературы

1. **Танаев В. С., Сотсков Ю. Н., Струевич В. А.** Теория расписаний. Многостадийные системы. М.: Наука, 1989. 328 с.
2. **Тарасов Е. Н.** Автоматизированная система обработки данных как объект управления // Тр. ФГУП "НПЦАП". 2011. Вып. 2 (16). С. 28—36.
3. **Тарасов Е. Н., Румянцев Г. Н.** Оптимальное управление автоматизированной системой обработки данных // Тр. ФГУП "НПЦАП". 2014. Вып. 3 (29). С. 14—19.
4. **Тарасов Е. Н., Васенькина Н. Н.** Использование поведенческой модели для управления состоянием информационной системы // Тр. ФГУП "НПЦАП". 2012. Вып. 4 (22). С. 3—12.
5. **Загидуллин Р. Р.** Вопросы выбора и внедрения систем управления производством классов MES, APS, ERP. URL: www.tadviser.ru (дата обращения 24.01.2011).

Ergatic Distributed Data-Processing Systems Control

E. N. Tarasov, entarasov@mail.ru✉, Federal State Unitary Enterprise "Academician Pilyugin Scientific-production Center of Automatics and instrument-making", Moscow, 117342, Russian Federation, Moscow State University of Radio-Engineering Electronics and Automation, Moscow, 119454, Russian Federation

Corresponding author: **Tarasov Evgeniy N.**, D. Sc., Head of Department, Professor, Federal State Unitary Enterprise "Academician Pilyugin Scientific-production Center of Automatics and instrument-making", Moscow, 117342, Russian Federation, Moscow State University of Radio-Engineering Electronics and Automation, Moscow, 119454, Russian Federation e-mail: entarasov@mail.ru

Received on December 24, 2015

Accepted on December 29, 2015

This paper presents a review of ergatic distributed data-processing system (EDDPS) based on network with Centralized computing and informational resources. According to application conditions, EDDPS is able to operate in several modes (regular, testing, training etc.) either with existing database (DB) or without it. There should be manual input to get the final result in the second option. Data processing in EDDPS is done by solving informational-computing task (ICT) including both standalone tasks and tasks consequently solved in technological handling data chain (THDC). Every ICT is a self-realized software product. Automated Workstations (AWS) are provided for data processing in EDDPS, functionally grouped ICTs are being solved on these workstations. The following requirements are imposed to the system: non-interrupted transition process between different modes and minimized data-processing time. EDDPS's efficiency may be ensured by the way of system control, i.e. provide with a capability to respond to control actions in a certain way, specific direction and timeframe. EDDPS control must ensure changing of the state in the shortest period of time to get the circumstances best for ICT solution; minimization

data-processing time; steadiness to internal and external perturbations during the all system operation steps. Complex of technological and software resources, informational security and staff is the management object of EDDPS. It's covered by control loop which includes management subject (decision maker — DM) and management tools (technical, software and informational). Such approach enables to solve the time-minimizing problem for operation system both with data processing and with its state changing. EDDPS mode control is connected with adjustments of system parameters characterizing its functionality (e. g. Operating mode, used DB, AWS composition, ICT structure etc.) and must ensure the transformation from one steady state to another. Behavioral model reflecting all possible mode transformations may be used as management foundation. Data processing control is done in a current state in aim of time minimization of the data reduction to increase the speed of system functionality in total. Minimum of time may be achieved for the relevant system class by using the program monitoring function which can be presented by schedule of ICT decisions on chosen AWS. Presented two control modes are independent as their usability may be mistiming — as they are used on the different steps of the system operation. The basis of EDDPS control is the paradigm of several control loops usage each of which realizes method requisite for the exact step. Controlled functionality EDDPS with minimized data processing time is realized by software utilities and informational management support.

Keywords: Ergatic distributed data-processing system (EDDPS), network, database (DB), informational-computing task (ITC), technological handling data chain (THDC), automated workstations (AWS), data processing, decision maker (DM)

For citation:

Tarasov E. N. Ergatic Distributed Data-Processing Systems Control, *Mekhatronika, Avtomatizatsiya, Upravlenie*, 2016, vol. 17, no. 4, pp. 245—249.

DOI: 10.17587/mau/17.245-249

References

1. Tanaev V. S., Sotskov Ju. N., Strusevich V. A. *Teorija raspisanij. Mnogostadijnye sistemy* (Schedule Theory. Sequential Systems), Moscow, Nauka, 1989, 328 p. (in Russian).

2. Tarasov E. N. *Avtomatizirovannaja sistema obrabotki dannyh kak object upravlenija* (Automated data-processing system as a control object), Proc. of FSUE "Academician Pilyugin Scientific-production

Center of Automatics and instrument-making", 2011, no. 2 (16), pp. 28—36. (in Russian).

3. Tarasov E. N., Rumjancev G. N. *Optimal'noe upravlenie avtomatizirovannoj sistemoj obrabotki dannyh* (Optimal control of automated data-processing system). Proceedings of FSUE "Academician Pilyugin Scientific-production Center of Automatics and instrument-making", 2014, no. 3 (29), pp. 14—19. (in Russian).

4. Tarasov E. N., Vasen'kina N. N. *Ispol'zovanie povedencheskoj modeli dlja upravlenija sostojaniem informacionnoj sistemy* (Usage of Behavior model to control the state of informational system), Proc. of FSUE "Academician Pilyugin Scientific-production Center of Automatics and instrument-making", 2012, no. 4 (22), pp. 3—12. (in Russian).

5. Zagidullin R. R. *Voprosy vybora i vnedrenija sistem upravlenija proizvodstvom klassov MES, APS, ERP* (Aspects of selection and implementation of manufacturing control systems MES, APS, ERP), available at: www.tadviser.ru (date of access 24.01.2011).

УДК 621.865:004.896

DOI: 10.17587/mau.17.249-253

В. А. Карташев, д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр., проф., kart@list.ru,

А. А. Богуславский, д-р физ.-мат. наук, вед. науч. сотр.,

С. М. Соколов, д-р физ.-мат. наук, проф., зав. сектором,

Институт прикладной математики им. М. В. Келдыша РАН

Обеспечение безопасности работы оператора методом разделения рабочих зон робота и человека¹

Обеспечение безопасности оператора в рабочей зоне робота методом выделения области работы каждого из них сводится к контролю пересечения границы между указанными областями. Сравнение возможностей существующих технических средств решения этой задачи позволяет сделать вывод о том, что наиболее удобными в использовании являются системы, построенные на основе СТЗ. Для обозначения линии границы в них предлагается использовать мигающие светодиодные модули. Результаты экспериментов показывают, что такое решение обеспечивает высокую надежность обнаружения пересечения границы в большом диапазоне условий освещенности.

Ключевые слова: безопасность совместной работы с роботом, система технического зрения, метод разделения рабочих зон

Введение

Необходимость обеспечения безопасности работы человека в рабочей зоне манипуляционного робота является основной проблемой, которая сдерживает развитие новых направлений манипуляци-

онных технологий: в строительстве, космонавтике, медицине. Накопленная к настоящему времени статистика десятилетнего использования медицинских робототехнических комплексов "Да-Винчи" в США [1] свидетельствует о существенной доле опасных инцидентов, произошедших в процессе эксплуатации. Опасные и фатальные ситуации имели место не только для оперируемого больного, но и для медицинского персонала, который нахо-

¹ Работа выполнена при поддержке РФФИ (проект № 14-08-01012-а).