

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ АСУ НА ОСНОВЕ ОПТИМИЗИРОВАННОГО ПРИОРИТЕТНОГО УПРАВЛЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННЫМ ОБСЛУЖИВАНИЕМ

Сироткин А. В.

ФГБОУ ВПО «Северо-Восточный государственный университет», г. Магадан, Россия (685000, ул. Портовая, д. 13), e-mail: andrew_sirotkin@mail.ru

Повышение эффективности автоматизированных систем управления является актуальной задачей, способствующей повышению эффективности производственных систем и систем управления. Выявлена проблема возникновения задержек информационного обслуживания в инфраструктуре АСУ, возникающая за счет конкуренции процессов формирования информационных потоков и далее при их передаче. Представлена трехуровневая модель АСУ, на основе которой разработана приоритетная модель обеспечения информационных процессов и сформулирована задача оптимизации информационного взаимодействия по параметру задержек. Предложено управлять задержками за счет изменения их величины так, чтобы критические потоки получали наименьшее время ожидания. Для оптимизации управления использованы регулирующие вектора на основе приоритетов процессов формирования информации источниками и приоритетов передачи информационных потоков в сетях передачи данных. Для согласования регулирующих приоритетов в системах формирования и передачи разработаны приоритетные планы, согласующие значения приоритетов в различных технических реализациях оптимизируемых систем.

Ключевые слова: информационное взаимодействие, приоритетное управление, информационный процесс.

INCREASE OF EFFICIENCY OF THE MANAGEMENT INFORMATION SYSTEM ON THE BASIS OF THE OPTIMIZED PRIORITY MANAGEMENT OF INFORMATION SERVICE

Sirotkin A. V.

«Northeastern state university», Magadan, Russia (685000, street Portovaya, 13), e-mail: andrew_sirotkin@mail.ru

Increase of efficiency of the automated control systems is an actual problem of efficiency of industrial systems promoting increase and control systems. The problem of occurrence of delays of information service in an infrastructure the MANAGEMENT information system arising at the expense of a competition of processes of formation of information streams is revealed, and further by their transfer. The three-level model of the MANAGEMENT information system on which basis the priority model of support of information processes is developed is presented and the problem of optimization of information interaction on parameter of delays is formulated. It is offered to operate delays at the expense of change of their size so that critical streams received the least waiting time. For management optimization are used regulating a vector on the basis of priorities of processes of formation of the information by sources and priorities of transfer of information streams in data transmission networks. Priority plans are developed for the coordination of regulating priorities in formation and transfer systems, coordinating values of priorities in various technical realizations of optimized systems.

Keywords: information interaction, priority management, information process.

Введение

В современных автоматизированных системах управления (АСУ), имеющих централизованную архитектуру хранения информации, существуют известные проблемы обслуживания, связанные с разделением сетевых и вычислительных ресурсов источника между клиентами. Одной из основных проблем является возникновение задержек обслуживания, негативно влияющих на время информационных процессов в системе и, вследствие этого, снижающих эффективность её эксплуатации. Пример реального воплощения этой проблемы приведен на рис. 1 в виде фрагмента композитного сетевого

потока, включающего фрагменты информационных потоков, имеющие случайный размер и порядок следования. Поиск решения этой проблемы находит широкое отражение в работах современных исследователей, например [1-4, 8], в том числе и в работах автора, например [6-7].

Однако, несмотря на широкий спектр исследований в этой области, отсутствуют решения, полностью устраняющие эту проблему и нашедшие промышленное внедрение, отсутствуют описания технологий, позволяющих собственными средствами вычислительной системы управлять прикладными информационными процессами, отсутствуют описания доступных механизмов управления информационными объектами АСУ на этапах их формирования и передачи, что оставляет широкие перспективы для проведения фундаментальных и прикладных исследований в этой области.

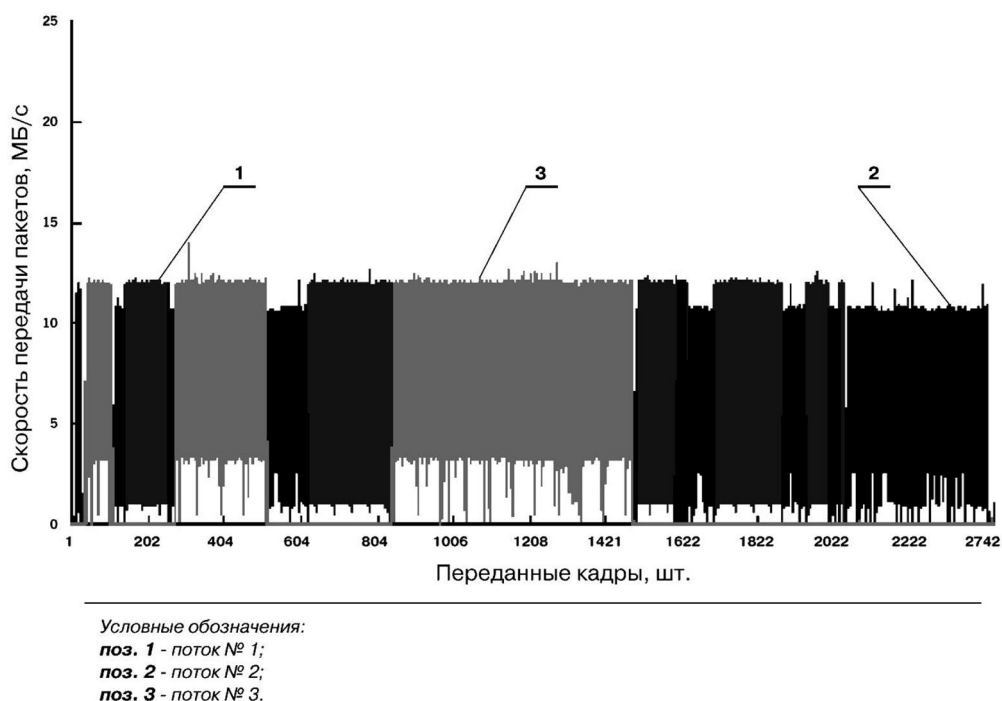


Рис. 1. Фрагмент композитного потока данных на выходе источника [7]

По-прежнему остаются нерешенными вопросы ранжирования заявок, классификации управляющих параметров, установления функциональных зависимостей параметров управления от показателей системы, выбор этих показателей, характер дисциплин диспетчеризации, связи управляющих параметров с используемыми механизмами типовых систем и пр.

Разработка оптимизирующей модели системы информационного обеспечения на основе задержек обслуживания

Для поиска путей разрешения этой проблемы можно воспользоваться концептуальным представлением об АСУ как трёхуровневой системе, построенной на принципе «информационного обеспечения».

Анализ АСУ по способу обеспечения процессов управления позволяет выделить три иерархических уровня: **обеспечивающий** (включающий формирование и передачу данных) – **информационный** – **управление**. В общем виде трёхуровневая иерархическая модель информационного обеспечения управления в АСУ представлена на рис. 2. Введем обозначения уровней модели: система управления – n_0 ; информационная система – n_1 ; обеспечивающая подсистема – n_2 ; подсистема передачи данных – $n_{2.1}$; подсистема формирования данных – $n_{2.2}$.

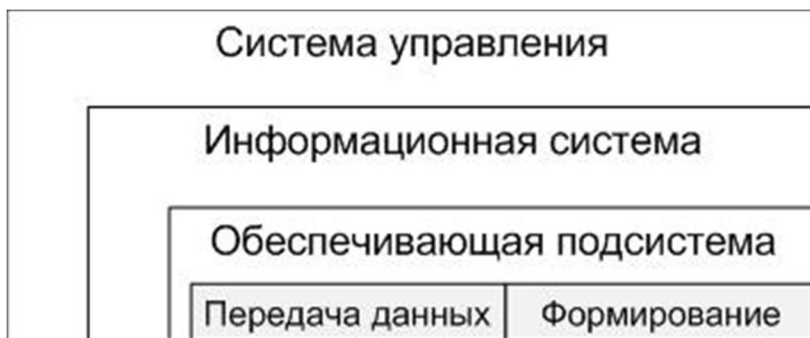


Рис. 2. Иерархическая модель информационного обеспечения АСУ

Допустим, что существует задача максимально повысить эффективность системы управления за счет регулирования параметров обеспечивающего уровня, т. е. решить задачу:

$$\begin{aligned} \Phi &= F(F_{Q_0}(A_0)) \rightarrow \max \\ A_0 &= (F_{Q-1}(F_{Q-2}(a_{-2,1}, a_{-2,2}, a_{-2,3}, \dots, a_{-2,n_2}), a_{-1,2}, \dots, a_{-1,n_1}), a_{0,2}, \dots, a_{0,n_0}); \\ a_{i,j} &\in [a_{i,j,m}, a_{i,j,h}] \end{aligned} \quad (1)$$

где Φ – целевая функция системы, $a_{i,j,m}$ и $a_{i,j,h}$ – нижний и верхний пределы изменения показателей соответственно, F_Q – обобщающая функция для соответствующего уровня обеспечения.

Для решения этой задачи введем переменный вектор регулирующих параметров $X(t) = (q(t), p(t))$, смысл которого будет состоять в непрерывном управлении приоритетами процедуры формирования – q и процедуры передачи – p с целью обеспечения непрерывного движения системы в направлении предпочтительного изменения целевой функции $\Phi(t)$. Предположим, что решена техническая задача внедрения регулирующих приоритетов q и p в подсистемы формирования и передачи данных.

Выразим задержки обеспечивающих процессов как функции соответствующих приоритетов $\sigma_s = f_s(q, \lambda_s)$; $\sigma_r = f_r(p, \lambda_r)$ или в случае переменного регулирующего вектора как

$$\sigma_s(t) = f_s(q(t), \lambda_s(t)); \quad \sigma_r(t) = f_r(p(t), \lambda_r(t)), \quad (2)$$

при неизменности вида самих функций f_s, f_r , где λ – интенсивность потока заявок на обслуживающий прибор формирования и передачи соответственно.

В качестве полноценного критерия оптимизации, учитывающего все описанные параметры, введем параметр «обобщенной задержки», выраженный как функция от суммарной задержки $\varepsilon = G'(\sigma, w)$, где w – весовой коэффициент влияния на обобщенный показатель n_0 уровня. Вид свертки полностью определяется видом функции G' , которая реализует следующее правило: «Чем выше влияние процесса управления, тем ниже должна быть суммарная задержка его обеспечения». Целевая функция, выраженная от показателя обобщающей задержки, имеет вид $\Phi(F(\varepsilon_i)) \rightarrow \max; i \in |P(t)|$, где F – некоторая функция свертки показателей обобщающей задержки, P – множество процессов уровня n_0 , требующих обслуживания во время t . Решение задачи оптимизации будет заключаться в поиске для каждого момента времени $t \in 0, T$ такого значения ε_i , для которого будет выполняться целевое условие.

Отсюда искомое решение оптимизации выражается как

$$i = \arg \max(\Phi(F(G'(\sigma_i, w_i)))). \quad (3)$$

С учетом завершенности процессов обеспечения, и учитывая иерархическое влияние показателей процессов формирования и передачи, для некоторого процесса управления можно определить совокупную задержку обеспечения, которая будет включать в себя задержки, связанные с формированием данных, и задержки, связанные с передачей. Исходя из этого, функцию суммарной задержки с учетом управляющего вектора можно выразить как

$$\sigma_i = \sum_{j=1}^n \sum_{l=1}^m (f_s(q_{jl}, \lambda_s) + f_r(p_{jl}, \lambda_r)); \quad (4)$$

$$n = |W_i|; \quad m = |D_j|; \quad D_j \in W_i.$$

Установим, что, если не задано специальным образом, для i -го процесса управления будут использоваться фиксированные приоритеты для всех подпроцессов обеспечения, т. е. $q_{jl} = const, p_{jl} = const, l \in 1, |D_j|; j \in 1, |W_i|$.

С учетом этого ограничения функция суммарной задержки (4) упрощается до выражения

$$\begin{aligned} \sigma_i &= n \times m(f_s(q_i, \lambda_s) + f_r(p_i, \lambda_r)); \\ n &= |W_i|; \quad m = |D_j|; \quad j \in \overline{1, |W_i|} \end{aligned} \quad (5)$$

С учетом (5) решение оптимизации (3) преобразуется к виду

$$i = \arg \max(\Phi(F(G'(n \times m(f_s(q_i, \lambda_s) + f_r(p_i, \lambda_r))), w_i))), (6)$$

который можно интерпретировать как «выбор индекса такого процесса управления при заданных для процедур обеспечения приоритетах формирования и передачи данных, при очередном выполнении которого значение целевой функции системы будет максимальным».

Разработка приоритетных планов управления процессами формирования и передачи информационных потоков

Существующие системы формирования данных на базе тиражируемых операционных систем и системы передачи данных на базе, например, широковещательных сетей, имеют встроенные системы приоритетного управления объектами, основанные на различных алгоритмах диспетчеризации и различных значениях приоритетов. Это создает определенные сложности для технической реализации предложенного метода оптимизации. Решение может быть найдено путем построения каскадных приоритетных планов, имеющих в своей основе параметры управления используемых подсистем.

Рассмотрим систему, состоящую из двух последовательно включенных приоритетных обслуживающих приборов, в совокупности образующих обслуживающий «центр», и n активных субъектов (см. рис. 3). В качестве обслуживающих приборов выступают подсистема формирования информации – G на базе вычислительной системы источника и подсистема передачи данных – D . Определим множество субъектов взаимодействия S ; $|S| = n$, множество информационных объектов Q ; $|Q| = m$ и определенное на их основе множество информационных процессов $P = \{p_{ij}\}; i \in \overline{1, m}; j \in \overline{1, n}$. Каждый бит матрицы $p_{ij} \in \{0; 1\}$ интерпретируется как наличие ($p=1$) или отсутствие ($p=0$) взаимодействия j -го субъекта и i -го объекта.

В центре определены множества установленных рангов субъектов r_j и объектов u_i , которые составляют одномерные массивы $R = (r_1, r_2, \dots, r_n) = (r_j), j \in \overline{1, n}$ и, соответственно, $U = (u_1, u_2, \dots, u_m) = (u_i), i \in \overline{1, m}$. Множества U и R представляют собой гомоморфные отображения множеств Q и S , сохраняющие структуру упорядоченных множеств $h: Q \rightarrow U; h: S \rightarrow R$ см. рис. 2.

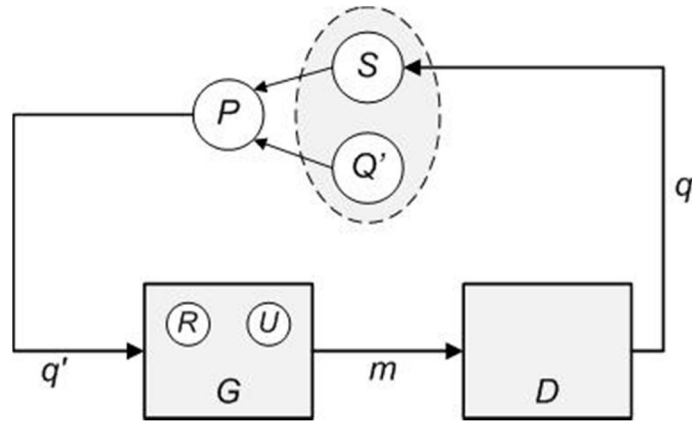


Рис. 3. Блок-схема приоритетной информационной системы

Интересы субъектов – инициаторов информационного взаимодействия и всей системы – выражаются их целевыми функциями $\dot{P} = f_j(r_j, u_i, \sigma_{ij})$ и $\Phi(\dot{P}, R, U)$, где $\sigma_l \in \Omega; l = i \times j$ – параметр, параметризующий класс допустимых целевых функций для l -й информационной процедуры.

Пусть описаны реализующие технологии подсистем:

- 1) подсистемы формирования информации как множество приоритетов \dot{U} дисциплины карусельной диспетчеризации, обеспечивающей вытесняющую многозадачность операционной системы источника;
- 2) подсистемы передачи данных как множество M маркеров *MPLS*, обеспечивающих, например, обслуживание очередей передачи *CBWFQ* [5].

Порядок функционирования системы следующий.

1. Этап сбора информации. Субъекты с сетевыми адресами: $(\dot{s}_1, \dot{s}_2, \dots, \dot{s}_n); \dot{s}_i \in \dot{S}; h: S \rightarrow \dot{S}; n = |S|$ направляют центру запросы на информационное обслуживание $(\dot{q}_1, \dot{q}_2, \dots, \dot{q}_n); \dot{q}_i \in \dot{Q}; n = |\dot{Q}|$.
2. Этап ранжирования объекта. Центр проводит содержательный анализ запроса по признакам $(c_1, c_2, \dots, c_k); c_i \in C; k = |C|$, на основе которых, используя хеш-функцию ранжирования $\rho: C \rightarrow U$, назначает ранги $u_i = \rho_i(c_i); l \in [1, |C|]$ производимым информационным объектам $i \in [1, |\dot{Q}|]$. Ранг объекта выступает как компонента вектора ранга процедуры, которую можно содержательно интерпретировать как план, назначаемый данному элементу. Соответственно этому, все остальные назначения рангов и соответствующих приоритетов можно рассматривать как элементы приоритетного планирования информационного взаимодействия.
3. Этап ранжирования субъекта. Центр использует хеш-функцию ранжирования по сетевому адресу субъекта $\varphi: \dot{S} \rightarrow R$, на основе которого назначает ранги:

$$r_i = \varphi(s_i); i \in [1, |R|].$$

4. Этап оптимизации. Для всего множества выполняемых в текущий момент времени процедур $P_T \in P; T \in [0, t]$, где t – текущее время наблюдения, рассчитываются значения целевых функций \hat{P}_T , на основе которых рассчитываются значения целевой функции системы и определяются векторы рангов:

$$z_i = (u_i, r_j); l \in [1, P_T]; i \in [1, |S|]; j \in [1, |Q|], \text{ такие что } z_i = \text{Argopt}(\Phi_T).$$

5. Этап ранжирования процедуры. Центр, используя функцию свертки вектора z_i , определяет обобщенный ранг процедуры $p_{T,i} \in P_T$ как $w_i = \Psi(u_i, r_i)$.
6. Этап приоритизации процедуры формирования. Для всего подмножества процедур P_T на основе хеш-функции $\tau: U \rightarrow \hat{U}$ устанавливаются приоритеты формирующих процессов $(\hat{u}_1, \hat{u}_2, \dots, \hat{u}_n); n = |P_T|$. Функция τ устанавливается соответственно дисциплине диспетчеризации задач действующей операционной системы.
7. Этап приоритизации процедуры передачи информационного фрагмента. Для сформированных информационных фрагментов $h: P_T \rightarrow Q_T$ определяются получатели-субъекты как $s_i = \text{Arg}(q_{T,i}); q_{T,i} \in Q_T; Q_T \in Q; h: \hat{Q} \rightarrow Q$.

В соответствии с действующими дисциплинами диспетчеризации обслуживания очередей передачи в подсистеме D на основе хеш-функции $d: S_T \rightarrow \hat{R}$ устанавливаются приоритеты передачи информационных фрагментов $(\hat{r}_1, \hat{r}_2, \dots, \hat{r}_n); n = |S_T|$.

8. Этап маркировки информационного фрагмента. В соответствии с установленными приоритетами для исходящих из центра информационных фрагментов с использованием хеш-функции $\vartheta: \hat{R} \rightarrow M$ устанавливаются ранжирующие маркеры $(m_1, m_2, \dots, m_n); m_i \in M; n = |M|$.

В соответствии с отношениями предпочтения активных субъектов, при фиксированных планах выбираемые для обслуживания информационные процедуры P_i будут максимизировать или минимизировать общую целевую функцию системы, то есть:

$$p_i = h(\hat{p}_i); \hat{p}_i = \text{Argopt}\Phi(\hat{p}_i, r_i, u_i) \\ p_i \in P$$

В результате в системе на всех этапах реализации информационного взаимодействия для всех участвующих подсистем будут установлены такие приоритеты обслуживания, которые не только соответствуют определенным рангам информационных процедур и их компонентам, но и обеспечивают оптимальные параметры процессов, например, минимальную задержку обслуживания для процедур, имеющих наибольшую прагматическую ценность.

Заключение

Разработанная оптимизирующая модель и предложенное на её основе приоритетное планирование позволяют алгоритмизировать процедуры оптимального управления информационными процессами в автоматизированной информационной системе, имеющей централизованную архитектуру хранения и формирования информации и распределенную подсистему передачи данных. Работа выполнена за счет средств федерального бюджета Министерства образования и науки РФ в рамках государственного задания на выполнение научно-исследовательской работы «Оптимизация информационного взаимодействия в АСУП», регистрационный номер 710442011.

Список литературы

1. Башарин Г. П., Бочаров П. П., Коган Я. А. Анализ очередей в вычислительных сетях. Теория и методы расчета. – М.: Наука, 1989.
2. Вишневский В. М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера. – 512 с.
3. Дымарский А. С. Методы и алгоритмы оптимизации сетей связи. – СПб.: Изд-во СПбГУТ, 2005.
4. Иванов А. О., Тужилин А. А. Теория экстремальных сетей. – Москва; Ижевск: Институт компьютерных исследований, 2003. – 424 с.
5. Семенов Ю. А. Telecommunication technologies – телекоммуникационные технологии (v3.5, 20 сентября 2010 года) // Режим доступа:<http://book.iter.ru/>. (Дата обращения 25.06.11.)
6. Сироткин А. В. Повышение эффективности АСУ на основе оптимизации информационных процессов. – Магадан: Ноосфера, 2012. – 144 с.
7. Сироткин А. В. Исследование информационных потоков в инфраструктуре автоматизированных информационных систем. – Ростов-на-Дону: Изд-во СКНЦ ВШ АПСН, 2006. – 155 с.
8. Цициашвили Г. Ш., Осипова М. А. Алгебраические методы моделирования стохастических сетей. – Владивосток: Дальнаука, 2007. – 132 с.

Рецензенты:

Якубович Анатолий Николаевич, доктор технических наук, профессор, директор политехнического института Северо-Восточного государственного университета, г. Магадан.
Соколов Сергей Викторович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой систем передачи и обработки информации, Северо-Кавказский филиал Московского технического университета связи и информатики, г. Ростов-на-Дону.