

И.В. Новицкий, д-р техн. наук, А.Г. Ночовный

(Украина, Днепропетровск, Государственное ВУЗ «Национальный горный университет»)

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЗАДАЧАХ ОПЕРАТИВНОГО РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

Введение

Системы управления (СУ) обязательно имеют три свойства:

- состоят из различных частей (подсистем);
- подсистемы имеют общую цель функционирования;
- подсистемы обмениваются потоками информации.

Большинство реально функционирующих сложных СУ обладает этими свойствами и имеют централизованную (рис. 1, а) либо иерархическую (рис. 1, б) структуру [1].

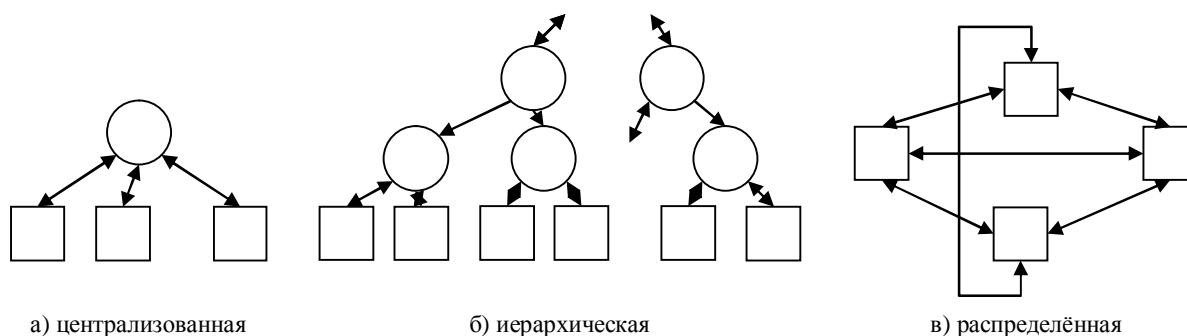


Рис. 1. Возможные структуры СУ

Кроме этих структур существуют рассредоточенные (распределённые) СУ (рис. 1, в), в которых каждая подсистема непосредственно может обмениваться информацией с любой другой подсистемой. Такие распределённые СУ по сравнению с централизованными и иерархическими СУ обладают повышенной живучестью, так как выход из строя любого элемента системы практически не влияет на эффективность работы всей системы. Недостатком системы на рис. 1 в является большое количество каналов связи для обеспечения информационного обмена между всеми подсистемами. В определённых ситуациях организовать такой обмен невозможно технически.

В последнее время появился ряд работ [2, 3], посвящённых вопросам децентрализованного управления. В системе децентрализованного управления (СДУ) отсутствует какой-либо центр управления и, кроме того, исключен непосредственный обмен информацией между подсистемами. С позиций приведенного выше определения СДУ состоит из отдельных подсистем, имеющих общую цель функционирования. Естественно, каждый элемент СДУ не является информационно изолированным: он получает информацию об остальных элементах системы, но не непосредственно по каналам связи, а опосредованно через внешнюю среду (рис. 2).

Следует ожидать, что отсутствие непосредственного обмена информацией между подсистемами при децентрализованном управлении приведёт к снижению оперативности управления (замедленный выход системы на оптимальный режим работы). Однако, в определённых ситуациях преимущества децентрализованного управления (повышенная живучесть и отсутствие каналов связи) могут иметь решающее значение.

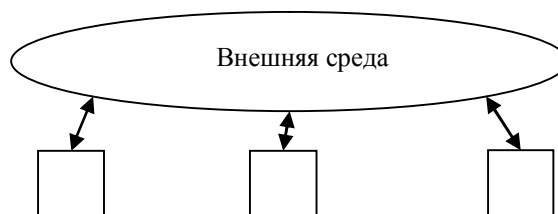


Рис. 2. Структура системы децентрализованного управления

Постановка задачи

Пусть на каждом j -ом шаге управления источник обеспечивает определённое постоянное количество ресурса Q . Это количество распределяется между n потребителями пропорционально поданным заявкам q_i , $i = \overline{1, n}$. Потребность каждого потребителя в ресурсе равна величине c_i , $i = \overline{1, n}$ и является величиной постоянной на период квазистационарности. Очевидно, что на очередном шаге каждый из потре-

бителей получит ресурс в количестве $Q_i = \frac{Q}{\sum_{k=1}^n q_k} q_i$. Требуется определить такой алгоритм формирования

заявок q_i каждым потребителем, чтобы критерий функционирования всей системы

$$I = \sum_{i=1}^n (Q_i - C_i)^2 \rightarrow \min \quad (1)$$

был бы минимален.

Если бы информация обо всех значениях $c_i, i = \overline{1, n}$ была сконцентрирована в некотором центральном органе управления (распределения), то эта задача решалась бы за один шаг методом множителей Лагранжа как задача оптимизации функции n переменных (1) при одном очевидном ограничении:

$$\sum_{i=1}^n Q_i = Q. \quad (2)$$

Действительно, для задачи (1), (2) функция Лагранжа равна:

$$F = \sum_{i=1}^n (Q_i - C_i)^2 + \lambda \left(\sum_{i=1}^n Q_i - Q \right). \quad (3)$$

Для определения оптимальных $Q_i, i = \overline{1, n}$ и λ решается система $n+1$ уравнений:

$$\begin{cases} 2(C_i - Q_i) = \lambda, & i = \overline{1, n} \\ \sum_{i=1}^n Q_i - Q = 0; \end{cases} \quad (4)$$

Обозначим оптимальное решение задачи (1), (2) $Q_i^*, i = \overline{1, n}$. Особенностью сформулированной задачи является то, что каждый из потребителей имеет в качестве априорной информации о суммарном ресурсе Q и собственных потребностях C_i . Этой информации для формирования оптимального Q_i^* недостаточно. Очевидно, что алгоритм формирования заявок $q_i, i = \overline{1, n}$ каждым потребителем должен обеспечивать поступление апостериорной информации каждому потребителю в процессе функционирования системы и постепенный выход всей системы на оптимальный режим с точки зрения критерия (1). Рассмотрим возможные пути решения этой задачи.

Решение задачи

Вначале рассмотрим простейший случай, когда имеется всего два потребителя $n = 2$. Формирование заявок каждым из них осуществляется по формулам:

$$\begin{aligned} q_1 &= Q_1 + k_1(C_1 - Q_1); \\ q_2 &= Q_2 + k_2(C_2 - Q_2); \end{aligned} \quad (5)$$

Здесь k_1, k_2 – настраиваемые коэффициенты, причём $k_1 = -k_2$. Первому потребителю известно, что на очередном шаге второй сделал заявку $q_2 = \frac{q_1}{Q_1}(Q - Q_1)$ и получил ресурс $Q_2 = Q - Q_1$. Ему также известно, что второй потребитель сформировал заявку по формуле (4). Поэтому первый потребитель может на очередном шаге оценить величину C_2 :

$$q_2 = \frac{q_1}{Q_1}(Q - Q_1) = (Q - Q_1) + k_2 \left[\hat{C}_2 - (Q - Q_1) \right] \Rightarrow \hat{C}_2 = \frac{\frac{q_1}{Q_1}(Q - Q_1) - (Q - Q_1)}{k_2} + (Q - Q_1),$$

где \hat{C}_2 – оценка величины C_2 первым потребителем. Аналогичные рассуждения справедливы для второго потребителя, оценивающего C_1 .

Из выражения (3) следует, что необходимым условием экстремума критерия (1) является соотношение:

$$(Q_1 - C_1) = (Q_2 - C_2). \quad (6)$$

Поэтому настройка k_1 и k_2 выполняется с учётом (6) по формуле:

$$\begin{aligned} k_1 &= s \left[(C_1 - Q_1) - \left(\hat{C}_2 - (Q - Q_1) \right) \right] \cdot \text{sign} \left(C_1 + \hat{C}_2 - Q \right); \\ k_2 &= s \left[(C_2 - Q_2) - \left(\hat{C}_1 - (Q - Q_2) \right) \right] \cdot \text{sign} \left(\hat{C}_1 + C_2 - Q \right) \end{aligned} \quad (7)$$

где s – параметр, определяющий скорость настройки.

Если потребителей больше двух $n > 2$, то для оценки c_i , $i = \overline{1, n}$ на каждом шаге потребуются несколько $(n - 1)$ независимых замеров с синхронизацией по времени, что не всегда возможно. Поэтому, если $n > 2$ целесообразнее использовать адаптивный алгоритм формирования заявок следующего вида:

$$q_{i, \text{след.}} = \begin{cases} q_i + s \left((C_i - Q_i)^2 - \frac{q_i}{Q_i} \right) - n p u \sum_{i=1}^n C_i > Q & i = \overline{1, n} \\ q_i - s \left((C_i - Q_i)^2 - \frac{q_i}{Q_i} \right) - n p u \sum_{i=1}^n C_i < Q \end{cases} \quad (8)$$

Алгоритм (8) имеет более медленную сходимость по сравнению с (7), однако он работоспособен в условиях полной автономности потребителей. На рис. 3 представлены процессы выхода системы 3-х потребителей на оптимальный режим работы ($Q_1^* = 3$, $Q_2^* = 4$ и $Q_3^* = 5$) при значениях параметров задачи $Q = 12$, $C_1 = 6$, $C_2 = 7$, $C_3 = 8$, $s = 1$ и использовании правил (8) формирования заявок.

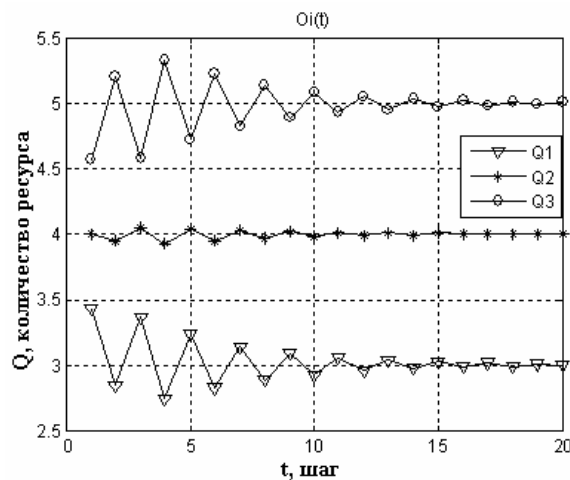


Рис. 3. Процесс выхода системы децентрализованного управления на оптимальный режим работы

В ходе проведения исследований были установлены следующие закономерности:

1. Для конкретного количества потребителей n существует целесообразное значение параметра s , обеспечивающее достаточно большую скорость настройки и устойчивость этого процесса.
2. При правильно выбранном значении s время настройки слабо чувствительно к количеству потребителей n .

3. Время настройки существенно зависит от величины общего дефицита (или избытка) ресурса и с ростом модуля $/Q - \sum_{i=1}^n C_i /$ увеличивается.

Вывод

Задача оптимального распределения ограниченного или избыточного ресурса может быть достаточно эффективно решена как задача децентрализованного управления в условиях отсутствия центрального органа управления и полного отсутствия информационного обмена между подсистемами.

Список литературы

1. Денисов, А.А. Теория больших систем управления [Текст] / А.А. Денисов, Д.Н. Колесников – Л.: Энергоиздат, Ленинградское отделение, 1982. – 288 с., ил.
2. Варшавский, В.И. Оркестр играет без дирижера: размышления об эволюции некоторых технических систем и управлении ими [Текст] / В.И. Варшавский, Д.А. Пospelов – М.: Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1984. – 208 с.
3. Децентралізоване керування [Текст] / Г.Г. Півняк, С.М. Проценко, М.І. Стаднік, В.В. Ткачов. – Д.: Національний гірничий університет, 2007 – 107 с.

Рекомендовано до друку проф. Ткачовим В.В.