

УДК 622.6-52

ДЕЦЕНТРАЛИЗОВАННОЕ УПРАВЛЕНИЕ В ЗАДАЧАХ МИНИМИЗАЦИИ УДЕЛЬНЫХ ЭНЕРГОЗАТРАТ

*Ткачёв В.В., Огеенко П.Ю., Лозовягин А.В.
ГВУЗ Национальный горный университет,
г. Днепрпетровск Украина*

Рассмотрена актуальность развития децентрализованных систем управления. Обоснована необходимость проведения эксперимента для исследования поведения алгоритма распределения ограниченного ресурса в CAN-сегменте на физической модели. Выполнен синтез алгоритма функционирования узла и графа пошагового обмена данными в CAN-сегменте. Сделан анализ полученных в ходе эксперимента данных.

Тенденции современного развития технологий автоматизации базируются на постепенном переходе от централизованных систем управления к системам, в которых центр управления как таковой отсутствует. Каждый узел таких систем можно считать в некотором роде интеллектуальным, так как устройство само принимает решение о необходимости выполнения тех или иных действий при управлении исполнительными механизмами. Этот подход принято называть децентрализованным управлением. Он основан на открытом информационном взаимодействии внутри коллектива сетевых модулей, в ходе которого происходит разделение управления технологическим процессом на ряд подзадач. Каждая из них выполняется устройством, непосредственно связанным с отдельным исполнительным механизмом. Таким образом, достижение определенных системных целей осуществляется за счет решения локальных подзадач членами коллектива.

Использование децентрализованных систем управления в угледобывающей промышленности будет способствовать решению задачи повышения эффективности технологических процессов за счет снижения удельных энергозатрат при добыче угля.

Одной из базовых задач при проектировании децентрализованной системы управления является выбор сетевого решения. Технологические объекты, при автоматизации которых предпочтительнее децентрализованный подход, в целом могут характеризоваться рядом следующих факторов: распределены в пространстве, сложная топология, большое число датчиков и исполнительных механизмов, помехообразующая среда, применение оборудования с различными интерфейсами ввода/вывода, необходимость быстрой реакции в соответствии с параметрами датчиков, большие объёмы запрашиваемой информации. Наличие их значительно усложняет выбор универсального решения для организации надёжного канала связи в системе.

Таким образом, можно сформулировать ряд требований, предъявляемых к децентрализованной системе управления и положенной в основу ее системы передачи информации в частности:

1. Большая протяжённость.
2. Высокая скорость обмена данными.
3. Поддержка широкого ряда топологий.
4. Высокая надёжность и помехозащищённость.
5. Поддержка большого числа рабочих станций.
6. Широкое поле данных передаваемых сообщений.
7. Мультимастерный режим работы.
8. Легкость проектирования и реконфигурирования сети.

Наиболее адаптированной для децентрализованного подхода при управлении технологическими объектами является полевая шина CAN. Она интересна с точки зрения принципов организации доступа к каналу – борьба за канал, основанная на арбитраже шины. К достоинствам можно отнести растущую популярность CAN-интерфейса в системах управления и, как следствие, выход в свет целых серий дешёвых специализированных контроллеров этой шины.

Основное отличие CAN от существовавших стандартов заключается в том, что передаваемый

кадр сообщения не несет адрес приемника устройства – назначения, а содержит идентификатор данных пакета. Один и тот же пакет может быть одновременно прочитан и использован целым рядом устройств [1].

Кроме этого CAN-шина имеет высокую помехоустойчивость, которая обусловлена особенностью физического уровня (дифференциальный сигнал). Шина характеризуется как устойчивая против электрических и информационных перегрузок и имеет внутреннюю систему установки приоритетов. Недостатком CAN при организации децентрализованного управления может выступать ее шинная топология. Однако использование специализированных маршрутизаторов и особая организация протокола передачи данных позволяют использовать CAN и для объектов с древовидной топологией [2].

Одной из основных задач, решаемых в ходе децентрализованного управления технологическим объектом, является распределение ограниченного ресурса [3]. При выполнении данной задачи от шины требуется обеспечить широкий и надежный канал для пошагового обмена запросами на ограниченный ресурс, которые инициируются устройствами. В конце каждого шага участвующие в обмене устройства по результатам вычисленной суммы запросов принимают решение об остановке или продолжении распределения.

Для проведения экспериментов была спроектирована и создана физическая модель, представленная на (рис. 1).

В обмене информацией по CAN участвуют шесть CAN узлов: промышленный контроллер, в котором реализованы функции адаптера линии связи для подключения ПК, и пять однотипных CAN совместимых устройств, которые обмениваются данными. Взаимодействие между ПК и адаптером линии связи осуществляется посредством интерфейса Ethernet 100BaseT на основе протокола TCP.

На ПК запускается программное обеспечение, позволяющее выполнить мониторинг информационных потоков в CAN сегменте. Приложение пульта мониторинга написано в среде Visual C++ на базе диалогового приложения для проведения экспериментов с физической моделью системы.

В общем случае математические модели децентрализованных систем управления (ДСУ) с одной стороны имеют разные математические описания правил изменения запросов на ресурс управления, с другой стороны - они должны работать в локальной вычислительной сети, обеспечивая выполнение задачи управления по несложному алгоритму.

Основным принципом в работе децентрализованной системы должна быть независимость распределения ресурса от количества контроллеров, которые принимают участие в решении задачи распределения ресурса. Этот принцип обеспечивает основное преимущество децентрализованного управления - живучесть системы.

Анализ правил поведения каждого интеллектуального узла позволяет отобразить алгоритм функционирования контроллера в системе, построенный на основе выполнения задачи управления и экстремума критерия управления по теореме Куна-Таккера. Правило изменения запросов каждым контроллером имеет следующий вид [3]:

$$X_{k+1,i} = X_{k,i} - C \cdot \left[\alpha_1 \cdot \left(\sum_{i=1}^N f_i(X_i) - Y_3 \right) \cdot f'_i(X_i) - \alpha_2 \cdot \left(X - \sum_{i=1}^N X_{k,i} \right) - \lambda \right]. \quad (1)$$

Поскольку в процессе изменения запросов X_i контроллерами $\sum f_i(X_i)$ будет равняться Y_3 , а $\sum X_i = X$, то может наблюдаться ситуация, когда $X_{k+1,i} = X_{k,i} - 0 + 0$, то есть изменения на $(k+1)$ -м шаге не происходят. Тогда ресурс будет распределен, а отклонение выхода системы от заданного значения не наблюдается. Следовательно, задача управления выполнена.

В результате процесса изменения запросов X_i контроллерами на $(k+1)$ -м шаге значения X_i не изменяются. Но при этом $X \neq \sum X_i$ и $Y_3 \neq \sum f_i(X_i)$. Это возможно в том случае, если

$$\alpha_1 \cdot \left(\sum_{i=1}^N f_i(X_i) - Y_3 \right) \cdot f'_i(X_i) = \left(X - \sum_{i=1}^N X_{k,i} \right) = A. \quad (2)$$

Тогда выражение правила изменения запросов приобретает следующий вид:

$$X_{k+1,i} = X_{k,i} - A + A, \quad (3)$$

то есть, ресурс не распределен, а величина конечного продукта не равняется заданной, а процесс изменения запросов на ресурс закончен. Следовательно, задача управления не выполнена. Этот анализ показывает, что коллектив контроллеров, которые руководствуются правилом поведения, не всегда способен выполнить поставленную задачу. Анализируя выражение (2), можно сделать вывод, что второй случай возможен, если глобальный экстремум функции цели лежит не в зоне ограничения. В этом случае правило поведения контроллера должно учитывать неопределенный множитель λ .

Таким образом, сеть контроллеров осуществляет числовое решение системы уравнений, которые лежат в основе задачи управления объектом в целом. Структура системы, которая осуществляет выполнение задачи управления соответственно изложенному принципу, является децентрализованной. Любой из контроллеров, которые входят в общую сеть, кроме выполнения задачи управления отдельным объектом (машиной), принимает участие в выполнении задачи оптимизации технологического процесса в целом. Рассмотрим, что дает такая техническая реализация с точки зрения живучести системы.

Допустим, что в процессе функционирования выходит из строя часть машин M , контроллеров или же в систему включаются новые машины с собственными контроллерами. При этом в системе изменяется только параметр N , что не ведет к необходимости изменения алгоритма выполнения задачи, то есть, если каждый из контроллеров работает соответственно предложенному алгоритму, то независимо от количества машин, которые исправно работают в данный момент, и контроллеров управление технологическим процессом осуществляется соответственно критерию управления.

Для проведения эксперимента был выполнен синтез графа пошагового обмена данными между узлами CAN-сегмента (рис. 1) и алгоритма функционирования узла ДСУ. Полученный граф описывает работу отдельного CAN-модуля, в соответствии с задачей распределения ограниченного ресурса, который задается константным целочисленным значением (рис. 3).

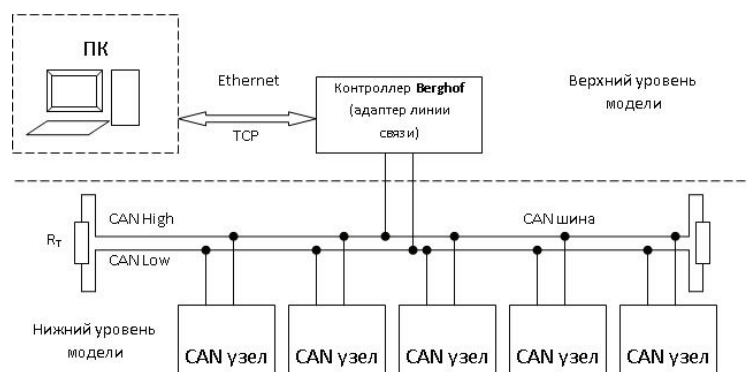


Рисунок 1. Структурная схема модели для проведения экспериментов

По выходным данным опытов построены кривые зависимостей величины запроса на ресурс от текущего шага распределения $X_i(k)$ (рис. 2).

По результатам проведенного эксперимента сделаны следующие выводы:

- полученные кривые соответствуют приведенным в работе [2], основанным на имитационной модели контроллера, участвующего в распределении ограниченного ресурса;
- число шагов распределения ограниченного ресурса непосредственно зависит от коэффициента шага и в общем случае достигает минимума в диапазоне значений от 0.001 до 0.5;
- весь диапазон значений для коэффициента шага итерации условно может быть разделен на три зоны. Наименьшее число шагов при распределении ограниченного ресурса наблюдается в зоне 2 (рис. 2, б);
- разработанный алгоритм позволяет решить задачу распределения ограниченного ресурса в CAN-сегменте.

