

УДК 658.51

С.Н. Бобылев, старший преподаватель**Е.М. Шалимова, старший преподаватель***Севастопольский национальный технический университет**ул. Университетская 33, г. Севастополь, Украина, 99053**E-mail: kvt@sevgtu.sebastopol.ua***ТОПОЛОГИЧЕСКАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СЕТЕЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ В СИСТЕМАХ УПРАВЛЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ**

Рассматриваются особенности сетей микроконтроллеров, предназначенных для управления производственными и технологическими процессами. Выделены основные проблемы, возникающие при построении децентрализованных систем управления, и предлагается подход к решению задачи топологической оптимизации распределенных систем.

При рассмотрении задачи управления производством представляется целесообразным выделить две основные подзадачи: управление технологическими объектами и регистрация, статистическая обработка и анализ событий. Задача управления технологическими объектами – это задача оперативного управления в реальном масштабе времени, требующая размещения соответствующего оборудования в непосредственной близости от контролируемого объекта. Вторая из указанных задач – это задача организации измерений с целью повышения эффективности производства. Очевидно, что эти задачи должны выполняться параллельно на разных уровнях иерархии системы управления предприятием.

Многоуровневые иерархические системы управления современным производством строятся на базе корпоративных либо локальных компьютерных сетей. При организации распределенной многоуровневой обработки информации на выбор архитектуры сети существенное влияние оказывает стремление получить наиболее эффективные решения задач управления производством с помощью ЭВМ различных типов и многообразие выполняемых ими функций.

Основой построения вычислительных систем обработки и управления процессами с распределенной архитектурой является функциональная и топологическая децентрализация [1]. Целью функциональной децентрализации является снижение сложности системы разбиением её функций на отдельные составляющие с четко определенным интерфейсом. Топологическая децентрализация предполагает пространственное распределение используемого оборудования, при этом критерием оптимизации часто выбирается суммарная длина линий связи. В [1] подчеркивается, что с экономической точки зрения выгоднее топологическая оптимальная децентрализация, так как затраты на кабельную продукцию в современных распределенных системах составляют более 50 процентов в общей стоимости системы. В этой связи актуальной является задача снижения затрат на организацию связи в таких системах.

Целью статьи является решение задачи топологической оптимизации распределенных систем по критерию минимальной суммарной длины линий связи. Под топологией здесь понимается места расположения узлов сети и связи между ними.

Задачу построения общей сети предприятия целесообразно рассматривать как задачу объединения подсетей отдельных подразделений: участков, отделов, цехов и т.д. Структурная организация такой сети может соответствовать трехуровневой системе, рассмотренной в [2], когда подсети нижнего уровня обеспечивают контроль и управление оборудованием; подсети второго уровня организуют сбор и обработку информации о состоянии отдельных элементов технологического процесса, а ЭВМ третьего уровня обеспечивает управление сетью в целом.

Архитектура каждой подсети может строиться на базе типовых топологий: кольцо, звезда, общая шина, – в зависимости от конкретных особенностей каждого такого подразделения и специфики решаемых им задач. Для построения подсетей нижнего уровня имеет смысл использовать микроконтроллеры. Такой выбор определяется следующими особенностями сетей микроконтроллеров: низкая стоимость; возможность размещения оборудования в непосредственной близости от контролируемого объекта; простота организации алгоритмов управления и обмена информацией.

Применение децентрализованных вычислительных систем для распределенной обработки данных и управления производством ставит новые проблемы, среди которых выделим следующие: создание эффективной системы передачи данных между различным, территориально разнесенным оборудованием; создание средств дистанционной диагностики оборудования и восстановления после ошибок; синхронизация процессов и организация системного взаимодействия; распараллеливание алгоритмов управления и разработка соответствующего программного обеспечения.

Пусть известно местоположение узлов сети (микроконтроллеров и контролируемого оборудования). Представим сеть направленным графом, в котором вершинам сопоставим микроконтроллеры, исполнительное и измерительное оборудование, а дугам – каналы передачи данных

(линии связи). Требуется соединить их каналами передачи данных так, чтобы суммарная длина каналов была наименьшей. В такой постановке – это известная задача теории графов о минимальном остове. В этом случае не допускается пересечение двух ребер вне заданного множества вершин. Если же разрешить введение дополнительных вершин, то длину минимального остова можно уменьшить. Эта задача в теории графов известна как задача Штейнера, дополнительные вершины графа называют точками Штейнера, а соответствующий остов – деревом Штейнера. В общем случае эта задача до сегодняшнего дня считается нерешенной [3].

В связи с этим авторами была предпринята попытка создания программной системы, которая может быть использована для решения задачи синтеза оптимальной топологии сети и исследования задачи Штейнера. Исходными данными для программы является положение точек на плоскости, которое задается координатами X и Y. Некоторые результаты работы программы представлены в таблице 1 и на рисунках 1, 2.

Таблица 1 – Результаты работы программы

Пример	Число вершин	Координаты вершин	Минимальный остов	Дерево Штейнера	Уменьшение длины
1	3	(10;0),(0;10),(0;0),	20	19,319	3,4%
2	4	(10;0),(0;10),(0;0), (10; 10)	30	27,321	8,9%
3	13	(12;12),(78;2),(98;32), (54;12),(7;66),(45;32), (18;32),(78;56),(0;55), (65;12), (74;3),(2;56), (3;26)	219,139	213,392	2,6%
4	8	(5;5),(35;5),(45;10), (20;15),(25;25),(10;30), (40;30),(25;45)	110,039	105,424	4,2%
5	6	(10;0),(0;10),(5;7),(8;3), (6;0),(8;10),(7;3),(2;5)	25,473	24,45	4%
6	5	(10;10),(15;10),(16;17), (13;22),(8;16)	24,227	23,271	3,9%
7	8	(0;0),(2;0),(4;1),(6;3) (2;3), (2;5),(5;6),(0;4)	17,291	16,345	5,5%

При разработке программы особое внимание уделялось визуализации результатов. Разработанная программная система позволяет строить минимальный остов, выделять области на плоскости, в которых могут находиться точки Штейнера, отображать полученные результаты в графическом и текстовом виде. Для нахождения минимального остова используется алгоритм Прима.

На рисунках 1 и 2 показаны результаты работы программы в графическом виде для примеров 2 и 6 из таблицы 1. На каждом из рисунков для заданных вершин графа изображены минимальный остов и дерево Штейнера. Введение вершины Штейнера соответствует добавлению в сеть микроконтроллера. Так, в примере 2 введены две дополнительные вершины, а в примере 6 – три, при этом уменьшение суммарной длины линий связи в первом случае составило 8,9 %, а во втором 3,9 %.

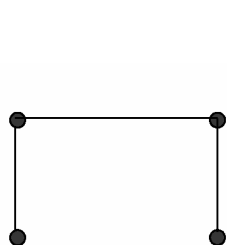


Рисунок 1 – Иллюстрация работы программы.
Пример 2

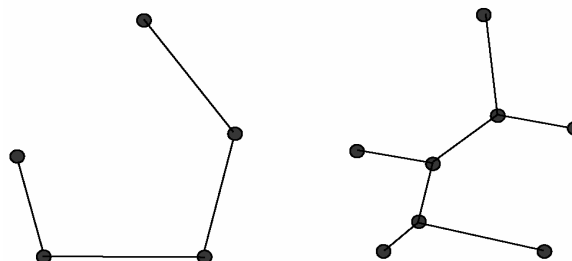


Рисунок 2 – Иллюстрация работы программы.
Пример 6

Результаты работы программы, кроме количественных показателей (количество и координаты дополнительных вершин), могут иметь качественный характер: при синтезе структур управления производством имеет значение факт наличия дополнительных вершин. Таким образом, сеть, изображенная на рисунке 1, может быть представлена логической структурой, изображенной на рисунке 3.

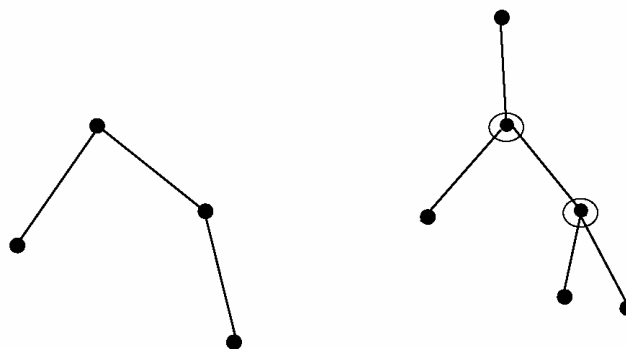


Рисунок 3 – Интерпретация результатов примера 2

Разработанная программа оформлена в виде загрузочного модуля и может выполняться под управлением операционных систем DOS и WINDOWS.

Проведенные эксперименты показали следующее:

1) программная система в интерактивном режиме позволяет получить оптимальное решение за конечное число шагов;

2) если минимальный остов не является деревом Штейнера, то гарантировано получение топологии с меньшей суммарной длиной линий связи.

Таким образом, разработанная программная система может использоваться в любой прикладной задаче, требующей построения системы связи для заданных объектов по критерию минимальной суммарной длины линий связи. В дальнейшем предполагается ее использование для построения и анализа многоуровневой модели сетей микроконтроллеров в системах управления производством, что составляет предмет развития данных исследований.

Библиографический список

1. Прангишвили И.В. Микропроцессорные системы / И.В. Прангишвили, Г.Г. Стецюра. — М: Наука, 1980. — 326 с.
2. Бобылев С.Н. Мониторинг и измерения в компьютерных сетях управления производством/ С.Н. Бобылев, Е.М. Шалимова // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. — Севастополь, 2003. — Вып. 6. — С. 134–140.
3. Кристофидес Н. Теория графов. Алгоритмический подход / Н. Кристофидес. — М.: Мир, 1978. — 432 с.

Поступила в редакцию 3.07.2007 г.