

УДК 681.324

Бобылев С.Н., старший преподаватель,

Шалимова Е.М., старший преподаватель

Севастопольский национальный технический университет,

ул. Университетская, 33, г. Севастополь, Украина, 99053

E-mail: kvt@sevgtu.sebastopol.ua

АНАЛИЗ СЕТЕЙ МИКРОКОНТРОЛЛЕРОВ ДРЕВОВИДНОЙ СТРУКТУРЫ

Рассматриваются особенности сетей микроконтроллеров древовидной топологии. Сформулирована задача построения такой сети. Предлагается оценка их временных параметров.

Ключевые слова: микроконтроллер, интерфейс, сети микроконтроллеров, топология сети.

Развитие промышленных производств обуславливает рост числа вычислительных систем на базе микроконтроллеров для управления технологическим процессом. В этих условиях существенно возрастает роль данных, собираемых на всех уровнях. Требования, предъявляемые со стороны потребителей этой информации, все более ужесточаются в части объема, скорости и надежности получения данных, поэтому вопросы обеспечения коммуникаций становятся высокоприоритетными. Системы управления современным производством строятся на базе 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 узлов различных типов и многообразие выполняемых ими функций.

Задачу построения общей сети предприятия целесообразно рассматривать как задачу объединения подсетей отдельных подразделений. Структурная организация такой сети может соответствовать трехуровневой системе, рассмотренной в [1], когда подсети нижнего уровня обеспечивают контроль и управление оборудованием; подсети второго уровня организуют сбор и обработку информации о состоянии отдельных элементов технологического процесса, а узлы третьего уровня обеспечивают 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 используются 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. Известно, что использование общей шины предпочтительно с точки зрения простоты реализации. Но древовидная структура обеспечивает минимальную длину линий связи между узлами среди всех топологий. Задача построения сети с минимальной суммарной длиной линий связи рассмотрена авторами в [2]. В развитии современных микроконтроллеров прослеживается тенденция к увеличению количества интерфейсов. Так в микроконтроллерах старших моделей Atmel AVR количество портов UART/USART (последовательный синхронно-асинхронный приемопередатчик) и TWI (последовательный двухпроводной интерфейс) доведено до четырех. Существует большая номенклатура микросхем, с помощью которых можно реализовать обмен по стандартам RS-232, RS-485 и другим. Следовательно, появилась возможность проектировать сети микроконтроллеров древовидной, радиально-узловой и смешанных топологий с минимальным использованием дополнительного оборудования.

Применение древовидной архитектуры в сетях управления производством и технологическими процессами позволяет снизить затраты на организацию связи между элементами системы управления. По данным [3] затраты на кабельную продукцию в современных распределенных системах управления составляют более 50 процентов от общей стоимости системы.

В данной работе рассматривается подход к получению оценок временных характеристик сетей микроконтроллеров древовидной топологии. Для данной топологии сети наиболее часто приходится решать следующие задачи:

- синтез сети микроконтроллеров древовидной структуры при условии использования каналов связи одной пропускной способности, без ограничения на время доставки пакетов;
- синтез сети микроконтроллеров в классе древовидных структур при условии использования каналов связи нескольких пропускных способностей без ограничения на время задержки;
- синтез централизованной сети микроконтроллеров древовидной структуры с ограничениями на время задержки;
- синтез развивающейся централизованной сети микроконтроллеров древовидной структуры.

Сформулируем задачу синтеза сети микроконтроллеров в классе древовидных сетей. Заданы координаты размещения узлов сети $\{(x_{ki}, y_{ki})\}$, $i=1, \dots, n$, где n – число узлов; возможный ряд пропускных способностей каналов связи $\{D_1, \dots, D_K\}$ и известна функция стоимости канала связи с пропускной способностью d и длиной l $C_{ij}(d_{ij}, l_{ij})$. Обозначим через h_j информационный трафик между узлами x_j и x_i (единиц информации в единицу времени). Требуется синтезировать структуру сети (т.е. множество пар узлов $M = \{(i, j)\}$, которые соединены каналами связи) минимальной стоимости в классе древовидных структур, т.е.

$$\sum_{(i,j) \in M} C_{ij}(d_{ij}, l_{ij}) \rightarrow \min.$$

Для сетей древовидной топологии поток f_{ij} определяется как сумма информационных потоков всех узлов сети, предшествующих узлу i на путях от концевых вершин дерева к корню, и потока h_i , генерируемого узлом x_i . В данной постановке задачи не учитывается задержка коммутации в узлах.

Для решения этой задачи используются алгоритмы синтеза минимального остовного дерева. Между любой парой вершин сети время передачи определяется длиной пути. Длина пути в дереве есть глубина, на которой лежит одна из рассматриваемых вершин при условии, что вторая является корневой. Будем считать, что в дереве любую вершину можно назначить корневой. Тогда максимальное время передачи будет определяться максимальной глубиной. Таким образом, требуется определить путь максимальной длины на заданном множестве вершин. Для решения этой задачи может быть использован волновой алгоритм построения длиннейшего пути в графе. На рисунке 1 изображены две древовидные топологии с разным значением k для одного и того же множества вершин.

Пусть k – максимальная глубина, тогда

$$T_{\max} = \sum_{i=1}^k T_i,$$

где T_i – время передачи по i каналу.

При одинаковых характеристиках каналов $T_i = T$ и, следовательно, $T_{\max} = kT$.

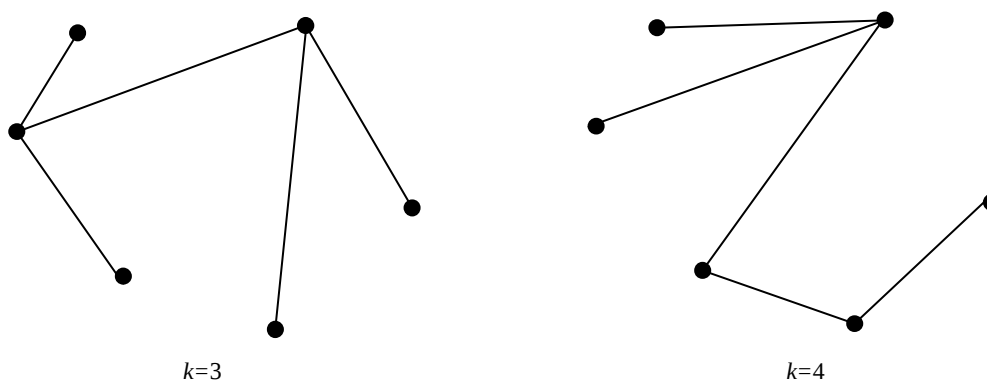


Рисунок 1 — Примеры сетей древовидной структуры

Возможны различные подходы в определении среднего времени задержки сообщений в сети, учитывающие время задержки узлов коммутации, классы сообщений и т. п. При получении выражения для T_{cp} в [4] полагается, что поток сообщений, поступающих в сеть, является простейшим и при объединении нескольких потоков пакетов в линии передачи сохраняется независимость между интервалами поступления и длинами пакетов. Тогда каждый канал связи можно рассматривать как систему массового обслуживания $M/M/1$ (интервалы поступления заявок и время их обслуживания распределены экспоненциально, система состоит из одного обслуживающего прибора).

При учете ограничений на среднее время задержки T_{cp} и суммарный поток в каждой ветви, задача формулируется следующим образом.

Требуется

$$\sum_{(i,j) \in M} C_{ij}(d_{ij}, l_{ij}) \rightarrow \min,$$

при условиях

$$f_{ij} \leq d_{ij}, \quad (i, j) \in M,$$

$$T_{cp} \leq t_{\max},$$

где T_{cp} — средняя задержка сообщений в сети, средняя задержка пакетов в сети может быть выражена как

$$T_{cp} = \frac{1}{\gamma} \sum_{(r,s) \in M} \frac{\lambda_{rs}/\mu}{d_{rs} - \lambda_{rs}/\mu}, \quad (1)$$

здесь $1/\mu$ — средняя длина сообщений (бит/сообщение);

λ_{rs} — интенсивность потока сообщений по каналу (r,s) ;

γ — суммарная интенсивность поступающего в сеть трафика, $\gamma = \sum_{i=1}^n h_i$.

Но, учитывая, что $\lambda_{rs}/\mu = f_{rs}$, соотношение (1) можно представить в виде

$$T_{cp} = \frac{1}{\gamma} \sum_{(r,s) \in M} \frac{f_{rs}}{d_{rs} - f_{rs}}. \quad (2)$$

В выражениях (1) и (2) мощность множества M равна k , т. е. $|M| = k$.

В статье рассмотрены сети микроконтроллеров древовидной топологии. Отмечена тенденция к относительному удешевлению узлов сетей по сравнению с линиями связи. Показано, что древовидные структуры позволяют строить минимальные по длине соединений сети. Сформулированы задачи, возникающие при проектировании древовидных сетей, а также приведены оценки временных и стоимостных характеристик таких сетей.

В дальнейшем предполагается использовать полученные результаты для разработки моделей, анализа и оценки характеристик иерархических гетерогенных сетей микроконтроллеров.

Библиографический список

1. 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.
2. Бобылев С.Н. Топологическая оптимизация сетей микроконтроллеров в системах управления производственными процессами / С.Н. Бобылев, Е.М. Шалимова // Оптимизация производственных процессов: сб. науч. тр. — Севастополь, 2007. — Вып. 10. — С. 67–69.
3. Прангишвили И.В. Микропроцессорные системы / И.В. Прангишвили, Г.Г. Стецюра. — М: Наука, 1980 — 326 с.
4. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями / Л. Клейнрок. — М.: Мир, 1979. — 600 с.

Поступила в редакцию 30.06.2009 г.