

МЕТОДИКА ОБОСНОВАНИЯ ВЫБОРА ОРГАНИЗАЦИИ СЕТИ ДЛЯ РЕАЛИЗАЦИИ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И КОНТРОЛЯ

Мальчева Р.В., Арутюнян А.Р., Трофуненко А.Н.

Кафедра ЭВМ, ДонНТУ

Raisa@cs.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Malcheva R.V., Arutyunyan A.R., Trofunenko A.N. The methodic of the network organization's selection to realize the system of control. This article has analyzed the different approaches to the network's organization and their application for designing of control system. As the result of analyzes a recommendation how to select the network configuration is made.

Введение

За все годы развития автоматизации систем контроля и управления производственным процессом было разработано огромное количество промышленных контроллеров и систем управления [2,4,10]. Но, не смотря на это, развитие сетевых технологий в микроконтроллерной сфере дало толчок развитию направления «умных датчиков» [2]. «Умный датчик» - представляет собой обычный датчик, оснащенный микроконтроллером, который осуществляет контроль или контроль и управление измеряемым параметром. Порождение «умных датчиков» вызвало необходимость анализа и выбора протоколов обмена между «умными датчиками» [2].

Более привлекательными для производства остаются микроконтроллерные сети типа «мастер – ведомый» [10]. Большинство таких сетей имеют открытый протокол как на физическом, так и на канальном уровне, отличаются простотой его реализации, и, что самое главное, данные протоколы легко адаптивны к различным условиям использования. Параллельно с развитием сетей типа «мастер – ведомый» развиваются распределенные сети микроконтроллеров по типу Ethernet. Данные сети обладают большой скоростью передачи данных, сложностью протоколов, небольшими сегментами – расстояниями между узлами. Сложность и закрытость протоколов таких сетей делает практически невозможным их модернизацию применительно к области применения [2,10].

Методика обоснования выбора организации сети

Наиболее часто для выбора сети и ее организации применяют анализ некоторых свойств сети и анализ параметров сети. Приведем один из подходов выбора сети [1]:

1. Выбор общих свойств и параметров нужной сети (большое и непредсказуемое число точек расположения приборов и/или самих приборов, значительная протяженность линий связи и т.д.)
2. Отсечение не приемлемых сетей, поскольку они не удовлетворяют одному или нескольким параметрам

При использовании данной методики трудно определить наиболее подходящую сеть, из-за большого разнообразия сетей которые удовлетворяют выбранным параметрам.

Опишем методику, которая основывается на приоритетной оценке каждой из сетей претендентов. Для пояснения методики выбора организации сети рассмотрим пример автоматизации перерабатывающей линии Mitsubishi "SUMMIT-100". Перерабатывающая линия состоит из 30 приводов, которые управляют перемещением ножей просечки, роликов вальцовки и печатающих валов. Каждый привод должен содержать свой узел управления и контроля, которые затем необходимо соединить в единую локальную сеть. Для контроля состоянием 17-ти приводов применяют энкодеры, для остальных приводов контроль осуществляется посредством измерения соответствующего уровня аналогового сигнала. Следовательно, для управления объектом необходимо применить два типа устройства управления: устройства, считывающие в качестве сигнала обратной связи цифровые импульсы от энкодеров, и устройства, считывающие аналоговый сигнал.

Основная идея методики выбора организации сети заключается в анализе необходимых характеристик сети, приоритетной оценке каждой сети, в выборе весовых оценок для каждой из характеристик, в анализе данной совокупности параметров и определении сети с минимальным весом, как наиболее подходящей к данной задаче.

Методика заключается в выполнении следующих этапов:

1. Сформировать множество Ψ возможных сетевых интерфейсов.
2. Сформировать множество Ω анализируемых параметров сетевых интерфейсов.
3. Сформировать множество весов V , где $v_i \in V$, есть весовая оценка характеристики $\omega_i \in \Omega$
4. Сформировать множество суммарных весов S , где $s_i \in S$, есть суммарный вес сетевого интерфейса $\psi_i \in \Psi$
5. Обнулить s_i , для всех $s_i \in S$
6. Выбрать параметр $\omega_i \in \Omega$, $s_i = s_i + F(O(\psi_i \in \Psi, \omega_i \in \Omega)) \cdot v_i$, где $O(\psi_i \in \Psi, \omega_i \in \Omega)$ – функция равная отклонению анализируемого параметра сети $\psi_i \in \Psi$, от эталонного значения параметра $\omega_i \in \Omega$, $F(x)$ – номер по порядку, в отсортированном по возрастанию, множестве значений функции $O(\psi_i \in \Psi, \omega_i \in \Omega)$.
7. Удалить ω_i из Ω , Если $\Omega \neq \emptyset$, перейти на п.6

8. Выбрать $s_i = \min_{s_j \in S} s_j$, что означает, что сетевой интерфейс ψ_i наиболее подходит для данной задачи автоматизации.

Приведем сравнительную таблицу параметров наиболее популярных локальных микроконтроллерных сетей [1, 2, 4, 5, 8].

Таблица 1. Сравнительные характеристики шин.

Тип шины	RS-485	I ² C	Lon Work	CAN	Micro LAN
Максимальная длина кабеля, м	2000	8	72	40	300
Максимальное число подключаемых устройств	32	14	127	127	2 ⁵⁶
Питание от сети	-	+	-	-	+
Число проводов в шине	2	4	2	2	2
Наличие функционально законченных приборов	-	-	+	-	+

Применим методику к выше описанной задаче автоматизации. Сформируем набор возможных сетевых интерфейсов: $\Psi = \{RS-485, M-Lan, CAN\}$. Сформируем множество Ω анализируемых параметров сетевых интерфейсов $\Omega = \{\text{максимальная длина линии связи от менеджера к узлу сети, максимальное число узлов шины, необходимая скорость передачи данных от объекта контроля к объекту управления, возможные топологии шины, стоимость узла сети, помехоустойчивость}\}$.

Сформируем множество весов V , весовых оценок характеристик $\omega_i \in \Omega$, $V = \{2, 1, 3, 3, 1, 3.5\}$. Следует отметить, что множество V сформировано в соответствии с важностью каждой характеристики относительно данной задачи автоматизации, однако, анализ степени важности каждой из характеристик выходит за рамки данной статьи.

Согласно пунктам 6 и 7 приведенной методики проанализируем каждый из параметров множества Ω .

Определим необходимую длину сегмента сети. Пусть наша сеть представлена в виде графа $G(V, U)$, где V – множество вершин графа, U – множество дуг графа. Пусть множество V состоит из узлов нашей сети, менеджера сети, а также из точек, в которых меняется направления информационного кабеля сети. Полученный граф $G(V, U)$, является планарным декартовым, неориентированным, ациклическим графом, вес дуги в полученном графе равен [9]:

$$u_{ij} = \sqrt{(x_i - x_j)^2 + (y_i - y_j)^2}, \quad (1)$$

где x_i, y_i – декартовы координаты вершины v_i

x_j, y_j – декартовы координаты вершины v_j

Введем понятие числа разделения вершины [9] равного:

$$C(v_i) = \max_{v_j \in V} [d(v_i, v_j)], \quad (2)$$

где $d(v_i, v_j)$ - кратчайшее расстояние между вершинами i и j .

$$d(v_i, v_j) = \sum_{k,l \in T_{ij}} u_{kl},$$

где T_{ij} - простая цепь графа $G(V, U)$ с началом в вершине v_i и концом в вершине v_j . [9]

Таким образом длина максимального сегмента равна:

$$C(v_m) = \max_{v_j \in V} [d(v_m, v_j)], \quad (3)$$

где v_m - вершина, в которой расположен менеджер сети.

Применим формулу (3) непосредственно к анализируемой системе автоматизации. Менеджер сети будет располагаться в конце линии, т.е. в месте выхода готовой продукции для удобства контроля получаемой продукции. Следовательно, самый длинный сегмент, практически, будет равен длине всей линии.

Пусть менеджер сети находится в точке $(0,0)$. Точки ломаной, по которой будет прокладываться сегмент, имеют следующие координаты: $(0,0)$, $(0,4)$, $(70,4)$, $(77,2)$. Длина сегмента равна

$$d(v_i, v_j) = \sum_{k,l \in T_{ij}} u_{kl} = 4 + 70 + 7.3 = 81.4 \text{ м}$$

Сформируем новые значения для множества S , согласно п. 6 приведенной методики.

$$S = \{ s_1 = 0+2 \cdot 1, s_2 = 0+2 \cdot 2, s_3 = 0+2 \cdot 3 \} = \{ s_1 = 2, s_2 = 4, s_3 = 6 \}$$

Максимальное число устройств на шине зависит от электрических характеристик сети и от структуры протокола обмена. Количество узлов в сетях ведущий-ведомый, таких как Mlan, RS-485 и I2C, ограничено электрическими характеристиками шины. В распределенных сетях количество узлов CAN, LonWork ограничено протоколом обмена. Анализируя перечисленные ограничения, можно сказать, что ограничение электрическими параметрами менее существенно, т.к. существует ряд стандартных решений для повышения числа узлов на шинах Mlan, RS-485 и I2C [5, 10]. Второе ограничение более сильное, т.к. для увеличения узлов распределенных сетей необходимо производить разделение общей сети на подсети. Таким образом, $S = \{ s_1 = 2+1 \cdot 2, s_2 = 4+1 \cdot 1, s_3 = 6+1 \cdot 3 \} = \{ s_1 = 4, s_2 = 5, s_3 = 9 \}$.

Такой спорный параметр, как скорость передачи данных, требует самого тщательного анализа.

Как было описано выше, система состоит из узлов, опрашивающих два типа сигналов импульсный и аналоговый. Частота импульсов составляет 200 Гц, скорость изменения напряжения аналогового сигнала 0.2 В/с. Максимальное расстояние между ножами составляет 4м, каждый импульс энкодера равен 0.1мм. При этом максимальное число импульсов составит $4000 \cdot 10 = 40\ 000$ имп, и для их хранения потребуется регистр

разрядностью $\lceil \log_2 40000 \rceil = 16$. Следовательно, размер передаваемых данных по сети составит 16 бит. Также зарезервируем 16 бит данных для служебной информации, т.е. передаваемый пакет будет иметь 32 бита.

Необходимая скорость передачи данных с учетом частоты импульсов энкодера составит:

$$V = F_{imp} B \text{ b/s} \quad (4)$$

где F_a – частота импульсов

B – количество бит передаваемой величины

В анализируемой системе необходимая скорость составит $V = 200 \cdot 32 \text{ бит/с} = 6400 \text{ бит/с}$

Для систем аналогового сбора информации справедлива следующая формула расчета скорости передачи данных [4]:

$$V = \min(F_a, F_d) B \text{ b/s}, \quad (5)$$

где

F_a – частота опроса устройства

F_d – частота реакции датчика

B – количество бит передаваемой величины

Т.к. F_a зависит от выбора АЦП, частота дискретизации которых лежит в диапазоне от 10 Гц до 1 МГц и более [10], то данный параметр не является существенным и им можно пренебречь.

Частоту реакции для датчиков, выходное значение которых меняется непрерывно, можно выразить формулой:

$$F_d = \frac{v}{\delta}, \quad (6)$$

где

v – скорость изменения напряжения [В / с]

δ – точность измерения напряжения [В]

Определим минимальную скорость передачи данных для контроля аналогового сигнала. Скорость изменения напряжения в описываемой системе будет равна $v \approx 0.2 \text{ В/с}$, необходимая точность измерения напряжения равна $\delta = 0.001 \text{ В}$, длина передаваемого пакета 32 бита. Т.к. 16 бит данных достаточно, чтобы обеспечить необходимую точность, тогда

$$V = V_d = F_d B = \frac{0.2}{0.001} 16 = 6.4 \text{ Kb/s}, \quad (7)$$

Как можно заметить, для систем малой автоматизации нет необходимости использовать высокоскоростные локальные сети микроконтроллеров, следовательно, нет нужды использовать дорогостоящие распределенные сети CAN, LonWork и др. Для описанной задачи достаточно использовать шину, поддерживающую скорость немного большую расчетной, например, 9600 бит/с. Т.к. в любой локальной сети возникают сбойные пакеты, то с учетом сбойных пакетов скорость будет примерно равна расчетной [3].

Произведем пересчет множества S , $S = \{s_1 = 4+3 \cdot 1, s_2 = 5+3 \cdot 1, s_3 = 9+3 \cdot 1\} = \{s_1 = 7, s_2 = 8, s_3 = 12\}$

Далее произведем формирование весов в соответствии с таблицей 1.

По количеству возможных топологий интерфейс Mlan имеет небольшое преимущество над распределенными сетями CAN, но обе данные сети могут иметь практически любую топологию, сети на основе RS-485 имеют шинную топологию [1, 5, 6, 10].

$S = \{s_1 = 7+3 \cdot 3, s_2 = 8+3 \cdot 1, s_3 = 12+3 \cdot 2\} = \{s_1 = 16, s_2 = 11, s_3 = 18\}$

Анализ источников [1, 5, 6, 10] показывает, что по стоимости, самые дорогие сети – CAN, самые дешевые – Mlan.

$S = \{s_1 = 16+1 \cdot 2, s_2 = 11+1 \cdot 1, s_3 = 15+1 \cdot 3\} = \{s_1 = 18, s_2 = 12, s_3 = 21\}$

Наиболее помехоустойчивые сети – RS-485, далее CAN и самая низкая помехоустойчивость у интерфейса Mlan.

$S = \{s_1 = 18+3.5 \cdot 1, s_2 = 12+3.5 \cdot 3, s_3 = 21+3.5 \cdot 2\} = \{s_1 = 21.5, s_2 = 22.5, s_3 = 28\}$

Таким образом, для данной задачи наилучшим образом подходит сеть RS-485, но преимущества данной сети над сетью Mlan невелики. Сеть CAN, не подходит для описанной задачи автоматизации.

Заключение

Из выше приведенного анализа видно, что наиболее приемлемыми сетями для малой автоматизации производства являются сети типа ведущий – ведомый. Параметры данных сетей, в основном, отвечают критериям построения систем управления и контроля. Так же такие сети являются наиболее адаптивными и простыми в проектировании, отличаются более дешевыми узлами и каналами передачи данных. Однако, окончательное решение по выбору организации сети необходимо принимать в каждом конкретном случае после анализа технологического процесса, например, по предложенной выше методике.

Литература

1. Петров М. Сети MicroLAN, «Додэка», Выпуск 2, 1999.
2. Карначев А., Белошенко В., Титиевский В. Микрлокальные сети, Донецк, 2000.
3. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. М.: Вильямс, 2003.
4. С.А. Третьяков. Локальные сети микроконтроллеров. «Электроника», №9 и №10/99, Минск, Беларусь.
5. PRAXIS Profile: Controller Area Network, Vogel-Verlag, 1998.

6. CANopen Communication Profile for Industrial Systems based on CAL, CiA DS 301, Ver. 3.93, 1998
7. Мальчева Р.В., Коротин Ю.Э., Арутюнян А.Р. Выбор и построение оптимальной топологии для MicroLan сетей. //Машиностроение и техносфера XXI века//сб. трудов медунар. науч.-тех. конф. в г. Севастополе 8-14 сент. 2003 г. в 3-х томах. – Донецк ДонНТУ, 2003. Т.2. – с. 204 – 209.
8. Ракович Н.Н. Выбор сети для коммуникации и управления // Chip News. - 2000. - № 5. - С. 25-27.
9. Н.Кристофидес. Теория графов. Алгоритмический подход. М.:Мир, 1978, 432с.
- 10.Николайчук О. Системы малой автоматизации. М: САЛОН-Пресс, 2003.256с.

Дата надходження до редакції 12.06.2005 р.