

УДК 004.722.25

**А.Р. Арутюнян** (асистент), **Р.В. Вальчук** (аспірант)

Донецкий национальный технический университет

[arutyunyan@cs.dgtu.donetsk.ua](mailto:arutyunyan@cs.dgtu.donetsk.ua)

## **МЕТОДИКА ПОСТРОЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ ПРОМЫШЛЕННОЙ СЕТИ С ЗАДАНЫМИ ПАРАМЕТРАМИ ЛОКАЛИЗАЦИИ И ТИПАМИ УЗЛОВ**

Предложена и описана методика построения структуры промышленной компьютерной сети для сбора информации о ходе технологического процесса. Методика позволяет построить компьютерную сеть с заданной конфигурацией линий передачи данных и типов узлов для обеспечения требуемой надежности и достоверности получаемой информации.

**Ключевые слова:** промышленная компьютерная сеть, узел, локализация кабельных линий, сигнал, затухание сигнала

### ***Введение***

Выделим две особенности современных промышленных компьютерных сетей (ПКС) – распределенный характер «интеллекта» и цифровой способ обмена данными между узлами сети. Узлы ПКС располагаются максимально близко к оконечным устройствам, что позволяет сократить длину аналоговых линий до минимума. Каждый узел ПКС является «интеллектуальным» устройством и выполняет определенный набор функций [2, 7]:

Анализ существующих решений в области ПКС, выявил, что одной из актуальных проблем является защита от повреждений кабельной сети, преимущественно в том случае, если его топология имеет вид шины. Решения данной проблемы существуют для каждого стандарта и описаны в соответствующих спецификациях. Однако, универсального метода на данный момент не предложено [1, 4 – 6].

Состав и структура системы АСУ ТП подвержены коррекции в силу изменяющихся требований производства. Поэтому важными критериями оценки закладываемых в проект решений являются гибкость и модифицируемость комплекса. В связи с этим неизменно решаются задачи разработки методов проектирования сетей [3, 8].

### ***Методика построения сети***

При построении сети основными параметрами являются количество, локализация и тип узлов. Также важными параметрами являются возможные места прокладки кабельных линий. Перечисленные параметры

можно представить в виде графа  $G = (X, A)$ , в котором вершинами будут узлы сети и места возможных ответвлений.

При построении сети возникает необходимость построить граф тестирования, который будет содержать минимальное количество узлов  $d_i=1$ , при заданном статистическом распределении  $\pi$  для каждой вершины. Все цепи, инцидентные узлам  $d_i=1$ , являются согласованными. Суммарная цена линий связи, при минимальном количестве узлов  $d_i=1$ , должна быть минимальна.

Для описания подхода к решению данной проблемы необходим еще один дополнительный параметр  $K$  – максимально допустимый процент ослабления сигнала. Предположим, что в процессе построения графа были исключены ребра, процент ослабления сигнала в которых больше  $K$ .

Опишем алгоритм:

*Шаг 1.* Определим минимальное множество вершин  $d_i$ , которое является наименьшим покрытием  $G^P = (X, A^P)$ , где вес ребра  $a_{ij} \in A^P$  эквивалентен кратчайшему расстоянию между вершинами  $x_i$  и  $x_j$  графа  $G = (X, A)$ .

*Шаг 2.* Определим для каждого покрываемого множества максимальное количество опросов каждого узла в единицу времени  $O_m$ . Если  $O_m > O_z$ , где  $O_z$  – заданное количество опросов каждого узла в единицу времени – то следует переместить часть вершин в любое множество, для которого справедливо  $O_m < O_z$ , и покрывающая вершина инцидентна перемещаемой вершине. Если посредством перемещения вершин удалось достигнуть выполнения соотношения  $O_m < O_z$ , то шаг 4, иначе шаг 3.

*Шаг 3.* Каждое покрываемое множество, для которого  $O_m > O_z$ , разбить на два одинаковых подмножества, посредством добавления новой вершины  $d_i=1$ . Если имело место множество, для которого справедливо  $O_m > O_z$ , то переходим к шагу 3, иначе – шаг 4.

*Шаг 4.* Определить оптимальную топологию графа при его максимальной пропускной способности. Определить минимальное по цене количество ребер (для частного случая, количество портов и интеллектуальных преобразователей интерфейсов, если порты последних представить в виде взвешенных ребер).

Рассмотрим более подробно каждый шаг алгоритма.

Первоначально необходимо построить граф  $G^P = (X, A^P)$ . Вес дуги соответствует коэффициенту затухания проходящей по ней электромагнитной волны. Следовательно, вес дуги  $c_{ikj} = c_{ik} \cdot c_{kj}$ .

Предположим, что первоначально в матрице весов  $C$  графа  $G^P = (X, A^P)$   $c_{ii} = 0$ . Для всех  $i = 1, 2, 3, \dots, n$ ,  $c_{ij} = \infty$ , если в графе отсутствует дуга  $(x_i, x_j)$ .

Опишем действия для построения графа  $G^P = (X, A^P)$ :

Д1: Положить  $k=0$ .

Д2:  $k = k + 1$ .

Д3: Для всех  $i \neq k$ , таких что  $c_{ik} \neq \infty$ , и для всех  $j \neq k$ , таких что  $c_{jk} \neq \infty$ , введем операцию:

$$c_{ij} = \min[c_{ij}, (c_{ik} \cdot c_{kj})h(q)], \quad (1)$$

где  $h(q)$  – функция отражения сигнала.

Д4: (а) Если все  $c_{ii} > 1$ , то в графе  $G^P = (X, A^P)$  существует цикл с коэффициентом усиления, большим 1, содержащий вершину  $x_i$ , и решения нет. Останов.

(б) Если все  $c_{ii} > 0$ ,  $k = n$ , то получено решение. Матрица  $C$  отображает минимально возможные коэффициенты затухания. Останов.

(в) Если все  $c_{ii} > 0$ ,  $k < n$ , то вернуться к Д2.

Далее определим удовлетворяющее покрытие графа  $G^P = (X, A^P)$ . Опишем математическую постановку задачи, удовлетворяющую покрытию графа.

Матрица  $C$  описывает все возможные оптимальные ребра и наборы ребер, следовательно, для определения, покрывающих вершин необходима информация только о наличии ребра. Преобразуем граф  $G^P = (X, A^P)$  в граф  $G^{P1} = (X, A^{P1})$ , для которого:

$$c_{ij}^1 = \begin{cases} 1, c_{ij} > 0 \\ 0, c_{ij} = 0 \end{cases}, \text{ для всех } i, j = 1, 2, 3, \dots, n. \quad (2)$$

Сформулируем задачу в матричной форме: для матрицы  $C$ , состоящей из нулей и единиц, определить наименьшее количество столбцов, содержащих покрытие строк матрицы. Переформулируем задачу в задачу линейного программирования:

минимизировать:

$$z = \sum_{j=1}^N c_j \xi_j \quad (3)$$

при ограничениях:

$$\sum_{i=1}^N t_{ij} \xi_j \geq 1, \quad i = 1, 2, \dots, M, \quad (4)$$

где  $c_j \geq 0$ ,

$$\xi_j = \begin{cases} 1, & \text{если } S_j \in \Psi', \\ 0, & \text{если } S_j \notin \Psi', \end{cases} \quad \text{И} \quad t_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } r_j \in S_j, \\ 0, & \text{если } r_j \notin S_j. \end{cases}$$

При построении определенных сетевых структур возникает необходимость построить граф тестирования, который будет содержать минимальную суммарную длину линий связи при заданном статистическом распределении  $\pi$  для каждой вершины. Количество узлов  $d_i=1$ , при минимальной суммарной длине линий связи, должно быть минимальным. Все цепи, инцидентные узлам  $d_i=1$ , являются согласованными.

Методика построения данного графа, практически, аналогична описанному выше алгоритму, исключая шаг 1 и шаг 4.

*Шаг 1.* Определим минимальное множество вершин  $d_i$ , которое является наименьшим покрытием  $G^T = (X, A^T)$ , где граф  $G^T = (X, A^T)$  является минимальным остовым деревом графа  $G = (X, A)$ .

*Шаг 2.* Определим для каждого покрываемого множества максимальное количество опросов каждого узла в единицу времени  $O_m$ . Если  $O_m > O_3$ , где  $O_3$  – заданное количество опросов каждого узла в единицу времени – то следует переместить часть его вершин в любое множество, для которого  $O_m < O_3$  и покрывающая вершина которого инцидентна перемещаемой вершине. Если посредством перемещения вершин удалось достигнуть выполнения соотношения  $O_m < O_3$ , то шаг 4, иначе шаг 3.

*Шаг 3.* Каждое покрываемое множество, для которого  $O_m > O_3$ , разбить на два одинаковых подмножества, посредством добавления новой вершины  $d_i=1$ . Если имело место множество, для которого справедливо  $O_m > O_3$ , то переходим к шагу 3, иначе – шаг 4.

*Шаг 4.* Конец

## **Выводы**

В статье предложена новая методика и алгоритм построения сетей с гетерогенной структурой, включающие свойство автоматического тестирования, которые позволяют минимизировать количество сбойных пакетов, что в свою очередь повышает надежность и производительность проектируемых сетей.

## Список литературы

1. Ямпольский Г.М. Промышленная Ethernet-инфраструктура // Phoenix contact. – 2006. -№2. –С.4–8.
2. Кругляк К.С. Промышленные сети: цели и средства [Текст] / К.С. Кругляк // СТА. – 2002. -№4. –С. 6-17.
3. В. А. Ватугин, “Системы поллинга и многотипные ветвящиеся процессы в случайной среде с финальным продуктом”, ТВП, 55:4 (2010), 644–679.
4. Громов Ю.Ю. Синтез и анализ живучести сетевых систем [Текст] / Ю.Ю. Громов, В.О. Драчев, К.А. Набатов, О.Г. Иванова. – М. : «Издательство Машиностроение-1», 2007. – 152 с.
5. Подъяпольский С.В. Распределенная система управления нового поколения Experion PKS фирмы Honeywell [Текст] / С. В. Подъяпольский, А. В. Родионов, Л. Р. Соркин // Научн. – тех. журн. Промышленные АСУ и контроллеры. – 2005. – №9. – С. 1-6. ISSN: 1819-5962.
6. Ямпольский Г.М. Промышленная Ethernet-инфраструктура от Phoenix Contact GmbH & Co [Текст] / Г.М. Ямпольский // Научн. – тех. журн. Промышленные АСУ и контроллеры. – 2007. – №12. – С. 56-61. ISSN: 1819-5962.
7. Wen Zeng. The Research and Application of UWB Based Industrial Network [Текст] / Zeng Wen, Wang Hong // Ultrawideband and Ultrashort Impulse Signals, The Third International Conference. – 2006. – P. 153-155.
8. Misbahuddin Syed. Improving Inter-processor Data Transfer Rates over Industrial Networks [Текст] / Syed Misbahuddin, Nizar Al-Holou // Computer Systems and Applications. IEEE/ACS International Conference. – 2007. – P. 547-553.

*Надійшла до редакції 02.09.2012 г.*

*Рецензент: канд.тех.наук, доц. Вороной С.М.*

**А.Р. Арутюнян, Р.В. Вальчук**

Донецький національний технічний університет

**Методика побудови комп'ютерної промислової мережі з заданими параметрами локалізації і типами вузлів.** Запропонована й описана методика побудови структури промислової комп'ютерної мережі для збору інформації щодо протікання технологічного процесу. Методика дозволяє побудувати комп'ютерну мережу із заданою конфігурацією ліній передачі даних і типів вузлів для забезпечення потрібної надійності та достовірності одержуваної інформації.

**Ключові слова:** промислова комп'ютерна мережа, вузол, локалізація кабельних ліній, сигнал, загасання сигналу

**A.R. Arutyunyan, R.V.Valchuk**

Donetsk National Technical University

**A method of constructing an industrial computer network with the given parameters of localization and node types.** We proposed and described a method for structure construction of industrial computer network to store information on the course of the process. The technique allows building a computer network with the specified configuration of data links and node types aimed at providing reliability and validity of the information obtained.

**Keywords:** industrial computer network, cable lines localization, signal attenuation