

## ОПТИМИЗАЦИЯ СТРУКТУРЫ РАСПРЕДЕЛЕННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЕЙ ПРИ ОГРАНИЧЕНИЯХ НА ПОКАЗАТЕЛИ СВОЕВРЕМЕННОСТИ ДОСТАВКИ СООБЩЕНИЙ И ЖИВУЧЕСТИ СЕТИ

С.Г. Семёнов

(Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба)

*Сформулирована новая постановка задачи структурного синтеза РВС, где вводится ограничение на показатели живучести сети.*

*распределенные вычислительные сети, время доставки сообщения, живучесть сети*

**Постановка проблемы.** Деятельность военного учебного заведения немыслима сегодня без создания единой корпоративной информационной системы, способной автоматизировать обработку информации и облегчить принятие решений. В ее основе лежит коммуникационная инфраструктура, которая должна соответствовать структуре организации со всеми ее подразделениями.

Создание распределенной вычислительной сети (РВС), организация ее связи с другими сетями по разнородным каналам связи, обеспечение удаленного доступа в систему, обеспечение единства управления коммуникационным оборудованием и наличие подсистемы безопасности, а также разработка путей развития данной инфраструктуры с сохранением вложенных в нее средств является весьма сложной и нетривиальной задачей.

**Анализ литературы** [1 – 4] показал, что задача синтеза и оптимизации структуры распределенных вычислительных сетей (РВС) была исследована многими авторами. Традиционно критерием здесь является стоимость сети, а ограничение – среднее время задержки в доставке сообщений в сети. Для задач синтеза в указанной постановке было разработано достаточно большое количество алгоритмов [2, 4], наиболее известными из которых являются методы замены ветвей, удаления ветвей, насыщенного сечения, и другие.

В этих постановках не учитывались требования по обеспечению заданного уровня живучести сети при отказах, так как не существовало методики расчета показателей живучести, что уменьшало возможность практической реализации разработанных методов и методик.

Заданы узлы связи (УС) сети  $X = \{x_j\}$ ,  $j=1, \dots, n$ , места размещения УС РВС –  $\{d_j, w_j\}$ , матрица требований в информационном обмене меж-

ду всеми узлами  $H = \|h_{ij}\|, i, j = 1, \dots, n$ , множество пропускных способностей (ПС) линий связи  $D = \{d_1, d_2, \dots, d_k\}$  и их удельных стоимостей  $C = \{c_1, c_2, \dots, c_k\}$ , а также надежностные характеристики линий связи:  $q_{rs} = q_0 \sqrt{l_{rs}}$  – интенсивность отказов в линиях связи  $(r, s)$ ;  $h_{rs}$  – интенсивность восстановления, где  $l_{rs}$  – условная длина линии связи  $(r, s)$ .

Необходимо: определить структуру сети  $E^{(0)} = \{(r, s)\}$ , и найти ПС всех линий связи  $\{d_{rs}^{(0)}\}$ , и распределение потоков в линиях связи  $\{f_{rs}^{(0)}\}$ , соответствующее матрице требований таким образом, чтобы обеспечить

$$\min_{(r,s) \in E^{(0)}} C_{\Sigma}(\{d_{rs}\}) = \min_{\Sigma} C_{rs}^{(пер)}(d_{rs}, l_{rs}) \quad (1)$$

при ограничениях на вероятность своевременной доставки

$$P_{сд} = P\{T_{сд} \leq t_{зад}\} \geq P_{зад} \quad (2)$$

и следующих ограничениях на живучесть сети при отказах:

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 100\%N_{зад}\} \geq P_{0зад}; \quad (3)$$

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 90\%N_{зад}\} \geq P_{1зад}; \quad (4)$$

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 80\%N_{зад}\} \geq P_{2зад}; \quad (5)$$

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 70\%N_{зад}\} \geq P_{3зад}; \quad (6)$$

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 60\%N_{зад}\} \geq P_{4зад}; \quad (7)$$

$$P\{H_{\Sigma}^{\Phi} = 50\%N_{зад}\} \geq P_{5зад} \quad (8)$$

при ограничении на среднее время доставки  $T_{cp} \leq t_{зад}$ .

Кроме того, коэффициент связности структуры сети  $k_{св}$  должен удовлетворять условию  $k_{св} \geq k_{зад}$ , ( $k_{зад} = 2$ ).

Основой для разрабатываемого алгоритма синтеза структуры являются свойства максимального потока через сеть и соответствующий алгоритм нахождения максимального потока [2].

При этом

$$T_{cp} = \frac{1}{h_{\Sigma}} \sum_{(r,s) \in E} \frac{f_{rs}}{d_{rs} - f_{rs}}, \quad (9)$$

где  $f_{rs}$  – интенсивность потока в линии связи  $(r, s)$ ;  $d_{rs}$  – пропускная способность линии связи  $(r, s)$  [4].

Вероятность своевременной доставки определяется соотношением:

$$P_{сд} = P\{\Gamma_{ср} \leq t_{зад}\} = \prod_{(r,s) \in E} \frac{d_{rs} \cdot k_{ITS} - f_{rs}}{d_{rs} \cdot k_{ITS} - f_{rs} + \frac{v_{yfts}}{h_{\Sigma}}}. \quad (10)$$

Задача синтеза (1) – (8) относится к классу NP-полных задач нелинейного дискретного программирования.

Для ее решения возможен декомпозиционный подход, разбивающий исходную задачу на ряд взаимосвязанных этапов:

1. Синтез кратчайшего связывающего дерева  $D_0$  с корнем в узле  $X_0$ .
2. Синтез начальной многосвязной структуры  $E_0$  и ее оптимизация по критерию минимума  $C_{\Sigma}$  при ограничении (2) на вероятность своевременной доставки.
3. Оптимизация структуры РВС по критерию минимума  $C_{\Sigma}$  при ограничениях на показатель живучести сети.

В дальнейшем возможна разработка алгоритмов каждого из этапов.

В соответствии с разработанными алгоритмами есть возможность использовать комплекс NetBuilder, который может реализовать алгоритмы анализа временных характеристик. Применение этого пакета позволяет существенно сократить время проведения анализа и проектирования РВС и оптимизировать характеристики сети.

**Выводы.** В статье сформулирована новая постановка задачи структурного синтеза РВС, где вводится ограничение на показатели живучести сети. В качестве показателя живучести в работе используется величина максимального потока, который можно передавать в сети при отказах при заданном ограничении на время доставки. В дальнейшем необходима разработка алгоритмов указанных в статье этапов.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Вишневикий В.М. Теоретические основы проектирования компьютерных сетей. – М.: Техносфера, 2003. – 512 с.
2. Зайченко Ю.П., Гонга Ю.В. Структурная оптимизация сетей ЭВМ. – К.: Техника, 1986. – 168 с.
3. Зайченко Ю.П. Комп'ютерні мережі. – К.: Слово, 2003. – 256 с.
4. Клейнрок Л. Вычислительные системы с очередями. – М.: Мир, 1979. – 600 с.
5. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы / 2-е издание. – ЗАО Издательский дом «Питер», 2004. – 863 с.

Поступила 20.12.2005

**Рецензент:** доктор технических наук, профессор В.А. Краснобаев,  
Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства.