

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 $T_{ср} \leq t_{зад}$.

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

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

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

Вероятность своевременной доставки определяется соотношением:

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

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_{Σ} при ограничении (2) на вероятность своевременной доставки.

3. Оптимизация структуры РВС по критерию минимума C_{Σ} 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.