

СИНТЕЗ ПЕРВИЧНЫХ СЕТЕЙ СВЯЗИ НА ОСНОВЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ АЛГОРИТМОВ

А.Н.Семенюта

Белорусский государственный университет транспорта, ул.Кирова 34, Гомель,
246653, БЕЛАРУСЬ

АННОТАЦИЯ

Предложены генетические алгоритмы, на основе которых целесообразно осуществлять поиск рациональных решений по построению первичных сетей связи реальных размеров.

Ключевые слова: сети связи, синтез, генетические алгоритмы

Общепризнанно, что задачи синтеза первичных сетей связи реальных размеров трудноформализуемы, поэтому одним из подходов к решению указанных задач является разработка и использование приближенных методов [1].

В последнее время во всем мире бурно развивается новое научное направление "генетические алгоритмы", в рамках которого предложены и апробированы специальные алгоритмы поиска практически приемлемых решений сложных задач комбинаторной оптимизации. Суть этих алгоритмов заключается в имитации эволюционного процесса, а терминология заимствована из генетики. Фундаментальные основы генетических алгоритмов (ГА), а также примеры решения инженерных задач на их основе приведены в [2].

Задачи синтеза первичных сетей связи относятся к классу задач комбинаторной оптимизации, поэтому их решение также целесообразно искать на пути применения генетических алгоритмов. В данной работе описывается метод синтеза первичной сети связи, построенный на базе использования генетических алгоритмов.

Предполагается, что узлы и линии синтезируемой сети абсолютно надежны, а также известны:

- структура существующей первичной сети, определяемая графом $G=\{A,B\}$, где A – множество пунктов (узлов сети), B – множество ребер (направлений связи);
- матрица $U(k)=\|u_{st}\|$ потребностей в связи между узлами первичной сети, каждый элемент которой u_{st} есть число типовых каналов, необходимых для организации связи между узлами s и t для конечного этапа развития;
- матрица $L = \|l_{ij}\|$ длин линий между узлами

первичной сети, каждый элемент которой l_{ij} есть расстояние между узлами i и j ;

- множество $B^0=\{b_{ij}^0\}$ существующих ребер сети (направлений связи), имеющих свободную канальную емкость;
- множество числовых значений $R=\{r_{ij}\}$ свободной канальной емкости ребер из множества B^0 ;
- множество $B^*=\{b^*_{ij}\}$ ребер, допустимых для установки новых систем передачи;
- множества $S_{ij} = \{s_m\}$ систем передачи, допустимых для установки на направлениях сети;
- стоимости строительства K_i и ежегодные эксплуатационные расходы для каждой допустимой системы передачи;
- множества $\mu_{st}=\{\mu_{st}^l\}$ путей, допустимых для организации связи между узлами s и t .

Обозначим через x_{st}^l число каналов, организуемых между узлами s и t по пути μ_{st}^l . Совокупность всех целочисленных неотрицательных переменных x_{st}^l определяет план распределения каналов на сети.

Тогда для решения задачи синтеза первичной сети требуется найти такой план размещения систем передачи информации на допустимых направлениях сети, который, в свою очередь, определяется планом распределения каналов для удовлетворения потребностей в связи на конечный период проектирования, при которых достигается экстремум выбранного критерия эффективности. Математическая формализация задачи:

$$F(\Pi_k) \rightarrow \max (\min)$$

при следующих условиях:

- для каждой пары узлов s и t по всем допустимым путям μ_{st}^l из μ_{st}

$$\sum x_{st}^l = u_{st} ; \\ \forall \mu_{st}^l \in \mu_{st}$$

- для каждого ребра b^0_{ij} из множества ребер, имеющих свободную канальную емкость

$$\sum x_{st}^l \leq r_{ij} ; \\ \forall \mu_{st}^l \in H(b^0_{ij})$$

- для каждого ребра b^*_{ij} из множества ребер, допустимых для установки новых систем передачи

$$\sum x_{st}^l \leq V_{ijmax}, \quad \forall \mu_{st}^l \in H(b^*_{ij})$$

где

$F(P_k)$ – значение некоторого критерия, характеризующего эффективность размещения систем передачи по направлениям сети;

$H(b^0_{ij})$ – множество всех допустимых путей между узлами сети, проходящих по ребру b^0_{ij} ;

r_{ij} – свободная канальная емкость ребра b^0_{ij} ;

V_{ijmax} – максимально допустимое число каналов на конкретном направлении, обусловленное ограничением на типы возможных систем передачи.

Решение любой задачи на основе ГА предполагает выполнение следующей последовательности шагов [2]. На первом шаге формируется начальная популяция, которая представляет собой множество предполагаемых решений задачи. Каждое такое решение интерпретируется как хромосома.

На втором шаге посредством двух основных операций (скрещиванием и мутацией) формируется новое поколение хромосом. При этом под скрещиванием понимается обмен компонент (генов) двух случайно выбранных хромосом, а под мутацией – случайное изменение некоторого числа компонент отдельных хромосом. В результате образуется текущая популяция, состоящая как из начальных, так и измененных хромосом.

На третьем шаге отбираются лучшие в каком-либо смысле хромосомы (производится селекция). Для этого используются числовые значения так называемой *fitness*-функции, которая определяет предпочтительность использования в качестве решения находящихся в текущей популяции хромосом.

Затем описанные шаги повторяются заданное число раз, а качестве решения задачи принимается хромосома с наилучшим значением *fitness*-функции.

Таким образом, для решения задач синтеза первичных сетей связи на основе ГА необходимо определить:

- способ кодирования решений задачи при помощи хромосом;
- начальную популяцию;
- процедуры скрещивания и мутации;
- *fitness*-функцию.

Для задачи синтеза первичной сети хромосому целесообразно представить в виде N -мерного вектора-строки

$$\chi = (\bar{\chi}_{12}, \bar{\chi}_{13}, \dots, \bar{\chi}_{st}),$$

компоненты которой в свою очередь являются векторами-столбцами

$$\bar{\chi}_{st} = \begin{pmatrix} \chi_{st}^{(1)} \\ \chi_{st}^{(2)} \\ \dots \\ \chi_{st}^{(l)} \end{pmatrix},$$

где

N – число корреспондирующих пар узлов на сети;

l – число путей, по которым допускается организация связи между узлом s и узлом t сети;

$\chi^{(l)}_{st}$ – доля от общего числа каналов u_{st} между узлами s и t , проходящая по l -му пути.

Причем $\chi^{(1)}_{st} + \chi^{(2)}_{st} + \dots + \chi^{(l)}_{st} = 1$ для любой корреспондирующей пары узлов s и t .

При таком представлении хромосом каждая из них кодирует какой-либо план распределения каналов на сети, т.е. искомые числа каналов $x^{(l)}_{st}$, организуемых по l -ому пути между парой узлов s и t , равны

$$x^{(l)}_{st} = \chi^{(l)}_{st} * u_{st}.$$

В свою очередь, на основании всех $x^{(l)}_{st}$ вычисляются числовые значения количества каналов v_{ij} каждого направления сети b^*_{ij} , которые являются основой для выбора систем передачи на направлениях сети

$$v_{ij} = \sum x_{st}^l - r_{ij}, \quad \forall \mu_{st}^l \in H(b^*_{ij})$$

где

$H(b^*_{ij})$ – множество всех допустимых путей, проходящих по ребру b^*_{ij} .

Начальная популяция должна генерироваться случайным образом, однако с учетом специфики рассматриваемой задачи в составе хромосом начальной популяции целесообразно иметь компоненты следующего типа

$$\begin{pmatrix} 1 \\ 0 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, \begin{pmatrix} 0 \\ 1 \\ \dots \\ 0 \end{pmatrix}, \dots, \begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ \dots \\ 1 \end{pmatrix}.$$

Такие компоненты при поиске плана распределения каналов позволяют учесть возможность организации связи между узлами только по одному пути, что иногда удобно с практической точки зрения.

В работах, касающихся применения ГА для решения инженерных задач, предложено множество процедур скрещивания и мутации, и каждая из них может использоваться при решении статической задачи синтеза первичных сетей связи.

Fitness-функция ГА для решения рассматриваемой задачи определяется следующим образом. Если хромосома определяет такое распределение каналов по направлениям сети, которое реализуется соответствующим размещением систем передачи по направлениям, то значение *fitness*-функции равно значению критерия эффективности данного плана размещения систем передачи. В противном случае (при нарушении ограничений) значение *fitness*-функции принимается равным $-\infty$ ($+\infty$).

Приводится пример применения разработанного метода к задаче реконструкции первичной сети связи железной дороги при условии, что для организации связи между любой парой узлов можно использовать два пути: кратчайший прямой путь и обходной путь наименьшей длины. Предполагается, что при реконструкции на каждом направлении существующей сети можно использовать имеющиеся резервы, 15-канальную, 30-канальную, 60-канальную, 120-канальную, 240-канальную или 480-канальную системы передачи.

Для определения плана размещения систем передачи по направлениям сети в качестве основного критерия эффективности предложено использовать показатель "Чистая приведенная стоимость" реконструкции *NPV* [3].

На основании проведенных вычислительных экспериментов установлено, что решения, полученные на основе разработанного метода всегда более предпочтительны, чем решения на базе эвристического подхода, причем выигрыш в уменьшении стоимости реконструкции сети составляет от 5 до 30% по сравнению с вариантом на основе эмпирического подхода.

Для эффективной работы любого генетического алгоритма при решении конкретной задачи оптимальные значения числа поколений, размера популяции, вероятности скрещивания и вероятности мутации определяются экспериментально. На основании проведенных экспериментальных исследований сделан вывод, что для решения рассматриваемой задачи числовое значение числа поколений должно быть не менее 40, размер популяции – не менее 50, а вероятности скрещивания и мутации равны 1.

Предложенный метод ориентирован на применение на сетях связи, допускающих несколько путей передачи информации между любыми узлами. В этом случае появляется огромное число вариантов распределения каналов по направлениям на основе использования доступных систем передачи информации и, следовательно, возникает острая необходимость использования мощных поисковых методов. Именно эта ситуация характерна для современных цифровых сетей связи, где качество передачи информации практически не зависит от расстояния (числа промежуточных узлов).

В предложенных алгоритмах легко учитываются все специфические ограничения конкретных сетей связи. При этом практическая реализация их на современных ПЭВМ не вызывает затруднений, а время, требующееся для получения практически приемлемых результатов, находится в разумных пределах.

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Теория сетей связи // Под ред. В.Н. Рогинского. - М.: Радио и связь, 1981.
- [2]. Курейчик В.М. Генетические алгоритмы. Состояние. Проблемы. Перспективы // Теория и системы управления. -1999.- № 1.- С.144-160.
- [3]. Ильин А. И. Планирование на предприятии. Учеб. пособие. В 2 ч. Ч.1. Стратегическое планирование. Мн.: ООО "Мисанта", 1998.

МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ СЕТЕВЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ПЕРЕДАЧИ ИНТЕГРИРОВАННОЙ ИНФОРМАЦИИ

Л.Н. Величко, Л.П. Качура, Ю.Н. Меглицкий, В.О. Чернышев

ЗАО «НПП Белсофт», ул. Московская 18 а, офис 401, Минск, 220007, БЕЛАРУСЬ, тел. (37517) 222-77-77, 228-13-21, факс 222-80-58, office@belsoft.by

Инструментальную платформу мультисервисных технологий, в зависимости от масштаба решаемых задач и территориальной протяженности, составляют глобальные, корпоративные или локальные/кампусные информационно-вычислительные сети (ИВС). При разработке и

создании ИВС необходимо обеспечить требуемое качество обслуживания пользователей, формирование среды передачи информации (СПИ), способствующей повышению конкурентоспособности субъектов хозяйствования, сокращению эксплуатационных расходов, но-