

## МНОГОВАРИАНТНЫЙ СИНТЕЗ СЕТЕЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С РАДИОКАНАЛАМИ

И.Т. Скибенко; Ю.А. Кулик, А.А. Рева

**I. ВВЕДЕНИЕ.** Управление распределенной системой, элементы которой размещены на географически обширных территориях, представляет собой важную задачу. Примером такой системы может служить единая энергетическая сеть (ЕЭС) Украины, включающая энергосистемы различных типов, трансформаторные подстанции, линии электропередач. При управлении такой системой из единого центра необходимо собирать информацию с ее элементов и выдавать управляющие сигналы (команды) из центра управления.

Технической средой для передачи данных служат сети передачи данных (СПД), абонентами которых являются управляющие и исполнительные элементы ЕЭС.

Проблема проектирования СПД является чрезвычайно актуальной. Особенно большое значение имеют задачи структурного проектирования, в результате решения которых должно быть выбрано размещение и структура сети, описывающая взаимосвязи (линии связи), которые должны быть проложены или арендованы между узлами сети. Точное решение задачи структурного проектирования для сетей реальной размерности (100 и более узлов) для большинства постановок задач в настоящее время невозможно из-за отсутствия эффективных методов (полиномиальной сложности), позволяющих проводить расчеты за приемлемое время. Большинство современных методов [2] структурного проектирования СПД построено на идее последовательных локальных изменений сети (замене одних каналов другими, добавлении или удалении каналов) и расчете эффективности вновь получаемой структуры. Как правило, СПД оценивается по нескольким показателям ка-



чества структуры сети (например, стоимость, задержка передачи сообщения и т.д.); при этом один из показателей выступает в качестве целевой функции, остальные переводятся в разряд ограничений. В этих методах присутствуют эвристические процедуры, направленные на уменьшение вычислительной сложности алгоритмов, позволяющие получать решение за приемлемое время. В результате применения этих методов проектировщик получает один вариант сети, максимизирующий (минимизирующий) целевую функцию и удовлетворяющий ограничениям. Такой подход является одним из способов реализации принципа многовариантности при проектировании СПД, когда множество вариантов задается неявно с помощью процедур получения одних вариантов из других.

В работе предлагается другой путь реализации многовариантности при проектировании, который состоит в явном задании всех вариантов реализации системы на основе И/ИЛИ деревьев [3] с последующим выбором оптимальных вариантов.

**2. МНОГОВАРИАНТНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ СПД.** Для проектирования структуры СПД разработан метод многовариантного проектирования, основанный на методе морфологического анализа [3] и представления области проектных решений (ОПР) с помощью И/ИЛИ деревьев [3,4], которые нашли применение в системах искусственного интеллекта [5]. В качестве факторов многовариантного проектирования выбраны следующие структуры СПД [6]: организационная, топологическая, техническая. Для описания организационной иерархии сети используется декомпозиция сети на части. Основными направлениями декомпозиции являются:

- 1) Разделение всех узлов сети на типы по функциональным, организационным, топологическим признакам. Все узлы одного типа предполагаются равноправными. В зависимости от требований к проектируемой СПД, размерности сети, опыта проектировщика



разделение узлов на типы может выполняться по-разному.

Крайними точками зрения являются : либо все узлы сети образуют один тип узлов, либо каждый узел образует свой тип.

- 2) Декомпозиция сети на группы типов узлов. Каждая группа типов узлов может иметь свою собственную топологию, отличную (совпадающую) от топологий других групп.
- 3) Композиция вариантов групп представляет собой вариант организационной иерархии проектируемой СПД.

Например, вариант организационной иерархии СПД Украины [2] представляет собой совокупность узлов связи (УС) группы 1, образуя распределенный центр управления сети (ЦУС), групп 2, ..., К областных УС (ОУС), входящих в областную подсеть 2, ..., К, групп К+1, ..., L районных УС (РУС), образующих трехуровневую иерархическую организацию СПД.

Под топологической структурой подразумевается совокупность топологических связей УС, входящих в одну группу. Например, ЦУС, входящие в группу 1 могут быть связаны полносвязной топологией, ОУС групп  $i$ ,  $i \leq K$  - кольцевой, РУС групп  $i$ ,  $i > K$  - древовидной. Если в группу входят узлы различных типов, между ними могут быть организованы различные радиальные топологии на основе топологий двудольных графов [7].

Под технической структурой подразумевается совокупность родов связи (РС) [8] и поддерживающих их технических средств. Например, связи ЦУС, входящих в группу 1, могут быть реализованы на радиорелейных каналах связи, кольцевая топология ОУС группы 2 - на проводных каналах и т.д.

При проектировании СПД задается постоянной информацией, остающейся неизменной в течение всего процесса проектирования и одной или несколькими ОПР, описывающими направления поиска проектных вариантов. К постоянной информации относятся:



- множество типов узлов сети; причем все типы узлов разделяются на основные и вспомогательные. Для основных узлов необходимо знать их количество.
- множество типов узлов - источников и потребителей информации;
- множество родов связи, используемых в проектируемой сети.

Область проектных решений представляет собой композицию значений множества факторов  $F = (f_i, i = 1, K_f)$ , где  $K_f$  - число факторов. В результате анализа выбрано пять факторов. Рассмотрим более подробно все факторы многовариантного проектирования:

- 1) количество вспомогательных узлов сети  $f_1$ . Этот фактор описывает количественный состав вспомогательных узлов сети. Одним вариантом является вектор целых чисел - количество всех вспомогательных узлов сети;
- 2) иерархическая организация сети  $f_2$ . Этот фактор описывает варианты декомпозиции сети на группы типов узлов, объединяемых элементарными топологиями;
- 3) топология групп  $f_3$ . Этот фактор описывает качественный характер взаимосвязей между узлами одной группы. Вариантом является элементарная топология, такая как кольцо, дерево, ячеистая определенной связности и т.д.;
- 4) род связи групп  $f_4$ . Этот фактор описывает перечень родов связи, применяемых в проектируемой сети;
- 5) аппаратура связи  $f_5$ . Этот фактор описывает параметры конкретной коммутационной и каналообразующей аппаратуры, поддерживающей (реализующей) каждый РС. Аппаратура характеризуется следующими параметрами:
  - стоимость.;
  - коэффициентом готовности;
  - скоростью передачи;
  - дальностью действия без усилителей;



- числом направлений связи, поддерживаемых одновременно.

Полученная ОПР имеет сложную структуру, которая представляется с помощью И/ИЛИ дерева [4], имеющего семь уровней иерархии. Каждый вариант структуры СПД представляет собой перечень вершин, полученный при обходе И/ИЛИ дерева [4].

3. МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТЬ ПРИ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ВАРИАНТОВ СТРУКТУРЫ СПД. В качестве критериев и ограничений оптимальности предлагается использовать следующие характеристики СПД:

- С - стоимость реализации сети(млн.крб.) или стоимость аренды технических средств сети(тыс.крб./мес.);
- Р - вероятность связности между источниками и потребителями информации;
- Т - задержка доставки сообщений(сек.);
- S - площадь, охватываемая СПД при использовании радиоканалов (тыс.кв.км.).

Вышеперечисленные характеристики могут одновременно в любой комбинации выступать в качестве критериев оптимизации и ограничений, накладываемых на проектируемую структуру. Такой подход возможно реализовать, если под оптимальностью понимать оптимальность по Парето [3].

Для поиска оптимальных по Парето вариантов в ОПР разработан метод, основанный на поэтапной проверке генерируемых вариантов на техническую реализуемость, причем выполняется несколько видов проверок. Для технически реализуемых вариантов рассчитываются значения критериев, затем делается попытка занесения полученного варианта в каталог оптимальных. Особенностью данного метода заполнения каталога паретовых вариантов является то, что для его реализации не требуется предварительный расчет значений критериев для всех вариантов. В каждый момент времени хранятся только оптимальные по Парето варианты, остальные отбрасываются. Это позволя-



ет при машинной реализации метода значительно сократить затраты машинных ресурсов для обработки каталога.

Разработанный комплекс математических моделей СПД и методов оптимизации ее структуры послужил основой системы ИНТРАС, представляющей собой расчетно- моделирующую систему для проектирования СПД.

3. ОПИСАНИЕ САПР ИНТРАС. Система ИНТРАС предназначена для:

- 1) облегчения формализации описания области проектных решений при проектировании структуры СПД;
- 2) оценки заданного варианта структуры СПД по заданным критериям и ограничениям (найденного ЭВМ или предложенного человеком);
- 3) выбора оптимальных (компромиссных) вариантов структуры СПД из заданной ОПР по выбранным критериям: вероятности связности, задержки, охватываемой площади, стоимости.

Система работает на любой ЭВМ типа IBM PC-AT с видеомонитором EGA/VGA под управлением операционной системы MS-DOS. Система позволяет проектировать структуру сети, содержащей до 120 УС. Объем памяти, требуемый системой, составляет около 350 кбайт. Время генерации и оценки одного варианта составляет около 0,8 сек. на ЭВМ IBM PC/AT-286/287 (16 МГц), что позволяет в автоматическом режиме анализировать десятки тысяч вариантов за час. Предусмотрена возможность получения текстовых отчетов, соответствующих ГОСТ 2.004-88 и графического отображения оптимальных вариантов.