

УДК 004.725.07

МОДЕЛИ РАЗВИТИЯ ПРОСТРАНСТВЕННО-РАСПРЕДЕЛЕННОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ ОРГАНИЗАЦИИ

Д.т.н. Л.И. Нефёдов¹, д.т.н. В.Е. Овчаренко², к.т.н. М.В. Шевченко¹, В.А. Щеголь³

1. Харьковский национальный автомобильный университет
2. Государственное предприятие Научно-исследовательский технологический институт приборостроения, г. Харьков
3. Государственное предприятие "Производственное объединение "Южный машиностроительный завод", г. Днепропетровск

В статье разработана обобщенная модель развития пространственно-распределенных компьютерных сетей организации, определены известные параметры и предложены стратегии развития. Ввиду большой сложности произведена декомпозиция обобщенной модели развития на частные модели в зависимости от выбираемой стратегии: модель развития с присоединением новых абонентов к существующим коммутирующим устройствам, модель развития с присоединением новых абонентов к новым коммутирующим устройствам, модель развития для смешанного варианта.

In the article the generalized model of development of the spatially-distributed of computer network of organization is developed, the known parameters are certain and strategies of development are offered. Because of large complication is decomposed of the generalized model of development is made on private models depending on selectable strategy: model of development with joining of new subscribers to the existent switchboard devices, model of development with joining of new subscribers to the new switchboard devices, model of development for the mixed variant.

Постановка проблемы и анализ последних исследований и публикаций.

Существующее множество работ [1,2] затрагивают проблемы проектирования компьютерных сетей (КС) и посвящены решению проблемы синтеза территориально распределенных систем. Синтез и усовершенствование компьютерных сетей - хорошо разработанная, систематизированная и описанная в литературе проблема. Следствием этого является большое количество моделей и методов решения задач синтеза и усовершенствования компьютерной сети по разнообразным ограничениям. Задачи структурного синтеза территориально распределенных систем управления, информационно-вычислительных и телекоммуникационных систем рассматривались многими авторами [3,4,5].

Результаты исследований состояния информатизации и компьютеризации в различных организациях позволяют сделать вывод, что в настоящий момент большинство из них уже имеет некоторые компьютерные сети, которые в различной степени автоматизируют процессы, протекающие в организациях.

Таким образом, можно отметить, что укрупнение существующих и появление новых локальных компьютерных сетей ставит перед исследователями задачу развития как следствие задачи синтеза.

При современных темпах компьютеризации организаций, производств и учебного процесса возникает необходимость присоединения новых абонентов к существующей сети, с уже образованной структурой и топологией. В настоящее время не существует моделей развития пространственно-распределенных компьютерных сетей (ПРКС) с оценкой их вариантов по многим критериям.

Предлагаемые математические методы позволяют принимать решения по развитию ПРКС по многим критериям с учетом ограничений. Для их реализации предлагаются методы дискретной оптимизации, позволяющие решать задачи большой и малой размерности. Предлагаемый подход к решению задачи развития ПРКС базируется на идее построения обобщенной модели с ее декомпозицией на частные модели меньшей размерности.

Следует отметить некоторые особенности, которые нельзя не учитывать при анализе и оценке ПРКС, а также при решении задач их развития.

Особенности ПРКС как большой системы:

- большое число конечных пунктов (абонентов) и узлов (коммутирующие устройства);
- длительность существования с постепенным наращиванием емкостей и расширением предоставляемых услуг;
- неоднородность пропускных способностей линий (каналов);
- пространственная неоднородность.

Цель и постановка задачи.

Целью исследования является разработка эффективных методов, моделей и интеллектуальных процедур при развитии организационной пространственно-распределенной КС, которые базируются на использовании теоретико-множественного и теоретико-категорного подходов при математическом описании организационной структуры и концепции многокритериального оценивания проектных решений в условиях неопределенности.

Для достижения поставленной цели предлагается объектно-ориентированное математическое описание структуры КС и расширение возможностей многокритериального шкального оценивания качественных и количественных показателей в задачах принятия решений.

Методы исследования базируются на комплексном применении аппарата теории графов и теории категорий, которые касаются математического описания организационной структуры КС, а также концепции многокритериального синтеза альтернатив решения, которые принимаются в условиях неопределенности.

Анализ задач развития топологических структур ПРКС в различных постановках показал, что многие из них относятся к классу комбинаторных. Все методы их решения можно разделить на три группы: комбинаторные методы, методы отсечения, и приближенные (как правило, эвристические) методы.

Метод исследования.

Следствием сложившейся ситуации становится объективная потребность в исследовании, пересмотре и переосмыслении существующих подходов, методологий и технологий разработки ПРКС, что, в свою очередь, может потребовать их модернизации, а возможно, и разработки новых решений. Поясним понятие развития принятое в работе:

Развитие - исследование исходной системы и появляющихся новых подсистем с целью объединения их в некоторой исходной форме с последующей реализацией. Комментарий: применительно к компьютерным сетям организации процесс развития включает в себя присоединение новых абонентов, которые появились в связи с расширением комплекса решаемых данной организацией задач.

Для разработки обобщенной модели развития определим известные параметры:

- множество локальных структурированных КС организаций и/или абонентов сети, их местоположение, перечни задач, требующих решения, с описанием взаимосвязей, информационных и вычислительных характеристик;

- множество программно-технических средств, их функциональные и стоимостные параметры, характеристики и места размещения [6].

Необходимо определить:

1. Стратегии развития ПРКС (будет ли происходить присоединение только к существующим коммутирующим устройствам (КУ), либо будет производиться развитие ПРКС за счет организации новых КУ, а также смешанный вариант, при котором происходит организация новых КУ и присоединение к существующим).

2. Списки абонентов, присоединяемых к каждому новому/существующему КУ, в зависимости от выбранной стратегии развития.

3. Решение по развитию линий связи и КУ (определение параметров линий связи и КУ).

Для разработки обобщенной модели развития и реинжиниринга введем следующие обозначения:

- множество точек, $i = \overline{0, J}$, где J - общее количество точек, которые могут соединяться друг с другом; в точке $i=0$ - расположен сервер;

- I^C - множество индексов существующих абонентских мест и мест расположения существующих коммутационных устройств (КУ), $i \in I^C$;

- для существующих абонентов и КУ выполняется $i = \overline{0, i'}, j = \overline{0, j'}$;

- для новых абонентов и новых КУ выполняется $i = \overline{i'+1, J}, j = \overline{j'+1, J}$;

- J^H - множество индексов новых абонентских мест, в которых возможно расположение нового КУ, $i \in J^H$.

- множество путей $k = \overline{1, k'}$ соединения точек i и j .

Введем переменную $x_{ij} = \{0;1\}$, где $x_{ij} = 1$ - рассматривается соединение пунктов i и j , $x_{ij} = 0$ - в противном случае.

Введем коэффициент $y_i = \{0;1\}$, где $y_i = 1$, если в пункте i расположен КУ системы, $y_i = 0$ в противном случае.

Каждая КС характеризуется рядом показателей:

- пропускная способность P_{ij}

- протяженность линий L_{ij}

- приведенные затраты F в виде суммы затрат на покупку новых КУ C_i и линий связи C_{ij}^k . При этом

$$C_i = C_i^{\Pi} + C_i^V + C_i^O, \tag{1}$$

где C_i^{Π} - затраты на покупку нового КУ, C_i^V - затраты на установку нового КУ, C_i^O - затраты на обслуживание нового КУ.

Также и для линий связи

$$C_{ij}^k = C_{ij}^{\Pi} + C_{ij}^V + C_{ij}^O + C_{ij}^Z, \tag{2}$$

где C_{ij}^{Π} - затраты на покупку новой линии связи, C_{ij}^V - затраты на прокладывание новой линии связи k -ым путем; C_i^O - затраты на техническое обслуживание по замене отказавших линий связи, C_{ij}^Z - затраты на покупку и установку корпуса для новой линии связи;

Обобщенная математическая модель развития имеет следующий вид. В качестве частных критериев могут быть использованы [1]:

- минимальные приведенные затраты

$$F = \min \left(\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=i'+1}}^J C_i y_i + \sum_{\substack{i \in I^C \\ i=j'+1}}^J \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k_{ij}} C_{ij}^k x_{ij}^k \right), \tag{3}$$

где $x_{ij}^k \in \{0;1\}$, при $x_{ij}^k=1$ – рассматриваем соединение пунктов i и j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ – в противном случае;

- $i=j=0$ – местоположение сервера;
- максимальная пропускная способность

$$P = \max \left(\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=j'+1}}^J P_i y_i + \sum_{\substack{i \in I^C \\ i=j'+1}}^J \sum_{\substack{j=0 \\ j=j'+1}}^J \sum_{k=1}^{k'} P_{ij} x_{ij}^k \right); \quad (4)$$

- минимальная протяженность линий связи для присоединяемых новых абонентов

$$L = \min \left(\sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i=j'+1}^J \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k \right) \quad (5)$$

где L_{ij}^k - длина кабеля между i -м и j -м пунктами k -м путем. Первое слагаемое отражает возможность присоединения новых абонентов к старым КУ, второе слагаемое – новых абонентов к новым КУ.

Область допустимых решений определяется ограничениями:

- 1) каждый новый абонент должен быть связан с одним из КУ только одним путем

$$\sum_{i=0}^J \sum_{k=1}^{k'} x_{ij}^k = 1 \mid j = \overline{j'+1, J}; \quad (6)$$

- 2) к каждому новому КУ должно быть подключено не меньше двух абонентов

$$\sum_{j=j'+1}^J x_{ij}^k \geq 2 \mid i = \overline{j'+1, J}; k = \overline{1, k'}; \quad (7)$$

- 3) стоимость развития не должна превышать заданной

$$\sum_{\substack{i \in I^C \\ i=j'+1}}^J C_i y_i + \sum_{i \in I^C} \sum_{\substack{j=j'+1 \\ i=j'+1}}^J \sum_{k=1}^{k_{ij}} C_{ij}^k x_{ij}^k \leq C_3; \quad (8)$$

- 4) пропускная способность линий связи, связывающих абонентов с КУ, и каждого КУ с сервером, не должна быть менее заданной:

$$\sum_{k=1}^{k'} P_{ij}^k x_{ij}^k \geq P_{ij}^3; \quad i \in I^C; \quad (9)$$

$$i, j = \overline{j'+1, J}; i = j = 0$$

- 5) пропускная способность КУ не должна быть менее заданной:

$$P_i y_i \geq P_i^3; \quad i = \overline{j'+1, J}; \quad (10)$$

- 6) длина каждой линии связи не должна превышать предусмотренной ГОСТом критической длины L_{KP}

$$L_{ij} x_{ij}^k < L_{KP}; \quad \forall x_{ij}^k = 1; i, j = \overline{0, J}. \quad (11)$$

Приведенная обобщенная модель развития и (3)-(11) относится к задачам дискретного программирования с булевыми переменными [4].

Из-за большой сложности и размерности, решение задачи в общем виде представляет определенные трудности. Поэтому произведена ее декомпозиция на три частные модели, соответствующие приведенным трем вариантам стратегии развития.

1. Модель развития с присоединением новых абонентов к существующим КУ. В качестве частных критериев могут быть использованы следующие:

- минимальные приведенные затраты

$$F_c^H = \min \left(\sum_{i \in I^C} C_i y_i + \sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k_{ij}} C_{ij}^k x_{ij}^k \right); \quad (12)$$

где $y_i=1$, если в пункте i расположен КУ системы, $y_i=0$ – в противном случае;

$x_{ij}^k \in \{0;1\}$, при $x_{ij}^k=1$ – рассматриваем соединение пунктов i и j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ – в противном случае.

- минимальная пропускная способность

$$P_c^H = \max \left(\sum_{i \in I^C} P_i y_i + \sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} P_{ij} x_{ij}^k \right); \quad (13)$$

- максимальная протяженность линий связи для присоединяемых новых абонентов

$$L = \min \left(\sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k \right), \quad (14)$$

где L_{ij}^k - длина кабеля между i -м и j -м пунктами, соединяемых k -м путем. Представляет собой длину линии связи присоединения нового абонента к существующему КУ.

2. Модель развития с присоединением новых абонентов к новым КУ. В качестве частных критериев могут быть использованы:

- минимальные приведенные затраты

$$F_H^H = \min \left(\sum_{i=i'+1}^J C_i y_i + \sum_{i=j'+1}^J \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k'} C_{ij}^k x_{ij}^k \right); \quad (15)$$

где $y_i=1$, если в пункте i расположен КУ системы, $y_i=0$ – в противном случае;
 $x_{ij}^k=\{0;1\}$, при $x_{ij}^k=1$ – рассматриваем соединение пунктов i и j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ – в противном случае;
 $i=0$ – местоположение сервера.

- минимальная пропускная способность

$$P = \max \left(\sum_{i=i'+1}^J P_i y_i + \sum_{i=i'+1}^J \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k'} P_{ij} x_{ij}^k \right); \quad (16)$$

- минимальная протяженность линий связи для присоединяемых новых абонентов

$$L = \min \left(\sum_{i=j'+1}^J \sum_{j=j'+1, j \neq i}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k \right), \quad (17)$$

где L_{ij}^k - длина кабеля между i -м и j -м пунктами, соединяемых k -м путем. Представляет собой сумму длин линии связи присоединения новых абонентов к новому КУ, также линию связи присоединения нового КУ к серверу.

3. Модель развития для смешанного варианта. В качестве частных критериев могут быть использованы:

- минимальные приведенные затраты

$$F_H^C = \min \left(\sum_{\substack{i \in J^H \\ i \in I^C}} C_i y_i + \sum_{\substack{i \in J^H \\ i \in I^C}} \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k'} C_{ij}^k x_{ij}^k \right); \quad (18)$$

где $y_i=1$, если в пункте i расположен КУ системы, $y_i=0$ – в противном случае;

$x_{ij}^k=\{0;1\}$, при $x_{ij}^k=1$ – рассматриваем соединение пунктов i и j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ – в противном случае.

- минимальная пропускная способность

$$P = \max \left(\sum_{\substack{i \in J^H \\ i \in I^C}} P_i y_i + \sum_{\substack{i \in J^H \\ i \in I^C}} \sum_{j=0}^J \sum_{k=1}^{k'} P_{ij} x_{ij}^k \right); \quad (19)$$

где J^H – множество индексов новых абонентских мест, в которых возможно расположение нового КУ.

- минимальная протяженность линий связи для присоединяемых новых абонентов к существующим КУ и новых абонентов к новым КУ

$$L = \min \left(\sum_{i \in I^C} \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k + \sum_{i=j'+1}^J \sum_{j=j'+1}^J \sum_{k=1}^{k'} L_{ij}^k x_{ij}^k \right), \quad (20)$$

где $x_{ij}^k=\{0;1\}$, при $x_{ij}^k=1$ – рассматриваем соединение пунктов i и j k -м способом, $x_{ij}^k=0$ – в противном случае; $i=0$ – местоположение сервера

Для всех моделей выполняются те же ограничения, что и для обобщенной модели. Данные модели (12)-(20) относятся к задачам линейного дискретного программирования с булевыми переменными.

Так как все разработанные модели развития ПРКС относятся к задачам дискретного программирования с булевыми переменными, то для их реализации предлагается использовать: для задач малой размерности – метод ветвей и границ; для задач большой размерности – метод случайного поиска.

После присоединения новых абонентов к существующей сети необходимо произвести оценку существующей ПРКС с учетом новых требований как для существующих, так и для новых абонентов. После того, как проведена оценка и анализ существующей ПРКС и выявлены несоответствующие требованиям элементы и линии связи компьютерной сети необходимо произвести ее реинжиниринг [7].

Выводы.

Таким образом, в статье разработана обобщенная модель развития ПРКС. Ввиду большой размерности произведена декомпозиция обобщенной модели на три частные модели в соответствии с тремя возможными стратегиями развития: путем присоединения новых абонентов к уже имеющимся элементам – КУ; путем присоединения новых абонентов к новым КУ и смешанный вариант. Отличием предложенных моделей является многокритериальность, что позволяет учесть все предъявляемые требования.

ЛИТЕРАТУРА:

- 1 Петров Э.Г., Пискалова В.П., Бескорвайный В.В. Территориально распределенные системы обслуживания. - К.: «Техніка», 1992 - 208 с
- 2 Петров Э.Г., Чайников С.И., Овезгельдыев А.О. Методология структурного системного анализа и проектирования крупномасштабных ИУС. - Харьков: «Рубикон», 1997. - 140 с.
- 3 Нефедов Л.И., Запорожцев С.Ю., Плугина Т.В., Шевченко М.В. Синтез пространственно-распределенной логистической информационной системы ВУЗа.// Коммунальное хозяйство городов. Х.: «Техніка», 2004 - №55-с. 209-214.
- 4 Контроль та керування корпоративними комп'ютерними мережами: інструментальні засоби та технології: Навчальний посібник / А.М. Гурій, С.Ф. Коряк, В.В. Самсонов, О.Я. Склярів. - Харків: "Компанія СМІТ", 2004. - 544 с.
- 5 Малафеев С.Е. Модели та методи аналізу автоматизованого інтегрованого обслуговування в корпоративних мережах: Автореф. дис. канд. техн. наук: 05.13.06/Нап. аерокосмічний ун-т ім. М.Є. Жуковського "ХАІ". - Харків, 2004. - 20 с.
- 6 Нефедов Л.И., Шевченко М.В. Многокритериальная оценка эффективности использования существующей информационной сети организации// Матеріали міжнародної науково-практичної конференції "Розвиток наукових досліджень 2005". - Полтава: "ІнтерГрафіка", 2005. - Т.8. - С. 112-113.
- 7 Нефедов Л.И., Плотникова З.В., Шевченко М.В. Оценка и реинжиниринг элементной базы информационной сети// Технология приборостроения. - 2005. - №2. - С. 14-18.