

Новиков М.О. Методика определения рационального состава узлов коммутации и терминальных комплексов в составе сети прикладной распределенной информационной системы [Электронный ресурс] // Информационно-экономические аспекты стандартизации и технического регулирования: Научный интернет-журнал. 2014. – № 1(17). Режим доступа http://iea.gostinfo.ru/files/2014_01/2014_01_04.pdf

УДК 004

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОГО СОСТАВА УЗЛОВ КОММУТАЦИИ И ТЕРМИНАЛЬНЫХ КОМПЛЕКСОВ В СОСТАВЕ СЕТИ ПРИКЛАДНОЙ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ

Новиков М.О., аспирант Российского научно-технического центра информации по стандартизации, метрологии и оценке соответствия (ФГУП «СТАНДАРТИНФОРМ»)

В статье предложена авторская методика определения количества узлов коммутации и терминальных комплексов сети прикладной распределенной информационной системы при заданном количестве потребителей информации для организации передачи информации с заданным объемом потоков, создающая основу для оптимизации топологической структуры элемента системы, а также определению местоположения узлов коммутации.

Ключевые слова: информационная система, узел коммутации, терминальный комплекс, сеть, состав, оптимизация.

UDC 004

METHOD FOR ASSESSMENT OF A RATIONAL STRUCTURE OF COMMUTATION NODES AND TERMINAL COMPLEXES IN THE FRAMEWORK OF A NETWORK OF AN APPLIED DISTRIBUTED INFORMATION SYSTEM

Novikov M.O., post graduate student at Russian Science and Technology Center for Information on standardization, metrology and conformity assessment (FSUE «STANDARTINFORM»)

The article suggests an author's method for assessment of a rational structure of commutation nodes and terminal complexes in the framework of a network of an applied distributed information system with a set number of consumers of information for organization of information transfer with a set number of streams for creation of a basis for optimization of a topology structure of an a element of a system as well as assesses the location of commutation nodes.

Keywords: information system, commutation node, terminal complex, network, structure, optimization

Постановку задачи на основе имеющихся положений в современной научно-технической литературе по проблематике информационных систем [3-4, 6-11] можно сформулировать следующим образом: требуется определить количество узлов коммутации (УК) и терминальных комплексов (ТК) сети прикладной распределенной информационной системы (ПРИС) при заданном количестве потребителей информации для организации передачи информации с заданным объемом потоков.

Для решения этой задачи примем следующие дополнительные условия, которые позволят уменьшить размерность задачи:

- различные зоны УК не должны иметь общих абонентов;
- характеристики потоков информации в сети неизменны;
- все узлы коммутации соединены по принципу «каждый с каждым»;
- поступающие запросы от клиентов имеют случайный характер.

В качестве критерия оптимизации примем приведенные затраты Y на создание и функционирование сети. Значение Y зависит от объема информационных потоков через УК для определенной группы абонентов m_j , принадлежащих к зоне i -го узла.

Определим принадлежность потоков информации к зоне действия УК следующим образом:

$$y_{ji} = \begin{cases} 1 & \text{при } m_j \in A_i, \\ 0 & \text{при } m_j \notin A_i \end{cases} \quad (1)$$

где A_i – подмножество абонентов, принадлежащих зоне расположения УК.

Тогда объем сообщений, поступающих в узел зоны действия, составит:

$$S_i = \sum m_j y_{ji} \quad (2)$$

Примем следующие обозначения:

R_{ik} – расстояние между i -м и k -м УК;

S_{ik} – среднее значение объема информации, циркулирующей между узлами сети с номерами i и k ;

Y_{ik} – удельные затраты на передачу объема информации на единицу длины канала связи между соответствующими узлами сети.

Y_I – приведенные затраты на создание и эксплуатацию i -го УК;

d_{ij} – количество каналов связи между абонентами m_j и i -м УК;

C – пропускная способность канала связи.

Тогда критерий Y можно записать в следующем виде:

$$Y = \sum_i Y_i + \sum_{ik} Y_{ik} S_{ik} R_{ik} \quad (3)$$

При следующих ограничениях:

$$\sum_i y_{ij} \geq 1 \quad (4)$$

$$S_i \geq \sum m_j y_{ij} \quad (5)$$

$$m_j y_{ij} \leq d_{ij} c \quad (6)$$

При детальном изучении построения структуры сети ПРИС определены необходимые ограничения, которые позволят получить решение в аналитическом виде, а именно:

- потенциальные клиенты (абоненты) сети ПРИС размещены по территории с равной плотностью;
- поступающие потоки информации от клиентов однородны и имеют постоянную интенсивность;
- сбор, преобразование и промежуточное хранение информации осуществляется на узлах коммутации филиалов банков;
- все потребители сети связаны с УК радиально;
- затраты на создание сети ПРИС в регионах и эксплуатацию арендуемых каналов сети Интернет находятся в линейной зависимости от расстояния между УК и от расстояния между УК и ТК.

С учетом принятых допущений решение задачи сводится к определению количества входящих в ее состав узлов коммутации и терминальных комплексов.

В качестве исходной примем вариант упрощенной топологической схемы сети ПРИС (рис. 1).

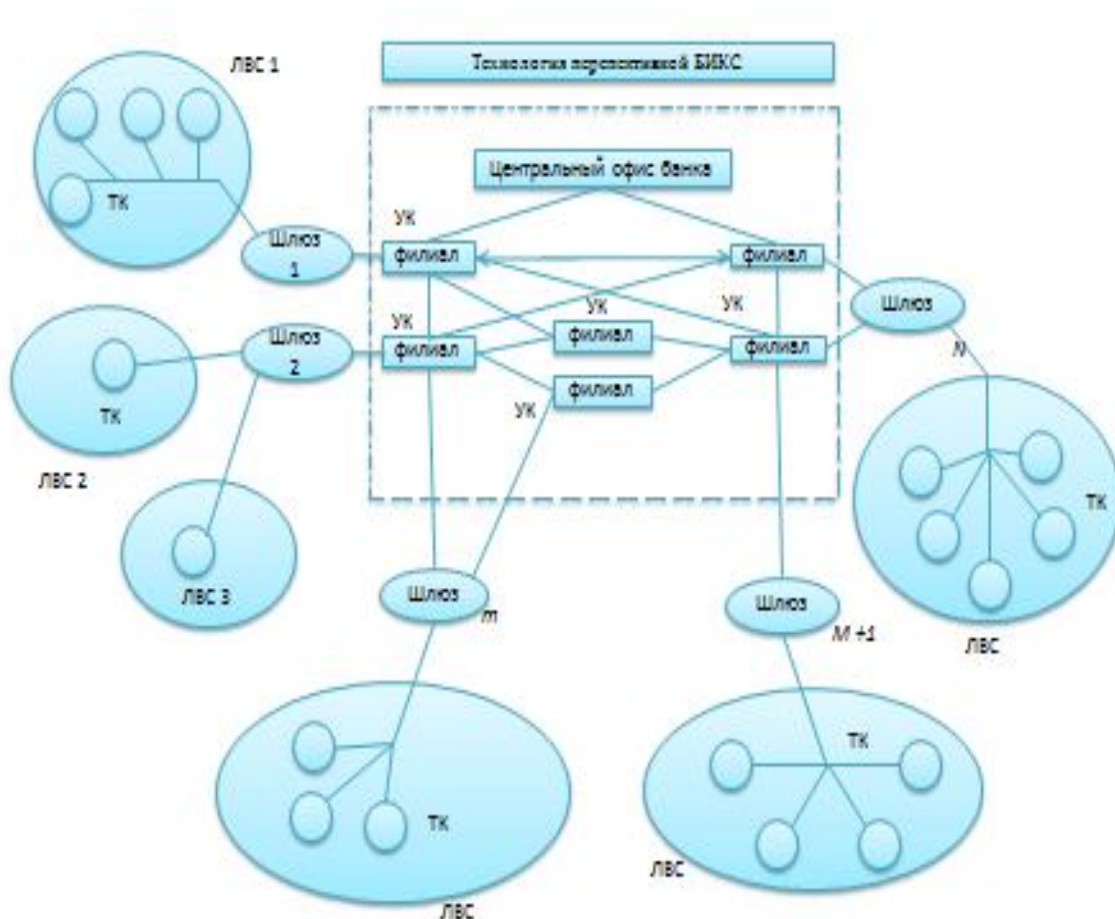


Рис. 1. Определение состава УК и ТК

Сеть включает вторичную цифровую телекоммуникационную сеть, узловые элементы которой через устройства сопряжения соединяются с абонентами сети, в качестве которых рассматриваются соединения абонентов через местную сеть Интернет, соединенные со своими терминальными комплексами, развернутыми на элементах сети ПРИС. Выход элементов сети ПРИС на первичную магистральную цифровую сеть связи осуществляется

через узлы привязки (УП). В качестве устройств сопряжения могут использоваться удаленные мосты, маршрутизаторы или шлюзы.

Исходные данные для расчета параметров УК:

- площадь района размещения абонентов – $Pl=LxD$ км²;
- количество абонентов в сети – N ;
- капитальные затраты на установку одного УК и ТК – Y_1 и Y_2 соответственно;
- стоимость 1 км канала связи между УК – Y_3 ;
- стоимость 1 км канала связи между УК и ТК – Y_4 .

Требуется определить такое количество узлов коммутации и терминальных средств, которое может входить в состав регионального размещения абонентов и которое минимизирует общие затраты на их создание и эксплуатацию.

Представим теперь топологическую структуру региона (района) в формализованном виде (рис. 1), где окружностями обозначены зоны действия каждого узла коммутации, представляющие собой отдельный элемент сети ПРИС, обозначенные в данном случае ЛВС-1, ЛВС-2, ..., ЛВС- N .

Анализ формализованной схемы [1-2, 3-4, 6-11] топологии УК позволяет определить капитальные затраты на каналы связи между узлами коммутации:

$$Y_{ук}^{кан} = Y_3 \left[\sum_i (R_{ik} + R_{ij}) + \sum_i \sqrt{R_{i1}^2 + R_i^2} \right] \quad (7)$$

где i – индекс рассматриваемого УК;

j – индексы соседних УК, находящихся правее рассматриваемого;

k – индексы соседних УК, находящихся ниже рассматриваемого ;

R_{i1}, R_{i2} – проекции прямой, связывающей i -й УК с УК, находящиеся ниже по диагонали на вертикальную и горизонтальную оси координат.

Величина $\sum (R_{ik} + R_{ij})$ не зависит от значений R_{ik} и R_{ij} . В то же время вторая сумма формулы (7) минимизируется при $R_{i1}=R_{i2}=R$ для любых i .

Основываясь на аналогичных рассуждениях, можно прийти к выводу о том, что минимизация затрат на каналы связи между УК и ТК также достигается при равномерном размещении терминальных комплексов в зоне обслуживания УК.

Исходя из изложенного, определим общие затраты на создание всех УК и ТК в районе размещения элемента сети ПРИС. Опуская промежуточные алгебраические преобразования приведем основное соотношение для суммарных затрат на проектируемую сеть [5]:

$$G = G_1 \frac{S}{R^2} + \frac{S}{r^2} (G_2 + 0,35G_3R) + G_4 \left[2,82 \frac{S}{R} + 0,82R - 1,82(D + L) \right] + 0,35G_4N^r \quad (8)$$

С учетом принятого допущения о равномерном распределении УК и ТК в районе размещения элемента сети ПРИС значения R и r могут быть вычислены по методике [5] следующим образом

$$r_{cp} = \frac{1}{2\sqrt{2}} R \quad (9)$$

$$G_1 = G_3 \frac{S}{r^2} \frac{R}{2\sqrt{2}} \quad (10)$$

$$G_2 = G_4 \frac{NR}{2\sqrt{2}} \quad (11)$$

Для определения экстремальных значений этих величин для функции G найдем ее частные производные по переменным R и r и приравняем их нулю:

$$\begin{cases} \frac{\partial G}{\partial R} = -2G_1 \frac{S}{R^2} + \kappa 2G_3 \frac{S}{r^2} + G_3 \left(0,82 - 2,82 \frac{S}{R^2} \right) = 0 \\ \frac{\partial G}{\partial r} = -3 \frac{S}{r^3} (G_2 + 0,35G_3R) + 0,35G_4N = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Решая совместно эти два уравнения путем подстановки, получим искомого соотношение, которое является алгебраическим уравнением 11-й степени относительно R :

$$a_{11}R^{11} + a_{10}R^{10} + \dots + a_2R^2 + a_1R^1 + a_0 = 0 \quad (13)$$

Для нахождения корней этого уравнения $(R_{01} - R_{11})$ была использована стандартная подпрограмма для заданных значений коэффициентов. Расчеты проводились со следующими исходными данными: $D=200$ км, $L=100$ км, $S=2 \cdot 10^4$ км², $G_1=7 \cdot 10^5$, $G_2=5 \cdot 10^3$, $G_3=2 \cdot 10^4$, $G_4=10^4$.

Из полного множества значений корней были исключены мнимые и отрицательные значения, а остальные проверялись на соответствие физическому смыслу задачи. В результате было выбрано наиболее подходящее значение $R_0=32,06$ км и найдены соответствующие этому значению величины, определяющие оптимальное распределение затрат для синтеза локальной вычислительной сети (ЛВС):

- среднее расстояние между УК и ТК:

$$r_{cp} = \frac{1}{2\sqrt{2}} R_0 = 11,37 \text{ км}$$

- оптимальное число узлов в сети:

$$S = LXD = 2r_{cp} n_1 2r_{cp} n_D \approx 4r_{cp}^2 n_{ук}$$

$$n_{ук} = S / 4r_{cp}^2 = 38,6 \rightarrow 39 \text{ шт}$$

- среднее число ТК, подключаемых к каждому узлу:

$$n_{ТК} = \frac{N}{m_j n_{óê}} = \frac{4Nr_{нó}^2}{m_j S} \approx 18$$

Аналогичные вычисления было проведены и для других значений исходных данных, характеризующих элемент ЛВС1-N. Результат расчетов представлены на рис. 2 в виде графиков функциональных зависимостей между площадями элементов региональной сети БИКС и необходимыми количествами УК для заданных значений r_{cp} - среднего расстояния между ними.

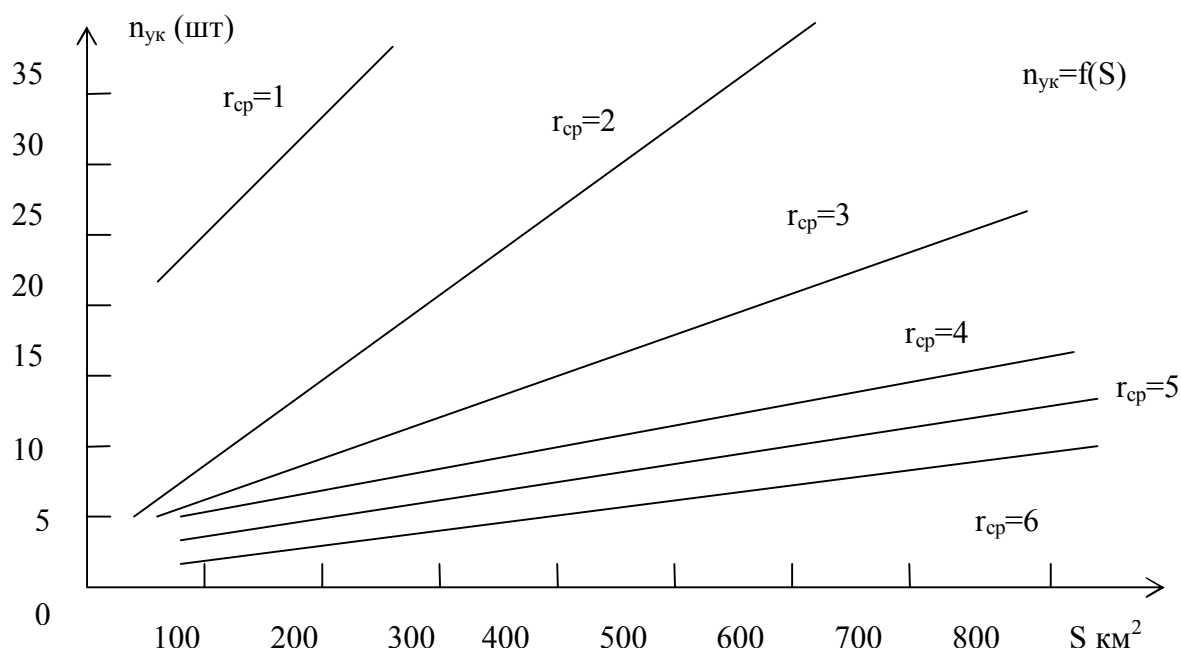


Рис. 2. Диаграммы функциональных зависимостей $n_{ук} = f(S)$

Полученные результаты создают основу для оптимизации топологической структуры элемента ПРИС, а также определению местоположения УК.

Литература

1. Вентцель Е.С., Овчаров Л.А. Теория вероятностей и ее инженерные приложения. Учебное пособие для вузов. – Изд. 2-е, стереотип. – М.: Высшая школа, 2000. – 480 с.
2. Вентцель Е.С. Исследование операций. – М.: Советское радио, 1976.
3. Петухов Г.Б. Основы теории эффективности целенаправленных процессов. Ч.1. Методология, методы, модели. – М.: МО, 1989. – 660 с.
4. Прим Р. Кратчайшие связывающие сети и некоторые обобщения. Кибернетический сборник, вып. 2. – М.: Изд-во иностр. лит-ры, 1961. – С. 95-107.
5. Хохлачев Е.Н. Теоретические основы управления. Часть 2. Анализ и синтез систем управления: Учебное пособие. – М.: ВА РВСН, 1996.
6. Щербина О.А. Методологические аспекты динамического программирования // Динамические системы, 2007. – Вып. 22.
7. Якубайтис Э.А. Информационные сети и системы. Справочная книга. – М.: Финансы и статистика, 1996. – 368 с.
8. Табак Д., Куо Б. Оптимальное управление и математическое программирование. Теоретические основы технической кибернетики. – М.: Наука, 1975. – 280 с.
9. Модели и методы оптимизации. – М.: ФМ, 2003. – 39 с.

10. Морозов В.К., Долганов А.В. Основы теории информационных сетей. – М., 1987.

11. Советов Б.Я., Яковлев С.А. Построение сетей интегрального обслуживания. – Л.: Машиностроение, Ленингр. отделение, 1990. – 302 с.

© М.О. Новиков, 2014