PARAMETRIC SYNTHESIS OF ENTERPRISE INFOCOMMUNICATION SYSTEMS USING A MULTI-LAYER GRAPH MODEL

Ageyev D.V., Fouad Wehbe
Kharkiv National University of Radioelectronics
14, Lenin Ave. Kharkiv, 61166, Ukraine
Ph.: (057) 7021320, e-mail: tcs@kture.kharkov.ua

Abstract — This report calls attention to the need for multilayer graph model usage for solving the problems of synthesis of telecommunication systems including company communication systems. With the application of the model in the form of a multilayer graph the link capacity choice problem for self-similar traffic is solved. Comparative analysis of the proposed method with previously known ones shows that the infocommunication system synthesized by the proposed method provides a lesser network delay.

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ ИНФОКОММУНИКАЦИОННЫХ СИСТЕМ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛИ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФА

Агеев Д. В., Фуад Вехбе
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
пр. Ленина, 14, Харьков, 61166, Украина
тел.: (057) 7021320, e-mail: tcs@kture.kharkov.ua

Аннотация — В докладе обращается внимание на целесообразность применения модели в виде многослойного графа при решении задач синтеза телекоммуникационных систем в том числе и инфокоммуникационных систем предприятия. С применением модели в виде многослойного графа решена задача выбора пропускных способностей каналов связи для самоподобного трафика. Сравнительный анализ предлагаемого метода с ранее известными показ, что инфокоммуникационная система синтезированная предлагаемым методом обеспечивает меньшую сетевую задержку.

I. Введение

Современные телекоммуникационные системы по своей структуре являются многоуровневыми. Процессы, протекающие на различных уровнях, оказывают сильное влияние друг на друга. Такое же сильное влияние оказывает и структура сети на одном из уровней на характеристики другого. Поэтому при решении задач структурного и параметрического синтеза к синтезируемой системе необходимо подходить как к единому целостному объекту.

Учет многоуровневой структуры современных телекоммуникационных систем возможен за счет применения моделей в виде многослойного графа [1], которые позволяли бы адекватно описывать существующие физические и логические связи между элементами системы на различных ее уровнях и эффективно решать задачи синтеза.

Наибольшую актуальность данный подход приобретает при проектировании и анализе функционирования облачных систем, когда совокупность пространственно-распределенных, взаимодействующих серверов необходимо представить единым объектом: «облаком». И в тоже время учесть структуру и характеристики оборудования уровня телекоммуникационной сети, учитывать ограниченную производительность отдельных узлов и каналов сети, потоки протекающие в сети, задержки возникающие в системе при обслуживании запросов пользователей.

Широкое распространение информационных технологий находят свое применение при решении задач организация инфокоммуникационных систем предприятия и внедрении систем электронного документооборота и автоматизации деятельности предприятий. В состав развертываемых систем как обязательный элемент входит телекоммуникационная система от эффективности которой зависят характеристики внедряемой на предприятии информационных систем. Важной задачей, решаемой при создании телекоммуникационных систем, является выбор оптимальных параметров структурных элементов системы.

В данном докладе предлагается метод параметрического синтеза информационно-телекоммуникационных систем предприятия, позволяющей произвести выбор оптимальных значений пропускных способностей каналов связи с учетом наличия у трафика эффекта самоподобия.

II. Основная часть

Синтезируемая телекоммуникационная сеть обеспечивает передачу информационных потоков между узлами сети $a_i \in A$ являющимися источниками группового трафика и содержит кроме узлов-источников - транзитные узлы $z_i \in Z$.

Исходными данными является:

— данные об узлах сети $A = \{a_i\}$ — источниках информационных потоков;

— данные о перечне услуг $S = \{s_k\}$;

— данные о параметрах потоков γ_{ij}^k между всеми парами узлов (a_i, a_j) отправитель-получатель при предоставлении услуги s_k ;

— известна топология сети и маршруты передачи информационных потоков между всеми парами узлов отправитель-получатель;

— известны удельные затраты α_{ij} для канала связи (a_i, a_j) единичной пропускной способностью.

Необходимо определить значения пропускных способностей каналов связи c_{ij} таким образом, чтобы суммарные не превышала заранее определенную величину $\Psi_{\text{доп}}$. Критерий оптимальности минимум среднесетевой задержки пакета в сети.

 ISBN: 978-966-335-395-1. IEEE Catalog Number: CFP13788

Согласно общей методике решения задачи синтеза телекоммуникационной системы с использование многослойного графа в структуре синтезируемой сети выделим следующие уровни (слои).

Нижним слоем многослойного графа *MLG* является граф, описывающий физическую топологию сети. Вершины этого графа соответствуют узлам физической сети, а ребра - каналам связи физической сети.

Слои выше первого описывают взаимодействие узлов инфокоммуникационной системы при предоставлении услуг. Количество слоев равно количеству услуг. Вершины v_i^l, соответствуют источникам и потребителям информационных потоков услуг. Ребра e_{ij}^l связывают вершины, которые соответствуют узлам сети, взаимодействующим при предоставлении услуги.

Каждому ребру графа Γ^1 припишем параметр $\alpha_c(e_{ij}^1, c_{ij})$ задающий затраты на организацию канала связи пропускной способностью c_{ij}.

Каждому ребру e_{ij}^l припишем потокок $\gamma_{ij}^l \in \Upsilon^l$. Указанные выше потоки являются групповыми потоками и для их моделирования применяется модель фрактального Броуновского трафика, характеризующегося набором параметров: λ_{ij}^l - интенсивность потока, бит/с; ι_{ij}^l — средняя длина пакета, бит; ς_{ij}^l — коэффициент дисперсии; H_{ij}^l — параметр Херста.

Вершины графов Γ^l, $l = 2,\ldots,L$ связаны ребрами $e_{ij}^{l,1} = (v_i^l, v_j^l)$ с вершинами графа нижнего слоя, которые соответствуют узлам сети a_j, где расположен источник или потребитель информационного потока услуги.

Обозначим как γ_{ij}^1 - поток, протекающий по ребру графа нижнего слоя. Поток γ_{ij}^1 образуется в результате объединения потоков, соответствующих потокам, протекающих по ребрам верхних слоев многослойного графа [2]:

$$\gamma_{ij}^1 = \sum_{\substack{l=2,\ldots,L, \\ e_{km}^l \in E^l, e_{ij}^1 \in \pi_{(km)}^1}} \gamma_{km}^l \ .$$

Таким образом, основываясь на приведенной математической модели инфокоммуникационной системы, задачу параметрического синтеза сформулируем как оптимизационную задачу следующего вида.

Задано: $MLG = (\{\Gamma^l\}, E, \alpha(e^1))$ - многослойный граф, описывающий структуру инфокоммуникационной системы; $\Upsilon = \{\Upsilon^l\}$ — множество потоков протекающих по ребрам многослойного графа *MLG*.

Необходимо найти: $c_{ij}^1, \forall e_{ij}^1 \in E^1$ — пропускные способности ребер графа соответствующих каналам связи синтезируемой телекоммуникационной сети.

Критерий оптимальности:

$$\overline{T}(\Gamma^1, \Upsilon, c(e^1)) \to \min \ . \qquad (1)$$

Ограничения:

$$\sum_{e_{ij}^1 \in E^1} \alpha_{ij} c_{ij}^1 \le \Psi_{\text{доп}} \ , \qquad (2)$$

$$\gamma_{ij}^1 = \sum_{\substack{l=2,\ldots,L, \\ e_{km}^l \in E^l, e_{ij}^1 \in \pi_{(km)}^1}} \gamma_{km}^l \qquad (3)$$

$$\lambda_{ij}^1 < c_{ij}^1, \quad \forall e_{ij}^1 \in E^1 \ , \qquad (4)$$

Задача параметрического синтеза (1)-(4) была сведена к задаче без ограничений и решена с применением метода наискорейшего спуска.

Описанный метод решения реализован в виде программного кода и исследован на ПК. Методика исследования базировалась на следующем.

Для каждого варианта поступающего в сеть потока, производилось оценка значений его параметров в рамках пуассоновской (интенсивность потока и средняя длина пакета) и самоподобной модели (интенсивность потока, средняя длина пакета и значение параметра Херста). В дальнейшем с использование полученных значений параметров потоков производился выбор пропускных способностей каналов связи.

Результаты эксперимента представлены в таблице, где H — параметра Херста; $\overline{T}$ — значение целевой функции при решении задачи, $\overline{T}_{\Pi}$, $\overline{T}_C$ — экспериментально полученные значения задержки для конфигураций сети, рассчитанных с использование пуассоновской модели и с использованием модели самоподобных процессов.

Табл. 1. Результаты эксперимента

Table 1. Experiments results

Вариант Variant	H	$\overline{T}$, ms	$\overline{T}_{\Pi}$, ms	$\overline{T}_C$, ms
1	0,65	9,8	14,3	9,1
2	0,65	49,5	65,4	52,2
3	0,71	20,3	27,1	21,3
4	0,71	71,2	88,6	73,1
5	0,75	29,9	36,1	28,7

III. Заключение

Проведенный анализ полученных в работе результатов показал, что синтезированная математическая модель инфокомуникационной сети предприятия в виде многослойного графа позволяет повысить эффективность решения задач синтеза и описать систему как единый целостный объект.

— предлагаемый метод позволяет более точно определить пропускные способности каналов связи, при которых среднесетевая задержка на практике наиболее близко соответствуют величине, ожидаемой при решении задачи параметрического синтеза;

— в результате эксперимента было подтверждено, что применение методов базирующихся на пуассоновской модели потоков дает заниженные требования к ресурсам сети, что приводит к конфигурациям, имеющим более высокие значение среднесетевой задержки и соответственно обладающими более худшими параметрами качества обслуживания.

IV. References

[1] Ageyev D.V. Modelirovanie sovremennykh telekommunikatsionnykh sistem mnogosloinymi grafami [Simulation of modern telecommunication systems with multi-layer graphs usage]. *Problemi telekomunìkacìj*, 2010, No 1 (1), pp. 23-34.

[2] Ageyev D.V. Metod proektirovaniya telekommunikatsionnykh sistem s ispol'zovaniem potokovoi modeli dlya mnogosloinogo grafa [Method of designing telecommunication systems using flow model for multi-layer graph], *Problemi telekomunikacij*, 2010, No 2(2), pp. 7-22.

[3] Ageyev D.V., Evlash D.V. Multiservice telecommunication systems design with network's incoming self-similarity flow. *Proc. of Intern. Conf. on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science. (TCSET 2008)*, 2008, pp. 403-405.