

УДК 621.391

ПАРАМЕТРИЧЕСКИЙ СИНТЕЗ НАЛОЖЕННЫХ ИНФО- КОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ ПРЕДПРИЯТИЯ

Фуад Вехбе

Аспирант

Кафедра телекоммуникационных систем

Харьковский национальный университет

радиоэлектроники

E-mail: tkc@kture.kharkov.ua

Самир Махмуд

Кандидат технических наук, доцент

Кафедра компьютерной инженерии инженерного

факультета

Университет Ал-Баха, Королевство Ал-Баха,

Саудовская Аравия

п/я 1988 , г. Ал-Баха, Саудовская Аравия, 65431

E-mail: sammah27@hotmail.com

Стаття присвячена параметричному синтезу інфокомунікаційних систем підприємства із застосуванням моделей багатoshарового графа і самоподібних процесів. Розв'язання задачі параметричного синтезу зведено до задачі нелінійного програмування, яка вирішується з використанням методу градієнтного спуску

Ключові слова: накладена мережа, модель, багатoshаровий граф, потік, ефект самоподібності, мережа, послуга

Статья посвящена параметрическому синтезу инфокоммуникационных систем предприятия с применением моделей многослойного графа и самоподобных процессов. Решение задачи параметрического синтеза сведено к задаче нелинейного программирования, которая решается с использованием метода градиентного спуска

Ключевые слова: наложенная сеть, модель, многослойный граф, поток, эффект самоподобия, сеть, услуга

1. Введение

Современные телекоммуникационные системы по своей структуре являются многоуровневыми [1, 2]. Процессы, протекающие на различных уровнях оказывают сильное влияние друг на друга. Учет наложенного характера современных сетей структуры современных телекоммуникационных систем возможен за счет применения моделей в виде многослойного графа [3], позволяющие адекватно описывать существующие связи и эффективно решать задачи синтеза.

Особенно это актуально при проектировании и анализе облачных систем, современных инфокоммуникационных систем предприятия, которые характеризуются сложно наложенной структурой, включающей совокупность пространственно-распределенных, взаимодействующих серверов.

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.

Используемые в настоящее время методы параметрического синтеза базируются на применении классических математических моделей потоков. В то же время исследования трафика, передаваемого в телекоммуникационных системах [4, 5], показывают, что его статистические характеристики отличаются

от тех, которые приняты в классической теории теле-трафика.

Последние исследования свойств информационных потоков в телекоммуникационных сетях показали, что использование моделей самоподобных процессов позволяет более точно описывать трафик, передаваемый в данных системах. Одной из моделей трафика с эффектом самоподобия является модель фрактального броуновского движения [6], для которой получены ряд ценных для задач параметрического синтеза выражений.

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

2. Постановка задачи

Синтезируемая сеть обеспечивает передачу информационных потоков между узлами $a_i \in A$ корпоративной информационной сети, представленными пользовательскими узлами и узлами, где установлены сервера. Проектируемая телекоммуникационная сеть также содержит транзитные узлы $z_i \in Z$.

Исходными данными является:

- данные об узлах сети $A = \{a_i\}$ – источниках информационных потоков;
- множество информационных сервисов $S = \{s_k\}$ (типы потоков);

- данные о параметрах потоков γ_{ij}^k между узлами (a_i, a_j) , возникающих в сети в результате взаимодействия при предоставлении сервиса s_k ;

- задана топология сети и маршруты передачи потоков;

- известны удельные затраты α_{ij} для канала связи (a_i, a_j) .

Необходимо определить значения пропускных способностей каналов связи c_{ij} таким образом, чтобы суммарные затраты не превышали заранее определенную величину $\Psi_{\text{доп}}$.

Критерий оптимальности минимум среднесетевой задержки пакета в сети.

3. Метод решения задачи

Согласно приведенного описания, данную систему удобно описать многослойным графом с применением методики [7]. Таким образом, в структуре синтезируемой сети можно выделить 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 сервисов.

Количество слоев равно количеству сервисов (логических сетей) в корпоративной сети. Вершины v_i^l , соответствуют пользовательским терминалам и серверам. Ребра e_{ij}^l связывают вершины, которые соответствуют пользовательским узлам, серверам и другому оборудованию, участвующему при предоставлении сервиса.

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

Каждому ребру e_{ij}^l припишем поток $\gamma_{ij}^l \in Y^l$. Эти потоки характеризуются 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 $\Gamma^l, l=2, \dots, L$ связаны ребрами $e_{ij}^{l1} = (v_i^l, v_j^l)$ с вершинами графа нижнего слоя, которые соответствуют узлам сети a_j , где расположено физическое оборудование проектируемой инфокоммуникационной сети.

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 [8]:

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

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

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

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

Критерий оптимальности:

$$\bar{T}(\Gamma^1, Y, c(e^1)) \rightarrow \min. \quad (1)$$

Ограничения:

$$\sum_{e_{ij}^l \in E^l} \alpha_{ij} c_{ij}^l \leq \Psi_{\text{доп}}, \quad (2)$$

$$\gamma_{ij}^1 = \sum_{\substack{l=2, \dots, L, \\ e_{km}^l \in E^l, e_{ij}^l \in \pi^l(km)}} \gamma_{km}^l \quad (3)$$

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

Задача параметрического синтеза (1)-(4) может быть решена с применением методики [9, 10], которая заключается в сведении ее к задаче без ограничений и решении с применением метода наискорейшего спуска.

4. Исследование эффективности

Данный метод 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 использованием полученных значений параметров потоков производился выбор пропускных способностей каналов связи.

Результаты эксперимента представлены в таблице, где H - значение параметра Херста; \bar{T} - значение целевой функции при решении задачи, $\bar{T}_П$, \bar{T}_C - экспериментально полученные значения задержки для конфигураций сети, рассчитанных с использованием пуассоновской модели и с использованием модели самоподобных процессов (табл. 1).

Таблица 1

Результаты эксперимента

| Вариант | H | \bar{T} , ms | $\bar{T}_П$, ms | \bar{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 |

5. Выводы

Проведенный анализ полученных в работе результатов показал, что синтезированная математическая модель инфокоммуникационной 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 значения среднесетевой задержки и соответственно обладающими более худшими параметрами качества обслуживания.

Литература

1. Capone, A. Multi-Layer Network Design with Multicast Traffic and Statistical Multiplexing [Текст] / A. Capone, G. Carello, R. Matera // IEEE Global Telecommunications Conference, Washington, USA, 2007. – P. 2565–2570.
2. Knippel, A. The Multi-Layered Network Design Problem [Текст] / A. Knippel, B. Lardeux // European Journal of Operational Research. – 2007. – Vol. 138, Issue 1. – P. 87–99.
3. Агеев, Д.В. Моделирование современных телекоммуникационных систем многослойными графами [Текст] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. - 2010. - № 1(1). – С. 23 – 34.
4. Leland, W.E. On the Self-Similar Nature of Ethernet Traffic [Текст] / W.E. Leland, M.S. Taqqu, W. Willinger // IEEE/ACM Trans, on Networking. – 1994. – Vol. 2, Issue 1. – P. 1–15.
5. Paxson, V. Wide-Area Traffic: The Failure of Poisson Modeling [Текст] / V. Paxson, S. Floyd // Proc. ACM Sigcomm, London, UK. – 1994. – С. 257–268.
6. Ryu, B. Point process models for self-similar network traffic, with applications [Текст] / B. Ryu, S. Lowen // Stochastic Models. – 1998. – № 14(3). – P. 735–761.
7. Агеев, Д.В. Методика описания структуры современных телекоммуникационных систем с использованием многослойных графов [Текст] / Д.В. Агеев // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2010. - № 6/4(48). - С. 56–59.
8. Агеев, Д.В. Метод проектирования телекоммуникационных систем с использованием потоковой модели для многослойного [Текст] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 2 (2). – С. 7 – 22.
9. Ageyev, D.V., Samer M. The Characterization Of Traffic In Communications Links Under Input Stream With The Self-Similarity Effect [Текст] / D.V. Ageyev, M. Samer // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. - 2008. - № 1/2(31). - С. 27–29.
10. Ageyev, D.V. Multiservice telecommunication systems design with network's incoming self-similarity flow [Текст] / D.V. Ageyev, D.V. Evlash // Proceedings of International Conference on Modern Problems of Radio Engineering, Telecommunications and Computer Science, Lviv-Slavsko, 2008. - P. 403 – 405.