

## СИНТЕЗ НАЛОЖЕННЫХ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МОДЕЛЕЙ, ПРЕДСТАВЛЕННЫХ В ВИДЕ МНОГОСЛОЙНОГО ГРАФА

Агеев Д.В., Моат Талат

*Харьковский национальный университет радиоэлектроники*

*E-mail: dm@ageyev.in.ua, moath88@mail.ru*

### **Overlay telecommunication networks synthesis approach using the models presented in the form of a multi-layer graph**

Given conference paper proposed a mathematical model for solving modern telecommunication network design problem with multi-layer graphs usage. Paper decrypted properties of multi-layer graphs; proposed overlay telecommunication network common synthesis method with multilayer graph usage and decrypted flows model for multilayer graph case.

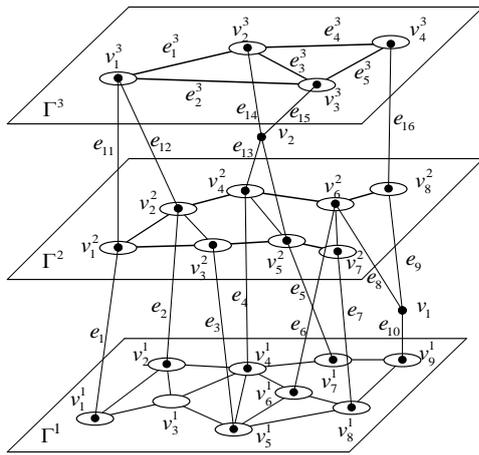
В Украине развитие области телекоммуникаций идет в направлении перехода к мультисервисным телекоммуникационным системам, построенных согласно концепции NGN (Next Generation Network), которые на текущий момент являются наиболее перспективными. В тот же время наблюдается опережение развития технических средств относительно развития методов проектирования, которое является одной из актуальных проблем телекоммуникаций.

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 позволяют 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 то же время учесть структуру и характеристики оборудования уровня телекоммуникационной сети; ограниченную производительность отдельных узлов и каналов сети; потоки, протекающие в сети; задержки, возникающие в системе при обслуживании запросов пользователей.

Для моделирования многослойных телекоммуникационных систем нами предлагается использовать многослойный граф  $MLG = (G, V, E)$ , который включает в свой состав:



$$MLG = \{\Gamma^1, \Gamma^2, \Gamma^3, V, E\}$$

$$\Gamma^1 = (V^1, E^1)$$

$$\Gamma^2 = (V^2, E^2)$$

$$\Gamma^3 = (V^3, E^3)$$

$$V^1 = \{v_1^1, v_2^1, \dots, v_9^1\}$$

$$E^1 = \{e_1^1, e_2^1, \dots, e_{14}^1\}$$

$$V^2 = \{v_1^2, v_2^2, \dots, v_8^2\}$$

$$E^2 = \{e_1^2, e_2^2, \dots, e_{10}^2\}$$

$$V^3 = \{v_1^3, v_2^3, v_3^3, v_4^3\}$$

$$E^3 = \{e_1^3, e_2^3, e_3^3, e_4^3, e_5^3\}$$

$$V = \{v_1, v_2\}$$

$$E = \{e_1, e_2, \dots, e_{16}\}$$

- множество подграфов  $\Gamma = \{\Gamma^1, \dots, \Gamma^l, \dots, \Gamma^L\}$ ,  $\Gamma^l = (V^l, E^l)$ , где подграф  $\Gamma^l$  описывает структуру сети на уровне  $l$ ;

- вершины  $v_i \in V$  и ребра  $e_k = (v_i, v_j)$ ,  $e_k \in E$  обеспечивают связь подграфов  $\Gamma^l$  между собой (рис. 1).

На структуру графа MLG, моделирующего мультисервисные телекоммуникационные

Рис. 1. Пример многослойного графа

системы, накладывается дополнительное ограничение, которое заключается в том, что для каждого ребра  $e_k^l = (v_i^l, v_j^l)$ ,  $e_k^l \in E^l$  подграфа  $\Gamma^l$  существует путь  $\pi = (v_i^l, \dots, v_m^l, \dots, v_j^l)$  между вершинами  $v_i^l$  и  $v_j^l$ ,  $v_i^l, v_j^l \in V^l$ , проходящий через подграф более низкого уровня.

Использование математической модели, построенной на базе многослойного графа, позволяет учесть технологическую иерархию современных телекоммуникационных систем, что позволяет создать структурную и функциональную модель мультисервисных телекоммуникационных систем.

Общая методика проектирования мультисервисной телекоммуникационной системы содержит следующие шаги:

1. Анализ предметной задачи и синтез исходного избыточного многослойного графа, описывающего топологическую и функциональную структуры проектируемой системы.

2. Постановка оптимизационной задачи проектирования телекоммуникационной системы.

3. Решение оптимизационной задачи (поиск оптимального многослойного подграфа исходного избыточного многослойного графа)

4. Интерпретация полученного на предыдущем шаге многослойного графа в принимаемое проектное решение.

Для описания телекоммуникационной системы многослойным графом необходимо выполнить следующие операции [2]:

1. Выделить в моделируемой телекоммуникационной системе множество уровней.

2. Описать топологию каждого уровня с помощью классического графа.

3. Выделить между объектами различных уровней логические, функциональные и физические связи и описать их с помощью графов.

4. Присвоить ребрам и вершинам графа набор параметров, характеризующих параметры соответствующих объектов и меж объектных связей, составляющих интерес для моделирования.

При моделировании телекоммуникационной системы многослойным графом процесс передачи информационных потоков моделируется протеканием

потоков по ребрам графа. Согласно определению многослойного графа: для каждого ребра верхнего уровня существует путь, проходящий через нижние слои. Этим моделируется взаимозависимость процессов, происходящих на различных уровнях моделируемой системы. Следовательно, между параметрами, которые присваиваются ребрам и вершинам графов разных слоев и ребрам, связывающим слои между собой, существует взаимозависимость.

В связи с этим, условие существования отличного от нуля потока между вершинами графа, при решении задач синтеза топологии телекоммуникационной системы, используется как условие связности соответствующих узлов. Существование отличного от нуля потока между всеми вершинами является достаточным условием связности сети.

Исследование показали, что для многослойного графа справедливы условия сохранения потока классических графов, кроме вершин инцидентные ребрам графа, связывающего слои многослойного графа. Для этих вершин сумма потоков равна удвоенной величине потока генерируемой или потребляемой в этой вершине

$$\sum_{z,z>l} \left( \sum_{n,e_{ni}^{zl} \in E} \gamma_{ni}^{zl} \right) + \sum_{m,m<l} \left( \sum_{n,e_{in}^{lm} \in E} \gamma_{in}^{lm} \right) + \sum_{j,e_{ij}^l \in E^l} \gamma_{ij}^l = 2(\mathcal{G}_i^{l+} - \mathcal{G}_i^{l-}), \quad \forall v_i^l \in V^l.$$

Помимо рассмотренного выше процесса передачи информационных потоков через сеть, при моделировании телекоммуникационных систем необходимо учитывать ограниченность производительности структурных элементов телекоммуникационной системы, в том числе ограниченность пропускной способности каналов связи. При моделировании максимальная производительность структурных элементов учитывается посредством присваивания ребрам графа параметра  $c(e_i)$ , характеризующего пропускную способность ребра  $e_i$ . Тогда при распределении потоков по ребрам графа должно выполняться условие, что величина потока  $\gamma_i$ , протекающего по ребру  $e_i$ , не может превышать его пропускную способность

$$\gamma_{ij}^l \leq c(e_{ij}^l).$$

### Литература

1. Агеев, Д.В. Моделирование современных телекоммуникационных систем многослойными графами [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникацій. – 2010. – № 1 (1). – С. 23 – 34. – Режим доступа: [http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101\\_ageyev\\_simulation.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_ageyev_simulation.pdf).
2. Агеев, Д.В. Метод проектирования телекоммуникационных систем с использованием потоковой модели для многослойного графа [Электронный ресурс] / Д.В. Агеев // Проблемы телекоммуникацій. – 2010. – № 2 (2). – С. 7 – 22. – Режим доступа: [http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102\\_ageyev\\_layer.pdf](http://pt.journal.kh.ua/2010/2/2/102_ageyev_layer.pdf).