

**ИЕРАРХИЧЕСКИЕ СЕТИ
В МОДЕЛИ ДИСКРЕТНОГО ПРОСТРАНСТВА СЕТИ**

**HIERARCHIC NETWORKS
IN THE MODEL OF A DISCRETE NETWORK'S SPACE**

К.А. ГОРШКОВ, О.Р. НИКИТИН, Т.Ф. РАУ, В.Г. РАУ
K.A. GORSHKOV, O.R. NIKITIN, T.F. RAU, V.G. RAU

(Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых,
Владимирский филиал Российской академии народного хозяйства
и государственной службы при Президенте РФ)
(Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs,
Vladimir Branch of the Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration)
E-mail: godograf@list.ru

Целесообразность создания сети инновационных территориально-производственных кластеров, в том числе связанных с профилем текстильной промышленности, обусловлена рядом экономических и социальных факторов. Как показывает опыт реализации структурирования комплекса предприятий, на текущий момент не разработана универсальная методика для определения механизма их формирования. В связи с этим нами предлагается кластерная математическая модель разбиения и ее апробация в процессе исследования сетей маршрутизации как элемента радиотехнических систем.

Creation of innovative areas of industrial clusters, particularly such textile factories, is purposeful due to the whole set of economic and social criteria. The experience of the practical structuring of industrial complexes indicates the current absence of a ubiquitously applicable technologies for definition of the mechanism of their shaping. We therefore introduce the mathematical cluster partitioning model and test it as a part of the research in the area of network's routing within the radio systems.

Ключевые слова: производственный кластер, иерархия сети, кластерная математическая модель, симметрия.

Keywords: industrial cluster, network's hierarchy, mathematical cluster model, symmetry.

В качестве объекта исследования были выбраны сети с симметричной структурой как частный случай иерархических сетей, в которых приоритет поступления сигнала позволяет выделять совокупность узлов, время поступления сигнала до которых считается одинаковым. В дальнейшем будем называть их синхрогруппами (СГ₀). С целью изучения особенностей распространения сигнала в сетях с симметричным расположением узлов в работе [1] было

введено понятие *пространство сети*, для модельного представления которого была предложена конструкция упаковочного пространства [2]. Один из способов задания такого упаковочного пространства сети осуществляется путем наложения квадратной сетки на множество элементов, которым затем приписывается определенный вес таким образом, чтобы не был нарушен описанный критерий существования периодической упаковки полимино: *если все*

клетки с заданной ориентацией полимино совпадут с клетками, имеющими различные веса в упаковочном пространстве, то выбранное полимино разбивает пространство. Для заданных конфигураций полимино, реализующих разбиение плоскости, был разработан алгоритм послойного ро-

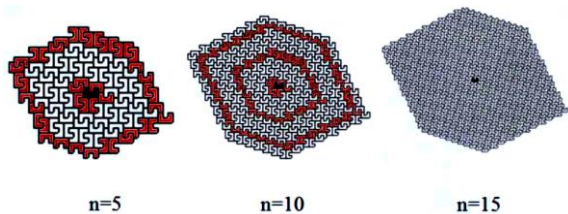


Рис. 1

нами обнаружено, что в пространстве разбиения появляется своеобразная "волна роста", когда каждый слой повторяется через определенный "период", а это означает – фронт волны роста будет выделять в пространстве единую фазу реального сигнала, распространяющегося от центрального источника фронта волны.

Кроме того, данный алгоритм позволяет автоматизировать процесс проектирования сетей с расположением узлов, удовлетворяющих трансляционной симметрии (заданию иерархии).

Поставим задачу сравнения эффективности работы сетей, способы организации которых базируются на симметричном (удовлетворяющем периодическому разбиению) и хаотическом расположении элементов. В первом случае формирование симметричной топологии значительно увеличивает прогностические возможности при расчете вероятности достижения сигналом определенных узлов (операторов) сети, что позволяет повысить значение числа элементов сети, получающих сигнал одновременно, не изменяя при этом величину равномерной плотности распределения узлов при проектировании.

Программными средствами визуализации разбиения плоскости на полимино получим вариант симметричного распределения 320 элементов (рис. 2-а), соответствующий 9-й итерации при выполнении

ста в периодических разбиениях плоскости на полимино. Динамика этого процесса может быть проиллюстрирована следующим образом (рис. 1 – образование формы роста в разбиении плоскости на кластеры-полимино).

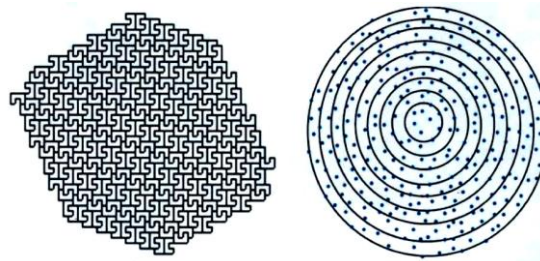


Рис. 2

алгоритма (напомним здесь, что каждый планигон разбиения может быть заменен вершиной графа, ребра которого задают отношение соседства на множестве полимино), а также вариант стохастически распределенных элементов (рис. 2-б), на котором в области такого же значения площади хаотическим образом расположены элементы в количестве 320 штук.

В случае симметричного распределения элементы на каждом шаге маршрутизации располагаются на сторонах многоугольника, соответствующих эквидистантному расстоянию относительно источника сигнала, и информация о достижении конкретного числа элементов сети (ранее определенного при проектировании в соответствии с используемой метрикой) носит необходимый, а не случайный характер.

Для варианта стохастического распределения (например, с Пуассоновским характером) информация об одновременном поступлении сигнала к некоторому числу элементов определяется числом этих элементов, попавших на окружности определенного радиуса с центром, задаваемым геометрическим местом источника, и носит случайный (вероятностный) характер.

Расчеты показывают, что при небольшом значении числа элементов разница в определении количества одновременно получающих сигнал узлов незначительная. Однако при увеличении числа элементов

наблюдается резкое отличие количества узлов (время поступления сигнала до которых одинаково), получаемое методами статистического усреднения и методами

дискретного представления. Значения, соответствующие вычислениям при упорядоченной организации и стохастической организации сетей, приведены в табл. 1.

Таблица 1

№ итерации	Вариант упорядоченной организации сети	Вариант хаотической организации сети
1	4	4
2	11	5
3	24	6
4	27	14
5	33	18
6	48	19
7	47	21
8	53	28
9	72	22
Общее число СГ ₀	320	137

Пусть 144 СГ₀ распределены в секторе, полученном за 1 шаг (по времени) двумя способами (рис. 3 – пример расчета элементов для различных способов организации: а) – многоугольник при симметричном распределении; б) – сектор при стохастическом).

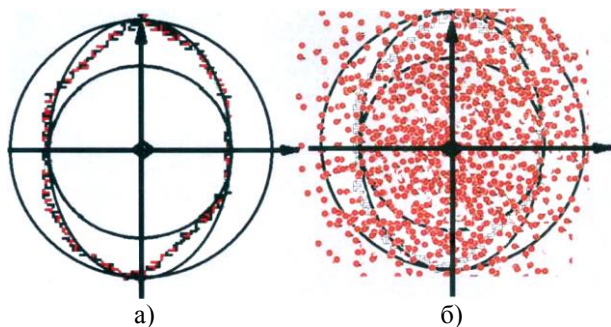


Рис. 3

Распределение 144 СГ₀ в секторе (рис. 3-а), где проиллюстрирована симметричная сеть, строго определено, что приведет к одновременному получению к моменту времени t_1 (у границы первой окружности) всеми 144 СГ₀ сигнала, который был послан в момент времени $t = 0$ с центрального пункта. Что касается стохастической сети маршрутизации (рис. 3-б) с Пуассоновским распределением, то есть с общим числом потребителей, равным 144, случайно разбросанным по площади выбранного сектора, на первую окружность попадают только 50 СГ₀, которые и получают сигнал одновременно также в момент

времени t_1 . До остальных СГ₀ (из 144 – 50) сигнал дойдет только через $\Delta t = 1$ шагу. Но за это время сигнал в симметричной сети дойдет уже до следующей окружности из 147 СГ₀ (против случайных 60). Поэтому пропускная способность (производительность) хаотической сети по отношению к симметричной (иерархической) сети оказывается, по крайней мере, в 3 раза хуже. Таким образом, для того чтобы сигнал дошел до такого же количества потребителей стохастической сети, распределенных в секторе, необходим дополнительный интервал времени (*эффект "запаздывания" во времени*). Чем больше размеры сети, тем заметнее это превосходство. Ради справедливости, следует отметить, что стохастическая сеть более устойчива к различного рода дефектам, а симметричная сеть ухудшает свои свойства по мере накопления дефектов и приближается при этом по своим возможностям к стохастической сети. Это естественно, поскольку дефекты (нарушение симметрии) ведут к хаосу, то есть к распределению Пуассона. Этот вывод относится к любому типу сетей. Однако, если ряд факторов, приводящих к сбою работы сети, поддается количественной оценке, данный критерий может быть отражен в программной реализации послыного роста (рис. 4 – двумерная вероятностная модель (POLPACK)). Около 75% операторов случайно не вышли на "связь" (сбой в сети).

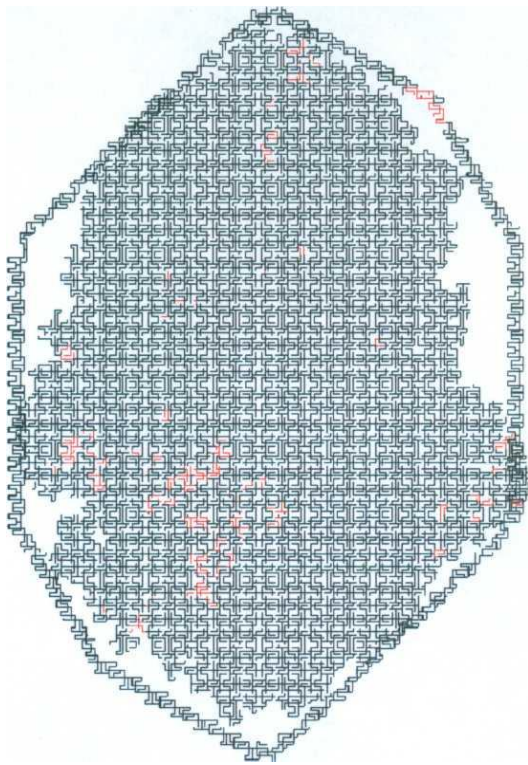


Рис. 4

Программа рассчитывает форму искаженного фронта распространения сигнала по сети при заданных вероятностях отказа приема с четырех сторон света. Таким образом, в зависимости от размеров сети можно проанализировать искажения и дефекты и предъявить необходимые требования к сети (создать протокол).

ВЫВОДЫ

1. В работе проиллюстрировано, что введение в структуру сетей симметрии (как частного случая организации иерархии) приводит к выигрышу во времени и, как следствие, к улучшению пропускной способности сети.

2. Кроме отмеченных выше фундаментальных научных целей исследования сетей, построенных на принципах симметрии, можно отметить прикладной характер комплекса программ "Кластеризация" в виде текстильного дизайна с широчайшими возможностями его применения в текстильной, строительной промышленности и, безусловно, в образовательной среде.

ЛИТЕРАТУРА

1. Горшков К.А., Никитин О.Р., Рау Т.Ф., А.А. Мохсин Али, Рау В.Г. Комбинаторно-геометрический метод расчета и представления вариантов конфигураций дерева графа сетевых доменов // Современные проблемы науки и образования. – 2013, 6, выпуск РАЕ. URL: <http://www.science-education.ru/113-11297>.

2. Рау В.Г., Малеев А.В. Дискретное моделирование процессов послойного роста идеальных и реальных кристаллов при единичной и массовой кристаллизации. // Вестник ННГ. Сер. Физика твердого тела. – 2004, вып. 1(7). С. 39...50.

REFERENCES

1. Gorshkov K.A., Nikitin O.R., Rau T.F., A.A. Mohsin Ali, Rau V.G. Kombinatorno-geometricheskij metod rascheta i predstavlenija variantov konfiguracij dereva grafa setevyh domenov // Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya. – 2013, 6, vypusk RAE. URL: <http://www.science-education.ru/113-11297>.

2. Rau V.G., Maleev A.V. Diskretnoe modelirovanie processov poslojnogo rosta ideal'nyh i real'nyh kristallov pri edinichnoj i masso-voj kristallizacii. // Vestnik NNG. Ser. Fizika tverdogo tela. – 2004, vyp. 1(7). S. 39...50.

Рекомендована кафедрой радиотехники и радиосистем ВлГУ. Поступила 09.07.15.