

КИЕВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

На правах рукописи

А И С С А М О Х А М Е Д

(Т У Н И С)

УДК 681.324

СТРУКТУРНАЯ И АЛГОРИТМИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ
ПРОБЛЕМНО - ОРИЕНТИРОВАННЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫХ
СЕТЕЙ

Специальность 05.13.13 - Вычислительные машины,
комплексы, системы и сети

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

Диссертация на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Киев - 1992



00339979 (1)

- 2 -

Работа выполнена на кафедре комплексов, систем и сетей Киевского политехнического института .

Научный руководитель - кандидат технических наук ,
СИМОНЕНКО В. П.

Официальные оппоненты - доктор технических наук
ЗАЙЧЕНКО Ю. П.

- кандидат физико-математических наук
Вардадым В. А.

Ведущая организация : Институт проблем моделирования
в энергетике АН Украины

Защита состоится 19 Октября 1992 в 14.30 часов
на заседании специализированного совета Д 016.45.01 Киев-
ского политехнического института по адресу : 252056, г. Киев
проспект Победы, 37. Корп. 18 , ауд. 306.

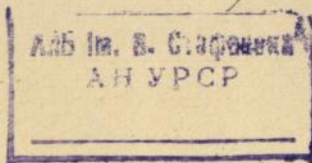
Отзывы на автореферат в двух экземплярах, заверенные
печатью учреждения , просим направлять по адресу: 252056 ,
Киев-56, проспект Победы , 37 , ученому секретарию .

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Киевского
политехнического института.

Автореферат направлен 28/09/ 1992 г.

Ученый секретарь Специализированного Совета
доктор технических наук

Вуговский О. В.



А Н Н О Т А Ц И Я

Целью диссертационной работы является исследование и анализ основных структур локальных вычислительных сетей (ЛВС) и разработка эффективной структуры для обработки информации в системе электроснабжения Туниса.

Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1. Исследование, классификация и анализ известных структур ЛВС.
2. Исследование свойств симметричности применительно к структурной организации ЛВС.
3. Обоснование выбора принятого решения.
4. Разработка методов, обеспечивающих однородность структуры ЛВС.
5. Разработка метода адресации узлов сети.
6. Разработка алгоритма для нахождения кратчайшего пути между двумя узлами.
7. Разработка алгоритма поточного распределения информации в данной ЛВС.
8. Расчет и анализ нагрузки и времени передачи информации

Автор защищает следующие основные положения и результаты:

1. Методику построения симметричных сетей.
2. Структуру ЛВС, обладающую свойствами древовидности, симметричности и однородности.
3. Метод адресации узлов на основе предложенной теоремы связности узлов.
4. Алгоритмы путевого и поточного распределения информации.
5. Теоремы и леммы обоснования всех перечисленных пунктов.

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

А к т у а л ь н о с т ь т е м ы. В разных странах выполняются исследования по созданию и повышению эффективности работы вычислительных центров коллективного пользования, интегрирования банков данных, сетей обработки и передачи информации. Интенсивное внедрение вычислительной техники в народное хозяйство связано с задачами расширения масштабов автоматизации и областей применения автоматизированных систем, развитием методов и средств передачи, обработки и хранения данных, широким использованием баз

данных, что приводит к тесному взаимодействию средств вычислительной техники и связи. Рост источников и потребителей данных, увеличение требований к оперативности и качеству информации, распределение процесса решения задачи либо комплекса задач между несколькими взаимосвязанными ЭВМ требует объединения ЭВМ в единый организационно-технический комплекс и их интеграции на техническом и программно-логическом уровнях.

Важнейшим направлением развития таких систем, позволяющих решать перечисленные задачи, являются сети ЭВМ. Их быстрое внедрение в народное хозяйство объясняется прежде всего весьма высокой экономической эффективностью.

Существующие структуры ЛВС имеют ряд недостатки (низкая надежность, большие затраты на организацию связи, неработоспособность при больших нагрузках), ограничивающие область применения. В связи с этим разработка новой структуры ЛВС является весьма актуальной.

Методы исследований базировались на математическом аппарате, теории графов, теории вероятности, теории программирования, комбинаторики, теории групп.

Научная новизна

- Разработана новая структура ЛВС, объединяющая свойства, симметричности и однородности.

- Разработан метод развертывания сети с целью обеспечения однородности.

- Доказаны теоремы и леммы о свойствах симметрии для рассматриваемых классов графов.

- Доказана теорема, позволяющая разработать простой и эффективный метод адресации и определяющая свойства однородности сети.

- Предложены леммы, показывающие характерные свойства сети.

- Разработан метод адресации узлов.

- Предложена обобщенная методика вычислений нагрузки и времени передачи информации для любой конфигурации симметричной сети.

- Разработан алгоритм для нахождения кратчайшего пути между любыми двумя различными узлами сети.

- Разработан алгоритм поточного распределения сообщений в сети .

Практическая ценность :

- На основе структурного анализа разработана эквагональная развернутая ЛВС, имеющая ряд преимуществ по сравнению с известными структурами ЛВС.

- В следствии применения метода разворачивания обеспечена однородность предлагаемой структуры.

- Разработаны простой метод адресации узлов, путевой алгоритм и алгоритм поточного распределения сообщений в сети оптимизированные по параметру быстродействия .

- Разработанная сеть в настоящее время предложена для внедрения в системе обработки информации для электроснабжения Туниса.

Апробация работы. Результаты данной работы оформлены в виде трех статей .

Структура и объем работы

Диссертационная работа состоит из введения, трех глав, заключения, списка использованной литературы и приложения.

Работа содержит 120 страниц машинописного текста, 30 рисунков на 30 страницах и 3 таблицы на 3 страницах.

Во введении обоснована актуальность темы диссертационной работы, сформулированы цели и задачи исследований.

В первой главе проводятся анализ и классификация различных структур ЛВС по выбранным критериям. В конце данной главы приведена таблица сравнительного анализа существующих структур на основе важнейших параметров (количество связей на любом узле, общие затраты и надежность).

При этом вводятся следующие ограничения:

- Сообщения передаются из узла А в узел В ($A \rightarrow B$) и из В в А с одинаковой скоростью.

- Средняя скорость, с которой любой узел генерирует сообщения, фиксирована на одно сообщение в единицу времени, независимо от размера сети.

Во второй главе проводится исследование симметричности с применением теории графов. Выделяется граф транспозиции двух вет-

вей, указывается симметричность данного графа и данная структура предполагается как обобщенный базовый элемент для построения любой симметричной структуры.

В третьей главе на основе обобщенного базового элемента предлагается модифицированный базовый элемент и методика их объединения на основе иерархических структур с целью увеличения надежности, предлагается структура экзакгональной сети.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Проведенный анализ структур ЛВО позволял выделить древовидные структуры, отличающихся от других известных структур : относительно большей степенью связанности, обеспечивающей надежность и возможность организации параллельных вычислений, простотой построения, возможность наращивания и т.д. Выделено также свойство симметричности, которое обеспечивает равномерное распределение нагрузки на узлы с уменьшением вероятности отказа и свойство однородности узлов (под углом понимается здесь и в дальнейшем вычислительная машина), что позволяет использовать для всех узлов одинаковые программные и технические средства. В работе проводится исследование симметрии структур на базе теории графов а также исследуется однородность.

Предложены следующие определения :

Определение 1

Граф называется симметричным по ребрам (по вершинам), если для каждой пары ребер (вершин) а и в существует автоморфизм графа, который отражает а в в.

Определение 2

При заданном ряде генераторов чисел для конечной группы G , можно построить граф, который будем называть S граф, таким образом, что вершины соответствуют элементам группы G , а ребра соответствуют действиям генераторов. Это значит, что существует ребро, соединяющее а с b, если существует генератор $g \in G$ так, что

ag=b.

Пример:

Перестановки обозначим с помощью чисел $1, 2, 3, \dots, n$. Пусть имеются генераторы $1324, 2143, 4321$. Так как эти генераторы являются перестановками четырех символов, то они должны генерировать множество перестановок P (P содержит 24 перестановки) либо подмножество из P . В данном случае подмножество, генерируемое при данных трех генераторах, содержит восемь перестановок: $1234, 2143, 2413, 4231, 4321, 3412, 3142$ и 1324 . Соответствующий S граф получен на основе применяемых генераторов представлен на рис. 1.

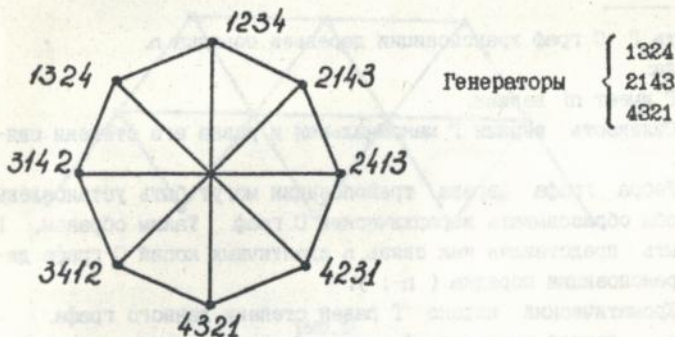


Рис. 1

В работе доказаны следующие теоремы :

Теорема 1

Все S графы являются симметричными по вершинам.

Одна из операции над генераторами -транспозиция(перестановка двух символов генератора). Например, генератор 12435 является транспозицией меняющихся местами символов 3 и 4. Такая операция позволяет выделить базовой элемент имеющий ряд свойств .

Для этого рассмотрим дерево с n вершинами, обозначенными символами $\{1, 2, 3, \dots, n\}$ и интерпретируем ребра как транспозиции. Например, дерево из шести вершин на рис. 2 образует 5 транспозиций:

321456, 132456, 124356, 123546 и 123654. Таким образом, можно интегрировать дерево как серию транспозиций, которые, в свою очередь, образуют С граф. Следующая теорема о С графах транспозиции деревьев показывает симметрию данного графа

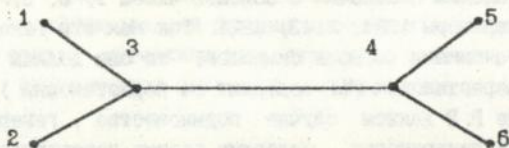


Рис. 2.

Теорема 2

Пусть Γ С граф транспозиции деревьев порядка n .

Тогда:

- 1) Γ имеет $n!$ вершин.
- 2) Связность вершин Γ максимальная и равна его степени связности.
- 3) Ребра графа дерева транспозиции могут быть установлены так, чтобы образовывать иерархический С граф. Таким образом, Γ может быть представлен как связь n идентичных копий С графа деревьев транспозиции порядка $(n-1)$.

4) Хроматический индекс Γ равен степени данного графа.

На основе данной теории граф транспозиции деревьев принимаем в виде базового обобщенного элемента для построения многих различных симметричных сетей (гиперкуб, циклически связанный куб, ...).

Получим модифицированный базовый элемент (рис. 3)

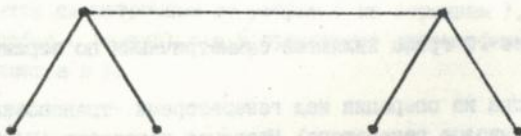


Рис. 3.

Путем объединения данного базового элемента, получим следующий граф (рис. 4)

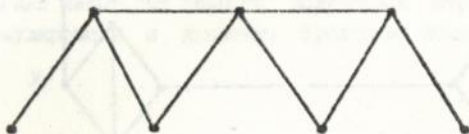


Рис. 4.

На основе иерархических структур и при разумном соединении можно получить многоуровневую структуру (рис. 5)

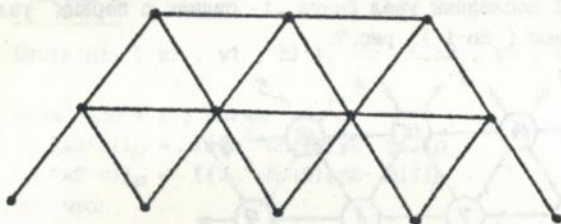


рис. 5

С целью увеличения надежности и получения полной симметрии структуры к сети добавляем отражение данной сети (Рис. 5).

Полученная структура обладает свойством симметрии но не является однородной . Это является первым этапом нашей задачи.

Теперь требуется, чтобы данная сеть объединила еще свойства регулярности и однородности. Для обеспечения таких свойств предложен метод разворачивания сети. Сеть называется регулярной, если все узлы имеют одинаковую степень связанности. Сеть называется однородной , если все узлы имеют одинаковые связи с другими узлами. Из однородности следует регулярность , но из регулярности не следует однородность (рис. 6)

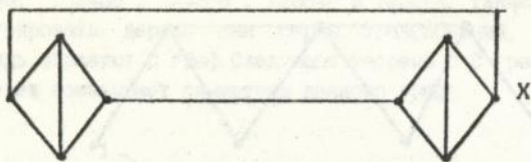


Рис. 6

Y

Сеть (рис. 6) является регулярной, но не однородной, так как узлы X и Y имеют разные связи.

Разворачивание сети H_n осуществляется таким образом, что по любой оси X, Y, Z последний узел ранга 1 связан с первым узлом ранга $(1+n-1) \bmod (2n-1)$ рис. 7.

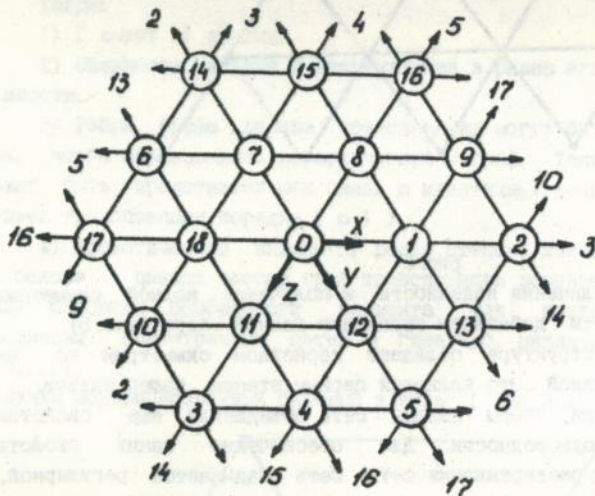


рис. 7

Замечание

[i] означает $i \bmod j$

Пусть n - количество узлов на любой линии, находящейся на периферии сети.

Для выявления некоторых свойств полученной структуры сети, в работе сформулированы и доказаны следующие леммы и теорема:

Лемма 1

Количество узлов в H_n равно $p = 3n^2 - 3n + 1$

Лемма 2

Количество узлов по линии i и $(i+n)$ равно $3n-2$
при $0 < i < n-2$.

Теорема 3

Пусть $n_1: (x_1, y_1, z_1)$, $n_2: (x_2, y_2, z_2)$

$p = 3n^2 - 3n + 1$, Тогда:

а) $[x_2 - x_1]_p = [(3n^2 - 6n + 3)(y_2 - y_1)]_p$

б) $[x_2 - x_1]_p = [(3n^2 - 6n + 2)(z_2 - z_1)]_p$

отметим, что:

$$(3n^2 - 3n + 1) - (3n^2 - 6n + 2) = 3n - 1$$

$$(3n^2 - 3n + 1) - (3n^2 - 6n + 3) = 3n - 2$$

По теореме 3 H_n может быть представлен в виде кольца с $p = 3n^2 - 3n + 1$, где i имеет связи не только с узлами $[i-1]_p$, $[i+1]_p$, но ещё со следующими узлами: $[i+3n-1]_p$, $[i+3n-2]_p$, $[i+3n^2-6n+2]_p$ и $[i+3n^2-6n+3]_p$

Следствие 1

Все процессорные узлы в H_n являются однородными.

Лемма 3

а) Количество связей в H'_n : $9n^2 - 15n + 6$

б) Количество связей в H_n : $9n^2 - 9n + 3$,

где H_n - эксагональная развернутая сеть

H'_n - эксагональная не развернутая сеть.

Лемма 4

- а) Диаметр $H_n = n-1$
- б) Среднее расстояние в H_n равно $(2n-1)/3$.

Вследствие однородности сети можно применить одинаковые программные и технические средства для всех узлов сети H_n .

Разработана эффективная схема адресации, которая отличается от существующих методов адресации, применяющая две или три координаты узлов. На основании теоремы 3, значения Y и Z любого узла могут быть получены из значения X . Способ адресации заключается в следующем: для центрального узла назначаются адреса окружающих узлов. Процедура повторяется для полученных адресуемых узлов. Значения адресов узлов ищутся по следующим формулам:

$$\begin{aligned} & [s+1]_p, [s+3n-1]_p, [s+3n-2]_p, [s+3n(n-1)]_p, \\ & [s+3n^2-6n+2]_p, [s+3n^2-6n+3]_p. \end{aligned}$$

где

n - количество узлов на линии периферии H_n сети.

s - адрес рассматриваемого узла, (адрес центрального узла=0).

$$p = 3n^2 - 3n + 1.$$

При этом для идентификации любого узла требуется лишь всего одно число, что упрощает разработку путей алгоритмов и идентификацию любого узла.

Разработан эффективный путь алгоритм для нахождения кратчайшего пути между любыми двумя узлами.

Пусть m_x , m_y и m_z количество сдвигов из узла источника к узлу назначения соответственно по направлениям x, y, z через кратчайший путь. Отрицательные значения означают, что перемещение осуществляется в противоположном направлении. Отметим, что может существовать много эквивалентных кратчайших путей из узла источника к узлу назначения, которые определены значениями m_x , m_y и m_z . Можно проверить, что при $i=(x, y, z)$, количество путей с m перемещением в соответствующих направлениях равно:

$$\frac{(|m_x| + |m_y| + |m_z|)!}{(|m_x|! \cdot |m_y|! \cdot |m_z|!)}$$

Данный путьевой алгоритм зависит только от адреса узлов источника и назначения, в отличие от других путьевых алгоритмов, которые применяют путьевые таблицы и зависят от размера сети. Ниже проведена таблица сравнения данного алгоритма с другими путьевыми алгоритмами .

| <u>Алгоритмы</u> | <u>Сложность</u> |
|----------------------|---------------------|
| Дейкстра | $O(V^2)$ |
| Джонсона | $O(E \cdot \log V)$ |
| Фредмана и Таржана | $O(E+V \log V)$ |
| Предложенный автором | $O(1)$ |

Где

V - Количество узлов в сети .

E - Количество ребр в сети .

Теорема 4

Значения m_x , m_y и m_z получены в результате разработанного путьевого алгоритма полностью определяют все кратчайшие пути от узла источника к узлу назначения.

Разработан алгоритм распределения сообщений, базирующийся на принципе поточного распределения, что позволяет избавиться от дополнительных затрат, необходимых для организации связей. Здесь предполагается, что центральный узел является источником информации, требующей распределения. Семейство узлов, находящихся на одинаковом расстоянии от узла который является источником, образуют кольцо. Идея алгоритма заключается в распределении сообщения по узлам на кольце в направлении периферийных узлов сети H_n .

Теорема 5

Любой алгоритм распределения сообщений для сети H_n , где $n \geq 3$ и применяющий способ поточного распределения информации потребует по крайней мере $(n+2)$ шага.

Предложен алгоритм анализа нагрузки и времени передачи пакетов информации в H_n сети. При обеспечении связи с соседним узлом, не требуется буферизация пакетов проходящих через промежуточные узлы. С целью упрощения расчетов, вводятся следующие ограничения:

1. Пуассоновская генерация появления пакетов на любом узле.
2. Экспоненциальное распределение длин пакетов со средним значением 1.
3. Длина пакетов генерируется на каждом промежуточном узле независимо от предшествующих значений длин.
4. Направления ко всем узлам равновероятные.

Передача пакетов в H_n сети соответствует модели системы массового обслуживания Джаксона, содержащая $3n(n-1)$ центров обслуживания типа $M/M/1$. Для каждого центра обслуживания, пакет окончивающий свой сервис может направляться к одному из шести соседних узлов или покинуть систему.

В работе получены следующие основные результаты:

Общая транзитная нагрузка на центральном узле равна

$$\lambda_T = \lambda_G \sum_{k=2}^{n-1} 6k(k-1) \cdot q_k$$

где

λ_G - общая скорость генерации пакетов на узел.

q_k - вероятность того, что информация узла связанного с узлом K не буферизуется

Лемма 5

Производительность каждого центра обслуживания равна:

$$T_i = 6\lambda_G \sum_{k=1}^{n-1} k^2 q_k$$

Теорема 6

Вероятность прохождения пакета через промежуточный узел равна :

$$p_c = 1 - (\lambda_G \sum_{k=1}^{n-1} k^2 q_k) l$$

где l - среднее время обслуживания пакетов .

Время передачи пакета, проходящего n узлов без буферизации :

$$D_n = Y_0 + X_{S-1}$$

где Y_0 (X_{S-1}) - Произвольная переменная определяющая момент времени нахождения пакета в узле источника (время прохождения $(n-1)$ промежуточных узлов).

Распределение времени передачи пакетов :

$$F_{D_S}(t) = \sum_{m=D}^{s-1} \binom{s-1}{m} \cdot (1-p_c)^m p_c^{s-t-m} \frac{[\mu(1-\rho)]^{m+1}}{m!} \cdot \left\{ \frac{m!}{[\mu(1-\rho)]^{m+1}} - \frac{e^{-\mu(1-\rho)t}}{\mu(1-\rho)} \sum_{k=D}^m \binom{m}{k} \frac{k! t^{m-k}}{[\mu(1-\rho)]^k} \right\}$$

Проведенные расчеты могут применяться и для других структур сетей типа гиперкуба. Особенность данной техники вычисления заключается в том, что после нахождения кратчайшего пути между парой узлов можно найти значение распределения времени передачи, пакетов которое не зависит от топологии сети. Такое значение очень важно при разработке систем реального времени .

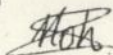
ОСНОВНЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ РАБОТЫ

1. Исследованы свойства симметрии структур ЛВС на базе применения теории графов и выделен базовый обобщенный элемент для построения различных симметричных структур.
2. Разработана структура, обладающая свойствами симметрии и однородности.
3. Предложен способ развертывания для обеспечения однородности сети.
4. Предложен способ адресации узлов, предполагающий применение одной координаты для идентификации узла сети.
5. Предложен алгоритм для нахождения кратчайшего пути между двумя узлами со сложностью $O(1)$.
6. Разработаны программы для способа адресации и для путевого алгоритма.
7. Разработан алгоритм поточного распределения информации по узлам на кольце.
8. Предложенный способ анализа нагрузки и времени передачи информации может быть применен к любой симметричной сети.

РАБОТЫ, ОПУБЛИКОВАННЫЕ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Aissa Mohamed. Amelioration d'une structure en anneau Energie. 1991. -N1. C. 10-12 (Tunis) .
2. Aissa Mohamed. Les proprietes d'un hypercube Energie. 1992. -N13. C. 15-17 (Tunis) .
3. Aissa Mohamed. Reseaux Locaux. Seminaire(Tunis). 1992.

Автор



АНБ ім. В. Стефанива
АН УРСР

Подписано в печать 17.06.92г Формат 60x84/16
Бумага писчая. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ №1060
Отпечатано ЦУОП "Плодвинконсерв" г. Киев, Саксаганского, 1

AB 25.773

21