

Lisyak Vladimir Vasilievich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: v-lisyak@yandex.ru

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634360524.

Department of Computer Aided Design; associate professor.

Лисьяк Наталия Константиновна

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: NKL2004@mail.ru

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634360524.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; доцент.

Lisyak Natalia Konstantinovna

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: NKL2004@mail.ru

44, Nekrasovskiy, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634360524.

Department of Computer Aided Design; associate professor.

УДК 658.512.2.011

В.М. Глушань, П.В. Лаврик

**УТОЧНЕНИЕ КЛИЕНТ-СЕРВЕРНОЙ МОДЕЛИ РАСПРЕДЕЛЕННОЙ
САПР ЭЛЕКТРОННЫХ СХЕМ***

Приводятся результаты уточнения ранее предложенной клиент-серверной модели распределенной САПР. Уточнения основаны на введении в выражение для временной сложности процесса проектирования локальных степеней в графовой модели схемы.

Клиент-серверная модель; распределенная САПР; временная сложность процесса проектирования (ВСПП).

V.M. Glushan, P.V. Lavrik

**SPECIFICATION OF CLIENT-SERVER MODEL DISTRIBUTED
CAD ELECTRONIC SCHEMES**

Results of specification before the offered client-server model distributed CAD are resulted. Specifications are based on introduction in expression for time complexity of process of designing of local degrees in of graphs scheme models.

The client-server model distributed CAD; time complexity of process of designing (TCPD).

Введение. Основная цель создания распределенных САПР (РСАПР) – сокращение времени проектирования электронных схем (ЭС), содержащих миллионы элементов. Например, видеокарта современного персонального компьютера содержит несколько сотен миллионов транзисторов. Проектирование схемы подобной сложности с помощью сосредоточенной САПР, состоящей из одного, хотя

* Работа выполнена при поддержке: РФФИ (гранты № 09-01-00509, № 09-07-00318), г/б № 2.1.2.1652.

и сверхмощного компьютера с соответствующим периферийным оборудованием, требует затрат, исчисляемых тысячами человеко-часов.

Одним из перспективных путей выхода из создавшегося затруднительного положения исследователи видят в использовании локальных и корпоративных (и даже глобальных) компьютерных сетей. Результатом таких исследований является появление технологий типа CALS, GRID и пр. технологий. Эти технологии, по существу, являются концептуальными и ориентированы они на решение задач слабо зависимых друг от друга этапов жизненного цикла изделий. В то же время, эффективные решения сильно зависимых задач одного этапа, например, задач этапа конструкторского проектирования электронных схем, этими технологиями не рассматриваются или, по крайней мере, им не уделяется должного внимания.

В [1-3] предлагается и анализируется клиент-серверная модель РСАПР ЭС для конструкторского этапа проектирования, а в качестве модели схемы используется ее представление в виде неориентированного графа. Сложность схемы определяется числом ее элементов. А поскольку временная сложность процесса проектирования (ВСПП) в целом определяется временной сложностью алгоритмов (ВСА) решения отдельных задач проектирования (компоновки, размещения, трассировки), то для этих целей использованы степенные (полиномиальные) функции для учета влияния на эффективность РСАПР алгоритмов различной временной сложности.

Проведенный анализ предложенных функций ВСПП и имитационные экспериментальные исследования, описанные в [3], в целом, подтвердили ожидаемые результаты. Главным же результатом является то, что РСАПР в зависимости от сложности проектируемой схемы должна состоять из вполне определенного, оптимального числа компьютеров-клиентов. Одновременно с этим выявились и чисто количественные расхождения между теоретическими и экспериментальными результатами, которые заставили искать причину этих расхождений. Причина этих расхождений кроется, по-видимому, в том, что ВСПП клиент-серверной модели проектирования не учитывала количество цепей в проектируемой схеме.

В данной работе приводятся результаты теоретического исследования уточненной клиент-серверной модели РСАПР путем учета в ВСПП количества цепей проектируемой схемы, сводимой к специальному типу графа.

Уточнение клиент-серверной модели РСАПР. Проводя исследования в области эффективности применения РСАПР ЭС, мы стремимся сократить время проектирования на нескольких компьютерах сети по сравнению с однокомпьютерной САПР. При этом на ранних этапах исследований казалось вполне естественным, что финальный выигрыш по времени зависит в основном от количества используемых компьютеров и общей конфигурации системы. Однако в дальнейшем выяснилось, что существует некоторый предел, выше которого скорость работы системы не поднимается ни при каких параметрах. Очевидно, что мы столкнулись с неучтенными параметрами задачи, оказывающими определяющее влияние на результат. И, как показали эксперименты, это не параметры моделируемой РСАПР, а характеристики проектируемых схем. В [4] было приведено обоснование, что расчет ВСПП с применением РСАПР может осуществляться в соответствии с выражением

$$O_n(N) = N^2 + \frac{N^2}{n} + \left(\frac{N}{n}\right)^k + N + n^k. \quad (1)$$

Здесь второе и четвертое слагаемые отвечают за временные затраты на передачу данных по сети. Учитывая современные скорости передачи данных, эти слагаемые можно опустить ввиду их фактической малости. Тогда временные затраты

на проектирование с использованием РСАПР будут складываться из времени декомпозиции задачи на части (N^2), времени обработки частей на клиентских машинах $(N/n)^k$ и времени сборки решения на сервере.

Однако при такой оценке ВСПП невозможно учесть влияние количества цепей на длительность трассировки соединений. Вместе с тем, именно трассировка является самым трудоемким этапом в проектировании. Временной выигрыш в работе РСАПР появляется за счет распараллеливания размещения элементов схемы и трассировки соединений в различных блоках, на которые схема разбивается в начале процессе проектирования. Затем на сервере производится трассировка межблочных соединений. Повлиять на длительность последнего этапа не представляется возможным в силу того, что эта задача решается на одном компьютере – сервере, а количество трасс, которые необходимо развести, определяется конкретной схемой и качеством разбиения. То есть для ощутимого выигрыша в работе РСАПР по сравнению с сосредоточенной САПР нам необходимо проводить трассировку максимально возможного количества связей на клиентских машинах, уменьшая долю работы сервера и повышая, тем самым, возможности распараллеливания.

При этом возникает естественный вопрос, до каких границ возможно увеличение выигрыша? Интуитивно понятно, что выигрыш сильно зависит от времени межблочной трассировки на сервере, которое, в свою очередь, зависит от качества решения задачи декомпозиции. Соответственно, вопрос о предельных возможностях РСАПР можно поставить так: какое минимально возможное число внешних связей можно получить при решении задачи декомпозиции? И тогда, зная количество внешних связей для предельного случая, их можно ввести в формулу (1).

Достаточно просто число внешних связей при заданных значениях N и n можно определить для полностью связного графа. Однако, в качестве эталонного, такой граф использовать бессмысленно, так как он не будет адекватен никакой схеме. Действительно, число инцидентных каждому элементу схемы цепей составляет величину от нескольких единиц до нескольких десятков (максимум несколько сотен в процессорных элементах). В полностью связном же графе с числом вершин N таких цепей будет $(N(N-1)/2)$.

Очевидно, что подходящим для данных целей будет однородный граф с N вершинами и с заданной локальной степенью L его вершин. Как известно [5] число ребер в таком графе будет равно $\frac{NL}{2}$. При разбиении графа на n подгра-

фов с одинаковым количеством вершин число ребер в подграфах не может быть больше, чем:

$$\frac{N}{n} \cdot \left(\frac{N}{n} - 1 \right).$$

В случае, когда $L < ((N/n) - 1)$, число ребер в подграфе уменьшается до ве-

$$\text{личины } \frac{\frac{N}{n} \cdot L - 2}{2}.$$

Вычитание числа 2 в числителе обусловлено тем соображением, что исходный граф не содержит изолированных подграфов, и, значит, каждый подграф будет иметь минимум 2 внешних ребра. Отсюда, максимально возможное количество внутренних связей для $L \geq ((N/n) - 1)$ будет составлять величину

$$C_{v_{\max}} = \frac{\frac{N}{n} \left(\frac{N}{n} - 1 \right)}{2} \cdot n = \frac{N}{2} \left(\frac{N}{n} - 1 \right). \quad (2)$$

Для $L < ((N/n) - 1)$ выражение (2) примет вид:

$$C_{v_{\max}} = \frac{\frac{N}{n} \cdot L - 2}{2} \cdot n = \frac{N}{2} \cdot L - n.$$

Соответственно, минимальное количество внешних связей для случая $L \geq ((N/n) - 1)$ будет иметь вид:

$$C_{s_{\min}} = \frac{NL}{2} - \frac{N}{2} \left(\frac{N}{n} - 1 \right). \quad (3)$$

В случае, когда $L < ((N/n) - 1)$ выражение (3) будет иметь вид:

$$C_{s_{\min}} = \frac{NL}{2} - \frac{N}{2} \cdot L + n = n. \quad (4)$$

Объединяя выражения (3) и (4), получим окончательный вид минимального количества внешних связей для данного варианта разбиения однородного графа с локальной степенью вершин L :

$$C_{s_{\min}} = \max \left\{ n, \frac{NL}{2} - \frac{N}{2} \left(\frac{N}{n} - 1 \right) \right\}.$$

Таким образом, решая задачу декомпозиции, нам необходимо максимально приблизить формируемые подграфы (подчеркнем, что не исходную схему графа, а именно подграфы) к полносвязным. Учитывая, что в современных процессорах количество элементов уже превышает 10^9 , а количество их связей с другими не превышает десятков, более актуальным будет выражение для максимального количества внутренних связей в подграфе для случая $L < ((N/n) - 1)$.

Это означает, что теоретически существует возможность такого разбиения, исходного графа, при котором каждый подграф имеет только две внешние связи. Тогда для оценки минимально возможной ВСПП для РСАПР получаем следующее выражение:

$$O_n(N, L) = N^2 + \left(\frac{N(L-2)}{2} \right)^k + n^k. \quad (5)$$

Для сосредоточенной САПР оценка ВСПП принимает вид:

$$O(N, L) = N^2 + \left(\frac{NL}{2} \right)^k. \quad (6)$$

Взяв отношение выражений (6) и (5), получим максимально возможный выигрыш в разгах во времени проектирования с использованием РСАПР относительно сосредоточенной САПР.

В заключение приведем результаты расчетов ВСПП на РСАПР в зависимости от числа используемых клиентских компьютеров и предельного

временного выигрыша, выраженного в разгах, относительно сосредоточенной САПР для значений $N = 100000$, $L = 20$, $k = 2..4$, $n = 2..1000$.

Зависимость ВСПП приведена на рис. 1, а на рис. 2 – предельный выигрыш при проектировании на РСАПР относительно сосредоточенной САПР.

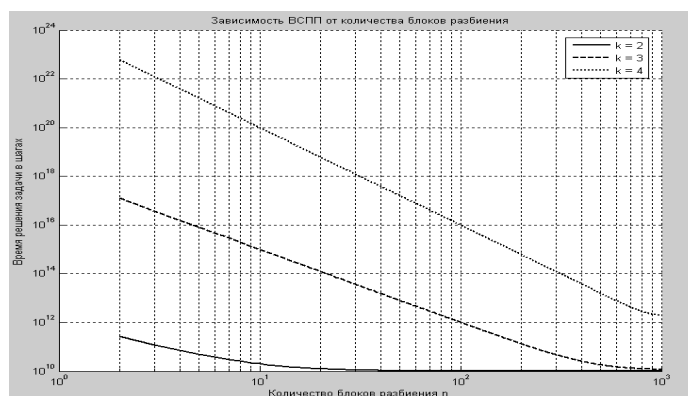


Рис. 1. Зависимость ВСПП от числа клиентских компьютеров, участвующих в процессе проектирования

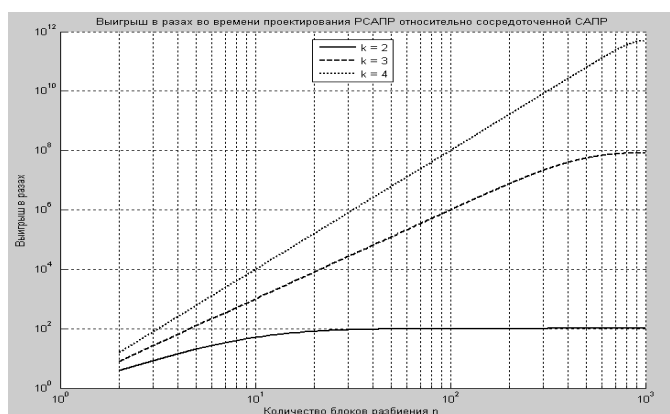


Рис. 2. Зависимость предельного выигрыша при проектировании на РСАПР

Зависимости, приведенные на рисунках (см. рис. 1, 2), дают четкое представление о том, что при гипотетических (тестовых, специально подобранных параметрах схемы) выигрыш может составлять десятки, сотни и тысячи раз, а число клиентских компьютеров при этом, в зависимости от сложности применяемых алгоритмов проектирования (сложность алгоритмов задается величиной k), также может изменяться от единиц до тысяч экземпляров.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Глушань В.М., Иванько Р.В., Лаврик П.В., Орлов Н.Н. Обобщение некоторых результатов исследования когнитивной модели распределенной САПР // Известия Волгоградского государственного технического университета: межвуз. сб. науч. трудов. – Волгоград: Изд-во ВолгГТУ, 2008. – № 5. – С. 125-129.
2. Курейчик В.В., Курейчик В.М., Родзин С.И. Концепция эволюционных вычислений, инспирированных природными системами // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск "Интеллектуальные САПР". – 2009. – № 4 (93). – С. 16-24.

3. Глушань В.М., Лаврик П.В. Исследование клиент-серверной модели распределенной САПР электронных схем // Известия ЮФУ. Технические науки. Тематический выпуск «Интеллектуальные САПР». – 2009. – № 4 (93). – С. 77-81.
4. Глушань В.М., Иванько Р.В., Лаврик П.В., Рыбальченко М.В. Сравнительный анализ эффективности распределенных САПР // Труды Международных научно-технических конференций «Интеллектуальные системы» (AIS'06) и «Интеллектуальные САПР» (CAD-2006). – М.: Физматлит, 2006. – Т. 2. – С. 33-39.
5. Оре О. Теория графов. – М.: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1980. – 336 с.

Глушань Валентин Михайлович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; профессор.

Glushan Valentin Mihailovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371651.

Department of Computer Aided Design; professor.

Лаврик Павел Викторович

Технологический институт федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Южный федеральный университет» в г. Таганроге.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

347928, г. Таганрог, пер. Некрасовский, 44.

Тел.: 88634371651.

Кафедра систем автоматизированного проектирования; аспирант.

Lavrik Pavel Viktorovich

Taganrog Institute of Technology – Federal State-Owned Educational Establishment of Higher Vocational Education “Southern Federal University”.

E-mail: gluval07@rambler.ru.

44, Nekrasovsky, Taganrog, 347928, Russia.

Phone: 88634371651.

Department of Computer Aided Design; postgraduate student.

УДК 519.687.1

А.Ф. Мелик-Адамян

**МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ОПТИМИЗАЦИЯ СТАНДАРТНЫХ
КМОП-СХЕМ В СУБМИКРОННЫХ ТЕХНОЛОГИЯХ**

С уменьшением физических размеров транзисторов, адаптация стандартных ячеек и небольших схем в маршруте проектирования СБИС на этапе физического проектирования, является одной из актуальных задач в САПР микроэлектроники. Часто достижение тех или иных характеристик СБИС легче произвести адаптацией библиотек ячеек, нежели перепроектированием СБИС. В статье предложен метод многокритериальной оптимизации