

УДК 004

**Высокопроизводительный алгоритм восстановления графовых моделей
представления топологии сбис для технологии двойного шаблона**

10, сентябрь 2012

Верстов В.А.

*Научный руководитель Зинченко Л.А., д-р техн. наук, профессор
МГТУ им. Н.Э. Баумана, кафедра ИУ4, г. Москва, Россия*

МГТУ им. Н.Э. Баумана
bauman@bmstu.ru

Введение

Основная идея технологии двойного шаблона базируется на последовательном применении двух шаблонов во время прожига резиста для получения рисунка с размерами элементов, не достижимыми с помощью традиционных методов литографии. Декомпозиция топологии СБИС для технологии двойного шаблона заключается в разделении исходного топологического слоя на два новых. Наиболее распространенный способ решения задачи декомпозиции топологии – использование графовых моделей, в частности – графа ограничений и графа противоречий. Вершины графа ограничений представляют собой геометрические объекты, рёбра – ограничения на расстояния между ними. Вершины графа противоречий представляют собой геометрические объекты, рёбра – противоречия, возникающие из-за ограничений технологии двойного шаблона.

В такой постановке задача декомпозиции сводится к задаче раскраски вершин графа ограничений. Для технологии двойного фотошаблона граф должен быть двуцветным, иначе топологический слой невозможно разделить на два новых.

Построение графа ограничений и графа противоречий является наиболее трудоемкой задачей при декомпозиции топологии СБИС для технологии двойного фотошаблона.

Проблемы обработки входной топологической информации рассмотрены в работе [1]. В работе [2] предложен параллельный алгоритм декомпозиции топологии СБИС на основе графовых моделей. В данной статье будет рассматриваться процесс перехода к графовым моделям представления топологии СБИС.

Параллельные алгоритмы обработки геометрии топологии СБИС

Для обработки топологии СБИС в параллельном режиме на нескольких процессорах многопроцессорной системы необходимо иметь специальное представление ее геометрии в разрабатываемом программном обеспечении.

Структура данных, представленная на рис. 1, а и б, позволяет обрабатывать топологию в параллельном режиме на нескольких процессорах многопроцессорной системы. Она представляет собой массив геометрических объектов – многоугольников или полигонов, которые представлены в виде массива точек, которые их составляют; массив всех горизонтальных отрезков (так как мы работаем с манхэттенской геометрией, вертикальные отрезки всегда можно восстановить, их необязательно хранить в памяти), которые составляют топологический слой, каждый из которых состоит из указателей на точки начала и конца отрезка и указателя на полигон, которому отрезок принадлежит; массива точек-событий – указателей на точки, составляющие полигоны, которые будут обрабатываться при обработке геометрии при помощи алгоритма сканирующей прямой.

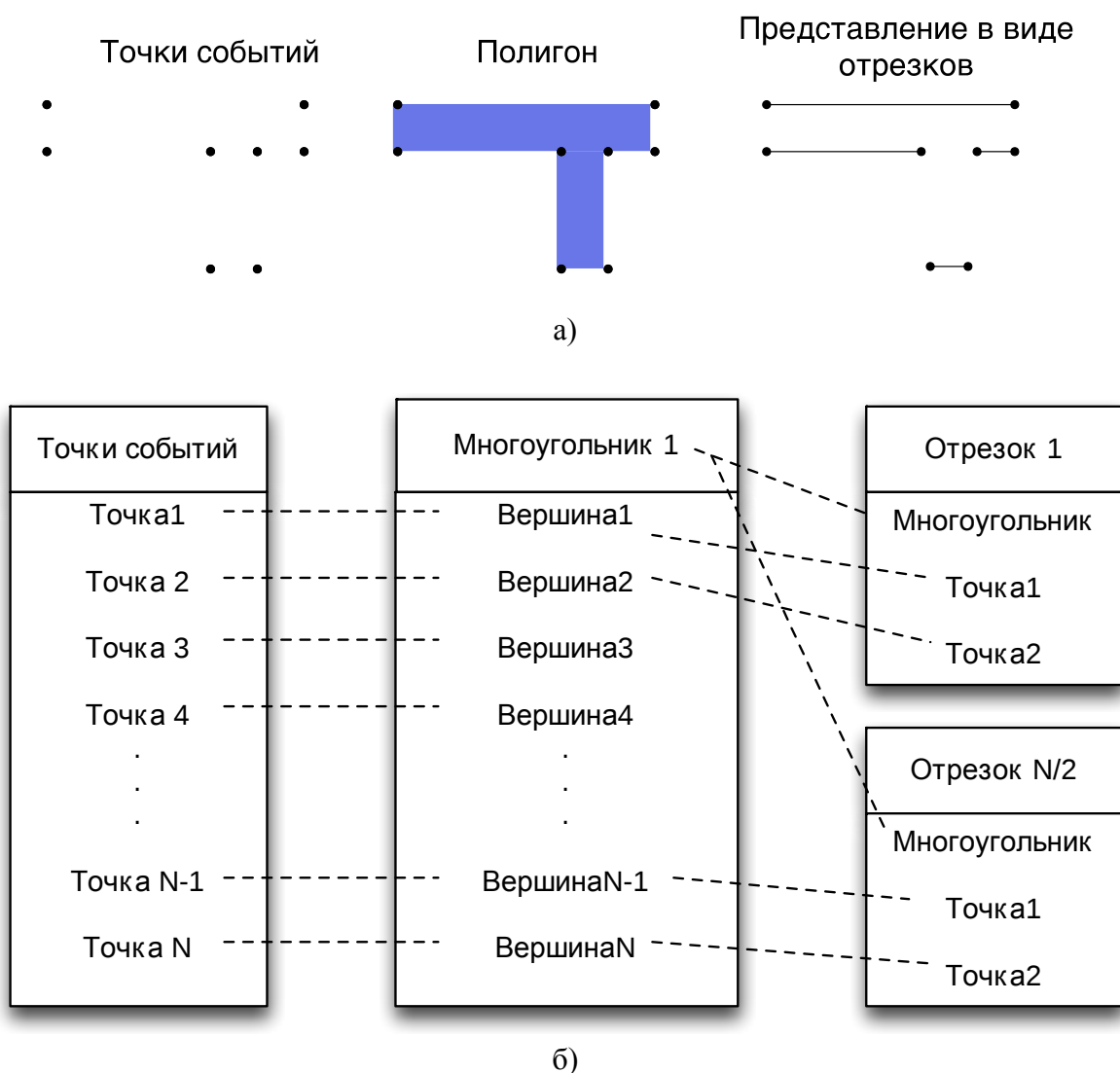


Рис. 1 – Структура данных для хранения топологической информации
а – пример полигона, составляющего топологию, б – схематическое представление полигона в разрабатываемом программном обеспечении

Исходная геометрия представляется в виде набора горизонтальных отрезков, как представлено на рис. 2. Данный вид деления удобен, так как благодаря ему, имеется

возможность разделить исходный топологический слой на горизонтальные полосы и обрабатывать их на отдельных процессорах. Особое внимание следует уделить граничной области, как видно из рис. 2, получаемые при разделении полосы перекрывают друг друга, тем самым гарантируя то, что не будет упущен конфликт на границе между двумя полосами.

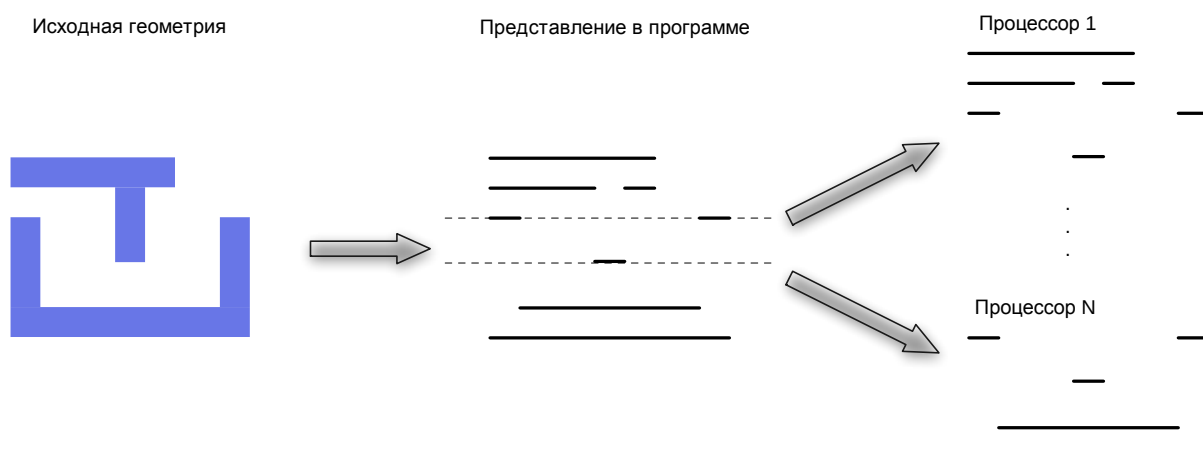


Рис. 2 – Распределение задач между процессами при обработке геометрии в параллельном режиме

При составлении графа ограничений и графа противоречий используется модифицированный алгоритм сканирующей прямой [3], приведенный на рис. 3. Предложенный алгоритм применяется к каждой полосе, полученной при разделении геометрии, и выполняется для каждой полосы независимо от других в параллельном режиме на разных процессорах многопроцессорной системы. На вход алгоритма поступают упорядоченные массивы полигонов, отрезков их составляющих, причем к координате x крайних правых точек отрезком прибавляется расстояние, являющиеся ограничением технологии двойного шаблона, и точек-событий. В ходе работы алгоритма используются два набора данных:

- состояние относительно сканирующей прямой, которое описывает отношения между объектами, пересекаемыми выметающей прямой;
- массивом точек-событий – координатных точек, упорядоченных по координате x , которые являются крайними левыми и правыми точками отрезков, составляющих полигоны. Состояние относительно сканирующей прямой определяется только в точках событий.

Отрезки в состоянии относительно сканирующей прямой сортируются по координате y . При прохождении точки-события, которая является крайней левой точкой отрезка, отрезок добавляется в состояние относительно сканирующей прямой, а так же вычисляется расстояние до ближайших к нему отрезков по координате y . Следует отметить, что, поскольку координаты x крайних правых точек отрезков увеличены на ограничение технологии двойного шаблона, нет необходимости проверять расстояние между отрезками по координате x . Если полученное расстояние меньше ограничения технологии двойного шаблона в граф противоречий добавляется ребро между вершинами, которые являются отображением полигонов, к которым принадлежат данные отрезки.

При прохождении точки события, которая является крайней правой точкой отрезка, отрезок удаляется из состояния относительно сканирующей прямой.

После того как будут рассмотрены все точки-событий работа алгоритма будет завершена и будет получен граф противоречий.

Работа предложенного алгоритма представлена на рис. 4. Пунктирной линией показаны положение сканирующей прямой.

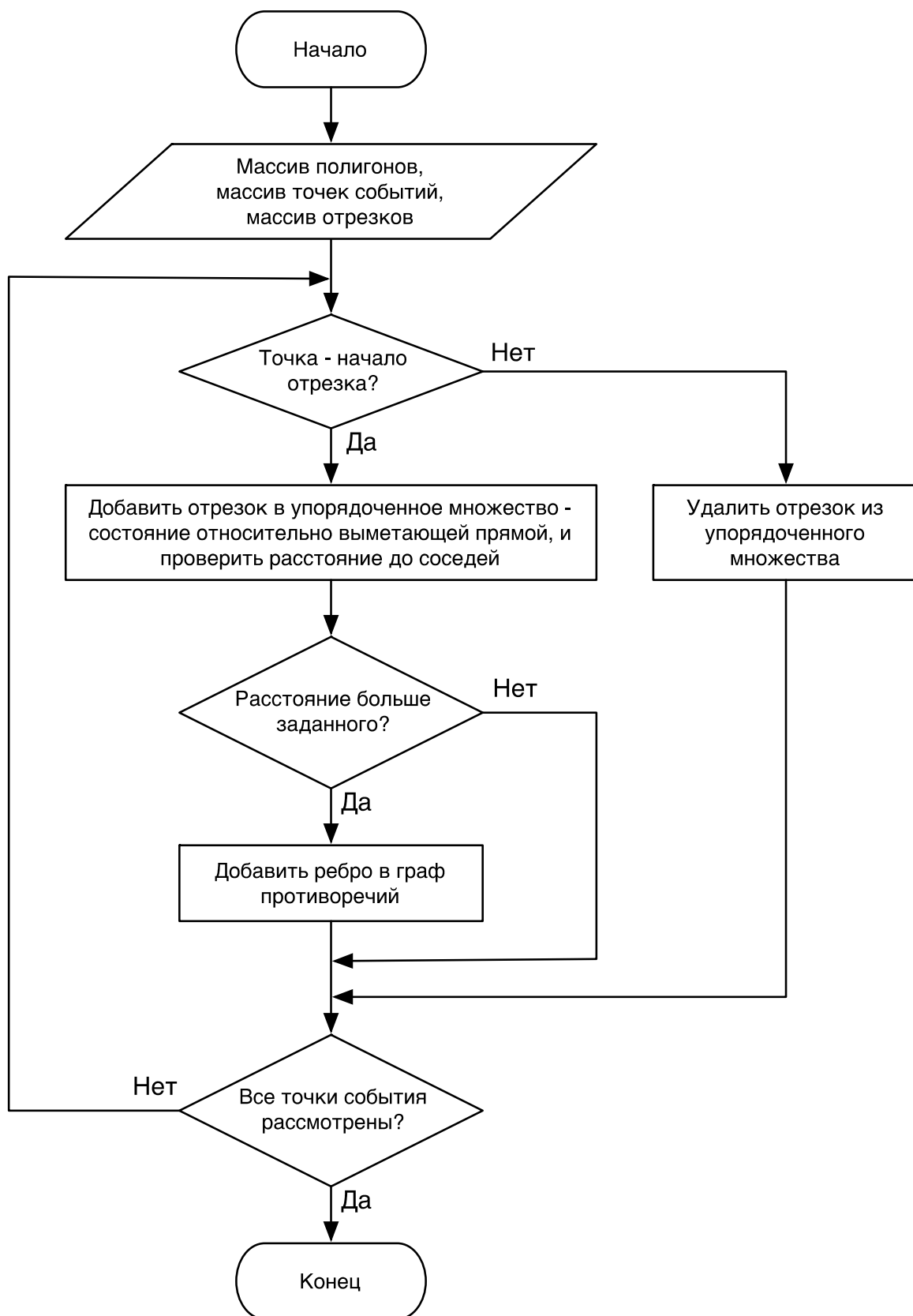


Рис. 3 – Модифицированный алгоритм сканирующей прямой

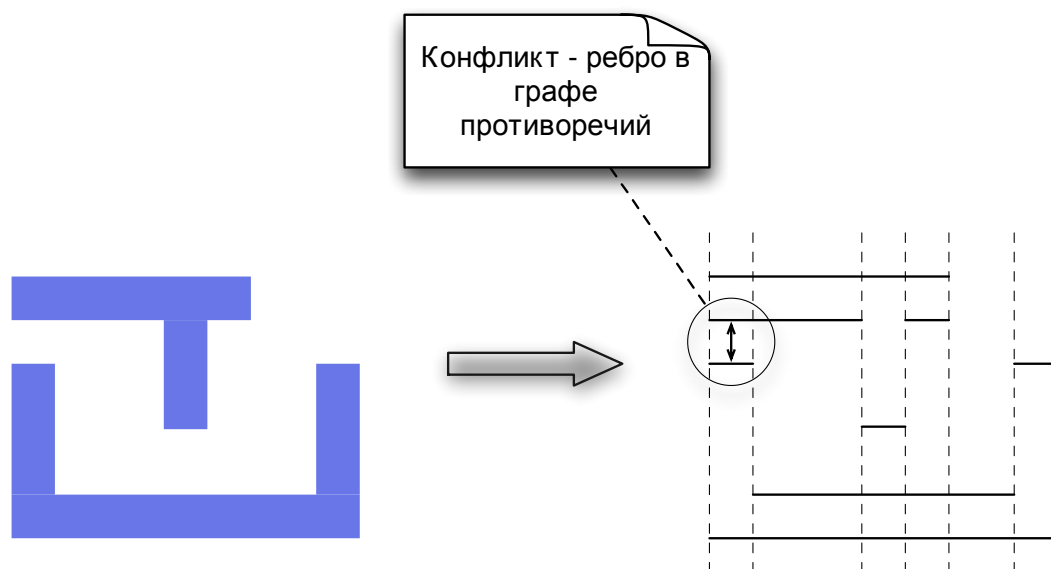


Рис. 4 – Составление графа противоречий и графа ограничений

В случае если расстояние между отрезками меньше минимального расстояния, воспроизводимого по технологии двойного шаблона, - добавляется ребро в граф противоречий.

Заключение

В статье предложена специальная структура данных, которая предоставляет широкие возможности для параллельной обработки геометрии топологии СБИС и генерации графа ограничений и графа противоречий, предложен алгоритм составления графа ограничений и графа противоречий в параллельном режиме на нескольких процессорах многопроцессорной системы. Предложенное разделение геометрии обеспечивает корректность проверки конструкторско-технологических ограничений, так как в граничных областях между полосами обеспечивается необходимый нахлест полос друг на друга. Задача составления графа противоречий и графа ограничений является наиболее трудоемкой в процессе трансформации топологии СБИС для технологии двойного шаблона, именно поэтому на данном этапе трансформация имеет смысл эффективно использовать вычислительные ресурсы многопроцессорных вычислительных систем.

Работа выполнена при частичной поддержке гранта Президента РФ по государственной поддержке ведущих научных школ, грант НШ-1152.2012.9.

Литература

1. Верстов В.А. Особенности обработки входной топологической информации в САПР СБИС для различных архитектур вычислительных систем // Сборник трудов XIII научно-технической конференции «Наукоемкие технологии и интеллектуальные системы 2011». – Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
2. Верстов В.А. Разработка высокопроизводительных алгоритмов трансформации топологии СБИС для технологии двойного шаблона // Сборник трудов четвертой всероссийской школы-семинара студентов, аспирантов и молодых ученых по направлению «Наноинженерия» - Москва.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
3. Кормен Т., Лейзерсон Ч., Ривест Р., Штайн К. Алгоритмы: построение и анализ, 2-е издание. : Пер. с англ. – М. : Издательский дом «Вильямс», 2011. – 1296 с.
4. Материалы сайта <http://www.itrs.net/> (дата обращения 14 февраля 2012 г.)