УДК 004.724.4(045)

Кулаков Ю. А., д.т.н.,
Коган А. В., к.т.н.,
Диброва М. А.,
Чхаидзе Д. М.

ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВА НЕПЕРЕСЕКАЮЩИХСЯ ПУТЕЙ В КОМПЬЮТЕРНЫХ СЕТЯХ С ПРИМЕНЕНИЕМ АЛГОРИТМА «ОБРАТНОЙ ВОЛНЫ»

Национальный технический университет Украины
"Киевский политехнический институт"

ya.kulakov@gmail.com
koganav@ya.ru
dibmichen@gmail.com
datic15@gmail.com

Рассмотрены вопросы многопутевой маршрутизации в компьютерных сетях большой размерности. Приведен краткий обзор способов многопутевой маршрутизации. Обосновывается целесообразность использования алгоритмов «обратной волны» совместно с методом «ветвей и границ» для оптимизации процесса формирования множества непересекающихся путей предложен способ формирования множества непересекающихся путей на основе сочленения деревьев на графе компьютерной сети. Предложен алгоритм формирования множества непересекающихся путей с применением алгоритма «обратной волны».

Ключевые слова: многопутевая маршрутизация, алгоритм «обратной волны», метод «ветвей и границ», множество непересекающихся путей.

Введение

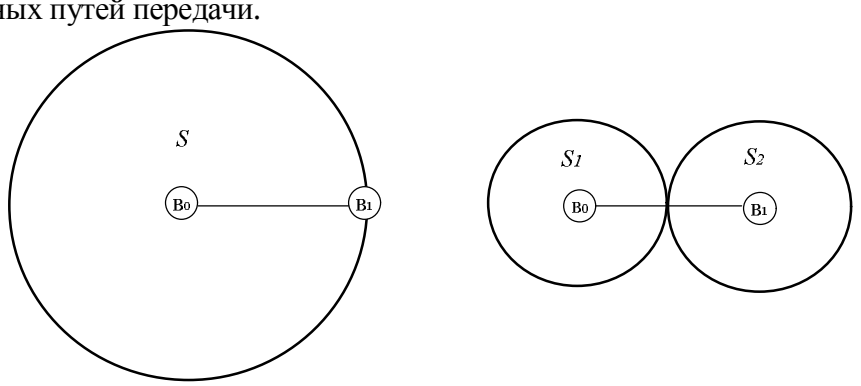
В настоящее время проблема маршрутизации в компьютерных сетях является достаточно актуальной, так как с ростом размера этих сетей задача маршрутизации становится все более сложной и трудоемкой. Особенно это касается вопросов многопутевой маршрутизации, при которой между отправителем и получателем информации формируется несколько путей передачи информации, которые объединяются в один многоканальный виртуальный путь. Это позволяет повысить эффективность процедуры конструирования трафика (*TE*), обеспечить заданные параметры *QoS* при изменении параметров системы передачи информации путем замены одного физического канала другим в рамках одного многоканального виртуального пути. Это позволяет уменьшить частоту ремаршрутизации. В связи с этим, актуальной является задача разработки оптимальных методов многопутевой маршрутизации, достаточно полный анализ, которых приведен в работе [1].

Одним из наиболее распространенных способов поиска пути является представления сетевой топологии в виде графа и использование алгоритмов обхода графа [2]. Среди этих алгоритмов можно выделить алгоритм поиска в глубину [3]. Данный алгоритм является рекурсивным, что делает его довольно компактным. К данному классу алгоритмов относятся алгоритмы, основанные на методе «ветвей и границ». В работе [4] предложен модифицированный метод «ветвей и границ» [5], позволяющий формировать множество непересекающихся путей между двумя узлами сети, позволяющий исключить операций направленного перебора, характерного для комбинаторных алгоритмов формирования путей. С помощью данного алгоритма строиться дерево путей из начальной вершины $в_0$ до конечной вершины $в_к$. Основ-

ным недостатком данного алгоритма, как и всех других алгоритмов волновых алгоритмов и алгоритмов поиска в глубину или ширину, является достаточно большая область поиска решений. Так при регулярной структуре сети большой размерности область поиска первого кратчайшего пути (рис.1а) равна $S=\pi L^2$, где L – минимальное расстояние между вершинами $в_0$ и $в_к$. Уменьшить область поиска можно за счет одновременного формирования деревьев путей из начальной вершины $в_0$ и конечной вершины $в_к$. В этом случае (рис. 1*а*) $S= S_1+ S_2$, где $S_1= S_2=\pi L^2/4$. Отсюда $S_1+ S_2=\pi L^2/2$. Таким образом, область поиска решений уменьшается в два раза, соответственно, и время формирования пути уменьшается в два раза. В работе [6] предложен и обоснован модифицированный метод ветвей и границ, с помощью которого строится дерево решений. В основе модифицированного метода ветвей и границ предложен алгоритм формирования множества максимально безопасных частично пересекающихся путей. Предложенный в работе алгоритм многопутевой маршрутизации характеризуется меньшей временной сложностью по сравнению с известными алгоритмами. В практическом плане использования полученных результатов позволяет повысить уровень безопасности беспроводных сетей за счет выбора оптимального числа надежных путей передачи.

Формирование множества непересекающихся путей на основе сочленения деревьев

С целью уменьшения времени на поиск множества непересекающихся путей, в работе [4] предлагается потоковый алгоритм формирования путей от одного узла к нескольким узлам на основе метода «ветвей и границ», позволяющий исключить операции направленного перебора, характерного для комбинаторных алгоритмов формирования путей. С помощью данного алгоритма строиться дерево путей из начальной вершины $в_0$ до конечной вершины $в_к$. Основным недостатком данного алгоритма, как и всех других алгоритмов волновых алгоритмов и алгоритмов поиска в глубину или ширину, является достаточно большая область поиска решений. Так при регулярной структуре сети большой размерности область поиска первого кратчайшего пути (рис. 1*а*) равна $S=\pi L^2$, где L – минимальное расстояние между вершинами $в_0$ и $в_к$. Уменьшить область поиска можно за счет одновременного формирования деревьев путей из начальной вершины $в_0$ и конечной вершины $в_к$. В этом случае (рис.1а) $S= S_1+ S_2$, где $S_1= S_2=\pi L^2/4$. Отсюда $S_1+ S_2=\pi L^2/2$. Таким образом, область поиска решений уменьшается в два раза, соответственно, и время формирования пути уменьшается в два раза.



а ***в***

Рис.1. Область поиска решений

Необходимым и достаточным условие существования пути между корневыми вершинами деревьев является условие их соединения.

Лемма деревья $T_i(B_i,E_i)$ и $T_i(B_i,E_i)$ имеют точки соединения при $B_i \cap B_j \neq \varnothing$ и $E_i \cap E_j=\varnothing$.

ным образом, при этом формируются следующие непересекающиеся пути:

P_2 {$в_0$-$в_3$-$в_8$-$в_{16}$-$в_{23}$-$в_{30}$-$в_{35}$-$в_{40}$}

P_3 {$в_0$-$в_4$-$в_{10}$-$в_{19}$-$в_{25}$-$в_{31}$-$в_{36}$-$в_{40}$}

P_4 {$в_0$-$в_5$-$в_{12}$-$в_{20}$-$в_{26}$-$в_{32}$-$в_{37}$-$в_{38}$-$в_{39}$-$в_{40}$}

В таблице 1 и таблице 2 представлено формирования путей по тактам.

Таблица 1. Формирования путей от начальной вершины

t_1	$в_0$-$в_1$	$в_0$-$в_2$	$в_0$-$в_3$	$в_0$-$в_4$	$в_0$-$в_5$
t_2	$в_0$-$в_1$-$в_6$	$в_0$-$в_2$-$в_7$	$в_0$-$в_3$-$в_8$	$в_0$-$в_4$-$в_{10}$	$в_0$-$в_5$-$в_{12}$
t_3	$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$	$в_0$-$в_2$-$в_7$-$в_{14}$	$в_0$-$в_3$-$в_6$-$в_{16}$	$в_0$-$в_4$-$в_{10}$-$в_{19}$	$в_0$-$в_5$-$в_{12}$-$в_{11}$
t_4	$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$-$в_{21}$	-	$в_0$-$в_3$-$в_6$-$в_{16}$-$в_{23}$	$в_0$-$в_4$-$в_{10}$-$в_{19}$-$в_{25}$	$в_0$-$в_5$-$в_{12}$-$в_{11}$-$в_{20}$
t_5	$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$-$в_{21}$-$в_{27}$	-	-	-	$в_0$-$в_5$-$в_{12}$-$в_{11}$--$в_{20}$-$в_{26}$
t_6	$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$-$в_{21}$-$в_{27}$--$в_{33}$	-	-	-	-
t_7	*Путь не сформирован!*	-	-	-	-

Таблица 2. Формирования путей от конечной вершины

t_1	$в_{40}$-$в_{39}$	$в_{40}$-$в_{36}$	$в_{40}$-$в_{35}$	$в_{40}$-$в_{34}$
t_2	$в_{40}$-$в_{39}$-$в_{38}$	$в_{40}$-$в_{36}$-$в_{31}$	$в_{40}$-$в_{35}$-$в_{30}$	$в_{40}$-$в_{34}$-$в_{28}$
t_3	$в_{40}$-$в_{39}$-$в_{38}$-$в_{37}$	$в_{40}$-$в_{36}$-$в_{31}$-$в_{25}$	$в_{40}$-$в_{35}$-$в_{30}$-$в_{23}$	$в_{40}$-$в_{34}$-$в_{28}$-$в_{14}$
t_4	$в_{40}$-$в_{39}$-$в_{38}$-$в_{37}$-$в_{32}$	-	-	-
t_5	$в_{40}$-$в_{39}$-$в_{38}$-$в_{37}$-$в_{32}$-$в_{26}$	-	-	-

С рис. 4 видно, что путь $P_{н1}$= {$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$-$в_{21}$-$в_{27}$-$в_{33}$} продолжает поиск граничных вершин относительно начала и формировать часть пути. На такте t_7, граничной вершиной относительно к внутренней смежной является вершина B_{34}, которая уже входит в сформированный путь P_1 {$в_0$-$в_2$-$в_7$-$в_{14}$-$в_{28}$-$в_{34}$-$в_{40}$}. В связи с этим, путь $P_{н1}$= {$в_0$-$в_1$-$в_6$-$в_{13}$-$в_{21}$-$в_{27}$-$в_{33}$} отбрасывается. В результате сформировано 4 непересекающихся пути.

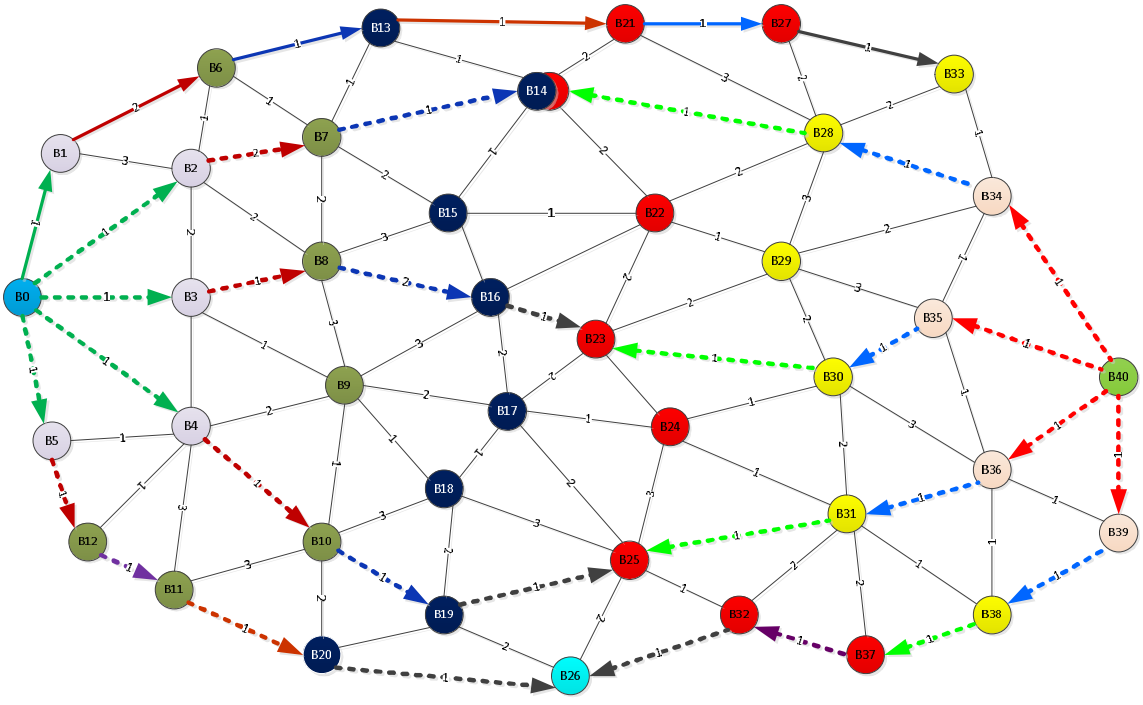


Рис.4. Формирование множества непересекающихся путей

Выводы

Предложенный в работе способ многопутевой маршрутизации основан на определении множества вершин сочленения деревьев с корневыми вершинами двух деревьев, между которыми формируются непересекающиеся пути. За счет одновременного формирования этих деревьев сокращается время и область поиска множества непересекающихся путей. Формирование каждого из деревьев осуществляется на основе модифицированного метода «ветвей и границ», при котором в качестве очередной вершины дерева выбирается вершина с минимальной степенью. Это позволяет сформировать максимальное множество непересекающихся путей между двумя вершинами.

Список литературы

1. Ditixa Vyas. Survey of Distributed Multipath Routing Protocols for Traffic Management / Ditixa Vyas Ritesh Patel Amit Ganatra // International Journal of Computer Applications (0975 – 8887). – February. – 2013. – Volume 63. – No.17.

2. Шувалов В. П. Классификация методов многопутевой маршрутизации / Шувалов В. П., Вараксина И. Ю. // T-Comm - Телекоммуникации и Транспорт. – 2014 – № 1. – Том 8 – С. 29-32.

3. Гуровиц В. М. Алгоритм поиска в глубину. [Електронний ресурс]. – Информатика (Теория графов). – 2014. – Режим доступу: http://foxford.ru/wiki/informatika/algoritm-poiska-v-glubinu

4. Кулаков Ю. А. Способ формирования виртуальной структуры grid, ориентированной на многопутевую маршрутизацию / Кулаков Ю.А. Диброва М. А. // Вісн. Національного техн. ун-ту України "КПИ": Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – К.: ТОВ "ВЕК+", 2014. – Вип. 61. – С. 65-69.

5. А. Кофман. Введение в прикладную комбинаторику. – М.: «Наука», 1975. – 480 с.

6. Кулаков Ю. А. Способ организации многопутевой маршрутизации с помощью модифицированного метода ветвей и границ / Кулаков Ю. А., Коган А. В., Морозовский Т.О. // Вісник НТУУ «КПІ». Інформатика, управління та обчислювальна техніка: збірник наукових праць. – К.: Століття +, 2015. – №62. – С. 27-31.

Статью представлено в редакцию 10.12.2015