

УДК 004.724.4(045)

Давиденко И.Н., канд. техн. наук
Гиренко Д.Н.

СПОСОБЫ ФОРМИРОВАНИЯ СТРУКТУРЫ ДОМЕНОВ МАРШРУТИЗАЦИИ

Институт компьютерных технологий
Национального авиационного университета

Проведен анализ основных способов формирования структуры системы доменов, с учетом чего реализован алгоритм распределенной маршрутизации, который используется в мобильных сетях без инфраструктуры и позволяет повысить эффективность процедуры маршрутизации

Введение

Иерархическая модель сети позволяет создать наиболее устойчивую структуру сети и более рационально распределить ресурсы [1]. Также достоинством иерархической модели сети является более высокий уровень защиты данных. Все узлы такой сети мобильны, связываются друг с другом динамически произвольным образом без участия централизованного управления и базовых станций.

Основным фактором, который влияет на процесс передачи информации в мобильных компьютерных сетях, является их динамическая топология, поэтому эффективность функционирования таких сетей в значительной степени зависит от решения задачи маршрутизации. Для компьютерных систем большой размерности не существует единого эффективного алгоритма маршрутизации. В связи с этим компьютерные системы разбиваются на отдельные подсистемы – домены. При этом задача маршрутизации делится на задачи внутридоменной и междоменной маршрутизации.

В связи с этим актуальным является вопрос выбора количества доменов маршрутизации и их размера. Большая размерность мобильных сетей приводит к тому что, количество доменов должно быть таким, чтобы при минимальной стоимости обеспечивалась динамичность топологии.

Обзор и анализ существующих решений

Одной из основных задач построения беспроводной сети является обоснованный выбор количества доменов маршрутизации и их размера.

К основным способам формирования структуры доменов маршрутизации относятся [2]:

- способ локальных максимумов;
- способ простого разбиения.

Способ локальных максимумов основан на методе декомпозиции структуры компьютерной сети. С помощью этого способа находится точка на области покрытия (абонентская система) с максимальной интенсивностью, в которой затем размещается агент маршрутизации, и вокруг которой формируется домен маршрутизации. Затем ищется следующая область с максимальной интенсивностью. Так продолжается до тех пор, пока все абонентские системы не будут распределены по доменам маршрутизации. Данный способ позволяет разбить область покрытия на минимальное число доменов маршрутизации, однако, он характеризуется достаточно высокой вычислительной сложностью. Кроме того, в некоторых случаях данный метод не обеспечивает полного покрытия всей области сети. Это приводит к тому, что при перемещении абонентская система может оказаться вне области досягаемости какого либо агента маршрутизации.

Способ простого разбиения представляет собой процедуру разбиения области покрытия на минимальное число доменов маршрутизации с максимальным

радиусом каждого домена маршрутизации. Затем, если интенсивность потока в некотором домене маршрутизации превышает допустимое значение, осуществляется перераспределение потока или деление этого домена. Способ простого разбиения является одним из быстрых способов формирования доменов маршрутизации беспроводной сети, однако не обеспечивает равномерную интенсивность потоков внутри ячеек.

В настоящее время для формирования структуры системы доменов маршрутизации используются доминирующие множества [3]. Под доминирующим множеством понимается подмножество S графа G , в котором каждая вершина графа G находится в S или является смежной с вершиной в S . Доминирующие множества разделяются на три основных класса [4]:

1. Независимые IDS (*Independent Dominating Sets*);
2. Слабо связанные $WCDS$ (*Weakly Connected Dominating Sets*);
3. Связанные CDS (*Connected Dominating Sets*).

На рис. 1. показано графическое изображение графов таких классов:

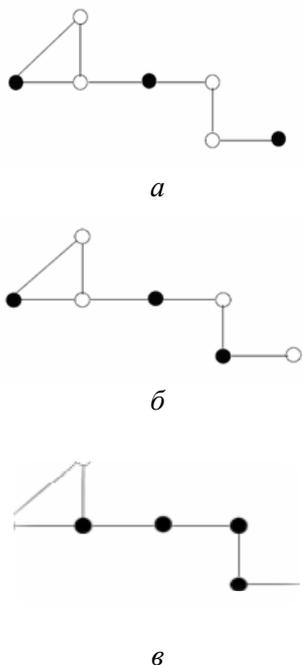


Рис. 1. Доминирующие множества IDS (а), $WCDS$ (б), CDS (в)

На базе IDS , $WCDS$ и CDS существуют различные алгоритмы формирования кластерной структуры.

Используя IDS (доминирующее множество S графа G , в котором нет смежных вершин) можно гарантировать отсутствие смежных агентов управления домена в графе, что минимизирует количество лишних доменов.

Формирование CDS (подмножество S графа G , где S формирует доминирующее множество) имеет некоторые преимущества, такие как легкость широковещания и установление виртуальных соединений, однако при этом иногда формируются лишние агенты управления домена. Существенным недостатком этого алгоритма является неэффективное использование в сетях большой размерности, так как элементы доминирующего множества формируются в центре сети, тем самым нарушается принцип распределенной организации сети.

На основе рассмотренных выше способов формирования структуры системы доменов маршрутизации реализованы алгоритмы и протоколы распределенной маршрутизации.

В работах [5, 6] рассмотрены алгоритмы распределенной маршрутизации, которые могут быть использованы в мобильных сетях без инфраструктуры.

Постановка задачи

Каждый объект сети, основываясь на виртуальной топологии, хранит только часть информации о топологии сети, что способствует повышению эффективности процедуры маршрутизации. Наиболее распространенным способом распределенной маршрутизации на основе разбиения сети на подсети является алгоритм DDR (*Distributed Dynamic Routing Algorithm*) [7]. Это полностью распределенный алгоритм кластеризации, разработанный для мобильных сетей с фиксированной структурой. Главная идея DDR состоит в построении графа с оптимальным разбиением на подграфы. После чего, из каждого подграфа формируется домен маршрутизации, в результате чего

сеть разбивается на множество не перекрывающихся динамических доменов маршрутизации. Каждый домен маршрутизации периодически определяет своего агента управления домена независимо. Каждый домен маршрутизации соединен с узлами, которые находятся в других доменах маршрутизации в диапазоне прямого доступа. В итоге, вся сеть может быть представлена в виде множества соединенных агентов управления домена. Поэтому, каждый узел домена маршрутизации может обмениваться информацией с узлами из соседних доменов, зная лишь следующий шаг в пределах своего домена. Это уменьшает объем маршрутной информации и использование полосы пропускания.

Важно отметить, что размер доменов маршрутизации увеличивается и уменьшается динамически в зависимости от параметров сети, таких как плотность сетевого трафика, темп сетевых соединений, мобильность узлов и мощность соединений. Каждый агент управления доменом поддерживает маршрутную информацию только об узлах своего домена маршрутизации, и информацию относительно соседних доменов маршрутизации.

Алгоритм *DDR* состоит из шести упорядоченных по времени фаз (рис. 2).



Рис. 2. Алгоритм работы *DDR*

Эти фазы выполняются на основе информации, предоставляемой пакетами – периодическими сообщениями, которыми обмениваются только соседние узлы.

На первом этапе каждый узел топологии выполняет алгоритм выбора предпочтительного соседа. Предпочтительный сосед узла – узел, который имеет максимальную степень соседства среди соседних узлов. В результате чего создается граф путем соединения каждого узла с его предпочтительным соседом и наоборот. Далее, выполняется алгоритм кластеризации внутри подграфа для того, чтобы придать соответствующую структуру каждому подграфу и построить таблицу внутримоментной маршрутизации для каждого узла, что полностью исключает циклы.

На втором этапе выполняется алгоритм кластеризации внутри подграфа, чтобы дать соответствующую структуру в пределах домена и сформировать внутримоментную таблицу маршрутизации. После этого алгоритм кластеризации между подграфами обеспечивает естественную структуру среди доменов, которые сохранены в межмоментной таблице маршрутизации каждого межсетевых узлов. Межсетевые узлы – узлы, которые находятся за пределами домена, но в прямом диапазоне передачи друг друга. При выполнении алгоритма именованья домена подграфу присваивается имя. Заметим, что *DDR* использует только периодические сообщения, чтобы выполнить каждую фазу алгоритма, например, построить граф, выполнить кластеризацию внутри и между подграфами и т.д.

В связи с тем, что построенный граф содержит множество подграфов и каждому подграфу присвоено имя, сеть разбивается на множество не перекрывающихся динамических доменов (рис. 3).

Важным отличием алгоритма *DDR* является то, что он, за счет включения маршрутной информации в кадры данных, позволяет уменьшить количество служебных пакетов при построении гра-

фа, заполнении таблиц внутримономентной и междоментной маршрутизации и выполнение всех остальных фаз алгоритма. Следовательно, он позволяет исключить глобальную широкоэмитательную рассылку по сети и более эффективно использовать сетевые ресурсы.

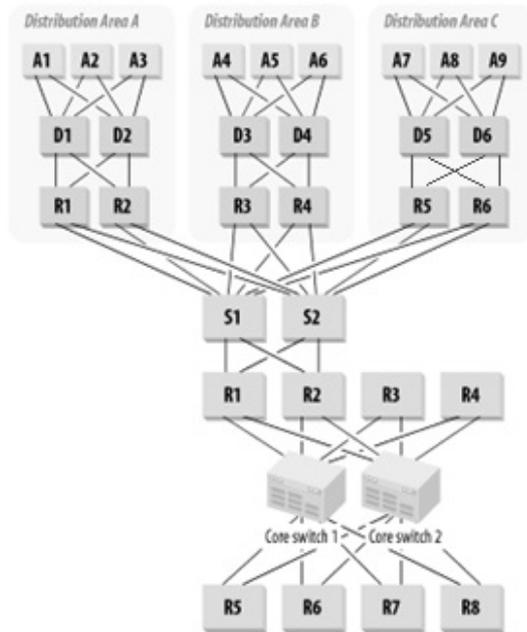


Рис. 3. Пример построения по алгоритму DDR

Одним из недостатков алгоритма DDR является разбиение сети на множество не перекрывающихся динамических доменов маршрутизации.

Каждый узел в сети поддерживает две таблицы:

- внутримономентной маршрутизации;
- междоментной маршрутизации.

В отличие от таблицы внутримономентной маршрутизации, таблица междоментной маршрутизации содержит информацию обо всех соседних доменах маршрутизации. Следовательно, вся сеть может быть представлена как множество соединенных доменов маршрутизации, где каждый узел может взаимодействовать с другим узлом в сети.

В связи с этим, возникает ряд дополнительных проблем, таких как: определение размера домена, количества и месторасположения агентов маршрутизации, выбор маршрута, отвечающего требованиям устойчивости и минимальной временной задержки. Решение этих задач

позволит сократить объем служебного трафика внутри домена.

Выводы

В работе рассмотрен алгоритм DDR, использованный для формирования системы доменов маршрутизации и его реализация. В результате сделан вывод, что алгоритм DDR уменьшает эксплуатационные расходы и непроизводительное потребление сетевых ресурсов. Кроме того, в алгоритме DDR нет понятия корня, что предохраняет сеть от сбоев. Также предложенный подход позволяет повысить эффективность процедуры маршрутизации, за счет равномерного распределения нагрузки по сети.

Список литературы

1. Таненбаум Э. «Компьютерные сети» 4-е издание – СПб.: Питер 2003. – 992 с.
2. Шварц М. Сети связи: Протоколы, моделирование и анализ : [в 2-х ч.]. – М. : Наука, 1992. – 272 с.
3. Chen Y. P., Liestman A. L. A zonal algorithm for clustering ad hoc networks. – International Journal of Foundations of Computer Science. – 2003. – № 14 (2). – P. 305–322.
4. Haynes T. W., Hedetniemi S. T., Slater P. J. Fundamentals of domination in graphs. – NY. : Marcel Dekker, 1998. – 446 p.
5. Steenstrup M. Cluster-based networks. – Ad Hoc Networking. – 2001. – Ch. 4. – P. 75–138.
6. Sucec J., Marsic I. Hierarchical routing overhead in mobile ad hoc networks. – IEEE Transactions on Mobile Computing. – 2004. – № 3 (1). – P. 46–56.
7. Nikaiein N., Labiod H., Bonnet C. DDR-distributed dynamic routing algorithm for mobile ad hoc networks. – MobiHoc 2000 : 1st ACM International Symposium on Mobile Ad Hoc Networking and Computing, 11 Aug. 2000. : thesis rep. – Boston (USA), 2000. – P. 19–27.

Подано до редакції 12.03.10