

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНОГО ЧИСЛА ГРАНИЧНЫХ МАРШРУТИЗАТОРОВ ПРИ ОРГАНИЗАЦИИ БЕЗОПАСНОЙ МНОГОПУТЕВОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ В МОБИЛЬНОЙ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ БОЛЬШОЙ РАЗМЕРНОСТИ

В работе проведен анализ эффективности использования протокола BGP в мобильной компьютерной сети при разбиении на зоны маршрутизации. Благодаря модифицированному протоколу BGP значительно улучшается процесс маршрутизации. Для оптимизации нахождения множества непересекающихся путей предложен способ нахождения минимального разреза между двумя вершинами.

The paper analyzes the efficiency of BGP in the mobile network in the division into zones routing. Thanks modifying the BGP routing process is significantly improved. To optimize the finding set disjoint paths provides a method for finding the minimum cut between two vertices.

Введение

Для мобильных компьютерных сетей большой размерности характерна динамическая реконфигурация структуры сети и отсутствие централизованного управления. В рамках данного типа сетей, как правило, используется многоуровневая маршрутизация. Существующие протоколы маршрутизации (*RIP*, *OSPF*) ориентированы на фиксированную структуру сети, поэтому они являются не эффективными для использования в мобильных компьютерных сетях с динамической реконфигурацией. Кроме того, объем служебного трафика, передаваемого по сети, существенно зависит от реконфигурации сети.

В мобильных компьютерных сетях большой размерности используются протоколы децентрализованной многоуровневой динамической маршрутизации, которые предполагают разбиение сети на зоны маршрутизации, используя протокол *BGP* (*Border Gateway Protocol*) [1, 2, 3] для передачи информации между сетями.

Беспроводные технологии имеют принципиальный недостаток с точки зрения безопасности - доступ к беспроводной среде передачи данных не составляет особого труда. При этом следует отметить, что известные методы повышения безопасности в основном ориентированы на сети с фиксированной структурой.

В связи с этим возникает необходимость в разработке нового подхода к надежной передаче данных в мобильных компьютерных сетях за счет использования многопутевой маршрутизации внутри доменов и между ними. При этом, количество независимых путей между двумя смежными доменами маршрутизации зависит от

количества граничных маршрутизаторов между ними.

Обзор существующих решений

Развитие Internet привело к необходимости создания более гибкого и эффективного протокола маршрутизации для обслуживания крупных сетей. Протоколы состояния канала должны решать характерные для протоколов вектора расстояний проблемы. Однако, в отличие от протоколов вектора расстояния, протоколы состояния канала сложны и требовательны к ресурсам маршрутизаторов.

Сеть провайдера переносит трафик между автономными системами, и очень неплохо, когда многие системы могут общаться через *BGP*. Такие системы способны взаимодействовать друг с другом через внутренние соединения *BGP*. Внешние соединения используются для коммуникации между равными друг другу системами, находящимися в различных автономных системах.

Граничный протокол маршрутизации *BGP* является попыткой решить самую серьезную проблему *EGP*. В отличие от *EGP*, протокол *BGP* предназначен для обнаружения маршрутных петель. *BGP* является протоколом маршрутизации между автономными системами, специально созданным для применения в *Internet*. *BGP* можно назвать следующим поколением *EGP*. Как и *EGP*, протокол *BGP* относится к классу "междоменных протоколов".

Протокол *EGP* имеет ряд существенных недостатков:

1. Маршрутизатор *EGP* представляет только один путь до каждой сети. Это делает невозможным использование процедур динамического перераспределения нагрузки между параллельными каналами;

2. Маршрутизатор *EGP* не поддерживает внеклассовые сети. Целью *BGP* является поддержка маршрутизации через цепочку автономных систем и предотвращение формирования закливания. Для этого системы *BGP* обмениваются информацией о путях к сетям, которых они могут достичь. В отличие от *EGP*, протокол *BGP* показывает всю цепочку автономных систем, которые нужно пройти по пути к заданной сети.

Важно отметить, что существенным отличием *BGP* от других протоколов маршрутизации является способность обмена информацией о маршрутизации с хостами, а не только с маршрутизаторами. Возможна конфигурация, в которой хост возьмет на себя всю работу по общению с внешними системами *BGP* в соседних автономных системах. Хост может использоваться как сервер маршрутизации, пересылая информацию граничному серверу собственной автономной системы.

Серьезным недостатком *BGP* является то, что данный протокол является протоколом однопутевой маршрутизации, и не обеспечивает необходимого качества обслуживания.

Одним из эффективных способом повышения безопасности передачи данных в мобильных компьютерных сетях является многопутевая маршрутизация.

В работе [4] рассмотрен пример беспроводной сети, состоящей из узлов и связей, соединяющих их, представленную в виде графа $G=(V,E)$, (рис. 1), где $V=\{v_i \mid i=1\dots N\}$ множество вершина, $E=\{E_j \mid j=1\dots M\}$ – множество связей между вершинами. Надежность $Q_{i,j}$ пути $L_{i,j}$ между двумя произвольными вершинами V_i и V_j в общем случае определяется надежностью q_k вершин, входящих в этот путь, и определяется следующим образом:

$$Q_{i,j} = \prod_{q_k \in L_{i,j}} q_k$$

Вероятность q_i изменяется в пределах $1 \div 0$ и характеризует уровень защиты i -го узла. Максимальной надежности соответствует значение $q_i=1$.

Рассмотрим путь $L_{S,T}$ (рис. 1.) между вершинами S и T , включающий множество вершин $\{S,$

$V_3, V_6, V_{10}, T\}$. В данном случае вероятность перехвата сообщения по пути $L_{S,T}$ равна:

$$p_{S,T} = 1 - q_3 q_6 q_{10}.$$

Так как рассматривается безопасность доставки сообщения, то предполагается, что источник и адресат надежны, т.е. $q_S = q_T = 1$.

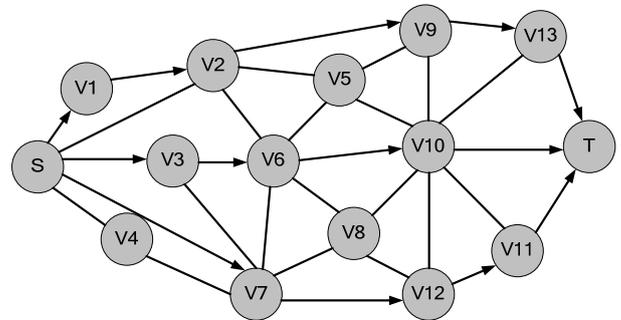


Рис. 1. Граф беспроводной сети

В рамках многопутевой маршрутизации в компьютерной сети необходимо найти оптимальный набор путей при котором вероятность перехвата сообщения P_{msg} была минимальной.

Многопутевая безопасная маршрутизация предполагает разделение сообщения на части с последующей пересылкой частей сообщения по разным путям. При разбиении сообщения на части вероятность перехвата сообщения равна:

$$P_{msg}(n) = \prod_{i=1}^M p_i,$$

где p_i – вероятность перехвата части сообщения. Чем больше частей p_i и больше путей, по которым передаются части сообщения, тем меньше вероятность перехвата всего сообщения и лучше защита. Таким образом, цель алгоритма поиска путей состоит в том, чтобы найти как можно больше путей, которые в то же время будут наиболее безопасными.

Постановка задачи

Эффективность использования существующих способов и алгоритмов маршрутизации в современных компьютерных сетях в существенной степени зависит от структуры и размерности сети. Кроме того, также необходимо учитывать требования интеллектуальных протоколов маршрутизации, обеспечивающих передачу информации с заданными

параметрами качества обслуживания при минимальном объеме служебного трафика независимо от динамической реконфигурации сети.

В связи с мобильностью узлов, топология сети меняется динамически, что делает невозможным использование протоколов централизованной табличной таблиц маршрутизации. Поэтому в мобильных компьютерных сетях большой размерности предлагается использовать протоколы децентрализованной многоуровневой динамической маршрутизации, которые предполагают разбиение сети на домены маршрутизации. В этом случае процедура многопутевой маршрутизации осуществляется отдельно на внутридоменном и междоменном уровнях. При этом, количество независимых маршрутов внутри доменов и между ними зависит от соотношения между количеством доменов и их размерностью

Решение поставленной задачи

При рассмотрении вопросов внутридоменной маршрутизации следует учитывать тот факт, что автономная система очень уязвима к атакам. Следовательно, процесс маршрутизации не будет безопасным. В связи с этим в работах [9, 10, 11, 12] предложен способ нахождения множества непересекающихся путей, которые повышают уровень безопасности при передаче информации внутри автономной системы.

При рассмотрении вопросов междоменной многопутевой маршрутизации одним из основных вопросов является разбиение сети на домены маршрутизации и определение оптимального числа граничных маршрутизаторов.

На рис. 2 при пересечении двух подсетей образуется один общий узел v_6 , который будем считать граничным маршрутизатором *BGP*. В общем случае использование одного граничного маршрутизатора не эффективно, потому что все маршруты между доменами должны будут проходить через один граничный маршрутизатор, а это ставит под угрозу безопасность процесса маршрутизации. В связи с этим предлагается формировать домены маршрутизации таким образом, чтобы количество общих граничных маршрутизаторов равнялось количеству независимых маршрутов для передачи информации.

На рис. 3 представлено разделение сети на два домена маршрутизации с тремя граничными маршрутизаторами, каждый из которых располагается на одном из независимых путей между доменами. Благодаря такому подходу балансируется нагрузка на сеть и повышается безопасность передачи информации.

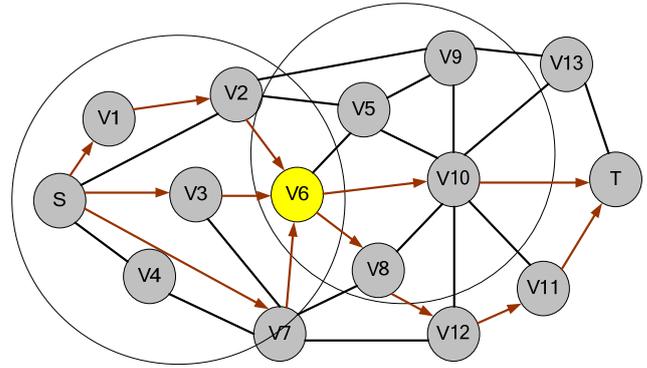


Рис. 2. Пересечение подсетей с одним общим узлом

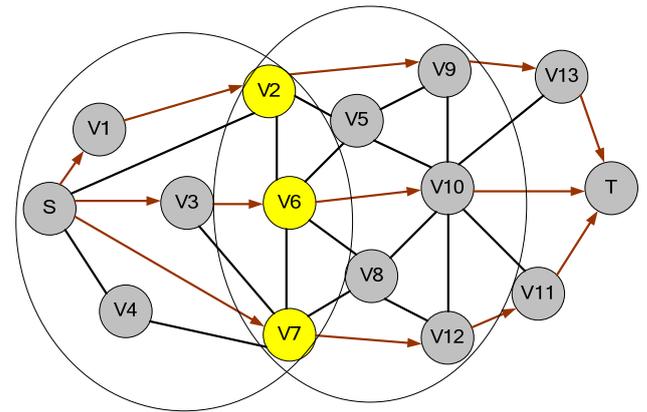


Рис. 3. Пересечение подсетей с несколькими общими узлами

В работах [5, 6] для разбиения сети на домены маршрутизации предлагается использовать протокол *ZRP*. В результате пересечения доменов маршрутизации образуются общие узлы, которые принадлежат нескольким подсетям одновременно.

Общим правилом является использование максимально возможного числа непересекающихся маршрутов. Это повышает надежность и способствует перераспределению нагрузки между каналами.

Определение максимально возможного числа непересекающегося маршрутов между отправителем и получателем информации можно свести к задаче нахождения минимального разреза между двумя вершинами. Под минимальным разрезом понимается минимальное подмножество вершин графа, удаление которых приводит к разделению графа на два подграфа. В теории графов [7] такое минимальное подмножество вершин принято называть подмножеством сочленения связного неориентированного графа. В работе [8] предложен способ определения минимального подмножества сочленения связного неори-

ентированного графа. Мощность данного подмножества определяет максимальное количество число непересекающихся путей между двумя вершинами, расположенными в смежных подграфах. Применительно к данной задаче способ определения минимального подмножества сочленения заключается в следующем. Происходит разбиения графа G на два подграфа, первый подграф G_S содержит вершину S отправителя информации, а второй G_T включает вершину T получателя информации (рис.1). На начальном этапе множество вершин V_S подграфа G_S включает только одну вершину S , т.е. $V_S = \{S\}$. Затем формируется минимальное подмножество сочленения V_{\min} из вершин, связанных с вершинами подмножества V_S , то есть с вершиной S . В данном случае такими вершинами являются: v_1, v_2, v_3, v_4, v_7 . Сформируем новый подграф G_S с множеством вершин $V_S = \{S, v_1, v_2, v_3, v_4, v_7\}$. Вершины S, v_1, v_4 являются внутренними вершинам подграфа G_S , так как не связаны с вершинами подграфа G_T . Вершины v_2, v_3, v_4, v_7 подграфа G_S связаны с вершинами подграфа G_T и образуют минимальное подмножество сочленения $V_{\min} = \{v_2, v_3, v_7\}$ между подграфами G_S и G_T . Процесс формирования минимального подмножества сочленения продолжается пока в подграфе G_T не останется только одна конечная вершина T . При этом в зависимости от топологии графа и среднего значения степени его вершин в графе может существовать несколько минимальных разрезом между двумя произвольными вершинами, например, для графа, представленного на рис. 2, между вершинами S и T существует 4 минимальных разреза графа (рис.4): $C_1 = \{v_2, v_3, v_7\}$; $C_2 = \{v_2, v_6, v_7\}$; $C_3 = \{v_9, v_{10}, v_{12}\}$; $C_4 = \{v_{10}, v_{11}, v_{13}\}$.

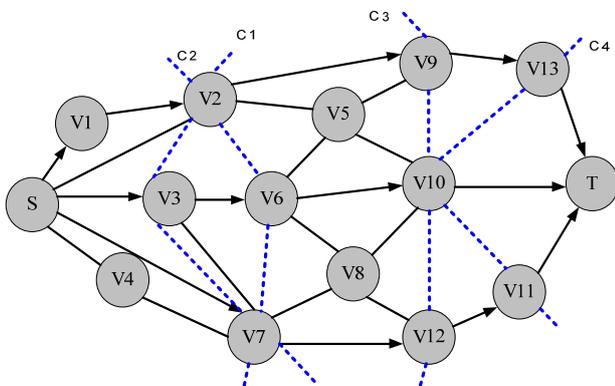


Рис. 4. Минимальные разрезы графа

Каждой вершине $v_i \in V_{\min}$ соотносится граничный маршрутизатор протокола BGP с помо-

щью которых осуществляется междоменная маршрутизация.

На рис. 5 представлен алгоритм нахождения граничных маршрутизаторов и определения независимых маршрутов.

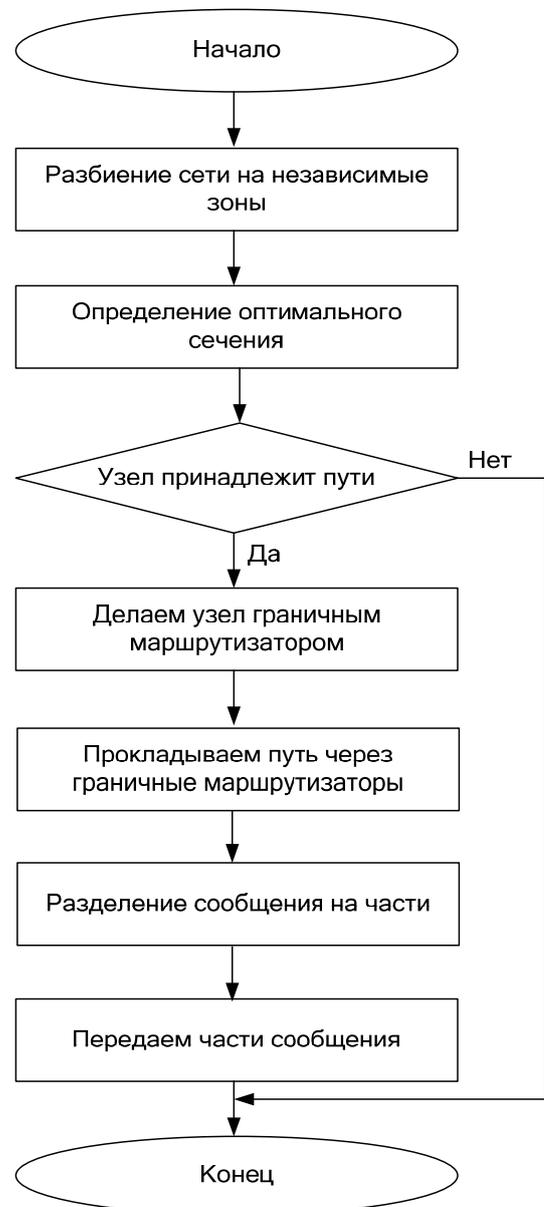


Рис. 5. Алгоритм безопасной междоменной маршрутизации

Выводы

В работе предложен способ формирования структуры мобильной компьютерной сети с оптимальным числом граничных маршрутизаторов, обеспечивающих максимальное количество независимых путей как внутри, так и между доменами. Предложенный в работе алгоритм междоменной маршрутизации позволяет повысить уровень безопасности передаваемой информации и обеспечивает равномерную загрузку мобильной сети.

Список литературы

1. Stephen Kent. Secure Border Gateway Protocol (S-BGP) – Real World Performance and Deployment Issues/ Stephen Kent, Charles Lynn, Joanne Mikkelson, and Karen Seo// BBN Technologies: Appeared in Proceedings of the Network and Distributed System Security Symposium (NDSS 2000), February 2000. – San Diego, California, 2000. – p.1-14.
2. Network Configuration Example Advertising Multiple Paths in BGP: [Электронный ресурс]. – October 2011. – P.1-32. – Режим доступа до журналу: <http://www.juniper.net/support/eula.html>.
3. Game Theoretic Stochastic Routing for Fault Tolerance and Security in Computer Networks// Stephan Bohacek João Hespanha, Junsoo Lee, Chansook Lim, Katia Obraczka. – 2011. – С. 1-30.
4. Кулаков Ю.А. Безопасная многопутевая маршрутизация в беспроводных сетях большой размерности / Ю.А. Кулаков, В.В. Лукашенко, А.В. Левчук // Защита информации. – 2011. – № 2 (51). – С. 120-126.
5. Левчук А.В. Анализ эффективности алгоритмов разбиения мобильной компьютерной сети на зоны маршрутизации / Левчук А. В. // Проблеми інформатизації та управління: зб. наук. праць. – К.: Вид. нац. авіац. ун-ту «НАУ-друк», 2010. – № 1(29). – С. 118-121.
6. Лукашенко В.В. Анализ эффективности способов разбиения сети на зоны маршрутизации / В.В. Лукашенко, А.В. Левчук // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 1(23). – С. 112-118.
7. А. Кофман. Введение в прикладную комбинаторику. – М.: «Наука». – 1975.
8. Кулаков Ю.А. Определение минимального подмножества сочленения структуры компьютерной сети / Кулаков Ю.А., Эль-Хуссейн Касам Мустафа // Вісник національного технічного університету України «КПІ», Інформатика, управління та обчислювальна техніка. – 1998. – № 31. – С. 128-134.
9. Кулаков Ю.А. Многопутевая маршрутизация в беспроводных сетях / Кулаков Ю.А., А.В. Левчук // Електроніка та системи управління. – 2010. – № 4(26). – С. 142-147.
10. T. Nirmal Raj. Secured Multi Path Routing with Trust Establishment Using Mobile Ad Hoc Networks / T. Nirmal Raj, S. Saranya, S. Arul Murugan, G. Bhuvaneswari // International Journal of Scientific & Engineering Research. – 2012. – Volume 3, Issue 1. – P. 1-5.
11. Haseeb Zafar. QoS-aware Multipath Routing Scheme for Mobile Ad Hoc Networks / Haseeb Zafar, David Harle, Ivan Andonovic, Laiq Hasan, Amjad Khattak // International Journal of Communication Networks and Information Security (IJCNIS). – 2012. – Vol. 4, No. 1. – P. 1-10.
12. Madhusudan G. Novel Technique of Multipath Routing Protocol in Ad hoc Network / Madhusudan G., D.S.Vinod // International Journal of Computer Networks & Communications (IJCNC). – 2012. – Vol.4, No.3. – P. 109-119.