

## **СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ GRID СИСТЕМ НА БАЗЕ ВИРТУАЛЬНЫХ СЕТЕЙ VPN**

Предложен способ повышения эффективности функционирования GRID систем. Проведен анализ изменений пропускной способности каналов передачи данных на базе объединенных деревьев доставки информации для сетей VPN. Показано, что распределение нагрузки по маршрутизаторам DR, а также балансировка пропускной способности при многоабонентской доставке информации существенно зависит не только от физической, но и от логической организации распределенной системы

A way to improve the effectiveness of the GRID systems is proposed. The analysis of changes in channel bandwidth capacity based on the combined trees information delivery of LSP tunnels VPN networks is adopted. It has been shown that load distribution of the DR as well as balancing bandwidth capacity of multicast information delivery depends not only on the physical but also on the logical organization of a distributed system

### **Введение**

В связи с расширением области применения GRID технологий, увеличения доли мультимедийного трафика в компьютерных сетях, актуальной становится задача повышения эффективности многоабонентской доставки информации. Особую важность эта задача приобретает в GRID системах, где состав группы абонентов может меняться динамически. В связи с этим, статические алгоритмы многоабонентской маршрутизации не эффективны, так как не могут в полной мере обеспечить надежную доставку информации при динамическом изменении топологии GRID системы. Наиболее простым и надежным способом доставки информации является лавинообразное распространение пакетов [1]. Существенным недостатком использования лавинного алгоритма для формирования маршрутной информации в GRID системах является то, что с увеличением количества и подвижности узлов, резко возрастает объем служебной информации в сети. В свою очередь, основным недостатком алгоритма маршрутизации от источника [2] является сложность реализации маршрутизаторов и значительный объем передаваемой системной информации внутри пересылаемого пакета.

В настоящее время для построения GRID систем все чаще используется многопротокольная коммутация на основе меток (MPLS – Multiprotocol Label Switching).

## Формирование виртуального дерева VPN

Для динамической маршрутизации в GRID системах наиболее эффективно использовать многоабонентскую передачу информации на базе протокола «точка – многоточие» с использованием меток. Существуют два протокола рассматриваемые IETF (Internet Engineering Task Force) для построения LSP в сетях MPLS [3]: протокол резервирования ресурсов RSVP-TE (Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering) и протокол распределения меток LDP (Label Distribution Protocol). Оба протокола могут быть расширены для передачи информации в LSP режиме «точка – многоточие», однако, RSVP-TE строит деревья «точка – многоточие» от корня к конечным вершинам, а LDP наоборот. В случае одновременной передачи одного IP-пакета по нескольким адресам, распределение меток LDP формируется после групповой передачи. В свою очередь, протокол RSVP-TE специально разработан для масштабируемого группового обслуживания с использованием сетей VPN и мульти-VPN на основе группового дерева. Поэтому, использование протокола RSVP-TE для совместного резервирования ресурсов и организации LSP для различных потоков данных является более эффективным для поставленной задачи.

Применение RSVP-TE позволяет оптимизировать GRID систему под конкретные задачи путем создания туннелей LSP на основе VPN. Сообщения этих протоколов передаются от одного узла сети к другому в соответствии с данными об IP-адресах маршрута.

Пусть существует множество сетей VPN, объединенных в дерево доставки, в которое входят деревья с объединенными или единичными групповыми деревьями (рис. 1).

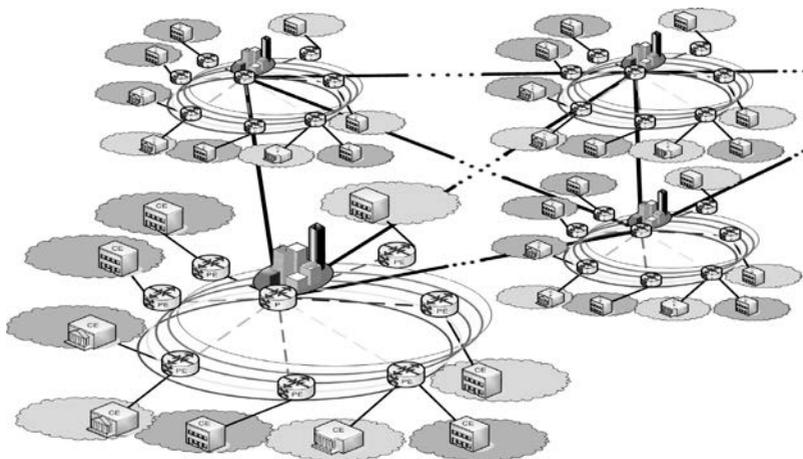


Рис. 1. Множество сетей VPN, объединенных в дерево доставки

Необходимо отметить, что каждый граничный маршрутизатор должен располагаться как можно ближе к корню дерева (Root), обычно, такой граничный маршрутизатор является абонентом многоабонентской доставки. В этом случае, все граничные маршрутизаторы (PE) посылают единому Root свои пакеты через LSP туннель ядра для получения внешней метки, осуществляя проверку предварительно назначенной внутренней метки соответствующему маршрутизатору доставки (DR) для данной VPN группы, и заменяют метку VPN группы на метку всего дерева. В таблице маршрутизатора DR существует вторая метка (выходная метка) для передачи информации вниз по дереву доставки другим VPN, как показано на рис. 2.

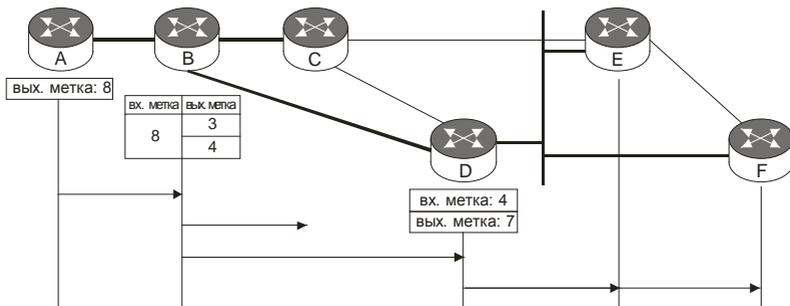


Рис. 2. Процесс передачи информации вниз по дереву доставки другим VPN

Выбор между единичным деревом и объединенным деревом доставки зависит от доступных ресурсов. Объединенное дерево обеспечивает надежность и минимальную задержку, за счет своей сложности и состояния передачи, поэтому защищенное одиночное групповое дерево в нашем случае является наиболее приемлемым. Перестройка дерева осуществляется при помощи сигнального протокола «точка-многоточие» LSP подерживаемого RSVP-TE.

Для оценки состояния пропускной способности будем рассматривать модель, полученную в результате объединения маршрутизаторов PE с абонентами в сети VPN по не которым признакам. Предлагается не изменять физическую топологию системы, а применять VPN сети для поддержки необходимой структуры. Информация, предназначенная всем узлам GRID системы, которые принадлежат множеству сетей VPN объединенных в дерево доставки, передается при помощи протокола «точка-многоточие». Для этого необходимо, чтобы все маршрутизаторы PE передавали информацию корню дерева (Root). Если маршрутизатор не владеет информацией о составе группы, то передача информации осуществляется вниз по дереву граничным маршрутизаторам.

Для примера рассмотрим доставку пакета от абонента AMb VPN сети A всем абонентам VPN сети B (рис. 3) и определим значение пропускной способности, которое не эффективно используется во время передачи.

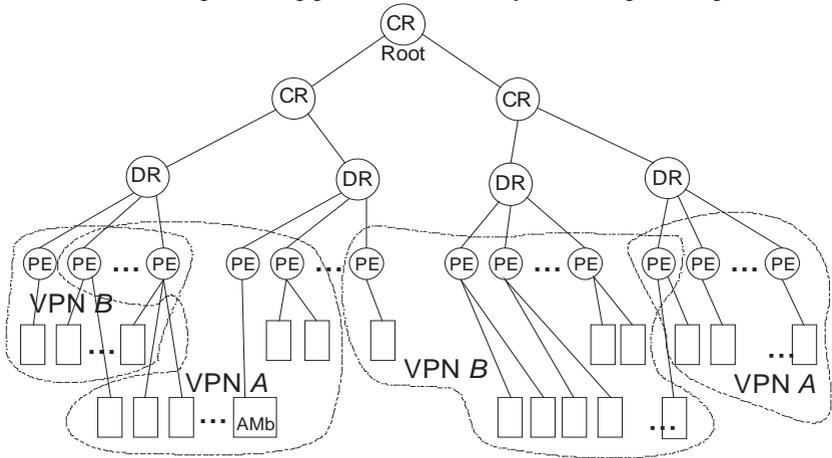


Рис. 3. Пример сети

Для этого необходимо отметить, что VPN сети A и B объединены между собой маршрутизаторами DR, которые в свою очередь связаны между собой корневыми маршрутизаторами CR. Для передачи информации абонент AMb VPN сети A передает информацию в маршрутизатор CR Root через маршрутизаторы PE и DR. Корневой маршрутизатор передает информацию маршрутизаторам DR, которые входят в состав VPN B, и далее осуществляется передача информации вниз по дереву через маршрутизаторы PE до абонентов (рис.4).

Общую пропускную способность ( $BW_{LSP}$ ) туннеля LSP сети VPN можно вычислить аналитически относительно соединения «точка-точка». Если свести многоадресную и широковещательную передачу всех VPN к единице, то пропускную способность можно определить по формуле:

$$BW_{LSP} = K * \left( N * M * 2 + M \sum_{i=1}^{\log_2(N)} 2^{i-1} * (2i - 1) \right), \quad (1)$$

где: K – количество корневых маршрутизаторов CR,

N – количество маршрутизаторов DR,

M – количество абонентов.

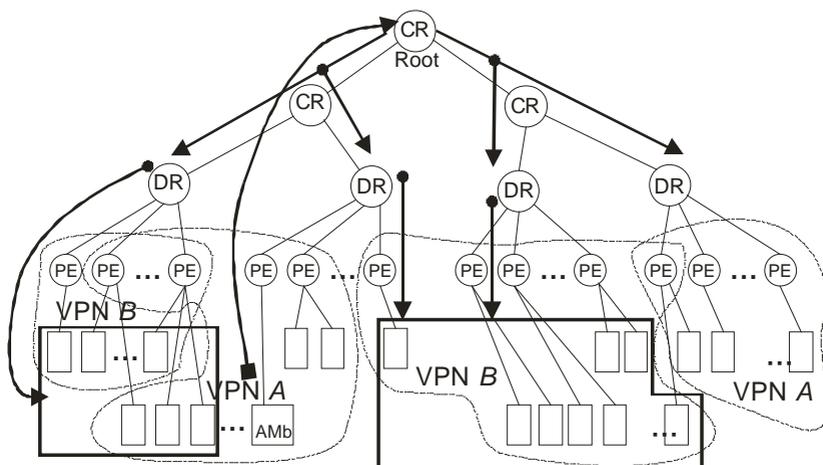


Рис. 4. Процесс доставки пакета от абонента AMb VPN сети A всем абонентам VPN сети B

С другой стороны, если дерево передает информацию по соединению «точка-многоточие» для каждого из туннелей LSP сетей VPN, общая пропускная способность ( $BW_{mLSP}$ ) может быть представлена в виде:

$$BW_{mLSP} = K * \left( 1 + \log_2(N) + \sum_{i=1}^{\log_2(N)} 2^i + M * N \right), \quad (2)$$

где  $K$  – количество корневых маршрутизаторов CR,  
 $N$  – количество маршрутизаторов DR,  
 $M$  – количество абонентов.

После объединения сетей VPN в дерево доставки, изменяется только последнее слагаемое в (2), которое принимает вид  $Z * N$ , где  $Z$  ( $Z \geq M$ ) обозначает среднее количество вершин, которые зависят от маршрутизатора DR в «точка-многоточие» туннеля LSP, после равномерного распределения  $K$  деревьев на  $W$  групповых деревьев ( $W \leq K$ ).

Увеличение пропускной способности ( $BW_{abLSP}$ ) возникает при условии, когда объединенное дерево VPN A не содержит в себе маршрутизаторов PE из группы VPN B. При этом передача информации через такой маршрутизатор PE считается бесполезной. В этой ситуации, маршрутизаторы DR поддерживают количество предающих связей равное  $W * Z$ . Необходимо отметить, что  $M \leq Z \leq L$ .

$$BW_{abLSP} = K * \left( 1 + \log_2(N) + \sum_{i=1}^{\log_2(N)} 2^i + Z * W \right), \quad (3)$$

где:  $K$  – количество корневых маршрутизаторов CR;

$N$  – количество маршрутизаторов DR;

$Z$  – среднее количество вершин, зависящих от маршрутизатора DR;

$W$  – количество групповых деревьев.

В результате, для предложенного примера сети (рис. 3) значение пропускной способности ( $BW_{(ab)}$ ), которое не эффективно используется во время передачи от абонента АМб VPN сети А всем абонентам VPN сети В можно определить как разность (2) от (3), представленное в виде:

$$BW_{(ab)} = K * (M * N - Z * W) \quad (4)$$

Необходимо отметить, что распределение сетей VPN случайным образом является не эффективным для построения больших распределенных систем. Независимо от того, что пропускная способность зависит от вида топологии сети, необходимо проводить анализ распределения VPN сетей для повышения скорости процесса передачи данных. Таким образом, можно сделать вывод, что анализ общей пропускной способности туннелей LSP сетей VPN во многом зависит от правильной организации распределенной системы.

### Моделирование

Для оценки преимущества объединенных деревьев, проведем моделирование распределенной системы при условии, что количество VPN равно 1000. Возьмем по 20 граничных маршрутизаторов для каждого из  $P$  маршрутизаторов DR. Расположим сети VPN по случайному закону распределения таким образом, чтобы они были равномерно разделены между всеми маршрутизаторами DR. Для большей эффективности будем рассматривать дополнительный параметр – плотность распределения LSP туннелей VPN по маршрутизаторам DR (VPN density). Предположим, что все VPN сети имеют одинаковую плотность. Определим, что количество объединенных деревьев  $W$  изменяется в пределах от 1 до 1000. На каждой итерации, значение  $Z$  рассчитывается путем группировки случайным образом разных VPN сетей в объединенное дерево, которое в свою очередь относится к другой группе VPN сети в маршрутизаторе DR.

Результаты моделирования представлены на рис.5. Рисунок 5.a показывает отношения использования пропускной способности от количества объединенных деревьев системы. Параллельные линии отображают состояние пропускной способности при использовании метода передачи информации «точка-точка», а кривые – «точка-многоточие» с использованием групповых деревьев. На рисунке 5.b показано количество исходящих связей маршрутизаторов DR при многоабонентской доставке информации.

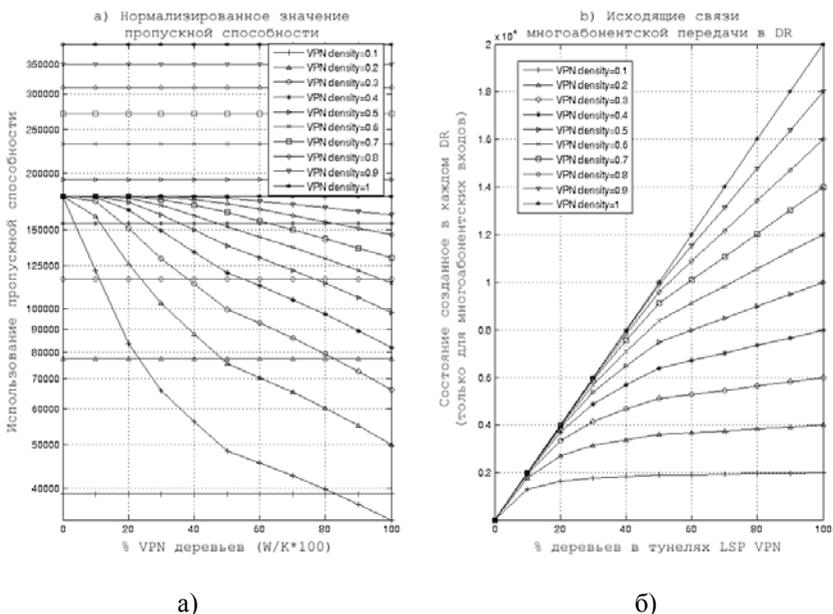


Рис. 5. Оценка пропускной способности и количества исходящих связей в GRID системе с использованием объединенных деревьев на базе туннелей LSP сетей VPN.

### Выводы

Предложенный метод многоабонентской доставки информации позволяет повысить эффективность функционирования GRID систем за счет более эффективного использования пропускной способности каналов передачи данных на базе объединенных деревьев доставки информации туннелей LSP сетей VPN.

### Список использованных источников

1. Perkins C., Belding-Royer E. and Das S., "Ad hoc on demand distance vector routing protocol," July 2003, IETF RFC 3561, July 2003.
2. Broch J., Johnson D. B. and Maltz D. A., "The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks," IDV 08, IETF, February 2003.
3. A.Chaak, "Quality of service and Traffic Engineering in Consolidated Core and Metro Networks", University of Toronto, September 2004