

## ФОРМИРОВАНИЕ ВИРТУАЛЬНЫХ ДЕРЕВЬЕВ VPN В GRID СИСТЕМАХ

Национальный технический университет Украины «КПИ»

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

### Введение

В связи с расширением области применения GRID технологий, увеличения доли мультимедийного трафика в компьютерных сетях, актуальной становится задача повышения эффективности доставки информации. Особую важность эта задача приобретает в GRID системах, где состав группы абонентов может меняться динамически. В связи с этим статические алгоритмы маршрутизации являются не эффективными, 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 по меткам (MPLS - Multiprotocol Label Switching). Технология MPLS сочетает в себе возможности управления трафиком, присущие технологиям канального уровня модели OSI, масштабируемость и гибкость

протоколов, характерные для сетевого уровня (уровень 3 модели OSI). В соответствии с протоколом MPLS маршрутизаторы и коммутаторы присваивают на каждой точке входа в таблицу маршрутизации особую метку и сообщают эту метку соседним устройствам.

Сеть MPLS делится на две функционально различные области – ядро и граничную область. Ядро образуют устройства, минимальным требованием к которым является поддержка MPLS и участие в процессе маршрутизации трафика для того протокола, который коммутируется с помощью MPLS. Маршрутизаторы ядра занимаются только коммутацией. Все функции классификации пакетов по различным классам FEC (Forwarding Equivalence Class), а также реализацию дополнительных сервисов берут на себя граничные маршрутизаторы LER (Label Edge Router) и маршрутизаторы ядра LSR (Label Switching Router). В результате интенсивные вычисления приходится на граничную область, а высокопроизводительная коммутация выполняется в ядре, что позволяет оптимизировать конфигурацию устройств MPLS в зависимости от их местоположения в сети. Когда маршрут с коммутацией по меткам (LSP) сформирован, трафик по этому пути определяется меткой, присвоенной ему входным узлом LSP. Трафик, который проходит по маршруту LSP, называется LSP туннелем. Когда метки ассоциированы с потоками трафика, для маршрутизаторов становится возможным идентифицировать определенное состояние резер-

вирования для пакета с помощью его метки.

Главная особенность *MPLS* – отделение процесса коммутации пакета от анализа *IP*-адресов в его заголовке. Очевидным следствием описанного подхода является тот факт, что очередной сегмент *LSP* может не совпадать с очередным сегментом маршрута, который был бы выбран при использовании традиционных алгоритмов маршрутизации. Использование явно задаваемого маршрута в сети *MPLS* лишено недостатков стандартной *IP*-маршрутизации от источника, поскольку вся информация о маршруте содержится в метке и пакету не требуется нести адреса промежуточных узлов, что улучшает управление распределением нагрузки в сети. По значению метки пакета определяется его принадлежность к определенному классу *FEC* на каждом из участков коммутируемого маршрута. Метка должна быть уникальной лишь в пределах соединения между каждой парой логически соседних *LSR*. Поэтому одно и то же ее значение может использоваться *LSR* для связи с различными соседними маршрутизаторами, если только имеется возможность определить, от какого из них пришел пакет с данной меткой. В рамках архитектуры *MPLS* вместе с пакетом разрешено передавать не одну метку, а целый стек. Результат коммутации задает лишь верхняя метка стека, нижние же передаются прозрачно до операции изъятия верхней. Такой подход позволяет создавать иерархию потоков в сети *MPLS* и организовывать туннельные передачи. Коммутируемый путь *LSP* одного уровня состоит из последовательного набора участков, коммутация на которых происходит с помощью метки данного уровня.

Для динамической маршрутизации в *GRID* системах наиболее эффективно ис-

пользовать 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*: 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 совмещения 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.

### **Формирование виртуального дерева VPN**

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

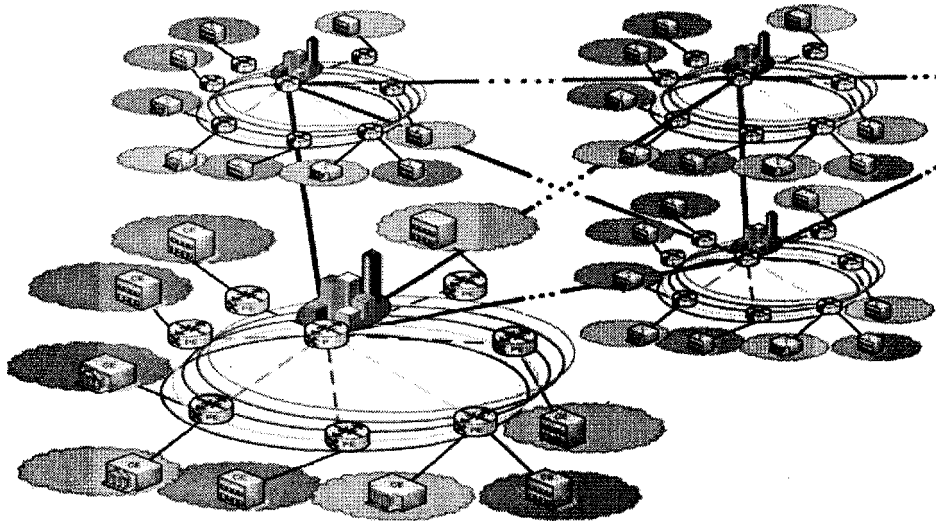


Рис. 1. Множество сетей VPN, объединенных в дерево доставки

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 посылают общему корню дерева 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. 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*, поддерживаемого *RSVP-TE*.

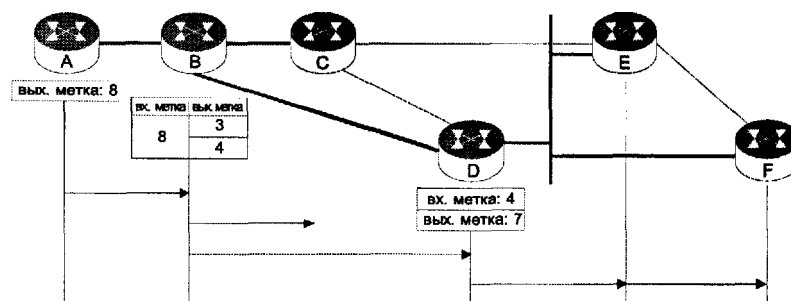


Рис. 2. Процесс передачи информации между VPN вниз по дереву доставки

Для оценки состояния пропускной способности рассмотрим модель, полученную в результате объединения маршрутизаторов *PE* с абонентами в сети *VPN* по определенным признакам. При этом 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 ин-

формации 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.3).

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.

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 равно  $W * Z$ . 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  $AMb$   $VPN$  сети  $A$  всем абонентам  $VPN$  сети  $B$  можно определить как разность (2) от (3), представленное в виде:

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

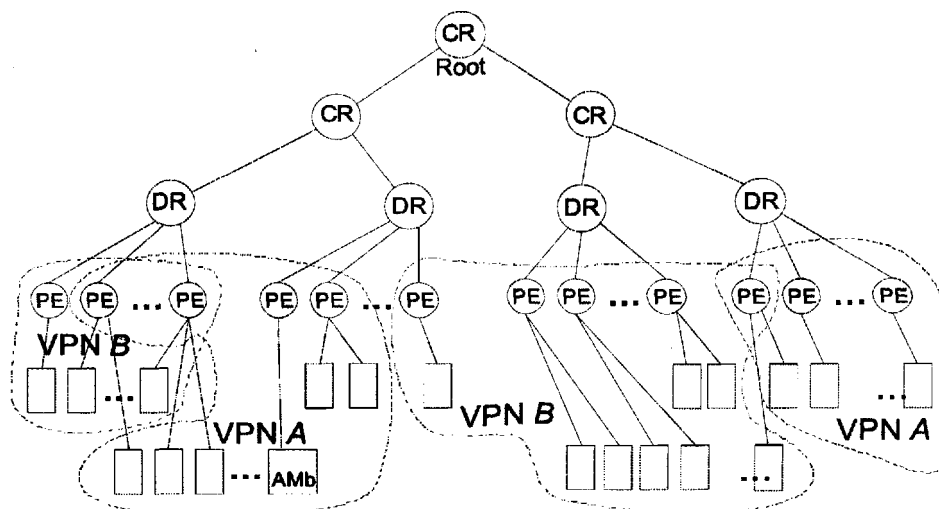


Рис. 3. Пример сети

**Выводы**

Предложенный метод доставки информации позволяет повысить эф-

фективность функционирования  $GRID$  систем за счет более эффективного использования пропускной способности

каналов передачи данных на базе объединенных деревьев доставки информации с помощью туннелей *LSP* сетей *VPN*.

**Список литературы**

1. Perkins C., Belding-Royer E. , Das S., "Ad hoc on demand distance vector routing protocol,". – IETF, 2003. – RFC 3561.

2. Broch J., Johnson D. B. Maltz D. A., "The dynamic source routing protocol for mobile ad hoc networks,". – IDV, 2003. – Volume 8. – p. 49-60.

3. A. Chaak, "Quality of service and Traffic Engineering in Consolidated Core and Metro Networks". - University of Toronto, 2004. – Volume 3. – p. 32-47.