

## АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ МЕТОДОВ МАРШРУТИЗАЦИИ ВЫЗОВОВ НА СЕТЯХ СВЯЗИ С КОММУТАЦИЕЙ КАНАЛОВ

Гребешков А.Ю., Хмельницкий Д.В.

Бурное развитие телекоммуникационных сетей за последние 10...15 лет, наметившаяся в последнее время конвергенция сетей электросвязи делает актуальной проблему поиска оптимального метода маршрутизации вызовов на телекоммуникационных сетях. Основная цель маршрутизации состоит в том, чтобы сеть могла "разумно" реагировать на сбои и перегрузки в направлениях связи, обеспечивая одновременно гарантированное пользователям качество услуг связи (QoS). В статье обсуждаются некоторые из методов маршрутизации вызовов, такие как DNHR, DAR, RTNR. В перспективе, как наиболее совершенная, будет детально исследоваться децентрализованная нейронная динамическая маршрутизация DNDR.

### 1. Постановка задачи.

Одной из основных проблем является степень децентрализации управления сетью. Современные телекоммуникации технологически и технически представляют собой настолько сложные объекты, что, вероятно, полноценное централизованное управление возможно на уровне одной подсистемы или на уровне одной, но достаточно важной, службы электросвязи.

Проблема состоит в том, чтобы понять, как должно быть организовано децентрализованное принятие решений, чтобы сеть при этом реагировала на влияющие на нее факторы как единый «интеллектуальный» организм. Наиболее яркий пример такой проблемы – гарантия сквозного QoS в сети Интернет, которая при всей ее масштабности не имеет единого общемирового центра управления.

Сейчас практически все мировые поставщики телекоммуникационного оборудования анонсировали или приступили к выпуску конвергентных систем связи, которые на единой системной платформе (например EWSD, 5ESS, Huawei) позволяют предоставлять как базовые услуги телефонии и ISDN, так и новые услуги связи – ATM, организация доступа в Интернет, IP-телефония. Поэтому для традиционных операторов телефонной связи актуальным является вопрос, насколько применяемые ими методы маршрутизации отвечают новым условиям и способствуют обеспечению QoS.

Для сетей с коммутацией каналов маршрутизация рассматривается прежде всего как способ поиска свободных соединительных путей между узлами с установлением окончательного соединения. В качестве примеров методов маршрутизации сетей с коммутацией каналов далее рассматриваются методы алгоритм DNHR (междугородная телефонная сеть компа-

нии AT&T), DAR (телефонная сеть компании British Telecom).

### 2. Динамическая неиерархическая маршрутизация.

Метод *динамической неиерархической маршрутизации* (Dynamic Non-Hierarchical Routing, DNHR) является централизованным методом маршрутизации, использующим общеканальную систему сигнализации №7 для сбора и распределения информации о маршрутах пропуска нагрузки по всей сети. Каждый узел в сети DNHR содержит таблицу состоящих из двух последовательных пучков каналов альтернативных маршрутов, доступных в том случае, если недоступен прямой пучок каналов между исходящим  $i$  и входящим узлом  $j$ . Выбор и попытка занятия маршрутов производится в том порядке, в котором маршруты расположены в таблице и до тех пор, пока не будет найден маршрут, в котором выполняется условие наличия резервных каналов. Резервные каналы – это каналы, которые могут быть назначены только для пропуска «прямой» нагрузки, а также каналы для переключения в случае неисправностей других каналов в пучке. При этом все узлы сети равноправны и особо транзитные узлы не выделяются.

Центральное вычислительное устройство отвечает за обновление таблиц маршрутизации на узлах каждый час. Порядок маршрутов в таблице маршрутизации устанавливается так, чтобы перераспределить избыточную нагрузку на наименее загруженные узлы в сети, исходя из прогнозируемого значения нагрузки для данного часа.

Успех применения данного метода маршрутизации зависит от точности прогнозов нагрузки в участках сети. Однако даже в сетях средних размеров на стандартном вычислительном оборудовании метод DNHR потребует сотни часов для формирования результата. Здесь потребуются объединенный алгоритм, обеспечивающий более точную и эффективную методику применения DNHR (подобная методика и алгоритм были разработаны Bell Lab) [1].

Основной недостаток DNHR состоит в том, что не обеспечивается адекватное реагирование на неожиданные события в сети в реальном масштабе времени. В связи с этим возникает задача создания метода, обеспечивающего адекватное управление нагрузкой вне пределов ЧНН или при существенных блокировках/отказах на узлах и каналах связи.

### 3. Динамическая альтернативная маршрутизация.

Метод *динамической альтернативной маршрутизации* (Dynamic Alternative Routing, DAR), представляет собой реализацию адаптивной стратегии маршрутизации вызовов и использует локальную информацию о нагрузке исходящих линий для определения возможности проключения выбранных маршрутов.

В методе DAR каждый прямой пучок каналов  $(i, j)$  имеет пропускную способность  $C_{ij}$ ; устанавливается параметр наличия резервных каналов  $r$ , выражающийся в процентах от полной пропускной способности пучка. Транзитный узел для каждой пары  $(i, j)$  выбирается на случайной основе из всех узлов, обеспечивающих пропуск нагрузки от  $i$  к  $j$ . Нагрузка  $Y_{ij}$  в первую очередь направляется на прямой пучок каналов и всегда обслуживается этим пучком, если он доступен. В противном случае производится попытка проключить вызов на альтернативный маршрут через узел  $k$ . Если вызов не может быть перенаправлен через узел  $k$  иначе как с нарушением параметров резервных каналов, тогда этот вызов является потерянным; пара  $(i, j)$  выбирает на случайной основе новый транзитный узел из числа доступных. В том случае, если вызов был успешно передан, данная пара  $ij$  сохраняет узел  $k$  как транзитный узел.

В методе DAR как только происходит сбой на маршруте пропуска нагрузки, немедленно отыскивается новый маршрут. При этом, если проключение маршрута было успешным вероятность выбора данного маршрута составляет 1; если маршрут получил отказ на проключение то 0; для всех остальных альтернативных маршрутов вероятность равна  $1/(N-2)$ , где  $N$  – количество узлов полносвязной сети [1, 2, 3].

Достоинством метода DAR являются его простота и отсутствие какого-либо центрального устройства, сбой в работе которого привел бы к непоправимым последствиям для всей сети. Вместе с тем расширение диапазона услуг, предоставляемых в сети, в конечном итоге приведет к тому, что возрастет сложность принятия решений по маршрутизации. Данная проблема была решена в системе *сетевой маршрутизации в режиме реального времени* (Real-Time Network Routing, RTNR), которая предназначена для работы с широким диапазоном услуг.

### 4. Сетевая маршрутизация в режиме реального времени.

Подобно другим методам, RTNR сначала пытается установить прямое соединение для данного вызова, и если в данном маршруте имеется свободный канал, соединение успешно завершается. Если же прямое соединение недоступно, исходящая станция связывается с оконечной станцией через центральные устройства и сеть ОКС №7. Оконечная станция посылает информацию о состоянии всех входящих пучков каналов (свободны или заняты). Данную информацию исходящая станция сравнивает со своей, т. е.

информацией о состоянии собственных исходящих пучков каналов, для того чтобы найти наименее загруженный маршрут (Least Loaded Route, LLR) к месту назначения [1].

Данный метод имеет одну особенность, которую при определенных условиях можно отнести к недостаткам – это сложность нахождения «лучшего» маршрута в вычислительном отношении. Из-за централизованности данного метода маршрутизации и непредсказуемого поведения потоков нагрузки в сети указанный фактор может привести к отрицательным последствиям, несмотря на усовершенствование алгоритма принятия решения.

### 5. Выводы.

Дальнейший ход исследований в данной области заключается в поисках оптимальной системы маршрутизации совмещающей в себе достоинства систем DAR и RTNR с учетом децентрализации системы управления пропуском нагрузки и расширения диапазона предоставляемых услуг связи. В этом плане представляют интерес методы маршрутизации, сочетающие в себе как централизованный, так и децентрализованный принцип функционирования.

К таким перспективным методам относится метод *децентрализованной нейронной динамической маршрутизации* (Decentralized Neural Dynamic Routing, DNDR), который сейчас детально изучается [4]. Предварительный анализ показал, что нейронная сеть способна объединить достоинства централизованного и децентрализованного методов маршрутизации вызовов. В данном методе используется два способа управления сетевой маршрутизацией: централизованное оптимальное управление и децентрализованное нейронное управление.

В результате исследования существует реальная возможность получить достаточно универсальный метод маршрутизации, который мог быть использован для конвергентных сетей связи.

### Литература

1. Trangmoe G. A Comparative Study of Dynamic Routing in Circuit-Switched Networks. Режим доступа [http://www.ece.arizona.edu/~trangmoe/dyroute/30.11.2000].
2. Kelly F.P. Network Routing. Режим доступа [http://www.statslab.cam.ac.uk/~frank/PAPERS/30.11.2000].
3. Kelly F.P. The Clifford Patterson Lecture. Modelling communication networks, present and future, 1995. Режим доступа [http://www.statslab.cam.ac.uk/~frank/PAPERS/30.11.2000].
4. Felix Lor W.K., Michael Wong K.Y. Decentralized Neural Dynamic Routing in Circuit-Switched Network. Режим доступа

[<http://heavenly.nj.nec.com/lor-decentralized.html>  
4.12.2000].

**Grebeshkov A. Y., Khmelnitsky D. V. Analysis of modern call-routing methods in circuit-switched networks**

Powerful development of telecommunication networks last 10...15 years and recently planned convergence of telecommunication networks make an actualize a problem of searching optimum call-routing method in telecommunication networks. The basic purpose of routing is that the network should be "reasonably" responsible to failures and overloads in routes providing guaranteed quality of services (QoS) to users simultaneously. In paper discusses some call-routing methods like as DNHR, DAR, RTNR. In the next study of the searching in focus will be Decentralized Neural Dynamic Routing (DNDR), which seems a most advanced.