

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

ХАРЬКОВСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

ISSN0135-1710

**АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ
СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ И
ПРИБОРЫ АВТОМАТИКИ**

**Всеукраинский межведомственный
научно-технический сборник**

Основан в 1965 г.

Выпуск 145

Харьков
2008

В сборнике представлены результаты исследований, касающихся компьютерной инженерии, управления, технической диагностики, автоматизации проектирования, оптимизированного использования компьютерных сетей и создания интеллектуальных экспертных систем. Предложены новые подходы, алгоритмы и их программная реализация в области автоматического управления сложными системами, оригинальные информационные технологии в науке, образовании, медицине.

Для преподавателей университетов, научных работников, специалистов, аспирантов.

У збірнику наведено результати досліджень, що стосуються комп'ютерної інженерії, управління, технічної діагностики, автоматизації проектування, оптимізованого використання комп'ютерних мереж і створення інтелектуальних експертних систем. Запропоновано нові підходи, алгоритми та їх програмна реалізація в області автоматичного управління складними системами, оригінальні інформаційні технології в науці, освіті, медицині.

Для викладачів університетів, науковців, фахівців, аспірантів.

Редакционная коллегия:

В.В. Семенец, д-р техн. наук, проф. (гл. ред.), *М.Ф. Бондаренко*, д-р техн. наук, проф., *И.Д. Горбенко*, д-р техн. наук, проф., *Е.П. Пулятин*, д-р техн. наук, проф., *В.П. Тарасенко*, д-р техн. наук, проф., *Г.И. Загарий*, д-р техн. наук, проф., *А.Штефан*, доктор-инженер, *Г.Ф. Кривуля*, д-р техн. наук, проф., *О.Г. Руденко*, д-р техн. наук, проф., *Н.В. Алипов*, д-р техн. наук, проф., *Е.В. Бодянский*, д-р техн. наук, проф., *Э.Г. Петров*, д-р техн. наук, проф., *В.Ф. Шостак*, д-р техн. наук, проф., *В.М. Левыкин*, д-р техн. наук, проф., *В.И. Хаханов*, д-р техн. наук, проф. (отв. ред.).

Свидетельство о государственной регистрации
печатного средства массовой информации

КВ № 12073-944ПР от 07.12.2006 г.

Адрес редакционной коллегии: Украина, 61166, Харьков, просп. Ленина, 14, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, комн. 321, тел. 70-21-326

© Харківський національний університет
радіоелектроніки, 2008

СОДЕРЖАНИЕ

ЕВЛАНОВ М.В., СЛИПЧЕНКО Е.В., НИКИТЮК В.А. ПОДХОД К ПРОЕКТИРОВАНИЮ ХРАНИЛИЩ ДАННЫХ ВИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМАХ	4
БАБИЧА В., КУДИНА М.В., ЕМЕЛЬЯНОВИ В. ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНИРИНГА ТРАФИКА ВСЕЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ	8
ЗАЙЧЕНКО С.А., ХАХАНОВ В.И. ФОРМАЛЬНАЯ СЕМАНТИКА СЛОЖНЫХ ОПЕРАТОРОВ ЛИНЕЙНОЙ ТЕМПОРАЛЬНОЙ ЛОГИКИ	14
ОЛЙНИК О.І. ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ДИФУЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ У СИСТЕМАХ З МАСИВАМИ ЗАГЛИБЛЕНИХ МІКРОЕЛЕКТРОДІВ У ФОРМІ ДИСКУ	29
ЛИТВИНОВА Е.И. ТЕХНОЛОГИИ ВСТРОЕННОГО РЕМОНТА КОМПОНЕНТОВ SYSTEM-IN-PACKAGE	40
ТЕВЯШЕВ А.Д., ЗОЛОТАРЕВ Д.А. ОБ ОДНОМ МЕТОДЕ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ ПЛАНОВЫХ РЕЖИМОВ ТРАНСПОРТА И РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ПРИРОДНОГО ГАЗА В ГОРОДСКИХ ГАЗОРАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫХ СЕТЯХ	48
ЧУБ И.А., НОВОЖИЛОВА М.В. МОДИФИКАЦИЯ ТОЧНОГО МЕТОДА РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ РАЗМЕЩЕНИЯ ПРЯМОУГОЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ	57
ТАЯНОВ С.А., ТАЯНОВ В.А. МЕТОДИКА КЛАСТЕРИЗАЦІЇ ЗОБРАЖЕНЬ ДЛЯ ЇХ КОМПРЕСІЇ НА ОСНОВІ КОМПОНЕНТНОГО АНАЛІЗУ	63
ШАХОВСЬКА Н.Б., УГРИН Д.І. ТЕХНОЛОГІЯ ETL В ІНТЕГРАЦІЇ ДАНИХ ТУРИСТИЧНОГО БІЗНЕСУ	68
ДОЛГОВА Н.Г., НОВОЖИЛОВА М.В., СИНЕЛЬНИКОВА О.И. МЕТОД ОЦЕНКИ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ВАРИАНТОВ ФУНКЦИОНАЛЬНОГО ЗОНИРОВАНИЯ ТЕРРИТОРИИ ГОРОДА	73
ЕВГРАФОВ В.Н. ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ БУФЕРНЫХ АСИНХРОННЫХ МНОГОСТУПЕНЧАТЫХ СЕТЕЙ С ПРОИЗВОЛЬНЫМ ЧИСЛОМ ПРИОРИТЕТНЫХ МОДУЛЕЙ ПАМЯТИ	80
КАКУРИН Н.Я., КОВАЛЕНКО С.Н., ЛОПУХИН Ю.В., МАКАРЕНКО А.Н. СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ БЫСТРОДЕЙСТВИЯ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЕЙ КОДОВ НА СЧЕТЧИКАХ	86
ЗАЯЦЬ В.М. ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ РОЗПІЗНАВАННЯ ТА ІДЕНТИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ КОМП'ЮТЕРА, ОПИСАНОЇ НА ОСНОВІ ДИСКРЕТНОЇ МОДЕЛІ	96
ЛЫСЕНКО Э.В., ПОНОМАРЕНКО В.П., ПИСКЛАКОВА В.П. СИСТЕМОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ПРОБЛЕМЫ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОСТИ И НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ	104
ВИШНЯК М.Ю., ДОВГАНЬ С.С. РАСШИРЕНИЕ ФУНКЦИЙ АСУ: УПРАВЛЕНИЕ ЗНАНИЯМИ	109
ОМРИ КАРИМ ПОСТРОЕНИЕ АЛГОРИТМА РАСПОЗНАВАНИЯ ОТПЕЧАТКОВ ПАЛЬЦЕВ ДЛЯ СИСТЕМЫ КОНТРОЛЯ ДОСТУПА	116
КРИВУЛЯ Г.Ф., РЯБЕНЬКИЙ В.М., ПЕТРЕНКО Л.П. МЕТОДИКА ФОРМИРОВАНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ СУММАТОРА В ФОРМАТЕ ТРОИЧНОЙ СИСТЕМЫ СЧИСЛЕНИЯ	121
КУЗЬМИН А.Я., ГОЛОВИЙ (ГУСАРЬ) Н.В., ДАЮБ Я. РЕАЛИЗАЦИЯ МОДЕЛИ СИСТЕМЫ ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ВОБЛАСТИ СЕРВИСНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ БАНКОМАТОВ	134
ВЕРЕЩАК И.А. МЕТОД НИЗКОУРОВНЕВОЙ ОБРАБОТКИ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ	139
РЕФЕРАТИ	143

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧ ИНЖИНИРИНГА ТРАФИКА В СЕТЯХ СЛЕДУЮЩЕГО ПОКОЛЕНИЯ

Рассматриваются процедуры инжиниринга трафика в сетях следующего поколения (ССП) и проблемы обеспечения их эффективности. Анализируется модель инжиниринга трафика на базе технологии MPLS и расширений протоколов маршрутизации по алгоритму состояния связей в целях определения ее узких мест, для устранения которых предлагается использование системы AntNet как дополнительной структуры данных. Формулируются цели и задачи дальнейших исследований для практической реализации расширения технологии MPLS на базе системы AntNet.

Введение

Одной из особенностей сети следующего поколения (ССП) является одновременная циркуляция в ней множества разнотипных потоков, каждый из которых требует безусловного соблюдения одних параметров передачи и допускает некоторые уступки по другим. Например, в случае возникновения перегрузок в ССП для одного потока может быть урезана полоса пропускания, для другого – увеличено время доставки, для третьего – опущены требования к целостности передаваемых данных. Как следствие, требования к эффективности использования сетевого транспорта в ССП возрастают и, в частности, включают в себя необходимость решения задач выбора многокритериального оптимального пути и сокращения числа узких мест. Так как в качестве одной из составляющих транспортной платформы ССП используются традиционные IP-сети, не включающие в себя механизмы оптимизации производительности, вопросы повышения эффективности передачи информации остаются по-прежнему актуальными. Более того, традиционные IP-сети ориентируются на коммуникационную модель «по мере возможности», когда в процессе маршрутизации для выбора кратчайшего пути используются простые параметры, такие как число промежуточных узлов или задержка, с помощью которых невозможно выполнить сбалансированное распределение трафика в реальном режиме времени, что приводит к возникновению таких проблем, как несбалансированность нагрузки, осцилляция маршрутов или «проблема рыбы».

Таким образом, обеспечение эффективного управления трафиком в ССП в настоящее время является актуальной задачей, которая может быть выбрана в качестве базового направления дальнейших исследований в области развития технологий ССП.

Проблемы традиционной маршрутизации IP

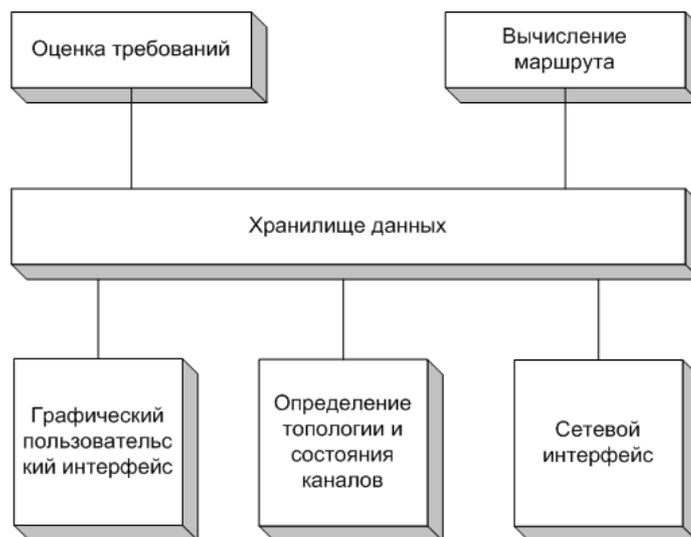
По своей природе маршрутизация ориентирована на получателя, следовательно, при передаче по протоколу IP все пакеты, адресаты которых имеют один и тот же префикс, будут отправляться на следующий общий для них промежуточный узел. Маршрутизация в соответствии с адресатом не всегда дает возможность задействовать все разнообразные соединения, существующие в сети. Распределение трафика обычно предсказать очень сложно, и зачастую оно несбалансированно. В силу этого ресурсы на многих участках сети могут использоваться недостаточно эффективно. Например, при наличии нескольких маршрутов между узлами выбранный кратчайший путь может оказаться перегруженным, что приведет к возрастанию задержек передачи данных, тогда как альтернативный путь не задействуется вообще.

Вторая особенность маршрутизации IP состоит в том, что маршруты рассчитываются с учетом локальной оптимизации. Поскольку каждый узел выбирает путь со своей «точки зрения», в рамках всей сети такой выбор может оказаться неоптимальным. Кратчайший путь может оказаться самым напряженным, поскольку множество узлов в сети могут выбрать его независимо друг от друга. В данном случае длинный путь может оказаться

более эффективным. Чтобы оптимизировать использование ресурсов в масштабах всей сети, решение о маршрутизации должно приниматься с учетом назначения всей сети и общего представления о ней. В исключительных случаях маршрутизация по кратчайшему пути может привести к осцилляции маршрутов. Протоколы маршрутизации работают с системами, где имеют место значительные задержки (так называемые системы с обратной задержанной связью). Допустим, некоторый узел, оценив метрику нескольких маршрутов, принял решение перейти на новый маршрут. Если он это сделает, окружающие маршрутизаторы узнают об этом с заметной задержкой и соответствующим образом изменят свои оценки метрик фрагментов пути. Когда (снова с задержкой) исходный маршрутизатор получит информацию по этим оценкам, может случиться, что старый маршрут окажется предпочтительнее нового, и рассматриваемый процесс, теоретически, может продолжаться до бесконечности.

Система инжиниринга трафика

В настоящее время для решения задачи обеспечения эффективного управления трафиком в ССП задействуется технология инжиниринга трафика (Traffic Engineering). Под инжинирингом трафика понимают методы и механизмы сбалансированной загрузки всех ресурсов сети, а также быстрого восстановления маршрутов после сбоя за счет рационального выбора пути прохождения трафика через сеть. Система инжиниринга трафика (рисунок) состоит из следующих основных компонентов: выявление топологии/состояния, вычисление маршрута, оценка требований трафика, графический пользовательский интерфейс, сетевой интерфейс и модуль хранилища данных.



Структурная схема системы инжиниринга трафика

Модуль хранилища данных системы инжиниринга трафика состоит из центральной базы данных и постоянной памяти для всех разделяемых объектов данных, таких как топология сети, информация о состоянии канала, требования трафика, маршруты и правила. Другие модули могут хранить информацию, получать к ней доступ и обмениваться ею через базу данных. Кроме того, каждый объект имеет соответствующий конечный автомат, где каждый переход связан с модулем-отправителем, входным событием, модулем-получателем и выходным событием.

Эффективной системе инжиниринга трафика необходима точная информация о требованиях трафика, которая может быть получена либо из соглашений об уровне сервиса (Service Level Agreement, SLA), либо из статистического анализа параметров трафика. После определения системой инжиниринга трафика оптимальных маршрутов необходимо сконфигурировать элементы сети так, чтобы эти требования выполнялись.

Двухстороннее взаимодействие системы инжиниринга трафика и сетевых элементов может выполняться либо через Web-интерфейсы, либо посредством использования протокола SNMP или службы COPS.

Требования и задачи инжиниринга трафика

Согласно [1], управляющие действия системы инжиниринга трафика должны включать:

- модификацию параметров управления трафиком,
- модификацию параметров, связанных с маршрутизацией,
- модификацию атрибутов и констант, связанных с ресурсами.

Уровень человеческого вмешательства в процесс управления трафиком должен быть минимизирован. Это может быть реализовано путем автоматизации операций (распределенных и масштабируемых), описанных выше.

В модели “оптимальных усилий” для Интернет-сервиса ключевая задача управления трафиком включает в себя: минимизацию потерь пакетов и задержек, оптимизацию пропускной способности и согласование наилучшего уровня услуг. Статистически заданные характеристики трафика (разброс времени доставки пакетов, вероятность потери и максимальное время доставки) становятся важными в дифференцированных услугах Интернет. Одним из подходов решения таких проблем является оптимизация использования всех имеющихся ресурсов сети. В частности, желательно гарантировать, чтобы поднаборы сетевых ресурсов не были перегружены, в то время как аналогичные ресурсы на альтернативных маршрутах недогружены. Полоса пропускания является критическим ресурсом современных сетей. Следовательно, центральной функцией управления трафиком является эффективное управление пропускной способностью, в том числе и минимизация перегрузок. Здесь речь идет не о кратковременных перегрузках, а о долгосрочных, влияющих на поведение сети в целом. Перегрузка обычно проявляется двояко:

- когда сетевых ресурсов недостаточно или они не соответствуют существующей загрузке;

- когда потоки трафика неэффективно распределены по имеющимся ресурсам.

Первый тип проблем перегрузки может быть решен путем:

- расширения ресурса,
- применения классических средств управления перегрузкой,
- сочетания этих подходов.

Классическое управление перегрузкой нацелено на регулирование уровня потребности путем снижения его до имеющегося в распоряжении уровня ресурсов. Классическое управление перегрузкой включает в себя: ограничение потока, управление шириной окна для потока, управление очередями в маршрутизаторе, диспетчеризацию и т.д.

Второй тип проблем перегрузки, связанный с неэффективным размещением ресурсов, может быть решен посредством управления трафиком.

Вообще, перегрузка, связанная с неэффективным размещением ресурсов, может быть уменьшена с помощью политики балансировки нагрузки в различных фрагментах сети. Задачей таких стратегий является минимизация максимальной перегрузки или, напротив, минимизация максимума использования ресурса. Когда перегрузка минимизирована путем оптимального размещения ресурсов, потери пакетов и задержка доставки падают, а совокупная пропускная способность возрастает. Таким образом, восприятие конечным пользователем качества сетевого обслуживания становится лучше. Одним из вариантов практической реализации процедур инжиниринга трафика является протокол MPLS, широко используемый для передачи данных в сетях следующего поколения. Далее будет рассмотрена модель балансировки нагрузки в MPLS.

MPLS и инжиниринг трафика

Модель балансировки нагрузки представляет собой наведенный MPLS-граф, аналогичный виртуальной топологии в модели наложений. Модель наложений – полная сеть логических соединений между всеми пограничными узлами. Логические соединения – заданные явным образом точные маршруты, реализуемые путем резервирования пропускной способности и организованные в физической сети таким образом, чтобы распределение трафика по всем магистралям в сети было сбалансированным.

Наведенный MPLS-граф состоит из набора LSR [2], которые представляют собой вершины графа, и набора LSP [2], которые предоставляют логические соединения «точка-точка» между указанными LSR и, следовательно, служат в качестве дуг наведенного графа. Формируется иерархический наведенный MPLS-граф, базирующийся на концепции стеков меток [2], и в рамках данной модели базовые проблемы управления полосой пропускания в MPLS определяются эффективностью совмещения наведенного MPLS-графа с физической топологией сети.

Пусть $G = (V, E, c)$ является графом, отражающим физическую топологию сети. Здесь V – набор узлов сети и E – набор каналов; т.е. для v и w из V объект $(v, w) \in E$, если v и w являются непосредственно связанными в рамках G . Параметр “ c ” представляет собой набор емкостей и других ограничений, сопряженных с E и V . Далее G будет рассматриваться как “основа” сетевой топологии.

Пусть $H = (U, F, d)$ является ориентированным наведенным MPLS-графом, где U является поднабором V , представляющим набор LSR в сети, или более точно набор LSR, которые являются конечными точками по крайней мере одного LSP. Здесь F представляет собой набор LSP, так что для x и y из U объект $(x, y) \in F$. Параметр “ d ” представляет собой набор требований и ограничений, ассоциированных с F . Таким образом, базовая проблема инжиниринга трафика сводится к установлению соответствия между наведенным MPLS-графом (H) и базовой топологией сети (G). Отсюда видно, что H зависит от переходных характеристик G , а эффективность наведенного MPLS-графа будет тем выше, чем больше управляемых логических соединений сформировано между пограничными узлами.

Несмотря на свою простоту и эффективность, наложенный подход может привести к определенным ограничениям масштабируемости (проблема « N в квадрате»). Чтобы сформировать все возможные логические соединения между N пограничными узлами, каждый из них должен установить LSP с $(N-1)$ других узлов, так что в итоге количество LSP будет равно $N \times (N - 1)$. В крупной сетевой магистрали, где существует множество граничных узлов, подобный подход не будет масштабироваться приемлемым образом.

Следовательно, задача поиска механизма, позволяющего сочетать алгоритмы выбора оптимального маршрута для множества LSR, что позволит ликвидировать указанное узкое место в наведенном MPLS-графе, с процедурами инжиниринга трафика, реализованными в протоколе MPLS, является достаточно актуальной.

Теория муравьев и инжиниринг трафика

Для решения задачи резервирования пропускной способности технология MPLS использует расширения протоколов маршрутизации, работающих на основе алгоритма состояния связей (OSPF, IS-IS). Данные расширения содержат новые типы объявлений о номинальной и незарезервированной пропускной способности каждой связи, а также параметры потоков данных, для которых необходимо определить оптимальные пути с учетом требований инжиниринга трафика [3]. Тем не менее, проблемы, связанные с динамической загрузкой каналов связи, описанные в разделе «Проблемы традиционной маршрутизации IP», остаются актуальными ввиду сложности параллельной обработки и оптимизации выбора путей для всех потоков данных, возрастающей прямо пропорционально размерам транспортной платформы компьютерной сети. Таким образом, имеет место необходимость разработки параллельного алгоритма обработки маршрутной информации с условием динамической адаптации к изменяющимся характеристикам транспортной платформы сети.

Здесь для решения указанной задачи предлагается использование аппарата роевого интеллекта, хорошо зарекомендовавшего себя в областях, требующих решения задач нахождения кратчайших маршрутов к источнику, а также динамического перераспределения и оптимизации этих маршрутов.

Система маршрутизации на базе мобильных агентов AntNet [4] является модификацией системы муравьиных колоний (Ant Colony Systems, ACS). ACS – это метод оптимизации, где группа искусственных муравьев (агентов) обходит граф, представляющий собой объект оптимизации. Агенты собирают и сохраняют информацию о каждом узле графа в парал-

тельном режиме, что позволяет перейти от локальной оптимизации к общей и сделать адекватный выбор наилучшего решения при заданных условиях. Данная концепция используется и в системе AntNet [5].

Создаются два набора мобильных агентов – «обычные муравьи» (forward ants) и «возвращающиеся муравьи» (backward ants). Эти агенты не связаны друг с другом напрямую и могут передавать свой опыт только через две информационные структуры, расположенные на каждом узле, а именно через:

– массив M_k , представляющий собой статистическую модель распределения трафика для каждого пункта назначения d , такой, какой эта модель видится из узла k ;

– таблицу маршрутизации, содержащую вероятностное значение P_{dn} для каждой пары узлов (d, n) . Это значение характеризует оптимальность выбора (по времени прохождения маршрута) следующего узла n при условии, что пункт назначения – это узел d .

Сначала в каждом узле сети s создается «обычный муравей» $F_{s \rightarrow d}$ со случайно выбранным узлом назначения d . Каждый агент выбирает следующий пункт своего назначения, используя информацию в таблице маршрутизации. Каждый следующий узел выбирается по случайной схеме с вероятностью P_{dn} , зависящей от оптимальности маршрута к соседнему, еще не посещенному узлу n . Если агент уже прошел через все соседние узлы, то следующий определяется случайным образом. Если выбранный маршрут на данный момент недоступен, агент ожидает доступа к линии связи в очереди с другими пакетами данных. Идентификатор каждого посещенного узла k и время, затраченное на перемещение к этому узлу $T_{s \rightarrow k}$, заносится в память агента. Если происходит циклическое перемещение, т. е. если агент попадает на уже посещенный им узел, все данные об узлах внутри цикла обнуляются.

Когда «обычный муравей» $F_{s \rightarrow d}$ достигает узла назначения d , он создает «возвращающегося муравья» $B_{d \rightarrow s}$, передает ему свою память и погибает. «Возвращающийся муравей» проделывает тот же самый путь, но в обратном направлении. Прибыв на узел k с предыдущего узла f , агент обновляет массив M_k значениями времени $T_{k \rightarrow i}$, затраченного на путешествие с узла k на каждый посещенный узел i по пути $k \rightarrow d$. Он также вносит изменения в таблицу маршрутизации, повышая вероятность P_{if} , относящуюся к каждой паре узлов i и f , в соответствии с $P_{if} \leftarrow P_{if} + (1 - r') \cdot (1 - P_{if})$, где r' – оценочный параметр, показывающий, насколько хорошо (мало) время обхода маршрута T , которое наблюдалось в среднем вплоть до искомого узла, и понижая для нормализации вероятности P_{in} остальных соседних узлов n в соответствии с $P_{in} \leftarrow P_{in} - (1 - r')P_{in}; \forall j \in N_k, f \neq n$. Время $T_{k \rightarrow i}$, затраченное на прохождение маршрута агентом $F_{s \rightarrow d}$, используется для определения коэффициента повышения.

Таким образом, в любой момент времени параллельно решаются две задачи: нахождение оптимальных маршрутов по вероятностной таблице маршрутизации, а также динамическое перераспределение и оптимизация этих маршрутов за счет постоянного обновления информации на каждом узле при каждом посещении им агента. Более того, если какой-либо участок пути оказывается перегруженным, то прокладывается обходной маршрут, пусть и более длинный. Когда же трафик уменьшается, все агенты вновь начинают проходить по оптимальному пути.

Постановка задачи и дальнейшие исследования

В свете сказанного выше возникает необходимость в практической реализации расширения технологии MPLS на базе системы AntNet как альтернативы расширениям протоколов маршрутизации, работающих на основе алгоритма состояния связей, чему и будут посвящены дальнейшие исследования. Для этого необходимо решить следующие задачи:

– разработать модель инжиниринга трафика путем сочетания структур данных MPLS и AntNet;

– выполнить имитационное моделирование в целях анализа эффективности предложенной модели в сравнении с используемой в настоящее время парой «MPLS-расширение алгоритма состояния связей»;

- выполнить программную реализацию предложенного расширения MPLS на базе AntNet;
- выполнить натурное моделирование в целях определения значений показателей эффективности и производительности предложенной модели.

Выводы

Рассмотрены основные задачи инжиниринга трафика и методы их решения, указаны недостатки и узкие места рассмотренных методов. Так, для технологии MPLS ее узкими местами являются экспоненциально возрастающая сложность масштабируемости маршрутов («проблема N²»), а также использование для решения ряда задач инжиниринга трафика, в частности, резервирования пропускной способности, расширений протоколов маршрутизации классической IP-сети, в результате чего остаются актуальными проблемы, связанные с отсутствием параллельного алгоритма обработки маршрутной информации с условием динамической адаптации к изменяющимся характеристикам транспортной платформы канала связи.

В целях устранения указанных проблем авторами предложено использование системы AntNet, базирующейся на аппарате роевого интеллекта, как альтернативы расширениям протоколов маршрутизации IP-сетей. Алгоритм маршрутизации AntNet отвечает требованиям параллельности, динамической адаптации и, как следствие, обеспечивает сбалансированную загрузку каналов связи.

Сформулированы цели и задачи исследований, решение которых сводится к практической реализации расширения технологии MPLS на базе системы AntNet и анализу эффективности предложенного расширения.

Список литературы: 1. *Awduche D.* Requirements for Traffic Engineering Over MPLS, RFC-2702 - <http://www.rfc-editor.org/rfc/rfc2702.txt>. 2. *Олейн В.* Структура и реализация современной технологии MPLS. Руководство Cisco. Киев: Диалектика-Вильямс, 2004. 480 с. 3. *Гулевич Д.С.* Сети связи следующего поколения - www.intuit.ru/forum2site/course/ndnets. 4. *Gianni Di Caro, Marco Dorigo.* AntNet: Distributed Stigmergetic Control for Communications Networks // Journal of Artificial Intelligence Research. 1998. №9. P. 317-365. 5. *Острогляд Е.* Методики дрессировки “цифровых муравьев” - <http://ko-online.com.ua/node/10475>.

Поступила в редколлегию 09.12.2008

Бабич Анна Витальевна, канд. техн. наук, доцент кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: сетевые технологии, технологии дистанционного образования. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

Кудина Марина Владимировна, аспирантка кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: сетевые технологии, компьютерная вирусология. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

Емельянов Игорь Валерьевич, аспирант кафедры АПВТ ХНУРЭ. Научные интересы: сетевые технологии, диагностика и оптимизация компьютерных систем и сетей. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 70-21-326.

РЕФЕРАТИ

УДК 004.732

Дослідження методів розв'язання задач інжиніринга трафіка в мережах наступного покоління / Г.В. Бабіч, М.В. Кудіна, І.В. Ємельянов // АСУ та прилади автоматики. 2008. Вип. 145. С.8-13.

Розглянуто процедури інжиніринга трафіка в мережах наступного покоління та засоби забезпечення їх ефективності. Проаналізовано модель інжиніринга трафіка на базі сполучення технології MPLS та протоколів маршрутизації за алгоритмом стану зв'язків з метою виявлення її вузьких місць. Для усунення вказаних вузьких місць запропоновано використання системи AntNet як додаткової структури даних. Сформульовано мету та задачі подальших досліджень для практичної реалізації розширення технології MPLS на базі системи AntNet.

Л. 1. Бібліогр.: 5 назв.

UDC 004.732

Investigation of traffic engineering methods in the Next Generation Networks / G.V. Babich, M.V. Kudina, I.V. Emelyanov // Management Information System and Devises. 2008. N 145. P. 8-13.

The procedures of Traffic Engineering in NGNs and means of providing of their efficiency have been considered. The Traffic Engineering model based-on a combination of MPLS technology and link-state routing protocols has been analyzed with purpose of identification of its bottlenecks. The usage of AntNet system as an additional data structure has been proposed for indicated bottlenecks elimination. The goal and tasks for further research of practical implementation of enhancement of MPLS technology on the basis of AntNet system have been formulated.

143 Fig.1. Ref.: 5 items.