

циркулярном опросе абонентов (поллинге). При дальнейшем увеличении нагрузки методы поллинга становятся намного эффективнее.

2. В условиях значительных нагрузок и при их изменениях, при нестационарном трафике целесообразно переходить на использование тех алгоритмов, которые обладают гарантированной производительностью при данной текущей нагрузке (методы поллинга). Для этого предложена адаптивная процедура, содержащая алгоритм оптимальной стохастической оценки и обнаружитель порога, сигнализирующего о необходимости перехода на новый алгоритм.

3. Для обнаружения критического тренда и других допустимых уровней нестационарного потока заявок в телекоммуникационных системах со случайным множественным доступом может быть использована рекурсивная процедура оценки интенсивности, построенная по алгоритму стохастической аппроксимации, обладающая соответствующим сглаживающим эффектом.

4. Экспериментальные исследования процедуры оценки тренда нестационарности (5) показали, что кроме ожидаемого сглаживающего эффекта, имеют место и другие, влияние которых сказывается на качестве обнаружителя: с уменьшением шаговой постоянной μ снижается уровень оцениваемой компоненты, что приводит к снижению отношения сигнал/шум, а соответственно, и к ошибкам в обнаружении. Следует рекомендовать выбор $\mu = (0,001...0,0001)$, где смещение оценки и потери уровня оцениваемой компоненты еще не столь пагубны.

5. Точность оценки, ее смещенности, и сам сглаживающий эффект зависит также от выбранного шага дискретизации $\Delta t/\tau$. Опыт показывает, что наиболее удачным в данном алгоритме будет выбор $\Delta t/\tau_{кор} = 0,1$.

Список литературы: 1. Б.С. Цыбаков, В.А. Михайлов "Свободный синхронный доступ пакетов в широкополосный канал с обратной связью," Проблемы передачи информ. 1978, Т. 14, №4, С. 32-59. 2. Rubin, "Access-Control Disciplines for Multi-Access Communication Channels: Reservation and TDMA Schemes," IEEE Transactions on Information Theory, Vol. IT-25, No. 25, pp. 516-538, September 1979. 3. G. Bianchi, "Performance Analysis of the IEEE 802.11 Distributed Coordination Function," IEEE Journal On Selected Areas In Communications, 2000, Vol. 18, No. 3, p. 535 - 547. 4. Винель А.В., Тюрликов А.М., Федоров К.А. Использование последовательного погашения интерференции при организации случайного множественного доступа в централизованных сетях. Информационно-управляющие системы. 2009. Т.2., с. 46-55. 5. Математические основы управления и адаптации в телекоммуникационных системах: учеб. / Поповский В.В., Олейник В.Ф. – Х.: ООО "Компания СМИТ", 2011. – 362 с.

Поступила в редколлегию 27.07.2011

УДК 621.391

П.П. ВОРОБИЕНКО, докт. техн. наук, проф., ректор, Одесская НАС им. А.С. Попова

В.И. ТИХОНОВ, канд. техн. наук, доц., Одесская НАС им. А.С. Попова

О.В. ГОЛУБОВА, асп., Одесская НАС им. А.С. Попова

**ПРИНЦИПЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ
ЦИФРОВЫХ ПОТОКОВ ПО ТЕХНОЛОГИИ UA-ITТ**

В роботі розглядаються питання маршрутизації в комп'ютерних мережах стосовно інтегрованої технології телекомунікацій UA-ІТТ, запатентованої в Україні. Запропоновано загальні принципи динамічної маршрутизації цифрових потоків, що зменшують витрати часу на маршрутизацію і службовий трафік у каналах зв'язку.

Ключові слова: маршрутизація, комутація потоків, балансування трафіка

В работе рассмотрены вопросы маршрутизации в компьютерных сетях применительно к интегрированной технологии телекоммуникаций UA-ИТТ, запатентованной в Украине. Предложены общие принципы динамической маршрутизации цифровых потоков, которые уменьшают задержки времени на маршрутизацию и служебный трафик в каналах связи.

Ключевые слова: маршрутизация, коммутация потоков, балансировка трафика

This paper discusses the issues of computer network routing in respect to the integrated telecommunication technology UA-ИТТ patented in Ukraine. General principles for dynamic routing of digital flows proposed to minimize the routing time consumption and control traffic of the communication channels.

Key words: routing, flow switching, traffic balancing

Одной из важных проблем в области телекоммуникаций является уменьшение возможных временных задержек при передаче трафика реального времени по компьютерным сетям. Можно выделить два основных фактора временных задержек передачи данных в сетях: распространение электромагнитных сигналов по линиям связи и обработка информации в узлах коммутации и маршрутизации. Задержка распространения сигнала зависит в основном от расстояния между взаимодействующими объектами сети. Эти задержки могут достигать 50 миллисекунд и больше. Такая задержка является весьма существенной, поскольку она составляет около половины допустимой задержки в оба конца для стандарта высокого качества передачи голосового трафика [1]. Задержка распространения сигнала является объективной, ее вариация обусловлена изменением маршрута следования информации по каналам связи. При определенных допущениях этот тип задержки можно условно считать детерминированной физической величиной, слабо зависящей от случайных факторов.

Основными причинами задержек передачи информации в узлах коммутации и маршрутизации являются очереди и отказы обслуживания в моменты критических нагрузок, а также необходимость поиска в таблицах маршрутизации, размеры которых могут быть достаточно большими. Цифровой поток сети является случайным процессом, в котором можно выделить трендовую составляющую и центрированный случайный процесс [2-3]. Минимизация очередей достигается увеличением производительности сетевого оборудования, выбором топологии сетей и др. Для ускорения продвижения IP-пакетов в сетях используется пограничная маршрутизации IP-пакетов в сочетании с коммутацией потоков внутри транспортных доменов, например, доменов MPLS [4], Provider Backbone Bridge Traffic Engineering (PBB-TE) [5] и др.

Однако маршрут IP-пакета может пересекать несколько транспортных доменов, а доставка пакета от отправителя к получателю содержит участки

маршрута, которые не покрываются доменами с коммутацией потоков. На этих участках задача маршрутизации IP-пакетов решается традиционными методами. Кроме того, добавление меток в MPLS (или дополнительных MAC-адресов в RVB-TE) усложняет многоуровневую схему инкапсуляции данных реального времени по протоколам стека TCP/IP, в результате чего доля служебной информации в канале связи может достигать 50÷80 % от общего цифрового потока [6].

Целью данной статьи является разработка принципов и алгоритмов динамической маршрутизации цифровых потоков в сетях с интегрированной технологией телекоммуникаций UA-ИТТ, которые уменьшают задержку передачи данных и объем служебного трафика в канале связи.

Решение поставленной задачи базируется на оригинальном методе адресации объектов телекоммуникационной сети, а также на коммутации потоков без использования традиционной для IP-сетей многоуровневой инкапсуляции данных. Эти принципы запатентованы в интегрированной технологии телекоммуникаций UA-ИТТ [7-8]. В основу UA-ИТТ положена логическая древовидная топология опорной сети со строгой иерархией адресов. На рисунке 1 показана шестиуровневая схема адресации сети UA-ИТТ. Физическая топология опорной сети может отличаться от топологии дерева. Узлы опорной сети могут иметь перекрестные связи, которые не входят в опорную сеть, но обеспечивают балансировку трафика. В технологии UA-ИТТ используются как абсолютные адреса, привязанные к общему для всей опорной сети узлу, находящемуся на нулевом уровне иерархии в корне иерархического дерева (см. рис.1), так и относительные адреса, которые привязаны к абсолютному адресу отправителя.

Кроме того, все адреса по технологии UA-ИТТ разделяются на статические адреса (хранящиеся в таблицах маршрутизаторов и базах данных топологии сети) и динамические адреса (которые передаются по сети и, как правило, являются более короткими, чем статические адреса).

Каждый физический объект сети имеет адресную привязку к своему опорному узлу. Полный адрес сетевого устройства состоит из двух частей: префикс (адрес узла опорной сети, которому принадлежит физическое устройство) и суффикс (локальный физический адрес, уникальный в пределах локальной сети данного опорного узла). Продвижение сегментов потока от узла опорной сети к терминальному объекту данного узла в данной статье не рассматривается. Предполагается, что эта часть общей задачи маршрутизации решается в каждом конкретном случае с учетом технологии локальной сети.

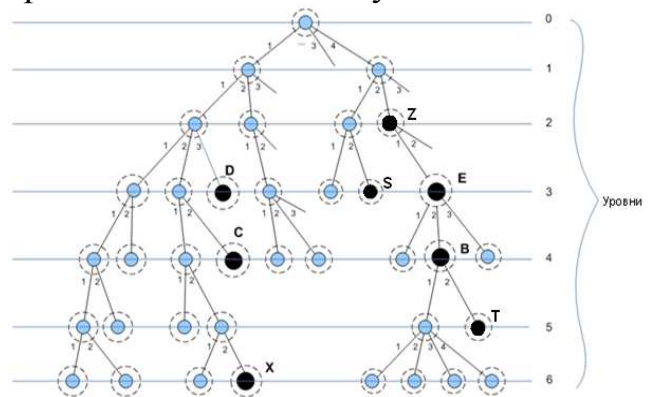


Рис. Шестиуровневая опорная сеть (логическая топология)

Префикс адреса сетевого объекта UA-ИТТ состоит из отдельных октетов, каждый из которых имеет значение номера ветви на иерархическом дереве

адресации. Для шестиуровневой сети на рис. узлы «X», «C» и «D» имеют префиксы: $Pr(X)=1.1.2.1.2.2$; $Pr(C)=1.1.2.2.0.0$; $Pr(D)=1.1.3.0.0.0$.

Физическое устройство с локальным адресом 150 в локальной сети узла D, имеет сетевой адрес «1.1.3.0.0.0-150». Суффикс адреса состоит из одного или более октетов. Для идентификации цифровых потоков к адресу терминального устройства может быть добавлена третья часть – индекс Id, содержащий от 1 до 3 октетов. Индекс является аналогом 16-битового номера логического порта в протоколах TCP и UDP.

Как отмечено выше, между узлами опорной сети UA-ИТТ на каждом уровне иерархии возможны перекрестные связи (на рисунке 1 эти связи не обозначены). Если узел опорной сети имеет одну или более перекрестных связей, то в задаче маршрутизации появляются альтернативы для продвижения сегмента данных. В этом случае решается задача нахождения кратчайшего пути в заданной метрике. Метрику расстояния $d(A, B)$ от узла A к узлу B при определим в виде:

$$d(A, B) = \alpha \cdot \tau_1 + \beta \cdot \tau_2, \quad (1)$$

где τ_1 – время распространения сигнала между A и B; τ_2 – задержка передачи через транзитный узел B; α и β – весовые коэффициенты. Параметр τ_1 является достаточно стабильным, поскольку он зависит в основном от физической длины линии связи. Параметр τ_2 является случайной величиной, вероятностные характеристики которой могут изменяться во времени.

Точность решения оптимизационной задачи маршрутизации зависит, в том числе, от того, какие перекрестные связи известны маршрутизатору в узле A. Число вариантов решения растет с увеличением глубины расчета маршрута в окрестности узла маршрутизации.

Распределение адресного пространства IPv4 в Интернет сложилось исторически, без четкой географической структуризации. Поэтому адрес IPv4 не достаточен для определения местоположения сетевого устройства или маршрутизатора опорной сети.

В технологии UA-ИТТ префиксы полного адресов однозначно определяет географию и топологию сети. Поэтому для любой пары узлов опорной сети UA-ИТТ можно построить гарантированный маршрут передачи данных на основании префиксов адресов этих узлов. Назовем такой маршрут маршрутом по умолчанию.

Для решения данной задачи достаточно вычислить ближайший общий для заданной пары родственный узел на дереве иерархии сети. Адрес общего родственного узла вычисляется путем сравнения отдельных доменных частей префиксов адресов. Если узлы имеют префиксы $P1=120.35.240.70$ и $P2=120.35.28.150$, то общий родственный узел имеет адрес 120.35.0.0. Отсюда маршрут по умолчанию от узла с префиксом адреса P1 к узлу с префиксом P2 имеет следующий вид:

Узел P1 → узел 120.35.240.0 → 120.35.0.0 → узел 120.35.28.0 → узел P2.

Если каждый узел опорной сети имеет m горизонтальных связей, то общее число альтернатив на каждом шаге маршрутизации равно $m+1$ (одно вертикальное направление по гарантированному маршруту опорной сети и m горизонтальных направлений). Пусть n – глубина расчета маршрута. Тогда

общее количество вариантов равно m^n , т.е. имеет характер экспоненциального роста. Оптимизационные задачи такого рода относятся к классу сложных проблем, для которых, как правило, используются приближенные итерационные методы.

Для того чтобы итерационный метод оптимизации устойчиво работал при ограниченном (достаточно малом) времени решения задачи, необходимо обеспечить приемлемую точность начального приближения. В качестве начального приближения для квази-оптимального решения в UA-ИТТ используется гарантированный маршрут по линиям связи опорной сети. Критерием качества гарантированного маршрута является его абстрактная длина в метрике (см. формулу 1).

Исходя из сказанного выше, сформулируем первый принцип маршрутизации по технологии UA-ИТТ: для каждого узла опорной сети осуществляется планирование трафика таким образом, чтобы в часы максимальной нагрузки обеспечить заданное допустимое время задержки при передаче информации по гарантированным маршрутам опорной сети. Этот принцип является достаточно общим и предполагает конструктивную детализацию в каждом конкретном случае. В приведенном выше примере, для использования гарантированного маршрута по умолчанию, узел с префиксом P1, очевидно, должен передать поток на свой выходной порт, который связывает его с узлом 120.35.240.0. Первый отрезок маршрута по умолчанию однозначно идентифицирует выходной порт узла-отправителя (или же транзитного узла), который решает задачу маршрутизации цифрового потока или его отдельного сегмента.

При использовании шестиуровневой системы адресации опорной сети (см. рис.1), максимально возможное число транзитных узлов на маршруте по умолчанию, очевидно, равно 12. При отсутствии очередей, современные цифровые коммутаторы способны обеспечить время коммутации потока с входного порта на выходной в пределах нескольких десятков микросекунд. При этом общая задержка времени на коммутацию цифрового потока по всему гарантированному маршруту (в одном направлении) не превысит нескольких миллисекунд. Это значительно меньше предельно допустимых задержек при передаче трафика реального времени высокого качества, которые оцениваются десятками миллисекунд [1]. Таким образом, в случае отсутствия перегрузки в направлении первого транзитного узла на гарантированном маршруте по умолчанию, задача маршрутизации по технологии UA-ИТТ является сравнительно простой и не требует специальных методов повышения быстродействия.

Второй принцип маршрутизации по технологии UA-ИТТ: маршрутизаторы опорной сети наделяются способностью к самообучению на основании статистического анализа проходящего через маршрутизатор трафика. Маршрутизатор формирует подмножество адресов назначения s_{DA} , которые наиболее часто встречаются в его транзитных потоках. Для подмножества s_{DA} на основании предшествующего опыта формируется таблица маршрутизации с набором эвристических правил для каждого адреса s_{DA} . Эти эвристические

правила ускоряют процесс поиска кратчайшего пути в метрике (см. формулу 1) с учетом динамически изменяющегося во времени параметра τ_2 .

Третий принцип маршрутизации по технологии UA-ITТ: кэширование таблицы маршрутизации. При передаче больших файлов имеет место т.н. пачечность. Это свойство проявляется в следующем. Появление на входе маршрутизатора некоторого сегмента с адресом назначения DA означает с достаточно большой вероятностью, что вскоре опять появится аналогичный сегмент с таким же адресом DA . Результат решения задачи маршрутизации для каждого очередного адреса кратковременно запоминается в быстродействующей кэш-памяти. При поступлении очередного запроса на обслуживание, поиск готового решения в кэш-памяти может потребовать гораздо меньше времени, чем повторное решение задачи маршрутизации по общему алгоритму. Поэтому наряду с основной таблицей маршрутизации, каждый маршрутизатор UA-ITТ поддерживает еще одну – динамическую кэш-таблицу. В кэш-таблице маршрутизации хранятся последние N адресов назначения и номера выходных шлюзов для продвижения сегментов данных по оптимальным (или квази-оптимальным) маршрутам. Параметр N зависит от производительности маршрутизирующего процессора и максимально допустимого времени сканирования кэш-таблицы.

Четвертый принцип маршрутизации по технологии UA-ITТ: распараллеливание процессов маршрутизации. При поступлении заявки на обслуживание очередного сегмента цифрового потока, параллельно включаются несколько различных алгоритмов, например:

- а) поиск кратчайшего пути по одному из известных методов согласно обозначенному выше первому принципу маршрутизации;
- б) сканирование основной таблицы маршрутизации и отыскание кратчайшего пути с помощью эвристических правил по второму принципу маршрутизации;
- в) сканирование динамической кэш-таблицы маршрутизации.

Запускаемые параллельные алгоритмы маршрутизации работают по принципу состязания: первое полученное лучшее решение принимается в качестве итогового результата, после чего эти алгоритмы снова переключаются в режим ожидания новой заявки на обслуживание.

Пятый принцип маршрутизации по технологии UA-ITТ: упреждающее планирование потоков и распределение ресурсов. На основе статистического анализа трафика и принципа самообучения маршрутизатор заранее в фоновом режиме разрабатывает оптимальный (или близкий к нему) план распределения собственных ресурсов. Основное внимание при этом уделяется тем периодам времени, когда ожидаются пиковые нагрузки на маршрутизатор. Для этого плана составляется соответствующая таблица резервирования виртуальных соединений между различными портами маршрутизатора на отдельные интервалы времени. Далее этот план в диалоговом режиме по специальным протоколам согласовывается со всеми смежными маршрутизаторами, после чего составляется уточненная и согласованная динамическая таблица зарезервированных виртуальных соединений для отдельных интервалов времени. При поступлении

заявки на установление соединения свободное соединение выделяется приложению без решения задачи маршрутизации. В противном случае для установления соединения решается задача поиска наилучшего из возможных маршрутов в оперативном режиме.

Шестой принцип маршрутизации по технологии UA-ИТТ – использование трех альтернативных режимов передачи данных в зависимости от требований качества сервиса:

а) передача отдельных сегментов данных без предварительного установления соединения;

б) передача потоковых данных по установленному соединению;

в) передача запроса на установление соединения.

Режим «а» в основном применяется для передачи файловых данных, не критичных к задержкам времени и вариациям этих задержек. Режим «б» преимущественно используется при повышенных требованиях качества сервиса, например, при передаче трафика реального времени (голос, видео и др.). При этом качество сервиса оценивается согласно предложенной в работе [9] двумерной шкалы типов соединения (q_1, q_2) . Переменная q_1 определяет среднюю пропускную способность соединения, а q_2 – характеризует стабильность пропускной способности этого соединения.

При передаче по установленному соединению (режим «б») управление цифровым потоком осуществляется по идентификаторам потоков (аналог меток в MPLS), а задача маршрутизации решается только на этапе резервирования соединения. Это значительно сокращает время на обработку информации в узле маршрутизации. Передача по установленному соединению имеет два основных варианта:

1) Соединение зарезервировано в процессе решения задачи трафик-инжиниринга, т.е. задолго до того, как оно было предоставлено конкретному приложению. Это означает, что при поступлении заявки от клиента на установление соединения, это соединение предоставляется сразу же (при условии, что это соединение еще свободно к моменту поступления заявки). Данный способ обслуживания фактически является коммутацией каналов, а не маршрутизацией отдельных сообщений или их сегментов. Установление соединения в этом варианте происходит без существенных задержек времени.

2) При поступлении заявки от клиента в маршрутизаторе отсутствует свободное резервное соединение. В этом случае маршрутизатор инициирует процедуру оперативного установления соединения по всей цепочке от клиента к серверному хосту сети. Данный вариант является наиболее ответственной и сложной частью общего алгоритма маршрутизации по технологии UA-ИТТ. Однако этот вариант обслуживания предполагает решение задачи маршрутизации с резервированием ресурсов всего один раз для одного соединения (в момент его создания). Задержки времени на установление соединения не столь критичны по сравнению с задержками в процессе передачи трафика реального времени, и могут составлять от нескольких долей секунды до нескольких секунд.

Основной акцент в задаче динамической маршрутизации по технологии UA-ИТТ сделан на балансировке сетевого трафика по отдельным ветвям и узлам в

условиях критических нагрузок. Очереди и отказы обслуживания в узлах опорной сети рассматриваются как главный источник больших задержек и нестабильности времени задержки при передаче цифровых потоков. Балансировка трафика в узле маршрутизации возможна в том случае, если узел имеет один или несколько дополнительных перекрестных каналов связи с другими узлами опорной сети. Кроме того, допускается также т.н. балансировка с понижением ранга смежного узла при отсутствии перекрестных связей. Такая балансировка осуществляется за счет передачи потока не вверх по иерархии адресов (если это предусматривает гарантированный маршрут по умолчанию), а вниз по логической иерархии адресного пространства (если известно, что хотя бы один из узлов подчиненной ветви имеет дополнительную перекрестную связь).

Балансировка нагрузки выполняется путем перераспределения трафика между направлением гарантированного маршрута и альтернативными перекрестными направлениями связи. Эти перекрестные связи могут быть горизонтальными и вертикальными (как с понижением, так и повышением ранга смежного узла). Для обеспечения возможности балансировки трафика, в узле опорной сети, который имеет одну или несколько дополнительных перекрестных связей, осуществляется текущий мониторинг загруженности главной (восходящей) ветви на дереве опорной сети, а также перекрестных ветвей. Для этого по каждому из этих направлений производится оценка загруженности по трехзначной логике:

а) «зеленый семафор» – линия связи далека от насыщения (входные буферы памяти заполнены меньше чем на 50%);

б) «желтый семафор» – линия связи близка к насыщению (входные буферы памяти заполнены больше чем на 50%);

в) «красный семафор» – линия связи в насыщении или нерабочем состоянии (например, входные буферы памяти заполнены на 100%) и в текущий момент времени по данному направлению заявки на обслуживание не принимаются.

Если семафор на главном направлении гарантированного маршрута красный или желтый, то балансировка нагрузки сводится к переброске цифрового потока на любое другое направление, которое имеет минимальную текущую загрузку по значениям семафора. Выбор конкретного направления при этом не имеет принципиального значения, поскольку различия в физической длине маршрута или в количестве транзитных узлов не столь существенно влияют на общую задержку транспортировки потока по сравнению с задержкой в очередях или отказами в обслуживании. Тем не менее, динамическая маршрутизация предусматривает режим поиска кратчайшего пути при решении задачи маршрутизации.

Выводы

В работе исследованы вопросы маршрутизации цифровых потоков применительно к интегрированной технологии телекоммуникаций UA-ITТ, которая разработана в ОНАС им. А.С.Попова и запатентована в Украине для сетей NGN. Обоснованы общие принципы динамической маршрутизации потоков с адаптацией и обучением, направленные на сокращение задержек времени при передаче различных типов данных по компьютерным сетям, а также

на уменьшение объема служебной информации в каналах связи. Результаты работы предназначены для дальнейшего исследования методами компьютерного моделирования, а также для разработки алгоритмов и аппаратно-программных средств управления цифровыми потоками в телекоммуникационных сетях NGN, которые могут быть построены на базе технологии UA-ИТТ.

Список литературы: 1. Рекомендация ИТУ-Т G.711. – 1988. – Режим доступа:

<http://www.itu.int/rec/T-REC-G.711-198811-I/en>. 2. Репин Д.С. Анализ и моделирование трафика в корпоративных компьютерных сетях : дис. канд. техн. наук : спец. 05.13.01 «Системный анализ, управление и обработка информации (промышленность)» / Д.С. Репин. – М., 2008. – 143 с. 3. Тихонов В.И. Тензорная модель фильтрации трафика в сети доступа / В.И. Тихонов, Е.В.Тихонова // Наукові праці ОНАЗ ім. О.С.Попова. – 2010. – №2. – С.50÷59. 4. Understanding MPLS-TP and Its Benefits. – Available:http://www.cisco.com/en/US/technologies/tk436/tk428/white_paper_c11-562013.pdf. 5. Understanding PBB-TE for Carrier Ethernet. – Available:<http://www.fujitsu.com/downloads/TEL/fnc/whitepapers/UnderstandingPBBTE.pdf>. 6. Воробийченко П.П. Формирование служебной информации в процессе сеанса связи сетевых компьютерных приложений / П.П. Воробийченко, М.И. Струкало, С.М. Струкало // 64-а науково-технічна конференція професорсько-викладацького складу, науковців, аспірантів та студентів : матеріали конф. Ч.1 Інфокомунікації. – О.: ОНАЗ ім. О.С.Попова, 1-4 грудня 2009. – С. 92-94. 7. Воробийченко П.П. Основы интегрированной технологии телекоммуникаций UA-ИТТ / Воробийченко П.П., Тихонов В.И. // Інфокомунікації: проблеми та перспективи розвитку. Матеріали Міжнар. науково-практ. конф. (Одеса, 8-10 вер. 2010р.). – Одеса, 2010. – С.41-44. 8. Пат. 46477 Україна; МПК Н04L 12/28. / Спосіб адаптивної адресації вузлів телекомунікаційних пакетних мереж / Воробийченко П.П., Тихонов В.І. ; заявник та власник патенту Одеська нац. Академія зв'язку ім. О.С.Попова. – u 2009 06513; заявл. 22.06.2009; опубл. 25.12.2009. Бюл. № 24. 9. Тихонов В. И. Оценка качества сервиса в интегрированной технологии телекоммуникаций [Электронный ресурс] / В.И. Тихонов, О.В. Голубова // Проблемы телекоммуникаций. – 2010. – № 1 (1). – С. 115 – 125. – Режим доступа до журн.:http://pt.journal.kh.ua/2010/1/1/101_tikhonov_itt.pdf.

Поступила в редколлегию 27.08.2011

УДК 005.8:519.6

В.И. ЧИМШИР, канд. техн. наук, доц., зав.каф.,

Измаильский факультет Одесской национальной морской академии

КЛАСТЕРНЫЙ АНАЛИЗ КАК МЕТОД СОДЕРЖАТЕЛЬНОГО СРАВНЕНИЯ СХОЖЕСТИ ПРОЕКТОВ

Запропоновано використання кластерного аналізу для змістовного порівняння схожості проектів. На основі даного підходу можливе проведення порівняльного аналізу параметрів проектів у випадку, коли показники мають різноманітний вид. В результаті запропонованого аналізу отримана кількісна оцінка змістовної схожості проектів.

Ключові слова: проект, типовий проект, кластерний аналіз, змістовна схожість, життєвий цикл.

Предложено использование кластерного анализа для содержательного сравнения схожести проектов. На основе данного подхода возможно проведение сравнительного анализа параметров проектов в случае, когда показатели имеют разнообразный вид. В результате предложенного анализа получена количественная оценка содержательной схожести проектов.