

УДК 004.71

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРАТЕГИЙ ЗАГРУЗКИ КАНАЛА СВЯЗИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ДИСТАНЦИОННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА

И. В. Луняшин, аспирант МТУСИ, ilyalunyashin@yahoo.com

Ключевые слова: ДО-процесс, загрузка канала, сетевой трафик, ресурсоемкость, конференц-связь.

Быстро развивающаяся информатизация общества, связанная с совершенствованием коммуникационных систем и внедрением современных компьютерных технологий, во многом способствует модернизации содержания, форм и средств образования, глобализации образовательных услуг, приобретающих в информационном обществе непрерывный характер.

При этом следует отметить, что расширение аудитории обучаемых и распространение образовательных программ не могут быть компенсированы простым тиражированием учебных курсов. Далеко не все дисциплины одинаково хорошо допускают очное и заочное преподавание. Известно также, что для среднего студента «книжное» образование, осуществляемое с помощью электронных носителей информации, обладающих даже самыми изощренными возможностями гипертекстовой адресации, не может равняться по эффективности с традиционными очными формами, базирующимися на взаимодействии с преподавателем.

Сегодня решением могло бы служить введение онлайн-ного дистанционного образования (ДО), которое за счет повсеместного внедрения форм и средств компьютерной конференц-связи, так же как и очное образование, отличается высокой оперативностью управления учебным процессом, мобилизующей обучаемого и способствующей усилению мотивации обучения [5]. При этом вышеупомянутые средства позволяют обеспечить высокую степень интерактивности субъектов учебного процесса (к примеру, взаимодействие студентов с преподавателем или электронным учебным материалом) [7].

В то же время в организационно-техническом плане построение такой системы является достаточно сложной комплексной проблемой. Качество реализации ДО-процесса при воспроизведении учебной информации в реальном времени в существенной мере зависит не только от характеристик, используемых для этих целей каналов, но и от организации загрузки сети, ресурсы которой без детального контроля над распределением полосы пропускания быстро переполняются. Возникающий при этом эффект «перегрузки» сети, выражающийся в отбрасывании произвольной части пакетов трафика, приводит к ухудшению качества трансляции образовательной информации.

Принципиально важной чертой, присущей всем ДО-системам онлайн-ного типа, является предопределенность учебного процесса, развивающегося (так же как при очной форме обучения) по расписанию. По этой причине для формирования динамической организации исполнения ДО-процесса весьма важными становятся анализ и сопоставление возможных вариантов распределения пропускной способности используемых каналов вместе с качественными и количественными параметрами применяемых цифровых учебных материалов. В первую очередь это касается состава непрерываемых работ, связанных с применением

видео- и аудиоконференций и отличающихся в процессе трансляции постоянной ресурсопотребностью при неизменяемой продолжительности. В отличие от непрерываемых, работы прерываемого типа (к которым, например, относится исполнение файловой ftp-пересылки) определяются только своим объемом.

На практике один из вариантов формирования динамической организации ДО-процесса связан с распределением сетевого трафика, осуществляемого сетевыми администраторами с помощью специализированных протоколов. В этом случае установленная полоса пропускания канала резервируется для заранее определенного трафика, представляющего работы некоторого типа или некоторого курса (т. е. некоторого адресата, которым является проводящая курс кафедра). Например, часто для обеспечения «мирного сосуществования» различных типов трафика в сети используется протокол RSVP, позволяющий выделить фиксированную часть доступной полосы пропускания для трафика реального времени, а всю оставшуюся — отвести под обычный трафик данных.

Второй вариант распределения пропускной способности заключается в использовании в составе «сетевого занавеса» специализированных программных средств (например, CheckPoint FloodGate [4] или PacketShaper), которые могут динамически управлять распределением пропускной способности канала. Пример эффективного использования канала при работе с программой PacketShaper приведен на рис. 1. Принцип действия таких систем основывается на установлении приоритетов и состоит в том, что если в сети представлен смешанный трафик, то для обеспечения определенной пропускной способности трафика с высоким уровнем приоритета система снижает (в заданных пределах) скорость передачи трафиков с более низким уровнем.

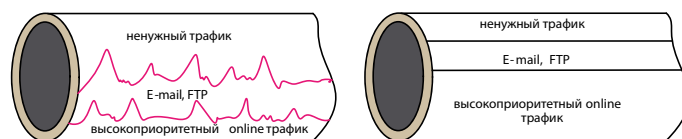


Рис. 1

Использование первого варианта распределения пропускной способности более традиционно, но отличается непроизводительным расходом ресурсов, так как ресурсоемкость выделяемой на период трансляции ДО-процесса доступной части полосы пропускания не может быть меньше, чем ресурсопотребность максимальной непрерываемой работы. Второй вариант предоставляет более широкие возможности, но требует предварительного изучения динамики ресурсопотребности составляющих ДО-процесс информационных потоков. Можно предположить, что меньшая распространенность второго варианта связана с необходимостью решения достаточно сложной задачи анализа и планирования в условиях ресурсных ограничений сете-

вого трафика, образующегося в ходе выполнения упорядоченной совокупности прерываемых и непрерываемых работ с различной ресурсопотребностью.

Не ограничивая общности, можно считать, что подлежащий трансляции ДО-процесс структурно состоит из набора учебных курсов $z = \{J_i, i = 1 \dots N\}$, каждому из которых соответствует некоторая цепочка работ $J_i = \{j_i = 1 \dots k_i\}$ с определенными ресурсопотребностями, задаваемыми либо объемом ресурсов R (в случае прерываемых работ), либо интенсивностью потребления ресурсов в единицу времени (R, τ) . Пример представления совокупности курсов, образующих ДО-процесс, приведен на рис. 2. При такой упрощенной структуре курсов очевидно, что в последовательности работ курса прерываемые (круги, рис. 2) и непрерываемые (прямоугольники, рис. 2) работы чередуются, так как последовательно исполняемые однотипные работы можно рассматривать как одну. Числами на рис. 2 обозначены соответствующие ресурсопотребности работ, составляющих учебный курс.

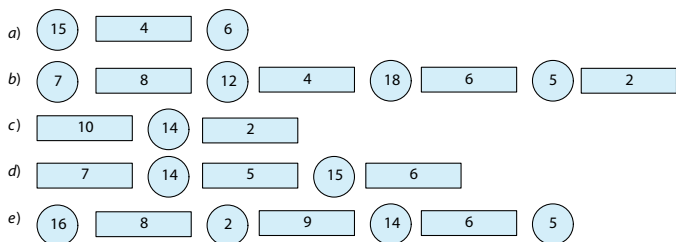


Рис. 2

Предположим также, что исполнение всех непрерываемых работ, связанное с онлайн-овым проведением занятий, происходит с одинаковой продолжительностью, т. е. за один сеанс (равный, например, длительности школьного урока или институтской пары). При этом, поделив на продолжительность сеанса объемы прерываемых работ, период исполнения всех работ ДО-процесса можно принять за единицу, определяя в организации его проведения состав сетевого трафика (приоритеты исполнения определенных работ) по сеансам. Таким образом, задача формирования динамической организации воспроизведения ДО-процесса состоит в планировании по сеансам рациональной загрузки одного или нескольких каналов (диапазонов), обладающих заданной ресурсоемкостью v , линейно упорядоченными прерываемыми или непрерываемыми работами, характеризующимися определенной ресурсопотребностью $R_i, j = 1 \dots N, j = 1 \dots k_i$ и длительностью исполнения в один сеанс. Понимая эффективность решения задачи в смысле минимизации общей продолжительности ДО-процесса в целом, рассмотрим далее некоторые частные случаи.

При отсутствии ограничений, связанных с ресурсоемкостью канала, т. е. при $v = \infty$, формирование оптимальной по продолжительности (по количеству сеансов) динамической организации ДО-процесса можно построить, руководствуясь полиномиальной по вычислительной сложности процедурой «критического пути» РС (path critical) [3], которая применительно к рассматриваемой задаче реализует стратегию: «приоритет — более продолжительным работам».

Таким образом, при неограниченной загрузке работы каждого курса нумеруются от начала к концу (или от конца к началу); работы, имеющие одинаковый номер, относятся к одному ярусу и выполняются в одном сеансе; сеансы с со-

ответствующими работами упорядочиваются по возрастанию (по убыванию).

Очевидно, что в этом случае продолжительность выполнения ДО-процесса в целом (рис. 3) не превосходит продолжительности самого длинного курса, работы которого оказались на «критическом пути» (например, курс «b», рис. 2).

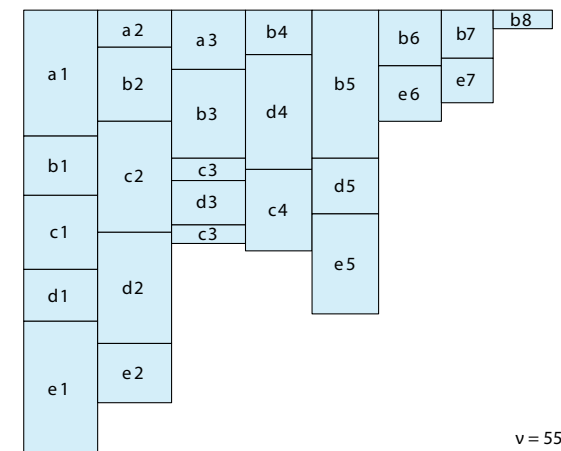


Рис. 3

Наличие ограничений на ресурсоемкость канала существенно изменяет свойства задачи. Так, при ограниченной ресурсоемкости канала исполнение части работ, относящихся к ярусу, суммарно превосходящему предельную величину, должно быть «отложено» на более поздний сеанс. С учетом главной цели — минимизации полного времени проведения ДО-процесса, это, во-первых, порождает вопрос «какие работы должны быть исполнены в текущем сеансе, а какие — в следующем», а во-вторых, может привести к непроизводительным потерям из-за непрерываемых работ, исполнение которых нельзя поделить между сеансами (в отличие от прерываемых). Что касается «укладываемости» некоторого набора работ в заданные пределы, то для того чтобы совокупность ресурсопотребностей R_i (заданных целыми значениями) точно соответствовала ресурсоемкости v , необходимо чтобы наибольший общий делитель R_i являлся бы делителем v [1].

Известные результаты построения ресурсобусловленной организации ДО-процесса относятся к классу переборных по вычислительной сложности проблем даже в самом простейшем случае, когда любой курс состоит всего из одной непрерываемой работы с единичной продолжительностью и некоторой ресурсопотребностью (очевидно, меньшей ресурсоемкости, которую принимают за 1). Приведенный случай, называемый в литературе Задачей о контейнерной загрузке [6], получил свое название из-за очевидной схожести посеансовой загрузки канала с проблемой «минимизации числа контейнеров, обладающих единичной емкостью и используемых для упаковки (конечной или бесконечной) совокупности весов со значениями меньше 1». При формировании динамической организации ДО-процесса, состоящего из занятий с одинаковой продолжительностью, роль контейнеров исполняют позиции расписания сеансов, а «упаковываемыми весами» являются ресурсопотребности работ.

Высокая вычислительная сложность формирования точного построения контейнерной загрузки делает целесообразным приближенное решение этой задачи с помощью процедур списковой загрузки, в которых очередь

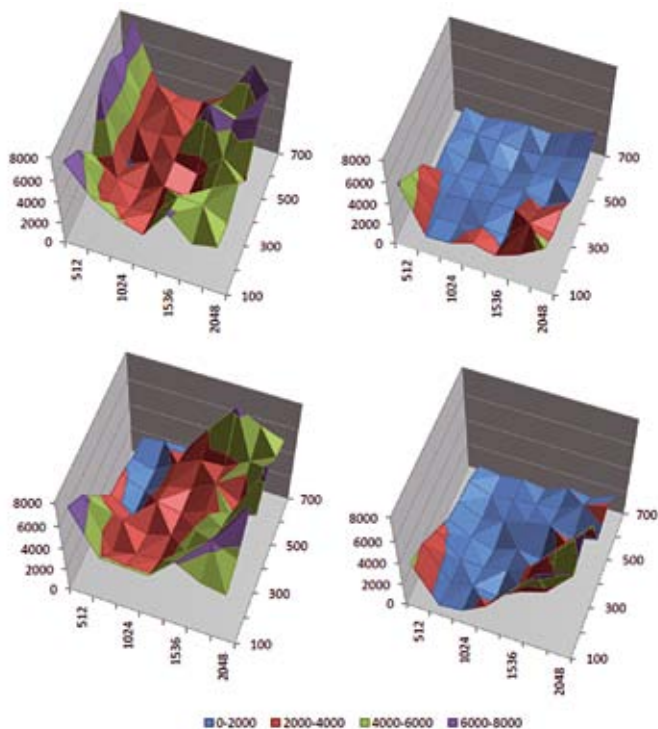


Рис. 7

Таким образом, неразрывно функционирующие средства формирования динамической организации и средства оценки ее эффективности имеют двойное предназначение. Во-первых, они нужны при проектировании ДО-процесса, а во-вторых, при управлении реализацией того же процесса, где они являются штатным инструментом сопровождения, используемым при появлении качественных или коли-

чественных изменений в составе технических средств распределенной системы образовательного типа и/или составе обучаемых.

Построение программной системы постановки множественного эксперимента загрузки информационного графика (сопутствующего исполнению ДО-процесса) позволяет при проектировании ДО и реализующей его распределенной системы образовательного типа определить эффективность приближенных методов в плане минимизации общей продолжительности самого процесса и суммарных простоев используемых технических средств.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Дегтярев Ю. И.** Исследование операций: учеб. для вузов по спец. АСУ. — М.: Высш. шк., 1986.
2. **Луняшин И. В.** Оптимизация загрузки канала в ходе проведения дистанционного образования // Труды 64-й Научной сессии, посвященной дню радио. РНТО РЭС им. А. С. Попова — М.: Инсвязьиздат, 2009. — С.168–170.
3. **Кристофидес Н.** Теория графов. Алгоритмический подход. — М.: Мир, 1978.
4. **Логачев В.** Малые аппаратные средства межсетевое экранирования и создания VPN // Журнал Byte. — 2005. — № 4 (80). URL: <http://www.bytemag.ru/articles/detail.php?ID=9060> (дата обращения 20.09.2009).
5. **Моисеева М. В.** Основные технологии дистанционного обучения. Тезисы лекций. ГОУ Институт развития дополнительного профессионального образования. URL: http://tutors.iite.ru/files/dist_tech_moiseeva.doc (дата обращения: 15.04.2009).
6. **Коффман Э. Г.** Теория расписаний и вычислительные машины. Пер. с англ. — 1984.
7. **Бакалов В. П., Крук Б. И.** Дистанционное обучение: концепция, содержание, управление. — М.: Горячая линия — Телеком, 2008.

Получено 20.10.09

ПАМЯТИ ЕВГЕНИЯ ПАВЛОВИЧА ЗЕЛЕВИЧА



26 марта трагически погиб начальник отдела информационных ресурсов и интеллектуальной собственности (ИРИС) научно-исследовательской части (НИЧ), профессор кафедры инфокоммуникаций Института повышения квалификации Московского технического университета связи и информатики (МТУСИ), академик международных академий связи

(МАС) и информатизации (МАИ), член Ученого совета университета, кандидат технических наук Евгений Павлович Зелевич.

Е. П. Зелевич родился 2 июля 1945 г. в Москве. В 1968 г. окончил факультет «Автоматики, телемеханики и электроники» Московского электротехнического института связи (МЭИС). Научную карьеру начал в Радиотехническом институте им. А. Л. Минца АН СССР, затем вернулся на научно-преподавательскую работу в МТУСИ. С февраля 2007 г. Евгений Павлович сформировал и возглавил в НИЧ отдел ИРИС. За последние годы он внес большой личный вклад в организацию работы по защите интеллектуальной собственности университета: оформлению заявок на изобретения и патенты; опубликованию научных статей и монографий; проведению научных конференций, семинаров и выставок.

Е. П. Зелевич успешно совмещал административную, научную и преподавательскую деятельность. Он — автор более 200 научных трудов и изобретений, двух научных монографий, руководил аспирантами и соискателями.

Многие годы Е. П. Зелевич активно сотрудничал с журналом «Электросвязь» — и как автор научных статей по актуальным направлениям развития электросвязи, и как высококомпетентный и доброжелательный рецензент. Большую помощь оказывал он и Научно-техническому обществу радиотехники, электроники и связи им. А. С. Попова в организации мероприятий Общества, разрабатывал их программы, рекомендовал докладчиков и оппонентов, руководил работой секций «Проблемы развития технологий пластиковых карт и идентификаторов» и «Системы и сети массовых коммуникаций».

В личном общении Евгений Павлович был внимательным товарищем, отзывчивым и добрым человеком. Светлая память о нем надолго сохранится в сердцах тех, кто с ним работал и дружил.

*Группа товарищей,
редколлегия и редакция
журнала «Электросвязь»*