

ПОСТРОЕНИЕ МОДЕЛЕЙ МУЛЬТИСЕРВИСНЫХ СЕТЕЙ

А. Сегайер, стажер МТУСИ

И.И. Цитович, главный научный сотрудник ИППИ РАН д.ф.м.н.; cito@iitp.ru

Ключевые слова: *мультисервисная сеть, математическая модель, робастность, погрешность*

Введение. Исследование моделей мультисервисных сетей (МСС) передачи информации идет по пути их усложнения для обеспечения более точного описания сложных явлений, происходящих в современных сетях связи. Однако усложнение модели приводит к увеличению числа параметров, описывающих функционирование такой модели. Как правило, численные значения параметров модели получают с помощью статистических методов, базирующихся на измерениях, которые могут дать результат только с некоторой погрешностью. При этом необходимо отметить [10], что чем сложнее вероятностная модель обслуживаемого потока, тем труднее получить оценки его параметров с надлежащим качеством, и, следовательно, с усложнением модели погрешности в параметрах модели возрастают.

Необходимо учитывать и то обстоятельство, что даже в простейших случаях, когда делаются предположения о независимости поступающих потоков требований, при их большом числе и большой емкости сети число определяемых параметров (стационарных вероятностей модели) столь велико, что приходится прибегать к приближенным методам расчета [2, 3]. Таким образом, результат вычислений даже при предположении о точном знании параметров модели и об ее адекватности будет приближенным.

Введение в модель элементов управления, что совершенно необходимо при наличии приоритетов в обслуживании и/или для обеспечения заданных параметров трафика [6], делает модель существенно сложнее и предъявляет дополнительные требования к точности определения характеристик модели, поскольку их значения влияют на управляющее воздействие.

Усложнение правил обслуживания потоков в современных телекоммуникационных сетях приводит к тому, что для обеспечения приемлемой точности вычисляемых характеристик необходимо усложнять модели обслуживаемой нагрузки. Часто даже предположение о марковском характере нагрузки становится недостаточным. Для таких случаев широкое распространение получили ВМАР-модели [9], в которых поступающий поток требований описывается марковскими процессами с пачечным поступлением требований, и МАР-модели более высокого порядка, когда поступающий поток требований описывается марковскими процессами второго [7, 8] или более высокого порядка. Например, при переходе к марковским процессам второго порядка число состояний становится равным n^2 (если в простой модели их было n). Увеличивается и число параметров в соответствующей матрице переходных вероятностей, определение которых статистическими способами с высокой точностью становится затруднительным.

Таким образом, возникает противоречие между необходимостью детализации задачи описания функционирования сети (с целью более точного определения характеристик сети) и падением точности определения этих характеристик, обусловленной возрастом числа анализируемых

состояний и увеличивающейся в связи с этим неопределенностью в значениях соответствующих параметров модели. Проблемы, возникающие при статистическом определении значений параметров моделей, описаны в [4, 5]. Параметры приходится задавать в виде интервалов их возможного изменения, отсюда появляется необходимость в исследовании интервальных моделей. Это направление широко представлено в литературе.

Однако на практике применение соответствующих методов не получило широкого распространения, поскольку определяемые с помощью этих методов границы изменения интересующих параметров оказываются очень широкими [1]. При этом, чем сложнее модель, тем шире интервалы возможных значений параметров. При усложнении моделей действует эффект наложения двух негативных факторов: роста числа переменных и роста неопределенности в значениях параметров модели. Поэтому важно понять, когда усложнение модели может привести к более точному результату с учетом неопределенностей, а когда нет.

В связи с этим возникает задача: добиться компромисса между сложностью модели и ее точностью с целью обеспечения заданных параметров при определении важных характеристик функционирования сети [5]. Некоторые из возникающих при этом проблем являются предметом исследования.

В качестве примера возьмем модель цифровой линии МСС [2], в которой параметры модели известны лишь с некоторой точностью. Отметим, что выбрана простейшая модификация модели из [2], поскольку цель состоит в том, чтобы показать насколько быстро изменяется ценность более сложной модели при возникновении погрешностей в ее параметрах. В статье приведены результаты численных исследований. Из них следует, что применение более сложных и, соответственно, более точных моделей может быть оправдано только при учете точности входных параметров модели.

Модель цифровой линии МСС. Приведем некоторые необходимые сведения из [2].

Источник нагрузки, а это может быть речевая нагрузка, потоковое видео (или любая другая мультимедийная нагрузка), передача данных и т.д. требует предоставления определенного количества передаточной емкости вдоль всего пути следования от источника к получателю. Канальный ресурс выделяется на основании либо пикового значения интенсивности генерации пакетов (гарантийное качество обслуживания — QoS), либо значения, лежащего между пиковой и средней интенсивностью генерации пакетов (эффективное QoS). В последнем случае при совместной передаче информационной нагрузки нескольких потоков достигается эффект статистического мультиплексирования.

Пусть в анализируемой модели сети имеется J цифровых линий, а линия с номером j имеет фиксированную скорость передачи S_j бит в секунду. Предположим также, что на сети обслуживаются n потоков сообщений, которые следуют от узла-источника к узлу-получателю по какой-то фиксированной для данного потока цепочке соединительных линий. Будем считать, что для обслуживания сообщения k -го потока

требуется каналный ресурс D_k бит в секунду, одинаковый для каждой из цифровых линий, составляющих маршрут следования сообщений k -го потока. Значение D_k не меняется за время обслуживания и не зависит от порядкового номера передаваемого сообщения.

Назовем основной передаточной единицей (ПЕ) наибольший общий делитель (НОД) целочисленных значений скоростей S_1, \dots, S_j всех цифровых линий, имеющих в сети, и требований к скоростям обслуживания D_1, \dots, D_n , каждого из n присутствующих в сети потоков сообщений. Обозначим одну основную ПЕ через α . Тогда,

$$\alpha = \text{НОД}(S_1, \dots, S_j, D_1, \dots, D_n)$$

будет условной единицей использования передаточного ресурса линии, позволяющей выразить все остальные требуемые ресурсы как целые числа. Поэтому целочисленное представление скорости j -й цифровой линии имеет $v = S_j/\alpha$ основных ПЕ, а целочисленное выражение требования к скорости обслуживания для сообщений k -го потока — $b_k = D_k/\alpha$ основных ПЕ. Выбор основной ПЕ зависит от детализации описания процесса разделения ресурса.

Далее необходимо уточнить маршруты следования потоков в сети. Допустим есть сеть, состоящая из некоторого числа узлов, соединенных между собой цифровыми линиями. Пусть v_j — скорость j -й линии, выраженная в основных ПЕ, $j = 1, 2, \dots, j$, а k -й поток сообщений характеризуется: интенсивностью поступления требований на занятие каналного ресурса λ_k ; средним временем занятия выделенного каналного ресурса T_k в процессе одного занятия; числом основных ПЕ, необходимых для обслуживания поступившего требования b_k ; маршрутом следования сообщений от источника к получателю R_k , который задается последовательностью номеров соединительных линий, составляющих k -й маршрут.

Таким образом, на одну линию может поступать большее число различных потоков сообщений, поскольку одна линия используется во многих маршрутах. При этом необходимо иметь в виду, что, как правило, существуют несколько маршрутов для соединения между двумя абонентами сети, и выбор конкретного маршрута определяется многими факторами. Поэтому нет оснований полагать, что величина λ_k точно известна. Она может колебаться в достаточно широких пределах.

Заявка на установление соединения от k -го потока сообщений реального времени принимается к обслуживанию, если каждая из линий, составляющих маршрут следования k -го потока, имеет свободными не менее b_k основных ПЕ. После завершения обслуживания весь задействованный ресурс освобождается и может быть занят на обслуживание других сообщений, циркулирующих в сети.

В данном случае ограничимся двумя потоками сообщений реального времени, т.е. $n = 2$, для простоты $b_2 > b_1$. Общий ресурс канала равен v единицам. Если для обслуживания вновь поступившего требования недостаточно ресурса линии, то требование теряется.

Тогда случайный процесс $r(t)$, описывающий функционирование линии, имеет вид:

$$r(t) = (i_1(t), i_2(t)),$$

где $i_k(t)$ — число обслуживаемых в момент t требований k -го потока сообщений. Множество возможных состояний процесса

$$S = \{(i, j) : b_1 i + b_2 j \leq v\},$$

где i, j — неотрицательные целые числа.

Система уравнений статистического равновесия принимает вид:

$$1) \quad p(i, j)(\lambda_1 + \lambda_2 + i\mu_1 + j\mu_2) - p(i-1, j)\lambda_1 - p(i, j-1)\lambda_2 - p(i+1, j)(i+1)\mu_1 - p(i, j+1)(j+1)\mu_2 = 0, \quad (1)$$

если $i > 0, j > 0, b_1 i + b_2 j \leq v - b_2$;

$$2) \quad p(0, j)(\lambda_1 + \lambda_2 + j\mu_2) - p(i, j-1)\lambda_2 - p(i+1, j)(i+1)\mu_1 - p(i, j+1)(j+1)\mu_2 = 0, \quad (2)$$

если $j > 0, b_1 i + b_2 j \leq v - b_2$;

$$3) \quad p(0, j)(\lambda_1 + \lambda_2 + i\mu_1 + j\mu_2) - p(i-1, j)\lambda_1 - p(i+1, j)(i+1)\mu_1 - p(i, j+1)(j+1)\mu_2 = 0, \quad (3)$$

если $j > 0, b_1 i \leq v - b_2$;

$$4) \quad p(i, j)(\lambda_1 + i\mu_1 + j\mu_2) - p(i-1, j)\lambda_1 + p(i, j-1)\lambda_2 - p(i+1, j)(i+1)\mu_1 = 0, \quad (4)$$

если $i > 0, j > 0, v - b_2 < b_1 i + b_2 j \leq v - b_1$;

$$5) \quad p(i, j)(i\mu_1 + j\mu_2) - p(i-1, j)\lambda_1 - p(i, j-1)\lambda_2 = 0, \quad (5)$$

если $i > 0, j > 0, v - b_1 < b_1 i + b_2 j \leq v$, и условие нормировки

$$\sum_{(i, j) \in S} p(i, j) = 1. \quad (6)$$

Формулы расчета вероятностей потерь принимают вид:

$$\pi_k = \sum_{(i, j) \in G_k} P(i, j), \quad (7)$$

где $G_1 = \{(i, j) : v - b_1 < b_1 i + b_2 j\}$, $G_2 = \{(i, j) : v - b_2 < b_2 i + b_2 j\}$. Условие, задающее множество G_1 , означает, что вновь поступившее требование из первого потока не будет обслужено из-за нехватки ресурса канала связи, поскольку незанятый объем ресурса меньше необходимого для обслуживания требований первого потока. Аналогично условие, задающее множество G_2 , означает, что вновь поступившее требование из второго потока не будет обслужено.

Интервальная модель линии для передачи сообщений с различной скоростью. В соответствии с рассматриваемыми интервальными моделями предполагаем, что интенсивности потоков известны с погрешностью λ_k (интенсивность k -го потока сообщений), удовлетворяющей условию $\lambda_k \in [\lambda_k^-, \lambda_k^+]$. Для простоты среднее время обслуживания всех сообщений считаем одинаковым и равным 1.

После преобразования множества состояний S в однопараметрическое множество уравнения (1)–(5) формируют систему линейных уравнений:

$$\sum_{j=1}^n a_{ij} x_j = 0, \quad i = 1, 2, \dots, n-1, \quad (8)$$

где n — число элементов в множестве S , если из уравнений (1)–(5) удалить одно из уравнений. Уравнение (6) дает последнее уравнение системы

$$\sum_{j=1}^n a_{nj} x_j = 1, \quad a_{nj} = 1. \quad (9)$$

Таким образом получаем систему уравнений (8)–(9) с определенными коэффициентами a_{ij} :

$$a_{ij}^- \leq a_{ij} \leq a_{ij}^+,$$

Таблица

Исходные данные				Точная модель				Приближенная модель			
b_2	ν	λ_1	λ_2	π_1	$\Delta\pi_1$	π_2	$\Delta\pi_2$	π_1	$\Delta\pi_1$	π_2	$\Delta\pi_2$
1	10	3,50	3,50	0,0787	0,0306	0,0787	0,0389	0,0788	0,0028	0,0788	0,0028
2	15	5,25	2,63	0,0525	0,0192	0,1198	0,0680	0,0470	0,0023	0,1142	0,0051
3	20	7,00	2,33	0,0390	0,0163	0,1419	0,0963	0,0301	0,0019	0,1313	0,0070
5	25	8,75	1,75	0,0312	0,0135	0,2014	0,1660	0,0200	0,0016	0,2037	0,0114
10	30	10,50	1,05	0,0305	0,0065	0,3385	0,3277	0,0136	0,0013	0,5177	0,0247
10	35	12,25	1,23	0,0216	0,0178	0,2896	0,2795	0,0095	0,0010	0,3973	0,0226

где a_{ij}^- , a_{ij}^+ — заданные вещественные числа, полученные на основании границ изменения параметров λ_k ; x_j — искомые неизвестные [1].

Задача поиска решения, дающего минимальную погрешность при любых возможных коэффициентах системы уравнений и называемого универсальным, изложена в [1]. Эта задача трудна с вычислительной точки зрения, поскольку необходимо решать задачу линейного программирования, размерность которой больше размерности исходной задачи. Эти трудности особенно велики при больших значениях n . В связи с этим в [1] введено понятие субоптимального решения, близкого к универсальному. Для нашей ситуации получаем, что субуниверсальное решение имеет вид:

$$x = A^+ b^0,$$

где $A^+ = (A)'(AA')^{-1}$; A' — транспонированная матрица A ; b^0 — вектор, составленный из коэффициентов правых частей системы (8)–(9). Оценка погрешности субоптимального решения имеет вид:

$$\varepsilon = \varepsilon(x) = \Delta A |x|,$$

где ΔA — матрица, составленная из полуинтервалов изменения коэффициентов матрицы A .

Результаты численных исследований. Рассмотрим результаты исследований модели звена МСС, приведенной выше. Сравним результаты вычислений вероятностей потерь требований первого и второго потоков как для введенной модели, так и для упрощенной, когда рассматривается лишь один поток требований.

В упрощенной модели предполагается, что поступает один поток сообщений, интенсивность которого $\Lambda = \lambda_1 + \lambda_2 b_2$, все требования используют $b_1 = 1$ единиц канального ресурса, а среднее время обслуживания равно 1. Выбор значения Λ обусловлен тем соображением, что общая средняя нагрузка на одну ПЕ одинакова в обеих моделях.

Для численной реализации алгоритма расчета вероятностей потерь (7) необходимо реализовать правило вычисления погрешности, описанное в [4]. Поскольку размерность возникающей системы линейных уравнений зависит от соотношений между $b_1 b_2$, ν и наличия у них общих множителей, то n рассчитывается с помощью программной реализации подсчета количества состояний в множестве S . Верхняя оценка для n в рассматриваемом случае имеет вид:

$$n \leq \frac{1}{2}(\nu + 1) \left(\frac{\nu}{b_2} + 1 \right).$$

Расчеты проводились при следующих предположениях: $b_1 = 1$, $b_2 > 1$, интенсивности потоков λ_1 и λ_2 , среднее время обслуживания равно 1, общий ресурс канала равен ν условным единицам. Если предположить, что все параметры известны

точно, то применение приближенной модели дает неудовлетворительный результат в том диапазоне изменения параметров, который рассматривался при вычислениях уже при $b_2 \geq 5$.

Был проведен анализ величины ошибки при определении вероятностей потерь π_k при различных уровнях погрешности в значениях λ_1 и λ_2 . В таблице приведены данные вычислений при 1% относительной погрешности в значениях параметров λ_1 и λ_2 .

Анализ приведенных данных показывает, что в при 10% относительной погрешности в значениях параметров λ_1 и λ_2 интервалы возможных значений π_1 и π_2 оказываются весьма существенными. Например, для $\pi_{c,2}$ получается, что вычисление этой характеристики при $b_2 = 5$ и 10 становится бессмысленным, поскольку любые значения этой характеристики допустимы. Для π_1 относительная погрешность оказывается 200–400%, что так же делает результаты вычислений практически неприемлемыми. Если учесть, что при малых значениях b_2 приближенная модель дает практически те же результаты, что и точная, то становится понятным, что переход к точной модели в данном случае неоправдан.

Заключение. При объединении потоков требований в МСС необходимо учитывать не только свойства самих процессов, но и точность задания параметров. Учет этих обстоятельств может приводить к целесообразности объединения существенно большего количества потоков в один даже при увеличении интервалов возможных изменений параметров.

Уровень погрешности в величинах входных параметров модели может оказывать определяющее значение при решении вопроса о целесообразности введения усложнений в модель. Целесообразность модели при вычислении одних характеристик может не оправдываться при вычислении других.

При необходимости получения гарантированных значений характеристик в ряде случаев имеет смысл использовать более простые модели МСС, хотя они будут давать заведомо смещенные оценки рассчитываемых характеристик.

Работа выполнена при частичной поддержке Программы ОНИТ РАН «Новые физические и структурные решения в инфотелекоммуникациях».

ЛИТЕРАТУРА

1. Ашепков Л.Т. Универсальные решения интервальных задач оптимизации и управления. — М.: Наука, 2006.
2. Лагутин В.С., Степанов С.Н. Телетрафик мультисервисных сетей связи. — М.: Радио и связь, 2000.
3. Наумов В.А., Самуйлов К.Е., Яркина Н.В. Теория телетрафика мультисервисных сетей. — М.: РУДН, 2007.
4. Сегайер А., Цитович И.И. Об интервальных задачах для моделей пакетных сетей // Обозрение прикладной и промышленной математики. — 2008. Т. — 15, № 6. — С. 1130–1131.
5. Цитович И.И. Устойчивые модели трафика мультисервисных сетей // Тр. НРТОРЭС им. А.С. Попова. Вып. : LX-2. — М.: Инсвязьиздат. — 2005. — Т 2. — С. 271–273.

6. **Цитович И.И., Чернушевич А.В.** Влияние гистерезиса на управление приоритетами в телекоммуникационной сети // *Обзорные прикладной и промышленной математики*. — 2008. — Т. 15, № 6. — С. 1141—1142.
7. **Eum S., Harris R.J., Atov I.** Traffic Matrix Estimation Based on Markovian Arrival Process of Order Two (MAP-2) // *Managing Traffic Performance in Converged Networks*. В. — Springer, 2007. — P. 654—665.
8. **Eum S., Murphy J., Harris R.J.** A Fast Accurate LP Approach for Traffic Matrix Estimation // *Performance Challenges for Efficient Next Generation Networks*. Beijing: Beijing University of Post and Telecommunications. — 2005. — P. 243—252.
9. **Lee M.H., Dudin S., Klimenok V.** Queueing Model with Time-Phased Batch Arrivals // *Managing Traffic Performance in Converged Networks*. В.: Springer. — 2007. — P. 719—730.
10. **Tsitovich I., Bubnov Yu., Melik-Gaykazova E.** On robust models of multiservice system traffic // XII-th International summer conference on probability and statistics. — Abstracts. Bulgaria, Sozopol. — 2006. — P. 38.

Получено 22.06.09

ИНФОРМАЦИЯ

СОЗДАВАТЬ ХОРОШИЙ И ПРАВИЛЬНЫЙ КОНТЕНТ

Не только бороться с негативным контентом, но и поддерживать позитивный — так обозначил основную задачу интернет-сообщества заместитель министра связи и массовых коммуникаций РФ А. А. Солда- тов, открывая заседание оргкомитета Года безопасного Интернета в России, посвященное безопасности детей в сети.

Российский оргкомитет по проведению Года безопасного Интернета образован в феврале 2009 г. — в Международный день безопасного Интернета. В него вошли представители организаций, занимающихся развитием Интернета: Координационный центр домена RU, РОЦИТ, Ассоциация RELARN, РосНИИРОС, Фонд Развития Интернет, «Лаборатория Касперского», RU-CENTER и др. Инициатива была одобрена Министерством связи и массовых коммуникаций РФ. Оргкомитет занимается разработкой практических механизмов, способов и методов безопасного использования Интернета в России.

Предварительные результаты программы Года безопасного Интернета за I полугодие:

- для освещения деятельности оргкомитета, а также проблем информационной безопасности и безопасности детей и молодежи в Интернете создан портал Года безопасного Интернета: www.saferinternet.ru;
- проведено более 20 мероприятий по данной тематике с привлечением общественности и СМИ;
- издан первый выпуск информационно-аналитического бюллетеня «Дети в информационном обществе»;
- для отработки механизмов взаимодействия между участниками программы Года безопасного Интернета инициировано более 15 проектов;
- создан аналитический центр с привлечением экспертного совета, состоящего из ведущих специалистов МГУ им. М.В. Ломоносова, Федерального института развития образования, Минобрнауки РФ, Фонда «Общественное мнение» и др.
- в 16 регионах России осуществляется мониторинг «Моя безопасная сеть: Интернет глазами детей и подростков»; собрана база данных опросов более 4500 детей и подростков;
- изданы буклеты и листовки по безопасному поведению детей и подростков в Интернете, обучающие программно-методические комплексы для детей и родителей;

- с целью профилактики рисков и опасностей Интернета для учащихся старших классов разработана методика оценки осознанности интернет-угроз;

- создана компьютерная программа психодиагностики интернет-зависимости для старшеклассников и молодежи;

- для стимулирования развития позитивного контента проводится конкурс на лучший интернет-ресурс с контентом, ориентированным на детско-юношескую аудиторию. За четыре месяца поступило около 80 заявок.

Что касается планов оргкомитета на II полугодие, то члены попечительского совета программы Года безопасного Интернета рекомендовали совершенствовать механизмы мониторинга негативного контента в сети, активнее взаимодействовать с бизнес-сообществом для формирования системы грантов на проекты по созданию позитивного контента для детской и юношеской аудитории, а также поручить оргкомитету Года безопасного Интернета до 1 февраля 2010 г. разработать проект Общественного соглашения по принципам безопасности детей и молодежи в сети Интернет.

Криминогенная обстановка в Интернете, по словам заместителя начальника управления «К» МВД России **А. Кузнецова**, осложняется: с сетью связано более 60% преступлений в информационной среде, и если за весь 2008 г. было зафиксировано 14 тыс. преступлений, то за первую половину текущего года — 11 тыс. В рамках борьбы с противоправным контентом за последние полгода было закрыто свыше 2000 интернет-сайтов и страниц. Это серьезный шаг в создании безопасной информационной интернет-среды.

О нарастании информационной угрозы говорил и **С. Земков** из «Лаборатории Касперского»: в 2007 г. было выявлено 0,5 млн. зараженных файлов, в 2008 г. — 17 млн., в 2009—30 млн. Так что только силовыми методами проблему не решить.

Выступавшие на открытом заседании оргкомитета Года безопасного Интернета в России говорили о необходимости саморегуляции интернет-сообщества, о взаимодействии с органами власти в деле создания преград на пути проникновения незаконного контента в детскую аудиторию. Однако эта преступная сеть трудно уловима, законодательство в этой области пока несовершенно. Член Общественной палаты РФ **О. Костина** (правозащитное движение

«Спротивление») рассказала, насколько сложно продвигать законодательные инициативы, испытывая жесткий прессинг со стороны тех, кто занимается распространением детской порнографии как бизнесом.

Преступлений в отношении несовершеннолетних становится все больше. Необходимо пересмотреть не только Уголовный, но и Уголовно-процессуальный кодекс. Члены Общественной палаты РФ совместно с представителями интернет-сообщества продолжают эту работу. По словам О. Костиной, Следственный комитет при Генеральной прокуратуре России готовится создать специальное подразделение, которое будет заниматься только преступлениями против детей.

Е. Юрьев (член Общественной палаты РФ, председатель Общественного совета ЦФО) предложил привлечь к фильтрации контента коммерческих провайдеров: надо создать условия для того, чтобы они были заинтересованы в публикации информации о мерах, предпринимаемых ими для защиты контента.

Впрочем, сопротивляемость вредоносному контенту нарастает. Работают горячие линии по приему сообщений о детской порнографии в Интернете и сбору информации о нежелательном контенте. По данным Национального узла безопасности (совместный проект РОЦИТ и движения «Спротивление»), было принято 2712 сигналов о содержащих негативный контент сайтах, удалено 1597 ресурсов. Фонд «Дружественный Рунет» за 8 месяцев своего существования получил на горячую линию 4500 сообщений, обнаружил 2000 ресурсов, содержащих контент с детским порно, удалил вредоносный контент с 1700 сайтов.

Заинтересованность в решении проблемы проявляет бизнес. «Лаборатория Касперского», например, поддерживает акцию «Как вести себя в Интернете», стартовавшую на детском портале «Твиди», а «Комстар-ОТС» — www.interneshka.ru. К конкурсу «Позитивный контент» подключились разработчики сайтов и «безопасники». 165 городов, 120 вузов — сфера охвата Cisco: мировой вендор делает акцент на профессиональных пользователей, готовя из школьников 9—11 классов помощников системных администраторов. «Лаборатория Касперского» прививает «навыки компьютерной гигиены» в рамках «Школы Касперского» и «Академии Касперского».