

УДК 621.34

В.В. Босько

Кировоградский национальный технический университет, Кировоград

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОВЕДЕНИЯ ИНФОРМАЦИОННОГО ПОТОКА В ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ

Проведен анализ подходов в прогнозировании поведения информационного потока. Проведено исследование параметров характеризующих поведение информационного трафика. Определено, что одним из параметров, характеризующих поведение информационного потока в ТКС, определяющих класс трафика и вид передаваемой информации, является коэффициент пачечности. Разработан метод прогнозирования поведения информационного потока в телекоммуникационной сети. Проведено имитационное моделирование различного вида трафика циркулирующего в компьютерных сетях систем критического применения с целью исследования его потоковых свойств. Построены графики частот переходов интенсивности информационного потока по уровням квантования. Сделаны выводы о целесообразности использования разработанного метода.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, сетевой трафик, прогнозирование поведения трафика, идентификация трафика.

Введение

Постановка проблемы. Опыт проектирования телекоммуникационных сетей (ТКС), а так же анализ и сравнительное исследование перспективных направлений развития цифровых телекоммуникационных систем и сетей показали, что для повышения оперативности передачи данных необходимо наличие подробных сведений о многих параметрах (тактико-технических характеристиках) ТКС, количестве каналов связи и схемах распределения информационного потока. Эти сведения во многом определяются на основе мониторинга ТКС и прогнозирования поведения информационного потока в ней [4, 7].

Анализ литературы [1, 2, 5 – 9] показал, что многообразие подходов в прогнозировании поведения информационного потока (долгосрочное, среднесрочное, краткосрочное, в режиме реального времени и т.д.) подразумевает использование различных методов прогнозирования (экстраполяции, тренда линейной процедуры, нормативного, фрактального анализа, причинной связи (статистические) и др.).

Анализ методов экстраполяции, тренда линейной процедуры, а так же нормативного метода прогнозирования [5, 7, 10] показал, что, несмотря на ряд их достоинств (простота реализации, независимость оценок прогнозирования от увеличения телекоммуникационной плотности и др.), недостатки, связанные с низкой точностью оценки выходных параметров, сложностью определения ошибки и др. делают возможным использование указанных методов только при долгосрочном и среднесрочном прогнозировании. Таким образом, практическая реализация указанных методов возможна только при проектировании и эксплуатации глобальных или региональных ТКС.

Основная часть

Исследования статистических методов прогнозирования, а также методов фрактального анализа [9] показали, что, используемый в этих методах учет совокупности тактико-технических характеристик каналов и узлов связи, анализ закономерностей поведения информационного потока и адаптация характеристик ТКС к выявленным изменениям при управлении информационным потоком позволяет повысить точность оценивания и прогнозирования. Это дает возможность использования этих методов при краткосрочном прогнозировании, прогнозировании в режиме реального времени, а также проектировании не только глобальных, но и локальных сетей.

В работах [2, 3, 9] представлены статистические методы прогнозирования поведения информационного потока основанные на квантовании и сегментации трафика. При таком подходе прогнозирования на интервале времени $t_{\text{прогн}}$ интенсивность λ_j j -го входного информационного потока квантуется на ℓ уровней, а сам интервал сегментируется на равные подинтервалы длительностью $\tau = n\Delta t$, где Δt – длина минимального подинтервала измерения интенсивности, n – размер сегмента, на котором осуществляется прогнозирование (рис. 1). Далее формируется матрица частот переходов значений максимальной интенсивности на каждом сегменте из одного уровня квантования на другой $W = (w_{\zeta,\theta})$, где $w_{\zeta,\theta}$ – количество переходов из ζ -го уровня квантования на θ -й за рассматриваемое время $t_{\text{прогн}}$. После выполнения процедур нормирования матрицы W по строкам [9]

$$W_{\theta}^{(n)} = \left(w_{\zeta, \theta} / \sum_{\zeta=1}^{\ell} w_{\zeta, \theta} \right)$$

и сопоставления полученных результатов с известными (полученными опытным путем) значениями условных плотностей вероятности изменений поведения информационного трафика можно получить прогноз «мгновенного» значения интенсивности информационного потока на «следующем» подинтервале времени $\tau = n\Delta t$. Подобная методика может успешно использоваться в случаях прогнозирования поведения трафика данных, не допускающих интенсивных флуктуаций (служебной информации, информационного обмена, доступа к WEB-ресурсам и др.).

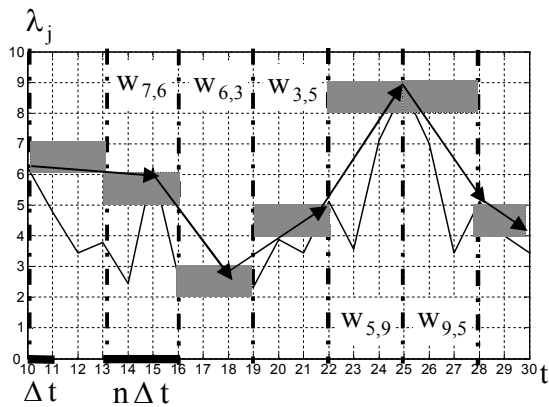


Рис. 1. Процесс квантования и сегментации информационного трафика

Однако проведенные исследования показали, что, несмотря на анализ входных данных в режиме реального времени с учетом статистических закономерностей (причинных связей) в поведении информационного трафика подход с оценкой только интенсивности информационного потока не позволяет в полной мере оценить закономерности в поведении информационного потока и спрогнозировать его дальнейшее поведение. Так, например, при обмене видеоинформацией передача полных кадров с определенной периодичностью чередуется с пересылкой разностных кадров (межкадровое кодирование), что влечет за собой флуктуационные изменения интенсивности потока информации. А, например, использование IP-телефонии подразумевает передачу голосовой информации, преобразованной в поток цифровых данных, интервалы которой чередуются с интервалами «тишины», что также вызывает определенные изменения интенсивности информационного потока.

Таким образом, все перечисленные процессы вызывают динамические изменения (флуктуации) в интенсивности информационного потока, и адекватное прогнозирование дальнейшего поведения трафика становится невозможным без идентифика-

ции (определения вида) передаваемой информации.

Анализ ряда работ [1, 2, 5] показал, что одним из параметров, характеризующих поведение информационного потока в ТКС, определяющих класс трафика и вид передаваемой информации является коэффициент пачечности $k_{пач}$:

$$k_{пач} = \frac{\lambda_{max}}{\lambda_{cp}}, \tag{1}$$

где $\lambda_{max} = \max \lambda(t)$ – максимальная (пиковая) интенсивность информационного потока;

$$\lambda_{cp} = \frac{1}{T} \int_0^T \lambda(t) dt$$

– средняя интенсивность информационного потока.

Исходя из этого, процесс прогнозирования поведения информационного потока целесообразно разбить на ряд этапов.

На первом этапе на основе информации, поступившей от аппаратных или программных средств мониторинга «внешней среды» (каналов связи) и статистических данных поведения информационного потока производится расчет и оценка коэффициента пачечности. На основе этого параметра производится идентификация интерактивных служб и определяется вид трафика.

Результаты данного процесса на втором этапе в виде стандартизированной служебной информации (например, масок или идентификаторов) передаются в базу данных частот переходов максимальной интенсивности, где производится выбор матриц частот соответствующих интерактивных служб.

На третьем этапе путем анализа и оценки записей матриц частот переходов максимальной интенсивности и данных об интенсивности входного потока информации производится прогнозирование изменения интенсивности информационного потока на «следующем» ($\tau = n\Delta t$) подинтервале времени.

Пусть $Z^{(1)}, Z^{(2)}$ – комбинированные случайные переменные, обозначающие «недавнее прошлое» и «ближайшее будущее» в поведении информационного потока в ТКС. В процессе прогнозирования чаще всего необходимо определить условную вероятность того, что некоторый исследуемый параметр γ находится в диапазоне $Z^{(2)}$ после нахождения в диапазоне $Z^{(1)}$:

$$P\{Z^{(2)} = \gamma | Z^{(1)} = \varepsilon\}. \tag{2}$$

Например, если ε – высокая величина трафика, будет интересно узнать, какова может быть вероятность еще большего возрастания трафика в «ближайшем будущем».

Для упрощения решения задачи прогнозирования поведения трафика от функции $Z^{(i)}$ перейдем к

величинам $L_h^{(i)} \left(L_h^{(i)} = L_h^{(i)} \left(Z^{(i)} \right) \right)$, виконуючим некоторое квантование исходных параметров ($L_h^{(1)}$ – «текущий» уровень квантования, $L_h^{(2)}$ – прогнозируемый уровень квантования).

Предположим число уровней h квантования выбрано равным 10. Тогда, если $L_h^{(i)} \approx 1$, то уровень трафика будем считать «низким» относительно среднего значения, а если $L_h^{(i)} \approx 10$, то «высоким». Таким образом, на некотором интервале времени T выражение (2) можно трансформировать в выражение:

$$w_{L_h^{(1)}, L_h^{(2)}} \left\{ L_h^{(2)} \mid L_h^{(1)} = \theta \right\} \text{ для } \ell \in [1; 10]. \quad (3)$$

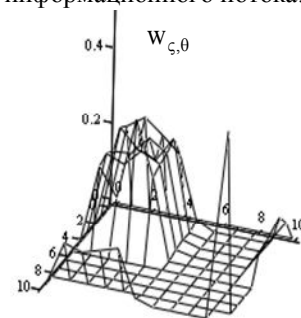
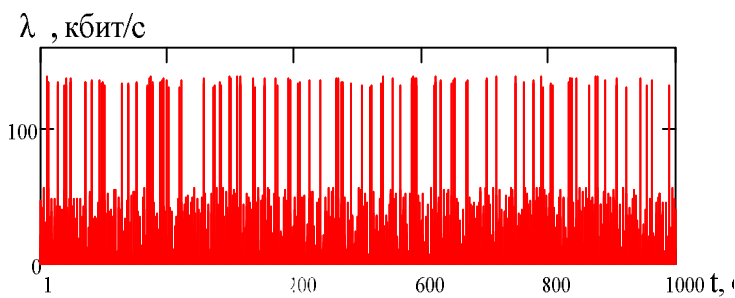


Рис. 2. Модель видеопотока и соответствующий график частот $w_{L_h^{(1)}, L_h^{(2)}}$ переходов интенсивности информационного потока по уровням квантования

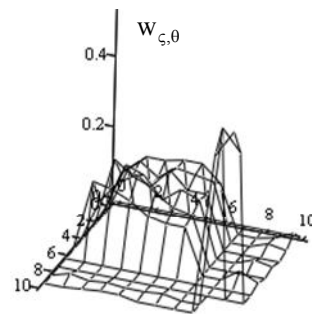
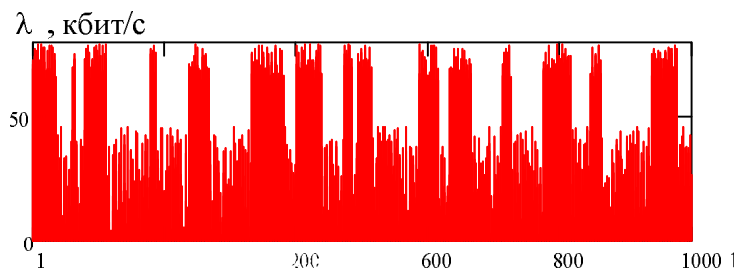


Рис. 3. Модель IP-телефонии и соответствующий график частот $w_{L_h^{(1)}, L_h^{(2)}}$ переходов интенсивности информационного потока по уровням квантования

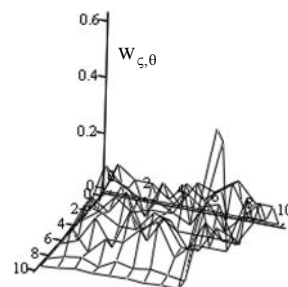
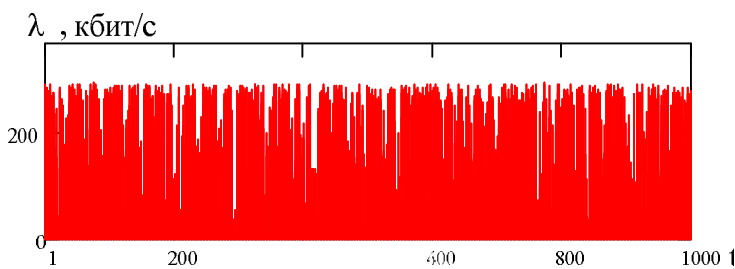


Рис. 4. Модель мультисервисного трафика и соответствующий график частот $w_{L_h^{(1)}, L_h^{(2)}}$ переходов интенсивности информационного потока по уровням квантования

На рис. 2 – 4 графически представлены модели различного вида телекоммуникационного трафика и соответствующие каждому виду графики частот $w_{L_h^{(1)}, L_h^{(2)}}$ переходов интенсивности информационного потока по уровням квантования (10 уровней).

Анализ рис. 2 – 4 показал разнородность поведения информационного потока при передаче различной информации.

Поэтому полученные в результате эксперимента матрицы частот переходов значений максимальной интенсивности для различных видов телекоммуникационного трафика значительно отличаются друг от друга, что подтверждает предположения о необходимости предварительной идентификации входной информации для адекватного прогнозирования поведения информационного потока.

Из рисунков также видно, что наиболее часто в рассматриваемых процессах встречаются переходы с 10-го на 1-й, с 4-го на 3-й и со 2-го на 3-й уровни квантования для видеоинформации, с 10-го на 6-й, с 8-го на 7-й и с 3-го на 6-й уровни квантования при передаче данных, с 9-го на 9-й, с 6-го на 2-й и с 5-го на 4-й уровни квантования для IP-телефонии, а так же с 9-го на 10-й, с 8-го на 3-й и с 6-го на 1-й уровни квантования при мультисервисном обслуживании.

Исходя из этого, в качестве примера можно отметить, что вероятнее всего после того, как интенсивность входящего потока примет максимальное значение, соответствующее, например, для видеоинформации 10-му уровню квантования, на последующем временном сегменте (интервале прогнозирования) интенсивность примет значение, не превышающее 1-го уровня квантования.

Основываясь на полученных в результате эксперимента значениях максимальных частот переходов по уровням квантования можно построить графики плотности распределения эмпирических вероятностей переходов с уровня на уровень.

На рис. 5 представлены графики плотности распределения эмпирических вероятностей переходов с уровня на уровень при передаче видеоинформации (рис. 5, а), IP-телефонии (рис. 5, б) и мультисервисном трафике (рис. 5, в).

Анализ графиков (рис. 5) показывает смещение максимальных значений вероятности перехода «вправо», характерное для большинства практических случаев передачи информации.

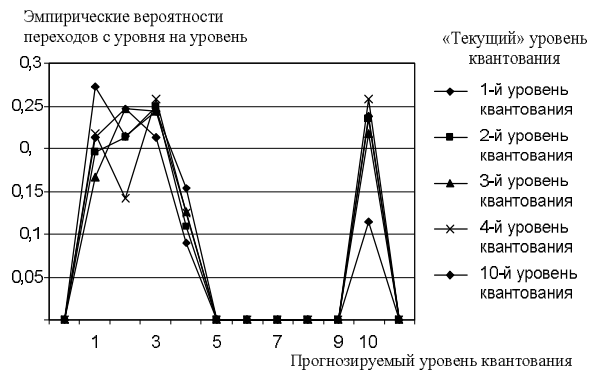
Это смещение дает возможность прогнозирования поведения информационного потока на подинтервале времени $\tau = n\Delta t$.

В соответствии с результатами, полученными на третьем этапе метода, прогнозирования поведения информационного потока в ТКС осуществляется управление буфером памяти и оптимизация множества маршрутов передачи информации.

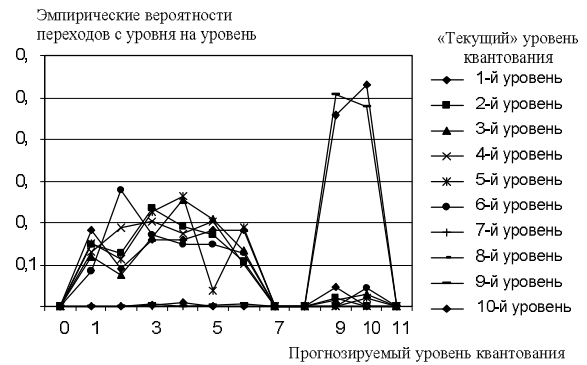
Управление буфером памяти осуществляется в соответствии с методиками, предложенными в работах [2, 9], а оптимизация множества маршрутов передачи информации в соответствии с процедурой, предложенной в работе [8].

Проведем сравнительный анализ разработанного метода прогнозирования поведения информационного потока в телекоммуникационной сети с известными [3, 4, 7, 9, 10] методами прогнозирования.

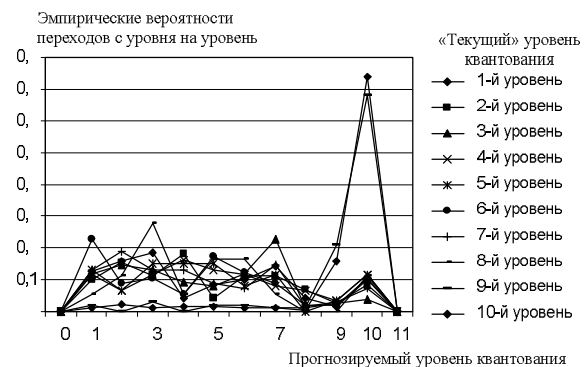
На рис. 6 проиллюстрированы плотности распределения эмпирических вероятностей переходов с уровня на уровень при передаче мультисервисного трафика, полученные с помощью известного метода перегрузочного управления трафиком [4].



а



б



в

Рис. 5. Плотность распределения эмпирических вероятностей переходов с уровня на уровень при передаче видеоинформации, IP-телефонии и мультисервисном трафике



Рис. 6. Плотность распределения эмпирических вероятностей переходов с уровня на уровень при передаче мультисервисного трафика, полученные с помощью известного метода перегрузочного управления трафиком

Анализ приведенных графиков (рис. 5 – 6) показал, что пренебрежение процессом идентификации входящего потока данных может привести к неточностям в прогнозировании дальнейшего поведения трафика. Например, использование указанной процедуры позволяет уточнить прогнозирование дальнейшего поведения мультисервисного трафика до 30%.

Выводы

Таким образом, разработан метод прогнозирования поведения информационного потока в телекоммуникационной сети, отличающийся от известных использованием процедуры предварительной идентификации интерактивных служб и определения вида трафика для повышения точности прогнозирования.

Обладая предполагаемыми данными об интенсивности входящих потоков информации и оптимальном количестве маршрутов, используемых для передачи данных, можно осуществлять перераспределение информационных потоков по найденному множеству маршрутов.

Список литературы

1. Городецкий А.Я. Информационные системы. Вероятностные модели и статистические решения: учебн. пособие / А.Я. Городецкий. – СПб: Изд-во СПбГПУ, 2003. – 326 с.
2. Дмитриенко В.Д. Исследование потоковых свойств трафика, циркулирующего в компьютерных сетях систем критического применения для определения интервалов времени управления сетевыми ресурсами /

В.Д. Дмитриенко, Н.И. Науменко, С.Г. Семенов // Системы управления, навигации та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації і управління, 2009. – Вип. 3(11). – С. 198-201.

3. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
4. Лагутин В.С. Телетрафик мультисервисных сетей связи / В.С. Лагутин, С.Н. Степанов. – М.: Радио и связь, 2000. – 320 с.
5. Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров АТМ сетей / А.Н. Назаров. – М.: Горячая линия – Телеком, 2002. – 256 с.
6. Семенов А.Д. Идентификация объектов управления: учебн. пособие / А.Д. Семенов, Д.В. Артамонов, А.В. Брюхачев. – Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та, 2003. – 211 с.
7. Семенов С.Г. Анализ методов прогнозирования в телекоммуникационных сетях автоматизированных систем управления / С.Г. Семенов // Системы управления, навигации та зв'язку. – К.: ЦНДІ навігації і управління, 2008. – Вип. 2(6). – С. 134-137.
8. Семенов С.Г. Оптимизация структуры распределенных вычислительных сетей при ограничениях на показатели своевременности доставки сообщений и живучести сети / С.Г. Семенов // Системы обработки информации. – Х.: ХУ ПС, 2006. – Вип. 1(50). – С. 152-154.
9. Шелухин О.И. Фрактальные процессы в телекоммуникациях / О.И. Шелухин, А.М. Тенякиев, А.В. Осин. – М.: Радиотехника, 2003. – 480 с.
10. Шелевицкий И.В. Методы та засоби сплайн-технології обробки сигналів складної форм / И.В. Шелевицкий. – Кривий Ріг: Європейський університет, 2002. – 304 с.

Поступила в редколлегию 27.07.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.А. Краснобаев, Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства им. П. Василенко, Харьков.

РОЗРОБКА МЕТОДУ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОВЕДІНКИ ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОТОКУ В ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЙНІЙ МЕРЕЖІ

В.В. Босько

Проведений аналіз підходів в прогнозуванні поведінки інформаційного потоку. Проведено дослідження параметрів, що характеризують поведінку інформаційного трафіку. Визначено, що одним з параметрів, що характеризують поведінку інформаційного потоку в ТКС, та визначають клас трафіку і вид передаваної інформації, є коефіцієнт пахачності. Розроблений метод прогнозування поведінки інформаційного потоку в телекомунікаційній мережі. Проведено імітаційне моделювання різного виду трафіку циркулюючого в комп'ютерних мережах систем критичного застосування з метою дослідження його потокових властивостей. Побудовані графіки частот переходів інтенсивності інформаційного потоку по рівнях квантування. Зроблені висновки про доцільність використання розробленого методу.

Ключові слова: телекомунікаційна мережа, мережевий трафік, прогнозування поведінки трафіку, ідентифікація трафіку.

DEVELOPMENT OF METHOD OF PROGNOSTICATION OF CONDUCT OF INFORMATIVE STREAM IS IN TELECOMMUNICATION NETWORK

V.V. Bos'ko

The analysis of approaches is conducted in prognostication of conduct of informative stream. Research of parameters is conducted characterizing the conduct of informative traffic. It is certain that one of parameters, characterizing the conduct of informative stream in TKS, determining the class of traffic and type of transferrable information, there is a coefficient of packing. The method of prognostication of conduct of informative stream is developed in a telecommunication network. The imitation design of different type of traffic is conducted circulatory in the computer networks of the systems of critical application with the purpose of research of his stream properties. The graphs of frequencies of transitions of intensity of informative stream are built on the levels of quantum. Conclusions are done about expedience of the use of the developed method.

Keywords: telecommunication network, network traffic, prognostication of conduct of traffic, authentication of traffic.