

ТЕХНОЛОГІЯ УПРАВЛІННЯ РОЗВИТКОМ

УДК 681.3.06

Л.А. Терейковская

*Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев***ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТОДОВ ТЕОРИИ ВЕЙВЛЕТ-ПРЕОБРАЗОВАНИЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ INTERNET-СЕРВЕРОВ**

Рассмотрена проблема прогнозирования технического состояния Internet-серверов. Указаны недостатки существующих методов ее решения. Очерчены перспективы использования методов теории вейвлет-преобразований для прогнозирования параметров, определяющих техническое состояние Internet-серверов.

Ключевые слова: *Internet-сервер, техническое состояние, параметры работоспособности, вейвлет-преобразования*

Постановка проблемы

В связи с интенсивным ростом распределенных сетевых компьютерных систем, внедрением таких систем в различные отрасли деятельности человека, проблема обеспечения надежности их функционирования становится все более важной и актуальной. В состав практически всех современных сетевых компьютерных систем входит один или несколько серверов, обеспечивающих интеграцию с глобальной компьютерной сетью Internet. К типовым функциям Internet-серверов относятся обеспечения сервисов: WWW, FTP и электронной почты. Практический опыт указывает на неоднократные нарушения работоспособности сетевых компьютерных систем по причине нарушения функционирования программного обеспечения Internet-сервера, как вследствие отказа сервера, так и вследствие успешной атаки злоумышленниками. Например, известны случаи отказов сетевых банковских платежных систем из-за отказов Веб-серверов. Это указывает на необходимость проведения исследований, направленных на обеспечение требуемого уровня надежности программного обеспечения Internet-серверов, что и является общей проблемой настоящей статьи. Проблема непосредственно связана с таким важным научно-практическим заданием, как обеспечение надежности глобальных компьютерных сетей.

Анализ последних достижений и публикаций, на которые опирается автор

В общем случае под понятием надежности программного обеспечения Internet-серверов

понимают его способность безотказно выполнять определенные функции при заданных условиях в течении заданного периода времени. Проблеме обеспечения требуемого уровня надежности Internet-серверов посвящено много научно-практических работ, анализ которых указывает на то, что одним из основных направлений ее решения является проведение профилактических работ, направленных на положительное изменение их технического состояния. При этом считается, что техническое состояние Internet-сервера можно оценить по величине одного или нескольких параметров, контролируемых на эксплуатации. Данные параметры получили название определяющих параметров. Также считается, что пока их величины находятся в заданных пределах, то Internet-сервер работоспособен. В противоположном случае происходит отказ. Диапазон значений определяющих параметров между верхним и нижним заданным пределом задает область работоспособности Internet-сервера. Упрощенной иллюстрацией описанного подхода является рис.1, на котором показан график изменения одного параметра работоспособности в процессе эксплуатации.

В работе [5] отмечено, что задача расчета оптимального режима проведения профилактических работ должна базироваться на модели прогнозирования значений определяющего параметра. Отметим, что в теоретических работах в области защиты информации аналогом модели прогноза являются шаблоны нормального поведения, которые применяются в системах определения сетевых атак. В настоящее время существует довольно много моделей прогноза определяющего параметра, однако наибольшее распространение получили модели, базирующиеся

на статистическом анализе данных, зарегистрированных в процессе эксплуатации компьютерных систем.

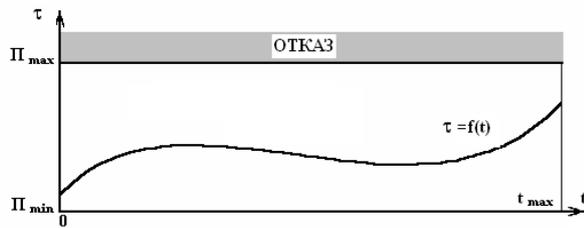


Рис. 1. График определяющего параметра:

τ – определяющий параметр; π_{\max} , π_{\min} – верхний и нижний предел области работоспособности; $\tau=f(t)$ – функция изменения определяющего параметра; t – время эксплуатации Internet-сервера; t_{\max} – предельное время эксплуатации Internet-сервера

Несмотря на большой потенциал указанных моделей, их использование для прогнозирования технического состояния Internet-серверов затрудняется сложностью обработки исходных статистических данных. Путем решения данной проблемы может быть использование методов теории вейвлет-преобразований, которые уже доказали свою эффективность в подобных случаях.

Формулировка целей статьи

Оценить возможности использования методов теории вейвлет-преобразований для построения моделей прогноза технического состояния Internet-серверов.

Изложение основного материала исследований

Очевидно, что перспективы использования методов теории вейвлет-преобразований для прогнозирования технического состояния Internet-серверов можно оценить, базируясь на соотношении возможностей указанных методов с типовыми задачами обработки статистических данных при формировании соответствующей модели прогноза.

В общем случае модель прогноза состояния технической системы должна учитывать тренд процесса, периодичность и локальные особенности исследуемого процесса.

Под понятием тренд понимают основную тенденцию динамики исследуемого процесса (постоянный спад или подъем). Тренд показывает развитие процесса вне зависимости от периодических колебаний и локальных особенностей. Как правило, тренд прогнозируют с помощью функциональной зависимости математического ожидания параметров, характеризующих процесс от времени. Определение этой функции в настоящее время считается

тривиальной задачей, решение которой разделяется на два этапа. На первом этапе, исходя из физики процесса, выбирается аппроксимирующая функция. На втором этапе рассчитываются параметры аппроксимирующей функции. В основном используются линейная ($y=kx+b$), параболическая ($y=kx^2+b$) или экспоненциальная ($y=e^{kx+b}$) функции. Расчет параметров этих функций возможно реализовать методом наименьших квадратов.

Под периодичностью (самоподобностью) процесса понимают его повторяемость через определенные промежутки времени. Указанные промежутки времени называют периодами или лагами. Сложность периодического анализа заключается в потенциальной многопериодичности и нестационарности исследуемого процесса. В данном случае подразумевается нестационарность возникновения и существования периодических составляющих. На рис. 2 показан пример графиков сложной трехпериодической функции $Y=\sin(t)+2\sin(2t)+4\sin(7t)$ и ее составляющих на интервале $t \in [0, 360]$. В этом примере периодичность функции не зависит от времени.

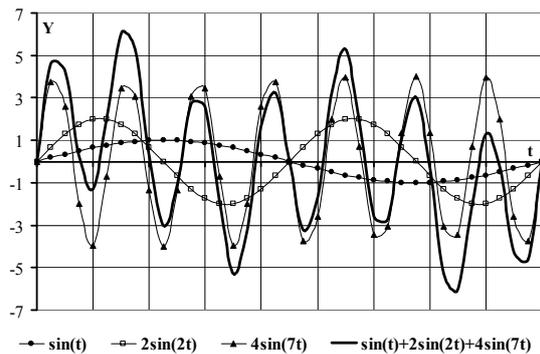


Рис. 2. График трехпериодической функции и ее составляющих

На рис.3 показан пример графика двухпериодической функции $Y=\sin(t)+\sin(7t)$ и ее составляющих на интервале $t \in [0, 360]$. В этом примере периодическая составляющая $\sin(7t)$ возникает только на части интервала существования двухпериодической функции. Вследствие этого периодичность функции зависит от времени.

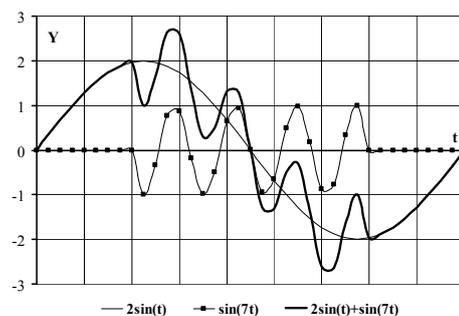


Рис. 3. График стационарной двухпериодической функции и ее составляющих

Анализ (рис. 2;3) подтверждает сложность расчета периодических составляющих процесса изменения технического состояния и указывает на необходимость применения специализированных методик для такого расчета.

Еще одним важным фактором, который необходимо учитывать при составлении прогноза технического состояния, являются локальные особенности, т.е. резкие, скачкообразные изменения его характеристик. Соответствующий пример функции показан на рис.4: это график однопериодической функции $Y=2\sin(t)$ на интервале $t \in [0, 360]$ с локальной особенностью в окрестности точки $t=120$.

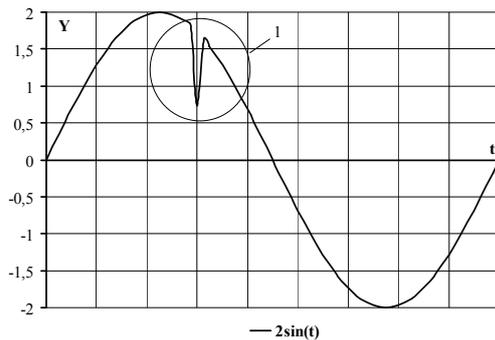


Рис.4. График однопериодической функции, имеющий одну локальную особенность

Локальные особенности могут иметь как случайный, так и систематический характер. Грамотный анализ локальных особенностей позволяет восстановить информацию о динамике технического состояния в "спокойных", стабильных условиях и получить более достоверную аналитическую информацию.

Еще одной важной задачей составления модели прогноза технического состояния является предварительная обработка статистических данных с целью выделения из них шумовых составляющих.

Рассмотрим типовые зависимости изменения параметров, характеризующих работоспособность Internet-сервера [2, 3]. На практике для оценки работоспособности используются различные характеристики, в том числе параметры сетевой активности и параметры обращений пользователей к ресурсам Internet-серверов. В настоящей работе в качестве параметров работоспособности использовались количество TCP/IP пакетов, полученных Internet-сервером за единицу времени, и количество просмотров Web-страниц. На рис. 5, 6 представлены графики количества TCP/IP пакетов, полученных Web-сервером при частоте регистраций 1 минута и 1 час соответственно. На рис. 7 представлен график просмотров Web-страниц, при частоте регистрации 1 час. Рис. 5, 6 построены по данным [3], рис.7 — на основании данных информационного сайта www.finance.ua,

посвященного финансовым операциям. Сравнение рис. 5-7 с рис. 2-4 указывает на то, что при разработке модели прогноза технического состояния Internet-серверов необходимо решить большинство задач, характерных для построения подобной модели в общем случае.

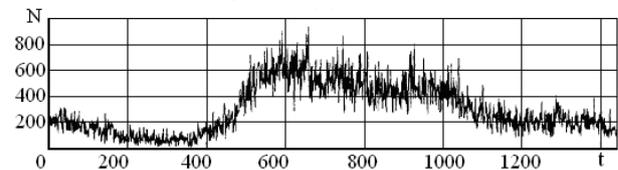


Рис. 5. График количества TCP/IP пакетов при частоте регистраций 1 минута

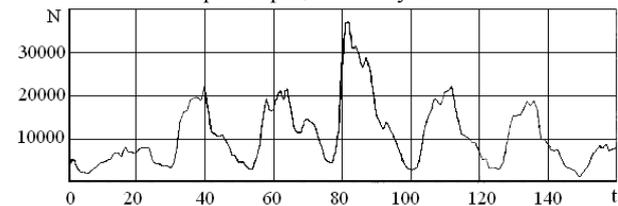


Рис. 5. График количества TCP/IP пакетов при частоте регистраций 1 час

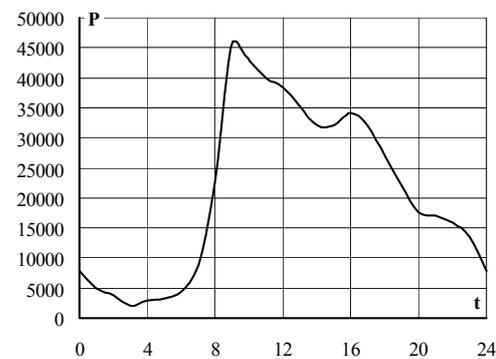


Рис. 7. График количества просмотров Web-страниц

Очевидна многопериодичность динамики параметров работоспособности, зависимость некоторых периодических составляющих от времени, а также необходимость предварительного выделения шума из исходных статистических данных. При этом на рис. 5-7 нет ярко выраженного тренда, что можно пояснить небольшим интервалом наблюдений и стабильными условиями функционирования Internet-серверов в данных примерах. Учитывая достаточно апробированную методику расчета тренда, можно сделать вывод о том, что его определение в основном будет зависеть от представительности статистических данных. Определение основных задач обработки статистических данных при разработке модели прогноза состояния Internet-серверов позволяет перейти к анализу возможностей методов теории вейвлет-преобразований [1, 4]. Данная теория является развитием спектрального анализа данных, представителем которого является классическое преобразование Фурье. Формально интегральное вейвлет-преобразование функции $f(t) \in L^2(R)$

записывается так:

$$W(a,b) = |a|^{-0.5} \int_{-\infty}^{\infty} f(t) \psi^* \left(\frac{t-b}{a} \right) dt ,$$

где ψ – базовый вейвлет, * – процедура комплексного сопряжения, a – масштаб вейвлета, b – сдвиг вейвлета, $a, b \in R, a \neq 0$.

Вейвлеты – это обобщенное название семейства функций хорошо локализованных в небольшой окрестности некоторой точки и резко убывающих до нуля по мере удаления от нее во временной и частотной области. Площадь вейвлета равняется 0. В семействе все функции получаются из одной базовой посредством ее сдвигов (перемещения области локализации по времени) и масштабирования (перемещения области локализации по частоте). Пример вейвлета показан на рис.8.

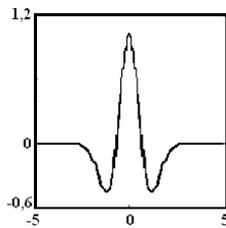


Рис. 8. Вейвлет Гаусса

При проведении вейвлет-анализа понятие частоты классического спектрального анализа заменено масштабом и, чтобы перекрыть вейвлетом всю временную ось, введен сдвиг функций во времени. Вейвлет-преобразования рассматривают анализируемые временные функции в терминах колебаний, локализованных по времени и частоте. Различают дискретные и непрерывные вейвлет-преобразования. Дискретные используются для преобразований и кодирования сигналов, а непрерывные – для анализа сигналов. Смысл непрерывного вейвлет-преобразования заключается в вычислении скалярного произведения (величины, показывающей степень "похожести" двух закономерностей) исследуемых данных с различными сдвигами некоторого вейвлета на разных масштабах. В результате получается набор коэффициентов, показывающих, насколько поведение процесса в данной точке похоже на "поведение" вейвлета на данном масштабе. Чем ближе вид анализируемой зависимости в окрестности данной точки к виду вейвлета, тем большую абсолютную величину имеет соответствующий коэффициент. Относительно классических методов спектрального анализа принципиальным преимуществом вейвлет-анализа является возможность определения в нестационарных сигналах не только общую частотную характеристику, но и сведения об определенных локальных координатах, на которых

проявляют себя те или иные группы частотных составляющих, или на которых происходят быстрые изменения частотных составляющих сигнала. Кроме этого, вейвлет-преобразование одномерных сигналов обеспечивает двумерную развертку, при этом частота и координата рассматриваются как независимые переменные, что дает возможность анализа сигналов сразу в двух пространствах.

Выводы

1. Основные перспективы использования методов теории вейвлет-преобразований для прогнозирования технического состояния Internet-серверов связаны с выделением шума из статистических данных и расчетом количества, длительности и времени возникновения периодических составляющих динамики параметров работоспособности. За счет использования указанных методов возможно повысить достоверность моделей прогноза параметров работоспособности Internet-серверов, которые во многом определяют надежность и защищенность распределенных сетевых компьютерных систем.

2. Перспективы дальнейших исследований в данном направлении заключаются в разработке на базе теории вейвлет-преобразований модели фильтрации статистических данных и модели расчета периодических составляющих динамики параметров работоспособности Internet-серверов. Также необходимо разработать инструментальные средства и методику применения данных моделей.

Список литературы

1. Астафьева Н.М. Вейвлет-анализ: Основы теории и примеры применения / Н.М. Астафьева // *Успехи физических наук.* – 1996. – т.166, № 11 – С. 1145–1170.
2. Довлад О. А. Дослідження та розробка моделі процесу атаки та трафіку локальної мережі / О. А. Довлад // *Захист інформації.* – 2009. – № 1 – С. 83–86.
3. Менаске Д. Производительность Web-служб. Анализ, оценка и планирование / Менаске Д., Виргилио А. ; пер. с англ. – СПб. : ДиаСофтЮп, 2003. – 480 с.
4. Дьяконов В.П. Вейвлеты. От теории к практике. / В.П. Дьяконов. – М.: СОЛОН-Р, 2002. – 448 с.
5. Терейковський І. А. Концепція визначення оптимального режиму контролю захищеності програмного забезпечення комп'ютерних систем / І. А. Терейковський // *Правове, нормативне та метрологічне забезпечення системи захисту інформації в Україні* – 2006. – Випуск 1(12). – С. 88–96.

Стаття постуила в редколлегию 7.12.2010

Рецензент: д-р техн. наук, проф. С.В. Цюцюра, Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев.