

УДК 004.7

Анализ параметров и модели качества в современных телекоммуникационных системах

К.В. Новиковский 

Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия

В статье рассматриваются ключевые параметры качества телекоммуникационных сетей и методы их оценки в условиях растущего рынка коммуникаций в Российской Федерации. Производится анализ ключевых параметров сетей, таких как: производительность, надёжность, безопасность, совместимость и масштабируемость. Рассмотрены такие показатели, как время реакции сети, пропускная способность и задержка передачи данных, а также методы их нормирования и оптимизации. Для анализа качества применяется математическая модель оценки, с использованием многокритериального подхода, позволяющая проводить сравнительный анализ и выявлять недостатки сетевой инфраструктуры.

Ключевые слова: телекоммуникационные сети, параметры качества, математическая модель оценки, многокритериальный анализ.

Analysis of Quality Parameters and Model in Modern Telecommunication Systems

K.V. Novikovskiy 

Voronezh Institute of High Technologies, Voronezh, Russia

The article examines the key quality parameters of telecommunication networks and the methods for their assessment in the context of the growing communications market in the Russian Federation. An analysis is conducted of essential network parameters such as performance, reliability, security, compatibility, and scalability. Indicators such as network response time, bandwidth, and data transmission delay are considered, along with methods for their normalization and optimization. A mathematical evaluation model based on a multi-criteria approach is used to analyze quality, enabling comparative analysis and identification of shortcomings in the network infrastructure.

Keywords: telecommunication networks, quality parameters, evaluation mathematical model, multi-criteria analysis.

Введение

В Российской Федерации количество пользователей телекоммуникационных сетей достигло уровня, при котором появляется возможность создания масштабных информационных систем, ориентированных на определённые категории абонентов и принадлежащих к конкретным социальным группам. Всех пользователей сети можно разделить на две крупные категории. Первая группа – корпоративные сети, куда входят коммерческие, государственные и образовательные организации. Вторая группа – сети общего пользования, к которым относится большинство физических лиц. В условиях стремительно развивающегося информационного общества неконтролируемый рост числа пользователей, в указанных социальных группах, привёл к стихийному увеличению мощности этих сетей. Это, в свою очередь, вызвало значительный рост трафика, передаваемого через телекоммуникационную инфраструктуру. Такой вектор

развития телекоммуникационных сетей позволяет провести анализ процесса их функционирования: сети постоянно растут и развиваются, а анализ параметров качества позволит сделать выводы о качестве предоставляемых информационных услуг.

Цель работы заключается в проведении анализа параметров качества телекоммуникационных сетей, выделении ключевых характеристик их функционирования.

Выделение значимых показателей в системе характеристик

В настоящее время в телекоммуникационной инфраструктуре России используется множество видов оборудования связи. В последние годы значительно расширился спектр услуг: появились такие направления, как дистанционное образование, удалённая работа, облачные хранилища информации и множество облачных сервисов.

Стоит учитывать, что развитие информационно-телекоммуникационного пространства (ИТП) происходит неравномерно и слабо поддаётся контролю. Качество связи остаётся одним из уязвимых мест в телекоммуникационных сетях, что ограничивает эффективность современных информационных технологий. Исходя из этого, для успешного развития телекоммуникационных и информационных систем, необходимо прийти к утверждению, что для логически верного развития технологий требуется анализ ключевых показателей [1]. Анализ процессов, которые происходят в ИТП, позволяет собирать значительные массивы данных, которые удобнее всего представлять в виде временных последовательностей. Полученный массив данных может иметь отношение к значительному сегменту связи, а может быть связан с локальным узлом одного из сегментов сети и содержать данные о работе данного узла. Собранные массивы данных предоставляют возможность сгенерировать рекомендации по оптимизации сети, прогнозировать её поведение в различных сценариях и, как следствие, повысить эффективность мониторинга качества информационно-телекоммуникационного пространства в режиме реального времени. Опыт эксплуатации телекоммуникационных сетей позволяет сделать вывод о том, что без рассмотрения вопроса качества невозможно применять преимущества информационных и коммуникационных технологий для расширенного спектра услуг. Качество услуги, которую предоставляют телекоммуникационные системы, можно в целом охарактеризовать двумя показателями. Первый показатель – это качество обслуживания, критерием которого являются простота использования и понятный интерфейс. Данный показатель фиксируется в точке доступа абонента к сети. Второй показатель – это параметр, который определяет эффективность работы самой сети или её отдельных сегментов. Оценка качества определяется сравнением значений ключевых параметров с их максимальными и минимальными значениями. Если полученные значения находятся в допустимых пределах, они считаются удовлетворительными по данному показателю. Если же значение показателя попадает в более узкий диапазон этих пределов, это свидетельствует о хорошем качестве телекоммуникационной услуги по соответствующему критерию.

Параметры качества и показатели функционирования телекоммуникационной сети

Если принимать во внимание современные тенденции и перспективы развития телекоммуникационных сетей, появляется возможность выделить комплекс ключевых

характеристик их функционирования, таких как производительность (включая время реакции сети, пропускную способность и задержку передачи), надёжность, безопасность, отказоустойчивость, совместимость, управляемость, а также возможности расширения и масштабируемости.

Рассмотрим эти параметры более детально.

Производительность – одна из ключевых характеристик распределённых систем, к которым относятся телекоммуникационные сети. Значительная производительность достигается с помощью распределения вычислительных задач между несколькими компьютерами в сети. Это решение возможно при использовании в сегменте сети такого компонента, как прокси-сервер. Есть несколько показателей производительности сети, которые мы будем учитывать в данной статье. Рассмотрим их подробнее.

Время реакции сети – это обобщённая метрика, которая отражает производительность сети с позиции хоста. Данный параметр измеряется промежутком времени, который проходит от момента отправки хостом запроса на сервер до получения ответа от сервера на запрос. Рассматриваемый параметр состоит из нескольких компонентов: подготовки запроса на компьютере абонента, времени нахождения пакетов в сети между узлами, времени обработки сигнала на сервере, а также времени передачи ответа обратно к абоненту. Возможность рассмотреть работу данных компонентов в сети позволяет определить гибкость сети, а также оперативно определить в каком из компонентов присутствует задержка или он перестал функционировать.

Пропускная способность – это параметр сети, который определяет объём данных, который проходит через телекоммуникационную сеть в стандартном режиме работы. Данный параметр определяется количеством пакетов, которые проходят через сегмент или узел сети в определенный временной промежуток. На сегодняшний день фиксируется устойчивый рост объёмов трафика. Это следствие того, что в сети произошло значительное увеличение числа устройств с приложениями, которые генерируют значительные объёмы трафика.

Задержка передачи – это интервал времени между поступлением пакета на вход сетевого устройства и его выходом из него. Аналогично данный параметр можно применить и к сетевому сегменту – как интервал между входом пакета в сегмент и его выходом. Этот показатель схож с временем реакции сети, но отличается тем, что учитывает только задержки, возникающие в процессе обработки и передачи данных внутри сети, исключая задержки, связанные с обработкой данных на компьютере пользователя.

Коэффициент готовности, или просто готовность, показывает интервал времени, в течение которого система функционирует. Улучшить данный показатель можно за счёт внедрения избыточных компонентов в архитектуру. Это осуществляется путём резервирования ключевых компонентов системы: при остановке основных компонентов избыточные включаются в работу, и система продолжает функционировать.

Безопасность – это свойство системы, позволяющее предотвращать несанкционированное получение доступа к информации, поскольку вероятность попыток нарушить защиту сети существует постоянно.

Отказоустойчивость – это способность телекоммуникационной системы продолжать функционировать даже при выходе из строя одного или нескольких сегментов сети. Такие сбои не должны приводить к полной потере работоспособности

системы, а лишь могут вызывать частичное снижение производительности и изменением некоторых других ключевых характеристик.

Управляемость – это способность сети к централизованному контролю, позволяющая администратору отслеживать и настраивать ключевые компоненты, оперативно устранять сбои, а также анализировать работу системы. На основе такого анализа принимаются решения о дальнейшем развитии и оптимизации сети.

Средства управления телекоммуникационными сетями – это параметр, который состоит из множества компонентов интеллектуальной системы управления телекоммуникационной сетью. Функционал данных компонентов позволяет производить регулярный мониторинг сети, при котором определяются уже существующие сбои или же незначительные задержки, которые при регулярном появлении могут привести к сбоям режима работы сети. Также в процессе мониторинга сети аккумулируется объёмный массив информации о работе, что найдёт применение при проведении анализа сети.

Например, линейка программных решений, разработанных компанией IBM для управления информационными технологиями – IBM Tivoli, ориентирована на улучшение производительности, безопасности, управления данными и автоматизацию бизнес-процессов в ИТ-средах и полностью справляется с данной задачей.

Решая текущие задачи, персонал, обслуживающий телекоммуникационную сеть, накапливает знания о проблемах с производительностью, конфигурацией сети и её архитектурой. Необходимость в системе управления становится всё более очевидной при работе с масштабными сетями.

Совместимость и интегрируемость в телекоммуникационной сети – это способность сети объединять в себе разнообразное программное и аппаратное обеспечение. Такой тип сети может работать с различными протоколами, множеством операционных систем и всевозможными приложениями, разработанными разными компаниями. Такую сеть можно назвать неоднородной или гетерогенной.

Таким образом, рассмотренные параметры позволяют сформировать представление о качестве телекоммуникационной сети. Для формализации этих показателей и их количественной оценки применяется математическая модель.

Математическая модель оценки качества телекоммуникационных сетей

Чтобы провести математическую оценку качества телекоммуникационных сетей, необходимо построить систему характеристик качества (СХК). Данная система позволит оценивать различные параметры телекоммуникационной сети. В процессе оптимизации телекоммуникационной сети важно использовать многокритериальный подход, при котором описанные параметры будут оцениваться с учётом их влияния на общую производительность. Пусть $f_i(x)$ это значение i -й характеристики качества для некоторого объекта или системы x , где $i = 1, 2, \dots, k$, а k общее число оцениваемых характеристик. В этом случае возможно векторное представление оценки качества:

$$f(x) = (f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)) = (f_i(x))_{i=1}^k. \quad (1)$$

В данном выражении $f(x)$ – это вектор характеристик объекта x , каждая компонента которого отражает значение соответствующего параметра, а индекс i указывает на конкретную характеристику в системе оценки.

Оптимизация заключается в сравнении таких векторных оценок. Объект x_1 считается предпочтительнее объекта x_2 в случае, если выполняется следующее условие:

$$f_i(x_1) \geq f_i(x_2) \text{ для всех } i \in \{1, 2, \dots, k\}, \quad (2)$$

и при этом существует хотя бы один параметр $j \in \{1, 2, \dots, k\}$ для которого наблюдается строгое преимущество:

$$f_j(x_1) > f_j(x_2). \quad (3)$$

Величина j в данном случае указывает на такую характеристику, по которой один объект существенно превосходит другой, что позволяет сделать однозначный выбор между альтернативами.

Для получения обобщённой числовой оценки при условии нормированности всех характеристик используется функция обобщённого критерия качества:

$$Z(x) = g(f_1(x), f_2(x), \dots, f_k(x)). \quad (4)$$

В данном выражении g – изотонная (монотонно возрастающая по каждому аргументу) агрегирующая функция. Это означает, что повышение значений отдельных характеристик не уменьшает, а увеличивает итоговую оценку $Z(x)$.

Характеристика качества может быть как качественной, так и количественной. Например, производительность сети можно оценивать с помощью такого количественного показателя, как пропускная способность P , которая будет выражаться как объём передаваемых данных в единицу времени.

$$P = \frac{D}{T}. \quad (5)$$

В данном выражении D обозначает объём данных, переданных по сети, а T – время передачи этих данных.

Также при многокритериальной оценке присутствует необходимость приведения всех характеристик к единой шкале. Для этого введём нормализацию:

$$f_i^{\text{норм}}(x) = \frac{f_i(x) - f_i^{\min}}{f_i^{\max} - f_i^{\min}}. \quad (6)$$

В данном выражении f_i^{\min} и f_i^{\max} – это максимальное и минимальное значение параметра i по совокупности анализируемых объектов.

На основе нормированных значений вычисляется агрегированный показатель качества:

$$z(x) = \sum_{i=1}^k w_i \cdot f_i^{\text{норм}}(x). \quad (7)$$

В данном выражении w_i – вес i -го параметра, отражающий относительную значимость i -й характеристики в общей структуре оценки.

Для анализа задержки передачи данных в сети используем параметр L , представляющий собой время, необходимое для доставки пакета от источника к получателю:

$$L = T_{\Pi} + T_0, \quad (8)$$

где T_{Π} – время передачи пакета по каналу, а T_0 время, затрачиваемое на обработку трафика в каждом узле его следования.

Таким образом, использование СХК и использование многокритериального подхода подтверждает практическую ценность многокритериальной оценки и нормирования при анализе качества сетевых систем.

Заключение

Анализ параметров качества телекоммуникационной сети – это важный этап, который происходит при расширении, оптимизации или модернизации телекоммуникационной сети. В данной работе были определены ключевые характеристики телекоммуникационной сети. Математическая модель оценки качества с использованием многокритериального подхода даёт возможность анализировать и сравнивать различные системы, выявляя возможности для оптимизации и улучшения сетевой инфраструктуры.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Нечеткие методы в задачах мониторинга сетевого трафика / В.Г. Домрачев, Д.С. Безрукавный, Э.В. Калинина [и др.] // Информационные технологии. – 2006. – № 3. – С. 2–10.
2. Пятибратов А.П. Вычислительные системы, сети и телекоммуникации / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко; под ред. А.П. Пятибратова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Финансы и статистика, 2001. – 509 с.
3. Столлингс В. Компьютерные системы передачи данных / В. Столлингс; пер. с англ. А.В. Высоцкого, А.В. Назаренко. – 6-е изд. – Москва [и др.]: Вильямс, 2002. – 920 с.
4. Енюков И.С. Статистический анализ и мониторинг научно-образовательных интернет-сетей / И.С. Енюков, И.В. Ретинская, А.К. Скуратов; под ред. А.Н. Тихонова. – Москва: Финансы и статистика, 2004. – 320 с.
5. Толковый словарь сетевых терминов и аббревиатур: официальное издание Cisco Systems. – Москва: Вильямс, 2000. – 368 с.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

Новиковский Константин Викторович, студент, Воронежский институт высоких технологий, Воронеж, Россия.
e-mail: kostya0361@yandex.ru