

ВЫБОР ПОКАЗАТЕЛЕЙ НАДЕЖНОСТИ сетей доступа

В.Нетес, д.т.н., профессор МТУСИ / vicnet@yandex.ru

УДК 621.391:621.39.019.3, DOI: 10.22184/2070-8963.2019.85.8.52.55

Рассматривается выбор показателей надежности для сетей доступа. Выделяются два взгляда на оценку надежности сетей связи: со стороны конечного пользователя и со стороны оператора сети. Обосновывается применение коэффициента готовности в первом случае и коэффициента сохранения эффективности во втором. Обсуждается учет влияния крупных отказов, затрагивающих сразу большое число пользователей и влияющих на имидж оператора.

Одна из тенденций развития сетей доступа – рост требований к надежности [1]. Это неудивительно: инфокоммуникации играют в жизни современного общества огромную роль, а потребность пользователей все время оставаться на связи постоянно возрастает. Кроме того, в настоящее время активно развивается целый ряд перспективных телекоммуникационных технологий в рамках концепции Будущих сетей [2], называемых также сетями пост-NGN [3]. С одной стороны, они предъявляют высокие требования к надежности, а с другой – порождают целый ряд новых проблем, связанных с ее обеспечением [4]. Это заставляет уделять вопросам надежности самое серьезное внимание, при этом весьма важным является выбор показателей надежности, которые будут использоваться для задания требования по надежности, оценки надежности различных вариантов построения сети с целью их сравнения, контроля надежности при вводе сети в эксплуатацию и в процессе эксплуатации. Специалистам по надежности хорошо известно, что неудачный выбор показателей надежности может привести к ошибкам в выборе технических решений и неоправданным затратам [5].

На первый взгляд может показаться, что эта задача давно решена. Однако анализ нормативных документов и публикаций по этой теме показывает, что в них имеются некоторые пробелы и неточности, на устранение которых и направлена данная статья.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ГОТОВНОСТИ

Наиболее распространенным показателем надежности сетей связи является коэффициент готовности, рассмотренный в [1]; для него установлены нормативные требования в [6, 7]. Это неудивительно, учитывая важную роль, которую играет свойство готовности в инфокоммуникациях [8].

В соответствии с определением стандарта [9], коэффициент готовности – это вероятность того, что объект окажется в работоспособном состоянии в данный момент времени. Обычно используется стационарный коэффициент готовности, для которого рассматривается момент времени, достаточно далеко удаленный от начала функционирования объекта. Его использование требует определения того, что считается работоспособным состоянием объекта, то есть формулировки для него критерия отказа. Однако для многих сетей связи это может быть затруднительно, а то и вообще нецелесообразно, поскольку отказы отдельных элементов сети могут приводить к совершенно разным последствиям.

Рассмотрим сеть доступа, построенную по технологии пассивной оптической сети PON. Отказ оборудования OLT, размещенного в центральном узле, приведет к потере связи для всех подключенных к нему пользователей (если, конечно, для OLT не предусмотрено резервирование). В то же время отказ абонентского устройства ONT приведет к потере связи только для одного подключенного к нему пользователя, что вряд ли стоит считать отказом сети, но должно учитываться как отказ для данного пользователя. Эта

особенность анализа надежности сетей связи давно известна [10]. К сожалению, при задании требований к коэффициенту готовности в [6, 7] отсутствует формулировка критерия отказа для сети, из-за чего смысл этих требований оказывается не вполне понятным.

Вообще, принято выделять два взгляда на оценку надежности сетей связи: со стороны конечного пользователя и со стороны оператора сети. Этот факт отмечен в международных стандартах [11, 12] (ознакомиться с их содержанием можно в [13]). В качестве основного показателя для оценки надежности с точки зрения конечного пользования целесообразно использовать коэффициент готовности. В частности, при заключении с пользователем соглашения об уровне обслуживания (SLA) в нем, как правило, устанавливаются требования к этому показателю [14, 15]. Числовые значения коэффициента готовности для разных пользователей могут различаться, поэтому для всей сети получается набор значений $K_{гj}$, $j = 1, \dots, N$, где N – общее число пользователей.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА СОХРАНЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Для оценки надежности с точки зрения оператора сети желательно иметь не набор значений, а один интегральный показатель. Он будет полезен для решения различных задач, в частности для сравнения по надежности различных вариантов построения сети на этапе проектирования, сравнения эксплуатационной надежности сетей, действующих на разных территориях, сравнения эксплуатационной надежности на различных временных интервалах и выявления тенденций.

Отмеченное выше свойство сетей связи, препятствующее применению для них традиционных показателей надежности, предполагающих разделение всех состояний на состояния работоспособности и неработоспособности, присуще многим сложным системам. Оценка надежности таких систем было предложено производить с использованием показателей эффективности [16, 17].

В теории надежности для этого был введен коэффициент сохранения эффективности. Он определяется как отношение значения показателя эффективности использования объекта по назначению за определенную продолжительность эксплуатации к номинальному значению этого показателя, вычисленному при условии, что отказы объекта в течение того же периода не возникают [9]. Его использование предусмотрено стандартом [18], в котором уточняется, что под эффективностью использования объекта по назначению понимают некоторый полезный результат (выходной эффект) в течение периода эксплуатации

в определенных условиях. Разумеется, в каждом конкретном случае применения коэффициента сохранения эффективности понятие "выходной эффект" должно быть определено. Более подробно смысл этого показателя, методы его расчета, особенности и примеры применения описаны в [5, 19]. Использование данного подхода для сетей связи было развито в [20–23].

Таким образом, коэффициент сохранения эффективности, обозначаемый $K_{эф}$, определяется равенством $K_{эф} = E/E_0$, где E – показатель эффективности использования объекта, E_0 – номинальное значение этого показателя. Эта формула дает определение $K_{эф}$, но для вычисления его на практике используются, как правило, более удобные методы [5, 19]. Так как $E \leq E_0$, то $0 \leq K_{эф} \leq 1$, причем с повышением надежности $K_{эф}$ возрастает. Часто в качестве показателя эффективности берется среднее значение (математическое ожидание) выходного эффекта.

Как же можно определить выходной эффект для сети доступа? В простейшем случае он может быть равен числу пользователей, имеющих связь. Тогда E равно среднему значению числа пользователей, имеющих связь, определенному с учетом возможности отказов элементов сети, а E_0 равно общему числу пользователей в сети N . Из общих формул, полученных в [20, 21], вытекает, что при этом

$$K_{эф} = (\sum_j K_{гj})/N, \quad (1)$$

то есть $K_{эф}$ в этом случае равен среднему значению коэффициента готовности по всем пользователям (сумма берется по $j = 1, \dots, N$).

Выходной эффект может оцениваться также объемом переданного в сети трафика или получаемым оператором сети доходом. В этих ситуациях формула (1) заменяется более общим соотношением

$$K_{эф} = \sum_j w_j K_{гj}, \quad (2)$$

где w_j – весовой коэффициент, характеризующий вклад j -го пользователя в общий объем трафика в сети или приносимый этим пользователем доход ($0 \leq w_j \leq 1$, $w_1 + \dots + w_N = 1$). Когда используется соотношение (1), $w_j = 1/N$ для всех j .

УЧЕТ КРУПНЫХ ОТКАЗОВ

Помимо коэффициента готовности, в [24] вводится еще один показатель надежности, называемый влияние отказа (failure impact, FI). Он призван моделировать влияние отказа в "иррациональной среде", в которой оператор сети больше обеспокоен крупным отказом, ведущим к прекращению связи для всех клиентов на 1 ч одновременно, чем множеством

мелких отказов в течение года, ведущих к потере связи для каждого клиента в среднем на тот же 1 ч. Это объясняется тем, что крупный отказ будет иметь негативный отклик в средствах массовой информации, что отрицательно скажется на имидже оператора. Основные идеи, связанные с применением этого показателя, изложены на русском языке в [25]. Определяется влияние отказа равенством

$$FI = N^{\alpha} \cdot (1 - K_r), \quad (3)$$

где параметр $\alpha > 1$ выражает "иррациональность" в поведении операторов (значение $\alpha = 1$ соответствует "рациональной ситуации").

Таким образом, показатель FI также служит для оценки надежности с точки зрения оператора сети и предназначен для учета влияния крупных отказов. Однако он представляется для этого не очень удачным, так как обладает рядом недостатков. Во-первых, как указано в [24], параметр α не может определяться аналитическим образом. Для получения его значения могут быть использованы модели, изучающие психологические характеристики человеческого поведения. В [24] рассмотрены значения α в диапазоне от 1 до 5, но не приведены никакие соображения по выбору значений этого параметра. Во-вторых, значения коэффициента готовности для разных пользователей могут различаться, поэтому непонятно, что подставлять в (3). В-третьих, крупный отказ может определяться по-разному. Например, для какого-то оператора это может быть одновременная потеря связи не менее чем для 50% клиентов на время не менее 3 ч. Непонятно, как это обстоятельство учесть при помощи показателя FI. Наконец, FI никак не вписывается в общую систему показателей надежности, определенных в отечественном и международном стандартах ([9] и [26]).

Тем не менее задача определения показателя надежности для учета и оценки описанных выше ситуаций крупных отказов действительно имеет смысл. Решить ее можно стандартным для теории надежности образом: путем определения соответствующего критерия отказа. В данном случае достаточно установить пороговые значения доли пользователей, одновременно потерявших связь, и длительности потери связи для них, достижение которых будет означать крупный отказ. Для рассмотренных выше примеров это будет 100% и 1 ч в первом случае, 50% и 3 ч – во втором. После этого в качестве показателя можно использовать тот же коэффициент готовности, но уже взятый для указанного критерия отказа. Заметим, что возможность установления временного порога при определении критерия отказа давно известна [5, 27].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Итак, делаем выводы: при проектировании и эксплуатации сетей связи обеспечение надежности является важной задачей, для решения которой необходим адекватный выбор показателей, количественно характеризующих надежность (при этом следует основываться на действующих стандартах); следует разделять оценку надежности сетей связи со стороны конечного пользователя и со стороны оператора сети, причем в качестве основного показателя для оценки надежности с точки зрения конечного пользования целесообразно использовать коэффициент готовности, а с точки зрения оператора сети – коэффициент сохранения эффективности; для учета влияния крупных отказов оператор сети может дополнительно задавать специальные показатели надежности, определяемые на основе критерия отказа, устанавливающего пороговые значения доли пользователей, одновременно потерявших связь, и длительности потери связи для них.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пинчук А., Соколов Н. Пять направлений развития сети доступа // ПЕРВАЯ МИЛЯ. 2017. № 5. С. 30–35.
2. Росляков А.В., Ваняшин С.В. Будущие сети (Future networks). – Самара: ПГУТИ, 2015. 274 с.
3. Гольдштейн Б.С., Кучерявый А.Е. Сети связи пост-NGN. – СПб.: БХВ Петербург, 2014. 160 с.
4. Нетес В.А. Проблемы обеспечения надежности сетей пост-NGN // XIII Международная отраслевая научно-техническая конференция "Технологии информационного общества" // Сб. тр. Т. 2. – М.: ИД Медиа Паблицер, 2019. С. 72–74.
5. Дзиркал Э.В. Задание и проверка требований к надежности сложных изделий. – М.: Радио и связь, 1981. 176 с.
6. Требования к организационно-техническому обеспечению устойчивого функционирования сети связи общего пользования. Утв. приказом Мининформсвязи РФ от 27.09.2007 № 113.
7. ГОСТ Р 53111-2008. Устойчивость функционирования сети связи общего пользования. Требования и методы проверки.
8. Нетес В.А. Надежность инфокоммуникационных услуг: определения, показатели, стандарты // XII Международная отраслевая научно-техническая конференция "Технологии информационного общества" // Сб. тр. Т. 2. – М.: ИД Медиа Паблицер, 2018. С. 201–203.
9. ГОСТ 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения.
10. Теория сетей связи / Под ред. В.Н.Рогинского. – М.: Радио и связь, 1981. 192 с.

11. IEC 61907:2009. Communication network dependability engineering.
12. IEC 62673:2013. Methodology for communication network dependability assessment and assurance.
13. **Нетес В.А.** Надежность сетей связи в стандартах МЭК // Вестник связи. 2014. № 2. С. 13–15.
14. **Нетес В.А.** Соглашения об уровне обслуживания: стандарты и реалии // Вестник связи. 2003. № 8. С. 72–79.
15. **Нетес В.А.** Соглашение об уровне обслуживания и надежность // Надежность. 2017. Т. 17. № 4. С. 27–30.
16. **Гнеденко Б.В., Беляев Ю.К., Соловьев А.Д.** Математические методы в теории надежности. – М.: Наука, 1965. 524 с.
17. **Бусленко Н.П., Калашников Н.Н., Коваленко И.Н.** Лекции по теории сложных систем. – М.: Сов.радио, 1973. 441 с.
18. ГОСТ 27.003-2016. Надежность в технике. Состав и общие правила задания требований по надежности.
19. **Нетес В.А.** Коэффициент сохранения эффективности – показатель надежности сложных систем // Надежность. 2012. № 4. С. 14–23.
20. **Нетес В.А.** Метод оценки надежности сложных систем и его применение к информационным сетям древовидной структуры // Сб. науч. тр. ЦНИИС. 1976. Вып. 2. С. 17–23.
21. **Нетес В.А.** Выбор обобщенных показателей надежности сетей связи // Электросвязь. 1981. № 5. С. 14–16.
22. **Нетес В.А.** Общая схема показателей надежности сетей связи // Электросвязь. 1988. № 4. С. 51–53.
23. **Нетес В.А., Сметанин Л.Д.** Применение коэффициента сохранения эффективности для анализа надежности средств связи // Электросвязь. 1988. № 12. С. 9–12.
24. **Dixit A., Mahloo M., Lannoo V. et al.** Protection strategies for Next Generation Passive Optical Networks -2 // Intern. Conf. on Optical Network Design and Modeling. Stockholm, 2014. P. 13–18.
25. **Шувалов В.П., Фокин В.Г.** Оптические сети доступа большого радиуса действия. – М.: Горячая линия – Телеком, 2019. 188 с.
26. IEC 60050-192:2015. International Electrotechnical Vocabulary – Part 192: Dependability.
27. **Нетес В.А.** Критерий отказа и подходы к его определению // Методы менеджмента качества. 2017. № 2. С. 50–54.



VII Федеральный бизнес-форум

Smart City & Region

Цифровые технологии на пути к «умной стране»

20 февраля 2020

отель
«Хилтон Санкт-Петербург Экспофорум»
Санкт-Петербург,
Петербургское шоссе, д. 62, стр. 1

Организатор:  **COMNEWS**
CONFERENCES

Ключевые темы форума:

- Настоящее и будущее «умных» городов: инициатива снизу и самостоятельный поиск инструментов финансирования
- Практические результаты внедрения проектов «Умный город»
- Основные проблемы, с которыми столкнулись регионы в отсутствии федерального финансирования
- Банки решений, которые могут помочь регионам в реализации проекта «Умный город»
- Тиражирование лучших решений «умный город»/«умный регион»
- Цифровизация ЖКХ и инновационные технологии
- Особенности развития и цифровые решения для транспортной системы города
- Поиск эффективных моделей финансирования проектов «Умный город»
- Подходы к оценке и роль рейтингов «интеллекта» города и региона

Для регистрации: +7 495 933 5483, conf@comnews.ru, www.comnews-conferences.ru/smartspsb2020