

УДК 654.154

ОСНОВНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННЫХ СЕТЕЙ

Парсиев С.С., Абдураходов А.А., Абдикаюмов Б.Т.

В статье проведен анализ основных характеристик телекоммуникационных сетей, таких как пропускная способность, надежность и живучесть. Приведены их расчетные модели, которые можно использовать при выборе топологии и структуры вероятностно-временных характеристик сетей для достижения более высокой пропускной способности, живучести и надежности.

Ключевые слова: телекоммуникационная сеть, пропускная способность, надежность, живучесть.

Телекоммуникация тармоғининг яшовчанлик, ишончлилик ва ўтказувчанлик каби асосий характеристикаларининг тахлили келтирилган. Ушбу характеристикаларни ҳисоблаш моделлари келтирилган, бу моделлар юқори ўтказувчанликка, яшовчанликка ва ишончлиликка олиб келувчи тармоқ структурасини ва топологиясини, эҳтимолл-вақтли характеристикаларини танлаш имконини беради.

Таянч иборалар: Телекоммуникация тармоғи, ўтказувчанлик, яшовчанлик ва ишончлилик.

The analysis of the main characteristics of telecommunications networks, such as bandwidth, reliability and survivability of networks. The models for calculating these characteristics, which can be used when choosing the topology and structure, the probability-time characteristics of the network that will help to achieve higher throughput, survivability and reliability are given.

Keywords: Telecommunication network, bandwidth, reliability, survivability.

I. ВВЕДЕНИЕ

Современные достижения в области электроники и вычислительной техники, бурное развитие телекоммуникационных технологий, Интернета и социальных сетей привели к возникновению новых научных направлений. К ним, в частности, относятся: теория информации, теория алгоритмов, теория вычислимости, новые разделы математической логики, информатики, кибернетики. В связи с этим предъявляется ряд новых требований к телекоммуникационным системам и сетям связи по видам, объемам и качеству передаваемой информации, доступности обслуживания.

Основными из них являются [1]:

- пропускная способность сети, оценивающая возможность сетевых элементов выполнить обслуживание заявок абонентов;

- живучесть сети, оценивающая ее способность обеспечить установление соединений и передачу сообщений между источниками и потребителями информации;

- надежность функционирования сети, определяющая возможность абонентов обмениваться информацией по сети в условиях возникновения технических отказов и эксплуатационных ошибок.

В целом, данные факторы являются основными характеристиками телекоммуникационной сети и могут быть использованы на этапе ее проектирования, а также для оценки ее работоспособности при изменении сетевой топологии.

Пропускная способность – это характеристика сети связи, оценивающая возможность сетевых элементов выполнить обслуживание заявок абонентов.

Пропускная способность для первичных и вторичных сетей связи определяется по различным показателям. Для первичных сетей пропускная способность определяется числом каналов направлений и на ветвях сети связи, либо линейной скоростью каналов/трактов передачи [6,7].

Для вторичной сети пропускная способность оценивается объемом информации, которая передается от источников до потребителей при заданных вероятностно-временных ограничениях, определяемых требованиями к качеству обслуживания.

Пропускная способность, как интегральная характеристика сети, определяется как сумма пропускных способностей по всем направлениям связи в сети [6].

$$Y = \sum_i \sum_j Y_{ij} \quad (1)$$

Пропускная способность направления связи численно равна величине интенсивности обслуженной/исполненной нагрузки

$$Y_{ij} = C_{ij} t_c \quad (2)$$

где C_{ij} – интенсивность исполненного потока заявок в каждом ij -ом направлении связи;

t_c – среднее время обслуживания заявки.

Для телефонных сетей пропускная способность применяется как способ обслуживания с потерями [7,8]. Поэтому основным показателем качества в таких сетях является вероятность потери вызова p .

С учетом потери вызовов $Y_{ij} (p_{ij})$ пропускная способность направления связи равна исполненной нагрузке в этом направлении при исполнении

требования к качеству обслуживания[8]:

$$Y_j(p_j) = Z_j (1 - p_j) \quad (3)$$

Пропускная способность телекоммуникационной сети оценивается по результатам функционирования каждого направления связи. Суммарная пропускная способность всех направлений определяет объем сообщений или нагрузку (в Эрлангах), прошедших через сеть от источников сообщений к потребителям информации.

Таким образом, пропускной способностью телекоммуникационной сети называется суммарная нагрузка, исполняемая в единицу времени по всем направлениям связи, при обеспечении заданных показателей качества обслуживания (рис.1).

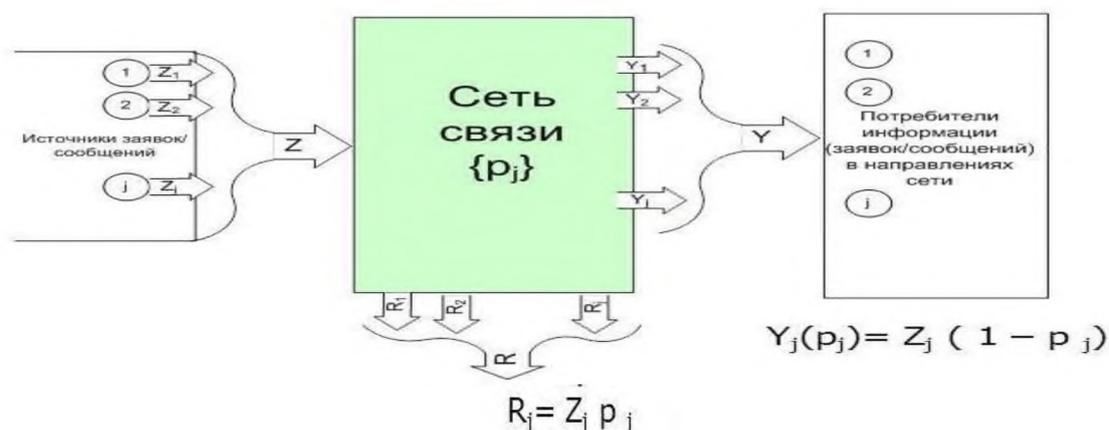


Рис 1. Распределение суммарной нагрузки по направлениям связи

Численное значение пропускной способности можно рассчитать по формулам [6,7].

$$Y(p) = \sum_i^I Y_i(p_i) \quad (4)$$

$$Y(p) = \sum_{i=1}^{N-1} \sum_{j=2}^N Y_{ij}(p_{ij}) \quad (5)$$

где N – число узлов (коммутационных центров) сети, I – число направлений связи в сети.

Основными факторами, определяющими значение пропускной способности каждого направления связи и телекоммуникационной сети в целом, являются значения пропускной способности ветвей, типов потока

заявок, алгоритма распределения заявок в направлениях связи и принятой системы обслуживания.

Приведенные формулы позволяют рассчитать пропускную способность сети связи с учетом потери вызовов в телефонной сети и без ее учета. Кроме этого, можно рассчитать пропускную способность сети в целом с учетом поступающих потоков информации в сеть от источников сообщений к потребителям информации.

Следующей основной характеристикой телекоммуникационной сети является ее живучесть, обеспечивающая установление соединений и передачу сообщений между источниками и потребителями информации при выходе из строя ее элементов или участков без нормирования качества обслуживания.

При проектировании телекоммуникационной сети возникает необходимость обеспечения живучести как сети в целом, так и отдельных ее участков и узлов. Живучесть характеризует устойчивость сети связи против действия причин, лежащих вне сети и приводящих к разрушениям или значительным повреждениям некоторых её частей [3,4].

Важным вопросом для достижения высокой степени живучести системы является выбор показателей и критериев живучести.

Основными показателями живучести являются [4,5]:

- показатель вероятности сохранения системой состояния восстановления в течение заданного времени;
- показатель неуязвимости;
- число воздействий, при котором система теряет состояние работоспособности;
- среднее число изъятых из структуры элементов, при котором она теряет состояние работоспособности.

Основными критериями живучести являются:

- критерий соответствия сети заданным показателям качества и оценки степени ее функционирования;
- критерий оценки эффективности реконфигурации и оптимального перераспределения ресурсов, а также динамики восстановления функциональных возможностей после сбоев;
- критерий, характеризующий изменение производительности и скорости передачи информации в сети при выполнении различных действий в условиях деградации сетевых ресурсов;
- критерий живучести сети, характеризующий процесс удаления всех ребер, инцидентных некоторой вершине, изолируя ее и прерывая все пути к другим вершинам.

Сеть обладает структурной живучестью, если граф сети, описывающий ее структуру, останется связным после воздействия внешних факторов, т. е. в каждом направлении связи сохранится хоть один путь доставки сообщений.

Функциональной живучестью сети называют свойство сети обеспечивать установление соединений и передачу сообщений в направлениях связи при внешних воздействиях на ее элементы или участки при учете функциональных возможностей, используемых средств связи в этих направлениях.

Количественная оценка живучести – это вероятность выживания направлений связи сети. Если предположить, что в i, j -ом направлении связи существует один путь передачи сообщений, то живучесть пути W_{ij} можно определить в виде вероятности сохранения связности в последовательной цепочки ветвей и узлов [3,4]:

$$W_{ij}^1 = \prod_{m=1}^{M_{ij}} W_{m_{ij}} \prod_{k=1}^{K_{ij}} W_{k_{ij}} \quad (6.)$$

где M_{ij} – количество ветвей в i, j -ом пути;

$W_{m_{ij}}$ – вероятность выживания m -й ветви i, j -ого пути;

K_{ij} – количество узлов (коммутационных центров) i, j -ого пути;

$W_{k_{ij}}$ – вероятность выживания k -го узла i, j -ого пути.

При наличии в направлении связи нескольких χ путей доставки сообщений имеем

$$W_{ij} = 1 - \prod_{z=1}^{\chi} (1 - W_{ij}^z) \quad (7.)$$

Влияние на живучесть сетевых возможностей состоит в следующем [4,5]:

- увеличение числа обходных путей ведет к повышению живучести направления;

- наибольший прирост живучести дает первый обходной путь.

Характеристика, определяющая возможность абонентов обмениваться информацией по сетям связи в условиях возникновения технических отказов и эксплуатационных ошибок на ее элементах без заметного ухудшения вероятностно-временных показателей обслуживания заявок, получила название надежности функционирования сетей [2].

В связи с этим под надежностью функционирования телекоммуникационной сети понимается ее свойство обеспечивать установление соединений и передачу сообщений в реальных условиях эксплуатации при сохранении заданных значений показателей качества обслуживания, установленного для каждого направления связи.

Надежность телекоммуникационной сети связи имеет ряд особенностей по сравнению с отдельными радиотехническими устройствами. Основными из них являются [2,9]:

- разветвленность сетей связи, рассредоточенное размещение их элементов на местности;
- многофазное обслуживание поступающих требований;
- определение надежности сетей связи по их показателям для отдельных направлений связи;
- наличие переменного статистического резервирования, присущего многолинейным системам массового обслуживания;
- многотипность используемых средств связи даже на одном пути установления соединения.

В общем случае надежность функционирования сети связи определяется надежностью входящих в нее элементов, структурой и топологией сети, а также состоянием окружающей среды.

В связи с тем, что функционально сеть связи разбивается на направления связи, каждому из которых может быть присуще (задано) свое качество обслуживания поступающих в него заявок, надежность функционирования оценивается отдельно для каждого из этих направлений.

Совокупность показателей надежности функционирования всех направлений связи характеризует надежность функционирования рассматриваемой сети в целом. Следует, однако, иметь в виду, что формально независимая оценка надежности функционирования различных направлений связи не означает их функциональную независимость. Это обуславливается тем, что одни и те же элементы сети связи входят в различные направления связи.

Надежность функционирования сети – это характеристика, определяющая возможность абонентов обмениваться информацией по сети в условиях возникновения технических отказов и эксплуатационных ошибок без заметного ухудшения вероятностно-временных показателей качества обслуживания заявок.

Отказы и ошибки функционирования сетевых элементов возникают в процессе реальной эксплуатации. С точки зрения сети, надежность – это характеристика проявления внутренних процессов на коммутационных узлах и линейном оборудовании сети. Показатель надежности функционирования сети – вероятность $W(t)$ безотказного обслуживания поступающих в сеть заявок [2].

Для ветви m

$$W_m(t) = R_m (1 - p_m)^t, \quad (8)$$

где R_m – вероятность безотказной работы ветви;

p_m – потери заявок на ветви (показатель качества обслуживания);

t – период времени безотказной работы (гарантированный период).

Приведенные формулы позволяют рассчитать показатели надежности сетей и выработать рекомендации по повышению их надежности.

III. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Приведенные характеристики основных показателей телекоммуникационных сетей позволяют более детально проанализировать их пропускную способность, надежность, а также живучесть.

С помощью вышеприведенных характеристик могут быть выработаны рекомендации и критерии по выбору топологии и структуры, вероятностно-временных характеристик сетей, которые помогут достичь их более высокой пропускной способности, живучести и надежности.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Назаров А.Н. Модели и методы расчета структурно-сетевых параметров сетей АТМ. – М.: Изд-во «Горячая линия-Телеком», 2002. – 256 с.
- [2] Нетес В.А. Надежность сетей связи в период перехода к NGN/ В.А.Нетес// – Вестник связи, №9, 2007. – С.4-5.
- [3] Додонов А.Г. К вопросу живучести корпоративных информационных систем / А.Г. Додонов, Д.В.Флейтман //, Киев, 2004. – 130 с.
- [4] Додонов А.Г., Ландэ Д.В. Живучесть информационных систем. – К.: Наук. думка, 2011. – 246 с.
- [5] Стекольников Ю.И. Живучесть систем/ Ю.И. Стекольников // – СПб. - Политехника, 2002. – 152 с.
- [6] Международный научно-практический журнал «ПРОГРАММНЫЕ ПРОДУКТЫ И СИСТЕМЫ», № 3, 2013. – С. 248-251.
- [7] Назаров И. Пропускная способность в IP-сетях: расчет и выбор сетевого оборудования Журнал "Системы безопасности", №6, 2013.
- [8] Попков В.К. Математические модели живучести сетей связи. - Новосибирск: Изд-во ВЦ СО АН СССР, 1990. - 235 с.
- [9] <http://www.istmuse.com>