

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ МЕЖДУ ОСНОВНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТИ

Лолашвили Н.Ш., Тевдордзе М.Т.
Грузинский Технический Университет

Резюме

Рассмотрен целый ряд технических и экономических характеристик компьютерных сетей. Среди них выделены основные, каковыми являются: надежность, топология, стоимость и временные параметры. Установлена взаимосвязь и взаимозависимость между ними. Вместе с этим введен комплексный показатель оценки эффективности компьютерной сети.

Ключевые слова: Компьютерные сети. Технические и экономические характеристики. Показатель эффективности сети.

1. Введение

В современных компьютерных сетях огромное значение имеет качество обслуживания. В связи с этим возникает проблема оценки качества и эффективности сети, для чего необходимо сформировать характеристики и показатели функционирования сети, а также установить взаимосвязь между ними. Вместе с этим возникает проблема вывода комплексного показателя эффективности сети.

Компьютерная сеть может быть охарактеризована целым рядом показателей и характеристик, которые мы объединяем в две основные группы: технические и экономические характеристики.

К техническим характеристикам относятся: 1.временные характеристики; 2.надежность и безопасность; 3.топология; 4.прозрачность; 5.возможность доступа к ресурсам; 6.поддержка разных видов трафика; 7.управляемость; 8.совместимость.

Экономической характеристикой можно считать стоимость или иначе: 1.финансовые затраты на разработку; 2.затраты на создание; 3.расходы на эксплуатацию.

Из вышеуказанных характеристик можно выделить основные, к которым мы относим:

1. Временные характеристики,
2. Надежность,
3. Топология,
4. Стоимость.

Как мы уже отметили важнейшим вопросом для определения общей эффективности компьютерной сети является определение взаимосвязей между ее основными характеристиками. Для построения оптимальной по ее показателям компьютерной сети необходимо выявить, как изменение одних характеристик влияет на другие показатели.

Исследуя основные характеристики компьютерной сети можно выявить следующие взаимосвязи и взаимозависимости:

1. Топология – стоимость,
2. Топология – надежность,
3. Топология – временные характеристики,
4. Стоимость – временные характеристики,
5. Стоимость – надежность.

Рассмотрим указанные зависимости.

1. Топология - стоимость

Надо отметить, что одной из основных характеристик компьютерной сети является топология. Сама топология характеризуется целым рядом характеристик, каковыми являются: сложность, иерархичность, диаметр структуры, связность, плотность, переменность топологии, адаптируемость, надежность, живучесть, параллельность, наращиваемость, топологическая избыточность, стоимость. Топология взаимосвязана со всеми другими характеристиками, она оказывает влияние на остальные характеристики, но с другой стороны выбор топологии зависит от требуемых значений показателей быстродействия, надежности и стоимости сети.

При проектировании сети всегда возникает вопрос связанный с оценкой эффективности этих работ, определением экономической целесообразности выбора той или иной топологии.

При анализе топологии возникает задача - связать стоимость выбираемой топологической структуры с характеристиками стоимости элементов, составляющих ее. Наилучшей топологической структурой является та, которая либо наиболее эффективна при заданной стоимости, либо обладает заданными параметрами при минимальной стоимости.

Общее выражение для полных затрат, включая затраты на создание сети, эксплуатационные расходы для любой сети имеет следующий вид:

$$W_{\Sigma}(T) = n_r (C_r + R_r T) + n_k (C_k + R_k T) + n_y (C_y + R_y T)$$

где $W_{\Sigma}(T)$ – суммарные полные затраты на создание сети и обслуживание ее функционирования в течение времени T ;

n_r, n_k, n_y – число в сети терминалов, каналов и узлов соответственно;

C_r, C_k, C_y – начальная стоимость одного терминала, канала и узла соответственно;

R_r, R_k, R_y – расходы денежных средств в единицу времени на эксплуатацию одного терминала, канала и узла соответственно;

T – срок действия сети с начала функционирования.

2. Топология – надежность

Компьютерные сети содержат в своем составе большое количество элементов, связанных различными способами. В связи с этим можно отметить, что топология непосредственно связана с надежностью. Сложность сети отрицательно сказывается на ее надежности, в то время как характер выполняемых задач требует именно высокой надежности. Надо учесть, что возможные ошибки при разработке топологической структуры т.е. при построении схем связей сетевых узлов и каналов могут привести к низкой эффективности сети и сделать ее как экономически не целесообразной, так и не достаточно надежной.

Под "надежностью сложной системы" понимают свойство этой системы выполнять все заданные функции при определенных условиях эксплуатации в течение заданного времени с сохранением значений основных параметров в заранее установленных пределах.

Отказ - событие, состоящее в полной или частичной утрате работоспособности системой. Отказы являются событиями случайными и наступают всякий раз тогда, когда система не сохраняет своих параметров в заданных пределах. По характеру возникновения отказы могут быть разделены на внезапные и постепенные. Внезапные отказы определяются резким изменением параметров, определяющих качество системы. Постепенные отказы возникают при медленном выходе за установленные пределы параметров, определяющих качество системы, в результате старения или износа. Деление отказов на внезапные и постепенные является в некоторой степени условным, однако удобным при анализе сети.

Основной количественной характеристикой надежности является $P(t)$, которая определяется вероятностью безотказной работы сети, т.е. вероятностью того, что при заданных режимах и условиях эксплуатации в течение заданного времени работы сети отказ в ней не возникает.

$$P(t) = P \{T > t\}$$

где T – наработка на отказ системы; t – заданное время; $P(A)$ – вероятность события A ; в данном случае событие A состоит в том что $T > t$.

По аналогии с функцией надежности введем функцию ненадежности (вероятность отказа):

$$Q(t) = P\{T \leq t\}$$

Из определений функций $P(t)$ и $Q(t)$ следует

$$P(t) + Q(t) = 1$$

или

$$P(t) = 1 - Q(t)$$

Если заданное время t произвольно, то $P = 1 - Q$. Из последнего равенства следует, что мерой P может служить Q : чем выше значение Q , тем хуже надежность системы.

Количественно надежность сети определяется вероятностью разрушения связей между узлами сети, если известны вероятности отказов линий связи и узлов коммутации. При

топологическом проектировании сетей естественно полагать, что отказы каких-либо узлов и ребер являются независимыми случайными событиями, характеризуемыми одинаковым для всех узлов (q_1) и ребер (q_2) вероятностями появления. Если в этих предположениях вычислить вероятности Q_{ij} отказа связи между узлами сети $i, j = 1, 2, \dots, n$, то надежность сети можно определить выражением:

$$Q = \max_{i \neq j} Q_{ij}$$

На практике часто оказывается удобным рассматривать отдельную реберную ($q_1 = 0$) и узловую ($q_2 = 0$) надежности сети, определяемые через реберную Q_{2ij} и узловую Q_{1ij} вероятности отказа связи между узлами ij сети, когда соответственно отказывают только ребра или только узлы. Глобальные реберная Q_2 и узловая Q_1 оценки надежности сети могут быть определены аналогично.

Особое влияние на надежность сети оказывает один из топологических параметров - связность.

Исходя из вышеизложенного, если нет существенных ограничений на затраты, то в этом случае целесообразна реализация многосвязной структуры.

Сеть называется k -связной, если любые два узла соединены независимыми каналами, число которых не менее k .

Класс многосвязных сетей представляется такой характерной их разновидностью, как полностью связные сети. Это топологические структуры связи узлов, в которых каждый узел имеет соединения со всеми другими. Число связей для такой полностью связной сети, состоящей из N узлов, равно:

$$k = N(N - 1) / 2$$

Многосвязная топологическая структура обеспечивает возможность выбора вариантов маршрутов движения потоков информации для многих пар узлов в случае занятости отдельных каналов. Эта структура обладает способностью создавать так называемые обходные пути, если на маршруте встречаются узлы, в которых произошли внезапные отказы в работе.

Возможность решения альтернатив при выборе маршрутов и путей в многосвязной сети обеспечивает повышенную структурную надежность сети. Однако это приводит к удорожению сети и если затраты на создание являются главным критерием, то при разработке структуры к другим типовым вариантам.

3. Топология – временные характеристики

Как уже отмечали выше одной из основных временных характеристик является пропускная способность. Существует теоретическая пропускная способность, которая равна максимальной скорости передачи данных, но на практике используется т.н. эксплуатационная пропускная способность, которая выражается следующим образом:

$$C_{\Sigma} = k_{\Sigma} * k_{п.в.} * C$$

где k_{Σ} – коэффициент эксплуатационной эффективности;

$k_{п.в.}$ – коэффициент эффективности использования сети.

При последовательном соединении элементов эксплуатационная пропускная способность $C_{\Sigma ij}$ равная минимальному значению эксплуатационной пропускной способности элемента сети

$$C_{\Sigma ij} = \min C_{\Sigma s} \quad S = \overline{1, n}$$

При параллельном соединении эксплуатационная способность суммируется.

$$C_{\Sigma S} = \sum_{i=1}^S C_{\Sigma i}, \quad i = \overline{1, S}$$

Следовательно эксплуатационная способность сети зависит от выбранной топологической структуры т.е. от схемы соединения узлов и каналов связи.

Здесь же можно отметить, что пропускная способность сети находится в прямой зависимости от диаметра сети, который также является топологическим параметром.

4. Стоимость – временные характеристики

Как мы уже отмечали одной из основных временных характеристик компьютерной сети является пропускная способность линий и задержка, оптимальное значение которых зависит от стоимостных ограничений.

Высокая пропускная способность линий приводит к увеличению затрат, а при малой - происходит перегрузки и задержки сообщений. Соотношение между стоимостью и пропускной способностью линий имеет следующий вид:

$$W = \sum_i W_i (C_i)$$

где W – полная стоимость линий;

W_i – стоимостный коэффициент для i -линии;

C_i – пропускная способность i -линии.

Значение W неравны, потому, что линии имеют разные длины. В частности, соотношение между стоимостью и пропускной способностью может быть задано степенным законом

$$W = \sum_i W_i C_i^a$$

Средняя задержка для i -линии задается временем ожидания в очереди при допущениях, что длина сообщений имеет экспоненциальное распределение:

$$T_i = 1 / (\mu C_i - \lambda_i)$$

где λ_i – интенсивность потока сообщений в i -канале;

$1 / \mu$ – средняя длина сообщений (в битах).

Среднее значение задержки по всем составляющим получается путем усреднения T_i , взятого с весовыми коэффициентами λ_i/γ , где γ – суммарная скорость поступления сообщений. Таким образом, средняя задержка T при этом определяется выражением

$$T = \sum_i \frac{\lambda_i}{\gamma} \left(\frac{1}{\mu C_i - \lambda_i} \right)$$

Искомые пропускные способности, которые минимизируются при постоянном W , определяются методом неопределенных множителей Лагранжа. В результате мы получаем следующее выражение:

$$C_i = \frac{\lambda_i}{\mu} + \frac{W_e}{W_i} \frac{\sqrt{\lambda_i W_i}}{\sum_i \sqrt{\lambda_i W_i}}$$

где W_e определяется выражением:

$$W_e = W - \sum_i \frac{\lambda_i W_i}{\mu}$$

Первое слагаемое λ_i/μ в правой части формулы для C_i – пропускная способность линии в режиме насыщения, а второе слагаемое – дополнительная пропускная способность этой линии.

Величина результирующей транзитной задержки при передаче по линиям с пропускными способностями C_i , задаваемыми вышеприведенными равенствами, определяется как:

$$T \min = \frac{n}{\mu W_e} \left(\sum_i \sqrt{\frac{\lambda_i W_i}{\lambda}} \right)$$

(λ – сумма интенсивностей трафика λ_i по всем линиям).

Данное определение взаимосвязей позволяет при заданном ограничении на стоимость каналов связи так выбрать пропускные способности, чтобы средняя задержка сообщений была минимальной.

5. Стоимость – надежность

При определении требований по надежности, из различных способов подходов, которые обеспечивают выполнение этих требований, следует выбрать тот, который можно реализовать с минимальными затратами.

При повышении надежности затраты возрастают, поэтому, в некоторых случаях надежность не следует задавать чрезмерно высокой.

Один из возможных способов задания требований по надежности основан на оценке стоимости ущерба, связанного с передачей данных. Введем следующие обозначения для сети включающей подсистемы:

e^{-ct} – надежность системы устойчивой к отказам.;

e^{-st} – надежность оставшейся части системы;

$F_c(t)$ – выражение $(1 - e^{-ct})$;

W_0 – стоимость сети;

T – время передачи данных.

Если в момент времени t подсистема, устойчивая к отказам, вышла из строя и передача данных оказалась невозможной, то стоимость ущерба, связанного с прекращением передачи данных определяется, как

$$W_0 (1 - t / T) e^{-st}$$

Сомножитель $(1 - t / T)$ учитывает ущерб при значениях t , близких T , т.е. в тех редких случаях, когда из строя выходит подсистема, устойчивая к отказам. При малых e^{-st} чувствительной к отказу оказывается часть системы, неустойчивая к отказу; учесть последствия отказов этой части системы несложно.

Поэтому величина $W_0 (1 - t / T)$ взвешивается с весом e^{-st} и умножается на вероятность $dF_c(t)$ возникновения первого отказа на интервале $(t, t+dt)$, усредненную на этом интервале.

Интегрируя полученное выражение от 0 до T , получим:

$$E = W_0 \int_0^w \left(1 - \frac{t}{T}\right) e^{-st} \frac{dF_c(t)}{d(t)} = \frac{c}{c+s} W_0 \left[1 + \frac{e^{-w(c+s)} - 1}{T(c+s)}\right]$$

Величина E интерпретируется как стоимость убытка, связанного с передачей данных; dE/dc – показывает относительное уменьшение стоимости E при единичном приращении надежности. Для обеспечения приращения c необходимы дополнительные затраты. Если через K обозначить стоимость подсистемы, устойчивой к отказам, то величина dK/dc есть приращение затрат для обеспечения единичного приращения c . Если $dE/dc > -dK/dc$, то уменьшение стоимости ущерба из-за приращения параметра c превышает увеличение стоимости подсистемы, устойчивой к отказам. В подобной ситуации предпочитают повысить надежность. Наприв, если $dE/dc < -dK/dc$, то повышение надежности эффекта не дает. Следовательно, предельная точка повышения надежности определяется соотношением

$$dE/dc = -dK/dc$$

Стоимость W_0 включает и K , поэтому трудно оценить производную dE/dc с приемлемой точностью. Однако при $W_0 \gg K$ можно W_0 считать постоянной и производные dE/dc и dK/dc рассчитывать раздельно.

Как мы уже отметили в начале статьи, часто возникает необходимость вывода общего, суммарного показателя эффективности компьютерной сети. Если обозначить основные характеристики сети следующим образом: W – стоимость, T – временной показатель (быстродействие), P – надежность, S – топологический показатель, суммарный показатель эффективности сети может быть представлен в следующем виде:

$$\Phi = \alpha W + \beta T + \tau P + \varphi S$$

где $\alpha, \beta, \tau, \varphi$ – соответствующие коэффициенты относительной важности.

6. Заключение

Очевидно, что при проектировании сети следует стремиться к построению системы обладающей максимально возможным быстродействием ($\min T$) и надежностью при минимальных стоимостных затрат, с учетом оптимальной топологии и ограничении на быстродействие, на пропускную способность линий, узлов и т.д. Однако эти требования являются внутренне противоречивыми, что и приводит к необходимости постановки и решения задач оптимизации.

7. Литература

1. В.К. Морозов, А.В. Долганов, Основы теории информационных сетей. Москва, «Высшая школа», 1987;
2. В.Г. Олифер, Н.А. Олифер, Компьютерные сети. Санкт-Петербург, «Питер», 2002
3. Г.Т. Артамонов, В.Д. Тюрин, Топология сетей ЭВМ и многопроцессорных систем. Москва, «Радио и связь», 1991
4. Э. Таненбаум, Компьютерные сети. Санкт-Петербург, «Питер», 2002

კომპიუტერული ქსელის ძირითად მახასიათებლებს შორის ურთიერთკავშირების დადგენა

ნინო ლოლაშვილი, მედეა თევდორაძე
საქართველოს ტექნიკური უნივერსიტეტი

რეზიუმე

განხილულია კომპიუტერული ქსელების მთელი რიგი ტექნიკური და ეკონომიკური მახასიათებლები, მათ შორის გამოყოფილია ისეთი ძირითადი მახასიათებლები, როგორცაა: საიმედოობა, ტოპოლოგია, ღირებულება და დროითი მახასიათებლები. დადგენილია ძირითად მახასიათებლებს შორის არსებული ურთიერთკავშირი და ურთიერთდამოკიდებულება. ამასთან ერთად გამოყვანილია კომპიუტერული ქსელის ეფექტურობის შეფასების კომპლექსური მაჩვენებელი.

DEFINITION OF INTERRELATIONS BETWEEN THE BASIC CHARACTERISTICS OF THE COMPUTER NETWORK

Lolashvili Nino, Tevdoradze Medea
Georgian Technical University

S u m m a r y

A lot of technical and economic characteristics of computer networks are considered in the article, among them the basic what are outlined: reliability, topology, cost and time parameters. The interrelation and interdependence between them is established. Together with it the complex parameter of an estimation of efficiency of a computer network is entered.