

УДК 621.375

Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, С.И. Шматков, Мохамед Саламе Абрахим Арабиат

Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков

ПОКАЗАТЕЛЬ ЭФФЕКТИВНОСТИ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ КОМПЬЮТЕРНОЙ СЕТЬЮ

Разработан показатель эффективности системы управления компьютерной сетью. Показано, что эффективность управления процессами обработки и доставки информации необходимо оценивать по результатам прироста эффективности сети при наличии управления относительно ее эффективности без управления при условии обеспечения требуемого качества обслуживания. Показана необходимость и возможность учета при управлении ценности передаваемой информации.

Ключевые слова: компьютерная сеть, эффективность, управление компьютерными сетями, математическая модель.

Введение

Постановка задачи. Современные компьютерные сети (КС) являются сложными распределенными программно-аппаратными системами, предназначенными для передачи информационных потоков абонентов с заданными требованиями. Эффективность КС во многом зависит от системы управления КС. На сегодняшний день существует множество различных способов организации системы управления КС

Цель статьи. Следовательно, чтобы оценить эффективность системы управления КС, необходимо разработать показатель, который бы позволил оценить влияние системы управления на эффективность КС в различных условиях функционирования КС.

Анализ последних исследований и публикаций. В работах [1 – 4] эффективность работы КС определяется внутренними параметрами (например, вероятностью доставки информации с заданным качеством и т.д.). Такой подход не отражает влияние системы управления КС. В работах [5, 6] предложен подход, который позволяет разработать методику оценки эффективности КС с точки зрения пользователей КС.

Основная часть

Опыт разработки и эксплуатации сложных систем, успех их оптимизации зависит не только от адекватности модели процесса ее функционирования и совершенства используемого математического аппарата для получения точных и достоверных результатов оценки характеристики системы, но и от выбранного критерия эффективности системы.

На основе стандартной модели взаимодействия открытых систем выделим группы характеристик, которые определяют эффективность КС. К таким характеристикам относятся:

- временные (время доставки, время обработки сообщений);
- характеристики производительности (пусковая способность, загруженность элементов);

- характеристики связности (временная, пространственная, протокольная);
- характеристика целостности (устойчивость, достоверность, точность передачи);
- характеристика сохранности (объем, продолжительность, способ хранения информации);
- характеристика надежности и живучести;
- характеристика безопасности связи.

Рассмотрим методику оценки эффективности системы управления компьютерной сети с точки зрения ее производительности.

При выборе показателя эффективности необходимо руководствоваться следующими требованиями:

- возможностью измерения параметров, входящих в показатель;
- системностью оценки эффективности;
- возможностью учета всех существующих параметров;
- однозначностью оценки;
- учетом особенностей решаемых задач.

Помимо перечисленных соображений одним из основных требований, которым руководствуются при выборе показателей эффективности, является степень их согласованности с целями функционирования системы и задачами исследований.

Как уже отмечалось, основное назначение КС состоит в обеспечении потребностей пользователей в услугах по обработке и доставке в нужное время необходимой информации с требуемым качеством. Поэтому эффективность управления процессом обработки и доставки информации предлагается оценивать по результатам прироста эффективности компьютерной сети при наличии управления $\mathcal{E}_{\text{КСУ}}$ относительно ее эффективности без управления ($\mathcal{E}_{\text{КС}}$):

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \mathcal{E}_{\text{КСУ}} / \mathcal{E}_{\text{КС}}.$$

Эффективность КС оценивается ее производительностью, которая представляет собой относительную скорость передачи и обработки информа-

ции и равна отношению реальной скорости $\lambda_{ц}$ к максимально возможной $\lambda_{\text{макс.ц}}$:

$$\Theta_{\text{кс}} = \frac{\sum_{i=1}^N \lambda_{i,\text{в.в.х}}}{\sum_{i=1}^N \lambda_{\text{макс.и.в.в.х}}}.$$

Интенсивность передачи i -го потока определяется по формуле:

$$\lambda_{ц_i} = \frac{1}{T_{\text{ср}_i}} \cdot (1 + \Delta\omega_i) \cdot (1 - P_{\text{пот}_i}),$$

где $T_{\text{ср}_i}$ – среднее время доставки i -го сообщения; $\Delta\omega_i$ – важность (ценность) этого сообщения при информационном обмене; $P_{\text{пот}_i}$ – вероятность потери сообщения при передаче и обработке.

Максимальная интенсивность передачи информационной части сообщения равна

$$\lambda_{\text{макс.и.в.в.х}} = \frac{1}{T_{n_i}},$$

где T_{n_i} – длительность i -го сообщения без учета влияния различной вводимой избыточности на время передачи. Такая максимальная интенсивность передачи может быть обеспечена и при воздействии системы управления.

Максимальная ценность $\Delta\omega_{i\text{max}} = 1$, т.е.

$$\Theta_{\text{кс}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{n_i}}{T_{\text{ср}_i}} (1 + \Delta\omega_i) (1 - P_{\text{пот}_i}).$$

Следует отметить, что ценность информации может быть учтена только при наличии управления.

Эффективность компьютерной сети при наличии управления осуществляется по формуле

$$\Theta_{\text{ксу}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{n_i}}{T_{\text{ср}_{iy}}} (1 + \Delta\omega_{iy}) (1 - P_{\text{пот}_{iy}}).$$

В результате эффективность управления равна

$$\Theta_{\text{упр}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{\text{ср}_i}}{T_{\text{ср}_{iy}}} \cdot \frac{(1 + \Delta\omega_{iy})}{(1 + \Delta\omega_i)} \cdot \frac{(1 - P_{\text{пот}_{iy}})}{(1 - P_{\text{пот}_i})}. \quad (1)$$

При условии обеспечения качества обслуживания $P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ошдоп}}$, $T_{\text{д}} \leq T_{\text{доп}}$ и минимизации времени управления и вероятности ошибки.

Выражение (1) необходимо использовать для выбора стратегий управления, обеспечивающих максимум величины $\Theta_{\text{ксу}}$.

Для максимизации $\Theta_{\text{ксу}}$ необходимо в процессе управления стремиться к минимизации $T_{\text{ср}_{iy}}$ и приближению этого значения к T_{n_i} , увеличению $\Delta\omega_{iy}$ и уменьшению $P_{\text{пот}_{iy}}$.

Среднее время доставки i -го сообщения включает в себя время задержки на центре коммутации $T_{з_i}$ и время передачи по каналу связи $T_{\text{пер}_i}$:

$$T_{\text{ср}_i} = T_{з_i} + T_{\text{пер}_i}.$$

Обе эти составляющие зависят от правильного распределения сообщений по направлениям передачи адресату, если таких направлений может быть несколько. Кроме того, на значения $T_{з_i}$ и $T_{\text{пер}_i}$ влияют методы управления при доступе в сеть, при передаче по сети, а также ширина окна, длительности выбираемого тайм-аута и выбранного маршрута. Поэтому $T_{\text{ср}_{iy}} \leq T_{\text{ср}_i}$. Правильность распределения сообщений и выбранный маршрут влияют на вероятность потери сообщения. На эту характеристику оказывают влияние также методика распределения емкости БЗУ на узлах коммутации. В результате $P_{\text{пот}_{iy}} < P_{\text{пот}_i}$.

Разработаем методику оценки важности потоков информации при наличии и отсутствии управления.

Предположим, что на центр коммутации поступает поток информации с интенсивностью

$$\lambda_{\text{вх}} = \sum_{j=1}^N \lambda_{\text{вх.}j},$$

где $\lambda_{\text{вх.}j}$ – интенсивность потока от j -го источника; N – число источников информации.

Обозначим вес i -го потока данных источника $\Delta\omega_i$. Этот вес должен относительной частью потока к суммарному потоку в сети.

$$\Delta\omega_i = f\left(\frac{\lambda_i}{\lambda_{\text{вх}}}\right) = f\left(\frac{\lambda_{\text{вх.}i}}{\sum_{i=1}^{\gamma} \lambda_{\text{вх.}i}}\right)$$

при $\lambda_{\text{вх.}i} \leq \lambda_{\text{вх.}i,\text{max}}$, где $\lambda_{\text{вх.}i}$ – интенсивность источника i -го потока; $\lambda_{\text{вх.}i,\text{max}}$ – максимально допустимый поток источника i -го потока. При $\lambda_{\text{вх.}i} > \lambda_{\text{вх.}i,\text{max}}$ используется механизм ограничения входной нагрузки. Ликвидируются пакеты, которые не могут быть обслужены с необходимым качеством.

Это выражение численно определяет важность (вес) i -го потока. При решении конкретных задач каждый поток обладает определенной полезностью (ценностью). Поэтому при управлении численное значение $\Delta\omega_i$ должно учитывать не только $\lambda_{\text{вх.}i}$, но и полезность (ценность) этого потока, которую будем учитывать коэффициентом Π_i . С учетом вышесказанного получим $\Delta\omega_i = f(\lambda_{\text{вх.}i} / \lambda_{\text{вх}}, \Pi_i)$.

Величины Π_i в интервале от 0 до 1 определяются ошибками, допущенными при управлении.

Введенный показатель эффективности предусматривает выполнение ограничений $P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ошдоп}}$ и $T_{\text{д}} \leq T_{\text{доп}}$. Если в отдельных направлениях указанные ограничения не выполняются, то для этих направлений вероятность потери пакета в выражении (1) принимается равной 1.

Рассмотрим метод оценки эффективности системы управления КС в условиях неопределенности.

В условиях неопределенности не всегда можно определить значения параметров, входящих в приведенные выше выражения, и тем более учесть накладываемые на качество передаваемой информации ограничения. Кроме этого, в условиях неопределенности, т.е. при наличии неполной или нечеткой информации, указанные ранее ограничения могут быть заданы с некоторой степенью неуверенности или функциями принадлежности. Например, ограничения будут иметь вид $P_{\text{ош}} \leq P_{\text{ошдоп}}$ с вероятностью $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$, находящейся в интервале от $P_{\text{нч}_{\text{ош}1}}$ до $P_{\text{нч}_{\text{ош}2}}$, или с функцией принадлежности $\mu_{P_{\text{нч}_{\text{ош}}}}(P_{\text{ош}})$. Аналогично можно записать ограничения для времени доставки $T_{\text{д}} \leq T_{\text{доп}}$ с вероятностью $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$ ($\mu_{P_{\text{нч}_{\text{т}}}}(T_{\text{ср}})$).

Если не предусмотреть возможность учета таких ситуаций при расчете эффективности, то для таких направлений задача может вообще не решаться или $\mathcal{E}_{\text{упр}}$ будет рассчитываться по (1) при $P_{\text{пот}_i} = 1$. В результате оценка эффективности управления сетью будет проведена неверно. Это приведет к временному и материальному ущербу. Для устранения этого недостатка указанные выше ограничения можно учесть введением коэффициента, который будем называть коэффициентом доверия ($K_{\text{дов}}$) к информации, передаваемой по i -му направлению. Этот коэффициент должен оказывать влияние на $\mathcal{E}_{\text{упр}}$. В этом случае выражение (1) примет вид

$$\mathcal{E}_{\text{упр}} = \sum_{i=1}^N \frac{T_{\text{ср}_i}}{T_{\text{ср}_{iy}}} \cdot \frac{(1 + \Delta\omega_{iy})}{(1 + \Delta\omega_i)} \cdot \frac{(1 - P_{\text{пот}_{iy}}) \cdot K_{\text{дов}}}{(1 - P_{\text{пот}_i})} \quad (2)$$

Получим выражение для этого коэффициента. Задача заключается в необходимости учета неполной и нечеткой информации, как по времени доставки, так и вероятности ошибки в i -м направлении. Так можно учитывать и другие ограничения. Например, надежность характеристики сети.

Для решения такой задачи желательно свести ее к однокритериальной. Сведение двухкритериальной задачи к однокритериальной наиболее просто осуществляется путем введения функции, учитывающей взвешенное значение критериев.

Эта функция имеет вид:

$$\Phi_{1i} = W_1 \cdot P_{\text{нч}_{\text{ош}i}} + W_2 \cdot P_{\text{нч}_{\text{т}i}},$$

где W_1 и W_2 – соответственно весовые коэффициенты, удовлетворяющие условиям $W_1 \leq 1$ и $W_2 \leq 1$. Значения этих коэффициентов могут быть заранее заданы и записаны в банке данных. Решение при управлении может быть принято, если вероятности $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$ удовлетворяют условиям $P_{\text{нч}_{\text{ош}i}} \leq P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{мин}}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}i}} \leq P_{\text{нч}_{\text{т}_{\text{мин}}}}$. Таким образом, минимальное значение функции Φ_1 равно

$$\Phi_{1i_{\text{мин}}} = W_1 \cdot P_{\text{нч}_{\text{ош}i_{\text{мин}}}} + W_2 \cdot P_{\text{нч}_{\text{т}i_{\text{мин}}}}.$$

Вероятности $P_{\text{нч}_{\text{ош}_{\text{мин}}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}_{\text{мин}}}}$ могут быть заданы и записаны в банке данных.

При определении весовых коэффициентов W_1 и W_2 должны учитываться как важность параметра для конкретной решаемой задачи, так и степень неуверенности в полученном значении этого параметра, т.е. пределами его возможных значений.

Если при оценке ситуации важность обоих параметров одинакова, то при определении W_1 и W_2 необходимо учитывать только степень неуверенности в полученных значениях $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$.

Эта степень уверенности может быть определена относительным значением количества полученной информации о состоянии сети:

$$W_{1,2} = \frac{H_{1,2}(x) - H_{1,2}(x/y)}{H_{1,2}(x)} = 1 - \frac{H_{1,2}(x/y)}{H_{1,2}(x)}, \quad (3)$$

где $H_{1,2}(x)$ и $H_{1,2}(x/y)$ – соответственно энтропия системы до получения и после получения сообщений. Индексы относятся к определению W_1 и W_2 .

Коэффициент доверия должен удовлетворять некоторым требованиям. Он должен быть универсальным и учитывать особенности оцениваемой системы, а в рассматриваемом случае он должен зависеть от $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$. Этот коэффициент должен быть безразмерным и иметь значение в пределах от 0 до 1. Если взвешенное значение функции Φ_1 достигает минимума, он должен быть равен 0, а если максимума, то равен 1. Максимальное значение Φ_1 равно $\Phi_{1i_{\text{макс}}} = W_1 + W_2$, т.е. когда $P_{\text{нч}_{\text{ош}}}$ и $P_{\text{нч}_{\text{т}}}$ равны 1.

Таким требованиям удовлетворяет коэффициент доверия вида:

$$K_{\text{дов}} = \frac{\Phi_1 - \Phi_{\text{мин}}}{\Phi_{1\text{макс}} - \Phi_{1\text{мин}}},$$

где Φ_1 – значение функции в момент оценки эффективности.

Подставив значения функций Φ_1 , $\Phi_{1\text{макс}}$ и $\Phi_{1\text{мин}}$ в последнее выражение, получаем:

$$K_{\text{дов}} = \frac{W_1 \cdot (P_{\text{нч}_{\text{ош}i}} - P_{\text{нч}_{\text{ош}i_{\text{мин}}}}) + W_2 \cdot (P_{\text{нч}_{\text{т}i}} - P_{\text{нч}_{\text{т}i_{\text{мин}}}})}{W_1 \cdot (1 - P_{\text{нч}_{\text{ош}i_{\text{мин}}}}) + W_2 \cdot (1 - P_{\text{нч}_{\text{т}i_{\text{мин}}}})}$$

При оценке эффективности должны учитываться только полезные выходные сообщения, т.е. сообщения, которым можно доверять.

Таким образом, как при наличии полной информации, так и в условиях неопределенности имеется возможность численно оценить эффективность управления сетью.

Заключение

В статье проведен анализ основных характеристик КС, влияющих на ее эффективность. На основании проведенного анализа предложен показатель эффективности системы управления компьютерной сетью.

Показано, что оптимальное управление компьютерной сетью является задачей нелинейного программирования.

Показано, что эффективность управления процессами обработки и доставки информации необходимо оценивать по результатам прироста эффективности сети (относительной скорости передачи и обработки) при наличии управления относительно ее эффективности без управления при условии обеспечения требуемого качества обслуживания.

Показана необходимость и возможность учета при управлении ценности передаваемой информации.

Список литературы

1. Олифер В.Г. Компьютерные сети. Принципы, технологии, протоколы: учебник для вузов. 2-е изд. / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: Питер, 2003. – 864 с.
2. В.Г. Олифер В.Г. Новые технологии и оборудование IP-сетей / В.Г. Олифер, Н.А. Олифер. – СПб.: БХВ-Петербург, 2001. – 512 с.
3. Таненбаум Э. Компьютерные сети. 4-е изд. / Э. Таненбаум. – СПб.: Питер, 2003. – 992 с.
4. Качество обслуживания в сетях IP: Пер. с англ. – М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. – 368 с.
5. Харкевич А.А. О ценности информации / А.А. Харкевич // Проблемы кибернетики. – М.: Физматгиз. – 1960. – № 4. – С. 53-57.
6. Стратонович Р.Л. О ценности информации / Р.Л. Стратонович // Изв. АН СССР. Сер. Техническая кибернетика. – 1965. – №5. – С. 3-12.

Поступила в редколлегию 26.12.2012

Рецензент: д-р техн. наук, доцент С.Г. Рассомахин, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

ПОКАЗНИК ЕФЕКТИВНОСТІ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ КОМП'ЮТЕРНОЮ МЕРЕЖЕЮ

Ю.І. Лосев, К.М. Руккас, С.І. Шматков, Мохамед СаламеАбрахім Арабіат

Розроблений показник ефективності системи управління комп'ютерною мережею. Показано, що ефективність управління процесами обробки і доставки інформації необхідно оцінювати за результатами приросту ефективності мережі за наявності управління відносно її ефективності без управління за умови забезпечення необхідної якості обслуговування. Показана необхідність і можливість обліку при управлінні цінності переданої інформації.

Ключові слова: комп'ютерна мережа, ефективність управління комп'ютерними мережами, математична модель.

PERFORMANCE INDICATORS SYSTEM CONTROL OF COMPUTER NETWORK

U.I. Losev, K.M. Rukkas, S.I. Shmatkov, Mohammad Salameh Ibrahim Arabiat

Developed performance indicator management system computer network. It is shown that the efficiency of processing management and delivery should be evaluated based on the results of growth in the presence of network performance management with respect to its efficiency of no control, provided that the required quality of service. Illustrates the necessity and possibility of accounting for the management of the value of the information.

Key words: computer network, computer efficiency network control, mathematical model.