

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОДНОМАРШРУТНОГО И МУЛЬТИМАРШРУТНОГО МЕТОДОВ ПЕРЕДАЧИ СООБЩЕНИЙ

Лосев, Ю.И., Шматков С.И., Руккас К.М., Щебенюк В.С.
Харьковский национальный университет радиоэлектроники
(61166, г. Харьков, пр. Ленина, 14, каф. ТКС)
e-mail: krukka@gmail.com

The article provides a comparative analysis unicast and multicast transmission techniques in modern computer networks. As an indicator of efficiency, we use message delivery time. On the basis of comparative analysis, the necessary conditions for the use multicast messaging

Введение

Управление потоком информации при многопутевой передаче является достаточно сложным процессом, учитывающее особенности передачи как по одному каналу, так и с учетом совместимого функционирования нескольких каналов.

В наиболее простом варианте многоканальная система представляет совокупность независимо функционирующих каналов. В этом случае, как показано ранее, характеристики системы будут определяться характеристиками худшего канала.

Поэтому, прежде чем разработать модель процесса управления в многоканальной системе, разработаем модель управления одним информационным каналом, в соответствии с которой определим методику оценки таких основных вероятностно – временных характеристик канала, как среднее время доставки сообщения и вероятность доставки за заданное время.

Сначала разработаем математическую модель, обеспечивающую возможность определения таких основных характеристик, как среднее значение и дисперсию времени доставки сообщений.

Разработанная модель должна учитывать влияние указанных параметров на основные вероятностно-временные характеристики.

В настоящее время описаны математические модели многопутевой маршрутизации, основанные на теории графов и теории массового обслуживания [1–4]. Проведенный анализ указанных работ показывает, что описанные модели обеспечивают возможность оценки основных вероятностно-временных характеристик при ограничениях на входящий поток заявок. При использовании этих моделей невозможен учет особенностей применяемого протокола; отсутствие возможности учета влияния на основные вероятностно-временные характеристики (ВВХ) таких режимов работы систем, как цикловая и межпутевая синхронизация; трудность в получении общих выражений для определения основных ВВХ для многоканальных систем с различными интенсивностями обслуживания и т.п.

Известны математические модели, основанные на использовании линейного программирования [4]. Однако все эти модели посвящены решению задачи маршрутизации и не устраняют указанные выше недостатки. Управление потоком предполагает, что выбор маршрута уже проведен. Необходимо обеспечить качественную параллельную доставку фрагментов сообщения таким же образом, как и в случае последовательной передачи этих фрагментов.

Изложение основного материала

В распределённых системах обмен информацией между отдельными или группами пользователей может осуществляться по одному маршруту целыми сообщениями с их фрагментацией и с передачей фрагментов по разным маршрутам.

Для определения этих условий проведём сравнения метода мультимаршрутной передачи с методом передачи по одному пути (маршруту). При передаче по одному пути блок данных может передаваться без фрагментирования, с фрагментированием и с последующей последовательной передачей фрагментов.

Предположим, что блок разделен на M фрагментов. Каждый фрагмент содержит $m_{\text{п}}$ информационных и $k_{\text{сл}}$ служебных символов.

В системах с обратной связью каждый фрагмент может повторяться в случае обнаружения ошибки. Между двумя окончательными пунктами находится β промежуточных узлов. Поскольку задержка на узлах не зависит от числа передаваемых фрагментов, а определяется только числом промежуточных узлов, время передачи блока, будет определяться выражением

$$T_{\text{ПЕРбл}} = \sum_{j=1}^M T_{\text{ПЕР}j} \cdot \theta_j, \quad (1)$$

$$\text{где } T_{\text{ПЕР}j} = T_{\text{ФР}j} \cdot r_{31} + \sum_{i=1}^{\beta+1} T_{\text{Р}ij} + \sum_{i=1}^{\beta} T_{\text{ЗАд}yij},$$

$T_{\text{ЗАд}yij}$ - время задержки на узле $T_{\text{ЗАд}yij} = T_{\text{ФР}j} \cdot r_{31}$;

$T_{\text{ФР}j}$ - длительность фрагмента $T_{\text{ФР}j} = \frac{m_{nj} + k_{\text{сл}}}{B}$, $k_{\text{сл}} = \log(m_n)$.

r_{31} – избыточность за счет заголовка фрагментов.

Коэффициент θ_j , в соответствии с [5], учитывает влияние обратной связи в дуплексном канале.

Поскольку информационная нагрузка равна сумме поступающей нагрузки $\sum_{j=1}^M m_{nj}$, скорость передачи информационных символов будет равна

$$C_1 = \frac{\sum_{j=1}^M m_{nj}}{T_{\text{ПЕРбл1}}}. \quad (2)$$

Если участки сети имеют одинаковые характеристики и фрагменты одинаковой длины, то при последовательной передаче фрагментов выражение (1) будет иметь вид

$$T_{\text{ПЕРбл1}} = M \cdot T_{\text{ПЕР1}} \cdot \theta_1;$$

$$T_{\text{ПЕР}j} = T_{\text{ФР}j} \cdot r_{31} + (\beta+1) \cdot T_{\text{Р}} + \beta \cdot T_{\text{ЗАд}y1}.$$

Входящие в эти выражения величина θ_1 определяются по следующей формуле:

$$\theta_1 = 1 + \frac{\left(1 + \frac{T_{\text{ТА1}}}{T_{\text{ПЕР1}}}\right) \cdot (P_{\text{ПОТ1}} + P_{\text{ОО1}})}{1 - P_{\text{ПОТ1}} - P_{\text{ОО1}}}. \quad (3)$$

где время таймаута равно $T_{\text{ТА}j} = T_{\text{ПЕР}j} \cdot \eta$; $\eta > 1$; $P_{\text{ОО1}} \cong n \cdot (1 - 2^{-k_{\text{сл}}}) \cdot P_{\text{ОШ}}$; $P_{\text{ОШ}}$ - вероятность ошибки в принятом фрагменте.

При средней нагрузке время задержки на узле равно $T_{\text{ЗАд}y1} = T_{\text{ФР}}$.

Вероятность потери фрагмента определяется по формуле

$P_{\text{ПОТ1}} = (1 - \lambda_1 \cdot T_{\text{ФР}}) \cdot (\lambda_1 \cdot T_{\text{ФР}})^W$, где W – емкость буферного запоминающего устройства на узле коммутации;

Если блок передается без деления на фрагменты, то время его передачи будет равно

$$T_{\text{ПЕРбл2}} = M \cdot T_{\text{ПЕР2}} \cdot \theta_2 \leq,$$

$$\text{где } T_{\text{ПЕР2}} = T_{\text{БЛ}} \cdot r_{32} + \sum_{i=1}^{\beta+1} T_{\text{Р}i} + \sum_{i=1}^{\beta} T_{\text{ЗАд}i}, \quad T_{\text{БЛ}} = M \cdot T_{\text{ФР}}.$$

$$T_{\text{ЗАд}i} = T_{\text{БЛ}}.$$

В соответствии с (3), коэффициент θ_2 , определяется по выражению:

$$\theta_2 = 1 + \frac{\left(1 + \frac{T_{TA2}}{T_{ПЕР2}}\right) \cdot (P_{ПОТ2} + P_{ОО2})}{1 - P_{ПОТ2} - P_{ОО2}},$$

где $T_{TA2} = T_{ПЕР2} \cdot \eta$; $P_{ОО2} \cong M \cdot n \cdot (1 - 2^{-k_{cl}}) \cdot P_{ОШ2}$; $P_{ПОТ2} = (1 - \lambda_2 \cdot M \cdot T_{ФР}) \cdot (\lambda_2 \cdot M \cdot T_{ФР})^W$.

Поскольку $\lambda_2 = \lambda_1 / 1$, получим

$$P_{ПОТ2} = (1 - \lambda_1 \cdot T_{ФР}) \cdot (\lambda_1 \cdot T_{ФР})^W,$$

т.е. $P_{ПОТ1} = P_{ПОТ2}$.

Время задержки на узле при средней нагрузке в сети равно

$$T_{ЗАдУ2} = M \cdot T_{ФР} \cdot r_{32} = T_{БЛ} \cdot r_{32}.$$

Для сравнения двух методов передачи возьмем и отношение $\frac{T_{ПЕРбл1}}{T_{ПЕРбл2}}$

$$\begin{aligned} \frac{T_{ПЕРбл1}}{T_{ПЕРбл2}} &= \\ &= \frac{[M \cdot T_{ФР} \cdot r_{31} + \beta \cdot T_{ФР} \cdot r_{31} + (\beta + 1) \cdot T_P] \cdot \theta_1}{[M \cdot T_{ФР} \cdot r_{32} + M \cdot \beta \cdot T_{ФР} \cdot r_{32} + (\beta + 1) \cdot T_P] \cdot \theta_2}. \end{aligned} \quad (4)$$

Определим отношение $\frac{\theta_1}{\theta_2}$

$$\begin{aligned} \frac{\theta_1}{\theta_2} &= \frac{1 + \frac{T_{КВ}}{T_{ПЕР1}} + \frac{\left(1 + \frac{T_{TA1}}{T_{ПЕР1}}\right) \cdot (P_{ПОТ1} + P_{ОО1})}{1 - P_{ПОТ1} - P_{ОО1}}}{1 + \frac{T_{КВ}}{T_{ПЕР2}} + \frac{\left(1 + \frac{T_{TA2}}{T_{ПЕР2}}\right) \cdot (P_{ПОТ2} + P_{ОО2})}{1 - P_{ПОТ2} - P_{ОО2}}}. \end{aligned} \quad (5)$$

Учитывая, что $P_{ОО1} < P_{ОО2}$, $P_{ПОТ2} = P_{ПОТ1}$, $\frac{T_{TA1}}{T_{ПЕР1}} = \frac{T_{TA2}}{T_{ПЕР2}}$ получим неравенство

$$\frac{\theta_1}{\theta_2} \leq 1.$$

Поскольку $T_{ЗАдУ1} < T_{ЗАдУ2}$, несмотря на то, что r_{31} несколько больше, чем r_{32} получим неравенство $\frac{T_{ПЕРбл1}}{T_{ПЕРбл2}} < 1$.

Таким образом, время передачи сообщения одним блоком больше, чем при передаче фрагментами. Следовательно, скорость передачи информационного символа при делении на фрагменты будет больше.

Это объясняется тем, что вероятность повтора блока больше, чем вероятность повтора фрагмента, т.к. длина блока больше. Кроме этого, при повторе длина повторяемого сообщения больше.

Выводы

Разработана математическая модель управления информационным каналом. Модель для систем с обратной связью обеспечивает возможность определения основных вероятностно-временных характеристик канала: среднее значение и дисперсию времени доставки фрагментов, а также вероятность доставки за заданное время. Разработанная модель учитывает возможность управления шириной окна и длительностью тайм-аута,

параметрами, влияющими на эффективный обмен. На основании разработанных моделей определения основных вероятностно-временных характеристик проведена сравнительная оценка различных методов передачи. Доказано, что для уменьшения времени доставки целесообразно разделение передаваемого сообщения на фрагменты.

Определена необходимость применения мультимаршрутной передачи. Показана полезность такой передачи для повышения скорости, уменьшения времени доставки, повышения надежности и живучести системы передачи, уменьшения вероятности ошибки. Обоснованы условия, при которых ввод нового дополнительного канала дает положительный результат по скорости передачи информации.

Литература

1. Лосев Ю. И., Бердников А. Г., Гойхман Э. Ш. Адаптивная компенсация помех в каналах связи. – М.: Радио и связь, 1988. – 209 с.
2. Bolch G., Greiner S., De Meer H., Trivedi K. – Queueing networks and Markov chains: modeling and performance evaluation with computer science approach 2nd ed. Wiley-Interscience, 2006. 869 p.
3. Филлипс Д., Гарсиа-Диаз А. Методы анализа сетей: Пер. с англ. – М.: Мир, 1984. – 496 с., ил.
4. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. В 2 ч.: Пер. с англ. – М.: Наука, Гл. ред. физмат. лит., 1992. – Ч. 1. – 336 с
5. Лосев Ю. И., Руккас К. М., Шматков С.И. Математическая модель процесса информационного обмена при многопутевой передаче.// Збірник наукових праць. Системи управління, навігації та зв'язку. – Київ, 2010. – Вип. 1. (13). – С. 205 – 209.