

УДК 621.395

Ю.И. Лосев¹, С.И. Шматков¹, К.М. Руккас¹, В.С. Щебенюк²*Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков**Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет, Харьков*

МЕТОДЫ УПРАВЛЕНИЯ ПОТОКОМ ДАННЫХ ПРИ ВОССТАНОВЛЕНИИ ПОТЕРЯННЫХ И ИСКАЖЕННЫХ СООБЩЕНИЙ В МУЛЬТИМАРШРУТНОМ ТРАКТЕ

В статье разрабатывается математическая модель управления информационным обменом при восстановлении потерянных и искаженных сообщений при мультимаршрутной передаче в современных компьютерных сетях. Предложенные модели позволяют определить время доставки сообщений и вероятность необнаружения ошибки в принятых сообщениях и учитывают влияние на скорость передачи данных использование нескольких маршрутов, состояние каналов, необходимость введения дополнительной избыточности.

Ключевые слова: мультимаршрутная передача, компьютерные сети, управление потоком.

Введение

Постановка задачи. При управлении потоком данных в мультимаршрутном тракте возникает ряд особенностей по сравнению с одноканальными системами. Такими особенностями являются необходимость распределения фрагментов по каналам с последующей их сборкой на приемной стороне.

Для экстренной передачи высокоприоритетных данных может использоваться процедура, при которой один и тот же фрагмент (сообщение) одновременно передается по всем или нескольким каналам.

Если фрагмент, передаваемый по тракту, представляет сетевой пакет, а более высокий уровень пакеты объединяет и формирует сообщение, то можно исключить функции сборки (формирования сообщения).

Каждый фрагмент представляет собой отдельное сообщение, дальнейшая обработка этих фрагментов может быть осуществлена на более высоком уровне.

Может быть организована разнообразная процедура восстановления искаженных или потерянных фрагментов путем их повторения по каждому из каналов, по всем каналам или только по какому-либо одному (наиболее короткому).

Управление потоком может быть обеспечено путем указания со стороны приемника на состояние перегрузки или неисправности какого-либо канала. Допускается добавление или исключение каналов без нарушения процесса передачи данных.

Сообщение или его некоторые фрагменты могут передаваться разными пользователями параллельно.

Цель статьи. Рассмотрим общий вариант, при котором сообщение делится на фрагменты, которые распределяются по каналам с последующей сборкой на приемной стороне.

Возможны в этом случае три варианта восстановления потерянных и искаженных сообщений (три метода организации обратной связи в тракте).

Первый метод предполагает при потере фрагмента или обнаружении в нем ошибки его повторение организовать в каждом канале отдельно. В этом случае каналы тракта функционируют независимо друг от друга. Вторым вариантом предполагается последовательную поканальную проверку правильности приема фрагментов. При третьем методе в случае обнаружения ошибки или потери фрагмента в каком-либо канале повторяется фрагмент по всем каналам.

Разработаем модели и исследуем эффективность указанных трех вариантов.

Анализ последних исследований и публикаций. В настоящее время описаны математические модели многопутевой маршрутизации, основанные на теории графов и теории массового обслуживания [1 – 6]. 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 восстановление потерянных или искаженных данных, 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 [7]. 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

Вероятностно-временной граф организации обратной связи в каждом канале для **первого варианта передачи данных** имеет вид, изображенный на рис. 1.

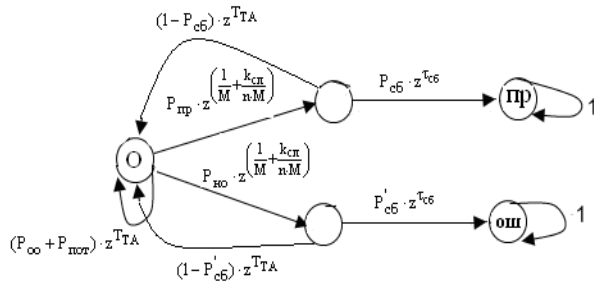


Рис. 1. Вероятностно-временной граф

На рис. 1 обозначено:

$P_{пр}, P_{но}, P_{оо}$ и $P_{пот}$ – соответственно вероятности правильного приема, необнаруженной, обнаруженной ошибки и вероятности потери;

$P_{сб}$ и $P'_{сб}$ – соответственно вероятности правильного формирования сообщения при правильном приеме и необнаружении ошибки.

Путем эквивалентных преобразований ВВГ (рис. 1) приводится к виду, представленному на рис. 2.

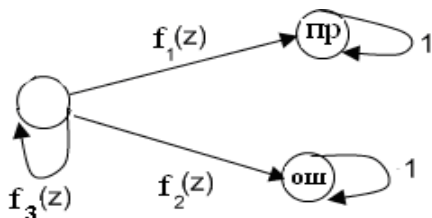


Рис. 2. Преобразованный ВВГ

На этом графе изображено

$$f_1(z) = P_{пр} \cdot z^{\left(\frac{1}{M} + \frac{k_{сл}}{n \cdot M}\right)}; f_2(z) = P_{но} \cdot z^{\left(\frac{1}{M} + \frac{k_{сл}}{n \cdot M}\right)};$$

$$f_3(z) = (P_{оо} + P_{пот}) \cdot z^{T_{ТА}}.$$

Производящая функция равна

$$F(z) = \frac{f_1(z) + f_2(z)}{1 - f_3(z)}.$$

Относительное среднее время передачи равно

$$T_{cp} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1}. \tag{1}$$

Вероятность правильного приема и вероятность необнаруженной ошибки соответственно равны

$$P_{пр1} = \left. \frac{f_1(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1},$$

$$P_{но1} = \left. \frac{f_2(z)}{1 - f_3(z)} \right|_{z=1}.$$

Поскольку в M -канальной системе каналы работают независимо, ВВГ при мультимаршрутной передаче будет иметь вид, изображенный на рис. 3.

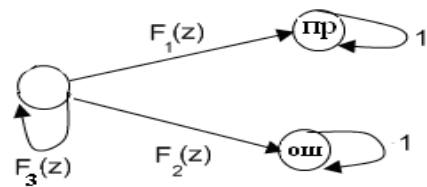


Рис. 3. Результирующий ВВГ

Полагая равенство $P_{сб} = 1$, для приведенного графа справедливы выражения

$$F_1'(z) = (P_{пр1})^M \cdot z^{T_{cp1}}; F_1(z) = F_1'(z) \cdot P_{сб};$$

$$F_2'(z) = \sum_{i=1}^M C_M^i \cdot (P_{но1})^i \cdot (1 - P_{но1})^{M-i};$$

$$F_2(z) = F_2'(z) \cdot P_{сб}; \tag{2}$$

$$F_3(z) = [F_1'(z) \cdot (1 - P_{сб}) + F_2'(z) \cdot (1 - P'_2)] \cdot z^{T_{ТА}}.$$

Производящая функция имеет вид

$$F(z) = \frac{F_1(z) + F_2(z)}{1 - F_3(z)}. \tag{3}$$

Время передачи определяется по формуле

$$T_{cp} = \left. \frac{dF(z)}{dz} \right|_{z=1}.$$

Вероятность ошибки равна

$$P_{ош} = \left. \frac{F_2(z)}{1 - F_3(z)} \right|_{z=1}.$$

По приведенным выше выражениям исследуем зависимости среднего времени передачи и вероятности ошибки для различных исходных данных.

На рис. 4 приведены зависимости среднего времени передачи от вероятности искажения одного бита при длине сообщения 64 в многоканальных системах при различном числе каналов. На рис. 5 приведены зависимости среднего времени передачи от числа каналов при различных значениях вероятности искажения одного бита при длине сообщения 64 бита.

Из приведенных графиков видно, что среднее время передачи существенно возрастает при увеличении вероятности искажения одного бита (p) более 10^{-4} и может быть ограничивающим фактором числа используемых каналов. Вероятность приема сообщения с ошибкой (рис. 5) возрастает с увеличением p и мало зависит от числа используемых каналов.

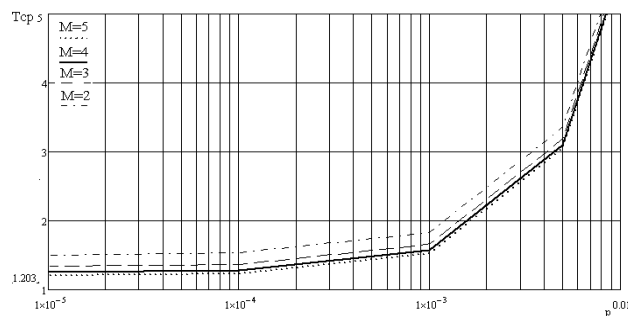


Рис. 4. Зависимость $T_{cp} = f(p)$ при длине сообщения 64 бита

связи (рис. 5) наблюдается слабая зависимость относительного среднего времени передачи от числа используемых каналов и длины сообщения.

При втором варианте организации М-канального тракта в отличие от первого варианта относительное среднее время передачи больше и более заметно возрастает с увеличением числа каналов и длины передаваемого сообщения. Это объясняется тем, что анализ принимаемых сообщений по каналам производится последовательно и с увеличением количества каналов число анализов возрастает.

Характеристики третьего варианта организации обратной связи практически не отличаются от аналогичных характеристик второго варианта. Однако реализация этого варианта существенно проще первых двух.

Следует отметить, что сравнение различных вариантов организации обратной связи проводилось по относительному времени передачи сообщения (фрагмента) по мультимаршрутному тракту. Скорость же передачи сообщений с увеличением числа маршрутов возрастает при использовании любого варианта.

Выводы

1. При управлении потоком в мультимаршрутной системе осуществляется распределение фрагментов по каналам, восстановление потерянных и искаженных фрагментов, управление потоком с учетом влияния режимов синхронизации и формирования сообщения из принятых фрагментов.

При распределении потока исходными данными являются набор требований времени доставки фрагментов по каналам. Критерий качества распределения является минимальное время доставки. Поскольку в исследуемой системе мультимаршрутная передача используется с целью повышения надежности, живучести системы, скорости и достоверности передачи, число используемых каналов невелико, задача распределения фрагментов по каналам может быть решена методом перебора.

При управлении потоком данных восстановление потерянных и искаженных фрагментов возможно

использование трех вариантов. Первый вариант основан на независимом функционировании каналов. Второй вариант предполагает последовательную по каналную проверку правильности приема фрагментов. При третьем варианте в случае обнаружения ошибки или потери фрагмента в каком-либо канале фрагменты повторяются по всем каналам.

2. Разработаны математические модели для всех трех вариантов, позволяющие определить среднее время, дисперсию времени и вероятность ошибки с учетом числа используемых каналов и их состояния. Модели позволяют сравнить и обоснованно выбрать вариант информационного обмена при мультимаршрутной передаче.

Список литературы

1. Раскин Л.Г. Анализ сложных систем и элементы теории оптимального управления / Л.Г. Раскин. – М.: Сов. радио, 1976. – 344 с.
2. Лосев Ю.И. Адаптивная компенсация помех в каналах связи / Ю.И. Лосев, А.Г. Бердников, Э.Ш. Гойхман. – М.: Радио и связь, 1988. – 209 с.
3. Bolch G. Queueing networks and Markov chains: modeling and performance evaluation with computer science approach / G. Bolch, S. Greiner, H. De Meer, K. Trivedi. – 2nd ed. – Wiley-Interscience, 2006. – 869 p.
4. Филлипс Д. Методы анализа сетей: Пер. с англ. / Д. Филлипс, А. Гарсиа-Диас. – М.: Мир, 1984. – 496 с., ил.
5. Шварц М. Сети связи: протоколы, моделирование и анализ. В 2 ч.: Пер. с англ. / М. Шварц. – М.: Наука, Гл. ред. физмат. лит., 1992. – Ч. 1. – 336 с.
6. Крылов В.В. Теория телеграфика и ее приложения / В.В. Крылов, С.С. Самохвалова. – СПб.: БХВ-Санкт-Петербург, 2005. – 288 с.
7. Берсекас Д. Сети передачи данных / Д. Берсекас, Р. Галлагер. – М.: Мир, 1989. – 544 с. ил.
8. Лосев Ю.И. Математическая модель процесса информационного обмена при многопутевой передаче / Ю.И. Лосев, К.М. Руккас, С.И. Шматков // Системи управління, навігації та зв'язку. – К.: ДП «ЦНДІ НГУ», 2010. – Вип. 1. (13). – С. 205-209.

Поступила в редколлегию 18.01.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Л.С. Сорока, Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина, Харьков.

МЕТОДИ УПРАВЛІННЯ ПОТОКОМ ДАНИХ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ЗАГУБЛЕНИХ ТА ПЕРЕКРУЧЕНИХ ПОВІДОМЛЕНЬ В МУЛЬТИМАРШРУТНОМУ ТРАКТІ

Ю.І. Лосев, С.І. Шматков, К.М. Руккас, В.С. Щебенюк

У статті розробляється математична модель управління інформаційним обміном при відновленні втрачених та перекручених повідомлень при мультимаршрутній передачі в сучасних комп'ютерних мережах. Запропоновані моделі дозволяють визначити час доставки повідомлень та ймовірність виявлення помилки в прийнятих повідомленнях і враховують вплив на швидкість передачі даних використання декількох маршрутів, стан каналів, необхідність введення додаткової надмірності.

Ключові слова: мультимаршрутна передача, комп'ютерні мережі, управління потоком даних.

METHOD OF FLOW CONTROL WHEN RESTORING LOST AND DISTORTION OF COMMUNICATIONS MULTIPATH SYSTEME

U.I. Losev, S.I. Shmatkov, K.M. Rukkas, V.S. Scshebeniuk

The paper developed a mathematical model for managing information exchange in the recovery of lost an corrupted messages in multipath transmission in modern computer networks. The proposed models allow us to determine message delivery time and probability of undetected errors in the received messages and accounts for the effect on the rate of data transfer using multipath, the state channels, the need to introduce additional redundancy.

Keywords: multicast transmission, computer networks, parallel processing.