

ОЦЕНКА ПРОПУСКНОЙ СПОСОБНОСТИ СИСТЕМ ПАКЕТНОЙ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ С “ПУЛЬСИРУЮЩЕЙ” ЗАГРУЗКОЙ КАНАЛА СВЯЗИ

А. А. ШАМИН

Томский политехнический университет, Россия

e-mail: salex@cc.tpu.edu.ru

Д. М. СОНЬКИН

Отдел проблем информатизации ТНЦ СО РАН, Россия

e-mail: sonkin@cc.tpu.edu.ru

A definition of a “pulsatory” load in communication channels is introduced. A description of a general structure and parameters of the model for batch communication system with a “pulsatory” load in communication channels is presented. An estimation of the maximum number of users of the telegraphic and radio channels is given.

Любая система связи должна соответствовать определенным требованиям по живучести, достоверности передаваемой информации и обеспечении пропускной способности. Одним из средств достижения этих характеристик является введение многоканальности, это предусматривает как использование нескольких одинаковых каналов, так и интеграцию каналов с различной физической природой. В любом случае каждый из используемых каналов несет свою информационную нагрузку, а если каналы не могут использоваться одновременно, то пропускная способность системы определяется минимальной пропускной способностью одного из каналов. Пусть T_1, T_2, \dots — пропускная способность каждого из каналов, тогда $T = \min(T_1, T_2, \dots)$. Очевидно, что в системах с неравномерным трафиком могут возникать “узкие” места. Наиболее острая ситуация в системах с вероятностной пульсирующей нагрузкой наблюдается при, например, передаче СМС-сообщений во время футбольного матча, в Новый год или при проведении крупных массовых мероприятий. Более простой случай представляют системы с детерминирующей пульсирующей нагрузкой (например, передача данных в строго определенные регламентные сроки — передача параметров контролируемой системы в строго определенные периоды времени), что наиболее характерно для ведомственных систем контроля параметров технологического оборудования, сбора стандартизированных отчетов, сводок и т. п.

Таким образом, оценка возможностей канала связи при пиковых нагрузках — чрезвычайно важная составная часть оценки надежности в целом.

Характерной особенностью таких систем сбора данных (ССД) является неравномерная нагрузка на канал связи. Ярким примером подобной ССД служит система сбора данных с куста метеорологических станций, в которой данные собираются со всех станций каждые 1 или 3 ч (в зависимости от регламента конкретного куста), причем время, за которое данные от всех станций куста должны быть переданы в центр сбора данных (ЦСД), составляет всего 10...20 мин.

В настоящей статье представлен один из способов моделирования такой системы, а также расчет (на основе построенной модели) максимально возможного числа абонентов в зависимости от характеристик канала связи и нагрузки на канал. Этот расчет весьма важен при проектировании подобной ССД, чтобы уложиться в те ограничения, которые обуславливают характеристики канала связи и временные рамки опроса абонентов.

Структурная схема распределенной ССД с одним каналом связи показана на рис. 1. Это классическая топология [1] типа “общая шина”.

В общем случае количество абонентов, которые могут быть подключены к каналу связи, определяется как

$$N_{\max} = F(v, L_z, L_c, n_z, n_c, P_d, \Delta t, t_{\text{тех}}), \quad (1)$$

где N_{\max} — максимальное количество абонентов, которое можно подключить к каналу связи; v — скорость канала связи в идеальном случае (т.е. когда в нем нет ошибок); L_z — длина пакета данных-запроса; n_z — число пакетов данных в запросе; L_c — длина пакета данных-ответа; n_c — число пакетов данных в ответе; P_d — вероятность доставки пакета данных по каналу связи; Δt — промежуток времени от начала опроса, за который данные должны быть собраны со всех абонентов канала; $t_{\text{тех}}$ — технологический временной зазор между пакетами (см. ниже).

Рассмотрим данную модель при ограничениях, присущих сбору данных с куста метеостанций, а также введем некоторые параметры, характеризующие модель. Центр сбора данных опрашивает абонентов по схеме “запрос-ответ”, т.е. по очереди всем абонентам пакет-запрос, в ответ на который абонент высылает собранные им

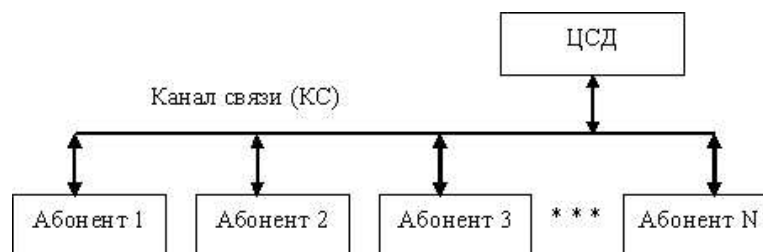


Рис. 1. Структурная схема распределенной ССД с одним каналом связи

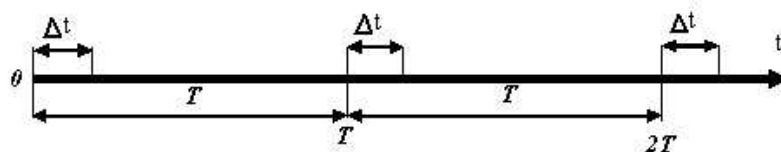


Рис. 2. Распределение активности в канале связи по времени: T — период опроса абонентов центром сбора данных; Δt — время опроса абонентов ЦСД

данные. Опрос абонентов производится с жестко фиксированным периодом времени T , т.е. начало цикла опроса — это точки на временной шкале; nT , $n = 0, 1, 2, 3, \dots$. Данные от всех абонентов должны быть переданы в ЦСД не более чем за заданный промежуток времени от начала опроса, обозначим его Δt . Распределение активности в канале связи по времени показано на рис. 2. Ясно видно, что нагрузка на канал связи сильно неравномерна (отсюда и название — “пульсирующая”). В промежутки времени $[nT \dots nT + \Delta t]$, $n = 0, 1, 2, 3 \dots$, нагрузка на канал связи максимальна (идет опрос всех абонентов, абоненты ждут запроса от ЦСД, передача данных между абонентами запрещена). В промежутки времени $[nT + \Delta t \dots (n + 1)T]$, $n = 0, 1, 2, 3 \dots$, нагрузка на канал связи минимальна. В эти промежутки времени абоненты могут передавать сообщения друг другу.

Длина запросов от ЦСД к абонентам и ответов абонентов квазипостоянна в том смысле, что все абоненты пересылают по каналу связи пакеты примерно одинаковой длины. Это условие мы вводим намеренно, для упрощения построения модели, но оно довольно близко к реальному положению вещей, поскольку каждый абонент передает один и тот же набор параметров. Таким образом, в данном случае можно считать, что $L_3 = \text{const}$ и $L_c = \text{const}$.

Любое сообщение имеет длину не более чем пакет данных. При этом условии всегда выполняются равенства $n_3 = 1$ и $n_c = 1$.

Следует учесть, что помимо времени передачи пакета данных в цикл обмена данными входит время переключения прием-передача абонентов и ЦСД. Это время весьма значительно (для радиостанций, например, порядка $0.5 \dots 1$ с). Для учета этого времени вводится параметр $t_{\text{тех}}$ — технологический временной зазор между пакетами.

Исходя из условий (4) и (5), преобразуем (1) к виду (2):

$$N_{\text{max}} = F(v, L_3, L_c, P_d, \Delta t, t_{\text{тех}}). \quad (2)$$

Построим модель канала связи для расчета максимально возможного количества абонентов на основе введенных ограничений и формулы (2).

Время, требуемое для того, чтобы послать запрос от ЦСД абоненту:

$$t_3 = \frac{L_3}{v} + t_{\text{тех}}. \quad (3)$$

Время, требуемое для того, чтобы абонент послал сообщение-ответ на запрос от ЦСД:

$$t_c = \frac{L_c}{v} + t_{\text{тех}}. \quad (4)$$

Общее время на опрос одного абонента можно рассчитать из (3) и (4):

$$t_{\text{обм}} = t_3 + t_c = \frac{L_3}{v} + t_{\text{тех}} + \frac{L_c}{v} + t_{\text{тех}} = \frac{L_3 + L_c}{v} + 2t_{\text{тех}}. \quad (5)$$

Так как время, выделенное на опрос всех абонентов, Δt , а время на опрос одного абонента $t_{\text{обм}}$, можно рассчитать максимально возможное число абонентов, которое может быть подключено к данному каналу связи в идеальном случае (т.е. при “безошибочном” канале связи):

$$N_{\text{maxид}} = \Delta \frac{t}{t_{\text{обм}}}, \quad (6)$$

или, учитывая формулу (5):

$$N_{\max \text{ ид}} = \frac{\Delta t}{\frac{L_3 + L_c}{v} + 2t_{\text{тех}}}. \quad (7)$$

Но как уже отмечалось ранее, реальные каналы связи не имеют абсолютной надежности. Рассчитаем число пакетов с ошибками исходя из вероятности доставки пакета данных по каналу связи:

$$N_{\text{ош}} = N_{\max \text{ ид}} (1 - P_d). \quad (8)$$

Теперь рассчитаем максимально возможное число абонентов, которое может быть подключено к данному каналу связи с учетом того, что ошибочные пакеты данных требуют их повторной передачи, исходя из формул (7) и (8):

$$N_{\max} = N_{\max \text{ ид}} - N_{\text{ош}} = F(v, L_3, L_c, P_d, \Delta t, t_{\text{тех}}) = \frac{\Delta t P_d}{\frac{L_3 + L_c}{v} + 2t_{\text{тех}}}. \quad (9)$$

На основе построенной модели произведем расчеты для радиоканала и телеграфного канала связи в системе передачи метеорологической информации. Для всех расчетов допустим:

- длина запроса ЦСД $L_3 = 180$ бит;
- длина ответа абонента $L_c = 2000$ бит;
- время опроса всех абонентов $\Delta t = 600$ с.

Эти значения параметров получены исходя из длины сообщений, передаваемых от метеостанции центру сбора данных [2].

Теперь рассчитаем максимальное количество абонентов для нескольких каналов связи.

Для радиоканала примем:

- технологический временной зазор между пакетами $t_{\text{тех}} = 1$ с;
- вероятность доставки пакета данных по радиоканалу $P_d = 0.5; 0.6; 0.7; 0.8$;
- скорость канала связи в идеальном случае: $v = 300$ и 600 бит/с.

Максимально возможное число абонентов при использовании в качестве канала связи радиоканала, рассчитанное по формуле (9), представлено в табл. 1.

Для телеграфного канала связи примем:

- технологический временной зазор между пакетами $t_{\text{тех}} = 0.5$ с;

Т а б л и ц а 1. Максимально возможное число абонентов (радиоканал)

P_d , бит/с	0.5	0.6	0.7	0.8
300	32	39	45	52
600	53	64	75	85

Т а б л и ц а 2. Максимально возможное число абонентов (телеграфный канал)

P_d , бит/с	0.7	0.8	0.9	0.95
50	9	11	12	13
100	18	21	24	25

— вероятность доставки пакета данных по радиоканалу $P_d = 0.7; 0.8; 0.9; 0.95$;

— скорость канала связи в идеальном случае $v = 50, 100$ бит/с.

Количество максимально возможного количества абонентов при использовании в качестве канала связи телеграфной линии, рассчитанное по формуле (9), представлено в табл. 2.

Проведенный частичный анализ систем пакетной передачи данных с “пульсирующей” нагрузкой канала связи позволяет производить расчеты, имеющие практическую ценность при построении рассматриваемых систем.

Список литературы

- [1] СЕТИ и системы телекоммуникаций: Учеб. пособие / В.А. Погонин, С.Б. Путин, А.А. Третьяков, В.А. Шиганцов. М.: Машиностроение-1, 2005. 172 с.
- [2] Сонькин М.А. Принципы построения интегрированных информационно-телекоммуникационных систем оперативного назначения // Вычисл. технологии. 2003. Т. 8. Спецвыпуск. С. 148–156.

Поступила в редакцию 30 августа 2007 г.