

# ОРГАНИЗАЦИЯ ВЫЧИСЛИТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА МИКРОПРОЦЕССОРНЫХ ТЕРМИНАЛОВ ДЛЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

А. А. ШАМИН

*Томский политехнический университет, Россия*

*Томский научный центр СО РАН, Россия*

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

A method for structuring of the computing process for customer terminals is considered. This method incorporates the algorithms of automatic optimization in computing process, which are based on a mathematical model of the multichannel data transfer system.

В настоящее время широкое распространение получили многоканальные системы пакетной передачи данных (СПД), которые подробно описаны, например, в [1]. В связи с этим актуальна проблема создания абонентских терминалов (АТ) для подобных систем, которые осуществляют автоматическую оптимизацию передачи данных по каналам связи (КС) согласно заданному критерию.

В статье рассматривается один из способов построения структуры вычислительного процесса абонентского терминала, который предусматривает использование алгоритмов автоматической оптимизации на основе математической модели многоканальной системы передачи данных.

Структура вычислительного процесса абонентских терминалов строится на основе предложенных моделей каналов связи и СПД.

**Компоненты, входящие в систему пакетной передачи данных.** Типичная система пакетной передачи данных состоит из трех компонентов.

Оператор — человек (или устройство), вводящий данные в абонентский терминал для передачи и получающий принятые абонентским терминалом данные для своей работы. Принципы взаимодействия АТ и оператора выходят за рамки данной статьи.

Абонентский терминал — устройство, предназначенное для формирования сообщений на основе вводимой оператором информации, их передачи по каналам связи, а также приема информации, приходящей по каналам связи от других абонентских терминалов, ее обработки и вывода в доступной для оператора форме.

Канал связи — среда, по которой данные передаются от одного АТ к другому.

Система пакетной передачи данных всегда является “связной”, т. е. любой из ее АТ имеет принципиальную возможность послать сообщение любому другому АТ, входя-

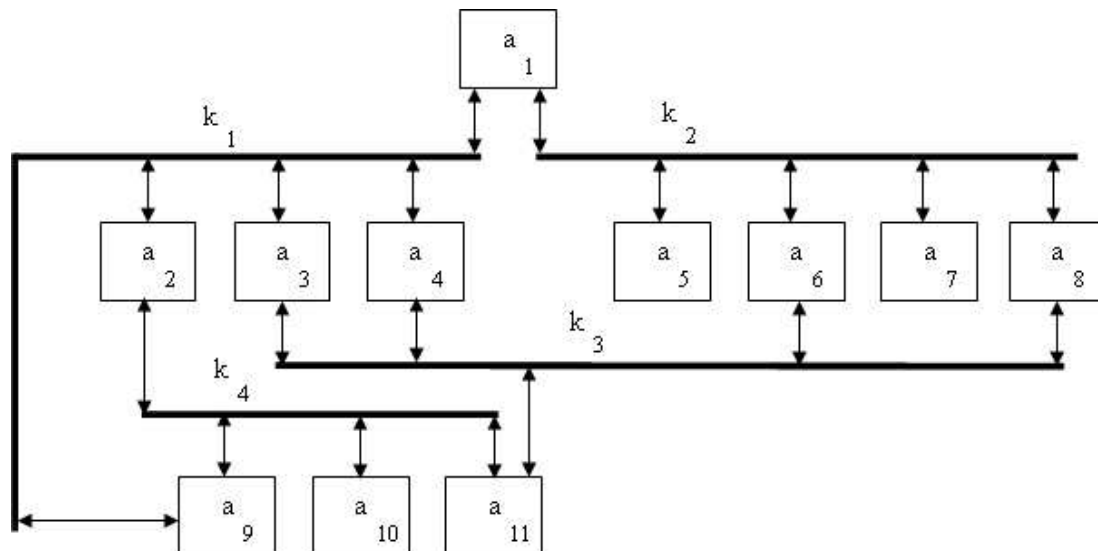


Рис. 1. Пример многоканальной пакетной системы передачи данных:  $a_1 \dots a_{11}$  — абонентские терминалы;  $k_1 \dots k_4$  — каналы связи

щему в состав этой системы, непосредственно или через промежуточные абонентские терминалы, используемые в качестве маршрутизаторов.

Системы передачи данных, не отвечающие требованиям связности, в данной статье не рассматриваются.

Пример системы передачи данных показан на рис. 1.

**Требования к модели системы пакетной передачи данных.** Основные требования, предъявляемые к математической модели многоканальной системы пакетной передачи данных:

— *полнота модели*, т. е. модель должна описывать СПД с достаточной точностью, не опуская существенно важных параметров;

— *универсальность*. Модель должна описывать по возможности большее число типов многоканальных СПД, но при этом не должна страдать полнота модели;

— *минимальное число формальных параметров*. Поскольку математическая модель предназначена для использования в системах типа абонентских терминалов с ограниченными вычислительными ресурсами, необходимо, чтобы она содержала минимально необходимое число параметров, но при этом удовлетворяла требованиям полноты и универсальности.

**Критерии оптимизации передачи данных по каналам связи.** При построении системы пакетной передачи данных всегда стремятся оптимизировать ее по одному или нескольким критериям. Наиболее часто применяемые критерии оптимизации СПД:

— поиск наиболее “быстрого” маршрута передачи сообщений, т. е. такого, по которому сообщение будет доставлено за минимальное время;

— поиск наиболее “надежного” маршрута передачи сообщений, т. е. такого, при доставке сообщений по которому вероятность ошибки наименьшая;

— поиск наиболее “короткого” маршрута передачи сообщений, т. е. такого, который имеет наименьшее количество промежуточных абонентских терминалов (маршрутизаторов);

— поиск наиболее “дешевого” маршрута передачи сообщений, т. е. такого, стоимость доставки пакета по которому будет наименьшей.

Нетрудно заметить, что приведенные критерии оптимизации связаны с поиском оптимального маршрута передачи сообщений. Следовательно, задача оптимизации СПД в подавляющем большинстве случаев сведется к задаче поиска оптимального маршрута. В свою очередь, для того чтобы использовать алгоритмы поиска оптимального маршрута, необходимо иметь какое-либо формальное описание топологии системы передачи данных, т. е. ее модель.

**Модель топологии системы передачи данных.** На основе критериев оптимизации, приведенных выше, заключено, что важным элементом модели становится топология системы передачи данных. Предлагается один из способов формального описания топологии СПД. Для определенности положим, что имеется система, имеющая  $N$  абонентских терминалов и  $M$  каналов связи.

Топологию системы передачи данных, представленную в виде стандартной топологической схемы, можно однозначно описать “матрицей соединений”  $L$ , которая формируется по следующему правилу:

$$L[i, j] = \begin{cases} 1, \text{ если АТ } j \text{ связан с КС } i; \\ 0 \text{ в противном случае;} \end{cases} \quad \begin{matrix} i = 1 \dots M, \\ j = 1 \dots N. \end{matrix}$$

На рис. 2 представлена в качестве примера матрица соединений  $L$  для СПД, показанной на рис. 1, построенная согласно приведенному правилу.

Как уже говорилось, цель построения матрицы соединений — формальное описание топологической схемы системы передачи данных, без которого невозможна автоматизация поиска оптимального (согласно одному из критериев, описанных выше) маршрута передачи сообщений. Для поиска оптимального маршрута используется один из алгоритмов, описанных, например, в [2].

Следует учитывать, что реально существующие СПД имеют меняющуюся со временем топологию, т. е.  $L = L(t)$ . Поэтому при проектировании таких систем необходимо предусмотреть возможность централизованного обновления таблицы соединений на всех абонентских терминалах либо встраивать в АТ алгоритмы автоматического формирования таблицы соединений.

**Модель канала связи.** Помимо топологии системы передачи данных для поиска оптимального маршрута необходимо знать характеристики каждого канала связи, по которым пройдет сообщение. Характеристики КС следует выбирать такие, чтобы они не были привязаны к физической его природе, иначе модель не сможет удовлетворить требованию универсальности.

В результате рассмотрения требований к модели системы передачи данных и критериев оптимизации выбраны следующие характеристики канала связи:

—  $v$  — скорость передачи информации в канале при отсутствии ошибок;

	$a_1$	$a_2$	$a_3$	$a_4$	$a_5$	$a_6$	$a_7$	$a_8$	$a_9$	$a_{10}$	$a_{11}$
$k_1$	1	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0
$k_2$	1	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
$k_3$	0	0	1	1	0	1	0	1	0	0	1
$k_4$	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1

Рис. 2. Матрица соединений для системы пакетной передачи данных

- $P_{\text{ош}}$  — вероятность ошибки передачи единицы информации;
- $C$  — стоимость передачи единицы информации.

Таким образом, состояние канала номер  $i$  в каждый момент времени описывается как функция  $K_i = f_i(v, P_{\text{ош}}, C)$ . Совокупность описаний состояния всех каналов в системе передачи данных образует **матрицу состояния каналов**.

Параметры  $v$  и  $C$  можно считать константами для данного канала связи, поскольку они изменяются детерминированно и относительно редко. Трудность возникает при определении параметра  $P_{\text{ош}}$ , который изменяется случайным образом. Следует также учесть, что абонентский терминал может непосредственно измерить вероятность ошибки передачи единицы информации  $P_{\text{ош}}$  только для тех каналов связи, к которым он непосредственно подключен. Но для нахождения оптимального маршрута каждый АТ должен иметь сведения о текущем состоянии **всех** каналов связи в системе. Для выполнения этого требования необходимо предусмотреть обмен абонентских терминалов сведениями о текущем состоянии всех каналов связи.

**Структура вычислительного процесса абонентского терминала.** На основе построенных моделей топологии системы передачи данных и канала связи построена структура вычислительного процесса, который предполагает реализацию алгоритмов оптимизации передачи сообщений согласно заданному критерию (рис. 3).

Рассмотрим функции блоков вычислительного процесса.

**Блок взаимодействия с оператором** предназначен для получения информации от оператора, ее обработки и передачи другим блокам вычислительного процесса, а также для вывода информации оператору в доступной ему форме. Кроме того, блок

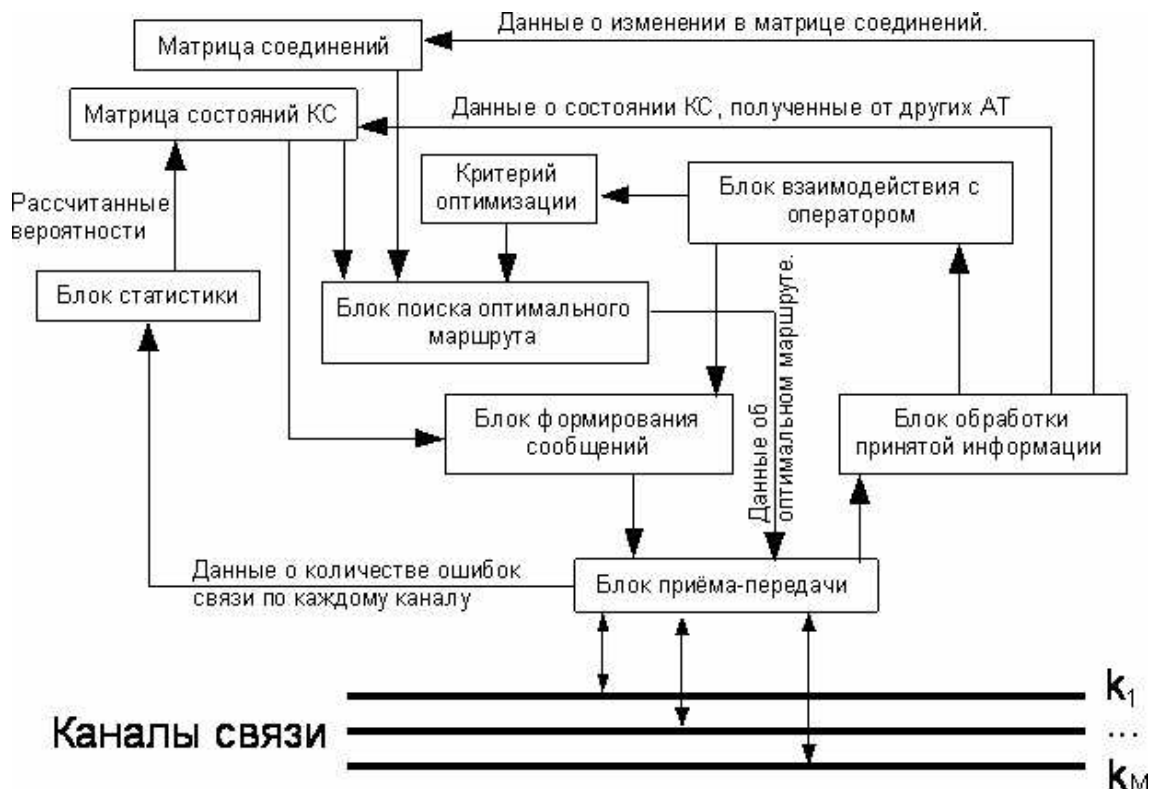


Рис. 3. Структурная схема вычислительного процесса абонентского терминала. Показаны основные блоки вычислительного процесса и потоки данных между ними

используется для ввода служебной информации, такой, как критерий оптимизации передачи данных по КС.

**Блок формирования сообщений** формирует из данных, введенных оператором, и служебных данных о состоянии канала связи сообщения в форме, пригодной для передачи по КС. Помимо данных, введенных оператором, сообщение включает служебную часть, в которую входит помимо адреса получателя и маршрута передачи информация о текущем состоянии каналов связи, непосредственно подключенных к данному АТ. Это позволяет решить задачу оповещения всех абонентских терминалов системы о состоянии всех каналов связи.

**Блок приема-передачи** осуществляет прием и передачу сообщений по каналу связи, заданному блоком поиска оптимального маршрута. Кроме того, блок приема-передачи сообщает блоку статистики сведения об ошибках при обмене данными по каждому из КС, подключенных к данному абонентскому терминалу.

**Блок обработки принятых сообщений** предназначен для разделения системных сообщений и сообщений, предназначенных оператору. К системным сообщениям, в частности, относятся данные о состоянии канала связи, присылаемые другими АТ, которые служат для коррекции матрицы состояний КС, а также матрица соединений, централизованно рассылаемая всем АТ системы при изменении ее топологии.

**Блок поиска оптимального маршрута** предназначен для поиска маршрута передачи сообщения, оптимизированного по заданному критерию, на основании адреса получателя, матрицы соединений и матрицы состояний КС. Вычисляет маршрут как функцию от текущего состояния каналов  $K_1(t), \dots, K_N(t)$ , матрицы соединений  $M_c(t)$  и критерия оптимизации  $R$ :

$$P = f(K_1(t), \dots, K_N(t), M_c(t), R).$$

**Блок статистики** предназначен для сбора статистической информации и формирования на ее основе данных о текущем состоянии каналов связи, непосредственно подключенных к данному АТ.

Подобная организация вычислительного процесса имеет следующие достоинства:

— *универсальность*, т. е. вычислительный процесс, построенный по такой схеме, пригоден в подавляющем большинстве типов абонентских терминалов;

— *адаптивность*. Структура вычислительного процесса спроектирована с учетом универсальной модели топологии системы передачи данных и модели канала связи. Поскольку при своей работе вычислительный процесс абонентского терминала учитывает текущее состояние системы передачи данных (ее топологию и состояние каналов связи), он в большинстве случаев способен сформировать оптимальный маршрут передачи сообщения, адаптируясь к реальным условиям функционирования системы в данный момент времени.

## Заключение

На основании практических соображений выбраны критерии оптимизации передачи данных по КС, которые послужили основой для формирования требований к топологической модели системы пакетной передачи данных и модели канала связи.

В результате рассмотрения построенной модели сделан вывод, что оптимальный маршрут является функцией текущего состояния каналов  $K_1(t), \dots, K_N(t)$ , матрицы соединений  $M_c(t)$  и критерия оптимизации  $R$ . Также предложена одна из возможных

структур вычислительного процесса, который адаптируется к текущим условиям функционирования системы пакетной передачи данных с использованием разработанных моделей топологии СПД и КС.

## 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] Чураков Е.П. Оптимальные и адаптивные системы. М.: Энергоатомиздат, 1987.

*Поступила в редакцию 30 августа 2007 г.*