

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К ОПТИМИЗАЦИИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ МНОГОКАНАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ ОБЪЕКТОВ

М. А. Сонькин, Е. Е. Слядников

Отдел проблем информатизации ТНЦ СО РАН, Томск, Россия

e-mail: sonkin@cc.tpu.edu.ru, opi@hq.tsc.ru

A cluster of information-telecommunication systems with batch data transmission for remote objects is allocated. Its primary classification is completed and an approach to optimization of the data flow volumes and expenses for transfer of information on the liaison channels of the various physical natures is formulated.

В процессе проектирования обеспечивающих и функциональных подсистем многоканальных систем передачи данных возникает ряд задач, требующих оценки количественных и качественных показателей функционирования аппаратно-программных средств [1]. Предметом исследования данной статьи являются многоканальные информационно-телекоммуникационные системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов. При проведении структурного, алгоритмического, параметрического анализа таких систем необходимо учитывать не только их многоканальность, но и то, что их каналы связи имеют различную физическую природу, невысокую пропускную способность, а сами системы имеют иерархическую структуру и распределенную топологию.

Спецификой этого кластера систем передачи данных является ориентация на низкоскоростные каналы связи (КВ-, УКВ-радиоканалы, персональная спутниковая связь), на основе которых обеспечивается функционирование резервных систем передачи данных, обладающих высокой живучестью в чрезвычайных ситуациях. Многоканальные системы передачи данных для труднодоступных объектов относятся к классу сложных систем, проектирование, эксплуатация и модернизация которых невозможны без использования различных видов моделирования. Выбор метода моделирования и необходимая детализация модели существенно зависят от текущей стадии работы с системой. Моделирование на этапах проектирования и эксплуатации системы передачи данных имеет разное целевое назначение, однако возможен общий подход для анализа ситуаций при обосновании проектных решений и управлении объектами.

В настоящей работе ставится задача оптимизации объема информации и затрат на ее передачу по различным каналам информационно-телекоммуникационной системы, использующей для сбора, обработки, передачи данных специализированные микропроцессорные пакетные контроллеры [2]. Такого типа системы с пакетной передачей данных

для труднодоступных объектов могут использоваться для построения систем оповещения и связи, автоматизированных систем сбора оперативных данных (авиабазы охраны лесов, государственные лесные службы, гидрометслужбы) [3]. Актуальность исследования и создания подобных систем обусловлена крайней необходимостью совершенствования существующей технологии сбора первичной информации в труднодоступных районах, оперативного формирования данных в нужных форматах и своевременной их передачи в контрольные сроки заинтересованным службам и ведомствам.

Модель сети связи с пакетной передачей данных можно описывать как совокупность множества узлов и соединяющих узлы ребер. Топологию сети удобно представлять с помощью общего плоского графа $G = \{A, B\}$, состоящего из множества вершин $A = \{a_1, a_2, \dots, a_N\}$ и множества ребер $B = \{b_1, b_2, \dots, b_M\}$, где N и M — мощности множеств A и B соответственно [4, 5].

В качестве параметров канала связи принимаются:

- тип i канала связи (радио-, спутниковый, сотовый и др.);
- затраты h_i на передачу единицы информации по i -му каналу связи (усл. ед./бит);
- скорость τ_i передачи информации по i -му каналу связи (бод).

Указанные параметры канала используются при оптимизации объема информации и затрат на ее передачу по различным каналам связи.

Множество узлов сети передачи данных A состоит из пунктов сбора первичных данных, характеризуемых номером k , и центров сбора данных, характеризуемых номером j . В качестве исходных параметров узла сети принимаются:

- номер k пункта сбора первичных данных;
- затраты на обработку единицы информации пунктом сбора первичных данных q_k (усл. ед./бит);
- скорость обработки информации пунктом сбора первичных данных p_k (бод);
- номер j центра сбора данных;
- затраты на обработку единицы информации центром сбора данных g_j (усл. ед./бит);
- скорость обработки информации центром сбора данных t_j (бод).

Затраты, скорости обработки информации пунктом сбора первичных данных и центром сбора данных могут задаваться на основе опроса экспертов или рассчитываться по результатам наблюдений за работой аналогичных узлов в течение года.

Между любыми двумя узлами сети можно построить, как правило, множество путей. Пути могут быть независимыми по ребрам (по узлам), если они не содержат одни и те же ребра (узлы). Связью между двумя узлами сети будем считать совокупность независимых по ребрам путей между этими узлами. Множество путей связи целесообразно упорядочить по возрастанию длины пути, поэтому первым всегда рассматривается самый кратчайший путь.

Используя настоящую модель, можно эффективно распределить объем передаваемой информации от пунктов сбора первичных данных до главного информационного центра региона по различным каналам сети при условии выполнения определенных ограничений. Пусть известны потребности главного информационного центра региона в получении того или иного объема информации. Известны пропускные способности, скорости, затраты на обработку и передачу информации по различным каналам и узлам сети. С учетом этих возможностей заданы требования главного информационного центра региона относительно возможности и стоимости передачи того или иного количества информации по сети. Определены показатели эффективности того или иного

распределения объема информации по каналам и узлам сети (относительно их пропускной способности, скорости, затрат на обработку и передачу информации). Мы будем рассматривать данную проблему со следующими ограничениями:

- объем передаваемой информации распределяется от пунктов сбора первичных данных к главному информационному центру региона через центры сбора данных по различным каналам связи;
- каждый пункт сбора первичных данных обслуживается одним или несколькими центрами сбора данных;
- объем распределяемой информации для различных каналов связи, пунктов сбора первичных данных и центров сбора данных может быть ограничен как сверху (принципиальные ограничения возможностей каналов связи, пунктов и центров сбора данных), так и снизу (минимальная потребность главного информационного центра региона в получаемой информации).

Нужно распределить объем информации, передаваемой по каналам связи, максимально эффективно, учитывая как требования главного информационного центра региона, так и пропускные способности, скорости, затраты на обработку и передачу информации по каналам и узлам сети.

Обозначим через A_i^- и A_i^+ верхнее и нижнее ограничения суммарного объема информации по i -му каналу передачи данных, через B_j^- и B_j^+ — верхнее и нижнее ограничения суммарного объема информации, которую способен обработать центр сбора данных j ; C_k^- и C_k^+ — верхнее и нижнее ограничения суммарного объема информации, которую необходимо предоставить пункту сбора первичных данных k ; D_{ijk}^- и D_{ijk}^+ — верхнее и нижнее ограничения суммарного объема информации, передаваемой от пункта сбора первичных данных k через центр сбора данных j по каналу связи i ; h_i — затраты на передачу единицы информации по i -му каналу связи; g_j — затраты на обработку единицы информации центром сбора данных; q_k — затраты на обработку единицы информации пунктом сбора первичных данных. Тогда, предполагая, что распределение мощностей каналов связи удовлетворяет условиям аддитивности и пропорциональности, можно рассматривать задачу оптимизации объема информации и затрат на ее передачу по различным каналам связи, которая заключается в определении таких величин, как x_{ijk} — объем передаваемой информации от пункта сбора первичных данных k в главный информационный центр региона через центр сбора данных j по каналу связи i , для которых принимает минимальное значение критерий оптимальности

$$F = \sum_i \sum_j \sum_k (q_k + h_i + g_j) x_{ijk},$$

характеризующий суммарные затраты, которые понесет система передачи данных, и выполняются ограничения:

$$A_i^- \leq \sum_j \sum_k x_{ijk} \leq A_i^+, \quad B_j^- \leq \sum_i \sum_k x_{ijk} \leq B_j^+,$$

$$C_k^- \leq \sum_i \sum_j x_{ijk} \leq C_k^+, \quad D_{ijk}^- \leq x_{ijk} \leq D_{ijk}^+.$$

В качестве примера для реализации вышеизложенного подхода к оптимизации функционирования многоканальных систем передачи данных для труднодоступных объектов

рассмотрим многоуровневую территориально-распределенную систему передачи данных, предназначенную для сбора, передачи и обработки информации с низовой сети Росгидромета. Аппаратные и программные компоненты этой системы могут быть построены с использованием специализированных пакетных контроллеров ВИП-М [6], которые отличаются от существующих систем технологической новизной и обеспечивают автономный сбор и передачу гидрометеоданных от метеостанций. Выполненные в виде отдельных устройств и программных модулей компоненты системы связи позволяют строить на своей основе многоуровневые распределенные системы обработки и передачи гидрометеоданных.

Техническая и программная конфигурация системы передачи данных определяется исходя из топологии и условий местности ее развертывания и строится на основе комбинации трех функционально-ориентированных аппаратно-программных комплексов (рис. 1). Здесь АПК-ЦСД — аппаратно-программный комплекс для центра сбора данных (как правило, размещается в управлениях или территориальных гидрометеоцентрах); АПК-КРС — аппаратно-программный комплекс для кустовых центров сбора данных (как правило, размещается на одной из наиболее доступных радирующей станции); АПК-МЕТЕО — аппаратно-программный комплекс для метеостанций.

Технической основой системы связи являются абонентские терминалы оператора метеостанции и оператора ЦСД, а также центральный блок связи, выполненные на базе различных модификаций пакетного контроллера ВИП-М и обеспечивающие передачу данных по проводным линиям, радио- и спутниковому каналам связи.

Аппаратно-программные комплексы пакетной связи для сбора, передачи и обработки гидрометеорологической информации входят в многоуровневую территориально-распределенную систему связи, они обеспечивают функционирование сети автоматизированной подготовки первичной информации в специализированных форматах для центров коммутации сообщений (ЦКС) гидрометеослужб регионального уровня (рис. 2).

Аппаратно-программный комплекс пакетной связи для сбора, передачи и обработки гидрометеорологической информации обеспечивает функционирование сети автоматизи-

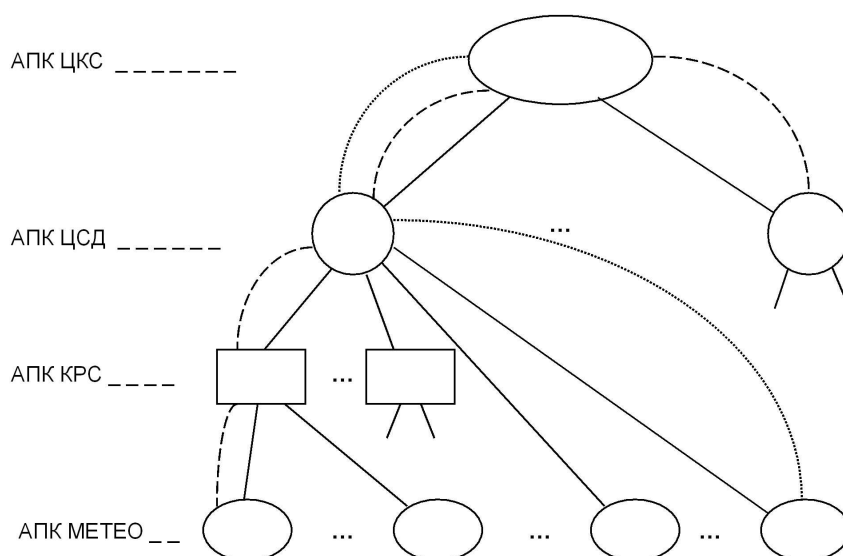


Рис. 1. Обобщенная структура системы передачи данных

зированной подготовки первичной информации в специализированных форматах для АПК-ЦСД гидрометеослужб. Комплекс занимает промежуточное положение и предназначен для приема, обработки и обобщения гидрометеоданных от метеостанций и передачи метеоинформации в центр сбора данных.

АПК-МЕТЕО устанавливается на метеостанциях и гидропостах и обеспечивает автоматизированный сбор, подготовку и передачу первичной информации в специализированных форматах, принятых в АПК-КРС, АПК-ЦСД, АПК-ЦКС (рис. 3).

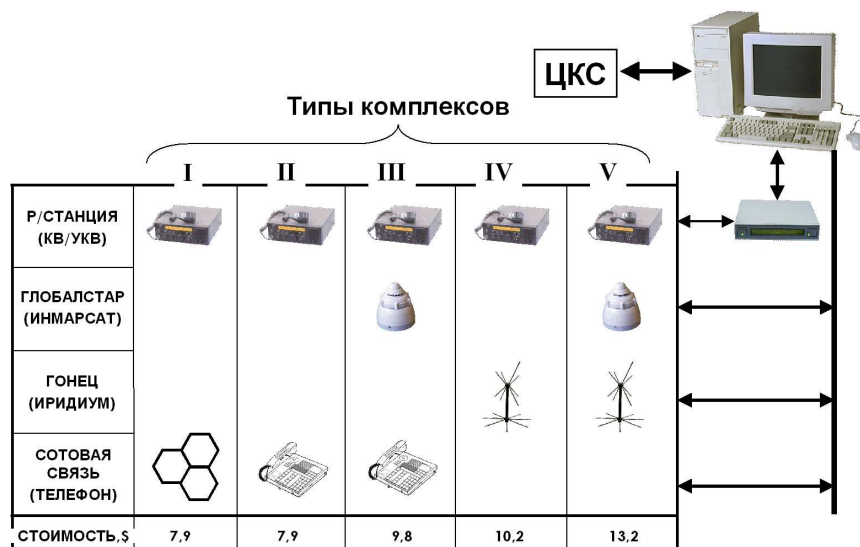


Рис. 2. Семейство аппаратно-программных комплексов для центров сбора данных и кустовых радирующей станций

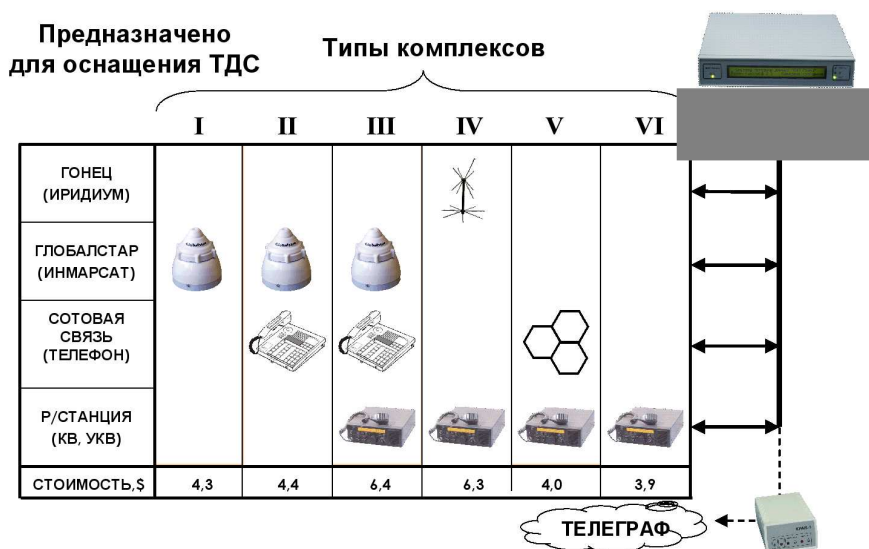


Рис. 3. Семейство аппаратно-программных комплексов для метеостанций

Аппаратура системы связи с пакетной передачей данных обеспечивает возможность передачи метеоданных по следующим каналам связи:

- спутниковому каналу;
- радиоканалам;
- телефонным каналам.

Таким образом, многоканальные системы с пакетной передачей данных для труднодоступных объектов имеют несколько каналов между смежными узлами связи, территориально распределены на сотни и тысячи километров, используют каналы связи различной физической природы и др. Это дает возможность, с одной стороны, органично использовать их для построения резервных систем связи, а с другой — требует особого внимания на этапах проектирования.

Предложенный подход позволяет использовать методы теории графов для параметрически определенных сетей передачи данных. При этом набор исходных данных (количественных и качественных показателей) формируется с целью получения обоснованных решений, отвечающих наиболее важным показателям эффективности функционирования сети.

Список литературы

- [1] Бусленко Н.П. Моделирование сложных систем. М.: Наука, 1978. 400 с.
- [2] Сонькин М.А. Принципы построения интегрированных информационно-телекоммуникационных систем оперативного назначения // Вычисл. технологии. 2003. Т. 8. Спецвыпуск. С. 148–156.
- [3] Сонькин М.А., Слядников Е.Е. Архитектура и общая технология функционирования территориально распределенных аппаратно-программных комплексов с пакетной передачей данных // Изв. ТПУ. 2006. Т. 309, № 5. С. 131–139.
- [4] САМАРСКИЙ А.А., МИХАЙЛОВ А.П. Математическое моделирование. М.: Физматлит, 2002. 320 с.
- [5] ПРИЦКЕР А. Введение в имитационное моделирование. М.: Мир, 1987. 646 с.
- [6] Сонькин М.А., Слядников Е.Е. Информационная технология интеграции компонентов многоуровневых систем с пакетной передачей данных // Изв. ТПУ. 2006. Т. 309, № 6. С. 93–101.

Поступила в редакцию 23 августа 2007 г.