

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ  
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ

**Физический**  
**ИНСТИТУТ**



*имени*  
*П.Н. Лебедева*

Российской академии наук

**Ф И А Н**

ПРЕПРИНТ

**3**

Р. А. ЧЕРНЫЙ

**ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ОПТИМИЗАЦИИ  
ЕМКОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОГО ВИРТУАЛЬНОГО  
МАРШРУТА С ТРЕБУЕМОЙ ОПЕРАТИВНОСТЬЮ  
ДОСТАВКИ МНОГОПАКЕТНЫХ СООБЩЕНИЙ  
НА СЕТИ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ  
ПРОМЫШЛЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

Москва 2013

## **Аннотация**

Оперативное формирование оптимального параллельного виртуального маршрута из совокупности одноканальных виртуальных маршрутов для доставки многопакетного сообщения, обеспечивающего заданные требования по вероятностно-временным характеристикам доведения передаваемого МПС.

## **Abstract**

Prompt the formation of an optimum parallel virtual route from the aggregate of single-channel virtual routes for the delivery of multipackage posts, providing the set requirements of probability-time characteristics of bringing transmitted multipackage.

**Постановка задачи оптимизации емкости параллельного виртуального маршрута с требуемой оперативностью доставки многопакетных сообщений на сети передачи данных промышленного назначения.**

Черный Р.А.

Пушчинская радиоастрономическая обсерватория АКЦ ФИАН

На сегодняшний день широкое применение получили сети передачи данных промышленного назначения (СПД ПН). СПД ПН применяются в различных отраслях промышленности: энергетике, газовой промышленности, химической, и тд. Самой распространенной сетью является СПД ПН Modbus TCP/IP [1,2,3].

Отметим, что в настоящее время все промышленные сети с протоколом типа TCP/IP, как правило, используют один проключённый виртуальный маршрут между отправителем и получателем (одномерный маршрут) [4] .

Альтернативой одномерному маршруту на СПД ПН с коммутацией пакетов является многомерный маршрут. Многомерным маршрутом на СПД называется соединение между отправителем и получателем, состоящее из совокупности одноканальных виртуальных маршрутов (ОВМ) В настоящее время при реализации СПД ПН со стекком протоколов типа TCP/IP открытой является задача оперативного формирования оптимального параллельного виртуального маршрута из совокупности ОВМ для доставки МПС, обеспечивающего заданные требования по ВВХ.

Для этого необходимо оперативное формирование минимального числа виртуальных каналов в соединении «точка – точка», достаточного для своевременного по ВВХ доведения МПС.

Указанная задача в методологическом плане требует решения двух взаимосвязанных задач.

**Задача 1:** разработка научно-методического аппарата анализа оперативности



доведения всего сообщения будет достигаться при одновременном приключении всех возможных маршрутов доведения сообщений между узлами коммутации. Однако здесь не учитывается такой немаловажный для систем связи показатель как коэффициент готовности  $K_{com}$  УК и каналов связи. Ведь при увеличении количества проключаемых параллельных виртуальных каналов, понижается коэффициент готовности всего виртуального соединения, что приводит к повышению вероятности потери какого-либо сегмента данных.

Формальная постановка задачи нахождения минимального числа виртуальных каналов в многомерном соединении «точка-точка» достаточного для своевременного доведения многопакетных сообщений в СПД ПН имеет вид.

### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Пусть задана СПД, где:

$U$  – число узлов коммутации на СПД;  $B_u$  – ёмкость буфера  $u$ -го УК,  $u = \overline{1, U}$ ;

$\lambda_u$  – интенсивность входного потока пакетов в  $u$ -м УК;  $L_n$  – длина пакета;

$L_{кв}$  – длина квитанции;  $V$  – множество скоростей передачи информации в направлениях связи,  $V = \{v_{ij}\}$ ,  $i, j = \overline{1, U}$ ;  $i \neq j$ ;  $P$  – множество вероятностей ошибки в приёме единичного символа  $P = \{p_{0_{ij}}\}$ ,  $i, j = \overline{1, U}$ ;  $i \neq j$ ;  $P_{оос}(t < T_{оос}^{дон}) \geq P_{оос}^{мреб}$  – заданная оперативность по ВВХ;  $K_{ij}$  – число непересекающихся ОВМ из  $i$ -го в  $j$ -й УК;  $R_{ij}$  – множество всех возможных непересекающихся ОВМ из  $i$ -го в  $j$ -й УК,  $R_{ij} = \{r_{ij}^{(k)}\}$ ,  $k = \overline{1, K_{ij}}$ ,  $i, j = \overline{1, U}$ ,  $i \neq j$ ;  $N_{П}$  – число пакетов МПС; ТСП – протокол транспортного уровня СПД; «скользящее окно» – процедура передачи пакетов на канальном уровне.

Введём:

- множество  $C_{ij} = A_{ij} \cup D_{ij}$ , где  $A_{ij}$  – множество всех УК на  $k$ -м ОВМ из  $i$  в  $j$ ;  $D_{ij}$  – мн-во всех транзитных каналов связи на  $k$ -м ОВМ из  $i$  в  $j$ ;

- множество  $\{\bar{\tau}_{n_{ij}}^{(k)}\}$ , где  $\bar{\tau}_{n_{ij}}^{(k)}$  - среднее время доставки одного пакета МПС по  $k$ -му ОВМ из  $i$ -го в  $j$ -й УК,  $\bar{\tau}_{n_{ij}}^{(k)} = \sum_{A_{ij}} \bar{\tau}_{ij} + \sum_{D_{ij}} m[t]_{ij}$ , (1)

где  $\bar{\tau}_{ij}$  - среднее время пребывания пакета МПС в транзитном УК на  $k$ -м ОВМ,  $m[t]_{ij}$  - среднее время доставки одного пакета МПС на транзитном участке  $k$ -го ОВМ. Формируем множество  $R_{ij}^*$ , упорядоченное по  $\bar{\tau}_{n_{ij}}^{(k)}$ ;

- множество  $\{P_{nom_{ij}}^{(k)}\}$ , где  $P_{nom_{ij}}^{(k)}$  - вероятность потери пакета МПС на  $k$ -м ОВМ из  $i$ -го в  $j$ -й УК,  $P_{nom_{ij}}^{(k)} = 1 - \prod_{A_{ij}} (1 - P_{nom_u})$ , (2) и  $P_{nom_u} = \varphi(B_u, \lambda_u, \mu_u)$ , (3)

где  $P_{nom_u}$  - вероятность потери пакета в УК,  $\mu_u$  - интенсивность выходного потока пакетов УК (находимая (искомая) величина). Тогда ВВХ доставки сообщения имеет вид:

$$P_{доc} \left( t \leq T_{доc}^{доn} \right) = f \left( K_{ij}; N_n; P_{доc}^{(k)}(t_k); P_{обp}^{(k)}(\tau_k); P_{пот_{ij}}^{(k)}, k = \overline{1, K_{ij}} \right). \quad (4)$$

Требуется найти  $k^*$  такое, что  $k^* = \arg_{k^* = \overline{1, K_{ij}}} \left( P_{доc} \left( t \leq T_{доc}^{доn} \right) \geq P_{доc}^{mp} \right)$ , где  $k^* = \overline{1, K_{ij}}$ . (5)

Решать задачу (5) при условиях (1) – (4) необходимо в следующей последовательности:

1. Выделить совокупность непересекающихся ОВМ (каналов) между двумя УК СПД.
2. Найти среднее время доведения пакета по каждому ОВМ из их совокупности и упорядочить маршруты в порядке возрастания этого времени.
3. Найти вероятность потери пакета по каждому из этих ОВМ.
4. Найти зависимость среднего времени передачи МПС по ОВМ от числа пакетов в сообщении.
5. Найти зависимость ВВХ доведения сегмента сообщения по выражению (4).
6. Последовательно формируя ПВМ из ОВМ путём их агрегирования в возрастающем по рангу порядке и обеспечивая при этом параллельность

передачи МПС, найти минимальное число ОВМ, обеспечивающее выполнение требования по ВВХ доведения сообщений.

### **Список литературы**

[1] Гусев С. Краткий экскурс в историю промышленных сетей // Журнал «Современные технологии автоматизации». – 2000. - №4. с.78

[2] Денисенко В.В. Протоколы и сети Modbus и Modbus TCP // «Современные технологии автоматизации». – 2010. - №4. с. 94-98.

[3] Кругляк К. Промышленные сети: цели и средства //Журнал «Современные технологии автоматизации». – 2002. - №4. с. 6

[4] Олифер В.Г., Олифер Н.А. Основы сетей передачи данных. Курс лекций. Учебное пособие/Издание второе исправное/ - М.: ИНТУИТ.РУ «Интернет-университет Информационных Технологий», 2005 – 176с.

### **Список аббревиатур**

АКЦ: астрокосмический центр

ФИАН: физический институт академии наук

МПС: многопакетное сообщение

ОВМ: одноканальный виртуальный маршрут

ПВМ: параллельный виртуальный маршрут

СПД ПН: сеть передачи данных промышленного назначения

ВВХ: вероятностно-временные характеристики

УК: узел коммутации

Подписано в печать 04.02.2013 г.  
Формат 60x84/16. Заказ №4. Тираж 140 экз. П.л 0,5.  
Отпечатано в РИИС ФИАН с оригинал-макета заказчика  
119991 Москва, Ленинский проспект, 53. Тел. 499 783 3640