

## ОПТИМИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ С ВЕКТОРНО-АДАПТИВНЫМ ПЕРЕСПРОСОМ НА ОСНОВЕ ОБЩЕННОЙ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ

Арбузов В.В., асс.

При синтезе системы передачи информации  $S$  на основе применения векторно-адаптивного переспроса в зависимости от  $i$ -го номера варианта СПИ весь передаваемый информационный массив объемом  $W$  бит разбивается на  $L_i$  двоичных последовательностей, содержащих по  $m_{ii}$  информационных разрядов, в каждую из которых вводится искусственная избыточность в виде  $m_{ir}$  избыточных разрядов. Это позволяет по определенному алгоритму оценить вносимые каналом связи искажения. Вероятности правильной передачи  $P_{itr}$  каждой из  $L_i$  последовательностей с разрядностью  $m_i = m_{ii} + m_{ir}$ , а также вероятность обнаружения  $P_{ide}$  и вероятности необнаружения  $P_{ife}$  ошибок могут быть определены из следующих выражений [1]:

$$P_{itr} = \sum_{\gamma=1}^M P_{\gamma} P_{ij} ; \quad P_{ide} = \sum_{\gamma=1}^M \sum_{j=M+1}^N P_{\gamma} P_{ij} ; \quad P_{ife} = \sum_{\gamma=1}^M \sum_{j=1}^{M-1} P_{\gamma} P_{ij} , \quad (1)$$

где  $P_{\gamma}$  - вероятность генерирования источником информации  $M$  разрешенных двоичных последовательностей разрядности  $m_i$ ,  $\gamma = 1, 2, \dots, M$ ;

$P_{ij} = f(m_i, q)$  - вероятность перехода  $\gamma$ -й разрешенной последовательности в  $j$ -ю возможную при  $j = 1, 2, \dots, N$ , вероятности искажения одного разряда  $q$  и числе возможных последовательностей с разрядностью  $m_i$ , равному  $N$ .

При получении  $L_i$  переданных последовательностей приемник, исходя из анализа уровня искажений, формирует вектор ошибки длиной  $l_i$  разрядов и информирует передатчик о необходимости и характере повторного переспроса, о структуре передаваемого информационного массива, о способе защиты информации, определяя тем самым  $i$ -й номер варианта СПИ.

Можно показать, что время передачи одного информационного бита для каждого  $S_i$ -го варианта СПИ в этом случае будет равно

$$T_b(S) = \frac{t_i}{W} + \frac{\tau_r(m_{ii} + m_{ir}) P_{ide}}{W(1 - P_{ide})} + \frac{\tau_b(m_{ii} + m_{ir} + l_{ip}) L_i}{W} + \frac{\tau_o(m_{ii} + m_{ir} + l_{ir}) P_{ide}}{W(1 - P_{ide})} \quad (2)$$

где  $t_i, \tau_b, \tau_r$  - время, соответственно затрачиваемое на загрузку информационного массива, на передачу одного бита информации и на его перезагрузку при повторной передаче;

$l_{ip}, l_{ir}$  - коэффициенты, определяющие размер вектора ошибки и способ его организации для каждого  $S_i$ -го варианта СПИ.

Анализ выражений (1) и (2) показывает, что при высоком уровне помех необходимо введение значительной избыточности для эффективного обнаружения ошибок и применения векторного переспроса для их исправления в виде повторной передачи только искаженных последовательностей из  $L_i$  переданных. Параметры СПИ с векторным

переспросом в выражении (2) имеют следующие значения:  $m_{i_i} = k_i$ ,  $m_{i_r} = k_r$ ,  $l_{i_p} = l_{i_r} = 1$ ,  $L_i = W/k_i$ , где  $k_i$  - информационная длина символа алфавита, а  $k_r$  - избыточность, вводимая при кодировке символа. Основным адаптирующим воздействием для систем с векторным переспросом при уменьшении интенсивности помех является степень избыточности информационных последовательностей.

По мере уменьшения интенсивности искажения символов, с целью дальнейшего уменьшения избыточности, при векторно-пакетном переспросе от искажения защищается не символ, а группа символов. При переспросе повторяются только пакеты с обнаруженными искажениями. Параметры СПИ с векторно-пакетным переспросом в выражении (2) приобретают вид  $m_{2i} = nk_i$ ,  $m_{2r} = k_r$ ,  $l_{2p} = l_{2r} = 1$ ,  $L_2 = W/nk_i$ , где  $n$  - число символов в пакете.

Для малощумящих каналов связи основным средством повышения производительности является максимально возможное устранение избыточности при обеспечении допустимой достоверности передачи. При этом пакет включает в себя все  $W$  разрядов, при переспросе повторяются как искаженные, так и неискаженные символы, а главным адаптирующим воздействием при возникновении помех является поиск оптимального значения длины пакета  $n$ . Параметры СПИ с пакетным переспросом могут быть определены как:  $m_{3i} = nk_i$ ,  $m_{3r} = k_r$ ,  $l_{3p} = l_{3r} = 1$ ,  $n = W/k_i$ . Нетрудно показать, что пословный переспрос является частным случаем как пакетного, так и векторного переспросов.

Математическая постановка задачи оптимизации системы передачи информации с векторно-адаптивным переспросом  $S$  может быть сформулирована следующим образом.

**При заданном ограничении на вероятность необнаруживаемых ошибок в принимаемой информации**

$$P_{ид}(S) \leq P_{иде}$$

**на основе анализа состояния канала связи, определяемого вектором состояния**

$$Z = (p_{01}, p_{10}, R),$$

где  $p_{01}$ ,  $p_{10}$  - вероятности искажения символа;

$R$  - параметр, учитывающий степень памяти канала связи,

исходя из множества допустимых вариантов адаптивной системы связи  $S_1, S_2, \dots, S_N$ , где  $N$  - число способов передачи информации,

найти такой ее вариант  $S_i$  при  $i=1, 2, \dots, N$ , которому соответствует наименьшее значение целевой функции

$$T(S) = \min_P \varphi(S_i)$$

при этом для выбранной  $S_i$ -ой структуры СПИ необходимо определить вектор внутренних параметров  $X_{iонм} = (L, m_i, m_{исб}, \tau_i, l_i, P_{иде}, P_{иде})$ , доставляющий минимум критерия качества  $T_i(S_i)$ :

$$T_i(S_i) = \min_{P_j} \varphi(S_i),$$

где  $P = \{0, 1\}$  - множество значений вероятности правильной передачи информационного разряда  $p$ ;

$P_j$  - множество значений вероятности правильной передачи информационного разряда в пределах интервала  $p_{j0} < p < p_{j1}$ , в котором эффективен выбранный  $i$ -й способ передачи информации;

$j=1, 2, \dots, m$  - число множеств на интервале  $[0, 1]$ , каждому из которых соответствует эффективная структура СПИ;

$p_{j0}$  и  $p_{j1}$  - соответственно нижняя и верхняя границы между областями

эффективного применения различных способов передачи информации, которые находятся из функции переключения  $\delta(S)$ :

$$\delta(S) = \frac{T_b(S_j)}{T(S)}, \text{ при этом } \delta(S) = 1, \text{ когда } p_{j_0} < p < p_{j_1},$$

иначе  $\delta(S) > 1$ , причем значение  $p_{j_0}$  определяется при соблюдении равенства  $T_b(S_j) = T(S)$ , а значение  $p_{j_1}$  - в случае выполнения соотношения  $T_b(S_j) = T(S)$  где  $P_{j-1}$  и  $P_{j+1}$  - множества, соответственно предыдущее и последующее множеству  $P_j$ .

Предложенная постановка задачи позволяет максимально использовать возможности системы передачи информации с векторно-адаптивным переспросом для поддержания заданных критериев качества путем изменения своей структуры и параметров на основе контроля состояния канала связи.

## SUMMARY

The statement of the problem to do the optimum communication system with vector-adaptive re-asking is proposed in this article. It is based on using the general mathematical model. The proposed statement of the problem give the possibility to maintain to the full the assigned quality criteria of the communication system by changing its structure and parameters taking into account the results of the channel control.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борисенко А.А. Методы синтеза информационных систем на основе позиционных чисел с неоднородной структурой. Автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук. - Харьков, 1991.

Поступила в редколлегию 7 февраля 1996 г.

УДК 681.51

## СИНТЕЗ АЛГОРИТМА ОЦЕНКИ ФАЗОВОГО СОСТОЯНИЯ ДИНАМИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ОДНОГО КЛАССА

Полонский А.Д., доц., Володченко Г.С., проф., Новгородцев А.И., ст. преп.

В задачах автоматизации производственных процессов возникает проблема измерения параметров сигналов с представлением результатов в цифровом коде. Алгоритм такого преобразования информации с исчерпывающей точностью описывается в пространстве состояний стохастических линейных дискретных систем следующими разностными скалярными уравнениями [1]:

$$Z(k) = X(k) + V_x(k); \quad (1)$$

$$X(k) = A_x X(k-1) + V_x(k-1), \quad (2)$$

где  $X(k)$  - фазовое состояние;  $Z(k)$  - измеряемая координата;  $V_x(k)$  - помеха наблюдения;  $V_x(k-1)$  - гауссовская дискретная последовательность;  $A_x$  - постоянный коэффициент преобразования для всех  $k=1, 2, \dots, K$ .

Наличие помехи наблюдения в (1) приводит к ошибкам преобразования информации.