

ФОРМИРОВАНИЕ МНОГОКАНАЛЬНОЙ ЛИНИИ СВЯЗИ КАК МНОГОКРИТЕРИАЛЬНАЯ ЗАДАЧА РАСПРЕДЕЛЕНИЯ РЕСУРСОВ

А.М. Винограденко

Проведен анализ частных показателей качества каналов передачи различных видов информации. Предложен обобщенный показатель для решения многокритериальной задачи формирования многоканальной линии связи методом последовательных уступок, учитывающий приоритет уплотняемых каналов.

1. ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время многоканальные линии радиосвязи переживают век информационных технологий, сопровождающийся возрастающим потоком и качеством передаваемой информации. Создание образцов техники связи требует совершенствования системы многоканальной связи, соответственно и электротехнических и радиоэлектронных устройств влечёт за собой повышение стоимости всей аппаратной составляющей и, как следствие, необходимость более рационального и эффективного использования линейных сооружений, а значит, и увеличение требований к пропускной способности. В связи с развивающимися многоканальными линиями радиосвязи совершенствуются и средства постановки помех: используются маломощные передатчики помех, а в узком спектре частот – прицельные (нацеленные на спектр синхронизации) и импульсные помехи. Этот факт подразумевает собой развитие методов радиоэлектронной борьбы и, как следствие, более сложной и совершенной системы распределения ресурсов.

2. АНАЛИЗ РЕШЕНИЯ ЗАДАЧИ

При формировании многоканальной линии связи (МКЛС) решается задача распределения, как минимум, двух разновидностей данных ресурсов: 1) суммарная энергия сигнала; 2) ресурс того, где распределяется энергия (на длительности цикла группового сигнала – при временном уплотнении каналов; на полосе частот – при частотном уплотнении). К условиям решения данной задачи следует отнести помеховую обстановку в каналах, а к ограничениям (помимо ресурсных ограничений) – допустимые уровни снижения показателей качества связи в каналах. При этом задача оптимизации процессов уплотнения каналов связи (КС) является принципиально многокритериальной, поскольку распределение общих ресурсов направления связи приводит

к результатам передачи информации, оцениваемым многими пользователями, в общем случае, по своим показателям. Так, например, показателем передачи аналоговых сообщений по дискретным КС является дисперсия ошибки $\sigma_{ош}^2(\delta)$ в виде суммы дисперсий квантования и канальных ошибок (вследствие наличия помех с относительным уровнем δ), а качество передачи дискретных сообщений оценивается вероятностью ошибки поэлементного приема $p_{ош}(\delta)$ [1, 2].

Учитывая однородность распределяемого энергетического ресурса в данных каналах, который можно выразить через отношение $P_c = P_n/\delta$ (где P_c и P_n – мощности соответственно сигнала МКЛС и помех), проблема нормировки показателей КС может быть снята за счёт расчёта обратных функций $\delta = f^{-1}(\sigma_{ош}^2)$ либо $\delta = f^{-1}(p_{ош})$. В таком случае требования к допустимым значениям показателей КС трансформируются в уровни помехозащиты δ^* , при которых обеспечивается $\sigma_{ош}^2 \leq \sigma_{ош, доп}^2$ либо $p_{ош} \leq p_{ош, доп}$.

При этом остаётся неснятой проблема разноприоритетности каналов различного назначения (управления, передачи оперативной либо служебной информации, измерительных сигналов и т. д.), обусловленная различным уровнем требований к допустимым значениям показателей. С другой стороны, объективная разноприоритетность каналов облегчает их ранжировку при свёртке частных показателей в обобщенный показатель эффективности (ОПЭ) по принципу «последовательных уступок» [3], откуда и следует оптимальность МКЛС.

В качестве исходных данных для расчёта ОПЭ Q используется вектор $Q = \{Q_1, \dots, Q_{N_r}\}$ показателей степени выполнения требований к качеству связи для каналов с различными приоритетами, например, относительных долей КС одного приоритета, качество передачи которых обеспечивается не ниже требуемого. В данном случае при расчёте Q учитываются дополнительные параметры в виде вектора требований $\{q_r^*\}$ (где $r = 1, \dots, N_r$ – нумерация приоритетов) к показателям качества передачи сообщений различными КС, разделёнными на N_r групп разного приоритета. Свёртка указанного выше вектора Q в одно число Q осуществляется по правилу:

$$Q = q + Q_{q+1}, \quad (1)$$

где q имеет смысл количества приоритетов КС, отсчитываемых по возрастающей от более старших к более младшим до первого номера $q+1$, для которого $Q_{q+1} < 1$.

Предлагаемый ОПЭ (1) имеет вид дробно-рационального числа, целая часть которого характеризует количество приоритетов КС, требования к которым выполнены, а дробная часть показывает степень выполнения требований к передаче КС следующего по важности приоритета.

Количества КС M_r в каждой из приоритетных групп r могут быть различными, но при этом общее число уплотняемых каналов $M_1 + \dots + M_{N_r} = M$. Обозначим $m(r)$ – номер КС, входящего в группу с приоритетом r . Тогда в результате сравнения значений показателей $\{q_{m(r)}\}$ (где $m(r) = \overline{1, M}$) с требованиями к ним формируется бинарный вектор качества $\{I_{m(r)}\}$, элементы которого определяются по правилу:

$$I_{m(r)} = \begin{cases} 1, & q_{m(r)} \geq q_r^* \\ 0, & q_{m(r)} < q_r^* \end{cases} \quad (2)$$

На основании (2) для каждой приоритетной группы вычисляются частные показатели эффективности Q_r , как относительные доли каналов с качеством передачи

$$\text{сообщений не ниже требуемого: } Q_r = \frac{1}{M_r} \sum_m I_{m(r)}.$$

Максимальное значение ОПЭ $Q^- = N_r$ соответствует случаю, когда выполняются требования ко всем каналам. При этом для каждого m и r справедливо $I_{m(r)} = 1$ и $Q_r = 1$. Минимальное значение $Q^- = 0$ соответствует случаю, когда не выполняются требования ни к одному КС первого приоритета, т.е. для каждого $m(1)$ справедливо $I_{m(1)} = 0$ и $Q_1 = 0$ независимо от степени выполнения требований к КС других приоритетов.

На рис. 1 представлен пример формирования зависимости $Q(\delta)$ для случая уплотнения семи КС ($M=7$) в составе трех разноприоритетных групп ($N_r = 3$) при использовании последовательной нумерации каналов в группах, т.е. $m(1) \in \{1, 2\}$, $m(2) \in \{3, 4\}$, $m(3) \in \{5, 6, 7\}$. Диаграмма над графиком является частью самого графика и означает зависимость бинарного вектора качества от порогов помехозащиты КС. Пороги помехозащиты КС распределены следующим образом: $\delta_5^* < \delta_7^* < \delta_6^* < \delta_1^* < \delta_2^* = \delta_3^* < \delta_4^*$ (штриховые линии соответствуют $\delta_1 \dots \delta_7$). Как видно из графика $Q(\delta)$, ОПЭ становится равным нулю при значении аргумента $\delta = \delta_2^*$, соответствующего максимального из уровней помехозащиты каналов первой группы. Следовательно, задача оптимизации ресурса при формировании МКЛС сводится к построению такой

функции $Q(\delta)$ ступенчатого вида, для которой справедливо соотношение:

$$\left(\max \{ \delta_1^*, \delta_2^* \} \right) \geq \left(\max \{ \delta_3^*, \delta_4^* \} \right) \geq \left(\max \{ \delta_5^*, \delta_6^*, \delta_7^* \} \right).$$

Подобный алгоритм распределения ресурса соответствует принципу последовательных уступок, когда в первую очередь удовлетворяется показатель первого приоритета, затем с учетом допуска на его значения (вида $\sigma_{\text{ош.доп}}^2$, $p_{\text{ош.доп}}$ или δ^*) оптимизируются показатели каналов более низкого приоритета.

Кроме того, несмотря на плохую «аналитичность» ОПЭ вида (1), он является удобной мерой ограничений при решении обратных оптимизационных задач оценки гарантируемой помехозащищенности МКЛС.

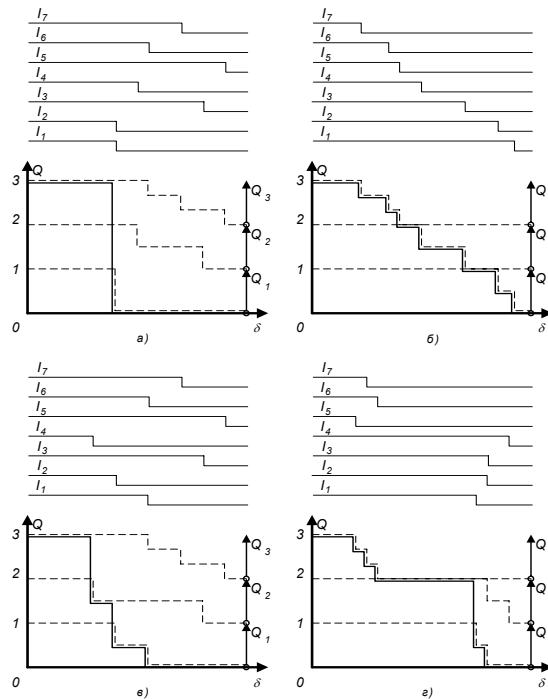


Таблица 1. Пример свёртки частных показателей в ОПЭ по принципу «последовательных уступок».

ЛИТЕРАТУРА

1. Козленко Н.И. Помехоустойчивость дискретной передачи непрерывных сообщений. – М.: Радиотехника, 2003. – 352 с.
2. Финк Л.М. Теория передачи дискретных сообщений. – М.: Сов. радио, 1970. – 530 с.
3. Дубов Ю.А., Травкин С.И., Якимец В.Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем. – М.: Наука, 1986. – 296 с.

Винограденко Алексей Михайлович

адъюнкт кафедры информационно-измерительных систем, Ставропольский военный институт связи Ракетных войск стратегического назначения, тел. 8 (8652) 77-01-76, e-mail: Vinogradenkoao@rambler.ru