

аналізу варіантів рішень і прийняття рішень на різних стадіях проектування. Для чого необхідно визначити критерії і показники.

Формалізація проектних рішень, в основному, можлива на етапі ескізного проектування, коли тільки створюється умовний ескіз проекту, коли необхідно прийняти принципове рішення про оформлення того або іншого проекту на створення СЗІ в інтересах захисту секретів або комерційної інформації. І тут необхідно не тільки мати знання про порядок створення СЗІ, про принципи та способи застосування СЗІ, а також необхідний постійний зв'язок замовника і розробника, щоб замовник уявляв: що він дійсно хоче захистити а розробник надасть для цього певні проектні механізми реалізації задуму замовника. При цьому збережіться золота формула: при мінімальній вартості СЗІ (в залежності від захищеної інформації) можливість максимального захисту інформації замовника.

Список літератури

1. Павлов И.Н. Проектирование систем защиты информации. Формальный подход [Текст] / И.Н. Павлов. – “Правове, нормативне та метрологічне забезпечення систем захисту інформації в Україні”. – Київ.: 2005. – Вып. 11. – С. 54 – 59.
2. Павлов І.М. Формальное описание процесса проектирования комплексных систем защиты информации в информационно-телекоммуникационных системах [Текст] / І.М. Павлов. Г.Д. Радзівілов. – Вісник ДУІКТ. – Київ.: 2010. – Т.8. – №1. – С.84 – 93.
3. Широчин В.П. Вопросы проектирования средств защиты информации в компьютерных системах и сетях / Широчин В.П., Мухин В.Е., Кулик. – К.: 2000. – 111 с.
4. Щеглов А.Ю. Проблемы и принципы проектирования систем защиты информации от НСД [Текст] / А.Ю. Щеглов. – Сборник “Экономика и производство”. – М.: 2001. – № 5. – С. 34 – 46.
5. Павлов І.М. Формалізація проектних показників якості захисту інформації комплексної системи захисту інформації / Павлов І.М., Бірюков В.О. – Захист інформації. – Київ: 2011. – № 2(51). – С. 15 – 21.
6. Герасименко В.А. Комплексная защита информации в современных средствах обработки информации / В.А. Герасименко. – Зарубежная радиоэлектроника. – Москва: 1993. – № 2. – С. 35 – 38.
7. Герасименко В.А. Основы защиты информации / В.А. Герасименко. А.А. Малюк. – Москва.: 1997. – 537 с.
8. Порядок проведення робіт із створення комплексної системи захисту інформації в інформаційно-телекомунікаційній системі [Текст] / НД ТЗІ 3.7 – 003 – 05. – Київ.: 2005. – 35 с.

Рецензент: Шелест М.Є.

Надійшла 24.02.2011

УДК 621.39:004.681

Хорошко В.А., Скоробогатько Е.А., Пискун И.В.
(ГУИКТ)

ОПТИМИЗАЦИЯ ЗАЩИЩЕННЫХ СИСТЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ ПО СОВОКУПНОСТИ ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ

Введение

Отрасль телекоммуникаций является одной из важнейших компонентов инфраструктуры современного общества.

Функционирование современных народно-хозяйственных комплексов невозможно представить без тех достижений, которые были сделаны в отрасли связи и передачи информации за последние годы.

Можно выделить следующие основные отличительные особенности современного этапа развития отрасли передачи информации (телекоммуникаций):

1. По свойствам циркулирующих информационных потоков: активное применение телекоммуникационных сетей передачи информации, когда в одной физической или логической организованной среде осуществляется передача голосовой, визуальной, телеметрической и другой информации

2. По технологическим особенностям сетей:

– применение комплексных решений задачи каналообразования, когда для построения одной и той же сети передачи информации используются радиоканалы, радиорелейные каналы, проводные и оптоволоконные линии передачи информации и др.;

– применение гибридных технологий коммутаций фрагментов сетей, инкапсулирующих как свойства сетей с коммутацией каналов, так и свойства сетей с коммутацией пакетов;

– применение разнообразных сетеобразующих свойств;

– использование различных стеков протоколов передачи информации.

3. По территориальному признаку:

Практически любая, даже изначально локализованная телекоммуникационная сеть, в настоящее время должна рассматриваться как фрагмент единой глобальной сети передачи информации.

Следует также отметить немало важный экономический аспект. В условиях экономических спадов отрасль телекоммуникаций проявляет себя как одна из самых “кризисоустойчивых”. Причины понятны, в условиях кризиса потребность в обмене информацией не уменьшается, а скорее возрастает.

Поэтому оптимизация защищенных сетей передачи информации (ЗСПИ) с учетом стоимостных показателей весьма актуальной задачей. Нужно отметить, что общей их чертой является оптимизация по условному критерию предпочтения, тогда как на ранних стадиях проектирования желательнее проводить оптимизацию по безусловному критерию предпочтения на основе совокупности показателей качества, требующих как экономические так и технические – скорость передачи информации, защищенность, живучесть, помехоустойчивость и т.п., отыскания множества систем соответствующих этим показателям [1]. Найдя связь между значениями показателей качества, соответствующими множеству систем, так называемое уравнение оптимальной поверхности (УОП) и значение оптимальных технических параметров СПИ, можно производить оценку предельно достижимых значений выбранных показателей качества с учетом их взаимосвязи на разных стадиях разработки ЗСПИ. Помимо этого, УОП можно использовать как составную часть модели сети связи, позволяющей оптимизировать систему более высокого уровня по совокупности технико-экономических показателей.

Основная часть

Рассмотрим симплексную ЗСПИ (рис. 1), которая состоит из кодера (устройство формирования сигнала) 1, передатчика 2, передающей антенны 3, приемной антенны 4, входной (высокочастотной) части приемника, определяющей его шумовые свойства, 5 и устройства обработки (декодера) 6. Относящиеся к этим подсистемам величины в дальнейшем присваиваются такими же номерами. Считается, что в ЗСПИ предусмотрено нагруженное поэлементное резервирование с кратностью (r_i-1) , причем время жизни каждого элемента (подсистемы) подчиняется экспоненциальному закону распределения с параметрами $\lambda_i (i=1,6)$, и переключатель резерва обладает абсолютной надежностью. Будем характеризовать ЗСПИ следующими показателями качества: K_0 – величина обратная скорости передачи информации; K_1 – стоимость ЗСПИ; K_2 – аппаратная ненадежность ЗСПИ; K_3 – помехоустойчивость ЗСПИ по отношению к аддитивным флюктуационным помехам. Все показатели выбраны так, что чем меньше значение некоторого показателя, тем выше соответствующее качество. При этом под стоимостью K_1 понимаются затраты на разработку и изготовление ЗСПИ без учета затрат на поддержание технических характеристик ЗСПИ в заданных пределах (эксплуатационных расходов). Ненадежность ЗСПИ K_2 определяется вероятностью отказов ЗСПИ или ее элементов за заданное время t_0 , а показатель помехоустойчивость K_3 применительно к системе передачи дискретной информации – вероятность ошибки при приеме информационного символа, а для аналоговых ЗСПИ – относительный средний квадрат ошибки воспроизведения сообщения.

Зависимость стоимости отдельных подсистем от определенных параметров будем описывать положительными степенными функциями (позиномами). Такое описание хорошо аппроксимирует реальные зависимости. При этом считается, что стоимость основного и резервного элементов одинакова,

стоимость каждой подсистемы зависит от ее интенсивности отказа λ_i (величины, обратной среднему сроку службы элемента), а также, учитывается то, что стоимость передатчика зависит от его выходной мощности P_c , стоимость входной части приемника – от эквивалентной шумовой температуры.

Будем предполагать, что стоимость K_1 является суммой стоимостей составляющих подсистем

$$K_1 = \sum_{i=1}^6 C_i \quad (1)$$

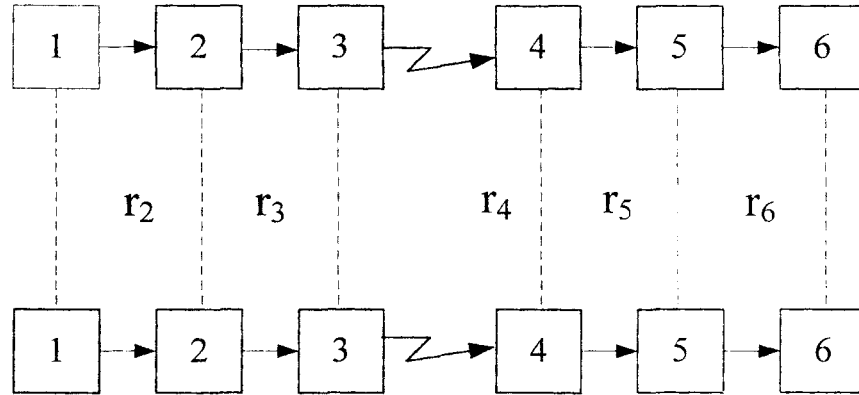


Рис. 1

(с учетом потерь в антенно-волноводном тракте) $T_{ш}$, а стоимость передающей и приемной антенн – от коэффициентов усиления антенн $G_{пер}$ и $G_{пр}$. С учетом сказанного входящие в выражение (1) величины C_i можно представить следующим образом:

$$\begin{cases} C_1 = r_1 C_{10} (\lambda_1 / \lambda_{10})^{-\gamma_1} = \beta_1 x_1^{-\gamma_1}; \\ C_2 = r_2 C_{20} (\lambda_2 / \lambda_{20})^{-\gamma_2} (P_c / P_{c0})^{\gamma_7} = \beta_2 x_2^{-\gamma_2} x_7^{\gamma_7}; \\ C_3 = r_3 C_{30} (\lambda_3 / \lambda_{30})^{-\gamma_3} (G_{ид} / G_{ид,0})^{\gamma_6} = \beta_3 x_3^{-\gamma_3} x_8^{\gamma_6}; \\ C_4 = r_4 C_{40} (\lambda_4 / \lambda_{40})^{-\gamma_4} (G_{ид} / G_{ид,0})^{\gamma_9} = \beta_4 x_4^{-\gamma_4} x_9^{\gamma_9}; \\ C_5 = r_5 C_{50} (\lambda_5 / \lambda_{50})^{-\gamma_5} (T_o / T_{o,0})^{-\gamma_{10}} = \beta_5 x_5^{-\gamma_5} x_{10}^{-\gamma_{10}}; \\ C_6 = r_6 C_{60} (\lambda_6 / \lambda_{60})^{-\gamma_6} = \beta_6 x_6^{-\gamma_6}; \end{cases} \quad (2)$$

$$\text{где } x_i = \lambda_i / \lambda_0 \quad (i = \overline{1,6}) \quad (3)$$

нормированная интенсивность отказа подсистем;

$$x_7 = P_c / P_{c0}; \quad x_8 = G_{ид} / G_{ид,0}; \quad x_9 = G_{ид} / G_{ид,0}; \quad x_{10} = T_o / T_{o,0}; \quad (4)$$

нормированные значения мощности передатчика, коэффициентов усиления антенн, шумовой температуры приемника;

$$\beta_i = r_i C_{i0} (\lambda_0 / \lambda_{i0})^{-\gamma_i}; \quad (i = \overline{1,6}); \quad (5)$$

Обобщенные (с учетом показателей надежности и резервирования) стоимости некоторых базовых (эталонных) подсистем, параметры которых: $\lambda_i = \lambda_{i0}$, $P_c = P_{c0}$, $G_{ид} = G_{ид,0}$, $G_{пр} = G_{пр,0}$, $T_o = T_{o,0}$.

Заменим выражения для целевых функций K_0, K_2, K_3 . При передаче дискретных информационных символов A_i сложным составным сигналом, структура которого условно показана на рис. 2, каждому символу A_i сопоставляется кодовая группа из n символов, среди которых $n_{\text{инф}}$ – информационных. Каждый элемент кодовой группы представляется m – значным кодом, каждая комбинация которого последовательность из M символов. В этом случае скорость передачи информации может быть занесена так [1]

$$R = R_0 \frac{\Delta f}{\Delta f_0} = k_y k_c k_e R_i, \quad (6)$$

$$\text{где } R_i = R_{i,0} \frac{\Delta f}{\Delta f_0} = \frac{\log_2 m}{M \delta \tau_0} \frac{\Delta f}{\Delta f_0} \quad (7)$$

максимальная скорость передачи информации от рассматриваемого источника сообщения; R_{M0} – максимальная скорость передачи некоторого эталонного источника, при использовании канала с полосой пропускания $\Delta f_0 = \frac{1}{\delta \tau_0}$; k_y, k_n, k_e – коэффициенты экранийной избыточности, сжатия информации при статическом кодировании, информационной избыточности при помехоустойчивом кодировании соответственно [1].

С учетом (6), (7) целая функция для K_0 примет следующий вид:

$$K_0 = \frac{1}{R} = \beta_0 x_{11}^{-1}, \quad \text{где } \beta_0 = \frac{1}{R_0}, \quad x_{11} = \frac{\Delta f}{\Delta f_0} \quad (8)$$

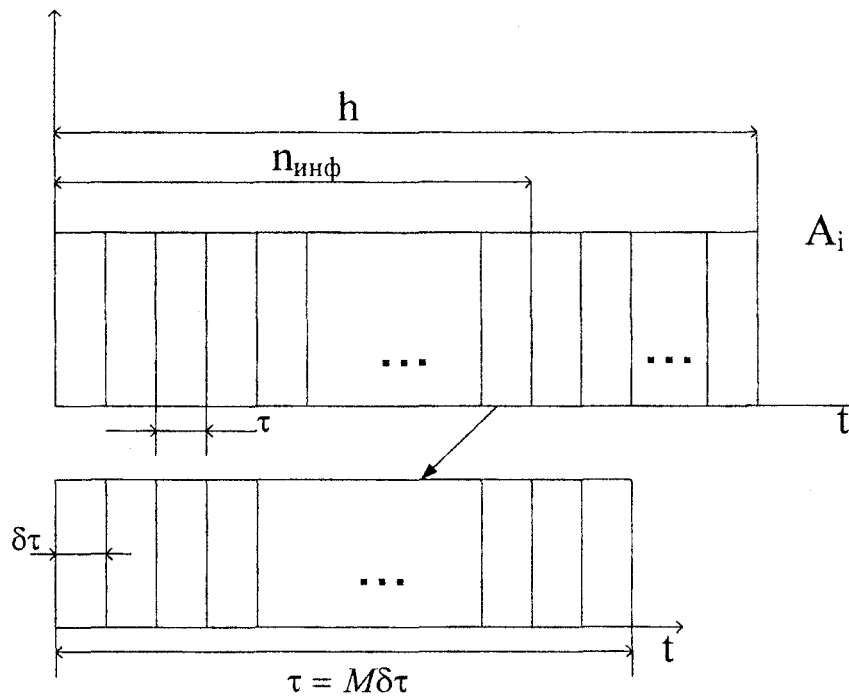


Рис.2

В этой форе целевая функция $K_0(x_{11})$ описывает как системы передачи дискретной информации, так и аналоговые ЗСПИ. В последнем случае R_0 входящая в выражение (8), – скорость передачи информации в эталонной системе передачи.

При этом целевой функции для K_2 учитываются лишь внезапные отказы подсистем. Предполагается экспоненциальное распределение времени безотказной работы и абсолютная надежность и живучесть переключателей нагруженного резерва. Вероятность отказа ЗСПИ за время t_0 равна

$$K_0 = 1 - \prod_{i=1}^6 [1 - (1 - e^{-q_0 x_i})^{r_i}], \quad q_0 = \lambda_0 t_0, \quad x_i = \frac{\lambda_i}{\lambda_0} \quad (9)$$

Показатель помехоустойчивости K_3 как в случае систем передачи дискретной информации (вероятность ошибочного приема информационного сигнала A_i), так и в случае аналоговых ЗСПИ (относительный средний квадрат ошибки воспроизведения сообщения) при учете лишь собственных тепловых шумов приемного устройства является монотонно - возрастающей функцией отношения h^{-2} – мощности шума к мощности сигнала на входе приемника ЗСПИ, т.е. $F(h^{-2})$. Вид функции $F(h^{-2})$ определяется используемым сигналом и способом его обработки в приемнике. Для последующего рассмотрения намерений вид функции $F(0)$ не существует. Поэтому можно записать:

$$K_3 = F(h^{-2}) = F(\beta x_7^{-1} x_8^{-1} x_9^{-1} x_{10} x_{11}), \quad (10)$$

$$\text{где } \beta = \frac{16\pi^2 L_{\text{эф}} d^2 k T_{\text{ср}} \Delta f_0}{\lambda^2 P_{\text{ср}} G_{\text{рад},0} G_{\text{пр},0}} \quad (11)$$

отношение мощности шума и мощности сигнала на входе эталонной ЗСПИ; $L_{\text{эф}}$ – коэффициент потерь в среде распространения, x_i ($i = \overline{1,7}$) даются выражениями (4) и (8); d – дальность связи.

В соответствии с теорией векторной оптимизации [2] оптимизация ЗСПИ по совокупности показателей K_i ($i = \overline{0,3}$) сводится к отысканию УОП, которому удовлетворяют показатели качества K_i для ЗСПИ, нехудших по совокупности этих показателей при вариации независимых переменных x_i .

Поэтому качество функционирования ЗСПИ описывается совокупностью частных критериев, которые необходимо минимизировать [3]

$$\overline{K} = \langle K_1, K_2, \dots, K_m \rangle.$$

Найдем относительные отклонения частных критериев от экстремальных (минимального и максимального) значений:

$$\Delta K_i = \frac{K_i - K_{i\min}}{K_{i\max}}, \quad i = \overline{1, m} \quad (12)$$

Тогда выбранная подсистема (ПС) будет описываться по совокупности частных критериев K_i , $i = \overline{1, m}$, если он характеризуется совокупностью относительных отклонений ΔK_i , имеющих наименьшее значение. При этом обозначим оптимальный вариант подсистемы как \tilde{N}_0 и в формализованном виде эту задачу запишем в следующем виде

$$\Delta K(\tilde{I}\tilde{N}_0) < K_{\max}, \quad (13)$$

$$\tilde{I}\tilde{N}, \tilde{I}\tilde{N}_0 \in \tilde{I}_{ng},$$

где $\Delta K_{\max} = \max\{K_i\}$, $i = \overline{1, m}$ – наибольшее из относительных отклонений, рассчитываемых по выражению (12); M_{cg} – множество ПС (строго допустимых), удовлетворяющих совокупности условий применения и ограничения на структуру и значения основных параметров.

Предложенный критерий отличается от известных тем, что позволяет производить оценку ПС в диапазоне возможных отклонений частных критериев и там самым дополнительно учитывает степень ухудшения одних параметров ПС ЗСПИ за счет ухудшения других. Однако при $K_{i\min} \ll K_{i\max}$ использование этого критерия может привести к тому, что предпочтение может быть отдано такой ПС, которая при незначительном лучшем (меньшем) значении одного показателя качества обладает значительно более худшими остальными показателями по сравнению с соответствующими показателями качества другой ПС. В этом случае рассмотренный критерий приобретает те же недостатки, которые обладают и известные критерии [4].

Минимальный критерий (12) можно представить в виде

$$K_p = f_p(K_1, \dots, K_i, \dots, K_m) = \min \tilde{I}\tilde{N} \in \tilde{I}_{ng} \quad (14)$$

$$\text{где } f_p = (K_1, \dots, K_i, \dots, K_m) = \max \frac{K_1 - K_{1\min}}{K_{1\max}}, \dots, \frac{K_i - K_{i\min}}{K_{i\max}}, \dots, \frac{K_m - K_{m\min}}{K_{m\max}} \quad (15)$$

Подсистема $\tilde{I}\tilde{N}_0$ определяется решением задачи (14) и (15) и является оптимальной.

Из выражения (14) следует, что минимальный критерий можно считать разновидностью критерия основанного на минимизации результирующей целевой функции, вид которой соответствует выражению (15).

Кроме того, из зависимостей (14) и (15) видно, что этот критерий обеспечивает наименьшее значение из совокупности наибольших нормированных показателей качества ЗСПИ должны быть приведены к следующему виду. И, следовательно, показатель качества K_i будет считаться стандартным, если он удовлетворяет условию $K_i \geq 0$, где $i = \overline{1, m}$. Если же показатель качества не является стандартным, то его всегда можно привести к стандартному виду.

Следовательно, УОП – функция $K_1(K_0, K_2, K_3)$ является монотонно-убывающей по каждому аргументу решением следующей оптимизационной задачи:

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = \min_{\{x_i\}} \left\{ \beta_1 x_1^{-\gamma_1} + \beta_2 x_2^{-\gamma_2} x_7^{\gamma_7} + \beta_3 x_3^{-\gamma_3} x_8^{\gamma_8} + \beta_4 x_4^{-\gamma_4} x_9^{\gamma_9} + \beta_5 x_5^{-\gamma_5} x_{10}^{-\gamma_{10}} + \beta_6 x_6^{-\gamma_6} \left[K_0 = \beta_0 x_{11}^{-1}, K_2 = 1 - \prod_{i=1}^6 [1 - (1 - e^{-q_0 x_i})^{\gamma_i}] \right] K_3 = F(\beta x_7^{-1} x_8^{-1} x_9^{-1} x_{10} x_{11}), x_i^- \leq x \leq x_i^+, i = \overline{1, 11} \right\} \quad (16)$$

где x_i^-, x_i^+ – ограничение на варьируемые технические параметры.

На начальных этапах проектирования ЗСПИ представляет интерес связь между предельно достижимыми показателями K_i . Поэтому в выражении (16) можно не учитывать двухсторонни ограничения на варьируемые x_i и требовать лишь их неотрицательности, т.е.

$$x_i \geq 0, \quad (17)$$

что и предполагается в дальнейшем[4].

В общем виде задача (16) поддается лишь численному решению. Поэтому далее рассмотрим некоторые частные случаи, имеющие самостоятельные значения, для которых возможно аналитическое решение.

Симплексная ЗСПИ без резервирования при $\gamma_i = \gamma (i = \overline{1,6})$. В этом случае задача (16) может быть записана как следующая задача геометрического программирования [5]:

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = \min_{\{x_i\}} \left\{ \beta_1 x_1^{-\gamma_1} + \beta_2 x_2^{-\gamma_2} x_7^{\gamma_7} + \beta_3 x_3^{-\gamma_3} x_8^{\gamma_8} + \beta_4 x_4^{-\gamma_4} x_9^{\gamma_9} + \beta_5 x_5^{-\gamma_5} x_{10}^{-\gamma_{10}} + \beta_6 x_6^{-\gamma_6} \sum_{i=1}^6 \hat{\beta}_{6+i} x_i \leq 1, x_i \geq 0 \right\}, \quad (18)$$

$$\text{где } \hat{\beta}_5 = \beta_5 \left[\frac{K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{-\gamma^{10}}, \quad \hat{\beta}_{6+i} = \frac{q_0}{-\ln(1-K_3)} > 0, \quad (19)$$

$\varphi(K_3)$ – функция, обратная функции $F(h^{-2})$, описываемая выражением (10). Решение уравнения (14) стандартным методом дает:

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = \beta_1 A^{-\gamma} B^{(1+\gamma)}, \quad (20)$$

$$\text{где } A = A(K_2) = -\frac{\ln(1-K_2)}{q_0}, \quad B = B(K_0, K_3) = 1 + \left(\frac{\beta_6}{\beta_1} \right)^{\frac{1}{1+\gamma}} + \frac{\vartheta}{x} \left[\frac{g K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{-\gamma_y / (1+\gamma)} \quad (21)$$

$$g = \prod_{i=2}^5 \left(\frac{\beta_1}{\beta_i} \right)^{\frac{1}{\gamma_{5+i}}}, \quad \gamma_y = \frac{1}{\sum_{i=7}^{10} \frac{1}{\gamma_i}}, \quad \vartheta = \frac{\gamma_7}{\gamma_y}, \quad x = \frac{\gamma_7^3}{\gamma_8 \gamma_9 \gamma_{10}} \sum_{i=7}^{10} \frac{1}{\gamma_i} \quad (22)$$

Соответствующие выражение (21) значения варьирующих переменных есть:

$$\left. \begin{aligned} x_1 &= \frac{A}{B}, x_2 = \frac{A}{xB} \left[\frac{g K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{-\gamma_y}{(1+\gamma)}} \\ x_3 &= \frac{x_2 \gamma_7}{\gamma_8}, x_4 = \frac{x_2 \gamma_7}{\gamma_9}, x_5 = \frac{x_2 \gamma_7}{\gamma_{10}}, \\ x_6 &= \frac{A}{B} \left(\frac{\beta_0}{\beta_1} \right)^{\frac{1}{(1+\gamma)}}, x_7 = \left(\frac{\beta_2}{\beta_1} \right)^{\frac{-1}{\gamma_7}} x^{\frac{-1+\gamma}{\gamma_7}} \left[\frac{g K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{\gamma_y}{\gamma_7}} \\ x_8 &= \left(\frac{\beta_3}{\beta_1} \right)^{\frac{-1}{\gamma_8}} \left(\frac{\gamma_7}{x \gamma_8} \right)^{\frac{(1+\gamma)}{\gamma_8}} \left[\frac{g K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{\gamma_y}{\gamma_8}} \\ x_9 &= \left(\frac{\beta_4}{\beta_1} \right)^{\frac{-1}{\gamma_9}} \left(\frac{\gamma_7}{x \gamma_9} \right)^{\frac{(1+\gamma)}{\gamma_9}} \left[\frac{g K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{\gamma_y}{\gamma_9}} \\ x_{10} &= \frac{x_7 x_8 x_9 K_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta}, x_{11} = \frac{K_0}{\beta_0} \end{aligned} \right\} \quad (23)$$

Функция $K_1(K_0, K_2, K_3)$, описывается выражением (20), монотонно убывает по каждому аргументу и, следовательно, действительно определяет поверхность нехудших систем (оптимальную поверхность). Эта поверхность обладает свойством четырех кратного минимума: при любых трех фиксированных показателях K_i , четвертый представляет собой наименьшее возможное значение. Таким образом, уравнение (20) является решением задачи векторной оптимизации ЗСПИ по четырем показателям качества K_0, K_1, K_2, K_3 , а соотношения (22) и (23) дают явные выражения варьируемых технических параметров ЗСПИ, при которых достаются значения соответствующих показателей. Заметим, что эти соотношения справедливы для произвольной монотонно возрастающей функции $F(h^{-2})$, описывающей верность воспроизведения сообщения, т.е. для произвольных сигналов и способов их обработки в приемном устройстве.

Симплексная ЗСПИ с поэлементными резервированием при $\gamma_i = \gamma + r_i, (i = \overline{1,6})$. При $q_0 x_i < 0,1$ допустимо считать $1 - \exp(-q_0 x_i) \cong q_0 x_i$, а выражение (9) принимает следующий вид:

$$K_i = q_0^{r_0} \sum_{i=1}^6 \beta_{6+i} x_i^{r_i}, \beta_{6+i} = \begin{cases} 1, r_i = r_0, \\ q_0^{r_i - r_0}, r_i > r_0 \end{cases} \quad (24)$$

Здесь $r_0 = \min\{r_i | i = \overline{1,6}\}$, так что $(r_0 - 1)$ – наименьшая кратность резервирования. Если ввести обозначения

$$z_i = \begin{cases} x_i^{r_i}, i = \overline{1,6}, \\ x_i, i = \overline{7,11} \end{cases}, \hat{\beta}_{6+i} = \beta_{6+i} \frac{q_0^{r_0}}{K_0}, i = \overline{1,6}, \quad (25)$$

то в предположении, что $\gamma_i = r_i + \bar{\gamma} (i = \overline{1,6})$, уравнение (16) у учетом выражения (17) примет следующий вид

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = \min_{\{z_i\}} \left\{ \beta_1 z_1^{-\bar{\gamma}} + \beta_2 z_2^{-\bar{\gamma}} z_7^{\gamma_7} + \beta_3 z_3^{-\bar{\gamma}} z_8^{\gamma_8} + \beta_4 z_4^{-\bar{\gamma}} z_9^{\gamma_9} + \hat{\beta}_5 z_5^{-\bar{\gamma}} (z_7 z_8 z_9)^{-\gamma_{10}} + \right.$$

$$\left. + \beta_6 z_6^{-\bar{\gamma}} \left[\sum_{i=1}^6 \hat{\beta}_{6+i} z_i \leq 1, z_i \geq 0 \right] \right\},$$

которое с точностью до обозначений совпадает с уравнением (18). Поэтому в рассмотренном случае УОП и значения соответствующих независимых переменных z_i будет описываться соотношениями, аналогичными выражениями (20) – (23):

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = \beta_1 \hat{A}^{-\bar{\gamma}} \hat{B}^{(1+\bar{\gamma})}$$

$$\text{где } \hat{A} = \hat{A}(K_2) = \frac{K_2^{-\bar{\gamma}}}{q_0^{r_0}},$$

$$\hat{B} = \hat{B}(K_0, K_3) = \beta_7^{\frac{\bar{\gamma}}{(1+\bar{\gamma})}} + \beta_{12}^{\frac{\bar{\gamma}}{(1+\bar{\gamma})}} \left(\frac{\beta_6}{\beta_1} \right)^{\frac{1}{(1+\bar{\gamma})}} + \frac{9}{x} \left[\frac{gK_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{-\bar{\gamma}_v}{(1+\bar{\gamma})}} \prod_{i=2}^5 \beta_{6+i}^{\frac{\bar{\gamma}_v}{(1+\bar{\gamma})} \gamma_{s+i}}, \quad (27)$$

$$x_1 = \left(\frac{\hat{A}}{\hat{B}} \right)^{\frac{1}{r_1}}, \quad x_2 = \left(\frac{\hat{A}}{x \hat{B}} \right)^{\frac{1}{r_1}} \left[\frac{gK_0 \varphi(K_3)}{\beta_0 \beta} \right]^{\frac{-\bar{\gamma}_v}{r_2(1+\bar{\gamma})}}, \quad x_3 = \left(\frac{\gamma_7}{\gamma_8} x_2^{r_2} \right)^{\frac{1}{r_3}}$$

$$x_4 = \left(\frac{\gamma_7}{\gamma_9} x_2^{r_2} \right)^{\frac{1}{r_4}}, \quad x_5 = \left(\frac{\gamma_7}{\gamma_{10}} x_2^{r_2} \right)^{\frac{1}{r_5}}, \quad x_6 = \left(\frac{\hat{A}}{\hat{B}} \right)^{\frac{1}{r_6}} \left(\frac{\beta_6}{\beta_1} \right)^{\frac{1}{r_6(1+\bar{\gamma})}}, \quad (28)$$

а значение $x_i (i = \overline{7,11})$ описывается выражениями (23), в которых γ заменяется на $\bar{\gamma}$.

Дуплексные системы передачи информации, состоящие из двух симплексных ЗСПИ.

Предыдущие полученные результаты могут быть использованы для дуплексных ЗСПИ, составленных из двух независимых симплексных ЗСПИ, технические параметры которых β_i, γ_i, q_0 различны. Проиллюстрируем это на примере резервированной ЗСПИ (смотри симплексную ЗСПИ с поэлементным резервированием). В этом случае

$$K_{01} = K_{02} = K_0, \quad K_{21} + K_{22} \cong K_2, \quad K_{31} + K_{32} \cong K_3 \quad (29)$$

и УОП дуплексной ЗСПИ $K_1(K_0, K_2, K_3)$ можно записать так:

$$K_1(K_0, K_2, K_3) = K_{11}(K_{01}, K_{21}, K_{31}) + K_{12}(K_{02}, K_{22}, K_{32}) \quad (30)$$

где $K_{ij} (i = \overline{1,2})$ – описывается соотношением (24); (K_{ji} – значение показателей K_j для i -й симплексной ЗСПИ).

Уравнение (30) справедливо тогда, когда для каждой из составляющих симплексных ЗСПИ фиксированы показатели K_2, K_3 . Если фиксируются только K_3 , например как

$$K_{31} = K_{32} = \frac{K_3}{2}, \quad (31)$$

то УОП дуплексной ЗСПИ получается минимизацией выражения (30) по K_{21} и K_{22} при условиях (29) и (31) и записывается так:

$$K_{10} = K_2^{-\bar{\gamma}} \left[\beta_1(1) \hat{B}_1 \left(\frac{K_0, K_3}{2} \right) q_{01}^{\bar{\gamma}_{m1}} + \beta_1(2) \hat{B}_2 \left(\frac{K_0, K_3}{2} \right) q_{02}^{\bar{\gamma}_{m2}} \right],$$

где $\beta_1(i), \hat{B}_1(\cdot), q_{01}, r_{01}$ – значения $\beta_1(i), \hat{B}(\cdot), q_0, r_0$, входящих в уравнение (27) для i -й симплексной ЗСПИ.

Аналогичные результаты могут быть получены и для ЗСПИ без резервирования.

Выводы

Основное назначение изложенного материала по подходу к получению поверхности оптимальных по качеству ЗСПИ и самих УОП – оптимизация ЗСПИ на разных этапах проектирования по совокупности технико-экономических показателей с учетом их взаимности. Если ЗСПИ является частью системы более высокого уровня, то УОП могут быть использованы как составляющие технико-экономической модели оптимизации такой системы. При этом оптимизация существенно облегчается за счет сокращения числа независимых переменных (в модуле могут выражаться показатели качества K_i вместо вариации технических параметров ЗСПИ x_i).

Следует также иметь в виду, что полученные в настоящей работе УОП носят универсальный характер в том смысле, что зависит лишь от принятых допущений в виде технико-экономических зависимостей подсистем ЗСПИ и справедливы для произвольных значений параметров этих зависимостей (т.е. $\beta_i, \gamma, \gamma_j | i = \overline{1,6}; j = \overline{7,10}$) и показателей качества. Это позволяет использовать УОП для сравнения по совокупности показателей качества не только отдельные системы, но и классы систем, различающиеся своими технико-экономическими параметрами.

Список литературы

1. Сервинский Е.Г.–Оптимизация систем передачи дискретной информации / Сервинский Е.Г. – М. : Связь, 1974.–324 с.
2. Гуткин Л.С. – Оптимизация радиоэлектронных устройств по совокупности показателей качества / Гуткин Л.С. – М. : Сов. Радио, 1975.–366с.
3. Тискина Е.О.–Критерии оптимизации и синтез модели самообучающихся систем защиты информации/Тискина Е.О., Хорошко В.А. // Радиотехника, Вып.155, 2008.–с 116-122.
4. Орленко В.С.–Методика оцінювання ефективності обміну інформацією в захищених телекомунікаційних системах / Орленко В.С., Хорошко В.А. // Зв'язок, №2, 2008.–с.33-36.
5. Диффин Р. – Геометрическое программирование / Диффин Р., Питерсон Э., Зенер К. – М. : Мир, 1992.–412с.

Рецензент: Петров А.С.

Надійшла 24.02.2011

УДК 004.056

Дудикевич В.Б., Микитин Г.В., Гарасим Ю.Р.
(НУ «Львівська політехніка»)

ІНТЕГРАЛЬНА БЕЗПЕКА ІНФОРМАЦІЇ: КОНЦЕПТУАЛЬНА МОДЕЛЬ, АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ОБРОБЛЕННЯ ДАНИХ З ОБМЕЖЕНИМ ДОСТУПОМ

1. Актуальність застосування систем інтегральної безпеки інформації

У сфері технічного захисту інформації, інформаційної безпеки об'єктів сьогодні запитувані: нові підходи і методологічні засади; системи, засоби і методи захисту; інформаційні, інформаційно-комунікаційні технології та алгоритми захисту. Суттєве підвищення ефективності систем захисту об'єктів уможливорюється з використанням підходів інтегральної безпеки інформації [1-3]. Методологія інтегральної безпеки полягає у створенні умов функціонування суб'єктів, об'єктів, інформації, за яких вони будуть надійно захищені від усіх реальних видів загроз, при яких стає неможливим перехоплення,