

МОДУЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНТЕГРИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ БЕЗОПАСНОСТИ

Левин М.Ш., Леус А.В.
ИППИ РАН, МФТИ
E-mail: mslevin@acm.org

В статье рассматривается модульное проектирование интегрированной системы безопасности на примере складского предприятия. Использован метод морфологического иерархического проектирования. Численный пример включает иерархическую модель системы безопасности, альтернативные проектные варианты реализации подсистем и компонентов, процесс решения задачи (синтез модульной системы из альтернативных проектных вариантов).

1. Введение

В последние годы значение систем безопасности повысилось (общая политическая обстановка в мире, расширение круга приложений, появление широкого спектра разнообразных модульных компонентов систем безопасности) ([1],[2],[10]). Интегрированная система безопасности (ИСБ) - это совокупность функционально и информационно связанных друг с другом подсистем безопасности, работающих по общему алгоритму(мам) и имеющих общие каналы связи, программное обеспечение, базы данных [10]. В работе предлагается модульный подход к проектированию интегрированных систем безопасности на примере склада. Использован метод морфологического многокритериального иерархического проектирования (снизу-вверх) (например, [3],[5],[8]). Метод базируется на двух оптимизационных задачах: многокритериальное ранжирование (стратификация или «топологическая сортировка») и морфологический синтез на основе задачи морфологической клики. Для многокритериального ранжирования использована модификация метода порогов несравнимости (Electre) ([7],[11]). Численный пример включает иерархическую (древовидную) модель системы безопасности, альтернативные проектные варианты реализации подсистем и компонентов, процесс решения задачи (синтез модульной системы из альтернативных проектных вариантов). Используются экспертные оценки для проектных вариантов.

2. Краткое описание иерархического морфологического проектирования

Типовое описание метода имеет следующий вид ([3],[5],[8]). Проектируемая система рассматривается как композиция частей/компонентов с учетом их взаимосвязей ИС. Используются следующие предположения: (1) система имеет древовидную структуру; (2) качество системы в целом представляет собой составную оценку включая качество компонентов (частей) и качество их взаимосвязей/совместимости; (3) критерии качества компонентов системы являются монотонными; (4) качество компонентов и качество ИС оценивается на основе скоординированных порядковых шкал. Используются следующие обозначения: (1) альтернативные проектные варианты для компонентов/частей (design alternatives DAs); (2) приоритеты для DAs $r=1, \dots, k$, где 1 соответствует наилучшему уровню качества; (3) порядковая совместимость (IC) для пар DAs $w=0, \dots, p$, где 0 соответствует несовместимости и p соответствует наилучшему уровню качества. Базовая версия метода включает стадии:

Стадия 1. Построение древовидной модели проектируемой системы.

Стадия 2. Генерация DAs для висячих вершин модели системы.

Стадия 3. Иерархический отбор и композиция DAs в составные DAs, соответствующие более высокому иерархическому уровню.

Стадия 4. Анализ и улучшение полученных составных DAs (и системы в целом).

Пусть S будет обозначать результирующую систему (составная DA), состоящую из m частей систем (компонентов). Задача синтеза составных DAs имеет следующий вид:

Найти составную систему $S=S(1) * \dots * S(i) * \dots * S(m)$, состоящую из локальных проектных компонентов DAs (один представитель DA для каждой части проектируемой системы $S(i)$, $i=1, \dots, m$) с ненулевым уровнем качества совместимости IC для каждой пары выбранных DAs.

Дискретное «пространство» качества системы базируется на следующем векторе: $N(S)=(w(S);n(S))$, где $w(S)$ является минимумом парной совместимости в S , $n(S)=(n_1, \dots, n_r, \dots, n_k)$, где n_r - число DAs в S с r -м уровнем качества. Таким образом, ищется составное решение,

которое не доминируется по $N(S)$. Схема решения включает две фазы: (1) построение множества допустимых составных решений, (2) выбор составных решений, которые являются Парето-эффективными по N . В общем случае данная комбинаторная оптимизационная задача является NP-трудной. Для решения задачи могут использоваться динамическое программирование или направленный перебор [3].

3. Пример построения системы

Пример проектирования базируется на анализе некоторого охраняемого объекта, включающего два здания. Ниже приведены состав системы безопасности, проектные альтернативы для компонентов, критерии для оценки альтернатив, экспертные оценки проектных альтернатив и их совместимости. Исходные данные имеют условный характер.

3.1. Структура системы

Рассматривается следующая иерархическая структура системы (включая проектные альтернативы) (Рис. 1):

0. Интегрированная система безопасности $S = A * B * O$

1. Система телевизионного наблюдения $A = T * D$:

1.1 Камеры T : «обычная» $T_1(2)$, типа «Турель» $T_2(2)$, «верифокальная» $T_3(3)$, «автодом» $T_4(1)$.

1.2 Освещение D : естественное $D_1(3)$, естественное и дежурное $D_2(2)$, естественное, дежурное и «тревожное» $D_3(1)$.

2. Система контроля и управлением доступом $B = G * U * V$:

2.1 Проход на территорию G : карта $G_1(1)$, радиобрелок $G_2(3)$, биометрия $G_3(2)$.

2.2 Проход в здание U : карта $U_1(1)$, радиобрелок $U_2(3)$, биометрия $U_3(2)$.

2.3 Проход в помещение V : карта $V_1(1)$, код $V_2(2)$, биометрия $V_3(2)$, $V_4 = V_1 \& V_2(2)$, $V_5 = V_1 \& V_3(3)$, $V_6 = V_1 \& V_2 \& V_3(3)$.

3. Система охранной сигнализации $O = X * Y * Z$:

3.1 Рубеж 1 X : на одном физическом принципе $X_1(1)$, на двух физических принципах $X_2(2)$, на трех физических принципах $X_3(3)$.

3.2 Рубеж 2 Y : на одном физическом принципе $Y_1(1)$, на двух физических принципах $Y_2(3)$, на трех физических принципах $Y_3(2)$.

3.3 Рубеж 3 Z : на одном физическом принципе $Z_1(1)$, на двух физических принципах $Z_2(3)$, на трех физических принципах $Z_3(2)$.

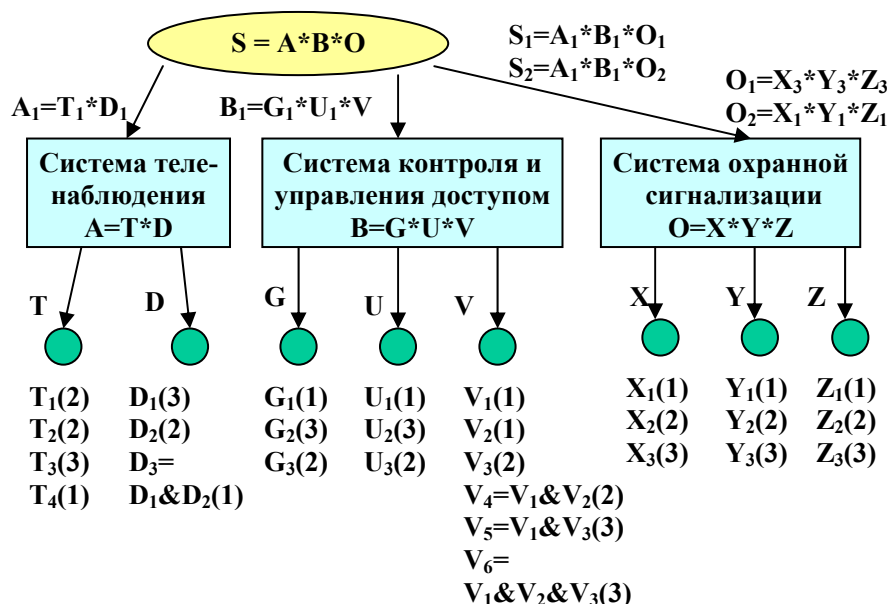


Рис. 1. Структура интегрированной системы безопасности

3.2. Критерии, оценки альтернатив и их совместимости

Используются следующие критерии (в скобках указаны вес критерия и направление: знак '- ' соответствует случаю, когда наименьшее значение является лучшим):

T: C_{t1} (стоимость, '-4'), C_{t2} (угол обзора, '+4'), C_{t3} (качество изображения, '+3'), C_{t4} (динамические характеристики, '+5'), C_{t5} (сложность управления и инсталляции, '-3');

D: C_{d1} (стоимость, '-4'), C_{d2} (освещение периметра, '+5'), C_{d3} (освещение помещений, '+5'), C_{d4} (физический барьер, '+2'), C_{d5} (помощь группе реагирования, '+2');

G: C_{g1} (стоимость, '-4'), C_{g2} (время прохода, '-2'), C_{g3} (надежность, '+5'), C_{g4} (время изготовления, '-2');

U: C_{u1} (стоимость, '-4'), C_{u2} (время прохода, '-2'), C_{u3} (надежность, '+5'), C_{u4} (время изготовления, '-2');

V: C_{v1} (стоимость, '-4'), C_{v2} (время прохода, '-2'), C_{v3} (надежность, '+5'), C_{v4} (время изготовления, '-2');

X: C_{x1} (стоимость, '-4'), C_{x2} (характеристик ложных срабатываний, '-5'), C_{x3} (вероятность обнаружения, '-5'), C_{x4} (сложность монтажа, '-2');

Y: C_{y1} (стоимость, '-4'), C_{y2} (характеристика ложных срабатываний, '-5'), C_{y3} (вероятность обнаружения, '-5'), C_{y4} (сложность монтажа, '-2');

Z: C_{z1} (стоимость, '-4'), C_{z2} (характеристика ложных срабатывания, '-5'), C_{z3} (вероятность обнаружения, '-5'), C_{z4} (сложность монтажа, '-2');

В таблицах 1,2,3,4,5,6,7,8 приведены оценки проектных альтернатив по критериям. Итоговые значения приоритетов (на основе многокритериального ранжирования) приведены выше (в структуре системы - в скобках). В таблицах 9, 10, 11 приведены оценки совместимости проектных альтернатив.

3.3. Составные решения

Следующие составные решения получены для подсистем:

(а) $A_1 = T_4 * D_3$, $N(A_1) = (3; 3, 0, 0)$;

(б) $B_1 = G_1 * U_1 * V_1$, $N(B_1) = (3; 3, 0, 0)$;

(в) $O_1 = X_3 * Y_3 * Z_3$, $N(O_1) = (3; 0, 0, 3)$; $O_2 = X_1 * Y_1 * Z_1$, $N(O_2) = (2; 3, 3, 3)$.

Для системы в целом получаем следующее множество решений: $S_1 = A_1 * B_1 * O_1$, $S_2 = A_1 * B_1 * O_2$. Это множество решений может быть проанализировано следующим образом: (1) на основе многокритериального анализа, (2) на основе экспертного оценивания, (2) на основе дополнительного применения использованного метода иерархического проектирования. Кроме того, полученное множество решений для системы может быть проанализировано с точки зрения возможного улучшения решений (по компонентам, по совместимости) [3]. Отметим, что исходное комбинаторное множество проектных вариантов системы включает 17498 ($12 * 54 * 27$) вариантов.

4. Заключение

В работе описана древовидная модель интегрированной системы безопасности и проведено иерархическое комбинаторное многокритериальное проектирование на примере системы для склада(ов). Численный пример носит условный характер, но может быть использован как база для проектирования реальных систем. Следует заметить, что дополнительно можно рассматривать другие системные «технологические» задачи ([3],[5]), например: перепроектирование (улучшение) системы, многостадийное проектирование ([3],[4],[5]). Предварительный материал для данной статьи был подготовлен в рамках курса «Проектирование систем» в МФТИ (автор курса и преподаватель: М.Ш. Левин) ([4],[6]). Данный курс частично поддерживается компанией NetCracker, Inc. [9]. А.В. Леус выполняет работу по системам безопасности в ЗАО «Компания безопасность» (базовая кафедра факультета радиотехники и кибернетики МФТИ «Системы безопасности») [12].

Таблица 1. Оценки для DAs T

	C _{t1}	C _{t2}	C _{t3}	C _{t4}	C _{t5}
T ₁	2	1	5	0	2
T ₂	2.5	2	4	2	3
T ₃	3	3	3.5	4	5
T ₄	5	4	3.5	5	3

Таблица 2. Оценки для DAs D

	C _{d1}	C _{d2}	C _{d3}	C _{d4}	C _{d5}
D ₁	0	1	1	0	1
D ₂	3	4	5	1	4
D ₃	5	5	5	3	5

Таблица 3. Оценки для DAs G

	C _{g1}	C _{g2}	C _{g3}	C _{g4}
G ₁	2	2	4	3
G ₂	3	1.5	3	4
G ₃	4	5	5	0

Таблица 4. Оценки для DAs U

	C _{u1}	C _{u2}	C _{u3}	C _{u4}
U ₁	2	2	4	3
U ₂	3	1.5	3	4
U ₃	4	5	5	0

Таблица 5. Оценки для DAs V

	C _{v1}	C _{v2}	C _{v3}	C _{v4}
V ₁	2	2	4	3
V ₂	1	4	2	0
V ₃	4	5	5	0
V ₄	3	6	6	3
V ₅	6	7	9	3
V ₆	7	11	11	3

Таблица 6. Оценки для DAs X

	C _{x1}	C _{x2}	C _{x3}	C _{x4}
X ₁	2	3	1	1
X ₂	4	4	3	3
X ₃	5	5	4	5

Таблица 7. Оценки для DAs Y

	C _{y1}	C _{y2}	C _{y3}	C _{y4}
Y ₁	2	2	2	1
Y ₂	3	3	3	2
Y ₃	4	4	4	4

Таблица 8. Оценки для DAs Z

	C _{z1}	C _{z2}	C _{z3}	C _{z4}
Z ₁	1	1	3	1
Z ₂	2	2	4	1.5
Z ₃	3	3	4	2

Таблица 9. Совместимость A

	D ₁	D ₂	D ₃
T ₁	1	1	3
T ₂	1	2	3
T ₃	1	2	3
T ₄	1	3	3

Таблица 10. Совместимость B

	U ₁	U ₂	U ₃	V ₁	V ₂	V ₃	V ₄	V ₅	V ₆
G ₁	3	2	2	3	2	2	3	3	3
G ₂	2	3	2	2	3	2	3	2	3
G ₃	2	2	3	2	2	3	2	3	3
U ₁				3	2	2	3	3	3
U ₂				2	3	2	3	2	3
U ₃				2	2	3	2	3	3

Таблица 11. Совместимость О

	Y ₁	Y ₂	Y ₃	Z ₁	Z ₂	Z ₃
X ₁	2	2	2	2	2	2
X ₂	2	2	2	2	2	2
X ₃	2	2	3	2	2	3
Y ₁				2	2	2
Y ₂				2	2	2
Y ₃				2	2	3

ЛИТЕРАТУРА

1. N. Cumming, Security: A Guide to Security Systems Design and Equipment Selection and Installation. 2nd ed., Butterworth-Heinemann, 1994.
2. M. Khairillah, Physical Security Systems Handbook: The Design and Implementation of Electronic Security Systems. Butterworth-Heinemann, 2005.
3. M.Sh. Levin, Combinatorial Engineering of Decomposable Systems, Kluwer, 1998.
4. М.Ш. Левин, Курс “Проектирование систем: структурный подход” (2004...2007); <http://www.iitp.ru/mslevin/SYSD.HTM>
5. M.Sh. Levin, Composite Systems Decisions, Springer, 2006.
6. М.Ш. Левин, О преподавании проектирования систем. Информационные технологии и вычислительные системы. Вып. 2, 89-94, 2007.
7. М.Ш. Левин, А.А. Михайлов, Фрагменты технологии стратификации объектов: Препринт. - М.: ВНИИСИ, 1988.- 60 с.
8. М.Ш. Левин, И.А. Ходаковский, Композиция структуры телеметрической системы. Научный электронный ж. «Информационные процессы» (ИПМ РАН, ИППИ РАН), 7(2), 191-198, 2007; <http://www.iip.ru/2007/191-198.pdf>.
9. Netcracker, Inc., <http://www.netcracker.com>
10. T.L. Norman, Integrated Security Systems Design: Concepts, Specifications, and Implementation. Butterworth-Heinemann, 2007.
11. B. Roy, Multicriteria Methodology for Decision Aiding. Kluwer, 1996.
12. ЗАО «Компания безопасность»; <http://www.bezopasnost.ru>