

УДК 681.32

С.С. ПЛОХОВ

*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Украина***ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПОНЕНТНОГО ПОДХОДА ДЛЯ АНАЛИЗА И ВЫБОРА АРХИТЕКТУРЫ ИНФОРМАЦИОННОЙ УПРАВЛЯЮЩЕЙ СИСТЕМЫ**

Приведен комбинаторный анализ вариантов построения информационных управляющих систем (ИУС) с использованием компонентного подхода. Получены аналитические выражения для перечисления компонентной архитектуры ИУС с учетом типов и топологии информационных связей компонент.

компонентная архитектура, перечисление вариантов структур, многоуровневый состав компонент

Введение

Сложность автоматизации объектов железнодорожного транспорта привела к созданию новых методов для построения информационных управляющих систем (ИУС), основанных на компонентном подходе [1]. При этом, зарекомендовавшие себя решения, оформляются в виде компонент повторного использования и могут участвовать в разработках новых ИУС уменьшая, тем самым, риск проектирования, сокращая сроки разработки и финансовые затраты. Поэтому актуальны задачи создания перспективных ИУС, использующих компонентный подход.

В работе, учитывая множественность возможных проектных решений, проводится комбинаторный анализ построения ИУС с использованием теории перечисления [2].

Постановка задачи. При разработке архитектуры компонентной ИУС большое внимание уделяется выбору информационных связей между отдельными компонентами. От нее зависят основные характеристики ИУС, такие как время доступа, производительность, надежность и т.д. Выбор типа топологии информационных связей определяется назначением ИУС, спецификой предметной области, где осуществляется управление. Выбрав определенную конфигурацию информационных связей осуществ-

ляется расстановка компонент и конкретизация структуры ИУС. В данной работе получены комбинаторные зависимости на основе теории перечисления для расчета множества вариантов компонентной архитектуры ИУС. Рассматриваются многоуровневые модели компонентной архитектуры ИУС.

Решение задачи

Для примера рассмотрим архитектуру ИУС в виде древовидного ациклического графа G с корневым модулем (сервером) и листьями – модулями сбора информации.

Комбинаторно-групповые свойства представленной структуры, необходимые для перечисления [2]:

$$\Gamma(G) = S_1 + S_{n-1},$$

где n – общее число компонент, включая корневой модуль.

Допустим, что известен набор компонент для построения ИУС: p_1, p_2, \dots, p_s , где $i = \overline{1, S}$ означает i -й тип модуля, а p_i – количество модулей i -го типа, имеющегося в распоряжении разработчика ИУС. Состав ИУС описывается суммой симметрических групп [2]: $H = S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_s}$.

Используя известные результаты теории перечисления [2], можно подсчитать всевозможные варианты расстановки компонент по вершинам архи-

текстуры ИУС:

$$K = \left[Z \left(\Gamma(G); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right. \\ \left. \times Z(H; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \\ = \left[Z \left(S_1 + S_{n-1}; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right. \\ \left. \times Z(S_{p_1} + S_{p_2} + \dots + S_{p_s}; 1+ \right. \\ \left. + 2Z_1, 1+2Z_2, \dots) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0},$$

где $Z(H; \dots)$ – цикловой индекс группы подстановок H .

Многообразие вариантов архитектуры будет зависеть как от топологии связей, так и от характеристик исходного набора компонент.

Представим двухуровневую структуру ИУС в виде сложного графа, который назовем графом компонентной архитектуры ИУС. На верхнем уровне декомпозиции каждая вершина графа представляет отдельную компоненту, которая связана с другими с помощью информационных связей. Внутри отдельного компонента находится подграф второго (нижнего) уровня декомпозиции. Этот подграф характеризует структуру внутренних связей между отдельными компонентами нижнего уровня ИУС. Таким образом, нижний уровень декомпозиции структуры ИУС состоит из объединения подграфов, расставленных по вершинам верхнего уровня.

Введем обозначения:

$G^{1,2}$ – граф компонентной декомпозиции ИУС;

G^1 – граф верхнего уровня декомпозиции архитектуры ИУС;

G^2 – граф нижнего уровня декомпозиции архитектуры ИУС;

$G^2 = \bigcup_{j_2} G^2_{j_2}$, где $G^2_{j_2}$ – подграф нижнего

уровня декомпозиции структуры ИУС, $j_2 = \overline{1, r_2}$;

B^2 – множество исходных модулей нижнего уровня декомпозиции ИУС, $n_2 = |B^2|$.

Для получения вариантов двухуровневой декомпозиции компонентной архитектуры ИУС отобразим множество вершин графа G^2 в множество B^2 :

$$K^2 = \left[Z \left(\Gamma(G^2); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right. \\ \left. \times Z(H_{B^2}; 1+Z_1, 1+2Z_2, \dots) \right]_{Z_1=Z_2=\dots=0}$$

при условии $n^2 < n_2$. Здесь n^2 число вершин графа G^2 ,

$$n^2 = \sum_{j_2=1}^{r_2} n_{j_2},$$

где n_{j_2} – число вершин подграфа $G^2_{j_2}$.

Учитывая наличие типов структур топологии компонентной архитектуры ИУС (иерархическая, линейная, кольцевая, звездообразная и т.д.), получим:

$$\Gamma(G^2) = S_{p_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{p_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \\ + \dots + S_{p_{l_2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2}^2) \right],$$

где $p_{\mu_2}^2$ – число подграфов μ_2 -го типа 2-го уровня декомпозиции структуры ИУС, $\sum_{\mu_2=1}^{l_2} p_{\mu_2}^2 = r_2$.

Множество B^2 также состоит из типов компонент 2-го уровня декомпозиции архитектуры ИУС:

$$B^2 = \bigcup_{\sigma_2} \rho_{\sigma_2}^2 B_{\sigma_2}^2,$$

где $\rho_{\sigma_2}^2$ – число модулей σ_2 -го типа 2-го уровня

декомпозиции, $\sum_{\sigma_2=1}^{l_2} \rho_{\sigma_2}^2 = n_2$.

Поэтому $H_{B^2} = S_{\rho_1} + S_{\rho_2} + \dots + S_{\rho_{l_2}^2}$.

Тогда

$$K^2 = \left[Z \left(S_{p_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{p_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \dots + \right. \right. \\ \left. \left. + S_{p_{l_2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2}^2) \right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right.$$

$$\times Z \left(S_{\rho_1^2} + S_{\rho_2^2} + \dots + S_{\rho_{l_2^2}^2}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \Big|_{Z_1=Z_2=\dots=0}.$$

Если $n^2 = n_2$, то

$$\begin{aligned} \widehat{K}^2 = & \left[Z \left(S_{\rho_1^2} \left[\Gamma(G_1^2) \right] + S_{\rho_2^2} \left[\Gamma(G_2^2) \right] + \dots \right. \right. \\ & \left. \left. + S_{\rho_{l_2^2}^2} \left[\Gamma(G_{l_2^2}^2) \right]; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right. \\ & \left. \times Z \left(S_{\rho_1^2} + S_{\rho_2^2} + \dots + S_{\rho_{l_2^2}^2}; Z_1, 2Z_2, \dots \right) \right] \Big|_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \end{aligned}$$

Построив все K^2 вариантов для 2-го уровня декомпозиции структуры ИУС, получим множество вариантов T^2 . Каждый из вариантов $t_{b^2} \in T^2$ представляет помеченный граф G^2 , где в качестве меток используем номера типов компонент 2-го уровня декомпозиции ИУС. Обозначим множество помеченных подграфов графа G^2 , для варианта t_{b^2} через M_{b^2} . В общем случае M_{b^2} состоит из типов

$$\begin{aligned} M_{b^2} = & \bigcup_{\mu_{b^2}} p_{\mu_{b^2}}^2 M_{\mu_{b^2}}; H_{M_{b^2}} = \\ = & S_{\rho_{1_{b^2}}^2} + S_{\rho_{2_{b^2}}^2} + \dots + S_{\rho_{l_{b^2}}^2}, \end{aligned}$$

где $p_{\mu_{b^2}}^2$ – число элементов μ_{b^2} -го типа множества

M_{b^2} . Тип элементов M_{b^2} зависит от типов элементов множества B^2 , так и от типов подграфов графа G^2 . В случае однотипности элементов B^2 , типы элементов M_{b^2} зависят только от типов графа G^2 . И наоборот, если изоморфны подграфы графа G^2 , то типы M_{b^2} зависят только от типов исходных модулей.

Отобразим множество вершин графа G^1 в множество помеченных подграфов $M_{b^2}, t_{b^2} \in T^2$. Тогда число вариантов двухуровневой декомпозиции компонентной архитектуры ИУС при условии, что фиксируется вариант t_{b^2} :

$$\begin{aligned} K_{b^2}^{1,2} = & \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) \times \right. \\ & \left. \times Z \left(H_{M_{b^2}}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right] \Big|_{Z_1=Z_2=\dots=0} = \\ = & \left[Z \left(\Gamma(G_1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) Z \left(S_{\rho_{1_{b^2}}^2} + S_{\rho_{2_{b^2}}^2} + \dots \right. \right. \\ & \left. \left. + S_{\rho_{l_{b^2}}^2}; 1 + Z_1, 1 + 2Z_2, \dots \right) \right] \Big|_{Z_1=Z_2=\dots=0}, \end{aligned}$$

где $n^1 < r_2$.

Общее число вариантов двухуровневой декомпозиции компонентной архитектуры ИУС:

$$K^{1,2} = \sum_{b^2=1}^{K^2} K_{b^2}^{1,2}.$$

Если $n^1 = r_2$, то

$$\begin{aligned} \widehat{K}_{b^2}^{1,2} = & \left[Z \left(\Gamma(G^1); \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots \right) Z \left(S_{\rho_{1_{b^2}}^2} + \right. \right. \\ & \left. \left. + S_{\rho_{2_{b^2}}^2} + \dots + S_{\rho_{l_{b^2}}^2}; Z_1, 2Z_2, \dots \right) \right] \Big|_{Z_1=Z_2=\dots=0}. \end{aligned}$$

Заключение

Предложенный подход позволяет на ранних этапах разработки проанализировать альтернативные варианты компонентной архитектуры для выбора и обоснования рациональной топологии информационных связей ИУС.

Литература

1. Brown A. Large Scale, Component-Based Development // Prentice Hall, 2000. – 285 p.
2. Пойа Д. Комбинаторные вычисления для групп, графов и Хинчинских соединений: Пер. с англ. // Перечислительные задачи комбинаторного анализа. Сб. переводов; под ред. Г.П. Гаврилова. – М.: Мир, 1979. – С. 36-139.

Поступила в редакцию 30.05.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. И.Б. Сироджа, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков.