

УДК 004.9.004.942.621.002

О.Е. ФЕДОРОВИЧ, К.О. ЗАПАДНЯ*Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е.Жуковского «ХАИ», Украина***МЕТОД ОБОСНОВАНИЯ И ВЫБОРА КОМПОНЕНТНОЙ АРХИТЕКТУРЫ
МОБИЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ**

Ставится и решается задача, связанная с определением архитектуры мобильного электронного устройства (смартфон, планшет и т.д.) на основе компонентного подхода. Оценивается и формируется множество возможных вариантов проектируемого устройства с использованием теории перечисления. Для выбора мобильного устройства сформирован набор критериев. Рациональный вариант устройства выбирается с использованием целочисленного линейного программирования и предлагаемого метода лексикографического упорядочивания вариантов. Приведен пример выбора рационального варианта смартфона от разных производителей.

Ключевые слова: компонентная архитектура, выбор рационального варианта мобильного устройства, перечисление вариантов, лексикографическое упорядочивание вариантов

Введение

Прогресс в области мобильных электронных устройств (МЭУ) зачастую связывают с широкими возможностями выбора отдельных производимых компонент при формировании архитектуры девайсов. Использование предыдущего опыта в виде зарекомендовавших компонент (компонент повторного использования) позволяет сократить сроки выхода новых моделей, уменьшить затраты на разработку и производство мобильных устройств, минимизировать риски проектирования [1]. Поэтому актуальна тема предлагаемой публикации, в которой предлагается метод формирования архитектуры МЭУ с учетом множества возможных компонент и задаваемых критериев выбора.

Постановка задачи исследования

Для решения задачи исследования сформируем последовательность этапов для обоснования и выбора архитектуры МЭУ.

На первом этапе сформируем множество возможных решений архитектуры МЭУ с использованием существующих (производимых) компонент. Для этого выделим основные составляющие МЭУ. Например, для смартфона такими составляющими будут:

- корпус;
- экран;
- аккумулятор;
- процессор;
- операционная система.

В настоящее время существует достаточно много производимых компонент по каждой из составляющих. Например, для процессора существуют

компоненты с разной производительностью, количеством ядер и фирмами-производителями.

Для получения множества возможных решений архитектуры воспользуемся методами теории перечисления [2]. Для этого необходимо архитектурное представление МЭУ перевести в теоретико-множественное представление. Пусть, предварительно, известно множество возможных компонент, которые будут использоваться для формирования отдельных составляющих МЭУ. Обозначим это множество компонент через D , $|D| = m$, а множество составляющих, в которое происходит отображение через R , $|R| = n$.

Решение задачи исследования

Используя основную теорему перечисления Поля [2] можно получить количество возможных отображений D в R в виде числа классов эквивалентности (одинаковых вариантов):

$$N = \sum_F W(F) = Z(G; \sum_{r \in R} \varpi(r), \sum_{r \in R} [\varpi(r)]^2, \sum_{r \in R} [\varpi(r)]^3, \dots), \quad (1)$$

где F – класс эквивалентности, индуцированный группой подстановок G , действующий на множество D ; $Z(G, \dots)$ – цикловой индекс группы G ; $\varpi(r)$ – «вес» элемента $r \in R$.

В частности, если веса равны 1, что часто соответствует практическим ситуациям, то число классов эквивалентности:

$$N = Z(G; |R|; |R|; |R|; \dots). \quad (2)$$

Если же эквивалентность вариантов индуцируется группами подстановок G и H , которые дейст-

вуют на множествах D и R соответственно, то в этом случае (Де Брейн) [2]:

$$N = [Z(G; \frac{\partial}{\partial Z_1}, \frac{\partial}{\partial Z_2}, \dots) Z(H; e^{Z_1+Z_2+\dots}, e^{2(Z_2+Z_4+\dots)}, \dots)],$$

при условии $Z_1 = Z_2 = \dots = 0$ или:

$$N = |H|^{-1} \sum Z(G, \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots), \quad (3)$$

где $\{C_1, C_2, \dots\}$ – тип элемента $h \in H$.

Последнее выражение проще для практического применения.

Рассмотрим практическое применение теории перечисления для формирования компонентной архитектуры МЭУ. Возможны следующие практические ситуации, которые возникают при формировании архитектуры МЭУ:

1. МЭУ формируется из универсальных (одинаковых) компонент. Обозначим число участвующих в проектировании компонент через n , а количество составляющих МЭУ через r . Из-за одинаковости универсальных компонент возможна любая их перестановка в множестве компонент D. Таких перестановок $n!$, поэтому на исходном множестве компонент действует симметрическая группа S_n . Множество компонент отобразим в множество составляющих МЭУ. Так как в начале проектирования нас интересует только состав получающихся МЭУ (без учета связей между отдельными составляющими), то на множество МЭУ, которое отобразим через R, $|R| = r$, также действует симметрическая группа S_r . Необходимо найти всевозможные варианты состава МЭУ при формировании его компонентной архитектуры. Эта задача эквивалентна задаче разбиения числа n на не более, чем r частей. Тогда используя [2], с учетом симметричности группы подстановок S_r и S_n , получим:

$$N = |H|^{-1} \sum_{h \in H} Z(H_D; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots) = \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_n; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots). \quad (4)$$

Рассмотрим случай, когда количество составляющих МЭУ задается строго (фиксировано), $r \leq n$. В этом случае действие симметрической группы подстановок на множестве D приводит к тому, что можно заменить отображение в множества R отображением в множество чисел $M = \{1, 2, \dots\}$ с ограничением:

$$\sum_{K \in R} Y(K) = n,$$

где $Y(K)$ – показывает сколько компонент вошло в K-й вариант МЭУ (не меньше одного).

Зададим элементам множества R веса:

$$\omega^1, \omega^2, \omega^3, \dots,$$

и будем искать составляющие разложения Z с весом ω^n :

$$Z = (S_r, \omega + \omega^2 + \omega^3, \omega^2 + \omega^4 + \omega^6 + \dots). \quad (5)$$

Ответом (количеством вариантов МЭУ) будет коэффициент при ω^n в данном разложении.

2. МЭУ содержит в своем составе различные типы компонент.

Пусть имеется μ типов компонент, $\mu = \overline{1, 1}$. Тогда общее количество компонент, из которых формируется архитектура МЭУ:

$$n = \sum_{\mu=1}^1 P_\mu,$$

где P_μ – число компонент μ -го типа.

Тогда на исходном множестве компонент действует сумма симметрических групп:

$$H_B = S_{P_1} + S_{P_2} + \dots + S_{P_1},$$

а на множестве составляющих МЭУ действует симметрическая группа S_r .

Необходимо определить все возможные варианты построения МЭУ. Используя (3) получим:

$$N = |H_R|^{-1} \sum_{h \in H_R} Z(H_D; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots) = \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_{P_1} + S_{P_2} + \dots + S_{P_1}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots). \quad (6)$$

При этом получим количество вариантов построения МЭУ, содержащих в своем составе r и менее составляющих. Можно определить количество возможных вариантов МЭУ при заданном (фиксированном) числе составляющих $r, r \leq n$. Для этого необходимо найти разность:

$$N = N_r - N_{r-1} = \frac{1}{r!} \sum_{h \in S_r} Z(S_{P_1} + S_{P_2} + \dots + S_{P_1}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots) - \frac{1}{(r-1)!} \sum_{h \in S_{r-1}} Z(S_{P_1} + S_{P_2} + \dots + S_{P_1}; \dots, \sum_{j/i} jC_j, \dots). \quad (7)$$

В случае если в составе МЭУ все компоненты разные и количество составляющих фиксировано ($r = \text{const}$), то использование (3) приведет к тому, что:

$$N = N_1 \cdot N_2 \cdot \dots \cdot N_r, \quad (8)$$

где N_1 – количество используемых разнотипных компонент для формирования 1-й составляющей МЭУ;

...

N_r – количество возможных разнотипных компонент для формирования r -й составляющей

МЭУ.

Например, корпус имеет два возможных компонентных решения, $N_1 = 2$, экран – три решения, $N_2 = 3$, аккумулятор – 5 решений, $N_3 = 5$, и процессор – 10 решений, $N_4 = 10$, операционная система – 2 решения, $N_5 = 2$. Общее количество вариантов построения МЭУ:

$$N = N_1 \cdot N_2 \cdot N_3 \cdot N_4 \cdot N_5 = 2 \cdot 3 \cdot 5 \cdot 10 \cdot 2 = 600.$$

Отсюда видно, что на самом деле, количество архитектурных решений резко возрастает при увеличении числа составляющих МЭУ и возможных типов используемых компонент.

На следующем этапе необходимо, путем сравнения полученных вариантов компонентной архитектуры, выбрать рациональный вариант для последующей детальной проработки в проектировании. Для этого используем следующий набор критериев, которым, в настоящее время, пользуется большинство разработчиков МЭУ, учитывая при этом запросы потребителей [3]:

1. Характеристики корпуса МЭУ (габариты, качество покрытия, величина экрана и т.д.) – K_1 .

2. Производительность МЭУ – K_2 .

3. Удобство пользования МЭУ (интерфейс, использование в различных режимах и условиях и т.д.) – K_3 .

4. Возможности мультимедиа (фото, видео, звук и т.д.) – K_4 .

5. Стоимость МЭУ (стоимость разработки, стоимость производства, стоимость для потребителя и т.д.) – K_5 .

Рассмотрим две типичные ситуации, связанные с выбором рационального варианта МЭУ:

1. Количество возможных вариантов достаточно большое ($\gg 100$).

2. Количество возможных вариантов невелико, что позволяет оценить их путем перебора и сравнения (< 100).

Для первой ситуации поиск рационального варианта связан с использованием формального метода оптимизации. Воспользуемся методом целочисленного математического программирования. Введем булеву переменную $x_{ij} \in \{0; 1\}$, где индекс i соответствует i -й составляющей МЭУ, а j – соответствует компоненту, который может быть использован в i -й составляющей МЭУ. Тогда $x_{ij} = 1$ означает, что для i -й составляющей МЭУ выбран j -й компонент, $x_{ij} = 0$ – в противном случае. Тогда критерию можно представить следующим образом:

$$K_1 = \sum_i \sum_j x_{ij} f_{ij},$$

$$K_2 = \sum_i \sum_j x_{ij} p_{ij},$$

$$K_3 = \sum_i \sum_j x_{ij} u_{ij}, \quad (9)$$

$$K_4 = \sum_i \sum_j x_{ij} f_{ij},$$

$$K_5 = \sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij},$$

где f_{ij} – оцененное, в относительных единицах (баллах), влияние включения j -го компонента в i -ю составляющую на характеристики корпуса МЭУ.

p_{ij} – относительная (в баллах) производительность j -го компонента в i -й составляющей МЭУ;

u_{ij} – оценка, в относительных единицах (баллах), удобства пользования МЭУ, при условии использования j -го компонента в i -й составляющей МЭУ;

f_{ij} – оцененные, в относительных единицах (баллах), возможности мультимедиа МЭУ при условии использования j -го компонента в i -й составляющей МЭУ;

c_{ij} – стоимость, в условных единицах (переведенная в баллы), j -го компонента при использовании его в i -й составляющей МЭУ.

Задачу оптимизации можно решить с учетом выбираемого одного критерия в качестве целевой функции, а остальные критерии можно использовать в качестве ограничений. Например, необходимо минимизировать стоимость МЭУ. Это обеспечит «захват» рынка и увеличение суммарной прибыли производителя МЭУ. Для этого необходимо найти:

$$\min K_5, K_5 = \sum_i \sum_j x_{ij} c_{ij},$$

с учетом ограничений:

$$K_1 \geq K'_1, K_1 = \sum_i \sum_j x_{ij} f_{ij},$$

$$K_2 \geq K'_2, K_2 = \sum_i \sum_j x_{ij} p_{ij}, \quad (10)$$

$$K_3 \geq K'_3, K_3 = \sum_i \sum_j x_{ij} u_{ij},$$

$$K_4 \geq K'_4, K_4 = \sum_i \sum_j x_{ij} f_{ij},$$

где K'_1, K'_2, K'_3, K'_4 – ограничения по характеристикам корпуса, производительности, удобству пользования, возможностям мультимедиа.

Если же необходимо учесть одновременно все критерии, не отдавая полного предпочтения каждому, то можно ввести комплексный критерий для оптимизации (в виде аддитивной свертки):

$$K = \alpha_1 \cdot \hat{K}_1 + \alpha_2 \cdot \hat{K}_2 + \alpha_3 \cdot \hat{K}_3 + \alpha_4 \cdot \hat{K}_4 + \alpha_5 \cdot \hat{K}_5, \quad (11)$$

где α_e – «полезность» или «вес» e-го критерия, который задается руководством проекта $\sum_e \alpha_e = 1, e = \overline{1,5}$,

$$\hat{K}_e = \frac{K_e - K'_e}{K_e^* - K'_e}, \text{ для } e = 1, 2, 3, 4,$$

$$\hat{K}_5 = \frac{K'_5 - K_5}{K_5 - K_5^*},$$

где $K_1^*, K_2^*, K_3^*, K_4^*, K_5^*$ – экстремальные, полученные путем оптимизации, значения критериев.

Необходимо найти минимум:

$$\min K, K = \alpha_1 \frac{(K_1 - K'_1)}{K_1^* - K'_1} + \alpha_2 \frac{(K_2 - K'_2)}{K_2^* - K'_2} + \alpha_3 \frac{(K_3 - K'_3)}{K_3^* - K'_3} + \alpha_4 \frac{(K_4 - K'_4)}{K_4^* - K'_4} + \alpha_5 \frac{(K'_5 - K_5)}{K_5 - K_5^*}, \quad (12)$$

с учетом следующих ограничений:

$$K_1 \geq K'_1, K_2 \geq K'_2, K_3 \geq K'_3, K_4 \geq K'_4, K_5 \leq K'_5.$$

Для второй ситуации, когда количество вариантов для выбора относительно невелико (< 100), можно воспользоваться лексикографическим упорядочиванием вариантов. В этом случае, каждый вариант представим в виде «слова», где в начале стоит значение характеристики варианта по наиболее важному критерию, а в конце – по менее важному. Тогда «слово» для конкретного p-го варианта можно представить в виде:

$$\hat{K}_{1p}, \hat{K}_{2p}, \hat{K}_{3p}, \hat{K}_{4p}, \hat{K}_{5p}, \quad (13)$$

где \hat{K}_{1p} – соответствует значению наиболее важного критерия во множестве критериев K_1, K_2, K_3, K_4, K_5 ;

\hat{K}_{5p} – соответствует значению наименее важного критерия;

$p = \overline{1, N}$, где N – число возможных вариантов, используемых для выбора рационального.

По каждому критерию введем качественную оценку диапазонов значений в виде букв латинского алфавита:

- A – положительная оценка (отлично);
- B – хорошая (хорошо);
- C – удовлетворительно;
- D – неплохая;
- E – неудовлетворительно.

Тогда «слово» (возможный вариант выбора) можно представить, например, в виде:

$$B, A, D, C. \quad (14)$$

Сравнение вариантов, с учетом упорядоченно-

го множества критериев, сводится к формированию списка «слов» в алфавитном порядке, как в словаре. В результате, в начале списка будет находиться «слово» (вариант) с наиболее лучшими значениями критериев.

Рассмотрим конкретный пример, связанный с выбором смартфона [3]. Пусть задано ограничение по стоимости ($K'_5 = 3000$ грн.) и оно выполняется для следующих смартфонов (возможных вариантов для выбора):

1. HTC One V;
2. Samsung Galaxy Ace2;
3. LG Optimus L7;
4. Sony Xperia U.

Оценим каждый из смартфонов по сформированному набору критериев K_1, K_2, K_3, K_4 по десятибалльной шкале:

1. HTC One V
 $K_{11} = 9, K_{21} = 10, K_{31} = 8, K_{41} = 7.$
2. Samsung Galaxy Ace2
 $K_{12} = 8, K_{22} = 9, K_{32} = 10, K_{42} = 9.$
3. LG Optimus L7
 $K_{13} = 8, K_{23} = 7, K_{33} = 9, K_{43} = 8.$
4. Sony Xperia U
 $K_{14} = 8, K_{24} = 9, K_{34} = 7, K_{44} = 9.$

Пусть, после предварительного анализа экспертами, критерии выбора выстроились в следующий ряд:

$$K_3, K_4, K_2, K_1.$$

Заметим, что первое место по значимости заняло удобство пользователя.

Сформируем «слова» для каждого варианта с учетом качественных оценок, полученных из первоначальных балльных.

1. $K_{31} = 8(C), K_{41} = 7(D),$
 $K_{21} = 10(A), K_{11} = 9(B).$

«Слово» для первого варианта имеет вид: C, D, A, B.

2. $K_{32} = 10(A), K_{42} = 9(B),$
 $K_{22} = 9(B), K_{12} = 8(C).$

«Слово» для второго варианта имеет вид: A, B, B, C.

3. $K_{33} = 9(B), K_{43} = 8(C),$
 $K_{23} = 7(D), K_{13} = 8(C).$

«Слово» для третьего варианта имеет вид: B, C, D, C.

4. $K_{34} = 7(D), K_{44} = 9(B),$
 $K_{24} = 9(B), K_{14} = 8(C).$

«Слово» для четвертого варианта имеет вид: D, B, B, C.

Упорядочим варианты в лексикографическом

порядке и получим:

(2) A B B C

(3) B C D C

(1) C D A B

(4) D B B C.

Таким образом, с учетом принятой важности критериев на:

первом месте - Samsung Galaxy Ace2;

втором месте - LG Optimus L7;

третьем месте - HTC One V;

четвертом месте - Sony Xperia U.

Выводы

Предложенный подход целесообразно использовать на первоначальных этапах проектирования МЭУ, когда необходимо сформировать компонентную архитектуру с учетом заданного набора критериев и требований потребителя.

Литература

1. Исследование реализуемости проекта с использованием компонентного подхода и многоуровневой архитектуры аэрокосмического изделия [Текст] / О.Е. Федорович, Е.С. Яшина, Л.Н. Лутай, И.А. Микова // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2011. – №1. – С. 168-172.

2. Пойа, Д. Комбинаторные вычисления для групп, графов и химических соединений [Текст]: пер. с англ. / Д. Пойа / Перечислительные задачи комбинаторного анализа: сб. переводов; под ред. Г.П. Гаврилова. - М.: Мир, 1989. – С. 36-139.

3. Глуценко, Н. Средний класс: сравнение четырех Android – смартфонов до 3000 грн [Электронный ресурс] / Н. Глуценко. – Режим доступа:

http://gagadget.com/cellphones/2012-07-11-srednij_klass_sravnenie_chetyreh_android-smartfonov_do_3000_grn. – 11.07.2012 г.

Поступила в редакцию 30.07.2012

Рецензент: д-р техн. наук, проф., зав. каф. информатики А.Ю. Соколов, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

МЕТОД ОБҐРУНТУВАННЯ Й ВИБОРУ КОМПОНЕНТНОЇ АРХІТЕКТУРИ МОБІЛЬНИХ ПРИСТРОЇВ НОВОГО ПОКОЛІННЯ

О.Е. Федорович, К.О. Западня

Ставиться й вирішується задача, що пов'язана із визначенням архітектури мобільного електронного пристрою (смартфон, планшет і т.д.) на основі компонентного підходу. Оцінюється й формується множина можливих варіантів проєктованого пристрою з використанням теорії перерахування. Для вибору мобільного пристрою сформовано набір критеріїв. Раціональний варіант пристрою вибирається з використанням цілочисельного лінійного програмування й запропонованого методу лексикографічного упорядкування варіантів. Наведено приклад вибору раціонального варіанта смартфона від різних виробників.

Ключові слова: компонентна архітектура, вибір раціонального варіанта мобільного пристрою, перерахування варіантів, лексикографічне упорядкування варіантів

METHOD OF SUBSTANTIATION AND SELECTION OF A COMPONENT ARCHITECTURE FOR MOBILE DEVICES OF NEW GENERATION

O.Ye. Fedorovich, K.O. Zapadnya

Put and solve the problems associated with the definition of the architecture of the mobile e-mouth-device (smartphone, tablet, etc.) on the basis of the component approach. Is estimated and is formed by a set of possible variants designed device using the theory of перечисление. To select a mobile device a set of criteria. Rational option mouth-device is selected using integer linear programming and the proposed method of lexicographic ordering of the options. The example of selecting a rational variant smartphone from different manufacturers.

Key words: component architecture, choice of rational variant of mobile device, enumeration of variants, lexicographic arrangement of variants

Федорович Олег Евгеньевич – д-р техн. наук, проф., зав. каф. «Информационные управляющие системы», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина.

Западня Ксения Олеговна – канд. техн. наук, н.с., каф. «Информационные управляющие системы», Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», Харьков, Украина