УДК 004.519.6

Д.Б. БУЙ, С.В. КОМПАН

Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, Украина

МОДЕЛЬ ОПЕРАЦИИ ПЕРЕСЕЧЕНИЯ СПЕЦИФИКАЦИЙ КЛАССОВ ОБЪЕКТНО-ОРИЕНТИРОВАННОГО ПРОГРАММИРОВАНИЯ

Рассматривается формальное уточнение операции пересечения спецификаций классов. Спецификация классов уточняется как пара соответствующих функциональных бинарных отношений. Пересечение спецификаций классов уточняется как теоретико-множественное пересечение соответствующих бинарных отношений (функций). Для формальной модели получены следующие математические результаты: множество классов представляется как частично упорядоченное множество, структура которого установлена (нижняя полурешетка, полная полурешетка); показано, при каких условиях пересечение функциональных бинарных отношений будет непустым; установлены критерии совместности функциональных бинарных отношений. Полученные результаты можно использовать при практическом построении базового (родительского) класса для заданных двух классов. Такие классы в случае успешного построения будут считаться производными.

Ключевые слова*: гарантоустойчивые системы, объектные базы данных, объектная алгебра, класс, родительский, производный класс.*

Введение

При применении информационных технологий стоит проблема построения так называемых гарантостабильных систем и инфраструктур – таких систем, которые бы вели себя стабильно при любых, особенно, критических условиях работы. Схожесть рисков и растущая актуальность их снижения до приемлемого уровня для критических приложений привела, в частности, к появлению специального термина safeware, по аналогии с терминами hardware, software, firmware и др., объединяющего две составляющих: safe – безопасный и ware дословно «продукт», «изделие». Этот термин был предложен и запатентован ведущим экспертом NASA по вопросам инфраструктурной безопасности профессором Левесоном (N. Leveson), который зафиксировал появление современной отрасли знаний, называемой safeware engineering [1]. Отметим насколько очевидное, настолько и упускаемое фундаментальное утверждение: нельзя серьезно говорить о стабильности работы системы, тем более инфраструктуры, если для этой системы не построена и не исследована формальная модель функционирования. Естественно, что для построения формальной модели более-менее сложной, не игрушечной системы должен существовать математический аппарат, с помощью которого разработчики строят формальную модель и верифицируют ее на соответствие в первую очередь исходным требованиям заказчика и т.д.

Для полной уверенности в том, что информационная система будет стабильно работать (будет гарантоспособной), необходимо выделить компоненты системы, формально их описать и верифицировать. Действительно, для борьбы со сложностью ничего кроме принципа «разделяй и властвуй» на сегодняшний день нет.

Как правило, одним из важнейших компонентов любой сложной системы (инфраструктуры) являются базы данных (БД). Поэтому должна существовать соответствующая формальная модель. Для реляционных БД уже построена и достаточно исследована формальная модель. Этот вопрос исчерпывающе освещен в литературе, начиная от пионерских работ Кодда (E.F. Kodd) (см. напр., [2], первые учебники [3, 4] и современные учебники [5, 6]). Отметим, только цикл работ, выполненных сотрудниками Киевского университета имена Тараса Шевченко по естественному обобщению классических результатов реляционного подхода в БД [7 – 13].

К сожалению, на сегодняшний день для объектных и объектно-реляционных БД не существует адекватных формальных моделей, естественно описывающие их работу. Причины трудностей, возникающих на этом пути понятны: в первую очередь надо уточнить основные понятия (парадигмы) объектного подхода как такового (см., например, работы [14 – 16]).

Авторы данной работы провели ряд исследований в рассматриваемой области: в [17] было предложено рассматривать в качестве модели объектную алгебраическую систему. $< \mathrm{O}, \mathrm{K}; \Omega_{obj}; \Omega_{spec}, \leq >$, где O – множество объектов классов, K – множество спецификаций классов, Ω_{obj} – множества операций над объектами, Ω_{spec} – множества операций над спецификациями классов, а отношение $\le \subseteq K \times K$ – частичный порядок, уточняющий наследование. Целью статьи является уточнение операции пересечения $\cap$ спецификаций классов.

Результаты

Напомним уточнение класса согласно [17]: под классом будем понимать пару $K = < s, \mu >$, где s – функциональное бинарное отношение, которое атрибуту ставит в соответствие его значение (из универсального домена D), а μ – функциональное бинарное отношение, которое методу ставит в соответствие его сигнатуру. Операция пересечения (спецификаций классов) есть операция вида $\cap : K \times K \to K$, причем для значений имеем:

$$< s_1, \mu_1 > \cap < s_2, \mu_2 > = < s_1 \bigcap s_2, \mu_1 \bigcap \mu_2 >,$$

где $\bigcap$ – стандартное теоретико-множественное пересечение.

Приведем несколько результатов о структуре частично упорядоченного множества (ч. у. м.) $< F, \subseteq >$, где F – множество всех функциональных бинарных отношений (на универсальном домене D), а $\subseteq$ – обычное теоретико-множественное включение. Эти результаты дополнят результаты работы [18]. Все неопределяемые ниже понятия и обозначения используются в смысле этой же работы; в частности, $f|X$ – ограничение функции f по множеству X.

Лемма. Для произвольных функциональных бинарных отношений f и g выполняется равенство:

$$f \bigcap g = (f \bigcap g)|(\mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g).$$

Доказательство: Положим $X = \mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g$. Далее будем использовать общезначимые свойства теоретико-множественной операции ограничения (бинарного отношения по множеству) (монотонность, дистрибутивность и т.д.) [7].

Во-первых, имеем включение $\mathrm{dom}(f \bigcap g) \subseteq \mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g = X$ Во-вторых, отсюда следует цепочка равенств и неравенств: $f \bigcap g = (f \bigcap g)|\mathrm{dom}(f \bigcap g) \subseteq (f \bigcap g)|X =$

$$= f|X \bigcap g|X \subseteq f \bigcap g.$$

Таким образом,

$$f \bigcap g = (f \bigcap g)|X = (f \bigcap g)|\mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g).$$

Ниже $\approx$ – отношение совместности двух функций: $f \approx g \overset{def}{\Leftrightarrow} f|X = g|X$, где $X \overset{def}{=} \mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g$.

В [18] было установлено основное свойство совместности:

$$f \approx g \Leftrightarrow f \bigcup g \text{ –}$$

функциональное бинарное отношение.

В следующем следствии формулируется иной критерий совместности.

Следствие 1 (критерий совместности функциональных бинарных отношений). Пусть f, g – произвольные функциональные бинарные отношения, а $X \overset{def}{=} \mathrm{dom} f \bigcap \mathrm{dom} g$. Тогда имеют место две эквивалентности:

$f \approx g \Leftrightarrow \mathrm{dom}(f \bigcap g) = X$ $\neg(f \approx g) \Leftrightarrow \mathrm{dom}(f \bigcap g) \subset X$.

Доказательство проводится с использованием леммы и включения $\mathrm{dom}(f \bigcap g) \subseteq X$. Отметим, что вторая (первая) эквивалентность является формальным следствием первой (соответственно второй).□

Следствие 2 (критерий совместности функциональных бинарных отношений). Пусть ; выполняются следующие утверждения.

1) $X = \varnothing \Leftrightarrow f \approx g \wedge f \bigcap g = f_{\varnothing}$.

2) $X = \mathrm{dom}(f \bigcap g) \Leftrightarrow f \approx g \wedge f \bigcap g = f|X = g|X$.

3) $\mathrm{dom}(f \bigcap g) \ne X \Leftrightarrow \neg(f \approx g) \wedge$

$\wedge \{x | x \in X \wedge f(x) \ne g(x)\} \ne \varnothing$.

Доказательство проводится с использованием леммы и следствия 1.

Прокомментируем последнее следствие. Первый пункт означает, что у функций просто нет общих аргументов, потому они не могут конфликтовать (принимать разные значения на общем аргументе). Естественно, общая часть в этом случае пуста.

Второй пункт означает, что на множестве общих аргументов (в частности, пустом; таким образом, первый пункт является частным случаем второго) функции ведут себя одинаково (принимают одинаковые значения на общих аргументах). Общая часть в этом случае может быть как пустой, так и непустой.

Наконец, третий пункт говорит о том, что существует общий аргумент, на котором функции ведут себя по-разному; значит, объединять их нельзя (так как нарушится функциональность). Что касается общей части, то она может быть как пустой, так и непустой.

Возвратимся к формальным результатам. Для этого перейдем к установлению структуры ч. у. м . Здесь имеют место два следующих предложения.

Предложение 1. Ч.у.м. $< F, \subseteq >$. есть нижняя полурешетка, при этом $\inf\{f, g\} = f \bigcap g$.

Доказательство вытекает из того, что есть коммутативная идемпотентная полугруппа, и хорошо известной связи между такими полугруппами и нижними полурешетками (см., например, [19]).

Таким образом, в терминах спецификаций классов наибольшая общая часть двух спецификаций существует всегда; но она может пусть пустой.

Более полную информацию о ч. у. м. даем следующее предложение.

Предложение 2 (структура ч. у. м. $<F,\subseteq>$). Выполняются следующие утверждения.

1) Всюду неопределенная функция $f_{\varnothing}$ – наименьший элемент («дно») ч. у. м. $<F,\subseteq>$.

2) Наибольший элемент в ч. у. м. $<F,\subseteq>$ существует тогда и только тогда, когда универсум D – одноэлементный.

3) Точная нижняя грань существует для любого непустого множества F, причем $\inf F = \bigcap_{f\in F} f$.

4) Точная верхняя грань множества F существует тогда и только тогда, когда множество F ограничено сверху, при этом $\sup F = \bigcup_{f\in F} f$.

5) Элемент f является атомом тогда и только тогда, когда f – одноэлементный.

6) Ч. у. м. $<F,\subseteq>$. является условно полным ч. у. м. и полной (верхней) полурешеткой (complete semilattice).

Перейдем к содержательной интерпретации результатов.

Операция $\cap$ строит новый класс, который будет являться базовым (родительским) для этих классов. Это пересечение может быть и пустым, в этом случае получаем специальный пустой класс.

Поскольку отношение $\leq$ на спецификациях вводится покомпонентно:

$$\langle s,\mu\rangle \leq \langle s',\mu'\rangle \Leftrightarrow s\subseteq s' \wedge \mu\subseteq\mu',$$

то есть получается декартовым произведением порядков $\subseteq$, то все свойства отношения $\subseteq$ (предложения 1, 2) переносятся и на порядок $\leq$. Соответствующие формулировки приводить не будем.

Выводы

Рассмотрена модель операции пересечения спецификаций классов. Эта операция уточняется как теоретико-множественное пересечение функций. Результат вида $f\bigcap g$ интерпретируется как наибольшая общая часть спецификаций-аргументов, то есть такая спецификация, от которой спецификации-аргументы могут быть получены механизмом наследования (другими словами, спецификация-результат – спецификация родительского класса). Рассмотрены условия непустого (эквивалентно, пустого) пересечения.

Что касается формальных результатов, то приведены естественные критерии совместности функций (следствие 1, 2), дополняющие известные критерии; установлена структура частично упорядоченного (по включению графиков) множества частичных функций (предложения 1, 2); рассмотрены условия непустого пересечения $f\bigcap g$ (следствие 2).

Аналогичные результаты имеют место для уточнения операции объединения спецификаций классов $\cup$, которое описывает множественное наследование [17].

Литература

1. Безопасность критических инфраструктур: математические и инженерные методы анализа и обеспечения [Текст] / под ред. В.С. Харченко. – Министерство образования и науки Украины, Национальный аэрокосмический университет им. Н.Е. Жуковского «ХАИ», 2011. – 641 с.

2. Кодд, Е.Ф. Реляционная модель для больших совместно используемых банков данных [Текст] / Е.Ф. Кодд // СУБД. − 1995. − No. 1. − С. 145-169.

3. Мейер, Д. Теория реляционных баз данных: [пер. с англ.] [Текст] / Д. Мейер. – М.: Мир, 1987. – 608 с.

4. Ульман, Дж. Основы систем баз данных: [пер. с англ.] [Текст] / Дж. Ульман. – М.: Финансы и статистика, 1983. – 334 с.

5. Кренке, Д. Теория и практика построения баз данных [Текст] / Д. Кренке. – СПб.: Питер, 2003. − 800 с.

6. Дейт, К. Дж. Введение в базы данных, 8-е издание.: Пер. с англ. [Текст] / К. Дж. Дейт. – М., СПб, Киев: «Вильямс», 2005. − 1328 с.

7. Буй, Д.Б. Теоретико-множественные конструкции полного образа, ограничения, конфинальности и совместности в основаниях реляционных баз данных [Текст] / Д.Б. Буй, Н.Д. Кахута // Интеллектуальные системы и компьютерные науки: международная конференция, 23-27 октября 2006 г., Москва: труды. – 2006. – Т. 1. – С. 72-76.

8. Буй, Д.Б. Теория мультимножеств: библиография, применение в табличных базах данных [Текст] / Д.Б. Буй, Ю.А. Богатырёва // Радіоелектронні і комп'ютерні системи. – 2010. – № 7(48). – С. 56-62.

9. Буй, Д.Б. Композиційна семантика рекурсивних запитів в SQL-подібних мовах [Текст] / Д. Б. Буй, С. А. Поляков // Вісник Київського університету. Сер. фіз.-мат. науки. – 2010. – Вип. 1. – С. 45-56.

10. Буй, Д.Б. Узагальнена таблична алгебра, узагальнене числення рядків, узагальнене числення на домені та їх еквівалентність [Текст] / Д.Б. Буй, І.М. Глушко // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер.: фіз.-мат. науки. – 2011. – Вип. 1. – С. 86-95.

11. Буй, Д.Б. Повнота аксіоматики Армстронга [Текст] / Д.Б. Буй, А.В. Пузікова // Вісник Київського національного університету імені Тараса Шевченка. Сер. фіз.-мат. науки. – 2011. − Вип. 3. − С. 103-108.

12. Редько, В.Н. Реляційні бази даних: табличні алгебри та SQL-подібні мови [Текст] / В.Н. Редько, Ю.Й. Брона, Д.Б. Буй, С.А. Поляков. – Київ: Видавничий дім «Академперіодика», 2001. – 196 с.

13. Buy, D. Formalization of structural constraints of relationships in model «entity-relationship» [Текст] / D. Buy, L. Silveystruk // Electronic Computers and Informatics'2006: international scientific conference, September 20-22, 2006, Kosice, Slovakia: proceedings. – Kosice. – 2006.– P. 96-101.

14. Пискунов, А.Г. Формализация парадигмы объектно-ориентированного программирования / электронный ресурс [точка входа]: www.realcoding.net/dn/docs/machine.pdf.

15. Пискунов, А. Г. Формализация ООП, типы, множества, классы / электронный ресурс [точка входа]: agp1.hx0.ru/articles/typeSetsClasses.pdf.

16. Чапланова, Е.Б. Операционная спецификация объектно-реляционной модели данных [Текст] / Е.Б. Чапланова // Радіоелектроніка, інформатика, управління. – 2012. – №12. – С. 75-79.

17. Буй, Д.Б. Операции объединения и пересечения спецификаций классов в многосортной алгебраической системе для объектно-ориентированного программирования [Текст] / Д.Б. Буй, С.В. Компан // Сборник научных трудов SWorld. Материалы межд. научно-практической конф. «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании'2012». – Вып. 4. Т. 3. – Одесса: КУПРИЕНКО, 2012. – ЦИТ: 412-1264 – С. 45-49.

18. Буй, Д.Б. Властивості відношення конфінальності та устрій множини часткових функцій [Текст] / Д.Б. Буй, Н.Д. Кахута // Вісник Київського університету. Сер.: фіз.-мат. науки. – 2006. – Вип. 2. – С. 125-135.

19. Скорняков, Л.А. Элементы теории структур [Текст] / Л.А. Скорняков. – М.: «Наука», 1982. – 158 с.

Надійшла до редакції 21.02.2013, розглянута на редколегії 13.03.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф., проф. каф. інженерії програмного забезпечення Б.М. Конорев, Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «ХАІ», Харків, Україна.

МОДЕЛЬ ОПЕРАЦІЇ ПЕРЕТИНУ СПЕЦИФІКАЦІЙ КЛАСІВ ОБ'ЄКТНО-ОРІЄНТОВАНОГО ПРОГРАМУВАННЯ

Д.Б. Буй, С.В. Компан

Розглядається формальне уточнення операції перетину специфікацій класів. Специфікація класів уточнюється як пара відповідних функціональних бінарних відношень. Перетин специфікацій класів уточнюється як теоретико-множинний перетин відповідних бінарних відношень (функцій). Для формальної моделі отримані наступні математичні результати: множина класів представляється як частково впорядкована множина, структура якої встановлена (нижня полурешітка, повна полурешітка); показано, при яких умовах перетин функціональних бінарних відношень буде непорожнім; встановлені критерії сумісності функціональних бінарних відношень. Отримані результати можна використовувати на практиці при побудові базового (батьківського) класу для заданих двох класів. Такі класи в разі успішної побудови будуть вважатися похідними.

Ключові слова: гарантостійкі системи, об'єктні бази даних, об'єктна алгебра, клас, батьківський, похідний клас.

MODEL THE INTERSECTION CLASS SPECIFICATION OF OBJECT ORIENTED PROGRAMMING

D.B. Buy, S.V. Kompan

Formal specification of intersection operation of classes specifications is considered. The specification of classes is specified as pair of corresponding functional binary relations. Intersection of classes specifications is specified as set-theoretic intersection of the corresponding binary relations (functions). For the formal model the following mathematical results are obtained: the set of classes is represented as partially ordered set which structure is established (the bottom semilattice, a complete semilattice); it is shown, under what conditions intersection of the functional binary relations will be nonempty; criteria of compatibility of the functional binary relations are established. The obtained results can be used at practical creation of a basic (parent) class for the set two classes. Such classes in case of successful construction will be considered as derivatives.

Key words: safeware, object databases, object algebra, class, parent class, derived class.

Буй Дмитрий Борисович – д-р физ.-мат. наук, профессор, профессор кафедры теории и технологи программирования Киевского национального университета имени Тараса Шевченко, Киев, Украина, e-mail: buy@unicyb.kiev.ua.

Компан Сергей Владимирович – аспирант Киевского национального университета имени Тараса Шевченко Киев, Украина, e-mail: robin_2005@mail.ru.