

---

---

## МОДЕЛЬ “СУЩНОСТЬ-СВЯЗЬ”: РОЛИ, СИЛЬНЫЕ И СЛАБЫЕ ТИПЫ СУЩНОСТЕЙ И ТИПЫ СВЯЗЕЙ

Дмитрий Буй, Людмила Сильвейструк

**Аннотация:** Рассматриваются и формализуются такие понятия модели “сущность-связь”: роли, сильные и слабые типы сущностей, сильные и слабые типы связей. Раскрыты принципы построения диаграммы сущностей и связей.

**Ключевые слова:** модель “сущность-связь”, сильный тип сущности, слабый тип сущности, сильный тип связи, слабый тип связи, роль, диаграмма сущностей и связей.

**ACM Classification Keywords:** E.4 Coding and information theory – Formal models of communication

---

### Введение

В работе продолжается рассмотрение и формализация модели “сущность-связь” (entity-relationship model). В работах [Буй Д.Б., Сильвейструк Л.М., 2006 а; Буй Д.Б., Сильвейструк Л.М., 2006 б] были уточнены сущности, связи и структурные ограничения связей. В этой статье рассматриваются такие понятия: роли, сильные и слабые типы сущностей, сильные и слабые типы связей. Также рассматривается графическая нотация Чена диаграммы сущностей и связей (entity-relationship diagram).

---

### Роли

Семантическое значение вхождения типа сущности в тип связи называется ее ролью. Вхождениям типов сущностей в тип связи можно присывать ролевые имена – для уточнения назначения каждого вхождения (более неформально: для уточнения назначения каждой сущности-участницы в связи). Здесь надо говорить именно о вхождении, так как  $n$ -арный тип связи, где  $n = 2, 3, \dots$ , задается на  $n$  необязательно разных типах сущностей. Особое значение имеют ролевые имена в типах связей на одном типе сущности. В этом случае нет других средств кроме ролевых имен для идентификации разных вхождений одного типа сущности в тип связи. Таким образом, смысл ролевых имен заключается в синтаксическом различении различных вхождений типа сущности в тип связи.

Серьезно говорить о семантическом аспекте ролевых имен, то есть об определении функций участников связи ролевыми именами, не приходится, поскольку вся “семантика” заключается в выборе “мнемонических” ролевых имен, которые и должны отображать семантику.

Можно сказать, что понятие роли часто вспомогательное, оно существует для удобства пользователя; поэтому роли (ролевые имена) можно даже не вводить, особенно в случае, когда явное введение этих имен ничего не прибавляет к пониманию модели.

Ролевые имена, которые будем обозначать через  $v_1, v_2, \dots$ , дают возможность уточнить тип связи (с минимальной интерпретацией).

Типом связи арности  $n$  между типами сущностей (который соединяет типы сущностей)  $E_1, \dots, E_k$ , где  $k \leq n$ , и типы сущностей  $E_1, \dots, E_k$  попарно разные, назовем сюръективное отображение вида  $R: \{v_1, \dots, v_n\} \rightarrow \{E_1, \dots, E_k\}$ , где ролевые имена  $v_1, \dots, v_n$  попарно разные.

Ролевые имена дают возможность сделать следующий шаг в уточнении типа связи, интерпретируя его не как отношение [Буй Д.Б., Сильвейструк Л.М., 2006 а], а как таблицу [Редько В.Н., Брона Ю.И., Буй Д.Б., Поляков С.А., 2001], схема которой совпадает с множеством ролевых имен типа связи.

---

### Слабые и сильные типы сущностей, слабые и сильные типы связей

---

Иногда сам факт существования сущностей некоторого типа сущности зависит от особой связи этих сущностей с сущностями других типов сущностей. То есть можно сказать, что тип связи вводит тип сущности. Дадим содержательное объяснение.

*Слабым типом сущности (weak entity type)* называют такой тип сущности, существование которого зависит от других типов сущностей. Тип связи, который соединяет данные типы сущностей, называется *слабым типом связи (weak relationship type)*, то есть это такой тип связи, который вводит в рассмотрение слабый тип сущности.

Вообще любой тип связи можно использовать в качестве слабого типа связи [Чен П., 1995], но мы наложим на ( $n$ -арний) слабый тип связи такие два ограничения:

- в слабый тип связи может входить только один слабый тип сущности, который вводится этим слабым типом связи (и детализируется другими типами сущностей, которые входят в этот слабый тип связи);
- степень участия слабого типа сущности, который вводится слабым типом связи, полная (то есть сущности слабого типа сущности могут рассматриваться, только находясь в связи).

Уточняя первое ограничение скажем, что *слабый тип сущности  $E$  вводится слабым типом связи  $R$* , если  $R$  имеет вид  $R: \{v_1, \dots, v_n\} \rightarrow \{E_1, \dots, E_k\}$ , где  $E \in \{E_1, \dots, E_k\}$ , причем  $|R^{-1}(\{E\})| = 1$ .

*Сильным типом сущности (strong entity type)* называют такой тип сущности, существование которого не зависит от других типов сущностей.

Тип связи, который не является слабым типом связи, называется *сильным типом связи (strong relationship type)*.

Сильный тип связи еще называют регулярным отношением сущности (regular entity relation) [Чен П., 1995], а слабый тип связи – поддерживающей связью (supporting relationships) [Гарсия-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж., 2004, гл. 2, с. 82-83].

Сильный тип сущности называют еще родительским (parent), сущностью-владельцем (owner), доминантным (dominant) или регулярным (regular); слабый тип сущности – дочерним (child), зависимым (dependent) или подчиненным (subordinate) [Коннолли Т., Бег К., Страчан А., 2000, часть II, гл. 5, с. 185].

Отметим, что понятие слабого типа сущности имеет несколько интерпретаций (например, [6, гл. 3]). Это обусловлено тем, что некоторые проектировщики баз данных под слабым типом сущности понимают тип сущности, присутствие которого в базе данных зависит от других типов сущностей. Другие же считают, что слабым типом сущности является тип сущности, который логически зависит от других типов сущностей (то есть, вводится некоторым типом связи). Понятно, что вторая трактовка, которого мы придерживаемся, является более узкой.

Чтобы проиллюстрировать отличие этих двух подходов, рассмотрим два примера [Крёнке Д., 2003, гл. 3, с. 90]. Первый пример – это два типа сущностей Руководитель и Студент, причем по правилам учебного заведения каждый студент должен иметь руководителя. Следуя первому подходу (к определению слабого типа сущности) тип сущности Студент – слабый тип сущности, но согласно второго подхода, если сущность типа сущности Студент может существовать без связи с некоторой сущностью типа сущности Руководитель, то тип сущности Студент – также сильный тип сущности.

Второй пример – три типа сущностей Пациент, Врач и Рецепт. Естественно, рецепт выдается конкретному пациенту некоторым существующим врачом, то есть тип сущности Рецепт вводится определенным слабым типом связи, который включает сильные типы сущностей Пациент и Врач. Итак, тип сущности Рецепт является слабым типом сущности как при первом, так и при втором подходах.

Есть и третий содержательный подход, который отражает ситуацию, когда сущности некоторого типа сущности невозможно уникально идентифицировать значениями их собственных атрибутов; значит, для их идентификации надо использовать слабый тип связи, который связывает данный тип сущности с другими типами сущностей (который вводит этот слабый тип сущности); причем атрибуты этих типов сущностей (сильных типов в данном контексте) будут входить в состав первичного ключа слабого типа сущности, который вводится.

Этот тип сущности является особым видом слабых типов сущностей и называется *идентификационно-зависимым типом сущности (ID-dependent entity type)*; то есть это такой тип сущности, идентификатор сущностей (первичный ключ) которого содержит идентификаторы (первичные ключи) других сущностей. В данном случае можно сказать, что идентификационно-зависимый тип сущности зависит от других типов сущностей как логически, так и физически (поскольку понятие ключа можно относить к этим двум уровням). Заметим, что некоторые проектировщики баз данных ограничивают слабые типы сущностей именно идентификационно-зависимыми типами сущностей. Понятно, что последняя интерпретация слабых типов сущностей есть самой узкой из трех вышеприведенных.

Рассмотрим идентификационно-зависимый тип сущности на примере двух типов сущностей Квартира и Дом [Крёнке Д., 2003, гл. 3, с. 89]. Пусть первичным ключом (идентификатором) типа сущности Дом будет атрибут НазваниеДома. Для того, чтобы идентифицировать сущности типа сущности Квартира, необходимо знать не только номер квартиры и ее внутренние характеристики, но и дом, в котором она находится; значит, идентификатором типа сущности Квартира будут атрибуты НазваниеДома и НомерКвартиры. Поскольку идентификатор типа сущности Квартира включает в себя идентификатор типа сущности Дом (а именно НазваниеДома), то тип сущности Квартира есть идентификационно-зависимым от типа сущности Дом.

Возможна ситуация, когда некоторые типы сущностей, от которых зависит существование слабого типа сущности, входят в слабый тип связи несколько раз в разных ролях.

Например, слабый тип связи Контракт, который вводит слабый тип сущности Контракты, включает (соединяет) сильные типы сущностей Актеры, Кинофильмы, Студии [Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж., 2004, гл. 2, с. 82]. Связь отражает, в частности, факт составления контракта между киностудией, которая владеет правами на съемку кинофильма, и другой киностудией, которая разрешает актеру принимать участие в работе над данным фильмом (так как актер является штатным сотрудником этой киностудии). Как видим, тип сущности Студии входит в слабый тип связи Контракт в двух ролях – “студия-актер” (студия, в штате которой находится актер) и “студия-фильм” (студия, которая снимает фильм). Таким образом, слабый тип сущности Контракты зависит от существования типов сущностей Актеры, Кинофильмы и Студии, причем тип сущности Студии детализирует слабый тип сущности два раза.

Слабый тип связи можно изобразить с помощью ациклического ориентированного графа (точнее дерева единичной глубины), где множество вершин – множество типов сущностей, которые являются участниками слабого типа связи, множество дуг – множество пар вершин (началом дуги будет вершина, которая отвечает слабому типу сущности, концом дуги – вершина, которая отвечает сильному типу сущности). При данной интерпретации случай, когда сильный тип сущности входит в данный слабый тип связи несколько раз в разных ролях, мы упрощаем и изображаем в виде одной дуги.

На рис. 1 показан граф, изображающий слабый тип сущности  $E$ , существование которого зависит от сильных типов сущностей  $F_1, F_2, \dots, F_n$ , и который (слабый тип) вводится слабым типом связи  $R$ .

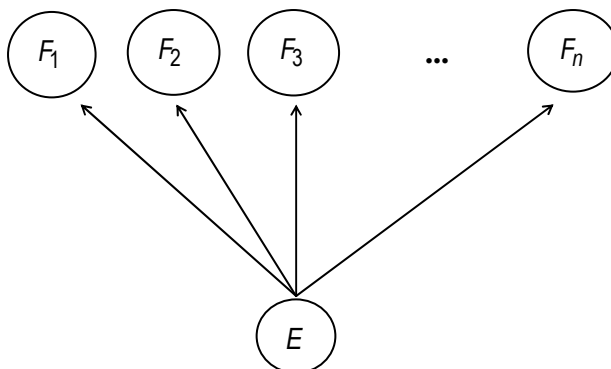


Рис. 1. Граф слабого типа связи

Следует отметить, что понятия сильного и слабого типа сущностей относительные, если их рассматривать для отдельных слабых типов связи (локальное рассмотрение). Так, один тип сущности в одном слабом типе связи может быть слабым типом сущности, а в другом – сильным типом сущности.

Рассмотрим введенные понятия для модели (глобальное рассмотрение). Как известно, модель – это множество типов сущностей с заданными на них типами связей. Все типы связи модели разделяются на слабые типы связи и сильные типы связи. Как отмечалось выше, слабые типы связи предназначены для введения слабых типов сущностей.

*Слабый тип сущности в модели* – это такой тип сущности, который вводится с помощью некоторого слабого типа связи модели. Заметим, что слабый тип сущности может входить в единственный слабый тип связи, который его вводит (и принадлежит модели).

*Сильный тип сущности в модели* – это такой тип сущности, который не является слабым типом сущности в модели.

Рассмотрим модель по слабым типам связей; то есть модель, которая состоит из всех типов сущностей модели и слабых типов связей, которые вводят соответствующие слабые типы сущностей. Выше была показана локальная графовая интерпретация слабого типа связи (то есть для отдельно взятого слабого типа сущности, соответствующих сильных типов сущностей и слабого типа связи, который вводит слабый тип сущности). Аналогично можно изобразить и модель по слабым типам связей (рис. 2), которая получается путем объединения графов слабых типов связи модели и изолированных вершин, интерпретирующие сильные типы сущностей в модели, которые не являются участниками слабых типов связи данной модели.

Анализируя данный ориентированный граф модели, можно выделить такие его особенности:

- множество вершин графа совпадает с множеством всех типов сущностей модели;

- множество дуг состоит из множества пар вершин, где началом дуги будет вершина, которая отвечает слабому типу сущности, а концом дуги – вершина, которая отвечает сильному типу сущности в слабом типе связи, который вводит слабый тип сущности;
- вершина, которая отвечает сильному типу сущности в модели, или изолированная (то есть степень вершины равняется 0), или тупиковая (то есть ей инцидентны только входящие дуги);
- вершина, которая отвечает слабому типу сущности в модели, инцидентна исходящим дугам, которые соединяют ее с соответствующими вершинами типов сущностей, от которых зависит существование данного слабого типа сущности.

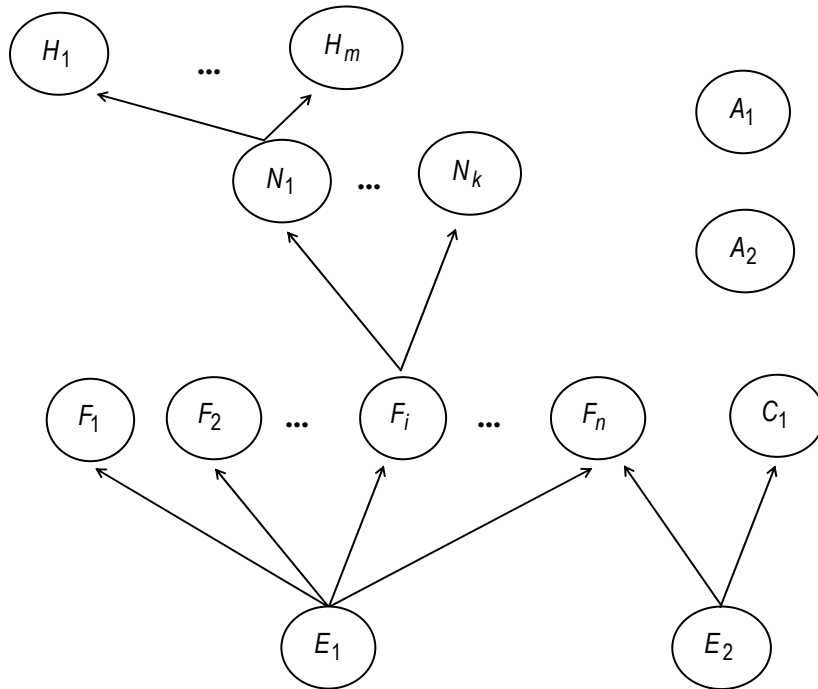


Рис. 2. Граф модели по слабым типам связей

При построении модели базы данных проектировщики сначала определяют типы сущностей и типы связей. Для проверки правильности построения слабых, сильных типов сущностей и соответствующих слабых типов связей, рассматривают соответствующую модель по слабым типам связей.

Данная модель будет корректно построенной (назовем ее *W-корректной* от англ. weak – слабый), если выполняются следующие условия:

- для любого слабого типа сущности в модели существует единственный слабый тип связи, который его вводит;
- модель по слабым сущностям представляется ациклическим ориентированным графом.

Уточним требования к корректности модели в терминах частичного порядка. Для этого рассмотрим множество  $M$  всех типов сущностей этой модели. На этом множестве зададим бинарное отношение  $<$ :

$E_1 < E_2 \stackrel{def}{\Leftrightarrow}$  существует слабый тип связи модели, который вводит слабый тип сущности  $E_1$ , причем тип сущности  $E_2$  принимает участие в этом типе связи и отличен от  $E_1$ .

Рефлексивно-транзитивное замыкание отношения  $<$  на множестве  $M$  обозначим через  $\leq^*$  (то есть  $\leq^* \stackrel{def}{=} \bigcup_{i=0,1,2,\dots} <^i$ , где  $<^0 \stackrel{def}{=} \Delta_M$  – диагональ на множестве  $M$ ,  $<^{i+1} \stackrel{def}{=} < \circ <^i$ ,  $i = 0, 1, 2, \dots$ ,  $\circ$  – композиция

бинарных отношений).

В графе модели по слабым типам связей (рис. 2) каждая дуга отвечает парам бинарного отношения  $<$ .

**Утверждение.** Модель будет  $W$ -корректной тогда и только тогда, когда отношение  $\leq^*$  является частичным порядком. Тип сущности является сильным типом сущности в модели тогда и только тогда, когда этот тип является максимальным элементом частично упорядоченного множества  $M$ . Тип сущности является слабым типом сущности в модели тогда и только тогда, когда этот тип не является максимальным элементом частично упорядоченного множества  $M$ . □

Доказательства первого и второго утверждений непосредственно вытекают из определений, третье утверждение вытекает из второго. □

---

### Диаграмма сущностей и связей

---

ER-проект состоит из документации к проекту, в которой отображены основные объекты и их свойства, и схемы базы данных (графического изображения).

Схема базы данных в ER-модели – это графическое представление совокупности типов сущностей с определенным для каждого из них конечным непустым множеством атрибутов и совокупности типов связей, для каждого из которых определено конечное (возможно, пустое) множество атрибутов.

Данную схему еще называют диаграммой сущностей и связей (entity-relationship diagram) или ER-диаграммой (ER-diagram). Такие диаграммы стандартизированы, но не весьма жестко; существует несколько систем обозначений, например, обозначения Чена [Коннолли Т., Бегг К., Страчан А., 2000, часть VIII, приложение Д], система обозначений с использованием значка “воронья лапка” [Коннолли Т., Бегг К., Страчан А., 2000, часть VIII, приложение Д] и система обозначений UML [Крэнке Д., 2003, гл. 3].

Рассмотрим систему обозначений Чена. Для задания принадлежности элемента к определенному виду используется специальная геометрическая фигура:

- прямоугольник – для типа сущности;
- эллипс – для атрибута;
- ромб – для типа связи.

Имена атрибутов, типов сущностей и типов связей указывают внутри соответствующих геометрических фигур.

Если тип сущности является слабым типом сущности, его принято изображать в виде двойного прямоугольника.

Сильный тип связи обозначается ромбом, а слабый тип связи – ромбом с двойным контуром. Для представления типов-участников типов связей используются линии, которые соединяют соответствующие типы сущностей с типом связи. Вид типа связи обозначается над линиями в виде соответствующих надписей возле типов сущностей. Например, если это вид бинарной связи “один ко многим”, то делают надписи 1, M, соответственно, возле соответствующих типов сущностей.

Участники типа связи с полным участием соединяются со знаком типа связи двойной линией, а участники типа связи с частичным участием – одинарной линией. Можно обозначать структурные ограничения,

которые накладываются на тип связи, в виде надписей (max, min) над линиями соединения возле соответствующих типов сущностей.

Линии, которые соединяют тип связи с типами сущностей, можно обозначать текстовыми метками, которые описывают определенные роли соответствующих типов сущностей. Также любые объяснения к элементам модели можно делать в виде текстовых надписей.

---

## Выводы

---

Разработка моделей данных в рамках модели “сущность-связь” значительно упростилась в последние годы, поскольку теперь инструменты для построения ER-диаграмм входят в состав многих популярных CASE-средств. К таким продуктам относятся ERwin [Маклаков С.В., 1999, Маклаков С.В., 2005], Rational Rose [[www.interface.ru/rational/rasdiag.htm](http://www.interface.ru/rational/rasdiag.htm), [www.interface.ru/rational/oocase.htm](http://www.interface.ru/rational/oocase.htm)] и CASE Studio [[www.casestudio.com](http://www.casestudio.com)]. ER-диаграммы, созданные с помощью CASE-средств, как правило имеют более “красивый” вид, эти диаграммы проще изменять и адаптировать. Данные средства используют разные нотации для создания ER-диаграмм, некоторые из нотаций появились именно благодаря CASE-средствам.

Основное задание последующей работы – рассмотрение и формализация расширенной модели “сущность-связь”.

---

## Литература

---

[Буй Д.Б., Сильвейструк Л.М., 2006 а] Модель “сутність-зв’язок”: формалізація сутностей та зв’язків // Вісник Київського університету. Серія: фіз.-мат. науки. – 2006. – Вип. 3. –С. 143-152.

[Буй Д., Сильвейструк Л., 2006 b] Формализация структурных ограничений в модели “сущность-связь” // Proceedings of the XII-th International Conference “Knowledge-Dialogue-Solution” (June 20-25, 2006, Varna, Bulgaria). – Sofia. – 2006. – P. 223-229.

[Гарсиа-Молина Г., Ульман Дж., Уидом Дж., 2004]. Системы баз данных. Полный курс.: пер. с англ. – Москва: Издательский дом “Вильямс”, 2004. – 1088 с.

[Коннолли Т., Бегг К., Страчан А., 2000]. Базы данных: проектирование, реализация и сопровождение. Теория и практика, 2-е изд.: пер. с англ. – Москва: Издательский дом “Вильямс”, 2003. – 1440 с.

[Крёнке Д., 2003]. Теория и практика построения баз данных. 8-е изд. – Санкт-Петербург: “Питер”, 2003. – 800 с.

[Маклаков С.В., 1999] BPwin и ERwin. CASE-средства разработки информационных систем. – Москва: “ДИАЛОГ-МИФИ”, 1999. – 256 с.

[Маклаков С.В., 2005] Создание информационных систем с AllFusion Modeling Suite. – Москва: “ДИАЛОГ-МИФИ”, 2005. – 432 с.

[Редько В.Н., Брона Ю.Й., Буй Д.Б., Поляков С.А., 2001] Реляційні бази даних: табличні алгебри та SQL-подібні мови. – Київ: Видавничий дім “Академперіодика”, 2001. – 198 с.

[Чен П., 1995] Модель “сущность-связь” – шаг к единому представлению о данных // Системы управления базами данных. – 1995. – № 3. <http://www.osp.ru/dbms/1995/03/271.htm>.

[www.interface.ru/rational/rasdiag.htm](http://www.interface.ru/rational/rasdiag.htm)

[www.interface.ru/rational/oocase.htm](http://www.interface.ru/rational/oocase.htm)

[www.casestudio.com](http://www.casestudio.com)

---

**Информация об авторах**

---

**Буй Дмитрий** – заведующий лабораторией проблем программирования, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, факультет кибернетики: Украина, Киев, 03680, пр. Глушкова 2, корп.6; e-mail: [buy@unicyb.kiev.ua](mailto:buy@unicyb.kiev.ua)

**Сильвейструк Людмила** – аспирантка, Киевский национальный университет имени Тараса Шевченко, факультет кибернетики: Украина, Киев, 03680, пр. Глушкова 2, корп.6; e-mail: [slm-klm@rambler.ru](mailto:slm-klm@rambler.ru)