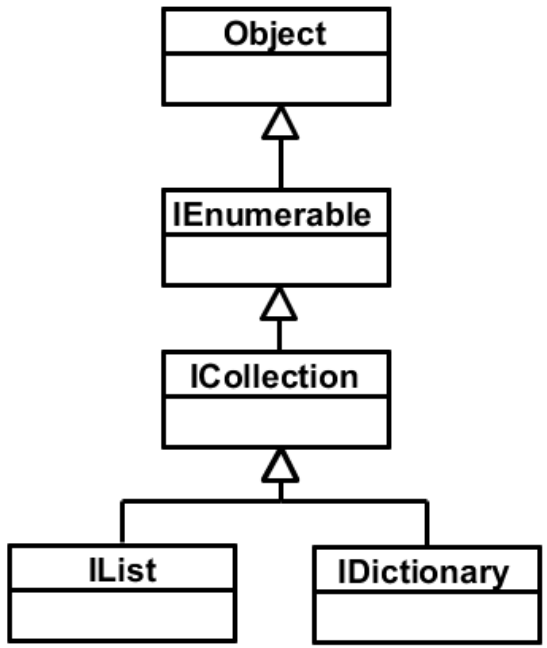
Контейнеры и генерики

Юрий Литвинов
yurii.litvinov@gmail.com

28.09.2017г

Интерфейсы контейнеров

- IEnumerable — штука, из которой можно последовательно получать элементы
- ICloneable — штука, от которой можно делать глубокую копию
- ICollection — абстрактная коллекция
- IDictionary — расширение ICollection, абстрактный словарь
- IList — расширение ICollection, коллекция, к элементам которой можно обращаться по индексу



Энумератор

- Абстрагирует обход коллекции, не может её модифицировать
- Реализует интерфейс IEnumerator
  - Свойство Current
    - Изначально — перед первым элементом
  - MoveNext()
    - Возвращает false после последнего элемента
  - Reset()
    - Можно не реализовывать, тогда кидает NotSupportedException
- Компилятор знает про IEnumerable:

```
foreach (var i in list) {
   Console.Write(i);
}
```

- Инвалидируется при изменении коллекции (но Current продолжает работать)

Негенериковые коллекции

- ArrayList, реализует IList, ICollection, IEnumerable, ICloneable
- BitArray, реализует ICollection, IEnumerable, ICloneable
- Hashtable, реализует IDictionary, ICollection, IEnumerable, ICloneable
- Queue, реализует ICollection, IEnumerable, ICloneable
- SortedList, реализует IDictionary, ICollection, IEnumerable, ICloneable
- Stack, реализует ICollection, IEnumerable, ICloneable

Почему негенериковые коллекции — плохо

- boxing/unboxing
  - list.Add(1);
- Типобезопасность
  - list.Add(1);
  - list.Add("hello");
- Понижающие касты
  - **var** str = list[1] **as string**;
- Поэтому придумали генерики:

```
var list = new List<string>();
list.Add("hello");
var str = list[0];
```

  - Так обычно пишут в книгах «C# для суперпрофессионалов», но это не совсем правда...

Полиморфизм

- Ad-hoc
  - Перегрузка
  - Приведение
- Универсальный
  - Полиморфизм подтипов (сабтайпинг, наследование)
    - 1..10 — подынтервал 1..100, следовательно, подтип
    - Принцип подстановки Лисков
  - Параметрический полиморфизм
    - id: x: 'T -> x: 'T
    - id<int>(2)
    - id<**string**>("Cthulhu fhtagn!")
    - List<'T> — набор параметрически полиморфных функций

Типы

- Элементарные типы
- Конструкторы типов
  - Подъязык для описания сложных типов
- Структурное равенство и равенство по имени
- Выражения над типами
  - Генерик — это функция, принимающая набор параметров-типов и возвращающая тип
  - На самом деле, функтор над категорией типов

Подробности: Cardelli, Luca, and Peter Wegner. ”On understanding types, data abstraction, and polymorphism.”ACM Computing Surveys (CSUR) 17.4 (1985): pp. 471-523.

Генерики в .NET

- System.Collections.Generic

  List<**string**> listOfStrings = **new** List<**string**>();
- Не требуют исходного кода генерика
  - Информация о параметрах-типах есть в байт-коде
- Не выполняют boxing, если параметр-тип — тип-значение
  - Для каждого параметра типа-значения при инстанциировании порождается новый код (как в C++)
  - Для каждого параметра ссылочного типа байт-код переиспользуется (как в Java)
    - Но не происходит стирание

Генерик-методы:

```
nt[] myInts = {1, 5, 2, 8, 4};
Array.Sort<int>(myInts);
```

Свои генерик-методы

```
static void Swap(ref int a, ref int b)
{
    int temp = a;
    a = b;
    b = temp;
}
```

```
static void Swap<T>(ref T a, ref T b)
{
   T temp = a;
   a = b;
   b = temp;
}
```

Использование

```
int a = 10, b = 90;
Swap<int>(ref a, ref b);

string s1 = "Hello", s2 = "There";
Swap<string>(ref s1, ref s2);

bool b1 = true, b2 = false;
Swap(ref b1, ref b2);
```

Генерик-классы

```
public class Point<T>
{
  private T xPos;
  private T yPos;

  public Point(T xVal, T yVal) {
    xPos = xVal;
    yPos = yVal;
  }

  public T X {
    get { return xPos; }
    set { xPos = value; }
  }

  public override string ToString() => $"[{xPos}, {yPos}]";

  public void ResetPoint() {
    xPos = default(T);
    yPos = default(T);
  }
}
```

Рекомендации по именованию

- Параметр тип должен называться **T** или хотя бы начинаться с **T**
  - Например, Data<TKey, TValue>
- Если генерики отличаются только параметрами-типами и находятся в разных файлах, то:
  - Можно добавлять число параметров-типов в имя файла через “‘”
    - Например, Data‘1.cs, Data‘2.cs
  - Можно параметры-типы включать в имена файлов в фигурных скобках
    - Например, Data{T}.cs, Data{TKey,TValue}.cs

Открытые и закрытые типы

Как оно устроено внутри

- **Открытый тип** — тип с неспецифицированными параметрами-типами, создание его экземпляров невозможно
- **Закрытый тип** — тип, у которого для всех параметров-типов указаны фактические типы

```
internal sealed class DictionaryStringKey<TValue>
    : Dictionary<String, TValue> {
}

public static class Program {
  public static void Main() {
    // Открытый тип
    Type t = typeof(Dictionary<,>);
    // Открытый тип
    t = typeof(DictionaryStringKey<>);
    // Закрытый тип
    t = typeof(DictionaryStringKey<Guid>);
  }
}
```

Статические конструкторы

Каждый закрытый тип имеет **свой** объект-тип, статический конструктор вызовется для каждого параметра-типа

```
internal sealed class GenericTypeThatRequiresAnEnum<T> {
   static GenericTypeThatRequiresAnEnum() {
      if (!typeof(T).IsEnum) {
         throw new ArgumentException("T must be an enumerated type");
      }
   }
}
```

Обычно так делать не надо, есть ограничения

Способ прострелить себе ногу

© Андрей Акиньшин

```
class Foo<T>
{
    public static int Bar;
}

void Main()
{
    Foo<int>.Bar++;
    Console.WriteLine(Foo<double>.Bar);
}
```

Вообще, мутабельные static-поля в generic-классах не нужны. Ещё более вообще, мутабельные static-поля не нужны.

Генерики и наследование

Подстановка параметра-типа на наследование никак не влияет

```
internal sealed class Node<T> {
    public T data;
    public Node<T> next;
    public Node(T data) : this(data, null) {}
    public Node(T data, Node<T> next) {
        this.data = data; this.next = next;
    }
}

private static void SameDataLinkedList() {
    Node<Char> head = new Node<Char>('C');
    head = new Node<Char>('B', head);
    head = new Node<Char>('A', head);
}
```

Генерики и наследование, пример

```
internal class Node {
    protected Node next;
    public Node(Node next) => this.next = next;
}

internal sealed class TypedNode<T> : Node {
    public T data;
    public TypedNode(T data) : this(data, null) {}
    public TypedNode(T data, Node next) : base(next) {
        this.data = data;
    }
}

private static void DifferentDataLinkedList() {
    Node head = new TypedNode<Char>('.');
    head = new TypedNode<DateTime>(DateTime.Now, head);
    head = new TypedNode<String>("Today is ", head);
}
```

Идентичность типов-генериков

Иногда вместо

```
List<DateTime> dtl = new List<DateTime>();
```

пишут

```
internal sealed class DateTimeList : List<DateTime> { }
...
DateTimeList dtl = new DateTimeList();
```

Теряется эквивалентность типов:

```
Boolean sameType = (typeof(List<DateTime>) == typeof(DateTimeList));
```

Можно

```
using DateTimeList = System.Collections.Generic.List<System.DateTime>;
```

Генерики и вложенные классы

Вложенные в генерик классы могут использовать его параметры-типы (и сами считаются генериками)

```
public class Outermost<T>
{
   public class Inner<U>
   {
      public class Innermost1<V> {}
      public class Innermost2 {}
   }
}
```

Объект вложенного класса нельзя создать, не указав параметры-типы объемлющего класса

Ограничения

```
public class MyGenericClass<T> where T : new()
public class MyGenericClass<T> where T : new(), class
public class MyGenericClass<T, U>
   where T : new()
   where U: class
```

Доступные ограничения:

- **where** T : **struct**
- **where** T : **class**
- **where** T : **new**()
- **where** T : NameOfBaseClass
- **where** T : NameOfInterface

Пример 1

Primary constraint

```
internal sealed class PrimaryConstraintOfStream<T> where T : Stream
{
    public void M(T stream)
    {
        stream.Close();
    }
}
```

Пример 2

Primary constraint

```
internal sealed class PrimaryConstraintOfClass<T> where T : class {
    public void M()
    {
        // Поскольку T - ссылочный тип, присвоить ему null допустимо
        T temp = null;
    }
}
```

Пример 4

Secondary constraint

```
private static List<TBase> ConvertIList<T, TBase>(IList<T> list)
        where T : TBase
{
    List<TBase> baseList = new List<TBase>(list.Count);
    for (int index = 0; index < list.Count; index++)
    {
        baseList.Add(list[index]);
    }
    return baseList;
}
```

Пример 5

Constructor constraint

```
internal sealed class ConstructorConstraint<T> where T : new() {
    public static T Factory() {
        // Тут подойдут любые типы-значения и
        // ссылочные типы с public-конструктором без параметров
        return new T();
    }
}
```

Ограничения и касты

Так работать не будет:

```
private static void CastingAGenericTypeVariable1<T>(T obj) {
    int x = (int) obj;
    string s = (string) obj;
}
```

А так будет:

```
private static void CastingAGenericTypeVariable2<T>(T obj) {
    int x = (int) (object) obj;
    string s = (string) (object) obj;
}
```

И так:

```
private static void CastingAGenericTypeVariable3<T>(T obj) {
    string s = obj as string;
}
```

Генерики и сравнения

Так работает:

```
private static void ComparingAGenericTypeVariableWithNull<T>(T obj) {
    if (obj == null) { /* Никогда не вызовется для типов-значений */ }
}
```

А так нет:

```
private static void ComparingTwoGenericTypeVariables<T>(T o1, T o2) {
    if (o1 == o2) { }
}
```

Генерики и операторы

И так не работает:

```
private static T Sum<T>(T num) where T : struct {
    T sum = default(T) ;
    for (T n = default(T) ; n < num ; n++)
    {
        sum += n;
    }

    return sum;
}
```

Вариантность

```
public void f(Tuple<object, object> x)
{
    ...
}

f(new Tuple<object, object>(apple1, apple2));
f(new Tuple<Apple, Apple>(apple1, apple2));  // Ошибка компиляции
```

Чтобы нельзя было делать так:

```
public void f(Tuple<object, object> x)
{
    x.Item1 = new Battleship();
}
```

Виды вариантности

- **Ковариантность** — A $\leq$ B => G<A> $\leq$ G<B>

```
void PrintAnimals(IEnumerable<Animal> animals) {
   for (var animal in animals)
     Console.WriteLine(animal.Name);
}
```

— IEnumerable<любой наследник Animal> тоже ок, IEnumerable ковариантен

- **Контравариантность** — A $\leq$ B => G<B> $\leq$ G<A>

```
void CompareCats(IComparer<Cat> comparer) {
   var cat1 = new Cat("Otto");
   var cat2 = new Cat("Troublemaker");
   if (comparer.Compare(cat2, cat1) > 0)
      Console.WriteLine("Troublemaker wins!");
}
```

— IComparer<любой предок Cat> тоже ок, IComparer контравариантен

- **Инвариантность** — A $\leq$ B => G<A> и G<B> никак не связаны
  - Пример с Tuple выше

Ковариантность массивов

```
string[] a = new string[1];
object[] b = a;
b[0] = 1;
```

— System.ArrayTypeMismatchException, ошибка времени выполнения!

Вариантность функциональных типов

Контравариантность по типам аргументов

```
public class A
{
    public static void f(Func<string, object> a)
    {
        a("1");
    }
}
...
Func<object, object> b = x => x.ToString();
A.f(b);
```

Вариантность функциональных типов

Ковариантность по возвращаемому значению

```
Func<Object, ArgumentException> fn1 = null;
Func<Object, Exception> fn2 = fn1;
```

Обратите внимание, ref-параметры сразу делают функцию инвариантной

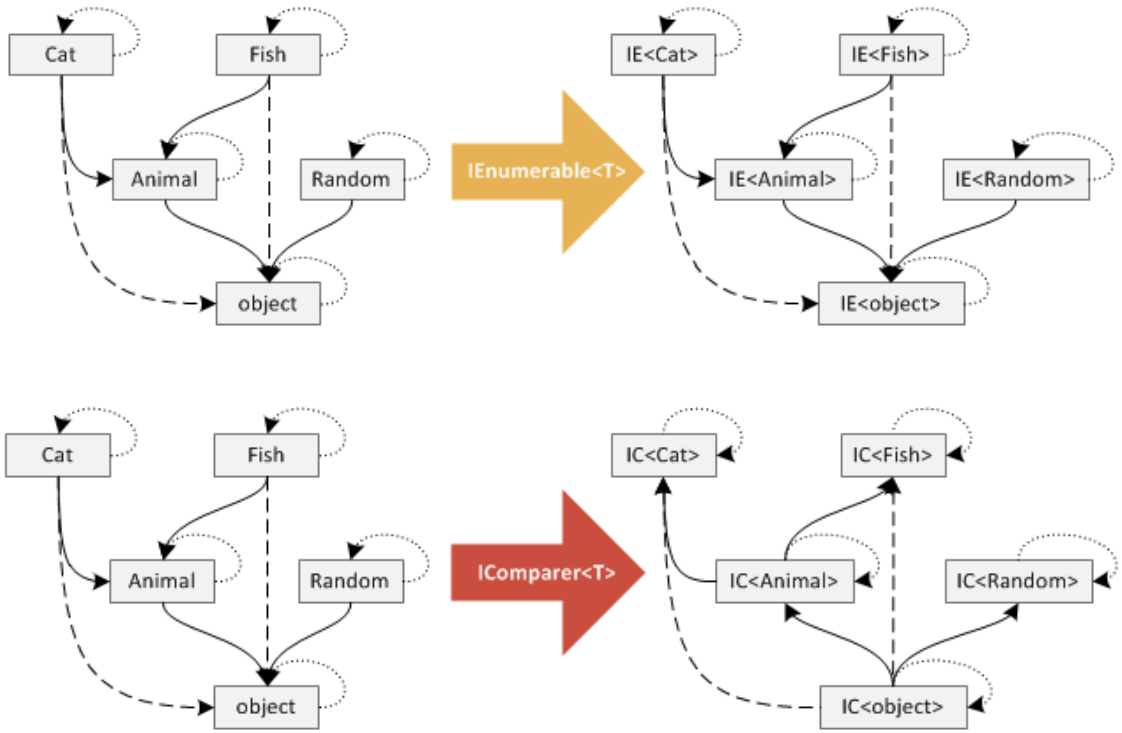
Явное указание вариантности для интерфейсов

```
public interface IContainer<out T>
{
  T GetItem();
}
```

```
public interface IContainer<out T>
{
  void SetItem(T item);  // ошибка компиляции
  T GetItem();
}
```

Подробности

Взгляд на генерики и вариантность с точки зрения теории категорий:



http://tomasp.net/blog/variance-explained.aspx/

LINQ

Language INtegrated Query

- Набор методов-расширений, позволяющий работать с коллекциями в функциональном стиле
  - Для IEnumerable<T>
  - Для IQueryable<T>
- Использует синтаксис, схожий с SQL
  - Select — map
  - Where — filter
  - Aggregate — fold
- Реализации:
  - LINQ to Objects
  - LINQ to XML
  - LINQ to SQL
  - ...

Пример

```
var file = System.IO.File.ReadAllText("words.txt");

var words = file.Split(delimiters)
        .Where(w => !w.IsNullOrWhiteSpace())
        .Select(w => w.ToLower());

var wordcount = words.GroupBy(w => w).Select(group =>
            new{ Word = group.Key, Count = group.Count() };
```

или

```
var words = from w in file.Split(delimiters)
        where !w.IsNullOrWhiteSpace()
        select w.ToLower();

var wordcount = from w in words
          group by w into group
         select new { Word = group.Key, Count = group.Count() };
```

Синтаксический сахар

var foo = **from** baz **in** bar **select** qux

раскрывается в

var foo = bar.Select(baz => qux)

Поиск метода выполняется после раскрытия, обычными правилами системы типов, так что синтаксис не привязан к коллекциям

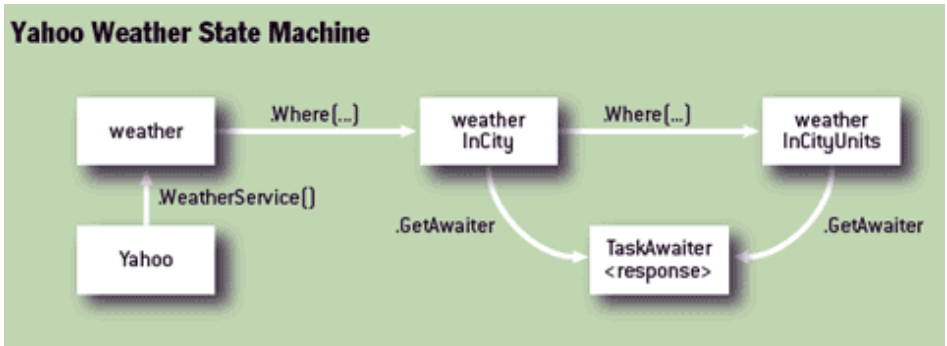
Свои провайдеры

```
var request = Yahoo.WeatherService()
        .Where(forecast => forecast.City == city)
        .Where(forecast => forecast.Temperature.In.units);
var response = await request;
```

или

```
var request = from forecast in Yahoo.WeatherService()
        where forecast.City == city
        where forecastTemperature.In.units
        select forecast;
var response = await request;
```

Как это может работать




```
WeatherInCity Where(Weather source, Func<CityPicker, string> city)
    => new WeatherInCity{ City = city(new CityPicker()) };
...
class CityPicker { City City; }
class City
{
    static string operator == (City c, string s) { return s; }
}
```

Больше безумия

Тип Expression и разбор лямбда-выражений

```
Expression<Func<int, bool>> filter = n => n < 5;
BinaryExpression body  = (BinaryExpression)filter.Body;
ParameterExpression left  = (ParameterExpression)body.Left;
ConstantExpression right = (ConstantExpression)body.Right;
```

Зачем

IQueryable<T>

```
class Queryable<T>
{
   Expression This { get; set; }

   Queryable() { This = Expression.Constant(this); }

   Queryable<S> Select<S>(Expression<Func<T, S>> f) {
      return new Queryable<S> {
         This = Expression.Call(This, "Select", new[] { typeof(S) }, f)
      };
   }
}
```

И дальше провайдер делает с результирующим выражением что хочет, например, транслирует в SQL-запрос
Подробности в http://queue.acm.org/detail.cfm?id=2024658

yield return

Ленивые вычисления

Большинство вычислений в LINQ to Objects ленивы

```
public static class FibonacciCounter {
    public static IEnumerable<int> Fibonacci() {
        int prev = 0;
        int cur = 1;
        while (true) {
            yield return cur;
            int next = prev + cur;
            prev = cur;
            cur = next;
        }
    }
}
...
FibonacciCounter.Fibonacci().Take(10).ToList().ForEach(Console.WriteLine);
```