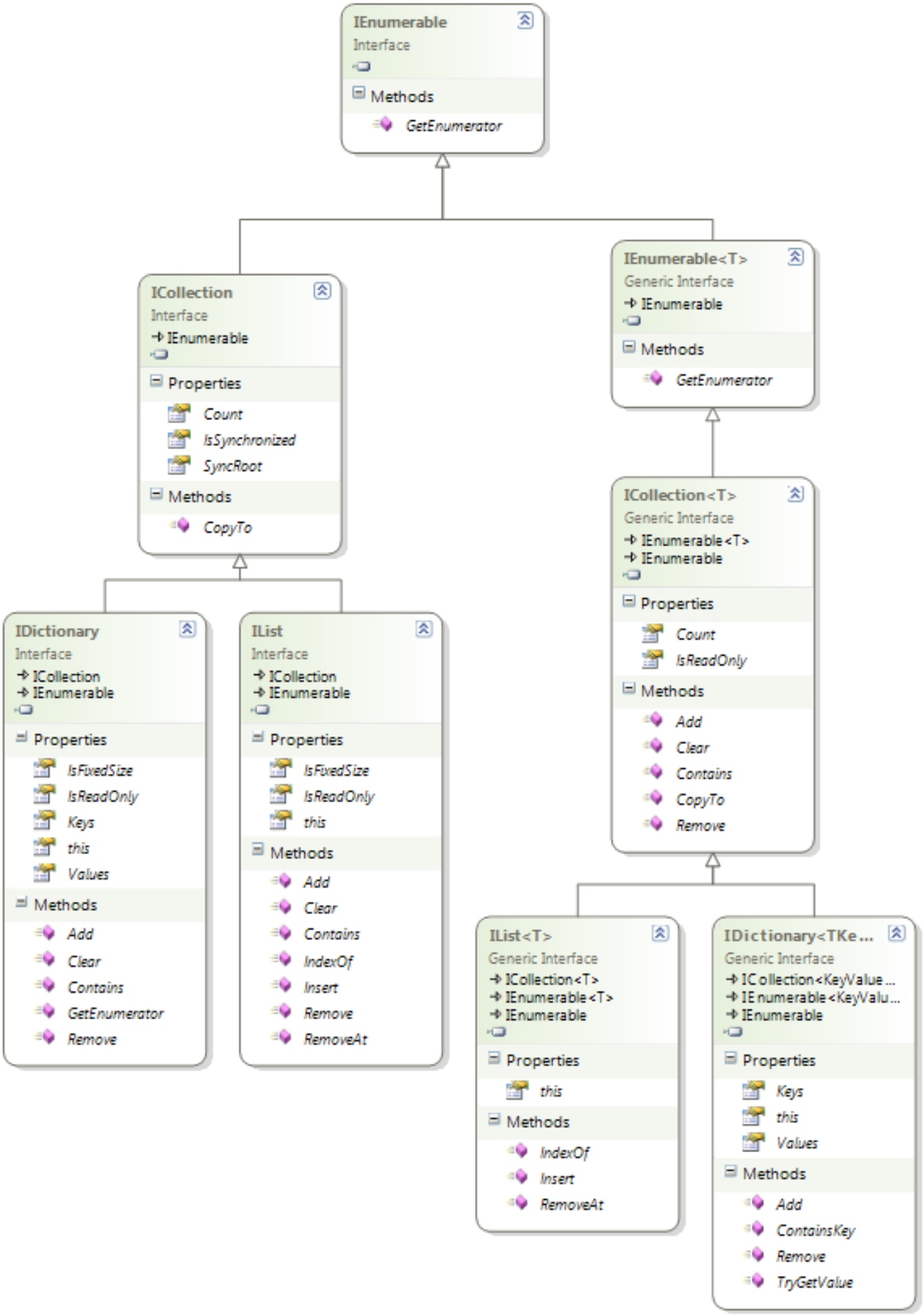
عنوان: **اشیاء Enumerable و Enumerator و استفاده از قابلیت‌های yield (قسمت اول)**
نویسنده: ابراهیم بیاگوی
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۷ ۱۸:۲۵
آدرس: www.dotnettips.info
برچسب‌ها: C#, LINQ, Enumerator, Enumerable

در این مقاله می‌خواهیم نحوهٔ ساخت اشیایی با خصوصیات Enumerable را بررسی کنیم. بررسی ویژگی این اشیاء دارای اهمیت است حداقل به این دلیل که پایهٔ یکی از قابلیت مهم زبانی سی‌شارپ یعنی LINQ هستند. برای یافتن پیش‌زمینه‌ای در این موضوع خواندن این مقاله‌های بسیار خوب (۱ و ۲) نیز توصیه می‌شود.

Enumerableها

اشیاء Enumerable یا به‌عبارت دیگر اشیائی که اینترفیس IEnumerable را پیاده‌سازی می‌کنند، دامنهٔ گسترده‌ای از Collectionهای CLI را شامل می‌شوند. همانطور که در نمودار زیر نیز می‌توانید مشاهده کنید IEnumerable (از نوع غیر Generic آن) در بالای سلسله مراتب اینترفیس‌های Collectionهای CLI قرار دارد:


IEnumerable
Interface
Methods
GetEnumerator
ICollection
Interface
IEnumerable
Properties
Count
IsSynchronized
SyncRoot
Methods
CopyTo
IEnumerable<T>
Generic Interface
IEnumerable
Methods
GetEnumerator
ICollection<T>
Generic Interface
IEnumerable<T>
IEnumerable
Properties
Count
IsReadOnly
Methods
Add
Clear
Contains
CopyTo
Remove
IDictionary
Interface
ICollection
IEnumerable
Properties
IsFixedSize
IsReadOnly
Keys
this
Values
Methods
Add
Clear
Contains
GetEnumerator
Remove
IList
Interface
ICollection
IEnumerable
Properties
IsFixedSize
IsReadOnly
this
Methods
Add
Clear
Contains
IndexOf
Insert
Remove
RemoveAt
IList<T>
Generic Interface
ICollection<T>
IEnumerable<T>
IEnumerable
Properties
this
Methods
IndexOf
Insert
RemoveAt
IDictionary<TKe...
Generic Interface
ICollection<KeyValue...
IEnumerable<KeyValu...
IEnumerable
Properties
Keys
this
Values
Methods
Add
ContainsKey
Remove
TryGetValue

درخت اینترفیس‌های Collectionها در CLI منبع

IEnumerableها همچنین دارای اهمیت دیگری نیز هستند؛ قابلیت‌های LINQ که از دات‌نت ۳.۵ به دات‌نت اضافه شدند به‌عنوان Extensionهای این اینترفیس تعریف شده‌اند و پیاده‌سازی Linq to Objects را می‌توانید در کلاس استاتیک System.Linq.Enumerable در System.Core مشاهده کنید. (می‌توانید برای دیدن آن را با ILDasm یا Reflector باز کنید یا پیاده‌سازی آزاد آن در پروژهٔ Mono را اینجا مشاهده کنید که برای شناخت بیشتر LINQ واقعاً مفید است.)

همچنین این Enumerableها هستند که foreach را امکان‌پذیر می‌کنند. به عبارتی دیگر هر شئ‌ای که قرار باشد در foreach (var x in object) قرار بگیرد و بدین طریق اشیاء درونی‌اش را برای پیمایش یا عملی خاص قرار دهد باید Enumerable باشد.

همانطور که قبلاً هم اشاره شد IEnumerable از نوع غیر Generic در بالای نمودار Collectionها قرار دارد و حتی IEnumerable از نوع Generic نیز باید آن را پشتیبانی کند. این موضوع به احتمال به این دلیل در طراحی لحاظ شد که مهاجرت به .NET 2.0 که قابلیت‌های Generic را افزوده بود ساده‌تر کند. IEnumerable همچنین قابلیت covariance که از قابلیت‌های جدید C# 4.0 هست را دارا است (در اصل IEnumerable دارای Generic از نوع out است).

Enumerableها همانطور که از اسم اینترفیس IEnumerable انتظار می‌رود اشیایی هستند که می‌توانند یک شئ Enumerator که IEnumerator را پیاده‌سازی کرده‌است را از خود ارائه دهند. پس طبیعی است برای فهم و درک دلیل وجودی Enumerable باید Enumerator را بررسی کنیم.

Enumeratorها

Enumerator شئ است که در یک پیمایش یا به‌عبارت دیگر گذر از روی تک‌تک عضوها ایجاد می‌شود که با حفظ موقعیت فعلی و پیمایش امکان ادامهٔ پیمایش را برای ما فراهم می‌آورد. اگر بخواهید آن را در حقیقت بازسازی کنید شئ Enumerator به‌مانند کاغذ یا جسمی است که بین صفحات یک کتاب قرار می‌دهید که مکانی که در آن قرار دارید را گم نکنید؛ در این مثال، Enumerable همان کتاب است که قابلیت این را دارد که برای پیمایش به وسیلهٔ قرار دادن یک جسم در وسط آن را دارد.

حال برای اینکه دید بهتری از رابطهٔ بین Enumerable و Enumerator از نظر برنامه‌نویسی به این موضوع پیدا کنیم یک کد نمونهٔ عملی را بررسی می‌کنیم.

در اینجا نمونهٔ ساده و خوانایی از استفاده از یک List برای پیشمایش تمامی اعداد قرار دارد:

```
List<int> list = new List<int>();
list.Add(1);
list.Add(2);
list.Add(3);
foreach (int i in list)
{
    Console.WriteLine(i);
}
```

همانطور که قبلاً اشاره foreach نیاز به یک Enumerable دارد و List هم با پیاده‌سازی IList که گسترشی از IEnumerable هست نیز یک نوع Enumerable هست. اگر این کد را Compile کنیم و IL آن را بررسی کنیم متوجه می‌شویم که CLI در اصل چنین کدی را برای اجرا می‌بینید:

```
List<int> list = new List<int>();
list.Add(1);
list.Add(2);
list.Add(3);
IEnumerator<int> listIterator = list.GetEnumerator();
while (listIterator.MoveNext())
{
    Console.WriteLine(listIterator.Current);
```

```
}
listIterator.Dispose();
```

(می‌توان از using استفاده نمود که Dispose را خود انجام دهد که اینجا برای سادگی استفاده نشده‌است.)

همانطور که می‌بینیم یک Enumerator برای Enumerable ما (یعنی List) ایجاد شد و پس از آن با پرسش این موضوع که آیا این پیمایش امکان ادامه دارد، کل اعضا پیموده‌شده و عمل مورد نظر ما بر آن‌ها انجام شده‌است.

خب، تا اینجای کار با خصوصیات و اهمیت Enumeratorها و Enumerableها آشنا شدیم، حال نوبت به آن می‌رسد که بررسی کنیم آن‌ها را چگونه می‌سازند و بعد از آن با کاربردهای فراتری از آن‌ها نسبت به پیمایش یک List آشنا شویم.

ساخت Enumeratorها و Enumerableها

همانطور که اشاره شد ایجاد اشیاء Enumerable به اشیاء Enumerator مربوط است، پس ما در یک قطعه کد که پیمایش از روی یک آرایه را فراهم می‌آورد ایجاد هر دوی آن‌ها و رابطهٔ بینشان را بررسی می‌کنیم.

```
public class ArrayEnumerable<T> : IEnumerable<T>
    {
        private T[] _array;
        public ArrayEnumerable(T[] array)
        {
            _array = array;
        }


        public IEnumerator<T> GetEnumerator()
        {
            return new ArrayEnumerator<T>(_array);
        }

        System.Collections.IEnumerator System.Collections.IEnumerable.GetEnumerator()
        {
            return GetEnumerator();
        }
    }

    public class ArrayEnumerator<T> : IEnumerator<T>
    {
        private T[] _array;
        public ArrayEnumerator(T[] array)
        {
            _array = array;
        }

        public int index = -1;

        public T Current { get { return _array[index]; } }

        object System.Collections.IEnumerator.Current { get { return this.Current; } }

        public bool MoveNext()
        {
            index++;
            return index < _array.Length;
        }

        public void Reset()
        {
            index = 0;
        }

        public void Dispose() { }
    }
```

ادامه

نظرات خوانندگان

نویسنده: مرتضی
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۷ ۱۹:۲۰

درخت اینترفیس‌های Collectionها در سی‌شارپ منبع: http://www.mbaldinger.com/post/NET-Collection-Interface-Hierarchy.aspx
بجای سی‌شارپ به دانت‌نت تغییرش بدید
درخت اینترفیس‌های Collectionها در دانت‌نت

نویسنده: ابراهیم بیاگوی
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۷ ۱۹:۲۹

من شخصاً اطمینان ندارم که همهٔ زبان‌های CLI از همین Collectionها استفاده کنند و البته این نمودار با Syntax سی‌شارپ بود به همین دلیل سی‌شارپ نوشته بودم با این حال آن را به Collectionهای CLI تبدیل کردم.

عنوان: **اشیاء Enumerable و Enumerator و استفاده از قابلیت‌های yield (قسمت دوم)**
نویسنده: ابراهیم بیاگوی
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۸ ۱۱:۴۴
آدرس: www.dotnettips.info
برچسب‌ها: C#, Enumerator, Enumerable

در مطلب قبل متوجه شدیم که Enumerable و Enumerator چه چیزی هستند و آن‌ها را چگونه می‌سازند. در انتهای آن مطلب نیز قطعه کدی وجود داشت که در آن دیدیم چگونه یک شئ Enumerable می‌تواند در عملیاتی نسبتاً پیچیده یک شئ Enumerator ایجاد کند.

حال می‌خواهیم قابلیت زبانی‌ای را بررسی کنیم که در اصل مشابه همین کاری که ما انجام دادیم یعنی ایجاد شئ جداگانهٔ Enumerator و برگرداندن یک نمونه از آن در زمانی که ما GetEnumerator را از Enumerableمان فراخوانی می‌کنیم را انجام می‌دهد.

yield و نحوهٔ پیاده‌سازی آن

در اینجا قطعه کدی قرار دارد که در اصل جایگزین دو کلاسی‌است که در انتهای مطلب قبل قرار داشت که به کمک قابلیت yield آن را بازنویسی کرده‌ایم:

```
public class ArrayEnumerable<T> : IEnumerable<T>
    {
        T[] _array;
        public ArrayEnumerable(T[] array)
        {
            _array = array;
        }


        public IEnumerator<T> GetEnumerator()
        {
            int index = 0;
            while (index < _array.Length)
            {
                yield return _array[index];
                index++;
            }
            yield break;
        }

        System.Collections.IEnumerator System.Collections.IEnumerable.GetEnumerator()
        {
            return GetEnumerator();
        }
    }
```

(yield break در اینجا مانند return در یک تابع/متد با نوع خروجی void اضافی‌است و فقط برای آشنایی با syntax دومی که yield در سی‌شارپ پشتیبانی می‌کند قرار داده شده‌است)

همانطور که می‌بینیم کد قبلی ما به مقدار بسیاری ساده‌تر و خواناتر شد و برای فهم آن کافی است که مفهوم yield را بدانیم.

yield به معنای برآوردن یا ارائه‌کردن کلید واژه‌ای است که می‌توان آن را اینگونه تصور کرد که با هر با صدا زده‌شدن کد را متوقف می‌کند و نتیجه‌ای را برمی‌گرداند و با درخواست ما برای ادامهٔ کار (با MoveNext) کار خود را از همان جای متوقف شده ادامه می‌دهد.

حالا اگر کمی دقیقتر باشیم سوالی که باید برای ما پیش بیاید این است که آیا CLR خود yield را پشیبانی می‌کند؟
این قطعه کدی است که با کمک بازگردانی مجدد همین کلاس به زبان سی‌شارپ دیده می‌شود:

```
public class ArrayEnumerable<T> : IEnumerable<T>, IEnumerable
{
    // Fields
    private T[] _array;
```

```
// Methods
public ArrayEnumerable(T[] array)
{
    this._array = array;
}

public IEnumerator<T> GetEnumerator()
{
    return new <GetEnumerator>d__0(0);
}

IEnumerator IEnumerable.GetEnumerator()
{
    return this.GetEnumerator();
}

// Nested Types
[CompilerGenerated]
private sealed class <GetEnumerator>d__0 : IEnumerator<T>, IEnumerator, IDisposable
{
    // Fields
    private int <>1__state;
    private T <>2__current;
    public ArrayEnumerable<T> <>4__this;
    public int <index>5__1;

    // Methods
    [DebuggerHidden]
    public <GetEnumerator>d__0(int <>1__state)
    {
        this.<>1__state = <>1__state;
    }

    private bool MoveNext()
    {
        switch (this.<>1__state)
        {
            case 0:
                this.<>1__state = -1;
                this.<index>5__1 = 0;
                while (this.<index>5__1 < ArrayEnumerable<T>._array.Length)
                {
                    this.<>2__current = ArrayEnumerable<T>._array[this.<index>5__1];
                    this.<>1__state = 1;
                    return true;
                Label_0050:
                    this.<>1__state = -1;
                    this.<index>5__1++;
                }
                break;

            case 1:
                goto Label_0050;
        }
        return false;
    }

    [DebuggerHidden]
    void IEnumerator.Reset()
    {
        throw new NotSupportedException();
    }

    void IDisposable.Dispose()
    {
    }

    // Properties
    T IEnumerator<T>.Current
    {
        [DebuggerHidden]
        get
        {
            return this.<>2__current;
        }
    }

    object IEnumerator.Current
    {
        [DebuggerHidden]
```

```
            get
            {
                return this.<>2__current;
            }
        }
    }
}
```

(توجه: برای خواندن این کد، <...>ها را نادیده بگیرید، اینها هیچ وظیفهٔ خاصی ندارند و کار خاصی نمی‌کنند)
این کد را که البته چندان خوانا نیست اگر با کد انتهای مطلب قبل مقایسه کنید متوجه می‌شوید که دارای اشتراک‌هایی‌است. در آن مثال نیز شئ Enumerable یک شئ جداگانه بود (در اینجا یک کلاس درونی است) که هنگامی که GetEnumerator را صدا می‌زدیم نمونه‌ای از آن ایجاد می‌شد و بازگردانیده می‌شد.

در این کد کامپایلر وضعیت‌های مختلفی که برای توقف و ادامهٔ کار MoveNext که مهم‌ترین بخش کد هست را با کمک ترکیبی از switch case و goto پیاده‌سازی کرده‌است که با کمی دقت می‌توانید متوجه منطق آن شوید :)

ممکن است به نظرتان برسد که این قطعه کد از نظر (حداقل نامگذاری) در سی‌شارپ صحیح نیست. اینگونه نامگذاری‌ها که از نظر CLR (و زبان IL) درست ولی از نظر زبان سطح بالا نادرست هستند باعث می‌شوند که از هرگونه برخورد نامی احتمالی با نام‌های معتبر تعریف شده توسط کاربر جلوگیری شود.

احتمالاً اگر پیش‌زمینه نسبت به این مطلب داشته باشید با خود خواهید گفت که «این که واضح بود، اصلاً وظیفهٔ ماشین در سطح پایین نیست که چنین عملی را پشتیبانی کند». واضح‌بودن این موضوع برای شما شاید به این دلیل باشد که پیاده‌سازی yield را قبلاً جای دیگری ندیده‌اید. برای درک این مطلب در اینجا نحوهٔ پیاده‌سازی yield را در پایتون بررسی می‌کنیم.

```
def array_iterator(array):
    length = len(array)
    index = 0
    while index < length:
        yield array[index]
        index = index + 1
```

اگر کد مفسر پایتون را برای این generator بررسی کنیم متوجه می‌شویم که پایتون دارای عملگر خاصی در سطح ماشین برای yield است:

```
>>> import dis
>>> dis.dis(array_iterator)
  2           0 LOAD_GLOBAL              0 (len)
              3 LOAD_FAST                0 (array)
              6 CALL_FUNCTION            1
              9 STORE_FAST               1 (length)

  3          12 LOAD_CONST               1 (0)
             15 STORE_FAST               2 (index)

  4          18 SETUP_LOOP              35 (to 56)
        >>   21 LOAD_FAST                2 (index)
             24 LOAD_FAST                1 (length)
             27 COMPARE_OP               0 (<)
             30 POP_JUMP_IF_FALSE       55

  5          33 LOAD_FAST                0 (array)
             36 LOAD_FAST                2 (index)
             39 BINARY_SUBSCR
             40 YIELD_VALUE
             41 POP_TOP

  6          42 LOAD_FAST                2 (index)
             45 LOAD_CONST               2 (1)
             48 BINARY_ADD
             49 STORE_FAST               2 (index)
             52 JUMP_ABSOLUTE           21
        >>   55 POP_BLOCK
        >>   56 LOAD_CONST               0 (None)
             59 RETURN_VALUE
```

همانطور که می‌بینیم پایتون دارای عملگر خاصی برای پیاده‌سازی yield بوده و به مانند سی‌شارپ از قابلیت‌های قبلی ماشین برای پیاده‌سازی yield استفاده نکرده‌است.
yield و iteratorها قابلیت‌های زیادی را در اختیار برنامه‌نویسان قرار می‌دهند. برنامه‌نویسی async یکی از این قابلیت‌هاست.
پیوندهای ابتدای مقالهٔ اول را در این زمینه مطالعه کنید (البته با ورود دات‌نت ۴.۵ شیوهٔ دیگری نیز برای برنامه‌نویسی async ایجاد شده). از قابلیت‌های دیگر طراحی سادهٔ یک ماشین حالت است.
کد زیر ساده‌ترین حالت یک ماشین حالت را نمایش می‌دهد که به کمک قابلیت yield ساده‌تر پیاده‌سازی شده‌است:

```
public class SimpleStateMachine : IEnumerable<bool>
    {
        public IEnumerator<bool> GetEnumerator()
        {
            while (true)
            {
                yield return true;
                yield return false;
            }
        }

        System.Collections.IEnumerator System.Collections.IEnumerable.GetEnumerator()
        {
            return GetEnumerator();
        }
    }
```

(البته استفاده اینگونه از yield (در حلقهٔ بی‌نهایت) خطرناک است و ممکن است برنامه‌تان را در اثر بی‌دقتی قفل کنید، حداقل به همین دلیل بهتر است همیشه چنین اشیائی دارای محدودیت باشند.)
می‌توانید از SimpleStateMachine به این شکل استفاده کنید:

```
new SimpleStateMachine().Take(20).ToList().ForEach(x => Console.WriteLine(x));
```

که ۲۰ حالت از این ماشین حالت را چاپ خواهد کرد که البته اگر Take را قرار نمی‌دادیم برنامه را قفل می‌کرد.

نظرات خوانندگان

نویسنده: متفکر
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۹ ۱۰:۴۲

سلام... کلاس SimpleStateMachine (برخلاف نامش) Simple نیست و حتی Error-Prone هستش. اگر کلاس رو بدین شکل در نظر بگیریم:

```
public class ReallySimple<T> : IEnumerable<T>
{
    //blah blah blah...
}
```

در این صورت می‌تونیم با استفاده از Range همون کار رو انجام بدیم:

```
Enumerable.Range(1, 20).Select(r => new ReallySimple()).ToList().ForEach(x => Console.WriteLine(x));
```

نویسنده: ابراهیم بیاگوی
تاریخ: ۱۳۹۱/۰۵/۱۹ ۱۳:۴

به Error-Prone آن در خود مقاله هم اشاره شده. SimpleStateMachine که ما قصد پیاده‌سازی داشته‌ایم تقریباً به این حالت است: منبع
که می‌توان بین حرکت‌ها یک Action قرار داد. (که هدف ما بیشتر همین هست)
به طور کلی می‌گویند که State-Machine درست‌کردن با این قابلیت چندان درست نیست ، فقط امکان‌پذیر هست.