

生成器

2195次阅读

通过列表生成式，我们可以直接创建一个列表。但是，受到内存限制，列表容量肯定是有限的。而且，创建一个包含100万个元素的列表，不仅占用很大的存储空间，如果我们仅仅需要访问前面几个元素，那后面绝大多数元素占用的空间都白白浪费了。

所以，如果列表元素可以按照某种算法推算出来，那我们是否可以在循环的过程中不断推算出后续的元素呢？这样就不必创建完整的list，从而节省大量的空间。在Python中，这种一边循环一边计算的机制，称为生成器（Generator）。

要创建一个generator，有很多种方法。第一种方法很简单，只要把一个列表生成式的[]改成()，就创建了一个generator：

```
>>> L = [x * x for x in range(10)]
>>> L
[0, 1, 4, 9, 16, 25, 36, 49, 64, 81]
>>> g = (x * x for x in range(10))
>>> g
<generator object <genexpr> at 0x104feab40>
```

创建L和g的区别仅在于最外层的[]和()，L是一个list，而g是一个generator。

我们可以直接打印出list的每一个元素，但我们怎么打印出generator的每一个元素呢？

如果要一个一个打印出来，可以通过generator的next()方法：

```
>>> g.next()
0
>>> g.next()
1
>>> g.next()
4
>>> g.next()
9
>>> g.next()
16
>>> g.next()
25
>>> g.next()
36
>>> g.next()
49
>>> g.next()
64
>>> g.next()
81
>>> g.next()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
StopIteration
```

我们讲过，generator保存的是算法，每次调用next()，就计算出下一个元素的值，直到计算到最后一个元素，没有更多的元素时，抛出StopIteration的错误。

当然，上面这种不断调用next()方法实在是太变态了，正确的方法是使用for循环，因为generator也是可迭代对象：

```
>>> g = (x * x for x in range(10))
>>> for n in g:
...     print n
...
0
1
4
9
16
25
36
49
64
81
```

所以，我们创建了一个generator后，基本上永远不会调用`next()`方法，而是通过for循环来迭代它。

generator非常强大。如果推算的算法比较复杂，用类似列表生成式的for循环无法实现的时候，还可以用函数来实现。

比如，著名的斐波拉契数列（Fibonacci），除第一个和第二个数外，任意一个数都可由前两个数相加得到：

1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, ...

斐波拉契数列用列表生成式写不出来，但是，用函数把它打印出来却很容易：

```
def fib(max):
    n, a, b = 0, 0, 1
    while n < max:
        print b
        a, b = b, a + b
        n = n + 1
```

上面的函数可以输出斐波那契数列的前N个数：

```
>>> fib(6)
1
1
2
3
5
8
```

仔细观察，可以看出，`fib`函数实际上是定义了斐波拉契数列的推算规则，可以从第一个元素开始，推算出后续任意的元素，这种逻辑其实非常类似generator。

也就是说，上面的函数和generator仅一步之遥。要把`fib`函数变成generator，只需要把`print b`改为`yield b`就可以了：

```
def fib(max):
    n, a, b = 0, 0, 1
    while n < max:
        yield b
        a, b = b, a + b
        n = n + 1
```

这就是定义generator的另一种方法。如果一个函数定义中包含`yield`关键字，那么这个函数就不再是一个普通函数，而是一个generator：

```
>>> fib(6)
<generator object fib at 0x104feaaa0>
```

这里，最难理解的就是generator和函数的执行流程不一样。函数是顺序执行，遇到return语句或者最后一行函数语句就返回。而变成generator的函数，在每次调用next()的时候执行，遇到yield语句返回，再次执行时从上次返回的yield语句处继续执行。

举个简单的例子，定义一个generator，依次返回数字1，3，5：

```
>>> def odd():
...     print 'step 1'
...     yield 1
...     print 'step 2'
...     yield 3
...     print 'step 3'
...     yield 5
...
>>> o = odd()
>>> o.next()
step 1
1
>>> o.next()
step 2
3
>>> o.next()
step 3
5
>>> o.next()
Traceback (most recent call last):
  File "<stdin>", line 1, in <module>
StopIteration
```

可以看到，odd不是普通函数，而是generator，在执行过程中，遇到yield就中断，下次又继续执行。执行3次yield后，已经没有yield可以执行了，所以，第4次调用next()就报错。

回到fib的例子，我们在循环过程中不断调用yield，就会不断中断。当然要给循环设置一个条件来退出循环，不然就会产生一个无限数列出来。

同样的，把函数改成generator后，我们基本上从来不会用next()来调用它，而是直接使用for循环来迭代：

```
>>> for n in fib(6):
...     print n
...
1
1
2
3
5
8
```

小结

generator是非常强大的工具，在Python中，可以简单地把列表生成式改成generator，也可以通过函数实现复杂逻辑的generator。

要理解generator的工作原理，它是在for循环的过程中不断计算出下一个元素，并在适当的条件结束for循环。对于函数改成的generator来说，遇到return语句或者执行到函数体最后一行语句，就是结束generator的指令，for循环随之结束。