序

现在很多的文章和演讲都在谈架构，很少有人再会谈及编程范式。然而， 这些基础性和本质性的话题，却是非常非常重要的。

一方面，我发现在一些语言争论上，有很多人对编程语言的认识其实并不深；另一方面，通过编程语言的范式，我们不但可以知道整个编程语言的发展史，而且还能提高自己的编程技能写出更好的代码。

我希望通过一系列的文章带大家漫游一下各式各样的编程范式。（这一系列文章中代码量很大，很难用音频体现出来，所以没有录制音频，还望谅解。）

- 编程范式游记（1） - 起源
- 编程范式游记（2） - 泛型编程
- 编程范式游记（3） - 类型系统和泛型的本质
- 编程范式游记（4） - 函数式编程
- 编程范式游记（5） - 修饰器模式
- 编程范式游记（6） - 面向对象编程
- 编程范式游记（7） - 基于原型的编程范式
- 编程范式游记（8） - Go 语言的委托模式
- 编程范式游记（9） - 编程的本质
- 编程范式游记（10） - 逻辑编程范式
- 编程范式游记（11） - 程序世界里的编程范式

这一经历可能有些漫长，途中也会有各式各样的各种语言的代码。但是我保证这一历程对于一个程序员来说是非常有价值的，因为你不但可以对主流编程语言的一些特性有所了解，而且当我们到达终点的时候，你还能了解到编程的本质是什么。

这一系列文章中有各种语言的代码，其中有C、C++、Python、Java、Scheme、Go、JavaScript、Prolog等。所以，如果要能跟上本文的前因后果，你要对这几门比较主流的语言多少有些了解。而且，你需要在一线编写一段时间（大概5年以上吧）的代码，可能才能体会到这一系列文章的内涵。

我根据每篇文章中所讲述的内容，将这一系列文章分为四个部分。

- **第一部分：泛型编程**，第1~3章，讨论了从C到C++的泛型编程方法，并系统地总结了编程语言中的类型系统和泛型编程的本质。

- **第二部分：函数式编程**，第4章和第5章，讲述了函数式编程用到的技术，及其思维方式，并通过Python和Go修饰器的例子，展示了函数式编程下的代码扩展能力，以及函数的相互和随意拼装带来的好处。

- **第三部分：面向对象编程**，第6~8章，讲述与传统的编程思想相反，面向对象设计中的每一个对象都应该能够接受数据、处理数据并将数据传达给其它对象，列举了面向对象编程的优缺点，基于原型的编程范式，以及Go语言的委托模式。

- **第四部分：编程本质和逻辑编程**，第9~11章，先探讨了编程的本质：逻辑部分才是真正有意义的，控制部分只能影响逻辑部分的效率，然后结合Prolog语言介绍了逻辑编程范式，最后对程序世界里的编程范式进行了总结，对比了它们之间的不同。

我会以每部分为一个发布单元，将这些文章陆续发表在专栏中。如果在编程范式方面，你有其他感兴趣的主题，欢迎留言给我。

下面我们来说说什么是编程范式。编程范式的英语是`programming paradigm`，范即模范之意，范式即模式、方法，是一类典型的编程风格，是指从事软件工程的一类典型的风格（可以对照“方法学”一词）。

编程语言发展到今天，出现了好多不同的代码编写方式，但不同的方式解决的都是同一个问题，那就是如何写出更为通用、更具可重用性的代码或模块。

如果你准备好了，就和我一起来吧。

先从C语言开始

为了讲清楚这个问题，我需要从C语言开始讲起。因为C语言历史悠久，而几乎现在看到的所有编程语言都是以C语言为基础来拓展的，不管是C++、Java、C#、Go、Python、PHP、Perl、JavaScript、Lua，还是Shell。

自C语言问世40多年以来，其影响了太多太多的编程语言，到现在还一直被广泛使用，不得不佩服它的生命力。但是，我们也要清楚地知道，大多数C Like编程语言其实都是在改善C语言带来的问题。

那C语言有哪些特性呢？我简单来总结下：

1. C语言是一个静态弱类型语言，在使用变量时需要声明变量类型，但是类型间可以有隐式转换；
2. 不同的变量类型可以用结构体（struct）组合在一起，以此来声明新的数据类型；
3. C语言可以用 `typedef` 关键字来定义类型的别名，以此来达到变量类型的抽象；
4. C语言是一个有结构化程序设计、具有变量作用域以及递归功能的过程式语言；
5. C语言传递参数一般是以值传递，也可以传递指针；
6. 通过指针，C语言可以容易地对内存进行低级控制，然而这引入了非常大的编程复杂度；
7. 编译预处理让C语言的编译更具有弹性，比如跨平台。

C语言的这些特性，可以让程序员在微观层面写出非常精细和精确的编程操作，让程序员可以在底层和系统细节上非常自由、灵活和精准地控制代码。

然而，在代码组织和功能编程上，C语言的上述特性，却不那么美妙了。

从C语言的一个简单例子说起

我们从C语言最简单的交换两个变量的swap函数说起，参看下面的代码。

```
void swap(int* x, int* y)
{
    int temp = *x;
    *x = *y;
    *y = tmp;
}
```

你可以想一想，这里为什么要传指针？这里是C语言指针，因为如果你不用指针的话，那么参数变成传值，即函数的形参是调用实参的一个拷贝，函数里面对形参的修改无法影响实参的结果。为了要达到调用完函数后，实参内容的交换，必须要把实参的地址传递进来，也就是传指针。这样在函数里面做交换，实际变量的值也被交换了。

然而，这个函数最大的问题就是它只能给int值用，这个世界上还有很多类型包括double、float，这就是静态语言最糟糕的一个问题。

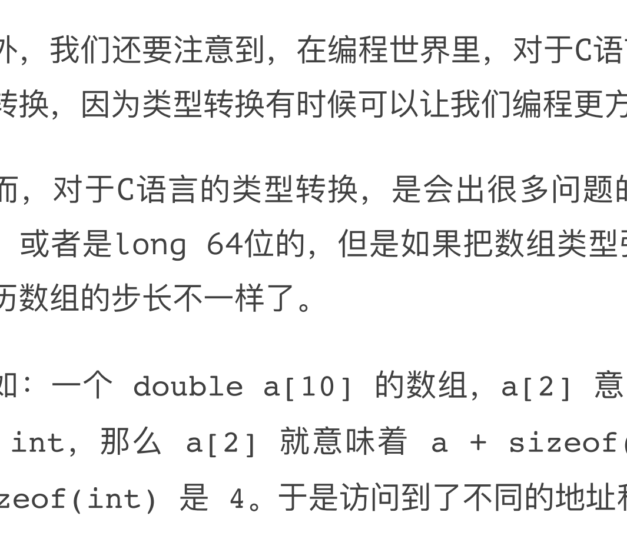
数据类型与现实世界的类比

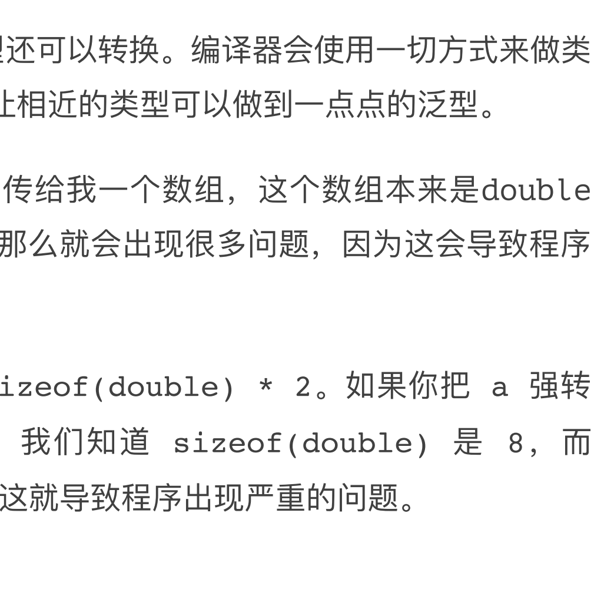
与现实世界类比一下，数据类型就好像螺帽一样，有多种接口方式：平口的、有十字的、有六角的等，而螺丝刀就像是函数，或是用来操作这些螺丝的算法或代码。我们发现，这些不同类型的螺帽（数据类型），需要我们为之适配一堆不同的螺丝刀。

而且它们还有不同的尺寸（尺寸就代表它是单字节的，还是多字节的，比如整型的int、long，浮点数的float和double），这样复杂度一下就提高了，最终导致电工（程序员）工作的时候需要带下图这样的一堆工具。

这就是类型为编程带来的问题。要解决这个问题，我们还是来看一下现实世界。

你应该见过下面图片中的这种经过优化的螺丝刀，上面手柄是一样的，拧螺丝的动作也是一样的，只是接口不一样。每次我看到这张图片的时候就在想，这密密麻麻的看著有40多种接口，不知道为什么人类世界要干出这么多的花样？你们这群人类究竟是要干什么啊。





我们可以看到，无论是传统世界，还是编程世界，我们都在干一件事情，什么事呢？**那就是通过使用一种更为通用的方式，用另外的话说就是抽象和隔离，让复杂的“世界”变得简单一些。**

然而，要做到抽象，对于C语言这样的类型语言来说，首当其冲的就是抽象类型，这就是所谓的——泛型编程。

另外，我们还要注意到，在编程世界里，对于C语言来说，类型还可以转换。编译器会使用一切方式来做类型转换，因为类型转换有时候可以让我们编程更方便一些，也让相近的类型可以做到一点点的泛型。

然而，对于C语言的类型转换，是会出很多问题的。比如说，传给我一个数组，这个数组本来是double的，或者是long 64位的，但是如果把数组类型强转成int，那么就会出现很多问题，因为这会导致程序遍历数组的步长不一样了。

比如：一个 `double a[10]` 的数组，`a[2]` 意味着 `a + sizeof(double) * 2`。如果你把 `a` 强转成 `int`，那么 `a[2]` 就意味着 `a + sizeof(int) * 2`。我们知道 `sizeof(double)` 是 `8`，而 `sizeof(int)` 是 `4`。于是访问到了不同的地址和内存空间，这就导致程序出现严重的问题。

C语言的泛型

一个泛型的示例 - swap函数

好了，我们再看下，C语言是如何泛型的。C语言的类型泛型基本上来说就是使用void *关键字或是使用宏定义。

下面是一个使用了void*泛型版本的swap函数。

```
void swap(void* x, void* y, size_t size)
{
     char tmp[size];
     memcpy(tmp, y, size);
     memcpy(y, x, size);
     memcpy(x, tmp, size);
}
```

上面这个函数几乎完全改变了int版的函数的实现方式，这个实现方式有三个重点：

- **函数接口中增加了一个size参数**。为什么要这么干呢？因为，用了 `void*` 后，类型被“抽象”掉了，编译器不能通过类型得到类型的尺寸了，所以，需要我们手动地加上一个类型长度的标识。

- **函数的实现中使用了memcpy()函数**。为什么要这样干呢？还是因为类型被“抽象”掉了，所以不能用赋值表达式了，很有可能传进来的参数类型还是一个结构体，因此，为了要交换这些复杂类型的值，我们只能使用内存复制的方法了。

- **函数的实现中使用了一个temp[size]数组**。这就是交换数据时需要用的buffer，用buffer来做临时的空间存储。

于是，新增的size参数，使用的memcpy内存拷贝以及一个buffer，这增加了编程的复杂度。这就是C语言的类型抽象所带来的复杂度的提升。

在提升复杂度的同时，我们发现还有问题，比如，我们想交换两个字符串数组，类型是：char*，那么，我的swap()函数的x和y参数是不是要用void**了？这样一来，接口就没法定义了。

除了使用 `void*` 来做泛型，在C语言中，还可以用宏定义来做泛型，如下所示：

```
#define swap(x, y, size) {\
    char temp[size]; \
    memcpy(temp, &y, size); \
    memcpy(&y,   &x, size); \
    memcpy(&x, temp, size); \
}
```

但用宏带来的问题就是编译器做字符串替换，因为宏是做字符串替换，所以会导致代码膨胀，导致编译出的执行文件比较大。不过对于swap这个简单的函数来说，用void*和宏替换来说都可以达到泛型。

但是，如果我们不是swap，而是min()或max()函数，那么宏替换的问题就会暴露得更多一些。比如，对于下面的这个宏：

```
#define min(x, y)   ((x)>(y) ? (y) : (x))
```

其中一个最大的问题，就是有可能会有重复执行的问题。如：

- `min(i++, j++)` 对于这个案例来说，我们本意是比较完后，对变量做累加，但是，因为宏替换的缘故，这会导致变量i或j被累加两次。
- `min(foo(), bar())` 对于这个示例来说，我们本意是比较 `foo()` 和 `bar()` 函数的返回值，然而，经过宏替换后，`foo()` 或 `bar()` 会被调用两次，这会带来很多问题。

另外，你会不会觉得无论是用哪种方式，这种“泛型”是不是太宽松了一些，完全不做类型检查，就是在内存上对拷，直接操作内存的这种方式，感觉是不是比较危险，而且就像一个定时炸弹一样，不知道什么时候，在什么条件下就爆炸了。

从上面的两个例子，我们可以发现，无论哪种方式，接口都变得复杂了——加入了size，因为如果不加入size的话，那么我们的函数内部就需要自己检查size。然而，`void*` 这种地址的方式是没法得到size的。

而宏定义的那种方式，虽然不会把类型给隐藏掉，可以使用像 `sizeof(x)` 这样的方式得到 size。但是如果类型是 `char*`，那么，使用sizeof方式只能提到指针类型的size，而不是值的size。另外，对于不同的类型，比如说double和int，那应该用谁的size呢？是不是先转一下型呢？这些都是问题。

于是，这种泛型，让我们根本没有办法检查传入参数的size，导致我们只能增加接口复杂度，加入一个size参数，然后把这个问题抛给调用者了。

一个更为复杂的泛型示例 - Search函数

如果我们把这个事情变得更复杂，写个search函数，再传一个int数组，然后想搜索target，搜到返回数组下标，搜不到返回-1。

```
int search(int* a, size_t size, int target) {
    for(int i=0; i<size; i++) {
        if (a[i] == target) {
            return i;
        }
    }
    return -1;
}
```

我们可以看到，这个函数是类型 `int` 版的。如果我们要把这个函数变成泛型的应该怎么变呢？

就像上面swap()函数那样，如果要把它变成泛型，我们需要变更并复杂化函数接口。

1. 我们需要在函数接口上增加一个element size，也就是数组里面每个元素的size。这样，当我们遍历数组的时候，可以通过这个size正确地移动指针到下一个数组元素。

2. 我还要加个cmpFn。因为我要去比较数组里的每个元素和target是否相等。因为不同数据类型的比较的实现不一样，比如，整型比较用 `==` 就好了。但是如果是一个字符串数组，那么比较就需要用 `strcmp` 这类的函数。而如果你传一个结构体数组（如：Account账号），那么比较两个数据对象是否一样就比较复杂了。所以，必须要自定义一个比较函数。

最终我们的search函数的泛型版如下所示：

```
int search(void* a, size_t size, void* target,
    size_t elem_size, int(*cmpFn)(void*, void*) )
{
    for(int i=0; i<size; i++) {
        // why not use memcmp()
        // use unsigned char * to calculate the address
        if ( cmpFn ((unsigned char *)a + elem_size * i, target) == 0 ) {
            return i;
        }
    }
    return -1;
}
```

在上面的代码中，我们没有使用memcmp()函数，这是因为，如果这个数组是一个指针数组，或是这个数组是一个结构体数组，而结构体数组中有指针成员。我们想比较的是指针指向的内容，而不是指针这个变量。所以，用memcmp()会导致我们在比较指针（内存地址），而不是指针所指向的值。

而调用者需要提供如下的比较函数：

```
int int_cmp(int* x, int* y)
{
    return *x - *y;
}

int string_cmp(char* x, char* y){
    return strcmp(x, y);
}
```

如果面对有业务类型的结构体，可能会是这样的比较函数：

```
typedef struct _account {
    char name[10];
    char id[20];
} Account;

int account_cmp(Account* x, Account* y) {
    int n = strcmp(x->name, y->name);
    if (n != 0) return n;
    return strcmp(x->id, y->id);
}
```

我们的C语言干成这个样子，看上去还行，但是，上面的这个search函数只能用于数组这样的顺序型的数据容器（数据结构）。如果这个search函数要能支持一些非顺序型的数据容器（数据结构），比如：堆、栈、哈希表、树、图。那么，用C语言来干基本上干不下去了，对于像search()这样的算法来说，数据类型的自适应问题就已经把事情搞得很复杂了。然而，数据结构的自适应就会把这个事的复杂度搞上几个数量级。

小结

这里，如果说，程序 = 算法 + 数据，我觉得C语言会有这几个问题。

1. 一个通用的算法，需要对所处理的数据的数据类型进行适配。但在适配数据类型的过程中，C语言只能使用 `void*` 或 宏替换的方式，这两种方式导致了类型过于宽松，并带来很多其它问题。

2. 适配数据类型，需要C语言在泛型中加入一个类型的size，这是因为我们识别不了被泛型后的数据类型，而C语言没有运行时的类型识别，所以，只能将这个工作抛给调用泛型算法的程序员来做了。

3. 算法其实是在操作数据结构，而数据则是放到数据结构中的。所以，真正的泛型除了适配数据类型外，还要适配数据结构。最后这个事情导致泛型算法的复杂急剧上升。比如容器内存的分配和释放，不同的数据体可能有非常不一样的内存分配和释放模型，再比如对象之间的复制，要把它存进来我需要有一个复制，这其中又涉及到是深拷贝，还是浅拷贝。

4. 最后，在实现泛型算法的时候，你会发现自己在纠结哪些东西应该抛给调用者处理，哪些又是可以封装起来。如何平衡和选择，并没有定论，也不好解决。

总体来说，C语言设计目标是提供一种能以简易的方式编译、处理低层内存、产生少量的机器码以及不需要任何运行环境支持便能运行的编程语言。C语言也很适合搭配汇编语言来使用。C语言把非常底层的控制权交给了程序员，它设计的理念是：

- 相信程序员；
- 不会阻止程序员做任何底层的事；
- 保持语言的最小和最简的特性；
- 保证C语言的最快的运行速度，那怕牺牲移值性。

从某种角度上来说，C语言的伟大之处在于——**使用C语言的程序员在高级语言的特性之上还能简单地做任何底层上的微观控制**。这是C语言的强大和优雅之处。也有人说，C语言是高级语言中的汇编语言。

不过，这只是在针对底层指令控制和过程式的编程方式。而对于更高阶更为抽象的编程模型来说，C语言这种基于过程和底层的初衷设计方式就会成为它的短板。因为，在编程这个世界中，更多的编程工作是解决业务上的问题，而不是计算机的问题，所以，我们需要更为贴近业务更为抽象的语言。

说到这里，我想你会问，那C语言本会怎么去解决这些问题呢？简单点说，C语言并没有解决这些问题，所以才有了后面的C++等其他语言，下一篇文章中，我也会和你聊聊C++是如何解决这些问题的。

C语言诞生于1972年，到现在已经有45年的历史，在它之后，C++、Java、C#等语言前仆后继，一浪高过一浪，都在试图解决那个时代的那个特定问题，我们不能去否定某个语言，但可以确定的是，随着历史的发展，每一门语言都还在默默迭代，不断优化和更新。同时，也会有很多新的编程语言带着新的闪光耀眼的特性出现在我们面前。

再回过头来说，编程范式其实就是程序的指导思想，它也代表了这门语言的设计方向，我们并不能说哪种范式更为超前，只能说各有千秋。

比如C语言就是过程式的编程语言，像C语言这样的过程式编程语言优点是底层灵活而且高效，特别适合开发运行较快且对系统资源利用率要求较高的程序，但我上面抛出的问题它在后来也没有试图去解决，因为编程范式的选择基本已经决定了它的“命运”。

我们怎么解决上述C语言没有解决好的问题呢？请期待接下来的文章。