大神是如何学习 Go 语言之反射的实现原理

Go语言中文网 1月13日

以下文章来源于真没什么逻辑， 作者Draveness

真没什么逻辑

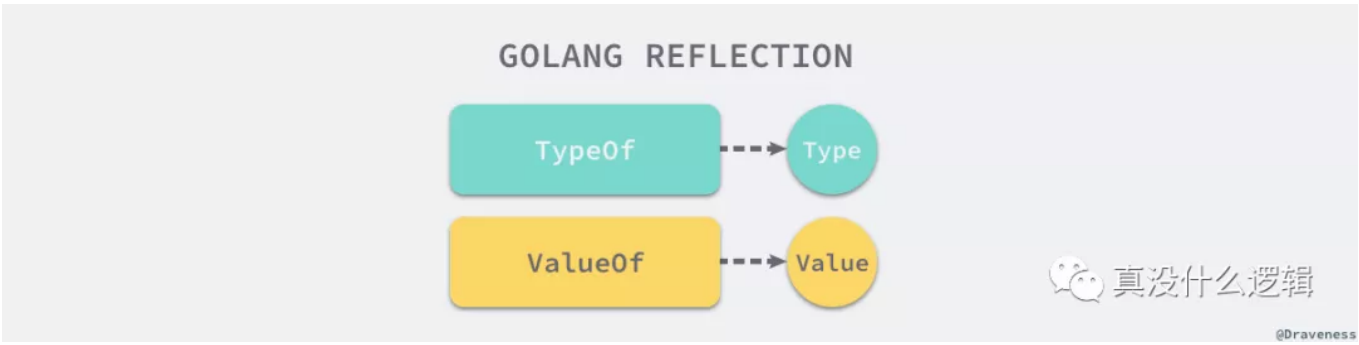
谈谈系统设计、微服务架构和云原生技术

反射是 Go 语言比较重要的一个特性之一，虽然在大多数的应用和服务中并不常见，但是很多框架都依赖 Go 语言的反射机制实现一些动态的功能。作为一门静态语言，Golang 在设计上都非常简洁，所以在语法上其实并没有较强的表达能力，但是 Go 语言为我们提供的 `reflect` 包提供的动态特性却能够弥补它在语法上的一些劣势。

`reflect` 实现了运行时的反射能力，能够让 Golang 的程序操作不同类型的对象，我们可以使用包中的函数 `TypeOf` 从静态类型 `interface{}` 中获取动态类型信息并通过 `ValueOf` 获取数据的运行时表示，通过这两个函数和包中的其他工具我们就可以得到更强大的表达能力。

概述

在具体介绍反射包的实现原理之前，我们先要对 Go 语言的反射有一些比较简单的理解，首先 `reflect` 中有两对非常重要的函数和类型，我们在上面已经介绍过其中的两个函数 `TypeOf` 和 `ValueOf`，另外两个类型是 `Type` 和 `Value`，它们与函数是一一对应的关系：



类型 `Type` 是 Golang 反射包中定义的一个接口，我们可以使用 `TypeOf` 函数获取任意值的变量的的类型，我们能从这个接口中看到非常多有趣的方法，`MethodByName` 可以获取当前类型对应方法的引用、`Implements` 可以判断当前类型是否实现了某个接口：

```
type Type interface {
        Align() int
        FieldAlign() int
```

```
        Method(int) Method
        MethodByName(string) (Method, bool)
        NumMethod() int
        Name() string
        PkgPath() string
        Size() uintptr
        String() string
        Kind() Kind
        Implements(u Type) bool
        ...
}
```

反射包中 Value 的类型却与 Type 不同，Type 是一个接口类型，但是 Value 在 reflect 包中的定义是一个结构体，这个结构体没有任何对外暴露的成员变量，但是却提供了很多方法让我们获取或者写入 Value 结构体中存储的数据：

```
type Value struct {
        // contains filtered or unexported fields
}

func (v Value) Addr() Value
func (v Value) Bool() bool
func (v Value) Bytes() []byte
func (v Value) Float() float64
...
```

反射包中的所有方法基本都是围绕着 Type 和 Value 这两个对外暴露的类型设计的，我们通过 TypeOf、ValueOf 方法就可以将一个普通的变量转换成『反射』包中提供的 Type 和 Value，使用反射提供的方法对这些类型进行复杂的操作。

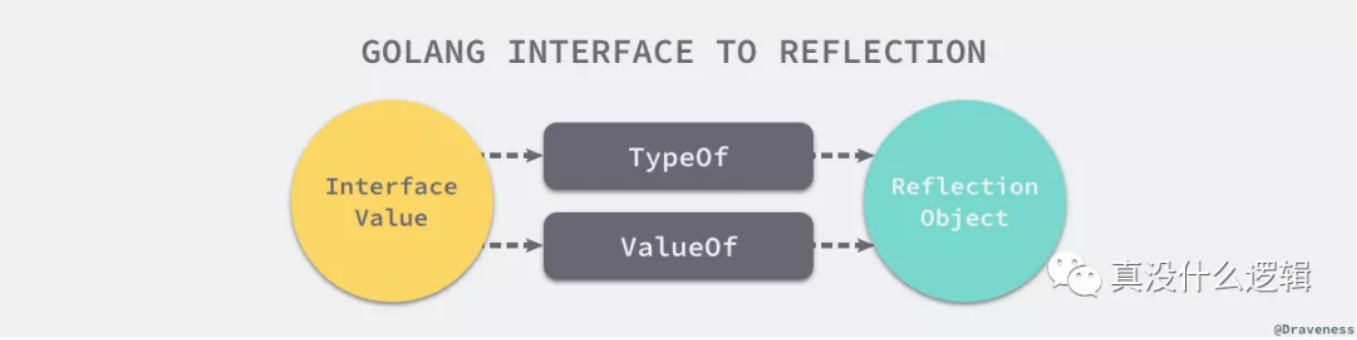
反射法则

运行时反射是程序在运行期间检查其自身结构的一种方式，它是 元编程 的一种，但是它带来的灵活性也是一把双刃剑，过量的使用反射会使我们的程序逻辑变得难以理解并且运行缓慢，我们在这一节中就会介绍 Go 语言反射的三大法则，这能够帮助我们更好地理解反射的作用。

1. 从接口值可反射出反射对象；
2. 从反射对象可反射出接口值；
3. 要修改反射对象，其值必须可设置；

第一法则

反射的第一条法则就是，我们能够将 Go 语言中的接口类型变量转换成反射对象，上面提到的`reflect.TypeOf` 和 `reflect.ValueOf` 就是完成这个转换的两个最重要方法，如果我们认为 Go 语言中的类型和反射类型是两个不同『世界』的话，那么这两个方法就是连接这两个世界的桥梁。



我们通过以下例子简单介绍这两个方法的作用，其中 `TypeOf` 获取了变量 `author` 的类型也就是 `string` 而 `ValueOf` 获取了变量的值 `draven`，如果我们知道了一个变量的类型和值，那么也就意味着我们知道了关于这个变量的全部信息。

```
package main

import (
    "fmt"
    "reflect"
)

func main() {
    author := "draven"
    fmt.Println("TypeOf author:", reflect.TypeOf(author))
    fmt.Println("ValueOf author:", reflect.ValueOf(author))
}

$ go run main.go
TypeOf author: string
ValueOf author: draven
```

从变量的类型上我们可以获当前类型能够执行的方法 `Method` 以及当前类型实现的接口等信息；

- 对于结构体，可以获取字段的数量并通过下标和字段名获取字段 `StructField`；
- 对于哈希表，可以获取哈希表的 `Key` 类型；
- 对于函数或方法，可以获得入参和返回值的类型；
- ...

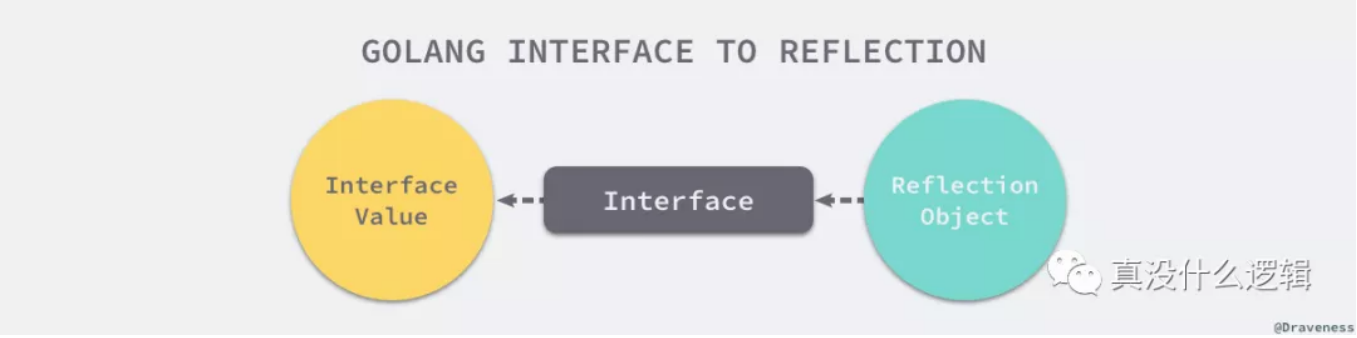
总而言之，使用 `TypeOf` 和 `ValueOf` 能够将 Go 语言中的变量转换成反射对象，在这时我们能够获得几乎一切跟当前类型相关数据和操作，然后就可以用这些运行时获取的结构动

态的执行一些方法。

> 很多读者可能都会对这个副标题产生困惑，为什么是从**接口**到反射对象，如果直接调用 `reflect.ValueOf(1)`，看起来是从基本类型 `int` 到反射类型，但是 `TypeOf` 和 `ValueOf` 两个方法的入参其实是 `interface{}` 类型。
>
> 我们在之前已经在 函数调用 一节中介绍过，Go 语言的函数调用都是值传递的，变量会在方法调用前进行类型转换，也就是 `int` 类型的基本变量会被转换成 `interface{}` 类型，这也就是第一条法则介绍的是从接口到反射对象。

第二法则

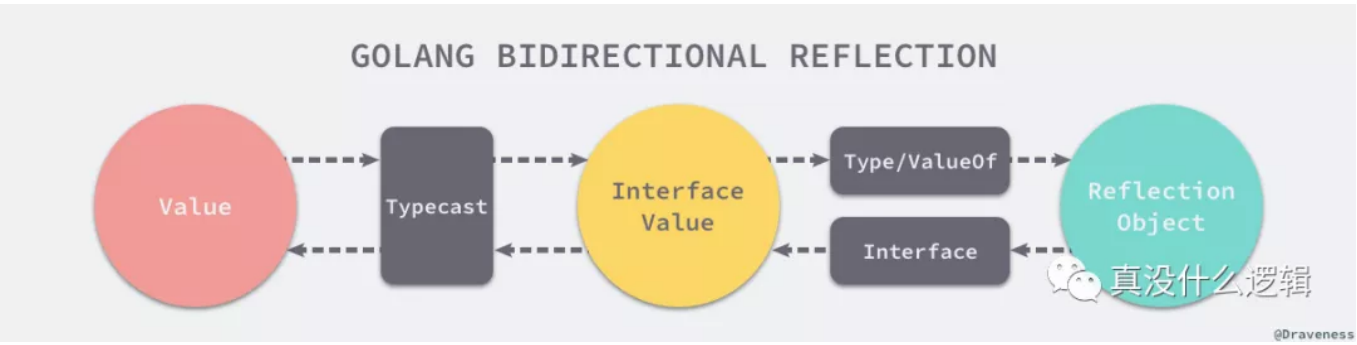
我们既然能够将接口类型的变量转换成反射对象类型，那么也需要一些其他方法将反射对象还原成成接口类型的变量，`reflect` 中的 `Interface` 方法就能完成这项工作：



然而调用 `Interface` 方法我们也只能获得 `interface{}` 类型的接口变量，如果想要将其还原成原本的类型还需要经过一次强制的类型转换，如下所示：

```
v := reflect.ValueOf(1)
v.Interface{}.(int)
```

这个过程就像从接口值到反射对象的镜面过程一样，从接口值到反射对象需要经过从基本类型到接口类型的类型转换和从接口类型到反射对象类型的转换，反过来的话，所有的反射对象也都需要先转换成接口类型，再通过强制类型转换变成原始类型：



当然不是所有的变量都需要类型转换这一过程，如果本身就是 `interface{}` 类型的，那么它其实并不需要经过类型转换，对于大多数的变量来说，类型转换这一过程很多时候都

是隐式发生的，只有在我们需要将反射对象转换回基本类型时才需要做显示的转换操作。

第三法则

Go 语言反射的最后一条法则是与值是否可以被更改相关的，如果我们想要更新一个 `reflect.Value`，那么它持有的值一定是可以被更新的，假设我们有以下代码：

```
func main() {
    i := 1
    v := reflect.ValueOf(i)
    v.SetInt(10)
    fmt.Println(i)
}

$ go run reflect.go
panic: reflect: reflect.flag.mustBeAssignable using unaddressable value

goroutine 1 [running]:
reflect.flag.mustBeAssignableSlow(0x82, 0x1014c0)
    /usr/local/go/src/reflect/value.go:247 +0x180
reflect.flag.mustBeAssignable(...)
    /usr/local/go/src/reflect/value.go:234
reflect.Value.SetInt(0x100dc0, 0x414020, 0x82, 0x1840, 0xa, 0x0)
    /usr/local/go/src/reflect/value.go:1606 +0x40
main.main()
    /tmp/sandbox590309925/prog.go:11 +0xe0
```

运行上述代码时会导致程序 panic 并报出 `reflect: reflect.flag.mustBeAssignable using unaddressable value` 错误，仔细想一下其实能够发现出错的原因，Go 语言的函数调用 都是传值的，所以我们得到的反射对象其实跟最开始的变量没有任何关系，没有任何变量持有复制出来的值，所以直接对它修改会导致崩溃。

想要修改原有的变量我们只能通过如下所示的方法，首先通过 `reflect.ValueOf` 获取变量指针，然后通过 `Elem` 方法获取指针指向的变量并调用 `SetInt` 方法更新变量的值：

```
func main() {
    i := 1
    v := reflect.ValueOf(&i)
    v.Elem().SetInt(10)
    fmt.Println(i)
}

$ go run reflect.go
10
```

这种获取指针对应的 reflect.Value 并通过 Elem 方法迂回的方式就能够获取到可以被设置的变量，这一复杂的过程主要也是因为 Go 语言的函数调用都是值传递的，我们可以将上述代码理解成：

```
func main() {
    i := 1
    v := &i
    *v = 10
}
```

如果不能直接操作 i 变量修改其持有的值，我们就只能获取 i 变量所在地址并使用 *v 修改所在地址中存储的整数。

实现原理

我们在上面的部分已经对 Go 语言中反射的三大法则进行了介绍，对于接口值和反射对象互相转换的操作和过程都有了一定的了解，接下来我们就深入研究反射的实现原理，分析 reflect 包提供的方法是如何获取接口值对应的反射类型和值、判断协议的实现以及方法调用的过程。

类型和值

Golang 的 interface{} 类型在语言内部都是通过 emptyInterface 这个结构体来表示的，其中包含一个 rtype 字段用于表示变量的类型以及一个 word 字段指向内部封装的数据：

```
type emptyInterface struct {
    typ  *rtype
    word unsafe.Pointer
}
```

用于获取变量类型的 TypeOf 函数就是将传入的 i 变量强制转换成 emptyInterface 类型并获取其中存储的类型信息 rtype：

```
func TypeOf(i interface{}) Type {
    eface := *(*emptyInterface)(unsafe.Pointer(&i))
    return toType(eface.typ)
}

func toType(t *rtype) Type {
    if t == nil {
```

```
            return nil
        }
        return t
    }
```

rtype 就是一个实现了 Type 接口的接口体，我们能在 reflect 包中找到如下所示的 Name 方法帮助我们获取当前类型的名称等信息：

```
    func (t *rtype) String() string {
        s := t.nameOff(t.str).name()
        if t.tflag&tflagExtraStar != 0 {
            return s[1:]
        }
        return s
    }
```

TypeOf 函数的实现原理其实并不复杂，它只是将一个 interface{} 变量转换成了内部的 emptyInterface 表示，然后从中获取相应的类型信息。

用于获取接口值 Value 的函数 ValueOf 实现也非常简单，在该函数中我们先调用了 escapes 函数保证当前值逃逸到堆上，然后通过 unpackEface 方法从接口中获取 Value 结构体：

```
    func ValueOf(i interface{}) Value {
        if i == nil {
            return Value{}
        }

        escapes(i)

        return unpackEface(i)
    }

    func unpackEface(i interface{}) Value {
        e := (*emptyInterface)(unsafe.Pointer(&i))
        t := e.typ
        if t == nil {
            return Value{}
        }
        f := flag(t.Kind())
        if ifaceIndir(t) {
            f |= flagIndir
        }
        return Value{t, e.word, f}
    }
```

unpackEface 函数会将传入的接口 interface{} 转换成 emptyInterface 结构体然后将其中表示接口值类型、指针以及值的类型包装成 Value 结构体并返回。

TypeOf 和 ValueOf 两个方法的实现其实都非常简单，从一个 Go 语言的基本变量中获取反射对象以及类型的过程中，TypeOf 和 ValueOf 两个方法的执行过程并不是特别的复杂，我们还需要注意基本变量到接口值的转换过程：

```
package main

import (
    "reflect"
)

func main() {
    i := 20
    _ = reflect.TypeOf(i)
}

$ go build -gcflags="-S -N" main.go
...
MOVQ    $20, ""..autotmp_20+56(SP) // autotmp = 20
LEAQ    type.int(SB), AX           // AX = type.int(SB)
MOVQ    AX, ""..autotmp_19+280(SP) // autotmp_19+280(SP) = type.int(SB)
LEAQ    ""..autotmp_20+56(SP), CX  // CX = 20
MOVQ    CX, ""..autotmp_19+288(SP) // autotmp_19+288(SP) = 20
...
```

我们使用 -S -N 编译指令编译了上述代码，从这段截取的汇编语言中我们可以发现，在函数调用之前其实发生了类型转换，我们将 int 类型的变量转换成了占用 16 字节 autotmp_19+280(SP) ~ autotmp_19+288(SP) 的 interface{} 结构体，两个 LEAQ 指令分别获取了类型的指针 type.int(SB) 以及变量 i 所在的地址。

总的来说，在 Go 语言的编译期间我们就完成了类型转换的工作，将变量的类型和值转换成了 interface{} 等待运行期间使用 reflect 包获取其中存储的信息。

更新变量

当我们想要更新一个 reflect.Value 时，就需要调用 Set 方法更新反射对象，该方法会调用 mustBeAssignable 和 mustBeExported 分别检查当前反射对象是否是可以被设置的和对外暴露的公开字段：

```
func (v Value) Set(x Value) {
    v.mustBeAssignable()
    x.mustBeExported() // do not let unexported x leak
```

```
    var target unsafe.Pointer
    if v.kind() == Interface {
        target = v.ptr
    }
    x = x.assignTo("reflect.Set", v.typ, target)
    if x.flag&flagIndir != 0 {
        typedmemmove(v.typ, v.ptr, x.ptr)
    } else {
        *(*unsafe.Pointer)(v.ptr) = x.ptr
    }
}
```

Set 方法中会调用 assignTo，该方法会返回一个新的 reflect.Value 反射对象，我们可以将反射对象的指针直接拷贝到被设置的反射变量上：

```
func (v Value) assignTo(context string, dst *rtype, target unsafe.Pointer
    if v.flag&flagMethod != 0 {
        v = makeMethodValue(context, v)
    }

    switch {
    case directlyAssignable(dst, v.typ):
        fl := v.flag&(flagAddr|flagIndir) | v.flag.ro()
        fl |= flag(dst.Kind())
        return Value{dst, v.ptr, fl}

    case implements(dst, v.typ):
        if target == nil {
            target = unsafe_New(dst)
        }
        if v.Kind() == Interface && v.IsNil() {
            return Value{dst, nil, flag(Interface)}
        }
        x := valueInterface(v, false)
        if dst.NumMethod() == 0 {
            *(*interface{})(target) = x
        } else {
            ifaceE2I(dst, x, target)
        }
        return Value{dst, target, flagIndir | flag(Interface)}
    }

    panic(context + ": value of type " + v.typ.String() + " is not assign
}
```

assignTo 会根据当前和被设置的反射对象类型创建一个新的 Value 结构体，当两个反射对象的类型是可以被直接替换时，就会直接将目标反射对象返回；如果当前反射对象是接口并且目标对象实现了接口，就会将目标对象简单包装成接口值，上述方法返回反射对象的 ptr 最终会覆盖当前反射对象中存储的值。

实现协议

reflect 包还为我们提供了 Implements 方法用于判断某些类型是否遵循协议实现了全部的方法，在 Go 语言中想要获取结构体的类型还是比较容易的，但是想要获得接口的类型就需要比较黑魔法的方式：

```
reflect.TypeOf((*<interface>)(nil)).Elem()
```

只有通过上述方式才能获得一个接口类型的反射对象，假设我们有以下代码，我们需要判断 CustomError 是否实现了 Go 语言标准库中的 error 协议：

```
type CustomError struct{}

func (*CustomError) Error() string {
    return ""
}

func main() {
    typeOfError := reflect.TypeOf((*error)(nil)).Elem()
    customErrorPtr := reflect.TypeOf(&CustomError{})
    customError := reflect.TypeOf(CustomError{})

    fmt.Println(customErrorPtr.Implements(typeOfError)) // #=> true
    fmt.Println(customError.Implements(typeOfError)) // #=> false
}
```

运行上述代码我们会发现 CustomError 类型并没有实现 error 接口，而 *CustomError 指针类型却实现了接口，这其实也比较好理解，我们在 接口 一节中也介绍过可以使用结构体和指针两种不同的类型实现接口。

```
func (t *rtype) Implements(u Type) bool {
    if u == nil {
        panic("reflect: nil type passed to Type.Implements")
    }
    if u.Kind() != Interface {
        panic("reflect: non-interface type passed to Type.Implements")
    }
    return implements(u.(*rtype), t)
```

```
}
```

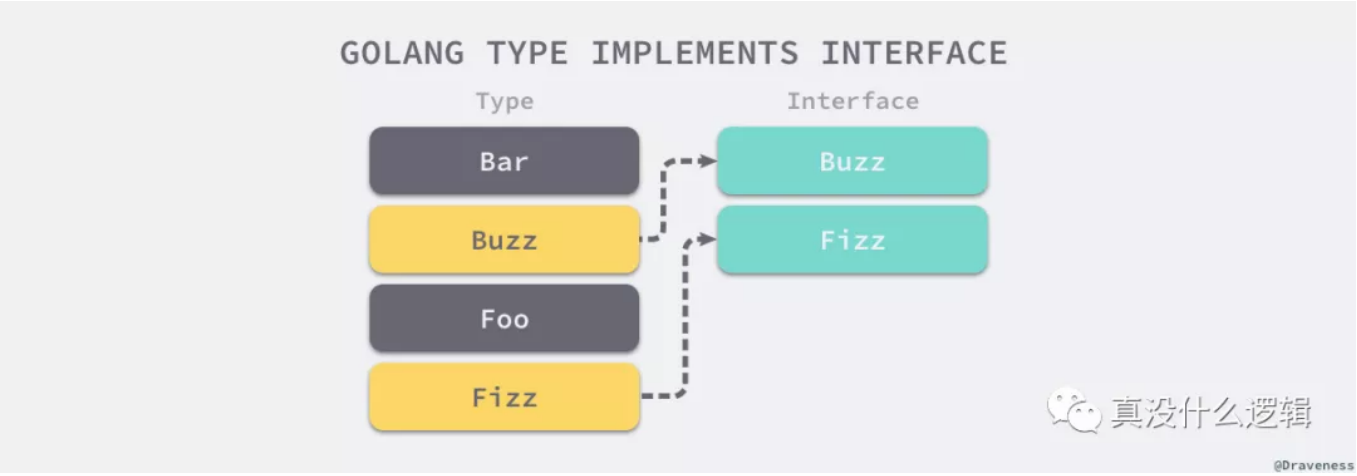
`Implements` 方法会检查传入的类型是不是接口，如果不是接口或者是空值就会直接 panic 中止当前程序，否则就会调用私有的函数 `implements` 判断类型之间是否有实现关系：

```
func implements(T, V *rtype) bool {
    t := (*interfaceType)(unsafe.Pointer(T))
    if len(t.methods) == 0 {
        return true
    }

    // ...

    v := V.uncommon()
    i := 0
    vmethods := v.methods()
    for j := 0; j < int(v.mcount); j++ {
        tm := &t.methods[i]
        tmName := t.nameOff(tm.name)
        vm := vmethods[j]
        vmName := V.nameOff(vm.name)
        if vmName.name() == tmName.name() && V.typeOff(vm.mtyp) == t.type
            if i++; i >= len(t.methods) {
                return true
            }
        }
    }
    return false
}
```

如果接口中不包含任何方法，也就意味着这是一个空的 `interface{}`，任意的类型都可以实现该协议，所以就会直接返回 `true`。



在其他情况下，由于方法是按照一定顺序排列的，`implements` 中就会维护两个用于遍历接口和类型方法的索引 `i` 和 `j`，所以整个过程的实现复杂度是 `O(n+m)`，最多只会进行 `n + m` 次数的比较，不会出现次方级别的复杂度。

方法调用

作为一门静态语言，如果我们想要通过 `reflect` 包利用反射在运行期间执行方法并不是一件容易的事情，下面的代码就使用了反射来执行 `Add(0, 1)` 这一表达式：

```
func Add(a, b int) int { return a + b }

func main() {
    v := reflect.ValueOf(Add)
    if v.Kind() != reflect.Func {
        return
    }
    t := v.Type()
    argv := make([]reflect.Value, t.NumIn())
    for i := range argv {
        if t.In(i).Kind() != reflect.Int {
            return
        }
        argv[i] = reflect.ValueOf(i)
    }
    result := v.Call(argv)
    if len(result) != 1 || result[0].Kind() != reflect.Int {
        return
    }
    fmt.Println(result[0].Int()) // #=> 1
}
```

1. 通过 `reflect.ValueOf` 获取函数 `Add` 对应的反射对象；
2. 根据反射对象 `NumIn` 方法返回的参数个数创建 `argv` 数组；
3. 多次调用 `reflect.Value` 逐一设置 `argv` 数组中的各个参数；
4. 调用反射对象 `Add` 的 `Call` 方法并传入参数列表；
5. 获取返回值数组、验证数组的长度以及类型并打印其中的数据；

使用反射来调用方法非常复杂，原本只需要一行代码就能完成的工作，现在需要 10 多行代码才能完成，但是这也是在静态语言中使用这种动态特性需要付出的成本，理解这个调用过程能够帮助我们深入理解 Go 语言函数和方法调用的原理。

```
func (v Value) Call(in []Value) []Value {
    v.mustBe(Func)
    v.mustBeExported()
```

```
    return v.call("Call", in)
}
```

Call 作为反射包运行时调用方法的入口，通过两个 MustBe 方法保证了当前反射对象的类型和可见性，随后调用 call 方法完成运行时方法调用的过程，这个过程会被分成以下的几个部分：

1. 检查输入参数的合法性以及类型等信息；
2. 将传入的 reflect.Value 参数数组设置到栈上；
3. 通过函数指针和输入参数调用函数；
4. 从栈上获取函数的返回值；

我们将按照上面的顺序依次详细介绍使用 reflect 进行函数调用的几个过程。

参数检查

参数检查是通过反射调用方法的第一步，在参数检查期间我们会从反射对象中取出当前的函数指针 unsafe.Pointer，如果待执行的函数是方法，就会通过 methodReceiver 函数获取方法的接受者和函数指针。

```
func (v Value) call(op string, in []Value) []Value {
    t := (*funcType)(unsafe.Pointer(v.typ))
    var (
        fn       unsafe.Pointer
        rcvr     Value
        rcvrtype *rtype
    )
    if v.flag&flagMethod != 0 {
        rcvr = v
        rcvrtype, t, fn = methodReceiver(op, v, int(v.flag)>>flagMethodSh
    } else if v.flag&flagIndir != 0 {
        fn = *(*unsafe.Pointer)(v.ptr)
    } else {
        fn = v.ptr
    }

    n := t.NumIn()
    if len(in) < n {
        panic("reflect: Call with too few input arguments")
    }
    if len(in) > n {
        panic("reflect: Call with too many input arguments")
    }
    for i := 0; i < n; i++ {
        if xt, targ := in[i].Type(), t.In(i); !xt.AssignableTo(targ) {
            panic("reflect: " + op + " using " + xt.String() + " as type
```

```
        }
    }

    nin := len(in)
    if nin != t.NumIn() {
        panic("reflect.Value.Call: wrong argument count")
    }
```

除此之外，在参数检查的过程中我们还会检查当前传入参数的个数以及所有参数的类型是否能被传入该函数中，任何参数不匹配的问题都会导致当前函数直接 panic 并中止整个程序。

准备参数

当我们已经对当前方法的参数验证完成之后，就会进入函数调用的下一个阶段，为函数调用准备参数，在前面的章节 函数调用 中我们已经介绍过 Go 语言的函数调用的惯例，所有的参数都会被依次放置到堆栈上。

```
    nout := t.NumOut()
    frametype, _, retOffset, _, framePool := funcLayout(t, rcvrtype)

    var args unsafe.Pointer
    if nout == 0 {
        args = framePool.Get().(unsafe.Pointer)
    } else {
        args = unsafe_New(frametype)
    }
    off := uintptr(0)

    if rcvrtype != nil {
        storeRcvr(rcvr, args)
        off = ptrSize
    }
    for i, v := range in {
        targ := t.In(i).(*rtype)
        a := uintptr(targ.align)
        off = (off + a - 1) &^ (a - 1)
        n := targ.size
        if n == 0 {
            v.assignTo("reflect.Value.Call", targ, nil)
            continue
        }
        addr := add(args, off, "n > 0")
        v = v.assignTo("reflect.Value.Call", targ, addr)
        if v.flag&flagIndir != 0 {
            typedmemmove(targ, addr, v.ptr)
```

```
        } else {
            *(*unsafe.Pointer)(addr) = v.ptr
        }
        off += n
    }
```

1. 通过 funcLayout 函数计算当前函数需要的参数和返回值的堆栈布局，也就是每一个参数和返回值所占的空间大小；
2. 如果当前函数有返回值，需要为当前函数的参数和返回值分配一片内存空间 args；
3. 如果当前函数是方法，需要向将方法的接受者拷贝到 args 这片内存中；
4. 将所有函数的参数按照顺序依次拷贝到对应 args 内存中
    i. 使用 funcLayout 返回的参数计算参数在内存中的位置；
    ii. 通过 typedmemmove 或者寻址的放置拷贝参数；

准备参数的过程其实就是计算各个参数和返回值占用的内存空间，并将所有的参数都拷贝内存空间对应的位置上。

调用函数

准备好调用函数需要的全部参数之后，就会通过以下的表达式开始方法的调用了，我们会向该函数中传入栈类型、函数指针、参数和返回值的内存空间、栈的大小以及返回值的偏移量：

```
call(frametype, fn, args, uint32(frametype.size), uint32(retOffset))
```

这个函数实际上并不存在，它会在编译期间被链接到 runtime.reflectcall 这个用汇编实现的函数上，我们在这里并不会展开介绍该函数的具体实现，感兴趣的读者可以自行了解其实现原理。

处理返回值

当函数调用结束之后，我们就会开始处理函数的返回值了，如果函数没有任何返回值我们就会直接清空 args 中的全部内容来释放内存空间，不过如果当前函数有返回值就会进入另一个分支：

```
var ret []Value
if nout == 0 {
    typedmemclr(frametype, args)
    framePool.Put(args)
} else {
    typedmemclrpartial(frametype, args, 0, retOffset)
```

```
            ret = make([]Value, nout)
            off = retOffset
            for i := 0; i < nout; i++ {
                tv := t.Out(i)
                a := uintptr(tv.Align())
                off = (off + a - 1) &^ (a - 1)
                if tv.Size() != 0 {
                    fl := flagIndir | flag(tv.Kind())
                    ret[i] = Value{tv.common(), add(args, off, "tv.Size() !=
                } else {
                    ret[i] = Zero(tv)
                }
                off += tv.Size()
            }
        }

        return ret
    }
```

1. 将 `args` 中与输入参数有关的内存空间清空；
2. 创建一个 `nout` 长度的切片用于保存由反射对象构成的返回值数组；
3. 从函数对象中获取返回值的类型和内存大小，将 `args` 内存中的数据转换成 `reflect.Value` 类型的返回值；

由 `reflect.Value` 构成的 `ret` 数组最终就会被返回到上层，使用反射进行函数调用的过程也就结束了。

总结

我们在这一节中 Go 语言的 `reflect` 包为我们提供的多种能力，其中包括如何使用反射来动态修改变量、判断类型是否实现了某些协议以及动态调用方法，通过对反射包中方法原理的分析帮助我们理解之前看起来比较怪异、令人困惑的现象。

Reference

- The Laws of Reflection
- Reflect Examples

推荐阅读

- 大神是如何学习 Go 语言之调度器与 Goroutine