Programmeertalen: Go

Een imperatieve gedistribueerde programmeertaal

Robin de Vries

Universiteit van Amsterdam

12 maart 2018

Programmeertalen: waar zijn we nu?

	Taal	**Hoorcollege**			
Week 1	Haskell	ma 5/2	9:00-11:00	C0.05	Robin
Week 2	Bash	ma 12/2	9:00-11:00	C0.05	Bas
Week 3	Prolog	ma 19/2	9:00-11:00	C0.05	Robin
Week 4	Python	ma 26/2	9:00-11:00	C0.05	Bas
Week 5	Erlang	ma 5/3	9:00-11:00	C0.05	Robin
Week 6	**Go**	**ma 12/3**	**9:00-11:00**	**C0.05**	**Robin**
Week 7	C++	ma 19/3	9:00-11:00	C0.110	Bas
Week 8	Tentamen	wo 28/3	13:00-16:00	USC Sporthal 1	

Hoe ging Erlang?

Inhoud

Go

- Ontwikkeld door Google
- Verschenen in 2009
- Gedistribueerd, imperatief
- Statisch en sterk getypeerd
- Eerst compileren, dan runnen

Hulpbronnen

- Documentatie: `https://golang.org/doc/`
- A Tour of Go: `https://tour.golang.org/welcome/1`
- Effective Go: `https://golang.org/doc/effective_go.html`

Hello World

```go
package main

import (
    "fmt"
)

func main() {
    fmt.Println("Hello world!")
}
```

```
$ go run helloworld.go
Hello world!
```

Variabelen declareren

- Eén variabele tegelijk:

  ```
  var i int
  ```

- Meerdere variabelen van hetzelfde type tegelijkertijd:

  ```
  var foo bar bool
  ```

- Met initialisatie én type:

  ```
  var i, j int = 1, 2
  ```

- Met initialisatie zonder type:

  ```
  var i, j = 1, 2
  ```

Variabelen declareren (2): binnen een functie

Binnen een functie kun je ook gebruik maken van *short assignment*

- Met één variabele:

  ```
  i := 0
  ```

- Of meerdere variabelen (mogelijk ook van van verschillende types):

  ```
  i, bericht := 2, "bla"
  ```

Typen van variabelen

Go heeft diverse primitieve datatypes waaronder:

- bool
- string
- int
- uint
- float32, float64
- complex64, complex128

En diverse andere integer-types (zoals `uint16`). In tegenstelling tot C worden variabelen standaard geïnitialiseerd op een standaardwaarde (zoals `0`, `0.0` of `false`).

Door de naam van het type te gebruiken als functie kun je numerieke typen heen en weer casten:

```
pi := 3.1415
fmt.Println(int(pi))
```

```
3
```

Functie-definitie en aanroep

```
package main

import "fmt"

func add(x, y int) int {
    return x + y
}

func main() {
    fmt.Println(add(8, 7))
}
```

Meerdere return values

```
func verwissel(a, b int) (int, int) {
    return b, a
}

func main() {
    fmt.Println(verwissel(3,4))
}
```

```
4 3
```

Standaard return values

```
func verwissel(a, b int) (c, d int) {
    c = b
    d = a
    return
}

func main() {
    fmt.Println(verwissel(3,4))
}
```

Inhoud

For-loop en if-statement

De for-loop is de enige loop in Go (en vervangt de while en foreach-loop).

```
func main() {
    sum := 0
    for i := 1; i <= 10; i++ {
        sum += i
        if i%2 == 0 {
            fmt.Println("Tussenstap:", i, "Som:", sum)
        }
    }
}
```

```
Tussenstap: 2  Som: 3
Tussenstap: 4  Som: 10
Tussenstap: 6  Som: 21
Tussenstap: 8  Som: 36
Tussenstap: 10 Som: 55
```

For-loop (2)

Je kunt ook de init en post-operaties laten vervallen, zodat je het gedrag hetzelfde is als dat van een while-loop in andere talen:

```
func main() {
    a := 10
    for a > 0 {
       a++
    }
    fmt.Println(a)
}
```

```
−2147483648
```

For-loop (3)

Zonder inhoud gedraagt een for-loop zich als een while(true):

```
func main() {
    i := 10

    for {
       if i % 250 == 0 {
           break
       } else {
           i++
       }
    }

    fmt.Println(i)
}
```

```
250
```

Arrays

- In Go kun je eenvoudig een array declareren:

```
var a [10]int
```

- Je kunt de elementen vervolgens net als in C een waarde geven, meerdere elementen tegelijkertijd:

```
a[0] = 1
a[9] = 10
a[2], a[3] = 4, 6
```

- Of de grootte van de array opvragen en eroverheen loopen:

```
primes := [6]int{2, 3, 5, 7, 11, 13}
    for i := 0; i < len(primes); i++ {
    fmt.Println(primes[i])
}
```

Arrays (2)

Een array is een data-type en niet zoals in C een pointer. Als je een array meegeeft aan een functie, of als waarde toekent dan maakt Go een kopie van de array.

```
func aanpassen(primes [6]int) {
    primes[0] = 42
}

func main() {
    primes := [6]int{2, 3, 5, 7, 11, 13}
    fmt.Println(primes)
    aanpassen(primes)
    fmt.Println(primes)
}
```

```
[2 3 5 7 11 13]
[2 3 5 7 11 13]
```

Slices

Omdat arrays niet zo heel flexibel zijn, kent Go ook slices. Een slice heeft geen vaste grootte maar representeert een (gedeelte van) een onderliggend array. Een slice heeft een lengte en een (maximale) capaciteit. De capaciteit is afhankelijk van de grootte van de achterliggende array.

```
func aanpassen(primes []int) {
    primes[0] = 42
}

func main() {
    primes := [6]int{2, 3, 5, 7, 11, 13}
    slice := primes[3:]
    fmt.Println(primes)
    aanpassen(slice)
    fmt.Println(primes)
}
```

```
[2 3 5 7 11 13]
[2 3 5 42 11 13]
```

Slices (2)

```
func main() {
    s := []int{2, 3, 5, 7, 11, 13}
    printSlice(s)
    // Slice the slice to give it zero length.
    s = s[:0]
    printSlice(s)
    // Extend its length.
    s = s[:4]
    printSlice(s)
    // Drop its first two values.
    s = s[2:]
    printSlice(s)
}
func printSlice(s []int) {
    fmt.Printf("len=%d cap=%d %v\n", len(s), cap(s), s)
}
```

Slices (3)

Tevens zijn er nog 3 ingebouwde functies voor slices:

- `make([]T, length, capacity)`
- `append(s []T, vs ...T) []T`
  - Omdat append de onderliggende array kan her-alloceren is het belangrijk het resultaat op te slaan
- `copy(dst, src []T) int`

```
var s []int
s = make([]int, 3, 6) /* A slice of length 3 backed by an anonymous array of
                         length 6 (the capacity of the slice). */
t := make([]int, 2)   // Shorthand, leaving out the capacity
t = append(t, 42, 54) // Automatic reallocation to a new array
copy(s, t)            // copy returns 3; s becomes {0, 0, 42}
u := append(s, 91)    // The same array as for 's', but a different length
s = s[len(s):cap(u)]  // s becomes {91, 0, 0}
```

Lees hier meer over slices: https://blog.golang.org/go-slices-usage-and-internals

For-loop over slices met range

Met behulp van `range` kun je over een slice heen loopen, je krijgt dan iedere iteratie twee waarden terug: de index en een kopie van het desbetreffende element uit de slice.

```
var pow = []int{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}

func main() {
    for i, v := range pow {
        fmt.Printf("2**%d = %d\n", i, v)
    }
}
```

```
2**0 = 1
2**1 = 2
2**2 = 4
2**3 = 8
..
```

Inhoud

Structs

Vergelijkbaar met in C kun je een struct definiëren:

```
type Position struct {
    Row, Col int
}

func main() {
    pos1 := Position{3, 4}
    pos2 := Position{}
    pos3 := Position{Col: 4}
    pos1.Col++
    fmt.Println("Row:",pos1.Row, "Column:", pos1.Col)
    fmt.Println("Row:",pos2.Row, "Column:", pos2.Col)
    fmt.Println("Row:",pos3.Row, "Column:", pos3.Col)
}
```

```
Row: 3 Column: 5
Row: 0 Column: 0
Row: 0 Column: 4
```

Structs (2)

En je kunt vervolgens ook functies definiëren die je kunt aanroepen op een instantie van zo'n struct, ofwel een methode:

```
type Position struct {
    Row, Col int
}

func (pos Position) Print() {
    fmt.Println("Row:", pos.Row,"Column:", pos.Col)
}

func main() {
    pos := Position{3, 4}
    pos.Print()
}
```

```
Row: 3 Column: 4
```

Type aliases

En dit kan ook voor zelf gedefinieerde types:

```
type MyFloat float64

func (f MyFloat) Abs() float64 {
    if f < 0 {
        return float64(-f)
    }
    return float64(f)
}

func main() {
    f := MyFloat(-math.Sqrt2)
    fmt.Println(f.Abs())
}
```

Functies als typen (1)

Zoals je een functie-definitie schrijft, kun je dit ook gebruiken als type voor een parameter voor een andere functie:

```
func compute(powerrr func(float64, float64) float64, x, y float64) {
   fmt.Println(powerrr(x, y))
}

func main() {
    fmt.Println(math.Pow(2, 3))
    compute(math.Pow, 2, 3)
}
```

```
8
8
```

Functies als typen (2)

```
func funky(slice []int) func(int) int {
        closure := func(i int) int {
                return slice[i] // Access to a variable from the encompassing scope
        }
        return closure // Returning a function is not what makes it a closure
}

func main() {
        f := funky([]int{91, 42, 54})
        g := funky([]int{91, 43, 93})
        for i := 0; i < 3; i++ {
                fmt.Println(f(i) == g(i))
        }
}
```

```
true
false
false
```

Inhoud

Go-routines

```
func say(s string) {
    for i := 0; i < 5; i++ {
        time.Sleep(100 * time.Millisecond)
        fmt.Println(s)
    }
}

func main() {
    go say("world")
    say("hello")
}
```

Wat verwacht je dat hier uit komt?

Shared memory en data races

```
var x int = 2

func double() {
        y := x
        // 'x' and 'y' are equal, right?
        x += y
}

func main() {
        go double()
        go double()
        time.Sleep(time.Second) // Never wait for your goroutines like this
        fmt.Println(x)
}
```

Channels

Om te communiceren tussen goroutines kun je gebruik maken van **channels**:

```
var v int
var c chan int      // Channels can be defined for every type, even channels
c = make(chan int) // Channels are created using make
c <- v             // Send 'v' to the channel
v = <-c            // Receive from the channel and store in 'v'
```

Channels (2)

```
func count(c chan int) {
        n := 0
        for { // An infinite loop
                c <- n
                n++
        }
}

func main() {
        var c chan int
        c = make(chan int)
        go count(c) // Mind the goroutine: count does not return
        fmt.Println(<-c, <-c, <-c)
}
```

```
0 1 2
```

Channels (3)

Het schrijven naar, en lezen van een channel is **blocking**.

```
c := make(chan int)
c <- 6
fmt.Println(<-c) // Unreachable
```

Tenzij je channel een buffer heeft, dan is het alleen blocking als het channel volzit:

```
c := make(chan int, 1)
c <- 6
fmt.Println(<-c)
```

Wachten op go-routines

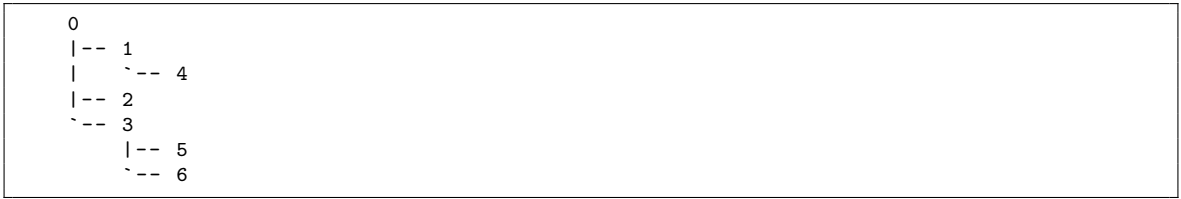
```
var done chan int = make(chan int)

func hello() {
        fmt.Println("Hello World!")
        done <- 1 // The 1 carries no meaning
}

func main() {
        // Spawn two goroutines
        go hello()
        go hello()
        // Wait for them to finish
        <-done
        <-done
}
```

Inhoud

Bomen representeren met een 2d-array




```
tree := [][]int{{1, 2, 3},  // the children of node 0
                {4},        // the children of node 1
                {},         // etc.
                {5, 6},
                {}, {}, {}}
```

Doorzoeken van de boom met go-routines

```
var leaves func(int)
queue := make(chan int)

leaves = func(node int) {
    if len(tree[node]) == 0 {
        fmt.Println(node, "is a leaf")
    } else {
        for _, child := range tree[node] {
            go leaves(child)
        }
    }
    queue <- node
}

go leaves(0)
for i := 0; i < len(tree); i++ {
    fmt.Println("Processed node", <-queue)
}
```

Doorzoeken van de boom met go-routines (2)

```
leaves = func(node int) {
        if len(tree[node]) == 0 {
                fmt.Println(node, "is a leaf")
        } else {
                for _, child := range(tree[node]) {
                        go leaves(child)
                }
        }
        queue <- node
}
```

```
Processed node 0
Processed node 1
2 is a leaf
Processed node 2
Processed node 3
4 is a leaf
Processed node 4
5 is a leaf
Processed node 5
6 is a leaf
Processed node 6
```

Inhoud

Getal raden

- Gedistribueerd raden van een getal onder de 100
- Routines raden een willekeurig aantal getallen
- Voor elke foute poging wordt een nieuwe raad-routine opgestart
- Na een correcte poging, worden geen raad-routines meer opgestart

Hoe wachten we tot alle routines zijn afgelopen?

Radende functie

```
import "math/rand"

var c chan int = make(chan int, 100)
var done chan int = make(chan int)

func guess() {
        for i := rand.Intn(3) + 1; i > 0; i-- { // At most 3 guesses
                c <- rand.Intn(100)
        }
        done <- 1
}
```

```
rand.Seed(time.Now().UTC().UnixNano())
var runningCount int
secret := rand.Intn(100)
guessed := false
runningCount += 1
go guess()
for runningCount != 0 {
    select { // Execute a case that is ready, pick a random one if multiple are
      case g := <-c:
        if guessed == false { // Ignore all guesses after a correct guess
          if g == secret {
              guessed = true
          } else {
              runningCount++
              go guess()
          }
        }
      case <-done:
          runningCount--
    }
}
fmt.Println("Guessed: ", guessed)
```

Het werkt niet!

Waarom?

- De Guess-channel had een buffer
- De Done-channel werd geleegd
  - Er bleven geen guess-routines meer draaien
  - In de buffer van het guess-channel zaten nog steeds getallen

Oplossing: raad-routines in leven houden totdat er nieuwe zijn gemaakt.

Lees meer hier: `https://blog.golang.org/pipelines`

Poging 2

```
import "math/rand"

type Guess struct {
        Value int
        Ack chan int
}

var c chan Guess = make(chan Guess, 100)
var done chan int = make(chan int)

func guess() {
        ack := make(chan int)
        for i := rand.Intn(3) + 1; i > 0; i-- { // At most 3 guesses
                c <- Guess{rand.Intn(100), ack}
                <-ack // Wait until the guess is processed
        }
        done <- 1
}
```

```
var runningCount int
secret := rand.Intn(100)
guessed := false

runningCount += 1
go guess()
for runningCount != 0 {
        select { // Execute a case that is ready, pick a random one if multiple are
                case g := <-c:
                        if guessed == false { // Ignore all guesses after a correct guess
                                if g.Value == secret {
                                        guessed = true
                                } else {
                                        runningCount++
                                        go guess()
                                }
                        }
                        g.Ack <- 1
                case <-done:
                        runningCount--
        }
}
```

Inhoud

Doolhof als zoekboom

sync.Once: eenmalige initialisatie

```
import "sync" // https://golang.org/pkg/sync/
import "fmt"
var s []int
var initialise sync.Once

func fill() {
        fmt.Println("Initialising!")
        s = []int{91, 42, 54}
}

func getIndex(x int, result chan int) {
        initialise.Do(fill) // fill is only executed at the first getIndex invocation
        for i, v := range s {
                if x == v {
                        result <- i
                        return
                }
        }
        result <- -1 // Not found
}
```

Volgende week, laatste week :-(

C++!