函数式的设计模式

aaaron7

我是 sei？

- 王文槿，ID：aaaron7；
- SwiftGG 翻译组CTO (Chief Talking Officer)，承担主要的灌水工作；
- 目前供职于 UCWeb 浏览器研发组；
- 酷爱 Swift，尤其是 Functional part。曾写作《Swift 脑洞系列-轻松无痛实现异步操作》、《Swift 脑洞系列-并行异步运算与100行的 ·PromiseKit·》

大纲

- 1. 为什么要聊 FP
- 2. FP 的设计模式：OO 视角
- 3.真·FP 风格的设计模式

为什么要聊 FP

I ❤️ Objective-C

但是……

用 OO 来写软件

shooting bird with a missile

刚才不够 OO

shooting id<IFlyableAnimal> with an AbstractMissileProxyFactory

解放生产力的根源 — 抽象

抽象的层次

FP 时代

程序员思考如何描述问题

OO 时代

程序员开始思考如何把问题抽象成对象和关系

GC/ARC 时代

程序员专注思考实现逻辑的步骤

C 时代

程序员需要思考如何管理内存

汇编时代

程序员需要思考如何利用有限的寄存器

FP 的设计模式

OO 视角

“FP 世界中，传统 OO 的模式还好使吗？”

OO 的设计模式	FP 中的实现
Factory	Functions(Curry/HOF)
Adapter,Decorator	Functions
Iterator Pattern	Functions(HOF)
Strategy	Functions(HOF)
Facade	Functions
Command	Functions

感觉有点不太对？

- 看上去，OO 的大多数设计模式，都能在 FP 中实现；
- 但 FP 是否应该照搬 OO 的模式来进行设计呢？

设计模式源于设计原则

OO 的 S.O.L.I.D 设计原则：

- S - Single-responsiblity principle
- O - Open-closed principle
- L - Liskov substitution principle
- I - Interface segregation principle
- D - Dependency Inversion Principle

设计模式源于设计原则

FP 的设计原则：

- 引用透明，无副作用
  （referential transparent）

- 保持不可变性
  （immutability）

- 函数之间使用显式组合
  （Explicit Composition）

- 使用静态类型来问题建模以及文档
  （Use static type modelling problem and documentation）

虽然不知道你在说啥

但感觉两边差得还挺大

真·FP 风格的设计模式

FP Design Pattern

- 使用函数的正确姿势
  - Functions for decoupling

- 异常处理/异步
  - Monad

- GUI /事件驱动的开发
  - Functional Reactive Programming

- Embedded DSL/Interpreter 模式
  - Parser Combinator

Functions for decoupling

Functions for decoupling

```swift
func outputTree(root : Node<String>)
{
    print(root.value)

    if let left = root.left{
        outputTree(root: left)
    }

    if let right = root.right{
        outputTree(root: right)
    }
}
```

```swift
func outputTree(root : Node<String>)
{
    saveToDB(root.value)

    if let left = root.left{
        outputTree(root: left)
    }

    if let right = root.right{
        outputTree(root: right)
    }
}
```

耦合到了 DB 模块

Functions for decoupling

```
func outputTreeEx(root : Node<String>, output : ((String) -> Void))
{
    output(root.value)

    if let left = root.left{
        outputTree(root: left)
    }

    if let right = root.right{
        outputTree(root: right)
    }
}
```

outputTreeEx 函数所在的模块没有必要知道 DB 的存在

Functions for decoupling

现在问题来了，实际上我们写 DB 的函数，类型为：

(DBConnection, String)->Void

```
func saveStringToDB(db : DBConnection, _ value : String)-> Void
{
    db.saveString(value: value)
}
```

类型不符，如何注入?

outputEx : (Node, (String->Void)) -> Void

Functions for decoupling

用闭包bridge 一下?

```
outputTreeEx(root: root) { (str) in
    saveStringToDB(db: db, str)
}
```

如果还有其他 handler function 需要 String->Void?

“让我来试试”，Swift 中最寂寞的英雄：Curry 起身。

```
func saveStringToDB(db : DBConnection)->(_ value:String) -> Void
{
    return { value in
        return db.saveString(value)
    }
}
```

(DBConnection,String)->Void ===> DBConnection -> String -> Void

Functions for decoupling

```
outputTreeEx(root: root, output: saveStringToDB(db: db))
```

成功注入，一颗赛艇

saveStringToDB: DBConnection -> String -> Void

saveStringToDB(db): String -> Void

saveStringToDB(db)("save me"): Void

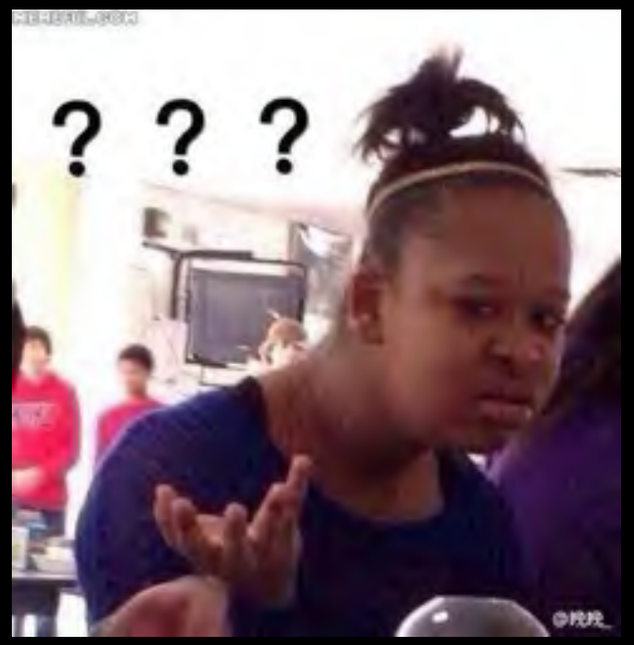
Functions for decoupling

- 对外部的依赖，尽量使用函数参数的形式注入。
- 通过合理使用 Currying 来解除函数的依赖。
- 不管是 OO 还是 FP，根据职责来分层都是必要的，所以才需要解决依赖的问题

使用 Monad 来异常处理

使用 Monad 实现异常处理

Monad?



从一个实际问题开始

```
func loadStringFromDB(db : DBConnection) -> String
```

如果失败了，该返回什么？

传统做法：

1. Win32时代，设全局 error code
2. OC 时代，传入 &error
3. Swift 时代，Optional Value

我们先暂时忘掉 Optional

enum as ADT

归根结底，我们需要一个类型来表示"可失败"的值，当成功时，该类型返回具体的值，失败时，该类型可以返回失败的标记

```
enum Maybe<a>
{
    case None
    case Some(a)
}

func loadStringFromDB(db : DBConnection) -> Maybe<String>

let result = loadStringFromDB(db: db)
if case .Some(let x) = result
{
    print("Oh yeah, I got \(x)")
}else{
    print("Shit, im failed")
}
```

问题似乎解决了，可是……

错误处理

```
func loadStringFromDB(db : DBConnection) -> Maybe<String>

func getUserByName(db : DBConnection)->(name:String) -> Maybe<User>

func getUserScores(db : DBConnection)->(user:User) -> Maybe<Float>
```

```
let result = loadStringFromDB(db: db)
if case .Some(let x) = result
{
    let user = getUserByName(db: db)(x)
    if case .Some(let y) = user
    {
        let score = getUserScores(db: db)(y)
        if case .Some(let z) = score
        {
            print ("Finally got here");
        }
    }
}
```

这代码安全吗？ 安全

看着蛋疼吗？相当蛋疼

错误处理

把刚才流程符号化：

```
()->Maybe<String> ==>
 String->Maybe<User> ==>
       User->Maybe<Float>
```

能不能我们写代码也像这样按顺序写下来就好了，别整那么多 if。然后错误自动被处理呢?

那 `==>` 的类型是什么呢?

第一个 ==> :

(Maybe<String> , (String -> Maybe<User>))-> Maybe<User>

第二个 ==> :

(Maybe< User> , (User -> Maybe<Float>))-> Maybe<Float>

(Maybe<a>, a->Maybe<b>) -> Maybe<b>

神奇的==>

```
func bind<a,b>(left : Maybe<a>, f : ((a)->Maybe<b>)) -> Maybe<b>
{
    if case .Some(let x) = left
    {
        return f(x)
    }
    else
    {
        return .None
    }
}


let r1 = loadStringFromDB(db: db)
let r2 = bind(left: r1, f: getUserByName(db: db))
let r3 = bind(left: r2, f: getUserScores(db: db))
```

不知道你们发现没，curry又乱入了……

顺序书写成就达成

```
let r1 = loadStringFromDB(db: db)
let r2 = bind(left: r1, f: getUserByName(db: db))
let r3 = bind(left: r2, f: getUserScores(db: db))
```

- 1. getUserByName/getUserScores，都不关心自己的参数是否合法，因为 bind 保证了只有参数合法才会调用；

- 2. 中间任何环节出错，程序照常运行，r3也会如期为.None；

- 3. 本质：我们把一个不确定的值"塞"到了一个只接受确定值的函数中；

- 4. 优点：我们书写确定、简单的函数（bug free），通过 bind 机制来用这些函数去处理真实环境中不确定的值（安全）

Maybe 和 Optional

故事讲到这里，大家应该都明白了。

Maybe 就是 Optional
而 bind 就是 flatMap

Maybe<a>, Maybe<b>

a/b 为泛型变量，代表某一个具体的类型。比如 Int， 或 String。
Maybe 代表一个“上下文”。其他常见的上下文还有 Array<a>。
同样的 a，在不同的上下文中有不同的语义。

如果上下文也用变量来表示呢?

Monad

- 给定一个上下文 M，如果我们能为其定义两个方法：
- pure : a -> M<a>
- bind: (M<a>, a -> M<b>) -> M<b>
- 则这个上下文 M 就是一个 Monad

在 Swift 中，M 的落地可以是 struct/class/enum/function
也就是任意支持泛型参数的结构

我们的 Maybe 是 Monad 吗？

```
func pure<a>(x : a) -> Maybe<a>
{
    return Maybe.Some(x)
}

func bind<a,b>(left : Maybe<a>, f : ((a)->Maybe<b>)) -> Maybe<b>
{
    if case .Some(let x) = left
    {
        return f(x)
    }
    else
    {
        return .None
    }
}
```

- bind 在刚才我们改造包含异常的顺序结构代码时起到了关键的作用；
- bind 同样是 Monad 的核心组成部分；
- 莫非……这一切都是 Monad 的功劳？

Monad 的作用

- 从之前的 Monad Laws 可以得知，构造一个 Monad 其实很容易；
- 关键是要构造有用的 Monad，bind 提供了 monad 的核心语义；
- 从结构上看，Monad 一般是用来"串联"逻辑块的。

- 我们的程序本身就是顺序执行的，为何还需要 Monad 来串联?
- 现实世界中，程序在异常处理、异步调用、IO 操作等场景往往无法用顺序结构的代码来表达；
- Monad 提供一个更高层次的抽象，对"同构"场景进行封装。实现顺序结构来"表达"真实的问题；
- Monad 组合简单函数解决问题，通过形式约束了代码出 BUG 的概率；

GUI/事件驱动的开发

— FRP

Why FRP

GUI の日常：

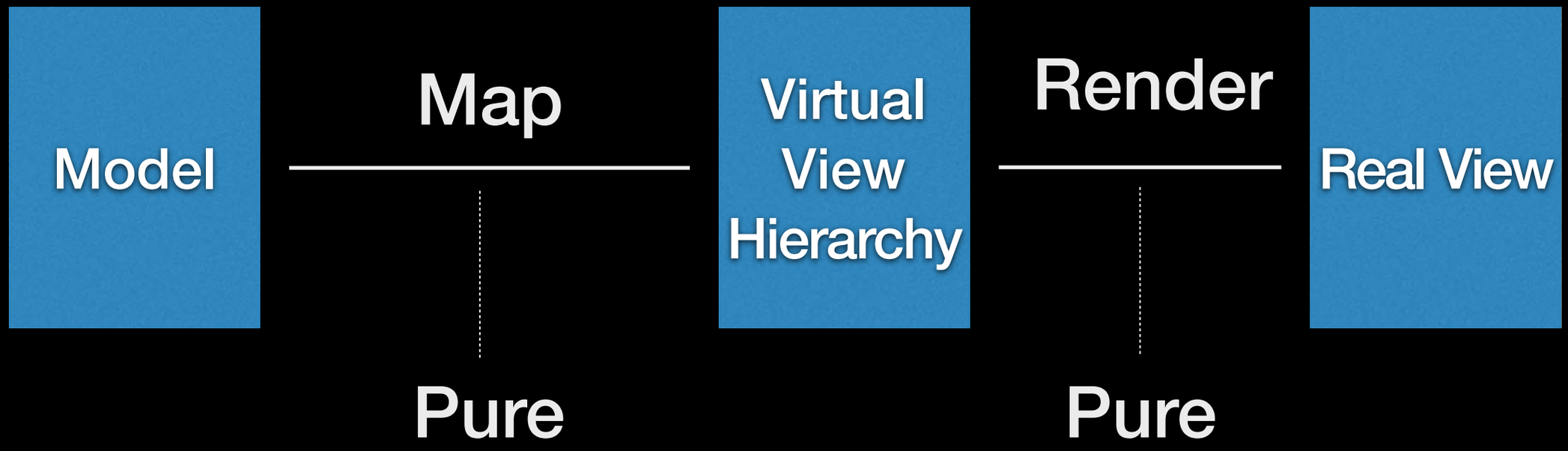
1. 点击按钮，刷新文字（状态）
2. 滑动屏幕，刷新视图的 offset（状态）
3. 输入文字，发送请求（状态）
4. 如果请求成功，刷新界面（状态）

FP 的特征：

1. 不可变性
2. 无状态
3. 引用透明

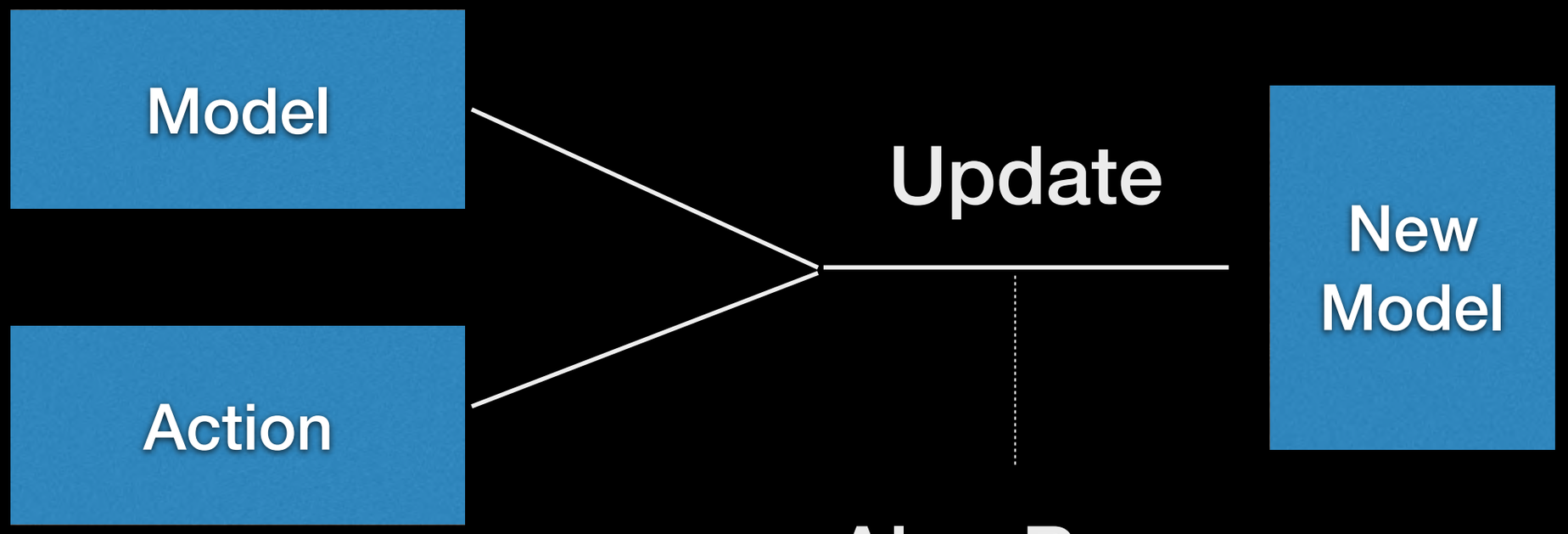
怎么办？

如果我们把状态都扔到一起

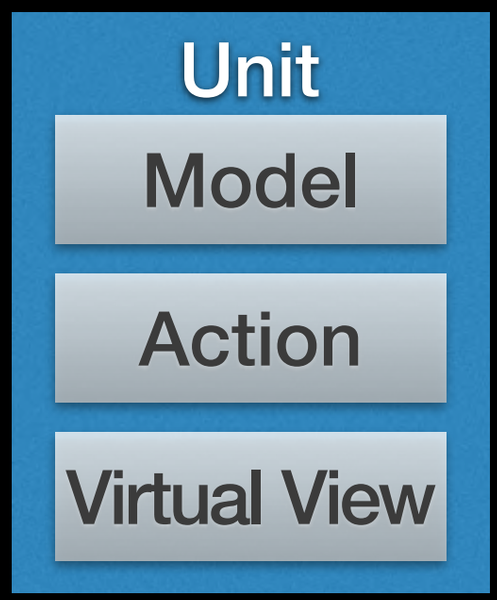



```
func Map(m : Model)->VirtualView
{

}

func Render(v : VirtualView) -> UIView
{

}
```

状态的更新




```
func Update(m : Model, a : Action) -> Model
{

}
```



看着不错，但好使吗？

来了一个小需求：“用鼠标拖动 ImageView”

- 假设 ImageView 已经由我们之前的模型实现，作为一个 Unit
- 每次拖动，都需要：
- 用 Mouse Move 的 Action，Update 一次 Model（生成新的 Model）
- 用新的 Model 生成新的 Virtual View Hierarchy（不能刷新，因为VVH 无状态）
- 用新的 Virtual View Hierarchy，生成新的 UIView hierarchy.
- 本质：暴力干掉 state 之后，没办法清晰的描述逻辑的依赖关系。（如：当鼠标选中时，View 的位置等于鼠标移动的位置）

想来想去，**State** 和 **Immutability** 都想要

怎么破?

Stream!

Stream: way to modelling changes

可变的 x:


```
x = 3;
x = 4;
x = 5;
```

x 不可变，但每次对其赋值，
Stream<x> 都会产生一个新的 x

Stream<x>

这货不是数组，可以用 Generator 来理解

用 Stream 来建模 GUI 中的State

```
class Stream<a>{
    var closures : [(a)->Void] = []

    func subscribleNext(f : @escaping (_ value : a)->Void){
        closures.append(f)
    }

    func setVal(newValue : a)
    {
        for f in closures{
            f(newValue)
        }
    }
}
```

用一段最简单的 Observer 模式来实现 Stream

```
let mousePos : Stream<Float> = Stream()

mousePos.subscribleNext { (newPos) in
    print(newPos)
}

mousePos.setVal(newValue: 1.0)
mousePos.setVal(newValue: 2.0)
```

Stream 类中没有任何的状态，Stream 对象本身也是 Immutable 的。
但这并不妨碍我们拿到该对象不同时刻的值。

Stream = Lazy List != List

用 Stream 来解决鼠标移动问题

```
struct Model{
    var pos : Stream<Float>
}

struct VirtualView{
    var pos : Stream<Float>
}

enum Action{
    case MouseMove(Float)
}
```

```
func Map(m : Model)->VirtualView{
    return VirtualView(pos : m.pos)
}

func Update(m : Model, a : Action)
                            -> Model{
    switch a {
    case .MouseMove(let newPos):
        m.pos.setVal(newValue: newPos)
        break
    }
    return m
}
```

```
func Render(v : VirtualView) -> UIView{
    let view = UIView()

    v.pos.subscribleNext { (pos) in
        view.frame = CGRect(x: 0, y: Int(pos), width:
100, height: 100)
        print ("move view to \(pos)")
    }

    return view;
}
```

```
let m = Model(pos: Stream())
let vv = Map(m: m)
let view = Render(v: vv)

Update(m: m, a: .MouseMove(130))
```

无论鼠标怎么移动，Model,VirtualView 和 View 都不用重新创建，View 位置的更新直接通过 stream 注入。

当然，整个过程依然是 Pure 的。

Stream 的大家族

Signal(Elm，ReactiveCocoa)

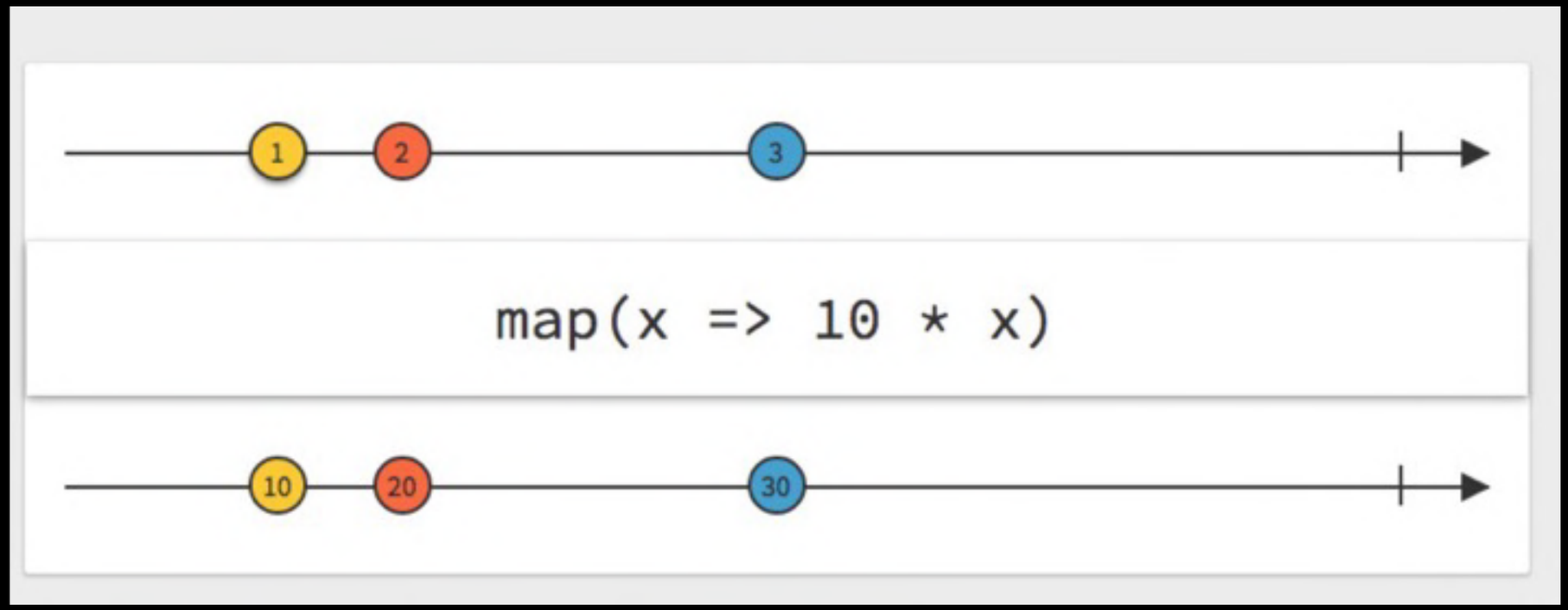
SequenceType(Native Swift)

Observable(Rx*)

Promise(PromiseKit)

Stream(we defined before)

Stream 的哲学：Composable Transformation



- 使用 Stream 来建模 State 的另一大优势是，Stream 具备 List 一样的结构（逻辑上）。
- 这样我们就可以对其进行 Map/Filter/Combine 等操作。最终使得通过描述 Stream 的变换就能实现很多程序的逻辑。
- Stream 的这个特性是声明式编程的核心（Declarative），Declarative 使得我们可以通过"描述问题"来"解决问题"。代码紧凑，逻辑清晰。

Stream 变换的栗子

```
class Stream<a>{
    …

    func map<b>(f : @escaping (a) -> b) -> Stream<b>
    {
        let newStream = Stream<b>()

        self.subscribleNext { (x) in
            newStream.setVal(newValue: f(x))
        }

        return newStream
    }
}

let mousePos : Stream<Float> = Stream()
let mousePosReporter : Stream<String> = mousePos.map { (pos) -> String in
    return "current pos is \(pos)"
}

mousePosReporter.subscribleNext { (str) in
    print(str)
}

mousePos.setVal(newValue: 1.0)
mousePos.setVal(newValue: 2.0)
```

通过 mousePos stream 生成一个新的 stream: mousePosReporter

回到最初，什么是 FRP?

Functional Part:

High Order Function, Controlled Side Effects

+

React Part:

Composable Stream

=

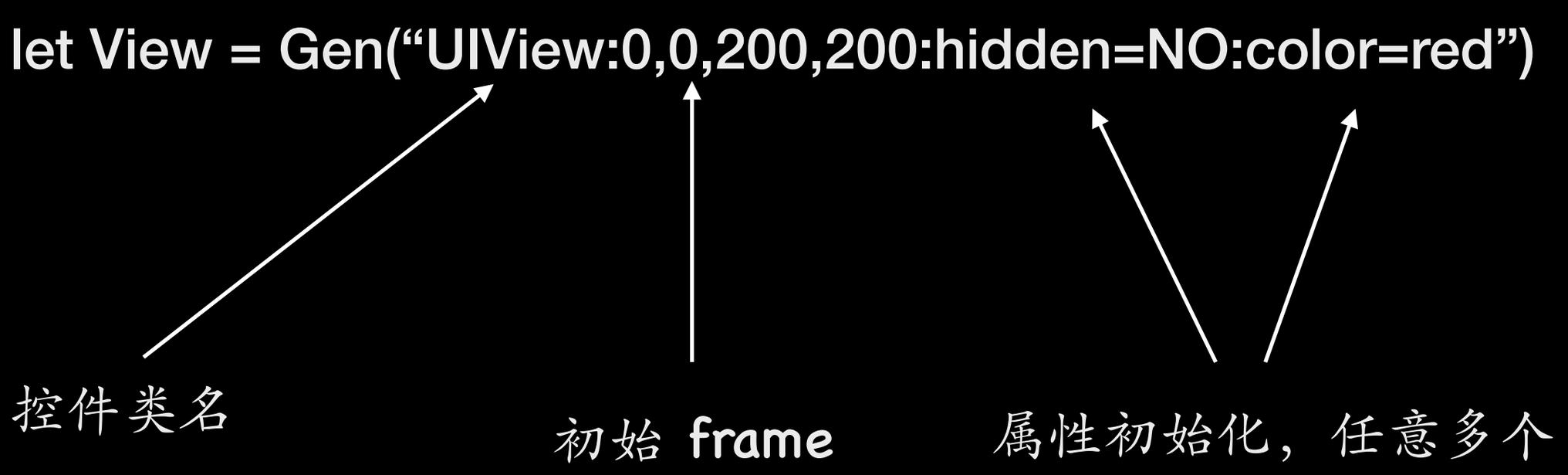
Functional Reactive Programming

DSL/Interpreter

在 OO 世界里被无视得最彻底的模式

使用Parser-Combinator快速构建 DSL Parser

DSL, 领域特定语言，专门为处理某个细分领域而生。比如为了加速我们写代码时创建 UI的速度，我们可以创造一门对应的 DSL，如下：

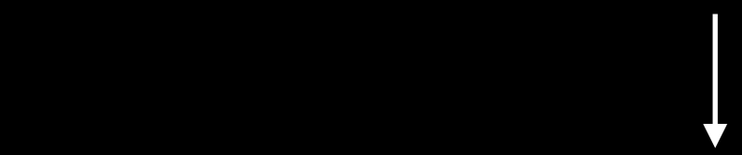


建立抽象语法树

```
indirect enum ViewAst
{
    case ViewType(String)
    case Frame(Int,Int,Int,Int)
    case PropertyAssign(String,String)
    case Connector(ViewAst,ViewAst)
}
```

因为属性赋值部分可以有任意多个，所以我们定义了一个 Connector 类型来串起整棵树

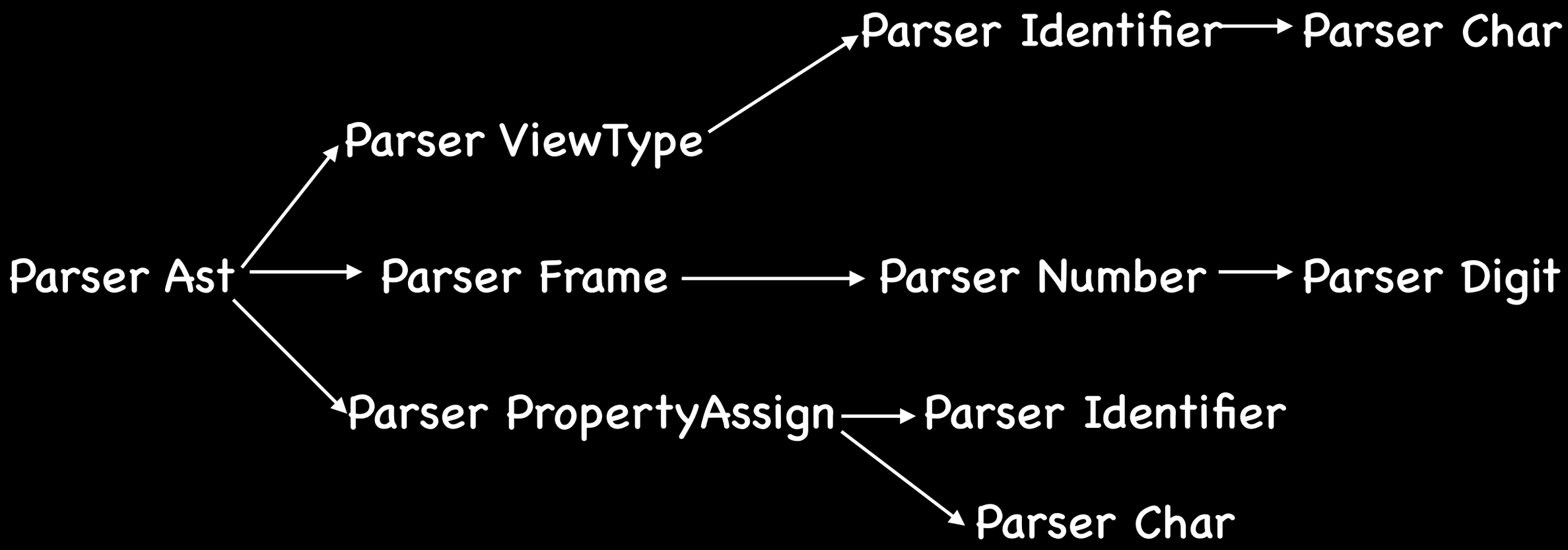
“UIView:0,0,200,200:hidden=NO:color=red”



```
ViewAst.Connector(ViewAst.ViewType("UIView"),
  ViewAst.Connector(ViewAst.Frame(0, 0, 200, 200),
    ViewAst.Connector(ViewAst.PropertyAssign("hidden", "NO"),
      ViewAst.PropertyAssign("color", "red"))))
```

Parser 的架构

假设 Parser 是可组合的……我们就能够分而治之的解决这个问题



看上去是可组合的，如果是可组合的，那这些 Parser 应该都是同构的

定义 Parser 的架构

```
struct Parser<a>{
    let p : (String) -> [(a,String)]
}
```

- 不难看出，Parser 本质是一个 String->a 的函数；
- a 是泛型变量，代表解析的产物，可以是 char,number,string 或者是我们的 AST；
- Parser 是一个渐进的过程，所以更加准确的定义是 String->(a, String) 后面的 String 代表还没有被处理的字符串；
- 因为 Parser 可能会失败，也可能会返回多种结果，所以我们把 tuple 用数组括起来；失败则返回[], 成功则返回[(a, String)];
- 用结构体包一层仅仅是为了方便书写；

Parser 如何组合？

不论解析的结果是什么，所有 Parser 都是同构的：Parser<a>

同构的结构组合?

Monad!

定义 Monad Laws的两个方法

```
func pure<a>( _ item : a) -> Parser<a>{
    return Parser { cs in [(item,cs)] }
}

func >>= <a,b>(p : Parser<a>, f : @escaping (a)->Parser<b>) -> Parser<b>{
    return Parser { cs in
        let p1 = parse(p, input: cs)
        guard p1.count>0 else{
            return []
        }
        let p = p1[0]

        let p2 = parse(f(p.0), input: p.1)
        guard p2.count > 0 else{
            return []
        }

        return p2
    }
}
```

- bind 在这里换成了中置运算符 >>=，仅是为了方便书写
- bind 的本质：利用现有的 Parser(Parser<a>)，构造新的 Parser(Parser<b>)，并且后者可以利用前者的结果。
- 比如：
  parserViewType = parserIdentifier >>= {x in pure(.ViewType(x))}

Building Block

```
func satisfy(_ condition : @escaping (Character) -> Bool) -> Parser<Character>

func digit() -> Parser<Int>

func number() -> Parser<Int>

func many<a>(_ p: Parser<a>) -> Parser<[a]>

func many1<a>(_ p : Parser<a>) -> Parser<[a]>
```

具体实现可以看我在 Github 上的 Demo

Composable parser

```
func identifier()->Parser<String>{
    return many1(satisfy(isNotSpecChar)) >>= { cs in
        pure(String(cs))
    }
}
func viewType()->Parser<ViewAst>{
    return identifier() >>= { str in
        pure(.ViewType(str))
    }
}
```

```
func numberItem()->Parser<Int>{
    return number() >>= { x in
        many(parserChar(",")) >>= { _ in
            pure(x)
        }
    }
}
```

核心：通过 bind(>>=) 基本款 Parser和以闭包形式提供的逻辑，生成新的 Parser

```
func frame()->Parser<ViewAst>{
    return colon() >>= { _ in
        many1(numberItem()) >>= { xs in
            pure(.Frame(xs[0],xs[1],xs[2],xs[3]))
        }
    }
}

func propertyAssign()->Parser<ViewAst>{
    return colon() >>= { _ in
        identifier() >>= { left in
            parserChar("=") >>= { _ in
                identifier() >>= { right in
                    pure(.PropertyAssign(left,right))
                }
            }
        }
    }
}
```

消除左递归

```
func viewDef()->Parser<ViewAst>{
    return viewType() +++ frame() +++ propertyAssign()
}

func viewDefFull()->Parser<ViewAst>{
    return connector() +++ viewDef()
}

func connector()->Parser<ViewAst>{
    return viewDef() >>= { left in
        viewDefFull() >>= { right in
            pure(.Connector(left, right))
        }
    }
}

let r = parse(viewDefFull(), input: "UIView:0,0,200,200:hidden=NO:color=red")

print (r)
```

最后输出：

```
[(ViewAst.Connector(ViewAst.ViewType("UIView"),
ViewAst.Connector(ViewAst.Frame(0, 0, 200, 200),
ViewAst.Connector(ViewAst.PropertyAssign("hidden", "NO"),
ViewAst.PropertyAssign("color", "red")))), "")]
```

总结

- 正确的使用高阶函数，来实现解耦；
- 通过 Monad 封装异常处理，实现清晰的顺序式代码结构；
- 通过 FRP 来实现 GUI 编程；
- 通过 Parser Combinator 快速开发 DSL；

“谢谢.”