

SwiftUI-III: Knihovna Combine

Programování zařízení Apple (IZA)

Martin Hrubý, FIT VUT, 2021/22

Úvod

Oprášíme historické koncepty a oblékneme je do moderního kabátku.

- Key-Value Observing (KVO) - třída NSObject v Objective-C.
- Notifikační centrum.
- Grand Central Dispatch.
- Future-Promise.

... a budeme tomu říkat *reaktivní programování*.

Key-Value Observing

Objective-C:

```
@interface MojeTrida: NSObject {  
    // uložená property  
    @property NSString *jmeno;  
}
```

Swift:

```
class MojeTrida {  
    //  
    var jmeno: String = "..."  
}
```

Key-Value Observing

Objective-C:

```
@implementation MojeTrida {  
    // bude to uložená property v datech  
    // opak je @dynamic (CoreData)  
    @synthesize jmeno;  
  
    -(void) setJmeno: (NSString *) jmeno {  
        [self willChangeValueForKey: "jmeno"]  
        _jmeno = jmeno  
        // tedy NSObject rozesílá zprávu o změně hodnoty  
        [self didChangeValueForKey: "jmeno"]  
    }  
}
```

Registrovaní observers obdrží sync zprávu o změně `jmeno` .

KVO, Observers (zjednodušeně)

```
let ref = MojeTrida()
// ...

ref.addObserver(self, forKey: "jmeno", ...)

// ... zprava dle protokolu NSKeyValueObserver
func udalostNaZmenu(from: Any, key: String, args: ...) {
    //
}
```

- Registrace observingu. (Odhlášení na `deinit`)
- Sync zpráva při změně hodnoty na property `jmeno` .
- Funkční koncept. Možná poněkud pracný.
- Napojení GUI (Cocoa).

Notifikační centrum (abstraktně)

- Singleton v aplikaci.
- Komunikační kanály.
- Přihlášení odběru kanálu (observing).
- Poslání zprávy do kanálu (událost + nějaký argument).
- Synchronní rozeslání zprávy odběratelům.

V knihovnách UIKit/AppKit/SwiftUI/Combine pro systémové zprávy bez znalosti o jejich odběratelích.

- Delegátství - pro přímou komunikaci na delegáta.
- NotificationCenter - zprávy pro nejasné delegáty.

Šíření zprávy o změně Modelu app.

Ted' však máme Swift/SwiftUI a Combine.

- Deklarativní programování UI.
- Implicitní propojení mezi Model/ViewModel a View.

Magické propojky:

- `@State` - je **uložená property** struktury typu `View`.
- `@Binding` - je dvojice getter/setter. Víc nic.

`@State` - při změně hodnoty posílá systémovou zprávu "Komusi". Výsledek je přebudování kompletního View aplikace.

- ... víc bližší poznání o věci chybí ... :(

@propertyWrapper (opakování)

Property-wrapper je uložená datová struktura (jsou to vnitřní data), která:

- v sobě zapouzdřuje (wrapper) cílovou datovou proměnnou
- automatizuje poslání `didSet` zprávy Komusi
- automatizuje vytvoření `Binding<Value>` na sebe.

@propertyWrapper (opakování)

```
@propertyWrapper struct State<Value> {  
    //  
    var wrappedValue: Value {  
        //  
        didSet {  
            // zprava Komusi  
        }  
    }  
    // $hodnota  
    var projectedValue: Binding<Value> {  
        //  
        Binding<Value>(get: { wrappedValue },  
                       set: { wrappedValue = $0 })  
    }  
}
```

@propertyWrapper (opakování)

```
struct CisiMoje: View {  
    //  
    @State var jmeno: String = "ddd"  
    //  
    var body: some View {  
        // projectedValue  
        TextField("", text: $jmeno)  
    }  
}
```

Zavádí uloženou property:

```
// ...  
var _jmeno: State<String> = "ddd"
```

`jmeno` je virtualizace pro `_jmeno.wrappedValue`

@propertyWrapper (opakování)

```
struct CosiMoje: View {  
    //  
    @State var jmeno: String = "ddd"  
  
    // případná konstrukce hodnoty...  
    init(withJmeno: String) {  
        //  
        _jmeno = State(initialValue: withJmeno)  
    }  
}
```

@Binding

Je property wrapper nad zadanou dvojicí getter/setter.

```
@propertyWrapper struct Binding<Value> {  
    // uložené closures pro getter/setter  
    let get: () -> (Value)  
    let set: (Value) -> ()  
    //  
    var wrappedValue: Value {  
        //  
        get { get() }  
        set { set(newValue) }  
    }  
    //  
    init(get: ..., set: ...) {}  
}
```

@State a @Binding -> a dále ...

Jsou "magické propojky" z knihovny SwiftUI.

- Tvoří ViewModel aplikace.
- Na ně navazují `@ObservedObject` a `@StateObject`

Ovšem, jejich činnost je založena na širším konceptu:

- **Publisher-Subscriber.**

`@ObservedObject` a `@StateObject` jsou Subscriber nějakého Publisher, o kterém si dneska povíme.

ObservableObject (protokol)

```
// protokol je typu AnyObject (!)
class MujModel: ObservableObject {
    //
    @Published var jmeno: String = "ddd"
}
```

- `@Published` je property wrapper,
- zapouzdrující objekt `Publisher<Output, Never>`
- (on je to vlastně Subject, ale to si povíme za chvíli)

A `Publisher<Output, Never>` je komponenta, která má Subscribery (tok událostí).

NSObject: KVO versus Publisher

- KVO: rozesílání zpráv o změnách sledované property
- Publisher: toto poskytuje taky, ovšem jsou tam větší rozdíly.

Rozdíly:

- Systém Publisher (Combine) je šablonový a striktně typovaný.
- Publisher se budou řetězit.

@Published schematicky

```
@propertyWrapper Published<Output> struct {  
    // Subject, CurrentValue  
    let publisher: Publisher<Output, Never>  
  
    //  
    var wrappedValue: Output {  
        //  
        didSet {  
            // rozesílá se nová hodnota (= událost)  
            publisher.send(newValue)  
        }  
    }  
}
```

Rozesílanou událostí je nová-čerstvá hodnota.

- KVO - rozesílá se zpráva o změně.

Publisher<Output,Failure> schematicky

Je to rozesílač událostí svým Subscribers (observers):

- událost = hodnota typu `Output`
- Systém chyb - `Failure: Error`.
- Registrace odběratele.
- Přijímání zpráv.

Subscription je dynamická (`AnyCancellable`).

- Stream hodnot.
- Ukončen "EOF" nebo chybou.

ObservableObject

```
// protokol je typu AnyObject (!)
class MujModel: ObservableObject {
    //
    @Published var jmeno: String = "ddd"
}
```

- Obsahuje v sobě objekt `objectWillChange`, který je Publisher.
- `ObservableObject` je automaticky Subscriber všech svých `@Published` properties.

Tedy, instance třídy `MujModel` je prvním a implicitním odběratelem zpráv z published property `jmeno`.

ObservableObject

```
// protokol je typu AnyObject (!)
class MujModel: ObservableObject {
    //
    @Published var jmeno: String = "ddd"
}
```

Při události z `jmeno` :

- Publisher ve `jmeno` rozešle notifikaci.
- `MujModel` je mezi odběrateli.
 - generuje událost do `objectWillChange`
 - ... který má svoje observers

@ObservedObject a @StateObject

```
struct Obrazovka: View {  
    //  
    @ObservedObject model: MujModel  
  
    //  
    var body: some View {  
        //  
        Text(model.jmeno)  
    }  
}
```

- `@ObservedObject` je registrovaný observer `MujModel`, tj
- konkrétně `MujModel.objectWillChange`
- událost předá Komusi, stejně jako `@State`.

ProjectedValue na @Published

```
struct Obrazovka: View {  
    //  
    @ObservedObject model: MujModel  
}
```

`$model.jmeno` je Binding na hodnotu property `jmeno`

`model.$jmeno` je reference na Publisher z property `jmeno`

Pozn.: `$cosi.kdesi` jsou symbolická virtuální jména generovaná překladačem Swiftu.

- `$ stateVar` -> Binding
- `$ publishedVar` -> Publisher

.onReceive(blk: ...)

```
struct Obrazovka: View {
    // prosta reference, negeneruje subscription
    let model: MujModel
    @State var modelJmeno: String = ""

    //
    var body: View {
        //
        Text(modelJmeno)
        // subscription přímo na Publisher
        // ve "jmeno"
        .onReceive(model.$jmeno) {
            // v rámci zprávy obdržím...
            (val:String) in
            // akce
            modelJmeno = val
        }
    }
}
```

Sumarizace 1. části

Řekli jsme si o toku událostí o změnách modelu.

- $VM \rightarrow V (@State)$
- $M \rightarrow VM \rightarrow V (@Published, @ObservedObject, ...)$

Combine

Reaktivní programování = zřetězení async volání.

- Future-promise.
- Publisher - protokol.
- Subscriber - protokol.

Co je vlastně publisher.

Future-promise

- Klasický koncept asynchronního výpočtu.
- Synchronně obdržím "future".
- ... a může se asynchronně rozběhnout výpočet,
- ... na kterých, když se chci dotázat, tak se s ním synchronizuji.

Future je jako účtenka z automatu v McDonaldu, která spustí přípravu objednávky a nakonec je směněna za produkt :)

Future-promise symbolicky

Vyjádření návratové hodnoty `Value` nebo hodnoty chyby

`Failure`:

```
enum Result<Value,Failure>
```

Vytvořím future:

```
//  
func nastartuj() -> Future<String, Never> {  
    //  
    return Future<String, Never> {  
        // ... closure () -> (Res)  
        promise in  
        // ... vypocet a navratova hodnota  
        promise(.success("ahoj"))  
    }  
}
```

Future-promise symbolicky

Získávám "poukázku na budoucí hodnotu".

```
// synchronne získám future  
let f = nastartuj()
```

- potenciálně nastartuje výpočet na pozadí
- a když ji chci "poukázku vybrat", pak až teprve potom se na výpočet synchronizuji
- tj případně čekám na výsledek

Pozn.: Implementace v STD C++.

Future-promise demo

```
func dejmi() -> Future<String, Never> {  
    //  
    return Future<String, Never> {  
        // handle na cil,  
        // příslib hodnoty Result<String, Never>  
        promise in  
  
        // ve vedlejsim vlakne  
        DispatchQueue.global().async {  
            // předávám v Main Thread  
            DispatchQueue.main.async {  
                //  
                promise(.success("hello"))  
            }  
        }  
    }  
}
```

Async konvenčně

```
DispatchQueue.global().async {  
    // vypocet  
    ...  
  
    // predani hodnoty, pripadne:  
    // DispatchQueue.main.async {}  
    promise(hodnota)  
}
```

V čem je rozdíl?

- future je hodnota, kterou držím (je mi to k něčemu?)
- ... je to hodnota, na kterou se opakovaně můžu dotázat
- ... a vytváří standardní rozhraní (reaktivní)

Kdo ten Future-výpočet spouští?

Když se podíváme znova na tu konstrukci.

```
// synchronne ziskam future  
let f = nastartuj()
```

Kde je invokace toho výpočtu Future?

- protokoly Publisher a Subscriber
- celkový koncept reaktivního programování
- back-pressure

```
class MujModel: ObservableObject {  
    //  
    @Published var lejbl = "cosi"  
    // potřebuju někoho referencovat  
    var sinkNaFuture: AnyCancellable?  
    //  
    func udelej() {  
        // mám future  
        let f = dejmi()  
  
        // registruju observer na future  
        sinkNaFuture = f.sink { v in  
            //  
            self.lejbl = v  
        }  
    }  
}
```

Vlastnictví reference je na straně subscribera.

Future-Promise, smysl

FP je příklad **jednorázového výpočtu** async typu.

- Výpočet.
- Síťový/Databázový dotaz.

`sink` je druh Subscribera. Future je Publisher.

Tady je na místě zkoumat, co jsem touto konstrukcí naprogramoval efektivněji, než konvenčním způsobem :)

dejmi() konvenčně

```
func dejmi(callback: @escaping (String) -> Void) {  
    // ve vedlejsim vlakne  
    DispatchQueue.global().async {  
        // předávám v Main Thread  
        DispatchQueue.main.async {  
            //  
            callback("hello")  
        }  
    }  
}
```

Tohle umíme. Nastartuje výpočet, až dokončí, volá callback.
Co je lepšího na Future?

Přehled výpočtu hodnoty

Synchronně:

```
func dejmi() -> String { return "hello" }
```

Asynchronně konvenčně:

```
func dejmi(callback: @escaping (String)->Void)  
{ ... callback("hello") }
```

Asynchronně reaktivně:

```
// Future je druh Publishera  
func dejmi() -> Publisher<String, Never>  
{ ... }
```

Smysl?

Smysl je ve standardizaci rozhraní na ASYNC výpočty.

- Rozhraní je `Publisher<Output, Failure>` .
- ...resp `AnyPublisher<Output, Failure>` .
- Publisher je protokol s asociovanými typy.

Na publishera se totiž může napojit subscriber, který:

- ... čte události z publishera,
- události jsou hodnoty typu `Output` , případně chyby,
- události tvoří tok hodnot typu `Output` .

Upstream/Downstream.

Reaktivní programování schematicky

Je zřetězení asynchronních volání.

- `Publisher<Typ1> ->`
- má subscribera, který je zároveň `Publisher<Typ2>`

Tedy, je fakticky mapovací funkcí:

- `(Typ1) -> (Typ2)`

Vytváříme toky událostí:

- `P1 -> P2 -> ... -> Subscriber`
- ... případné "odbočky" kdekoli na cestě ...

Subscriber

Dva typy Subscriber implementované v Combine:

- Sink (kuchyňský dřez, odtok).
- Assign.

```
// ...  
@Published var jmeno: String
```

obsahuje `Publisher<String, Never>`.

```
$jmeno.sink { _jmeno in ... }
```

Je instance Subscribera. Datový typ `AnyCancellable` (protokol).

Subscriber: Sink

```
// associatedtype Output
extension Publisher {
    //
    func sink(receiveValue: @escaping ((Self.Output) -> Void))
        -> AnyCancellable
    {
        // vytvori instanci Sink
        // tu učiní subscriberem sebe (self)
        // a vrací referenci na Sink
    }
}
```

Zpráva `sink` poslaná Publisher vrací referenci na vytvořeného Sink. Vlastnictví reference.

Vytvoření Sink I.

```
class Model {  
    //  
    private var mujSink: AnyCancellable?  
  
    //  
    init() {  
        //  
        self.mujSink = nejakyPublisher.sink { v in  
            //  
        }  
    }  
}
```

Vytvoření Sink II.

```
class Model {  
    // chci mít více ... je to množina  
    private var allMySinks = Set<AnyCancellable>()  
  
    //  
    init() {  
        //  
        nejakyPublisher  
            .sink { v in  
                //  
            } // referenci na Sink posílám store...  
            .store(in: &allMySinks)  
    }  
}
```


Vytvoření Sink III.

Tok hodnot (stream) z Publisheru v sobě dále obsahuje:

- případnou chybu (Failure)
- systémové události (typicky EOF - konec toku)

```
$pub.sink {  
    // Enum: .finished, .failure(Failure)  
    Subscribers.Completion<Never> in  
    //  
    } receiveValue: { val in  
        //  
    }  
}
```

Assign Subscriber

```
class Model: ObservableObject {
    // chci mít více ... je to množina
    private var allMySinks = Set<AnyCancellable>()

    //
    @Published var hodnota: Cosi

    //
    init() {
        //
        nejakyPublisher
            // KeyPath<Root, Value>
            .assign(to: \Model.hodnota, root: self)
            .store(in: &allMySinks)
    }
}
```

Combine: svatá trojice :)

- Publisher
- Subscriber
- Subscription

Subscription referencuje Subscribera a Publishera.

Je implementátorem protokolu `AnyCancellable`.

```
subs.cancel()
```

Odpojí subscribera, případně i dealokuje Publishera.

Typy publisherů

`Publisher<Output, Failure>` je dán protokolem:

```
public protocol Publisher {  
    //  
    associatedtype Output  
    associatedtype Failure : Error  
  
    //  
    func receive<S>(subscriber: S)  
        where S : Subscriber,  
              Self.Failure == S.Failure,  
              Self.Output == S.Input  
}
```

Typy publisherů

- Publisher <Output, Failure>
- Subject <Output, Failure>

Subject je typ publishera, do kterého lze "poslat hodnotu".

Subject je roura (pipe) pro události.

Na druhé straně jsou subscribers.

Triviální Publisher:

- `Just<Output>(_ value: Output)` - publikuje konstantu.
- Dynamika sink. Co se odehraje po napojení subscribera.

Čerpání toku směrem OD subscribera.

Back-pressure

- Sice to vypadá, že události tečou "shora dolů".
- Ale je to naopak :)

V rámci protokolu Subscription:

- Publisher registruje subscription
- ... a oznámí Subscriberovi vytvořené Subscription
- ... ten v odpovědi ohlásí svou připravenost na tok událostí
- publisher to kapacitně vyplní ...

Více necht' si nastudují nadšenci (tvorba vlastních Publisher).

Implementování Subject

- `PassthroughSubject<Output, Failure>()` .
- `CurrentValueSubject<Output, Failure>(_ value: Output)`

Demo:

```
let Konsta = Just(5)
let CV = CurrentValueSubject<Int, Never>(3)

// obdrží Int(5), pak EOF
let a = Konsta.sink { v in print(v) }
//
let b = CV.sink { v in print(v) }
//
CV.send(1); CV.send(12345)
```

@Published revisited

PropertyWrapper `Published` tedy v sobě obsahuje `PassthroughSubject` .

`ObservableObject` tedy má `objectWillChange` typu `PassthroughSubject<Void, Never>` .

- on je to teda `ObservableObjectPublisher` .

Operátory

Jsou mapovací funkce `(Typ1) -> (Typ2)` :

- upstream: je `Publisher<Typ1>`
- downstream: je `Publisher<Typ2>`

```
// Publisher<Int>
let j = Just(10)

// Publisher<Int> -> Publisher<Int>
let k = j.map { v in v * 2 }

//
let ss = k.sink { print($0) }
```

Striktně typované! Šablonové peklo! :)

Operátory

- map, flatmap, filter, removeDuplicates
- decode
- řídicí - receive, debounce, ...
- statistické - min, max, collect, count

Slučování streamů

- Combine, Zip, merge

```
Publishers.Zip($hledej, $napoveda)
    .sink { a, b in
        //
    }
```

Aplikace: síťové dotazy

```
struct Post: Codable {  
    let id: Int  
    let title: String  
    let body: String  
    let userId: Int  
}  
  
//  
let url = URL(string: "...")! //  
  
// řetězení datových typů <Output, Failure>  
let reqp = URLSession.shared.dataTaskPublisher(for: url)  
    .map { $0.data }  
    .decode(type: [Post].self, decoder: JSONDecoder())  
    .replaceError(with: [])  
    // -> wrapper na AnyPublisher  
    .eraseToAnyPublisher()  
    .sink(receiveValue: { posts in  
        print(posts.count)  
    })
```

Aplikace: síťové dotazy

Univerzální funkce na zpracování GET dotazu.

```
func netLoader<T:Decodable>(Record: T.Type,  
                             url: URL) -> AnyPublisher<[T], Never>  
{  
    // Future<...>  
    URLSession.shared.dataTaskPublisher(for: url)  
        .map { $0.data }  
        .decode(type: [T].self, decoder: JSONDecoder())  
        .replaceError(with: [])  
        .eraseToAnyPublisher()  
}
```

Specialita:

```
.eraseToAnyPublisher() -> AnyPublisher<Output, Failure>
```

Model

```
class MujModel: ObservableObject {  
    //  
    @Published var posts: [Post] = []  
  
    //  
    private var _anyc: AnyCancellable?  
  
    //  
    init() {  
        // AnyPublisher<[], Never>  
        _anyc = netLoader(Record: Post.Self, url: ...)   
            .sink { v in self.posts = v }  
    }  
}
```

Znovupoužitelnost `netLoader` .

View

```
struct Obrazovka: View {  
    //  
    @StateObject var model = MujModel()  
  
    //  
    var body: some View {  
        //  
        List(model.posts) { p in  
            ///  
        }  
    }  
}
```

Trápí mě vlákna?

CoreData: Wrap<FRC>

```
class MujFetch: ObservableObject {
    //
    @Published var seznam: [Cosi] = []
    //
    let FRC: NSFetchedResultsController
    //
    func controllerDidChangeContent(_ controller: ...) {
        // vlastni filtrace, atd.
        seznam = FRC.fetchedObjects
    }
    //
    init() {
        //
        let p = NSFetchRequest<Cosi>(entityName: ...)
        // nastartuj fetch a stan se delegatem
        FRC = NSFetchedResultsController(fetchRequest: p, ...)
        FRC.delegate = self
        try? FRC.performFetch()
    }
}
```

Napojení na GUI

```
class MujModel: ObservableObject {  
  //  
  @Published var hledej: String = ""  
  @Published var napoveda: [String] = []  
  //  
  private var _anyc = Set<AnyCancellable>()  
  //  
  func vypoctiNapovedu(_ z: String)  
    -> [String] { return [] }  
  //  
  init() {  
    //  
    $hledej  
      .debounce(for: 0.5, scheduler: RunLoop.main)  
      .removeDuplicates()  
      .map { self.vypoctiNapovedu($0) }  
      .assign(to: \MujModel.napoveda, on: self)  
      .store(in: &_anyc)  
  }  
}
```



```

struct ContentView: View {
    //
    @StateObject var model = MujModel()

    //
    var body: some View {
        //
        VStack {
            //
            TextField("hledej", text: $model.hledej)

            //
            List(model.napoveda, id: \.self) { i in
                //
                Text(i)
            }
        }
    }
}

```

Konvenčně?

Notifikační centrum

Zmodernizováno do podoby publisherů.

```
NotificationCenter.default
    .publisher(for: .NSCalendarDayChanged)
    .sink { notif in
        //
    }
```

```
// informacni kanal dany jmenem
let NN = Notification.Name("hello-app")

//
NotificationCenter.default.post(NN)
```

```
//
let MDBNotif = Notification.Name("MujDB")

//
class MujDBObject {
    //
    var jmeno: String = "" {
        //
        didSet {
            NotificationCenter
                .default
                .post(name: MDBNotif, object: self)
        }
    }
}
```

Objekt přes NC hlásí, že se změnil. Obdoba `NSManagedObject`.

Seznam objektů. Poslouchá NC kanál a zkoumá, zda-li se událost týká nějakého "jeho objektu".

Jakoby `NSFetchedResultsController` .

```
class MujSeznam: ObservableObject {  
    //  
    @Published var seznam: [MujDBObject] = []  
    //  
    var any_c: AnyCancellable?  
    //  
    init() {  
        //  
        any_c = NotificationCenter  
            .default  
            .publisher(for: MDBNotif)  
            .sink { notif in  
                // ... symbolicky  
                if let _i = seznam.firstIndex(where: { $0 === notif.object }) {  
                    //  
                    seznam[_i] = seznam[_i]  
                }  
            }  
    }  
}
```

Stačilo by hlásit `objectWillChange.send()` ?

Závěr

- Značně rozsáhlé téma.
- Bude na to cviko, ale až asi příští týden.

Příští přednášky:

- Document-Based Applications.
- D. Procházka: Principy UI.
- F. Klembara: Serverový Swift, Vapor