Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών
Τμήμα Πληροφορικής & Τηλεπικοινωνιών

Προηγμένες Μέθοδοι Προγραμματισμού

ΠΜΣ (M135.CS1E, M135.CS23B, M135.IC1E, παλαιό: M117)

Εισαγωγή

Δρ. Κώστας Σαΐδης (saiko@di.uoa.gr)

Στόχος του μαθήματος

- Κατανόηση και εξοικοίωση με τις προηγμένες μεθόδους και τεχνικές προγραμματισμού που χρησιμοποιούνται στην πράξη

Το πλαίσιο

- Έμφαση στα δύο από τα πλέον διαδεδομένα runtime environments που χρησιμοποιούνται από τη βιομηχανία
  - JVM (~Android, Java, Scala, Kotlin, Groovy, etc.)
  - V8 (Web Browser, Node.js, Javascript/ECMAScript, TypeScript, etc.)

Κίνητρο

- Ποιος θα πάρει τις σημαντικές σχεδιαστικές αποφάσεις (major design decisions) για το λογισμικό;
- Που θα επηρεάσουν και θα καθορίσουν την επιτυχία του
  - Θα αντιμετωπίσουν, δηλαδή, την ουσιώση πολυπλοκότητα (essential complexity) του ζητουμένου
  - Θα επιτύχουν τη μέγιστη δυνατή παραγωγικότητα της ομάδας
  - Θα εγγυηθούν τη βιωσιμότητα, επεκτασιμότητα, διαχειρισιμότητα του αποτελέσματος

Σχεδιαστικές αρχές λογισμικού

- Κατά την ανάλυση ασχολούμαστε με το **τι** θα κάνει το λογισμικό (ποια είναι η επιθυμητή συμπεριφορά;).
- Στη σχεδίαση, η προσοχή μεταφέρεται στο **πώς** θα το κάνει (πώς θα επιτύχουμε την επιθυμητή συμπεριφορά;).

Σχεδίαση λογισμικού

Θα πρέπει να εντοπίσουμε:

- Ποια συστατικά αποτελούν την εφαρμογή μας.
- Πώς αυτά συσχετίζονται μεταξύ τους.
- Πώς διατάσσονται.
- Ποια είναι η εσωτερική τους δομή.

Οι απαντήσεις στα ερωτήματα αυτά, αποτελούν το **σχέδιο του λογισμικού (software design)**.

> The most difficult design task is to find the most appropriate decomposition of the whole into a module hierarchy, minimizing function and code duplications.
>
> N. Wirth

Κι η αρχιτεκτονική του λογισμικού;

Περί τίνος πρόκειται

Η λήψη των θεμελιωδών δομικών και σχεδιαστικών αποφάσεων για το λογισμικό που είναι δύσκολο (ακριβό) να αλλάξουν αφού υλοποιηθούν.

Συνοδεύει:

- Ανάλυση απαιτήσεων
- Σχεδιασμό

Σχεδιασμός λογισμικού

Ένα σύνθετο πρόβλημα:

- Ποιος είναι ο καλύτερος τρόπος μετάβασης από τις προδιαγραφές στο σχέδιο του λογισμικού;
- Με πόσα σχέδια μπορεί να υλοποιηθεί κάθε προδιαγραφή και ποιο είναι το «καλύτερο»;
- Πόσο λεπτομερής είναι μια «καλή» αποτύπωση του σχεδίου και τι περιλαμβάνει αυτή;
- Πώς διασφαλίζεται η ποιότητα του λογισμικού;

Ποιοτικά ζητούμενα σχεδιασμού

- Performance - Scalability
- Maintainability - Extensibility
- Security - Safety
- Robustness - Fault-tolerance
- Usability - Reliability

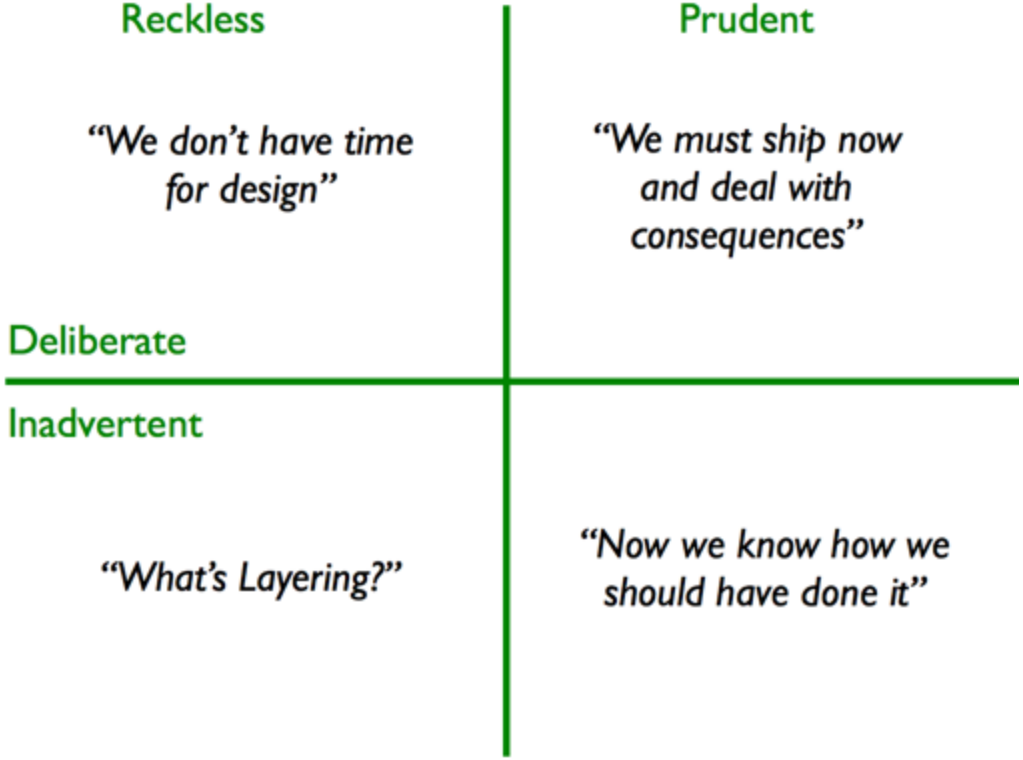
Σχεδιασμός = Συμβιβασμός

- Συνήθως δεν είναι εφικτό να γίνουν όλα καλά.
- Επιλογή των επιθυμητών trade-offs.

Τεχνικό χρέος

- Το κόστος της πρόσθετης προσπάθειας / δουλειάς που θα απαιτηθεί
- αν επιλέξουμε μια "εύκολη" και "γρήγορη" λύση (quick & dirty)
- αντί για τη συνολικά καλύτερη λύση
- στο κάθε σχεδιαστικό πρόβλημα.

Τέσσερα είδη



By Martin Fowler

Το κλασικότερο trade-off

Efficiency vs Abstraction

> Programmers have spent far too much time worrying about efficiency in the wrong places at the wrong times; premature optimization is the root of all evil.
>
> Donald Knuth

Αφαίρεση (Abstraction)

Θεμελιώδης έννοια

- "Η εννοιολογική διαδικασία κατά την οποία προκύπτουν γενικοί κανόνες από την εξέταση επιμέρους παραδειγμάτων." (Wikipedia)
- Χρησιμοποιείται σε πολλές επιστήμες.
- Αποτελεί το κύριο εργαλείο σχεδιασμού.

Αφαίρεση

Αναπαράσταση ενός ουσιώδους χαρακτηριστικού του λογισμικού χωρίς τις δευτερεύουσες λεπτομέρειες.

Παράδειγμα

```
interface Item {
  String getId()
  String getName()
  String getType()
  double getPrice()
  ...
}

interface Datastore {
  Item load(String id)
  void save(Item item)
}
```

Βελτίωση (Refinement)

- Συμπληρωματική διαδικασία της αφαίρεσης
- Τμηματική προσαρμογή των αφαιρέσεων σε νέες απαιτήσεις, περιορισμούς ή αποφάσεις

Παράδειγμα

```
interface Datastore {
  boolean exists(String id)
  void load(String id, Consumer<Result> itemConsumer)
  void save(Item item, Consumer<Result> resultConsumer)
}

interface Consumer<T> {
  accept(T t);
}

interface Result {
  boolean ok();
  Item item();
  Throwable error();
}
```

Γιατί το αλλάξαμε;

Refactoring

- Η διαδικασία επαναπροσαρμογής του κώδικα ως τμήμα κάποιας βελτιωτικής απόφασης
- Αυτοματοποιείται από πολλά IDEs
- Σχετικό/συμπληρωματικό με το Refinement

Τμηματοποίηση (modularity)

- Αναλύουμε ένα πολύπλοκο σύστημα σε επιμέρους απλούστερα τμήματα
- Σχεδιάζουμε ξεχωριστά το ένα τμήμα από το άλλο
- Συνθέτουμε ξανά τα τμήματα και τις αλληλεπιδράσεις τους σε ένα ενιαίο σύνολο
- Με σκοπό τη διευκόλυνση της υλοποίησης, της συντήρησης και της εξέλιξης του λογισμικού

Απόκρυψη πληροφορίας (information hiding)

- Η απόκρυψη των χαρακτηριστικών που μπορεί να αλλάξουν στο λογισμικό (σχεδιαστικών αποφάσεων, λεπτομερειών υλοποίησης) από τα άλλα τμήματα, ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι αλλαγές που απαιτούνται αν/ όταν προκύψει η αλλαγή
- Παροχή αφαιρέσεων --π.χ. μοντέλων δεδομένων (data models), διεπαφών (interfaces) κ.ά- για την επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων

Συναφείς έννοιες / αρχές

- Ενθυλάκωση (encapsulation)
- Επιμερισμός αρμοδιοτήτων (separation of concerns)
- Σύζευξη & συνεκτικότητα (coupling & cohesion)

Ενθυλάκωση (encapsulation)

- Διαχωρισμός της δομής από τη συμπεριφορά ενός συστατικού
- Προστασία ενός συστατικού από τη μετάβασή του σε μη έγκυρη κατάσταση
- Μπορεί να θεωρηθεί ως τεχνική υλοποίησης της αρχής της απόκρυψης πληροφορίας

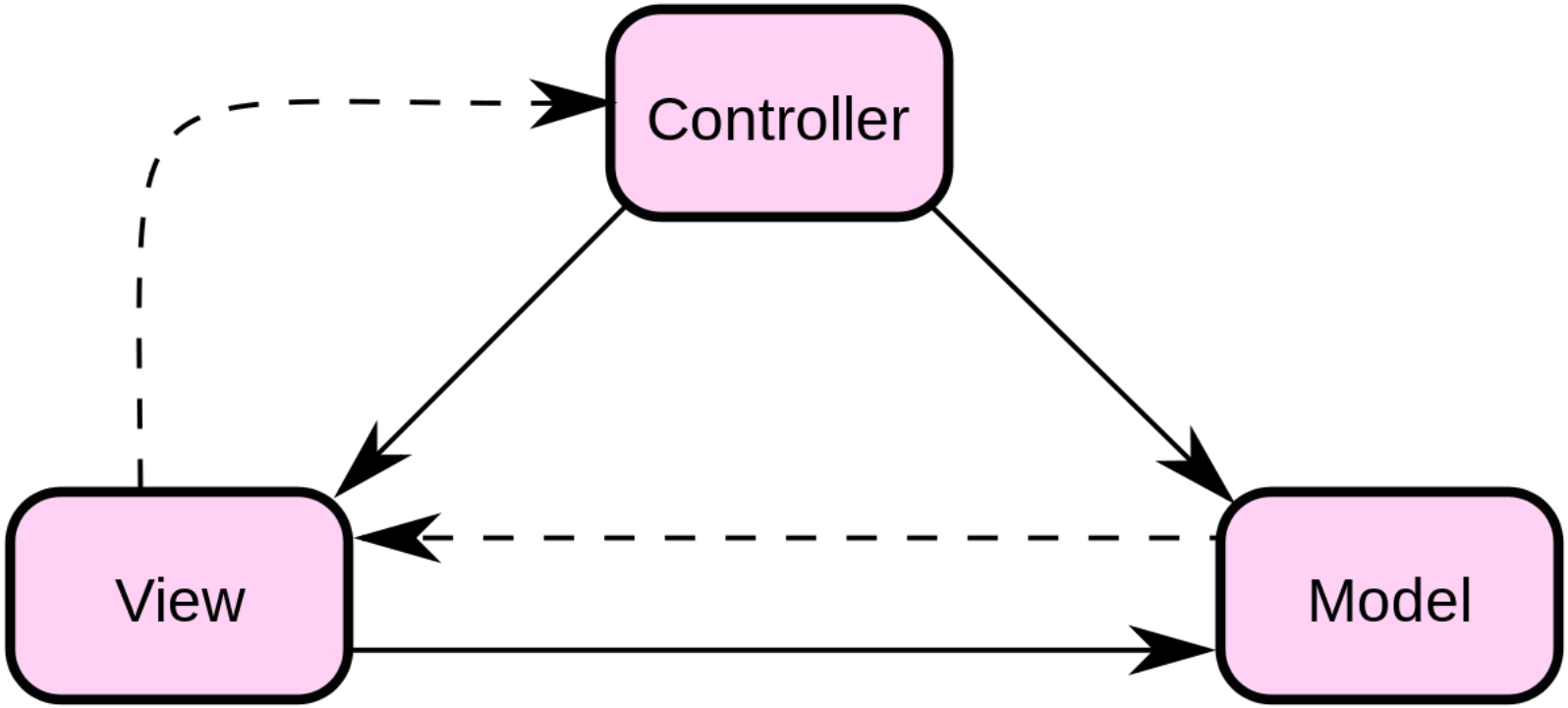
Παράδειγμα

```
class MySQLDatastore implements Datastore {
  private Connection con  //encapsulation
  public boolean exists(String id) {
    ResultSet rs = con.execute("select 1 from items where item = $", id)
    return !rs.isEmpty()
  }
  ...
}
```

Επιμερισμός αρμοδιοτήτων (separation of concerns)

- Κάθε τμήμα του λογισμικού έχει μία αρμοδιότητα και επικεντρώνεται στην επίλυση ενός ξεχωριστού ζητήματος (concern)
- Αρχιτεκτονικά επίπεδα (επίπεδο παρουσίασης, επίπεδο επιχειρησιακής λογικής, επίπεδο πρόσβασης δεδομένων)

Παράδειγμα



Σύζευξη & Συνεκτικότητα

Σύζευξη (coupling)

Ο βαθμός της αλληλεξάρτησης μεταξύ δύο συστατικών (κλάσεων, modules, κλπ)

Συνεκτικότητα (cohesion)

Ο βαθμός με τον οποίο τα στοιχεία που ανήκουν σε ένα συστατικό σχετίζονται λειτουργικά (ορθώς συνανήκουν στο ίδιο συστατικό)

Ζητούμενο

Χαλαρή σύζευξη (loose coupling) μεταξύ των συστατικών

Υψηλή συνεκτικότητα (high cohesion) "μέσα" σε κάθε συστατικό

Επαναχρησιμοποίηση (reuse)

- Η υλοποίηση του λογισμικού δεν πρέπει να ανακαλύπτει κάθε φορά εκ νέου τον τροχό
- Οι καλές αφαιρέσεις και τα καλώς διαχωρισμένα συστατικά είναι εύκολο να επαναχρησιμοποιηθούν

Παράδειγμα

Map/Reduce pattern

```
var animals = ["dog", "cat", "fish"]
var len = function(s) { return s.length; }
var sum = function(a, b) { return a+b; }
animals.map(len).reduce(sum, 0); //10
```

```
var records = //list of person records;
var getAge = function(person) { return currentYear - person.birthYear; }
records.map(getAge).reduce(sum, 0) / records.length; //avg age of people
```

Πρόσθετες σχεδιαστικές αρχές (design principles)

Κριτήρια για να δομήσουμε και να υλοποιήσουμε τις αφαιρέσεις (abstractions)

Μόνο μια φορά (Once and Only Once)

- Αρχή του Extreme Programming (XP)
- Each and every declaration of behavior should appear Once and Only Once.

Μην επαναλαμβάνεσαι (DRY - Don't Repeat Yourself)

> "Every piece of knowledge must have a single, unambiguous, authoritative representation within a system."
>
> A. Thomas, D. Hunt

DRY vs WET

- WET: We Enjoy Typing
- WET: Waste Everybody's Time

Σύνολο αρχών S.O.L.I.D.

- Single responsibility (S)
- Open/closed (O)
- Liskov substitution (L)
- Interface segregation (I)
- Dependency inversion (D)

Μοναδική ευθύνη (Single responsibility)

- Κάθε κλάση/συστατικό πρέπει να έχει μία και μοναδική ευθύνη.
- A class should have only one reason to change.

Ανοικτό/κλειστό (Open/closed)

- Κάθε κλάση/συστατικό πρέπει να είναι ανοικτή σε επεκτάσεις (π.χ. προσθήκη νέων πεδίων ή μεθόδων).
- Κάθε κλάση/συστατικό πρέπει να είναι κλειστή και οριοθετημένη (έτοιμη προς χρήση από τρίτα συστατικά).

Δυνατότητα αντικατάστασης (Liskov substitution)

- Αν το `S` είναι υποτύπος του `T` τότε όλα τα αντικείμενα του δεύτερου θα πρέπει να μπορούν να αντικατασταθούν με αντικείμενα του πρώτου χωρίς να αλλοιωθεί κανένα από τα επιθυμητά χαρακτηριστικά του συστήματος.
- Strong behavioral subtyping.

Επιμερισμός διεπαφών (Interface segregation)

- Κανένα συστατικό δεν πρέπει να εξαρτάται από μεθόδους που δε χρησιμοποιεί.
- Χρήση μικρών και διαφορετικών interfaces για τη θέσπιση των διεπαφών μεταξύ συστατικών.

Ανιστροφή εξαρτήσεων (Dependency inversion)

- Τα υψηλού επιπέδου συστατικά δεν πρέπει να εξαρτώνται από τα χαμηλού επιπέδου συστατικά. Και τα δύο θα πρέπει να εξαρτώνται από κοινές αφαιρέσεις.
- Οι αφαιρέσεις δεν πρέπει να εξαρτώνται από λεπτομέρειες. Οι λεπτομέρειες θα πρέπει να εξαρτώνται από τις αφαιρέσεις.

Παράδειγμα

Strong coupling (bad)

```
class DataAccessLayer {
  // BAD - strong coupling of DataAccessLayer to MySQLDatastore
  private MySQLDatastore store = new MySQLDatastore(...)
}
```

Dependency inversion (injection)

```
class DataAccessLayer {
  // The Datastore implementation (whatever that is) is "injected" to the component by the DI mechanism
  @Inject private Datastore store
}
```

Περιεχόμενα διαλέξεων (Ι)

- Object-Oriented Programming
  - Class-based / prototype-based
  - Encapsulation
  - Inheritance
  - Polymorphism
- Functional Programming (mostly lambdas and closures)
- Design Patterns
- Memory management & Gargage collection

Περιεχόμενα διαλέξεων (ΙΙ)

- Meta-programming
  - Compile-time / Runtime
  - Reflection
  - Proxies
  - Mocks & Stabs
  - Meta-Object Protocols
  - Aspect-Oriented Programming
- Concurrency (Threads/Workers, Futures, Promises)
- Flows/Streams, Events, Observables