Parte 2

Tipizzazione dei dati

Tipo (di dato)

- **In un programma, ad ogni *entità* è associata l'informazione su:**

  - **Valore: valore attuale**
  - **Tipo: indicatore del tipo di dato associato**
  - **Dimensione: dimensione dell'area di memoria occupata**

Il *tipo di dato* ha conseguenze sull'insieme di valori che un'entità può assumere (range di valori ammissibili), la sua dimensione in memoria e le operazioni che su tali valori si possono effettuare

Definizione di tipizzazione

- O *type checking*
- *Definizione formale*: la tipizzazione dei dati è un meccanismo di analisi (semantica) che classifica una porzione del codice in base a indicazioni esplicite o ai valori che essa contiene o calcola
- *Più informalmente*: meccanismo che cerca di capire di che tipo è un dato, dichiarato o prodotto, ed effettua i relativi controlli
  - Vincoli su valori ammissibili e operazioni consentite
- Tutti i linguaggi di programmazione di alto livello hanno un proprio sistema per la *tipizzazione* dei dati (ma con *significative differenze*...)

Conseguenze della tipizzazione

1) Sicurezza
2) Ottimizzazione
3) Astrazione
4) Documentazione
5) Modularità

Conseguenze della tipizzazione: Sicurezza

- L'uso della tipizzazione permette di scoprire codice privo di senso/illecito
- A livello di compilazione → riduce i rischi di errori o risultati inattesi a run time
- Si consideri l'espressione 3 / "Hi World":
  - Operando 1: tipo semplice intero 3
  - Operando 2: tipo stringa "Hi World"
  - Operatore: divisione /
- Es. Nel C l'operatore divisione / non prevede le stringhe → il compilatore emette un semantic error

Conseguenze della tipizzazione: Ottimizzazione

- Se eseguite in uno stadio iniziale (a livello di compilazione), le operazioni di type checking possono fornire informazioni utili per applicare tecniche di ottimizzazione sulla generazione del codice
  - Es. L'istruzione *x*2* può essere ottimizzata nel seguente modo per produrre uno shift più efficiente:

    mul x,2 → shift_left x
  - Possibile SOLO SE si sa con certezza che *x* rappresenta una valore di tipo intero

Conseguenze della tipizzazione: Astrazione

- Il meccanismo dei tipi di dato permette di produrre programmi ad un livello di astrazione più alto di quello di linguaggi a basso livello
- Caso limite di assenza di tipizzazione: codice macchina nativo (sequenze di bit o byte – unico tipo)
- Es.: una stringa di caratteri è vista a basso livello come una sequenza di byte
  - Per l'essere umano, è molto più intuitivo pensare ad una stringa come ad una concatenazione di caratteri (es. tipo char)

Conseguenze della tipizzazione: Documentazione

- Nei sistemi di tipizzazione più espressivi, i nomi dei tipi di dato possono servire quale fonte di documentazione del codice
- Il tipo di dato illustra la natura di una variabile, ed in ultima analisi l'intento del programmatore
  - Es: Booleani, Timestamp o marcatore temporale (solitamente un intero a 32/64 bit)
  - Dal punto di vista della comprensione del codice, è diverso leggere int a = 32; o timestamp a = 32;
- Definizione di nuovi tipi di dato (typedef in C) per aumentare l'espressività del linguaggio

Conseguenze della tipizzazione: Modularità

- L'uso appropriato dei tipi di dato costituisce uno strumento semplice e robusto per definire interfacce di programmazione (API)
- Le funzionalità di una data API sono descritte dalle signature (i prototipi) delle funzioni pubbliche che la compongono
- Leggendo tali signature, il programmatore si fa immediatamente un'idea di cosa può (o non può) fare
  - `boolean calcola(int a, int b, double c)`
  - `calcola(a,b,c)`

Type checking: quando?

- Le operazioni di type checking che stabiliscono il tipo di dato associato a porzioni di codice e ne verificano i vincoli (range di valori ammissibili e operazioni consentite) possono avvenire:
  1. a tempo di compilazione (compile time)
  2. a tempo di esecuzione (run time)

Classificazione non esclusiva: possibili anche vie intermedie

Type checking statico

- Il meccanismo di type checking è statico se le operazioni di type checking sono eseguite solo a tempo di compilazione
- Linguaggi a type checking statico:
  - C, C++, Fortran, Pascal, *GO(*)*
- Il type checking statico:
  - permette di individuare parecchi errori con largo anticipo (inteso spesso come una forma più sicura di verifica di un programma)
  - permette migliori prestazioni (ottimizzazioni e mancanza di controlli a run-time) *(*)*

Type checking dinamico

- Il type checking è dinamico se la maggior parte delle operazioni di type checking sono eseguite a tempo di esecuzione
  - *Non necessaria dichiarazione di tipo!*
- Linguaggi a type checking dinamico:
  - Javascript, Perl, PHP, Python, Ruby
- Più flessibile di quello statico, ma maggior overhead
  - Le variabili possono cambiare tipo a run time
  - Strutture dati di forma mutevole a run time: il tipo di dato può cambiare e va quindi "gestito"
    - Pensate ad un array (valori contigui in memoria...)

Type checking: statico → conservativo

- ***Osservazione*:**
  - **i tipi di dato sono determinati durante il processo di compilazione (e non cambiano)**
  - **Ma un compilatore non può sapere quali dati il programma avrà in ingresso/genererà a runtime**
- **Il type checking statico tende a essere conservativo: nulla è lasciato al comportamento a runtime**
  - Gli input sono assegnati a variabili → tipo già assegnato
  - if <test> then <actions> else <type error>

    sarebbe rigettato perchè il controllo statico non sa se il ramo in else sarà preso o no a runtime

Type checking dinamico: assegnamenti da input

→ESEMPI
perll/provaTipi.pl

- **Godendo di un meccanismo di tipizzazione a run time, si possono effettuare assegnamenti "arditi"**
- **Ad esempio: var = <token letto da input>;**

  dove token può avere un qualunque tipo (intero, stringa)
- **Il type checker dinamico assegna il tipo corretto a run time**
- ***Pensate a scrivere una cosa simile in C...***

Type checking dinamico: minori garanzie

- *Ovviamente, la flessibilità si paga...*
- **Un type checker dinamico dà minori garanzie a priori perché opera (per la maggior parte) a run time**
- **Esempio precedente: supponiamo $var intesa come variabile intera - se a run time viene fornita una stringa, l'interprete non potrà fare altro che non considerarla, tentare di convertirla o generare un errore**
  - ***Maggiore rischio di risultato inaspettato***

Type checking dinamico: necessità di test accurati

Possibilità di incorrere in tante situazioni di "errore" causa input inaspettati

- **Eterogeneità delle reazioni a run time a seconda del linguaggio**

Maggiore necessità di:

- **Gestire le situazioni di errore a run time - con meccanismi di gestione delle eccezioni**
- **Verificare la correttezza di un programma - con test completi e accurati**

Type checking ibrido

- Alcuni linguaggi fanno uso ibrido di tecniche di type checking statico e dinamico
- Java:
  - Checking statico (a compile time) dei tipi
    - es. “2”/70 dà errore in compilazione
  - Checking dinamico (a run time) per le operazioni di binding tra metodi e classi (legato al polimorfismo: identificazione di una signature valida nella gerarchia delle classi)

NOTA: Java si considera comunque un linguaggio a type checking statico

Vantaggi a confronto

- Type checking statico:
  - Identifica errori a tempo di compilazione (più conservativo – *necessita di meno controlli*)
  - Permette la costruzione di codice che esegue più velocemente
- Type checking dinamico:
  - Permette una più rapida prototipazione
  - E' più flessibile: permette l'uso di costrutti considerati illegali nei linguaggi statici
    - ES: var x; x=5; x=“ciao”; var=<input>
  - Permette la generazione di nuovo codice a runtime (metaprogramming – es. funzione eval())

Tipizzazione forte

- **Un linguaggio di programmazione adotta una tipizzazione forte se impone regole rigide e impedisce usi incoerenti dei tipi di dato specificati (es. operazioni effettuate con operandi aventi tipo di dato non corretto)**
- **ES.**
  - **Un'operazione di somma di interi con caratteri**
  - **Un'operazione in cui l'indice supera i limiti della dimensione di un array**
- **Non esiste un linguaggio completamente tipizzato in maniera forte**
  - ***Sarebbe quasi inutilizzabile...***

Tipizzazione debole

- **Un linguaggio di programmazione adotta una tipizzazione debole dei dati se non impedisce operazioni incongruenti (es. con operandi aventi tipo di dato non corretto)**
- **La tipizzazione debole fa spesso uso di operatori di conversione (casting implicito) per rendere omogenei gli operandi**
  - **Spesso usati in C:**
    - **Si considerino le espressioni 'a' / 5 e 30 + "2"**
  - **Java è fortemente tipizzato (più del C e del Pascal)**
  - **Perl ha una tipizzazione molto debole**

Tipizzazione debole

- **ATT: con la tipizzazione debole il *risultato può cambiare a seconda del linguaggio***
- **Esempio: var x:= 5; var y:= “37”; x + y;**
- ***Quante possibili interpretazioni possono esserci?***

Tipizzazione debole

- **ATT: con la tipizzazione debole il *risultato può cambiare a seconda del linguaggio***
- **Esempio: var x:= 5; var y:= “37”; x + y;**
  - **In C: aritmetica dei puntatori**
  - **In linguaggi Java-based (Javascript, Java), x viene convertito a stringa (x+y=”537”)**
  - **In Visual Basic e in Perl, y viene convertito ad intero (x+y=42)**
    - **In Perl una stringa non contenente cifre iniziali (es. “ciao37”) viene considerata nulla**
  - **In Python non viene accettato: esce con errore (*anche i linguaggi dinamici possono essere intransigenti...*)**

Tipizzazione safe

- Un linguaggio di programmazione adotta una tipizzazione safe (sicura) dei dati se non permette ad una operazione di casting implicito di produrre un crash
- Esempio (Visual Basic):
  var x:= 5; var y:= “37”; var z = x + y;
- In questo esempio, il risultato è 42
- L'operazione di conversione non fallisce su una stringa contenente un intero
- Se la stringa contenesse “Hi world”, la conversione darebbe 0 e z avrebbe valore 5 (sempre senza crash)

Tipizzazione unsafe

→ESEMPI
perl/safe.pl

- Un linguaggio di programmazione adotta una tipizzazione unsafe (non sicura) dei dati se permette ad una operazione di casting di produrre un crash
- Esempio (C):
  int x= 5; char y[ ] = “37”; char *z = x + y;
- Qui, z viene fatto puntare all'indirizzo di memoria 5 byte più in avanti di y
- Il contenuto di z non è definito, e può trovarsi al di fuori dello spazio di indirizzamento del processo
- Una dereferenziazione di z può portare al crash (segmentation fault)

Duck typing

Tipizzazione e polimorfismo

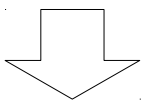
- **Polimorfismo = capacità di differenziare il comportamento di parti di codice in base all'entità a cui sono applicati → *riuso del codice***
- **Nello schema classico (es. Java) di un linguaggio ad oggetti, il polimorfismo è solitamente legato al meccanismo di eredità**
- **L'ereditarietà garantisce che le classi possano avere una stessa interfaccia:**
  - **ES: in Java le istanze di una sottoclasse possono essere utilizzate al posto di istanze della superclasse (polimorfismo per inclusione)**
  - **L'overriding dei metodi permette che gli oggetti appartenenti alle sottoclassi rispondano diversamente agli stessi utilizzi (metodi polimorfi)**

Polimorfismo classico ad oggetti

- ***Esempio di gerarchia di classi***
- **Classe *Animale*, da cui ereditano *Cane* e *Gatto***
- **Il metodo *CosaMangia()* della classe Animale viene sovrascritto**
  - **In *Cane* ritorna "osso"**
  - **In *Gatti* ritorna "pesce"**
- **Immaginiamo una *funzione funz()* che riceve come parametro formale un oggetto di tipo *Animale* e ne invoca il metodo *CosaMangia()***
  - **Ritornerà valori diversi a seconda che l'oggetto passato a run time sia di tipo *Cane* o *Gatto***

Polimorfismo classico ad oggetti

- **In questo caso, applicare il polimorfismo e individuare la signature valida di un metodo implica:**
  - **Individuare la classe di appartenenza dell'oggetto, e cercarvi una signature valida per il metodo**
  - **In caso di mancata individuazione, ripetere il controllo per tutte le superclassi (*operation dispatching* – potenzialmente risalendo fino alla classe radice, es. Object)**



Implica risalire la gerarchia dell'ereditarietà per trovare la classe giusta con la signature valida per il metodo

Polimorfismo classico ad oggetti

- La ricerca della classe adatta nella gerarchia delle classi può essere effettuata
  - *A tempo di compilazione*
  - *A tempo di esecuzione*
- In molti linguaggi a oggetti (es. C++) avviene a tempo di compilazione *(il costo a tempo di esecuzione è ritenuto troppo elevato)*
- In Java e nei linguaggi dinamici, avviene a tempo di esecuzione → può essere molto costoso in termini di overhead

  Ma nei linguaggi dinamici c'è una alternativa...

Duck typing

- Nei linguaggi dinamici (ad oggetti) → meccanismo detto duck typing
- Il duck typing permette di realizzare il concetto di polimorfismo senza dover necessariamente usare meccanismi di ereditarietà (o di implementazione di interfacce condivise)
- *"Se istanzio un oggetto di una classe e ne invoco metodi/attributi, l'unica cosa che conta è che i metodi/attributi siano definiti per quella classe"*
- Meccanismo possibile grazie alla presenza di type checking dinamico: il controllo (duck test) viene effettuato dall'interprete a run time

Duck test

"When I see a bird that walks like a duck and swims like a duck and quacks like a duck, I call that bird a duck"

Newsgroup di Python nel 2000

Duck typing

- **Tornando all'esempio di prima (Animale, Cane e Gatto):**
  - **La *funzione funz()* prende in ingresso un parametro formale (non tipizzato!) e ne invoca il metodo *CosaMangia()***
  - **non è necessario che le classi *Cane* e *Gatto* siano sottoclassi di *Animale* per essere passate a funz() ed utilizzate: basta che abbiano un metodo *CosaMangia()***
- **All'interprete interessa solo che i tipi di oggetto espongano un metodo con lo stesso nome e con lo stessa numero di parametri in ingresso**

Esempio (in Python)

```
class Duck:
    def quack(self):
        print("Quaaaaaack!")

class Person:
    def quack(self):
        print("The person imitates a duck.")

def in_the_farm(a):
    a.quack()
```

Classi senza relazione di parentela, né interfacce comuni, ma aventi un metodo con stesso nome e numero di parametri

Funzione che invoca un parametro a (non tipizzato, type checking dinamico!) e ne invoca il metodo quack()

Esempio (in Python)

→ESEMPI
duck.py

```
class Duck:
    def quack(self):
        print("Quaaaaaack!")

class Person:
    def quack(self):
        print("The person imitates a duck.")

def in_the_farm(a):
    a.quack()
```

```
def game():
    donald = Duck()
    john = Person()
    in_the_farm(donald)
    in_the_farm(john)
```

A run time l'interprete controlla che il metodo quack() sia implementato sia in Duck che in Person (duck test)

Tipizzazione e polimorfismo

- **In generale, il polimorfismo a livello di tipi di dato permette di:**
  - **differenziare il comportamento dei metodi in funzione del tipo di dato a cui sono applicati**
  - **evitare di dover predefinire un metodo, classe, o struttura dati appositi per ogni possibile combinazione di tipi di dati**

  → Riuso del codice
- ***NOTA: in un linguaggio tipizzato dinamicamente, tutte le espressioni sono intrinsecamente polimorfe***
  - `calcola(a,b,c)`

Esempio

- **Creazione di funzioni che prendono un oggetto di qualsiasi tipo e ne usano i metodi (purché definiti)**

Pseudo codice per linguaggio dinamico

```
function calcola(a,b,c) => return (a+b)*c
e1 = calcola(1,2,3)
e2 = calcola([1,2,3],[4,5,6],2)
e3 = calcola('mele ', 'e arance', 3)
```

Esempio

- **Creazione di funzioni che prendono un oggetto di qualsiasi tipo e ne usano i metodi (purché definiti)**

Pseudo codice per linguaggio dinamico

```
function calcola(a,b,c) => return (a+b)*c
e1 = calcola(1,2,3)
e2 = calcola([1,2,3],[4,5,6],2)
e3 = calcola('mele ', 'e arance', 3)
```

Se tradotto in Ruby o Python:

e1 → 9

e2 → [1, 2, 3, 4, 5, 6, 1, 2, 3, 4, 5, 6]

e3 → mele e arance, mele e arance, mele e arance

Funziona fintanto che gli oggetti supportano i metodi "+" e "*"

Concludendo

- **Quasi tutti i linguaggi dinamici adottano un meccanismo di gestione degli attributi e dei metodi degli oggetti basato su duck typing**
  - **Perl, PHP, Ruby, Python**
- **Permette di ottenere polimorfismo senza dover per forza incorrere nell'overhead dovuto all'ereditarietà**
- ***Ovviamente anche qui si deve considerare la possibilità di errori a tempo di esecuzione:***
  - **in questo modo non è possibile imporre che gli oggetti rispettino una interfaccia comune**

Esempio

→ESEMPI
painter.java
painter.py

- Confronto Java vs Python
- Due classi che rappresentano una forma geometrica ed hanno una interfaccia comune metodo draw() che stampa le coordinate principali della forma
  - Circle
  - Square
- Painter definisce una lista di 4 oggetti – 2 circle e 2 square, su cui invoca il metodo draw()

Alternative per la programmazione generica

→ESEMPI
stack.cpp
stack.py

- Anche alcuni linguaggi tipizzati staticamente possono fare uso di un meccanismi alternativi al duck typing per permettere la programmazione generica
  - Il C++ e Java utilizzano Template e Generics come meccanismi di supporto alla programmazione generica, per scrivere codice funzionante indipendentemente dal tipo di dato che verrà fornito
  - Es. stack.cpp realizza una classe template con un parametro generico T, che sarà poi sostituito a tempo di compilazione da diversi tipi di dato (int,float)
    - Gestione stack con funzioni push(T), pop(), isEmpty(), isFull()