Podtipi & objekti

Podtipi

Spomnimo se:
- polimorfizem: program P ima lahko več tipov

$fun\ (x,y) \to (y,x)$: $int \times bool \to bool \times int$
$int \times float \to float \times int$
$\alpha \times \beta \to \beta \times \alpha$
glavni tip

Ideja:
A je podtip B, $A \leq B$,
če smemo vrednosti tipa A uporabljati, kot da imajo tip B

Če velja $P : A$ in je $A \leq B$, potem velja tudi $P : B$.

$$\frac{P : A \qquad A \leq B}{P : B}$$

(subsumpsion)

V praksi se ta ideja pojavlja:
- v prog. jezikih, primer $int \leq float$
- programske komponente in vmesniki:

```
modul NVidia
val init : unit → unit
val draw_point : ...
  ⋮
val make_coffee : ....
```

```
modul Fortnite
val shoot
val die
```

- objektno programiranje:
  A je podrazred B

$O : A$ objekt
O lahko uporabimo, kot da bi imel razred B

Osnovne lastnosti podtipov

$$\frac{}{A \leq A}$$ refleksivnost

$$\frac{A \leq B \qquad B \leq C}{A \leq C}$$ tranzitivnost

Kaj pa antisimetričnost? $\dfrac{A \leq B \qquad B \leq A}{A = B}$ (Ta v splošnem ne velja.)

Ali je $int \leq float$? Kaj pa $bool \leq int$? $Char \leq int$?

$sin(\underbrace{x \leq 0.5}_{\substack{bool \\ int \\ float}})$ ✓

$float \leq int$

1. Vsakič, ko p: int pretvorimo v float, pretvorbo predela p iz formata za int v float
2. Ali pri pretvorbi lahko pride do napake?

$$\frac{A_1 \leq B_1 \qquad A_2 \leq B_2}{A_1 \times A_2 \leq B_1 \times B_2}$$

$B_1 \geq A_1 \quad A_2 \leq B_2$ ($A_1 \times A_2$)

(p_1, p_2)

$$\frac{B_1 \leq A_1 \qquad A_2 \leq B_2}{A_1 \to A_2 \leq B_1 \to B_2}$$

Pravimo: $\to$ kovariantna, kontravariantna

$int \leq float$

Imamo $f : float^{A_1} \to int^{A_2}$

$f : float \to float$?

$f : int^{B_1} \to int^{B_2}$

$f\ 42$

$g : int \to float$

$int \to int$? ×

$float \to float$? ×

$float \to int$? ×

Primeri: Denimo $int \leq float$

$float \times float$

$float \times int$ $\quad$ $int \times float$

$int \times int$

$int \to float$

$int \to int$ $\quad$ $float \to float$

$float \to int$

Zakaj: $float \to float \leq int \leq float$

1) $\dfrac{B_1 \leq A_1 \qquad A_2 \leq B_2}{A_1 \to A_2 \leq B_1 \to B_2}$

Uporabimo pravilo

$$\dfrac{int \leq float \qquad float \leq float}{\underbrace{float}_{A_1} \to \underbrace{float}_{A_2} \leq \underbrace{int}_{B_1} \to \underbrace{float}_{B_2}}$$

2) Primer: sin : float → float

int → float ? ✓ DA

42 ↓ 42.0

float → int ? ✗ NE

3.141592 —sin→ 0.000001

ni int,

ne znamo pretvoriti v int

Podtipi zapisov

Zapisi (records):

Ocaml: { x : float ; y : float } tip zapisa (DB: shema tabele)

polje (atribut, stolpec, field)

polje

{ x = 3.5 ; y = 4.2 } zapis record (DB: vrstica)

Java:

```
public class Point {
    float x;
    float y;
}
```

1. Ali je vrstni red polj pomemben?

OCaml: $\{x=3.7; y=4.2\} : \{x:float; y:float\}$

$\{y=4.2; x=3.7\} : \{y:float; x:float\}$

2. Podtipi zapisov po širini

$A := \{x:float; y:float\}$

$B := \{x:float; y:float; c:color\}$

~~$A \leq B$?~~

$p = \{x=3.2; y=4.7\} : A$

$p.x \rightsquigarrow 3.2$

$p.y \rightsquigarrow 4.7$

$p.c$??

$B \leq A$? ✓

$q = \{x=1.5; y=4.5; c=\blacksquare\} : B$

$q.x \rightsquigarrow 1.5$

$q.y \rightsquigarrow 4.5$ } A

Kje se pojavi ta vrsta podtipov:

- moduli
- objekti

Pravilo za podtipe po širini in vrstnem redu hkrati:

za vsak $j \leq m$ obstaja $i \leq n$, da je $\ell_i = k_j$ in $A_i = B_j$

$\{ \ell_1 : A_1; \ldots; \ell\_n : A\_n \} \leq \{ k_1 : B_1; \ldots; k\_m : B\_m \}$

širši (ima več polj) ↑ $k_j : B_j$

$k_j : B_j$ = $\ell_i : A_i$ ← ustrezno polje

Zapomnimo si: $\{\ell_1 : A_1, \ldots \ell_n : A_n\} \leq \{k_1 : B_1, \ldots, k_m : B_m\}$

↑ ta ima vsa polja od tega in lahko še več.

Ali je int širši ali ožji od float ?

1)

int je zapis, ki ima 32 polj

{ bit_0 : bool
bit_1 : bool
⋮
bit_{32} : bool }

float je zapis :

{ sign : bool ;
mantissa : { bit_0 ..... bit_{56} .. }
exponent : { . . . }
}

2) int ≤ float

obravnavamo kot <u>samodejno pretvorbo</u> (implicit coercion)

<u>Vaja</u> :

↗ praten zapis

... ≤ {x:A;y:B;z:C} ≤ {x:A;y:B} ≤ {x:A} ≤ { }

N {y:B}

V Javi: C ≤ Object

3. Podtipi po globini

Denimo int ≤ float

V = {x=3 ; y=4} : {x : int ; y : int } = A

N ?

{x : float ; y : float } = B

V.x : int ≤ float
V.y : int ≤ float

trikotnik = { a : {x:float; y:float};
b : {x:float; y:float};
c : {x:float; y:float}
}

barvni_trikotnik =
{ a : {x:float; y:float; c:color};
b : {x:float; y:float; c:color};
c : {x:float; y:float; c:color}
}

barvni_trikotnik ≤ trikotnik

$$\frac{A_1 \le B_1 \quad A_2 \le B_2 \quad \cdots \quad A_n \le B_n}{\{ \ell_1 : A_1; \ldots; \ell_n : A_n \} \le \{ \ell_1 : B_1; \ldots; \ell_n : B_n \}}$$

Podtipi zapisov v globino

Kombinirani podtipi (vrstni red ni pomemben, po širini, po globini)

$$\frac{\text{za vsak } j \le m \text{ obstaja } i \le n, \text{ da je } \ell_i = k_j \text{ in } A_i \le B_j}{\{ \ell_1 : A_1; \ldots; \ell_n : A_n \} \le \{ k_1 : B_1; \ldots; k_m : B_m \}}$$

širši & globji

$\ell_i : A_i$ ← ustreza ← $k_j : B_j$

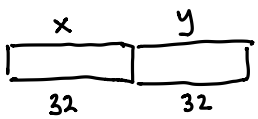
$\ell_i = k_j$
$A_i \le B_j$

Pozor: Pri zapisih s spremenljivimi polji (objekti) podtipi po globini ne veljajo

```
A = { mutable x : int; mutable y : int}
B = { mutable x : float; mutable x : float}
```

$A \le B$

$p = \{ x = 3 ; y = 4 \}$

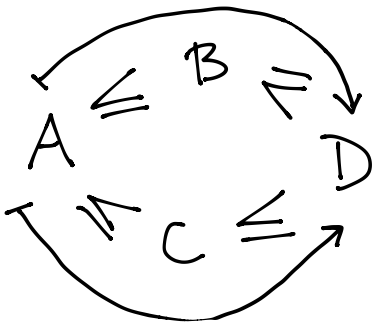


$p.x \leftarrow 17$ } shranimo podatek (kontravariantno)

ker $A \le B$: $p.x \leftarrow \underbrace{3.141592}_{64}$

$\phi.x$ } preberemo podatek (kovariantno)

Problem koherentnosti



Ali so različni dostopi do D med seboj ekvivalentni? so koherentni? (se ujemajo)

Objektno:

```
public class D { .... }

public class B extends D { .... }
public class C extends D { .... }
public class A extends B,C {....}
```

Ali A vsebuje dve kopiji D?
Ni enoznačnega odgovora.

Koherentnost pri software systemu:

Paketi:

- Linux : Debian packages
- Node.js :
- Ocaml : OPAM
- MacOS : Homebrew