

# Fordítóprogramok

## 10. előadás

Aszalós László

2015. november 11.

# Típus

Értelmezése programozási nyelvenként eltérő:

- értékek egy halmaza
- ezen értékeken végzett műveletek egy halmaza
- az osztályok a típus egyik lehetséges felfogása

## Típusrendszer

Mely típusoknál mely műveletek használhatóak?

## Típus ellenőrzés

A műveleteknek megfelelőek az argumentumaik?

# Statikus vagy dinamikus típusok?

- statikus típusok sok hibát felfedeznek a fordítás során
- statikus típusok feleslegessé teszik futás közbeni típusellenőrzéseket
- a statikus típusok nagyon merevvé teszik a programozást
- statikus típusokkal nehéz prototípusok gyors készítése

# Példa

Tekintsük a következő egyszerű programozási nyelvet, melynek a szintaxisa a következő!

- Program

- ▶  $P \rightarrow D; E$

- Deklaráció

- ▶  $D \rightarrow D; D \mid i : T$

- Típus

- ▶  $T \rightarrow integer \mid char \mid array[num] \text{ of } T$

- Kifejezés

- ▶  $E \rightarrow literal \mid num \mid i \mid E + E \mid E[E]$

## Példa - szemantika

```
D -> i:T  
      addtype(i.name, T.type);
```

```
T -> integer  
      T.type=integer;
```

```
T -> char  
      T.type=char;
```

```
T -> array[num] of T_1  
      T.type=array(T_1.type, num.val)
```

## Példa - szemantika folytatás

```
E -> literal  
    E.type=char
```

```
E -> num  
    E.type=integer
```

```
E -> i  
    E.type=lookup_type(i.name)
```

```
E -> E1+E2  
    if E_1.type==E_2.type==integer  
    then E.type=integer else E.type=error
```

```
E -> E_1[E_2]  
    if E_2.type==integer and E_1.type==array(s,t)  
    then E.type=s else E.type=error
```

# Akciószimbólum

A nyelvtan helyettesítései szabályaiban speciális jelekkel (*akciószimbólumokkal*) jelöljük azt, ha szintaxisfa felépítése folyamán a szabály alkalmazásakor szemantikus tevékenységeket is kell végezni. Ha a tevékenységet egy *proc* eljárás írja le, akkor ezt az eljárást *szemantikus rutinnak* nevezzük és a hozzátartozó szimbólumot *@proc*-cal jelöljük.

## Fordítási nyelvtan

Ha egy *G* környezetfüggetlen nyelvtan szabályainak jobb oldalait akciószimbólumokkal egészítjük ki, akkor a nyelvtant *fordítási nyelvtannak* nevezzük. A fordítási nyelvtant *TG*-vel jelöljük.

# Attribútum

A továbbiakban jelölje  $@S$  a TG fordítási nyelvtan akciószimbólumainak a halmazát. Legyen  $\mathcal{A}$  egy véges, nem üres halmaz, az attribútumok halmaza. Ekkor minden  $X \in T \cup N \cup @S$  szimbólumhoz rendeljük hozzá az  $\mathcal{A}$  egy  $\mathcal{A}(X)$  részhalmazát, speciálisan a  $@s$  szimbólumra legyen  $\mathcal{A}(@s)$  az  $s$  szemantikus rutin paramétereinek halmaza. Az *attribútumértékek halmazát* jelölje  $\mathcal{V}$ . Legyen  $\mathcal{R}$  a *szemantikus függvények halmaza*.

## Logikai feltételek halmaza

Legyen  $\mathcal{C}$  a *logikai feltételek halmaza*, és minden  $p \in P$  helyettesítési szabályhoz rendeljük hozzá a  $\mathcal{C}$  egy  $\mathcal{C}(p)$  elemét. A  $\mathcal{C}(p)$  egy logikai állítást mond ki a  $p$ -hez tartozó  $\mathcal{A}(p)$  attribútumokra. Ha az állítás nem teljesül, akkor a szemantikai elemző hibát jelez.

# Attribútum fordítási nyelvtan

Az  $ATG = (TG, \mathcal{A}, \mathcal{V}, \mathcal{R}, \mathcal{C})$  ötöst *attribútum fordítási nyelvtannak* nevezik, ahol

- $TG$  egy fordítási nyelvtan,
- $\mathcal{A}$  az attribútumok halmaza,
- $\mathcal{V}$  az attribútumértékek halmaza,
- $\mathcal{R}$  a szemantikus szabályok halmaza és
- $\mathcal{C}$  a logikai feltételek halmaza.

# Szintetizált/örökölt

Az  $X \in T \cup N$  szimbólum egy  $X.a$  attribútumát *szintetizálnak* nevezzük, értékét egy szemantikus függvény abban az esetben határozza meg, amikor az  $X$  szimbólum egy helyettesítési szabály bal oldalán áll. Az  $X.a$  attribútum *örökölt*, ha értékét egy szemantikus függvény abban az esetben határozza meg, amikor az  $X$  szimbólum egy helyettesítési szabály jobb oldalán áll. Jelölje az  $X$  szintetizált és örökölt attribútumait az  $\mathcal{S}(X)$  illetve  $\mathcal{I}(X)$ .

## Megjegyzés

A szintetizált attribútumok alulról-fel, az örökölt szimbólumok felülről-le és egy helyettesítési szabály jobb oldalát alkotó pontokon továbbítják.

# Meghatározott értékű attribútumok halmaza

Legyen  $AF(p)$  az  $\mathcal{R}(p)$  szemantikus függvények által *meghatározott értékű attribútumok halmaza*, azaz  $AF(p) = \{X.a \mid X.a = f(\dots) \in \mathcal{R}(p)\}$

## Tétel

Egy ATG nyelvtan minden  $X \in T \cup N \cup @S$  szimbólumára  $\mathcal{S}(X) \cap \mathcal{I}(X) = \emptyset$ .

# Teljes attribútum fordítási nyelvtan

Egy attribútum fordítási nyelvtant *teljes attribútum fordítási nyelvtannak* nevezzük, ha minden  $p : X_0 \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$  helyettesítési szabályra

- $\mathcal{S}(X_i) \subseteq AF(p)$ , ha  $i = 0$ , vagy  $X_i = @s$ ,
- $\mathcal{I}(X_i) \subseteq AF(p)$  ( $1 \leq i \leq n$ ),
- $\mathcal{A}(X_i) = \mathcal{S}(X_i) \cup \mathcal{I}(X_i)$  ( $0 \leq i \leq n$ )

# Jól definiált attribútum fordítási nyelvtannak

Egy attribútum fordítási nyelvtant *jól definiált attribútum fordítási nyelvtannak* nevezzük, ha a nyelvtan által definiált nyelv minden mondatára teljesül, hogy a mondat szintaxisfájának minden pontjában minden attribútum értéke egyértelműen kiszámítható.

# Példa

Tekintsük a következő nyelvtant, mellyel bináris valós számokat írhatunk le!

- ①  $S \rightarrow N.N$
- ②  $S \rightarrow N$
- ③  $N \rightarrow ND$
- ④  $N \rightarrow D$
- ⑤  $D \rightarrow 0$
- ⑥  $D \rightarrow 1$

Annak érdekében, hogy meghatározhassuk a szám értékét, a következő attribútumokat fogjuk felhasználni

- *value* a bináris szám decimális értéke (szintetizált)
- *length* beolvasott szám hossza (szintetizált)
- *exp* a számjegyhez tartozó kitevő (örökölt)

# Tekintsük a fordítási nyelvtant!

①  $S \rightarrow N.N'$

- ▶  $S.v = N.v + N'.v$
- ▶  $N.e = 0$
- ▶  $N'.e = -N'.l$

②  $S \rightarrow N$

- ▶  $S.v = N.v$
- ▶  $N.e = 0$

③  $N \rightarrow N'D$

- ▶  $N.v = N'.v + D.v$
- ▶  $N.l = N'.l + 1$
- ▶  $N'.e = N.e + 1$
- ▶  $D.e = N.e$

④  $N \rightarrow D$

- ▶  $N.v = D.v$
- ▶  $D.e = N.e$
- ▶  $N.l = D.l$

# Tekintsük a fordítási nyelvtant!

⑤  $D \rightarrow 0$

▶  $D.v = 0$

▶  $D.l = 1$

⑥  $D \rightarrow 1$

▶  $D.v = 2^{D.e}$

▶  $D.l = 1$

## Adjuk meg a korábbiak alapján a 10.1 értékét!

$$S \Rightarrow N_1.N_2 \Rightarrow N_3D_4.N_2 \Rightarrow D_5D_4.N_2 \Rightarrow 10.N_2 \Rightarrow 10.D_6 \Rightarrow 10.1$$

- $S \rightarrow N_1.N_2$

- ▶  $S.v = N_1.v + N_2.v$
- ▶  $N_1.e = 0$
- ▶  $N_2.e = -N_2.l$

- $N_1 \rightarrow N_3D_4$

- ▶  $N_1.v = N_3.v + D_4.v$
- ▶  $N_1.l = N_3.l + 1$
- ▶  $N_3.e = N_1.e + 1$
- ▶  $D_4.e = N_1.e$

- $N_3 \rightarrow D_5$

- ▶  $N_3.v = D_5.v$
- ▶  $D_5.e = N_3.e$
- ▶  $N_3.l = D_5.l$

# Adjuk meg a korábbiak alapján a 10.1 értékét!

- $D5 \rightarrow 1$

- ▶  $D_{5.v} = 2^{D_{5.e}}$

- ▶  $D_{5.l} = 1$

- $D4 \rightarrow 0$

- ▶  $D_{4.v} = 0$

- ▶  $D_{4.l} = 1$

- $N2 \rightarrow D_6$

- ▶  $N_{2.v} = D_{6.v}$

- ▶  $D_{6.e} = N_{2.e}$

- ▶  $N_{2.l} = D_{6.l}$

- $D6 \rightarrow 0$

- ▶  $D_{6.v} = 2^{D_{6.e}}$

- ▶  $D_{6.l} = 1$

# Direkt attribútumfüggőségek!

A  $p : X_0 \rightarrow X_1 X_2 \dots X_n$  helyettesítési szabályhoz tartozó *direkt attribútumfüggőségek* a következők:

$$DP(p) = \{(X_i.a, X_j.b) | X_j.b = f(\dots, X_i.a, \dots)\} \in \mathcal{R}(p)$$

A direkt attribútumfüggőségek egy adott szintaxisfára *függőségi gráfot* generálnak, ahol a gráf pontjai az attribútumok, az irányított élek pedig megfelelnek az attribútumfüggőségeknek. Egy attribútum fordítási nyelvtant *lokálisan aciklikusnak* nevezzük, ha minden  $p \in P$  helyettesítési szabályra a  $DP(p)$  függőségi gráf körmentes. Legyen  $DT(x)$  az  $x$  mondat levezetésében felhasznált összes  $p$  szabályhoz tartozó  $DP(p)$  direkt függőségek halmaza.

## Tétel

Egy teljes attribútum nyelvtan jól definiált, ha a nyelvtan által definiált nyelv minden  $x$  mondatára a  $DT(x)$  gráf nem tartalmaz kört.