

Università degli Studi di Salerno

Dipartimento di Informatica

Corso di Ingegneria dei Linguaggi di Programmazione



Grammo

Implementazione del compilatore per il linguaggio di
programmazione Grammo

Salvatore Di Martino

NF22500114

Descrizione della sintassi di Grammo

Di seguito una descrizione discorsiva della sintassi del linguaggio Grammo, con esplicativi rinvii a ciò che sarà trattato solo a livello semantico.

Struttura generale del programma

Un programma Grammo è costituito da una sequenza di dichiarazioni top-level (*TopDecl*), che possono essere:

- definizioni di funzione/procedura (*FuncDef*),
- dichiarazioni di variabili (*VarDecl*).

Formalmente:

- *Program* ::= *TopDeclList*
- *TopDeclList* ::= *TopDecl TopDeclList* | /* empty */
- *TopDecl* ::= *FuncDef* | *VarDecl*

Non viene imposto alcun ordine tra dichiarazioni di funzioni, procedure e variabili globali. È quindi possibile dichiarare funzioni dopo la loro prima chiamata: la correttezza di tali chiamate (in termini di esistenza e compatibilità dei tipi) sarà verificata dall'analisi semantica.

A livello semantico, si richiederà l'esistenza di una funzione di ingresso *main* con una firma predefinita (ad es. *func void -> main() { ... }*), ma ciò non è codificato nella grammatica.

Tipi di dato e costanti

Grammo supporta quattro tipi primitivi:

- int (token *INT_TYPE*): numeri interi,
- real (*REAL_TYPE*): numeri reali in virgola mobile,
- bool (*BOOL_TYPE*): booleani,
- string (*STRING_TYPE*): stringhe.

Il simbolo void (*VOID_TYPE*) indica l'assenza di valore di ritorno per le funzioni/procedure.

Produzioni:

- *Type* ::= *INT_TYPE* | *REAL_TYPE* | *BOOL_TYPE* | *STRING_TYPE*
- *ReturnType* ::= *Type* | *VOID_TYPE*

Le costanti (*Const*) comprendono:

- interi (*INT_CONST*),
- reali (*REAL_CONST*),
- stringhe (*STRING_CONST*),
- booleani (*TRUE / FALSE*).

La forma lessicale delle costanti è verificata dal lexer; la gestione dei tipi (ad es. promozione *int->real*, compatibilità tra operandi) è rimandata al type checking semantico.

Dichiarazioni di funzione e procedura

Funzioni e procedure sono unificate sotto il costrutto *FuncDef*. La differenza è data dal tipo di ritorno:

- una **funzione** ha *ReturnType* diverso da void,
- una **procedura** ha *ReturnType* uguale a void.

Sintassi: *func* <ReturnType> -> <nome>(<lista_parametri_opzionale>) {<corpo>}

Produzione: *FuncDef* ::= FUNC *ReturnType* ARROW ID LPAR *ParamListOpt* RPAR *Block*

Esempi:

```
func int -> sum(int: a, int: b) {
    var int: res;
    res = a + b;
    return res;
}

func void -> print_hello() {
    << "Hello";
}
```

I parametri di funzione sono sempre dichiarati singolarmente e separati da virgole, nella forma: <Type> : <identificatore>

Produzioni:

- *ParamListOpt* ::= *ParamList* | /* empty */
- *ParamList* ::= *Param* | *Param* COMMA *ParamList*
- *Param* ::= *Type* COLON *ID*

Non è previsto (per ora) il passaggio per riferimento; tutti i parametri sono concettualmente passati “per valore”. Eventuali regole su modificabilità e aliasing saranno definite semanticamente.

Vincoli delegati all’analisi semantica:

- Una funzione con *ReturnType* non void deve:
 - garantire la restituzione di un valore in tutti i possibili percorsi di esecuzione,
 - restituire un valore di tipo compatibile col *ReturnType*.
- Una funzione con *ReturnType* = void può:
 - non avere return (o avere return; senza espressione),
 - non può avere return <*Expr*>.

Questi vincoli non sono espressi nella grammatica, ma saranno verificati sull’AST.

Dichiarazioni di variabili

Le variabili possono essere dichiarate in due modi:

1. Dichiarazione tipata con più variabili:

```
var int: a;  
var real: x, y;
```

Produzione:

- $\text{VarDecl} ::= \text{VAR Type COLON } \text{IdList SEMI}$
- $\text{IdList} ::= \text{ID} \mid \text{ID COMMA IdList}$

2. Dichiarazione con inizializzazione a costante, senza tipo esplicito:

```
var x = 10;  
var msg = "ciao";
```

Produzione:

- $\text{VarDecl} ::= \text{VAR ID ASSIGN Const SEMI}$

In quest'ultimo caso, il tipo della variabile è dedotto dalla costante (inferenza di tipo), ma ciò è responsabilità dell'analisi semantica. La grammatica consente qualsiasi combinazione ID ASSIGN Const , indipendentemente dalla compatibilità o dal tipo sottostante.

Le dichiarazioni di variabile sono ammesse sia a livello globale (TopDecl) sia all'interno dei blocchi delle funzioni e dei costrutti di controllo, tramite la produzione:

- $\text{Stmt} ::= \text{VarDecl} \mid \dots$

Grammo, per l'analisi semantica, adotta un unico livello di scope locale per ogni funzione/procedura, e un unico livello di scope globale; questo aspetto è però trasparente a livello sintattico.

Subsection Blocchi e lista di istruzioni

Il corpo di una funzione/procedura, e in generale i blocchi di controllo (if, while, for), sono espressi dal non terminale Block :

- $\text{Block} ::= \text{LBRACE StmtListOpt RBRACE}$
- $\text{StmtListOpt} ::= \text{StmtList} \mid /* \text{empty} */$
- $\text{StmtList} ::= \text{Stmt} \mid \text{Stmt StmtList}$

Un blocco è quindi una sequenza (eventualmente vuota) di statement (Stmt).

Gli statement ammessi sono:

- dichiarazioni di variabili,
- assegnamenti,
- chiamate a procedura,
- I/O (output con/senza newline, input),
- return,
- strutture di controllo (if, while, for),
- blocchi annidati.

Produzione:

```
Stmt ::= VarDecl  
| AssignStmt SEMI  
| ProcCall SEMI  
| OutputStmt SEMI  
| OutputLnStmt SEMI  
| InputStmt SEMI  
| ReturnStmt SEMI  
| IfStmt  
| WhileStmt  
| ForStmt  
| Block
```

Istruzioni di assegnamento e chiamate

Assegnamento

L'assegnamento avviene tramite = (*token ASSIGN*):

- *AssignStmt ::= ID ASSIGN Expr*

Esempio:

```
x = 10;  
y = x + 3;  
flag = x < y;
```

È consentita solo l'assegnazione di una singola variabile a destra; non vi è multi-assegnazione. Il controllo di tipo (compatibilità tra tipo della variabile e tipo dell'espressione) è semantico.

Chiamata a procedura/funzione come statement

La forma generica di chiamata è:

- *ProcCall ::= ID LPAR ArgListOpt RPAR*

con:

- *ArgListOpt ::= ArgList | /* empty */*
- *ArgList ::= Expr | Expr COMMA ArgList*

Esempi:

```
print_hello();  
log_int(x);  
update_state(x, y, z);
```

La distinzione tra:

- chiamata usata come statement (procedura → void),

- chiamata usata come espressione (funzione → tipo non void) sarà imposta a livello semantico, verificando il *ReturnType* della *FuncDef* corrispondente.

Istruzioni di I/O

- $<< (OUT)$ per output senza newline,
- $<<! (OUTLN)$ per output con newline,
- $>> (IN)$ per input,
- $\#(Expr)$ per interpolare un'espressione nei flussi di I/O.

Produzioni:

OutputStmt ::= OUT IOArgs

OutputLnStmt ::= OUTLN IOArgs

InputStmt ::= IN IOArgs

IOArgs ::= Expr IOArgs
 | HASH LPAR Expr RPAR IOArgs
 | /* empty */

Esempi sintatticamente corretti:

```
<< "Somma: " #(a + b);
<<! "Fine";
>> "Inserisci n: " #(n);
>> #(name);
```

Scelte semantiche (non riflesse nella grammatica, ma previste):

- In **output** (*OutputStmt*, *OutputLnStmt*):
 - *Expr* può essere di qualunque tipo; sarà la semantica a definire le conversioni in stringa o a sollevare errori.
- In **input** (*InputStmt*):
 - gli argomenti *HASH LPAR Expr RPAR* dovranno essere identificatori (variabili assegnabili), non espressioni arbitrarie,
 - eventuali *Expr* libere (non interpolate con #) devono essere di tipo stringa; anche in questo caso la verifica è demandata alla semantica.

Istruzioni di ritorno

La produzione:

- *ReturnStmt ::= RETURN ExprOpt*
- *ExprOpt ::= Expr | /* empty */*

permette due forme:

- *return;*
- *return expr;*

Il vincolo tra forma del *return* e *ReturnType* della funzione sarà definito in analisi semantica:

- funzioni non-void → devono avere return *Expr* con tipo compatibile,
- funzioni void → possono avere *return*; o nessun *return*, ma non *return Expr*.

Strutture di controllo

If / elif / else

Il costrutto condizionale ha la forma:

```
if (condizione) {
    ...
} elif (altra_cond) {
    ...
} else {
    ...
}
```

Produzioni:

IfStmt ::= IF LPAR *Expr* RPAR *Block* *ElifListOpt ElseOpt*

ElifListOpt ::= *ElifList*
| /* empty */

ElifList ::= *Elif*
| *Elif ElifList*

Elif ::= ELIF LPAR *Expr* RPAR *Block*

ElseOpt ::= ELSE *Block*
| /* empty */

La condizione (*Expr*) in *if* ed *elif* deve essere di tipo bool; questo vincolo è demandato al type checker.

While

La struttura di ciclo while è:

```
while (condizione) {
    ...
}
```

Produzione:

- *WhileStmt* ::= WHILE LPAR *Expr* RPAR *Block*

La condizione deve essere bool (vincolo semantico).

For

Grammo prevede anche un ciclo for in stile C semplificato:

```

for (inizializzazione; condizione; aggiornamento) {
    ...
}

```

Produzioni:

ForStmt ::= FOR LPAR ForInitOpt SEMI ExprOpt SEMI ForUpdateOpt RPAR Block

*ForInitOpt ::= AssignStmt
| /* empty */*

*ForUpdateOpt ::= AssignStmt
| /* empty */*

*ExprOpt ::= Expr
| /* empty */*

Esempi:

```

for (i = 0; i < n; i = i + 1) {
    sum = sum + i;
}

for (;;){
    ...
}

```

Scelte progettuali:

- Nel for l'inizializzazione e l'aggiornamento sono limitati ad assegnamenti (*AssignStmt*); non è possibile dichiarare nuove variabili (*var ...*) all'interno dell'intestazione del for.
- La condizione (*ExprOpt*) può essere omessa: in tal caso, viene semanticamente interpretata come true (ciclo infinito).

Espressioni e precedenze

Le espressioni di Grammo sono completamente stratificate per codificare precedenza e associatività “matematica”:

- livello più basso: || (OR),
- poi && (AND),
- poi confronti (==, <>, <, <=, >, >=),
- poi somma e sottrazione (+, -),
- poi moltiplicazione e divisione (*, /),
- poi operatori unari (!, -),
- infine literal, identificatori, chiamate e parentesi.

Produzioni:

Expr ::= *OrExpr*

OrExpr ::= *AndExpr*

| *OrExpr OR AndExpr*

AndExpr ::= *EqualityExpr*

| *AndExpr AND EqualityExpr*

EqualityExpr ::= *RelExpr*

| *EqualityExpr EQ RelExpr*

| *EqualityExpr NE RelExpr*

RelExpr ::= *AddExpr*

| *RelExpr LT AddExpr*

| *RelExpr LE AddExpr*

| *RelExpr GT AddExpr*

| *RelExpr GE AddExpr*

AddExpr ::= *MulExpr*

| *AddExpr PLUS MulExpr*

| *AddExpr MINUS MulExpr*

MulExpr ::= *UnaryExpr*

| *MulExpr TIMES UnaryExpr*

| *MulExpr DIV UnaryExpr*

UnaryExpr ::= *NOT UnaryExpr*

| *MINUS UnaryExpr*

| *Primary*

Primary ::= *ID PrimaryTail*

| *INT_CONST*

| *REAL_CONST*

| *STRING_CONST*

| *TRUE*

| *FALSE*

| *LPAR Expr RPAR*

PrimaryTail ::= *LPAR ArgListOpt RPAR*

| /* empty */

In questo modo:

- *a + b * c == d* è interpretata come $((a) + (b * c)) == d$,
- *!a && b* come $((!a) \&\& b)$.

Il fatto che **tutti gli operatori** possano, sintatticamente, applicarsi a qualunque combinazione di costanti, identificatori o chiamate (es. *3 + true*, "ciao" < 5, ecc.) è voluto: queste costruzioni sono accettate dalla grammatica, ma saranno scartate dal type checker in analisi semantica.

Aspetti rinviati esplicitamente all'analisi semantica

Per chiarezza, di seguito sono elencati i principali punti che non sono vincolati dalla grammatica ma saranno gestiti nella fase di analisi semantica e/o type checking:

1. Identificazione di main

- Deve esistere una funzione di ingresso main con una firma prestabilita (ad es. `func void -> main() { ... }.`).
- Deve essere unica.

2. Scope e simboli

- Gestione di scope globali e locali (a livello di funzione), con controllo su
 - dichiarazioni multiple dello stesso identificatore,
 - uso di identificatori non dichiarati.
- Vige il divieto di shadowing: non è possibile dichiarare una variabile locale (o parametro) con lo stesso nome di una variabile globale o di una funzione già definita.
- Scope di funzione piatto: le variabili dichiarate nei blocchi interni appartengono allo scope della funzione e non a quello del blocco.

3. Inferenza di tipo nelle dichiarazioni

- Per `var ID = Const;`, determinazione del tipo della variabile a partire dal tipo della costante.

4. Type checking delle espressioni

- Compatibilità dei tipi per:
 - operatori aritmetici (+, -, *, /),
 - operatori logici (&&, ||, !),
 - operatori relazionali (==, <>, <, <=, >, >=),
 - assegnamenti (`ID = Expr`),
 - argomenti e parametri nelle chiamate di funzione.

5. Funzioni e return

- Verifica che:
 - funzioni non-void restituiscano sempre un valore di tipo corretto,
 - funzioni void non restituiscano valori,
 - il numero e il tipo degli argomenti nelle chiamate (`ID(...)`) coincidano con la dichiarazione (`FuncDef`).

6. Uso delle chiamate funzione/procedura

- Distinzione tra:
 - chiamate usate come espressioni (richiedono `ReturnType` non void),
 - chiamate usate come statement (`ProcCall`) (richiedono `ReturnType` void).

7. Condizioni booleane nei controlli di flusso

- if, elif, while e il secondo elemento del for devono avere espressione di tipo bool.

8. Vincoli sugli I/O

- In `InputStmt (>>):`
 - nelle occorrenze di `#(Expr)` l'`Expr` deve essere un `ID`,

- gli eventuali altri argomenti (non #(...)) dovrebbero essere stringhe di prompt.
- In *OutputStmt/OutputLnStmt*:
 - definizione delle conversioni automatiche dei tipi non-stringa in stringa.