Analisi dei Sistemi Informatici: Dominio Astratto degli Intervalli

Marco Colognese VR423791
Mattia Rossini VR423614

Università degli Studi di Verona
Corso di Laurea Magistrale in Ingegneria e Scienze Informatiche

Ottobre 2018

L'analisi statica permette di calcolare un'approssimazione dell'insieme dei valori o dei comportamenti che si verificheranno durante l'esecuzione di un programma senza avviarlo.

Approssimazione: se denotiamo con $[\![\cdot]\!]$ il comportamento concreto del programma e con $[\![\cdot]\!]^\sharp$ quello approssimato si ha che:

$$[\![P]\!] \subseteq [\![P]\!]^\sharp$$

Uno dei principali approcci dell'analisi statica è l'interpretazione astratta.

L'interpretazione astratta è un framework per l'analisi statica che definisce un'astrazione corretta per la semantica concreta di un programma.

Per creare un'astrazione occorre:

- un *dominio concreto* C: è il punto di partenza;
- un *dominio astratto* A: è un'approssimazione di C e modella alcune proprietà dei calcoli concreti, tralasciando informazioni superflue;
- una *funzione di astrazione*: $\alpha : C \to A$;
- eventualmente una *funzione di concretizzazione*: $\gamma : A \to C$.

Dominio astratto degli Intervalli

Definizione

Il dominio astratto degli Intervalli è un dominio numerico non relazionale in cui un insieme di interi viene approssimato dal più piccolo intervallo che li contiene ed è così definito:

$$\mathbb{I} = \{[l, u] \mid l \in \mathbb{Z} \cup \{-\infty\}, u \in \mathbb{Z} \cup \{+\infty\}, l \leq u\}$$

Questo dominio è un reticolo completo ed in particolare:

- l'ordinamento $\sqsubseteq$ è tale che $[a, b] \sqsubseteq [c, d]$ solo se l'intervallo $[a, b]$ è interamente contenuto in $[c, d]$, cioè $a \geq c$ e $b \leq d$;
- l'elemento *top* $\top$ è l'intervallo $[-\infty, \infty]$ che contiene tutti gli altri;
- l'elemento *bottom* $\bot$ è l'insieme vuoto che non contiene elementi.

Questo dominio non rispetta la *ACC*, dunque non garantisce la terminazione: perciò viene introdotto il widening ∇. Funziona come segue:

$$[a,b] \nabla [c,d] = [e,f] \qquad \text{t.c.}$$

$$e = \begin{cases} -\infty & \text{se } c < a \\ a & \text{altrimenti} \end{cases} \qquad f = \begin{cases} +\infty & \text{se } b < d \\ b & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Utilizzando il widening può capitare di avere eccessive perdite di precisione, perciò viene introdotto il narrowing $\triangle$. Funziona come segue:

$$[a,b] \triangle [c,d] = [e,f] \qquad \text{t.c.}$$

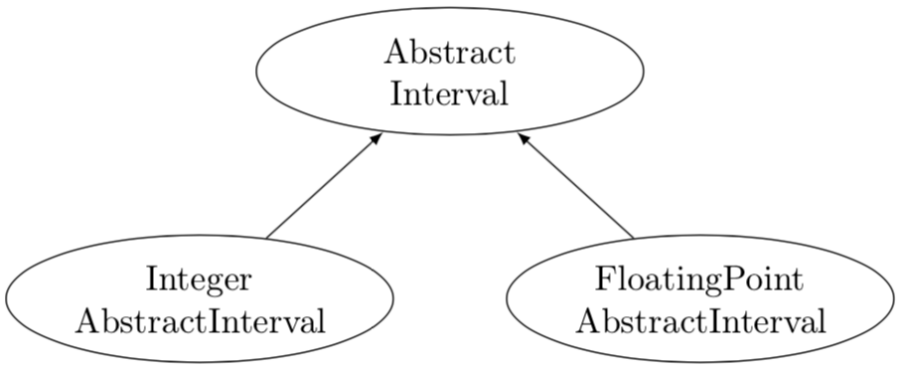
$$e = \begin{cases} c & \text{se } a = -\infty \\ a & \text{altrimenti} \end{cases} \qquad f = \begin{cases} d & \text{se } b = +\infty \\ b & \text{altrimenti} \end{cases}$$

Implementazione

Libreria

La libreria implementata è composta dalle seguenti classi:

- *AbstractInterval*: classe astratta, rappresenta un intervallo generico;
- *IntegerAbstractInterval* e *FloatingPointAbstractInterval*: estendono *AbstractInterval* per intervalli rispettivamente interi e a virgola mobile;
- *Bound*: rappresenta un *bound* che compone un intervallo;
- *Infinity*: rappresenta un valore infinito con il relativo segno;
- *UndefinedOperationException*: rappresenta l'eccezione per le operazioni non definite ed estende la classe *exception*.



Implementazione

Linguaggio *Toy*

Per provare la libreria, è stato definito un semplice linguaggio chiamato Toy.

```
<program>      ::= {<statement>\n}*
<statement>    ::= <assignment> | <conditional> | <loop>
<assignment>   ::= <identifier> = <expression>
<conditional>  ::= if <condition>\n {<assignment>\n}* endif
<loop>         ::= while <condition>\n {<assignment>\n}* endwhile
<expression>   ::= <value> | <value> <operator> <value>
<value>        ::= <identifier> | <number> | -<number>
<condition>    ::= <identidier> <cmp> <number> | <boolean>
<boolean>      ::= true | false
<operator>     ::= + | - | * | /
<identifier>   ::= <letter> <id>*
<cmp>          ::= <= | >= | < | >
<id>           ::= <letter> | <digit>
<number>       ::= <digit>+ | <digit>+.<digit>+
<letter>       ::= a | b | ... | z | A | B | ... | Z
<digit>        ::= 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9
```

Implementazione

Interprete per il linguaggio

L'interprete esegue in modo ordinato le seguenti fasi:

1. cerca il programma nel file *input.txt*;
2. legge il file riga per riga, riconoscendo lo statement di ognuno: assegnamento, *if* oppure *while*;
3. partendo dai valori delle variabili, genera i rispettivi intervalli;
4. modifica gli intervalli attraverso le operazioni della libreria;
5. stampa a video gli intervalli relativi a ciascuna variabile indicandone nome, *lower bound* e *upper bound*.

Per ogni classe è stato scritto un file di test, basandosi sulla libreria *Catch2*.

L'obiettivo è quello di fornire una copertura del codice il più vicino possibile al 100%. Questi sono stati utili per verificare la corretta implementazione della libreria anche nei casi limite delle operazioni tra intervalli.

Per compilare ed avviare i test eseguire i seguenti comandi:

- `make` (per compilare il codice);
- `make test` (per eseguire i test).

Implementazione

Documentazione

È stata scritta la documentazione attraverso lo standard tool *Doxygen*:

- per ogni funzione vengono definiti una breve descrizione (`@brief`), i parametri di input (`@param`) ed il valore di ritorno (`@return`);
- per ogni classe viene definita una breve descrizione (`@brief`);
- per ogni file vengono definiti il copyright (`@copyright`), la licenza (`@license`), gli autori (`@authors`), la data di produzione (`@date`) e la versione del progetto (`@version`).

Per generare la documentazione eseguire i seguenti comandi:

- `make` (per compilare il codice);
- `make doc` (per generare la documentazione).

Questa viene generata nella directory */doc* in formato *HTML*.

Conclusioni

Sviluppare questo progetto ci ha permesso principalmente di:

- imparare il linguaggio *C++*;
- approfondire a fondo l'analisi statica, l'interpretazione astratta e, soprattutto, il dominio degli Intervalli;
- implementare e successivamente osservare il comportamento ed il funzionamento di tale dominio in ambito pratico;
- mettere in pratica le conoscenze teoriche acquisite durante il percorso di studi triennale, ovvero creare un interprete, organizzare il codice in classi e documentarlo per migliorarne la leggibilità.