Relazione lavoro svolto

Pietro Ghiglio

September 18, 2020

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source $\rightarrow$ LLVM $\rightarrow$ Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source → LLVM → Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Scopo

- Propagare a livello di codice sorgente informazioni contenute tramite profiling.
- Associare ad ogni riga di codice il numero di istruzioni provenienti da essa eseguite durante la run del programma.
- Associare ad ogni chiamata a funzione il numero di istruzioni eseguite a partire dalla chiamata.

Implementazione

- Stack di callsites, push prima di ogni chiamata, pop dopo la chiamata.
- Ad ogni esecuzione di un basic block: stampa id basic block + dump dello stack.

Propagazione a livello di codice sorgente

Dato un output dell'instrumentazione corrispondente all'esecuzione di un basic block: bbId callsite1 callsite2 ... callsiteN

- Per ogni istruzione llvm contenuta nel basic block corrispondente all'id, assegnare il costo dell'esecuzione dell'istruzione llvm alla location di codice sorgente corrispondente.
- Per ogni callsite nel dump dello stack, assegnare il costo dell'istruzione llvm al callsite, a meno di funzioni ricorsive.

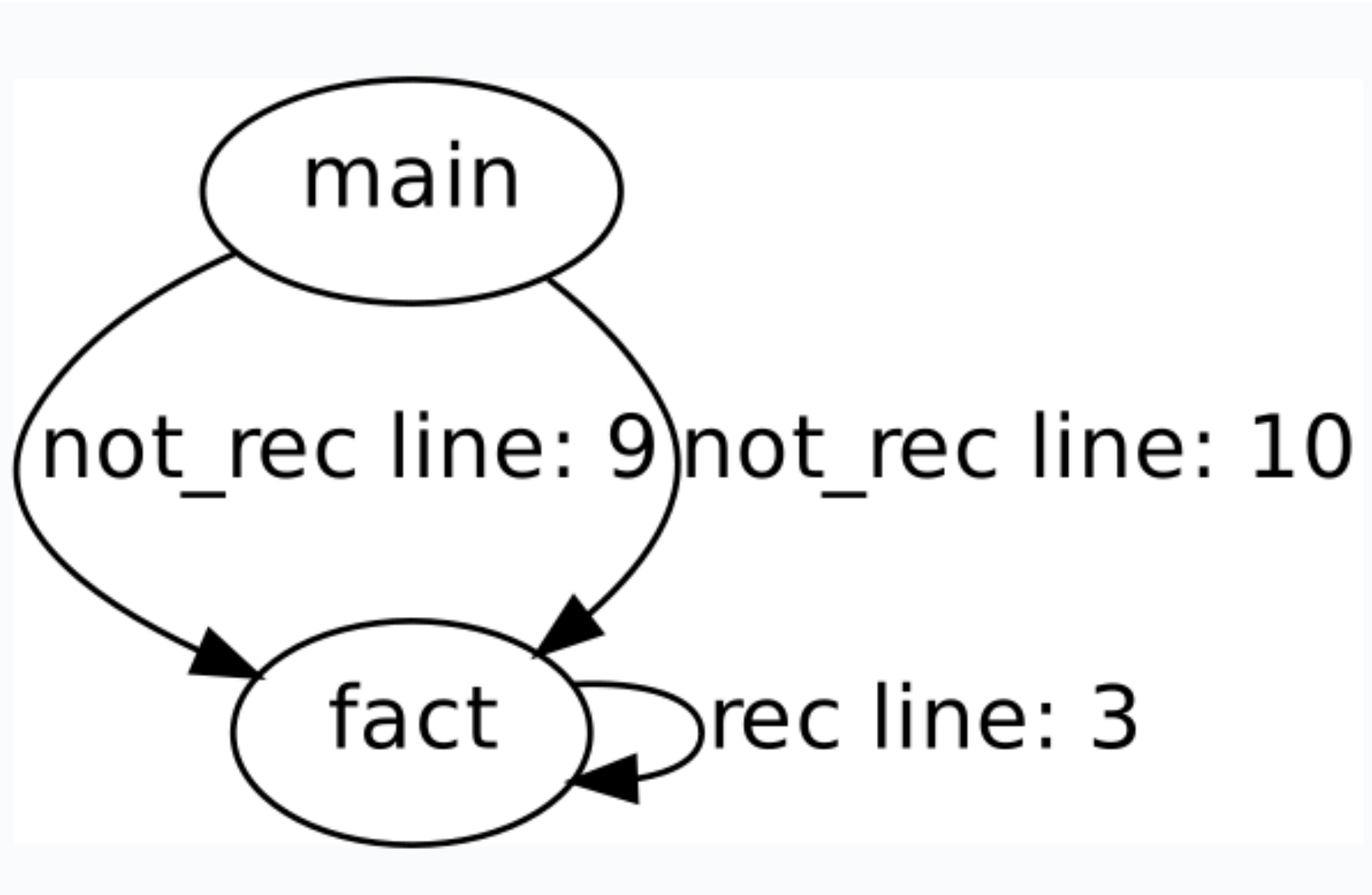
Call Graph

- Grafo in cui ogni vertice è una funzione.
- Un edge (v,u) rappresenta il fatto che la funzione v chiama u.
- Label sugli edge con callsite.
- Una call (v,u) è ricorsiva se u == v o se da u è possibile richiamare v. ((v,u) è parte di un ciclo).

Esempio-1

```
1  unsigned long fact(int n){
2    if(n <= 1) return 1;
3    unsigned long a = fact(n-1);
4    unsigned long b = n * a;
5    return n*a;
6  }
7
8  int main(){
9    fact(9);
10   fact(3);
11 }
```

Esempio-1



Esempio-2

```
1 int f(int n);
2 int g(int n);
3 int h(int n);
4
5 int main(){
6    f(3);
7    g(2);
8    h(1);
9 }
```

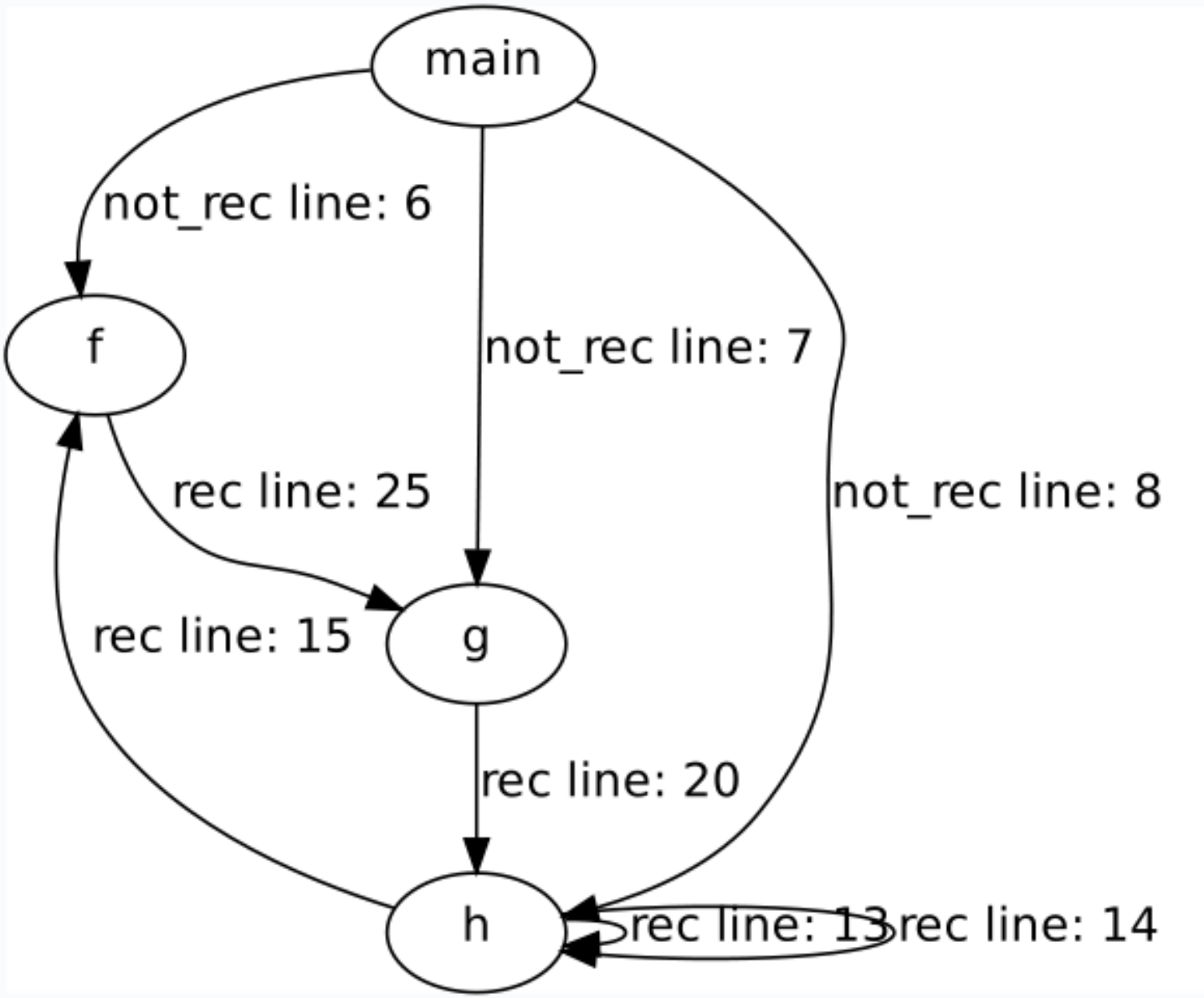
Esempio-2

```
11 int h(int n){
12   if(n < 1) return 1;
13   int a = h(n-1);
14   int b = h(n-2);
15   int c = f(a/b);
16   return c;
17 }
18
19 int g(int n){
20   int a = h(n-1);
21   return a;
22 }
```

Esempio-2

```
24 int f(int n){
25   int a = g(n-1);
26   return a;
27 }
```

Esempio-1


main
not_rec line: 6
f
not_rec line: 7
rec line: 25
not_rec line: 8
rec line: 15
g
rec line: 20
h
rec line: 13
rec line: 14

Criterio di attribuizione

Costo dell'istruzione attribuito al callsite solo se non è una chiamata ricorsiva.

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source → LLVM → Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Metriche utilizzate

Al momento le metriche utilizzabili sono:

- Il numero di istruzioni LLVM: ogni istruzione LLVM ha costo 1.
- Il numero di istruzioni Assembly: ogni istruzione LLVM ha costo pari al numero di istruzioni assembly ad essa associato.

Ad entrambe potrebbe essere associato un costo energetico o diretto (istruzioni LLVM) o dato dalla somma del costo delle istruzioni assembly corrispondenti.
Richiede un energy model della target architecture, con le varie considerazioni sulla fattibilità in base alla complessità dell'architettura.

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source → LLVM → Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Mapping Source → LLVM

Mapping source → LLVM direttamente dalle debug information delle API LLVM (classi DebugLoc, DISubProgram).
Alcune istruzioni (es. malloca all'inizio della funzione) non hanno debug info. In tal caso vengono attribuite alla line di definizione della funzione.

Mapping LLVM $\rightarrow$ Assembly

Mapping LLVM $\rightarrow$ Assembly ottenuto tramite un pass che sostituisce le informazioni di debug riguardo alla linea di codice sorgente con un id dell'istruzione stessa.
Molti metodi delle API LLVM per la modifica delle informazioni di debug sono privati.
Le informazioni di debug sostituite vengono recuperate effettuando disassembly dell'eseguibile.

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source → LLVM → Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Codice

```
1  unsigned long fact(int n){
2    if(n <= 1) return 1;
3    unsigned long a = fact(n-1);
4    unsigned long b = n * a;
5    return n*a;
6  }
7
8  int main(){
9    fact(9);
10   fact(3);
11 }
```

CallGraph

```
1 digraph cg {
2 fact
3 main
4 fact -> fact[label = "rec line: 3"]
5 main -> fact[label = "not_rec line: 9"]
6 main -> fact[label = "not_rec line: 10"]
7 }
```

Disassembly pre fix

```
name: main
begin: 401170 end: 40119e
addr: 401170  pushq %rbp debug: 8
addr: 401171  movq %rsp, %rbp
addr: 401174  subq $16, %rsp
addr: 401178  movl $9, %edi debug: 31
addr: 40117d  callq -114
addr: 401182  movl $3, %edi debug: 32
addr: 401187  movq %rax, -8(%rbp)
addr: 40118b  callq -128
addr: 401190  xorl %ecx, %ecx
addr: 401192  movq %rax, -16(%rbp)
addr: 401196  movl %ecx, %eax debug: 33
addr: 401198  addq $16, %rsp
addr: 40119c  popq %rbp
addr: 40119d  retq
addr: 40119e  nop debug: 33
```

Disassembly post fix

```
name: main
begin: 401170 end: 40119e
addr: 401170  pushq %rbp debug: 31
addr: 401171  movq %rsp, %rbp debug: 31
addr: 401174  subq $16, %rsp debug: 31
addr: 401178  movl $9, %edi debug: 31
addr: 40117d  callq -114 debug: 31
addr: 401182  movl $3, %edi debug: 32
addr: 401187  movq %rax, -8(%rbp) debug: 32
addr: 40118b  callq -128 debug: 32
addr: 401190  xorl %ecx, %ecx debug: 32
addr: 401192  movq %rax, -16(%rbp) debug: 32
addr: 401196  movl %ecx, %eax debug: 33
addr: 401198  addq $16, %rsp debug: 33
addr: 40119c  popq %rbp debug: 33
addr: 40119d  retq debug: 33
addr: 40119e  nop debug: 33
```

Istruzioni LLVM

```
31:   %1 = call i64 @fact(i32 9), !dbg !11
32:   %2 = call i64 @fact(i32 3), !dbg !12
33:   ret i32 0, !dbg !13
```

Attribuzione - LLVM

```
1  unsigned long fact(int n){ //72 llvm instr
2    if(n <= 1) return 1; //40 llvm instr
3    unsigned long a = fact(n-1); //50 llvm instr
4    unsigned     long b = n * a; //60 llvm instr
5    return n*a;          //60 llvm instr
6  } //24 llvm instr
7
8  int main(){
9    fact(9); //238 llvm instr
10   fact(3); //70 llvm instr
11 } //1 llvm instr
```

Attribuzione - Assembly

```
1  unsigned long fact(int n){ //48 assembly instr
2    if(n <= 1) return 1; //28 assembly instr
3    unsigned long a = fact(n-1); //50 assembly instr
4    unsigned long b = n * a; //30 assembly instr
5    return n*a; //30 assembly instr
6  } //60 assembly instr
7
8  int main(){
9    fact(9); //194 assembly instr
10   fact(3); //62 assembly instr
11 } //5 assembly instr
```

Table of Contents

1. Instrumentazione
   - Funzioni ricorsive
2. Metriche
3. Mapping Source → LLVM → Assembly
4. Demo
5. Conclusioni

Come procedere ora?

- Function mangling.
- Energy model.
- Ottimizzazioni del compilatore.
- Chiamate a libreria.