Lua の VM

Tsukuba.pm #3

びしょ〜じょ

May 14, 2016

こんにちは、びしょ～じょです。

- ここの大学に 4 年滞在中の 3 年生
- 大学に来てからプログラミング始めたマン
- Lua/MoonScript をよく書く

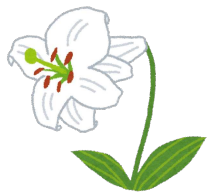


Figure: 白い大きな花を咲かせている百合（ユリ）のイラストです。

- Lua

  弱い動的型付けなスクリプト言語 ←Perl では・・・・・・？
  ブラジル産!! 軽量!! 関数もファーストクラスで扱えるぞ!!
  文法が簡単、予約語も 22 個と少ない
- MoonScript

  JS に対する CoffeeScript みたいなやつ
  end地獄の解消、リスト内包表記、クラスベース OOP など文法の強化

Perl では・・・・・・

- 軽量
  アイマス 2 から NetBSD、Wireshark やこのスライド (LuaLaTeX) にまで組み込める
  レジスタベース VM 上で動く (PUC-Lua)
- 関数がファーストクラス
  高階関数を扱うことができ、CPS を用いた例外処理機構のある Lua インタプリタ [*1] も実装できる
- 唯一のデータ構造 table
  - 簡単に言うと連想配列 ←Perl では・・・・・・?、数字もキー
  - 関数、数値、文字列、table 自身も、オブジェクトは全部詰め込める
  - メタテーブルという機能を用いることにより演算子オーバーロードやプロトタイプベースのオブジェクト指向プログラミンができる

[*1] https://github.com/nymphium/llix

Perl では・・・・・・ ない

- リオデジャネイロ・カトリカ大学の開発した Lua 処理系 (つまり本家, PUC-Lua) の VM

ソース → バイトコード →VM で実行

の調査と解析

Lua5.2 を見る (LuaLaTeX が v5.2 ベースなので)

1 環境 (メインチャンク、関数クロージャ) ごとにレジスタ (slots, constants、upvalues、locals、functions) を用意

```
function hello()
  print("hello")
end
```

slots:	2 個	(printと"hello"をセットするレジスタ)
constants:	2 個	("print"、"hello")
upvalues:	1 個	(_ENV[*2])
functions:	0 個	
locals:	0 個	

[*2] グローバル変数は _ENV table から持ってくるため

- `luac`コマンドでバイトコードを生成
- `luac -l bytecode.out`でいい感じに出力
- `luac -l -l bytecode.out`で情報が増える

ひとまず標準入力から渡してみる

```
cat <<LUACODE | luac -l -
print("hello, world")
LUACODE
```

⇓

```
main <stdin:0,0> (4 instructions at 0x2268790)
0+ params, 2 slots, 1 upvalue, 0 locals, 2 constants, 0 functions
      1     [1]   GETTABUP    0 0 -1 ; _ENV "print"
      2     [1]   LOADK       1 -2  ; "hello, world"
      3     [1]   CALL        0 2 1
      4     [1]   RETURN      0 1
```

LuaLaTeX にダイレクトに書いてみる

Code 1: codes/texutils/dumpdemo.lua

```
1  tex.print([==[\begin{lstlisting}[numbers=none]]==])
2  local function foo() end -- この関数内の環境を書き出す
3  local LEN = 31
4  local acc, cnt = "", 0
5  for c in string.dump(foo):gmatch(".") do
6   acc = acc .. ("%02X"):format(c:byte())
7   cnt = cnt + 1
8   if cnt % LEN < 1 then
9    tex.print(acc)
10   acc = ""
11  else acc = acc .. " "
12  end
13 end
14 if #acc > 0 then tex.print(acc) end
15 tex.print([[\end{lstlisting}]])
```

```
1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A 02 00 00 00 02 00 00 00 00 00 02 01 00
00 00 1F 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1D 00 00 00 00 00 00 00 40 63 6F 64 65
73 2F 74 65 78 75 74 69 6C 73 2F 64 75 6D 70 64 65 6D 6F 2E 6C 75 61 00 01 00 00 00 02 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

```
1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A 02 00 00 00 02 00 00 00 00 00 02 01 00
00 00 1F 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1D 00 00 00 00 00 00 00 00 40 63 6F 64 65
73 2F 74 65 78 75 74 69 6C 73 2F 64 75 6D 70 64 65 6D 6F 2E 6C 75 61 00 01 00 00 00 02 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

まずこれを読む。

1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A
header block

- 4bytes4bytes
  header signature (ESC “Lua”)
- 1byte1byte
  Lua Version
  (例では 52、つまり Lua 5.2)
- 1byte1byte
  Format Version
  (0 = official(default))
- 1byte1byte
  Endianness flag
  (1 = little endian(default), 0 = big endian)
- 1byte1byte
  size of `int` (C lang)
- 1byte1byte
  size of `size_t` (C lang)
- 1byte1byte
  size of instruction
- 1byte1byte
  size of `lua_Number`[*3](C lang)
- 1byte
  Integral flag
  (0 = floating point(default), 1 = integral number type)

[*3] 32bit integer

1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A

- 6bytes
  LUAC_DATA, “data to catch conversion errors”(ソースのコメントより)
  - 19 93
    Lua1.0 のリリース年
  - 0D 0A
    DOS の改行 (CR LF)、DOS→UNIX での改行のデータ変換の検知
  - 1A
    SUB
  - 0A
    UNIX の改行 (LF)、UNIX→DOS での改行のデータ変換の検知

ちなみに

Lua5.2

1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A

⇓

Lua5.3

header signature　version　format version　LUAC_DATA　objects sizes

1B 4C 75 61　53　00　19 93 0D 0A 1A 0A　04 08 04 08 08

LUAC_INT*4　LUAC_NUM*5

78 56 00 00 00 00 00 00　00 00 00 00 00 00 00 28 77 40

長い

*4 Endianness の検査、0x5678 を dump しているのでこの場合リトルエンディアン

*5 IEEE754 float format の検査

02 00 00 00 02 00 00 00 00 00 02 01 00・・・・・・
function block

- `int`
  line defined
- `int`
  last line defined
- 1byte
  number of parameters
- 1byte
  `is_vararg`
- 1byte
  number of registers used by the function
- List
  number/list of instructions
- List
  number/list of constants
- List
  number/list of upvalues
- List
  debug info

header block

```
1B 4C 75 61 52 00 01 04 08 04 08 00 19 93 0D 0A 1A 0A 02 00 00 00 02 00 00 00 00 00 02 01 00
00 00 1F 00 80 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 1D 00 00 00 00 00 00 00 40 63 6F 64 65
73 2F 74 65 78 75 74 69 6C 73 2F 64 75 6D 70 64 65 6D 6F 2E 6C 75 61 00 01 00 00 00 02 00 00
00 00 00 00 00 00 00 00 00
```

function block

32bit、3 つの形式

- iABC

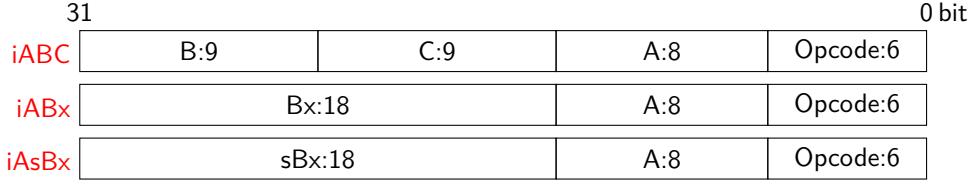
  opcode R(A) R(B) R(C)

- iABx

  opcode R(A) (unsigned integer)Bx

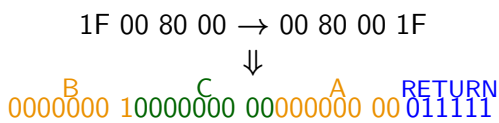
- iAsBx

  opcode R(A) (signed integer)Bx



Q. この命令は?
1F 00 80 00 (funciton foo()より)

1. endian を考慮しながら bit にする
   ヘッダの情報よりリトルエンディアン



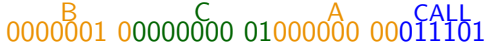
2. Opcode 0b11111 は RETURN
3. RETURN は iABC 形式 (ただし R(C) は not used)

A. RETURN 0 1 (0)
チャンク終わりは必ずコレなので読むときに便利!!

Q. この命令をバイトコードに直すと? (little endian)

CALL 0 2 1

1. CALL は Opcode 0b11101
2. iABC 形式なので、32bit で以下のようになる



3. little endian で 16 進数にしておわり

A. 1d 40 00 01

かいた

https://gist.github.com/Nymphium/d47385929fd0d23e98207670f9c588c3

- Lua 5.2 バイトコードをターゲット
- header/function block の constants まで解析
- MoonScript で実装

  バグを一つみつけてしまった ……

- 5.1 のバイトコードの資料見ながら実装していったら 5.2 とちょこちょこ変わっててホンマキレタ
- 5.2 と 5.3 もちょいちょい違っててキレタ (2)

デモ

1. header block から情報を読み取る
2. 読み取った情報に基づき functoin block を読み取る

だけ

できそうなこと

- 最適化
  最適化っぽいことはほとんどしない (`TAICALL`、number の即値演算程度) のでいっぱいできそう
- 型チェック
  constants pool から逆に命令を見ていけばいけるか
- 可視化 (フローグラフなど)

- Lua MV のバイトコードが読める
- Lua はバイナリ解析だってできる
- Lua の気持ちが理解できる
- わりとバージョンの互換がない
- Lua はまだまだ高速化できる部分がある

- Lua 5.2 Bytecode and Virtual Machine (Web site)

  `http://files.catwell.info/misc/mirror/lua-5.2-bytecode-vm-dirk-laurie/lua52vm.html`

- A No-Frills Introduction to Lua 5.1 VM Instructions (pdf)

  `http://luaforge.net/docman/83/98/ANoFrillsIntroToLua51VMInstructions.pdf`

- Source code
  - on web

    `http://www.lua.org/source/5.2/`
  - tar

    `https://www.lua.org/ftp/lua-5.2.4.tar.gz`

    `https://www.lua.org/ftp/lua-5.3.2.tar.gz` (stable latest)

おわり