

GROB: Programación funcional reactiva para robots con bajas capacidades de cómputo

Guillermo Pacheco

30 de abril de 2015

Resumen

El proyecto consiste en la creación de un lenguaje de programación para robots, cuyas capacidades de cómputo son limitadas. Para esto se escogió el paradigma de Programación Funcional Reactiva (*FRP*) el cuál permite expresar naturalmente reacciones a valores que varían en función del tiempo.

El objetivo es utilizarlo con fines educativos, por lo tanto debe ser simple y fácil de usar por usuarios inexpertos y no familiarizados con la electrónica y la informática.

Para resolver el problema, se dividió en dos etapas.

La primera consiste en la implementación de un compilador que traduce el lenguaje cuyo nivel es alto a un lenguaje de bajo nivel (*Bytecode*) más simple e interpretable.

La segunda etapa consiste en implementar una máquina virtual, que sea capaz de interpretar el lenguaje de bajo nivel. Por cada plataforma objetivo, es posible realizar una implementación de la máquina, lo que permite ejecutar los mismos programas en alto nivel, en diferentes plataformas.

El lenguaje se implementará como un DSL embebido en Haskell.

El diseño de la máquina consiste de un núcleo común capaz de interpretar instrucciones, y módulos bien definidos de entrada/salida los cuáles varían de una plataforma a otra. Ésto permite mayor portabilidad y extensibilidad.

Debe ser posible ejecutar programas en dicho lenguaje dentro de plataformas de hardware reducido. Considerando ésto el lenguaje de programación elegido para la implementación de la máquina virtual es C/C++.

De ésta forma se implementación de un lenguaje reactivo con las características deseadas, y una implementación modelo de una máquina virtual que permite su ejecución en una arquitectura objetivo deseada. La misma es fácil de mantener, portable y cuenta con suficiente flexibilidad para ser extendida.

Índice general

Resumen	3
Índice general	5
Índice de figuras	7
Índice de tablas	9
1. Introducción	11
2. Programación Funcional Reactiva	13
2.1. Programación Funcional Reactiva	13
2.2. Ejemplo	14
3. Diseño	17
3.1. Lenguaje de alto nivel	17
3.1.1. Sintaxis	17
3.1.2. Semántica	17
3.2. Lenguaje de bajo nivel	17
3.2.1. Instrucciones	18
4. Implementación	19
4.1. Compilador	19
4.2. Máquina virtual	19
5. Casos de estudio	21
5.1. Problema	21
5.2. Solución	21
5.3. Conclusiones del caso	21
6. Conclusiones	23
6.1. Trabajo futuro	23

Bibliografía	25
Apéndices	27

Índice de figuras

Índice de cuadros

Capítulo 1

Introducción

Este documento desarrolla la construcción de herramientas que permitan programar robots utilizando el paradigma de programación funcional reactiva.

Para ello se define el lenguaje *Frob* de alto nivel, que permite expresar los comportamientos de un robot y sus interacciones. El lenguaje permite expresar los mismos en base a *Comportamientos* y *Eventos*.

Los eventos son

Capítulo 2

Programación Funcional Reactiva

2.1. Programación Funcional Reactiva

Acá voy a hablar de programación funcional reactiva.

Tradicionalmente los programas son formados a partir de una secuencia de acciones imperativas. Los programas reactivos suelen formarse por eventos y código iterativo que se corre cuando un evento ocurre.

Dicho código iterativo suele hacer referencia y manipular variables compartidas con diferentes rutinas. Ésto lleva a que como un valor puede ser manipulado desde diferentes lugares, puedan producirse problemas de concurrencia y algunos valores pueden quedar en un estado inconsistente.

En el paradigma FRP no existen valores compartidos, sinó que dichos valores dependientes del tiempo, tienen una representación llamada Comportamiento y la única forma de modificarlos, es a partir de como fueron definidos.

Definición 1. *Comportamientos (Behaviours).*

Un comportamiento es un valor continuo que depende del paso del tiempo. Los comportamientos se pueden definir, combinar, pasarlos como argumentos a funciones, retornarlos. Un comportamiento puede ser un valor constante, el tiempo mismo (un reloj), o puede formarse combinando otros comportamientos, por ejemplo secuencialmente o paralelamente.

Definición 2. *Eventos (Streams).*

Son valores discretos dependientes del tiempo, que forman una secuencia finita o infinita de ocurrencias. Cada ocurrencia está formada por el valor y el instante de tiempo.

La principal diferencia entre Comportamientos y Eventos, es que los comportamientos son valores continuos y los eventos son discretos.

Los comportamientos representan cualquier valor en función del tiempo, por ejemplo:

- *entrada* sensor de distancia, temperatura, video
- *salida* velocidad, voltaje
- *valores* intermedios calculados

Las operaciones que se pueden realizar sobre los comportamientos incluyen:

- *Operaciones genéricas* Aritmética, integración, diferenciación
- *Operaciones específicas de un dominio* como escalar video, aplicar filtros, detección de patrones.

Los eventos pueden ser sensores específicos de un dominio, por ejemplo un botón, un click, una interrupción o mensaje asíncronico. También puede ser generado a partir de valores de un comportamiento, como ser *Temperatura alta*, *Batería baja*.

Las operaciones que se pueden realizar sobre los eventos incluyen:

- *fmap*, *filter*
- Modificar un *Comportamiento* reactivo

2.2. Ejemplo

Para entender un poco más las ideas de Comportamiento y Evento, se puede plantear el siguiente ejemplo.

En una cuenta de un banco, el saldo se puede definir como un comportamiento, el cuál solo se modifica cuando ocurre un movimiento. Un movimiento puede ser depositar dinero o extraer dinero de la cuenta. Un dato importante a ver, es que no es posible asignar un valor sin que sea por medio de su propia definición, por lo que nadie podría realizar la asignación *saldo* = 1000000. La misma operación sería posible creando un movimiento, el cuál afectaría al saldo.

Usaremos la notación $\langle \textit{nombre} \rangle :: \textit{Event} \langle \textit{tipo} \rangle$ para definir eventos y la notación $\langle \textit{nombre} \rangle :: \textit{Behaviour} \langle \textit{tipo} \rangle$ para definir comportamientos.

```
movimiento :: Event Number
movimiento = read(0)
```

```
saldo :: Behaviour Number
saldo = movimiento
```

```
alert :: Event Bool
alert = saldo > 1000
```

```
on alert:
  write(0, 'El saldo es mayor a 1000')
```

Un comportamiento, solo se modifica cuando cambian sus componentes,...
Leer y citar este artículo [1] y también este otro [2]....

Capítulo 3

Diseño

En esta sección se describe el diseño del lenguaje, su semántica, así como el diseño del lenguaje de bajo nivel, y cómo es interpretado.

3.1. Lenguaje de alto nivel

3.1.1. Sintaxis

3.1.2. Semántica

3.2. Lenguaje de bajo nivel

Para presentar el lenguaje, primero defino las estructuras necesarias para explicar la semántica de cada instrucción.

1. *Inputs*

Es utilizado para almacenar todos los eventos de una aplicación. Es una cola de eventos.

Los valores leídos en las entradas de hardware se mapean en esta lista. Por ejemplo si el hardware cuenta con un botón, y el identificador del botón es i , su valor se representará con la notación:

$Inputs_i$

A cada entrada se le asocia un conjunto de rutinas que deben invocarse cuando se tenga un valor disponible en la entrada. El mismo puede ser vacío si no hay rutinas esperando por su valor. Queda a criterio de quien implementa la máquina si éstos valores deben ser guardados o descartados. A éste conjunto de rutinas lo denotamos cómo:

$Callbacks_i$

2. *Events*

3. *Stack*

Es una pila global, se utiliza para ejecutar operaciones, realizar cálculos, es único y global, y los hilos de ejecución no pueden guardar valores persistentes en él.

Usaremos el símbolo *TOS* para referirnos al elemento en el tope de la pila y *Stack* para referirnos a la pila.

4. *Ready*

Es una *cola* que contiene punteros a hilos de ejecución listos para ser ejecutados.

3.2.1. Instrucciones

Las siguiente tabla muestra las instrucciones de bajo nivel junto con su semántica.

- Recv inm

$$nextip = ip + 1$$

$$CallBacks_{inm} := CallBacks_{inm} \cup nextip$$

$$ip = 0$$

- Send inm value

Length: 2

$$Events_{inm} := Events_{inm} : \{inm, value, now\}$$

- Output inm value

Capítulo 4

Implementación

En este capítulo se detalla la implementación de el compilador y la máquina virtual diseñadas para utilizar el lenguaje *grob* en la plataforma elegida. También se explica cuál sería el mecanismo para portar la implementación a otra plataforma.

4.1. Compilador

El lenguaje utilizado para desarrollar el compilador fue *Haskell*. El compilador se divide en dos fases, la primera implementa un parser que recibe como entrada el programa en lenguaje FROB y genera un árbol de sintaxis abstracta (*AST*). En Haskell se define el *AST* como un tipo de datos. Luego se recorre el *AST* y se genera como salida un archivo con las instrucciones en bajo nivel.

4.2. Máquina virtual

El lenguaje de programación para el desarrollo de la máquina virtual es *C++* ya que es posible compilarlo para casi cualquier plataforma objetivo. Existen dos limitaciones importantes a tener en cuenta, la primera es que el espacio de memoria varía en diferentes plataformas, por lo que se desea sea posible compilar la máquina aún con un espacio muy reducido. La segunda es que las plataformas varían en capacidades de *Entrada/Salida*, es importante que quien compila la máquina y arma un entorno tenga conocimiento de cómo disponer las mismas y qué limitaciones existen, por ejemplo: Cantidad de pines digitales o analógicos.

La implementación modelo, se hizo utilizando la plataforma *MBED LPC1768*, se puede encontrar documentación de la misma en [3] y en [4].

Capítulo 5

Casos de estudio

En esta sección veremos un caso de estudio usado para verificar la implementación.

5.1. Problema

5.2. Solución

5.3. Conclusiones del caso

Capítulo 6

Conclusiones

Intro que se hizo, puntos a favor, etc..

6.1. Trabajo futuro

El principal trabajo futuro sería ...

Bibliografía

- [1] John Peterson, Paul Hudak, and Conal Elliott. Lambda in motion: Controlling robots with Haskell. In *Practical Aspects of Declarative Languages*, 1999.
- [2] Evan Czaplicki. Elm: Concurrent frp for functional guis. Master's thesis, Harvard University, mar 2012.
- [3] Sitio web de MBED-LPC1768. <http://developer.mbed.org/platforms/mbed-LPC1768>. Último acceso: 30/04/2015.
- [4] Sitio web de MBED. <https://mbed.org>. Último acceso: 30/04/2015.

Apéndices

