

ALGORITMOS Y PROGRAMAS

LUIS ROBERTO OJEDA CH.®

Resumen

Se presenta la idea de algoritmo y se desarrolla una aproximación a la definición formal de este termino, haciendo referencia a la posibilidad de encontrar algoritmos para cualquiera de las actividades del mundo que nos rodea.

Palabras clave: Algoritmo, Programa, Pasos Discretos, Refinamiento, Iteración, Bifurcación, Secuenciación, Maquinas, Computabilidad.

Abstract

This article shows the idea of algorithm and develops an approach of the formal definition of that term, making reference to the possibility of find algorithms for any activity of the world.

Key Words: Algorithm, Program, Discrete Steps, Refinement, Iteration, Bifurcation, Sequential, Machine, Computable.

1. INTRODUCCIÓN

En el mundo moderno la presencia del computador va asociada con una idea mas o menos cierta y extendida sobre lo que constituye un **programa** y mas allá de esto, sobre lo que constituye un **algoritmo**. Aquí se pretende en primera instancia aclarar y precisar los términos anteriores, y luego extender y completar su significado.

2. PROGRAMAS Y ALGORITMOS

La idea base es que un programa es algo que ejecuta el computador con el propósito de producir una cuenta de cobro, una nomina, etc. Tal programa no esta escrito en español sino

®Ingeniero Mecánico. Magíster en Ciencias de la Computación de la Universidad de California. Profesor Titular Departamento de Ingeniería de Sistemas e Industrial. Universidad Nacional de Colombia. ojedar@ing.unal.edu.co

en un lenguaje complicado que solo entiende el especialista (programador) y el computador encargado de ejecutar la tarea delineada en el programa.

Antes de escribir el programa, el programador debe pensar claramente en el problema que va a solucionar mediante el computador y solamente cuando tiene **una idea clara, completa y organizada** de todo lo que conlleva el solucionar la tarea, puede comenzar a escribir eficientemente el programa.

Podemos comenzar estableciendo que el **algoritmo** que corresponde al programa que va a solucionar la tarea en el computador es precisamente esa formulación clara, completa y organizada la cual es la base para desarrollar dicho programa.

3. CARACTERIZACIÓN DE LOS ALGORITMOS

Es importante resaltar que dar una definición matemática de lo que es un algoritmo es bien difícil, más sin embargo nos acercamos a ella intuitivamente, así:

Las siguientes reglas no son algoritmos:

Grupo a:

Prohibida la entrada a particulares.

Prohibido fumar.

Prohibido estacionar.

Grupo b:

Entrada principal

Salida.

Permitido estacionar.

El grupo a es un conjunto de prohibiciones y el grupo b un conjunto de indicaciones positivas.

Ningún elemento de ellos es un algoritmo porque ninguno es una secuencia de mas de un paso..

En cambio, los siguientes son algoritmos:

Antes de salir, apague la luz.

Hay una secuencia de dos pasos: apagar la luz, salir.

Entre, diríjase a la izquierda y encienda las luces.

Hay una secuencia de tres pasos.

Finalmente la indicación:

Al andar por la rampa manténgase siempre a la derecha

No es un algoritmo.

Los pasos de un algoritmo deben ser discretos, esto es, claramente diferenciados en el tiempo.

Esto no implica, como veremos mas adelante, que en un algoritmo no puedan estar en ejecución simultáneamente varios pasos. Tal hecho ocurre cuando los pasos no dependen los unos de los otros, produciéndose así la posibilidad (en términos computacionales) de computación paralela.

Un algoritmo muy usual (antes de que existieran las tarjetas, cuya conveniencia práctica es dudosa) era el siguiente:

1. Tome una moneda de cien pesos.
2. Tome el auricular y espere la señal acústica.
3. Introduzca la moneda en la ranura.
4. Marque el número.
5. Si oye un zumbido prolongado espere respuesta, pero si oye zumbidos frecuentes y breves cuelgue y recoja su dinero (porque el número está ocupado).

Todos los pasos, salvo el numero 4, son sencillos e inmediatos. El paso cuatro no lo es. Su ejecución no se hace en un “golpe” solamente. Si el número telefónico es de seis cifras, hay que hacer 6 operaciones sencillas sucesivas. Esto permite anotar dos cosas: la primera, que los pasos de un algoritmo (cuando el queda plenamente especificado) deben ser sencillos y no compuestos, como en el presente caso; la segunda, que este es un ejemplo anticipado de lo que se va a denominar **refinamiento por pasos** siendo esta una técnica para diseñar algoritmos. La idea de esta técnica es observar primero la tarea en términos de sus pasos

mas relevantes y luego detallar cada paso así observado hasta obtener pasos muy simples e inmediatos.

Una etapa anterior en el diseño del algoritmo de comunicación telefónica puede ser:

1. Alistar el teléfono
2. Marcar el número.
3. Si el sonido es de ocupado entonces colgar, sino esperar respuesta.

Aquí el paso 1 es antecedente de los pasos 1, 2 y 3 de la versión inicial. Esto quiere decir que el paso 1 se ha refinado hasta producir los pasos 1, 2 y 3. También el paso 3 de este ultimo algoritmo se ha especificado mejor en la versión inicial.

4. ESTRUCTURACIÓN DE LOS ALGORITMOS

El algoritmo inicial de llamado telefónico contiene los ***tres elementos estructurales*** que pueden usarse en la construcción de algoritmos.

Tales elementos son:

- a. ***Secuenciación*** (hay una secuencia de 5 pasos discretos).
- b. ***Iteración***: El paso 4, marque el numero, implica la repetición o iteración de una acción ejercida sobre el teclado del teléfono.
- c. ***Bifurcación***: El paso 5 plantea caminos alternos seleccionados de acuerdo a una condición. Toda bifurcación tiene una estructura característica que es la siguiente: condición de selección y caminos asociados con el resultado de la condición.

Bohm, C y Jacopini, G en el artículo: "Flow diagrams, Turing machines and languages with only two formation rules" Comm. A.C.M. 9(5) 366-71.1.966, establecen que con los elementos estructurales a, b y c se puede configurar cualquier algoritmo plausible, esto es, acorde con las leyes preexistentes en el universo.

5. DE DONDE VIENEN O COMO SON POSIBLES LOS ALGORITMOS

El nombre de algoritmo proviene de un autor persa que escribió sobre el tema: Abu Ja'far Mohammed ibn Musa Al Khowaritzmi (825 D.C.).

Podemos aventurar la idea de que los algoritmos existen o pueden llegar a existir como consecuencia de leyes definidas que rigen el universo, leyes que anteceden al ser humano. Bien sea el ser humano o la naturaleza, han organizado procesos consecuentes con las leyes, procesos que resultan ser algoritmos...

Hay algoritmos indispensables:

- a. Una araña teje su red siguiendo un conjunto de reglas que se enmarcan dentro del concepto de algoritmo.
- b. Cuando no se dispone de una calculadora y se desea establecer el monto total de compras en un almacén, se aplica el algoritmo de suma (secuencia precisa de pasos fundados en la tabla de suma de dígitos, que establecen la forma de acumular valores en las columnas) .
- c. Los pulmones y el sistema de oxigenación de un ser vivo siguen reglas consecuentes con la idea de algoritmo.
- d. Un artesano boyacense que teje una cobija en un telar elemental realiza repetitivamente una sucesión de pasos que finalmente producen la cobija terminada. Igualmente alguien con inclinación al crochet ejecuta una labor algorítmica.

6. ALGORITMOS Y MÁQUINAS

Deseamos reforzar la idea de que los algoritmos no necesariamente son ejecutados por una máquina. Además pueden darse algoritmos ligados con máquinas que no sean computadores.

El siguiente algoritmo está asociado al funcionamiento de la maquina (mecánica) expendedora de periódicos en la Clínica Palermo, primer piso, entrada principal, en Santa Fe de Bogotá.

1. Introduzca el valor exacto en monedas de 100 pesos.
2. Si se equivoca oprima el botón de retorno (y vuelva a intentar la regla 1).
3. Hale la manija negra y mantenga la puerta abierta.

4. Sujete el primer periódico. (La maquina tiene una ventanilla que permite observar si hay periódicos)
5. Súbalo hasta que la pestaña se abra y hálelo inmediatamente hacia usted.
6. Cierre SUAVEMENTE. (Gracias).

Resulta natural imaginar en forma aproximada la organización totalmente mecánica de esta maquina, de modo que podemos descubrir en ella una serie de movimientos físicos consonantes con las reglas de la secuencia 1-6.

Vemos que la maquina es un ejecutor físico de un algoritmo (el que responde, es decir, es ejecutor, de la secuencia 1-6, que es a su vez un algoritmo para ser ejecutado por un comprador del periódico).

Para aclarar lo anterior, volvamos a observar al artesano de la cobija. El va ejecutando una sucesión de movimientos de sus pies (accionando unas pértigas) y de sus manos (desplazando un peine) y a cada uno de sus movimientos hay una respuesta del mecanismo elemental del telar que por así decirlo va “leyendo” los movimientos sucesivos (que forman parte del lenguaje algorítmico del artesano) y va ejecutando en forma consecuente su propio algoritmo (conjunto de pasos elementales que va produciendo la trama de la cobija).

Dado que la máquina dispensadora de periódicos no entiende ni es consciente de sus acciones, y que es depositaria y ejecutora de un algoritmo que dispensa periódicos en respuesta al algoritmo ejecutado por el comprador, podemos manifestar que hay una propiedad muy importante en todo algoritmo: ***puede ser ejecutado mecánicamente en el sentido de que el ejecutor se limita a entender las reglas y realizarlas, sin necesidad de meditar sobre ellas.***

Complementemos lo anterior sobre la pareja de algoritmos para adquirir un periódico en la Clínica Palermo: Se ha dañado la máquina y se ha contratado a una persona para reemplazarla. Llega un comprador, que ejecuta un algoritmo (conjunto de pasos similar al utilizado cuando la maquina estaba en funcionamiento); coincidiendo con esto, la persona encargada de sustituir a la maquina ejecuta una sucesión de pasos (su algoritmo de respuesta al algoritmo del cliente) y finalmente se produce la venta.

Una nota, no tan importante: hace algún tiempo que fue transcrito este algoritmo, de modo que es posible que ahora las monedas utilizables en la maquina ya no puedan ser de cien pesos.

Recordamos como obtener el m.c.m. de varios enteros? A continuación tenemos la oportunidad de recordar esas épocas...

“Para hallar el mínimo común múltiplo de varios enteros, descomponemos cada entero en sus factores primos y luego formamos el producto de todos los factores primos comunes y no comunes, con su mayor exponente” decíamos hace unos años. Podemos ahora proponer el algoritmo (secuencia de reglas o pasos) y ejecutarlo mecánicamente. La meditación sobre los pasos simplemente ampliaría nuestro horizonte matemático, pero no influiría en el resultado de la aplicación.

7. LA MECÁNICA DE LOS ALGORITMOS

Todo algoritmo supone la existencia de un conjunto de datos iniciales.

Datos iniciales para el algoritmo de llamado telefónico:

- Las monedas.
- Los dígitos que pulsamos.

Datos para el algoritmo de la cobija:

- La lana que el artesano sucesivamente va lanzando hacia el telar.

Todo algoritmo indica operaciones y a consecuencia de la cadena de ellas se llega siempre de los datos al resultado.

Para cada algoritmo pueden existir distintas variantes de datos iniciales. Esto constituye el **carácter masivo** del algoritmo.

El tejedor puede tejer cobijas de lana de colores diferentes, y alguien puede comunicarse con diferentes teléfonos cada vez, utilizando el algoritmo que se ha indicado.

Los datos de un algoritmo son conjuntos de objetos o de materiales físicos. **Incluso, pueden ser números.** Igualmente los resultados. Para hacer un bordado entran como datos los diversos hilos, que se someten a una secuencia de pasos y producen un resultado, que es un tejido. Para obtener una planta entran unos datos que son la semilla, la tierra, el abono, el agua, que se someten a un proceso al finalizar el cual se tiene invariablemente una planta. Datos y resultados se describen en un lenguaje, **el lenguaje de datos**, de manera que a cada dato inicial, a cada resultado intermedio y a cada resultado final corresponde una sentencia.

Todo algoritmo contempla dos lenguajes: el algorítmico, en el que están expresados los pasos, y el lenguaje de datos.

Aplicando un algoritmo varias veces a unos mismos datos, llegamos SIEMPRE a los mismos resultados.

La aserción anterior está referida al LENGUAJE DE DATOS. El ajuste entre sentencias de tal lenguaje y objetos del mundo físico puede ser del 100% o no. Se pueden cultivar rosas en invernadero y obtener resultados variantes. ESTO MARCA LA DIFERENCIA ENTRE ALGORITMOS MATEMÁTICOS Y ALGORITMOS PRÁCTICOS.

El carácter masivo de un algoritmo puede plantearse mas formalmente: Todas las sentencias posibles del lenguaje de datos son admisibles.

En cuanto al lenguaje algorítmico, el ejecutor no necesita tener fantasía, ni imaginación, ni raciocinio (el raciocinio está dentro del algoritmo).

Mas aun, el algoritmo NIEGA al ejecutor la posibilidad de manifestar estas facultades. Esta **CUALIDAD** se denomina **PRECISIÓN** del algoritmo.

Un algoritmo es aplicable a unos datos iniciales si a partir de ellos el algoritmo obtiene un resultado. Si a pesar de ser admisible el dato inicial no puede obtenerse el resultado, el algoritmo no es aplicable al dato.

La aplicabilidad del algoritmo no se asocia con el tiempo requerido ni con otros recursos como papel y lápiz. Solo se requiere que el proceso algorítmico termine alguna vez obteniendo un resultado y si esto ocurre se dice que el algoritmo se cumple potencialmente.

El algoritmo de división aplicado a $20/3$ nunca termina: se obtiene 6.666....., sin que el proceso finalice por si mismo.

Sin embargo, para un número muy grande de valores de divisor y de dividendo, el algoritmo de división termina satisfactoria y espontáneamente.

8. HACIA LA FORMALIZACIÓN DEL CONCEPTO DE ALGORITMO

Un algoritmo es una secuencia de pasos que:

- Son enunciados en cierto lenguaje (algorítmico).
- Establecen el proceso de transformación de datos iniciales admisibles en resultados, siendo los datos iniciales y los resultados sentencias del lenguaje de datos.
- El ejecutor los entiende (existe algoritmo de ejecución).
- Existe el carácter masivo: se aceptan todas las sentencias del lenguaje de datos.
- Existe la propiedad de precisión.

9. UN ALGORITMO SENCILLO, ELEGANTE Y ECONÓMICO

Para cerrar esta primera aproximación a los algoritmos, y generar una atmósfera positiva hacia ellos, se incluye el siguiente.

1. En el vaso de la licuadora agregar en orden:

1 taza de leche en polvo

3 cucharadas soperas rasas de azúcar.

2 cucharadas de **COLCAFE**TM descafeinado.

1 copita de brandy.

4 tazas de agua caliente.

2. Licuar

3. Espolvorear canela.

4. Degustar.

10. COMPUTABILIDAD

Antes de entrar en este tema, un poco mas abstracto, se puede esperar que si por alguna circunstancia decidimos cambiar de intereses para dedicarnos al estudio del cambio social, de la música, del modelaje o de cualquier otra actividad, el contacto que hasta aquí hemos logrado con el concepto de algoritmo dejara inquietudes permanentes y consecuentes con la realidad de que en cualquier actividad que emprendamos estará presente en algún momento el computador y su fundamento esencial, los algoritmos.

Dentro de nuestra vida diaria podemos ahora:

1. Llamar por teléfono.

2. Ordenar al interlocutor que siga el algoritmo de compra del periódico.

3. Ordenarle la preparación de un café.

Y, de allí en adelante, queda la honda preocupación de si todo el día se va en la ejecución de algoritmos que como ya sabemos, se ejecutan mecánicamente y sin necesidad de raciocinio.

Quizás sea valido pensar que en el mundo del futuro un gran número de estas actividades sean delegadas a las máquinas, buscándole a la mente humana espacios para ejercer su creatividad y sus posibilidades artesanales.

- Existen algoritmos para tejer una cobija, para preparar un pastel, para hacer un vestido.
- Los computadores pueden controlar semáforos, líneas de producción y plantas siderúrgicas.
- Los computadores pueden dirigir completamente el aterrizaje de un avión.

- Existen programas para reconocimiento y proceso de voz y para realizar traducciones de buena calidad.
- Hay algoritmos básicos conocidos por todos : sumar, restar, multiplicar, dividir, sacar raíces cuadradas.
- ***Existe algún trabajo que el computador no pueda realizar? Algún trabajo para el que no exista un algoritmo?***

La idea de poder disponer de un algoritmo o receta para efectuar alguna tarea es milenaria.

Durante mucho tiempo se creyó que si cualquier problema podía enunciarse de manera precisa, entonces con suficiente esfuerzo sería posible encontrar una solución con el tiempo o en su defecto una prueba de la no existencia de solución.

En otros términos se creía que no había problema que fuera intrínsecamente tan difícil que en principio nunca pudiera resolverse en el sentido de encontrarle la solución o de establecer la imposibilidad de hallarla (p.e. establecer que no es posible la cuadratura del círculo).

David Hilbert (1862-1943) fue el propulsor principal de esta apreciación.

La meta de Hilbert era crear un sistema matemático formal en el que todos los sistemas pudieran plantearse con proposiciones que solo serían o verdaderas o falsas.

Su idea era encontrar un algoritmo que, dada una proposición cualquiera en el sistema formal, determinara si esa proposición era o no verdadera.

Si Hilbert hubiera logrado su objetivo, cualquier problema que estuviera bien definido podría haberse resuelto simplemente al ejecutar el algoritmo.

Hilbert consideró el problema de decidir la verdad de una proposición dada en el sistema formal como un problema fundamental de las matemáticas y lo denominó ***Entscheidungsproblem***.

En la década de 1930 se produjo un conjunto de investigaciones que mostraron que el Entscheidungsproblem no es computable, es decir, que no puede existir un algoritmo como el que buscaba Hilbert.

En 1931 Kurt Godel publico su teorema de incompletitud. Este teorema mostró entre otras cosas que no existe algoritmo cuya entrada sea cualquier proposición sobre los números enteros y cuya salida indique si la proposición es o no verdadera.

Otros matemáticos como Alonzo Church, Stephen Kleene Emil Post y Alan Turing encontraron mas problemas carentes de solución algorítmica.

Esto en la década del 30, antes de que se hubieran construido los primeros computadores.

Referencias Bibliográficas

[1] GOLDSCHLAGER, Les. Lister, Andrew. Introducción moderna a la ciencia de la computación con un enfoque algorítmico. Prentice Hall, 1986.

[2] SHAFFER, Clifford A. Data Structures and Algorithm Analysis . Prentice Hall, 1997.