

Algo sobre computadoras

Manrique Mata*

Históricamente han existido tres cambios tecnológicos fundamentales para la humanidad; el primero se dio con la invención de la rueda, el segundo lo propició la revolución industrial, y el tercero lo estamos viviendo en este momento con el surgimiento de la máquina computadora o computador.

Existe una diferencia básica entre el tipo de máquina que propició la revolución industrial y la máquina que en este momento está causando la revolución de las computadoras, como se ha dado en llamarla. Las primeras tenían como propósito transformar y manipular energía y materiales, mientras que las segundas manejan información y ejercen control sobre procesos.

Los computadores al igual que otras máquinas, ya forman parte importante en el quehacer de la sociedad, y aunque su papel en el futuro no está bien definido, básicamente porque no se conocen ampliamente sus restricciones y potencialidades, es saludable que la sociedad en general conozca sus capacidades y limitaciones.

La invención de los computadores ha causado una revolución no sólo en la vida de la persona común sino también en los medios científicos y académicos debido a que es un aparato diferente de los anteriores y los métodos utilizados para el estudio de la tecnología convencional no son aplicables para su estudio.

En este artículo trataremos de colaborar, en alguna medida, en ampliar la comprensión de lo que son estas nuevas máquinas.

Pensemos por un momento en las ideas que llegan a nuestra mente cuando leemos, escribimos o escuchamos la palabra máquina. Para la mayoría de las personas esta palabra trae consigo el concepto de un objeto metálico, grasoso, peligroso, complicado, que ejecuta movimientos monótonos y del que hay que mantenerse a cierta distancia para evitar ser dañado; esto hace que la persona tenga sentimientos de miedo, descontento, precaución, etc.

Además a otro nivel, la máquina ha sido sinónimo de mecanismo determinístico que ejecuta inexorablemente la tarea para la que fue diseñada, y que es incapaz de crear o imaginar. Incluso podría sonar insolente para muchos, sugerir que el estudio de las máquinas, o una teoría de máquinas, pudiera ayudar a explicar cualquier proceso, incluyendo los procesos de nuestras mentes, ya que la mayoría de las personas no aceptan en ningún sentido ser como han sido las máquinas tradicionales: predecibles o predeterminadas.

La tendencia hoy en día, es tratar de mecanizar los procesos intelectuales como la prueba de teoremas en matemáticas o la traducción entre lenguajes.

Cualquier intento de establecer una teoría de máquinas tiene desde su inicio problemas fundamentales de definición. Al tratar de definir el concepto de máquina, se debe tener en mente un objeto que pertenece a alguna clase y una idea de lo que se supone que hace ese objeto, independientemente de su composición o estructura. Por ejemplo, un automóvil se considera una máquina mientras que un prensacorbatas, no. Se espera que una máquina tenga una serie de componentes y que ejecute una función sobre algo, pero se nos dificulta capturar en la misma definición un pelador de naranjas y un televisor.

En muchos casos nuestra intuición nos dice qué cosa es una máquina y qué cosa no lo es, por ejemplo un refrigerador es una máquina, mientras que una piedra no lo es. Para poder precisar una definición debemos percatarnos de que hay áreas en que nuestra intuición no está clara.

En general, para reconocer una máquina debemos tener una idea de lo que se supone que hace; aunque esta restricción dé poca o ninguna idea de su constitución (material de que está fabricada, estructuras, etc.).

* Profesor de la Carrera de Computación Administrativa del Instituto Tecnológico de Costa Rica.

La idea de máquina se centra en el concepto abstracto del proceso que lleva a cabo. Como ejemplo de las potencialidades de una máquina computadora y de un nuevo instrumento desarrollado en gran medida para una teoría de máquinas, veremos algunos conceptos sobre lenguajes formales y teoría de autómatas, los cuales son los que nos permiten, en gran medida, la comunicación con los computadores.

Definimos como un alfabeto, Σ , cualquier conjunto finito de objetos y como Σ^* todas las hileras de símbolos de largo finito construidas con símbolos pertenecientes a Σ , por ejemplo si $\Sigma = \{a, b, c, 1, 2\}$ entonces la hilera lab2 pertenece a Σ^* .

Además cualquier subconjunto de Σ^* lo llamaremos lenguaje (nótese que un lenguaje puede ser finito o infinito).

La idea es que podamos arreglárnoslas para que, dado un lenguaje, seamos capaces de construir una máquina que lo "entienda".

En general este problema no ha sido resuelto, pero sí se han logrado grandes avances.

Para poder entender algo expresado en algún lenguaje es necesario conocer su sintaxis, o reglas gramaticales, y su semántica, o el significado que se le da a las palabras.

Trataremos el problema de la especificación sintáctica o estructura gramatical de un lenguaje muy sencillo, que nos permita introducir los conceptos fácilmente.

Supongamos que estamos interesados en especificar la sintaxis del lenguaje que contiene palabras formadas por ceros y unos intercalados, incluyendo la palabra que se forma con ningún símbolo, Λ , entonces,

$$L = \{\Lambda, 0, 01, 010, 0101, 01010, \dots\} \text{ ó }$$

$$L = \{x/x \in \{0,1\}^* \text{ y } x = (01)^n \text{ ó } x = 0(01)^n; n \geq 0\}$$

entendiendo por elevar a potencia el formar concatenaciones de la hilera especificada y conviniendo en que cualquier cosa elevada a la cero es la hilera vacía o Λ .

Fácilmente observamos que $L \subseteq \Sigma^*$ por tanto L es un lenguaje. Ahora debemos de crear las reglas gramaticales que produzcan el lenguaje L.

Vemos claramente que L es un lenguaje infinito y que cualquier especificación sintáctica útil debe constar de un conjunto finito de reglas.

Con estas dos cosas en mente definimos el siguiente concepto:

Una gramática G será un cuádruplo (N, Σ, P, S) donde:

N es un conjunto finito $\neq \emptyset$ de símbolos llamados no terminales.

Σ es un conjunto finito $\neq \emptyset$ de símbolos llamados terminales y $\Sigma \cap N = \emptyset$.

S es un símbolo perteneciente a N y se le llama símbolo inicial o distinguido.

P es un conjunto de reglas gramaticales o producciones de la forma $\alpha \rightarrow \beta$ donde

$$\alpha \in T^* \times N \times T^* \quad \text{y } \beta \in T^*; \quad T = \Sigma \cup N$$

i.e. α debe ser una hilera de símbolos en la que exista un símbolo no terminal rodeado de dos hileras cualesquiera de símbolos terminales y no terminales. β puede ser cualquier hilera de símbolos terminales o no terminales.

El significado intuitivo de $\alpha \rightarrow \beta$ es que dondequiera que aparezca α , puede ser sustituido por β

Noam Chomsky en un estudio muy interesante impone restricciones sobre la forma de las producciones y obtiene diferentes categorías de lenguajes.

Nosotros trabajaremos con una de sus categorías, aquella en la que, $\alpha \in N$, y $\beta \in \{\Lambda\} \cup \Sigma \times N \cup \{\Lambda\}$. Todas las producciones constan de un símbolo no terminal una flecha y símbolo terminal o un símbolo terminal concatenado con un no terminal o la hilera vacía. Si denotamos los no terminales con letras mayúsculas y los terminales con letras minúsculas entonces las producciones tendrán la forma

$$A \rightarrow a \quad \text{ó}$$

$$A \rightarrow a\beta \quad \text{ó}$$

$$A \rightarrow \Lambda$$

Diremos que una gramática nos produce un lenguaje, si, dada cualquier hilera; perteneciente al lenguaje, podemos obtenerla a partir del símbolo

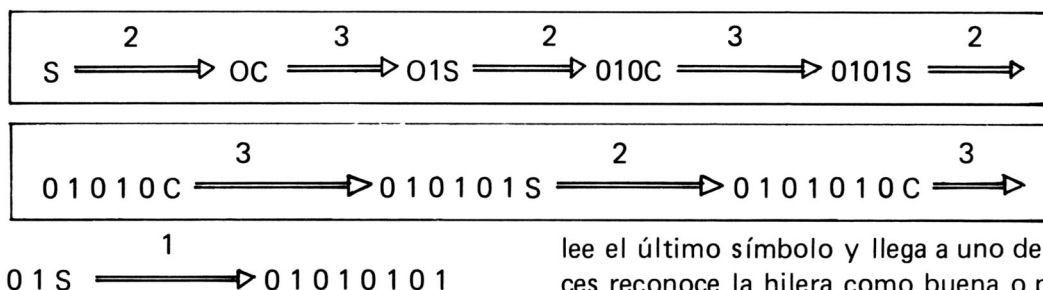
inicial S aplicando las producciones o reglas de P .

Daremos ahora una gramática que nos permita producir el lenguaje L .

$$G = (N = \{S, C\}, \Sigma = \{0, 1\}, P =$$

$$\left. \begin{array}{l} 1) S \rightarrow \wedge \\ 2) S \rightarrow OC \\ 3) C \rightarrow 1S \\ 4) C \rightarrow \wedge \end{array} \right\} , S)$$

Notamos fácilmente que a partir de S podemos obtener $\wedge$, produzcamos ahora 01010101 .



Para comprobar que la gramática anteriormente dada produce en realidad todo L , es necesario probarlo matemáticamente, y aunque la prueba en este caso no es difícil, por ser tediosa no la ensayaremos aquí.

O sea, aceptaremos que G produce L .

Ahora que tenemos una especificación clara para L , el problema es encontrar una máquina que reconozca el lenguaje, o en términos técnicos, un autómata que acepe el lenguaje L . Este problema ya ha sido resuelto y en general cualquier lenguaje que sea generado por una gramática del tipo al que pertenece la anterior, conocida como tipo 3 en la jerarquía de Chomsky, puede ser reconocido por un autómata de estados finitos (A E F), de los cuales pasaremos a hablar seguidamente.

Cuando pensemos en un AEF debemos imaginar que la máquina opera secuencialmente en el tiempo y que es discreta, o sea, que existen ciertos instantes en el tiempo en los que la máquina ejecuta una de sus funciones (cambiar de estado);

además, que entre cada uno de los límites de esos instantes en el tiempo, no sucede nada.

Adicionalmente el autómata recibirá una hilera de largo arbitrario pero finito la cual leerá de izquierda a derecha de símbolo en símbolo y una sola vez. Convenidos en estos detalles identificaremos un autómata de estados finitos, o una máquina de estados finitos; con un quintuplo $(S, \Sigma, \delta, s, Y)$ donde S es un conjunto finito $\neq \emptyset$ que llamaremos de estados; Σ es también un conjunto finito $\neq \emptyset$ que será el alfabeto sobre el que se forman las hileras que leerá la máquina.

δ es una función de transición que, con base en el estado actual y en el símbolo recién leído, produce un nuevo estado.

s es el estado inicial de la máquina.

Y es un subconjunto de S y son los estados de aceptación, i.e., aquellos en los que, si la máquina

lee el último símbolo y llega a uno de ellos, entonces reconoce la hilera como buena o perteneciente al lenguaje.

Como podemos observar en este momento nos interesa lo que la máquina hace, no nos interesa el material de que está construida o su forma; o sea hablaremos del concepto abstracto de máquina.

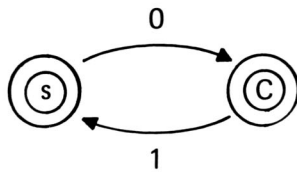
Aunque parezca poco evidente, el autómata recién definido es bastante poderoso, aunque es el más débil de la familia de los autómatas. Cualquier computador comercial actual es, en realidad, un autómata de estados finitos.

Existe una forma gráfica para describir un autómata de estados finitos particular; esta es, identificar los estados con círculos, los de aceptación con doble círculo, y δ , que es en realidad una relación entre estados, como una flecha que une dos estados y sobre ella el símbolo que permite pasar de un estado a otro. Utilizando esta simbología describimos la máquina que reconoce L

$$S = \{s, C\} \quad \Sigma = \{0, 1\} \quad Y = \{s, C\}$$

s estado inicial

y δ la da las flechas.



Nótese que δ no es una función completa, i.e., si la máquina se encuentra en el estado C y lee un uno, δ no provee próximo estado; en este caso el cómputo finaliza y la hilera de entrada se rechaza.

Describimos formalmente la máquina M de la siguiente manera:

$$M = (S, \Sigma, \delta, s, Y)$$

$$S = \{s, C\}$$

$$\Sigma = \{0, 1\}$$

s = Símbolo inicial

$$Y = \{s, C\}$$

$$\delta : S \times \Sigma \rightarrow S$$

$$(p, a) \longrightarrow q = \delta(p, a)$$

y sus valores son los siguientes

$$\delta(s, 1) = C$$

$$\delta(C, 0) = s \text{ y tanto}$$

$$\delta(s, 0) \text{ como } \delta(C, 1) \text{ permanecen indefinidos.}$$

El problema de la indefinición se puede resolver fácilmente, ya que existe un resultado en la teoría, pero no es del caso hablar de ello aquí.

