Sintaxis y Semántica del Lenguaje

2º año Ing. En Sistemas de Información – UTN FRVM

V 2.5

Integrantes

- Docentes
  - Ing. Mario Rinaldi
  - Dr. Jorge A. Palombarini
- Colaboradores Alumnos
  - Damián Prámparo
  - Juan Tarletta
  - Rodrigo Georgetti

Sintaxis

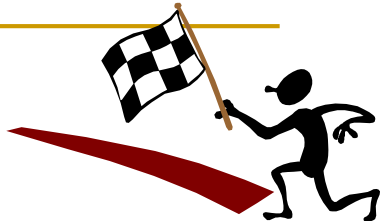
- Tipos de actividades:

• 6 Trabajos Prácticos Grupales de Entrega Obligatoria

•1 Parcial

•Actividades de Cátedra: lectura y visualización de material

Regularización y Promoción Parte Práctica



<table>
<tr><th>Promoción Directa Parte Práctica</th><th>Regularización</th></tr>
<tr><td colspan="2">- Entregar en tiempo y forma 6 TPS.
• Tiempo: Establecido en el campus virtual
• Forma: Versión digital subida al campus virtual. Todos los ejercicios no opcionales resueltos.</td></tr>
<tr><td>- Aprobar un parcial o una segunda instancia de evaluación obteniendo un puntaje de 80 puntos o más.</td><td></td></tr>
<tr><td>- Asistir al 75% de las clases.</td><td>- Asistir al 75% de las clases.</td></tr>
</table>

Consideraciones

- Los TPs son grupales (4 personas por grupo).

Planificación

Cronograma clases prácticas		
Semana	Clase 1	Actividad
1	12/8/2020	Presentación Materia. Lenguajes Regulares y ERs. Lógica. Trabajar sobre TP 1.
2	19/8/2020	Trabajar sobre TP 1. Estados y AFD.
3	26/8/2020	Librería automata-lib. Trabajar TP2.
4	2/9/2020	Trabajar TP 2. Entrega TP 1.
5	9/9/2020	AFD. Trabajar TP2.
6	16/9/2020	Trabajar TP2.
7	23/9/2020	AFN. Operaciones entre autómatas. Convertir AFN - AFD. Trabajar TP3. Entrega TP2.
8	30/9/2020	Trabajar TP3
9	7/10/2020	Equivalencia con AF. Bloques. GNFA. Trabajar TP4. Entrega TP3.
10	14/10/2020	Trabajar TP4.
11	21/10/2020	Gramáticas y Lenguajes Libres de Contexto. FNC. Ambigüedad. Trabajar TP5. Entrega TP4.
12	28/10/2020	Trabajar TP5.
13	4/11/2020	Trabajar TP5.
14	11/11/2020	Consultas. Entrega TP5 y TP6
15	18/11/2020	Parcial
16	25/11/2020	Parcial Instancia 2

Consideraciones Previas

- Se dan por comprendidos conceptos generales de Teoría de Conjuntos y Lógica Proposicional. Existen dos guías optativas de repaso.

- También existe una guía optativa de repaso general.

Repositorio y Mail de la cátedra

- https://github.com/sintaxisfrvm/sintaxis
- sintaxisfrvm@gmail.com
    - Consultas.
    - Trabajos Prácticos.

Bibliografía

- Autómatas y Lenguajes. Un enfoque de diseño. R. Brena
- Introduction to the theory of computation – M. Sipser.
- Introduction to automata theory, languages, and computation – J. Hopcroft

Lógica Proposicional

- p, q, r… -> Proposiciones
- ~
- ∧
- ∨
- →
- ↔

p	q	~p	p ∧ q	p ∨ q	p → q	p ↔ q
0	0	1	0	0	1	1
0	1	1	0	1	1	0
1	0	0	0	1	0	0
1	1	0	1	1	1	1

Si no vienes ya, nos vamos a desayunar.

Tiene coche y, sin embargo, no sabe conducir.

Juan canta sólo si está contento.

Teoría de Conjuntos

- Un **conjunto** es una agrupación de **elementos** que comparten alguna propiedad en común que permite definirlos.

- No es lo mismo un conjunto que un elemento de un conjunto. Diferenciar $\in$, y relacionarlo con diferenciar un **único símbolo inicial** de un **conjunto de símbolos finales**.

Teoría de Conjuntos

- Los conjuntos se pueden definir por comprensión y por extensión.
- Por comprensión: se utiliza la forma {x/x …} que corresponde a la utilización de conjuntos formadores.
- Por ejemplo, un lenguaje es un **conjunto** de palabras.
- Existe el **conjunto vacío**. Cuál es? Cómo se simboliza?
- Existen operaciones entre conjuntos: unión, intersección, diferencia.

Teoría de Lenguajes

- Nociones más elementales:
  - ***símbolo***, que es simplemente una representación distinguible de cualquier información. Los símbolos pueden ser cualesquiera, como *w*, 9, #, *a*,*b*,*c*, etc. Un ***símbolo*** es una entidad indivisible.
  - Un ***alfabeto*** es un conjunto no vacío de símbolos. Así, el alfabeto del idioma español, $\Sigma = \{a, b, c, \ldots, z\}$.

Cadenas o Palabras

- Con los símbolos de un alfabeto es posible formar secuencias o cadenas de caracteres, tales como *mxzxptlk*, *balks*, *r*, etc. Las cadenas de caracteres son llamadas también *palabras*.

- Un caso particular de cadena es la palabra vacía, ε *o* λ, la cual no tiene ninguna letra.

- La longitud de una palabra: cantidad de letras que contiene, contando las repeticiones;
  - Se denota $|w|$ para una palabra w. Ej. |perro| = 5. Cuando escribimos varias palabras o caracteres uno a continuación de otro, se supone que forman una sola palabra (se concatenan). La notación usada para denotar la concatenación de dos cadenas α y β es $\alpha\beta$.

- Por ejemplo, si w = *abra* y v = *cada*, entonces *wvbra* es la palabra *abracadabra*.

Concatenación

- La concatenación de palabras es *asociativa*, esto es, $(xy)z = x(yz)$, pero no ***conmutativa***.
- La longitud de una concatenación cumple la propiedad: $|uv| = |u| + |v|$.
- Una palabra v es ***subcadena*** de otra w cuando existen cadenas x, y - posiblemente vacías - tales que $xvy = w$. Por ejemplo, “bora” es subcadena de “víbora”, y ε es *subcadena* de toda palabra.
- El conjunto de todas las palabras que se pueden formar con un alfabeto Σ es denotado convencionalmente por Σ^*. Por ejemplo, si $\Sigma = \{a, b\}$, $\Sigma^* = \{\varepsilon, a, aa, aaa, aaaa, \ldots, b, bb, \ldots, ab, aba, abb, \ldots\}$. El conjunto Σ^* es infinito, pero enumerable.

Lenguajes, operaciones con lenguajes

- Un ***lenguaje*** es simplemente un conjunto de palabras.
- Así, ***{abracadabra}*** es un lenguaje (de una sola palabra), ***{ali, baba, y, sus, cuarenta, ladrones}*** es otro, Σ^* es otro, etc.
- Todo lenguaje es subconjunto de un Σ^*
- Puesto que los lenguajes son conjuntos, podemos efectuar con ellos todas las operaciones de los conjuntos (unión, intersección, diferencia).
- Definiremos además la operación de concatenación de lenguajes, escrita como $L1 \bullet L2$, como una extensión de la concatenación de palabras: $\boldsymbol{L1 \bullet L2 = \{w | w = xy, x \in L1, y \in L2\}}$.

Ejemplo

- Por ejemplo, dados los lenguajes $L\ 1$ = *{ca, ma}* y $L\ 2$ = *{nta, sa}*, la concatenación $L\ 1L\ 2$ seria ***{canta, casa, manta, masa}***.

- Como se ve en este ejemplo, para calcular la concatenación de dos lenguajes hay que concatenar cada palabra del primero de ellos con cada una del segundo.

Estrella de Kleene

- Una operación más complicada es la llamada “*estrella de Kleene*” o “*cerradura de Kleene*”.
- *Definición*.- Si L es un lenguaje, L^*, llamado “cerradura de Kleene” de L^*, es el más pequeño conjunto que contiene:
  - La palabra vacía, ε
  - El conjunto L
  - Todas las palabras formadas por la concatenación de miembros de L^*
    Por ejemplo, si $L = \{abra, cadabra\}$, $L * = \{\varepsilon, abra, abraabra, abracadabra, cadabraabra, \ldots\}$

Ejemplos

- **Potencias de un alfabeto**: Conjunto de todos los strings de una cierta longitud que podemos formar a partir del alfabeto. Σ^k

$$\Sigma^0 = \{\epsilon\}$$

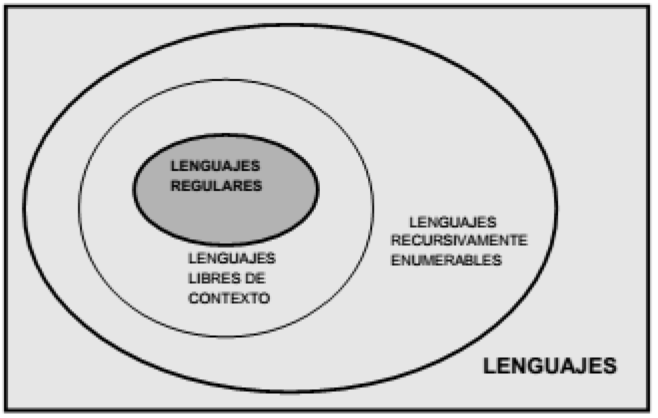
If $\Sigma = \{0, 1\}$, then $\Sigma^1 = \{0, 1\}$, $\Sigma^2 =$ $\Sigma^3 =$

- El conjunto de todos los strings sobre un alfabeto se denota Σ^*

$$\{0, 1\}^* = \{\epsilon, 0, 1, 00, 01, 10, 11, 000, \ldots\}.$$

$$\Sigma^* = \Sigma^0 \cup \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup$$

Jerarquía de Chomsky



- Los **"Lenguajes Regulares"**, que es la clase más pequeña, e incluye a los lenguajes más simples. Un ejemplo de lenguaje regular es el conjunto de todos los números binarios.
- Los **"Lenguajes Libres de Contexto"**, que incluyen a los Lenguajes Regulares. Por ejemplo, la mayoría de los lenguajes de programación son Lenguajes Libres de Contexto.
- Los **"Lenguajes Recursivamente Enumerables"**, que incluyen a los Libres de Contexto (y por lo tanto a los Lenguajes Regulares)

Lenguajes Regulares

- Los *lenguajes regulares* se llaman así porque sus palabras contienen “regularidades” o repeticiones de los mismos componentes, como por ejemplo en el lenguaje ***L1*** siguiente:
- ***L1 = {ab, abab, ababab, abababab, . . .}***
- En este ejemplo se aprecia que las palabras de *L*1 son simplemente repeticiones de “*ab*” cualquier numero de veces.
- Otro ejemplo más complicado sería el lenguaje *L* 2:
  L2 = {abc, cc, abab, abccc, ababc, . . .}
- La regularidad en ***L2*** consiste en que sus palabras comienzan con repeticiones de “*ab*”

Lenguajes Regulares

- Adicionalmente a las repeticiones de esquemas simples, vamos a considerar que los lenguajes finitos son también regulares por definición.
- Por ejemplo, el lenguaje ***L*3 = {anita, lava, la, tina}** es regular.
- Finalmente, al combinar lenguajes regulares uniéndolos o concatenándolos, también se obtiene un lenguaje regular.
- Por ejemplo, $L1 \cup L3$ **= {anita, lava, la, tina, ab, abab, ababab, abababab, . . .}** es regular.
- También es regular una concatenación como ***L*3*L*3 = {anitaanita, anitalava, anitala, anitatina, lavaanita, lavalava, lavala, lavatina, . . .}**

Ejemplos

1. El lenguaje de todos los strings que inician con una n cantidad de 0's, y siguen con una n cantidad de 1's, y n >= 0: {ε, 01, 0011, 000111,…}

2. El lenguaje formado por todos los strings de 0's y 1's tal que ambos aparecen la misma cantidad de veces en el string: {ε, 01, 10, 0011, 0101, 1001,…}

3. $\sum^*$ y Ø, son lenguajes sobre cualquier alfabeto $\sum$

4. {ε}, es un lenguaje sobre cualquier alfabeto

5. {ε} ≠ Ø

Conjuntos formadores

- Es común definir un lenguaje utilizando un conjunto formador: {w | condiciones que debe cumplir w para pertenecer al lenguaje}
- Ejemplos:
  1. $\{w \mid w$ consists of an equal number of 0's and 1's $\}$.
  2. $\{w \mid w$ is a binary integer that is prime $\}$.
  3. $\{w \mid w$ is a syntactically correct C program $\}$.
- Es posible reemplazar w por una expresión con parámetros

1. $\{0^n1^n | n \geq 1\}$ Se lee: “El conjunto de 0 a la n 1 a la n tal que n es mayor o igual a 1”. El lenguaje esta formado por los strings {01,0011,000111,…}. Al igual que con los alfabetos en la expresión parametrizada se puede elevar un símbolo a una potencia para representar n copias de dicho símbolo.

2. $\{0^i1^j | 0 \leq i \leq j\}$ El lenguaje esta formado por los strings que comienzan con una n cantidad de 0’s (incluyendo 0 cantidad de 0’s) y siguen inmediatamente después de dichos ceros, con una cantidad igual o mayor de 1’s. No hay más cadenas después de dichos 1’s. ***(Obsérvese que es más sencillo expresar el lenguaje como una expresión parametrizada para evitar la ambigüedad del castellano)***

Un lenguaje o un problema?

- Lenguajes y problemas son realmente lo mismo. Cuál sea el término utilizado depende del punto de vista.

- Conjuntos de strings pertenecientes a un lenguaje $\{0^n1^n \mid n \geq 1\}$

- Interpretamos la semántica de las construcciones

```
For i = 0 To lvTareas.Items.Count - 1
    If lvTareas.Items(i).Text <> Task Then
```

Expresiones Regulares

- En aritmética podemos utilizar operadores como + y x, para construir expresiones como (5+3) x 4 por ejemplo.

- Similarmente, podemos utilizar operaciones regulares para construir expresiones que describan lenguajes, las cuáles son llamadas “Expresiones regulares”.

$$(0 \cup 1)0^*.$$

Expresiones Regulares

- El valor de la expresión aritmética es el número 32.

- El valor de la expresión regular es un lenguaje. En este caso el lenguaje está formado por todas las cadenas que comiencen por 0 o 1, seguidas de cadenas que consistan en cualquier número de ceros.

- El símbolo de concatenación ".", está implícito.

Expresiones regulares

- Gran importancia en la ciencia de la computación, por ejemplo en la búsqueda de patrones en grandes cantidades de texto.

- Comando GREP, lenguaje Perl, Python.

Ejemplo

$$(0 \cup 1)^*$$

- Si Σ es cualquier alfabeto, entonces:
- Σ^1 describe el lenguaje que consta de todos los strings de longitud 1 sobre ese alfabeto.
- Σ^* describe todos los strings de cualquier longitud sobre el alfabeto.
- Σ^*1 describe todos los strings que terminan en 1.
- $(0\Sigma^*) \cup (\Sigma^*1)$

Equivalencias

- $\Sigma^+ = \Sigma^1 \cup \Sigma^2 \cup \Sigma^3 \cup \cdots$.
- $\Sigma^* = \Sigma^+ \cup \{\epsilon\}$.

Precedencia

- Primero realizamos la operación estrella.
- Luego la concatenación.
- Por último, realizamos la unión

Definición formal

Say that R is a ***regular expression*** if R is

1. a for some a in the alphabet Σ,
2. ε,
3. $\emptyset$,
4. $(R_1 \cup R_2)$, where R_1 and R_2 are regular expressions,
5. $(R_1 \circ R_2)$, where R_1 and R_2 are regular expressions, or
6. (R_1^*), where R_1 is a regular expression.

Ejemplos

- $\mathbf{0^*10^*}$ = {*w* / *w* contiene un único uno}.
- $\Sigma^*\mathbf{1}\Sigma^*$ = {*w* / *w* tiene al menos un 1}.
- $\Sigma^*\mathbf{001}\Sigma^*$ = {*w* / *w* contiene la cadena 001 como una subcadena}.
- $\mathbf{(01^+)^*}$ = {*w* / todo 0 en *w* es seguido por al menos un uno}.
- $(\Sigma\Sigma)^*$= {*w* / *w* es una cadena de longitud par}.
- $(\Sigma\Sigma\Sigma)^*$ = {*w* / la longitud de *w* es un múltiplo de tres}.
- $\mathbf{01 \cup 10}$ = {01,10}.
- $\mathbf{0\Sigma^*0 \cup 1\Sigma^*1 \cup 0 \cup 1}$ = {*w* / *w* comienza y termina con el mismo símbolo}.
- $\mathbf{(0 \cup \varepsilon)1^* = 01^* \cup 1^*}$. La expresión $0 \cup \varepsilon$ describe el lenguaje $\{0, \varepsilon\}$, por lo que la operación de concatenación añade ya sea un 0 o ε antes de cada cadena 1*.

$\mathbf{(0 \cup \varepsilon)(1 \cup \varepsilon)}$ = $\{\varepsilon, 0, 1, 01\}$.

- $\mathbf{1^*\varnothing} = \varnothing$ Concatenando el conjunto vacío con cualquier otro, obtenemos el conjunto vacío.
- $\mathbf{\varnothing^*}$ = $\{\varepsilon\}$. La operación estrella permite concatenar cualquier número de cadenas del lenguaje para obtener una cadena en el resultado. Si el lenguaje es vacío, la operación estrella puede concatenar 0 cadenas, dando sólo la cadena vacía.

Identidades

$$R \cup \emptyset = R \ (\textit{La unión del lenguaje vació con cualquier lenguaje es este último lenguaje})$$

$$R\varepsilon = R \ (\textit{La concatenación un lenguaje con epsilon es el primer lenguaje})$$

?

$$R \ U \ \varepsilon \neq R$$

$$R\emptyset \neq R$$