EXAMEN DE COMPILADORES (2° Grado en Informática, febrero-2014)

SOLUCIONES

Parte I: PREGUNTAS TIPO TEST. 30 %.

1. b)	4. a)	7. b)	10. b)	13. c)
2. c)	5. a)	8. b)	11. a)	14. b)
3. b)	6. c)	9. c)	12. b)	15. a)

Parte II: PROBLEMA. 70 %.

Apartado 1.

La gramática no presenta recursividad izquierda ni tiene factores comunes en varias opciones de un mismo no terminal. Por tanto, no es necesario realizar transformaciones para poder aplicar el método descendente predictivo. No obstante, llevamos a cabo una sustitución del símbolo λ por l, para evitar confusiones en la aplicación de los métodos de análisis:

(1) $N \rightarrow\ F\ .\ (\ X\ .\ C\ )$
(2) $F \rightarrow\ l\ f$
(3) $X \rightarrow\ l\ x$
(4) $C \rightarrow\ (\ f\ C\ )$
(5) $C \rightarrow\ x$

Obtenemos ahora los conjuntos PRIMERO y SIGUIENTE de los no terminales:

PRIMERO(N) = { l }
PRIMERO(F) = { l }
PRIMERO(X) = { l }
PRIMERO(C) = { (x }

SIGUIENTE(N) = { \$ }
SIGUIENTE(F) = { . }
SIGUIENTE(X) = { . }
SIGUIENTE(C) = {) }

Los conjuntos *Predict* de cada regla de la gramática son:

PREDICT(1) = { l }
PREDICT(2) = { l }
PREDICT(3) = { l }

PREDICT(4) = { (}
PREDICT(5) = { x }

Se puede comprobar que la gramática es LL(1) observando que los conjuntos PREDICT de las reglas de un mismo no terminal tienen intersección vacía. Podemos corroborar esta idea construyendo la tabla de análisis, en la que indicamos las reglas con su número correspondiente:

No terminal	Símbolo de Entrada						
	.	(	)	l	f	x	\$
N				1			
F				2			
X				3			
C		4				5	

Al no haber conflictos en la tabla, podemos deducir que la gramática es LL(1).

Apartado 2.

La simulación de la cadena errónea $w = lf(x.x)$ se muestra a continuación:

PILA	ENTRADA	ACCIÓN
$\$N$	$lf(x.x)\$$	$N \rightarrow F.(X.C)$
$\$)C.X(.F$	$lf(x.x)\$$	$F \rightarrow lf$
$\$)C.X(.fl$	$lf(x.x)\$$	
$\$)C.X(.f$	$f(x.x)\$$	
$\$)C.X(.$	$(x.x)\$$	ERROR: se esperaba . en la entrada. Se descarta . de la pila
$\$)C.X($	$(x.x)\$$	Continúa el análisis normal
$\$)C.X$	$x.x)\$$	ERROR: no se puede derivar X. Descartar terminales en la entrada hasta encontrar uno en PRIMERO(X) o SIGUIENTE(X)
$\$)C.X$	$.x)\$$	Descartar X de la pila porque . $\in$ SIGUIENTE(X)
$\$)C.$	$.x)\$$	Continúa el análisis normal
$\$)C$	$x)\$$	$C \rightarrow x$
$\$)x$	$x)\$$	
$\$)$	$)\$$	
$\$$	$\$$	Final del análisis. No aceptar porque ha habido errores

Apartado 3.

Los conjuntos de ítems de la colección LR(1) son los siguientes:

$$I_0 = \{ \; [\; N' \rightarrow \bullet\; N \;,\; \$ \;] \quad [\; N \rightarrow \bullet\; F \;.\; (\; X \;.\; C \;) \;,\; \$ \;] \quad [\; F \rightarrow \bullet\; l \; f \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_1 = \text{GOTO}(I_0, N) = \{ \; [\; N' \rightarrow N \;\bullet \;, \$ \;] \; \}$$

$$I_2 = \text{GOTO}(I_0, F) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;\bullet\; .\; (\; X \;.\; C \;) \;,\; \$ \;] \; \}$$

$$I_3 = \text{GOTO}(I_0, l) = \{ \; [\; F \rightarrow l \;\bullet\; f \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_4 = \text{GOTO}(I_2, .) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; \bullet\; (\; X \;.\; C \;) \;,\; \$ \;] \; \}$$

$$I_5 = \text{GOTO}(I_3, f) = \{ \; [\; F \rightarrow l \; f \;\bullet \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_6 = \text{GOTO}(I_4, () = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; (\; \bullet\; X \;.\; C \;) \;,\; \$ \;] \quad [\; X \rightarrow \bullet\; l \; x \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_7 = \text{GOTO}(I_6, X) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; (\; X \;\bullet\; .\; C \;) \;,\; \$ \;] \; \}$$

$$I_8 = \text{GOTO}(I_6, l) = \{ \; [\; X \rightarrow l \;\bullet\; x \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_9 = \text{GOTO}(I_7, .) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; (\; X \;.\; \bullet\; C \;) \;,\; \$ \;] \quad [\; C \rightarrow \bullet\; (\; f \; C \;) \;,\;) \;] \quad [\; C \rightarrow \bullet\; x \;,\;) \;] \; \}$$

$$I_{10} = \text{GOTO}(I_8, x) = \{ \; [\; X \rightarrow l \; x \;\bullet \;,\; . \;] \; \}$$

$$I_{11} = \text{GOTO}(I_9, C) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; (\; X \;.\; C \;\bullet\;) \;,\; \$ \;] \; \}$$

$$I_{12} = \text{GOTO}(I_9, () = \{ \; [\; C \rightarrow (\; \bullet\; f \; C \;) \;,\;) \;] \; \}$$

$$I_{13} = \text{GOTO}(I_9, x) = \{ \; [\; C \rightarrow x \;\bullet \;,\;) \;] \; \}$$

$$I_{14} = \text{GOTO}(I_{11},)) = \{ \; [\; N \rightarrow F \;.\; (\; X \;.\; C \;) \;\bullet \;,\; \$ \;] \; \}$$

$$I_{15} = \text{GOTO}(I_{12}, f) = \{ \; [\; C \rightarrow (\; f \;\bullet\; C \;) \;,\;) \;] \quad [\; C \rightarrow \;\bullet\; (\; f \; C \;) \;,\;) \;] \quad [\; C \rightarrow \;\bullet\; x \;,\;) \;] \; \}$$

$$I_{16} = \text{GOTO}(I_{15}, C) = \{ \; [\; C \rightarrow (\; f \; C \;\bullet\;) \;,\;) \;]$$

$$\text{GOTO}(I_{15}, () = I_{12}$$

$$\text{GOTO}(I_{15}, x) = I_{13}$$

$$I_{17} = \text{GOTO}(I_{16},)) = \{ \; [\; C \rightarrow (\; f \; C \;) \;\bullet \;,\;) \;]$$

La tabla de análisis LR-canónica es la siguiente:

Estado	Acción							Ir-a			
	.	(	)	l	f	x	\$	N	F	X	C
0				d3				1	2		
1							acc				
2	d4										
3					d5						
4		d6									
5	r2										
6				d8						7	
7	d9										
8						d10					
9		d12				d13					11
10	r3										
11			d14								
12					d15						
13			r5								
14							r1				
15		d12				d13					16
16			d17								
17			r4								

La gramática es LR-canónica, ya que la tabla no contiene ningún conflicto.

Observando la colección LR(1), observamos que no se pueden unir estados en los que la colección de ítems punteados sea igual, salvo en los símbolos de anticipación. Por tanto, la colección LALR es idéntica a la LR(1), y la tabla de análisis también. Como hemos observado, no hay conflictos en la tabla LR(1), lo que implica que la gramática también es LALR.

Para comprobar si la gramática es SLR, debemos tener en cuenta que la colección de ítems SLR es idéntica a la LALR salvo en los símbolos de anticipación. Como la función de los símbolos de anticipación de LALR es determinar cuándo se debe realizar una reducción, debemos analizar los ítems de la forma $[\ A \to \alpha \bullet\ ,\ x\ ]$ de la colección LALR y comprobar si, además de x, los demás símbolos de SIGUIENTE(A) pueden aparecer en el lugar de x sin provocar conflictos, ya que las reducciones se realizan con todos los símbolos de SIGUIENTE(A) en el método SLR.

- En el estado 5 se encuentra el ítem $[\ F \to l\ f \bullet\ ,\ .\ ]$, y el . es el único símbolo de SIGUIENTE(F).
- En el estado 10 se encuentra el ítem $[\ X \to l\ x \bullet\ ,\ .\ ]$. De nuevo . es el único símbolo de SIGUIENTE(X).
- En el estado 13 se encuentra el ítem $[\ C \to x \bullet\ ,\ )\ ]$. También aquí) es el único símbolo de SIGUIENTE(C).
- En el estado 14 se encuentra el ítem $[\ N \to F\ .\ (\ X\ .\ C\ ) \bullet\ ,\ \$\ ]$, siendo \$ el único símbolo de SIGUIENTE(N).
- En el estado 17 se encuentra el ítem $[\ C \to (\ f\ C\ ) \bullet\ ,\ )\ ]$, con) como único símbolo de SIGUIENTE(C).

Lo anterior implica que el método SLR realiza las reducciones en los mismos casos que el LALR, no provocando conflictos en ningún estado con reducciones. Por tanto, la gramática también es SLR.

Apartado 4.

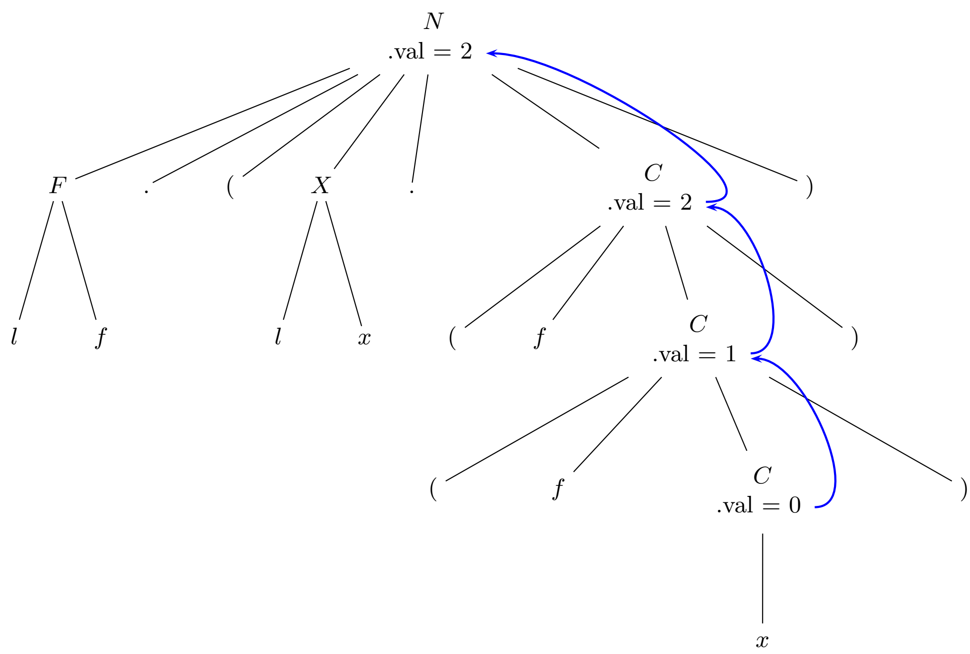
Para la resolución de este apartado emplearemos los siguientes atributos de los símbolos de la gramática:

Símbolo	**Atributo**	**Tipo**	**Comentario**
N	val	`int`	Valor natural que toma el entero de Church.
C	val	`int`	Valor natural parcial del entero de Church.

La definición dirigida por la sintaxis (DDS) para evaluar los enteros de Church se puede definir de la siguiente forma:

Regla de producción	**Acción**
$N \rightarrow F\ .\ (\ X\ .\ C\ )$	N`.val = `C`.val;`
$F \rightarrow l\ f$	`;`
$X \rightarrow l\ x$	`;`
$C \rightarrow (\ f\ C_1\ )$	C`.val = `C_1`.val + 1;`
$C \rightarrow x$	C`.val = 0;`

En la DDS sólo hay atributos sintetizados, de modo que es S-atribuida y L-atribuida. A continuación se muestra el árbol sintáctico decorado para la entrada $\lambda f.(\lambda x.(f(fx)))$:



Apartado 5.
La simulación de la cadena de entrada $\lambda f.(\lambda x.(f(fx)))$, indicando las acciones semánticas que se ejecutan, sería la siguiente:

Pila	Entrada	Acción	
0	$lf.(lx.(f(fx)))\$$	$d3$	
0 l 3	$f.(lx.(f(fx)))\$$	$d5$	
0 l 3 f 5	$.(lx.(f(fx)))\$$	$r2$	
0 F 2	$.(lx.(f(fx)))\$$	$d4$	
0 F 2 . 4	$(lx.(f(fx)))\$$	$d6$	
0 F 2 . 4 (6	$lx.(f(fx)))\$$	$d8$	
0 F 2 . 4 (6 l 8	$x.(f(fx)))\$$	$d10$	
0 F 2 . 4 (6 l 8 x 10	$.(f(fx)))\$$	$r3$	
0 F 2 . 4 (6 X 7	$.(f(fx)))\$$	$d9$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9	$(f(fx)))\$$	$d12$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12	$f(fx)))\$$	$d15$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15	$(fx)))\$$	$d12$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 (12	$fx)))\$$	$d15$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 (12 f 15	$x)))\$$	$d13$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 (12 f 15 x 13	$)))\$$	$r5$	$C.val = 0$
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 (12 f 15 $\boxed{\text{C.val} = 0}$ 16	$)))\$$	$d17$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 (12 f 15 $\boxed{\text{C.val} = 0}$ 16) 17	$))\$$	$r4$	$C.val = C_1.val + 1$
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 $\boxed{\text{C.val} = 1}$ 16	$))\$$	$d17$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 (12 f 15 $\boxed{\text{C.val} = 1}$ 16)	$)\$$	$r4$	$C.val = C_1.val + 1$
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 $\boxed{\text{C.val} = 2}$ 11	$)\$$	$d14$	
0 F 2 . 4 (6 X 7 . 9 $\boxed{\text{C.val} = 2}$ 11) 14	$\$$	$r1$	$N.val = C.val$
0 $\boxed{\text{N.val} = 2}$ 1	$\$$	Aceptar	