INSTITUTO TECNOLÓGICO DE COSTA RICA

Proyecto #2: Parser

Escuela de Ingeniería en Computación
Compiladores e Intérpretes IC-5701

Alonso Navarro Carrillo, c. 2022236435

Carlos Venegas Masis, c. 2022153870

Valeria Gómez Acuña, c. 2022173229

Ing. Ericka Marín Schumann
II Semestre 2024

Tabla de contenidos

Introducción

Este proyecto se ubica en la segunda etapa de la creación de un compilador para el lenguaje de programación C, conocida como el Parsing o Análisis Sintáctico. El propósito principal de esta etapa es diseñar y desarrollar un parser que logre identificar como se relacionan los tokens que se obtenidos de la fase de análisis léxico y determinar si estos tokens forman expresiones, sentencias o estructuras válidas para un programa escrito en lenguaje C. Para lograr esto, se utilizaron dos herramientas Java CUP y JFlex, Java CUP permitió definir reglas gramaticales que describen como deben de combinarse los tokens para ser reconocidos por el parser como correctos. Mientras que JFlex fue utilizado en la etapa de análisis Léxico, esta estapa se desarrolló en la primera fase del proyecto.

A lo largo de este documento se detalla el proceso de desarrollo del scanner, desde la planificación hasta la implementación y evaluación de los resultados obtenidos. Se describen decisiones técnicas tomadas para garantizar el correcto funcionamiento del proyecto, así como las estrategias empleadas para la solución de los problemas encontrados durante su desarrollo.

Estrategia de solución

Después de leer detenidamente la documentación de Java CUP, se comenzó a planear y diseñar la manera en que se iba a conectar el Analizador léxico con el Analizador Sintáctico, aquí surguió el primer problema porque para que funcionaran juntos era necesario modificar la estructura del Analizador Léxico, de manera que devolviera al Analizador Sintáctico los tokens ya analizados. Una vez que se logró hacer esta conexión correctamente, se comenzó con el diseño de las producciones, para ello primero se definieron los terminales y no terminales, luego se inició con el diseño de las producciones de cada uno de los no terminales, aquí surgió el segundo problema porque algunas producciones no eran lo suficientemente específicas en su composición, generando errores debido a ambiguedades, para resolver estos problemas el grupo se reunió y se definieron nuevos no terminales que ayudaron a eliminar ambiguedades y también con la factorización de algunas producciones.

Cuando se tuvieron las producciones listas se hicieron pruebas para verificar que funcionaban correctamente, luego se comenzó con el manejo de errores para esto se implementó un método llamado Syntax Error este método permite manejar los errores de sintaxis para que el parser los detecte y reporte, los errores se definieron como producciones de los no terminales. Por último se realizaron pruebas para

verificar que el parser reconoce las reglas gramaticales e identifica todos los errores.

Análisis de resultados

Actividad	Porcentaje realizado	Justificación
Desplegar lista de errores léxicos	100%	
Desplegar lista de errores sintácticos	100%	
Evitar desplegar errores sintácticos en cáscada	50%	En situaciones muy específicas el parser se puede caer o dar errores poco precisos. Esto debido a complicaciones en la gramática.
Implementar las funciones de read and write	100%	
Declaración de variables, constantes y lista de variables	100%	
Reconocer la estructura del programa	100%	
Identificar funciones	100%	
Analizar expresiones con operadores aritméticos o booleanos	100%	
Identificar todas las estructuras de control	100%	
Definir buenos mensajes de error	80%	La mayoría de errores están bien definidos, pero si el flujo es erróneo no se obtiene un buen mensaje.

Lecciones aprendidas

Durante el desarrollo del proyecto, el grupo pudo observar que en el parser es fundamental definir correctamente la gramática y las reglas de producción. La estructura de las reglas y el uso adecuado de precedencia y asociatividad permitieron reducir conflictos de análisis, como conflictos shift/reduce o reduce/reduce, que dificultan el proceso de análisis sintáctico y provocan errores de interpretación. Además, organizar adecuadamente las producciones y sus alternativas evitó que ciertas estructuras se interpretaran de forma ambigua, lo cual agregó robustez al parser al generar una mejor comprensión de la jerarquía entre expresiones y bloques de código.

Definir mensajes de error claros fue un reto, especialmente al manejar errores sintácticos complejos. En muchos casos, el parser debía identificar la causa específica de un error (como la falta de un punto y coma o el uso incorrecto de una palabra reservada) y generar un mensaje informativo que ayudara a identificar el problema en la línea correspondiente. Esto fue esencial para mejorar la experiencia del usuario al facilitar la corrección de errores en el código fuente. Asimismo, el equipo experimentó con la recuperación de errores para continuar el análisis a pesar de errores sintácticos, lo cual permitió al parser brindar un reporte de múltiples errores en una sola ejecución, aumentando la eficiencia del proceso de depuración.

Al enfrentarse a estructuras sintácticas complejas como anidación de bloques y condiciones, el equipo comprendió la importancia de anticipar casos especiales en las reglas de producción. Definir reglas claras para estos casos evitó ambigüedades en el análisis y permitió un procesamiento más preciso del código fuente. Esto también permitió al parser identificar y manejar constructos incompletos o mal formados de manera más efectiva, brindando así una base sólida para la interpretación y compilación del código.

Casos de prueba

Caso de prueba 1: Errores en Expresiones Aritméticas y Asignación

```
void testAsignacionAritmetica() {
 int a = 5;
 int b = 10;

 // Error: Falta operando después del operador '+'
 int c = a + ;

 // Error: Falta operando antes del operador '-'
 int d = - b;

 // Error: Operador de asignación en una expresión aritmética
 a + b = c;

 // Error: Uso de variable no declarada en una operación
 int e = a + f;

 // Error: Operación aritmética sin un operando válido
 int g = + + b;

 // Error: Falta el punto y coma en la asignación
 int h = a + c

 // Expresión correcta (para contraste)
 int i = a * b;
}
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 6: Error en la expresión
- Error de sintaxis en línea 9: Falta operando antes de '-'.
- Error de sintaxis en línea 12: Error antes de '=' en asignación.
- Error de sintaxis en línea 15: Falta el tipo de dato en la declaración.
- Error de sintaxis en línea 18: Falta operando antes de '+'.

- Error de sintaxis en línea 18: Falta operando antes de ’+’.
- Error de sintaxis en línea 21: Error en la expresión

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 6: Error en la expresión
Error de sintaxis en línea 9: Falta operando antes de ’-’.
Error de sintaxis en línea 12: Error antes de ’=’ en asignación.
Error de sintaxis en línea 15: Falta el tipo de dato en la declaración.
Error de sintaxis en línea 18: Falta operando antes de ’+’.
Error de sintaxis en línea 18: Falta operando antes de ’+’.
Error de sintaxis en línea 21: Error en la expresión
```

Caso de prueba 2: Errores en Estructuras de Control

```
void testEstructurasControl() {
 int x = 5;
 int y = 10;
 // Error: Falta paréntesis de cierre en la condición del 'if'
 if (x < y {
  x = x + 1;
 }
 // Error: Falta paréntesis de apertura en la condición del 'while'
 while x < y) {
  y = y - 1;
 }
 // Error: Falta llave de apertura en el bloque del 'else'
 if (x > y) {
  print(x);
 } else
  print(y);
 }
 // Error: Condición en 'if' sin paréntesis alrededor
 if x == y {
  x = x * 2;
 }
 // Error: Falta el punto y coma al final de la condición del 'while'
 while (x < y) {
  x = x + 1
 }
 // Expresión correcta (para contraste)
 if (x != y) {
  return;
 } else {
  return;
 }
}
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 8: Error en el paréntesis de cierre del if.
- Error de sintaxis en línea 13: Falta paréntesis de apertura en el while.

- Error de sintaxis en línea 20: Error en la llave de apertura del else.
- Error de sintaxis en línea 25: Error en los paréntesis de la condición del if.
- Error de sintaxis en línea 29: Falta punto y coma.

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 8: Error en el paréntesis de cierre del if.
Error de sintaxis en línea 13: Falta paréntesis de apertura en el while.
Error de sintaxis en línea 20: Error en la llave de apertura del else.
Error de sintaxis en línea 25: Error en los paréntesis de la condición del if.
Error de sintaxis en línea 29: Falta punto y coma.
```

Caso de prueba 3: Errores en Declaraciones de Variables

```
// Error: Identificador sin tipo de dato
y;
//Declaracion de una variable
int x;
// Declaracion correcta de multiples variables constantes
const int z, t, y, y;
// Error: Falta punto y coma en la declaración
int g, h, i,
void testDeclaracionesVariables() {
 // Error: Uso incorrecto de 'void' como tipo de dato en una variable
 void variableInvalida;
 // Error: Falta identificador en la declaración
 int ;
 // Error: Declaración incompleta con un tipo de dato y asignación faltante
 const int ; // Falta un identificador o asignación a la variable constante
 // Declaración correcta (para contraste)
 int valorCorrecto = 10;
 char letra = 'A';
}
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 5: Falta el tipo de dato en la declaración.
- Error de sintaxis en línea 11: Falta punto y coma.
- Error de sintaxis en línea 16: Una variable no puede ser declarada void.
- Error de sintaxis en línea 19: Falta el identificador de la variable en la declaración.
- Error de sintaxis en línea 22: Falta el identificador de la variable en la declaración.

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 5: Falta el tipo de dato en la declaración.
Error de sintaxis en línea 11: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 16: Una variable no puede ser declarada void.
Error de sintaxis en línea 19: Falta el identificador de la variable en la declarac
```

```
Error de sintaxis en línea 22: Falta el identificador de la variable en la declaraci
```

Caso de prueba 4: Errores en Ciclos

```
void testCiclos() {
 int x = 0;

 // Error: Falta punto y coma en la declaración de 'for'
 for (int i = 0 i < 10; i++) {
  x += i;
 }
 // Error: While vacio
 while () {
  x += 1;
 }
 // Error: Falta paréntesis de cierre en la condición del 'while'
 while (x < 10 {
  x += 1;
 }
 // Error: do while vacio
 do {
  x += 1;
 } while ();
 // Error: for vacio
 for () {
  x += 1;
 }
 // Error: for con una sola expresion
 for (;) {
  x += 1;
 }
 // Error: Falta paréntesis de apertura en la condición del 'do-while'
 do {
  x += 2;
 } while x < 20);
 // Error: Falta punto y coma al final de la condición en 'do-while'
 do {
  x -= 1;
 } while (x > 0)
 // Error: Falta llave de apertura en el bloque del 'for'
 for (int j = 0; j < 5; j++)
```

```
  x += j;
  }
  // Ciclo correcto (para contraste)
  for (int k = 0; k < 5; k++) {
   x += k;
  }
 }
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 5: Falta punto y coma.
- Error de sintaxis en línea 12: Error en la condición del while.
- Error de sintaxis en línea 17: Error en el paréntesis de cierre del while.
- Error de sintaxis en línea 22: Error en la condición del do-while.
- Error de sintaxis en línea 27: Error en la sentencia del for.
- Error de sintaxis en línea 30: No puede haber una sola expresión.
- Error de sintaxis en línea 37: Falta paréntesis de apertura en el do-while.
- Error de sintaxis en línea 42: Falta punto y coma.
- Error de sintaxis en línea 47: Error en la llave de apertura del for.

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 5: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 12: Error en la condición del while.
Error de sintaxis en línea 17: Error en el paréntesis de cierre del while.
Error de sintaxis en línea 22: Error en la condición del do-while.
Error de sintaxis en línea 27: Error en la sentencia del for.
Error de sintaxis en línea 30: No puede haber una sola expresión.
Error de sintaxis en línea 37: Falta paréntesis de apertura en el do-while.
Error de sintaxis en línea 42: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 47: Error en la llave de apertura del for.
```

Caso de prueba 5: Errores en Funciones y Parámetros

```
// Error: Falta tipo de retorno en la declaración de la función (No funciona)
suma(int a, int b) {
 return a + b;
}
// Error: Falta identificador en el parámetro de la función
int resta(int a, ) {
 return a - b;
}
// Error: Falta llave de cierre en el cuerpo de la función (Tira Falta punto y coma)
int multiplica(int a, int b)
 int resultado = a * b;
 return resultado;
}
int dividir int a, int b) {
 return a / b;
}
int dividir (int a, int b {
 return a / b;
}
void calcularSuma(int a, int b) {
 return a + b;
}
// Función correcta (para contraste)
int modulo(int a, int b) {
 return a % b;
}
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 2: Falta el tipo de dato en la declaración de la función.
- Error de sintaxis en línea 7: Error en la coma de los parametros.
- Error de sintaxis en línea 16: Error en las llaves de la función.
- Error de sintaxis en línea 18: Error en los paréntesis de la función.
- Error de sintaxis en línea 22: Error en la coma de los parametros.

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 2: Falta el tipo de dato en la declaración de la función.
Error de sintaxis en línea 7: Error en la coma de los parametros.
Error de sintaxis en línea 16: Error en las llaves de la función.
Error de sintaxis en línea 18: Error en los paréntesis de la función.
Error de sintaxis en línea 22: Error en la coma de los parametros.
```

Caso de prueba 6: General

```
void funcionGeneral() {
 int a = 5;
 int b = 10
 // Error: Declaración de variable con tipo inválido
 void varInvalida = 20;
 // Error: asignación inválida
 a + b = c;
 // Error: Falta paréntesis de cierre en la condición del 'if'
 if (a < b {
  print(a);
 } else {
  print(b)
 }
 // Error: Falta el paréntesis de apertura en el 'while'
 while a < b) {
  a = a + 1;
 }
 // Error: Falta punto y coma en la declaración de 'for'
 for (int i = 0 i < 10; i++) {
  print(i);
 }
 // Error: Paréntesis no cerrado en una expresión aritmética
 a + (b * 2 ;

 // Declaración correcta para contraste
 if (x != a) {
  print("x y a son diferentes");
 }
}
```

Errores esperados:

- Error de sintaxis en línea 3: Falta punto y coma.
- Error de sintaxis en línea 5: Una variable no puede ser declarada void.
- Error de sintaxis en línea 8: Error antes de '=' en asignación.
- Error de sintaxis en línea 14: Falta punto y coma.

- Error de sintaxis en línea 13: Error en el paréntesis de cierre del if.
- Error de sintaxis en línea 20: Falta paréntesis de apertura en el while.
- Error de sintaxis en línea 23: Falta punto y coma.
- Error de sintaxis en línea 28: Error en paréntesis de expresión.
- Error de sintaxis en línea 33: Error en la llave de apertura del if.

Resultados:

```
Starting parsing process...
Error de sintaxis en línea 3: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 5: Una variable no puede ser declarada void.
Error de sintaxis en línea 8: Error antes de '=' en asignación.
Error de sintaxis en línea 14: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 13: Error en el paréntesis de cierre del if.
Error de sintaxis en línea 20: Falta paréntesis de apertura en el while.
Error de sintaxis en línea 23: Falta punto y coma.
Error de sintaxis en línea 28: Error en paréntesis de expresión.
Error de sintaxis en línea 33: Error en la llave de apertura del if.
```

Manual de usuario

Instalación

Para construir y ejecutar el proyecto, es necesario tener Java instalado en tu sistema. Sigue estos pasos para configurar el proyecto:

1. Clona el repositorio:

```
git clone https://github.com/AlonsoNav/CCompilerJFlex.git
cd your-repo
```

2. Genera el archivo `CLexer`:

```
java -jar lib/jflex-full-1.9.1.jar src/scanner/CLexer.flex
```

3. Genera el archivo `Parser`:

```
java -jar lib/java-cup-11b.jar -parser Parser -symbols Symbol
src/parser/Parser.cup
```

4. Compila el proyecto:

```
   javac -d bin -sourcepath src -cp lib/java-cup-11b.jar
src/app/ParserMain.java src/app/ScannerMain.java
src/scanner/CLexer.java src/scanner/Token.java
src/scanner/TokenType.java src/parser/Parser.java
src/parser/Sym.java
```

Uso

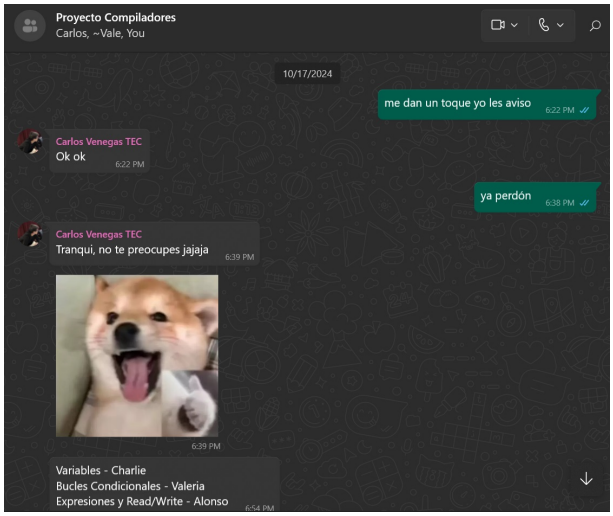
Para ejecutar el compilador con un archivo de entrada, utiliza el siguiente comando:

```
java -cp bin app.ParserMain input_file
```

Bitácora

Fecha: 17-10-2024

Para iniciar el proyecto hicimos una pequeña reunión en la que se estableció que CV se encargaba de las variables, declaraciones y constantes. Por otro lado, VG iba a trabajar las estructuras de control como condicionales y bucles. AN diseñaría las gramáticas para las expresiones, y las funciones como read y write. CV también trabajó en la conversión de los tokens del scanners a Symbol y además de dar la estructura básica del programa. A continuación se adjunta evidencia de lo hablado en un chat de WhatsApp:



Fecha: 26-10-2024

En este día nos conectamos un rato en Discord para revisar lo que tenemos trabajado hasta el momento y discutir las próximas etapas del proyecto. Para el manejo de errores se hizo otra distribución donde CV se encargaba de errores de expresiones y de read and write, AN de errores de estructuras de control y VG de errores de variables, constantes y funciones.

Fecha: 04-09-2024

Para este punto se tienen muchas complicaciones con el manejo de errores, por lo que a partir de este día se tienen reuniones consecutivas donde se hace trabajo cooperativo con el fin de sacar las funcionalidades. Por último, se divide las partes de la documentación que serán redactadas por todos los miembros del equipo.

Bibliografía

[1] Klein, G., Rowe, S., & Décamps, R. (marzo de 2023). *JFlex User's Manual*. JFlex Team. En: `https://www.jflex.de/manual.html`.

[2] Hudson, S. (julio de 1999). *CUP User's Manual*. Cup. En: `https://www.cs.princeton.edu/~appel/modern/java/CUP/manual.html#intro`.