

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID
FACULTAD DE INGENIERÍA INFORMÁTICA

DEPARTAMENTO ???



TRABAJO DE FIN DE GRADO

Código de TFG: ???

**ANÁLISIS DE PROPIEDADES DINÁMICAS DE LÍNEAS DE
PRODUCTO DE SISTEMAS CONCURRENTES**

**DYNAMIC PROPERTIES ANALYSIS OF PRODUCT LINES FOR
CONCURRENT SYSTEMS**

Director/as: MARIA ELENA GOMEZ MARTINEZ
JOSE IGNACIO REQUENO JARABO

JAVIER PASTOR RAMIREZ

Doble Grado en Ingeniería Informática y Matemáticas

Curso académico 2023-2024

Convocatoria Ordinaria

Resumen:

Con el desarrollo de sistemas cada vez más complejos, nos vemos en la necesidad de utilizar herramientas como *líneas de producto* para poder estudiar y analizar su comportamiento. Las líneas de productos nos permiten estudiar de forma aislada cada una de las partes de un proceso y después estudiar la interacción de estos subprocesos entre ellos.

Estos procesos suelen ser implementados mediante grafos llamados *Redes de Petri*. Estos grafos tienen la característica de poder representar un sistema a eventos, más concretamente sistemas concurrentes.

El objetivo de este Trabajo de Fin de Grado se centra en procedimientos para calcular propiedades dinámicas de estas redes de Petri aplicadas a líneas de producto, implementando en este caso grafos de alcanzabilidad y un motor CTC, valorando posteriormente los resultados obtenidos y la utilidad de los mismos.

Abstract:

With the development of increasingly complex systems, we find ourselves in need of using tools such as product lines to study and analyze their behavior. Product lines allow us to study each part of a process in isolation and then examine the interaction of these subprocesses with each other.

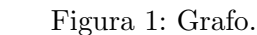
These processes are often implemented using graphs called Petri Nets. These graphs have the characteristic of being able to represent a system of events, more specifically concurrent systems.

The objective of this Bachelor's Thesis focuses on procedures for calculating dynamic properties of these Petri nets applied to product lines, implementing in this case reachability graphs and a CTC engine, subsequently evaluating the results obtained and their usefulness.

Índice

1. Introducción	3
2. Grafo de alcanzabilidad	8
3. Conclusiones	9

Comenzamos viendo los conceptos básicos para abordar este Trabajo de Fin de Grado, empezando por los grafos por su semejanza con las redes de Petri:



Definición 1.2 (Grafo dirigido). Decimos que un grafo es un grafo dirigido si las aristas que lo componen tienen un sentido definido, es decir, las relaciones entre los elementos del conjunto no tienen porque ser simétricas.

Definición 1.3 (Grafo simple). Decimos que un grafo es simple si acepta una sola arista uniendo dos vértices cualesquiera, es decir, existe una única arista que une dos vértices entre ellos.



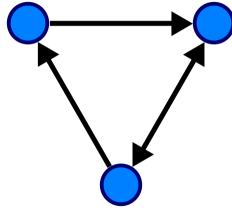


Figura 3: Grafo dirigido simple.

zamos para implementar redes de Petri.

Definición 1.4 (Red de Petri). Una *red de Petri* es una representación de un sistema a eventos que permite describir un sistema concurrente, compuesta por lugares, transiciones, arcos dirigidos y marcas o fichas.

- Lugares: Contienen las marcas o fichas del sistema, el conjunto de los mismos representa el estado del sistema en un determinado momento.
- Transiciones: Representan eventos del sistema que alteran la red de Petri. Pueden ser disparadas para mover marcas o fichas entre los lugares que relacionan.
- Arcos dirigidos: Relacionan transiciones con lugares o lugares con transiciones, nunca transiciones con transiciones o lugares con lugares. En el caso de arcos dirigidos entre lugares y transiciones, tienen un peso que es la cantidad de marcas necesarias en el lugar de inicio para poder ser disparada la transición a la que apuntan. En el caso de arcos dirigidos entre transiciones y lugares, tienen un peso que es la cantidad de marcas que se depositan en el lugar de llegada cuando es disparada la transición de la que provienen.
- Marcas o fichas: Pueden representar multitud de conceptos en el sistema, el ejemplo más común es recursos.

Restricciones:

- Los arcos deben conectar un lugar con una transición, o conectar una transición con un lugar. No podemos tener arcos entre transiciones o entre lugares.
- Los lugares pueden contener una cantidad finita o contable de marcas.
- Las transiciones para dispararse deben consumir marcas en las posiciones de entrada (la que apuntan a la transición) y producen marcas en las posiciones de llegada (las que salen de la transición).
- Una transición puede ser disparada si tiene las marcas suficientes en sus posiciones de entrada.

Veamos un ejemplo extenso de red de Petri para comprender bien su funcionamiento, utilidad y restricciones:

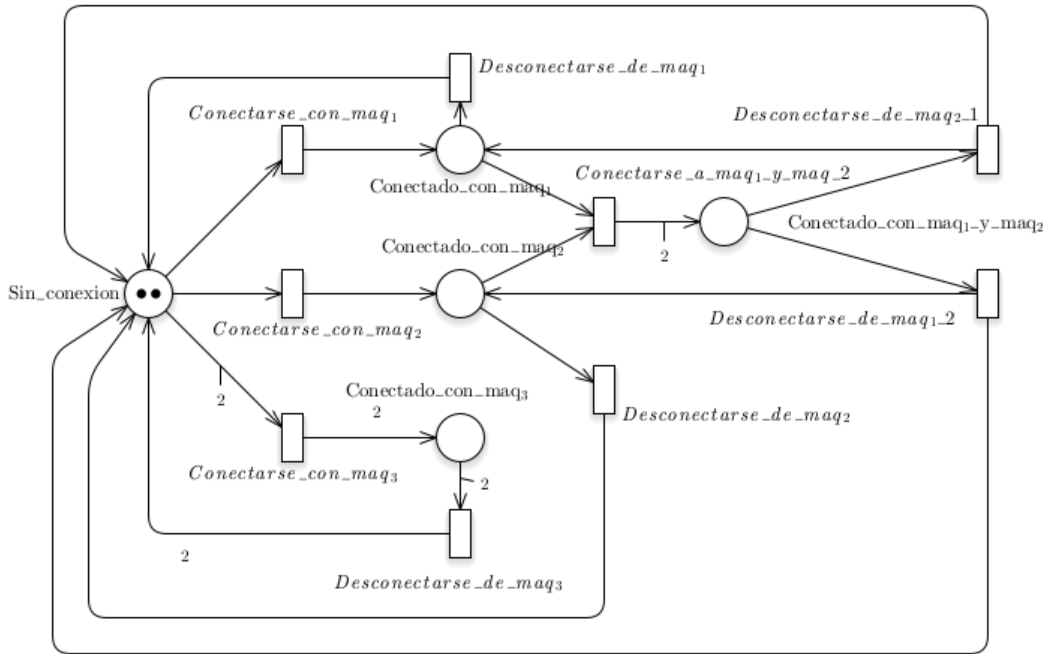


Figura 4: Red de Petri.

Esta red de Petri modela un ordenador que puede conectarse a otras máquinas en la misma red. Los lugares, los círculos, son los estados en los que se encuentra este ordenador, sin conexión o conectada a una o más máquinas. Las marcas o tokens representan los recursos disponibles por el ordenador para realizar las conexiones. Las transiciones, los rectángulos, representan las acciones que toma el ordenador para cambiar su estado. Los arcos dirigidos, las aristas, son las relaciones entre los estados y las transiciones e indican con un número (el 1 se omite) los recursos necesarios, el peso, para poder recorrer ese camino en caso de arcos de lugares a transiciones, en caso de arcos de transiciones o lugares, la cantidad de recursos que generan en el lugar de llegada.

(EN LA PRESENTACIÓN MOSTRAR EL EJEMPLO CON LA ANIMACIÓN DE GREAT SPN EDITOR)

Definición 1.5 (Líneas de producto). Definimos la línea de productos como una representación de un modelo que permite definir características, dependencias y restricciones de sus elementos. Este suele representarse con lo que denominamos diagrama de características, que nos informa de las configuraciones posibles finales. Explicamos la definición sobre un ejemplo:

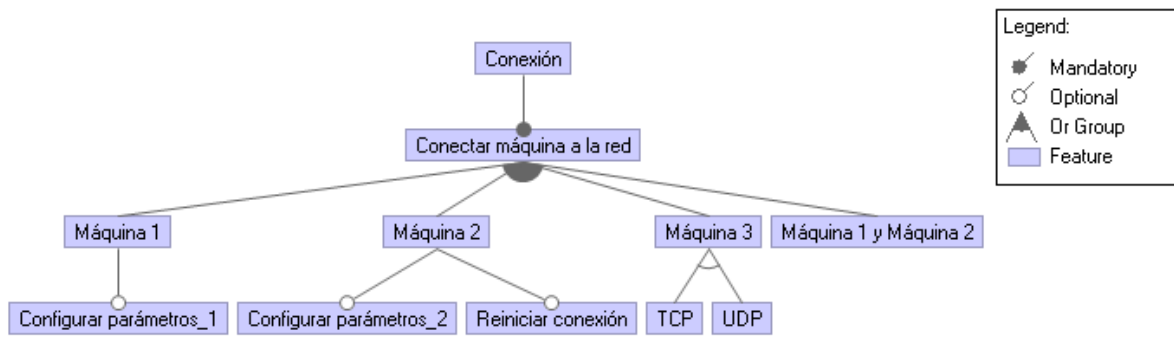


Figura 5: PNPL arbol.

Esta representación en árbol nos muestra las diferentes configuraciones que podemos obtener:

■ **De los nodos.**

- **Obligatorios.** Cualquier línea de producto debe contener los elementos marcados como obligatorios, es nuestro caso, debe contener *Conectar máquina a la red*.
- **Opcionales.** Una línea de producto final puede contener o no contener este elemento y seguir siendo válida. En nuestro caso, tenemos *Configurar parámetros_1*, *Configurar parámetros_2* y *Reiniciar conexión*.

■ **De las relaciones.**

- **Alternativa.** Debe incluirse una y solo una de las características descendientes de está, es nuestro caso, es la relación entre *Máquina 3* y sus descendientes *TCP* y *UDP*.
- **Or.** Debe incluirse al menos una de las características descendientes, pudiendo incluirse más. En nuestro caso, es la relación *Conectar máquina a la red* con sus descendientes *Máquina 1*, *Máquina 2*, *Máquina 3*, y *Máquina 1 y Máquina 2*.

Un ejemplo de configuración válida sería *Conectar máquina a la red* con *Máquina 1* y *Máquina 2* y *Configurar parámetros_2* y una configuración inválida sería *Conectar máquina a la red* con *Máquina 3* (Ya que no tiene ni *TCP* ni *UDP*).

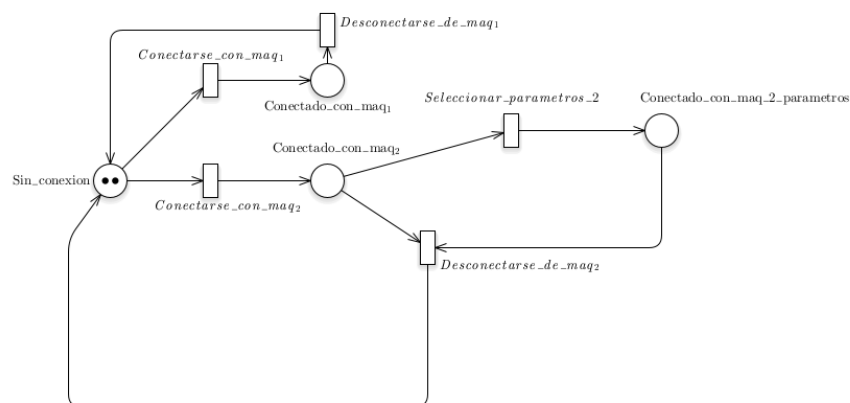


Figura 6: Ejemplo configuración.

(MOSTRAR EJEMPLOS DE ALGUNAS CONFIGURACIONES VÁLIDAS???)

Definición 1.6 (Redes de Petri de líneas de producto). Aplicamos las redes de Petri a cada elemento de nuestra línea de producto. Obteniendo así un modelo concurrente de una línea de producto en concreto. Lo vemos mejor con el siguiente ejemplo:

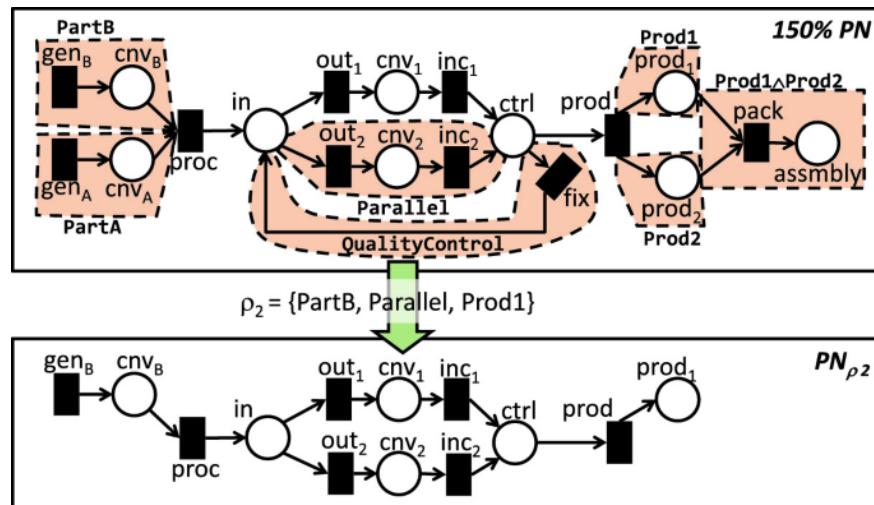


Figura 7: Usar el ejemplo de las conexiones con el ejemplo de la configuración???

(EXPLICAR BIEN EL EJEMPLO)

2. Grafo de alcanzabilidad

Grafo de alcanzabilidad. Es un grafo que nos permite representar los posibles estados de una red de Petri a partir de una configuración inicial de marcas.

En este grafo los nodos son los estados alcanzables por la red de Petri y los vértices corresponden a las relaciones entre los estados por las transiciones de la red.

Estudiamos el siguiente ejemplo:

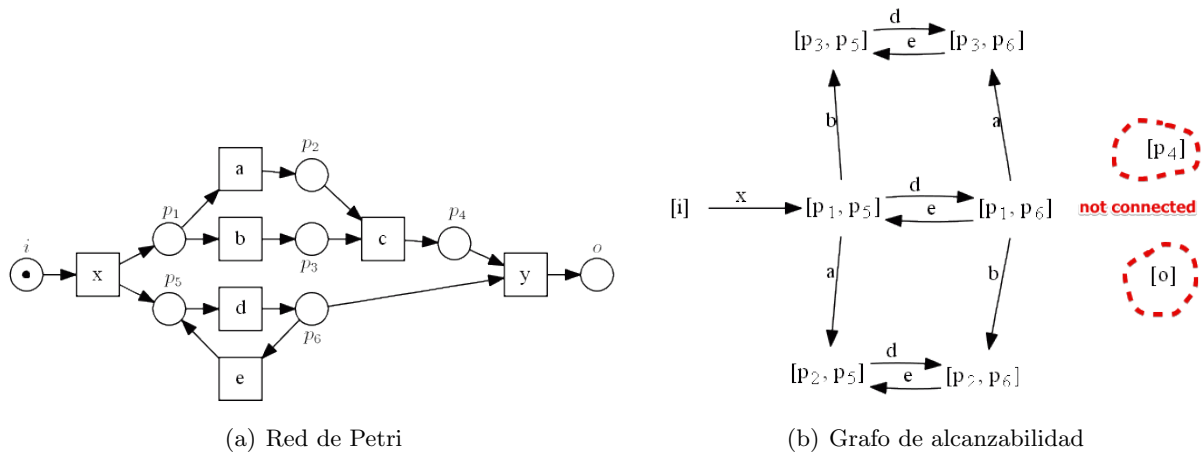


Figura 8: Grafo de alcanzabilidad de la red de Petri

(EXPLICAR EL EJEMPLO, QUE SIGNIFICAN LOS NODOS Y LOS VÉRTICES...)

(QUE CARÁCTERÍSTICAS TIENE)

(IMPLEMENTACIÓN EN DETALLE)

(HABLAR DE REPRESENTAR GRÁFICOS USANDO GRAPHVI o JGRAPHVT???)

3. Conclusiones

Referencias

- [1] Referenciar los pdfs que me han pasado.
- [2] Great SPN Editor.