



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ciencia de la Computación

Clase 3

Cobertura basada en grafos

IIC3745 – Testing

Rodrigo Saffie

rasaffie@uc.cl

19 de agosto de 2019

1. Clase pasada

- Conceptos
- Tipos de *tests*

2. Criterios de cobertura

- Cobertura basada en grafos

Cobertura (*coverage*)

- Una métrica que mide la proporción de código fuente que son probadas por una batería de *tests*.
- Existen distintos criterios de cobertura de pruebas.

Criterios de cobertura de pruebas

- Las pruebas son caras y consumen esfuerzo
- Los criterios de cobertura sirven para decidir qué entradas de prueba usar
- Los criterios hacen que las pruebas sean más eficientes y efectivas:
 - Es más probable encontrar problemas
 - Generan mayor confianza en la calidad del código
 - Se responde al por qué de cada prueba

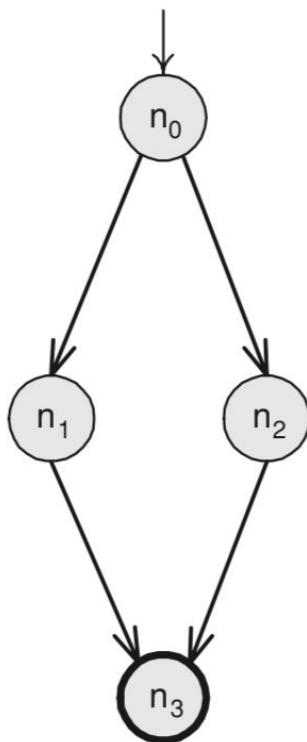
Criterios de cobertura de pruebas

- Basados en grafos
- Expresiones lógicas
- Dominio de parámetros de entrada
- Estructuras sintácticas

Grafo

- \mathbf{N} : Set de nodos
- \mathbf{N}_0 : Set de nodos iniciales, subconjunto de \mathbf{N}
- \mathbf{N}_f : Set de nodos finales, subconjunto de \mathbf{N}
- \mathbf{E} : Set de aristas, subconjunto de $\mathbf{N} \times \mathbf{N}$

Grafo: Ejemplos

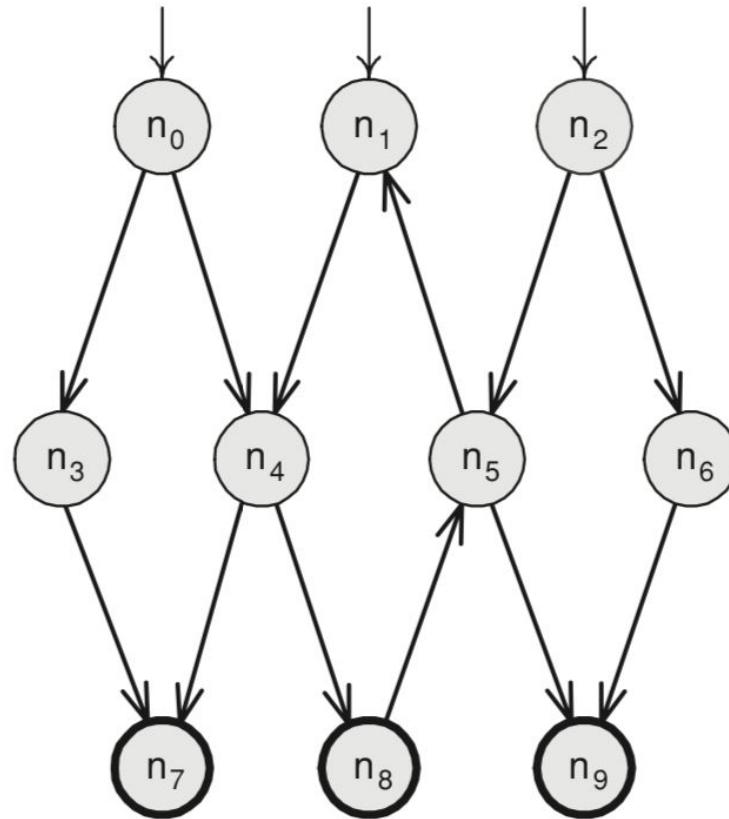


$$N = \{ n_0, n_1, n_2, n_3 \}$$

$$N_0 = \{ n_0 \}$$

$$E = \{ (n_0, n_1), (n_0, n_2), (n_1, n_3), (n_2, n_3) \}$$

Grafo: Ejemplos



$$N = \{ n_0, n_1, n_2, n_3, n_4, n_5, n_6, n_7, n_8, n_9 \}$$

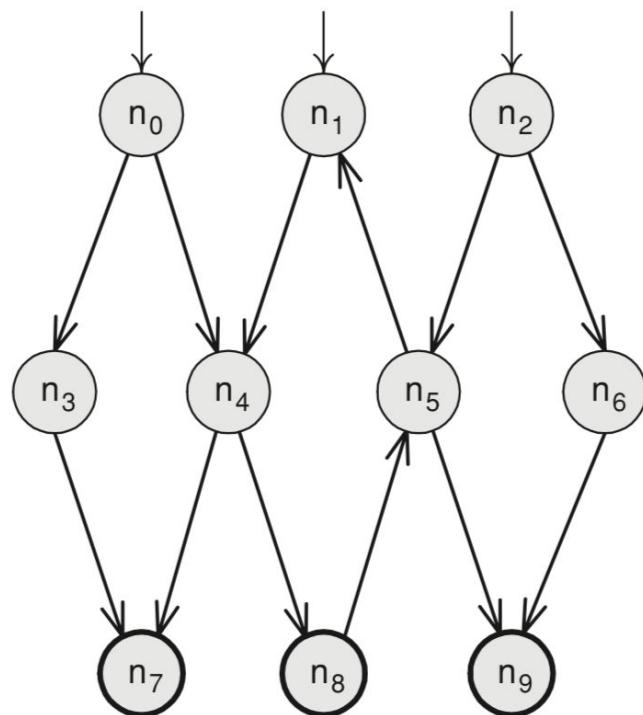
$$N_0 = \{ n_0, n_1, n_2 \}$$

$$|E| = 12$$

Grafo: Definiciones

Camino:

- secuencia de nodos donde cada par de nodos adyacentes (n_i, n_{i+1}) está contenido en el set **E** de aristas.



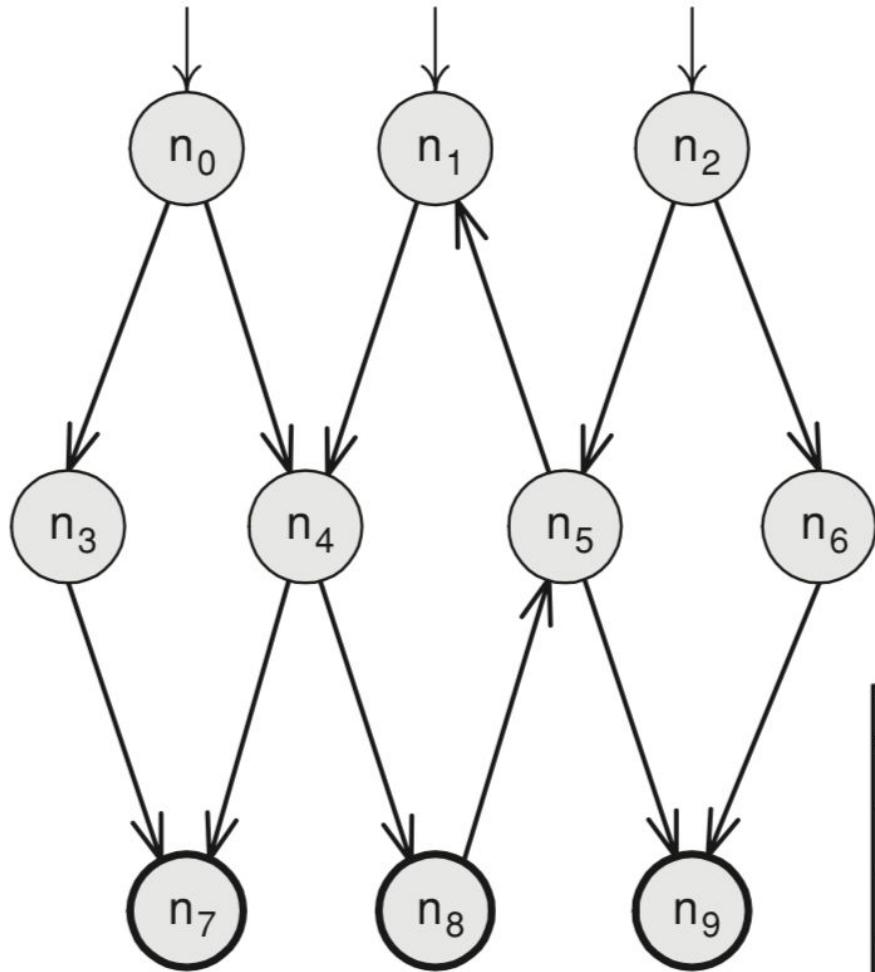
Path Examples	
1	n_0, n_3, n_7
2	n_1, n_4, n_8, n_5, n_1
3	n_2, n_6, n_9

Invalid Path Examples	
1	n_0, n_7
2	n_3, n_4
3	n_2, n_6, n_8

Grafo: Definiciones

- *Camino*: secuencia de nodos donde cada par de nodos adyacentes (n_i, n_{i+1}) está contenido en el set E de aristas.
- *Sub-camino*: subsecuencia de nodos de un camino p .
 $[n_0, n_3]$ es subcamino de $[n_0, n_3, n_7]$
- *Largo de camino*: cantidad de aristas contenidas en el camino.

Alcance Sintáctico y Semántico



¿Es n_2 alcanzable desde n_0 ?

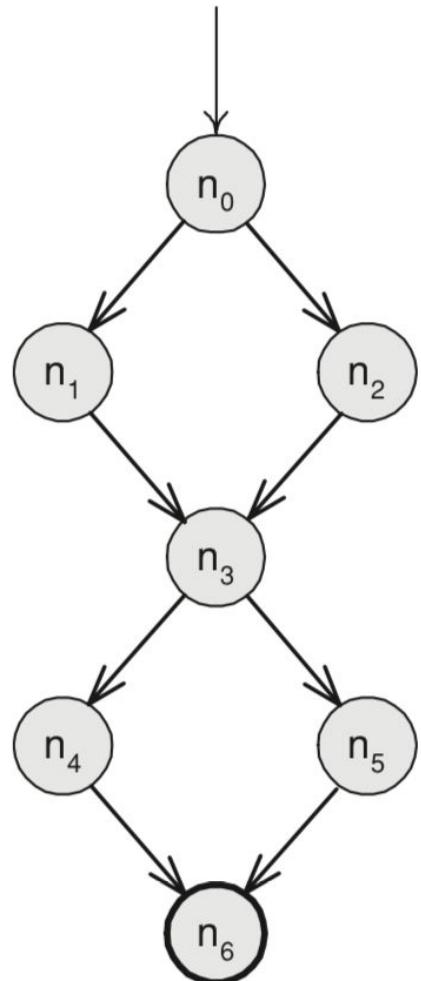
¿Es n_7 alcanzable desde n_1 ?

Sintáctico: Depende de la estructura del grafo.

Semántico: Depende la semántica del software.

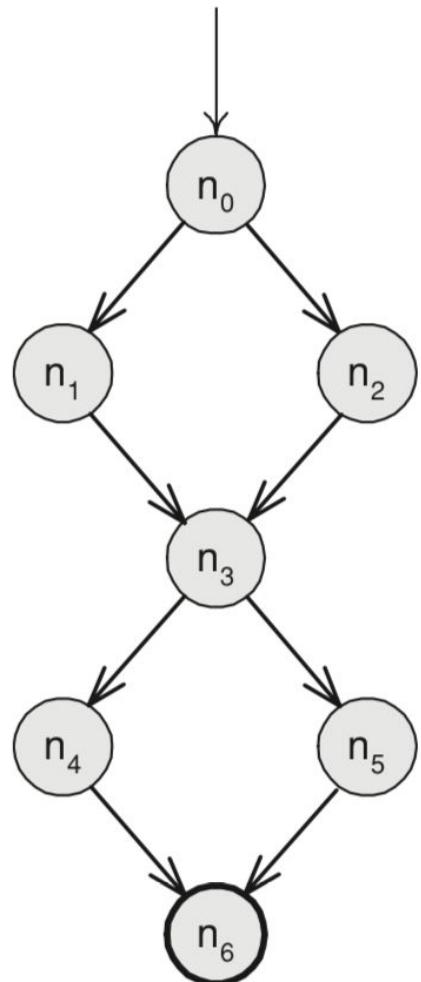
Reachability Examples	
1	$\text{reach}(n_0) = N - \{n_2, n_6\}$
2	$\text{reach}(n_0, n_1, n_2) = N$
3	$\text{reach}(n_4) = \{n_1, n_4, n_5, n_7, n_8, n_9\}$
4	$\text{reach}([n_6, n_9]) = \{n_9\}$

Grafo Single Entry Single Exit (SESE)



- $|N_0| = 1$
- $|N_f| = 1$
- $\text{reach}(n_0) = G$
- $\text{reach}(n_f) = [n_f]$

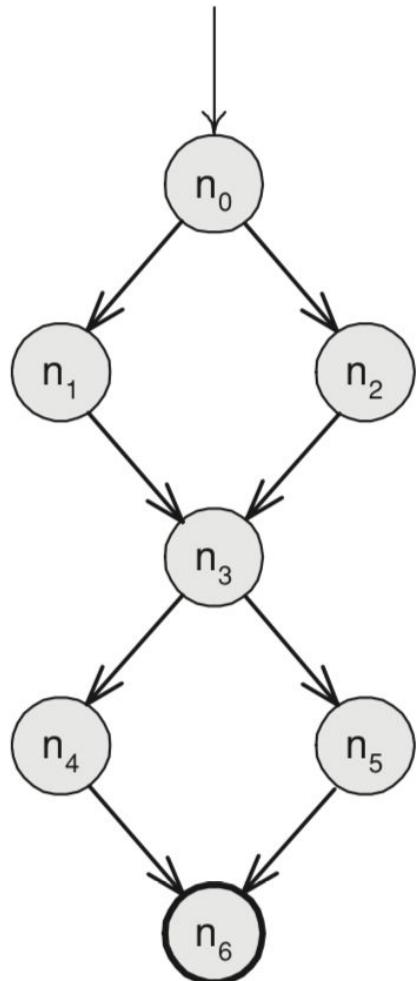
Camino de prueba (test path)



- Es un camino **p** que comienza en algún nodo de N_0 y termina en algún nodo de N_f .
- Corresponde a la ejecución de uno o varios casos de pruebas.

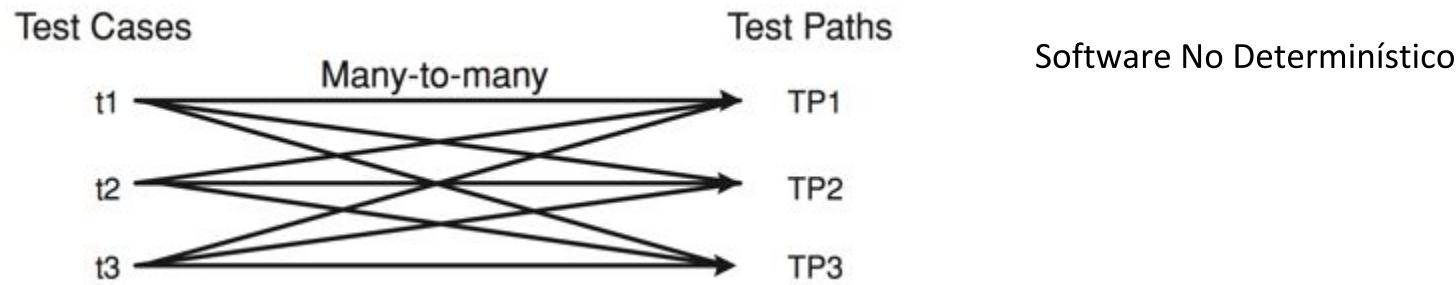
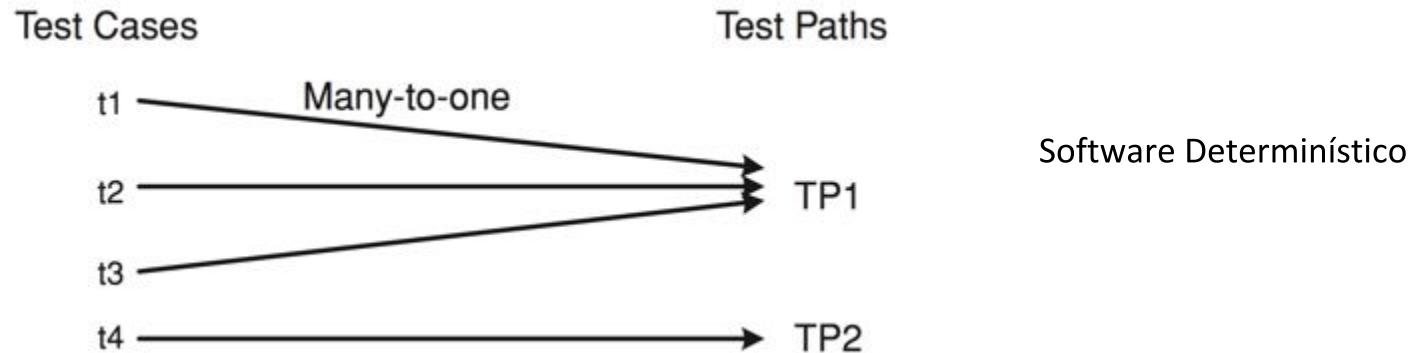
$$\begin{aligned}t_1 &= [n_0', n_1', n_3', n_4', n_6] \\t_2 &= [n_0', n_1', n_3', n_5', n_6] \\t_3 &= [n_0', n_2', n_3', n_4', n_6] \\t_4 &= [n_0', n_2', n_3', n_5', n_6]\end{aligned}$$

Visitar y Recorrer

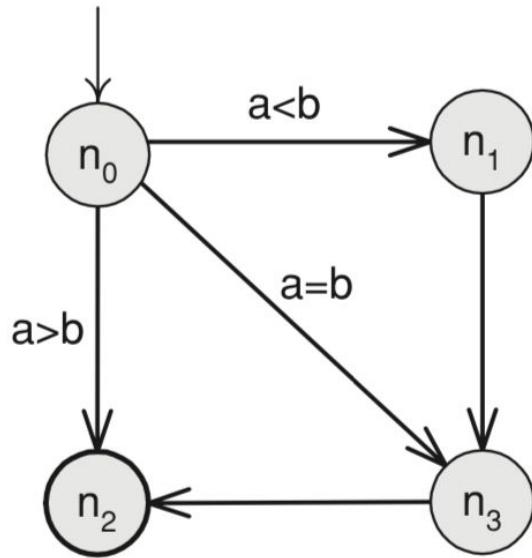


- $p = [n_0, n_1, n_3, n_4, n_6]$
- p “visita” el nodo n si $n \in p$
- p “visita” la arista e si $e \in p$
- p “recorre” el sub-camino q si $q \in p$

Casos y Caminos de prueba



Casos y Caminos de prueba



Test case $t_1 : (a=0, b=1)$ $\xrightarrow{\text{Map to}}$ [Test path $p_1 : n_0, n_1, n_3, n_2$]

Test case $t_2 : (a=1, b=1)$ $\xrightarrow{\quad}$ [Test path $p_2 : n_0, n_3, n_2$]

Test case $t_3 : (a=2, b=1)$ $\xrightarrow{\quad}$ [Test path $p_3 : n_0, n_2$]

Criterios y Requerimientos de prueba

Criterio de prueba (C):

- reglas que definen requerimientos de prueba.

Ej: “Visitar todos los nodos”

Requerimiento de prueba (TR):

- describe propiedades de un camino de prueba.

Ej: “Visitar n_0 ”

Criterios y Requerimientos de prueba

“Dado un conjunto de requerimientos de prueba TR para un criterio de cobertura C , un conjunto de pruebas T satisface C si y sólo si para cada requerimiento tr en TR hay al menos un camino de prueba p que satisface tr .”

Los criterios de cobertura en grafos se dividen en 2 tipos:

- Estructural
- Flujo de información

Estructural

- En general hacen referencia a visitar nodos o aristas según un criterio específico.
- Se utilizará la siguiente notación:

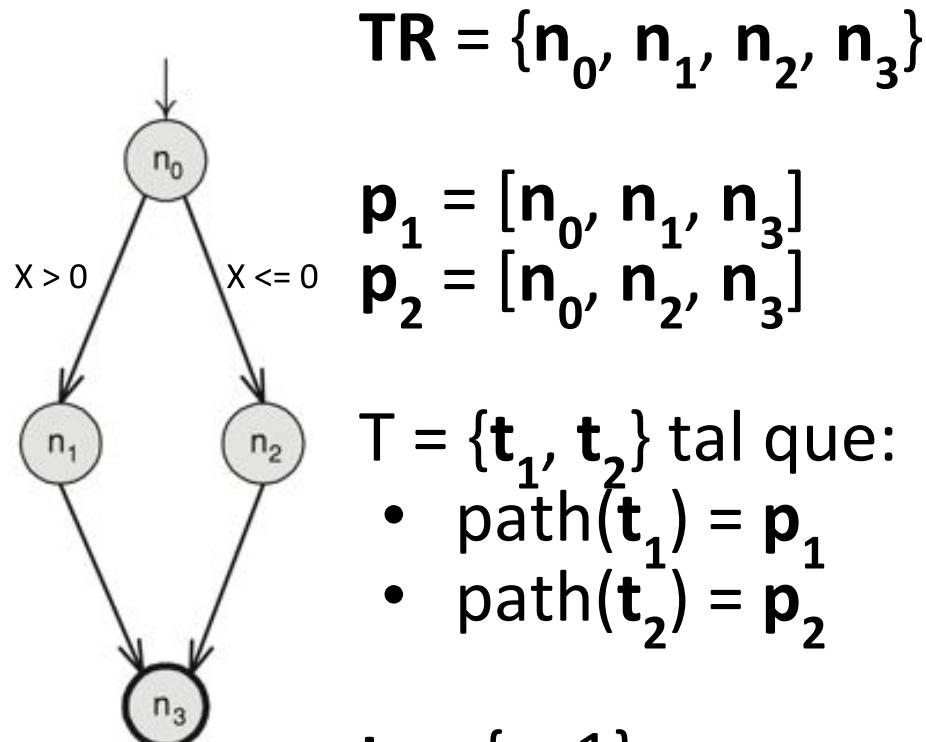
$$\begin{aligned}\mathbf{TR} &= \{\text{visita } n_0, \text{ visita } n_1\} \\ \mathbf{TR} &= \{n_0, n_1\}\end{aligned}$$

NC: Cobertura de nodos

(*Node Coverage o Statement Coverage*)

- Criterio:

TR contiene todos los nodos alcanzables de G.



T = { t_1, t_2 } tal que:

- $\text{path}(t_1) = p_1$
- $\text{path}(t_2) = p_2$

$$t_1 = \{x=1\}$$
$$t_2 = \{x=0\}$$

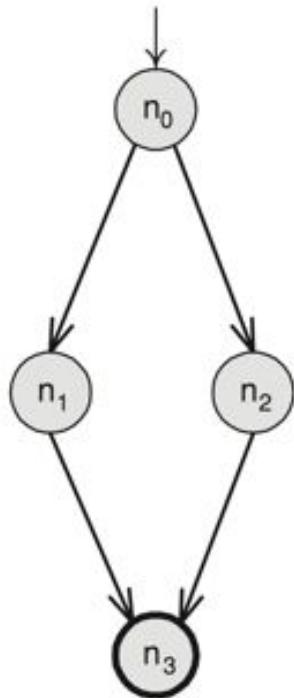
EC: Cobertura de aristas

(*Edge Coverage o Branch Coverage*)

- Criterio:

TR contiene todos los caminos de largo 1 alcanzables de **G**

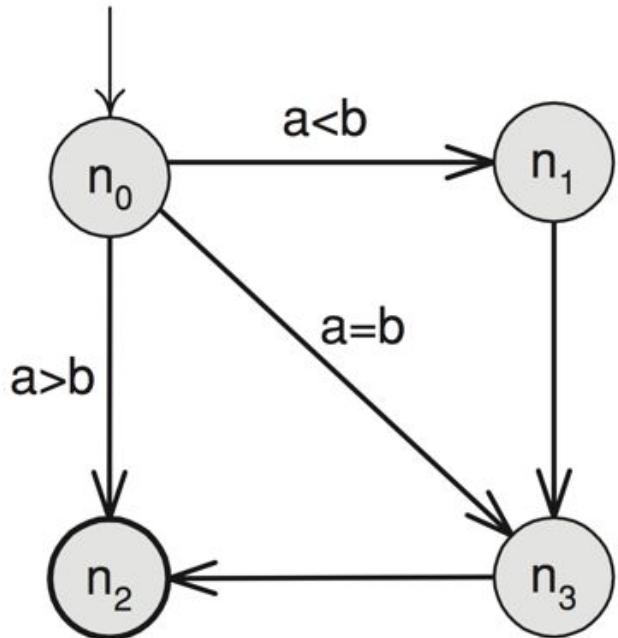
$$TR = \{(n_0, n_1); (n_1, n_3); (n_0, n_2); (n_2, n_3)\}$$



$$\begin{aligned} p_1 &= [n_0, n_1, n_3] \\ p_2 &= [n_0, n_2, n_3] \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} T &= \{t_1, t_2\} \text{ tal que:} \\ &\bullet \text{path}(t_1) = p_1 \\ &\bullet \text{path}(t_2) = p_2 \end{aligned}$$

NC vs EC



NC:

$$p_1 = [n_0, n_1, n_3, n_2]$$

EC:

$$p_1 = [n_0, n_2]$$

$$p_2 = [n_0, n_3, n_2]$$

$$p_3 = [n_0, n_1, n_3, n_2]$$

EPC: Cobertura de pares de aristas (Edge Pair Coverage)

- Criterio:

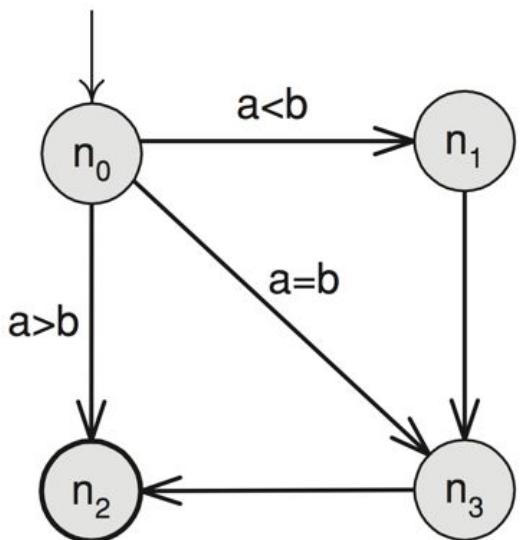
TR contiene todos los caminos de largo hasta 2 alcanzables de \mathbf{G}

$$\text{TR} = \{(n_0, n_1, n_3); (n_0, n_3, n_2); (n_1, n_3, n_2); (n_0, n_2); (n_0, n_1); (n_0, n_3); (n_1, n_3); (n_3, n_2)\}$$

$$p_1 = [n_0, n_1, n_3, n_2]$$

$$p_2 = [n_0, n_3, n_2]$$

$$p_3 = [n_0, n_2]$$



Camino Simple y Camino Primo

Camino Simple:

- Un camino desde n_i a n_j es simple si cada nodo no aparece más de una vez, con excepción del primer y último nodo que pueden ser el mismo.
- Son caminos sin ciclos internos, aunque pueden ser un ciclo en sí.
- Cualquier camino puede ser creado componiendo caminos simples

Camino Primo:

- Un camino desde n_i a n_j es primo si es un camino simple y no existe otro camino simple que lo contenga.
- Son caminos simples de largo máximo.

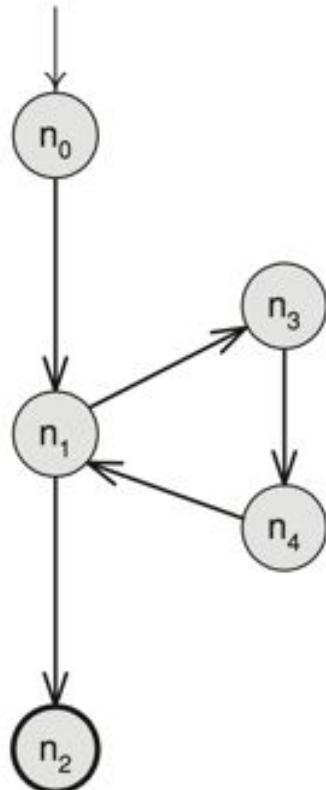
PPC: Cobertura de camino primo (Prime path coverage)

- Criterio:
TR contiene todos los caminos primos de **G**.

$$\text{TR} = \{(n_0, n_1, n_2); (n_0, n_1, n_3, n_4); (n_1, n_3, n_4, n_1); (n_3, n_4, n_1, n_3); (n_4, n_1, n_3, n_4); (n_3, n_4, n_1, n_2)\}$$

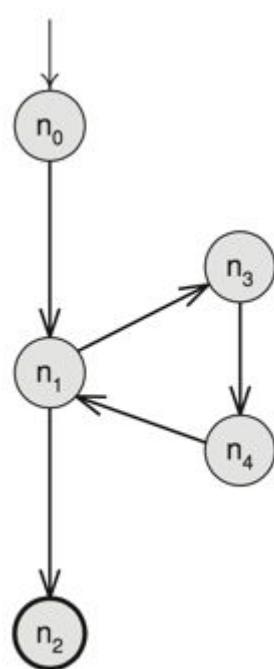
$$p_1 = [n_0, n_1, n_2]$$

$$p_2 = [n_0, n_1, n_3, n_4, n_1, n_3, n_4, n_1, n_2]$$



Round-Trip

- Un camino primo que comienza y termina en el mismo nodo.



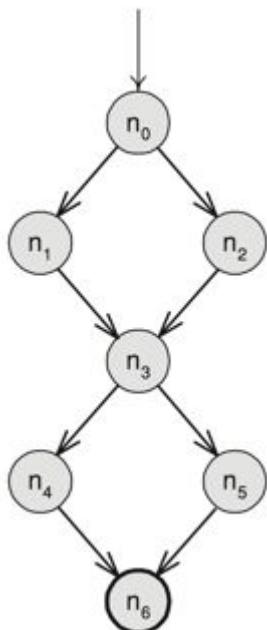
$$\begin{aligned} p_1 &= [n_1, n_3, n_4, n_1] \\ p_2 &= [n_3, n_4, n_1, n_3] \\ p_3 &= [n_4, n_1, n_3, n_4] \end{aligned}$$

Criterios con *Round-Trips*

- **SRTC:** *Simple Round Trip Coverage*
 - TR contiene al menos un round-trip para cada nodo n alcanzable en G que comienza y termina un camino de *round-trip*.
- **CRTC:** *Complete Round Trip Coverage*
 - **TR** contiene todos los *round-trips* para cada nodo n alcanzable de G .

CPC: Cobertura de camino completo (Complete path coverage)

- Criterio:
TR contiene todos los caminos en **G**.



$$TR = \{(n_0, n_1, n_3, n_4, n_6); (n_0, n_1, n_3, n_5, n_6); (n_0, n_2, n_3, n_4, n_6); (n_0, n_2, n_3, n_5, n_6)\}$$

$$p_1 = [n_0, n_1, n_3, n_4, n_6]$$

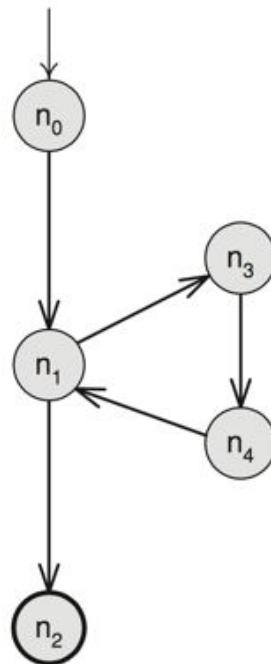
$$p_2 = [n_0, n_1, n_3, n_5, n_6]$$

$$p_3 = [n_0, n_2, n_3, n_4, n_6]$$

$$p_4 = [n_0, n_2, n_3, n_5, n_6]$$

CPC: Cobertura de camino completo (*Complete path coverage*)

- Criterio:
TR contiene todos los caminos en **G**.



¿Qué pasa con este grafo?

SPC: Cobertura de camino específico *(Specific path coverage)*

- Criterio:

TR contiene un conjunto **S** de caminos de prueba,
donde **S** es entregado como parámetro.

Criterios de cobertura en grafos

- Estructural:
 - **NC**: Cobertura de nodos
 - **EC**: Cobertura de aristas
 - **EPC**: Cobertura de pares de aristas
 - **PPC**: Cobertura de camino primo
 - **SRTC**: Cobertura simple con *round-trips*
 - **CRTC**: Cobertura completa con *round-trips*
 - **CPC**: Cobertura de camino completo
 - **SPC**: Cobertura de camino específico
- Flujo de información



Pontificia Universidad Católica de Chile
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ciencia de la Computación

Clase 3

Cobertura basada en grafos

IIC3745 – Testing

Rodrigo Saffie

rasaffie@uc.cl

19 de agosto de 2019