



Implementazione di un nuovo algoritmo per la diagnosticabilità di reti posto/transizione mediante marcature di base

Rita Perria

Relatori: Prof. A. Giua, Dott. M.P. Cabasino

DICEE, Università di Cagliari

Cagliari, 25 Febbraio 2011

- Definizione del problema
- Diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosticabilità
- Risultati numerici
- Conclusioni

Introduzione

Il concetto chiave alla base della diagnosi e della diagnosticabilità è quello di guasto.

Guasto: qualsiasi scostamento del sistema dal suo comportamento normale o comunque previsto.

E' possibile distinguere tra:

- **Diagnosi:** processo tramite il quale vengono individuate le anomalie all'interno del sistema.
- **Diagnosticabilità:** stabilire se il sistema è diagnosticabile oppure no, ossia nel caso in cui si verifichi un guasto se il sistema sia in grado di rilevarlo in un numero finito di passi.

Introduzione

Il concetto chiave alla base della diagnosi e della diagnosticabilità è quello di guasto.

Guasto: qualsiasi scostamento del sistema dal suo comportamento normale o comunque previsto.

E' possibile distinguere tra:

- **Diagnosi:** processo tramite il quale vengono individuate le anomalie all'interno del sistema.
- **Diagnosticabilità:** stabilire se il sistema è diagnosticabile oppure no, ossia nel caso in cui si verifichi un guasto se il sistema sia in grado di rilevarlo in un numero finito di passi.

Introduzione

Il concetto chiave alla base della diagnosi e della diagnosticabilità è quello di guasto.

Guasto: qualsiasi scostamento del sistema dal suo comportamento normale o comunque previsto.

E' possibile distinguere tra:

- **Diagnosi:** processo tramite il quale vengono individuate le anomalie all'interno del sistema.
- **Diagnosticabilità:** stabilire se il sistema è diagnosticabile oppure no, ossia nel caso in cui si verifichi un guasto se il sistema sia in grado di rilevarlo in un numero finito di passi.

Introduzione

Il concetto chiave alla base della diagnosi e della diagnosticabilità è quello di guasto.

Guasto: qualsiasi scostamento del sistema dal suo comportamento normale o comunque previsto.

E' possibile distinguere tra:

- **Diagnosi:** processo tramite il quale vengono individuate le anomalie all'interno del sistema.
- **Diagnosticabilità:** stabilire se il sistema è diagnosticabile oppure no, ossia nel caso in cui si verifichi un guasto se il sistema sia in grado di rilevarlo in un numero finito di passi.

Obiettivi della tesi

- **Testare** una **metodologia alternativa** (rispetto a quella proposta da Cabasino, Giua, Seatzu in CDC09) per la **verifica della diagnosticabilità**;
- **Analisi** della letteratura relativa agli algoritmi per il calcolo dei cicli in un grafo;
- Implementazione dell'**Algoritmo di Johnson**;
- Implementazione della nuova procedura di diagnosticabilità e creazione di un **Toolbox per Matlab**;
- **Confronto** tra la metodologia precedente e la metodologia proposta in questa tesi.

Obiettivi della tesi

- Testare una metodologia alternativa (rispetto a quella proposta da Cabasino, Giua, Seatzu in CDC09) per la verifica della diagnosticabilità;
- Analisi della letteratura relativa agli algoritmi per il calcolo dei cicli in un grafo;
- Implementazione dell'Algoritmo di Johnson;
- Implementazione della nuova procedura di diagnosticabilità e creazione di un Toolbox per Matlab;
- Confronto tra la metodologia precedente e la metodologia proposta in questa tesi.

Obiettivi della tesi

- **Testare** una **metodologia alternativa** (rispetto a quella proposta da Cabasino, Giua, Seatzu in CDC09) per la **verifica della diagnosticabilità**;
- **Analisi** della letteratura relativa agli algoritmi per il calcolo dei cicli in un grafo;
- Implementazione dell'**Algoritmo di Johnson**;
- Implementazione della nuova procedura di diagnosticabilità e creazione di un **Toolbox per Matlab**;
- **Confronto** tra la metodologia precedente e la metodologia proposta in questa tesi.

Obiettivi della tesi

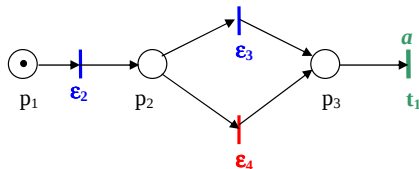
- Testare una **metodologia alternativa** (rispetto a quella proposta da Cabasino, Giua, Seatzu in CDC09) per la **verifica della diagnosticabilità**;
- **Analisi** della letteratura relativa agli algoritmi per il calcolo dei cicli in un grafo;
- Implementazione dell'**Algoritmo di Johnson**;
- Implementazione della nuova procedura di diagnosticabilità e creazione di un **Toolbox per Matlab**;
- **Confronto** tra la metodologia precedente e la metodologia proposta in questa tesi.

Obiettivi della tesi

- **Testare** una **metodologia alternativa** (rispetto a quella proposta da Cabasino, Giua, Seatzu in CDC09) per la **verifica della diagnosticabilità**;
- **Analisi** della letteratura relativa agli algoritmi per il calcolo dei cicli in un grafo;
- Implementazione dell'**Algoritmo di Johnson**;
- Implementazione della nuova procedura di diagnosticabilità e creazione di un **Toolbox per Matlab**;
- **Confronto** tra la metodologia precedente e la metodologia proposta in questa tesi.

- Definizione del problema
- Diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosticabilità
- Risultati numerici
- Conclusioni

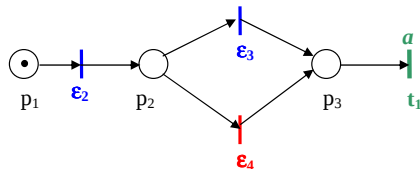
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

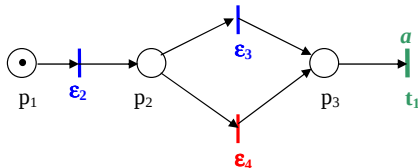
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

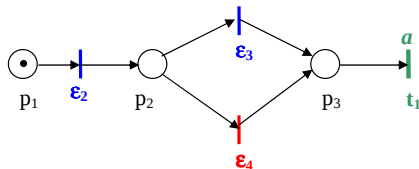
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

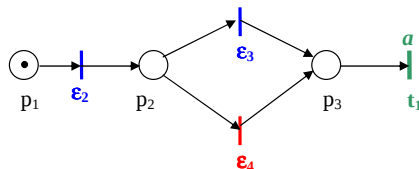
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

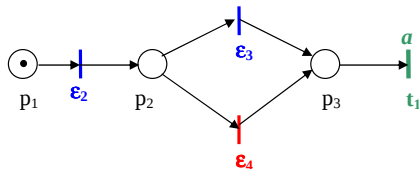
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

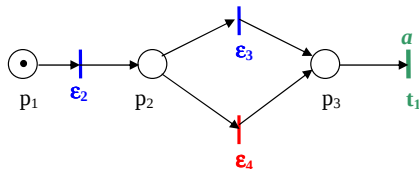
Assunzioni



Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

Assunzioni



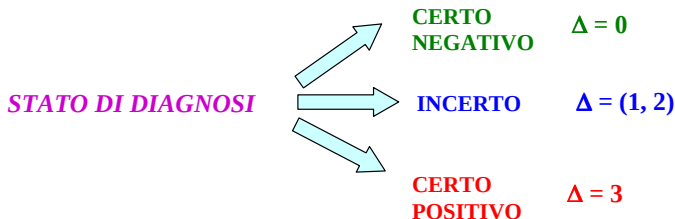
Vengono fatte le seguenti assunzioni:

- $T = T_o \cup T_u$;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \dots \cup T_f^r$;
- il sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è *limitato*, e *non si blocca dopo lo scatto di una transizione di guasto*;
- la sottorete T_u — *indotta* è aciclica;
- la funzione di etichettatura $\mathcal{L} : T \rightarrow L \cup \{\epsilon\}$ può associare la stessa etichetta a differenti transizioni;
- la struttura di N è nota così come la sua marcatura iniziale M_0 .

Definizioni di base

Due concetti di fondamentale importanza in questa tesi sono:

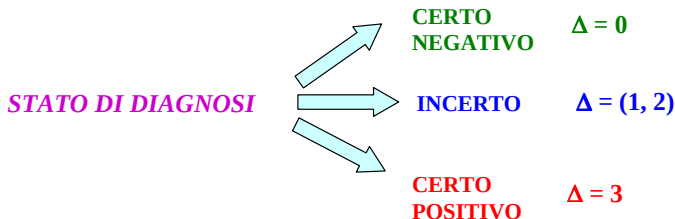
- **Marcatura di base M_b** : data una parola osservata w , M_b è la marcatura raggiunta da M_0 scattando w e tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie ad abilitare w .
- Un **diagnostatore** è una funzione che associa a ciascuna osservazione $w \in L^*$ ed a ciascuna classe di guasto T_f^i , $i = 1, \dots, r$, uno *stato di diagnosi*.



Definizioni di base

Due concetti di fondamentale importanza in questa tesi sono:

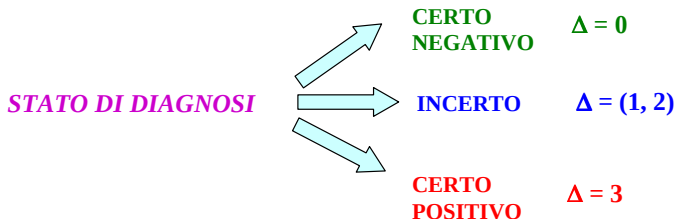
- **Marcatatura di base** M_b : data una parola osservata w , M_b è la marcatatura raggiunta da M_0 scattando w e tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie ad abilitare w .
- Un **diagnostizzatore** è una funzione che associa a ciascuna osservazione $w \in L^*$ ed a ciascuna classe di guasto T_f^i , $i = 1, \dots, r$, uno *stato di diagnosi*.



Definizioni di base

Due concetti di fondamentale importanza in questa tesi sono:

- **Marcatrice di base** M_b : data una parola osservata w , M_b è la marcatura raggiunta da M_0 scattando w e tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie ad abilitare w .
- Un **diagnostizzatore** è una funzione che associa a ciascuna osservazione $w \in L^*$ ed a ciascuna classe di guasto T_f^i , $i = 1, \dots, r$, uno *stato di diagnosi*.



Verifica della diagnosticabilità

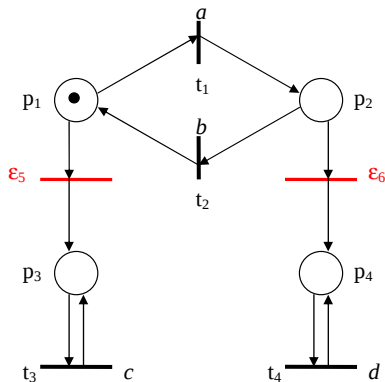
La verifica della diagnosticabilità viene eseguita tramite l'analisi di due grafi:

- il **Modified Basis Reachability Graph (MBRG)**: viene costruito a partire dalla rete di Petri, considerando osservabili anche le transizioni di guasto.
- il **Modified Basis Reachability Diagnoser (MBRD)**: viene costruito a partire dal MBRG considerando non solo le marcature di base, ma tutte le possibili marcature raggiungibili con lo scatto di transizioni di guasto.



grafo deterministico, in cui ogni nodo comprende una o più coppie (M, h) e Δ .

Esempio rete

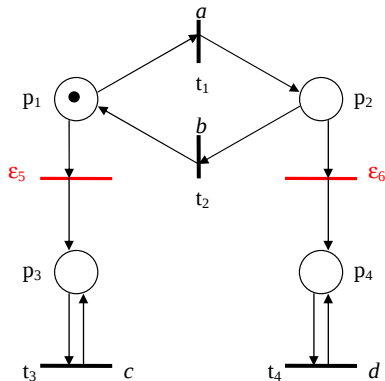


$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\} \quad T_u = \{\epsilon_5, \epsilon_6\} \quad T_f = \{\epsilon_5, \epsilon_6\}$$

$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

Esempio rete



$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$$

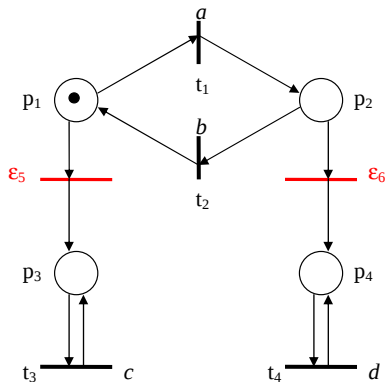
$$T_u = \{\epsilon_5, \epsilon_6\}$$

$$T_f = \{\epsilon_5, \epsilon_6\}$$

$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

Esempio rete



$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$$

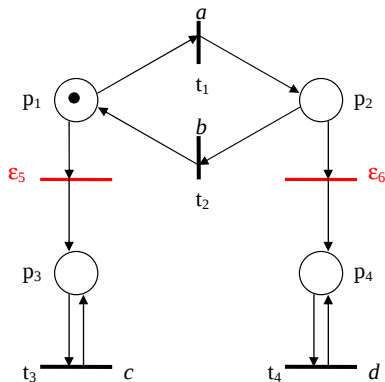
$$T_u = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

$$T_f = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

Esempio rete



$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$$

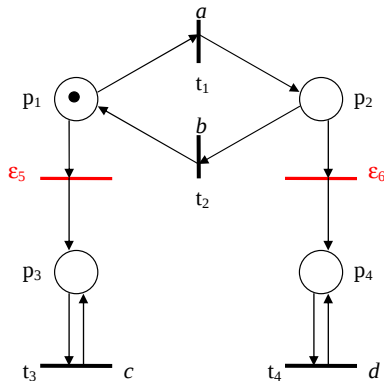
$$T_u = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

$$T_f = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

Esempio rete

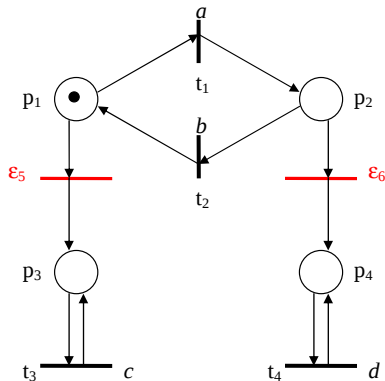


$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\} \quad T_u = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\} \quad T_f = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

Esempio rete

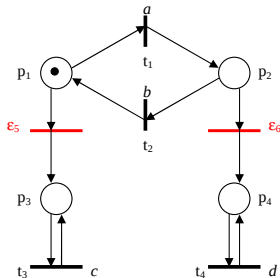


$$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\} \quad T_u = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\} \quad T_f = \{\varepsilon_5, \varepsilon_6\}$$

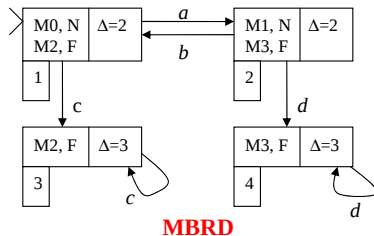
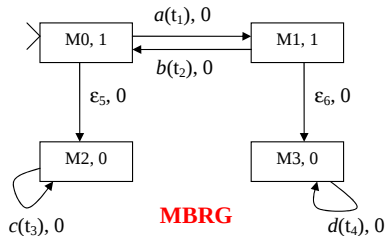
$$\mathcal{L}(t_1) = a \quad \mathcal{L}(t_2) = b \quad \mathcal{L}(t_3) = c \quad \mathcal{L}(t_4) = d$$

$$M_0 = [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T$$

MBRG e MBRD



$$\begin{aligned} M0 &= [1 \ 0 \ 0 \ 0]^T \\ M1 &= [0 \ 1 \ 0 \ 0]^T \\ M2 &= [0 \ 0 \ 1 \ 0]^T \\ M3 &= [0 \ 0 \ 0 \ 1]^T \end{aligned}$$



Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

E' necessario verificare se il MBRD contiene un ciclo incerto, che risulta essere un potenziale ciclo indeterminato, e successivamente utilizzare il MBRG per verificare se tale ciclo è indeterminato oppure no.

- Sia γ un ciclo nel MBRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$. Il ciclo γ è **incerto** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se include stati con $\Delta_i = 2$;
- Il ciclo γ è **indeterminato** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se nel MBRG esistono due cicli γ_1 e γ_2 che soddisfano le seguenti condizioni:
 - a) la loro proiezione osservabile è pari a ρ ;
 - b) γ_2 contiene un guasto in T_f^i , mentre γ_1 non contiene un guasto in T_f^i

Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

E' necessario verificare se il MBRD contiene un ciclo incerto, che risulta essere un potenziale ciclo indeterminato, e successivamente utilizzare il MBRG per verificare se tale ciclo è indeterminato oppure no.

- Sia γ un ciclo nel MBRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$. Il ciclo γ è **incerto** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se include stati con $\Delta_i = 2$;
- Il ciclo γ è **indeterminato** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se nel MBRG esistono due cicli γ_1 e γ_2 che soddisfano le seguenti condizioni:
 - a) la loro proiezione osservabile è pari a ρ ;
 - b) γ_2 contiene un guasto in T_f^i , mentre γ_1 non contiene un guasto in T_f^i

Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

E' necessario verificare se il MBRD contiene un ciclo incerto, che risulta essere un potenziale ciclo indeterminato, e successivamente utilizzare il MBRG per verificare se tale ciclo è indeterminato oppure no.

- Sia γ un ciclo nel MBRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$. Il ciclo γ è **incerto** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se include stati con $\Delta_i = 2$;
- Il ciclo γ è **indeterminato** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se nel MBRG esistono due cicli γ_1 e γ_2 che soddisfano le seguenti condizioni:
 - a) la loro proiezione osservabile è pari a ρ ;
 - b) γ_2 contiene un guasto in T_f^i , mentre γ_1 non contiene un guasto in T_f^i

Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

E' necessario verificare se il MBRD contiene un ciclo incerto, che risulta essere un potenziale ciclo indeterminato, e successivamente utilizzare il MBRG per verificare se tale ciclo è indeterminato oppure no.

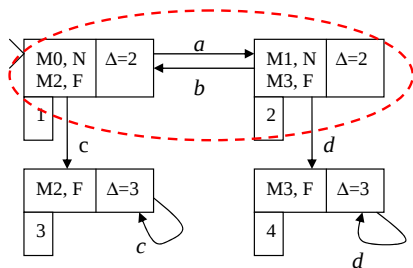
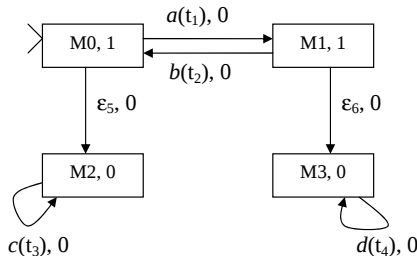
- Sia γ un ciclo nel MBRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$. Il ciclo γ è **incerto** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se include stati con $\Delta_i = 2$;
- Il ciclo γ è **indeterminato** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se nel MBRG esistono due cicli γ_1 e γ_2 che soddisfano le seguenti condizioni:
 - a) la loro proiezione osservabile è pari a ρ ;
 - b) γ_2 contiene un guasto in T_f^i , mentre γ_1 non contiene un guasto in T_f^i

Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

E' necessario verificare se il MBRD contiene un ciclo incerto, che risulta essere un potenziale ciclo indeterminato, e successivamente utilizzare il MBRG per verificare se tale ciclo è indeterminato oppure no.

- Sia γ un ciclo nel MBRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$. Il ciclo γ è **incerto** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se include stati con $\Delta_i = 2$;
- Il ciclo γ è **indeterminato** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se nel MBRG esistono due cicli γ_1 e γ_2 che soddisfano le seguenti condizioni:
 - a) la loro proiezione osservabile è pari a ρ ;
 - b) γ_2 contiene un guasto in T_f^i , mentre γ_1 non contiene un guasto in T_f^i

Esempio

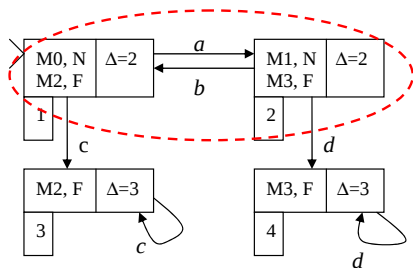
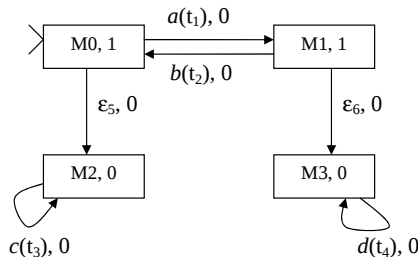


$\gamma = 1-2-1$ con proiezione osservabile $\rho = ab$

cicli da verificare nel MBRG: $M_0 \xrightarrow{a} M_1 \xrightarrow{b} M_0$ (ciclo N) e $M_2 \xrightarrow{a} M_3 \xrightarrow{b} M_2$ (ciclo F).

$\nexists \gamma_1, \gamma_2$ nell'MBRG soddisfacenti le condizioni a), b) $\Rightarrow$ ciclo NON indeterminato.

Esempio

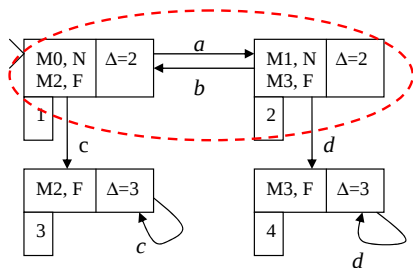
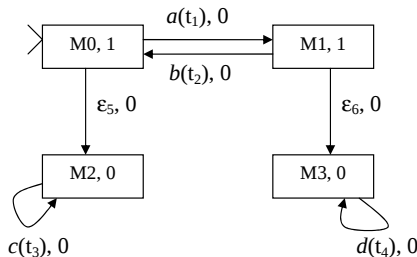


$\gamma = 1-2-1$ con proiezione osservabile $\rho = ab$

cicli da verificare nel MBRG: $M_0 \xrightarrow{a} M_1 \xrightarrow{b} M_0$ (ciclo N) e $M_2 \xrightarrow{a} M_3 \xrightarrow{b} M_2$ (ciclo F).

$\nexists \gamma_1, \gamma_2$ nell'MBRG soddisfacenti le condizioni a), b) $\Rightarrow$ ciclo NON indeterminato.

Esempio

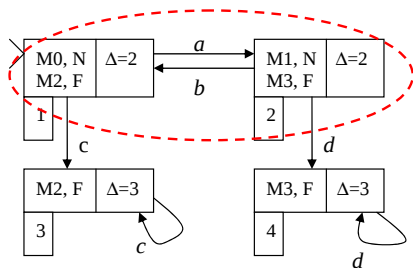
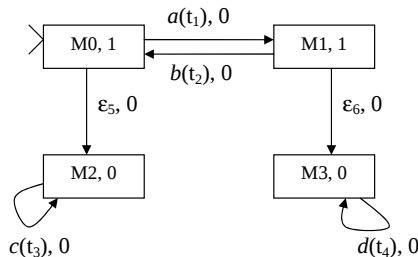


$\gamma = 1-2-1$ con proiezione osservabile $\rho = ab$

cicli da verificare nel MBRG: $M_0 \xrightarrow{a} M_1 \xrightarrow{b} M_0$ (ciclo N) e $M_2 \xrightarrow{a} M_3 \xrightarrow{b} M_2$ (ciclo F).

$\nexists \gamma_1, \gamma_2$ nell'MBRG soddisfacenti le condizioni a), b) $\Rightarrow$ ciclo NON indeterminato.

Esempio



$\gamma = 1-2-1$ con proiezione osservabile $\rho = ab$

cicli da verificare nel MBRG: $M_0 \xrightarrow{a} M_1 \xrightarrow{b} M_0$ (ciclo N) e $M_2 \xrightarrow{a} M_3 \xrightarrow{b} M_2$ (ciclo F).

$\nexists \gamma_1, \gamma_2$ nell'MBRG soddisfacenti le condizioni a), b) $\Rightarrow$ **ciclo NON indeterminato.**

Teorema

La diagnosticabilità può essere verificata nel **MBRD** tramite il **MBRG**.

Teorema: Un sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è **diagnosticabile** in riferimento alla classe di guasto T_f^i se e solo se il suo MBRD non presenta cicli indeterminati relativamente a T_f^i .

Confronto tra la metodologia precedente e quella trattata nella tesi

	VECCHIA METODOLOGIA	NUOVA METODOLOGIA
GRAFI DA ANALIZZARE	MBRG + BRD	MBRG + MBRD
DETERMINAZIONE CICLI	SI nel BRD	SI nel MBRD
PERCORSI	SI	NO

Algoritmo di Johnson

- la verifica della diagnosticabilità è basata sui concetti di cicli incerti e indeterminati.

CICLI INCERTI nel MBRD $\Rightarrow$ **algoritmo di Donald B. Johnson**;

- si tratta di un algoritmo che trova tutti i cicli elementari di un grafo orientato;
- la complessità dell'algoritmo è dell'ordine di

$$O(n + e)$$

dove n è il numero dei nodi del grafo, e è il numero di archi;

La complessità computazionale del metodo discusso in questa tesi dipende quindi dalla complessità computazionale di tale algoritmo.

Algoritmo di Johnson

- la verifica della diagnosticabilità è basata sui concetti di cicli incerti e indeterminati.

CICLI INCERTI nel MBRD $\Rightarrow$ **algoritmo di Donald B. Johnson**;

- si tratta di un algoritmo che trova tutti i cicli elementari di un grafo orientato;
- la complessità dell'algoritmo è dell'ordine di

$$O(n + e)$$

dove n è il numero dei nodi del grafo, e è il numero di archi;

La complessità computazionale del metodo discusso in questa tesi dipende quindi dalla complessità computazionale di tale algoritmo.

Algoritmo di Johnson

- la verifica della diagnosticabilità è basata sui concetti di cicli incerti e indeterminati.

CICLI INCERTI nel MBRD $\Rightarrow$ **algoritmo di Donald B. Johnson**;

- si tratta di un algoritmo che trova tutti i cicli elementari di un grafo orientato;
- la complessità dell'algoritmo è dell'ordine di

$$O(n + e)$$

dove n è il numero dei nodi del grafo, e è il numero di archi;

La complessità computazionale del metodo discusso in questa tesi dipende quindi dalla complessità computazionale di tale algoritmo.

Algoritmo di Johnson

- la verifica della diagnosticabilità è basata sui concetti di cicli incerti e indeterminati.

CICLI INCERTI nel MBRD $\Rightarrow$ **algoritmo di Donald B. Johnson**;

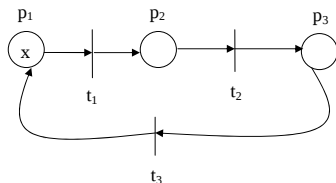
- si tratta di un algoritmo che trova tutti i cicli elementari di un grafo orientato;
- la complessità dell'algoritmo è dell'ordine di

$$O(n + e)$$

dove n è il numero dei nodi del grafo, e è il numero di archi;

La complessità computazionale del metodo discusso in questa tesi dipende quindi dalla complessità computazionale di tale algoritmo.

Verifica della complessità computazionale dell'algoritmo di Johnson



x	n_R	a_R	$\#cfc$	n_cfc	a_cfc	$cicli_cfc$	$t_{cfc}[s]$	$t_{cicli}[s]$
1	3	3	1	3	3	1	0.0046	0.0026
2	6	9	1	6	9	5	0.0008	0.0047
3	10	18	1	10	18	16	0.0009	0.0361
4	15	30	1	15	30	58	0.0012	0.1338
5	21	45	1	21	45	304	0.0018	0.8020
6	28	63	1	28	63	2421	0.0029	8.6494

- Definizione del problema
- Diagnosticabilità mediante reti di Petri
- **Toolbox per la diagnosticabilità**
- Risultati numerici
- Conclusioni

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

Funzionalità del Toolbox

Il toolbox è stato realizzato con **Matlab**.

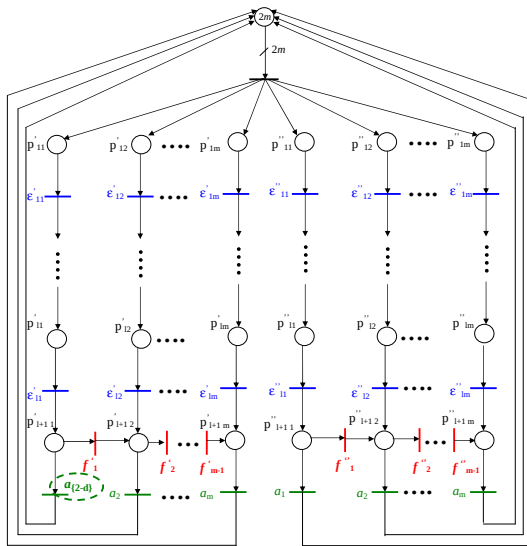
Il suo scopo è quello di validare l'approccio teorico.

Le principali funzionalità del toolbox sono:

- costruire il **MBRD**;
- estrarre i parametri del **MBRD** per renderli leggibili;
- implementare l'**algoritmo di Johnson** per il calcolo dei cicli di un grafo;
- verificare la **diagnosticabilità** del sistema.

- Definizione del problema
- Diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosticabilità
- Risultati numerici
- Conclusioni

Modello d'esempio



Modello d'esempio

Il precedente sistema manifatturiero è caratterizzato da tre parametri:

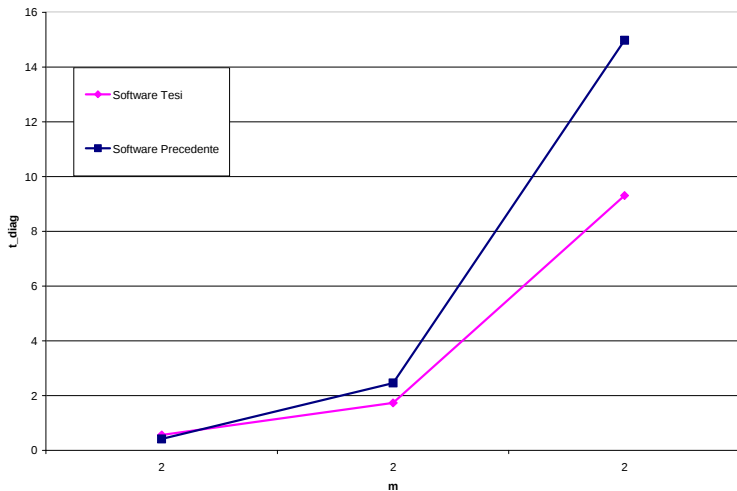
- $2m$: numero totale di linee di produzione;
- l : numero di operazioni che devono essere effettuate su ciascun componente del prodotto;
- d : variabile binaria che comporta alcune caratteristiche nella funzione di l'etichettatura. Nello specifico:

$$d = \begin{cases} 1, & \text{se il sistema è diagnosticabile} \\ 0, & \text{in caso contrario} \end{cases}$$

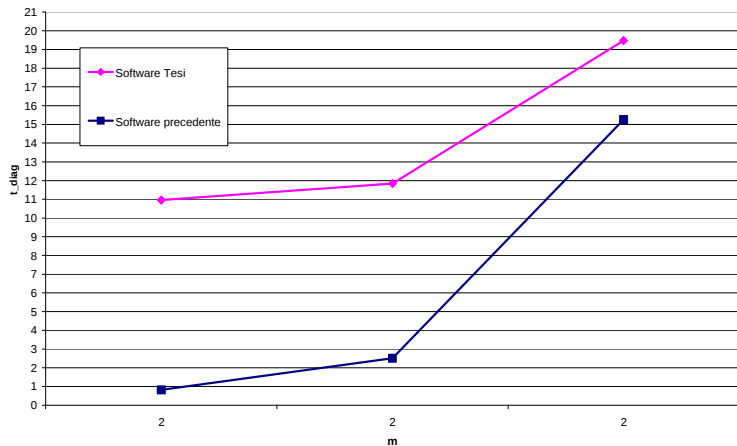
Obiettivi della simulazione

- Al variare dei parametri m , l e d , valutare:
 - i tempi di calcolo del MBRG e del MBRD;
 - il tempo necessario per la verifica della diagnosticabilità.
- confrontare questi risultati con quelli ottenuti utilizzando la metodologia precedente.

Risultati simulazione per $d = 1$



Risultati simulazione per $d = 0$



- Definizione del problema
- Diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosticabilità
- Risultati numerici
- Conclusioni

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato a:

- proporre un metodo alternativo per la verifica della diagnosticabilità basato sull'analisi di due grafi il *Modified Basis Reachability Graph* e il *Modified Basis Reachability Diagnoser*;
- implementare l'algoritmo di Johnson per il calcolo dei cicli;
- sviluppare e testare un toolbox Matlab per la verifica della diagnosticabilità;
- confrontare la metodologia precedente con quella sviluppata in questa tesi.

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato a:

- proporre un metodo alternativo per la verifica della diagnosticabilità basato sull'analisi di due grafi il *Modified Basis Reachability Graph* e il *Modified Basis Reachability Diagnoser*;
- implementare l'algoritmo di Johnson per il calcolo dei cicli;
- sviluppare e testare un toolbox Matlab per la verifica della diagnosticabilità;
- confrontare la metodologia precedente con quella sviluppata in questa tesi.

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato a:

- proporre un metodo alternativo per la verifica della diagnosticabilità basato sull'analisi di due grafi il *Modified Basis Reachability Graph* e il *Modified Basis Reachability Diagnoser*;
- implementare l'algoritmo di Johnson per il calcolo dei cicli;
- sviluppare e testare un toolbox Matlab per la verifica della diagnosticabilità;
- confrontare la metodologia precedente con quella sviluppata in questa tesi.

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato a:

- proporre un metodo alternativo per la verifica della diagnosticabilità basato sull'analisi di due grafi il *Modified Basis Reachability Graph* e il *Modified Basis Reachability Diagnoser*;
- implementare l'algoritmo di Johnson per il calcolo dei cicli;
- sviluppare e testare un toolbox Matlab per la verifica della diagnosticabilità;
- confrontare la metodologia precedente con quella sviluppata in questa tesi.

Conclusioni

Il presente lavoro di tesi ha portato a:

- proporre un metodo alternativo per la verifica della diagnosticabilità basato sull'analisi di due grafi il *Modified Basis Reachability Graph* e il *Modified Basis Reachability Diagnoser*;
- implementare l'algoritmo di Johnson per il calcolo dei cicli;
- sviluppare e testare un toolbox Matlab per la verifica della diagnosticabilità;
- confrontare la metodologia precedente con quella sviluppata in questa tesi.

GRAZIE A TUTTI PER L'ATTENZIONE!!!