Un Toolbox per la Diagnosticabilità di reti Posto/Transizione

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

DIEE, Università degli studi di Cagliari , Italia

Cagliari, 15 Luglio, 2009

Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Introduzione

Guasto: Ogni genere di scostamento del sistema dal suo comportamento nominale o comunque previsto.

L'approccio alla diagnosi è classificabile in:

- Diagnosi: ciascuna osservazione ripone il sistema in uno specifico stato di diagnosi, quale "normale", "di guasto" o "incerto".
- Diagnosticabilità: determinare se il sistema è diagnosticabile o 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

Guasto: Ogni genere di scostamento del sistema dal suo comportamento nominale o comunque previsto.

L'approccio alla diagnosi è classificabile in:

- Diagnosi: ciascuna osservazione ripone il sistema in uno specifico stato di diagnosi, quale "normale", "di guasto" o "incerto".
- Diagnosticabilità: determinare se il sistema è diagnosticabile o 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

Guasto: Ogni genere di scostamento del sistema dal suo comportamento nominale o comunque previsto.

L'approccio alla diagnosi è classificabile in:

- Diagnosi: ciascuna osservazione ripone il sistema in uno specifico stato di diagnosi, quale "normale", "di guasto" o "incerto".
- Diagnosticabilità: determinare se il sistema è diagnosticabile o 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

- Progetto e implementazione di un simulatore per la diagnosi di RdP etichettate.
- Progetto ed implementazione di un simulatore per la diagnosticabilità di RdP etichettate.
- Validazione sperimentale delle teorie tramite i simulatori costruiti.

Linea Guida

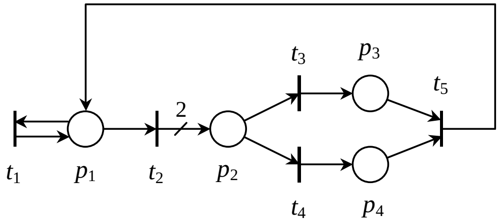
- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Struttura della rete

Una rete di Petri o rete P/T è una struttura $N = (P, T, Pre, Post)$ dove:

- P è l'insieme dei posti rappresentati da cerchi, $|P| = m$;
- T è l'insieme delle transizioni rappresentate da barre, $|T| = n$;
- $Pre : P \times T \to \mathbb{N}$ è la funzione di pre-incidenza, che specifica gli archi diretti da un posto ad una transizione;
- $Post : P \times T \to \mathbb{N}$ è la funzione di post-incidenza, che specifica gli archi diretti da una transizione ad un posto.

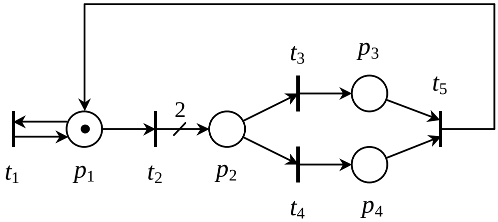
Esempio di RdP



$$P = \{p_1, p_2, p_3, p_4\}, \quad T = \{t_1, t_2, t_3, t_4, t_5\}$$

$$Pre = \begin{array}{cc} \left[\begin{array}{ccccc} 1 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \end{array}\right] & \begin{array}{c} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \\ \begin{array}{ccccc} t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \end{array} & \end{array} \qquad Post = \begin{array}{cc} \left[\begin{array}{ccccc} 1 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 2 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 \end{array}\right] & \begin{array}{c} p_1 \\ p_2 \\ p_3 \\ p_4 \end{array} \\ \begin{array}{ccccc} t_1 & t_2 & t_3 & t_4 & t_5 \end{array} & \end{array}$$

Marcatura e sistema di rete



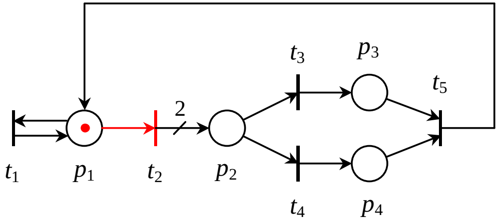
Una marcatura è un vettore $M : P \to \mathbb{N}$ che associa a ciascun posto un numero intero non negativo di gettoni. La marcatura iniziale è indicata con M_0.

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

Un sistema di rete $\langle N, M_0 \rangle$ è una RdP N con una marcatura iniziale M_0

Abilitazione e scatto

Una transizione t è abilitata da M se e solo se $M \geq Pre(\cdot, t)$



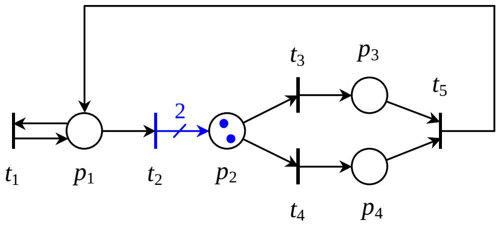
t_2 è abilitata da M_0 poiché $M_0 = Pre(\cdot, t_2)$

t_2 scatta, conducendo ad una nuova marcatura $M_0[t_2\rangle M$ con

$$M = M_0 - Pre(\cdot, t_2) + Post(\cdot, t_2) = [0\ 2\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]^T$$

Abilitazione e scatto

Una transizione t è abilitata da M se e solo se $M \geq Pre(\cdot, t)$



t_2 è abilitata da M_0 poiché $M_0 = Pre(\cdot, t_2)$

t_2 scatta, conducendo ad una nuova marcatura $M_0[t_2\rangle M$ con

$$M = M_0 - Pre(\cdot, t_2) + Post(\cdot, t_2) = [0\ 2\ 0\ 0\ 0\ 0\ 0]^T$$

Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Approccio mediante RdP etichettate

SI ASSUME che:

- Sia nota la struttura della rete e la sua marcatura iniziale M_0 ;
- $T = T_o \cup T_u$;
- Due o più transizioni osservabili possano condividere la stessa etichetta;
- $T_f \subseteq T_u$ e $T_f = T_f^1 \cup T_f^2 \cup \ldots \cup T_f^r$;
- la sottorete T_u-indotta sia aciclica;
- La rete $\langle N, M_0 \rangle$ non raggiunga uno stato di blocco dopo un guasto.

Concetti di base

Alla base dell'approccio alla diagnosi ci sono tre concetti fondamentali:

- Marcature di base
- Giustificazione
- Stati di diagnosi

Marcature di Base e Giustificazioni

La marcatura di base (M_b) è la marcatura raggiunta da M_0 con lo scatto di w e di tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie alla sua abilitazione.

$\hat{\mathcal{J}}(w)$ è l'insieme delle giustificazioni, definite come coppie:

- il primo elemento è la sequenza $\sigma_o \in T_o^*$ etichettata w;
- il secondo elemento è la sequenza di transizioni non osservabili intervallate con σ_o il cui scatto abilita σ_o ed il cui vettore di scatto è minimo.

Le marcature di base contengono tutte le informazioni per la ricostruzione dello spazio di stato.

Marcature di Base e Giustificazioni

La marcatura di base (M_b) è la marcatura raggiunta da M_0 con lo scatto di w e di tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie alla sua abilitazione.

$\hat{\mathcal{J}}(w)$ è l'insieme delle giustificazioni, definite come coppie:

- il primo elemento è la sequenza $\sigma_o \in T_o^*$ etichettata w;
- il secondo elemento è la sequenza di transizioni non osservabili intervallate con σ_o il cui scatto abilita σ_o ed il cui vettore di scatto è minimo.

Le marcature di base contengono tutte le informazioni per la ricostruzione dello spazio di stato.

Marcature di Base e Giustificazioni

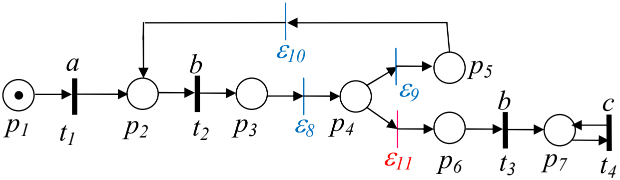
La marcatura di base (M_b) è la marcatura raggiunta da M_0 con lo scatto di w e di tutte quelle transizioni non osservabili strettamente necessarie alla sua abilitazione.

$\hat{\mathcal{J}}(w)$ è l'insieme delle giustificazioni, definite come coppie:

- il primo elemento è la sequenza $\sigma_o \in T_o^*$ etichettata w;
- il secondo elemento è la sequenza di transizioni non osservabili intervallate con σ_o il cui scatto abilita σ_o ed il cui vettore di scatto è minimo.

Le marcature di base contengono tutte le informazioni per la ricostruzione dello spazio di stato.

Esempio

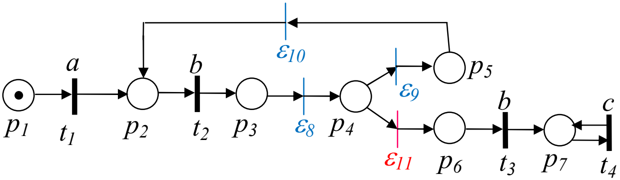


$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ $\quad T_u = \{\varepsilon_8, \varepsilon_9, \varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}\}$ $\quad T_f = \{\varepsilon_{11}\}$

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

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

Esempio

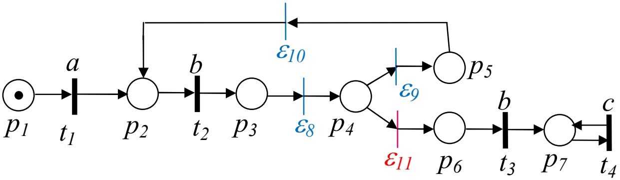


$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ $T_u = \{\varepsilon_8, \varepsilon_9, \varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}\}$ $T_f = \{\varepsilon_{11}\}$

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

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

Esempio

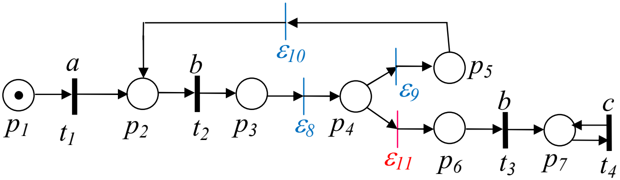


$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ $T_u = \{\varepsilon_8, \varepsilon_9, \varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}\}$ $T_f = \{\varepsilon_{11}\}$

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

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

Esempio

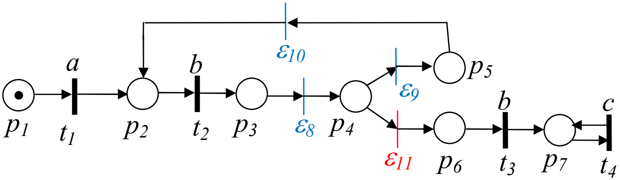


$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ $\quad T_u = \{\varepsilon_8, \varepsilon_9, \varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}\}$ $\quad T_f = \{\varepsilon_{11}\}$

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

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

Esempio



$T_o = \{t_1, t_2, t_3, t_4\}$ $\quad$ $T_u = \{\varepsilon_8, \varepsilon_9, \varepsilon_{10}, \varepsilon_{11}\}$ $\quad$ $T_f = \{\varepsilon_{11}\}$

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

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

Stati di diagnosi

Data una classe di guasto T_f, il *diagnosticatore* ci permette di associare ad ogni parola w osservata un corrispondente stato di diagnosi Δ:

$\Delta(w, T_f^i) = 0$ se nessun $t_f \in T_f$ può essersi verificato.

$\Delta(w, T_f^i) = 1$ se $t_f \in T_f$ può essersi verificato, ma non in una giustificazione di w.

$\Delta(w, T_f^i) = 2$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in una giustificazione di w ma non in tutte.

$\Delta(w, T_f^i) = 3$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in ogni giustificazione di w.

Stati di diagnosi

Data una classe di guasto T_f, il *diagnosticatore* ci permette di associare ad ogni parola w osservata un corrispondente stato di diagnosi Δ:

$\Delta(w, T_f^i) = 0$ se nessun $t_f \in T_f$ può essersi verificato.

$\Delta(w, T_f^i) = 1$ se $t_f \in T_f$ può essersi verificato, ma non in una giustificazione di w.

$\Delta(w, T_f^i) = 2$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in una giustificazione di w ma non in tutte.

$\Delta(w, T_f^i) = 3$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in ogni giustificazione di w.

Stati di diagnosi

Data una classe di guasto T_f, il *diagnosticatore* ci permette di associare ad ogni parola w osservata un corrispondente stato di diagnosi Δ:

$\Delta(w, T_f^i) = 0$ se nessun $t_f \in T_f$ può essersi verificato.

$\Delta(w, T_f^i) = 1$ se $t_f \in T_f$ può essersi verificato, ma non in una giustificazione di w.

$\Delta(w, T_f^i) = 2$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in una giustificazione di w ma non in tutte.

$\Delta(w, T_f^i) = 3$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in ogni giustificazione di w.

Stati di diagnosi

Data una classe di guasto T_f, il *diagnosticatore* ci permette di associare ad ogni parola w osservata un corrispondente stato di diagnosi Δ:

$\Delta(w, T_f^i) = 0$ se nessun $t_f \in T_f$ può essersi verificato.

$\Delta(w, T_f^i) = 1$ se $t_f \in T_f$ può essersi verificato, ma non in una giustificazione di w.

$\Delta(w, T_f^i) = 2$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in una giustificazione di w ma non in tutte.

$\Delta(w, T_f^i) = 3$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in ogni giustificazione di w.

Stati di diagnosi

Data una classe di guasto T_f, il *diagnosticatore* ci permette di associare ad ogni parola w osservata un corrispondente stato di diagnosi Δ:

$\Delta(w, T_f^i) = 0$ se nessun $t_f \in T_f$ può essersi verificato.

$\Delta(w, T_f^i) = 1$ se $t_f \in T_f$ può essersi verificato, ma non in una giustificazione di w.

$\Delta(w, T_f^i) = 2$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in una giustificazione di w ma non in tutte.

$\Delta(w, T_f^i) = 3$ se $t_f \in T_f$ si è verificato in ogni giustificazione di w.

Distinzione tra lo stato 0 ed 1

Per una RdP aciclica, è possibile effettuare la distinzione tra gli stati di diagnosi 0 e 1, risolvendo un sistema di programmazione lineare intera:

$$\mathcal{T}(M) = \begin{cases} M + C_u \cdot z \geq \vec{0}, \\ \sum_{t_f \in T_f^i} z(t_f) > 0, \\ z \in \mathbb{N}^{n_u}. \end{cases}$$

- $\Delta(w, T_f^i) = 0$ se il sistema non ammette soluzione per nessuna M_b associata ad w.
- $\Delta(w, T_f^i) = 1$ se il sistema ammette soluzione per almeno una M_b associata ad w

Distinzione tra lo stato 0 ed 1

Per una RdP aciclica, è possibile effettuare la distinzione tra gli stati di diagnosi 0 e 1, risolvendo un sistema di programmazione lineare intera:

$$\mathcal{T}(M) = \begin{cases} M + C_u \cdot z \geq \vec{0}, \\ \sum_{t_f \in T_f^i} z(t_f) > 0, \\ z \in \mathbb{N}^{n_u}. \end{cases}$$

- $\Delta(w, T_f^i) = 0$ se il sistema non ammette soluzione per nessuna M_b associata ad w.
- $\Delta(w, T_f^i) = 1$ se il sistema ammette soluzione per almeno una M_b associata ad w

Distinzione tra lo stato 0 ed 1

Per una RdP aciclica, è possibile effettuare la distinzione tra gli stati di diagnosi 0 e 1, risolvendo un sistema di programmazione lineare intera:

$$\mathcal{T}(M) = \begin{cases} M + C_u \cdot z \geq \vec{0}, \\ \sum\limits_{t_f \in T_f^i} z(t_f) > 0, \\ z \in \mathbb{N}^{n_u}. \end{cases}$$

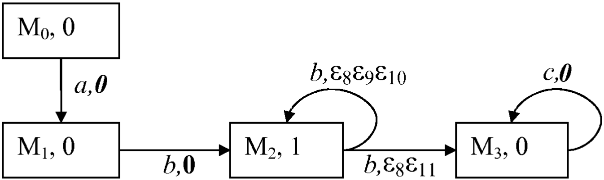
- $\Delta(w, T_f^i) = 0$ se il sistema non ammette soluzione per nessuna M_b associata ad w.
- $\Delta(w, T_f^i) = 1$ se il sistema ammette soluzione per almeno una M_b associata ad w

RdP limitate

Diagnosi mediante il Grafo di Raggiungibilità di Base (BRG).

Principali vantaggi:

- Sforzo computazionale OFF-line.
- Il grafo contiene solo le marcature di base, potenzialmente molto inferiori in numero rispetto allo spazio di stato.



MBRG e BRG a confronto

- Per verificare la diagnosticabilità è necessario costruire il Grafo di Raggiungibilità Modificato (MBRG) ed il Diagnosticatore di Raggiungibilità di Base (BRD).
- L'MBRG è costruito analogamente al BRG, considerando osservabili anche le transizioni di guasto.
- $|MBRG| > |BRG|$.
- L'informazione sui guasti è ricostruibile osservando gli archi dell'MBRG.

MBRG e BRG a confronto

- Per verificare la diagnosticabilità è necessario costruire il Grafo di Raggiungibilità Modificato (MBRG) ed il Diagnosticatore di Raggiungibilità di Base (BRD).
- L'MBRG è costruito analogamente al BRG, considerando osservabili anche le transizioni di guasto.
- $|MBRG| > |BRG|$.
- L'informazione sui guasti è ricostruibile osservando gli archi dell'MBRG.

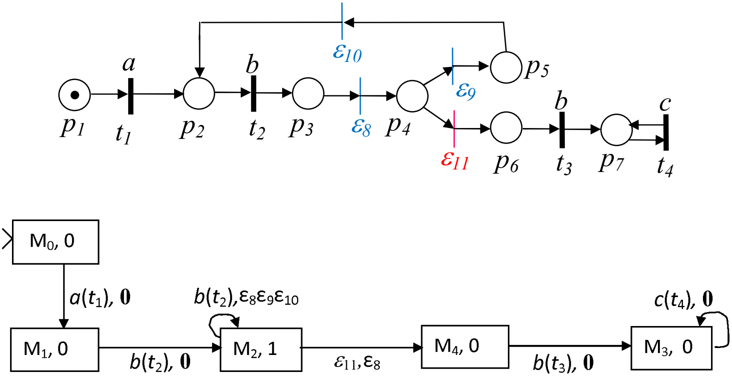
MBRG e BRG a confronto

- Per verificare la diagnosticabilità è necessario costruire il Grafo di Raggiungibilità Modificato (MBRG) ed il Diagnosticatore di Raggiungibilità di Base (BRD).
- L'MBRG è costruito analogamente al BRG, considerando osservabili anche le transizioni di guasto.
- $|MBRG| > |BRG|$.
- L'informazione sui guasti è ricostruibile osservando gli archi dell'MBRG.

MBRG e BRG a confronto

- Per verificare la diagnosticabilità è necessario costruire il Grafo di Raggiungibilità Modificato (MBRG) ed il Diagnosticatore di Raggiungibilità di Base (BRD).
- L'MBRG è costruito analogamente al BRG, considerando osservabili anche le transizioni di guasto.
- $|MBRG| > |BRG|$.
- L'informazione sui guasti è ricostruibile osservando gli archi dell'MBRG.

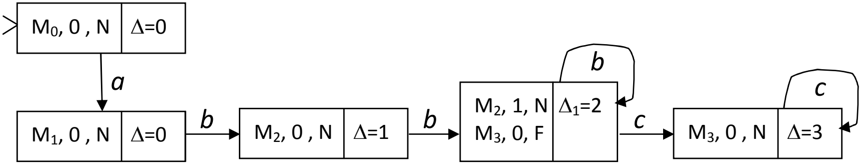
MBRG



a
b
ε10
p5
ε9
b
c
p1
t1
p2
t2
p3
ε8
p4
ε11
p6
t3
p7
t4
M0, 0
a(t1), 0
b(t2),ε8ε9ε10
c(t4), 0
M1, 0
M2, 1
M4, 0
M3, 0
b(t2), 0
ε11,ε8
b(t3), 0

BRD

- È un grafo deterministico dove ciascun nodo è determinato da una o più triple (M, x, h) e dallo stato di diagnosi. Ciascun arco è etichettato con una etichetta $l \in L$.
- Può essere facilmente costruito a partire dall'MBRG.



Cicli indeterminati

γ : ciclo nel BRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$

$p \in L^*$: un percorso dal nodo iniziale ad un nodo appartenente a γ

γ è detto incerto rispetto alla classe di guasto T_f^i se include solo stati con $\Delta_i = 2$, o $\Delta_i = 1$, o $\Delta_i = 1$ e $\Delta_i = 2$.

Un ciclo γ incerto è detto indeterminato se nell'MBRG esistono due cicli γ_1 and γ_2 soddisfacenti le condizioni seguenti:

i) la loro proiezione osservabile è pari a ρ;

ii) esistono due percorsi p_1 e p_2 con proiezione osservabile p, che dal nodo iniziale dell'MBRG abilitano γ_1 e γ_2;

iii) Entrambi γ_2 e p_2 non contengono alcun guasto T_f^i, mentre γ_1 o p_1 o entrambi contengono un guasto $t_f \in T_f^i$.

Cicli indeterminati

γ : ciclo nel BRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$

$p \in L^*$: un percorso dal nodo iniziale ad un nodo appartenente a γ

γ è detto incerto rispetto alla classe di guasto T_f^i se include solo stati con $\Delta_i = 2$, o $\Delta_i = 1$, o $\Delta_i = 1$ e $\Delta_i = 2$.

Un ciclo γ incerto è detto indeterminato se nell'MBRG esistono due cicli γ_1 and γ_2 soddisfacenti le condizioni seguenti:

i) la loro proiezione osservabile è pari a ρ;
ii) esistono due percorsi p_1 e p_2 con proiezione osservabile p, che dal nodo iniziale dell'MBRG abilitano γ_1 e γ_2;
iii) Entrambi γ_2 e p_2 non contengono alcun guasto T_f^i, mentre γ_1 o p_1 o entrambi contengono un guasto $t_f \in T_f^i$.

Cicli indeterminati

γ : ciclo nel BRD con proiezione osservabile $\rho \in L^*$

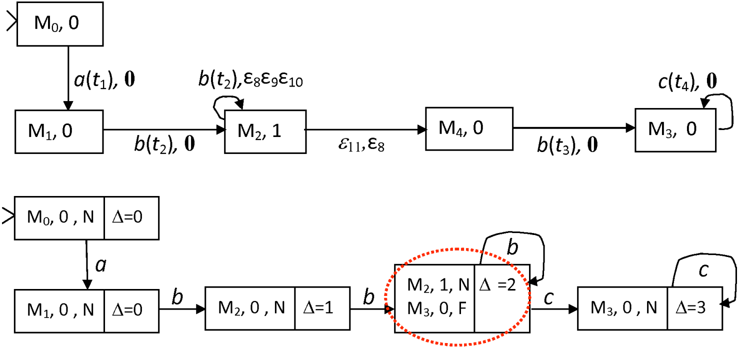
$p \in L^*$: un percorso dal nodo iniziale ad un nodo appartenente a γ

γ è detto incerto rispetto alla classe di guasto T_f^i se include solo stati con $\Delta_i = 2$, o $\Delta_i = 1$, o $\Delta_i = 1$ e $\Delta_i = 2$.

Un ciclo γ incerto è detto indeterminato se nell'MBRG esistono due cicli γ_1 and γ_2 soddisfacenti le condizioni seguenti:

i) la loro proiezione osservabile è pari a ρ;
ii) esistono due percorsi p_1 e p_2 con proiezione osservabile p, che dal nodo iniziale dell'MBRG abilitano γ_1 e γ_2;
iii) Entrambi γ_2 e p_2 non contengono alcun guasto T_f^i, mentre γ_1 o p_1 o entrambi contengono un guasto $t_f \in T_f^i$.

Esempio



$\gamma = b \qquad p = abb$

$\nexists \gamma_1, \gamma_2$ nell'MBRG soddisfacenti le condizioni i), ii) e iii) $\longrightarrow$ ciclo NON indeterminato.

Condizioni necessarie e sufficienti per la diagnosticabilità

La proprietà di diagnosticabilità di una RdP può essere verificata nel BRD tramite l'MBRG.

Teorema: Un sistema $\langle N, M_0 \rangle$ è diagnosticabile rispetto a T_f^i se e solo se il BRD non ha cicli indeterminati per ogni $t_f \in T_f^i$.

Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Perché sviluppare un Toolbox

- Necessità di validare l'approccio teorico
- Studio della crescita dello spazio di stato.
- Studio della complessità computazionale dell'analisi introdotta.

Il toolbox è stato sviluppato in MATLAB

Perché sviluppare un Toolbox

- Necessità di validare l'approccio teorico
- Studio della crescita dello spazio di stato.
- Studio della complessità computazionale dell'analisi introdotta.

Il toolbox è stato sviluppato in MATLAB

Perché sviluppare un Toolbox

- Necessità di validare l'approccio teorico
- Studio della crescita dello spazio di stato.
- Studio della complessità computazionale dell'analisi introdotta.

Il toolbox è stato sviluppato in MATLAB

Funzionalità del Toolbox

Per RdP etichettate il Toolbox permette di:

- Effettuare la diagnosi di RdP non limitate.
- Costruire il BRG.
- Costruire BRD, MBRG ed effettuare la verifica della diagnosticabilità.
- Estrarre i parametri dei grafi per renderli leggibili.

Funzionalità del Toolbox

Per RdP etichettate il Toolbox permette di:

- Effettuare la diagnosi di RdP non limitate.
- Costruire il BRG.
- Costruire BRD, MBRG ed effettuare la verifica della diagnosticabilità.
- Estrarre i parametri dei grafi per renderli leggibili.

Funzionalità del Toolbox

Per RdP etichettate il Toolbox permette di:

- Effettuare la diagnosi di RdP non limitate.
- Costruire il BRG.
- Costruire BRD, MBRG ed effettuare la verifica della diagnosticabilità.
- Estrarre i parametri dei grafi per renderli leggibili.

Funzionalità del Toolbox

Per RdP etichettate il Toolbox permette di:

- Effettuare la diagnosi di RdP non limitate.
- Costruire il BRG.
- Costruire BRD, MBRG ed effettuare la verifica della diagnosticabilità.
- Estrarre i parametri dei grafi per renderli leggibili.

Funzionalità del Toolbox

Per RdP etichettate il Toolbox permette di:

- Effettuare la diagnosi di RdP non limitate.
- Costruire il BRG.
- Costruire BRD, MBRG ed effettuare la verifica della diagnosticabilità.
- Estrarre i parametri dei grafi per renderli leggibili.

Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Obiettivi delle simulazioni

Al crescere della rete, valutare:

- La cardinalità dello spazio di stato e compararla con quella dei grafi proposti al crescere del modello.
- La complessità computazionale dei grafi introdotti al crescere delle dimensioni del modello.

Modello di studio

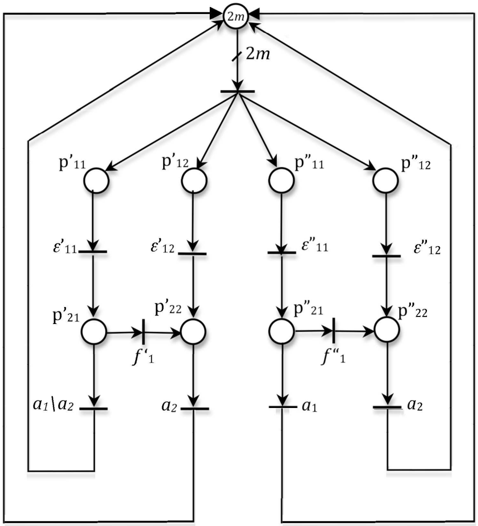
Sistema manifatturiero:

- Replicabile.
- Estendibile orizzontalmente e verticalmente.

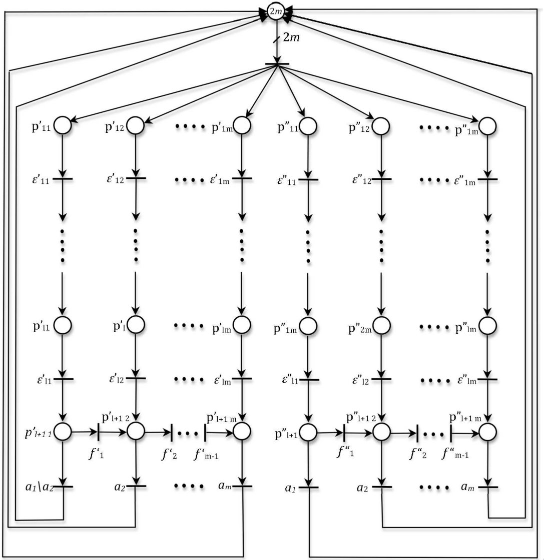
Simulazioni al variare di:

- $2m$, numero totale di linee di produzione.
- l, numero di operazioni che devono essere effettuate su ciascun componente del prodotto.
- d, variabile binaria che modifica l'etichetta di una transizione osservabile.

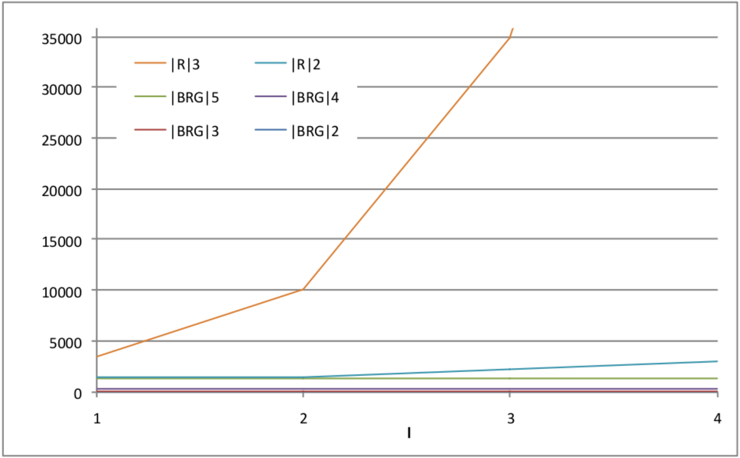
Modello base



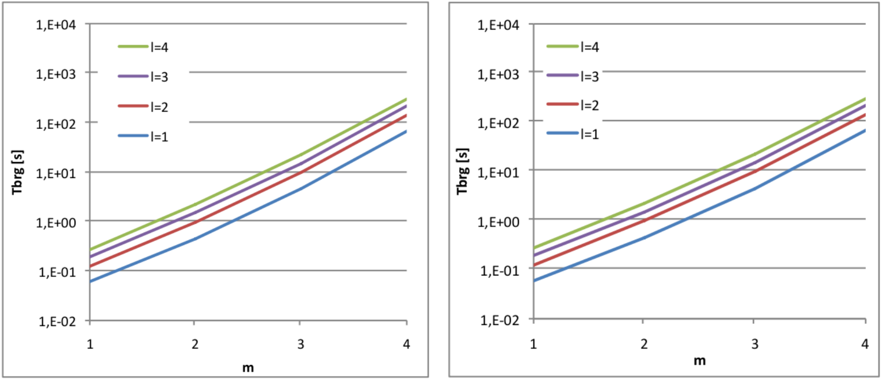
Modello parametrizzato



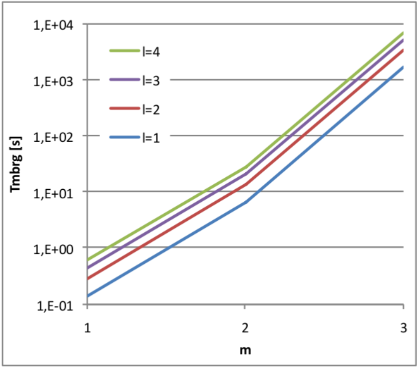
Crescita di $|R|$ e $|BRG|$

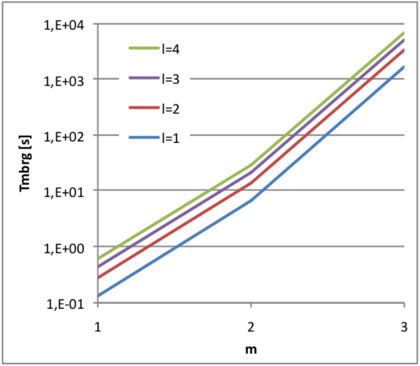


Crescita di t_{BRG} per d pari a 0 e 1

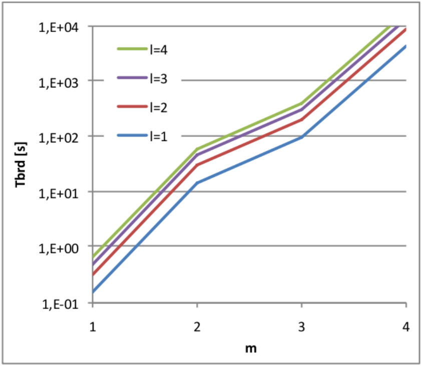


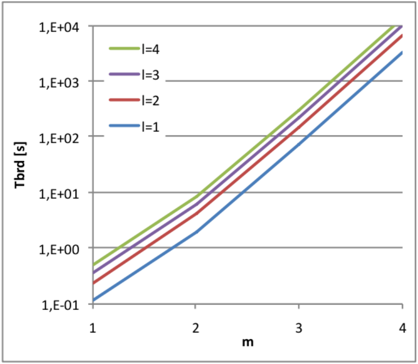
Crescita di t_{MBRG} per d pari a 0 e 1



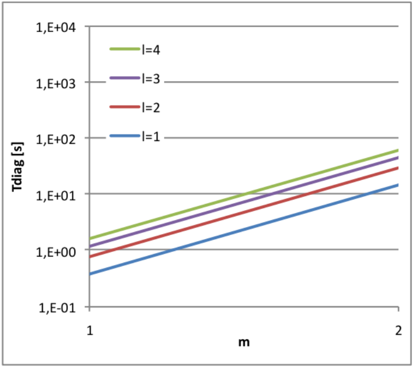


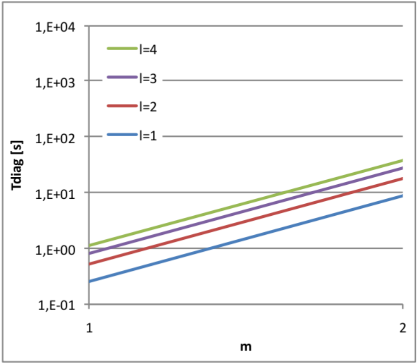
Crescita di t_{BRD} per d pari a 0 e 1





Crescita di t_{diag} per d pari a 0 e 1





Linea Guida

- Definizione del problema
- Reti di Petri
- Diagnosi e diagnosticabilità mediante reti di Petri
- Toolbox per la diagnosi
- Analisi sperimentale
- Conclusioni e sviluppi futuri

Conclusioni

Attraverso l'analisi sperimentale con il simulatore è stato possibile:

- Valutare la cardinalità dello spazio di stato con i grafi utilizzati.
- Valutare sperimentalmente la complessità computazionale dell'analisi al crescere delle dimensioni del sistema.
- Verificare alcune differenze con l'approccio mediante gli automi di Stephane Lafortune.

Sviluppi futuri

- Approfondire il confronto con il Diagnoser approach di Lafortune.
- Valutare l'approccio visto per estenderlo a tipologie di RdP non limitate.

GRAZIE A TUTTI

Grazie per l'attenzione!