復原可達圖估計自動化製造系統的系統可用率

Resilient Reachability Graph Approach to Estimating the System Availability of Automated Manufacturing System

梁高榮
國立交通大學
工業工程與管理學系
教授

關鍵詞(Keywords)

- 自動化製造系統 Automated Manufacturing System
- 系統可用率 System Availability
- 浮標守恆裴氏圖 Token-Conserved Petri Net
- 歐氏記號圖 Eulerian Marked Graph
- 故障可達圖 Locked Reachability Graph
- 復原可達圖 Resilient Reachability Graph

摘要(Abstract)

本文提出復原可達圖來估計自動化製造系統的系統可用率。一般而言，短時間內自動化製造系統的運作可用歐氏記號圖或等效的活可達圖來建模。考量製造出錯現象，這時可加入故障狀態來形成故障可達圖並用馬可夫程序公式來估計自動化製造系統的上機時間。若故障是可修復的，則可以增加箭號來形成更複雜的復原可達圖。由於可以從復原可達圖計算出上機時間與當機時間，自動化製造系統的系統可用率是可以估計的。同理，長時間內自動化製造系統的運作可用浮標守恆裴氏圖來建模，而浮標守恆裴氏圖是由不同的歐氏記號圖組成。對浮標守恆裴氏圖來說，這也可推導出對應的活可達圖、故障可達圖及復原可達圖。所以相同的馬可夫程序公式可應用來估計長時間內自動化製造系統的系統可用率。

Resilient reachability graph is proposed for estimating the system availability of Automated Manufacturing System (AMS). Generally the operations of an AMS in a specified short time interval can be modeled using a specific Eulerian marked graph or a corresponding live reachability graph. Considering the emergence of manufacturing failures, a fault state is added to form a locked reachability graph for estimating the uptime in AMS using Markov process formulas. If the fault is

repairable, an extra arc is added to form a more complex resilient reachability graph. Since both the uptime and the downtime can be computed from the resilient reachability graph, the system availability of AMS is consequently estimated. Besides the operations of the AMS in a long time interval can be modeled using a token-conserved Petri net consisting of various Eulerian marked graphs. Naturally there exists a similar process to derive live, locked, and resilient reachability graphs for the token-conserved Petri net. The same Markov process formulas are applied to estimating the system availability of AMS in a long time interval.

1. 前言

自動化製造系統(Automated Manufacturing System)的系統可用率(System Availability)[4]估計是維護工程師常關心的事。由於自動化製造系統的運作可透過歐氏記號圖(Eulerian Marked Graph)或浮標守恆裴氏圖(Token-Conserved Petri Net)[2]來描述，其中前者用來描述短時間內的行爲，而後者用來描述長時間內的行爲。本文建議用這兩者的可達圖(Reachability Graph)[8]來計算自動化製造系統的系統可用率。更詳細來說，本文將可達圖分成活可達圖(Live Reachability Graph)、故障可達圖(Locked Reachability Graph)與復原可達圖(Resilient Reachability Graph)三大類。就自動化製造系統的運作來說，活可達圖描述其正常行爲；故障可達圖描述其故障行爲；復原可達圖描述其維修行爲。

對歐氏記號圖來說，這是將製造系統的短期運作行爲用活可達圖描述。針對可靠度(Reliability)分析來說，這是將活可達圖加入故障狀態以形成故障可達圖。由於活可達圖可用馬可夫鏈(Markov Chain)或馬可夫程序(Markov Process)[4, 7]來描述其製造行爲，所以故障可達圖必須具有馬可夫性質才能進行整合。這時故障的出錯率(Failure Rate)就採用負指數分配(Negative Exponential Distribution)[4, 7]來表達，其理由是其無記憶性質(Memorylessness Property)[4]可符合馬可夫性質(Markovian Property)的要求。針對維修度(Maintainability)分析來說，這是用故障可達圖形成復原可達圖，再透過相似的計算公式來估計系統可用率。

對浮標守恆裴氏圖來說，它由歐氏記號圖組成，並用來描述自動化製造系統的長期運作行爲。所以要將各歐氏記號圖導出其活可達圖及故障可達圖，接著再將各故障可達圖組成復原可達圖就可計算其系統可用率如圖 1 所示。由於其計算更爲複雜，故可用負指數分配來逼近其故障可達圖的行爲。再透過馬可夫程序來計算其系統可用率。

爲了說明自動化製造系統的系統使用率估計，底下分三部份說明。首先是介紹可靠度的相關觀念，特別是強調出錯率的重要性及如何用最大概似法(Maximum Likelihood Method)來估計負指數分配[4]的參數。其次是說明馬可夫性質，特別是如何用轉移機率矩陣(Transition Probability Matrix)[3]與轉移率矩陣(Transition Rate Matrix)[3]來分別表達馬可夫鏈與馬可夫程序，再分析馬可夫鏈與馬可夫程序的轉換關係。第三是說明自動

更完整的內容

請參考【機械工業雜誌】362 期・102 年 5 月號

每期 220 元・一年 12 期 2200 元

劃撥帳號：07188562 工業技術研究院機械所

訂書專線：03-591-9342

傳真訂購：03-582-2011

機械工業雜誌官方網站：www.automan.tw