

半導體自動化物料搬運系統之模擬與分析--- 以 OHS 內軌台車數最佳化為例

李弘暉	郭修暉
茂德科技股份有限公司 自動化工程師	逢甲大學工業工程與系統 管理學系 副教授
max_hai@pchome.com.tw	hwkuo@fcu.edu.tw

摘要

鑑於自動化物料搬運系統的搬運效率常因產能提升、製造流程變更、設備擴建或移機等因素影響，所以需花費相當多的人力、物力及時間去調整系統並評估採取因應對策。

有鑑於此，本文以晶圓製造廠之自動化物料搬運系統(Automated Material Handling System, AMHS)為研究的對象，利用Auto-Mod模擬軟體建構體建構符合實際狀況之自動化物料搬運系統，並進行模擬與分析晶圓製造廠OHS(Over Head Shuttle, OHS)內軌最佳化台車數及最大搬運量，以作為晶圓廠自動化物料搬運系統規劃之參考。

經實際生產環境的資料比較驗證之後，我們得到模擬系統與實際搬運系統的準確性約可達至 90%左右，而模擬分析---OHS 內軌台車數的最佳化分析結果最佳台車數為 28 台其最大搬量為 294.78 (move/hr)。

關鍵詞：自動化物料搬運系統、Auto-Mod、模擬

Abstract

Because FAB change process flow or change equipment location will impact efficiency of Automated Material Handling System, so FAB need spend much time、manpower and material resources to tune up Automated Material Handling System.

This paper research a virtual Automated Material Handling System in wafer FAB. We exploit simulation tool Auto-Mod to establish an Automated Material Handling System model, then simulates and analyzes the optimum vehicle quantity and maximum capacity for Over Head Shuttle (OHS) inner loop.

After compared with virtual Automated Material Handling System, we find that the simulate model accuracy is about 90 % . In this study, the results show that the optimum vehicle

quantity is twenty-eight and the maximum capacity is 294.78 (move/hr).

Keywords: Automated Material Handling Systems , Auto-Mod , Simulation

1. 前言

由於近年來半導體產業蓬勃發展，晶圓廠為了提高晶圓在各加工站間的傳送速率以及安全考量，皆會使用自動化物料搬運系統(Automatic Material Handling System; AMHS)取代人工進行晶舟的搬運。

因此模擬分析自然成為一項相當重要的參考指標，而本文即利用 Auto-mod 軟體建構一個符合實際搬運狀況之 model 進行模擬，並將模擬的搬運時間與實際的搬運時間進行 model 的驗證，且進一步利用此 model 模擬 OHS 內軌並分析其較佳的台車數，提供晶圓廠整體搬運效率最佳化之參考依據，亦可節省許多不必要的等待時間，並提早發現系統瓶頸，進行改善。

本文主要架構分為二部分，第一部份建立晶圓廠自動化物料搬運系統模擬模型，並以實際資料進行驗證，第二部分則是以個案模擬分析---OHS 內軌台車數的最佳化。

1.1 自動物料搬運系統

自動物料搬運系統應用於在半導體製造的過程當中，主要是由於半導體製程上的特性為製程站點多且複雜，因此，如何讓產品能快速且有效的傳至下一工作站便顯的相當重要。

自動物料搬運系統(Automated Material Handling Systems, AMHS)應用於半導體晶圓製造廠包含 Interby 及 Intraby 兩大系統。參考圖 1 自動化搬運系主要設備示意圖。

1. Interby 系統:包含在無塵室內 Bay 和 Bay 之間，自動搬運晶舟的系統，Interby 系統主要 OHS(Over Head Shuttle)、Stocker。
2. Intraby 系統:在同一個 Bay 內，製程設備間或 Stocker 和製程設備間，自動搬運晶舟的系統，Intraby 系統主要裝置有 AGV(Automatic Guided Vehicle)、RGV(Rail Guided Vehicle)、OHV(Overhead Hoist Vehicle)、PGV(Personal Guided Vehicle)，AGV 與 PGV 同是屬於 Multiple Loads 方式傳送，不同之處為 AGV 靠自動導引裝置來自動傳遞產品至下一工作站，而 PGV 則是靠人力來道引至所需傳遞的地方。

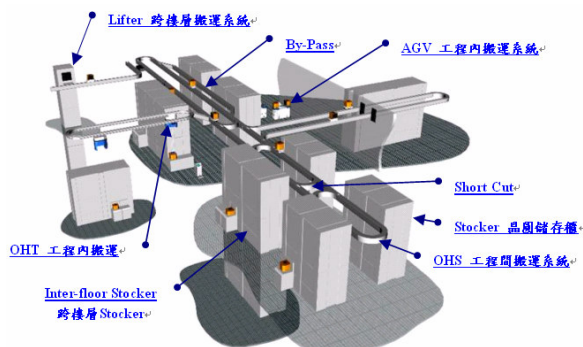


圖 1 自動物料搬運系統主要設備示意圖

1.2 採用模擬系統的好處

1. 確保系統設計之正確性：

AMHS 系統最初設計皆依靠設計人員之經驗，無法利用精確之分析去預測系統將來之運作概況，若有模擬系統之輔助，則設計人員可利用模擬所得之資料來判斷規劃的設備是否適當，或疏乎細節而導致瓶頸之發生。

2. 系統擴建及設備更新之保證：

當系統需擴建或現有設備因老舊、設計失當以致需更新，經常是一讓人頭痛之問題，因無人可確保預定更換之設備是否可達成求，甚至因更換此設備而導致另一問題的發生，若有模擬系統之輔助，則可正確判斷系統更換是否恰當，不需做冒險之設備改善。

3. 系統調整及最佳化

一個系統的調整在現實情況下需花費相當多的人力、物力，但也未必能達到系統的最佳化，因此可以透過模擬系統的模擬就能有效率的進行系統調整，找出適合於公司的設計，亦能替公司節省不必要的投資與資源。

4. 完整之系統展現：

3D 之模擬系統除可幫我們做分析外，完整之 3D View 更可讓我們了解搬運系統之概況及日後之運作方式，使操作者對系統之規劃更具信心。

1.3 Auto-Mod 的介紹

Auto-Mod 是由 Brooks Automation, Inc. 所開發的一套模擬軟體，此軟體具有完整的運搬設備模組，同時提供即時三度空間之動畫模擬技術，讓設計者能在建廠前掌握未來系統運作之特性，改善瓶頸，使系統能達到最佳化設計，且具有下列特色：

1. 提供精確的 2D/3D 的圖形。

精確性可達 1/100mm，亦可將 CAD 圖輸入進行 model 的設計例如 AutoCAD or Pro Engineer。圖 2 Auto-Mod 3D 圖。

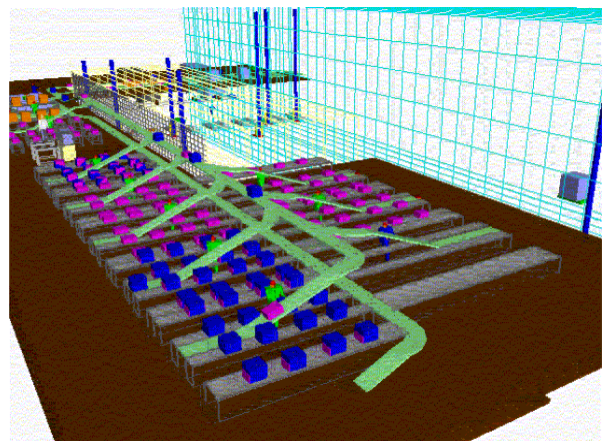


圖 2 Auto-Mod 3D 圖

2. 提供操作簡單的設計介面

Auto-Mod 提供簡單的使用作介面，可使初學者能快速的透過簡單的幾行程式建一個複雜的 model，也可以使用 C or C++ 的程式語言來開發。圖 3 Auto-Mod 設計介面圖。

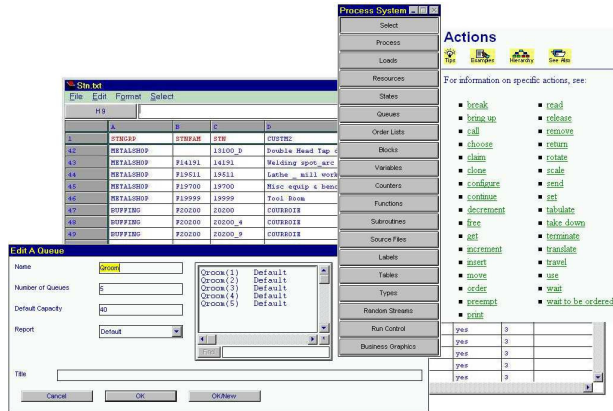


圖 3 Auto-Mod 設計介面圖

3. 提供多樣化的分析報告。

當 Auto-mod 執行 model 時可針對某機台或某物件進行監控與分析，而執行後亦可提供相關資料的統計與分析。圖 4 Auto-Mod 分析報告圖。

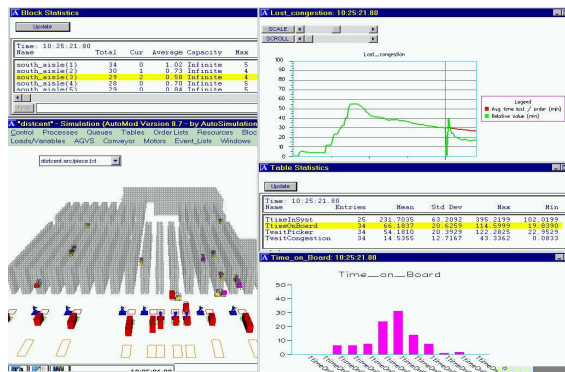


圖 4 Auto-Mod 分析報告圖

2. 模擬方法

本文利用 Auto-Mod 軟體模擬廠內自動化物料搬運系統之搬運流程，以作為系統變更時之參考依據。而研究流程有七個步驟(圖 5 模擬流程圖)，下面就對各步驟與進行方式加以說明：

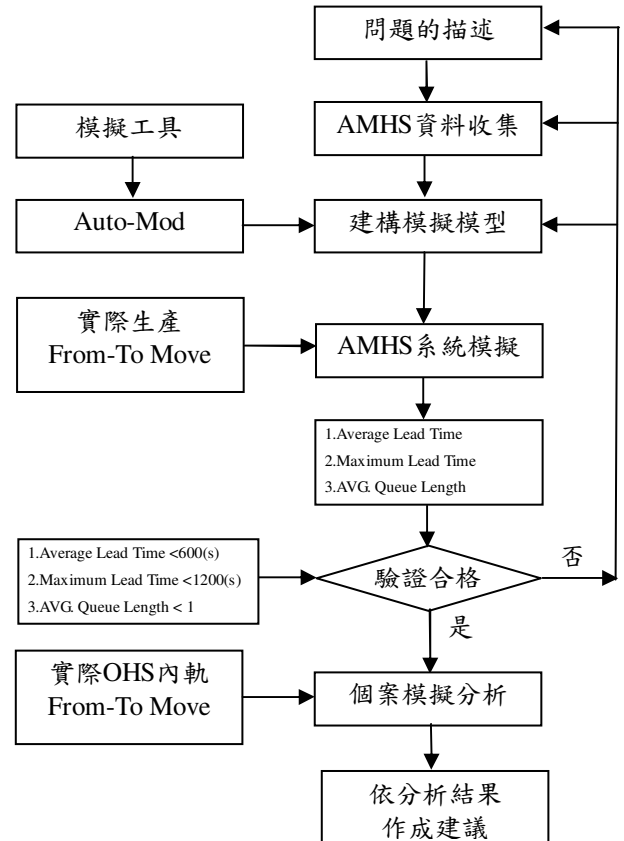


圖 5 模擬流程圖

1. 問題的描述

就是針對自動化物料搬運系統分析系統、定義問題、定義建模的目的、模擬模型的涵蓋範圍等。

2. 資料收集

收集系統的相關資料(如生產環境中的Stocker System、OHS台車行走的軌道、台車的速率、台車數、From-To.....等)。

3. 建構模擬模型

利用Auto-Mod軟體建構出與晶圓廠OHS系統相似的自動化搬運系統模型及撰寫自動化搬運邏輯程式。

4. AMHS系統模擬

將實際生產的From-To move 輸入模擬模型，並利用From-To內的資料進行累加且計算每一條bay的機率及每次搬運命令的產生時間以模擬實際生產的搬運過程。說明如下步驟：

- From -To move

From-to	1	2	3
1	0	2	5
2	2	0	3

- 每列數值進行累加

From-to	1	2	3	total
1	0	2	7	7
2	2	2	5	5

- 計算機率值

From 1 to 1 的機率範圍

$0 < X \leq 0$

From 1 to 2 的機率範圍

$0 < X \leq 28.57\%$

From 1 to 3 的機率範圍

$28.57\% < X \leq 100\%$

From-To	1	2	3
1	0	2/7	7/7
2	2/5	2/5	5/5

此模擬模型為設定每個load的產生時間，即命令的產生時間，會以每一條bay的總搬運量作為此產生命令的時間，以上一例子其計算及程式表示如下：

計算：

bay 1

7(move/hr) $\rightarrow$ 514.28 (sec/move)

程式：

wait for exponential 514.28 sec

(服從指數分配)

5. 驗證合格

模擬實際搬運狀況，將模擬產出的各項系統績效指標與實際搬運資料進行驗證與分析，用以判斷此模擬 model 是否合格而主要驗證為：

- 準確度的驗證

模擬實際生產環境中之工程間搬運系統(Interbay 或 OHS, Overhead Shuttle)的運作邏輯，比較 Auto-Mod 軟體建構的模擬 model 與實際生產環境中 OHS 系統之間差異，並驗證其搬運時間準確度。

我們依據現實生產環境中之 OHS 搬運系統的運作邏輯，以 Auto-Mod 11.0 版本軟體建構的模擬系統與實際生產環境中 OHS 系統之間的搬運時間(Transport Time)作模擬準確度的驗證。

關於整個驗證模擬系統的流程(如圖 6 所示)，我們依照擷取位於生產環境中 DB Server 的資料，作為模擬系統的驗證依據。而在實際生產的環境中，資料庫會即時性的匯入生產搬運系統的所有資訊，其中包括 From-To Move 的搬運量、甚至是關係搬運效率的所有系統時間。因此我們利用這些資料庫系統預存的資訊，再加上擷取關於單位時間區段內的總體搬運數量，亦即 From-To Move；以及該單位時間區段內的平均搬運時間，亦即 Transport Time。然後將這些資料(參數)放入 Auto-Mod 程式執行，則 Auto-Mod 將會依照此些參數模擬出 OHS 運行之狀況。

然而最後我們再將模擬系統所輸出的資訊與該單位時間區段內從實際生產環境資料庫中擷取出的資料作分析比對，來驗證模擬系統建構後準確度的參考價值。

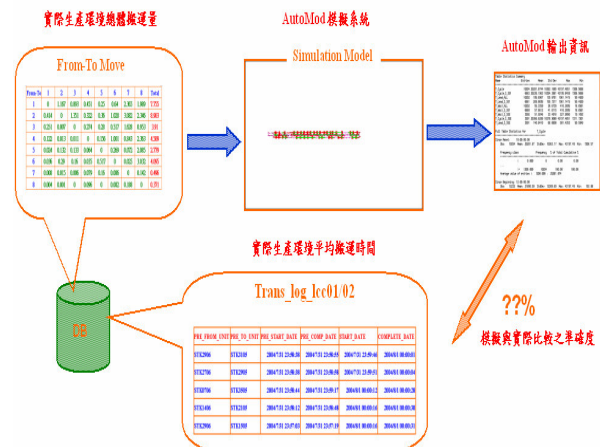


圖 6 驗證模擬系統準確性之流程圖

- 系統績效指標

主要為評估此模擬 model 是否符合晶圓廠之需求，而各指標定義如下：

(1) Average Lead Time

指台車從接受命令到將 FOUP 搬運至目的地的平均搬運時間。此 AVG Lead Time (如圖 7 所示)不超過 600 秒(即 10 分鐘)。

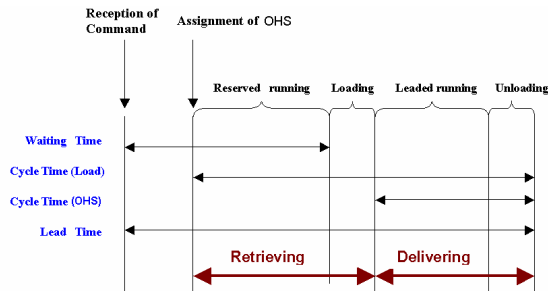


圖 7 Lead Time 示意圖

(2) Maximum Lead Time

此指標為 90%的搬運命令 Maximum AVG. Lead Time 不超過 1200 秒(即 20 分鐘)。

(3) AVG. Queue Length

指平均等待長度，此 Index 的 Criteria 在於不可超過 1，當等待長度超過 1 時表示系統將無法正常負荷所承受的搬運量。

6. 個案模擬分析

利用驗證過後的model進行個案模擬分析，本文以OHS內軌台車數不同時對模擬系統的影響，並分析模擬結果。

7. 依模擬結果作成建議

為將最後的模擬結果作成建議並完成文件保存的作業。

其中在第五步驟，若是模式不正確，則必須回到前面重新收集資料，甚至於連問題本身可能都需要重新定義。

3. 模擬流程

3.1 系統基本假設

本研究對象為一座十二吋晶圓廠，建構此晶圓廠自動化搬運系統模擬模型的相關假設如下：

1. 本研究對象為一座月產24,000片十二吋晶圓廠，每個晶舟固定裝載25片晶圓(即批量為25片/批)，機器運作時間為每週七天，每天24小時。
2. AMHS設計之From-To Table，係依製造流程及各倉儲間之傳送距離及次數計算出From-To Table，且依此Table決定倉儲系統數量及台車數量。
3. 台車基本參數設定

			LIMCarry ^o
Vehicle Simulation Condition ^o	Traveling ^o	Straight(High) m/s ^o	2 ^o
		Curve m/s ^o	0.7 ^o
		Acceleration m/s ² ^o	1 ^o
		Deceleration m/s ² ^o	1 ^o
	Transfer ^o	PickUpTime (FromSTK) ^o	7 ^o
		DropTime (ToSTK) ^o	7 ^o

3.2 建構 AMHS 模擬模型

利用 Auto-Mod 軟體建構出與晶圓廠 OHS 系統相似的自動化搬運模擬系統模型，AMHS 模擬環境的系統架構如圖 8，整個 Simulation Model 是由兩大部分所組成。

1. Layout configuration

建構佈置與實際生產環境相同的設備配置(Layout Configure)於 Auto-Mod 的編輯設計畫面中，例如：生產環境中的 Stocker System、OHS 台車行走的軌道及控制台車搬運邏輯與搬運命令傳達的 SCU(Station Control Unit)位置等；對於建置這些與實際環境相似的模擬環境時，亦可以利用間接轉檔的方式，將原本以 AutoCAD 設計後輸出的 .dxf 檔案匯入至 Auto-Mod 支援的格式，此次建立 OHS 模擬模型時，是採取以 Auto-Mod 所提供的繪製工具來完成整個系統配置。

2. Model Logic Procedure

其目的是利用特定程式碼來撰寫整體 FAB OHS 運行的邏輯，並加上許多特殊的邏輯，來完成整個系統的運行。而在 Model Logic Procedure 的程式邏輯中，首先是進入 Initial.m 的程式中，預先設定模擬系統執行時所需相關變數的初始值，以用來維持整個系統的基本運行。然後主程式再分別進入至 Process.m(負責處理 Stocker 內部的搬運邏輯)，LIMCarry01.m(負責處理內軌台車於軌道上的搬運邏輯)，LIMCarry02.m(負責處理外軌台車於軌道上的搬運邏輯)等程式內進行所應處理的程序，包含 Load 的產生及搬運。最後整個 OHS 模擬系統便在所有程式一起啟動下，開始進行一連串的搬運系統的運行模擬。

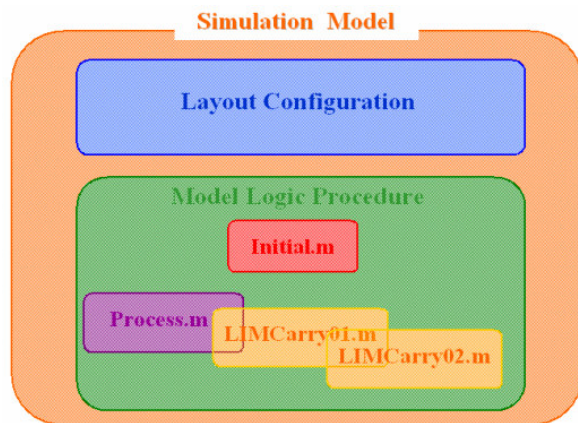


圖 8 OHS 系統模擬環境架構示意圖

3.2.1 Layout configuration

在實際建構 FAB OHS 模型的過程當中，利用 Auto-Mod 軟體中的編輯介面程式，來佈置與實際生產環境相同的硬體設備配置 (Layout Configuration)，如圖 9 所示。例如：OHS 台車行走的軌道、生產環境中的 Stocker System 及控制台車搬運邏輯與搬運命令傳達的 SCU 位置等。

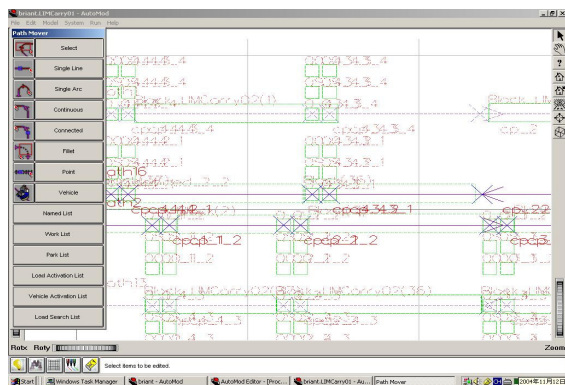


圖 9 Auto-Mod 編輯畫面圖

利用 FAB OHS 的 AutoCAD 電子圖檔為依據，並對照實際生產環境的真實佈局，以 Auto-Mod 軟體所提供的繪圖輔助工具，繪製出與生產環境搬運系統相仿的模擬搬運系統，模擬環境的長度單位與比例尺皆仿照實際比例設計，以減少在模擬情況下的尺度誤差。

整體模擬架構可分為：

1. 模擬 Stocker 方面

在模擬 Stocker 方面，係利用 6 個 Queue 模組的方式(如圖 10 方塊所示)來模仿真實生產環境中 Stocker 的存取行為，其中出庫口部份：

- (1) 最外側的方塊命名 QQ_xx_x ，為模擬生產環境中 Cassette 被下達搬運命令的起始點，也就是 Auto-Mod 中 Load 的產生點。
- (2) 中間被命名為 QS_xx_x 的方塊，為模擬 Cassette 被 Stoker 中的機械手臂(Crane)從內部棚位夾取至 RTM Port，位於 Stoker 內部的暫存區域(RTM Buffer)。
- (3) 最靠近內側被命名為 Q_xx_x 的方塊，則是模擬位於 Stoker 外側與 OHS 系統軌道交界處的 RTM Port 暫存區，即為等待搬運台車來載取 Cassette 的位置。

相對而言，另一邊入庫口的三個方塊，則是模擬 Cassette 被搬運進入該 Stocker 時的對應相反行為。

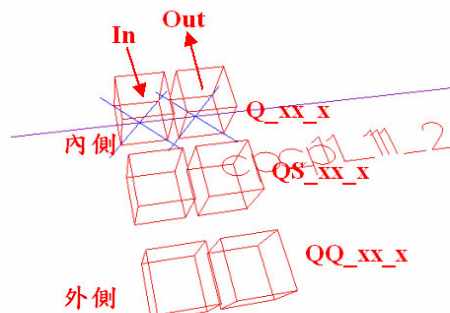


圖 10 模擬真實 Stocker 搬運行為之示意圖

2. 模擬 SCU (Station Control Unit) 方面

在模擬 SCU 方面，利用數個 Control Point 模組(如圖 10 藍色叉點所示) 模擬真實生產環境中的 SCU 控制點位置，其佈局位置及數量皆與真實環境相同。整個模擬環境中，關於控制台車搬運邏輯與搬運命令傳達的執行程式，皆須下達至此 SCU 控制點，以實際生產環境所提供的搬運邏輯，來進行對台車搬運導向的控制。

3. 模擬台車行走軌道方面

在模擬台車行走的軌道方面，利用 Auto-Mod 軟體內提供的 Path 模組，模仿真實生產環境以相同比例繪製(含內軌有 Short Cut 的部分)。而關於軌道台車的行進方向，亦依據實際生產環境內軌逆時針、外軌順時針方式設計。

Auto-Mod 編輯介面上完成的 FAB OHS 模擬環境的硬體設備配置(如圖 11 所示)。

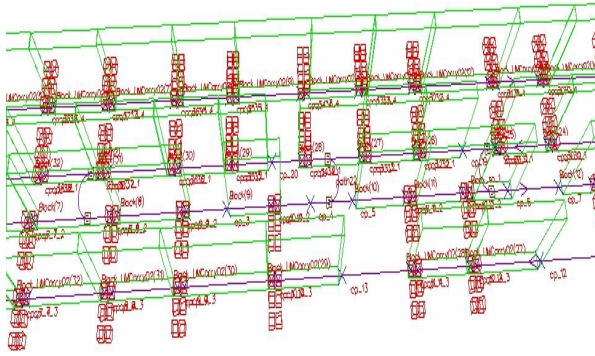


圖 11 模擬環境的硬體設備配圖

3.2.2 Model Logic Procedure

關於模擬環境的執行邏輯模組，無論是設計規劃模擬生產系統搬運命令的產生邏輯，亦或是模擬生產環境中的搬運邏輯，皆必須在此模組架構下完成，此模組提供給設計者撰寫相關邏輯的程式介面，它提供一些 Auto-Mod 專屬的指令語法，以類似 C 程式語言的邏輯，來執行並驅動設計者於系統中建構的模擬模組。並依據實際生產環境的搬運邏輯，撰寫出相對應的程式。在此程式執行模組中主要包括了三大部份：

1. Initial.m

此執行程式是在預先設定模擬系統執行時所需相關變數的初始值，當系統執行編譯 (Compile) 時，會將當初在 Auto-Mod 編輯介面上繪製的相關物件之初始值告訴系統，例如：OHS 台車行走的軌道、模擬環境中模擬 Stocker 的 Queue、控制台車搬運邏輯與搬運命令傳達的 SCU 位置、讀取搬運量 (From-To Move) 與台車數目的設定等。

2. Process.m

此執行程式是在模擬 Cassette 於 Stocker 內部搬運的所有邏輯，從 Cassette 被下達搬運命令到搬運至目的地 Stocker 中間的所有行為；亦即最初讀取搬運量 From-To move Table 開始，以指數分配 (Exponential Distribution) 的機率方式產生搬運命令，直到模擬進入棚位、被 Crane 夾取至 RTM Buffer、進入 RTM Port 等待搬運台車、搬運台車接受到該筆搬運命令、最後由台車搬運至目的地的 Stocker 內。其程式設計的執行方式是以 Cassette 為主角，以物件導向式的方法模擬進入每一段位於 Process.m 中的執行程序 (Excute Procedure)，並以迴圈的方式不間斷地產生搬運命令執行之。

3. LIMCarry.m

此部份分成 LIMCarry01.m (內軌部分) 及 LIMCarry02.m (外軌部分)。此執行程式是在模擬生產環境中台車於軌道上的搬運邏輯，從台車於 SCU 接受到搬運命令開始，執行該台車搬運命令的所有邏輯，該邏輯係依據實際生產環境中 OHS 系統的搬運邏輯撰寫，其中包括了 Short cut 及一般 SCU 的搬運邏輯。

在 Short cut 部份的搬運邏輯，係依照生產環境中的實際邏輯，當台車上承載 2 個 Cassette 時，無論搬運命令的距離遠近與否，皆以通過直線方向的搬運命令為首要任務，所以在此時對於模擬環境中台車搬運的邏輯設計，便會產生許多複雜的狀況，必須使台車在模擬環境中依照當初設計的邏輯執行。

而在一般性的 SCU 邏輯中，當台車至該控制點 (SCU Point) 時，會接受從 LIMCarry.m 下達搬運命令至 SCU 的執行指令。且整個位於軌道上的台車搬運邏輯也撰寫於 LIMCarry.m 的程式裡面，而在 LIMCarry.m 中的每一道邏輯程式都深深地關係到每個台車於模擬環境中的執行程序，因此 LIMCarry.m 程式的邏輯與現實生產環境中的搬運邏輯的相似度高，便決定者 Auto-Mod 準確率的高低。

3.3 OHS Model Simulation 說明

我們擷取出實際生產搬運值 (From-To Move 如圖 12 黃色為內軌搬運量、綠色為外軌搬運量) 以及平均搬運時間，而平均搬運時間係指搬運命令的接收至到達目的地 RTM Buffer 區域之平均搬運時間 (Averaged Transport Time) 即圖 12 中的 Lead Time，基本參數設定如表 1 台車數量及表 2 台車參數設定。

From Bay	1 st	2 nd	3 rd	4 th	5 th	6 th	7 th	8 th	9 th	10 th	11 th	12 th	13 th	14 th	15 th	Total ²
1 st	0.0 ¹	17.84	1.82	9.44	4.96	3.91	3.56	3.61	0.29	4.21	0.29	0.06	2.89	1.05	0.63	54.53
2 nd	2.11	0.0 ¹	0.86	5.35	2.50	1.04	1.50	0.26	3.17	0.67	0.08	0.04	0.98	0.27	0.17	38.99
3 rd	0.39	1.38	0.0 ¹	1.01	2.32	0.05	1.15	0.34	0.06	2.13	0.03	0.01	0.65	0.07	0.11	9.63
4 th	0.08	0.08	0.58	0.0 ¹	3.26	0.18	12.93	2.89	0.52	7.43	0.29	0.15	1.58	1.96	1.14	41.06
5 th	0.74	1.66	0.58	1.79	0.0 ¹	4.98	11.08	1.74	0.14	5.73	0.77	1.07	0.83	0.10	1.17	37.36
6 th	0.17	0.09	0.44	0.79	0.08	0.0 ¹	1.84	0.91	0.03	0.37	0.39	0.00	0.24	0.01	0.03	9.36
7 th	0.17	7.60	1.45	1.82	2.18	3.28	0.0 ¹	7.58	1.71	5.71	0.65	0.49	1.40	1.80	2.37	50.91
8 th	0.00	1.63	0.17	1.50	1.34	0.81	0.59	0.0 ¹	5.87	6.41	3.24	0.49	1.70	1.78	0.44	37.90
9 th	0.47	1.15	0.00	0.29	0.18	0.05	0.50	0.45	0.0 ¹	2.51	0.47	0.18	0.90	0.82	0.43	15.43
10 th	0.20	1.19	1.31	2.86	0.14	0.64	0.16	7.69	1.53	0.0 ¹	1.43	0.41	2.54	3.29	5.10	51.25
11 th	0.86	0.16	0.08	0.16	0.58	0.22	0.81	0.89	0.83	0.13	0.0 ¹	1.05	0.86	0.64	0.44	11.42
12 th	0.44	0.17	0.09	0.31	0.84	0.08	0.46	0.28	0.08	0.79	0.82	0.0 ¹	0.47	0.10	0.03	4.82
13 th	2.21	1.41	1.45	2.59	2.21	0.39	1.23	4.13	0.78	5.55	1.63	0.61	0.0 ¹	2.52	1.78	28.45
14 th	0.33	0.08	0.15	0.52	0.15	0.00	0.24	0.74	0.11	2.01	0.15	0.04	0.70	0.0 ¹	0.55	8.16
15 th	1.92	0.41	0.05	1.68	0.10	0.01	0.19	0.81	0.36	4.43	0.52	0.01	1.67	1.80	0.0 ¹	13.55
Total ¹	52.02	41.67	9.50	41.10	33.64	14.55	50.24	38.24	15.53	51.03	10.74	4.61	19.41	15.80	14.78	412.82

圖 12 From-To Move

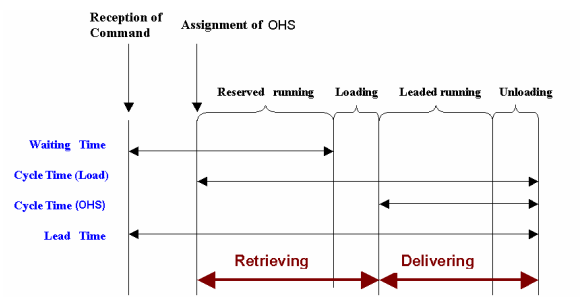


圖 13 Lead Time 示意圖

表 1 台車數量

	OHS 台車數量(台)
LIMCarry01-內軌	25
LIMCarry02-外軌	27

表 2 台車參數設定

			LIMCarry
Vehicle Simulation Condition	Traveling	Straight(High) m/s	2
		Curve m/s	0.7
		Acceleration m/s^2	1
		Deceleration m/s^2	1
	Transfer	Pick Up Time (FromSTK)	7
		Drop Time (ToSTK)	7

3.4 OHS Model Simulation 結果

1. 準確度的驗證

關於驗證與分析比較的結果如表 3 所示：

表 3 驗證與分析比較表

		Real(sec)	Simulation(sec)	Average Accuracy(%)
ALL	Max	27444.00	1338.67	
	Avg	171.37	154.48	89.06%
Outer	Max	27444.00	1338.67	
	Avg	211.06	201.72	95.37%
Inner	Max	4470.00	805.94	
	Avg	119.24	122.97	96.97%

對於與實際生產環境的資料比較驗證之後，我們得到模擬系統與實際搬運系統的準確性(實際值-模擬值/實際值)約可達至九成左右。

2. 系統績效指標

根據模擬數據進行評估指標的驗證，如表 4 及表 5，分析結果皆在標準內，因此此模擬 model 是合格的。

表 4 系統績效指標分析表

Simulation Times (sec)	7200~86400	
File Name	Lim_Carry01	Criteria
MAX Lead Time (sec)	2849.03	< 1200
AVE Lead Time (sec)	197.83	< 600
AVG. Queue Length	0.49	<1

表 5 Maximum Lead Time 次數分配表

Frequency class	Frequency	Comulative(%)
0	2.2	2.2
60	19.61	21.81
120	21.46	43.27
180	16.36	59.63
240	8	67.63
300	6.96	74.59
360	5.8	80.39
420	4.99	85.38
480	2.67	88.05
540	2.44	90.49
600	2.44	92.92
660	1.04	93.97
720	2.09	96.06
780	1.39	97.45
840	0.58	98.03
900	0.46	98.49
960	0.35	98.84
1020	0.23	99.07
1080	0.23	99.3
1140	0	99.3
1200	0	99.3
>1200	0.7	100

3.3 個案模擬分析

--- OHS 內軌台車數最佳化

3.3.1 模擬個案背景說明

由於半導體自動化使用頻率相當高，而自動化物料搬運系統的搬運設備，因長期使用須進行設備的維護與系統調整，因此本個案以當 OHS 外軌須停用以便自行維護時，只使用 OHS 內軌及現有的台車下是否能提供全廠的搬運量。

3.3.2 模擬個案基本假設說明

1. 本次模擬目的是模擬 OHS 內軌的最佳台車數且其搬運量最大。
2. 此次模擬的相關參數設計部分，以實際 OHS 之參數為主，其有 99.6% 的準確性，並已在上一節中驗證。
3. 此次模擬時間為 24 小時，且前 2 小時為 warm-up 時間，不列入紀錄統計之內。
4. 本次模擬的 From-To 搬運量，是依據實際內軌生產搬運值 (From-To Move)，總搬運量 245.65 move/hr 為分析基準。

3.3.3 模擬個案基本參數設定

1. OHS 內軌台車數量

	OHS 台車數量(台)
LIMCarry01-內軌	25 ~ 52

2. 台車參數設定

			LIMCarry
Vehicle Simulation Condition	Traveling	Straight(High) m/s	2
		Curve m/s	0.7
		Acceleration m/s ²	1
		Deceleration m/s ²	1
	Transfer	PickUpTime (FromSTK)	7
		DropTime (ToSTK)	7

3. OHS 內軌 From-To Move

From To	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	Total
1	0	1784	182	944	496	391	356	361	029	421	029	006	289	105	063	5456
2	0	0	086	535	25	104	15	026	317	067	008	004	098	027	017	1689
3	0	0	0	101	232	005	115	034	006	213	003	001	065	007	011	793
4	0	0	0	0	326	018	1293	289	052	743	028	015	158	196	114	3233
5	0	0	0	0	0	498	1108	174	014	573	077	107	083	01	117	2761
6	0	0	0	0	0	0	184	091	003	037	039	0	024	001	003	382
7	0	0	0	0	0	0	0	758	171	571	065	049	14	13	237	2171
8	0	0	0	0	0	0	0	0	587	641	324	049	17	178	044	1893
9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	251	047	018	09	082	043	531
10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	143	041	254	729	51	1277
11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	105	086	064	044	299
12	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13	221	141	145	239	221	039	123	413	078	555	163	061	0	0	0	2419
14	033	008	015	052	015	0	024	074	011	201	015	004	0	0	0	432
15	192	041	005	168	01	001	019	081	036	443	052	001	0	0	0	1049
Total	446	1974	433	2039	155	1036	3372	2101	1304	4716	994	461	1504	1189	1206	24565

3.3.4 模擬參數與系統績效指標

模擬報告中參數及系統績效指標

說明如下：

1. 參數說明

- (1) Load Factor

指將 From To table 的搬運量作線性放大的比率，當 Load Factor 為 1 時，指搬運量為 Default 的 From To table 的搬運量，當 Load Factor 為 1.1 時，指搬運量為 Default 的 From To table 的搬運量的 1.1 倍，以此類推。

- (2) Vehicle No

指模擬時使用台車的總數。

2. 系統績效指標

- (1) Average Lead Time

指台車從接受命令到將 FOUP 搬運至目的地的平均搬運時間。此 AVG Lead Time 不超過 600 秒(即 10 分鐘)。

- (2) Maximum Lead Time

此指標為 90% 的搬運命令 Maximum AVG Lead Time 不超過 1200 秒(即 20 分鐘)。

- (3) AVG Queue Length

指平均等待長度，此 Index 的 Criteria 在於不可超過 1，當等待長度超過 1 時表示系統將無法正常負荷所承受的搬運量。

3.3.5 模擬個案數據分析

依據上述的限制與條件，並以 Auto Mod 作模擬後，可得下列的結論：

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	25	197.83	0.49	**
1.1	25	209.34	0.52	
1.2	25	218.51	1.07	
1.3	25	235.13	1.18	
1.4	25	249.48	5.76	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	28	198.11	0.46	***
1.1	28	206.74	0.95	
1.2	28	219.04	0.96	
1.3	28	232.46	1.76	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	31	200.51	0.64	>1
1.1	31	211.06	0.6	
1.2	31	230.15	1.26	
1.3	31	240.33	1.9	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	34	210.16	0.64	>1
1.1	34	222.73	1.02	
1.2	34	231.84	1.55	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	37	231.58	0.71	>1
1.1	37	241.36	1.02	
1.2	37	248.82	1.26	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	40	241.59	0.65	>1
1.1	40	266.45	1.01	
1.2	40	282.33	1.73	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	43	280.62	0.68	>1
1.1	43	288.2	1.26	
1.2	43	310.02	1.97	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	46	305.34	1	>1
1.1	46	329.75	1.44	
1.2	46	380.4	3.87	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	49	486.23	1.01	>1
1.1	49	550.49	1.93	
1.2	49	580.52	3.87	

Load Factor	Vehicle No.	AVE. Lead Time	AVE. Queue Length	Criteria
1	52	492.65	3.12	>1
1.1	52	526.12	3.54	
1.2	52	563.19	16.67	

* Load Factor 為 1 倍(即 245.65move/hr)時最佳台車數 25 台

** Load Factor 為 1.1 倍 (即 270.22move/hr)時最佳台車數 25 台

*** Load Factor 為 1.2 倍 (即 294.78move/hr)時最佳台車數 28 台

根據模擬數據分析如下：

1. 當搬運量由 1 增至 1.1 倍時台車數 25、28 和 31 的 AVG. Lead Time 皆小於 10 分鐘 (亦即 600 秒)內送達目的地且 AVE. Queue Length 亦小於 1，因此當搬運量為 1 倍及 1.1 倍時最佳台車數為 25 台。
2. 當搬運量為 1.2 倍時只有台車數 28 的 AVE. Queue Length 小於 1，因此搬運量為 1.2 倍時最佳台車數為 28 台。
3. 當搬運量為 1.2 倍以上時台車數 25~52 的 AVE. Queue Length 皆大於 1，因此此系統最大搬運量為 1.2 倍。
4. 當搬運量為 1.2 倍以上時台車數 25~52 的 AVE. Queue Length 皆大於 1，意味著增加台車數未必對系統有貢獻，反而會造成不必要的塞車使 AVG. Lead Time 增加。

根據以上之分析 OHS 內軌最佳台車數為 28 台而其最大搬量為 294.78 (move/hr)，因此當 OHS 外軌停用時，只使用 OHS 內軌是無法提供全廠的搬運量 412.82 (move/hr)。

4. 結論

自動化物料搬運系統 (AMHS, Automated Material Handling Systems) 設計建置後，其搬運效率常因產能需求變動、製造流程變更、設備擴建或移機等因素影響，而無法達成建置時之預期最佳狀態，擬利用 Auto-Mod 模擬軟體建構符合實際狀況之 model，作為爾後搬運系統條件變更時，能事先評估整體搬運效率，以提供決策參考之依據。

利用 Auto-Mod 軟體，建構出與 FAB OHS 系統相似的自動化物料搬運系統模擬模型，在正常生產狀況下，其模擬準確率可高達 90%，其模擬結果應足以採信，日後其它廠搬運系統進行相關改善案時，可先利用模擬系統尋求較佳解決方案。

此模式亦可擴展成 FAB 自動化物料搬運系統模擬模型建構與調整，以作為現有系統維修或改善規劃參考，以期設計出最符合生產所需之搬運系統。

參考文獻

- [1] 張逸輝, “晶圓廠模擬模式之建立與分析”, **成功大學製造工程研究所**, 2004
- [2] 周上傑, 晶圓廠自動物料搬運系統派車模擬研究, **清華大學工業工程與工程管理学系碩士論文**, 1999
- [3] 李兩庭, “半導體晶圓廠自動物料搬運系統之設計”, **中原大學工業工程學系**, 2001
- [4] 游竣安, “自動化物料搬運系統在晶圓製造廠之應用”, **中原大學工業工程學系**, 2001
- [5] 林則孟, “晶圓廠連接式自動化物料搬運系統之搬運車管理”, **清華大學工業工程與工程管理学研究所**, 2002
- [6] 顏志宇, “十二吋晶圓廠作業區內懸吊式自動化料件傳送系統動態派車法則之研究”, **台灣大學電機工程學研究所**, 2003
- [7] 黃志偉, “Dynamic Vehicle Allocation in a Connecting 300mm AMHS”, **清華大學工業工程與工業管理学系電腦整合製造研究室**, 2005
- [8] 陳昱光, “利用代理人架構解決自動化物料搬運系統的資源動態分配”, **暨南大學資訊管理研究所**, 2003
- [9] Campbell, P., G. Laitinen, “Overhead Interbay Automation and Microstocking-a Virtual Fab Case Study”, **In Proceedings of the IEEE/SEMI Advanced Semiconductor Manufacturing Conference and Workshop**, 1997
- [10] Law, A. M. and M. C. McComas, “How to Build Valid and Credible Simulation Models”, **In Proceedings of the 2001 Winter Simulation Conference**, 2001
- [11] Sargent, R.G., “Verification and Validation of Simulation Models”, **In Proceedings of the 2003 Winter Simulation Conference**, 2003
- [12] Mason, S. J., and J. W. Fowler, “Maximizing Delivery Performance in Semiconductor Wafer Fabrication Facilities”, **In Proceedings of the 2000 Winter Simulation Conference**, 2000

附錄 (縮寫對照表)

1. AMHS: 為 Automated Material Handling Systems 的縮寫, 為自動化物料搬運系統, 其中該系統包括的有 OHS、OHT、AGV 等。
2. Auto CAD: Automatic Computer-Aided Design, 為一個可編繪整個 FAB Layout 的軟體
3. Auto-Mod: 為 Brooks 公司 (www.brooks.com) 所開發的工廠自動化派工模擬軟體, 目前所使用的版本為 Auto-Mod Version 11.0。
4. From-To Move: 為一 $n \times n$ 矩陣, 在此代表 Stocker to Stocker 間 load 的搬運量(次/小時), 此數據會依實際生產情形而有所調整。
5. Interbay: 工程間搬運系統, 執行 Bay 與 Bay 間的搬運, 是以橫跨全廠的環形軌道與各 Bay 前端的 Stocker 連接, 以達到全廠的晶圓搬運。
6. Intrabay: 工程內搬運系統, 執行單一 Bay 內的搬運, 是 Bay 內部機台與該 Bay 前端 Stocker 間的晶圓搬運。
7. LIMCarry01: 為模擬現實生產環境中 OHS 搬運系統內軌部份
8. LIMCarry02: 為模擬現實生產環境中 OHS 搬運系統外軌部份
9. OHS: 為 Overhead Shuttle 的縮寫, 用來搬運廠區內 Stocker to Stocker 間的物料搬運台車裝置。
10. PM: Preventive Maintenance
11. RTM: 為 Rotary Transfer Machine 的縮寫, 為 Stocker 與 Interbay 內外軌間傳輸的主要機構名稱。
12. SCU: 為 Station Control Unit 的縮寫, 它主要的功能可分成兩大部份, 其一為台車與軌道之間的通訊, 另一為控制軌道上之線性馬達, 來調整台車之方向。
13. CCU: Central Control Unit
14. CDC: Stocker Controller
15. CIM: Computer Integrated Manufacturing