



(19)中華民國智慧財產局

(12)發明說明書公告本

(11)證書號數：TW I794989 B

(45)公告日：中華民國 112 (2023) 年 03 月 01 日

(21)申請案號：110135341

(22)申請日：中華民國 110 (2021) 年 09 月 23 日

(51)Int. Cl. : **B25J9/18 (2006.01)****B25J13/08 (2006.01)**

(30)優先權：2020/09/23 美國

63/082,346

(71)申請人：美商靈巧公司(美國) DEXTERITY, INC. (US)

美國

(72)發明人：孫 周文 SUN, ZHOUWEN (CA)；梅農 薩米爾 MENON, SAMIR (IN)；查韋斯

凱文 何塞 CHAVEZ, KEVIN JOSE (US)；貝克 托比 倫納德 BAKER, TOBY

LEONARD (NZ)；湯德羅 大衛 利奧 三世 TONDREAU, DAVID LEO III

(US)；阮 安德魯 NGUYEN, ANDREW (US)；孫 庫斯伯特 SUN, CUTHBERT

(US)

(74)代理人：陳長文

(56)參考文獻：

CN 101770235A

CN 110099773A

CN 111052014A

審查人員：蔡文明

申請專利範圍項數：18 項 圖式數：10 共 55 頁

(54)名稱

基於速度控制的機器人系統、控制一機器人系統之方法、及體現於一非暫時性電腦可讀媒體之電腦程式產品

(57)摘要

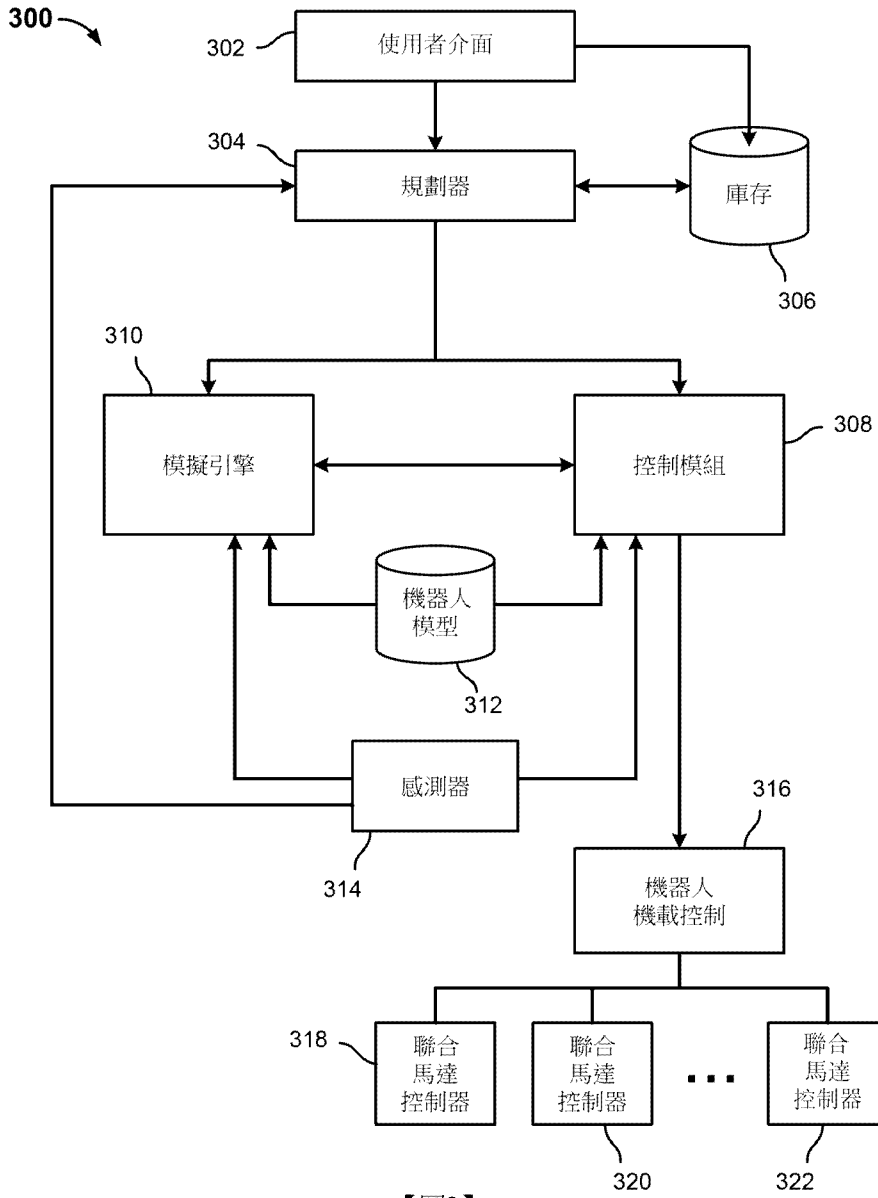
本發明揭示一種基於速度控制之機器人系統。在各種實施例中，接收來自部署於一機器人所在之一實體空間中之一或多個感測器的感測器資料。使用一處理器以至少部分基於該感測器資料來判定沿其移動構成該機器人之一元件之一至少部分基於速度之軌跡。將用於實施該基於速度之軌跡之一命令發送至該機器人。

A velocity control-based robotic system is disclosed. In various embodiments, sensor data is received from one or more sensors deployed in a physical space in which a robot is located. A processor is used to determine based at least in part on the sensor data an at least partly velocity-based trajectory along which to move an element comprising the robot. A command to implement the velocity-based trajectory is sent to the robot.

指定代表圖：

符號簡單說明：

- 300: 機器人控制系統
- 302: 使用者介面
- 304: 規劃器
- 306: 庫存資料庫
- 308: 控制模組
- 310: 模擬引擎
- 312: 機器人模型
- 314: 感測器
- 316: 機器人機載控制子系統
- 318: 馬達控制器
- 320: 馬達控制器
- 322: 馬達控制器



【圖3】



公告本

I794989

## 【發明摘要】

## 【中文發明名稱】

基於速度控制的機器人系統、控制一機器人系統之方法、及體現於一非暫時性電腦可讀媒體之電腦程式產品

## 【英文發明名稱】

VELOCITY CONTROL-BASED ROBOTIC SYSTEM, METHOD TO CONTROL A ROBOTIC SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT EMBODIED IN A NON-TRANSITORY COMPUTER READABLE MEDIUM

## 【中文】

本發明揭示一種基於速度控制之機器人系統。在各種實施例中，接收來自部署於一機器人所在之一實體空間中之一或多個感測器的感測器資料。使用一處理器以至少部分基於該感測器資料來判定沿其移動構成該機器人之一元件之一至少部分基於速度之軌跡。將用於實施該基於速度之軌跡之一命令發送至該機器人。

## 【英文】

A velocity control-based robotic system is disclosed. In various embodiments, sensor data is received from one or more sensors deployed in a physical space in which a robot is located. A processor is used to determine based at least in part on the sensor data an at least partly velocity-based trajectory along which to move an element comprising the robot. A command to implement the velocity-based trajectory is sent to the robot.

**【指定代表圖】**

圖3

**【代表圖之符號簡單說明】**

- 300: 機器人控制系統
- 302: 使用者介面
- 304: 規劃器
- 306: 庫存資料庫
- 308: 控制模組
- 310: 模擬引擎
- 312: 機器人模型
- 314: 感測器
- 316: 機器人機載控制子系統
- 318: 馬達控制器
- 320: 馬達控制器
- 322: 馬達控制器

## 【發明說明書】

### 【中文發明名稱】

基於速度控制的機器人系統、控制一機器人系統之方法、及體現於一非暫時性電腦可讀媒體之電腦程式產品

### 【英文發明名稱】

VELOCITY CONTROL-BASED ROBOTIC SYSTEM, METHOD TO CONTROL A ROBOTIC SYSTEM AND COMPUTER PROGRAM PRODUCT EMBODIED IN A NON-TRANSITORY COMPUTER READABLE MEDIUM

### 【技術領域】

【0001】 本發明係關於一種基於速度控制之機器人系統。

### 【先前技術】

【0002】 通常使用位置控制來控制機器人臂及其他機器人元件。一控制電腦判定期望一機器人臂或其他機器人元件(有時指稱「機器人」)之末端效應器自一當前/開始位置移動至其之(例如)三維空間中之一目標或目的地位置。構成機器人之電腦及/或軟體判定如何旋轉構成機器人之一或多個關節(例如，連接臂分段及/或將一基座分段安裝至一基座之關節)以引起重定位末端效應器。

【0003】 通常，機器人對驅動關節之馬達施加之扭矩越高，關節與關節被驅動至其之結束位置相距越遠。因此，機器人往往在相距較遠之點之間較快移動且在一軌跡越長時在軌跡之開始及結束處越快加速。在典型方法中，機器人控制電腦或其他控制系統不具有直接控制速度及/或加速度之能力。移動及較高速度及/或較快加速度在一些背景中會導致損壞已

使用機器人來抓取以放置於一目的地位置處之一物品。

**【0004】** 對一位置受控機器人之速度、加速度及其他較高階位置導數具有較粒度(若間接)控制之既有技術包含將一軌跡分解成一系列較小軌跡。然而，此一方法比一較連續、單一/較長軌跡方法增大複雜性及減小處理量。

**【0005】** 此外，難以使用一位置受控機器人來將一所要量(或不超過一所要最大值或極限)之力施加於不在運動中之一物體以(諸如)下壓位於一桌上之一物體。一個方法可為沿期望對其施加力之一軸指定一目的地位置(該目的地位置位於已知無法將物體移動至其之一位置(諸如在一桌或其他表面中或其下)中)以導致機器人與當前位置與假定目的地之間的距離成比例地施加力。然而，難以使用此一技術來控制力，且會歸因於關於機器人之末端效應器及/或物體之當前位置之不正確資訊而遇到錯誤。

#### **【發明內容】**

**【0006】** 本發明可依各種方式實施，其包含作為一程序；一設備；一系統；一物質組合物；一電腦程式產品，其體現於一電腦可讀儲存媒體上；及/或一處理器，諸如經組態以執行儲存於耦合至處理器之一記憶體上及/或由耦合至處理器之一記憶體提供之指令之一處理器。在本說明書中，此等實施方案或本發明可採取之任何其他形式可指稱技術。一般而言，可在本發明之範疇內更改所揭示之程序之步驟之順序。除非另有說明，否則描述為經組態以執行一任務之一組件(諸如一處理器或一記憶體)可實施為暫時經組態以在一給定時間執行任務之一通用組件或經製造以執行任務之一特定組件。如本文中所使用，術語「處理器」係指經組態以處理資料(諸如電腦程式指令)之一或多個裝置、電路及/或處理核心。

【0007】 下文將提供本發明之一或多個實施例之一詳細描述及繪示本發明之原理之附圖。本發明係結合此等實施例來描述，但本發明不受限於任何實施例。本發明之範疇僅受限於申請專利範圍且本發明涵蓋諸多替代、修改及等效物。以下描述中闡述諸多具體細節以提供本發明之一透徹理解。此等細節經提供用於例示且本發明可在無一些或所有此等具體細節之情況下根據申請專利範圍來實踐。為清楚起見，未詳細描述與本發明相關之技術領域中已知之技術材料以免不必要地使本發明不清楚。。

【0008】 揭示一種使用速度控制來操作一機器人臂或其他機器人之機器人系統。在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人控制系統藉由判定及發出命令以控制機器人移動之速度來控制一機器人。在一些實施例中，本文中所揭示之一系統包含一機器人臂或其他機器人，其允許控制系統(諸如)藉由控制操作構成一機器人臂之六個(或更多或更少個)關節之速度來更直接控制機器人移動之速度及/或加速度。在一些情況中，可經由末端效應器速度或速度控制之其他形式來控制一機器人。無論控制關節、末端效應器或機器人之其他機構之速度，結果係相同的且本發明之申請專利範圍同樣適用，因為僅需一簡單轉譯層。機器人回應於速度控制命令而依與自機器人控制系統接收之各自速度控制命令相關聯之位準將扭矩施加於各自關節處。例如，機器人可運算(例如)一特定關節之一命令速度與當前速度之間的一差/誤差且可施加經運算以減小或消除差/誤差之一扭矩。在一些實施例中，控制系統產生及發出更直接控制施加於機器人之各自關節處之扭矩(或電流，例如以amp為單位)之命令。如本文中所使用，術語「扭矩」可被視為可與「電流，例如以amp為單位」互換且參考「扭矩」意謂「扭矩或電流(例如以amp為單位)」。

**【0009】** 在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人控制系統使用機器人之一模型(例如，表示機器人之元件(例如，臂分段)、幾何形狀、能力等等)來判定速度或其他控制命令以控制機器人之操作。例如，模型在各種實施例中用於針對各關節判定提供至機器人以達成末端效應器之一所要速度、加速度等等之一速度、扭矩或其他命令或命令組。。

**【0010】** 在各種實施例中，機器人控制系統模擬機器人在其中機器人在操作(或將操作)之一工作空間/環境中之操作。系統使用模擬及來自工作空間之(實際及/或模擬)感測器讀數(諸如影像或其他資訊)來在一動態工作空間中判定末端效應器及/或一物品之一當前位置、一未來位置、一當前速度、一設計速度等等、源位置及/或目的地位置之一或多者，此一物品自一物品流或移動輸送機上之一位置(機器人抓取中之一物品放置於其中或自其抓取一物品)抓取。速度控制用於將機器人之一末端效應器移動至一源/目的地位置，其在一些實施例中可在移動。速度控制可用於判定用於攔截一移動物品或位置之一向量且經不斷更新以將末端效應器驅動至物品/位置及/或與物品/位置之速度匹配以(諸如)抓取運動中之一物品及/或將一抓取物品放置於一移動目的地位置上。在一些實施例中，根據模擬之機器人(例如，末端效應器)之一所要或預期速度與基於感測器資料所判定之一量測或觀察速度之間的一誤差(差)用於快速判定及即時發出命令以調整機器人之速度以匹配模擬。

### **【圖式簡單說明】**

**【0011】** 以下詳細描述及附圖中揭示本發明之各種實施例。

**【0012】** 圖1A係繪示使用速度控制之一機器人配組系統之一實施例

的一圖式。

【0013】 圖1B係繪示用於使用基於速度之控制來托板裝紮及/或解托板裝紮異質物品之一機器人系統之一實施例的一圖式。

【0014】 圖2係繪示使用速度控制之一機器人單體化系統之一實施例的一圖式。

【0015】 圖3係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。

【0016】 圖4係繪示用於控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。

【0017】 圖5A係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。

【0018】 圖5B係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。

【0019】 圖5C係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。

【0020】 圖6係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。

【0021】 圖7A係繪示用於判定及強加限制以控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。

【0022】 圖7B係繪示用於使用一估算力場來控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。

【0023】 圖8A係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。

【0024】 圖8B係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。

【0025】 圖8C係出於比較目的而繪示在控制一機器人系統中使用位置控制來改變目標及/或目的地之一實例的一圖式。

【0026】 圖8D係繪示在一機器人系統中使用本文中所揭示之速度控制來改變目標及/或目的地之一實例的一圖式。

【0027】 圖9A係繪示用於使用速度控制來轉向一新目標及/或目的地之一程序之一實施例的一流程圖。

【0028】 圖9B係繪示用於使用速度控制來合作使用兩個或更多個機器人以執行一任務之一程序之一實施例的一流程圖。

【0029】 圖10係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。

#### 【實施方式】

#### 【0030】

其他申請案之交叉參考

本申請案主張2020年9月23日申請之名稱為「VELOCITY CONTROL-BASED ROBOTIC SYSTEM」之美國臨時專利申請案第63/082,346號之優先權，該案在各方面以引用方式併入本文中。

【0031】 圖1A係繪示使用速度控制之一機器人配組系統之一實施例的一圖式。在所展示之實例中，配組系統100包含在一盒輸送機108旁邊配置成一排之一組配組機器102、104及106。一盒組裝機110組裝盒112、114且將其放置於輸送機108上。在各種實施例中，盒組裝機110可由配組系統100之其他元件控制及/或與配組系統100之其他元件通信以(例如)協

調/同步化盒大小選擇及將盒(例如，盒112、114)組裝及放置於輸送機108上之時序。

**【0032】** 在圖1A所展示之實例中，機器人臂116安裝於托架118上，托架118經組態以沿在與配組機器102、104及106對置之一側上安置於輸送機108旁邊且實質上平行於輸送機108之一軌條或其他線性導件120乘載。在各種實施例中，經由一控制器(圖1中未展示)來施加一馬達、皮帶、鏈條或其他動力源以沿軌條或導件120移動托架118及所附接之機器人臂116以促進自配組機器102、104及106自動擷取物品且在盒112、114沿輸送機108移動時將物品放置於盒112、114中。

**【0033】** 在所展示之實例中，在控制電腦122之控制下依一協調方式操作配組機器102、104及106、輸送機108、盒組裝機110及機器人臂116及/或托架118之一或多者之操作。在所展示之實例中，控制電腦122與各經組態以控制構成系統100之一對應元件(例如，配組機器102、104及106、輸送機108、盒組裝機110及機器人臂116及/或托架118)之操作之控制器(圖1中未展示)無線通信。儘管圖1中展示無線連接，但在各種實施例中可使用有線連接或有線及無線連接之一組合。

**【0034】** 在各種實施例中，控制電腦122 (例如)由運行於控制電腦122上之軟體組態以：接收與待擷取及包裝在一起之物品之一發票、訂單、部件清單、挑揀清單或其他清單相關聯之資料；判定用於履行擷取及包裝所需物品之一策略/規劃；及協調操作系統100之元件(例如，配組機器102、104及106、輸送機108、盒組裝機110及機器人臂116及/或托架118)以滿足(若干)要求。

**【0035】** 例如，在一些實施例中，控制電腦122經組態以接收待包

裝之物品之一清單。控制電腦122判定哪些物品與配組機器102、104及106之哪個相關聯且制定用於擷取及包裝物品之一規劃。控制電腦122控制盒組裝機110組裝一盒(例如, 112、114)且將其放在輸送機108上且控制輸送機108將盒推進至待裝載有一或多個物品之一位置。控制電腦122視需要控制托架118及/或機器人臂116以定位機器人臂116以自配組機器102、104及106之(若干)相關聯者擷取前一或多個物品。控制電腦122可控制配組機器102、104及106以(例如)確保所需數量之(若干)所需物品在最接近輸送機108及機器人臂116之配組機器102、104及106之端處出現於拾取區中。控制電腦122控制機器人臂116自(若干)對應拾取區擷取(若干)物品且在繼續前進之前將其放置於盒(例如, 112、114)中以執行協調擷取及包裝需要包含於該特定套組中之任何進一步物品。在擷取及包裝所有物品之後, 控制電腦122控制輸送機108將盒(例如, 112、114)推進至下一履行階段(圖1中未展示), 例如其中密封、標記及發送盒以用於運輸之一站台。

**【0036】** 進一步參考圖1A, 在所展示之實例中, 系統100包含經組態以擷取構成系統100之元件之視訊影像之一視訊攝影機124。攝影機124可為由控制電腦122用於控制構成系統100之元件之複數個感測器之一者。例如, 在所展示之實例中, 由攝影機124產生且發送至控制電腦122之視訊可由控制電腦122用於控制構成配組機器102、104及106之輸送帶之速度及/或方向以確保足夠且不過量數目個物品可用於拾取區中及/或定位或重定位物品以由機器人臂116擷取。另外, 攝影機124及/或其他攝影機可用於促進機器人臂116拾取一物品及/或將物品放置於其盒(例如, 112、114)中。在各種實施例中, 複數個攝影機可部署於諸多位置中(其包

含在環境中及在構成系統100之各自元件上)以促進自動(及視需要人為輔助)配組操作。在各種實施例中，可部署除攝影機之外的感測器，其包含(但不限於)接觸或限制開關、壓力感測器、重量感測器及其類似者。

**【0037】** 在各種實施例中，控制電腦122經程式化以至少部分基於機器人臂116及構成系統100之其他元件(例如，配組機器102、104及106、輸送機108、盒組裝機110及機器人臂116及/或托架118)之一模型來判定用於滿足一配組要求之一規劃。各種實施例中之各自模型反映每一各自元件之能力及限制。例如，配組機器102、104及106在此實施例中位於固定位置中，但各者具有能夠沿向前及向後方向及/或依不同速度移動之一輸送帶。另外，控制電腦122可使用結合初始化及/或組態所儲存之資訊(例如，哪些物品位於哪一(些)配組機器上之哪一(些)位置上、各配組機器及/或其相關聯拾取區定位於何處)來判定用於滿足一要求之一規劃。另外，控制電腦122可使用至少部分基於感測器資料(諸如由攝影機124擷取之視訊)所判定之資料來制定用於滿足一要求之一規劃。

**【0038】** 在各種實施例中，控制電腦122經組態以構想及/或更新或重構想用於滿足一要求之一規劃且藉由採用策略完成已程式化至控制電腦122中及/或由控制電腦122學習之(下)一任務或子任務來實施或試圖實施規劃。實施例包含(但不限於)用於基於一給定物品之屬性(剛性、脆性、形狀、定向等等)來使用機器人臂116拾取物品之策略。在一些實施例中，控制電腦122經程式化以使用一第一(例如，較佳或最佳)策略來試圖執行一任務(例如，由機器人臂116拾取一物品)且若其失敗，則判定及使用一可用替代策略(例如，使用機器人臂116來輕推物品接著再試一次，略向前及/或向後操作輸送機或配組機器(例如，102、104及106)之其他手段且再試

一次等等)。

**【0039】** 在圖1所展示之實例中，控制電腦122連接至由一人類操作者128操作之一隨選遙控操作裝置126。儘管在圖1中遙控操作裝置126由一人類操作者128操作，但在一些實施例中，遙控操作裝置126可由諸如一高度熟練機器人之一非人類操作者操作。在各種實施例中，控制電腦122經組態以至少部分基於控制電腦122之其不具有一可用策略來透過完全自動操作繼續/完成一配組操作及/或其一組成任務之一判定來調用隨選遙控操作。例如，一物品投落於機器人臂116無法自其擷取物品之一位置中；或一物品已在所規定之最大嘗試次數內被試圖拾取但未被成功擷取；等等。基於此一判定，控制電腦122將一警報或其他通信發送至隨選遙控操作裝置126以提示人類操作者128使用遙控操作裝置126來操作系統100之一或多個元件(例如，配組機器102、104及106、輸送機108、盒組裝機110及機器人臂116及/或托架118之一或多者)以至少執行系統100無法在控制電腦122之完全自動控制下完成之任務或子任務。

**【0040】** 在各種實施例中，控制電腦122使用本文中所揭示及下文將更完全描述之基於速度之控制來控制機器人臂116及/或托架118。

**【0041】** 圖1B係繪示用於使用基於速度之控制來托板裝紮及/或解托板裝紮異質物品之一機器人系統之一實施例的一圖式。在所展示之實例中，系統130包含一機器人臂132。在此實例中，機器人臂132係固定的，但在各種替代實施例中，機器人臂132可為完全或部分行動的，例如安裝於一軌條上、在一機動化底板上完全行動等等。如圖中所展示，機器人臂132用於自一輸送帶(或其他源) 134挑揀任意及/或不同物品且將其堆疊於一托板或其他容具136上。

【0042】 在所展示之實例中，機器人臂132配備有一吸力式末端效應器138。末端效應器138具有複數個吸盤140。機器人臂132用於將末端效應器138之吸盤140定位於待拾取之一物品上(如圖中所展示)，且一真空源提供用於抓取物品、將其自輸送機134提升且將其放置於容具136上之一目的地位置處之吸力。

【0043】 在各種實施例中，安裝於末端效應器138上之3D或其他攝影機142及安裝於其中部署機器人系統130之一空間中之攝影機144、146之一或多者用於產生影像資料，其用於識別輸送機134上之物品及/或判定用於抓取、挑揀/放置及將物品堆疊於容具136上之一規劃。在各種實施例中，圖中未展示之額外感測器(例如，體現於輸送機134及/或機器人臂132中及/或相鄰於輸送機134及/或機器人臂132之重量或力感測器、吸盤140之x-y平面及/或z方向(垂直方向)中之力感測器等等)可用於識別輸送機134及/或物品可(例如)由系統130定位及/或重定位於其中之其他源及/或暫存區上之物品、判定物品之屬性、抓取物品、拾取物品、透過一判定軌跡來移動物品及/或將物品放置於容具136上或容具136中之一目的地位置中。

【0044】 進一步參考圖1B，在所展示之實例中，系統130包含一控制電腦148，其經組態以在此實例中經由無線通信(但在各種實施例中以有線及無線通信之一者或兩者)來與諸如機器人臂132、輸送機134、效應器138及感測器(諸如攝影機142、144及146及/或圖1B中未展示之重量、力及/或其他感測器)之元件通信。在各種實施例中，控制電腦148經組態以使用來自感測器(諸如攝影機142、144及146及/或圖1B中未展示之重量、力及/或其他感測器)之輸入來觀看、識別及判定待裝載至容具136中及/或自容具136卸載之物品之一或多個屬性。在各種實施例中，控制電腦148

使用儲存於控制電腦148上及/或控制電腦148可存取之一庫中之物品模型資料來基於影像及/或其他感測器資料識別一物品及/或其屬性。控制電腦148使用對應於一物品之一模型來判定及實施用於將物品及其他物品堆疊於一目的地(諸如容具136)中/上之一規劃。在各種實施例中，物品屬性及/或模型用於判定用於抓取、移動一物品且將其放置於一目的地位置(例如，判定將物品放置於其中之一判定位置)中之一策略作為用於將物品堆疊於容具136中/上之一規劃/重規劃程序之部分。

**【0045】** 在所展示之實例中，控制電腦148連接至一「隨選」遙控操作裝置152。在一些實施例中，若控制電腦148無法依一完全自動模式進行(例如，用於抓取、移動及放置一物品之一策略依使得控制電腦148不具有用於依一完全自動模式完成挑揀及放置物品之一策略之一方式無法判定及/或失敗)，則控制電腦148提示一人類使用者154 (例如)藉由使用遙控操作裝置152操作機器人臂132及/或末端效應器138以抓取、移動及放置物品來介入。

**【0046】** 在各種實施例中，控制電腦148使用本文中所揭示及下文將更完全描述之基於速度之控制來控制機器人臂132。

**【0047】** 圖2係繪示使用速度控制之一機器人單體化系統之一實施例的一圖式。在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統可包含用於執行單體化/誘導(例如，自一滑槽或其他供應或攝入源擷取物品且將其單獨各放置於一輸送機或其他輸出或目的地結構上之一對應位置上)之一或多個機器人臂。

**【0048】** 在圖2所展示之實例中，系統200包含配備有一基於吸力之末端效應器204之一機器人臂202。儘管在所展示之實例中末端效應器204

係一基於吸力之末端效應器，但在各種實施例中，一或多種其他類型之末端效應器(其包含(但不限於)一基於捏持之末端效應器或其他類型之致動夾持器)可用於本文中所揭示之一單體化系統中。在各種實施例中，末端效應器可由吸力、氣壓、氣動、液壓或其他致動之一或多者致動。機器人臂202及末端效應器204經組態以用於擷取經由滑槽或倉206所到達之包裹或其他物品且將各物品放置於分段輸送機208上之一對應位置中。在此實施例中，將物品自一攝入端210饋送至滑槽206中。例如，一或多個人類及/或機器人工作者可直接或經由一輸送機或經組態以將物品饋送至滑槽206中之其他機電結構將物品饋送至滑槽206之攝入端210中。

**【0049】** 在所展示之實施例中，機器人臂202、末端效應器204及輸送機208之一或多者由控制電腦212協調操作。在各種實施例中，控制電腦212包含一視覺系統，其用於基於由影像感測器(其在此實施例中包含3D攝影機214及216)提供之影像資料來辨別個別物品及各物品之定向。視覺系統產生由機器人系統用於判定用於抓取個別物品且將各物品放置於用於機器識別及分選之一對應可用界定位置(諸如分段輸送機208之一分割區段)中之策略之輸出。

**【0050】** 進一步參考圖2，在所展示之實施例中，系統200進一步包含一隨選遙控操作裝置218，其可由一人類工作者220用於藉由遙控操作來操作機器人臂202、末端效應器204及輸送機208之一或多者。在一些實施例中，控制電腦212經組態以試圖依一完全自動模式抓取及放置物品。然而，若控制電腦212在試圖依完全自動模式操作之後判定其不具有可用於抓取一或多個物品之(進一步)策略，則在各種實施例中，控制電腦212發送一警報以經由遙控操作(例如，由人類操作者220使用遙控操作裝置218)

來獲得來自一人類操作者之輔助。

【0051】 在各種實施例中，控制電腦212使用本文中所揭示及下文將更完全描述之基於速度之控制來控制機器人臂202。

【0052】 如由圖1A、圖1B及圖2中所展示之實例所繪示，在諸多應用中，一機器人周圍之世界及環境可持續不斷地改變。例如，輸送帶可能意外停止或開始或可能依一意外速度操作。環境中之一人可能依一意外方式移動物品或使流中斷，抑或環境中之一或多個機器人或其他手段可能必須停止或減速以確保存在於環境中之一人之安全。待移動或否則由一機器人操縱之物品可能在一雜亂堆或物品流中，且物品可能歸因於挑揀及放置其他物品、一自動饋送系統之動作等等而使其位置及/或定向移位。

【0053】 在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統持續即時處理使用各種感測器(諸如編碼器、攝影機、閘/鎖存器、力感測器及現場匯流排信號)所擷取之資訊。機器人系統動態及適應性控制機器人依附於改變之約束、新目標、連續信號伺服、其他使用者輸入等等。每一運動係不同的且即時產生。在各種實施例中，本文中所揭示之基於速度之控制用於在不增加損壞機器人、由機器人處置之物品及其中部署機器人之環境中之其他機器人或結構之風險之情況下快速回應於改變之狀況及要求。

【0054】 在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人控制系統至少部分藉由持續不斷地模擬機器人且即時產生系統想要真實機器人依循之準確運動(例如，機器人關節之位置、速度、加速度)來快速適應改變之狀況。

【0055】 圖3係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。在各種實施例中，圖3之機器人控制系統300至少部分由一控制

電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在所展示之實例中，經由一使用者介面302(例如，一使用者介面模組或運行於構成經組態以經由一圖形、基於文本、基於組態檔案或其他介面來呈現及接收使用者輸入之一電腦(例如，電腦122、148、212)之一處理器上之程式碼)來接收使用者輸入。在各種實施例中，使用者介面302經組態以接收：待執行之一或多個高階目標(諸如一組運輸發票、貨單或待組裝至各自容器或套組中之物品及數量之其他清單)之一指示，如圖1A中所展示之實例；將經由一輸送工具或其他源或結構所接收之一組特定物品及/或若干物品堆疊於一托板或其他容具上之指示，如圖1B；及/或將物品自一指示源放置於一分段輸送機或其他目的地上之指示，如圖2。在各種實施例中，可經由使用者介面302來接收庫存及/或指示待由系統操縱之物品之庫存或其他源之類型、數量、位置及/或其他屬性之其他資訊。

**【0056】** 在圖3所展示之實例中，將經由使用者介面302所接收之高階目標及其他輸入資訊提供至規劃器304。在各種實施例中，規劃器304包括一或多個軟體組件，其等經組態以至少部分基於經由使用者介面302所接收之(若干)高階目標及儲存於庫存資料庫(或檔案或其他資料儲存)306中之庫存及/或其他組態及初始化資訊來產生用於完成高階目標之一高階規劃。

**【0057】** 在此實例中，規劃器304將高階規劃提供至一控制模組308及模擬引擎310。在各種實施例中，規劃器304及/或控制模組308包含一或多個排程器，其等用於排程特定機器人手段(例如，機器人臂)執行一序列特定任務(例如，抓取物品A、B及C且將其等移動至目的地容具R；或自滑槽A抓取物品且將其等單獨各放置於分段輸送機C之一分段部分中；等

等)及/或子任務(例如，抓取物品A)以使系統能夠經由完全自動操作朝向達成高階目標取得進展。

**【0058】** 在各種實施例中，控制模組308經組態以使用本文中所揭示之基於速度之控制來執行機器人操作。例如，為執行抓取一物品A且將其移動至一目的地D之一任務，在各種實施例中，控制模組308判定至少部分基於速度之一軌跡以(例如)將一末端效應器(吸力式或鉗/指式夾持器)移動至一位置以抓取物品A及/或將已抓取物品A之末端效應器移動至目的地D。在各種實施例中，軌跡包含沿及/或根據其移動末端效應器之一序列一或多個速度向量(例如，三維空間中之量值/速度及方向)。軌跡可指示一或多個階段或分段之各組之所要速度(量值及方向)及/或可針對各分段及/或分段之間各轉變指示一所要及/或最大加速率及/或其他較高階位置導數(例如，加加速度等等)。

**【0059】** 在各種實施例中，控制模組308使用待控制之(若干)機器人之一模型312來判定一組控制命令，其將被發送至機器人以引起依/以構成控制模組308已判定移動末端效應器之軌跡之速度移動末端效應器(或構成機器人之其他元件)。在各種實施例中，控制模組308使用由感測器314產生及提供之影像或其他資訊來判定及實施軌跡且快速回應於機器人在其中工作之環境之改變，諸如：在由機器人移動或待由機器人移動之一物品及/或空間中之其他物品之狀態或狀況之意外改變；空間中之其他機器人之位置、狀態及移動；存在於空間中之人類工作者之位置；及機器人及/或構成由控制模組308控制之機器人之元件之實際觀察移動。

**【0060】** 在各種實施例中，控制模組308將命令發送至機器人機載控制子系統316以實施一判定軌跡。機器人機載控制子系統316繼而針對

各特定關節或機器人之其他運動元件將命令發送至一對應關節(或其他)馬達控制器，諸如馬達控制器318、320及322之一或多者。馬達控制器(例如，318、320及322)回應於來自機器人機載控制子系統316之命令而在一規定/指示持續時間內(例如，在命令中所指示之一時間內或直至命令結束)依與一所要扭矩相關聯之一位準將電流供應至一相關聯受控馬達。在一些實施例中，機器人機載控制子系統316將一組命令或其他控制信號發送至各馬達控制器318、320及322以各在一對應持續時間內循序施加一系列扭矩以引起關節協調旋轉以使末端效應器及/或機器人之其他操作元件根據判定軌跡移動通過空間。

**【0061】** 在各種實施例中，模擬引擎310使用自規劃器304接收之輸入、由控制模組308產生之控制信號、機器人模型312及來自感測器314之感測器資料之一或多者來連續模擬機器人之操作。例如，來自控制模組308之扭矩相關命令及機器人模型312可用於模擬機器人之所得移動。來自感測器314之資料在模擬中可用於估計及反映空間中之物品(諸如由機器人抓取之一物品)之屬性。在各種實施例中，控制模組308比較(例如)機器人之末端效應器或其他元件之觀察速度與由模擬引擎310產生之對應預期/模擬速度。若觀察速度偏離預期(模擬)速度，則判定一校正且控制模組308將相關聯命令發送至機器人機載控制子系統316以實施校正。

**【0062】** 在各種實施例中，將由感測器314產生之感測器資料提供至規劃器304。在一些實施例中，規劃器304經組態以連續監測感測器資料以基於基於感測器資料所觀察之狀況來判定是否更新由規劃器304產生之一規劃。例如，若一物品已被投落或未如/依預期到達工作空間中，則可產生考量該資訊之一更新規劃。

**【0063】** 在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統執行適應性/智慧型軌跡產生，其能夠控制較高導數(速度及加速度)而非僅機器人及/或構成機器人之元件之位置。當試圖準確地依循一即時運動規劃時，系統使用速度及/或加速度控制來非常準確地依循模擬機器人以使系統能夠對改變之環境更快速地作出反應。若不使用本文中所揭示之速度及加速度追蹤，則真實(未模擬)機器人將落後於所要路徑/位置(例如，由模擬所判定)。若所要位置不再改變，則真實機器人在一些實施例中可(僅)使用位置控制來最終非常準確地到達所要位置。但若所要位置在改變，則真實機器人無法僅使用位置控制來有效地動態追蹤路徑；因此，在各種實施例中使用速度及/或加速度控制。在各種實施例中，速度及加速度追蹤允許機器人在無需等待一大位置誤差之情況下立即知道何時及如何加速以允許準確追蹤此等較高導數(即，速度、加速度等等)。

**【0064】** 圖4係繪示用於控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。在各種實施例中，圖4之程序400由一控制電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在所展示之實例中，在402中接收感測器資料且在404中使用感測器資料來更新當前/觀察狀態，例如：視情況地機器人及其相關構成元件(其包含末端效應器)之位置、姿勢、速度及加速度；視情況地工作空間中之物品(諸如待由機器人抓取及移動之物品)之位置、姿勢、速度及加速度；視情況地目的地容具(諸如一容器或一輸送帶上之分段)之各自位置、速度及加速度；及視情況地存在於工作空間中之結構或潛在危險狀況(諸如一人類工作者)之位置、速度及加速度。

**【0065】** 在406中，比較末端效應器(或其他元件)之一觀察速度與根

據一模擬(例如，在圖3所展示之實例中藉由模擬引擎310)之對應預期速度之間的一差。在各種實施例中，可比較觀察位置、加速度、加加速度等等與由模擬所判定之對應預期值。在各種實施例中，基於402中所接收之影像及/或其他感測器資料來判定觀察速度等等。

**【0066】** 在408中，運算至少部分基於406中所判定之差所判定之一軌跡及/或軌跡調整。在410中，判定一組一或多個命令且將其提供至機器人以消除一觀察速度與由模擬所指示之預期速度之間的一差。處理繼續直至完成(412)，例如，已完成所有任務。

**【0067】** 在各種實施例中，各種實施例中所實施及使用之速度控制提供以下之一或多者：

- 使用速度控制之運動之快速及適應性改變：
  - 機器人可歸因於移位物體等等而決定在任何秒更改運動方向
  - 例如，在滑槽上或沿一輸送機移動之滑動包裝；使用速度控制，機器人快速調適以轉向一新包裝以挑揀或攔截及挑揀一移動包裝
- 使用位置控制，將目標自機器人前面快速改變至機器人後面引起加加速度、物體投落、不利於機器人硬體、可能拋出誤差
- 在各種實施例中，較高導數控制用於使機器人平滑減速及切換方向，但鑑於對物體/機器人之限制而儘可能快速以減少循環時間
- 本文中所揭示之控制系統準確知道如何減速及改變方向及加速，但無法在不使用本文中所揭示之速度/加速度控制之情況下命令機器人這樣做

**【0068】** 在各種實施例中使用本文中所揭示之速度控制來實施時間最佳演算法以達成以下之一或多者：

- 使用本文中所揭示之速度控制所實現之受控減速及加速在各種實施例中用於判定及實施用於完成一組高階任務之一時間最佳方法以最佳達成一總體目標。

- 例如，在各種實施例中，當固持一物體時，本文中所揭示之一系統即時計算可施加於物體上之最大加速度/減速度以防止損壞、失控等等

- 此等限制可能歸因於來自真空壓力感測器之連續讀數、物體之重量、所固持之定向、視域等等而改變方向及量值

- 在各種實施例中，機器人及/或控制系統使用速度控制來準確限制運動及施加於物體上之力

- 僅使用位置控制，不能保證或無法「控制」此等加速度

- 因此，當僅使用位置控制時，一控制系統將需要額外保守地嚴格受制於此等限制以損害循環時間及機器人之速度

**【0069】** 在各種實施例中，使用本文中所揭示之速度控制來實施機器學習引導視覺伺服(例如，基於影像感測器及視覺系統之自動機器人控制)以執行以下之一或多者：

- 機器人像一個人一樣地藉由觀看環境及自當前狀態及所要狀態感測偏移來調整其位置、夾持、力(包裝一物體之緊度、手應直接在一物體上以抓取等等)

- 在各種實施例中，本文中所揭示之一系統不是自一個視覺快照直接告訴機器人一次做什麼，而是不斷調整至機器人之其控制命令以確保動作成功

- 此等調整通常基於「差量( $\Delta$ )」：例如，作出調整以彌補所要視

覺狀態(例如，模擬指示速度)與當前視覺狀態(例如，觀察速度)之間  
的間隙

○在各種實施例中，使用速度控制來彌補此等差量( $\Delta$ )；僅位置控制係不夠的，因為系統不知道在0階導數(位置)上要行進多遠，僅知道其需要沿一特定方向(1階導數)移動直至誤差係0

**【0070】** 在各種實施例中，使用本文中所揭示之速度控制來實施基於狀態之軌跡，例如以下：

●在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統使用速度控制來克服與使用一機器人相關聯之挑戰以執行一高度動態環境中之任務，諸如需要皮帶追蹤之應用、移動物體挑揀及放置及來自歸因於人類互動、碰撞避免之擾動之反應等等

●在各種實施例中，本文中所揭示之一系統可使用速度控制來實施基於狀態(或其他時變)之軌跡

●基於狀態之軌跡係由環境及機器人(機器人當前位置、輸送帶位置及速度等等)之狀態而非時間引導之運動。

●在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統持續工作以達成依據當前狀態而變化之一特定狀態

○然而，達成此狀態通常不像將一所要位置設定為該狀態一樣簡單，機器人通常無法如此快速移動且經受上文所強調之約束，諸如夾持品質

○本文中所揭示之一機器人控制系統產生(例如，機器人之一)運動，其(諸如)藉由使用速度控制以沿位置、速度及加速度之一非常特定軌跡導引機器人之一移動來獲得一所要狀態，其更完全體現「運

動」之界定，而非僅改變位置

○在各種實施例中，使用速度(及/或其他較高導數)控制來依循上述一軌跡(例如，在(例如)速度及/或加速度方面而非僅位置)以達成一所要狀態及運動，諸如由模擬判定之一運動/軌跡

●例如，追蹤一皮帶(皮帶在依一速度移動)，且皮帶槽處於一(不斷改變)位置

○機器人需要(例如)追蹤及依循一移動皮帶槽，使夾持器維持直接位於槽上方及挑揀或放置物體

○速度控制使本文中所揭示之一機器人系統能夠在無任何位置落後之情況下準確追蹤皮帶之位置及速度兩者

**【0071】** 在各種實施例中，使用本文中所揭示之速度控制來實施智慧型力控制，例如以下：

●(僅)透過位置控制來控制機器人上之力需要使用位置誤差作為力之一指標

●透過本文中所揭示之較高導數(位置/加速度)來控制力允許一較緊力循環以增加力控制頻寬及延時

●因為力與馬達電流直接相關(位置係用於調變電流之一較差方式)，所以一機器人控制系統不先驗地知道需要多大之一位置誤差來施加一特定力

○系統具有之導數控制越高，判定一關節將施加多大力之能力越好

■1)使用速度控制，真實機器人更易於依循模擬機器人及模擬機器人想要施加之力

■2)速度係位置不變的，因此，儘管位置控制之任何誤差影響僅

使用位置控制所實施之力控制，但使用本文中所揭示之速度控制使控制系統能夠在無關於位置準確度之情況下更直接影響自機器人施加之力

- 使用位置控制來間接控制力，機器人(例如，末端效應器)相對於物品及/或環境(例如，桌、地面或物品靜置於其上之其他表面)之一位置誤差會導致沿一向量而非所要向量施加一力，而速度控制使所要移動之向量及因此施加力之方向能夠在無關於位置之情況下直接指定/控制。
- 透過速度控制所實施之力控制解鎖機器人更快速調適以操縱環境及/或存在於環境中之物體之能力
  - 當某物往回推時或當接觸一表面時，速度控制比位置控制快得多地反應
  - 托板裝紮盒，例如圖1B中所展示：
    - 例如，將不同盒或其他物品組裝於一托板上之層中(諸如)用於運輸
    - 使用速度控制，本文中所揭示之一系統可在不壓壞一盒之情況下對放置一盒快速作出反應以允許系統更快移動及更立刻反應

**【0072】** 圖5A係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。在實例性環境及系統500中，抓取一物體504之一末端效應器502 (例如，安裝於一機器人臂(圖5A中未展示)之遠端/操作端處)經分派任務以將物體504放置於一容具508中。若容具508係固定的，則系統可使用位置控制來將末端效應器502及物體504移動至容具508上方之一靜態位置(例如，所展示之實例中之點506)且釋放物體504以

將其放置於容具508中。然而，如圖中所展示，在此實例中，容具508在依由向量510表示之一速度向右(如圖中所展示)移動。儘管位置控制可用於將效應器502及物體504移動至容具508之一預測未來位置上方之一預測目標位置，但該方法會導致誤差或損壞(例如，若預測位置偏離一足夠量)以導致物體504無法成功放置至容具508中。

**【0073】** 在各種實施例中，本文中所揭示之一機器人系統使用速度控制來更快速及準確地將物體504放置至移動容具508中。例如，在一些實施例中，本文中所揭示之一機器人控制系統將觀察及判定容具508之速度510且將經由本文中所揭示之速度控制來運算及實施用於攔截及接著與容具508平行地移動之一軌跡以能夠將物體504成功地放置至容具508中，因為兩者繼續依速度510移動。

**【0074】** 圖5B係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。在圖5B所展示之實例520中，期望將點A 522處之一末端效應器(圖中未展示)移動至相對於一目標(諸如將一物體放置至其中或自其擷取一物體之一容具)(圖中未展示)之一點B 524。如圖中所展示，歸因於與點B 524及B' 526相關聯之物體/容具依由向量528表示之一速度向右(如圖中所展示)移動，目標將在由點A 522表示之末端效應器可移動至位置中時移動至一新位置點B' 526。如由圖5B之右側上之向量圖所展示，在各種實施例中，本文中所揭示之速度控制用於判定一速度向量530以在位置B' 526處攔截目標以導致由向量532表示之相對運動。在各種實施例中，軌跡或一後續軌跡接著可包含匹配目標速度528之一速度，使末端效應器能夠與目標平行地移動直至可視情況釋放或抓取物品。

**【0075】** 圖5C係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之

速度控制之一實例的一圖式。在所展示之實例中，比較一觀察速度542(例如，基於感測器資料所運算)與一對應模擬速度540以判定一差544。在各種實施例中，本文中所揭示之速度控制系統判定及提供經計算以消除(減小至零)模擬速度540與觀察速度542之間的差544之一速度控制信號。

**【0076】** 圖6係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。在所展示之實例中，控制系統600包含一控制模組602，其經組態以至少部分藉由判定包含一基於速度之組分之一軌跡及經由介面提供與經運算以實施判定軌跡之扭矩相關聯之控制信號來實施本文中所揭示之基於速度之控制。此實例中之基於扭矩之控制信號604可由一第一類型之連接器606轉譯以產生位置控制信號以控制一傳統位置受控機器人608在可能範圍內及/或依可能方式實施判定軌跡。類似地，基於扭矩之控制信號604可由一第二類型之連接器610轉譯以產生速度控制信號以控制一速度受控機器人612更直接實施判定軌跡。最後，在此實例中，基於扭矩之控制信號604可提供至一扭矩控制機器人614且由其直接實施。

**【0077】** 在其中控制一扭矩控制機器人(諸如扭矩控制機器人614)之一些實施例中，系統無需執行上述模擬以判定(例如，末端效應器之)一模擬或預期速度，因為機器人之扭矩控制命令直接映射至扭矩控制機器人614之扭矩命令且僅基於機器人模型(例如，圖3之模型312)來更可靠地判定所得速度。

**【0078】** 在各種實施例中，機器人控制類型(例如，位置、速度、扭矩)不可知架構(諸如圖6之系統600)能夠視需要在具有或不具有一連接器之情況下使用一單一控制模組602來控制不同類型之機器人，例如，608、612及614。

**【0079】** 圖7A係繪示用於判定及強加限制以控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。在各種實施例中，圖7A之程序700由一控制電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在所展示之實例中，702中所接收之感測器資料用於在704中判定對速度、加速度、加加速度等等之適用限制以避免損壞。例如，702中所接收之影像、重量或其他感測器資料可用於判定由機器人抓取之一物體之沉重、脆性或剛性程度或可影響機器人抓取物體或將能夠抓取物體之牢固程度之其他屬性。可(諸如)藉由監測與一吸力夾持器相關聯之壓力或氣流或監測或估計剪力來主動監測抓取以自機器人之抓取偵測一物品之實際或潛在/即將發生之滑移。可使用感測器資料來(例如)依類型或類比(基於體積、重量等等)將物體分類，且可基於分類來判定應用限制(例如，對速度或其他較高階位置導數)。在706中，實施及執行704中所判定之限制。例如，經判定以執行本文中所揭示之基於速度之控制之一軌跡可由控制系統考量704中所判定之限制來判定。例如，可判定一軌跡，其確保末端效應器在所有時間保持低於704中所判定之一速度限制。處理如所描述(702、704、706)般繼續直至完成(708)，例如，直至物體不再由系統移動。

**【0080】** 圖7B係繪示用於使用一估算力場來控制一機器人系統之一程序之一實施例的一流程圖。在各種實施例中，圖7B之程序720由一控制電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在各種實施例中，程序720可用於避免或最小化一機器人元件(諸如一末端效應器)與構成或相關聯於機器人之一結構(諸如圖1A所展示之實例中之托架118或軌條120)或另一結構或危險(諸如圖1A所展示之實例中之人類工作者128或盒組裝機110)碰撞之風險。

【0081】 在所展示之實例中，系統在722中偵測到一受控機器人元件(諸如一末端效應器)接近應避免與其接觸/碰撞之一結構、物體、手段及/或個人。在724中，計算一估算斥力。在各種實施例中，所計算之估算斥力隨著受控元件越靠近/變得越靠近應避免與其接觸之物體等等而增大。在726中，依考量724中所判定之估算斥力之一方式判定速度及/或軌跡。在各種實施例中，本文中所揭示之一基於速度之機器人控制系統判定及實施考量上述估算斥力之軌跡。例如，可判定一軌跡，其基於模擬來確保估算斥力不會超過一規定臨限值。

【0082】 圖8A係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。在所展示之系統及環境800中，固持一物體804之一末端效應器802在依一第一速度806向右(如圖中所展示)移動朝向此實例中之一第一容具808。例如，在發生一觀察或命令改變之後，系統即可判定代以沿相反於速度806之行進方向將物體804放置於一第二容具810中。

【0083】 圖8B係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例中之速度控制之一實例的一圖式。在所展示之狀態中，為將物體804移動至第二容具810而非第一容具808，已將末端效應器改變至沿與向量812相關聯之方向移動。

【0084】 圖8A及圖8B提供繪示使用位置控制及速度控制來動態回應於一狀況(例如，目的地位置之改變)之間的一差之一實例，如各種實施例中所實施。在一典型基於位置控制之機器人系統中，導致沿一相反或否則實質上不同方向移動至一目的地之一期望之一目的地改變通常會導致末端效應器快速(幾乎瞬時)減速且接著沿相反方向快速加速。此外，末端效

應器與新目標/目的地相距越遠，位置受控機器人會越激烈地加速及/或加速至一更高速度。方向之快速及幾乎瞬時改變會損壞由機器人抓取之物體及/或導致機器人無法抓取物體。相比而言，各種實施例中所實施之速度控制用於實施包含至沿新方向行進之一更受控轉變之一軌跡，例如，由所展示之實施例中之向量812表示之方向及速度。

【0085】圖8C係出於比較目的而繪示在控制一機器人系統中使用位置控制來改變目標及/或目的地之一實施例的一圖式。在所展示之實施例中，曲線圖840展示改變目標/目的地(如圖8A及圖8B中所展示之實施例)之一位置受控機器人之隨時間之速度。如所繪示，末端效應器依速度 $v_1$  (例如，圖8A中所展示之向量806)移動且在時間 $t_1$  (由虛線846表示)以相反於速度 $v_1$ 之方向及大於速度 $v_1$  842之量值幾乎瞬時改變至一速度 $v_2$  844。

【0086】圖8D係繪示在一機器人系統中使用本文中所揭示之速度控制來改變目標及/或目的地之一實施例的一圖式。在所展示之實施例中，曲線圖860展示改變目標/目的地(如圖8A及圖8B中所展示之實施例)之本文中所揭示之一速度受控機器人之隨時間之速度。如圖8C中所展示之實施例，末端效應器首先依速度 $v_1$  862移動，接著在時間 $t_1$  866接收一指示以改變至一新目標/目的地。本文中所揭示之速度控制實現經由速度控制來判定及實施以在時間 $t_1$  866與時間 $t_2$  868之間轉變至新速度 $v_2$  864之一軌跡。在圖8D中放大 $t_1$ 與 $t_2$ 之間的時間以繪示速度控制能夠在無突然移動或潛在過量加速度或速度之情況下實施方向改變之要點，因為提供與末端效應器速度更直接相關聯之命令。

【0087】圖9A係繪示用於使用速度控制來轉向一新目標及/或目的地之一程序之一實施例的一流程圖。在各種實施例中，圖9A之程序900由

一控制電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在所展示之實例中，在902中接收改變目標/目的地之一指示。在904中，運算包含一速度、加速度等等之用於到達新目標/目的地之一軌跡，其意在轉變至用於到達/攔截新目標/目的地之一向量(速度)。例如，軌跡可包含用於逐漸減速之一第一階段且接著沿朝向新目標/目的地之一方向依一受控方式加速。在906中，實施所判定之軌跡。

**【0088】** 圖9B係繪示用於使用速度控制來合作使用兩個或更多個機器人以執行一任務之一程序之一實施例的一流程圖。在各種實施例中，圖9B之程序920由一控制電腦(諸如圖1A之電腦122、圖1B之電腦148及/或圖2之電腦212)實施。在所展示之實例中，系統在922中判定使用兩個或更多個機器人來抓取一物體。例如，可判定使用兩個機器人來抓取及移動容納物品之一托盤、托板或其他容具，例如各機器人在對置側/端上推動且接著同步提升及移動容具以將容具放置於一目的地位置處。

**【0089】** 在924中，判定及實施用於使用機器人來抓取物體之一策略，例如，各機器人將一運算或否則判定正常力施加於指定機器人接合之一側或結構。在926中，使用速度控制來同步移動機器人，各機器人在所有時間依相同速度以使所有機器人在其等一起將物品(例如，容具)移動至目的地時維持與物品接合。

**【0090】** 在各種實施例中，速度控制促進使用多個機器人來協調/同步移動一物品，其係部分由於速度係位置無關的。例如，可控制兩個機器人沿直接相反方向按壓，即使不精確知道物體或機器人之一或兩者之位置。在一位置受控系統中，甚至一小位置誤差會導致沿一不正確方向施加力。

【0091】 在各種實施例中，使用速度控制來實施多機器人協作，如下：

- 使用經由本文中所揭示之速度控制所達成之改良力控制，機器人可以較高頻寬更有效地協作

- 實現雙機器人對環境/硬體異常快速作出反應之能力

- 例如，當一或多個機器人歸因於較差硬體或路徑中之障礙物而突然減速時，一或多個其他機器人歸因於速度控制而立即反應以立刻減速、遵守一反力或否則在無需等待位置誤差增長之情況下調適

- 由多個機器人夾持(例如，由各機器人自對置側施加一力)之物體不會被壓壞且經受物體上之較小衝擊以保持產品品質

【0092】 圖10係繪示一基於速度控制之機器人系統之一實施例的一方塊圖。在所展示之實例中，控制模組或子系統1000包含一控制堆疊1002，其經組態以產生基於速度之控制信號/命令1004，如上文所描述。比較由模擬1006產生之一預期/模擬速度 $V_{sim}$ 與基於來自感測器1008之資料所判定之一觀察/實際速度 $V_{observed}$ 以產生速度誤差/差1010 (例如，圖5C之差544)。在一第一階段中及/或基於一第一時脈或取樣頻率，控制堆疊使用速度誤差/差1010及控制堆疊1002之速度控制層來判定及提供控制信號1004以試圖最小化或消除誤差/差1010。在一第二階段中(例如，隨著一目標或目的地變得接近)及/或基於頻率小於第一時脈或取樣頻率之一第二時脈或取樣頻率，控制堆疊1002使用自感測器1008接收及/或基於自感測器1008接收之影像或其他資料所判定之位置資訊1012來在控制堆疊1002中之速度控制層上方之一位置控制層中比較以調整及/或判定用於到達目標或目的地之一最終軌跡，其包含藉由產生及提供進一步控制信號

1004以實施經調整及/或最終軌跡。

**【0093】** 可在各種實施例中使用本文中所揭示之技術以依一更精確、高效及靈活性/適應性方式控制一或多個機器人以能夠甚至在高度動態環境中更安全及高效地使用機器人。

**【0094】** 儘管已為了清楚理解而相當詳細地描述上述實施例，但本發明不受限於所提供之細節。存在實施本發明之諸多替代方式。所揭示之實施例係說明性而非限制性的。

**【符號說明】**

**【0095】**

100:配組系統

102:配組機器

104:配組機器

106:配組機器

108:盒輸送機

110:盒組裝機

112:盒

114:盒

116:機器人臂

118:托架

120:導件/軌條

122:控制電腦

124:攝影機

126:隨選遙控操作裝置

128:人類操作者  
130:機器人系統  
132:機器人臂  
134:輸送帶/輸送機  
136:容具  
138:末端效應器  
140:吸盤  
142:攝影機  
144:攝影機  
146:攝影機  
148:控制電腦  
152:遙控操作裝置  
154:人類使用者  
200:系統  
202:機器人臂  
204:末端效應器  
206:滑槽/倉  
208:分段輸送機  
210:攝入端  
212:控制電腦  
214:3D攝影機  
216:3D攝影機  
218:隨選遙控操作裝置

220:人類工作者/人類操作者  
300:機器人控制系統  
302:使用者介面  
304:規劃器  
306:庫存資料庫  
308:控制模組  
310:模擬引擎  
312:機器人模型  
314:感測器  
316:機器人機載控制子系統  
318:馬達控制器  
320:馬達控制器  
322:馬達控制器  
400:程序  
402:接收感測器資料  
404:更新當前/觀察狀態  
406:判定觀察狀態與模擬(所要)狀態之間的差  
408:運算(經調整)基於狀態之軌跡以消除差  
410:判定控制信號且將其發送至機器人以實施軌跡  
412:完成?  
500:系統  
502:末端效應器  
504:物體

506:點  
508:容具  
510:向量速度  
520:實例  
522:點A  
524:點B  
526:新位置點B'  
528:向量/速度  
530:速度向量  
532:向量  
540:模擬速度  
542:觀察速度  
544:差  
600:控制系統  
602:控制模組  
604:基於扭矩之控制信號  
606:連接器  
608:位置受控機器人  
610:連接器  
612:速度受控機器人  
614:扭矩控制機器人  
700:程序  
702:接收感測器資料

704:判定速度、加速度、加加速度等等之限制以避免損壞

706:實施及執行限制

708:完成？

720:程序

722:偵測接近

724:計算估算斥力

726:在考量斥力之情況下調整速度及/或軌跡

728:完成？

800:系統及環境

802:末端效應器

804:物體

806:第一速度/向量

808:第一容具

810:第二容具

812:向量

840:曲線圖

844:速度 $v_2$

846:虛線

860:曲線圖

862:速度 $v_1$

864:新速度 $v_2$

866:時間 $t_1$

868:時間 $t_2$

900:程序

902:接收改變目標/目的地之指示

904:運算包含一速度、加速度等等之軌跡，其意在轉變至朝向新目標/目的地之一向量

906:實施軌跡

920:程序

922:判定使用兩個或更多個機器人來抓取一物體

924:判定及實施用於依所要正常力在機器人之間抓取物體之一策略

926:使用速度控制來移動物體以維持正常力

1000:控制模組/子系統

1002:控制堆疊

1004:控制信號/命令

1006:模擬

1008:感測器

1010:速度誤差/差

1012:位置資訊

A:點

B:點

B':點

$t_1$ :時間

$t_2$ :時間

$V_1$ :速度

$V_2$ :新速度

$V_{\text{observed}}$ : 觀察/實際速度

$V_{\text{sim}}$ : 預期/模擬速度

$V_{\text{simulated}}$ : 預期/模擬速度

## 【發明申請專利範圍】

### 【請求項1】

一種機器人系統，其包括：

一通信介面；及

一處理器，其耦合至該通信介面且經組態以：

經由該通信介面接收來自部署於一機器人所在之一實體空間中之  
一或多個感測器的感測器資料；

至少部分基於該感測器資料來判定沿其移動構成該機器人之一元  
件之一至少部分基於速度之軌跡；及

經由該通信介面來將一命令發送至該機器人以實施該基於速度之  
軌跡；

其中該處理器經組態以模擬在該機器人所在之該實體空間中之該  
機器人之操作，該處理器經進一步經組態以至少部分藉由比較構成  
該機器人之該元件之一觀察速度與根據該機器人之該模擬操作之該  
元件之一對應模擬速度來判定該至少部分基於速度之軌跡。

### 【請求項2】

如請求項1之系統，其中該感測器資料包含影像感測器資料。

### 【請求項3】

如請求項1之系統，其中該通信介面包括一無線介面。

### 【請求項4】

如請求項1之系統，其中構成該機器人之該元件包括一末端效應器。

### 【請求項5】

如請求項1之系統，其中該處理器進一步經組態以在判定該至少部分

基於速度之軌跡時至少部分基於當前由構成該機器人之該元件抓取之一物體之一屬性來判定包含一速度限制及一加速度限制之一或多者之一組限制且執行該組限制。

**【請求項6】**

如請求項1之系統，其中該命令包含與待施加於與該命令相關聯之一關節處以達成該至少部分基於速度之軌跡之一運算扭矩相關聯之一基於扭矩之命令。

**【請求項7】**

如請求項1之系統，其中該處理器進一步經組態以至少部分基於與該機器人所在之該實體空間中之一物品或結構相關聯之一估算斥力來判定該至少部分基於速度之軌跡。

**【請求項8】**

如請求項7之系統，其中該物品或結構包含以下之一或多者：構成該機器人之一底板或其他結構、供該機器人及該底板之一或多者經組態以乘載於其上之一軌條或其他結構、存在於該機器人所在之該實體空間中之一第一機器人及存在於該機器人所在之該實體空間中之一固定結構。

**【請求項9】**

如請求項1之系統，其中該處理器經組態以接收自與一第一基於速度之軌跡相關聯之一第一任務轉向一第二任務之一指示且判定及實施一第二基於速度之軌跡以執行該第二任務。

**【請求項10】**

如請求項9之系統，其中該處理器經組態以將自沿構成該第一基於速度之軌跡之一第一方向移動該元件至與該第二任務相關聯之一第二方向之

一軌跡之一基於速度之轉變包含於該第二基於速度之軌跡中。

**【請求項11】**

如請求項1之系統，其中該機器人包括一第一機器人且該處理器經組態以使用該第一機器人及一第二機器人來抓取一物體且使用速度控制來同步移動該第一機器人及該第二機器人以將該物體移動至一目的地位置。

**【請求項12】**

如請求項1之系統，其中該處理器經組態以判定及使用該元件之一預期位置與至少部分基於該感測器資料所判定之一觀察位置之間的一位置誤差或差以判定及實施對至少部分基於速度之軌跡之一調整。

**【請求項13】**

一種控制一機器人系統之方法，其包括：

接收來自部署於一機器人所在之一實體空間中之一或多個感測器的感測器資料；

使用一處理器至少部分基於該感測器資料來判定沿其移動構成該機器人之一元件之一至少部分基於速度之軌跡；及

經由一通信介面來將一命令發送至該機器人以實施該基於速度之軌跡；

其中該處理器經組態以模擬在該機器人所在之該實體空間中之該機器人之操作，該處理器經進一步經組態以至少部分藉由比較構成該機器人之該元件之一觀察速度與根據該機器人之該模擬操作之該元件之一對應模擬速度來判定該至少部分基於速度之軌跡。

**【請求項14】**

如請求項13之方法，其進一步包括使用一處理器來模擬該機器人所

在之該實體空間中之該機器人之操作。

**【請求項15】**

如請求項14之方法，其中至少部分藉由比較構成該機器人之該元件之一觀察速度與根據該機器人之該模擬操作之該元件之一對應模擬速度來判定該至少部分基於速度之軌跡。

**【請求項16】**

如請求項15之方法，其進一步包括在判定該至少部分基於速度之軌跡時至少部分基於當前由構成該機器人之該元件抓取之一物體之一屬性來判定包含一速度限制及一加速度限制之一或多者之一組限制及使用一處理器來執行該組限制。

**【請求項17】**

一種電腦程式產品，其體現於一非暫時性電腦可讀媒體中且包括用於以下各者之電腦指令：

接收來自部署於一機器人所在之一實體空間中之一或多個感測器的感測器資料；

至少部分基於該感測器資料使用一處理器來判定沿其移動構成該機器人之該元件之一至少部分基於速度之軌跡；及

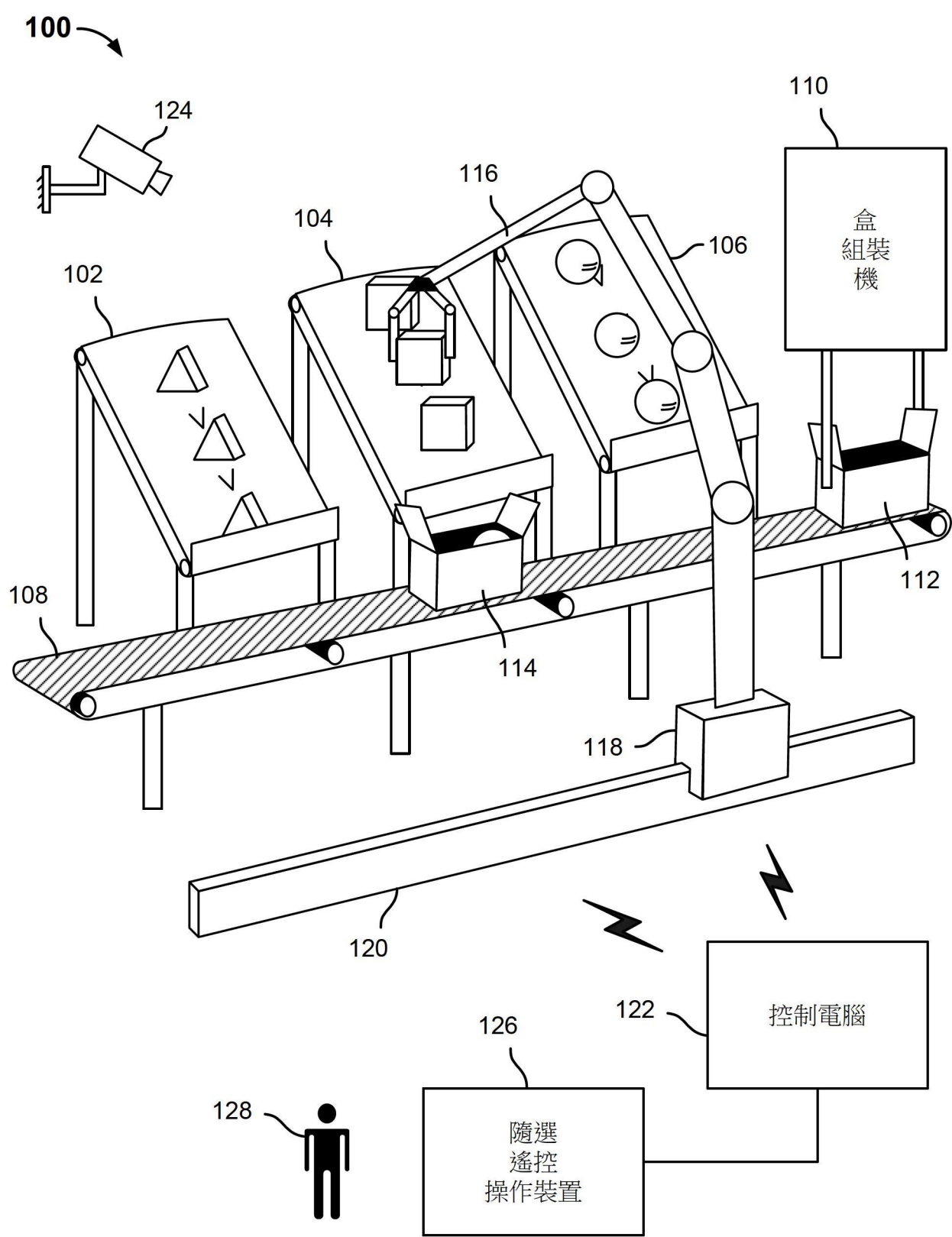
經由一通信介面來將一命令發送至該機器人以實施該基於速度之軌跡；

其中該處理器經組態以模擬在該機器人所在之該實體空間中之該機器人之操作，該處理器經進一步經組態以至少部分藉由比較構成該機器人之該元件之一觀察速度與根據該機器人之該模擬操作之該元件之一對應模擬速度來判定該至少部分基於速度之軌跡。

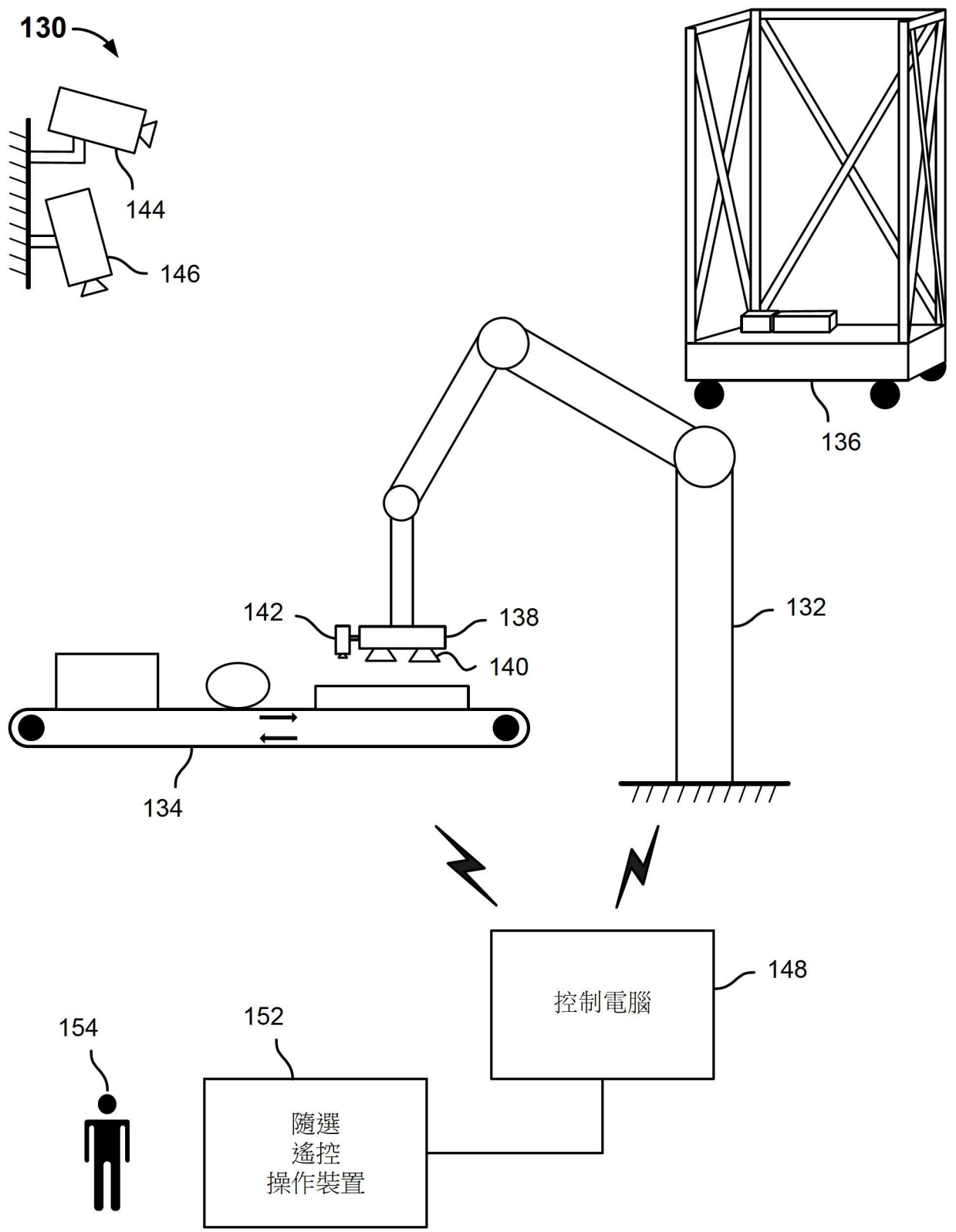
**【請求項18】**

如請求項17之電腦程式產品，其進一步包括用於模擬該機器人所在之該實體空間中之該機器人之操作之電腦指令。

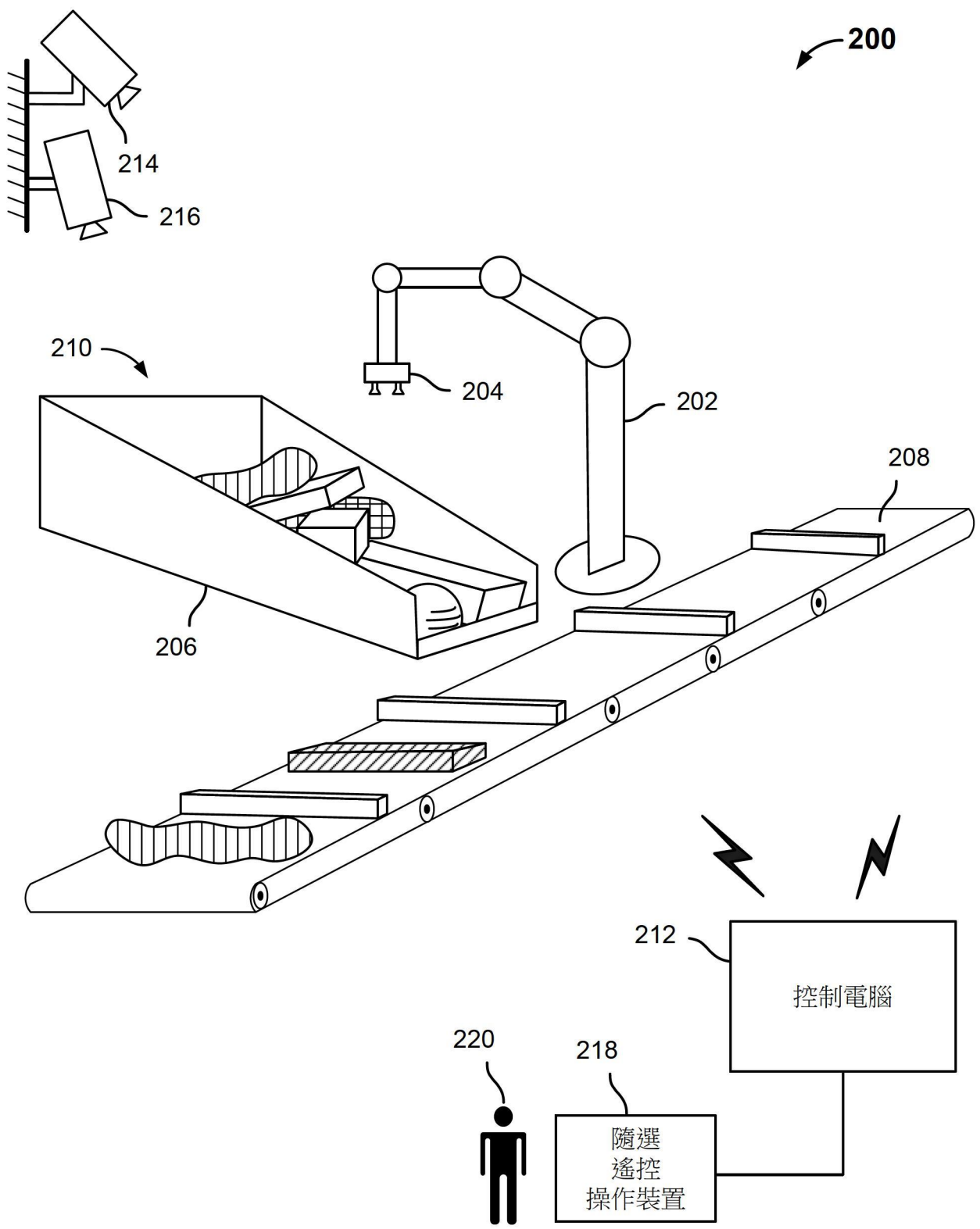
【發明圖式】



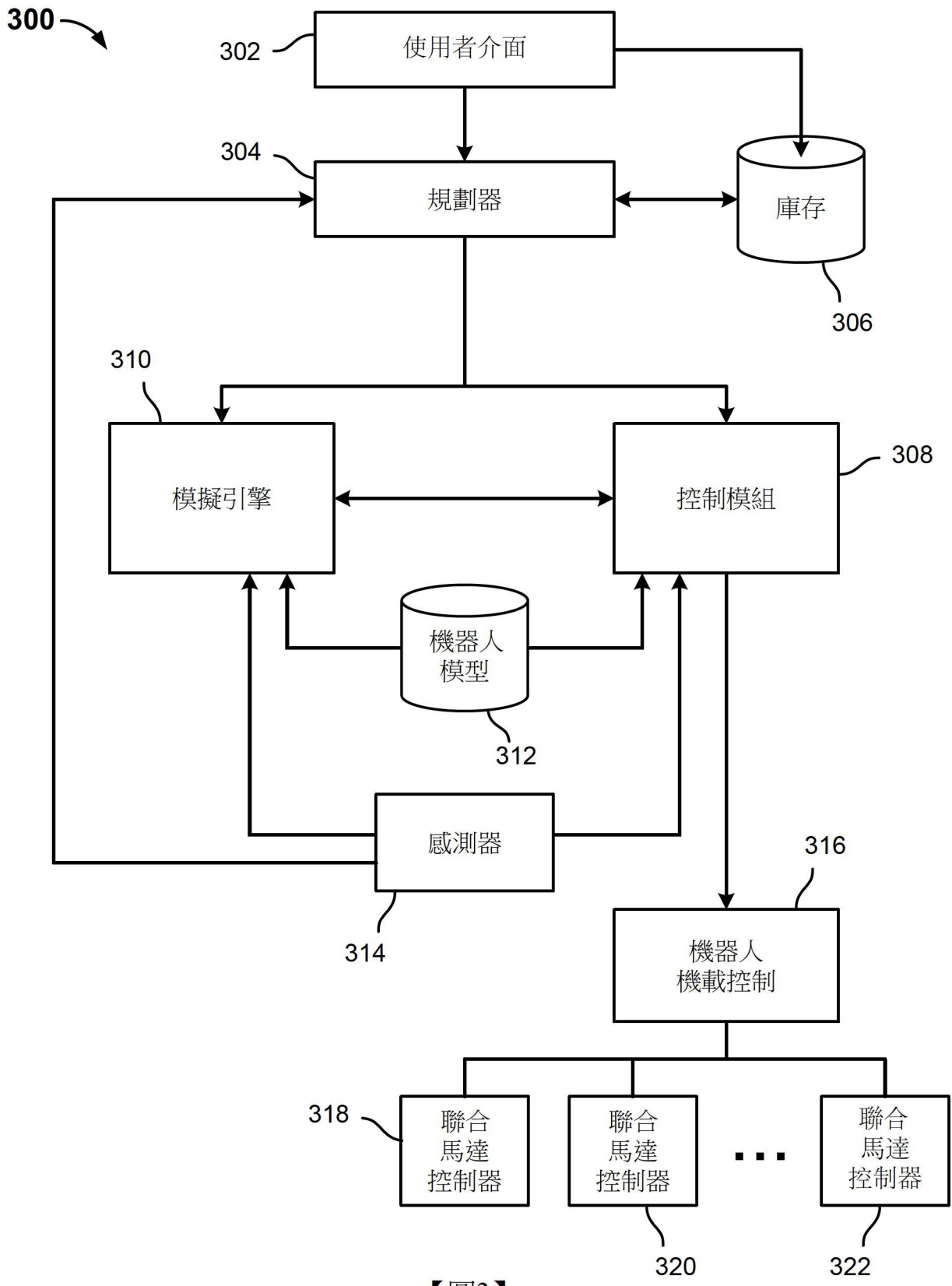
【圖1A】



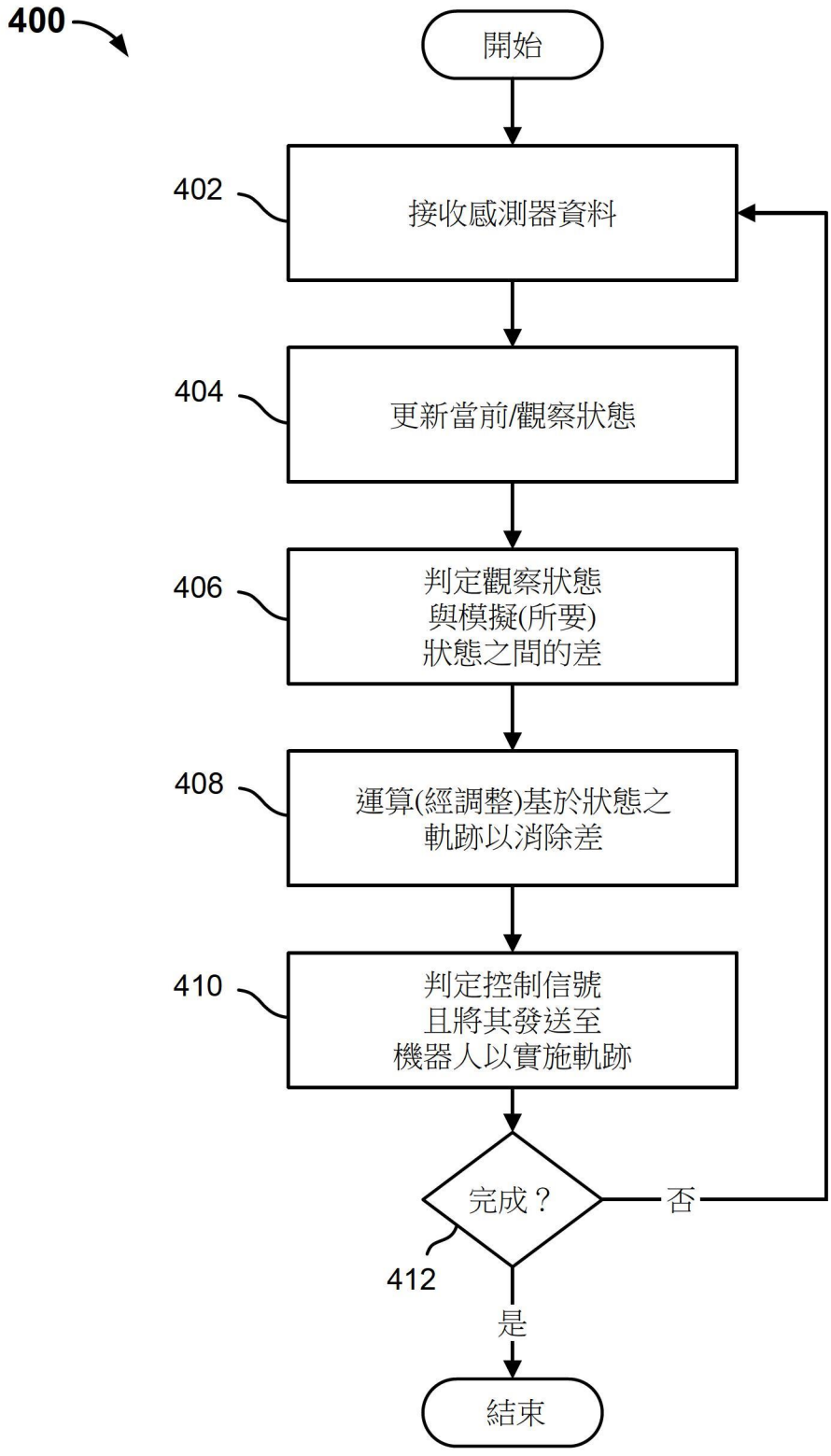
【圖1B】



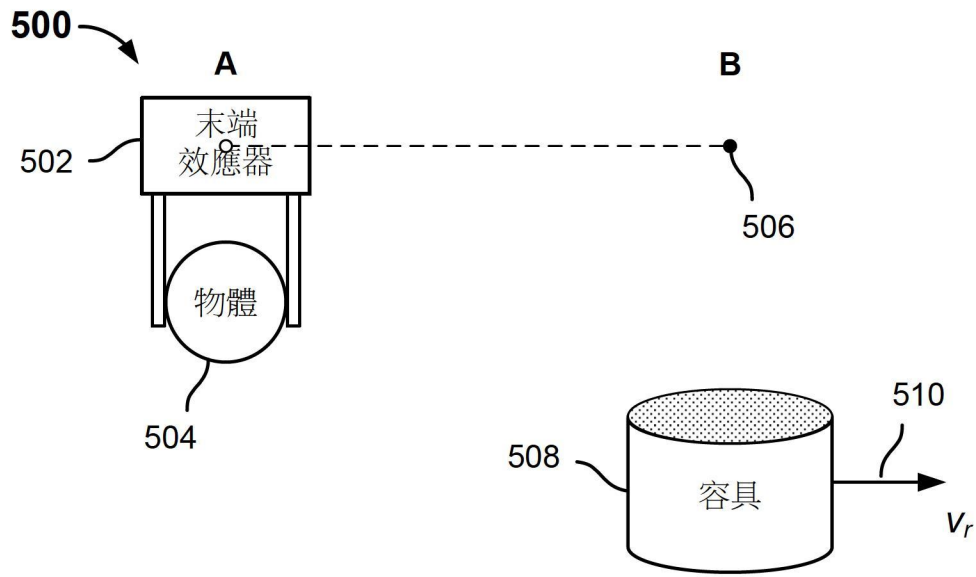
【圖2】



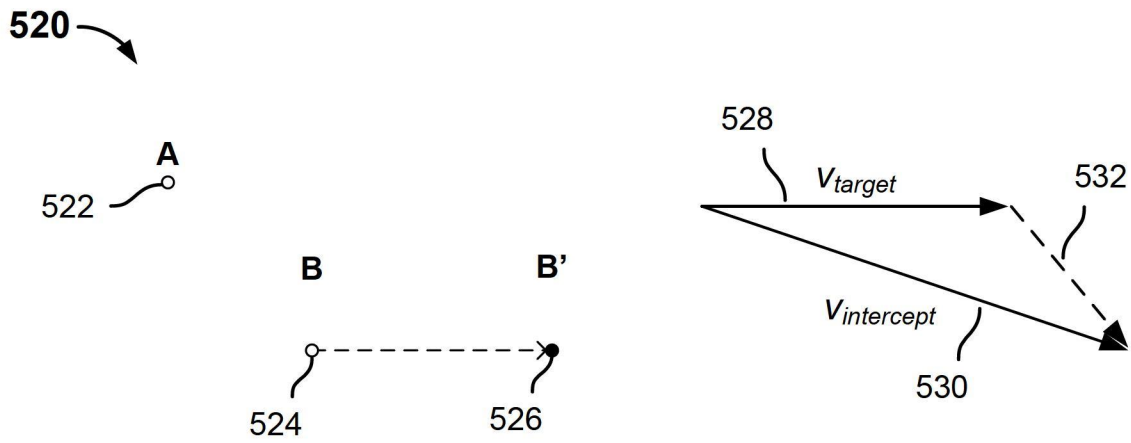
【圖3】



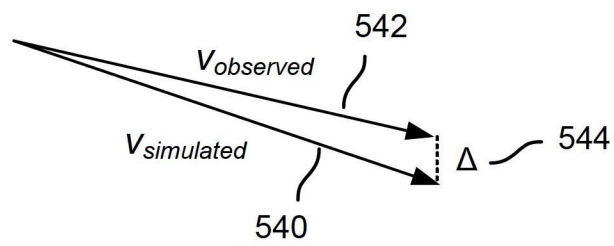
【圖4】



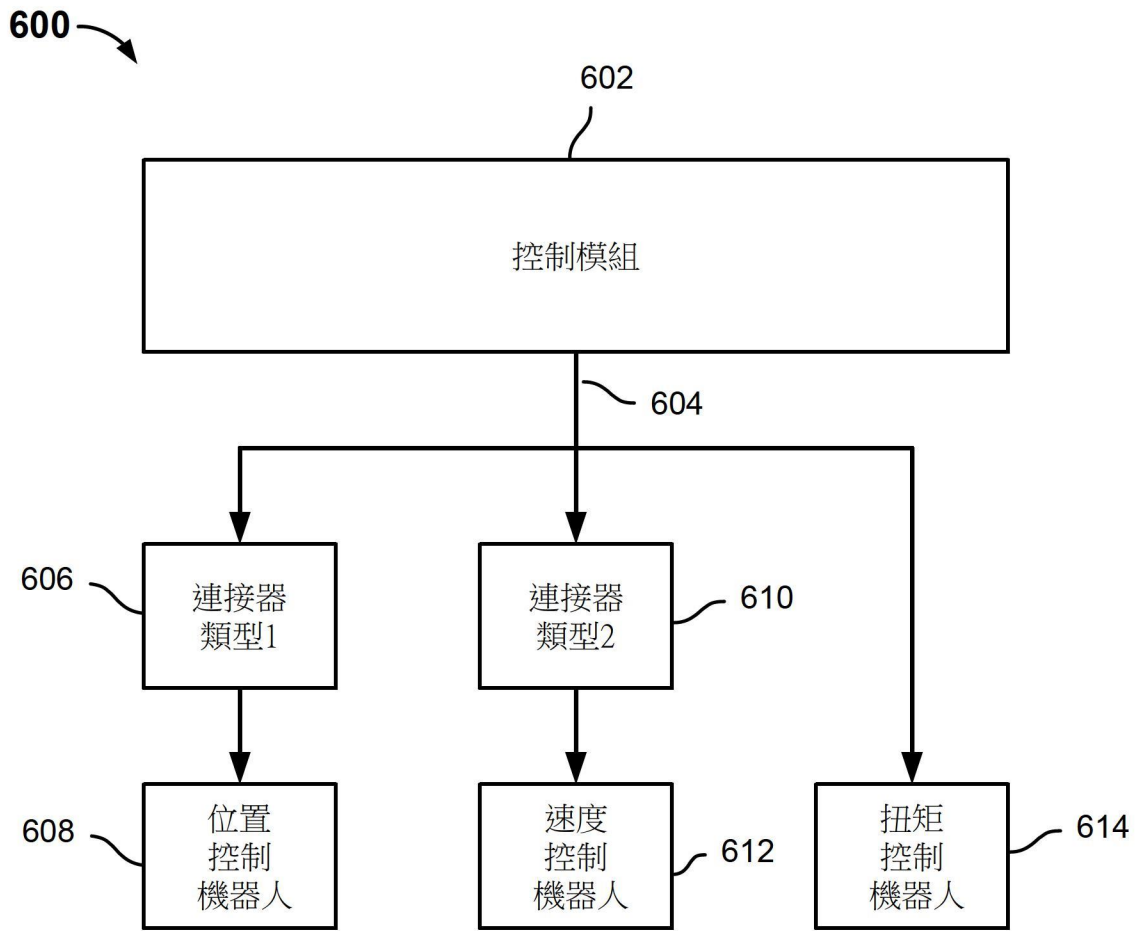
【圖5A】



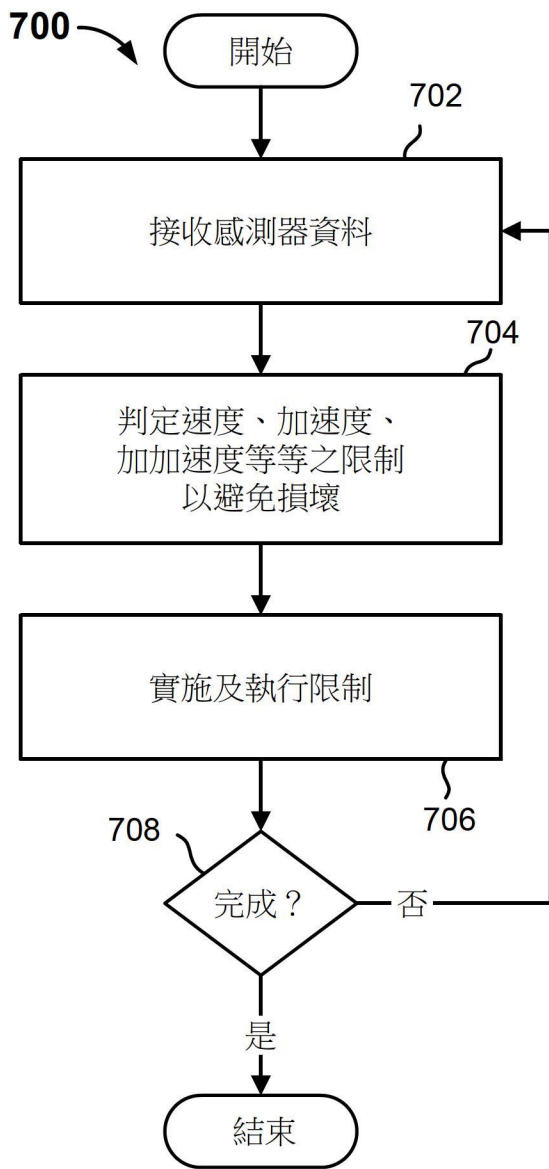
【圖5B】



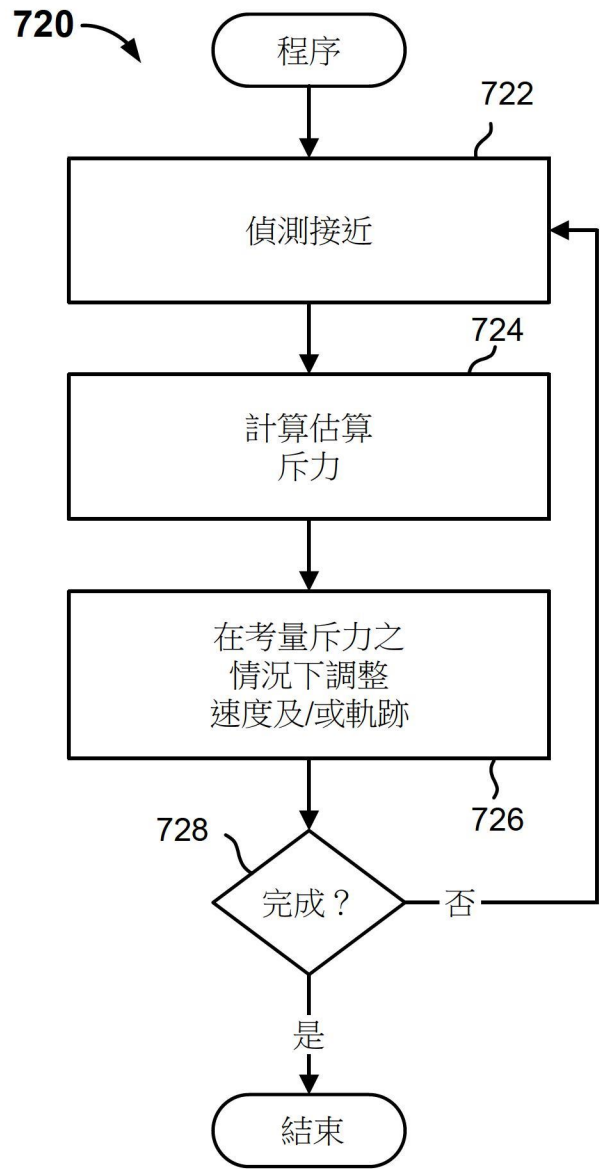
【圖5C】



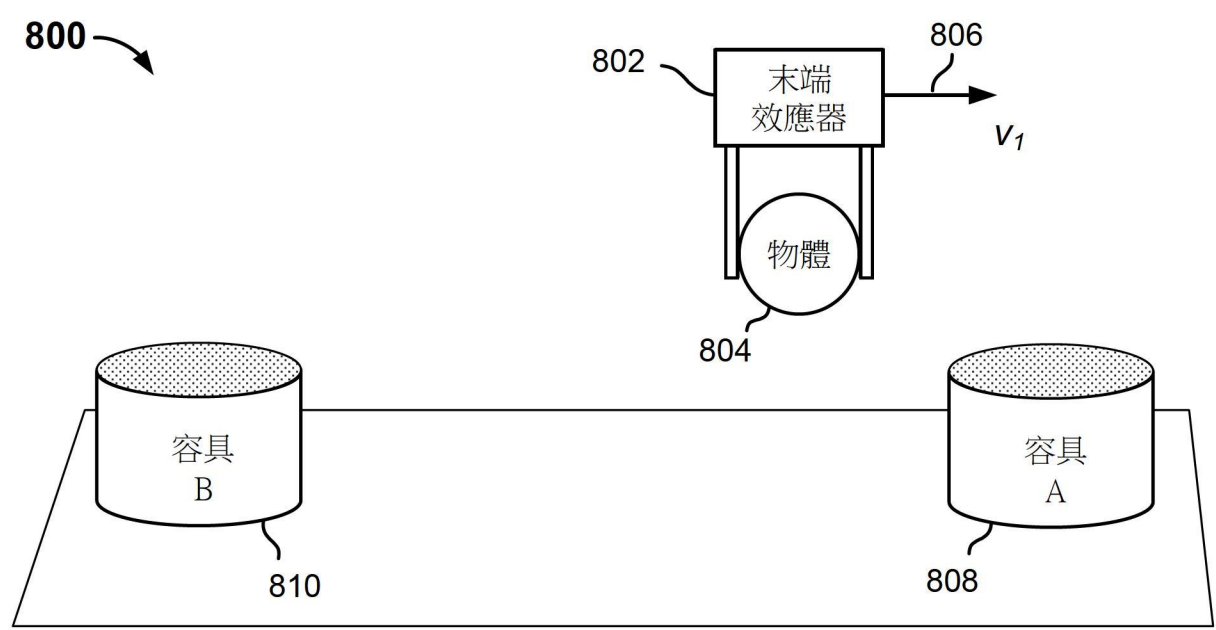
【圖6】



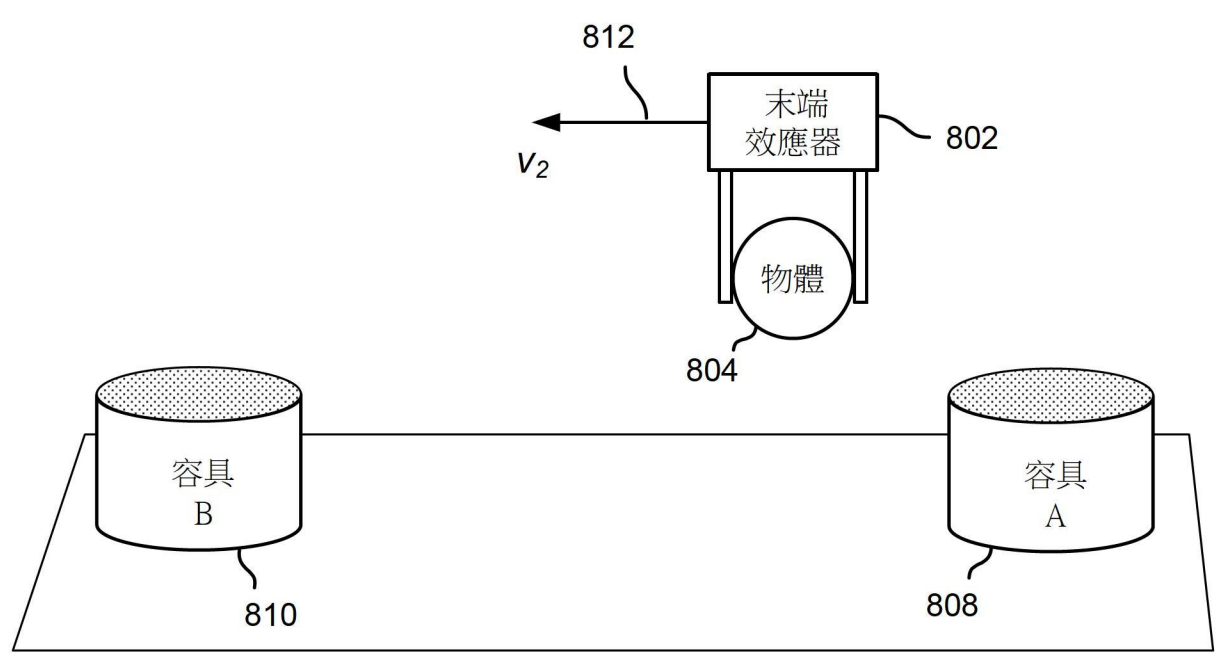
【圖7A】



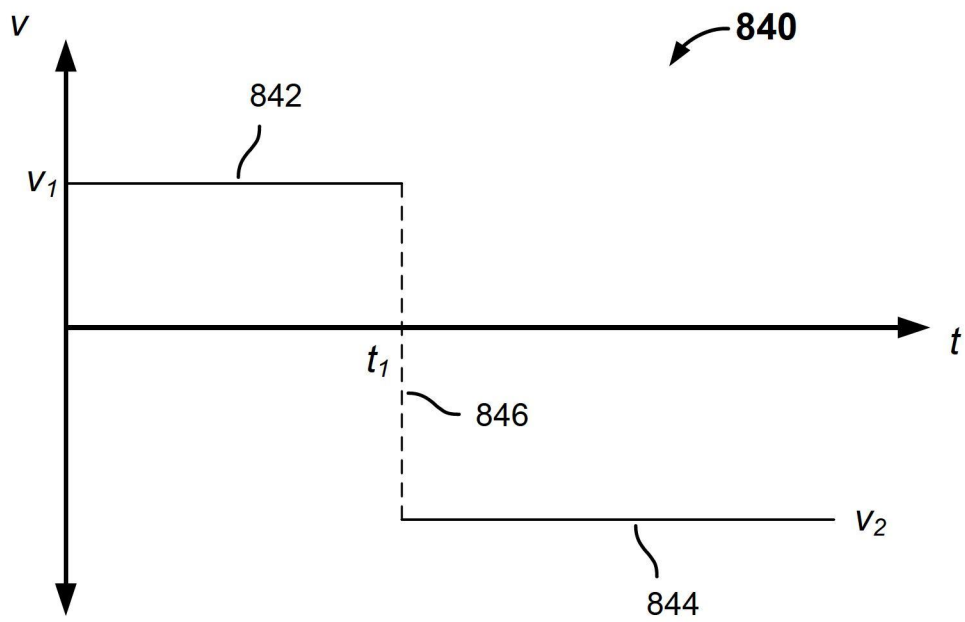
【圖7B】



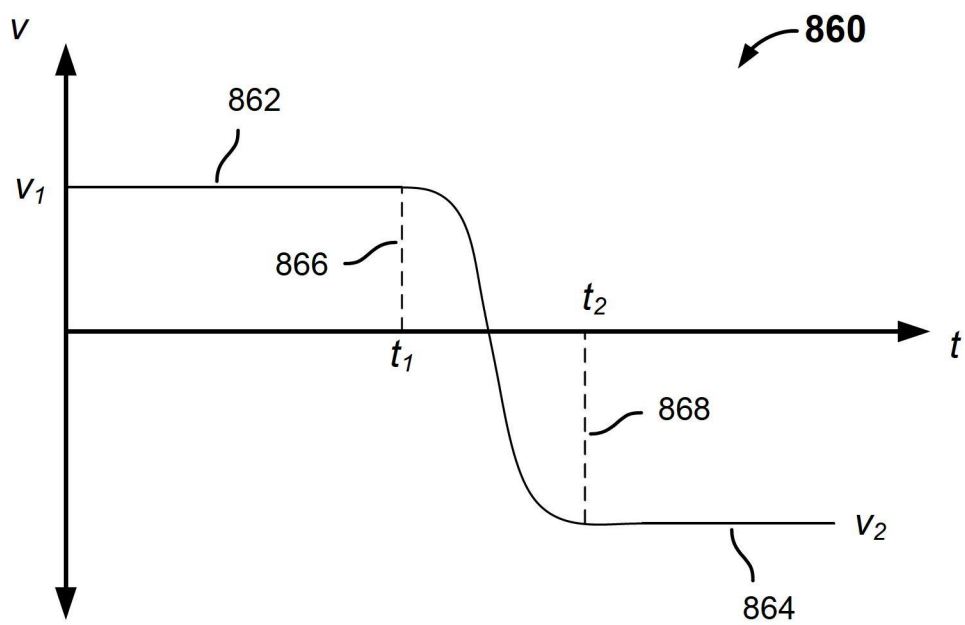
【圖8A】



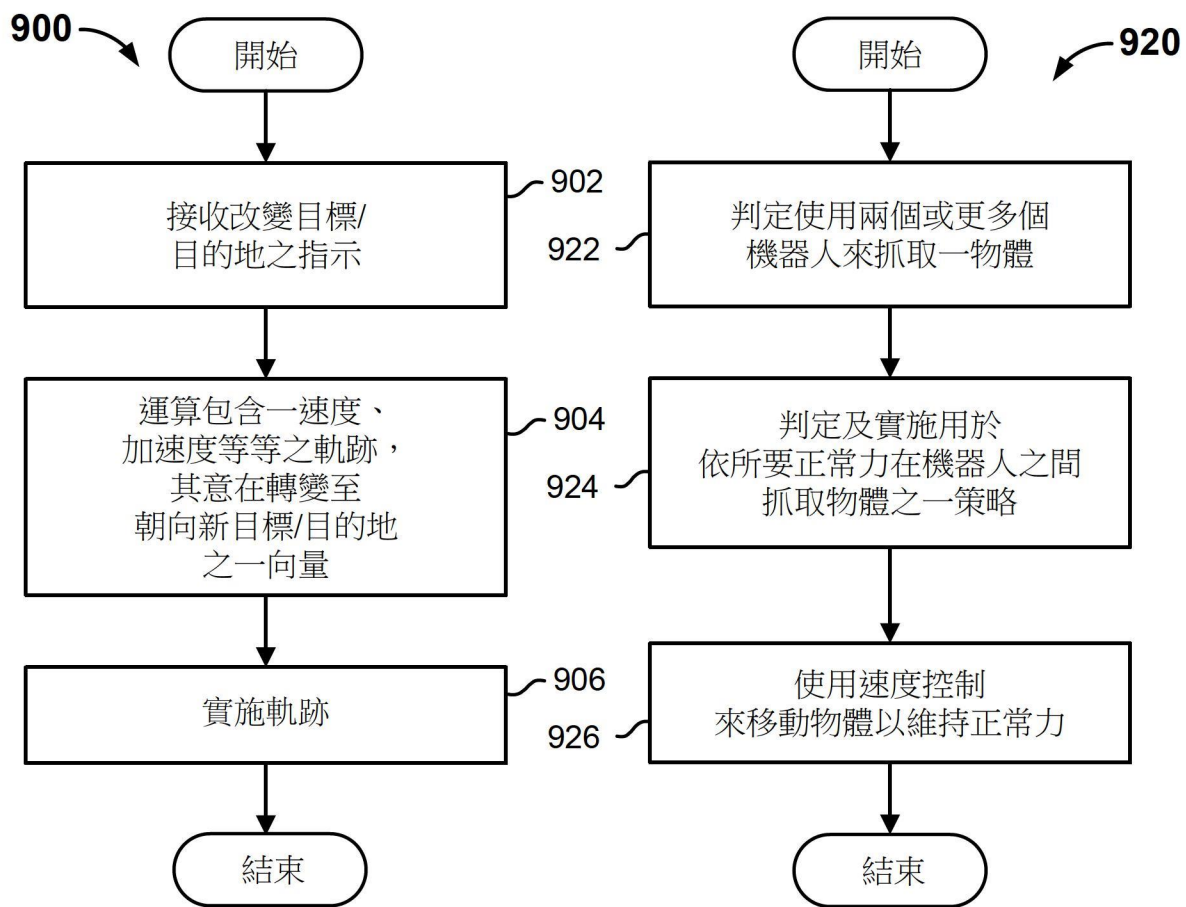
【圖8B】



【圖8C】

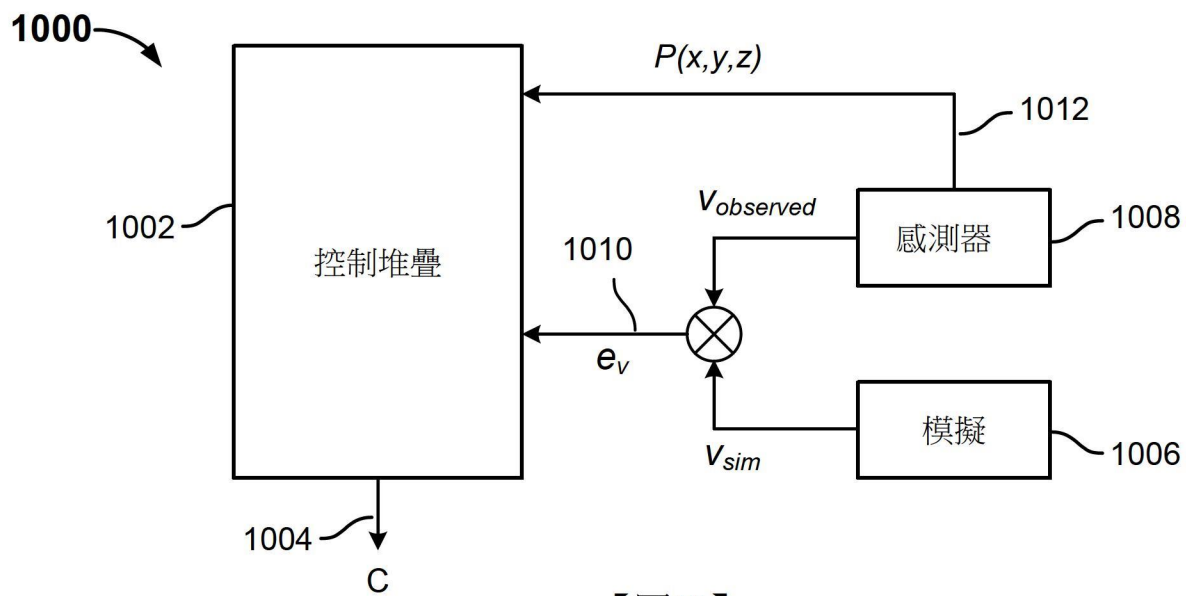


【圖8D】



【圖9A】

【圖9B】



【圖10】